



国际地球物理年

1957—1958

冰川研究基本方法指南

Г. А. 阿夫修克主編

國際地球物理年.

1957—1958

冰川研究基本方法指南

科 学 出 版 社

1 9 5 9

冰川研究基本方法指南

Г. А. 阿夫修克 主編

李世玢 等 譯

*

科学出版社出版 (北京朝阳門大街 117 号)

北京市書刊出版业营业執可證出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1959 年 3 月第 一 版

書号: 1648 字数: 190,000

1959 年 3 月第一次印刷

开本: 787×1092 1/32

(京) 0001-2,500

印张: 8 1/4

統一书号: 13031·1005

定 价: 1.20 元

8332
52557

Г. А. АВСЮК

ОСНОВНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

Москва—1957

內 容 提 要

我国是世界上山岳冰川最发达的国家之一，西北天山，崑崙山，祁連山等山地蘊藏着数以千亿万方儲水量計的冰川資源。冰川融水灌溉着山麓綠洲，在国民經济上有重大意义，在改造西北干旱条件中，利用冰川是一个重要方向。从1958年起，我国現代冰川的考察利用，已經大規模开始。这里翻譯出版的由苏联科学院地理研究所著名冰川学家Г. А. 阿夫修克教授主編的冰川研究基本方法指南，包括了冰川考察、冰川定位研究，从形态測量、冰川运动、热量平衡、积累与消融、水文、雪崩、热学观测地貌过程、地冰岩过程以至安全技术的各个方面，是冰川利用考察人員必須具备的手册，也是高山水文、气象、地質、地理工作人員、登山隊員的重要參考文獻。

原书分輯印出，中譯本合成一册出版。

目 录

第一輯	冰川測量.....	(1)
第二輯	冰川冰运动速度的測定.....	(10)
第三輯	为計算大气圈与冰川表面之間的热量交換而进行的冰川上的平衡观测和梯菱观测.....	(26)
第四輯	对冰川上的雪和冰的积累和消融的观测.....	(29)
第五輯	冰川研究中的水文測驗.....	(50)
第六輯	雪盖的研究.....	(59)
第七輯	积雪地的观察.....	(82)
第八輯	雪崩的观察.....	(89)
第九輯	雪暴迁移的观察.....	(100)
第十輯	用袖珍硬度計、硬度指示器和硬度探测器測定雪被的硬度.....	(112)
第十一輯	冰川上的热学观测.....	(158)
第十二輯	冰川地带现代外因力的地貌过程的观测.....	(181)
第十三輯	地下冰块、凍結岩层、松散的冰川沉积物和現代地冰岩过程的研究.....	(204)
第十四輯	进行冰川考察时技术安全的原则.....	(215)
附 录	冰川观测記錄本	

第 一 輯

冰 川 測 量

Г. А. 阿夫修克

1. 在 1957—1958 年国际地球物理年时期进行冰川测量的基本目的如下:

(1) 确定国际地球物理年时期冰川的空间分布(在测量日期);

(2) 借助测量材料获得关于冰川形态学特征和冰川形态测量指标(морфометрические характеристики)(其中包括冰川尾部的高度,万年雪线的高度等)的特征方面的资料;

(3) 从比较国际地球物理年期间的测量同从前的测量资料或以后的测量资料中获得关于冰川空间变化、关于冰川形状及大小的变化,以及关于体积、构成该体积的冰体的变化的资料;

(4) 在下列各方面运用测量资料:在进行各种冰川学工作方面——如划分各种不同冰川地带、不同性质的冰体形成地带,在进行任何一种冰川区划方面,在确定总的和单个的堆积及消融方面,在计算冰川表面逕流、物质平衡方面,在确定冰的厚度方面,在为观测融化和堆积作用而划定方向线方面,在测定冰的表面运动速度方面,在确定冰碛沉积的厚度和计算其体积方面,在编制冰川运动速度分布、不同消融强度、雪被分布等略图方面。

2. 根据上述目的,在国际地球物理年期间冰川测量不应

少于1次。如果在这一期间内有可能进行复测，那就必须利用这个可能性，因为每一次复测都可以为判断冰川上所发生的各种自然过程的动态提供宝贵的材料，同时还使我们可以检验测量资料。

