

乌鲁木齐河源 1 号冰川冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的现代过程分析*

侯书贵 秦大河 李忠勤

(中科院兰州冰川冻土研究所冰芯与寒区环境实验室, 兰州 730000)

提要 本文根据乌鲁木齐河源地区一个年周期的大气降水样品、1 号冰川冬季夏季连续雪坑样品以及 1 号冰川东支积累区浅冰芯样品的实测 $\delta^{18}\text{O}$ 资料, 初步探讨冰芯中 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的形成过程与主要影响因素, 以及 $\delta^{18}\text{O}$ 与气温之间的关系转变。研究结果表明大气降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 与气温之间存在显著的正相关关系, 但由于冰川雪层中水汽运移, 风吹雪作用以及积雪融水渗透等因素的影响, 导致冰芯中的 $\delta^{18}\text{O}$ 记录不再具有气温指标意义。

主题词 大气降水 雪坑 浅冰芯 $\delta^{18}\text{O}$

早在 60 年代, WHO/IAEA 就在全世界范围内建立了降水稳定同位素观测网, 其中欧洲地区降水稳定同位素研究开展得较早也较深入 (Jacob et al., 1991; Rozanski et al., 1992)。我国从 1991 年开始在青藏高原也进行了系统、连续的降水和冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 研究, 探讨了不同来源水汽团对降水中稳定氧同位素的影响 (姚檀栋等, 1991), 建立大气降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 与气温的正相关关系 (章新平, 1995), 并据此分别恢复了青藏高原小冰期以来、2000 年以来和末次间冰期以来的气候变化 (姚檀栋等, 1995; 姚檀栋等, 1996; Thompson et al., 1989), 但对于降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 在形成冰芯记录的过程中所发生的沉积后变化目前尚无报导。本文即根据乌鲁木齐河源 1995 年 6 月至 1996 年 6 月一个完整年周期大气降水样品、1 号冰川冬季和夏季连续雪坑样品及 1 号冰川东支积累区浅冰芯样品中 $\delta^{18}\text{O}$ 的测量结果, 分析本区大气降水、雪坑和浅冰芯内 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化特征, 以 $\delta^{18}\text{O}$ 与气温之间的正相关关系的建立和破坏过程, 并探讨了影响冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的主要因素。

1 样品采集和分析过程

1.1 大气降水样品

大气降水采样点为天山冰川观测站之高山营地 (3545m, 图 1 之 P 点)。共收集 121 个大气降水样。样品从野外运回后即放入 -15°C 低温室保存, 在分析前两天取出融化, 以备分析。

样品测量在中科院兰州冰川冻土研究所冰芯与寒区环境实验室进行, 所用仪器为 MAT-252 气体质谱仪, 结果以“标准平均大洋水 (SMOW)”千分差表示, 精度在 $\pm 0.5\%$ 之内。下述各类样品的处理和分析方法大体相同, 不再赘述。

* 国家自然科学基金 (49571020) 和中国科学院天山冰川观测试验站基金 (95001) 资助项目

1.2 冬季雪坑样品

冬季雪坑样品采集点为1号冰川东支4030m和3900m处(图1之W1和W2点)。首次雪坑采集于1995年12月25号,分别记为雪坑1和2。后续采样是原雪坑向前挖去约1m后进行采样,冬季雪坑的采样日期和编号见表1。

按雪层剖面特征分层取样。采样时首先用不锈钢铲刀将各取样范围内的雪层切割成立柱状,装入洁净塑料袋,室温下自然融化后注入专用聚乙烯塑料瓶。后续处理过程同上所述。

表1 乌鲁木齐河源1号冰川东支冬季连续雪坑采样日期与编号

采样日期	95/12/25	96/1/8	96/1/19	96/1/29
W ₁ (4030)	雪坑1	雪坑3	雪坑5	雪坑7
W ₂ (3900)	雪坑2	雪坑4	雪坑6	雪坑8

1.3 夏季雪坑样品

夏季雪坑采样点位于1号冰川东支粒雪盆约4040m处(图1之S点),样品采集和分析过程同冬季雪坑样。夏季雪坑的采样日期和编号见表2。

表2 乌鲁木齐河源1号冰川东支夏季连续雪坑采样日期与编号

采样日期(1996)	5/11	5/14	5/18	5/19	5/22	5/30	6/07	6/12
雪坑编号	T1	T4	T5	T6	T8	T11	T16	T20

1.4 冰芯样品

1996年5月在乌鲁木齐河源1号冰川东支粒雪盆海拔4,040m处钻取一支7.0m的浅冰芯T₀(图1之T₀点)。现场进行冰芯地层的描述工作,后使用不锈钢锯人工截取样品,间距为3cm。样品后续处理过程同上所述。

1990年11月在冰芯T₀附近(4,058)也钻取了一支57m的冰芯H₀,并分析了顶部6.6m样品的 $\delta^{18}\text{O}$ 。分析工作在日本名古屋大学水圈研究所进行,所用仪器为Mat251。^①

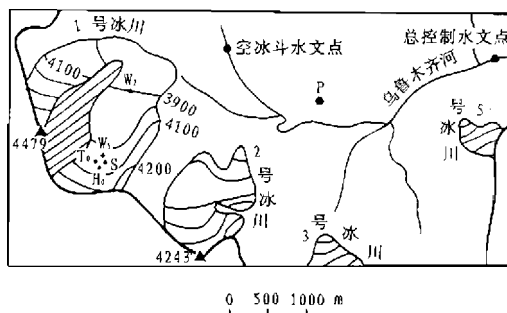


图1 全部样品的采集位置,图中字母含义见正文

^① 韩健康等,乌鲁木齐河源1号冰川冰芯微粒浓度和化学成分分析,中科院天山冰川观测试验站年报(10),1991 87-96.

2 大气降水中的 $\delta^{18}\text{O}$ 变化特征及其与气温的关系

样品分析结果表明本区降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 的波动范围相当大, $\delta^{18}\text{O}$ 最小值为 1996 年 1 月 24 日的 -38.24‰ , 仅有的两个正值分别为 1995 年 8 月 3 日的 0.97‰ 和 1995 年 7 月 6 日的 0.87‰ 。全部降水样品的算术平均值为 -11.01‰ , 其中 1995 年 7、8 月两月降水样品的算术平均值分别为 -6.94‰ 和 -7.31‰ 。Watanbe et al. (1983) 曾研究过 1981 年 7 月 9 日至 8 月 17 日期间乌源地区大气降水的 $\delta^{18}\text{O}$ 特征, 所采集样品的 $\delta^{18}\text{O}$ 范围介于 -1‰ 至 -16‰ 之间, 7、8 月份降水样品的算术平均分别为 -7.5‰ 和 -6.8‰ , 这与我们的研究结果是比较一致的。

从图 2 可见本区大气降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 呈现明显季节变化, 即冬季降水对应较低的 $\delta^{18}\text{O}$ 值, 夏季降水对应较高的 $\delta^{18}\text{O}$ 值。由于降水采样点没有气温观测仪器, 我们以总控水文点(海拔 3048m)和空冰斗水文点(海拔 3805m)的自记气温资料, 使用线性插值换算出采样点的气温。图 3 给出了每次降水事件的 $\delta^{18}\text{O}$ 依日平均气温的相关散布(图 3a)以及每月全部降水样品 $\delta^{18}\text{O}$ 的算术平均值依月平均气温的相关散布(图 3b, 不包括没有降水样品的月份), 两种情况下 $\delta^{18}\text{O}$ 依日平均气温 T 的线性回归方程分别为: $\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = 0.94T(\text{°C}) - 12.382$ ($R^2 = 0.52, n = 121$); $\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = 1.29T(\text{°C}) - 13.05$ ($R^2 = 0.98, n = 10$), 易见乌鲁木齐河源地区大气降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 与气温之间存在显著的正相关关系。Watanabe et al. (1983) 的短期研究结果与此一致。

根据章新平等(1995)的研究, 1991 年 9 月至 1992 年 12 月时段内青藏高原东北部沱沱河、德令哈和西宁 3 站全部降水事件中 $\delta^{18}\text{O}$ 依气温 T 的线性回归方程分别为: $\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = 0.40T(\text{°C}) - 11.07$ (沱沱河, $r = 0.44, n = 119$); $\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = 0.57T(\text{°C}) - 12.88$ (德令哈, $r = 0.74, n = 64$, 取降水开始的气温); $\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = 0.61T(\text{°C}) - 12.45$ (德令哈, $r = 0.76, n = 64$, 取降水结束时的气温); $\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = 0.29T(\text{°C}) - 8.52$ (西宁, $r = 0.37, n = 105$), 可见乌源区大气降水 $\delta^{18}\text{O}$ 与气温的关系明显优于青藏高原东北部的研究结果, 对大气降水月平均状况的分析也得到同样结果。这容易理解为乌鲁木齐河源地区处于欧亚大陆内部, 水汽源区甚远, 而气团不断冷却连续形成降水后, 空气块中同位素逐渐减小; 同时由于降落水滴在大气中的蒸发以及与周围水汽的同位素交换进一步改变降水中的同位素成分, 都引起降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 与温度的正相关关系趋于增强(章新平等, 1994)。

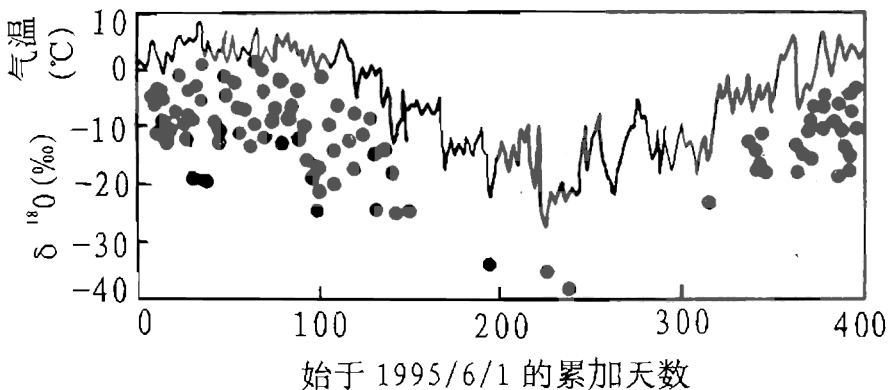


图 2 1995.6—1996.6 乌源地区大气降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 的季节变化

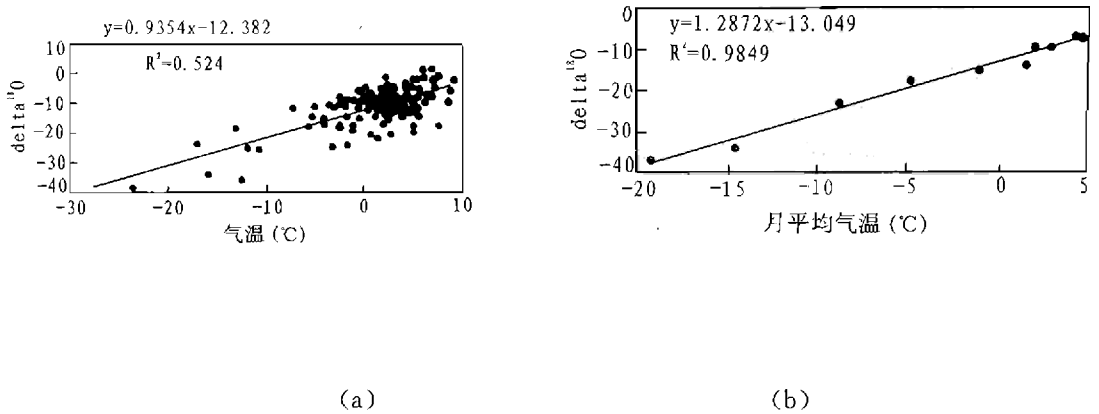


图 3 $\delta^{18}\text{O}$ 依气温的相关散布(图 3b 中不含无降水样品月份)

3 冬季雪坑 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化特征

图 4 给出了 W_1 和 W_2 点两处雪坑的 $\delta^{18}\text{O}$ 变化剖面。

对于 W_1 雪坑系列, $\delta^{18}\text{O}$ 剖面随时间变化比较明显, 而且主要表现在雪坑顶部位置。如雪坑 1 顶部的 $\delta^{18}\text{O}$ 为 -23.2‰ , 该层位在后续雪坑中不再出现。采样期间的 1996 年 1 月 10 日和 1 月 24 日, 分别发生了两次降雪过程, 其降水量和 $\delta^{18}\text{O}$ 值分别为 1.6mm、 -35.9‰ 和 0.4mm、 -38.2‰ 。两次降雪过程的极小 $\delta^{18}\text{O}$ 值在雪坑 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面中也没有表现出来。比较 W_1 连续雪坑的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面可看出雪坑中、下部的 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化不大, 总体 $\delta^{18}\text{O}$ 特征基本保持不变。说明在所研究的时间尺度和环境条件下, W_1 点处雪层内的水汽运移不足以导致 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面特征的改变。

与 W_1 雪坑系列不同, 海拔 3900m 处的 W_2 雪坑系列则明显说明雪层内水汽运移对 $\delta^{18}\text{O}$ 的平滑作用。雪坑 2 和 4 采样期间无降雪过程发生, 二者的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面基本相似, 但雪坑 4 的 $\delta^{18}\text{O}$ 波动幅度略小, 相邻特征层位间 $\delta^{18}\text{O}$ 转折的突兀性也有所减弱。雪坑 6 顶部 $\delta^{18}\text{O}$ 为 -37.0‰ 的雪层系 1996 年 1 月 10 号降雪所致, 此外雪坑 4 和 6 的最大差异还在于雪坑 6 的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面发生进一步的平滑作用, 这种作用在雪坑 8 中更进一步加剧。

除雪层内的水汽运移造成冬季雪坑 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面发生平滑作用外, 风吹雪导致的积雪重新分布和沉积过程是引起 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面发生变化的另一主要原因。比较图 4 所示的 W_1 雪坑和 W_2 雪坑系列的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面, 可见二者的差别非常明显, 如雪坑 1 顶部的最低 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 -23.2‰ , 而雪坑 2 顶部层位的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 -33.6‰ 。比较同期采集的雪坑 3 和 4、雪坑 5 和 6、以及雪坑 7 和 8 的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面, 同样说明 W_1 雪坑系列顶部的极小 $\delta^{18}\text{O}$ 层位缺失。尤为明显的是采样期间发生的两次降雪过程所积累的极小 $\delta^{18}\text{O}$ 层位在 W_1 雪坑中均无体现。这反映了降雪在冰川表面沉积后, 由于冬季风力较大, 冰川较高处的积雪容易被风重新吹扬而在海拔较低处发生二次沉积作用, 从而导致冰川表面雪层内 $\delta^{18}\text{O}$ 分布的不均匀性。冬季吹雪的这种作用将导致冰川积累区内所提取的平均冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 值偏高。

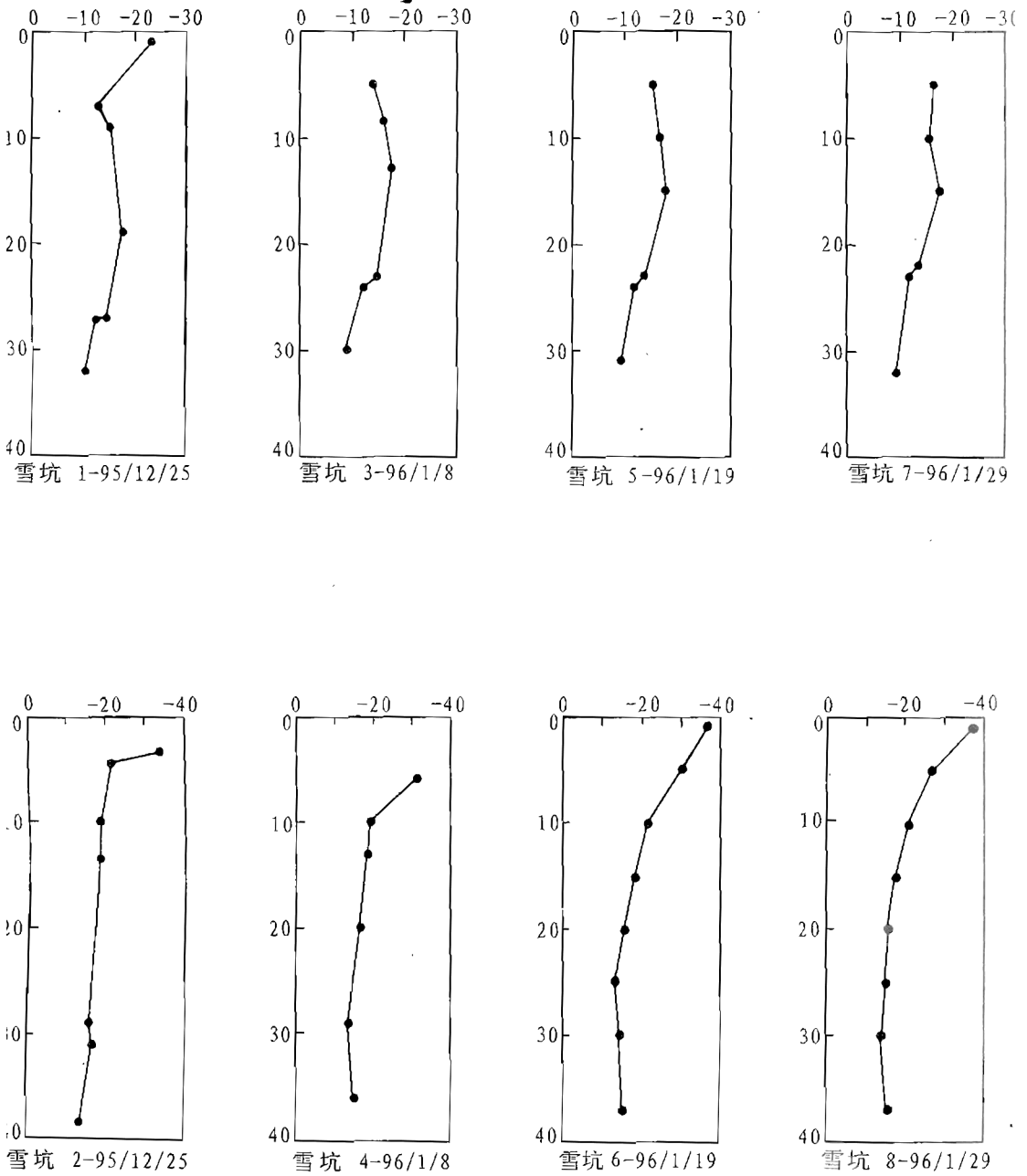
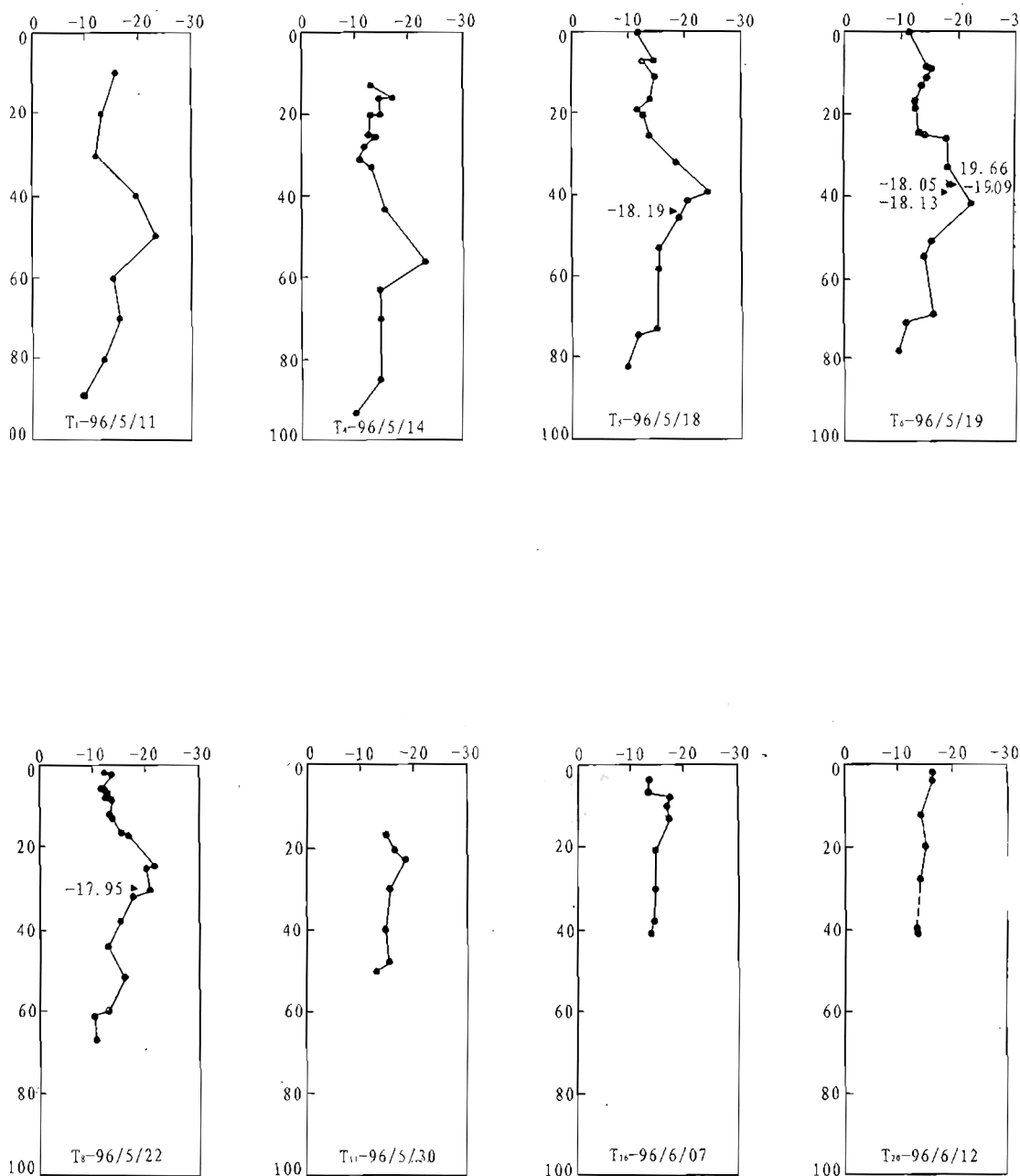


图 4 冬季连续雪坑的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面变化过程

图5 夏季连续雪坑的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面变化过程

4 夏季雪坑 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化特征

图 5 给出了夏季连续雪坑的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面变化过程

T1 雪坑 51cm 以上基本由细粒或中细粒雪构成,以下为粗粒雪和深霜,仅在 79cm 处出现一不连续的薄冰层。T1 雪坑的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面也较简单,表现为顶、底部的双峰和中间部位的低谷特征。顶、底峰的 $\delta^{18}\text{O}$ 分别约为 -12.2‰ 和 -9.9‰ ,50cm 处谷底的 $\delta^{18}\text{O}$ 约为 -23.3‰ ,整个雪坑的 $\delta^{18}\text{O}$ 波动幅度为 13.4‰ 。

T4、T5、T6 和 T8 雪坑中由融水渗浸形成的薄冰层增多。在此类特征结构层处,加大了取样密度,以期探求雪层内结构不连续层的性质。总体上看,此四个雪坑的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面与 T1 雪坑大体相似,均呈现两端高中间低的势态,尤其是雪坑下部的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面保持的相当好。雪坑上部新形成冰层的 $\delta^{18}\text{O}$ 虽稍有差异,但没有改变雪层剖面的原始沉积状态。在这几个雪坑内也同时采集了若干冰透镜体样或直接用样品瓶接取的融水样,在图 5 中均使用“▲”标识出。这些样品的 $\delta^{18}\text{O}$ 值一般大于相应层位雪样的 $\delta^{18}\text{O}$ 值,代表了上覆富含稳定重同位素雪层的特征,并说明了积雪消融过程中轻、重稳定氧同位素的分离作用。T8 雪坑的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面虽然仍保持了 T1 雪坑的原始剖面特征,但其波动幅度降低至 11.3‰ ,表现出一定程度的平滑作用。

从 T11 雪坑开始,雪层 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面与 T1 所示的原始状况相比发生了根本变化。对于 T11 雪坑,除顶部 17cm 雪层为采样当日所沉降的新雪外,下伏积雪的 $\delta^{18}\text{O}$ 最小值 -18.4‰ ,最大值 12.6‰ ,波动幅度仅有 5.8‰ 。这种雪层融水渗浸所产生的平滑作用在 T16 和 T20 雪坑中进一步加剧。即使不考虑采样期间新降雪的影响,T16 和 T20 雪坑的波动幅度也分别下降为 4.0‰ 和 3.1‰ ,雪坑的原始层位特征几乎消失殆尽。

显而易见冰川雪层融水的渗浸作用不仅可以平滑掉 $\delta^{18}\text{O}$ 的季节变化,甚至可能从根本上改变雪层内 $\delta^{18}\text{O}$ 的原始记录状况,这不仅给以 $\delta^{18}\text{O}$ 的季节变化为主要手段的冰芯断代工作带来障碍,而且也使大气降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 与气温之间正相关关系不再保持。

5 冰芯的 $\delta^{18}\text{O}$ 特征及其与气温记录的比较

冰芯 H_0 除表面约 10cm 厚的新雪外,4.3m 以上为粒雪—冰交替沉积层。根据对该处透底冰芯 H_1 的观测,4.3m 以下直至冰川底部均为连续的由透明程度不同的相间冰层组成的层状构造。冰芯 T_0 顶部雪层厚度约 90cm,为 1995 年秋季至冰芯钻取时的冰川积累量。根据该处另一支透底冰芯 T_1 的观测,90cm 以下直至冰川底部为连续的渗浸冰层,没有发现粒雪—冰的交替层位,与冰芯 H_0 有所差异。上述剖面特征表明冰芯 H_0 和 T_0 均处于典型的渗浸冰带内。

图 6 比较了冰芯 H_0 和 T_0 的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面,冰芯层位的对比是根据二者的主要离子浓度剖面特征来确定的*。由图 6 易见两支冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面的显著特征是顶部雪层内 $\delta^{18}\text{O}$ 的波动幅度都非常大,沿冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 的波动幅度趋于减小,尤为明显的是冰芯 H_0 顶部的 $\delta^{18}\text{O}$ 极值在冰芯 T_0 的相应区段内已完全消失。从图 6 所示的线性回归趋势看,冰芯 H_0 和 T_0 随深度增

* 侯书贵等,1997. 乌源 1 号冰川冰芯化学记录的对比研究。(待版)

加 $\delta^{18}\text{O}$ 值均趋于增大,而且冰芯 H_0 的斜率略大于冰芯 T_0 。同时两支冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 的平均值也有较大差异,冰芯 H_0 从 120cm 至冰芯底部范围内 $\delta^{18}\text{O}$ 平均值为 -11.02‰ ,与全部大气降水样品的算术平均值 -11.01‰ 相差无几,而冰芯 T_0 从 90cm 至冰芯底部 $\delta^{18}\text{O}$ 平均值为 -10.09‰ 。与这两支冰芯的离子浓度剖面的良好对应性不同,二者相同沉积时段内 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面的对应程度相当差。

根据冰芯钻取处的年净积累量资料,并参考冰川污化层等特征,大致将冰芯 T_0 的 0—250cm 范围对应于 90 年代,250—500cm 冰芯对应于 80 年代,500cm 以下至冰芯底部对应于整个 70 年代,因此图 6 的冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 记录所揭示的是 70 年代以来的气温降低现象。图 7 给出了乌源 1 号冰川附近大西沟气象站的实测气温变化曲线,可见从 70 年代以来,本区气温略趋于增加。因此 1 号冰川冰芯记录与实测气温变化之间呈现相反变化势态。

上述说明乌源地区大气降水中的 $\delta^{18}\text{O}$ 能够较敏感地反映气温状况,但由于冬季雪层内水汽运移作用和风吹雪导致积雪的重新分布,以及夏季雪层中融水渗浸作用等因素的影响,致使 1 号冰川冰芯的 $\delta^{18}\text{O}$ 记录无法反映本区的气温变化历史,即 1 号冰川的 $\delta^{18}\text{O}$ 记录不再具有温度指标意义。当然本次研究的时间尺度有限,上述结论也只能是比较初步的。

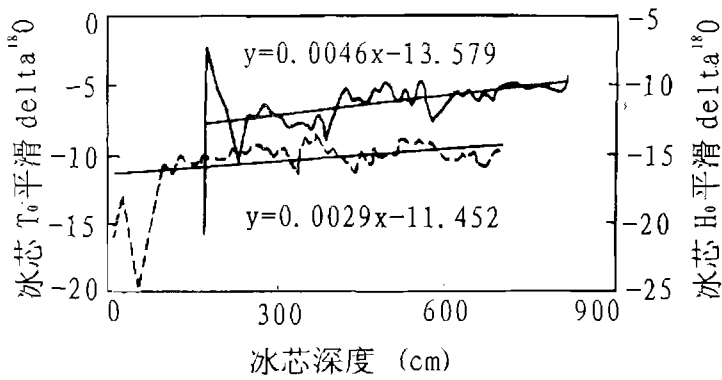


图 6 冰芯 H_0 和 T_0 的 $\delta^{18}\text{O}$ 剖面

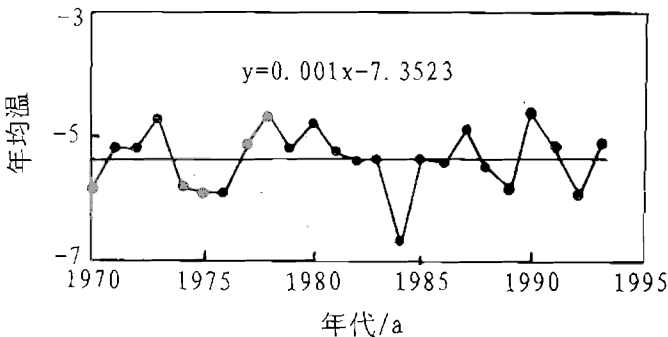


图 7 1 号冰川附近大西沟气象站的实测气温变化

参考文献

姚檀栋,丁良福,蒲健辰等,1991. 青藏高原唐古拉山地区降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 特征及其与水汽来源的关系. 科学通

- 报, 20期, 1570—1573。
- 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辑), 25卷, 10期, 1108—1114。
- 姚檀栋, 秦大河, 田立德等, 1996. 青藏高原 2Ka 来温度与降水变化—古里雅冰芯记录. 中国科学(D辑), 26卷, 4期, 348—353。
- 章新平, 姚檀栋, 1994. 我国部分地区降水中氧同位素成分与温度和降水. 中国科学(B辑), 25卷, 5期, 540—547。
- 章新平, 施雅风, 姚檀栋, 1995. 青藏高原东北部降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化特征. 中国科学(B辑), 25卷, 5期, 540—547。
- Jacob, H. and Sonntag, C. 1991. An 8-year record of the seasonal variation of H and O in atmospheric water vapour and precipitation at Heicelberg, Germany. *Tellus*, Vol. 43B, 291—300.
- Rozanski, K., Araguas, L. and Gonfiantini, R. 1992. Relation between long-term trends of Oxygen-18 isotope composition of precipitation and climate. *Science*, Vol. 258, 981—985.
- Thompson, L. G., Mosley-Thompson, E., Davis, M. E. et al. 1989. Holocene-late pleistocene climatic ice core records from Qinghai-Tibet Plateau. *Science*, Vol. 246, 532—535.
- Watanabe, O., Wu, X., Ikegami, K. et al. 1983. Oxygen isotope characteristics of glaciers in the Eastern Tian Shan. *Journal of Glaciology and Cryopedology*, Vol. 5, No. 3, 101—112.

A STUDY OF THE MODERN PROCESSES OF ICE CORE $\delta^{18}\text{O}$ RECORDS AT THE GLACIER No. 1 AT THE HEADWATER OF URUMQI RIVER, XINJIANG, CHINA

Hou Shugui Qin Dahe Li Zhongqin

*(Laboratory of Ice Core and Cold Regions Environment, Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology,
Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)*

Abstract

Analyses of stable oxygen isotope in precipitation samples collected during June 1995 to June 1996, in snow-pits samples during the winter of 1995—1996 and the summer of 1996, and in shallow icecore samples retrieved in May 1996 from the headwater regions of Urumqi River are presented in this paper. The results indicate that:

1. A marked positive correlation between $\delta^{18}\text{O}$ in precipitation and temperature is shown in the studying regions.

2. Smoothing effect by the vapour transform within the snowpacks and redistribution of snowpacks by wind-blowing are the main factors that can alter the original $\delta^{18}\text{O}$ profiles during winter period. During the summer period, the main factor is the melt-water percolation processes.

3. Significant difference can be found between ice $\delta^{18}\text{O}$ records and measured temperature history, which suggests that the post-deposition processes have changed the original precipitation $\delta^{18}\text{O}$ conditions completely at the headwater regions of Urumqi River.

SNOW AND WATER CHEMISTRY OF THE HEADWATERS, URUMQI RIVER, TIANSHAN, CHINA

Jingjing Liu¹⁾ Mark Williams²⁾ Guodong Cheng¹⁾ Shousheng Zhu³⁾ Chunzu Wang³⁾

1) The National Key Laboratory of Frozen Ground Engineering at Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

2) Institute of Arctic and Alpine Research, University of Colorado, Boulder, Colorado, the United States

3) Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

INTRODUCTION

The program of studies on snow and water chemistry in the Urumqi River, Tianshan was initiated in early 1980s by Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences. Not until 1990, however, has the program been intensified in collaboration with University of California at Santa Barbara and Institute of Arctic and Alpine Research at University of Colorado. The program primarily aims at understanding the processes that determine the hydrochemistry and biogeochemistry of seasonally snow-covered alpine basins in Central Asia, as well as at soliciting the methods to solve environmental problems in association with climatic changes. The purpose of this note is to show the recent data from studies of the hydrochemical processes of snowmelt and snowmelt runoff in a glaciated area and an ice-free cirque.

SITE DESCRIPTION

The Urumqi River is located in the Tianshan mountain range that extends from northwest China more than 2000 km westward into the Republics of Kazakhstan and Kyrgyzstan (Fig. 1). The Chinese Tianshan is bordered by large deserts on three sides, the Gobi desert to the east, the Taklimakan in the Tarim Basin to the south and the Junggar basin to the north. The Urumqi River (43°06'N, 86°49'E) originates at an elevation of 4486 m on Tianger II Peak and flows northward to the city of Urumqi, the capital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, China (Fig. 1).

This note presents the data from two headwater basins of the Urumqi River, Dry Cirque and Glacier No. 1 (Fig. 1).

The Dry Cirque has a catchment area of 1.68 km² and its elevation ranges from 3803 m at the gauging station to 4393 m a. s. l. The cirque glacier probably left the basin during the Holocene, though a small glacier might have persisted on its back wall. The glacier No.

1 is a cirque-valley glacier of two branches, with a length of 2.2 km, an area of 1.84 km² and an elevation range from 3710 to 4476 m a. s. l. The long-term climate data from the Daxigou meteorological station (3539 m a. s. l.) shows that mean annual temperature is -5.4°C, with below 0°C mean temperature occurring between September and May. The mean annual precipitation is 420 mm but that is likely to be underestimated due to inaccuracies in snowfall measurement (Yang *et al.*, 1989). A seasonal snow cover usually develops in early October and attains its maximum accumulation in late April or early May.

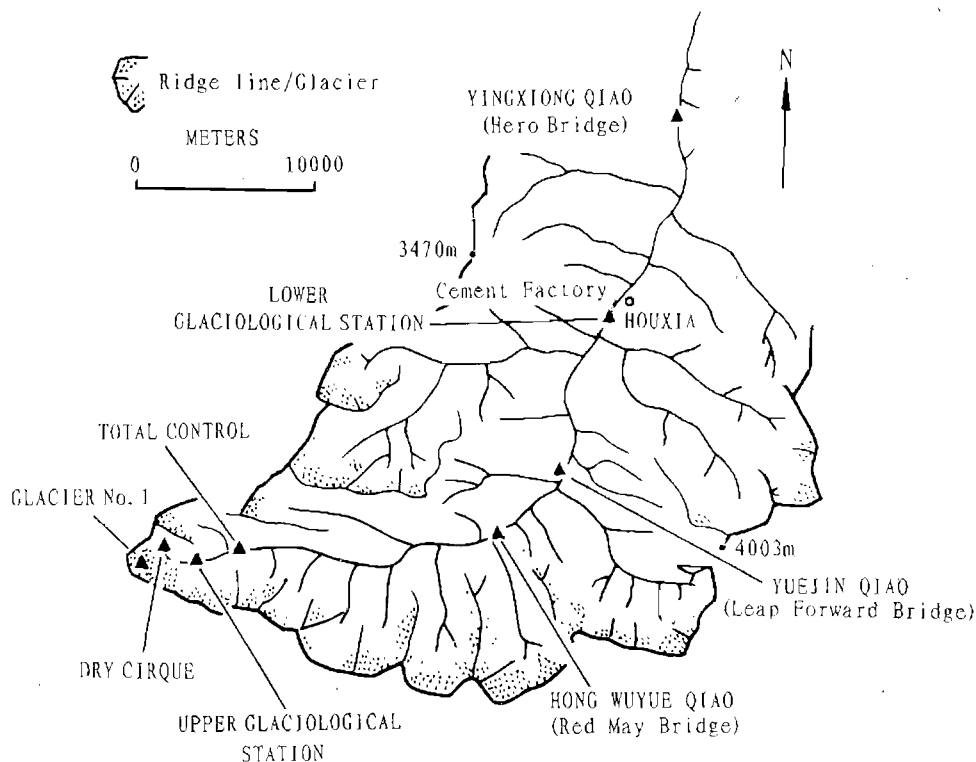


Fig. 1 Drainage Basin of the Urunqi River, Tianshan, China

SNOW CHEMISTRY

Snowmelt Solutes

Snow samples were collected during the maximum accumulation period in May from 1990 to 1996 at the Dry Cirque and the Glacier No. 1 (Table 1). The average pHs are near neutral around 7.00 and the conductances range from 7.10 to 18.60 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. The cation is dominated by Ca^{2+} and then by Na^+ , while the anion is dominated by HCO_3^- and then by SO_4^{2-} . Based on ionic concentrations in $\mu\text{eq}\cdot\text{L}^{-1}$, the ions can be ordered as:

for cation: $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$; for anion: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$

Concentrations of SO_4^{2-} are 10.7 and 17.5, 29.4 and 44.0, 11.9 and 23.5 $\mu\text{eq}\cdot\text{L}^{-1}$ at the

Dry Cirque and the Glacier No. 1, respectively, in 1990, 1991 and 1992, showing the highest SO_4^{2-} concentrations in the northwest China (Wake *et al.*, 1992).

Stratigraphy of Snowpack

Nine snowpits were excavated at approximately 3850, 3890 and 4025 m a. s. l. of glacier No. 1, designated as low- mid- and high-elevation snowpit, respectively on 11, 15 and 30 May, 1996. Each snowpit has four layers, depth hoar on bottom, small rounded grains on top, thin dirty layer and small to large rounded grains in the middle (Fig. 2). Additionally, a thin and continuous ice lens was found at 59 cm of the low-elevation snowpit. The samples were collected for each layer, except for dirty layer which is included in the top layer. The $\delta^{18}\text{O}$ of depth hoar in figure 2 is much higher than that of middle layer, indicating deep scale of snow metamorphism on bottom. In contrast, the ionic concentrations are quite lower in depth hoar than middle layer as illustrated by Ca^{2+} , Na^+ and SO_4^{2-} in figure 2. Ionic concentrations in top layer are pretty high due to dirty layer which contains dust deposits.

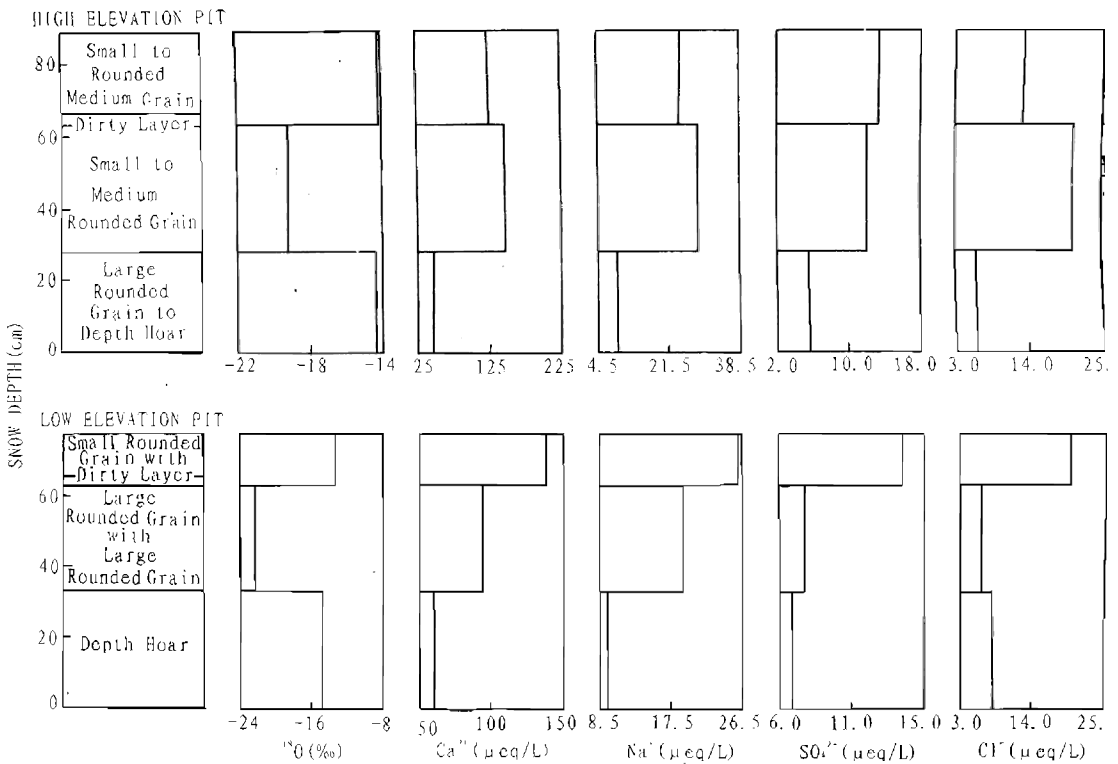


Fig. 2 Stratigraphy and Solute Contents of Snowpack at Glacier No. 1

STREAMWATER CHEMISTRY

Solute Contents

Table 1 Mean Ionic Concentrations ($\mu\text{eq/L}$), pH and Conductance ($\mu\text{S/cm}$) of Snowpack at the Upper Urumqi River

	1990		1991		1992		1996	
	Dry Cirque (n=28)	Glacier 1 (n=30)	Dry Cirque (n=2)	Glacier 1 (n=7)	Dry Cirque (n=7)	Glacier 1 (n=8)	Dry Cirque (n=4)	Glacier 1 (n=6)
pH	7.10	6.92	7.01	7.11	6.74	6.72	6.94	6.70
Cond	7.10	9.30	7.50	14.1	13.80	15.98	18.60	16.00
H ⁺	0.10	0.13	0.10	0.08	0.18	0.21		
Ca ²⁺	42.8	54.6	28.0	88.4	74.0	93.0	130.0	100.0
Mg ²⁺	4.8	6.2	8.2	22.7	10.8	9.6	8.2	8.2
Na ⁺	6.8	11.0	10.9	20.5	10.1	14.8	26.1	17.4
K ⁺	0.8	1.4	0.2	3.3	1.5	2.2	2.6	2.6
Σ^+	55.3	73.3	47.4	135.0	96.6	119.8	166.9	128.2
Cl ⁻	7.0	11.4	2.8	12.4	11.8	14.3	14.1	11.3
SO ₄ ²⁻	10.7	17.5	29.4	44.0	11.9	23.5	10.4	10.4
HCO ₃ ⁻	40.3	28.5	42.5	102.3	79.8	97.9	34.4	23.0
NO ₃ ⁻	4.6	5.9			3.4	6.3	4.8	4.8
Σ^-	62.6	63.6	74.4	158.7	106.9	142.0	63.7	49.5

Streamwater samples were collected at all hydrological sites from 1990 to 1996, with intensive collection at gauging stations of the Dry Cirque, the Glacier No. 1 and the Total Control. Table 2 lists the data collected at the Dry Cirque and the Glacier No. 1 during May in order to compare the solute contents between the streamwaters from glaciated area and ice-free area. pHs of two sites are more than 7.00 but less than 8.00 during May and conductances range from 35.6 to 80.0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Table 2). The predominant cation and anion are the same as those of snowpack. But the values of cation and anion increase by approximately 10 times. Also, the ionic order in terms of ionic concentrations has been changed into:

for cation: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{+} > \text{K}^{+}$; for anion: $\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^{-} > \text{Cl}^{-}$

The concentrations of SO_4^{2-} are 71.7, 145.2, 102.0 and 47.8 μeqL^{-1} in 1990, 1991, 1992 and 1995, respectively at the Dry Cirque, indicating annual changes at a large scale.

Table 1 Mean Ionic Concentrations ($\mu\text{eq/L}$), pH and Conductance ($\mu\text{S/cm}$) of Streamwater at the Upper Urumqi River

	1990	1991		1992		1995
	Dry Cirque (n=7)	Dry Cirque (n=8)	Glacier 1 (n=2)	Dry Cirque (n=1)	Glacier 1 (n=2)	Dry Cirque (n=10)
pH	7.50	7.30	7.71	7.18	7.22	7.73
Cond	39.10	51.88	80.00	48.6	64.2	35.6
H ⁺	0.03	0.07	0.02	0.07	0.07	0.03
Ca ²⁺	357.9	460.7	747.5	409.0	560.5	291.9
Mg ²⁺	58.5	85.5	98.7	66.6	92.8	45.1
Na ⁺	31.0	39.1	50.0	41.1	42.2	30.3
K ⁺	4.9	4.7	14.6	6.4	15.6	4.7
Σ^+	452.3	590.1	910.8	523.2	711.2	372.0
Cl ⁻	32.6	39.0	33.0	61.0	24.0	26.9
SO ₄ ²⁻	71.7	145.2	371.5	102.0	111.0	47.8
HCO ₃ ⁻	321.8	374.1	498.0	334.0	389.5	253.9
NO ₃ ⁻	43.4			42.0	14.2	15.0
Σ^-	469.5	558.3	902.5	539.0	538.7	343.6

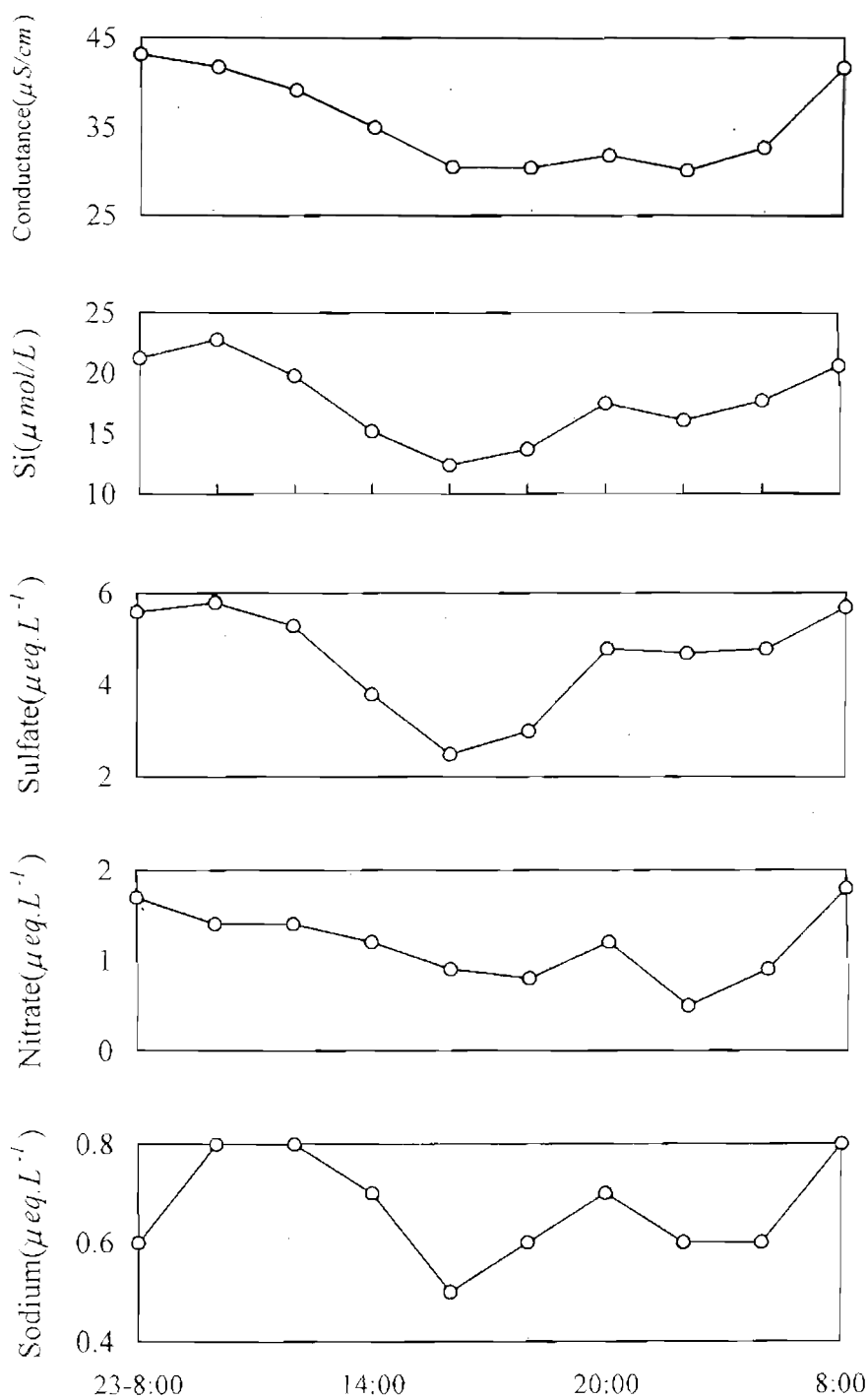


Fig. 3 Hourly Changes of Runoff Solute at the Dry Cirque

Hourly Changes of Solutes

Streamwater samples were collected each two or four hours from 23 to 24 May 1995 at the Dry Cirque for hourly analysis of solute contents. Figure 3 shows hourly changes of conductance, Si, SO_4^{2-} , NO_3^- and Na^+ . The solute contents are highest at 8:00 and attain their lowest values at 16:00 or 18:00 of local time.

Diurnal Changes of Solutes

Streamwater samples were collected daily at the Dry Cirque, the Glacier NO. 1 and the Total Control site from 1 May to 27 June 1996. Figure 4 shows diurnal changes of SO_4^{2-} concentration, conductance and $\delta^{18}\text{O}$ at the three sites. The SO_4^{2-} concentration and conductance are the highest at the initial snowmelt season and attain their peaks on 6 May 1996. The peaks are as high as $1250 \mu\text{eq}\cdot\text{L}^{-1}$ for SO_4^{2-} and $275.0 \mu\text{Scm}^{-1}$ for conductance at the Glacier No. 1. In contrast, the $\delta^{18}\text{O}$ is quite low during the corresponding time, indicating that the runoff is primarily from snowmelt. Therefore, the peaks can be recognized as an ionic pulse. Although peaks are much lower at the Total Control than at the Glacier No. 1, the peaks are obvious and are even the highest value for SO_4^{2-} over the entire season. It can be rudimentally concluded that the ionic pulse of snowpack has somewhat impact on river solutes.

DISCUSSION

Sample analyses of 1996 was only finished for part of solutes. Though it is difficult to make solid conclusions for this study this time, preliminary conclusions might be obtained in combination with our previous studies.

