

用航空摄影测量方法测定乌鲁木齐河流域冰川的近期变化^①

陈建明 刘潮海 金明燮

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 730000)

乌鲁木齐河流域位于天山山脉中部天格尔山的北坡, 含有梯匈沟、察汗诺尔沟、吾特肯沟和布拉特沟四个山地冰川小流域, 在流域的高山带分布有冰川155条, 总面积48.04km², 冰川平均面积为0.3km², 察汗诺尔沟流域中的5Y730B42冰川最大, 冰川长度为4.25km, 面积为3.66km²。冰川的长度、面积和厚度变化是现代冰川学最关注的研究课题之一, 研究乌鲁木齐河流域冰川规模变化, 对于乌鲁木齐地区的工农业生产的发展也有十分重要的意义。自1959年以来, 乌鲁木齐河源1号冰川(5Y730C29)的物质平衡和末端进退变化已积累了三十多年的监测资料, 还先后采用平板仪测量(1962), 地面立体摄影测量方法重复测绘出五次冰川地形图(1973、1980、1986和1994), 由野外测量资料可知, 自1959年以来, 1号冰川一直处于退缩状态, 1964~1992年间, 冰舌末端后退123.96米, 1962~1986年, 冰川面积缩小0.048km², 1980~1986年间, 冰舌下段冰面平均降低8.5米^②, 并发表许多有关研究报告(施雅风等, 1965; 张祥松等, 1984; 王文颖等, 1976; 康兴成, 1985; 张金华等, 1984), 但对乌鲁木齐河流域大范围的冰川变化的监测尚属空白。为全面了解乌鲁木齐河流域冰川变化的现状, 更深入研究冰川变化的原因及其对径流的影响, 于1992年6月, 由天山冰川观测站主持对乌鲁木齐河流域冰川区进行1:50000航空摄影, 并采用与1964年8月的航片重复成图对比方法, 首次获得了该流域每条冰川长度、面积和冰储量变化的系统资料, 本文介绍二次航空摄影测量成图情况和对所得资料进行统计分析, 以期对乌鲁木齐河流域冰川规模变化有一个基本认识。

1 航空摄影测量制图

乌鲁木齐河流域的冰川分别被1964年航空摄影的8条航线、211张18×18cm的像片和1992年的4条航线、57张24×24cm的航片所覆盖, 像片比例尺分别为1:45000和1:50000。为了测定冰川变化, 把二次航片分别绘制成1:10000冰川地形图, 该图是应用摄影测量成图方法, 在蔡司托普卡-B型测图仪上绘制的。

用地形图比较方法来确定冰川变化的精度, 主要取决于地形图的精度及其比例尺的大小, 而冰川地形图的比例尺应是根据研究工作的精度要求和冰川变化的量级确定

^① 天山站研究基金资助项目

^② 尤根祥, 1986年度1号冰川表面运动速度近期变化, 天山冰川观测试验站年报, Vol. 5

的。在已拍摄1:50000航空像片和内业采用成图设备的条件下,本次最大成图比例尺为1:10000。

为了充分发挥仪器的测绘精度,选择模型比例尺要尽可能的大,而测图仪与绘图桌之间的传动比要尽量小,根据成图比例尺,航片比例尺和仪器施测高差允许范围,选定1964年航片成图的模型比例尺为1:20000,1992年航片成图的模型比例尺为1:32000,即分别为2倍和3.2倍放大成图。

模型绝对定向与成图精度有关,规范化的模型定向是依据四个角上的像片控制点进行,以达到归化比例尺,将立体模型恢复到大地坐标系中和置平模型的目的,由于1964年和1992年摄影的航片缺少像片控制点资料,而野外施测大地控制点和室内加密像片控制点工作又不可能,鉴于这次成图仅是为了测定二次摄影期间冰川的相对变化,因此,利用已有的1:50000地形图和乌鲁木齐河源区地面立体摄影测量的控制资料作为成图的依据。

1973年乌鲁木齐河源区地面立体摄影测绘的1:10000冰川地形图面积约30 km²,有足够数量的测图控制点和较精确的地形特征点,可以保证起始二个立体模型定向的控制要求,在此基础上,采用光学机械图解法加密像片控制点,这种方法只能解决归化比例尺和将立体模型恢复到大地坐标系中,尚不能完全置平立体模型,因此,还需选用1:50000地形图上部分特征点的高程资料。

为了减少像片控制点加密传递误差的累积,在成图次序上,先对1992年的大像幅像片成图,因其测图控制面积大,像对数量少,有利于保证1964年的小像幅像片的加密控制点的精度。

由于两次航片成图的模型定向都是相对于同名点进行的,因此,制图中的误差对于量测冰川的相对变化量影响不大,基本上能保证精度要求。

在实际工作中,起始立体模型相对1:10000冰川图上控制点和明显地形点的平面定向误差最大为图上0.2mm,高程误差一般在1~2m。用该模型测绘非冰川区的等高线与冰川图上的等高线都吻合得很好,1964年航片相对图解加密点的平面位置定向中误差为图上0.2mm,高程误差限制在2m以内,个别点误差不超过3m。为了检验成图精度,把1964年和1992年二次航测图重叠比较,山体岩石部分等高线吻合的较好,从图上量算得1号冰川末端在28年中后退125m,冰面平均降低4.2m,这与野外同期实测冰川后退123.96m和以冰川物质平衡观测资料所计算的冰面平均降低4.58m之差分别为1m和0.3m,由此可见:这次测绘的冰川图精度是较好的,所获得的冰川变化资料是可信的,它可以作为研究冰川变化及其与气候波动,冰川物质平衡和水资源等关系的基础资料。

2 从图上量测冰川变化的方法

量测冰川长度、面积和体积变化采用地形图比较方法(陈建明,1984),二个时期的是分别测绘在经过热处理的透明薄膜上,冰川末端进退变化,即长度变化和冰川面

积变化,在图上可直接量测而得,面积用索佳数字式求积仪测定,在汇编资料中,为了反映冰川变化的量级和比较不同类型、不同规模冰川变化幅度,冰川长度变化和冰川面积变化采用平均变化量和相对变化率二种数字方式表达。

冰面高程变化 (Δh) 和冰川体积变化 (Δv) 采用下列二式计算 (N. Haakensen, 1986; W. Reinhardt, H. Rentsch, 1986):

$$\Delta v = (dA_1 + dA_2) \times H / 2 \qquad \Delta h = \frac{dA_1 + dA_2}{A_1 + A_2} H$$

式中 dA_1 、 dA_2 为同名等高线的位移面积, A_1 、 A_2 为二等高线间在第一次和第二次图上的面积, H 为等高距。

3 乌鲁木齐河流域冰川近期变化

根据上述方法,通过比较1964年和1992年的1:10000冰川地形图,获得乌鲁木齐河流域冰川规模变化的资料列于表1-4中(附文后),表中冰川编号与天山山区冰川编目号相同,其中有些编号内注有无字,表示核查冰川编目航片实地无此冰川,注有xx-1者,表示冰川编目表中无此冰川,而实地却存在着的冰川,由此差异产生本次获得的资料与冰川编目的资料略有不同,即本次测得乌鲁木齐河流域的冰川有155条(图1),总面积为48.04km²,而冰川编目的冰川数量为150条,面积为45.99km²(中国科学

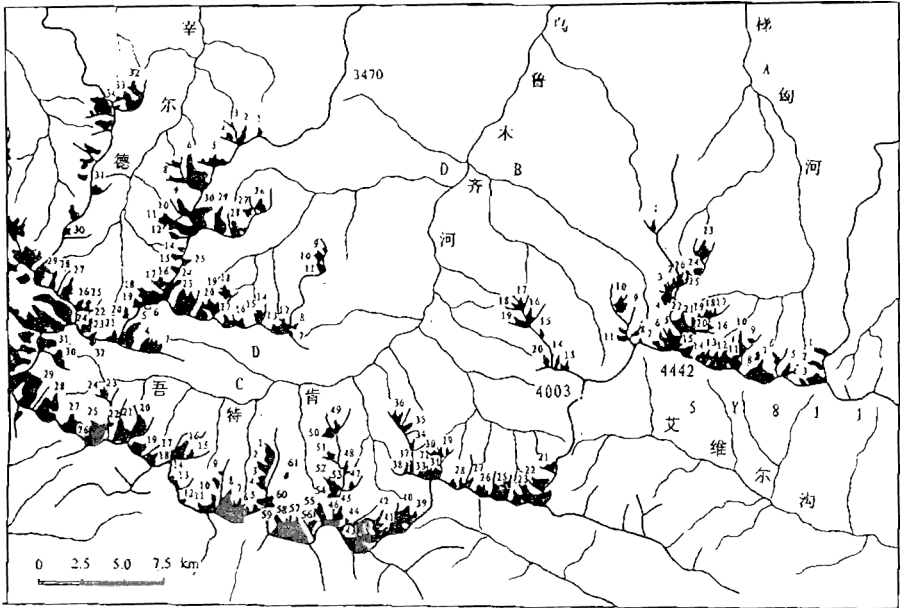


图1 乌鲁木齐河流域冰川分布示意图

院兰州冰川冻土研究所, 1986)。分析表列资料可以得到对乌鲁木齐河流域近期冰川进退,冰川面积变化和冰储量变化的基本认识,有关冰川学方面的研究将作另文报告。

1 1964~1992年间, 乌鲁木齐河流域内的155条冰川无一例外地都在后退, 然而无一条冰川消失。由于冰舌末端后退, 致使少数冰川的形态发生了一些变化。如C₂₉(3号冰川)由原来的单一冰舌退变成二个冰舌, B₁₂和C₂₉(1号冰川)由原来的一条冰川退变为二条冰川, 在近28年间, 梯匈沟、察汗诺尔沟、吾特肯沟和布拉特沟的冰川, 分别平均后退112.4m、96.7m、93.9m和89.6m, 平均后退97.6m, 年平均后退3.5m, 其中长度超过1km的冰川后退量一般在100~200m, 个别冰川(A₂₂)后退达455m, 平均后退147.8m, 长度短于1km的冰川后退量一般在50~100m, 个别冰川(B₃₉再生冰川)后退也达267m, 平均后退78.3m。有一些冰川的后退幅度比同等规模、同类型冰川后退幅度大2~3倍, 这可能与冰舌下段冰面表碛和污化程度有关, 流域内每条冰川的后退量各不相同, 彼此间没有明显的相关性, 但从总体上看, 长度长的冰川后退量比长度短的冰川后退量要大, 而冰川的退缩率则相反, 流域内冰川的平均退缩率为12.4%, 其中长度大于1km冰川的退缩率在3.1~26.6%间, 平均为10.4%, 长度小于1km冰川的退缩率在3.3~52.4%之间, 平均为15.8%。

由于冰川后退, 导致冰舌末端平均高程由1964年的3638.3m升高到1992年的3673.0m, 28年间冰川末端高程平均升高34.7m, 由此表明: 乌鲁木齐河流域冰川的平均雪线也在相应的升高。在此需说明的是: 表2、表3中有5条冰川(B₁₅、B₁₉、B₃₇、B₃₉、C₂₀)例外, 即1992年冰川末端的高程反而比1964年末端高程低了几米, 这种情况的出现, 并不表示由于这几条冰川前进所致, 而实际上是由于1964年的冰川末端受地形或终碛垅等阻碍影响, 致使冰舌末端冰面拥高, 而冰川槽谷低而平缓, 冰川末端后退后的位置仍低于1964年冰舌末端的高程。这种现象可能反映在1964年航空摄影前, 这几条冰川处于前进状态。

2 冰川面积变化, 冰川后退不仅反映在冰川长度的缩短, 而且冰川的范围亦在缩小, 尤其在冰川消融区反映特别明显, 它使冰舌宽度变窄, 在积累区的某些地段, 如与平缓山坡交界处, 冰川范围也有所缩小, 冰川范围内的裸露岩石范围在扩大。

由1:100000地形图上量测得乌鲁木齐河流域1964年的冰川总面积为48.04km², 1992年为41.39km², 28年中冰川面积减少6.65km², 平均缩小率为13.8% (按每条冰川的缩小率统计, 其平均缩小率为18.2%), 其中大于1km²面积的冰川缩小率一般在5.6~17.7%间, 平均为10.8%, 小于1km²面积的冰川缩小率在3.4~65.3%之间, 平均为18.8%, 由此可见: 面积小的冰川面积缩小率明显比面积大的冰川面积缩小率大, 尤其以坡面冰川、锥形冰川和再生冰川的面积缩小率为最大。

3 冰面高程和冰川体积变化, 冰川规模变化不仅表现在冰川形态上, 而且冰川厚度也在变化, 比较1964年和1992年图上同名等高线可以看出: 消融区冰面高程降低非常明显, 并且有随高度的增高而呈逐渐减少的趋势, 但是, 同一高度上各条冰川冰面降低量各不相同, 没有较好的相关性。冰面高程最大降低值位于现代冰舌末端附近, 这与冰川厚度、冰川槽谷坡度和冰舌末端后退状况相一致。在冰川积累区, 冰面高程变化不大, A₁₆、B₄₂、C₂₈、D₁₃和D₂₁等冰川局部积累区高程略有增高的现象, 这可能是由于冰面被积雪复盖, 难以测绘出精确的等高线位置引起的。因此, 大部分冰川积累区

的冰面高程变化及其体积变化没有进行量算。

每条冰川的冰面高程变化和体积变化按50m等高距逐一量算而得：在1964~1992年间，乌鲁木齐河流域124条冰川的体积总计减少 $2.77 \times 10^8 \text{m}^3$ ，其中不包含积累区冰量变化和另外还有合计面积为 1.4km^2 的31条冰川的冰量变化，因此，流域内实际减少的冰量数比 $2.77 \times 10^8 \text{m}^3$ 还要多一些，减少的冰量占总冰量的16.8%（中国科学院兰州冰川冻土所，1986），消融区冰面高程平均降低10.2m，整个冰川平均降低5.9m。面积大于 1km^2 的冰川，消融区冰面平均降低11.7m，小于 1km^2 的冰川，消融区冰面平均降低8.2m，由上述资料可见：冰川厚度变化与冰川后退变化的趋势是一致的，即规模大的冰川厚度减小量比小冰川的减小量要大。由于积累区目前尚无较明显的增厚趋势，因此，乌鲁木齐河流域的冰川规模在今后相当一段时间内将继续缩小。

4 结语

重复航空摄影测量成图对比方法非常适用于测定大区域的冰川规模变化，这是常规地形测量难能所及的。如上所述，本次量测天山站一号冰川末端后退量和冰川厚度降低值与野外实测的资料和物质平衡观测结果符合的较好，表明航测对比成图所取得的资料对于分析研究乌鲁木齐河流域冰川规模变化是很有价值的，对于乌鲁木齐地区工农业生产及冰川水资源的利用也有实用意义。由数据统计分析得到：1964~1992年间，乌鲁木齐河流域的冰川规模均在缩小，小冰川的规模缩小率比大冰川的规模缩小率要大，说明小冰川对气候变化的反映比大冰川较灵敏。

积累区冰量的增加或减少，是予测冰川未来变化趋势的最重要依据之一。用冰川地形图比较方法确定冰川规模变化的重要条件是这些图要具有十分高的精确度，否则试图测定冰川体积，尤其是积累区的冰川体积变化是不实际的，为此，航空摄影的像片比例尺需与冰川规模变化量相适应；测设足够数量的控制点，以及在冰川消融末期进行航空摄影，以便测绘高精度的冰川地形图。

参 考 文 献

- 施雅凤、苏珍, 1965. 天山乌鲁木齐河源冰川的形态特征与历史演变. 天山乌鲁木齐河冰川与水文研究. 科学出版社
- 张祥松、孙作哲、张金华、康兴成, 1984. 天山乌鲁木齐河1号冰川的变化及其与气候变化的若干关系. 冰川冻土, 6(4)
- 王文颖、刘景璜、罗祥瑞、尤根祥, 1976. 1962--1973年天山乌鲁木齐河1号冰川的进退和运动的对比测量. 中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所集刊, 第一号, 科学出版社
- 康兴成, 1985. 天山乌鲁木齐河流域年轻气候的初步分析. 冰川冻土, 7(2)
- 张金华、王晓军、李军, 1984. 天山乌鲁木齐河一号冰川物质平衡变化与气候相互关系研究. 冰川冻土, 6(4)
- Chen Jianming, 1984. Variations of the Batura Glaciers Surface from Repeatd Surveys. International Karakoram Project, (1)
- N. Haakensen, 1986. Glacier Mapping to confirm Results from Mass-Balanec Measurements. Annals of Glaciology, Vol. 8
- W. Rainhardt, H. Rentsch, 1986. Determination of Changes in Volume and Elevation of Glaciers, Using Digital Elevation Models for the Vernagtperner, Oigtal Alps, Austria. Annals of Glaciology, Vol. 8

表1 乌鲁木齐河流域梯沟冰川变化(1964-1992年)

| 冰川 编号 | 冰川长度 1964(m) | 冰舌末端变化 | | | | | | 冰川面积变化 | | | | 冰量与冰面高程变化 | | | | | 冰川 类型 | 冰川 朝向 | |
|----------|-----------------|---------|--------|------|-------|------|------------|---------------------------|-------|--------------------|---------|-----------|------|------------------------------------|------------|---------|----------|----------|-------------------|
| | | 高 程 (m) | | | 退缩量 | 退缩率 | 年平均 退缩量 | 面 积 (km ²) | | 缩小量 | 缩小 率 | 变化区间 | | 冰体消失量 | 冰储量缩 小率 | 冰面下降量 | | | 整个冰川 平均下降 量 |
| | | 1964 | 1992 | Δ | (m) | % | (m) | 1964 | 1992 | (km ²) | % | (m) | | (×10 ³ m ³) | % | (m) | | | (m) |
| 1 | 730 | 3517 | 3578 | 61 | 110 | 15.1 | 3.9 | 0.170 | 0.143 | 0.027 | 15.9 | 3517 | 4000 | 966.5 | 37.9 | 6.3 | 5.7 | 悬冰川 | NW |
| 2 | 360 | 3739 | 3761 | 22 | 70 | 19.4 | 2.5 | 0.046 | 0.040 | 0.006 | 13.0 | 3815 | 4095 | 221.0 | 53.4 | 4.8 | 4.8 | 悬冰川 | NW |
| 3 | 610 | 3608 | 3659 | 51 | 125 | 20.5 | 4.5 | 0.474 | 0.399 | 0.075 | 15.8 | 3608 | 4210 | 5569.0 | 37.9 | 11.7 | 11.7 | 冰斗冰川 | NW |
| 4 | 570 | 3543 | 3605 | 62 | 110 | 19.3 | 3.9 | 0.114 | 0.074 | 0.040 | 34.5 | 3543 | 3900 | 705.7 | 47.6 | 6.4 | 6.2 | 悬冰川 | NW |
| 5 | 920 | 3558 | 3561 | 3 | 65 | 7.1 | 2.3 | 0.286 | 0.264 | 0.022 | 7.7 | 3558 | 3850 | 1080.0 | 18.9 | 6.4 | 3.8 | 悬冰川 | NE |
| 6 | 730 | 3473 | 3527 | 54 | 60 | 8.2 | 2.1 | 0.119 | 0.093 | 0.026 | 21.8 | 3473 | 3700 | 136.5 | 8.8 | 9.2 | 1.1 | 悬冰川 | NW |
| 7 | 1710 | 3490 | 3536 | 46 | 250 | 14.6 | 8.9 | 1.334 | 1.210 | 0.124 | 9.2 | 3490 | 3850 | 4970.0 | 7.9 | 6.8 | 3.7 | 冰斗冰川 | NE |
| 8 | 450 | 3864 | 3883 | 19 | 50 | 11.1 | 1.8 | 0.054 | 0.057 | 0.007 | 10.9 | | | | | | | 悬冰川 | NE |
| 9 | 230 | 3780 | 3788 | 8 | 40 | 17.4 | 1.4 | 0.025 | 0.023 | 0.002 | 8.0 | | | | | | | 悬冰川 | NW |
| 10 | 950 | 3517 | 3545 | 28 | 75 | 7.9 | 2.7 | 0.361 | 0.341 | 0.020 | 5.5 | 3517 | 3750 | 583.0 | 5.8 | 7.3 | 1.6 | 冰斗悬冰川 | NW |
| 11 | 1570 | 3526 | 3585 | 59 | 160 | 10.2 | 5.7 | 1.000 | 0.927 | 0.073 | 7.3 | 3526 | 3850 | 3211.0 | 7.6 | 7.7 | 3.2 | 冰斗冰川 | N |
| 12 | 530 | 3599 | 3648 | 49 | 30 | 5.7 | 1.1 | 0.082 | 0.067 | 0.015 | 18.3 | | | | | | | 悬冰川 | NW |
| 13 | 1010 | 3511 | 3527 | 16 | 113 | 11.2 | 4.0 | 0.248 | 0.233 | 0.015 | 6.0 | 3511 | 3750 | 422.2 | 46.8 | 7.1 | 1.7 | 悬冰川 | NE |
| 14 | 1090 | 3560 | 3606 | 46 | 125 | 11.5 | 4.5 | 0.298 | 0.278 | 0.020 | 7.0 | 3560 | 3800 | 445.0 | 7.5 | 6.6 | 1.5 | 悬冰川 | NE |
| 15 | 1830 | 3666 | 3678 | 12 | 97 | 10.1 | 3.5 | 1.033 | 0.865 | 0.168 | 16.3 | 3666 | 4000 | 11704.0 | 27.0 | 15.5 | 11.3 | 冰斗冰川 | NE |
| 16 | 1120 | 3735 | 3779 | 44 | 140 | 12.5 | 5.0 | 0.455 | 0.398 | 0.057 | 12.5 | 3735 | 4050 | 2582.5 | 18.3 | 10.1 | 5.7 | 冰斗冰川 | E |
| 17 | 350 | | | | 75 | 21.4 | 2.7 | 0.026 | 0.021 | 0.005 | 19.2 | | | | | | | 悬冰川 | N |
| 18 | 760 | 3580 | 3638 | 58 | 110 | 15.5 | 3.9 | 0.208 | 0.173 | 0.035 | 16.8 | 3535 | 3950 | 1307.5 | 39.3 | 8.0 | 6.3 | 悬冰川 | NW |
| 19 | 900 | 3453 | 3529 | 76 | 115 | 12.8 | 4.1 | 0.174 | 0.149 | 0.025 | 14.4 | 3453 | 3900 | 684.7 | 24.6 | 5.3 | 3.9 | 悬冰川 | N |
| 20 | 1020 | 3555 | 3580 | 25 | 32 | 3.1 | 1.1 | 0.235 | 0.229 | 0.006 | 2.6 | 3555 | 3700 | 73.8 | 1.7 | 8.1 | 0.3 | 悬冰川 | NW |
| 21 | 630 | 3796 | 3830 | 34 | 45 | 7.1 | 1.6 | 0.060 | 0.052 | 0.008 | 13.3 | 3796 | 4100 | 200.4 | 33.4 | 4.4 | 3.3 | 悬冰川 | NW |
| 22 | 1710 | 3507 | 3567 | 60 | 455 | 26.6 | 16.2 | 1.114 | 0.917 | 0.197 | 17.7 | 3507 | 3850 | 5916.0 | 12.1 | 12.9 | 5.3 | 冰斗冰川 | NW |
| 23 | 1060 | 3387 | 3403 | 16 | 210 | 19.8 | 7.5 | 0.428 | 0.359 | 0.069 | 16.1 | 3387 | 3600 | 1104.0 | 8.6 | 9.3 | 2.6 | 冰斗冰川 | N |
| 24 | 360 | | | | 100 | 27.8 | 3.6 | 0.127 | 0.044 | 0.083 | 65.3 | 3570 | 3850 | 1019.5 | 57.3 | 10.9 | 8.0 | 悬冰川 | NW |
| 25 | 780 | 3509 | 3540 | 31 | 120 | 15.4 | 4.3 | 0.248 | 0.180 | 0.068 | 27.4 | 3509 | 3650 | 764.0 | 17.1 | 10.5 | 3.1 | 悬冰川 | N |
| 26 | 810 | 3471 | 3520 | 49 | 190 | 23.4 | 6.8 | 0.330 | 0.143 | 0.187 | 56.7 | 3471 | 3650 | 2155.5 | 31.1 | 10.9 | 6.5 | 悬冰川 | N |
| 7-1 | 300 | 3628 | 3642 | 14 | 50 | 16.7 | 1.8 | 0.033 | 0.024 | 0.009 | 27.3 | 3628 | 3780 | 176.0 | 76.2 | 5.3 | 5.3 | 悬冰川 | N |
| 15-1 | 340 | 3780 | | | 25 | 7.4 | 0.9 | 0.080 | 0.071 | 0.009 | 11.2 | 3780 | 4000 | 260.0 | 29.5 | 8.1 | 3.2 | 悬冰川 | N |
| 合计 | 23430 | 89572 | 90515 | 943 | 3147 | | | 9.172 | 7.774 | 1.398 | | | | 46257.8 | | | | | |
| 平均 | 836 | 3582.9 | 3620.6 | 37.7 | 112.4 | 13.4 | 4.0 | 0.33 | 0.28 | 0.050 | 15.2 | 3387 | 4210 | 1927.4 | 15.6 | 9.9 | 5.2 | | |
| | (28) | (25) | (25) | (25) | (28) | | | (28) | (28) | (28) | | | | (24) | 296209 | 4694149 | 8975000 | | |

表2 乌鲁木齐河流域察汗诺尔冰川变化(1964-1992年)

| 冰川 编号 | 冰川长度 1964(m) | 冰 舌 末 端 变 化 | | | | | | 冰 川 面 积 变 化 | | | | 冰 量 与 冰 面 高 程 变 化 | | | | | 冰 川 类 型 | 冰 川 朝 向 | |
|----------|-----------------|-------------|------|------------|----------|-------------------|---------------------------|-------------|---------------------------|----------|-------------|---|-----------------|--------------|--------------------------|-------|------------|------------|-----|
| | | 高 程 (m) | | 退缩量 (m) | 退缩率 % | 年平均 退缩量 (m) | 面 积 (km ²) | | 缩小量 (km ²) | 缩小率 % | 变化区阔 (m) | 冰体损失量 (×10 ⁶ m ³) | 冰储量减少 率 % | 冰面下降量 (m) | 整个冰川 平均下降 量 (m) | | | | |
| | | 1964 | 1992 | | | | △ | 1964 | | | | | | | | 1992 | | | (m) |
| 1 | 550 | 3493 | | 195 | 35.4 | 7.0 | 0.137 | 0.082 | 0.055 | 40.1 | 3493 | 3850 | 1364.0 | 71.1 | -10.0 | -10.0 | 悬冰川 | N | |
| 2 | 470 | 3554 | 3647 | 93 | 60 | 12.7 | 2.1 | 0.086 | 0.065 | 0.021 | 24.4 | 3554 | 3900 | 679.0 | 71.8 | -7.9 | -7.9 | 悬冰川 | NW |
| 3 | 460 | 3560 | | 45 | 62 | 13.5 | 2.2 | 0.136 | 0.105 | 0.031 | 22.8 | 3560 | 3900 | 790.0 | 41.5 | -8.0 | -5.8 | 悬冰川 | NW |
| 4 | 550 | 3590 | 3605 | 40 | 62 | 11.3 | 2.2 | 0.133 | 0.113 | 0.020 | 15.0 | 3590 | 3750 | 215.0 | 11.5 | -8.8 | -1.6 | 悬冰川 | NW |
| 5 | 1570 | 3523 | 3630 | 43 | 190 | 12.1 | 6.8 | 0.520 | 0.412 | 0.108 | 20.7 | 3523 | 3750 | 1678.0 | 10.1 | -7.0 | 3.2 | 冰斗冰川 | N |
| 6 | 1110 | 3479 | 3566 | 11 | 95 | 8.5 | 3.4 | 0.212 | 0.196 | 0.016 | 7.5 | 3479 | 3800 | 622.5 | 18.4 | -8.1 | 3.1 | 悬冰川 | NW |
| 7 | 680 | 3651 | 3490 | | 60 | 8.8 | 2.1 | 0.078 | 0.068 | 0.010 | 12.8 | | | | | | | 悬冰川 | NW |
| 8 | 125 | | | | 20 | 16.0 | 0.7 | 0.012 | 0.010 | 0.002 | 16.7 | | | | | | | 悬冰川 | N |
| 9 | 180 | | | | 50 | 27.7 | 1.8 | 0.036 | 0.026 | 0.010 | 27.7 | | | | | | | 悬冰川 | NE |
| 10 | 270 | | | | 70 | 25.9 | 2.5 | 0.036 | 0.025 | 0.011 | 30.5 | 3675 | 3890 | 190.0 | 66.0 | -5.0 | -5.0 | 悬冰川 | NW |
| 11 | 855 | 3442 | 3501 | 59 | 185 | 21.6 | 6.6 | 0.171 | 0.125 | 0.046 | 25.9 | 3442 | 3750 | 459.6 | 17.2 | -5.2 | 2.7 | 悬冰川 | N |
| 12 | 460 | 3629 | 3682 | 51 | 65 | 14.1 | 2.3 | 0.084 | 0.078 | 0.006 | 7.1 | 3629 | 3850 | 178.5 | 19.3 | -9.6 | 2.1 | 悬冰川 | N |
| 13 | 770 | 3518 | 3588 | 70 | 145 | 18.8 | 5.2 | 0.168 | 0.132 | 0.036 | 21.4 | 3518 | 3800 | 566.0 | 24.1 | -6.6 | 3.4 | 悬冰川 | N |
| 14 | 430 | 3730 | 3775 | 45 | 95 | 22.0 | 3.4 | 0.070 | 0.056 | 0.014 | 20.0 | 3730 | 3900 | 302.5 | 43.2 | -7.7 | 4.3 | 悬冰川 | N |
| 15 | 800 | 3620 | 3613 | -7 | 78 | 11.8 | 2.8 | 0.088 | 0.075 | 0.013 | 22.1 | 3620 | 3915 | 1247.5 | 84.9 | -11.0 | 11.0 | 悬冰川 | N |
| 16 | 1620 | 3447 | 3473 | 26 | 125 | 12.2 | 4.5 | 0.279 | 0.234 | 0.045 | 16.1 | 3447 | 3850 | 1160.5 | 16.5 | -6.4 | 4.2 | 冰斗冰川 | N |
| 17 | 560 | 3577 | 3618 | 41 | 45 | 8.0 | 1.6 | 0.055 | 0.034 | 0.021 | 38.1 | 3577 | 3800 | 468.2 | 94.5 | -8.8 | 8.5 | 悬冰川 | N |
| 18 | 500 | 3609 | 3656 | 47 | 95 | 19.0 | 3.4 | 0.140 | 0.106 | 0.034 | 24.2 | 3609 | 3850 | 1132.0 | 57.8 | -9.5 | 8.1 | 悬冰川 | NW |
| 19 | 1010 | 3595 | 3592 | -3 | 110 | 10.9 | 3.9 | 0.282 | 0.241 | 0.041 | 14.5 | 3595 | 3900 | 2090.0 | 29.6 | -9.2 | 7.4 | 冰斗冰川 | NW |
| 20 | 610 | 3620 | 3650 | 30 | 60 | 9.8 | 2.1 | 0.180 | 0.158 | 0.022 | 12.2 | 3620 | 3850 | 640.0 | 18.7 | -5.3 | 3.5 | 悬冰川 | N |
| 21 | 740 | 3648 | 3691 | 43 | 103 | 13.9 | 3.7 | 0.264 | 0.230 | 0.034 | 12.9 | 3648 | 3900 | 652.0 | 10.3 | -5.6 | 2.5 | 冰斗悬冰川 | NE |
| 22 | 670 | 3610 | 3650 | 40 | 135 | 21.2 | 4.8 | 0.385 | 0.296 | 0.089 | 24.4 | 3620 | 3750 | 480.0 | 4.5 | -4.0 | 1.2 | 冰斗悬冰川 | NE |
| 23 | 1480 | 3552 | 3576 | 24 | 160 | 10.8 | 5.7 | 0.842 | 0.690 | 0.152 | 18.1 | 3552 | 3800 | 4077.0 | 12.4 | -10.2 | 4.8 | 冰斗冰川 | NW |
| 24 | 900 | 3615 | 3624 | 9 | 85 | 9.4 | 3.0 | 0.252 | 0.210 | 0.042 | 17.0 | 3615 | 3850 | 1082.5 | 17.9 | -5.8 | 4.3 | 冰斗冰川 | N |
| 25 | 1010 | 3571 | 3608 | 37 | 164 | 16.2 | 5.9 | 0.528 | 0.431 | 0.097 | 18.4 | 3571 | 3850 | 2597.5 | 14.9 | -9.3 | 4.9 | 冰斗冰川 | NW |
| 26 | 710 | 3641 | 3646 | 5 | 90 | 12.7 | 3.2 | 0.235 | 0.188 | 0.047 | 20.0 | 3641 | 3900 | 1552.0 | 36.6 | -6.9 | 6.6 | 悬冰川 | N |
| 27 | 480 | 3790 | 3792 | 2 | 50 | 10.4 | 1.9 | 0.098 | 0.078 | 0.020 | 20.4 | 3790 | 3900 | 620.0 | 52.7 | -6.3 | 6.3 | 悬冰川 | N |
| 28 | 440 | 3702 | 3720 | 18 | 70 | 15.9 | 2.5 | 0.098 | 0.067 | 0.031 | 31.6 | 3702 | 3950 | 596.0 | 50.7 | -6.3 | 6.1 | 悬冰川 | N |
| 29 | 820 | 3532 | 3551 | 19 | 27 | 3.3 | 1.0 | 0.105 | 0.090 | 0.015 | 14.3 | 3532 | 3850 | 284.0 | 22.5 | -7.2 | 2.7 | 悬冰川 | N |
| 30 | 700 | 3613 | 3640 | 27 | 50 | 7.1 | 1.8 | 0.210 | 0.191 | 0.019 | 9.0 | 3613 | 3950 | 614.0 | 17.2 | -4.8 | 2.9 | 悬冰川 | NW |
| 31 | 610 | 3714 | 3764 | 50 | 85 | 13.9 | 3.0 | 0.150 | 0.118 | 0.032 | 21.3 | 3714 | 3950 | 376.7 | 16.7 | -3.9 | 2.5 | 悬冰川 | NW |
| 32 | 420 | 3669 | 3705 | 36 | 80 | 19.0 | 2.9 | 0.170 | 0.142 | 0.028 | 16.5 | 3669 | 3950 | 6167.0 | 24.2 | -3.8 | 3.6 | 悬冰川 | NW |
| 33 | 470 | 3619 | 3694 | 75 | 120 | 25.5 | 4.3 | 0.165 | 0.119 | 0.046 | 27.9 | | | | | | | 悬冰川 | N |
| 34 | 520 | 3725 | 3750 | 25 | 100 | 19.2 | 3.6 | 0.085 | 0.064 | 0.021 | 24.7 | 3725 | 3900 | 425.0 | 45.5 | -6.4 | 5.0 | 悬冰川 | N |
| 35 | 553 | 3713 | 3765 | 52 | 64 | 11.6 | 2.3 | 0.143 | 0.123 | 0.020 | 13.9 | 3713 | 4000 | 1727.2 | 86.3 | -13.4 | 12.1 | 悬冰川 | NE |
| 36 | 550 | 3640 | 3681 | 41 | 67 | 12.2 | 2.4 | 0.174 | 0.122 | 0.052 | 29.9 | 3640 | 3900 | 413.0 | 11.9 | -4.9 | 2.4 | 冰斗悬冰川 | N |
| 37 | 170 | | | | 20 | 11.8 | 0.7 | 0.018 | 0.014 | 0.004 | 22.2 | | | | | | | 悬冰川 | N |
| 38 | 580 | 3643 | 3685 | 42 | 104 | 17.6 | 3.7 | 0.175 | 0.137 | 0.038 | 21.7 | 3643 | 3950 | 1224.5 | 43.7 | -8.2 | 7.0 | 悬冰川 | N |

续表 2 乌鲁木齐河流域察汗诺尔沟冰川变化(1964-1992年)

| 冰川 编码 | 冰川长度 1964(m) | 冰舌末端变化 | | | | | | | 冰川面积变化 | | | | 冰量与冰面高程变化 | | | | | 冰川 类型 | 冰川 朝向 | |
|----------|-----------------|---------|--------|------|------------|----------|-------------------|---------------------------|--------|---------------------------|--------------|-------------|---|-----------------|--------------|--------------------------|--------------------|----------|----------|------------------------------------|
| | | 高 程 (m) | | | 退缩量 (m) | 退缩率 % | 年平均 退缩量 (m) | 面 积 (km ²) | | 缩小量 (km ²) | 缩小 率 % | 变化区间 (m) | 冰体消尖量 (×10 ³ m ³) | 冰储量缩小 率 % | 冰面下降量 (m) | 整个冰川 平均下降 量 (m) | | | | |
| | | 1964 | 1992 | Δ | | | | 1964 | 1992 | | | | | | | | (m) | | | (×10 ³ m ³) |
| 39 | 350 | 3830 | 3870 | 40 | 45 | 12.9 | 1.6 | 0.040 | 0.038 | 0.002 | 5.0 | | | | | | | 悬冰川 | N | |
| 40 | 2440 | 3619 | 3624 | 5 | 265 | 10.8 | 9.5 | 1.551 | 1.332 | 0.219 | 14.1 | 3619 | 4100 | 26263.5 | 30.6 | -18.6 | -16.9 | 冰斗冰川 | NE | |
| 41 | 415 | 3880 | 3891 | 11 | 35 | 8.4 | 1.2 | 0.088 | 0.071 | 0.017 | 19.3 | | | | | | | 悬冰川 | NW | |
| 42 | 4250 | 3458 | 3551 | 93 | 436 | 10.3 | 15.6 | 3.664 | 3.371 | 0.293 | 7.9 | 3450 | 4100 | 39586.0 | 16.1 | -13.9 | -10.8 | 复式山谷冰川 | NE | |
| 43 | 620 | 4040 | | | | | | 0.076 | 0.055 | 0.021 | 27.6 | | | | | | | 悬冰川 | E | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | 480 | 3675 | 3741 | 66 | 102 | 21.2 | 3.6 | 0.065 | 0.060 | 0.005 | 7.6 | 3675 | 4000 | 450.0 | 59.2 | -9.6 | 6.9 | 悬冰川 | N | |
| 46 | 670 | 3758 | 3768 | 10 | 60 | 9.0 | 2.1 | 0.181 | 0.157 | 0.024 | 13.3 | 3758 | 4000 | 1694.0 | 44.6 | -9.7 | 9.4 | 冰斗冰川 | N | |
| 47 | 394 | 3646 | 3686 | 40 | 70 | 17.8 | 2.5 | 0.052 | 0.042 | 0.010 | 19.2 | 3646 | 3750 | 129.0 | 27.6 | -6.8 | 2.5 | 悬冰川 | N | |
| 48 | 223 | 3666 | 3680 | 14 | 40 | 17.9 | 1.4 | 0.030 | 0.018 | 0.012 | 40.0 | | | | | | | 悬冰川 | NE | |
| 49 | 275 | | | | 30 | 10.9 | 1.1 | 0.027 | 0.025 | 0.002 | 7.4 | | | | | | | 悬冰川 | NW | |
| 50 | 720 | 3745 | 3776 | 31 | 69 | 9.5 | 2.5 | 0.375 | 0.327 | 0.048 | 12.6 | 3745 | 4150 | 3230.0 | 30.8 | -9.0 | 8.6 | 冰斗冰川 | NW | |
| 51 | 484 | 3790 | 3813 | 23 | 43 | 8.9 | 1.5 | 0.096 | 0.091 | 0.005 | 5.2 | 3800 | 4000 | 360.0 | 31.3 | -8.4 | 3.8 | 悬冰川 | NW | |
| 53 | 980 | 3643 | 3649 | 6 | 100 | 10.2 | 3.6 | 0.432 | 0.372 | 0.006 | 13.9 | 3643 | 3950 | 2807.0 | 21.7 | -9.8 | 6.5 | 冰斗冰川 | NW | |
| 54 | 170 | | | | | | | 0.016 | 0.016 | 0 | 0 | | | | | | | 悬冰川 | NW | |
| 55 | 1440 | 3492 | 3544 | 52 | 112 | 7.7 | 4.0 | 0.476 | 0.448 | 0.028 | 5.9 | 3500 | 3900 | 1470.0 | 10.0 | -6.6 | 3.1 | 冰斗山谷冰川 | NW | |
| 56 | 500 | 3630 | 3690 | 60 | 90 | 18.0 | 3.2 | 0.134 | 0.114 | 0.020 | 14.9 | 3630 | 3850 | 470.0 | 25.1 | -5.5 | 3.5 | 悬冰川 | NE | |
| 57 | 1900 | 3635 | 3618 | -17 | 157 | 8.2 | 5.6 | 1.020 | 0.854 | 0.166 | 16.3 | 3635 | 3950 | 15070.0 | 3.5 | -18.2 | 14.8 | 冰斗冰川 | N | |
| 58 | 1420 | 3653 | | | 120 | 8.4 | 4.3 | 0.979 | 0.818 | 0.161 | 16.4 | 3653 | 3900 | 5070.0 | 12.3 | -9.2 | 5.2 | 冰斗冰川 | NE | |
| 59 | 510 | 3624 | 3618 | -6 | 267 | 52.4 | 9.5 | 0.149 | 0.078 | 0.071 | 47.7 | 3624 | 3800 | 2658.0 | | -17.8 | 17.8 | 再生冰川 | N | |
| 61 | 540 | 3903 | 3951 | 48 | 105 | 19.4 | 3.8 | 0.141 | 0.109 | 0.032 | 22.7 | 3903 | 4200 | 1242.5 | 49.0 | -10.4 | 8.8 | 冰斗悬冰川 | NE | |
| 10-1 | 220 | 3800 | 3840 | 40 | 50 | 22.7 | 1.8 | 0.032 | 0.027 | 0.005 | 15.6 | | | | | | | 悬冰川 | N | |
| 11-1 | 495 | 3572 | 3640 | 68 | 93 | 18.7 | 3.3 | 0.059 | 0.044 | 0.015 | 25.4 | 3572 | 3800 | 187.3 | 31.7 | -6.7 | 3.2 | 悬冰川 | N | |
| 25-1 | 250 | | | | 40 | 16.6 | 1.4 | 0.032 | 0.023 | 0.009 | 28.1 | 3730 | 3900 | 121.0 | 54.0 | -4.0 | 3.8 | 悬冰川 | NW | |
| 28-1 | 400 | 3665 | 3675 | 10 | 100 | 25.0 | 3.6 | 0.045 | 0.033 | 0.012 | 26.7 | 3665 | 3850 | 335.0 | 82.7 | -7.8 | 7.4 | 悬冰川 | N | |
| 29-1 | 470 | 3595 | 3648 | 53 | 60 | 12.8 | 2.1 | 0.046 | 0.037 | 0.009 | 20.0 | 3595 | 3900 | 352.5 | 85.1 | -9.0 | 7.7 | 悬冰川 | N | |
| 61-1 | 275 | 3735 | | | 65 | 23.6 | 2.3 | 0.053 | 0.042 | 0.011 | 20.7 | | | | | | | 悬冰川 | NE | |
| 合计 | 45564 | 174642 | 176460 | 1818 | 5995 | | 214.1 | 16.884 | 14.266 | 2.618 | | 3422 | 4200 | 132667.2 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 21.7 | | | | | |
| 平均 | 712 | 3638.4 | 3676.3 | 37.9 | 96.7 | 13.4 | 3.5 | 0.264 | 0.223 | 0.041 | 15.5 | | | 2601.8 | 612222 | 11.6 | 8.2 | | | |
| | (64) | (48) | (48) | (48) | (62) | (62) | (62) | (64) | (64) | (64) | (64) | | | | (51) | 11.400 | 16.213 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | (km ³) | (km ³) | | | |

表4 乌鲁木齐河流域布拉特沟等冰川变化(1964 - 1992年)

| 冰川 编码 | 冰川长度 1964(m) | 冰舌末端变化 | | | | | | 冰川面积变化 | | | | 冰量与冰面高程变化 | | | | | 冰 川 类 型 | 冰 川 朝 向 | | |
|----------|-----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------------------------|---------------|--------------------|--------------|-----------|------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|---------------|----|
| | | 宽 度 (m) | | | 退缩量 | 退缩率 | 年平均 退缩量 | 面 积 (km ²) | | 缩小量 | 缩小率 | 变化区间 | | 冰体消失量 | 冰储量缩小 率 | 冰面下降量 | | | 整个冰川平 均下降量 | |
| | | 1964 | 1992 | Δ | (m) | % | (m) | 1964 | 1992 | (km ²) | % | (m) | (m) | (×10 ⁶ m ³) | % | (m) | | | (m) | |
| 1 | 350 | | | | 50 | 14.3 | 1.8 | 0.057 | 0.055 | 0.002 | 3.5 | | | | | | | | 悬冰川 | N |
| 2 | 565 | 3695 | 3752 | 57 | 65 | 11.5 | 2.3 | 0.165 | 0.144 | 0.021 | 12.7 | 3695 | 4100 | 1105.0 | 44.6 | 8.1 | 7.0 | | 悬冰川 | N |
| 3 | 210 | | | | 55 | 26.2 | 2.0 | 0.025 | 0.020 | 0.005 | 20.0 | | | | | | | | 悬冰川 | N |
| 4 | 1060 | 3644 | 3653 | 9 | 75 | 7.1 | 2.7 | 0.322 | 0.290 | 0.032 | 9.9 | 3644 | 3900 | 988.5 | 11.4 | 4.9 | 3.1 | | 冰斗-悬冰川 | NE |
| 5 | 1880 | 3652 | 3658 | 6 | 90 | 4.8 | 3.2 | 1.100 | 1.014 | 0.086 | 7.8 | 3652 | 3950 | 6560.0 | 13.9 | 10.2 | 6.0 | | 冰斗-冰川 | NE |
| 6 | 无 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 380 | 3970 | | | 30 | 7.9 | 1.1 | 0.029 | 0.028 | 0.001 | 3.4 | | | | | | | | 悬冰川 | NE |
| 8 | 240 | 3770 | | | | | | 0.029 | 0.018 | 0.011 | 37.9 | | | | | | | | 悬冰川 | NE |
| 9 | 660 | 3537 | 3609 | 72 | 124 | 18.8 | 4.4 | 0.140 | 0.114 | 0.026 | 22.1 | 3537 | 3850 | 457.5 | 30.1 | 7.5 | 3.2 | | 悬冰川 | NW |
| 10 | 680 | 3551 | 3613 | 62 | 90 | 13.2 | 3.2 | 0.099 | 0.079 | 0.020 | 20.2 | 3551 | 3800 | 299.0 | 25.2 | 7.8 | 3.0 | | 悬冰川 | NW |
| 11 | 510 | 3818 | 3829 | 11 | 55 | 10.8 | 2.0 | 0.162 | 0.125 | 0.037 | 22.8 | 3818 | 3950 | 423.0 | 17.4 | 5.8 | 2.6 | | 悬冰川 | NW |
| 12 | 720 | 3620 | 3646 | 26 | 90 | 12.5 | 3.2 | 0.122 | 0.105 | 0.017 | 13.9 | 3620 | 3750 | 210.0 | 13.2 | 4.5 | 1.7 | | 悬冰川 | NW |
| 13 | 1150 | 3498 | 3530 | 32 | 185 | 16.0 | 6.6 | 0.679 | 0.587 | 0.110 | 15.8 | 3498 | 3700 | 1868.0 | 7.4 | 6.9 | 2.7 | | 冰斗-悬冰川 | NW |
| 14 | 310 | 3738 | 3767 | 29 | 40 | 12.9 | 1.4 | 0.449 | 0.040 | 0.009 | 18.3 | 3738 | 4000 | 362.0 | 82.1 | 7.7 | 7.4 | | 悬冰川 | N |
| 15 | 600 | 3617 | 3666 | 49 | 43 | 7.1 | 1.5 | 0.123 | 0.110 | 0.013 | 10.5 | 3617 | 3900 | 591.5 | 37.0 | 10.4 | 4.8 | | 悬冰川 | NW |
| 16 | 630 | 3614 | 3641 | 27 | 60 | 9.5 | 2.1 | 0.242 | 0.213 | 0.029 | 12.0 | 3614 | 3850 | 443.0 | 8.0 | 7.2 | 1.8 | | 冰斗-悬冰川 | N |
| 17 | 810 | 3636 | 3663 | 27 | 220 | 27.2 | 7.9 | 0.328 | 0.231 | 0.097 | 29.6 | 3636 | 3800 | 1382.0 | 15.6 | 9.0 | 4.2 | | 冰斗冰川 | N |
| 18 | 800 | 3529 | 3563 | 34 | 70 | 8.8 | 2.5 | 0.203 | 0.176 | 0.027 | 13.3 | 3529 | 3850 | 592.8 | 13.3 | 7.2 | 2.9 | | 冰斗-悬冰川 | NW |
| 19 | 460 | | | | 45 | 9.8 | 1.6 | 0.054 | 0.049 | 0.005 | 9.2 | | | | | | | | 悬冰川 | NW |
| 20 | 1090 | 3515 | 3522 | 7 | 100 | 9.2 | 3.6 | 0.475 | 0.438 | 0.037 | 7.8 | 3515 | 3800 | 2425.0 | 18.5 | 13.6 | 5.1 | | 冰斗-悬冰川 | N |
| 21 | 1150 | 3625 | 3657 | 32 | 170 | 14.8 | 6.1 | 0.429 | 0.377 | 0.052 | 12.1 | 3625 | 3800 | 1425.0 | 11.1 | 11.2 | 3.3 | | 冰斗冰川 | N |
| 22 | 1160 | 3547 | 3580 | 33 | 170 | 14.7 | 6.1 | 0.385 | 0.344 | 0.041 | 10.6 | 3547 | 3850 | 1713.5 | 15.3 | 7.3 | 4.4 | | 冰斗冰川 | N |
| 23 | 1560 | 3598 | 3615 | 17 | 65 | 4.2 | 2.3 | 0.978 | 0.903 | 0.075 | 7.7 | 3598 | 3850 | 4160.0 | 10.1 | 10.4 | 4.3 | | 冰斗-山谷冰川 | N |
| 24 | 1500 | 3634 | 3646 | 12 | 80 | 5.3 | 2.9 | 0.667 | 0.614 | 0.053 | 7.9 | 3634 | 3950 | 2844.0 | 11.8 | 6.8 | 4.3 | | 冰斗冰川 | NE |
| 25 | 570 | 3846 | 3856 | 10 | 65 | 11.4 | 2.3 | 0.191 | 0.162 | 0.029 | 15.2 | 3846 | 3950 | 663.5 | 21.7 | 10.0 | 3.5 | | 悬冰川 | NE |
| 26 | 780 | 3398 | 3428 | 30 | 115 | 14.7 | 4.1 | 0.324 | 0.260 | 0.064 | 19.8 | 3398 | 3850 | 1709.0 | 19.5 | 7.0 | 5.3 | | 冰斗-悬冰川 | N |
| 27 | 440 | 3651 | 3672 | 21 | 60 | 13.6 | 2.1 | 0.128 | 0.103 | 0.025 | 19.5 | 3651 | 3950 | 421.8 | 23.5 | 6.3 | 3.3 | | 悬冰川 | NW |
| 28 | 1965 | 3558 | 3606 | 48 | 85 | 8.0 | 3.0 | 0.502 | 0.410 | 0.092 | 18.3 | 3558 | 3800 | 2614.0 | 16.3 | 7.9 | 5.2 | | 冰斗冰川 | N |
| 29 | 1740 | 3475 | 3485 | 10 | 150 | 8.6 | 5.4 | 0.832 | 0.749 | 0.083 | 10.0 | 3475 | 3700 | 3325.0 | 10.2 | 9.5 | 4.0 | | 冰斗-山谷冰川 | N |
| 30 | 2140 | 3616 | 3630 | 14 | 110 | 5.1 | 3.9 | 1.041 | 0.964 | 0.077 | 7.4 | 3616 | 3850 | 4138.0 | 9.2 | 7.9 | 4.0 | | 冰斗-山谷冰川 | N |
| 31 | 无 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9-1 | 240 | | | | 40 | 16.7 | 1.4 | 0.014 | 0.010 | 0.004 | 28.6 | | | | | | | | 悬冰川 | NE |
| 合计 | 25450 | 86612 | 87287 | 675 | 2597 | | 92.7 | 9.912 | 8.732 | 1.180 | | | | 40721.1 | | | | | | |
| 平 均 | 848 (30) | 3608.8 (24) | 3636.9 (24) | 28.1 (24) | 89.6 (29) | 10.3 (29) | 3.2 (29) | 0.330 (30) | 0.291 (30) | 0.039 (30) | 11.9 (30) | | | 1696.7 (24) | 12.7 (320309) | 8.4 (4.818km ²) | 4.2 (9.704km ²) | | | |

天山乌鲁木齐河空冰斗多年冻土区 山坡水文过程*

杨针娘¹ 胡鸣高² 王 强¹
王积强³ 夏兆君²

(1 中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州 730000; 2 加拿大麦克马斯特大学地理系, 哈密尔顿;

3 中国科学院新疆地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘 要 多年冻土区山坡水文过程随季节而变化。它取决于季节的热量和水源供给条件。冬 (12-2月), 春 (3-5月) 两季节的平均气温分别为 -14.0°C — -17.5°C 和 -7.0°C — -9.0°C , 地表与冻土活动层处于冻结状态, 为流域积雪积累期和地下冰生长期, 水文过程处于休眠期。夏季 (6-8月) 气温回升明显 (1.5°C — 2.5°C), 春末夏初流域的季节积雪开始融化, 活动层的表层开始解冻。融水一部分以地表径流汇入河道, 另一部分渗入融化层再冻结, 提高活动层内的地下水位(水或冰)。盛夏、秋初季节冻土活动层达最高融化深度, 地下冰大量融化, 地表与地下水互为转化十分活跃, 为流域径流排泄期, 到冬季流域蓄水基本排空。

关键词 寒区山坡、活动层、水位、冻结、蓄水、排水

中国西部干旱区的水资源来自于多年冻土高寒山区。冻土面积约占我国领土面积的 22.4%, 如果包括季节性冻土则占 68.6%, 多年冻土分布于西部山区的面积约为 $176.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。研究高寒山区水文过程的物理机制对西北水资源的合理开发与利用有着十分重要意义。我国较深入开展高山冻土区水文过程研究始于1984年祁连山中段的冰沟小流域 (Yang, Z. N, *et al*, 1991, 杨针娘等, 1993) 随后于1989年扩展至天山站空冰斗实验流域。而国外寒区水文研究早在七十年代已广泛引起有关学者的关注和重视。本文主要探讨空冰斗山坡水文过程与水热状况包括降水、气温、地温、活动层水位等因素之间的关系及径流基本特征。

1 空冰斗实验流域概况

空冰斗实验流域位于天山乌鲁木齐河源1号冰川的东北侧 ($43^{\circ} 04' \text{ N}$, $86^{\circ} 30' \text{ E}$)。流域面积 1.68 km^2 , 海拔高程界于 3803m—4393m。下垫面类型有基岩、卵石、碎石、冻原植被和泥炭洼地 (图1), 相应的面积分别为占流域面积的 37.5%, 14.3%, 38.1%, 6.5% 和 3.6%。岩石露头分布于流域左岸, 斜坡上堆积大量碎石锥、石屑

锥。泥炭洼地主要分布于河谷中、下游段, 生长出稀疏的冻原植被。冻土现象包括石条、石环、石流、苔藓等。据埋设于沿谷地两侧上、下游的7个冻土器和14个水井表明, 冻土活动层深度为1.70—2.20m。

流域气候严寒, 据空冰斗1982—1995年气象点观测资料的统计, 年平均气温为 -6.9°C , 最低气温达 -35.0°C , 冬季平均气温(12—2月)为 -15.70°C , 负温期长达8个多月(10—5月), 夏季最高气温为 17.8°C , 夏季平均气温为 2.2°C 。流域多年平均降水量约为500mm, 主要集中于夏季, 占年降水量的70%, 春季占20%, 秋、冬两季降水量共约占10%。从水文断面附近陆面蒸发量实测资料分析, 年平均陆面蒸发量约为280mm, 夏季占年蒸发量的60%, 秋季占22%, 春季占15%, 冬季仅占3.0%。

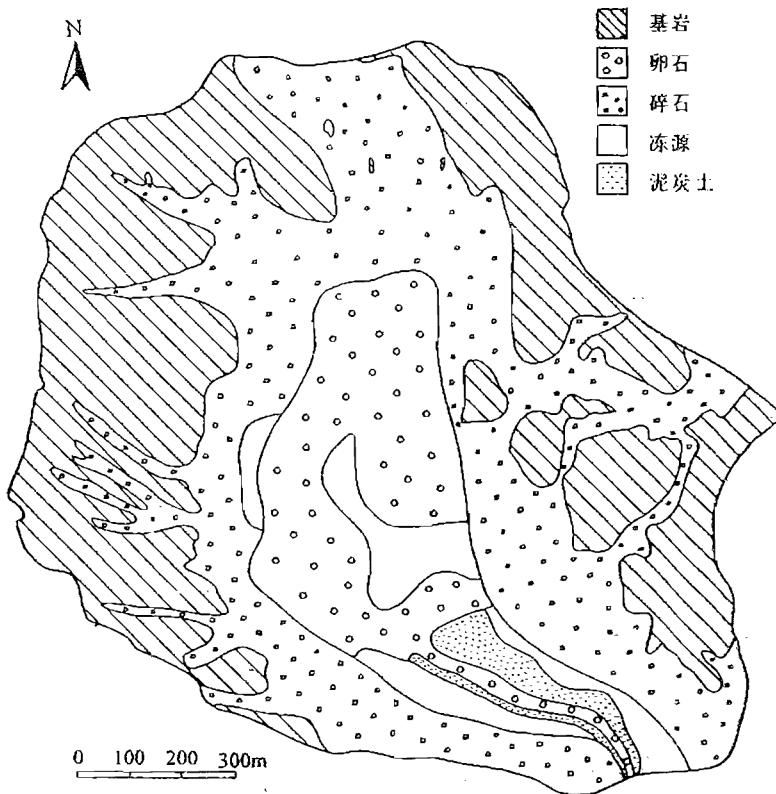


图1 空冰斗流域下垫面类型及分布

2 观测项目

野外实验项目除王强文章述及外, 于1993年夏季还进行了简易的野外水力参数的实验, 包括不同下垫面的颗粒级配取样分析(图2)及其产流率、渗透系数和导水系数等, 结果列于表1。

3 流域储水量变化

根据流域水量平衡原理:

$$P = R + E \pm \Delta W \dots\dots\dots (1)$$

式中: P为流域平均降水量, R 为流域平均径流深, E 为流域平均蒸发量, ΔW 为流域储水量变化。单位均为 mm。

(1)式移项则分别得到年与季流域储水量变化:

$$\Delta W_{年} = P_{年} - R_{年} - E_{年} \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta W_{季} = P_{季} - R_{季} - E_{季} \dots\dots\dots (3)$$

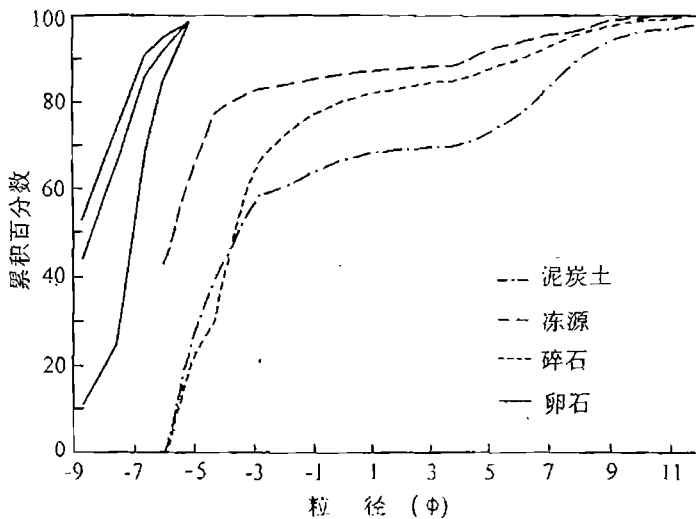


图2 颗粒级配曲线

表1 空冰斗不同下垫面类型的水力参数

| 下垫面 | 面积 km ² | (%) | 产流率 | 渗透率(mm) | 导水系数(m/d) |
|--------|--------------------|------|------|---------|-----------|
| 基岩 | 0.63 | 37.5 | | - | - |
| 卵石 | 0.24 | 14.3 | 0.39 | » 680 | » 56 |
| 碎石 | 0.64 | 38.1 | 0.24 | 127 | 1.8 |
| 冻原 | 0.11 | 6.5 | 0.18 | 132 | 0.35 |
| 泥炭土(干) | 0.06 | 3.6 | 0.25 | 12 | 0.63(圆柱状) |
| 泥炭土(湿) | | | | 7 | 2.0 |

降水量: 以空冰斗流域中值高度(4100m)上的降水量近似取代流域平均降水量。流域内仅在出口处附近有气象观测点(海拔3803m)与中值高度上的高度相差 297m。根据乌鲁木齐河高寒山区降水量随海拔高程的变化较小(降水梯度约为 6mm/100m)的结论, 分析表明如不考虑降水梯度, 误差在 4%以内, 故可忽略不计, 则以海拔 3803m

气象点的降水量代表流域平均降水量。此外, 实测降水量偏小, 需进行修正, 其修正系数夏季采用 1.25, 秋、冬、春采用 1.33 (杨大庆等, 1992)。

蒸发量: 1992—1993年在天山站采用 E₈₃ 型陆面蒸发器⁽¹⁰⁾, 获得了较长的连续完整的一个水文年的实测陆面蒸发量资料, 年蒸发量为 285.2mm, 与张寅生 (1992) 1986年所做的短期观测实验相比较基本相符。前者的年均气温为 -6.85°C, 后者为 -6.42°C。说明 E₈₃ 用于观测寒区蒸发量既简单又符合精度要求和便于推广。实测陆面蒸发量与月平均气温之间的关系良好, 见图 3。以此相关图查补延长蒸发量资料, 并换算到中值高度上的蒸发量。此外, 因空冰斗基岩面积占流域面积 37.5%, 它基本上没有滞留水分, 因此实测蒸发量应乘以 0.625 则为求得流域的实际蒸发量。

径流量: 采用空冰斗实测资料, 并取 9 月至次年 8 月为一水文年。为考虑系列的同步性, 径流深、降水量及蒸发量均采用 1982—1995 年。流域储水量计算结果列于表 2, 表 3。

表 2 多年平均流域储水量变化 (mm)

| 项目 | 春季平均 | 夏季平均 | 秋季平均 | 冬季平均 | 多年平均 |
|--------|-------|--------|-------|------|--------|
| 降水量 | 102.3 | 335.9 | 46.6 | 8.4 | 493.2 |
| 径流量 | 43.06 | 360.35 | 17.78 | 0 | 421.37 |
| 蒸发量 | 19.56 | 71.5 | 26.62 | 2.44 | 120.12 |
| 储水量的变化 | 39.68 | -96.13 | 12.2 | 5.96 | -48.29 |
| 径流系数 | 0.421 | 1.073 | 0.382 | 0 | 0.771 |

表 3 典型年 (春季、夏季、秋季历年降水最大) 流域储水量变化 (mm)

| 项 目 | 春 季 | 夏 季 | 秋 季 | 冬 季 | 全 年 |
|------------|--------|---------|--------|-------|--------|
| 1991-1992 | | | | | |
| 降水量 (夏季最大) | 95.4 | 438.4 | 48.7 | 10.1 | 592.6 |
| 径流深 | 59.93 | 342.24 | 17.16 | 0 | 419.33 |
| 蒸发量 | 18.56 | 77.5 | 28.88 | 3.93 | 128.87 |
| 储水量变化 | +16.91 | +18.66 | +2.66 | +6.17 | +64.13 |
| 径流系数 | 0.628 | 0.781 | 0.352 | 0 | 0.708 |
| 1992-1993 | | | | | |
| 降水量 (春季最大) | 157.2 | 328.8 | 23.7 | 8.0 | 517.7 |
| 径流深 | 69.39 | 403.75 | 15.6 | 0 | 488.74 |
| 蒸发量 | 19.19 | 69.06 | 24.19 | 5.13 | 117.57 |
| 储水量变化 | +68.62 | -144.01 | -16.09 | +2.87 | -88.61 |
| 径流系数 | 0.441 | 1.228 | 0.658 | 0 | 0.944 |

1994-1995

| | | | | | |
|-----------|--------|---------|-------|-------|---------|
| 降水量(秋季最大) | 96.6 | 297.0 | 74.9 | 8.0 | 470.5 |
| 径流深 | 44.16 | 692.37 | 0 | 0 | 736.53 |
| 蒸发量 | 35.0 | 116.88 | 39.8 | 5.81 | 197.5 |
| 储水量变化 | +17.44 | -512.25 | 35.09 | +2.19 | -457.53 |
| 径流系数 | 0.457 | 2.33 | 0 | 0 | 1.565 |

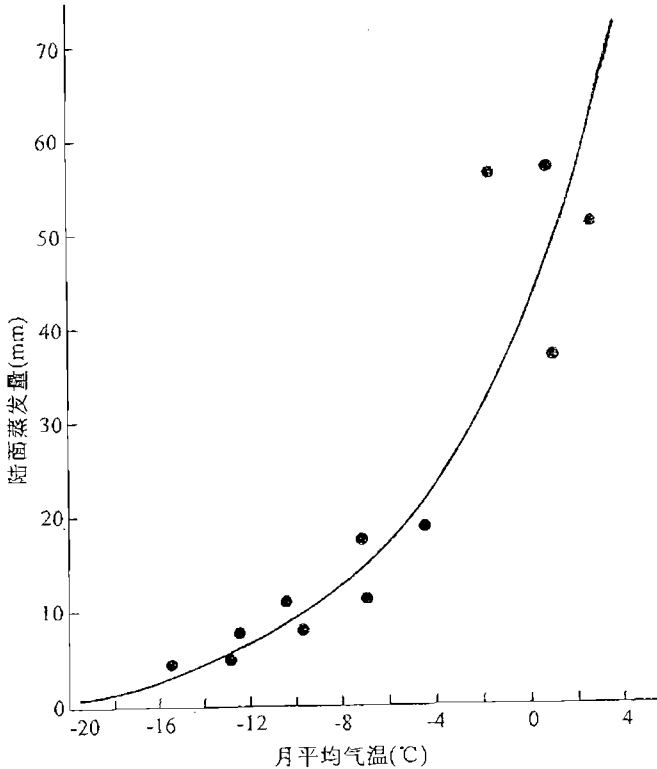


图3 月蒸发量与月平均气温的关系

由表2可以看出1982—1995年流域多年平均储水量变化为 -48.29mm ，处于负平衡状态，亏损量相当于流域多年平均总补给量（即降水量）的 9.8% 。超支的水量是消耗了流域的一部分地下冰储量。冬、春季一般为流域蓄水期，储水量变化为正，这一时期为流域积雪的积累期和地下冰生长期。而到夏季高温期是冰雪和地下冰大量融化的季节，为流域的排泄期，储水量变化为负。可见夏季地下冰的大量融化在适当的地形条件下转化为地表径流向下河道排泄。

表3选取历年春、夏、秋季降水量为最大的三种典型年。从表3中的1991年9月至1992年8月（夏季降水量最大）可以看出四季的流域储水量变化均为正值；而1992年9月至1993年8月（春季降水量最大），夏、秋两季流域储水量变化为负，冬、春为正；1994—1995年为秋季降水量最大，夏季流域储水量变化为负平衡，负值相当大，因该年夏季径流量为历年最大，春季与夏季气温均高出多年平均值。

4 活动层水位及其变化

为观测冻土活动层内水位的变化过程, 从1991年7月至1995年8月在空冰斗流域内先后设六个观测断面共 14 个测井。然而仅有一年(1993年7月至1994年8月)的观测资料较为完整。因资料残缺不全, 对分析水位的变化带来一定难度。

地下水位的年内变化: 位于流域源头的上游测井 (W_{10}) 的观测, 7月中旬开始排水, 地下水于 9月底基本排空之后就开始蓄水, 11月至 12月有少量蓄水, 至次年 5—6 月基本蓄满。中游测井 (W_{12}) 位于百叶箱附近, 7月中旬开始排水, 8月底基本排空至次年4月底, 5月份开始蓄水至 7月初蓄满。下游段测井 (W_2) 位于水文断面右岸附近, 6月底7月初开始排水, 10月基本排空, 11 月开始少量蓄水, 至 3—4月份已基本蓄满, 到6月份水位离地面仅15cm。其中的 W_{12} 井排空的持续时间较长, 达7个多月基本无蓄水, 主要因朝向南坡, 冬、春季地面积雪覆盖很少, 春末降水季节来临, 才开始有蓄水过程。而 W_2 和 W_{10} 分别朝北和朝西, 冬春地面有积雪, 流域内有丰富的水源补给地下水, 故在 5—6 月份已基本蓄满。从 1.5m 深地温剖面图与地下水位过程(图4)可以看出, 1 至 5月地温处于零度以下, 1 至 2月地下水位稳定, 3月开始上升, 4 至 5月水位埋深约 0.25m, 到 6月蓄满。6 至 7月浅层地温开始出现高于 0°C , 7月开始排水至 9到10月活动层达最大融化深度, 地下水基本排空。1994年的水位虽然与地温不是同一年度的资料, 但这是唯一有完整一年的水位观测资料, 因此还是可以反映地下水的变化过程。

地下水位的年际变化: 据1991—1995年五年夏季(6—8月)地下水位变化的分析发现, 它们主要取决于前期与当年的气温和降水量。当前期与当年气温较高, 促使地下冰融化, 利于地下水排泄, 如1995年 6—8月, W_2 , W_{12} 和 W_{10} 的地下水位较深; 反之, 不利于地下冰融化, 阻止水流下渗, 不利于排泄使地下水位抬高, 如1992年 6—8月, W_2 , W_{12} 和 W_{10} 的地下水位比较浅(表4)。气温和降水量直接影响年与年之间的地下水位的变化, 如表4中的 W_2 , W_{12} 1994年的水位比1991年相对低得多, 从而直接影响流域储水量的变化。

5 空冰斗径流

空冰斗的水源形态主要有雪、雨夹雪和地下冰(或浅层地下水)。冬春季流域季节积雪是春季径流的主要水源, 即融雪径流, 部分融水渗入表层融化层再行冻结补给地下冰, 为地下冰的主要生长期。雨夹雪, 地下冰融水是夏季径流的主要水源, 经过地表水与地下水的相互转化以地表径流的形式补给河道。

9月末至来年5月为流域积雪期, 占年降水量的 40%, 主要分布于流域北坡的下游地段。4月中旬的气温开始回升至 0°C 以上, 5月以后气温稳定在 0°C 以上(图5), 为积雪的融化提供了有利的热量条件。积雪融化初期, 融水被积雪层吸收, 部分渗入表层或地表以下有孔隙的活动层内, 使活动层内地温升高, 这是融水在活动层内再冻

结释放热量的结果。从地温剖面图 (图4) 明显看出这一现象。4月底至5月间在地表以下 1.5m 以内的地温有明显增温, 但温差不大。其地下水位相应抬升, 冬季水位离地面 0.8m, 春季上升到 0.25m。春季融雪径流部分形成地表径流, 另一部分提供流域蓄水, 蓄满或接近蓄满 (取决于冬春流域积雪量) 之后, 6-7 月流域就开始排水。故夏季径流量除了来自当年夏季降水的补给, 地下冰也是夏季不可忽略的主要水源之一。从春季多年平均流域蓄水的数值来看约相当于春季降水量的 40%。空冰斗流域面积小, 地下覆盖着多年和季节冻土层, 活动层较浅 (1.70-2.20m), 活动层内地下冰融水为浅层径流。所以夏季径流量是雨雪径流与浅层径流的叠加。浅层径流的多寡影响夏季径流量的大小。

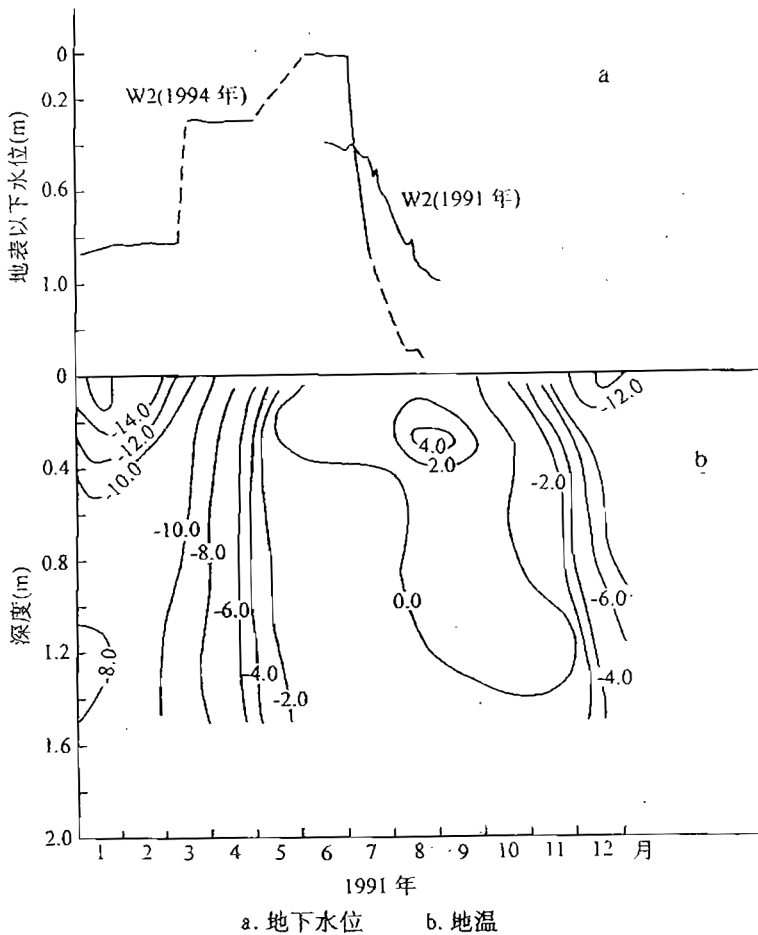


图4 地温剖面图与其相应的地下水位变化

从分析空冰斗寒区流域的径流系数看, 多年平均径流系数为 0.77, 大于非冻土区径流系数。在水文活动期的春季径流, 其径流系数一般比夏季小 (约为0.50), 而夏季的径流系数大, 甚至可大于 1.0, 这是寒区径流很重要的特征之一, 过去未被人们所认识。冬季径流系数为零, 是寒区水文过程的休眠期。

表4 1991—1995年地下水位埋深变化 (m)

| 年 | 月 | W_2 | W_{11} | W_{10} |
|------|---|-------|----------|----------|
| 1991 | 6 | 0.41 | 0.30 | — |
| | 7 | 0.52 | 0.51 | — |
| | 8 | 0.89 | 1.24 | — |
| 1992 | 6 | 0.08 | 0.21 | 0.08 |
| | 7 | 0.27 | 0.40 | 0.16 |
| | 8 | 0.66 | 0.76 | 0.76 |
| 1993 | 6 | — | — | — |
| | 7 | 0.85 | 0.65 | 0.90 |
| | 8 | 1.35 | 1.18 | 1.29 |
| 1994 | 6 | 0.20 | 0.48 | 0.35 |
| | 7 | 0.47 | 0.62 | 0.57 |
| | 8 | 1.13 | 1.23 | 1.32 |
| 1995 | 6 | — | — | — |
| | 7 | 0.85 | 0.80 | 0.81 |
| | 8 | 1.15 | 1.14 | 1.24 |

备注: 表中数据指由地面以下至水面或冰面的深度

6 初步结论与讨论

夏秋达最大融化深度, 即冻结面离地面深, 地下水排泄强度最大, 为流域排水期, 秋、冬地下水基本排空。冬季冻结面上升, 流域无地表和地下水补给, 河道断流, 为水文活动的休眠期。

春季降水季节开始, 因气温仍低于 0°C , 降雪聚积于流域, 形成流域不均匀积雪区, 当春季气温回升至 0°C 以上, 积雪消融, 部分融水形成地表径流汇入河道, 而大部分渗入雪层和孔隙的冻土层内, 在活动层内再冻结生成地下冰, 为流域的蓄水期 (地下冰生长期)。活动层内的地下冰, 地下水逐渐蓄满或接近蓄满取决于春季积雪量的大小。气温继续回升, 河冰、积雪大量融化, 融化层逐渐扩大, 地下冰从表层向多年冻土层融化, 形成全流域基本产流。

春季径流以融雪径流为主, 夏季径流以雨夹雪和地下冰融水 (浅层地下水) 多种水源补给, 秋季以地下冰融水或浅层地下水补给为主。冻土区径流系数比非冻土区高, 春季径流系数小于夏季, 春季一般为 0.50 左右, 夏季 0.80 以上, 甚至可大于 1.0。冬季为水文活动休眠期径流系数等于零。

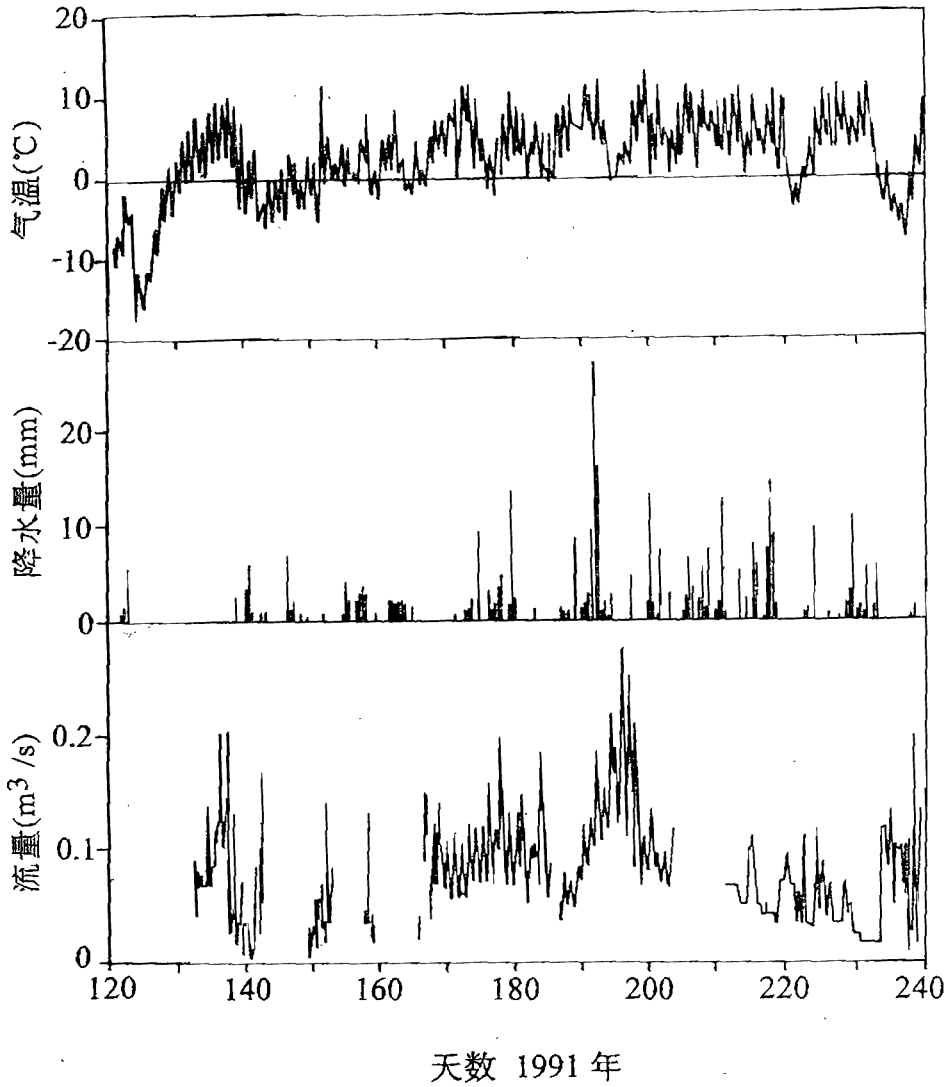


图5 流量、降水、气温综合过程线

参考文献

Dingman, S. L., 1973, Effects of Permafrost on streamflow characteristics in the discontinuous permafrost zone of Central Alaska. permafrost the Yakutsk. USSR. Washington, NAS, 447-453
Ming-ko Woo and Peter Steer, 1983 Slope hydrology as influenced by the Wing of action layer, Resolute N. W. T. Canadian Journal of earth Sciences, vol.20, 978-986
Ming-ko Woo and Peter Steer, 1986, Runoff Regime of Slope in Continuous Permafrost Areas.