3. 照例冰川测量应当在消融期正好结束时进行，这时才有可能在测量资料中反映出冰川面、冰川上逕流系统和冰川裂隙的一切细节部分、雪綫、冰磧、碎屑物质等。

4. 只要有在有一些微可能性，测量的范围就应包括整个冰川，即应包括冰舌或消融地区，同时也应包括堆积或万年积雪地区。当在很大的冰穹（ледниковый купол）或冰盾上工作时，这样的可能性已不存在，在这种情况下测量的范围应当尽可能包括进行系统的冰川学研究的整个区域。而且希望这个区是一个从冰穹上部直到其边缘部分的连续的、相当宽阔的地带（在这种情况下测量的范围可能达到几百甚至几千方公里）。如果工作条件不允许对整个冰川进行测量，那就应当力求测出该冰川的尽可能大的部分，同时在这一部分中一定要包括冰川边缘地段，例如，整个消融区和一部分补给区，一个消融区，以及最后在极不得已的情况下只是包括一个冰尾边缘部分。后一测量的范围已经是所能容许的最小范围了。同时应当指出，应当完全抛弃过去在实践中所运用的仅以自冰川尾部许多点的固定基綫的一种交会来测定冰川尾位置的方法，而以冰川尾部輪廓的全区测量即成最低限度的测量来代替这种测定。經驗証明，交会法不可能提供关于冰川空間变化的可靠資料，尤其是不能提供关于这一現象的数量、描述的一些可靠資料。

5. 进行测量的必要条件应当是：在这一测量中除了冰川本身的测量以外，还必须包括显著的固定对象的测量，如冰原石山、側坡上的典型陡崖（最好是靠近冰川的边缘陡崖），現代

冰磧物以及至少是最靠近冰川的古代冰磧物,小径和道路(如果在該区有小径和道路的話),分布在斜坡上和谷底或冰川的前方的个别大漂砾、湖泊、植被(森林、草甸及其它)的輪廓、灌木丛、独株乔木及其它显著的固定对象。在測量时同样也应当相当詳細地測出冰川附近及冰川水流河床附近的冰水沉积平原区域、沼泽化地段等。上述情况在进行測量时应給予很大的注意,因为当平面图上沒有表示出詳細对象时,在最好的情况下工作也是困难的,而有时甚至使我們完全不能把国际地球物理年的測量資料拿来同这以前或这以后的冰川測量資料进行对比。在冰川測量时沒有考虑到必須同时对冰川附近的“固定对象”进行測量的情况,在过去各年,特別1932—1933年第二国际地球物理年时期的許多工作中都曾有過。由于这个原因,不但在取得关于已发生的冰川空間状况中的变化的資料方面,而且甚至在判断冰川尾部形状的变化方面,都沒有任何可能利用这些測量材料。

6. 进行冰川測量所采用的比例尺应当相当大,它不应小于1:25,000,而且可以大到1:2,000。实际上对測量的某种比例尺的选择是决定于所研究冰川的大小。例如,对于很大的山谷冰川、巨大冰穹和冰盾地段來說,在編制整个冰川(或整个地段)的平面图时,就应当选择1:25,000的比例尺。同时,对于研究具有特殊意义的冰川的个别部分(根据所进行的研究的詳細程度,根据冰川表面大小地形形态、冰磧物等的性質),希望再用更大的比例尺測繪出来,如用1:10,000或1:5,000的比例尺測繪出来。

对中等大小的冰川的測量,应当建議用1:10,000的比例尺。这里同样也可能需要对冰川的个别地段用更大的比例——1:5,000或1:2,000——进行測繪。

对于不大的冰川,应当建議用1:5,000—1:2,000左右的

比例尺进行测量。

在测量时照例应当根据选定的测量比例尺来采取表示冰川表面地形的等高线的间距，对于平坦的地段等高距要小一些，相反地对于坡度大的地段要大一些。对于冰川边缘的陡崖，等高线间距应当比较大——依斜坡的陡度为转移。

7. 在冰川测量时，应当尽量使整个冰川的测量是同一时间进行的，因为如果测量的时间拖得很长，便不能提出冰川状态的真实情况。此外，在冰川测量时，应当用最客观和最准确的方法反映出尽可能多的细节情况。同样应当指出，冰川上的测量工作更由于极地和高山地区所具有的特殊自然条件而变得十分复杂。因此十分明显，就是不考虑测量工作技术的一般发展，在冰川测量时只要有些微可能性就应当利用航空测量，而在山区运用地面立体摄影测量则是可能的和合理的。这两种方法应当是进行冰川测量时的基本方法。只有在完全不能进行航空测量或地面立体摄影测量的情况下，才可以运用普通的平板测量，或者甚至是视距测量。这里我们要提一下，在运用这些测量方法时应当特别注意把进行测量的时间缩减到最大限度。在大的冰川上，为了作到这一点就应当由几个测量组来同时进行测量。

