

95.58
003020

中国科学院
兰州冰川冻土研究所集刊

第 2 号



科学出版社

中国科学院 兰州冰川冻土研究所集刊

第 2 号

科学出版社

1981

内 容 简 介

本期集刊系冻土学研究专辑,刊载我所冻土研究室近年的考察、试验研究报告和论文共12篇。内容包括区域冻土、冻土物探、冻土热工计算和土的物理力学性质实验室研究等,基本上反映了我所冻土研究的进展与水平,有些还填补了空缺。

这本专辑中,第一篇分析了高山多年冻土的一般特征,初步探讨了研究地区冻土的成因及发展趋势。第二篇分析了海拔高度与纬度数值对冻土上限的影响,并建立了相应的经验公式,可供计算。第三篇论述了直流电法在多年冻土和冻土融区调查中的应用。第四篇是在作者提出的冻土热工模拟相似理论的基础上,通过低温模型实验和用数学解析方法得到的成果。第五篇提出了在多年冻土区有地下水对流热交换条件下的地基融化深度计算和有关的力学参数值。第六篇为冻土区的热工计算提供了一套冻、融土的基本物理参数。第七至十二篇,论述了我国有关冻胀、冻胀力、冻土融化下沉以及冻结力等冻土的基本力学性质,提供了冻土工程设计应用的基本力学参数值。

中国科学院 兰州冰川冻土研究所集刊

中国科学院兰州冰川冻土研究所 编辑

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1981年2月第一版 开本:787×1092 1/16

1981年2月第一次印刷 印张:9 1/4

印数:0001—1,280 字数:209,000

统一书号:13031·1480

本社书号:2039·13—13

定价:1.45元

前 言

我国多年冻土分布在青藏高原、东北大小兴安岭、天山和祁连山等高山高原地区,约占全国总面积的五分之一。随着我国冻土地区社会主义现代化建设的蓬勃发展,冻土学研究越发显示出它的重要作用。

这一号集刊*系冻土学研究专辑。辑入我所冻土研究室近年的考察、试验研究报告和论文 12 篇,内容包括区域冻土、冻土物探、冻土热工计算和土的物理力学性质实验室研究等。在这些研究成果中,有的分析了具有明显垂直分带性的高山多年冻土的一般特征,初步探讨了研究地区冻土的成因及发展趋势;有的分析、统计和归纳了海拔高度与纬度数值对冻土上限的影响,并建立了相应的经验公式,可供计算;有的较详细地论述了直流电法在多年冻土和冻土融区调查中的应用;冻土工程模型实验对于缩短冻土研究周期有着重要意义;有的提出了在多年冻土区有地下水对流热交换条件下的地基融化深度计算和有关的力学参数值,对于生产实践有一定应用价值;有的为冻土区的热工计算提供了一套冻、融土的基本物理参数;有的较系统地论述了我国有关冻胀、冻胀力、冻土融化下沉以及冻结力等冻土基本力学特征,为解决我国冻土工程设计所需的基本力学参数提供了良好的基础。上述成果,基本上反映了我所冻土研究的进展与水平,有些还填补了空缺。这些方面的研究工作,尚在继续进行,认识还有待深化。我们期望本集的出版,能对我国冻土地区研究工作起到一定推动作用。

本集由袁远荣、张长庆编辑。文中附图由王银学清绘。

* 1978年5月中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所分设为:中国科学院兰州冰川冻土研究所和中国科学院兰州沙漠研究所。现将分所前出版的《中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所集刊》改为《中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊》,并从本期起接续为第2号……。另外将重新创办《中国科学院兰州沙漠研究所集刊》。

中 国 科 学 院
兰州冰川冻土研究所集刊 第 2 号

目 录

前言.....	(iii)
天山奎先达坂附近冻土分布特征	邱国庆、张长庆 (1)
根据海拔、纬度数值确定多年冻土天然上限埋深的经验公式	徐敦祖、傅连弟、朱林楠 (17)
直流垂向电测深法在多年冻土调查中的应用	黄以职、顾钟炜、曾仲巩、王淑娟 (26)
按一维路基模型实验确定的路基保温层厚度的计算方法	丁德文、马效武、罗学波 (40)
祁连山木里地区采暖房屋下地基土的热动态及基础力学稳定性观测研究	陈肖柏 (48)
典型融冻土的热学性质	徐敦祖、陶光祥、傅素兰 (55)
祁连山木里地区季节活动层之冻胀性	陈肖柏 (72)
土的冻胀性实验研究	吴紫汪、张家懿、王雅卿、沈忠言 (82)
祁连山木里地区冻土融化时的下沉与压缩特性	陈肖柏 (97)
冻土融化下沉性的初步研究	吴紫汪、张家懿、王雅卿、沈忠言 (104)
土冻结时对基础的切向冻胀力实验研究	吴紫汪、沈忠言、张家懿、王雅卿 (113)
基础与冻土间冻结强度的实验研究	吴紫汪、王雅卿、沈忠言、张家懿 (129)

天山奎先达坂附近冻土分布特征*

邱国庆 张长庆

本文试图通过解剖处于天山腹地的一个小区域,从一个侧面反映天山地区冻土分布的某些特征。

一、区域地质-地理条件及其对冻土分布的影响

调查区处于天山腹部地带,其自然条件有如下特点。

1. 地形起伏很大

工作区以北的喀拉乌成山和工作区以南的哈依都套山山脊线海拔高度都在 4000 米以上。在那里,山脊及斜坡,寒冻风化作用十分强烈,现代冰川作用显著,属于强烈剥蚀地貌区。

工作区中部的哈特尔德根·希勒岭(岭顶海拔 3400—3700 米)及奎先达坂山间洼地(海拔 3200—3300 米),是阿拉沟水系和乌拉斯台水系的分水地段。这里,寒冻物理风化剥蚀作用及泥流作用兼而有之,属于剥蚀-堆积区。

