

# 天山現代冰川分布特征及其 對農業的意義

王志超

(中國科學院新疆分院)

天山山體高峻，具有使水汽凝結致雨的條件，故降水量大，成爲新疆最重要的逕流形成區，占全疆地表年逕流的63.4%。地下水儲量占全疆51.1%，相當于地表逕流量的20%\*。

天山的高山帶，降水主爲固態，并以冰川和常年積雪形式被保存着，其作用同于“固體水庫”，集中于夏季補給河川，灌溉耕地，以應農作物的需要。這些固態水，在影響局部氣候、促進降水、減少蒸發方面，比一般水庫更爲有利。

據估算：全疆冰川和常年積雪面積，約爲4,970方公里，儲水量約1,840億公方。着重研究天山現代冰川的分布特征、積累與消融及對河流補給的比重，對發展天山南北的農業，具有重大意義。

## 一、影響現代冰川的自然因素

天山，由一系列略成平行的東西向山脈和山間谷地組成，整個山系西高東低：西部漢騰格里——哈雷克套山高達5,000—6,000米，并擁有許多奇特的高峯，如勝利峯（7,439米）、漢騰格里峯（6,995米）、和木扎爾特谷地東側的6,881米高峯等。中段的瑪納斯河源山結地帶，最高峯5,500米，一般4,500米左右。東段博格多山、喀爾里克山等，平均海拔都在4,000米左右，個別山峯超過5,000米。高大山體迫使氣流抬升，創造了水汽凝結致雨的條件，儲藏了豐富的冰雪水源，高峻的山峯成爲冰川作用的中心。

天山是古生代褶皺斷塊山地，受到第四紀強烈的抬升作用，將古老的剝蝕面抬高到幾千

米。西段新構造運動抬升幅度大，山地切割強烈，古剝蝕面殘破，山峯陡峻；中段抬升次之，切割也強烈，成“肋骨山”（哈文依連哈比爾尕山意爲肋骨山）；東段抬升量較小，氣候干燥，古剝蝕面保存完好。抬升的結果，氣溫更低降，促進了降水，有利冰川的發育。東、中、西段抬升的程度不同，現代冰川的發展規模和類型，因而有差異。

天山深居內陸，戈壁沙漠環繞，氣候干旱。山地則因海拔高，氣溫低，并有相當數量的固態降水。據推算，北坡年0℃等溫綫位于1,800—2,200米；南坡爲2,800—3,000米。據定位、半定位站及野外攷察推算，海拔3,300米以上的高山帶，全年至少八個月處于負溫狀態，年降水量達600—800毫米。夏季固態與液態降水分界綫，北坡在海拔2,700—3,000米，南坡約爲3,000—3,300米。更因山地蒸發量遠小于平地，故冷與溼成爲天山高山帶氣候的普遍特征，也是冰川存在和發育最基本的條件。

天山高山帶全年氣溫變化主要受西風環流控制。夏半年，來自北冰洋、大西洋的溼潤氣流強盛，地方性對流較活躍，年降水量的80—80%集中在這一時期；冬半年，蒙古——西伯利亞高壓勢力強盛，氣候干冷，降水稀少。

大氣環流結合地形條件，基本上控制了天山各區氣候變化的規律。西段山體高大，西北來的氣流首當其衝，降水豐富，雪綫較低（海拔3,500—3,600米），由此向東雪綫逐漸升高（3,900米），北坡雪綫東西相差約400米；南坡

\* 中國科學院高山冰雪利用研究隊新疆隊：天山冰雪水源利用意見（初稿）1960。

日照強，終年為干燥氣候所控制，雪綫較北坡高(4,100—4,200米)，東西相差則不大。這些因素在一定程度上影響天山東、西、南、北各區冰川發育特征的差異。

總之，天山新構造運動強烈，地勢高聳，氣候冷溼，有利于冰川的發育。但目前氣候變暖，干燥度增加，現代冰川，普遍表現衰退。

## 二、現代冰川分布特征

天山現代冰川廣布于海拔3,000米以上的高山帶。據實地調查和航空照片判斷，已知冰川總數達748條。其中：山谷冰川占9.3%，冰斗山谷冰川占13.9%，冰斗冰川28.3%，冰斗懸冰川3.7%，懸冰川44.1%，平頂冰川0.7%。全區常年積雪和冰川總面積為4,970方公里，為祁連山冰川總面積的4倍強。

