

# 乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡研究

王纯足 王新中 王晓军

乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡已由许多人考察研究过,如谢自楚等(1965),张金华等(1984)都做有大量而又细致的工作。本文在前人研究的基础上,结合最近 3 年(1985—1987)冰川物质平衡的资料,并利用 1 号冰川水文点的气象资料及大西沟气象站的降水量加以分析,着重阐述 1987 年天山 1 号冰川消融减小的原因。

## 1 冰川物质平衡的观测和计算方法

天山站 1 号冰川物质平衡研究,主要采用花杆法、雪坑法进行积累、消融的系统观测。物质平衡是反映气候变化、冰川进退的重要标志。

为了准确测量冰川积销量,我们在 1 号冰川上共布设花杆 74 根,其分布密度达 40 根/km<sup>2</sup>,其中粒雪盆后壁共有花杆 12 根。观测内容有:

1) 测杆读数 ( $n$ ),测定测杆顶部至冰川面的距离; 2) 观测雪层结构的演变及附加冰的发育过程。用花杆观测冰川消融,同时挖雪坑记录雪层结构。测杆在消融期始末进行观测、读数精确至厘米。各测点的纯平衡量 ( $b$ ) 为冰川冰 ( $b_i$ )、积雪 ( $b_s$ ) 和附加冰 ( $b_{ai}$ ) 各分量之间的代数和,即:

$$b = b_i + b_s + b_{ai} \quad (1)$$

$$b_i = d_i [(h_1 + m_1 + n_1) - (h_2 + m_2 + n_2)] \quad (2)$$

$$b_s = d_s m_2 - d_{s1} m_1 \quad (3)$$

$$b_{ai} = (n_2 - n_1) \quad (4)$$

式中,  $h_1$ ,  $h_2$  分别为前后两次观测的测杆读数;  $m_1$ ,  $m_2$  分别为两次观测的积雪厚度;  $n_1$ ,  $n_2$  分别为两次观测的附加冰的厚度;  $d_i$  为冰川冰的密度,一般取 0.9g/cm<sup>3</sup>;  $d_{s1}$ ,  $d_{s2}$  分别为两次观测的积雪密度;  $d_{ai}$  为附加冰的平均密度,取数为 0.85g/cm<sup>3</sup>。

用雪层剖面观测冰川积累区的积累量。雪坑挖至前一平衡年度末所形成的污化层,分层测量粒雪类型、厚度 ( $m$ )、密度 ( $d$ ),累计得到全年度的纯积累量 ( $C$ ):

$$C = dm$$

## 2 冰川物质平衡采用等值线法计算

用花杆和雪坑将所测得单点物质平衡量(表 1)绘制在大比例尺 1:5 000 的天山站 1 号冰川地形图上。



表1 (续)

| 剖面<br>(位置) | 花杆<br>No. | 纯 积 消 量                |                  |                  |                  |                   | 合<br>计  | 剖面<br>(位置) | 花杆<br>No. | 纯 积 消 量                |                  |                  |                  |                   | 合<br>计 |
|------------|-----------|------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|---------|------------|-----------|------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--------|
|            |           | 1986.8.31<br>—1987.5.1 | 1987.5.1<br>—6.1 | 1987.6.1<br>—7.1 | 1987.7.1<br>—8.1 | 1987.8.1<br>—8.31 |         |            |           | 1986.8.31<br>—1987.5.1 | 1987.5.1<br>—8.1 | 1987.6.1<br>—7.1 | 1987.7.1<br>—8.1 | 1987.8.1<br>—8.31 |        |
| 西 支        | A         | -74.7                  | -177.3           | -239.6           | -759.6           | -945.0            | -2196.2 | 西 支        | 1         | +192.7                 | +43.9            | +81.6            | -258.6           | -374.6            | -315.0 |
|            | 1         | +85.9                  | -73.9            | -141.6           | -836.4           | -945.0            | -1911.9 |            | 2         | +188.6                 | +82.4            | +66.9            | -174.6           | -370.3            | -207.0 |
|            | B         | -52.6                  | -113.9           | -148.4           | -714.7           | -828.0            | -1857.6 | F          | 3         | +256.6                 | +10.1            | +75.0            | -179.4           | -378.3            | -216.0 |
|            | 3         | -178.1                 | -190.9           | -235.0           | -645.8           | -918.0            | -2167.8 |            | 4         | +253.8                 | +70.2            | +84.9            | -175.9           | -273.0            | -40.0  |
| 3 876.74m  | 平均        | -48.3                  | -126.2           | -175.0           | -732.3           | -897.0            | -1979.1 | 4 035.00m  | 平均        | +222.9                 | +51.7            | +77.1            | -197.1           | -349.1            | -194.5 |
| 西 支        | 1         | +310.0                 | -81.5            | -76.1            | -448.7           | -766.4            | -1082.7 | 西 支        | +1        | +133.0                 | +58.4            | +58.7            | -156.1           | -463.0            | -369.0 |
|            | 2         | +233.4                 | -71.1            | -195.5           | -415.3           | -774.6            | -1223.1 |            | 2         | +185.6                 | +19.9            | +90.5            | -219.2           | -334.5            | -257.7 |
|            | C         | +13.0                  | -210.0           | -121.2           | -898.2           | -909.6            | -1926.0 | G          | 3         | +144.0                 | +147.0           | +11.0            | -245.0           | -309.0            | -252.0 |
| 3 906.00m  | 平均        | +185.5                 | -120.9           | -130.9           | -520.7           | -816.9            | -1403.9 |            | 4         | +295.0                 | +94.4            | +111.3           | -175.1           | -229.6            | +96.0  |
| 西 支        | 1         | +374.7                 | +24.2            | -61.9            | -282.9           | -693.1            | -639.0  |            | 5         | +353.6                 | +66.4            | +103.1           | -115.9           | -189.6            | +237.6 |
|            | 2         | +175.4                 | -70.0            | +2.9             | -438.7           | -668.6            | -999.0  | 4 060.30m  | 平均        | +222.2                 | +77.2            | +74.9            | -182.3           | -301.2            | -109.1 |
|            | D         | +214.2                 | +4.4             | -9.0             | -350.8           | -704.8            | -846.0  | 西 支        | 2         | +251.2                 | +54.9            | +132.3           | -181.4           | -223.1            | +33.9  |
|            | 4         | +318.2                 | -35.2            | +20.0            | -260.1           | -537.9            | -495.0  |            | 3         | +260.6                 | +76.5            | +143.1           | -236.7           | -261.5            | -18.0  |
|            | 5         | -89.8                  | -38.9            | -55.3            | -603.6           | -778.4            | -1566.0 | H          | 4         | +331.3                 | +159.7           | +18.1            | -182.6           | -261.0            | +65.5  |
| 3 970.51m  | 平均        | +198.6                 | -23.1            | -20.7            | -387.2           | -676.6            | -909.0  |            | 5         | +467.2                 | +88.0            | +133.7           | -71.4            | -165.8            | +451.7 |
| 西 支        | 1         | +253.8                 | +21.7            | +21.2            | -293.2           | -516.5            | -513.0  | 4 077.74m  | 平均        | +327.6                 | +94.8            | +108.8           | -168.0           | -227.9            | +133.3 |
|            | 2         | +203.8                 | +2.4             | -27.0            | -238.2           | -500.0            | -559.0  | I4110      |           | +389.8                 | •                | •                | +66.7            | -135.4            | +321.1 |
|            | E         | +296.8                 | +3.5             | +16.6            | -226.4           | -513.5            | -423.0  | J4166      |           | +324.0                 | •                | •                | +46.2            | -122.4            | +247.8 |
|            | 4         | +277.0                 | +24.7            | +20.9            | -237.1           | -445.0            | -360.0  | K4225      |           | +399.2                 | •                | •                | •                | +103.4            | +502.6 |
|            | 5         | +140.6                 | +54.9            | +4.2             | -262.6           | -410.0            | -472.9  |            |           |                        |                  |                  |                  |                   |        |
| 4 000.65m  | 平均        | +234.4                 | +21.3            | +7.2             | -251.5           | -497.0            | -485.8  |            |           |                        |                  |                  |                  |                   |        |

注: \*为缺测。

利用上述观测和计算方法, 1986—1987年平衡总量为  $-32.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 平衡值为  $-176 \text{ mm}$  (表2, 图1)

表2 天山1号冰川1985, 1986, 1987年东西支物质平衡计算结果

| 年<br>度    | 纯消融                | 纯积累                | 消融区消融              | 积累区消融              | 总积累                | 总消融                | 物质平衡收支差额           |      |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
|           | $10^4 \text{ m}^3$ | $10^4 \text{ m}^3$ | $10^4 \text{ m}^3$ | $10^4 \text{ m}^3$ | $10^4 \text{ m}^3$ | $10^4 \text{ m}^3$ | $10^4 \text{ m}^3$ | mm水柱 |
| 1984—1985 | 132.2              | 19.6               | 59.4               | 9.0                | 88.0               | 200.6              | -112.6             | -612 |
| 1985—1986 | 184.4              | 11.3               | 61.5               | 15.8               | 88.6               | 211.7              | -123.1             | -723 |
| 1986—1987 | 68.8               | 36.5               | 43.4               | 7.3                | 87.2               | 119.5              | -32.3              | -176 |

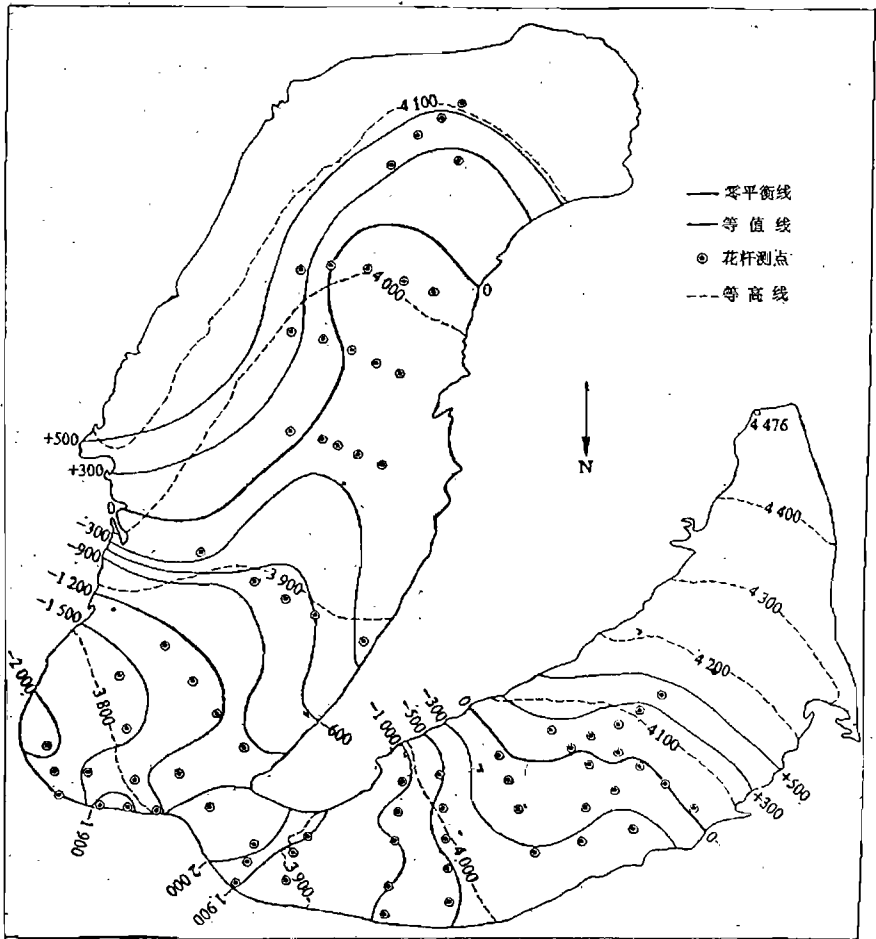


图1 1号冰川物质平衡等值线图 (1986.8—1987.8)

又根据图1用内插法, 求出零平衡线高度列于表3。



表3 天山1号冰川1985, 1986, 1987年零平衡线变化

(m)

| 年 度       | 东 支   | 西 支   | 平 均   |
|-----------|-------|-------|-------|
| 1984—1985 | 4 081 | 4 112 | 4 097 |
| 1985—1986 | 4 110 | 4 160 | 4 130 |
| 1986—1987 | 3 980 | 4 070 | 4 025 |

根据上述图、表算出天山站1号冰川1985, 1986, 1987年积消面积变化列于表4。

表4 天山1号冰川1985, 1986, 1987年积—消面积变化

| 年 度       | 积 累 区<br>( $\text{km}^2$ ) | 消 融 区<br>( $\text{km}^2$ ) | 冰 川 系 数 |
|-----------|----------------------------|----------------------------|---------|
| 1984—1985 | 0.56                       | 1.28                       | 0.44    |
| 1985—1986 | 0.50                       | 1.34                       | 0.37    |
| 1986—1987 | 0.91                       | 0.93                       | 0.98    |

### 3 结 论

1985年, 根据大西沟气象站降水资料, 由表5可以看出, 该年是十年来最干旱的一年, 降水量为294mm, 而多年平均降水量为430mm, 减少了32%。由于降水少, 夏季气温高, 促使冰川强烈消融, 使该年度冰川物质收支差额为负平衡年, 其值为-612mm水柱, 雪线由多年平均高度4 050m上升到4 097m。

1986年降水仍偏少, 观测值为368mm, 比多年平均值减少10%。而该年强烈消融期7—8月气温是历年来最高的一年(表6)。

表5 乌鲁木齐河源大西沟气象站1981—1987年降水量

| 年 度         | 1981  | 1982  | 1983  | 1984  | 1985  | 1986  | 1987  |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 总 量<br>(mm) | 446.0 | 474.0 | 414.3 | 380.1 | 294.2 | 387.0 | 433.1 |

表6 乌鲁木齐河源1号冰川1986—1987年7, 8月平均气温 (°C)

| 年 度  | 7 月 |     |     |     |     |     | 8 月 |     |     |     |     |     | 说 明   |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|      | 3.2 | 1.7 | 2.6 | 5.0 | 8.1 | 7.1 | 5.2 | 6.9 | 3.3 | 4.6 | 2.7 | 1.3 |       |
| 1986 | 3.2 | 1.7 | 2.6 | 5.0 | 8.1 | 7.1 | 5.2 | 6.9 | 3.3 | 4.6 | 2.7 | 1.3 | 候 平 均 |
| 1987 | 5.4 | 4.1 | 5.4 | 3.9 | 5.9 | 2.9 | 1.5 | 4.9 | 6.2 | 7.2 | 4.1 | 3.2 | 候 平 均 |

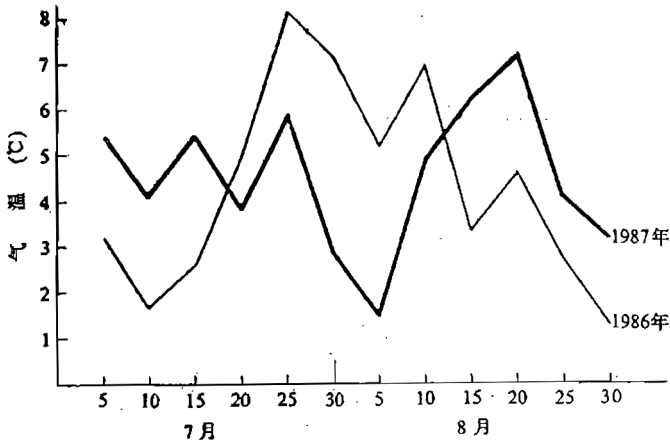


图2 乌鲁木齐河源天山1号冰川末端1986, 1987年7, 8月候平均气温变化图

从图2中更能直观地看出, 1986年该年度在7, 8两月出现了两次高温期, 气温从7月下旬至8月上旬急剧增高, 降水量减少, 致使该年度冰川消融是历年最强烈的一年, 物质支出为669mm, 雪线高度上升到4130m, 是建站以来最高的一年。

1987年7—8月份候平均气温在7月下旬至8月上旬急剧下降, 和1986年周期气温恰恰相反, 甚至个别日平均气温达 $-0.6^{\circ}\text{C}$ 。该年降水量接近多年平均值, 为433mm。由于气温低, 降水量大, 是该年冰川物质平衡值增大的主要因素, 为 $-176\text{mm}$ 。雪线高度下降到4025m, 冰川积消面积的比率为0.98。由于气温、降水在这两年中的变化, 使得冰川积消量也产生较大的差异。

### 参 考 文 献

- 谢自楚、葛文光, 1965. 天山乌鲁木齐河源1号冰川积累、消融及物质平衡, 天山乌鲁木齐河冰川与水文研究, 北京: 科学出版社, 14—24
- 张金华、王晓军、李军, 1984. 天山乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡变化与气候相互关系的研究. 冰川冻土, 6(4): 25—35

# 中瑞冰川热量平衡合作观测研究

康尔泗

热量平衡制约着冰川的积累和消融过程,是冰川活动的能量基础。为深入认识我国大陆型冰川的热量平衡特征及其和冰川发育的关系,以及我国冰川热量平衡在地球热量平衡中的位置,天山冰川观测试验站执行了和瑞士联邦理工学院合作,在本站1号冰川进行热量平衡观测研究的任务。该项研究已于1985年8月下旬和9月初在1号冰川进行了初步观测,然后计划于1986和1987年6—8月进行系统的热量平衡各分量的观测研究。1985,1986年进行的工作已在天山冰川观测试验站年报4,5期上有所反映。1987年度的观测研究工作,中方执行人员为康尔泗、杨大庆和张寅生等;瑞方执行人员为Dietmar Grebner, Karl Schroff, Renate Heuberger, Felix Blumer, Thomas Konzelmann等。

1987年的冰面热量平衡观测点,仍选择在1号冰川东支上一年度的观测位置,由于其观测场为冰面相对平坦地段,其海拔和上一年度的观测点相同,为3903m。观测项目主要为以下三方面。

(1) 辐射平衡 观测总辐射、直接辐射、散射辐射、反射率等短波辐射平衡各分量,以及大气辐射、地面辐射、有效辐射等长波辐射平衡各分量。

(2) 热量平衡 观测净辐射,离冰面2m高度气层内2,1,0.5和0.25m4个层次的风速、气温、相对湿度并以此计算感热和潜热通量。

(3) 冰川降水分布及观测误差对比 从1号冰川冰舌至粒雪盆进行固态降水观测,对比不同降水观测器的观测量,和冰川热量平衡一起进行合作观测。

进行冰面热量平衡观测的主要仪器有:

(1) 反射率表(EKO, No. W85002),观测总辐射和短波反射辐射。

(2) 净辐射表(Swissteco, No. 8073),直接观测净辐射。

(3) 总辐射表(PD, No. TS6715),带遮光圈以观测天空散射辐射。

(4) 全辐射表,观测包括短波、长波辐射在内的向下和向上辐射通量。

(5) 风速频率传感器(Typ 555/11),观测2,1,0.5和0.25m高度的风速。

(6) 气温和湿度传感器(Vaisala, Serie HMP110),观测2,1,0.5和0.25m高度的气温和相对湿度。

(7) 数据采集仪(M1680 PROLOG, DATA LOGGER),连续记录上述观测仪器发出的信号。

通过上述仪器在野外进行观测,获得了大量数据。所有观测数据整编结果,将分别在天山冰川观测试验站年报第7,8期内陆续予以刊载。本期年报主要反映日冰面热量平衡的一些观测计算结果。

冰面热量平衡方程以下式表示(Kuhn, 1979);

$$Q_M = Q_{NR} + Q_S + Q_L \quad (1)$$

式中,  $Q_M$ 为冰面消融热;  $Q_{NR}$ 为净辐射;  $Q_S$ 为感热通量;  $Q_L$ 为潜热通量; 各项的符号以冰面得热为正, 失热为负。

由于在6—8月的观测中, 并不是每日均得到连续观测的记录, 而是在若干日内, 存在数小时的观测间断。为研究以日为单位的冰面热量平衡组成, 我们选择在冰面发生消融的情况下 (Casiniere, 1974), 有全日热量平衡连续观测的天数进行计算。式(1)中,  $Q_{NR}$ 为净辐射表的观测值, 而 $Q_S$ 和 $Q_L$ 是根据梯度观测资料, 按梯度-通量关系法进行计算, 并考虑气层稳定性予以修正 (Ohmura, 1982)。

表1为上述日冰面热量平衡组成的观测计算结果。分析表1, 我们对1号冰川消融期冰面热量平衡有以下的认识。

(1) 在消融期冰面热量收入主要是净辐射, 平均约占热量收入的75%, 其次为感热, 平均约占25%; 热量支出主要是消融耗热, 平均约占热量支出的77%, 其次为蒸发潜热, 平均约占23%。

(2) 就表1中的统计日数(31日)而言, 日冰面热量平衡各分量的值及其组成的逐日变化是较大的。其中, 热量的收入项净辐射的平均值为 $87.2\text{W}/\text{m}^2$ , 标准差为 $54.7\text{W}/\text{m}^2$ , 变差系数 $C_v$ 值为0.63; 感热的平均值为 $28.4\text{W}/\text{m}^2$ , 标准差为 $23.5\text{W}/\text{m}^2$ , 变差系数为0.83。热量的支出项消融热平均为 $88.6\text{W}/\text{m}^2$ , 标准差为 $58.0\text{W}/\text{m}^2$ , 变差系数为0.65; 蒸发潜热的平均值为 $27.0\text{W}/\text{m}^2$ , 标准差为 $28.4\text{W}/\text{m}^2$ , 变差系数达1.05。

(3) 感热为热量收入项, 而潜热为热量支出项, 在总体上二者数值接近, 有相互抵消的作用。潜热在热量消耗中接近1/4, 所占比例是较大的, 它具有阻止冰川消融增强的作用, 有助于冰川的存在, 而延缓冰川衰退的过程。

表1 1号冰川冰面热量平衡组成(1987)

海拔 3903m

| 日期 |    | 热量收入                  |       |                       |      | 热量支出                  |      |                       |      |
|----|----|-----------------------|-------|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|
| 月  | 日  | 净辐射                   |       | 感热                    |      | 潜热                    |      | 消融热                   |      |
|    |    | $\text{W}/\text{m}^2$ | %     | $\text{W}/\text{m}^2$ | %    | $\text{W}/\text{m}^2$ | %    | $\text{W}/\text{m}^2$ | %    |
| 6  | 27 | 21.6                  | 71.8  | 8.5                   | 28.2 | 8.5                   | 28.2 | 21.6                  | 71.8 |
|    | 28 | 48.8                  | 87.0  | 7.3                   | 13.0 | 15.1                  | 26.9 | 41.0                  | 73.1 |
| 7  | 1  | 4.4                   | 44.9  | 5.4                   | 55.1 | 6.2                   | 63.3 | 3.6                   | 36.7 |
|    | 2  | 44.9                  | 82.8  | 9.3                   | 17.2 | 7.5                   | 13.8 | 46.7                  | 86.2 |
|    | 3  | 69.7                  | 87.2  | 10.2                  | 12.8 | 15.1                  | 18.9 | 64.8                  | 81.1 |
|    | 4  | 109.9                 | 76.2  | 34.3                  | 23.8 | 34.8                  | 24.1 | 109.4                 | 75.9 |
|    | 5  | 137.0                 | 92.9  | 10.4                  | 7.1  | 6.0                   | 4.1  | 141.4                 | 95.9 |
|    | 8  | 30.7                  | 100.0 | -0.9                  | -2.9 | 8.9                   | 29.0 | 20.9                  | 68.1 |
|    | 10 | 100.2                 | 98.9  | 1.1                   | 1.1  | 0.6                   | 0.6  | 100.7                 | 99.4 |
|    | 11 | 93.9                  | 83.3  | 18.8                  | 16.7 | 10.8                  | 9.6  | 101.9                 | 90.4 |
|    | 12 | 55.7                  | 72.9  | 20.7                  | 27.1 | 13.4                  | 17.5 | 63.0                  | 82.5 |

表 1 (续)

| 日 期 |       | 热 量 收 入          |      |                  |      | 热 量 支 出          |       |                  |      |
|-----|-------|------------------|------|------------------|------|------------------|-------|------------------|------|
| 月   | 日     | 净 辐 射            |      | 感 热              |      | 潜 热              |       | 消 融 热            |      |
|     |       | W/m <sup>2</sup> | %    | W/m <sup>2</sup> | %    | W/m <sup>2</sup> | %     | W/m <sup>2</sup> | %    |
| 7   | 13    | 146.1            | 96.9 | 4.6              | 3.1  | 2.1              | 1.5   | 139.4            | 98.5 |
|     | 19    | 6.3              | 78.8 | 1.7              | 21.3 | 3.3              | 41.3  | 4.7              | 58.7 |
|     | 24    | 120.6            | 87.3 | 17.5             | 12.7 | 3.5              | 2.5   | 134.6            | 97.5 |
| 8   | 6     | 2.3              | 6.1  | 35.5             | 93.9 | 16.8             | 44.4  | 21.0             | 55.6 |
|     | 7     | 22.7             | 41.1 | 32.5             | 58.9 | 9.7              | 17.6  | 45.5             | 82.4 |
|     | 8     | 18.6             | 73.2 | 6.8              | 26.8 | 3.4              | 13.4  | 22.0             | 86.6 |
|     | 9     | 59.6             | 73.6 | 21.4             | 26.4 | 17.1             | 21.1  | 63.9             | 78.9 |
|     | 10    | 92.8             | 75.0 | 31.0             | 25.0 | 34.5             | 27.9  | 89.3             | 72.1 |
|     | 11    | 161.4            | 74.1 | 56.4             | 25.9 | 50.2             | 23.0  | 167.6            | 77.0 |
|     | 12    | 185.1            | 67.5 | 89.1             | 32.5 | 89.4             | 32.6  | 184.8            | 67.4 |
|     | 13    | 202.4            | 82.6 | 43.0             | 17.5 | 32.8             | 13.4  | 212.6            | 86.6 |
|     | 14    | 84.1             | 69.0 | 37.8             | 31.0 | 18.6             | 15.3  | 103.3            | 84.7 |
|     | 15    | 117.2            | 91.8 | 10.5             | 8.2  | 6.0              | 4.7   | 121.7            | 95.3 |
|     | 16    | 187.7            | 73.7 | 67.1             | 26.3 | 49.4             | 19.4  | 205.4            | 80.6 |
|     | 21    | 105.6            | 76.2 | 47.0             | 23.8 | 33.3             | 19.4  | 159.2            | 80.6 |
|     | 24    | 99.6             | 57.3 | 74.1             | 42.7 | 67.0             | 38.8  | 106.7            | 61.4 |
|     | 25    | 105.0            | 60.8 | 67.6             | 39.2 | 127.1            | 73.6  | 45.6             | 26.4 |
|     | 27    | 54.8             | 53.8 | 47.0             | 46.2 | 59.1             | 58.1  | 42.7             | 41.9 |
| 28  | 122.9 | 81.2             | 23.4 | 18.8             | 32.4 | 21.4             | 118.9 | 78.6             |      |
| 29  | 91.7  | 72.1             | 35.4 | 27.9             | 48.7 | 38.3             | 78.4  | 61.7             |      |
| 平 均 |       | 37.2             | 75.4 | 23.4             | 24.6 | 27.0             | 23.4  | 88.6             | 76.6 |

注：本表中，热量收入项正号表示热量收入，而在热量支出项中正号表示热量支出。

## 参 考 文 献

- Casiniere A C de L, 1974. Heat exchange over a melting snow surface. *Journal of Glaciology*, 13(67), 65—72
- Kuhn M, 1979. On the computation of heat transfer coefficients from energy—balance gradients on a glacier. *Journal of Glaciology*, 22 (37) : 263—271
- Obmura A, 1962. Climate and energy balance on the arctic tundra. *Journal of climatology*. 2 : 65—84

# 天山站降水量对比测量 实验研究进展

杨大庆 康尔泗 张寅生

## 1 概 述

天山冰川站于1986年初采用不同降水观测仪器比较测量的实验方法开始研究雨量器测量降水的动力损失、湿润损失和蒸发损失等三项系统误差及其修正问题。1987年我们与瑞士联邦高等理工学院地理所的科学家合作，将研究的重点集中在高山固态降水真值的测量和系统误差的修正等方面，参加“WMO固态降水对比观测计划”（WMO，1985），依据“计划”要求，加工了WMO推荐的标准防雪栅栏和防风圈（图1），在1号冰川冰舌末端平坦地面（3720m）、侧碛顶部（3870m）、东支中部（3910m）和粒雪盆（4030m）布设观测仪器，其中包括中国标准雨量器、瑞士Hellmann雨量器、Belfort自记雨量计，Golubev防雪栅栏，Tretyakov和Nipher防风圈和测雪板等，并同时开展雨量器湿润损失和蒸发损失的实验和实际观测。天山冰川站基本营地降水量对比测量实验在1986年9月至1987年12月间积累了相当丰富的资料，为准确修正乌鲁木齐河流域中山带的降水量观测误差奠定了基础。

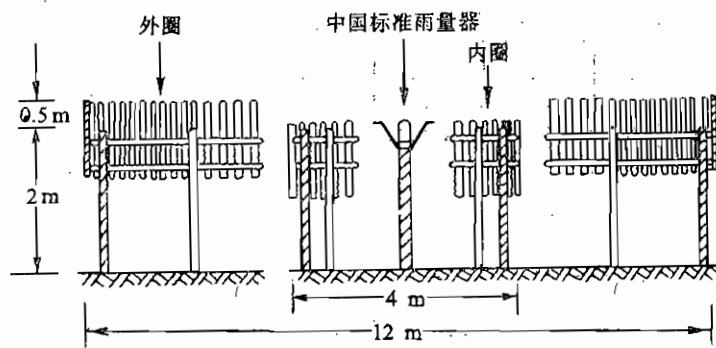


图1 WMO固态降水对比测量标准雨量器示意

## 2 结 果

表1至表5为天山站基本营地，1号冰川冰舌末端、侧碛顶部、东支中部和东支粒雪盆降水量对比测量实验资料。

实验资料的统计分析表明，

(1) Golubev双层防雪栅栏的防风效果很好。夏季在1号冰川冰舌末端其防风效益指数(栅栏内雨量器观测降水量与无防风圈雨量器测量值之比)对应降雪的平均值为116.5,最大值为179.6,雨夹雪时为115.1,雨时为113.2,随降水形态的变化较小。冬季风对雨量器捕捉干雪的干扰相当严重, Golubev防雪栅栏内雨量器比同高度普通雨量器平均多观测降雪35%。

(2) Belfort自记雨量计为称重式,无蒸发损失,湿润损失量也很小,可以忽略。平均来讲, Belfort雨量计的观测值低于中国普通雨量器,对应降雪时的偏低量较大,雨和雨夹雪时较小。原因是普通雨量器的湿润损失量由雪向雨夹雪和雨而增大(杨大庆, 1987)。Belfort雨量计与普通雨量器观测值之间有显著的相关关系(表6)。

(3) 瑞士Hellmann雨量器与中国标准雨量器观测降水量的差别很小。1号冰川东支中部Hellmann雨量器和中国普通雨量器均位于1.5m, 62次观测湿雪合计,前者为270.3mm,后者为270.7mm。值得指出的是, Hellmann雨量器外壁为白色,夏季在1号冰川区的蒸发损失率约为0.04mm/h,而普通雨量器在相同气象条件下的蒸发损失量高达0.14mm/h。

(4) 关于Tretyakov和Nipher防风圈的防风作用,捕捉率随降水形态和雨量器安装高度及降水时段平均风速的变化等问题见杨大庆等(1988, 1989)的论述。

### 3 讨 论

Golubev双层防雪栅栏是固态降水对比量测的标准仪器,其测量精度对其他仪器性能的评价及系统误差修正的准确性是至关重要的。Golubev(1985)年根据林地测雪结果,建立修正测量误差的经验方程, Goodison(1989)将其移用至加拿大实验站,部分地改善了捕捉率与风速的对应关系。乌鲁木齐河源夏季湿雪较多,风速不大。因此Golubev防雪栅栏的防风作用不如国外各站明显。虽然如此,我们仍然准备采用测雪板及地面新雪测量方法校正和评估Golubev双层防雪栅栏在研究区域测量降水的精度,并建立修正测量误差的模型。

### 参 考 文 献

- 杨大庆, 1987. 普通雨量器湿润损失实验的初步分析. 气象, 13(7): 16—18
- 杨大庆 *et al.* 1988. 天山乌鲁木齐河源降水观测误差及其改正. 冰川冻土, 10(4): 384—399
- 杨大庆 *et al.* 1989. 天山乌鲁木齐河源夏季降水观测中的动力损失及其修正. 气象, 15(1): 22—27
- Golubev V S, 1985. Proc. International Workshop On the Correction of Precipitation Measurements Zurich, Switzerland, 57—59
- Goodison B E *et al.*, 1989. Proc. International Workshop on precipitation Measurement, st. Moritz. Switzerland, 121—125
- WMO, 1985. International Organizing Committee for WMO Solid Precipitation Measurement Inter-comparison, Final Report of First Session, Geneva, 31

表 1 1986年9至12月冰川站基地降水量 (mm) 对比观测资料

| 观测日期<br>(1986) | 降水形态 | G    | No.1 | No.2 | No.5 | No.6 | No.7 | 备注    |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 9.2            | *    | 24.2 | 24.2 | 23.6 | 21.7 | 24.0 | 24.6 | 雨量器   |
| 9.4            | *    | 8.9  | 8.6  | 8.2  | 6.4  | 8.9  | 8.1  | 编号同   |
| 9.7            | **   | 6.1  | 4.8  | 4.9  | 3.9  | 4.7  | 5.0  | 1987年 |
| 9.11           | .    | 1.9  | 1.5  | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.5  | 表     |
| 9.13           | .    | 1.9  | 1.5  | 1.6  | 1.2  | 1.3  | 1.6  |       |
| 9.17           | .    | 1.9  | 1.4  | 1.5  | 1.4  | 1.5  | 1.6  |       |
| 9.23           | .    | 2.8  | 2.8  | 2.3  | 2.1  | 2.2  | 2.4  |       |
| 9.24           | .    | 3.4  | 2.8  | 2.8  | 2.8  | 2.9  | 3.1  |       |
| 9.25           | .    | 0.9  | 0.6  | 0.7  | 0.5  | 0.6  | 0.7  |       |
| 9.29           | .    | 0.5  | 0.4  | 0.3  | 0.3  | 0.2  | 0.3  |       |
| 10.2           | **   | 13.1 | 12.4 | 12.6 | 12.4 | 12.8 | 12.4 |       |
| 10.4           | *    | 0.9  | 0.8  | 0.8  | 0.7  | 0.8  | 0.8  |       |
| 10.16          | *    | 10.1 | 10.0 | 8.9  | 8.1  | 8.8  | 8.9  |       |
| 10.22          | *    | 0.3  | 0.3  | 0.2  | 0.1  | 0.2  | 0.2  |       |
| 11.1           | *    | 0.4  | 0.3  | 0.3  | 0.3  | 0.3  | 0.4  |       |
| 11.4           | *    | 0.3  | 0.3  | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.2  |       |
| 11.12          | *    | 1.4  | 1.4  | 1.3  | 1.2  | 1.3  | 1.5  |       |
| 11.22          | *    | 0.2  | 0.2  | 0.3  | 0.3  | 0.3  | 0.3  |       |
| 12.7           | *    | 14.5 | 5.9  | 6.0  | 5.0  | 7.2  | 6.1  |       |
| 12.11          | *    | 1.3  | 0.5  | 0.5  | 0.4  | 0.4  | 0.4  |       |
| 12.15          | *    | —    | 0.3  | 0.2  | 0.2  | 0.3  | 0.2  |       |
| 12.25          | *    | —    | 2.2  | 2.2  | 2.0  | 2.5  | 2.2  |       |



表2 1987年冰川站基地降水量 (mm) 对比测量资料

| 观测日期<br>(1987) | 降水形态 | G    | No.1 | No.2 | No.5 | No.6 | No.7 | 备注  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 1.5            | *    | —    | 0.4  | 0.2  | 0.2  | 0.3  | 0.3  | 1.G为器口与地面平齐的地面雨量器;<br>2.No.1至No.5为无防风圈雨量器,器口高度分别为0.3m,0.7m和2.0m;          |
| 1.10           | *    | —    | 0.3  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.3  |   |
| 1.21           | *    | —    | 0.3  | 0.4  | 0.3  | 0.4  | 0.4  |   |
| 1.30           | *    | —    | 0.4  | 0.5  | 0.4  | 0.4  | 0.5  |   |
| 2.8            | *    | —    | 0.4  | 0.5  | 0.4  | 0.4  | 0.5  |   |
| 2.13           | *    | —    | 3.4  | 3.2  | 3.3  | 3.3  | 3.2  |   |
| 3.7            | *    | 0.4  | 0.3  | 0.3  | 0.2  | 0.3  | 0.4  |   |
| 3.17           | *    | 2.4  | 1.8  | 1.9  | 1.7  | 1.9  | 2.0  |   |
| 3.22           | *    | 3.2  | 2.6  | 2.8  | 2.2  | 2.8  | 2.7  |   |
| 3.30           | *    | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.1  |   |
| 3.31           | *    | 2.1  | 1.8  | 1.7  | 1.4  | 1.7  | 1.7  | 3.No.6为带有Tretyakov防风圈的雨量器,器口高度为2.0m;<br>4.No.7为带有Nipher防风圈的雨量器,器口高度为2.0m。 |
| 4.3            | *    | 1.2  | 1.0  | 0.9  | 0.8  | 1.0  | 0.9  |   |
| 4.7            | *    | 0.7  | 0.6  | 0.7  | 0.6  | 0.6  | 0.7  |   |
| 4.16           | **   | 13.6 | 13.8 | 13.4 | 10.1 | 12.3 | 13.5 |   |
| 4.22           | **   | 8.8  | 8.6  | 9.3  | 8.2  | 9.1  | 8.4  |   |
| 4.26           | ▽*   | 1.4  | 0.9  | 0.9  | 0.6  | 0.6  | 0.8  |   |
| 4.29           | *    | 3.8  | 3.8  | 3.3  | 3.2  | 3.6  | 3.3  |   |
| 5.5            | **   | 4.9  | 4.4  | 4.6  | 4.2  | 4.2  | 3.8  |   |
| 5.9            | •    | 1.9  | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.6  |   |
| 5.17           | •    | 1.7  | 1.5  | 1.4  | 1.2  | 1.2  | 1.3  |   |
| 5.19           | •    | 5.9  | 5.5  | 6.0  | 5.0  | 4.8  | 5.1  |   |
| 5.20           | •    | 16.5 | 15.5 | 16.7 | 15.3 | 15.8 | 16.1 |   |
| 5.22           | •    | 13.8 | 13.3 | 13.9 | 11.0 | 13.1 | 13.4 |   |
| 5.23           | •    | 4.2  | 3.9  | 4.6  | 3.2  | 3.8  | 3.9  |   |
| 5.28           | •    | 3.8  | 3.5  | 3.5  | 3.5  | 3.5  | 3.8  |   |
| 5.29           | •    | 1.5  | 1.0  | 1.1  | 0.9  | 0.9  | 0.9  |   |
| 5.30           | ▽*   | 1.3  | 1.0  | 1.0  | 0.9  | 1.0  | 1.2  |   |
| 6.1            | •    | 2.1  | 2.0  | 2.2  | 1.9  | 1.8  | 2.0  |   |
| 6.3            | **   | 17.9 | 17.3 | 18.5 | 16.4 | 14.5 | 18.1 |   |
| 6.3            | •    | 1.2  | 0.8  | 1.3  | 1.1  | 1.0  | 1.1  |   |
| 6.8            | •    | 6.6  | 6.6  | 6.9  | 6.5  | 6.6  | 7.1  |   |
| 6.10           | •    | 11.8 | 10.8 | 13.1 | 7.8  | 10.6 | 9.2  |   |
| 6.11           | •    | 5.0  | 4.6  | 5.0  | 4.4  | 4.6  | 4.8  |   |
| 6.12           | ▽*   | 1.7  | 1.5  | 1.1  | 1.3  | 1.3  | 1.6  |   |
| 6.14           | •    | 1.3  | 1.1  | 0.9  | 0.5  | 0.6  | 0.5  |   |
| 6.20           | •    | 6.2  | 6.2  | 6.3  | 6.0  | 6.2  | 6.6  |   |
| 6.22           | •    | 4.8  | 5.1  | 5.2  | 4.4  | 5.0  | 5.1  |   |
| 6.24           | •    | 8.8  | 9.0  | 8.9  | 8.5  | 8.4  | 8.9  |   |

表 2 (续)

| 观测日期<br>(1987) | 降水形态 | G    | No.1 | No.2 | No.5 | No.6 | No.7 | 备 注 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 6.29           | •    | 8.0  | 8.1  | 7.9  | 7.4  | 7.5  | 8.3  |     |
| 6.30           | ▽•   | 2.8  | 2.9  | 2.8  | 2.6  | 2.7  | 2.8  |     |
| 7.2            | ▽•   | 2.3  | 2.3  | 2.3  | 2.0  | 2.2  | 2.4  |     |
| 7.2            | •    | 2.5  | 2.6  | 2.5  | 2.4  | 2.5  | 2.7  |     |
| 7.6            | •    | 1.5  | 1.4  | 1.4  | 1.3  | 1.3  | 1.4  |     |
| 7.7            | •    | 19.5 | 21.0 | 20.8 | 19.5 | 22.3 | 22.4 |     |
| 7.9            | •    | 12.8 | 13.1 | 12.9 | 12.5 | 11.5 | 14.1 |     |
| 7.11           | •    | 2.4  | 2.0  | 2.0  | 1.8  | 1.8  | 2.1  |     |
| 7.14           | •    | 17.1 | 17.4 | 16.7 | 15.3 | 16.2 | 17.1 |     |
| 7.18           | •    | 17.4 | 17.3 | 17.1 | 15.5 | 16.2 | 17.2 |     |
| 7.23           | •    | 2.3  | 2.3  | 2.3  | 2.0  | 2.2  | 2.3  |     |
| 7.24           | •    | 9.0  | 9.3  | 9.2  | 9.0  | 8.2  | 10.5 |     |
| 7.25           | •    | 1.4  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.7  |     |
| 7.27           | •    | 39.1 | 39.4 | 38.5 | 31.7 | 37.3 | 34.3 |     |
| 7.30           | •    | 2.7  | 2.6  | 2.5  | 2.4  | 2.4  | 2.5  |     |
| 8.3            | •    | 9.4  | 10.3 | 9.0  | 9.7  | 9.8  | 10.9 |     |
| 8.20           | •    | 1.4  | 1.0  | 0.7  | 0.6  | 0.6  | 0.7  |     |
| 8.25           | •    | 7.8  | 8.1  | 7.4  | 7.2  | 7.2  | 8.0  |     |
| 8.26           | •    | 6.7  | 6.6  | 6.5  | 6.1  | 6.4  | 7.2  |     |
| 8.28           | •    | 2.2  | 2.1  | 2.1  | 1.9  | 1.9  | 2.7  |     |
| 9.1            | •    | 17.4 | 17.9 | 17.6 | 15.7 | 16.7 | 19.6 |     |
| 9.9            | •    | 5.4  | 5.5  | 5.5  | 5.1  | 5.4  | 5.9  |     |
| 9.9            | •    | 3.7  | 4.0  | 4.1  | 3.7  | 3.8  | 3.8  |     |
| 9.21           | •    | 4.4  | 4.2  | 3.4  | 3.2  | 3.3  | 3.8  |     |
| 9.22           | •    | 6.7  | 6.9  | 7.0  | 6.9  | 6.9  | 7.1  |     |
| 9.26           | *•   | 2.2  | 2.2  | 2.2  | 1.8  | 2.2  | 2.2  |     |
| 10.8           | *    | 2.3  | 2.3  | 2.3  | 2.1  | 2.5  | 2.3  |     |
| 10.11          | *    | 3.6  | 3.7  | 3.7  | 3.4  | 4.0  | 3.7  |     |
| 10.13          | *    | —    | 3.9  | 3.9  | 3.5  | 3.9  | 3.7  |     |
| 10.15          | *    | —    | 7.4  | 7.4  | 7.0  | 8.5  | 7.4  |     |
| 10.25          | *    | —    | 1.2  | 1.2  | 1.2  | 1.5  | 1.4  |     |
| 10.30          | *    | —    | 1.6  | 1.4  | 1.3  | 1.7  | 1.6  |     |
| 11.9           | *    | —    | 0.6  | 0.5  | 0.8  | 1.1  | 1.0  |     |
| 11.16          | *    | —    | 5.7  | 5.8  | 5.2  | 7.1  | 6.3  |     |
| 12.16          | *    | —    | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.1  |     |
| 12.22          | *    | —    | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.1  |     |
| 12.28          | *    | —    | 0.8  | 0.6  | 0.5  | 0.7  | 0.6  |     |