The sulfate concentration in snowpack of Glacier No. 1 and the Dry Cirque are very high in comparison with that in other sites of northwest China. Part of sulfate content might be from air pollutants of local coal combustion and gas release from factories in the Urumqi River basin and around Urumqi city. This is consistent with other studies (Zhao *et al.*, 1986).

Stratigraphy and solute concentrations of snowpack suggest that high solute concentrations correspond to snow dirty layer and/or a visible ice lens. The dirty layer increases dissolution rates of aeolian particles and therefore increases solute concentrations. The ice lens might function as a barrier that prevents initial fraction of meltwater from percolating through snowpack and keeps the meltwater refreezed on the lens. The initial fraction of melt water may have concentrated solutes in terms of ionic pulse and therefore increase solute concentrations. It is rudimentally suggested that both dissolution of aeolian particles and ionic pulse are important in solute concentrations of snowpack.

The pattern of solute changes in runoff suggests that the ionic pulse exist in the

streamwater during initial snowmelt season. It might be caused by release of concentrated solutes from snowpack. The ionic pulse in streamwater might have connection with the ionic pulse in snowmelt. Though the peak of the ionic pulse at Total Control is small, it is clear that the ionic pulse of snowmelt runoff has impact on solute concentrations of the river.

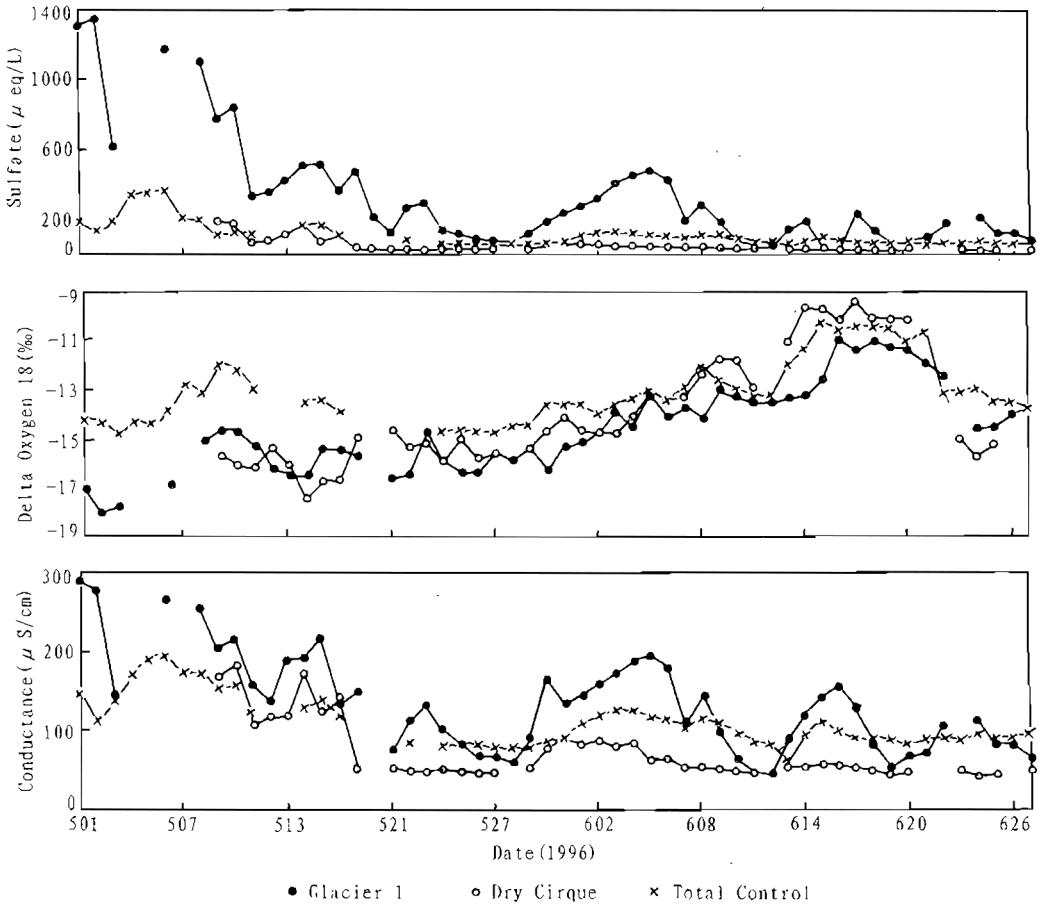


Fig. 4 Changes of Sulfate Concentration, Conductance and Oxygen 18 at the Upper Urumqi River, 1996

REFERENCE

- Wake, C. P., Mayewski, P. A. & Wang, P. (1992): Anthropogenic sulfate and Asian dust signals in snow from the Tianshan, northwest China. *Ann. Glaciol.* 16, 45–52.
- Yang, D. Q., Shi Y., Kang, E. & Zhang, Y. (1989): Research on analysis and correction of systematic error in precipitation measurement in Urumqi River basin, Tianshan. *Proceedings of International Workshop on Precipitation Measurement (St. Moritz, Switzerland)*, 173–179.
- Zhao, D. & Sun, B. (1986): Air pollution and acid rain in China. *Ambio* 15, 2–5.

天山乌鲁木齐河源1号冰川东支 深层速度和应力的计算研究

刘宗香 王文梯 邵文章

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州 730000)

提 要 根据桥效应,用 Van der veen 所推导的公式及天山1号冰川东支的主流线剖面上厚度、运动速度资料,计算了1号冰川东支 H—A 剖面之间的速度场和深层应力。计算结果表明,在 F、D 剖面之间及距 H 花杆1200—1300m 之间出现底部冻结地段,除此之外均有底部滑动现象;速度场计算结果还表明,冰川抬升区与下潜流区同动力平衡线相一致。冰川底部有效剪应力比冰川表面有效剪应力高一个数量级,冰川底部存在两个高应力区。

冰的非线性本构方程决定了冰川是一个非线性系统,因此在计算深层应力和速度时,选择合适的流动参数是一个关键,否则会出现混沌现象,使得方程不收敛。

关键词 天山1号冰川 速度场 深层应力 底部滑动

1 前言

天然冰体作为一种连续介质,其运动方程、流动规律、应力分布、冰体质点运动轨迹及冰体运动预测是现代冰川研究的重要内容之一,也是冰川学定量研究的一种重要手段。

天然冰体的流动是由重力所驱动,而由阻应所阻止。因此,若忽略内部效应,作用于冰川任一截面的净力为零。在研究分析冰川流动中,一个重要问题是识别和辨认各种应力的分布及大小。应力的计算是冰川流动及稳定性研究的一个重要分支,是冰川学研究中长期存在的一个问题。Nye(1957)首先对非常简单的底床形态、平面流的冰川计算了深层的剪切应力,随后 Robin(1967)、Collins(1968)、Nye(1969)、Budd(1969, 1970 a, b)和 Hutter(1983)对这一研究进行了改进,把应力的梯度效应归并分类为纵向的拉和推,而且在力的平衡计算中引进了形状因子。上述理论在实际应用中的主要困难,是必须知道冰川的底部边界条件。众所周知,冰川底部边界条件很难获取。因此,需要推导出一种仅使用冰川学中通常易获取的测量资料,计算冰川深层应力和速度的方法。

本文采用 C. J. VanDer Veen 1989年所提出的思路,运用“桥效应”原理,推导出一个仅用冰川几何尺寸、表面运动速度和物质平衡资料,计算冰川深层应力的数值模型,并对乌鲁木齐河源1号冰川东支进行了模拟计算。

2 深层应力计算模式及计算步骤

众所周知,对于天然冰体,力的平衡方程写作:

$$\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} - \rho g = 0 \quad (3)$$

将所有的应力分为:静水压力(L)和阻应力(R_{ij}) (C. J. Van Der Veen, 1989), 则力的平衡方程为:

$$\int_h^b \frac{\partial R_{xx}}{\partial x} dz + \int_h^b \frac{\partial R_{xy}}{\partial y} dz - \rho g(h-b) \frac{\partial h}{\partial x} + R_{xx}(h) - R_{xx}(b) = 0 \quad (4)$$

其中:

$$R_{ij} = \sigma_{ij} - \delta_{ij}L$$

$$L = -\rho g(h-z)$$

δ_{ij} —克罗内兹符号, h —冰面高程; b —底床高程。为计算的方便, 将 Z 轴归一化, 引入新的坐标 S ,

$$S = \frac{h-z}{H}$$

式中, $H=h-b$ 为冰厚, 且定义

$$\Delta S = \frac{\partial h}{\partial x} - S \frac{\partial H}{\partial x}$$

再引入本构关系,

$$R_{ij} = B\dot{\epsilon}_c^{1/n-1}\dot{\epsilon}_{ij}$$

这里, $\dot{\epsilon}_c = \dot{\epsilon}_{ij}\dot{\epsilon}_{ij}$, $\dot{\epsilon}_c$ —有效应变率, $\dot{\epsilon}_{ij}$ —应变率张量。运用边界条件, 便可给出力的平衡式,

$$B\dot{\epsilon}_c^{1/n-1}\dot{\epsilon}_{xx} = S\tau dx - \frac{\partial}{\partial x} \int_s^0 2HB\dot{\epsilon}_c^{1/n-1}\dot{\epsilon}_{xx} d\bar{S} + 2\Delta SB\dot{\epsilon}_c^{1/n-1}\dot{\epsilon}_{xx} + \Delta SR_{xx} - \frac{\partial}{\partial x} \int_s^0 HR_{xx} d\bar{S} \quad (5)$$

$$R_{xx} = \Delta SB\dot{\epsilon}_c^{1/n-1}\dot{\epsilon}_{xx} - \frac{\partial}{\partial x} \int_s^0 HB\dot{\epsilon}_c^{1/n-1}\dot{\epsilon}_{xx} d\bar{S}$$

这个方程是本模式所使用的基本方程。它通过本构方程, 将速度场与应力场进行耦合, 以计算深层的速度和应力。

对于任意层 S , 通过力的平衡方程式求出 XZ 方向的应力是本模型的关键。本模型要求该层以上速度为已知, 因此计算方案要求从表面开始向下计算。

根据应变张量定义、 $(x, z) \rightarrow (x, s)$ 坐标转换关系及冰体不可压缩性假设, 对于任意深度 S 有下列关系式成立:

$$\begin{aligned} \epsilon_{xz} = & \left[\left[\frac{\partial w}{\partial v} \right]_x + \Delta S \left[\frac{\partial w}{\partial x} \right]_x - \Delta 2S \epsilon_{xz} \right] / (1 - \Delta S^2) \\ & \left[\frac{\partial w}{\partial v} \right]_x = -H \{ 2\epsilon_{xz} - \left[\frac{\partial w}{\partial x} \right]_x - \Delta S \epsilon_{xz} \} \\ & \left[\frac{\partial w}{\partial v} \right]_x = H \epsilon_{xz} \end{aligned}$$

因此, 在 S 上方各层的水平运动速度 U 和竖向运动速度 W 已知的情况下, 可通过上述的后二式用向前差分格式计算出。对于冰川表面, 根据边界条件有:

$$\epsilon_{xz}(i, 0) = 2\epsilon_{xz}(i, 0) \frac{\partial h}{\partial x}$$

将力的平衡方程式写成:

$$\epsilon_{xz} = F(m^{-1} \epsilon_{xz})$$

式中 m 为迭代次数。且首先假定

$$\epsilon_{xz}(i, j) = \epsilon_{xz}(i, j - 1)$$

则可通过迭代求解真正的 $\epsilon_{xz}(i, j)$ 。这个迭代方程在冰川表面附近收敛很快, 在冰川底部迭代次数略多。在计算中, 其迭代收敛准则为: 沿整个流线两次经平衡方程式所计算的 ϵ_{xz} 的相对误差小于 0.1%。计算程序框图见图 1。

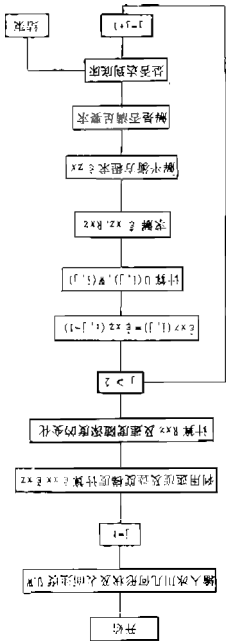
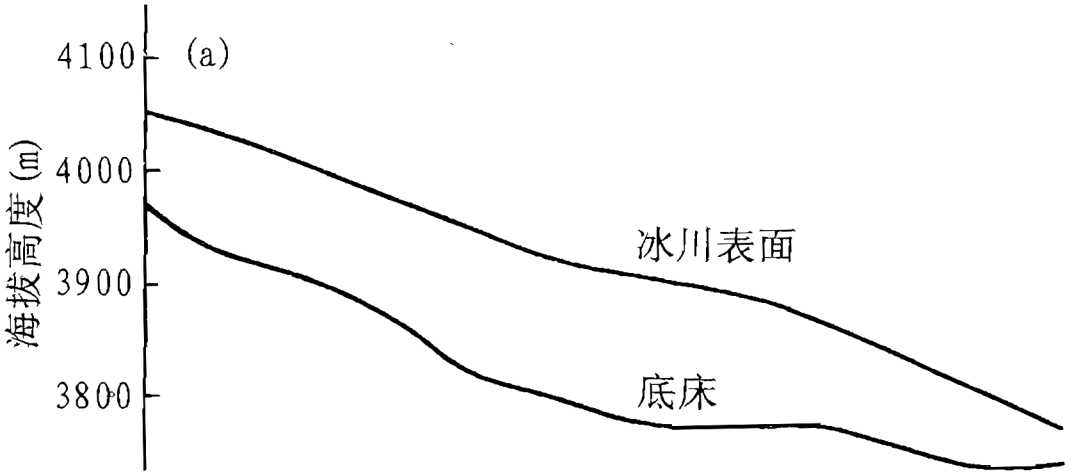


图 1 计算程序框图

3 乌鲁木齐河1号冰川东支

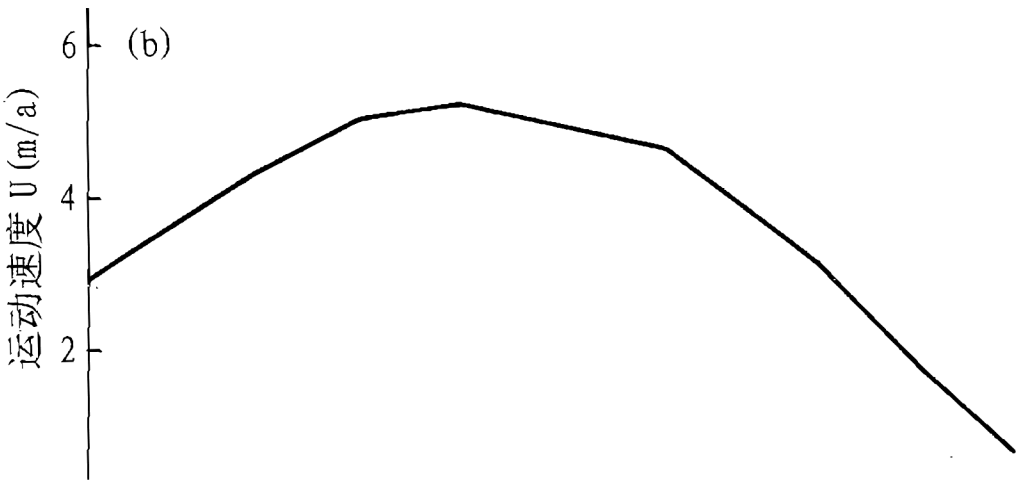
乌鲁木齐河源1号冰川(简称1号冰川)是我国研究最为深入全面的一条山地冰川,位于天山中部喀拉乌成山脉北坡的乌鲁木齐河源,是一条冰斗—山谷冰川。冰川由东、西两支组成,1980年测量结果:冰川面积1.84平方公里,冰川主流线长度2.41公里,主峰高度4483.6米(孙作哲等人,1985)。1992年冰川退缩,东、西支分开。

1号冰川东支全长2.4公里,东支面积1.16平方公里,布设11排花杆观测物质平衡和运动速度。本文取H花杆沿主流线至A花杆作为研究范围,其纵剖面见图2.a,沿x轴长1700米。为计算深层的应力和速度,取90—95年的平均运动速度U和W(见图2.b,c)。



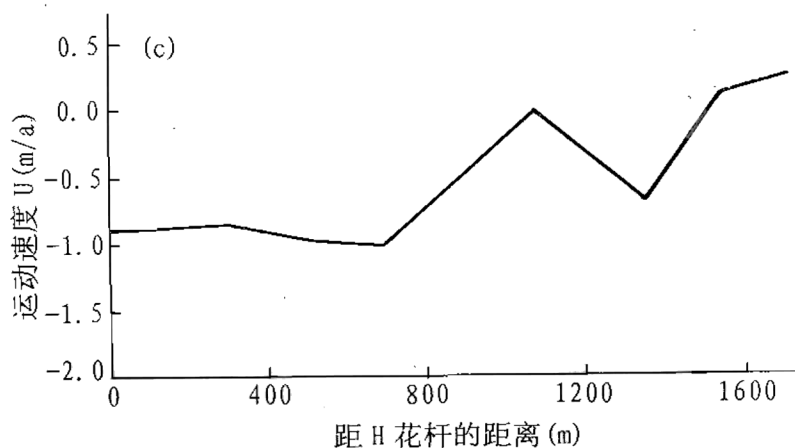
(a)从花杆H至花杆A沿主流线纵剖面图

图2 天山1号冰川东支纵剖面及运动速度U和W分布图

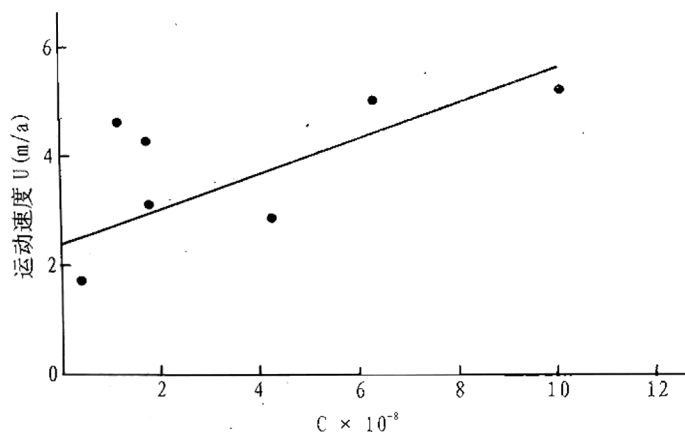


(b)运动速度U的分布图

图2 天山1号冰川东支纵剖面及运动速度U和W分布图

(c)运动速度 W 的分布图图2 天山1号冰川东支纵剖面及运动速度 U 和 W 分布图

根据多年观测结果,1号冰川东支的物质平衡线在海拔4000—3800米之间波动。冰川表面运动速度 U_s 的分布与冰厚及冰川表面坡度有关, $U_s = F(\sin(\alpha)^n, h^{n+1})$ 。1号冰川东支沿主流线平均冰厚103.7米,最深处在距H花杆920米处,深度为135米。我们令 $c = \rho g (\sin \alpha)^n h^{n+1}$, 作 $U_s \sim C$ 关系曲线(图3)。由图可看出,作为一级近似可认为它们存在线性关系,即冰体为层状流动。

图3 表面运动速度 U 与 C 的关系曲线图

$$(C = \rho g (\sin \alpha)^n h^{n+1})$$

4 计算结果

对1号冰川东支用上述程序进行计算,我们得到了从H花杆至A花杆沿主流线的深层速度和应力的分布,其结果见图4,图5。

图4是沿主流线纵向剖面速度矢量分布图,由图可看出:

(1). 速度矢量从冰川表面向下逐渐减小,但不同断面其减小比例不尽相同。在研究区的中部,冰体较厚,速度减小得慢或不减。

(2). 在冰川表面从花杆 B 到花杆 A 为冰流的抬升区,余下为冰流的潜入区,但随着深度的增加,受底床形态的影响,其情况变得越来越复杂。

(3). 图中出现了三处底床冻结地段,这些地段均为底床的背水坡。余下各段均出现冰川底部滑动现象。

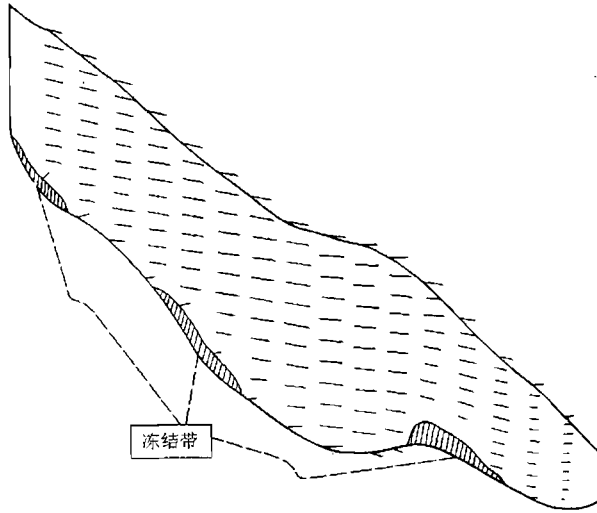


图4 冰川纵剖面运动速度矢量图

图5是沿主流线纵剖面的有效剪应力等值线图,等值线所标数字的单位 kPa。该图有以下特点:

- ①冰体内的有效剪应力由冰川表面向冰川底部逐渐增加;
- ②冰川底部有两个应力集中区,它们对应着冰川底床冻结带。

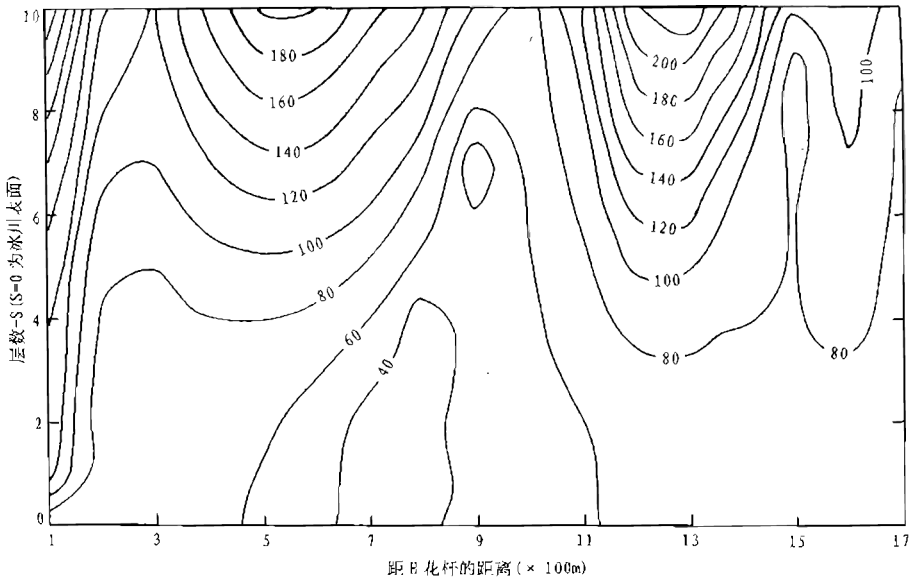


图5 有效剪应力等值线图

5 讨论

5.1 1号冰川东支的底部滑动

冰川底部滑动是冰川运动的另一个分量,这种滑动仅在底部冰处于融点状态之处才可能发生滑动,有时这种运动成为冰川运动的主要部分。Weertman(1957)最早创立了冰川滑动理论。由于它在冰川学研究中重要性,得到了诸多学者的重视,从而促进了底部滑动理论的发展。在我国,冰川底部滑动研究始于1980年,1988年黄茂桓又打了人工冰洞对1号冰川东支的底部滑动进行了研究。由本文的图4可见,通过计算东支底部有三处冻结,余下均有底部滑动。这三处均为底床凸出部的下水面,与 Weertman(1957)理论一致。由此可见,一号冰川东支的底部边界条件由其底床形态所控制,在上水面上均有滑现象发生,而不是仅在冰舌末端有冻结现象(黄茂桓,1992)。

5.2 1号冰川东支的有效剪应力

本文研究区的平均厚度为103.7米,其平均静水压力为91.5kPa。本文的计算结果,除二处冻结带外,其底部有效剪应力基本与此相吻合。因此,我们认为本文的计算结果是可信的。

5.3 流动参数的选择

速度场和应力场耦合的关键是本构方程,因此选取适宜的流动参数对本文的计算十分重要。冰川流动参数与冰川的几何形状及所测得的表面运动速度 U 和 W ,实际上存在着一定的隐含关系。若流动参数选取不合适,即流动参数与冰川的几何形状和速度值不匹配,则作为非线性系统的冰体力的平衡方程的解出现分叉,即混沌现象。其结果,在迭代中方程收敛慢或不收敛。本文在模拟计算中发现,其最佳流动参数为: $N=3.0, B=300\text{kPa}^{-N}\text{a}^{-1}$ 。

致谢:

刘潮海、苏珍研究员审阅了全文,并进行了有意义的讨论。

参考文献

- 孙作哲等人,1985. 天山乌鲁木齐河源1号冰川的运动特征,冰川冻土, Vol. 7, No. 1, 27-40.
- 黄茂桓,1992. 乌鲁木齐河源1号冰川的运动机理,天山观测试验站年报增刊,1-16.
- Budd, W. F. 1969. The dynamics of ice mass. ANARE Sci. Rep., Ser. A(W), Glaciol., (Publ. 108).
- Budd, W. F. 1970a. Ice flow over bedrock perturbations. J. Glaciol., 9(55), 29-48.
- Budd, W. F. 1970b. Ice The longitudinal stress and strain-rate graients in ice masses. J. Glaciol., 9(55), 19-27.
- Collins, I. F. 1968. On the use of the equilibrium equations and flow law in relating the surface and bed topography of glaciers and ice sheets. J. Glaciol., 9(55), 19-27.
- Hutter, K., F. 1983. Theoretical glaciology: material science of ice and the mechanics of glaciers and ice sheets. Dordrecht, et., D. Reidel Publishing Company.
- Nye, JF. 1957. The distribution of stress and velocity in glacirs and uce-sheets. Pro. R. Soc. London. Ser. A,

239(1216), 113—133.

Nye, J.F., 1969. The effect of longitudinal stress on the shear stress at the base of an ice sheet. *J. Glaciol.* (53), 207—213.

Robin, G. de Q., 1967. Surface topography of ice sheets. *Nature*, 215(5105), 1029—1032.

Van der Veen, C. J., 1989. Force budget: 1 Theory and numerical methods. *J. Glaciol.* , 35(119), 53—60

Weertman, H., 1957. On the sliding of glaciers. *J. Glaciol.* , 3(21), 33—38.

流域冰川平均物质平衡计算方法研究^①沈永平^① 谢自楚^② 丁良福^① 刘景时^①

(①中国科学院兰州冰川冻土研究所,兰州 730000;②湖南师范大学资源环境系,长沙 410081)

摘要 应用统计力学方法和最大熵原理,从高山流域冰川区的特殊性质考虑,本文给出了流域冰川平均物质平衡的计算公式。在乌鲁木齐河源1号冰川流域对公式进行了验证,结果说明此方法是可靠的且精度较高。对东帕米尔康西瓦河流域的冰川物质平衡恢复,1960—1990年平均值为 -123.5mm/a 。最后讨论了康西瓦河流域物质平衡变化趋势和河川径流对物质平衡和降水的响应。

关键词 物质平衡 计算方法 高山流域 水文响应

冰川物质平衡是冰川学研究的重要内容之一,恢复历史时期的冰川物质积累、消融及其平衡对认识冰川发育及变化具有重要意义。在全球变化研究中,监测冰川物质平衡的变化也具有重要的理论和现实意义^①。因此,冰川物质平衡的观测和估算长期以来受到广泛的关注(Liboutry^②)。传统的方法以实测为主,还有建立物质平衡与气候等要素的关系来估算,这些方法需要投入大量的人力、时间和费用,因而限制了冰川物质平衡资料在大范围内获取。由文献[3,②]的降水分布研究得到启示,应用统计力学方法,我们推导出一组计算流域冰川平均物质平衡的公式。这对系统研究各山系物质平衡变化,恢复和了解冰川物质平衡历史、冰川变化对河川径流的影响具有现实意义。

1 模型构造

根据文献[4,5,②]中的方法和原理,以及实测的资料,我们可以这样考虑,在一个不变的历史时期,就多年平均而言,某个区域的总降水量 V 应是常数,只有这样这个区域的各大河流域的水量才能保持在一个常定值附近,而不是变化无常的,这就是水分平衡:

$$V = \sum_{i=1}^n P_i \cdot a_i \quad (1)$$

设 $f(p)$ 是 P_i 与 a_i 的分布函数, F 为区域的总面积 $F = \sum_{i=1}^n a_i$,则:

$$V = \int_{p_0}^{\infty} F \cdot P \cdot f(p) dp \quad (2)$$

或:

$$\bar{P} = \int_{p_0}^{\infty} P f(p) dp \quad (3)$$

\bar{P} 为整个区域的多年平均降水量的均值 $\bar{P} = V/F$

① 国家科委特别支持项目,国家自然科学基金项目。

② 马力,降水统计力学原理方法及其应用。新疆气象研究所硕士论文,1993。

P_0 区域 F 中降水量最小的等值线值。

在此条件下,降水量 P 和其占有面积 a 的关系分布函数为概率密度函数:

$$f(p) = \frac{1}{F} \cdot \frac{da}{dp} \quad (4)$$

$$\text{在熵最大条件下: } \int_{P_0}^{\infty} f(p) dp = 1 \quad (5)$$

$$\text{由约束条件下: } \bar{P} = \int_{P_0}^{\infty} P f(p) dp \quad (6)$$

$$\text{分函数得配 } Z = [\exp(-\beta a_0)] / \beta; \quad (7)$$

$$\text{而 } f(p) = \beta \exp[-\beta(\bar{P} - P_0)], \text{ 利用(6)得 } \beta = \frac{1}{\bar{P} - P_0}, \quad (8)$$

$$\text{故有 } f(p) = \frac{1}{\bar{P} - P_0} \exp\left(\frac{P - P_0}{\bar{P} - P_0}\right) \quad (9)$$

$$\text{则 } a = \int_{P_0}^{\infty} F \cdot f(p) dp = F \cdot \exp\left(-\frac{P - P_0}{\bar{P} - P_0}\right) \quad (10)$$

根据文献〔5〕的方法原理,应用中国西部部分水文图和实测资料,我们推导和证实在高山区平均径流(R)和平均径流系数(α)与其所占面积(a)之间也有类似(10)式中的负指数关系(图1)。

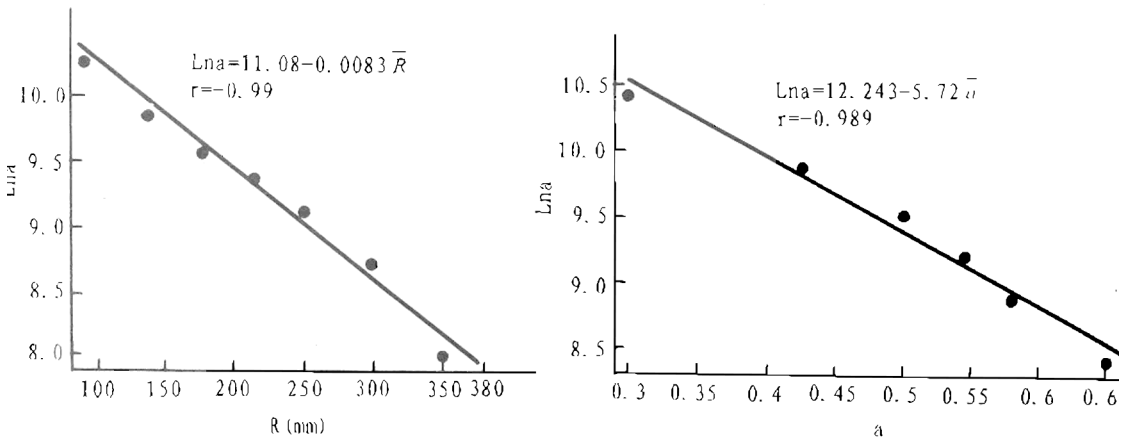


图1 新疆东天山高山区平均径流(R)和平均径流系数(α)与其所占面积(a)的关系

在中国西部高山、高原地区考察^{〔6〕}③和实测^④中发现,高山冰川区由于特殊的下垫面影响,形成了流域内的最大降水区;冰面受气候等因素影响产流最大,也形成了高径流区,高山冰川区是径流的高值中心,降水量的高值与径流的区相一致。另外,冰川区的径流系数也是流域内最大值分布区^{〔6〕}。因此,可以得出高山冰川区是流域内降水量、径流深度和径流系数分布的最大值区域。这样,当 $a = F_g$ 时,得到下列公式:

③ 沈永平,高山冰雪最大降水带研究,1988。

④ 新疆水文总站,新疆地表水资源,1988。

$$R_g = \bar{R} - (\bar{R} - R_o) \ln(F_g/F) \quad (11)$$

$$P_g = \bar{P} - (\bar{P} - P_o) \ln(F_g/F) \quad (12)$$

$$\alpha_g = \bar{\alpha} - (\bar{\alpha} - \alpha_o) \ln(F_g/F) \quad (13)$$

式中: R_g 、 P_g 和 α_g 分别为流域冰川上的平均径流深、降水量和径流系数;

\bar{R} 、 \bar{P} 和 $\bar{\alpha}$ 分别为全流域多年平均径流深、降水量和径流系数;

R_o 、 P_o 和 α_o 分别为流域中径流深、降水量和径流系数最小等值;

F_g 为流域中冰川的总面积。

由水量平衡原理⁽⁶⁾, 考虑到地下水和地下冰融水的作用, 给出水文站控制流域多年平均径流深与冰川平均径流深的比率为:

$$K_{GR} = F_g/F [1 + (\alpha_B(F\bar{P} - F_g P_g) - (F\bar{R} - F_g R_g))/R_g F_g] \quad (14)$$

式中: α_B 为裸露山坡的径流系数, 可由下式求得:

$$\alpha_B = (\bar{\alpha}_F - \alpha_g F_g)/(F - F_g) \quad (15)$$

同样, 基础站降水量与冰川降水量的比率为:

$$K_{GP} = P_i/P_g \quad (16)$$

式中: P_i 为基础站多年降水量。

由冰川物质平衡原理, 该流域逐年冰川平均物质平衡计算公式为:

$$B_{ni} = C_i - A_i$$

其中:

$$C_i = P_i/K_{GP} \quad (18)$$

$$A_i = R_i/K_{GR} \quad (19)$$

式中: C_i 为第 i 年冰川平均积累, A_i 为第 i 年冰川平均总消融深, B_{ni} 为第 i 年流域平均物质平衡, P_{si} 为第 i 年基础站的降水量, R_i 为第 i 年流域平均径流深。

由以上(11)~(19)式, 应用有多年观测的水文站水文和降水量资料就可逐年恢复出流域冰川平衡各分量值的序列。

其具体计算步骤可以这样进行, 首先统计出水文站控制流域的面积(F), 分布的冰川总

面积(F_g),所计算年限的多年平均径流深度(\bar{R}),全流域平均高程上的径流系数($\bar{\alpha}$),它可以由平均高程和径流系数关系图求出。然后,根据 $\bar{P} = \bar{R} / \bar{\alpha}$ 公式求出流域多年平均降水量(\bar{P})。根据各省市水文部门作的径流深、径深系数和多年降水量分布等值线或实测值找出计算流域中它们的最小等值线的数值,分别计为 R_0, α_0 和 P_0 。

有了以上流域中的基本特征值,分别代入上式的(11)–(15)公式,求出相应的 $R_g, P_g, \alpha_g, \alpha_B, K_{GR}$ 对于基础站降水量选用距流域最近的气象站或与流域降水特征最为相近的降水测量站的数值来计算,然后用公式(16)计算出 K_{GP} 。

有了 K_{GP} 和 K_{GR} 值后,有公式(18)和(19)计算出每一年的流域冰川平均积累量(C_i)和总消融深(A_i),然后根据冰川物质平衡原理,应用(17)式,计算出每一年的流域平均冰川物质平衡值(B_m)。

2 计算结果

为了检验上述公式计算物质平衡的可靠性和精度,选用有三十多年实测资料的天山乌鲁木齐河1号冰川流域进行验算,按冰川平衡年度(9—8月)资料的结果见图2和表2。1959—1992年的34年序列计算平均平衡值为 -133mm/a ,实测平均平衡值为 135mm/a ,两者非常接近,并且逐年对比两者的变化趋势一致。结果说明使用本方法是可靠的且精度较高。

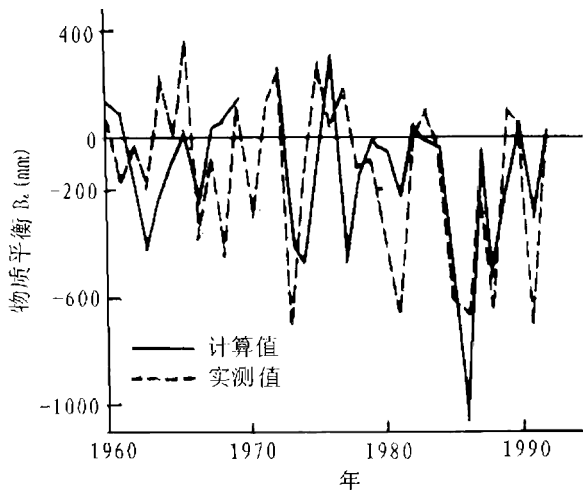


图2 天山乌鲁木齐河1号冰川物质平衡计算值与实测值之比较

应用上述推导的公式,对新疆东帕米尔盖孜河上游布伦口(原喀拉库里)水文站控制的康西瓦流域三十多年的冰川物质平衡进行了恢复和计算,该流域位于帕米尔高原慕士塔格山—公格尔山地区,控制流域面积 2173km^2 ,发育现代冰川136条,总面积 560km^2 ,雪线平均高程为 4976m 。1960—1990的资料按自然(1~12月)计算结果表明(表1,表3、表4,图3),31年平均物质平衡为 -123.5mm/a 。

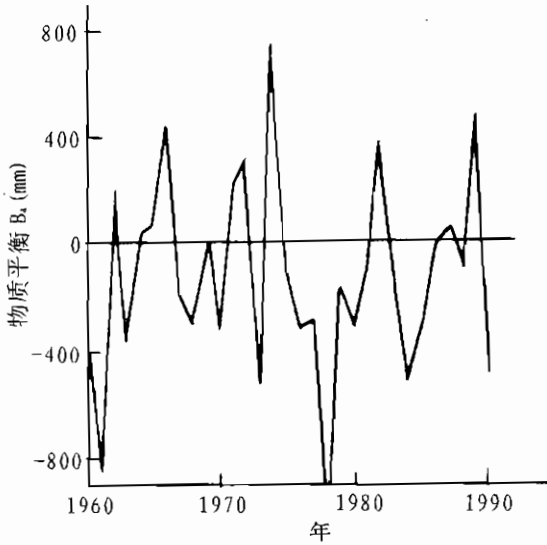


图3 新疆东帕米尔康西瓦河流域冰川物质平衡序列

表1 流域特征值及计算结果

特征值	康西瓦流域	1号冰川流域	计算值	康西瓦流域	1号冰川流域
$F(km^2)$	2173	3.34	$P_s(mm)$	663	669
$Fg(km^2)$	560	1.84	$Rg(mm)$	325.5	748.3
$\bar{R}(mm)$	152.56	478.1	α_g	0.925	1.1385
$\bar{P}(mm)$	339	531.2	α_B	0.285	0.61
$\bar{\alpha}$	0.45	0.9	K_{GR}	0.194	0.596
$R_o(mm)$	25	25	K_{GP}	0.1727	0.643
$P_o(mm)$	100	300	$A(mm)$	786.3	802.3
α_o	0.1	0.5	$C(mm)$	662.8	669.3
$P_s(mm)$	114.5	430.4	$B_n(mm)$	-123.5	-133

表中: A 为冰川多年平均总水消融深; C 为冰川多年平均积累量; B_n 为多年平均物质平衡。

3 讨论

3.1 物质平衡变化趋势

表3和表4表明,东帕米尔康西瓦河流域自60年代至80年代川物质平衡呈负平衡状态,但负平衡量有减小的趋势,河流流量自60年代以来也呈减少趋势。物质平衡分量表明,多年来冰川的积累量变化不大,而消融量却一直在减少。累积物质平衡表明,1963年是一个转折点。此前冰川消融强,其后到1975年物质平衡在正负间波动,1975至1985年又为强烈冰川消融阶段,除1982年外都呈较强负平衡,1985年后呈正负波动。以上的变化转折时段和趋势与唐古拉山小冬克玛底冰川物质平衡变化相似^[7],并与印度夏季季风强度强弱变化有一致性^[8],季风活跃期冰川消融强烈,而季风减弱期冰川消融减小。野外考察也表明,本区60年代初以前

冰川退缩较大,其后冰川后退减慢。

表2 乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡的恢复结果

年 代	积累量(mm)	消融量(mm)	计算的平衡值(mm)	实测的平衡值(mm)
1958—1959	735	605	130	87
1959—1960	659	569	90	-188
1960—1961	676	830	-154	-33
1961—1962	691	1103	-412	-167
1962—1963	771	1000	-229	234
1963—1964	691	783	-92	2
1964—1965	781	765	16	374
1965—1966	581	816	-235	-374
1966—1967	666	625	31	-70
1967—1968	587	531	56	-456
1968—1969	733	599	134	148
1969—1970	592	714	-122	-313
1970—1971	724	604	120	102
1971—1972	761	519	242	262
1972—1973	551	953	-402	-708
1973—1974	651	1115	-464	-125
1974—1975	694	702	-8	288
1975—1976	719	413	306	29
1976—1977	595	1051	-456	180
1977—1978	678	828	-150	-110
1978—1979	651	678	-27	-84
1979—1980	670	628	-58	-335
1980—1981	698	920	-222	-652
1981—1982	756	720	36	-45
1982—1983	635	664	-29	100
1983—1984	573	607	-34	-83
1984—1985	529	1076	-547	-612
1985—1986	550	1601	-1051	-669
1986—1987	654	689	-35	-176
1987—1988	778	1271	-493	-664
1988—1989	692	884	-192	106
1989—1990	718	708	10	52
1990—1991	738	1045	-307	-720
1991—1992	679	658	21	23
平均值(34年)	669.3	802.3	-133	-135

表3 新疆东帕米尔康西瓦河流域冰川物质平衡变化特征

年 代	物质平衡 (mm)	物质平衡水平 (mm)	积累量 (mm)	消融量 (mm)	径流量 (m ³ m ³)
1960—1970	-151.2	773.1	697.5	848.7	3.578
1971—1980	-141.2	708.9	638.3	779.5	3.286
1981—1990	-75.4	686.9	649.2	724.6	3.055
31年平均	-123.5	725	662.8	786.3	3.315

表4 新疆东帕米尔康西瓦河流域冰川物质平衡恢复结果

年 代	积累量(mm)	消融量(mm)	物质平衡(mm)	物质平衡水平(mm)	累积平衡值(mm)
1960	447	863	-416	655	-416
1961	288	1133	-845	711	-1261
1962	829	641	188	735	-1073
1963	549	892	-343	721	-1416
1964	844	794	50	819	-1366
1965	674	602	72	638	-1294
1966	1269	835	434	1052	-860
1967	854	1052	-198	953	-1058
1968	735	1029	-294	882	-1352
1969	755	758	-3	757	-1355
1970	429	737	-308	583	-1663
1971	866	645	221	756	-1442
1972	648	330	318	489	-1124
1973	429	934	-505	682	-1629
1974	1210	475	735	843	-894
1975	591	696	-105	644	-999
1976	496	805	-309	651	-1308
1977	578	851	-273	715	-1581
1978	500	1511	-1011	1006	-2592
1979	637	801	-164	719	-2756
1980	428	747	-319	588	-3075
1981	587	692	-105	640	-3180
1982	969	592	376	781	-2804
1983	673	835	-162	754	-2966
1984	476	980	-504	728	-3470
1985	396	686	-290	541	-3760
1986	682	681	1	682	-3759
1987	805	746	59	776	-3700
1988	633	753	-120	693	-3820
1989	844	362	482	603	-3338
1990	427	918	-491	673	-3829
平均值	662.8	786.3	-123.5	725	-123.5

3.2 河川径流对物质平衡和降水的响应

由公式(17)可以变换下列关系:

$$R = K_{GR}(P_s/K_{GP} - B_n) \quad (20)$$

此式说明径流是物质平衡和降水的响应函数,降水和物质平衡的任何变化都会引起河流径流的变化。在冰川上,降水量(积累量)和物质平衡的变化对径流的影响量级是相一致的。但在 B_n 为正状态下,河川径流响应敏感,而在负平衡状态下,河川径流对降水和物质平衡变化的响应不明显。实际上,物质平衡和降水都是不断变化的,径流对它们的响应是一个复杂的过程。

参 考 文 献

- [1] Xie Z., Ding L., Liu Ch et al., 1996. Mass balance at the steady state equilibrium line altitude and its application. *Z. f. Gletsch. u. Glazialgeo*, 32: 129—125.
- [2] Liboutry L., 1974. Multivariate statistical analysis of glacier annual balance. *J. Glacio*, 13: 371—392.
- [3] 张学文, 马力, 1992. 嫡气象学. 北京: 气象出版社.
- [4] 张学文, 杨秀松, 1991. 从嫡原理得出的暴雨面积和雨量的关系. *高原大气*, 10: 225—232.
- [5] 马力, 1994. 多年平均年降水量的面积分布公式. 见: 第一届全国寒区环境与工程青年学术会议文集, 兰州: 兰州大学出版社, 34—39.
- [6] 杨针娘, 1991. 中国冰川水资源. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1991, 158.
- [7] 蒲健辰, 姚檀栋, 1996. 冰芯记录的小冬克玛底冰川物质平衡及其变化, 见: 第五届全国冰川冻土学术大会论文集(上), 兰州: 甘肃文化出版社, 1996, 94—98.
- [8] 符淙斌, 王强, 1991. 南亚夏季风长期变化中的突变现象及其与全球迅速增暖的同步性. *中国科学(B辑)*, 1991, 666—672.