奎先达坂与哈特尔德根·希勒岭以东的阿拉希公京沟、哈特尔德根·希勒岭以南的扎亥萨拉沟和冬德萨拉沟等,汇入阿拉沟,向东出天山注入艾丁湖;此分水地段以北、以西的乌拉斯台察汗沟等,汇入乌拉斯台河,向西南出天山注入博斯腾湖。这些沟谷中部及其两侧斜坡上,分布着厚薄不等的第四系松散堆积物,属于堆积地貌区(图 1)。

由于地形起伏较大(海拔高度从 2500 米直至 4000 米以上),梁谷相间,使得本地区的气候与冻土具有垂直分布特征。

2. 气候条件具大陆性和垂直分带性

众所周知,整个天山地区气候具明显的大陆性,温差大(年内绝对温差达 50℃),且具有垂直分带性。自山前平原到天山腹部,大体每上升 150—170 米,年平均气温下降 1℃(表 1 及图 2)。处在天山腹部的奎先达坂一带,年平均气温为 -1—-4℃,冬季漫长而严寒,夏季短促而凉爽,负温季节长达 6—8 个月,降水多集中于正温季节,冬季少雪,仅在春末秋初,在个别地段有短暂的薄层积雪。

气温的垂直分带性决定着冻土的分布亦具有垂直分带性。坡向对温度变化亦有重要影响。由表 2 可见,在相同的海拔高度条件下,阴坡与阳坡的地面最高温度有显著差别,而最低温度却是接近的。这说明,阳坡的热量收入远大于阴坡,故目前阳坡冻土保存条件

* 参加本项工作的还有铁道部第一勘测设计院一队朱长生、赵中堂、章家欣、王铎、陶克靖等同志。

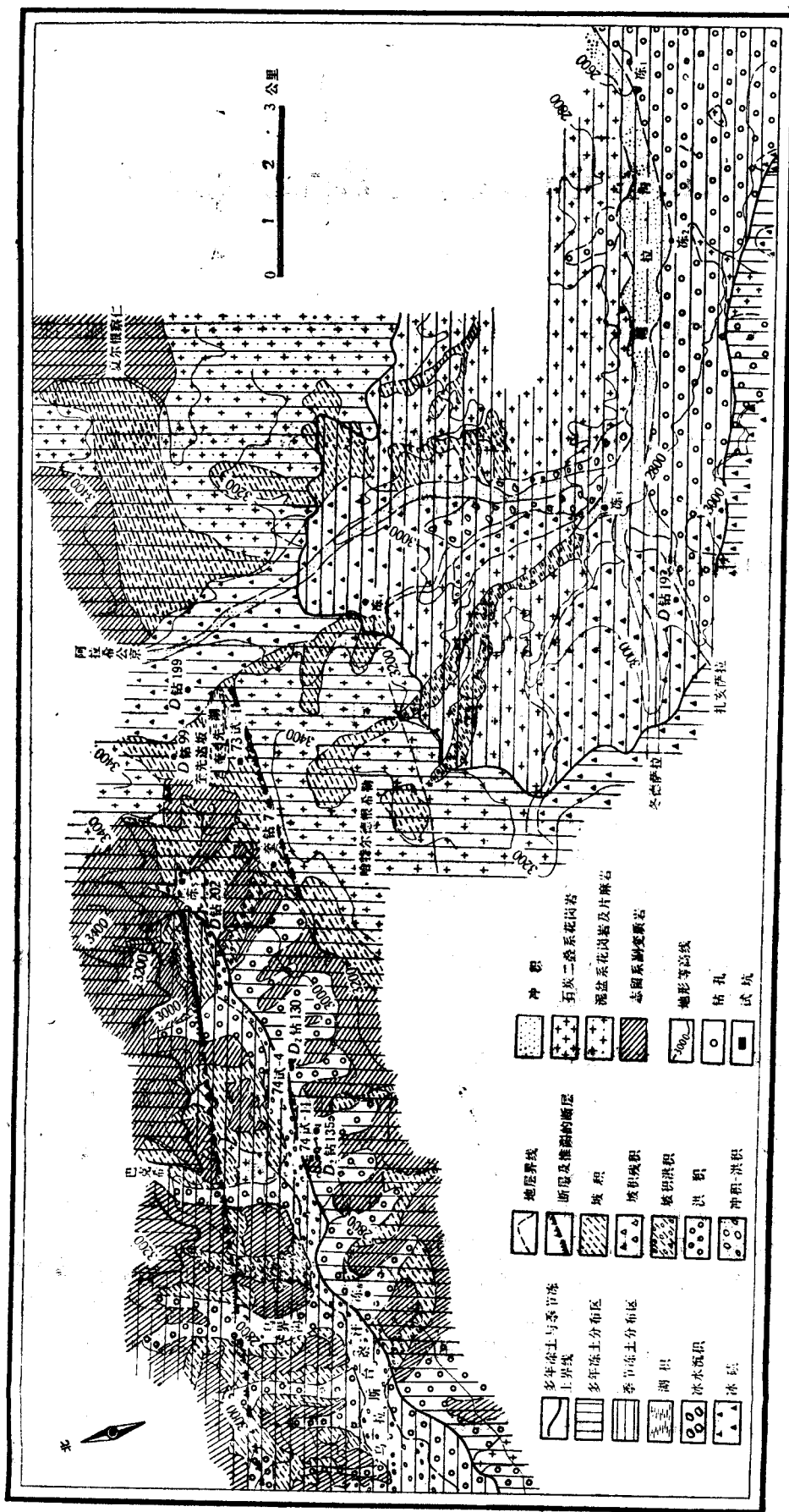


图1 奎先达坂附近地质图

表1 奎先达坂附近气象站气温及降水资料简表

站 名	海拔(米)	与奎先达坂 的直线距离 (公里)	观测年份	年平均气温 (°C)	正温季节 (月)	1月平均 气温(°C)	7月平均 气温(°C)	年降水量 (毫米)
天 山	3539	27	1961—1970	-5.4	6—9	-15.8	+4.7	436
莫托萨拉	3383	74	1970—1971	-4.4	5—9	-16.5	+6.2	262
冬德萨拉	2921	10	1974—1975	-1.1	4—9	-11.9	+11.9	220
巴 仑 台	1750	60	1961—1970	+6.1	3—10	- 9.8	+18.9	190
和 静	1101	80	1961—1970	+8.8	3—10	-11.7	+23.5	51