表3 1987年1号冰川冰舌末端降水量(mm)对比测量资料

| 观测时间<br>(月、日、时、分) | 降水形态 | 0.7m高度中国<br>标准雨量器 | 1.5m高度中国<br>标准雨量器 | 1.5m高度瑞士<br>Hellmann雨量器 | Golubev防风<br>圆雨量器 | 备注                |
|-------------------|------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| 6.13 12:10        | *    | —                 | 14.3              | 16.0                    | —                 | 雨量器之间的距离为<br>15m。 |
| 6.16 10:30        | *    | 1.5               | 1.4               | 1.4                     | —                 |                   |
| 6.17 22:00        | *    | 1.9               | 1.9               | 1.8                     | —                 |                   |
| 6.18 21:00        | *    | 1.5               | 1.5               | 1.3                     | —                 |                   |
| 6.20 11:20        | *    | 1.8               | 1.7               | 1.6                     | —                 |                   |
| 6.21 12:17        | *    | 12.0              | 11.8              | 12.0                    | —                 |                   |
| 6.22 11:26        | *    | 0.4               | 0.4               | 0.4                     | —                 |                   |
| 6.23 17:40        | *    | 0.1               | 0.1               | 0.1                     | —                 |                   |
| 6.25 12:00        | *    | 11.0              | 10.8              | 10.8                    | —                 |                   |
| 6.26 11:23        | *    | 2.4               | 2.3               | 2.6                     | 1.9               |                   |
| 6.27 10:45        | *    | 2.5               | 2.3               | 2.6                     | 3.2               |                   |
| 6.29 10:00        | **   | 2.1               | 2.1               | 2.0                     | 2.3               |                   |
| 6.30 10:43        | *    | 7.7               | 7.5               | 7.7                     | 8.2               |                   |
| 7.01 10:32        | *    | 1.2               | 1.2               | 1.2                     | 2.0               |                   |
| 7.02 10:18        | *    | 0.6               | 0.6               | 0.6                     | 0.8               |                   |
| 7.06 9:10         | .    | 6.7               | 6.6               | 6.8                     | 6.9               |                   |
| 7.07 11:22        | **   | 14.6              | 14.3              | 15.0                    | 16.3              |                   |
| 7.08 10:03        | ▽    | 0.3               | 0.3               | 0.4                     | 0.5               |                   |
| 7.09 10:18        | ▽    | 1.7               | 1.7               | 1.7                     | 2.1               |                   |
| 7.09 19:37        | ▽    | 4.2               | 4.2               | 4.1                     | 4.3               |                   |
| 7.12 9:00         | .    | 1.8               | 1.5               | 2.0                     | 2.1               |                   |
| 7.13 21:20        | .    | 0.2               | 0.1               | 0.2                     | 0.2               |                   |
| 7.14 9:40         | *    | 3.1               | 2.2               | 3.2                     | 3.4               |                   |
| 7.15 10:02        | *    | 8.8               | 5.4               | 9.3                     | 9.7               |                   |

表 3 (续)

| 观测时间<br>(月、日、时、分) | 降水形态 | 0.7m高度中国<br>标准雨量器 | 1.5m高度中国<br>标准雨量器 | 1.5m高度瑞士<br>Hellmann雨量器 | Golubev防风<br>雨量器 | 备 注 |
|-------------------|------|-------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----|
| 16:35             | **   | 5.4               | 4.5               | 5.6                     | 5.5              |     |
| 7.16 14:00        | *    | 8.9               | 8.4               | 7.6                     | 8.0              |     |
| 7.18 21:00        | *    | 37.4              | 38.6              | 39.5                    | 41.0             |     |
| 7.22 9:00         | *    | 5.4               | 5.1               | 5.8                     | 6.0              |     |
| 15:00             | *    | 0.3               | 0.3               | 0.4                     | 0.6              |     |
| 7.24 9:00         | *    | 4.2               | 4.1               | 4.6                     | 4.9              |     |
| 7.25 8:30         | *    | 5.1               | 4.1               | 5.3                     | 5.5              |     |
| 7.27 19:30        | *    | 51.9              | 51.4              | 52.5                    | 55.1             |     |
| 7.28 9:00         | *    | 0.2               | 0.2               | 0.2                     | 0.2              |     |
| 7.31 10:00        | *    | 5.1               | 5.1               | 5.5                     | 5.7              |     |
| 8.01 8:00         | *    | 8.6               | 8.6               | 9.6                     | 9.8              |     |
| 8.02 9:00         | *    | 0.3               | 0.3               | 0.4                     | 0.5              |     |
| 8.04 9:00         | *    | 4.6               | 4.6               | 5.1                     | 5.8              |     |
| 8.05 11:00        | *    | 9.4               | 9.4               | 9.8                     | 10.6             |     |
| 8.09 9:00         | **   | 4.7               | 4.5               | 4.6                     | 5.0              |     |
| 8.14 15:00        | *    | 1.2               | 1.1               | 1.2                     | 1.3              |     |
| 21:30             | *    | 1.4               | 1.3               | 1.4                     | 1.5              |     |
| 8.15 8:00         | **   | 2.3               | 2.1               | 2.4                     | 2.6              |     |
| 8.19 9:00         | **   | 3.9               | 3.7               | 3.9                     | 4.1              |     |
| 16:10             | **   | 3.8               | 3.6               | 3.7                     | 4.1              |     |
| 8.23 8:20         | *    | 0.3               | 0.2               | 0.2                     | 0.4              |     |
| 8.24 9:25         | *    | 0.9               | 0.8               | 0.9                     | 1.1              |     |
| 8.27 9:00         | **   | 1.4               | 1.5               | 1.5                     | 1.7              |     |
| 8.29 9:00         | **   | 0.3               | 0.2               | 0.4                     | 0.4              |     |

表4 1987年1号冰川测破降水量 (mm) 对比测量资料

| 观测时间<br>(月、日、时、分) | 降水形态 | 中国标准雨量器 | 瑞士<br>Heilmann<br>雨量器 | 测雪板  | 观测时间<br>(月、日、时、分) | 降水形态 | 中国标准雨量器 | 瑞士<br>Heilmann<br>雨量器 | 测雪板  |
|-------------------|------|---------|-----------------------|------|-------------------|------|---------|-----------------------|------|
| 6.11 9:00         | *    | 8.1     | 8.2                   | —    | 6.27 9:00         | *    | 2.9     | 2.8                   | —    |
| 6.12 9:00         | *    | 4.0     | 4.6                   | —    | 6.28 19:00        | **   | 0.4     | 0.3                   | —    |
| 6.13 9:00         | *    | 5.2     | 5.6                   | —    | 21:44             | *    | 1.3     | 1.3                   | —    |
| 6.14 22:00        | *    | 0.8     | 0.7                   | —    | 6.29 9:00         | **   | 0.2     | 0.2                   | —    |
| 6.15 9:00         | *    | 0.6     | 0.6                   | —    | 23:00             | *    | 8.6     | 8.5                   | —    |
| 17:02             | *    | 3.1     | 3.1                   | —    | 6.30 17:15        | *    | 0.9     | 0.9                   | —    |
| 6.16 9:00         | *    | 2.4     | 2.4                   | —    | 7.01 9:00         | *    | 1.3     | 1.3                   | —    |
| 6.17 9:00         | *    | 2.5     | 2.4                   | —    | 23:50             | *    | 0.9     | 0.8                   | —    |
| 6.18 21:50        | *    | 1.3     | 1.2                   | —    | 7.06 9:00         | *    | 6.6     | 6.8                   | —    |
| 6.19 9:00         | *    | 0       | 0                     | —    | 15:20             | *    | 0.5     | 0.8                   | —    |
| 21:35             | *    | 0.5     | 0.4                   | —    | 7.07 10:20        | *    | 16.8    | 16.9                  | 18.2 |
| 6.20 9:00         | *    | 2.4     | 2.2                   | —    | 7.08 9:00         | *    | 0.5     | 0.5                   | —    |
| 6.21 9:00         | *    | 12.8    | 13.2                  | —    | 7.09 9:00         | *    | 2.5     | 2.5                   | —    |
| 6.22 9:00         | *    | 0.3     | 0.3                   | —    | 19:10             | *    | 4.1     | 4.1                   | —    |
| 6.23 9:00         | *    | 6.8     | 7.3                   | —    | 7.11 20:16        | *    | 0.2     | 0.2                   | —    |
| 17:40             | *    | 0.2     | 0.2                   | —    | 7.12 19:17        | *    | 2.6     | 2.5                   | —    |
| 6.25 9:00         | *    | 13.0    | 12.8                  | 13.1 | 7.13 19:10        | *    | 0.4     | 0.4                   | —    |
| 6.26 9:00         | *    | 3.6     | 3.4                   | —    | 7.14 11:15        | *    | 3.8     | 4.0                   | —    |
| 19:20             | *    | 0.8     | 0.8                   | —    | 7.15 14:35        | *    | 14.2    | 15.4                  | —    |

表 4 (续)

| 观测时间<br>(月、日、时、分) | 降水形态 | 中国标准雨量器 | 瑞士<br>Hellmann<br>雨量器 | 测雪板  | 观测时间<br>(月、日、时、分) | 降水形态 | 中国标准雨量器 | 瑞士<br>Hellmann<br>雨量器 | 测雪板 |
|-------------------|------|---------|-----------------------|------|-------------------|------|---------|-----------------------|-----|
| 7.16 14:00        | *    | 10.4    | 10.4                  | —    | 21:00             | *    | 0.7     | 0.8                   | —   |
| 7.17 21:00        | *    | 9.6     | 9.7                   | —    | 8.08 21:00        | *    | 0.3     | 0.4                   | —   |
| 7.18 9:00         | *    | 17.1    | 17.4                  | 17.5 | 8.04 9:00         | *    | 4.9     | 5.2                   | 5.0 |
| 18:00             | *    | 14.7    | 14.9                  | 18.0 | 21:00             | *    | 5.2     | 4.9                   | —   |
| 7.20 18:30        | *    | 0.6     | 0.7                   | —    | 8.05 9:00         | *    | 6.3     | 6.2                   | 6.8 |
| 7.21 21:00        | *    | 5.2     | 5.4                   | —    | 8.08 21:00        | *    | 4.0     | 3.9                   | —   |
| 7.22 15:00        | *    | 0.4     | 0.5                   | —    | 8.09 9:00         | *    | 0.3     | 0.3                   | —   |
| 7.23 21:00        | *    | 5.4     | 5.5                   | —    | 8.14 21:00        | *    | 2.2     | 2.3                   | —   |
| 7.24 21:00        | *    | 3.5     | 3.6                   | —    | 8.15 9:00         | **   | 3.3     | 3.2                   | —   |
| 7.25 9:00         | *    | 2.6     | 2.7                   | —    | 8.19 9:00         | **   | 4.9     | 5.1                   | —   |
| 7.26 9:00         | *    | 2.8     | 3.0                   | —    | 16:00             | **   | 4.3     | 4.1                   | —   |
| 21:00             | *    | 15.4    | 16.7                  | 11.8 | 8.22 21:00        | *    | 0.0     | 0.0                   | —   |
| 7.27 9:00         | *    | 32.4    | 30.9                  | 35.6 | 8.23 9:00         | *    | 0.2     | 0.2                   | —   |
| 18:00             | *    | 3.0     | 2.9                   | —    | 8.24 9:00         | *    | 0.8     | 0.8                   | —   |
| 7.28 9:00         | *    | 0.2     | 0.2                   | —    | 8.25 9:00         | *    | 0.2     | 0.2                   | —   |
| 7.30 21:20        | **   | 6.2     | 6.2                   | —    | 8.28 21:00        | **   | 0.5     | 0.4                   | —   |
| 7.31 21:30        | *    | 6.3     | 5.8                   | 2.7  | 9.01 9:00         | **   | 0.2     | 0.2                   | —   |
| 8.01 9:00         | *    | 2.5     | 2.7                   | 3.0  |                   |      |         |                       |     |

表5 1987年1号冰川东支中部(3910m)降水量(mm)对比测量资料

| 观测时间<br>(月、日、时) | 降水形态 | 瑞士<br>Hellmann<br>雨量器<br>(1.5m) | Belfort自记<br>雨量计<br>(1.5m) | 中国标准雨量器<br>(1.5m) | 备注           |
|-----------------|------|---------------------------------|----------------------------|-------------------|--------------|
| 6.15 9:00       | *    | 0.9                             | 1.0                        | 0.9               |              |
| 6.16 9:00       | *    | 5.7                             | 2.0                        | 5.2               |              |
| 6.17 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |              |
| 6.18 9:00       | *    | 3.1                             | 3.0                        | 2.8               |              |
| 6.19 9:00       | *    | 1.2                             | 1.1                        | 1.1               |              |
| 6.20 9:40       | *    | 3.8                             | 3.0                        | 5.5               | 21:00观测      |
| 6.21 9:00       | *    | 12.9                            | 12.0                       | 10.2              | 10:15观测      |
| 6.22 9:00       | *    | 0.3                             | 0.3                        | 0.2               |              |
| 6.23 9:00       | *    | 7.1                             | 6.7                        | 6.3               |              |
| 6.24 9:00       | *    | 0.1                             | 0.4                        |                   | 9:00雪未停,没有观测 |
| 6.25 9:00       | *    | 10.4                            | 9.6                        | 14.6              |              |
| 6.26 9:00       | *    | 2.8                             | 2.8                        | 2.6               |              |
| 6.27 9:00       | *    | 3.1                             | 3.2                        | 3.2               |              |
| 6.28 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |              |
| 6.29 9:00       | *    | 2.8                             | 2.3                        | 2.8               |              |
| 6.30 9:00       | *    | 7.5                             | 7.2                        | 6.7               |              |
| 7.01 9:00       | *    | 2.0                             | 2.4                        | 1.9               |              |
| 7.02 9:00       | *    | 0.8                             | 1.0                        | 0.8               |              |
| 7.03 9:00       | *    | 0.0                             | 0.0                        | 0.0               |              |
| 7.04 9:00       | *    | 0.0                             | 0.0                        | 0.0               |              |
| 7.05 9:00       | *    | 0.0                             | 0.5                        | 0.0               |              |
| 7.06 10:10      | *    | 6.4                             | 7.0                        | 6.6               |              |
| 7.07 9:00       |      | 13.7                            | 12.5                       | 13.0              |              |
| 7.08 9:00       | *    | 0.8                             | 0.5                        | 0.8               |              |
| 7.09 9:00       | *    | 1.1                             | 0.8                        | 0.8               |              |
| 7.10 9:00       | *    | 1.8                             | 2.4                        | 2.0               |              |
| 7.11 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |              |
| 7.12 9:00       | *    | 0.0                             | 0.3                        | 0.0               |              |
| 7.13 9:00       | *    | 3.6                             | 3.3                        | 3.5               |              |
| 7.14 8:26       | *    | 4.0                             | 4.6                        | 4.4               |              |
| 7.15 9:00       | *    | 11.6                            | 11.0                       | 11.4              |              |
| 7.16 9:00       | *    | 12.0                            | 11.4                       | 11.8              |              |
| 7.17 9:00       | *    | 0.5                             | 0.0                        | 0.0               |              |
| 7.18 9:00       | *    | 22.6                            | 26.0                       | 35.6              | 20:30观测      |
| 7.19 9:00       | *    | 13.1                            | 8.5                        | 0.0               |              |
| 7.20 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |              |
| 7.21 9:00       | *    | 2.2                             | 2.1                        | 2.2               |              |
| 7.22 8:45       | *    | 6.1                             | 5.2                        | 5.8               |              |
| 7.23 9:00       | *    | 0.4                             | 0.5                        | 0.2               |              |

表5 (续)

| 观测时间<br>(月、日、时) | 降水形态 | 瑞士<br>Hellmann<br>雨量器<br>(1.5m) | Belfort自记<br>雨量计<br>(1.6m) | 中国标准雨量器<br>(1.5m) | 备 注      |
|-----------------|------|---------------------------------|----------------------------|-------------------|----------|
| 7.24 9:00       | *    | 3.7                             | 3.5                        | 3.7               |          |
| 7.25 9:00       | *    | 5.9                             | 5.1                        | 5.8               |          |
| 7.26 9:00       | *    | 3.1                             | 2.1                        | 2.9               |          |
| 7.27 10:10      | *    | 43.4                            | 42.1                       |                   | 雪未停、没有观测 |
| 7.28 9:00       | *    | 1.2                             | 4.0                        | 46.1              |          |
| 7.29 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |          |
| 7.30 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |          |
| 7.31 9:00       | **   | 5.2                             | 3.5                        | 6.6               |          |
| 8.01 9:00       | *    | 10.0                            | 9.8                        | 9.5               |          |
| 8.02 9:00       | *    | 0.3                             | 0.3                        | 0.1               |          |
| 8.03 9:00       | *    | 0.0                             | 0.0                        | 0.0               |          |
| 8.04 9:00       | *    | 4.7                             | 5.0                        | 4.7               |          |
| 8.05 9:00       | **   | 9.7                             | 10.0                       | 9.5               |          |
| 8.06 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |          |
| 8.07 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |          |
| 8.08 9:00       | *    | 0.1                             | 0.0                        | 0.0               |          |
| 8.09 9:00       | *    | 5.0                             | 5.0                        | 4.8               |          |
| 8.10 9:00       | *    | 0.0                             | 0.0                        | 0.0               |          |
| 8.11 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |          |
| 8.12 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |          |
| 8.13 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |          |
| 8.14 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |          |
| 8.15 9:00       | *    | 5.0                             | 5.5                        | 3.9               |          |
| 8.16 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |          |
| 8.17 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |          |
| 8.18 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |          |
| 8.19 9:00       | *    | 4.0                             | 4.0                        | 3.9               |          |
| 8.20 9:00       | *    | 3.0                             | 3.0                        | 2.8               |          |
| 8.21 9:00       |      | 0.0                             | 0.0                        | 0.0               |          |
| 8.22 9:00       |      | —                               | —                          | —                 |          |
| 8.23 9:00       | *    | 0.8                             | 1.5                        | 0.7               |          |
| 8.24 9:00       | *    | 0.9                             | 1.0                        | 0.8               |          |
| 8.25 9:00       | *    | 0.0                             | 0.0                        | 0.0               |          |
| 8.26 9:00       | *    | 0.0                             | 0.0                        | 0.0               |          |
| 8.27 9:00       | *    | 1.2                             | 1.5                        | 1.2               |          |
| 8.28 9:00       | *    | 0.0                             | 0.0                        | 0.0               |          |
| 8.29 9:00       | *    | 0.3                             | 0.5                        | 0.4               |          |
| 8.30 9:00       | *    | 0.0                             | 0.0                        | 0.0               |          |
| 8.31 9:00       | *    | 0.1                             | 0.0                        | 0.0               |          |



表6 1987年1号冰川东支粒雪盆(4030m)降水量(mm)资料

| 观测时间       | 降水形态 | 降水量<br>(mm) | 观测时间       | 降水形态 | 降水量<br>(mm) |
|------------|------|-------------|------------|------|-------------|
| 6.18 9:00  | *    | 3.2         | 7.08 9:30  | .    | 0.3         |
| 6.19 9:00  | *    | 1.4         | 7.09 9:30  | .    | 0.2         |
| 6.20 9:10  | *    | 3.0         | 7.10 11:30 | .    | 0.4         |
| 6.21 9:20  | *    | 13.1        | 7.11 9:00  | —    | —           |
| 6.22 9:00  | *    | 0.5         | 7.12 9:00  | .    | 0.0         |
| 6.23 9:00  | *    | 9.2         | 7.12 19:50 | .    | 2.4         |
| 6.24 9:00  | *    | 0.1         | 7.13 9:00  | .    | —           |
| 6.25 9:10  | *    | 8.2         | 20:30      | .    | 0.5         |
| 6.26 9:00  | *    | 1.6         | 7.14 8:55  | *.   | 4.1         |
| 6.27 9:30  | .    | 3.8         | 7.15 8:56  | *    | 12.5        |
| 6.28 9:00  | —    | —           | 7.16 8:50  | *    | 12.0        |
| 6.29 9:00  | .    | 3.3         | 20:31      | *    | 0.6         |
| 6.30 9:00  | .    | 8.8         | 7.17 9:00  | —    | —           |
| 7.01 9:00  | .    | 2.6         | 7.18 10:00 | *    | 19.4        |
| 7.02 9:00  | .    | 1.1         | 21:15      | *    | 7.3         |
| 7.03 9:00  | .    | 0.0         | 7.19 9:00  | .    | 0.1         |
| 7.04 9:00  | .    | 0.0         | 7.20 9:00  | —    | —           |
| 7.05 9:00  | .    | 0.0         | 7.21 9:15  | .    | 1.2         |
| 7.06 9:00  | .    | 6.6         | 7.22 9:30  | .    | 5.5         |
| 7.07 10:20 | .    | 13.9        | 7.23 9:30  | .    | 0.4         |

表 6 (续)

| 观测时间       | 降水<br>形态 | 降水量<br>(mm) | 观测时间      | 降水<br>形态 | 降水量<br>(mm) |
|------------|----------|-------------|-----------|----------|-------------|
| 7.24 9:30  | .        | 2.7         | 8.13 9:00 | .        | —           |
| 7.25 9:20  | .        | 6.2         | 8.14 9:00 | .        | —           |
| 7.26 9:00  | .        | 2.8         | 8.15 9:00 | .        | 4.1         |
| 7.27 6:30  | *        | 42.3        | 8.16 9:00 | .        | —           |
| 7.28 9:45  | .        | 0.1         | 8.17 9:00 | .        | —           |
| 7.29 9:00  | .        | —           | 8.18 9:00 | .        | —           |
| 7.30 9:00  | .        | —           | 8.19 9:00 | .        | 4.0         |
| 7.31 9:45  | *.       | 5.3         | 8.20 9:00 | .        | 2.7         |
| 8.01 9:15  | *.       | 7.8         | 8.21 9:00 | .        | 0.0         |
| 8.02 9:00  | .        | 0.2         | 8.22 9:00 | .        | —           |
| 8.03 9:00  | .        | 0.0         | 8.23 9:00 | .        | 0.6         |
| 8.04 10:15 | .        | 4.9         | 8.24 9:00 | .        | 0.6         |
| 8.05 9:45  | .        | 4.5         | 8.25 9:00 | .        | 0.0         |
| 8.06 9:00  | .        | —           | 8.26 9:00 | .        | 0.0         |
| 8.07 9:00  | .        | —           | 8.27 9:00 | .        | 1.4         |
| 8.08 9:00  | .        | 0.1         | 8.28 9:00 | .        | 0.0         |
| 8.09 9:00  | .        | 4.1         | 8.29 9:00 | .        | 0.0         |
| 8.10 9:00  | .        | 0.0         | 8.30 9:00 | .        | 0.0         |
| 8.11 9:00  | .        | —           | 8.31 9:00 | .        | —           |
| 8.12 9:00  | .        | —           | 9.01 9:00 | .        | 0.1         |

表7 Belfort雨量计与普通雨量器观测降水量相关分析

$$(P_{Bel} = a + b P_{CSG})$$

| 降水形态     | 观测次数 | a     | b     | r     | $P_{Bel} = P_{CSG}$ | $P_{CSG}$ 变化区间 | 资料来源       |
|----------|------|-------|-------|-------|---------------------|----------------|------------|
| 干雪       | 24   | 0.052 | 0.881 | 0.988 | 0.44                | (0.1, 13.2)    | 乌鲁木齐气象站冰川站 |
| 湿雪       | 53   | 0.087 | 0.938 | 0.988 | 1.40                | (0, 46.1)      | 1号冰川东支冰舌末端 |
| 湿雪、雨、雨夹雪 | 56   | 0.108 | 0.863 | 0.983 | 0.79                | (0, 17.2)      | 大西沟气象站     |

# Precipitation Measurements on Glacier No.1 in Tianshan Mountains

(June 15th to September 1st, 1987)

Felix P. Blumer\*, Kang Ersi and Yang Daqing

## STATION REPORT AND SITE DESCRIPTION:

Type of site: open;

Country: P. R. China;

Station Name: Glacier No.1

Lat./Long. : 43°06'N/87°15'E;

Elevation (m) : 3 750;

Nearest city: Urumqi.

### Description of surroundings:

Measurements were carried out on the east branch of Glacier No. 1 in the Tianshan mountains in the P. R. of China. There were two observation sites. One of them was on the Glacier at the equilibrium line at the elevation of 3905 m above sea level (Site No. 1), the other one was in a stony field without vegetation right below the glacier tongue at the elevation of 3 750 m above sea level (Site No. 2). Both sites were surrounded by high mountains reaching to 4 385 m. The observation sites were open only from the East.

## 1 Types of Precipitation Gauges

There were three different types of precipitation gauges on Glacier No. 1. The Hellmann gauge, the Chinese standard gauge and a Belfort gauge. On the equilibrium line (Site No.1) there was one gauge of each type. All of them were fixed 1.5 m above the ice-surface.

At the site just below the glacier tongue (Site No. 2) there were one Hellmann gauge and one Chinese gauge fixed 2.0 m above the ground. Another Chinese gauge was fixed in the center of a Golubev fence 2.2m above ground. A third Chinese gauge was installed 0.7m above ground.

---

\* Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Department of Geography, Winterthurerstr.  
190 CH-8057 Zurich.

### 1.1 The Hellmann gauge

Height: 484mm (standard model) ; Surface of the orifice: 200cm<sup>2</sup>; Surface of the funnel: 1.33cm<sup>2</sup>; Material of the gauge: V4A 0.8mm thick; Material of the funnel: Cu-ti-Zn 0.7mm thick; Colour: white; Angle of orifice: 28°.

### 1.2 Chinese gauge

Height: 596mm; Surface of the orifice: 315cm<sup>2</sup>; Material: sheet metal; Angle of orifice: 45°.

### 1.3 Belfort gauge

Height: 860mm; Surface of the orifice: 324cm<sup>2</sup>; Material: alloy; Capacity of the drip pan: 12 inches (equivalent to 304.8mm) ; Kind of registration: weighing.

### 1.4 Golubev-fence

Form of the internal fence: octagonal; Form of the external fence: cotagonal; Distance between the internal fence and the rain gauge: 2 m; Distance between the external fence and the rain gauge: 6 m; Number of battens of the internal fence: 120; Number of battens of the external fence: 360; Breadth of the battens: 5 cm; Distance between two battens: 5 cm; Upper edge of the battens of the internal fence: 220cm; Upper edge of the battens of the external fence: 300cm; Height of orifice of the Chinese gauge above ground: 220cm;

## 2 Remarks Concerning Data

(1) The measurements were started June 15th and ended September 1st, 1987.

(2) Precipitation data: The precipitation amounts are not corrected for wetting and evaporation losses.

(3) Wind Data: The wind data published in column 6 are mean values for the time of precipitation-events at this day. Wind was measured as a mean value at 2 minutes intervals, 1.5 m above the ice surface.

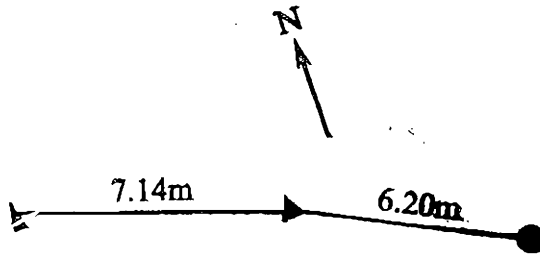
(4) Air-Temperature Data: Ambient air-temperature was measured each 30 minutes.

Both, temperature and wind speed were only measured at Site No.1.

## Literature

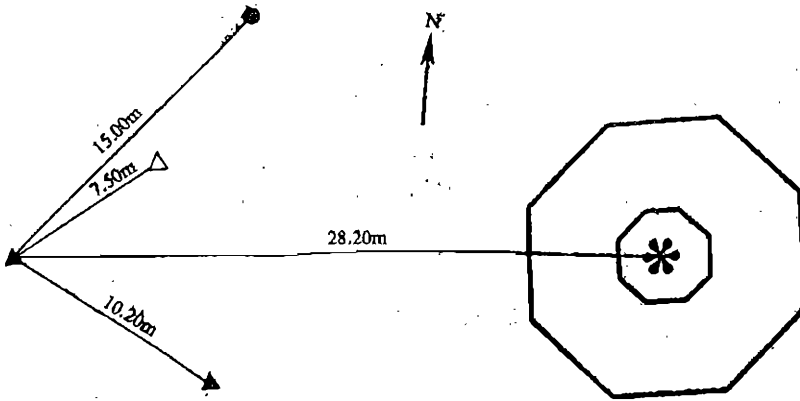
More detailed results are presented in:

Blumer F, 1988. Die Niederschlagscharakteristik und der Niederschlagsmessfehler in einem zentralasiatischen Hochgebirge am Beispiel von Gletscher Nr. 1 im Tianshan (China). Unpublished Diploma thesis, Geography Department, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, 233p



Subfig. 1 Plan of Site 1 at the equilibrium line (scale 1:200)

▲ Belfort gauge ● Hellmann gauge ▲ Chinese gauge



Subfig. 2 Plan of Site 2 50 m below the tongue of the glacier (scale 1:200)

\* Chinese gauge surrounded of a Golubev-fence; ▲ Chinese gauges; ● Hellmann gauge; △ Totalizator

Subtable 1 WMO solid precipitation measurement intercomparison daily and  
monthly climatological data summary

Country PR. China

Station Glacier No.1 43°06' N 87°15' E

Month June Year 1987

| Day | Time of OBS | Temp   |        | Pred wind dir. (deg) | Mean wind speed (ms <sup>-1</sup> ) |                |      |    | Depth new snow (cm) | Precipitation amount, mm<br>Corrected for wetting and evaporation |            |          |           |            |      |    |      |      |    | Type of precip | Type of snow | Dur of snow-fall (HRS) |
|-----|-------------|--------|--------|----------------------|-------------------------------------|----------------|------|----|---------------------|---|------------|----------|-----------|------------|------|----|------|------|----|----------------|--------------|------------------------|
|     |             | max °C | min °C |                      | Nat. stand                          | Nat. gauge ht. | Dfir | 2m |                     | Ch. dfir  | Hell tret. | Nat. sh. | Nat. unsh | Snow board | Ch.  |    | Ch.  | Hell |    |                |              |                        |
| 1   | 2           | 3      | 4      | 5                    | 6                                   | 7              | 8    | 9  | 10                  | 11  | 12         | 13       | 14        | 15         | 16   | 17 | 18   | 19   | 20 | 21             | 22           | 23                     |
|     |             |        |        |                      | 1.5                                 |                |      |    |                     |   |            |          |           |            | 0.7  |    | 2.0  | 2.0  |    |                |              |                        |
| 1   | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 2   | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 3   | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 4   | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 5   | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 6   | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 7   | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 8   | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 9   | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 10  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 11  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 12  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 13  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 14  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     |   |            |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 15  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    | 1.5                 | 0.9   | 0.9        |          |           |            |      |    |      |      |    |                |              |                        |
| 16  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    | 4.3                 | 5.2   | 5.7        |          |           |            |      |    | 5.1  | 5.1  |    |                |              |                        |
| 17  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     | 0   | 0          | 0        |           |            | 0    |    | 0    | 0    |    |                |              |                        |
| 18  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    | 4.0                 | 2.8   | 3.1        | 3.1      |           |            | 1.9  |    | 1.9  | 1.8  |    |                |              | 6.25                   |
| 19  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    | 1.0                 | 1.1   | 1.2        | 1.0      |           |            | 1.5  |    | 1.5  | 1.3  |    |                |              | 0.5                    |
| 20  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    | 4.7                 | 2.9   | 3.3        | 4.0      |           |            | 1.8  |    | 1.7  | 1.6  |    |                |              | 3                      |
| 21  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    | 6.8                 | 12.6  | 12.7       | 12.7     |           |            | 12.0 |    | 11.8 | 12.1 |    |                |              | 18                     |
| 22  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    |                     | 0.2   | 0.3        | T        |           |            | 0.4  |    | 0.4  | 0.4  |    |                |              |                        |
| 23  | 0000        |        |        |                      |                                     |                |      |    | 3.8                 | 6.3   | 7.1        | 5.1      |           |            | 5.8  |    | 5.5  | 7.1  |    |                |              | 11                     |
| 24  | 0000        | 0.8    | -5.2   |                      |                                     |                |      |    |                     | T   | T          | T        |           |            | 0.3  |    | 0.3  | 0.1  |    |                |              |                        |
| 25  | 0000        | -      | -      |                      |                                     | 2.6            |      |    | 14.0                | 10.2  | 10.4       | 9.9      |           |            | 11.0 |    | 10.8 | 10.9 |    |                |              | 11                     |
| 26  | 0000        | 1.5    | -5.7   |                      |                                     | 1.7            |      |    | 2.6                 | 2.6   | 2.8        | 2.8      |           |            | 2.4  |    | 2.3  | 2.6  |    |                |              | 3.5                    |
| 27  | 0000        | 1.5    | -2.9   |                      |                                     | 1.4            |      |    | 4.5                 | 3.2   | 3.1        | 3.8      |           |            | 2.5  |    | 2.3  | 2.6  |    | 3.2            |              | 5.5                    |
| 28  | 0000        | 5.8    | -0.9   |                      |                                     |                |      |    |                     | 0   | 0          | 0        |           |            | 0    |    | 0    | 0    |    | 0              |              |                        |
| 29  | 0000        | 7.1    | -1.2   |                      |                                     | 1.9            |      |    | 0.5                 | 2.8   | 2.8        | 2.5      |           |            | 2.1  |    | 2.1  | 2.0  |    | 2.3            |              | 2                      |
| 30  | 0000        |        |        |                      |                                     | 2.1            |      |    | 4.1                 | 5.7   | 7.2        | 7.1      |           |            | 7.7  |    | 7.5  | 7.7  |    | 8.2            |              | 6.5                    |

Subtable 1 (续1)

Country PR. China

Station Glacier No.1 43°60' N 87°15' E

Month July Year 1987

| Day | Time of OBS | Temp   |        | Pred wind dir. (deg.) | Mean wind speed (ms <sup>-1</sup> ) |               |      |    | Depth new snow (cm) | Precipitation amount mm<br>Corrected for wetting and Evaporation |      |      |           |            |  |      |      |      |      | Type of precip | Type of snow | Dur. of snowfall (HRS) |
|-----|-------------|--------|--------|-----------------------|-------------------------------------|---------------|------|----|---------------------|--|------|------|-----------|------------|--|------|------|------|------|----------------|--------------|------------------------|
|     |             | max °C | min °C |                       | Nat stand                           | Nat gauge ht. | Dfir | 2m |                     | Dfir   | Tret | Nat  | Nat unsh. | Snow board |  |      | Ch   | Hell |      |                |              |                        |
|     |             |        |        |                       |                                     |               |      |    |                     |  |      |      |           |            |  |      |      |      |      |                |              |                        |
| 1   |             |        |        |                       | 1.5                                 |               |      |    |                     |  |      |      |           |            |  |      | 2.0  | 2.0  | 20   |                |              |                        |
| 1   | 0000        | 3.3    | -3.0   |                       | 1.9                                 |               |      |    | 2.5                 | 1.9  | 2.0  | 2.8  |           |            |  | 1.2  | 1.2  | 1.2  | 2.0  |                |              | 5.5                    |
| 2   | 0000        | 3.7    | -2.3   |                       | 1.7                                 |               |      |    | 1.1                 | 0.8  | 0.8  | 0.9  |           |            |  | 0.6  | 0.5  | 0.6  | 0.8  |                |              | 1.75                   |
| 3   | 0000        | 6.8    | -1.3   |                       |                                     |               |      |    |                     | T  | T    | T    |           |            |  | T    | T    | T    |      |                |              |                        |
| 4   | 0000        | 4.3    | -0.8   |                       |                                     |               |      |    |                     | T  | T    | T    |           |            |  | T    | T    | T    |      |                |              |                        |
| 5   | 0000        | 6.9    | 1.2    |                       | 2.1                                 |               |      |    |                     | T  | T    | T    |           |            |  | T    | T    | T    |      |                |              |                        |
| 6   | 0000        | 7.9    | -0.2   |                       | 1.4                                 |               |      |    |                     | 6.6  | 6.6  | 7.1  |           |            |  | 6.7  | 6.6  | 6.8  | 6.9  |                |              | 11.5                   |
| 7   | 0000        | 6.4    | -1.6   |                       | 2.3                                 |               |      |    | 13.0                | 13.4   | 13.7 | 13.7 |           |            |  | 14.6 | 14.3 | 15.0 | 16.3 |                |              | 6.5                    |
| 8   | 0000        | 3.4    | -2.0   |                       | 1.0                                 |               |      |    |                     | 0.5  | 0.8  | 0.6  |           |            |  | 0.3  | 0.3  | 0.4  | 0.5  |                |              | 13                     |
| 9   | 0000        | 3.6    | -2.9   |                       | 1.8                                 |               |      |    | 0.6                 | 0.7  | 1.1  | 2.2  |           |            |  | 1.7  | 1.7  | 1.7  | 2.1  |                |              | 7                      |
| 10  | 0000        | 4.6    | 0.6    |                       | 1.8                                 |               |      |    |                     | 2.0  | 1.8  | 2.2  |           |            |  | 4.2  | 4.2  | 4.1  | 4.3  |                |              | 7                      |
| 11  | 0000        | 9.0    | 2.5    |                       |                                     |               |      |    |                     | 0  | 0    | 0    |           |            |  | 0    | 0    | 0    | 0    |                |              | 2.5                    |
| 12  | 0000        | -      | -      |                       |                                     |               |      |    |                     | T  | 0.1  | T    |           |            |  | T    | T    | T    |      |                |              |                        |
| 13  | 0000        | -      | -      |                       |                                     |               |      |    |                     | 3.5  | 3.6  | 4.0  |           |            |  | 1.4  | 1.5  | 2.0  | 2.1  |                |              | 1                      |
| 14  | 0000        | -      | -      |                       | 0.5                                 |               |      |    |                     | 4.4  | 4.4  | 4.5  |           |            |  | 3.3  | 2.3  | 3.4  | 3.6  |                |              | 9.5                    |
| 15  | 0000        | -      | -      |                       | 1.6                                 |               |      |    | 0.5                 | 11.4   | 11.6 | 12.3 |           |            |  | 8.8  | 5.4  | 9.3  | 9.0  |                |              | 17                     |
| 16  | 0000        | -      | -      |                       | 2.6                                 |               |      |    | 1.5                 | 11.8   | 12.6 | 13.0 |           |            |  | 12.3 | 10.9 | 13.1 | 13.5 |                |              | 14.5                   |
| 17  | 0000        | -      | -      |                       |                                     |               |      |    |                     | T  | 0.5  | T    |           |            |  | T    | T    | T    |      |                |              |                        |
| 18  | 0000        | -      | -      |                       | 0.8                                 |               |      |    | 16.0                | 22.6   | 22.6 | 22.5 |           |            |  | 22.5 | 22.1 | 24.1 | 25.1 |                |              | 13.5                   |
| 19  | 0000        | -      | -      |                       | 1.8                                 |               |      |    | 8.5                 | 13.2   | 13.1 | 9.9  |           |            |  | 14.9 | 14.5 | 15.4 | 15.9 |                |              | 8                      |
| 20  | 0000        | -      | -      |                       |                                     |               |      |    |                     | 0  | 0    | 0    |           |            |  | 0    | 0    | 0    | 0    |                |              |                        |
| 21  | 0000        | 6.5    | 1.7    |                       | 1.4                                 |               |      |    |                     | 2.2  | 2.2  | 2.5  |           |            |  | 0    | 0    | 0    | 0    |                |              | 0.5                    |
| 22  | 0000        | 6.2    | 0.2    |                       | 2.8                                 |               |      |    |                     | 5.8  | 6.1  | 5.6  |           |            |  | 5.4  | 5.1  | 5.8  | 6.0  |                |              | 2.5                    |
| 23  | 0000        | 4.8    | 2.1    |                       | 2.9                                 |               |      |    |                     | 0.2  | 0.4  | 0.3  |           |            |  | 0.3  | 0.3  | 0.4  | 0.5  |                |              | 4                      |
| 24  | 0000        | 7.2    | 0.6    |                       | 1.8                                 |               |      |    |                     | 3.7  | 3.7  | 3.5  |           |            |  | 4.2  | 4.1  | 4.6  | 4.8  |                |              | 3                      |
| 25  | 0000        | 5.9    | 0.4    |                       | 1.3                                 |               |      |    |                     | 5.8  | 5.9  | 4.8  |           |            |  | 5.1  | 4.1  | 5.3  | 5.6  |                |              | 3                      |
| 26  | 0000        | 6.4    | -0.6   |                       | 0.6                                 |               |      |    |                     | 2.9  | 3.1  | 3.4  |           |            |  | 3.8  | 3.6  | 3.8  | 4.2  |                |              | 3                      |
| 27  | 0000        | -      | -      |                       |                                     |               |      |    | 33.5                | 45.2   | 46.4 | 45.8 |           |            |  | 48.1 | 47.8 | 48.7 | 50.9 |                |              | 6.5                    |
| 28  | 0000        | -      | -      |                       |                                     |               |      |    |                     | 0.9  | 1.2  | 2.4  |           |            |  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.2  |                |              | 20                     |
| 29  | 0000        | -      | -      |                       |                                     |               |      |    |                     | T  | T    | T    |           |            |  | T    | T    | T    |      |                |              | 5                      |
| 30  | 0000        | 4.3    | -0.7   |                       |                                     |               |      |    |                     | 0  | 0    | 0    |           |            |  | 0    | 0    | 0    | 0    |                |              |                        |
| 31  | 0000        | -      | -      |                       | 0.8                                 |               |      |    | 1.8                 | 3.6  | 4.2  | 4.0  |           |            |  | 5.1  | 5.2  | 5.5  | 5.4  |                |              | 3.5                    |



Subtabe I (续 2)

