

\* 国际交流 \*

# 从第六届国际冻土学大会(VI ICOP) 看冻土学研究现状及发展趋势

朱元林 程国栋\*

(兰州冰川冻土研究所 兰州 730000)

**提要** 本文通过 VI ICOP 论文及其它有关文献的分析,概要介绍了冻土学研究现状及今后的发展趋势。

## 一、VI ICOP 概况

由中国地理学会冰川冻土分会举办、兰州冰川冻土所和冻土工程国家重点实验室联合组织的第六届国际冻土学大会(Sixth International Conference on Permafrost, 缩写 VI ICOP)于 1993 年 7 月 5 日—9 日在北京举行。这是每五年一届的国际冻土界盛会,也是首次在发展中国家召开的国际冻土学大会。该会得到了国际冻土协会(IPA)、联合国国际科学基金的资助及我国许多政府部门、学术团体和单位的支持。参加会议的有来自世界 21 个国家和地区的代表 276 人,其中主要包括:中国 115 人,美国 52 人,俄罗斯 43 人及加拿大 22 人。会议开得十分成功。正如 Pewé 教授在开幕词中所说:“由中华人民共和国举办这次国际冻土学大会,国际冻土协会感到十分喜悦和荣幸。这标志着 IPA 史上的一个转折点。我代表 IPA 向主办和组织这次会议的中国地理学会及兰州冻川冻土所表示衷心感谢和热烈祝贺。”

会议期间由上届 IPA 主席 Péwé 教授主持举行了 IPA 第八次理事会。各国理事通过无记名投票选举产生了第三届(1993—1998)IPA 执委会成员。他们是:主席,程国栋(中国);副主席, H. French(加拿大);副主席, N. Romanovsky(俄罗斯);秘书长, J. Brown(美国)。在会议闭幕前举行了 IPA 第九次理事会。会议审议并通过了本届(1993—1998)IPA 下届三个专业委员会及八个工作组的成员和工作任务以及 IPA 与其它国际学术组织的联系。我国有程国栋、朱元林、徐敦祖、邱国庆、崔之久、陈显章及王浩庆等七名学者被选入上述专业委员会及工作组,这表明我国冻土学研究水平及地位已得到世界公认,并已成为名符其实的世界四个冻土研究大国之一。

这次会议的学术活动内容丰富、水平较高。为了集中地对当前国际上共同感兴趣的一些冻

\* 学部委员、兰州冰川冻土研究所所长。

土研究专题进行系统讨论,组织了三个专题报告会(全体大会),即:(1)全球气候变化及冻土发育;(2)高山冻土及冰缘过程;(3)寒区线型工程建筑。共邀请了 14 位国际知名冻土学家(其中我国有 3 名)分别就上述三个专题作重点报告。此外,为了全面检阅近五年来国际冻土学研究的新进展,按学科性质组织了三个分组报告会,即:(1)区域冻土、冰缘现象及冻土水分;(2)冻土物理、化学及力学性质;(3)冻土工程建筑。共宣读论文 120 篇,我国有 47 位学者宣读了论文,这些论文反映了我国近几年来在冻土研究及寒区工程建设中取得了明显的进展和成就,受到国际同行的称赞。会后部分代表还亲赴青藏高原和天山地区进行野外冻土考察和旅游。会议出版论文集二卷,包括论文及各种报告 281 篇。

## 二、冻土学研究现状及发展趋势

通过会议论文、专题报告及墙报内容,反映近几年来冻土学研究现状及发展趋势具有以下几个特点:

### (一)全球气候变化仍是国际冻土界共同关注的热点

冻土是寒冷气候下的地质产物,其中所含的冰对温度变化十分敏感。因此气候的剧烈变化及由此而引起的冻土中剧烈的冰—水相变将会导致诸如冻胀、冻裂、地下冰融化、地表沉陷、热喀斯特、热蚀、融冻作用及融区形成等冷生过程,从而改变冻土发展状况。冻土状况的改变又将影响寒区生态、环境及工程建筑。同时,这些变化又会给气候变化以反馈作用。

据 **Bosikov** 研究发现,这些冷生过程与短期气候波动呈周期性变化。如在多雨年代,热融速率明显加快且形成许多热喀斯特湖,而在干旱年代,湖泊退化并在湖底融区重新冻结。

