



冰和雪

(苏联)Г.Б.别雅洛布任斯基著

科学普及出版社

本書提要

結冰和降雪是自然界的重要現象，它對我們的生活和各項經濟建設都有很大的影響。

本書講述了自然界中雪暴、雪崩、冰山、冰河、冰原及其他冰、雪現象的產生原因，它們對國民經濟的危害性，講述了人們和冰雪作鬥爭中的很多動人事迹和創造出來的許多方法。

它也介紹了建造冰道、冰窖和保存積雪等利用冰雪為人類服務的方向。

它不只是給與我們豐富的自然知識，也鼓舞我們向大自然進軍。

總號：404

冰和雪

СНЕГ И ЛЕД



原著者：Г.В. ВЯЛОБЖЕСКИЙ

原編者：А.И. СУСЛОВ

原出版者：ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1952

譯者：唐維

校訂者：王鵬

出版者：科學普及出版

(北京市西便門外新華海)

北京市書刊出版業營業許可証出字第091號

發行者：新華書

印刷者：北京市印刷一

(北京市西便門南大街乙1號)

開本：787×1092 $\frac{1}{2}$

印張：1-7

1956年12月第1版

字數：33,000

1956年12月第1次印刷

印數：12,570

統一書號：13051·12

定價：(9)

2角2分

前 言

苏联是世界上最大的国家，面积在 2,200 万平方公里以上，差不多等于全世界陆地面积的六分之一。

这块辽阔的疆土相当大的一部分处在北纬度较高地区。仅仅在北极圈内的土地，从东到西就伸延达 7,200 公里。自南到北伸延 1,200 公里。

大部分地区冬季都很长，也很寒冷。占苏联疆土四分之一的土地，冬季延续到半年以上，有一半的疆土延续到五个多月，有四分之三的疆土则延续到四个月以上。有的地方积雪的厚度比一个人还高些。在某些地方——例如，在雅库吉——雪下得相当少，然而却是十分寒冷（气温低于摄氏零下五十度）。在鄂毕河和叶尼塞河下游，雪暴常常延续到几昼夜，剧烈得使人们害怕迷失道路和冻死而不敢走出房屋。在这样的条件下人们要和自然作斗争是非常困难的。

尽管这样，苏维埃人还是成功地征服了严寒的边疆，那些地方在伟大的十月社会主义革命以前差不多还是没有被调查过的。在遥远的北方边疆上，现在正开采煤和石油、兴建铁路和工厂，出现了新的城镇。每年都有商船队完成伟大的北方海道的航行，而在数十年前，这条海道上的定期航行，是被认为不可能的。

人类学会了克服自然所造成的在前进的道路上的各种困难。他们学会了怎样和冰雪作斗争。更进一步，他们还迫使冰

和雪成为人类的同盟者和朋友。

苏联学者在这方面起着主要的作用。他们制定了和严重的雪崩和雪堆作斗争的方法，确定了必须在田间保存积雪来提高收成，并用冰修建冰窖，封冻河上的横渡线和冰筑道路。

所有这些都是这本小册子所要讲到的。

冰和雪是怎样形成的

雪花的形成

自然界的水是在永不间断地循环着。水从河流、湖泊和海洋的表面蒸发，它也从潮湿的土壤、青草、灌木和树叶中蒸发，这些水分以水蒸气的形式上升，在空中凝聚为云，然后再降落到地面，流入河流和海洋，渗入土壤被植物吸收，然后又再度蒸发。这种永不停止的循环过程是在不同的条件下以不同的方式进行的：落到地面的有时是雨，有时是冰雹，有时是雪。为了明了这些现象的所以发生的原因，我们必须了解水的某些特性。

水是可以以液体、气体和固体的状态而存在的。在通常的大气压力下，温度在摄氏零度和一百度间的水都成液体状态。

水冷到零度，就变成冰。热到一百度就会沸腾。在任何温度下，水都会蒸发的，但是在一百度时，蒸发进行得非常快，全部液体都将汽化——水烧开了。在通常的气压下，如温度更高，水就只能以气体的状态而存在。