Country PR- China

Station

Glacier No.1 43°08'N 87°15'E

Month August Year 1987

| Day | Time of OBS | Temp   |        | Pred wind dir. (deg) | Mean wind speed (ms <sup>-1</sup> ) |               |      |    | Depth new snow (cm) | Precipitation amount.mm   |            |          |           |            |     |     |      |      |     | Type of Precip | Type of snow | Dur of snow fall (HRS) |      |
|-----|-------------|--------|--------|----------------------|-------------------------------------|---------------|------|----|---------------------|---------------------------|------------|----------|-----------|------------|-----|-----|------|------|-----|----------------|--------------|------------------------|------|
|     |             | max °C | min °C |                      | Nat stand                           | Nat gauge ht. | Dfir | 2m |                     | Corrected for wetting and |            |          |           |            |     |     |      |      |     |                |              |                        |      |
|     |             |        |        |                      |                                     |               |      |    |                     | Ch. dfir                  | Hell tret. | Nat. sh. | Nat unsh. | Snow board | Ch. |     | Ch.  | Hell |     |                |              |                        |      |
| 1   | 2           | 3      | 4      | 5                    | 6                                   | 7             | 8    | 9  | 10                  | 11                        | 12         | 13       | 14        | 15         | 16  | 17  | 18   | 19   | 20  | 21             | 22           | 23                     |      |
|     |             |        |        |                      | 1.5                                 |               |      |    |                     |                           |            |          |           |            | 0.7 |     | 2.0  | 2.0  |     |                |              |                        |      |
| 1   | 0000        | -      | -2.7   |                      | 1.2                                 |               |      |    | 3.6                 | 9.4                       | 9.6        | 8.7      |           |            | 9.4 |     | 9.6  | 9.6  | 9.8 |                |              |                        | 6    |
| 02  | 0000        | 1.4    | -2.0   |                      | 3.7                                 |               |      |    | 0.4                 | 0.1                       | 0.3        | 1.5      |           | 0.3        | 0.3 | 0.3 | 0.4  | 0.5  |     |                |              |                        | 3    |
| 3   | 0000        | 1.3    | -3.8   |                      | -                                   |               |      |    |                     | T                         | T          | T        |           | T          | T   | T   | T    | T    |     |                |              |                        |      |
| 4   | 0000        | 3.2    | -5.8   |                      | 1.5                                 |               |      |    | 5.2                 | 4.7                       | 4.7        | 5.3      |           | 4.6        | 4.6 | 5.1 | 5.8  |      |     |                |              |                        | 11.5 |
| 5   | 0000        | 3.0    | -4.2   |                      | 2.2                                 |               |      |    | 5.3                 | 9.5                       | 9.7        | 9.8      |           | 9.4        | 9.4 | 9.8 | 10.6 |      |     |                |              |                        | 5    |
| 6   | 0000        | 4.2    | -1.3   |                      | -                                   |               |      |    |                     | 0                         | 0          | 0        |           | 0          | 0   | 0   | 0    | 0    |     |                |              |                        |      |
| 7   | 0000        | 5.8    | 1.3    |                      | -                                   |               |      |    |                     | 0                         | 0          | 0        |           | 0          | 0   | 0   | 0    | 0    |     |                |              |                        |      |
| 8   | 0000        | 6.4    | 0.9    |                      | -                                   |               |      |    |                     | T                         | T          | T        |           | T          | T   | T   | 0.1  |      |     |                |              |                        |      |
| 9   | 0000        | -      | -      |                      | 2.1                                 |               |      |    | 2.1                 | 4.8                       | 5.0        | 4.7      |           | 4.7        | 4.5 | 4.6 | 5.0  |      |     |                |              |                        | 4.5  |
| 10  | 0000        | 5.5    | -1.2   |                      | -                                   |               |      |    |                     | T                         | T          | T        |           | 0          | 0   | 0   | 0    | 0    |     |                |              |                        |      |
| 11  | 0000        | 5.7    | -1.0   |                      | -                                   |               |      |    |                     | 0                         | 0          | 0        |           | 0          | 0   | 0   | 0    | 0    |     |                |              |                        |      |
| 12  | 0000        | 6.6    | -1.0   |                      | -                                   |               |      |    |                     | 0                         | 0          | 0        |           | 0          | 0   | 0   | 0    | 0    |     |                |              |                        |      |
| 13  | 0000        | 6.5    | 0.0    |                      | -                                   |               |      |    |                     | 0                         | 0          | 0        |           | 0          | 0   | 0   | 0    | 0    |     |                |              |                        |      |
| 14  | 0000        | 7.5    | 0.7    |                      | -                                   |               |      |    |                     | 0                         | 0          | 0        |           | 0          | 0   | 0   | 0    | 0    |     |                |              |                        |      |
| 15  | 0000        | -      | -      |                      | 2.2                                 |               |      |    | 2.3                 | 4.8                       | 5.0        | 4.0      |           | 4.9        | 4.5 | 5.0 | 5.4  |      |     |                |              |                        | 10   |
| 16  | 0000        | 7.2    | 1.5    |                      | -                                   |               |      |    |                     | 0                         | 0          | 0        |           | 0          | 0   | 0   | 0    | 0    |     |                |              |                        |      |
| 17  | 0000        | 9.0    | 1.4    |                      | -                                   |               |      |    |                     | 0                         | 0          | 0        |           | 0          | 0   | 0   | 0    | 0    |     |                |              |                        |      |
| 18  | 0000        | 10.2   | 2.1    |                      | -                                   |               |      |    |                     | 0                         | 0          | 0        |           | 0          | 0   | 0   | 0    | 0    |     |                |              |                        |      |
| 19  | 0000        | 7.6    | -0.4   |                      | 2.0                                 |               |      |    | 0.8                 | 3.9                       | 4.0        | 4.2      |           | 3.9        | 3.7 | 3.9 | 4.1  |      |     |                |              |                        | 9    |
| 20  | 0000        | 3.6    | -1.5   |                      | 1.4                                 |               |      |    |                     | 2.8                       | 3.0        | 3.2      |           | 3.8        | 3.6 | 3.7 | 4.1  |      |     |                |              |                        | 4    |
| 21  | 0000        | 4.7    | -0.4   |                      | -                                   |               |      |    |                     | T                         | T          | T        |           | T          | T   | T   |      |      |     |                |              |                        |      |
| 22  | 0000        | 6.0    | -0.0   |                      | -                                   |               |      |    |                     | 0                         | 0          | 0        |           | 0          | 0   | 0   | 0    | 0    |     |                |              |                        |      |
| 23  | 0000        | 6.9    | -1.5   |                      | 1.1                                 |               |      |    | 0.8                 | 0.7                       | 0.8        | 1.5      |           | 0.3        | 0.2 | 0.2 | 0.4  |      |     |                |              |                        | 5    |
| 24  | 0000        | 5.7    | -1.9   |                      | 0.6                                 |               |      |    | 1.4                 | 0.8                       | 0.9        | 1.5      |           | 0.9        | 0.8 | 0.9 | 1.1  |      |     |                |              |                        | 3    |
| 25  | 0000        | 4.1    | -3.0   |                      | -                                   |               |      |    |                     | T                         | T          | T        |           | T          | T   | 0.1 |      |      |     |                |              |                        |      |
| 26  | 0000        | 1.1    | -4.7   |                      | -                                   |               |      |    |                     | T                         | T          | T        |           | T          | T   | T   |      |      |     |                |              |                        |      |
| 27  | 0000        | 1.1    | -4.7   |                      | 2.1                                 |               |      |    | 1.2                 | 1.2                       | 1.2        | 1.9      |           | 1.4        | 1.4 | 1.5 | 1.7  |      |     |                |              |                        | 3.5  |
| 28  | 0000        | 3.7    | -2.2   |                      | -                                   |               |      |    |                     | T                         | T          | T        |           | T          | T   | T   |      |      |     |                |              |                        |      |
| 29  | 0000        | 4.3    | -2.5   |                      | -                                   |               |      |    |                     | 0.4                       | 0.3        | 0.8      |           | 0.3        | 0.2 | 0.4 | 0.4  |      |     |                |              |                        | 1    |
| 30  | 0000        | 3.9    | -2.3   |                      | -                                   |               |      |    |                     | T                         | T          | T        |           | T          | T   | T   |      |      |     |                |              |                        |      |
| 31  | 0000        | -      | -      |                      | -                                   |               |      |    |                     | 0                         | 0          | 0        |           | 0          | 0   | 0   | 0    |      |     |                |              |                        |      |

Subtable 2. Explanation of the data table

|           |  |
|-----------|--|
| Column 1  | Day  |
| Column 2  | Time: Observation time was 0000GMT or 0800 Beijing Standard Time   |
| Column 3  | Maximum Temperature: Measured 2 m above ice surface  |
| Column 4  | Minimum Temperature: Measured 2 m above ice surface  |
| Column 6  | Wind Speed: Mean value of the measurements 1 m above ice surface and 2 m above ice surface.                  |
| Column 10 | Depth of new snow measured on a wooden snow board.   |
| Column 11 | Result of the Chinese gauge fixed 1.5 m above ice surface.   |
| Column 12 | Result of the Hellmann gauge fixed 1.5 m above ice surface   |
| Column 13 | Result of the Belfort gauge fixed 1.5 m above ice surface  |
| Column 16 | Result of the Chinese gauge fixed 0.7 m above ground   |
| Column 18 | Result of the Chinese gauge fixed 2.0 m above ground   |
| Column 19 | Result of the Hellmann gauge fixed 2.0 m above ground  |
| Column 20 | Result of the Chinese gauge surrounded of a Colubey-fence<br>The orifice of the gauge was 2.2 m above ground |
| Column 23 | Duration of precipitation measured by the Belfort gauge  |

please recognise that Column 3, 4, 6, 10, 11, 12 and 13 are measured at the Equilibrium line, the other columns are measured below the tongue of the glacier.

# 冰川区降水梯度的观测及分析

王晓军 王仲祥 王纯足

高山冰雪区降水的垂直分布规律是冰川学研究的主要课题之一。掌握大量的实测资料，则是解决这一问题的基本途径。1986年5月19日，乌鲁木齐河流域内的降尘天气和随之的降水过程，为我们了解高山冰雪区降水随高度的分布提供了一次极好的机会。此次典型的天气过程十分难得，它不仅在整个冰川上均匀地形成了一层明显的黄色防化面，而且随后的降水过程都是在风速小，气温低的情况下完成的。我们可以借助污化面，清楚看到降水随高度递增的变化情况。此后，我们又继续观测了不同天气系统所引起的降水过程，结合姜彤等<sup>①</sup>1985年的观测资料，对降水的垂直分布规律进行了初步分析，为深入研究提供数据。

## 1 降尘、降水的过程及意义

1986年5月19日，新疆哈密地区发生了一次强度为12级的特大沙暴。由于沙暴的侵袭导致当日郑州—乌鲁木齐171次客车阻断（据新疆自治区广播电台）。沙暴卷的黄色浮尘自东向西缓缓漂浮，于19日21时左右漂至乌河流域上空，形成降尘天气，这一地区瞬间被黄尘覆盖。20日凌晨2时，大西沟气象站测得降水1.7mm，降雪又将冰川上的污化物掩盖起来。20—24日，乌河源头均为阴、雪天气。连日气温偏低（日平均 $-5.5^{\circ}\text{C}$ ），降雪时有发生，（气象站测降水10.2mm）。由于气温低，降落在冰川上的积雪融化微弱，加之风速小（平均3—4级），估计对降雪的重新分配无显著影响。

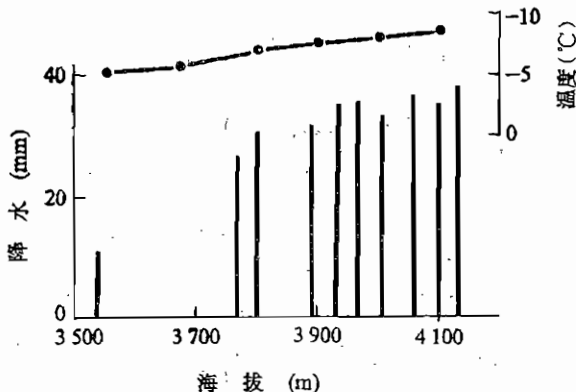
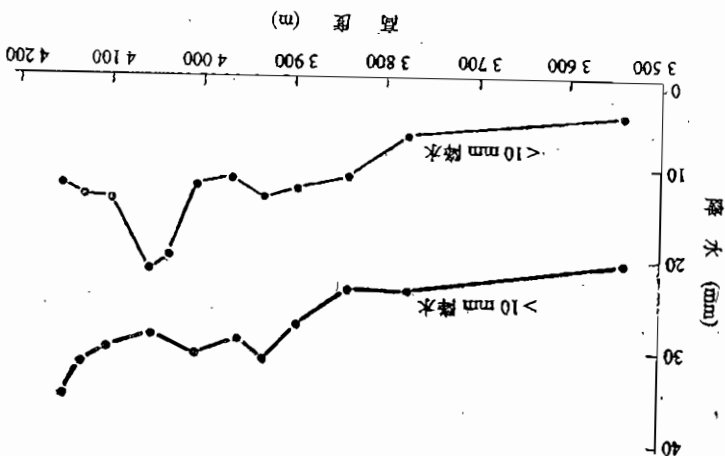


图1 冰川各高度气温及降水变化（1986.5.20—24大西沟气象站）

<sup>①</sup>姜彤等，1987，乌鲁木齐河源降水分布规律初步探讨，天山冰川站年报。

①姜彤等, 1987, 乌鲁木齐河源降水分布规律初步探讨. 天山冰川站年报.

图2 降水随高度的变化情况



雪线附近降水达最大值, 至此又趋于减弱。其经验公式为:

观测结果表明, 高山冰雪区降水随高度的变化十分频繁。其相关关系不好。但我们根据1985年的降水资料<sup>②</sup>和1986年的测雪资料所拟合的两条曲线(图2)中发现, 每次过程性降水量大小的变化, 直接影响着降水的垂直分布的变化。每次过程降水或非过程降水的取祥以大西沟气象站(3539m)为准。当过程性降水量大于10mm时, 降水梯度随高度增加而减弱, 其值为1.90mm/100m。降水似乎不受某高度的限制, 一直在平缓递增, 当降水小于10mm时, 降水的垂直分布变幅显著增加, 其梯度值为2.96mm/100m。

也得出现过类似的结论(7—8mm/100m)。现将观测结果列入表1(附文后)。

众多的研究表明, 短期内所测的高山冰雪区降水梯度值一般都不大。伍光和等(1983)在天山博格达峰的短期观测表明, “中山带至高山带降水梯度变动于2.5—9mm/100m。”姜彤等<sup>③</sup>在1号冰川的观测也表明, “每一次过程, 降水量随海拔高度的变化程度都不同, 一般在0.5—5mm/100m”。王志超在天山北坡的降水梯度观测中,

点还有减弱趋势, 其梯度值仅有1.4mm/100m。

图1表明此次过程降水随高度的变化。5月20—24日, 气象站所测日平均气温-5.5°C, 估计雪线附近可达-8.3°C, 因此可排除积雪融化的影响。降水自非冰川区到冰舌末端明显增加, 降水梯度6.9mm/100m。冰舌末端至雪线附近, 降水仍在递增, 但其幅度已明显减弱, 其梯度值3.4mm/100m, 从雪线再向上, 降水增加趋于平缓, 个别

## 2 降水随高度的变化

变化见图1。

这次沙尘暴所形成的降水天气, 在冰川上形成了一层明显的黄色污化物, 加之以后的降雪过程, 无疑为我们了解冰川区降水的分布情况提供了一次难得的机会。5月25日, 笔者以黄色污化物为基准, 对1号冰川东支各高度的积雪厚度, 密度进行了测量, 并将结果与气象站、1号冰川水文点的同期的气温、降水值进行比较。其随高度的

$$\text{降水} > 10\text{mm} \quad P = 0.0189H - 47.381$$

$$\text{降水} < 10\text{mm} \quad P = 0.0296H - 103.652$$

式中,  $P$ 为一次过程降水量;  $H$ 为海拔。

### 3 冷湿下垫面对降水梯度的影响

一次过程性降水量大小变化对降水梯度的影响不仅反映出总的天气系统对降水垂直分布的影响,而且反映出冰川冷湿下垫面对局部小气候的影响作用。近期的研究表明(白重瑗, 1989),“大面积强烈的冰雪消融作用能引起冰川近地层空气的冷却并形成逆温层。”沈永平的研究也表明,“愈近冰面,冰川冷效应对气流的扰动愈剧烈。”作为冷源的冰川势必形成与周围较暖裸露基岩的环流作用,它与其它山谷风环流以坡地环流的叠加过程必然加强局部的对流性降水,因而形成了非冰川区与冰川区降水的明显差别。当大的天气系统到来时,其过程性降水的时间、强度及影响范围均占优势,它取代或掩盖了冰川冷湿面对局部小气候的影响。表现出非冰川区到冰川区降水梯度不甚明显的特征。

冰川冷湿面对局部小气候的反作用无疑与季节变化有关。夏季冰川冷湿面加强了对流作用,容易凝云致雨。1号冰川属夏季补给型冰川,大的天气形势往往占优势,但不排除在总形势下冰川对气候影响的叠加作用,它不仅活跃了冰川的水分循环过程,而且可能是冰川获得大量补给的重要因素之一。冬季整个气温降低,作为冷源的冰川,如同一块浮在冰海里的巨冰,其相互作用十分微弱。春、秋季节气温回升或缓慢下降,而大的天气形势未到或已经结束,冰川冷湿面对局部气候的作用可能表现的更加活跃。此期间在冰川积累区所测的降水量往往比非冰川区大的多(表2)。

表2 大西沟气象站一粒雪盆同期降水积累比较

| 位置<br>年度  | 大西沟气象站      | 1号冰川粒雪盆 $H'_2, H_5$ |       | 比 值    |       |
|-----------|-------------|---------------------|-------|--------|-------|
|           | 9-4月降水 (mm) | 9-4月积累量(mm)         |       | $H'_2$ | $H_5$ |
|           |             | $H'_2$              | $H_5$ | $H'_2$ | $H_5$ |
| 1979—1980 | 120.7       | 388.5               | 438.9 | 3.2    | 3.6   |
| 1980—1981 | 112.9       | 157.2               | 262.4 | 1.4    | 2.3   |
| 1981—1982 | 101.7       | 374.3               | 376.8 | 3.7    | 3.7   |
| 1982—1983 | 101.2       | 292.1               | 236.6 | 2.9    | 2.3   |
| 1984—1985 | 102.3       | 267.4               | 311.3 | 2.6    | 3.0   |
| 1985—1986 | 57.1        | 176.4               | 173.2 | 3.1    | 3.0   |

注:自1980年起消融期末均撤人工污化物确定年层位置。

### 4 风吹雪及雪崩对降水垂直分布的影响

一般来说高山区风吹雪及雪崩对冰川的补给作用是明显的。那么春、秋季节冰川积

累大于非冰川区降水是否与上述作用有关?笔者从1982年开始,在物质平衡观测中注意了这个问题。资料表明,1号冰川冬季降雪极少,春、秋两季的降水大多发生在风速小、气温低的情况下,积雪表面融水的直接渗浸深度已受到明显抑制。因此认为消融以及风吹雪对积累的影响是很小的。1号冰川雪崩很少发生,偶尔发生的小雪崩也仅发生在粒雪盆后壁,对冰川积累无显著作用。

从表3(附文后)得知,春秋两季每次降雪过程,其风速大多小于 $3.0\text{m/s}$ ,且降水强度增大时,风速有减少趋势。研究表明,当距地面 $1\text{m}$ 高处风速为 $3.7\text{—}4.3\text{m/s}$ 时,为移雪的起动风速<sup>①</sup>。看来影响移雪起动风速出现的机会很少。但个别年份风吹雪对乌河源头的流域的影响也确实存在。如1979年9月胜利达坂哑口处的积雪阻车事件。1984年10月冰川简易公路约 $500\text{m}$ 大转弯处的积雪现象等。

致谢,本文在写作过程中曾得到白重媛副研究员的指导,在资料整理分析过程中得到刘琛同志的热情帮助在此一并致谢。

### 参 考 文 献

伍光和、上田丰、仇家琪,1983. 天山博格山脉的自然地理特征及冰川发育的气候条件. 冰川冻土, 5(3):

5—16

白重媛, 1989. 冰川与气候关系的研究. 冰川冻土, 11(4): 287—309

<sup>①</sup>新疆雪害考查防治工作队, 1974, 天山西部防治公路风吹雪危害的初步研究。

表 1 1985, 1986年 1 号冰川各高度的降水值 (mm)

| 观测时间         | 高 程 (m) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |       | 降水梯度<br>(mm/100m) |       |      |
|--------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------------------|-------|------|
|              | 3 539   | 3 775 | 3 804 | 3 843 | 3 897 | 3 910 | 3 932 | 3 987 | 4 004 | 4 035 | 4 058  | 4 100 | 4 130 |                   | 4 150 |      |
| 1985.7.12—13 | 6.2     | 6.7   |       | 13.0  | 11.1  | 15.5  | 17.7  |       |       | 22.5  |        |       |       |                   |       | 3.3  |
| 16—17        | 6.7     | 12.3  |       | 6.8   | 11.6  | 14.0  | 12.3  |       |       | 17.0  |        |       |       |                   |       | 2.1  |
| 8.15         | 3.4     | 7.8   | 8.9   | 11.0  | 12.7  |       |       |       |       |       |        |       |       |                   |       | 2.6  |
| 9.4          | 1.4     | 2.1   | 2.5   | 3.3   |       | 3.5   |       |       |       |       |        |       |       |                   |       | 0.6  |
| 9.5          | 0.2     | 1.8   |       | 5.3   |       | 6.4   |       |       |       |       |        |       |       |                   |       | 1.7  |
| 1986.6.19—20 | 4.2     |       |       | 20.8  |       |       |       |       |       |       |        |       |       |                   |       | 6.1  |
| 8.15         | 8.8     |       |       | 16.0  | 16.0  |       | 14.4  | 12.6  | 14.4  | 36.1  | 17.1   | 16.2  | 16.2  | 16.2              | 16.2  | 1.2  |
| 8.26—27      | 3.9     |       | 7.2   | 7.2   | 8.4   |       | 8.4   | 9.0   | 9.1   |       | 9.8    | 9.8   | 9.8   | 7.8               | 7.8   | 1.1  |
| 平 均          | 4.58    | 6.14  | 5.7   | 10.43 | 11.96 | 9.86  | 13.2  | 10.8  | 11.75 | 19.75 | 21.0   | 13.0  | 13.0  | 12.0              | 12.0  | 2.3  |
| 1985. 7.7—8  | 13.7    | 14.8  |       | 18.0  | 20.3  | 23.1  |       |       |       |       | 27.1   |       |       |                   |       | 2.8  |
| 8.3—4        | 18.2    | 20.6  | 18.9  | 20.9  | 22.8  | 24.0  | 25.5  | 26.4  |       |       | 25.0   | 24.8  |       |                   |       | 1.2  |
| 1986.5.20—24 | 10.2    | 26.6  | 30.0  |       | 31.2  |       | 35.1  | 35.1  | 33.6  |       | 36.4   | 35.2  | 37.4  |                   |       | 4.6  |
| 6.5—5        | 21.4    |       |       | 28.4  | 29.6  |       | 30.4  | 27.2  | 27.2  |       | 26.9   | 20.5  | 23.2  |                   |       | 0.3  |
| 6.8—9        | 29.5    |       |       | 20.8  | 21.6  |       | 21.6  | 12.8  | 23.4  |       | 24.7   | 22.5  | 22.0  |                   |       | -1.3 |
| 6.10         | 14.7    |       |       |       | 22.5  |       |       |       |       |       |        |       |       |                   |       | 2.0  |
| 6.27—30      | 32.8    | 31.4  | 31.4  | 31.4  | 33.6  |       | 37.0  | 41.4  | 38.6  |       | 38.8   | 38.6  | 34.8  |                   |       | 0.3  |
| 7.31—8       | 20.0    |       |       | 16.5  | 34.0  |       | 33.6  | 27.2  | 27.2  |       | 18.0   | 38.0  | 35.4  |                   |       | 2.5  |
| 平 均          | 20.06   | 23.35 | 26.77 | 22.83 | 26.99 | 23.55 | 30.53 | 28.35 | 30.20 |       | 28.129 | 29.6  | 31.08 |                   |       | 1.5  |

注: 1985年姜彤、宋强、康尔西的降水观测资料。

表3 1982年秋季1983年春季大西沟气象站降水、风速统计对照表

| 日期 | 9月          |            | 10月         |            | 3月          |            | 4月          |            |
|----|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|    | 风速<br>(m/s) | 降水<br>(mm) | 风速<br>(m/s) | 降水<br>(mm) | 风速<br>(m/s) | 降水<br>(mm) | 风速<br>(m/s) | 降水<br>(mm) |
| 1  | 3           | 0.6        | 2.3         |            | 1.3         |            | 3.0         | 0.1        |
| 2  | 1.7         |            | 3.3         |            | 3.7         | 1.3        | 2.3         |            |
| 3  | 1.0         |            | 3.0         |            | 2.3         |            | 3.0         |            |
| 4  | 3.3         | 0.6        | 2.0         |            | 3.7         |            | 3.3         | 1.0        |
| 5  | 3.7         | 0.7        | 3.3         |            | 3.7         |            | 2.3         | 0.7        |
| 6  | 3.7         | 0.2        | 2.7         |            | 3.0         |            | 4.7         | 0.4        |
| 7  | 2.7         |            | 2.3         |            | 3.7         |            | 2.0         | 1.7        |
| 8  | 2.0         | 0.9        | 4.0         | 0.2        | 0.7         |            | 4.3         | 0.1        |
| 9  | 2.7         | 12.4       | 3.3         | 0.5        | 3.3         | 0.1        | 3.0         | 1.3        |
| 10 | 0.7         | 2.3        | 2.7         |            | 2.3         | 0.6        | 3.3         |            |
| 11 | 1.0         | 0.6        | 3.7         |            | 3.0         | 0.1        | 2.7         |            |
| 12 | 1.7         |            | 2.7         |            | 5.3         | 0.2        | 3.7         | 0.0        |
| 13 | 1.7         |            | 2.3         |            | 1.3         | 0.3        | 2.0         | 0.0        |
| 14 | 2.7         | 0.1        | 3.3         |            | 3.7         |            | 3.3         |            |
| 15 | 1.3         |            | 5.0         |            | 2.0         | 0.8        | 2.0         |            |
| 16 | 2.3         | 2.2        | 4.0         |            | 4.7         | 0.7        | 2.7         | 0.0        |
| 17 | 2.3         |            | 1.7         |            | 3.3         | 0.0        | 2.0         | 1.4        |
| 18 | 3.7         |            | 1.7         |            | 2.7         | 0.3        | 4.0         | 3.4        |
| 19 | 3.7         | 0.8        | 0.7         |            | 3.3         | 0.3        | 1.3         |            |
| 20 | 2.0         |            | 0.3         |            | 3.7         | 0.7        | 3.0         |            |
| 21 | 1.3         | 15.7       | 1.3         |            | 3.3         | 0.2        | 2.0         | 2.4        |
| 22 | 5.3         | 5.1        | 0.0         |            | 3.7         | 0.1        | 1.7         | 4.3        |
| 23 | 0.0         | 4.0        | 1.3         |            | 4.3         | 0.0        | 3.0         | 1.6        |
| 24 | 0.0         |            | 3.0         |            | 2.3         |            | 2.7         | 0.3        |
| 25 | 2.3         |            | 3.0         |            | 2.0         |            | 7.0         | 0.0        |
| 26 | 3.0         |            | 3.0         | 0.6        | 2.0         |            | 6.0         | 0.0        |
| 27 | 0.7         |            | 0.0         | 1.8        | 4.7         |            | 2.7         |            |
| 28 | 1.3         | 0.9        | 2.7         | 1.6        | 1.3         |            | 3.0         | 0.3        |
| 29 | 3.7         |            | 1.7         |            | 0.7         | 0.0        | 1.7         | 4.1        |
| 30 | 3.3         | 0.6        | 0.0         |            | 3.0         |            |             |            |
| 31 |             |            | 1.0         |            | 0.7         | 0.1        |             |            |

注：资料来源：大西沟气象站。



# 水文与气候观测资料整编说明

杨新元

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气象观测场进行。本年报刊印1987年度的资料整编结果。

1号冰川水文点海拔3695m，流域面积3.34km<sup>2</sup>，冰川覆盖率为56%。水文点离1号冰川冰舌315m，测流断面为矩形，由混凝土浇筑而成，断面高1m，宽1.6m。在断面左岸设气象观测场。

空冰斗位于乌鲁木齐河源区左测，斗口朝南，为研究裸露山坡径流，在此设一水文观测点，海拔3805m，流域面积1.68km<sup>2</sup>，测流断面为矩形，高1m，宽1.5m，由混凝土浇筑而成。气象观测场设于右岸冰斗口中部，古冰川终碛堤上。

在乌鲁木齐河源区大西沟与支流罗布道沟汇合处，海拔3408m的河道上设总控制水文点，流域面积28.9km<sup>2</sup>，控制本站观测研究区内7条冰川及裸露山坡总冰雪融水径流。冰川覆盖率为20%。测流断面由浆砌块石及混凝土浇筑而成，在断面上架有工作桥，为施测流量用。气象观测场设在左岸冰碛丘上。

在三个水文断面上，均安有自记水位计，测流主要用流速仪法。附设气象场主要观测降水、气温和相对湿度。

基本营地气象观测场位于乌鲁木齐河谷海拔2130m处，进行常规气候要素观测。

所有水文与气候资料，均按规范进行整编。

表 1 烏魯木齊河頭 1 號水文站 1987 年逐日平均流量表

集水面積: 3.34 km<sup>2</sup> 流量以 m<sup>3</sup>/s 計

| 日   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 月   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 1   | 0.048 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 0.048 | 0.068 | 0.068 | 0.101 | 0.048 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 1   |
| 2   | 0.045 | 0.101 | 0.052 | 0.040 | 0.040 | 0.052 | 0.052 | 0.052 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 2   |
| 3   | 0.045 | 0.278 | 0.045 | 0.040 | 0.040 | 0.488 | 0.052 | 0.052 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 3   |
| 4   | 0.045 | 0.488 | 0.045 | 0.040 | 0.040 | 0.488 | 0.052 | 0.052 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 4   |
| 5   | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.040 | 0.603 | 0.068 | 0.068 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 5   |
| 6   | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.040 | 0.488 | 0.101 | 0.101 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 6   |
| 7   | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.040 | 0.320 | 0.157 | 0.157 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 7   |
| 8   | 0.068 | 0.068 | 0.068 | 0.068 | 0.040 | 0.157 | 0.078 | 0.078 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 8   |
| 9   | 0.068 | 0.068 | 0.068 | 0.068 | 0.040 | 0.123 | 0.101 | 0.101 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 9   |
| 10  | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.040 | 0.320 | 0.190 | 0.190 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 10  |
| 旬總數 | 0.541 | 2.946 | 0.952 | 0.413 | 0.041 | 0.095 | 0.413 | 0.041 | 0.041 | 0.041 | 0.041 | 0.041 | 旬平均 |
| 11  | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.040 | 0.426 | 0.232 | 0.232 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 11  |
| 12  | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.040 | 0.320 | 0.232 | 0.232 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 12  |
| 13  | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.040 | 0.320 | 0.232 | 0.232 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 13  |
| 14  | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.040 | 0.320 | 0.157 | 0.157 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 14  |
| 15  | 0.052 | 0.052 | 0.052 | 0.052 | 0.040 | 0.426 | 0.232 | 0.232 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 15  |
| 16  | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.040 | 0.190 | 0.488 | 0.488 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 16  |
| 17  | 0.060 | 0.060 | 0.060 | 0.060 | 0.040 | 0.232 | 0.426 | 0.426 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 17  |
| 18  | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.040 | 0.157 | 0.320 | 0.320 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 18  |
| 19  | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.040 | 0.123 | 0.101 | 0.101 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 19  |
| 20  | 0.060 | 0.060 | 0.060 | 0.060 | 0.040 | 0.426 | 0.157 | 0.157 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 20  |



表 2 乌鲁木齐河源空冰斗水文点 1987 年逐日平均流量表

集水面积: 1.68km<sup>2</sup> 流量以 m<sup>3</sup>/s 计

| 月   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10 | 11 | 12 | 月   |
|-----|---|---|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|-----|
| 日   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10 | 11 | 12 | 日   |
| 1   |   |   |   |   | 0     | 0.124 | 0.045 | 0.178 | 0.045 |    |    |    | 1   |
| 2   |   |   |   |   | 0     | 0.045 | 0.079 | 0.124 | 0.045 |    |    |    | 2   |
| 3   |   |   |   |   | 0     | 0.045 | 0.045 | 0.079 | 0.045 |    |    |    | 3   |
| 4   |   |   |   |   | 0     | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.045 |    |    |    | 4   |
| 5   |   |   |   |   | 0     | 0.124 | 0.079 | 0.178 | 0.045 |    |    |    | 5   |
| 6   |   |   |   |   | 0     | 0.079 | 0.079 | 0.124 | 0.045 |    |    |    | 6   |
| 7   |   |   |   |   | 0     | 0.124 | 0.178 | 0.079 | 0.045 |    |    |    | 7   |
| 8   |   |   |   |   | 0     | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.045 |    |    |    | 8   |
| 9   |   |   |   |   | 0     | 0.045 | 0.045 | 0.079 | 0.045 |    |    |    | 9   |
| 10  |   |   |   |   | 0     | 0.045 | 0.079 | 0.079 | 0.045 |    |    |    | 10  |
| 旬总数 |   |   |   |   | 0     | 0.789 | 0.787 | 0.178 | 0.450 |    |    |    | 旬总数 |
| 旬平均 |   |   |   |   | 0     | 0.079 | 0.079 | 0.108 | 0.045 |    |    |    | 旬平均 |
| 11  |   |   |   |   | 0     | 0     | 0.079 | 0.079 | 0.045 |    |    |    | 11  |
| 12  |   |   |   |   | 0     | 0     | 0.045 | 0.045 | 0.045 |    |    |    | 12  |
| 13  |   |   |   |   | 0.045 | 0     | 0.045 | 0.045 | 0.045 |    |    |    | 13  |
| 14  |   |   |   |   | 0.079 | 0.124 | 0.079 | 0.045 | 0.045 |    |    |    | 14  |
| 15  |   |   |   |   | 0.079 | 0.124 | 0.241 | 0.045 | 0.045 |    |    |    | 15  |
| 16  |   |   |   |   | 0.124 | 0.124 | 0.079 | 0.045 | 0.045 |    |    |    | 16  |
| 17  |   |   |   |   | 0.124 | 0.124 | 0.079 | 0.045 | 0.045 |    |    |    | 17  |
| 18  |   |   |   |   | 0.124 | 0.178 | 0.178 | 0.045 | 0.045 |    |    |    | 18  |
| 19  |   |   |   |   | 0.079 | 0.079 | 0.124 | 0.045 | 0.045 |    |    |    | 19  |
| 20  |   |   |   |   | 0.079 | 0.045 | 0.241 | 0.045 | 0.045 |    |    |    | 20  |



表3 乌鲁木齐河源总控制水文点1987年逐日平均流量表

集水面积: 28.9km<sup>2</sup> 流量以m<sup>3</sup>/s计

| 月<br>日     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5     | 6     | 7     | 8      | 9     | 10 | 11 | 12 | 月<br>日     |
|------------|---|---|---|---|-------|-------|-------|--------|-------|----|----|----|------------|
| 1          |   |   |   |   | 0     | 0.395 | 2.47  | 1.74   | 0.395 |    |    |    | 1          |
| 2          |   |   |   |   | 0     | 0.680 | 2.23  | 0.680  | 0.223 |    |    |    | 2          |
| 3          |   |   |   |   | 0     | 1.02  | 2.23  | 0.575  | 0.223 |    |    |    | 3          |
| 4          |   |   |   |   | 0     | 0.305 | 2.35  | 0.784  | 0.150 |    |    |    | 4          |
| 5          |   |   |   |   | 0     | 0.150 | 2.72  | 1.25   | 0.080 |    |    |    | 5          |
| 6          |   |   |   |   | 0     | 0.395 | 3.09  | 1.25   | 0.223 |    |    |    | 6          |
| 7          |   |   |   |   | 0     | 0.908 | 3.71  | 1.02   | 0.223 |    |    |    | 7          |
| 8          |   |   |   |   | 0     | 0.784 | 2.72  | 1.02   | 0.223 |    |    |    | 8          |
| 9          |   |   |   |   | 0     | 0.395 | 1.98  | 1.02   | 0.395 |    |    |    | 9          |
| 10         |   |   |   |   | 0     | 0.040 | 2.47  | 1.02   | 0.150 |    |    |    | 10         |
| 旬总数<br>旬平均 |   |   |   |   | 0     | 5.082 | 25.97 | 10.389 | 2.285 |    |    |    | 旬总数<br>旬平均 |
| 11         |   |   |   |   | 0.040 | 0.040 | 2.59  | 1.14   | 0.040 |    |    |    | 11         |
| 12         |   |   |   |   | 0.040 | 0.040 | 1.98  | 1.14   | 0.040 |    |    |    | 12         |
| 13         |   |   |   |   | 0.395 | 0.395 | 2.10  | 1.25   | 0.040 |    |    |    | 13         |
| 14         |   |   |   |   | 0.150 | 1.14  | 3.09  | 1.02   | 0.040 |    |    |    | 14         |
| 15         |   |   |   |   | 0.305 | 1.37  | 3.96  | 1.25   | 0.040 |    |    |    | 15         |
| 16         |   |   |   |   | 0.575 | 1.14  | 3.09  | 1.37   | 0.040 |    |    |    | 16         |
| 17         |   |   |   |   | 0.908 | 1.62  | 2.47  | 1.98   | 0.040 |    |    |    | 17         |
| 18         |   |   |   |   | 0.794 | 1.62  | 2.72  | 1.86   | 0.040 |    |    |    | 18         |
| 19         |   |   |   |   | 0.908 | 1.14  | 3.09  | 1.62   | 0.040 |    |    |    | 19         |
| 20         |   |   |   |   | 0.575 | 1.25  | 3.21  | 1.25   | 0.040 |    |    |    | 20         |



表4 乌鲁木齐河源1号冰川水文点1987年逐日平均气温表

| 日/月 |   | 气温以℃计  |        |        |       |       |      |      |      |      |       | 旬总数<br>旬平均 |        |    |
|-----|---|--------|--------|--------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------------|--------|----|
|     |   | 1      | 2      | 3      | 4     | 5     | 6    | 7    | 8    | 9    | 10    |            |        | 11 |
| 1   | 1 | -16.3  | -10.3  | -12.5  | -6.9  | -8.7  | 4.0  | 3.5  | 1.9  | -0.6 | 1.3   | -16.8      | -14.3  | 1  |
| 2   | 1 | -16.5  | -11.2  | -10.4  | -3.5  | -6.6  | 6.0  | 4.3  | 1.9  | -0.8 | 0.8   | -14.9      | -19.8  | 2  |
| 3   | 1 | -16.2  | -18.1  | -10.4  | -7.1  | -3.9  | -2.3 | 4.4  | 1.8  | 1.0  | -1.5  | -12.6      | -22.6  | 3  |
| 4   | 1 | -12.5  | -13.8  | -11.0  | -9.8  | -5.3  | -3.3 | 6.3  | -0.6 | 1.0  | -0.6  | -9.4       | -19.5  | 4  |
| 5   | 1 | -15.0  | -12.0  | -12.8  | -8.0  | -2.9  | 0.2  | 8.1  | 2.6  | -0.4 | -1.6  | -10.8      | -17.5  | 5  |
| 6   | 1 | -11.6  | -7.9   | -12.1  | -3.1  | -8.5  | 2.0  | 5.7  | 5.6  | 0.5  | 1.8   | -9.3       | -20.0  | 6  |
| 7   | 1 | -11.8  | -9.4   | -16.0  | -9.6  | -8.5  | 3.2  | 1.8  | 6.8  | 1.3  | 1.8   | -9.2       | -20.1  | 7  |
| 8   | 1 | -11.9  | -12.8  | -21.3  | -11.3 | -5.1  | 0.5  | 2.7  | 4.2  | 1.9  | -2.9  | -3.2       | -16.1  | 8  |
| 9   | 1 | -13.5  | -13.3  | -17.2  | -7.0  | -4.3  | -1.9 | 3.4  | 3.4  | -1.6 | -8.0  | -8.1       | -12.2  | 9  |
| 10  | 1 | -15.1  | -14.8  | -15.5  | -8.3  | -4.5  | -5.7 | 6.9  | 4.8  | -3.9 | -5.0  | -9.9       | -13.1  | 10 |
| 旬总数 |   | -140.2 | -118.6 | -139.2 | -74.6 | -58.3 | 2.8  | 47.1 | 32.4 | -1.6 | -13.9 | -104.2     | -175.3 |    |
| 旬平均 |   | -14.0  | -11.9  | -13.9  | -7.5  | -5.8  | 0.3  | 4.7  | 3.2  | -0.2 | -1.4  | -10.4      | -17.5  |    |
| 11  | 1 | -11.5  | -11.8  | -17.5  | -10.5 | -3.8  | -5.4 | 7.3  | 5.3  | -4.2 | -10.7 | -10.3      | -10.1  | 11 |
| 12  | 1 | -11.7  | -11.2  | -19.0  | -10.6 | -4.4  | -2.9 | 4.9  | 6.8  | -3.6 | -8.1  | -9.6       | -12.7  | 12 |
| 13  | 1 | -16.2  | -14.9  | -13.5  | -9.7  | -2.8  | -1.4 | 5.6  | 6.6  | -0.6 | -9.9  | -11.5      | -14.5  | 13 |
| 14  | 1 | -19.6  | -12.5  | -12.0  | -7.8  | -1.7  | 0.4  | 5.0  | 6.4  | 0.3  | -10.9 | -13.3      | -11.7  | 14 |
| 15  | 1 | -19.7  | -17.4  | -8.6   | -5.8  | 1.2   | -0.3 | 4.4  | 5.7  | 0.2  | -15.9 | -12.4      | -10.1  | 15 |
| 16  | 1 | -17.7  | -16.1  | -8.5   | -4.3  | 3.8   | 1.5  | 4.5  | 9.1  | 0.6  | -19.3 | -13.3      | -11.7  | 16 |
| 17  | 1 | -18.6  | -14.7  | -14.0  | -5.5  | 1.7   | 2.8  | 3.7  | 10.6 | 3.2  | -14.6 | -14.3      | -12.0  | 17 |
| 18  | 1 | -17.0  | -16.0  | -12.4  | -9.2  | 2.9   | 4.5  | 1.5  | 7.2  | 4.0  | -12.5 | -8.6       | -12.3  | 18 |
| 19  | 1 | -14.2  | -17.1  | -10.0  | -5.4  | 0.2   | 2.8  | 4.1  | 3.8  | 2.8  | -12.6 | -11.7      | -10.2  | 19 |
| 20  | 1 | -16.9  | -17.5  | -11.7  | -3.1  | -2.3  | 2.0  | 6.7  | 5.4  | 3.9  | -14.8 | -13.7      | -12.1  | 20 |



| 月<br>日      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | 7    | 8     | 9      | 10     | 11     | 12     | 月<br>日 |      |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 旬总数         | -163.3 | -149.2 | -127.4 | -71.9  | -5.3   | 4.0   | 46.7 | 66.9  | 6.6    | -129.3 | -118.7 | -117.4 | 旬总数    |      |
| 旬平均         | -16.3  | -14.9  | -12.7  | -7.2   | -0.5   | 0.4   | 4.7  | 6.7   | 0.7    | -12.9  | -11.9  | -11.7  | 旬平均    |      |
| 21          | -26.3  | -13.8  | -10.0  | 1.0    | -2.0   | 1.9   | 5.5  | 5.1   | -1.9   | -12.9  | -13.9  | -10.9  | 21     |      |
| 22          | -29.2  | -12.5  | -13.5  | -3.1   | -4.0   | 3.1   | 5.6  | 4.9   | -2.7   | -11.8  | -14.2  | -7.0   | 22     |      |
| 23          | -21.2  | -12.8  | -12.9  | -9.2   | -4.3   | 1.2   | 6.4  | 5.3   | -0.2   | -9.9   | -9.7   | -13.5  | 23     |      |
| 24          | -17.5  | -13.1  | -13.9  | -7.4   | -2.4   | -1.8  | 6.0  | 3.9   | -0.4   | -8.0   | -18.1  | -14.4  | 24     |      |
| 25          | -12.8  | -13.5  | -12.8  | -4.8   | -0.3   | -2.4  | 6.2  | 1.5   | -0.7   | -10.7  | -2.9   | -7.9   | 25     |      |
| 26          | -10.7  | -15.8  | -9.8   | -4.2   | -3.1   | -0.2  | 2.0  | 1.3   | -3.2   | -5.7   | -31.6  | -12.3  | 26     |      |
| 27          | -9.7   | -15.8  | -9.4   | -0.6   | -0.6   | 4.0   | 0.1  | 2.6   | -3.9   | -3.5   | -24.1  | -12.9  | 27     |      |
| 28          | -10.6  | -16.1  | -8.1   | -1.4   | 1.7    | 4.4   | 1.9  | 3.4   | -0.9   | -12.5  | -19.4  | -15.2  | 28     |      |
| 29          | -10.8  |        | -8.5   | -8.6   | 0.6    | 2.5   | 3.4  | 2.5   | 0.3    | -13.7  | -18.5  | -10.9  | 29     |      |
| 30          | -10.7  |        | -9.3   | -10.5  | 1.6    | 2.8   | 2.9  | 3.0   | -0.9   | -17.6  | -16.8  | -10.5  | 30     |      |
| 31          | -10.7  |        | -10.1  |        | 4.9    |       | 4.3  | 3.2   |        | -18.9  |        | -13.7  | 31     |      |
| 旬总数         | -170.2 | -113.4 | -118.3 | -49.8  | -7.9   | 15.5  | 44.3 | 36.7  | -14.5  | -124.9 | -195.3 | -129.2 | 旬总数    |      |
| 旬平均         | -15.5  | -14.2  | -10.8  | -5.0   | -0.7   | 1.6   | 4.0  | 3.3   | -1.5   | -11.4  | -19.5  | -11.7  | 旬平均    |      |
| 月<br>统<br>计 | 总数     | -473.7 | -381.2 | -384.9 | -196.3 | -71.5 | 22.3 | 138.1 | 136.0  | -9.5   | -268.1 | -418.2 | -421.9 | 总数   |
|             | 平均     | -15.3  | -13.6  | -12.4  | -6.5   | -2.3  | 0.7  | 4.5   | 4.4    | -0.3   | -8.6   | -13.9  | -13.6  | 平均   |
|             | 最高     | -5.4   | -5.4   | -3.9   | 5.8    | 9.8   | 9.9  | 14.3  | 12.4   | 10.0   | 6.1    | -0.5   | -3.2   | 最高   |
|             | 日期     | 31     | 6      | 2      | 21     | 31    | 2    | 5     | 18     | 18     | 1      | 9      | 25     | 日期   |
|             | 最低     | -32.1  | -20.8  | -23.8  | -16.1  | -12.1 | -7.9 | -3.2  | -3.2   | -10.5  | -23.8  | -35.0  | -27.0  | 最低   |
| 日期          | 22     | 20     | 12     | 8      | 7      | 10    | 2.9  | 4     | 27     | 16     | 26     | 3      | 日期     |      |
| 年统计         | 最高气温   | 14.3   | 7月5日   |        |        |       | 最低气温 | -35.0 | 11月26日 |        |        |        | 平均气温   | -6.4 |

