

中国地理学会 冰川冻土学术会议论文选集

(冻 土 学)

中国科学院兰州冰川冻土研究所编辑

科学出版社

中国地理学会 冰川冻土学术会议论文选集 (冻土学)

中国科学院兰州冰川冻土研究所编辑

科学出版社

1982

内 容 简 介

本书系中国地理学会 1978 年冰川冻土学术会议论文选集之冻土学部分,共辑论文和论文摘要 43 篇。主要包括普通冻土、冻土物理力学、冻土的勘探和测试方法以及冻土地区工程建筑等方面的研究成果。所辑论文总结了青藏高原冻土的基本特征,探讨了高原冻土形成、发育的历史;较为系统地反映了我国在冻土物理力学研究方面的成就;工程冻土方面的研究成果,基本上适用于我国当前的生产实际,如利用通风解决隧道内的结冰问题等。本书基本上反映了我国冻土学研究的现状和水平,对于丰富国际冻土学理论有重要意义。

本论文选集可供冻土科技工作者、有关高等院校师生以及水文工程地质、交通、水利、建筑和矿山等部门的工程技术人员参考。

中 国 地 理 学 会 冰川冻土学术会议论文选集 (冻土学)

中国科学院兰州冰川冻土研究所编辑

责任编辑 严梵珪

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

*

1982 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1982 年 5 月第一次印刷 印张:13 1/2 插页:2

印数:0001—2,300 字数:305,000

统一书号:13031·1913

本社书号:2595·13—13

定价: 2.85 元

前 言

中国地理学会于1978年11月27日至12月3日在兰州举行了冰川冻土学术会议。参加这次会议的,有来自全国七十二个单位的一百二十五名代表,显示了我国冰川冻土的科技队伍已经初具规模。大会共收到一百七十八篇论文(会上宣读了一百一十五篇)和二十二种资料。这些论文和资料,涉及冰川冻土学科的各个领域和我国冰川冻土分布的各个地区,内容之丰富,范围之广泛是前所未有的。反映了粉碎“四人帮”以后,在党中央的领导下,科学事业兴旺发达的景象。

召开这样较大规模的全国性的专门学术会议,在我国还是第一次。它标志着我国冰川冻土科学研究工作,在新长征途中跨进了一段新的里程。这是值得庆贺的。

冰川学与冻土学作为两门互相连系的独立学科,近年来在国际上有很大进展。它们既是综合性的边缘基础学科,与地质、地理、地球物理、生物等学科有着密切联系;又和建筑、铁道、公路、水工等技术学科相关。研究冰川冻土,对开发广大寒冷地区的矿藏、森林资源,保持工矿交通等工程建筑物的稳定和正常使用,发展农牧业生产和巩固国防,都有着很重要的意义。研究我国独具特色的中纬度极高山冰川和青藏高原冻土,对国际冰川学与冻土学的发展也会有较大的贡献。

我国冰川、冻土幅员广大。北起阿尔泰山,南到玉龙雪山,西自帕米尔,东抵贡嘎山,都有现代冰川分布。冰川总面积约为五万七千多平方公里,占亚洲冰川总面积的一半,是世界上山岳冰川最发达的国家。我国多年冻土的总面积粗略估计为二百万平方公里,约占全国领土的五分之一左右,主要分布在青藏高原、东北大小兴安岭和西部高山地区。此外,还有大面积的季节性冻土、雪盖、结冰和古代冰川作用地区。如此辽阔的冰雪、冻土区域,对人民生产和生活有重大影响。这就要求我们尽快地发展冰川冻土科学,以适应祖国四个现代化建设的需求。

我国冰川冻土研究,在党的关怀下,经过广大科学工作者的努力,近二十年来有了长足的进展。

在冰川学研究方面,已从高山冰川扩展到中山带积雪和我国北方河流的河冰,特别是对青藏高原、喀喇昆仑山现代及古代冰川的研究,填补了许多空白,天山、祁连山冰川研究进一步深入,并开展了冰川水文和冰川泥石流以及天山地区雪崩和风吹雪防治及黄河冰盖、冰强度的研究,积累了若干冰川分布、变化的新资料,提出了一些有关冰川特征、变化的新观点。对青藏高原太阳辐射的研究证明,太阳辐射对我国多数冰川活动有重要影响。此外,在冰川研究手段上已有了可喜的开端。在青藏高原第四纪冰期的划分,中国东部、东北地区古冰川作用,冰碛物的岩性特征及其与类冰碛的异同,以及冰川冰缘地貌特征等方面,也进行了深入讨论。冰川制图学的工作亦取得了较大进展。

