

从博格达峰南北坡第四纪冰川 遗迹看天山冰川作用的多期性问题

王树基

(新疆地震局)

关于我国天山的第四纪冰川,人们所作的研究都是肯定的,但其结论不尽相同,尤其是对于冰期的划分,更是众说纷纭,莫衷一是。笔者曾在我国天山东段(哈尔里克山、巴尔库山和博格达山)作过广泛考察[1],近年来又有机会再次到博格达峰南北坡工作,获得一些新资料,加深了对我国天山第四纪冰川的认识。应当指出,我国天山地区第四纪冰川作用具有多期性。现就博格达峰南北坡第四纪冰川遗迹及其相关沉积,并借鉴南北麓一些第四纪钻孔资料,对这一问题加以讨论。

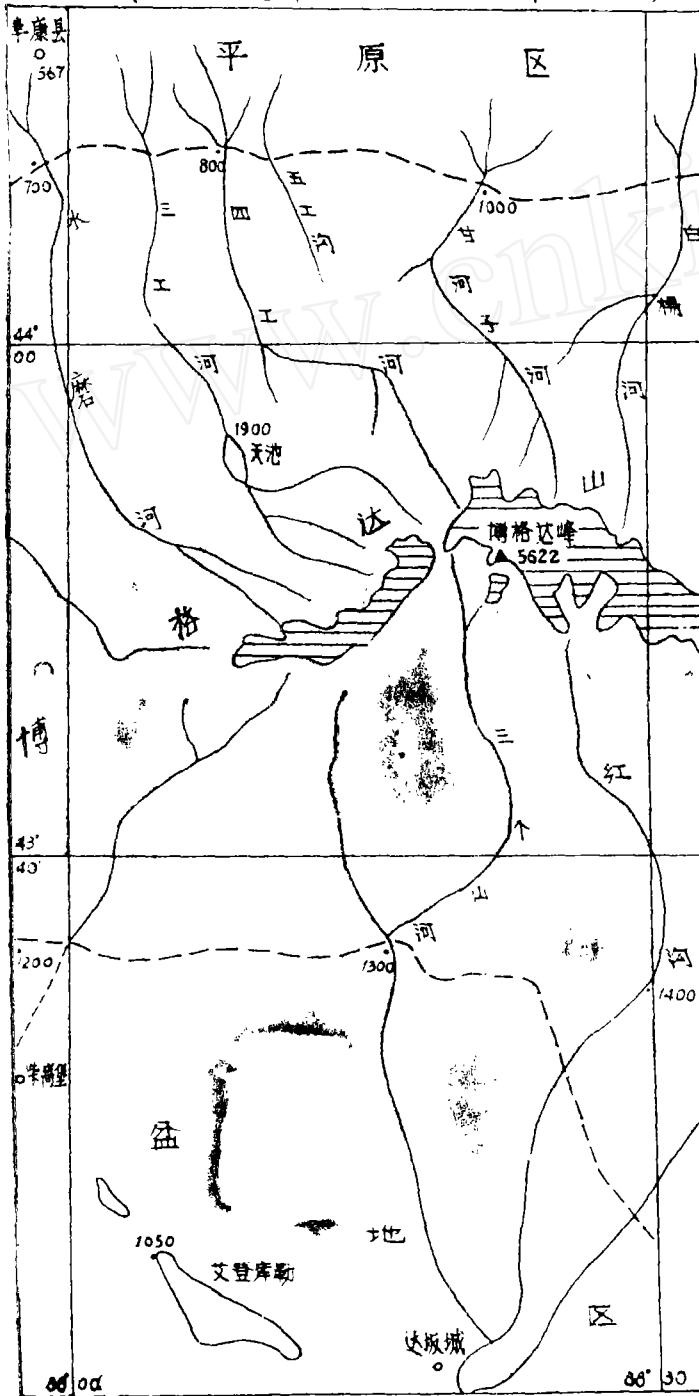
一、第四纪冰川遗迹

博格达峰为我国天山东段最高峰,海拔5622米,而北麓海拔800米,南麓约1200米,相对高差4500米以上,显得非常巍峨高峻(图一)[注]。峰区现代雪线,北坡3860米,南坡4200米左右;因此,即使盛夏,仍是山午银蛇,一派冰雪世界。该峰周围分布着成百条现代冰川,最长的白杨河山谷冰川达7公里,四工河围谷冰川长4.3公里。处于冰后期的今天,冰川作用尚且如此,第四纪冰川作用的全盛时代,其规模必定十分宏伟壮观。

