

新疆阿尔泰山哈纳斯河流域及其邻域 第四纪冰川作用^①

崔之久 易朝路 严竞浮

(北京大学城市与环境学系)

提 要 根据新疆阿尔泰山哈纳斯河流域及其邻域第四纪冰川遗迹的类型和特征,哈纳斯河流域第四纪时期至少发生过5次明显的冰川事件,即倒数第三冰期、倒数第二冰期、倒数第一冰期(末次冰期)、新冰期和小冰期。其中,更新世的3次冰川作用规模巨大,倒数第三冰期的冰川呈半覆盖式,倒数第二冰期和倒数第一冰期时发育了长达96 km以上的大型山谷冰川。古冰川属于冰温高、活动性大和侵蚀能力强的温冰川。从新到老,每次冰期的雪线下降幅度一次比一次大。

关键词 第四纪冰川遗迹 第四纪冰期 哈纳斯河流域 新疆阿尔泰山

1 概 况

阿尔泰山脉横亘于中苏蒙三国交界地区,工作区位于中国境内阿尔泰山西北部哈纳斯河流域,大致位于北纬 $48^{\circ}30'$ — $49^{\circ}20'N$,东经 $86^{\circ}50'$ — $87^{\circ}55'E$ 的范围内(图1),属于中高山带。河谷海拔1000 m以上,两侧山峰海拔多在3000 m以上。主峰友谊峰海拔4374 m。本区出露的地层主要为寒武系哈巴群和泥盆系地层。哈巴群由片岩、花岗岩、玢岩或凝灰岩、细砂岩等组成;泥盆系的地层主要由绿泥石石英片岩、绢云母石英片岩和黑云母石英片岩组成,其间夹有细砂岩。区内主构造为北东—南西向的和张性断裂,它控制了哈纳斯河谷的走向;次一级断裂构造呈东西向或北西—南东向延伸,在平面上横切主构造断裂。阿尔泰山区第四纪冰川作用规模巨大,冰川作用遗迹丰富多样,具有较高的研究价值。作者曾于1989和1990年夏季两度对哈纳斯河流域及其邻近流域第四纪冰川遗迹进行了考察。发现末次冰期可以分为3个阶段,其下限并不在哈纳斯湖口,而是在其下游3.5 km处。比末次冰期早的一次冰期遗迹保存也十分完好,此外还存在一次更老的冰期。

