

积雪地与作战行动

曲延禄 编

中国人民解放军总参谋部气象研究所

解放军出版社

积雪地与作战行动

曲延禄 编

中国人民解放军总参谋部气象研究所

一九八五年北京

积雪地与作战行动

曲 延 禄 编

封面设计：何文成

★

中国人民解放军出版社出版发行
中国人民解放军一二〇二工厂印刷

★

1985年8月第一版 开本：787×1092 1/32

1985年8月第一次印刷 印张：2.75

印数：8,000 字数：54,000

内部书号：3185071

前 言

积雪是中高纬度特别是严寒地带具有特色的环境条件之一。积雪对军队行动有着区别于其他环境条件的独特影响，是制约部队生存和作战能力的一个重要因素。因此，熟悉积雪，掌握在积雪地行动的要领，是提高寒区作战部队野战生存能力的一个重要环节。

编印这本小册子旨在向部队普及有关雪的知识，为部队的雪地训练提供一份参考材料。由于资料缺乏，编者水平有限，如有缺点和错误，请批评指正。

目 录

前 言

第一部分 积雪物理与积雪气候

第一章 积雪及其分类	(1)
1.1 积雪及其特征量的定义	(1)
1.2 积雪的组成与结构特征	(2)
1.3 积雪的分类	(3)
第二章 积雪的物理性质	(6)
2.1 干积雪的物理性质	(6)
2.2 湿积雪的物理性质	(13)
第三章 与积雪有关的现象——吹雪、雪暴与雪崩	(15)
3.1 吹雪	(15)
3.2 雪暴	(21)
3.3 雪崩	(21)
第四章 积雪的分布	(29)
4.1 影响积雪分布的因子	(29)
4.2 积雪的全球分布	(31)
4.3 我国三北地区的积雪分布	(34)

第二部分 积雪对作战行动的影响 与积雪地作战

第五章 积雪对输送、行军和宿营的影响	(40)
5.1 积雪对输送的影响	(40)
5.2 积雪对行军的影响	(41)

5.3	积雪对宿营的影响	(50)
5.4	吹雪与积雪的防治	(53)
第六章	积雪对侦察、通信、火力运用和军械 使用的影响	(60)
6.1	积雪对侦察的影响	(60)
6.2	积雪对通信的影响	(61)
6.3	积雪对火力运用的影响	(61)
6.4	积雪对军械使用的影响	(63)
第七章	积雪对筑城和伪装的影响	(64)
7.1	积雪对筑城的影响	(64)
7.2	积雪对伪装的影响	(65)
第八章	积雪对“三防”的影响	(67)
8.1	积雪对核武器防护的影响	(67)
8.2	积雪对化学武器防护的影响	(68)
8.3	积雪对生物武器防护的影响	(69)
第九章	积雪与卫生	(70)
9.1	重要性	(70)
9.2	积雪严寒造成的伤病与预防	(70)
9.3	积雪地的给养与卫生	(72)
9.4	遭遇雪崩时的营救	(73)
第十章	积雪地作战	(74)
10.1	积雪环境下作战的一般要求	(74)
10.2	积雪环境下的适应能力	(74)
10.3	积雪环境下的应变能力	(75)
10.4	积雪环境下的防护和抗击能力	(76)
10.5	积雪环境下的组织指挥能力	(76)
参考资料		(79)