水蒸气是看不见的。我们在盛着开水的茶壶上面所看到的白色“烟雾”，已经不是水蒸气，而是一些极微小的水滴，这是由于水蒸气的凝聚或者叫做“凝结”的结果。在冬季，如果从火

街上把一塊冷的五金物体拿进室内，物体表面就立刻蒙上一層白烟。因为室内的水蒸气就在上面凝結了。

凝結是怎样發生的呢？空气中只可能包含着一定量的水蒸气。空气的温度愈高，它能含的水气愈多，但是在一定的温度下，不論什么时候，空气只能达到一种水蒸气的飽和状态，例如：在 10 度时，1 立方公尺的空气中含有的水蒸气不能多于 9.5 克，温度 20 度——不能多于 17 克。空气中水蒸气含量再增多，那么空气就要过飽和，就是說，空气已处在另一种状态，这时如果有最小的扰动，就可以使水蒸气凝結成水滴。飽和状态的空气冷下来时，也会發生这种情形。在更低的温度下，極少量的水蒸气就可以使空气飽和，因此空气的逐漸冷却，会造成空气的过飽和。

十分清潔的空气，可达到極高度的过飽和。然而，大气中的空气不会是絕對清潔的：它里面总会夾杂些吸湿性的塵埃（它們能够从空气中吸附和吸收湿气），各种鹽类的晶体和另外一些極微小的顆粒。这些顆粒就叫“凝結核”。水蒸气的分子很容易被吸附在凝結核上，并凝聚起来，在核的四周形成薄的水膜。这种水膜在过飽和的空气中能够很快地長大。

水蒸气冷却后并不一定凝結成水，在一定条件下水蒸气可以直接形成冰晶体，这需要看水汽压力和空气温度而定。

一切气体，对于处在其中的物体都会發生压力的。例如，在海面上，空气加給我們的压力，約等于高 760 毫米的水銀柱的重量。水蒸气的压力也可以用能和它平衡的水銀柱的高度来測定（圖 1）。水蒸气的压力通常叫做水汽張力。

如果水蒸气压力比高度为 4.6 毫米的水銀柱的压力还低，

那么当水蒸气冷到零度以下，达到过饱和时，它就不预先转化



相当于水蒸气压力
下的水银柱高

盛水银的细玻璃管

圖 1 水蒸气对于細玻璃管中水銀
面上所显示的壓力。

成水而直接冻结成冰晶。如果水蒸气压力比高度为 4.6 毫米的水银柱压力还高，那么水蒸气先凝結为液体的水，进一步冷却后才冻成冰。

在大气的上层，水的蒸气压力比大气低层的要低些。例如，在 3 公里的高空空气中的饱和蒸气压力

差不多只有海面上的四分之一，而在 5 公里的高空几乎只有十分之一，苏联在欧洲部分的中部地区，在 4—4.5 公里的高空，夏季水蒸气压力达到 4.6 毫米水银柱的高度。在这样的高度上，水蒸气有转化为冰晶的可能。

温度的分布也有类似的情况。在炎热的夏季，大气中各种高度上的温度分布如图 2 所示。这时，地球表面上温度如果是 25 度，在 12 至 14 公里的高空，就已经是相当于地面上的严寒天气了。

地球表面上受了热的空气，挟带着水蒸气一同上升。空气由于上升而逐渐冷却，就逐渐接近于饱和状态。达到一定的高度后，水蒸气就开始凝結，極細微的水滴在空气中形成了。这构成了低云层。挟带着水蒸气的空气繼續上升。如果气流很强，它还能把那些已经形成的水滴携带上去。当这些水滴到达了温度在零度以下的大气层，它就更冷了，由于过度的冷却，水滴就冻结起来。此时上升的另外水滴开始包围在冻结的水滴上，而且也冻结起来。结果，就形成了我们每个人都熟悉的小冰球——冰雹。