Canadian Water Resources Journal, Vol. 11, No. 1, 58-68

Woo, M. K., 1986, Permafrost hydrology in North America Atmosphere-Ocean 24, 201-234

Yang, Z. N., Yang, Z. H. and Wang Q. 1991, Characteristics of hydrological processes in a small high mountain basin. International Association of Hydrological Sciences, publication, No. 205, 229-236

王强, 1996, 天山空冰斗冻土水文过程研究观测实验方法及资料整编, 本年报

王积强, 1996, E₁₃型土壤蒸渗仪和E_{601.2}水面蒸发器的使用, 本年报

杨针娘、杨志怀、梁凤仙、王强, 祁连山冰沟流域冻土水文过程, 1993, 冰川冻土, 科学出版社, 15(2), 235-341

杨针娘, 朱守森, 李念杰等, 1987, 乌鲁木齐河山区水量平衡的初步分析, 中国地理学会第二届全国冰川学术会议论文选集, 甘肃省人民出版社, 249-257

杨大庆, 施雅风, 康尔泗等, 1992, 天山乌鲁木齐河流域降水观测系统误差分析和修正, 乌鲁木齐河山区水资源形成和估算, 科学出版社, 41-49

张寅生, 康尔泗, 杨大庆, 1992, 乌鲁木齐河山区蒸发量观测实验研究, 乌鲁木齐河山区水资源形成和估算, 科学出版社, 79-88

天山中部乌鲁木齐河流域近250年 温度序列重建

王承义

(新疆气象研究所, 乌鲁木齐, 830000)

提 要 用乌鲁木齐河流域9个年轮年表与2个测站分别进行对比分析年轮与温度的相关性, 运用主分量分析, 由逐步回归重建年平均温度, 得出流域250年年平均温度序列, 对其进行了验证和响应函数分析, 讨论了冷暖变化和周期, 对未来变化趋势进行了预测。

主题词 年表 重建 乌鲁木齐河

1 简介

乌鲁木齐河位于天山北坡中段, 发源于天山天格尔山主峰, 流向东北, 穿越乌鲁木齐市, 流入准噶尔盆地北缘。乌鲁木齐河流域, 尤其是中上游地区近年来有不少水文、气候、地理、地质、生态、冰川等科学工作者前往考察, 由于流域气候要素资料系列较短, 给研究工作带来了许多不便。近年在乌鲁木齐河流域进行的年轮气候学研究, 以恢复历史时期的气候要素值。无疑对科学研究工作是有益的。

本文是1993年7-8月间在乌鲁木齐流域的9个采集点所采集300多个落叶松标本, 经年轮标本予处理和轮宽测量, 交叉定年后建立的9个年轮年表的基础上, 采用年轮气候学分析方法, 重建流域250年年平均温度序列, 对其进行了验证和响应函数分析, 讨论了冷暖变化和周期, 对未来变化趋势进行了预测。

2 年平均温度序列重建

用天山大西沟站、乌鲁木齐站35年(1959-1993)的年平均温度与9个年轮年表进行相关计算, 分析表明树木生长地海拔较高的年轮年表与年平均温度有较好的相关关系, 与年平均温度相关关系密切的有乌拉勒吐拜克(WLL), 哈熊沟A(HXA), 哈熊沟3(HXB), 宰尔德沟(ZED)和沙尔托期(SET)年表。

考虑年轮生长的滞后性, 采用主分量分析, 用逐步回归建立乌鲁木齐河上游大西沟站和下游乌鲁木齐站年平均温度与5个年表序列的回归方程。

2.1 所用5个年表 WLL(1₁), HXA(1₂), HXB(1₃), ZED(1₄), SET(1₅)。

考虑温度对年轮生长的持续性, 以 $Y_t = I(t, t+1, t+2)$ 为重建模式.

大西沟站年平均温度的重建方程:

$$Y_t = -62.2486 - 12.0254I_{3,t} + 11.7189I_{5,t} + 19.124I_{2,t+1} + 17.5399I_{3,t+1} - 28.6878I_{4,t+1} \quad (1)$$

该方程的复相关系数为 0.73, 经 F 检验通过了 0.01 显著性水平.

乌鲁木齐站年平均温度的重建方程:

$$Y_t = 55.747 - 16.45I_2 + 26.386I_5 + 27.228I_{2,t+1} - 25.665I_{4,t+1} \quad (2)$$

该方程的复相关系数为 0.62, 经 F 检验通过了 0.01 显著性水平.

将两个测站的年平均温度的重建值与实测值进行对比分析, 可看出两条曲线变化趋势是基本一致的.

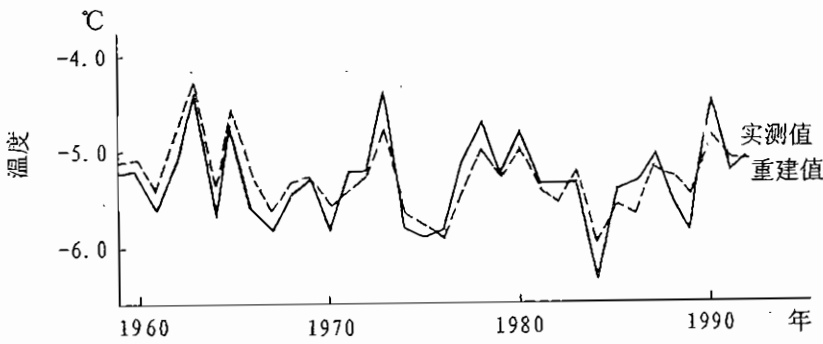


图1 大西沟站年平均温度重建值与实测值对比曲线

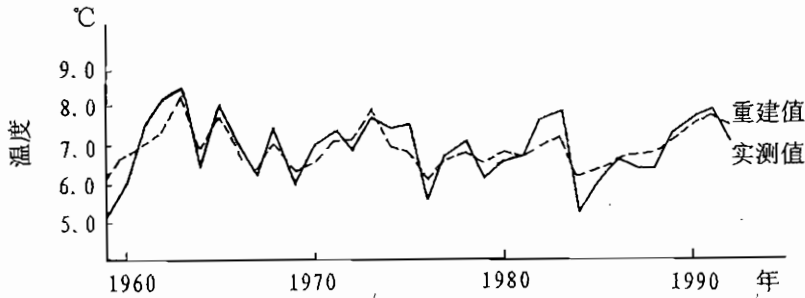


图2 乌鲁木齐站年平均温度重建值与实测值对比曲线

由(1)、(2)式可重建1744~1992年乌鲁木齐河流域的大西沟站, 乌鲁木齐站年平均温度值。并给出大西沟站年平均温度序列。

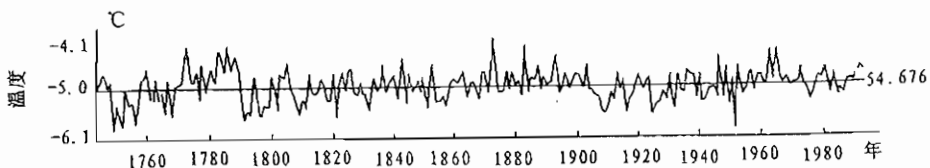


图3 乌鲁木齐河上游大西沟站250年平均温度序列重建

2.2 响应函数

由于位于山区临近地区只有十余年的气候资料, 难以计算较稳定的响应函数形式, 仅取记录年代较长的测站, 建立响应函数。

本文先用乌鲁木齐河上游的大西沟站, 前一年9月至当年10月共14个月的逐月平均气温和月总降水量计28个变量。从1959 - 1992年, 计34年, 还考虑了年轮指数的三阶滞后, 共31个因子, 采用提取主分量再回归的方法建立响应函数。

将计算结果绘制在图上, 可得到ZED年表的响应函数(图4), 图中横坐标为上年9月至当年10月的气温与降水、以及落后1-3年的前期生长, 纵坐标为响应程度的标准化指数值, 大于零为正响应, 小于零为负响应, 对每个因子响应值的0.95信度标准, 以平行于纵坐标的线段给出, 落在置信范围内的显著因子用*标出, 显然树木生长对气温的响应较降水要强, 超过显著性检验的气温因子有7个, 而且对气温响应多为正值, 对降水响应多为负值。可见这个地区树木生长对气温反应敏感, 在对生长前期3个因子的响应中, 仅前一年超过显著性检验。这是年轮生长分析中常见的现象。

还确立了其它树木生长对气候要素的响应函数, 其分析结果基本一致, 在此不一列举。

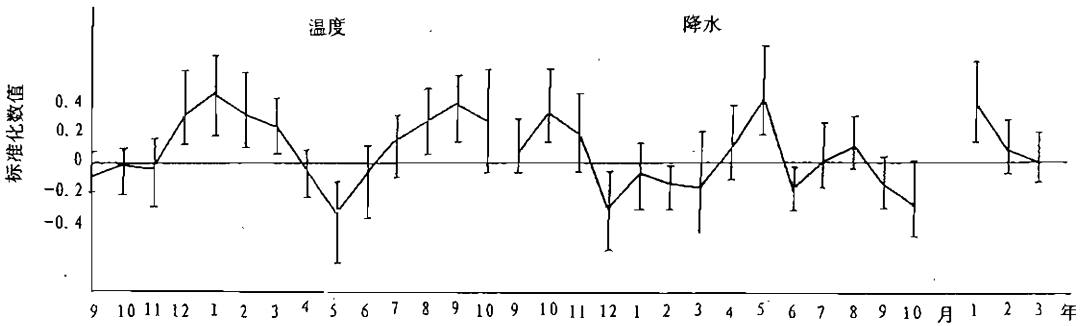


图4 ZED响应函数

2.3 冷暖变化

将重建的大西沟250年年平均温度序列进行低通滤波处理, 滤去 < 8 年的波动, 并点绘成图(图5), 从图中可发现年轮揭示了几个明显的冷暖期, 从图中看出有3个较明显的暖期(W)即1770 - 1790, 1859 - 1904, 1955 - 1973和3个明显的冷期(G)。

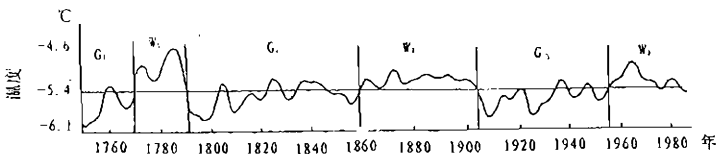


图5 大西沟站250年年平均温度低通滤波曲线

2.4 流域年平均温度变化的一致性

将位于乌鲁木齐河上游海拔高3545米的大西沟站与乌鲁木齐站进行比较, 两站年平均温度序列存在着一致性, 从图1、图2、中看出1959-1992年34年的年平均温度存在着较好的对应关系, 两站年平均温度相关性较好。

将两站250年年平均温度序列重建值进行比较也存在着较好的对应关系, 峰谷值的变化趋势是基本一致, 重建温度序列存在同步变化, 可进一步说明年平均温度重建序列的可信性。

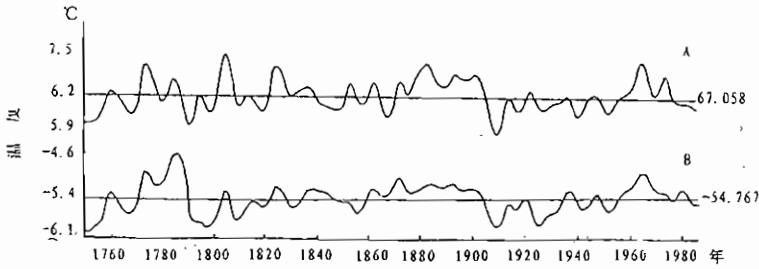


图6 乌鲁木齐上游(B), 下游(A)地区温度重建序列对比曲线

2.5 周期分析

将大西沟站250年平均温度序列进行功率分析, 超过95%置信区间的周期有66、22、11、2-3 2年, 为了防止遗漏较长的周期, 我们又进行了方差分析, 其结果表明上述周期都存在。尤其是66年周期较明显。上述周期中两年周期与大气环流的准两年振动周期相吻合, 11年周期与太阳黑子活动周期基本一致, 置信度较高的22年周期则是太阳黑子活动周期的倍数, 66年周期可能与北疆地区存在的67年气候变化周期相一致(王承义, 1991)。

用上述几个周期进行叠加外推, 来预测未来20年年平均温度变化趋势, 并点绘在图7中, 从图中看出未来到2012年, 年平均温度基本上在平均值附近摆动, 并趋于偏暖。

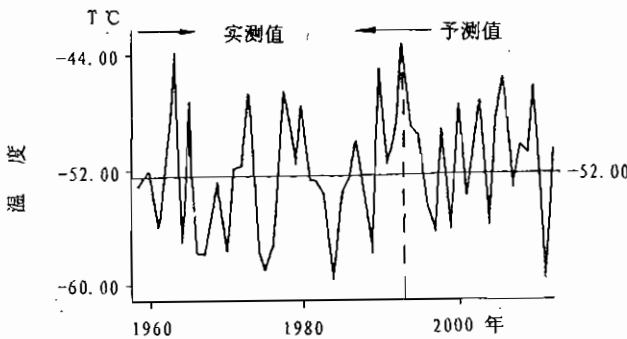


图7 大西沟站的平均温度预测图

3 小结

- 1、年平均温度是乌鲁木齐河流域的年轮年表的主要限制因子。
- 2、经主分量分析,用逐步回归所建方程,通过了0.01显著性水平检验,并建立了响应函数。
- 3、重建的乌鲁木齐河流域近250年年平均温度序列,具有较显著的周期变化,并经历了较明显的三个冷期和三个暖期。

参 考 文 献

王承义, 1991, 北疆东部近500年来温度变化及其趋势研究, 新疆大学学报, (8)1

山坡与河谷降水对比观测分析*

商思臣¹ 张国威¹ 张建岗¹ 杨大庆²

(1 新疆维吾尔自治区水利厅水文总站径流实验站; 2 中科院兰州冰川冻土研究所, 730000)

1 研究目的

新疆众多的河流发源于山区。许多降水站点也设在山区。因此, 山区降水量观测及收集的降水资料的代表性, 成为影响计算山区水量平衡及水资源开发利用的一个至关重要的因素。以乌鲁木齐河山区流域为例, 水文及气象部门设立的雨量站点都位于河谷, 国内外一些专家学者提出过其降水观测是否具有代表性的问题, 如日本水文学专学菅原正己先生提出过乌鲁木齐河山区河谷观测的降水量可能偏小这一问题。河谷降水与山坡降水是否存在较大的差异? 如果两者差别较大, 是河谷观测的降水量大, 还是山坡观测的大? 为了有一个比较正确的评估, 有必要作些观测和分析。本课题针对上述问题, 在乌鲁木齐河山区设立了若干观测剖面, 收集了近三年的实测数据, 做了一些初步的分析研究, 对所提出的问题有了一个比较客观的认识。

2 观测剖面的选择和仪器的安置

2.1 观测剖面的选择

经过沿乌鲁木齐河河谷实地勘察, 为了使剖面有一定的代表性, 对所选剖面的朝向、植被、山脚与山顶的高差、所在的空间位置, 即低山带、中山带和高山带不同的区域, 以及便于观测维护等多方面条件综合考虑, 确定位于乌鲁木齐河出山口的南台子—南北向山脊为第一剖面; 跃进桥水文站—东西向山脊为第二剖面; 大西沟上游冰川站已设的总控观测点、空冰斗观测点和 1 号冰川观测点构成第三剖面。这三个剖面都靠近公路, 除第一剖面不能驻守观测, 其余二个剖面都有专业人员驻守观测。第三个剖面为天山冰川站设置和观测。

2.2 仪器类型和安置

本次实验使用的降水观测仪器是经过改进的标准雨量器, 称改进型时段总雨量器(以下简称总雨量器)。具体方法是将标准雨量器的漏斗及储水瓶取走, 若观测时段降水呈固态形式, 则承水器也应取走, 主要用外筒。配置一定浓度的氯化钙溶液,

*中国科学院天山冰川观测试验站资助项目

称防冻液, 配置比例见表一。夏季用水替代防冻液, 注水储水筒内, 一般情况下, 防冻液液面至筒高的 1/3 比较合适。然后选用粘度较小的变压器用润滑油, 注入筒内在防冻液液面形成 2-5mm 厚的润滑油覆盖层, 防止降水量的蒸发损失。至此, 就制成了一个可以测量一个时期降水量的总雨量器。

表 1 配制不同冰点温度的防冻液所需氯化钙用量表

| | | | | | | | |
|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 氯化钙(g/100g 水) | 5.8 | 11.1 | 17.62 | 25.0 | 33.3 | 42.9 | 48.1 |
| 冰点温度(°C) | -2.4 | -5.9 | -11.0 | -18.6 | -29.9 | -48.0 | -51.0 |

对第一剖面, 考虑到观测和维护等方面的困难, 仅选用总雨量器从河谷沿坡向比较均匀地设置了四个观测点, 依次编为南 - 4 站, 南 - 3 站、南 - 2 站和南 - 1 站, 海拔高程 (黄海基面, 下同) 相应为 1725m、1950m、2282m 和 2767m。南 - 1 站、南 - 2 站和南 - 3 站相对于河谷的南 - 4 站的水平距离分别是 2101m、1245m 和 718m。在第二剖面, 原计划仅用总雨量器设三个观测点, 后又在每个观测点增设了器口安置高度为 2 米的总雨量器二个, 其中一个带防风圈 (前苏联 Tretyakov 防风圈), 以对比测量不同海拔高程上不同器口高度和不同类型的总雨量器的观测值。从河谷至山顶, 三个观测场应编为跃 - 3 站、跃 - 2 站和跃 - 1 站, 其海拔高程依次为 2367m、2704m 和 2977m。跃 - 1 站和跃 - 2 站与跃 - 3 站的水平距离为 1070m 和 580m。该剖面平面位置 (见图 1)。

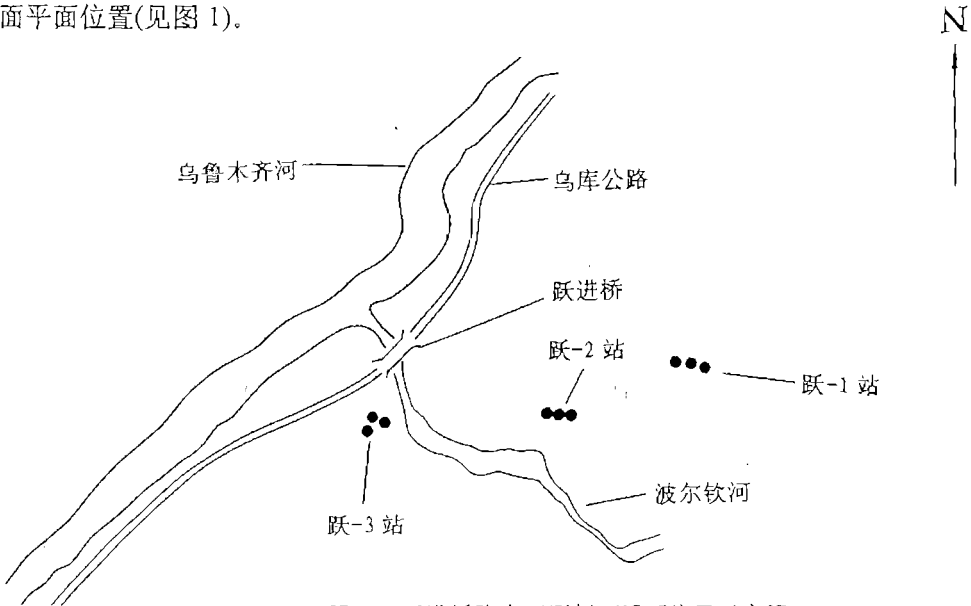


图 1 跃进桥降水观测剖面平面位置示意图

2.3 观测时段和观测方法

上述所选剖面, 虽靠近公路或已有的水文站, 但沿剖面至山顶观测的途径比较陡

峻危险，在满足课题要求的前提下，确定一个月观测一次，特殊时段加测。在六月至八月，降水量比较大，为防止储水筒水量溢出加测一至二次。冬季气温变化较大时，也要经常上山以防止防液结冰。

观测总雨量器有三种方法可以选择采用，蒸发台秤称重法、杆秤称重法和测针测定液面法。第一种方法在有水文站或气象站的地方可以使用，但需搬动总雨量器，当降水量较大时，很容易溅出而影响观测精度，同时搬来搬去也不方便。对第二种方法，杆秤便于携带，用于山坡及山顶观测比较方便，但也存在着降水量较大时搬动容易溅出的问题，而且精度不高。第三种观测方法同B-601型蒸发皿的观测方法相似，观测时不需要搬动总雨量器，测针也便于携带，观测精度也比较高。因此，本课题选用此方式作为观测总雨量降水量的方法。观测时，将测针底座置于总雨量器器口上（见图1），测杆上附有游标尺，可使读数精确到0.1mm。测杆下端有一针尖，用摩擦轮升降测杆，可使针尖上下移动。由于针尖与水面接触情况在筒外看不见，因而配置一音响器，一头接总雨量器外壁，一头接测杆，当测针与防冻液面接触时，电路接通，音响器发出声响。要注意二个问题：一是测针底座要选用绝缘材料，二是测针与液面接触后，要用摩擦轮上下移动测针注意音响器的声响，使测针恰好与液面接触。

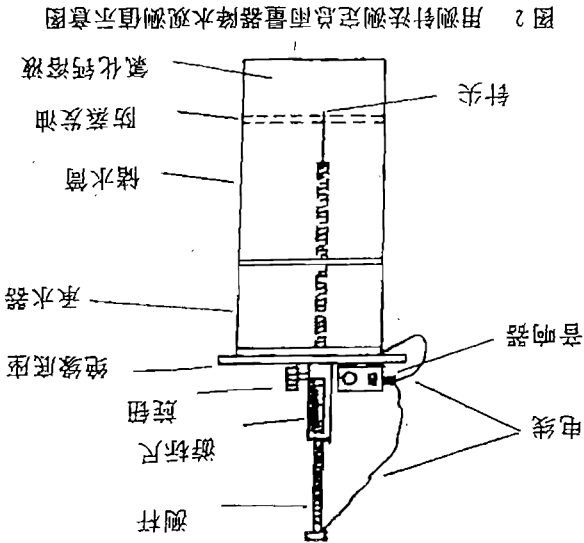


图2 用测针法测定总雨量器降水观测值示意图

2.4 观测资料精度评价

由于设在山顶和山腰的雨量站点无法派人驻测，仪器本身的安全难以保证，时常发生人为的破坏现象。尤其是第一剖面，靠近旅游区，人为破坏现象特别严重，雨量器经常丢失，或者将雨量筒砸扁，将防液液倒掉，用枪打眼等等。虽做了大量宣传工，又在总雨量器旁边立上议、哈文警示牌，还是无法制止人为破坏行为的发生。对于该剖面观测的数据，经分析，精度很差，无法使用，只好舍弃。第二剖面靠近水文站，又对附近居住的牧民做了许多宣传解释工作，因此，设置仪器出现人为破坏的现象要少一些。在进行野外观测的第一年，都是由课题组人员亲自观测，同时培养委托

观测人员经认可合格后, 才交给委托人员观测, 课题组人员不定时的上站检查仪器及情况。因此, 第二剖面收集的资料其总体精度是可靠的。但个别观测点有几个时段的资料明显有问题, 经分析有些是观测及读数误差造成的, 这些资料的误差基本是 10 的倍数。另外一些是有人将筒内防冻液倒掉了一部分, 或倒在了其它筒内, 有的是往筒内加入了其它液体。在对资料分析时, 明显有问题的这一部分数据没有采用。

3 总雨量器和标准雨量器对比观测

由于设在剖面的降水量观测点, 都采用总雨量器观测, 为了检验总雨量器的观测精度, 在跃进桥水文站气象场设置了安装高度均为 0.7 m 的一组总雨量器和标准雨量器进行对比观测。总雨量器分为外筒涂有白漆和无漆二种, 以检验阳光照射筒壁装置温总雨量器内防冻液蒸发损失的差异。另外, 在观测方法上, 用测针观测降水量的同时, 用蒸发台称重法测定降水量, 以检验测针观测的误差范围和精度。从 1991 年 7 月 1 日至 1991 年 9 月 30 日和 1991 年 1 月 16 日至 1991 年 10 月 6 日近二年的观测资料分析 (见表 2), 可以得出以下几个结论:

① 二个总雨量器观测的降水量相对于标准雨量器的相对误差绝对值都在 5 % 以下; ② 有测针观测的降水量其相对误差要比用台秤称重法的误差小; ③ 涂有白漆的总雨量器与无漆总雨量器观测值差异很小, 可以忽略不计。

表 2 总雨量器与标准雨量器对比观测成果表

| 分类 相对误差 (%) 时段 | 测针法 | | 称重法 | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|
| | 1号 (有漆) | 2号 (无漆) | 1号 (有漆) | 2号 (无漆) |
| 1991. 7. 1-9. 30 | -0.9 | -2.0 | -4.6 | -4.9 |
| 1992. 1. 16-10. 6 | -2.6 | | | |

4 不同高程位置上不同类型总雨量器的对比观测

在跃进桥剖面分别在跃-1站、跃-2站和跃-3站三处都设置了器口安置高度为 2m 的不带防风圈和有防风圈的一组总雨量器, 以比较分析防风圈的防风效果对提高降水观测精度的作用。对 1991-1993 年近三年观测资料分析, 带防风圈的总雨量器比不带防风圈的总雨量器降水观测值都偏大 (见表 3)。但不同高程位置上, 不同的降水形态其偏差值差异较大。

从表 3 可以看出, 观测点位置随高程的增高, 风速加大, 风对降水量观测精度的影响增大, 防风圈的防风效果也明显。如跃-3 观测点带防风圈总雨量器三年观测值偏大 4.2 %, 跃-2 观测点增至 7.2 %, 位于山顶的跃-1 观测点可达 26.4 %。冬半年降水量小且以降雪形式为主, 其观测值偏差比夏半年要大得多。在跃-1 观

表 3 带防风圈总雨量器相对于不带防风圈总雨量器的增益值

| 年份 | 1991 年 | | | 1992 年 | | | 1993 年 | | |
|-----|--------|------|-----|--------|------|------|--------|------|------|
| 站点 | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 |
| 时段 | 增益值(%) | | | | | | | | |
| 夏半年 | 8.4 | 4.6 | 2.2 | 29.9 | 10.7 | 4.0 | 47.1 | 1.6 | 2.5 |
| 冬半年 | 56.0 | 11.2 | 6.7 | 27.3 | 14.2 | 11.0 | 77.6 | 19.1 | 13.2 |
| 全年 | 25.2 | 6.2 | 3.1 | 29.3 | 11.7 | 5.7 | 24.7 | 3.7 | 3.9 |

测点上, 冬半年带防风圈的总雨量器观测值比不带防风圈的总雨量观测值偏大 53.6%, 而夏半年相应偏大 28.5%; 在跃-2 观测点, 冬半年偏大 14.8%, 夏半年为 5.6%; 对于跃-3 观测点, 则冬半年为 10.3%, 夏半年为 2.9%。

5 不同高程位置上同类雨量器不同安装高度的对比观测

在跃-1、跃-2 和跃-3 观测点上, 分别设置了一组安装高度为 2 m 和 0.7 m 的不带防风圈的总雨量器, 以对比分析不同安装高度的降水量观测值偏差。以 1991-1993 年近三年的观测资料分析, 总的来看 2 m 高的总雨量器比 0.7 m 总雨量器降水量观测值偏小, 并随高程的增加, 风速增大, 偏差值也增大(见表 4)。如 1991 年降水量观测值, 在位于河谷的跃-3 观测点, 两者偏差很小, 为 -0.8%, 而在跃-2 站, 2 m 高总雨量器比 0.7 m 高总雨量器偏小 7.4%, 位于山顶的跃-1 站相应偏小达 23.8%。对于降雨和降雪二种不同的降水形态, 偏差值也不同。特别是跃-1 站, 冬半年的偏差值 1991 年为 -42.5%, 1993 年为 -52.2%。在表四中也有 2 m 高总雨量器观测值大于 0.7 m 高总雨量器的情况, 主要出现在 1992 年的跃-2 站上, 跃-3 站也有此类情况, 但偏差值不大。

表 4 2 m 高总雨量器相对于 0.7 m 总雨量器的偏差值 (%)

| 年份 | 1991 | | | 1992 | | | 1993 | | |
|--------|-------|-------|------|-------|-----|-----|-------|------|------|
| 偏差值(%) | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 |
| 时段 站点 | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 |
| 夏半年 | -7.5 | -3.9 | -0.7 | -13.0 | 2.0 | 0.5 | -9.4 | -6.4 | 1.0 |
| 冬半年 | -42.5 | -17.0 | -1.1 | -5.0 | 4.4 | 1.0 | -52.2 | -4.9 | -4.8 |
| 全年 | -23.8 | -7.4 | -0.8 | -11.3 | 2.8 | 0.6 | -14.3 | -6.2 | 0.1 |

5 山坡降水量和河谷降水量对比观测分析

对 1991 年至 1993 年不同类型、不同安装高度的总雨量器近三年的实测资料, 分夏半年和冬半年及全年三种情况进行比较分析, 取跃 - 1、跃 - 2 及跃 - 3 站的观测值与跃 - 3 站 0.7 m 高总雨量器观测值的比值 (表 5), 点绘 0.7 m、2 m 和 2 m 带防风圈总雨量器近三年的降水量相对值同站点海拔高程之间的关系曲线 (图 3)。

从表 5 和图 3 中可以看出存在着以下几个特点: a、河谷降水与山坡降水的总趋势为越往山顶处, 降水观测值越小。比较三年的降水总量, 0.7 m 总雨量器的观测值, 跃 - 1 和跃 - 2 站比跃 - 3 站相应偏小 33.6 % 和 3.5 %。跃 - 1 和跃 - 2 站 2 m 高总雨量器观测值比跃 - 3 站同类仪器偏小 43.6 % 和 6.6 %。2 m 防风总雨量器

表 5 各类总雨量器观测值的比值

| 年 份 | | 1991 | | | 1992 | | | 1993 | | | 1991-1993 | | |
|-------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|
| 时 段 | 仪 器 类 型 | 站 点 | | | | | | | | | | | |
| | | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 | 跃-1 | 跃-2 | 跃-3 |
| 夏 半 年 | 0.7m | 1.05 | 1.05 | 1.00 | 0.62 | 0.91 | 1.00 | 0.66 | 0.97 | 1.00 | 0.67 | 0.95 | 1.00 |
| | 2m | 0.97 | 1.02 | 0.98 | 0.54 | 0.92 | 1.00 | 0.60 | 0.91 | 1.01 | 0.60 | 0.92 | 1.01 |
| | 2m 防风 | 1.05 | 1.08 | 1.03 | 0.70 | 1.02 | 1.04 | 0.73 | 0.93 | 1.04 | 0.74 | 0.98 | 1.04 |
| 冬 半 年 | 0.7m | 0.98 | 1.43 | 1.00 | 0.59 | 1.07 | 1.00 | 0.55 | 0.66 | 1.00 | 0.65 | 1.01 | 1.00 |
| | 2m | 0.56 | 1.19 | 0.99 | 0.56 | 1.12 | 1.01 | 0.26 | 0.63 | 0.95 | 0.47 | 0.98 | 0.99 |
| | 2m 防风 | 0.88 | 1.32 | 1.06 | 0.71 | 1.28 | 1.12 | 0.47 | 0.75 | 1.08 | 0.66 | 1.12 | 1.09 |
| 全 年 | 0.7m | 1.02 | 1.23 | 1.00 | 0.61 | 0.95 | 1.00 | 0.64 | 0.92 | 1.00 | 0.66 | 0.96 | 1.00 |
| | 2m | 0.77 | 1.10 | 0.98 | 0.54 | 0.97 | 1.01 | 0.54 | 0.87 | 1.00 | 0.57 | 0.94 | 1.00 |
| | 2m 防风 | 0.97 | 1.20 | 1.04 | 0.70 | 1.08 | 1.06 | 0.68 | 0.90 | 1.05 | 0.72 | 1.01 | 1.05 |

相应偏小 31.8 % 和 4.0 %。但在不同的年份, 也有例外。如 1992 年, 跃 - 2 站的观测值明显接近或大于跃 - 3 站的观测值, 而跃 - 1 站的观测值又急剧减小。b、对不同的降水形态, 河谷降水量与山坡降水量之间的偏差值也存在明显的差异。以降雪为主的冬半年跃 - 1 站三种总雨量器平均偏小 42 %, 以降雨为主的夏半年平均偏小 34 %。c、不同类型总雨量器的观测值, 其各站之间的偏差值具有明显的规律性, 即 0.7 m 高总雨量器之间的偏差值比 2 m 高总雨量器之间的偏差值要小, 而防风总雨量器之间比 0.7 m 总雨量器还小。d、山坡最高处 (山顶) 的跃 - 1 站的降水量观测值与河谷跃 - 3 站的观测值差异较大, 无论那种类型的仪器, 都偏小 31.8 % 以上, 而山坡上的跃 - 2 观测站的降水量观测值与河谷的跃 - 3 站相比, 差别不大, 无论哪种类型的仪器, 虽然偏小, 但都在 6.6 % 以内。

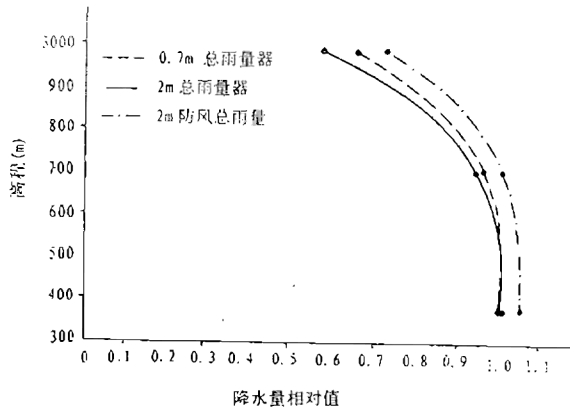


图3 跃进桥观测剖面不同类型仪器降水量相对值随高程变化曲线

7 结语

1、从三年的实测资料分析, 位于山坡中部的实测降水量与位于河谷测站降水量相接近, 但山顶观测点的降水量明显减少。现设在河谷的降水观测点还是有一定代表性的。

2、风对位于山坡上不同高程的降水观测值影响显著, 尤其是位于山顶的观测点, 风速明显比河谷大, 观测值偏小, 但由于各观测点没有连续测定风速, 因而不能定量的论证山顶实测降水量比河谷小, 是实际降水量小还是因风速大而使雨量器观测值偏小, 尚需进一步研究分析。

3、原计划在山口, 中山带和高山带分别设一个剖面进行分析比较, 现只获得中山带跃进桥站一个剖面的资料, 且只有三年不到的资料, 分析不够全面, 应作进一步观测研究。

乌鲁木齐河源气候对冰川融水径流的影响

杨新元 韩添丁

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 730000)

摘要 乌鲁木齐河源近30年来处于夏季气温回升、降水量减少、冰川减薄的总趋势, 冰川融水以平均每年8%的比例补充了径流, 调节了河流水量变化。本文主要以笔者多年观测资料分析结果, 简单进行归纳总结, 以便使人们了解乌鲁木齐河源主要气候现象, 径流过程以及冰川对径流所产生的影响。

关键词 气候现象 冰川径流

乌鲁木齐河源(出山口以上)分布着现代冰川124条, 冰川面积 37.95km^2 , 其中大西沟与罗布道沟汇合处以上(中科院冰川站研究区)共有冰川7条, 面积为 5.60km^2 , 尤以1号冰川最大, 面积 1.84km^2 。

1 气候现象

乌鲁木齐河源头大都为高山峡谷地带, 下垫面除一部分为沼泽地外, 大都为裸露山坡, 在3700m以上的高度, 多为季节(冬季)积雪和冰川群体。根据1号冰川水文点(海拔高度3693m)观测资料, 年平均气温为 -6.8°C , 极端最高值在 15.6°C (1989年7月27日), 极端最低值为 -3.50°C (1987年11月26日)。据大西沟气象站(海拔3539m)资料表明, 气温年际变化不大, 一般在 -5.0 ~ -6.0°C 之间, 但是夏季7-8月气温年际变化较大, 在 3.0 ~ 5.5°C 之间, 尤以日变差大, 夜间与白天可相差 10°C 以上。由于源头没有明显的季节之分, 一般只能认为冰川消融最强的6-8月份为夏季, 头一年11月份至第二年3月份为冬季, 其他月份为春季和秋季。实际上这里的四季除6-8月份外, 其他月份日平均气温大都为负值。因此这里的夏季时间很短而冬季漫长。据1号冰川水文资料, 年平均降水在430mm左右, 其中5-8月占70%以上, 由于受海拔及小地形影响, 降水量较新疆其他地区偏多, 冰川上降水可达600mm左右。据资料分析, 河源区很少有大的暴雨过程, 仅在夏季常有较大的阵雨或冰雪出现。由于降水主要集中于夏季, 所以这个季节温度较大, 月平均值在60-70%之间。

近年来, 人们普遍认为冰川区气温有所回升和降水量有所减少, 带有这个问题, 我们采用河源区大西沟气象站气温、降水作了分析, 即将60年至93年夏季(6-8月)平均气温和不同时段降水作5年滑动, 然后用年份 n (两位尾数)分别与对应的气温 T 及降水 P 进行相关, 得出气温、降水近卅年来趋势变化(图1)。

从图1可看出, 气温呈回升的趋势, 而降水表现为减少的趋势。根据相关公式得出: 夏季(6-8月)平均气温上升了 0.14°C , 7-8月降水总量减少了19mm, 6-8月降水量

减少了24mm，年降水总量减少了17mm。

2 径流分析

河源区共有三个冰川水文点，1号冰川水文点设在离1号冰川冰舌约300m处的河道上，它的径流变化完全取决于冰川消融和周围山坡季节积雪。1号冰川消融时

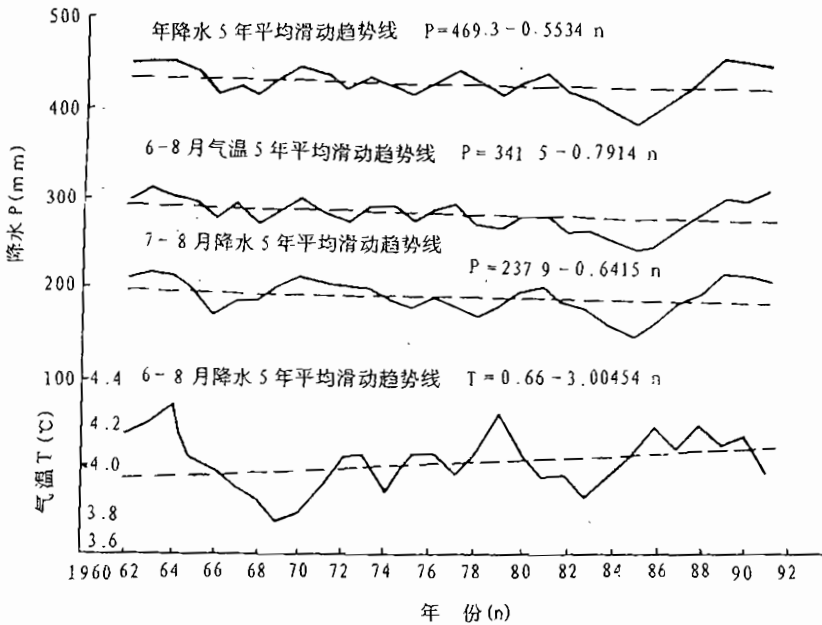


图1 乌鲁木齐河源近三十年来气温、降水变化趋势图

间大约从4月初开始，但是由于这时气温大都处于负值，所以消融量很弱，在河道几乎不产生径流。约从5月初开始，随着气温回升加快，冰川消融加强，再加上山坡季节积雪融化和河冰解冻，河道径流明显增加，在下午2-4时还将有小洪峰出现。1号冰川消融最强烈的时期为6-8月，因为这时气温大都处于正值，其径流总量可占整个消融期径流总量的80-90%。强烈消融期间，下午常有大的洪峰过程。冰川洪峰流量 Q_m 大小与洪峰流量系数 ϕ ，冰川面积 F 和消融强度 S 以及汇流历时 τ^n 有关，它们之间的关系可用以下公式表示：

$$Q_m = \phi FS / \tau^n$$

对于面积、坡降一定的冰川， ϕ 、 S 、 τ^n 主要取决于消融深度，在单位时间内消融深度越大， ϕ 、 S 、 τ^n 也越大。

降水对于冰川消融应该说起着相反的作用，这主要是冰川上的降水多以降雪的形式出现，而积雪在冰川上具有强反射作用，这必然削弱了冰川消融。但是对于极少暴雨或阵雨来说，降水对疏松冰块能产生冲击作用，这多少能促使冰川产生径流。

为了说明强烈消融期气温、降水对冰川融水径流的影响，这里将水文点近十年来

7-8月气温以及年降水量与年径流量列表1, 以供分析参考。

表1 1号冰川水文点气温、降水、径流量关系表

| 年 份 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 7月份平均气温(°C) | 4.7 | 6.5 | 5.4 | 5.8 | 4.2 | 3.3 | 4.6 | 3.7 | 4.2 | 4.7 | 4.1 |
| 8月份平均气温(°C) | 4.8 | 5.1 | 5.3 | 4.2 | 4.8 | 3.4 | 2.6 | 3.5 | 2.3 | 3.6 | 3.8 |
| 年降水量(mm) | 294 | 387 | 433 | 487 | 461 | 409 | 482 | 388 | 456 | 434 | 328 |
| 年径流量($10^6 m^3$) | 214 | 319 | 137 | 253 | 176 | 141 | 208 | 131 | 243 | 268 | 209 |

积雪融水是高山区径流的另一组成部分, 融水大小主要取决于降水大小, 但是气温高低也起着一定作用, 当气温回升较快时, 融雪产生的地表径流也越多。目前我们观测积雪的目的仅限于推算裸露山坡径流系数, 由于积雪的多寡及气温年际变化不一, 事实上径流系数每年也不一样, 根据空冰斗观测资料推算, 裸露山坡径流系数多年平均值在0.7。

由于乌鲁木齐河上游地处高山峡谷地带, 再加上常有连续降雨出现, 所以每年都有不同程度的洪水产生。例如1994年7月15日发生了近40多年来最大的洪峰过程, 根据水文资料: 跃进桥径流实验站最大流量为 $155 m^3/s$, 总控制水文点为 $9.92 m^3/s$, 据上游大西沟气象站降水记录表明, 7月15日前连续降水日数为13天, 降水量为50.1mm, 由于连续降水使地表水份达到饱和, 随后又出现强度较大的降水(表2)。造成洪水的另一原因是降水面积大, 其中最大降水出现在河源区。

表2 7月14日-7月15日上游主要站降水统计

| 站 名 | 大西沟 | 总控制 | 跃进桥 | 后峡口 |
|---------|------|------|------|------|
| 降水量(mm) | 40.3 | 45.0 | 25.3 | 29.0 |

表3 7月15日上游主要水文点(站)洪水过程

| 水文断面 | 1号冰川 | 总控制 | 跃进桥 |
|-----------|-------|-------|-----------|
| 起涨时间(时) | 4:00 | 5:30 | 2:00 |
| 峰顶到达时间(时) | 7:30 | 9:30 | 13:00 |
| 落至时间(时) | 14:00 | 20:00 | 8:00(16日) |

从表3可看出: 1号冰川水文断面出现洪峰(顶)两小时后, 总控制断面才出现洪峰, 总控制至跃进桥洪峰传递时间为3.5小时, 传递速度约为7km/小时。

3 冰川对河流的补给

乌鲁木齐河径流组成主要为降水、冰雪融水、地下水。为推算冰川对河流的补给量, 我们试图用上游7条(1-7号)冰川推算出一个“替代冰川”, 作为全流域的代表性冰川(杨新元等, 1994)。

设“替代冰川”面积为 S , 1-7号冰川面积分别为 S_1, S_2, \dots, S_7 , “替代冰川”中值高度为 H , 1-7号冰川中值高度分别为 H_1, H_2, \dots, H_7 。

权重 $P=S_i/5.6$ (S_i 分别为各条冰川面积, 5.6为1-7号冰川总面积), 按加权方法得到:

$$S = \sum_{i=1}^7 P_i S_i$$

$$H = \sum_{i=1}^7 P_i H_i$$

根据上式得到“替代冰川”面积为 1.11km^2 , 中值高度 3995m , 采用“替代冰川”消融水量推算得到乌鲁木齐河上游冰川径流量为 $1.87 \times 10^7 \text{m}^3$, 占出山口总径流量的8%。

参 考 文 献

杨新元等, 1994, 乌鲁木齐河源气候特性与冰川融水径流, 冰川冻土, 16(2): 147-154

天山中段寒冻锥形土的发生发展与冰川环境变化

胡双熙¹ 章家恩² 马玉贞¹ 王乃昂¹ 张宇田¹ 刘潮海³

(1 兰州大学地理科学系, 730000; 2 中国科学院南京土壤研究所, 210008;

3 中国科学院兰州冰川冻土研究所, 730000)

摘要 天山中段乌鲁木齐河源区, 经历了末次冰期冰碛、新冰期冰碛、小冰期冰碛和现代冰期冰碛的冰川环境变化, 冰碛物自冰川末端连续外延12km, 其上土壤发育与生物发展同步进行。在光秃的冰碛石表面, 首先出现微生物群落和藻类群落, 继之生长地衣和苔藓, 最后演化为高山草甸植被; 与植被同步进化的寒冻锥形土, (A)-C型在先, A-C型继后, 最终发育为A-(B)-C型。这些土壤具有负温和含冰的土体, 土壤冻结-融化-冻结, 常发生冰-水-冰相态变化, 表土产生冻胀丘、石环, A层呈鳞片状结构, 土壤腐殖质程度低, 矿物分解弱, 粗骨性强, 土层浅, 剖面分异不明显。

关键词 天山中段 永冻土壤温度状况 寒冻锥形土

天山中段乌鲁木齐河源区, 末次冰期以来经历了多次冰川作用, 自海拔3740m的现代冰川末端, 到海拔3000m的望峰之间, 新老冰碛绵延12km。其上广泛进行原始成土过程及腐殖质积累过程, 形成了寒冻锥形土(中国土壤系统分类修订方案)。本文似讨论寒冻锥形土诊断特性与冰川变化的关系。

1 寒冻锥形土的成土环境

1.1 气候

天山中段呈明显的大陆性山地气候, 海拔3540m的大西沟气象站资料表明, 年平均气温-5.4℃, 1月气温-15.1℃, 7月气温4.9℃, 一年中仅6-9月气温高于0℃但低于5℃其余各月为负温。年降水量431mm, 夏季降水277mm, 占年降水量的64%。永久冻土分布海拔下线, 阴坡2900m, 阳坡3250m。研究区位于阴坡, 寒冻锥形土处在永久冻土带。

1.2 冰碛环境

1.2.1 现代冰碛

概指近30年来的冰川退缩碛, 环冰川末端, 分布海拔为3730-3740 m, 长百米左右。如1号冰川前端1963-1993年形成的现代冰碛长103 m, 下部埋藏死冰, 地表多巨型冰碛石, 碎屑物堆积于巨石顶面、侧旁及填充于冰碛石间。年平均气温 -7.4°C , 年降水量400mm。钻孔19m深地温 -3.9°C 。地表多石环、冻胀丘, 无高等植物生长, 仅有细菌(germs)、放线菌(actinomyces)、真菌(fungus)等微生物群落(micorbe)及原球藻(protoceous)、粘球藻(Gloeocapsa)、兰球藻(Chroococcus)、多列藻(Stigouema)等藻类群落(algae)存在。为永冻冰碛石环景观带。

1.2.2 小冰期冰碛

是16-19世纪的冰川退缩碛, 脱离冰川作用已100-400年, 环现代冰碛外侧, 长550-600m, 海拔3650-3730m。岩面除微生物群落和藻类群落外, 已出现鸡皮衣(*Pertusaria rupestris*)、红橙衣(*Caloplaca elegans* (Link) Th. Fr)、地图衣(*Rhizo-carpon geographicum*)等多种地衣(Lichen)。冰碛石间水分充足的碎屑物上生长真藓(*Bryum caespitium*)、银藓(*Anomobryum filiforme*)、黄丝瓜藓(*Pohlia nutans*)等苔藓植物(bryophyte)及侵入少量高山早熟禾(*poalpina*)、糙点地梅(*Androsae Squarrosula*)、四蕊梅(*sibbaldia tetrandra*)等植物。年平均气温 -6.9°C , 年降水量410mm, 20m深钻孔土温 -1.8°C , 形成永冻冰碛地衣座垫植被带。

1.2.3 新冰期冰碛

由小冰期冰碛末端外延4km, 分布海拔3400-3650m, 为全新世温暖时期的冰川退缩碛, 距今2800-6000年。巨型冰碛石表面泛生鸡皮衣, 红橙衣、地图衣、梯氏冷地衣(*Cetraria tilesii*)、白冷地衣(*C. nivalis*)、枝状冷地衣(*C. Cucullata*)。一些地衣上面生长毛尖金发藓(*Polytrichum Piliferum*)。不少藓类植物上出现高山早熟禾、珠芽蓼(*Polygonum Viviparum*)、冷龙胆(*Gentiana algida*)。小形冰碛石及冰碛碎屑物上密生线叶嵩草(*Cobresia Capilliformis*)、细叶嵩草(*C. filifolia*)、硬叶嵩草(*C. Capillifolia*)、垂穗苔(*Carex atrata*)、珠芽蓼、葶苈(*Draba alpina*)、高山委陵菜(*Potentilla gelida*)、冷龙胆(*Gentiana algida*)、报春(*Primulo fedtschenkoi*)、大花虎耳草(*Saxifraga hirculus*)、冷红景天(*Rhodiola algida*)等植物。年平均气温 -5.4°C , 年降水量430mm、20m深钻孔土温 -1.6°C , 形成寒冻高山草甸植被带。

1.2.4 末次冰期冰碛分布海拔3000-3400m, 上接新冰期冰碛, 下至望峰道班, 绵延7km。冰碛石及冰碛碎屑物被高山草甸或亚高山草甸植被覆盖, 除线叶嵩草、细叶嵩草、冷龙胆、凤毛菊(*saussurea Cana*)、火绒草(*Leontopodium*)、高山早熟禾外, 尚有垂穗披硷草(*Clinelymus nutans*)、高山狐茅(*Festuca Supina*)等侵入。年平均气温 $-2.5--3.0^{\circ}\text{C}$, 年降水量410mm, 11-24m深钻孔土温 $-0.7--1.0^{\circ}\text{C}$, 构成寒冻亚高山草甸植被带。

2 寒冻锥形土的分类

根据冰碛母质脱离冰川作用的时间及寒冻锥形土的不同发育阶段, 物质积累与土层分化, 分出永寒冻锥形土和草毡寒冻锥形土两个土类。土类以下, 前者分石质永寒冻锥形土和普通永寒冻锥形土两个亚类; 后者分薄草毡寒冻锥形土、普通草毡寒冻锥形土及厚层草毡寒冻锥形土三个亚类。

3 寒冻锥形土的主要诊断性质

3.1 永寒冻锥形土

永寒冻锥形土, 是具有永冻层、埋藏冰、地表有石环、冻胀丘、缺乏A层和B层的石质锥形土。

3.1.1 石质永寒冻锥形土, 发育在现代冰积物上。具永冻土壤温度, 冬夏两季地表土壤冻结和融解, 常形成石环和冻胀丘。母质粗, 72mm的巨石, 石块和砂粒达600-900gkg⁻¹, 粗细颗粒无层次分选。细粒以下, 细砂和粉砂为主, 粘粒含量低(表4)。土壤无发育层次, 仍保持母质特征。剖面无明显的A层和B层, 呈(A)-C型构造。但在光秃的岩面及碎屑物上, 微生物和藻类组成原始的土壤生命体。微生物中细菌占绝对优势, 其次为真菌和放线菌。脱离冰川作用时间愈长, 微生物数量愈高, 如1992年当年的冰碛物每克土总菌数10万个以上, 1940-1950年的冰碛物每克土总菌数百万个以上(表1)。微生物能适应高山寒冷周期性干旱缺乏有机质和氮素的环境, 其本身具有同化大气中氮素和合成氮素的功能, 为永寒冻锥形土积累了原始的营养物质。

表1 永寒冻锥形土微生物群落组成及数量 (万个/g)

| 冰碛物沉积年代(年) | 与冰川末端距离(m) | 冰碛物岩石组成 | 细菌 | | 放线菌 | 真菌 | 微生物总量 |
|------------|------------|---------|----------|--------|---------|--------|----------|
| | | | 无芽孢杆菌 | 芽孢杆菌 | | | |
| 1992 | 1 | 眼球状片 | 1.03626 | 0.0070 | 0.0067 | 0.0143 | 1.06426 |
| 1991 | 5 | 麻岩, 石 | 2.53766 | 0.0067 | 0.0147 | 0.0215 | 2.08055 |
| 1989 | 10 | 英片岩, | 46.7758 | 0.0085 | 0.0285 | 0.0263 | 46.8391 |
| 1983 | 30 | 云母片岩 | 154.1127 | 0.0200 | 0.0296 | 0.0306 | 154.1929 |
| 1978 | 50 | 花岗闪长 | 187.8440 | 0.0998 | 0.0731 | 0.0499 | 188.0668 |
| 1973 | 65 | 岩, 辉绿 | 240.4632 | 0.1679 | 1.0216 | 0.0268 | 241.6763 |
| 1962 | 107 | 岩 | 260.3944 | 0.2244 | 6.1018 | 0.1915 | 266.9121 |
| 1750 | 406 | | 480.3881 | 0.2586 | 25.2152 | 0.1167 | 505.9781 |

继微生物在冰碛物出现的同时或以后, 原球藻、粘球藻、兰球藻和多列藻在冰碛物相继扩展, 导致岩面呈棕褐色。由于藻类群落不断进行光合作用和滞留水分, 增加了土壤的有机质含量。土壤有机质、全氮、阳离子代换量、碳酸钙含量均比较低, 分

别为 $3\text{--}5\text{gkg}^{-1}$, $0.17\text{--}0.21\text{gkg}^{-1}$, $19.4\text{--}27.12\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ 、 $28\text{--}52\text{gkg}^{-1}$; 易溶盐含量甚微, 仅 $0.21\text{--}0.51\text{gkg}^{-1}$; PH值 $8.04\text{--}8.09$ (表2)。

粘土矿物中伊利石含量占 $91\text{--}92\text{gkg}^{-1}$, 绿泥石含量 $8\text{--}9\text{gkg}^{-1}$ (表5)。大体化学组成中 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 值为 $5.6\text{--}8.15$, 磁化率为 $5.3\text{--}6.3$ (SI), 表明土壤矿物风化程度低。

表2.4.6对比可以看出, 粘粒、有机质、全氮、以及各种氧化物, 90年代冰碛物略高于60年代的冰碛物。这一现象, 主要是冰川表面每年有大量降尘, 其中含有机质及细矿物颗粒, 当冰川消融后, 降尘混入冰碛碎屑物, 因而90年代冰碛物含量高, 后经 $10\text{--}20$ 年的风雨侵蚀, 导致60年代冰碛物各种成分相对减少。

3.1.2 普通永寒冻锥形土

发育在小冰期冰碛物上, 土壤剖面仍呈(A)-C型构造。但与石质永寒冻锥形土比较, 由于在微生物、藻类、地衣苔藓及稀疏座垫植被作用下, 土壤发育程度有较大进展。首先是土壤有机质及氮素含量增加。代换量提高, 其次是机械组成中砂粒减少, 粉粒及粘粒增大, 粘土矿物组成中, 伊利石含量降低, 绿泥含量增多, 土体化学组成中, Al、Fe、P、Mg、Mn、Ti的氧化物增高, $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 比值减小, 反映矿物风化程度深化(表2、4、5、6)。

更重要的是地衣和苔藓植物的出现, 给土壤带来更多的营养成分。表3表明: 岩面植物由红橙衣、地图衣、叶状地衣演替到苔藓植物, 植物中所含N、P、Fe、Mg、Mn、Zn、Cu等元素依其出现的先后逐渐加大。如氮磷锌元素, 红橙衣中分别为 7.3gkg^{-1} , 1.21gkg^{-1} , 0.06gkg^{-1} , 地图衣增大, 叶状地衣再增大, 而苔藓植物却增大到 12.0gkg^{-1} , 2.01gkg^{-1} 和 1.1gkg^{-1} 。冰碛碎屑物上苔藓植物化学元素含量比岩面植物含量低, 但总体反映在寒冻锥形土发育过程中, 地衣和苔藓植物具有强烈积累营养物质的功能(表2、3)。

3.2 草毡寒冻锥形土

草毡寒冻锥形土, 是具有永冻层或寒冻层草毡表层和弱淀积层, 地表有冻胀丘的锥形土。

3.2.1 薄草毡寒冻锥形土

发育在新冰期晚期的冰碛物上, 是永寒冻锥形土进一步演化的土壤, 发育程度有飞跃进展, 剖面呈A(A)-C型构造。巨型冰碛石表面, 红橙色、灰黑色、黄绿色多种地衣, 构成一个厚 $0.6\text{--}1.2\text{cm}$ 的生物覆盖层, 覆盖度 $50\text{--}80\%$, 生物层下风化土层加深到 $0.4\text{--}0.6\text{cm}$ 。机械组成中, 粉粒及粗粘粒占 80% 左右; 土体化学组成中, SiO_2 含量 $432\text{--}540\text{gkg}^{-1}$, Al_2O_3 和 Fe_2O_3 分别为 $102.9\text{--}131.3\text{gkg}^{-1}$ 和 $52.6\text{--}64.6\text{gkg}^{-1}$, 硅铝率比值 $5.5\text{--}5.4$, CaCO_3 含量 $15.4\text{--}31.6\text{gkg}^{-1}$, PH值 $6.93\text{--}7.02$, 呈中性反应。有机质和氮含量比较高, 分别达到 $246\text{--}436\text{gkg}^{-1}$ 和 $7.3\text{--}12.0\text{gkg}^{-1}$, 是同一地段草甸植被有机质积累量的 $3\text{--}5$ 倍。岩生地衣、苔藓下土壤中有机质及氮含量相互比较, 红橙衣土壤居高, 地图衣下土壤在中, 苔藓植物下土壤占后, 这一现象表明岩生地衣比岩生苔藓具更强积累营养物质的能力。

表2 土壤理化性质分析

| 土壤类型 | 采样地点 | 深度 cm | 有机质 gkg ⁻¹ | 有机碳 gkg ⁻¹ | 全氮 gkg ⁻¹ | C/N | 代换量 cmol(+) kg ⁻¹ | CaCO ₃ gkg ⁻¹ | 全盐 gkg ⁻¹ | PH | 磁化率 SI |
|-------------------|-----------|----------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------|------------------------------------|--|-------------------------|-------|-----------|
| 石质永寒 | 距冰川末端5m | 0-10 | 5.545 | 3.216 | 0.21 | 15.31 | 1.94 | 52.3 | 0.21 | 8.04 | 6.33 |
| 冻锥形土 | 距冰川末端107m | 0-15 | 3.186 | 1.848 | 0.17 | 10.87 | 1.68 | 14.6 | 0.51 | 8.09 | 5.33 |
| 普通永寒 | 距冰川末端406m | 0-15 | 5.505 | 3.191 | 0.21 | 15.19 | 2.71 | 28.8 | 0.45 | 8.57 | 5.24 |
| 冻锥形土 | 停车场侧碛 | 0-15 | 7.779 | 4.512 | 0.37 | 12.19 | 6.02 | 26.5 | 0.60 | 8.92 | 5.11 |
| 薄草毡寒 | 岩面红橙衣下土壤 | 0-0.6 | 436.54 | 253.213 | 7.30 | 34.69 | | 15.4 | | 6.93 | |
| | 岩面地图衣下土壤 | 0-0.6 | 351.28 | 203.758 | 9.30 | 21.91 | | 31.2 | | 6.91 | |
| | 岩面苔藓植物下土壤 | 0-1 | 246.12 | 142.761 | 12.0 | 11.89 | | 28.9 | | 7.08 | |
| | | 0-4 | 287.95 | 167.024 | 6.24 | 26.76 | | 31.6 | | 7.02 | |
| 冻锥形土 | 空冰斗百页箱 | 0-7 | 57.927 | 33.600 | 1.90 | 17.68 | 18.22 | 28.9 | 0.38 | 7.68 | 31.33 |
| | | 7-12 | 35.318 | 20.486 | 1.32 | 15.52 | 15.12 | 29.2 | 0.52 | 7.34 | 35.33 |
| | 空冰斗水文观测站 | 0-9 | 211.922 | 122.996 | 7.85 | 15.67 | 28.56 | 40.9 | 0.42 | 6.86 | 18.66 |
| | | 9-18 | 108.807 | 62.683 | 4.54 | 13.81 | 11.96 | 11.4 | 0.46 | 7.04 | 51.01 |
| 普通草毡 寒冻锥形 土 | 冰川站西1km | 0-10 | 204.004 | 118.331 | 6.98 | 16.95 | 47.05 | 40.9 | 0.47 | 6.61 | 16.33 |
| | 岩石顶面 | 10-18 | 114.794 | 66.586 | 3.84 | 17.34 | 31.67 | 30.1 | 0.36 | 6.55 | 35.32 |
| | 冰川站北100m | 0-8 | 177.584 | 103.000 | 8.07 | 17.76 | 43.95 | 28.6 | 0.47 | 7.85 | 18.06 |
| | 8-26 | 74.974 | 43.488 | 2.98 | 14.59 | 33.99 | 33.7 | 0.65 | 8.73 | 38.67 | |
| 厚草毡寒 冻锥形土 | 望峰道班 | 0-22 | 187.410 | 108.706 | 8.25 | 13.18 | 44.72 | 43.8 | 0.69 | 7.72 | 18.33 |
| | 西500m | 22-54 | 84.803 | 48.451 | 3.77 | 12.85 | 35.03 | 27.8 | 0.62 | 7.79 | 48.10 |
| | | 54-73 | 62.917 | 36.494 | 3.28 | 11.12 | 32.70 | 29.2 | 0.68 | 7.88 | 41.32 |

表3 地衣、苔藓化学元素含量

| 地衣、苔藓 | 化学元素 含量 gkg ⁻¹ | | | | | | | |
|-------------|---------------------------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| | N | P | Fe | Ca | Mg | Mn | Zn | Cu |
| 岩面红橙衣 | 7.3 | 1.21 | 18.80 | 118.9 | 5.0 | 0.184 | 0.06 | 8.5 |
| 岩面地图衣 | 9.3 | 1.52 | 12.30 | 86.1 | 3.2 | 0.160 | 0.075 | 11.9 |
| 岩面叶状地衣 | 10.5 | 1.35 | 5.90 | 85.3 | 1.4 | 0.085 | 0.082 | 9.6 |
| 岩面毛尖金发藓 | 12.0 | 2.01 | 34.30 | 11.7 | 11.4 | 0.770 | 1.100 | 10.5 |
| 岩缝真藓、银藓、平珠藓 | 6.36 | 2.13 | 1.40 | 2.4 | 0.8 | 0.311 | 0.880 | 9.5 |

冰碛碎屑物上水分充分地段, 囊种草(*Thylalo Spermum Caespitosum*)、四蕊梅、线叶嵩草、冷龙胆、苔藓等植物形成不连续的片状草毡层, 覆盖度30-50%。草毡层较薄, 仅4-9cm, 根系密致占体积的50%以上, 其中含不少未分解的死根。有机碳含量

表4 土壤机械组成

| 土壤类型 | 采样地点 | 深度 cm | 吸湿水 gkg ⁻¹ | 洗失量 gkg ⁻¹ | 颗粒组成 直径 (mm) (gkg ⁻¹) | | | | | | < 0.01 mm gkg ⁻¹ | |
|---------------|-----------|----------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|--------|--------------------------------------|-----|
| | | | | | 1-0.25 | 0.25- 0.05 | 0.05- 0.01 | 0.01- 0.005 | 0.005- 0.001 | <0.001 | | |
| 石质永寒 冻锥形土 | 距冰川末端5m | 0-10 | 9.0 | 49 | 31 | 298 | 209 | 143 | 107 | 212 | 462 | |
| | 距冰川末端107m | 0-15 | 8.0 | 26 | 13 | 751 | 133 | 18 | 19 | 66 | 103 | |
| 普通永寒 冻锥形土 | 距冰川末端406m | 0-15 | 6.0 | | 14 | 576 | 232 | 68 | 34 | 76 | 178 | |
| | 停车场侧碛 | 0-15 | 9.0 | | 20 | 270 | 210 | 198 | 162 | 140 | 500 | |
| 薄草毡寒 冻锥形土 | 岩面红橙衣下土壤 | 0-0.4 | 28.0 | | 18 | 298 | 277 | 293 | 114 | 684 | | |
| | 岩面地图衣下土壤 | 0-0.4 | 27.0 | | 5 | 38 | 337 | 265 | 244 | 111 | 620 | |
| | 岩面苔藓植物下土壤 | 0-1 | 25.0 | | 3 | 37 | 348 | 249 | 263 | 100 | 612 | |
| | 空冰斗百页箱 | 0-7 | 17.0 | | 9 | 362 | 208 | 168 | 172 | 548 | | |
| | | 7-21 | 18.0 | | 8 | 74 | 290 | 218 | 230 | 180 | 628 | |
| | 空冰斗水文观测点 | 0-9 | 50.0 | | 6 | 524 | 262 | 98 | 48 | 62 | 208 | |
| 9-26 | | 35.0 | | 20 | 210 | 282 | 198 | 180 | 110 | 448 | | |
| 普通草毡寒 冻锥形土 | 冰川站西1km | 0-10 | 49 | | | 340 | 215 | 179 | 176 | 90 | 445 | |
| | | 岩石顶面 | 10-18 | 38 | | | 145 | 252 | 193 | 268 | 142 | 603 |
| | 天山站北100m | 0-8 | 42 | | | | 420 | 202 | 156 | 132 | 90 | 378 |
| | | 8-26 | 33 | | | | 25 | 257 | 292 | 191 | 135 | 618 |
| 厚草毡寒冻 锥形土 | 望峰道班西500m | 0-22 | 46 | | 1 | 539 | 255 | 65 | 68 | 72 | 205 | |
| | | 22-54 | 34 | | 7 | 128 | 227 | 220 | 272 | 146 | 638 | |
| | | 54-73 | 31 | | 3 | 47 | 242 | 198 | 320 | 190 | 708 | |

35-211gkg⁻¹, 全氮量1.9-1.32gkg⁻¹, CaCO₃含量低, 为11.4-40.9gkg⁻¹, 剖面上下未发生移动, PH值6.9-7.0, 呈中性反应。全盐含量微弱, 仅0.40-0.52gkg⁻¹。土体化学组成中Al₂O₃、Fe₂O₃和P₂O₅含量比永寒冻锥形土和岩生植被下土壤高(表6), 硅铁铝率值降低。粘土矿物组成仍以伊利石和绿泥石为主, 还出现了蒙脱石和高岭石, 反应土壤风化程度进一步深化。

3.2.2 普通草毡寒冻锥形土

是发育在新冰期早期与中期冰碛物的土壤, 也是薄草毡寒冻锥形土发展的延续,

以线叶嵩草为主的高山草甸植被满布地表, 覆盖度80-90%。土壤发育的生物学过程加强, 剖面呈A-(B)-C型构造。

直径大于1m的冰碛石成为绿色草甸植被上的孤岛, 角度大的岩面, 细土不易保留, 仍生长地衣和苔藓植物。但在平凹的顶面, 地衣和苔藓植物被高山草甸植被所演替。如冰川站西1km剖面就是取自直径2m以上孤立漂砾的顶面, 土层厚18cm, 除生物积累的有机质, 岩石风化的细粒矿物外, 尚有草被和凹面从风雨中截留的有机物质和矿物质。

冰碛碎屑物和直径小于50cm的冰碛石, 经生物作用和物理作用, 岩石风化程度加深, 细料增多, 特别是融冻泥流沿坡面下移, 碎屑物几乎完全掩盖了冰碛平台和终碛及侧碛, 这些碎屑物就成为高山草甸植被生长和普通草毡寒冻锥形土发育的基质。

表5 土壤矿物组成

| 土壤类型 | 采样地点 | 深度 (cm) | 粘土矿物(gkg ⁻¹) | | | | 伊利石 | 伊利石 |
|--------------|----------------|------------|--------------------------|-----|-----|-----|-------|------|
| | | | 伊利石 | 绿泥石 | 蒙脱石 | 高岭石 | 绿泥石 | 高岭石 |
| 石质永寒冻 锥形土 | 距冰川 5m | 0-10 | 875 | 124 | 少 | 少 | 7.06 | |
| | 距冰川 107m | 0-15 | 876 | 53 | 少 | 少 | 17.90 | |
| | 距冰川 406m | 0-15 | 852 | 147 | 少 | 少 | 5.76 | |
| | 侧碛 | 0-15 | 815 | 184 | 少 | 少 | 4.41 | |
| 薄草毡寒冻 锥形土 | 空冰斗 | 0-7 | 561 | 195 | 184 | 60 | 2.88 | 9.35 |
| | 百叶箱 | 7-12 | 596 | 182 | 175 | 67 | 3.27 | 8.96 |
| | 空冰斗 | 0-9 | 574 | 194 | 162 | 69 | 2.95 | 8.32 |
| | 水文点 | 9-26 | 588 | 185 | 155 | 72 | 3.18 | 8.17 |
| 普通草毡寒 冻锥形 | 冰川站西 1km | 0-10 | 595 | 177 | 154 | 74 | 3.36 | 8.04 |
| | 岩石顶面 | 10-18 | 558 | 183 | 188 | 71 | 3.05 | 7.80 |
| | 天山站北 100m | 0-8 | 556 | 188 | 186 | 70 | 2.96 | 7.94 |
| | | 8-26 | 578 | 196 | 158 | 68 | 2.95 | 8.50 |
| 厚草毡寒冻 锥形土 | 望峰道班 西 500m | 0-22 | 637 | 187 | 81 | 95 | 3.41 | 6.71 |
| | | 22-54 | 645 | 186 | 77 | 92 | 3.47 | 7.01 |
| | | 54-73 | 668 | 191 | 68 | 73 | 3.50 | 9.15 |