制表：杨新元

校核：康尔泗

表5 乌鲁木齐河源空冰斗水文点1987年逐日平均气温表

气温以℃计

| 日   | 月      |        |        |       |       |      |      |      |      |       |        |        | 旬总数<br>旬平均 |
|-----|--------|--------|--------|-------|-------|------|------|------|------|-------|--------|--------|------------|
|     | 1      | 2      | 3      | 4     | 5     | 6    | 7    | 8    | 9    | 10    | 11     | 12     |            |
| 1   | -16.8  | -11.9  | -13.4  | -7.6  | -10.3 | 2.4  | 1.9  | 0.6  | -0.5 | 1.6   | -16.1  | -14.4  | 1          |
| 2   | -16.4  | -13.6  | -11.3  | -3.5  | -8.7  | 4.3  | 3.4  | 0.5  | -1.2 | 1.4   | -14.6  | -19.8  | 2          |
| 3   | -17.1  | -14.0  | -10.6  | -7.9  | -7.3  | -3.3 | 3.1  | 0.2  | 0.8  | -1.7  | -12.4  | -22.1  | 3          |
| 4   | -13.5  | -14.6  | -11.7  | -11.0 | -3.7  | -4.8 | 5.1  | -1.2 | 1.3  | -0.8  | -9.1   | -16.4  | 4          |
| 5   | -16.8  | -13.7  | -13.7  | -8.6  | -3.3  | -0.7 | 6.2  | 1.3  | -0.2 | -0.1  | -10.6  | -15.0  | 5          |
| 6   | -13.1  | -9.8   | -12.6  | -3.7  | -9.7  | 0.6  | 4.3  | 4.0  | 0.2  | 2.9   | -8.4   | -17.1  | 6          |
| 7   | -11.0  | -10.8  | -15.0  | -10.2 | -10.7 | 1.8  | 0.9  | 4.8  | 1.5  | 2.9   | -8.5   | -17.0  | 7          |
| 8   | -11.6  | -14.4  | -22.1  | -14.4 | -6.7  | -0.5 | 1.9  | 3.0  | 2.3  | -0.3  | -3.0   | -13.3  | 8          |
| 9   | -14.4  | -13.5  | -17.1  | -7.6  | -4.8  | -2.6 | 2.0  | 1.9  | -1.5 | -7.8  | -6.6   | -13.8  | 9          |
| 10  | -15.3  | -16.7  | -15.6  | -9.3  | -5.1  | -6.8 | 5.5  | 3.4  | -3.8 | -3.2  | -11.8  | -21.0  | 10         |
| 旬总数 | -146.0 | -132.0 | -143.1 | -83.8 | -70.3 | -9.6 | 34.3 | 18.5 | -1.1 | -6.9  | -101.1 | -169.9 | 旬总数        |
| 旬平均 | -14.6  | -13.2  | -14.3  | -8.4  | -7.0  | -1.0 | 3.4  | 1.9  | -0.1 | -0.7  | -10.1  | -17.0  | 旬平均        |
| 11  | -12.1  | -12.5  | -17.4  | -11.5 | -5.1  | -6.3 | 6.4  | 4.1  | -4.6 | -9.2  | -11.9  | -19.8  | 11         |
| 12  | -12.1  | -10.8  | -19.0  | -10.9 | -4.7  | -4.2 | 5.0  | 5.7  | -4.2 | -6.9  | -8.9   | -23.3  | 12         |
| 13  | -15.9  | -15.6  | -14.7  | -9.6  | -3.4  | -2.8 | 4.9  | 6.3  | -1.7 | -7.3  | -10.7  | -23.7  | 13         |
| 14  | -20.2  | -12.4  | -13.2  | -8.2  | -2.1  | -0.1 | 4.3  | 5.3  | -1.0 | -9.8  | -13.2  | -20.8  | 14         |
| 15  | -20.6  | -16.9  | -10.5  | -7.0  | -0.2  | -1.7 | 3.4  | 4.9  | 0.4  | -15.3 | -13.2  | -19.9  | 15         |
| 16  | -18.9  | -16.1  | -9.6   | -5.7  | 2.2   | 0.5  | 1.6  | 7.7  | 0.6  | -18.6 | -10.8  | -17.2  | 16         |
| 17  | -19.2  | -16.1  | -14.7  | -7.1  | -0.7  | 1.9  | 2.7  | 8.5  | 3.0  | -13.2 | -13.9  | -15.4  | 17         |
| 18  | -17.8  | -16.2  | -13.7  | -8.4  | 1.2   | 3.4  | 0.9  | 6.9  | 3.9  | -10.6 | -8.4   | -15.8  | 18         |
| 19  | -14.9  | -17.7  | -11.5  | -7.9  | -0.8  | 1.9  | 3.0  | 2.8  | 2.6  | -11.5 | -12.1  | -13.9  | 19         |
| 20  | -17.6  | -18.1  | -12.4  | -4.6  | -3.0  | 1.7  | 4.5  | 5.0  | 3.7  | -14.0 | -13.0  | -15.0  | 20         |

| 月<br>日 | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6    | 7     | 8     | 9     | 10     | 11     | 12     | 月<br>日 |       |      |      |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|------|------|
| 旬总数    | -169.3 | -152.4 | -136.7 | -80.9  | -16.6  | -5.8 | 38.7  | 57.2  | 2.7   | -123.3 | -116.1 | -184.8 | 旬总数    |       |      |      |
| 旬平均    | -16.9  | -15.2  | -13.7  | -8.1   | -1.7   | -0.6 | 3.7   | 5.7   | 0.3   | -12.3  | -11.6  | -18.5  | 旬平均    |       |      |      |
| 21     | -27.1  | -14.0  | -10.3  | 0.0    | -3.0   | 1.4  | 5.1   | 5.4   | -2.2  | -12.2  | -13.9  | -13.2  | 21     |       |      |      |
| 22     | -29.3  | -15.8  | -13.7  | -3.1   | -4.8   | 2.7  | 5.3   | 4.5   | -3.3  | -11.0  | -11.8  | -9.1   | 22     |       |      |      |
| 23     | -20.4  | -13.3  | -12.2  | -9.0   | -4.9   | 0.4  | 6.1   | 4.4   | -0.2  | -8.3   | -9.4   | -13.7  | 23     |       |      |      |
| 24     | -18.2  | -13.2  | -14.3  | -8.0   | -4.3   | -2.1 | 4.9   | 3.6   | 0.4   | -7.2   | -16.5  | -12.9  | 24     |       |      |      |
| 25     | -12.9  | -13.5  | -13.8  | -5.3   | -0.9   | -3.1 | 4.7   | 0.4   | -0.2  | -10.1  | -28.1  | -5.7   | 25     |       |      |      |
| 26     | -11.2  | -16.3  | -10.7  | -4.8   | -3.8   | -1.6 | 0.9   | 0.8   | -3.0  | -4.8   | -23.7  | -12.2  | 26     |       |      |      |
| 27     | -11.4  | -16.7  | -10.1  | -1.0   | -2.1   | 2.7  | -0.7  | 1.5   | -4.4  | -3.4   | -24.5  | -13.1  | 27     |       |      |      |
| 28     | -12.4  | -17.5  | -8.7   | -2.1   | -0.7   | 3.7  | 2.0   | 2.2   | -1.1  | -11.7  | -19.3  | -15.8  | 28     |       |      |      |
| 29     | -12.9  |        | -9.5   | -10.3  | -1.0   | 1.4  | 2.2   | 1.9   | -0.2  | -12.5  | -19.3  | -14.0  | 29     |       |      |      |
| 30     | -13.2  |        | -8.9   | -11.9  | 0.3    | 0.8  | 0.5   | 2.7   | -0.3  | -17.0  | -18.0  | -18.5  | 30     |       |      |      |
| 31     | -11.7  |        | -9.9   |        | 3.0    |      | 0.8   | 2.6   |       | -18.8  |        | -22.0  | 31     |       |      |      |
| 旬总数    | -180.7 | -120.3 | -122.1 | -55.5  | -22.2  | 6.3  | 31.4  | 30.0  | -18.3 | -117.0 | -184.5 | -150.2 | 旬总数    |       |      |      |
| 旬平均    | -16.4  | -15.0  | -11.1  | -5.6   | -2.0   | 0.6  | 2.9   | 2.7   | -1.8  | -10.6  | -18.5  | 13.7   | 旬平均    |       |      |      |
| 总数     | -496.0 | -404.7 | -401.9 | -220.2 | -109.1 | -9.1 | 102.9 | 105.7 | -16.7 | -247.2 | -401.7 | -504.9 | 总数     |       |      |      |
| 平均     | -16.0  | -14.5  | -13.0  | -7.3   | -3.5   | -0.3 | 3.3   | 3.4   | -0.6  | -8.0   | -13.4  | -16.3  | 平均     |       |      |      |
| 最高     | -6.5   | -6.5   | -4.5   | 4.9    | 7.3    | 9.3  | 12.5  | 13.4  | 9.2   | 7.0    | 1.0    | -1.6   | 最高     |       |      |      |
| 日期     | 7      | 6      | 28     | 21     | 31     | 2    | 5     | 17    | 18    | 6      | 8      | 25     | 日期     |       |      |      |
| 最低     | -32.7  | -20.9  | -26.1  | -16.8  | -13.9  | -8.6 | -2.7  | -4.1  | -10.8 | -22.0  | -31.7  | -27.5  | 最低     |       |      |      |
| 日期     | 22     | 20     | 8      | 8      | 1      | 10   | 7     | 4     | 27    | 31     | 25     | 13     | 日期     |       |      |      |
| 年统计    | 最高气温   | 13.4   | 8月17日  |        |        |      |       | 1月22日 |       |        |        |        | 最低气温   | -32.7 | 平均气温 | -7.2 |

制表：杨新元

校核：康尔泗

表6 烏魯木齊河澗區控制水文站1987年逐日平均氣溫表

| 日  | 月     |       |       |       |       |      |      |     |     |      |      |       | 旬總數   | 旬平均 |       |       |       |       |      |     |     |      |      |       |       |    |     |        |        |        |       |       |      |      |      |      |       |       |        |       |       |     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|-----|------|------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|------|------|-------|-------|----|-----|--------|--------|--------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-----|
|    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6    | 7    | 8   | 9   | 10   | 11   | 12    |       |     |       |       |       |       |      |     |     |      |      |       |       |    |     |        |        |        |       |       |      |      |      |      |       |       |        |       |       |     |
| 1  | -18.3 | -16.3 | -14.0 | -11.3 | -10.1 | -5.4 | -6.6 | 4.9 | 3.2 | -0.1 | 1.7  | -15.5 | -13.7 | 1   | -10.8 | -11.7 | -15.4 | -8.1  | -1.8 | 7.5 | 6.3 | -1.4 | -8.1 | -7.5  | -8.5  | 11 | 旬總數 | -149.6 | -124.9 | -117.9 | -57.9 | -46.3 | 15.2 | 55.6 | 42.4 | 22.2 | -1.8  | -93.7 | -147.7 | -14.8 | 旬平均   |     |
| 2  | -16.3 | -13.8 | -9.9  | -2.1  | -6.7  | 7.2  | 5.6  | 5.6 | 3.4 | 0.5  | 1.1  | -13.3 | -19.4 | 2   | -13.3 | -8.6  | -7.2  | -10.5 | -2.5 | 6.8 | 7.9 | 7.7  | -1.2 | -7.5  | -12.6 | 12 | 旬總數 | -16.2  | -13.7  | -19.1  | -8.1  | -2.5  | -2.6 | 6.8  | 7.5  | 7.5  | -1.2  | -7.5  | -12.6  | -15.1 | -11.5 | 旬平均 |
| 3  | -16.5 | -14.0 | -8.8  | -8.4  | -6.0  | -3.8 | -1.6 | 5.5 | 2.7 | 2.6  | 0.4  | -12.9 | -22.5 | 3   | -16.5 | -8.8  | -7.2  | -10.7 | -8.6 | 7.0 | 7.9 | 2.8  | 2.8  | -10.7 | -8.6  | 13 | 旬總數 | -16.2  | -13.7  | -7.2   | -4.9  | -0.5  | 0.3  | 7.0  | 6.8  | 1.6  | -10.3 | -9.6  | -15.1  | -11.5 | 旬平均   |     |
| 4  | -14.0 | -14.7 | -8.8  | -14.7 | -8.4  | -2.8 | -2.7 | 7.2 | 0.8 | 3.4  | -1.1 | -6.9  | -14.4 | 4   | -14.0 | -8.8  | 4.2   | 10.2  | 4.5  | 6.8 | 4.8 | 4.5  | 4.5  | -14.3 | -11.4 | 14 | 旬總數 | -15.2  | -11.0  | -10.3  | -2.3  | 2.5   | 1.8  | 7.0  | 6.8  | 1.6  | -10.3 | -9.6  | -15.1  | -11.5 | 旬平均   |     |
| 5  | -15.6 | -15.6 | -11.3 | -10.2 | -5.4  | -1.3 | 2.0  | 8.2 | 3.6 | 2.1  | 0.6  | -9.9  | -13.5 | 5   | -15.6 | -11.3 | 6.2   | 10.2  | 4.5  | 5.6 | 7.3 | 1.2  | 1.2  | -14.4 | -11.4 | 15 | 旬總數 | -17.0  | -16.0  | -6.7   | -0.8  | 0.5   | 5.6  | 7.3  | 5.6  | 1.2  | -14.4 | -11.4 | -8.6   | -8.6  | 旬平均   |     |
| 6  | -11.2 | -11.2 | -8.4  | -10.1 | 1.0   | -7.4 | 3.7  | 6.2 | 1.8 | 1.8  | 3.8  | -8.0  | -15.0 | 6   | -11.2 | -8.4  | 6.2   | 4.0   | 4.5  | 5.6 | 7.3 | 1.2  | 1.2  | -14.4 | -11.4 | 16 | 旬總數 | -16.8  | -16.8  | -16.1  | -0.8  | 4.5   | 4.0  | 9.5  | 9.5  | 2.1  | -17.6 | -10.5 | -10.6  | -10.6 | 旬平均   |     |
| 7  | -13.1 | -13.1 | -9.5  | -12.8 | -9.0  | -7.1 | 4.8  | 2.7 | 4.1 | 4.1  | 5.0  | -8.1  | -15.6 | 7   | -13.1 | -9.5  | 2.7   | 10.2  | 4.5  | 5.4 | 8.2 | 4.5  | 4.5  | -14.3 | -10.5 | 17 | 旬總數 | -16.8  | -16.8  | -9.1   | -4.5  | 3.7   | 4.8  | 4.8  | 4.8  | 2.1  | -17.6 | -10.5 | -12.2  | -12.2 | 旬平均   |     |
| 8  | -13.6 | -13.6 | -12.4 | -20.2 | -10.9 | -3.8 | 2.4  | 4.2 | 4.6 | 4.6  | -1.3 | -2.0  | -12.8 | 8   | -13.6 | -12.4 | 4.2   | 2.7   | 2.7  | 8.2 | 8.2 | 5.4  | 5.4  | -13.0 | -7.5  | 18 | 旬總數 | -15.4  | -15.6  | -8.2   | -3.8  | 5.4   | 4.2  | 4.6  | 4.6  | 4.6  | -13.0 | -7.5  | -13.9  | -13.9 | 旬平均   |     |
| 9  | -15.0 | -15.0 | -15.0 | -15.1 | -5.5  | -3.6 | -1.0 | 4.2 | 4.3 | 0.8  | -7.7 | -6.4  | -12.8 | 9   | -15.0 | -15.0 | 4.2   | 4.8   | 4.1  | 4.3 | 4.3 | 5.4  | 4.1  | 5.4   | -13.9 | 18 | 旬總數 | -12.0  | -15.4  | -16.3  | -5.5  | 4.3   | 6.0  | 4.8  | 4.3  | 4.1  | -13.9 | -9.7  | -10.5  | -10.5 | 旬平均   |     |
| 10 | -16.0 | -16.0 | -14.5 | -12.1 | -6.2  | -3.2 | -4.8 | 6.9 | 5.6 | 2.4  | -4.3 | -10.7 | -9.7  | 10  | -16.0 | -14.5 | 6.9   | 5.6   | 2.4  | 5.6 | 4.2 | 2.2  | 2.2  | -15.0 | -10.5 | 20 | 旬總數 | -14.6  | -15.0  | -10.5  | -5.8  | -4.8  | 5.6  | 4.2  | 2.2  | 2.2  | -15.0 | -9.4  | -14.8  | -10.9 | 旬平均   |     |

氣溫以℃計

| 月           |      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5     | 6    | 7     | 8     | 9    | 10     | 11     | 12     | 月   |      |      |  |
|-------------|------|--------|--------|--------|--------|-------|------|-------|-------|------|--------|--------|--------|-----|------|------|--|
| 日           |      |        |        |        |        |       |      |       |       |      |        |        |        | 日   |      |      |  |
| 旬总数         |      | -148.0 | -142.5 | -118.7 | -50.6  | 6.2   | 15.2 | 59.2  | 75.6  | 24.3 | -124.8 | -97.5  | -114.4 | 旬总数 |      |      |  |
| 旬平均         |      | -14.8  | -14.3  | -11.4  | -5.1   | 0.6   | 1.5  | 5.9   | 7.6   | 2.4  | -12.5  | -9.8   | -11.4  | 旬平均 |      |      |  |
| 21          |      | -24.9  | -13.7  | -7.6   | 2.8    | -0.3  | 0.6  | 6.5   | 6.6   | -0.2 | -12.8  | -10.4  | -9.7   | 21  |      |      |  |
| 22          |      | -28.6  | -11.8  | -11.8  | -1.0   | -2.7  | 4.5  | 7.1   | 6.3   | -2.0 | -13.7  | -9.7   | -5.0   | 22  |      |      |  |
| 23          |      | -21.5  | -12.0  | -12.9  | -6.6   | -3.0  | 2.3  | 8.3   | 6.5   | 0.9  | -10.0  | -6.8   | -9.5   | 23  |      |      |  |
| 24          |      | -17.9  | -12.4  | -12.5  | -6.4   | -1.4  | -0.8 | 6.9   | 5.6   | 1.3  | -7.0   | -13.2  | -11.7  | 24  |      |      |  |
| 25          |      | -15.2  | -12.4  | -11.9  | -2.0   | 2.1   | -1.2 | 7.4   | 2.1   | 0.8  | -8.7   | -25.1  | -6.9   | 25  |      |      |  |
| 26          |      | -11.4  | -13.8  | -8.0   | -2.0   | -1.5  | 0.0  | 2.8   | 1.8   | -1.8 | -3.2   | -31.9  | -8.2   | 26  |      |      |  |
| 27          |      | -8.9   | -13.5  | -6.8   | -2.4   | -0.1  | 5.6  | 1.0   | 3.0   | -3.3 | -3.8   | -24.7  | -9.4   | 27  |      |      |  |
| 28          |      | -11.7  | -13.0  | -7.1   | -0.5   | 1.9   | 5.0  | 2.6   | 3.9   | -0.1 | -14.1  | -21.5  | -13.1  | 28  |      |      |  |
| 29          |      | -11.7  |        | -6.9   | -8.4   | 1.9   | 3.7  | 3.9   | 3.9   | 0.7  | -12.2  | -17.1  | -7.5   | 29  |      |      |  |
| 30          |      | -11.6  |        | -7.6   | -11.8  | 1.7   | 4.8  | 3.2   | 5.3   | 1.8  | -17.2  | -15.8  | -8.9   | 30  |      |      |  |
| 31          |      | -9.9   |        | -7.6   |        | 5.5   |      | 4.0   | 4.8   |      | -17.9  |        | -9.5   | 31  |      |      |  |
| 旬总数         |      | -173.3 | -102.6 | -100.7 | -33.4  | 4.1   | 24.5 | 53.7  | 49.6  | -1.9 | -120.4 | -176.2 | -99.4  | 旬总数 |      |      |  |
| 旬平均         |      | -15.8  | -12.8  | -9.2   | -3.3   | 0.4   | 2.5  | 4.9   | 4.5   | -0.2 | -10.9  | -17.6  | -9.0   | 旬平均 |      |      |  |
| 月<br>统<br>计 | 总数   | -471.0 | -370.0 | -332.3 | -141.9 | -36.0 | 54.9 | 168.5 | 167.6 | 44.6 | -247.0 | -367.4 | -361.5 | 总数  |      |      |  |
|             | 平均   | -15.2  | -13.2  | -10.7  | -4.7   | -1.2  | 1.8  | 5.4   | 5.4   | 1.5  | -8.0   | -12.2  | -11.7  | 平均  |      |      |  |
|             | 最高   | -3.6   | -3.6   | -0.2   | 10.4   | 11.1  | 12.4 | 15.0  | 17.0  | 11.0 | 9.0    | 3.9    | 0.4    | 最高  |      |      |  |
|             | 日期   | 6      | 6      | 30     | 21     | 31    | 2    | 5     | 17    | 7    | 1      | 8      | 25     | 日期  |      |      |  |
|             | 最低   | -33.1  | -21.9  | -25.0  | -16.9  | -10.4 | -6.8 | -2.0  | -1.8  | -8.9 | -23.4  | -30.0  | -26.9  | 最低  |      |      |  |
| 日期          | 21   | 16     | 12     | 8      | 7      | 4     | 29   | 4     | 27    | 16   | 25—27  | 3      | 日期     |     |      |      |  |
| 年统计         | 最高气温 | 17.0   |        |        | 8月 17日 |       |      | 最低气温  | -33.1 |      |        | 1月 21日 |        |     | 平均气温 | -5.2 |  |

制表：杨新元

校核：康尔泗

表7 乌鲁木齐河源1号冰川水文点1987年逐日降水量表

降水量以mm计

| 日  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5    | 6    | 7    | 8    | 9 | 10 | 11 | 12 | 月 | 日  |
|----|---|---|---|---|------|------|------|------|---|----|----|----|---|----|
| 1  |   |   |   |   |      | 1.0  | 0.6  | 0.4  |   |    |    |    |   | 1  |
| 2  |   |   |   |   |      | 7.6  |      |      |   |    |    |    |   | 2  |
| 3  |   |   |   |   |      | 6.0  | 0.0  | 5.6  |   |    |    |    |   | 3  |
| 4  |   |   |   |   | 4.0  | 1.3  | 0.0  | 10.2 |   |    |    |    |   | 4  |
| 5  |   |   |   |   | 2.6  | 1.5  | 4.9  |      |   |    |    |    |   | 5  |
| 6  |   |   |   |   | 0.1  | 0.2  | 11.0 |      |   |    |    |    |   | 6  |
| 7  |   |   |   |   |      |      | 3.4  | 0.0  |   |    |    |    |   | 7  |
| 8  |   |   |   |   |      | 1.0  | 3.0  | 4.0  |   |    |    |    |   | 8  |
| 9  |   |   |   |   | 1.7  | 10.0 | 2.5  |      |   |    |    |    |   | 9  |
| 10 |   |   |   |   | 0.1  | 6.1  |      |      |   |    |    |    |   | 10 |
| 11 |   |   |   |   | 8.2  | 3.5  |      |      |   |    |    |    |   | 11 |
| 12 |   |   |   |   | 0.9  | 2.1  | 1.3  |      |   |    |    |    |   | 12 |
| 13 |   |   |   |   | 1.4  |      | 1.4  |      |   |    |    |    |   | 13 |
| 14 |   |   |   |   |      | 1.1  | 6.2  | 4.4  |   |    |    |    |   | 14 |
| 15 |   |   |   |   |      | 4.0  | 8.0  |      |   |    |    |    |   | 15 |
| 16 |   |   |   |   |      |      | 0.8  |      |   |    |    |    |   | 16 |
| 17 |   |   |   |   | 0.4  | 2.3  | 18.0 |      |   |    |    |    |   | 17 |
| 18 |   |   |   |   | 1.2  | 1.4  | 14.3 | 3.3  |   |    |    |    |   | 18 |
| 19 |   |   |   |   | 14.3 | 1.7  |      | 2.4  |   |    |    |    |   | 19 |
| 20 |   |   |   |   |      | 12.0 |      |      |   |    |    |    |   | 20 |
| 21 |   |   |   |   | 5.6  | 0.1  | 4.5  |      |   |    |    |    |   | 21 |

| 日  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5   | 6    | 7    | 8   | 9 | 10 | 11 | 12 | 月 | 日  |
|----|---|---|---|---|-----|------|------|-----|---|----|----|----|---|----|
| 22 |   |   |   |   | 0.1 | 5.9  |      | 0.2 |   |    |    |    |   | 22 |
| 23 |   |   |   |   | 2.4 |      | 3.5  | 0.3 |   |    |    |    |   | 23 |
| 24 |   |   |   |   |     | 11.4 | 4.1  |     |   |    |    |    |   | 24 |
| 25 |   |   |   |   |     | 2.2  | 3.5  | 0.3 |   |    |    |    |   | 25 |
| 26 |   |   |   |   | 3.5 | 2.2  | 43.1 | 1.3 |   |    |    |    |   | 26 |
| 27 |   |   |   |   | 1.4 |      | 3.5  |     |   |    |    |    |   | 27 |
| 28 |   |   |   |   |     | 1.9  | 0.0  | 0.3 |   |    |    |    |   | 28 |
| 29 |   |   |   |   |     | 8.7  | 0.0  |     |   |    |    |    |   | 29 |
| 30 |   |   |   |   |     | 1.2  | 4.8  |     |   |    |    |    |   | 30 |
| 31 |   |   |   |   |     |      | 8.2  |     |   |    |    |    |   | 31 |

|        |     |     |     |      |      |      |       |      |      |      |     |     |        |
|--------|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|------|-----|-----|--------|
| 总 量    | 1.1 | 2.0 | 8.3 | 21.1 | 47.9 | 94.4 | 151.6 | 32.7 | 18.1 | 21.9 | 0.5 | 0.4 | 总 量    |
| 降水日数   |     |     |     |      | 16   | 25   | 25    | 13   |      |      |     |     | 降水日数   |
| 最大日降水量 |     |     |     |      | 14.3 | 12.0 | 43.1  | 10.2 |      |      |     |     | 最大日降水量 |
| 日 期    |     |     |     |      | 19   | 20   | 28    | 4    |      |      |     |     | 日 期    |

|       |     |     |      |      |        |      |       |
|-------|-----|-----|------|------|--------|------|-------|
| 年 统 计 | 降水量 | 400 | 降水日数 | 43.1 | 最大日降水量 | 43.1 | 7月26日 |
|-------|-----|-----|------|------|--------|------|-------|

附 注 1—4月及9—12月因一星期观测一次，故只记月降水总量。

制表：杨新元 校核：康尔泗

表8 乌鲁木齐市河源头冰斗水文点1987年逐日降水量表

降水量以mm计

| 月<br>日 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5    | 6   | 7    | 8    | 9 | 10 | 11 | 12 | 月<br>日 |
|--------|---|---|---|---|------|-----|------|------|---|----|----|----|--------|
| 1      |   |   |   |   |      | 1.0 | 0.6  |      |   |    |    |    | 1      |
| 2      |   |   |   |   |      | 8.9 |      |      |   |    |    |    | 2      |
| 3      |   |   |   |   |      | 5.0 | 0.1  | 4.7  |   |    |    |    | 3      |
| 4      |   |   |   |   | 3.1  | 0.4 |      | 11.1 |   |    |    |    | 4      |
| 5      |   |   |   |   | 2.0  | 1.9 | 5.3  |      |   |    |    |    | 5      |
| 6      |   |   |   |   | 0.2  | 0.1 | 10.7 |      |   |    |    |    | 6      |
| 7      |   |   |   |   |      |     | 1.3  | 0.0  |   |    |    |    | 7      |
| 8      |   |   |   |   |      | 0.5 | 2.0  | 3.7  |   |    |    |    | 8      |
| 9      |   |   |   |   | 1.0  | 8.0 | 6.2  |      |   |    |    |    | 9      |
| 10     |   |   |   |   | 0.2  | 5.6 |      |      |   |    |    |    | 10     |
| 11     |   |   |   |   | 6.1  | 3.3 |      |      |   |    |    |    | 11     |
| 12     |   |   |   |   | 1.1  | 1.3 | 1.6  |      |   |    |    |    | 12     |
| 13     |   |   |   |   | 0.8  |     | 2.2  |      |   |    |    |    | 13     |
| 14     |   |   |   |   |      | 0.8 | 6.8  | 3.2  |   |    |    |    | 14     |
| 15     |   |   |   |   |      | 3.5 | 11.5 |      |   |    |    |    | 15     |
| 16     |   |   |   |   |      |     | 0.4  |      |   |    |    |    | 16     |
| 17     |   |   |   |   |      | 1.5 | 23.1 |      |   |    |    |    | 17     |
| 18     |   |   |   |   | 1.0  | 0.4 | 14.3 | 2.9  |   |    |    |    | 18     |
| 19     |   |   |   |   | 10.5 | 1.5 |      | 2.1  |   |    |    |    | 19     |
| 20     |   |   |   |   |      | 9.0 | 0.4  |      |   |    |    |    | 20     |
| 21     |   |   |   |   | 4.1  |     | 3.4  |      |   |    |    |    | 21     |



| 月      | 1   | 2     | 3   | 4    | 5    | 6     | 7     | 8    | 9      | 10   | 11  | 12    | 月      | 日  |
|--------|-----|-------|-----|------|------|-------|-------|------|--------|------|-----|-------|--------|----|
| 22     |     |       |     |      | 0.1  | 5.0   |       | 0.5  |        |      |     |       |        | 22 |
| 23     |     |       |     |      | 2.0  |       | 4.3   | 0.9  |        |      |     |       |        | 23 |
| 24     |     |       |     |      |      | 8.5   | 4.8   | 0.2  |        |      |     |       |        | 24 |
| 25     |     |       |     |      |      | 1.7   | 2.6   |      |        |      |     |       |        | 25 |
| 26     |     |       |     |      | 4.1  | 1.9   | 41.5  | 1.1  |        |      |     |       |        | 26 |
| 27     |     |       |     |      |      |       | 5.5   |      |        |      |     |       |        | 27 |
| 28     |     |       |     |      |      | 1.4   |       | 1.5  |        |      |     |       |        | 28 |
| 29     |     |       |     |      | 1.1  | 7.3   |       |      |        |      |     |       |        | 29 |
| 30     |     |       |     |      |      | 0.9   | 4.0   |      |        |      |     |       |        | 30 |
| 31     |     |       |     |      |      |       | 9.7   |      |        |      |     |       |        | 31 |
| 总 量    | 0.9 | 1.9   | 4.2 | 21.3 | 37.4 | 80.4  | 162.3 | 31.9 | 21.1   | 19.6 | 0.2 | 0.4   | 总 量    |    |
| 降水日数   |     |       |     |      | 15   | 24    | 23    | 12   |        |      |     |       | 降水日数   |    |
| 最大日降水量 |     |       |     |      | 10.5 | 9.0   | 41.5  | 11.1 |        |      |     |       | 最大日降水量 |    |
| 日 期    |     |       |     |      | 19   | 9, 20 | 26    | 4    |        |      |     |       | 日 期    |    |
| 年 统 计  | 降水量 | 381.6 |     |      | 降水日数 |       |       |      | 最大日降水量 | 41.5 |     | 7月26日 |        |    |

附 注 1—4月及9—12月因一星期观测一次，故只记月降水总量。

制表：杨新元

校核：康尔泗



| 月<br>日                     | 1   | 2     | 3   | 4    | 5    | 6    | 7     | 8    | 9      | 10   | 11  | 12    | 月<br>日                     |
|----------------------------|-----|-------|-----|------|------|------|-------|------|--------|------|-----|-------|----------------------------|
| 22                         |     |       |     |      | 0.3  | 4.7  | 0.6   | 0.1  |        |      |     |       | 22                         |
| 23                         |     |       |     |      | 2.4  | 0.0  | 2.0   | 0.3  |        |      |     |       | 23                         |
| 24                         |     |       |     |      |      | 10.0 | 4.2   | 0.2  |        |      |     |       | 24                         |
| 25                         |     |       |     |      |      | 0.8  | 2.9   | 0.0  |        |      |     |       | 25                         |
| 26                         |     |       |     |      | 1.7  | 2.6  | 48.9  | 0.7  |        |      |     |       | 26                         |
| 27                         |     |       |     |      | 0.7  | 0.0  | 2.5   |      |        |      |     |       | 27                         |
| 28                         |     |       |     |      |      | 0.5  |       |      |        |      |     |       | 28                         |
| 29                         |     |       |     |      |      | 5.9  |       | 0.2  |        |      |     |       | 29                         |
| 30                         |     |       |     |      |      | 0.9  | 2.5   |      |        |      |     |       | 30                         |
| 31                         |     |       |     |      |      |      | 8.0   |      |        |      |     |       | 31                         |
| 总<br>量                     | 0.5 | 2.1   | 4.3 | 21.3 | 41.3 | 71.3 | 154.9 | 22.9 | 31.0   | 18.7 | 0.4 | 0.8   | 总<br>量                     |
| 降<br>水<br>日<br>数           |     |       |     |      | 15   | 27   | 24    | 12   |        |      |     |       | 降<br>水<br>日<br>数           |
| 最<br>大<br>日<br>降<br>水<br>量 |     |       |     |      | 14.3 | 10.0 | 48.9  | 7.4  |        |      |     |       | 最<br>大<br>日<br>降<br>水<br>量 |
| 日<br>期                     |     |       |     |      | 19   | 24   | 26    | 4    |        |      |     |       | 日<br>期                     |
| 年<br>统<br>计                | 降水量 | 369.5 |     |      | 降水日数 |      |       |      | 最大日降水量 | 46.9 |     | 7月26日 |                            |

附注 1—4月及9—12月一星期观测一次，故只记月降水总量。

制表：杨新元

校核：康尔泗

表10 乌鲁木齐河源1号冰川水文点1987年逐日平均相对湿度表

相对湿度以%计

| 日         | 月 |   |   |   |     |     |     |     |   |    | 旬总<br>旬平均 | 旬总<br>旬平均 |    |    |  |           |
|-----------|---|---|---|---|-----|-----|-----|-----|---|----|-----------|-----------|----|----|--|-----------|
|           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5   | 6   | 7   | 8   | 9 | 10 |           |           | 11 | 12 |  |           |
| 1         |   |   |   |   | 68  | 72  | 48  | 87  |   |    |           |           |    |    |  | 1         |
| 2         |   |   |   |   | 90  | 58  | 58  | 57  |   |    |           |           |    |    |  | 2         |
| 3         |   |   |   |   | 81  | 87  | 71  | 62  |   |    |           |           |    |    |  | 3         |
| 4         |   |   |   |   | 71  | 87  | 44  | 82  |   |    |           |           |    |    |  | 4         |
| 5         |   |   |   |   | 68  | 61  | 36  | 52  |   |    |           |           |    |    |  | 5         |
| 6         |   |   |   |   | 81  | 58  | 68  | 86  |   |    |           |           |    |    |  | 6         |
| 7         |   |   |   |   | 57  | 41  | 78  | 40  |   |    |           |           |    |    |  | 7         |
| 8         |   |   |   |   | 45  | 69  | 77  | 68  |   |    |           |           |    |    |  | 8         |
| 9         |   |   |   |   | 72  | 99  | 71  | 65  |   |    |           |           |    |    |  | 9         |
| 10        |   |   |   |   | 83  | 86  | 45  | 45  |   |    |           |           |    |    |  | 10        |
| 旬总<br>旬平均 |   |   |   |   | 716 | 716 | 593 | 594 |   |    |           |           |    |    |  | 旬总<br>旬平均 |
| 11        |   |   |   |   | 56  | 89  | 56  | 34  |   |    |           |           |    |    |  | 11        |
| 12        |   |   |   |   | 91  | 82  | 70  | 28  |   |    |           |           |    |    |  | 12        |
| 13        |   |   |   |   | 73  | 49  | 81  | 29  |   |    |           |           |    |    |  | 13        |
| 14        |   |   |   |   | 65  | 71  | 88  | 60  |   |    |           |           |    |    |  | 14        |
| 15        |   |   |   |   | 58  | 82  | 85  | 46  |   |    |           |           |    |    |  | 15        |
| 16        |   |   |   |   | 40  | 46  | 82  | 33  |   |    |           |           |    |    |  | 16        |
| 17        |   |   |   |   | 61  | 65  | 76  | 28  |   |    |           |           |    |    |  | 17        |
| 18        |   |   |   |   | 45  | 57  | 84  | 56  |   |    |           |           |    |    |  | 18        |
| 19        |   |   |   |   | 80  | 71  | 53  | 78  |   |    |           |           |    |    |  | 19        |
| 20        |   |   |   |   | 71  | 79  | 69  | 62  |   |    |           |           |    |    |  | 20        |

| 日   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5    | 6    | 7    | 8    | 9 | 10 | 11 | 12 | 月 | 日   |
|-----|---|---|---|---|------|------|------|------|---|----|----|----|---|-----|
| 旬总数 |   |   |   |   | 840  | 691  | 744  | 454  |   |    |    |    |   | 旬总数 |
| 旬平均 |   |   |   |   | 64   | 69   | 74   | 45   |   |    |    |    |   | 旬平均 |
| 21  |   |   |   |   | 58   | 86   | 88   | 61   |   |    |    |    |   | 21  |
| 22  |   |   |   |   | 86   | 82   | 81   | 48   |   |    |    |    |   | 22  |
| 23  |   |   |   |   | 67   | 52   | 59   | 57   |   |    |    |    |   | 23  |
| 24  |   |   |   |   | 64   | 95   | 55   | 71   |   |    |    |    |   | 24  |
| 25  |   |   |   |   | 42   | 81   | 58   | 79   |   |    |    |    |   | 25  |
| 26  |   |   |   |   | 72   | 73   | 91   | 55   |   |    |    |    |   | 26  |
| 27  |   |   |   |   | 62   | 52   | 87   | 67   |   |    |    |    |   | 27  |
| 28  |   |   |   |   | 48   | 72   | 87   | 40   |   |    |    |    |   | 28  |
| 29  |   |   |   |   | 80   | 81   | 42   | 49   |   |    |    |    |   | 29  |
| 30  |   |   |   |   | 61   | 75   | 84   | 65   |   |    |    |    |   | 30  |
| 31  |   |   |   |   | 29   |      | 78   | 61   |   |    |    |    |   | 31  |
| 旬总数 |   |   |   |   | 669  | 748  | 810  | 653  |   |    |    |    |   | 旬总数 |
| 旬平均 |   |   |   |   | 61   | 75   | 74   | 59   |   |    |    |    |   | 旬平均 |
| 月总数 |   |   |   |   | 2025 | 2155 | 2150 | 1701 |   |    |    |    |   | 月总数 |
| 月平均 |   |   |   |   | 65   | 72   | 69   | 55   |   |    |    |    |   | 月平均 |
| 最小值 |   |   |   |   | 9    | 4    | 3    | 0    |   |    |    |    |   | 最小值 |
| 日期  |   |   |   |   | 31   | 7    | 5    | 12   |   |    |    |    |   | 日期  |

附注 仅在冰川消融期观测。

制表：杨新元

校核：康尔泗



| 月<br>日  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5     | 6     | 7     | 8     | 9 | 10 | 11 | 12 | 月<br>日  |
|---------|---|---|---|---|-------|-------|-------|-------|---|----|----|----|---------|
| 旬总<br>数 |   |   |   |   | 667   | 705   | 726   | 464   |   |    |    |    | 旬总<br>数 |
| 旬平<br>均 |   |   |   |   | 67    | 71    | 73    | 46    |   |    |    |    | 旬平<br>均 |
| 21      |   |   |   |   | 66    | 88    | 68    | 50    |   |    |    |    | 21      |
| 22      |   |   |   |   | 85    | 82    | 75    | 43    |   |    |    |    | 22      |
| 23      |   |   |   |   | 59    | 61    | 71    | 49    |   |    |    |    | 23      |
| 24      |   |   |   |   | 71    | 92    | 77    | 57    |   |    |    |    | 24      |
| 25      |   |   |   |   | 45    | 76    | 76    | 70    |   |    |    |    | 25      |
| 26      |   |   |   |   | 66    | 77    | 100   | 58    |   |    |    |    | 26      |
| 27      |   |   |   |   | 45    | 53    | 92    | 64    |   |    |    |    | 27      |
| 28      |   |   |   |   | 43    | 67    | 79    | 61    |   |    |    |    | 28      |
| 29      |   |   |   |   | 69    | 77    | 43    | 60    |   |    |    |    | 29      |
| 30      |   |   |   |   | 58    | 77    | 88    | 47    |   |    |    |    | 30      |
| 31      |   |   |   |   | 34    | —     | 98    | 50    |   |    |    |    | 31      |
| 旬总<br>数 |   |   |   |   | 636   | 750   | 867   | 609   |   |    |    |    | 旬总<br>数 |
| 旬平<br>均 |   |   |   |   | 58    | 75    | 79    | 55    |   |    |    |    | 旬平<br>均 |
| 月总<br>数 |   |   |   |   | 2 019 | 2 194 | 2 230 | 1 714 |   |    |    |    | 月总<br>数 |
| 月平<br>均 |   |   |   |   | 65    | 73    | 72    | 55    |   |    |    |    | 月平<br>均 |
| 最小<br>值 |   |   |   |   | 21    | 20    | 15    | 1     |   |    |    |    | 最小<br>值 |
| 日<br>期  |   |   |   |   | 30    | 7     | 5     | 12    |   |    |    |    | 日<br>期  |