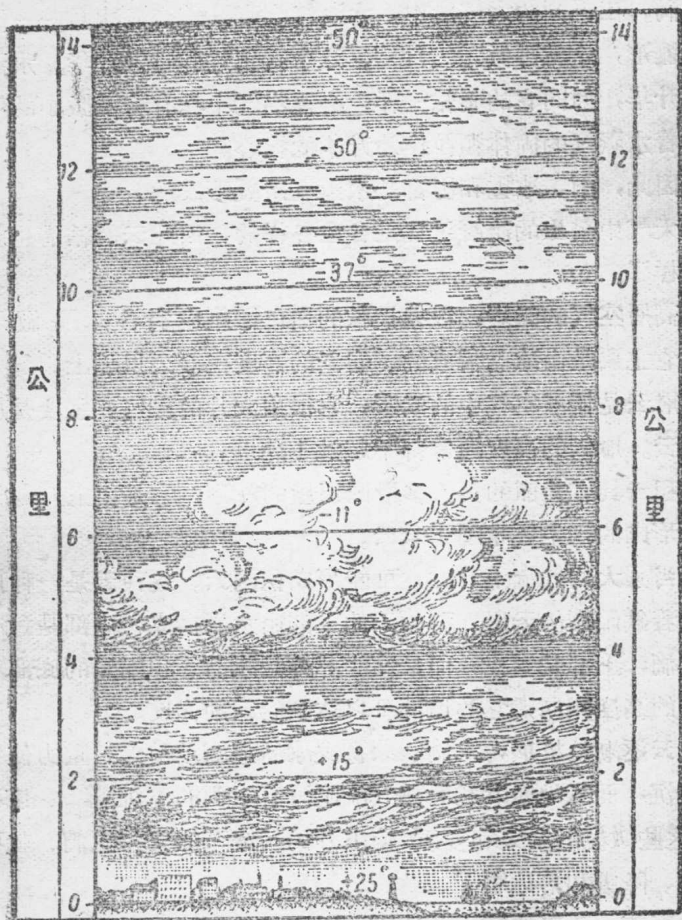


圖 2 大气的温度。

水蒸气只有在超过 4.6 毫米水銀柱压力的大气層中才轉变成水滴。在更高的大气層中，水蒸气会直接轉变成冰晶——雪花的雛形，这就叫做“鑽石塵”。这个变化过程叫做升华。水蒸气的升华，如同它的凝結一样，必需空气中具有着極微小的可以附着水蒸气的固体顆粒作为升华的核心。

因此，雨、冰雹和雪都是水蒸气冷凝形成的。

大气中發生的冷凝过程是各色各样的，因此云的結構也就不一样了。

高層空气的云彩，很象柔軟的白色纖維或羽毛，叫做卷云，它主要是由冰晶構成的。卷云的高度在 6 公里以上。

層云是低層空气中的云彩，它很象大片的霧气，主要是屬於水云。層云的高度通常都不超过 1 公里。

积云具有美丽的类似多層圓頂屋的外形，它是由上升的气流所形成的，主要也屬於水云。

当强大的气流上升时，可能形成积雨云。这种云是一种頂上帶着鉄砧型的云層。积雨云的下部由水滴構成，中部是过冷却水滴，上部是雪花，而最高的部分是冰晶。积雨云的底部和層云的高度相同，它的頂部可以达到卷云的高度。

云逐渐地扩展，水滴、冰雹或冰晶逐渐地增大，重力使它們下沉，而从地面升起的热气流阻碍着它們向下沉落。但不久，这些微粒的增大和变重，使上升的气流不能支持它們。就要下雨、降雪和落冰雹了。