试论中国雪崩区划

张志忠

(中国科学院兰州冰川冻土研究所,兰州 730000)

提要 本文在对以往中国雪崩区划文献分析研究的基础上,规范了中国雪崩区划原则,即在遵循对任何区划都适用的发生统一性原则,相对一致性原则和区域共轭原则的同时,特别强调了主导因素原则,即在把山文水系作为雪崩区划的基础条件的同时,特别强调了雪崩物质补给来源的水汽来向。使本区划在承继以往雪崩区划优点的同时,更加显示出专门区划的特色。

关键词 雪崩学 中国雪崩区划

1 中国雪崩区划的目的意义

雪崩学是一门应用性很强的学科,是冰川学的主要组成部分。我国雪崩学是近30年来才发展起来的年青学科。对雪崩的系统考察研究和试验仅限于天山西部、天山博格达峰区、祁连山、喜马拉雅山、贡嘎山、西昆仑山、藏东南的波密、察隅、以及川藏公路沿线和大兴安岭、阿尔泰山地的部分地区。这些考察和研究资料,对于中国雪崩区划来说尚显不足。

雪崩作为多雪山区一种自然现象,其发生与否则完全取决于山地的山文和气候特点,也就是说雪崩的形成完全受制于山地自然综合体的影响。所以,雪崩区划必须建立在山地综合自然区划的基础之上,依据山地综合自然区,客观地划分出中国山地雪崩的地域分异界限。从而使中国雪崩区划具有一定的基础。

地域分异因素可概括为纬度地带性和非纬度地带性两大类,分别简称为地带性和非地带性(郑度,1989)。如果山地海拔高度突破山地雪线高度,则在山地垂直带上部出现冰雪带,这是山地永久积雪带和季节稳定积雪的分界线。这个界限也是常年雪崩带和季节雪崩带的分界。

因为,山地垂直地带的性质不仅取决于山地所在的地理纬度,还决定于山地的大陆度和湿润状况,以及山地本身的山文特征,如山脉走向、海拔高度、脉状连续性、坡向(包括太阳坡向和风坡向)等众多因素的影响。因此,山地垂直带谱具有鲜明的多样性,在很小的空间范围内,即可发生明显的变化。正是这种综合自然因素的差异性而导致山地降水形态和积累形式的不同,使雪崩的分布也具有明显地域差异。这就决定了雪崩区划和山地综合自然区划一样,具有复杂的因素和一定难度。

尽管如此,王彦龙等(1979、1992)、胡汝骥等(1987、1989)先后对我国雪崩的区域进行了不同程度的划分。其中,王彦龙(1992)的区划是比较详细的区划文献。由于各位作者在进行区划时所选指标或者说因素比较分散,且多以积雪作为主要指标,反映山地综合自然因地域分异较弱,使区划的区域差异性的可比性较差。

随着我国经济建设总体布局逐渐向中西部地区的转移和西部山地资源开发将会遇到的雪崩等灾害的影响,在考虑以往雪崩区划的同时,对我国特别是西部山区雪崩分布的地域差异进行进一步的补充研究,使建立在山地综合自然区划基础上的中国雪崩区划更趋完善,更

好地为这些地区山地资源开发、建设以及区域间的交流服务,这就是本区划的目的和意义之所在。

2 中国雪崩区划原则

雪崩是山地自然综合体各要素共同作用下的产物,山地综合自然区划又毫不例外的为雪崩区划提供科学依据。所以,本雪崩区划采用的原则仍然服从于对任何区划都适用的发生统一性原则、相对一致性原则和区域共轭原则(伍光和等,1989)。

但是,雪崩作为山地自然综合体的组成部分,参与山地自然地理和地形的塑造过程,它又不象其它自然地理要素,它是一种动态的自然现象,其形成和发生又受山地自然地带诸要素的制约,即使是在极小的区间范围内,雪崩的形成和活跃度也有差异,甚至相同坡向,相似下垫面特征,由于坡度的不同,山坡积雪的稳定性也有区别。所以,在进行雪崩区划时,始终贯彻主导因素原则。

2.1 发生统一性原则

对于一个具体地区而言,区域分异规律并非一成不变。区域的现代景观乃是历史发展、演变的结果。同样,地域分异也是地带性和非地带性因素长期相互作用的产物。因此,每一个自然区域都应是具有共同的历史发展道路的发生统一体。比如,在青藏高原这个发生统一体中,由于高原周围山地和内部盆地在晚第三纪的断块上升过程中,其上升幅度的不同,使周围山地与内部山地之间,在海拔高度的差异上引起山地降水迎风坡与背风坡、周边山地与内部山地及盆地间差异所导致的青藏高原周围山地与内部山地水热状况的差异,使高原山地的积雪与雪崩状况及其分布特征也有较大差别。例如,青藏高原东南季风影响下的横断山脉、藏东南的波密等地,不仅雪崩非常发育,而且雪崩的性质和青藏高原内部、北部边缘山地以及天山、阿尔泰山地的雪崩性质完全不同,成为我国海洋性雪崩的主要分布区(王彦龙,1986)。

2.2 相对一致性原则

是指划分出的任何雪崩区,其区内的自然地理状况和雪崩特征必须相对一致。而不同等级的雪崩区划单位,相对一致性也有不同的标准。一般来说,高级区划单位内部相对一致性总没有低一级区划单位内部相对一致性那么全面和显著。例如,青藏高原东南部海洋性雪崩地区,雪崩物质补给源都受西南季风气候影响,自河谷至山脊高差都在3000~4000m,由于距水汽来向的距离不同,降水出现自南向北逐渐减少,迎风坡多于背风坡,从而决定了该雪崩区内部雪崩活跃度也有自南向北的明显的区域内部差异。这是划分该雪崩地区内次一级雪崩区的依据之一。

2.3 区域共轭性原则

也可称为区域的空间连续性原则。它规定区划单位必须是个体的和不可重复的。任何一个区域都必须在空间上保持连续,不得出现分离的部分。例如,绵延横亘于新疆中部的天山

山脉,将新疆分为暖温和中温带。其北麓处于准噶尔盆地的中温带基础之上,属中温带大陆性半干旱型。而南麓基于塔里木盆地暖温带基础之上,属暖温带大陆性干旱型。从而导致天山南北坡及其内部积雪和雪崩的分布高度及类型有较大差异——即北坡和内部山地季节和常年性雪崩的分布高度均低于南坡,以冬春型季节雪崩分布最普遍;南坡则以夏秋型降水补给为主,季节雪崩的分布界限高于北坡和内部山地,且以高山常年雪崩类型居多,而季节雪崩不仅分布界限高,而且比较少见。

主导因素原则在雪崩区划中的应用是比较复杂的,因为雪崩作为动态的自然现象,具有年内和年际周期性和非周期性变率大的特点,这就决定着雪崩区划的对象仍然是山地自然综合体及其组合,包括地形形态、海拔高度、降水(固态)、气温、山地垂直自然带谱的变化规律等与雪崩的内在联系。这种内在联系都不是各自孤立的现象,而是在长期的相互影响和共同作用下逐渐形成。同时某一主导因素在一定的外界环境下,对雪崩的发生和分布起主导作用,而在另一种情况下,则主导因素又随环境的变化而改变。例如,青藏高原东南部,在主要水汽来向与山脉走向相同的条件下,云南德钦以北,雪崩发育下限高度与年平均固态降水量有关,而以南,雪崩发育下限高度则取决于日平均气温 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 的日数。

3 中国雪崩区划的指标和方法

雪崩区划方法和类型大致包括大比例尺小范围和小比例尺大范围两种基本类型。其区分点主要在于考虑其使用和服务的对象。一般大比例尺小范围的雪崩区划的服务对象更趋专业化,是雪崩防治的基础资料。而小比例尺大范围的雪崩区划,它服从于全国或地方政府部门进行国土整治和利用,为交通建设、山地资源开发和工矿、居民点布局等宏观管理和规划设计提供基础资料。

雪崩区划是按雪崩作用强度、分布范围及其危害程度,将雪崩地区按等级划分出来的一种方法。雪崩作用强度是一种综合指标,由许多具体的指标组合而成。依据多年观测资料分析表明,在这些综合指标中,月平均气温 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 、稳定积雪深度 $h \geq 30\text{cm}$ 、山地海拔高度 $H \geq 1000\text{m}$ 、地形切割系数 $k \geq 150$ 、坡度角 $\alpha \geq 25^{\circ}$ 的地区作为雪崩分布区的最基本的指标。

但是,在作小比例尺大范围雪崩区划时还特别强调主导因素原则,即地形形态和气候因素在雪崩形成中起主导作用的指标。因为地形形态的差异是构成雪崩作用强度差异的主要因素,而反映地形差异的主要因素是海拔高度、山坡坡度、山坡朝向、地形切割深度和密度、山文水系等。有利于雪崩发生的坡度一般在 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$,海拔高度则是划分季节和常年雪崩分带的基础;地形切割深度是决定雪崩运动路径和危害程度的指标等。

气候区域性差异是造成雪崩区域分异的另一主导因素。因为地方及区域性气候特征(降水、气温)主要影响雪崩形成、频率、重现期及雪崩的性质;气候影响积雪的变质作用过程(主要是气温)、山坡积雪的稳定性程度和雪崩性质。所以,把积雪的性质及其在山坡的稳定性程度的气候要素作为雪崩区划另一主要指标。当然,在进行区划时,我们还尽可能考虑到其他辅助指标,力求雪崩区划更客观地反映雪崩区域特征和地区间的差异。

4 雪崩区划的分级和系统

雪崩区划的分级必须考虑地带性和非地带性因素,内部因素和外部条件的相互作用及

内在联系, 同时又要把雪崩视为一种具有密切联系的动态的自然综合体共同作用组合的产物, 其中一个因素的变化, 其他自然因素乃至整个雪崩现象及其规模也跟着变化, 尤其是主导因素的变化, 必然导致雪崩现象的差异。气候(降水、气温)和地形(海拔高度、相对高度、坡度和坡向)条件是雪崩地理环境中两个基本因素, 植被是决定雪崩地理环境的一面镜子, 据此, 可以进行雪崩区划的划分。

雪崩自然地理环境的相似性和差异性, 所以, 区划单位等级的层次越多越好。因为单位层次分的细了, 区域间的差异性和区内的相似性就愈明显, 区划的作用更加突出, 实用意义就更加显著。但是, 由于主观和客观条件的限制, 以及各级政府部门和经济部门对雪崩防治和预报方面的知识有限, 致使雪崩区划的分级不可能太细。

在我国雪崩区划中, 王彦龙等(1979)只把中国雪崩按地区划分为六个雪崩分布地区, 显得过于简单; 胡汝骥等(1987)把中国雪害(包括雪崩)区划分为两个大区、三个雪害地区和20个雪害区, 看来简单明了, 但在三级区划中, 有些区的内部相似性和区域间差异性显示的不明显。作为一种方法, 他已作了有益的尝试。王彦龙(1992)则把中国雪崩划分成两个大区(Ⅰ级区): 有雪崩大区和无雪崩大区; 三个Ⅱ级区——海洋型、过渡型和大陆型雪崩区; 六个雪崩地区(Ⅲ级区)包括青藏高原东南部雪崩地区、青藏高原南部边缘雪崩地区、青藏高原北部边缘雪崩地区、天山阿尔泰山雪崩地区、大小兴安岭、长白山雪崩地区和青藏高原东北部雪崩地区; 69个雪崩亚区(Ⅳ级区)。是目前我国雪崩区划比较好的文献。

但是, 上述区划的区域间相似性和差异性并没有充分体现发生统一性和区域共轭性的原则要求, 从而使有些本应独立的区域被合并为一个大地区内, 如天山和阿尔泰山本属两个各自独立的完整体系, 尤其象阿尔泰山这样的被称为“景观结”(陈传康等, 1993)的山系, 一般可以根据大地构造关系, 有条件地划为某一地区的“地区”。又如, 冈底斯山脉是藏南及羌塘的界山, 其南北两侧自然地理环境差异明显。我们的区划充分考虑这些因素。

关于中国雪崩区划的分级问题, 我们坚持以青藏高原为主体, 并在不失区划普遍性原则的情况下, 充分体现主导因素原则, 并进行逐级划分。

首先, 根据雪崩的性质、类型和形成的气候条件, 把中国雪崩划分三个大区(Ⅰ级区): 中国西部中高山带季节和永久积雪带季节和常年混合型雪崩大区、中国东北部中低山季节积雪带季节雪崩大区和无雪崩大区。其中混合型雪崩大区与季节性雪崩大区、无雪崩大区的界限大致在青藏高原以北及其以东, 大兴安岭、阴山脉、太行山脉、巫山脉及雪峰山一线以西, 垂直方向上大致以海拔1000m以上, 地形切割系数小于150; 在水平方向上大致以中国第二级台阶一线以西为混合型雪崩大区, 以东为季节性和无雪崩大区(图1)

其次, 按主导因素原则, 在划分出的雪崩大区内, 依据雪崩物质补给的优势水汽来源(施雅风等, 1988), 再划分出五个雪崩地带(Ⅱ级区): 青藏高原东南部和东部边缘西南季风湿润雪崩地带; 青藏高原西缘及天山、阿尔泰山西风气流半湿润雪崩地带; 藏高原内部及北部边缘西风、印度洋、高地环流共同影响下的干冷雪崩地带; 青藏高原南部边缘印度洋湿润气流雪崩地带和东北部寒温带西伯利亚寒冷半湿润雪崩地带。

第三, 在同一雪崩地带内, 由于中小尺度地形和地方性气候对雪崩形成的影响程度的差别, 再进一步划分出8个雪崩地区(Ⅲ级区)和70个雪崩区或亚区(Ⅳ级区)。分级结果示于表

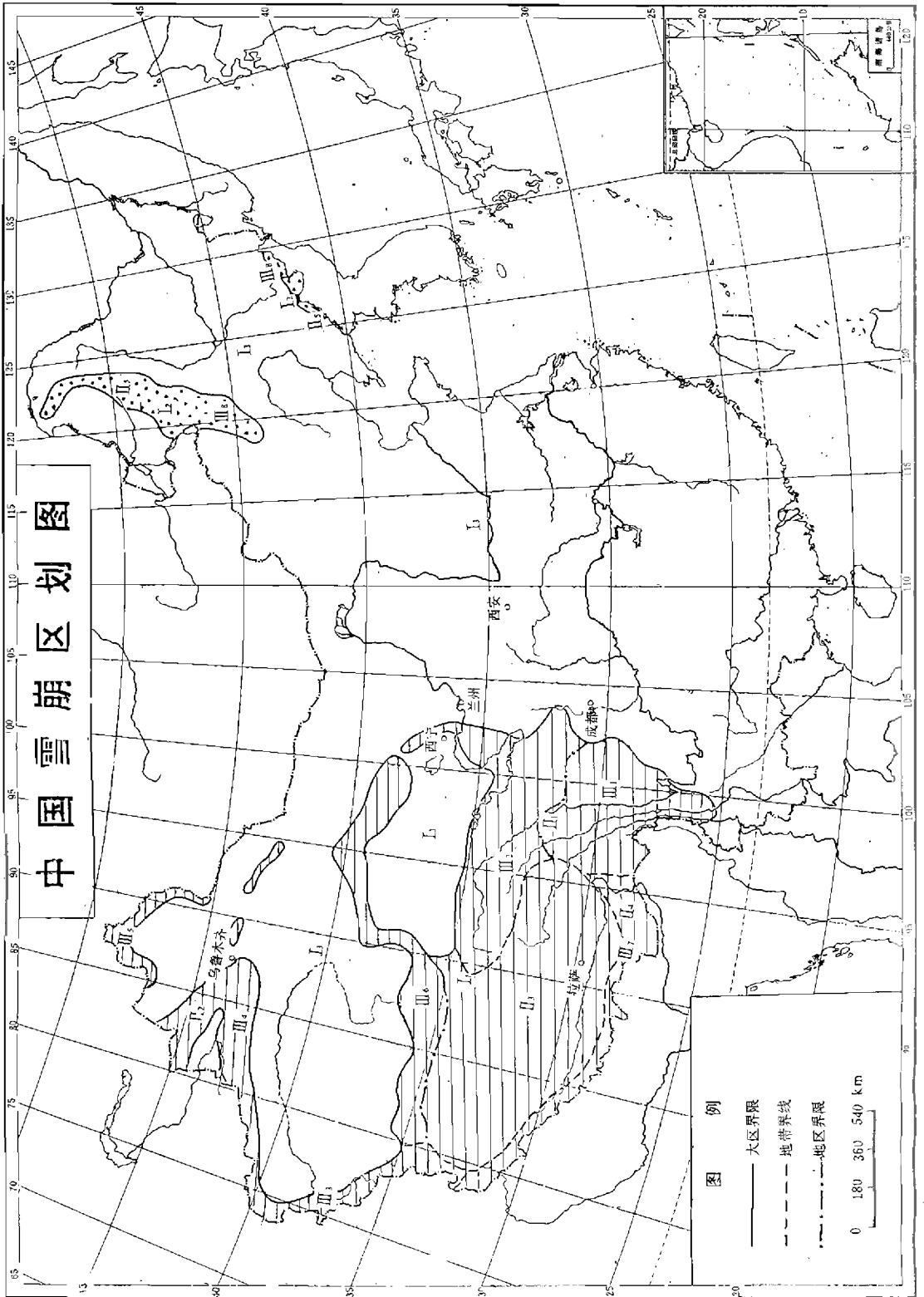


图1 中国雪崩区划图

表1 中国雪崩区划系列表

雪崩大区 (I)	雪崩带 (II)	雪崩地区 (III)	雪崩区或雪崩亚区 (IV)
I. 中国西部中高山带季节和永久积雪带混合型雪崩大区	II. 青藏高原东南部和东部边缘南亚季风湿润雪崩带	III ₁ . 青藏高原东南部雪崩地区	IV ₁₋₁ 大渡河中高山海洋性春季型雪崩亚区 IV ₁₋₂ 二郎山中高山海洋性冬春型雪崩亚区 IV ₁₋₃ 白茫雪山中高山海洋性春季型雪崩亚区 IV ₁₋₄ 他念他翁山中高山海洋性冬春型雪崩亚区 IV ₁₋₅ 迫龙藏布高山海洋性春季型雪崩亚区 IV ₁₋₆ 易贡藏布高山海洋性春季型雪崩亚区 IV ₁₋₇ 丁青地区高山海洋性冬春型雪崩亚区 IV ₁₋₈ 贡嘎山地区高山海洋性永久积雪带春、秋型雪崩亚区 IV ₁₋₉ 伯舒拉山高山海洋性永久积雪带春、夏型雪崩亚区 IV ₁₋₁₀ 东段念青唐古拉山高山海洋性永久积雪带春、夏、秋型雪崩亚区 IV ₁₋₁₁ 灵公山高山海洋性永久积雪带春、夏、秋季型雪崩亚区
		IV ₂ 横断山南段雪崩区 IV ₂₋₁ 玉龙雪崩极高山海洋性永久积雪带春、夏、秋季型雪崩亚区 IV ₂₋₂ 怒山高山海洋性永久积雪带春、夏型雪崩亚区 IV ₂₋₃ 喜马拉雅山东段南坡波密、墨脱雪崩亚区	
I ₁	II ₂	III ₂ 青南山原和川西山地、冷龙岭雪崩地区	IV ₃ 青南山地雪崩区 IV ₃₋₁ 东昆仑山高山、极高山大陆性永久积雪带夏季型雪崩亚区 IV ₃₋₂ 巴颜喀拉山高山过渡型永久积雪带夏季型雪崩亚区 IV ₃₋₃ 阿尼玛卿山高山过渡性永久积雪带春、夏型雪崩亚区 IV ₃₋₄ 玉树囊谦高山过渡性永久积雪带春、夏型雪崩亚区 IV ₃₋₅ 久治、斑玛高山过渡性春、夏型雪崩亚区 IV ₃₋₆ 唐古拉山东段高山永久积雪带夏季型雪崩亚区

续表1-1

雪崩大区 (I)	雪崩带 (II)	雪崩地区 (III)	雪崩区或雪崩亚区(IV)
	II ₂ 青藏高原西缘、天山西部和阿尔泰山西风气流半湿润雪崩带	II ₃ 青藏高原西缘喀喇昆仑山雪崩地区	IV ₄ 川西山地雪崩区 IV ₄₋₁ 雀儿山高山过渡性冬、春型雪崩亚区 IV ₄₋₂ 色达地区高山过渡性冬、春型雪崩亚区 IV ₄₋₃ 茫康中高山过渡性冬、春型雪崩亚区 IV ₄₋₄ 大雪山中高山过渡性冬、春型雪崩亚区 IV ₄₋₅ 雪宝顶地区中高山过渡性冬、春型雪崩亚区 IV ₅ 东段祁连山冷龙岭地区雪崩区 IV ₅₋₁ 冷龙岭永久积雪带过渡性春、夏型雪崩亚区 IV ₅₋₂ 大通山、大坂山高山过渡性春季型雪崩亚区 IV ₆ 中国境内喀喇昆仑山西段极高山永久积雪带春、夏、秋季型雪崩区
		IV ₄ 天山山地雪崩地区	IV ₇ 伊犁河上游雪崩区 IV ₇₋₁ 特克斯河中高山带冬、春型季节雪崩和高山永久积雪带夏季型雪崩亚区 IV ₇₋₂ 巩乃斯河中高山带冬、春型季节雪崩和高山永久积雪带夏季型雪崩亚区 IV ₇₋₃ 喀什河上游中高山带冬、春型季节雪崩和高山永久积雪带夏季型雪崩亚区 IV ₇₋₄ 切特阿克苏中高山带冬、春型季节雪崩和河源永久积雪带夏季型雪崩亚区 IV ₇₋₅ 霍尔果斯河和果子沟中高山带冬、春型季节雪崩和河源永久积雪带夏季型雪崩亚区

续表1-2

雪崩大区 (I)	雪崩带 (I)	雪崩地区 (II)	雪崩区或雪崩亚区(IV)
			<p>IV₈天山西部塔里木内流区雪崩区</p> <p>IV₈₋₁开都河流域中高山冬、春型雪崩和高山永久积雪带夏、秋季型雪崩亚区</p> <p>IV₈₋₂ 哈布哈奇郭勒清水河流域高山冬、春型雪崩和高山永久积雪带夏、秋季型雪崩亚区</p> <p>IV₈₋₃库克苏河源高山永久积雪带夏、秋季型雪崩亚区</p> <p>IV₈₋₄迪拉河流域高山永久积雪带夏、秋季型雪崩亚区</p> <p>IV₈₋₅木扎尔特河源高山永久积雪带夏、秋季型雪崩亚区</p> <p>IV₈₋₆台兰河源高山永久积雪带春、夏、秋季型雪崩亚区</p> <p>IV₈₋₇托什干河源高山永久积雪带夏、秋季型雪崩亚区</p>
			<p>IV₉天山西北部准噶尔内流区雪崩区</p> <p>IV₉₋₁和布克郭勒河流域高山永久积雪带春、夏型雪崩亚区</p> <p>IV₉₋₂乌鲁木齐河等流域高山永久积雪带春、夏型雪崩亚区</p> <p>IV₉₋₃玛纳斯河等流域中高山带冬、春型雪崩和高山永久积雪带春、夏型雪崩亚区</p> <p>IV₉₋₄奎屯河流域高山冬、春型雪崩和高山永久积雪带春、夏型雪崩亚区</p> <p>IV₉₋₅四棵树河、精河上游高山冬、春型雪崩和高山永久积雪带春、夏型雪崩亚区</p> <p>IV₉₋₆博尔塔拉河流域高山永久积雪带春、夏型雪崩亚区</p> <p>IV₉₋₇大河沿子河——赛里木湖流域冬春型雪崩和高山永久积雪带春夏型雪崩亚区</p>
		IV ₅ 阿尔泰山地雪崩地区	<p>IV₁₀额尔齐斯河流域中高山带冬、春型雪崩和高山永久积雪带春、夏型雪崩区</p> <p>IV₁₁克兰河上游中高山带冬、春型雪崩和高山永久积雪带春、夏型雪崩区</p> <p>IV₁₂喀拉额尔齐斯河上游中高山带冬、春型雪崩区</p>

续表1-3

雪崩大区 (I)	I ₁ 青藏高原 (I)	雪崩地区 (II)	雪崩区或雪崩亚区(IV)
I ₁	I ₂ 青藏高原 昆仑山东 内部及 北缘高 山西区	雪崩地区 雪崩亚区	IV ₁₃ 阿尔金山高山永久积雪带夏季雪崩区 IV ₁₄ 祁连山中西段高山永久积雪带夏季雪崩区 IV ₁₅ 拉脊山高山冬季雪崩和高山永久积雪带夏季雪崩区 雪崩区
I ₂ 青藏高原 风、印 度洋和 山区内 部高地 环流综 合性干 冷雪崩 带	山西区	雪崩地区	IV ₁₆ 喀喇昆仑山东段、西昆仑山雪崩区 IV ₁₆₋₁ 木孜塔格峰高山永久积雪带夏季、秋季雪崩亚区 IV ₁₆₋₂ 慕士塔格高山永久积雪带夏季、秋季雪崩亚区 IV ₁₆₋₃ 乔戈里峰区高山永久积雪带夏季、秋季雪崩亚区 IV ₁₆₋₄ 大雪山——刚则吾德地区高山永久积雪带夏季、秋季雪崩亚区 IV ₁₇ 天山山地东部散流内流区雪崩区 IV ₁₇₋₁ 博格达山南、北坡中高山冬、春季雪崩和高山永久积雪带夏季、秋季雪崩亚区 IV ₁₇₋₂ 伊吾庙儿沟流域高山永久积雪带夏季、秋季雪崩亚区 IV ₁₇₋₃ 阿拉沟上游高山永久积雪带夏季雪崩亚区
I ₃ 青藏高原 藏高原 南部边 缘山地 印度洋 季风雪 崩带	I ₃ 喜马拉雅山系 雪崩地区	雪崩地区	IV ₇₋₁ 波曲河中、高山海洋性冬、春季雪崩亚区 IV ₇₋₂ 朋曲河下游海洋性高山冬、春季雪崩区 IV ₇₋₃ 卡若拉地区高山海洋性春季雪崩区 IV ₇₋₄ 中国境内卡美特峰区高山海洋性永久积雪带 春季雪崩亚区 IV ₇₋₅ 普兰山口一带极高山永久积雪带春季、夏季、秋季雪崩区 IV ₇₋₆ 希夏邦马峰地区极高山海洋性永久积雪带春季、夏季、秋季雪崩区 IV ₇₋₇ 中国境内珠穆朗玛峰地区极高山永久积雪带夏季、秋季雪崩区 IV ₇₋₈ 康格多山极高山永久积雪带春季、夏季、秋季雪崩区 IV ₇₋₉ 西震巴曲河上游高山、极高山永久积雪带春季、夏季、秋季雪崩区 IV ₇₋₁₀ 南迦巴瓦峰区极高山永久积雪带春季、夏季、秋季、冬季雪崩区

续表1-4

雪崩大区 (I)	雪崩带 (II)	雪崩地区 (III)	雪崩区或雪崩亚区 (IV)
I ₂ 中国东北部中低山带冬、春型季节性雪崩大区	II ₅ 中国东北寒温带西伯利亚寒潮半湿润雪崩带	III ₈ 大兴安岭、长白山雪崩地区	IV ₈₋₁ 大兴安岭中低山冬、春季节雪崩区 IV ₈₋₂ 长白山中山带冬、春型季节雪崩区 IV ₈₋₃ 五台山、太白山高山带零星雪崩区
I ₃ 无雪崩大区			包括中国西部季节和永久雪崩混合型雪崩大区和东北部季节性雪崩大区以外的所有中国领土在内的地区

中国雪崩区划分级表

雪崩大区 (I)	雪崩带 (II)	雪崩地区 (III)	雪崩区或亚区 (IV)
I ₁ 中国西部中高山带季节和永久积雪带混合型雪崩大区	II ₁ 青藏高原东南部和东部边缘南亚季风湿润雪崩地带	III ₁ 青藏高原东南部雪崩地区	IV ₁ 14个雪崩区或雪崩亚区
		III ₂ 青南山原和川西山地、冷龙岭雪崩地区	IV ₂ 3个雪崩区包括13个雪崩亚区
	II ₂ 青藏高原西缘、天山和阿尔泰山西风气流半湿润雪崩地带	III ₃ 青藏高原西缘喀喇昆仑山雪崩地区	IV ₃ 1个雪崩区
		III ₄ 天山山地雪崩地区	IV ₄ 3个雪崩区包括19个雪崩亚区
		III ₅ 阿尔泰山山地雪崩地区	IV ₅ 3个雪崩亚区
	II ₃ 青藏高原内部及北缘高山西风、印度洋和山区内部局地环境综合性干冷雪崩地带	III ₆ 喀喇昆仑山东段、青北山地雪崩地区	IV ₆ 5个雪崩区包括7个雪崩亚区
II ₄ 青藏高原南部边缘山地印度洋季风湿润雪崩地带	III ₇ 喜马拉雅山系雪崩地区	IV ₇ 10个雪崩区或亚区	
I ₂ 中国东北部中低山带冬、春型季节性雪崩大区	II ₅ 中国东北寒温带西伯利亚寒潮半湿润雪崩地带	III ₈ 大兴安岭、长白山雪崩地区	IV ₈ 划分出3个雪崩区
I ₃ 无雪崩大区			

参考文献

- 郑 度,1989. 地高原综合自然区划问题的探讨. 地理集刊, No. 21, 21—27。
- 王彦龙, 张志忠, 谢自楚, 1979. 雪崩及其防治. 科学出版社。
- 胡汝骥等, 1987. 试论中国的雪害区划. 冰川冻土, Vol. 9(增刊), 1—12。
- 胡汝骥等, 1989. 中国天山雪崩与治理. 人民交通出版, 1—167。
- 王彦龙, 1992. 中国雪崩研究. 北京海洋出版社。
- 伍光和等, 1989. 青海省综合自然区划. 兰州大学出版社。
- 王彦龙, 1986. 中国危险性较大的湿雪雪崩. 冰川冻土, 8(1), 52—60。
- 陈传康等, 1993. 综合自然地理学. 高等教育出版社, 58—96。
- 施雅风等, 1988. 中国冰川概论. 科学出版。

后峡口气候现象概况

杨新元 韩添丁

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州 730000)

后峡口气象场建于1986年,它位于天山冰川站基本营地,海峡高度2130m。观测场地处于乌鲁木齐河中游峡谷地段,周围山坡大都为森林复盖,复盖面积达70%,在峡谷两岸,多为草场,因此后峡口属于半湿润区,这里的气象观测资料基本能反映或代表中山带气候特点。

本文仅根据近年来的观测资料,初步分析了后峡口地段主要气候现象,对比了中、高山带气温和降水。

1 主要气候现象

后峡口地段气候现象主要表现为夏季凉爽冬季寒冷,四季不够分明,这主要受山区小地形气候影响。但根据当地气候特征,可将一年四季划分为:3~5月为春季,这个时期气温属于回升阶段,地表冻土开始融化,降水增多,周围山坡森林及草场回青;6~8月为夏季,气温出现最高值,尤以下午2~4时,最高值可达27℃以上,日平均值也在10℃以上,降水大都集中于这个季节,其总量占全年降水量的70%,尤其是在7~8月,下午常有暴雨出现,月降水日数大都在20天以上,平均湿度为70%;9~10月为秋季,属于干旱气候,气温明显下降,降水很少,早晨出现霜冻,周围草场干枯;11月至下年2月为冬季,该期间最低气温可达-28℃左右,河床全部冻结,降水稀少,而且主要为降雪。应该说后峡地区冬季时间较长。根据以上所述,可以列成表1:

表1 1996年后峡口不同季节气温、降水特征值

季节	平均气温 (℃)	最高气温 (℃)	最低气温 (℃)	降水量 (mm)	相对湿度 (%)
春季	0.7	25.6	-19.5	68.4	66
夏季	11.7	27.1	-7.0	309.8	73
秋季	5.1	25.7	-14.7	40.0	70
冬季	-10.8	11.0	-27.4	17.2	69

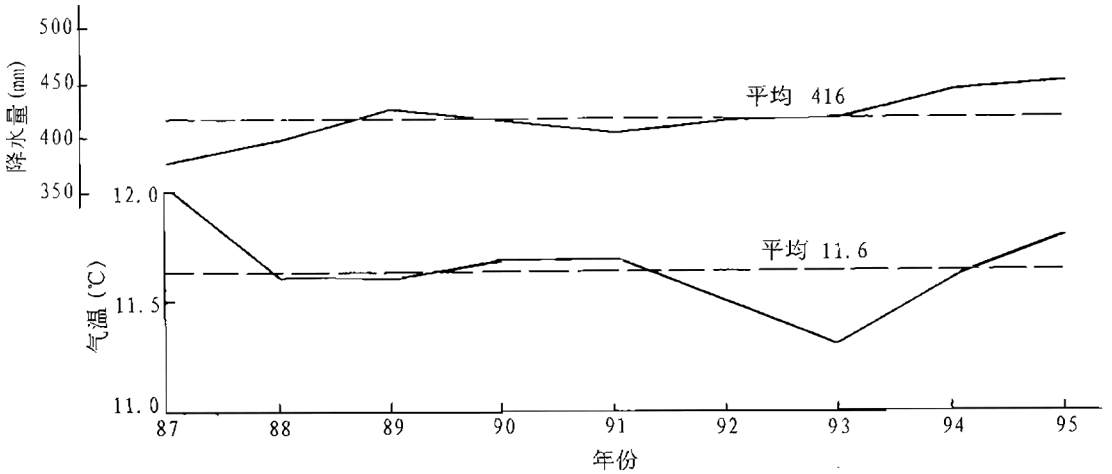


图1 后峡口6~8月平均气温及降水多滑动过程线

由后峡口气温降水滑动过程线可看出(图1):该地区80年代末夏季气温多在平均线左右徘徊,年降水量也多接近平均值(指87年后);90年代初气温有所下降,降水仍处于平均值;近年季气温有所回升而且降水也有所增加。

2 1996年中上游降水过程

在上游冰川区域,夏季降水多以雨夹雪出现,7月份却常出现长的降水过程,有的降水过程可达10余天,而且时有暴雨或阵雨出现。一般说来,后峡口大的降水过程与冰川区降水过程是同步的,这可以从表2中看出:

表2 7月份洪水期中上游降水过程

观测场名称	气象场海拔高度	连续降水日数	日期	降水量(mm)
1号冰川水文点	3695.0	6	15~20	104.6
总控水文点	3408.0	8	13~20	162.5
后峡口气象场	2130.0	11	13~23	93.6

乌鲁木齐河中上游海拔大都在3000m以上,多为高山峻岭,尤以上游多为裸露山坡,降水和冰雪融水极易汇流。在跃进桥以上,支流共15条,由于支流密集,坡降大,这就加速了汇流时间,所以造成洪水除连续降水日数多和降水量大的原因外,还与地理条件有直接相关。

1996年7月的洪水峰顶高,历时长,造成了重大损失,其中天山站总控制水文点测流断面严重冲坏,自记水位计被冲走,跃进桥水文点测流吊桥同样冲走,后峡跃进钢铁厂住房及厂

房多处倒塌,沿河区供电、通讯、交通损失极为严重,乌库公路由于多处塌方,十余天无法通车,这次洪水至少是近五十年来未曾出现过的。(由于实测资料系列短,未进行频率计算)。

应该指出的是,河源由于地处冰川区,降水多以雨夹雪出现,即使完全是液态降水,在遇到冷却的冰面后,也有部分降水冻结成冰,因此,冰川区的洪水形成过程相应比较缓慢,也就是说,冰川起着调节径流(洪水径流)的作用。

3 气温变化过程

这里主要介绍一下96年夏季后峡口气温,首先从表3看出后峡口96年6~8月平均值与多年平均值之间的比较情况:

表3 后峡口96年夏季气温与多年平均夏季气温比较

月 份	6	7	8	3个月平均
多年平均气温(°C)	10.6	12.9	11.5	11.7
96年平均气温(°C)	10.5	13.3	11.3	11.7

从表3可看出:96年夏季平均气温与多年平均夏季气温完全接近,稍有不同的是6、8月份比往年有所偏低,而7月份高出往年很多。一般说来,中上游气温变化是对应的(图2),但是不同季节和月份气温变化梯度有所差异,从表4中可看出:表4中夏季梯度为最大,冬季为最小。

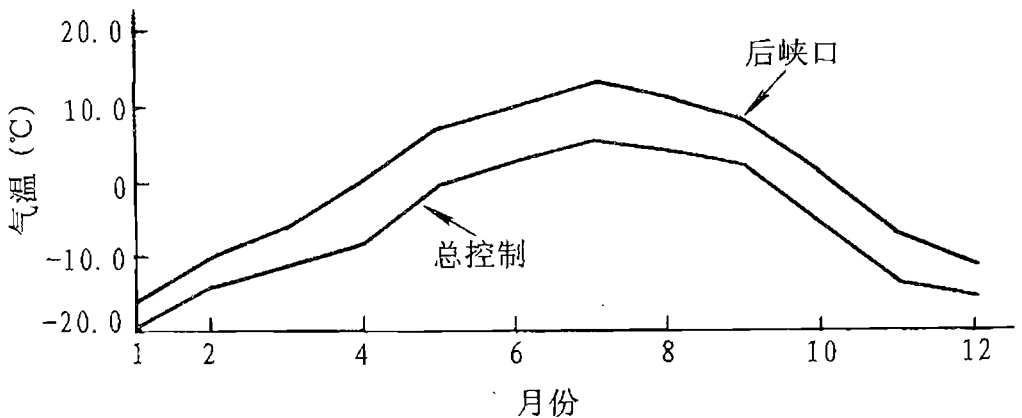


图2 乌鲁木齐河中上游96年逐月气温过程线

表4 乌鲁木齐河中上游不同季节气温梯度

季 节	春	夏	秋	冬	平 均
梯度(°C/100m)	0.57	0.59	0.50	0.37	0.51

后峡地区的气温除受海拔影响外,更主要的受是地理条件的约束,由于属高山峡谷盆地,所以风的出现次数多,而且主要出现在下午,风向多为NE,风速在3.0~7.0m/s之间,日照同样是影响气温的重要因素,夏季日照时数较长,日平均在6小时左右,最长为10小时以

上,而冬季日照时数多为3~4小时,笔者认为,不同季节气温梯度不一样是由于不同季节上游风速有很大变化,这种变化是风速差距的变化。

由于后峡口气象观测时间较短,本文只能作一小结,有待今后进一步研究。

乌鲁木齐河流域地理信息系统的设计与实现

李震 孙文新

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州 730000)

摘要 乌鲁木齐河流域由于其源头冰川观测站的建立及沿线水文、气象站的存在, 为冰川水文、气象和水资源研究积累了丰富的资料, 是冰川学研究的重要基地。本文就乌鲁木齐河流域地理信息系统的设计与实施进行了分析和讨论。在充分考虑数据源和应用目标的基础上, 提出适于流域时空分布特点和便于操作管理的数据结构, 并利用现有的 GIS 软件 IDRISI 设计和建立了乌鲁木齐河流域地理信息系统。乌鲁木齐河流域地理信息系统的建立, 不仅能为该区域各项研究提供先进有效的方法与手段, 而且还可以为高山区冰川水文气象研究中建立各种数学模型提供强有力的支持。

关键词 冰川研究 地理信息系统 遥感信息

1 概述

乌鲁木齐河流域位于天山北支的天格尔山中段, 流域面积 4674km^2 , 河道全长 214.3km , 流域的高山带分布有冰川155条, 总面积 48.04km^2 (陈建民等, 1996), 在河源的大西沟与罗布道沟汇合处以上, 高山处分布7条冰川, 区域内分布多年冻土和季节冻土, 是天山冰川观测试验站的主要研究对象。流域内分布有二个气象站和三个水文观测站及河源区的若干水文、气象观测点, 中国科学院1959年在河源区设立了冰川观测站, 具有我国最长时间系列的冰川观测资料和丰富的水文、气象观测资料, 是冰川学研究的重要基地。

地理信息系统(GIS)是管理空间数据的计算机系统, 它主要分析和管理的在一定地理区域内分布的各种地学、社会现象和过程, 如果说地学的第一、二代语言是文字描述和地图的话, 那么 GIS 可称为地学的第三代语言——用数字形式来描述空间实体(陈述彭等, 1990)。自从六十年代第一个 GIS 建立以来, 在自然资料与环境的监测和评价、灾害预报、地球科学研究等方面有广泛的应用, 尤其在发达国家在地学研究中已将 GIS 作为必要的研究工具。地理信息系统是地学研究由定性分析发展为定性、定量与定位分析; 从单一要素分析过度到多要素、多变量综合分析, 从静态分析发展到动态研究的有效工具与手段。乌鲁木齐河流域地理信息系统的建立, 不仅能为该区域的各项研究提供先进有效的方法与手段, 而且还可以为高山区冰川水文气象研究中建立各种数学模型提供强有力的支持。

2 系统设计

乌鲁木齐河流域地理信息系统是一个主要为高山区冰川、水文和气象等研究服务, 包括采集、存贮、处理、分析、转换和输出空间数据的计算机系统。其系统结构见图1。

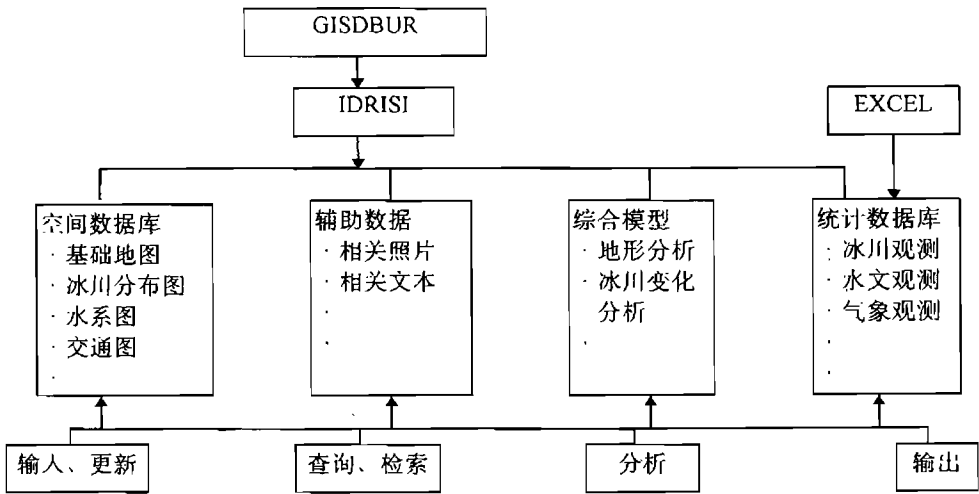


图1 乌鲁木齐河流域地理信息系统结构

Fig. 1 Structure of geographic information system drainage basin of Urumqi river

2.1 数据源分析

本信息系统的主要目标是为冰川研究服务。这就要求包括相应的地形、气象、水文资料和冰川观测数据资料。按类别分为：(1)地形图：乌鲁木齐河流域1:5万地形图、河源1号冰川1976—1992年数幅1:5千冰川地形图；(2)专题图：包括流域范围图、水系图、交通图、冰川分布、植被分布图和观测站点分布图等；(3)水文和气象资料：包括可获取的流域内一切有关气象、水文观测资料；(4)冰川观测资料：包括天山冰川观测试验站历年冰川观测资料；(5)遥感及其括1987年 TM 遥感数字图像和扫描输入的有关照片。

根据以上数据源的特点和 GIS 软件特征，将所有数据分为三种结构分别存贮，即图像库、图形库和统计数据库，各数据库的数据(图幅)可组织为多图幅多层次的立体模式(图2)。

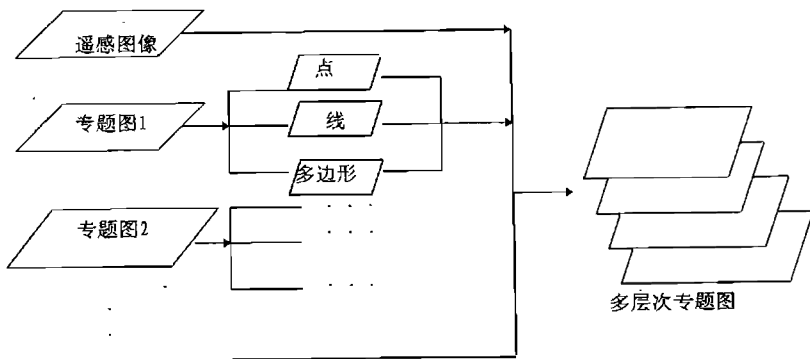


图2 乌鲁木齐河流域地理信息系统中的空间数据多层次立体模式

Fig. 2 Multiple layers model of spatial data in GISDBUR

2.2 数据结构与转换

系统的统计数据库采用二维数据表链结构,不同系列的数据表按线性关系链的方式联接,即采用关系数据库 Foxpro 为基础的数据库结构,该结构易于实现统计数据库的创建、修改、查询和检索,并通过数据项中的地理坐标与图像库和图形库建立定位和转换关系。统计数据库本身又是一个具有结构化查询语言(SQL)的独立系统,又具有与高级程序语言实现动态数据交换(DDE)的功能。组成图像库和图形库的空间数据一般常用栅格结构和矢量结构两种形式表示。栅格结构采用阵列形式组成格网数据,用行列位置代表空间数据的地理坐标,用格网数据值代表空间数据属性。矢量结构主要用于表示地图元素如点、线、面等线状数据。通常以数据链的顺序采用线性表的形式表示空间数据的属性、坐标和拓扑关系。考虑系统软件(IDRISI)的特征。本系统采用以栅格数据为基础的数据结构,具备栅格数据和矢量的转换功能。部分数据,如专题图和数学高程模型,在外部软件(ARC/INFO)支持下建立矢量文件,然后转换为栅格数据进入系统存贮和分析处理。

2.3 系统的功能

系统可以菜单方式提供诸如空间数据与统计数据管理、图像处理、地学分析、空间统计分析和制图输出等功能模块。表1列出了各个模块的功能

表1 乌鲁木齐河流域地理信息系统功能简表

Table 1 Function of geographic information system of drainage basin of Urumqi river

模块	功能
数据管理	数据输入输出、数据格式转换、数据更新、编辑、数据计算
图像处理	图像增强、图像变换、图像几何纠正、图像分类、图像格式转换、图像分析等
地学分析	数学地形分析、区域分析、空间覆盖分析、空间搜索分析等
空间统计分析	数据定位分析、查询检索、不同统计理论分析、时间系列分析等
制图输出	图形图像编辑、图例编辑、图形图像合成、图形图像输出等

3 系统的实现

3.1 系统的软硬件

考虑到系统的应用主要为研究服务,为便于推广使用,同时又考虑其性能,系统采用高档微机(或兼容机)为主体,其基本配置:Pentium 90 MHz 处理器、8M 内存;输入设备主要为扫描仪、键盘和数字化仪;输出配备主要是高分辨率彩色显示器、打印机和绘图仪等。软件系统采用基于栅格的 GIS 软件包 IDRISI, IDRISI 是一个集地学分析、遥感图像处理、空间数据管理和统计分析为一体的软件系统,并提供一系列的应用分析模块,为建立应用分析模型提供了有效的手段,已被成功地应用于自然资料管理、环境动态监测与影响评价、区域与城市规划以及生态学研究等领域(J. R. Eastman, 1990)。统计数据采用关系数据库 FOX-PRO 软件系统进行存贮管理,通过数据接口和转换进行数据的调用和联接。

3.2 数据的输入和存贮

依据不同的数据特征,分为图像、图形和统计数据,分别进行输入存贮。

图像:不同格式遥感数字图像(BIL、BIP)都转换成无头 BSQ 格式文件(.img)存贮,相关头记录以相应文本存贮(.doc);非数字图像通过扫描仪形成 TIF 或 BMP 格式,然后转换成本系统的图像库格式(.img 和 .doc)存贮,其中 img 文件是数字矩阵方式的数据流,矩阵的行列号由 doc 文件定义。

图形:专题图件等图形通过数字化仪,形成点、线和多边形(Point、Line、Polygon)文件以图形库格式(.vec 和 .dec)存贮,vec 格式由:属性值、点数、X-坐标和 Y-坐标表示,如:

点文件:	线文件:	多边形文件:
属性: 5 点数: 1	属性: 300 点数: 4	属性: 110 点数: 4
坐标1: 34.5 76.3	坐标1: 21.5 18.1	坐标1: 12.2 14.6
0 0	" " 2: 22.3 21.5	" " 2: 56.5 15.3
	" " 3: 34.1 24.6	" " 3: 62.4 85.9
	" " 4: 45.9 29.4	" " 1: 12.2 14.6
	0 0	0 0

.dvc 文件与 .doc 相似,定义文件的坐标等属性。

统计数据:各种统计数据通过键盘录入,以数据表格的形式存贮。

地形图通过数字化形成多边形文件后,借助 ARC/INFO 的 TIN 模块形成数字高程模型(DEM)文件,再转换为 .img 图像文件;或将地形图分格网数据,由键盘直接录入形成图像文件。

3.3 数据集成

数据集成是将不同的数据源的数据,转换、计算和叠加成系统所需的数据集合,它包括数据的变换,重构和综合等过程。

数据变换包括建立统一坐标的几何变换、角度改变的仿射变换、改变图形图像的比例尺大小、不同系统的图形图像格式变换等。主要模块有:RESAMPLE, TRANSPOS, AR-CIDRIS, ERDIDRIS, TIFIDRIS, DLG, CTG, DEMDRIS, MAPIDRIS, BILIDRIS 和 BIPIDRIS 等。

数据重构指改变空间和属性数据的结构,如将遥感图像分类结果的栅格数据转换为 GIS 统一的矢量格式等。主要模块有:POINTRAS, LINERAS, POLYRAS, INTERPOL, INTERCON, POLYVEC, LINEVEC 和 RASLNVEC 等。

数据综合指空间数据要素的光滑和集聚,如图像拼接和图形叠加等功能。它是 GIS 系统的重要功能之一,能够将多要素的空间数据组合到一起(如图3),其主要模块有:CON-CAT, SCALAR 和 OVERLAY 等。

4 系统应用示例

乌鲁木齐河流域地理信息系统的功能模块能够完成许多地学分析工作。本文简要介绍依据不同的信息所做的部分应用结果。

4.1 数字地形分析

数字地形模型(DTM)是描述地面诸特性空间分布的有序数值阵列。最通常的情况下,所记的地面特征是高程 Z ,它的空间分布由 X 、 Y 水平坐标系统来描述,也可用经度和纬度来描述海拔的分布。为区别描述其它地面特性的DTM,称描述高程的DTM为DEM(F. J. Doyle, 1978)。数字地形分析是利用数字高程模型来计算相应位置的地形因子,如坡度、坡向、坡度变化率、坡向变化率、相对高差、表面粗糙度、坡形凸凹系数和谷脊特征等数字地形要素。这些要素又可与其他专题图复合产生新的专题信息。下图(图4)为乌鲁木齐河源流域的数字高程模型及其派生的部分地形要素。

4.2 冰川变化计算

利用不同年代的冰川专题图不仅可以快速获取冰川的面积变化信息,还可以方便计算冰川进退速度,根据冰川数字高程模型的变化还可以计算冰川的体积变化和不同区域的高度变化。表2是依据乌鲁木齐河源1号冰川多年(1962、1973、1980、1986和1994)的冰川图和叠加图计算获取的冰川面积值及其面积变化和冰舌末端进退变化平均速率值。

表2 乌鲁木齐河源1号冰川多年变化值

Table 2 The various values of Glacier No.1 at the headwaters of Urumqi river

年 代	1962	1973	1980	1986	1994
冰川面积(km ²)	1.954773	1.907551	1.889313	1.872897	1.794985
冰川面积变化(km ²)	-0.047222	-0.018238	-0.016416	-0.077912	
冰川后退速率(ma ⁻¹)	0.526	2.367	1.895	1.878	

5 结语

地理信息系统除了完成地学数据的存贮管理功能外,另一重要功能是其地学分析,判断一个系统的优劣的一个重要指标就是分析功能。乌鲁木齐河流域地理信息系统主要是为定量研究高山区冰川水文气象服务。目前完成了系统的设计和主要模块建立,并能够完成系统的输入、输出、查询检索和通用的地学分析功能。下一阶段的研究工作主要是针对冰川的专题,不断完善和补充各方面的数据资料,建立与冰川、水文和气象研究有关的专题分析模块,并解决其中数据动态传输等问题。

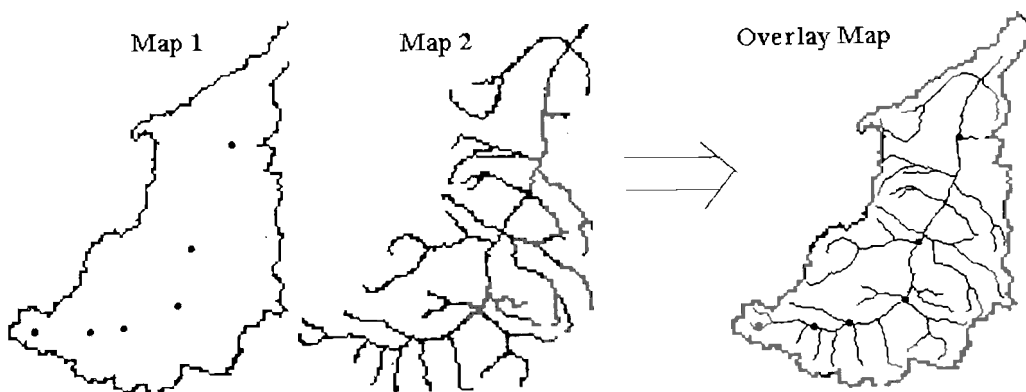


图3 图形叠加功能示意图

Fig. 3 A example of the function of map overlay

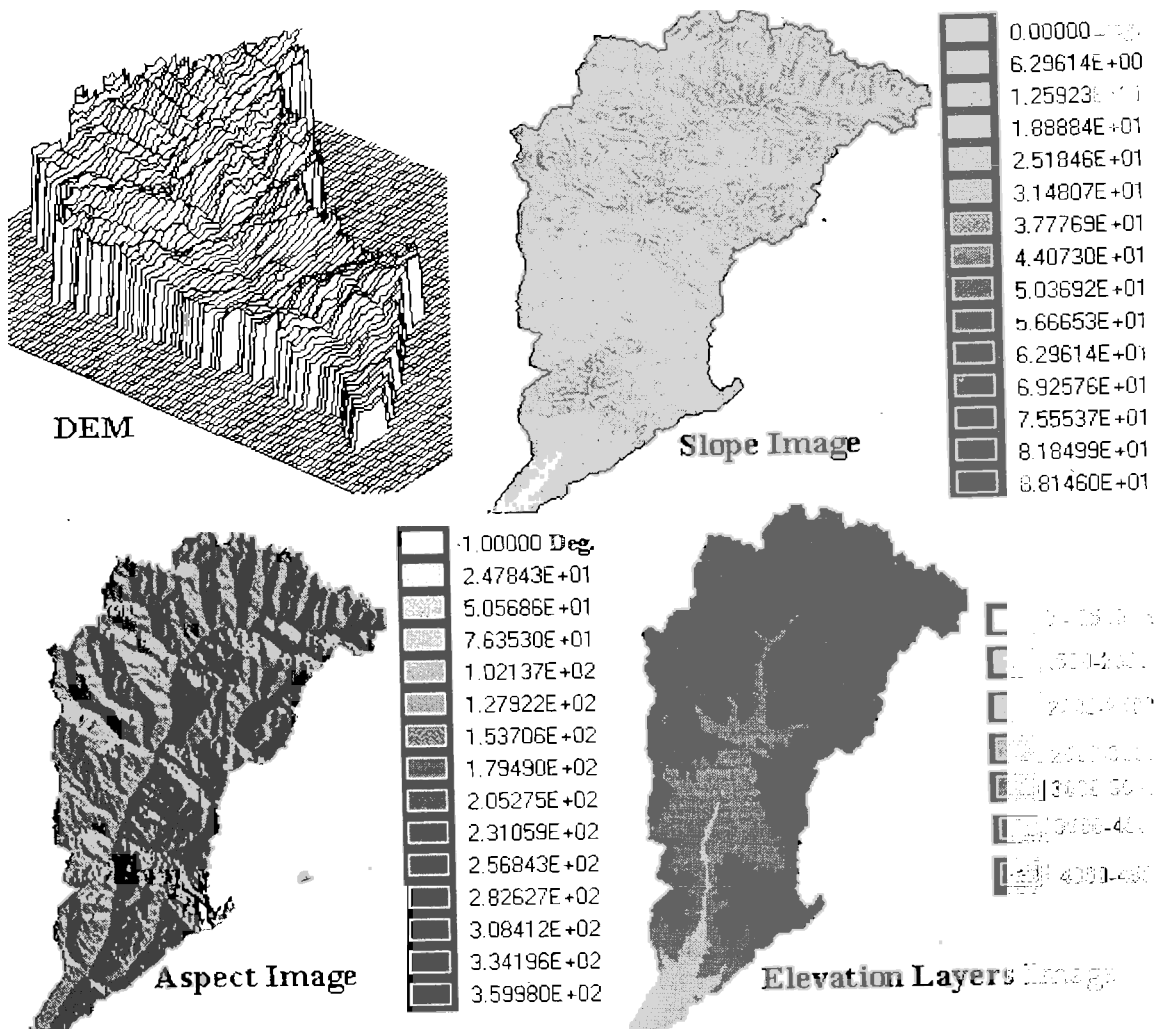


图4 乌鲁木齐河源流域的数字高程及部分地形因子图(坡度图、坡向图和高度带图)

Fig. 4 The DEM and terrain factor images of drainage basin of Urumqi river

参考文献

- 陈建民等,1996. 重复航空摄影测量方法在乌鲁木齐河流域冰川变化监测中的应用,冰川冻土,18(4):331-336.
- 陈述彭,赵英时,1990. 遥感地学分析. 北京:测绘出版社,175.
- J. R. Eastman, 1990. IDRISI - A Grid-Based Geographic Analysis System Software Version 3. 2 IDRISI. Production(C)1987-1990.
- F. J. Doyle, 1978. Digital Terrain Models: An Overview. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 44(12)

Design and Realization of Geographic Information System of the drainage Basin of Urumqi River

Li Zhen Sun Wenxin

(*Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000*)

Abstract

The drainage basin of Urumqi river is a important base of glaciology study, as the establishment of field glacial, hydrologic and meteorologic observation stations where a lot of research data about glacial hydrology, meteorology were collected. The method of design and realization of geographic information system of the drainage basin of Urumqi river was analysed and discussed and data structure suitable for this system data character and system operation was provided in this paper. A microcomputer geographic information system of the drainage basin of the Urumqi river was established based on the IDRISI software that is a grid-based geographic analysis system. The geographic information system of the drainage basin of Urumqi river offer a advanced means to study this area and support to build various digital models of glacial, hydrologic and meteorologic study in alpine area.