在冻土学研究方面,广泛开展了区域冻土,冻土热物理,历史冻土,以及冻土的地球物理勘探研究。对融区分类、地下冰和冻土现象的分布规律、动态和形成机制进行了分析,积累了一批冻土地区地温和厚度的资料,总结了青藏高原冻土的基本特征,对高原冻土的

形成和发育历史进行了初步探讨。同时,在工程冻土方面,初步提出了一套冻土力学参数。对于冻土融化压缩、冻结力、承载力、冻土的流变性、冻土地基应力分布、冻胀的中断压力研究,各种冻土工程,包括路基、房建、隧道、给排水管道、水利、矿山开采的研究,以及季节冻土冻胀分类和多年冻土地基工程分类等方面的研究,都有相当进展。

反映上述众多研究方面的论文,标志着我国冰川冻土的理论研究日趋成熟和应用研究的迅速发展。但是,应当看到,和先进国家已有百余年发展历史的冰川学与冻土学相比,我国还有很大的差距。国际冰川学研究在基础理论,特别是物理冰川学和应用研究方面进展很快;在现代及古代冰川研究中广泛应用了新技术。而我们还没有建立起自己完整的理论冰川学。冻土学研究在深度上和广度上都不够。测试手段比较落后。我们要正视这些差距,迎头赶上去,在建设社会主义现代化强国中,使冰川冻土科学发挥更大的作用。

会议推定李吉均、周幼吾、谢自楚、崔之久、张祥松、吴锡浩、王朱贵、童伯良、吴紫汪、丁德文、周长庆、袁远荣、施雅风等同志组成论文组,负责论文的审查评选工作,最后由中国科学院兰州冰川冻土研究所袁远荣同志编辑,分冰川学和冻土学二册出版,以飨读者。

施雅风

目 录

前言	施雅风	(vii)
青藏高原多年冻土发育的温度条件	谢应钦	(1)
青藏公路沿线多年冻土的温度和厚度(摘要)	李树德	(7)
唐古拉山北坡布曲河谷地融区的初步研究	郭东信 黄以职 徐淑鹰	张林源 (11)
青藏高原沱沱河盆地融区和多年冻土的分布特征及形成条件	邱国庆	(19)
乌尔其汗多年冻土和水文地质特征	韩旭昌	(27)
大兴安岭北部多年冻土上限和地下冰	王春鹤	(31)
青藏公路沿线多年冻土发育的某些特征	尚建义	(38)
青藏线南段(唐古拉山以南)多年冻土特征	王家澄 王绍令	(44)
青藏高原原火山地区地下冰物理化学性质的初步研究(摘要)	李烈	(54)
青藏高原原火山地区厚层地下冰的形成及其历史	郭东信 李树德	(60)
冰结构实验的合理采样法和风火山地下冰的显微结构(摘要)	邢泽民	(67)
试论我国多年冻土平面分布类型的区划指标	丁德文 徐敬祖	(70)
青藏公路沿线多年冻土的历史演变	浦庆余 吴锡浩	钱方 (74)
青藏高原多年冻土发育历史的初步探讨	丁德文 郭东信	(78)
大小兴安岭多年冻土地区寻找地下水的方法	林凤桐	(83)
确定多年冻土上限深度方法的初步探讨	刘铁良	(87)
青藏公路沿线多年冻土的航摄影片判释	卓宝熙 梅祥基	潘仲仁 (89)
一维相变温度场数值计算的参数选取及误差分析(摘要)		
——以西藏两道河为例	李述训 高兴旺	王清逸 (95)
青藏高原原火山地区厚层地下冰的电探研究(摘要)	贺益贤	(97)
冻土调查中的地震勘探试验(摘要)	曾仲巩 刘经仁 黄以职 张穆科	米发荣 (99)
冻土导电性的试验研究	顾钟焯 王淑娟 黄以职	曾仲巩 (102)
冻土调查中射气测量的初步试验(摘要)	姚宝兴 贺益贤 曾仲巩	王淑娟 (107)
中子水分计在冻土研究中的应用	王平	(109)
基础的冻胀力	童长江	(113)
粘土法向冻胀力的试验研究	郭明珠 韩华光	(120)
青藏高原原火山地区多年冻土季节融化层中土的冻胀(摘要)	童长江	(123)
荷载强度对冻胀影响之初步研究(摘要)	陈肖柏 王雅卿 刘景寿	俞崇云 (126)
冻土流变性试验研究	吴紫汪 张家懿	朱元林 (128)
地下冰现场蠕变试验研究(摘要)	朱元林 刘永智	谢先德 (133)
冻土承载力现场试验研究(摘要)	吴紫汪 刘永智	谢先德 (135)
冻土抗压入强度的实验室研究	马世敏	(139)
冻土的融化下沉	朱元林 张家懿	(145)

