

怎樣認識冰川遺跡

孫 殿 卿

一、引 言

對冰川遺跡的認識，須要了解冰川流行痕跡的特徵，欲了解其特徵，又須要對冰流痕跡的生成發展及冰期以後的破壞，應有適當的考慮，然後我們對這些被保留下來的冰流痕跡，進行認識與研究，庶可接近客觀實際。蓋以各地（例如我國東部）第四紀冰川遺跡，完整形像，已不復存在，多屬斷簡殘篇，零星殘跡，一不小心，雖久治冰川學者，也不免有所誤識。最近兩年由於參加野外工作，有些同志曾多次向作者提出：“怎樣認識冰川遺跡”，茲就冰川遺跡的一般特徵，加以摘錄描述，供為野外工作同志參考。

冰川就其規模來說，可以大概分為：山谷冰川、大陸冰川和山麓冰川。山谷冰川僅限於高山地區，冰床沿山谷之形勢向下流注，未到平地，即行終止。大陸冰川，由兩極冰蓋，或由幾個冰流聚集的中心向外擴大，展布甚廣，像西歐北美各地，冰期冰川勝時，遍於原野。山麓冰川大致介於上述兩者之間，冰川由高山一處或數處的凹地，再匯聚於一個較大的盆地中，沿山川的形勢溢於平地。如在帕米爾地域，保存有顯明的冰川遺跡。在山脊高達5000—5500公尺而河谷高度3600—4000公尺之地點都有冰川，較大的冰流自高山下降，沿河谷流注，在山腳地帶匯聚成為廣闊的山麓冰川。在天山及祁連山中山谷冰川與山麓冰川，均很發育（圖版Ⅰ—1①）。又如穆什克他夫冰川自汗騰格里下降，現有22公里長，在冰期時，其長達85公里。同樣在中國西部及西北部其他各地，高達5000公尺以上的高山地區，雖然規模大小不等，均可見到這種現象。在中國東部，研究較詳的廬山冰川遺跡，亦系山谷與山麓冰川兩者相結合的。

冰川作用，在高山地區即冰源地帶，以侵蝕為主，在山麓平地地帶，則以輸送停積為主。冰蝕地形，冰流停積物各具有它們本身的特点。昔日的冰流是消失了，只能由其作用所產生的那些遺跡，進行鑑定研究，以確定過去是否有冰川存在。追尋昔日冰川的展布，研究昔日冰川的作用和冰川的影響，除了從古代生物化石進行研究外，多著眼於冰蝕地形及冰流停積物。

由於冰川是流動的固體，在冰床經駛之地，在頁岩甚或砂岩，及其他較疏松沉積物中，每發生折曲、斷裂，以造成表面構造現象，因此在某些地區，此亦可視為冰流遺跡的佐証。

二、冰蝕地形特点

冰窖，U谷——冰川發源之處，常有凹地儲存冰雪，統稱為冰窖。此種凹地有的在山巔，有的在高峯之旁，其下有山谷相連，凹地儲有之冰，繼續流注其中，於是谷底被冰流剝削侵蝕，而成直谷，有的成為槽狀，其切面形狀，有如U形，均稱為U谷（圖版1—2）。

此種U谷與流水衝激而成之谷，其切面常為V形，顯然不同。有人將冰的侵蝕與水的切割，作如下之比喻：“冰流侵蝕如鋸，水流切割如鋸”，良有因也。

懸谷——兩個冰流相會之時，假若其一冰體較大，它剝削岩石之力也較強，於是較大之冰流，侵蝕谷底較快，而較小之冰流，侵蝕谷底較慢，故其相會之處，兩個谷底則有高低之差，所以在小冰流注入於大冰流之處，往往發生懸谷（圖6之D）。冰融後，此種懸谷每保存很久，追尋古代冰川的人，常指懸谷為冰流存在的証據。但懸谷之產生，並不限於冰川作用，如近代斷層，將山谷切割斷，而形成懸谷的形象者有之；又如流水相會於山谷中，或因流量大小有別，或因岩石軟硬性質不同，以致侵蝕速率不一，亦成懸谷之象。因此僅見有懸谷之地形，不足以作為冰川存在之確據，尚須結合其他事實，相互為証。