岩面和碎屑物上普通草毡寒冻锥形土的草毡层厚8-10cm, 根系占土壤体积的50%以上, 土壤粒状及层片状结构。有机质含量170-204gkg⁻¹, 全氮量6.9-8.0 gkg⁻¹, 阳离子代换量为33-47cmol(+)kg⁻¹。CaCO₃含量11-40gkg⁻¹, PH值6.5-8.3, 呈中性到弱碱性反应。易溶盐含量低, 为0.36-0.65gkg⁻¹。机械组成细砾及粉粒占50%以上, 粘粒含量<10%(表2、4、6、)。

腐殖质层厚8-18cm, 土壤结构同上层, 细粉粒增多, 粘粒量超过10%; 有机质和全氮量比上层降低, CaCO₃和易溶盐含量与上层比较无大异; 铝、铁、磷、钾较上层

表6 土体全量分析

| 土壤类型 | 采样地点 | 深度 | 烧失量 gkg ⁻¹ | 吸湿水 gkg ⁻¹ | 土体化学组成 (gkg ⁻¹) | | | | | | | | | | | |
|------|---------|-------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | | | | | S ₁₀ | S ₁₀ | R ₀₁ | R ₀₁ | S ₁₀ | Al ₁₀ | Fe ₁₀ | P ₁₀ | Ca ₁₀ | Mg ₁₀ | K ₁₀ | Na ₁₀ |
| 石质冰聚 | 距冰川末端5m | 0-10 | 22.3 | 22.9 | 641.1 | 150.6 | 63.4 | 1.9 | 30.3 | 22.4 | 34.4 | 24.8 | 1.1 | 7.9 | 7.22 | 5.69 |
| | | | 10-15 | 25.2 | 1.3 | 693.9 | 127.2 | 38.5 | 1.8 | 23.6 | 13.6 | 37.0 | 23.7 | 0.7 | 5.2 | 9.64 |
| 普通冰聚 | 距冰川末端 | 0-15 | 26.4 | 5.0 | 674.5 | 138.7 | 57.8 | 2.3 | 11.9 | 21.0 | 33.0 | 18.9 | 0.9 | 7.4 | 8.27 | 6.54 |
| | | | 406m | | | | | | | | | | | | | |
| 冻微形土 | 停车场侧缘 | 0-15 | 39.1 | 9.6 | 614.1 | 152.5 | 77.1 | 2.4 | 13.9 | 29.3 | 32.9 | 17.6 | 1.3 | 8.7 | 6.83 | 5.17 |
| | | | 岩面红层 | 0-0.4 | 278.6 | 44.1 | 432.4 | 102.9 | 52.6 | 1.6 | 63.9 | 18.7 | 18.2 | 14.7 | 0.8 | 5.9 |
| 衣下土壤 | 岩面地图 | 0-0.4 | 212.1 | 33.4 | 496.1 | 121.1 | 58.8 | 1.7 | 29.4 | 25.3 | 23.6 | 16.6 | 1.1 | 6.6 | 6.95 | 5.30 |
| | | | 衣下土壤 | | | | | | | | | | | | | |
| 薄草毡聚 | 岩面苔藓 | 0-1.0 | 154.7 | 28.2 | 545.3 | 131.3 | 64.6 | 2.2 | 20.2 | 26.5 | 25.5 | 18.2 | 1.4 | 7.3 | 7.05 | 5.38 |
| | | | 植物下土壤 | | | | | | | | | | | | | |
| 冻微形土 | 空冰斗水点 | 0-7 | 83.8 | 23.2 | 604.5 | 143.3 | 67.0 | 2.3 | 18.6 | 29.3 | 25.7 | 20.2 | 1.4 | 8.6 | 7.20 | 5.54 |
| | | | 7-21 | 66.1 | 22.7 | 611.1 | 150.9 | 70.3 | 2.1 | 17.3 | 31.1 | 26.3 | 20.3 | 1.5 | 8.7 | 6.89 |
| 普通草毡 | 冰川路西1km | 0-10 | 223.8 | 62.1 | 478.3 | 135.4 | 63.3 | 2.6 | 22.1 | 25.7 | 24.6 | 14.3 | 1.3 | 7.0 | 7.05 | 4.61 |
| | | | 10-18 | 141.6 | 46.6 | 542.3 | 152.4 | 71.1 | 2.9 | 16.7 | 27.4 | 27.0 | 16.6 | 1.5 | 7.7 | 6.07 |
| 土 | 天山站北 | 0-8 | 208.9 | 48.3 | 487.8 | 135.6 | 61.4 | 2.4 | 29.3 | 25.7 | 27.6 | 14.7 | 1.3 | 6.8 | 6.11 | 4.75 |
| | | | 8-26 | 111.4 | 35.3 | 562.8 | 155.1 | 70.1 | 2.6 | 19.0 | 28.0 | 30.3 | 16.1 | 1.5 | 7.7 | 6.17 |
| 厚草毡聚 | 望峰道班西 | 0-22 | 210.3 | 53.3 | 503.8 | 131.5 | 58.3 | 2.3 | 25.4 | 23.5 | 25.4 | 16.1 | 1.3 | 7.1 | 6.63 | 4.93 |
| | | | 22-54 | 118.1 | 39.9 | 551.7 | 149.0 | 66.5 | 2.2 | 23.6 | 26.2 | 27.6 | 18.5 | 1.5 | 8.3 | 6.30 |
| 冻微形土 | 500m | 54-73 | 101.3 | 32.9 | 570.4 | 155.1 | 68.9 | 2.4 | 21.3 | 27.3 | 30.4 | 17.2 | 1.7 | 8.0 | 6.61 | 5.09 |

高; 硅铁铝率4.6-4.7, 基本上与上层相同; 粘土矿物仍以伊利石和绿泥石占优势, 但比上层略低, 而蒙脱石和高岭石比上层略高(表2.4.5.6)。上述数据表明, 普通草毡聚微形土的腐殖质层比草毡层发育程度高。

但腐殖质层以下即为冰碛母质, 无明显淀积层, 反映土壤发育仍处幼年阶段。

3.2.3 厚草毡聚微形土, 发育在末次冰期的冰碛物上, 终碛垅上覆30-40cm厚的黄土。巨形冰碛石半掩埋在土被中, 而且顶面多生长地衣、苔藓及高山草甸植被。小形岩块、碎石及冰碛碎屑物全被线叶蒿草等植物和土被所覆盖, 但植被组成中已有垂穗披碱草侵入, 表明高山草甸植被向亚高山草甸植物群落转化。土壤剖面呈A-(B)-C型构造。

草毡层厚10-22cm, 盘结的根系占土体50%以上。有机质含量 187.4gkg^{-1} , 全氮含量 6.25gkg^{-1} , 代换量 $44.7\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$, CaCO_3 含量 4.38gkg^{-1} , PH值7.72, 呈碱性反应。土壤粒级组成较粗, 细砂和粉砂占70%以上, $<0.001\text{mm}$ 的粘粒只有7.2%。

腐殖质层厚30cm, 有机质和氮的含量较上层减少, 细砂粒也降低, 粉砂和粘粒增大(表2.4)。

粘化层厚20cm, 粘粒含量明显增高, $<0.001\text{mm}$ 粘粒含量增至19%, 与表层粘粒含量之比 ≥ 1.2 , 属淀积粘化层。Al、Fe、P、Mg、K、Na、Mn的氧化物亦有淀积(表3.6)。

全剖面无碳酸盐淀积, 在蒸发作用下表层比中下层高; PH值和 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 比值表层低于下层, 易溶盐含量剖面上下变化不明显。有机质、氮和代换量表层高。

4 土壤发育与冰川环境变化的关系

4.1 天山高山带是气候成土因素变化的敏感地带

由于青藏高原不断抬升, 我国西北地区气候旱化逐渐增强。乌鲁木齐河源区小冰期以来的400年间气温升高 $1-1.3^\circ\text{C}$ 年降水量减少50-60mm, 有19条冰川消失, 最长的1号冰川近30年退缩 $117\text{m}^{(9)}$ 。现代冰川末端年平均气温 -7.5°C , 这就意味着过去古冰川到达的地段平均气温都在 -7.5°C 以下。而现在的新冰碛区段(大西沟气象站)年均温 -5.4°C , 末次冰碛区段(望峰)年均 -2.5°C , 与 -7.5°C 相比, 气温分别升高 2°C 和 5°C 。气温的敏感变化, 末次冰期以来各条冰川衰退, 厚度减薄, 冰碛母质延展12km。

4.2 冰碛母质、植物群落和土壤类型有序同部演化

天山中段现代冰川末端至森林上线高山带U形谷中沉积了一套完整的老新冰碛物, 成链状有序排列。这些冰碛物的年龄决定着植被和土壤两种自然体平行发展的阶段性, 按冰碛形态、植物群落类型和土壤类型有明显四个发展阶段。初期阶段是微生物群落和藻类群落下发育石质永寒冻锥形土; 第二阶段是小冰期冰碛物上先锋植物地衣、苔藓和垫状植物群落下形成的普通永寒冻锥形土; 第三阶段是新冰期冰碛物上高山草甸植被下发育的薄草毡寒冻锥形土和普通草毡寒冻锥形土; 第四阶段是末次冰期冰碛物上亚高山草原化草甸植物群落下形成的厚草毡寒冻锥形土。土壤发育始于石质永寒冻形, 性质极为简单, 后一个阶段发育是在前阶段创造的物质基础上的深化, 每个阶段都与前后阶段有发生和继承上的联系, 顶极植物群落和顶点土壤出现于第四阶段。

4.3 冰碛母质中的埋藏冰及冰透镜体对土壤结构的影响

现代冰碛及小冰期冰碛5-10m以下有厚度大于8m的埋藏冰川冰, 具明显的冰川流

线。新冰期冰碛及末次冰期冰碛中的少冰及富冰砾岩状构造冻土, 冰透镜体长2cm, 厚0.1-0.2cm, 含冰量20-30%; 3m以下富冰砾岩状构造冻土中冰透镜体直径30-50cm。而且乌鲁木齐河源区寒冻锥形土粗细粘粒含量 $>150\text{gkg}^{-1}$, 是冰透镜体形成的最佳粒度范围, 富含层状冰。由于冰的作用, 土壤具层片状结构。

4.4 随冰碛母质年龄增大, 土壤中物质含量呈线性变化

寒冻锥形土的发生发展是一个独立历史自然体的逐渐转化过程。由现代冰碛和小冰期冰碛原始土壤形成阶段, 发展到末次冰期冰碛土壤具厚草毡层阶段, 土壤中物质积累量呈线性变化。微生物数量, 现代冰碛物上每克土含10万个左右, 400龄冰碛物上每克土500万个以上, 后者是前者的50倍。现代冰碛上土壤与末次冰期冰碛物上土壤比较, 粉粒增1.4倍, 粘粒增6倍, 有机质增34倍, 有机碳增59倍, 全氮增48倍, 绿泥石增1.5倍, 蒙脱石和高岭石增60-100倍, 磁化率提高9倍, 上述物质均呈线性增长。粗砂粒与细砂粒降低5.5倍, 伊利石下降1.4倍, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、伊利石/绿泥石、伊利石/高岭石比值变窄, 呈线性下降。

土壤中物质的线性变化, 反映两个基本问题, ①土壤性质由简单到复杂, 记录了末次冰期以来天山中段高山带气候的冷暖波动, 但总的趋势增温, 冰川后退, 土壤和植物群不断演替是主导方向, 这种情况同西藏高原、祁连山地高山带、气候变化、冰川后退幅度、植被和土壤类型演替基本相同, 反映我国西部地区末次冰期到现在有一个大范围的气候增温过程。施雅风先生预测, 天山中段气温升高、冰川后退将持续十余年, 植物群落类型和土壤类型仍将随之演化。②反映土壤成熟度。末次冰期冰碛母质上的土壤经历了四个土壤发生发展阶段, 现代冰碛母质上的土壤尚处在原始土壤发育阶段, 二者具有不同的成熟度。

5 结语

1. 天山中段乌鲁木齐河源区, 现代冰碛年龄30-40年, 发育石质永寒冻锥形土, 剖面为(A)-C型构造; 小冰期冰碛, 地衣年龄218-410年(6), 发育普通永寒冻锥形土, 剖面仍为(A)-C型结构; 新冰期晚期冰碛, ^{14}C 年龄 2800 ± 66 年, 发育薄草毡寒冻锥形土, 剖面为A(A)-C型构造; 新冰期中期和早期冰碛, ^{14}C 年龄分别为 4090 ± 150 年和 5680 ± 150 年, 发育普通草毡寒冻锥形土, 土壤剖面为A-(B)-C型构造; 末次冰期冰碛, ^{14}C 年龄 14920 ± 750 年, 冰碛上部土壤年龄 9170 ± 400 年, 剖面构造A-(B)-C型。

2. 随冰川后退, 冰碛年龄增大, 气温和土温的提高, 土壤演化模式为: 石质永寒冻锥形土→薄草毡寒冻锥形土→普通草毡寒冻锥形土→厚草毡寒冻锥形土。

乌鲁木齐河流冰椎观测研究的一些结果 及开发利用建议

张 志 忠 刘 宗 香

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 730000)

提 要 通过对河冰椎多年系统观测, 对比分析其形成和发育大致经过冰椎形成, 发育、稳定、融化-冻结和消亡五个阶段; 冰椎与稳定负温期的积温 $\Sigma-t$ °C、季节土冻(融)、空气相对湿度及水源补给形式有较高的相关性, 为人工调蓄利用冰椎提供了科学依据。

关键词 乌鲁木齐河 河流冰椎

乌鲁木齐河源于天山中段天格尔峰北坡, 流域的冰椎类型与中亚天山其他山区一样, 按其水源补给类型可分为: 冰川补给型冰椎、泉水补给型冰椎、河流冰椎和潜水冰椎(А. П. Горбунов, Е. П. Ермолин, Е. Д. 1979)。河流冰椎形成演化规律及影响因素的分析结果, 为人工调蓄利用冰椎调节径流量, 缓解西北干旱区春季“卡脖子”旱有非常重要的实践意义。

1 乌鲁木齐河流冰椎的形成发育特征

自1985年冬季开始, 结合乌鲁木齐地区水资源若干问题研究和山区径流的形成与估算, 笔者在中山带(2130m)天山冰川站附近的平缓河段的冰椎观测断面进行了连续十年的冰椎形成、发育和消亡过程的系统观测。观测结果分析表明, 乌鲁木齐河流冰椎从形成到消亡可分为五个特征阶段。

1、冰椎形成阶段, 一般从11月上旬, 当气温出现连续负温时, 水内出现冰花冰, 由于岸边季节土冻结早, 随后出现岸冰。随着气温的下降, 负积温的增加, 岸冰逐渐增厚并向河流主流线方向伸展, 到11月下旬岸冰封合。冰椎形成阶段具有历时短和年际变化的特点。

2、冰椎跳跃式增厚阶段, 一般从11月下旬(或12月上旬)到翌年1月底(或2月中旬)。其增厚过程既不同于泉水和潜水冰椎, 也不同于冰川冰椎, 受每次漫上冰面的流水的多少的制约, 具有明显的跳跃特点。由于岸冰和封合的冰体在向水内增厚中, 使冰下流水断面减小, 受压流水从上游清沟中漫上冰面再急冻而成。如此往复结果, 河流冰椎具有明显的成层结构且多有垂直气泡。由于受水补给及负积温的制约, 此阶段冰椎增厚具有明显的年际差异(图1)。

3、冰椎稳定阶段, 一般从2月中旬到3月上旬。此阶段季节土冻结深度均超过

200cm, 负温相对稳定, 河流径流量及水位最低, 冰椎悬空, 处于相对稳定阶段。

4、冰椎表面消融 - 冻结交替阶段, 一般从2月上、中旬到4月上旬。由于气温回升, 到3月下旬常出现日平均温为正温天气, 白天表面消融, 夜间冻结。有时候由于升温率高、消融强、冰面出现流水、冰的厚度开始减薄。

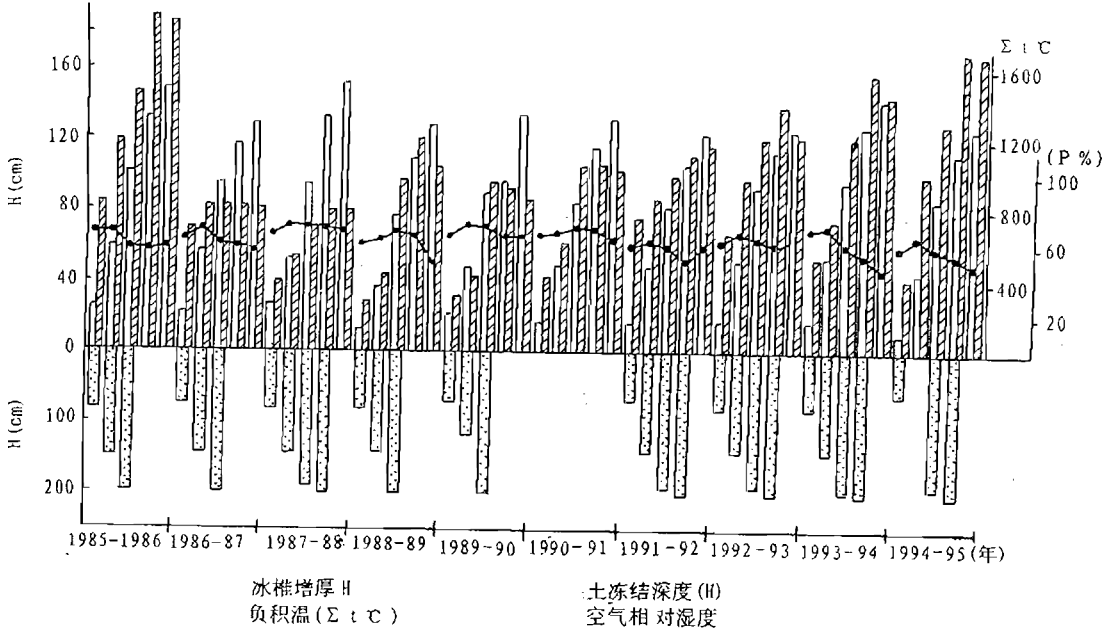


图1 河冰椎 H、Σ-t°C、季节土深 h、相对湿度相互关系

5、冰椎消亡阶段, 从4月中旬到5月上旬 (或中旬)。由于气温的明显回升, 冰椎层内出现“0”温度。在冰面流水, 冰内热力 (0温度冰受冷收缩) 和冰下水动力、冰下流水冲刷共同作用下, 多形成与流水方向一致或锐角相交的冰裂缝并伴有清脆的响声 (一般在早8时左右可听到)。在冰裂缝扩展的同时常出现冰椎下沉, 破碎和坍塌, 全面开河。残留岸冰随洪水冲刷和自身消融强度的增加而迅速消失。

乌鲁木齐河流冰椎聚积期具有随海拔高度升高而延长的特点。观测断面处平均为180天, 最长达196天 (1985—1986)。如此长的冰聚积期, 为人工调蓄利用冰椎创造了条件。

2 河流冰椎的时 - 空分布规律

乌鲁木齐河流冰椎时 - 空分布与海拔高度和水源条件有非常密切的关系, 表现出如下的基本规律。

1、从海拔3800m左右的河源1号冰川末端到海拔3080m的琼萨尔萨依沟口, 为冰川水补给冰椎。一般9月底或10月初, 冰川水补给结束前, 由于急冻使本来就很微弱的冰川融水出现连底冻, 冰椎结构单一, 无成层和气泡现象。观测发现, 冰川冰椎以1号冰川冰舌末端到1号冰川水文点之间发育最为典型。厚度一般在1米以上, 最宽处约

100-120m。冰椎聚积时间最长,直到季节积雪和冰川表面融水径流形成期的到来才逐渐消失。

2、从海拔3080m到海拔2530m的红五月桥,为亚高山弱地下水补给地带,具有连底冻冰椎和无冰椎相间分布的特点。冰椎聚积期从10月上中旬到翌年5月底或6月初。

3、海拔2390-2150m为峡谷河段,河床比降大,水流急同时具有全封,岸冰和清沟。此区间泉水冰椎也十分发育,从悬崖到河床发育的柱状冰椎有22处,有些泉水冰椎还危及乌(鲁木齐)-库(尔勒)公路交通。一般从11月上旬到5月中旬。

4、海拔2150-2100m的宰尔德沟口是河流冰椎集中发育河段。此高度带的哈熊沟和宰尔德沟内冰椎储量是该流域各支沟最多的支沟(张志忠,1992)这与中山森林-草地带地下水补给量增加有关(王文浚,1965)。冰椎聚积一般从11月上旬到5月中旬。

5、海拔2100-1900m的区段,由于后峡地区工业和生活废水的汇入,仅有少许岸冰现象,不具备河流冰椎发育的条件,可见人类经济活动对自然环境的影响程度。

6、英雄桥以上大坂沟附近至夏干萨特沟口与出山口后的青年渠首以上为河冰椎集中发育的两个区段。特别是大坂沟附近同时有潜水冰椎发育。而英雄桥至出山口为峡谷段,常因浮冰块被河石块截档加上急冻,每年都出现犬牙交错的“立封”冰盖。一般从12月上旬到3月下旬。

以上的时-空分布规律与流域山地气候、土壤植被和地下水分布地带性规律基本一致(张志忠,1992)。

3 影响河流冰椎的因素分析

观测资料分析表明,河流冰椎的形成和发育受某些气候要素的影响,不仅表现在河冰椎储量(或厚度)有年际变化,而且冰椎的形成、发育与稳定负气温累积值 $\Sigma-t_0C$ 、季节土冻结(融化)深度,空气相对湿度等有较高的相关性(图1)。

该图是据河流冰椎发育过程实际观测资料与水平距约500m天山冰川站气象资料点绘而成。由于冰椎发育过程独具的跳跃式特点,通过统计对比分析,它们之间的相关性以候内变化关系最密切。并取多年平均值列于表1。

表1. 候内平均冰椎H(cm)土冻结h(cm)和 $\Sigma-t$ 一览表

| 候 | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | |
|----|------|-------|------------|------|-------|------------|------|-------|------------|------|-------|------------|------|-------|------------|-------|-------|------------|
| | H | h | $\Sigma-t$ | H | h | $\Sigma-t$ | H | h | $\Sigma-t$ | H | h | $\Sigma-t$ | H | h | $\Sigma-t$ | H | h | $\Sigma-t$ |
| 项目 | (cm) | (cm) | (°C) | (cm) | (cm) | (°C) | (cm) | (cm) | (°C) | (cm) | (cm) | (°C) | (cm) | (cm) | (°C) | (cm) | (cm) | (°C) |
| 11 | 14.0 | 27.3 | 16.4 | 26.7 | 37.5 | 45.3 | 29.9 | 47.1 | 70.2 | 39.4 | 55.8 | 182.9 | 45.9 | 63.6 | 141.9 | 54.1 | 73.1 | 195.7 |
| 12 | 59.4 | 86.7 | 270.6 | 59.9 | 95.1 | 280.7 | 61.1 | 103.7 | 329.7 | 63.5 | 114.4 | 383.0 | 68.3 | 124.3 | 436.3 | 71.6 | 135.8 | 511.6 |
| 1 | 80.1 | 144.0 | 570.3 | 75.0 | 155.1 | 633.9 | 80.8 | 167.8 | 713.1 | 97.4 | 177.5 | 769.7 | 96.1 | 186.1 | 836.9 | 181.9 | 194.9 | 983.9 |

由于每年一月底（个别年到2月初）季节土冻结深度已达到或接近所能观测到的最大深度（200cm），而且冰椎厚度也接近最大值。所以为表明三者之间的相互关系，仅选用11月到1月三个月的资料进行相关分析。分析结果用如下的基本图式说明。

1、候平均冰椎累积增厚H (cm) 与该候 $\Sigma - t^{\circ}\text{C}$ 相关图式（图2）。

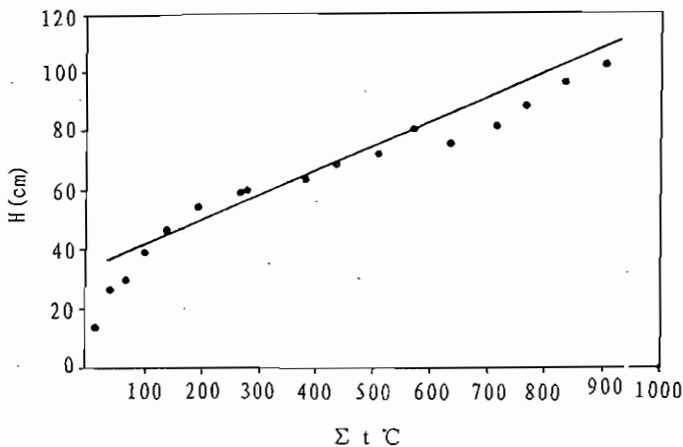


图2 河冰椎厚度H与 $\Sigma - t^{\circ}\text{C}$ 相互关系

关系式： $H=29.5863-0.0807(\Sigma - t^{\circ}\text{C})$ ， $R=0.9238$ ，标准差为0.00579。相关系数 R 相对较低，其主要原因是冰椎形成发育过程中的跳跃式增厚，从而抵消了部分其与 $\Sigma - t^{\circ}\text{C}$ 相关性。但它们之间仍然不失其有较好相关关系的基本特征。

2、候平均土壤冻结累积深度h (cm) 与 $\Sigma - t^{\circ}\text{C}$ 的相关关系图式（图3）。

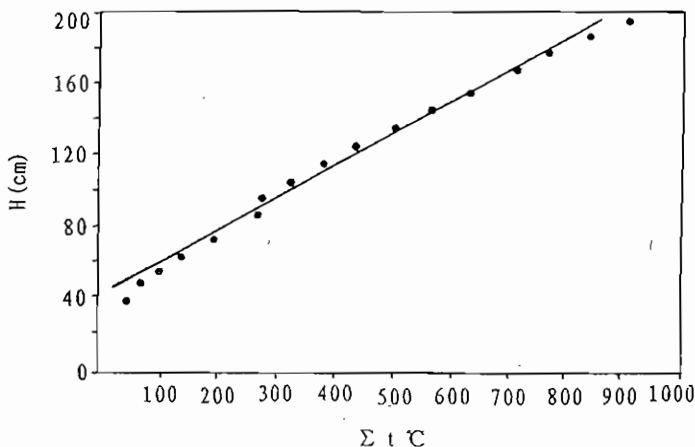


图3 土冻结厚度h与 $\Sigma - t^{\circ}\text{C}$ 相互关系

关系式 $h=36.2506-0.1849(\Sigma - t^{\circ}\text{C})$ ， $R=0.9886$ ，标准差为0.00497，其相关系数相当高，主要原因是土冻结速率除受土壤含水率影响外，主要受 $\Sigma - t^{\circ}\text{C}$ 的影响。而当h达到一定深度时，才会出现岸冰的固定。同时还发现，每年开春以后，随着冻土自上而下的融化，且到达一定深度时常出现岸冰脱岸和冰拔岸边土石的现象。可见，季节土

冻（融）深度与岸冰形成和消亡等有较密切的关系。

3、冰椎增厚H (cm)与土冻结深度h(cm)相互关系图式 (图4)

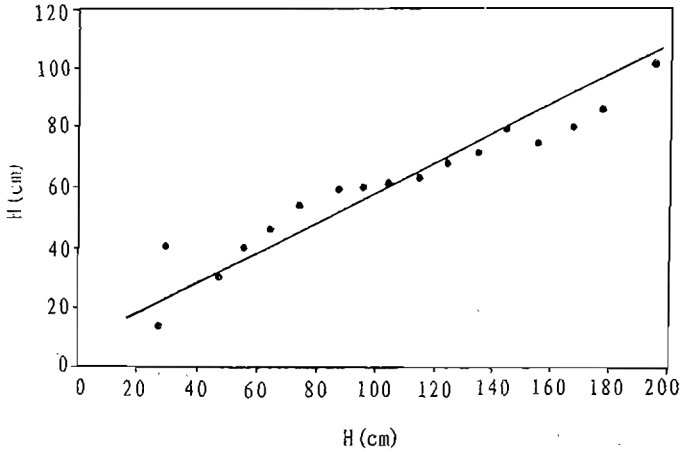


图4 冰椎厚度H与土冻结深度h关系

$H=13.2932+0.4408h$, $R=0.9527$, 标准差0.02455, 相关系数也较高, 标准差也比上二式大。但是运用此式仍可以对没有专门河流冰椎观测的山区河流, 用土壤冻结深度资料预测河流冰椎形成和发育, 为进而较准确预测季节洪水和洪峰流量提供一定的参考。

4、候平均冰椎消融厚度H' (cm)与冻土融化深度h' (cm)相关图式 (图5)。

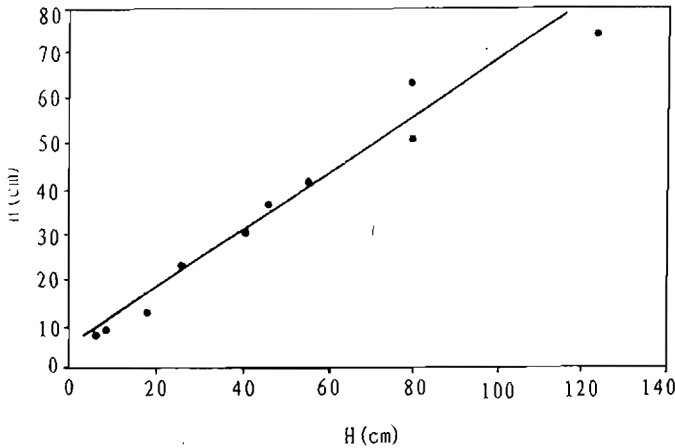


图5 冰椎消融厚度H'与冻土融化深度h'关系

$H'=13.7731+2.0852h'$, $R=0.9705$, 利用此式可以较好的运用冻土融化深度预测缺少冰椎观测资料的河流冰椎消融情况, 为洪水预报提供参数。

除此之外, 由图1看出, 在河冰椎形成和发育阶段, 空气相对湿度亦有较大影

响。即随气温的降低, 空气相对湿度反而增加。气温的降低又不同程度地引起冰面流水和急冻成冰现象, 冰椎厚度增加。当相对湿度大于50%并呈波动时, 冰面高度增加。融冰期相对湿度降低, 冰面消融强度增加, 但出现降雨(或雨夹雪)天气时, 相对湿度增加, 冰面由于雨水作用, 消融反而加快。

4 人工措施利用冰椎是急需的, 也将是可能的

根据新疆的分析(新疆减灾四十年编委会, 1992)干旱的发生除因降水量年际变化悬殊和河流丰枯差异引起外, 还有一项重要的自然因素是, 由于河流径流的季节分布与农作物需水时期的不相一致造成的。新疆河水量季节性变化较大, 每年的春灌期(3-5月)河流来水量仅占全年的百分之十几, 甚至只有百分之几。而同期灌溉用水平均占全年用水量的40%, 所以春旱是新疆农业生产的主要灾害, 而且也是甘肃河西走廊农业区的主要灾害之一。现在水利工程对水源的调节能力较差, 拦河水库又少。而且仅有的引水渠道冬季常因冰塞现象而不得不使出山口的冬闲水从拦河闸排放到古河床, 造成水库蓄水量的减少。例如1986年1月乌鲁木齐河出山口的青年渠首因渠道冰塞而排放出的流量为 $2.696 \times 10^6 \text{ m}^3$ (张志忠, 1992)。在新疆较大的河流上都没有起控制作用的能直接调节河水量季节变化的水库。现在水库的调节能力仅占用水量的9.3%, 起不到缓解春旱的作用。

然而, 西北干旱区源于天山, 祁连山的河流不仅是哺育干旱区绿洲的源泉, 而且冬季中低山带冰椎是一种普遍的自然现象(白重璠等, 1984)。绝大部分山区河流又都缺乏长期的河冰观测资料。在乌鲁木齐河多年观测证明, 河冰椎不仅是一种自然现象, 而且以冰的方式蓄积相当大一部分冬闲水于中低山带, 春季冰椎的提前消融, 及时补充河流径流量, 缓解人与干旱自然环境的矛盾。河流冰椎在径流调节中的作用显而易见, 例如; 1985-1986年度, 由河冰椎融化补充河流径流量就有 $1.531 \times 10^6 \text{ m}^3$ (张志忠, 1992)。因此, 上述的分析研究结果, 将对缺乏河冰椎观测资料的山区, 利用当地水文气象台站有关资料预测河冰椎形成、发育与消亡以及春季洪峰流量有一定的参考价值。同时, 在有条件的山区, 结合水文和气象中长期预报情报, 在干旱缺水年份, 运用上述关系式, 选择好时机, 进行合理人工调蓄利用冰椎, 把排放的冬闲水径流以冰的形式最大限度集聚于中低山带, 在必要时施以人工措施促其提前融化, 补充河流径流量, 为缓解春季干旱缺水矛盾提供了依据。近年中亚和哈萨克斯坦等国把人工措施利用冰椎作为解决贫困山区农牧业缺水的主要手段, 积累了丰富经验(Г о р б у н о в . А . П . , Е р м о л и н . Е . Д . 1981), 70年代在祁连山的试验(白重璠等, 1984)和80年代在乌鲁木齐河的系统观测, 都为人工利用冰椎提供了依据。人工措施促进冰椎的形成积累与消融不仅是急需的, 而且将是可能的。

主要参考文献

- Горбунов, А. П., Ермолин, Е. Д. 1981, Наледи в горах Средней Азии и Казахстана.
- Материалы гляциологических исследований, № 41, 175-180
- 王文浚, 1965, 试论乌鲁木齐河流域地表水与地下水的相互关系, 天山乌鲁木齐河冰川与水文研究论文集, 科学出版社, 109-118
- 白重媛、丁良福等, 1984, 山区“河谷冰椎的生成及利用, 中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊, №. 5, 172-185
- 张志忠, 乌鲁木齐河流域河冰基本特征及其对春季径流的补给作用, 乌鲁木齐地区水资源若干问题研究(III), 乌鲁木齐河山区水资源形成和估算, 1992, 科学出版社, 116-129
- 《新疆减灾四十年编委会》新疆减灾四十年, 1992, 北京地震出版社, 23-60

Ice Cone and Its Possibility of Utilization in the Urumqi River Basin

Zhang Zhizhong Liu Zongxiang

(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Academia Sinica, Lanzhou 730000)

ABSTRACT

Multi-year observation on the ice cone in the Urumqi River basin indicates that the ice cone usually undergoes the five stages: formation, growth, steadiness, melting-freezing and decay. It is found that the ice cone is closely correlated with the steady negative accumulated temperature, seasonal ground freezing process, relative humidity of air and water source type. The result may be useful for artificial regulation and utilization of the ice cone in the basin.

KEY WORDS : Urumqi River, ice cone

冰川现代过程研究的初步认识 ——以天山乌鲁木齐河源 1 号冰川为例

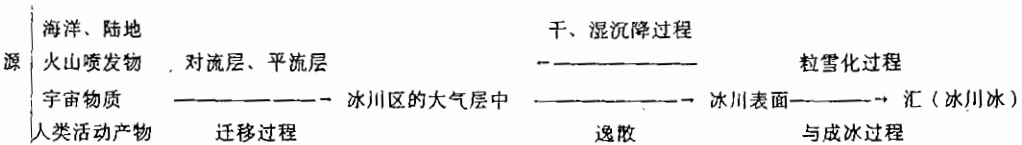
侯书贵 秦大河 任贾文

(中国科学院兰州冰川冻土研究所冰芯与寒区环境实验室, 730000)

1 概述

目前尽管冰川现代过程研究所定义的和包括的内容还不十分明确, 但研究雪冰内的气体或杂质成分在大气→新雪→老雪→粒雪→冰川冰转化过程中经历的多种物理、化学和生物等方面的变化过程, 研究不同大气条件和不同雪冰物理特性层的影响与作用, 以及冰物理和冰化学之间的相互联系, 并寻求导致变化的主要影响因素, 建立转换模式, 似为其中的主要内容。冰川现代过程研究不仅是全球变化研究和生物地球化学循环研究的一项重要内容, 也为更精确、合理地解释冰芯记录奠定了基础。冰川的高积累率为详细研究冰芯记录的形成过程提供了契机, 与黄土堆积、湖相沉积、深海沉积等的研究也具有一定的互补性。

下述框图可大致表示冰芯中各种杂质成分或气体从源到汇的全部过程:



对于冰川学研究, 应着重于最后一步过程, 即大气降水沉降到冰川表面后所发生的物质迁移过程, 并牵涉到干、湿沉降过程的部分研究工作。

2 研究背景

冰川现代过程研究可追溯到本世纪五、六十年代。进入八十年代中期以来, 随着全球变化研究的发展, 本项工作越来越受到雪冰界的重视, 日趋成为雪冰研究的热点和前沿领域。目前国际上在此方面的研究主要表现为以下几方面:

①雪面干、湿沉降过程研究。干沉降可分为三个阶段, 首先是粒子或气体从自由大气到准表层的动力输送过程, 穿过准表层的输送过程以及粒子或气体与雪面的吸附过程。被吸附成分也可能从雪面重新释放, 为此一般将干沉降定义为沉积物对雪面的净通量。湿沉降也包括许多过程, 即杂质首先活化成为凝结核或冰核, 产生的小液滴或冰晶又由于水汽扩散及相互间的碰撞而增大, 最终成为雨滴或雪花降落在雪面上。干、湿沉降的相对重要性随降水量的大小、降水的季节分布等存在明显的差异, 具有

因地而异、因时而异的特征。目前业已建立起较粗略的定量、半定量的干、湿沉降模型 (Cadle, 1991)。另外, 某些杂质成份和气体进入雪层后又向空中逸散, 这主要与其物质特性和近雪面空气条件有关, 由于此为反复过程, 目前未较多研究。

②风吹雪对表层雪内杂质成分的再分配作用。由于气象条件和吹雪过程中多种物理、化学作用的复杂性的制约, 目前该方面的研究仅停留在定性或半定量研究水平。

③雪冰物理和雪冰化学之间的相互联系。目前已对干、湿雪变质过程中雪冰物理和雪冰化学之间的联系有了较深入的认识, 初步认识到雪冰中各种不连续层 (如冰透镜体等) 对离子成分的影响作用, 对均质雪层和异质雪层中融水对各种杂质成分的再分配作用业已建立了简单的模型, 并在室内和野外工作中得到验证 (Davis, 1991)。

④积雪“淋溶作用”研究。研究发现冰川融水与原始积雪中的离子浓度并不相同, 初始融水中的离子含量远高于雪层中的离子含量, 这种由于积雪融水作用而导致雪层中化学成分发生迁移的现象即被称作离子的“淋溶作用” (Wash out or elation of ions)。Tranter (1991) 总结了近年来初始CF值的室内研究结果, 表明在封闭条件下, 即融化过程中可溶物恒量条件下, CF值介于1-17之间。将室内结果应用于野外时, 尚需考虑多种因素的影响作用, 如干沉降作用导致可溶物质的额外加入、积雪水文状况、可融物分布状况的影响等。从目前发表的野外观测结果来看, CF值的范围为1-20, 主要集中在5-10之间, 同室内研究结果比较一致。

国内在冰川现代过程方面也做了不少工作。比如六十年代初期, 谢自楚等 (1965) 开展了我国现代冰川的成冰过程研究。八十年代以来, 秦大河等 (1992, 1995) 对南极冰盖现代降水中物理、化学过程的研究, 开始了我国在此领域内较系统的研究工作。近年来国内在青藏高原也开展了类似的工作, 取得了良好的结果 (章新平等, 1995)。有鉴于此, 我们以中科院兰州冰川冻土所冰芯实验室和天山冰川观测试验站为依托, 在乌鲁木齐河源1号冰川进行定位、定量观测工作, 以深化和发展冰川现代过程研究。

3 已开展及预期开展的研究工作

本项研究约需3年时间, 野外工作已于九五年六月开始, 并将持续到九六年秋季, 完成一个年周期的野外考察工作 (可能的话拟长期进行某些观测工作, 如气溶胶样品和降水样品的采集等), 97年针对前期研究的阶段成果, 有目的、有重点地进行野外补充观测工作。

目前已开展的工作内容大致包括以下几个方面:

(1) 大气降水样品的采集工作。采样点设置在天山冰川站高山营地。通过对降水中稳定同位素含量的测定, 研究影响降水中稳定同位素含量的因素以及降水中稳定同位素与气温、降水量等之间的关系; 另外通过对降水样品中各种杂质成分的研究, 探讨其季节变化规律以及杂质成分的物质来源等。

(2) 高程效应样品的采集。对于几次较大的降水过程, 分别在不同高度带采集样品, 以期探讨降水中的杂质含量和稳定同位素含量等随高度的变化特征。

(3) 冰川径流样品的采集工作。在 1 号冰川下部的水文断面总控点附近采集径流水样, 以探讨冰川径流化学成分的季节变化等。

(4) 大气气溶胶样品的采集工作。采样点位于空冰斗内。拟通过分析大气气溶胶的成分、粒度等, 掌握本区大气气溶胶的季节变化规律, 为干、湿沉降过程的模型研究提供数据和边界条件。并探讨干、湿沉降过程对雪冰内杂质成分的相对贡献量。

(5) 冰川浅表层内雪冰样品的采集。采样点基本位于 1 号冰川东支粒雪盆内, 另外在天格尔 II 峰顶部与 1 号冰川西支海拔 4, 200m 处也采集了若干浅表层雪冰样品。该项工作内容侧重于研究浅表层雪冰内现代生物地球化学循环过程以及大气干、湿沉降物质在雪冰密实化过程中的迁移、转化规律及影响因素, 探讨雪冰记录与雪冰沉降时的环境、气候状况之间的关系。

(6) 污化层样品的采集。样品采集于 1 号冰川东支消融表面。污化层是冰芯研究中划分年层和恢复古环境状况的有效判据之一, 拟通过对污化层物质的成分、稀土元素含量等的研究, 探讨污化层的物质来源及形成过程, 确定在形成冰芯污化层时干、湿沉降的相对重要性。

上述工作进展顺利并将继续, 另拟在近期开展下述工作:

(7) 雪冰内杂质成分迁移过程的室内模拟研究。主要探讨融水对雪冰中各种离子成分的迁移 (即淋溶作用) 程度以及影响因素。

(8) 拟于 1996 年夏季在 1 号冰川钻取浅冰芯, 根据冰芯记录恢复本区过去若干年来的环境、气候变化历史, 并通过与本区多年来的实测气象资料的对比, 以期进一步精炼冰芯记录的恢复工作。

4 预期研究结果及拟解决的关键问题

本研究在研究思路、研究方法和研究内容等与冰芯研究有所不同。冰芯研究基本上是一种反演过程, 即从冰芯记录反推出历史时期的环境、气候状况, 而本研究从正面入手, 研究雪冰内各种沉积介质从近地表大气向雪冰表面的干、湿沉降过程, 及其在由雪向冰川冰演化过程中的迁移变化规律。旨在探讨控制雪冰记录形成的主要影响因素, 建立冰川现代过程的各种半定量或定量模型, 以期为雪冰内现代生物地球化学循环和全球变化研究奠定更坚实的理论基础。为此, 我们将不仅研究雪冰内环境记录介质的变化过程, 而且将研究内容扩展到近地表大气层, 这将进一步加深我们对各种记录介质的理解和认识。总之, 通过野外定位、定量观测、采样与室内模拟、模型研究的结合, 建立冰川现代过程的各种半定量或定量模型。本研究不仅适用于山地冰川研究, 对极地冰盖 (冰川) 研究也同样具有一定的指导意义。乌鲁木齐河源 1 号冰川区是国内高山地区中唯一具有多年气象观测资料的地区, 这为客观地评价冰芯记录恢复工作提供了不可多得的良好契机。

参 考 文 献

- 秦大河, 1995, 南极冰盖表层雪内的物理过程和现代气候及环境记录, 科学出版社, 北京, 1-202
- 章新平, 施雅风, 姚檀栋, 1995, 青藏高原东北部降水中的 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化特征, 中国科学B辑, 25(5), 540-547
- 谢自楚, 黄茂桓, 米·艾里, 1965. 天山乌鲁木齐河源1号冰川雪-粒雪层的演变及成冰作用, 天山乌鲁木齐河冰川与水文研究, 科学出版社
- Qin Dahe, *et al.*, 1992. Distribution of nitrate content in the surface snow of the Antarctic ice sheet along the route of the 1990 International Trans-Antarctica Expedition. *Journal of Geophysical Research*, Vol.97, No.45, 6277-6284
- Cadle, S.H., 1991. Dry deposition to snowpacks. IN: Processes of Compositional Change. (Ed: T. D. Davies, M. Tranter, and H. G. Jones). NATO ARW Glaciological Sciences, Vol. 28: 21-66
- Davis, T.D., 1991. Links between snowpacks physics and chemistry. IN: Processes of Compositional Change. (Ed: T.D. Davies, M. Tranter, and H.G. Jones). NATO ARW Glaciological Sciences, Vol.28: 115-138
- Tranter, M., 1991. Controls on the composition of snowmelt. Processes of Compositional Change (Ed. by T. D. Davies, M. Tranter, and H. G. Jones). NATO ARW Glaciological Sciences. Vol.28: 241-272

中国天山积雪的结构力学研究*

魏文寿

(中国科学院新疆地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘要 本文分析了干旱区区域气候和地形影响下形成的季节性积雪层结构、变形(即积雪孔隙率、硬度、抗剪强度、变形速度以及自然坡度角与抗滑力的关系)等造成雪崩发生的主要因素的实验观测结果; 利用散粒体结构力学实验计算方法, 依据弹-塑性理论, 建立了积雪结构力学变化的实验与计算模型。

1 天山地形与气候形成的季节性积雪

天山的积雪、为大陆性干旱气候条件下形成的“干寒型”季节性积雪和高山常年积雪。无论季节性或常年积雪, 都可能发生雪崩。天山雪崩产生的主要条件是局部地形与局地气候。地形因素决定雪崩可否发生和局限雪崩发生在一定的区域, 并且反映出雪崩灾害程度的时空分布和动力学分量; 气候因素提供丰富的降雪量和积雪的积累、持续期以及在积累期气象物理分量对积雪层变质过程的特征影响。二者共同作用, 使山坡积雪在重力影响下, 发生蠕变、断裂, 导致发生雪崩。

天山雪崩山区, 雪崩坡面一般在 $16\sim 32^\circ$, 雪崩沟槽在 $17\sim 38^\circ$ 之间, 冬季雪崩多发生在南坡坡度大的雪崩区, 当春季积雪重压超过稳定极限时, 南北坡面或沟谷都可发生雪崩。天山山地的降雪, 具有北坡大于南坡, 西部大于东部, 降水量随海拔升高而增大的特点(表1)。季节性降雪主要集中在海拔 $1500\sim 3000\text{m}$ 的中山带, 积雪期从10月初至翌年4月底, 主要分布时间为11月、12月和3月份, 在温压湿环境条件中, 具有明显的季节分布规律。中国科学院天山积雪雪崩研究站(海拔 1776m)多年平均最大

表1 中国天山南北坡年降水量相对湿度温度分布

| 坡向 | 天山西部 | | | | | 天山中部 | | | | | 天山东部 | | | | |
|----|-------|---------|----------|---------|---------|-------|---------|----------|---------|---------|------|---------|----------|---------|---------|
| | 台站 | 海拔 m | 降水 mm | 湿度 % | 温度 ℃ | 台站 | 海拔 m | 降水 mm | 湿度 % | 温度 ℃ | 台站 | 海拔 m | 降水 mm | 湿度 % | 温度 ℃ |
| 北坡 | 精河 | 320.1 | 91.4 | 61 | 7.3 | 蔡家湖 | 440.5 | 127.6 | 59 | 5.7 | 三塘湖 | 921.1 | 33.9 | 48 | 8.0 |
| | 尼勒克 | 1106.1 | 353.4 | 69 | 5.7 | 昌吉 | 577.2 | 179.4 | 62 | 6.1 | 巴里坤 | 1637.6 | 203.0 | 58 | 1.0 |
| | 天山雪崩站 | 1775.0 | 836.8 | 74 | 1.3 | 天山云雾站 | 3539.0 | 431.2 | 55 | -5.3 | | | | | |
| 南坡 | 巴音布鲁克 | 2458.0 | 276.2 | 70 | -4.5 | 巴轮台 | 1752.5 | 195.1 | 44 | 6.2 | 哈密 | 737.9 | 34.6 | 41 | 9.8 |
| | 库车 | 1100.0 | 64.8 | 43 | 11.4 | 库尔勒 | 931.5 | 50.1 | 45 | 11.4 | | | | | |
| | 沙雅 | 981.0 | 42.8 | 48 | 10.8 | 吐鲁番 | 34.5 | 16.4 | 41 | 13.9 | | | | | |

积雪深度84cm, 年降水量836.8mm, 年平均温度1.3℃, 积雪期平均降水量268mm。

天山的“干寒型”积雪, 受局地气候中相对湿度和水汽压的制约, 使得积雪含水率低。根据观测, 当气温-16℃时, 积雪含水率仅为2-8w%, 而且冬季寒冷, 雪层温度梯度大, 在80cm的雪层中, 平均温度梯度为0.21-0.34℃/cm。春季消融期日温差大, 最大绝对值可达19℃(1990), 所以, 天山区域气候条件下的季节性积雪, 在干旱区形成了独有的变化特征。

2 积雪层结构力学参数的测定

山坡上的积雪, 由于厚度与结构在物理力学变化作用下, 改变其稳定。天山的积雪层在不同的深度部位, 雪散粒体的相互作用和雪晶体的变化、位移、抗压强度、拉伸力等都表现出“干寒型”积雪的特征。本文参数的测定, 是利用散粒体介质理论与粉体工程实验, 在滑动斜面的静止状态条件下进行的试验与模拟。

2.1 积雪孔隙率与容量的关系

①取同体积的积雪散粒体和水, 用比重称量计算法求得不同雪粒密度的孔隙比。

②孔隙比与孔隙率之间存在如下关系:

$$n = \varepsilon / 1 + \varepsilon$$

式中: n 为孔隙率, ε 为孔隙比。

根据压缩与孔隙比的变化关系, 用雪中空气体积与整个雪体的比(即冰晶), 计算出干雪的孔隙率, 计算式为:

$$n = (v_i - v_s) / v_i$$

式中: v_i 为纯冰的单位体积, v_s 为积雪的单位体积。

在试验中, 冰的比重为0.917g·cm⁻³, 水的比重为1g·cm⁻³, 雪的容量为不同积雪深度的散粒体(图1)。积雪散粒体不仅粒键之间存在孔隙率, 而且雪晶体在圆化的热效应过程中, 晶体内部也存在孔隙。假设雪散粒体之间的孔隙比全部被水充满, 其

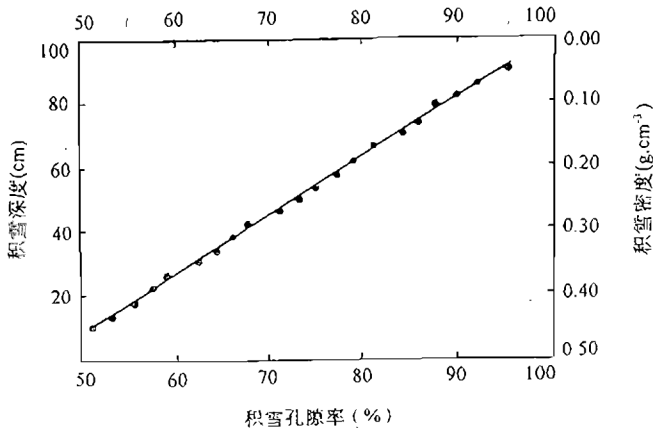


图1 不同积雪密度的孔隙率

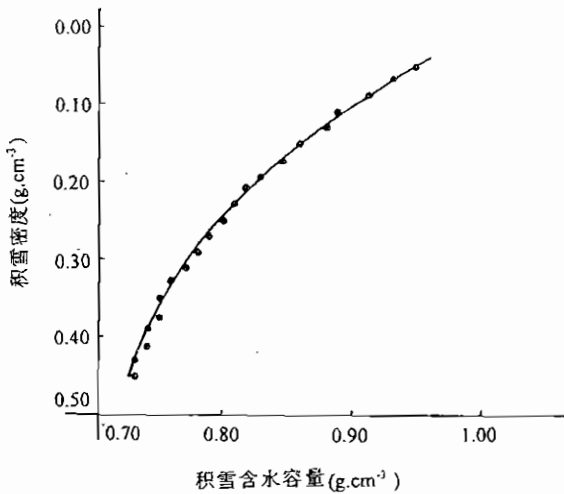


图2 不同积雪密度与含水容量的关系

容量为:

$$p = p_s(1-n) + p_w n$$

式中: p_s 为单位体积雪的密度, p_w 为单位体积水的密度。

根据试验和计算, 得到不同积雪散粒体与容量的分布关系 (图 2)。

2.2 积雪散粒体的变形

任何散粒体所产生的运动状态的变化, 都是由它的体积和形状的改变表现出来。散粒体的变形, 分为两种基本形态: 弹性和塑性。雪花降落后, 就受各种外力和自身重力的密实, 随着时间的差异和积累厚度的增加以及地表热流的作用, 雪粒结晶体也逐渐增大, 由新雪密实化成细粒、粗粒、深霜等各种雪型。不同雪型中, 雪散粒体的变形阻力与雪的硬度, 极限强度以及承载力都有密切关系。在变形阻力的参数试验中, 我们采用木下诚下 (S. Kinoshita, 1984) 式硬度计, 测定方法用雪的贯入试验和极限强度压力试验, 其计算式为:

$$R = \frac{1}{S} \left[m \left(1 + \frac{h}{d} \right) + M \right]$$

式中: R 为硬度, S 为压雪面积, m 为锤的质量, h 为锤的下落距离, d 为陷入深度, M 为杆的质量。

表1 不同积雪的硬度

| 雪 型 | 积雪密度 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) | 试验次数 | 平均硬度 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) | 最小硬度 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) | 最大硬度 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) |
|------|---|------|---|---|---|
| 新雪 | 0.05-0.12 | 108 | 13.3 | 6.7 | 15.4 |
| 细粒雪 | 0.18-0.23 | 99 | 26.5 | 16.3 | 47.0 |
| 中粒雪 | 0.23-0.26 | 108 | 41.1 | 29.4 | 72.3 |
| 粗粒雪 | 0.27-0.29 | 90 | 45.2 | 27.4 | 64.8 |
| 深霜 | 0.30-0.32 | 108 | 74.6 | 44.1 | 87.8 |
| 结胶深霜 | 0.33-0.36 | 90 | 101.7 | 53.6 | 138.3 |

观测表明，积雪颗粒的硬度，密度和形状决定了变形值之间的关系(表 2)，雪粒表面压力的增大，将导致密实化，孔隙率减小，相对变形加大(图 3)。根据试验，随着雪粒的再结晶作用，粒间粘变形模量聚力增加，变形速度变缓，如果外荷载继续增加，当温度又有明显的波动时，则变形速度随着温度升高而增大，以致出现裂隙或断裂(图 4)。试验计算式为：

$$W = \frac{1}{R(n-1)} [P_s^{1-n} - (P_c+P)^{1-n}] - \frac{1}{R(m-1)} [P_s^{1-m} - (P_s-P)^{1-m}]$$

式中：W为变形模量，R表示积雪的硬度，P为加在散粒体上的压力，P_c为初始压力，P_s为极限承载力，n、m为试验决定的参数。

由试验计算表明，在外荷载作用下，当日平均温度在-15.6℃时，平均柯西伸长量为 5%。

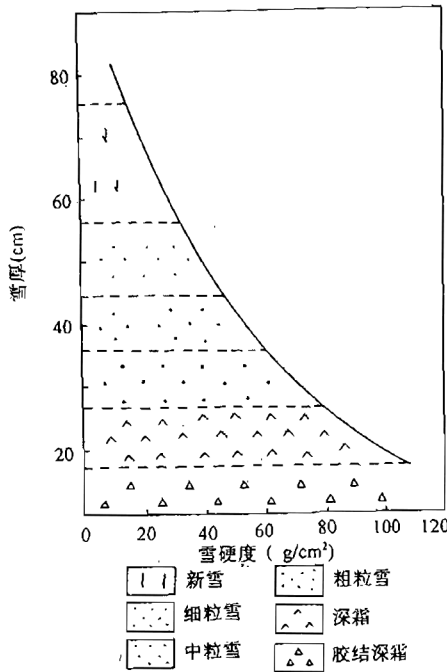


图3 积雪硬度试验特征曲线

2.3 雪散粒体的抗剪强度

雪崩前雪层的断裂程度，主要决定于它的抗剪强度，而抗压强度则决定于颗粒的强度和雪散粒体接触处所受的压力。对于天山干寒型积雪，抗剪强度与受剪面垂直方向压力几乎成正比，其值的大小与内摩擦系数关系较大。所以，抗剪强度等于内摩擦力和粒聚力之和 (Г. К克列因, 1977)，其计算式表示为：

$$T1 = N \operatorname{tg} \phi + C F$$

中: N 为外部压力, ϕ 为滑动面内摩擦角, C 为单位剪切面积上的粘聚力, F 为剪面积。

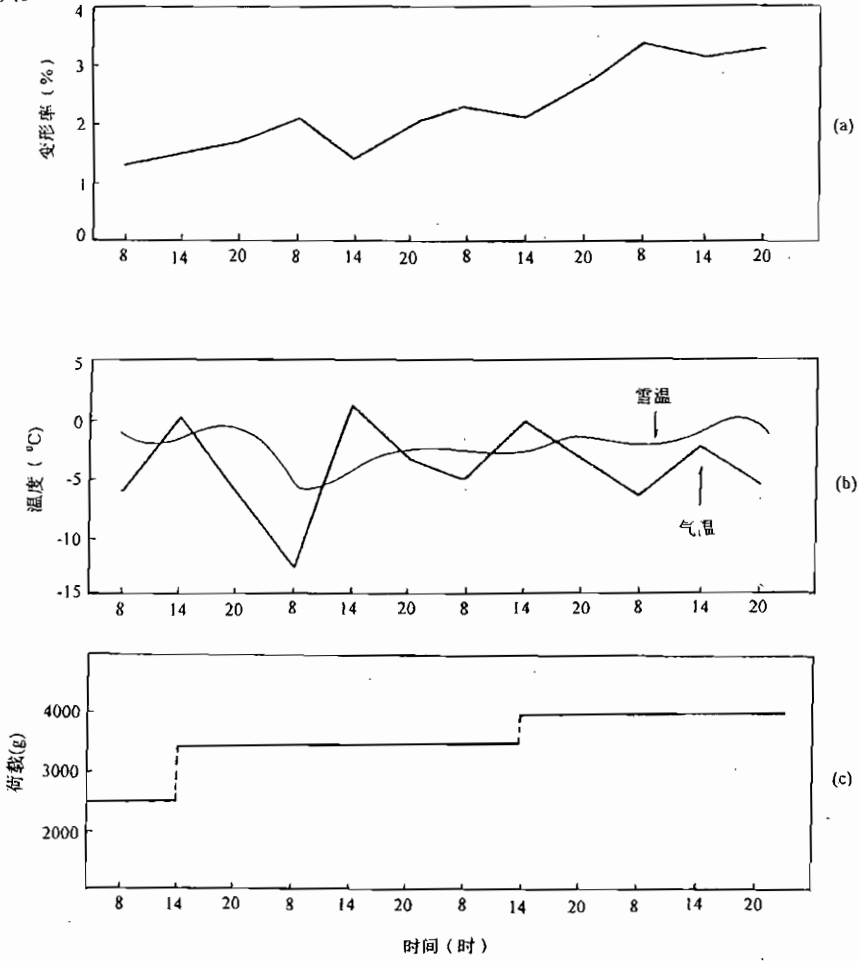


图4 温度和荷载对雪变形率的相对影响 (1989年3月8日至11日)

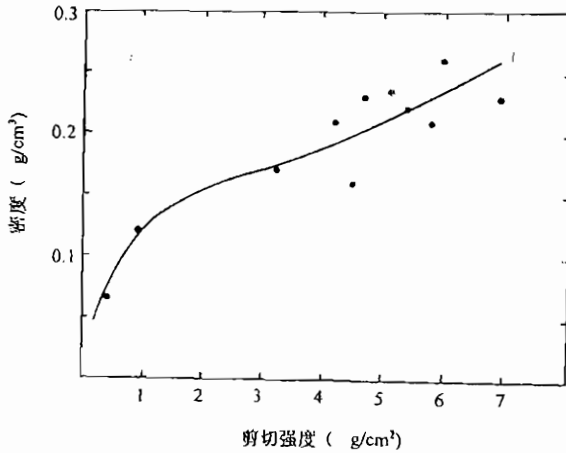


图5 积雪剪切强度曲线 (1989, 12)

抗剪强度试验, 采用不同的积雪密度, 试验区在积雪场, 环境温度为 -10°C 左右, 剪切速度是 $1.2 \times 10^{-2}\text{cm}\cdot\text{S}^{-1}$ 条件下进行。根据试验表明(图5), 抗剪强度随着积雪密度的增加而增大。如新雪的平均密度为 $0.08\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 抗剪强度为 $0.38\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, 深霜的平均密度为 $0.26\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 抗剪强度为 $6.03\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。试验分析表明, 在一定坡度上, 阻止雪粒下滑的因素除摩擦力以外, 还有粒间的粘聚力; 而理想的散粒体的抗剪强度就是它的内摩擦力。因为积雪是由粒间水汽融冻而连接的, 随着气温变化, 粘聚力变化很大。当温度升高, 雪粒间冻结水膜加厚, 消融, 粒间引力就减小(E. M. Morris, 1990)。粘聚力与密度也有密切关系, 因为密度越大, 每个雪粒单位面积上接触面愈大, 粘聚力就越大, 相反, 密度小时, 粘聚力就减小。

2.4 自然坡度角与抗滑力的关系

天山季节性积雪, 一般于12月下旬在积雪低层开始出现深霜发育层, 随着积雪的增加和时间的推移, 深霜层不断增厚(魏文寿, 1990)。所以, 积雪深度和山坡坡度在一定的环境条件下, 积雪颗粒的可动性是有限的。由于消融再结晶作用, 不同时期雪层的力学性质也随之变化; 力学强度小的雪层就成为雪崩的滑动面, 只有在积雪与山坡界面的摩擦力与边坡水平面所构成的角度不超过一定极限的情况下, 才能保持积雪的稳定。当积雪层力学强度最小的时候, 对来自侧向的压力最敏感, 斜坡上的积雪, 受切引力的作用产生变形。当雪层下滑力逐渐大于抗滑力时, 便出现断裂和滑塌, 形成雪崩。所以, 在自然坡度角(β)的斜坡上, 积雪在稳定临界状态下, 存在着两个大小相等, 方向相反的力, 即滑动力和抗滑力。用方程式表示为:

$$T_2 = G \sin \beta = G \cos \beta \operatorname{tg} \phi + C F$$

式中: G 为山坡雪散粒体的单位体积重量, β 为自然坡度角。

通过分析和观测验证, 对天山不同自然坡度和不同雪型条件下的“干寒型”积雪, 可以得出如下结论: ①当新雪厚度大于30cm时, 在 41° 以上坡面上的积雪就可滑动, 发生雪崩; ②春季坡面积雪深度大于50cm, 深霜层在 $1/2$ 深度时, 如果雪层荷载增加(即继续降雪), 且温度出现明显的波动, 33° 以上的坡面即可发生雪崩; ③当气温明显上升, 各种不同粒径积雪经消融渗流变为湿雪, 雪层粘聚力和摩擦力迅速降低, 而滑动力增大, 即使在 17° 以上的山坡, 40cm深的积雪就可发生全层性湿雪雪崩。

2.5 积雪的拉伸力

积雪不稳定性是雪崩发生的根本原因, 在积雪不断增厚, 物理力学性质的改变和粘-塑性流变应力作用下, 雪层发生断裂。如果把斜坡上积雪向下的重力拉伸考虑为一个单项的引力分析, 它便服从牛顿粘性定律:

$$\sigma = \mu d \varepsilon / d t$$

新雪沉积后, 压力不大时, 雪粒处于弹-塑性状态, 当压力进一步增大时, 则塑性变形加强, 变形区域将随着压力增大而扩展, 应力矢量也随着增加 (L. M. 卡恰诺夫, 1971)。根据牛顿粘性定律, Shvedov和Bingham所研究的粘-塑性介质拉伸变形定律具有以下形式:

$$\sigma = \sigma_s + \mu d \varepsilon / d t$$

式中: σ 为法向引力分量, σ_s 为拉伸屈服极限, μ 为粘性系数, ε 为主伸长。

这一模式对于干旱区“干寒型”积雪来说, 需要在一定的荷载下才出现蠕变。所以, 不同积雪层的引力分量 (σ_i) 是由塑性的应力分量 (σ_i') 和粘性阻力所产生的引力分量 (σ_i'') 的组合而构成。即:

$$\sigma_i = \sigma_i' + \sigma_i''$$

积雪在单位时间的相对伸长 (ε) 受粘性系数 (μ) 的约束, 而在斜面上蠕变伸长, 则由趋向于 x 轴方向的主应力确定, 因为速度是位移时间的全导数。所以, 应变分量的增量是相对于瞬时状态而算出; 假定坐标系 x_i 是固定在体积单元上的, 再根据全导数中弃去其牵连坐标分量部分, 对 (σ_i) 主应力进行 x_i 轴的偏导, 则有:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial x} = \frac{\partial \sigma_i'}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_i''}{\partial x}$$

根据拉伸变形定律和在斜面上的伸长主应力所必须具有的条件, 山坡积雪拉伸力在不同密度层中, 计算式则为:

$$\frac{\partial \sigma_i}{\partial x} = \sigma_i' + \sigma_i'' + \mu \frac{dE}{dt}$$

积雪拉伸力计算式, 是根据实际现象和理论相结合的方法建立的, 具体观测参数和计算式的验证, 有待进一步试验和探索。

3 积雪结构与雪崩发生的力学关系

天山西部, 积雪温度梯度大, 辐射效应明显, 积雪层能发育良好的深霜层。积雪层在结构力学变化中, 摩擦阻力的影响大于内聚力的影响, 雪层变化接近于塑性变形。因此, 积雪的抗断强度处于极限的平衡状态, 当雪层形成深霜后, 并不迅速产生雪崩。若山坡积雪厚度达到雪崩临界值, 雪层还不断增加荷载 (降雪), 当 $w > T$ 时, 积雪层便会出现局部的塑性变形, 促使全层结构发生断裂。若坡度角 $\beta > 23^\circ$, 法向和切向引力分量的不平衡是滑动的主要因素; 在具有单位法线矢量为 n 的一个任意滑动曲面上, 主应力矢量则由 $\partial \sigma / \partial x$ 项确定。

天山西部雪崩类型有新雪雪崩、干雪雪崩和湿雪雪崩, 前二类是在压力变形模量

达到一定极限时, 密度小的滑动界面或者切向引力弱的界面产生塑性变形, 发生雪崩。第三类是春季气温升高, 整个积雪层含水率增大, 雪粒间充填融水, 使内聚力和内摩擦力急剧减小, 法向和切向各分量应力失去平衡, 便可产生天山春季湿雪雪崩。

参 考 文 献

- 魏文寿, 1990. 中国天山的降水与气候效应. 干旱区地理, 第13卷第1期, 29-35.
- 三轮茂雄, 日高重助, 1984. 粉体工程实验手册. 杨伦, 谢淑娟译, 中国建筑工业出版社, 158-160.
- Г. К. 克列因, 1977, 散粒体结构力学. 陈万佳译, 中国铁道出版社, 15-48.
- E.M.Morris and R.J. Kelly, 1990. A Theoretical Determination of the characteristic Equation of Snow in the Pendular Regime
Journal of glaciology, 36 (123) 179-187.
- 魏文寿, 马维林, 1990. 天山西部积雪场深霜发育特征分析. 第四届全国冰川冻土学术会议论文选集, 科学出版社
243-247.
- L.M. 卡恰诺夫, 1971. 塑性理论基础. 周承侗译, 人民出版社, 24-28.
- 戴天民, 刘凤丽著, 1986. 连续介质力学引论. 辽宁科学技术出版社, 143-150.