2 第四纪冰川遗迹类型与特征

2.1 冰川地貌

(1) 冰斗 表1是对哈纳斯河流域及其邻近流域内303个古冰斗的高度进行统计

^①本文于1992年1月18日收到,5月20日改回。

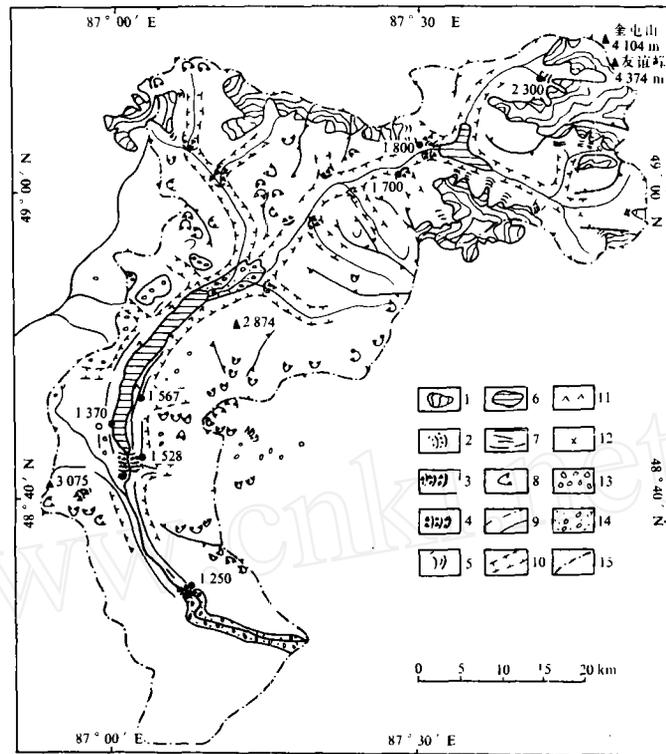


图 1 新疆阿尔泰山哈纳斯河及其临近流域第四纪冰川遗迹分布图

1. 现代冰川; 2. 倒数第二冰期的终碛垅; 3. 倒数第一冰期(末次冰期)的终碛垅; 4. 新冰期终碛垅
5. 小冰期冰碛垅; 6. 湖泊; 7. 侧碛堤坝; 8. 冰斗; 9. 刃脊和角峰; 10. 槽谷; 11. 羊背石或冰溜面; 12. 哑口; 13. 倒数第三冰期的漂砾; 14. 河湖沉积; 15. 流域分水岭

Fig. 1 Distribution map of Quaternary glaciated remains at the Halasi River Catchment and its surroundings, Altay Mountain, Xinjiang, China

表 1 哈纳斯河流域及其临近流域内的冰斗数量和高度统计

Table 1 Numbers and altitudes of empty cirques in the Halasi River Catchment and its adjacent area

海拔 (m)	个数	平均高度 (m)
2 159—2 250	10	2 210.0
2 350—2 450	44	2 415.5
2 600—2 700	201	2 642.0
2 800—2 900	44	2 864.8
3 050—3 150	4	3 080.5

的结果。冰斗可以分为 5 级, 自下而上斗底平均海拔分别为 2 210, 2 415, 2 642, 2 865 和 3 080 m。末次冰期的冰斗, 即海拔 2 600—2 700 m 的冰斗数量最多, 占冰斗总数的三分之二。第二级和第四级冰斗的数量也较多, 各有 44 个。最高一级冰斗多为现代冰川占据, 个别冰斗未被冰川占据, 但有永久雪斑。海拔 2 150—2 250 m 的一级冰斗数

量也很少, 仅在具有准平面的中山带能够见到。冰斗规模较小, 一般面积在 1 km^2 以内。有相当一些未被现代冰川占据的冰斗积水成湖, 成为冰斗冰蚀湖。

(2) 冰川槽谷 冰川槽谷是阿尔泰山区常见的冰川侵蚀地貌, 为判断第四纪冰川作用规模的重要依据之一。工作区内从六班(伐木点, 距哈纳斯湖口约 7 km)开始往上游, 哈纳斯河谷呈明显槽谷形态, 长度可达 100 km 以上, 其支谷也多呈槽形。冰川槽谷在哈纳斯河与其两条主要支流——阿库里滚河和土库尔滚河交汇处, 规模最大。强烈的侵蚀作用, 使这里被蚀低至哈湖现代湖面以下 180 多米。此外, 还可见到新槽谷镶嵌于老槽谷中, 形成 U 形套谷, 这在蒙古村下游 3 km 处最为明显。老槽谷之上分布着较清楚的羊背石。U 形套谷的出现, 反映了第四纪冰川作用的阶段性(图 1)。

(3) 角峰和刃脊 大部分布于现代冰川作用区的源头和古冰川作用区附近的山岭, 海拔一般在 2600 m 以上。在高山现代冰川作用区, 角峰林立, 峰顶明显不尖锐, 外部形态呈金字塔状; 分布在中山带的山峰大多小而浑圆。前者反映冰川作用强烈, 正处于“壮年阶段”。后者反映冰前期夷平面保存良好, 冰川塑造侵蚀作用差。在哈纳斯河河源现代冰川作用的高山带, 刃脊呈尖薄的锯齿状, 反映冰川侵蚀作用是十分强烈的。而在中山带, 槽谷间的分水岭多呈宽坦的长梁状或平缓的鳍脊状。

(4) 基岩冰流面和羊背石 在冰川槽谷底部常可见到这些微侵蚀地貌。在哈纳斯湖两岸基本上均为磨光面, 具有以下特征: 1) 不仅在冰流面上顺古冰川前进方向的迎冰面光滑, 而且在背冰面也有磨光的迹象, 呈类似鲸背岩性质; 2) 具有平行的擦痕。哈纳斯湖上游槽谷中的羊背石, 表面多被草木植被所覆盖, 偶尔可见其暴露于外, 如沿哈纳斯湖两岸可见大量羊背石和冰溜面。另外, 在蒙古村下游的上槽谷中也见到了几个完好的羊背石。