夏天，只可能下雨落冰雹。雪花的体积比冰雹小很多，当它通过低層的热空气时，就会全部融化成霧滴或蒸發成水蒸气。冬天所看到的，是另外一幅景象。那时，即使在地面上，

温度也是很低的。从云层中落下的雪，在降落到地面的过程中是不会融化的，恰恰相反，它们甚至还要增大。如果雪花所通过的空气层的温度比它本身温度更低时，它就会增大。水蒸气碰到很冷的雪花，就在它的上面凝结，使雪花长得更大。



圖 3 显微镜下的雪花。

雪花的形态是多种多样的（圖 3）。最简单的雪花呈稜形、薄片形、针形，它们个别地存在或是互相聚合着。比较复杂的雪花是星星

形状的。有的雪花可能是由小星状和薄片状雪花结合成的。薄片状雪花多半成六角形。它们的各边边长很少相同。有时，这种雪花的二边或三边，比其余各边短很多，好象三角形或者四边形。小星状雪花是在薄片形雪花的各个角上生出树枝状晶体而形成的。

雪花的形状是由空气的温度和水蒸气含量而定。温度接近零度，落下的雪花最常见的是枝叉最多的小星状的雪花。温度低于零度时就落下小薄片形、稜形和针形的雪花。

温度接近零度时，空气中往往含有过饱和的水蒸气。在这种条件下，雪花就增大得很快而不均匀；在雪花的各个角尖上，有小的凸出物形成，到后来开始生出枝叉，使雪花具有小星的形状。在严寒的天气下，雪花差不多不能增大。那时，我

們常常看見在陽光下閃爍着最簡單的雪的晶体，就是鑽石塵。

雪的晶体是極微小的：直徑多半只有1毫米。它降落的時候，如果空氣溫度接近零度，雪的晶体能凝結在一起而形成大到1厘米的雪花。在某些情況下，還可能形成更大的雪花。例如，1892年12月4日在薩克森尼所落下的雪花，直徑有達12厘米的。有風時，疏松的雪花能被吹裂分散，落到地面的是些細微的晶屑。

雪花並不常常都是白色的。有的時候，會落下紅色、黃色、藍色和黑色的雪花。

在德國海德堡城附近和格陵蘭，曾經下過紅雪。這由於紅色雪花中夾着含有鐵質的塵土混合物，或者含有極細的紅色水藻。黃色的雪花是著名的俄羅斯地質學家B. A. 奧布魯契夫院士在西伯利亞看到過的。黑色的雪花曾在蘇格蘭出現過。黃色和黑色雪花也都是雪花中含有混合物的原故。顯然是黃色和黑色的礦物顆粒被風從地面刮到空氣中的，以後這些顆粒的部分在形成雪花時變成了凝結核。

積 雪

落到地面上的雪所構成的積雪，不是經久不變的。新下的雪，所形成的僅僅是松軟的雪層。但經過了若干時間，雪層就會變得十分密實，以致能夠支持住在上面行走的人的重量而不被踏破。

積雪是在它本身重量的作用下由疎松變得密實。雪暴也會使原來的積雪變得密實；烈風吹來的雪花也能將積雪壓緊。

融雪時，積雪也會變得密實的。積雪幾次的融而復凍，便使分散的雪晶体凝結在一起，積雪就被蓋上了一層冰壳。

冬末，天气暖和的时候，由于蒸發，积雪面积大为减少。在晴朗、干燥和刮風的天气，雪蒸發得特別快。

雪 暴

在有雪暴的时候，积雪会發生很大的变化。風吹动新积的松軟的雪，雪花被風吹走而散落到別的地方。在晴朗的冬天，有时在田野中会出现相当显著的成股的挟帶着雪的气流飄过很長的距离。在它們飄过的地方，象有烟霧騰起似的。在更猛烈的風下，雪田里就会出现类如濃霧弥漫的景象。这就是低吹雪。