8. 冰川测量时最繁重的工作(尤其是当考虑到冰川的特殊自然条件时)是关于固定、标定和测定检查点和控制网点坐标的地面大地测量工作。这里在每一具体情况下，应当拟定一个有关这些工作和固定及标定控制点的尽可能简单而合理的方案。例如，在运用航空测量时，按照几个比例尺进行测量将是合理的。首先用小比例尺把对象摄在一个或少量的照片上，并通过摄影测量把这少量的照片用来扩展控制点，其次便立即按需要的比例尺进行测量，或者按中间比例尺再作一次测量，以进一步增密控制网，然后便按最终比例尺进行测量

了。应当指出，当在运动的冰上长期进行测定控制点的工作时，控制点的精度将是不高的，因此通过利用一系列比例尺愈益增大的航空照片的增密控制点法，就是精度上也将比扩展大地测量网和导线的普通地面方法要高，更不论这还可以大大减少时间和劳动的消耗了。为了在冰川表面定点，除了“天然”漂砾、裂隙、冰碛堆积物等以外，应当把冰川地段着上暗色，或在它的表面铺上由暗色材料或其它轻便材料作的标定盖板（用厚油纸板作的十字架等）。有人认为，有时定点也可以从空中进行，例如通过从飞机上向需要地方投掷带着着色液体的气球等。

在运用地面立体测量时，同样应当广泛利用摄影测量交会来测定检查点坐标，为此除了进行立体象对测量以外还要作出从同一基线开始的许多补充照片，但这种照片已经具有全景的性质。当然，仅仅通过这种方法还不是永远都能以检查点来保证立体象，可能还须要进行检查点的补充专门测定。但是，工作经验证明，利用摄影测量交会可以减少检查点专门测定 80%，而有时减少得还要多。

在测定地面立体测量的测量基线的坐标时，应当把坐标联结为一个统一可靠但又很简单的系统。有时为此目的而在冰川表面引出一条视差导线，并从它开始通过前方交会进行测量基线各点的坐标，是有益的 and 合理的。当然，这样的导线应当在最短期内如在一天内测定。如果用三角测量方法把测量基线各点联结为一个统一的系统，就需要力求将这一系统中的全部点分布在陡崖上或冰碛物不动的部分。在需要把一部分点移到运动的冰的表面时，应当这样组织工作，要使这种点上的观测是在最短时间内如在不多于一天的时间内完成。不言而喻，这种点只能看作是暂时的联结点。

当然，我们不可能预见到在各种不同冰川的测量的具体

条件下,可能发生的一切情况,但是在进行这种工作时,永远应当以下列情况为出发点:系统要尽可能简单和可靠,野外工作所需要的时间要最少,要考虑到现有的那些具体条件和测量目的——这里既包括自然条件,同时也包括规定的精度和测量的方法。同时,永远须要记住和考虑到冰川中冰的移动。

9. 在进行地面立体测量时,全部测量基线应当定在不动的基础上,最好是在陡崖上。分布在斜坡或古老冰碛上的大漂砾对于这个目的是不适用的,因为没有任何保证可以说它们没有其自己的运动。不过也有例外:在移动的冰碛物或甚至在冰上可以定出辅助测量基线,其作用在于填补测量中“死的”空间的个别地段。

10. 定在不动基础上的测量基线的各点也同地面立体测量、航空测量和平板仪速测时所定的控制点以及这些测量形式的所有测点一样,应当在地方上牢固地定下来,希望这些点在以后来进行冰川测量时,例如甚至在下一个国际地球物理年时(1982—1983年)能够易于找到。

11. 在对测点和控制点的固定可按下一方式进行:在崖石基础上打下一根 30—50 厘米的金属管子。为此目的便要打一个孔并把这根管子用水泥固结在孔中。同时也可以不用管子而用一段圆形铁棍或钢棍来代替它。在这种情况下,就可以直接把铁棍打入崖壁中。金属管子要露出崖壁表面 10—15 厘米。管子或铁棍的中央是点的中心。在测点位于生草的斜坡或古老的不动的冰碛物上的情况下,管子或铁棍的长度应当增加到 1—1.5 米,并且应当有 85—135 厘米埋在底土中。然后在管子或铁棍上面放一个高度不小于 1.5 米的坚硬的石墩。在石墩中部插一个标桿,同时希望这个标桿露出于石墩表面的高度 1—1.2 米。在标桿上部应当钉上一个由木板作成的十字架。对于装置石墩所耗费的时间不应当可惜,而且在