附注 仅在冰川消融期进行观测。

制表：杨新元

校核：康尔泗

表12 乌鲁木齐河源总控制水文点1987年逐日平均相对湿度表

| 月   |   | 相对湿度以%计 |   |   |   |     |     |     |     |   |    | 旬总数 |    |     |     |
|-----|---|---------|---|---|---|-----|-----|-----|-----|---|----|-----|----|-----|-----|
| 日   | 月 | 1       | 2 | 3 | 4 | 5   | 6   | 7   | 8   | 9 | 10 | 11  | 12 | 旬平均 | 旬平均 |
| 1   | 1 |         |   |   |   | 39  | 78  | 47  | 76  |   |    |     |    |     | 1   |
| 2   | 1 |         |   |   |   | 55  | 72  | 58  | 55  |   |    |     |    |     | 2   |
| 3   | 1 |         |   |   |   | 36  | 94  | 73  | 58  |   |    |     |    |     | 3   |
| 4   | 1 |         |   |   |   | 50  | 88  | 58  | 82  |   |    |     |    |     | 4   |
| 5   | 1 |         |   |   |   | 59  | 60  | 51  | 60  |   |    |     |    |     | 5   |
| 6   | 1 |         |   |   |   | 77  | 55  | 81  | 45  |   |    |     |    |     | 6   |
| 7   | 1 |         |   |   |   | 55  | 45  | 83  | 52  |   |    |     |    |     | 7   |
| 8   | 1 |         |   |   |   | 50  | 65  | 83  | 71  |   |    |     |    |     | 8   |
| 9   | 1 |         |   |   |   | 61  | 98  | 75  | 75  |   |    |     |    |     | 9   |
| 10  | 1 |         |   |   |   | 89  | 92  | 60  | 58  |   |    |     |    |     | 10  |
| 旬总数 |   |         |   |   |   | 571 | 747 | 669 | 630 |   |    |     |    |     |     |
| 旬平均 |   |         |   |   |   | 67  | 75  | 67  | 83  |   |    |     |    |     |     |
| 11  | 2 |         |   |   |   | 62  | 85  | 62  | 46  |   |    |     |    |     | 11  |
| 12  | 2 |         |   |   |   | 88  | 89  | 64  | 42  |   |    |     |    |     | 12  |
| 13  | 2 |         |   |   |   | 73  | 48  | 70  | 40  |   |    |     |    |     | 13  |
| 14  | 2 |         |   |   |   | 70  | 65  | 81  | 74  |   |    |     |    |     | 14  |
| 15  | 2 |         |   |   |   | 68  | 87  | 83  | 64  |   |    |     |    |     | 15  |
| 16  | 2 |         |   |   |   | 56  | 63  | 85  | 46  |   |    |     |    |     | 16  |
| 17  | 2 |         |   |   |   | 73  | 79  | 78  | 49  |   |    |     |    |     | 17  |
| 18  | 2 |         |   |   |   | 74  | 63  | 82  | 68  |   |    |     |    |     | 18  |
| 19  | 2 |         |   |   |   | 87  | 76  | 60  | 74  |   |    |     |    |     | 19  |
| 20  | 2 |         |   |   |   | 72  | 99  | 62  | 57  |   |    |     |    |     | 20  |



| 月<br>日 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5     | 6     | 7     | 8     | 9 | 10 | 11 | 12 | 月<br>日 |
|--------|---|---|---|---|-------|-------|-------|-------|---|----|----|----|--------|
| 旬总数    |   |   |   |   | 723   | 752   | 727   | 580   |   |    |    |    | 旬总数    |
| 旬平均    |   |   |   |   | 72    | 75    | 73    | 56    |   |    |    |    | 旬平均    |
| 21     |   |   |   |   | 61    | 100   | 68    | 70    |   |    |    |    | 21     |
| 22     |   |   |   |   | 89    | 85    | 67    | 46    |   |    |    |    | 22     |
| 23     |   |   |   |   | 81    | 75    | 62    | 49    |   |    |    |    | 23     |
| 24     |   |   |   |   | 76    | 97    | 67    | 57    |   |    |    |    | 24     |
| 25     |   |   |   |   | 48    | 82    | 67    | 79    |   |    |    |    | 25     |
| 26     |   |   |   |   | 69    | 82    | 96    | 71    |   |    |    |    | 26     |
| 27     |   |   |   |   | 51    | 52    | 95    | 72    |   |    |    |    | 27     |
| 28     |   |   |   |   | 57    | 73    | 82    | 67    |   |    |    |    | 28     |
| 29     |   |   |   |   | 89    | 75    | 40    | 64    |   |    |    |    | 29     |
| 30     |   |   |   |   | 73    | 85    | 81    | 49    |   |    |    |    | 30     |
| 31     |   |   |   |   | 49    | —     | 76    | 54    |   |    |    |    | 31     |
| 旬总数    |   |   |   |   | 743   | 786   | 801   | 678   |   |    |    |    | 旬总数    |
| 旬平均    |   |   |   |   | 68    | 79    | 73    | 62    |   |    |    |    | 旬平均    |
| 月总数    |   |   |   |   | 2 037 | 2 285 | 2 197 | 1 868 |   |    |    |    | 月总数    |
| 月平均    |   |   |   |   | 66    | 76    | 71    | 60    |   |    |    |    | 月平均    |
| 最小值    |   |   |   |   | 16    | 12    | 12    | 10    |   |    |    |    | 最小值    |
| 日期     |   |   |   |   | 1     | 7     | 29    | 12    |   |    |    |    | 日期     |

附注 仅在冰川消融期进行观测。

制表：杨新元

校核：康尔泗

表13 天山冰川观测试验站基本营地1987年逐日平均气温表

| 月 / 日 |    | 气温以℃计  |       |       |      |      |      |       |       |      |      | 旬总数   | 旬平均    |    |
|-------|----|--------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|--------|----|
|       |    | 1      | 2     | 3     | 4    | 5    | 6    | 7     | 8     | 9    | 10   |       |        | 11 |
| 1     | 1  | -8.9   | -5.8  | -5.7  | 2.1  | 0.4  | 12.3 | 11.8  | 10.4  | 8.4  | 8.2  | -10.0 | -12.0  | 1  |
| 2     | 2  | -12.5  | -8.5  | -3.7  | 3.6  | 3.3  | 12.9 | 12.7  | 8.6   | 8.9  | 9.2  | -8.3  | -10.0  | 2  |
| 3     | 3  | -11.9  | -9.3  | -1.1  | 0.2  | 4.5  | 5.1  | 13.8  | 12.8  | 10.4 | 8.0  | -6.9  | -14.4  | 3  |
| 4     | 4  | -12.6  | -8.7  | -1.7  | 0.7  | 7.4  | 5.6  | 14.3  | 9.8   | 10.6 | 6.6  | -1.3  | -14.0  | 4  |
| 5     | 5  | -11.7  | -7.9  | -1.8  | 1.5  | 4.6  | 8.0  | 15.6  | 12.0  | 9.3  | 6.8  | -4.0  | -11.0  | 5  |
| 6     | 6  | -12.5  | -6.0  | -4.2  | 2.4  | 0.2  | 11.5 | 13.1  | 12.6  | 10.8 | 8.4  | -2.5  | -12.2  | 6  |
| 7     | 7  | -9.5   | -5.2  | -8.9  | -2.0 | 1.3  | 11.6 | 10.9  | 14.1  | 12.7 | 6.1  | -1.7  | -13.1  | 7  |
| 8     | 8  | -11.2  | -5.1  | -11.5 | -2.0 | 4.1  | 8.6  | 12.7  | 13.8  | 9.4  | 0.9  | 0.6   | -12.1  | 8  |
| 9     | 9  | -9.5   | -6.1  | -6.4  | -0.9 | 4.7  | 5.8  | 12.6  | 13.3  | 6.4  | -0.8 | -1.5  | -9.3   | 9  |
| 10    | 10 | -10.1  | -7.1  | -7.3  | -0.3 | 6.0  | 4.0  | 14.4  | 12.1  | 5.2  | -1.4 | -5.9  | -6.2   | 10 |
| 旬总数   |    | -110.4 | -69.7 | -52.3 | 5.2  | 36.5 | 85.4 | 131.7 | 119.5 | 92.1 | 52.0 | -41.5 | -114.3 |    |
| 旬平均   |    | -11.0  | -7.0  | -5.2  | 0.5  | 3.7  | 8.5  | 13.2  | 12.0  | 9.2  | 5.2  | -4.2  | -11.4  |    |
| 11    | 11 | -8.4   | -5.8  | -9.4  | 0.4  | 6.4  | 3.6  | 15.8  | 12.6  | 6.1  | -2.6 | -4.8  | -7.2   | 11 |
| 12    | 12 | -8.4   | -4.7  | -7.7  | 1.0  | 8.1  | 5.6  | 14.9  | 14.0  | 4.6  | -3.9 | -1.0  | -6.8   | 12 |
| 13    | 13 | -12.9  | -7.4  | -7.8  | 2.0  | 6.6  | 8.9  | 15.9  | 14.7  | 7.4  | -4.5 | -3.6  | -6.8   | 12 |
| 14    | 14 | -15.4  | -10.3 | -4.9  | 2.9  | 9.7  | 10.1 | 15.6  | 14.1  | 7.8  | -5.8 | -4.9  | -8.7   | 14 |
| 15    | 15 | -16.0  | -11.7 | -2.9  | 4.2  | 13.6 | 9.9  | 13.3  | 16.0  | 8.9  | -6.8 | -0.5  | -5.7   | 15 |
| 16    | 16 | -11.2  | -13.7 | -2.6  | 3.2  | 12.6 | 10.6 | 13.0  | 15.0  | 9.9  | -9.4 | -4.4  | -7.4   | 16 |
| 17    | 17 | -13.7  | -8.0  | -4.0  | 0.4  | 10.9 | 12.0 | 11.9  | 16.5  | 10.9 | -8.2 | -12.4 | -8.2   | 17 |
| 18    | 18 | -14.2  | -7.6  | -4.7  | 0.9  | 11.9 | 12.7 | 12.3  | 15.1  | 11.1 | -5.4 | -8.1  | -11.6  | 18 |
| 19    | 19 | -11.8  | -10.1 | -3.6  | 4.1  | 8.2  | 11.3 | 13.7  | 14.5  | 11.5 | -5.5 | -6.8  | -9.9   | 19 |
| 20    | 20 | -12.6  | -9.2  | -1.3  | 6.8  | 7.7  | 8.5  | 14.4  | 13.7  | 12.2 | -5.7 | -7.8  | -8.0   | 20 |



表14 天山冰川观测试验站基本营地1987年逐日降水量表

| 月 / 日 |    | 1   | 2   | 3   | 4   | 5    | 6   | 7    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 月  |
|-------|----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 1     | 1  |     |     |     |     | 0.0  | 2.2 | 1.5  | 0.3 |     |     |     |     | 1  |
| 2     | 2  |     |     |     |     | 0.1  | 4.8 | 4.8  |     |     |     |     |     | 2  |
| 3     | 3  |     |     |     | 0.7 | 19.2 |     |      | 4.4 |     |     |     | 0.3 | 3  |
| 4     | 4  |     |     |     | 0.2 | 0.6  |     |      | 4.6 |     |     |     |     | 4  |
| 5     | 5  | 0.0 |     |     |     | 2.9  |     |      |     |     |     |     |     | 5  |
| 6     | 6  |     |     |     |     | 1.7  |     | 1.9  |     |     |     |     |     | 6  |
| 7     | 7  |     |     | 0.3 | 0.5 |      |     | 20.8 |     |     |     |     |     | 7  |
| 8     | 8  |     | 0.6 |     | 0.2 |      | 6.4 | 0.3  | 0.0 |     | 2.2 |     |     | 8  |
| 9     | 9  |     |     |     |     | 0.1  | 9.5 | 12.9 |     | 9.5 | 0.1 | 0.3 |     | 9  |
| 10    | 10 |     |     |     |     | 1.3  | 4.0 | 4.0  |     | 0.1 |     | 0.2 |     | 10 |
| 11    | 11 |     |     |     |     | 0.7  | 5.1 | 2.0  |     |     | 3.3 |     |     | 11 |
| 12    | 12 | 0.2 |     |     |     | 1.9  |     |      |     |     | 0.4 |     |     | 12 |
| 13    | 13 |     | 3.2 |     |     |      |     |      |     |     | 3.3 |     |     | 13 |
| 14    | 14 | 0.0 |     |     |     |      | 0.7 | 4.0  | 0.2 | 0.0 | 0.7 |     |     | 14 |
| 15    | 15 |     |     |     |     |      | 0.2 | 12.5 |     |     | 6.5 |     |     | 15 |
| 16    | 16 |     |     |     | 3.4 |      |     | 2.0  |     | 0.1 | 0.9 | 1.4 | 0.1 | 16 |
| 17    | 17 |     |     | 1.9 | 6.8 | 1.4  |     |      |     |     |     | 4.4 |     | 17 |
| 18    | 18 |     |     |     | 3.2 |      |     | 17.1 |     | 0.4 |     |     |     | 18 |
| 19    | 19 |     |     |     |     | 8.5  |     |      |     | 0.2 |     |     |     | 19 |
| 20    | 20 |     |     |     |     | 14.3 | 0.5 |      | 0.5 |     |     |     |     | 20 |
| 21    | 21 | 0.5 |     | 0.0 |     | 5.2  | 5.9 |      |     | 5.8 |     |     |     | 21 |

| 日      | 1         | 2   | 3        | 4    | 5           | 6    | 7     | 8    | 9    | 10   | 11  | 12  | 月      | 日  |
|--------|-----------|-----|----------|------|-------------|------|-------|------|------|------|-----|-----|--------|----|
| 22     |           |     | 2.8      | 2.6  | 7.0         | 3.9  | 0.0   | 0.9  | 4.7  |      |     |     |        | 22 |
| 23     |           |     |          | 6.7  | 4.5         | 1.4  | 2.3   |      |      |      |     |     |        | 23 |
| 24     |           |     |          |      | 1.7         | 4.8  |       | 0.0  |      |      | 0.1 |     |        | 24 |
| 25     |           |     |          |      | 0.6         | 4.1  | 11.4  | 7.4  |      | 1.2  |     |     |        | 25 |
| 26     |           |     |          | 0.9  | 3.8         |      | 11.4  | 6.4  | 2.0  |      |     |     |        | 26 |
| 27     |           |     |          |      |             |      | 24.6  | 0.1  | 0.2  | 0.0  |     |     |        | 27 |
| 28     |           |     |          | 0.0  | 0.1         |      |       | 2.1  |      | 0.2  |     | 0.6 |        | 28 |
| 29     | 0.0       |     | 0.0      | 3.3  | 1.1         | 7.9  |       | 0.0  |      |      |     |     |        | 29 |
| 30     |           |     | 0.1      |      | 1.0         | 1.3  | 2.5   | 1.7  |      | 1.4  |     | 0.0 |        | 30 |
| 31     |           |     |          |      |             |      | 0.0   | 2.6  |      |      |     |     |        | 31 |
| 总量     | 0.7       | 3.8 | 5.1      | 28.5 | 55.9        | 79.7 | 132.3 | 31.2 | 23.0 | 20.2 | 6.4 | 1.0 | 总量     |    |
| 降水日数   | 5         | 2   | 6        | 12   | 18          | 19   | 18    | 15   | 10   | 12   | 5   | 4   | 降水日数   |    |
| 最大日降水量 | 0.5       | 3.2 | 2.8      | 6.8  | 14.3        | 19.2 | 24.9  | 7.4  | 9.5  | 6.5  | 4.4 | 0.6 | 最大日降水量 |    |
| 日期     | 21        | 13  | 22       | 17   | 20          | 3    | 27    | 25   | 9    | 15   | 17  | 28  | 日期     |    |
|        | 降水量 387.8 |     | 降水日数 126 |      | 最大日降水量 24.9 |      | 7月27日 |      |      |      |     |     |        |    |

制表：杨新元

校核：康尔泗

表15 天山冰川观测试验站基本营地1987年逐日平均相对湿度

相对湿度以%计

| 日   | 月   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 旬总数 | 旬平均 |    |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
|     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |     |     | 11 |
| 1   | 60  | 48  | 44  | 55  | 67  | 69  | 69  | 75  | 89  | 64  | 62  | 65  | 1  |
| 2   | 56  | 66  | 41  | 45  | 64  | 72  | 69  | 76  | 63  | 50  | 58  | 75  | 2  |
| 3   | 67  | 68  | 46  | 63  | 58  | 89  | 68  | 77  | 65  | 58  | 57  | 83  | 3  |
| 4   | 67  | 61  | 54  | 70  | 50  | 74  | 60  | 76  | 61  | 69  | 48  | 66  | 4  |
| 5   | 76  | 54  | 66  | 61  | 68  | 67  | 55  | 58  | 68  | 73  | 67  | 57  | 5  |
| 6   | 68  | 62  | 70  | 58  | 56  | 66  | 81  | 60  | 61  | 58  | 66  | 84  | 6  |
| 7   | 52  | 66  | 88  | 76  | 61  | 71  | 76  | 58  | 47  | 69  | 67  | 63  | 7  |
| 8   | 52  | 83  | 48  | 64  | 60  | 75  | 73  | 57  | 66  | 87  | 60  | 56  | 8  |
| 9   | 64  | 69  | 45  | 57  | 65  | 90  | 69  | 65  | 81  | 79  | 79  | 59  | 9  |
| 10  | 69  | 68  | 53  | 54  | 70  | 82  | 68  | 56  | 77  | 70  | 85  | 69  | 10 |
| 旬总数 | 632 | 845 | 533 | 603 | 639 | 755 | 686 | 658 | 686 | 675 | 649 | 677 |    |
| 旬平均 | 63  | 65  | 53  | 60  | 64  | 76  | 69  | 66  | 69  | 68  | 65  | 68  |    |
| 11  | 42  | 55  | 62  | 58  | 56  | 87  | 63  | 56  | 65  | 78  | 81  | 69  | 11 |
| 12  | 39  | 68  | 49  | 67  | 60  | 80  | 65  | 52  | 76  | 76  | 53  | 73  | 12 |
| 13  | 55  | 81  | 47  | 56  | 71  | 64  | 64  | 45  | 67  | 82  | 67  | 67  | 13 |
| 14  | 72  | 75  | 40  | 43  | 55  | 67  | 75  | 55  | 66  | 80  | 81  | 50  | 14 |
| 15  | 71  | 70  | 51  | 46  | 46  | 73  | 93  | 51  | 61  | 85  | 56  | 58  | 15 |
| 16  | 62  | 66  | 56  | 68  | 51  | 66  | 79  | 51  | 63  | 76  | 65  | 89  | 16 |
| 17  | 68  | 59  | 79  | 95  | 63  | 68  | 82  | 48  | 83  | 68  | 88  | 87  | 17 |
| 18  | 63  | 61  | 59  | 78  | 66  | 64  | 70  | 58  | 61  | 67  | 75  | 74  | 18 |
| 19  | 61  | 65  | 59  | 57  | 82  | 74  | 66  | 55  | 66  | 74  | 74  | 57  | 19 |
| 20  | 77  | 60  | 52  | 58  | 73  | 82  | 66  | 57  | 59  | 70  | 75  | 71  | 20 |

| 日   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 月   | 日 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---|
| 旬总数 | 610  | 650  | 554  | 582  | 623  | 725  | 721  | 526  | 646  | 754  | 715  | 695  | 旬总数 |   |
| 旬平均 | 61   | 65   | 55   | 58   | 62   | 73   | 72   | 53   | 65   | 75   | 72   | 70   | 旬平均 |   |
| 21  | 77   | 46   | 62   | 57   | 74   | 87   | 62   | 58   | 84   | 71   | 80   | 72   | 21  |   |
| 22  | 75   | 50   | 73   | 80   | 83   | 87   | 66   | 39   | 75   | 60   | 81   | 88   | 22  |   |
| 23  | 65   | 55   | 68   | 74   | 84   | 81   | 60   | 48   | 63   | 57   | 63   | 89   | 23  |   |
| 24  | 60   | 63   | 73   | 63   | 73   | 84   | 64   | 62   | 61   | 58   | 79   | 81   | 24  |   |
| 25  | 51   | 57   | 50   | 62   | 76   | 80   | 73   | 76   | 65   | 71   | 60   | 62   | 25  |   |
| 26  | 52   | 54   | 43   | 50   | 83   | 70   | 91   | 81   | 89   | 83   | 60   | 82   | 26  |   |
| 27  | 57   | 41   | 45   | 47   | 70   | 65   | 85   | 69   | 75   | 82   | 61   | 82   | 27  |   |
| 28  | 61   | 54   | 65   | 70   | 63   | 67   | 76   | 68   | 63   | 71   | 61   | 83   | 28  |   |
| 29  | 69   |      | 79   | 81   | 73   | 69   | 64   | 72   | 55   | 66   | 56   | 77   | 29  |   |
| 30  | 57   |      | 63   | 71   | 67   | 80   | 71   | 70   | 60   | 75   | 63   | 69   | 30  |   |
| 31  | 57   | —    | 67   | —    | 63   | —    | 76   | 75   | —    | 70   | —    | 78   | 31  |   |
| 旬总数 | 681  | 420  | 688  | 655  | 809  | 770  | 786  | 718  | 690  | 744  | 664  | 863  | 旬总数 |   |
| 旬平均 | 62   | 53   | 63   | 66   | 74   | 77   | 71   | 65   | 69   | 68   | 66   | 78   | 旬平均 |   |
| 月总数 | 1923 | 1715 | 1775 | 1840 | 2071 | 2250 | 2193 | 1902 | 2021 | 2173 | 2028 | 2235 | 月总数 |   |
| 月平均 | 62   | 61   | 57   | 61   | 67   | 75   | 71   | 61   | 67   | 70   | 68   | 72   | 月平均 |   |
| 最小值 | 10   | 22   | 15   | 5    | 21   | 21   | 22   | 15   | 16   | 20   | 22   | 50   | 最小值 |   |
| 日期  | 11   | 1    | 27   | 6    | 4    | 2    | 29   | 13   | 15   | 6    | 12   | 11   | 日期  |   |

制表：杨新元

校核：康尔泗

# 天山冰川观测试验站基本营地 气象观测资料初步分析

马建国 张寅生

天山冰川观测试验站基本营地气象观测场位于乌鲁木齐河后峡滩地，距乌鲁木齐市82.5km，海拔2130m。自1985年以来进行了气温、湿度、风向、风速、降水和水面蒸发等项观测。下面就1985—1987年的观测资料作一初步分析。

(1) 气温 气温观测采用常规方法，每日8, 14, 20时由气温表直接读数，夜间2时通过自记值订正后求出。资料统计表明，1985—1987年平均温度三年平均为 $-0.3^{\circ}\text{C}$ ，1月平均气温最低，为 $-13.0^{\circ}\text{C}$ ；7月最高，为 $13.2^{\circ}\text{C}$ 。全年有近6个月为正温期。

(2) 湿度 全年的相对湿度变化不大，基本在50%—75%之间。6, 7月份偏高，3月份偏低。初步分析认为其和冬天降水过少和春天气温的回升有内在联系。

(3) 降水 三年平均年降水量为351.7mm，其中主要集中于5—9月，占83.2%，而6—8月占61.0%。

(4) 蒸发 据小型蒸发皿观测，1987年水面蒸发量为902.7mm，其中5—9月占77%，这与气温分布情况基本一致。

(5) 风 据1986年下半年和1987年的资料统计，1 m/s以上的风速均出现于3—9月份，12—2月份风速很小。每日基本上在11时至20时风速才会大于零。全年盛行风向为NNE，这主要由于地形的影响所致。

(6) 其它天气现象 1) 降水在每年4月中旬由固态转为液态，10月上旬由液态转为固态；2) 结冰期由每年9月中、下旬至次年5月上旬。



# 乌鲁木齐河源1号冰川冰层温度

王晓军 王纯足

1986年我们在1号冰川重新布设了6个测温点,孔深介于21—31m。采用冰川冻土研究所仪器室研制的石英晶体温度计进行测量,精度 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 。观测时间,1986年6月—1987年6月,消融期每半月一次,积累期每月一次(表1)。观测数据列入附表1。

表1 1号冰川温度孔位置、高度、最大深度

| 位 置    |                       | 海 拔<br>(m) | 最大深度<br>(m) | 位 置    |                    | 海 拔<br>(m) | 最大深度<br>(m) |
|--------|-----------------------|------------|-------------|--------|--------------------|------------|-------------|
| 东<br>支 | 冰舌下部C' <sub>2</sub>   | 3 843      | 21          | 西<br>支 | 冰舌下部B <sub>2</sub> | 3 872      | 26          |
|        | 冰舌上部H' <sub>4+1</sub> | 4 058      | 26          |        | 冰舌上部G <sub>3</sub> | 4 067      | 21          |
|        | 粒雪盒I'                 | 4 112      | 31          |        | 粒雪盒I               | 4 132      | 31          |

经初步分析,1号冰川冰温变化有如下特征:

(1)随时间、深度的变化 冰温随时间及深度的变化与气温的季节变化和粒雪-冰层的水热状况有关。特别是渗浸带内的冰温状况与融水的渗浸作用和结晶潜热的相变作用密切相关。

东支I'点冰温变化引人注目。5m处冰温1—6月逐渐降低,6,7两月冰温明显回升。8—12月冰温在零度左右波动,大量液相水储存在粒雪层中。在大气负温条件下,粒雪-冰层的这种“暖状态”说明,融水的直接渗浸作用和以后的相变潜热作用在该层中十分活跃。10m处冰温变幅明显减小。由于受上伏冰层暖作用的影响,其零温状态自消融期可持续到次年五月底。冰温最低期不是冬季,而是春、夏交替期。15—20m冰温变化很小,冰温终年处相对暖状态。25—30m一般为活动层下界,冰温终年保持稳定,但有随高度增加,冰温降低的趋势,东支I'为 $-0.6$ — $-0.7^{\circ}\text{C}$ ,西支I为 $-2.5$ — $-2.6^{\circ}\text{C}$ 。

(2)冰川温度场的分布 根据天山冰川站年报资料①②③和目前所测资料对比,1号冰川冰温最高处可能出现在4 070—4 110m区段内,由此向上或向下温度均有降低趋势。冰舌上部为冰温最低区,冰舌下部为冰温变化活跃区。

①张金华等,1984,乌鲁木齐河源1号冰川冰层温度,天山冰川站年报。

②王晓军等,1984,乌鲁木齐河源1号冰川冰层温度,天山冰川站年报。

③王晓军等,1985,乌鲁木齐河源1号冰川消融期冰层温度的变化,天山冰川站年报。

附表1 天山冰川站1号冰川冰层温度资料

| 钻孔位置            | 钻孔号              | 观测数据 |       | 深度 (m) |       |       | 温度 (°C) |    |
|-----------------|------------------|------|-------|--------|-------|-------|---------|----|
|                 |                  | 深度   | 温度    | 深度     | 温度    | 深度    | 温度      | 深度 |
| 1986.6.29<br>东支 | C <sub>2</sub>   | 深度   | 6.16  | 11.16  | 16.16 | 21.16 |         |    |
|                 |                  | 温度   | -7.4  | -6.2   | -10.6 | -3.6  |         |    |
|                 | H' <sub>+1</sub> | 深度   | 6.40  | 11.40  | 16.40 | 21.40 | 26.40   |    |
| 温度              |                  | -9.3 | -7.7  | -6.0   | -5.9  | -5.2  |         |    |
| I'              | 深度               | 6.00 | 11.00 | 16.00  | 26.00 | 31.00 |         |    |
|                 | 温度               | -5.4 | -1.8  | -0.5   | —     | -0.6  |         |    |
| 西支              | B <sub>2</sub>   | 深度   | 6.17  | 11.17  | 16.17 | 21.17 | 26.17   |    |
|                 |                  | 温度   | -5.1  | -3.2   | -1.9  | —     | —       |    |
|                 | G <sub>3</sub>   | 深度   | 6.49  | 11.49  | 16.49 | 21.49 |         |    |
| 温度              |                  | -8.3 | —     | -5.6   | -5.0  |       |         |    |
| I               | 深度               | 6.00 | 11.00 | 16.00  | 21.00 | 26.00 | 31.00   |    |
|                 | 温度               | —    | -1.0  | -2.0   | -2.0  | -2.5  | -2.5    |    |
| 1986.7.15<br>东支 | C <sub>2</sub>   | 深度   | 5.78  | 10.78  | 15.78 | 20.78 |         |    |
|                 |                  | 温度   | -6.6  | -6.2   | -10.6 | -3.7  |         |    |
|                 | H' <sub>+1</sub> | 深度   | 6.8   | 11.80  | 16.8  | 21.8  | 26.8    |    |
| 温度              |                  | -8.5 | -7.8  | -6.2   | -5.9  | -5.2  |         |    |
| I'              | 深度               | 5.75 | 10.75 | 15.75  | 20.75 | 25.75 | 30.75   |    |
|                 | 温度               | -3.3 | -1.9  | -0.6   | -0.2  | —     | -0.6    |    |
| 西支              | B <sub>2</sub>   | 深度   | 5.91  | 10.91  | 15.91 | 20.91 | 25.91   |    |
|                 |                  | 温度   | -4.6  | -3.3   | -2.1  | —     | —       |    |
|                 | G <sub>3</sub>   | 深度   | 6.00  | 11.00  | 16.00 | 21.00 |         |    |
| 温度              |                  | -7.8 | —     | -5.7   | -5.1  |       |         |    |
| I               | 深度               | 5.41 | 10.41 | 15.41  | 20.41 | 25.41 | 30.41   |    |
|                 | 温度               | —    | -1.0  | -2.1   | -2.0  | -2.5  | -2.5    |    |
| 1986.7.29<br>东支 | C <sub>2</sub>   | 深度   | 5.18  | 10.18  | 15.18 | 20.18 |         |    |
|                 |                  | 温度   | -6.2  | -6.2   | —     | -3.7  |         |    |
|                 | H' <sub>+1</sub> | 深度   | 6.00  | 11.00  | 21.00 | 26.00 |         |    |
| 温度              |                  | -8.0 | -7.8  | -5.9   | -5.2  |       |         |    |
| I'              | 深度               | 5.13 | 10.13 | 15.13  | 20.13 | 25.13 | 30.13   |    |
|                 | 温度               | -0.1 | -0.2  | -0.3   | -0.1  | —     | -0.4    |    |
| 西支              | B <sub>2</sub>   | 深度   | 5.32  | 10.32  | 15.32 | 20.32 | 25.32   |    |
|                 |                  | 温度   | -4.2  | -3.4   | -2.1  | —     | —       |    |
|                 | G <sub>3</sub>   | 深度   | 5.74  | 10.74  | 15.74 | 20.74 |         |    |
| 温度              |                  | -0.3 | -6.4  | -5.1   | -5.1  |       |         |    |
| I               | 深度               | 4.81 | 9.81  | 14.81  | 19.81 | 24.81 | 29.81   |    |
|                 | 温度               | —    | -3.5  | -2.3   | -2.1  | -2.6  | -2.5    |    |

附表 1 (续 1)

| 钻孔位置               | 钻孔号              | 观测数据  |       | 深度 (m) |       |       | 温度 (℃) |      |
|--------------------|------------------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|------|
|                    |                  | 深度    | 温度    |        |       |       |        |      |
| 1987.2.3<br>东<br>支 | C' <sub>2</sub>  | 深度    | 4.88  | 9.88   | 15.88 | 20.88 |        |      |
|                    |                  | 温度    | -8.4  | -5.2   | -10.5 | -0.2  |        |      |
|                    | H' <sub>+1</sub> | 深度    | 5.82  | 10.82  | 15.82 | 20.82 | 25.82  |      |
| 温度                 |                  | -9.0  | -6.7  | -6.2   | -6.1  | -5.3  |        |      |
| I'                 | 深度               | 5.00  | 10.00 | 15.00  | 20.00 | 25.00 | 30.00  |      |
|                    |                  | 温度    | -4.4  | -0.3   | -0.3  | -0.3  | —      | —    |
| 西<br>支             | B <sub>2</sub>   | 深度    | 5.01  | 10.01  | 15.01 | 20.01 | 25.01  |      |
|                    |                  | 温度    | -9.1  | -2.8   | -2.0  | —     | —      |      |
|                    | G <sub>3</sub>   | 深度    | 5.36  | 10.36  | 15.36 | 20.36 |        |      |
| 温度                 |                  | -7.7  | -5.7  | -14.2  | -5.3  |       |        |      |
| I                  | 深度               | 10.16 | 15.16 | 20.16  | 25.16 | 30.16 |        |      |
|                    |                  | 温度    | -2.7  | -2.4   | -5.4  | -2.6  | -2.6   |      |
| 1987.5.1<br>东<br>支 | C' <sub>2</sub>  | 深度    | 5.15  | 10.15  | 16.15 | 21.15 |        |      |
|                    |                  | 温度    | -8.8  | -6.0   | 10.5  | —     |        |      |
|                    | H' <sub>+1</sub> | 深度    | 6.12  | 11.12  | 16.12 | 21.12 | 26.12  |      |
| 温度                 |                  | -10.3 | -2.2  | -6.1   | -4.4  | -5.3  |        |      |
| I'                 | 深度               | 5.39  | 10.99 | 15.39  | 20.39 | 25.39 | 30.39  |      |
|                    |                  | 温度    | -5.9  | —      | -0.3  | 0.3   | —      | —    |
| 西<br>支             | B <sub>2</sub>   | 深度    | 4.96  | 9.96   | 14.96 | 20.96 | 24.96  |      |
|                    |                  | 温度    | -7.1  | -3.8   | -2.2  | —     | —      |      |
|                    | G <sub>3</sub>   | 深度    | 5.63  | 10.63  | 15.63 | 20.63 |        |      |
| 温度                 |                  | -8.9  | -6.3  | —      | -5.5  |       |        |      |
| I                  | 深度               | 5.26  | 10.26 | 15.26  | 20.26 | 25.26 | 30.26  |      |
|                    |                  | 温度    | —     | —      | -2.5  | -2.4  | —      | -2.5 |
| 1987.6.1<br>东<br>支 | C' <sub>2</sub>  | 深度    | 5.04  | 10.04  | 16.04 | 21.04 |        |      |
|                    |                  | 温度    | -7.3  | -6.2   | -10.5 | —     |        |      |
|                    | H' <sub>+1</sub> | 深度    | 6.15  | 11.15  | 16.15 | 21.15 | 26.15  |      |
| 温度                 |                  | -9.7  | -7.5  | -6.2   | -3.7  | -5.4  |        |      |
| I'                 | 深度               | 5.50  | 10.50 | 15.50  | 20.52 | 25.50 | 30.50  |      |
|                    |                  | 温度    | -5.2  | -1.4   | -0.4  | -0.4  | —      | —    |
| 西<br>支             | B <sub>2</sub>   | 深度    | 4.94  | 9.94   | 14.94 | 20.94 | 24.94  |      |
|                    |                  | 温度    | -4.6  | -4.0   | -2.3  | —     | —      |      |
|                    | G <sub>3</sub>   | 深度    | 5.53  | 10.53  | 15.53 | 20.53 |        |      |
| 温度                 |                  | -8.4  | -6.4  | -8.3   | -8.6  |       |        |      |
| I                  | 深度               | 5.51  | 10.51 | 15.51  | 20.51 | 25.51 | 30.51  |      |
|                    |                  | 温度    | —     | -3.7   | -2.6  | -2.5  | -2.7   | -2.5 |

附表 1 (续 2)

| 钻孔位置             | 钻孔号              | 观测数根 |      | 深度 (m) |       | 温度 (°C) |       |       |
|------------------|------------------|------|------|--------|-------|---------|-------|-------|
|                  |                  | 深度   | 温度   | 深度     | 温度    | 深度      | 温度    |       |
| 1986.11.1<br>东支  | C' <sub>2</sub>  | 深度   | 4.86 | 9.89   | 15.86 | 20.86   |       |       |
|                  |                  | 温度   | -4.4 | -3.8   | -5.3  | -10.4   |       |       |
|                  | H'+ <sub>1</sub> | 深度   | 5.93 | 10.93  | 15.93 | 20.93   | 25.93 |       |
|                  |                  | 温度   | -6.0 | -7.0   | -6.3  | -6.0    | -5.3  |       |
|                  | I'               | 深度   | 4.89 | 9.89   | 14.89 | 19.89   | 24.89 | 29.89 |
|                  |                  | 温度   | -0.7 | -0.9   | -0.3  | -0.3    | —     | —     |
| 西支               | B <sub>2</sub>   | 深度   | 4.92 | 9.92   | 14.92 | 19.92   | 24.92 |       |
|                  |                  | 温度   | -2.9 | -2.9   | -2.1  | —       | —     |       |
|                  | G <sub>3</sub>   | 深度   | 5.56 | 10.56  | 15.56 | 20.56   |       |       |
|                  |                  | 温度   | -5.5 | -6.3   | -5.9  | -3.2    |       |       |
|                  | I                | 深度   | 5.04 | 10.04  | 15.04 | 20.04   | 25.04 | 30.04 |
|                  |                  | 温度   | —    | -2.6   | -2.5  | -2.3    | -2.6  | -2.5  |
| 1986.12.1<br>东支  | C' <sub>2</sub>  | 深度   | 4.82 | 9.82   | 15.82 | 20.82   |       |       |
|                  |                  | 温度   | -5.5 | -5.1   | -10.4 | -3.9    |       |       |
|                  | H'+ <sub>1</sub> | 深度   | 5.87 | 10.87  | 15.87 | 20.87   | 25.87 |       |
|                  |                  | 温度   | -6.6 | -6.8   | -6.3  | -3.6    | -5.3  |       |
|                  | I'               | 深度   | 5.05 | 10.05  | 15.05 | 20.05   | 20.05 | 30.05 |
|                  |                  | 温度   | -1.8 | -0.1   | -0.3  | -0.3    | —     | —     |
| 西支               | B <sub>2</sub>   | 深度   | 4.97 | 9.97   | 14.97 | 19.97   | 24.97 |       |
|                  |                  | 温度   | -4.8 | -2.7   | -2.1  | —       | —     |       |
|                  | G <sub>3</sub>   | 深度   | 5.62 | 10.62  | 15.62 | 20.62   |       |       |
|                  |                  | 温度   | -5.9 | -6.2   | -5.9  | —       |       |       |
|                  | I                | 深度   | 5.41 | 10.41  | 15.41 | 20.41   | 25.41 | 30.41 |
|                  |                  | 温度   | —    | -2.5   | -2.5  | -2.4    | -2.6  | -2.5  |
| 1986.12.11<br>东支 | C' <sub>2</sub>  | 深度   | 5.19 | 10.19  | 16.19 | 21.19   |       |       |
|                  |                  | 温度   | -5.6 | -5.0   | -10.5 | -4.3    |       |       |
|                  | H'+ <sub>1</sub> | 深度   | 5.87 | 10.87  | 15.87 | 20.87   | 25.87 |       |
|                  |                  | 温度   | -7.7 | -6.7   | -6.7  | -6.5    | -5.3  |       |
|                  | I'               | 深度   | 5.03 | 10.03  | 15.03 | 20.03   | 25.03 | 30.03 |
|                  |                  | 温度   | -2.9 | -0.1   | -3.3  | —       | —     | —     |
| 西支               | B <sub>2</sub>   | 深度   | 5.37 | 10.37  | 15.37 | 20.37   | 25.37 |       |
|                  |                  | 温度   | -7.2 | -2.6   | -2.0  | —       | —     |       |
|                  | G <sub>3</sub>   | 深度   | 5.67 | 10.67  | 15.67 | 20.67   |       |       |
|                  |                  | 温度   | -6.7 | -6.0   | -1.6  | —       |       |       |
|                  | I                | 深度   | 5.45 | 10.45  | 15.45 | 20.45   | 25.45 | 30.45 |
|                  |                  | 温度   | —    | -2.5   | -2.4  | -2.4    | -2.6  | -2.5  |

附表 1 (续 3)

| 钻孔位置                | 钻孔号              | 观测数据 |      | 深度 (m) |       |       |       | 温度 (°C) |  |
|---------------------|------------------|------|------|--------|-------|-------|-------|---------|--|
|                     |                  | 深度   | 温度   |        |       |       |       |         |  |
| 1986.8.15<br>东<br>支 | C' <sub>2</sub>  | 深度   | 4.62 | 9.62   | 14.62 | 19.62 |       |         |  |
|                     |                  | 温度   | -5.4 | -6.1   | -10.4 | -3.7  |       |         |  |
|                     | H' <sub>+1</sub> | 深度   | 5.68 | 10.68  | 15.68 | 20.68 | 25.68 |         |  |
| 温度                  |                  | -7.0 | -7.7 | -6.3   | -5.9  | -5.2  |       |         |  |
| I                   | 深度               | 4.60 | 9.60 | 14.60  | 19.60 | 24.60 | 29.60 |         |  |
|                     | 温度               | -0.1 | -0.1 | -0.3   | —     | —     | -0.7  |         |  |
| 西<br>支              | B <sub>2</sub>   | 深度   | 4.88 | 9.88   | 14.88 | 19.88 | 24.88 |         |  |
|                     |                  | 温度   | -3.5 | -3.3   | -2.0  | —     | —     |         |  |
|                     | G <sub>3</sub>   | 深度   | 5.43 | 10.43  | 15.43 | 20.43 |       |         |  |
| 温度                  |                  | -6.3 | -6.6 | -5.9   | -5.2  |       |       |         |  |
| I                   | 深度               | 4.51 | 9.51 | 14.51  | 19.51 | 24.51 | 29.51 |         |  |
|                     | 温度               | —    | -3.4 | -2.4   | -2.2  | -2.6  | -2.5  |         |  |
| 1986.8.30<br>东<br>支 | C' <sub>2</sub>  | 深度   | 4.42 | 9.42   | 15.42 | 20.42 |       |         |  |
|                     |                  | 温度   | -4.7 | -6.0   | -10.4 | -3.7  |       |         |  |
|                     | H' <sub>+1</sub> | 深度   | 5.52 | 10.52  | 15.54 | 20.52 | 25.52 |         |  |
| 温度                  |                  | -7.0 | -7.6 | -6.3   | -6.0  | -5.3  |       |         |  |
| I                   | 深度               | 4.30 | 9.30 | 14.30  | 19.30 | 24.30 | 29.30 |         |  |
|                     | 温度               | -0.1 | -0.1 | -0.3   | —     | —     | -0.7  |         |  |
| 西<br>支              | B <sub>2</sub>   | 深度   | 4.49 | 9.49   | 14.49 | 19.49 | 24.49 |         |  |
|                     |                  | 温度   | -2.9 | -3.2   | -2.0  | —     | —     |         |  |
|                     | G <sub>3</sub>   | 深度   | 5.43 | 10.43  | 15.43 | 20.43 |       |         |  |
| 温度                  |                  | -6.3 | -6.6 | -5.9   | -5.2  |       |       |         |  |
| I                   | 深度               | 4.36 | 9.36 | 14.36  | 19.36 | 24.36 | 29.36 |         |  |
|                     | 温度               | —    | -3.2 | -2.4   | -2.2  | -2.6  | -2.6  |         |  |
| 1986.9.27<br>东<br>支 | C' <sub>1</sub>  | 深度   | 4.63 | 9.63   | 15.63 | 20.63 |       |         |  |
|                     |                  | 温度   | —    | -5.7   | -10.4 | -3.8  |       |         |  |
|                     | H' <sub>+1</sub> | 深度   | 5.77 | 10.77  | 15.77 | 20.77 | 25.77 |         |  |
| 温度                  |                  | -5.9 | -7.4 | -6.3   | -6.0  | -5.3  |       |         |  |
| I'                  | 深度               | 4.73 | 9.73 | 14.73  | 19.73 | 24.73 | 29.73 |         |  |
|                     | 温度               | -0.1 | -0.1 | -0.3   | -0.3  | —     | -0.8  |         |  |
| 西<br>支              | B <sub>2</sub>   | 深度   | 4.98 | 9.98   | 14.98 | 19.98 | 24.98 |         |  |
|                     |                  | 温度   | -2.3 | -3.1   | -2.1  | —     | —     |         |  |
|                     | G <sub>3</sub>   | 深度   | 5.41 | 10.41  | 15.41 | 20.40 |       |         |  |
| 温度                  |                  | -6.0 | -6.5 | -5.9   | -5.3  |       |       |         |  |
| I                   | 深度               | 4.76 | 9.76 | 14.76  | 19.76 | 24.76 | 29.76 |         |  |
|                     | 温度               | —    | -2.9 | -2.5   | -2.3  | -2.6  | -2.5  |         |  |