补 遗*

(上接本年报第12卷87页倒数第4行中“但变”二字之后) 化幅度都很小(当然, 这是诸山区的平均状态)。天格尔 II 峰和哈尔里克山的AAR值较近似。但就每条沟的情况, AAR的变化幅度仍是较大的, 具体变化可参阅附表。

9 古冰川径流的估算

目前有关末次冰期时冰川融水径流的资料甚少, 这对研究环境变化, 特别是冰川变化带来困难。这里我们利用资料图件都较完整的乌鲁木齐河源地区为重点, 试图对末次冰期最盛时的冰川融水径流状况给予初步评估。

我们前节已阐述了天山东段包括乌鲁木齐河流域古冰川诸要素的量算与统计比较, 对于讨论古冰川融水径流(Q)尚须给出古冰川末端以上的流域面积(S_0)、古冰川面积(S_g)、古

*由于我们工作中的疏忽, 造成本年报第12期所刊: 任炳辉等“天山东段末次冰期冰川规模与古冰川水文问题研究”一文的严重遗漏, 现将遗漏部分纠正于此, 并特向作者和读者致谦。

乌鲁木齐河(小区域)年轮年表特征

李江风 袁玉江

(新疆气象研究所, 乌鲁木齐, 830000)

摘要 本文介绍山区小流域年表特征。在年轮采样布局时,除遵守年轮学定理外,还依据:(1)各支流流量的大小;(2)径流组成的成分随高度变化;(3)垂直气候状况等条件,作为年轮采样场的原则。在1000km²内的8条支流,选定九个采点,采190株树,建成9个年表,共280个序列,在国内还是独一无二的。年表组成序列最多33个,最少19个,最长年代452年,最短195年。

年表敏感度、标准差、互相关等,都超过新疆哈密、昌吉、阿勒泰、伊犁、塔里木河中下游等地,这些年表的质量是很好的。

从计算年表中,高频信息含量多于低频信息含量。

关键词 乌鲁木齐 小流域 年轮年表特征

1 自然地理概况

乌鲁木齐河位于天格尔山北坡,86° 45′ —87° 56′ E, 43° 00′ —44° 07′ N,西接头屯河流域,东为板房沟流域,总面积4684km²。其中,山区(西白杨沟口以上)流域面积1070km²,英雄桥以上流域面积924km²(平均海拔3083m),跃进桥以上流域面积310km²(平均海拔3483m)。流域最高点天格尔Ⅱ峰海拔4479m,最低点西白杨沟口海拔1670m,高差2809m。

山区流域分为:(1)、高寒砾漠带,海拔3600m以上,日均气温在0℃以下,大部分为积雪冰川覆盖;(2)、亚高山草原垫状植被区,海拔为3500—2600m;(3)、中低山带森林(云杉)区,海拔为2500—1600m,也是降水最大带区域(施雅风等,1992)

山区从气候可分为:(1)、高寒冰雪区,3600m以上为现代冰川区,平均雪线高度4050m,雪线以上面积102.2km²,冰川124条,冰舌末端3440—4020m,年平均气温在-6.0℃以上,降雪量占降水量75%以上;(2)、亚高寒冻土区,永久性冻土2900—3500m,土壤为亚高山草甸土,年平均气温-1.2—-2.5℃,降雪量占降水量50%左右;(3)、中高山寒温区,海拔1600—2800m,土壤为山地草甸,山地黑钙、栗钙土、灰褐色森林土,年平均气温在0.0-4.0℃左右,降雪量占降水量20—30%左右,是山区最大降水带,一般为400—500mm。

树木林带生长限为1800—2600m。从冰川储水量(以英雄桥为100%计)跃进桥以上,占77.59%,宰尔德沟为18.92%,波尔钦沟6.56%,哈熊沟占2.68%,其它均在0.1%以下。冰川区冰雪补给量为16.24%(中国科学院地理研究所冰川冻土研究室,1965),森林(云杉)生长多在6-8月份,正值水热条件最适宜期。树木年轮储存

了大量的气候、径流、冰雪融水信息, 因此重建它们的变化序列具有重要的科学意义。

2 年轮采样

2.1 年轮采样布局

在一条小流域内进行局地小区域采取样本, 这在年轮工作中还是首次。这主要与主题要求相关。同时也和该流域内的气候、径流场、森林分布、冰雪分布、地形等要素有关。

在该小区域内, 径流形成面积不足 1000km^2 , 森林生长面积(以海拔高度计算)不足 800km^2 , 影响树木年轮生长的的气候、土壤、特别降水、径流等是复杂的, 因此, 在采样布点上, 除遵守年轮生长原理外, 还必须依据(1)立题要求; (2)流域内迳流分配形式; (3)树木生长的上下限; (4)流域内主要支流分布等条件。

根据上述原则, 在年轮采点布局中设计采点方案: (1)乌鲁木齐河流域的支流以东西向的羽状排列为, 而且坡降大, 在冰川总控制断面以上为 53.2% , 跃进桥至冰川总控制断面 55.6% , 最大达 72.8% , 英雄桥至跃进桥 45.8% , 西白杨沟口至英雄桥 45.4% 。在采样选择中, 以流量大的支流为主, 且能东西相应均等, 由此, 主河道东侧选取四个支流, 分别为波尔钦沟, 哈熊沟、夏干萨特沟、东白杨沟。西侧四个支流自上而下分别为萨尔托斯沟、宰尔德沟、乌拉吐拜克沟、西白杨沟。采点除哈熊沟二个采点外, 其它均一个采点, 区域内共九个采点。上述采样除东西两侧相应对称外, 其坡降也是相应相一致的。(2)采样坡向以偏北西坡为主, 因北西坡为迎风坡, 是天山北坡为主导的坡向。只因天山区在暖季, 受西风带气流作用(表1)。在极个别采点中, 选择树样, 考虑敏感度作用, 小地形陡崖影响, 其坡向有几棵偏于南部。(3)小流域区在垂直分布上, 影响径流量的成分有: 冰川、季节积雪融水、雨夹雪、降雨等, 具有明显的海拔界线, 考虑年轮中生长信息含量, 选择该流域中高山森林四个支流作为上限, 并在哈熊沟支流多布置一个采点, 尽可能达到森林上限位置 2600m 。(4)支流采样, 以大样本为主, 每个支流一般以22棵左右, 上限101棵, 下限89棵, 共计190棵(表1)。(5)采点下限为四条支流, 每条支流一个采点, 且东西方向对称(图1)。

2.2 采样概况

分别在八个支流的九个点上采树样190棵, 样条380个, 读数序列340个, 经计算后, 进入年表序列数为280个。年表最长者为452年, 哈熊沟B点, 由18个序列组成(1542 - 1993年)。年表最短者为195年, 由东白杨沟33个序列组成, (1977 - 1993年)。年表最多序列数47个, 为下限夏干萨特沟(1667 - 1993年)。最少序列数19个, 为上限萨尔托斯沟(1734 - 1993年)。

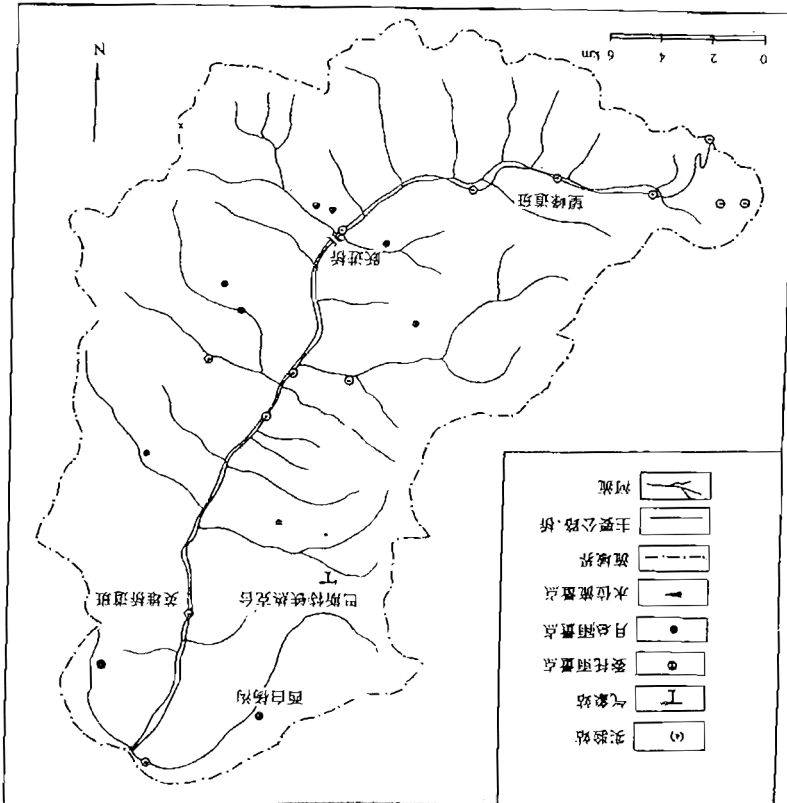
由于采样样本质量问题、读数测量和定年中的问题, 被删除最多序列数为西白杨沟, 高达15个, 最少者为哈熊沟A点, 仅为两个序列(一棵林)。由此, 反映出西白杨沟采样点和采样质量存在问题, 特别是在坡向中发现受小地形影响, 多为偏南坡, 且陡崖, 其年轮序列敏感度和其它参数较差, 影响序列的相关性。

该采样区为局地性山地小流域地理环境，其范围为 $86^{\circ}45' - 87^{\circ}56'E$ ， $43^{\circ}00' - 43^{\circ}27'$ ，即至西白杨河沟出口处止，流域面积 1070km^2 ，即在经度 $1^{\circ}11'$ ，纬度 $27'$ 和高差 $2000 - 2400\text{m}$ 的范围内。若以采样点高差计算仅为 500m (表1)，在这个范围内，年轮采样点布局9个，平均每 110km^2 有一个采样点。从高差计，每点相差 $500 - 600\text{m}$ 。若仅以采样范围计，每个采样点平均仅为 800km^2 ， 250m 高差有一个采样点。无论从山区流域面积和高差，还是从采样流域面积和高差计算，其采样点都是十分密集的。采样的190棵树所建立的年表序列达280个(表1)，它不仅表明流域内的年轮生长中的较高的信息含量，且尚能表示出年度径流分配，不同径流成分对年轮生长的影响。

3.1 地理环境与年表的代表性

3 年表研制

图1 乌鲁木齐河流域山区树木年轮采样点分布图



3.2.1 平均敏感度与标准差

平均敏感度是衡量年表或年轮序列含有气候、水文等信息含量多少的一个参数其

表1.乌鲁木齐河(小区域)采样参据

| 年表代号 | 序号 | 沟名 | 经度(E) | 纬度(N) | 海拔高度(m) | 坡向 | 坡度 | 实采棵数 |
|------|----|---------|-------------|-------------|-----------|------|----------|------|
| DBY | 1 | 东白杨沟 | 87° 19' 05" | 43° 26' 06" | 1990-2330 | NW.W | 30° -50° | 20 |
| XBY | 2 | 西白杨沟 | 87° 07' 02" | 43° 24' 10" | 2270-2380 | NE.E | 30° -70° | 23 |
| XGS | 3 | 夏干萨特沟 | 87° 14' 05" | 43° 16' 35" | 2040-2100 | N.NE | 25° -35° | 26 |
| WLL | 4 | 乌拉吐拜克沟 | 87° 09' 20" | 43° 18' 35" | 2180-2320 | N.NW | 20° -38° | 20 |
| HXA | 5 | 哈熊沟(A点) | 87° 09' 45" | 43° 11' 50" | 2340-2350 | NE.W | 30° -60° | 16 |
| HXB | 6 | 哈熊沟(B点) | 87° 10' 55" | 43° 11' 05" | 2300-2560 | NW.N | 25° -40° | 15 |
| ZED | 7 | 宰尔德沟 | 87° 02' 30" | 43° 12' 50" | 2310-2470 | NW.W | 30° -35° | 25 |
| SET | 8 | 萨尔托斯沟 | 87° 03' 50" | 43° 09' 12" | 2660-2500 | NW | 20° -45° | 27 |
| BEQ | 9 | 波尔钦沟 | 87° 07' 12" | 43° 08' 20" | 2400-2480 | NE | 30° -65° | 18 |

表达式为:

$$M \cdot S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-1} \left| \frac{2(X_{i+1} - X_i)}{X_{i+1} - X_i} \right| \dots \dots \dots (1)$$

式中: X_i 为第*i*个年轮轮宽或年轮指数; n 为年轮总数。敏感度为无量纲值, 一个年表(或年轮序列)所含信息量多, 其相应的非气候噪音就少, 一般较好的年表, 敏感度为0.15-0.80之间。这次九个年表敏感度在0.17-0.40之间, 最好者为夏干萨特年表, 达0.394(表2), 最差者为东白杨沟0.173, 一般在0.23-0.30之间。若以昌吉(徐瑞珍等, 1988)、哈密(李江风, 1989; 徐瑞珍等, 1984)、阿勒泰(周文盛等, 1989)、塔里木河中下游(李江风等, 1988)、伊犁等(袁玉江等, 1993)地区年表敏感度相比较(表3), 乌鲁木齐河山地区年表敏感度偏高, 有的年表可高达0.1-0.15以上。这是由于该区域坡降较大, 土层较薄, 土壤含水量较少, 致使树木生长期内, 气候因子、径流因子对年轮生长贡献是敏感的(表4)。

年轮年表标准差参量值, 是从另一个数理统计量反映年轮年表含有对年轮生长的信息量特征。该流域区内9个年表的标准差值0.20-0.46间, 一般年表在0.30左右, 高于其它区域的树木年表标准差(表5)。

表2 乌鲁木齐河树木年表有关参差

| 沟名 | 序号 | 序列数 | 剔除数 | 年表长度 | 年代幅度 | 平均指数 序列均值 | 一阶 自相关 | 平均 敏感度 | 标准差 | 森林限 |
|-------------|----|-----|-----|------|-----------|--------------|-----------|-----------|-------|-----|
| 东白杨沟 | 1 | 33 | 6 | 195 | 1799-1993 | 1.000 | 0.478 | 0.173 | 0.212 | 下限 |
| 西白杨沟 | 2 | 30 | 15 | 242 | 1752-1993 | 1.000 | 0.416 | 0.285 | 0.309 | 下限 |
| 夏干萨特沟 | 3 | 47 | 3 | 327 | 1667-1993 | 1.000 | 0.501 | 0.394 | 0.455 | 下限 |
| 乌拉吐拜 克沟 | 4 | 28 | 4 | 200 | 1794-1993 | 1.000 | 0.506 | 0.238 | 0.314 | 下限 |
| 哈熊沟 (A)点 | 5 | 30 | 2 | 258 | 1736-1993 | 1.000 | 0.432 | 0.238 | 0.269 | 上限 |
| 哈熊沟 (B)点 | 6 | 18 | 7 | 458 | 1542-1993 | 1.000 | 0.342 | 0.228 | 0.302 | 上限 |
| 宰尔德沟 | 7 | 37 | 13 | 373 | 1621-1993 | 1.000 | 0.295 | 0.237 | 0.253 | 上限 |
| 萨尔托斯沟 | 8 | 19 | 6 | 260 | 1734-1993 | 1.000 | 0.251 | 0.253 | 0.287 | 上限 |
| 波尔钦沟 | 9 | 28 | 4 | 264 | 1630-1993 | 1.000 | 0.353 | 0.295 | 0.331 | 上限 |

表3 新疆各地区年轮年表平均敏感度

| 年表序列号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 平均 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 哈密地区 | 0.140 | 0.160 | 0.120 | 0.310 | 0.220 | 0.200 | 0.150 | 0.180 | 0.140 | 0.150 | 0.177 |
| 昌吉地区 | 0.124 | 0.193 | 0.168 | 0.242 | 0.105 | 0.202 | | | | | 0.172 |
| 塔里木河中下游 | 0.207 | 0.163 | 0.191 | 0.185 | | | | | | | 0.187 |
| 阿勒泰地区 | 0.183 | 0.161 | 0.191 | 0.151 | 0.189 | 0.177 | 0.246 | 0.244 | 0.162 | 0.152 | 0.186 |
| *伊犁河谷地区 | 0.128 | 0.114 | 0.188 | 0.140 | 0.157 | 0.240 | 0.133 | 0.218 | | | 0.155 |
| 乌鲁木齐河地区 | 0.173 | 0.285 | 0.394 | 0.238 | 0.238 | 0.228 | 0.237 | 0.253 | 0.395 | | 0.244 |

*伊犁地区共22个年表除伊宁1个, 霍城2个外其它的均为3-4个年表, 选最大一个年表中表

4 乌鲁木齐河山区流域土壤含水量和坡降

| 土壤类型 | 海拔(m) | 表层田间持水(%) | 流域坡降(%) | 备注 |
|--------|-----------|-----------|---------|--------------------------------------|
| 高山草甸土 | 3000-3600 | 44.8 | 53.2 | 表中数据 摘自文献 (施雅风主编, 1992)有关表格 |
| 亚高山草甸土 | 2800-3000 | 58.1 | 55.6 | |
| 山地草甸土 | 2400-2800 | 41.9 | 55.6 | |
| 山地黑钙土 | 2200-2400 | 40.6 | 45.8 | |
| 山地栗钙土 | 1800-2200 | 29.3 | 45.4 | |
| 灰褐色森林土 | 1800-2600 | 32.9 | | |

表5 新疆各地区年轮年表标准差

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 平均 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| *塔里木河中下游地区 | 0.324 | 0.205 | 0.324 | 0.374 | 0.330 | 0.202 | 0.248 | 0.394 | 0.303 | 0.399 | 0.310 |
| 阿勒泰地区 | 0.227 | 0.238 | 0.254 | 0.271 | 0.225 | 0.431 | 0.253 | 0.367 | 0.360 | 0.331 | 0.296 |
| *伊犁地区 | 0.180 | 0.205 | 0.195 | 0.224 | 0.214 | 0.268 | 0.238 | 0.257 | | | 0.223 |
| 昌吉地区 | 0.152 | 0.322 | 0.289 | 0.471 | 0.240 | 0.338 | | | | | 0.302 |
| 乌鲁木齐河山区流域区 | 0.212 | 0.309 | 0.455 | 0.314 | 0.269 | 0.302 | 0.253 | 0.287 | 0.331 | | 0.305 |

*塔里木河中下游选取是以年表中最大值, 伊犁每一县选一最大值

只有塔里木河中下游地区超过乌鲁木齐河山区流域, 这可能是塔里木河流域位于沙漠区域、受河水流量的变动和汛期到来的迟早的影响, 使其标准差较高; 另外, 该区域在选取年表标准差时, 当一个地方有几个年表时, 即选择最大的一个标准差列入表中, 也使其增大。若消除这一因素, 则乌鲁木齐河流域仍高于其它地区的标准差。

3.2.2 年表一阶自相关

年表的一阶自相关, 是反映年表中存在着对年轮生长的信息量的另一标志参量。年轮研究表明, 年轮年表质量高, 平均敏感度大, 标准差大, 而一阶自相关则相应变小。根据计算结果, 九个年表的一阶自相关0.25-0.50间(图2)。

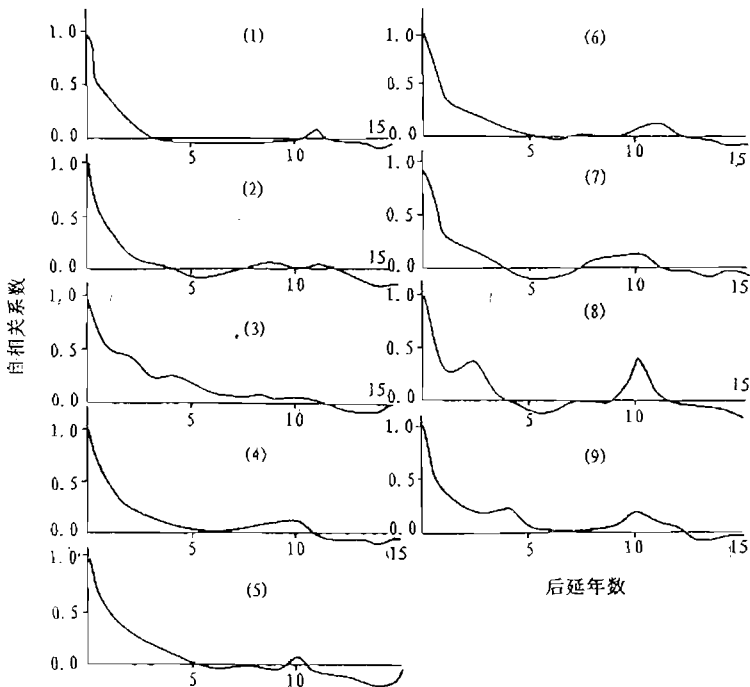


图2 乌鲁木齐河山区流域年表自相关函数图

图2为9个年表序列后延从0到15的自相关系数曲线, 自0后延时, 为自身相关, 系数为1。而后, 即随后延增加, 自相关系数迅速减小, 达到某一后延值时, 自相关系数变化非常缓慢。其中还有些年表还有些起伏, 一般不会超过0.5左右。

图3表明, (1)1号年表的所有自相关系数比其它年表序列相应的后延都大, 这说明它的低频信息量比其它年表显著些。(2)九个年轮年表有一个共同特征, 即在后延时, 自10阶自相关时都出现一个0.2-0.4的正相关系数, 这表明九个年表低频信息量并不十分显著, 在10阶自相关有共同周期特征, 这一特征, 在6-9年表中, 十分显著, 而1-5年表中不够明显。(3)九个年表另一共同特征, 约从12阶自相关值后, 由正值变为负值, 直至15阶仍为负值, 最大为5年表可达-0.25负相关系数。(4)年表1、2、4、5、6号自相关系数随后延的坛加呈线性衰减, 以一阶自回归过程很相似, 即 $r_L=r_1L$ (L 为后延数), 高阶自相关随一阶自相关 r_1 指数衰减, 渐趋于0。(5)2、5、7、8号年表, 一般由5阶(或4阶)由正值转为负值, 而后约从8阶自相关转为正相关值, 其相关性是不稳定的。

4 年表均值与互相关

4.1 年表均值

年表均值是指标准的年轮指数序列的平均值应接近1.0, 多个年轮指数序列的平均值即年表的均值也应近于1.0(表2), 平均年轮指数序列的均值9个年表均为1.0。它表明九个年表中轮宽序列的生长趋势拟合是适当的。(实际中, 个别年表的均值了也有差异的)。

4.2 年表互相关系数

从九个年表看出, 年表最短者为东白杨沟, 仅195年, 将其它年表与东白杨沟年表年代截齐, 均取至195年, 由此计算出九个年表的互相关系数(表6), 临界相关系数 $\gamma_{0.05}=0.159$; $\gamma_{0.01}=0.208$ 。

从表6可见: (1)所有互相关系数均达到0.01的显著水平, 它表明, 在近195年中, 年轮生长变化较相似, 亦即年轮生长因子影响相一致。从小区域年轮生长量看, 控制年轮生长因子也相一致。其次, 在小区域采取样本, 一是集中, 二是坡降大, 也是其中原因。(2)在同一海拔高度的下限年表1、2(东、西白杨沟)相关性很高, 相关系数达0.71。(3)九个年表中, 最高年表的相关性为森林上限宰尔德沟和哈熊沟A, 年表的互相关系数达0.86以上, 这可能同在森林上限, 虽在主河道东西两侧(图1), 但海拔高度、坡度、坡向、坡降、土壤厚度相近所致。(4)在上限5个年表中, 除最上限跃进桥两侧东部波尔钦年表, 西部萨尔托斯年表相关性较差($\gamma_{7,8}=0.33$)外, 其它年表互相关系数均在0.65-0.73以上。(5)哈熊沟A年表不仅与下限年表相关性高, 而与上限4个年

表的相关性更高。与其它8年表相关性除与西白杨沟达0.61外, 其它均在0.62-0.86以上。它表明哈熊沟年表A, 所含有的生长信息量与其它年表具有很大的相近。这一情况是哈熊沟

表6 年表互相关(1799-1993)(n=195年)

| | DBY | XBY | XGS | WLL | HXA | HXB | ZED | SET | BEQ |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DBY | 1.000 | 0.708 | 0.441 | 0.570 | 0.617 | 0.578 | 0.548 | 0.342 | 0.418 |
| XBY | | 1.000 | 0.644 | 0.537 | 0.611 | 0.621 | 0.579 | 0.341 | 0.537 |
| XGS | | | 1.000 | 0.566 | 0.634 | 0.390 | 0.556 | 0.418 | 0.604 |
| WLL | | | | 1.000 | 0.656 | 0.463 | 0.598 | 0.404 | 0.403 |
| HXA | | | | | 1.000 | 0.646 | 0.862 | 0.660 | 0.617 |
| HXB | | | | | | 1.000 | 0.646 | 0.391 | 0.445 |
| ZED | | | | | | | 1.000 | 0.729 | 0.522 |
| SET | | | | | | | | 1.000 | 0.325 |
| BEQ | | | | | | | | | 1.000 |

A年表所组成的样本的信息含量, 既有与其它8个年表相控制因子相似性, 也有着小地形的相似性。这样高的互相关, 在采样的地区, 是没有见到的(徐瑞珍等, 1988; 李江风, 1989; 周文盛等, 1989; 李江风等, 1988; 袁玉江等, 1993; 徐瑞珍等, 1984)。(6)西白杨沟年表, 除与萨尔托斯年表相关较差外, 与其它7个年表相关系数均能达到0.54--0.64间, 这表明西白相沟年表中年轮生长量的控制因子, 仅次于哈熊沟A宰尔德沟年表。(7)宰尔德沟年表, 处于森林上限, 在流域的中部地区, 与其相邻其它8个年表相关较好, 相关系数为0.52--0.86, 仅次于哈熊沟A年表。

综上所述, 年表互相关中, 互相关系数最高者为哈熊沟A、宰尔德沟、西白杨沟、哈熊沟B等年表, 最差者为跃进桥东西两侧萨尔托斯年表, 其次是波尔钦年表, 其相关系数达到0.33。

5 高频低频滤波

为探讨年表中某些特定频率的变化和其变化的特征, 这里采用两种作用相反的数字滤波器(Fritls, H.C., 1976; 徐瑞珍等, 1988), 用来分离年表中的高频分量和低频分量。表7为这两个滤波器的权重。高频滤波器13个权重的总和为0, 滤波后序列的均值为0, 但该年表具有与原序列同样的高频成份。低通滤波器13个权重的总和为1, 这种特征保证了原序列均值和低频变化。它对于长度为8年周期频率响应为0.5, 抑制波长小于8年的高频变化, 能使低频(长波)通过。而高频滤波器的作用恰恰相反, 它抑制了大于8年的长波变化。

设 X_i 为第七项滤波值, W_i 为权重, X_{t+i} 为原年轮宽度值, 则:

$$X_t = \sum_{i=-n}^n W_i X_{t+i} \dots \dots \dots (2)$$

式中n=6, 对于高通和低通滤波器, 均按上式计算滤波序列。

用公式(2)将高频分量和低频分介后, 分别计算出九个年表的高低频信息含量(表8)。由表8知, (1)该流域年表中的高频多于低频信息含量。(2)高频信息含量: 年表1-6号均在37.2-47.2%, 而7-9号年表为52.6-58.5%, 高频信息含量最大者, 应为该流域区森林上限萨尔托斯沟8号年表, 可达58.5%, 最小者夏干萨特沟3号年表, 可达37.2%。(3)九个年表中低频信息含量, 1和2号年表, 5-9号年表, 均在22

表7 滤波器权重

| i | 高通滤波 | 低通滤波 |
|----|---------|--------|
| 6 | -0.0003 | 0.0003 |
| 5 | -0.0030 | 0.0030 |
| 4 | -0.0161 | 0.0161 |
| 3 | -0.0537 | 0.0537 |
| 2 | -0.1208 | 0.1208 |
| 1 | -0.1933 | 0.1933 |
| 0 | -0.1744 | 0.1744 |
| -1 | -0.1933 | 0.1933 |
| -2 | -0.1208 | 0.1208 |
| -3 | -0.0537 | 0.0537 |
| -4 | -0.0161 | 0.0161 |
| -5 | -0.0030 | 0.0030 |
| -6 | -0.0003 | 0.0003 |

-37%, 而3-4号年表在40%以上, 最大者为夏干萨特沟3号年表, 可达46.7%, 最小者为萨尔托斯沟8号年表, 可达22.9%。由上表还可看出, 高频信息含量年表最大者萨尔托斯沟8号年表, 正是九个年表中低频信息含量最小者。同样, 九个年表中高频信息含量最小者, 也是其中低频信息含量最大者。由此得出, 被滤去的波仅有20%左右。

表8 年表高低频滤波信息含量

| 年表信号 | DBY | XBY | XGS | WLL | HXA | HXB | ZED | SET | BEQ |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年表序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 高频信息含量 | 39.5 | 47.2 | 37.2 | 40.6 | 46.1 | 46.4 | 53.2 | 58.5 | 52.6 |
| 低频信息含量 | 37.1 | 31.2 | 46.7 | 40.3 | 36.5 | 37.3 | 27.9 | 22.9 | 31.4 |

根据上式(2), 我们选择哈熊沟 A5号年表序列, 作出其低通滤波后的曲线, 以揭

示乌鲁木齐河流域年轮指数的一般长期的变化特征(图3)。由图3知, 图中均值线为0.985, 发现哈熊沟5号年表自1742年以来, 其低指数时段为七个, 即1749-1760年, 1774-1833年, 1854-1869年, 1879-1889年, 1906-1922年, 1944-1960年, 1973-1979年。其高频指数时段也有7个时段, 其相应年数比低指数偏少。

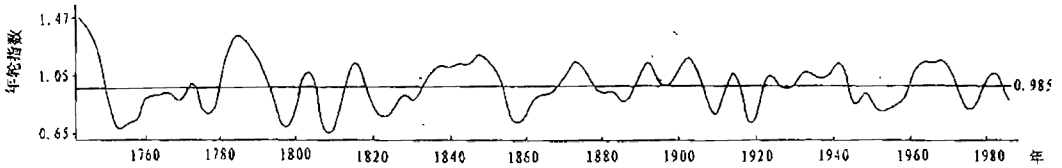


图3 哈熊沟A5号年表低通滤波曲线

6 小结

(1)、乌鲁木齐河山区流域样本布局, 除遵守年轮生长原则外, 还依据主题要求、径流分配进行采样, 共9个点, 280序列, 建立9个年表, 其年表覆盖密度, 在国内还是独一无二的。

(2)、建立9个年表参数, 一般均高于新疆其它几个地区, 表明年表质量较高。

(3)、年表互相关计算一般都在0.40 - 0.60间, 最好年表互相关系数达0.60以上, 实属国内少见。

(4)、高低通滤波后信息含量仍然较大, 并有明显的周期性。

参 考 文 献

- 中国科学院地理研究所冰川冻土研究室, 1965. 冰川消融及其对乌鲁木齐河补给作用, 中国科学院地理研究所冰川冻土研究室. 科学出版社
- 李江风, 1989. 影响平均敏感度的因子和规律. 新疆年轮气候年轮水文研究, 气象出版社
- 李江风、袁玉江、王承义, 1988. 塔里木河中下游年表特征. 《干旱地理》, (11) 3
- 周文盛、李江风、张治家、潘法宝, 1989. 阿尔泰山南坡树木年轮年表研究中的几个问题. 新疆年轮气候年轮水文研究. 气象出版社
- 施雅风主编, 1992. 乌鲁木齐河山区水资源形成和估算. 科学出版社
- 袁玉江、李江风, 1993. 新疆伊犁地区年表特征初探. 《干旱区地理》, (16) 3
- 徐瑞珍、刘传志、李江风, 1984. 天山东端的树木年表. 《气象》
- 徐瑞珍、李江风, 1988. 昌吉地区云杉年表. 《气象》增刊2
- Frigis, H.C. 1976. Tree Rings Climate, Academic Press, London

The Tree-Ring Chronological Features in the little Reaches of the Urumqi River

Li Jiangfeng Yuan Yujiang

(Institute of Meteorology, Xinjiang, 830000)

ABSTRACT

In this paper, we introduce the tree-ring chronological features in the little reaches of the Urumqi river. In tree-ring sampling and overall arrangement, besides obeying the principles of dendrochronology, we also use runoff of each tributary, change of runoff constitute with altitude, perpendicular climate condition and so on as reference basis. It is single in our country that sampling 190 trees at 9 sites and developing 9 tree-ring chronologies which contain 280 sequences. These tree-ring chronologies contain 19-30 tree ring sequences, the longest is 452 years and the shortest is 195 years.

The mean sensitivity, standard deviation and cross-correlation of these tree-ring chronology are greater than that of the tree-ring chronologies sampled in Hami, Changji, Aletai, Yili, middle and down reaches of Talimu river and so on areas. This shows that the quality of tree-ring chronologies in the reaches of the Urumqi river is very good.

The information of high frequency in these tree-ring chronologies is more than that of low frequency.

KEY WORDS: Urumqi River, little reaches, feature of tree-ring chronology

天山冰川观测试验站数据库设计与使用

刘宗香 刘潮海 李忠勤 刘时银 杨新元 王纯足

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 730000)

提要 本文以天山冰川观测试验站多年观测积累的水文、气象、物质平衡、运动速度资料为基础, 以COMPAQ 386. 微机为硬件环境, 在汉字FoxBASE管理系统下建立水文、气象、物质平衡、运动速度数据库。将以上资料输入库中, 利用现代技术进行管理, 加强资料的收集、存储、整理、评估、交换和利用, 更直接有效地为冰川及其它相关研究服务。同时完成部分应用软件<系统>设计, 简要阐述了软件设计过程和本<系统>的使用方法。

关键词 天山冰川观测试验站 观测试验资料数据库 软件设计和使用的

天山冰川观测试验始建于1959年, 已有30多年历史, 观测积累了不少资料, 尤其近几年来对各项指标进行连续性观测, 积累了大量的系统资料。为了充分发挥资料作用, 加强对数据的收集、存储、整理、评估、交换和利用, 需尽量利用现代技术对其进行管理, 使之更直接、更有效地为冰川及其它相关研究服务。

我们已将天山站不同时期观测的水文、气象、物质平衡、运动速度等重要资料进行规范化的整理, 确定了目前较为满意的标准格式。分期分批的建库, 采用边建库边使用的方针。1993年建立了水文、气象分库(输入82-88年观测资料), 1994年建立物质平衡、运动速度分库(输入86-89年资料)。

1 建库说明

本系统是COMPAQ386微机为硬件环境, 使用汉字FoxBASE数据库管理系统软件。在设计思想上兼顾了WDC-D数据中心信息系统及目前一般用户的要求, 设计路线上采用“设计-用户-设计-用户”的多次反复过程, 从而达到加快成果的推广使用, 发挥本系统在冰川研究方面的作用。根据需求关系调研分析, 天山冰川试验站数据库下设若干分库。现已建成的有水文、气象分库, 物质平衡分库和运动速度分库。

1.1 水文、气象分库

天山站目前水文、气象资料的观测控制断面共有四个:

(1)天山站总控制水文断面; (2)一号冰川水文断面; (3)空冰斗水文断面; (4)基本营

地观测。

每个控制断面观测项目有降水、流量、气温、温度。四项观测记录格式大致相同(表1),但也存在不同之处。为了方便用户使用和文件管理,四项观测资料设定为同一变量,建立一个分库,将四项观测资料输入同一库内(表2)。这样,所建的分库结构简单、操作方便、使用灵活。但应用软件的设计较为复杂。

表1. 逐月日平均水文、气象观测记录格式

| 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 日 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | |

表2. 水文、气象资料分库文件结构

库文件名: tsqjls.dbf

| 字 段 | 字 段 名 | 类 型 | 宽 度 | 小 数 |
|-----|-------|-----|-----|-----|
| 1 | 日 期 | D | 8 | |
| 2 | 变 量 | N | 8 | 4 |
| 3 | 类 别 | N | 4 | |
| 4 | 备 注 | C | 20 | |

1.2 物质平衡分库

天山站1号冰川分东西两支,物质平衡观测共有十八个断面,近70个测点。每年观测时间是从5月1日-8月底结束,每月最少观测2次,多者4次,观测时间前后差2天左右。根据物质平衡的观测规律,我们同有关专家共同讨论确定了一个初步格式(表3)。根据(表3)格式,设计分库文件结构(表4)。

表3. 物质平衡观测记录格式

| 剖面(位置) | 花杆 No. | 纯 积 消 量 | | | | 合 计 |
|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-----|
| | | 86.8.31 | 87.5.1 | 87.7.1 | 87.8.1 | |
| | | -87.5.1 | -7.1 | -8.1 | -8.31 | |
| 东 支A' | 1 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| 西 支 A | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |

表4. 物质平衡资料分库文件结构

分库文件名: jlxr.dbf

| 字 段 | 字 段 名 | 类 型 | 宽 度 | 小 数 |
|-----|-------|-----|-----|-----|
| 1 | 测 点 | C | 4 | |
| 2 | 海 拔 | N | 7 | 2 |
| 3 | 日 期 | D | 8 | |
| 4 | 积 消 量 | N | 8 | 1 |

1.3 运动速度资料分库

天山站1冰川东西支运动速度的观测结果, 分夏季、冬季和年运动速度资料。又测点和断面使用物质平衡测杆, 记录格式初步确定见(表5)。根据(表5), 设计分库子件结构(表6)。

表5 冬季、夏季、年运动速度观测记录格式

| 测点 | 海拔 | 日期 | U _x | U _y | U _{xy} | Z | a | U _{xya} |
|----|----|----|----------------|----------------|-----------------|---|---|------------------|
| A' | | | | | | | | |
| B' | | | | | | | | |

表6 运动速度资料分库结构

分库文件名: YDSD.DBF

| 字段 | 字段名 | 类型 | 宽度 | 小数 |
|----|------------------|----|----|----|
| 1 | 测点 | C | 4 | |
| 2 | 海拔 | N | 7 | 2 |
| 3 | 日期 | D | 8 | |
| 4 | U _x | N | 7 | 3 |
| 5 | U _y | N | 7 | 3 |
| 6 | U _{xy} | N | 7 | 3 |
| 7 | Z | N | 7 | 3 |
| 8 | a | C | 8 | |
| 9 | U _{xya} | N | 7 | 3 |
| 10 | 类型 | N | 1 | |

2 数据库应用软件<系统>设计

设计一套比较好的数据库应用软件<系统>, 首先将软件设计的思路用框图加以描述, 然后根据框图流程进行设计。

2.1 软件设计思路(见图1)

2.2 软件设计简要说明

本<系统>由一个主模块和六个子模块组成, 采用分层菜单选择方式实现人机对话, 对数据进行文件管理、数据维护、报表打印、数据分析、查询显示和通用的统计处理。

文件管理包括四个功能, 即打开文件、关闭文件、建立文件、文件备份; 数据维护包括增加记录、修改记录、查询记录、删除记录; 报表打印包括运动速度资料打印、积累消融资料打印、水文、气象资料打印; 数据分析包括三维图形分析、二维曲线模拟分析; 查询显示包括日期查询、查询文件、查询编码; 计算统计包括统计记录、按日期统计。各程序模块即可独立运行又共享数据文件, 组成了一个功能齐全, 相互紧密联系的有机整体, 其特点是: 实用性强, 运行速度快, 使用方便等。

2.2.1 菜单设计

在FoxBASE系统下菜单设计方法有两种以上; 其中一种方法可以产生高亮度亮条驱动菜单; 另一种可以产生大多数软件常用的下拉式或上托式驱动菜单。我们将主菜单设计形式为高亮条驱动菜单, 子菜单设计形式为下拉式的驱动菜单。以上设计菜单操作方便, 选择灵活(图略)。

以上设计的软件经过多次运行, 满足科研人员目前的使用。随着观测项目的逐步增加和观测手段的改进, 应用软件设计将不断提高和补充。

3 <系统>的使用方法

3.1 <系统>进入

本系统在FoxBASE系统下运行, 当你进入FoxBASE管理系统, 请用键输入我们设计好的天山站数据库应用软件<系统>命令(TSZK.PRG), 屏幕立即显示出<系统>目录主菜单图2, <系统>提供了六个基本功能操作(见图2上方功能)。请用【→】或【←】键选择你当前所要执行的操作后按【ENTER】继续执行, 显示器上显示出一个<系统>目录窗口图2, <系统>窗口又一次提供基本功能操作(见图2框内功能), 请用【↑】或【↓】键选择你当前所要执行的操作后按【ENTER】键即可。

同上操作方法, 见图3、图4、图5..., 一步一步地跟踪执行, 最终实现你所要作的结果。

3.2 <系统>的退出

不论你在<系统>中做了哪些操作, 要想退出<系统>时, 请你用每一窗口中退出功能【ESC】键, 一步一步地返回到主菜单屏幕, 然后退出<系统>。

参 考 文 献

天山冰川观测试验站年报(1986-1990)

刘彬、高峰(编译), 1991, 汉字FoxBASE 2.10. 编程技巧与实例, 北京希望电脑公司

FoxBASE—多用户DBASEIII, 计算机与信息发展研究中心, 1988

吴保民、何冬政, 二维三维科技绘图软件, 中国科学院希望电脑技术公司

刘宗香, 1992, 中国冰川目录数据库, 资源与环境信息系统研究论文集, 69-71

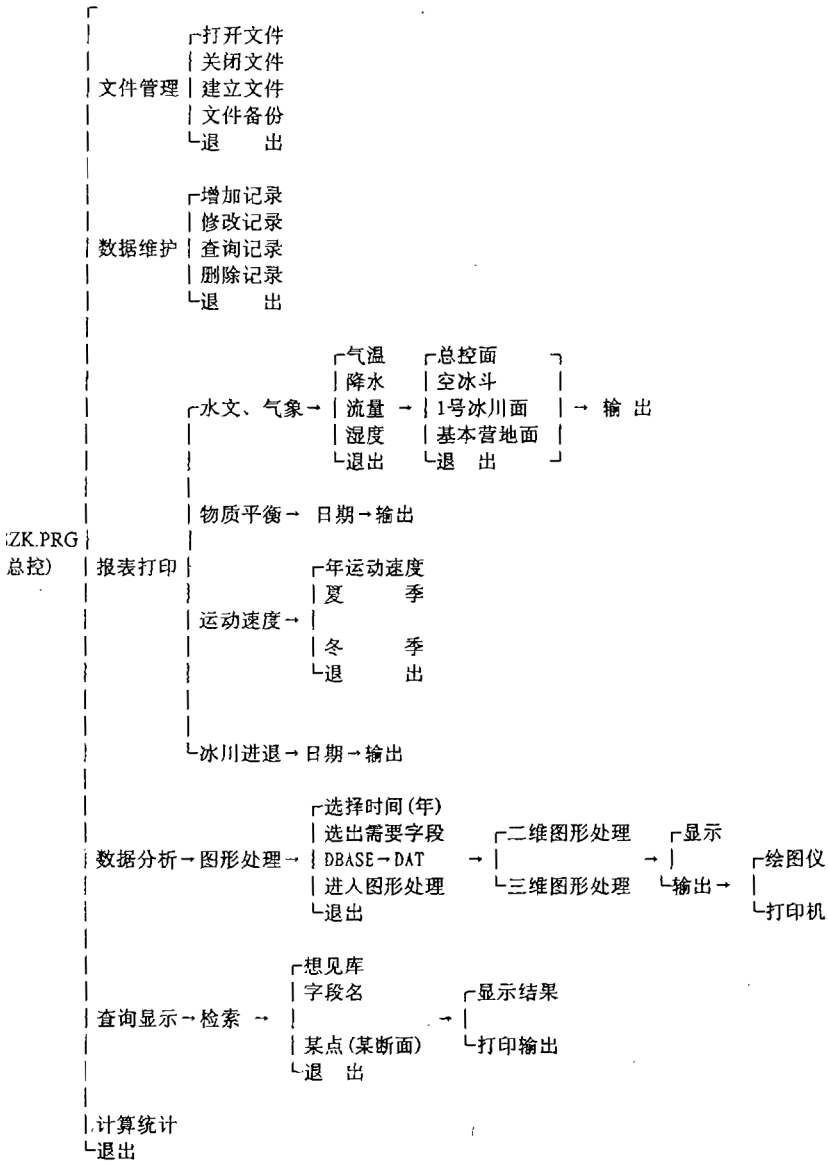


图1 软件设计流程图

乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡研究 (1993/1994)

王纯足 刘潮海

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州, 730000)

1 冰川观测区的基本情况

天山1号冰川位于天格尔山脉北坡, 乌鲁木齐河源头, 自50年代末至今历年对此冰川进行冰川物质平衡观测研究, 其观测主要采用花杆法、雪坑剖面的描述, 以及积累、消融, 成冰过程等。其计算方法见历年报告, 这里不再累述。

物质平衡则是反映气候的年际变化, 冰川进退的重要标志, 为了准确测量冰川积、消, 我们在天山1号冰川东支均匀地布设了12个断面, 37根花杆测位, 在西支布设14个断面, 36根测杆, 调整了断面和花杆之间的间距, 去掉了一些地形相似, 单点测量结果相等的花杆, 增加了积累区的测杆数量, 此一工作是在1993年8月底对1号冰川的测杆进行复位的, 1994年的物质平衡观测是按新布设的测杆网进行观测研究的第一年, 其单点平衡资料列表1和表2。

表1 乌鲁木齐河源1号冰川东支单点物质平衡观测表

| 剖面位置 | 花杆 (No) | 高度 (m) | 纯积 消量 (mm) | | | | | 合计 (mm) |
|------|---------|--------|------------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | | | 94.5.2 | 5.31 | 6.30 | 7.31 | 8.29 | |
| A' | 1 | 3775 | -140.0 | -289.0 | -540.0 | -1602.0 | -2106.0 | -2106.0 |
| | 2 | 3772 | -292.0 | -401.0 | -756.0 | -1836.0 | -2637.0 | -2637.0 |
| | 3 | 3766 | -382.0 | -532.5 | -882.0 | -2088.0 | -2988.0 | -2988.0 |
| | 平均 | 3771 | -271.3 | -407.5 | -726.0 | -1842.0 | -2577.0 | -2577.0 |
| B' | 1 | 3811 | -206.0 | -130.5 | -136.0 | -1006.0 | -1512.0 | -1512.0 |
| | 2 | 3805 | -216.6 | -258.5 | -432.0 | -1474.0 | -2160.0 | -2160.0 |
| | 3 | 3801 | -139.0 | -169.0 | -234.0 | -1557.0 | -2250.0 | -2250.0 |
| | 4 | 3803 | -268.2 | -320.0 | -436.5 | -1514.0 | -2232.0 | -2232.0 |
| | 平均 | 3805 | -207.5 | -219.5 | -309.6 | -1393.4 | -2044.1 | -2044.1 |
| C' | 1 | 3851 | +8.5 | +25.5 | +223.5 | -567.5 | -1102.5 | -1102.5 |
| | 2 | 3853 | -153.2 | -112.0 | -36.5 | -883.0 | -1413.0 | -1413.0 |
| | 3 | 3849 | -21.6 | +33.0 | +9.0 | -759.0 | -1323.0 | -1323.0 |
| | 4 | 3852 | +120.5 | +150.0 | +206.0 | -227.0 | -720.0 | -720.0 |
| | 平均 | 3851 | -11.5 | +24.1 | +100.5 | -609.1 | -1139.6 | -1139.6 |
| | 1 | 3888 | +52.5 | +267.0 | +421.5 | -148.0 | -738.0 | -738.0 |
| | 2 | 3893 | -12.5 | +21.5 | +83.0 | -443.0 | -981.0 | -981.0 |

续表1

| | | | | | | | | |
|----|----|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| D' | 3 | 3894 | -84.9 | -25.0 | +60.0 | -523.0 | -990.0 | -990.0 |
| | 4 | 3895 | -52.8 | -5.0 | +54.5 | -554.0 | -990.0 | -990.0 |
| | 5 | 3910 | -97.8 | -26.5 | +337.0 | -201.0 | -252.0 | -252.0 |
| | 平均 | 3896 | -39.1 | +46.4 | +191.2 | -373.8 | -790.2 | -790.2 |
| E' | 1 | 3925 | +81.5 | +103.5 | +236.5 | -229.0 | -567.0 | -567.0 |
| | 2 | 3928 | +51.0 | +93.0 | +205.0 | -183.0 | -513.0 | -513.0 |
| | 3 | 3928 | +39.2 | +105.0 | +245.0 | -163.0 | -405.0 | -405.0 |
| | 4 | 3935 | -7.3 | +14.5 | +200.0 | -173.0 | -270.0 | -270.0 |
| | 5 | 3947 | -13.6 | +124.0 | +517.5 | -52.5 | -95.0 | -95.0 |
| | 平均 | 3933 | +30.2 | +88.9 | +280.8 | -160.1 | -370.0 | -370.0 |
| F' | 1 | 3969 | +62.9 | +232.5 | +374.5 | -100.0 | -153.0 | -153.0 |
| | 2 | 3970 | +52.0 | +65.5 | +222.5 | -136.0 | -243.0 | -243.0 |
| | 3 | 3968 | +41.1 | +75.0 | +265.5 | -154.0 | -270.0 | -270.0 |
| | 4 | 3973 | +43.5 | +71.0 | +247.5 | -130.0 | -182.5 | -182.5 |
| | 5 | 3972 | +125.4 | +189.5 | +369.0 | +130.0 | -28.0 | -28.0 |
| | 平均 | 3970 | +65.0 | +126.7 | +295.8 | -78.0 | -175.3 | -175.3 |
| G' | 1 | 4015 | +97.6 | +135.0 | +300.0 | -13.0 | -513.0 | -513.0 |
| | 2 | 4013 | +44.1 | +37.0 | +225.5 | -100.0 | -207.0 | -207.0 |
| | 3 | 4009 | +15.8 | +60.0 | +213.0 | -52.5 | -180.0 | -180.0 |
| | 4 | 4006 | +108.0 | +146.5 | +337.5 | +84.5 | -179.5 | -179.5 |
| | 5 | 4015 | +180.7 | +248.5 | +477.0 | +285.0 | +150.0 | +150.0 |
| | 平均 | 4012 | +89.2 | +125.4 | +310.6 | +40.8 | -185.9 | -185.9 |
| H' | 1 | 4067 | -22.1 | +73.1 | +247.6 | -81.9 | -242.9 | -242.9 |
| | 2 | 4045 | +170.7 | +199.5 | +400.5 | +180.0 | -75.0 | -75.0 |
| | 3 | 4062 | +189.7 | +287.0 | +549.0 | +155.0 | 0 | 0 |
| | 平均 | 4058 | +112.8 | +186.5 | +399.0 | +84.4 | -106.0 | -106.0 |
| I | | 4070 | +204.5 | +282.0 | +409.3 | +325.3 | +283.0 | +283.0 |
| J | | 4096 | +226.6 | +329.8 | +448.0 | +550.0 | +486.0 | +486.0 |
| K | | 4135 | +386.1 | +420.0 | +604.0 | +549.0 | +532.8 | +532.8 |

表2 乌鲁木齐河源1号冰川西支物质平衡观测表

| 剖面位置 | 花杆 (No) | 高度 (m) | 纯积消量 (mm) | | | | | 合计 (mm) |
|------|---------|--------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | 93.9.2-94.5.1 | 94.5.30 | 94.7.2 | 94.8.1 | 94.8.30 | |
| A | 1 | 3836 | -679.2 | -906.5 | -1179.0 | -2079.0 | -2889.0 | -2889.0 |
| | 2 | 3835 | -40.2 | -328.0 | -576.0 | -1386.0 | -2106.0 | -2106.0 |
| | 平均 | 3835 | -359.7 | -617.3 | -877.5 | -1732.5 | -2497.5 | -2497.5 |
| B | 1 | 3865 | -332.9 | -589.0 | -873.0 | -1818.0 | -2673.0 | -2673.0 |
| | 2 | 3867 | -529.6 | -697.0 | -945.0 | -1836.0 | -2610.0 | -2610.0 |
| | 平均 | 3866 | -431.3 | -643.0 | -909.0 | -1827.0 | -2642.5 | -2642.5 |
| C | 1 | 3908 | -279.1 | -328.5 | -504.0 | -1251.0 | -1818.0 | -1818.0 |
| | 2 | 3916 | -350.1 | -321.0 | -362.5 | -1008.0 | -1548.0 | -1548.0 |

续表2

| | | | | | | | | |
|----|------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| D | 3 | 3925 | -305.9 | -361.0 | -427.5 | -1251.0 | -1935.0 | -1935.0 |
| | 平均 | 3916 | -311.7 | -336.8 | -431.3 | -1370.0 | -1767.0 | -1767.0 |
| | 1 | 3936 | -236.0 | -365.6 | -305.6 | -1071.1 | -1746.1 | -1746.1 |
| D | 2 | 3935 | -405.1 | -395.5 | -411.0 | -864.0 | -1458.0 | -1458.0 |
| | 3 | 3942 | +99.2 | +32.5 | +180.0 | -199.0 | -766.0 | -766.0 |
| | 4 | 3958 | -49.0 | -128.0 | -115.0 | -981.0 | -1710.0 | -1710.0 |
| 平均 | 3943 | -147.7 | -214.2 | +162.9 | -778.8 | -1420.0 | -1420.0 | |
| E | 1 | 3976 | -73.1 | -81.0 | -50.0 | -541.0 | -1135.0 | -1135.0 |
| | 2 | 3978 | -149.2 | -97.5 | -6.5 | -488.0 | -1107.0 | -1107.0 |
| | 3 | 3986 | -60.2 | -27.0 | +79.5 | -316.0 | -891.0 | -891.0 |
| | 4 | 3999 | -3.0 | +72.0 | +229.0 | -190.0 | -792.0 | -792.0 |
| | 5 | 4011 | -32.6 | +35.0 | +172.0 | -202.0 | -648.0 | -648.0 |
| 平均 | 3990 | -63.6 | -19.7 | +84.8 | -347.4 | -914.6 | -914.6 | |
| F | 1 | 4013 | +90.9 | +109.5 | +271.0 | -103.0 | -468.0 | -468.0 |
| | 2 | 4018 | -6.7 | +14.5 | +173.5 | -228.0 | -693.0 | -693.0 |
| | 3 | 4022 | -1.8 | +38.5 | +243.0 | -100.0 | -585.0 | -585.0 |
| | 4 | 4031 | -56.5 | -26.5 | +175.5 | -133.0 | -324.0 | -324.0 |
| | 5 | 4046 | +98.5 | +159.0 | +363.5 | +165.0 | +85.0 | +85.0 |
| 平均 | 4026 | +24.9 | +59.0 | +245.3 | -79.8 | -397.0 | -397.0 | |
| G | 1 | 4058 | +52.7 | +89.0 | +259.5 | -8.5 | -279.0 | -279.0 |
| | 2 | 4056 | -90.2 | +33.0 | +73.5 | -155.0 | -720.0 | -720.0 |
| | 3 | 4050 | -106.4 | -32.5 | +125.0 | -310.0 | -810.0 | -810.0 |
| | 4 | 4055 | +42.5 | +100.5 | +242.0 | -166.0 | -441.0 | -441.0 |
| | 5 | 4076 | +150.7 | +238.0 | +450.0 | +375.0 | +355.0 | +355.0 |
| 平均 | 4059 | +9.9 | +85.6 | +230.0 | -52.9 | -379.0 | -379.0 | |
| H | 1 | 4077 | +66.0 | +140.0 | +352.0 | +57.0 | -234.0 | -234.0 |
| | 2 | 4076 | -47.0 | -13.5 | +193.0 | -112.0 | -342.0 | -342.0 |
| | 3 | 4076 | -30.0 | +62.5 | +196.5 | -87.5 | -269.5 | -269.5 |
| | 4 | 4085 | +202.5 | +301.0 | +540.0 | +395.0 | +360.0 | +360.0 |
| 平均 | 4079 | +47.9 | +122.5 | +320.4 | +63.1 | -121.4 | +121.4 | |
| L1 | | 4101 | +220.0 | +285.0 | +495.0 | +382.5 | +305.0 | +305.0 |
| L2 | | 4156 | +145.7 | +204.0 | +378.0 | +270.0 | +175.0 | +175.0 |
| L3 | | 4212 | +207.0 | +302.8 | +444.3 | +392.3 | +388.3 | +388.3 |
| L4 | | 4274 | +100.8 | +195.0 | +329.0 | +315.0 | +323.0 | +323.0 |
| L5 | | 4324 | +91.5 | +204.0 | +360.5 | +468.0 | +520.0 | +520.0 |
| L6 | | 4398 | +35.0 | +180.0 | +374.5 | +480.0 | +532.0 | +532.0 |

2 对1号冰川物质平衡观测计算结果

冰川物质平衡采用等值线法, 高度区间法计算。

2.1 等值线法

将单点物质平衡表1.2值绘制在比例尺为1:5000的天山1号冰川地形图(见图1), 计算出1993.8月~1994.8月年平衡量为 $-69.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。

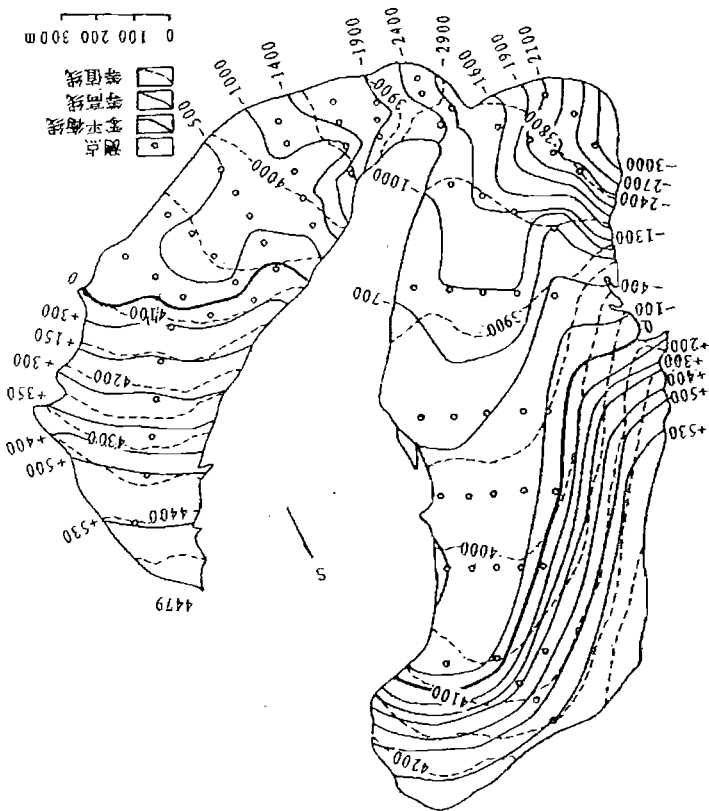


图1 乌鲁木齐河源1号冰川年物质平衡等值线图

表3 乌鲁木齐河源1号冰川年物质平衡计算结果

| 冰 川 | 零平衡线高度(m) | 纯积累 | | 纯消融 | | 纯平衡 |
|-----|-----------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|---------|
| | | 积累区面积(km ²) | 积累深度(mm) | 消融区面积(km ²) | 消融深度(mm) | |
| 东支 | 4037 | 0.429 | 354 | 0.734 | 815 | 59.802 |
| 西支 | 4079 | 0.314 | 334 | 0.363 | 474 | 35.357 |
| 合计 | 4058 | 0.743 | 346 | 1.097 | 867 | 95.159 |
| 东支 | -384 | | | | | -44.607 |
| 西支 | -367 | | | | | -24.877 |
| 合计 | -378 | | | | | -69.494 |

表4 天山1号冰川冬平衡观测计算结果(1993.8.31~1994.5.1)

| 冰 川 | 零平衡线高度(m) | 纯积累 | | 纯消融 | | 纯平衡 |
|-----|-----------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|-------|
| | | 积累区面积(km ²) | 积累深度(mm) | 消融区面积(km ²) | 消融深度(mm) | |
| 东支 | 3872 | 0.833 | 145 | 0.330 | 125 | 4.110 |
| 西支 | 4010 | 0.382 | 126 | 0.295 | 154 | 4.550 |
| 合计 | 3941 | 1.215 | 139 | 0.625 | 139 | 8.660 |
| 东支 | +69 | | | | | 7.981 |
| 西支 | +4 | | | | | 0.280 |
| 合计 | +45 | | | | | 8.261 |

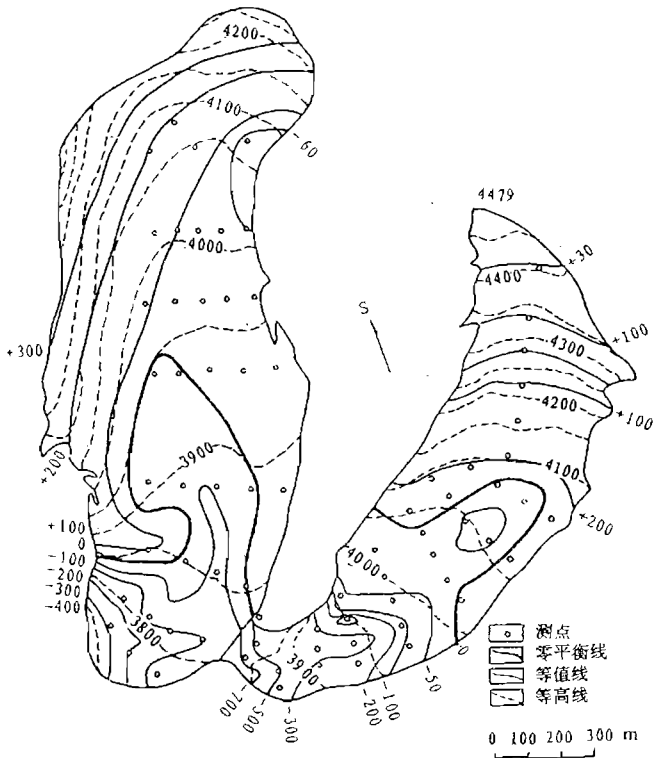


图2 天山1号冰川冬平衡观测计算结果(1993. 9. 31-94. 5. 1)

表5 天山1号冰川东支各高度带的物质平衡(93. 8. 31-94. 8. 31)

| 海拔区间 (m) | 面积 (km ²) | 时 间 | | | | |
|-------------|--------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | | 5. 2 | 5. 31 | 6. 30 | 7. 31 | 8. 31 |
| 3740-3750 | 0. 004 | -382. 0 | -532. 5 | -882. 0 | -2088. 0 | -2988. 0 |
| 3750-3800 | 0. 055 | -233. 4 | -336. 7 | -577. 5 | -1650. 7 | -2325. 0 |
| 3800-3850 | 0. 097 | -170. 3 | -169. 0 | -245. 9 | -1262. 0 | -1895. 0 |
| 3850-3900 | 0. 155 | -17. 4 | +46. 0 | +144. 6 | -477. 9 | -990. 6 |
| 3900-3950 | 0. 194 | +8. 8 | +68. 9 | +290. 2 | -166. 9 | -350. 3 |
| 3950-4000 | 0. 138 | +51. 9 | +126. 3 | +332. 8 | -73. 8 | -161. 9 |
| 4000-4050 | 0. 147 | +102. 8 | +137. 8 | +325. 6 | +64. 0 | -167. 4 |
| 4050-4100 | 0. 115 | +135. 7 | +210. 4 | +401. 6 | +144. 6 | +8. 7 |
| 4100-4150 | 0. 112 | +306. 4 | +374. 9 | +526. 0 | +549. 5 | +509. 4 |
| 4150-4269 | 0. 146 | +386. 1 | +420. 0 | +604. 0 | +549. 0 | +532. 8 |
| 3740-4269 | 1. 163 | +83. 1 | +127. 8 | +263. 7 | -146. 6 | -392. 3 |

为了计算冬平衡的积累和消融, 将上年8月底至次年5月初计为冬平衡期, 其物质平衡结果列于表4和图2中。

2.2 等高线区间法

计算瞬时物质平衡量。高度区间为50m的纯平衡值为该区间所有测点的平均值, 累计得到冰川的瞬时物质平衡和年平衡, 由于测点在各区间的分布不均匀, 从而影响计算精度, 尽管如此, 其计算结果与等值线算法结果极其相近(表5、6), 为分析物质平衡年内变化过程和随高度的变化提供了最基本最可靠的资料。

表6 天山1号冰川西支各高度带物质平衡(1993. 8. 31-1994. 8. 31)

| 海拔区间 (m) | 面积 (km ²) | 时 间 | | | | |
|-------------|--------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | | 5. 1 | 5. 30 | 6. 30 | 7. 30 | 8. 30 |
| 3810-3850 | 0. 018 | -359. 7 | -617. 3 | -877. 5 | -1732. 5 | -2497. 5 |
| 3850-3900 | 0. 024 | -431. 3 | -643. 0 | -909. 0 | -1827. 0 | -2642. 5 |
| 3900-3950 | 0. 047 | -246. 2 | -289. 9 | -305. 1 | -940. 7 | -1545. 2 |
| 3950-4000 | 0. 073 | -66. 9 | -52. 3 | -27. 4 | -503. 2 | -1127. 0 |
| 4000-4050 | 0. 107 | -18. 9 | +23. 1 | +193. 0 | -179. 3 | -588. 0 |
| 4050-4100 | 0. 116 | +49. 5 | +123. 3 | +296. 7 | +51. 4 | -165. 1 |
| 4100-4150 | 0. 055 | +220. 0 | +285. 0 | +495. 0 | +382. 5 | +305. 0 |
| 4150-4200 | 0. 044 | +145. 7 | +204. 0 | +378. 0 | +270. 0 | +175. 0 |
| 4200-4250 | 0. 037 | +207. 0 | +302. 8 | +444. 3 | +392. 3 | +388. 3 |
| 4250-4300 | 0. 037 | +100. 8 | +195. 0 | +329. 0 | +315. 0 | +323. 0 |
| 4300-4350 | 0. 041 | +91. 5 | +204. 0 | +360. 5 | +468. 0 | +520. 0 |
| 4350-4400 | 0. 040 | +35. 0 | +180. 0 | +374. 5 | +480. 0 | +532. 0 |
| > 4400 | 0. 038 | +35. 0 | +180. 0 | +374. 5 | +480. 0 | +532. 0 |
| 3810-4486 | 0. 677 | +10. 1 | +56. 5 | +173. 7 | +79. 0 | -342. 3 |

3 结论

1、1994年天山1号冰川物质平衡亏损均比1992年、1993年偏大。根据冰舌末端1号水文点气温比较, 1994年6、7、8月三个月平均气温比1992年高0.5℃, 比1993年同期气温高3.2℃, 特别是1994年7月高达3.8℃, 因而使1994年物质平衡出现较大的负值, 同时也证明了1994年物质平衡资料观测是准确无误的。

2、自1989年以来, 乌鲁木齐河源1号冰川出现正、负平衡交替时期, 较80年代的完全负平衡状态有所改善。

3、1993/1994年天山1号冰川东支从3950m以上将1993年、1992年所积累的附加冰消融殆尽, 西支从4000m以上前两年所遗留附加冰消失殆尽, 两支冰川均在积累区出现了1992年人工污化面的孑残(松针作为污化面于1992年)。

乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡 (1994/1995)

王纯足 刘时银

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 730000)

冰川的积累及消融是冰川参与地表水循环的起始环节, 是冰川与外界物质交换的主要方式。积累量与消融之间的差额则是反映气候变化、冰川进退的重要标志。因此, 积累消融及物质平衡一直是天山1号冰川传统的、重要的观测研究课题之一。本期年报将反映1994.8—1995.8月底冰川物质平衡年际变化, 其研究结果及资料分析简述如下:

1 物质平衡计算

1号冰川物质平衡观测采用固定日期法与平衡年大致相对应的日期, 并辅以层位法进行。1995年一号冰川共布设花杆73根, 其中东支37根; 西支36根。积累区10根, 消融区63根, 观测间隔时间为每月一次, 每次均进行雪层剖面: 即积雪厚度、密度、硬度以及附加冰的发育过程观测。上述各项观测均在5-6月有意义, 7、8月份积雪、附加冰随着气温上升而消融殆尽, 老冰也随之消融。根据年纯平衡量所得结果本年度为

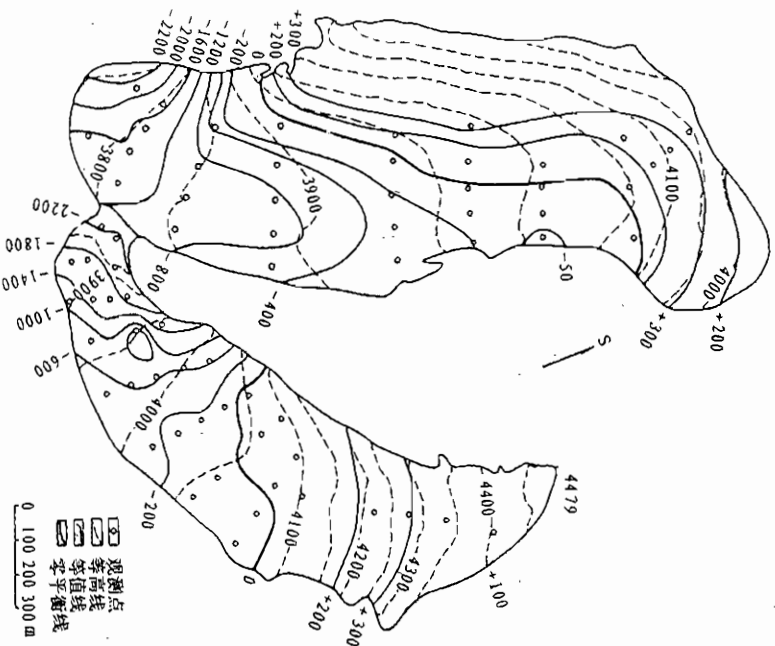


图1 天山1号冰川年物质平衡等值线图(1994/1995年度)

负平衡, -228 mm。其计算过程为, 根据单点物质平衡值(表1, 2) 绘制成1994-1995年度1号冰川等值线图(图1)。进而求得该年度冰川积、消面积, 零平衡线高度以及各项年物质平衡值(表3)。

表1 天山1号冰川西支单点物质平衡表

| 剖面 (位置) | 花杆 (No) | 高度 (m) | 纯积消量(mm) | | | | |
|------------|------------|-----------|----------|--------|--------|---------|---------|
| | | | 95.5.1 | 5.31 | 6.30 | 7.30 | 8.31 |
| A | 1 | 3836 | +75.6 | -78.0 | -630.0 | -1404.0 | -2151.0 |
| | 2 | 3835 | +111.8 | +30.0 | -441.0 | -1107.0 | -1746.0 |
| B | 1 | 3865 | +234.0 | +220.0 | -90.0 | -792.0 | -1602.0 |
| | 2 | 3867 | +78.0 | -21.0 | -396.0 | -990.0 | -1719.0 |
| C | 1 | 3908 | +260.0 | +105.0 | -270.0 | -720.0 | -1507.5 |
| | 2 | 3916 | +104.0 | -30.0 | -270.0 | -900.0 | -1575.0 |
| | 3 | 3925 | +182.0 | +30.0 | -324.0 | -1050.0 | -1887.0 |
| D | 1 | 3936 | +348.4 | +394.0 | +304.0 | -90.0 | -724.5 |
| | 2 | 3935 | +223.6 | +189.6 | +66.6 | -359.9 | -1107.4 |
| | 3 | 3942 | +260.0 | +358.5 | +227.5 | -31.5 | -468.0 |
| | 4 | 3958 | +221.0 | +132.5 | -90.0 | -864.0 | -1701.0 |
| E | 1 | 3976 | +229.0 | +317.0 | +275.5 | +13.5 | -490.5 |
| | 2 | 3978 | +338.0 | +250.0 | +167.5 | -108.0 | -648.0 |
| | 3 | 3986 | +278.2 | +275.5 | +369.0 | -90.0 | -625.5 |
| | 4 | 3999 | +221.0 | +203.5 | +143.5 | -126.0 | -603.0 |
| | 5 | 4011 | +215.8 | +214.0 | +157.0 | -130.5 | -616.5 |
| F | 1 | 4013 | +286.0 | +284.3 | +254.8 | +54.9 | -352.5 |
| | 2 | 4018 | +314.6 | +310.6 | +444.3 | +224.9 | -76.6 |
| | 3 | 4022 | +308.9 | +314.6 | +324.0 | +123.1 | -4.5 |
| | 4 | 4031 | +257.4 | +248.0 | +246.7 | +93.2 | -121.5 |
| | 5 | 4046 | +326.0 | +353.6 | +407.1 | +377.4 | +305.1 |
| G | 1 | 4058 | +304.8 | +382.6 | +360.8 | +178.3 | 0 |
| | 2 | 4056 | +203.2 | +182.4 | +163.0 | -42.0 | -216.0 |
| | 3 | 4050 | +266.7 | +330.5 | +537.1 | +318.5 | +0.5 |
| | 4 | 4055 | +317.5 | +411.5 | +476.3 | +235.2 | +49.5 |
| | 5 | 4076 | +348.0 | +390.4 | +357.0 | +210.0 | +120.0 |
| H | 1 | 4077 | +330.2 | +376.4 | +358.0 | +186.2 | +4.0 |
| | 2 | 4076 | +241.3 | +317.6 | +266.2 | +135.9 | -63.0 |
| | 3 | 4076 | +254.0 | +314.5 | +333.1 | +184.6 | +11.0 |
| | 4 | 4085 | +355.6 | +384.0 | +351.0 | +210.0 | +140.0 |
| | L1 | 4101 | +331.5 | +288.0 | +244.5 | +201.0 | +157.5 |
| | L2 | 4156 | +247.4 | +223.8 | +200.2 | +176.6 | +153.0 |
| | L3 | 4212 | +349.7 | +328.0 | +306.2 | +284.5 | +262.7 |
| | L4 | 4274 | +290.5 | +285.3 | +280.0 | +274.8 | +269.5 |
| | L5 | 4324 | +154.8 | +151.1 | +147.4 | +143.7 | +140.0 |
| | L6 | 4398 | +108.4 | +103.8 | +99.2 | +94.6 | +90.0 |

表2. 天山1号冰川东支单点物质平衡表

| 剖面 (位置) | 花杆 (No) | 高度 (m) | 纯 积 消 量 (mm) | | | | |
|------------|------------|-----------|--------------|--------|--------|---------|---------|
| | | | 95. 5. 1 | 5. 31 | 6. 30 | 7. 30 | 8. 31 |
| A' | 1 | 3775 | -90.0 | -360.0 | -756.0 | -1170.0 | -1530.0 |
| | 2 | 3772 | -52.5 | +146.0 | -306.0 | -1251.0 | -2025.0 |
| | 3 | 3766 | +159.5 | +163.5 | -368.7 | -1349.7 | -2157.0 |
| B' | 1 | 3811 | +372.0 | +380.0 | +406.0 | -558.0 | -1338.0 |
| | 2 | 3805 | +279.0 | +294.0 | +69.0 | -729.0 | -1488.0 |
| | 3 | 3801 | +279.0 | +281.5 | +276.0 | -540.0 | -1419.0 |
| | 4 | 3803 | +159.0 | +25.0 | +45.50 | -1107.0 | -1854.0 |
| C' | 1 | 3851 | +310.0 | +309.0 | +158.0 | -450.0 | -963.0 |
| | 2 | 3853 | +279.0 | +271.0 | +78.0 | -477.0 | -951.0 |
| | 3 | 3849 | +356.5 | +288.5 | +86.5 | -360.0 | -921.0 |
| | 4 | 3852 | +268.0 | +339.0 | +308.5 | -60.0 | -342.0 |
| D' | 1 | 3888 | +313.0 | +335.0 | +190.0 | -135.0 | -516.0 |
| | 2 | 3893 | +180.0 | +205.0 | +17.5 | -486.0 | -948.0 |
| | 3 | 3894 | +126.1 | +137.6 | +23.5 | -432.0 | -807.0 |
| | 4 | 3895 | +109.0 | +158.9 | +55.0 | -387.0 | -789.0 |
| | 5 | 3910 | +151.8 | +234.7 | +250.0 | +62.5 | -66.0 |
| E' | 1 | 3925 | +231.0 | +276.0 | +71.0 | -199.0 | -303.0 |
| | 2 | 3928 | +261.5 | +288.9 | +229.0 | -36.0 | -219.0 |
| | 3 | 3928 | +246.6 | +286.2 | +236.5 | -3.5 | -195.0 |
| | 4 | 3935 | +294.0 | +252.3 | +239.0 | +32.0 | -102.0 |
| | 5 | 3947 | +267.4 | +323.4 | +348.0 | +180.5 | +79.5 |
| F' | 1 | 3969 | +358.4 | +345.5 | +397.5 | -77.5 | -221.5 |
| | 2 | 3970 | +261.0 | +224.0 | +222.5 | +57.0 | -81.0 |
| | 3 | 3968 | +307.6 | +349.4 | +347.5 | +153.0 | +65.0 |
| | 4 | 3973 | +320.0 | +295.2 | +342.5 | +100.0 | -6.0 |
| | 5 | 3972 | +400.0 | +429.9 | +513.0 | +376.5 | +250.5 |
| G' | 1 | 4015 | +294.5 | +328.1 | +328.0 | +52.0 | -48.6 |
| | 2 | 4013 | +279.0 | +242.0 | +194.5 | +30.0 | -122.4 |
| | 3 | 4009 | +219.1 | +248.2 | +290.0 | +67.5 | -36.0 |
| | 4 | 4006 | +353.4 | +412.3 | +484.5 | +259.0 | +179.9 |
| | 5 | 4015 | +403.0 | +374.4 | +392.0 | +200.0 | +100.8 |
| H' | 1 | 4067 | +273.6 | +284.6 | +205.0 | +43.5 | -114.0 |
| | 2 | 4045 | +304.0 | +323.0 | +312.0 | +167.0 | +58.1 |
| | 3 | 4062 | +440.8 | +465.8 | +436.8 | +243.0 | +100.8 |
| | I | 4070 | +436.8 | +412.9 | +389.0 | +365.5 | +342.0 |
| | J | 4096 | +231.8 | +251.9 | +271.9 | +292.0 | +312.0 |
| | K | 4135 | +183.0 | +210.5 | +238.0 | +265.5 | +293.0 |

表3. 乌鲁木齐河源1号冰川年物质平衡结果(94.8-95.8)

| 冰 | 年平衡 | 纯积累 | | | | | 纯消融 | | | | | 纯平衡 | |
|----|---------|--------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------------|----|-----|-----|--|
| | | 积累区面积 (km ²) | 积累深度 (mm) | 10 ⁶ m ³ | 纯积 (km ²) | 消融深度 (mm) | 消融区面积 (km ²) | 消融深度 (mm) | 10 ⁶ m ³ | 总量 | 平衡量 | | |
| 川 | 线高度 (m) | | | | | | | | | | | | |
| 东支 | 4021 | 0.566 | 238 | 13.5 | 0.597 | 665 | 39.7 | -26.2 | -225 | | | | |
| 西支 | 4049 | 0.356 | 157 | 5.6 | 0.321 | 667 | 21.4 | -15.8 | -233 | | | | |
| 合计 | 4035 | 0.922 | 207 | 19.1 | 0.918 | 666 | 61.1 | -42.0 | -228 | | | | |

表4. 乌鲁木齐河源1号冰川冬物质平衡结果(94.8-95.4)

| 冰 | 年平衡线 | 纯积累 | | | | | 纯消融 | | | | | 纯平衡 | |
|----|------|--------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------------|----|-----|-----|--|
| | | 积累区面积 (km ²) | 积累深度 (mm) | 10 ⁶ m ³ | 纯积 (km ²) | 消融深度 (mm) | 消融区面积 (km ²) | 消融深度 (mm) | 10 ⁶ m ³ | 总量 | 平衡量 | | |
| 川 | 高度 | | | | | | | | | | | | |
| 东支 | 3771 | 1.138 | 229 | 26.6 | 0.025 | 6.8 | 0.17 | +26.4 | +227 | | | | |
| 西支 | • | 0.677 | 235 | 15.9 | 0 | 0 | 0 | +15.9 | +235 | | | | |
| 合计 | 3771 | 1.815 | 234 | 42.5 | 0.025 | 6.8 | 0.17 | +42.3 | +230 | | | | |