Key words: glacial study , geographic information system, remote sensing information.

天山乌鲁木齐河源1号冰川1995/96年度物质平衡

刘时银 王纯足

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州 730000)

1 说明

1995—1996年度乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡观测仍以1993年夏季末布置的花杆观测网为基础进行的,该观测网共计73根花杆,东、西两支分别布设花杆37和36根,平均花杆布设密度为39根/km²。

物质平衡计算按传统方法进行,即以各花杆实测物质平衡(表1、2)为基础,通过绘制物质平衡等值线图(图1、2),然后量算各等值线内的冰川面积,进而以面积加权平均可得1号冰川东、西支或整个冰川平均冬平衡或年平衡量。为便于对比及方便使用,同时也给出了物质平衡随高度的变化结果。

2 观测结果及其特征

2.1 冬平衡与年平衡

以等值线法计算的1号冰川冬平衡量平均为92mm水当量,对应的AAR值为94.5%;年平衡量为42mm水当量,相应的AAR为66.8%(参见表3、4)。从距1号冰川末端附近的1号冰川水文点气温降水观测结果不难看出,本年度丰富的降水补给是冰川处于正平衡的重要原因,与上一年度(1994—1995年度)相比,尽管物质平衡年内平均气温十分接近(1994年9月—1995年8月为-6.5℃,1995年9月—1996年8月为-6.4℃),而1995—1996年度的降水量高达532.1mm,约为上一年份的1.5倍。

2.2 物质平衡高度分布

表5、6所列分别为东、西支自1995年9月初至1996年8月底各月份物质平衡随高度的分布情况,由给出的结果给人最初的印象是随着夏季的来临,冰川下部区域负平衡逐渐加大,而积累区向正平衡增加的趋势也十分明显,正如早期的研究结果所指出的那样,这一结果似乎说明了暖季降水对冰川有重要的补给意义。为此我们从另一角度来考察这一现象,首先定义冰川的瞬时物质平衡为某一时段或某两个时刻间的物质平衡,然后制作瞬时物质平衡随海拔高度的分布图。图3a、3b为1995—1996年度1号冰川东、西两支瞬时物质平衡高度分布。由图3可以看出东、西两支积累区各时段瞬时物质平衡随时间的变化很小,这一点尤以西支冰川最为明显,在海拔4125m以上区域各时段的瞬时物质平衡几乎完全相同,而东支此高度约为4025m。这说明即使在降水较高的6、7、8三个月份,由于气温较高,这时的高降水同气温

相对较低、而降水较少所引起的物质平衡改变在效果上是一致的;另一方面由于积累区各时段的瞬时物质平衡基本一致,而消融区的负平衡随着盛夏的来临而逐渐加强,因而推断暖季物质平衡变化中,气温仍是主要控制因子(王宁练,1995)。此外高降水的夏季积累区没有一个月份的积累量超过其冬平衡量,说明冬季积累在物质平衡形成过程具有十分显著的意义(刘时银,1996)。

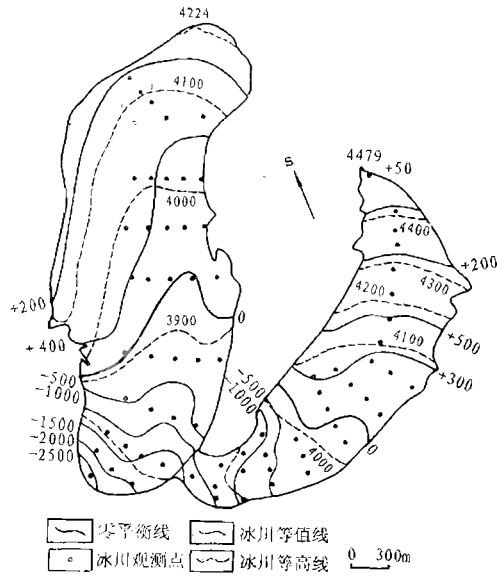


图1 1号冰川1995/1996年
及物质平衡等值线

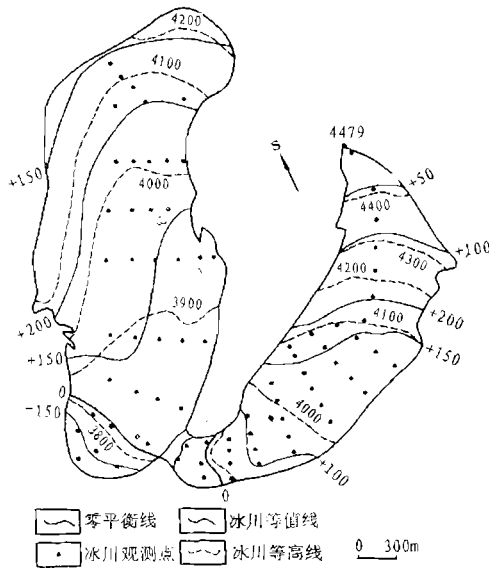


图2 天山1号冰川冬平衡等值线
(1995. 8/1996. 5)

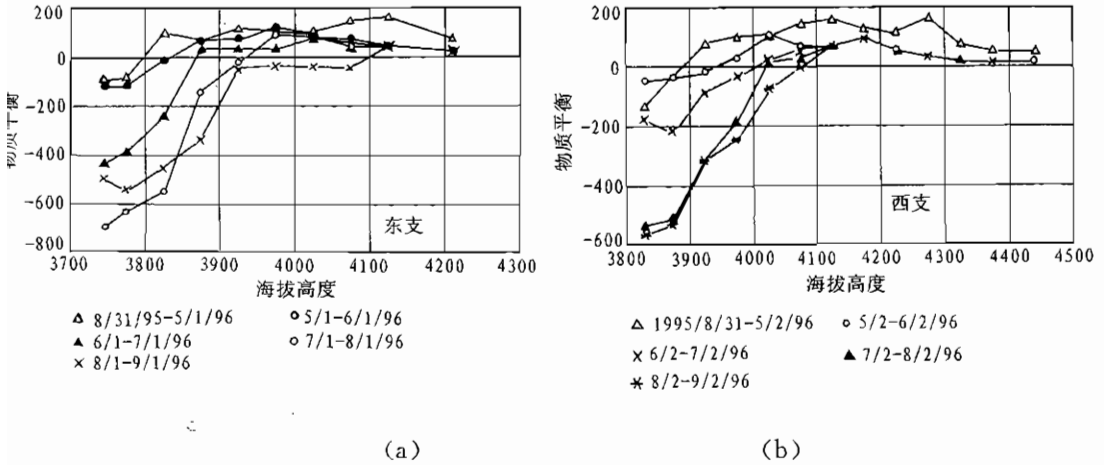


图3 乌鲁木齐河源1号冰川1995/1996年度东、西两支瞬时物质平衡随高度的分布情况

2.3 与其它年份物质平衡的比较

1995—1996年度1号冰川物质平衡、平衡线高度以及积累区面积比率与其它年份相比,处于低于多年平均平衡线高度所对应的物质平衡状态(图4中的●和▲表示1995—1996年份)。如果认为 $ELA \sim b$ 和 $ELA \sim AAR$ 间线性关系是成立的话,那么1995—1996年的物质平衡对 $ELA \sim b$ 线性关系的方差贡献偏大,而1995—1996年的 AAR 对 $ELA \sim b$ 线性关系的方差影响相对较小。由于平衡线高度位于物质平衡花杆观测网控制之中,通过物质平衡等值线图能够给出相对准确的量值,同理 AAR 值也相对可靠,因此 $ELA \sim AAR$ 间的关系较 $ELA \sim b$ 间的关系密切,反过来看,要给出1号冰川十分准确的物质平衡值,现有的花杆网布设模式还不够完善,相对而言,海拔4100m 以下区域的计算结果相对可靠,而4100m 以上区域由于控制点稀疏,往往给确定物质平衡等值线的趋势带来困难,因此在以后观测积累区的物质平衡时,还需要对无花杆区采用测杆探测的方式增加观测密度,以提高对积累区物质平衡的估算精度。

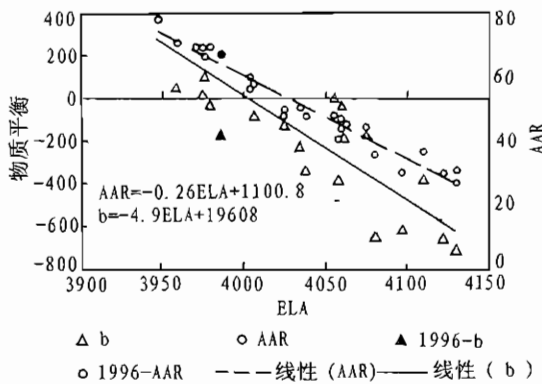


图4 乌鲁木齐河源1号冰川1959~1967和1980~1996年实测平衡线高度(ELA)与实测物质平衡(b)和 AAR 间的线性关系

表1 1号冰川东支单点物质平衡观测数据统计表 (1995.8.30—1996.9.1)

部面 (位置)	花杆 (NO.)	高度 (m)	纯 积 消 量 (mm)					合计 (mm)
			95.8.30 96.5.1	96.6.1	7.1	8.1	9.1	
A'	1		-153.0	-387.0	-810.0	-1512.0	-2052.0	-2052.0
	2		-86.5	-150.0	-506.0	-1116.0	-1780.2	-1780.2
	3		-103.4	-225.1	-653.1	-1353.1	-1848.7	-1848.7
	平均		-114.3	-254.0	-656.4	-1327.0	-1893.6	-1893.6
B'	1		+175.3	+201.5	-167.0	-741.0	-1229.1	-1229.1
	2		+165.0	+89.1	-119.0	-729.0	-1224.6	-1224.6
	3		+67.5	+71.0	-131.0	-741.0	-1217.7	-1217.7
	4		-3.0	-73.1	-443.1	-1026.1	-1461.1	-1461.1
平均		+101.2	+72.1	-215.0	-809.3	-1283.1	-1283.1	
C'	1		+38.6	+40.7	+138.0	-83.5	-452.9	-452.9
	2		+13.1	+53.9	-3.5	-390.0	-786.6	-786.6
	3		+81.9	+116.4	+61.3	-302.7	-683.7	-683.7
	4		+39.9	+148.5	+175.5	-130.0	-346.3	-346.3
平均		+43.4	+89.9	+92.8	-226.6	-567.4	-567.4	
D'	1		+111.0	+114.3	+216.5	+139.5	-107.7	-107.7
	2		+107.7	+175.3	+383.5	+302.5	+67.8	+67.8
	3		+70.2	+166.0	+60.0	-13.5	-299.7	-299.7
	4		+87.0	+205.7	+177.5	+46.0	-298.8	-298.8
	5		+127.9	+180.6	+310.0	+270.0	+209.5	+209.5
平均		+100.8	+168.4	+229.5	+148.9	-85.8	-85.8	
E'	1		+95.2	+180.4	+165.0	+159.0	+72.3	+72.3
	2		+61.7	+80.3	+48.4	+19.0	-114.9	-114.9
	3		+159.3	+274.9	+245.5	+232.5	+253.7	+253.7
	4		+92.2	+157.7	+224.5	+217.5	+228.9	+228.9
	5		+153.8	+257.2	+357.5	+470.5	+388.5	+388.5
平均		+112.4	+190.1	+208.2	+219.7	+165.7	+165.7	
F'	1		+89.5	+176.9	+201.0	+231.5	+197.0	+197.0
	2		+43.8	+117.1	+116.0	+179.5	+111.5	+111.5
	3		+126.2	+176.8	+252.0	+307.5	+247.8	+247.8
	4		+117.0	+209.9	+291.5	+439.0	+434.8	+434.8
	5		+114.6	+288.2	+370.5	+491.0	+509.0	+509.0
平均		+98.2	+139.8	+246.2	+329.7	+300.0	+300.0	
G'	1		+115.2	+228.7	+315.3	+329.2	+245.8	+245.8
	2		+82.6	+201.5	+275.4	+324.4	+309.9	+309.9
	3		+74.3	+198.3	+194.5	+242.5	+209.3	+209.3
	4		+107.8	+187.0	+296.1	+449.6	+423.6	+423.0
	5		+99.8	+130.4	+253.9	+390.4	+360.0	+360.0
平均		+95.9	+189.2	+267.0	+347.2	+309.7	+309.7	
H'	1		+119.7	+164.2	+246.0	+279.5	+213.2	+213.2
	2		+116.4	+188.1	+243.5	+314.5	+252.9	+252.9
	3		+158.3	+173.4	+227.2	+391.7	+329.6	+329.6
	平均		+131.5	+175.2	+238.9	+328.6	+265.2	+265.2
I'	1		+190.5	+204.5	+218.5	+232.5	+246.4	+246.4
J'	1		+153.0	+198.8	+244.5	+290.3	+336.0	+336.0
K'	1		+174.0	+210.3	+246.5	+282.8	+319.0	+319.0
L'	1		+76.0	+96.1	+116.2	+136.3	+156.3	+156.3
平均			+148.4	+177.4	+206.4	+235.5	+264.4	+264.4

表2 1号冰川西支单点物质平衡观测数据统计表 1995. 8. 31—1996. 9. 2

部面 (位置)	花杆 (NO.)	高度 (m)	纯 积 消 量 (mm)					合计 (mm)
			95. 8. 31 96. 5. 2	96. 6. 2	7. 2	8. 2	9. 2	
A	1		-151. 0	-203. 0	-450. 5	-1053. 0	-1725. 0	-1725. 0
	2		-114. 0	-160. 0	-270. 0	-737. 5	-1197. 5	-1197. 5
	平均		-132. 5	-181. 5	-360. 3	-895. 3	-1461. 3	-1461. 3
B	1		-26. 0	-56. 5	-288. 5	-837. 0	-1437. 0	-1437. 0
	2		-34. 0	-80. 0	-288. 5	-774. 0	-1236. 0	-1236. 0
	平均		-30. 0	-68. 3	-288. 5	-805. 5	-1336. 5	-1336. 5
C	1		+77. 5	+150. 0	+87. 5	-255. 5	-612. 5	-612. 5
	2		+19. 0	-45. 0	-154. 0	-549. 0	-924. 0	-924. 0
	3		+74. 0	-99. 0	-317. 0	-728. 5	-1217. 5	-1217. 5
	平均		+56. 8	+2. 0	-127. 8	-511. 0	-918. 0	-918. 0
D	1		+68. 0	+84. 5	+68. 5	-162. 0	-462. 0	-462. 0
	2		+98. 3	+96. 5	-17. 5	-306. 0	-579. 0	-579. 0
	3		+105. 4	+145. 5	+136. 0	-46. 0	-147. 0	-147. 0
	4		-51. 5	-112. 0	-469. 0	-954. 0	-1374. 0	-1374. 0
	平均		+55. 1	+53. 6	-70. 5	-367. 0	-640. 5	-640. 5
E	1		+149. 0	+220. 5	+222. 3	+122. 0	-22. 5	-22. 5
	2		+133. 0	+172. 4	+228. 0	+116. 2	-211. 8	-211. 8
	3		+121. 8	+224. 5	+257. 1	+83. 5	-65. 9	-65. 9
	4		+140. 0	+158. 0	+206. 5	+165. 5	-30. 0	-30. 0
	5		+122. 0	+199. 6	+222. 5	+213. 0	+97. 0	+97. 0
	平均		+133. 2	+195. 0	+227. 3	+140. 1	-46. 6	-46. 6
F	1		+103. 8	+244. 0	+253. 5	+248. 0	+146. 0	+146. 0
	2		+80. 0	+183. 6	+210. 1	+206. 6	+102. 1	+102. 1
	3		+77. 0	+222. 4	+217. 9	+272. 4	+237. 4	+237. 4
	4		+149. 3	+211. 5	+272. 0	+304. 5	+289. 5	+289. 5
	5		+97. 0	+128. 4	+253. 0	+309. 4	+304. 4	+304. 4
	平均		+101. 4	+198. 0	+241. 3	+268. 2	+215. 9	+215. 9
G	1		+129. 8	+222. 5	+321. 0	+287. 0	+228. 0	+228. 0
	2		+131. 2	+238. 5	+221. 0	+196. 0	+70. 0	+70. 0
	3		+146. 9	+197. 5	+226. 1	+271. 0	+181. 5	+181. 5
	4		+116. 6	+232. 0	+284. 8	+353. 5	+344. 0	+344. 0
	5		+193. 0	+212. 7	+227. 1	+290. 7	+323. 7	+323. 7
	平均		+143. 5	+220. 6	+256. 0	+279. 6	+229. 4	+229. 4
H	1		+170. 0	+245. 5	+313. 4	+341. 7	+309. 0	+309. 0
	2		+116. 2	+172. 0	+259. 5	+287. 3	+297. 5	+297. 5
	3		+152. 1	+181. 5	+230. 1	+266. 5	+216. 0	+216. 0
	4		+200. 6	+270. 0	+330. 0	+387. 6	+390. 0	+390. 0
	平均		+159. 7	+217. 3	+283. 3	+320. 8	+303. 1	+303. 1
	L ₁		+162. 6	+233. 7	+304. 8	+375. 9	+447. 0	+447. 0
	L ₂		+126. 3	+220. 8	+315. 2	+409. 6	+504. 0	+504. 0
	L ₃		+115. 2	+168. 9	+222. 6	+276. 3	+330. 0	+330. 0
	L ₄		+167. 5	+200. 7	+233. 8	+266. 9	+300. 0	+300. 0
	L ₅		+76. 2	+94. 5	+112. 8	+131. 1	+149. 4	+149. 4
	L ₆		+50. 8	+65. 1	+79. 4	+93. 7	+108. 0	+108. 0
	平均		+116. 4	+164. 0	+211. 4	+258. 9	+306. 4	+306. 4

表3 天山1号冰川年物质平衡观测结果(1995.8.31—1996.9.2)

冰川	平衡线高度	纯 积 累			纯 消 融			物质平衡差额	
		积累区面积	积累深度	积累量	消融区面积	消融深度	消融量	总量	平衡值
	(m)	(km ²)	(mm)	(10 ⁴ m ³)	(km ²)	(mm)	(10 ⁴ m ³)	(10 ⁴ m ³)	(mm)
东支	3947	0.762	224.3	17.1	0.401	294.7	11.8	+5.3	+45
西支	4025	0.468	160.2	7.5	0.209	240.6	5.0	+2.5	+37
1号冰川	3986	1.23	198.1	24.6	0.61	276.2	16.8	+7.8	+42

表4 天山1号冰川冬平衡观测结果(1995.8.31—1996.5.1)

冰川	平衡线高度	纯 积 累			纯 消 融			物质平衡差额	
		积累区面积	积累深度	积累量	消融区面积	消融深度	消融量	总量	平衡值
	(m)	(km ²)	(mm)	(10 ⁴ m ³)	(km ²)	(mm)	(10 ⁴ m ³)	(10 ⁴ m ³)	(mm)
东支	3795	1.103	117	12.9	0.06	5	0.4	12.5	+107
西支	3910	0.637	72	4.6	0.04	3	0.1	4.5	+66
1号冰川	3853	1.74	101	17.5	0.1	5	0.5	17.0	+92

表5 天山1号冰川东支各高度带的物质平衡

(mm)(95.8.31—96.9.1)

海拔区间	面积(km ²)	时 间 (月、日)				
(m)	(km ²)	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1
3740—3750	0.004	+103.4	+225.1	+653.1	+1353.1	+1848.7
3750—3800	0.055	+80.8	+203.3	+586.4	+1218.0	+1764.4
3800—3850	0.097	+97.3	+81.0	+159.8	+708.0	+1163.2
3850—3900	0.155	+66.8	+129.2	+163.9	+18.4	-317.7
3900—3950	0.194	+115.0	+188.5	+225.2	+195.5	+148.3
3950—4000	0.138	+107.5	+227.7	+264.8	+353.2	+314.8
4000—4050	0.147	+99.4	+189.0	+263.1	+341.8	+300.3
4050—4100	0.115	+146.2	+182.6	233.8	+304.6	+260.5
4100—4150	0.112	+163.5	+204.6	+245.5	+286.6	+327.5
4150—4269	0.146	+76.0	+96.1	+116.2	+136.3	+156.3
3740—4269	1.163	+97.1	+145.8	+142.1	+73.7	+52.2

表6 天山1号冰川西支各高度带的物质平衡
(mm)(95.8.31—96.9.2)

海拔区间	面积 (km ²)	时 间 (月、日)				
(m)	(km ²)	5.2	6.2	7.2	8.2	9.2
3810—3850	0.018	-132.5	-181.5	-360.3	-895.3	-1461.3
3850—3900	0.024	-30.0	-68.3	-288.5	-805.5	-1336.5
3900—3950	0.047	+73.7	+55.4	-32.8	-341.2	-657.0
3950—4000	0.073	+98.5	+123.7	+89.0	-93.3	-340.8
4000—4050	0.107	+106.4	+212.2	+235.2	+248.9	+174.4
4050—4100	0.116	+145.3	+210.1	+266.6	+299.1	+298.6
4100—4150	0.055	+162.6	+233.7	+304.8	+375.9	+447.0
4150—4200	0.044	+126.3	+220.8	+315.2	+409.6	+504.0
4200—4250	0.037	+115.2	+168.9	+222.6	+276.3	+330.0
4250—4300	0.037	+167.5	+200.7	+233.8	+266.9	+300.0
4300—4350	0.041	+76.2	+94.5	+112.8	+131.1	+149.4
4350—4400	0.040	+50.8	+65.1	+79.4	+93.7	+108.0
4400—4479	0.038	+50.8	+65.1	+79.4	+93.7	+108.0
3810—4479	0.677	+100.2	+146.2	+156.5	+110.1	+35.2

参 考 文 献

- 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,Vol.17,No.1,P.8—15
刘时银,1996,高亚洲冰川物质平衡与冰川变化研究,博士学位论文。

1996年来站工作客座人员一览表

序号	姓名	性别	年龄	学位	职称	单位
1	刘杰龙	男	61		教授	新疆师范大学
2	姚檀栋	男	42	博士	研究员	兰州冰川冻土研究所
3	刘风景	男	32	硕士	副研	兰州冰川冻土研究所
4	邵文章	男	46		高工	兰州冰川冻土研究所
5	孙作哲	男	57		高工	兰州冰川冻土研究所
6	孙波	男	32	博士	助研	兰州冰川冻土研究所
7	张永亮	男	45		工程师	兰州冰川冻土研究所
8	王茂海	男	50		工程师	兰州冰川冻土研究所
9	马秋华	男	51	硕士	副研	兰州冰川冻土研究所
10	区荣康	男	40		工程师	兰州冰川冻土研究所
11	朱守森	男	50		工程师	兰州冰川冻土研究所
12	王强	男	36		助工	兰州冰川冻土研究所
13	孙俊英	女	26	在职博士生		兰州冰川冻土研究所
14	候书贵	男	28	博士生		兰州冰川冻土研究所
15	康世昌	男	28	博士生		兰州冰川冻土研究所
16	张东启	男	26	硕士		兰州大学
17	龙江平	男	35	博士后	副研	兰州冰川冻土研究所
18	福田正己	男	50	博士	教授	日本北海道大学
19	Trybve Aspebenes	男	25	博士生		挪威斯瓦巴德大学
20	Jan Erik Paulson	男	26	博士生		挪威斯瓦巴德大学

1996年度水文气象资料整编说明

韩添丁 杨新元

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州 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, 本文编入1996年度资料整编结果。

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3.54km², 其中冰川面积1.84km²。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1.68km²。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28.9km² (冰川面积5.6km²), 本站控制观测区7条冰川及周围裸露山坡总冰雪融水径流。测流断面由浆砌块石及混凝土浇筑而成, 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, 均安装有自记水位计, 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。

因7月份暴雨引起特大洪水, 使总控和空冰斗水文断面冲毁, 缺少流量资料。

所有观测资料整编均按规范进行。

表1 乌鲁木齐河源1号水文点1996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	0.084	0.157	0.675				
2					0	0.051	0.132	0.620				
3					0	0.051	0.157	0.259				
4					0	0.051	0.157	0.157				
5					0	0.051	0.107	0.207				
6					0	0.051	0.051	0.132				
7					0	0.084	0.107	0.132				
8					0	0.107	0.207	0.182				
9					0	0.157	0.312	0.232				
10					0	0.259	0.365	0.312				
旬总数					0	0.946	1.752	2.983				
旬平均					0	0.095	0.175	0.298				
11					0	0.338	0.232	0.393				
12					0	0.285	0.232	0.450				
13					0	0.132	0.207	0.338				
14					0.040	0.051	0.207	0.285				
15					0.040	0.040	0.450	0.132				
16					0.040	0.040	0.675	0.051				
17					0.051	0.040	0.845	0.051				
18					0.051	0.107	0.985	0.107				
19					0.107	0.107	0.705	0.132				
20					0.107	0.107	0.393	0.107				
旬总数					0.436	1.247	4.931	2.046				
旬平均					0.044	0.125	0.493	0.205				
21					0.107	0.040	0.510	0.107				
22					0.084	0.084	0.421	0.084				
23					0.084	0.207	0.478	0.051				
24					0.107	0.312	0.312	0.084				
25					0.285	0.207	0.285	0.084				
26					0.365	0.157	0.259	0.084				
27					0.232	0.207	0.421	0.107				
28					0.157	0.207	0.540	0.132				
29					0.132	0.157	0.560	0.207				
30					0	0.232	0.421	0.084				
31					0.107		0.478	0.157				
旬总数					1.645	1.81	4.685	1.181				
旬平均					0.150	0.181	0.426	0.107				
总数					2.081	4.003	11.368	6.21				
平均					0.067	0.133	0.367	0.20				
最大					0.675	0.650	1.62	1.21				
日期					25	11	18	1				
最小					0	0	0	0.040				
日期					30	16	5	8				
年统计	年总数23.662			最大流量1.62 7月18日				最小流量0 月 日			平均流量 0.192	
	径流量 $2.04 \times 10^6 \text{m}^3$				径流模数57.5 l/s·km ²				径流深度611 mm			

表2 乌鲁木齐河源1号水文点1996年逐日平均气温表

气温: C

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-13.4	-15.7	-9.1	-13.2	-4.3	-4.0	3.7	9.6	-4.5	2.9	-8.6	-15.9	
2	-9.8	-14.5	-4.6	-12.8	-1.4	-4.9	3.6	6.0	-2.1	-7.3	-9.1	-21.0	
3	-12.8	-9.9	-7.1	-17.1	-3.6	-3.0	1.1	1.4	-3.7	-11.6	-10.8	-25.4	
4	-17.3	-7.4	-5.9	-19.4	-8.9	-4.5	-0.2	3.8	-3.9	-10.6	-8.5	-26.4	
5	-17.3	-16.0	-10.0	-16.4	-8.4	-1.7	-1.8	7.3	-3.4	-4.3	-10.3	-20.6	
6	-19.3	-14.0	-8.7	-18.6	-5.6	0.7	0.7	3.0	-4.4	-2.2	-9.6	-16.8	
7	-15.7	-11.7	-9.3	-14.5	-6.2	0.5	1.6	3.4	-1.6	-2.0	-10.0	-19.3	
8	-11.7	-9.3	-12.4	-11.8	-5.6	2.1	4.9	5.2	1.8	-1.7	-10.0	-19.4	
9	-10.5	-9.0	-12.5	-12.7	-6.5	5.4	8.0	5.5	3.3	-2.8	-12.1	-16.4	
10	-13.5	-10.2	-15.7	-16.4	-4.8	7.1	5.4	9.5	3.6	-4.7	-17.5	-15.5	
旬总数	-141.3	-117.7	-98.3	-14.96	-55.2	-2.3	27.0	54.6	14.9	-44.3	-106.5	-196.7	
旬平均	-14.1	-11.8	-9.8	-15.0	-5.5	-0.2	2.7	5.5	1.5	-4.4	-10.6	-19.7	
11	-24.8	-7.6	-11.1	-19.2	-3.2	6.5	2.5	8.5	2.8	-5.2	-17.2	-15.6	
12	-25.0	-7.3	-105	-14.4	-3.9	5.3	4.5	7.6	3.0	-1.9	-14.1	-14.0	
13	-26.7	-14.6	-13.4	-8.8	-4.3	1.7	4.5	7.3	1.4	-1.0	-14.3	-13.1	
14	-24.0	-16.3	-13.0	-7.4	-4.8	-0.2	4.4	6.3	1.0	-3.1	-18.6	-16.2	
15	-20.8	-18.2	-18.9	-2.0	-1.8	-0.7	6.1	3.3	0.7	-3.8	-18.5	-16.6	
16	-20.2	-18.9	-15.3	-2.0	-1.4	-1.1	7.4	-1.6	0.1	-2.6	-17.6	-15.1	
17	-20.7	-21.0	-14.0	-3.0	0.2	-0.5	8.3	-1.6	-0.6	-3.2	-13.4	-13.5	
18	-21.8	-24.4	-9.9	-5.5	0.4	3.0	5.2	1.4	1.3	-6.4	-13.4	-12.9	
19	-21.2	-24.2	-11.9	-4.5	1.6	6.1	2.9	1.2	1.2	-5.9	-13.4	-13.0	
20	-21.3	-21.3	-14.9	-3.4	1.2	6.4	2.0	0.7	3.0	-7.4	-14.1	-11.5	
旬总数	-226.5	-173.8	-132.9	-71.5	-16.0	26.5	47.7	33.1	13.9	-40.5	-154.6	-142.4	
旬平均	-22.6	-17.4	-13.3	-7.2	-1.6	2.6	4.8	3.3	1.4	-4.1	-15.5	-14.1	
21	-20.5	-19.4	-16.3	2.2	1.9	3.2	4.7	2.7	4.1	-13.5	-14.3	-12.1	
22	-19.1	-19.1	-18.7	-6.2	2.7	1.3	5.9	2.1	4.4	-12.1	-12.5	-11.9	
23	-19.7	-18.2	-16.9	-6.4	3.5	0.9	4.3	3.2	4.9	-8.6	-13.0	-13.1	
24	-24.0	-15.8	-14.7	-1.8	4.6	3.4	4.8	2.1	5.9	-9.7	-14.2	-12.3	
25	-23.5	-14.8	-13.6	-6.4	4.9	2.9	2.2	3.7	3.3	-5.1	-14.7	-9.3	
26	-21.2	-11.9	-11.8	-4.5	5.6	1.7	1.8	3.8	-4.3	-6.7	-13.7	-11.7	
27	-21.3	-9.7	-6.8	-4.5	4.8	2.9	5.4	4.6	-2.8	-5.9	-17.2	-12.0	
28	-21.6	-9.9	-8.3	-5.6	5.5	3.9	6.0	4.4	-0.5	-3.2	-15.2	-11.0	
29	-20.4	-11.5	-12.4	-6.0	-2.0	3.6	6.5	5.7	-3.6	-4.7	-14.7	-11.4	
30	-21.8		-13.1	-4.8	-7.9	0.6	5.9	-6.3	-0.5	-9.6	-14.6	-11.5	
31	-18.4		-13.2		-6.0		9.8	-10.0		-9.9		-9.7	
旬总数	-231.5	-130.3	-145.7	-43.9	17.7	24.3	57.1	15.9	10.9	-89.0	-143.9	-125.8	
旬平均	-21.0	-14.5	-13.3	-4.4	1.6	2.4	5.2	1.4	1.1	-8.1	-14.4	-11.4	
月统计	总数	-599.3	-421.8	-373.9	-265.0	-53.5	48.6	131.7	103.4	39.7	-173.8	-405.0	-463.9
	平均	-19.3	-14.5	-12.1	-8.8	-1.7	1.6	4.2	3.3	1.3	-5.6	-13.5	-15.0
	最高	-5.2	-2.8	-0.6	7.3	11.2	13.5	15.4	15.0	10.9	7.8	-4.0	-5.9
	日期	8	4	2	21	26	10	31	1	22	1	4	24
	最低	-34.2	-27.0	-25.4	-22.5	-13.2	-8.4	-3.9	-14.7	-9.4	-17.0	-24.4	-29.8
日期	14	18	15	11	5	4	6	31	1	21	15	4	
年统计	最高气温15.4 7月31日				最低气温-34.2 1月14日				平均气温-6.7				

表3 乌鲁木齐河源空冰斗水文点1996年逐日平均气温表

气温:℃

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-13.3	-14.9	-9.9	-14.8	-4.3	-5.2	2.5	7.0	-4.8	2.0	-8.8	-16.3	
2	-10.5	-10.0	-4.7	-20.4	-2.9	-5.1	1.2	5.5	-2.0	-8.0	-8.6	-20.4	
3	-13.4	-10.5	-8.3	-19.5	-3.4	-4.4	0.0	0.6	-3.2	-11.8	-11.5	-20.9	
4	-18.5	-9.0	-4.5	-20.7	-8.8	-5.6	-1.1	3.4	-3.1	-11.2	-8.6	-27.3	
5	17.7	-17.5	-10.0	-17.9	-9.1	-3.0	-1.6	5.8	-2.7	-4.5	-8.8	-19.0	
6	-20.0	-15.1	-8.2	-16.7	-6.5	-1.3	0.2	1.5	-3.0	-3.4	-9.2	-16.3	
7	-15.9	-12.9	-9.2	-14.5	-6.8	-0.3	1.2	2.6	-1.6	-3.0	-6.1	-19.1	
8	-11.5	-10.5	-12.6	-13.5	-4.7	0.0	3.9	3.1	2.1	-3.8	-10.5	-19.4	
9	-10.1	-9.9	-13.0	-13.3	-6.0	4.1	5.6	4.8	3.2	-3.8	-11.6	-17.1	
10	-13.7	-11.4	-16.5	-17.3	-5.8	5.7	2.7	7.0	2.8	-5.6	-17.8	-15.0	
旬总数	-144.6	-121.7	-96.9	-162.7	-58.3	-15.1	14.6	41.3	-12.3	-52.9	-101.5	-195.8	
旬平均	-14.5	-12.2	-9.7	-16.3	-5.8	-1.5	1.5	4.1	-1.2	-5.3	-10.2	-19.6	
11	-25.1	-9.1	-11.5	-19.6	-4.8	5.3	2.0	6.6	2.0	-5.8	-17.3	-15.3	
12	-26.1	-8.5	-11.3	-13.7	-5.0	4.2	3.8	6.2	2.2	-2.8	-14.5	-13.1	
13	-27.5	-16.1	-15.0	-10.7	-5.4	0.6	3.0	5.6	0.7	-1.6	-14.2	-13.1	
14	-24.8	-16.5	-9.9	-9.1	-7.6	-0.8	3.6	4.2	1.0	-4.3	-18.3	-16.8	
15	-21.0	-18.6	-19.9	-3.8	-4.1	-1.2	5.5	2.6	0.2	-4.7	-18.0	-17.9	
16	-20.1	-20.0	-17.6	-2.9	-2.7	-1.1	6.2	-1.6	-0.2	-4.0	-15.2	-15.1	
17	-21.9	-21.6	-15.6	-4.2	-2.2	-0.8	7.6	-1.7	-0.8	-3.3	-12.7	-12.0	
18	-23.2	-23.2	-11.2	-5.8	-1.1	2.5	5.2	1.2	0.5	-6.6	-13.0	-13.1	
19	-22.3	-23.1	-13.0	-4.9	0.2	4.7	3.4	2.1	0.6	-6.1	-12.3	-13.0	
20	-22.1	-20.8	-16.6	-4.3	0.1	3.8	3.0	1.8	3.3	-7.7	-12.7	-12.5	
旬总数	-234.1	-177.5	-141.6	-78.8	-32.6	17.3	43.3	27.1	9.5	-46.6	-147.9	-141.7	
旬平均	-23.4	-17.8	-14.2	-7.9	-3.3	1.7	4.3	2.7	1.0	-4.7	-14.8	-14.2	
21	-21.8	-18.9	-18.0	0.9	2.4	1.7	5.1	3.5	4.6	-14.6	-13.4	-11.6	
22	-19.3	-18.8	-20.5	-7.1	2.6	2.2	6.0	2.3	5.0	-13.2	-11.2	-11.4	
23	-20.2	-18.1	-17.6	-7.4	2.1	1.3	4.8	3.2	4.5	-9.4	-11.7	-12.3	
24	-25.1	-15.1	-16.5	-2.9	2.9	3.3	4.9	2.0	5.3	-11.7	-13.7	-10.6	
25	-23.7	-14.8	-14.8	-6.9	4.2	3.1	2.5	3.1	3.8	-6.2	-14.9	-10.1	
26	-20.9	-12.1	-13.5	-5.3	4.9	2.3	1.4	2.9	-3.5	-7.5	-13.6	-11.6	
27	-22.0	-9.9	-8.1	-4.9	3.8	2.9	3.5	3.9	-3.7	-7.3	-16.7	-12.4	
28	-22.1	-10.2	-10.8	-7.2	5.7	2.1	4.4	5.8	-1.7	-4.7	-14.7	-11.6	
29	-20.6	-11.1	-14.4	-7.7	-1.6	3.1	4.0	5.7	-4.0	-6.3	-12.8	-14.0	
30	-22.3		-15.0	-5.4	-7.9	0.6	3.5	-5.4	-1.4	-10.5	-12.3	-12.8	
31	-18.5		-15.0		-6.4		6.3	-8.6		-11.4		-10.2	
旬总数	-236.5	-128.8	-164.2	-53.9	12.8	22.4	46.4	18.4	8.8	-102.8	-134.7	-128.4	
旬平均	-21.5	-14.3	-14.9	-5.4	1.2	2.2	4.2	1.7	0.9	-9.3	-13.5	-11.7	
月统计	总数	-615.2	-428.0	-402.7	-295.4	-78.1	24.7	104.3	86.9	6.0	-202.3	-384.1	-465.9
	平均	-19.8	-14.8	-13.0	-9.8	-2.5	0.8	3.4	2.8	0.2	-6.5	-12.8	-15.0
	最高日期	2	4	2	21	25	10	9	1	22	1	4	24
	最低日期	31	19	15	4	5	4	6	31	27	22	15	4
	年统计	最高气温 12.2 8月1日					最低气温 -31.1 1月13日					平均气温 -7.2	

表4 乌鲁木齐河源总控水文点1996年逐日平均气温表

气温:℃

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-11.4	-16.3	-8.5	-11.3	-1.2	-2.0	5.3	11.3	-3.2	2.4	-8.6	-17.0	
2	-8.6	-13.7	-3.5	-11.6	1.4	-3.7	4.7	7.3	2.7	-8.2	-8.6	-19.9	
3	-11.4	-10.7	-8.5	-15.5	-2.4	-2.2	2.9	2.6	0.4	-12.6	-13.5	-24.3	
4	-15.1	-9.0	-5.7	-17.7	-7.0	-3.2	0.5	5.1	0.2	-9.4	-9.3	-27.0	
5	-13.6	-18.5	-9.9	-17.0	-6.4	-1.5	0.0	7.5	0.7	-3.4	-9.6	-22.0	
6	-22.2	-16.0	-7.6	-15.1	-4.9	0.8	2.5	4.1	-2.4	-1.9	-9.4	-18.6	
7	-12.5	-13.7	-8.1	-13.3	-5.0	1.2	3.5	4.6	2.0	-1.7	-9.1	-19.0	
8	-10.6	-11.8	-10.5	-12.1	-3.6	0.6	6.9	5.8	5.8	-1.8	-8.3	-20.4	
9	-8.8	-10.5	-11.3	-10.8	-4.6	5.5	9.0	6.8	7.2	-2.3	-9.7	-21.2	
10	-12.2	-9.2	-15.7	-14.3	-3.6	7.4	6.4	9.7	6.9	-3.4	-17.5	-17.6	
旬总数	-126.4	-129.4	-87.3	-38.6	-37.4	3.0	41.7	64.8	20.3	-42.1	-103.4	-203.8	
旬平均	-12.6	-12.9	-8.7	-13.9	-3.7	0.3	4.2	6.5	2.0	-4.2	-10.3	-20.4	
11	-21.0	-6.6	-10.7	-15.8	-1.8	7.5	4.7	9.0	6.5	-4.9	-15.0	-17.4	
12	-23.9	-6.4	-9.8	-13.3	-3.2	5.8	5.2	7.9	6.8	-1.4	-11.7	-15.5	
13	-26.4	-13.9	-12.1	-9.2	-3.0	1.7	5.3	7.9	4.9	0.0	-12.5	-13.4	
14	-28.0	-16.0	-11.0	-7.4	-5.8	0.9	5.8	7.1	3.9	-2.3	-17.5	-15.3	
15	-23.7	-18.0	-18.8	-1.9	-1.2	-0.3	7.5	5.4	4.2	-1.8	-19.7	-17.1	
16	-21.6	-17.6	-15.1	-1.8	-0.3	-0.4	9.0	-0.8	3.7	-0.8	-16.9	-17.1	
17	-22.2	-19.3	-13.2	-2.5	0.7	-0.8	9.0	-1.8	2.3	-3.6	-15.1	-15.9	
18	-21.4	-21.8	-8.4	-4.9	2.1	3.8	5.6	2.8	4.6	-6.6	-13.7	-12.3	
19	-22.2	-21.8	-11.6	-3.7	3.6	7.6	3.6	0.1	1.7	-6.4	-14.2	-12.5	
20	-22.0	-20.6	-14.5	-3.9	2.4	8.8	2.1	1.7	4.2	-6.6	-15.2	-13.1	
旬总数	-232.4	-162.0	-125.2	-64.2	-6.4	34.6	57.9	39.3	42.8	-34.3	-151.4	-149.4	
旬平均	-23.2	-16.2	-12.5	-6.4	-0.6	3.5	5.8	3.9	4.3	-3.4	-15.1	-14.9	
21	-21.2	-18.2	-15.2	0.9	3.9	4.6	6.0	3.6	5.1	-13.6	-15.4	-13.5	
22	-21.1	-17.4	-17.3	-5.1	3.5	2.2	6.8	3.0	5.6	-13.8	-14.4	-11.3	
23	-19.5	-16.6	-15.4	-7.3	4.7	2.2	7.8	3.8	5.8	-8.5	-14.2	-12.7	
24	-23.0	-14.7	-13.4	-2.2	4.9	3.8	5.6	3.1	7.1	-10.2	-14.5	-12.5	
25	-23.5	-12.2	-11.8	-6.2	6.2	4.3	2.2	5.3	6.2	-4.3	-13.1	-10.7	
26	-22.2	-10.6	-10.0	-4.0	7.4	2.8	3.0	5.2	-1.9	-5.1	-16.1	-12.6	
27	-21.6	-10.1	-4.2	-4.4	6.3	4.3	6.3	5.2	-3.4	-3.7	-16.6	-12.2	
28	-19.8	-9.7	-8.0	-6.2	4.4	5.2	7.2	7.7	0.4	-0.7	-15.4	-9.2	
29	-20.4	-9.7	-11.4	-5.5	-1.7	5.1	7.8	7.3	-2.8	-4.3	-14.2	-10.3	
30	-21.4		-12.6	-3.5	-6.3	3.0	7.5	-2.9	-1.3	-9.6	-14.7	-9.9	
31	-17.9		-11.3		-5.1		10.1	-9.4		-10.1		-8.4	
旬总数	-231.6	-119.2	-130.6	-44.1	28.2	37.5	70.3	31.8	20.8	-83.9	-148.4	-123.0	
旬平均	-21.1	-13.2	-11.9	-4.4	2.6	3.8	6.4	2.9	2.1	-7.6	-14.8	-11.2	
月统计	总数	-590.4	-410.6	-343.1	-246.9	-15.6	75.1	169.9	135.8	83.9	-160.3	-403.2	-476.2
	平均	-19.0	-14.2	-11.1	-8.2	-0.5	2.5	5.5	4.4	2.8	-5.2	-13.4	-15.4
	最高	-3.6	-1.6	0.2	6.8	14.6	15.3	16.8	17.9	14.0	8.8	-2.4	-5.2
	日期	8	4	6	21	25	10	9	1	24	1	1	31
	最低	-32.9	-27.0	-25.6	-22.0	-13.4	-7.7	-2.8	-17.7	-10.3	-18.4	-25.0	-30.4
日期	14	19	22	4	5	4	4	31	27	22	15	4	
年统计	最高气温 17.9 8月1日				最低气温 -32.9 1月14日				平均气温 -6.0				

表5 天山冰川观测试验站基本营地1996年逐日平均气温表

气温:℃

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	-9.9	-12.3	-3.7	-2.5	5.8	5.9	12.2	17.2	5.0	9.5	-1.2	-10.1		
2	-9.1	-9.8	-2.8	-5.4	7.0	4.8	11.7	14.0	6.0	-0.8	-1.0	-13.0		
3	-9.7	-7.6	-2.2	-7.1	4.5	4.1	11.2	10.2	5.0	-2.4	-2.1	-16.7		
4	-15.8	-6.1	-1.5	-9.6	2.0	5.6	9.7	11.2	7.7	-1.1	-3.7	-20.0		
5	-13.5	-10.9	-3.1	-9.4	2.5	6.4	10.4	13.7	6.4	2.0	-2.7	-8.6		
6	-16.5	-11.4	-4.8	-7.4	4.3	10.0	10.8	12.2	6.4	3.1	-2.5	-16.1		
7	-12.5	-9.3	-2.8	-6.0	5.7	10.2	11.5	12.4	7.3	3.8	-1.6	-12.7		
8	-11.1	-9.2	-3.7	-3.6	5.2	11.8	13.3	11.6	8.8	4.6	-2.7	-14.1		
9	-9.2	-7.5	-4.9	-2.9	6.7	13.8	16.3	13.5	10.7	4.0	-5.8	-12.8		
10	-12.1	-4.8	-8.0	-4.4	5.6	15.7	14.4	15.3	10.0	4.0	-8.1	-11.7		
旬总数	-119.4	-88.8	-36.9	-58.3	49.3	88.3	121.5	131.3	73.3	26.6	-31.4	-145.8		
旬平均	-11.9	-8.9	-3.7	-5.8	4.9	8.8	12.2	13.1	7.3	2.7	-3.1	-14.6		
11	-19.0	-4.1	-6.0	-7.1	6.0	15.3	13.0	15.4	12.3	4.6	-10.7	-11.1		
12	-22.4	-4.8	-4.3	-5.3	6.7	10.3	13.1	15.6	11.4	5.2	-11.3	-11.1		
13	-20.3	-11.2	-4.7	-0.6	6.9	11.2	14.7	13.6	10.1	4.6	-11.2	-9.8		
14	-20.5	-12.1	-6.3	3.0	3.8	8.1	16.2	13.1	9.9	4.6	-13.0	-10.8		
15	-19.7	-10.3	-11.0	4.7	6.5	7.8	16.1	12.7	8.3	3.8	-12.3	-13.5		
16	-17.0	-12.7	-10.9	7.3	7.7	8.2	16.3	5.8	7.3	3.9	-9.0	-12.2		
17	-17.2	-14.0	-8.7	2.8	8.3	8.0	15.0	5.7	6.6	3.0	-5.4	-13.0		
18	-18.4	-14.5	-6.0	2.9	9.8	9.7	14.1	7.5	8.0	3.4	-4.6	-11.8		
19	-17.1	-15.5	-8.8	2.5	11.5	12.6	10.8	7.2	10.0	1.5	-5.2	-5.6		
20	-20.1	-15.4	-9.0	5.9	11.6	14.5	10.9	9.6	10.6	1.0	-6.7	-8.1		
旬总数	-191.7	-114.6	-75.7	16.1	78.8	105.7	140.2	106.2	94.5	35.6	-89.4	-107.0		
旬平均	-19.2	-11.5	-7.6	1.6	7.9	10.6	14.0	10.6	9.4	3.6	-8.9	-10.7		
21	-18.9	-14.3	-13.7	7.1	11.7	13.1	13.1	9.4	10.9	-5.4	-7.4	-8.8		
22	-16.3	-13.5	-13.0	3.3	11.4	11.2	13.3	11.4	10.8	-4.2	-7.0	-8.4		
23	-14.6	-10.0	-8.6	4.2	11.7	11.8	14.0	10.5	13.0	-3.4	-6.7	-8.4		
24	-17.5	-8.9	-6.5	6.6	12.3	13.0	14.5	9.6	13.7	-2.5	-7.1	-8.8		
25	-18.6	-5.9	-5.1	3.9	14.0	11.6	12.4	11.4	11.9	-0.1	-3.6	-7.3		
26	-16.9	-6.0	-3.7	8.0	15.2	11.3	11.8	12.5	4.3	1.6	-8.6	-8.4		
27	-16.5	-4.4	1.1	4.4	14.5	12.5	14.6	14.2	5.2	0.0	-9.7	-6.5		
28	-16.6	-9.0	-2.8	2.7	11.9	11.7	14.5	14.4	6.1	2.2	-9.9	-5.7		
29	-15.9	-7.2	-4.4	1.8	5.2	13.4	13.9	15.8	6.4	1.2	-8.4	-4.0		
30	-16.4		-6.1	3.9	1.4	12.3	14.5	2.3	7.1	-1.2	-9.3	-9.6		
31	-15.7		-4.6		2.7		15.2	0.4		-2.5		-9.9		
旬总数	-183.9	-79.2	-67.4	45.9	112.0	121.9	151.8	111.9	89.4	-14.3	-72.7	-85.8		
旬平均	-16.7	-8.8	-6.1	4.6	10.2	12.2	13.8	10.2	8.9	-1.3	-7.3	-7.8		
月统计	总数	-495.0	-282.6	-180.2	3.7	240.1	315.9	413.5	349.4	257.2	47.9	-193.5	-338.6	
	平均	-16.0	-9.7	-5.8	0.1	7.7	10.5	13.3	11.3	8.6	1.5	-6.5	-10.9	
	最高	3.0	9.5	14.6	19.6	26.6	27.1	26.4	27.1	25.7	21.3	8.4	5.4	
	日期	7	11	27	21	26	10	9	1	24	1	5	19	
	最低	-27.4	-22.5	-19.5	-17.0	-4.8	-1.9	3.7	-7.0	-3.5	-14.7	-18.5	-24.1	
日期	12	20	16	4	5	3	6	31	1	22	15	5		
年统计	最高气温 27.1			6月10日			最低气温 -27.4			1月12日			平均气温0.3	