第一部分 积雪物理与 积雪气候

第一章 积雪及其分类

1.1 积雪及其特征量的定义

1.1.1 积雪系指观测时刻地面上雪累积的总量，又指地表面全部或部分为雪所覆盖的现象。积雪亦称雪盖或雪被。

1.1.2 积雪特征量主要包括：

积雪深度 雪层表面与雪下地表面之间的垂直距离，一般以厘米计。

积雪密度 地表面积雪样本单位体积的质量，以千克/米³计。

积雪硬度 雪对特定物体穿透的反抗能力，是积雪强度的一种常用的量度指标，通常以千克/厘米计。

积雪压力 单位面积上的积雪重量，以牛顿/米²计。

积雪负荷 物体（设备、工事、建筑物等）表面所承受的积雪重量，其数值等于积雪压力与物体承受积雪的表面面积之积。有时也作积雪压力的同义词。

雪堆 由风吹起的雪沿着不规则的地形堆积成的雪团。常见的形态有：波浪状、鱼鳞状、屋檐状、堆状、垄

状和堤状。

积雪日 测站视区内至少有一半地面被雪覆盖的日子。

积雪形成日期 观测到的最早出现积雪的日期。对每年的积雪形成日期求平均，得到的是平均积雪形成日期。

积雪消失日期 观测到的最后消失积雪的日期。对每年的积雪消失日期求平均，得到的是平均积雪消失日期。

积雪日数 积雪日的总数。历年积雪日数的平均值为年平均积雪日数。

永久雪线 山上积雪终年不消的下界线。雪线以上为万年雪。赤道地区，雪线大体水平地位于海拔4.5公里的高度上；热带地区雪线最高，位于5—6公里之间；在中、高纬度上，因山坡是否向阳、向风，以及地形等的不同，雪线高度的差别很大，一般为2—5公里；在极地纬度，雪线高度降低至海平面。

1.2 积雪的组成与结构特征

1.2.1 积雪是由降到地面上累积起来的雪、冰丸(包括冰粒和小雹)、白霜、雨淞以及落到雪面上的冻结的雨水和污染物等组成的。在积雪形成过程中，雪的累积和消融常常是交替发生的。积雪是影响雪累积和消融的所有复杂因子的共同产物。

1.2.2 积雪的一个重要结构特征是表面上有一层密实的表层，而且在积雪内部常常有一层或者几层冰层。它们不仅影响雪中空气和水分的输送，而且影响着雪上的可通行性。

来自大气中的冰粒的晶形和尺寸有很大的不同。它们

在到达地面之前，通常就已经经历了因增长、分裂和碰撞过程而引起的多次变化。到达地面时，近地层的风再次改变它们的晶形和大小。在大风速下，下落的雪晶首先在靠近地面的几米高的强湍流边界层中破碎；如有雪暴或吹雪¹⁾发生，雪晶在雪表面上跳动或受阻时将会进一步破碎。在尺寸变小和形成更对称的形状后，雪晶便更加紧密地并合在一起，形成密实的表层。

雪中的冰层是在下列条件下形成的：(1)由于太阳辐射等的作用，雪表面融化，因降温再次冻结并被新雪覆盖；(2)雪面上有冻雨滴溅落并冻结。结成的冰膜如果是连续和不透水的，则水便可以聚集在它的表面上，冻结成一层厚的冰层，成为积雪的一部分。积雪一般是由在不同气象条件下发生的几次降雪组成的，因此它通常有几个层次。

1.3 积雪的分类

1.3.1 积雪的分类

积雪有许多分类方法。从影响作战行动、特别是部队的机动考虑，可把积雪分成以下三类：

1. 新降的和部分变质的积雪。这种雪虽然已经经历了由风的碎化作用、凝华、融解、压实和再结晶所引起的变质过程，但是在大气中形成的雪晶的原有形状仍可辨认出来。这种积雪的密度一般低于 200千克/米^3 ，且随雪深的增加而增大。

2. 干变质雪。这种积雪是由于雪变质后形成的。它包括两类：一类是在积雪内部温度一致的条件下产生的圆形雪颗粒（直径不超过1毫米）。由于压实，它们彼此间的

1) 吹雪和雪暴参见3.1和3.2。

联接较紧密，硬度较大，密度通常大于 150千克/米^3 ；另一类是在积雪内部温度不一致时产生的大而粗糙的雪颗粒（直径介于1至10毫米之间），它们彼此间的联接较松散，质地比较脆弱，易被所承受的重量损坏。