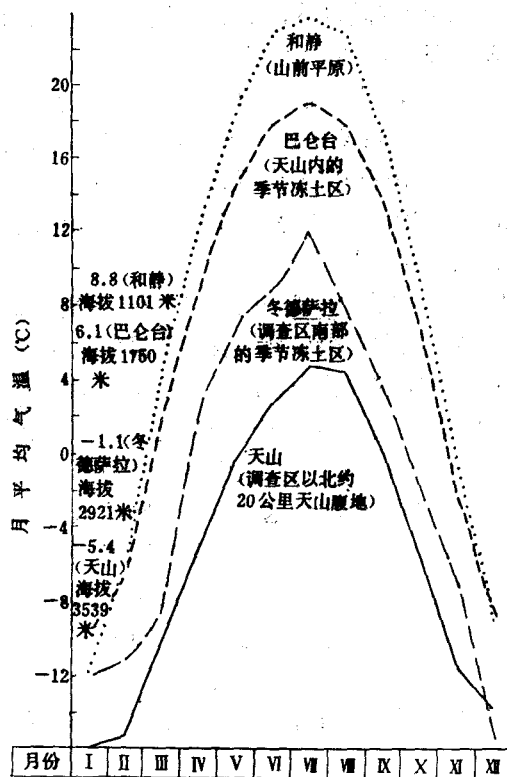


图2 奎先达坂附近气象站气温资料

表2 海拔2960米阳坡与阴坡地面温度实测值

测温日期	坡 向	地面最高温度(°C)	地面最低温度(°C)	地面温度日较差(°C)
1972年8月4日	阴 坡	31.6	4.6	27.0
	阳 坡	51.7	4.0	47.7
1972年10月21日	阴坡 裸露地面	21.5	-12.0	33.5
	雪下10厘米	0.3	-5.8	6.1
	阳 坡	31.0	-12.3	43.3

和发育条件远不如阴坡。所以,本地区冻土的分布,总的说来服从于气候的垂直分带性,但同时又受到坡向的显著影响。往往一沟之隔,在相同的海拔高度上,阴坡分布着多年冻土,阳坡则分布着季节冻土,不同坡向上冻土分布的最低海拔可相差数百米。此一现象在乌拉斯台察汗沟两侧表现得最为明显。

3. 复杂的地质条件

本地区的构造线大体为北西西走向。沿夏尔根擦仁—奎先达坂—乌拉斯台一线,是一个近东西向的大断裂带。在此一线以南,主要分布着古生界花岗岩系,称为中天山结晶带;以北,主要分布着古生界副变质岩系,为已遭受强烈挤压褶曲错动的变质程度深浅不一的片岩、千枚岩及大理岩等,称为北天山褶皱带。

第四系在本区分布较广泛,但厚度差别很大。其中,晚更新统早期冰碛层及冰水沉积,分布在阿拉希公京沟两侧及扎亥萨拉—冬德萨拉一带,为长达十余公里的巨型冰碛垄,最大厚度达百余米,主要由漂石-卵石土组成,中夹砂粘土、粘砂土及砾砂等。晚更新统晚期冰碛层主要分布在上述沟谷上游海拔 3100 米以上的地段,近代冰碛层主要分布在现代冰川末端,其组成物质主要为卵石-漂石土。

乌拉斯台察汗沟及其两侧,阿拉沟及其两侧,广泛分布着第四系坡积层、洪积层、冲积层及其过渡类型。其中,坡积层主要由砂粘土及含多量粉粘粒的碎石土组成;洪积层、冲积层主要由卵石土、砾石土等粗碎屑物质组成。在哈特尔德根·希勒岭等高处及其斜坡,广泛分布着残积层和坡积-残积层,主要成份为碎石土,局部为砂粘土。

不论何种成因类型的第四系松散层,其表面常有厚薄不均的腐殖质土覆盖。

岩性对冻土特征有重要影响。冻结基岩和由粗颗粒土组成的冻结的冲积-洪积层等是贫冰的,而由细颗粒土组成的冻结的坡积层则是富冰的(各类岩石分布情况见图 1)。

在多年冻土分布地段的山间洼地及坡麓,冻结层上水比较发育,它受融雪及大气降水补给,季节性变化很大,为矿化度小于 0.5 克/升的 $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ 型水。在高分水岭及其陡峻的斜坡,冻结层上水一般不甚发育。冻结层下水量小质差,为矿化度大于 3 克/升的 $\text{SO}_4\text{-Cl-Na-Mg}$ 型水(取自奎先达坂 D 钻 199,埋藏深度 139 米)。目前尚未发现冻结层间水。

在季节冻土分布地段,地下水一般埋藏深度较大。如乌拉斯台察汗沟等处,据电探资料,潜水埋藏深度达数十米。只有某些洪积扇前缘及某些长期过水的沟谷的漫滩(如阿拉沟的局部地段)以及基岩埋藏深度较小的沟谷(如乌斯托沟上游),潜水埋藏深度可在数米以内。此外,在基岩断裂破碎带(如乌斯托岭等),有不均匀的孔隙-裂隙水分布。

