

二十五年来北天山的冰川状况

(1956—1981)

——对北天山主冰川的堆积消融与物质平衡的多年观测成果

К·Г·马卡列维奇等

(苏联哈萨克加盟共和国科学院地理所与哈萨克大学)

根据国际地球物理年的筹备研究计划, 1956年在外伊犁山的图尤克苏冰川与捷尔斯克伊山的卡拉巴特卡克冰川开始对北天山冰川状况进行了有计划的研究。尔后, 包括国际水文十周年年会等部门的计划, 也对外伊犁山、昆格山和吉尔吉斯山脉的其它冰川进行了规范化的观测, 新资料证明了早先所获结论, 即北天山主要冰川作用过程的同步性与方向的一致性。对外伊犁山冰川水文气象测量代表性的估算表明, 冰川融解的消融条件、径流形成及其它情况都相类似。

考察期间, 大气环流径向类型E和C占优势。当大气环流为E型时, 便形成高空极地槽, 冷而湿润的气团沿着该槽由北和西北方向流向哈萨克的东南部。当大气环流为C型时, 由南部与西南部吹来的干燥而过热的热带气团便形成高空极地脊。W型气团的纬向环流特征是湿润性和热流量的条件适中, 但仅在1955—1957年出现过。综合类型的宏观过程系列是: W型: 1955—1957年; C型: 1958—1962年; E型: 1963—1973年; C型: 1974—1979年。从1980年起开始出现E型渐弱期。

在每一时期内的个别年份, 大气环流过程常常发生剧烈变化。比如, 在E型期中, 从1963年至1973年中有三年(1964, 1968与1973年)沿极地高峰带的断口处有明显的峰脊, 促使暖流流向哈萨克东南部和邻近地区。1964年的冬季月份气候暖和, 降水极多, 但夏季凉爽, 这说明物质平衡中总的情况是良好的。

夏季气温是年消融量的最主要指标, 而冰川补给线高度上的消融量等于堆积量。消融与堆积的机理可以根据夏季各月份气温与多年平均值之差来研究, 夏季降水的反常数据, 在更多的情况下, 这些数据按照气温异常的特征来看是不同的。

对于北天山冰川作用非常不利的是1974—1979年。当时热流流入量增加, 年内暖季月平均气温升高, 年降水量明显减少, 记录到大气干旱频率高, 故冰雪消融量增加。

大气降水是北天山冰川补给的主要源泉。来自邻近山谷风吹雪迁移实际上很少, 无冰川坡地的雪崩补给几乎没有。大体上聚合系数近似1, 虽然在同一冰川的个别高层带内它也可能或大或小, 这与雪暴和雪崩发生后雪的再分配有关。冰雪的堆积一般始于9月中旬。

形成不融化雪被, 而意味着堆积期开始的第一批降雪的最早日期是在8月下旬或10月上旬。主要堆积期结束多次记录到是在5月末或6月上旬, 一般认为是6月初。25年平均的冬季月份占年堆积总量(极限值为39—95%)的59%。25年中, 有一半的年份是冬季雪的堆积

超过夏季, 1/4的年份是夏季固体降水堆积超过了冬季, 其余年份的冬季降水与夏季一样。因此, 冬季降雪对北天山冰川补给起主要作用。与冬季冰川平衡一致的冬季堆积的绝对值为350—880公斤/米², 25年的平均值为610公斤/米², 冬季堆积和年堆积与25年的平均值的偏差几乎总是同一数字。冰川上部的夏季降雪补充了堆积, 而使中部与下部增加了表面反射率, 降低了冰川的消融速度, 因为冰川的消融80—90%有赖于太阳辐射。

平衡年份的多年堆积过程。以E型径向环流为主的1963—1973年是冰川物质平衡的最好时期。由此, 堆积量增加了, 正偏差与平均值相比超过29%, 而平均值则高于25年的平均数的10%。1974—1979年为C型环流, 是一个反常的干旱期。6年平均年堆积量为17%, 低于25年的年平均值。

冰舌25年年平均消融列时120天, 从上述冰川消融看, 这个期限缩短了。25年的年平均消融量为1290公斤/米²。年消融量的最大绝对偏差是-490至+980公斤/米²或-38%至+76%之间。1963—1973年为良好冰川作用期, 消融值的极限偏差比1974—1979年反常干旱期减少2/3(致使冰川物质大量消耗)。

冰川上雪的消融与冰相比, 具有多年平均指数比冰偏差小的特点: 从-130公斤/米²(即相当于-18%)至+90公斤/米²(即相当于+12%), 以及从-420公斤/米²(即-75%)至+990公斤/米²(即+77%)。冰消耗的绝对值取决于消融期的长短。冰川表层雪的融化平均多于冰, 同时它们明显地超过物质平衡的收入部份。