3. 融化-冻结变质雪。这类积雪是由积雪经历融化、再冻结，或者二者彼此交替进行后形成的。积雪融化时，雪中的液态水将加速大雪颗粒的增长。冻结时，雪表面形成冰表面。在春天的一段时间中，积雪的融化与冻结是交替进行的，结果便形成大而粗糙的颗粒状的雪团粒（春天粒雪）。在常年积雪中，融化-冻结过程可使积雪变成高密度的（ 500千克/米^3 以上）颗粒状的压实的永久积雪。

1.3.2 积雪的几种特殊表层

积雪的表层状况对部队移动具有重要意义。其中最重要的几种特殊的积雪表层是：

1. 风结板表层 新近下的雪，在风的作用下被粉碎和升华成极小的颗粒，经压实形成的具有较大密度（有时可达 450千克/米^3 ）的表层，雪橇在这种表层上可顺利滑行。

2. 凸凹不平的表层 由风的侵蚀和沉积作用造成的高低不平的表层。按凸凹不平尺寸增大的顺序排列，依次分为雪波纹（约10毫米高）、风成雪脊、新月形雪丘和雪波（高度在1米以上）等几种。严重凸凹不平的表层会妨碍部队的移动。

3. 硬壳表层 由大风或融解-冻结过程形成的薄而硬的表层，其密度介于 200 至 800千克/米^3 之间。根据对重物的可承受能力，硬壳可分成“易碎的”和“不易碎的”两种。不易碎的硬壳可以相当硬，甚至钢制的滑雪刀刃都

不能穿透，很少有可能在其上滑雪。易碎的硬壳常可突然被滑雪者或其他重物压碎。

4. 表层霜 通常由大于1毫米的扁平的晶体组成，是大气中的水汽直接在辐射冷却的雪面上凝华而成的。表层霜的厚度一般不超过10毫米。在坚固地基上的厚的表层霜可提供极好的滑雪条件。

5. 冻雨表层 由过冷雨滴在雪面上冻结而成的薄而易碎的表壳。这种表层大多可提供相当牢固的越野滑雪路径。

第二章 积雪的物理性质

了解积雪的物理性质，对于积雪的防范和利用，以及正确认识积雪对作战行动的影响具有重要意义。下面分别按干积雪（雪中不含液态水）和湿积雪（雪中含有液态水）叙述。

2.1 干积雪的物理性质

2.1.1 热学性质

1. 比热 单位质量的雪，温度升高（降低） 1°C 时吸收（放出）的热量，单位为千焦/千克 $\cdot$ 度。干雪的比热随温度的升高呈线性增大（见图2.1.1）。

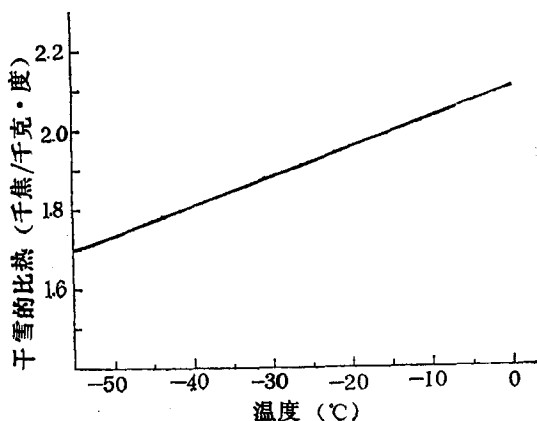


图 2.1.1 干雪的比热对温度的依赖关系

2. 潜热 单位质量的雪融解成同温度下的水所吸收的热量,称为融解潜热,单位为千焦/千克。融解潜热随温度的升高而增大(见图2.1.2中的实线)。单位质量的雪直接变成同温度下的水汽(即升华)所吸收的热量,称为升华潜热,单位亦为千焦/千克。大体在 -35°C 以上,升华潜热随温度的升高而减小,在 -35°C 以下,随温度的升高而增大(见图2.1.2中的虚线)。