冻结砂粘土融沉及压缩系数的经验公式(摘要)·····	崔成汗	周开炯	(151)
多年冻土地地区桩基试验研究 ·····	励国良	赵西生	王化卿
		陈卓怀	(153)
厚层地下冰地段路基工程·····	舒道德	王凤魁	(162)
大兴安岭牙林线 323 公里多年冻土地地区路基下沉的整治(摘要)·····	王文宇		(167)
多年冻土路堤的临界高度 ·····	朱林楠		(170)
大兴安岭多年冻土地地区采暖房屋融化盘研究·····	贺长庚	肖友明	(173)
季节性冻土地地区基础浅埋问题 ·····	谭学礼		(179)
青海热水多年冻土地地区建筑设计的初步总结(摘要)·····	张鲁昌		(187)
严寒地区隧道通风融冰的研究 ·····	田庆丰		(191)
论水工建筑物中大面积板形基础下的法向冻胀力 ·····	管枫年		(198)
减小切向冻胀力的物理化学方法·····	丁靖康	张鲁新	叶成
	阎景山	俞昌华	(204)

PROCEEDINGS OF THE SYMPOSIUM ON GLACIOLOGY AND
CRYOPEDOLOGY HELD BY GEOGRAPHICAL
SOCIETY OF CHINA

(CRYOPEDOLOGY)

Edited by Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica

CONTENTS

Preface	Shi Yafeng (vii)
The Temperature Condition of Permafrost Development in the Qinghai-Xizang Plateau	Xie Yingqin (1)
The Permafrost Temperature and Thickness along the Qinghai-Xizang Highway (Abstract)	Li Shude (7)
Elementary Research on Talik of Buque Valley in North Slope of Tanggula Range	Guo Dongxin Huang Yizhi Xu Shuying Zhang Linyiau (11)
The Distributive Characteristics and Formation of Talik and Permafrost at the Tuo-tuo River Basin in the Qinghai-Xizang Plateau	Qiu Guoqing (19)
Permafrost and Hydrogeological Character in Wuerqihan	Han Xuchang (27)
The Upper Limit of Permafrost Table and Ground Ice in North Da Hinggan Mountains	Wang Chunhou (31)
Some Characteristics of the Permafrost Development along the Qinghai-Xizang Highway	Shang Jianyi (38)
The Permafrost Characteristics on Southern Part of the Qinghai-Xizang Highway (in the South Area of Tanggula Range)	Wang Jiacheng Wang Shaoling (44)
Preliminary Studies on the Physical-Chemical Properties of Ground Ice at Fenghuo Shan District in the Qinghai-Xizang Plateau (Abstract)	Li Lie (54)
The Formation and History of the Thick Ground Ice Layer at Fenghuo Shan District in the Qinghai-Xizang Plateau	Guo Dongxin Li Shude (60)
Reasonable Sampling Method of Ice Structures for Laboratory Use and Microstructure of Ground Ice in the Fenghou Shan District (Abstract) ...	Xing Zemin (67)
On Regionalization Indexes of Horizontal Distribution of Permafrost in China	Ding Dewen Xu Xuezu (70)
Historical Changes of the Permafrost along the Qinghai-Xizang Highway	Pu Qingyu Wu Xihao Qian Fang (74)
Primary Research about the Development History of Permafrost in the Qinghai-Xizang Plateau	Ding Dewen Guo Dongxin (78)
Methods to Find Underground Water at the Permafrost District of the Da-Xiao Hinggan Mountains	Lin Fengtong (83)
A Preliminary Study on the Procedure for Determining the Depths of the Upper Limit of Permafrost Table	Liu Tieliang (87)
Aerial Photointerpretation of the Permafrost along the Qinghai-Xizang Highway	Zhuo Baoxi Mei Xiangji Pan Zhongren (89)