(5) 冰川擦痕和新月形凿口 它们都是古冰川运动时在沿途基岩上留下的痕迹。

2.2 冰川堆积地貌及其沉积物

(1) 冰川漂砾地 工作区内冰川漂砾零星分布在海拔 $1900\text{—}2200 \text{ m}$, 具有准平原面的山地和浑圆状山峦上。在哈纳斯河河谷两侧平缓的山梁和山峰附近, 以及邻近哈纳斯河流域的哈巴河支流和柯姆河支流两侧山梁上均发现有这种漂砾, 高出盆地 $500\text{—}600 \text{ m}$ (图 1, 2)。如哈纳斯湖口附近哈拉开特山峰, 从 1600 m 至 1900 多米均可见到漂砾, 主要为斑状花岗岩, 直径一般 $1\text{—}2 \text{ m}$, 大者可达 $3\text{—}5 \text{ m}$, 呈次棱角或次圆状, 其上有时可见苔藓地衣, 风化程度深。

(2) 冰碛垅 工作区内从所观察地现代冰川(哈纳斯他乌山东南侧)末端开始向下游, 共可见到 6 套冰碛垅系列。

1) 现代冰川的冰碛垅。中碛在冰面上比较明显, 但垅状或堤状的冰碛地貌不太明显。看来现代冰川稳定到现在位置的时间不太长, 终碛垅和侧碛堤并不发育。现代终碛下面有死冰, 其上无任何植被生长, 冰碛物岩性主要为花岗岩和片岩。

2) 小冰期冰碛垅。所观察地现代冰川北侧有一列高出现代冰川的侧碛堤, 已与现代冰川分离, 表面基本上没有生长植物, 仅在与相应堤终碛连接处, 冰川漂砾表面长有少量地衣, 是小冰期形成的侧碛堤。现代终碛以下有 3 道终碛垅, 海拔在 2300—

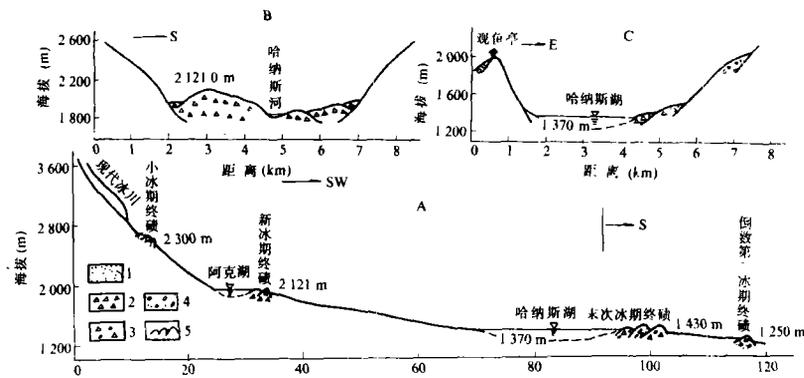


图2 哈纳斯河流域槽谷纵剖面(A)与横剖面(B和C)

1. 小冰期冰碛; 2. 新冰期冰碛; 3. 末次冰期冰碛; 4. 倒数第二冰期冰碛; 5. 冰碛垅

Fig. 2 Longitudinal section (A) and cross-sections (B and C) of the trough, the Halasi River Catchment

2 380 m 之间, 长有苔藓和地衣。表面除有大量苔藓和地衣以外, 还生长有草本植物。

3) 新冰期冰碛垅。共有 3 道, 全部位于森林带内。我们在哈纳斯他乌山观察到, 从现代冰川堤终碛垅开始, 往下游的第四道弧形垅岗表面长有稀疏的树木。从平面上看, 该垅岗呈扇形, 比高不大, 约 20—40 m, 下限海拔为 2 420 m。第 5 道终碛垅表面被原始森林覆盖, 垅的比高可达 100 m 以上, 其前缘已伸到哈纳斯河主谷中, 最低下限可达 1 900 m。第 6 道终碛垅规模远较第 5 道终碛垅的规模为小, 比高 60 m 左右, 下限可达 1 800 m, 全部位于哈纳斯主谷中, 但垅的延伸方向与主谷斜交(图 1)。