# 乌鲁木齐河中游冰盖温度状况的初步分析

张志忠 王文悌

乌鲁木齐河冰盖温度状况的研究,对于了解河流冰盖的形成、发育和消融过程的热量条件,预测河流封冻期、消融期及河流春汛等都有十分重要的作用。为此,笔者自1985年冬季开始,连续几个冬春在海拔2130m的宰尔德沟口附近的平缓河段设立河冰温度观测场,对河冰温度进行系统观测。以1985—1986年度的观测资料为基础,初步分析如下。

## 1 河冰温度的观测方法

河冰温度的观测,使用兰州冰川冻土研究所研制的适用于冰川、积雪温度测量用的SBJ-3型热敏电阻温度计。由于观测断面冬季水位浅,平均水深为25cm,最深处也只有35cm左右。根据以往该河段冰厚度情况及河冰形成的实际,测温探头在封冻前自河床底向上间隔逐层加置。自1985年10月31日起,1986年2月18日冰盖稳定止,在厚190cm的冰层内自下而上共有12只测温探头。温度观测坚持每天13:40—14:00时进行一次。并且于1986年3月4—5日和1987年3月14—15日连续两次坚持24h内每隔2h观测一次,以了解冰温的日间变化。

## 2 河冰温度的基本状况

观测发现,乌鲁木齐河初始冰盖形成以后,河冰的增厚过程是从其表面向上逐层叠加。所以冰盖的成层构造十分明显。稳定冰盖形成以后,随着时间推移,冰下流水水位逐渐下降,到翌年2月中下旬时,冰盖厚度达到最大,冰下水位也降到最低限度,冰盖悬空。(图1)

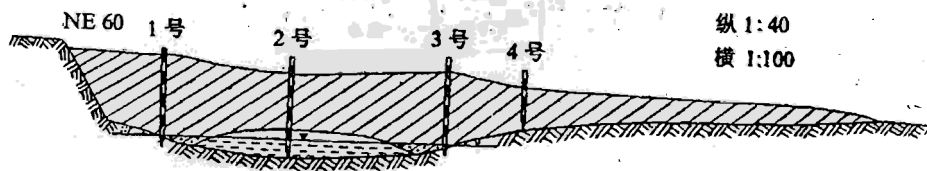


图1 观测断面冰盖横断面(1986年3月6日测量)

冰盖向上逐层叠加,类似于冰锥的形成过程,又区别于冰锥。因为冰锥的形成是不间断细流在冰面冻结发育而成,冰层均匀致密。河冰锥的形成或是由于气温的回升引起局部消融,使流量增加;或是由于冰下流水形成局部阻塞,使过水断面减小;或是由于

冰盖下沉而压缩冰下过水断面等，致使冰下水位抬升而沿冰裂缝、清沟或冰窟窿漫上冰面形成冰上结冰。每次冰上结冰的厚度与漫上冰面的水位，气温回升幅度关系密切。冰盖的增厚过程及温度随深度、时间、气温之间的相互关系，用温度等值线图示于图 2。

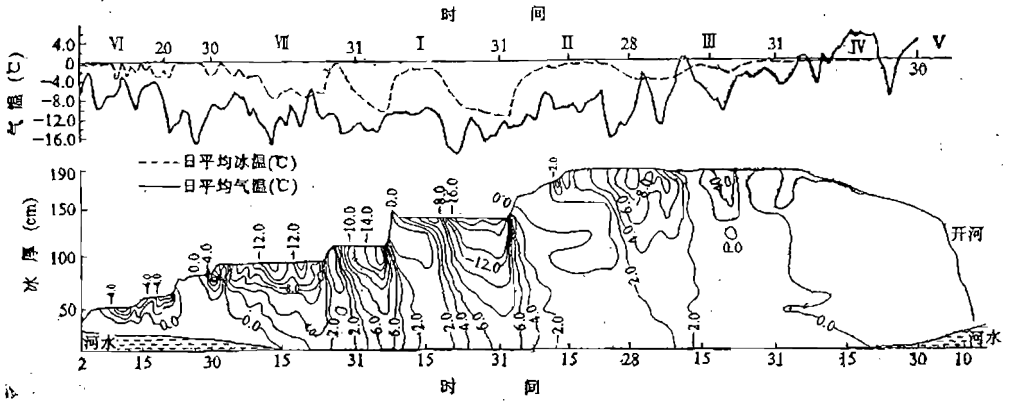


图 2 冰层温度随深度、时间、气温、变化等值线图 (1985—1986年)

由图 2 看出，河冰温度随时间和气温的明显回升，也出现几次明显地升温现象，且升温时期与冰下流水漫上冰面的冰上结冰期相一致。这是由于冰上流水在结冰过程中放出凝结潜热，使冰层间水相对仍保持  $0^{\circ}\text{C}$  左右的温度，新冰层下的老冰温度受  $0^{\circ}\text{C}$  水的影响也相对升温，随着层间水逐渐冻结，凝结潜热也随之消耗殆尽。如此往复，到 1986 年 2 月 18 日最后一次出现冰上流水和冰上结冰以后，冰盖厚度达到 190cm，冰盖稳定，冰层温度也趋于稳定。

冰盖的温度状况与冰面雪盖厚度以及雪盖持续时间也有较好关系。观测表明，在 1985—1986 年度，整个河流封冻期，冰面未形成稳定积雪，冰面始终裸露；而在 1986 年 11 月 25 日河流封冻以后，当冰厚度达到 72cm 以后，于 12 月 7 日一场大雪 (降水量 6.0mm) 冰面形成 10cm 左右的稳定积雪，至 1 月 28 日再次冰上流水浸泡形成冻结冰为止，冰面雪盖延续 52 天。所以，两年的冰温出现明显的年际差异 (表 1)。

表 1 不同年份冰温与气温关系对比表

| 月  | 1985—1986                    |                              | 1986—1987                    |                              |
|----|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|    | 气温<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 冰温<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 气温<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 冰温<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |
| 11 | -8.2                         | -1.5                         | -6.8                         | -1.2                         |
| 12 | -11.1                        | -5.1                         | -12.1                        | -3.1                         |
| 1  | -13.2                        | -7.0                         | -11.8                        | -4.7                         |
| 2  | -11.1                        | -2.4                         | -7.4                         | -5.1                         |
| 3  | -5.6                         | -2.2                         | -4.2                         | -2.1                         |

由表 1 看出，1986—1987 年度气温高于 1985—1986 年度，冰温也呈现较高的趋势。而仅 12 月和 2 月出现相反情况，即 1986 年 12 月气温比 1985 年 12 月低  $1^{\circ}\text{C}$ ，而冰温却比

1985年12月高 $2.0^{\circ}\text{C}$ ，这正是冰上稳定积雪对冰的保温作用的表现；相反，1987年2月气温 $-7.4^{\circ}\text{C}$ ，比1986年2月( $-11.1^{\circ}\text{C}$ )高 $3.7^{\circ}\text{C}$ ，冰温却比1986年同期低 $2.7^{\circ}\text{C}$ ，这是冰增长发育过程所致，即1986年2月18日最后一次冰上流水和冰上结冰，冰厚度达 $190\text{cm}$ ，而1987年1月28日最后一次冰上流水和冰上结冰，冰总厚度只有 $92\text{cm}$ 。

由于冰层厚度、气温的差异，冰盖全层进入0温期的时间也各异。1986年4月30日冰全层进入0温期，而1987年3月29日则全层出现0温度。

## 2.1 冰层温度的日变化

冰层内温度的日变化十分明显。以1986年3月4—5日的观测资料整理绘制成图3。

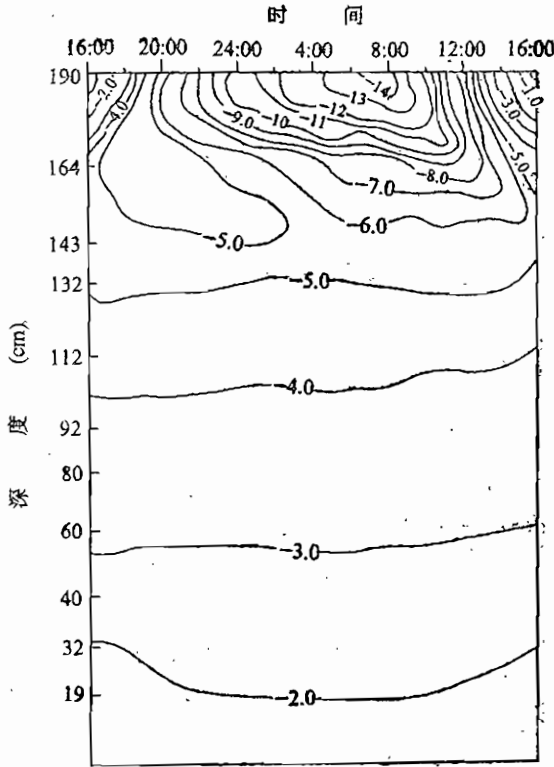


图3 冰层内温度日变化等值线图

由图3可见，在冰盖稳定以后，也就是冰盖表面再不出现在冰上流水和冰上结冰的时候，在冰盖近表面层附近（0—20cm），每日冰温有一个最低值和一个最高值。最低温度出现在6—8时，最高温度出现在14—16时。由最低温度上升到最高温度时持续的时间不超过8h，而从最高温度降低到最低值时，持续的时间最长可达到16h。可见，冰面附近白天受太阳辐射影响变化剧烈，而夜间随气温降低而缓慢放出凝结潜热，所以，降温缓慢。

冰层内温度的日变化对冰层构造，尤其是在冰盖裂隙的形成中起着十分重要的作用。观察发现，在隆冬季节，由于冰层近表面温度的日变化剧烈，不均匀冷缩在表层形



成尺寸不大的张裂隙，且多呈细而且短的浅小的不规则分布的脉络状。到3月中旬以后，冰面附近白天升温快，夜间缓慢降温，到凌晨急冻，此时刻，冰体收缩，由于收缩率和方向不同，冰面出现大量大致与河流主流线方向一致或呈锐角相交的张裂缝，裂缝的深度、宽度都比隆冬季节大。尤其是在冰盖全层进入升温期以后，冰盖冰的塑性增强，顺河流中心线附近的冰盖中部下沉，加上升温，急冻引起的不均匀收缩，常在清晨出现大的并伴有清脆响声的冰裂缝。据4月19日观测，当日凌晨形成的裂缝最长15m，宽3—5 cm，最宽8—10cm，深度达到85cm，占冰盖总厚度1/2左右。

## 2.2 冰温的空间分布状况

一般河冰温度的空间分布都是自表层向底层呈逐渐升高的趋势。乌鲁木齐河冰盖温度自表层向底层却出现三种状况，即在近表面层内冰层温度低于下层的温度，表层温度高于下层的温度和介于二者之间的三种类型。而不同于黄河上游冰盖的温度特征。黄河上游冰盖的温度呈表层温度低于下层温度的放热状态（黄茂桓 *et al.*, 1982）。

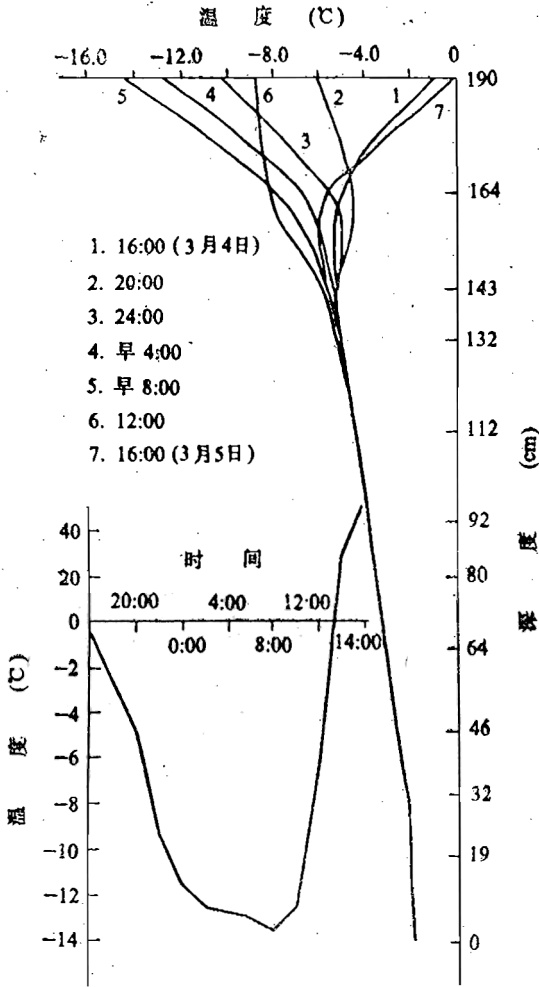


图4 冰层温度的空间分布

出现以上差别的原因可能与冰盖的形成条件有关。黄河上游随着气温的下降，冰盖不断向下长厚（黄茂桓，1982）。如前所述，乌鲁木齐河冰盖形成类似于冰锥，当每次冰面流水深度较大，短时间内难以冻透，冰层间形成液相水，一般冰层间水的厚度为5—10cm，最大可达20cm左右。冰层间水最长可维持72h。在整个冻结过程中冰层间水由于一方面受其上急冻薄冰的保护，一方面又吸收凝结潜热，所以可相对保持一段近于0℃的液相。因此，出现了冰下层温度低于上层温度的现象。为说明冰温空间分布特征，依据3月4—5日的资料绘成图4。

由图4可见，冰层温度的空间分布与气温变化趋势关系较好，且越接近表面层，其变化趋势越相近，把这层位可称之为“活动层”。

冰温在空间分布上不仅有明显的日变化，而且也有明显的月际变化。不同深度冰温月平均值的月际变化差异示于表2。

表2 不同深度各月平均冰温（自下向上）（℃）

| 深度 (cm)  | 0    | 20   | 40   | 50   | 70    | 90   | 100  | 120  | 140   | 160  | 170  | 190  |
|----------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|
| 1985.12. | -1.6 | -2.7 | -3.1 | -7.5 | -10.1 | -6.3 |      |      |       |      |      |      |
| 1986.1   | -3.8 | -4.3 | -4.7 | -5.4 | -6.4  |      | -8.6 | -8.0 | -12.8 |      |      |      |
| 1986.2   | -2.6 | -2.7 | -2.2 | -2.7 | -2.4  |      | -1.8 | -2.2 | -2.0  | -1.1 | -4.3 |      |
| 1986.3   | -1.5 | -1.5 | -1.2 | -1.7 | -1.8  |      | -0.8 | -2.3 | -2.9  | -3.2 | -4.2 | -2.4 |

### 2.3 冰温升率

冰温升率是冰各物理力学性质研究中不可忽视的参数，也是冰层温度特征的一个指标。以1986年3月4—5日的观测资料分析认为，冰温升率最大的层位也在近表面层0—20cm范围内，往下冰温升率逐渐减少。近表面层内冰温升率最大值出现在12—14时，为3.15℃/h，最小值在6—8时，为0.55℃/h。20cm以下从12—14时开始升温，但温升率也只有0.35℃/h，最大值出现在14—16时，仅为0.75℃/h。日温升率愈往下愈小，到了底层，冰温稳定，一日之内不出现升温现象（表3）。

表3 不同深度冰温（℃）升率随时间变化一览表

| 深度 (cm) / 时段 (时) | 0    | 20   | 40   | 50   | 70   | 90   | 120  | 140  | 160  | 170 | 190 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| 8—10             | 0.55 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 10—12            | 2.20 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 12—14            | 3.15 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 14—16            | 1.20 | 0.25 | 0.10 | 0.15 | 0.10 | 0.10 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.0 | 0.0 |

观测还发现，早8时冰温最低，14时冰温最高，其间历时6h，随后又逐渐降温。一般从14时到翌日早8时，冰温降到最低限度，共历时不超过18h。降温率最大值出现在18—20时，在近表面层为1.75°C/h。降温率最低值出现在6—8时，其值也只有0.25°C/h。可见一日之内，冰温升率最大且剧烈，但持续时间较短。

## 2.4 冰温和气温的关系

冰温和气温一般来说都有较好的相关性，特别是在近表面层附近，冰温的变化随气温变化的趋势关系较好。但乌鲁木齐河冰的形成规律仅条件不同于冰川冰和湖冰，所以，除了符合一般冰温和气温的相关规律外，有时候还出现气温降低而冰温回升的现象，而且变化不完全同步，这种变化关系可以从图2上明显看出。

为进一步说明河冰锥冰温与气温的关系，根据1985年12月—1986年3月共121天的冰温与气温（均为平均值）资料，分别按日、候、旬、月四个时间尺度作统计，进行回归分析计算，其结果列于表4。

表4 不同时间尺度冰温和气温相关关系对比表

|       | 冰层平均温度与气温关系  |              |              |              | 冰近表面层(0—20cm)温度与气温关系 |              |              |           |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|--------------|-----------|
|       | 日平均          | 候平均          | 旬平均          | 月平均          | 日平均                  | 候平均          | 旬平均          | 月平均       |
| 回归方程式 | $y=0.4x+0.4$ | $y=0.5x+0.8$ | $y=0.7x+2.9$ | $y=0.6x+2.1$ | $y=x+0.6$            | $y=1.1x+3.7$ | $y=1.3x+6.5$ | $y=x+3.8$ |
| 斜率    | 0.43         | 0.50         | 0.67         | 0.63         | 1.0                  | 1.1          | 1.3          | 1.0       |
| 截距    | 0.45         | 0.82         | 2.9          | 2.1          | 2.6                  | 3.7          | 6.5          | 3.4       |
| 协方差   | 7.3          | 5.4          | 6.7          | 7.1          | 16.6                 | 12.7         | 14.3         | 10.9      |
| 拟合优度  | 0.29         | 0.29         | 0.57         | 0.53         | 0.41                 | 0.47         | 0.69         | 0.67      |
| 回归系数  | 0.54         | 0.54         | 0.76         | 0.73         | 0.64                 | 0.69         | 0.83         | 0.82      |

由表3可见，统计分析的时间尺度愈长，拟合优度和回归系数值也愈高，但以旬平均作为时间尺度进行分析，其结果愈好；近表面层内冰温与气温的相关关系的优度和回归系数均较冰层平均温度与气温的相关性好。

在一条小河进行河冰温度的观测研究还是初步，所以，关于河冰温度与气温的关系，冰温变化与汛期开始日期之关系以及用冰温与气温相关性预测春汛等具有应用前景的观测研究有待进一步深化。本文初步分析有不当之处，谨请指正。

附：1985—1986，1986—1987年度河冰不同深度逐日冰温资料

## 参 考 文 献

- 黄茂桓 *et al.*, 1982. 黄河上游冰盖温度状况的研究. 中国地理学会冰川冻土学术会议论文选集(冰川学), 北京: 科学出版社 142
- 黄茂桓, 1982. 黄河上游冰盖的若干基本物理性质. 中国地理学会冰川冻土学术会议论文选集(冰川学), 北京: 科学出版社 135



附表 1 (续1)

| 温<br>度<br>(°C) | 深<br>度<br>(cm) | 1    | 2    | 3    | 4    | 5     | 6    | 7     | 8     | 9     | 10  | 11   | 12  |
|----------------|----------------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-----|------|-----|
|                |                | 0    | 29   | 42   | 56   | 74    | 90   | 102   | 122   | 138   | 153 | 174  | 190 |
| 10             |                | -4.4 | -4.4 | -3.6 | -4.0 | -2.7  | -1.0 | -0.3  | 0.0   | -2.7  |     |      |     |
| 11             |                | -3.5 | -3.6 | -2.7 | -3.1 | -1.9  | -0.5 | 0.0   | 0.0   | -3.7  |     |      |     |
| 12             |                | -2.9 | -2.9 | -2.0 | -2.4 | -1.4  | -0.4 | 0.0   | 0.0   | -6.0  |     |      |     |
| 13             |                | -2.3 | -2.3 | -1.4 | -1.8 | -0.9  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | -5.4  |     |      |     |
| 14             |                | -1.9 | -1.9 | -1.0 | -1.4 | -0.6  |      | 0.0   | 0.0   | -6.6  |     |      |     |
| 15             |                | -1.5 | -1.5 | -0.7 | -1.2 | -0.4  |      | 0.0   | 0.0   | -6.9  |     |      |     |
| 16             |                | -1.3 | -1.2 | -0.4 | -0.9 | -0.2  |      | 0.0   | 0.0   | -8.1  |     |      |     |
| 17             |                | -1.0 | -0.9 | -0.2 | -0.7 | -0.1  |      | 0.0   | 0.0   | -9.3  |     |      |     |
| 18             |                | -0.8 | -0.9 | -0.2 | -0.8 | -0.9  |      | -2.8  | -4.6  | -7.5  |     |      |     |
| 19             |                | -0.9 | -1.3 | -1.0 | -1.7 | -2.4  |      | -4.6  | -6.3  | -11.2 |     |      |     |
| 20             |                | -1.2 | -1.7 | -1.8 | -2.6 | -4.0  |      | -7.6  | -9.5  | -16.1 |     |      |     |
| 21             |                | -1.7 | -2.5 | -3.0 | -3.8 | -5.8  |      | -9.7  | -11.9 | -18.3 |     |      |     |
| 22             |                | -2.4 | -3.2 | -4.1 | -5.0 | -7.1  |      | -11.4 | -13.6 | -19.7 |     |      |     |
| 23             |                | -3.2 | -4.0 | -5.4 | -5.9 | -8.2  |      | -12.4 | -14.9 | -20.0 |     |      |     |
| 24             |                | -3.8 | -4.7 | -5.9 | -6.8 | -9.0  |      | -13.3 | -15.3 | -19.8 |     |      |     |
| 25             |                | -4.4 | -5.3 | -6.5 | -7.3 | -9.5  |      | -13.5 | -15.4 | -19.3 |     |      |     |
| 26             |                | -5.0 | -5.8 | -6.9 | -7.7 | -9.7  |      | -13.5 | -15.3 | -18.8 |     |      |     |
| 27             |                | -5.4 | -6.2 | -7.3 | -8.1 | -9.9  |      | -13.0 | -14.6 | -18.6 |     |      |     |
| 28             |                | -5.7 | -6.5 | -7.5 | -8.3 | -10.0 |      | -13.7 | -15.5 | -19.5 |     |      |     |
| 29             |                | -5.9 | -6.7 | -7.3 | -8.6 | -10.3 |      | -14.0 | -15.6 | -18.7 |     |      |     |
| 30             |                | -6.3 | -7.0 | -8.0 | -8.8 | -10.5 |      | -14.2 | -16.0 | -19.2 |     |      |     |
| 31             |                | -6.5 | -7.2 | -8.2 | -9.0 | -10.7 |      | -14.3 | -16.0 | -18.8 |     |      |     |
| 1986.2.1       |                | -7.3 | -7.4 | -8.5 | -9.2 | -10.8 |      | -14.1 | -15.7 | -18.1 |     |      |     |
| 2              |                | -6.9 | -7.6 | -8.5 | -9.2 | -10.7 |      | -13.9 | -15.6 | -18.7 |     |      |     |
| 3              |                | -6.9 | -7.6 | -8.2 | -8.8 | -9.3  |      | -7.7  | -6.9  | -1.3  |     |      |     |
| 4              |                | -6.4 | -6.9 | -6.8 | -7.3 | -6.7  |      | -4.3  | -3.7  | -0.3  | 0.0 |      |     |
| 5              |                | -5.6 | -5.9 | -5.4 | -5.9 | -5.0  |      | -2.6  | -2.3  | -0.1  | 0.0 |      |     |
| 6              |                | -4.9 | -5.1 | -4.3 | -4.8 | -3.8  |      | -1.6  | -1.4  | 0.0   | 0.0 |      |     |
| 7              |                | -4.2 | -4.4 | -3.5 | -3.9 | -2.9  |      | -1.0  | -0.9  | -0.1  | 0.0 |      |     |
| 8              |                | -3.7 | -3.8 | -2.9 | -3.3 | -2.3  |      | -0.7  | -0.7  | 0.0   | 0.0 |      |     |
| 9              |                | -3.2 | -3.3 | -2.3 | -2.7 | -1.8  |      | -0.2  | -0.4  | 0.0   | 0.0 |      |     |
| 10             |                | -2.7 | -2.8 | -1.9 | -2.4 | -1.5  |      | -0.2  | -0.4  | 0.0   | 0.0 | 0.0  |     |
| 11             |                | -2.4 | -2.4 | -1.5 | -2.0 | -1.1  |      | 0.0   | -0.2  | 0.0   | 0.0 | 0.0  |     |
| 12             |                | -2.1 | -2.1 | -1.2 | -1.7 | -1.9  |      | 0.0   | -0.2  | 0.0   | 0.0 | -7.1 |     |
| 13             |                | -1.9 | -1.9 | -1.0 | -1.5 | -0.8  |      | 0.0   | -0.2  | -0.1  | 0.0 | -5.8 |     |
| 14             |                | -1.6 | -1.6 | -0.8 | -1.3 | -0.6  |      | 0.0   | -0.1  | 0.0   | 0.0 | 0.0  |     |
| 15             |                | -1.5 | -1.5 | -0.7 | -1.2 | -0.6  |      | 0.0   | 0.0   | -0.1  | 0.0 | 0.0  |     |
| 16             |                | -1.4 | -1.3 | -0.5 | -1.0 | -0.5  |      | 0.0   | -0.1  | 0.0   | 0.0 | -1.5 |     |
| 17             |                | -1.2 | -1.2 | -0.4 | -1.0 | -0.4  |      | 0.0   | -0.1  | 0.0   | 0.0 | -3.9 |     |
| 18             |                | -1.1 | -1.1 | -0.4 | -0.9 | -0.4  |      | 0.0   | -0.1  | 0.0   | 0.0 | 0.0  |     |

附表1(续2)

| 温<br>度<br>(℃) | 深度<br>(cm) | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6  | 7    | 8    | 9    | 10   | 11    | 12    |
|---------------|------------|------|------|------|------|------|----|------|------|------|------|-------|-------|
|               |            | 0    | 29   | 42   | 56   | 74   | 90 | 102  | 122  | 138  | 153  | 174   | 190   |
| 19            |            | -1.0 | -1.0 | -0.3 | -0.8 | -0.4 |    | 0.0  | -0.1 | 0.0  | 0.0  | -1.5  |       |
| 20            |            | -1.0 | -0.9 | -0.2 | -0.8 | -0.2 |    | 0.0  | -0.0 | 0.0  | 0.0  | -4.2  |       |
| 21            |            | -0.9 | -0.8 | -0.2 | -0.7 | -0.3 |    | 0.0  | -0.1 | 0.0  | 0.0  | -5.5  |       |
| 22            |            | -0.8 | -0.7 | -0.1 | -0.7 | -0.2 |    | 0.0  | -0.1 | 0.0  | 0.0  | -5.5  |       |
| 23            |            | -0.8 | -0.7 | -0.1 | -0.6 | -0.2 |    | 0.0  | -0.2 | 0.0  | 0.0  | -5.2  |       |
| 24            |            | -0.7 | -0.6 | -0.0 | -0.5 | -0.1 |    | 0.0  | -0.1 | 0.0  | -2.1 | -6.9  |       |
| 25            |            | -0.6 | -0.6 | -0.0 | -0.5 | -0.2 |    | 0.0  | -0.6 | -1.7 | -4.4 | -9.5  |       |
| 26            |            | -0.6 | -0.5 | -2.1 | -0.8 | -0.5 |    | -0.4 | -2.1 | -4.1 | -5.7 | -8.8  |       |
| 27            |            | -0.8 | -0.8 | -0.4 | -0.9 | -1.2 |    | -1.2 | -3.8 | -5.5 | -6.8 | -10.2 |       |
| 28            |            | -0.9 | -0.9 | -0.7 | -1.3 | -1.8 |    | -2.8 | -4.1 | -6.3 | -7.5 | -11.2 |       |
| 1986.3.2      |            | -1.4 | -1.5 | -1.5 | -2.1 | -2.9 |    | -4.0 | -5.1 | -6.9 | -7.8 | -10.2 |       |
| 3             |            | -1.6 | -1.8 | -1.8 | -2.4 | -3.2 |    | -4.1 | -5.0 | -6.4 | -7.0 | -8.8  |       |
| 4             |            | -1.7 | -1.9 | -1.9 | -2.6 | -3.2 |    | -3.6 | -4.4 | -5.4 | -5.8 | -6.8  |       |
| 5             |            | -1.9 | -2.0 | -2.1 | -2.6 | -3.1 |    | -3.7 | -4.3 | -5.2 | -5.7 | -8.1  | -8.7  |
| 6             |            | -1.9 | -2.0 | -1.9 | -2.5 | -3.0 |    | -3.0 | -4.0 | -4.8 | -5.1 | -7.5  | -6.3  |
| 7             |            | -1.9 | -2.0 | -1.9 | -2.5 | -2.9 |    | -3.2 | -4.0 | -5.7 | -6.7 | -7.4  | -10.0 |
| 8             |            | -1.9 | -2.1 | -2.0 | -2.6 | -3.0 |    | -3.7 | -4.5 | -6.2 | -7.0 | -5.2  | -9.7  |
| 9             |            | -2.0 | -2.1 | -2.0 | -2.7 | -3.2 |    | -3.8 | -4.5 | -6.8 | -6.2 | -7.5  | -4.0  |
| 10            |            | -2.1 | -2.2 | -2.2 | -2.8 | -3.2 |    | -3.7 | -4.4 | -5.3 | -6.9 | -7.5  | -1.5  |
| 11            |            | -2.1 | -2.3 | -2.2 | -2.8 | -3.1 |    | -3.3 | -3.9 | -4.3 | -2.9 | -4.5  | 0.0   |
| 12            |            | -2.2 | -2.3 | -2.1 | -2.7 | -2.9 |    | -2.7 | -3.0 | -3.5 | -2.3 | -1.9  | 0.0   |
| 13            |            | -2.1 | -2.2 | -1.9 | -2.4 | -2.3 |    | -1.9 | -2.2 | -1.6 | -1.2 | -0.9  | -0.3  |
| 14            |            | -1.9 | -2.0 | -1.6 | -2.2 | -1.8 |    | -1.1 | -1.2 | -0.8 | -0.7 | -0.8  | -0.4  |
| 15            |            | -1.8 | -1.8 | -1.3 | -1.8 | -1.2 |    | -0.8 | -1.0 | -0.7 | -0.5 | -0.7  | -0.5  |
| 16            |            | -1.6 | -1.6 | -1.0 | -1.5 | -1.2 |    | -0.7 | -1.0 | -1.0 | -1.1 | -2.2  | -2.8  |
| 17            |            | -1.6 | -1.6 | -1.0 | -1.5 | -1.2 |    | -0.9 | -1.3 | -1.8 | -1.9 | -3.0  | -3.6  |
| 18            |            | -1.4 | -1.3 | -0.6 | -1.4 | -1.1 |    | -1.0 | -1.4 | -2.0 | -2.3 | -3.6  | -4.1  |
| 19            |            | -1.4 | -1.3 | -0.9 | -1.4 | -1.4 |    | -1.2 | -1.4 | -2.4 | -2.7 | -4.0  | -4.4  |
| 20            |            | -1.3 | -1.3 | -0.8 | -1.4 | -1.3 |    | -1.2 | -1.8 | -3.0 | -3.6 | -5.8  | -5.2  |
| 21            |            | -1.2 | -1.3 | -0.9 | -1.4 | -1.4 |    | -1.5 | -2.2 | -3.5 | -4.1 | -6.3  | -5.5  |
| 22            |            | -1.3 | -1.3 | -0.9 | -1.5 | -1.5 |    | -1.7 | -2.3 | -3.3 | -4.0 | -5.6  | -3.8  |
| 23            |            | -1.3 | -1.3 | -1.0 | -1.6 | -1.5 |    | -1.3 | -1.6 | -2.3 | -2.8 | -2.2  | -0.6  |
| 24            |            | -1.3 | -1.2 | -0.9 | -1.4 | -1.3 |    | -0.7 | -1.1 | -1.1 | -1.2 | -0.8  | -0.1  |
| 25            |            | -1.2 | -1.2 | -0.7 | -1.2 | -1.0 |    | -0.4 | -0.6 | -0.4 | -0.2 | 0.0   | -0.2  |
| 26            |            | -1.1 | -1.1 | -0.5 | -1.1 | -0.7 |    | 0.0  | -0.3 | -0.1 | 0.0  | 0.0   | -0.2  |
| 27            |            | -1.0 | -0.9 | -0.4 | -1.0 | -0.5 |    | 0.0  | -0.2 | -0.1 | 0.0  | 0.0   | -0.1  |
| 28            |            | -0.9 | -0.8 | -0.3 | -0.7 | -0.3 |    | 0.0  | -0.1 | -0.1 | 0.0  | 0.0   | 0.0   |
| 29            |            | -0.9 | -0.7 | -0.2 | -0.6 | -0.2 |    | 0.0  | -0.1 | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   |
| 30            |            | -0.8 | -0.7 | -0.1 | -0.6 | -0.2 |    | 0.0  | -0.1 | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   |
| 31            |            | -0.7 | -0.6 | 0.0  | -0.5 | -0.1 |    | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   |

附表 2 河头不同深度月水温度表 (1986.12.1—1987.3.31)

| 时间 | 1986.12.1 |      |      |      | 1987.1 |      |       |       | 时间  |
|----|-----------|------|------|------|--------|------|-------|-------|-----|
|    | 0         | 35   | 60   | 92   | 0      | 35   | 60    | 92    |     |
| 31 | -1.5      | -0.9 | -4.5 | -6.4 | -2.4   | -2.3 | -4.3  | -6.4  | 0.0 |
| 30 | -1.5      | -2.0 | -5.0 | -6.5 | -4.3   | -3.4 | -6.3  | -8.8  | 0.0 |
| 29 | -1.5      | -1.2 | -4.8 | -7.2 | -4.3   | -4.4 | -6.3  | -8.9  | 0.0 |
| 28 | -1.5      | -0.8 | -5.0 | -7.1 | -6.3   | -6.0 | -8.9  | -9.0  | 0.0 |
| 27 | -0.9      | -0.3 | -5.0 | -7.3 | -7.9   | -7.3 | -11.0 | -11.2 | 0.0 |
| 26 | -0.5      | -0.2 | -4.6 | -8.0 | -7.7   | -6.8 | -12.2 | -15.0 | 0.0 |
| 25 | 0.0       | 0.0  | -3.8 | -5.6 | -7.1   | -6.9 | -14.3 | -17.1 | 0.0 |
| 24 | 0.0       | 0.0  | -6.0 | -9.6 | -7.0   | -6.1 | -14.7 | -15.1 | 0.0 |
| 23 | 0.0       | 0.0  | -5.2 | -8.2 | -5.8   | -4.8 | -11.4 | -14.5 | 0.0 |
| 22 | 0.0       | 0.0  | -4.9 | -7.8 | -3.8   | -3.6 | -5.5  | -11.0 | 0.0 |
| 21 | 0.0       | 0.0  | -4.0 | -7.8 | -3.0   | -3.5 | -7.0  | -10.0 | 0.0 |
| 20 | 0.0       | 0.0  | -4.8 | -8.6 | -5.8   | -5.3 | -8.2  | -8.7  | 0.0 |
| 19 | 0.0       | 0.0  | -4.4 | -8.4 | -5.1   | -4.8 | -8.4  | -9.9  | 0.0 |
| 18 | 0.0       | 0.0  | -4.4 | -8.4 | -5.2   | -4.8 | -8.7  | -9.3  | 0.0 |
| 17 | 0.0       | 0.0  | -3.8 | -7.8 | -5.2   | -4.8 | -8.1  | -9.5  | 0.0 |
| 16 | 0.0       | 0.0  | -4.0 | -8.1 | -4.8   | -4.3 | -7.9  | -10.0 | 0.0 |
| 15 | 0.0       | 0.0  | -2.8 | -5.9 | -4.8   | -4.1 | -7.3  | -10.0 | 0.0 |
| 14 | 0.0       | 0.0  | -3.6 | -8.0 | -3.3   | -3.7 | -6.8  | -9.1  | 0.0 |
| 13 | 0.0       | -0.2 | -2.9 | -5.0 | -3.3   | -2.5 | -6.6  | -8.7  | 0.0 |
| 12 | 0.0       | -0.2 | -1.2 | -3.5 | -3.1   | -3.6 | -6.5  | -9.0  | 0.0 |
| 11 | 0.0       | 0.0  | -1.2 | -5.0 | -3.3   | -2.8 | -6.3  | -8.8  | 0.0 |
| 10 | 0.0       | 0.0  | -2.9 | -7.4 | -2.7   | -3.2 | -5.2  | -7.4  | 0.0 |
| 9  | 0.0       | 0.0  | -0.9 | -7.9 | -2.1   | -1.3 | -6.0  | -7.9  | 0.0 |
| 8  | 0.0       | 0.0  | 0.0  | -8.9 | -1.9   | -1.2 | -7.5  | -8.9  | 0.0 |
| 7  | 0.0       | -0.2 | -0.5 | -8.5 | -3.2   | -2.8 | -6.4  | -8.5  | 0.0 |
| 6  | 0.0       | -0.2 | -1.0 | -8.5 | -3.3   | -2.8 | -6.4  | -8.5  | 0.0 |
| 5  | 0.0       | -0.2 | -1.8 | -6.4 | -2.4   | -1.3 | -5.2  | -6.4  | 0.0 |
| 4  | 0.0       | -0.4 | -0.2 | -7.6 | -2.5   | -2.1 | -5.2  | -7.6  | 0.0 |
| 3  | 0.0       | 0.0  | -5.5 | -8.9 | -3.2   | -3.4 | -6.2  | -8.9  | 0.0 |
| 2  | 0.0       | 0.0  | -5.0 | -7.8 | -2.6   | -2.2 | -5.6  | -7.8  | 0.0 |
|    | 0.0       | 0.0  | 0.0  | -5.5 | -2.2   | -1.7 | -4.6  | -5.5  | 0.0 |

| 1987.2.1 |         | 1987.3.1 |    | 1987.2.1 |         | 1987.3.1 |         |      |
|----------|---------|----------|----|----------|---------|----------|---------|------|
| 时间       | 深度 (cm) | 温度 (°C)  | 时间 | 深度 (cm)  | 温度 (°C) | 时间       | 深度 (cm) |      |
| 2        | 0       | -1.8     | 2  | 0        | -1.5    | 2        | 0       | -1.5 |
| 3        | 35      | -1.9     | 3  | 35       | -1.5    | 3        | 35      | -1.2 |
| 4        | 60      | -2.2     | 4  | 60       | -2.0    | 4        | 60      | -1.7 |
| 5        | 92      | -2.6     | 5  | 92       | -2.5    | 5        | 92      | -2.5 |
| 6        |         | -3.3     | 6  |          | -2.5    | 6        |         | -2.5 |
| 7        |         | -3.6     | 7  |          | -2.2    | 7        |         | -2.2 |
| 8        |         | -3.3     | 8  |          | -2.1    | 8        |         | -2.1 |
| 9        |         | -3.6     | 9  |          | -2.6    | 9        |         | -2.6 |
| 10       |         | -3.3     | 10 |          | -3.0    | 10       |         | -3.0 |
| 11       |         | -3.4     | 11 |          | -2.0    | 11       |         | -2.0 |
| 12       |         | -3.3     | 12 |          | -3.3    | 12       |         | -3.3 |
| 13       |         | -3.2     | 13 |          | -3.6    | 13       |         | -3.6 |
| 14       |         | -3.7     | 14 |          | -3.2    | 14       |         | -3.2 |
| 15       |         | -3.8     | 15 |          | -3.1    | 15       |         | -3.1 |
| 16       |         | -3.8     | 16 |          | -2.7    | 16       |         | -2.7 |
| 17       |         | -3.8     | 17 |          | -2.0    | 17       |         | -2.0 |
| 18       |         | -3.8     | 18 |          | -1.7    | 18       |         | -1.7 |
| 19       |         | -3.0     | 19 |          | -1.3    | 19       |         | -1.3 |
| 20       |         | -4.0     | 20 |          | -0.9    | 20       |         | -0.9 |
| 21       |         | -4.4     | 21 |          | -0.8    | 21       |         | -0.8 |
| 22       |         | -4.5     | 22 |          | -0.7    | 22       |         | -0.7 |
| 23       |         | -4.7     | 23 |          | -0.5    | 23       |         | -0.5 |
| 24       |         | -5.1     | 24 |          | -0.7    | 24       |         | -0.7 |
| 25       |         | -5.0     | 25 |          | -0.4    | 25       |         | -0.4 |
| 26       |         | -4.9     | 26 |          | -0.3    | 26       |         | -0.3 |
| 27       |         | -5.0     | 27 |          | -0.2    | 27       |         | -0.2 |
| 28       |         | -4.8     | 28 |          | -0.1    | 28       |         | -0.1 |
| 29       |         | -4.8     | 29 |          | 0.0     | 29       |         | 0.0  |
| 30       |         | -4.8     | 30 |          | 0.0     | 30       |         | 0.0  |
| 31       |         | -4.8     | 31 |          | 0.0     | 31       |         | 0.0  |

附表 2 (续)



# 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度 和冰舌末端的近期变化

杨长泰

1987年6月17日和8月24日对天山乌鲁木齐河源1号冰川表面运动点进行了观测。在1号冰川的东、西两支冰川上各设8个横断面,有效测点58个。观测、计算仍采用历年惯用的方法。经计算、整理,得到1987年度夏、冬季和全年的冰面运动速度(表1, 2, 3)。表1中的冰面坡度是根据尤根祥同志1986年8月测绘的1/5 000 1号冰川地形图上量得的。为了弥补缺测,有少数运动点的年运动速度是上年度6月至本年度6月的运动资料,仅供参考。

表1为1987年度1号冰川消融期的冰川运动速度。

表2为1987年度冬季的运动速度。表中的夏冬流速比值 $k$ ,是将1987年6月17日至8月24日的夏季日流速比以1986年8月25日至1987年6月17日的冬季日流速而得。从表2中可以看到,绝大部分运动点的比值都超过了1。经计算,东、西两支冰川的夏冬平均日流速比值达到1.44。显然,夏季日流速远大于冬季日流速。其中西支冰川的 $C_3$ 点夏冬日流速比值 $k$ 达到4.46。这主要是由于 $C_3$ 点所在的冰面坡度较陡造成的。该点在消融期的平均日流速达10.12cm。

表3为1号冰川全年的运动速度。东支冰川的高速区位于 $D'$ 断面,最大流速点 $D_3'$ 的年流速达6.01m。西支冰川的高速区位于 $C$ 断面,最大流速点 $C_3$ 年流速达8.92m。同1986年度相比,1987年度1号冰川运动速度仍处于减慢的趋势,大部分运动点的流速比1986年度慢了0.1—0.8m。另外,东支冰川的 $D'$ 、 $E'$ 、 $G'$ 和 $H'$ 断面又不同程度地出现增速现象,其中大部分运动点的增速在0.1—0.9m之间。产生这一现象的原因很复杂。据初步分析,一方面由于各年度在补给区的降水量不同,因而对冰川产生的推压作用亦不相同;另一方面由于冰川在不断地运动,冰面运动点的空间位置也相应地在改变,使冰面、冰床坡度等发生了变化。 $G'$ 、 $H'$ 断面的增速可能和降水增加有关, $D'$ 、 $E'$ 断面的增速除和上游冰川的推动有关外,很可能和冰床坡度变陡有关。

为了能够较为明显地反映近年来冰川表面年运动速度的变化趋势,将1987年度和1984年度冰川主流线上运动点的年运动速度用折线图表示(图1,2)。从图1看出,东支冰川年运动速度总的变化趋势是在减慢,仅 $D_3'$ 和 $H_2'$ 点速度增快,其中 $D_3'$ 点增速0.42m,  $H_2'$ 比1984年度增快了1.24m。这是否和1985年的降水增加有关,将有待进一步研究。

西支冰川1987年度同1984年度相比,除 $H_3$ 点运动速度增快0.34m外,其它各断面主流线上的运动点均比1984年度慢。说明1号冰川随着冰川厚度的不断减薄<sup>①</sup>,运动速度也相应地在减慢。 $H$ 断面的增速很可能和东支冰川 $H'$ 断面的增速原因相同,即和冰川补给

①尤根祥, 1986年度1号冰川表面运动速度和冰川近期变化。

区的降水增加有关。而D断面减速增大的原因和近年来冰面坡度变缓有关。

表4为1987年7月16日—8月21日(36)天1号冰川冰舌末端的退缩值。表5为1986年8月23日—1987年8月21日1号冰川冰舌末端的退缩值。从表4, 5的退缩平均值中