Choosing of Parameters and Analysing of Errors for the Numerical Calculation of the One-Dimension Ground Temperature Field with the Phase-Change (Abstract)——An Example from Xizang Liang Dao He	Li Shuxun Gao Xingwang Wang Qingyi (95)
Ground Ice Investigation with Vertical Electric Sounding at the Fenghuo Shan Region in the Qinghai-Xizang Plateau (Abstract)	He Yixian (97)
Experiment of Seismic Exploration for Permafrost Survey (Abstract)	Zeng Zhonggong Liu Jingren Huang Yizhi Zhang Muke Mi Farong (99)
Experimental Study for D. C. Conductivity of Frozen Soil	Gu Zhongwei Wang Shujuan Huang Yizhi Zeng Zhonggong (102)
Preliminary Application of Emanation Measurement for Permafrost Survey (Abstract)	Yao Baoxing He Yixian Zeng Zhonggong Wang Shujuan (107)
The Application of Neutron Moisture Gauge to Permafrost Research	Wang Ping (109)
Frost Heaving Forces of Foundation	Tong Changjiang (113)
Experimental Studies of Vertical Heaving Strength of Clay	Guo Minzhu Han Huaguang (120)
Frost Heave of the Soils in the Seasonal Thawing Layer at the Fenghuo Shan Permafrost Region in the Qinghai-Xizang Plateau (Abstract)	Tong Changjiang (123)
The Preliminary Study about the Effect of Loading on the Frost Heave (Abstract)	Chen Xiaobai Wang Yaqing Liu Jingsou Yu Chongyun (126)
Experimental Research on Rheology of Frozen Soils	Wu Ziwang Zhang Jiayi Zhu Yuanlin (128)
Experimental Studies of <i>in situ</i> Creep Properties of Ground Ice (Abstract)	Zhu Yuanlin Liu Yongzhi Xian Xiande (133)
Research of <i>in situ</i> Bearing Capacity on Frozen Ground (Abstract)	Wu Ziwang Liu Yongzhi Xie Xiande (135)
The Experimental Research on Anti-Penetration Strength of Frozen Ground	Ma Shiming (139)
Thaw Settling of Frozen Ground	Zhu Yuanlin Zhang Jiayi (145)
On Experimental Formulas of the Coefficients of Thawed Consolidation for Frozen Sandy Clay (Abstract)	Cui Chenghan Zhou Kaijiong (151)
Experimental Studies of Pile Foundation in Permafrost Region	Li Guoliang Zhao Xisheng Wang Huaqing Chen Zhuohuai (153)
Roadbed Construction in Area with Thick Layer of Ground Ice	Shu Daode Wang Fengkui (162)
Control of Embankment Settlement at Ya-Lin Line 323 km in Permafrost Zone of Da Hinggan Mountains (Abstract)	Wang Wenbao (167)
The Critical Height of Embankment in Permafrost Region	Zhu Linnan (170)
Investigation of the Thawing Basin in the Foundation of Buildings in the Da Hinggan Mountains Permafrost Region	He Changgeng Xiao Youming (173)
Problems on Shallow Buried Foundation in the Seasonal Frozen Ground Region	Tan Xueli (179)
The Preliminary Summary of Construction Design at Reshui Permafrost Area in Qinghai (Abstract)	Zhang Luchang (187)

Research on Ice-melting in Tunnels by Ventilation in Cold Regions	Tian Qingfeng (191)
A Discussion of the Normal Frost Heaving Force Acting on the Large-Area Base of Water Conservancy Structures.....	Guan Fengnian (198)
Physical and Chemical Methods for Decreasing the Force of Tangential Frost Heave	Ding Jingkan Zhang Luxin Ye Cheng Yan Jingshan Yu Changhua (204)

青藏高原多年冻土发育的温度条件

谢 应 钦

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

形成一定厚度的大面积多年冻土,必须具备零下低温和一定的时间长度这样两个条件。前者使冻土形成,后者使冻土发展。因此,土壤温度的高低是确定冻土有无、衡量发育程度和研究历史演变的重要条件。