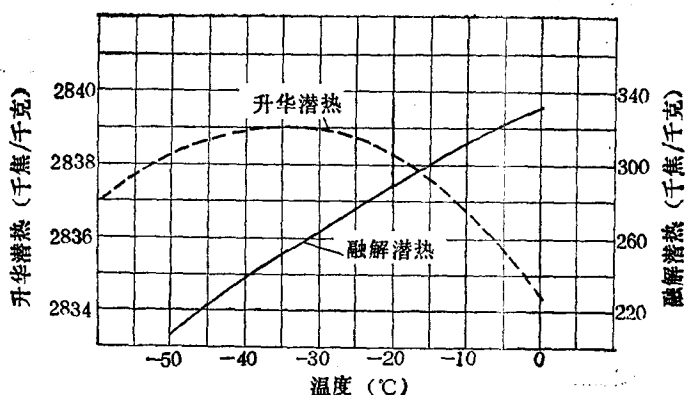


图 2.1.2 干雪的融解潜热和升华潜热随温度的变化

3. 热传导 雪中温度分布不均匀时,热量自温度较高处向温度较低处传递的现象。物质的热传导能力常用热传导系数来表示。在一定的温差条件下,热传导系数越大,热传导越快,反之越慢。热传导系数的单位为焦耳/米·秒·度。雪的热传导系数取决于雪的温度、密度和微结构等特性。一般地说,温度每升高(降低) 1°C ,雪和冰的热传导系数降低(升高) 0.17% 。雪的热传导系数随雪的密度

的增大而增大。雪中的实际热传导过程不单是冰粒间的热传导，还包括有其他的热传导方式（例如，由通过冰粒间微孔的水汽扩散造成的热输送）。实测得到的是包括雪中全部热输送过程的热传导系数，称之为有效热传导系数。图 2.1.3 示出的是雪和冰的有效热传导系数随其密度变化的近似关系。可以看出，雪的有效热传导系数比冰和水的导热系数小得多。因此，雪是很好的“热绝缘体”。在多雪地带，有时雪下土壤并不冻结，利用积雪构筑雪洞、雪屋等作为露营御寒设施的道理就在于此。

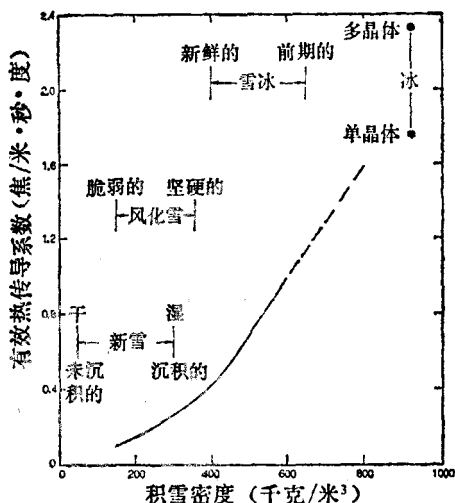


图 2.1.3 雪和冰的有效热传导系数随密度变化的近似关系

2.1.2 力学性质

在雪的所有力学特性中，与部队作战行动关系最为密切的是它的摩擦性质。这一性质对于设计和使用有雪覆盖

的机场，用雪橇拖运物质，设计防滑轮胎，组织雪地运输，以及滑雪行军等均有重要意义。取决于物体与雪面间的相对运动状态，摩擦力可分为滑动摩擦力、静摩擦力和附着摩擦力。摩擦力的大小通常用摩擦系数（两物体接触时，平行于接触面的摩擦力与垂直于接触面使两物体互相挤压的法向力之比）来表示。在同等法向力的条件下，摩擦系数大，摩擦力大，反之摩擦力小。

1. 滑动摩擦力 物体在雪面上滑动时，雪面阻碍物体滑动的力。雪的滑动摩擦力非常小，原因是在物体与雪的接触面上有一层水膜。温度在 0°C 左右时，接触点上的水膜基本上是因承受外来的压力发生融解而产生的，但在更低的温度下，这个水膜则是由摩擦加热使雪融化产生的。雪的滑动摩擦系数随温度、滑行物（如滑雪板、雪橇）的材料和雪面上负载的不同而异。