消融与冰川表层的吸热量密切相关。1958年依靠辐射流与乱流热交换记录了一次最小热流入量。当时, 在冻冰消融期内, 这种收入量整个只有379兆焦耳/米²(或者为8.2兆焦耳/米²昼夜), 列时46天。1978年曾有一股最大的热流入量, 其量达1134兆焦耳/米²(或11.2兆焦耳/米²昼夜), 列时101天。25年来总消融变差系数为0.26, 而冰的消耗则为0.58。

25年平均平衡年为363天, 其最短期为335天, 最长期为390天。一个平衡年中所获取的物质平衡, 对于整个冰川面积来说, 年堆积与年消融的比值是有差异的。在这期间, 它的平均值为-270公斤/米², 接近物质平衡的平均值, 等于-290公斤/米²。1958—1962年期间是C型环流低湿润的年份。在异常干旱的1974—1979年间, 图尤克苏冰川物质平衡遭到破坏, 平均为-820公斤/米², 对于冰川作用较有利的1968—1973年, 物质平衡共计达-170公斤/米²。多年平均值的物质平衡偏差1978年是最大的负值, 为-1210公斤/米², 而1964年是最大的正值, 为+790公斤/米²。25年来冰川的物质消耗量为12%。同期, 根据冰川大地测量数据, 所获得的冰川物质的减少值也大致是这个数。

在极端气候条件的年份里, 小阿尔马金山盆地的其它冰川物质平衡值与图尤克苏冰川是近似的。普通年份中, 冰川的物质平衡特征, 因其状况、层位、和方位条件等等的不同, 而不总是相吻合的。例如, 首端在小阿尔马金山支脉斜坡, 高度为4350米, 尾端标高为3700米的“游击队”冰川通常出现正平衡, 这是由于在相当好的气象条件下, 堆积地带充分地堆积, 物质的获得多于损失。图尤克苏冰川盆地有另外两个悬冰川, 由于它处在高度为3850—3500米两陡坡间, 对于物质的积累没有起到促进作用, 相反, 出现负平衡。该地的消融作用非常强烈, 这是由于冰川被无森林的坡地与冰渍物所环绕, 受到阳光强烈地增温所致。

雪线高度是冰川物质平衡的指标。雪线的高低摆动反映了由一个宏观环流时期交换到另一个宏观环流时期的天气动态。最近25年中, 图尤克苏冰川雪线高度的摆动幅度为600米, 即由3610米至4210米, 平均高度为3790米。在过去的1879—1956年期间, 这个幅度为305米,

即由3545米至3850米,雪线的平均高度为3693米。这些资料证明,在最近10年中,哈萨克东南部与北天山各山脉中的气候发生了明显的变化,即空气变暖,湿度降低。

图尤克苏冰川雪线高度与物质平衡之间的关系已经建立。它们可用一系列方程式表示,式中的 H_{cl} —雪线高度(米); Ak —年堆积量(公斤/米²); $A\delta$ —雪和冰的年消融量(公斤/米²); $A\delta_1$ —冰舌消融量(公斤/米²); B —整个冰川的物质平衡值(公斤/米²);

$$Ak = 546 - 0.117H_{cl}, \quad \text{JI} = -0.78 \pm 0.08$$

$$A\delta = 0.28H_{cl} - 917, \quad \text{JI} = 0.89 \pm 0.04$$

$$A\delta_1 = 0.27H_{cl} - 968, \quad \text{JI} = 0.90 \pm 0.04$$

$$B = 1458 - 0.39H_{cl}, \quad \text{JI} = -0.89 \pm 0.04$$

以上显示出图尤克苏冰川物质平衡各因素之间更密切的关系,可根据其中的一个值,非常精确地推算出另外两个值来:

$$B = 2.68Ak - 300, \quad \text{JI} = 0.91 \pm 0.03$$

$$B = 153 - 1.4A\delta, \quad \text{JI} = -0.98 \pm 0.01$$

$$B = 53.6 - 1.44A\delta_1, \quad \text{JI} = -0.97 \pm 0.01$$

虽然这些方程式是根据一个冰川计算出来的,但其意义却超出了一个区域的范围。可以认为,图尤克苏冰川对于判定北天山各冰川状况具有一定的代表性,这已被其它各山脉冰川物质平衡的指标所证实。