一、高原多年冻土存在的温度指标

获得高原土壤温度资料相当困难。这里,我们拟从空气温度入手,借助于它与土壤温度之间的相关关系,找出冻土存在的气温指标,为研究多年冻土奠定基础。

鉴于多年冻土层上部在夏季形成厚 2—3 米不等的季节融化层,三米以下一定深度范围内的温度终年等于或低于土壤水分的起始冻结温度这一情况,因此,这个指标以取三米深处一年中最高月平均土壤温度等于土壤水分起始冻结温度的相应年平均气温为宜。

年平均气温与三米深处最高月平均土壤温度¹⁾之间具有较好的线性关系(图 1),相关系数为 0.69。

据此,用图解法建立如下经验公式:

$$t_h = 0.19t + 0.40$$

式中: t_h ——三米深处最高月平均土壤温度($^{\circ}\text{C}$);

t ——年平均气温($^{\circ}\text{C}$)。

标准误差为 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 。

高原多年冻土区土壤水分的起始冻结温度变化于 -0.024 — -0.32°C 之间^[1],平均为 -0.17°C 。

当 $t_h = -0.17^{\circ}\text{C}$ 时,代入公式得:

$$t = -3.0^{\circ}\text{C}。$$

它表明,当某地年平均气温等于或低于 -3.0°C 时,三米深处最高月平均土壤温度等于或低于其水分起始冻结温度,即三米以下一定深度土层内终年冻结。如果所取年平均

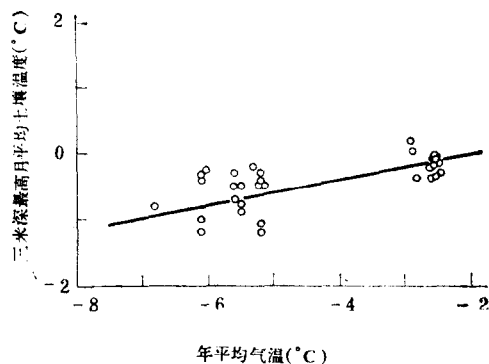


图 1 高原年平均气温与三米深处最高月平均土壤温度的关系

1) 根据多年地温观测资料,土壤温度年内变化位相滞后于气温。三米深处最高月平均土壤温度出现在 10—1 月。

表 1 高原多年冻土区各气象台站逐月及年平均气温(°C)

项 目 台 站	经 度	纬 度	海拔高度 (米)	月												年	年 代
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
西 大 滩	94°36'	35°44'	4173.0	-13.4	-11.3	-8.2	-2.8	0.6	4.9	5.9	7.4	3.8	-2.0	-10.0	-13.8	-3.2	1975—1977
五 道 梁	93°36'	35°17'	4645.1	-17.0	-13.8	-10.6	-5.2	-0.7	2.5	5.5	5.0	1.4	-5.2	-12.7	-16.0	-5.6	1959—1976
风 火 山*	92°52'	34°43'	4700.0	-18.0	-14.7	-11.4	-5.9	-1.3	2.0	5.1	4.5	0.9	-5.9	-13.6	-16.9	-6.3	1959—1976
花 花 河	92°37'	33°57'	4533.1	-16.2	-13.6	-9.0	-3.6	0.9	4.8	7.5	7.1	3.5	-4.2	-12.0	-15.6	-4.2	1959—1976
福 泉	92°35'	33°11'	4888.7	-14.2	-14.1	-9.5	-4.1	-0.1	3.9	7.0	5.7	2.6	-3.2	-9.7	-12.8	-4.0	1957—1961
清 水 河	97°08'	33°48'	4415.4	-17.0	-14.8	-10.0	-3.8	0.7	3.8	6.7	5.7	2.6	-3.9	-11.7	-16.6	-4.9	1959—1970
唐古拉山垭口**	91°38'	32°59'	5067.8	-18.0	-15.4	-10.9	-6.0	-1.6	2.4	4.8	4.0	0.9	-6.1	-13.9	-17.2	-6.4	1953—1970
玛 多	98°08'	34°57'	4220.7	-16.5	-13.8	-8.4	-2.9	1.6	4.8	7.6	6.8	3.3	-3.3	-11.0	-16.2	-4.0	1960, 1961; 1963—1970
仁 峡 姆	99°01'	34°29'	4211.1	-16.5	-13.4	-8.2	-2.4	2.3	4.9	7.7	7.1	3.6	-2.7	-11.3	-16.0	-3.7	1964—1965
土 门 格 拉	91°34'	32°49'	4930.5	-17.9	-15.1	-10.9	-5.1	-1.9	3.9	5.2	4.6	1.8	-4.8	-12.6	-14.9	-5.6	1965—1975
安 多	91°06'	32°21'	4800.0	-15.0	-11.8	-7.3	-2.4	2.0	6.1	7.9	7.2	4.4	-2.6	-10.5	-14.3	-3.0	