许多学者研究表明,由人为活动造成的大气层污染,特别是  $\text{CO}_2$  含量增加产生的“温室效应”已使全球气候明显转暖。如在 **Spitsbergen** 的观测表明,在前 50 年中年平均气温升高了 2—3℃,在冬季的升温尤为明显,达 5℃。在 **Barrow**,在过去的 70 年间(1921—1991)地表平均温度升高了 2—4℃。

气候转暖已对冻土发育、寒区生态、环境及工程建筑产生明显影响。如位于俄罗斯 **Yakutia** 的闻名的 **Bykovsky** 渔业加工厂将因气候转暖于未来的 10 年内被迫放弃。厂区地基中的含冰量已高达 90%,地下冰层急速发展,地表复盖土层仅余 0.6—1 米厚,地表 5—15 厘米厚的苔藓和草皮的破坏引起了新的冷生过程,海岸侵蚀速率达 10 米/年。

**Carter** 在阿拉斯加做的系统研究表明,由于气候转暖引起降雨量明显增加,从而导致沙丘逐渐稳定、植被迅速发育及其它一系列生态环境变化。

据 **Bianov** 调查,寒区水电站的建设将对环境产生灾害性的影响:森林、草地将遭受洪水淹没;水质恶化;水文及水文地质改变;泥砂重新沉积;大量蓄水将使水库底床及沿岸冻土变暖并退化。例如,据对世界上第一座位于多年冻土上的大型水电站——**Vilui** 水电站的调查,在持续蓄水 7 年(1967—1973)后,库底融深已达 20 米,少冰及富冰冻土库岸在 13 年间(1977—1989)平均每年分别后退 1—2 米及 4—5 米。

据苏联学者预测,至 21 世纪中叶,因大气污染全球气候平均将升高了  $\pm 1.5^\circ\text{C}$ ,在高纬度

多年冻土区尤为明显,平均将升高 5—10℃,同时降雨量将大幅度增加。显然,地面生态环境及地表土层将会迅速对如此剧烈的气候变化产生相应的反映,冷生过程将十分活跃,热喀斯特将广泛发育。这就是说,因人类活动造成的气候变化将会对未来人类本身的生存环境产生严重的威胁。因此,目前各国地学及气候学者对此均十分关注,以全球气候变化为中心内容的许多国际合作研究项目正在执行或酝酿中。IPA 对这些项目特别重视和支持。

## (二)高山冻土及冰缘过程研究成绩显著

高山冻土及冻缘过程研究是冻土学的重要内容之一。在过去的十年中该领域的研究取得了明显进展。鉴于该领域研究的重要性及取得的成就,IPA 于第五届国际冻土会议期间成立了高山冻土及冻缘过程工作组,并于 1991 年及 1992 年分别在瑞士 Interlaken 及加拿大的 Calgary 举行了高山冻土及冰缘过程国际讨论会。该领域的研究现状及发展趋势可概括为如下几个方面:

1. 在应用各种直接的和间接的勘测手段的基础上,高山冻土及有关冻土现象制图取得了较大进展。应用各种自然指示现象、计算机模拟及地理信息系统资料进行该课题研究是最有前途的。目前最急需开展的研究工作是通过岩芯及钻孔观测获得详细的有关这方面研究的资料。

2. 高山冻土分布及气候研究首先遇到的难题是关于高山冻土的定义及分带性概念。我国学者程国栋提出的高山冻土垂直分带性概念及术语被普遍承认和采用。目前普遍认为应用年平均气温、冻结—融化指数或太阳辐射等气候参数能成功地(至少是半定量地)确定海拔、纬度及地域性对高山冻土大尺度的存在模式及特征的影响。但今后仍需对高山冻土的区域性变化,特别是对至今仍为黑匣子的地表能量平衡及活动层过程进行详细研究。

3. 对高山冰缘带的冰缘过程及地貌形态已进行了一系列的野外及室内试验研究。其中最受到关注的进展是岩石机械风化、悬岩后退、岩屑锥形成、冻土坡蠕变、石冰川及其它形式的碎屑位移的研究以及 Hallet 等提出的在饱水岩石中因分凝冰生长而引起裂隙推张的机理。这些成果的取得充分体现了将室内试验与野外测量和理论模型结合起来进行研究的优越性。