4. 冰川作用规模逐次缩小

第四纪以来,本区曾有过多次冰川作用,但作用规模是逐次缩小的。这可从三个方面看出:

(1) 从冰川堆积物的分布范围看,较老的阿拉希公京冰期(约相当于 Q_3-1)冰碛末端海拔高度为 2800—2900 米,至今仍保存着巨大的冰碛垄;较晚的奎先冰期(约相当于 Q_3-2)冰碛末端仅在 3100—3400 米,为一些范围较小的冰碛岗丘;全新世小冰期及现代冰川的终碛一般仅到达 3600 米左右。可见冰川作用范围是逐次缩小的。

(2) 从冰川刨蚀地形看,晚更新世的冰斗最大,全新世小冰期的冰斗次之,现代冰川的冰斗最小。在哈依都套山北坡,常见有较大的冰斗(Q_2)中刨出较小的冰斗(Q_{2-1}),其中又保存着范围更小的现代冰斗冰川和悬冰川。从分析古冰川地形可知,晚更新世冰期雪线在 3600 米左右,现代雪线则在 3900—4000 米。这都说明冰川作用规模是渐次缩小的。

(3) 近年来,现代冰川有着明显的退缩趋势。如喀拉乌成山北坡的乌鲁木齐河河源 1 号冰川(距奎先达坂直线距离 20 余公里),自 1962 年至 1973 年的十一年间,冰舌末端已退缩 50—70 米^[1]。

冰川、冻土的发育都与气候变迁有密切关系。从冰川作用范围的变化可以推测,在第四纪各次冰期里,本区冻土分布范围要比现代冻土分布范围大。

5. 冻土现象种类繁多

本地区冻土现象种类繁多,其分布受地形、岩性、含冰程度等许多因素的制约。

大体说来,在多年冻土分布地段,高分水岭及其附近的陡峻斜坡,主要进行着寒冻物理风化过程,造成岭顶的夷平,山坡上段出现大片石海及石河(照片 1)。此外,在岭顶细颗粒土较厚的地段,在强烈的冻胀推举作用下,产生了冻胀石林(照片 2)。在坡麓及山间洼地、沟谷上源,主要进行着沼泽化过程及冻胀、冻裂过程,形成沼泽化湿地、冻胀草丘(照片 3)、冻胀斑土及网格状冻裂隙等。介于上述二者之间的斜坡地段,则主要进行着融冻泥流过程,出现泥流阶梯及鳞片状山坡(照片 4)与泥流冲沟(照片 5)等。在沼泽化湿地,地下冰发育处,常出现热融坍塌等现象。

在季节冻土分布地段的泉水出露处,发育有季节性泉冰椎(照片 6)。

冻土现象可以作为判断多年冻土与季节冻土界线和地下冰发育程度的一种依据。

二、冻土分布特征

以上情况,决定着本地区冻土的分布和特征,也具有明显的高度分带性。

1. 多年冻土的分布

多年冻土的分布,总的说来受海拔高度的制约,也受坡向所制约。调查及勘探资料表明,在阴坡,多年冻土分布的最低海拔为 2700 米左右,这与天山地区的已有报道是接近的^[2]。在阳坡,多年冻土分布的最低海拔为 3100 米左右。二者相差达 400 米。但在不同地段,随着地形的开阔程度、排水条件的差异,界线有所升降(图 1)。至今,本地区在多年冻土分布区与季节冻土分布区之间,仍未发现如青藏高原多年冻土分布南界那样的岛状多年冻土分布区。

2. 温度状况及冻土厚度

本地区土(岩)温度动态、冻融过程及多年冻土的厚度,亦随海拔高度的变化而有明显的差异。

以季节冻土而论,在坡向与岩性大体相同的情况下,年平均地温随海拔高度的上升而降低,季节冻结深度随海拔高度的上升而加深。如,组成物质均以粗颗粒土为主、坡向大

体相同(半阳坡及阳坡)的冻₁、冻₃、冻₄孔,就较好地反映出这一规律性(表3)。

表3 季节冻土年平均地温及冻结深度

孔 号	海 拔 (米)	年平均地温(℃)	季节冻结深度(米)	最大季节冻结深度出现日期	季节冻结层全部消融日期
冻 ₁	2603.9	+4.3	2.8	2月下旬	4月中旬
冻 ₃	2788.9	+2.9	3.0	4月中旬	6月中旬
冻 ₄	3073.4	+1.4	4.9	5月中旬	7月下旬

季节冻土均具有单向冻结(自上而下)与双向融化(自上而下及自下而上)的特点,因而冻结过程较缓慢,而融化过程较迅速。这可以从0℃温度等值线看出(图3)。

多年冻土的年平均地温、厚度亦大致服从高度分带规律,但坡向及地形开阔程度亦对它有重大影响(表4)。

表4 代表性钻孔多年冻土年平均地温及厚度

钻孔号	海拔(米)	地貌部位	坡 向	主要地层	年平均地温(℃)	多年冻土上限埋深(米)	多年冻土下限深度(米)	最大融化深度出现日期	季节融化层全部回冻日期
冻 ₁	2740.0	洪 积 扇 中 部	朝北	洪积卵石土及砾石土	-0.1	4.0	<20	10月中旬至11月下旬	12月上旬至1月上旬
D ₂ 钻 135	2792.6	坡 积 裙	朝北	坡积砂粘土及碎石土下为基岩	-0.8	1.5	32	9月中旬	10月下旬至11月上旬
D ₂ 钻 130	2827.0	洪积扇与坡积裙过渡地段	朝北	坡积砂粘土及碎石土下为基岩	-0.4	1.9	16	10月中旬	10月下旬至11月中旬
D 钻 202	2987.5	陡 坡	朝北	志留系片 岩	-2.3— -2.5	1.8	100	9月上旬	10月下旬至11月上旬
奎钻 7	3240.6	山前缓坡	朝北	坡积碎石土下为志留系片岩	-2.1*	1.4	150	9月下旬	10月上旬
冻 ₃	2990.1	沟谷上游	朝西	洪积—洪积砾石土及卵石土	-0.2	-2.7— -3.5**	<20	9月中旬至10月中旬	11月中下旬
D 钻 198	3270.9	冰 碛 垄	朝南	冰碛卵石土及漂石土	-2.0	2.0	110	9月上中旬	10月中下旬