表6 乌鲁木齐河源1号水文点1996年逐日降水量表

降水量: mm

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						0.0	4.6					
2						1.4		1.9				
3					0.5	0.0	11.2	13.5		2.5		
4				8.2	6.9	0.9	6.8	1.3				
5					0.1	2.1						
6					9.9	0.0		11.8	2.2		3.0	
7					1.6	8.4		1.7				
8					2.9		1.9					
9							2.9	1.9				
10												
11				7.2	1.0	2.4	26.2					
12					2.1		2.0	2.1	1.0			
13					0.4	8.5	2.7	1.9				
14					4.4							
15						13.2	3.7	3.9				
16						0.6	2.9					
17						1.6	6.5	7.4				
18							25.0					
19							32.5					
20							34.0	16.4				
21						20.7		16.6				
22						16.2	3.7					
23				7.9		3.6	3.9			8.1		
24												
25					2.5	2.4	30.0					
26						1.0	5.0		4.1			
27							0.8					
28						1.1						
29								1.8	2.1			
30				9.8	14.0	19.2	6.0			1.8		
31								10.0				
总量	1.5	0	1.4	33.1	46.3	103.3	212.8	92.2	9.4	12.4	3.0	0
降水日数					12	19	20	14				
最大日 降水量					14.0	20.7	34.0	16.6				
日期					30	21	20	21				
年统计	降水量 515.4											

备注:1—4月和9—12月降水每周观测一次,只记月降水量

表7 乌鲁木齐河源空冰斗水文点1996年逐日降水量表

降水量:mm

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1								3.4				
2						0.6						
3										2.3		
4				3.2	6.2	1.1	7.3					
5					0.3	2.0						
6						0.0			14.2		3.6	
7					9.0	4.0						
8					1.9	0.4		27.8				
9					3.1							
10					4.6							
11					7.2	1.0	0.0	35.6				
12						0.5			0.7			
13					1.1	8.9						
14					4.3	3.7						
15								9.2				
16												
17												
18							75.0					
19												
20												
21								16.4				
22												
23				7.9						6.5		
24												
25					3.0		110.0					
26									4.4			
27						31.5						
28							7.0					
29									1.9			
30				9.8	14.2	25.8				1.2		
31												
总量	1.2	0	1.5	28.1	48.7	78.5	234.9	56.8	21.2	10.0	3.6	0
降水日数												
最大日 降水量												
日期												
年统计	降水量 484.5											

备注:1—4月和7—12月降水每周观测一次,只记月降水量

表8 乌鲁木齐河源总控水文点1996年逐日降水量表

降水量: mm

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						1.5						
2								10.4			5.6	
3					0.0		15.0	11.2		2.4		
4				8.7	6.7	1.0	4.8					
5					0.9		13.5					
6						2.6	0.6	11.6	3.0			
7					12.5	10.3	4.7	2.4				
8					2.0	1.0						
9					3.2	0.8		2.9				
10					9.0		13.3					
11				7.2	0.9	4.6	20.6	1.9				
12					2.0	7.7		7.5	1.8			
13					0.0	0.6	13.3					
14					7.2	2.0	21.3	4.0				
15						13.7	8.8	3.5				
16						0.8	1.9	6.9				
17						2.3	7.5					
18							31.5			6.1		
19							38.5					
20							39.7	19.0				
21						20.0				8.1		
22				7.9		5.5	4.9	14.5				
23						21.5	3.8					
24						2.4	4.8					
25					2.7	0.8	31.3					
26						1.4	7.8	4.3	5.1			
27						0.5	0.9					
28					0.4	0.9						
29						14.4			2.5			
30				9.8	19.5	11.9	9.8	11.4		2.7		
31							2.3					
总数	1.7	0	1.5	33.6	67.0	128.2	300.6	111.5	12.4	19.3	5.6	0
降水日数					14	23	23	14				
最大日 降水量												
日期												
年统计	降水量 681.4											

备注:1—4月和9—12月降水每周观测一次,故只记月降水量

表9 天山冰川观测试验站基本营地1996年逐日降水量表

降水量,mm

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						0.0	2.2					
2				4.1		4.0	2.3	6.5		0.4	2.6	
3				3.8	2.0	0.2	5.5	13.4	0.4			0.5
4					3.7	0.6	3.6		2.0			
5		0.2	0.0		1.5	0.5	5.4		2.1			
6	1.8			0.0			0.1	4.7	2.5			
7					2.1		5.6		0.4			
8					0.5		0.1	3.7				
9					0.5			0.7			0.2	
10	0.7			1.7	0.0		9.7				0.5	
11	1.3			7.0	0.7	1.6	7.7	3.1				
12						13.0		0.6				
13	0.1				5.7		1.0	4.8	0.0			
14					4.9	8.2	3.4	0.8				
15			1.2			4.9	2.3	1.3	4.3			
16				0.3		0.3	1.3	3.6				
17				0.5		1.3	1.1					
18				0.6			22.2			3.3		
19	0.1			0.0			28.9					
20			1.6		0.0		28.1			3.0		
21					0.0	4.8	0.5	0.8		6.1		
22				6.8		2.7	2.6	1.6				
23					0.0	17.3	2.2	0.0				
24	0.1											
25				1.0		3.0	11.1					
26						11.1	8.3		13.6			
27				0.4	0.2	1.1	0.1		0.1			
28			0.7			5.4						
29					5.6	0.3	1.4		0.4			
30					8.2	11.2	2.0	14.0		1.4		1.2
31					3.1							
总量	4.1	0.2	3.5	26.2	38.7	91.5	158.7	59.6	25.8	14.2	3.3	1.7
降水日数	6	1	4	12	17	20	26	15	10	5	3	2
最大日 降水量					8.2	17.3	28.9	14.0	13.6	6.1	2.6	1.2
日期					30	23	19	30	26	21	2	30
年统计	降水量 427.5											

表10 乌鲁木齐河源1号水文点1996年逐日平均相对湿度表

相对湿度: %

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					67	50	69	48				
2					66	86	67	88				
3					78	36	90	84				
4					91	63	96	40				
5					45	70	97	37				
6					63	48	79	79				
7					87	68	82	66				
8					83	73	63	53				
9					93	44	42	53				
10					86	45	76	41				
旬总数					760	583	761	588				
旬平均					76	58	76	59				
11					72	56	91	54				
12					74	64	65	68				
13					92	71	84	53				
14					43	72	86	64				
15					38	70	84	85				
16					51	74	80	96				
17					54	80	78	81				
18					45	36	90	59				
19					37	38	95	78				
20					45	46	94	84				
旬平均					577	607	847	721				
旬平均					58	61	85	72				
21					45	76	69	76				
22					50	91	75	75				
23					59	80	91	57				
24					55	69	78	56				
25					59	70	93	49				
26					56	74	92	51				
27					59	66	67	54				
28					51	68	55	57				
29					92	92	57	43				
30					82	90	47	88				
31					44		21	54				
旬总数					651	776	745	660				
旬平均					59	78	68	60				
月统计												
总数					1988	1966	2354	1969				
平均					64	66	76	64				
最小					23	22	7	12				
日期					18	20	31	1				
附注	相对湿度只在5—8月观测											

表11 乌鲁木齐河源空冰斗水文点1996年逐日平均相对湿度表

相对湿度: %

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					88	53	66	49				
2					78	80	61	92				
3					80	39	90	81				
4					94	81	91	32				
5					43	77	98	33				
6					62	54	77	78				
7					93	69	85	60				
8					87	88	58	44				
9					92	48	40	42				
10					88	47	75	38				
旬总数					804	636	740	549				
旬平均					80	64	74	55				
11					74	64	88	57				
12					75	70	50	69				
13					93	87	94	56				
14					72	87	85	66				
15					35	84	81	85				
16					52	80	77	100				
17					63	84	74	71				
18					56	21	88	62				
19					49	22	96	81				
20					53	37	94	87				
旬总数					622	635	825	733				
旬平均					62	64	82	73				
21					44	78	72	80				
22					46	89	83	77				
23					63	87	93	62				
24					54	64	83	67				
25					59	66	97	46				
26					56	76	92	64				
27					75	68	70	49				
28					78	67	55	48				
29					85	75	69	40				
30					68	89	40	88				
31					46		15	60				
旬总数					674	759	767	682				
旬平均					61	76	70	62				
月统计												
总数					2100	2030	2332	1964				
平均					68	68	75	63				
最小					17	8	1	11				
日期					5	18	31	4				
附注	相对湿度只在5—8月观测											

表12 乌鲁木齐河源总控水文点1996年逐日平均相对湿度表

相对湿度: %

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					79	51	76	61				
2					71	86	71	93				
3					90	49	96	86				
4					92	79	90	60				
5					46	73	92	61				
6					71	56	85	88				
7					85	75	89	76				
8					81	68	69	58				
9					85	58	60	62				
10					81	60	81	62				
旬总数					780	655	809	707				
旬平均					78	66	81	71				
11					69	70	90	94				
12					74	80	76	79				
13					82	92	90	73				
14					58	88	87	66				
15					47	89	89	89				
16					56	88	86	100				
17					56	92	80	90				
18					54	44	92	56				
19					41	45	91	91				
20					54	51	94	88				
旬总数					581	739	875	806				
旬平均					58	74	88	81				
21					53	78	80	83				
22					66	95	88	83				
23					55	86	89	61				
24					63	76	83	69				
25					63	73	97	55				
26					59	77	95	61				
27					65	73	73	60				
28					79	71	63	52				
29					100	83	60	48				
30					93	87	52	91				
31					57		40	64				
旬总数					764	798	820	726				
旬平均					69	80	74	66				
月统计	总数				2125	2192	2504	2239				
	平均				68	73	81	72				
	最小				16	22	16	26				
	日期				15	3	3	1				
附注	相对湿度只在5—8月观测											

表13 天山冰川观测试验站基本营地1996年逐日平均相对湿度表

相对湿度: %

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	67	70	51	53	57	73	79	56	65	58	75	70	
2	70	64	53	67	54	82	78	81	66	82	87	77	
3	76	62	55	81	72	78	77	87	73	79	82	87	
4	83	64	63	67	88	68	77	71	68	78	77	77	
5	75	74	84	62	73	66	76	72	74	74	73	67	
6	78	62	69	73	65	60	73	77	74	68	74	66	
7	59	55	63	70	66	59	81	66	69	65	79	60	
8	69	60	51	61	78	56	68	77	65	65	78	68	
9	69	55	50	66	60	54	61	68	58	64	89	68	
10	75	59	68	75	67	50	75	70	56	65	76	67	
旬总数	721	625	608	675	680	646	745	725	668	698	790	707	
旬平均	72	62	61	68	68	65	74	72	67	70	79	71	
11	79	52	60	73	70	61	82	71	54	68	75	61	
12	81	61	57	64	67	86	71	73	64	59	82	65	
13	82	78	51	61	72	75	75	79	75	58	77	73	
14	78	74	68	55	75	81	64	77	67	63	67	84	
15	70	72	67	70	64	86	76	78	75	66	65	86	
16	74	80	63	68	63	80	83	84	82	64	64	72	
17	69	80	56	85	56	79	87	68	74	71	72	66	
18	75	74	59	69	53	66	81	66	61	84	80	63	
19	82	71	62	77	47	61	94	69	59	90	64	60	
20	84	65	83	62	49	55	85	71	57	86	62	65	
旬总数	774	705	624	684	616	730	798	736	668	709	708	695	
旬平均	77	70	62	68	62	73	80	74	67	71	71	70	
21	75	64	82	59	54	66	78	79	54	82	66	68	
22	69	56	62	67	67	76	83	79	63	81	67	61	
23	77	50	57	47	72	76	79	74	55	76	66	63	
24	88	58	58	52	73	67	75	67	52	72	75	66	
25	73	53	58	75	65	74	77	67	59	75	67	68	
26	68	57	56	56	54	77	90	63	81	61	69	72	
27	63	59	54	72	58	69	76	54	74	76	73	65	
28	66	67	86	79	75	77	71	50	70	70	76	67	
29	58	63	77	75	92	72	74	50	76	82	79	67	
30	69		73	66	93	74	65	84	69	89	69	72	
31	69		64		84		62	74		84		94	
旬总数	775	527	727	648	787	728	830	741	654	846	707	763	
旬平均	70	59	66	65	72	73	75	67	65	77	71	69	
月统计	总数	2270	1857	1959	2007	2083	2104	2373	2202	1990	2253	2205	2165
	平均	73	64	63	67	67	70	77	71	66	73	74	70
	最小	36	25	21	16	23	24	28	17	16	15	19	31
	日期	7	23	27	23	19	10	9	29	9	12	1	10
附注													

乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度 和冰舌进退变化(1995—1996)

井 哲 帆*

(中国科学院兰州冰川冻土研究所,兰州 730000)

1 简述

位于天山天格尔山脉北坡,乌鲁木齐河源区的1号冰川,由东、西两支组成,是乌鲁木齐河源区最大的一条冰川。对该冰川的运动变化观测始于50年代,自80年代开始了系统的、连续不断的观测研究和资料积累工作。本年度对1号冰川的运动监测也同往年一样对冰川表面的运动速度和冰舌进退变化进行了观测,在此对本年度1号冰川表面运动速度和冰舌进退变化的观测资料作有关说明,以供研究参考。

2 观测基本情况

观测点的布设仍与历年来物质平衡观测点位相同即在东、西支冰川自冰舌向粒雪盆分别设置了 a_i, b_i, \dots, h_i 排花杆和 a_i, b_i, \dots, l_i 9排花杆标志。

观测方法仍采用020型光学经纬仪进行前方交会法,得出各流速点的空间位置,再计算出每一流速点在单位时间内的空间位移而得出各点的运动速度,观测控制由三条控制基线组成,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A₂和基VII点组成的基线上观测西支冰川b—f排各流速点;而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 资料整编说明

1996年1号冰川的表面运动观测和冰舌进退观测在9月初进行了一次,所以本年度资料中表1为1995—1996的年运动速度,表2为东、西支冰舌的年进退变化,表3为各流速点的空间坐标资料。

使用的坐标系统为独立坐标系。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, α 为运动速度的方向。

* 井哲帆曾用名井晓平

表1 年运动速度(观测日期:1995.8.26—1996.9.5)

点名	Ux(m)	Uy(m)	Uxy(m)	Uz(m)	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	Uxy(m/a)
a ₁ '	0.40	0.68	0.79	0.33	59	35	0.77
a ₂ '	0.75	3.41	3.49	-0.11	77	35	3.40
a ₃ '	0.50	3.90	3.93	-0.21	82	41	3.83
b ₁ '	0.70	0.87	1.12	0.11	51	19	1.09
b ₂ '	1.70	3.80	4.16	-0.03	65	53	4.05
b ₃ '	-0.50	5.30	5.32	0.08	95	24	5.08
b ₄ '	1.40	4.05	4.28	-0.28	70	54	4.17
c ₁ '	1.10	1.40	1.78	-0.01	51	50	1.73
c ₂ '	3.00	4.10	5.08	-0.35	53	48	4.94
c ₃ '	3.10	3.80	4.90	-0.72	50	45	4.77
c ₄ '	2.60	3.00	3.97	-0.34	49	05	3.86
d ₁ '	0.47	0.18	0.50	-0.20	19	57	0.49
d ₂ '	4.05	1.80	4.43	-0.28	23	54	4.31
d ₃ '	4.17	1.60	4.47	-0.09	21	07	4.35
d ₄ '	3.90	1.80	4.30	-0.10	24	55	4.18
d ₅ '	1.60	0.40	1.65	-0.82	14	08	1.61
e ₁ '	1.00	0.15	1.01	-0.10	8	04	0.98
e ₂ '	4.75	0.82	4.82	-0.78	9	47	4.69
e ₃ '	5.40	0.78	5.46	-1.03	8	30	5.31
e ₄ '	5.10	0.50	5.12	-0.80	5	04	4.99
e ₅ '	3.50	-0.21	3.51	-1.11	4	20	3.41
f ₁ '	1.20	0.47	1.29	-0.36	21	32	1.25
f ₂ '	4.49	0.86	4.57	-0.91	10	44	4.45
f ₃ '	5.20	0.91	5.28	-0.97	9	59	5.14
f ₄ '	4.65	0.78	4.71	-1.26	9	09	4.59
g ₁ '	0.65	0.34	0.73	-0.10	27	05	0.71
g ₂ '	3.70	1.35	3.94	-0.73	20	06	3.83
g ₃ '	4.06	1.67	4.39	-1.06	22	21	4.27
g ₄ '	4.48	1.35	4.68	-1.18	16	49	4.55
g ₅ '	3.56	0.17	3.57	-2.00	4	17	3.47
h ₁ '	1.20	1.27	1.75	-0.35	46	42	1.70
h ₂ '	2.38	1.02	2.59	-0.76	23	14	2.52
a ₁	-1.60	2.18	2.70	0.10	126	20	2.63
a ₂	-1.48	1.10	1.84	-0.20	143	33	1.79
b ₁	0.51	2.40	2.45	-1.00	102	01	2.39
b ₂	-2.39	6.20	6.64	-1.60	111	06	6.47
c ₁	0.47	4.60	4.62	-0.91	84	10	4.50
c ₂	-0.41	6.84	6.85	-0.91	93	26	6.67
c ₃	-0.50	6.50	6.52	-0.50	94	24	6.34
d ₁	0.11	3.00	3.00	-0.55	87	54	2.92
d ₂	1.20	5.85	5.97	-1.28	78	24	5.81
d ₃	0.83	7.38	7.43	-1.25	83	35	7.23
d ₄	0.87	6.10	6.16	-1.59	81	53	6.00
e ₁	0.34	1.87	1.90	-0.20	79	41	1.85
e ₂	1.28	7.18	7.29	-1.18	79	53	7.10
e ₃	2.30	7.10	7.46	-1.87	72	03	7.26
e ₄	2.80	6.42	7.00	-0.52	66	25	6.82
e ₅	2.00	3.61	4.13	-0.67	61	02	4.02
f ₁	0.98	2.50	2.68	-0.49	68	33	2.61
f ₂	2.90	5.10	5.87	-1.12	60	24	5.71
f ₃	2.85	5.56	6.25	-1.10	62	52	6.08
f ₄	2.60	5.10	5.72	-1.01	62	58	5.57
f ₅	2.01	3.05	3.65	-1.66	56	35	3.56
g ₁	0.33	0.62	0.70	-0.03	61	52	0.68
g ₂	2.26	5.45	5.90	-0.70	67	29	5.74
g ₃	2.70	5.81	6.41	-0.98	65	05	6.24
g ₄	2.50	4.79	5.40	-1.38	62	25	5.26
g ₅	2.25	1.50	2.70	-2.20	33	33	2.63
h ₁	0.15	0.50	0.52	-0.09	73	14	0.51
h ₂	2.62	4.71	5.39	-0.61	60	55	5.25
h ₃	3.20	4.97	5.91	-1.41	57	13	5.75
h ₄	3.70	4.52	5.84	-2.85	50	41	5.68
l ₁	4.45	3.70	5.79	-3.05	39	46	5.63
l ₂	5.41	4.10	6.79	-3.68	37	11	6.61

表2 东、西支冰舌进退变化(1995. 8. 26—1996. 9. 5)

冰舌进退值(m)			
点 名	东 支	点 名	西 支
固定点 I	-3.55	固1—2	-8.50
固定点 II	-3.60	固定1—3	-10.35
固定点 III	-3.10	固2—6	-3.35
平 均	-3.40	固2—7	-0.10
		固2—8	-0.70
		平 均	-4.60

表3 流速点座标(观测日期:1996. 9. 5)

东支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)	西支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)
a ₁ '	5230.45	3691.14	3775.31	a ₁	5324.51	3442.80	3826.07
a ₂ '	5143.02	3752.74	3769.95	a ₂	5298.04	3387.65	3834.67
a ₃ '	5092.32	3777.07	3765.20	b ₁	5447.95	3386.33	3862.69
b ₁ '	5206.04	3532.99	3811.08	b ₂	5399.47	3380.25	3863.73
b ₂ '	5143.84	3608.15	3804.71	c ₁	5435.29	3253.98	3906.47
b ₃ '	5073.26	3654.25	3801.33	c ₂	5385.77	3241.30	3914.54
b ₄ '	4995.21	3702.09	3802.23	c ₃	5343.59	3223.08	3923.55
c ₁ '	5116.57	3345.33	3850.70	d ₁	5489.07	3235.19	3234.60
c ₂ '	5051.12	3421.93	3851.88	d ₂	5428.01	3139.26	3932.15
c ₃ '	4978.85	3487.71	3847.18	d ₃	5363.01	3128.55	3939.22
c ₄ '	4892.19	3565.92	3850.90	d ₄	5284.88	3111.00	3955.00
d ₁ '	-4901.99	3130.33	3887.74	e ₁	5505.27	2979.80	3975.50
d ₂ '	4866.39	3221.50	3892.03	e ₂	5436.88	2987.47	3976.04
d ₃ '	4819.90	3308.71	3893.69	e ₃	5362.69	2979.44	3982.29
d ₄ '	4770.82	3396.89	3894.77	e ₄	5286.68	2969.56	3996.17
d ₅ '	4712.34	3484.44	3908.64	e ₅	5205.20	2953.28	4009.27
e ₁ '	4564.63	2999.31	3925.10	f ₁	5451.97	2782.69	4012.17
e ₂ '	4540.38	3094.13	3926.37	f ₂	5378.48	2798.31	4015.69
e ₃ '	4506.56	3183.81	3925.37	f ₃	5299.57	2807.74	4020.03
e ₄ '	4467.64	3272.81	3933.21	f ₄	5222.92	2812.53	4029.08
e ₅ '	4436.12	3334.52	3944.63	f ₅	5143.30	2813.36	4042.78
f ₁ '	4346.48	2964.98	3968.09	g ₁	5404.59	2595.62	4058.20
f ₂ '	4324.27	3039.25	3968.23	g ₂	5324.56	2641.21	4054.93
f ₃ '	4296.32	3106.17	3966.48	g ₃	5243.01	2671.85	4047.73
f ₄ '	4262.68	3178.45	3970.28	g ₄	5159.12	2699.80	4052.56
g ₁ '	4151.11	2899.17	4014.66	g ₅	5088.10	2715.98	4071.98
g ₂ '	4131.16	2965.68	4011.53	h ₁	5344.19	2433.70	4077.10
g ₃ '	4104.12	3028.05	4007.03	h ₂	5266.44	2497.33	4074.67
g ₄ '	4075.87	3089.84	4003.93	h ₃	5183.38	2548.35	4072.75
g ₅ '	4045.48	3149.57	4010.84	h ₄	5101.83	2397.15	4079.56
h ₁ '	3942.38	2786.18	4066.26	l ₁	5129.15	2483.51	4094.07
h ₂ '	3894.96	2928.56	4043.80	l ₂	5051.24	2412.04	4145.44

4 对本年度运动速度的粗略分析

在计算和整编运动资料的过程中,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5.31m。西支冰川流速最大点为 e_3 点,其年流速为7.26m,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、西支冰川各排流速点速度值均有所降低,降低幅度不大,约在0.1—0.25m/年范围内。

(3). 表1中运动速度垂直分量 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。这同往年的作用规律完全相同。

(4). 冰川末端进退。

1号冰川末端冰舌进退的观测同94、95年的方法一样。即在东支冰舌末端的观测仍从三个固定点标志上进行丈量,西支冰舌分别从两个固定观测点上测量。1996年9月观测了一次,其观测结果见表2。表2反映出该年度东支冰川冰舌末端平均后退3.4米,西支冰舌末端平均后退4.6米,这样的退缩速度比1995年度有所减小。

参 考 文 献

- 井晓平. 1996. 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), 天山冰川站年报13
陈要武. 1996. 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13报
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

中国天山境内高山多年冻土温度监测进展

金会军 邱国庆 赵林 曾仲巩 王淑娟

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州 730000)

1 简介

中国境内天山多年冻土温度监测始于70年代。在天山中部的巴伦台附近的莫托萨拉煤矿观测表明, 175m 深度的年平均地温为 -0.1°C , 这是迄今为止天山山脉实测冻土厚度和观测深度最大的记录。

1972—1975年铁道部第一勘察设计院和兰州冰川冻土研究所协作在距乌鲁木齐河源约22km 的奎先达坂进行了几十个孔的地温观测, 积累了精度约 0.1°C 的首批重要资料。1997年的重复观测表明, 约20年间, 年平均地温上升了约 0.1°C 。

1990—1991年中苏联合“中亚高山冻土研究”课题组和铁道部第一勘察设计院协作, 在博格达山北坡, 乌鲁木齐河源, 奎先达坂以及尤尔都斯盆地进行了一系列考察, 取得了重要成果。其成果之一就是乌鲁木齐河源($43^{\circ}06'N, 86^{\circ}50'E$)的5个冻土地温长期监测孔(表1), 并在天山冰川站支持下, 逐渐转为常规观测项目。这5个钻孔与外伊犁阿拉套大尔玛钦卡高山冻土实验室, 瑞士阿尔卑斯山, 美国 Colorado 的 Boulder 以及日本的北海道大雪山冻土地温观测场, 都位于 $43^{\circ}N$ 附近。 $43^{\circ}N$ 位于南界附近, 对于研究冻土和气候变化很重要, 因此, 由日本北海道大学低温科学研究所主持的“ $43^{\circ}N$ 计划”, 将天山冰川观测实验站列入观测点之一。主持人富田正已教授近6年及曾根敏雄博士曾多次访问天山站, 并提供了一些自动地温数采仪。目前地温观测已取得了连续、准确的记录, 这在中国和全球都是极宝贵的, 这批数据已经进入全球冻土温度数据库(GGD)。国际地温监测计划也认为天山冻土温度观测对该计划的中国部分不可或缺。

2 观测方法

1990—1991年夏季, 钻探过程中下69mm 的列缝钢管护井。钻井工作结束后3个月, 先后在5个钻孔设立了地温观测点。使用了前苏联科学院西伯利亚冻土研究所研制的电阻温度计。该温度计采用惠斯通电桥量取电阻, 然后查算地温, 经过校正后的精度不低于 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。但是手续繁琐, 标定困难, 且在野外低温环境下毁损严重。因此, 1993年在天山冰川试验站基金支持下, 全部更新了观测仪器, 采用中国科学院兰州冰川冻土研究所研制的电阻式地温读数仪, 经标定和校正后, 观测精度可达到 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。该仪器稳定性和可重复性好。1993年中亚高山冻土研究课题结束后, 地温监测工作正式移交到天山冰川站。

在上述的手动观测中, 一般每月在月初和月中观测一次。在位于站西侧的4[#]孔, 1993年夏季有逐日地温记录。

1994年9月在位于冰达坂的5[#]钻孔中更换了 Datamark 地温数采仪。观测时间间隔为2

表1—2 天山冰川观测试验站1# 冻土钻孔月平均地温逐月记录

年 月 深度(m)	1993											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	-10.6	-7.0	-5.7	-3.2	-0.1	1.7		5.0	5.2	0.5	-1.5	-6.7
1.0	-6.4	-5.5	-4.7	-2.7	-0.7	0.5		3.0	3.5	0.8	0.0	-4.7
1.5	-3.5	-4.4	-4.1	-3.0	-1.1	0.4		1.7	2.3	0.9	0.0	-0.8
2.0	-1.3	-3.3	-3.5	-2.9	-1.3	0.3		0.5	1.4	0.9	0.1	0.0
3.0	-0.2	-1.8	-2.4	-2.4	-1.6	-0.8		-0.5	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2
5.0	0.0	-0.4	-1.0	-1.4	-1.2	-0.9		-0.8	-0.5	-0.4	-0.5	-0.5
7.0	-0.2	-0.4	-0.5	-0.8	-0.8	-0.7		-1.0	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8
10.0	-0.1	-0.3	-0.2	-0.8	-0.1	-0.1		-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.9
15.0	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.3		-0.7	-0.7	-0.8	-0.9	-0.8
20.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	-0.2	-0.1		-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8
24.0	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.4		-0.6	-0.7	-0.7	-0.6	-0.8
25.0								-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8

表1—3 天山冰川观测试验站1# 冻土钻孔月平均地温逐月记录

年 月 深度(m)	1994								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.5	-11.5	-9.7	-7.6	-1.3	-0.1	0.9	5.6	6.8	2.3
1.0	-7.3	-8.7	-6.9	-2.1	-1.0	-0.5	1.8	4.9	2.6
1.5	-4.5	-5.6	-6.3	-2.5	-1.2	-0.7	1.9	3.0	3.0
2.0	-1.9	-4.5	-4.6	-2.3	-1.3	-0.9	0.0	1.5	3.8
3.0	-0.2	-1.5	-3.2	2.4	-1.5	-1.2	-0.9	-0.1	-0.1
4.0	-0.2	-0.3	-0.8	-1.4	-1.3	-1.2	-0.9	-0.6	0.7
5.0	-0.6	-0.6	-0.7	-0.9	-1.0	-1.1	-1.0	-1.0	0.7
7.0	-0.9	-0.7	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8	-1.0	-1.0	-0.8
9.0	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-0.5	-0.6
11.0	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.8	-0.9	-0.6
13.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-0.9	-0.6
13.5	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6

表2—1 天山冰川观测试验站2[#]冻土钻孔月平均地温逐月记录

年 月 深度(m)	1990				
	8	9	10	11	12
0.5	3.9	4.3	0.6	-3.1	-8.4
1.0	3.1	3.0	1.0	-0.2	-2.6
1.5	2.0	2.3	0.8	0.1	0.0
2.0	1.2	1.6	0.6	0.0	0.1
3.0	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1
4.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
5.0	0.0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
7.0	0.0	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4
9.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.4
11.0	-0.3	-0.3	-0.3	-0.7	-0.8
13.0	-0.4	-0.5			
13.5	-0.6	-0.6			

表2—2 天山冰川观测试验站2[#]冻土钻孔月平均地温逐月记录

年 月 深度(m)	1991											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	-9.4	-8.5	-6.6	-1.1	0.6	2.4	4.2	3.8	3.0	0.5	-2.5	-8.1
1.0	-5.5	-5.3	-4.4	-1.5	-0.2	0.6	1.9	2.1	2.5	0.9	0.0	-3.4
1.5	-2.1	-3.3	-4.6	-1.6	-0.3	-0.1	0.3	0.5	1.2	0.9	0.1	-0.3
2.0	-0.2	-1.1	-2.4	-1.4	-0.4	-0.1	-0.1	0.0	0.6	0.7	0.2	0.2
3.0	0.1	0.0	0.0	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	0.0	0.0	0.1
4.0	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.2	-0.1
5.0	-0.2	-0.2	-0.2	0.3	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2
7.0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.5
9.0	-0.5	-0.6	-0.6	-0.4	-0.4	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6
11.0	-0.8	-1.0	-0.8	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6

表2-3 天山冰川观测试验站2#冻土钻孔月平均地温逐月记录

年 月 深度(m)	1992											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	-10.8	-10.2	-6.4	-1.4	0.2	1.8	7.5	4.6	1.2	-0.2	-3.7	-6.5
1.0	-6.5	-5.9	-4.9	-2.4	-0.5	0.0	0.8	1.8	1.2	0.2	-0.1	-2.5
1.5	-2.1	-2.9	-3.4	-2.6	-0.7	-0.2	-0.1	0.3	0.5	0.1	0.1	-0.7
2.0	0.0	-1.5	-2.2	-3.1	-1.1	-0.6	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.3
3.0	0.2	0.0	-0.9	-1.9	-1.1	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
4.0	0.0	-0.2	-0.4	-1.3	-1.2	-0.8	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	-0.3	-0.3
5.0	0.2	-0.2	-0.4	-0.8	-1.0	-0.9	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.4
7.0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.8	-0.9	-0.9	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.6
9.0	-0.4	0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7
11.0	-0.2	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8

表2-4 天山冰川观测试验站2#冻土钻孔月平均地温逐月记录

年 月 深度(m)	1993											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	-9.9	-6.5	-5.5	-2.8	-0.1	2.8	5.0	4.5	3.7	-0.2	-1.9	-6.8
1.0	-6.0	-5.3	-4.8	-3.0	-0.8	0.2	1.0	2.2	1.8	0.4	-0.5	-4.1
1.5	-3.1	-4.3	-4.2	-3.7	-1.4	-0.2	-0.2	0.3	0.7	0.1	-0.6	-2.8
2.0	-1.6	-2.9	-3.6	-2.5	-1.1	-0.1	-0.3	0.3	0.3	0.3	-0.6	-1.0
3.0	-0.4	-2.0	-3.0	-2.6	-1.8	-1.0	-0.8	-0.5	-0.4	-0.8	0.8	-1.3
5.0	-0.3	-0.6	-1.0	-1.4	-1.3	-1.1	-1.0	-0.8	-0.7	-1.1	-1.0	-1.5
7.0	-0.3	-0.4	-0.6	-0.8	-0.9	-0.9	-1.2	-1.0	-0.9	-1.3	1.2	-1.6
11.0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-1.0	-0.9	-0.8	-1.0	-1.0	-0.8

表2—5 天山冰川观测试验站2# 冻土钻孔月平均地温逐月记录

年 月 深度(m)	1994						
	8	2	3	4	5	6	7
0.5	-6.8	-10.3	-2.6	0.2	2.1	3.9	5.0
1.0	-4.1	-5.9	-2.4	-0.3	0.1	1.2	2.5
1.5	-2.8	-2.6	-2.6	-0.6	0.0	-0.2	0.6
2.0	1.0	-0.5	-2.3	-0.7	-0.3	-0.3	0.3
3.0	-1.3	-0.6	-2.5	-1.5	-0.6	-0.3	-0.7
5.0	-1.5	-0.9	-1.6	-1.6	-0.9	-0.8	-0.9
7.0	-1.6	-1.2	-1.0	-1.4	-0.9	-1.0	-0.8
10.0	-0.8	-1.0	-0.8	-1.0	-0.7	-0.8	-0.8

3 存在问题

经费和仪器是长期监测的主要问题。由于目前站上使用的仪器比较落后,毁损较多,稳定性较差,严重影响了资料的可靠性和连续性。同时手动观测受观测者技术熟练程度、责任心等的影响较大。经费不足导致了破损温度计不能及时更换。温度计由于没有备份,标定存在很大困难。目前国际上大多采用自动数采仪。当务之急,在于用高分辨率、稳定性好的自动观测更换手动观测。这只能通过站上和院里支持以及争取国际合作来解决。

同时,钻孔在空间布设上也存在一定问题。由于经费限制,所有钻孔均未穿透多年冻层,温度监测无法观测到冻土底板的变化情况。同时,在冻土下界2900m处,地温变化强烈的地方没有布置地温观测钻孔。这些都在一定程度上影响了天山冰川站地温监测场在全球地温观测网中的重要地位。

4 观测结果

过去6年资料的初步分析显示:

- (1) 30—60m 地温在观测期间上升了约0.1℃(0.5—30.0m)。
- (2) 各孔浅层地温下降趋势明显。
- (3) 由于钻进时,未对剖面冻土的热物理参数进行测定,地温场的模拟反演存在很大困难。
- (4) 地温观测印证了关于天山冰川站区在区域气候代表性差方面的论证。同时表明乌鲁木齐河源气候变幅较小,全新世以来冻土仍在加积。
- (5) (1)和(2)的结果并不矛盾。它揭示了区域气候变暖背景之下,短周期(10年)的相对寒冷阶段地温变化情况和地表温度变化随深度的滞后过程。近年来河西的冷龙岭和乌稍岭地区地气温度也观测到了下降趋势。最近在 Alaska 和 Quebec 也观测到了多年冻土地温下降,冻土加积的现象。这表明全球气候变化存在强烈的区域分异;或者,至少多年冻土温度记录并未显示“全球变暖”的迹象。

表3-1 天山冰川观测试验站3[#]冻土钻孔月均地温记录

年 月 深度(m)	1991												1992																			
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	3.7	0.5	-1.6	-2.7	-4.0	-10.4	-9.1	-1.9	-0.6	0.5	2.4	2.8	2.0	0.1	-2.1	-6.1	1.6	0.3	0.0	-1.5	-5.4	-7.5	-7.3	-3.6	-1.3	-0.5	-0.5	0.0	0.6	-0.2	-0.2	-3.7
1.0	0.1	0.1	-0.1	-0.3	-1.1	-5.1	-6.1	-4.2	-2.5	-1.1	-1.3	-0.9	-0.7	-0.8	-0.7	-0.2	0.1	0.1	-0.1	-0.3	-1.1	-5.1	-6.1	-4.2	-2.5	-1.1	-1.3	-0.9	-0.7	-0.8	-0.7	-0.2
2.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	-3.9	-5.2	-4.2	-2.7	-1.8	-1.4	-1.1	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	-3.9	-5.2	-4.2	-2.7	-1.8	-1.4	-1.1	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5
3.0	-0.5	-0.8	-0.7	-0.8	-0.4	-2.2	-4.1	-4.1	-3.1	-2.4	-1.9	-1.6	-1.2	-1.0	-0.8	-0.7	-0.5	-0.8	-0.7	-0.8	-0.4	-2.2	-4.1	-4.1	-3.1	-2.4	-1.9	-1.6	-1.2	-1.0	-0.8	-0.7
5.0	-0.9	-1.2	-1.0	-1.0	-0.1	-1.2	-2.3	-3.0	-2.8	-2.5	-2.1	-1.9	-1.7	-1.4	-1.2	-1.2	-0.9	-1.2	-1.0	-1.0	-0.1	-1.2	-2.3	-3.0	-2.8	-2.5	-2.1	-1.9	-1.7	-1.4	-1.4	-1.2
7.0	-1.2	-1.6	-1.6	-1.6	-1.2	-1.5	-2.0	-1.8	-2.0	-2.2	-2.2	-2.2	-2.0	-1.9	-1.8	-1.6	-1.2	-1.6	-1.6	-1.6	-1.2	-1.5	-2.0	-1.8	-2.0	-2.2	-2.2	-2.2	-2.0	-1.9	-1.8	-1.6
10.0	-1.5	-1.7	-1.6	-1.8	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.8	-2.0	-1.9	-2.0	-1.9	-1.9	-1.8	-1.8	-1.5	-1.7	-1.6	-1.8	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.8	-2.0	-1.9	-2.0	-1.9	-1.9	-1.8	-1.8
15.0	-1.4	-1.6	-1.5	-1.6	-1.4	-1.6	-1.5	-1.5	-1.5	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.4	-1.6	-1.5	-1.6	-1.4	-1.6	-1.5	-1.5	-1.5	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.7	-1.6
17.0	-1.4	-1.6	-1.6	-1.7	-1.6	-1.7	-1.7	-1.5	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.5	-1.5	-1.4	-1.6	-1.6	-1.7	-1.6	-1.7	-1.7	-1.5	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.7	-1.8	-1.7
20.0	-1.4	-1.6	-1.6	-1.7	-1.5	-1.7	-1.7	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.5	-1.5	-1.5	-1.4	-1.6	-1.6	-1.7	-1.5	-1.7	-1.7	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
25.0	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.4	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.4	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
30.0	-1.3	-1.4	-1.3	-1.4	-1.2	-1.5	-1.5	-1.4	-1.6	-1.7	-1.5	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.3	-1.4	-1.3	-1.4	-1.2	-1.5	-1.5	-1.4	-1.6	-1.7	-1.5	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
35.0	-1.2	-1.4	-1.4	-1.6	-1.4	-1.5	-1.7	-1.6	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.7	-1.8	-1.6	-1.2	-1.4	-1.4	-1.6	-1.4	-1.5	-1.7	-1.6	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.7	-1.8	-1.8	-1.6
40.0	-1.1	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.3	-1.3	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.1	-1.1	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.3	-1.3	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.3	-1.2	-1.1
50.0	-0.9	-1.0	-0.9	-1.0	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-0.9	-1.0	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9
59.0	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8

表3-2 天山冰川观测试验站3[#]冻土钻孔月均地温记录

年 月 深度(m)	1993											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	-9.9	-7.5	-6.8	-4.3	-0.6	0.6	1.9	3.1	2.4	-0.1	-0.9	-5.2
1.0	-6.7	-6.6	-6.2	-4.5	-1.7	-0.9	-0.4	0.4	0.5	-0.3	-0.1	-3.1
1.5	-3.9	-5.6	-5.5	-4.5	-2.4	-1.5	-1.1	-0.6	-0.3	-0.7	-0.3	-2.8
2.0	-2.3	-4.7	-5.1	-4.3	-2.8	-1.9	-1.5	-1.1	-0.8	-0.9	-0.5	-1.5
3.0	-1.2	-3.3	-3.9	-3.8	-3.0	-2.3	-1.8	-1.6	-1.1	-1.2	-0.7	-1.7
5.0	-1.3	-1.9	-2.5	-2.9	-2.8	-2.5	-2.2	-2.0	-1.7	-1.5	-1.5	-1.7
7.0	-1.5	-1.6	-1.8	-2.0	-2.2	-2.2	-2.2	-2.0	-2.0	-1.6	-1.8	-1.4
10.0	-1.4	-1.5	-1.6	-1.4	-1.5	-1.7	-1.9	-1.9	-2.0	-1.7	-1.9	-1.6
15.0	-1.8	-1.9	-2.0	-1.9	-1.7	-1.8	-1.6	-1.6	-1.6	-1.5	-1.6	-1.4
20.0	-1.4	-1.6	-1.6	-1.3	-1.4	-1.3	-1.5	-1.5	-1.5	-1.4	-1.4	-1.4
25.0	-1.1	-1.2	-1.2	-0.8	-0.9	-0.9	-1.4	-1.6	-1.4	-1.3	-1.6	-1.2
30.0	-1.2	-1.6	-1.5	-1.2	-1.3	-1.2	-1.4	-1.4	-1.4	-1.5	-1.3	-1.2
40.0	-1.0	-1.2	-1.2	-0.9	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-1.2	-1.0	-1.4	-1.0
50.0	-0.7	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.6	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	-1.2	-0.9
59.0	-0.6	-1.0	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-1.0	-0.8

表3-3 天山冰川观测试验站3[#]冻土钻孔月均地温记录

年 月 深度(m)	1994											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	-8.9	-9.2	-7.3	-2.9	-2.4	-0.2	0.5	4.5	2.1	0.2	-0.4	-3.2
1.0	-4.9	-7.0	-6.7	-3.3	-2.3	-0.7	-0.9	1.0	0.5	0.1	0.0	-0.9
1.5	-2.0	-5.3	-5.9	-3.7	-2.9	-1.2	-1.3	0.8	0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2.0	1.2	-4.1	-5.1	-3.8	-3.1	-1.6	-1.7	0.0	-0.1	-0.2	-1.0	-1.4
3.0	-0.9	-2.6	-4.0	-3.7	-3.5	-1.9	-2.0	-1.0	-0.9	-0.8	-1.1	-0.8
5.0	-1.5	-2.6	-2.1	-2.7	-3.6	-2.2	-2.3	-1.5	-1.3	-1.2	-1.4	-1.4
7.0	-1.6	-2.1	-1.6	-1.8	-2.7	-1.8	-2.0	-1.5	-1.6	-1.8	-1.9	-1.4
10.0	-1.8	-2.1	-1.6	-1.5	-2.3	-1.4	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8
15.0	-1.8	-1.8	-1.6	-1.4	-1.6	-1.6	-1.4	-1.5	-1.4	-1.5	-1.5	-1.6
20.0	-1.7	-1.8	-1.6	-1.4	-1.5	-1.4	-1.4	-1.4	-1.4	-1.3	-1.3	-1.4
25.0	-1.6	-1.5	-1.4	-1.2	-1.4	-1.4	-1.4	-1.5	-1.5	-1.4	-1.4	-1.5
30.0	-1.6	-1.6	-1.4	-1.3	-1.4	-1.4	-1.3	-1.1	-1.2	-1.4	-1.6	-1.6
40.0	-1.4	-1.2	-1.1	-1.0	-1.1	-1.1	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-0.8	-1.0
50.0	-1.2	-1.1	-0.9	-0.9	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0
59.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8

表3-4 天山冰川观测试验站3[#]冻土钻孔月均地温记录

年 月 深度(m)	1995							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0.5	-6.9	-8.8	-8.3	-3.6	-1.2	-0.4	0.5	-0.1
1.0	-3.4	-6.6	-6.8	-3.4	-2.2	-0.7	-1.5	0.1
1.5	-2.0	-5.2	-5.7	-3.7	-2.9	-2.4	-2.4	-1.3
2.0	-1.4	-1.4	-1.4	-1.2	-1.8	-1.9	-2.4	-1.0
3.0	-1.0	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-1.3	-1.4	-1.3
5.0	-1.0	-1.2	-1.0	-1.0	-1.0	-0.9	-1.2	-0.8
7.0	-1.4	-1.2	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-1.5	-1.5
10.0	-2.0	-1.8	-1.8	-2.2	-2.0	-1.5	-2.0	-1.6
15.0	-1.4	-1.6	-1.6	-1.4	-1.2	-1.5	-1.7	-1.5
20.0	-1.2	-1.1	-1.3	-1.2	-1.0	-1.2	-1.6	-1.4
25.0	-1.2	-1.1	-1.1	-1.0	-1.1	-0.9	-1.3	-1.2
30.0	-1.6	-1.6	-1.5	-1.4	-1.3	-1.7	-1.3	-1.2
40.0	-0.8	-0.9	-0.6	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-0.9
50.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.2
59.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9	-0.9

表4-1 天山冰川观测试验站4°冻土钻孔月均地温记录

深度(m)	1990年											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15.5	-1.4	-1.7	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8
15.0	-1.1	-1.6	-1.6	-1.7	-1.7	-1.7	-1.7	-1.7	-1.8	-1.8	-1.7	-1.7
13.0	-1.2	-1.6	-1.6	-1.7	-1.7	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8
11.0	-1.1	-1.5	-1.5	-1.7	-1.7	-1.7	-1.7	-1.7	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8
9.0	-1.3	-1.7	-1.7	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.7	-1.7	-1.7	-1.6	-1.6
7.0	-1.3	-1.5	-1.5	-1.7	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-0.6	-0.6	-1.5	-1.5
5.0	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.4	-0.4	-1.1	-1.1	-1.1
4.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
3.0	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
2.0	0.5	-0.1	0.5	-0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
1.5	0.6	0.3	0.6	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1
1.0	1.8	1.4	1.8	1.4	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.3	-0.3
0.5	3.3	2.7	3.3	2.7	0.6	0.6	0.1	0.1	0.1	-3.4	-3.4	-3.4
	8	9	10	11	12							

表4-2 天山冰川观测试验站4°冻土钻孔月均地温记录

深度(m)	1991年											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15.5	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8
15.0	-1.7	-1.8	-1.8	-1.7	-1.7	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8
13.0	-1.8	-1.8	-1.8	-1.6	-1.8	-1.8	-1.8	-2.0	-1.9	-1.9	-1.8	-1.8
11.0	-1.7	-1.7	-1.4	-1.7	-1.8	-1.9	-1.8	-2.0	-1.8	-1.8	-1.8	-1.7
9.0	-1.6	-1.6	-1.4	-1.7	-1.9	-2.0	-2.0	-2.1	-1.9	-1.7	-1.7	-1.6
7.0	-1.3	-1.4	-1.7	-2.1	-2.3	-2.2	-2.0	-2.1	-1.7	-1.6	-1.5	-1.4
5.0	-1.0	-2.0	-2.8	-3.0	-2.6	-2.2	-1.8	-1.7	-1.4	-1.2	-1.0	-1.0
4.0	-1.0	-3.0	-3.9	-3.4	-2.7	-2.1	-1.5	-1.2	-1.1	-0.9	-0.7	-0.6
3.0	-1.3	-4.2	-4.7	-3.8	-2.5	-1.8	-1.0	-1.1	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4
2.0	-1.8	-5.9	-5.6	-3.3	-1.9	-1.2	-0.1	-0.1	0.0	0.2	0.1	0.0
1.5	-2.8	-7.3	-6.2	-3.2	-1.8	-1.1	-0.1	0.0	0.6	0.2	0.0	-0.3
1.0	-5.6	-8.5	-6.5	-2.6	-1.3	-0.5	0.6	0.0	1.5	0.4	0.0	-1.7
0.5	-8.5	-10.0	-7.1	-1.9	-0.5	0.6	3.0	3.1	2.9	0.1	-1.4	-6.0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

表4-3 天山冰川观测试验站4[#]冻土钻孔月均地温记录

年 月 深度(m)	1992											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	-9.1	-9.8	-7.8	-2.2	-0.6	0.2	2.2	3.8	1.2	0.2	-0.8	-4.7
1.0	-5.9	-7.9	-7.2	-3.3	-1.4	-0.7	0.0	0.9	1.0	0.2	0.0	-1.8
1.5	-3.8	-5.9	-6.7	-4.0	-1.9	-1.2	-0.6	0.0	0.5	0.2	0.1	-0.5
2.0	-1.8	-5.2	-5.9	-4.1	-2.1	-1.4	-0.8	-0.5	-0.1	0.1	0.0	-0.1
3.0	-0.8	-3.8	-4.7	-4.1	-2.6	-1.8	-1.3	-1.0	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5
4.0	-0.8	-2.8	-4.3	-3.8	-3.0	-2.2	-1.7	-1.4				
5.0	-0.8	-2.2	-2.3	-3.1	-2.7	-2.3	-1.9	-1.6	-1.3	-1.2	-1.0	-0.9
7.0	-1.4	-1.4	-1.7	-2.1	-2.3	-2.2	-2.0	-1.8	-1.6	-1.6	-1.4	-1.4
9.0	-1.6	-1.6	-1.6	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	-1.7				
10.0									-1.6	-1.6	-1.5	-1.5
11.0	-1.7	-1.6	-1.6	-1.6	-1.8	-1.8	-1.9	-1.9				
13.0	-1.7	-1.8	-1.7	-1.8	-1.8	-1.9	-1.9	-1.6				
14.0									-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
15.0	-1.7	-1.8	-1.7	-1.7	-1.8	-1.7	-1.7	-1.6	-1.6	-1.8	-1.6	-1.7
15.5	-1.7	-1.8	-1.7	-1.6	-1.7	-1.7	-1.7	-1.7				

表4-4 天山冰川观测试验站4[#]冻土钻孔月均地温记录

年 月 深度(m)	1993											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	-10.0	-8.0	-7.8	-4.6	-0.6	0.2	2.0	1.7	3.0	-2.0	-1.1	-5.5
1.0	-7.2	-7.9	-7.1	-4.8	-1.6	-0.6	0.0	1.2	1.4	-1.7	-0.1	-3.5
1.5	-4.9	-6.8	-6.5	-4.8	-2.2	-1.1	-0.5	0.2	1.0	-1.3	-0.1	-2.8
2.0	-3.1	-5.8	-5.9	-4.5	-2.4	-1.3	-0.8	-0.3	0.0	-1.6	-0.1	-1.2
3.0	-1.9	-4.3	-4.0	-3.8	-3.1	-2.1	-1.5	-1.0	-0.8	-2.0	-0.6	-1.0
5.0	-1.1	-2.0	-3.4	-2.3	-2.9	-2.3	-2.0	-1.6	-1.4	-2.0	-1.2	-1.5
7.0	-1.4	-1.6	-2.1	-2.0	-2.4	-2.4	-2.1	-2.0	-1.8	-2.0	-1.7	-1.7
10.0	-1.5	-1.5	-1.7	-1.8	-1.6	-1.8	-1.8	-1.7	-1.9	-2.1	-1.8	-1.8
14.0	-1.8	-2.0	-2.0	-1.9	-1.8	-1.8	-1.6	-1.6	-1.8	-2.0	-1.9	-1.8
15.0	-1.9	-2.0	-2.1	-2.0	-1.9	-1.9	-1.6	-1.5	-1.8	-2.0	-1.9	-1.8