博格达峰南北坡的第四纪冰川遗迹分布很广。冰斗、悬谷、U形槽谷等冰蚀形态触目可见,终碛、侧碛、漂砾等冰川堆积物亦比比皆是。源自该峰北坡四工河谷地的冰川遗迹保存较好(图二),为研究我国天山第四纪冰川的良好地区之一。在海拔3500米和3200米高度上保存着完好的两个冰围谷。前者长、宽约1500米左右,现代冰川的冰舌伸向它的边缘;后者东西宽700米,南北长800米以上,有古冰斗(3330米)高悬于两侧山坡之上。这里海拔3500米左右的山脊,或显刃状,或呈角峰。U形槽谷中广布的冰碛物,反映着不同时代冰川的面貌。3200米以上,冰碛物几乎连续不断,完全突露于地表,羊背岩多处出现,其间有冰川湖泊发育,构成冰碛、羊背岩丘陵景观,为时代很晚的冰川作用遗迹。3200—2700米一段谷地,呈典型的U谷形态,谷底冰碛被后期冰水所切而呈阶地状,它的表面靠近坡脚处为倒石

[注]文内插图由杨纪林同志清绘。

图一、博格达峰南北坡水系分布图

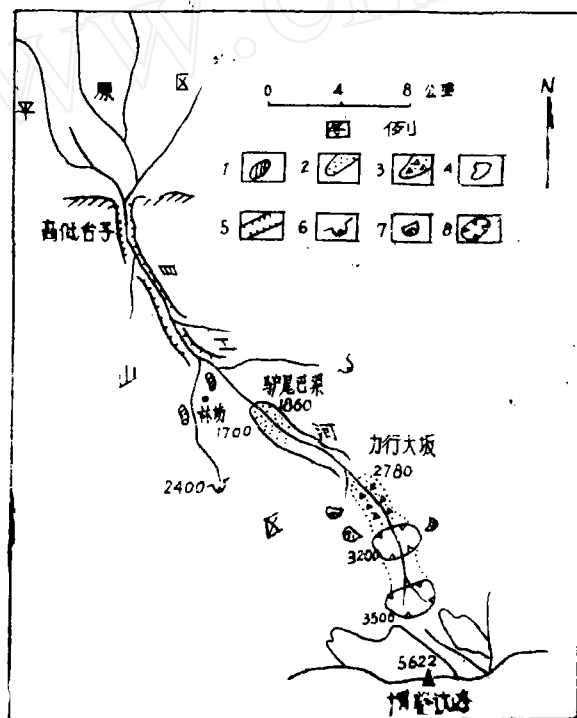


锥所覆，冰碛阶地相对高差数十米。在力行大坂2760米处，表现为高出谷底的垅岗，前端厚度30米左右，表面崎岖，无黄土层覆盖，大冰碛石突露于地表风化土层之上，冰碛物新鲜，多呈黑灰色，未具胶结，基本上保持着原始的终碛形态，其上仅有草被生长，现为夏季牧场。终碛前端距现代冰川10公里以上，为一次冰川作用的见证。由此而下，谷地亦呈U形，但已被改造失去原来面貌。在谷地左侧保存着完好的冰碛体，呈长岗状（老乡称为驴尾巴梁）伸展在河谷之中，冰碛垅前端海拔1860米，距源头约22公里，冰碛体比高70—200米，多为砾径1米左右或更大的冰碛石组成。冰碛物表面擦痕屡见不鲜。该冰碛体表面有数十厘米，乃至数米厚的黄土状物质复盖，其上现被云杉林所覆。从河流所切剖面来看，冰碛物中源自上游的辉长岩、火山角砾岩等占很大比例，冰碛物已有胶结状况，但不坚实。这种庞大的冰碛垅为又一次冰川作用的产物。