从哈纳斯湖湖口到阿克库勒湖口这一段, 除靠近河口的大支谷以外, 其余支谷中的新冰期的古冰川已伸至主谷中, 在支谷出口处留下了新冰期的终碛垅, 海拔可达 1 700 m, 但没有连成一片。

4) 末次即倒数第一冰期的冰碛垅。该冰期的冰碛垅共有 3 套。第 1 套位于哈纳斯湖湖口处, 由 7—9 道弧形垅岗组成的终碛丘陵, 海拔为 1 370—1 400 m, 近哈纳斯湖湖口处的湖岸两侧, 还各有一列海拔 1 400—1 460 m 的低侧碛堤; 第 2 套冰碛垅位于距哈纳斯湖湖口以下约 2.5—3.0 km 处, 由 3 道弧形垅岗组成, 比高为 10—20 m; 第 3 套冰碛垅位于距哈纳斯湖湖口以下 3.5 km 处, 由 4 道弧形垅岗构成终碛丘陵, 与这 3 套终碛垅相对应的侧碛堤连为一体, 大约在哈纳斯湖全长二分之一处消失。哈纳斯湖湖口以上, 由于槽谷窄, 侧碛堤比高较大, 可达 70—100 m 以上, 湖口以下由于槽谷展宽, 侧碛堤比高迅速减至 70 m 以下(图 1 和图 2)。

5) 倒数第二冰期冰碛垅。该次冰期的终碛垅和侧碛堤保存也比较完整。冰川作用的下限低达海拔 1 250 m, 侧碛堤在哈纳斯湖湖口附近隐约可见, 高处现代河床 100 余米至 200 余米, 断断续续向下游延伸。从末次冰期的终碛垅开始到该次冰期的终碛垅之间, 该次冰期的侧碛堤形态完整, 清晰可见。从局部暴露的剖面来看, 侧碛堤主要由融出碛组成, 上部物质较粗, 细颗粒少, 结构疏松; 下部细物质较多, 结构致密。终碛垅位于勃他木衣附近(图 1, 图 2), 比高 80—100 m, 垅岗形态仍可辨出, 下限达 1 250 m。

6) 倒数第三冰期的冰碛垅。该次冰期的冰川遗迹保存较差,形态已难以辨认。但从河谷两侧海拔 1 850—2 150 m 的山梁上所见到许多外来的花岗岩漂砾,大的直径可达 2 m 以上,河谷两侧海拔 1 900—2 100 m 还偶然可见残留的小平台。因此,可以认定是目前发现的最老一次冰期的遗迹,但该次冰期的冰川作用下限尚不清楚。

(3) 冰碛湖 发育在河谷中的湖泊,多属不同时期冰蚀—冰碛阻塞而形成的狭长状湖泊。如哈纳斯湖,全长 27 km,平均宽度为 1.8 km,面积约 48.6 km²,呈两端突出的新月形,是哈纳斯河河谷中的冰蚀—冰碛阻塞湖。上游较小的阿克库勒(湖),呈三角形,长 6 km,宽 1.5 km,面积 9 km²。

3 第四纪冰期划分

阿尔泰山哈纳斯河流域冰期的划分,目前主要有两种意见,分别由刘潮海等(1983),王立伦等(1983)和丁天付(1980)提出。刘潮海等划分为哈纳斯冰期、阿克库勒新冰期(6 000 a B.P.)和友谊峰小冰期(16 世纪),但他们没有详细讨论比哈纳斯冰期更老的冰期(表 2);丁天付划分了 4 次冰期,即铁力沙干冰期、那伦冰期、哈纳斯冰期和阿克库勒冰期。其主要依据是那伦河上游支谷(那伦河不属于哈纳斯河流域,它是哈巴河的一条支流)的冰川遗迹划分的前两次冰期,而没有详细调查哈纳斯河主谷,以致得出前 3 次古冰川规模一次比一次大的错误结论。