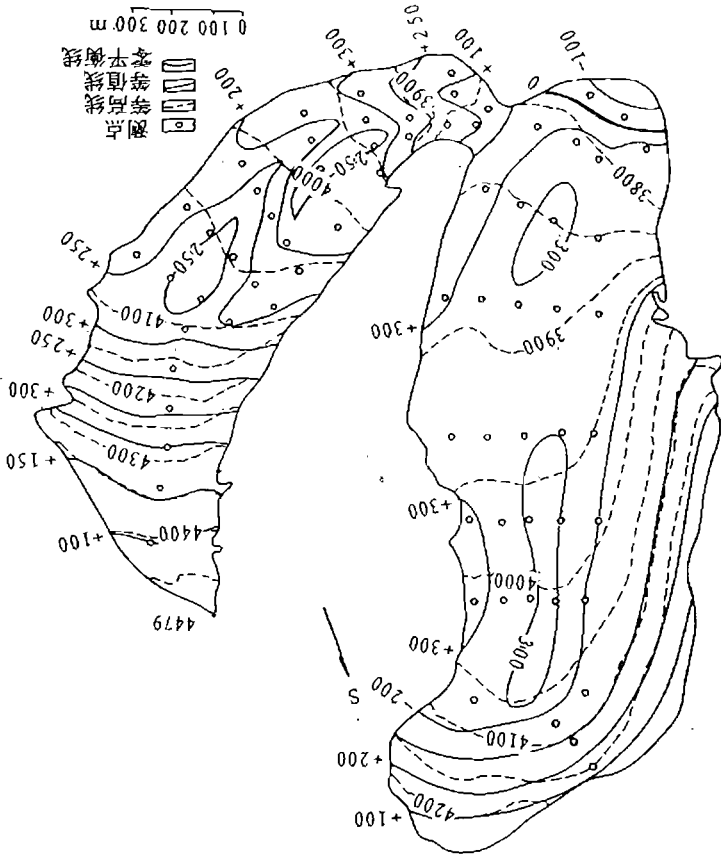


图2 冬平衡等值线图

为了证明冬季降水、气温对冰川消融状态, 我们将上年八月底与次年4月底计为冬季平衡期, 其物质平衡结果为正值。较之90年代以来冬季积累是最大的一年, 相对

消融也是90年代以来, 冬季消融是最小的一年(参看表4和冬季物质平衡等值线图)。

物质平衡计算还可采用高度区间法, 其目的计算出瞬时物质平衡与等值线法算出的年物质平衡结果误差的大小具有高精度的互检互证的作用。其计算法是在1: 5000的比例尺冰川地形图上, 区间为每50m的面积上所在花杆总数的平衡值乘以该面积, 称之为瞬时物质平衡值, 在以所乘积总数之和除以冰川总面积, 便得该年物质平衡总量, 其结果极相近似(参看表5.6)。

表5. 天山1号冰川东支各高度带物质平衡(1994. 8. 30-95. 8. 30)

| 海拔区间 (m) | 面积 (km ²) | 时 间 | | | | |
|-------------|--------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | | 5. 2 | 5. 30 | 6. 29 | 7. 29 | 8. 29 |
| 3740-3750 | 0. 004 | +159. 5 | +163. 5 | -368. 7 | -1349. 7 | -2157. 0 |
| 3750-3800 | 0. 055 | +5. 5 | +63. 0 | -338. 8 | -1176. 0 | -1803. 0 |
| 3800-3850 | 0. 097 | +289. 1 | +253. 8 | +176. 6 | -658. 8 | -1404. 0 |
| 3850-3900 | 0. 155 | +226. 4 | +250. 9 | +118. 6 | -346. 7 | -759. 4 |
| 3900-3950 | 0. 194 | +242. 1 | +276. 9 | +228. 9 | +6. 1 | -134. 3 |
| 3950-4000 | 0. 138 | +319. 1 | +327. 9 | +361. 8 | +131. 6 | +14. 4 |
| 4000-4050 | 0. 147 | +308. 8 | +321. 3 | +333. 5 | +129. 3 | +22. 0 |
| 4050-4100 | 0. 115 | +363. 8 | +371. 6 | +335. 7 | +204. 8 | +96. 7 |
| 4100-4150 | 0. 112 | +334. 3 | +332. 4 | +330. 5 | +328. 8 | +327. 0 |
| 4150-4269 | 0. 146 | +183. 0 | +210. 5 | +238. 0 | +265. 5 | +293. 0 |
| 3740-4269 | 1. 163 | +263. 5 | +279. 0 | +231. 4 | +43. 2 | -251. 1 |

表6. 天山1号冰川西支各高度带物质平衡(1994. 8. 30-95. 8. 30)

| 海拔区间 (m) | 面积 (km ²) | 时 间 | | | | |
|-------------|--------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | | 5. 1 | 5. 31 | 6. 30 | 7. 30 | 8. 30 |
| 3810-3850 | 0. 018 | +93. 7 | -24. 0 | -535. 5 | -1255. 5 | -1948. 5 |
| 3850-3900 | 0. 024 | +156. 0 | +99. 5 | -243. 0 | -891. 0 | -1660. 5 |
| 3900-3950 | 0. 047 | +229. 7 | +174. 5 | -44. 3 | -525. 2 | -1211. 6 |
| 3950-4000 | 0. 073 | +257. 4 | +235. 7 | +173. 1 | -234. 9 | -813. 6 |
| 4000-4050 | 0. 107 | +276. 5 | +274. 3 | +285. 4 | +73. 1 | -234. 3 |
| 4050-4100 | 0. 116 | +294. 7 | +344. 4 | +361. 0 | +199. 4 | +35. 1 |
| 4100-4150 | 0. 055 | +331. 5 | +288. 0 | +244. 5 | +201. 0 | +157. 5 |
| 4150-4200 | 0. 044 | +247. 4 | +223. 8 | +200. 2 | +176. 6 | +153. 0 |
| 4200-4250 | 0. 037 | +349. 7 | +328. 0 | +306. 2 | +284. 5 | +262. 7 |
| 4250-4300 | 0. 037 | +290. 5 | +285. 3 | +280. 0 | +274. 8 | +269. 5 |
| 4300-4350 | 0. 041 | +154. 8 | +151. 1 | +147. 4 | +143. 7 | +140. 0 |
| 4350-4400 | 0. 040 | +108. 4 | +103. 8 | +99. 2 | +94. 6 | +90. 0 |
| 4400-4486 | 0. 038 | +108. 4 | +103. 8 | +99. 2 | +94. 6 | +90. 0 |
| 3810-4486 | 0. 677 | +245. 8 | +235. 4 | +185. 0 | -3. 1 | -242. 8 |

2 结论

(1). 1994年8月30-1995年5月1日天山1号冰川冬季物质平衡为正值, 其值为+230mm, 是九十年以来冬季积累最大的一年, 同时相对应冬季消融最小, 零平衡线下降到3771m。

(2). 1994年8月-1995年8月年物质平衡量亏损值为负, 较之1994年减弱35%左右, 其主要原因在于全年气温低于1994年, 且冬季消融小直接影响到夏季消融是其主要因素。

1994年水文气象资料整编说明

杨新元 韩添丁

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 730000)

天山冰川观测试验站的常规水文气象观测在乌鲁木齐河源区的1号冰川水文点、空冰斗水文点, 总控制水文点以及基本营地进行, 本文为1994年度资料整编结果之说明。

1号冰川水文点设在离1号冰川冰舌300m处的河道上, 海拔为3695m, 流域面积 3.34km^2 , 其中冰川面积 1.84km^2 。测流断面为矩形, 由混凝土浇筑而成, 断面高1.0m, 宽1.6m, 气象场设在断面左岸。

空冰斗位于乌鲁木齐河源区左侧, 斗口朝向南, 为研究高山积雪融水径流, 在此设一水文观测点, 海拔为3805m, 流域面积 1.68km^2 。测流断面为矩形, 高1.0m, 宽1.0m, 断面由混凝土浇筑而成, 气象场设在右岸冰斗口中部的冰川终碛堤上。

在大西沟与罗布道沟汇合处, 海拔3408m的河道上设总控制水文点, 流域面积 28.9km^2 , 本站控制观测区7条冰川及冰川周围裸露山坡总冰雪融水径流。测流断面由浆砌块面及混凝土浇筑而成, 在断面建有工作桥, 气象场设在左岸冰碛丘上。

在三个水文断面上, 均安有自记水位计, 测流主要用流速仪法, 气象观测项目主要为气温、降水、湿度等。

基本营地气象观测场位于乌鲁木齐河谷2130m处, 进行常规气象要素观测。

所有观测资料整编均按规范进行。

表1 1号冰川水文点1994年逐日平均流量表(集水面积3.34km²;流量m³/s)

| 日 | 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|-----|--|------|---------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-----|----|----|
| 1 | | | | | | 0 | 0.095 | 0.385 | 0.132 | 0.095 | | | |
| 2 | | | | | | 0 | 0.022 | 0.458 | 0.132 | 0.046 | | | |
| 3 | | | | | | 0 | 0.022 | 0.385 | 0.182 | 0.192 | | | |
| 4 | | | | | | 0 | 0.046 | 0.337 | 0.157 | 0.365 | | | |
| 5 | | | | | | 0 | 0.095 | 0.143 | 0.207 | 0.312 | | | |
| 6 | | | | | | 0 | 0.095 | 0.216 | 0.259 | 0.095 | | | |
| 7 | | | | | | 0 | 0.095 | 0.289 | 0.393 | 0 | | | |
| 8 | | | | | | 0.046 | 0.095 | 0.313 | 0.312 | 0 | | | |
| 9 | | | | | | 0.046 | 0.095 | 0.458 | 0.259 | 0.095 | | | |
| 10 | | | | | | 0.046 | 0.095 | 0.458 | 0.232 | 0.070 | | | |
| 旬总数 | | | | | | 0.138 | 0.755 | 3.442 | 2.265 | 1.27 | | | |
| 旬平均 | | | | | | 0.014 | 0.076 | 0.344 | 0.227 | 0.127 | | | |
| 11 | | | | | | 0.046 | 0.192 | 0.591 | 0.132 | 0.095 | | | |
| 12 | | | | | | 0.046 | 0.143 | 0.648 | 0.182 | 0.285 | | | |
| 13 | | | | | | 0.070 | 0.022 | 0.648 | 0.157 | 0.095 | | | |
| 14 | | | | | | 0.070 | 0.070 | 0.788 | 0.312 | 0 | | | |
| 15 | | | | | | 0.070 | 0.192 | 0.985 | 0.259 | | | | |
| 16 | | | | | | 0.070 | 0.216 | 0.478 | 0.312 | | | | |
| 17 | | | | | | 0.070 | 0.361 | 0.620 | 0.157 | | | | |
| 18 | | | | | | 0.070 | 0.240 | 0.788 | 0.259 | | | | |
| 19 | | | | | | 0.095 | 0.240 | 0.704 | 0.312 | | | | |
| 20 | | | | | | 0.095 | 0.265 | 0.450 | 0.365 | | | | |
| 旬总数 | | | | | | 0.702 | 1.941 | 6.700 | 2.447 | 0.475 | | | |
| 旬平均 | | | | | | 0.070 | 0.194 | 0.670 | 0.245 | 0.048 | | | |
| 21 | | | | | | 0.095 | 0.192 | 0.312 | 0.338 | | | | |
| 22 | | | | | | 0.070 | 0.168 | 0.365 | 0.232 | | | | |
| 23 | | | | | | 0.095 | 0.265 | 0.312 | 0.259 | | | | |
| 24 | | | | | | 0.095 | 0.337 | 0.285 | 0.365 | | | | |
| 25 | | | | | | 0.095 | 0.265 | 0.132 | 0.285 | | | | |
| 26 | | | | | | 0.095 | 0.119 | 0.232 | 0.506 | | | | |
| 27 | | | | | | 0.070 | 0.168 | 0.338 | 0.365 | | | | |
| 28 | | | | | | 0.095 | 0.216 | 0.563 | 0.421 | | | | |
| 29 | | | | | | 0.070 | 0.265 | 0.704 | 0.365 | | | | |
| 30 | | | | | | 0.070 | 0.289 | 0.478 | 0.365 | | | | |
| 31 | | | | | | 0.095 | — | 0.259 | 0.182 | | | | |
| 旬总数 | | | | | | 0.945 | 2.284 | 3.98 | 3.683 | 0 | | | |
| 旬平均 | | | | | | 0.086 | 0.228 | 0.362 | 0.335 | 0 | | | |
| 总数 | | | | | | 1.785 | 4.980 | 14.122 | 8.395 | 1.745 | | | |
| 平均 | | | | | | 0.058 | 0.166 | 0.456 | 0.271 | 0.058 | | | |
| 最大 | | | | | | 0.095 | 0.650 | 1.97 | 1.29 | 0.365 | | | |
| 日期 | | | | | | 19 | 17 | 14 | 26 | 4 | | | |
| 最小 | | | | | | 0 | 0.022 | 0.107 | 0.132 | 0 | | | |
| 日期 | | | | | | 1-7 | 2 | 25 | 1 | 7 | | | |
| 年统计 | 年总数 | 31.027 | 最大流量 | 1.97 | 7月14日 | 最小流量 | 0 | 5月1-7日 | 平均流量 | 0.202 | 径流量 | | |
| | | 268.1 × 10 ⁴ m ³ | 径流模数 | 60.4L/s · km ² | 径流深度 | 803mm | | | | | | | |

制表: 杨新元 韩添丁

表2 空冰斗水文点1994年逐日平均流量表(集水面积: 1.68km²; 流量: m³/s)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|---|---|---|-----|-------|-------|-------|-------|---|----|----|----|
| 1 | | | | | 0 | 0.044 | 0.184 | 0.136 | | | | |
| 2 | | | | | 0 | 0.044 | 0.184 | 0.136 | | | | |
| 3 | | | | | 0 | 0.065 | 0.208 | 0.089 | | | | |
| 4 | | | | | 0 | 0.026 | 0.184 | 0.089 | | | | |
| 5 | | | | | 0 | 0.026 | 0.208 | 0.089 | | | | |
| 6 | | | | | 0 | 0.044 | 0.136 | 0.065 | | | | |
| 7 | | | | | 0 | 0.065 | 0.065 | 0.065 | | | | |
| 8 | | | | | 0 | 0.089 | 0.089 | 0.112 | | | | |
| 9 | | | | | 0 | 0.089 | 0.089 | 0.089 | | | | |
| 10 | | | | | 0.004 | 0.089 | 0.089 | 0.044 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 0.004 | 0.581 | 1.436 | 0.914 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 0 | 0.058 | 0.144 | 0.091 | | | | |
| 11 | | | | | 0.013 | 0.089 | 0.112 | 0.112 | | | | |
| 12 | | | | | 0.013 | 0.112 | 0.089 | 0.089 | | | | |
| 13 | | | | | 0.026 | 0.089 | 0.065 | 0.160 | | | | |
| 14 | | | | | 0.044 | 0.112 | 0.089 | 0.089 | | | | |
| 15 | | | | | 0.065 | 0.136 | 0.254 | 0.044 | | | | |
| 16 | | | | | 0.089 | 0.230 | 0.184 | 0.112 | | | | |
| 17 | | | | | 0.065 | 0.136 | 0.136 | 0.089 | | | | |
| 18 | | | | | 0.004 | 0.136 | 0.136 | 0.136 | | | | |
| 19 | | | | | 0.026 | 0.112 | 0.184 | 0.065 | | | | |
| 20 | | | | | 0.065 | 0.136 | 0.208 | 0.065 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 0.410 | 1.288 | 1.457 | 0.961 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 0.041 | 0.129 | 0.146 | 0.096 | | | | |
| 21 | | | | | 0.026 | 0.112 | 0.160 | 0.089 | | | | |
| 22 | | | | | 0.026 | 0.112 | 0.089 | 0.089 | | | | |
| 23 | | | | | 0.065 | 0.136 | 0.089 | 0.112 | | | | |
| 24 | | | | | 0.065 | 0.136 | 0.136 | 0.089 | | | | |
| 25 | | | | | 0.089 | 0.208 | 0.112 | 0.065 | | | | |
| 26 | | | | | 0.065 | 0.136 | 0.112 | 0.044 | | | | |
| 27 | | | | | 0.044 | 0.160 | 0.089 | 0.065 | | | | |
| 28 | | | | | 0.112 | 0.136 | 0.112 | 0.065 | | | | |
| 29 | | | | | 0.044 | 0.136 | 0.160 | 0.089 | | | | |
| 30 | | | | | 0.112 | 0.184 | 0.160 | 0.065 | | | | |
| 31 | | | | | 0.026 | -- | 0.112 | 0.136 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 0.674 | 1.456 | 1.331 | 0.908 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 0.061 | 0.146 | 0.121 | 0.083 | | | | |
| 月统计 | 总数 | | | | 1.088 | 3.325 | 4.224 | 2.783 | | | | |
| | 平均 | | | | 0.035 | 0.111 | 0.136 | 0.090 | | | | |
| | 最大 | | | | 0.112 | 0.448 | 0.880 | 0.256 | | | | |
| | 日期 | | | | 25 | 30 | 15 | 3 | | | | |
| | 最小 | | | | 0 | 0.026 | 0.065 | 0.044 | | | | |
| 日期 | | | | 1-9 | 4 | 7 | 5 | | | | | |
| 年统计 | 年总数 11.42 最大流量 0.880 7月15日 最小流量 0 5月1-9日 平均流量 0.093 径流量 98.7 × 10 ⁴ m ³ 径流模数 55.41/skm ² 径流深度 587mm | | | | | | | | | | | |

制表: 杨新元 韩栋丁

表3 总控制水文点1994年逐日平均流量表(集水面积: 28.9km²; 流量: m³/s)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|--|---|---|---|-------|--------|--------|--------|---|----|----|----|
| 1 | | | | | 0 | 0.220 | 1.41 | 0.795 | | | | |
| 2 | | | | | 0 | 0.220 | 1.53 | 0.554 | | | | |
| 3 | | | | | 0 | 0.580 | 1.53 | 0.553 | | | | |
| 4 | | | | | 0 | 0.410 | 1.53 | 0.471 | | | | |
| 5 | | | | | 0.120 | 0.120 | 1.05 | 0.895 | | | | |
| 6 | | | | | 0.120 | 0.160 | 0.950 | 0.777 | | | | |
| 7 | | | | | 0.120 | 0.340 | 0.950 | 1.18 | | | | |
| 8 | | | | | 0.160 | 0.410 | 1.29 | 1.21 | | | | |
| 9 | | | | | 0.160 | 0.848 | 1.41 | 0.930 | | | | |
| 10 | | | | | 0.160 | 1.17 | 1.53 | 1.23 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 0.840 | 4.478 | 13.18 | 8.595 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 0.084 | 0.448 | 1.32 | 0.860 | | | | |
| 11 | | | | | 0.270 | 1.29 | 1.89 | 1.01 | | | | |
| 12 | | | | | 0.220 | 1.53 | 2.39 | 0.546 | | | | |
| 13 | | | | | 0.220 | 1.29 | 2.02 | 0.471 | | | | |
| 14 | | | | | 0.220 | 1.53 | 2.77 | 1.02 | | | | |
| 15 | | | | | 0.220 | 2.90 | 4.24 | 0.777 | | | | |
| 16 | | | | | 0.270 | 2.52 | 1.49 | 0.936 | | | | |
| 17 | | | | | 0.270 | 1.89 | 1.86 | 1.08 | | | | |
| 18 | | | | | 0.160 | 1.65 | 2.43 | 1.07 | | | | |
| 19 | | | | | 0.160 | 1.29 | 4.38 | 0.936 | | | | |
| 20 | | | | | 0.270 | 1.53 | 4.03 | 1.10 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 2.280 | 17.42 | 27.50 | 8.946 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 0.228 | 1.74 | 2.75 | 0.895 | | | | |
| 21 | | | | | 0.120 | 0.950 | 0.936 | 1.39 | | | | |
| 22 | | | | | 0.120 | 0.848 | 1.10 | 1.00 | | | | |
| 23 | | | | | 0.040 | 0.950 | 1.81 | 0.777 | | | | |
| 24 | | | | | 0.160 | 1.41 | 1.19 | 1.10 | | | | |
| 25 | | | | | 0.270 | 2.14 | 0.700 | 0.815 | | | | |
| 26 | | | | | 0.340 | 0.950 | 0.970 | 1.52 | | | | |
| 27 | | | | | 0.220 | 0.848 | 1.14 | 1.10 | | | | |
| 28 | | | | | 0.750 | 0.660 | 2.59 | 1.31 | | | | |
| 29 | | | | | 0.580 | 0.848 | 2.73 | 1.13 | | | | |
| 30 | | | | | 0.410 | 0.848 | 1.54 | 4.52 | | | | |
| 31 | | | | | 0.410 | — | 1.37 | 0.546 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 3.420 | 10.452 | 16.076 | 15.248 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 0.311 | 1.05 | 1.46 | 1.39 | | | | |
| 月统计 | 总数 | | | | 6.540 | 32.35 | 56.756 | 32.789 | | | | |
| | 平均 | | | | 0.211 | 1.08 | 1.83 | 1.06 | | | | |
| | 最大 | | | | 1.65 | 5.23 | 9.92 | 4.52 | | | | |
| | 日期 | | | | 28 | 14 | 15 | 30 | | | | |
| | 最小 | | | | 0 | 0.120 | 0.970 | 0.471 | | | | |
| 日期 | | | | | 1-4 | 5 | 26 | 4 | | | | |
| 年统计 | 年总数 128.435 最大流量 9.92 7月15日 最小流量 0 5月1-4日 平均流量 1.05 径流量1109.7×10 ⁴ m ³ 径流模数36.31/skm ² 径流深度384mm | | | | | | | | | | | |

制表: 杨新元 韩添丁

表4 1号冰川水文点1994年逐日平均气温表(℃)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
|-----|--------|-----------------|--------|--------|--------|------------------|------|-------|-------|-----------|--------|--------|--------|
| 1 | -12.0 | -14.4 | -16.9 | -7.4 | -14.6 | -0.4 | 4.6 | 3.9 | -2.4 | -0.8 | -6.7 | -16.0 | |
| 2 | -14.8 | -14.4 | -11.9 | -10.3 | -8.5 | -1.7 | 8.5 | 3.0 | -3.5 | -1.5 | -5.3 | -9.5 | |
| 3 | -15.6 | -14.1 | -10.5 | -6.6 | -4.0 | -1.4 | 6.5 | 4.2 | 1.0 | -1.6 | -7.5 | -10.7 | |
| 4 | -15.6 | -14.3 | -13.4 | -5.2 | -3.2 | -6.1 | 4.2 | 2.8 | 6.0 | -4.0 | -4.6 | -7.7 | |
| 5 | -14.2 | -13.8 | -18.9 | -8.0 | -1.8 | -6.5 | 2.2 | 2.7 | 2.4 | -5.2 | -4.0 | -3.4 | |
| 6 | -12.1 | -21.8 | -21.4 | -12.6 | -0.3 | -6.2 | 3.3 | 4.1 | -0.8 | -4.6 | -2.8 | -3.6 | |
| 7 | -9.0 | -17.1 | -21.1 | -13.7 | 0.6 | -2.8 | 4.1 | 4.5 | -5.5 | -8.1 | -1.6 | -11.1 | |
| 8 | -14.4 | -15.8 | -18.6 | -14.6 | -0.6 | 0.6 | 4.0 | 4.5 | -4.6 | -13.7 | -6.3 | -14.6 | |
| 9 | -15.2 | -16.5 | -14.5 | -14.4 | 1.7 | 3.9 | 4.0 | 2.0 | -1.3 | -12.0 | -2.7 | -19.8 | |
| 10 | -15.4 | -16.6 | -15.8 | -19.6 | -1.5 | 3.6 | 6.3 | 0.1 | -1.7 | -7.8 | -3.8 | -19.1 | |
| 旬总数 | -138.3 | -158.8 | -163.0 | -112.4 | -32.2 | -17.0 | 47.7 | 31.7 | -10.4 | -59.3 | -45.3 | -113.5 | |
| 旬平均 | -13.8 | -15.9 | -16.3 | -11.2 | -3.2 | -1.7 | 4.8 | 3.2 | -1.0 | -5.9 | -4.5 | -11.4 | |
| 11 | -18.2 | -18.5 | -23.6 | -18.8 | -4.7 | 4.1 | 6.7 | -2.8 | -1.3 | -6.9 | -1.4 | -21.5 | |
| 12 | -15.3 | -20.5 | -27.0 | -12.8 | -5.1 | 3.0 | 7.2 | 0.2 | 1.5 | -8.2 | -4.2 | -17.4 | |
| 13 | -16.3 | -20.8 | -17.1 | -8.0 | -2.7 | 0.1 | 5.1 | 3.1 | -0.6 | -11.5 | -9.3 | -16.7 | |
| 14 | -14.2 | -17.4 | -12.2 | -7.8 | 0.3 | 0.5 | 4.6 | 3.9 | -7.5 | -14.2 | -7.1 | -14.9 | |
| 15 | -26.0 | -15.4 | -10.8 | -8.5 | 3.4 | 2.6 | 4.7 | 3.3 | -5.8 | -14.9 | -7.9 | -13.0 | |
| 16 | -23.1 | -15.3 | -14.5 | -7.9 | 2.6 | 0.9 | 7.2 | 2.8 | -3.9 | -9.9 | -6.1 | -14.4 | |
| 17 | -18.9 | -16.4 | -10.6 | -11.8 | 1.2 | 2.9 | 9.5 | 2.1 | -5.5 | -9.4 | -6.7 | -17.4 | |
| 18 | -20.6 | -21.1 | -12.9 | -14.1 | 1.8 | 2.3 | 7.8 | 1.8 | -3.1 | -7.3 | -6.4 | -12.6 | |
| 19 | -22.8 | -22.8 | -15.7 | -12.5 | 2.2 | 4.9 | 3.7 | 2.4 | -3.1 | -6.8 | -8.8 | -10.8 | |
| 20 | -22.1 | -13.3 | -14.6 | -15.0 | 0.9 | 3.1 | 0.4 | 6.3 | -4.5 | -6.4 | -9.7 | -11.5 | |
| 旬总数 | -197.5 | -181.5 | -159.0 | -117.2 | -0.1 | 24.4 | 56.9 | 23.1 | -33.8 | -95.5 | -67.6 | -150.2 | |
| 旬平均 | -19.8 | -18.2 | -15.9 | -11.7 | 0.0 | 2.4 | 5.7 | 2.3 | -3.4 | -9.6 | -6.8 | -15.0 | |
| 21 | -20.3 | -19.4 | -10.4 | -12.0 | -1.3 | 1.0 | 3.2 | 5.9 | -2.6 | -6.2 | -8.5 | -10.7 | |
| 22 | -16.5 | -18.0 | -8.4 | -9.6 | -1.7 | 0.6 | 3.5 | 4.4 | -2.3 | -5.1 | -7.2 | -11.1 | |
| 23 | -12.3 | -17.0 | -10.0 | -8.5 | -0.9 | 2.5 | 1.7 | 5.9 | -5.1 | -4.4 | -7.6 | -15.5 | |
| 24 | -11.1 | -19.5 | -12.8 | -8.9 | -0.7 | 6.1 | 1.4 | 6.0 | -7.0 | -3.0 | -7.8 | -13.5 | |
| 25 | -12.1 | -22.1 | -12.4 | -8.0 | 2.7 | 1.7 | 2.3 | 5.9 | -6.9 | -8.5 | -3.9 | -17.6 | |
| 26 | -11.5 | -19.8 | -10.3 | -6.3 | 3.6 | 0.6 | 3.7 | 6.9 | -4.0 | -11.7 | -8.9 | -19.4 | |
| 27 | -14.9 | -17.1 | -9.4 | -6.2 | 1.5 | 0.9 | 5.4 | 5.7 | -2.6 | -11.3 | -9.2 | -16.6 | |
| 28 | -12.1 | -16.3 | -12.1 | -2.0 | 1.1 | 1.7 | 6.4 | 5.3 | -1.0 | -7.0 | -9.7 | -16.2 | |
| 29 | -13.5 | | -12.9 | -2.8 | 4.0 | 1.6 | 5.7 | 4.6 | -2.7 | -8.0 | -10.5 | -20.5 | |
| 30 | -14.2 | | -8.1 | -15.8 | 2.7 | 4.4 | 4.6 | 4.3 | -1.3 | -8.9 | -10.0 | -16.8 | |
| 31 | -13.7 | | -9.1 | | 0.3 | | 2.8 | 6.1 | | -10.9 | | -18.6 | |
| 旬总数 | -142.2 | -149.2 | -115.9 | -80.1 | 11.3 | 21.1 | 40.7 | 56.0 | -35.5 | -85.0 | -83.3 | -176.5 | |
| 旬平均 | -12.9 | -18.7 | -10.5 | -8.0 | 1.0 | 2.1 | 3.7 | 5.1 | -3.6 | -7.7 | -8.3 | -16.0 | |
| 月统计 | 总数 | -478.0 | -489.5 | -437.9 | -309.7 | -21.0 | 28.5 | 145.3 | 110.8 | -79.7 | -239.8 | -196.2 | -440.2 |
| | 平均 | -15.4 | -17.5 | -14.1 | -10.3 | -0.7 | 1.0 | 4.7 | 3.6 | -2.7 | -7.7 | -6.5 | -14.2 |
| | 最高日期 | 7 | 20 | 21 | 28 | 25 | 24 | 17 | 20 | 4 | 1 | 7 | 6 |
| | 最低日期 | 15 | 19 | 12 | 11 | 1 | 6 | 20 | 12 | 25 | 14 | 28 | 29 |
| | 年统计 | 最高气温 14.0 7月17日 | | | | 最低气温 -32.0 1月15日 | | | | 平均气温 -6.7 | | | |

制表: 杨新元 韩添丁

表5 空冰斗水文点1994年逐日平均气温表(℃)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 日 | 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | | -12.9 | -16.8 | -14.6 | -4.2 | -13.6 | -0.8 | 4.6 | 1.7 | -0.9 | -1.3 | -7.9 | -11.3 |
| 2 | | -16.1 | -16.5 | -12.1 | -7.8 | -9.6 | -1.9 | 6.7 | 1.3 | -1.8 | -2.5 | -6.1 | -10.0 |
| 3 | | -17.0 | -13.7 | -9.3 | -4.4 | -5.5 | -1.0 | 5.6 | 2.7 | 2.2 | -2.1 | -8.8 | -11.0 |
| 4 | | -17.2 | -10.5 | -11.5 | -3.2 | -3.5 | -7.1 | 4.1 | 0.5 | 7.3 | -5.7 | -5.1 | -9.1 |
| 5 | | -15.2 | -10.2 | -18.0 | -4.9 | -3.3 | -7.2 | 1.5 | 1.4 | 3.8 | -6.4 | -3.3 | -4.9 |
| 6 | | -13.1 | -18.2 | -20.5 | -9.2 | -0.9 | -6.7 | 3.1 | 2.8 | 3.4 | -4.6 | -2.0 | -3.9 |
| 7 | | -10.0 | -13.5 | -20.9 | -9.9 | 0.2 | -5.5 | 4.5 | 4.1 | -3.9 | -7.9 | -0.6 | -11.5 |
| 8 | | -15.4 | -11.7 | -17.6 | -10.8 | 0.2 | -2.4 | 3.9 | 3.8 | -4.6 | -12.2 | -5.5 | -15.2 |
| 9 | | -17.0 | -13.9 | -12.6 | -11.1 | 1.6 | 0.2 | 3.3 | 2.2 | -1.3 | -10.8 | -3.3 | -19.4 |
| 10 | | -16.8 | -12.6 | -13.4 | -16.3 | -1.5 | 0.3 | 5.5 | 0.6 | -1.7 | -6.5 | -4.9 | -19.2 |
| 旬总数 | | -150.7 | -137.6 | -150.5 | -81.8 | -35.9 | -32.7 | 42.8 | 21.0 | 2.5 | -60.0 | -47.5 | -115.5 |
| 旬平均 | | -15.1 | -13.8 | -15.1 | -8.2 | -3.6 | -3.3 | 4.3 | 2.1 | 0.3 | -6.0 | -4.8 | -11.6 |
| 11 | | -19.2 | -14.5 | -20.4 | -15.5 | -5.1 | 2.2 | 5.1 | -1.1 | -1.3 | -6.8 | -4.5 | -16.1 |
| 12 | | -16.8 | -16.7 | -21.0 | -9.4 | -4.7 | 2.1 | 7.0 | 1.3 | 1.5 | -7.9 | -5.6 | -18.0 |
| 13 | | -15.3 | -17.9 | -14.5 | -5.2 | -3.0 | -0.6 | 4.9 | 1.2 | -0.6 | -11.2 | -9.5 | -17.3 |
| 14 | | -15.2 | -14.7 | -7.4 | -4.6 | 0.0 | 3.1 | 4.5 | 1.8 | -7.5 | -13.6 | -8.4 | -14.6 |
| 15 | | -26.5 | -13.9 | -12.3 | -5.7 | 0.5 | 2.7 | 4.8 | 2.9 | -5.8 | -14.6 | -9.6 | -13.4 |
| 16 | | -23.4 | -13.7 | -10.2 | -5.5 | 1.3 | 0.5 | 6.4 | 2.8 | -5.6 | -10.4 | -7.6 | -14.8 |
| 17 | | -20.0 | -16.6 | -7.9 | -8.9 | 0.3 | 0.3 | 8.3 | 1.7 | -5.5 | -9.7 | -7.8 | -18.5 |
| 18 | | -20.6 | -21.2 | -10.1 | -11.0 | -0.3 | 0.6 | 7.2 | 1.1 | -3.4 | -7.0 | -7.7 | -12.5 |
| 19 | | -22.9 | -23.2 | -13.0 | -9.0 | 1.3 | 3.4 | 3.8 | 2.3 | -5.0 | -6.1 | -10.3 | -10.2 |
| 20 | | -23.4 | -14.5 | -12.4 | -11.2 | -0.2 | 2.0 | 0.8 | 4.6 | -4.9 | -6.4 | -9.7 | -11.4 |
| 旬总数 | | -203.3 | -166.9 | -129.2 | -86.0 | -9.9 | 16.3 | 52.8 | 19.3 | -38.1 | -93.7 | -80.7 | -146.8 |
| 旬平均 | | -20.3 | -16.7 | -12.9 | -8.6 | -1.0 | 1.6 | 5.3 | 1.9 | -3.8 | -9.4 | -8.1 | -14.7 |
| 21 | | -20.0 | -19.8 | -8.6 | -8.8 | -1.8 | -0.8 | 2.5 | 4.1 | -3.1 | -5.6 | -10.2 | -12.3 |
| 22 | | -17.5 | -18.8 | -6.5 | -6.6 | -2.2 | -0.5 | 2.7 | 4.2 | -2.5 | -6.1 | -8.3 | -12.0 |
| 23 | | -13.8 | -16.9 | -7.6 | -6.5 | -2.6 | 1.9 | 0.8 | 4.9 | -3.7 | -3.2 | -8.4 | -14.3 |
| 24 | | -11.8 | -16.9 | -10.0 | -6.6 | -1.8 | 4.9 | 1.2 | 5.8 | -6.4 | -3.1 | -8.3 | -14.8 |
| 25 | | -12.4 | -20.0 | -10.2 | -5.1 | 1.7 | 1.6 | 1.7 | 5.4 | -6.8 | -8.1 | -4.7 | -17.8 |
| 26 | | -12.0 | -16.8 | -8.1 | -4.2 | 1.1 | 0.5 | 2.5 | 5.1 | -4.2 | -12.0 | -9.7 | -18.6 |
| 27 | | -6.0 | -14.9 | -7.4 | -4.0 | 0.7 | 0.9 | 4.8 | 3.9 | -2.2 | -11.1 | -10.0 | -14.2 |
| 28 | | -14.4 | -14.2 | -9.4 | 1.1 | 0.1 | 0.7 | 4.8 | 3.9 | -0.6 | -8.8 | -9.4 | -14.9 |
| 29 | | -16.4 | | -10.7 | 1.1 | 3.1 | 1.9 | 4.1 | 3.0 | -2.1 | -9.2 | -10.0 | -20.5 |
| 30 | | -15.9 | | -5.8 | -12.7 | 3.0 | 3.0 | 3.9 | 2.8 | -1.6 | -13.3 | -10.8 | -15.6 |
| 31 | | -15.1 | | -6.2 | | 1.0 | | 1.9 | 1.2 | | -11.0 | | -18.4 |
| 旬总数 | | -155.3 | -138.3 | -90.5 | -52.3 | 2.3 | 14.1 | 30.9 | 44.0 | -33.2 | -83.5 | -89.8 | -173.4 |
| 旬平均 | | -14.1 | -17.3 | -8.2 | -5.2 | 0.2 | 1.4 | 2.8 | 4.0 | -3.3 | -8.0 | -9.0 | -15.8 |
| 总数 | | -509.3 | -442.8 | -370.2 | -220.1 | -43.5 | -2.3 | 126.5 | 84.3 | -68.8 | -237.2 | -218.0 | -435.7 |
| 月平均 | | -16.4 | -15.8 | -11.9 | -7.3 | -1.4 | -0.1 | 4.1 | 2.7 | -2.3 | -7.7 | -7.3 | -14.1 |
| 统计 | 最高 | -4.5 | -5.7 | -0.2 | 4.0 | 7.9 | 10.0 | 13.0 | 11.0 | 11.3 | 2.0 | 2.0 | 0.6 |
| 日期 | 27 | 4 | 22 | 28 | 9 | 24 | 17 | 24 | 4 | 1 | 7 | 6 | 6 |
| 最低 | -33.5 | -28.0 | -27.0 | -20.5 | -13.0 | -9.7 | -2.9 | -3.1 | -12.0 | -17.8 | -14.8 | -24.4 | -24.4 |
| 日期 | 15 | 19 | 12 | 11 | 2 | 4 | 24 | 12 | 17 | 14 | 20 | 11 | 11 |
| 年统计 | 最高气温 | 13.0 | 7月17日 | 最低气温 | -33.5 | 1月15日 | 平均气温 | -6.5 | | | | | |

制表: 杨新元 韩蕊丁

表6 总控制水文点1994年逐日平均气温表(°C)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
|-----|-----------------|--------|--------|--------|------------------|-------|-------|-------|-----------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | -12.2 | -15.5 | -12.1 | -1.8 | -11.4 | 1.8 | 6.2 | 2.9 | -2.0 | 0.9 | -10.0 | -12.2 | |
| 2 | -16.7 | -15.6 | -7.9 | -4.5 | -7.3 | 1.1 | 8.6 | 3.9 | -3.5 | -0.7 | -10.1 | -11.8 | |
| 3 | -17.4 | -14.5 | -5.3 | -1.9 | -2.9 | 2.8 | 7.5 | 4.3 | 1.7 | -0.8 | -10.2 | -10.3 | |
| 4 | -18.9 | -9.8 | -8.1 | -2.0 | -1.5 | -3.7 | 5.1 | 2.5 | 6.7 | -3.4 | -4.2 | -9.3 | |
| 5 | -17.1 | -12.5 | -12.7 | -4.0 | -1.5 | -4.9 | 3.2 | 3.9 | 2.8 | -5.0 | -5.2 | -3.1 | |
| 6 | -14.8 | -17.5 | -17.1 | -7.7 | 1.5 | -5.8 | 4.8 | 3.2 | 1.0 | -2.8 | -3.8 | -3.4 | |
| 7 | -12.3 | -12.3 | -15.9 | -9.7 | 1.8 | -4.2 | 5.7 | 3.1 | -4.8 | -5.8 | -3.1 | -11.8 | |
| 8 | -15.0 | -10.5 | -14.4 | -9.5 | 1.2 | -0.4 | 5.7 | 2.4 | -2.8 | -12.1 | -5.9 | -15.5 | |
| 9 | -15.3 | -13.4 | -8.0 | -9.7 | 2.8 | 3.1 | 4.8 | 0.6 | 0.5 | -10.1 | -1.7 | -20.7 | |
| 10 | -16.7 | -12.9 | -9.0 | -14.9 | -1.8 | 2.6 | 7.7 | -0.6 | 0.5 | -3.3 | -4.3 | -26.4 | |
| 旬总数 | -156.4 | -134.5 | -110.5 | -65.7 | -19.1 | -7.7 | 59.3 | 26.0 | -2.7 | -43.1 | -58.5 | -124.5 | |
| 旬平均 | -15.6 | -13.5 | -11.1 | -6.6 | -1.9 | -0.8 | 5.9 | 2.6 | -0.3 | -4.3 | -5.9 | -12.5 | |
| 11 | -18.3 | -15.2 | -17.6 | -13.8 | -3.0 | 4.3 | 8.7 | -1.7 | 0.7 | -4.3 | -3.5 | -21.8 | |
| 12 | -16.3 | -15.0 | -17.6 | -6.1 | -3.9 | 3.7 | 9.7 | 1.4 | 3.2 | -4.9 | -3.4 | -18.3 | |
| 13 | -14.9 | -16.6 | -11.8 | -2.9 | -3.1 | -0.6 | 6.7 | 0.7 | 1.8 | -8.7 | -11.6 | -16.4 | |
| 14 | -13.3 | -13.7 | -6.3 | -2.2 | -0.5 | 2.0 | 5.7 | 5.2 | -5.6 | -13.0 | -7.7 | -13.4 | |
| 15 | -28.8 | -12.3 | -9.6 | -2.4 | 3.3 | 3.3 | 5.1 | 6.1 | -5.8 | -12.7 | -8.0 | -13.1 | |
| 16 | -24.8 | -10.9 | -8.0 | -2.8 | 3.7 | 3.6 | 7.5 | 5.8 | -0.4 | -8.7 | -7.4 | -14.1 | |
| 17 | -20.9 | -12.0 | -6.1 | -6.9 | 2.2 | 4.5 | 10.5 | 3.9 | -4.2 | -7.8 | -6.3 | -18.3 | |
| 18 | -22.3 | -15.7 | -8.1 | -8.6 | 3.1 | 3.7 | 7.6 | 4.6 | -1.8 | -5.7 | -5.3 | -11.3 | |
| 19 | -23.4 | -18.0 | -9.7 | -7.1 | 3.1 | 7.5 | 6.8 | 5.1 | -3.4 | -4.0 | -7.5 | -10.8 | |
| 20 | -22.2 | -10.5 | -9.0 | -9.0 | 1.5 | 5.2 | 3.2 | 7.6 | -3.0 | -1.7 | -10.8 | -11.6 | |
| 旬总数 | -205.2 | -139.9 | -103.8 | -61.8 | 6.4 | 36.8 | 71.5 | 38.6 | -18.3 | -71.5 | -71.5 | -149.1 | |
| 旬平均 | -20.5 | -14.0 | -10.4 | -6.2 | 0.6 | 3.7 | 7.2 | 3.9 | -1.8 | -7.2 | -7.2 | -14.9 | |
| 21 | -19.7 | -15.7 | -6.8 | -6.6 | 0.5 | 2.8 | 4.4 | 6.4 | -0.4 | -1.5 | -9.4 | -7.8 | |
| 22 | -15.8 | -15.0 | -2.9 | -5.3 | 0.1 | 2.8 | 4.9 | 5.6 | 0.0 | -3.1 | -7.9 | -9.5 | |
| 23 | -11.6 | -11.7 | -5.2 | -3.6 | 0.4 | 4.5 | 2.4 | 6.8 | -3.5 | -0.3 | -7.5 | -14.9 | |
| 24 | -10.5 | -14.3 | -6.5 | -4.7 | 0.3 | 6.5 | 3.1 | 6.5 | -4.3 | -6.4 | -6.9 | -11.9 | |
| 25 | -13.5 | -18.8 | -7.4 | -3.1 | 2.5 | 2.9 | 4.1 | 6.8 | -4.3 | -8.1 | -3.7 | -16.0 | |
| 26 | -13.4 | -14.8 | -6.1 | -2.4 | 4.1 | 2.1 | 3.9 | 8.1 | -1.5 | -10.4 | -9.2 | -17.8 | |
| 27 | -7.0 | -13.3 | -5.5 | -1.3 | 2.2 | 2.7 | 4.8 | 6.8 | 0.1 | -9.0 | -10.0 | -25.9 | |
| 28 | -13.8 | -12.1 | -7.3 | 3.9 | 2.2 | 2.9 | 8.5 | 7.6 | 0.9 | -10.8 | -10.0 | -14.9 | |
| 29 | -14.9 | | -7.4 | 2.5 | 5.1 | 4.2 | 6.9 | 5.0 | -1.4 | -11.0 | -12.6 | -18.8 | |
| 30 | -15.8 | | -3.5 | -11.6 | 3.7 | 4.9 | 7.5 | 7.0 | -0.7 | -12.2 | -12.7 | -15.0 | |
| 31 | -15.7 | | -3.7 | | 1.9 | | 3.4 | 5.1 | | -13.9 | | -18.3 | |
| 旬总数 | -151.7 | -115.7 | -62.3 | -32.2 | 23.0 | 36.2 | 53.9 | 71.3 | -15.1 | -86.7 | -89.9 | -160.8 | |
| 旬平均 | -13.8 | -14.5 | -5.7 | -3.2 | 2.1 | 3.6 | 4.9 | 6.5 | -1.5 | -7.9 | -9.0 | -14.6 | |
| 月统计 | 总数 | -513.3 | -390.1 | +276.6 | -159.7 | 10.3 | 65.3 | 184.7 | 135.9 | -36.1 | -210.3 | -219.9 | -434.4 |
| | 平均 | -16.6 | -13.9 | -8.9 | -5.3 | 0.3 | 2.2 | 6.0 | 4.4 | -1.2 | -6.5 | -7.3 | -14.0 |
| | 最高 | -3.4 | -4.3 | 2.5 | 7.0 | 10.5 | 12.2 | 15.6 | 14.3 | 12.0 | 4.9 | 3.4 | 1.8 |
| | 日期 | 27 | 4 | 30 | 28 | 25 | 19 | 17 | 20 | 4 | 2 | 7 | 6 |
| | 最低 | -32.5 | -25.1 | -25.0 | -20.0 | -17.3 | -10.3 | -1.8 | -5.7 | -10.8 | -16.8 | -16.0 | -25.0 |
| 日期 | 15 | 25 | 12 | 21 | 1 | 6 | 24 | 10 | 17 | 31 | 30 | 11 | |
| 年统计 | 最高气温 15.6 7月17日 | | | | 最低气温 -32.5 1月15日 | | | | 平均气温 -5.1 | | | | |

制表: 杨新元 韩添丁

表7 天山冰川观测试验站基本营地1994年逐日平均气温表(℃)

| 年月 | 年统计 | | 最高气温 27.5 | | | | | 7月17日 | | | | | 最低气温 -29.5 | | | | | 12月12日 | | 平均气温 | |
|-----|-----|----|-----------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|--------|-----|--------|--------|--------|-------|--------|----|
| | 日期 | 日期 | 16 | 19 | 12 | 10 | 1 | 5 | 24 | 22 | 15 | 29 | 1 | 12 | 16 | 19 | 12 | 10 | 1 | 12 | |
| 1 | 12 | 1 | -12.8 | -9.4 | -5.9 | 4.7 | -3.3 | 8.5 | 14.9 | 8.9 | 6.3 | 4.2 | -0.9 | -7.3 | 1 | 11 | 10 | 9 | 8 | 0.6 | |
| 2 | 1 | 2 | -10.5 | -8.9 | -7.3 | -1.7 | 3.6 | 8.9 | 16.8 | 10.3 | 5.0 | 7.4 | 0.3 | -7.6 | 2 | 10 | 10 | 9 | 8 | 0.6 | |
| 3 | 2 | 3 | -13.4 | -10.0 | -4.1 | 3.4 | 4.1 | 8.3 | 14.0 | 9.1 | 6.9 | 8.3 | -0.7 | -4.8 | 3 | 10 | 10 | 9 | 8 | 0.6 | |
| 4 | 3 | 4 | -14.4 | -8.8 | -4.9 | 2.0 | 5.7 | 3.9 | 13.2 | 10.7 | 10.9 | 5.6 | 0.0 | -4.8 | 4 | 10 | 10 | 9 | 8 | 0.6 | |
| 5 | 4 | 5 | -13.0 | -10.3 | -10.7 | 2.6 | 8.4 | 6.6 | 9.9 | 9.6 | 8.4 | 3.8 | 0.0 | -3.0 | 5 | 10 | 10 | 9 | 8 | 0.6 | |
| 6 | 5 | 6 | -11.1 | -10.3 | -13.2 | -1.6 | 10.2 | 3.9 | 12.8 | 10.7 | 10.7 | 9.0 | 1.9 | -3.0 | 6 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 7 | 6 | 7 | -10.8 | -6.9 | -13.6 | -3.9 | 8.7 | 5.2 | 13.0 | 13.0 | 13.0 | 2.5 | -4.4 | -4.4 | 7 | 10 | 10 | 9 | 8 | 0.6 | |
| 8 | 7 | 8 | -11.2 | -11.0 | -10.6 | -3.6 | 11.1 | 6.3 | 14.2 | 11.1 | 11.1 | 3.4 | -2.5 | -6.9 | 8 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 9 | 8 | 9 | -12.1 | -7.8 | -6.2 | -5.4 | 10.7 | 10.2 | 14.5 | 9.5 | 5.8 | -4.3 | -11.4 | -11.4 | 9 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 10 | 9 | 10 | -12.4 | -7.8 | -9.4 | -7.1 | 9.3 | 11.7 | 15.1 | 8.8 | 7.1 | 1.7 | -17.0 | -17.0 | 10 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 11 | 10 | 11 | -14.0 | -11.7 | -14.1 | -5.7 | 5.5 | 12.7 | 14.6 | 8.8 | 9.7 | 1.5 | -18.2 | -18.2 | 11 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 12 | 11 | 12 | -13.5 | -12.8 | -14.2 | -2.0 | 4.8 | 10.8 | 13.4 | 10.4 | 10.4 | 1.0 | -16.9 | -16.9 | 12 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 13 | 12 | 13 | -9.8 | -10.3 | -12.5 | 2.3 | 7.9 | 14.8 | 11.9 | 5.4 | -3.4 | -1.6 | -16.3 | -16.3 | 13 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 14 | 13 | 14 | -13.7 | -8.1 | -7.2 | 3.5 | 10.6 | 9.8 | 13.7 | 12.3 | 0.2 | -4.0 | -14.8 | -14.8 | 14 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 15 | 14 | 15 | -21.3 | -6.1 | -3.7 | 2.6 | 8.8 | 13.0 | 11.8 | 11.9 | 0.7 | -5.9 | -11.4 | -11.4 | 15 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 16 | 15 | 16 | -21.1 | -9.4 | -1.7 | 4.2 | 10.3 | 11.5 | 13.6 | 12.8 | 2.1 | -5.5 | -9.5 | -9.5 | 16 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 17 | 16 | 17 | -16.8 | -10.6 | -0.5 | 0.7 | 10.0 | 14.3 | 15.5 | 10.5 | 4.4 | -4.5 | -9.9 | -9.9 | 17 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 18 | 17 | 18 | -17.4 | -14.1 | -1.2 | -1.9 | 6.8 | 12.1 | 15.1 | 10.1 | 4.1 | -2.2 | -10.8 | -10.8 | 18 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 19 | 18 | 19 | -17.8 | -17.2 | -2.9 | -1.6 | 8.2 | 13.7 | 13.0 | 11.0 | 4.7 | 1.2 | -11.7 | -11.7 | 19 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 20 | 19 | 20 | -17.8 | -12.9 | -2.3 | 0.0 | 8.0 | 13.1 | 11.1 | 12.7 | 5.6 | 0.2 | -9.9 | -9.9 | 20 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 21 | 20 | 21 | -16.3 | -11.3 | -6.0 | 0.2 | 8.1 | 11.7 | 13.7 | 11.2 | 4.7 | -2.2 | -12.9 | -12.9 | 21 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 22 | 21 | 22 | -15.2 | -11.8 | -1.2 | 3.2 | 2.8 | 11.6 | 11.7 | 14.2 | 6.5 | 2.1 | -7.9 | -7.9 | 22 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 23 | 22 | 23 | -10.8 | -11.8 | 1.6 | 3.4 | 4.0 | 13.0 | 9.6 | 10.3 | 3.8 | 3.5 | -10.4 | -10.4 | 23 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 24 | 23 | 24 | -12.0 | -14.1 | 1.2 | 4.0 | 5.8 | 13.9 | 10.9 | 13.6 | 4.2 | -1.3 | -12.7 | -12.7 | 24 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 25 | 24 | 25 | -9.8 | -14.7 | 1.2 | 5.8 | 9.2 | 11.1 | 11.0 | 12.9 | 4.5 | -4.8 | -12.9 | -12.9 | 25 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 26 | 25 | 26 | -11.9 | -12.6 | 1.7 | 3.4 | 10.2 | 10.1 | 13.0 | 15.2 | 4.9 | -5.1 | -17.0 | -17.0 | 26 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 27 | 26 | 27 | -8.4 | -10.9 | 1.2 | 7.0 | 9.1 | 11.3 | 14.2 | 15.1 | 5.8 | -4.3 | -15.5 | -15.5 | 27 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 28 | 27 | 28 | -7.3 | -8.6 | 0.5 | 10.4 | 9.6 | 10.8 | 14.2 | 12.1 | 6.7 | -2.8 | -14.6 | -14.6 | 28 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 29 | 28 | 29 | -8.2 | | -0.2 | 4.9 | 11.5 | 10.9 | 13.9 | 11.9 | 6.2 | -2.7 | -16.0 | -16.0 | 29 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 30 | 29 | 30 | -10.6 | | 2.1 | -3.6 | 11.1 | 13.3 | 11.5 | 13.3 | 6.1 | -1.8 | -16.5 | -16.5 | 30 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 31 | 30 | 31 | -10.0 | | 3.4 | | 8.5 | 9.8 | 8.4 | 8.4 | 1.9 | -1.9 | -16.1 | -16.1 | 31 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0.6 | |
| 旬总数 | | | -121.6 | -100.3 | 10.2 | 40.9 | 90.6 | 117.9 | 130.9 | 140.3 | 53.7 | -10.4 | -148.9 | -148.9 | 旬平均 | -11.1 | -12.5 | 0.9 | 4.1 | -13.5 | |
| 总数 | | | -406.5 | -304.7 | -135.9 | 32.4 | 240.0 | 308.1 | 405.9 | 354.4 | 165.6 | -3.3 | -337.9 | -337.9 | 总数 | -406.5 | -304.7 | -135.9 | 32.4 | -337.9 | |
| 平均 | | | -13.1 | -10.9 | -4.4 | 1.1 | 7.7 | 10.3 | 13.1 | 11.4 | 5.5 | -0.3 | -10.9 | -10.9 | 平均 | -13.1 | -10.9 | -4.4 | 1.1 | -10.9 | |
| 最高 | | | 1.4 | 8.1 | 14.6 | 22.3 | 21.3 | 23.0 | 27.5 | 24.5 | 23.3 | 18.1 | 11.0 | 11.0 | 最高 | 1.4 | 8.1 | 14.6 | 22.3 | 27.5 | |
| 最低 | | | -27.7 | -23.6 | -23.5 | -14.0 | -11.0 | -1.2 | 3.4 | 0.5 | -5.4 | -17.5 | -29.5 | -29.5 | 最低 | -27.7 | -23.6 | -23.5 | -14.0 | -29.5 | |
| 日期 | | | 16 | 19 | 12 | 10 | 1 | 5 | 24 | 22 | 15 | 29 | 1 | 12 | 日期 | 16 | 19 | 12 | 10 | 1 | 12 |

制表: 杨新元 韩添丁

表8 1号冰川水文点1994年逐日降水量表 (mm)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------|-------|---|---|------|------|-------|-------|------|------|------|-----|-----|
| 1 | | | | | 4.9 | 8.8 | 0.8 | | | | | |
| 2 | | | | | | 6.2 | 1.3 | 2.6 | | | | |
| 3 | | | | | | 6.3 | | 1.0 | | | | |
| 4 | | | | | 4.0 | 0.4 | 0.0 | | | | | |
| 5 | | | | | 0.5 | 7.5 | 5.5 | | | | | |
| 6 | | | | | | 2.0 | 0.0 | | | | | |
| 7 | | | | | 3.9 | 6.8 | 0.5 | | | | | |
| 8 | | | | | | 1.5 | | 0.6 | | | | |
| 9 | | | | | | 0.1 | 1.2 | 0.8 | | | | |
| 10 | | | | | | 5.8 | | 3.6 | | | | |
| 11 | | | | | 23.5 | 5.7 | 1.5 | 2.8 | | | | |
| 12 | | | | | | 18.0 | 3.6 | | | | | |
| 13 | | | | | | 4.8 | 5.0 | | | | | |
| 14 | | | | | | 12.0 | 38.4 | 3.2 | | | | |
| 15 | | | | | | 10.6 | | 1.8 | | | | |
| 16 | | | | | 2.0 | | | | | | | |
| 17 | | | | | 2.3 | 9.6 | | 7.9 | | | | |
| 18 | | | | | | | 18.0 | 0.8 | | | | |
| 19 | | | | | | 2.6 | 17.0 | | | | | |
| 20 | | | | | 4.3 | | | | | | | |
| 21 | | | | | | 3.8 | | 3.9 | | | | |
| 22 | | | | | | 3.9 | | | | | | |
| 23 | | | | | | | 7.2 | | | | | |
| 24 | | | | | | 11.6 | 1.4 | | | | | |
| 25 | | | | | | 1.2 | 0.5 | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | 10.3 | | | | | | | |
| 28 | | | | | 0.0 | | 6.9 | | | | | |
| 29 | | | | | 0.4 | | 1.8 | | | | | |
| 30 | | | | | 10.2 | 3.4 | 4.0 | 16.0 | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | |
| 总量 | 0.8 | 0 | 0 | 21.5 | 66.3 | 132.6 | 114.6 | 45.0 | 31.2 | 11.2 | 4.1 | 6.3 |
| 降水日数 | | | | | 12 | 22 | 19 | 12 | | | | |
| 最大日 降水量 | | | | | 23.5 | 18.0 | 38.4 | 16.0 | | | | |
| 日期 | | | | | 10 | 12 | 14 | 30 | | | | |
| 年统计 | 降水量 | | | | | | 降水日数 | | | | | |
| | 433.6 | | | | | | | | | | | |

附注: 因1-4月和9-12月每周观测一次, 故只计月降水总量。

制表: 杨新元 韩添丁

表9 空冰斗水文点1994年逐日降水量表 (mm)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
|------------|-----|---|---|------|------|-------|-------|------|------|------|-----|-----|------|--|
| 1 | | | | | 5.7 | 9.5 | 0.6 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | 8.0 | 1.8 | 2.6 | | | | | | |
| 3 | | | | | | 4.6 | | 1.0 | | | | | | |
| 4 | | | | | 3.7 | 0.5 | 12.8 | | | | | | | |
| 5 | | | | | 0.5 | 9.5 | 5.3 | 1.8 | | | | | | |
| 6 | | | | | | 2.5 | | 0.0 | | | | | | |
| 7 | | | | | | 7.6 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | 3.5 | | | 1.8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | | 2.2 | 1.0 | | | | | | |
| 10 | | | | | 0.4 | 9.5 | | 3.0 | | | | | | |
| 11 | | | | | 24.2 | 5.0 | 3.0 | 4.0 | | | | | | |
| 12 | | | | | | 21.7 | 2.8 | | | | | | | |
| 13 | | | | | | 4.5 | 3.9 | 4.0 | | | | | | |
| 14 | | | | | | | 36.0 | | | | | | | |
| 15 | | | | | | 19.1 | | 4.0 | | | | | | |
| 16 | | | | | 2.3 | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | 1.5 | 12.1 | | 4.8 | | | | | | |
| 18 | | | | | | 0.2 | 12.0 | 1.4 | | | | | | |
| 19 | | | | | | 0.0 | 16.0 | | | | | | | |
| 20 | | | | | 4.8 | 2.0 | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | 4.1 | | 3.0 | | | | | | |
| 22 | | | | | | 3.8 | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | 0.2 | | | | | | |
| 24 | | | | | | 10.5 | 7.0 | | | | | | | |
| 25 | | | | | | 3.0 | 1.7 | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | 9.5 | 1.8 | | 0.7 | | | | | | |
| 28 | | | | | 0.2 | 1.4 | 8.0 | | | | | | | |
| 29 | | | | | 0.1 | 0.9 | 2.6 | | | | | | | |
| 30 | | | | | 5.7 | 3.6 | 3.5 | 15.6 | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | |
| 总 量 | 0.7 | 0 | 0 | 21.2 | 62.1 | 145.4 | 119.2 | 48.9 | 40.1 | 11.5 | 4.7 | 6.0 | | |
| 降水日数 | | | | | 13 | 24 | 16 | 16 | | | | | | |
| 最大日 降水量 | | | | | 24.2 | 21.7 | 36.0 | 15.6 | | | | | | |
| 日 期 | | | | | 11 | 12 | 14 | 30 | | | | | | |
| 年统计 | 降水量 | | | | | 459.8 | | | | | | | 降水日数 | |

附注: 因1-4月和9-12月每周观测一次, 故只计月降水总量。

制表: 杨新元 韩莘丁

表10 总控制水文点1994年逐日降水量表 (mm)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------|-----------|-----|-----|------|------|-------|-------|------|------|------|-----|-----|
| 1 | | | | | 5.3 | 7.0 | 1.0 | 2.6 | | | | |
| 2 | | | | | | 6.0 | 1.3 | 1.0 | | | | |
| 3 | | | | | | 5.8 | | | | | | |
| 4 | | | | | 2.7 | 0.8 | 9.5 | | | | | |
| 5 | | | | | 0.2 | 7.0 | 7.8 | 1.8 | | | | |
| 6 | | | | | | 1.0 | 0.8 | 0.0 | | | | |
| 7 | | | | | 2.4 | 6.4 | 0.9 | | | | | |
| 8 | | | | | | 1.5 | 2.5 | 1.8 | | | | |
| 9 | | | | | | | 4.1 | 1.0 | | | | |
| 10 | | | | | 0.5 | 2.2 | | 3.5 | | | | |
| 11 | | | | | 21.3 | 1.8 | 0.6 | 4.0 | | | | |
| 12 | | | | | | 14.1 | 4.2 | | | | | |
| 13 | | | | | | 0.0 | 1.7 | | | | | |
| 14 | | | | | | 14.8 | 11.0 | 2.5 | | | | |
| 15 | | | | | | 15.8 | 34.0 | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | 1.0 | 4.0 | | 4.0 | | | | |
| 18 | | | | | | | 0.4 | 1.9 | | | | |
| 19 | | | | | | | 0.4 | 14.9 | | | | |
| 20 | | | | | 4.5 | 1.2 | 17.6 | | | | | |
| 21 | | | | | | 3.0 | | 2.5 | | | | |
| 22 | | | | | | 1.2 | | 2.0 | | | | |
| 23 | | | | | | | 5.7 | | | | | |
| 24 | | | | | | 1.7 | 2.2 | | | | | |
| 25 | | | | | | 0.7 | 2.0 | | | | | |
| 26 | | | | | | | 1.8 | | | | | |
| 27 | | | | | 7.2 | 1.9 | 0.8 | | | | | |
| 28 | | | | | | 1.6 | 5.9 | 0.3 | | | | |
| 29 | | | | | | 0.2 | 4.0 | 0.2 | | | | |
| 30 | | | | | 4.2 | 3.8 | 0.7 | 22.5 | | | | |
| 31 | | | | | | | 3.9 | | | | | |
| 总量 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 18.8 | 49.3 | 103.9 | 139.3 | 51.6 | 30.0 | 11.0 | 3.8 | 6.5 |
| 降水日数 | | | | | 10 | 25 | 25 | 16 | | | | |
| 最大日 降水量 | | | | | 21.3 | 15.8 | 34.0 | 22.5 | | | | |
| 日期 | | | | | 11 | 15 | 15 | 30 | | | | |
| 年统计 | 降水量 414.4 | | | | | | | | | | | |

附注: 因1-4月和9-12月每周观测一次, 故只计月降水总量。

制表: 杨新元 韩添丁

表11 天山冰川观测试验站基本营地1994年逐日降水量表 (mm)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------|-----|-------|-----|------|------|-------|-------|------|------|------|-----|-----|
| 1 | | | | | | | 1.1 | | 4.5 | | | |
| 2 | | | | | | 7.1 | | | 4.4 | | | |
| 3 | | | | | | 2.5 | 1.1 | 3.2 | | 0.9 | | |
| 4 | | | | | | 9.3 | 5.0 | 0.4 | | 1.0 | | |
| 5 | | | | | 0.2 | 0.8 | 7.2 | 9.3 | | 3.2 | | |
| 6 | | | | 0.8 | | 7.3 | | 4.0 | 0.6 | 0.5 | | 0.3 |
| 7 | | | | 0.0 | 1.5 | 8.2 | 8.6 | 5.9 | 14.0 | 3.0 | | 5.8 |
| 8 | | | | 1.3 | 0.1 | 6.0 | | 0.1 | | 3.2 | | |
| 9 | | | | | | | | 1.3 | | 1.0 | | |
| 10 | | | | 1.5 | 0.0 | | 6.0 | 8.7 | 1.6 | 0.3 | | |
| 11 | | | | | 0.8 | 1.6 | 5.8 | 9.9 | | | | |
| 12 | | | | | 8.5 | 6.7 | 3.3 | | | | 0.0 | |
| 13 | | | | | | 13.0 | | 0.5 | 3.3 | 1.7 | 0.5 | |
| 14 | | | | | | 7.4 | 7.9 | 0.1 | 30.9 | 0.8 | | |
| 15 | | | | | | 6.3 | 21.1 | 1.5 | 0.8 | | | |
| 16 | | | | | 0.5 | 11.1 | | | | | | |
| 17 | | 0.2 | | 12.5 | | | | 3.5 | | | | 1.5 |
| 18 | | 0.6 | | 4.8 | | 5.7 | 1.9 | 0.9 | | | | |
| 19 | | | | 1.2 | | | 7.3 | 1.1 | | | | |
| 20 | | | | | 1.2 | | 18.9 | | | | | |
| 21 | | | | | 4.0 | 0.7 | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | 9.4 | | | | | |
| 24 | | | | | | | 0.7 | | 2.4 | | | |
| 25 | | | | | | 7.6 | | | 0.3 | 0.4 | | 1.8 |
| 26 | | | | | | 2.9 | | | | | 4.4 | 0.2 |
| 27 | | | | | 4.0 | | | | | | 0.3 | |
| 28 | | | 1.0 | | 24.4 | 5.4 | 3.3 | | | | | |
| 29 | | | | 3.7 | 6.5 | 5.1 | | | | | | |
| 30 | | | | 3.4 | 0.3 | | 4.6 | | | | | |
| 31 | | | | | 5.2 | | 0.7 | 12.7 | | | | |
| 总 量 | 0 | 0.8 | 1.0 | 29.2 | 57.2 | 114.7 | 113.9 | 63.1 | 62.8 | 16.0 | 5.2 | 9.6 |
| 降水日数 | 0 | 2 | 1 | 9 | 14 | 19 | 18 | 16 | 10 | 11 | 4 | 5 |
| 最大日 降水量 | | 0.6 | 1.0 | 12.5 | 24.4 | 13.0 | 21.1 | 12.7 | 30.9 | 3.2 | 4.4 | 5.8 |
| 日 期 | | 18 | 28 | 17 | 28 | 13 | 15 | 31 | 14 | 5 | 26 | 7 |
| 年统计 | 降水量 | 473.5 | | | | 降水日数 | 109 | | | | | |

制表: 杨新元 韩添丁

表12 1号冰川水文点1994年逐日平均相对湿度表(%)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|----|---|---|---|------|------|------|------|---|----|----|----|
| 1 | | | | | 18 | 65 | 90 | 36 | | | | |
| 2 | | | | | 31 | 86 | 73 | 59 | | | | |
| 3 | | | | | 43 | 69 | 93 | 50 | | | | |
| 4 | | | | | 56 | 78 | 87 | 51 | | | | |
| 5 | | | | | 59 | 66 | 78 | 46 | | | | |
| 6 | | | | | 60 | 72 | 93 | 54 | | | | |
| 7 | | | | | 63 | 71 | 87 | 43 | | | | |
| 8 | | | | | 62 | 75 | 72 | 58 | | | | |
| 9 | | | | | 36 | 41 | 71 | 48 | | | | |
| 10 | | | | | 87 | 74 | 52 | 69 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 515 | 697 | 796 | 513 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 52 | 70 | 80 | 51 | | | | |
| 11 | | | | | 93 | 75 | 79 | 78 | | | | |
| 12 | | | | | 95 | 80 | 70 | 36 | | | | |
| 13 | | | | | 32 | 84 | 72 | 22 | | | | |
| 14 | | | | | 32 | 78 | 79 | 56 | | | | |
| 15 | | | | | 34 | 72 | 87 | 55 | | | | |
| 16 | | | | | 65 | 72 | 49 | 52 | | | | |
| 17 | | | | | 70 | 64 | 76 | 64 | | | | |
| 18 | | | | | 41 | 67 | 57 | 46 | | | | |
| 19 | | | | | 23 | 47 | 84 | 43 | | | | |
| 20 | | | | | 63 | 77 | 84 | 14 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 548 | 716 | 737 | 464 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 55 | 72 | 74 | 46 | | | | |
| 21 | | | | | 71 | 71 | 54 | 33 | | | | |
| 22 | | | | | 66 | 61 | 53 | 60 | | | | |
| 23 | | | | | 53 | 51 | 61 | 56 | | | | |
| 24 | | | | | 62 | 38 | 85 | 65 | | | | |
| 25 | | | | | 28 | 85 | 80 | 62 | | | | |
| 26 | | | | | 14 | 71 | 50 | 68 | | | | |
| 27 | | | | | 54 | 68 | 46 | 76 | | | | |
| 28 | | | | | 68 | 67 | 70 | 78 | | | | |
| 29 | | | | | 52 | 69 | 80 | 56 | | | | |
| 30 | | | | | 67 | 72 | 71 | 61 | | | | |
| 31 | | | | | 76 | | 59 | 86 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 611 | 653 | 709 | 699 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 56 | 65 | 74 | 64 | | | | |
| 月统计 | 总数 | | | | 1674 | 2066 | 2242 | 1676 | | | | |
| | 平均 | | | | 54 | 69 | 72 | 54 | | | | |
| | 最小 | | | | 4 | 21 | 6 | 1 | | | | |
| | 日期 | | | | 19 | 24 | 15 | 1 | | | | |

附注: 相对湿度仅在冰川消融期观测

制表: 杨新元 韩添丁

表13 空冰斗水文点1994年逐日平均相对湿度表(%)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------|----|---|---|---|------|------|------|------|---|----|----|----|
| 1 | | | | | 33 | 71 | 68 | 48 | | | | |
| 2 | | | | | 39 | 93 | 51 | 69 | | | | |
| 3 | | | | | 51 | 71 | 78 | 63 | | | | |
| 4 | | | | | 70 | 88 | 83 | 70 | | | | |
| 5 | | | | | 66 | 58 | 73 | 67 | | | | |
| 6 | | | | | 67 | 94 | 63 | 70 | | | | |
| 7 | | | | | 64 | 80 | 77 | 64 | | | | |
| 8 | | | | | 67 | 83 | 78 | 75 | | | | |
| 9 | | | | | 42 | 47 | 73 | 63 | | | | |
| 10 | | | | | 92 | 88 | 53 | 85 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 591 | 773 | 697 | 672 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 59 | 77 | 70 | 67 | | | | |
| 11 | | | | | 98 | 80 | 83 | 91 | | | | |
| 12 | | | | | 87 | 87 | 70 | 56 | | | | |
| 13 | | | | | 36 | 94 | 77 | 51 | | | | |
| 14 | | | | | 32 | 82 | 92 | 78 | | | | |
| 15 | | | | | 35 | 77 | 79 | 69 | | | | |
| 16 | | | | | 65 | 82 | 23 | 68 | | | | |
| 17 | | | | | 69 | 71 | 32 | 79 | | | | |
| 18 | | | | | 50 | 79 | 62 | 53 | | | | |
| 19 | | | | | 35 | 54 | 81 | 48 | | | | |
| 20 | | | | | 80 | 84 | 85 | 25 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 587 | 790 | 684 | 617 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 59 | 79 | 68 | 62 | | | | |
| 21 | | | | | 77 | 75 | 46 | 47 | | | | |
| 22 | | | | | 65 | 69 | 48 | 41 | | | | |
| 23 | | | | | 61 | 61 | 59 | 48 | | | | |
| 24 | | | | | 57 | 49 | 61 | 51 | | | | |
| 25 | | | | | 30 | 96 | 62 | 47 | | | | |
| 26 | | | | | 15 | 73 | 54 | 53 | | | | |
| 27 | | | | | 63 | 76 | 44 | 60 | | | | |
| 28 | | | | | 73 | 81 | 64 | 66 | | | | |
| 29 | | | | | 60 | 75 | 75 | 52 | | | | |
| 30 | | | | | 63 | 59 | 68 | 57 | | | | |
| 31 | | | | | 77 | | 69 | 75 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 641 | 714 | 650 | 560 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 58 | 71 | 59 | 51 | | | | |
| 月 统计 | 总数 | | | | 1819 | 2277 | 2031 | 1849 | | | | |
| | 平均 | | | | 59 | 76 | 66 | 60 | | | | |
| | 最小 | | | | 5 | 16 | 11 | 13 | | | | |
| | 日期 | | | | 26 | 5 | 16 | 1 | | | | |

附注: 相对湿度仅在冰川消融期观测

制表: 杨新元 韩添丁

表14 总控制水文点1994年逐日平均相对湿度表(%)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|----|---|---|---|------|------|------|------|---|----|----|----|
| 1 | | | | | 40 | 77 | 73 | 62 | | | | |
| 2 | | | | | 52 | 84 | 60 | 70 | | | | |
| 3 | | | | | 60 | 67 | 77 | 67 | | | | |
| 4 | | | | | 77 | 83 | 82 | 78 | | | | |
| 5 | | | | | 67 | 51 | 80 | 52 | | | | |
| 6 | | | | | 69 | 89 | 77 | 68 | | | | |
| 7 | | | | | 63 | 72 | 80 | 58 | | | | |
| 8 | | | | | 74 | 86 | 83 | 70 | | | | |
| 9 | | | | | 49 | 51 | 82 | 68 | | | | |
| 10 | | | | | 84 | 92 | 68 | 87 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 635 | 750 | 762 | 680 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 64 | 75 | 76 | 68 | | | | |
| 11 | | | | | 95 | 86 | 82 | 82 | | | | |
| 12 | | | | | 88 | 89 | 73 | 63 | | | | |
| 13 | | | | | 41 | 98 | 92 | 58 | | | | |
| 14 | | | | | 42 | 92 | 85 | 82 | | | | |
| 15 | | | | | 51 | 94 | 87 | 79 | | | | |
| 16 | | | | | 67 | 84 | 41 | 86 | | | | |
| 17 | | | | | 72 | 83 | 46 | 99 | | | | |
| 18 | | | | | 43 | 82 | 87 | 72 | | | | |
| 19 | | | | | 45 | 65 | 82 | 69 | | | | |
| 20 | | | | | 73 | 90 | 88 | 45 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 617 | 861 | 763 | 733 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 62 | 86 | 76 | 73 | | | | |
| 21 | | | | | 72 | 93 | 61 | 61 | | | | |
| 22 | | | | | 60 | 76 | 46 | 60 | | | | |
| 23 | | | | | 56 | 74 | 66 | 57 | | | | |
| 24 | | | | | 57 | 67 | 89 | 67 | | | | |
| 25 | | | | | 44 | 96 | 71 | 63 | | | | |
| 26 | | | | | 29 | 81 | 69 | 72 | | | | |
| 27 | | | | | 62 | 78 | 65 | 84 | | | | |
| 28 | | | | | 78 | 88 | 58 | 81 | | | | |
| 29 | | | | | 61 | 75 | 79 | 86 | | | | |
| 30 | | | | | 81 | 65 | 81 | 76 | | | | |
| 31 | | | | | 88 | | 80 | 85 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 688 | 792 | 765 | 792 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 63 | 79 | 70 | 72 | | | | |
| 月统计 | 总数 | | | | 1940 | 2403 | 2290 | 2205 | | | | |
| | 平均 | | | | 63 | 80 | 74 | 71 | | | | |
| | 最小 | | | | 11 | 19 | 9 | 24 | | | | |
| | 日期 | | | | 26 | 5 | 16 | 1 | | | | |