* 观测时孔温尚未完全恢复正常。

** 上限逐年上升。

由表4可见,总的说来,随着海拔升高,多年冻土的厚度也在加大。在多年冻土分布下界附近,多年冻土下限埋藏深度仅十余米,而远离下界的地段,多年冻土厚度可达百余米。随着海拔升高,冻土的年平均地温在降低。在多年冻土下界附近(如冻₁、冻₃等钻孔),年平均地温仅为-0.1—-0.2℃,且自上限以下,地温-深度曲线具零梯度。而远离下界的地段(如D钻198、奎钻7等钻孔),年平均地温可低于-2℃。据 B. A 库德里亚

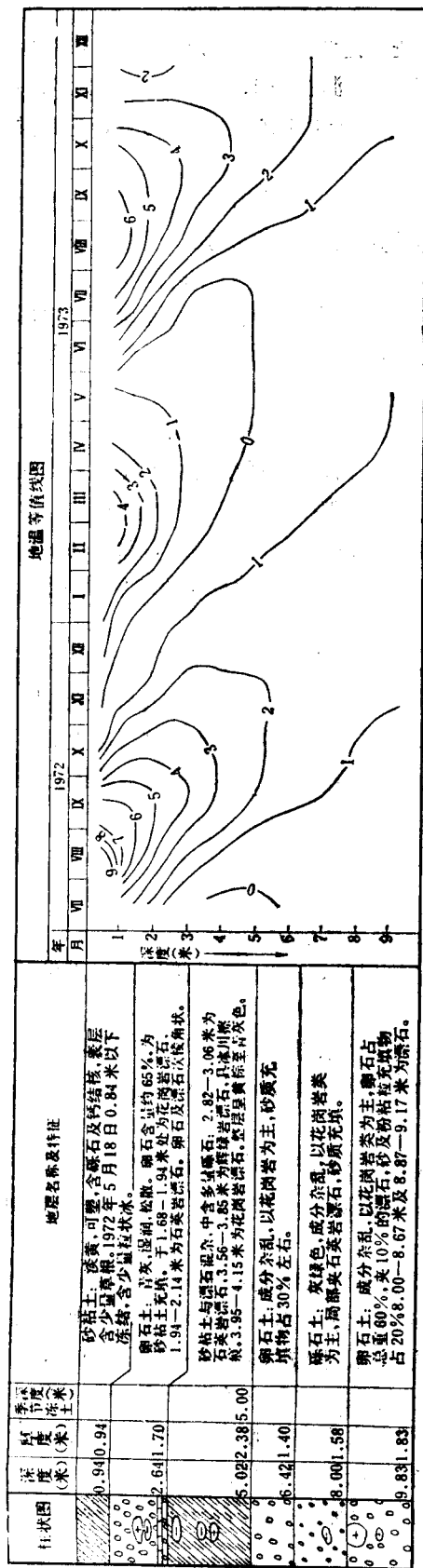


图3 冻, 孔柱状图及地温等值线图



图4 冻, 孔柱状图及地温等值线图

夫采夫的分类方案^[3],则本地区多年冻土分布地段既有过渡型的季节融化类型(年平均地温 $\geq -1.0^{\circ}\text{C}$),亦有半过渡型的季节融化类型(年平均地温在 -1.0°C 与 -2.0°C 之间)以及长期稳定型的季节融化类型(年平均地温在 -2°C 与 -4°C 之间)。这与所处的海拔高度有关。

但是,多年冻土的年平均地温不仅与海拔高度有关,也与坡向有关。例如,处于朝北的陡坡的D钻202孔,年平均地温达 -2.3°C — -2.5°C ,而朝西的冻孔,虽然海拔高度与D钻202孔相差不大,但其年平均地温仅为 -0.2°C 。此外,地形的开阔程度也影响着年平均地温。例如,D₂钻130孔地面海拔高度比D₂钻135孔高数十米,但因为前者地形较开阔,后者处在陡坡前缘的坡积裙地段,因而,D₂钻135孔具有较低的年平均地温和较厚的多年冻土。

观测资料表明,自1972年至1975年,冻孔多年冻土上限升高了0.8米,而其它钻孔则无此现象,这是一个值得注意的问题。我们初步认为,这一现象反映了处于多年冻土分布下界附近的、年平均地温较高的且具有零梯度的过渡型多年冻土的不稳定性。本世纪七十年代初期,这里夏季降水量较大,比正常年份的降水量多百余毫米,处于乌拉斯台察汗沟脑附近的冻孔,附近地面异常潮湿,温暖降水的下渗,造成上限大幅度下降,自1972年以后,夏季凉爽而干燥,上限逐年回升。

几年来的观测资料表明,本地区的多年冻土,不论是稳定型的还是过渡型的,都是衔接冻土。其季节融化层在融化时,只是自上而下一个方向融化,所以融化过程较缓慢,最大季节融化深度出现于9月以至10月,甚至可到11月。在回冻时,又都具有自上而下及自下而上两个方向冻结的特点,因此,回冻过程比较迅速。此过程在温度等值线图上反映得很明显(图4,5,10)。