本文依据地貌特征、冰碛物出露高度、分布位置、风化程度及其相互关系进行冰期划分,现自老至新分别简述如下(表 2 和图 2)。

(1) 倒数第三次冰期 该冰期的冰碛物以漂砾的形式广泛分布于哈纳斯河流域海拔 1 900—2 200 m 的长梁状分水岭上。此外,在哈纳斯河邻近的流域——柯姆河流域上游和哈巴河流域上游的同一高度上也找到了这一时期的巨大花岗岩漂砾,有的漂砾已风化成粒状(图 2)。在哈纳斯河主谷中,冰碛物的分布高度已高出现代河床 500—600 m,高出倒数第二次冰期的冰碛物 400—500 m(图 2),可见当时冰体厚度可达数百米,冰川规模很大。河谷两山梁全部被冰川所覆盖,只剩少数冰原岛山露出地面,似已构成为冰帽式冰川。但这次冰川作用的下限已难以寻觅,但至少低于海拔 1 000 m。勃他木依附近海拔 300—400 m 的小块残留阶地,或许是该次冰期后的间冰期沉积。

(2) 倒数第二次冰期(勃他木依冰期) 该冰期的冰川遗迹保存较完整,以海拔 2 100—2 200 m 的一级冰斗及其相关的冰碛垅为代表。侧碛堤和终碛垅形态完整,多分布于海拔 1 300—1 600 m。终碛垅分布下限位于距哈纳斯湖湖口以下 18—20 km 的勃他木依附近(图 2)。这是一次大规模的山谷冰川活动,比该流域源头最大的现代冰川——哈纳斯冰川还长 100 km。当时有 3 条较大的支谷冰川在现在的哈纳斯湖河口附近汇合,冰川的侵蚀力急剧增大,沿现在的哈纳斯湖侵蚀出一条幽谷。冰退后,哈纳斯湖即基本形成。侧碛堤内侧分布着海拔为 80—90 m 的二级河流阶地,为该冰期后的间冰期沉积。

(3) 倒数第一次冰期(哈纳斯冰期或末次冰期) 本次冰期以海拔 2 400—2 500 m

表 2 新疆阿尔泰山哈纳斯河流域第四纪冰期划分依据

Table 2 Evidences for division of Quaternary glaciations in the Halasi River Catchment of the Altai

时 代	冰 期		划 分 依 据	
全 新 世	哈纳斯他乌山冰期		现代冰舌前缘的三道冰碛垅岗, 表面生长苔藓, 地衣, 刺柏等	
	阿克库勒新冰期	III 阶段	比高 20—40 m 的终碛垅	主谷中表面生长有暗针叶林的三道弧形垅岗和终碛丘陵, 支谷中表面生草的冰碛垅, 海拔 2 600—2 700 m 的冰斗
		II 阶段	比高 100 多米的终碛垅	
		I 阶段	比高 60—70 m 的终碛垅	
更 新 世	倒数第一冰期	III 阶段	哈纳斯湖口的 7—9 道终碛垅	哈纳斯湖湖口附近的终碛丘陵和终碛垅以及低侧碛堤, 表面生长的主要为针叶林, 还有白桦等少量阔叶树木, 海拔 2 400—2 500 m 的冰斗
		II 阶段	距哈纳斯湖口 2.5 km 的终碛垅	
		I 阶段	距哈纳斯湖口 3.5 km 处的终碛垅	
	倒数第二冰期		勃他木依附近的终碛垅和高侧碛堤, 海拔 2 200 m 的冰斗	
	倒数第三冰期		主谷两侧海拔 1 900—2 100 m 的长梁子上广泛分布的漂砾和残留的小平台	