四工河林场附近2400米保存着形成更早的古冰斗。这一时期的冰川堆积物，已遭严重破坏而残留无几，仅在林场以下（海拔1600米）发现若干巨大漂砾，最大砾径10米左右。该河出山口左岸第二级高阶地上，还见到砾径2.3—2.7米，源自河流上游的辉长岩巨砾岩块；山口海拔720米附近的谷地中，也出现砾径2—2.5米，呈半磨园状的火山角砾岩、石英岩巨砾七、八处。尽管巨砾上未发现冰川擦痕，但其搬运营力亦可能与冰川作用有关。

与四工河为邻的（西侧）三工河流域，第四纪冰川遗迹也有明显分布。该河上游马路沟（西沟）3200米以上出现明显侧碛。2770米谷地中间（林带以上）为一终碛垅（岩性为辉长岩等），呈小丘座落在河谷中央。海拔1900米的天池湖前缘堆积为又一次冰川作用的终碛垅

图二 四工河第四纪冰川分布图



1. 侧碛第三次冰期； 2. 侧碛第二次冰期
3. 侧碛第一次冰期； 4. 现代冰川； 5. 河谷
6. 古冰斗； 7. 古冰斗与悬谷； 8. 冰圈谷

（图三）。该终碛垅由棱角清楚的大小岩块与砂砾组成，其成分有辉长岩、安山岩、火山角砾岩、石英岩等。围垅厚120—200米，有些部位上层为2—3米的黄土层，下层皆为紫色、灰白色、灰黄色的大小混杂砂砾岩块和粉沫状物质。这种杂色细粒物质正是冰川运行中压缩磨岩石而成。围垅表面至今突露的巨砾岩块为冰川之表碛。天池以下还有明显的U形套谷存在。天池西侧三工林场场部所在地，就是一个古冰斗，朝向N20°E，海拔2220米，为更早期冰川活动的产物。

博格达峰南坡的奇沟、红沟、三个山沟（前称萨格三河）等河流域，第四纪冰川遗迹也

是清晰可见的。红沟上游3000米出现一个终碛垅。海拔2420米则为另一次冰川作用的堆积体，呈长岗丘陵地形，从谷地上游连续伸展而下，冰碛体上层为数十厘米的土状物质，下层为大小混杂的冰碛砂砾石。冰碛体前端厚度10—20米，向上连续出现7—8公里，而被3000米的终碛垅所超伏。冰碛体表面宽阔，现为夏牧场。沿谷地向下直抵柴窝堡——达坂城山间盆地边缘，在箱状谷地中不断发现巨大漂砾，最大砾径达10米以上者多处，5—7米者更多，为更老的冰川作用遗迹。三个山沟具有类似情况。冰蚀地貌形态南坡亦有保存，唯出现部位较北坡为高。

综观博格达峰南北坡的第四纪冰川，不难发现同期遗迹出现的部位，南坡高于北坡。这不仅与坡向不同，日照时间长短有关，而且是北、南坡降水量多少有别。影响冰川发育所致。

二、冰水沉积与冰缘沉积

众所周知，第四纪的气候是不断变化的，具有冷暖交替的多次反复。对于气候温度计的冰川作用来说，在整个这一地质时代中，当然有着多次繁衍变化。反映在冰川区及冰缘区的沉积物上则有不同的岩相变异，出现与冰川堆积有着成生联系的冰水沉积和其它冰缘沉积。对它们的研究是古冰川作用研究中必不可缺少的组成部分。