串珠盆地——在冰川侵蝕的山區地帶，每在山巔剝削凹地，凹地儲存之冰益多，沿谷下注，流至不遠，再在較凹之處屯住不前，加重剝削，形成另一凹地，久之冰聚多了，復沿谷下注至相當較低凹地，又屯住不前，加重剝削而形成另一個冰蝕凹地。如是前進，則造成很多相連之盆地。自高山視之或作鳥瞰時，作一鏈串珠的形式。鏈者即冰流經駛之谷，珠者即其所連之盆地。此種串珠地形，亦為冰流侵蝕地形的

①為了使照片清楚，將文內部分照片印於封2及封3上；封2為圖版Ⅰ，封3為圖版Ⅱ——編者。

特点之一，其与水流侵蚀者，迥然不同。

冰斗及冰舌——当气候逐渐变暖，冰川则融化退缩，当它退到最后之期，在高峯之旁，常有盆地，略成圆形，其中满铺冰雪，四週有小崗环绕，盆地近高峯之面较高，且甚峻峭，几近直立，盆地的前面有口，口的中間，有时有石隆起，其表面經冰流之磨削，甚为圆滑，每带擦痕。它的兩旁为冰融时水流经过之所，故被割蝕較深，而中間隆起之石，由于受冰流之掩护，得以保存。盆地儲存之冰，有时由此口流注，形状如舌，故有时称为冰舌。冰舌经过之谷，时成U谷，时成陡坡，其形状不尽然一致，此种盆地，其形状近似漏斗，称之謂冰斗地形（圖版I—3）。由其居于高峯之側，形状顯然，容易辨識，又为冰川退缩后期之產物，保存之机会較多，追尋古代冰川遺跡者，每易着眼于此。但类似冰斗之地形，在積雪而未凝成冰床之地点，也可以造成，唯其形状与深淺程度，則有不同，不可不作審慎之观察以区分之。

冰坎地形——在冰流屯聚的凹地，或冰流經駛之山谷，在冰川向低地流注之前面，时有屏障（如上述冰斗前面，有隆起之石即为此类地形），其形成或由基岩，或由基岩复以泥礫，恆亘谷道或盆地之向前开口处，犹如門戶之門坎一样。惟其兩端，均有缺口，其一位置較低，多为現時河溪经过之所，其一缺口，則高懸于一端，成为風口，但亦有兩個均成風口而中間遭受切割者（圖1）。考其形成，当冰床經駛之时，或稍停頓，冰的兩旁均有排水之道，久之將其前面的屏障兩端，切成兩条水溝。气候变暖，冰水漸多，兩個排水之道，必有其一地势稍低，于是流水就下，成为河道。居于地势稍高者，則形成風口，此种地形，謂之冰坎。

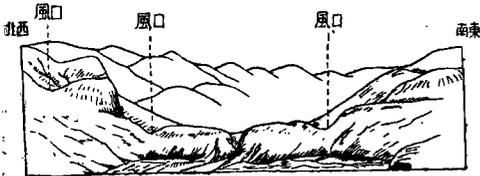


圖1. 貴陽洛灣盆地北面冰坎地形（据李四光）

冰坡、冰筧、冰階及冰壁——若山坡陡峻，冰流隨坡而下，形成一片，流溢不止，无川谷之可尋，是謂冰坡。冰坎之較仄而斜度較大者，冰流經過其中，剝削成为槽狀坡面，或成平滑之斜面，兩旁时有小崗，隨坡面下展，是为冰筧。冰流自高山而下，有时分为若干段落，每至一段落，即掘成凹地，每一凹地之上，必有較陡峻之冰坡。此种地形，歷时甚久，更形顯著，是为冰階。若冰坡之斜度近乎直立，則冰流