的冰斗和哈纳斯湖湖口附近的内侧碛堤和 3 套终碛垅为代表(图 2)。3 套冰碛物代表 3 个不同的冰川作用阶段, 暴露于大气中的冰碛石已遭受风化, 表面已有钙膜沉淀, 与天山望峰冰期冰碛很相似。这也是一次大规模的山谷冰川活动, 比最大的现代冰川要长 80 多公里。巨大的冰川主体沿哈纳斯河河谷自北向南移动, 将间冰期沉积在哈纳斯湖中的河湖相沉积物推挤到冰川前缘沉积下来, 因此该冰期冰碛物中含大量磨圆极佳的砾石。冰碛物分布于哈纳斯湖以南的谷地中, 三套终碛垅系列说明该冰期中有过 3 次气候波动。该期冰川活动的最低高度约为 1 360 m, 在哈纳斯湖附近可清晰见到末次冰期对它以前的冰期主冰川谷的切割现象。末次冰期后, 哈纳斯湖和哈纳斯河水系已发育成现代的面貌。哈纳斯湖冰水三角洲发育, 冰上部分还发育了海拔 8—10 m 的 I 级阶地。哈纳斯湖上游也可见到海拔 8—10 m 的冰水阶地沉积, 哈纳斯湖下游 I 级阶地海拔仅 1.5—2.0 m, 河间洼地还有小水洼子。

(4) 新冰期(阿克库勒新冰期) 新冰期(4 040 ± 80 a B.P.)以小冰期终碛垅下游的 3 道终碛垅和阿克库勒下方海拔 1 700—1 800 m 的冰碛垅岗以及海拔 2 600—2 700 m 的冰斗为代表(图 2)。该冰碛垅形态完好, 岩屑风化程度较浅, 生长有暗针叶林, 厚度从几米至上百米不等。冰碛垅间发育的不到 1 km² 里的数个小湖至今保持完好, 反映其时

表 3 阿尔泰山哈纳斯河流域第四纪冰期划分

Table 3 Comparison of different divisions of Quaternary Ice Age in the Halasi River Catchment

划分者	刘潮海, 王立伦 (1983)	丁天付 (1980)	本 文	
全 新 世	友谊峰 小冰期		哈纳斯他乌山 小冰期	
	阿克库勒新冰期	阿克库勒冰期	阿克库勒新冰期	III阶段
				II阶段
			I阶段	
更 新 世	哈纳斯冰期	哈纳斯冰期	哈纳斯冰期(倒数 第一冰期)	III阶段
				II阶段
				I阶段
		那伦冰期	勃他木依冰期 (倒数第二冰期)	
	铁力沙干冰期	倒数第三冰期		

代较新, 应为第四纪末次冰期后一次比较显著的冰川前进阶段。暴露于气下的末次冰期冰碛的冰碛石上钙膜¹⁴C年代为 $4\ 040 \pm 80$ a B.P., 反映了一次干冷时期, 似与新冰期时代相当。在天山 1 号冰川前该新冰期时代距今大约 4 500 a。两地新冰期时代差不多。该次冰期的终碛垅前后有 3 道(图 2), 以中间一道规模最大, 比高达 100 多米, 最末一道比高仅 20—30 m, 表明新冰期的冰川活动也有过 3 次明显波动。大的支谷均有冰川活动, 但冰川末端多数仅达支谷口, 没有深入到主谷中。该次冰川活动也是山谷冰川, 但规模远比前 3 次的冰川规模小。该冰期后的间冰期沉积主要是阿克库勒湖三角洲沉积发育。

(5) 小冰期 现代冰川前缘的 3 道终碛垅(图 2), 表面已生长有苔藓和地衣, 少数生长有少量刺柏等灌木, 它们应该是 16—17 世纪全球气候较冷引起的冰进形成的(表 3)。

4 第四纪冰川的规模与性质讨论

(1) 古冰川的规模 大量的冰川遗迹证据说明, 在第四纪大冰期中, 阿尔泰山哈纳斯河流域曾发生过 5 次明显的古冰川活动。从老到新, 古冰川规模一次比一次小。在更新世的 3 次大规模的冰川活动中, 古冰川的长度均在 100 km 以上。其中后两次冰期的古冰川为树枝状冰川, 最早一次冰期的古冰川已呈半覆盖式冰川, 使得海拔 1 900—2 200 m 的平缓山梁上广泛分布冰川漂砾。这么大的冰川, 在国内其他地区古冰川中是不多的。全新世的新冰期时, 最大的冰川前端只达到阿克库勒湖湖口, 长度约为 33 km, 部分古冰川没有下达到主谷。小冰期的冰川活动仅局限于现代冰川前缘不远处。与乌鲁木齐河源区相比, 哈纳斯河流域的古冰川长度的波动幅度和雪线降低的幅度也