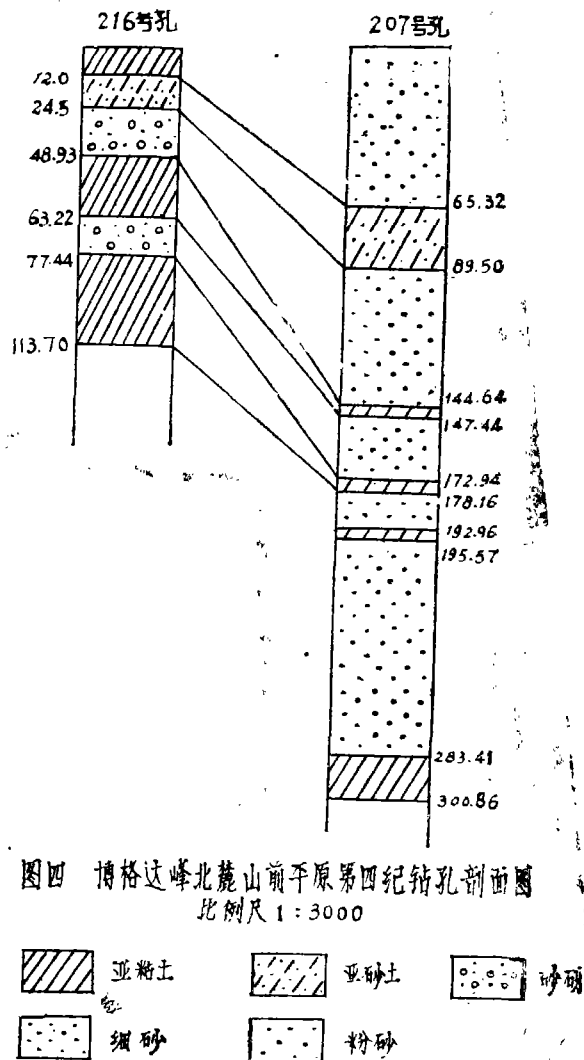
博格达峰南北坡的冰水沉积分布很广，多以阶地地貌形态出现，这在各河中游地段保存最好。该峰北坡的三工河中游林管站附近，可以看到冰水阶地五级，均为基座阶地，在物质组成上二元结构非常明显，阶地上部为黄土状物质，下部为磨圆度不一的砾石层，阶地愈高砾石磨圆度愈差，而砾径愈大。岩石成分为辉长岩、安山岩、石英岩、火山角砾岩和砂岩等。从下而上，第一级阶地高出现代河床不足10米，保存残缺不全，其上土层厚1.5米；第二级高出现代河床90米，为分布最广的一级阶地，上部黄土层厚30米；第三级阶地高出河床170米，保存较少，黄土层厚40米；第四级高出河床240米，分布广，保存好，其上黄土层厚10米；第五级高出河床260米，表面凹凸不平，黄土层很薄，多在1米以上。

该峰南坡的三个山河中游2200米附近，也可以看到五级冰水阶地，唯相对高差较小。从下而上1—5级阶地的相对高程分别为：3—5米、10米、13米、20米、30米以上。各阶地的物质组成和结构，基本上与北坡类同。尽管南北坡阶地高程有别，反映第四纪以来博格达峰北麓较南麓构造上升要强烈的多，但都有五级冰水阶地，成为第四纪以来这一地区构造活动的记录。

博格达峰南北麓的第四纪沉积物，缺少完整的天然露头剖面，而被深埋于山前平原之下，因此，只能借助于钻孔资料加以推断。据新疆地质局水文地质大队钻孔资料〔2〕，位于博格达峰北麓四工河、三工河、水磨河下游的阜康扇形地前缘，第四纪堆积物中具有三层承压含水层（第四系未完全打穿）。第一层埋藏在地面下10—20米，岩性为卵砾石（为灰色，以变质岩为主，含少量火成岩，呈亚圆状，砾径1—3厘米，含泥量少），厚2.5—28.5米；第二层顶板（厚6—20米）埋藏在地面下40—50米，岩性为卵砾石层（呈灰色，以变质岩为主，混有砂岩、烧变岩碎块，半棱角状，含土较多，砾径0.2—2厘米），总厚度14—40米；