未能繼續流注，每歷若干时則下傾一次，犹如山崩，是謂冰壁。蓋与流水墮崖而成瀑布之現象相似，但水流剝削之力較水为大，故在懸崖之地，經此剝削，益形峻峭，而其下之潭，則更为刻深了。

角峯及魚脊峯——在高山地区，几个冰窖或冰斗連接之中間，每形成尖峯，狀如金字塔，名为角峯。（封面，及圖6之D）。其形跡顯然，易引人注視，在我國西部及西北部現代冰川存在的地区，此种地形，屢見不鮮。在兩個或兩個以上毗連的儲冰凹地，所聚之冰，各沿谷道下注，經久侵蝕，兩個相連的冰床經過的谷道，僅隔一薄嶺，狀如魚脊，名为魚脊峯（圖6之D）。

溢口——当冰川貫注于山谷时，如冰床过厚，其高度已与谷的兩壁高度接近，則有部分冰流沿谷的兩壁缺口或破碎之处，加强侵蝕，向兩边流溢。是以在U谷或冰流經過的直谷的兩壁上，每見有很多缺口，遙远望之，犹如城牆之垛口，此种地形，名为溢口。在溢口外边，每有來源較远的礫石。此种溢口地形，既非構造因素所能解釋，也非老河床所能說明，非冰流无以致之。在广西駕桥嶺及桂西北山区，均曾見到。

冰溜面及冰流条痕——凡經冰流磨削之地，其出露的岩石，常呈圆滑形态，其未經冰磨者，則多露稜角，故U谷兩壁的上部，往往玲瓏峻峭，而其下部則則平滑舒展，时帶条痕（圖版I—4），据此可以查視昔日冰床之高低。条痕之粗細不等，深淺亦无定則，隨当地之岩石性質与剝磨条痕之石塊为轉移。冰溜本身軟弱，无力刻划痕跡，其用以刻划痕跡之物，非冰本身，乃其中夾帶之石塊，复以冰床巨大之压力，而進行刻划。疏松而層次多的岩石，虽經磨琢造成条痕，多不易保存，冰去后立即毀滅。若岩石之質均而堅牢的則不然，如厚層石灰岩、石英岩及花崗岩之类，冰流刻划之条痕，容易保存。故凡冰流經過石灰岩面的，多保留冰溜面之遺跡，为冰川經過之証据。

冰流刻划之条痕，与岩石經挤压折斷所發生之断面擦痕，容易混淆，但仔細观察亦很有区别。冰流所划之条痕，多为單純之刻划，其痕跡僅达于岩石之表面。若岩石之某一部分与其他部分互相挤压而兼以刻划所形成的痕跡，多不限于断面之皮表，其影响及于內面，与断面平行。断面之上，每有薄壳，易于剝落，若剝去表皮的痕跡，而其下仍可見到条痕。其次，断面之發生，无不直穿岩石而过；而冰溜之面，在局部虽然是平直的，但沿其面而追尋之，則可見到婉轉起伏之象。如更進一步观察，冰溜所成的条痕，虽多屬淺而寬，圓而直者，但其中必雜以深刻而仄小之痕跡，而

断面条痕，自表面观之，无不甚浅而甚平滑，往往具有光泽，燦然如镜，此乃岩石断面遭受巨压而形成者。此外尚有判别之点：即冰流所致之条痕，往往不限于一个方向，而断面条痕，则只限于一个方向。