風力逐漸增強，被風挟帶的雪就飄得更高，老远的地方都散布着雪花組成的烟霧，在烟霧里有范围不大的雪旋風出現。这类現象叫做高吹雪。

高吹雪常和云中降下的雪同时出現，形成了雪暴。急驟的風雪四面八方地甯馳，使人睜不开眼睛。由于暴風的吹襲，雪

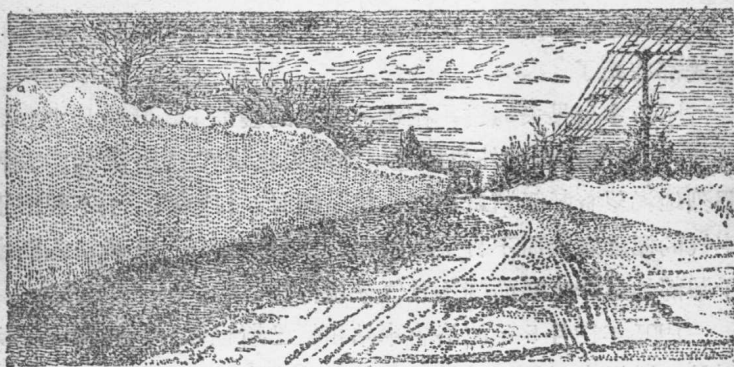


圖 4 雪暴后扫清了积雪的公路。

堆迅速地扩大起来。

雪暴把大量的雪从一个地方搬运到另一个地方。铁路和公路上都铺满了雪。清除这些雪堆是极费力的。圖 4 表示扫除了积雪后的公路；請看，从公路上被扫除的雪好多呵！

在曠闊的平原地帶，雪暴的威力更大了。工程師 H.E. 多尔果夫曾描写过 1907 年 1 月在頓巴斯所發生的雪暴。雪暴出現时还下着濃密的雪。溫度約在零下 30 度，还刮着凜烈的暴風。風速为每秒 22—29 公尺。这样的大風，对每平方公尺的表面上所加的压力达到 40—50 公斤；这就是說，風对于迎風而走的旅行者所加的压力，約相当于这位旅行者的重量的一半（具有这样威力的風常能拔走电杆）。暴風挟帶着大量的雪，甚至在白天不能看到在几公尺以外的东西。風破坏了铁路綫上的护板，并把它們抛到铁路的另一边，有时护板和連着护板的木樁一同受到損毀。在铁路沿綫出現許多大的雪堆：密实的雪堆使列車的交通断絕，由于雪暴的原故一部分火車被迫停留在車站，另一部分被迫留在郊外。在草原上，受到雪暴襲击的村子附近的居民都冻死了。

H.E. 多尔果夫写道，在这种雪暴的襲击下，呼吸是十分困难的：“气流在口腔外边掠过，肺部吸收氧气是困难的。人們强烈地渴望着呼吸新鮮空气，但是这时，口腔确由于不習慣于空气的極度寒冷而不自主地閉住。沒有走到 10—15 步，人們由于肺部的过分緊張而喘不过气来就停住了脚。”

1906 年 12 月 5 日波洛吉車站和頓巴斯也曾有过这样的一次雪暴，風揭走了屋頂，推开了房門。在車站铁路綫上，吹走了約 3,000 立方公尺的沙土，把它們抛到 60 公尺以外地方。

在北極凍土帶，會發生更大更猛烈的雪暴。凍土帶的居民把雪暴叫做“普爾加”。

“普爾加”通常威力很大也很持久。發生這種雪暴的時候，人們不能露天工作，並且為了害怕迷失道路和凍死，常常是不敢離開自己的住所。在這種雪暴中，如果雪花多少有些潮濕，它就會粘滿人的面孔或是牲畜的頭部，而後又變成冰；冰很快地粘積起來，形成一副冰的面具，緊緊地粘附在皮膚、眉毛、睫毛和鬍鬚上（圖5）。人們為了避免窒息和盲目，必須不斷地拿掉那些冰塊，但這是十分疼痛的。有時候，旅行者在和這種不斷粘積的厚的冰面具的鬥爭中，由於精疲力盡而窒息死了。