第三层顶板埋藏在72—150米，岩性为卵砾石（成分同上层，唯岩屑较碎，且含泥，钙质半胶结状），总厚度13—18米。隔水层为灰绿色淤泥质亚粘土和青灰色亚粘土层。这种透水的砂砾层与不透水的亚粘土隔水层，具有不同的沉积环境，是冰缘气候的产物，为冰水或冰水湖相沉积。博格达峰南麓的柴窝堡洼地中，柴窝堡湖西面一个钻孔49.65米（第四系未打穿），也揭露出三层承压含水层，第一层埋藏在地面下6.69—17.04米，第二层埋藏在36.65米，厚1.82米，第三层埋藏在地下45.69米，厚2.82米。有人认为，这些承压含水层由上更新统冲积洪积层和中、下更新统冲积湖积层组成。其实，这种看法是值得商榷的。正如李四光教授指出的：“把这些泥砾层和其中所夹的砾石层以及砂砾层等等混在一起，统称为洪积，不大关心它们究竟是怎样形成的，……是不够严谨的。”〔3〕应当指出，这里所有的河流都是季节性河流，无正常冲积物形成条件。各河中、下游谷地构成两岸阶地的砾石，都是冰水沉积物。诚然，我国天山山麓一带，是有洪积物存在的；尤其是冰后期；但就冰期时代的博格达峰南北麓而言，处于冰缘气候条件之下，这是毋庸置疑的。所以，构成含水层的这种砂砾物质，当然是冰缘气候的产物。

分析这些第四纪钻孔资料，我们不难看出，隔水层沉积物质细而紧，反映出宁静气候的沉积环境，为间冰期湖相沉积；而含水层物质粗而疏，代表急剧变化的气候环境，与冰期相适应。基于这种认识，我们认为每一组粗（砂砾层）、细（粘土层）交替层，代表了一次冷暖古气候的变化过程，反映着一次沉积旋回。必须指出，这些第四纪冰缘地带的沉积物，每一旋回的厚度达几十米，绝不是流程短、流域面积少的三工河（长约50公里，流域面积470平方公里，现代年径流量0.5—0.87亿立方米）、四工河（长40多公里，流域面积144平方公里，年径流量0.25—0.46亿立方米）在短期内所能形成，而是不同地质时代的产物。博格达峰北麓的第四纪沉积厚度，从山麓向山前平原下部逐渐增大。据勘探，这里第四系厚度300多米。在阜康县阜北农场北十四公里（山前平原下部），有一深度300.86米的钻孔中（第四系未全部揭露出来）有五组亚



粘土与亚砂土交互层（图四、采用水文地质队原编号，216号孔位于阜康县城西北5公里，207号孔位于阜康县城西北30公里），基本上反映了这一带第四纪沉积的状况。

博格达峰南北坡的第四纪地层未能全部揭露出来，这给我们认识该区第四系分层对比造成困难，尽管如此，从现有资料我们还是可以看出一些问题来。实际上，该峰南北麓几组含水层与隔水层的发现，为探讨第四纪古冰川作用提供了佐证。

三、冰川类型与冰期划分

我国天山山脉的地貌成层性比较明显，高、中、低山带异常清晰，它们之间往往为大断裂所分隔。第三纪形成的山地夷平面，受晚近构造活动抬升而出现于不同高度，第四纪冰川即发育在这些地貌部位上。虽经后期外力作用的破坏与改造，但冰川遗迹仍或多或少地保存下来，成为再造古冰川的有力证据。

我国天山的第四纪冰川遗迹，不仅遍布于高、中山地带，而且在某些山麓地段亦有大量遗迹可循。据笔者观察，天山最东段的哈尔里克山北坡，古终碛达伊吾——巴里坤盆地边缘，博格达峰北坡的奇台——吉木萨尔一带，发育着宽尾的山麓冰川；博格达峰南北麓具有类似现象。据有关资料，我国天山（伊连哈比尔尕山）北坡的巴音河古冰川一直延伸到山麓平原〔4〕，天山（托木尔峰）南坡南木扎提河流域的古冰川亦具山麓冰川形态〔5〕〔6〕。可见，第四纪冰川全盛时代，我国天山地区的冰川作用具半覆盖性质，而第四纪晚期的冰川遗迹则保存在河谷之中，为山谷冰川作用类型。因此，对于将我国天山第四纪古冰川，笼统地判定为山谷冰川性质〔7〕，或认为仅发生在2400米以上高山地带的说法〔8〕，显然是值得商榷的。