羊背石——冰川流溢经过的地方，有时遇到小山或石墩，未能刮平，于是冰流在它们的上面流过，久之逐渐磨削，石墩或小石山的形态，更趋于扁长而圆滑，它的轮廓很像伏瓢。居于上流之处即朝向水源之一端，较低而较仄，至下流部分即与冰流去向相对的一端，渐高而渐宽，有时亦被磨削而呈圆滑的外貌，但多数都是参差不齐。在它圆滑的面上，常带条纹，条纹的方向，即表示冰流的方向。若在冰川的底部，遇到此等石墩或石丘很多，同时排列在一个地区，则一一磨成这样形状，由冰川上流向外看去，很像群羊伏地，石墩扁长圆滑的部分，略似羊背，其前面参差不齐的部分，譬如羊首，因而得羊背石之名（图版 I—5）。羊背石亦为冰川流行致力于地面的一种主要侵蚀特点，它的存在，亦作为昔日冰流存在的佐证之一。

鼻山尾——当冰流下驶，遇到高出冰面的石山，则自上流而来之冰，至此分为两股，沿石山侧面流动，两股冰流，行至石山之前，又合为一个，越山前较低的部分，向前流注。于是石山居上流的部分，它的后面和它的侧面，皆为冰流所剝蚀，或成为削壁，或成为悬崖，而在它的前面即在冰的下流部分低处，则有冰川输送之物，如流砾之类，停积其上，延展甚长，遂使全山形状如鼻，鼻端居上流，鼻根居下流，此种地形，可称为鼻山尾。此外，亦有冰流越过石墩而成鼻山尾者（图 2）。



图 2. 鼻山尾地形，箭头示冰流动向

盘谷(中心盆地)——当冰川自高山而下，其剝刮剝蚀能力很大，故每在冰流自山麓出发之所，常有较大的低洼之地。自高山而来的各冰川，汇集其中，然后流溢，乃成冰舌或冰汛。此种窪地名为盘谷。盘谷较深的，冰融后有时变为湖沼，较浅的盘谷，亦不能多保留冰川输送之物，因疏松的泥砾，在这样位置就是有所停积，也被冰流转刮以去。故山麓冰川汇集的地方，往往不见冰川停积；距山较远的地方，反而见到泥砾等物，遍布原野，或者就是因此之故。

三、冰川停积物特点

凡经冰川运输而停积的物质，统称冰积。随其堆

积的地位不同，冰积的材料和冰积的形状，也不相同。停积在冰川底部的名为底积，停积在冰川两旁的名为侧积，停积在冰川前边的名为前积或终积。

泥砾——冰积物多为极细而粘性甚大之泥，其中参杂石块，大小不一，混雜无章，没有层次，统称为泥砾（图版 I—6）。其中石块的形状，也不一致，大半是粗具固有的轮廓，而其稜角多亦消失。石块上之一二面有时磨研甚平而且光滑，其上偶带条痕。条痕粗细不等，方向也不一定，有时互相平行，有时彼此异向。

冰川条痕砾——当冰川流行之时，携带泥沙石块甚多，石块随冰流注，与其他砾或冰底岩石，互相磨擦而发生条痕。由于各个石块夹在冰中，它们的位置方向，常有转变，故在石块的同一面上，时有很多条痕，方向不一，常可分为数组，每组各异其向。条痕直者居多，然亦间有弯曲者。此种条痕砾石，为冰流存在良好证据之一（图版 II—7）。有些地区虽有冰川存在，却少见条痕砾石，盖因石块之坚硬而粗者，虽经冰流运转，若未遇较硬石块，则难以刻划条痕。若石质匀细较弱，则一遇砾粒之硬者，即被刻划。惜其质软，常不耐风化易于消失。

石块上的条痕，不限于冰川运输始得刻划。岩石发生断面，互相挤压而产生断面条痕，但此种条痕特征，与单纯刻划之条痕不同，前已述及。雨雪甚多之地，有时循山坡而发生石流现象（图版 II—8）。破碎之石块，随湿润之泥土下流，远者可达数里，也有受磨擦而生条痕者，但此种条痕，仅可见于极软弱之石面，其痕迹之深，远不如冰川运输所成者，而石块之稜角，亦多保存。高峰之旁，有石块下坠，与其他石块互相碰击，也发生若干刻划的痕迹，此种伤痕，常甚粗而且很短，绝无长细深刻者。冰川条痕砾石，乃为冰川存在直接证据之一，然必须明辨石块上的冰溜条痕与非冰溜条痕不同之要点，以免误认。