裝置時要這樣選擇石頭和進行堆砌，使石墩的構築是十分堅硬而牢固的。在從該點進行測量的時候，石墩便被拆掉，而後在測量結束又再把它堆砌起來。此外，必須進行一系列連測，把每一點與其周圍的有特征的固定目標連接起來，連測的方法是：測量至這些點的距離及其方位角，編制它們的位置略圖及其草圖，最好再加上攝影。然後必須在陡崖上或漂礫上選擇一個地點，並用明亮的油畫顏料和瓷釉顏料在它上面作出巨大的測標，指出測點的號數、測量年份、考察者姓名、測定之誤差和到達測點地方的方向。全部材料應仔細地記錄在有關的登記簿中，而後應當根據這個登記簿的材料編出一份全部測點和控制點目錄。

12. 在冰川測量時，不一定需要把這種測量同全國性三角測量網連接起來，每一冰川都可以按特殊的相對坐標系測出。必要的要求是根據真子午綫把這個系統加以定向。

13. 至於說到測量的高程控制，那麼這裡十分希望能進行按絕對高程的測量和它們同全國性水準網連接起來。如在一個區域沒有進行這樣的工作，那麼可以進行按相對高程的測量，並且必須同專門裝置的基本水準標石（具有按整數計算的假定標高）連系起來。這一基本水準標的高程的近似值即使用氣壓測量方法也可以測定，而後將其化為整數並將這個湊整的高程作為該項冰川測量的基本的起始的假定高度。以後全部的測量應當依靠這一基本水準標石進行。因此，以後在得到這一水準基石的絕對高程時，就有可能把假定高程換算為絕對高程。按照進行過測量的同一高程（絕對高程或相對高程）系統在冰川調查時也應進行其它的高程測定，如雪綫、季節雪綫、圍谷、冰川槽谷肩、冰川坎等。

14. 假如冰川測量是用航空測量或地面立體攝影測量方法進行的，那照片上所反映出的切細節部分都可能在室內

照片整理时表现在平面图上。如果冰川测量是用普通的地面测量方法——平板仪和速测仪进行的，那么在测量之前就应当完全清楚而明确地认识到：需要以何种詳細程度、何种精度进行测量，以及正是应把冰川表面的那些形态和特征測繪出来。在每一个具体情况下特別須要仔細考虑关于那些应当假定(即测量的比例尺不能“显示出”的)表示出的对象的測量問題，因为如果任意表示这些对象就会得出歪曲的、不客观的和无法进行比较的材料。比如在表示被裂縫所強烈切割的冰川地段时，必須規定一定的符号来表示裂縫系統的不同密度，裂縫之間的单个冰体的典型形态，等等。在用普通測量方法在山地条件下进行測量时，仅有在比較稳定的和切割很小的冰川地段才可能进行精确的測量，至于在冰瀑布、直立冰壁、冰緣陡崖(圍繞着冰川頂部)等地方的測量，那就要求測量員具有特別的技巧和技能，只有在这种情况下才能提供良好結果。

在这些地方，測量的起算点已經不是标尺点，而是一系列典型地方的交会点，測量員根据这些交会点应当善于繪出相当精确的和客观的平面图。由此可見，在冰川上用普通方法进行測量的測量要求特別的注意和相当高的技能。

15. 除了上述的某些特点以外，冰川測量的一切技术方面应当按照苏联內务部測繪总局对于有关比例尺的測量的有关规定和指南进行。地面立体摄影測量应当按照軍事測繪局出版的关于这项工作的細則进行。各种測量方法(無論是航空測量，或是普通的平板仪測量和視距測量)在現在航空測量和測量学教程中都有相当全面的敘述。进行地面立体摄影測量的方法，在 Н. А. 布洛兴 (Блохин) 的“地面立体摄影測量”(стереофотограмметрическая наземная съемка, 苏联重工业人民委员会科学技术联合出版社出版莫斯科—列宁格勒，1937年)和 П. М. 奥尔洛夫 (Орлов) 的“地

面立体摄影测量学”(Наземная стереофотограмметрия, Издание МТМИ, М. 1938 年)两书中敘述得最为詳細。

(李世玢譯)

第二輯

冰川冰运动速度的測定

I. A. 阿夫修克

一、总 論

1. 冰的运动是确定冰川概念的不可缺少的主要标志。冰川冰不间断地、有规律地从粒雪区或积累区,即从冰川的上部或中部向其尾端的边缘部分运动,这就是冰川的特点。冰川冰的运动是冰川固有的自然过程,决定这种过程的不是外因,而是冰川本身的属性。这种运动不仅把大量冰体从积累区运输到消融区,而且是冰川冰结构变化的重要动力来源,它对各层冰川的热力平衡的形成有巨大影响,是造成裂缝和其它冰川形态的重要因素,它产生刨蚀作用,在很大程度上决定冰川的堆积作用,等等。