冰川發育規模，一般取決于雪綫以上常年積雪區面積和高度。山勢、氣溫結合降水條件，基本上控制了天山現代冰川分布的總輪廓。

1. 北坡多于南坡：北坡迎向西北溼潤氣流，而日照強度、太陽輻射不及南坡，故天山多數山地，冰雪分布面積北大于南。

表1 天山各段南北坡冰川和常年積雪面積(平方公里)估計

山 脈	南 坡	北 坡
漢騰格里山	1,935.6	155.6
哈雷克套山	557.6	749.3
阿拉善山	56.6	225.0
婆羅科努山	88.1	92.6
伊達哈比爾尕山		778.8
喀拉烏成山	40.5	57.6
博格多山	22.3	50.0
巴爾庫山	2.1	10.4
喀爾里克山	55.0	46.7
開都河地區	30.2	10.0
總 計		4,970

註：1. 資料來源：根據冰雪隊統計材料，參攷近兩年野外考察所得數據，略有補充；  
2. 柯克沙爾冰川面積未統計在內。

漢騰格里山、喀爾里克山的海拔高度、山地位向與形態，都使南坡有利于冰雪堆積，故冰雪面積反超過了北坡。

2. 西段多于東段：漢騰格里山、哈雷克套山等地區，山頂與粒雪綫之間，高差大者約達2,000米，冰雪來源充沛。冰川圍繞勝利峯、漢

騰格里峯、6,811米高峯，放射狀交錯分布，發育了以山谷冰川為主的星狀冰川和樹枝狀冰川，規模大、流程遠是其特色。如卡拉格玉勒冰川、木扎爾特冰川和鉄米爾蘇冰川，其長度分別為34、29、28公里，冰舌末端高度為2,900、2,700、2,500米。西段冰川發育特征，與蘇聯天山相似，是強烈衰退的土耳其斯坦型冰川。

中段的依達哈比爾尕山，也是冰川集中分布區。瑪納斯河源山結地帶，以山谷冰川為主，如金溝河上游六條支流中，五條分布着山谷冰川，最長的保爾霍拉冰川達11.25公里，其餘在6—10公里間。就其規模、發育特征和消蝕情況觀察，正介于東、西段之間。

東段的博格多山、巴爾庫山和喀爾里克山等山地，氣候干燥，山頂與粒雪綫之間高差不足千米，冰川發育特征與祁連山類似，依賴于高山低溫條件而生存。一般規模小、冰面潔淨，博格多山北坡白楊河上游的雙支山谷冰川最大，全長7公里，大多數則在3公里以下；冰舌末端高度在海拔3,500米以上，以冰斗冰川、懸冰川為主。此外，山頂剝蝕面上分布着覆蓋的平頂冰川，輪廓略似盾形。

3. 山地內側多于外側：主要取決于山勢。有巨大的海拔高度，形成足夠的積雪區補給冰川成長；更低的氣溫，亦有利于冰川的生存。天山西、中段內側，多發育山谷冰川，外側則以規模較小的斑點狀冰川為主。東段外側山地的現代冰川則已消失。

天山各段冰川發育特征的顯著差異，影響了河流的分布及融水補給量的大小。

## 三、冰川的積累與消融

天山現代冰川的主要補給形式，平頂冰川依靠固態降水；山谷冰川則雪崩、冰崩、吹雪等間接補給方式也很重要。特別是西段天山地勢高峻，粒雪綫以上常年積雪面積大，當天氣轉暖或空氣微有波動時，冰崩、雪崩大量發生，為土耳其斯坦型冰川的主要補給來源。一九六一年七月十一日，哈雷克套山北坡科普爾沙依冰川上，當雪止增溫時，從7—10時每15分鐘

發生雪崩一次，延續時間有長達3分鐘的，氣浪洶湧、雪霧瀰漫，幾侵占整個粒雪盆。東段地勢起伏較小，降雪量亦較少，雪崩量不大，多表現為片狀雪崩，或雪沿坡面滑動。因此，不少冰川的補給，主要來自粒雪盆的固體水的聚集。雪崩也有外力引起的，如一九五九年九月卅日，漢騰格里山卡拉格玉勒冰川上游地區，曾因地震而使雪崩增加了3倍以上。