比较大(表 4)。哈纳斯河流域每次冰期的古冰川长度与该流域最长的现代冰川——哈纳斯冰川长度的比值, 比乌鲁木齐河源对应冰期的古冰川长度与该流域最长的现代冰川长度比值大 1.7 倍以上。

各次冰期的古冰川厚度亦十分巨大。刘潮海等(1983)估计小冰期时哈纳斯冰川前端的厚度可达 200 m 以上。若以侧碛垅和终碛垅与谷底的高差近似代表冰体的厚度, 新冰期时的冰舌的厚度可达 250 余米。在哈纳斯湖沿岸带, 末次冰期的侧碛和终碛垅高出湖面 70—100 m, 而哈纳斯湖最深可达 188.5 m, 可见末次冰碛的冰舌末端附近的冰体厚度可达 250—300 m。在哈纳斯湖出口附近, 倒数第二次冰期的侧碛垅高出末次冰期的侧碛垅和终碛垅 100 余米, 估计倒数第二冰期冰体厚达 300—400 m。倒数第三冰期的漂砾分布高度普遍高于现代河床 500—600 m, 而哈纳斯湖两侧平缓山梁的漂砾与哈纳斯湖最深处的高差可达 700—900 m 之巨, 可见当时冰流厚度之大, 至少在 500 m 以

表 4 哈纳斯河流域及邻域第四纪雪线变化

Table 4 Snowline changes during Quaternary ice-age in the Halasi River Catchment and its adjacent area

时 期	雪线高度 (m)	确定方法	雪线降低值 (m)
现代雪线	3 200 ± 50	AAR 法和冰斗法	
小 冰 期	31 00 ± 20	AAR 法和冰斗法	120—150
新 冰 期	2 860	冰斗法	340
末次冰期 III 阶段	2 640	冰斗法	560
末次冰期 II 阶段	2 420 ±	冰斗法	780
末次冰期 I 阶段	2 420 ±	冰斗法	780
倒数第二冰期	2 200 ±	冰斗法	1 000 ±
倒数第三冰期	?	?	?

上。

(2) 古冰川的性质 从古冰川侵蚀地貌和冰碛物特征来看, 哈纳斯河流域内更新世古冰川的活动性也较强。古冰斗斗坎明显, 已有明显的反倾坡, 不少冰斗斗底已积水成湖, 表明冰斗底已被强烈地侵蚀而加深, 而冰斗湖在天山的乌鲁木齐河源和祁连山等大陆性冰川作用区十分罕见。谷形指数(槽谷横剖面的深宽比例)多在 3.3—3.8 之间。该值接近或略大于乌鲁木齐河河源的槽谷谷形指数。在哈纳斯河主谷中, 有两个规模较大的冰蚀—冰碛湖, 它们和多级冰斗梯一起使槽谷的纵剖面成阶梯形, 成为多阶型纵剖面(崔之久, 1980)。而在乌鲁木齐河源和祁连山等大陆性冰川作用区, 冰蚀岩盆和岩坎少见, 即使有, 规模也很小, 只有冰斗出口处有明显的岩坎, 几乎没有强烈侵蚀形成的冰蚀湖泊, 槽谷纵剖面呈较为平滑的单阶型。哈纳斯河流域内的古冰斗和槽谷的这些特征是冰温较高, 底部滑动运动占优势的温冰川塑造的冰蚀地貌所具有的特征。

此外, 在哈纳斯河流域槽谷底部, 尤其是在靠谷坡的哈纳斯湖两侧, 可见到许多羊背石。这些羊背石不仅在迎冰面和顶部有擦痕和磨光面, 而且在背冰面也有磨光面, 似鲸背岩特征, 这种现象在天山乌鲁木齐河源和祁连山是见不到的。这说明古冰川的冰