漂砾——冰流运输之石块，有时很大，有的可达数公尺乃至数十公尺，其移徙之远近，随冰流规模之大小而定。它们来自远方者，称为漂砾（图版 II—9），甚至于有的是翻山越海，来源很远，如挪威之石块，漂徙到英伦北部。在奔川之旁，山洪之时，及山边崩溃之处，亦可使较大之石块向低处移动，但到平地，即行终止。经冰流运输之漂砾，虽然很大，凡冰流所到的地区，无不随之。等冰融之后，此种漂砾即被停放于所在之处，同它们生成的基岩故地，往往有丘陵为之阻隔。可以显然看到，若非冰流运送，难以致此。由此可知漂砾亦为古代冰川流行之一证。若遇巨大漂砾，扬于远平原，或矗立于丘陵之顶，则可认

为水流遗迹之确据也。

冰川塊礫積——冰川停積物質，泥礫虽多，但也有时泥質很少，塊礫居多，或者全为塊礫，冰川收縮之时，有由冰斗自陡坡下溜的冰流，常輸送此种塊礫甚多，称为塊礫積。冰融后仍停于山坡，驟然看了很像山崩所致。塊礫之形狀，亦与山崩所產生者極为一致，兩者判別，如无其他証据，比較困难。

紋泥或季候泥——冰前若有低窪之地，則每年由冰融化的水，必有一部分流匯其中，將冰旁冰底之泥沙也携帶而至，泥之細者多呈乳白色、灰色，間亦呈棕黃色，甚或有赤色者，这以冰中所运送材料本身之顏色而定。夏日較热，冰融較快，冰前的流水亦多，而冲洗擾乱之力亦大，可以运输粗砂粒。到了冬季，冰多固結，冰融較少，冰前流水較細，而冲擾之力亦小，僅能运送細粒或泥質之物。是故停積于冰前窪地之泥砂，入夏則質較粗，入冬則較細，如是每歷一年，粗者一層，細者一層，沉積其中。若歷年很久，則成紋泥，（圖版Ⅱ—10）不独粗細相間，且冬夏二季停積物的顏色，亦有不同。普通是冬季之泥色灰黑，夏季的泥多乳白色，有时帶有橙黃者。此种紋泥，亦称季候泥，它有紀时之效用，与樹木的年輪相若。紋泥之產生，不僅限于冰川之前，而无冰川之地，如湖沼地区，也有时發生紋泥，故不能視紋泥为冰川存在之特有証据。

冰水停積——当冰川存在的时候，它一部分陸續融化之水，或流无定向，或集注成为河流。較大的水流，每穿过冰川的下部，或成冰下河道，蜿蜒达于冰前，向外奔瀉。或在冰川之兩旁，鑿成深溝，有如馬路兩旁排水之溝道，凡小型冰川，多如是也。冰川最前之处，冰水最多，于是冰中冰下的泥砂石塊，多随水排出，粗者停積在冰前較近之处，細者逐流而去，展布甚远。礫石在冰床里边之时，几乎无分选作用，棱角也多未消失。經冰水运送后，則展轉移动，互相衝击，移徙愈远，其形愈圓，水流分选作用，也愈明顯。因此在冰川的前面，常有泥砂之类，雜以卵石，离冰前漸远，則石礫漸小而漸圓。此种冰水排洩物，不但礫石形狀很圓，且常層次分明，它与一般冰積物在形跡上大不相同，而与一般流水搬运停積則很近似。凡山冰水排洩所停積的泥砂石礫，都称为冰水停積。若冰汎甚为遼闊，冰川底部停積之物，有时多为泥質，有时为砂礫丘，此种泥砂之成，迄今尚无定論，可能随各地之情形不同，其成因也不一致。