4. 高山冻土与冰川、积雪及水之间的关系及相互作用通过示踪试验及钻孔观测等已取得了一定进展,但仍有许多问题,特别是关于整体冰川及其与下卧冻土层的复合流动模式及冻融动力学有待进一步研究。

5. 关于在高山冰缘带的工程建筑及环境和灾害研究也已取得一些进展,但离需要还相差甚远。今后应特别着重进行高山冻土带各种建筑物场地的系统调查、建筑规范及各种自然灾害(如洪水、岩石崩坍、雪崩等)防治措施研究。我国则应着重研究因气候转暖引起的冻土退化及沙漠化对青藏高原暖冻土地区公路、矿山等各种工程建筑物的潜在威胁。

## (三)冻土物理、化学及力学性质研究取得新进展

因经费缺乏等原因,近年来一些国家对冻土基础研究呈收缩趋势,一些国际著名冻土研究机构及实验室的规模在缩小,研究人员也不断减少,而我国的冻土基础研究队伍相对比较稳定,特别是世界一流水平的冻土工程国家重点实验室自 1992 年成立并开放后,明显加强了我国冻土基础研究,并已取得了一批新的研究成果。本届国际冻土会议上我国代表发表的这一领域的论文占该领域论文数的一半以上,其中主要来自冻土工程国家重点实验室。该实验室目前已成为世界上冻土基础研究中心,在近几年内可望再出一批高水平的研究成果。我国的冻土研究已在国际上占有重要地位。近几年在冻土物理、化学及力学性质研究方面取得的新进展主要

有:这些基本性质的室内外测试资料进一步系统化、规范化;对冻土中质迁移、成冰及冻胀机理提出了一些新的概念;对土冻融过程中热、力及水相互作用数值分析和理论研究取得了新的成果;对土冻融过程中微结构的变化及其特征的研究取得了新进展;对冻土中碳氢水合物的形成条件及其基本性质进行了深入研究,为寒区地下能源的调查与开采提供了科学依据;对冻土流变机制、屈服准则及本构关系提出了新的认识;对冻土在应力作用下的微结构变化、损伤理论及物理蠕变模型的研究有了突破性进展;对冻土在动载(振动和冲击)作用下的性能研究有新的进展;提出了预报冻土长期强度的一些新方法(如时间-温度比拟法对热力学方法等);对含盐冻土等特殊土质的物理、化学及力学性质研究取得了一批新的成果。

上述课题仍将是该领域今后的研究重点和主攻方向。

#### (四)冻土工程研究愈来愈受到重视并逐步向国际合作方向发展

冻土研究的最终目的是解决寒区工程设计、施工及维修中的冻土问题及改善人类在寒冷环境下的生活质量。因此,近几年来直接为工程建设服务的冻土工程研究愈来愈受到各国重视,许多原来从事冻土基础研究的学者陆续转向冻土工程及寒区环境研究。本届国际冻土会议冻土工程方面的论文明显增加清楚地说明了这一点。从本届冻土会议文献看,冻土工程研究在渠道、输油(气)管线、道路、水利及地基工程等方面均取得明显进展,特别是在冻害防治措施、设计原则、施工工艺、新型建筑材料、运行原则及场地调查等方面提出了一些新概念和新方法。

由于冻土工程研究涉及的对象和环境十分复杂,因此是一个难度很大的研究领域,它要求掌握许多相关学科的知识和技术。而当今世界的新技术、新理论正在迅速发展,各国都有冻土工程研究方面的新经验、新技术和新成就。为了集中各国的优势,更好地解决寒冷地区一些大型工程建设项目中的冻土问题,冻土工程研究正在向国际合作研究方向发展。如西伯利亚 **Nadym** 天然气管道、加拿大 **Norman Wells** 输油管线、中苏边境水电站及欧洲一些地下隧道等工程项目均是以国际合作方式进行的。为了吸引国际知名的冻土学者及专家承担一些大型寒区工程建设项目,俄罗斯正在筹建国际北方土工工程研究中心,我国有多名冻土学者和专家被邀请作为该中心成员。

纵观这次国际冻土盛会,近几年来冻土学研究确实取得了许多重大进展和成就,但展望未来,任重而道远,我们正面临着科学、技术和社会的严峻挑战。各国冻土界的朋友们应尽最大的努力去迎接这些挑战,进一步促进冻土科学和技术的发展。

本文撰写过程中得到了马巍、张立新、盛煜等同志的帮助。