* 风火山气温系根据 1975—1977 年风火山与五道梁气象站资料相关订正至历年值。
 ** 唐古拉山垭口气温引自中央气象局等:《唐古拉山区、念青唐古拉山区青藏高原气象考察报告》。

气温系历年平均值,则该地存在着多年冻土。

年平均气温(t) -3.0°C ,就是我们所寻求的高原多年冻土存在的空气温度指标。

二、高原多年冻土发育的温度条件和现状

根据上述指标分析高原现有气温资料,得出高原多年冻土分布于昆仑山及其以南、唐古拉山南麓的安多以北,巴颜喀拉山及其以西的广大地区,呈东西走向连续带状分布。以南北界而论,与实际勘测吻合。

表 1 是高原多年冻土分布范围内各气象台站的逐月及年平均气温。可见,就年平均气温而论,均低于 -3.0°C , 介于 -3.0°C — -6.4°C 之间。以唐古拉山垭口和风火山最低,分别为 -6.4°C 和 -6.3°C 。从月平均看,一年中竟有 7—8 个月低于 0°C , 最冷月更低到 -13°C 以下。仍以唐古拉山垭口和风火山为甚,均为 -18.0°C 。即使最暖的 7 月,最高亦不过 7.9°C (安多)。上述表明,常年低温所提供的充分冷储,为多年冻土的发育创造了良好的条件。亦是目前高原多年冻土得以保存的根本原因。

通过对土壤温度的分析,我们可以大致了解目前高原多年冻土的状况。

以风火山和土门格拉为例,从图 2 和表 2 不难看出,一年中除 5—10 月两米以上土壤表层温度高于 0°C 外,其余月份自地表到十米以下的所有深度均低于 0°C 。说明两米以下

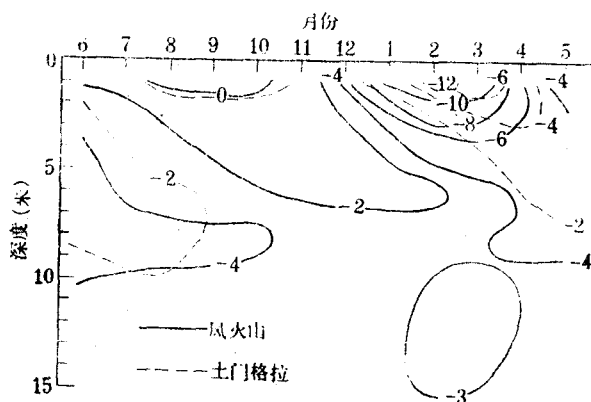


图 2 风火山(1962.6—1963.5)土门格拉(1964.6—1965.5)的土壤温度等值线图

表 2 土门格拉和风火山逐月及年平均地面温度($^{\circ}\text{C}$)

台 站	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年	年 代
土门格拉	-19.5	-15.0	-9.1	-4.9	1.5	7.9	9.0	8.4	5.1	-0.9	-10.3	-14.6	-3.7	1964—1965
风火山*	-18.2	-14.3	-10.4	-3.8	1.7	5.6	9.3	8.6	4.3	-3.8	-13.0	-16.9	-4.2	1959—1976

* 风火山资料系利用逐月及年平均气温,根据中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所《青藏铁路沿线冻土区地面温度与空气温度关系的初步分析》(油印)所提供的经验公式计算。

为多年冻土层,两米以上为季节融化层。

再则,土壤温度随深度的变化主要发生在十米以上土层,且随深度的增加变化幅度锐减。至十五米左右变化基本消失。该深度称为地温年变化深度,其温度值(冻土学上叫做年平均地温)风火山为 -3.3°C ,土门格拉较高,为 -1.7°C (图 3)。