冰積物的一些特殊形狀——冰流底部和他的周圍停積之物，常成丘陵，顯示圓潤的外貌，有时縱橫交

錯，有时排列成行，長者蜿蜒如堤，短者孤立如塚。由远处觀望，起伏不一，参差不齊，很像云海之面。就其形狀，可分为：鼓丘、蛇形丘和砂礫阜。这三种形勢的停積物，多成于平地，一入高山，則少見之。

鼓丘的形狀是長而圓，其形像冬瓜直剖兩半而俯置之，其長短不等，長者里許至十數里，寬半里至數里。其形小者，長不到半里，寬僅百余米。鼓丘大半全由泥礫而成，亦有泥礫依附当地石基而生者。鼓丘为冰底停積之物，故其高度必小于冰的厚度，而它的長軸方向，即指示冰流之方向。在一个冰汎所占据的地区，往往形成很多鼓丘，自远視之，形若云海之面，也很像接長軸排列的一筐雞蛋（圖3）。

蛇形丘的形狀甚長而多弯曲之处（圖4），有时迤延十余里，自远視之，很像巨蛇逃逸之狀。它構成之材料，多屬砂礫，有时可分成層次。其生成也，或系当冰川收縮之时，冰的前面繼續后退，于是冰下河將冰中所帶的砂礫，沿洞而向



圖3. 美國威斯康星的鼓丘地形（摘自叢梯書中）

洞口輸送，待吐出洞口，則砂礫停止前進。冰愈向后退，則繼續停積之物愈多而愈延長，最后形成長丘。此

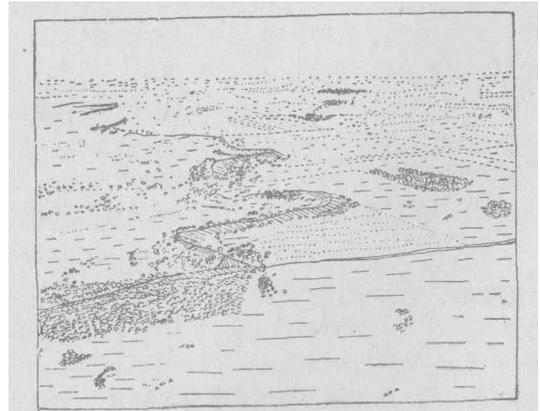


圖4. 美國明尼蘇達的蛇形丘地形

种停積物的展轉折曲，係因随冰流退縮的方向以为轉折之故。

砂礫阜，其形狀不一，有成圓錐形狀，有成長崗形狀，亦有成不規則的丘陵地，其中堆積之物，砂礫居多，砂礫之下，時有泥礫，時無泥礫。它的產生，大抵緣于冰底或冰面冰水之流注所成。

冰川之前積及側積——山谷冰川多為舌狀，山麓冰川，形成冰汎，多為扇狀。山谷冰川及冰汎若經久而無伸縮之變化，在它的前面及兩旁，常有泥礫，形成長丘以環繞之。它們的前積常成弧形或新月形之山崗，而側積常甚仄小而且長直。有時側積靠近前積部位，兩者界限也很難劃分。側積發生于深谷之旁者，很不易保存，蓋因冰川之兩旁，常有冰水衝洗，但冰前停積之物較多，而且除去主要洩水之處，所遭受侵蝕也比較少，故凡曾經冰流之處，前積的遺留部分，常不難發現。

冰川退縮，有快有慢，有一次融化的，也有分期退縮的。分期退縮者，即退至某處則停頓若干時，每停頓一次，則發生一前積，于是先後發生之前積，而成為若干平行的弧形山崗。但冰床如再前進，則將這些疏松之停積，全部剷除。冰川停止在高山的，很少保留前積，因冰水衝洗過甚，泥礫之類，很難以保存。所以有些山谷冰川地區，肯定有其他冰川現象，但往往找不到前積所在。