捷尔苏克伊山和吉尔吉斯山脉冰川物质平衡的多年过程,实际上与外伊犁山脉冰川平衡的变化是相似的。在同时观测的22年中,有19年图尤克苏冰川和卡拉巴特卡克冰川物质平衡数字相符合,它们如同图尤克苏冰川和戈鲁宾冰川10年中有7年相符。

1956—1978年的22年间,卡拉巴特卡克冰川融化了整整一层冰,其水当量为6150公斤/米²。同期,图尤克苏冰川的消耗为6610公斤/米²,这证明,一些冰川之间距离相当远,但它们具有相似的状况。上述两个冰川间的物质平衡极限值的差异极小,1010与960公斤/米²两值很接近。1973—1978年,卡拉巴特卡克冰川平衡的平均值为-500公斤/米²,而图尤克苏冰川则为-910公斤/米²,几乎是前者的两倍。这就证明,被太阳晒热的山麓平原附近,热流量对外伊犁山脉冰川的影响和冰川地带云量减少。个别异常干旱的1962和1968年,图尤克苏冰川的平衡负值总是较大。北天山冰川的物质平衡是在同一气象条件影响下形成的,在极端气候时期,这一特征尤为明显。在被对照的冰川物质平衡中,数量上的差异是由其形态和形态测量特征所决定的。如冻冰范围、粒雪盆的高度、层位的复盖情况等等。卡拉巴特卡克冰川分布在较高的缓坡积雪区,比图尤克苏冰川更有助于物质的积累,虽然该地区的降水量较少。戈鲁宾冰川的降水量同样也偏少,然而,由于有它更深的粒雪盆(200米)和表面有更好的背阳性,所以,物质积累比图尤克苏冰川要多。图尤克苏冰川的垂直度为820米,而戈鲁宾与卡拉巴特卡克两冰川之和才达1020米,这就为它们继续存在创造了更有利的条件。

通过气候对冰川影响的研究,作者把一系列冰川水文气象指标延长到50年,以此确定了大气环流的湿度和温度特征,划分出宏观过程类型,计算出了大气干旱参数等等。

大气环流期的冰川水文气象指数的对比,即雪线(粒雪线)高度、冰川系数、冰舌上的消融和冰川物质平衡等等表明,它们与多年平均值的偏差不但在干早期或潮湿期中有明显的不同,而且在同一期也不一样。例如,1958—1962年间C型环流期,由于雪线高度上升,冰川系数比平均值下降了15%,而1974—1979年间下降了70%,1963—1973年E型环流期,冰川

系数则上升了18%。物质平衡相应地下降了53%和32%，而在湿润期只增长了10%。

更早期的C型环流期，如1939—1944年间，物质平衡值实际上等于1958—1962年间在雪线高度平衡中所观测到的数据。因此，在最近25年的观测期间，冰川平衡发生了重要的变化。

在降雨量增多、气温比C型环流期更低的E型经向环流期条件下，冰川作用反应具有一定的意义。对于两个E型环流期：1963—1973和1930—1938年来说，具有冰川情报价值。图尤克苏冰川物质平衡平均值在第一时期等于+20公斤/米²。而在第二时期雪线平均高度相当于3739米和3700米，冰川系数超过平均值18%和80%时，物质平衡平均值则为+100公斤/米²。这些资料证明，在E型期，湿度降低，而热流入量增加，只是单一的定向过程。

同样，哈萨克东南部高山区的冰川状况也证明，大气温湿条件严重变坏，是不依大环流的形式为转移。冰川是形成径流的主要源泉，特别是干旱年份，在出现E型环流较长的时期，它补偿不了自己的消耗。冰川作用的现状与欧亚大陆大气向湿度降低方面的发展趋势，迫使放弃人为对冰川的影响（以加速冰川融化和得到径流的补充），因为冰川的解体过程是不可逆转的。

在O·A·德罗兹多夫阐述欧亚境内润湿动态的著作中，对干燥度指标作了分析，他指出，干旱不断加剧的情况主要发生在亚洲国家境内，近10年中是最干燥的。一个世纪以来，变暖期中的干旱机率与强度的增加，表现得十分明显，它与大气环流的经向形成发展，与气旋中大气温度相对局部减弱，与水气从海洋向大陆输送减少，以及与水份循环减少的其它一些变化都有关系。甚至显示本世纪或上世纪干燥度的上升，但未发现这种上升与温度自然环境的依变关系。它还不能部分地解释为大气环流的一世纪过程及人类时代的影响。

这些结论与我们在研究冰川状况时（作为干旱区水资源的主要源泉之一）所取得的结论是一致的。所以，多年的冰川研究能够为现代润湿演化过程的研究做出重大的贡献。

节译自《冰川学研究资料》，莫斯科出版，1985年。

刁培先译，朱德祥校。