3. 冻土的含冰情况

冻土的含冰情况,受地质地貌条件的制约,也与冻土的成因类型有关。

季节冻土的含冰量一般很小,除个别沼泽化地段以外,一般在季节冻层中仅见少量散布的粒状冰,属于整体构造冻土。

基岩梁地及陡峻山坡等处,尽管冻岩厚度很大(达百米以上),但含冰量却很小。如处于陡坡的D钻202孔,仅在上限附近的碎石土中有少量分凝成因的冰透镜体,其下的志留系片岩中,仅有少量冰脉沿基岩裂隙分布。

排水条件良好的由粗颗粒土组成的洪积扇地段,不论是季节活动层或多年冻结层,含冰量也很小,仅有少量散布的粒状冰,属于整体构造冻土,局部含有少量薄层状冰(图4、5)。

坡积裙及洪积扇与坡积裙过渡处,由于与之毗邻的陡坡给它提供较丰沛的补给水源,而它本身的组成物质又为透水性差、持水性好的砂粘土及含多量粉粘粒的碎石土,所以,这里的多年冻层往往富含分凝成因的地下冰。例如,位于坡积裙的74试-11试坑,多年冻土上限埋深为1.2米,自1.2米至1.75米为含土冰层,体积含冰量可达60—90%,重量含水量最大可达250%(图6)。又如处于坡积裙与洪积扇过渡处的74试-4试坑,多年冻土上限埋深为1.85米,在1.85—2.70米处,冻结的砂粘土中共有10—12层薄层地下冰,构成层状构造冻土(图7)。这类富含地下冰的多年冻土,地下冰一般仅富集于上限附