表4-5 天山冰川观测试验站4[#]冻土钻孔月均地温记录

年 月 深度(m)	1994											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	-9.2	-10.2	-7.4	-2.9	0.4	0.4	2.9	4.1	2.0	-0.2	-0.8	-9.4
1.0	-6.1	-7.9	-7.4	-3.4	-1.2	-0.2	1.2	3.1	1.5	0.2	0.1	-6.9
1.5	-4.7	-6.2	-6.6	-3.6	-1.7	-0.6	-0.2	1.5	0.6	0.2	0.1	-5.6
2.0	-2.1	-4.9	-5.7	-3.8	-2.1	-0.9	-0.8	0.5	0.2	-0.1	-0.1	0.0
3.0	-1.5	-3.3	-4.8	-4.0	-2.7	-1.5	-1.4	-1.0	-1.0	-1.0	-0.4	-0.4
5.0	-1.2	-1.3	-2.6	-2.7	-2.7	-1.9	-1.9	-1.8	-1.7	-1.6	-1.0	-0.8
7.0	-1.6	-1.5	-1.7	-1.8	-2.4	-1.9	-2.1	-2.2	-1.9	-1.6	-1.0	-1.3
10.0	-1.9	-1.6	-1.4	-1.1	-1.6	-1.3	-1.8	-2.0	-1.8	-1.7	-1.6	-1.5
14.0	-2.0	-1.5	-1.4	-1.2	-1.7	-1.3	-1.7	-1.6	-1.7	-1.8	-1.7	-1.6
15.0	-2.0	-1.5	-1.7	-1.2	-1.7	-1.3	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.7	-1.6

表4-6 天山冰川观测试验站4[#]冻土钻孔月均地温记录

年 月 深度(m)	1995												1996	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
0.5	-7.9	-9.0	-8.4	-4.4	1.6	0.0	0.0	3.4	3.3	1.2	-1.0	-4.9	-9.3	-10.1
1.0	-4.6	-7.0	-6.9	-4.8	-2.3	-0.2	-0.1	1.0	1.3	0.5	-0.2	-2.9	-7.5	-9.4
1.5	-1.1	-5.6	-5.9	-5.0	-2.8	-0.6	-0.4	0.2	0.6	0.1	-0.4	-2.9	-6.2	-8.4
2.0	-0.8	-4.5	-3.9	-5.2	-3.1	-0.9	-0.6	-1.4	0.2	-0.1	-0.4	-1.1	-5.4	-7.4
3.0	-0.4	-3.2	-3.0	-4.4	-3.6	-1.4	-1.8	-0.9	-0.6	-0.5	-0.5	-0.9	-3.5	-5.9
5.0	-1.0	-1.4	-2.0	-3.6	-2.4	-1.7	-2.1	-1.4	-1.2	-1.2	-1.3	-1.3	-1.2	-1.7
7.0	-1.4	-1.3	-1.5	-2.1	-2.1	-1.6	-2.2	-1.7	-1.6	-1.6	-1.7	-1.8	-1.5	-1.5
10.0	-1.6	-1.5	-1.5	-1.5	-1.7	-1.1	-1.8	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0	-2.0	-1.5
14.0	-1.6	-1.7	-1.7	-1.8	-1.6	-1.1	-1.8	-1.6	-1.6	-1.7	-1.8	-2.0	-1.9	-1.8
15.0	-1.6	-1.7	-1.7	-1.8	-1.6	-1.2	-1.8	-1.6	-1.6	-1.8	-2.0	-2.1	-1.9	-1.9

表5-1 天山冰川观测试验站5[#]冻土钻孔月均地温记录

年 月 深度(m)	1991				1992											
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	1.6	-2.5	-11.5	-13.5	-16.6	-15.0	-9.5	-4.5	-1.0	0.8	3.8	2.2	0.2	-3.4	-10.8	-14.1
1.0	1.2	-0.9	-8.3	-10.9	-14.0	-13.1	-11.8	-5.7	-1.7	0.4	1.0	1.2	0.1	-1.8	-8.8	-11.3
1.5	0.7	-0.2	-6.1	-8.6	-11.6	-11.7	-11.2	-6.9	-2.5	-0.5	-0.4	0.0	0.0	-1.2	-5.8	-8.9
2.0	0.4	-0.2	-3.9	-6.7	-9.2	-10.1	-10.2	-7.5	-3.7	-1.4	-1.1	-0.4	-0.5	-0.9	-4.2	-7.4
3.0	-0.4	-0.7	-2.4	-4.9	-7.1	-8.4	-9.3	-8.3	-5.6	-3.0	-2.2	-1.5	-1.6	-1.2	-3.1	-5.9
5.0	-1.4	-1.7	-2.2	-3.6	-5.0	-6.7	-7.6	-8.1	-7.1	-5.0	-4.0	-3.0	-3.0	-2.2	-2.7	-4.4
7.5	-3.1	-2.8	-2.6	-3.5	-4.9	-4.9	-6.2	-6.6	-6.8	-6.0	-5.1	-4.2	-4.1	-3.2	-3.0	-3.6
10.0	-4.2	-3.9	-3.6	-3.8	-4.4	-4.8	-4.9	-5.8	-6.2	-6.0	-5.7	-5.1	-4.8	-4.0	-3.8	-3.8
15.0	-5.1	-4.9	-4.6	-4.4	-4.4	-4.4	-4.6	-4.8	-5.2	-5.4	-5.5	-5.5	-5.2	-4.9	-4.7	-4.6
17.0	-5.0	-4.9	-4.8	-4.6	-4.4	-4.6	-4.5	-4.6	-4.9	-5.0	-5.1	-5.1	-5.1	-4.9	-4.7	-4.7
18.0	-5.2	-5.1	-5.0	-4.8	-4.8	-4.8	-4.7	-4.8	-5.0	-5.1	-5.2	-5.2	-5.2	-5.2	-5.0	-4.9

表5-2 天山冰川观测试验站5[#]冻土钻孔月均地温记录

年 月 深度(m)	1993											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	-17.5	-13.5	-13.2	8.3	-1.0	0.7	1.4	1.8	1.4	-2.5	-8.2	-12.4
1.0	-14.6	-12.3	-12.0	-8.4	-1.8	0.4	0.8	1.1	1.0	-2.2	-6.4	-11.5
1.5	-12.2	-11.6	-11.6	-8.8	-2.5	-0.6	-0.4	0.2	0.2	-1.5	-4.8	-7.5
2.0	-10.1	-10.3	-10.2	-9.0	-3.6	-1.3	-1.1	-0.5	-0.4	-1.8	-4.0	-6.5
3.0	-7.9	-9.2	-10.0	-9.1	-5.5	-3.0	-2.4	-1.5	-1.1	-2.0	-2.9	-5.0
5.0	-5.3	-7.0	-7.8	-7.9	-6.7	-4.8	-3.9	-3.2	-2.4	-2.9	-2.5	-4.0
7.0	-4.1	-5.4	-6.4	-6.8	-7.1	-5.9	-5.4	-4.4	-3.6	-3.6	-3.0	-3.8
10.0	-3.6	-4.2	-4.7	-5.3	-5.7	-5.7	-5.9	-5.4	-4.8	-4.4	-3.5	-4.2
16.0	-4.4	-4.4	-4.5	-4.5	-4.8	-5.0	-5.4	-5.3	-5.2	-5.1	-5.0	-4.8
18.0	-4.4	-4.4	-4.4	-4.4	-4.5	-4.7	-5.2	-5.2	-5.2	-5.3	-5.2	-5.0

表5-3 天山冰川观测试验站5[#]冻土钻孔月均地温记录

年 月 深度(m)	1994											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	-17.8	-16.3	-12.8	-5.2	-0.8	0.2	1.6	2.9	4.4	-3.7	-8.3	-14.1
1.0	-14.3	-13.9	-9.4	-5.3	-1.4	0.0	0.5	1.8	3.7	-2.1	-7.3	-12.2
1.5	-12.2	-12.9							2.3	-0.3	-3.9	-7.2
2.0	-9.6	-10.8	-11.5	-7.5	-3.7	-1.7	-0.9	-0.3	-1.1	-1.3	-2.4	-4.2
3.0	-7.5	-8.7	-10.1	-7.6	-5.7	-3.8	-2.2	-1.2				
4.0									-1.1	-1.3	-2.4	-4.2
5.0	-5.1	-6.4	-8.0	-8.1	-7.2	-5.4	-4.0	-2.8				
6.0									-2.7	-2.4	-2.5	-3.4
7.0	-4.7	-5.1	-6.5	-7.2	-7.4	-6.2	-5.1	-4.1				
10.0	-5.1	-4.4	-5.5	-5.7	-6.7	-7.4	-5.7	-5.3	-4.5	-4.1	-3.8	3.8
15.0									-5.1	-5.1	-4.8	-4.6
16.0	-5.2	-4.6	-4.7	-5.2	-5.6	-5.4	-5.2	-5.4				
18.0	-5.5	-4.8	-4.7	-4.8	-5.4	-5.4	-5.0	-5.4	-5.2	-5.2	-5.1	-5.0

表5-4 天山冰川观测试验站5[#]冻土钻孔月均地温记录

年 月 深度(m)	1995									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.5	-18.1	-15.2	-12.5	-4.4	0.4	2.6	3.8	3.7	1.6	-2.5
1.0	-16.4	-14.8	-12.7	-5.8	-0.4	0.6	1.7	2.1	0.9	-1.2
2.0	-10.5	-11.4	-10.9	-7.9	-2.2	-1.2	-0.5	-0.2	0.0	0.0
4.0	-6.5	-8.2	-8.9	-8.5	-6.2	-4.1	-2.9	-2.1	-1.5	-1.2
6.0	-4.8	-6.2	-7.2	-7.6	-7.1	-5.6	-4.4	-3.5	-2.9	-2.4
10.0	-4.0	-4.5	-5.2	-5.8	-6.2	-6.1	-5.6	-5.1	-4.6	-4.1
15.0	-4.6	-4.6	-4.7	-4.9	-5.2	-5.4	-5.4	-5.4	-5.2	-5.0
18.0	-4.9	-4.8	-4.8	-4.9	-5.0	-5.2	-5.3	-5.3	-5.3	-5.2

新疆天山乌鲁木齐河上游种子植物名录

刘光秀 2) 陈桂琛 1) 彭 敏 1) 沈永平 2) 卢学锋 1)

1) 中国科学院西北高原生物研究所

2) 中国科学院兰州冰川冻土研究所

中国科学院天山冰川观测试验站是以现代冰川、冰川水文气象和冰雪物理为主要研究对象,并开展多学科高山带自然过程研究。自 1959 年建站以来,在冰川、水文气象、冰雪物理、冻土与冰缘、地貌与第四纪冰川环境等方面取得了大量的研究成果,但是,现代生态环境的研究一直是一个薄弱环节,因此,在站研究基金的资助下,与 1995 年开始进行了“天山站地区植被空间分布特征与植物物种多样性的研究”,1995 年夏天,对天山乌鲁木齐河上游地区(英雄桥以上)的植被状况进行了调查,调查大样地 20 余个,采集植物标本 400 多份。野外结束后,请高原生物所的有关专家对植物标本进行了鉴定,并参考有关文献资料记载,初步完成“乌鲁木齐河上游种子植物名录”,这是整个课题成果的一部分。本项目研究亦得到中国科学院兰州分院择优基金资助,野外工作得到李钟勤站长、焦克勤副站长及天山站诸位先生的大力支持和帮助,承蒙刘尚武、卢生莲、潘锦堂、杨永昌、吴玉虎、邓德山、吴珍兰、周立华、何廷农等先生帮助鉴定植物标本。名录初步整理后,经刘尚武、卢生莲、潘锦堂、周立华几位先生审阅,并提出宝贵意见,特此致谢!由于研究者水平有限,加之时间仓促,经费有限,难免有许多纰漏,恳请各位指正。

植 物 名 录

松科 (Pinaceae)

习性:常绿灌木或小乔木,高位芽。

Picea schrenkiana Fisch. et C. A. Mey. 雪岭云杉

生境:山地河谷阳性山坡;海拔 1900—2750 米。

习性:常绿针叶乔木,高位芽。

分布:天山、阿尔泰山、西昆仑山等地;中亚、

生境:山地河谷阴性山坡;海拔 1900—2800 米。

俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

分布:天山、西昆仑山等地;准葛尔阿拉套及中亚地区也有。

杨柳科 (Salicaceae)

Populus talassica Kom. 密叶杨

习性:落叶小乔木,高位芽。

生境:山地河谷林缘;海拔 1900—2100 米。

Juniperus pseudosabina Fisch. et C. A. Mey. 新疆方枝柏

分布:新疆天山地区;中亚山地也有。

(=*Sabina pseudosabina* (Fisch. et C. A. Mey.) Cheng et W. T. Wang)*Salix alba* L. 白柳

习性:落叶小乔木或大灌木,高位芽。

生境:山地河谷;海拔 1900—2800 米。

分布: 新疆各地栽培或野生; 中亚、地中海、高加索、巴尔干地区及印度、伊朗、阿富汗、俄罗斯和欧洲也有。

S. iliensis Regel 伊犁柳

习性: 落叶大灌木, 高位芽。
生境: 云杉林缘、混交林及河谷; 海拔 2000—2700 米。
分布: 新疆天山; 中亚地区及巴基斯坦、阿富汗也有。

S. pyrolifolia Ledeb. 鹿蹄柳

习性: 落叶大灌木, 高位芽。
生境: 山地河谷; 海拔 1900—2600 米。
分布: 新疆天山; 中亚山地也有。

S. tianschanica Rupr. 天山柳

习性: 落叶大灌木, 高位芽。
生境: 山地云杉林; 海拔 1900—2600 米。
分布: 新疆天山; 中亚山地也有。

桦木科 (Betulaceae)

Betula tianschanica Rupr. 天山桦

习性: 落叶乔木, 高位芽。
生境: 林缘及混交林中; 海拔 1900—2900 米。
分布: 新疆天山; 中亚地区也有。

荨麻科 (Urticaceae)

Parietaria micrantha Ledeb. 小花墙草

习性: 一年生阴湿草本。
生境: 河边及山地石隙; 海拔 2000—2400 米。
分布: 西北、华北北部、东北、西南及台湾; 中亚地区及不丹、锡金、尼泊尔、印度、巴基斯坦、伊朗、蒙古、日本、朝鲜、俄罗斯及非洲东部也有。

Urtica cannabina L. 麻叶荨麻

习性: 多年生大草本, 地面芽。
生境: 河谷、山地草甸、灌丛及林缘; 海拔 1900—2700 米。
分布: 西北、华北及东北广布; 哈萨克斯坦、蒙古、朝鲜、俄罗斯及欧洲也有。

檀香科 (Santalaceae)

Thesium alata-ricum Kar. et Kir. 阿拉套百蕊草

习性: 多年生半寄生草本, 地面芽。
生境: 山地林缘及林下; 海拔 2000—2400 米。
分布: 新疆天山; 中亚地区也有。

Th. refractum C. A. Mey. 急折百蕊草

习性: 多年生半寄生草本, 地面芽。
生境: 山地林缘及林下; 海拔 2000—2400 米。
分布: 东北及新疆、西藏、内蒙古、河北、山西、陕西、四川、云南等地; 中亚、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

蓼科 (Polygonaceae)

Astraphaxis frutescens (L.) Eræsm. 灌木蓼

习性: 多年生灌木状、阳性草本, 地上下位芽。
生境: 山坡草地; 海拔 1900—2500 米。
分布: 新疆、甘肃等地; 俄罗斯西伯利亚地区、蒙古、中亚、高加索及欧洲也有。

Fagopyrum tataricum (L.) Gaertn. 苦荞麦

习性: 一年生阳性草本。
生境: 山坡裸地及路边; 海拔 1900—2400 米。
分布: 东北、华北、西北、西南等地; 欧亚及北美洲广布。

Koenigia islandica L. 冰岛蓼

习性: 一年生阴湿草本。
生境: 山地沼泽及灌丛草甸; 海拔 2500—3000 米。
分布: 西藏、四川、新疆、青海、甘肃等地; 中亚山地及蒙古、巴基斯坦、俄罗斯以及欧洲也有。

Oxyria digyna (L.) Hill 肾叶山蓼

习性: 多年生阴湿小草本, 具根茎, 地面芽。
生境: 高山倒石堆石隙; 海拔 3000—3800 米。
分布: 东北西部、西北、西南山地; 俄罗斯西伯利亚及亚洲、欧洲及北美洲的山地和极地地区也有。

Polygonum aviculare L. 扁蓄

习性: 一年生草本。
生境: 草原、草甸及裸土处; 海拔 1900—3500 米。

分布:全国广布;欧、亚、美洲温带地区也有。

P. cognatum Meissn. 岩生蓼

习性:多年生草本,具根茎,地面芽。

生境:草原、草甸、灌丛及林缘;海拔 1900—3300 米。

分布:新疆、内蒙古、青海等地;中亚地区及欧洲也有。

P. minus Huds. 小蓼

习性:一年生小草本。

生境:河边灌丛下;海拔 2000—2400 米。

分布:新疆、西藏及东北等地;中亚地区、印度、俄罗斯西伯利亚地区、朝鲜、日本、高加索地区及欧洲也有。

P. patulum M. Bieb. 多枝蓼

习性:一年生草本。

生境:草甸、草原及灌丛;海拔 2000—2400 米。

分布:新疆等地;中亚地区、伊朗、俄罗斯西伯利亚地区、蒙古、地中海及欧洲也有。

P. songoricum Schrenk 准葛尔蓼

习性:多年生草本,具根茎,地下芽。

生境:山地林缘;海拔 2000—3200 米。

分布:新疆、青海、宁夏、甘肃、内蒙古等地;中亚地区也有。

P. uriparum L. 珠芽蓼

习性:多年生草本,具块根,地下芽。

生境:山地林缘、草甸、灌丛;海拔 1900—3800 米。

分布:东北、华北、西北、西南等地;印度、蒙古、日本、朝鲜及欧洲也有。

Rheum wittrockii Lundstr. 天山大黄

习性:多年生草本,直根,地面芽。

生境:山地林缘及阳坡石隙;海拔 1900—2500 米。

分布:新疆天山各地;中亚山地也有。

Rumex acetosa L. 酸模

习性:多年生草本,地面芽。

生境:山地草甸及林缘;海拔 2000—2700 米。

分布:全国广布;阿富汗、蒙古、朝鲜、日本及中亚地区、欧洲、北美洲也有。

藜科 (Chenopodiaceae)

Atriplex centralasiatica Iljin 中亚滨藜

习性:一年生草本。

生境:草原及草甸;海拔 1900—2700 米。

分布:新疆、内蒙古、宁夏、甘肃、青海等地;中亚地区及蒙古也有。

A. fera (L.) Bunge 野滨藜

习性:一年生草本。

生境:草原;海拔 1900—2400 米。

分布:西北、东北、华北等地;蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

A. tatarica L. 鞑靼滨藜

习性:一年生草本。

生境:草原及河谷草地;海拔 1900—3000 米。

分布:新疆、宁夏、内蒙古、甘肃等地;俄罗斯西伯利亚地区、蒙古、哈萨克斯坦、高加索地区、土耳其、伊朗及中亚地区也有。

A. sibirica L. 西伯利亚滨藜

习性:一年生草本。

生境:草甸及草原;海拔 1900—2900 米。

分布:东北、西北、华北等地;中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

Axyris amaranthoides L. 轴藜

习性:一年生草本。

生境:山地草原;海拔 1900—2400 米。

分布:东北、西北、华北等地;前苏联、蒙古、日本、朝鲜及欧洲也有。

A. hybrida L. 杂配轴藜

习性:一年生草本。

生境:山地草原、灌丛;海拔 1900—2800 米。

分布:东北、西北、西南等地;中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区也有。

A. prostrata L. 平卧轴藜

习性:一年生草本。

生境:山地草原、灌丛;海拔 1900—2600 米。

分布:新疆、西藏、青海、内蒙古等地;蒙古及前苏联也有。

Chenopodium album L. 白藜

习性:一年生草本。生境:山地草原、灌丛;海拔 1900—2800 米。

分布: 世界各地广布。

Ch. glaucum L. 灰绿藜

习性: 一年生草本。

生境: 河边盐碱地; 海拔 1900—2600 米。

分布: 东北、西北、华北及江苏、浙江、湖北等地; 世界广布。

Ch. prostratum Bunge 平卧藜

习性: 一年生草本。

生境: 山地草原、灌丛; 海拔 1900—2800 米。

分布: 西北、西南等地; 中亚地区、蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

石竹科 (Caryophyllaceae)

Arenaria serpyllifolia L. 卵叶蚤缀

习性: 一或二年生疏丛草本。

生境: 河边; 海拔 1900—3100 米。

分布: 东北、华北及新疆、西藏等地; 蒙古、日本、俄罗斯西伯利亚地区、朝鲜、中亚地区、高加索地区及欧洲也有。

Cerastium arvense L. 卷耳

习性: 多年生疏丛草本, 地面芽。

生境: 草甸、林缘及林下; 海拔 1900—2800 米。

分布: 我国北方各地均有分布; 北半球广布。

C. dasoricum Fisch. 草原卷耳

习性: 多年生草本, 蔓生, 地面芽。

生境: 山地林缘、草甸、灌丛; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区、蒙古、俄罗斯西伯利亚地区、高加索地区及欧洲也有。

C. caespitosum Gilib. 簇生卷耳

(=*C. holosteoides* Fris.)

习性: 多年生密丛草本, 地面芽。

生境: 山地林缘、草甸、灌丛至高山碎石带; 海拔 2000—3600 米。

分布: 东北、西北、西南等地; 蒙古、土耳其、伊朗、俄罗斯西伯利亚地区及北美洲也有。

C. cerastoides (L.) Britt. 六齿卷耳

(=*Dichoton cerastoides* (L.) Reich.)

习性: 多年生疏丛草本, 地面芽。

生境: 山地林缘、草甸、灌丛至高山碎石带; 海拔 2000—3300 米。

分布: 东北、西北、西南等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、地中海及欧洲、北美洲也有。

C. bungeanum Vred. 镰叶卷耳

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山坡草地、灌丛草甸; 海拔 1900—2500 米。

分布: 新疆等地; 俄罗斯西伯利亚地区、中亚地区及蒙古也有。

C. lithospermifolium Fisch. 紫草叶卷耳

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 高山碎石带及草甸; 海拔 2800—3200 米。

分布: 新疆等地; 俄罗斯西伯利亚地区、中亚地区及蒙古也有。

C. pauciflorum Steud. ex Ser. 疏花卷耳

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山地林缘、林下、灌丛及草甸; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区及蒙古、朝鲜也有。

C. pusillum Ser. 小卷耳

习性: 多年生疏丛草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山地草原、草甸及干旱山坡灌丛下; 海拔 1900—3000 米。

分布: 新疆、青海等地; 俄罗斯西伯利亚地区、中亚地区及蒙古也有。

C. tianschanicum Schischk. 天山卷耳

习性: 多年生疏丛草本, 地面芽。

生境: 山地林缘、林下及灌丛草甸; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

Dianthus barbatus L. 须苞石竹

习性: 多年生丛生草本, 地面芽。

生境: 山地草原及山坡草地; 海拔 1900—2100 米。

分布: 新疆天山; 中亚地区及俄罗斯也有。

D. kuschakericzii Regel et Schmalh 长萼石竹

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

- 生境: 山地林缘、灌丛、河边; 海拔 1900—2500 米。
- 分布: 新疆北部; 中亚地区也有。
- D. superbus* L. 瞿麦
- 习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
- 生境: 山地林缘、灌丛、草甸; 海拔 1900—3100 米。
- 分布: 我国各地广布; 欧、亚温带地区广布。
- Holosteum umbellatum* L. 硬骨草
- 习性: 一年生疏丛草本。
- 分布: 新疆等地; 中亚地区、地中海、高加索地区、小亚细亚地区及欧洲也有。
- 生境: 山地草原、干旱山坡; 海拔 1900—2500 米。
- Lepyrodiclis holosteoides* (C. A. Mey.) Fisch. et C. A. Mey. 薄蒴草
- 习性: 一年生攀缘性草本。
- 生境: 山地林缘、河边灌丛; 海拔 1900—2900 米。
- 分布: 西北等地; 蒙古、伊朗、印度及中亚地区、高加索地区、小亚细亚地区也有。
- Melandrium apetalum* (L.) Fenzl. 无瓣女娄菜
- (*Gastrolychnis apetalum* (L.) Tolm. et Lozhancz.; *Silene apetalum* Willd.)
- 习性: 多年生草本, 地面芽。
- 生境: 石质山坡及倒石堆石隙; 海拔 2400—3500 米。
- 分布: 新疆、青海、甘肃、河北等地; 日本及欧洲、北美洲也有。
- M. apricum* (Turcz. ex Fisch. et C. A. Mey.) Rohrb. 女娄菜(蝇子草)
- (=*Silene aprica* Turcz. ex Fisch. et C. A. Mey.)
- 习性: 多年生草本, 地面芽。
- 生境: 林缘、山地草甸及阳性山坡草地; 海拔 1900—2800 米。
- 分布: 西北、华北等地; 欧亚温带地区及北美洲也有。
- M. brachypetalum* (Hornem.) Fenzl. 短瓣女娄菜
- (=*Silene brachypetalum* Hornem.)
- 习性: 多年生草本, 地面芽。
- 生境: 石质山坡及石隙; 海拔 2600—3600 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区、远东地区, 欧洲、北美洲也有。
- M. viscosum* (L.) Cel. 粘女娄菜
- (=*Silene viscosa* (L.) Pers.)
- 习性: 一年生草本。
- 生境: 山地林缘、灌丛、草地、石质山坡; 海拔 1900—2500 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚地区、高加索地区及俄罗斯西伯利亚地区, 欧洲也有。
- Minuartia biflora* (L.) Schinz. 双花米奴草
- 习性: 多年生疏丛草本, 具根茎, 地面芽。
- 生境: 山地林缘、灌丛、干旱山坡及高山石隙; 海拔 2000—3000 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚地区、蒙古、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲、北美洲也有。
- M. verna* (L.) Hiern. 早春米奴草
- 习性: 多年生密丛草本, 具根茎, 地面芽。
- 生境: 山地林缘、林下石隙; 海拔 1900—3100 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区及远东地区、欧洲、北美洲也有。
- Moehringia umbrosa* (Bunge) Fenzl. 喜荫种草
- 习性: 多年生阴湿草本, 具根茎, 地面芽。
- 生境: 山地林缘、林下石隙; 海拔 1900—2400 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚地区及俄罗斯西西伯利亚地区也有。
- Pseudostellaria davidii* (Franch.) Pax 蔓假繁缕
- 习性: 多年生蔓生性草本, 具根茎, 地面芽。
- 生境: 河边灌丛下、林下石隙; 海拔 1900—2800 米。
- 分布: 新疆天山(后峡)及西北、华北、东北、西南等地; 蒙古、朝鲜、俄罗斯西伯利亚及远东地区也有。
- Sagina saginoides* (L.) Krast. 漆姑草
- 习性: 多年生丛生草本, 地面芽。

生境: 山地林缘及高山倒石堆石隙; 海拔 1900—3500 米。

分布: 东北、西北、西南等地; 中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区、远东地区, 欧洲、北美洲也有。

Silene adenopetala H. Raik. 腺花蝇子草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地; 海拔 2000—2700 米。

分布: 新疆天山; 中亚地区也有。

S. gebleriana Schrenk 线叶蝇子草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山地林缘、灌丛; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

S. graminifolia Otth. 禾叶蝇子草

习性: 多年生丛生草本, 地面芽。

生境: 山地林缘、灌丛、草地; 海拔 1900—3000 米。

分布: 新疆、青海、甘肃、内蒙古等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

S. sibirica (L.) Pers. 西伯利亚蝇子草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

S. wallichiana Klotzsch. et Garcke. 胀萼蝇子草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 林下、灌丛及草地; 海拔 1900—2200 米。

分布: 新疆、西藏等地; 中亚地区、帕米尔地区及印度也有。

Stellaria graminea L. 禾叶繁缕

习性: 多年生疏丛草本, 地面芽。

生境: 林缘、灌丛、草地; 海拔 1900—2700 米。

分布: 东北、西北、西南等地; 中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区、远东地区、欧洲也有。

S. soongorica Roshev 准葛尔繁缕

习性: 多年生疏丛草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 林缘灌丛; 海拔 2000—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

S. umbellata Turcz. 伞花繁缕

习性: 多年生疏丛草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山地草甸、河边草地及沼泽边; 海拔 2500—3200 米。

分布: 东北、西北、西南等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及北美洲也有。

Thylacospermum caespitosum (Camp.) Schischk. 簇生柔籽草

习性: 多年生密垫状草本, 地面芽。

生境: 高山碎石带及冰缘地带; 海拔 3200—3900 米。

分布: 新疆、西藏、青海、甘肃、四川等地; 中亚地区、西喜马拉雅地区、克什米尔地区及帕米尔地区也有。

毛茛科 (Ranunculaceae)

Aconitum karakolicum Rap. var. *patentripilum* W. T. Wang 展毛多根乌头

习性: 多年生草本, 具块根, 地面芽。

生境: 山地草原及林缘; 海拔 2000—2500 米。

分布: 新疆天山中部, 特有变种。

Anemone obtusiloba D. Don 钝叶银莲花

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 山地草甸; 海拔 2000—2900 米。

分布: 西北及西藏、四川等地; 尼泊尔、不丹、锡金及沿喜马拉雅山脉也有。

A. protracta (Ulbr.) Juz. 伏毛银莲花

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 林缘草地; 海拔 1900—2500 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区及帕米尔地区也有。

A. schrenkiana Juz. 天山银莲花

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 山地草甸、草地; 海拔 2300—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

Batrachium kauffmanii (Clerk.) Orsz. 长叶水毛茛

习性: 多年生沼生或水生草本。

生境: 河边; 海拔 1900 米。

分布: 东北及北京、新疆等地; 蒙古、前苏联及欧洲也有。

Callianthemum alataicum Freyn. 厚叶美花草

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 高山草甸、碎石山坡; 海拔 2600—3600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区也有。

Clematis sibirica (L.) Mill. 西伯利亚铁线莲

习性: 多年生草质藤本, 矮小高位芽。

生境: 河边及林缘灌丛; 海拔 1900—2500 米。

分布: 新疆、内蒙古等地; 蒙古及中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区也有。

C. tangutica (Maxim.) Korsh. 唐古特铁线莲

习性: 多年生草质藤本, 矮小高位芽。

生境: 林缘灌丛; 海拔 1900—2400 米。

分布: 西北及四川、西藏、内蒙古等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

Delphinium tianshanicum W. T. Wang 天山翠雀

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 林缘灌丛及草地; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆天山, 特有种。

Halerpestes ruthenica (Jacq.) Orsz. 碱毛茛

习性: 多年生沼生草本, 匍匐茎, 地面芽。

生境: 沼泽草地; 海拔 2300—3200 米。

分布: 东北、西北、华北等地; 俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

Isopyrum anemonoides Kar. et Kir. 扁果草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山地阴湿石隙或石缝; 海拔 2100—3100 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、西藏等地; 克什米尔地区、中亚地区及阿富汗也有。

Oxygraphis gracialis (Fisch.) Bunge 冰雪鸦趾花

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 高山带草甸、碎石山坡及石隙; 海拔 2900—3700 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、陕西、四川、云南、西藏等地; 印度及中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、欧洲也有。

Paraquilegia anemonoides (Willd.) Engl. ex Ulbr. 乳突拟耧斗菜

习性: 多年生密丛、垫状草本, 地面芽。

生境: 高山碎石坡、倒石堆石隙; 海拔 2900—3700 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、宁夏、四川、西藏等地; 蒙古、伊朗及中亚地区、喜马拉雅地区也有。

P. microphylla (Royle) Drum. et Hutch. 小叶拟耧斗菜

习性: 多年生密丛、垫状草本, 地面芽。

生境: 云杉林下阴湿石缝; 海拔 2600—3200 米。

分布: 新疆天山(后峡)及西北、西南等地; 喜马拉雅地区、中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古、日本也有。

Pulsatilla ambigua Turcz. ex Pritz. 蒙古白头翁

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 山地灌丛草甸; 海拔 2000—2900 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、内蒙古、黑龙江等地; 蒙古及中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区也有。

P. multifida (Pritz.) Juz. 多裂叶白头翁

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 山地草原; 海拔 1900—2100 米。

分布: 新疆、蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

Ranunculus albertii Regel et Schmalh 宽瓣毛茛

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 山地草甸、沼泽草地及碎石山坡; 海拔 2700—3200 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

R. brotherusii Freyn. 鸟足毛茛

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 高山、亚高山草甸; 海拔 2200—3500 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、四川、西藏等地; 中亚地区也有。

R. nephelogenes Edgew. 长茎毛茛

(=*R. longicaulis* C. A. Mey.)

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 河边及沼泽草地; 海拔 2800—3500 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、陕西、云南、四川、西藏等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

R. pedatifidus Smith 裂叶毛茛

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 林缘草地; 海拔 2100—2400 米。

分布: 新疆等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

R. polyrhizus Steph. 多根毛茛

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 河谷草地; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲也有。

R. popovii Orsz. 天山毛茛

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 高山至亚高山草地; 海拔 2500—2800 米。

分布: 新疆等地; 蒙古及中亚地区也有。

R. pulchellus C. A. Mey. 美丽毛茛

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 高山至亚高山草地、沼泽草地; 海拔 2400—3200 米。

分布: 西北、华北、东北等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

R. reptans L. 松叶毛茛

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 河滩及河谷草地; 海拔 2200—3100 米。

分布: 新疆天山及黑龙江等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲、北美也有。

R. rigescens Turcz. ex Orsz. 掌裂毛茛

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 河谷草地; 海拔 1900—2300 米。

分布: 新疆、内蒙古、黑龙江等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

Thalictrum alpinum L. 高山唐松草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 高山至亚高山草地; 海拔 2100—3500

分布: 新疆、甘肃、青海、四川、云南、西藏等地; 欧、亚及北美洲温带地区广布。

Th. foetidum L. 腺毛唐松草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 亚高山草地、灌丛; 海拔 1900—2600 米。

分布: 西北、华北、西南等地; 蒙古、俄罗斯西伯利亚地区及地中海地区、欧洲也有。

Th. simplex L. 箭头唐松草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 林缘灌丛、草地; 海拔 1900—2200 米。

分布: 西北、西南等地; 蒙古、日本及中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、欧洲也有。

Trollius dschungaricus Regel 准葛尔金莲花

习性: 多年生丛生草本, 地面芽。

生境: 林缘灌丛、草地; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

小檗科 (Berberidaceae)

Berberis heteropoda Schrenk 黑果小檗

习性: 灌木, 矮小高位芽。

生境: 山地灌丛、林缘; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

罂粟科 (Papaveraceae)

Corydalis semenovii Regel 天山紫堇

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 林下; 海拔 2000—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

C. sibirica (L. f.) Pers. 西伯利亚紫堇

习性: 二年生草本。

生境: 河边灌丛下及林下阴湿石隙; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆等地; 俄罗斯西伯利亚地区也有。

Papaver croceum Ledeb. 桔黄罂粟

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 林缘灌丛、草地及冰缘带; 海拔 1900—3500 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古、印度也有。

十字花科 (Cruciferae)

Braya rosea (Turcz.) Bunge 红花肉叶芥

习性: 多年生小草本, 丛生, 地面芽。

生境: 山地草甸、灌丛草地; 海拔 2100—3200 米。

分布: 新疆天山、青海、甘肃、四川、西藏、云南等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

Capsella bursa-pastoris (L.) Medic. 荠菜

习性: 一年生草本。

生境: 山地草甸、草地及路边; 海拔 1900—2900 米。

分布: 几遍布全国; 欧、亚及北美洲温带地区广布。

Descurainia sophia (L.) Webb. ex Prantl.

播娘蒿

习性: 一年生草本。

生境: 河谷草地及路边; 海拔 1900—2800 米。

分布: 全国广布; 欧、亚、非、北美洲各地均有。

Dilophia salsa Thoms. 盐生双脊芥

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 冰缘地带及沼泽草地边; 海拔 2600—3400 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、四川、西藏等地; 巴基斯坦、尼泊尔及中亚地区也有。

Draba altaica (C. A. Mey.) Bunge 阿尔泰葶苈

习性: 多年生密丛草本, 地面芽。

生境: 山地灌丛边及草甸; 海拔 2300—3400 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、四川、西藏等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、西喜马拉雅山地及阿富汗也有。

D. eriopoda Turcz. 毛葶苈

习性: 二年生草本。

生境: 山地草甸、灌丛; 海拔 2500—3100 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、山西、陕西、四川、西藏等地; 锡金、蒙古及俄罗斯东俄罗斯西伯利亚地区也有。

D. melanopus Kom. 黑柄葶苈

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 林缘及林下阴湿石缝; 海拔 2000—2200 米。

分布: 新疆等地; 阿富汗及西喜马拉雅地区、中亚地区也有。

D. mongolica Turcz. 蒙古葶苈

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 高山草甸、河边草地; 海拔 2200—3100 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、内蒙古、河北、山西、陕西、四川、西藏、黑龙江等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

D. nemorosa L. 葶苈

习性: 二年生草本。

生境: 河谷或灌丛草地; 海拔 2400—3300 米。

分布: 西北、东北、华北、西南等地; 欧洲、亚洲、北美洲温带地区也有。

D. oreodes Schrenk 喜山葶苈

习性: 多年生密丛草本, 地面芽。

生境: 冰缘地带及高山草甸、灌丛、碎石山坡; 海拔 2800—3700 米。

分布: 西北、西南等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、西昆仑山地及锡金、印度也有。

D. stylaris J. Gray ex. Thoms. 伊宁葶苈

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地; 海拔 2100—2900 米。

分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

Erysimum odoratum Ehrh. 星毛糖芥

习性: 二年生草本。

生境: 干旱山坡草地、灌丛边; 海拔 2100—2500 米。

分布: 新疆等地; 俄罗斯西伯利亚地区及欧洲也有。

Eutrema edwardsii R. Br. 西北山俞菜

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 高山或亚高山草地; 海拔 2300—2900 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、四川、西藏等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲也有。

E. pseudocardifolium M. Pop. 圆叶山俞菜

习性: 多年生草本, 地面芽。
 生境: 林缘及草地; 海拔 1900—2600 米。
 分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

E. integrifolium (DC) Bunge 全缘叶山俞菜

习性: 多年生草本, 地面芽。
 生境: 河边草地; 海拔 2100—3300 米。
 分布: 新疆等地; 俄罗斯西伯利亚地区也有。

Malcolmia africana (L.) R. Br. 马康草(涩芥)

(= *Strigosella africana* (L.) Botsch.)

习性: 一年生草本。
 生境: 干旱山坡草地; 海拔 1900—2300 米。
 分布: 西北、华北、西南、中南等地; 欧洲、亚洲、非洲各地也有。

Parrya pulvinata M. Pop. 垫状条果芥

习性: 多年生垫状草本, 地面芽。
 生境: 高山草甸; 海拔 2400—3100 米。
 分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

P. subsiliquosa M. Pop. 长角条果芥

习性: 多年生草本, 地面芽。
 生境: 山地草原、阳坡石缝; 海拔 2200—2600 米。
 分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

Smelowskia alba (Pall.) Regel 灰白芹叶芥

习性: 多年生草本, 地面芽。
 生境: 高山草甸; 海拔 2300—2700 米。
 分布: 新疆及东北东部等地; 蒙古、俄罗斯西伯利亚地区及阿尔泰山地也有。

S. pectinata (Bunge) E. Vediczk. 芹叶芥

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。
 生境: 高山草甸、碎石山坡; 海拔 2400—3000 米。
 分布: 新疆等地; 中亚山地及俄罗斯西伯利亚地区、远东地区也有。

Sterigmotemum sulfureum (Banks et Schand) Borum. 黄花棒果芥

习性: 多年生草本, 地面芽。
 生境: 干旱石质山坡; 海拔 1900—2200 米。
 分布: 新疆等地; 蒙古及中亚山地也有。

Taphrospermum altaicum C. A. Mey. 沟子芥

习性: 多年生草本, 地下芽。
 生境: 高山或亚高山石质山坡; 海拔 1900—2800 米。

分布: 新疆、甘肃西部、西藏等地; 中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区也有。

Thlaspi arvense L. 蒜苣

习性: 一年生草本。
 生境: 林缘及河边草地; 海拔 1900—2900 米。
 分布: 几遍布全国; 欧、亚、北非及北美洲也有。

Torularia humilis (C. A. Mey.) O. E. Schultz. 蚓果芥

(= *Neotorularia humilis* (C. A. Mey.) Hedge et J. Leonard.)

习性: 一年生草本。
 生境: 河谷草地、干旱山坡草地; 海拔 2000—2500 米。
 分布: 西北、华北等地; 欧洲、亚洲、非洲也有。

Turritis glabra L. 旗杆芥

习性: 二年生草本。
 生境: 山坡林缘、草地; 海拔 2000—2300 米。
 分布: 新疆、辽宁、浙江等地; 欧洲、亚洲、北美洲及大洋洲也有。

景天科 (Crassulaceae)

Hylotelephium ewersii (Ledeb.) H. Ohba 圆叶八宝

习性: 灌木状蔓生植物, 地上芽。
 生境: 林间及山坡石缝; 海拔 1900—2400 米。
 分布: 新疆等地; 巴基斯坦、蒙古及中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区也有。

Orostachys spinosa (L.) C. A. Mey. 黄花瓦松

习性: 二年生草本。
 生境: 林下、林缘及山坡石隙; 海拔 2000—2700 米。
 分布: 新疆、内蒙古、青海、甘肃、西藏等地; 中亚地区及蒙古、朝鲜、俄罗斯西伯利亚地区也有。

Rhodiola gelida Schrenk 长鳞红景天

习性: 多年生垫状草本, 地面芽。

生境: 高山碎石山坡或石缝; 海拔 2000—3100 米。

分布: 新疆等地; 蒙古及中亚山地也有。

Rh. kirilowii (Regel) Maxim. 狭叶红景天

习性: 多年生垫状草本, 地面芽。

生境: 林缘、山坡石隙; 海拔 1900—3400 米。

分布: 西北、华北、西南等地; 中亚山地及缅甸也有。

Rh. quadrifida (Pallas) Fisch. et C. A. Mey. 四裂红景天

(= *Rh. coccinea* (Royle) A. Bor.)

习性: 多年生垫状草本, 地面芽。

生境: 高山石隙; 海拔 2700—3600 米。

分布: 新疆、青海、甘肃、四川、西藏等地; 中亚山地及印度、尼泊尔、锡金、巴基斯坦、俄罗斯、蒙古也有。

Rosularia platyphylla (Schrenk) Berger 卵叶瓦莲

习性: 多年生草本, 具块根, 地面芽。

生境: 山地草坡或干旱山坡; 海拔 1900—2500 米。

分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

虎耳草科 (Saxifragaceae)

Chrysosplenium nudicaule Bunge 裸茎金腰子

习性: 多年生阴湿草本, 地面芽。

分布: 西北、西南等地; 蒙古及中亚山地、俄罗斯西伯利亚地区也有。

生境: 高山草甸带阴湿石缝; 海拔 2400—3400 米。

Ch. axillare Maxim. 长梗金腰子

(= *Ch. tianschanicum* Krassn.)

习性: 多年生阴湿草本, 地面芽。

生境: 林中或林缘阴湿石缝; 海拔 1900—3100 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、陕西; 中亚地区也有。

Parnassia bifolia Nekras 二叶梅花草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山地林缘草地、草甸; 海拔 2000—2500 米。

分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

P. oreophila Hance 细叉梅花草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山地林缘草地、高山草甸; 海拔 2200—3000 米。

分布: 西北、华北、西南等地; 俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

Saxifraga cernua L. 零余虎耳草

习性: 多年生草本, 具珠芽, 地面芽。

生境: 林缘或林下阴湿石缝及高山流石坡; 海拔 2100—3600 米。

分布: 西北、华北、西南等地; 中亚山地、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲、北美洲也有。

S. hirculus L. 山羊臭虎耳草

习性: 多年生丛生草本, 地面芽。

生境: 冰缘地带及高山或亚高山石缝; 海拔 2400—3600 米。

分布: 新疆等地; 中亚山地、俄罗斯西伯利亚地区, 远东地区及欧洲、北美洲也有。

S. oppositifolia L. 对叶虎耳草

习性: 多年生垫状草本, 地面芽。

生境: 冰缘地带及高山或亚高山石缝; 海拔 2600—3600 米。

分布: 新疆、西藏等地; 中亚山地、克什米尔地区、蒙古、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲、北美洲也有。

S. sibirica L. 球茎虎耳草

习性: 多年生草本, 具球茎, 地面芽。

生境: 高山或亚高山林缘及林下阴湿石缝; 海拔 2100—2800 米。

分布: 西北、华北、东北、西南等地; 中亚山地、蒙古、尼泊尔、印度、克什米尔地区、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲也有。

蔷薇科 (Rosaceae)

Agrimonia pilosa Ledeb. 龙芽草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山地林缘草地或灌丛草甸; 海拔 1900—2500 米。

分布: 几遍布全国; 前苏联、蒙古、朝鲜、日本至越南也有。

Alchemilla tianschanica Juz. 天山羽衣草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
 生境: 灌丛草甸或林缘草地边; 海拔 2000—2800 米。

分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

Chamaerhodos erecta (L.) Bunge 直立地蔷薇

习性: 一年生直立草本。
 生境: 干旱山坡草地; 海拔 1900—2800 米。
 分布: 西北、华北、东北等地; 中亚山地及蒙古、俄罗斯西伯利亚地区、远东地区也有。

Comarum salesovianum (Steph.) Aschers. et Graebn. 西北沼委陵菜

习性: 落叶小灌木, 矮小高位芽。
 生境: 河谷灌丛; 海拔 2100—2900 米。
 分布: 西北、华北等地; 蒙古及中亚山地、俄罗斯西伯利亚地区、喜马拉雅地区也有。

Cotoneaster oliganthus Pojak. 少花构子

习性: 落叶灌木, 矮小高位芽。
 生境: 林缘灌丛草地; 海拔 1900—2500 米。
 分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

C. soongoricus (Regel et Gerd.) M. Pop. 准葛尔构子

习性: 落叶灌木, 矮小高位芽。
 生境: 林缘灌丛; 海拔 1900—2500 米。
 分布: 新疆等地; 伊朗、阿富汗及中亚山地也有。

Dryas octopelata L. var. *asiatica* Nakai 仙女木

(新疆植物检索表及天山植物名录用 *D. oxyodonta* Juz.)