温度降低时，摩擦系数增大（见图2.1.4）。这是因为在低于 0°C 时，接触面上的水膜需要通过加大摩擦产生更多的热量来加以维持。

在温度不很低时，热传导系数小的滑行物的滑动摩擦系数比热传导系数大的滑行物的大些，而随着温度的降低，与此相反，后者的滑动摩擦系数反而要比前者的来得大（见图2.1.4）。这是由于在较低的温度下，热传导系数大的滑行物可以使接触面的热量很快散失掉，从而需进一步通过增大摩擦力才能维持接触面处的水膜。

在 0°C 时，滑动摩擦系数随载荷的增加而降低（见图2.1.5），因为载荷的增加加大了压力融解。滑行物与雪接触表面的粗糙度也是影响滑动摩擦系数的一个因素。在 -3°C 以下时，粗糙表面的滑动摩擦系数要比光滑表面的

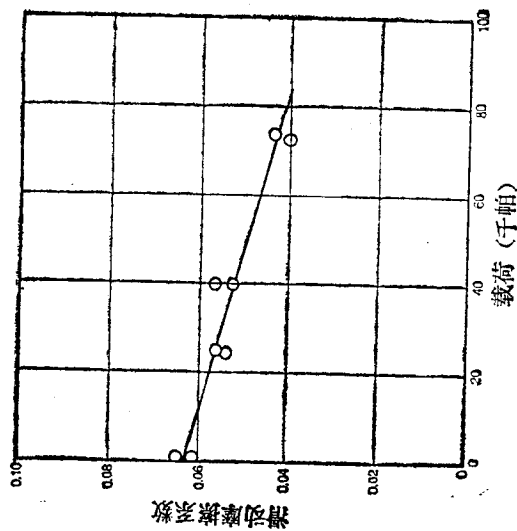
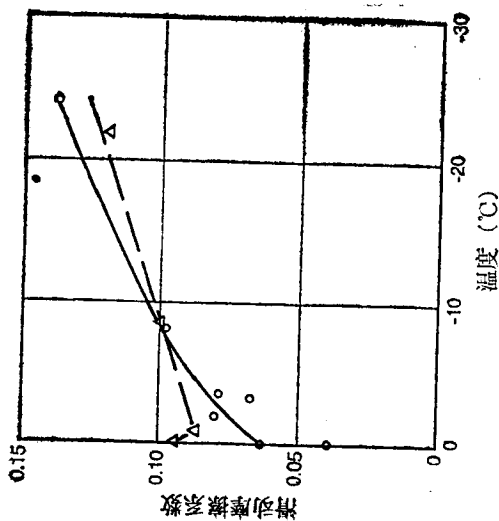


图 2.1.4 新雪的滑动摩擦系数随温度的变化 (实验结果) (图中的圆圈和实线是关于钢雪橇的, 三角和虚线是关于涂有石蜡的木质雪橇的)

图 2.1.5 0°C 时新雪的滑动摩擦系数随载荷的变化 (钢雪橇, 滑动速度约为 2.5 米/秒)

来得小。

表2.1.1列出的是几种常用材料的雪上滑动摩擦系数的下限值（0℃的干雪）和上限值。

表2.1.1 几种材料的雪上滑动摩擦系数的上、下限值

材 料 名 称	下限值 (0℃的干雪)	上 限 值
聚复四氯乙烯	0.02	0.04
聚乙烯	0.02	0.05
聚氯乙烯	0.03	0.08
环氧树脂	0.03	0.07
玻 璃	0.015	0.02
铝	0.04	0.05
铁	0.015	0.20
木 头	0.06	0.18
黄 腊	0.04	0.28

2. 静摩擦力 当物体与雪面相对静止时，雪面阻止物体滑动的力。在0℃时，雪的最大静摩擦力大体与滑动摩擦力相等，而在低温下，它要比滑动摩擦力来得大些，原因是此时接触面上没有起润滑作用的液体层。

3. 附着摩擦力 因物体表面停止滑动，液体层立刻冻结造成的摩擦力。

2.1.3 光学性质

1. 消光作用 雪对在其中通过的光的衰减作用。它是由雪对光的吸收和漫射、特别是漫射造成的。雪的消光