氣溫升高，冰體消融，冰晶體中空位增加，乃破壞而瓦解，冰體融化。據水面觀察：晴朗無云，太陽輻射強，氣溫高，消融強；陰天輻射弱，氣溫低，消融亦弱；曇天消融情況介于晴、陰之間。因此，冰面消融強度與太陽總輻射，直接輻射，氣溫及下墊面的性質，密切相關。在冰源河流的日變化上，流量隨日照強度轉移，每日14—16時出現日洪峯，天明以前流量最小。

冰面表積覆蓋較厚的埋藏冰舌，冰內、冰下水流的熱、動力是主要的消融能源。實測卡拉格玉勒冰川夏季中午冰面水溫為0.4—0.6℃，來自兩側山坡的水溫4℃，水流經冰中後至出露于冰舌末端，水溫都降到0℃左右。損耗的熱量，顯然是用于冰體的融化。

此外，地熱、兩側山坡的輻射熱，冰層的熱傳導和冰體自身壓力所引起的摩擦熱，都在一定程度上促進了冰體的消融。

現代冰川的積累與消融，各年情況不同，如哈那它不底冰川，一九六一年因氣溫低，降水多，六至八月冰面消融量不及一九六〇年的1/2。

天山冰川積累與消融的季節變化，全年可分為四個階段：1.強積累。春末夏初，即三至六月中旬，降水急增，但氣溫上升相對較慢，為冰川主要積累期。2.強消融。夏季六月下旬至八月，積累與消融都很旺盛，但消融遠過于積累，為冰川主要消融期。3.弱消融。秋季九至十月，降水與氣溫迅速減低，消融大于積累。4.弱積累。冬季十一月至翌年二月，氣溫低，冰川幾無消融，少量的固態降水使冰雪有微量的積累。消融、積累的季節變化，因天山

各處的氣候差異而稍有不同。

海拔高度遞增，冰川積累時期延長，消融時期相對縮短。粒雪綫下方僅七至八月有微弱的消融，而冰舌冰川部強消融為長達三個月以上。天山站一號中下融水深度，海拔3,750米為123.2厘米，3,920米為12.3厘米，即平均垂直遞減率為65.2厘米/百米。西部冰舌規模大，消融強，推測冰舌下部年消融深度2—3米。隨海拔高度上升，消融減弱；至粒雪綫，消融與積累平衡，該綫以上為粒雪盆，終年都為積累期。

天山現代冰川年消融量遠超過年積累量，普遍處于衰退之中。

#### 四、冰川融水對河流的補給作用

冰川對河流的補給，包括冰川融水及冰川上降雪的融水的補給，形式有二：直接補給與間接補給。直接補給明顯而易于觀測，過去計算冰川單位面積的出水量，是直接測得的。間接補給指冰融水下滲成地下水，再出露補給河流，這部分不易觀察，容易被一般人忽視。據觀測，冰融水下滲成地下水的數量，可達總融水量的10—15%。以前把這部分歸之于降水。

冰川對河流的補給量，因地而異，天山東、西段冰川情況不同，氣候亦異，補給大小也有差別。一般說來，由東向西、由外向內而增大。天山東段的烏魯木齊河，研究時間較長，通過不同的計算方法，得出大致相同的數據：烏魯木齊河紅五月橋(2,500米)冰川補給約占45%，山口占10—15%。該河可代表天山東段的屬冰川規模小(冰斗冰川、懸冰川)、消融弱、冰面潔白類型。西段南坡渭干河上游的木扎爾特河源的冰川觀給，據新疆綜攷隊在阿合布隆水文站所“逕流分配計算”，占55.31%，雨水補給占11.48%，地下水補給占33.21%；冰雪隊在卡拉格玉勒冰川觀測，融水量約相當于阿合布隆水文站流量的18.6%，最大流量可達48.6秒公方(一九五九年七月25日19時)，可以代表規模大、消融強、表積覆蓋厚的土耳其斯坦型冰川。中段依連哈比爾山冰川對河流的