附注: 相对湿度仅在冰川消融期观测

制表: 杨新元 韩添丁

表15 天山冰川观测试验站基本营地1994年逐日平均相对湿度表(%)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
|-------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 69 | 52 | 37 | 42 | 62 | 69 | 69 | 93 | 83 | 56 | 45 | 56 | |
| 2 | 81 | 50 | 52 | 66 | 55 | 74 | 59 | 94 | 85 | 49 | 49 | 59 | |
| 3 | 79 | 47 | 40 | 48 | 51 | 78 | 73 | 50 | 66 | 66 | 49 | 56 | |
| 4 | 63 | 44 | 48 | 55 | 53 | 73 | 73 | 73 | 62 | 70 | 53 | 41 | |
| 5 | 60 | 65 | 68 | 66 | 45 | 62 | 78 | 77 | 72 | 66 | 57 | 55 | |
| 6 | 56 | 66 | 50 | 75 | 51 | 71 | 70 | 80 | 73 | 66 | 51 | 44 | |
| 7 | 48 | 43 | 42 | 70 | 58 | 70 | 77 | 70 | 83 | 81 | 47 | 76 | |
| 8 | 61 | 60 | 34 | 61 | 65 | 77 | 61 | 81 | 71 | 74 | 63 | 79 | |
| 9 | 79 | 60 | 41 | 78 | 53 | 63 | 58 | 84 | 69 | 72 | 55 | 75 | |
| 10 | 73 | 49 | 50 | 72 | 73 | 68 | 61 | 82 | 77 | 70 | 70 | 75 | |
| 旬总数 | 669 | 536 | 462 | 633 | 566 | 705 | 678 | 744 | 741 | 670 | 539 | 616 | |
| 旬平均 | 67 | 54 | 46 | 63 | 57 | 71 | 68 | 74 | 74 | 67 | 54 | 62 | |
| 11 | 73 | 66 | 61 | 64 | 72 | 77 | 71 | 81 | 64 | 70 | 66 | 57 | |
| 12 | 62 | 69 | 49 | 52 | 76 | 85 | 81 | 70 | 64 | 65 | 81 | 77 | |
| 13 | 49 | 54 | 41 | 43 | 50 | 80 | 73 | 64 | 79 | 69 | 69 | 73 | |
| 14 | 59 | 40 | 39 | 41 | 44 | 86 | 82 | 70 | 87 | 69 | 64 | 71 | |
| 15 | 65 | 39 | 55 | 43 | 50 | 83 | 85 | 74 | 80 | 65 | 52 | 69 | |
| 16 | 60 | 42 | 53 | 48 | 64 | 78 | 67 | 71 | 76 | 64 | 48 | 68 | |
| 17 | 55 | 71 | 31 | 72 | 66 | 73 | 66 | 82 | 67 | 60 | 54 | 76 | |
| 18 | 55 | 72 | 41 | 74 | 70 | 80 | 76 | 75 | 64 | 49 | 58 | 67 | |
| 19 | 59 | 60 | 67 | 86 | 58 | 65 | 81 | 73 | 68 | 47 | 60 | 61 | |
| 20 | 57 | 53 | 49 | 50 | 61 | 75 | 78 | 66 | 63 | 56 | 62 | 57 | |
| 旬总数 | 594 | 566 | 486 | 573 | 611 | 782 | 760 | 726 | 712 | 614 | 614 | 676 | |
| 旬平均 | 59 | 57 | 49 | 57 | 61 | 78 | 76 | 73 | 71 | 61 | 61 | 68 | |
| 21 | 53 | 54 | 39 | 43 | 76 | 67 | 73 | 60 | 64 | 55 | 62 | 60 | |
| 22 | 57 | 46 | 39 | 48 | 86 | 64 | 69 | 55 | 68 | 54 | 58 | 68 | |
| 23 | 51 | 48 | 32 | 57 | 73 | 57 | 75 | 64 | 82 | 52 | 60 | 76 | |
| 24 | 58 | 60 | 41 | 62 | 60 | 56 | 65 | 61 | 79 | 74 | 59 | 74 | |
| 25 | 62 | 53 | 45 | 56 | 52 | 88 | 71 | 63 | 62 | 66 | 61 | 78 | |
| 26 | 74 | 40 | 37 | 67 | 52 | 73 | 63 | 53 | 66 | 52 | 82 | 79 | |
| 27 | 56 | 39 | 46 | 51 | 61 | 69 | 59 | 51 | 61 | 52 | 83 | 69 | |
| 28 | 62 | 34 | 66 | 44 | 77 | 75 | 72 | 73 | 61 | 53 | 70 | 64 | |
| 29 | 74 | | 53 | 67 | 72 | 73 | 76 | 63 | 56 | 53 | 65 | 68 | |
| 30 | 71 | | 42 | 83 | 73 | 64 | 81 | 84 | 58 | 49 | 57 | 65 | |
| 31 | 59 | | 38 | | 84 | | 74 | 84 | | 52 | | 64 | |
| 旬总 | 677 | 374 | 478 | 587 | 766 | 686 | 778 | 711 | 657 | 612 | 657 | 762 | |
| 旬平均 | 62 | 47 | 43 | 59 | 70 | 69 | 71 | 65 | 66 | 56 | 66 | 69 | |
| 月 统 计 | 总数 | 1940 | 1476 | 1426 | 1793 | 1943 | 2173 | 2216 | 2181 | 2110 | 1896 | 1810 | 2054 |
| | 平均 | 63 | 53 | 46 | 60 | 63 | 72 | 71 | 70 | 70 | 61 | 60 | 66 |
| | 最小 | 19 | 8 | 7 | 6 | 13 | 22 | 21 | 21 | 21 | 20 | 25 | 19 |
| | 日期 | 13 | 7 | 1 | 1 | 13 | 23 | 17 | 17 | 25 | 2 | 2 | 4 |

制表: 杨新元 韩添丁

1995年乌鲁木齐河源水文、气象特征分析

韩添丁 杨新元

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 730000)

乌鲁木齐河为冰雪融水和降水为主的混合补给型河流。在河源区有7条冰川, 为控制整个河源区的冰雪径流, 在大西沟与罗布道沟口交汇处海拔3408m的河道上设有总控制水文点, 流域面积28.9km²(其中冰川面积5.6km²), 并在左岸设有常规气象观测点; 1号冰川为乌河河源, 面积1.84km², 在冰舌前方3695m处设有水文点, 控制面积3.34km², 并在左岸设有气象观测点; 为对比观测积雪和地下水转化的特征径流, 在1号冰川对面空冰斗口3805m处设空冰斗水文点, 控制面积1.68km², 在冰斗口设有气象观测点。本文就以上三个水文、气象点的实测资料, 对河源区1995年的径流及气象特征加以分析。

1 资料整编

1995年水文气象资料(附文后)包括: 总控制、1号冰川, 空冰斗三个水文、气象点的逐日径流、气温、降水、湿度等各项气象要素, 另外包括后峡基本营地的各气象要素逐日资料。

所有观测资料整编均按规范进行。

2 径流及气象要素的日变化特征

2.1 流量、气温:

1) 1号冰川径流的大小更多的依赖于气温的变化, 在晴朗的天气下, 气温日最高一般出现在14:00左右, 而流量的峰值出现在16:00~18:00点, 晚22:00点后才缓慢退水; 从涨水到退水过程中, 流量过程线呈多峰型, 反映出冰川消融对气温变的敏感性。

2) 空冰斗径流大小除了取决于气温的变化外, 冬春季固态降水及夏季混合降水的积累和地下水在多年冻土融冻中的转化程度, 也直接影响着空冰斗水文点径流的变化特征; 流量过程线一般比较平稳(阵性降水径流除外)。气温日变化特征相似于1号冰川气象点, 但气温明显低于同期的1号气象点。

3) 总控制水文点乌河河源区的径流变化, 包括冰川和非冰川径流, 由于汇流面积较大, 加之河源区下垫面因素的差异, 流量上涨时间大约在14:00点左右开始, 20:00点左右出现最大, 一般在第二天凌晨1、2点才能降到平水位, 对气温的滞后

比较明显。

2.2 降水:

1995年冬季降水较去年同期多, 如空冰斗1-4月降水比去年同期多13.3mm; 夏季降水比去年少。从降水观测来看, 固态降水过程, 1号气象点稍多于空冰斗和总控制点的降水量; 降雨过程, 总控制点和空冰斗多于1号点, 降水的高度效应不太明显, 但取样点的开阔程度对降水的捕捉率有较大的影响。

3 河源各水文点流量计算

根据实测水位; 流量关系线, 用月记水位自记的水位值(每天根据实际水位校正), 计算出三个水文点的径流量和年均流量如表1。

表1 乌鲁木齐河源各水文点径流计算表

| 站 点 | 年径流总量(10^4m^3) | 年均流量(m^3/s) |
|--------|---------------------------|-------------------------------|
| 1号水文点 | 209.2 | 0.197 |
| 空冰斗水文点 | 123.8 | 0.117 |
| 总控制水文点 | 1867.8 | 1.759 |

4 1号冰川年积消特征

1号冰川为负平衡年, 根据1995年水文气象实测资料和张寅生等(1992)、大野宏之(1)等在河源的蒸发观测, 1号冰川(4010m)蒸发量约127mm, 得出1号冰川年减薄量为:

$$\begin{aligned} \text{冰川消融深度} + \text{蒸发量} &= 127 \text{ mm} + 127 \text{ mm} \\ &= 254 \text{ mm} \quad (\text{折合水量: } 46.7 \times 10^4 \text{ m}^3) \end{aligned}$$

5 一般结论

1). 1995年5、7、8月平均温度低于1994同期, 6月平均温度高于去年6月, 夏季降水少于去年, 冬季降水稍多于去年。

2). 1号冰川为负平衡年, 负物质平衡深度为: -254 mm , 折合水量 $46.7 \times 10^4 \text{ m}^3$

3). 1号冰川水文点及总控制水文点的年径流量最大期为7月中、下旬到8月上旬, 而空冰斗出现6月下旬。

参 考 文 献

张寅生等, 1992, 乌鲁木齐河流域高寒区蒸发量观测试验研究, 见: 乌鲁木齐河山区水资源形成和估算, 北京, 科学出版社, 79-88

(1) 大野宏之, 1987; 1988, 天山冰川观测试验站年报, 6. 7

表1 乌鲁木齐河源空冰斗水文点(集水面积1.68 km²) 1995年逐日平均流量表(m³/s)

| 日 | 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|----|---|---|---|-----|--|------------|--------------------|------------|--------|------------|----|----|
| 1 | | | | | | 0 | 0.065 | 0.184 | 0.044 | | | | |
| 2 | | | | | | 0 | 0.065 | 0.184 | 0.089 | | | | |
| 3 | | | | | | 0.013 | 0.065 | 0.228 | 0.089 | | | | |
| 4 | | | | | | 0.013 | 0.065 | 0.228 | 0.065 | | | | |
| 5 | | | | | | 0.026 | 0.013 | 0.184 | 0.112 | | | | |
| 6 | | | | | | 0.026 | 0.184 | 0.184 | 0.136 | | | | |
| 7 | | | | | | 0.044 | 0.256 | 0.184 | 0.136 | | | | |
| 8 | | | | | | 0.044 | 0.318 | 0.252 | 0.136 | | | | |
| 9 | | | | | | 0.065 | 0.256 | 0.250 | 0.252 | | | | |
| 10 | | | | | | 0.089 | 0.184 | 0.184 | 0.252 | | | | |
| 旬总数 | | | | | | 0.32 | 1.471 | 2.062 | 1.311 | | | | |
| 旬平均 | | | | | | 0.032 | 0.147 | 0.206 | 0.131 | | | | |
| 11 | | | | | | 0.065 | 0.026 | 0.184 | 0.160 | | | | |
| 12 | | | | | | 0.065 | 0.013 | 0.203 | 0.136 | | | | |
| 13 | | | | | | 0.044 | 0.013 | 0.184 | 0.22 | | | | |
| 14 | | | | | | 0.026 | 0.184 | 0.228 | 0.112 | | | | |
| 15 | | | | | | 0.013 | 0.112 | 0.228 | 0.065 | | | | |
| 16 | | | | | | 0.026 | 0.112 | 0.252 | 0.065 | | | | |
| 17 | | | | | | 0.013 | 0.013 | 0.256 | 0.065 | | | | |
| 18 | | | | | | 0 | 0.065 | 0.203 | 0.089 | | | | |
| 19 | | | | | | 0 | 0.112 | 0.160 | 0.089 | | | | |
| 20 | | | | | | 0 | 0.184 | 0.252 | 0.065 | | | | |
| 旬总数 | | | | | | 0.252 | 0.834 | 2.15 | 1.066 | | | | |
| 旬平均 | | | | | | 0.025 | 0.083 | 0.215 | 0.107 | | | | |
| 21 | | | | | | 0 | 0.184 | 0.160 | 0.089 | | | | |
| 22 | | | | | | 0.044 | 0.252 | 0.065 | 0.089 | | | | |
| 23 | | | | | | 0 | 0.252 | 0.044 | 0.112 | | | | |
| 24 | | | | | | 0 | 0.184 | 0.089 | 0.184 | | | | |
| 25 | | | | | | 0 | 0.250 | 0.203 | 0.160 | | | | |
| 26 | | | | | | 0.044 | 0.318 | 0.184 | 0.160 | | | | |
| 27 | | | | | | 0.089 | 0.228 | 0.089 | 0.160 | | | | |
| 28 | | | | | | 0.044 | 0.184 | 0.112 | 0.112 | | | | |
| 29 | | | | | | 0.013 | 0.089 | 0.089 | 0.065 | | | | |
| 30 | | | | | | 0.044 | 0.089 | 0.065 | 0.112 | | | | |
| 31 | | | | | | 0.013 | — | 0.044 | 0.160 | | | | |
| 旬总数 | | | | | | 0.291 | 2.03 | 1.144 | 1.403 | | | | |
| 旬平均 | | | | | | 0.029 | 0.203 | 0.114 | 0.140 | | | | |
| 月统计 | 总数 | | | | | 0.863 | 4.335 | 5.356 | 3.78 | | | | |
| | 平均 | | | | | 0.028 | 0.144 | 0.173 | 0.122 | | | | |
| | 最大 | | | | | 0.089 | 0.880 | 0.640 | 0.625 | | | | |
| | 日期 | | | | | 10 | 8 | 16 | 9 | | | | |
| | 最小 | | | | | 0 | 0.04 | 0.013 | 0 | | | | |
| 日期 | | | | | 1-2 | 12 | 22 | 8 | | | | | |
| 年统计 | | | | | | 年总数 14.334 | 最大流量 0.880 | 6月8日 | 最小流量 0 | 5月1-2日 | 平均流量 0.117 | | |
| | | | | | | 径流量 123.8 × 10 ⁶ m ³ | 径流模数 69.6 | L/skm ² | 径流深度 737mm | | | | |

制表: 韩添丁 杨新元

表2 乌鲁木齐河源总控水文点(集水面积28.9 km²)1995年逐日平均流量表(m³/s)

| 日 | 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|---|--------|---|--------|---|--------|---|-------------------------|-------------------------|---|----|----|----|
| 1 | | 0.10 | 0.65 | 0.65 | 0.10 | 0.65 | 0.65 | 2.36 | 1.50 | | | | |
| 2 | | 0.10 | 1.39 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 1.39 | 2.90 | 1.63 | | | | |
| 3 | | 0.10 | 1.04 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 1.04 | 3.28 | 1.77 | | | | |
| 4 | | 0.10 | 1.04 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 1.04 | 3.28 | 1.91 | | | | |
| 5 | | 0.10 | 0.83 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.83 | 3.71 | 2.06 | | | | |
| 6 | | 0.10 | 1.50 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 1.50 | 3.50 | 2.66 | | | | |
| 7 | | 0.32 | 2.20 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 2.20 | 3.14 | 3.14 | | | | |
| 8 | | 0.32 | 2.66 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 2.66 | 2.90 | 3.14 | | | | |
| 9 | | 0.32 | 3.28 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 3.28 | 3.50 | 2.53 | | | | |
| 10 | | 0.32 | 3.14 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 3.14 | 3.14 | 2.20 | | | | |
| 旬总数 | | 1.88 | 17.87 | 1.88 | 1.88 | 1.88 | 17.87 | 31.71 | 22.54 | | | | |
| 旬平均 | | 0.188 | 1.787 | 0.188 | 0.188 | 0.188 | 1.787 | 3.171 | 2.254 | | | | |
| 11 | | 0.65 | 1.77 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 1.77 | 3.14 | 1.77 | | | | |
| 12 | | 0.65 | 0.74 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.74 | 3.14 | 1.91 | | | | |
| 13 | | 0.65 | 1.15 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 1.15 | 2.53 | 2.06 | | | | |
| 14 | | 0.65 | 1.27 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 1.27 | 2.90 | 1.50 | | | | |
| 15 | | 0.10 | 1.15 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 1.15 | 3.71 | 1.39 | | | | |
| 16 | | 0.32 | 0.65 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.65 | 4.12 | 1.50 | | | | |
| 17 | | 0.32 | 0.83 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.83 | 3.50 | 1.64 | | | | |
| 18 | | 0.10 | 1.04 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 1.04 | 3.50 | 1.64 | | | | |
| 19 | | 0.10 | 1.15 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 1.15 | 3.71 | 1.77 | | | | |
| 20 | | 0.10 | 1.39 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 1.39 | 4.33 | 1.91 | | | | |
| 旬总数 | | 3.64 | 11.14 | 3.64 | 3.64 | 3.64 | 11.14 | 34.58 | 17.09 | | | | |
| 旬平均 | | 0.364 | 1.114 | 0.364 | 0.364 | 0.364 | 1.114 | 3.458 | 1.709 | | | | |
| 21 | | 0.10 | 2.20 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 2.20 | 2.53 | 2.06 | | | | |
| 22 | | 0.10 | 2.66 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 2.66 | 2.06 | 1.91 | | | | |
| 23 | | 0.10 | 3.28 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 3.28 | 1.91 | 2.20 | | | | |
| 24 | | 0.10 | 2.90 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 2.90 | 1.91 | 2.66 | | | | |
| 25 | | 0.10 | 2.52 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 2.52 | 2.53 | 2.66 | | | | |
| 26 | | 0.10 | 3.71 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 3.71 | 2.20 | 2.53 | | | | |
| 27 | | 0.10 | 4.12 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 4.12 | 1.64 | 2.06 | | | | |
| 28 | | 0.10 | 3.08 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 3.08 | 1.91 | 1.50 | | | | |
| 29 | | 0.56 | 2.90 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 2.90 | 1.77 | 1.15 | | | | |
| 30 | | 0.65 | 2.53 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 2.53 | 1.77 | 1.50 | | | | |
| 31 | | 0.32 | — | 0.32 | 0.32 | 0.32 | — | 1.77 | 1.27 | | | | |
| 旬总数 | | 2.33 | 29.9 | 2.33 | 2.33 | 2.33 | 29.9 | 22.0 | 21.50 | | | | |
| 旬平均 | | 0.212 | 2.990 | 0.212 | 0.212 | 0.212 | 2.990 | 2.20 | 2.15 | | | | |
| 总数 | | 7.85 | 58.91 | 7.85 | 7.85 | 7.85 | 58.91 | 88.29 | 61.13 | | | | |
| 平均 | | 0.253 | 1.964 | 0.253 | 0.253 | 0.253 | 1.964 | 2.848 | 1.972 | | | | |
| 最大 | | 1.265 | 8.60 | 1.265 | 1.265 | 1.265 | 8.60 | 7.640 | 5.16 | | | | |
| 日期 | | 29 | 26 | 29 | 29 | 29 | 26 | 19 | 25 | | | | |
| 最小 | | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 1.04 | 0.83 | | | | |
| 日期 | | 1-6 | 6 | 1-6 | 1-6 | 1-6 | 6 | 30 | 29 | | | | |
| 统计 | | 年 | 统计 | 年 | 统计 | 年 | 统计 | 年 | 统计 | | | | |
| 总数 | | 216.18 | 1867.8 × 10 ⁴ m ³ | 216.18 | 1867.8 × 10 ⁴ m ³ | 216.18 | 1867.8 × 10 ⁴ m ³ | 60.9 L/skm ² | 60.9 L/skm ² | | | | |
| 平均 | | 1.759 | 646.3mm | 1.759 | 646.3mm | 1.759 | 646.3mm | 646.3mm | 646.3mm | | | | |

制表: 韩添丁 杨新元

表3 乌鲁木齐河源1号水文点(集水面积3.34 km²)1995年逐日平均流量表(m³/s)

| 日 | 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | |
|-----|----|---|--------|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|
| | 1 | 0.051 | 0.051 | 0.051 | 0.051 | 0.132 | 0.107 | 0.107 | 0.259 | 0.107 | 0.259 | 0.107 | | | | |
| | 2 | 0.051 | 0.051 | 0.084 | 0.084 | 0.051 | 0.084 | 0.259 | 0.338 | 0.338 | 0.107 | | | | | |
| | 3 | 0.051 | 0.051 | 0.084 | 0.084 | 0.051 | 0.084 | 0.338 | 0.338 | 0.338 | 0.051 | | | | | |
| | 4 | | | 0.084 | 0.084 | 0.084 | 0.365 | 0.421 | 0.365 | 0.421 | 0.051 | | | | | |
| | 5 | | | 0.084 | 0.084 | 0.107 | 0.338 | 0.450 | 0.338 | 0.450 | 0.051 | | | | | |
| | 6 | | | 0.107 | 0.107 | 0.107 | 0.338 | 0.478 | 0.338 | 0.478 | 0 | | | | | |
| | 7 | | | 0.182 | 0.182 | 0.207 | 0.107 | 0.478 | 0.107 | 0.478 | 0 | | | | | |
| | 8 | | | 0.182 | 0.182 | 0.207 | 0.478 | 0.338 | 0.207 | 0.338 | 0 | | | | | |
| | 9 | | | 0.182 | 0.182 | 0.207 | 0.478 | 0.338 | 0.232 | 0.338 | 0 | | | | | |
| | 10 | | | 0.207 | 0.207 | 0.207 | 0.259 | 0.259 | 0.232 | 0.259 | 0 | | | | | |
| | 11 | | | 0.207 | 0.207 | 0.207 | 0.132 | 0.259 | 0.132 | 0.259 | 0.182 | | | | | |
| | 12 | | | 0.207 | 0.207 | 0.207 | 0.157 | 0.182 | 0.157 | 0.182 | 0.182 | | | | | |
| | 13 | | | 0.132 | 0.132 | 0.084 | 0.107 | 0.259 | 0.107 | 0.259 | 0.107 | | | | | |
| | 14 | | | 0.084 | 0.084 | 0.084 | 0.132 | 0.132 | 0.132 | 0.132 | 0.259 | | | | | |
| | 15 | | | 0.084 | 0.084 | 0.084 | 0.084 | 0.182 | 0.084 | 0.182 | 0.259 | | | | | |
| | 16 | | | 0.084 | 0.084 | 0.084 | 0.107 | 0.232 | 0.107 | 0.232 | 0.207 | | | | | |
| | 17 | | | 0.084 | 0.084 | 0.084 | 0.132 | 0.338 | 0.132 | 0.338 | 0.232 | | | | | |
| | 18 | | | 0 | 0 | 0 | 0.107 | 0.259 | 0.107 | 0.259 | 0.232 | | | | | |
| | 19 | | | 0 | 0 | 0 | 0.107 | 0.393 | 0.107 | 0.393 | 0.182 | | | | | |
| | 20 | | | 0 | 0 | 0 | 0.207 | 0.259 | 0.207 | 0.259 | 0.285 | | | | | |
| | 21 | | | 0.882 | 0.882 | 1.274 | 2.318 | 2.152 | 0.215 | 2.152 | 0.215 | | | | | |
| | 22 | | | 0 | 0 | 0 | 0.259 | 0.182 | 0.182 | 0.365 | 0.365 | | | | | |
| | 23 | | | 0 | 0 | 0 | 0.421 | 0.232 | 0.365 | 0.232 | 0.285 | | | | | |
| | 24 | | | 0 | 0 | 0 | 0.232 | 0.365 | 0.365 | 0.285 | 0.285 | | | | | |
| | 25 | | | 0 | 0 | 0 | 0.259 | 0.232 | 0.365 | 0.232 | 0.365 | | | | | |
| | 26 | | | 0.051 | 0.051 | 0.393 | 0.084 | 0.259 | 0.084 | 0.259 | 0.259 | | | | | |
| | 27 | | | 0.107 | 0.107 | 0.285 | 0.107 | 0.232 | 0.107 | 0.232 | 0.232 | | | | | |
| | 28 | | | 0 | 0 | 0.312 | 0.182 | 0.157 | 0.182 | 0.157 | 0.157 | | | | | |
| | 29 | | | 0.084 | 0.084 | 0.182 | 0.207 | 0.132 | 0.207 | 0.132 | 0.132 | | | | | |
| | 30 | | | 0.107 | 0.107 | 0.107 | 0.285 | 0.107 | 0.285 | 0.107 | 0.107 | | | | | |
| | 31 | | | 0 | 0 | — | — | 0.107 | 0.285 | 0.107 | 0.107 | | | | | |
| 旬总数 | | 3.433 | 3.433 | 2.02 | 2.02 | 2.893 | 3.433 | 3.433 | 3.433 | 3.433 | 3.433 | 3.433 | | | | |
| 旬平均 | | 0.118 | 0.118 | 0.202 | 0.202 | 0.289 | 0.343 | 0.343 | 0.343 | 0.343 | 0.343 | 0.343 | | | | |
| 旬总数 | | 1.181 | 1.181 | 2.02 | 2.02 | 2.893 | 3.433 | 3.433 | 3.433 | 3.433 | 3.433 | 3.433 | | | | |
| 旬平均 | | 0.088 | 0.088 | 0.127 | 0.127 | 0.232 | 0.232 | 0.215 | 0.232 | 0.232 | 0.215 | 0.215 | | | | |
| 年总数 | | 24.212 | 24.212 | 1.13 | 1.13 | 8.554 | 8.27 | 8.27 | 8.27 | 8.27 | 8.27 | 8.27 | | | | |
| 年总数 | | 209.2 | 209.2 | 10 ⁶ | 10 ⁶ | 59.0 | 59.0 | 59.0 | 59.0 | 59.0 | 59.0 | 59.0 | 59.0 | | | |
| 年统计 | | 径流量 209.2 × 10 ⁶ m ³ 径流模数 59.0 L/skm ² 径流深度 626mm 平均流量 0.197 | | | | | | | | | | | | | | |
| 月 | 统计 | 平均 | 最大 | 日期 | 最小 | 日期 | 平均 | 最大 | 日期 | 最小 | 日期 | 平均 | 最大 | 日期 | 最小 | 日期 |
| 1 | | 0.051 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.051 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.051 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 2 | | 0.051 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.051 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.051 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 3 | | 0.051 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.051 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.051 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 4 | | 0.084 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.084 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.084 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 5 | | 0.084 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.084 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.084 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 6 | | 0.107 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.107 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.107 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 7 | | 0.107 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.107 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.107 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 8 | | 0.107 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.107 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.107 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 9 | | 0.107 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.107 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.107 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 10 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 11 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 12 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 13 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 14 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 15 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 16 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 17 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 18 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 19 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 20 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 21 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 22 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 23 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 24 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 25 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 26 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 27 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 28 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 29 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 30 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |
| 31 | | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 | 0.207 | 0.207 | 10 | 0 | 5 |

附表: 韩添丁 杨新元

表4 乌鲁木齐河源1号冰川水文点1995年逐日平均气温表(气温:℃)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 12月13日 | | | | 平均气温(-6.3) | | | | | | |
|--------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|------|------|--------|-------|-------|--------|------------|---|---|---|--|--|--|
| | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
| 1 | 1 | -17.9 | -18.0 | -16.1 | -11.1 | 3.1 | 0.9 | 4.9 | 1.9 | 2.4 | -4.6 | -6.8 | -13.7 | | | | | | |
| 2 | | -16.4 | -15.2 | -14.0 | -12.1 | -0.1 | 1.2 | 7.2 | 4.1 | 0.3 | -0.9 | -7.5 | -14.8 | | | | | | |
| 3 | | -13.0 | -11.8 | -14.7 | -12.8 | -0.8 | 1.8 | 8.3 | 3.8 | 2.4 | 0.2 | -7.6 | -15.4 | | | | | | |
| 4 | | -12.1 | -13.9 | -15.5 | -16.4 | 0.3 | -1.5 | 7.6 | 4.8 | -2.9 | -0.6 | -9.1 | -15.7 | | | | | | |
| 5 | | -10.4 | -12.6 | -14.2 | -19.8 | 0.7 | -1.0 | 8.1 | 7.0 | -4.0 | -1.7 | -8.1 | -13.0 | | | | | | |
| 6 | | -11.6 | -15.2 | -17.3 | -14.2 | 1.0 | 1.1 | 6.5 | 6.5 | -2.9 | -2.4 | -8.0 | -13.2 | | | | | | |
| 7 | | -17.7 | -10.3 | -22.3 | -8.8 | 0.3 | 4.7 | 2.4 | 6.1 | -2.9 | -2.2 | -6.1 | -11.0 | | | | | | |
| 8 | | -18.1 | -11.3 | -15.9 | -4.5 | 2.1 | 6.5 | 5.0 | 1.3 | -3.1 | -1.5 | -6.5 | -10.9 | | | | | | |
| 9 | | -21.8 | -12.3 | -14.8 | -2.7 | 4.3 | 5.3 | 5.1 | 1.1 | 0.6 | 0.4 | -7.4 | -14.4 | | | | | | |
| 10 | | -21.2 | -14.1 | -16.2 | -1.4 | 4.1 | 1.7 | 3.8 | 4.4 | 1.3 | -1.5 | -8.1 | -14.6 | | | | | | |
| 11 | | -16.0 | -13.5 | -16.1 | -10.4 | 1.5 | 2.1 | 5.9 | 4.1 | -0.9 | -1.5 | -7.5 | -13.7 | | | | | | |
| 12 | | -16.2 | -12.1 | -16.5 | -7.9 | -1.2 | -1.4 | 3.4 | 3.1 | 2.3 | -8.8 | -22.9 | | | | | | | |
| 13 | | -16.0 | -14.9 | -17.5 | -11.9 | -1.5 | -2.5 | 1.1 | 1.1 | -0.1 | -3.7 | -22.4 | | | | | | | |
| 14 | | -16.2 | -16.6 | -22.8 | -13.1 | -3.1 | 0.2 | 3.2 | 1.0 | -0.4 | -1.2 | -21.2 | | | | | | | |
| 15 | | -18.1 | -14.4 | -23.0 | -9.0 | -2.6 | -1.0 | 3.8 | 4.1 | -0.8 | -6.8 | -19.2 | | | | | | | |
| 16 | | -18.7 | -15.8 | -18.8 | -8.1 | -2.7 | 3.1 | 2.3 | 5.8 | 0.0 | -3.3 | -15.8 | | | | | | | |
| 17 | | -19.3 | -14.4 | -13.0 | -7.6 | -5.7 | 2.7 | 4.8 | 6.2 | 1.6 | -2.8 | -15.9 | | | | | | | |
| 18 | | -20.4 | -18.2 | -10.0 | -3.5 | -11.4 | 1.1 | 6.5 | 4.4 | 3.4 | -8.0 | -14.6 | | | | | | | |
| 19 | | -19.1 | -23.0 | -8.4 | -4.6 | -9.1 | 1.2 | 7.0 | 4.2 | 3.6 | -15.0 | -12.6 | | | | | | | |
| 20 | | -22.6 | -23.9 | -5.1 | -8.3 | -5.3 | 3.4 | 0.7 | 6.4 | 5.0 | -13.2 | -14.9 | | | | | | | |
| 21 | | -23.9 | -23.3 | -9.0 | -11.7 | 1.6 | 6.2 | 3.0 | 5.1 | 4.4 | -11.6 | -15.7 | | | | | | | |
| 22 | | -25.5 | -21.7 | -11.5 | -9.4 | -2.7 | 5.6 | 3.5 | 3.6 | 4.9 | -10.7 | -15.6 | | | | | | | |
| 23 | | -19.6 | -13.7 | -8.0 | -4.0 | 6.3 | 4.2 | 3.3 | 4.9 | 4.9 | -9.4 | -13.3 | | | | | | | |
| 24 | | -16.9 | -13.5 | -8.7 | -3.5 | 5.4 | 6.1 | 5.4 | 4.5 | 4.5 | -3.0 | -11.9 | | | | | | | |
| 25 | | -15.8 | -7.7 | -8.0 | -2.6 | 5.0 | 2.5 | 6.5 | 2.8 | 2.8 | -2.8 | -18.5 | | | | | | | |
| 26 | | -11.4 | -10.2 | -6.2 | 0.2 | 5.3 | 0.4 | 2.4 | 1.5 | -7.2 | -14.6 | -13.4 | | | | | | | |
| 27 | | -12.0 | -11.1 | -4.7 | 1.7 | 3.3 | 2.5 | 3.3 | 1.2 | -12.2 | -9.7 | -9.3 | | | | | | | |
| 28 | | -17.4 | -16.8 | -7.5 | -5.1 | 5.0 | 3.3 | 3.6 | 2.3 | -13.6 | -12.5 | -11.3 | | | | | | | |
| 29 | | -14.4 | -8.6 | -2.8 | 0.0 | 4.0 | 2.9 | 3.2 | -3.8 | -7.8 | -15.9 | -11.1 | | | | | | | |
| 30 | | -19.8 | -10.2 | -3.0 | 1.5 | 3.9 | 1.9 | 0.9 | -6.9 | -6.5 | -14.0 | -11.6 | | | | | | | |
| 31 | | -18.5 | -11.3 | -0.9 | -0.9 | 0.9 | 0.4 | 0.4 | -4.8 | -13.3 | | | | | | | | | |
| 旬总数 | | -185.1 | -166.8 | -149.1 | -77.9 | -43.5 | 5.6 | 36.6 | 38.7 | 16.2 | -68.7 | -174.8 | | | | | | | |
| 旬平均 | | -18.5 | -16.7 | -14.9 | -7.8 | -4.4 | 0.6 | 3.7 | 3.9 | 1.6 | -6.9 | -17.5 | | | | | | | |
| 年统计 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 最高气温 | 12.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 最低气温 | (-28.0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日期 | (22) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日期 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日期 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日期 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日期 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日期 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

备注：因仪器故障，括号内数字为近似值，下同

附表：韩添丁等

表5 鸟鲁木齐河源空冰斗水文点1995年逐日平均气温表(气温: °C)

| 年月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|-----------|------------|--------------------|--------|-------|-------|------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | -19.5 | -17.5 | -15.0 | -9.8 | -2.7 | -1.5 | 4.3 | 0.1 | 0.8 | -6.2 | -7.5 | -12.2 |
| 2 | -17.5 | -12.5 | -15.2 | -10.7 | -2.1 | 1.0 | 7.8 | 2.9 | 3.2 | -1.9 | -8.4 | -14.4 |
| 3 | -12.5 | -11.5 | -13.0 | -15.0 | -13.9 | -1.6 | 6.8 | 4.3 | -1.4 | -2.5 | -10.1 | -14.0 |
| 4 | -11.4 | -11.4 | -12.3 | -14.4 | -17.2 | -0.3 | 6.9 | 7.4 | -4.0 | -3.5 | -9.7 | -13.0 |
| 5 | -11.4 | -11.4 | -12.3 | -14.4 | -17.2 | -0.3 | 6.9 | 7.4 | -4.0 | -3.5 | -9.7 | -13.0 |
| 6 | -12.1 | -12.1 | -14.9 | -17.3 | -11.8 | -0.2 | 5.6 | 4.9 | -2.9 | -3.7 | -8.1 | -12.7 |
| 7 | -19.3 | -19.3 | -10.8 | -22.4 | -7.3 | -0.7 | 2.4 | 1.1 | 5.6 | -2.8 | -3.6 | -6.6 |
| 8 | -19.8 | -19.8 | -11.5 | -15.9 | -4.5 | 0.1 | 4.4 | 3.8 | 0.7 | -3.5 | -2.9 | -7.3 |
| 9 | -23.1 | -23.1 | -13.1 | -14.8 | -1.7 | 2.4 | 3.4 | 0.3 | -1.4 | -1.6 | -7.9 | -15.2 |
| 10 | -21.9 | -21.9 | -13.6 | -14.6 | -1.6 | 0.5 | 2.3 | 2.7 | -0.3 | -2.1 | -7.8 | -15.2 |
| 旬总数 | -168.6 | -168.6 | -160.9 | -88.1 | -5.5 | 5.4 | 48.8 | 31.2 | -11.3 | -30.5 | -81.9 | -131.3 |
| 旬平均 | -16.9 | -16.9 | -16.1 | -8.8 | -0.6 | 0.5 | 4.9 | 3.1 | -1.1 | -3.1 | -8.2 | -13.1 |
| 11 | -19.4 | -19.4 | -11.1 | -13.1 | -4.7 | -1.7 | -2.0 | 0.4 | -0.1 | -5.6 | -8.8 | -16.1 |
| 12 | -17.2 | -17.2 | -9.8 | -15.1 | -7.7 | -2.4 | -1.7 | 0.0 | 1.2 | -8.2 | -8.2 | -23.6 |
| 13 | -15.0 | -15.0 | -12.9 | -16.3 | -12.0 | -3.2 | -3.1 | 1.0 | -0.5 | -1.7 | -3.7 | -23.2 |
| 14 | -15.1 | -15.1 | -18.8 | -14.7 | -5.2 | -1.0 | 1.6 | 0.0 | -1.9 | -0.8 | -4.9 | -22.4 |
| 15 | -16.8 | -16.8 | -12.7 | -10.7 | -4.1 | -2.5 | 2.4 | 3.9 | -1.0 | -6.7 | -5.4 | -18.5 |
| 16 | -18.1 | -18.1 | -15.0 | -17.6 | -9.8 | -4.0 | 2.2 | 1.3 | 5.2 | -0.7 | -3.3 | -16.1 |
| 17 | -18.9 | -18.9 | -12.4 | -16.1 | -9.0 | -6.6 | -0.3 | 3.0 | 5.4 | 0.6 | -3.1 | -16.4 |
| 18 | -20.4 | -20.4 | -16.7 | -13.8 | -5.7 | -8.6 | -0.7 | 5.4 | 3.6 | 2.0 | -8.4 | -12.8 |
| 19 | -18.3 | -18.3 | -21.2 | -16.1 | -6.5 | -10.3 | -1.3 | 6.5 | 2.8 | -14.6 | -16.9 | -15.9 |
| 20 | -23.1 | -23.1 | -22.0 | -17.5 | -10.5 | -6.4 | 1.4 | 0.4 | 4.7 | -12.9 | -14.4 | -15.5 |
| 旬总数 | -182.3 | -182.3 | -148.9 | -165.8 | -91.3 | -51.3 | -9.1 | 23.2 | 26.6 | 4.7 | -67.3 | -107.5 |
| 旬平均 | -18.2 | -18.2 | -14.9 | -16.6 | -9.1 | -5.1 | -0.9 | 2.3 | 2.7 | 0.5 | -6.7 | -10.8 |
| 21 | -25.9 | -25.9 | -19.5 | -22.6 | -13.5 | 0.1 | 4.3 | 1.0 | 4.0 | 2.1 | -11.6 | -16.6 |
| 22 | -26.2 | -26.2 | -19.6 | -11.7 | -4.0 | 3.9 | 1.8 | 1.6 | 2.6 | -10.8 | -13.2 | -16.4 |
| 23 | -21.0 | -21.0 | -18.5 | -16.9 | -10.3 | -5.1 | 4.3 | 2.2 | 1.8 | 3.1 | -9.2 | -13.4 |
| 24 | -19.6 | -19.6 | -15.8 | -10.4 | -10.5 | -4.3 | 3.6 | 4.3 | 3.4 | 1.5 | -4.0 | -11.8 |
| 25 | -19.5 | -19.5 | -14.0 | -6.8 | -10.3 | -4.3 | 3.6 | 1.0 | 4.6 | -0.1 | -3.9 | -14.3 |
| 26 | -18.0 | -18.0 | -11.1 | -7.8 | -9.0 | -1.8 | 3.0 | -0.7 | 1.1 | -0.8 | -8.4 | -19.2 |
| 27 | -10.8 | -10.8 | -9.5 | -4.9 | -0.5 | 1.6 | 1.2 | 1.6 | -0.4 | -13.5 | -9.6 | -9.7 |
| 28 | -16.5 | -16.5 | -5.3 | -5.4 | -1.8 | 4.6 | 2.9 | 2.5 | 0.6 | -13.9 | -12.1 | -10.9 |
| 29 | -7.2 | -7.2 | -6.1 | -1.7 | 3.0 | 4.0 | 1.2 | -4.4 | -8.5 | -14.6 | -11.9 | -19.9 |
| 30 | -8.7 | -8.7 | -2.4 | 0.2 | 3.0 | 1.0 | -0.8 | -7.6 | -7.8 | -12.6 | -16.5 | -13.4 |
| 31 | -9.5 | -9.5 | -2.3 | -2.3 | 1.0 | -1.5 | -7.0 | -13.4 | -13.4 | -13.1 | -13.4 | -13.4 |
| 旬总数 | -128.3 | -128.3 | -84.1 | -25.4 | 35.0 | 19.5 | 19.6 | -3.4 | -98.6 | -131.2 | -147.6 | -147.6 |
| 旬平均 | -12.7 | -12.7 | -8.4 | -2.5 | 3.5 | 1.8 | 1.8 | -0.3 | -9.0 | -13.1 | -13.4 | -13.4 |
| 总数 | -481.1 | -481.1 | -455.0 | -263.5 | 31.3 | 92.1 | 77.5 | -10.0 | -196.4 | -320.6 | -459.7 | -459.7 |
| 平均 | -18.5 | -18.5 | -14.7 | -8.8 | -2.7 | 1.0 | 3.0 | 2.5 | -6.3 | -10.7 | -14.8 | -14.8 |
| 最高 | (-7.0) | (-5.8) | 0.0 | 2.5 | 9.5 | 11.2 | 13.0 | 13.2 | 8.6 | 3.8 | -0.6 | -5.0 |
| 日期 | (3) | (26) | 28 | 9 | 9 | 8 | 3 | 5 | 28 | 14 | 13 | 19 |
| 最低 | (-28.4) | (-24.0) | -27.9 | -18.6 | -16.1 | -7.3 | -4.4 | -5.2 | -10.0 | -21.0 | -17.9 | -30.0 |
| 日期 | (22) | (20) | 22 | 5 | 18 | 1 | 20 | 31 | 30 | 28 | 26 | 13 |
| 统计 | 最高气温 13.2 | 最低气温 -30.0 | 12月13日 平均气温 (-7.1) | | | | | | | | | |

制表: 韩添丁 杨新元

表6 乌鲁木齐河源总控制水文点1995年逐日平均气温表(气温: °C)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
|-----|----------------|--------|--------|-------------------|----------|-------|-------|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | -17.5 | -18.3 | -14.2 | -6.6 | -1.8 | 0.8 | 6.4 | 3.1 | 2.6 | -4.7 | -4.6 | -13.6 | |
| 2 | -16.0 | -16.9 | -15.1 | -5.7 | -1.9 | 0.1 | 8.9 | 4.9 | 2.9 | -0.8 | -6.5 | -14.6 | |
| 3 | -15.9 | -12.9 | -16.4 | -6.4 | 1.5 | 2.5 | 9.3 | 4.8 | 5.1 | 0.6 | -6.0 | -15.6 | |
| 4 | -14.0 | -15.8 | -18.4 | -9.0 | 2.3 | -0.8 | 9.3 | 6.3 | 0.2 | 1.1 | -7.4 | -15.0 | |
| 5 | -13.3 | -14.3 | -16.4 | | 2.3 | -0.8 | 8.9 | 8.6 | -0.6 | 0.5 | -8.1 | -12.4 | |
| 6 | -12.7 | -14.9 | -18.9 | -8.2 | 2.9 | 2.4 | 7.4 | 8.2 | -0.7 | -0.1 | -6.3 | -12.6 | |
| 7 | -17.1 | -10.6 | -23.5 | -7.2 | 2.4 | 6.2 | 3.2 | 7.5 | -0.5 | 0.2 | -5.5 | -11.1 | |
| 8 | -19.0 | -11.0 | -16.7 | -3.5 | 2.9 | 7.2 | 6.3 | 1.4 | -1.2 | 1.2 | -6.2 | -9.3 | |
| 9 | -21.9 | -13.8 | -16.2 | -1.3 | 5.8 | 6.2 | 5.7 | 2.3 | 2.0 | 1.1 | -5.3 | -12.2 | |
| 10 | -22.7 | -13.9 | -12.1 | -0.7 | 5.1 | 3.0 | 4.2 | 4.6 | 3.5 | 0.2 | -7.6 | -12.5 | |
| 旬总数 | -170.1 | -142.4 | -168.0 | (-48.6) | 21.6 | 29.0 | 69.2 | 51.7 | 13.3 | -0.7 | -63.5 | -129.1 | |
| 旬平均 | -17.0 | -14.2 | -16.8 | -4.9 | 2.2 | 2.9 | 6.9 | 5.2 | 1.3 | -0.1 | -6.4 | -12.9 | |
| 11 | -19.5 | -12.5 | -11.6 | -2.9 | -0.1 | 0.0 | 4.3 | 3.6 | 3.0 | -2.6 | -6.7 | -15.6 | |
| 12 | -16.4 | -10.7 | -13.8 | -5.3 | -0.2 | 1.0 | 2.5 | 4.9 | 3.3 | -6.5 | -7.4 | -20.6 | |
| 13 | -18.5 | -11.7 | -13.9 | -9.7 | -0.8 | -1.8 | 2.6 | 2.1 | 1.8 | -0.3 | -5.9 | -22.2 | |
| 14 | -16.6 | -16.0 | -19.6 | -13.3 | -2.4 | 2.3 | 3.1 | 2.4 | 1.1 | 1.8 | -4.0 | -20.9 | |
| 15 | -18.7 | -11.7 | -23.2 | -9.3 | -0.3 | 1.3 | 4.2 | 5.2 | 1.3 | -3.9 | -4.1 | -18.1 | |
| 16 | -17.3 | -12.7 | -16.8 | -9.6 | -0.5 | 4.1 | 4.1 | 7.6 | 1.6 | -1.3 | -11.2 | -15.0 | |
| 17 | -17.7 | -11.0 | -11.1 | -8.4 | -4.7 | 3.3 | 6.3 | 7.0 | 2.2 | -2.2 | -18.6 | -15.4 | |
| 18 | -19.6 | -15.1 | -8.0 | -3.0 | -8.8 | 2.1 | 8.1 | 6.0 | 4.2 | -6.3 | -11.5 | -14.2 | |
| 19 | -20.0 | -18.7 | -7.4 | -4.9 | -7.1 | 1.8 | 7.1 | 5.1 | 3.8 | -12.3 | -12.5 | -12.2 | |
| 20 | -21.6 | -19.9 | -3.5 | -5.9 | -4.5 | 4.1 | 2.2 | 7.2 | 5.0 | -11.3 | -14.4 | -14.7 | |
| 旬总数 | -185.9 | -140.0 | -128.9 | -72.3 | -29.3 | 18.1 | 44.4 | 51.2 | 27.3 | -44.9 | -96.3 | -168.8 | |
| 旬平均 | -18.6 | -14.0 | -12.9 | -7.2 | -2.9 | 1.8 | 4.4 | 5.1 | 2.7 | -4.5 | -9.6 | -16.9 | |
| 21 | -23.4 | -19.9 | -7.0 | -8.0 | 1.6 | 6.4 | 2.0 | 4.7 | 5.9 | -10.2 | -15.3 | -16.9 | |
| 22 | -23.8 | -17.9 | -9.0 | -6.6 | -1.0 | 6.4 | 4.1 | 4.0 | 5.9 | -9.6 | -14.0 | -15.6 | |
| 23 | -22.0 | -19.0 | -12.5 | -5.8 | -2.8 | 7.3 | 5.4 | 5.3 | 7.0 | -9.9 | -13.1 | -14.6 | |
| 24 | -20.6 | -19.2 | -8.7 | -6.5 | -2.2 | 6.2 | 7.7 | 6.7 | 6.0 | -4.3 | -14.0 | -13.8 | |
| 25 | -19.5 | -15.6 | -4.4 | -6.1 | -4.1 | 7.1 | 3.0 | 7.2 | 4.6 | -2.2 | -14.2 | -17.5 | |
| 26 | -18.7 | -12.8 | -6.1 | -7.1 | -2.0 | 5.6 | 1.3 | 3.7 | 2.6 | -6.2 | -14.1 | -14.8 | |
| 27 | -16.5 | -12.8 | -7.7 | -3.8 | 2.9 | 4.8 | 3.5 | 3.3 | 3.5 | -9.8 | -11.6 | -11.5 | |
| 28 | -18.2 | -16.1 | -5.9 | -3.0 | 0.1 | 5.8 | 3.4 | 5.2 | -3.6 | -12.1 | -12.5 | -13.1 | |
| 29 | -15.9 | | -6.1 | -0.5 | -0.3 | 5.3 | 4.4 | 3.6 | -1.8 | -8.1 | -15.3 | -12.7 | |
| 30 | -18.8 | | -5.6 | -1.8 | -0.1 | 5.7 | 4.1 | 1.8 | -4.6 | -5.7 | -12.8 | -11.7 | |
| 31 | -20.9 | | -6.6 | | -1.6 | | 3.9 | 2.5 | | -6.8 | | -12.4 | |
| 旬总数 | -241.7 | -133.3 | -79.6 | -49.2 | -9.4 | 60.4 | 42.6 | 47.9 | 32.7 | -84.9 | -136.9 | -154.4 | |
| 旬平均 | -22.0 | -16.7 | -7.2 | -4.9 | -0.9 | 6.0 | 3.9 | 4.4 | 3.3 | -7.7 | -13.7 | -14.4 | |
| 月统计 | 总数 | -597.7 | -415.7 | -376.5 | (-170.1) | -17.1 | 107.5 | 156.3 | 150.8 | 73.3 | -130.5 | -296.7 | -451.4 |
| | 平均 | -19.3 | -14.8 | -12.1 | (-5.9) | -0.6 | 3.6 | 5.0 | 4.9 | 2.4 | -4.2 | -9.9 | -14.6 |
| | 最高日期 | 5 | 12 | 28 | (29) | 9 | 9 | 4 | 5 | 20 | 3 | 14 | 7 |
| | 最低日期 | 5 | 12 | 28 | (29) | 9 | 9 | 4 | 5 | 20 | 3 | 14 | 7 |
| 年统计 | 10 | 21 | 7 | (17) | 20 | 1 | 21 | 9 | 8 | 28 | 17 | 13 | |
| 年统计 | 最高气温 15.5 7月4日 | | | 最低气温 -30.1 12月13日 | | | | 平均气温 -5.5 | | | | | |

制表: 韩添丁 杨新元

表8 乌鲁木齐河源1号冰川水文点1995年逐日降水量表(降水量 mm)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--------|-----|-----|------|------|------|------|-------|------|-----|------|-----|----|
| 1 | | | | | | 3.7 | | 0.4 | | | | |
| 2 | | | | | | 7.8 | | 1.0 | | | | |
| 3 | | | | | 0.8 | 0.7 | | 0.8 | | 3.5 | | |
| 4 | | | | | | 15.3 | | | | | | |
| 5 | | | | | 0.6 | 1.4 | 0.3 | | | | | |
| 6 | | | | 12.8 | 1.5 | 0.2 | 2.7 | 3.5 | | | | |
| 7 | | | | | 0.6 | 2.5 | 6.9 | | 6.0 | | | |
| 8 | | | | | | 1.0 | 0.5 | 1.9 | | | | |
| 9 | | | | | | 2.0 | 0.3 | | | | | |
| 10 | | | | | 0.7 | 9.2 | 1.0 | | 0.2 | | | |
| 11 | | | | | 3.0 | 4.2 | 15.7 | 7.0 | | | | |
| 12 | | | | | | | | 3.0 | | | | |
| 13 | | | | 3.0 | | 9.6 | 1.0 | 0.6 | | | | |
| 14 | | | | | 7.1 | 0.7 | 2.3 | | | | | |
| 15 | | | 5.8 | | 5.3 | 3.7 | 1.6 | | | | | |
| 16 | | | | | | | 19.1 | | | 7.0 | | |
| 17 | | | | | | 0.5 | 6.6 | | | | | |
| 18 | | | | | 0.6 | 0.8 | 0.0 | 0.3 | | | | |
| 19 | | | | 1.0 | | 0.5 | 0.4 | 3.2 | 1.0 | | | |
| 20 | | | | | 4.5 | 0.0 | 14.6 | 0.3 | | | 0.0 | |
| 21 | | | | | | | 0.0 | 0.4 | | | | |
| 22 | | | | | | | 0.0 | | | | | |
| 23 | | 2.0 | 6.4 | | | 0.0 | 0.5 | 1.9 | | 1.5 | | |
| 24 | | | | | 0.6 | | 0.7 | 10.1 | | | | |
| 25 | | | | | 5.3 | 0.1 | 2.4 | | | | | |
| 26 | | | | 4.6 | | 3.4 | 8.8 | 7.5 | | | | |
| 27 | | | | | 0.4 | 7.9 | 0.6 | | 2.8 | | | |
| 28 | | | | | 0.6 | 7.8 | 2.2 | 0.6 | | | | |
| 29 | | | | | 3.5 | 3.1 | | 0.6 | | | | |
| 30 | | | 1.2 | | 1.0 | 2.8 | | 7.8 | | 1.2 | | |
| 31 | | | | | 2.5 | | | | | | | |
| 总 量 | 0 | 2.0 | 13.4 | 21.4 | 33.6 | 88.9 | 88.2 | 50.9 | 9.8 | 17.1 | 0 | 0 |
| 降水日数 | | 1 | 3 | 4 | 17 | | | 18 | 3 | 5 | | |
| 最大日降水量 | | 2.0 | 6.4 | 12.8 | 7.1 | 15.3 | 19.1 | 10.1 | 6.0 | 7.0 | | |
| 日 期 | | 23 | 23 | 6 | 14 | 4 | 16 | 24 | 7 | 16 | | |
| 年 统 计 | 降水量 | | | | | | 327.9 | | | | | |

表: 韩添丁 杨新元

表9 乌鲁木齐河源空冰斗水文点1995年逐日降水量表 (降水量 mm)

| 日 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------|-----|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|
| 1 | | | | | | 3.1 | 2.7 | 0.7 | | | | |
| 2 | | | | | | 7.8 | | 2.4 | | | | |
| 3 | | | | | 0.9 | 0.6 | | 1.8 | | 4.2 | | |
| 4 | | | | | | 16.7 | | | | | | |
| 5 | | | | | 1.0 | 0.5 | 1.2 | | | | | |
| 6 | | | | 14.2 | 1.5 | 0.3 | 3.0 | | | | | |
| 7 | | | | | 0.4 | 1.3 | 10.1 | 3.1 | 31.5 | | | |
| 8 | | | | | | 0.8 | | 13.7 | | | | |
| 9 | | | | | | 2.0 | | 3.9 | | | | |
| 10 | | | | | 0.6 | 10.2 | 1.4 | | | 0.3 | | |
| 11 | | | | | 4.5 | 4.4 | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | 3.1 | | | | |
| 13 | | | | 3.6 | | 9.7 | 2.3 | 2.5 | | | | |
| 14 | | | | | 5.5 | 1.5 | 3.6 | 0.6 | | | | |
| 15 | | | 5.4 | | 4.5 | 2.7 | 4.0 | | | | | |
| 16 | | | | | | | 16.5 | | | 6.8 | | |
| 17 | | | | | 0.7 | 0.4 | 8.5 | | | | | |
| 18 | | | | | | 0.9 | 0.0 | 0.7 | | | | |
| 19 | | | | 1.7 | 3.6 | 0.6 | 1.0 | 5.1 | | | | |
| 20 | | | | | | 0.1 | 15.0 | | 0.9 | | | |
| 21 | | | | | | 0.0 | | | | | | |
| 22 | | | | | 0.4 | | | | | | | |
| 23 | | | 5.9 | | | | 1.1 | | | | | |
| 24 | | | | | 0.3 | 0.0 | 1.7 | 9.5 | | 2.0 | | |
| 25 | | | | | 5.7 | 0.0 | 1.2 | | | | | |
| 26 | | | | 3.8 | 0.2 | 6.3 | 9.2 | 8.7 | | | | |
| 27 | | | | | 0.7 | 7.6 | 0.4 | | | | | |
| 28 | | | | | | 7.5 | 2.7 | | 4.8 | | | |
| 29 | | | | | 3.9 | 3.4 | | | | | | |
| 30 | | | 0.6 | | 2.4 | | | 7.8 | | 1.0 | | |
| 31 | | | | | 1.0 | | | | | | | |
| 总 量 | 0 | 0 | 11.9 | 24.3 | 37.8 | 88.4 | 85.6 | 63.6 | 37.2 | 18.8 | 0 | 0 |
| 降水日数 | | | 3 | 4 | 18 | | | | 3 | 5 | | |
| 最大日 降水量 | | | 5.9 | 14.2 | 5.7 | 16.7 | 16.5 | 13.7 | 31.5 | 6.8 | | |
| 日 期 | | | 23 | 6 | 25 | 4 | 16 | 8 | 7 | 16 | | |
| 年 统 计 | 降水量 | | 367.6 | | | 降水日数 | | | | | | |

制表: 韩添丁 杨新元

表10 天山冰川观测试验站基本营地1995年逐日降水量表(降水量 mm)

| 日月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------|-----------|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|------|-----|----|
| 1 | | | | 2.5 | | 1.3 | | 13.0 | 0.0 | | | |
| 2 | | | | | | 5.1 | | 1.2 | 4.4 | | | |
| 3 | | | | | | 4.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | | | |
| 4 | | | | 9.5 | | 13.2 | 0.0 | 0.4 | 10.3 | | | |
| 5 | | | | 6.1 | 0.2 | 1.5 | 1.5 | 0.1 | 4.4 | | | |
| 6 | | | 0.9 | | 3.6 | 2.2 | 0.0 | 1.4 | | | | |
| 7 | | | | | 3.1 | 0.0 | 7.1 | 1.7 | 7.7 | 1.1 | | |
| 8 | | | | | 0.4 | 0.0 | 1.0 | 15.7 | 0.7 | | | |
| 9 | | | | | 0.6 | 0.9 | 7.9 | 0.3 | | | | |
| 10 | | | | | 1.8 | 12.6 | 30.2 | | 0.5 | | | |
| 11 | | | | | 9.4 | 2.8 | 1.2 | 2.5 | 0.4 | 5.5 | | |
| 12 | | | | 4.0 | | 0.0 | 20.0 | 0.1 | | 2.8 | | |
| 13 | | | | 2.1 | 2.4 | 4.0 | 1.7 | 2.2 | 0.5 | | | |
| 14 | | | 0.4 | | 8.0 | 2.9 | 2.0 | | | 0.8 | | |
| 15 | | | | | 7.0 | 17.8 | 0.6 | | 0.0 | 4.0 | | |
| 16 | | | | | 0.6 | | 4.3 | | 0.5 | | 0.3 | |
| 17 | | | | | 0.7 | 7.5 | 3.3 | | | | 0.2 | |
| 18 | | 0.3 | | | 1.6 | 2.8 | 0.1 | | | 1.2 | | |
| 19 | | 1.3 | | | 2.1 | 2.3 | 4.4 | | | 2.6 | | |
| 20 | | | | 3.8 | 2.4 | 1.9 | 18.6 | | | 0.5 | | |
| 21 | | | 1.0 | | | | | 0.1 | | | | |
| 22 | | | 5.0 | | | | 3.2 | | | | | |
| 23 | | | 0.2 | | 1.0 | | 0.3 | 0.7 | | | | |
| 24 | | | | | 4.8 | | 0.5 | 0.1 | | | | |
| 25 | | | | | 4.6 | 1.9 | 5.3 | 0.4 | 0.0 | | | |
| 26 | | | 0.2 | | 1.6 | 3.4 | 0.3 | 12.8 | 0.6 | | | |
| 27 | | | | | 0.9 | 6.8 | 10.0 | 0.8 | | 7.4 | | |
| 28 | | | | | 0.1 | | 5.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| 29 | | | | | 2.9 | | 0.6 | 1.6 | 2.8 | | | |
| 30 | | | | | 0.2 | | 1.4 | 1.0 | 3.2 | | | |
| 31 | | | | | 1.0 | | 0.9 | 1.2 | | | | |
| 总量 | 0 | 1.6 | 7.7 | 28.0 | 61.0 | 95.0 | 131.5 | 57.4 | 36.1 | 25.3 | 0.5 | 0 |
| 最大日 降水量 | | 1.3 | 5.0 | 9.5 | 9.4 | 17.8 | 30.2 | 15.7 | 10.3 | 7.4 | 0.3 | |
| 日期 | | 19 | 22 | 4 | 11 | 15 | 10 | 8 | 4 | 27 | 16 | |
| 年统计 | 降水量 444.1 | | | | | | | | | | | |

制表: 韩添丁 杨新元

表11 乌鲁木齐河源总控制水文点1995年逐日降水量表 (降水量 mm)

| 日月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------|-------------|---|---|---|------|------|------|------|------|------|----|----|
| 1 | | | | | | 3.4 | 2.8 | 3.6 | | | | |
| 2 | | | | | | 6.8 | | 2.0 | 4.7 | | | |
| 3 | | | | | | 0.3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | 23.2 | 0.2 | | | | | |
| 5 | | | | | | 0.6 | 2.7 | | 23.1 | | | |
| 6 | | | | | | | 0.6 | 2.6 | | | | |
| 7 | | | | | 0.3 | 5.0 | 12.1 | 2.3 | | | | |
| 8 | | | | | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 21.7 | | | | |
| 9 | | | | | 0.0 | 3.2 | | 0.5 | | 0.7 | | |
| 10 | | | | | 0.0 | 8.8 | 0.8 | | | | | |
| 11 | | | | | 4.9 | 4.3 | 1.3 | 8.9 | | | | |
| 12 | | | | | 0.0 | | 10.5 | 2.7 | | 5.8 | | |
| 13 | | | | | | 9.6 | 4.8 | | 5.7 | | | |
| 14 | | | | | 8.5 | 0.8 | 6.4 | | | 3.7 | | |
| 15 | | | | | 4.9 | 2.9 | 0.4 | | 6.0 | | | |
| 16 | | | | | 0.0 | | 16.7 | | 0.5 | | | |
| 17 | | | | | | 0.0 | 3.7 | | | | | |
| 18 | | | | | 0.5 | 0.8 | 0.0 | 2.8 | | | | |
| 19 | | | | | 0.0 | 0.0 | 5.3 | 0.8 | | 3.2 | | |
| 20 | | | | | 3.9 | 0.0 | 11.1 | 0.3 | | | | |
| 21 | | | | | | | | 0.4 | | | | |
| 22 | | | | | | | 1.0 | | | | | |
| 23 | | | | | 0.2 | | 2.0 | 8.9 | | | | |
| 24 | | | | | 0.0 | 0.0 | 1.6 | 4.5 | | | | |
| 25 | | | | | 5.9 | 0.5 | 7.3 | 1.2 | | | | |
| 26 | | | | | 0.0 | 9.5 | 2.8 | 6.5 | | | | |
| 27 | | | | | 0.8 | 4.2 | 1.6 | | 2.4 | | | |
| 28 | | | | | 0.0 | 11.2 | 0.1 | 0.6 | | 1.7 | | |
| 29 | | | | | 3.2 | 2.6 | | 1.2 | | | | |
| 30 | | | | | 0.4 | | | 7.0 | 10.3 | | | |
| 31 | | | | | 2.2 | | | | | | | |
| 总量 | | | | | 35.9 | 98.1 | 96.4 | 78.5 | 52.7 | 15.1 | 0 | 0 |
| 最大日 降水量 | | | | | 8.5 | 23.2 | 16.7 | 21.7 | 23.1 | 5.8 | | |
| 日期 | | | | | 14 | 4 | 16 | 8 | 5 | 12 | | |
| 年统计 | 降水量 (376.7) | | | | | | | | | | | |

备注: 1-4月份因雨量筒丢失, 缺测.