有人說，他親眼看到，在這樣雪暴的侵襲下，由於凍結的雪粒的打擊，繩子會被搓斷，雪橇上生了銹的鐵鍊會被磨得發光，駕具的木質部分被刻蝕出條紋來（木質外層的最柔和的部分能被雪刮去3毫米以上）。

凍土帶氣象站的觀測人員，在有這種雪暴的時候，為了不致迷失道路，出去觀測時要用繩子引向放儀器的地方；他們在路上走數十公尺，就需要



圖5 雪暴所形成的冰的面具。

費一點多鐘。下面是一件人所共知的事件，一個觀測人員由於未採取預防措施，竟被風從氣象站推到150公尺以外去，費了很大的氣力才走了回來。

雪崩

雪暴是在山区引起雪崩的一个原因。雪崩或雪的崩塌——就是堆积起的雪块从山上滑下或沿斜坡而崩落。

从山坡上滑下的雪块，当它崩落时，常常逐渐增大并冲毁堵在它的路上的障碍物。雪块在山谷中坍塌，往往会造成巨大的破坏：破坏房屋，阻塞道路，堵住河流和运河，击断电话线和输电线。雪崩的发生常常引起人的伤亡。

1908年在瑞士，有个敷设铁路的法国工程师完成了接近哥平什金镇的山中旅舍的工程。他不知道当地情况，也没有重视当地居民关于这带地方常会发生雪崩的警告。该年2月29日的夜里，山上发生了雪崩，旅舍被完全摧毁了。旅舍中的30个人，有12个人因空气激荡而窒息死了。

1932年2月14日，南奥塞吉（高加索）的阿拉森德村被雪崩所摧毁。

根据雪崩跌落的特征，可分成滚泻式雪崩、雪流式雪崩和跳躍式雪崩。滚泻式雪崩是指雪团多少按均匀的层次沿山坡下滑。雪流式雪崩是指雪以雪河的形式很快地在峡谷中下滑，并在山麓形成一个庞大的扇形。跳躍式雪崩是指崩塌的雪团在山谷中跌落，好像它们在山坡的各凸出部分跳躍似的跌下来。

碎散、疏松的雪构成干燥雪崩，它在跌下时极度分散，好象迅速下沉的大片的雪所组成的浮云。容易粘结成团的潮湿的雪（这种雪常可挤出水来）构成潮湿的雪崩；潮湿雪崩不会散开，像一团浓厚的粥似的急速冲下。

每次崩雪量是不相同的。

崩雪的平均雪量约10万立方公尺。如果这种崩雪中的雪

浸漬了水，每 1 立方公尺就重 800 公斤，整个崩雪的重量可能达到 8 万吨。这种雪崩的体积約相当于 10—15 所 6 層樓房的容积，重量約相当于 30 到 40 节載重列車的重量。然而，还有更大的雪崩。

地理科学博士 Г.К. 圖森斯基，不只一次地从事雪崩的研究，他指出，1944 年 3—4 月，他曾看到体积在 50 万到 100 万立方公尺之間的崩雪。

崩雪的速度也可能是很不同的。有的崩雪滾落得很慢，每小时 3—4 公里，就象以不快不慢的步伐前进似的。另一种崩雪的速度会超过特別快車的速度而达到每小时 80—90 公里。1870 年在阿尔卑斯山，出現过雪崩冲落速度达每小时 350 公里。通常所看到最高速度的雪崩都是干雪的雪崩，速度最小的是潮湿雪崩。崩雪塌落的速度也受斜坡坡度、崩雪的大小和它所沿着运动的斜坡的阻力的影响。坡度愈陡和崩雪愈大，那么崩雪的速度也愈大。斜坡表面峻峭的凸出部分、森林和其它障碍物是会略为减少崩雪的运动速度的。