温高,厚度大,冰川越过羊背石后没有立即冻结形成复冰,至少充填了羊背石背冰流面的上半部分,使得背冰流面也出现磨光现象。

在哈纳斯湖湖口附近,广泛分布着末次冰期时形成的滞碛和融出碛,其中滞碛的厚度可达 10 余米。在这些冰碛物的粒度组成中,粉沙含量较高,占基质的 31—58%,这说明冰川厚度大,磨蚀能力强,是积极活动型温冰川的又一证据。

在冰碛物中常可见到冰水夹层。冰碛多为次圆状和圆状,部分为滚圆状,这种现象在天山和祁连山的冰碛中是少见的。这说明古冰川除了将间冰期形成的河湖沉积推挤到冰舌前端外,古冰川本身消融较强。

(3) 古雪线变化 哈纳斯河流域现代雪线高度在 3 150—3 260 m 之间,平均约为 3 200 m。若以古冰斗斗底平均高度近似代表古雪线高度,各次冰期雪线下降幅度如表 4 所示。其中,小冰期的古雪线高度,用冰斗法确定平均为 120 m,用 AAR 法确定为 130—150 m,新冰期雪线下降了 340 m。末次冰期的冰斗分两级,代表冰期的早晚两个阶段。代表 I 阶段和 II 阶段的终碛垅因靠得比较近,似代表末次冰期的早一阶段,以海拔 2 400 多米的冰斗为代表,雪线降低值约为 780 m。代表 III 阶段的终碛垅似和 700 m 的冰斗对应,为末次冰期晚一阶段,雪线降低值约为 560 m。如果不考虑山体的上升,倒数第二冰期的古雪线下降值在 1 000 m 左右。古雪线波动幅度比乌鲁木齐河源大(张振栓, 1981; 秦大河 *et al.*, 1984)。只有在降水较丰沛的条件下,雪线在降温相同的条件下才会下降较大。

致谢: 参加野外工作的还有张兵和夏立民同志,在此表示感谢。

参 考 文 献

- 丁天付, 1980. 新疆喀拉斯河流域的第四纪冰川. 新疆第四纪地质及冰川地质论文选集, 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 213—216
- 王立伦 *et al.*, 1983. 我国阿尔泰山现代冰川的基本特征——以哈纳斯冰川为例. 冰川冻土, 5(4): 27—38
- 王靖泰、张振栓, 1981. 天山乌鲁木齐河源冰碛物的粒度分析. 冰川冻土, 3(增刊): 64—77
- 刘潮海、王立伦, 1983. 阿尔泰山哈纳斯河流域冰川遗迹及冰期的初步探讨. 冰川冻土, 5(4): 39—58
- 张振栓, 1981. 天山乌鲁木齐河源的雪线变化. 冰川冻土, 3(增刊): 106—113
- 秦大河、冯兆东、李吉均, 1984. 天山乌鲁木齐河源地区自玉木冰期以来冰川变化和发育环境研究. 冰川冻土, 6(3): 51—62
- 崔之久, 1980. 青藏高原(及其邻近山地)冰蚀地貌发育的基本特征与影响因素. 地理学报, 35(2): 137—147

Quaternary Glaciations in the Halasi River Catchment and its Surroundings in the Altai Mountains in Xingjiang, China

Cui Zhijiu, Yi Chaolu and Yan Jinfu

(*Department of Geography, Peking University*)

Abstract

Based on the Quaternary glacial remains and their characteristics in the Halasi River catchment and its surroundings in the Altai Mountains in Xingjiang of China. It was found that there existed five ancient glaciated stages during Quaternary period. They are the third Glacial Stage, the second Glacial Stage and the Last Glacial Stage in pleistocene, and Neoglaciation and Little Ice Age in Hdocene. The three pleistocene glaciations had a massive scale with ice-capped glaciers. During the third Glacial Stage the main valley was fully occupied by the glaciers with the altitade range from 1 900 m to 2 200 m. The large valley glaciers with the length more than 96 km developed during the second and the Last Glacial Stage. The plaistocene glaciers belonged to temperate type with high ice temperature, the great activity and strong erosion. From the old ice stage to new one, the snowline rose higher and higher.

Key words: Quaternary glacial remains, division of glaciations, Halasi River catchment, Altai Mountains in China