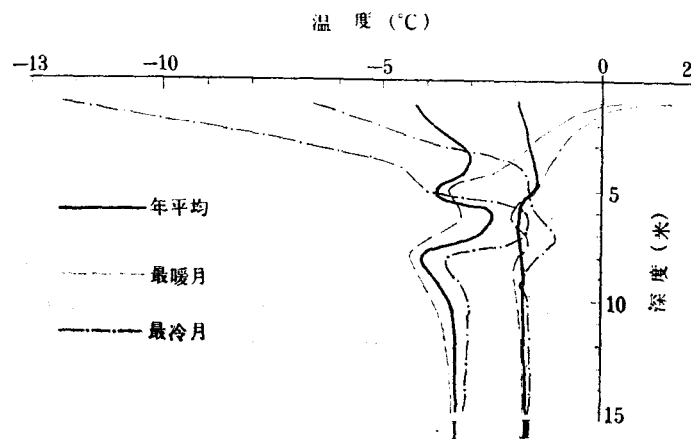


图 3 风火山(I)1962.6—1963.5、土门格拉(II)1964.6—1965.5的年平均、最暖月、最冷月土壤温度随深度的变化

比较土门格拉与风火山的年平均、最暖月、最冷月土壤温度,在所有深度上后者均低于前者,且变化幅度和年变化深度亦较前者为大。据此,和表 1 所列年平均气温状况(唐古拉山垭口为 -6.4°C ,风火山为 -6.3°C ,其值之低为全区之冠)推之,风火山至唐古拉山垭口一带,当属高原多年冻土发育的中心。

三、高原多年冻土发育历史的推测

考虑到在全球性气候变化过程中,高原多年冻土区与珠穆朗玛峰地区气候变化趋势的一致性,因此,通过对植物化石、孢子花粉分析得到的珠穆朗玛峰地区第四纪各间冰期古今年平均气温差^[2],和第四纪各冰期^[3]珠穆朗玛峰地区雪线降低高度计算的古今年平均气温差¹⁾,与高原多年冻土区内各气象台站现今年平均气温进行计算,得到该区内各气象台站自距今约 80 万年以来各时期的年平均气温(表 3)。

用高原多年冻土存在的气温指标 (-3.0°C) 衡量,显然,该区自距今约 80 万年以来,在寒冷的希夏邦马和聂聂雄拉冰期(分别距今约 68—80 万年和 24—37 万年)都曾形成过多年冻土。但是,它却因帕里和加布拉间冰期(分别距今约 37—68 万年和 12—24 万年)强烈温升而融化殆尽。至珠穆朗玛冰期(距今约 1—12 万年),气候再度变冷,冻土重新形成。此后,亚里气候最宜期相对的高温虽然使它有所融化,但融而未尽。随着绒布德小冰期的到来,在残存的基础上又有发展。至距今约两千年开始又进入融化阶段,而以距今约 700—1100 年的现代温暖期最盛。总体来说,自珠穆朗玛冰期最近一次形成冻土以来的

1) 郑本兴等:《青藏高原第四纪冰川演化与高原隆升问题》。

表 3 高原多年冻土区距今约 80 万年以来各时期年平均气温(°C)

时 期	项 目	距今年代 (万年)	雪线平 均降低 高度 (米)	降温率 (°C/ 100 米)	古今 温差 (°C)	西大滩	五道梁	风火山	沱沱河	温泉	唐古拉 山垭口	玛 多	仁峡姆	清水河	土 门 格 拉	安 多
现 今					0.0	-3.2	-5.6	-6.3	-4.2	-4.0	-6.4	-4.0	-3.7	-4.9	-5.6	-3.0
现代温暖期		0.07—0.11			2.0**	-1.2	-3.6	-4.3	-2.2	-2.0	-4.4	-2.0	-1.7	-2.9	-3.6	-1.0
绒布德小冰期		0.2—0.3			-1.4***	-4.6	-7.0	-7.7	-5.6	-5.4	-7.8	-5.4	-5.1	-6.3	-7.0	-4.4
亚 里 期		0.3—1.0			4.0	0.8	-1.6	-2.3	-0.2	0.0	-2.4	0.0	0.3	-0.9	-1.6	1.0
珠穆朗玛冰期		1—12	1000*	0.6	-6.0	-9.2	-11.6	-12.3	-10.2	-10.0	-12.4	-10.0	-9.7	-10.9	-11.6	-9.0
加布拉间冰期		12—24			16.5	13.3	10.9	10.2	12.3	12.5	10.1	12.5	12.8	11.6	10.9	13.5
聂豪雄拉冰期		24—37	1900	0.6	-11.4	-14.6	-17.0	-17.7	-15.6	-15.4	-17.8	-15.4	-15.1	-16.3	-17.0	-14.4
帕里 间冰期		37—68			9.0	5.8	3.4	2.7	4.8	5.0	2.6	5.0	5.3	4.1	3.4	6.0
希夏邦马冰期		68—80	1300	0.6	-7.8	-11.0	-13.4	-14.1	-12.0	-11.8	-14.2	-11.8	-11.5	-12.7	-13.4	-10.8