制表: 韩添丁 杨新元

表12 乌鲁木齐河源1号冰川水文点1995年逐日平均相对湿度表(%)

| 日月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|---|---|---|---|------|------|------|------|---|----|----|----|
| 1 | | | | | 30 | 71 | 60 | 70 | | | | |
| 2 | | | | | 64 | 83 | 41 | 58 | | | | |
| 3 | | | | | 64 | 74 | 42 | 67 | | | | |
| 4 | | | | | 54 | 81 | 58 | 62 | | | | |
| 5 | | | | | 53 | 72 | 62 | 45 | | | | |
| 6 | | | | | 51 | 66 | 69 | 74 | | | | |
| 7 | | | | | 79 | 57 | 90 | 75 | | | | |
| 8 | | | | | 64 | 59 | 67 | 95 | | | | |
| 9 | | | | | 62 | 76 | 73 | 66 | | | | |
| 10 | | | | | 73 | 92 | 84 | 36 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 594 | 730 | 644 | 647 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 59 | 73 | 64 | 65 | | | | |
| 11 | | | | | 85 | 76 | 92 | 80 | | | | |
| 12 | | | | | 58 | 53 | 76 | 61 | | | | |
| 13 | | | | | 64 | 93 | 81 | 94 | | | | |
| 14 | | | | | 88 | 47 | 79 | 60 | | | | |
| 15 | | | | | 63 | 57 | 66 | 48 | | | | |
| 16 | | | | | 54 | 34 | 85 | 43 | | | | |
| 17 | | | | | 64 | 71 | 90 | 47 | | | | |
| 18 | | | | | 68 | 66 | 70 | 81 | | | | |
| 19 | | | | | 72 | 67 | 66 | 74 | | | | |
| 20 | | | | | 62 | 48 | 69 | 60 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 678 | 610 | 777 | 646 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 68 | 61 | 78 | 65 | | | | |
| 21 | | | | | 33 | 38 | 43 | 57 | | | | |
| 22 | | | | | 57 | 40 | 51 | 80 | | | | |
| 23 | | | | | 48 | 43 | 62 | 87 | | | | |
| 24 | | | | | 55 | 56 | 62 | 58 | | | | |
| 25 | | | | | 63 | 72 | 93 | 62 | | | | |
| 26 | | | | | 78 | 75 | 86 | 78 | | | | |
| 27 | | | | | 58 | 87 | 74 | 48 | | | | |
| 28 | | | | | 71 | 65 | 68 | 64 | | | | |
| 29 | | | | | 67 | 81 | 66 | 67 | | | | |
| 30 | | | | | 58 | 72 | 72 | 79 | | | | |
| 31 | | | | | 87 | | 73 | 66 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 675 | 628 | 750 | 747 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 61 | 63 | 68 | 68 | | | | |
| 月总数 | | | | | 1947 | 1968 | 2171 | 2040 | | | | |
| 月平均 | | | | | 63 | 66 | 70 | 66 | | | | |
| 月最小 | | | | | 21 | 18 | 20 | 16 | | | | |
| 日期 | | | | | 12 | 16 | 22 | 27 | | | | |

附注 相对湿度仅在冰川消融期5-8月观测

制表: 韩添丁 杨新元

表13 乌鲁木齐河源空冰斗水文点1995年逐日平均相对湿度表(%)

| 日月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|---|---|---|---|------|------|------|------|---|----|----|----|
| 1 | | | | | 49 | 56 | 61 | 79 | | | | |
| 2 | | | | | 82 | 84 | 43 | 61 | | | | |
| 3 | | | | | 78 | 74 | 43 | 74 | | | | |
| 4 | | | | | 77 | 87 | 57 | 70 | | | | |
| 5 | | | | | 62 | 75 | 61 | 36 | | | | |
| 6 | | | | | 53 | 76 | 72 | 75 | | | | |
| 7 | | | | | 83 | 67 | 91 | 73 | | | | |
| 8 | | | | | 68 | 61 | 73 | 98 | | | | |
| 9 | | | | | 65 | 77 | 78 | 71 | | | | |
| 10 | | | | | 70 | 93 | 82 | 43 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 603 | 749 | 661 | 679 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 60 | 75 | 66 | 68 | | | | |
| 11 | | | | | 70 | 80 | 84 | 83 | | | | |
| 12 | | | | | 53 | 56 | 95 | 67 | | | | |
| 13 | | | | | 70 | 93 | 83 | 84 | | | | |
| 14 | | | | | 94 | 57 | 82 | 69 | | | | |
| 15 | | | | | 67 | 63 | 70 | 56 | | | | |
| 16 | | | | | 53 | 50 | 93 | 48 | | | | |
| 17 | | | | | 70 | 88 | 83 | 51 | | | | |
| 18 | | | | | 65 | 92 | 67 | 84 | | | | |
| 19 | | | | | 79 | 81 | 59 | 83 | | | | |
| 20 | | | | | 64 | 60 | 66 | 60 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 626 | 719 | 783 | 683 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 63 | 72 | 78 | 68 | | | | |
| 21 | | | | | 32 | 48 | 48 | 54 | | | | |
| 22 | | | | | 60 | 43 | 53 | 80 | | | | |
| 23 | | | | | 50 | 46 | 64 | 87 | | | | |
| 24 | | | | | 59 | 62 | 68 | 60 | | | | |
| 25 | | | | | 69 | 68 | 97 | 63 | | | | |
| 26 | | | | | 74 | 75 | 89 | 80 | | | | |
| 27 | | | | | 61 | 91 | 71 | 50 | | | | |
| 28 | | | | | 72 | 68 | 71 | 63 | | | | |
| 29 | | | | | 65 | 84 | 61 | 64 | | | | |
| 30 | | | | | 63 | 69 | 75 | 84 | | | | |
| 31 | | | | | 80 | | 71 | 74 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 685 | 653 | 768 | 758 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 62 | 65 | 70 | 69 | | | | |
| 月总数 | | | | | 1914 | 2121 | 2212 | 2120 | | | | |
| 月平均 | | | | | 62 | 71 | 71 | 68 | | | | |
| 月最小 | | | | | 12 | 19 | 19 | 13 | | | | |
| 日期 | | | | | 12 | 1 | 22 | 27 | | | | |

附注 相对湿度仅在冰川消融期5-8月观测

制表: 韩添丁 杨新元

表14 乌鲁木齐河源总控制水文点1995年逐日平均相对湿度表(%)

| 日/月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|---|---|---|---|------|------|------|------|---|----|----|----|
| 1 | | | | | 33 | 85 | 67 | 82 | | | | |
| 2 | | | | | 74 | 99 | 48 | 72 | | | | |
| 3 | | | | | 64 | 90 | 44 | 80 | | | | |
| 4 | | | | | 58 | 90 | 55 | 76 | | | | |
| 5 | | | | | 72 | 74 | 65 | 57 | | | | |
| 6 | | | | | 50 | 72 | 77 | 75 | | | | |
| 7 | | | | | 73 | 58 | 91 | 78 | | | | |
| 8 | | | | | 73 | 66 | 73 | 98 | | | | |
| 9 | | | | | 61 | 82 | 73 | 72 | | | | |
| 10 | | | | | 75 | 96 | 80 | 59 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 616 | 812 | 672 | 748 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 62 | 81 | 67 | 75 | | | | |
| 11 | | | | | 84 | 89 | 85 | 94 | | | | |
| 12 | | | | | 70 | 66 | 94 | 68 | | | | |
| 13 | | | | | 67 | 91 | 88 | 89 | | | | |
| 14 | | | | | 94 | 59 | 83 | 70 | | | | |
| 15 | | | | | 66 | 55 | 76 | 66 | | | | |
| 16 | | | | | 52 | 52 | 89 | 42 | | | | |
| 17 | | | | | 74 | 80 | 89 | 49 | | | | |
| 18 | | | | | 64 | 67 | 71 | 77 | | | | |
| 19 | | | | | 70 | 79 | 68 | 76 | | | | |
| 20 | | | | | 68 | 59 | 67 | 61 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 708 | 696 | 807 | 691 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 71 | 70 | 81 | 69 | | | | |
| 21 | | | | | 48 | 50 | 72 | 76 | | | | |
| 22 | | | | | 52 | 49 | 67 | 76 | | | | |
| 23 | | | | | 64 | 47 | 66 | 78 | | | | |
| 24 | | | | | 64 | 65 | 68 | 57 | | | | |
| 25 | | | | | 77 | 58 | 99 | 63 | | | | |
| 26 | | | | | 87 | 76 | 92 | 74 | | | | |
| 27 | | | | | 68 | 79 | 77 | 56 | | | | |
| 28 | | | | | 83 | 71 | 82 | 59 | | | | |
| 29 | | | | | 79 | 79 | 78 | 70 | | | | |
| 30 | | | | | 86 | 68 | 82 | 76 | | | | |
| 31 | | | | | 98 | | 77 | 61 | | | | |
| 旬总数 | | | | | 804 | 641 | 858 | 747 | | | | |
| 旬平均 | | | | | 73 | 64 | 78 | 68 | | | | |
| 月总数 | | | | | 2128 | 2149 | 2337 | 2186 | | | | |
| 月平均 | | | | | 69 | 72 | 75 | 71 | | | | |
| 月最小 | | | | | 17 | 28 | 27 | 27 | | | | |
| 日期 | | | | | 1 | 2 | 3 | 15 | | | | |

附注: 相对湿度仅在冰川消融期5-8月观测

制表: 韩添丁 杨新元

表15 天山冰川观测试验站基本营地1995年逐日平均相对湿度表(%)

| 日月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 60 | 53 | 52 | 62 | 42 | 68 | 52 | 81 | 76 | 72 | 62 | 68 |
| 2 | 65 | 51 | 44 | 73 | 49 | 73 | 45 | 80 | 78 | 68 | 62 | 66 |
| 3 | 57 | 51 | 56 | 79 | 49 | 79 | 47 | 71 | 77 | 68 | 65 | 65 |
| 4 | 57 | 49 | 48 | 82 | 46 | 71 | 51 | 68 | 87 | 64 | 70 | 59 |
| 5 | 58 | 51 | 46 | 69 | 65 | 66 | 66 | 71 | 88 | 68 | 67 | 52 |
| 6 | 55 | 51 | 63 | 62 | 69 | 66 | 73 | 83 | 73 | 65 | 51 | 56 |
| 7 | 62 | 51 | 56 | 54 | 81 | 60 | 83 | 85 | 84 | 75 | 59 | 63 |
| 8 | 62 | 57 | 42 | 49 | 77 | 51 | 68 | 92 | 73 | 69 | 57 | 63 |
| 9 | 59 | 63 | 50 | 50 | 64 | 63 | 81 | 83 | 70 | 66 | 63 | 78 |
| 10 | 68 | 56 | 44 | 49 | 72 | 86 | 80 | 74 | 71 | 69 | 62 | 72 |
| 旬总数 | 603 | 533 | 501 | 629 | 614 | 683 | 646 | 788 | 777 | 684 | 618 | 642 |
| 旬平均 | 60 | 53 | 50 | 63 | 61 | 68 | 64 | 78 | 77 | 68 | 62 | 64 |
| 11 | 48 | 49 | 43 | 58 | 76 | 83 | 76 | 76 | 55 | 90 | 61 | 77 |
| 12 | 53 | 50 | 47 | 80 | 69 | 59 | 86 | 68 | 61 | 85 | 63 | 85 |
| 13 | 53 | 59 | 56 | 73 | 69 | 72 | 81 | 73 | 73 | 73 | 63 | 87 |
| 14 | 54 | 62 | 67 | 53 | 79 | 72 | 76 | 71 | 67 | 79 | 68 | 83 |
| 15 | 55 | 45 | 56 | 52 | 79 | 62 | 72 | 69 | 67 | 88 | 60 | 76 |
| 16 | 67 | 57 | 40 | 65 | 65 | 56 | 69 | 65 | 67 | 77 | 82 | 79 |
| 17 | 71 | 64 | 35 | 50 | 86 | 73 | 73 | 59 | 53 | 68 | 79 | 78 |
| 18 | 66 | 73 | 29 | 52 | 64 | 76 | 69 | 63 | 50 | 84 | 56 | 72 |
| 19 | 64 | 76 | 27 | 75 | 71 | 77 | 86 | 68 | 53 | 82 | 68 | 69 |
| 20 | 66 | 73 | 35 | 76 | 59 | 72 | 79 | 60 | 60 | 81 | 59 | 81 |
| 旬总数 | 597 | 608 | 435 | 634 | 717 | 702 | 767 | 672 | 606 | 807 | 658 | 787 |
| 旬平均 | 59 | 61 | 43 | 63 | 72 | 70 | 77 | 67 | 61 | 80 | 66 | 79 |
| 21 | 63 | 68 | 49 | 40 | 60 | 60 | 71 | 71 | 61 | 68 | 63 | 77 |
| 22 | 62 | 63 | 84 | 45 | 78 | 60 | 77 | 65 | 59 | 63 | 56 | 74 |
| 23 | 52 | 50 | 65 | 44 | 72 | 60 | 69 | 67 | 60 | 62 | 59 | 67 |
| 24 | 49 | 46 | 46 | 45 | 82 | 59 | 62 | 62 | 66 | 58 | 57 | 68 |
| 25 | 53 | 47 | 43 | 48 | 61 | 71 | 84 | 68 | 68 | 54 | 60 | 96 |
| 26 | 54 | 41 | 65 | 42 | 69 | 81 | 76 | 78 | 74 | 66 | 59 | 82 |
| 27 | 55 | 55 | 62 | 51 | 73 | 73 | 81 | 74 | 67 | 76 | 58 | 61 |
| 28 | 57 | 54 | 57 | 51 | 69 | 63 | 79 | 74 | 77 | 86 | 64 | 64 |
| 29 | 58 | | 64 | 44 | 70 | 59 | 82 | 70 | 86 | 73 | 78 | 60 |
| 30 | 72 | | 50 | 51 | 72 | 56 | 80 | 76 | 82 | 69 | 79 | 63 |
| 31 | 78 | | 37 | | 80 | | 74 | 74 | | 67 | | 73 |
| 旬总数 | 653 | 424 | 622 | 461 | 786 | 642 | 835 | 779 | 697 | 742 | 632 | 785 |
| 旬平均 | 59 | 53 | 57 | 46 | 71 | 64 | 76 | 71 | 70 | 67 | 63 | 71 |
| 月总数 | 1853 | 1565 | 1558 | 1724 | 2112 | 2027 | 2248 | 2239 | 2080 | 2233 | 1908 | 2214 |
| 月平均 | 60 | 56 | 50 | 57 | 68 | 68 | 73 | 72 | 69 | 72 | 64 | 71 |
| 月最小 | 24 | 19 | 5 | 7 | 10 | 17 | 19 | 27 | 21 | 23 | 10 | 26 |
| 日期 | 23 | 24 | 19 | 24 | 1 | 12 | 2 | 2 | 19 | 24 | 19 | 5 |

制表: 韩添丁 杨新元

乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度 和冰舌进退变化

陈要武 孙作哲

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 730000)

1 基本情况

1.1 测量方法

1993年~1994年采用的测量方法和往年相同。1号冰川的表面运动速度是用精密光学经纬仪,从控制点上对布设在冰川表面的花杆进行重复前方交会,以座标法计算,求出花杆(冰体)单位时间内的空间位移。控制点布设原则主要考虑两点:一是控制点尽量少,以便少搬移测站而有效的缩短观测时间;二是前方交会的三角形合理,P点交会角不小于 20° 。根据这些原则我们于93年对1号冰川表面运动速度点进行了重新布设。对控制点在原来的基础上增加了一个点,组成三条基线。从控制点基VI至基V基线上观测东支冰川d'排以下各流速点及西支冰川的a排点;从A₂至基VII基线上观测西支冰川f排以下各流速点;从基东至基西基线上观测东支冰川e'排以上和西支冰川g排以上各流速点。这样的观测布局,可以使前方交会的三角形更趋合理,从而提高测量精度,同时还可以缩短一条基线上的观测时间,避免了因非同步观测所造成的误差。

1.2 资料的整编

继1993年9月初之观测,于1994年5月下旬和8月底,从三条基线对东、西支冰川各8排横剖面共72个流速点作了观测,经计算整理汇编成表1(年运动速度),表2(冬季运动速度);表3(夏季运动速度);表4(冬季和夏季流速比较表);表5(流速点座标);表6(东西支冰舌进退变化表)。表1、表2和表3中的 $U_{xy}(m)$ 表示两次观测时段的运动距离, $U_{xy}(m/a)$ 表示年流速,是两次观测时段的运动距离 U 以时间得出的日流速,再乘以365天而得到。表4中的K值是用夏季流速 $U(cm/d)$ 除以冬季流速 $U(cm/d)$ 而得到。

1.3 主要资料说明

座标系统规定以 x 为纵座标; y 为横座标; z 为竖直方向上的座标; U_x 、 U_y 、

U_z 是分别为平行于 x 、 y 、 z 轴的速度分量; U_{xy} 为速度的水平分量 ($U_{xy} = (U_x + U_y)^{1/2}$, 误差一般不超过其本身数量的10%); a 为运动速度的方向 (误差一般不超过 $\pm 2^\circ$); U_{xy} (m/a) 为直接或经过计算而获得的年流速。

2 对本年度运动速度的粗略分析

(1)通过对速度场的空间、时程变化分析, 1号冰川本测量年度的空间分布与前几年相比, 变化不大。将本年度的速度与1993年度速度比较显示出: 东支冰川从 a' 排至 d' 排4个断面共16个点相比较, 略有减小, 减幅为0.26m/a; 从 e' 排至 k 排7个断面共20个点相比较明显减慢, 减幅为0.41m/a; 从 a' 排至 k 排11个断面共36个点年流速比较均在减慢, 减幅为0.33m/a。这种现象和往年相同, 从冰舌向冰川源头, 减小幅度呈递增趋势。西支冰川本年度与去年相比, 继续在增速, 从 a 排至 d 排4个断面共11个点, 增速为0.26m/a; 从 e 排至 l 排10个断面共25个点相比较均在增速, 增速为0.48m/a; 从 a 排至 l 排14个断面共36个点相比较, 增速为0.42m/a。根据以上数据相对比, 从冰舌向冰川源头, 增加幅度呈递增趋势。西支冰川与东支冰川的流速年际变化, 正好相反。另外, 我们在整编资料中发现, 东支冰川 f_1' 等点 (详见表3), 均无流速, 说明这些边缘点运动速度很小, 甚至没有动。

(2)表1、表2、表3中 U_z 表示两次测量之间流速点花杆顶的高程变化。从表中可以看出冰川消融区的显出流作用和积累区的显入流作用比较明显。这和往年的规律相同。

(3)从表4中可以看出, 1号冰川本年度夏季和冬季运动速度有一定的变化。夏季流速比以冬季流速, 称为 K 值。经过计算统计, 东支冰川有12个流速点的 K 值大于1, 平均 K 值为1.28, 其余24个流速点的 K 值小于1, 平均 K 值为0.72。36个流速点的平均 K 值为0.90。由此可见, 东支冰川夏季流速略小于冬季流速。

西支冰川有10个流速点小于1, 平均 K 值为0.84。这里要说明的是, 这10个点都是每个断面的边缘点, 例如, d_1 、 e_1 、 f_1 、 f_2 、 g_1 、 h_1 等。这些点的 K 值小于1, 是与运动量很小, K 值误差大有一定原因。其余26个流速点大于1, 平均 K 值为1.21。36个流速点的平均 K 值为1.10。由此可见, 西支冰川夏季流速大于冬季流速, 这和历年测得的结果一致。

3 冰川末端进退

(1)冰舌末端的进退变化是由冰川运动速度和消融强度来决定。1号冰川东支冰舌末端进退之观测, 仍然采用以前贯用的方法, 从三个固定点和6个标志上进行观测。继1993年9月2日之观测, 分别于1994年5月20日和1994年8月31日对冰舌末端进行重复观测。其结果详见表6。从表6可以看出, 东支冰舌末端年平均后退速度为4.85m/a。此值不但比1993年度后退速度增加1.01m/a。而且比1987年8月21日至1993

年9月2日6年间的平均后退速度增加0.47m/a。初步分析,这与该冰川冰舌部位的运动速度降低和消融强烈所致外,可能于东、西支冰川的彻底分开有关。

(2) 1号冰川西支冰舌末端的进退变化观测。1号冰川自建站观测有数据记录以来,东、西支冰川是连在一起的,西支冰舌是不存在的,所以,两支冰川的冰舌只有在东支冰舌上量测。自93年8月以来,西支冰川和东支冰川除沟底河床上个别地方没有断开,其于地方已彻底分开。鉴于东、西支冰川已彻底分离,我们于93年8月份在西支冰川冰舌前设立了两个固定点,用方位角和距离对冰舌8个部位进行控制。从93年9月2日对西支冰舌进行了第一次观测。又于94年5月20日和94年8月31日进行了重复观测,其结果详见表6。从表6中可以看出,西支冰川末端年平均后退速度为6.75m/a。此值不但比东支冰川末端当年后退速度快,而且比东支冰川后退速度最快的1991年的6.51m/a还快0.24m/a(陈要武等,1991)。特别是西支冰舌最末端1至3号点,退缩速度平均为8.82m/a。

从这些数据说明,西支冰川自从和东支冰川彻底地断开后,其冰舌末端的后退速度在最近几年内,将会继续增大。

参 考 文 献

陈要武等,1990,乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌进退变化(1989-1990),天山冰川观测试验站年报9

陈要武等,1991,乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌进退变化(1990-1991),天山冰川观测试验站年报10

孙作哲等,1985,天山乌鲁木齐河源1号冰川的运动特征,冰川冻土,7(1):27-40

陈要武等,1991,乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度,天山冰川观测试验站年报10

表1 年运动速度

| 观测日期: 1993.9.3~1994.8.28 | | | | | | | |
|--------------------------|-------|-------|----------|-------|----------|----|----------|
| 东支 点名 | U_x | U_y | U_{xy} | U_z | α | | U_{xy} |
| | (m) | (m) | (m) | (m) | ° | | (m/a) |
| a' ₁ | 0.463 | 0.722 | 0.858 | 0.72 | 57 | 18 | 0.88 |
| a' ₂ | 0.701 | 3.515 | 3.584 | 0.05 | 78 | 43 | 3.65 |
| a' ₃ | 0.555 | 4.050 | 4.088 | -0.17 | 82 | 12 | 4.16 |
| b' ₁ | 0.811 | 0.963 | 1.259 | 0.55 | 49 | 55 | 1.28 |
| b' ₂ | 1.779 | 3.847 | 4.238 | 0.05 | 65 | 11 | 4.31 |
| b' ₃ | 2.729 | 4.407 | 5.184 | 0.13 | 58 | 14 | 5.26 |
| b' ₄ | 1.385 | 4.030 | 4.261 | -0.27 | 71 | 02 | 4.34 |
| c' ₁ | 1.264 | 1.016 | 1.622 | 0.10 | 38 | 47 | 1.64 |
| c' ₂ | 3.398 | 4.004 | 5.252 | -0.24 | 49 | 41 | 5.33 |
| c' ₃ | 3.292 | 3.673 | 4.932 | -0.79 | 48 | 08 | 5.00 |

表1

| 观测日期：1993.9.6-1994.8.30 | | | | | | | |
|-------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|----|------|
| 东支 | Ux | Uy | Uxy | Uz | a | | |
| 点名 | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/a) | | |
| c ₁ | 2.601 | 2.681 | 3.735 | -0.33 | 45 | 52 | 3.80 |
| d ₁ | 0.466 | 0.131 | 0.484 | 0.06 | 15 | 40 | 0.47 |
| d ₂ | 4.268 | 1.821 | 4.641 | -0.20 | 23 | 06 | 4.73 |
| d ₃ | 4.369 | 1.694 | 4.686 | 0.09 | 21 | 12 | 4.78 |
| d ₄ | 4.057 | 1.819 | 4.446 | 0.04 | 24 | 09 | 4.53 |
| d ₅ | 2.210 | 0.276 | 2.227 | -0.72 | 7 | 07 | 2.26 |
| (西支) ₁ | -2.655 | 3.364 | 4.286 | 0.65 | 128 | 17 | 4.42 |
| a ₂ | -1.567 | 1.053 | 1.887 | 0.11 | 146 | 06 | 1.93 |

| 观测日期：1993.9.5-1994.8.29 | | | | | | | |
|-------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|----|------|
| 西支 | Ux | Uy | Uxy | Uz | a | | |
| 点名 | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/a) | | |
| c ₁ | 3.633 | 0.175 | 3.637 | -1.91 | 2 | 45 | 3.72 |
| c ₂ | 4.831 | 0.946 | 4.923 | -0.71 | 11 | 05 | 5.04 |
| c ₃ | 5.353 | 0.837 | 5.418 | -0.98 | 8 | 53 | 5.51 |
| c ₄ | 5.004 | 0.438 | 5.023 | -0.87 | 5 | 00 | 5.11 |
| c ₅ | 3.384 | -0.277 | 3.395 | -1.11 | 355 | 19 | 3.47 |
| f ₁ | 1.150 | 0.280 | 1.184 | -0.35 | 13 | 41 | 1.20 |
| f ₂ | 4.278 | 0.904 | 4.372 | -0.89 | 11 | 56 | 4.45 |
| f ₃ | 5.182 | 1.006 | 5.279 | -0.94 | 10 | 59 | 5.37 |
| f ₄ | 4.701 | 0.627 | 4.742 | -1.20 | 7 | 36 | 4.82 |
| g ₁ | 0.505 | 0.234 | 0.556 | -0.07 | 24 | 51 | 0.58 |
| g ₂ | 3.626 | 1.360 | 3.873 | -0.62 | 20 | 33 | 3.94 |
| g ₃ | 4.110 | 1.476 | 4.366 | -0.96 | 19 | 45 | 4.45 |
| g ₄ | 4.512 | 1.350 | 4.709 | -1.12 | 16 | 39 | 4.82 |
| g ₅ | 3.633 | 0.175 | 3.637 | -1.91 | 2 | 45 | 3.72 |
| h ₁ | 1.238 | 0.934 | 1.551 | -0.30 | 37 | 00 | 1.57 |
| h ₂ | 2.482 | 1.076 | 2.705 | -0.77 | 23 | 26 | 2.77 |
| h ₃ | 3.842 | -0.713 | 3.907 | -2.34 | 349 | 30 | 3.98 |
| l | 3.754 | 0.630 | 3.807 | -2.32 | 9 | 31 | 3.87 |
| l | 4.024 | 0.243 | 4.032 | -2.00 | 3 | 28 | 4.12 |
| k | 3.921 | -0.539 | 3.958 | -3.43 | 352 | 10 | 4.05 |

| 西支 | Ux | Uy | Uxy | Uz | a | | |
|----------------|--------|-------|-------|-------|-------|----|------|
| | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/a) | | |
| b ₁ | -0.505 | 2.574 | 2.623 | -0.93 | 101 | 06 | 2.66 |
| b ₂ | -2.414 | 6.334 | 6.779 | -1.59 | 110 | 52 | 6.90 |

续表1

| | | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|-------|----|----|------|
| c_1 | 0.438 | 8.468 | 8.480 | 0.84 | 87 | 02 | 8.65 |
| c_2 | -0.415 | 9.014 | 9.024 | -0.71 | 92 | 38 | 9.20 |
| c_3 | -0.557 | 8.533 | 8.551 | -0.36 | 93 | 44 | 8.72 |
| d_1 | 0.243 | 3.632 | 3.641 | -0.37 | 86 | 10 | 3.72 |
| d_2 | 0.505 | 8.335 | 8.350 | -1.26 | 86 | 32 | 8.50 |
| d_3 | 0.922 | 7.776 | 7.830 | -1.12 | 83 | 14 | 7.99 |
| d_4 | 0.919 | 6.217 | 6.285 | -1.50 | 81 | 35 | 6.42 |
| e_1 | 0.426 | 1.944 | 1.990 | -0.10 | 77 | 39 | 2.04 |
| e_2 | 1.467 | 7.115 | 7.265 | -1.08 | 78 | 21 | 7.41 |
| e_3 | 2.399 | 7.272 | 7.657 | -1.80 | 71 | 45 | 7.81 |
| e_4 | 2.834 | 6.689 | 7.081 | -1.44 | 66 | 24 | 7.23 |
| e_5 | 1.895 | 3.834 | 4.277 | -0.64 | 63 | 42 | 4.34 |
| f_1 | 1.138 | 2.531 | 2.775 | -0.38 | 65 | 47 | 2.85 |
| f_2 | 2.718 | 5.670 | 6.287 | -1.02 | 64 | 23 | 6.42 |
| f_3 | 2.910 | 5.814 | 6.502 | -1.01 | 63 | 25 | 6.64 |
| f_4 | 2.704 | 5.290 | 5.940 | -0.97 | 62 | 55 | 6.06 |
| f_5 | 2.273 | 3.178 | 3.907 | -1.60 | 54 | 26 | 3.98 |
| h_1 | 0.194 | 0.473 | 0.511 | 0.06 | 67 | 39 | 0.51 |

表2 冬季运动速度

| 观测日期: 1993.9.3-1994.5.17 | | | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|-------|-------------------|
| 东支 点名 | U_x (m) | U_y (m) | U_{xy} (m) | U_z (m) | a | U_s /年 (m/a) |
| a'_1 | 0.358 | 0.472 | 0.592 | 0.04 | 52 50 | |
| a'_2 | 0.591 | 2.548 | 2.615 | 0.02 | 76 56 | |
| a'_3 | 0.478 | 2.825 | 2.865 | -0.03 | 80 24 | |
| b'_1 | 0.719 | 0.774 | 1.056 | -0.01 | 47 06 | |
| b'_2 | 1.254 | 2.851 | 3.115 | 0.07 | 66 16 | |
| b'_3 | 1.263 | 3.158 | 3.401 | -0.07 | 68 12 | |
| b'_4 | 1.040 | 2.906 | 3.086 | -0.18 | 70 19 | |
| c'_1 | 0.937 | 0.818 | 1.244 | 0.09 | 41 06 | |
| c'_2 | 2.362 | 2.811 | 3.672 | -0.17 | 49 57 | |
| c'_3 | 2.287 | 2.722 | 3.555 | -0.57 | 49 57 | |
| c'_4 | 1.986 | 1.908 | 2.754 | -0.84 | 43 51 | |
| d'_1 | 0.403 | 0.068 | 0.409 | -0.03 | 9 39 | |
| d'_2 | 2.950 | 1.346 | 3.242 | -0.11 | 24 32 | |

续表2

| | | | | | | |
|------------|--------|-------|-------|-------|-----|----|
| d'_1 | 3.210 | 1.364 | 3.488 | 0.06 | 23 | 01 |
| d'_2 | 2.877 | 1.322 | 3.166 | 0.02 | 24 | 40 |
| d'_3 | 1.716 | 0.297 | 1.741 | -0.55 | 9 | 48 |
| (西支) a_1 | -1.638 | 2.183 | 2.729 | -0.21 | 126 | 53 |
| a_2 | -1.142 | 0.735 | 1.358 | 0.12 | 147 | 16 |

观测日期: 1993.9.6 - 1994.5.23

| 东支 点名 | U_x | U_y | U_{xy} | U_z | a | | U_s /年 |
|----------|-------|--------|----------|-------|-----|----|----------|
| | (m) | (m) | (m) | (m) | ° | ' | (m/a) |
| e'_1 | 0.689 | 0.260 | 0.736 | -0.05 | 20 | 43 | |
| e'_2 | 3.452 | 0.828 | 3.549 | -0.54 | 13 | 30 | |
| e'_3 | 3.837 | 0.667 | 3.894 | -0.71 | 9 | 52 | |
| e'_4 | 3.723 | 0.464 | 3.752 | -0.63 | 7 | 06 | |
| e'_5 | 2.636 | -0.127 | 2.640 | -0.80 | 357 | 15 | |
| f'_1 | 1.165 | 0.324 | 1.209 | -0.18 | 15 | 31 | |
| f'_2 | 3.222 | 0.766 | 3.312 | -0.61 | 13 | 23 | |
| f'_3 | 3.968 | 0.938 | 4.077 | -0.74 | 13 | 18 | |
| f'_4 | 3.487 | 0.549 | 3.530 | -0.80 | 8 | 57 | |
| g'_1 | 0.574 | 0.294 | 0.644 | -0.03 | 27 | 06 | |
| g'_2 | 2.546 | 1.162 | 2.799 | -0.40 | 24 | 33 | |
| g'_3 | 3.588 | 1.329 | 3.826 | -0.46 | 20 | 19 | |
| g'_4 | 3.528 | 1.131 | 3.705 | -0.81 | 17 | 46 | |
| g'_5 | 3.641 | 0.421 | 3.665 | -1.25 | 6 | 35 | |
| h'_1 | 1.238 | 0.934 | 1.551 | -0.18 | 37 | 00 | |
| h'_2 | 2.482 | 1.076 | 2.705 | -0.50 | 23 | 26 | |
| h'_3 | 3.126 | -0.175 | 3.131 | -1.29 | 356 | 48 | |
| L | 2.722 | 0.566 | 2.780 | -1.49 | 11 | 40 | |
| I | 3.320 | 0.559 | 3.367 | -1.55 | 9 | 34 | |
| K | 2.935 | -0.024 | 2.935 | -2.05 | 359 | 32 | |

观测日期: 1993.9.5 - 1994.5.19

| 西支 点名 | U_x | U_y | U_{xy} | U_z | a | | U_s /年 |
|----------|--------|-------|----------|-------|-----|----|----------|
| | (m) | (m) | (m) | (m) | ° | ' | (m/a) |
| b_1 | -0.409 | 1.638 | 1.688 | 0.31 | 104 | 00 | |
| b_2 | -1.613 | 4.253 | 4.548 | -0.66 | 110 | 46 | |
| c_1 | 0.214 | 5.875 | 5.878 | -0.87 | 87 | 55 | |
| c_2 | -0.294 | 6.169 | 6.176 | -0.81 | 92 | 44 | |
| c_3 | -0.287 | 5.856 | 5.863 | -0.72 | 92 | 48 | |

续表2

| | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|----|----|--|
| d ₁ | 0.219 | 2.640 | 2.649 | -0.25 | 85 | 15 | |
| d ₂ | 0.284 | 5.667 | 5.674 | -0.78 | 87 | 08 | |
| d ₃ | 0.665 | 5.344 | 5.385 | -0.37 | 82 | 54 | |
| d ₄ | 0.868 | 4.164 | 4.254 | -1.17 | 78 | 13 | |
| e ₁ | 0.383 | 1.559 | 1.605 | -0.05 | 76 | 12 | |
| e ₂ | 0.988 | 4.943 | 5.041 | -0.74 | 78 | 42 | |
| e ₃ | 1.617 | 5.004 | 5.259 | -1.24 | 72 | 05 | |
| e ₄ | 1.934 | 4.467 | 4.867 | -0.97 | 66 | 36 | |
| e ₅ | 1.321 | 2.682 | 2.990 | -0.45 | 63 | 47 | |
| f ₁ | 0.833 | 1.859 | 2.037 | -0.31 | 65 | 51 | |
| f ₂ | 2.023 | 4.172 | 4.637 | -0.76 | 64 | 08 | |
| f ₃ | 2.079 | 4.144 | 4.636 | -0.73 | 63 | 21 | |
| f ₄ | 1.981 | 3.813 | 4.297 | -0.68 | 62 | 33 | |
| f ₅ | 1.650 | 2.212 | 2.759 | -1.09 | 53 | 17 | |
| g ₁ | 0.223 | 0.447 | 0.500 | 0.00 | 63 | 32 | |
| g ₂ | 1.664 | 3.945 | 4.282 | -0.43 | 67 | 08 | |
| g ₃ | 1.778 | 3.852 | 4.243 | -0.60 | 65 | 13 | |
| g ₄ | 2.003 | 3.588 | 4.110 | -0.90 | 60 | 50 | |
| g ₅ | 1.521 | 1.157 | 1.911 | -1.41 | 37 | 15 | |
| h ₁ | 0.189 | 0.517 | 0.551 | 0.03 | 69 | 53 | |
| h ₂ | 1.847 | 3.550 | 4.001 | -0.37 | 62 | 31 | |
| h ₃ | 2.244 | 3.704 | 4.331 | -0.88 | 58 | 47 | |
| h ₄ | 2.633 | 3.237 | 4.172 | -1.97 | 50 | 52 | |
| L ₁ | 3.791 | 3.607 | 5.232 | -2.59 | 43 | 35 | |
| L ₂ | 5.756 | 3.671 | 6.827 | -3.86 | 32 | 32 | |
| L ₃ | 4.716 | 1.506 | 4.950 | -3.92 | 17 | 42 | |
| L ₄ | 5.877 | 3.297 | 6.739 | -4.09 | 29 | 18 | |
| L ₅ | 4.313 | 2.680 | 5.078 | -3.27 | 31 | 51 | |
| L ₆ | 2.583 | 1.533 | 3.004 | -2.61 | 30 | 42 | |

表3 夏季运动速度

| 观测日期: 1994. 5. 17 - 1994. 8. 28 | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----|----|-------------------|
| 东支 点名 | U _x | U _y | U _{xy} | U _z | a | | U _s /年 |
| | (m) | (m) | (m) | (m) | | | (m/a) |
| a' ₁ | 0.106 | 0.250 | 0.272 | 0.67 | 67 | 05 | |
| a' ₂ | 0.110 | 0.967 | 0.974 | 0.03 | 83 | 31 | |

续表3

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|-------|-------|-----|----|--|
| a'1 | 0.077 | 1.226 | 1.228 | -0.15 | 86 | 23 | |
| b'1 | 0.092 | 0.189 | 0.210 | 0.56 | 64 | 11 | |
| b'2 | 0.525 | 0.995 | 1.125 | -0.02 | 62 | 11 | |
| b'3 | 1.466 | 1.249 | 1.926 | 0.20 | 40 | 26 | |
| b'4 | 0.346 | 1.124 | 1.176 | -0.09 | 72 | 54 | |
| c'1 | 0.327 | 0.198 | 0.382 | 0.01 | 31 | 14 | |
| c'2 | 1.036 | 1.193 | 1.580 | -0.06 | 49 | 02 | |
| c'3 | 1.005 | 0.951 | 1.383 | -0.22 | 43 | 26 | |
| c'4 | 0.614 | 0.773 | 0.988 | -0.33 | 51 | 32 | |
| d'1 | 0.063 | 0.062 | 0.088 | 0.03 | 44 | 42 | |
| d'2 | 1.319 | 0.475 | 1.402 | -0.09 | 19 | 48 | |
| d'3 | 1.538 | 0.671 | 1.678 | 0.01 | 23 | 35 | |
| d'4 | 1.180 | 0.498 | 1.281 | 0.02 | 22 | 52 | |
| e'5 | 0.494 | -0.020 | 0.495 | -0.16 | 357 | 38 | |
| (西支)a1 | -1.018 | 1.181 | 1.559 | 0.96 | 130 | 44 | |
| a1 | -0.424 | 0.318 | 0.530 | -0.41 | 143 | 08 | |

观测日期: 1994.5.23~1994.8.30

| 东支 点名 | U _x | U _y | U _{xy} | U _z | a | | U _s /年 |
|----------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----|----|-------------------|
| | (m) | (m) | (m) | (m) | ° | ' | (m/a) |
| e'1 | 0.233 | -0.067 | 0.242 | 0.02 | 343 | 56 | |
| e'2 | 1.379 | 0.118 | 1.384 | -0.17 | 4 | 54 | |
| e'3 | 1.516 | 0.170 | 1.526 | -0.27 | 6 | 24 | |
| e'4 | 1.281 | -0.026 | 1.281 | -0.24 | 358 | 50 | |
| e'5 | 0.747 | -0.150 | 0.762 | -0.31 | 348 | 37 | |
| f'1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| f'2 | 1.056 | 0.138 | 1.065 | -0.28 | 7 | 26 | |
| f'3 | 1.214 | 0.068 | 1.216 | -0.20 | 3 | 12 | |
| f'4 | 1.214 | 0.078 | 1.216 | -0.41 | 3 | 40 | |
| g'1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| g'2 | 1.080 | 0.197 | 1.098 | -0.21 | 10 | 21 | |
| g'3 | 0.522 | 0.147 | 0.542 | -0.50 | 15 | 44 | |
| g'4 | 0.983 | 0.219 | 1.007 | -0.31 | 12 | 35 | |
| g'5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| h'1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| h'2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| h'3 | 0.715 | -0.537 | 0.895 | -1.04 | 323 | 05 | |

续表3

| | | | | | | | |
|---|-------|--------|-------|-------|-----|----|--|
| L | 1.032 | 0.064 | 1.034 | -0.83 | 3 | 34 | |
| I | 0.705 | -0.316 | 0.772 | -0.45 | 335 | 52 | |
| K | 0.986 | -0.516 | 1.113 | -1.39 | 332 | 24 | |

观测日期: 1994.5.19 - 1994.8.29

| 西支 点名 | U_x | U_y | U_{xy} | U_z | a | | $U_s/\text{年}$ (m/a) |
|----------------|--------|-------|----------|-------|-----|----|-------------------------|
| | (m) | (m) | (m) | (m) | ° | ' | |
| b ₁ | -0.096 | 0.936 | 0.941 | -0.31 | 95 | 52 | |
| b ₂ | -0.801 | 2.081 | 2.230 | -0.93 | 111 | 04 | |
| c ₁ | 0.224 | 2.594 | 2.603 | -0.50 | 85 | 04 | |
| c ₂ | -0.122 | 2.845 | 2.848 | 0.10 | 92 | 27 | |
| c ₃ | -0.271 | 2.677 | 2.691 | -0.36 | 95 | 47 | |
| d ₁ | 0.024 | 0.993 | 0.993 | -0.12 | 88 | 37 | |
| d ₂ | 0.222 | 2.668 | 2.677 | -0.48 | 85 | 15 | |
| d ₃ | 0.257 | 2.432 | 2.446 | -1.48 | 83 | 58 | |
| d ₄ | 0.051 | 2.053 | 2.054 | -0.43 | 88 | 34 | |
| e ₁ | 0.479 | 2.172 | 2.224 | -0.34 | 77 | 34 | |
| e ₂ | 0.781 | 2.267 | 2.398 | -0.56 | 70 | 59 | |
| e ₃ | 0.900 | 2.022 | 2.213 | -0.48 | 66 | 00 | |
| e ₄ | 0.575 | 1.152 | 1.287 | -0.20 | 63 | 29 | |
| e ₅ | 0.305 | 0.672 | 0.738 | -0.07 | 65 | 36 | |
| f ₁ | 0.695 | 1.497 | 1.651 | -0.26 | 65 | 06 | |
| f ₂ | 0.831 | 1.671 | 1.866 | -0.28 | 63 | 33 | |
| f ₃ | 0.723 | 1.476 | 1.643 | -0.28 | 63 | 54 | |
| f ₄ | 0.623 | 0.965 | 1.149 | -0.51 | 57 | 10 | |
| f ₅ | 0.043 | 0.385 | 0.387 | -0.04 | 83 | 41 | |
| g ₁ | 0.085 | 0.169 | 0.190 | 0.02 | 63 | 22 | |
| g ₂ | 0.834 | 1.738 | 1.928 | -0.20 | 64 | 22 | |
| g ₃ | 0.854 | 1.591 | 1.806 | -0.25 | 61 | 47 | |
| g ₄ | 0.761 | 1.474 | 1.659 | -0.34 | 62 | 47 | |
| g ₅ | 0.805 | 0.447 | 0.921 | -0.69 | 29 | 03 | |
| h ₁ | 0.005 | 0.044 | 0.045 | 0.04 | | | |
| h ₂ | 1.033 | 1.548 | 1.861 | -0.10 | 56 | 17 | |
| h ₃ | 0.920 | 1.388 | 1.666 | -0.36 | 56 | 28 | |
| h ₄ | 1.267 | 1.405 | 1.892 | -0.95 | 47 | 58 | |
| L ₁ | 1.421 | 1.215 | 1.870 | -1.12 | 40 | 32 | |
| L ₂ | 2.432 | 1.336 | 2.775 | -1.55 | 28 | 47 | |
| L ₃ | 3.163 | 1.678 | 3.580 | -2.29 | 27 | 57 | |

续表3

| | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|----|----|--|
| L ₄ | 2.909 | 1.441 | 3.246 | -1.88 | 26 | 21 | |
| L ₅ | 2.376 | 1.017 | 2.585 | -1.94 | 23 | 11 | |
| L ₆ | 1.497 | 0.540 | 1.592 | -1.31 | 19 | 49 | |

表4 冬季和夏季流速比较表

| 东支 点名 | 观测日期 (1993.9.3~1994.5.17) | | 观测日期 (1994.5.17~1994.8.28) | | 夏、冬季 流速比 K |
|--------------------|------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|------------------|
| | 运动距离 S(m) | 流速 U(cm/d) | 运动距离 S(m) | 流速 U(cm/d) | |
| a' ₁ | 0.592 | 0.23 | 0.272 | 0.26 | 1.13 |
| a' ₂ | 2.615 | 1.02 | 0.974 | 0.95 | 0.93 |
| a' ₃ | 2.865 | 1.12 | 1.228 | 1.19 | 1.06 |
| b' ₁ | 1.056 | 0.41 | 0.210 | 0.20 | 0.49 |
| b' ₂ | 3.115 | 1.22 | 1.125 | 1.09 | 0.89 |
| b' ₃ | 3.401 | 1.33 | 1.926 | 1.87 | 1.41 |
| b' ₄ | 3.086 | 1.21 | 1.176 | 1.14 | 0.94 |
| c' ₁ | 1.244 | 0.49 | 0.382 | 0.37 | 0.76 |
| c' ₂ | 3.672 | 1.43 | 1.580 | 1.53 | 1.07 |
| c' ₃ | 3.555 | 1.39 | 1.383 | 1.34 | 0.96 |
| c' ₄ | 2.754 | 1.08 | 0.988 | 0.96 | 0.89 |
| d' ₁ | 0.409 | 0.16 | 0.088 | 0.09 | 0.56 |
| d' ₂ | 3.242 | 1.27 | 1.402 | 1.36 | 1.07 |
| d' ₃ | 3.488 | 1.36 | 1.678 | 1.63 | 1.20 |
| d' ₄ | 3.166 | 1.24 | 1.281 | 1.24 | 1.00 |
| d' ₅ | 1.741 | 0.68 | 0.495 | 0.48 | 0.71 |
| (西支)a ₁ | 2.729 | 1.08 | 1.599 | 1.51 | 1.40 |
| a ₂ | 1.358 | 0.54 | 0.530 | 0.51 | 0.94 |
| 东支 点名 | 观测日期 (1993.9.6~1994.5.23) | | 观测日期 (1994.5.23~1994.8.30) | | 夏、冬季流速比 K |
| | 运动距离 S(m) | 流速 U(cm/d) | 运动距离 S(m) | 流速 U(cm/d) | |
| e' ₁ | 0.736 | 0.28 | 0.242 | 0.24 | 0.86 |
| e' ₂ | 3.549 | 1.37 | 1.384 | 1.40 | 1.02 |
| e' ₃ | 3.894 | 1.50 | 1.526 | 1.54 | 1.03 |
| e' ₄ | 3.752 | 1.45 | 1.281 | 1.29 | 0.89 |
| e' ₅ | 2.640 | 1.02 | 0.762 | 0.77 | 0.75 |
| f' ₁ | 1.209 | 0.47 | 0.046 | 0.05 | 0.11 |
| f' ₂ | 3.312 | 1.28 | 1.065 | 1.08 | 0.84 |
| f' ₃ | 4.077 | 1.57 | 1.216 | 1.23 | 0.78 |

续表4

| | | | | | |
|----------|------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------|
| f'_4 | 3.530 | 1.36 | 1.216 | 1.23 | 0.90 |
| g'_2 | 0.644 | 0.25 | 0.091 | 0.09 | 0.36 |
| g'_2 | 2.799 | 1.08 | 1.098 | 1.11 | 1.03 |
| g'_3 | 3.826 | 1.48 | 0.542 | 0.55 | 0.37 |
| g'_4 | 3.705 | 1.43 | 1.007 | 1.02 | 0.71 |
| g'_5 | 3.665 | 1.42 | 0.246 | 0.25 | 0.18 |
| h'_1 | 1.551 | 0.60 | 1.628 | 1.64 | 2.73 |
| h'_2 | 2.705 | 1.04 | 1.682 | 1.70 | 1.63 |
| h'_3 | 3.131 | 1.21 | 0.895 | 0.90 | 0.74 |
| L | 2.780 | 1.07 | 1.034 | 1.04 | 0.97 |
| i | 3.367 | 1.30 | 0.772 | 0.78 | 0.60 |
| K | 2.935 | 1.13 | 1.113 | 1.12 | 0.99 |
| 西支 点名 | 观测日期 (1993.9.5-1994.5.19) | | 观测日期 (1994.5.19-1994.8.29) | | 夏、冬季 流速比 |
| | 运动距离 S(m) | 流速 U(cm/d) | 运动距离 S(m) | 流速 U(cm/d) | K |
| b_1 | 1.688 | 0.66 | 0.941 | 0.92 | 1.39 |
| b_2 | 4.548 | 1.78 | 2.230 | 2.19 | 1.23 |
| c_1 | 5.878 | 2.30 | 2.603 | 2.55 | 1.11 |
| c_2 | 6.176 | 2.41 | 2.848 | 2.79 | 1.16 |
| c_3 | 5.863 | 2.29 | 2.691 | 2.64 | 1.15 |
| d_1 | 2.649 | 1.03 | 0.993 | 0.97 | 0.94 |
| d_2 | 5.674 | 2.22 | 2.677 | 2.62 | 1.18 |
| d_3 | 5.385 | 2.10 | 2.446 | 2.40 | 1.14 |
| d_4 | 4.254 | 1.66 | 2.054 | 2.01 | 1.21 |
| e_1 | 1.605 | 0.62 | 0.387 | 0.39 | 0.63 |
| e_2 | 5.041 | 1.97 | 2.224 | 2.18 | 1.11 |
| e_3 | 5.259 | 2.05 | 2.398 | 2.35 | 1.15 |
| e_4 | 4.867 | 1.90 | 2.213 | 2.17 | 1.14 |
| e_5 | 2.990 | 1.17 | 1.287 | 1.26 | 1.08 |
| f_1 | 2.037 | 0.80 | 0.738 | 0.72 | 0.90 |
| f_2 | 4.637 | 1.81 | 1.651 | 1.62 | 0.90 |
| f_3 | 4.636 | 1.81 | 1.866 | 1.83 | 1.01 |
| f_4 | 4.297 | 1.68 | 1.643 | 1.61 | 0.96 |
| f_5 | 2.759 | 1.08 | 1.149 | 1.13 | 1.05 |
| g_1 | 0.500 | 0.20 | 0.190 | 0.19 | 0.95 |
| g_2 | 4.282 | 1.67 | 1.928 | 1.95 | 1.17 |

续表4

| | | | | | |
|----------------|-------|------|-------|------|------|
| B ₁ | 4.243 | 1.66 | 1.806 | 1.82 | 1.10 |
| B ₂ | 4.110 | 1.61 | 1.659 | 1.68 | 1.04 |
| B ₃ | 1.911 | 0.75 | 0.921 | 0.93 | 1.24 |
| h ₁ | 0.551 | 0.21 | 0.045 | 0.05 | 0.24 |
| h ₂ | 4.001 | 1.54 | 1.861 | 1.88 | 1.22 |
| h ₃ | 4.331 | 1.69 | 1.666 | 1.68 | 0.99 |
| h ₄ | 4.172 | 1.63 | 1.892 | 1.91 | 1.17 |
| L ₁ | 5.232 | 2.04 | 1.870 | 1.89 | 0.93 |
| L ₂ | 6.827 | 2.67 | 2.775 | 2.80 | 1.05 |
| L ₃ | 4.950 | 1.93 | 3.580 | 3.62 | 1.88 |
| L ₄ | 6.739 | 2.63 | 3.246 | 3.29 | 1.25 |
| L ₅ | 5.078 | 1.98 | 2.585 | 2.61 | 1.32 |
| L ₆ | 3.004 | 1.17 | 1.592 | 1.61 | 1.38 |

表5 流速点座标

| 东支 点名 | 观测日期: 1994.8.30 | | | 观测日期: 1994.8.29 | | | |
|--------------------|-----------------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|
| | X | Y | Z | 西支 点名 | X | Y | Z |
| a' ₁ | 5229.61 | 3689.76 | 3774.55 | b ₁ | 5448.98 | 3381.52 | 3864.76 |
| a' ₂ | 5141.49 | 3745.86 | 3772.20 | b ₂ | 5404.25 | 3367.87 | 3867.01 |
| a' ₃ | 5091.30 | 3768.19 | 3765.67 | c ₁ | 5435.32 | 3244.76 | 3908.32 |
| b' ₁ | 5204.56 | 3531.22 | 3810.61 | c ₂ | 5386.60 | 3227.62 | 3916.40 |
| b' ₂ | 5140.38 | 3600.48 | 3804.79 | c ₃ | 5344.59 | 3210.07 | 3924.52 |
| b' ₃ | 5074.37 | 3643.48 | 3801.15 | d ₁ | 5489.08 | 3135.24 | 3935.66 |
| b' ₄ | 4992.33 | 3693.94 | 3802.80 | d ₂ | 5425.58 | 3127.39 | 3934.74 |
| c' ₁ | 5114.36 | 3342.50 | 3850.78 | d ₃ | 5361.29 | 3113.70 | 3941.71 |
| c' ₂ | 5044.70 | 3413.66 | 3852.60 | d ₄ | 5283.13 | 3098.79 | 3958.22 |
| c' ₃ | 4972.56 | 3480.11 | 3848.72 | e ₁ | 5504.59 | 2976.04 | 3976.03 |
| c' ₄ | 4886.88 | 3560.10 | 3851.60 | e ₂ | 5434.32 | 2973.09 | 3978.43 |
| d' ₁ | 4901.03 | 3129.96 | 3888.17 | e ₃ | 5358.05 | 2965.25 | 3986.11 |
| d' ₂ | 4858.23 | 3217.93 | 3892.61 | e ₄ | 5281.07 | 2956.70 | 3999.29 |
| d' ₃ | 4811.54 | 3305.51 | 3893.86 | e ₅ | 5201.21 | 2946.05 | 4010.65 |
| d' ₄ | 4767.92 | 3393.28 | 3894.98 | f ₁ | 5449.99 | 2777.70 | 4013.16 |
| d' ₅ | 4709.09 | 3483.60 | 3910.30 | f ₂ | 5372.68 | 2788.12 | 4017.92 |
| (西支)a ₁ | 5328.74 | 3437.44 | 3835.86 | f ₃ | 5293.87 | 2795.64 | 4022.26 |
| a ₂ | 5301.01 | 3385.45 | 3835.08 | f ₄ | 5217.71 | 2802.42 | 4031.18 |

续表5

| 观测日期: 1994. 8. 30 | | | | 观测日期: 1994. 8. 29 | | | |
|-------------------|---------|---------|---------|-------------------|---------|---------|---------|
| e'_1 | 4562.59 | 2998.99 | 3925.31 | f_1 | 5139.28 | 2807.29 | 4046.13 |
| e'_2 | 4530.82 | 3092.48 | 3927.95 | g_1 | 5403.91 | 2594.09 | 4058.30 |
| e'_3 | 4495.72 | 3182.25 | 3927.46 | g_2 | 5320.02 | 2630.35 | 4056.40 |
| e'_4 | 4457.37 | 3271.81 | 3934.92 | g_3 | 5237.64 | 2660.21 | 4049.73 |
| e'_5 | 4429.07 | 3334.99 | 3946.92 | g_4 | 5154.17 | 2690.24 | 4055.34 |
| f'_1 | 4344.05 | 2964.03 | 3968.84 | g_5 | 5083.60 | 2712.97 | 4076.37 |
| f'_2 | 4315.29 | 3037.52 | 3970.08 | h_1 | 5343.88 | 2432.70 | 4077.30 |
| f'_3 | 4285.88 | 3104.35 | 3968.42 | h_2 | 5261.20 | 2487.91 | 4075.91 |
| f'_4 | 4253.34 | 3176.89 | 3972.81 | h_3 | 5176.80 | 2538.38 | 4075.56 |
| g'_1 | 4149.81 | 2898.48 | 4014.87 | h_4 | 5094.39 | 2588.14 | 4085.32 |
| g'_2 | 4123.73 | 2962.57 | 4012.99 | L_1 | 5119.25 | 2475.07 | 4100.92 |
| g'_3 | 4095.40 | 3024.71 | 4009.27 | L_2 | 5037.37 | 2402.87 | 4155.84 |
| g'_4 | 4066.90 | 3087.14 | 4006.31 | L_3 | 4947.02 | 2350.82 | 4212.28 |
| g'_5 | 4038.36 | 3149.23 | 4014.88 | L_4 | 4855.75 | 2301.44 | 4274.04 |
| h'_1 | 3939.97 | 2783.64 | 4066.97 | L_5 | 4769.41 | 2246.92 | 4324.32 |
| h'_2 | 3890.20 | 2926.52 | 4045.32 | L_6 | 4659.11 | 2164.60 | 4398.34 |
| h'_3 | 3847.72 | 3058.02 | 4062.39 | | | | |
| L | 3802.26 | 2959.04 | 4069.54 | | | | |
| I | 3742.18 | 2978.22 | 4095.74 | | | | |
| K | 3671.66 | 3003.51 | 4134.61 | | | | |

表6 冰舌进退(m)资料

| 点 名 | 观测日期1993. 9. 2 - 1994. 5. 20 | 观测日期1994. 5. 20 - 1994. 8. 31 | 观测日期1993. 9. 2 - 1994. 8. 31 |
|-----------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 固定点 I' | -0.80 | -1.90 | -2.70 |
| 固定点 II | 3.15 | -8.10 | -4.95 |
| 固定点 III | 1.80 | -6.20 | -4.40 |
| 1 | 0.45 | -4.70 | -4.25 |
| 2 | 1.50 | -5.72 | -4.22 |
| 3 | 1.45 | -6.20 | -4.75 |
| 4 | 2.00 | -6.85 | -4.85 |
| 5 | 1.20 | -7.75 | -6.55 |
| 6 | 0.92 | -7.87 | -6.95 |
| 平 均 | 1.30 | -6.14 | -4.85 |
| 西支冰舌 图1 1 | -6.10 | -3.65 | -9.75 |
| 2 | -3.90 | -4.15 | -8.05 |
| 3 | -3.40 | -5.25 | -8.65 |
| 4 | -2.20 | -5.12 | -7.32 |
| 图2 5 | -4.00 | -5.20 | -9.20 |
| 6 | -0.45 | -2.75 | -3.20 |
| 7 | -1.60 | -2.50 | -4.10 |
| 8 | -0.55 | -3.20 | -3.75 |
| 平 均 | -2.78 | -3.98 | -6.75 |

乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度 和冰舌进退变化 (1994/1995)

井 晓 平

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 730000)

1 简 述

1 号冰川位于天山天格尔山脉北坡, 乌鲁木齐河源区。该冰川由东、西两支组成, 为一双冰斗山谷冰川, 它的上、下界分别为4269~3740m和4486~3810m, 垂直高差近700m, 是乌鲁木齐河源区最大的一条冰川(刘潮海等, 1992)。

自1959年起, 中国科学院兰州冰川冻土研究所在乌鲁木齐河源 1 号冰川建立了定位观测站, 对 1 号冰川的运动变化开始了观测研究。从1980年以来, 先后有孙作哲、尤根祥、杨长泰、陈要武等同志一直进行着系统的、连续不断的观测研究和资料积累工作。有关 1 号冰川运动变化的研究成果和文章已发表多篇, (孙作哲等, 1982, 1985; 韩建康等, 1985)。本文作者于近期开始对 1 号冰川表面运动速度和冰舌进退变化进行观测研究工作, 在此对 1 号冰川的运动特征暂不作详细分析, 仅对本年度的观测资料作有关说明, 以供研究参考。

2 冰面运动点的布设及观测情况

本年度所观测的冰面流速点仍为历年来王纯足、陈要武等同志布设。在东、西支冰川自冰舌向粒雪盆分别设置了 a_i' 、 b_i' …… h_i' 8排花杆和 a_i 、 b_i …… l_i 9排花杆标志。

观测方法仍同以往, 采用020型光学经纬仪用前方交会法进行观测, 求出各流速点的空间坐标, 再计算出每一流速点在单位时间内的空间位移得出各点的运动速度。控制点选用94年布设方案(陈要武, 1994)组成三条控制基线。在基V和基VI点组成的基线上观测东支冰川 d' 排以下各点及西支冰川的 a 排流速点; 在 A_2 和基VII点组成的基线上观测西支冰川 $b-f$ 排各流速点; 在由基东和基西两点组成的基线上观测东、西支冰川上的其它各流速点。

3 资料说明

1995年对 1 号冰川的表面运动观测和冰舌进退观测仅在 8 月底进行了一次, 所以在本年度资料中只有1994/1995的年运动速度(表 1)和东、西支冰舌的年进退变化

资料(表2), 及各流速点的空间坐标资料(表3)。

使用的坐标系为独立坐标系。与往年一样规定X为纵坐标, Y为横坐标, Z为竖直向上的坐标。 U_x 、 U_y 、 U_z 是分别平行于X、Y和Z轴的速度分量, U_{xy} 为速度的水平分量, $U_{xy} = (U_x^2 + U_y^2)^{1/2}$; α 为运动速度的方向。

4 对本年度运动速度的粗略分析

在计算、整编运动速度资料过程中, 经过简单分析和对比得出以下结果;

(1)、1号冰川本年度运动速度与前几年运动速度相比, 基本变化不大。从表1中可以看出, 东支冰川流速最大点为 e_3' 点。其年流速为5.53m。西支冰川流速最大点为 d_3 点, 其年流速为7.57m。这些点位均与去年的点位相同。

(2)、将表1中的运动速度和上年度的流速作一比较发现, 东支冰川各排流速点的速度值有部分点有所增加, 而大多数点的流速有所降低, 总体情况表现为东支冰川的流速同去年相比较流速降低, 但降低幅度不太大, 平均减小约0.2m/年。西支冰川全部流速点的流速都有所降低, 减速幅度也不是很大, 平均减小约0.25m/年。

(3)、从表1中运动速度的垂直分量 U_z 的年度变化反映出消融区的显出流作用和积累区的显入流作用较为明显。这和往年的作用规律完全相同。

5 冰川末端进退

1号冰川末端冰舌进退仍按照1994年的观测方法进行观测, 即东支冰舌末端的观测仍从三个固定点标志上进行丈量, 西支冰舌末端分别从两个固定观测点上测量。继1994年8月底观测以来, 仅在1995年8月底进行了一次观测, 其观测结果见表2。从表2中可看出该年度东支冰川冰舌末端平均后退3.95m, 西支冰舌末端平均后退6.17m, 这样的退缩速度比1994年度的退缩速率有所减小。

参 考 文 献

- 孙作哲等, 1982, 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度(1980/1981), 天山冰川站年报 10
 孙作哲等, 1985, 天山乌鲁木齐河源1号冰川的运动特征. 冰川冻土, 7(1):27—40
 尤根祥等, 1987, 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌进退变化, 天山冰川站年报 3
 陈要武等, 1996, 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌进退变化(1993-1994), 天山冰川站年报(本期)
 韩建康等, 1985, 天山乌鲁木齐河源1号冰川表面应变率的初步研究, 冰川冻土, 7(1)
 刘潮海等, 1992, 乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡过程观测研究(1991/1992年), 天山冰川站年报 11

表1 年运动速度(观测日期: 1994. 8. 29 ~ 1995. 8. 26)

| 东支点名 | U ₁ (m) | U ₂ (m) | U ₃ (m) | U ₄ (m) | α (° ') | | U ₀ (m/a) |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|----|----------------------|
| | | | | | | | |
| a'₁ | 0.442 | 0.761 | 0.829 | 0.43 | 57 | 46 | 0.834 |
| a'₂ | 0.783 | 3.477 | 3.564 | -0.14 | 77 | 19 | 3.584 |
| a'₃ | 0.521 | 3.976 | 4.010 | -0.26 | 82 | 30 | 4.032 |
| b'₁ | 0.784 | 0.905 | 1.197 | 0.36 | 49 | 06 | 1.204 |
| b'₂ | 1.760 | 3.874 | 4.255 | -0.05 | 65 | 34 | 4.278 |
| b'₃ | -0.605 | 5.467 | 5.500 | 0.10 | 96 | 19 | 5.530 |
| b'₄ | 1.477 | 4.102 | 4.360 | -0.29 | 70 | 12 | 4.384 |
| c'₁ | 1.110 | 1.427 | 1.808 | -0.07 | 52 | 07 | 1.818 |
| c'₂ | 3.419 | 4.070 | 5.315 | -0.37 | 49 | 58 | 5.344 |
| c'₃ | 3.195 | 3.797 | 4.939 | -0.82 | 49 | 55 | 4.966 |
| c'₄ | 2.711 | 2.821 | 3.912 | -0.36 | 46 | 08 | 3.934 |
| d'₁ | 0.486 | 0.188 | 0.521 | -0.23 | 21 | 09 | 0.524 |
| d'₂ | 4.112 | 1.767 | 4.476 | -0.30 | 23 | 15 | 4.501 |
| d'₃ | 4.186 | 1.598 | 4.481 | -0.08 | 20 | 54 | 4.506 |
| d'₄ | 3.996 | 1.813 | 4.388 | -0.11 | 24 | 24 | 4.412 |
| d'₅ | 1.655 | 0.436 | 1.711 | -0.84 | 14 | 46 | 1.720 |
| e'₁ | 1.039 | 0.167 | 1.052 | -0.11 | 9 | 08 | 1.058 |
| e'₂ | 4.810 | 0.827 | 4.880 | -0.80 | 9 | 45 | 4.907 |
| e'₃ | 5.441 | 0.785 | 5.497 | -1.06 | 8 | 13 | 5.527 |
| e'₄ | 5.174 | 0.498 | 5.198 | -0.91 | 5 | 30 | 5.227 |
| e'₅ | 3.550 | -0.259 | 3.559 | -1.18 | 355 | 50 | 3.579 |
| f'₁ | 1.232 | 0.482 | 1.323 | -0.39 | 21 | 22 | 1.330 |
| f'₂ | 4.491 | 0.873 | 4.575 | -0.94 | 11 | 00 | 4.600 |
| f'₃ | 5.242 | 0.910 | 5.320 | -0.97 | 9 | 51 | 5.349 |
| f'₄ | 4.686 | 0.781 | 4.751 | -1.27 | 9 | 28 | 4.777 |
| g'₁ | 0.650 | 0.345 | 0.736 | -0.11 | 27 | 57 | 0.740 |
| g'₂ | 3.726 | 1.359 | 3.966 | -0.73 | 20 | 02 | 3.988 |
| g'₃ | 4.061 | 1.670 | 4.391 | -1.08 | 22 | 21 | 4.415 |
| g'₄ | 4.491 | 1.352 | 4.690 | -1.20 | 16 | 45 | 4.716 |
| g'₅ | 3.563 | 0.170 | 3.567 | -2.04 | 2 | 44 | 3.587 |
| h'₁ | 1.207 | 1.271 | 1.753 | -0.36 | 46 | 29 | 1.763 |
| h'₂ | 2.384 | 1.025 | 2.595 | -0.76 | 23 | 16 | 2.609 |

续表1 (观测日期: 1994. 8. 29 ~ 1995. 8. 26)

| 西支点名 | U_x (m) | U_y (m) | U_{xy} (m) | U_z (m) | α ($^{\circ}$) | | U_{xy} (m/a) |
|----------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-------------------------|----|----------------|
| a ₁ | -2.625 | 3.179 | 4.123 | 0.14 | 129 | 33 | 4.146 |
| a ₂ | -1.486 | 1.102 | 1.850 | -0.21 | 143 | 26 | 1.860 |
| b ₁ | -0.516 | 2.411 | 2.466 | -1.07 | 102 | 05 | 2.480 |
| b ₂ | -2.389 | 6.177 | 6.623 | -1.68 | 111 | 09 | 6.659 |
| c ₁ | 0.500 | 4.618 | 4.645 | -0.94 | 83 | 49 | 4.670 |
| c ₂ | -0.419 | 6.840 | 6.853 | -0.95 | 93 | 30 | 6.891 |
| c ₃ | -0.496 | 6.515 | 6.534 | -0.47 | 94 | 21 | 6.570 |
| d ₁ | 0.116 | 3.047 | 3.049 | -0.51 | 87 | 49 | 3.066 |
| d ₂ | 1.230 | 6.022 | 6.146 | -1.31 | 78 | 27 | 6.180 |
| d ₃ | 0.891 | 7.472 | 7.525 | -1.24 | 83 | 12 | 7.566 |
| d ₄ | 0.884 | 6.109 | 6.173 | -1.63 | 81 | 46 | 6.207 |
| e ₁ | 0.343 | 1.885 | 1.916 | -0.24 | 79 | 41 | 1.927 |
| e ₂ | 1.283 | 7.205 | 7.318 | -1.21 | 79 | 54 | 7.358 |
| e ₃ | 2.343 | 7.091 | 7.468 | -1.95 | 71 | 43 | 7.509 |
| e ₄ | 2.807 | 6.445 | 7.030 | -1.60 | 66 | 28 | 7.069 |
| e ₅ | 1.987 | 3.622 | 4.131 | -0.71 | 61 | 15 | 4.154 |
| f ₁ | 1.003 | 2.486 | 2.681 | -0.50 | 68 | 02 | 2.696 |
| f ₂ | 2.899 | 5.093 | 5.860 | -1.11 | 60 | 21 | 5.892 |
| f ₃ | 2.849 | 5.541 | 6.230 | -1.13 | 62 | 47 | 6.264 |
| f ₄ | 2.611 | 5.007 | 5.647 | -1.09 | 62 | 28 | 5.678 |
| f ₅ | 2.018 | 3.026 | 3.637 | -1.69 | 56 | 18 | 3.657 |
| g ₁ | 0.346 | 0.606 | 0.698 | -0.07 | 60 | 16 | 0.702 |
| g ₂ | 2.282 | 5.418 | 5.879 | -0.73 | 67 | 10 | 5.911 |
| g ₃ | 2.676 | 5.838 | 6.422 | -1.02 | 65 | 22 | 6.457 |
| g ₄ | 2.449 | 4.769 | 5.361 | -1.40 | 62 | 49 | 5.391 |
| g ₅ | 2.248 | 1.511 | 2.709 | -2.19 | 33 | 54 | 2.734 |
| h ₁ | 0.160 | 0.498 | 0.523 | -0.11 | 72 | 11 | 0.526 |
| h ₂ | 2.627 | 4.708 | 5.391 | -0.63 | 60 | 50 | 5.421 |
| h ₃ | 3.176 | 5.002 | 5.925 | -1.40 | 57 | 35 | 5.958 |
| h ₄ | 3.741 | 4.509 | 5.859 | -2.91 | 50 | 19 | 5.891 |
| L ₁ | 5.464 | 4.740 | 7.233 | -3.70 | 40 | 56 | 7.273 |
| L ₂ | 8.476 | 5.068 | 9.876 | -5.72 | 30 | 53 | 9.930 |
| L ₃ | 7.802 | 3.094 | 8.393 | -6.41 | 21 | 38 | 8.439 |

表3 流速点座标(观测日期: 1995. 8. 26)

| 东支 | 座 | | | 西支 | 座 | | |
|--------|----------|----------|---------|----|----------|----------|---------|
| | 点名 | X (m) | Y (m) | | Z (m) | 点名 | X (m) |
| a' | 5230.052 | 3690.461 | 3774.98 | a1 | 5326.115 | 3440.619 | 3835.97 |
| a'' | 5142.273 | 3749.337 | 3770.06 | a2 | 5299.524 | 3386.552 | 3834.87 |
| a''' | 5091.821 | 3773.166 | 3765.41 | b1 | 5448.464 | 3383.931 | 3863.69 |
| b' | 5205.344 | 3532.125 | 3810.97 | b2 | 5401.861 | 3374.047 | 3865.53 |
| b'' | 5142.140 | 3604.354 | 3804.74 | c1 | 5434.820 | 3249.378 | 3907.38 |
| b''' | 5073.765 | 3648.947 | 3801.25 | c2 | 5386.181 | 3234.460 | 3915.45 |
| b'''' | 4993.807 | 3698.042 | 3802.51 | c3 | 5344.094 | 3216.585 | 3924.05 |
| c' | 5115.470 | 3343.927 | 3850.71 | d1 | 5488.964 | 3132.193 | 3935.15 |
| c'' | 5048.119 | 3417.830 | 3852.23 | d2 | 5426.810 | 3133.412 | 3933.43 |
| c''' | 4975.755 | 3483.907 | 3847.90 | d3 | 5362.181 | 3121.172 | 3940.47 |
| c'''' | 4889.591 | 3562.921 | 3851.24 | d4 | 5284.014 | 3104.899 | 3956.59 |
| d' | 4901.516 | 3130.148 | 3887.94 | e1 | 5504.933 | 2977.925 | 3975.79 |
| d'' | 4862.342 | 3219.697 | 3892.31 | e2 | 5435.603 | 2980.295 | 3977.22 |
| d''' | 4815.726 | 3307.108 | 3893.78 | e3 | 5360.393 | 2972.341 | 3984.16 |
| d'''' | 4766.916 | 3395.093 | 3894.87 | e4 | 5283.877 | 2963.145 | 3997.69 |
| d''''' | 4710.745 | 3484.036 | 3909.46 | e5 | 5203.197 | 2949.672 | 4009.94 |
| e' | 4563.629 | 2999.157 | 3925.20 | f1 | 5450.993 | 2780.186 | 4012.66 |
| e'' | 4605.047 | 3136.874 | 3937.15 | f2 | 5375.579 | 2793.213 | 4016.81 |
| e''' | 4501.161 | 3183.035 | 3926.40 | f3 | 5296.719 | 2802.181 | 4021.13 |
| e'''' | 4462.544 | 3272.308 | 3934.01 | f4 | 5220.321 | 2807.427 | 4030.09 |
| e''''' | 4432.620 | 3334.731 | 3945.74 | f5 | 5141.298 | 2810.316 | 4044.44 |
| f' | 4345.282 | 2964.512 | 3968.45 | g1 | 5404.256 | 2594.996 | 4058.23 |
| f'' | 4319.781 | 3038.393 | 3969.14 | g2 | 5322.302 | 2635.768 | 4055.67 |
| f''' | 4291.122 | 3105.260 | 3967.45 | g3 | 5240.316 | 2666.048 | 4048.71 |
| f'''' | 4258.026 | 3177.671 | 3971.54 | g4 | 5156.619 | 2695.009 | 4053.94 |
| f''''' | 4150.460 | 2898.825 | 4014.76 | g5 | 5085.848 | 2714.481 | 4074.18 |
| g' | 4127.456 | 2963.929 | 4012.26 | h1 | 5344.040 | 2433.198 | 4077.19 |
| g'' | 4100.061 | 3026.380 | 4008.19 | h2 | 5263.827 | 2492.618 | 4075.28 |
| g''' | 4071.391 | 3088.492 | 4005.11 | h3 | 5180.176 | 2543.382 | 4074.16 |
| g'''' | 4041.923 | 3149.400 | 4012.84 | h4 | 5098.131 | 2592.649 | 4082.41 |
| g''''' | 3941.177 | 2784.911 | 4066.61 | h5 | 5124.714 | 2479.810 | 4097.22 |
| h' | 3892.584 | 2927.545 | 4044.56 | h6 | 5045.846 | 2407.938 | 4150.12 |
| h'' | | | | h7 | 4954.822 | 2353.914 | 4205.87 |

表2 东、西支冰舌进退变化(1994. 8. 31 ~ 1995. 8. 26)

| 冰舌进退值(m) | | | |
|----------|-------|------|--------|
| 点名 | 东支 | 点名 | 西支 |
| 固定点 I | -7.05 | 固1 1 | -5.17 |
| II | -3.90 | 2 | -5.80 |
| III | -0.90 | 3 | -10.25 |
| 平均 | -3.95 | 4 | -7.03 |
| | | 固2 5 | -3.70 |
| | | 6 | -6.95 |
| | | 7 | -4.30 |
| | | 平均 | -6.17 |

天山空冰斗冻土水文过程研究

——观测实验方法及资料整编

王 强

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 730000)

1990~1995年在天山空冰斗实验流域获得一期国家自然科学基金委和两期天山冰川观测实验站基金的资助, 在杨针娘研究员的主持下, 开展高寒山区冻土水文研究。参加合作研究的有加拿大麦克马斯特大学地理系胡鸣高教授, 河海大学水文系刘新仁教授、夏志强讲师和中国科学院新疆地理研究所王积强付研究员。六年来进行了水量平衡、冻土活动层、水热状况、地表水与地下水转化等观测实验研究, 获得大量的第一手基础资料, 为开展寒区水文研究提供了主要科学依据。

1 区域概况

乌鲁木齐河发源于天山北坡喀拉乌成山主峰—天格尔Ⅱ峰。河源区山势陡峭, 山峰海拔一般为4000~4400m, 山巅终年白雪皑皑, 冰川发育, 现代雪线高度3950~4200m(熊黑刚等, 1993)。空冰斗位于乌鲁木齐河源北侧(43°04' N, 86°30' E)。面积为1.68km², 海拔界于3803~4393m。天山空冰斗是无冰川覆盖的小实验流域。流域气候严寒, 据空冰斗口处气象观测点1982~1993年气温、降水资料统计, 分别年平均气温为-6.9℃, 和年降水量约为500mm。

2 观测实验项目内容

1991~1995年在乌鲁木齐河源空冰斗内由下游段至源头, 共设立6个地下水热动态观测断面(图1), 进行冻土活动层内水位、冻结与解冻观测实验; 在流域的中部海拔3850m(百叶箱旁边)设9个地温探头, 在地面以下150cm观测不同深度地温随季节的变化; 为探讨高寒山区蒸发量的分布, 采用王积强(新疆地理研究所)研制的E83型土壤蒸渗仪(草地蒸发)和E60K水面蒸发器; 在空冰斗分别于沟内下游处(海拔3803m), 设立草地和水面蒸发仪, 此外, 在沟外下面路旁(海拔3728m)及大西沟气象站(海拔3548m)附近, 分别设立陆面蒸发仪, 进行对比观测实验。另外, 在空冰斗沟口附近还有水文观测断面和降水、气温(1982~1995年)以及积雪观测等。

3 观测方法

3.1 地温

空冰斗多年冻土层一般离地面1.7~2.2m, 该深度层为季节冻土。为探讨冻土活动层内水热状况随季节变化, 在流域的中部 (百叶箱附近) 埋入9个地温探头 (0cm; 5cm; 10cm; 15cm; 20cm; 25cm; 50cm; 100cm; 150cm), 采用热敏电阻测量表, 每天测量一次不同深度层的地温变化过程。资料整编按国家气象局颁行的地面气象观测规范有关规定进行。资料列于表1。

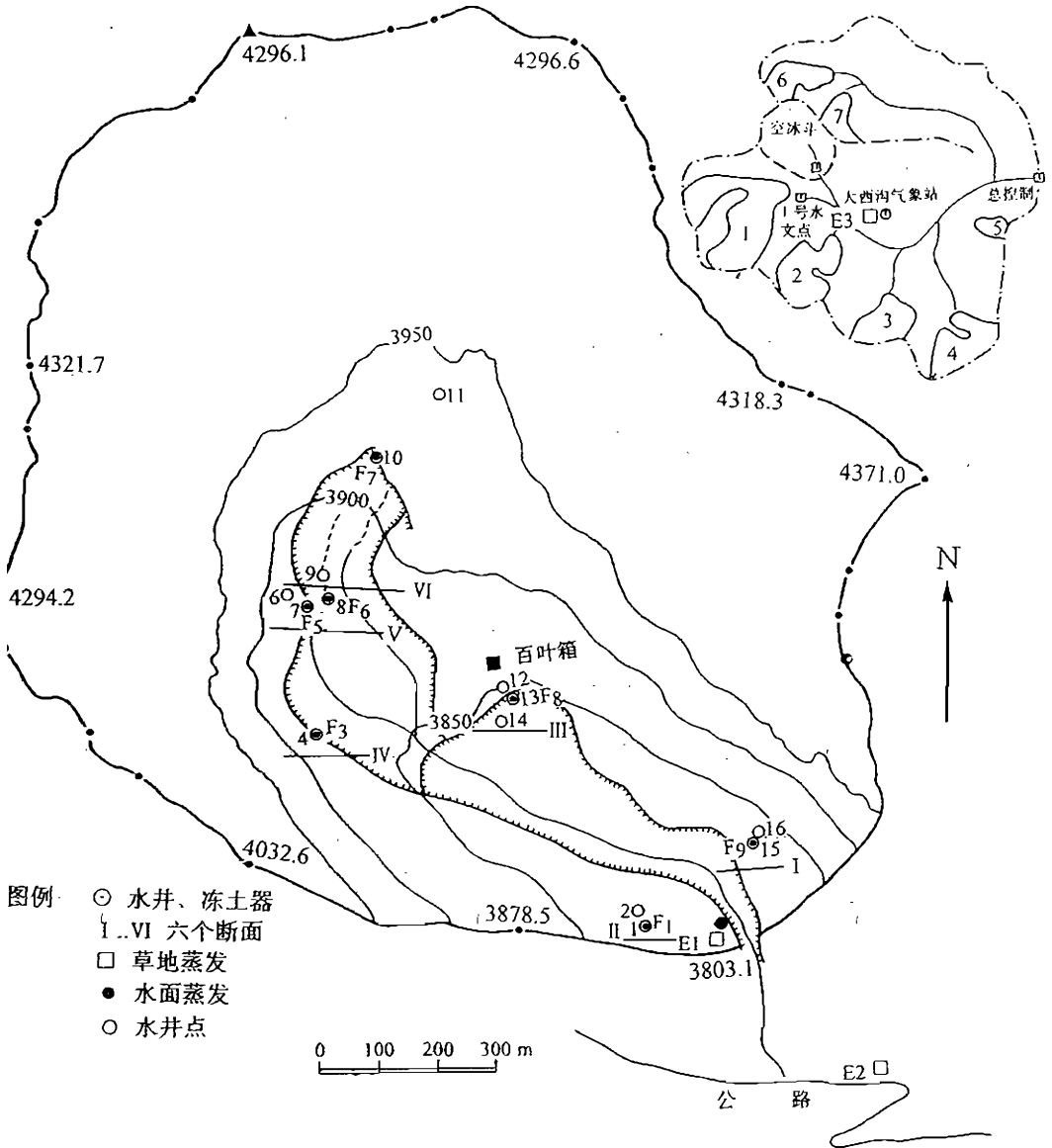


图1 乌鲁木齐河源空冰斗各断面观测点位置图

3.2 地下水位

在6个断面上共设14个水井, 测井采用直径为10cm的硬制塑料管, 在塑料管周围

用电钻打上许多小孔, 然后用长筒尼龙丝袜套在塑料管外围做为过滤网, 防止泥沙阻塞小孔, 阻碍地下水渗透, 然后将塑料管埋入多年冻土层以上(冻土活动层深度为 1.7~2.2m)。在春、夏(5~9月)每天观测一次地下水位。使用钢卷尺或皮卷尺量测由水面至管口的距离(h), 水位较深时因肉眼看不清楚, 误差较大, 后来试制简易的量测水位的仪器, 则以卷尺接触水面铃响以判定水面位置, 读出卷尺位于井口的长度, 减去管口高出地面的长度(h'), 得地面以下至水面或冰面的深度则为地下水位, 即: $H = h - h'$ (图2)。资料列于表 2。

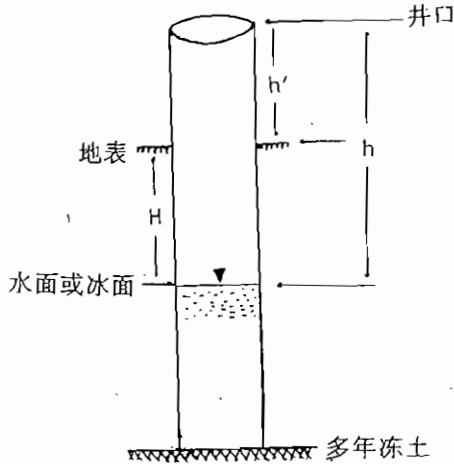


图2 地下水位观测方法

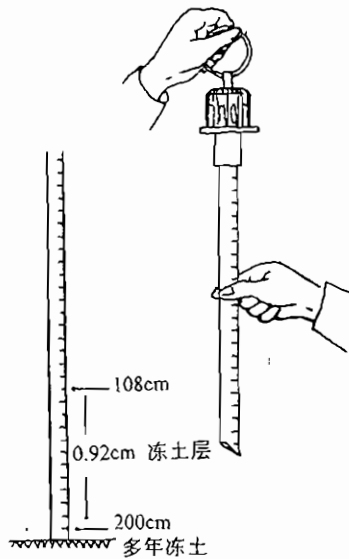


图3 冻土器观测方法

3.3 冻土器

在 6 个断面分别埋入 6 个由气象局购置的冻土器, 根据埋入土中的冻土器内水柱

冰的部位和长度, 来测定冻结层次及其上限和下限深度, 观测时, 一手把冻土器的铁盖连同内管提起, 用另一只手摸测内管冰柱(包括冻结得不够坚实的冰柱)所在位置, 从管壁刻度线上读下冰柱上、下两端的相应刻度数, 即分别为冻结层的上、下限深度值。如某天冻土器上限观测为108下限为200, 相减即为冻结层的深度(见图3)。资料列于表3。

3.4 蒸发

具体观测及计算方法见王积强在本年报发表的“E₈₃型土壤蒸渗仪和E_{601k}型水面蒸发器”的使用。资料列于表4。

4 观测实验项目的结果列于表1至表4

表1. “乌鲁木齐河源空冰斗地温月均值”该表主要列出1991年至1992年8月共计20个月的地温月平均及年平均值, 加注括号的为月资料不全。表中1至9号分别为150, 100, 50, 25, 20, 15, 10, 5, 0cm。