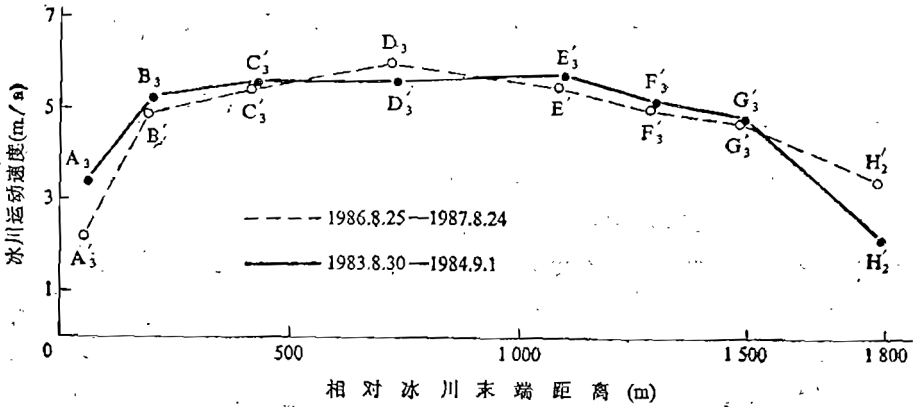


图1 1号东支冰川主流线点年流速比较

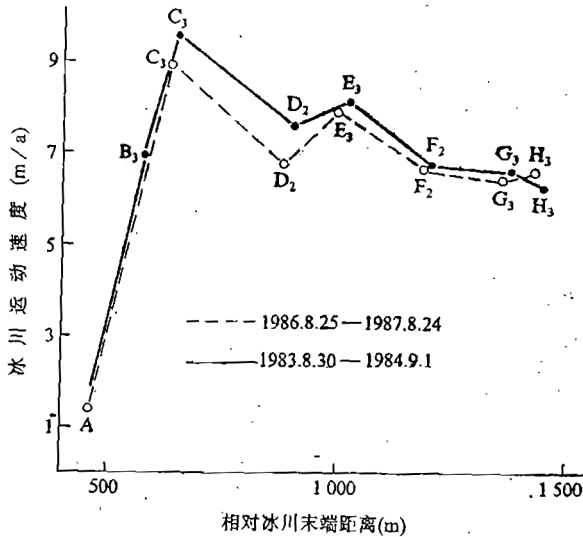


图2 1号西支冰川主流线点年流速比较

可以看出, 冰舌末端的后退主要在夏季。

从表5中看出, 1987年度冰舌末端的最大退缩值位于4号点, 1986年8月至1987年8月后退了5.60m。但在不同的年度最大退缩值的位置常会改变。据分析, 这是由于在夏季冰舌末端冰面和冰舌边缘底部水流冲蚀作用, 发生不均匀崩塌现象, 造成短期、局部的不规则消融。

表6为1982年7月13日—1987年7月16日五年零三天的冰舌后退值。从五年的冰舌后退情况看, 除冰舌末端比侧的1, 6点退缩较小外, 其它各点的退缩值较为接近, 年

平均后退值均在 3 m 以上。

从现有资料分析,自1962年对冰舌末端的进退变化观测以来,1号冰舌末端一直在向后退缩,退缩速度呈起伏性变化。从1962—1973年平均后退了5.96m/a,1973—1980年后退了3.28m/a,1980—1981年后退了4.83m/a<sup>①</sup>,1981年—1982年后退了2.06m/a<sup>②</sup>,1982年—1987年后退了3.40m/a,其中1986年—1987年后退了3.68m/a。显然,冰舌末端的退缩有增大的趋势,但仍未超过1981年度的退缩值。

为了便于今后核对资料和作图比较,将1987年6月17日和8月24日两次观测计算的运动点空间坐标 $X$ , $Y$ , $Z$ 列于表7中。

---

①孙作哲 *et al.*, 1981, 乌鲁木齐河源1号冰川地形图测量和冰舌末端近期变化。天山冰川站年报1。

②孙作哲 *et al.*, 乌鲁木齐河源1号冰川1981—1983年表面运动速度。天山冰川站年报2。

表 1 1987年消融期 1号冰川表面运动速度

| 点 名  | 运 动 距 离<br>(m) | 日 流 速<br>(cm) | 天 数 | 冰 面 坡 度<br>(° ') |
|------|----------------|---------------|-----|------------------|
| A'3  | 1.01           | 1.46          | 69  | 16 42            |
| B'1  | 0.92*          | 1.28          | 72  | 11 36            |
| B'2  | 1.07           | 1.55          | 69  | 12 06            |
| B'3  | 1.16           | 1.68          | 69  | 13 14            |
| B'4  | 1.24           | 1.80          | 69  | 17 53            |
| B'+1 | 1.18*          | 1.64          | 69  | 14 02            |
| B'+2 | 1.11           | 1.61          | 69  | 12 06            |
| C'1  | 0.94           | 1.36          | 69  | 8 45             |
| C'2  | 1.40           | 2.03          | 69  | 11 19            |
| C'3  | 1.49           | 2.16          | 69  | 14 45            |
| C'4  |                |               | 69  | 15 31            |
| C'+1 | 1.01           | 1.46          | 69  | 14 02            |
| C'+2 | 1.07           | 1.55          | 69  | 12 32            |
| D'1  |                |               | 69  | 6 51             |
| D'2  | 1.79           | 2.59          | 69  | 6 47             |
| D'3  | 1.82           | 2.64          | 69  | 6 26             |
| D'4  | 1.80           | 2.61          | 69  | 5 21             |
| D'6  | 1.27           | 1.84          | 69  | 20 33            |
| E'1  | 1.29           | 1.93          | 67  | 9 47             |
| B3   | 0.50           | 0.74          | 68  | 20 00            |
| C1   | 0.26           | 0.38          | 68  | 8 45             |
| C2   | 0.83           | 1.22          | 68  | 11 19            |
| C3   | 6.88           | 10.12         | 68  | 22 37            |
| D1   | 0.61           | 0.90          | 68  | 13 00            |
| D2   | 0.82           | 1.21          | 68  | 13 14            |
| D3   | 1.30           | 1.91          | 68  | 13 36            |
| D4   | 1.11           | 1.63          | 68  | 15 57            |
| D5   | 0.63*          | 0.89          | 71  | 19 59            |
| E1   | 0.59           | 0.89          | 66  | 11 19            |
| E2   | 1.64           | 2.48          | 66  | 13 14            |
| E3   | 1.55           | 2.35          | 66  | 14 56            |
| E4   | 1.59           | 2.41          | 66  | 15 15            |
| E5   | 0.99           | 1.50          | 66  | 11 53            |
| F1   | 1.49           | 2.26          | 66  | 13 14            |

表十 (续)

| 点 名             | 运 动 距 离<br>(m) | 日 流 速<br>(cm) | 天 数 | 冰 面 坡 度<br>(° ') |
|-----------------|----------------|---------------|-----|------------------|
| F <sub>2</sub>  | 1.40           | 2.12          | 66  | 9 52             |
| F <sub>3</sub>  | 1.37           | 2.08          | 66  | 9 47             |
| F <sub>4</sub>  | 1.00           | 1.52          | 66  | 12 06            |
| G <sub>1</sub>  |                |               | 66  | 6 20             |
| E' <sub>2</sub> |                |               | 67  | 10 18            |
| E' <sub>3</sub> | 1.10           | 1.64          | 67  | 10 20            |
| E' <sub>4</sub> | 1.20           | 1.93          | 67  | 9 52             |
| E' <sub>5</sub> | 0.95           | 1.42          | 67  | 12 06            |
| F' <sub>1</sub> |                |               | 67  | 11 19            |
| F' <sub>2</sub> | 1.18           | 1.76          | 67  | 11 19            |
| F' <sub>3</sub> | 1.08           | 1.61          | 67  | 11 19            |
| F' <sub>4</sub> | 1.18           | 1.76          | 67  | 10 37            |
| F' <sub>5</sub> | 1.13           | 1.69          | 67  | 12 32            |
| G' <sub>1</sub> | 0.24           | 0.36          | 67  | 12 06            |
| G' <sub>2</sub> | 1.14           | 1.70          | 67  | 11 19            |
| G' <sub>3</sub> | 1.27           | 1.90          | 67  | 10 37            |
| G' <sub>4</sub> | 1.06           | 1.58          | 67  | 10 18            |
| G' <sub>5</sub> | 0.94           | 1.40          | 67  | 11 19            |
| H' <sub>1</sub> | 0.51           | 0.76          | 67  | 15 00            |
| H' <sub>2</sub> | 0.84           | 1.25          | 67  | 15 15            |
| A <sub>1</sub>  | 0.31           | 0.46          | 68  | 5 00             |
| B <sub>1</sub>  | 0.41           | 0.60          | 68  | 7 36             |
| B <sub>2</sub>  | 0.46           | 0.68          | 68  | 22 37            |
| G <sub>2</sub>  | 1.88           | 2.85          | 66  | 9 40             |
| G <sub>3</sub>  | 1.73           | 2.62          | 66  | 10 18            |
| G <sub>4</sub>  | 1.62           | 2.45          | 66  | 12 32            |
| G <sub>5</sub>  | 1.30           | 1.97          | 66  | 23 12            |
| G <sub>*1</sub> | 1.34           | 2.03          | 66  | 11 53            |
| G <sub>*2</sub> | 1.30           | 1.97          | 66  | 11 41            |
| H <sub>1</sub>  |                |               | 66  | 12 21            |
| H <sub>2</sub>  | 1.77           | 2.68          | 66  | 8 58             |
| H <sub>3</sub>  | 1.87           | 2.82          | 66  | 11 41            |
| H <sub>4</sub>  | 1.62           | 2.45          | 66  | 13 30            |
| H <sub>5</sub>  | 1.51           | 2.29          | 66  | 16 19            |

•系用全年运动值减去冬季运动值而得，仅供参考。

表 2 1号冰川冬季表面运动速度 (1986.8.27—1987.6.17)

| 点 名  | 运 动 距 离<br>(m) | 日 流 速<br>(cm) | 间 隔 天 数 | 运 动 方 向<br>(° ') | 夏冬流速比值k<br>夏/冬 |
|------|----------------|---------------|---------|------------------|----------------|
| A'₃  | 2.55           | 0.86          | 293     | 89 24            | 1.70           |
| B'₁  |                |               |         |                  |                |
| B'₂  |                |               |         |                  |                |
| B'₃  | 4.26           | 1.44          | 293     | 75 04            | 1.17           |
| B'₄  | 4.13           | 1.40          | 293     | 74 37            | 1.29           |
| B'₄₁ |                |               |         |                  |                |
| B'₄₂ |                |               |         |                  |                |
| C'₁  | 1.96           | 0.66          | 293     | 53 04            | 2.06           |
| C'₂  |                |               | 293     |                  |                |
| C'₃  | 4.31           | 1.46          | 293     | 59 08            | 1.48           |
| D'₄₁ |                |               |         |                  |                |
| D'₄₂ |                |               |         |                  |                |
| D'₁  |                |               |         |                  |                |
| D'₂  | 4.09           | 1.39          | 293     | 24 13            | 1.86           |
| D'₃  | 4.33           | 1.47          | 293     | 25 27            | 1.80           |
| D'₄  | 4.14           | 1.40          | 293     | 26 15            | 1.86           |
| D'₅  | 1.87           | 0.63          | 293     | 12 43            | 2.92           |
| E'₁  | 4.07           | 1.38          | 293     | 11 28            | 1.40           |
| E'₂  |                |               | 293     |                  |                |
| E'₃  | 4.35           | 1.47          | 293     | 8 20             | 1.12           |
| E'₄  | 4.45           | 1.51          | 293     | 6 57             | 1.28           |
| E'₅  | 3.38           | 1.15          | 293     | 359 41           | 1.23           |
| F'₁  |                |               | 293     |                  |                |
| F'₂  | 3.46           | 1.17          | 293     | 10 09            | 1.50           |
| F'₃  | 3.88           | 1.32          | 293     | 9 43             | 1.22           |
| F'₄  | 4.00           | 1.36          | 293     | 8 21             | 1.29           |
| F'₅  | 3.92           | 1.33          | 293     | 5 10             | 1.27           |
| G'₁  |                |               |         |                  |                |
| G'₂  | 2.73           | 0.93          | 293     | 15 54            | 1.83           |
| G'₃  | 3.41           | 1.16          | 293     | 16 15            | 1.64           |
| G'₄  | 3.90           | 1.32          | 293     | 13 53            | 1.20           |
| G'₅  | 3.95           | 1.34          | 293     | 7 07             | 1.04           |
| H'₁  |                |               |         |                  |                |

表 2 (续)

| 点 名 | 运动距离<br>(m) | 日流速<br>(cm) | 间隔天数 | 运 动 方 向<br>(° ') | 夏冬流速比值k<br>夏/冬 |
|-----|-------------|-------------|------|------------------|----------------|
| H'₂ | 2.547       | 0.86        | 293  | 18 18            | 1.45           |
| A   | 1.63        | 0.55        | 294  | 118 34           | 0.84           |
| B₁  | 2.14        | 0.72        | 294  | 105 18           | 0.83           |
| B₂  |             |             | 294  |                  |                |
| C₁  | 3.11        | 1.05        | 294  | 94 54            | 0.36           |
| C₂  | 6.35        | 1.81        | 294  | 100 32           | 0.67           |
| C₃  | 6.71        | 2.27        | 294  | 113 29           | 4.46           |
| D₁  | 1.34        | 0.45        | 294  | 81 00            | 2.00           |
| D₂  | 5.03        | 1.70        | 294  | 87 14            | 0.71           |
| D₃  | 5.27        | 1.79        | 294  | 133 26           | 1.07           |
| D₄  | 6.45        | 2.18        | 294  | 80 27            | 0.75           |
| D₅  | 2.81        | 0.85        | 294  | 75 35            | 0.94           |
| E₁  | 3.40        | 1.15        | 294  | 70 07            | 0.77           |
| E₂  |             |             |      |                  |                |
| E₃  | 6.31        | 2.13        | 294  | 72 58            | 1.10           |
| E₄  | 5.86        | 1.98        | 294  | 68 24            | 1.22           |
| E₅  | 3.72        | 1.26        | 294  | 65 24            | 1.19           |
| F₁  | 4.82        | 1.63        | 294  | 64 26            | 1.39           |
| F₂  | 5.23        | 1.77        | 294  | 63 15            | 1.20           |
| F₃  |             |             |      | 64 05            |                |
| F₄  | 4.02        | 1.36        | 294  | 60 05            | 1.12           |
| G₁  |             |             |      |                  |                |
| G₂  | 4.77        | 1.61        | 294  | 64 39            | 1.77           |
| G₃  | 4.66        | 1.57        | 294  | 63 37            | 1.67           |
| G₄  | 4.38        | 1.48        | 294  | 62 16            | 1.66           |
| G₊₁ | 4.15        | 1.40        | 294  | 66 24            | 1.45           |
| G₊₂ | 5.41*       | 1.81        | 299  |                  | 1.09           |
| H₁  |             |             |      |                  |                |
| H₂  | 3.28        | 1.11        | 294  | 55 29            | 2.41           |
| H₃  | 4.61        | 1.56        | 294  | 59 04            | 1.81           |
| H₄  | 4.96        | 1.68        | 294  | 62 17            | 1.48           |
| H₅  | 4.32        | 1.46        | 294  | 60 04            | 1.57           |

表 3 1号冰川年表面运动速度

| 点 名   | $U_x$<br>(m) | $U_y$<br>(m) | $U_{xy}$<br>(m) | 年 流 速<br>(m) | 运 动 方 向<br>(° ') | 观 测 日 期             |
|-------|--------------|--------------|-----------------|--------------|------------------|---------------------|
| A'₃*  |              |              |                 | 2.201        |                  | 1986.8.25—1987.8.24 |
| B'₁   |              |              |                 |              |                  |                     |
| B'₂   |              |              |                 |              |                  |                     |
| B'₃   | 2.242        | 4.331        | 4.877           | 4.890        | 62 38            | 1986.8.25—1987.8.24 |
| B'₄   | 2.320        | 4.151        | 4.755           | 4.768        | 60 48            | 1986.8.25—1987.8.24 |
| B'₄₊₁ |              |              |                 |              |                  |                     |
| B'₄₊₂ |              |              |                 |              |                  |                     |
| C'₁   |              |              |                 |              |                  |                     |
| C'₂   | 2.276        | 5.172        | 5.651           | 5.636        | 66 15            | 1986.6.15—1987.6.16 |
| C'₃   | 3.667        | 4.007        | 5.432           | 5.447        | 47 32            | 1986.8.25—1987.8.24 |
| C'₄   | 3.636        | 3.032        | 4.528           | 4.540        | 42 02            | 1986.8.25—1987.8.24 |
| C'₄₊₁ |              |              |                 |              |                  |                     |
| C'₄₊₂ |              |              |                 |              |                  |                     |
| D'₁   |              |              |                 |              |                  |                     |
| D'₂   | 5.522        | 1.792        | 5.805           | 5.821        | 17 59            | 1986.8.25—1987.8.24 |
| D'₃   | 5.728        | 1.776        | 5.997           | 6.013        | 17 14            | 1986.8.25—1987.8.24 |
| D'₄   | 5.508        | 1.736        | 5.775           | 5.791        | 17 30            | 1986.8.25—1987.8.24 |
| D'₅   | 3.025        | -0.004       | 3.025           | 3.033        | 359 55           | 1986.8.25—1987.8.24 |
| E'₁   | 5.248        | 1.050        | 5.352           | 5.426        | 11 19            | 1986.8.25—1987.8.24 |
| E'₂   | 5.236        | 0.794        | 5.296           | 5.340        | 8 37             | 1986.8.25—1987.8.22 |
| E'₃   | 5.404        | 0.718        | 5.451           | 5.496        | 7 34             |                     |
| E'₄   | 5.695        | 0.718        | 5.740           | 5.788        | 7 11             |                     |
| E'₅   | 4.335        | -0.017       | 4.335           | 4.371        | 359 47           |                     |
| F'₁   |              |              |                 |              |                  |                     |
| F'₂   | 4.561        | 0.847        | 4.639           | 4.677        | 10 31            |                     |
| F'₃   | 4.885        | 0.840        | 4.957           | 4.998        | 9 45             |                     |
| F'₄   | 5.120        | 0.769        | 5.177           | 5.220        | 8 33             |                     |
| F'₅   | 5.022        | 0.520        | 5.049           | 5.091        | 5 55             |                     |
| G'₁   |              |              |                 |              |                  |                     |
| G'₂   | 3.669        | 1.187        | 3.856           | 3.888        | 17 56            |                     |
| G'₃   | 4.505        | 1.249        | 4.675           | 4.714        | 15 30            |                     |
| G'₄   | 4.812        | 1.183        | 4.955           | 4.996        | 13 49            |                     |
| G'₅   | 4.830        | 0.702        | 4.881           | 4.921        | 8 16             |                     |
| H'₁   |              |              |                 |              |                  |                     |



表 3 (续)

| 点 名              | $U_x$<br>(m) | $U_y$<br>(m) | $U_{xy}$<br>(m) | 年 流 速<br>(m) | 运 动 方 向<br>(° ') | 观 测 日 期             |
|------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|------------------|---------------------|
| H' <sub>2</sub>  | 3.176        | 1.154        | 3.378           | 3.407        | 19 58            |                     |
| A                | -0.497       | 1.272        | 1.366           | 1.376        | 111 21           | 1986.8.25—1987.8.24 |
| B <sub>1</sub>   | -0.179       | 2.197        | 2.204           | 2.210        | 94 39            | 1986.8.25—1987.8.24 |
| B <sub>2</sub>   |              |              |                 |              |                  |                     |
| B <sub>3</sub>   |              |              |                 |              |                  | 1986.8.25—1987.8.24 |
| C <sub>1</sub>   | 0.103        | 3.448        | 3.450           | 3.459        | 88 49            | 1986.8.25—1987.8.24 |
| C <sub>2</sub>   | -0.912       | 6.084        | 6.152           | 6.169        | 98 32            | 1986.8.25—1987.8.24 |
| C <sub>3</sub> * |              |              |                 | 8.920        |                  | 1986.8.25—1987.8.24 |
| D <sub>1</sub>   |              |              |                 |              |                  | 1986.8.25—1987.8.24 |
| D <sub>2</sub>   | 0.648        | 5.735        | 5.771           | 5.787        | 83 33            | 1986.8.25—1987.8.24 |
| D <sub>3</sub>   | -3.579       | 5.786        | 6.803           | 6.766        | 121 44           | 1986.6.15—1987.6.17 |
| D <sub>4</sub>   | 1.182        | 7.855        | 7.843           | 7.800        | 81 27            | 1986.6.15—1987.6.17 |
| D <sub>5</sub>   | 0.707        | 3.368        | 3.441           | 3.422        | 78 09            | 1986.6.15—1987.6.17 |
| E <sub>1</sub>   | 0.675        | 5.233        | 3.303           | 3.285        | 78 12            | 1986.6.15—1987.6.17 |
| E <sub>2</sub>   |              |              |                 |              |                  |                     |
| E <sub>3</sub>   | 2.273        | 7.522        | 7.858           | 7.923        | 73 11            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| E <sub>4</sub>   | 2.736        | 6.928        | 7.449           | 7.610        | 68 27            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| E <sub>5</sub>   | 1.913        | 4.305        | 4.711           | 4.750        | 66 02            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| F <sub>1</sub>   | 2.749        | 5.675        | 6.306           | 6.358        | 64 09            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| F <sub>2</sub>   | 2.929        | 5.943        | 6.626           | 6.681        | 63 46            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| F <sub>3</sub>   |              |              |                 |              |                  | 1986.8.25—1987.8.22 |
| F <sub>4</sub>   | 2.478        | 4.355        | 5.011           | 5.053        | 60 22            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| G <sub>1</sub>   | 1.207        | 2.621        | 2.886           | 2.910        | 65 18            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| G <sub>2</sub>   | 2.902        | 5.978        | 6.645           | 6.700        | 64 06            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| G <sub>3</sub>   | 2.863        | 5.700        | 6.379           | 6.432        | 63 20            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| G <sub>4</sub>   | 2.881        | 5.266        | 5.904           | 6.044        | 61 16            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| G <sub>+1</sub>  | 2.151        | 5.046        | 5.485           | 5.530        | 66 55            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| G <sub>+2</sub>  | 2.674        | 6.052        | 6.616           | 6.671        | 66 10            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| H <sub>1</sub>   | 0.248        | 0.923        | 0.956           | 0.964        | 74 58            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| H <sub>2</sub>   | 2.668        | 4.275        | 5.039           | 5.081        | 68 02            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| H <sub>3</sub>   | 3.308        | 5.563        | 6.472           | 6.526        | 59 16            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| H <sub>4</sub>   | 3.034        | 5.419        | 6.211           | 6.262        | 60 45            | 1986.8.25—1987.8.22 |
| H <sub>5</sub>   | 3.005        | 4.985        | 5.821           | 5.869        | 58 55            | 1986.8.25—1987.8.22 |

注：\*该点运动方向有误，仅供参考。

表4 1987年7月16日—1987年8月21日1号冰川冰舌末端退缩值

| 点 位 号          | I    | II   | III  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 平 均  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 后 退 距 离<br>(m) | 0.90 | 2.10 | 3.00 | 1.40 | 2.40 | 1.80 | 4.40 | 2.00 | 1.60 | 2.18 |

表5 1986年8月23日—1987年8月21日1号冰川冰舌末端退缩值

| 点 位 号          | I    | II   | 3    | 4    | 5    | 6    | 平 均  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 后 退 距 离<br>(m) | 3.40 | 1.90 | 3.10 | 5.60 | 3.70 | 4.40 | 3.68 |

表6 1982年7月13日—1987年7月16日1号冰川冰舌末端退缩值

| 点 位 号                       | I     | II    | III   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 平 均   |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 五 年 零 三 天<br>后 退 距 离<br>(m) | 12.25 | 18.20 | 18.55 | 16.95 | 19.25 | 20.63 | 15.05 | 18.49 | 13.60 | 17.00 |
| 年 平 均 后 退 值<br>(m)          | 2.45  | 3.64  | 3.71  | 3.39  | 3.85  | 4.13  | 3.01  | 3.70  | 2.72  | 3.40  |

表7 1987年度1号冰川运动点空间位置 (1987年6月观测)

| 点 名  | X         | Y         | Z         | 点 名 | X         | Y         | Z         |
|------|-----------|-----------|-----------|-----|-----------|-----------|-----------|
| A'₁  | 5 239.824 | 3 761.033 | 3 767.750 | H'₂ | 3 860.917 | 2 923.691 | 4 051.144 |
| A'₃  | 5 137.634 | 3 846.291 | 3 756.136 | A   | 5 271.134 | 3 467.993 | 3 831.049 |
| B'₊₁ | 5 260.522 | 3 692.509 | 3 781.130 | B₁  | 5 431.384 | 3 415.580 | 3 870.108 |
| B'₊₂ | 5 201.803 | 3 701.866 | 3 789.881 | B₂  | 5 382.532 | 3 415.202 | 3 864.972 |
| B'₁  | 5 258.524 | 3 635.302 | 3 793.806 | B₃  | 5 352.996 | 3 398.906 | 3 865.414 |
| B'₂  | 5 217.947 | 3 645.979 | 3 799.530 | C₁  | 5 457.664 | 3 336.049 | 3 883.700 |
| B'₃  | 5 111.945 | 3 675.126 | 3 801.479 | C₂  | 5 429.784 | 3 339.667 | 3 887.128 |
| B'₄  | 4 993.147 | 3 692.373 | 3 810.356 | C₃  | 5 372.621 | 3 351.662 | 3 883.625 |
| C'₊₁ | 5 262.480 | 3 562.326 | 3 801.831 | D₁  | 5 513.530 | 3 086.728 | 3 954.496 |
| C'₊₂ | 5 216.230 | 3 555.382 | 3 812.950 | D₂  | 5 469.115 | 3 103.240 | 3 950.913 |
| C'₁  | 5 139.060 | 3 398.314 | 3 847.976 | D₃  | 5 426.299 | 3 104.987 | 3 947.349 |
| C'₂  | 5 084.894 | 3 473.617 | 3 841.473 | D₄  | 5 357.921 | 3 093.773 | 3 951.241 |
| C'₃  | 5 011.964 | 3 526.254 | 3 836.250 | D₅  | 5 227.310 | 3 061.586 | 3 983.493 |
| D'₂  | 4 871.872 | 3 239.970 | 3 892.212 | F₁  | 5 488.052 | 2 947.821 | 3 985.601 |
| D'₃  | 4 833.141 | 3 308.586 | 3 893.516 | F₂  | 5 414.428 | 2 970.397 | 3 982.741 |
| D'₄  | 4 794.254 | 3 378.358 | 3 893.717 | F₃  | 5 358.462 | 2 977.849 | 3 986.489 |
| D'₅  | 4 721.578 | 3 487.874 | 3 908.290 | F₄  | 5 292.008 | 2 978.823 | 3 994.303 |
| E'₁  | 4 537.102 | 3 087.776 | 3 928.139 | F₅  | 5 213.147 | 2 970.437 | 4 007.480 |
| E'₃  | 4 497.067 | 3 185.890 | 3 929.372 | F₁  | 5 389.201 | 2 766.536 | 4 023.503 |
| E'₄  | 4 481.983 | 3 220.873 | 3 931.514 | F₂  | 5 292.786 | 2 903.811 | 4 022.740 |
| E'₅  | 4 436.348 | 2 310.280 | 3 941.892 | F₃  | 5 235.712 | 2 839.877 | 4 026.054 |
| F'₂  | 4 339.447 | 3 046.918 | 3 966.326 | F₄  | 5 172.262 | 2 840.833 | 4 033.878 |
| F'₃  | 4 313.096 | 3 101.013 | 3 964.635 | G₊₁ | 5 369.241 | 2 671.778 | 4 048.572 |
| F'₄  | 4 299.575 | 3 157.757 | 3 964.343 | G₂  | 5 250.629 | 2 592.856 | 4 064.550 |
| F'₅  | 4 272.898 | 3 213.947 | 3 970.587 | G₃  | 5 195.234 | 2 648.898 | 4 055.382 |
| G'₁  | 4 157.301 | 2 923.292 | 4 011.388 | G₄  | 5 157.508 | 2 686.742 | 4 055.024 |
| G'₂  | 4 152.427 | 2 978.795 | 4 008.144 | G₅  | 5 115.836 | 2 722.821 | 4 062.216 |
| G'₃  | 4 131.431 | 3 043.400 | 4 001.734 | H₂  | 5 248.276 | 2 438.645 | 4 082.510 |
| G'₄  | 4 115.272 | 3 091.012 | 3 998.854 | H₃  | 5 195.657 | 2 536.275 | 4 074.572 |
| G'₅  | 4 094.347 | 3 143.102 | 4 001.214 | H₄  | 5 168.577 | 2 584.187 | 4 068.466 |
| H'₁  | 3 880.141 | 2 856.181 | 4 053.754 | H₅  | 5 129.677 | 2 644.271 | 4 065.602 |

表7(续) (1987年8月观测)

| 点 名  | X         | Y         | Z         | 点 名 | Y         | X         | Z         |
|------|-----------|-----------|-----------|-----|-----------|-----------|-----------|
| A'₃  | 5 138.490 | 3 845.753 | 3 754.766 | D₃  | 5 426.907 | 3 106.130 | 3 947.621 |
| B'₂  | 5 218.960 | 3 645.633 | 3 798.071 | D₄  | 5 358.644 | 3 094.621 | 3 951.217 |
| B'₃  | 5 113.088 | 3 675.338 | 3 799.796 | D₅  | 5 229.294 | 3 038.587 | 3 990.360 |
| B'₄  | 4 994.373 | 3 692.546 | 3 808.040 | E₁  | 5 488.188 | 2 948.390 | 3 985.552 |
| B'₄₂ | 5 202.906 | 3 701.737 | 3 790.421 | E₂  | 5 414.813 | 2 971.986 | 3 982.478 |
| C'₄₁ | 5 263.179 | 3 561.601 | 3 799.764 | E₃  | 5 358.886 | 2 979.338 | 3 986.143 |
| C'₄₂ | 5 217.208 | 3 554.946 | 3 813.424 | E₄  | 5 292.585 | 2 980.300 | 3 994.022 |
| C'₁  | 5 139.934 | 3 397.966 | 3 846.697 | E₅  | 5 213.512 | 2 971.360 | 4 007.405 |
| C'₂  | 5 086.253 | 3 473.947 | 3 842.002 | F₁  | 5 389.870 | 2 767.863 | 4 023.421 |
| C'₃  | 5 013.421 | 3 526.563 | 3 836.722 | F₂  | 5 293.373 | 2 805.087 | 4 022.639 |
| C'₄  | 4 933.048 | 3 579.998 | 3 838.939 | F₃  | 5 236.404 | 2 841.055 | 4 025.936 |
| D'₁  | 4 912.422 | 3 123.088 | 3 890.863 | F₄  | 5 172.738 | 2 841.708 | 4 033.767 |
| D'₂  | 4 873.660 | 3 240.083 | 3 892.726 | G₄₁ | 5 369.730 | 2 673.021 | 4 048.524 |
| D'₃  | 4 834.962 | 3 308.503 | 3 894.062 | G₄₂ | 5 297.061 | 2 673.891 | 4 047.273 |
| D'₄  | 4 796.051 | 3 378.254 | 3 894.303 | G₁  | 5 339.970 | 2 516.737 | 4 068.640 |
| D'₅  | 4 722.777 | 3 487.458 | 3 908.779 | G₂  | 5 251.490 | 2 594.527 | 4 064.545 |
| E'₁  | 4 538.365 | 3 088.018 | 3 927.729 | G₃  | 5 196.031 | 2 650.433 | 4 055.285 |
| E'₂  | 4 517.059 | 3 141.557 | 3 926.495 | G₄  | 5 158.351 | 2 688.121 | 4 054.902 |
| E'₃  | 4 498.158 | 3 185.978 | 3 929.340 | G₅  | 5 116.598 | 2 723.871 | 4 062.011 |
| E'₄  | 4 483.263 | 3 221.053 | 3 931.496 | H₁  | 5 286.739 | 2 335.935 | 4 091.719 |
| E'₅  | 4 437.302 | 3 310.282 | 3 941.837 | H₂  | 5 249.088 | 2 440.222 | 4 082.516 |
| F'₂  | 4 340.602 | 3 047.155 | 3 966.365 | H₃  | 5 196.595 | 2 537.884 | 4 074.475 |
| F'₃  | 4 314.162 | 3 101.199 | 3 964.688 | H₄  | 5 169.474 | 2 585.538 | 4 068.313 |
| F'₄  | 4 300.737 | 3 157.945 | 3 964.274 | H₅  | 5 130.527 | 2 645.514 | 4 065.372 |
| F'₅  | 4 274.016 | 3 214.114 | 3 970.497 | B₁  | 5 431.769 | 3 415.715 | 3 869.099 |
| G'₁  | 4 157.526 | 2 923.376 | 4 011.504 | B₂  | 5 382.643 | 3 415.647 | 3 863.134 |
| G'₂  | 4 153.475 | 2 979.235 | 4 008.232 | B₃  | 5 352.757 | 3 399.343 | 3 863.486 |
| G'₃  | 4 132.666 | 3 043.696 | 4 001.872 | C₁  | 5 458.033 | 3 336.397 | 3 882.655 |
| G'₄  | 4 116.301 | 3 091.260 | 3 998.883 | C₂  | 5 429.849 | 3 340.494 | 3 885.639 |
| G'₅  | 4 095.262 | 3 143.315 | 4 001.259 | C₃  | 5 379.256 | 3 353.475 | 3 882.177 |
| H'₁  | 3 880.590 | 2 856.428 | 4 053.878 | D₁  | 5 514.098 | 3 086.506 | 3 953.716 |
| H'₂  | 3 861.675 | 2 924.045 | 4 051.250 | D₂  | 5 469.521 | 3 103.954 | 3 950.224 |
| A    | 5 271.408 | 3 467.848 | 3 829.123 |     |           |           |           |

# 冰雪氢氧同位素、 $\text{HCO}_3^-$ 、pH值与冰川 表面大气中 $\text{CO}_2$ 测定

王 平 皇翠兰 刘子东

冰雪水的化学元素和氢氧同位素含量及其分布规律，可以揭示冰川作用一些特征及冰川形成气候环境。冰川积累区冰岩芯或雪坑雪层氢氧同位素分析，还可提供古气候变化信息，为了对冰川进一步探讨，1986年7月我们对天山一些地区的冰川和河流通过采样，进行了一些化学分析。详细结果如下：

## 1 冰雪中氢氧同位素测定

我们在1号冰川东支挖雪坑分层取样，共两个完整年层。用MT-250质谱仪同时测定了 $\delta_D$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 含量（表1），获得 $\delta_D$ - $\delta^{18}\text{O}$ 的关系为 $\delta_D = 7.4\delta^{18}\text{O} + 15.5$ （图1）

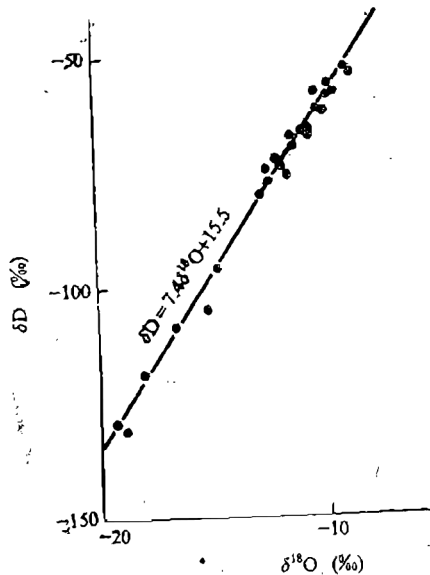


图1 雪坑雪层剖面 $\delta_D$ - $\delta^{18}\text{O}$ 的关系

## 2 冰川表面大气中 $\text{CO}_2$ 浓度测定

1986年7月13日，我们在海拔3 800m高度的乌鲁木齐河源1号冰川东支冰川表面1.5m高度取大气样品4个，测值平均为282ppm（表2），并与其它冰川作了比较。测定仪器为QGD-07型便携式红外线微量气体分析器，精度 $\pm 0.2\text{ppm}$ ，测定范围0 - 500

ppm (表 2)。

### 3. 连续时间变化中pH值和HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>离子的测定

1986年7月,我们对后峡冰川站乌鲁木齐河水样,空冰斗径流(海拔3700m)、1号冰川西支径流(海拔3700m)与其它雪冰水样的pH值与HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>和离子进行测定。详细结果见表3,4,5,6,7。

表 1 冰雪氢氧同位素分析

| 采样地点             | 时间      | 样品类型 | $\delta D$ (‰) | $\delta^{18}O$ (‰) | 分析方法          |
|------------------|---------|------|----------------|--------------------|---------------|
| 天山乌鲁木齐河源1号冰川(西支) | 1986.7. | 雪坑雪层 | -70.2          | -11.16             | MT-250<br>质谱仪 |
|                  |         |      | -104.9         | -15.30             |               |
|                  |         |      | -96.3          | -14.66             |               |
|                  |         |      | -80.3          | -12.79             |               |
|                  |         |      | -72.7          | -12.10             |               |
|                  |         |      | -74.7          | -12.42             |               |
|                  |         |      | -74.5          | -11.90             |               |
|                  |         |      | -67.5          | -11.41             |               |
|                  |         |      | -58.5          | -10.20             |               |
|                  |         |      | -58.1          | -9.81              |               |
|                  |         |      | -66.4          | -10.64             |               |
|                  |         |      | -58.4          | -9.77              |               |
|                  |         |      | -53.8          | -8.69              |               |
| -62.3            | -10.01  |      |                |                    |               |
| -74.9            | -11.75  |      |                |                    |               |
| 空冰斗              | 1986.7. | 雪径流  | -77.5          | -12.43             | MT-250质谱仪     |
|                  |         |      | -62.2          | -10.31             |               |
| 1号冰川(东支)         | 1986.7. | 径流   | -56.3          | -9.74              | MT-250质谱仪     |
|                  |         | 冰川冰  | -66.8          | -10.75             |               |
|                  |         | 冰川冰  | -67.1          | -10.64             |               |
| 1号冰川(西支)         | 1986.7. | 表面积雪 | -52.7          | -9.19              | MT-250质谱仪     |

注:由地质矿产部岩溶地质所实验室张文宽、林桂枝测定。

表 2 CO<sub>2</sub>含量测定

| 地点       | 时间        | 海拔   | CO <sub>2</sub> 含量(ppm) | 测定方法        |
|----------|-----------|------|-------------------------|-------------|
| 天山1号冰川东支 | 1986.7.13 | 3800 | 282.0                   | QGD-07红外测定仪 |
|          |           |      | 281.5                   |             |
|          |           |      | 282.0                   |             |
|          |           |      | 282.5                   |             |

表 2 (续)

| 地 点      | 时 间       | 海 拔   | CO <sub>2</sub> 含量(ppm) | 测 定 方 法 |
|----------|-----------|-------|-------------------------|---------|
| 玉龙山冰川    | 1982.6.16 | 3 300 | 284.0                   | 同上      |
|          |           |       | 284.0                   |         |
|          |           |       | 284.0                   |         |
|          |           |       | 284.0                   |         |
| 玉龙山乌吉鲁下  | 1982.6.16 | 4 200 | 283.0                   | 同上      |
|          |           |       | 283.0                   |         |
|          |           |       | 283.0                   |         |
| 玉龙山丽江植物园 | 1982.6.12 | 2 700 | 285.0                   | 同上      |
|          |           |       | 285.0                   |         |
|          |           |       | 285.0                   |         |
| 北京温泉     | 1986.9.13 | /     | 310.0                   | 同上      |
|          |           |       | 310.0                   |         |
|          |           |       | 310.0                   |         |

表 3 冰川站乌鲁木齐河水样 (取样1986年6月)

| 测定时间      | 项 目   | pH   | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |       |
|-----------|-------|------|-------------------------------|-------|
|           |       |      | ml/l                          | mg/l  |
| 1986.6.23 | 12:45 | 7.81 | 1.083                         | 66.08 |
|           | 15:00 | 7.81 |                               |       |
|           | 17:30 | 7.82 |                               |       |
|           | 21:30 | 7.81 | 1.065                         | 64.99 |
|           | 23:00 | 7.84 | 1.110                         | 67.72 |
| 1986.6.24 | 9:30  | 7.81 | 1.092                         | 66.63 |
|           | 11:00 | 7.85 | 1.092                         | 66.63 |
|           | 13:10 | 7.83 | 1.101                         | 67.17 |
|           | 18:30 | 7.84 | 1.074                         | 65.54 |
|           | 23:30 | 7.82 | 1.083                         | 66.08 |
| 1986.6.25 | 11:20 | 7.86 | 1.110                         | 67.72 |
| 1986.6.26 | 19:30 | 7.90 | 1.074                         | 65.54 |
| 1986.6.26 | 8:55  | 7.87 | 1.074                         | 65.54 |
| 1986.6.27 | 11:40 | 7.87 | 1.074                         | 65.54 |
| 1986.6.29 | 11:40 | 7.83 | 1.074                         | 65.54 |
| 1986.7.3  | 11:50 | 7.82 | 1.092                         | 66.63 |
| 1986.7.9  | 11:35 | 7.78 | 1.092                         | 66.63 |
| 1986.7.18 | 11:40 | 7.70 | 1.128                         | 68.81 |

表4 空冰斗径流 (海拔3700m) (取样1986年6月)

| 测定时间      | 项目    | pH   | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |       |
|-----------|-------|------|-------------------------------|-------|
|           |       |      | ml/l                          | mg/l  |
| 1986.6.23 | 21:00 | 7.52 | 0.546                         | 33.31 |
|           | 22:30 | 7.56 | 0.564                         | 34.41 |
| 1986.6.24 | 9:00  | 7.53 | 0.573                         | 34.96 |
|           | 10:30 | 7.56 | 0.546                         | 33.31 |
|           | 12:50 | 7.54 | 0.546                         | 33.31 |
|           | 18:00 | 7.54 | 0.591                         | 36.04 |
|           | 23:10 | 7.54 | 0.582                         | 35.50 |
| 1986.6.25 | 10:50 | 7.54 | 0.537                         | 32.77 |
|           | 19:20 | 7.56 | 0.564                         | 34.41 |
| 1986.6.26 | 8:40  | 7.57 | 0.564                         | 34.41 |
| 1986.6.27 | 11:20 | 7.60 | 0.537                         | 32.77 |
| 1986.6.29 | 11:20 | 7.52 | 0.591                         | 36.04 |
| 1986.7.3  | 11:30 | 7.58 | 0.573                         | 34.95 |
| 1986.7.9  | 11:10 | 7.54 | 0.609                         | 37.14 |
| 1986.7.18 | 11:00 | 7.48 | 0.555                         | 33.86 |

表5 1号冰川西支径流 (海拔3700m) (取样1986年6月)

| 测定时间      | 项目    | pH   | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |       |
|-----------|-------|------|-------------------------------|-------|
|           |       |      | ml/l                          | mg/l  |
| 1986.6.23 | 21:00 | 7.64 | 0.814                         | 49.70 |
|           | 22:45 | 7.78 | 0.797                         | 48.60 |
| 1986.6.24 | 9:15  | 7.66 | 0.832                         | 50.78 |
|           | 10:45 | 7.72 | 0.814                         | 49.70 |
|           | 13:00 | 7.75 | 0.841                         | 51.34 |
|           | 18:1  | 7.72 | 0.895                         | 54.61 |
|           | 23:20 | 7.72 | 0.859                         | 52.43 |
| 1986.6.25 | 11:00 | 7.73 | 0.823                         | 50.24 |
|           | 19:40 | 7.73 | 0.877                         | 53.52 |
| 1986.6.26 | 8:50  | 7.74 | 0.823                         | 50.24 |
| 1986.6.27 | 11:30 | 7.72 | 0.859                         | 52.43 |
| 1986.7.3  | 11:40 | 7.72 | 0.806                         | 49.15 |
| 1986.7.9  | 11:20 | 7.68 | 0.806                         | 49.15 |
| 1986.7.18 | 11:20 | 7.62 | 0.841                         | 51.34 |