* 珠穆朗玛冰期雪线降低高度系高原内部地区的雪线降低高度值。

** 引自竺可桢：《中国近五千年气候变迁的初步研究》，中国科学，1973年第4期。

*** 引自张家诚等：《气候变迁及其原因》，科学出版社，1976年。

数万年中,它虽随气温的上升几经融化,但因气温上升的时间和空间尺度均较小,所以能够完整地保存至今。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所,1975,冻土,科学出版社。
- [2] 郭旭东,1976,珠穆朗玛峰地区第四纪间冰期和古气候,珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968),第四纪地质,科学出版社。
- [3] 郑本兴、施雅风,1976,珠穆朗玛峰地区第四纪冰期探讨,珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968),第四纪地质,科学出版社。

青藏公路沿线多年冻土的温度和厚度(摘要)

李 树 德

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

青藏公路沿线连续多年冻土和岛状多年冻土分布范围,北起青海西大滩 60 道班西三公里(海拔 4350 米),南至西藏安多县附近 116 道班(海拔 4780 米),在北界以北五公里和南界以南一百多公里为岛状多年冻土分布区。在南北 560 公里的连续多年冻土区内,有由断裂构造、温泉、河流等影响形成的局部融区,致使多年冻土的温度和厚度在平面上的分布复杂化。下面简述其温度和厚度的规律。

一、多年冻土的温度

冻土温度反映着多年冻土的生长发育特征,其高低又是正确评价冻土地基基础稳定性的依据。因此,正确测定和选用多年冻土温度有一定的理论和实践意义。

大气温度是控制多年冻土生长发育的首要条件。地温是衡量有无多年冻土的重要标志。它是自然界地质、地理因素综合作用的产物,反映了地壳与大气圈之间的热交换条件。多年冻土是历史时期寒冷气候长期作用的产物,它能保存至今的特殊条件乃是负温。

该区气温的分布从表 1 可知,从岛状冻土过渡到连续多年冻土,气温最高不超过 -2.0°C ;连续多年冻土区一般气温在 -3.5°C — -6.7°C ,南界气温一般在 -3.5°C 以下。

年平均地温和气温在一年中是逐月变化的。同样,在一定深度的多年冻土层温度也是变化的。我们把某一深度处的地温在一年中变化幅度的一半称做地温年较差。地温年较差值在地表最大,它随着深度的增加而减小至某一深度,其值等于零。地温年较差等于零的深度称做年变化深度。年变化深度处的地温值称做年平均地温,一般用 t_{CP} 表示。多年冻土区的 t_{CP} 为负值。一般来说,其值越低则多年冻土越厚。 t_{CP} 升高说明多年冻土在退化, t_{CP} 降低则说明多年冻土在发展。

青藏公路沿线多年冻土的年平均地温变化很大,其值为 -0.2°C — 4.0°C ,并有从上

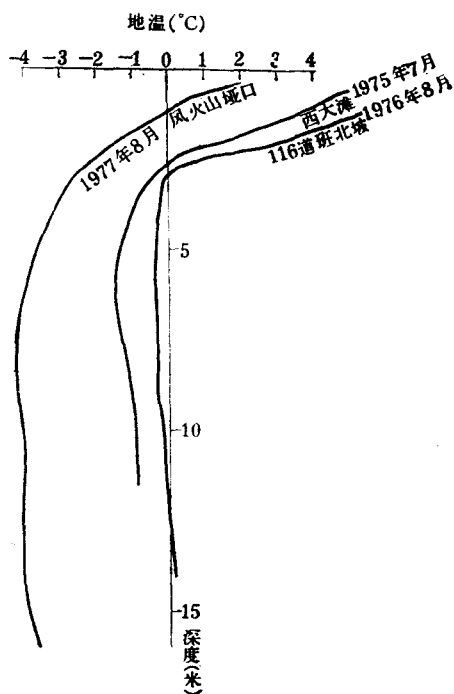


图1 青藏公路沿线连续多年冻土
南北界及中部地温曲线