对于我国天山地区第四纪冰川作用的次数问题，学者们根据各自研究的地段而得出不同的结论〔4,5,6,7,8〕，这是不奇怪的。但是，应当指出，新疆的第四纪地层尚未作过系统而深入的研究，作为鉴定地层时代主要依据之一的第四纪古生物发现很少，至今没有标准的第四纪地层与之对比，这给准确地划分冰期时代带来很大困难，这也是不同学者对同一地区冰川遗迹作出不同时代结论的主要原因。因此，正确地确定新疆第四系标准层位，则是应当立即加以解决的悬案。鉴定这种情况，笔者在划分博格达峰地区冰期时，主要根据古冰川遗迹分布部位，冰碛物新老程度与相对层位关系，以及分析相关沉积分布等进行的。同时，并借鉴部分前人研究成果加以对比，以期作出较为切合实际的结论。

根据前节所述，从博格达峰南北坡古冰川遗迹判断，第四纪以来这里至少发生过三次以上冰川作用。四工河力行大坂终碛体和驴尾巴梁终碛体，分别为第四纪晚期两次山谷冰川作用的下限所在（见图二）。值得注意的是，有些人将这两个终碛体当作一次冰期来看待，而将力行大坂终碛体仅看作末次冰期的一个阶段，甚至有人认为是小冰期的产物（必须指出，小冰期的概念是不明确的。据研究〔9〕，冰后期以来，中纬度的温度曾经有过三个低点，即距今4000—2550年，1850—950年和300年。每次低温期出现时，山地冰川扩展了，那么，所指的小冰期属于何者呢？！）。这种认识未必确切。笔者在我国天山地区考察中，看到这两个终碛体分布很广，冰碛物新老程度相差很大，较新冰碛推掩于较老冰碛体之上，二者末端距离约10公里，高差1000米左右，而且各自都有自己的冰蚀地貌形态，终碛体都以垅岗形态保

存在U形槽谷之中。相当于力行大坂终碛垅(2780米)的遗迹,在我国天山高山地带分布非常普遍,终碛垅末端的海拔高度是:哈尔里克山南坡庙尔沟2750米;博格达山北坡开工河、中葛根河2900—3000米,白杨河2640米,三工河2770米,该山南坡的红沟、三个山河在3000米以上;哈拉都套山和喀拉乌成山之间的阿拉沟为3400米,乌鲁木齐河大西沟3000米,伊连哈比尔尕山北坡金沟河2640米,大牛沟2910米;我国北天山西段的别珍套山卡赞沟为2858米,阿拉套山南坡的曲洛托沟2900米[10];源白南天山托木尔峰的南木扎提河2858米,……。看来冰川末端各地出现的高差是很大的。这是各段山地坡向不同,导致降水多寡有别,以及流域面积大小等影响的结果。这次冰期的时代,我们认为属于上更新世晚期。

相当于博格达峰北坡四工河驴尾巴梁终碛体(末端海拔1860米)的倒数第二次冰期,冰川遗迹已达中低山地带。它是我国天山分布最广、遗迹保存最好的一次冰川作用。各地终碛体末端的高度是:哈尔里克山北坡的托什干沟2100米,庙尔沟1900米;巴尔库山北坡的拱北沟2100米;博格达山北坡的开工河2200米,中葛根河2100米,白杨河2120米,三工河1900米,南坡的红沟2420米,三个山河2400米;阿拉沟2920米,金沟河大牛沟2800米;赛里木湖区2070米以下;卡赞沟2460米,曲洛托沟2500米;南木扎特河1960米。这次冰期的时代应为上更新世早期。

与上两次冰川作用相伴生的冰水沉积与冰缘沉积分布很广。博格达峰南北坡各河中游地段的第二、三级阶地,由钻探所知的山前平原上部两组含水层与隔水层亦为此期形成。我国天山南北麓各河中游地段(大断裂附近)的下部高阶地,均为这一时期的产物。