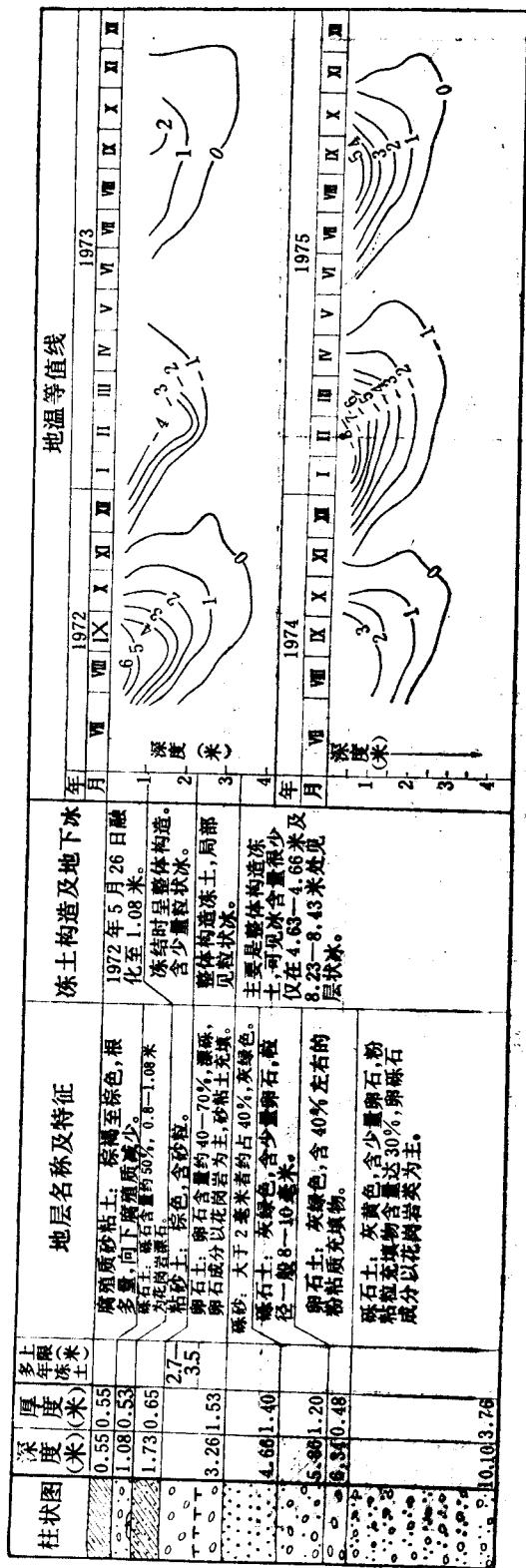


图5 冻、孔柱状图及地温等值线图

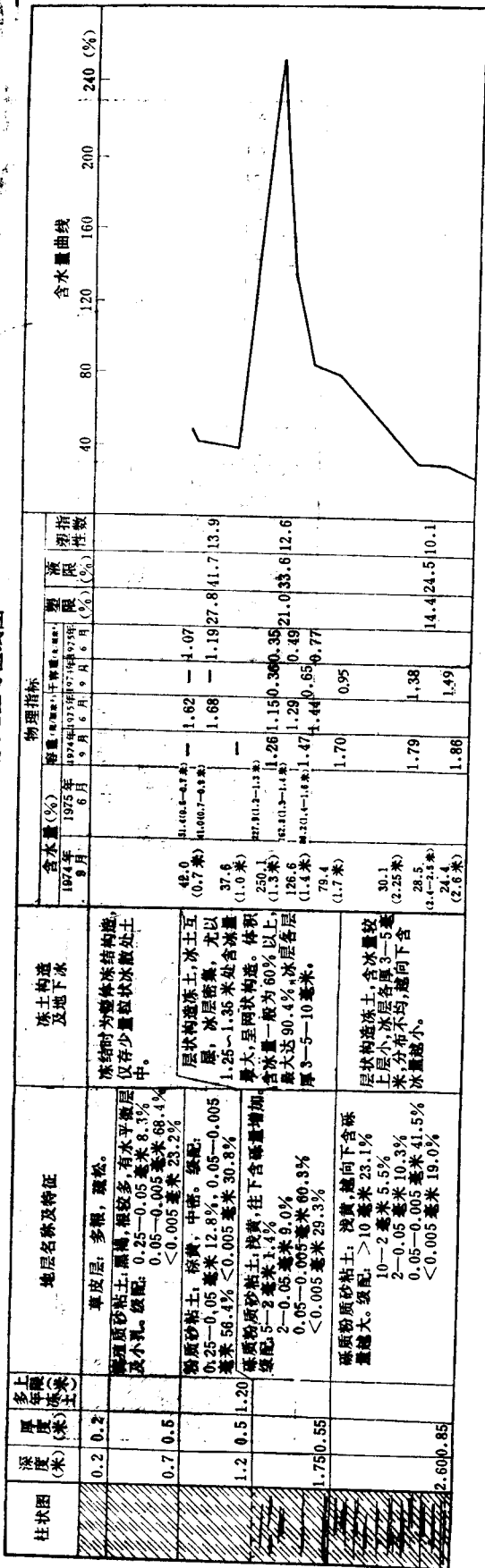


图6 74试-11试坑柱状图

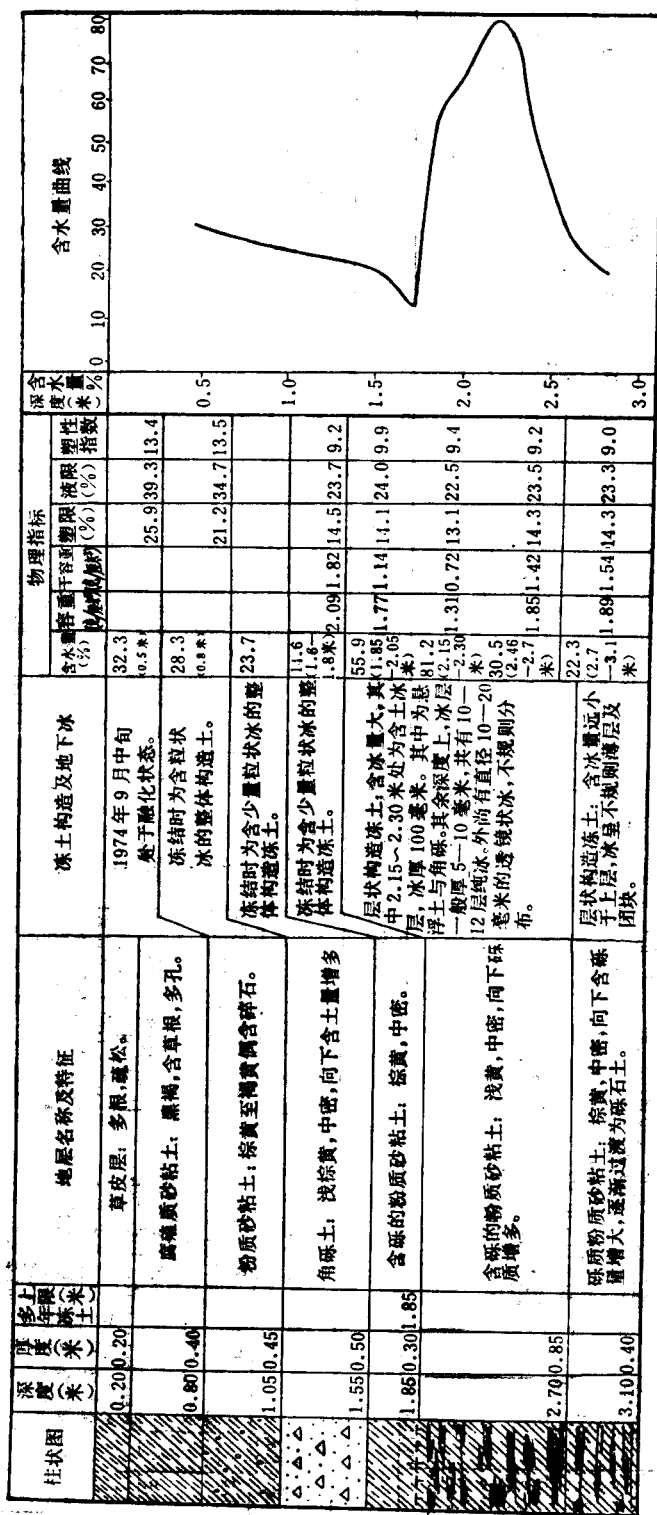


图 7 74 试-4 试坑柱状图

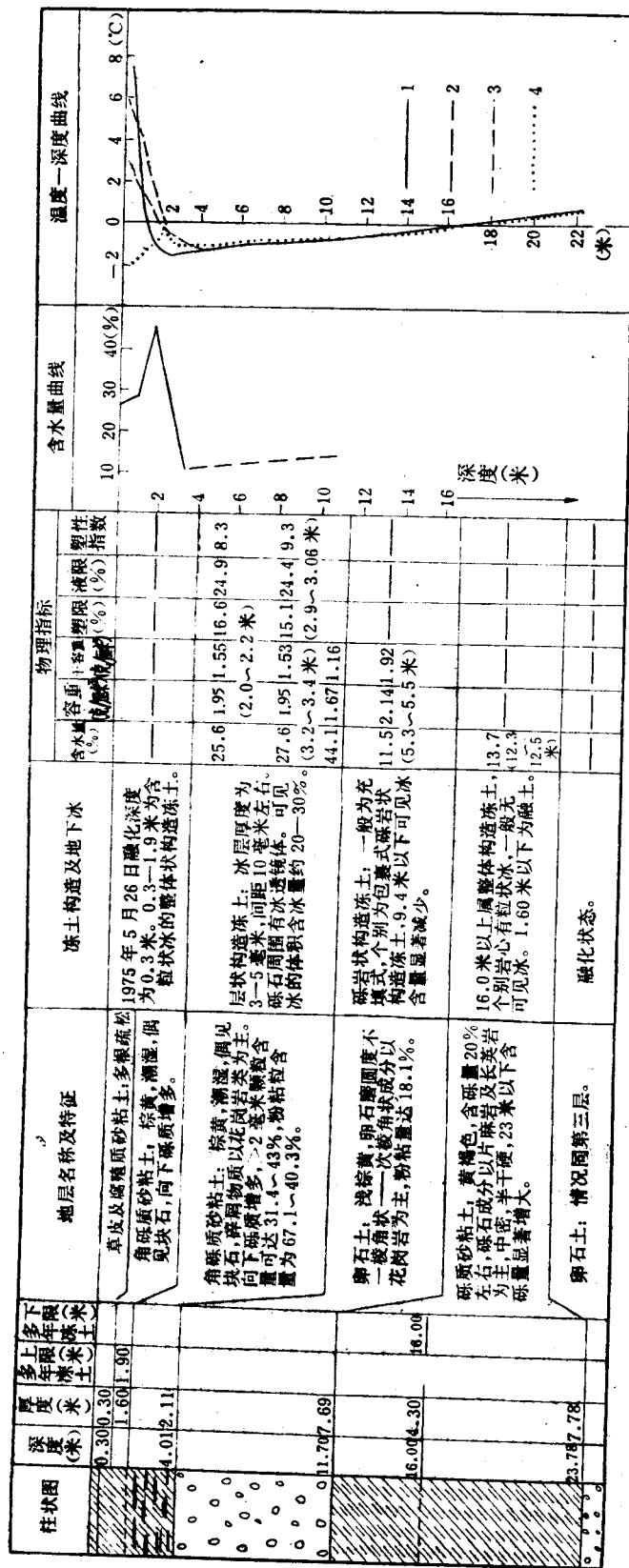


图 8 D₂ 钻 130 钻孔综合柱状图

1——1975年7月12日 2——1975年9月8日 3——1975年10月12日 4——1975年11月20日

近,越向下,含冰量越小。例如74试-4试坑附近的D₂钻130孔。自4米以下含冰量大减小,自9.4米以下至16米(多年冻土下限),无论是冻结的卵石土或砂粘土,均属含冰量甚小的整体构造冻土(图8)。这表明,此类冻土是属于后生冻结类型的。

海拔3200米以上的冰碛垄及山间洼地,属于稳定型富冰地段。如奎先达坂山间洼地、夏尔根察仁山间洼地等,水份补给充沛,地表呈沼泽化,冻胀草丘遍布,坡积层及湖积层中含冰量很大。如奎先湖南侧的73试-1试坑,多年冻土上限埋藏深度为1.2米,自1.2米以下,为厚度大于40厘米的厚层地下冰(图9)。奎先湖北侧的D钻199孔,地下冰的分布深度可达18米,直至12.39米处,尚见厚达20厘米的纯冰层。这类山间洼地中的多年冻土,有可能属于后生与共生混合成因类型。

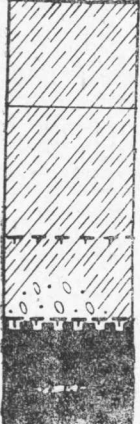
柱状图	深度 (米)	厚度 (米)	多年冻土上限 (米)	地层名称及特征	冻土构造及地下冰