2. 虽然早在二百多年以前就初次发现了冰川冰的运动,在十九世纪七十年代就曾经开始试图测定它的速度,但是,直到现在,关于冰川冰的运动还没有充分的资料,关于冰川流动的理论还未研究出来。现有的关于冰川冰运动的许多理论均为或多或少可能真实的假说,然而其中没有一种未曾受到全面的批评,没有一种能够充分被直接观察到的现象所证明。应当指出:在现今关于冰川运动的理论中,没有一种是完全根据物质观察制定的:在很大程度上它们导源于理论的推测。

3. 由于上述情况,在国际地球物理年期间对于冰川冰运

动速度的测定应当给予足够的重视。测量的结果应当提供某一冰川的冰的运动速度的资料,以及冰川各部分的冰的运动速度的资料。速度测量所得的数据还应当成为日后制定冰川流理论的物质基础,应当能够确立冰川冰运动速度与其厚度、冰槽、坡度、冰的温度情况、冰川形态和物质平衡等之间的关系,应当有助于推导出关于冰的结构的变化过程、冰体热力平衡、冰川的地貌地质作用、形成冰缝和其它形态的动力学等方面的结论。此外,关于冰川冰运动速度的数据亦是各种实际计算所必需的資料。

4. 冰川冰的运动速度因冰川而异,同一冰川的各个部分亦不一致,此外,还随时间而变化。运动速度决定于冰的厚度、冰槽和冰面的坡度、冰川的形态、冰的温度、物质平衡等因素。冰川冰的运动速度不仅因冰川的各部分而异,而且还有垂直的(按深度的)变化:在同一垂面上,具有最大的总位移速度的通常是位于冰川表面的点:接触冰槽的点速度最小。冰的运动速度在各个深度上的分布规律几乎还不曾被研究过。在不同的冰川上,甚至在同一冰川的不同部分,冰的流动性质往往不相同,有的以整个冰体或巨块冰体的块状滑动为主,有的如象粘性物质那样流动,表现出冰体的可塑性。

5. 因此,在冰川上测定冰的速度时,应当取得能够代表冰川各部分的冰的运动速度的数据。对于山谷型的冰川,可以沿着纵断面(从冰川上部到下部)和几个横断面测定其速度;横断面的布置地点如下:雪线附近;粒雪区的中部和上部;冰舌中部;冰舌尾端附近。此外,还应争取在若干有特征的地点布置测量速度的横断面,例如,在冰川变窄或变宽的地方,在冰瀑上下等。在所有这些横断面上测定冰川表面某些点的运动速度(关于这些点的选择,标定方法和在断面上的分布密度将在后面阐述)。在冰穹上面测量冰的运动速度时基本上可采取

同样的布点方法，即从冰穹上部至其边缘地带布置一个纵断面（辐射断面），在各个冰川区（粒雪区、消融区等）布置若干横过冰穹表面整个被研究地段的横断面。除测定表面的运动速度外，最好还能测定冰面以下各个深度的速度。但是这项测量比较困难，可以选择少数垂面进行之。此外还可以在少数点子上对冰的运动速度的变化进行一系列精密的观测。以下分别就这三种测量冰速的方法——加以说明。

二、冰川表面的冰的运动速度的测量

1. 冰川表面各点由于冰川流动的结果而改变它们的空位置，测定冰川表面流速的任务即在于取得若干点在一定时间间隔内的轨迹的长度和方向。这项任务的解决借助于各种大地测量方法，其中包括专门的摄影测量法。

2. 在测量冰川冰的运动速度时，需要考虑以下几个特点：运动速度较小，冰的流动特性，冰面与冰槽的特性。

第一，由于运动速度小（通常一天不过数十厘米），必须采用极其精密的测量方法或者间隔很长的时间去观测才能获得可靠的数值。但用后面这种方法只能取得平均数值。

第二，由于冰的流动的特性，在许多情况下可以假定邻近各点的速度变化是连续的和有规律的，因此通常使测速工作较易进行。

第三，冰面形态的特性一方面使测速工作复杂化：往往不能直接在冰川表面进行测量或者测量起来有很大困难。另一方面，由于有裂缝、巨砾以及冰碛和冰层上的显著突起和弯曲等，使我们有时可以利用这些显著的地点作为测速的“天然测标”，这样就减轻了设置特殊标志和记号的工作。

3. 如前节第5点所述，冰的运动速度的测量宜在专门选定的断面或基线上进行（在一个布置在冰川中部的纵断面上和