博格达峰北坡四工河流域,倒数第三次冰期的冰碛保存很少,并且多以巨砾出现在海拔1600米左右的谷地中,出山口段的“低台子”是否为该次冰期的最下限[11],尚待研究。在哈尔里克山南坡庙尔沟八大石附近(1600米),看到这次冰川作用的巨砾,开工河出山口左岸1370米的地方,保存了这次冰期的终碛残体,它以NE—SW向延伸而为弧形,长2公里,宽100—300米,相对高差100米左右。金沟河1400米的大漂砾[12],北天山西段汗特尕山北坡哈沙沟1560米的冰碛丘陵,及其西邻小乌尔托沟1945米以上的两层胶结砾岩,赛里木湖南岸克色克萨依沟口2130—2220米之胶结砾岩[10],曲洛托沟左岸高出现代河床300—400米高台上的古冰碛,南木扎提河克孜尔布拉克1925米的冰碛带,都是同一时期的产物,其时代大致为中新世。

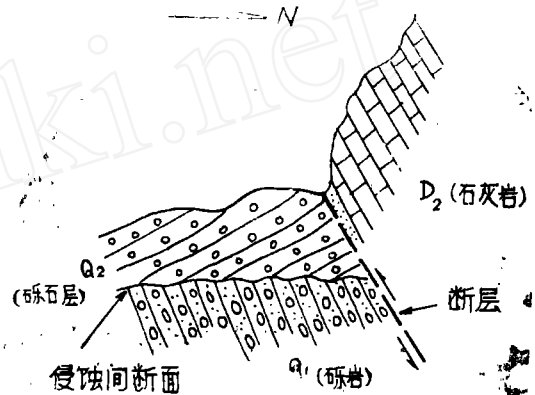
在三工河中游地段,相对高差240米的第四级高阶地,大致与第三次冰川作用的冰碛相适应。已查明的三工河下游阜康山前平原第三含水层与隔水层,则为当时冰缘地区冰期与间冰期的相关沉积。拜城盆地第四组阶地的冰水砂砾层是与这次冰期相联系的。

博格达峰南北坡可能还有更老的古冰川存在。但是,由于遭受长期外营力作用,冰川遗迹基本上已被侵蚀殆尽,再造这次古冰川,目前尚有不少困难。初步观察,三工河中游最高一级阶地(相对高程260米)上,磨园很差的巨砾岩块;四工河出山口附近的“高台子”;甘河子大龙口煤矿学校附近,第四级阶地上的冰碛物等,都可能是这一时期的产物。伊连哈比尔尕山巴音河谷口喇嘛庙之北,海拔1500米,厚度90—100米的终碛;腾格里峰南坡强台林苏海拔1616米,厚度超过110米的终碛[4];托木尔峰南坡南木扎提河出山口阿合布龙附近的冰碛等[6],可能均为这次冰川作用的末端。拜城盆地内第五组阶地[7],玛纳斯河流域最高级阶地等,有可能都与更老一次冰期有关。在苏联的伊塞克湖盆地同样存在着与这一时期

相当的第五组阶地〔12〕。

还应指出，我国天山南北麓经后期构造运动而产状受到剧烈变动，其中并发育有断裂构造的所谓“安集延岩系”($N_2^2-Q_1$)〔14〕，实际上是早第四纪的产物——西域砾石层〔15〕。在喀什北面恰克马克河的托特拱拜孜附近，我们清楚地看到，在这一早更新世陡倾斜(30° 左右)地层之上，有一侵蚀面，代表着一次沉积间断，可能为一次间冰期的反映，其上堆积着构造变动轻微而产状变化很小(倾角几度)