	0.4	0.4		腐殖质砂粘土: 棕褐至灰黑色, 根多量, 含水量约50—60%。	1973年8月15日融化深度为0.9米。
	0.9	0.5		砂粘土: 棕黄色, 夹少量碎石角砾, 具微层, 含水量约30%。	
	1.2	0.3	1.2	含砾砂粘土及砾石土: 互相穿插, 含水量约10—30%。	冻结时为整体构造冻土, 含少量粒状冰。
	1.6	>0.4		厚层状地下冰: 含少量角砾及粉砂。	厚层状地下冰, 砾石及土悬浮于冰中, 冰结晶良好, 晶体直径10毫米左右。

图9 73试-1试坑柱状图(地面标高3300米)

阿拉希公京冰碛垄等的冻土构造及地下冰的分布状况是很特别的。据D钻198孔揭露(图10),在上限以下数米范围内,见有十余层纯冰,构成层状-砾岩状构造冻土。在垂直方向上,地下冰的分布较均匀,含冰量较大,构成砾岩状构造冻土。直至53.8米深处,仍见网状构造冻土,至58米深处,仍见包裹式砾岩状构造冻土。电探资料表明,该孔附近高含冰量的冰碛层厚度可达百米以上。这种情况表明,该处的多年冻土是共生成因的。此一厚达百余米的冰碛层,是冰川在总的退缩过程中几次进退的产物。在25.5米左右、29.6—30.39米、52.24—53.3米等深度上,都发现了黑灰色具腐臭气味的腐殖质土,中含大量孢子花粉,主要是麻黄属、藜科、十字花科、菊科、豆科等的孢粉,也有少量云杉、冷杉孢粉(取样深度为52.3—53.3米)。这样的腐殖质土,只能在冰缘的草甸环境下生成,它夹在冰碛垄深处,就说明冰碛垄是几次堆积而成的。可否作这样的设想:在冰川首次退缩阶段,形成了一定厚度的冰碛物,其表面可以生长植物和进行着成土过程(就象天山地区其它多年冻土分布地段的冰碛垄那样),其时,气候也还是寒冷的,冰碛物可以遭受冻结作用,并在其中产生分凝冰;其后,冰川前进,冻结的冰碛物被埋藏于冰下,并遭受改造;再后,冰川再