雪崩的高速和它巨大的崩塌量是造成破坏的主要原因。这种破坏可能是由于崩雪对于阻碍它的物体的直接冲击所引起的。此外，雪崩会引起剧烈的空气振荡，甚至在崩雪团已經停止运动时，这种空气振荡还能在相当大的空間中造成破坏。空气的振荡会推倒建筑物，把 200 年的古树毀成碎木并在森林中造成一大片無树地带。根据工程师 B.H. 斯达特柯夫斯基 1832 年卡茲別克雪崩时的記述，“居民們喪失了生命，牲畜也受到同样的遭遇，雪团冲达前各个方向上都出現急冲的气流。”

雪崩是怎样發生的呢？

由于下雪，在陡峭的山坡上堆积了大量松軟的雪。雪暴把积雪从一个地方搬运到另一个地方，并且在山崖上形成悬空的遮簷——雪簷（圖 6）。雪簷逐步扩大，到最后崩塌了。



圖 6 山崖的雪簷。

雪崩可能是由于融雪引起的。在融雪时节，积雪浸透了水，里面形成了好似有水或油作为滑剂的各个層面。上面的积雪層很容易从这些層面上滑落。

因此，雪暴和融雪常常是雪崩的預兆。

形起雪崩更危險的原因是雪層的再結晶，但这沒有受人注意。在积雪層中，差不多随时都發生水蒸气的运动。水蒸气从下層接近土壤处上升。因此它比上層温度高些，水蒸气要从下層上升并在与冷空气相接触的和雪盖層的上層凝結，水蒸气在和冷空气接近的积雪的上層凝結，这样就引起雪的晶体的改变——再結晶。通常雪粒是能够互相粘連的。这就是雪可以在屋顶上形成“雪簷”或是潮湿的雪花可以滾成更大的雪团的原因。但是，由于雪的再結晶，雪变成松碎的質体，各雪粒間缺乏粘連性，因此这种雪的質体就能在最細微的原因影响下（例如人或牲畜的呼吼）引起崩塌。

冰 川

由于雪崩、雪暴和降雪的结果，山嶺的窪地間堆聚起大量的雪。这些地方雪層的厚度可能达到 100 公尺以上。在它的本身重力和表面融解的作用下，雪花开始变成冻雪——冻结在一起的粒狀雪，而后又变成含有气孔而坚硬的冰，最后，在上層的冰的压力下空气离开气孔而冰塊就流到山岩中去了。聚集在山岩中的冰塊，互相粘連在一起，發生了奇異的現象——冰开始流动了。冰川就是这样产生的。

我們已慣于把冰当作固体，因此，关于冰可流动的概念对于我們好象是很奇怪的。其实，可塑性（流动性）正是冰的一种特性。关于这点，作一个簡單的实验就可証实：取一塊平的冰塊，把它兩端放在兩個支持点上，在冰塊中部加上一个不很大的重物；过了若干時間，由于物重和它本身的重量，冰塊就弯曲（流动）了。

冰河沿着山谷移动，成为一条巨大的冰舌（圖 7）。它的長度常有数十公里。冰河流动的速度是很小的，在一晝夜間只有 1.5 公尺。

虽然冰是可塑性的，但当它經過冰河河床的弯曲和轉折处时，会受到張力影响而脹裂开来，形成許多裂罅。下雪后会使裂罅不易發現。所以，冰河裂罅对于旅行者是一种極大的危險。这种裂罅的宽度常达 1—2 公尺，而深度有达 100 公尺或更深的。1820 年，俄国医生加麦里和他的旅伴，当他們攀登上阿尔卑斯山的蒙布蘭山时就死于冰川裂罅中。11 个人中得以脫險的只有 3 人，其余的竟無影無踪地消失在深邃的冰河裂罅中，并給極厚的崩雪所埋葬。經過了 41 年，才在冰河山谷