习性: 常绿小灌木, 匍匐, 地上芽。
 生境: 冰缘地带草甸; 海拔 2700—3300 米。
 分布: 新疆及东北山地等; 中亚山地、俄罗斯西伯利亚地区也有。

Geum aleppicum Jacq. 水杨梅

习性: 多年生草本, 地面芽。
 生境: 河边、林下及林缘灌丛草地; 海拔 1900—2300 米。
 分布: 西北、华北、东北、西南等地; 俄罗斯西伯利亚地区、远东地区及欧洲、北美洲

也有。

Potentilla angustiloba Yu et Li 窄裂委陵菜

习性: 多年生草本, 地面芽。
 生境: 草原及河谷; 海拔 2200—3000 米。
 分布: 新疆、青海、甘肃等地。

P. anserina L. 鹅绒委陵菜

习性: 多年生草本, 具匍匐茎, 地面芽。
 生境: 河谷滩地、山坡草地; 海拔 1900—3100 米。
 分布: 主要分布于西北及西南各地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲、北美洲也有。

P. biflora Willd. ex Schlecht. 双花委陵菜

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。
 生境: 高山石隙; 海拔 2100—2900 米。
 分布: 新疆等地; 中亚山地、俄罗斯西伯利亚地区及北美洲也有。

P. bifurca L. 二裂委陵菜

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
 生境: 山坡草地或干旱山坡; 海拔 1900—3200 米。
 分布: 西北、华北、东北及西南部分地区; 中亚山地及俄罗斯西伯利亚地区也有。

P. conferta Bunge 大萼委陵菜

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。
 生境: 河谷滩地、灌丛草地或山坡草地; 海拔 1900—2500 米。
 分布: 西北、东北等地; 中亚山地及蒙古、俄罗斯西伯利亚地区也有。

P. gelida C. A. Mey. 苍绿委陵菜

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
 生境: 草甸及云杉林下; 海拔 1900—2600 米。
 分布: 新疆等地; 蒙古、前苏联及亚洲中部地区也有。

P. hololeuca Boiss. 全白委陵菜

习性: 多年生草本, 地面芽。
 生境: 干旱山坡、碎石山坡草甸; 海拔 1900—2900 米。
 分布: 新疆等地; 中亚山地及伊朗也有。

P. longifolia Willd. ex Schlecht. 腺毛委陵菜

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 河谷灌丛、山坡草地、滩地草甸; 海拔 2000—2700 米。

分布: 西北、华北、东北、西南等地; 中亚山地、俄罗斯西伯利亚地区、远东地区及蒙古、朝鲜也有。

P. multifida L. 多裂委陵菜

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 林缘灌丛草地; 海拔 2000—2500 米。

分布: 我国北方及西南部分地区均有; 中亚山地、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲、北美洲也有。

P. nivea L. 雪白委陵菜

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 林缘或灌丛草甸、山坡草地; 海拔 2000—2900 米。

分布: 西北(除青海外)、华北、东北等地; 中亚地区、高加索地区及蒙古、俄罗斯西伯利亚地区、远东地区也有。

P. pamiroalaica Juzep. 高原委陵菜

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 高山灌丛或林缘草地; 海拔 2100—3000 米。

分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

P. parvifolia Fisch. ap. Lehm. 小叶金露梅
(= *Dasiphora parvifolia* (fisch.) Juz.)

习性: 落叶灌木, 矮小高位芽。

生境: 林缘灌丛; 海拔 1900—2700 米。

分布: 新疆、青海、甘肃、西藏、内蒙古等地; 蒙古及中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区也有。

P. soongarica Bunge 准葛尔委陵菜

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡灌丛草地; 海拔 2100—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚山地及蒙古也有。

P. strigosa Pall. ex Pursh. 茸毛委陵菜

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 林缘灌丛、河滩草地; 海拔 2000—2600 米。

分布: 新疆、内蒙古、青海及东北地区; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

P. virgata Lehm. 密枝委陵菜

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 河谷灌丛草地; 海拔 2100—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

P. virgata Lehm. var. *pinnatifida* (Lehm.)

Yu et Li 羽裂密枝委陵菜

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地或林缘灌丛草地; 海拔 2200—3000 米。

分布: 新疆天山, 天山中部特有变种。

Rosa fedtschendoana Regel 腺果蔷薇

习性: 落叶灌木, 矮小高位芽。

生境: 林缘灌丛; 海拔 1900—2700 米。

分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

R. platyacantha Schrenk 宽刺蔷薇

习性: 落叶灌木, 矮小高位芽。

生境: 林缘灌丛或草地; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆、甘肃、青海等地; 中亚地区也有。

Rubus sachalinensis Level. 库页悬钩子

习性: 灌木状, 地上芽。

生境: 林缘或林下; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆、内蒙古、甘肃、青海及东北地区; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、远东地区及蒙古、日本也有。

Sibbaldia adpressa Bunge 伏毛山莓草

习性: 灌木状垫状草本, 地面芽。

生境: 高山流石坡及砾石坡地; 海拔 2800—3600 米。

分布: 西北、东北、华北及西南部分地区; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

S. tetrandia Bunge 四蕊山莓草

习性: 灌木状垫状草本, 地面芽。

生境: 高山流石坡、草甸及砾石坡地; 海拔 2700—3600 米。

分布: 新疆、青海、甘肃、西藏等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及喜马拉雅地区也有。

Sorbus tianschanica Rupr. 天山花楸

习性: 落叶灌木, 小型高位芽。

生境: 林缘及林下; 海拔 1900—2600 米。
分布: 新疆、青海、甘肃等地; 中亚山地也有。

豆科 (Leguminosae)

Astragalus alpinus L. 高山黄芪

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
生境: 河谷林缘或灌丛草地; 海拔 2100—2800 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区、高加索地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古、欧洲、北美洲也有。

A. dendiflorus Kar. et Kir. 密花黄芪

习性: 多年生草本, 簇生, 地面芽。
生境: 山地林缘灌丛草地; 海拔 2000—2600 米。

分布: 新疆、青海、甘肃、西藏、四川等地。

A. dshimensis Gontsch. 边陲黄芪

习性: 多年生草本, 地面芽。
生境: 山坡灌丛草地; 海拔 2200—2500 米。
分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

A. kuschkeritschii B. Fedtsch. et O. Fedtsch. 帕米尔黄芪

习性: 多年生草本, 密垫状, 地面芽。
生境: 林缘灌丛草地及山坡草地; 海拔 2200—2600 米。

分布: 新疆、西藏西部等地; 帕米尔地区及中亚地区也有。

A. laceratus Lipsky 翼裂黄芪

习性: 多年生草本, 地面芽。
生境: 林缘灌丛、山坡草地; 海拔 2000—2600 米。

分布: 新疆天山; 中亚山地也有。

A. lepsensis Bunge 天山黄芪

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
生境: 林缘或林下; 海拔 2000—2600 米。
分布: 新疆天山; 帕米尔地区也有。

A. mahoshanicus Hand. — Mazz. 马衔山黄芪

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
生境: 河谷草地、草甸; 海拔 2400—2900 米。
分布: 新疆、青海、甘肃、四川、内蒙古等地。

A. mongutensis Lipsky 蒙古特黄芪

习性: 多年生草本, 簇生或密垫状, 地面芽。
分布: 新疆等地; 中亚山地也有。
生境: 山坡草地、河谷滩地; 海拔 1900—2900 米。

A. nanjiangianus K. J. Fu 南疆黄芪

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
分布: 新疆及昆仑山。
生境: 山坡草地; 海拔 2000—2700 米。

A. pseudobrachytropis Gontsch. 类短肋黄芪

习性: 多年生草本, 密垫状, 地面芽。
分布: 新疆等地; 中亚山地也有。
生境: 山坡草地、草甸; 海拔 1900—2400 米。

A. skythropos Bunge 肾形子黄芪

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。
生境: 林缘灌丛、草甸; 海拔 1900—2600 米。
分布: 新疆、青海、甘肃、四川、云南等地; 中亚地区、帕米尔地区、西喜马拉雅地区、阿拉套山也有。

A. tibetanus Benth. 藏新黄芪

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
分布: 新疆、西藏等地; 印度、蒙古及中亚山地、俄罗斯西伯利亚地区也有。
生境: 山坡灌丛、山地草甸; 海拔 2000—3000 米。

Caragana awrantiaca Koehn. 镰叶锦鸡儿

习性: 落叶灌木, 多刺, 矮小高位芽。
生境: 山坡灌丛草地; 海拔 1900—2400 米。
分布: 新疆等地; 中亚山地及阿富汗、巴基斯坦也有。

C. jubata (Pall.) Poir. 兔箭锦鸡儿

习性: 落叶灌木, 多刺, 矮小高位芽。
生境: 高山或亚高山灌丛; 海拔 2300—3100 米。
分布: 新疆、甘肃、青海、河北、山西、内蒙古、四川、西藏等地; 中亚地区、西伯利亚及远东地区也有。

C. stenophylla Pojak. 狭叶锦鸡儿

习性: 落叶灌木, 具刺, 矮小高位芽。
生境: 高山或亚高山灌丛; 海拔 2000—2400 米。

- 分布: 新疆、甘肃、青海、河北、山西、内蒙古、四川、西藏等地; 中亚地区、西伯利亚及远东地区也有。
- Hedysarum kirghisorum* B. Fedtsch. 中亚岩黄耆
- 习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。
- 生境: 高山草甸、碎石坡地; 海拔 2300—2500 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚山地也有。
- H. semenovi* Regel et Hend. 天山岩黄耆
- 习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。
- 生境: 山地林缘草地、草甸; 海拔 1900—2500 米。
- 分布: 新疆、内蒙古、宁夏等地; 中亚山地也有。
- Medicago tianshanica* Vass. 天山苜蓿
- 习性: 多年生草本, 地面芽。
- 生境: 山坡灌丛或林缘灌丛草地; 海拔 2000 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚山地也有。
- Oxytropis biloba* Saposhn. 二裂棘豆
- 习性: 多年生草本, 地面芽。
- 生境: 林缘灌丛草地; 海拔 1900—2500 米。
- 分布: 新疆天山、阿拉套山。
- O. eriocarpa* Bunge 绵果棘豆
- 习性: 多年生草本, 地面芽。
- 生境: 灌丛草地或山坡草地; 海拔 2100—2600 米。
- 分布: 新疆北部; 阿尔泰山地区、蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。
- O. lapponica* (Wahl.) J. Gay. 拉普兰棘豆
- 习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
- 生境: 灌丛草地或山坡草地; 海拔 2200—3100 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚地区、高加索地区及欧洲也有。
- O. merkenensis* Bunge 米尔克棘豆
- 习性: 多年生草本, 地面芽。
- 生境: 山坡草地或林缘灌丛草地; 海拔 2100 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚山地也有。
- Trifolium repens* L. 车轴草(三叶草)
- 习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
- O. microsphaera* Bunge 小球棘豆
- 习性: 多年生草本, 簇生, 地面芽。
- 生境: 山坡草地; 海拔 2000—2900 米。
- 分布: 新疆天山, 帕米尔地区也有。
- O. nutans* Bunge 垂花棘豆
- 习性: 多年生草本, 地面芽。
- 生境: 山坡草地或林缘灌丛草地; 海拔 2000 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚山地也有。
- O. pauciflora* Bunge 少花棘豆
- 习性: 多年生草本, 地面芽。
- 生境: 高山草甸或石质山坡; 海拔 2400—2900 米。
- 分布: 新疆、青海、西藏等地; 阿尔泰山也有。
- O. pegobia* Bunge 冰河棘豆
- 习性: 多年生草本, 地面芽。
- 生境: 山坡草地; 海拔 2000—2800 米。
- 分布: 新疆天山, 帕米尔地区也有。
- O. platysema* Schrenk 宽瓣棘豆
- 习性: 多年生草本, 地面芽。
- 生境: 山坡草地或林缘灌丛草地; 海拔 1900—2600 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚山地也有。
- O. rupifraga* Bunge 岩生棘豆
- 习性: 多年生草本, 地面芽。
- 生境: 草甸或灌丛; 海拔 2900—2800 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚山地也有。
- O. tragacanthoides* Fisch. 胶黄芪状棘豆
- 习性: 灌木状草本, 簇生, 地上芽。
- 生境: 山坡灌丛草地或干旱山坡; 海拔 1900—2500 米。
- 分布: 新疆等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。
- Thermopsis alpina* (Pall.) Ledeb. 高山黄华
- 习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
- 生境: 山地林缘灌丛草地; 海拔 2100—2900 米。
- 分布: 新疆等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

生境:山坡草地或河谷滩地;海拔 1900—2400 米。

分布:新疆等地;中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、小亚细亚地区、地中海及欧洲也有。

Vicia costata Ledeb. 白花野豌豆

习性:多年生草本,地面芽。

生境:山坡灌丛草地、林缘;海拔 1900—2500 米。

分布:西北、华北及内蒙古、西藏等地;蒙古及俄罗斯西西伯利亚地区也有。

V. cracca L. 野豌豆

习性:多年生草本,具根茎,地面芽。

生境:林缘灌丛、山坡草地;海拔 1900—2400 米。

分布:几遍布全国;中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、地中海及欧洲、北美洲也有。

牻牛儿苗科 (Geraniaceae)

Geranium collinum Steph. 丘陵老鹳草

习性:多年生草本,簇生,地面芽。

生境:河谷草地、灌丛草地;海拔 1900—2800 米。

分布:新疆等地;中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、高加索地区及欧洲也有。

G. pratense L. 草原老鹳草

习性:多年生草本、地面芽。

生境:林缘灌丛、山坡草地;海拔 1900—2900 米。

分布:西北、东北、西南等地;中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲也有。

G. rectum Trantva 直立老鹳草

习性:多年生草本,地面芽。

生境:灌丛草地;海拔 2100—2600 米。

分布:新疆等地;中亚山地也有。

G. saxatile (Kar. et Kir.) Vved. 石生老鹳草

习性:多年生草本,簇生,地面芽。

生境:山地灌丛、河谷滩地;海拔 2000—2800 米。

分布:新疆等地;中亚山地也有。

亚麻科 (Linaceae)

Linum heterosepalum Regel 天山亚麻

习性:多年生草本,簇生,地面芽。

生境:山地林缘、山坡草地;海拔 1900—2500 米。

分布:新疆等地;中亚山地也有。

远志科 (Polygalaceae)

Polygala hybrida DC. 新疆远志

习性:多年生草本,簇生,地面芽。

生境:林缘灌丛草地;海拔 1900—2500 米。

分布:新疆等地;蒙古及中亚地区、俄罗斯西西伯利亚地区、欧洲也有。

大戟科 (Euphorbiaceae)

Euphorbia soongarica Boiss. 准葛尔大戟

习性:多年生草本,具根茎,地下芽。

生境:河谷灌丛;海拔 1900—2400 米。

分布:新疆、甘肃等地;哈萨克斯坦及欧洲也有。

怪柳科 (Tamaricaceae)

Myricaria squamosa Desv 具鳞水柏枝

习性:落叶灌木,矮小高位芽。

生境:河谷灌丛;海拔 1900—2500 米。

分布:西北各省及四川、西藏等地;中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、高加索地区及欧洲也有。

堇菜科 (Violaceae)

Viola biflora L. 双花堇菜

习性:多年生草本,具根茎,地面芽。

生境:高山草甸、林缘、河谷草地;海拔 1900—3000 米。

分布:西北、西南、华北、东北及河南、台湾等地;朝鲜、日本、俄罗斯、克什米尔地区、喜马拉雅山地及欧洲、北美洲也有。

胡颓子科 (Elaeagnaceae)

***Hippophae rhamnoides* L. 沙棘**

习性: 落叶灌木, 矮小高位芽。

生境: 河谷灌丛; 海拔 1900—2600 米。

分布: 西北、西南、华北等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、高加索地区及欧洲也有。

柳叶菜科 (Onagraceae)***Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. 柳兰**

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 林缘、灌丛边及沟谷; 海拔 1900—2600 米。

分布: 西北、西南、华北、东北等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲、北美洲也有。

***Epilobium palustris* L. 沼生柳叶菜**

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 河谷灌丛下、沼泽草甸; 海拔 2100—2600 米。

分布: 西北、西南、华北、东北等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、高加索地区及欧洲、北美洲也有。

伞形科 (Umbelliferae)***Aegopodium alpestre* Ledeb. 高山羊角芹**

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 林缘灌丛; 海拔 2000—2500 米。

分布: 西北(除青海)、华北、东北等地; 日本、朝鲜、蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

***Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm. 峨参**

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 河谷灌丛、林缘草地; 海拔 2000—2500 米。

分布: 西北、西南、华北、东北等地; 亚洲北部及欧洲东部、北美也有。

***Aulacospermum simplex* Rupr. 种沟芹(沟子芹)**

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 高山或亚高山草甸; 海拔 2400—2900

米。

分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

***Bupleurum densiflorum* Rupr. 密花柴胡**

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡灌丛或石缝; 海拔 2200—2800 米。

分布: 新疆、青海、西藏、甘肃、四川等地; 中亚山地也有。

***B. triradiatum* Adams. ex Hoffm. 三辐柴胡**

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山地草地、林缘; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆、青海、西藏、四川等地; 俄罗斯西伯利亚地区、北极地区及蒙古、日本也有。

***Carum carvi* L. 葛缕子**

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 河谷灌丛草地、林缘或山地草甸; 海拔 1900—2600 米。

分布: 西北、东北、华北等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区、远东地区也有。

***Ligusticum bicolor* Ledeb. 二色藁本**

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡灌丛草地; 海拔 2000—2700 米。

分布: 新疆天山、阿尔泰山等; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区也有。

Pachypleurum gayoides* (Regel et Schmalh)**Schischk.* 无茎厚棱芹**

习性: 多年生草本, 座垫状, 地面芽。

生境: 高山流石坡; 海拔 2800—3200 米。

分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

***P. mucronatum* (Schrenk) Schischk. 厚棱芹**

习性: 多年生草本, 簇生, 地面芽。

生境: 山坡草地、林缘; 海拔 2100—2700 米。

分布: 新疆天山、阿拉套山地等; 中亚山地也有。

***Pleurospermum lindleyanum* B. Fedtsch. 天山棱子芹**

(新疆植物检索表用 *Hymmenolaena nana* Rupr. 矮膜苞芹)

习性: 多年生草本, 贴地生长, 地面芽。

生境: 冰缘地带草甸; 海拔 2800—3700 米。

分布: 新疆天山; 中亚山地也有。

Schultzia albiflora (Kar. et Kir.) M. Pop.

白花苞裂芹

习性: 多年生草本, 簇生, 地面芽。

生境: 高山草甸; 海拔 2200—2900 米。

分布: 新疆天山; 中亚山地也有。

Seselopsis tianschanica Schischk. 天山邪蒿

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆等地; 中亚山地也有。

Sphallerocarpus gracilis (Bess.) K. — Pol.

迷果芹

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地、河谷滩地; 海拔 1900—2600 米。

分布: 西北、东北、华北等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区、远东地区也有。

Stenocoelium popovii V. Vinogr. et Fedoroncz.

天山细管芹

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地; 海拔 1900—2200 米。

分布: 新疆天山, 特有种。

Trachydiwn tianschanicum Korov 天山瘤果芹

芹

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山地草甸、石质山坡; 海拔 2300—3100 米。

分布: 新疆天山; 俄罗斯也有。

杜鹃花科 (Ericaceae)

Arctostachylos alpinus (L.) Spreng. 当年枯

(= *Arctous alpina* (L.) Niedezu.)

习性: 多年生常绿灌木状草本, 地上芽。

生境: 高山灌丛; 海拔 2800—3100 米。

分布: 新疆、内蒙古、宁夏、青海、甘肃等地; 环极地区也有。

报春花科 (Primulaceae)

Androsace lehmanniana Spreng. 旱生点地梅

习性: 多年生草本, 疏丛, 地面芽。

生境: 山坡草地; 海拔 2100—2600 米。

分布: 新疆等地; 蒙古及前苏联也有。

A. orczinnikowii Schischk. et Bobr. 天山点地梅

习性: 多年生草本, 疏丛, 地面芽。

生境: 林下、山地草原; 海拔 2100—2600 米。

分布: 新疆等地; 哈萨克斯坦也有。

A. septentrionalis L. 北点地梅

习性: 一年生草本。

生境: 干旱山坡, 河滩草地; 海拔 1900—2600 米。

分布: 西北、华北、东北及西藏等地; 蒙古、朝鲜、前苏联及欧洲、北美洲也有。

Cortusa marthioli L. 假报春

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 林缘、林下阴处; 海拔 2000—2400 米。

分布: 西北、华北、东北及内蒙古。

Glaux maritima L. 海乳草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 河边草地、沼泽草地; 海拔 1900—3000 米。

分布: 西北、华北、东北、西南部分地区及长江流域各地等地; 北半球温带地区广布。

Primula farinosa L. 粉报春

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 高山草甸、灌丛; 海拔 2700—3300 米。

分布: 新疆、西藏、甘肃、河北、内蒙古及东北等地; 朝鲜、日本、蒙古及前苏联也有。

P. algida Adam. 寒地报春

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 高山草甸、沼泽草甸、碎石山坡; 海拔 1900—3000 米。

分布: 新疆天山; 中亚地区、高加索地区及伊朗、俄罗斯西伯利亚地区也有。

蓝雪科 (Plumbaginaceae)

Goniolimon eximium (Schrenk) Boiss. 团花驼舌草

习性: 多年生草本, 簇生, 地面芽。

生境: 山坡草地; 海拔 2000—2500 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

龙胆科 (Gentianaceae)

- Comastoma falcatum* (Turcz. ex Kar. et Kir.) Toyok. 镰萼喉毛花
习性:一或二多年生草本。
生境:河滩、山坡草地、林缘灌丛;海拔 2000—2700 米。
分布:新疆、西藏、青海、四川、甘肃、内蒙古、山西、河北等地;尼泊尔、印度、蒙古、前苏联及克什米尔地区也有。
- C. tenellum* (Rottb.) Toyok. 柔弱喉毛花
习性:一或二年生草本。
生境:山坡草地;海拔 2600—3200 米。
分布:新疆等地;欧洲、亚洲、北美洲至格陵兰泛北极地区也有。
- Gentiana algida* Pall. 高山龙胆
习性:多年生草本,丛生,地面芽。
生境:高山灌丛、草甸、冰缘地带草甸或碎石坡;海拔 2600—3300 米。
分布:新疆等地;吉尔吉斯斯坦、日本及前苏联也有。
- G. kaufmanniana* Regel et Schmalh 中亚秦艽
习性:多年生草本,丛生,地面芽。
生境:山坡草地、林缘灌丛、草甸;海拔 2000—2700 米。
分布:新疆天山;中亚地区、阿尔泰地区也有。
- G. pseudo-aquatica* Kusnez. 假水生龙胆
习性:二年生草本。
生境:河滩草地、山坡草地、林缘灌丛、草甸、林间空地;海拔 1900—3300 米。
分布:新疆、西藏、四川、青海、甘肃、山西、河北、河南、内蒙古及东北地区等;俄罗斯西伯利亚地区及印度、蒙古、朝鲜也有。
- G. squarrosa* Ledeb. 鳞叶龙胆
习性:二年生草本。
生境:山坡草地、干旱山坡、河滩、路边、荒地;海拔 2100—2700 米。
分布:西北、西南、华北、东北等地;俄罗斯西伯利亚地区及锡金、蒙古、朝鲜、日本也有。
- Gentianella pygmaea* (Regel et Schmalh) H. Smith 矮假龙胆
习性:一年生草本。
生境:高山流石坡、灌丛草甸;海拔 2600—3200 米。
分布:新疆、西藏、青海、四川、甘肃等地;锡金、前苏联及喀喇昆仑地区也有。
- G. turkestanorum* (Gand.) Holub. 天山假龙胆
习性:一或二年生草本。
生境:河边草地、林下灌丛;海拔 2000—2900 米。
分布:新疆等地;前苏联、蒙古也有。
- Gentianopsis barbata* (Froel.) Ma 细萼扁蕾
习性:二年生草本。
生境:河边草地、山坡草地、林下灌丛;海拔 1900—2600 米。
分布:西北、西南、东北、华北及湖北等地;前苏联也有。
- Swertia graciliflora* Gontsch. 细花獐芽菜
习性:多年生草本,地面芽。
生境:高山草甸、灌丛;海拔 2200—3200 米。
分布:新疆等地;中亚地区及帕米尔地区也有。

紫草科 (Boraginaceae)

Amblynotus rupestris (Pall. ex Georg.) Popov ex L. Serg. 钝背草

- 习性:多年生草本,地面芽。
生境:干旱山坡草地;海拔 1900—2400 米。
分布:新疆、内蒙古及黑龙江等地;蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

Arnebia euchroma (Royle) Johnston. 新藏假紫草

- 习性:多年生草本,地面芽。
生境:山坡草地、砾石山坡;海拔 2200—2800 米。
分布:新疆、西藏等地;印度、尼泊尔、巴基斯坦、阿富汗、伊朗及中亚地区、西伯利亚、克什米尔地区也有。

Asperugo procumbens L. 糙草

- 习性:一年生草本。

生境: 山坡草地、河边灌丛; 海拔 1900—2600 米。

分布: 西北、华北北部及西藏、四川等地; 前苏联及欧洲、亚洲西部、非洲也有。

Eritrichium thymifolium (DC.) Lian et J.

Q. Wang 假鹤虱

习性: 一年生草本。

生境: 干旱山坡草地; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆、甘肃、内蒙古、宁夏、黑龙江等地; 蒙古、日本及克什米尔地区、俄罗斯西伯利亚、远东地区也有。

Lappula consanguinea (Fisch. et C. A.

Mey.) Gurke 蓝棘鹤虱

习性: 二年生草本。

生境: 干旱山坡草地、路边、石质山坡; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆、甘肃、内蒙古、宁夏、黑龙江等地; 克什米尔地区、俄罗斯西伯利亚地区、远东地区及蒙古、日本也有。

L. pratensis C. T. Wang 草地鹤虱

习性: 二年生草本。

生境: 河谷草地、干旱山坡草地; 海拔 2000—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

L. tenuis (Ledeb.) Gurke 细刺鹤虱

习性: 一年生草本。

生境: 干旱山坡草地; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区也有。

Lindelofia stylosa (Kar. et Kir.) Brand. 长柱琉璃草

习性: 多年生簇生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地、林缘、路边; 海拔 2100—2600 米。

分布: 新疆、甘肃、西藏等地; 中亚地区也有。

Myosotis caespitosa Schultz. 湿地勿忘草

习性: 多年生草本, 簇生, 地面芽。

生境: 河边灌丛下、山坡草地阴湿处; 海拔 2100—2800 米。

分布: 新疆、甘肃、河北、山西、云南及东北地区; 欧亚温带地区及北美地区也有。

M. silvatica Ehrh. ex Hoffm. 勿忘草

(= *M. alpestris* F. W. Schmidt)

习性: 多年生草本, 簇生, 地面芽。

生境: 山地林缘或林下、山坡草地; 海拔 2100—2700 米。

分布: 西北、西南、华北、东北等地; 朝鲜、日本、前苏联及欧洲也有。

唇形科 (Labiatae)

Dracocephalum heterophyllum Maxim. 异叶青兰

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 干旱山坡草地、河边灌丛; 海拔 2200—2700 米。

分布: 新疆、西藏、青海、甘肃、四川、宁夏、内蒙古、山西等地; 蒙古及前苏联也有。

D. imberbe Bunge 无髭毛建草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 林缘灌丛、高山草甸、灌丛; 海拔 2100—3100 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

Fedtschenkiella staminea (Kar. et Kir.) Kuzdr. 长蕊青兰

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地、河边灌丛草地、阳坡草地; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

Lagopsis marrubiastrum (Steph.) IK. — Gal. 绵毛夏至草

习性: 多年生草本, 多毛, 地面芽。

生境: 干旱山坡草地、石质山坡; 海拔 2000—3200 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、西藏等地; 中亚地区也有。

Nepeta cataria L. 荆芥

习性: 多年生草本, 根颈木质, 地面芽。

生境: 干旱山坡、路边; 海拔 1900—2200 米。

分布: 新疆、甘肃、四川、云南、贵州、湖北、山西、陕西、山东、河南等地; 日本、阿富汗、印度及欧洲、非洲、美洲也有。

N. pungens (Bunge) Benth. 刺尖荆芥

习性: 一年生草本。

生境: 石质山坡、山坡草地; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区及伊朗、蒙古也有。

Phlomis pratensis Kar. et Kir. 草原糙苏

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地; 海拔 2000—2600 米。

分布: 新疆、甘肃、内蒙古等地; 蒙古、前苏联及中亚地区也有。

Schizonepeta annua (Pall.) Schischk. 小裂叶荆芥

习性: 一年生草本。

生境: 山坡草地、石质山坡; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆、内蒙古等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

Scutellaria przewalskii Juz. 艾叶黄芩

习性: 小半灌木, 地上芽。

生境: 山坡草地、砾石山坡; 海拔 1900—2300 米。

分布: 新疆、甘肃等地; 中亚地区也有。

Ziziphora clinopodioides Lam. 新塔花

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 干旱山坡草地、石质山坡; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆等地; 哈萨克斯坦、蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

茄科 (Solanaceae)

Hyoscyamus niger L. 天仙子

习性: 二年生草本。

生境: 河边滩地、路边、村舍边; 海拔 1900—2400 米。

分布: 西北、西南、华北、华东等地; 蒙古、印度、前苏联及欧洲也有。

玄参科 (Scrophulariaceae)

Euphrasia hirsuta Jord. ex Reuter. 长腺小米草

习性: 一年生草本。

生境: 高山草甸、沼泽草地边、灌丛、林缘灌

丛、河边草地; 海拔 1900—3100 米。

分布: 新疆、内蒙古等地; 中亚地区也有。

Lagotis decumbens Rupr. 侧卧兔耳草

习性: 多年生草本, 短根茎, 地下芽。

生境: 高山流石坡、石砾山坡草甸; 海拔 2900—3600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区、克什米尔地区、帕米尔地区也有。

L. integrifolia (Willd.) Schischk. 亚中兔耳草

习性: 多年生草本, 短根茎, 地下芽。

生境: 高山石砾草甸、冰缘地带; 海拔 2700—3600 米。

分布: 新疆天山、山西五台山等地; 蒙古及前苏联也有。

Pedicularis anthemifolia Fisch. 春黄菊叶马先蒿

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 河边草地、灌丛、林缘; 海拔 2000—2800 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

P. cheilanthisifolia Schrenk 碎米蕨叶马先蒿

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 林缘、高山草甸、灌丛、冰缘地带草甸及高山流石坡; 海拔 2100—3200 米。

分布: 新疆、青海、甘肃、西藏、四川、云南。

P. elata Willd. 高升马先蒿

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 林缘灌丛、山坡草地; 海拔 2000—2700 米。

分布: 新疆等地; 俄罗斯西伯利亚地区也有。

P. oederi Vahl 山地马先蒿(欧氏马先蒿)

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 高山草甸、灌丛及冰缘地带碎石山坡; 海拔 2200—3200 米。

分布: 西北、华北北部及西南等地; 沿喜马拉雅地区、帕米尔地区、喀喇昆仑、中亚地区及欧、亚、北美泛北极地区也有。

P. rhinanthoides Schrenk 拟鼻花马先蒿

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 河边草地、沼泽草地; 海拔 2800—3400

米。

分布: 西北、华北及四川、西藏、云南等地; 沿喜马拉雅地区、帕米尔地区、喀喇昆仑、中亚地区也有。

Veronica biloba L. 两裂婆婆纳

习性: 一或二年生草本。

生境: 草甸、河边草地、山坡草地、路边; 海拔 1900—2800 米。

分布: 西北及四川、西藏等地; 亚洲中部及西部也有。

V. ciliata Fisch. 长果婆婆纳

习性: 多年生草本, 短根茎, 地下芽。

生境: 高山草甸、灌丛、林缘、山坡草地、河滩地; 海拔 2000—3200 米。

分布: 西北及四川、西藏、内蒙古、河北等地; 亚洲温带地区也有。

车前科 (Plantaginaceae)

Plantago depressa Willd. 平车前

习性: 一年生草本, 直根。

生境: 河边滩地、路边荒地、村舍边; 海拔 1900—2900 米。

分布: 全国广布; 中亚地区、俄罗斯、蒙古、印度也有。

P. major L. 大车前

习性: 多年生草本, 短根茎, 须根, 地面芽。

生境: 河滩或山坡草地、荒地、田边、路边、村舍边; 海拔 1900—2600 米。

分布: 全国广布; 欧、亚、北美广布。

茜草科 (Rubiaceae)

Asperula karataiensis N. Pad. 山地车叶草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 林缘、林下; 海拔 2000—2600 米。

分布: 新疆、内蒙古等地; 中亚地区也有。

Galium boreale L. 北方拉拉藤

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 河谷草地、林缘、灌丛; 海拔 1900—2500 米。

分布: 西北、华北、东北及四川、西藏、山东等地; 朝鲜、蒙古、巴基斯坦、印度、前苏

联、克什米尔地区及欧洲、美洲也有。

G. soongoricum Schrenk 准葛尔拉拉藤

习性: 多年生小草本, 丛生, 地面芽。

生境: 林缘灌丛、河谷灌丛、河边潮湿处; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、宁夏、内蒙古、陕西等地; 俄罗斯西伯利亚地区也有。

G. xerum L. 蓬子菜

习性: 多年生草本, 具根茎, 茎攀缘, 地面芽。

生境: 山坡草地、林缘、林下、河边灌丛下; 海拔 1900—2800 米。

分布: 西北、华北、东北及长江流域各省等地; 亚洲温带地区及欧洲、北美洲也有。

忍冬科 (Caprifoliaceae)

Lonicera caerulea L. var. *altaica* Pall. 阿尔泰忍冬

习性: 落叶灌木, 矮小高位芽。

生境: 河谷灌丛、林缘; 海拔 1900—2700 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

L. hispida Pall. ex Roem. et Schult. 刚毛忍冬

习性: 落叶灌木, 矮小高位芽。

生境: 山地灌丛、林缘; 海拔 1900—2800 米。

分布: 西北、华北、西南等大部分地区; 中亚地区及印度、蒙古、前苏联也有。

L. microphylla Willd. ex Roem. et Schult. 小叶忍冬

习性: 落叶灌木, 矮小高位芽。

生境: 林缘灌丛、林下、河边、阳坡; 海拔 2000—2600 米。

分布: 西北及山西、内蒙古、河北等地; 蒙古、前苏联及中亚地区也有。

L. tangutica Maxim. 唐古特忍冬

习性: 落叶灌木, 矮小高位芽。

生境: 林缘灌丛、林下、河边、阳坡; 海拔 1900—2500 米。

分布: 西北及四川、西藏、云南、湖北、山西等地。

败酱科 (Valerianaceae)

Valeriana fedtschenkoi Coincy. 新疆缬草

习性:多年生草本,具根茎,地面芽。

生境:林下及草地;海拔1900—2600米。

分布:新疆等地;中亚地区也有。

V. turczaninowii Grub. 北疆缬草

习性:多年生草本,具根茎,地面芽。

生境:云杉林下;海拔2000—3000米。

分布:新疆等地;前苏联及蒙古也有。

桔梗科 (Campanulaceae)

Adenophora stenanthina (Ledeb.) Kitag. 长柱沙参

习性:多年生草本,地面芽。

生境:河谷灌丛、山坡草地;海拔2000—2800米。

分布:西北、华北、东北等地;蒙古及前苏联也有。

Campanula glomerata L. 北疆风铃草

习性:多年生草本,地面芽。

生境:河谷灌丛、林缘灌丛、林下;海拔1900—2600米。

分布:新疆、宁夏、内蒙古、辽宁等地;蒙古及前苏联也有。

Codonopsis clematidea (Schrenk) C. B. Clarke 新疆党参

习性:多年生草本,茎蔓生,地面芽。

生境:山坡草地、河谷灌丛草地、林缘;海拔1900—2900米。

分布:新疆、西藏西部等地;中亚地区至阿富汗也有。

菊科 (Compositae)

Artemisia frigida Willd. 冷蒿

习性:多年生草本,地面芽。

生境:山地砾石山坡、阳坡草地、草原;海拔1900—2800米。

分布:西北、华北、东北广布;蒙古及前苏联也有。

A. leucophylla (Turcz. ex Bess.) C. B. Clarke 白叶蒿

习性:多年生草本,地面芽。

生境:山坡草地、路边、河滩、林缘;海拔1900—2300米。

分布:西北、西南、华北、东北等地;蒙古、朝鲜、前苏联也有。

A. pontica L. 西北蒿

习性:半灌木状草本,地面芽。

生境:干旱山坡草地;海拔1900—2500米。

分布:新疆、宁夏、甘肃等地;俄罗斯西伯利亚地区、高加索地区及欧洲也有。

A. scoparia Waldst. et Kir. 猪毛蒿

习性:一或二年生草本。

生境:山坡草地、阳坡草地、路边、田边;海拔1900—2400米。

分布:全国广布;蒙古、阿富汗、印度、巴基斯坦、尼泊尔、克什米尔地区及前苏联也有。

A. sieversiana Willd. 大籽蒿

习性:一或二年生草本。

生境:河边荒地、田边、路边;海拔1900—2500米。

分布:西北、西南、华北、东北等地;朝鲜、日本、蒙古、前苏联、巴基斯坦、克什米尔也有。

Aster alpinum L. 高山紫菀

习性:多年生草本,短根茎,地面芽。

生境:山地草甸、灌丛;海拔2300—3100米。

分布:新疆、甘肃及华北、东北等地;欧、亚、北美温带地区也有。

A. flaccidus Bunge 柔软紫菀

习性:多年生草本,具根茎,地面芽。

生境:山地草甸、灌丛、流石滩;海拔2400—3400米。

分布:我国北方及西南各省广布;喜马拉雅地区及蒙古、中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区也有。

Cancrinia chrysocephala Kar. et Kir. 黄头小甘菊

习性:多年生草本,垫状丛生,地面芽。

生境:高山流石坡或冰缘地带碎石坡;海拔3000—3700米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

Cirsium esculentum (Siev.) C. A. Mey. 莲座蓟

习性: 多年生草本, 短根茎, 座垫状, 地面芽。

生境: 山坡草地、河边; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆、内蒙古、河北及东北等地; 蒙古及中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区也有。

C. helenioides (L.) Hill. 堆心蓟

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 林缘草地、河谷草地; 海拔 1900—2500 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、远东地区也有。

C. sairamense (C. Winkl.) O. et B. Fedtsch. 赛里木蓟

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地、河边灌丛草地、林缘; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

Crepis flexuosa (DC.) Benth. et Hook. f. 弯茎还羊参

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 石质山坡、河边裸地; 海拔 1900—2100 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、宁夏等地; 中亚地区及前苏联至欧洲也有。

Doronicum altaicum Pall. 阿尔泰多榔菊

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡林下、林缘灌丛下、草地潮湿处; 海拔 2000—2600 米。

分布: 新疆、内蒙古、甘肃、陕西、四川、青海、云南等地; 蒙古及中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区也有。

Erigeron altaicus M. Pop. 阿尔泰飞蓬

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 山坡草地、林缘草地; 海拔 2000—2800 米。

分布: 新疆等地; 前苏联也有。

E. krylovii Serg. 西疆飞蓬

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 山坡草地、河滩草地; 海拔 1900—2500

米。

分布: 新疆等地; 中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区也有。

Heteropappus altaicus (Willd.) Nowopokr. 阿尔泰狗娃花

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 河谷、山坡草地、林缘、路边; 海拔 1900—2900 米。

分布: 西北、华北、东北及湖北、四川等地; 喜马拉雅地区、俄罗斯西伯利亚地区、中亚地区及蒙古也有。

Hieracium umbellatum L. 山柳菊

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山地草原、林缘; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆、甘肃、陕西、湖北、湖南、四川、河北、山西、吉林、辽宁等地; 朝鲜、日本及欧洲也有。

Lactuca undulata Ledeb. 波缘莴苣

习性: 一年生草本。

生境: 石质山地、草原、荒地、路边; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、高加索地区、地中海地区及土耳其、伊朗也有。

Leontopodium leontopodioides (Willd.)

Beauv. 火绒草

习性: 多年生草本, 簇生, 地面芽。

生境: 山坡草地、灌丛边、林缘草地、阳坡; 海拔 1900—3300 米。

分布: 西北、东北及河北、山西、山东、内蒙古等地; 蒙古、朝鲜、日本及前苏联也有。

L. ochroleucum Beauv. 黄白火绒草

习性: 多年生草本, 簇生, 地面芽。

生境: 山地草甸、灌丛、林缘草地; 海拔 2200—2900 米。

分布: 新疆、西藏、青海等地; 蒙古、锡金及前苏联也有。

L. pusillum (Beauv.) Hand. — Mazz. 小火绒草

习性: 多年生草本, 具根茎丛生或垫状丛生, 地面芽。

生境: 草甸、灌丛及冰缘地带砾石山坡; 海拔 2700—3500 米。

分布: 新疆、西藏、青海等地; 锡金也有。

Ligularia narynensis (C. Winkl.) O. et B. Fedtsch. 天山橐吾

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 灌丛草甸、河边草地; 海拔 2200—3000 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

Saussurea gnaphalodes (Royle) Sch. — Bip. ex Klatt. 鼠麴风毛菊

习性: 多年生草本, 具根茎, 丛生, 地面芽。

生境: 高山流石坡草甸、冰缘地带砾石山坡; 海拔 2900—3500 米。

分布: 新疆、甘肃、西藏、四川、青海等地; 印度及中亚地区也有。

S. involucrata Kar. et Kir. 雪莲花

习性: 多年生草本, 一次结实。

生境: 高山倒石堆石缝; 海拔 3000—3800 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

S. leucophylla Schrenk 白叶风毛菊

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡灌丛草地、林缘灌丛、河边; 海拔 2100—2800 米。

分布: 新疆、青海、甘肃、内蒙古等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

S. pygmaea Spreng. 矮丛风毛菊

习性: 多年生草本, 丛生, 地面芽。

生境: 高山草甸、灌丛、砾石山坡; 海拔 2700—3400 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、西藏。

S. salmanii Winkl. 倒卵叶风毛菊

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 干旱山坡草地; 海拔 1900—2300 米。

分布: 新疆等地; 哈萨克斯坦也有。

Senecio thianschanicus Regel et Schmalh 天山千里光

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地、河滩; 海拔 1900—2600 米。

分布: 新疆、青海、甘肃、四川、西藏等地; 中

亚地区也有。

Seriphidium fedtschenkoanum (Kresch.)

Poljak. 苍绿绢蒿

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 干旱山坡、河滩、路边; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆、甘肃等地; 中亚地区也有。

S. junceum (Kar. et Kir.) Poljak. 三裂叶绢蒿

习性: 半灌木状草本, 地面芽。

生境: 砾石山坡、荒漠化草原; 海拔 1900—2300 米。

分布: 新疆等地; 哈萨克斯坦也有。

S. junceum var. *macrosciadium* (Poljak.)

Ling et Y. R. Ling 大头三裂叶绢蒿

习性: 半灌木状草本, 地面芽。

生境: 砾石山坡、荒漠化草原; 海拔 1900—2300 米。

分布: 新疆等地; 哈萨克斯坦也有。

S. nitrosum (Web. ex Stech.) Pojark. 西北绢蒿

习性: 多年生或半灌木状草本, 地面芽。

生境: 干旱山坡、河滩、路边; 海拔 1900—2200 米。

分布: 新疆、青海、甘肃等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古也有。

S. scopiforme (Ldb.) Poljak. 帚状绢蒿

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 砾石山坡或盐渍化山坡; 海拔 1900—2000 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区也有。

S. transiliense Poljak. 伊犁绢蒿

习性: 近灌木状或半灌木状草本, 地面芽

生境: 山地草原、路边、河滩草地; 海拔 1900—2400 米。

分布: 新疆等地; 哈萨克斯坦也有。

Taraxacum dissectum Ledeb. 多裂蒲公英

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 河滩草地、草原沙砾地; 海拔 1900—2800 米。

分布: 西北各地及内蒙古、河北、山西、四川、

云南等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。

T. mongolicum Hand. - Mazz. 蒙古蒲公英

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 路边及田边、荒地; 海拔 1900 - 2600 米。

分布: 西北、西南、华北、东北等地; 朝鲜、前苏联及蒙古也有。

T. sinicum Kitag. 华蒲公英

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 河滩及山坡草地、路边; 海拔 1900 - 2700 米。

分布: 西北、西南、华北、东北等地; 前苏联及蒙古也有。

Tripleurospermum inodorum (L.) Sch. - Bip. 新疆三肋果

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山地灌丛、林缘、林下; 海拔 1900 - 2400 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及远东地区、小亚西亚地区、高加索地区及欧洲也有。

禾本科 (Gramineae)

Achnatherum inebrians (Hance) Keng 醉马草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山坡草地、河滩地; 海拔 1900 - 2300 米。

分布: 新疆、甘肃、青海、内蒙古、西藏、四川等地; 蒙古也有。

A. splendens (Trin.) Nevski 芨芨草

习性: 多年生丛生草本, 丛生, 短根茎, 地面芽。

生境: 微碱性草滩、山坡下部草地; 海拔 1900 - 2300 米。

分布: 西北、华北、东北等地; 蒙古、俄罗斯及中亚地区也有。

Agropyron cristatum (L.) Beauv 冰草

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 山地草原带; 海拔 1900 - 2800 米。

分布: 西北、华北、东北及四川、西藏等地; 蒙古、中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区也有。

Agrostis gigantea Roth. 巨序剪股颖

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山坡草地、河滩潮湿处、山谷; 海拔 1900 - 2300 米。

分布: 西北、华北、东北、华东及西藏、云南等地; 欧亚温带地区也有。

Anthoxanthum odoratum L. 黄花茅

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 高山草甸; 海拔 2400 - 2800 米。

分布: 新疆天山至阿尔泰地区; 蒙古、中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲也有。

Catabrosa aquatica (L.) Beauv 沿沟草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 河边、沼泽草地; 海拔 2600 - 3400 米。

分布: 西北、华北及四川、云南等地; 欧洲、亚洲及美洲也有。

Deschampsia koelerioides Regel 穗发草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 河漫滩地、高山草甸; 海拔 2600 - 3500 米。

分布: 新疆、青海、甘肃、西藏、内蒙古等地; 亚洲中部、俄罗斯西西伯利亚地区、喜马拉雅地区及土耳其也有。

D. pamirica Roshev 帕米尔发草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 河源滩地; 海拔 2600 - 3300 米。

分布: 新疆天山; 帕米尔地区也有。

Elymus nutans Griseb. 垂穗披碱草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地、河滩地; 海拔 1900 - 2800 米。

分布: 新疆、青海、甘肃、陕西、四川、西藏、内蒙古、河北等地; 中亚地区、俄罗斯、土耳其、蒙古、印度及喜马拉雅地区也有。

E. sibiricus L. 老芒麦

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山坡草地、河滩地; 海拔 1900 - 2500

- 米。
分布: 西北、华北、东北及四川、西藏等地; 中亚地区、俄罗斯、朝鲜、日本及蒙古也有。
- Elytrigia repens* (L.) Nevski 偃麦草
习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
生境: 山谷草地、草甸; 海拔 2300—2800 米。
分布: 新疆、青海、甘肃、西藏、河北等地; 中亚地区、俄罗斯及蒙古也有。
- Festuca brachyphylla* Schult. 短叶羊茅
习性: 多年生草本, 地面芽。
生境: 高山草甸、山坡、林下、灌丛; 海拔 2300—3500 米。
分布: 新疆天山、阿拉套及甘肃、青海、西藏西部等地; 中亚地区、帕米尔地区、俄罗斯西伯利亚地区及欧洲、北美洲也有。
- F. coelestis* (St. -Yves) V. Krecz. et Bobr. 矮羊茅
习性: 多年生丛生草本, 地面芽。
生境: 山坡草地、山地草甸、灌丛、河滩; 海拔 2500—3500 米。
分布: 新疆、甘肃、青海、四川、云南、西藏等地; 中亚地区、克什米尔地区也有。
- F. kirilovii* Steud. 毛稈羊茅
习性: 多年生疏丛草本, 地面芽。
生境: 山坡或河谷草地; 海拔 2000—3000 米。
分布: 新疆天山、阿尔泰地区及甘肃、青海、西藏、四川和华北等地; 中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区也有。
- F. ovina* L. 羊茅
习性: 多年生丛生草本, 地面芽。
生境: 山坡草地、山地草甸、河滩、灌丛; 海拔 2300—3300 米。
分布: 新疆天山、安徽、江苏、山东及西北、东北、西南等地; 世界温带地区和热带山地广布。
- F. rupicola* Heuff. 沟叶羊茅
(= *F. sulcata* (Hack.) Nym.)
习性: 多年生密丛草本, 地面芽。
生境: 山坡草地、山地草甸、草原; 海拔 1900—3000 米。
- 分布: 新疆、陕西、山西; 欧洲及俄罗斯也有。
- Helictotrichon mongolicum* (Roshev.) Henr. 蒙古异燕麦
习性: 多年生密丛草本, 地面芽。
生境: 山坡草地; 海拔 1900—2600 米。
分布: 新疆等地; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区也有。
- H. schellianum* (Hack.) Kitag. 异燕麦
习性: 多年生疏丛草本, 地面芽。
生境: 林缘、山坡灌丛; 海拔 1900—2800 米。
分布: 西北、华北、东北及四川、云南等地; 蒙古、朝鲜及中亚、俄罗斯西伯利亚地区也有。
- H. tianschanicum* (Roshev.) Henr. 天山异燕麦
习性: 多年生密丛草本, 地面芽。
生境: 山坡灌丛下草地; 海拔 2200—2800 米。
分布: 新疆、内蒙古、甘肃等地; 中亚地区及俄罗斯也有。
- Hierochloa glabra* Trin. 光稈茅香
习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
生境: 山坡草地; 海拔 2100—2800 米。
分布: 新疆、青海、河北、辽宁等地; 亚洲北部也有。
- H. odorata* (L.) Beauv. 茅香
习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
生境: 山坡灌丛下草地、河滩; 海拔 2200—2900 米。
分布: 新疆、青海、甘肃、陕西、河北、山西、内蒙古、山东、云南等地; 欧洲也有。
- Hordeum violaceum* Boiss. et Huet. 紫大麦草
习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。
生境: 山坡草地、河滩地; 海拔 1900—3100 米。
分布: 新疆、青海、甘肃、陕西、内蒙古、宁夏等地; 俄罗斯、伊朗及小亚细亚地区也有。
- Koeleria cristata* (L.) Pers. 洽草
习性: 多年生草本, 地面芽。
生境: 高山草甸、山坡草地; 海拔 2100—3400 米。

分布：我国大部分地区广布；欧亚温带及寒温带地区广布。

K. litwinowii Domin 短芒冷草

习性：多年生草本，地面芽。

生境：山坡草原；海拔1900—2900米。

分布：新疆、青海、甘肃、西藏、四川等地；小亚

细亚地区也有。

Leymus secalinus (Georg.) Tzevl. 赖草

(= *Aneurolepidium dasystachys* (Trin.)

Neski)

习性：多年生草本，具根茎，地面芽。

生境：山坡草地、河滩地、山地草原带；海拔

1900—2800米。

分布：西北、华北、东北及四川等地；中亚地区

及俄罗斯、朝鲜、日本也有。

Phleum phleoides (L.) Karst. 假梯牧草

习性：多年生小丛草本，具根茎，地面芽。

生境：林缘、山坡草地、灌丛；海拔2100—

2800米。

分布：新疆等地；欧亚寒温带地区也有。

Poa alpigena (Blytt) Lindm. 高原早熟禾

习性：多年生草本，具根茎，地面芽。

生境：林下草地、山地草甸；海拔1900—2800

米。

分布：新疆、青海、西藏、内蒙古、山西、河北等

地；不丹、印度、伊朗、中亚地区及欧洲

温带地区也有。

P. attenuata Trin. 北疆早熟禾

习性：多年生从生草本，地面芽。

生境：山坡草地、滩地、林缘灌丛中；海拔

1900—3300米。

分布：新疆、青海、甘肃、宁夏、山西、陕西等

地；中亚地区、俄罗斯西西伯利亚地区及

蒙古也有。

P. attenuata Trin. subsp. *viipara* Rendle 胎

生早熟禾

习性：多年生从生草本，地面芽。

生境：山坡草地、河滩地、高山砾石带；海拔

2600—3600米。

分布：新疆天山及阿尔泰山等地；中亚地区、

俄罗斯西西伯利亚地区、高加索地区及

P. wssulensis Trin. 乌苏里早熟禾

古也有。

中亚地区、俄罗斯西西伯利亚地区及蒙

古也有。

分布：新疆、青海、甘肃、西藏等地；印度、伊

米。

生境：河滩地、山坡草地；海拔2300—3000

习性：多年生从生草本，地面芽。

P. tibetica Munro. ex Stapf 西藏早熟禾

也有。

俄罗斯西伯利亚地区、帕米尔地区及蒙古

分布：新疆、西藏、四川等地；中亚地区、俄罗

生境：林缘草地；海拔2100—2600米。

习性：多年生草本，地面芽。

P. tianschanica (Regel) Hack. 天山早熟禾

有。

分布：新疆等地；中亚地区及帕米尔地区也

生境：干旱山坡草地；海拔1900—2400米。

习性：多年生从生草本，地面芽。

P. relaxa Ouz. 新疆早熟禾

南等地；欧洲也有。

分布：西北、华北、东北及山东、江西、四川、云

南等地；欧洲也有。

生境：山地草甸、林缘草地、灌丛、河边；海拔

2300—3200米。

P. pratensis L. 草地早熟禾

伯利亚地区及蒙古也有。

分布：西北、华北、东北及四川等地；中亚地区、俄罗

斯、不丹、尼泊尔、印度、巴基斯坦、伊

朗、帕米尔地区、青海、甘肃、西藏、四川、云南等

地；高山区石带草甸；海拔2800—3400米。

习性：多年生从生草本，地面芽。

P. litwinowiana Ouz. 昆仑早熟禾

米尔地区、中亚地区也有。

分布：新疆天山、青海、甘肃、四川及西藏等

地；印度西北部、巴基斯坦、伊朗及帕

米。

生境：高山草甸、河滩地；海拔2300—3500

习性：多年生草本，地面芽。

P. calliostis Litva 小早熟禾

欧洲也有。

习性:多年生丛生草本,地面芽。

生境:林下及灌丛中;海拔1900—2200米。
分布:新疆天山;中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区及蒙古、欧洲也有。

Ptilagrostis concinna (Hook. f.) Roshev 太白细柄茅

习性:多年生小丛草本,地面芽。

生境:山地草甸、灌丛、山坡草地;海拔2400—3300米。

分布:新疆、青海、甘肃、陕西、西藏、四川等地;锡金、喜马拉雅及中亚地区也有。

P. mongholica (Turcz. ex Trin.) Griseb. 细柄茅

习性:多年生小丛草本,地面芽。

生境:山坡草原、灌丛草地;海拔2100—2800米。

分布:西北、华北、东北及四川等地;蒙古及中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区也有。

Roegneria canina (L.) Nevski 鹅观草

习性:多年生草本,地面芽。

生境:山坡灌丛草地;海拔2200—2800米。

分布:新疆等地;中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区、高加索地区及伊朗、欧洲也有。

R. nutans (Keng) Keng 垂穗鹅观草

习性:多年生草本,地面芽。

生境:山坡草地、河滩草甸;海拔2000—2800米。

分布:新疆、甘肃、青海、四川、云南、西藏、山西。

Stipa krylovii Roshev 西北针茅

习性:多年生草本,地面芽。

生境:山地草原、山坡草地;海拔1900—2800米。

分布:西北、华北及西藏。

S. penicillata Hand. —Mazz. 疏花针茅

习性:多年生草本,地面芽。

生境:山坡灌丛草地;海拔1900—2600米。

分布:新疆、甘肃、青海、四川、陕西、西藏。

S. regeliana Hack. 狭穗针茅

习性:多年生小丛草本,地面芽。

生境:高山草甸、山坡草地;海拔2100—3100

米。

分布:新疆、甘肃、青海、四川、西藏等地;帕米尔地区及喜马拉雅地区也有。

S. sareptana Beck. 新疆针茅

习性:多年生草本,地面芽。

生境:河滩地、山坡草地;海拔1900—2500米。

分布:新疆等地;中亚地区及欧洲东南部也有。

Trisetum spicatum (L.) Richt. 穗三毛

习性:多年生草本,具匍匐茎,地面芽。

生境:山地草甸、草原及山坡草地;海拔2600—3700米。

分布:西北、华北、东北、西南及湖北西部等地;欧亚温带地区也有。

莎草科 (Cyperaceae)

Blysmus sinocompressus Tang et Wang 华扁穗草

习性:多年生草本,具根茎,地面芽。

生境:水边、沼泽地;海拔2100—3000米。

分布:西北、西南、华北及东北。

Carex arctica Meinsh. 北疆苔草

习性:多年生草本,具根茎,地面芽。

生境:灌丛草甸、沼泽草地;海拔2600—3200米。

分布:新疆、内蒙古、宁夏、青海等地;中亚地区也有。

C. capilaris L. 细弱苔草

习性:多年生草本,具根茎,地面芽。

生境:林下、林缘、阴坡草甸;海拔2200—2800米。

分布:西北、华北、东北及四川、西藏等地;中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区也有。

C. caspitosa L. 丛生苔草

习性:多年生草本,丛生,具根茎,地面芽。

生境:山地草甸;海拔2500—3100米。

分布:新疆等地;中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区也有。

C. eneris C. A. Mey. 无脉苔草

习性:多年生草本,具根茎,地面芽。

生境: 河源滩地、高山草甸、山坡; 海拔 2100—3400 米。

分布: 新疆、青海、甘肃、陕西、山西及东北等地; 前苏联及蒙古也有。

C. melanantha C. A. Mey. 黑花苔草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山地草甸、河源滩地; 海拔 2300—3300 米。

分布: 新疆等地; 蒙古及中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区也有。

C. melanocephala Turcz. 黑鳞苔草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 林缘、阴坡草甸; 海拔 2000—2600 米。

分布: 新疆天山; 蒙古及俄罗斯西伯利亚地区、中亚地区也有。

C. oxyleuca V. Krecz. 白尖苔草

(≈*C. atrofusca* Schkukr.)