補給，介於上述兩者之間。根據在北坡的攷察及氣候、水文觀測算出，塔西河占33%，寧家河36.8%，金溝河42.2%，瑪納斯河33.3%。據王祥嶺的研究，新疆河流水所以比較穩定，在某些地區冰川起了相當大的作用。平均以冰川補給河流的比重占出口逕流約25%是符合實際的。也有人認為新疆河流水穩定是山區雨量穩定的結果，尤其森林帶地區，保證了逕流的穩定。但通過最近幾年在烏魯木齊河進行逕流形成、轉化研究後，得知山區逕流形成區仍在海拔3,000米以上的多冰川、少蒸發高山帶(占73.4%)，而不在降水量多的森林帶(占26.6%)。一次降水過程所形成的逕流比一般偏小，地下水補給量比一般計算偏大(31%左右)，逕流與氣溫關係很密切，中山帶雨量多是河流穩定原因，已無立足餘地。

綜上所述，冰川補給河流的比重平均不算很大，但也不是小到只占1%或5%。高山帶冰川通過逕流及地下水和對氣候上的影響，實際補給意義大於一般計算。

## 五、冰川水源在發展農業上的意義

冰融水補給河流，穩定了水量，對自治區農業增產穩產起到一定作用。主要有兩方面：

1. 涵養水源、調節逕流。天山南北廣大荒漠，降雨量不能滿足農業需要，而高山帶冰川的涵養、調節，有助於農業生產的發展。從這一方面說，冰川的有利作用有四：

(1) 冰川以同體水庫形態儲水於高山，積蓄非生長季節的大氣降水，供農作物生長期間的需要。冰川的積累、消融的規律，一般與農業需水要求相吻合。天山冰川面積4,970方公里，非生長季節的大氣降水以200毫米計(全年以600毫米計)，總降水量10億公方，可供給100萬畝農田的需要。

除年內逕流調節外，冰川還有年際調節作用。冰川在低溫多雨年積累多，高溫少雨年消融多。一九六二年高溫少雨，而水文資料證明是豐水年，河源冰川較多的瑪納斯地區，表現尤為突出。

(2) 冰川蒸發微弱，水分損失少。據觀測，位於海拔3,500米的天山站，年蒸發量980毫米，而烏魯木齊為2,120毫米。同面積的水體儲存於高山比儲存於平原農業區每年能減少1米多高的水層蒸發。按現有冰川面積推算，每年能減少水分蒸發損失50億公方，這也是對農業有利的。

(3) 冰川融水補給河流，夏季逕流趨向穩定，并有年際調節，河流水量比較穩定，農業生產因而也得以穩定。從逕流分析得知，洪峯一般出現在暴雨後；呈尖瘦、陡漲、陡落形狀，而冰川補給的逕流量變化總是平緩的。從一九六二年瑪納斯因河源冰川多而形成豐水年，奇台地區高山冰川少，而使秋作物受旱歉收的事實，可以說明冰川對水量調節的作用。

(4) 高山冰川作為冷源和溼源，影響山區氣候，增加降水量，具體表現在山區內循環流。據野外野測，地方性天氣變化具有明顯的規律性，早晨碧空、午後陣雪、晚上復晴。天山西段及博格多峯北坡，地方性天氣表現很強烈。

2. 開發、利用高山冰川，可解決季節性缺水 and 干旱年缺水。通過一系列的試驗，肯定了提早與擴大消融以開發利用冰川是可能的。甘肅河西地區，新疆哈密、阜康、沙灣等地，都已取得良好效果，部分解決了農田缺水問題。

冰川的催化工作，因高程大及不利的自然條件，困難很多。今後應先在交通、技術、勞力與物質條件較好及距離居民點較近的地區，以冰川為主要對象進行開發利用，以解決嚴重干旱區用水。

融冰化雪是否會使冰川提前消失，影響以後的農業用水？這種顧慮是多餘的。氣候波浪式的不斷變化，冰川隨着這種變化而或增或減，因此長期來日積月累的冰川，不可能在短時期內消失。而且，利用山區豐富的地形云，可以進行人工降雨增加積累。同時，水流超過灌溉需要時，亦可利用人工表積等方法抑制冰川消融。當人們控制了積累與消融後，便可有計劃的制定利用與保護相結合的措施，使冰川永遠為農業服務。