的泥砾沉积(图五)。尽管它们之间存在着间断面，但从物质组成来看，由下而上也是渐变的，而未割断物质组成上的联系，故均应划归第四纪。这一早更新世的沉积物，在阿图什一带还可分出上、下两层来，上层黄褐色，泥质较多，下层青灰色，细砾物质较少，反映着不同的沉积环境。“安集延层”应与前人所称的准噶尔盆地“戈壁岩系”时代相当。祁连山北麓的玉门砾岩应是同一时代的产物。黄汲清将玉门砾岩分出下部和上部两层〔15〕，和我们在天山南麓阿图什一带所观察到的两层早第四纪砾岩相吻合。当然，我国天山西段南麓的早更新世沉积(即



图五 恰克马克河(托特拱拜孜北)西岸剖面示意图

所谓的 $N_2^2-Q_1$)厚度达数百米，甚至千米以上，其沉积相并不是单一的，而是多种沉积岩相的综合，然不能排除其中包含冰川沉积的可能。关于这个问题，笔者并未作过深入细致的调查研究工作，仅提出讨论，有待进一步证实。

结 束 语

我国天山地区第四纪冰川的类型与冰期次数问题，学者们的见解是各异的。笔者认为，我国天山第四纪冰川，早期具半覆盖性质，晚期为山谷冰川类型。第四纪冰川作用具多期性，我国天山至少发生过三次以上冰期。

我国天山南北麓，特别是南麓产状受到剧烈变动的第四纪砾岩，是各种沉积岩相的综合，其中可能包含有早更新世冰川沉积的成分。对这一问题的深入研究，有助于解决新疆第四纪地层的下限问题，而且将对我国天山第四纪冰川发生的时代，提供可靠的依据。

新疆的第四纪地层问题至今尚无准确的答案，给许多工作带来很大不便。对这一问题的解决，不仅具有学科上的价值，而且对新疆广大地区地下水利用，山区建设等均有现实意义。因此，各个部门密切配合，加强新疆第四纪地质的研究，正确地划分其层位，探讨第四纪古气候，确定新疆广大地区存在的新构造运动量等问题，应当提到重要日程上来。

参 考 文 献

- [1] 王树基: 中国东部天山古代冰川作用问题探讨
新疆冰川积雪研究 一九六四年
- [2] 新疆地质局水文地质大队: 新疆维吾尔自治区准噶尔盆地南缘水文地质图说明书
(1/50万) 一九七七年
- [3] 李四光: 华北平原西北边缘地区的冰碛和冰水沉积 中国第四纪冰川遗迹研究文集
科学出版社 一九六四年
- [4] 周廷儒: 新疆第四纪陆相沉积的主要类型及其和地貌气候发展的关系 地理学报
第二十九卷第二期 一九六三年
- [5] Б.А.费多罗维奇、严钦尚: 关于中国境内天山冰期次数及其性质的新资料
新疆维吾尔自治区的自然条件(论文集) · 科学出版社 一九五九年
- [6] 苏珍、王志超: 托木尔峰地区第四纪冰川作用 ——以南木扎特河为例
中国地理学会全国冰川冻土学术会议论文摘要 一九七八年
- [7] Б.А.费多罗维奇、严钦尚: 中国西部天山冰期的次数和性质问题
中国第四纪研究 第三卷第一、二期 一九六〇年
- [8] 王永焱: 北疆西部第四纪沉积 中国第四纪研究 第二卷第二期 一九五九年
- [9] 土屋岩: 气候的变迁 《国外自然科学资料》 上海科学技术出版社 一九七八年
- [10] 王树基: 赛里木湖的形成演变与古冰川作用的关系 新疆地理 第一期 一九七八年
- [11] 景才瑞等: 天山东段北坡第四纪冰川与冰期 出处: 同〔6〕 一九七八年
- [12] 王志超: 玛纳斯地区的现代冰川与古冰川
新疆冰川积雪研究 一九六四年
- [13] B.B.波波夫: 大陆沉积分布的规律与年青运动的关系
地质专辑第三期 一九五六年
- [14] C.B.埃普施泰因: 天山第四纪沉积地层
地质专辑第二期 一九五六年
- [15] 黄汲清: 中国新构造运动的几个类型
中国科学院第一次新构造运动座谈会发言记录
科学出版社 一九五七年