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 高山草甸; 海拔 2300—3400 米。

分布: 新疆、甘肃、西藏、青海等地; 中亚地区也有。

C. rigescens (Franch.) V. Krecz. 白颖苔草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山坡草地; 海拔 1900—2500 米。

分布: 西北、华北、东北及山东、四川、西藏等地; 蒙古及中亚地区也有。

C. rhizina Blytt 毛根苔草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山坡草地; 海拔 1900—2800 米。

分布: 新疆、青海等地; 前苏联及欧洲中部和北部也有。

C. stenocarpa Turcz. ex V. Krecz. 细果苔草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 滩地、山坡、山地草甸; 海拔 2200—3400 米。

分布: 新疆天山及阿尔泰地区等地; 蒙古及中亚地区、俄罗斯西伯利亚地区也有。

C. turkestanica Regel 短柱苔草

习性: 多年生草本, 具根茎, 地面芽。

生境: 山坡草地; 海拔 2000—2800 米。

分布: 新疆等地; 前苏联及印度也有。

Kobresia bellardii (All.) Regel 嵩草

(≈*K. myosuroides* (Vill.) Fior. et Paol.)

习性: 多年生小丛草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 河源滩地、山地灌丛、阴坡草甸及高山砾石带; 海拔 2200—3500 米。

分布: 西北、西南、华北等地; 蒙古、朝鲜、日本、前苏联及欧洲、北美洲也有。

K. capilliformis Iran. 线叶嵩草

(在西藏植物志 5: 379. 1987. 作为 *K. capillifolia* (Decne.) C. B. Clarke 的异名)

习性: 多年生小丛草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 山地灌丛、草甸、林缘及沼泽草甸; 海拔 2000—3200 米。

分布: 新疆、青海、甘肃、四川、西藏等地; 中亚地区、克什米尔地区及阿富汗、尼泊尔、巴基斯坦、印度也有。

K. humilis (C. A. Mey.) Serg. 矮嵩草

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 草甸、灌丛; 海拔 2200—3400 米。

分布: 西北、西南、华北等地; 蒙古及中亚地区也有。

K. pamiroalaica Iran. 帕米尔嵩草

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 冰缘地带草甸、山坡林下; 海拔 2200—3400 米。

分布: 新疆等地; 帕米尔地区也有。

K. royleana (Nees.) Boeck. 喜马拉雅嵩草

习性: 多年生草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 林间空地, 滩地、山坡; 海拔 2000—2400 米。

分布: 新疆、西藏、青海、甘肃、四川等地; 尼泊尔、锡金、不丹、阿富汗、印度、前苏联及克什米尔地区也有。

K. stenocarpa (Kar. et Kir.) Steud. 窄果嵩草

习性: 多年生小丛草本, 地面芽。

分布: 新疆、西藏、青海、甘肃等地; 中亚地区也有。

生境: 高山草甸、河滩地、阴坡草甸、冰缘地带草甸; 海拔 2000—3300 米。

灯心草科 (Juncaceae)

Juncus soranthus Schrenk 团花灯心草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 草甸及沼泽草甸; 海拔 2600—3400 米。

分布: 新疆; 中亚地区、高加索地区及俄罗斯西伯利亚地区也有。

J. triglumis L. 贴苞灯心草

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 灌丛、草甸及沼泽草甸; 海拔 2400—3500 米。

分布: 新疆、河北、山西、四川、西藏等地; 锡金至克什米尔地区、日本和北极高山地区也有。

Luzula spicata (L.) DC. 垂穗地杨梅

习性: 多年生草本, 地面芽。

生境: 山地碎石坡草甸、沼泽草甸; 海拔 2600—3500 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区也有。

百合科 (Liliaceae)

Allium condensatum Turcz. 黄花葱

习性: 多年生鳞茎草本, 地面芽。

生境: 山坡草地、林缘灌丛; 海拔 1900—2300 米。

分布: 新疆、陕西、山东及华北、东北等地; 蒙古、朝鲜及俄罗斯西伯利亚地区也有。

A. mongolicum Regel 蒙古韭

习性: 多年生鳞茎草本, 地面芽。

生境: 干旱山坡草地; 海拔 1900—2500 米。

分布: 新疆、内蒙古、宁夏、陕西、山西、甘肃、辽宁等地。

A. platyspathum Schrenk 宽苞韭

习性: 多年生鳞茎草本, 地面芽。

生境: 山地草甸、山坡灌丛; 海拔 2000—2600 米。

分布: 新疆等地; 中亚地区及俄罗斯西伯利亚地区也有。

A. przewalskianum Regel 青甘韭

习性: 多年生鳞茎丛生草本, 地面芽。

生境: 山地灌丛及干旱山坡; 海拔 1900—2600 米。

分布: 西北及西南各省。

Eremurus fuscus (O. Fedtsch.) Vred. ex Kaszcz. 黄花独尾草

习性: 多年生草本, 短根茎, 肉质须根, 地面芽。

生境: 山坡灌丛、林缘; 海拔 1900—2300 米。

分布: 新疆天山; 中亚地区及俄罗斯西西伯利亚地区也有。

鸢尾科 (Iridaceae)

Iris loczyri Kanitz. 天山鸢尾

习性: 多年生密丛草本, 短根茎, 地面芽。

生境: 砾石山坡及山坡灌丛; 海拔 1900—2600 米。分布: 新疆、青海、西藏、甘肃等地; 中亚地区也有。

兰科 (Orchidaceae)

Listera tianschanica Grub. 天山对叶兰

习性: 多年生草本, 具根茎, 地下芽。

生境: 林下或林缘; 海拔 1900—2400 米。

分布: 东天山特有。

Orchis umbrosa Kar. et Kir. 阴生红门兰

习性: 多年生草本, 具块根, 地下芽。

生境: 林下; 海拔 1900—2500 米。

分布: 新疆北部; 中亚地区、阿富汗、俄罗斯西伯利亚地区也有。

乌鲁木齐河山区树轮年表

李江风 1) 王承义 1) 袁玉江 1)

胡汝骥 2) 马虹 2) 王宝栋 2) 姜逢青 2)

1) 新疆气象局气象科学研究所 830002 2) 中国科学院新疆地理研究所 830011

乌鲁木齐河山区的树木年轮采样,1993年8月22日—9月10日,由新疆气象科学研究所与新疆地理研究所协作完成。参加采样的人员有:李江风、胡汝骥、王承义、袁玉江、马虹、王宝栋、姜逢青。采样期间,得到了天山冰川观测试验站站长刘潮海等同志的大力支持。在乌鲁木齐河的八条主要支流上,海拔1990—2560m之间,共布设9个采点,每个采点平均采20棵树左右,每棵树取两个样芯,共采190棵树,折合样芯380个。所采树种为天山雪岭云杉。

1994年6—7月,年轮的交叉定年及轮宽测量读数在中国气象局气科院气候所进行,参加人员为新疆气象科学研究所的李江风、王承义、袁玉江。在交叉定年及轮宽测量读数工作上,得到了中国科学院地理所吴祥定研究员、邵雪梅副研究员及气科院张志华副研究员的帮助与支持,气科院气候所领导李骥也给予了大力支持。

树轮年表的研制,1995年由新疆气象科学研究所袁玉江、王承义、李江风完成,得到过中国科学院地理所吴祥定研究员、邵雪梅副研究员及气科院张志华副研究员的指导与帮助。树轮年表的研制先采用了国际年轮库的定年质量控制程序进行了交叉定年质量检验,保证定年的准确性,后使用国际年轮库的年表研制程序进行了树轮年表的研制,选取280个定年准确的轮宽序列,得到了9个采点的标准化树轮年表(见后附表)。

利用这些树轮年表,课题组已进行了一些分析研究工作,有关论文已经或即将发表。现将乌鲁木齐河的9个标准化树轮年表予以发表,供有关同行参考使用,以更充分地发掘这些树轮年表在气候、水文、环境等方面的应用潜力。有关这些树轮年表的基本特征,请参见中国科学院兰州冰川冻土研究所天山冰川观测试验站1993—1995年报,或即将出版的1997年度的《新疆大学学报》。

乌鲁木齐河的树木年轮研究,始终得到了中国科学院院士施雅风先生的关怀与支持,由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的资助。课题进行的后期,还得到了焦克勤、李忠勤两位站长的支持。我们在此向曾给乌鲁木齐河年轮研究以支持和帮助的同志或单位表示衷心地感谢。

附:乌鲁木齐河山区树轮年表

采集地点名: 乌鲁木齐河波尔钦沟 地区名: 乌鲁木齐市 国名: 中国

采集人: 新疆气科所: 李江风、王承义、袁玉江

新疆地理所: 胡汝骥、马虹、王宝栋、姜逢青

树种: Picea Spruce

地区年表编号: WH009

年表代号: BEQ

纬度: 43°08'20"

经度: 87°07'12"

海拔高度: 2400—2480 米

皮向: NE

坡度: 30—65°

— — — — — 年 轮 指 数 — — — — —

— — — 样 本 数 — — —

年份	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1630	1.873	1.860	2.162	1.396	1.138	1.624	2.102	0.263	0.925	2.298	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1640	1.388	1.024	1.765	0.899	0.552	0.361	0.592	0.583	0.597	0.386	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
1650	1.580	1.603	0.769	0.652	0.560	1.205	0.929	0.835	0.474	0.567	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1660	0.880	1.400	0.817	0.580	0.665	1.247	0.891	0.993	0.978	1.152	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1670	1.208	1.482	0.514	0.548	0.862	0.836	0.649	1.076	0.896	0.703	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1680	1.049	1.833	1.027	1.265	1.189	1.087	0.623	0.916	1.587	1.130	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1690	1.041	1.383	0.753	0.933	1.091	0.796	1.289	1.293	1.110	1.230	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1700	1.625	1.549	0.931	0.948	0.848	0.771	0.514	1.028	0.747	0.733	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1710	0.622	1.288	0.700	0.464	0.780	0.901	0.628	0.468	0.678	0.828	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1720	0.798	0.823	1.008	0.511	0.725	0.998	0.687	0.959	0.868	0.933	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1730	1.786	0.769	0.978	0.569	1.468	1.128	1.203	1.080	0.864	1.337	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1740	1.711	2.327	1.580	1.372	1.298	1.132	1.093	1.087	0.531	1.099	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1750	1.202	1.881	0.523	1.251	1.040	1.330	1.319	1.314	0.832	1.028	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1760	0.903	1.278	0.781	0.595	0.530	0.907	0.712	1.127	0.631	1.321	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
1770	0.995	0.836	0.938	1.294	0.877	0.475	0.744	0.769	0.304	1.057	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1780	1.186	1.313	1.231	1.907	1.326	1.661	1.427	0.548	1.021	1.030	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1790	0.846	1.298	1.470	1.189	1.248	1.294	0.907	0.562	0.386	0.634	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1800	0.515	0.935	0.673	1.193	1.334	0.832	0.981	0.377	0.865	0.824	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
1810	0.599	0.931	1.114	1.240	1.059	1.133	0.900	1.088	0.851	0.789	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1820	0.810	0.666	0.894	0.646	0.745	1.079	0.680	0.999	1.065	1.455	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1830	0.605	1.049	1.381	1.250	1.200	0.954	1.013	1.705	1.005	0.871	7	8	8	8	8	9	9	9	9	9
1840	1.015	1.467	0.944	0.712	0.659	0.912	1.220	1.153	1.647	1.545	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12
1850	1.158	1.446	1.296	1.037	0.868	0.828	0.971	0.836	0.769	0.693	12	12	12	12	12	13	13	13	14	14
1860	0.741	0.721	1.003	1.119	0.991	1.312	0.924	1.047	1.192	1.060	17	17	17	18	18	18	18	18	18	19
1870	1.172	1.151	1.034	0.860	0.873	1.028	0.936	0.757	1.145	1.194	20	21	21	21	21	22	22	22	22	22
1880	0.785	0.978	1.056	1.019	0.662	0.528	0.971	0.906	1.028	0.942	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
1890	1.109	1.159	1.322	1.112	1.132	0.633	0.985	1.212	1.073	1.213	26	27	27	27	28	28	28	28	28	28
1900	1.225	1.809	0.988	1.225	1.030	1.162	1.109	1.065	0.796	0.847	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1910	0.630	1.092	0.825	1.034	0.928	1.177	0.954	0.520	0.215	0.592	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1920	0.738	1.182	1.051	0.619	1.129	1.021	0.726	0.854	0.989	0.962	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1930	0.748	1.219	0.972	0.980	0.872	1.155	0.770	0.760	0.725	0.843	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1940	0.542	1.232	1.274	1.051	0.518	0.391	1.090	0.728	1.119	0.617	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1950	0.791	0.677	0.923	0.464	0.872	0.785	0.937	0.498	0.922	0.911	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1960	1.088	1.091	1.440	1.145	1.448	1.194	1.277	1.200	1.142	0.813	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1970	0.972	1.139	1.038	1.261	0.511	0.914	1.114	1.361	1.187	0.810	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1980	1.262	1.094	1.442	1.338	1.184	1.078	0.596	0.648	0.828	0.927	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1990	1.012	0.847	1.112	1.024							28	28	28	28						

* * * 年 表 统 计 参 数 * * *

年 代	1630—1993	年 数	364	标 准 差	0.331
一阶自相关	0.353	平均敏感度	0.295	指数平均值	1.000
指 数 和	363.996	指数平方和	403.746		

采集地点名: 乌鲁木齐河东白杨沟 地区名: 乌鲁木齐市 国名: 中国

采集人: 新疆气科所: 李江风、王承义、袁玉江

新疆地理所: 胡汝骥、马虹、王宝栋、姜逢青

树种: Picea Spruce

地区年表编号: WH001

年表代号: DBY

纬度: 43°26'06"

经度: 87°19'05"

海拔高度: 1990—2330 米

坡向: NW W

坡度: 30—50°

— — — — — 年 轮 指 数 — — — — —										— — — 样 本 数 — — —											
年份	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1790										0.821											1
1800	0.942	1.139	0.981	1.113	0.717	0.813	0.887	0.824	0.694	0.943	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
1810	0.738	1.140	1.076	1.466	1.093	1.543	1.389	1.236	0.989	0.915	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4
1820	0.771	0.969	0.896	0.791	0.530	0.931	0.798	0.945	1.115	1.020	4	5	5	5	5	5	5	6	8	8	8
1830	0.979	1.046	1.180	1.275	1.147	0.953	1.057	1.169	1.083	0.886	8	9	10	10	11	11	11	12	13	14	14
1840	1.216	1.320	1.086	1.165	0.944	0.961	1.123	0.989	1.052	1.200	14	14	14	14	15	15	15	16	17	18	18
1850	0.926	0.569	0.872	1.039	0.963	0.924	0.971	1.057	0.991	0.959	19	19	21	21	21	21	21	21	21	21	21
1860	1.015	0.908	1.045	1.034	0.892	0.980	0.919	0.912	1.040	0.965	21	21	23	24	27	27	28	28	29	29	29
1870	1.171	1.131	1.139	1.110	0.837	0.944	1.117	0.987	1.246	0.842	29	29	29	30	31	31	31	31	31	31	32
1880	0.886	0.855	0.955	0.942	0.844	0.418	0.724	0.866	1.098	1.070	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
1890	1.235	1.175	1.133	1.039	0.966	0.736	1.058	1.188	0.996	1.061	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
1900	0.698	1.092	1.078	1.187	1.106	1.243	1.222	1.001	0.899	0.713	32	32	33	33	33	33	33	33	33	33	33
1910	0.616	0.619	1.041	1.091	0.920	1.022	0.916	0.369	0.593	0.535	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
1920	0.701	0.891	1.101	1.081	1.092	1.101	0.710	0.687	0.804	0.796	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
1930	1.057	1.077	1.050	1.174	0.986	1.165	1.113	1.171	1.251	1.403	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
1940	1.130	1.542	1.534	1.286	0.439	0.328	0.993	0.949	1.108	0.902	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
1950	1.009	0.610	0.902	1.095	1.131	1.142	1.135	0.858	0.969	1.130	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
1960	1.271	1.244	1.258	0.974	1.131	0.875	1.188	0.780	1.154	1.174	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
1970	1.262	1.064	1.042	1.291	0.747	0.759	0.766	0.633	0.708	0.979	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
1980	0.991	1.043	1.061	0.981	1.044	1.107	0.980	1.028	1.123	1.114	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
1990	1.254	0.687	1.251	1.669							33	33	33	33							

*** 年 表 统 计 参 数 ***

年 代	1799—1993	年 数	195	标 准 差	0.212
一 阶 自 相 关	0.478	平 均 敏 感 度	0.173	指 数 平 均 值	1.000
指 数 和	195.003	指 数 平 方 和	203.748		

采集地点名:乌鲁木齐河哈熊沟(A点) 地区名:乌鲁木齐市 国名:中国

采集人:新疆气科所:李江风、王承义、袁玉江

新疆地理所:胡汝骥、马虹、王宝栋、姜逢青

种:Picea Spruce 地区年表编号:WH005 年表代号:HXA

纬度:43°11'50" 经度:87°09'45" 海拔高度:2340—2350米

皮向:NE W 坡度:30—60°

— — — — — 年 轮 指 数 — — — — — 样 本 数 — — — — —

年份	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1730							1.046	1.295	1.342	1.975								1	1	1	1
1740	1.596	1.567	1.422	1.311	1.496	1.247	1.527	1.187	1.084	1.239	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
1750	0.656	0.770	0.322	0.728	0.925	0.735	0.744	0.680	0.532	1.098	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
1760	0.921	1.067	0.892	0.791	1.027	0.997	0.967	0.916	0.904	1.045	4	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6
1770	0.741	0.593	1.190	1.446	1.133	0.498	0.744	0.920	0.458	1.072	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	9
1780	0.913	1.141	1.289	1.369	1.431	1.403	1.446	0.992	1.394	1.464	9	9	9	9	10	11	11	11	11	11	12
1790	1.119	0.993	1.120	1.285	0.841	0.756	0.648	0.583	0.766	0.689	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1800	0.593	1.203	0.915	1.292	1.198	1.153	1.069	0.531	0.547	0.725	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14
1810	0.419	0.690	0.922	1.219	1.021	1.142	1.243	1.299	1.072	0.906	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15
1820	0.746	0.659	0.924	0.814	0.509	0.950	0.773	0.926	1.059	1.121	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
1830	0.664	0.715	0.936	1.264	0.984	0.904	1.123	1.426	1.045	0.993	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
1840	1.047	1.331	0.967	1.385	1.037	0.936	1.310	1.134	1.384	1.306	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	17
1850	0.935	1.144	1.013	1.566	0.753	0.812	0.759	0.701	0.611	0.708	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
1860	0.976	0.544	0.931	1.219	0.775	0.862	0.938	0.867	1.050	0.989	17	17	17	17	18	18	18	18	19	20	20
1870	1.038	0.980	1.055	1.434	1.109	1.106	1.104	0.920	1.168	1.012	20	20	20	20	22	22	22	22	22	23	23
1880	0.706	0.838	1.008	1.269	0.751	0.729	0.961	0.763	1.042	0.850	23	24	24	24	25	25	25	25	25	26	26
1890	1.153	0.947	1.317	1.403	1.196	0.579	0.965	1.140	0.875	1.140	26	26	27	27	27	27	27	27	27	27	28
1900	0.959	1.201	1.070	1.496	1.065	1.077	0.955	0.995	0.893	0.761	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
1910	0.564	0.612	0.915	1.529	0.892	1.190	1.188	0.847	0.365	0.438	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1920	0.867	0.902	0.990	1.248	1.252	0.962	0.794	0.971	1.048	0.917	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1930	0.936	1.046	0.866	1.450	0.985	1.093	0.910	1.112	0.958	1.231	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1940	0.860	1.155	1.365	1.516	0.735	0.369	0.918	0.807	1.328	0.791	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1950	1.076	0.532	1.019	0.601	0.834	0.895	1.019	0.669	0.828	0.926	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1960	1.099	0.911	1.180	1.376	1.077	0.938	1.312	1.049	1.264	1.216	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1970	1.169	0.919	0.952	1.417	0.441	0.780	0.726	0.870	0.945	0.976	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1980	1.024	1.003	1.116	1.335	0.985	0.849	0.810	0.821	0.853	0.965	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1990	1.030	0.964	1.344	1.760							30	30	30	30							

* * * 年 表 统 计 参 数 * * *

年 代	1736—1993	年 数	258	标 准 差	0.269
一阶自相关	0.432	平均敏感度	0.238	指数平均值	1.000
指 数 和	257.999	指数平方和	276.596		

采集地点名: 乌鲁木齐河萨尔托斯沟 地区名: 乌鲁木齐市 国名: 中国

采集人: 新疆气科所: 李江风、王承义、袁玉江

新疆地理所: 胡汝骥、马虹、王宝栋、姜逢青

树种: Picea Spruce 地区年表编号: WH008

年表代号: SET

纬度: 43°09'12" 经度: 87°03'50"

海拔高度: 2460—2500 米

坡向: NW 坡度: 20—45°

— — — — — 年 轮 指 数 — — — — —										— — — — — 样 本 数 — — — — —										
年份	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1730					0.948	0.985	1.036	1.299	1.147	1.285					3	3	3	3	3	3
1740	1.181	0.977	1.285	1.349	0.946	1.066	1.132	1.002	0.715	1.011	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
1750	1.231	1.241	0.702	0.900	0.773	1.171	0.941	1.039	0.851	1.110	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1760	0.829	0.897	0.766	0.968	0.982	1.022	0.999	1.058	0.543	1.131	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
1770	0.984	0.706	1.101	1.609	1.095	0.443	1.097	0.905	0.474	0.737	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1780	0.552	0.930	0.861	1.072	1.022	0.733	1.032	0.430	0.561	0.678	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1790	0.628	0.820	1.214	1.691	1.585	1.099	0.809	0.738	1.082	0.781	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6
1800	0.761	1.033	1.227	2.102	1.464	1.710	1.516	0.831	0.728	1.021	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1810	0.568	0.877	0.992	1.330	0.850	0.843	0.983	1.216	0.921	0.746	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1820	0.724	0.555	1.196	1.350	0.797	1.038	1.234	0.998	0.905	1.119	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8
1830	1.019	0.906	0.945	1.800	0.920	0.844	1.351	1.281	1.376	0.955	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
1840	0.854	0.946	0.654	1.269	0.671	0.734	0.882	0.821	1.063	0.861	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
1850	0.683	0.840	1.174	2.148	0.870	0.892	0.787	0.973	0.709	0.669	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
1860	0.869	0.678	1.282	1.307	0.709	0.886	0.615	0.517	0.652	0.848	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9
1870	0.802	0.646	1.007	1.883	0.746	0.793	1.195	1.050	1.134	1.336	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10
1880	0.978	0.881	1.045	1.965	0.964	0.775	0.922	0.909	1.039	0.918	11	11	11	12	13	13	13	13	13	13
1890	1.026	0.937	1.213	1.800	1.143	0.639	1.169	1.210	1.006	1.046	13	13	13	13	16	16	16	16	16	16
1900	1.098	1.407	0.969	1.459	1.044	1.201	0.978	0.981	0.659	0.835	16	16	16	16	18	18	18	18	18	18
1910	0.620	0.601	0.751	1.513	0.916	1.311	0.635	0.870	0.505	0.725	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
1920	0.906	0.867	1.126	1.288	1.328	1.076	1.017	0.810	1.103	1.025	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
1930	1.043	0.906	0.896	1.385	0.959	1.252	1.011	1.086	0.842	0.813	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
1940	0.656	1.021	1.262	1.587	0.785	0.730	1.053	0.929	1.050	0.797	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
1950	0.867	0.713	0.867	1.279	0.824	0.900	1.102	0.806	0.829	0.909	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
1960	0.997	0.941	1.242	1.776	1.086	1.029	1.036	0.867	1.096	0.981	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
1970	1.133	1.073	1.061	1.908	0.681	0.833	0.712	0.850	0.850	0.738	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
1980	0.834	0.854	0.774	1.254	0.878	0.876	0.922	0.769	0.876	1.010	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
1990	1.051	1.160	1.432	1.381							19	19	19	19						

*** 年 表 统 计 参 数 ***

年 代	1734—1993	年 数	260	标 准 差	0.287
---阶自相关	0.251	平均敏感度	0.253	指数平均值	1.000
指 数 和	260.005	指数平方和	281.336		

采集地点名:乌鲁木齐河乌拉勒吐拜克沟 地区名:乌鲁木齐市 国名:中国

采集人:新疆气科所:李江风、王承义、袁玉江

新疆地理所:胡汝骥、马虹、王宝栋、姜逢青

树种:Picea Spruce 地区年表编号:WH004 年表代号:WLL

纬度:43°18'35" 经度:87°09'20" 海拔高度:2810—2320 米

坡向:N NW 坡度:20—38°

— — — — — 年 轮 指 数 — — — — — = — — — 样 本 数 — — — — —

年份	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1790					0.903	1.155	1.078	1.089	0.877	1.287					1	1	1	1	1	1
1800	1.230	0.515	0.815	0.837	0.598	0.974	0.636	0.587	0.546	0.723	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1810	0.745	0.794	0.639	0.811	0.541	0.600	0.617	0.695	0.869	0.875	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
1820	0.853	0.622	0.651	0.739	0.941	0.873	0.797	1.290	1.493	1.093	2	2	3	3	6	6	6	6	6	6
1830	0.719	1.047	1.144	1.487	1.173	1.273	1.321	1.519	1.103	0.868	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7
1840	1.070	1.547	1.327	1.198	0.754	1.044	1.467	1.158	1.307	1.331	7	7	7	7	7	8	8	8	8	9
1850	0.875	0.695	0.993	1.238	1.093	1.084	1.165	1.242	1.186	1.009	9	9	9	9	11	11	11	11	12	12
1860	1.249	0.528	0.832	1.205	0.788	0.936	0.728	0.897	1.081	1.076	12	12	12	12	12	12	13	13	14	14
1870	1.276	1.145	1.313	1.385	1.205	1.189	1.116	0.711	0.885	1.021	14	14	14	14	16	17	17	18	18	18
1880	0.706	0.580	0.684	0.873	0.664	0.359	0.581	0.629	0.980	1.022	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20
1890	1.135	1.041	1.417	1.363	0.914	0.810	0.976	1.018	0.961	1.158	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24
1900	1.013	1.168	1.144	1.422	1.273	1.343	1.231	1.127	1.199	0.556	24	24	24	24	26	27	27	27	27	27
1910	0.497	0.576	0.945	1.638	1.030	1.253	1.332	0.809	0.274	0.457	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28
1920	0.656	0.811	1.103	1.334	1.427	1.158	0.778	0.726	0.661	0.673	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1930	0.847	0.807	0.955	1.223	1.220	1.504	1.200	1.139	1.155	1.397	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1940	1.299	1.392	1.781	2.045	0.730	0.498	1.198	1.007	1.182	0.696	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1950	1.130	0.388	0.674	0.870	0.819	0.848	1.010	0.561	0.878	0.847	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1960	1.007	1.171	1.177	1.522	0.991	0.964	1.221	0.944	1.083	1.049	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1970	1.313	0.912	0.791	1.577	0.539	0.845	0.968	0.978	1.200	0.903	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1980	1.008	0.863	1.104	1.454	0.944	0.793	0.495	0.666	0.674	0.780	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1990	0.962	1.143	1.509	2.493							28	28	28	28						

*** 年 表 统 计 参 数 ***

年 代	1794—1993	年 数	200	标 准 差	0.314
一阶自相关	0.506	平均敏感度	0.238	指数平均值	1.000
指 数 和	199.999	指数平方和	219.558		

采集地点名:乌鲁木齐河西白杨沟 地区名:乌鲁木齐市 国名:中国

采集人:新疆气科所:李江风、王承义、袁玉江

新疆地理所:胡汝骥、马虹、王宝栋、姜逢青

对种:Picea Spruce 地区年表编号:WH002 年表代号:XBY

纬度:43°24'10" 经度:87°07'02" 海拔高度:2270—2380 米

坡向:NE E 坡度:30—70°

— — — — — 年 轮 指 数 — — — — —										— — — — — 样 本 数 — — — — —										
年份	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1750			0.822	1.206	0.846	1.167	1.005	0.576	0.703	1.156			1	1	1	1	1	1	1	1
1760	0.719	0.821	1.270	0.889	0.880	1.332	1.261	1.299	0.956	0.697	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1770	1.067	1.480	1.461	1.686	1.215	0.482	0.907	0.718	0.279	0.585	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1780	0.881	1.321	1.110	1.403	1.843	1.759	0.606	0.103	1.027	0.721	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1790	0.266	0.817	1.262	1.303	1.132	1.258	0.997	1.134	1.712	1.143	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3
1800	1.208	1.690	1.371	1.410	1.563	1.206	1.085	0.670	0.583	0.865	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
1810	0.593	1.068	0.928	1.010	1.051	1.175	1.015	1.151	0.849	0.543	7	8	8	8	9	9	9	9	9	9
1820	0.739	0.804	1.121	0.489	0.341	0.914	0.587	0.483	0.754	0.740	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1830	0.680	0.755	0.983	1.196	1.191	0.921	1.188	1.282	1.166	0.809	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
1840	1.400	1.756	1.187	1.002	0.985	0.845	1.301	1.118	1.452	1.673	15	16	16	16	16	16	16	16	16	17
1850	1.136	0.807	1.187	1.223	0.833	0.845	1.138	1.239	0.946	0.807	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
1860	0.784	0.799	1.105	0.946	0.893	0.980	0.847	0.906	0.845	0.974	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21
1870	1.247	1.505	1.425	1.266	1.077	1.011	1.060	0.911	1.127	0.857	21	21	21	22	22	22	22	22	22	22
1880	0.636	0.794	0.861	0.806	0.680	0.266	0.901	0.802	1.010	0.994	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24
1890	1.291	1.295	1.477	1.052	0.771	0.494	0.960	1.103	0.925	1.046	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28
1900	0.595	1.369	1.173	1.112	1.185	1.207	1.200	1.120	1.275	0.621	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
1910	0.646	0.803	1.224	1.270	0.873	1.115	1.080	0.479	0.459	0.570	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1920	0.781	1.129	1.323	0.902	0.999	0.761	0.640	0.554	0.619	0.604	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1930	1.119	1.176	0.810	0.904	0.870	1.149	0.780	1.029	1.103	1.232	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1940	0.959	1.636	1.654	1.381	0.485	0.264	1.504	1.038	1.194	0.771	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1950	1.074	0.425	1.161	1.029	0.921	1.075	1.019	0.649	0.782	1.122	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1960	1.172	1.321	1.527	0.827	0.939	0.690	1.041	0.885	1.220	0.953	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1970	1.072	1.049	1.354	1.398	0.493	0.925	0.872	0.771	0.573	0.947	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1980	0.951	1.262	1.449	0.922	0.913	1.094	0.643	0.787	0.861	1.176	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1990	1.265	0.764	1.294	1.558							30	30	30	30						

*** 年 表 统 计 参 数 ***

年 代	1752—1993	年 数	242	标 准 差	0.309
一阶自相关	0.416	平均敏感度	0.285	指数平均值	1.000
指 数 和	242.001	指数平方和	265.082		

采集地点名:乌鲁木齐河夏干萨特沟 地区名:乌鲁木齐市 国名:中国

采集人:新疆气科所:李江风、王承义、袁玉江

新疆地理所:胡汝骥、马虹、王宝栋、姜逢青

树种:Picea Spruce 地区年表编号:WH003 年表代号:XGS

纬度:43°16'35" 经度:87°14'05" 海拔高度:2040—2100 米

坡向:N NE 坡度:25—35°

年 轮 指 数										样 本 数												
年份	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1660								1.226	3.031	2.352										1	1	1
1670	1.701	0.582	1.282	1.520	1.258	1.027	0.794	0.425	1.307	1.073	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1680	0.598	0.565	1.148	1.218	1.870	1.014	1.183	0.606	1.104	1.004	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
1690	0.344	0.534	0.787	0.345	0.868	1.019	1.176	2.207	1.481	1.533	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1700	1.464	0.514	0.437	1.269	0.529	0.593	0.342	0.650	1.166	0.371	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1710	0.297	0.808	0.814	0.900	0.167	0.377	0.211	0.285	0.237	0.267	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1720	0.687	0.255	1.246	1.169	1.229	1.227	1.521	1.053	1.939	0.487	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1730	1.882	0.946	1.615	0.743	1.070	1.281	1.955	1.384	1.291	1.875	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1740	1.130	1.804	1.569	2.030	1.108	1.073	1.778	1.600	0.287	0.563	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1750	1.394	1.616	0.742	1.449	1.282	0.926	1.080	1.008	1.031	1.188	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4
1760	0.907	1.356	1.513	1.012	0.741	0.488	0.970	0.791	0.769	0.752	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
1770	0.563	0.515	0.857	1.091	0.993	0.504	0.518	0.734	0.272	0.466	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1780	0.751	0.890	1.069	0.887	1.231	1.373	1.311	0.223	0.833	0.719	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8
1790	0.643	1.030	1.658	1.713	1.577	1.253	1.336	1.199	1.233	1.021	8	9	9	9	9	9	9	9	9	11	11	12
1800	1.211	1.675	1.492	1.954	1.855	1.727	1.682	1.188	1.144	0.840	13	13	13	13	13	13	13	15	15	16	16	16
1810	0.352	0.717	0.442	0.655	0.592	0.752	0.602	0.671	0.584	0.465	17	17	17	17	18	18	18	18	18	18	18	18
1820	0.538	0.379	0.981	0.567	0.239	1.087	0.431	0.952	1.043	1.231	18	18	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19
1830	0.747	0.549	0.972	1.315	1.160	0.815	0.635	1.037	0.522	0.611	21	21	21	21	23	24	25	27	27	27	27	27
1840	0.913	1.206	1.061	0.815	0.781	0.926	1.493	1.414	1.661	1.851	27	27	29	29	30	32	33	34	35	35	35	35
1850	1.209	1.500	1.350	1.277	0.693	0.931	1.093	1.115	1.070	0.990	35	35	35	35	35	35	35	35	36	37	37	37
1860	0.511	0.349	0.786	1.251	0.830	1.056	0.646	0.999	1.064	1.275	37	37	37	37	38	39	39	40	40	41	41	41
1870	1.554	1.507	1.576	1.634	1.203	0.778	0.931	0.413	1.032	0.606	41	42	42	43	43	43	43	44	44	45	45	45
1880	0.548	0.431	0.828	0.602	0.437	0.163	0.543	0.713	1.140	1.195	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
1890	1.358	1.479	1.590	1.191	1.019	0.534	1.125	1.170	1.094	1.254	45	45	46	46	47	47	47	47	47	47	47	47
1900	0.539	1.422	0.986	1.919	1.226	1.365	1.293	1.184	0.776	0.451	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
1910	0.517	0.720	1.047	1.493	0.865	1.526	1.330	0.377	0.289	0.618	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
1920	0.509	1.018	0.950	1.229	0.795	0.946	0.425	0.552	0.579	0.660	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
1930	0.626	0.757	0.707	1.362	0.696	1.230	0.598	0.768	0.766	1.333	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
1940	0.677	1.189	1.642	1.107	0.278	0.171	1.223	0.776	1.174	0.436	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
1950	0.716	0.105	0.933	0.337	0.890	0.657	0.766	0.134	0.818	0.775	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
1960	0.996	0.939	1.366	1.905	1.753	1.622	2.061	1.634	1.681	1.544	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
1970	1.570	1.337	0.982	1.785	0.606	1.118	1.176	1.043	1.265	1.020	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
1980	1.094	0.885	1.211	0.912	0.945	0.769	0.530	0.641	0.685	0.834	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
1990	1.064	0.623	1.250	1.620							47	47	47	47								

年表统计参数

年 代	1667—1993	年 数	327	标 准 差	0.455
一阶自相关	0.501	平均敏感度	0.394	指数平均值	1.000
指 数 和	326.999	指数平方和	394.613		

采集地点名: 乌鲁木齐河宰尔德沟 地区名: 乌鲁木齐市 国名: 中国

采集人: 新疆气科所: 李江风、王承义、袁玉江

新疆地理所: 胡汝骥、马虹、王宝栋、姜逢青

树种: Picea Spruce 地区年表编号: WH007 年表代号: ZED

纬度: 43°12'50" 经度: 87°02'30" 海拔高度: 2310—2470 米

坡向: NW W 坡度: 30—35°

年份	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1620		0.431	0.572	0.294	1.000	1.005	1.864	1.732	2.176	1.321		1	1	1	1	1	1	1	1	1
1630	0.892	0.752	0.759	0.616	1.536	1.091	1.259	1.431	1.129	0.658	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1640	1.318	1.004	0.848	1.531	1.376	0.529	1.052	0.885	1.239	1.067	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1650	1.068	0.891	0.888	1.229	0.702	0.693	0.683	1.329	0.658	1.272	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1660	1.239	0.609	1.311	0.710	0.954	0.919	0.511	1.325	1.156	1.322	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
1670	0.838	1.063	0.849	1.086	1.223	1.001	1.168	0.975	1.045	0.850	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1680	0.882	0.768	0.677	1.362	0.924	0.873	0.641	1.402	1.131	0.755	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1690	0.452	0.563	0.680	1.037	1.179	1.317	0.964	1.129	1.432	1.118	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1700	1.313	1.456	1.243	1.760	0.717	1.144	0.708	0.895	1.088	0.950	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1710	0.731	1.116	0.596	0.679	0.730	0.878	1.202	0.937	1.053	1.080	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1720	1.252	0.637	1.187	0.747	0.953	0.950	1.070	1.010	1.126	0.714	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1730	1.209	0.551	0.861	0.671	1.102	1.065	0.984	1.030	1.039	1.501	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
1740	1.261	1.098	1.168	1.259	1.265	1.040	1.157	1.053	0.903	1.100	3	3	5	5	8	9	9	9	9	9
1750	1.161	1.046	1.017	1.132	0.926	1.061	1.164	1.017	0.772	1.030	9	9	9	9	11	11	12	12	12	12
1760	0.877	0.884	0.826	0.901	0.801	1.166	1.125	1.176	0.814	1.231	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13
1770	1.033	0.701	0.904	1.194	0.973	0.804	0.624	0.839	0.452	0.722	13	14	14	14	14	14	14	14	14	15
1780	1.313	1.068	0.843	1.147	1.067	1.021	0.978	0.411	0.897	0.816	15	15	16	16	17	17	17	17	17	17
1790	0.815	1.011	1.313	1.559	1.371	1.134	0.828	0.834	1.003	0.890	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
1800	0.847	1.272	1.121	1.658	1.504	1.200	1.148	0.728	0.728	0.810	17	17	17	17	18	18	19	20	20	21
1810	0.794	0.887	1.022	1.094	1.100	1.157	1.135	1.127	1.090	0.998	22	22	22	22	24	24	24	24	24	25
1820	0.807	0.636	0.883	0.923	1.065	0.888	0.711	0.798	1.125	1.160	25	25	25	25	26	26	26	26	27	27
1830	0.724	0.874	1.076	1.433	1.215	0.939	1.200	1.445	1.200	1.063	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29
1840	0.954	1.352	0.925	1.107	0.951	0.836	1.139	1.019	1.230	1.211	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30
1850	0.728	1.064	1.070	1.533	0.929	0.970	0.836	0.814	0.761	0.694	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1860	0.897	0.488	0.917	1.124	0.766	0.853	0.792	0.729	0.941	0.924	30	30	30	30	31	31	31	31	33	34
1870	0.841	0.864	0.893	1.217	0.916	1.112	1.251	0.980	1.018	1.044	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
1880	0.787	0.806	0.920	1.270	0.743	0.752	0.948	0.712	0.944	0.838	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
1890	1.070	0.909	1.269	1.357	1.199	0.558	0.966	1.081	0.993	1.087	35	35	35	35	35	35	35	36	36	36
1900	0.904	1.166	1.029	1.380	1.089	1.128	1.090	1.015	1.014	1.048	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
1910	0.885	0.757	0.920	1.463	0.984	1.143	1.169	0.839	0.414	0.557	36	36	37	37	37	37	37	37	37	37
1920	0.860	0.829	0.972	1.216	1.287	1.232	1.131	1.104	1.175	1.043	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
1930	1.087	1.062	0.935	1.439	1.096	1.265	1.006	1.044	0.949	1.185	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
1940	0.883	1.174	1.548	1.483	0.854	0.405	1.027	0.949	1.187	0.746	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
1950	0.915	0.685	1.056	0.979	0.922	0.961	1.159	0.589	0.769	0.940	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
1960	1.010	0.815	1.122	1.328	0.996	0.894	0.975	0.914	1.168	1.071	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
1970	1.126	1.014	0.919	1.348	0.514	0.833	0.785	0.927	0.865	0.828	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
1980	0.842	0.825	1.006	1.172	0.945	0.912	0.955	0.939	0.772	0.942	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
1990	1.021	0.999	1.194	1.632							37	37	37	37						

*** 年 表 统 计 参 数 ***

年 代	1621—1993	年 数	373	标 准 差	0.253
一阶自相关	0.295	平均敏感度	0.237	指数平均值	1.000
指 数 和	372.995	指数平方和	396.853		

1996 年站固定和客座人员撰写 专著和发表论文目录

1. 出版专著

- (1)、天山积雪与雪崩, 谢自楚、И. В. 谢维尔斯基、张志忠, 湖南师范出版社大学, 长沙。
- (2)、Оледенение Тянь-Шаня, Д юргеров、刘潮海、谢自楚, ВИНИТИ, Москва。

2. 发表论文

- 陈建明、刘潮海等, 1996, 航空摄影测量对比成图方法在乌鲁木齐河流域冰川变化监测中的应用, 冰川冻土, 18(4): 331—336
- 陈建明、井晓平等, 1996, 莫高窟壁画近景摄影测量与图象数字处理, 敦煌研究, 3
- Daqing Yang, Ming-ko Woo and Zhao Junxia, 1996, Snowmelt at the High Arctic, N. W. T., Canada, 第五届全国冰川冻土学术会议论文集(寒区工程及干、寒区水文), 甘肃文化出版社, 504—514(1996—03)
- Ding Yongjian, 1996, Copmitation of longterm glacier flucuation data in China and a comparison with corresponding records from switerland. Journal of Glaciology, 42(141):
- Ding Yongjian, 1996, Global glacial fluctuations in response to climatic change in the past 40a. Science in China(series D), 39(1): 66—73(1995—07)
- 丁永建, 1996, 中国和瑞士冰川波动之对比研究, 冰川冻土, 18(增刊): 96—104, (1995—05)
- 丁永建、柄洪涛, 1996, 近况40年来冰川物质平衡变化及对气候变化的响应, 冰川冻土, 18(增刊): 23—32, (1995—05)
- 丁永建, 1996, 八十年代以来冰冻圈变暖的若干证据, 冰川冻土, 18(2): 131—138(1995—04)
- 丁永建、刘时银等, 1996, 物质平衡变化的若干特征及其古气候意义, 地球科学进展, 11(6): 590—596(1996—03)
- 韩添丁、杨新元, 1996, 乌鲁木齐河源各水文点径流变化特征, 第五届全国冰川冻土学术会议论文集(寒区工程及干、寒区水文), 甘肃文化出版社, 522—526(1996—03)
- 焦克勤、姚檀栋、施维林, 1996, 古里雅冰芯中降水量的恢复, 第五届全国冰川冻土学术会议论文集(冰冻圈及全球变化), 甘肃文化出版社, 159—194(1996—08)
- 康尔泗, 1996, 高亚洲冰冻圈能量平衡变化及其对气候变化的响应, 冰川冻土, 18(增刊): 12—22(1995—05)
- 康尔泗, 1996, 天山高山带能水平衡融雪径流模拟计算研究, 第五届全国冰川冻土学术会议论文集(寒区工程及干、寒区水文), 甘肃文化出版社, 447—454(1996—03)
- 康尔泗, 1996, 天山天格尔山北坡冰川系统及其径流变化研究, 冰川冻土, 18(增刊): 60—74(1995—05)
- 康尔泗, 1996, 气候变化对我国区域水资源影响研究的新进展, 冰川冻土, 18(4): 376—377

- 康尔泗, 1996, 天山高山带能水平衡融雪径流模拟计算研究, 第五届全国冰川冻土学术会议论文集(寒区工程及干、寒区水文), 甘肃文化出版社, 447—454(1996—03)
- Kang Ersi et al., 1996, Runoff formation and discharge modelling of a glacierized basin in the Tianshan Mountains. Regional hydrological response to climate change, Kluwer Press.
- 李世杰, 1996, 青藏高原可可西里地区现代冰川发育特征, 地理科学, 16(1): 10—17
- 李震、曾群柱, 1996, 合成孔径雷达影像提取雪盖信息研究, 环境遥感, 11(3): 200—205(1995—06)
- 李震、曾群柱, 1996, 合成孔径雷达数据提取积雪湿度研究, 遥感新进展与发展战略, 中国科学技术出版社, 217—221。
- 李震、曾群柱、孙文新, 1996, 天山地区 SAR 数据雪盖制图研究, 冰川冻土, 18(4): 366—371
- 刘风景、叶佰生、杨大庆, 1996, 天山乌鲁木齐河源空冰斗积雪和径流离子成分及其来源, 第五届全国冰川冻土学术会议论文集(寒区工程及干、寒区水文), 甘肃文化出版社, 515—521(1996—03)
- Liu Shiyin, 1996, Mass balance of Kangware Glacier on the north flank of Mt. xixabangma, China, Bulletin of Glacier Research, (14): 37—43
- 刘时银等, 1996, 抗物热冰川区消融期天气气候特征分析, 冰川冻土, 18(3): 244—251
- 刘时银、丁永建、叶佰生等, 1996, 度日因子用于乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡计算的研究, 第五届全国冰川冻土学术会议论文集(冰冻圈及全球变化), 甘肃文化出版社, 197—205(1996—03)
- 刘宗香、王文梯、邵文章, 利用冰川数据库分析我国西北山区冰川分布特征, 第五届全国冰川冻土学术会议论文集(冰冻圈及全球变化), 甘肃文化出版社, 183—189(1996—03)
- 苏珍、刘时银、谢自楚, 1996, 昆仑山西段极大陆性冰川的初步研究, 第五届全国冰川冻土学术会议论文集(冰冻圈及全球变化), 甘肃文化出版社, 150—158(1996—03)
- 王宁练、周宇斌, 1996, 气候变化对于冰川零平衡线影响的灰色建模分析, 第五届全国冰川冻土学术会议论文集(冰冻圈及全球变化), 甘肃文化出版社, 204—212(1996—03)
- Wang N. L. and Yao T. D., 1996, Study of the steady-state response of mountain glacier to climatic change. Cryosphere, 2.
- Wang N. L., Yao T. D. and Pu J. C., 1996, Climate Sensitivity of the Xiao Dongkemadi Glacier in the Tonggula Mountain. Cryosphere, 2.
- 王晓军、韩建康、谢自楚等, 1996, 乌鲁木齐河源1号冰川积累区透底冰芯底层及冰结构分析, 冰川冻土, 18(4): 337—346
- 魏文寿、王存牛、姜逢清、王积强, 1996, 中国天山积雪的热量交换与水汽蒸凝过程研究, 冰川冻土, 18(增刊): 129—138(1995—05)
- 谢自楚、丁良福、刘潮海、刘时银, 1996, 冰川平衡线处的物质平衡及其应用, 冰川冻土, 18(1): 1—9(1995—01)
- 谢自楚、丁良福, 1996, 高亚洲冰川物质平衡及其对气候变化的响应研究, 冰川冻土, 18(增刊): 5—11(1995—05)
- 谢自楚, 1996, 高亚洲冰川变化对冰川径流的影响, 第五届全国冰川冻土学术会议论文集(寒

- 区工程及干、寒区水文),甘肃文化出版社,455—461(1996—03)
- 司顺、贾宝全、许英勤、杨云良,1996,乌鲁木齐河源区植被及表土花粉,冰川冻土,18(增刊):264—273(1995—05)
- 杨惠安、米德生、康兴成、李忠勤等,1996,西北地区冰川资源的分布及特征,第五届全国冰川冻土学术会议论文集(冰冻圈及全球变化),甘肃文化出版社,175—182(1996—03)
- 杨新元、韩添丁,1996,乌鲁木齐河源气温、降水的变化趋势及其对冰川影响,冰川冻土,18(2):189—193(1995—08)
- 杨针娘、胡鸣高、刘新仁等,1996,高山冻土区水量平衡及地表径流特征*(以天山空冰斗为例),中国科学(D辑),26(6):567—573
- 杨针娘、胡鸣高、刘新仁等,1996,天山乌鲁木齐河源空冰斗多年冻土区山坡水文过程的基本特征,第五届全国冰川冻土学术会议论文集(寒区工程及干、寒区水文),甘肃文化出版社,426—434(1996—03)
- Yao Tangdong, L. G. Thompson, Qin Dahe, Tian Lide, Jiao Keqin, Yang Zhihong and Xie Chao, 1996, Variations in temperature and precipitation in the past 2000 a on the Xizang(Tibet) Plateau, —Guliya ice core record, Science in China (Series D), 39(4):
- 姚檀栋、秦大河、田立德、焦克勤等,1996,青藏高原2Ka 来温度与降水变化,中国科学(D),26(4):348—353。
- 姚檀栋、杨志红、焦克勤等,1996,近 2000 年来高分辨率的连续气候环境变化记录(古里雅冰芯近2k 年记录初步研究),科学通报,41(2):
- 叶佰生、赖祖铭、施雅风,1996,气候变化对中亚河川径流的影响,冰川冻土,18(1):29—36(1995—06)
- 叶佰生、陈克恭、施雅风,1996,乌鲁木齐河源冰川的消融强度函数,冰川冻土,18(2):139—146(1995—05)
- 叶佰生、施雅风,1996,天山山区不同规模山谷冰川及其径流对气候变化的响应过程,第五届全国冰川冻土学术会议论文集(寒区工程及干、寒区水文),甘肃文化出版社,495—503(1996—03)
- 张志忠等,天山积雪结构类型及其分布特征,第五届全国冰川冻土学术会议论文集(冰冻圈及全球变化),甘肃文化出版社,170—174(1996—08)
- 赵林、邱国庆、金会军,1996,天山乌鲁木齐河流域近一万年以来的环境演化,第五届全国冰川冻土学术会议论文集(冰冻圈及全球变化),甘肃文化出版社,133—140(1996—08)
- 张寅生、姚檀栋、蒲建成等,1996,唐古拉山冬克玛底冰川平衡线附近的能量平衡,冰川冻土,18(1):10—19(1995—04)
- 张寅生、姚檀栋、蒲建成,1996,青藏高原中部唐古拉山区地面蒸发观测及其特征分析,第五届全国冰川冻土学术会议论文集(冰冻圈及全球变化),甘肃文化出版社,61—68(1996—03)张志忠、刘宗香,1996,乌鲁木齐河流域水椎及其利用研究,地理科学,16(4):359