表2. “乌鲁木齐河源空冰斗水井水位月均值”该表主要列出1991年至1995年6个断面14个井位, 按表中顺序地面至井口距离分别为21, 22, 22, 25, 43, 28, 32, 28, 24, 13, 19, 22.5m。共计21个月的月平均及年平均值。出现负值为井内冰面高出地面, 加注括号的为月资料不全。

表3. “乌鲁木齐河源空冰斗冻土器最大值消融与冻结深度”该表主要列出22个月(1991-1993年)的最大消融与冻结深度。

表4. “乌鲁木齐河源空冰斗E83型陆面蒸发和E601k水面蒸发量”该表主要列出1992年7月至1993年8月E83型(E1..E3草地蒸发)和E601K水面蒸发月及年总量, 共计15个月。

5 存在的问题

① 冬春的观测委托天山站进行观测, 因站上人员变动较大, 未能做好交接观测手续, 因此, 使资料残缺不全。对资料规律性分析增加一定的难度。

② 在沟口附近采用“数据遥控采集仪”观测地温, 因课题经费有限短期观测后, 其余时间委托站上人员进行观测, 因操作使用不当, 该仪器及CE-158录音机被损坏, 观测两年未见任何资料。

参 考 文 献

续表2

| 年 | 月 | W1 | W2 | W3 | W4 | W5 | W6 | W7 | W8 | W9 | W10 | W11 | W12 | W13 | W14 | W15 | W16 |
|-------|-----|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|
| 1992年 | 6月 | (0.11) | (0.08) | (0.15) | (1.06) | (0.67) | (0.09) | (0.05) | (0.08) | (0.32) | (0.21) | (1.19) | (0.42) | (0.75) | (0.87) | | |
| | 7月 | (0.40) | (0.27) | (0.06) | (1.55) | (0.66) | (-0.2) | (-0.1) | (0.16) | (0.08) | (0.40) | (1.10) | (0.33) | (0.78) | (0.85) | | |
| | 8月 | (1.05) | (0.66) | (0.32) | (1.91) | (0.85) | (0.82) | (0.44) | (0.76) | (0.25) | (0.76) | (1.28) | (0.82) | (0.96) | (1.09) | | |
| 年平均 | | 0.52 | 0.34 | 0.18 | 1.50 | 0.73 | 0.24 | 0.13 | 0.33 | 0.22 | 0.46 | 1.19 | 0.52 | 0.83 | 0.94 | | |
| 1993年 | 7月 | 0.85 | 0.70 | 0.60 | 0.83 | 0.90 | 0.37 | 0.40 | 0.90 | 0.10 | 0.65 | 1.21 | 0.67 | 0.92 | 1.20 | | |
| | 8月 | 1.35 | 0.94 | 0.65 | 0.93 | 0.96 | 0.76 | 0.83 | 1.29 | 0.13 | 1.18 | 1.26 | 1.07 | 0.94 | 1.30 | | |
| | 9月 | (1.37) | (1.20) | (0.77) | (1.06) | (1.09) | (0.67) | (1.06) | (1.36) | (0.17) | (1.36) | (1.35) | (1.08) | (0.93) | (1.30) | | |
| | 10月 | (1.19) | (1.33) | (0.83) | (1.16) | (1.23) | (0.43) | (1.15) | (1.30) | (0.14) | (1.36) | (1.45) | (1.02) | (0.94) | (1.33) | | |
| | 11月 | | (1.12) | (0.79) | (1.10) | (1.19) | (0.36) | (1.02) | (1.22) | (0.10) | (1.37) | (1.27) | (0.84) | (0.97) | (1.28) | | |
| | 12月 | | (0.95) | (0.69) | (1.06) | (1.15) | (0.21) | (0.78) | (1.15) | (0.05) | (1.37) | (0.57) | (0.60) | (0.97) | (1.28) | | |
| 年平均 | | 1.19 | 1.04 | 0.72 | 1.02 | 1.09 | 0.47 | 0.87 | 1.20 | 0.12 | 1.22 | 1.19 | 0.88 | 0.95 | 1.28 | | |
| 1994年 | 1月 | (0.85) | (0.62) | (1.04) | (1.11) | (0.01) | (0.52) | (1.10) | (0.04) | (1.37) | (0.25) | (0.44) | (0.97) | (1.27) | | | |
| | 2月 | (0.83) | (0.61) | (1.02) | (1.05) | (-0.17) | (0.11) | (1.10) | (0.08) | (1.36) | (0.04) | (0.32) | (0.97) | (1.25) | | | |
| | 3月 | (0.51) | (0.38) | (0.94) | (1.05) | (-0.05) | (0.09) | (1.14) | (0.02) | (1.36) | (0.05) | (0.33) | (0.91) | (1.22) | | | |
| | 4月 | (0.30) | (0.23) | (0.89) | (1.06) | (0.02) | (0.09) | (1.16) | (-0.03) | (1.36) | (0.08) | (0.34) | (0.88) | (1.23) | | | |
| | 5月 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6月 | (0.09) | (0.20) | (0.21) | (0.68) | (0.54) | (0.10) | (0.27) | (0.35) | (-0.08) | (0.48) | (1.16) | (0.26) | (0.81) | (0.89) | | |
| | 7月 | (0.64) | (0.47) | (0.60) | (0.91) | (0.72) | (0.26) | (0.37) | (0.57) | (0.30) | (0.62) | (1.24) | (0.51) | (0.90) | (0.94) | | |
| | 8月 | (1.38) | (1.13) | (0.69) | (1.08) | (1.02) | (0.75) | (1.05) | (1.32) | (0.15) | (1.23) | (1.33) | (1.02) | (0.94) | (1.26) | | |
| 年平均 | | 0.70 | 0.61 | 0.48 | 0.94 | 0.94 | 0.13 | 0.36 | 0.96 | 0.07 | 1.11 | 0.59 | 0.46 | 0.91 | 1.15 | | |
| 1995年 | 7月 | 0.95 | 0.85 | 0.49 | 0.74 | 0.77 | 0.41 | 0.46 | 0.81 | 0.01 | 0.80 | 1.20 | 0.68 | 0.88 | 1.05 | | |
| | 8月 | 0.35 | 1.15 | 0.69 | 0.91 | 0.95 | 0.67 | 0.86 | 1.24 | 0.05 | 1.14 | 1.30 | 1.04 | 0.89 | 1.27 | | |
| 年平均 | | 0.65 | 1.0 | 0.59 | 0.82 | 0.84 | 0.54 | 0.66 | 1.03 | 0.03 | 0.97 | 1.25 | 0.86 | 0.89 | 1.16 | | |

附表：王强

校核：朱守森

表3. 乌鲁木齐河源空冰斗冻土器最大消融与冻结深度 (cm)

| F1 | 最大冻结深度 | | 最大消融深度 | | F7 | 最大冻结深度 | | 最大消融深度 | | F9 |
|-------|--------|--------|--------|--------|----|--------|--------|--------|-----|----|
| | 最大冻结深度 | 最大消融深度 | 最大冻结深度 | 最大消融深度 | | 最大冻结深度 | 最大消融深度 | | | |
| 91年5月 | | | | | | | | | | |
| 6月 | | | | | | | | | | |
| 7月 | | | | | | | | | | |
| 8月 | | | | | | | | | | |
| 9月 | | | | | | | | | | |
| 10月 | | | | | | | | | | |
| F1 | 144 | 106 | 90 | 110 | F8 | 147 | 103 | 71 | 129 | F9 |
| F3 | 134 | 66 | 143 | 57 | F5 | 88 | 112 | 139 | 61 | |
| F5 | 147 | 158 | 144 | 144 | F6 | 147 | 103 | 71 | 129 | |
| F6 | 147 | 103 | 71 | 129 | F7 | 147 | 103 | 71 | 129 | |
| F7 | 147 | 103 | 71 | 129 | F8 | 147 | 103 | 71 | 129 | |
| F8 | 147 | 103 | 71 | 129 | F9 | 147 | 103 | 71 | 129 | |
| F9 | 147 | 103 | 71 | 129 | | 147 | 103 | 71 | 129 | |

续表3

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 11月 | | | | | 92 | 108 | 143 | 57 | | | 117 | 83 | 107 | 143 |
| 12月 | | | | | 63 | 137 | 141 | 59 | | | 30 | 170 | 107 | 143 |
| 92年1月 | | | 30 | 170 | 67 | 133 | 64 | 136 | | | | | 108 | 142 |
| 2月 | | | 30 | 170 | 63 | 137 | 64 | 156 | | | | | | |
| 3月 | | | 95 | 105 | 65 | 135 | 62 | 138 | | | | | | |
| 4月 | | | 95 | 105 | 83 | 117 | 119 | 81 | 1 | 107 | | | | |
| 5月 | | | 44 | 156 | 92 | 108 | 10 | 98 | | | | | | |
| 6月 | | | 158 | 42 | 72 | 128 | 14 | 95 | | | | | | |
| 7月 | | | 127 | 73 | 88 | 112 | 88 | 20 | | | | | | |
| 8月 | | | 144 | 56 | 108 | 92 | 96 | 12 | | | | | | |
| 93年7月 | | | 183 | 17 | 171 | 29 | 189 | 11 | | | | | | |
| 8月 | | | 183 | 17 | 176 | 24 | 199 | 1 | | | 154 | 46 | | |
| 9月 | | | 147 | 53 | 147 | 53 | 198 | 2 | | | 151 | 49 | | |
| 10月 | | | 131 | 69 | 137 | 63 | 199 | 1 | | | 164 | 39 | | |
| 11月 | | | 152 | 48 | 151 | 49 | 195 | 5 | | | 190 | 10 | | |
| 12月 | | | 147 | 53 | 145 | 55 | 188 | 12 | | | | | | |

制表: 王强

校核: 朱守森

表4. 乌鲁木齐河源空冰斗 E_{11} 陆面和 E_{6011} 水面蒸发月总量及年均值 (mm)

| 日期 | E_1 | E_2 | E_3 | E_{6011} | 日期 | E_1 | E_2 | E_3 | E_{6011} |
|---------|-------|-------|-------|------------|---------|-------|-------|-------|------------|
| 1992年1月 | | | | | 1993年1月 | 4.5 | 5.9 | 3.7 | 5.0 |
| 2月 | | | | | 2月 | 7.5 | 9.7 | 6.1 | 8.3 |
| 3月 | | | | | 3月 | 10.9 | 14.1 | 8.9 | 12.0 |
| 4月 | | | | | 4月 | 16.8 | 21.8 | 13.8 | 18.6 |
| 5月 | | | | | 5月 | 18.2 | 23.6 | 14.9 | 20.1 |
| 6月 | | | | | 6月 | 36.9 | 31.6 | 40.3 | 33.1 |
| 7月 | 75.3 | 85.0 | 25.1 | | 7月 | 53.2 | 48.8 | 50.1 | 71.3 |
| 8月 | 62.1 | 66.1 | 59.4 | 81.1 | 8月 | 63.4 | 53.4 | 57.6 | 97.1 |
| 9月 | 56.7 | 56.2 | 41.3 | 65.4 | 9月 | 64.7 | 55.1 | 48.4 | 65.8 |
| 10月 | 10.8 | 14.0 | 8.8 | 11.9 | 10月 | | | | |
| 11月 | 7.9 | 10.2 | 6.4 | 8.2 | 11月 | | | | |
| 12月 | 5.0 | 6.4 | 4.1 | 5.5 | 12月 | | | | |
| 年平均 | 72.6 | 79.3 | 48.4 | 68.8 | 年平均 | 61.4 | 58.7 | 54.2 | 73.6 |

制表: 王强

校核: 朱守森

高山蒸发与入渗实验*

王积强

(中国科学院新疆地理所, 乌鲁木齐, 830011)

1992年6~9月应邀做高山地区蒸发入渗实验。工作地点在乌鲁木齐河河源的大西沟源头空冰斗内外(海拔3500-3900m)。此处由于海拔高、气温低、降水量大, 凡有土壤(黑色且粘重)的地方, 都生长5~10cm高野草。5~6月份融雪期, 野草开始生长, 7月达盛期, 8月叶尖变黄, 9月底叶子变干。由于空气湿度低(见表1), 草地和水面蒸发较大。但7、8月正是放牧期, 又使草地蒸发系数减小约0.1。

表1. 大西沟气象站(3539m)气象要素统计

| 气象要素 | 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 类 别 | | | | | | | | | | | | | |
| 气温 (°C) | 多年平均 | -15.1 | -15.1 | -11.5 | -5.7 | -1.1 | 2.6 | 4.9 | 4.5 | 0.4 | -5.1 | -10.4 | -13.1 | -5.4 |
| | 1992年 | -12.7 | -13.8 | -12.8 | -3.8 | -2.0 | 2.8 | 4.6 | 4.0 | -0.5 | | | | |
| 降水量 (mm) | 多年平均 | 3.3 | 5.5 | 9.3 | 23.1 | 46.6 | 90.8 | 109.2 | 74.7 | 42.5 | 14.9 | 2.8 | 2.3 | 425.0 |
| | 1992年 | 1.8 | 7.0 | 12.3 | 34.2 | 61.8 | 94.2 | 117.7 | 51.9 | 14.6 | | | | |
| 湿度 (%) | 多年平均 | 46 | 49 | 52 | 55 | 63 | 70 | 70 | 65 | 60 | 52 | 47 | 46 | 56 |
| | 1992年 | 42 | 50 | 61 | 58 | 65 | 72 | 68 | 65 | 62 | | | | |
| φ20cm蒸 发量(mm) | 多年平均 | 29.5 | 30.5 | 60.0 | 91.7 | 112.9 | 108.9 | 118.8 | 125.6 | 99.9 | 69.2 | 39.0 | 30.4 | 916.4 |
| | 1992年 | 34.5 | 39.8 | 58.0 | 104.8 | 118.4 | 118.0 | 133.7 | 132.1 | 101.9 | | | | |

表2 大西沟源头蒸发与入渗测点一览表

| 测点类别 | 编号 | 高程(m) | 位置 | 测点与地物之距离 |
|---|----|-------|---------|----------------------------|
| 水面蒸发 (E _{oss}) | 1 | 3808 | 空冰斗内 | 河沟南8.0m 水文点西北68.0m |
| | 1 | 3810 | 空冰斗南边 | 雨量筒西北12.8m 水文点西南40.0m |
| 草地蒸发 (1.0m ² ×0.5m) E _s 型 | 2 | 3742 | 空冰斗下路北 | 路北2m 空冰斗排水沟东128.0m |
| | 3 | 3540 | 大西沟气象站南 | 公路东43.2m 气象观测场南36.0m |
| 草地的人 渗速度 (1.0m ² ×0.5m) 自动供水双环入渗仪 | 1 | 3543 | 公路西气象站南 | 公路西13.6m 气象站西南56.0m |
| | 2 | 3548 | 冰川站西 | 冰川站围栏西24.0m 气象站旧房址东4.8m |

由於土壤粘重, 与带棱角大小不等的石块掺杂, 土壤渗透速度变化较大。

为探讨乌鲁木齐河源寒区水量平衡, 在不同高度上布置蒸发(水面和草地)和人渗测点(表2)。根据1992年6~9月观测, 初步分析如下。

1 蒸发折减系数

蒸发折减系数为大型陆面(或水面)蒸发量与小型水面蒸发量($\phi 20\text{cm}$)之比。蒸发折减系数:

$$K = E_1 / E_0 \quad (1)$$

式中: E_1 —草地或 E_{601x} 水面蒸发量(mm); E_0 — $\phi 20\text{cm}$ 水面蒸发量(mm)。

经过较长时间观测, 找出K值年内变化规律, 则可将气象站历年 $\phi 20\text{cm}$ 蒸发资料换算成草地和水面蒸发量。

在野草生长旺季降水频繁, 蒸腾量很大。经测定, 6月下旬的蒸发折减系数 K_1 为0.72, 7月为0.64, 8月为0.47, 9月为0.51(表3)。可见由夏初至盛夏, 蒸发折减系数逐渐减少, 而到秋季开始增大。

E_{601x} 型水面蒸发器, 安装在空冰斗的水道旁, 可代表水道蒸发量。高山地区多固体降水, 定量观测相当困难, 一般的雨量筒观测都偏小, 再加观测不及时(蒸发损失)和雨量筒及盛水塑料袋漏水, 使测值更偏小。经常发现 E_{601x} 排出来的水量超过气象站的降水量, 所以雨时的 E_{601x} 蒸发量需用 $\phi 20\text{cm}$ 按比例插补。

E_{601x} 型蒸发折减系数7月下旬为0.96, 8月为0.61, 9月为0.64(表3)。

表3 气象要素与蒸发折减系数

| 时 间 | | 气温 | 湿度 | 风速 | 降水 | $\phi 20\text{cm}$ 蒸发量 | 草地蒸发(mm) | | | | K_1 | E_{601x} | K_2 |
|-----------|------|------------------------|-----|-------|-------|---------------------------|----------|------|------|------|-------|------------|--------|
| 起 | 止 | ($^{\circ}\text{C}$) | (%) | (m/s) | (mm) | (mm) | 1 | 2 | 3 | 平均 | | mm | |
| 1992.6.26 | 6.30 | 6.0 | 60 | 3.0 | 4.0 | 22.9 | 20.0 | 13.2 | | 16.6 | 0.72 | | |
| 7.1 | 7.31 | 4.6 | 68 | 3.1 | 117.7 | 133.7 | 75.3 | 85.0 | | 85.2 | 0.64 | (42.8) | (0.96) |
| 8.1 | 8.31 | 4.0 | 65 | 3.7 | 51.9 | 132.1 | 62.1 | 66.1 | 59.4 | 62.5 | 0.47 | 81.1 | 0.61 |
| 9.1 | 9.30 | -0.5 | 62 | 3.9 | 14.6 | 101.9 | 56.7 | 56.2 | 41.5 | 51.5 | 0.51 | 65.4 | 0.64 |

注: * 气象资料取大西沟气象站

** E_{601x} 水面蒸发

折减系数: $K_1 = E_1 / E_0$, $K_2 = E_{601x} / E_0$

2 人渗观测

为模拟坡面水流入渗, 采用双环人渗办法测人渗速度。安装双环时, 用尖镐沿双环入土印迹下探, 挖出阻碍双环入土的石块。先安装内环, 注意环内草皮面不要破坏, 再安装外环。因挖石块, 土壤下部疏松, 外环侧渗很大, 用周围土壤填于内外环之间, 并捣实, 以保证内环测到真实渗速。

因仪器加工错误, 给野外观测工作造成困难。主要是加水器内的马利奥特管(通气管下端)不合格, 管太长(与加水管同长)又无 45° 切口, 影响水气交换。经过排水试验, 水位降到加水器以下, 仍不供水。为促进水气交换, 在马利奥特管内加一段8号铅丝(约15cm长), 才使自动供水正常。但内环入土深度比外环小5cm。

在冰川站附近设两个观测点, 其高程1号为3543m, 2号为3548m。在草被未破坏的原始状态下, 1号的内环稳渗速度为35.2mm/d, 2号为85.6mm/d(表4)。2号靠地下排水沟较近(约5m), 渗速较大。8月17日13时以前内环渗速为138.4mm/d, 13时34分在测点与地下排水沟之间修一水坑, 面积约 0.5m^2 , 距2点约4m, 使渗速马上降下来, 平均为85.6mm/d(表4)。因此, 坡面积水面积越大, 渗速越小。

表4 实测渗速统计

| 测点号 | 时间 1992年 (月 日) | 内 环 (mm/d) | | | 外 环 (mm/d) | | | 备 注 |
|-------------|----------------------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|---|
| | | 晚 上 | 白 天 | 全 日 | 晚 上 | 白 天 | 全 日 | |
| 1 | 7.27 | | 23.2 | | | 96.6 | | 外环入土30cm, 内环入土25cm, 环内水深 16-20cm |
| | 28 | 28.6 | 26.4 | 27.5 | 121.1 | 127.8 | 142.5 | |
| | 29 | 32.1 | 32.0 | 32.1 | 142.6 | 148.5 | 145.6 | |
| | 30 | 34.8 | 33.6 | 34.2 | 151.6 | 145.6 | 148.6 | |
| | 31 | 35.3 | 32.6 | 34.2 | 138.3 | 148.6 | 142.5 | |
| | 8.1 | 32.6 | 37.2 | 34.2 | 169.1 | 140.8 | 159.3 | |
| | 2 | 42.0 | 30.9 | 38.2 | 131.1 | 189.7 | 151.0 | |
| | 3 | 39.0 | 46.2 | 41.8 | 128.7 | 237.1 | 169.7 | |
| | 4 | 39.9 | 筒漏 | | 148.2 | 155.6 | 151.2 | |
| | 7.30- 8.2 | 36.2 | 33.6 | 35.2 | 147.5 | 156.2 | 150.4 | |
| 2 | 8.13 | | 129.5 | | | 160.6 | | 外环入土24cm, 内环入土16cm, 环内水深26cm 测点在排水沟 西5m, 92.8.17.在排水 沟西边建水坑, 约 0.5m^2 , 距测 点4m, 后渗速 骤减. |
| | 14 | 140.2 | 152.4 | 146.4 | 143.0 | 142.2 | 142.6 | |
| | 15 | 149.9 | 147.0 | 148.5 | 137.3 | 134.5 | 136.1 | |
| | 16 | 138.7 | 133.6 | 136.1 | 122.8 | 146.5 | 134.8 | |
| | 17 | 127.2 | 117.9 | 122.5 | 140.3 | 144.6 | 142.5 | |
| | 8.13- 17 | 139.0 | 136.1 | 138.4 | 135.9 | 145.7 | 139.0 | |
| | 8.18 | 104.4 | 89.4 | 98.6 | 133.2 | 122.1 | 128.9 | |
| | 19 | | | 93.2 | | | 104.7 | |
| | 20 | | | 82.7 | | | 124.3 | |
| | 21 | 78.0 | 57.4 | 71.5 | 125.1 | 114.1 | 121.6 | |
| | 22 | | | 82.1 | | | 138.0 | |
| 8.18- 22 | | | 85.6 | | | 123.5 | | |

注: 上管只做部分观测。

E₈₃型土壤蒸渗仪和E_{601K}型水面蒸发器的使用*

王积强

(中国科学院新疆地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘要 1992年7月至1993年9月,用本人设计的E₈₃型土壤蒸渗仪和E_{601K}型水面蒸发器,在天山冰川试验站空冰斗内、下方公路边及大西沟气象站附近共设3个草地和1个水面蒸发量的对比观测点。草地年蒸发量平均为286mm,水面为357mm。仪器安装要合理,及时加、排水,防止测井内冰冻和蒸发器内干枯是取得可靠实验数据的保证。

关键词 E₈₃型土壤蒸渗仪 E_{601K}型水面蒸发器

1 E₈₃型土壤蒸渗仪简介和安装使用

E₈₃型土壤蒸渗仪是在自动供水土壤蒸发器的基础上改装而成(见图1)。用定时加排水的办法观测(王积强,1990),既省时省力,又提高了蒸发资料的精度。下面简介安装和观测的要点。

1.1 安装

仪器安装的好坏,直接影响蒸发资料的精度。挖坑时注意坑底操平,坑深要准确,使口缘高出地面7.5cm。蒸发器放于坑后,再用水平尺测口缘是否水平,待调平后,再向器外填土,以稳定仪器的位置,然后再在器底铺砾石10cm厚,选砾径5-10cm的砾石为宜,注意砾间留大孔隙,以使水平向水分流动加快。再在砾石上铺一层棕片(或其它滤水物),罩子也用棕片包好,再向器内填土,边填边踩,免得以后土壤下沉较多。若器外土壤较干,则器内土壤踩的实一些(或用埋深较大的蒸发器);如果较湿,则踩的轻一些。器内外填土完成后,使器内外保持相同的植被。若测林地,可栽几棵小树,待树长大后再去掉几棵,最后留一株。若是盐碱地,器内还要洗盐,作物才能长好。

1.2 工作原理

E₈₃型土壤蒸渗仪属潜水蒸发型,所测潜水蒸发量(E₁)用下式计算:

$$E_1 = \frac{A - Q}{0.1S} + X \quad (1)$$

式中: A ~ 加水量(ml); Q ~ 排水量(ml); S ~ 蒸发面积,一般 S = 10000cm²; X ~ 时段降水量(mm)。

当 X 较小 ($< 1.0\text{mm}$), 完全可以蒸发掉时, 用(1)式计算; 当降大雨, 当日蒸发不完时 (暂存包气带中), 移入下时段计算, (1)简化为:

$$E_1 = \frac{A - Q}{0.1S} \quad (2)$$

所以潜水蒸发量 (E_1) 与地面蒸发量 (E_2) 存在如下关系:

$$E_2 = E_1 - \Delta W \quad (3)$$

式中: ΔW 包气带土壤蓄水增量(mm)。当 $\Delta W \approx$ 或 $\Sigma \Delta W = 0$ 时, $E_2 = E_1$, 大雨后几天内, 或冬季几个月, 只能求出蒸发总量, 各日 (或月) 蒸发量用 $\phi 20\text{cm}$ 水面蒸发比例来分配 (王积强, 1992)。见下表1 (1号器):

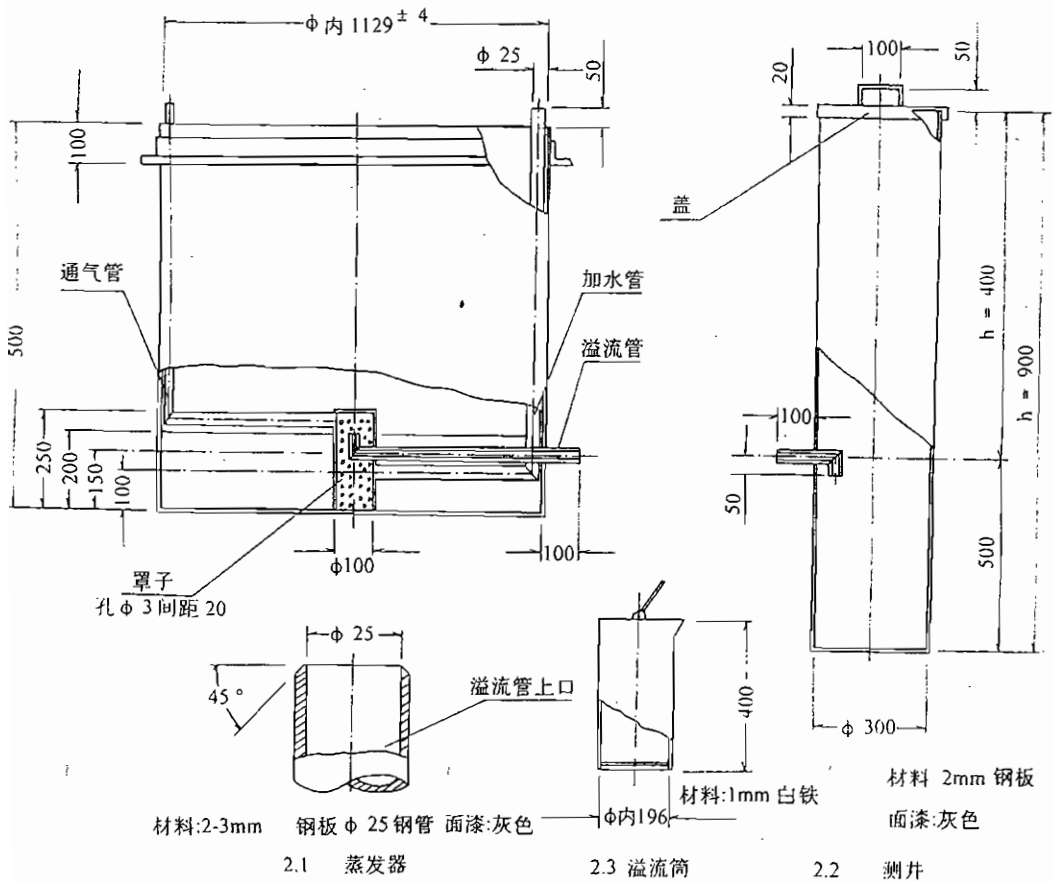


图1 E₈₃型土壤蒸渗仪设计图

25日早上测降水4.4mm移至次日计算, 当日蒸发用(2)式计算(3.1mm)。27日以后无降水, Q 应逐日减小, 29日排水(Q)比28日大是不可能的, 可能观测者记错, 应把-6.4变为-0.6参加计算, 25至29日共降水21.0mm, 排水6.9mm, 两者相减, 即4天(26至29)总蒸发量($21.0 - 6.9 = 14.1$), 再用 $\phi 20\text{cm}$ 比例分配各日。

在非解冻期, 不降水时, 排水量逐日减小, 用此规律来检验原始记录。为了少出差错, 这种检验最好在野外进行。

表1

| 时间(月.日.时: 分) | A(ml) | Q(ml) | $\frac{A-Q}{0.1S}$ (mm) | 降水量 (mm) | 蒸发量 E_1 (mm) |
|-----------------|-------|----------|-------------------------|-------------|-------------------|
| 8.25.9:08 | 3600 | 540 | 3.1 | 4.4 | 3.1 |
| 26.9:04 | 0 | 220 | -0.2 | 15.4 | 1 |
| 27.9:09 | 0 | 4450 | -4.5 | 1.2 | |
| 28.9:12 | 0 | 1600 | -1.6 | | |
| 29.9:21 | 0 | 6400-640 | -6.4 → -0.6 | | 14.1 |
| 30.9:07 | 1240 | 260 | 1.0 | 0.6 | 1.6 |

| $\phi 20$ | | E_1 |
|-----------|------|-------|
| 8.25 | 4.1 | 3.0 |
| 26 | 3.3 | 2.4 |
| 27 | 6.9 | 5.1 |
| 28 | 4.9 | 3.6 |
| 总计 | 19.2 | 14.1 |

在解冻期, 由于闭塞空气膨胀和固体水变重力水, 包气带排出不少水, 下渗补充潜水, 这时虽无降水, 仪器内大量排水, 此时要及时量取倒掉, 尽量不要溢出溢流桶, 溢出时也要尽量用湿布吸出、擦干, 不要发生冰冻事故。1993年4月21日至25日气温超过零度(2.4-6.0°C), 器内大量排水, 5月10-11日来了强大寒潮, 气温骤降为-11.7°C, 器内排水冻结, 发生冰冻事故。6月6日只好用加定量开水的办法融冰, 每器排冰量为17-57kg。

该仪器虽冻不坏, 但影响观测, 暂时冻结时可停测, 待化冻时复测, 在蒸发量较大的8、9月份不能停测时间太长, 免得影响资料的代表性, 使一次加水量太大。如1#器, 92年9月14至30日停测, 一次加水22.1kg; 93年9月7日至30日停测, 一次加水45.9kg。这正说明该仪器的优越性, 停测近一个月, 仍可得到蒸发总量。

1.3 测定结果

1992年7月至1993年9月连续测定, 草地年蒸发量为286mm(92年10月至93年9月)。93年9月份草已干枯, 但气温偏高, 湿度偏低, 蒸发量仍很大, 位置越高, 蒸发越大(表2)。

2 E_{601K} 型水面蒸发器简介和使用

1982年在阿克苏水平衡站做抑制水面蒸发实验时, 发现水深对蒸发速度和内外溅水影响很大。为稳定水深, 对原有仪器进行改造, 第一, 去掉量管(ΓΓΠ-3000)和测针(E_{601}), 改为定时加水法(相当于针尖齐平法)测定蒸发水深; 第二, 去掉水圈和土台(E_{601}), 加强溢流系统, 使暴雨时内外溅水平衡。1983年设计成 E_{601K} 型

水面蒸发器(王积强, 1991), 1984年在阿克苏水平衡站试验成功后, 又埋于湖边测定柴窝堡(王积强, 1990)和乌伦古湖蒸发量。1992年7月又安装在天山冰川站空冰斗溪边, 经过一个冬天, 仪器未冻坏, 取得年蒸发总量为357mm(表1)。

在使用过程中, 发现夏季(7、8月)牛羊去喝水, 1993年6月器上加网(孔1cm), 但对降水又发生影响, 主要是偏大(表3)。

表1 大西沟及空冰斗气象资料统计

| 时间 (年月) | 大西沟气象站资料 | | | | | | 草地蒸发量(mm) [*] | | | | | 水面蒸发量 (mm) ^{**} | |
|------------|------------|-----------|-------------|-------------|---------------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|-------|------|-----------------------------|------|
| | 气温 (°C) | 湿度 (%) | 水汽压 (mb) | 风速 (m/s) | φ20cm 蒸发 (mm) | 降水量 (mm) | 1' 3810m | 2' 3742m | 3' 3540m | 平均 | 系数 | 3808m | 系数 |
| 92.7 | 4.6 | 68 | 5.7 | 3.1 | 133.7 | 117.7 | 75.3 | 85.0 | 25.1 | 61.8 | 0.46 | | |
| 8 | 4.0 | 65 | 5.2 | 3.7 | 132.1 | 51.9 | 62.1 | 66.1 | 59.4 | 62.5 | 0.47 | 81.1 | 0.61 |
| 9 | -0.5 | 62 | 3.6 | 3.9 | 101.9 | 14.6 | 56.7 | 56.2 | 41.3 | 51.4 | 0.50 | 65.4 | 0.64 |
| 10 | -5.1 | 51 | 2.1 | 3.0 | 70.5 | 9.5 | 10.8 | 14.0 | 8.8 | 11.2 | 0.16 | 11.9 | 0.17 |
| 11 | -8.3 | 36 | 1.2 | 2.6 | 51.4 | 2.0 | 7.9 | 10.2 | 6.4 | 8.2 | 0.16 | 8.7 | 0.17 |
| 12 | -12.1 | 48 | 1.2 | 2.7 | 32.5 | 2.3 | 5.0 | 6.4 | 4.1 | 5.2 | 0.16 | 5.5 | 0.17 |
| 93.1 | -15.2 | 44 | 0.8 | 2.3 | 29.6 | 0.9 | 4.5 | 5.9 | 3.7 | 4.7 | 0.16 | 5.0 | 0.17 |
| 2 | -11.4 | 51 | 1.3 | 3.6 | 49.1 | 4.7 | 7.5 | 9.7 | 6.1 | 7.8 | 0.16 | 8.3 | 0.17 |
| 3 | -9.7 | 54 | 1.5 | 3.6 | 71.3 | 14.7 | 10.9 | 14.1 | 8.9 | 11.3 | 0.16 | 12.0 | 0.17 |
| 4 | -5.4 | 51 | 2.2 | 4.1 | 110.0 | 8.1 | 16.8 | 21.8 | 13.8 | 17.5 | 0.16 | 18.6 | 0.17 |
| 5 | -2.5 | 64 | 2.3 | 3.2 | 119.0 | 68.3 | 18.2 | 23.6 | 14.9 | 18.9 | 0.16 | 20.1 | 0.17 |
| 6 | 2.6 | 73 | 5.3 | 3.5 | 115.0 | 95.9 | 36.9 | 31.6 | 40.3 | 36.3 | 0.32 | 33.1 | 0.29 |
| 7 | 4.5 | 75 | 6.2 | 2.9 | 111.1 | 137.5 | 53.2 | 48.8 | 50.1 | 50.7 | 0.46 | 71.3 | 0.64 |
| 8 | 3.3 | 66 | 5.0 | 3.2 | 123.5 | 99.9 | 63.4 | 53.4 | 57.6 | 58.1 | 0.47 | 97.1 | 0.79 |
| 9 | 2.2 | 52 | 3.7 | 3.9 | 125.9 | 14.5 | 64.7 | 55.1 | 48.4 | 56.1 | 0.45 | 65.8 | 0.52 |
| 10-9月 | | 55 | 2.7 | 3.2 | 1008.9 | 458.3 | 299.7 | 294.8 | 263.1 | 285.9 | 0.28 | 357.4 | 0.35 |

注: * 草地蒸发量 1': 在空冰斗流域测流断面右岸附近; 2': 在空冰斗流域的下方公路边; 3': 在大西沟气象站附近;

** 水面蒸发量设在空冰斗内下游溪边; 表中的系数为草地或水面蒸发量与φ20cm蒸发量之比。

表2 蒸发器加网对降水的影响

| 起止时间(年、月、日) | 降水量 (mm) | 器内排水量(mm) | 差 (mm)(%) |
|-------------|-------------|-----------|--------------|
| 93.6.24-27 | 17.9 | 28.2 | 10.3(58%) |
| 6.28-30 | 5.0 | 6.0 | 1.0(20%) |
| 7.9-22 | 52.6 | 72.2 | 19.6(37%) |
| 8.9-10 | 4.2 | 7.6 | 3.4(81%) |

该网于8月10日撤掉

3 小结

高寒山区的蒸发研究, 至今仍是个难题, 1986年张寅生等人在冰川站用小型称重

蒸发器对草地蒸发做过短时间观测, 6月13日至8月31日测得蒸发量231.2mm, 比E₈₃型(3[#])测值(137.3mm)偏大68%; 而推算出的年蒸发量(270.3mm)与E₈₃型测值(263.1mm)接近。

用E₈₃型和E_{601K}型在冰川站测定草地和水面蒸发量, 经过两年的实验, 虽然发生了一些问题(如春季的冰冻和秋季的停测等), 用代表性和可比性衡量, 该与其他方法比较是先进的。

参 考 文 献

- 王积强, 1990. 中国北方地区若干蒸发实验研究, 科学出版社, 105-106, 110, 33-38
- 王积强, 1992. 农田蒸发量的测定, 作物与水分关系研究, 中国科学技术出版社, 204-211
- 王积强, 1992. 农田潜水蒸发观测, 塔里木盆地水热状况研究蒸发及其相关问题, 海洋出版社, 133-140
- 王积强, 1991. 水面蒸发器的试验研究, 干旱区地理, 14(2), 53-59

GPS卫星测量技术引入天山冰川站

井晓平 陈建明

(中国科学院兰州冰川冻土研究所,730000)

1 简 述

全球定位系统(Global Positioning System-GPS)是美国国防部为满足其军事上的需求而建立的。该系统从本世纪70年代初开始设计、研制,历经约20年,于1995年全部建成。

GPS作为新一代卫星导航与定位系统,不仅具有全球性、全天候、连续的精密三维导航与定位能力,而且具有良好的抗干扰性和保密性。其定位技术的高度自动化及其所达到的高精度和具有的潜力,已引起相关学科的高度重视。特别是近十年来,GPS定位技术在应用基础研究,新应用领域的开拓,软件和硬件的开发等方面都取得了迅速发展,广泛的科学实验活动为这一新技术的应用展现了极为广阔的前景。

目前,GPS精密定位技术已经广泛渗透到了经济建设和科学技术的许多领域,在大地测量学及其相关学科领域,如地球动力学、地球物理勘探、资源勘察、海洋大地测量学、天文学、航空与卫星遥感、工程变形监测、运动目标的测速以及精密时间传递等方面的广泛应用,在徒步横穿南极和北极科学考察中充分地显示了这一卫星定位技术的高精度与高效益。

冰川学研究重要内容之一的冰川动态监测,其原有的观测手段和方法因耗时多,精度较低,部分地区很难采用常规观测方法等,已不能满足现代研究手段的要求,为此,GPS卫星测量技术的引入无疑将改善这一局面。

2 天山冰川站GPS卫星接收机的性能及检验

中国科学院对外全面开放的野外观测试验台站之一的天山冰川观测试验站,长期高度重视高新技术的发展及其在基础研究领域的应用。于1995年10月购置2台GPS卫星接收机,将卫星测量技术应用于冰川学研究,以期在冰川学研究领域中对观测研究方法有所改善,以提高野外数据观测的效率和数据观测的精确性。

2.1 仪器简介

经多方调研、反复比较,从仪器的性能、价格、售后服务、技术培训和技术指导咨询等方面考虑,最后确定为日本产索佳(SOKKIA)GSS1A型GPS卫星接收机。该机系日本索佳公司最新推出的单频,8通道、低功耗的GPS卫星接收机,其主要技术指标如下:

- 型 号: GSS1A (SOKKIA)
 受信波段: L1
 跟踪/通道: 8/8
 观测模式: 静态测量, 快速静态测量, 动态测量
 卫星选择: 自动/人工选择
 起始时间, 结束时间, 所选卫星 4 个计划可保存一个月
 精度(基线): 静态测量: $\pm 5\text{mm}+2\text{ppm}\cdot\text{D}$
 快速静态测量: $\pm 10\text{mm}+2\text{ppm}\cdot\text{D}$
 动态测量: $\pm 20\text{mm}+2\text{ppm}\cdot\text{D}$ (注:D为测量距离)
 存储卡: 非接触,电磁耦合方式、可防雨、防尘, 防静电和电磁干扰。
 天线: 是一种紧凑、轻重量的微型可拆卸式天线
 重量: 接收机1.9kg、电池0.5kg、天线0.75kg
 工作温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$

该机具有很好的防水性, 体积小, 集接收单元、微处理和电池三位于一体。高分辨率的大显示屏, 使得在单一显示屏上可方便地监控所有必要的信息。该显示屏还兼作触摸键面板, 供高效的输入用。

随机装备的GPS1A卫星测量后处理软件包, 可顺应全球性一切用户的需要。它收编了世界各地83个地方大地测量基准系统, 通过选择要求的测量基准方式, 便可获取任何区域的地方大地测量坐标。它还提供三种地图投影方式: UTM、横轴墨卡托、兰勃特。

同时还配备了由武汉测绘科技大学研制的GPSADJ网平差软件包, 该软件可对GPS网和地面网进行联合三维和二维平差, 平差成果可任意转换到不同坐标系下, 具有GPS网和地面网的网图服务功能(包括网图绘制、误差椭圆编绘等)以及精度评定等功能。

2.2 仪器检测

1995年10月, 在武汉测绘科技大学对天山冰川站购买的二台GASS1A型GPS接收机进行了多项试验, 包括基线对比试验和网平差试验, 表明所购的二台GPS卫星接收机实测达到其标称精度。

表 1 GSS1A小基线试验对比

| 基线 | GSS1A值(m) | 钢尺值(m) | 区差(mm) | 平均区差(mm) |
|-------|-----------|--------|--------|----------|
| A - B | 22.128 | 22.130 | -2 | -1.7 |
| B - C | 15.318 | 15.319 | -1 | |
| C - A | 15.093 | 15.095 | -2 | |

2.2.1 小基线试验

1995年10月19日上午, 晴, 在武测四号楼平顶选定了两平均相距17m的A、B、C

三点进行试验。利用采集半小时的卫星数据,使用GPS1A卫星测量后处理软件求得GPS基线与钢尺丈量值平均互差为1.7mm,小于5mm的固定误差(表1)。

2.2.2 5km基线试验

华中理工大学喻家山天文墩至武测四号楼5.3km基线,曾于1994年9月3日使用Trimble 4000SST测定过,为评定天山站两台GSS1A(出厂序号为1235,1255)的稳定性和外部符合精度,10月21日小雨,分二个时段进行试验。其固定双差解基线长互差仅0.2mm,表明这二台仪器具有稳定的内部精度一致性。经与Trimble成果对比,互差为0.4mm,表明此仪器又具有良好的外部符合精度(表2)。

表2 GSS1A5km基线试验对比

| 接收机型号 | 观测时间 | | 测量值(m) | 区差(mm) | 平均值(m) | 两类接收机 测量值区差 |
|--------------------|-----------------|------|-----------|--------|-----------|----------------|
| GSS1A | 1995年 10月21日 | 第一时段 | 5355.2567 | 0.2 | 5355.2566 | 0.4mm |
| | | 第二时段 | 5355.2565 | | | |
| Trimble4000 SST | 1994年9月3日 | | 5355.257 | | | |

2.2.3 在武测校园GPS教学网的试验

武汉测绘科技大学于1994年秋,先后使用Trimble4000SST、Trimble400SE和DI-20在校园内建立了GPS教学网(图1)。1995年10月23日,雨,在该网中进行了多项试验,在231时段组织了一次四台接收机(有武测二台GSS1A型配合)的同步观测,虽然产生了7种闭合环路,但只有4种是独立的,其余的3种环路均可由这独立的4种环路线性

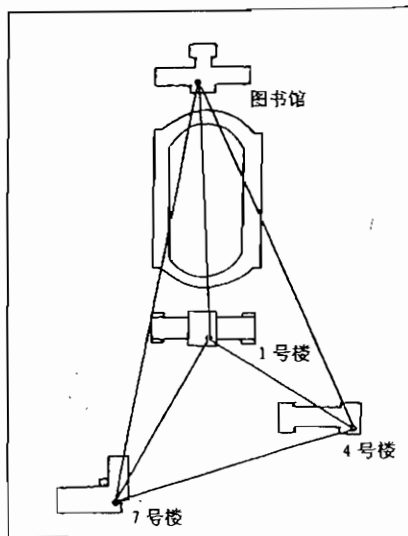


图1 武汉测绘科技大学GPS网示意图

表示(表3)。对天山冰川站的二台接收机组织了三个时段观测,从而构成了一个异步环(表

表3 231时段独立同步环闭合差(mm)

| | 路径 | dx | dy | dz | $\Sigma S(m)$ | ds/ ΣS |
|---|---------|------|------|------|---------------|----------------|
| 1 | 1-4-7-1 | -0.6 | 1.1 | 0.5 | 525.687 | 1/39.0万 |
| 2 | 1-7-图-1 | 0.4 | -0.4 | 3.4 | 843.259 | 1/24.5万 |
| 3 | 1-图-4-1 | 0.6 | -0.4 | -1.6 | 806.694 | 1/45.0万 |
| 4 | 4-7-图-4 | 0.4 | 0.3 | 2.3 | 1012.536 | 1/43.0万 |

为了与Trimble 4000SST资料对比, 在完全相同的条件下取各自同一时段的6条同步基线, 采用武测研制的GPSADJ网平差软件, 分别进行三维无约束平差, 平差后的两套斜距值, 径对比结果理想(表5)。

表4 异步环闭合差

| | 基线 | 时段号 | dx(m) | dy(m) | dz(m) | S(m) |
|-----------------------|-----|-----|-----------|-----------|-----------|---------------------|
| 1 | 7-图 | 231 | 25.8831 | -216.7916 | 349.3720 | 411.982 |
| 2 | 图-4 | 232 | -207.8254 | 96.5232 | -299.0045 | 276.712 |
| 3 | 4-7 | 233 | 181.9403 | 120.2728 | -50.3626 | 233.840 |
| 闭合差 | | | -2.0mm | 4.4mm | 4.9mm | $\Sigma S=1012.534$ |
| ds/ $\Sigma=1/14.7$ 万 | | | | | | |

表5 两类接收机同步基线三维无约束平差结果对比

| 基线 | 斜距S(m) | | 互差ds(m) | ds/s |
|-----|----------|----------|---------|---------|
| | GSSIA | Trimble | | |
| 1-4 | 150.2752 | 150.2770 | -1.8 | 1/8.3万 |
| 4-7 | 223.8405 | 223.8411 | -0.6 | 1/37.3万 |
| 4-图 | 376.7146 | 376.7156 | -1.0 | 1/37.6万 |
| 1-7 | 151.5732 | 151.5747 | -1.5 | 1/10.1万 |
| 1-图 | 279.7056 | 279.7084 | -2.8 | 1/10.0万 |
| 7-图 | 411.9811 | 411.9847 | -3.6 | 1/11.4万 |

表6 GSSIA与DI-20平距值及高差对比

| 基线 | 平距(m) | | | 高差(m) | | |
|-----|---------|---------|-----|--------|--------|------|
| | GSSIA | DI-20 | 区差 | GSSIA | DI-20 | 区差 |
| 1-4 | 149.712 | 149.711 | 1mm | 12.993 | 13.007 | 14mm |
| 4-7 | 223.802 | 223.802 | 0 | 4.160 | 4.172 | 12mm |
| 1-图 | 279.503 | 279.500 | 3mm | 10.673 | 10.672 | 1mm |

武测GPS数学网还提供了三条DI-20测边资料。换算为平距值, 与GSSIA成果对比结果理想(表6)。

对武测GPS网的观测资料完成二维平差计算经与GPS数学网坐标资料对比表明此

试验全部获得成功(表7)。说明天山冰川站购置的二台GSS1A型GPS卫星接收机达到了 $5\text{mm}+2\text{ppm}\cdot\text{D}$ 的标称精度。

表7 GSS1A坐标成果与GPS教学网坐标较差

| | dx(mm) | dy(mm) | 定位互差(mm) |
|-----|--------|--------|----------|
| 1号楼 | 2 | 2 | 2.8 |
| 7号楼 | 0 | 2 | 2 |
| 图书馆 | 0 | 1 | 1 |

GPS卫星测量的特点及其应用

GPS卫星测量相对经典的测量学来说,它具有的主要特点如下:

1.观测站之间无需通视,这一优点既可大大减少测量工作的经费和时间,同时也使点位的选择变得甚为灵活。

2.定位精度高。观测时间短,据已完成的大量实验表明,在小于50m的基线上,其相对定位精度可达 10^{-6} ,而在100-500km的基线上可达 10^{-7} ,完成一条基线的精密相对定位所需的观测时间,根据要求精度不同,一般约为1-2小时。近年来发展的短基线($< 10\text{km}$)快速相对定位法,其观测时间仅需数分钟。

3.提供三维坐标,GPS测量在精确测定观测站平面位置的同时,可以精确测定观测站的大地高。

4.操作简便,全天候作业。GPS测量的自动化程度很高,在观测中只是安装个别接收并开关仪器,而其它观测工作均由仪器自动完成。GPS观测工作可以在任何地点,任何时间连续地运行,一般不受天气状况的影响。由于GPS所具有的这些特点,所以它在大地测量学及其相关科学领域获得了极其广泛的应用。

当前,GPS测量的主要应用范围包括:基本控制测量和控制网的改善与加密,精密工程测量和工程变形监测;地球动力学研究,海洋测量,精密导航;运动目标的快速测量和精密时间传递,航空摄影测量,航空物探与卫星遥感等。

随着现代高新技术的迅速发展,GPS测量技术与其它新技术相结合将构成性能可靠、功能更完善的复合系统,使GPS在新领域的应用中展现更为广阔的前景。

参 考 文 献

- 忠漠、易杰军,1992“GPS卫星测量原理与应用”测绘出版社
 军,1991,GPS测量技术的发展现状与未来趋势,“测绘科技通讯”,第1期
 虎雏,1995,来自湖北GSS1A试验和应用的综合报告,“索佳通讯”,第5、6期

固定人员一览表

| 序号 | 姓名 | 性别 | 出生年月 | 最终学位 | 职称 | 工作性质 |
|----|-----|----|---------|------|-----|------|
| 1 | 李忠勤 | 男 | 1962.04 | 博士 | 副研 | 研究 |
| 2 | 焦克勤 | 男 | 1954.03 | | 副研 | 研究 |
| 3 | 井小平 | 男 | 1963.11 | 学士 | 助研 | 研究 |
| 4 | 王纯足 | 男 | 1951.03 | | 工程师 | 技术 |
| 5 | 叶佰生 | 男 | 1964.03 | 博士 | 副研 | 研究 |
| 6 | 刘宗香 | 女 | 1950.12 | | 助研 | 研究 |
| 7 | 刘时银 | 男 | 1963.04 | 在读博士 | 助研 | 研究 |
| 8 | 杨新元 | 男 | 1943.12 | | 高工 | 技术 |
| 9 | 韩添丁 | 男 | 1964.08 | 学士 | 助研 | 研究 |
| 10 | 张志忠 | 男 | 1938.06 | | 副研 | 研究 |

94 — 95 年来站工作客座人员

| 序号 | 姓名 | 性别 | 年龄 | 学位 | 职称 | 单位 | 工作时间 |
|----|-----|----|----|----|-----|------------|-------|
| | 崔之久 | 男 | 62 | | 教授 | 北大城市与环境科学系 | 94-95 |
| | 黄茂桓 | 男 | 60 | | 研究员 | 冰川冻土研究所 | 94 |
| | 刘杰龙 | 男 | 61 | | 教授 | 新疆八一农学院 | 94-95 |
| | 张玉霞 | 女 | 61 | | 教授 | 新疆八一农学院 | 94-95 |
| | 杨针娘 | 女 | 59 | | 研究员 | 冰川冻土研究所 | 94 |
| | 王强 | 男 | 36 | | 助工 | 冰川冻土研究所 | 94-95 |
| | 王积强 | 男 | 58 | 副研 | | 冰川冻土研究所 | 94 |
| | 高思臣 | 男 | 40 | 学士 | 高工 | 新疆水文总站 | 94-95 |
| | 刘耕年 | 男 | 38 | 博士 | 副教授 | 北京大学 | 94-95 |
| | 熊黑纲 | 男 | 37 | 博士 | 教授 | 新疆大学地理系 | 94 |
| | 刘风景 | 男 | 32 | 硕士 | 副研 | 冰川冻土研究所 | 94-95 |
| | 孙作哲 | 男 | 57 | | 高工 | 冰川冻土研究所 | 94 |
| | 李纲 | 男 | 40 | | 工程师 | 冰川冻土研究所 | 94 |
| | 陈建民 | 男 | 58 | | 高工 | 兰州冰川冻土研究员 | 94 |
| | 李江风 | 男 | 61 | | 高工 | 新疆气象科研所 | 94-95 |
| | 胡汝獭 | 男 | 60 | | 研究员 | 新疆地理研究所 | 94-95 |
| | 马虹 | 男 | 42 | | 副研 | 新疆地理研究所 | 94 |

| | | | | | |
|-------|-----------|-----|---|----|------|
| 94-95 | 新疆气象科研所 | 高工 | 男 | 42 | 王承义 |
| 94-95 | 新疆气象科研所 | 高工 | 男 | 40 | 袁玉江 |
| 94 | 兰州冰川冻土研究所 | 工程师 | 男 | 40 | 金明燧 |
| 94 | 兰州冰川冻土研究所 | 研究员 | 男 | 62 | 王家太 |
| 94 | 武汉测地所 | 副教授 | 男 | 31 | 易朝路 |
| 94 | 兰州沙漠研究所 | 副研 | 男 | 37 | 陈惠忠 |
| 94 | 美国加利福尼亚大学 | 博士 | 男 | 40 | 鹿建成 |
| 95 | 北京大学 | | 男 | 20 | 郑勇 |
| 94-95 | 青海高原生物所 | 副研 | 男 | 38 | 彭敏 |
| 94-95 | 兰州冰川冻土研究所 | 博士生 | 男 | 36 | 陈桂琛 |
| 94-95 | 兰州冰川冻土研究所 | 博士生 | 男 | 26 | 侯书贵 |
| 94-95 | 兰州冰川冻土研究所 | 博士生 | 男 | 24 | 康世昌 |
| 94-95 | 兰州冰川冻土研究所 | 博士生 | 男 | 24 | 田立德 |
| 94-95 | 兰州冰川冻土研究所 | 博士生 | 女 | 26 | 孙俊英 |
| 95 | 兰州冰川冻土研究所 | 工程师 | 男 | 50 | 朱守森 |
| 94-95 | 兰州冰川冻土研究所 | 副研 | 男 | 36 | 刘光秀 |
| 95 | 美国犹他州植物园 | 教授 | 男 | 40 | 何思 |
| 95 | 上海自然博物馆 | 教授 | 男 | 60 | 胡人亮 |
| 95 | 上海自然博物馆 | 副研 | 男 | 38 | 刘仲冬 |
| 95 | 河北师范大学 | 副教授 | 男 | 38 | 赵建成 |
| 94 | 日本北海道大学 | 博士 | 男 | 38 | 曾根敬雄 |

1994 — 1995 年来天山冰川观测试验站固定
与客座研究人员发表论文

1994 年

- Ding L., W. Zhang and N. Wang, 1994. The influence of precipitation on the development of glaciers in Bomi Region, Tibet. In: Natural hazard reduction and mitigation in the East Asia, Part 5: Glacier hazard system in Southeastern Tibet, 23 -30
- Ding Yongjian and Liu Fengjing, 1994, Effect of climatic change on hydrological regimes of Qinghai lake basin for the last thirty years and possible tendency. Developments in Hydrology of Mountainous Areas(ed.L'Molnar et al), UNESCO IHP-IV.
- 黄茂桓、李刚, 1994, 含杂质冰近融点恒应力蠕变实验, 自然科学进展, 4(2), 205-208
- 黄茂桓、周韬、井小平等, 1994, 乌鲁木齐河源 1 号冰川 2 号冰洞的冰川学研究, 冰川冻土, 16(4): 289-300
- 黄茂桓, 1994, 我国亚极地型冰川的运动机理, 中国科学(B)辑, 24(3): 310-316
- 黄茂桓, 1994, 我国极地型冰川发育的气候条件, 冰川冻土, 16(3): 218-223
- 纪忠萍、汤懋苍, 1994, 乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡量的预报方法与资料插补, 冰川冻土, 16(2), 128-138
- 纪忠萍、汤懋苍, 1994, 制约乌鲁木齐河源 1 号冰川消融诸因子初探, 高原气象, 13(1), 65-74
- 康尔泗、Atsumu Ohmura, 1994, 天山冰川消融参数化能量平衡模型, 地理学报, 49(5): 467-476
- 康尔泗、Atsumu Ohmura, 1994, 天山冰川作用流域能量、水量和物质平衡及径流模型, 中国科学(B)辑, 24(9): 983-991
- 康尔泗、刘潮海, 1994, 乌鲁木齐河冰川物质平衡季节变化和总消融, 冰川冻土, 16(2): 119-127
- 李刚、王茂海、黄茂桓, 1994, 乌鲁木齐河源 1 号冰川含岩屑冰川冰的恒应力蠕变试验, 冰川冻土, 16(4): 351-356
- 李世杰、郑本兴、焦克勤, 1993, 西昆仑山区湖泊初探, 海洋与湖泊, 24(1): 37-44。
- 刘耕年、熊黑刚, 1994, 高山冰缘环境中地貌过程与公路灾害——以天山乌库、独库公里为例, 见: 第一届全国寒区环境与工程青年学术会议论文集, 兰州大学出版社, 40-43
- 刘光秀、焦克勤、沈永平、施雅风、张平中, 1994, 青藏高原 Younger Dryas 事件的证据。见: 第一届全国寒区环境与工程青年学术会议论文集, 兰州大学出版

- 社, 27-30
- 刘光秀、沈永平、张平中、王苏民, 1994, 青藏高原若尔盖地区 RH 孔 800-150Ka B.P. 的孢粉记录及古气候意义, 沉积学报, 12(4): 101-110
- 刘光秀、沈永平、王苏民, 1994, 若尔盖 RH 孔 150kaB.P. 以来的植被历史及其气候记录, 见: 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究学术论文年刊, 科学出版社, 北京, 199-208
- Ming-ko Woo, Zhenniang Yang, Zhaojun Xia, and Daqing Yang, 1994, Streamflow Processes in an Alpine Permafrost Catchment, Tianshan, China, Permafrost and periglacial Processes, vol.5: 71-81.
- 曲耀光、丁永建、刘风景等, 1994, 青海湖流域和青海湖的水量平衡, 青海湖近代环境的演化和预测. (中国科学院兰州分院和中国科学院西部资源环境研究中心合编), 科学出版社, 41-67.
- 曲耀光、骆鸿珍, 1994, 乌鲁木齐河流域地表水与地下水转化及水质演变, 冰川冻土, 16(2): 147-155
- 尚新春, 王宁练, 韩建康, 1994, 冰川冬季“冷波”消除过程的数值模拟. 见: 第一届全国寒区环境与工程青年学术会议论文集, 兰州大学出版社, 40-43
- 刘耕年、熊黑纲, 1994, 天山高山冰缘环境的融冻泥流作用, 地理学报, 49(4):
- Liu Shiyin, Z. Xie, Z. Su, G. Song and N. Wang, 1994. Accumulation, ablation and ice formation of Hailuogou glacier in the Gongga Mountain. In: Glaciers and environment in the Qinghai-Xizang (Tibet) plateau (I), 65-80
- 沈永平、徐道明, 1994, 西藏安多的湖泊变化与环境, 冰川冻土, 16(2): 173-180
- 沈永平、焦克勤, 1994, 西藏聂拉木全新世剖面的研究, 见: 第一届全国寒区环境与工程青年学术会议论文集, 兰州大学出版社, 11-15
- Su Zhen, Liu Shiyin et al., 1994. Studies of recent fluctuations of Glacier length in the Gongga Mountain, In: Glaciers and environment in the Qinghai-Xizang (Tibet) plateau (I),
- Su Zhen, Liu Shiyin and Wang N., 1994. Temperature regime of Hailuogou Glacier in the Gongga Mountain. In Xie Z. and Kotlyakov(ed.) Glaciers and Environment - The Qinghai-Xizang(Tibet) Plateau(I), Science Press, Beijing, 57-64.
- 孙波、王良玮, 1994, 声发射检测技术在冰川上的应用, 冰川冻土, 16(2), 185-189
- 王积强、商思臣, 1994, 乌鲁木齐河跃进桥蒸发观测实验, 新疆环境保护, 16(4): 205-209
- 王宁练, 1994. 北半球观测冰川近 30 年来的变化及未来趋势探讨. 见: 第一届全国寒区环境与工程青年学术会议论文集, 兰州大学出版社, 16-21
- Wang N. and L. Ding, 1994., The regulating effects and potential hazard evaluation of the proglacial lake of Midui Glacier, Tibet, China. in: Natural hazard reduction and mitigation in the East Asia, Part 5: Glacier hazard system in Southeastern Tibet, 41-50

- Wang N., Z. Su and Y. Xie, 1994, The differences of climatic conditions between the glacial and ice-free areas in Hailuoguo in the Gongga Mountain at the end of autumn. In: *Glaciers and environment in the Qinghai-Xizang(Tibet) Plateau(I)*, 133-142
- 杨新元、韩添丁, 1994, 乌鲁木齐河源气候特征与冰川融水径流, 冰川冻土, 16(2), 147-155
- Yang Zhenniang, Liang Fengxian, Yang Zhihui, and Wang Qiang, 1994, The effect of water and heat on hydrological processes of a high alpine permafrost area, *Proceedings of Yokohama Symposia; Snow and Ice Covers: Interactions with Ecosystems*; Edited by H.G. Jones, T. D. Davies, Aohmura & E. Morries, IAHS publ. No. 233.
- 姚檀栋、焦克勤、李忠勤等, 1994, 古里雅冰帽气候研究记录, 中国科学(B), 24(7) 766-773。
- Yao Tandong, Jiao Keqin, Tian Lide et al, 1994, Climatic and Environmental Records in Guliya Ice Cap, *Science in China(B)*, 38(2): 228-237
- Y. Morinaga, W. Zhang, L. Ding, N. Wang, M. Huang, J. Akamatsu and T. Yamanouchi, 1994, Meteorological observations in the Midui Glacier, Southeastern Tibet. In: *Natural hazard reduction and mitigation in the East Asia, Part 5: Glacier hazard system in Southeastern Tibet*, 31-40
- 叶佰生, 1994, 估算冰川规模的统计模型, 见: 第一届全国寒区环境与工程青年学术会议论文集, 兰州大学出版社, 31-33。
- Yi Chaolu, Lun Wu, 1994, Thin Section method for Quantitative Microfabric Study of nonspheroidal long axes in Loose sediment and sedimentary rock, *Journal of Basin Science and engineering*, 2(4): 306-312
- 易朝路、崔之久, 1994, 天山和阿尔泰山冰碛物孔隙分析, 冰川冻土, 16(3): 265-273
- 张寅生、康尔泗、刘潮海, 1994, 天山乌鲁木齐河源流域的气候特征分析, 冰川冻土, 16(4): 333-341
- 张寅生、蒲建成, 1994, 青藏高原中部地面蒸发观测计算与特征分析, 冰川冻土, 16(2): 166-172
- 张寅生、蒲建成, 1994, 青藏高原中部唐古拉山附近地区气候特征, 冰川冻土, 16(1): 41-48
- 郑本兴、焦克勤、郑文兰, 1993, 青藏高原有关大冰盖争论概况, 任善镠教授 80 华诞地理论文等, 南京大学出版社, 64-66
- 郑本兴、沈永平、焦克勤, 1994, 希夏邦马东南富曲河谷的冰川沉积和冰川构造, 沉积学报, 12(4): 1-10
- Zhang Yinsheng, 1994, A Study of Climate and ablation at ELA of glacier Dong Kemadi, Tanggule Mts, Qing-Zang Plateau, *Symp. on Int. Glacier Mass balance*

1995 年

- Cui Zhijiu, Siong Heigang and Liu Gengnian, 1995, Stria Distribution and Subglacial processes in the Tianshan Mountains. *CRYOSPHERE*, 1:71-74
- 丁永建、刘风景, 1995, 近三十年来青海湖流域气候变化对水量平衡影响及其趋势预测, 地理科学, 15(4)
- 丁永建, 1995, 北半球八十年代冷圈系统对气候变暖的响应. 中国科学技术协会第二届青年学术年会文集(资源与环境科学分册), 中国科学技术出版社 574-579.
- 丁永建, 1995, 近四十年来全球冰川波动对气候变化的反应. 中国科学(B), 25(10): 1093-1098.
- Han Jiankang, Jin Huijun, Wen Jiahong and Kang Jiancheng, 1995, Temperature distribution in Collins Ice Cap, King George Island, Antarctica. *Antractic Research*, 6(2) (in press).
- 韩健康、温家洪、尚新春、金会军, 1995, 南极洲乔治王岛柯林斯冰帽的温度分布, 南极研究, 7(1): 60-66。
- 韩健康、金会军、康建成, 1995, 南极洲乔治王岛柯林斯冰帽的MSA变化特征, 南极研究, 7(2)
- 韩健康、许晨海、康建成、金会军, 1995, 南极南设得兰群岛近百年年平均气温变化趋势, 冰川冻土, 17(3): 268-273。
- Huang Maohuan, 1995, The movement mechanisms of Subpolar-type glaciers in China, *Science in China (Series B)*, 38(3): 352-361
- Huang Maohuan, 1995, The climatic conditions of polar-type glacier development in China. *Chinese Geographical Sciences*, 5(2), 97-103
- 黄茂桓, 1995, 近年来我国冰流动研究进展, 冰川冻土, 17(4), 366-370
- 焦克勤、姚檀栋, 1995, Younger Dryas 以来气候变化的古里雅冰帽进退记录, 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究, 学术论文年刊(1994), 科学出版社. 34-40
- 康尔泗, 1995, 冰川作用区流域融水平衡的径流模拟计算, 地理学报, 50(6):
- Lai Zuming, 1995, Variation of Water Resources in the Inland Regions, Northwestern China. IAHS Publ.No. 230--
- 赖祖铭, 1995, 冰川融水径流估算方法研究, 中国学术期刊文摘, 11(4).
- 李世杰, 1995, 天山乌鲁木齐河源晚更新世晚期古环境重建, 地貌、环境、发展, 中国地理学会地貌与第四纪专业委员会编, 中国环境科学出版社, 14-18
- 李世杰、施雅风, 1995, 中国西部末次盛冰期冰川发育与气候环境的区域分异, 青藏高原与全球变化研讨会论文集(中国青藏高原研究会编), 气象出版社, 30-40
- 李忠勤等, 1995年, 大气气溶胶中 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 研究, 地球科学进展, 10(3): 289-295

- Ji Zhongqin, Yao Tandong, 1995, Modern atmospheric environmental records in Guliya Ice Cap of Qinghai-Xizang Plateau. Chinese Science Bulletin: 40(10), 874-870
- 李忠勤、姚檀栋、皇翠兰等, 1995, 古里雅冰帽中的化学物质沉积特征和现代大气环境记录, 见: 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究, 科学出版社, 11-21
- 刘潮海, 1995, 中亚天山冰川资源及其分布特征, 冰川冻土, 17(3): 192-203.
- 刘耕年等, 1995, 天山石冰川的形态与发育条件, 地理科学, 15(3):
- 刘耕年、宋长青等, 1995, 高山冰缘环境中冰碛母质土壤的发生与演化, 冰川冻土, 17(3): 204-212
- Liu Gengnian and Cui Zhijiu, 1995, The morphological features and environmental conditions of rock glaciers in Tianshan Mountains, The Journal of Chinese Geography, 5(1): 41-51
- 刘光秀、沈永平、王睿、王苏民, 1995, 孢粉记录揭示的两万年以来若尔盖地区的气候变化, 冰川冻土, 17(2): 132-137
- 刘光秀、沈永平, 1995, 全新世大暖期若尔盖的植被与气候, 冰川冻土, 17(3), 247-249
- Liu, F., M.W. Williams and D. Yang, 1995. Snow and water chemistry of a headwater alpine basin, Urumqi River, Tianshan, China, Biogeochemistry of Seasonally Snow-Covered Catchments, IAHS Publ. No. 228, 207-220.
- 刘宗香, 1995, 青藏高原内陆水系冰川粒雪线与中值高度趋势面的绘制与主要特征, 冰川冻土, 17(4): 356-359
- Mark W. Williams, Daqing Yang, Fengjing Liu, 1995, Controls on the major ion chemistry of the Urumqi River, Tian Shan, Peoples Republic of China. J. of Hydrology, 172: 209-229
- 盛文坤、姚檀栋、谢超、焦克勤、杨志红, 1995, 古里雅冰芯小冰期以来的 PH 值和电导率分析, 冰川冻土, 17(4): 360-365
- 施雅风、郑本兴、李世杰、叶佰生, 1995, 青藏高原中东部最大冰期时代高度与气候环境探讨, 冰川冻土, 17(2): 97-112.
- 施雅风、张祥松, 1995, 气候变化对西北干旱区水资源的影响和未来趋势, 中国科学 (B 辑), 25(9): 968-977
- 王宁练, 1995. 冰川平衡线变化的主导气候因子灰色关联分析, 冰川冻土, 17(1): 8-15
- Williams, M. W., D. Yang, F. Liu and J. Turk, 1995: Major ion chemistry and susceptibility of surface water to atmospheric deposition, Urumuqi River, Tianshan, P. R. China, Journal of Hydrology.
- 徐道明、沈永平, 1995, 青藏高原的泛冰盖遗迹与冰期, 冰川冻土, 17(3): 213-229
- 姚檀栋、焦克勤、杨志红等, 1995, 古里雅冰芯中小冰期以来的气候变化, 中国科学 (B), 25(10): 1108-1114

- Yao Tandong, L.G.Thompson, Jiao keqin et al, 1995. Recent Warming as Recorded in the Qinghai-Tibetan Cryosphere, *Annals of Glaciology*, Vol .21,196-200
- 姚檀栋、焦克勤、皇翠兰等, 1995, 冰芯所记录的环境变化及空间耦合特征, 第四纪研究, (1): 23-32
- 姚檀栋、秦大河、皇翠兰、焦克勤、谢超, 1995, 古里雅冰芯中的主要阳离子与小冰期以来的环境变化, 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究, 学术论文年刊(1994), 科学出版社, 1-10
- Yang Zhenniang, 1995, Glacier meltwater runoff in China and its nourishment to river, *Chinese Geographical Sciences*, 15(1), 66-76
- Zhang Yinsheng, 1995, Study on soil evaporation in centre of Qing-Zang Plateau *Bulletin of Glacier Research*, Vol. 16
- Zhang Yinsheng, 1995, The Climatic feature near Tanggula Mt.Pass, Tebiten Plateau. *CRYOSPHERE*, 1:33-38
- 张志忠、刘宗香, 1995, 乌鲁木齐河流域冰椎及其利用可能性研究, 干旱区地理. 18(4)
- 郑本兴、焦克勤、郑文兰, 1995, 青藏高原有无大冰盖之争的现状, 地质论评, 41(2): 127-134

中国科学院兰州冰川冻土研究所天山冰川 观测试验站开放基金课题指南

一、简介

中国科学院兰州冰川冻土研究所天山冰川观测试验站为中科院唯一以冰川及冰川作用流域为研究对象的开放野外站。由于其特殊的地理位置，不仅在观测研究我国西部大陆性气候条件下高山地区气候与环境变化具有良好的区域代表性，而且在世界冰川站网中、填补了中亚大陆内部的空白，因而在全球变化研究中占据重要位置。自 1959 年建站以来，在中国科学院及其所属兰州冰川冻土研究所的大力支持下，在冰川学、冰川物理学、寒区水文与气象学等领域已积累了数十年的宝贵资料；硬件环境（泊宿设施、仪器设备、观测站场等）也不断完善。观测研究主体已形成了以高学历水平的中青年为骨干，老中青相结合的格局，同时具有广泛的国际国内合作研究的基础。这为开展冰川变化、冷生环境内物质能量交换过程，水文循环与水资源波动、生态环境演化等研究提供了良好的基础条件。

本开放站实行“开放、流动、联合”的运行机制，以对外充分开放的形式建立客座研究人员聘请制度，设立开放站课题研究基金，项目立项审议由天山站学术委员会负责，每年评审一次，实行定向指南，公平竞争，择优资助的原则。

二、研究方向与研究内容

通过对冰川及冰川作用区有关的物理、化学与生物过程及其变化规律的研究，揭示自然环境的变迁历史，预测其变化趋势及其对人类的影响。

研究内容：高山冰川与积雪的物理性质、形成和演化规律；冰雪融水径流及其在水文循环中的作用；全球气候环境变化的区域响应；雪冰内环境记录的形成过程与恢复；生态过程及其变迁；人类活动对区域环境的影响。

三、近期鼓励的主要研究领域

1995年8月19日在兰召开的由部分天山站学术委员会成员及兰州冰川冻土所有关领导和专家参加的天山站工作会议，经讨论认为，天山站开放课题基金申请除参照第二届天山站学术委员会第二次会议所确定的“近期鼓励研究领域”外，重点强调以下几个方面的研究：

- 1、乌鲁木齐河流域冰川与全球变化研究；
- 2、乌鲁木齐河上游水资源的形成及变化规律研究；
- 3、乌鲁木齐河源区人为污染的记录及环境影响过程研究；
- 4、乌鲁木齐河流域生态环境及其变化；

- 5、乌鲁木齐河流域中、高山带地理信息系统的建立;
- 6、冰雪水对动植物和人体有益性的试验研究,寒区药用植物的生理性能研究。

四、开放基金课题申请程序

1、申请人须按课题申请书要求详细如实填写;业务简历要求认真填写近三年来发表的与所申请课题有关的论文(含已被接收即将正式发表的论文),申请表备案。

2、站基金课题评议由天山站学术委员会主持,待天山站学术委员会评议审定后将评审结果近早通知申请人。

3、一般于每年8月截止受理开放基金课题申请,请务必将申请书一式二份于此期前送(或寄)达中科院兰州冰川冻土研究所天山冰川观测试验站。

4、申请人所申请课题一经批准,将可获得资助来本站工作,也可自带课题及经费利用本站条件开展研究工作。本站为得到批准的研究课题顺利执行创造条件,并为来站研究人员提供完善的野外后勤保障及科研和实验条件,同时热忱欢迎优秀青年科研人员来本站开展学术交流与科学研究。

联系人: 刘时银

电 话: 8 8 4 1 4 4 8 内部: 4 1 9 或 5 1 6

中国科学院兰州冰川冻土研究所天山站

一九九五年八月二十五日