表6 监测乌鲁木齐河水不同时间pH值与HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>离子变化 (取样1986年6月)

| 测定时间      | 项目    | pH   | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |       |
|-----------|-------|------|-------------------------------|-------|
|           |       |      | ml/l                          | mg/l  |
| 1986.6.23 | 13:00 | 7.81 | 1.058                         | 64.55 |
|           | 17:50 | 7.90 | 1.154                         | 70.45 |
| 1986.6.24 | 10:50 | 7.84 | 1.226                         | 74.82 |
|           | 18:20 | 7.96 | 1.307                         | 79.73 |
| 1986.6.25 | 11:15 | 7.87 | 1.092                         | 66.63 |
|           | 17:50 | 8.28 | 1.342                         | 81.92 |
| 1986.6.26 | 19:20 | 7.88 | 1.190                         | 72.64 |
|           | 21:05 | 7.97 | 1.237                         | 75.48 |
| 1986.6.27 | 11:50 | 7.88 | 1.154                         | 70.45 |
|           | 18:25 | 7.93 | 1.199                         | 73.18 |
| 1986.6.28 | 10:40 | 7.88 | 1.110                         | 67.72 |
|           | 18:00 | 7.95 | 1.226                         | 74.82 |
| 1986.6.29 | 11:15 | 7.85 | 1.110                         | 67.72 |
|           | 18:00 | 7.93 | 1.137                         | 69.36 |
| 1986.6.30 | 12:10 | 7.89 | 1.154                         | 70.45 |
|           | 18:30 | 7.89 | 1.199                         | 73.18 |
| 1986.7.1  | 11:10 | 7.86 | 1.137                         | 69.36 |
|           | 18:00 | 7.94 | 1.170                         | 71.38 |
| 1986.7.2  | 12:10 | 7.96 | 1.289                         | 78.64 |
|           | 12:20 | 7.96 | 1.226                         | 74.82 |
| 1986.7.3  | 12:00 | 7.84 | 1.172                         | 71.54 |
|           | 18:10 | 7.96 | 1.199                         | 73.18 |
| 1986.7.4  | 11:00 | 7.84 | 1.074                         | 65.54 |
|           | 18:15 | 7.88 | 1.128                         | 68.81 |
| 1986.7.5  | 11:00 | 7.81 | 1.110                         | 67.72 |
|           | 18:00 | 7.90 | 1.151                         | 70.23 |
| 1986.7.6  | 11:00 | 7.84 | 1.137                         | 69.36 |
|           | 18:00 | 7.94 | 1.235                         | 75.36 |
| 1986.7.7. | 10:50 | 7.86 | 1.208                         | 73.73 |
|           | 18:15 | 7.96 | 1.289                         | 78.64 |

表 6 (续)

| 测定时间      | 项目    | pH   | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |       |
|-----------|-------|------|-------------------------------|-------|
|           |       |      | ml/l                          | mg/l  |
| 1986.7.8  | 11:30 | 7.86 | 1.172                         | 71.54 |
|           | 18:00 | 7.93 | 1.226                         | 74.82 |
| 1986.7.9  | 11:45 | 7.85 | 1.137                         | 69.36 |
|           | 17:50 | 7.96 | 1.199                         | 73.18 |
| 1986.7.10 | 10:50 | 7.86 | 1.181                         | 72.09 |
|           | 17:50 | 7.89 | 1.146                         | 69.90 |
| 1986.7.11 | 11:00 | 7.82 | 1.101                         | 67.17 |
|           | 17:50 | 7.86 | 1.164                         | 71.00 |
| 1986.7.12 | 10:40 | 7.84 | 1.137                         | 69.36 |
|           | 17:50 | 7.92 | 1.208                         | 73.73 |
| 1986.7.13 | 11:00 | 7.85 | 1.110                         | 67.72 |
|           | 18:00 | 7.94 | 1.199                         | 73.18 |
| 1986.7.14 | 11:00 | 7.84 | 1.056                         | 64.44 |
|           | 18:00 | 7.94 | 1.154                         | 70.45 |
| 1986.7.15 | 11:00 | 7.82 | 1.056                         | 64.44 |
|           | 18:00 | 7.87 | 1.110                         | 67.72 |
| 1986.7.16 | 10:40 | 7.85 | 1.020                         | 62.26 |
|           | 17:50 | 7.85 | 1.128                         | 68.81 |
| 1986.7.17 | 11:10 | 7.83 | 1.101                         | 67.17 |
|           | 18:00 | 7.83 | 1.199                         | 73.18 |
| 1986.7.18 | 12:00 | 7.82 | 1.101                         | 67.17 |
|           | 18:00 | 7.90 | 1.146                         | 70.11 |
| 1986.7.19 | 18:50 | 7.94 | 1.002                         | 61.17 |
|           | 19:00 | 8.26 | 1.110                         | 67.72 |
| 1986.7.20 | 10:50 | 7.89 | 1.020                         | 62.26 |
|           | 17:50 | 8.23 | 1.101                         | 67.17 |

表7 雪、冰、水样pH值与HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>离子的测定 (1986年)

| 编号 | 取 样 地 点       | 海拔 (m) | 取 样 时 间          | 测 定 时 间<br>月 日 | pH   | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>ml/l | mg/l  |
|----|---------------|--------|------------------|----------------|------|---------------------------------------|-------|
| 1  | 天降霰           | 3 600  | 6月23日<br>下午10:00 | 6.26           | 6.51 | 0.161                                 | 9.83  |
| 2  | 1号冰川冰         | 3 800  | 6月24日<br>上午10:30 | 6.26           | 6.90 | 0.233                                 | 14.20 |
| 3  | 3号冰川冰         | 3 800  | 6月25日12:00       | 6.26           | 7.12 | 0.242                                 | 14.74 |
| 4  | 3号冰川背部积雪      | 4 200  | 6月26日12:10       | 6.30           | 6.65 | 0.161                                 | 9.83  |
| 5  | 降 雪           | 3 600  | 6月27日            | 6.30           | 6.26 | 0.143                                 | 8.74  |
| 6  | 降 雪           | 3 600  | 6月28日            | 6.30           | 6.28 | 0.134                                 | 8.19  |
| 7  | 1号冰川水文断面 (降雪) | 3 700  | 6月29日            | 6.30           | 7.64 | 0.904                                 | 55.16 |
| 8  | 霰             |        | 7月5日             | 7.6            | 6.74 | 0.206                                 | 12.56 |
| 9  | 1号冰川水文站       |        | 7月6日             | 7.8            | 7.58 | 0.716                                 | 43.69 |
| 10 | 雪 样           | 3 600  | 7月10日            | 7.11           | 8.98 | 0.268                                 | 16.38 |
| 11 | 1号冰川水文站       |        | 7月13日            | 7.15           | 7.70 | 0.609                                 | 37.14 |
| 12 | 东支雪层0—3cm     | 4 100  | 7月15日            | 7.19           | 7.25 | 0.197                                 | 12.01 |
| 13 | 东支雪层15—17cm   | 4 100  | 7月15日            | 7.19           | 7.07 | 0.215                                 | 13.11 |
| 14 | 东支雪层63—70cm   | 4 100  | 7月15日            | 7.19           | 7.35 | 0.215                                 | 13.11 |
| 15 | 哈熊沟桥头西河水 (二营) |        | 7月3日             | 7.4            | 7.84 | 1.217                                 | 74.27 |
| 16 | 后峡居民区下面乌鲁木齐河水 |        | 7月3日             | 7.4            | 7.98 | 1.208                                 | 78.73 |
| 17 | 天山站自来水        |        | 6月23日            | 6.23           | 7.97 | 1.423                                 | 86.83 |

# 天山站冰缘过程定位研究年度报告

崔之久\* 朱 诚\*\*

本年度的野外工作自1987年5月31日开始至6月17日结束。主要内容包括：对RG 2石冰川定位测图、TK1热融沉陷重复定位测图、对大西沟石冰川群重复电测深物探、气象站前大西沟谷地冻土厚度物探、空冰斗冻土厚度物探、乌鲁木齐河源区基岩（片麻岩、硅质岩）电参数物探、对新发现的空心式冻胀丘和含针冰、块冰冻胀丘的剖面观测及定位测量观测变化的研究、风化基岩剥蚀速率的研究、石铺演化的研究、冻胀基岩变化的研究、分层冻胀仪冻胀量的量取、废弃公路南坡石流坡运动速率的观测、RG2石冰川前缘坡卸载量的观测等等。

## 1 大平板仪测量

(1) RG2石冰川：我们曾在1985年和1986年度分别对RG 3，RG 4，RG 5石冰川的运动速率进行了平板仪测图，上述三处石冰川均为倒石堆演化而来的石冰川。这次开始对倒石堆前缘堤演化的石冰川（RG 2）进行测量。方法是在石冰川前缘顶部选择25处直径大于3m的巨砾用油漆标上测点，在石冰川正前方200余米处选一巨大基岩作为架设仪器的基点，用视距法原理测量RG 2石冰川前缘的运动变化情况，以下为首次标定测量的数据：

| 测点号         | 1                                      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|-------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 距仪器水平距离(m)  | 157.3                                  | 158.9 | 162.2 | 164   | 169.2 | 176.8 | 177.5 | 184.7 | 190.4 | 196.5 | 208.2 | 211.8 | 215.5 |
| 相对于仪器的高度(m) | 20.71                                  | 22.05 | 24.91 | 25.63 | 28.32 | 30.23 | 30.84 | 31.14 | 32.60 | 33.05 | 36.01 | 36.32 | 37.30 |
| 测点号         | 14                                     | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    |       |
| 距仪器水平距离(m)  | 221.6                                  | 228.1 | 233.9 | 253.4 | 260.9 | 256.8 | 266.3 | 211.9 | 202.2 | 180.9 | 179   | 160.3 |       |
| 相对于仪器的高度(m) | 37.68                                  | 36.54 | 37.82 | 40.89 | 43.11 | 43.12 | 45.44 | 35.85 | 34.14 | 30.48 | 30.05 | 24.25 |       |
| 备注          | 仪器高1.54m，比例尺1:2000，时间1987.6.2，仪器号78039 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

\* 在北京大学地理系任教。

\*\*现在华东师范大学工作。

(2) TK1热融沉陷：1985年—1986年度曾对此热融沉陷进行定位测量。所用的比例尺为1:200，观测仪器位于沉陷区北面30m左右，这次将平板仪设在沉陷区南部80余米的基岩坎上，以便从不同角度观测沉陷剖面的融沉变化，以下是观测数据：

| 测点号          | 电1  | 1    | 2    | 3     | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 电2   |
|--------------|---|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 距仪器水平距离 (m)  | 84.7  | 84.8 | 84.3 | 83.95 | 84   | 85.9 | 84.9 | 82.9 | 81.9 | 81.9 | 81.4 | 81.7 |
| 相对于仪器的高度 (m) | 4.81  | 4.51 | 4.07 | 3.66  | 3.56 | 2.97 | 2.91 | 2.48 | 2.96 | 3    | 3.27 | 3.38 |
| 备注           | 仪器高1.396m，比例尺1:500，时间1987.6.4；其中4, 5, 6为石质点 |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |

### (3) 冻胀丘：

1) 空心式冻胀丘（剖面及形态见后述）：

| 测点号          | 1                                    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|--------------|--------------------------------------|------|------|------|------|
| 距仪器水平距离 (m)  | 21                                   | 20.5 | 19.7 | 19.8 | 19.2 |
| 相对于仪器的高度 (m) | 5.39                                 | 5.55 | 5.38 | 5.29 | 4.98 |
| 备注           | 仪器高1.41m，比例尺1:100，时间1987.6.6；测桩为涂漆铜筋 |      |      |      |      |

2) 含针冰、块冰冻胀丘（形态及剖面见后述）：

| 测点号          | 1                          | 2    | 3    | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13   | 14   |
|--------------|----------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 距仪器水平距离 (m)  | 15                         | 15.6 | 15.8 | 13.3  | 13.3  | 14.4  | 15    | 14.4  | 15.4  | 16.6  | 17.4  | 16.7  | 17.2 | 17.3 |
| 相对于仪器的高度 (m) | -0.22                      | 0.21 | 0.3  | -0.22 | -0.57 | -0.48 | -0.52 | -0.93 | -1.35 | -1.31 | -1.03 | -0.32 | 0.15 |      |
| 备注           | 仪器位置、仪器高、比例尺、测桩、测量时间等与1)相同 |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |

## 2 电测深物探

(1) 大西沟石冰川群：今年仍用施仑贝格尔四极对称装置进行电测深，从以下  $\frac{AB}{2}$  (m) (附图1—5) 的数据看，今年所测的电阻率比去年所测值要高，究其原因推测是为季节因素的影响，去年电测时间为8月，是消融较强的月份，冻土受此因素影响，融化层增大，含水分增多，故电阻率较小；而今年电测时间为6月初，加之今年6月份气温比往年要低（降雪、积雪亦增多）故冻土的活动层相对较薄，含融水较少，含水冻土层厚度增大，故电阻率亦大。（具体分层正在分析之中。）

|              |                         |          |          |           |           |           |           |           |           |
|--------------|-------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1986年<br>8月测 | $\frac{AB}{2}$ (m)      | 6        | 8        | 15        | 20        | 30        | 60        | 80        | 110       |
|              | $\rho_s$ ( $\Omega m$ ) | 7 880.47 | 6 597.33 | 10 402.52 | 12 598.15 | 17 224.98 | 28 762.06 | 34 829.74 | 36 474.62 |
| 1987年<br>6月测 | $\frac{AB}{2}$ (m)      | 6        | 8        | 15        | 20        | 30        | 60        | 80        | 110       |
|              | $\rho_s$ ( $\Omega m$ ) | 9 097.11 | 7 810.9  | 21 358.62 | 18 898.15 | 28 709.54 | 47 632.75 | 36 809.52 | 53 407.20 |

(2) 气象站前冻土 (分层情况待分析) :

|                         |           |          |          |          |          |           |            |           |           |          |
|-------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|----------|
| $\frac{AB}{2}$ (m)      | 1.5       | 2        | 3        | 4.5      | 6        | 8         | 11         | 15<br>0.5 | 15<br>(3) |          |
| $\rho_s$ ( $\Omega m$ ) |           | 243.45   | 388.88   | 598.38   | 800.21   | 1 047.18  | 1 363.29   | 1 719.13  | 1 573.57  |          |
| $\frac{AB}{2}$ (m)      | 11<br>(3) | 20       | 30       | 45       | 60       | 80<br>(3) | 80<br>(10) | 110       | 150       | 173      |
| $\rho_s$ ( $\Omega m$ ) | 1 492.65  | 1 842.57 | 2 415.96 | 2 682.93 | 2 830.26 | 3 264.70  | 3 427.40   | 4 739.33  | 7 037.16  | 6 091.19 |

(3) 空冰斗内冻土 (分层情况待分析) :

|                         |          |          |          |          |           |            |            |             |           |           |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|
| $\frac{AB}{2}$ (m)      | 1.5      | 2        | 3        | 4.5      | 6         | 8          | 11         | 15<br>(0.5) | 15<br>(3) | 11<br>(3) |
| $\rho_s$ ( $\Omega m$ ) | 2 072.4  | 2 552.33 | 3 023.9  | 3 576.45 | 2 820.06  | 4 272.64   | 4 855.68   | 4 518.85    | 5 655     | 5 160.32  |
| $\frac{AB}{2}$ (m)      | 20       | 30       | 45       | 60       | 80<br>(3) | 80<br>(10) | 60<br>(10) | 110         | 150       | 173       |
| $\rho_s$ ( $\Omega m$ ) | 6 483.12 | 5 287.34 | 5 629.76 | 6 074.62 | 7 529.22  | 7 422      | 6 047.58   | 8 670.82    | 12 063.70 | 10 308.17 |

(4) 胜利道班西南50m处片麻岩电参数 (平均值待分析)

|                         |         |         |         |          |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| $\frac{AB}{2}$ (m)      | 1.5     | 2       | 3       | 4.5      | 6       | 8       |
| $\rho_s$ ( $\Omega m$ ) | 1 004.8 | 1 447.3 | 2 611.6 | 4 083.95 | 6 177.1 | 8 240.1 |

(5) 气象站以东100m处硅质岩电参数 (平均值待分析)

|                         |          |         |          |        |         |           |
|-------------------------|----------|---------|----------|--------|---------|-----------|
| $\frac{AB}{2}$ (m)      | 3        | 4.5     | 6        | 8      | 11      | 15        |
| $\rho_s$ ( $\Omega m$ ) | 5 360.55 | 5 026.4 | 6 064.74 | 10 014 | 7 165.5 | 29 654.94 |

(6) 气象站以西200m处片麻岩电参数 (平均值待分析)

|                         |        |          |          |          |          |          |
|-------------------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $\frac{AB}{2}$ (m)      | 2      | 3        | 4.5      | 6        | 8        | 11       |
| $\rho_s$ ( $\Omega m$ ) | 897.09 | 1 557.77 | 2 682.36 | 4 024.44 | 3 159.97 | 5 453.16 |

### 3 基岩剥蚀冻胀量及空冰斗等的量测

(1) WR1板岩剥蚀速率观测点 (1985—1986年情况见1986年报告)。

| 裂隙序号         | 1        | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   |
|--------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 裂隙至基点距离 (cm) | 9.5      | 11.0 | 12.0 | 13.9 | 15.5 | 52.7 | 55.4 | 56.6 | 68.9 | 59.8 | 61.9 | 62.5 | 64.3 | 64.7 | 66.4 | 67.7 |
|              | 9.9      | 11.2 | 12.5 | 14.1 | 43.4 | 52.9 | 55.7 | 57.1 | 59.2 | 61.6 | 62.1 | 62.7 | 64.5 | 64.8 | 66.5 | 67.8 |
| 裂隙宽度 (cm)    | 0.4      | 0.2  | 10.5 | 0.2  | 27.9 | 0.2  | 0.3  | 0.5  | 0.3  | 1.8  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.1  |
| 备注           | 剖面全长69cm |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

(2) WR2观测点 (1985—1986年情况见1986年报告)

| 裂隙序号         | 1          | 2         | 3         | 4         | 5         |
|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 裂隙至基点距离 (cm) | 0—0.5      | 15.6—15.9 | 17.0—49.1 | 49.7—81.5 | 84.4—89.1 |
| 裂隙宽度 (cm)    | 0.5        | 0.3       | 32.0      | 31.8      | 5.2       |
| 备注           | 剖面全长91.5cm |           |           |           |           |

(3) 石铺裂隙变化量 (即WR5观测点) :

| 裂隙点序号          | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13  | 14 | 15 | 16 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
| 1986年裂隙间距 (mm) | 84 | 78 | 22 | 32 | 44 | 16 | 19 | 20 | 16 | 15 | 17 | 14 | 154 | 22 | 14 | 14 |
| 1987年裂隙间距 (mm) | 83 | 79 | 23 | 34 | 44 | 15 | 19 | 22 | 16 | 16 | 18 | 13 | 153 | 23 | 13 | 15 |

(4) WR4风化剥蚀速率观测点:

WR4-1: 1985年初始距离67cm, 1986年为64.9cm, 1987年为65.1cm。

WR4-2: 1985年初始距离72.2cm, 1986年为71.8cm, 1987年为72cm。

(5) FH4基岩冻胀量测点 (1985—1986年冻胀量见1986年度报告)

| 相对突起状况    | ①高于② | ③高于② | ⑤高于③ | ④高于③ | ⑥高于② | ⑤高于⑦ |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| 突起高度 (cm) | 1.8  | 0.9  | 3.9  | 3.7  | 14   | 0.8  |

(6) 空冰斗分层冻胀仪冻胀量的量取:

| 各套管编号               | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |     |
|---------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 各套管在地表下的深度 (cm)     | 0—15    | 15—30 | 30—45 | 45—60 | 60—75 | 75—90 |     |
| 各套管钢筋顶端距中轴顶端距离 (cm) | 1986年7月 | 5     | 5.4   | 5.3   | 4.8   | 5.4   | 5   |
|                     | 1987年6月 | 4.0   | 4.5   | 4.3   | 3.9   | 5.2   | 4.8 |

由上表可知各层套管均因冻胀而缩小了与中轴钢筋的距离,其中0—15cm和30—45cm深度冻胀量最远,分别达1cm。

(7) 废弃公路石流坡变化量量取: MM5石流坡位于废弃公路南坡,全长9.6m的横剖面在1985—1986年间平均向前运动13.3cm/a,这次观测发现有38处涂漆砾石向下运动,平均前移10.4cm/a。

| 距西侧基点距离<br>(cm) | 60         | 80          | 88         | 122     | 150       | 180       | 210       | 230       | 260         | 290       | 310        | 340       | 350     |
|-----------------|------------|-------------|------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|---------|
| 砾石前移距离<br>(cm)  | 蓝11        | 蓝9          | 蓝22        | 蓝25     | 蓝11       | 红13<br>蓝8 | 红11<br>蓝8 | 红11<br>蓝8 | 红43<br>蓝6   | 蓝8        | 红7.5<br>蓝5 | 红6<br>蓝4  | 红蓝3     |
| 距西侧基点距离<br>(cm) | 388        | 410         | 425        | 440     | 455       | 470       | 525       | 540       | 550         | 575       | 605        | 645       | 655     |
| 砾石前移距离<br>(cm)  | 红6<br>蓝4.5 | 红29<br>蓝7.1 | 红7.5<br>蓝6 | 蓝7      | 蓝7        | 红6        | 红9<br>蓝5  | 红8        | 红蓝<br>8.5   | 红蓝<br>9   | 红蓝<br>7.5  | 红蓝<br>7.7 | 红蓝<br>6 |
| 距西侧基点距离<br>(cm) | 680        | 705         | 730        | 770     | 790       | 850       | 865       | 895       | 915         | 920       | 937        | 952       |         |
| 砾石前移距离<br>(cm)  | 红蓝<br>6    | 红蓝<br>6     | 蓝红<br>5    | 红蓝<br>6 | 红蓝<br>3.5 | 红蓝<br>8   | 红蓝<br>5   | 红7<br>蓝4  | 红11<br>蓝6.5 | 红13<br>蓝8 | 红19<br>蓝8  | 蓝8        |         |

注: 红: 为1985年涂漆砾石, 蓝: 为1986年涂漆砾石

#### 4 RG2石冰川前缘坡卸载量观测

1985—1986年曾两次在RG2石冰川前缘设100块涂红漆编号砾石做为卸载量观测,今年又在前缘坡西侧设80块涂红漆编号砾石观测卸载量。(每隔0.5m设一涂漆编号砾石)。

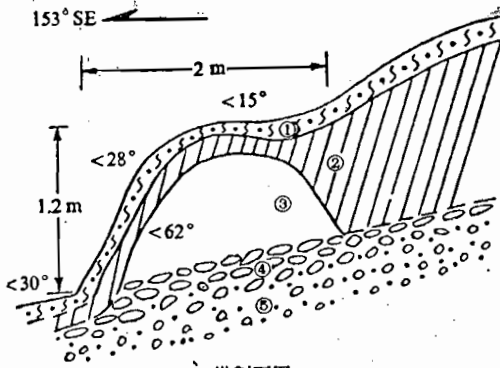
对1986年编号砾石观测发现如下结果:

第5块消失,第7块到达8—9之间(水平位移约2m),第13块到达93—94之间(水平位移约30m),14到达55—56一线(水平位移约8m),15到达52—53一线(水平位移约6.5m),24至37—38一线(水平位移约4m),65至66—67之间(水平位移约80cm),73消失,83,84,85滚至坡脚(水平位移约8m),86至88—89之间(水平位移约1m)。

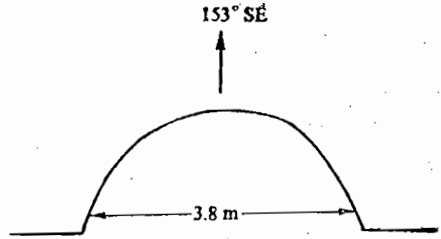
#### 5 冻胀丘的形态及剖面特征

(1) 空心式冻胀丘的发现 1987年6月4日下午,笔者在大西沟气象站NE500m处发现一圆形空心冻胀丘,此处海拔3500m(据盒式气压高度表读数)、坡向153°SE、沉积面坡度30°。此冻胀丘高出地表1.2m,纵剖面长2m,横剖面直径(自E向W量测)为3.8m。开挖发现此冻胀丘为5层结构。表层为厚20cm的腐殖质层,第2层为厚12cm的块冰层(冰温-8°C,含少量汽泡),第3层为直径约1.5m的空洞,第4层为松散砾石层。第5层为含粒状冰冻土层,见下图所示:





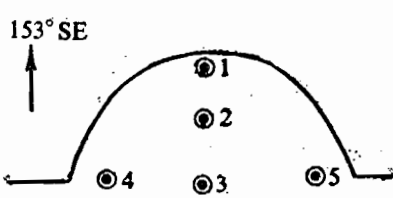
A. 纵剖面图



B. 俯视图

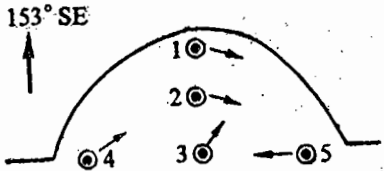
- ①多草被褐色腐殖质土层，厚20cm；②块冰层厚12cm（含少量气泡），③穹窿式空洞（直径约1.5cm），  
④松散砾石层；⑤含粒状冰冻土层

为观测此冻胀丘的变化。我们于6月4日在其顶部打下5根各长0.5m的细钢筋（直径8mm）并量测了相对距离如图所示：



- 1→2 : 66cm,                      1→5 : 189cm,  
2→3 : 71cm,                      1→4 : 188.5cm  
3→4 : 136cm,  
3→5 : 128cm,

6月16日发现此冻胀丘已发生坍塌，顶部各桩位发生移动，移动方向和变化量如下图所示：



- 1→2 : 60cm,                      1→5 : 171cm,  
2→3 : 66cm,                      1→4 : 180cm  
3→4 : 126cm,  
3→5 : 114cm,

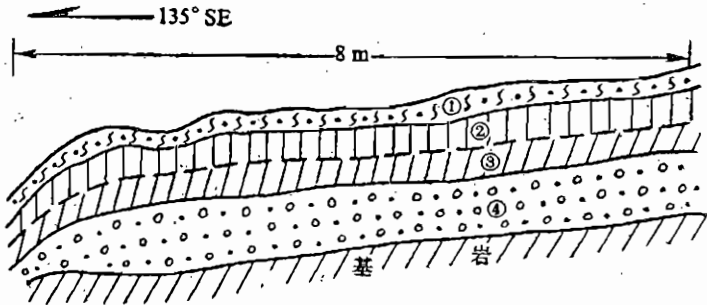
量测时发现细钢筋明显倾斜，倾斜方向如上图箭头（↘）所示。除水平位移外，还发现细钢筋高度下降，其中⊙1下沉15cm、⊙2下降10cm、⊙3下沉5cm、⊙4下沉2cm、⊙5下沉8cm。此冻胀丘在12天内发生较大的变化，除自然因素（气温升高）外，与我们人为开挖剖面使地下冰暴露加速其热融坍塌有关。

此类冻胀丘据来访的波兰波兹南市ADAM MICKIEWICZ大学第四纪研究所所长 Andrzej Koszrewski教授所称，在以往的文献中还未见报道。笔者对此冻胀丘的成因做了初步探讨，认为主要有以下几个原因致使在此处形成这种季节性冻胀丘：

1)此处位于多年冻土区，冬季冷波传递较深，且上方有融雪水、雨水作为开敞型的补给源，易在此山坡坡脚处形成较厚地下冰。由于冬季地下冰体增厚，故使地表土层被冻胀后顶起呈圆丘状；2)冬季冻结期间此冻胀丘内部为实心冰体充满（当时并非为空心冻胀丘），当消融季节来临时，上方的流水沿此冻胀丘底部沉积面流过，由于流水具有比

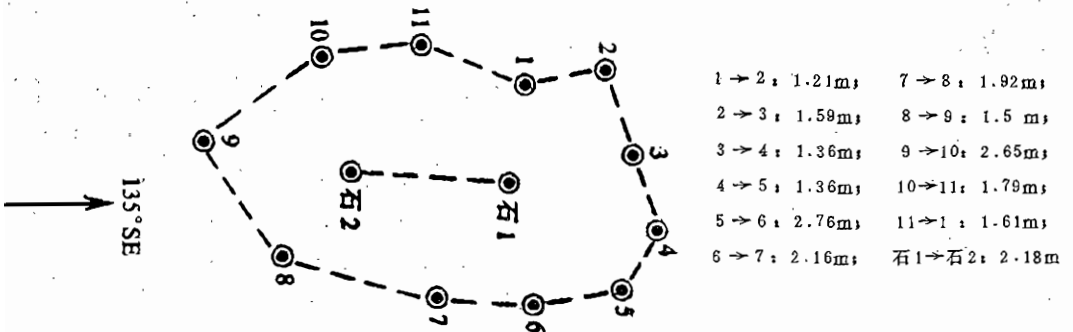
冰体较大的热容量，故使得流水经过处的冰体逐渐融化，加之消融季节地温逐渐升高进一步增强了对冻胀丘内冰体消融的过程。由于流水和地热的影响来自冻胀丘底部（比冻胀丘表面受阳光直接照射的增温影响更为显著），故此冻胀丘逐渐由实心向空心演变，直到夏季气温地温升高至使冻胀丘坍塌为止；3）此冻胀丘为季节性冻胀丘，并非象《天山冰川站指南》所提到的“距气象站以北200m有可疑性多年冻胀丘”。它实际上只是在冬季至消融季节初期存在，至盛夏即会消失；4）此冻胀丘出现在向阳的一坡，主要是因地表有较厚的细粒土质（亚粒土、亚砂土）、底部有基岩做为隔水底板，地表下的流水在基岩面上流动，较好的强冻胀性土、保水性好的亚粒土和亚砂土以及较好的隔水基岩，使得此处具备良好的成冰冻胀条件，加之本区南坡比北坡冻融频率高（据气象资料，南坡大西沟气象站昼夜气温在 $0^{\circ}\text{C}$ 上下波动的天数达130天左右，而位于阴坡坡脚的总控水文点仅为106天），另外北坡细粒物质少，主要为粗大风化岩屑，所以天山乌鲁木齐河源的冻胀丘出现在南坡是不难理解的。

(2) 含针冰、块冰冻胀丘的形态和剖面：在空心式冻胀丘正南下方约15m处，我们还发现另一呈不规则长条形含针冰和块冰的冻胀丘。此冻胀丘长8m，最宽处4m，顶部有一纵贯全剖面的长裂隙，裂隙最宽处达17cm，此主裂隙四周还有数条呈树枝状的较细的分枝裂隙。开挖出的剖面表明，此冻胀丘为4层结构，表层为疏松褐色腐殖质层，多草被；第2层为厚30cm的针冰层（针冰直径在5mm—1.2cm之间）；第3层为厚25cm的块冰；第4层为含粒状冰的冻土层（有大量细粒岩屑）。测得冰温为 $-8^{\circ}\text{C}$ ，冻土温度为 $-7.5^{\circ}\text{C}$ 。剖面如下图所示。



①褐色多草被腐殖质土层；②针冰层；③块冰层（含少量小汽泡）④含粒状冰冻土层

为观测此冻胀丘变化，笔者在其表面打下11根直径8mm的涂红漆细钢筋，另设两处



石质观测点，如上图所示：

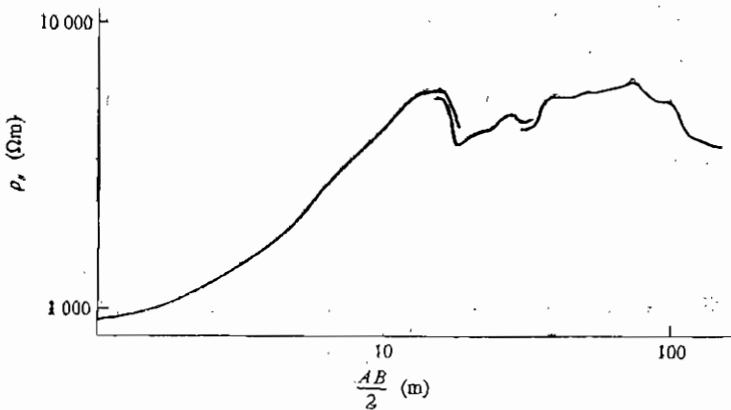
6月16日测量时发现各测点位置有如下变化：

|               |                 |                 |
|---------------|-----------------|-----------------|
| 1 → 2 : 1.37m | 6 → 7 : 2.09m   | 11 → 1 : 1.61m  |
| 2 → 3 : 1.25m | 7 → 8 : 1.93m   | 石1 → 石2 : 2.15m |
| 3 → 4 : 1.60m | 8 → 9 : 1.50m   |                 |
| 4 → 5 : 1.38m | 9 → 10 : 2.67m  |                 |
| 5 → 6 : 1.34m | 10 → 11 : 1.78m |                 |

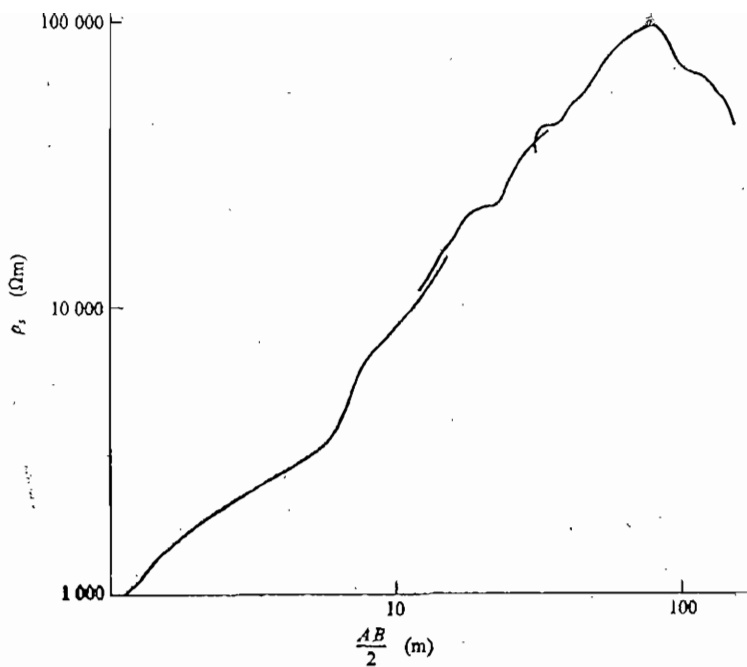
初步分析，此冻胀丘成因主要是：

- 1) 由于沉积面坡度较缓 (小于 $10^\circ$ )，地势比上方的空心冻胀丘低洼，故雨水、融雪水在此处汇集较多，排水不敞加之有较厚的细粒亚粘土，亚砂土土层和隔水性好的基岩底板，故能形成总厚达55cm的冰层，由于消融初期流水影响小故未出现空洞式冰穹窿；
- 2) 根据含粒状冰冻土的特征可推测，冬季冻结期间冷波传递较快，以致于土中水分以较快速度向冻结面迁移，故形成含粒状冰冻土。但从冰体的两层性结构看，上层为针冰，下层为较密实的块冰，说明地下冰的成冰过程有两个不同阶段；冻结期间冷波从上下两个方向向冻结面传递，水分向冻结面迁移形成分凝冰，但似乎从下往上的分凝冰形成条件较从上往下的分凝冰形成条件要好，因此前者形成较密实的块冰，后者形成较疏松的针冰；
- 3) 根据测桩变化和剖面的观测表明，此冻胀丘在12天内亦有较大变化，冰体有减薄的趋势，融水增多，表面裂隙增大，土体下沉，故说明此冻胀丘亦为季节性冻胀丘。可以预见，当盛夏来临时它亦会分崩离析，而只在冬季至消融季节初期存在；
- 4) 此冻胀丘仍出现在南坡，其原因与分析空心式冻胀丘时的成因亦有相同之处。

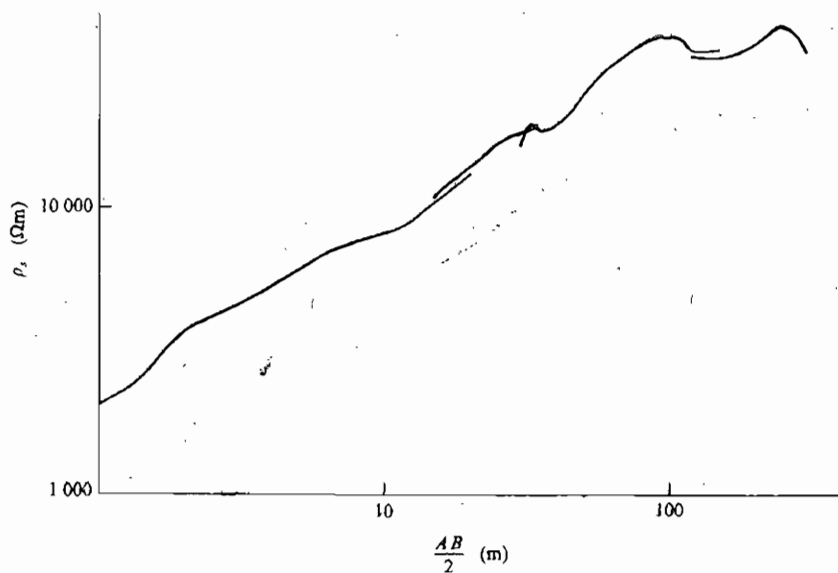
笔者认为空心式冻胀丘的发现具有重大意义，对其形成和消亡过程的研究，以及对含针冰、块冰冻胀丘的过程研究将使本区冰缘地貌的研究推向一个高潮，而且将其形成过程和成因与世界其它冰缘区冻胀丘进行比较是极有趣味的，有助于新理论、新观点的提出；从气候学角度看还能反映本区特殊的大陆性内陆高山气候的特点。笔者建议今后可将此两类冻胀丘做为冰缘研究的重点课题加以深入研究，以此推动我国冰缘地貌过程研究的进一步发展。



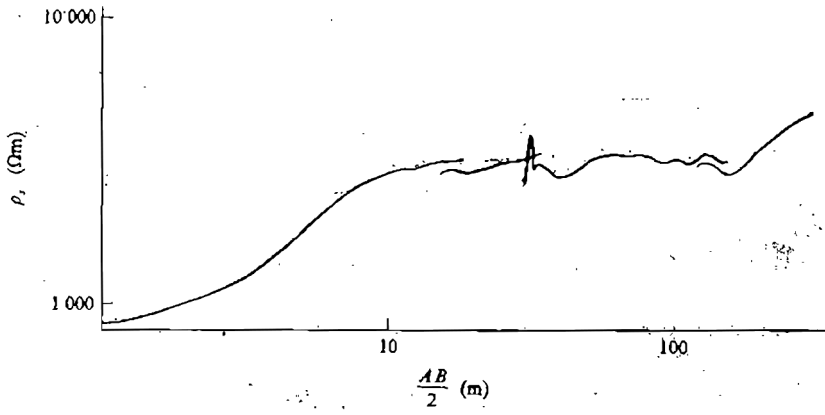
附图1 气象站新冰期冰碛电测深剖面图



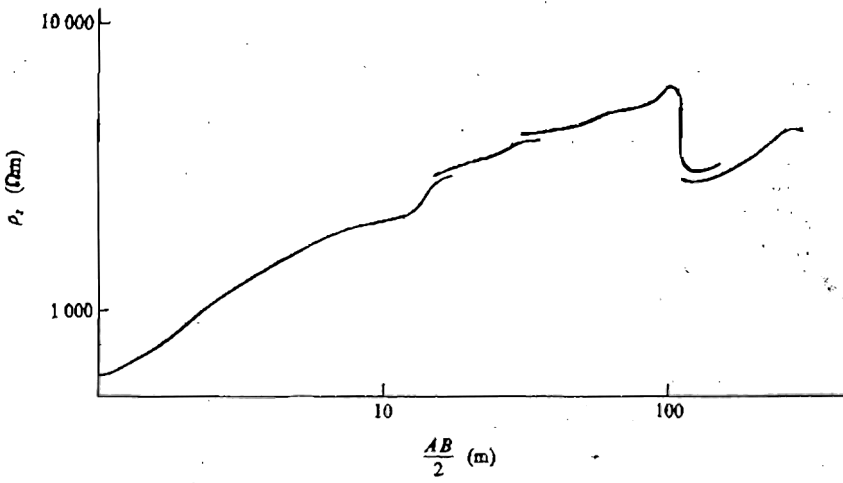
附图 2 山南RG 3 石冰川电测深剖面图



附图 3 山北石冰川电测深剖面图



附图4 望峰冰碛电测深剖面图



附图5 气象站冻土电测深剖面图

# 天山冰川观测试验站通过开放论证

梁大兰

1987年9月22—26日由院资源环境局主持，在乌鲁木齐市召开了兰州冰川冻土研究所天山冰川观测试验站开放论证会，通过了由科研单位、大专院校、生产单位的12名专家组成的评审委员会的评审论证。

天山冰川站创建于1959年，1967年因“十年动乱”被迫停止工作，1979年恢复重建。天山冰川站自恢复以来，在中国科学院的领导和支持下，在基本建设、观测研究、实验室建设、人员培训和开展国内国际合作研究等方面均发展较快，在我国冰川研究中，起了重大作用，吸引了大量国内外学者参观访问，已成为国际上著名的冰川站之一。

该站位于天山中段天格尔Ⅰ峰北坡的乌鲁木齐河源，在中山带2130m处建有基本营地，在3500m处建有高山营地，主要观测研究项目布设在天山Ⅰ号冰川。研究方向是中纬度大陆型高山冰川的形成、运动和变化机制；冰川和周围环境的能、水、质交换过程；冰川对气候变化的响应；冰川、季节性积雪和冻土在山区水资源形成中的作用及高山径流的形成过程；山区冰川、气候、水文、冰缘和地貌综合自然过程及其与生态环境和第四纪冰川演变的关系；并积累科学观测试验资料，以促进建立我国高山区以冰川为中心的学科体系，为西北山区开发、水资源利用和环境变化预测提供依据。

会议期间，与会代表和评委，到天山冰川站和Ⅰ号冰川进行了参观和实地考察，听取了学术报告，并就申请开放的有关问题进行了认真地答辩和评审。评审意见认为：“天山冰川观测试验站自1959年建立以来，已历28年。站址位于天山中段北坡乌鲁木齐河流域源头。作为主要研究对象的河源各条冰川，在亚洲中部大陆型高山冰川中具有广泛的代表性。

天山站的研究方向明确，研究内容充实且比较切合实际，体现了以大陆型冰川研究为主体、在可能条件下兼及高寒山区自然环境研究的特点。评委认为，确如该站开放申请书所陈述的，天山冰川站的研究工作，将为建立大陆型冰川学科体系奠定坚实的基础，为水资源估算和预测方法，为气候和环境变化提供科学数据。同时，还将为解决山区建设中的冰冻灾害问题提供科学依据。天山站作为我国唯一的冰川定位观测试验基地，拥有实力比较雄厚的科技人员，长期以来取得了多方面的成果，有较高的学术水平，基本跟上了国际冰川学发展的趋势，国内外冰川学家都曾给予好评。

该站在世界各国冰川站网中，占有重要位置，自1979年恢复以来，工作和生活条件已有显著改善，先后有10余个国家上百名专家来站访问或开展合作研究，通过上述合作，研究水平又有了进一步提高。评委认为，天山站已具备中国科学院关于野外开放站的条件，同意把天山站作为开放站，并相信这将有力地促进我国冰川研究的发展。

我们希望，天山站的骨干科研力量和学术带头人能得到保证，近期研究项目应突出重点，观测实验手段尽速现代化，夏季营地的工作生活条件能迅速得到改善”。

会后，中国科学院将依据此次评审论证意见正式批准天山冰川观测试验站对国内外开放，并提供相应的研究和正常维持经费。