總的來說當冰川自高山匯集于盤谷時，再向前流溢，以達平地，由于冰流的侵蝕和它的輸送停積，往往形成一套的冰川地形（圖5）。在靠近山麓地位，必有較大之窪地形成盤谷，為冰流儲集之所。在盤谷之前面則為鼓丘所在地區稱為鼓丘帶。鼓丘之前面，則為終積或前積地帶。在前積之外圍，則為冰水停積地帶。這一套地形，大都遭受冰期以後的破壞與新停積物的蓋復，不能保留其本來全貌，只能從其

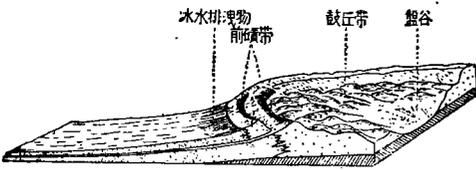


圖 5. 從盤谷至冰水停積處各部分相互联系之情形 (据彭克)

斷簡殘篇，作較詳細之追尋與探索，始可描划其原形。

四、水流运行与地表岩層之影响

水流虽为固質，但能流动，冰床愈厚，其下面的岩石受压愈大。当冰川流动时，其下之岩石，每受衝動之力，故冰流很厚之处，其下岩石之表面，往往被

挤压而發生地質構造現象。軟弱之岩石，如頁狀岩層，因不耐冰川挤压之力，于是在岩石表面部分，發生小褶皺，小衝断面，甚至于展轉曲折，其受擾亂之象，異乎尋常（圖版Ⅱ—11,12）。但此種現象，僅見于岩石靠近冰流底部一帶，其作用所及，最大者不過數十公尺而已。過此以下，則當地岩石之構造，仍保持其常規。

冰川之前進，常能將其下已經停積之物推動，以使老冰積或其他停積之物，發生衝断現象。一個地區如經過數次冰流，每能見到此種現象，甚至有旧冰積層之巨塊捲入新冰積層中（圖版Ⅱ—13），若兩者質料

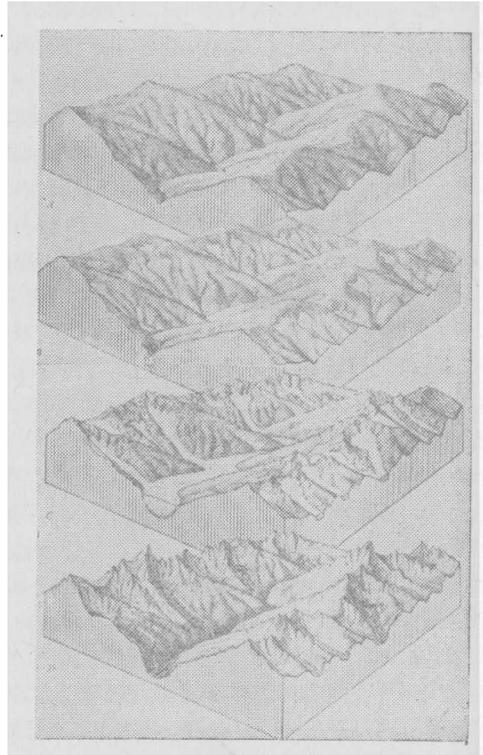


圖 6. 山谷冰川的發育情形。A—山區在冰川侵佔以前。B—冰川發生之初期。C—冰川已長成的時期。D—冰融以後顯現的冰蝕地形：冰窖，冰斗，U谷，懸谷，魚脊峯，角峯等 (摘自 R. F. Flint 書中)

相若，則無從判別新舊。倘若新舊之冰積物迥然不同，則可以根據此種現象，以斷定曾有兩次冰流經過其地。

中國之冰川遺跡，除了各高山地域，尚保存其較完整形跡外，如我國東部較低地區，過去的冰流痕跡，多遭破壞，觀察時不可不謹慎仔細。

最后为了使讀者對山谷冰川有一較完整的概念，特將其發育情況用圖6表示出來，以供參考。