



中国寒区旱区环境与工程 科学50年

中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 组编



科学出版社
www.sciencep.com

中国寒区旱区环境与工程 科学50年

中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 组编



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是中国科学院寒区旱区环境与工程研究所包括中国科学院院士在内的一批优秀科学家,对过去 50 年在寒区旱区环境与工程科学领域所取得的研究成果进行全面系统的总结与未来展望。

全书共分三个部分。

第一部分 学科建设与发展 主要从冰川学/冻土学、沙漠与沙漠化科学、高原大气物理研究等学科方向,对中国科学院原兰州冰川冻土研究所、沙漠研究所和高原大气物理研究所前 40 年和“三所”整合后 10 年来的学科建设与发展进行全面回顾。

第二部分 研究创新与展望 主要从“中国第四纪冰川与环境变化研究的回顾与展望”到“中国冰冻圈变化影响研究 50 年”;从“中国冻土力学研究 50 年”到“中国多年冻土区环境研究”;从“50 年来中国风沙地貌学研究的主要进展”到“塔克拉玛干沙漠科学研究和工程实践 50 年”;从“大气电学研究 50 年”到“边界层气象学和干旱环境研究 50 年”;从“中国沙漠生态治理研究 50 年”到“中国沙区生态工程与生态恢复研究 50 年”;从“中国内陆河流域科学 50 年及发展趋势”到“中国绿洲研究 50 年”;从“中国寒旱区遥感与地理信息科学现状与展望”到“中国寒旱区遥感研究进展与成果回顾”等各分支学科研究的各个方面,进行了系统总结,并对研究发展趋势进行了展望。

第三部分 学科平台建设 首先对中国科学院寒区旱区环境与工程研究所两个国家重点实验室和两个中国科学院重点实验室进行了全面介绍,然后从“耕耘于冰雪荒漠,铸就起寒旱区科学研究的强力基石”出发,对该所 5 个国家级野外研究站和所级的几个野外台站以及主办的 4 种国家自然科学核心期刊,作为重要研究力量和科学研究支撑平台,全面介绍了其发展历程和所做出的重要贡献。

本书内容丰富,资料翔实,涉及寒旱区环境与工程研究的各个方面,各行各业的专业人士均可从中获益,特别适合相关学科专业的广大研究生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国寒区旱区环境与工程科学 50 年/中国科学院寒区旱区环境与工程研究所组编.
—北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-024392-8

I. 中… II. 中… III. ①冻土区-环境工程-研究-中国②干旱区-环境工程-研究-中国 IV. X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 053300 号

责任编辑:彭胜潮 关 焱 / 责任校对:郑金红

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:黄华斌

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 4 月第 一 版 开本: 889×1194 1/16

2009 年 4 月第一次印刷 印张: 44

印数: 1—5 200 字数: 1 270 000

定价: 160.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

《中国寒区旱区环境与工程科学 50 年》

编 委 会

主 任：王 涛

副主任：吕世华 丁永建 马 巍

秘书长：金 炯

委 员：（以姓氏笔画为序）

丁永建	马 巍	王 涛	王进东	韦志刚	文 军
冯 起	吕世华	任贾文	刘时银	刘光琇	李 新
李忠勤	李新荣	肖洪浪	何元庆	张小军	张耀南
金 炯	屈建军	赵 林	赵文智	赵学勇	谢忠奎
赖远明					

编 辑：金 炯 孙良英 郝美玲 祝国存

50 年创新与发展中的 寒区旱区环境与工程研究所

中国科学院寒区旱区环境与工程研究所是 1999 年 6 月由中国科学院原兰州冰川冻土研究所、兰州沙漠研究所和兰州高原大气物理研究所整合后设立的。原来的三个研究所都是中国科学院在 20 世纪 50 年代后期为服务国家西部资源调查利用和经济建设而成立的,开始了有组织、有计划的科学研究和实践,在填补我国在冰川冻土科学、高原大气科学和沙漠科学空白的同时,为国家经济发展、环境保护和科学进步都做出了突出的贡献。

1958 年 6 月,中国科学院高山冰雪利用研究队在原中国科学院青甘综合科学考察队之冰川小分队的基礎上成立(是中国科学院兰州冰川冻土研究所的前身),大本营设在兰州。6 月中旬,按中国科学院要求,考察队以查明祁连山的冰雪分布和冰川资源数量为目的的 7 个小队共 100 多人在施雅风先生带领下进入祁连山,并于 7 月 1 日登上 4 950 m 的黑板山北坡一条冰斗的山谷冰川作详细考察。其时,考察队向中国科学院发电报报喜,建议将这条冰川命名为“七一冰川”,作为庆祝中国共产党建党 37 周年的献礼。随后,考察队在施雅风先生的领导下,分兵 6 队作进一步深入考察,对祁连山东起冷龙岭,西至柴达木北山,包括 10 个冰川区,2 个冰川群,125 个冰川组,941 条大小冰川,进行了形态、类型和分布的全面考察,估计了储水量,进行了人工融化冰雪的试验。在施雅风先生主持下写出了 40 多万字的《祁连山现代冰川考察报告》,是新中国第一部完整的冰川考察报告。之后,施雅风先生又主持组织了天山山系的冰川考察研究。在乌鲁木齐河源冰川和水文方面的考察研究中,对冰川物理特征要素及从冰川到河流直到渗入地下的水文形成和转化及消失规律等进行观察研究。1960 年也开始了我国冻土的系统研究,主要开展了青藏公路沿线冻土的综合考察,研究了青藏高原多年冻土的分布及分区特征、温度状况、厚度、结构、地下冰及冻土地质地貌等现象,在唐古拉山南麓西藏土门地区及祁连山木里矿区建立了冻土常年观测站等。此后的创新成果在冰川方面主要以我国冰雪资源的分布、类型、特征和储量、中国冰川编目、西部山区第四纪冰期系列、南极研究、野外站长期的观测研究为代表;在冻土方面以查明我国多年冻土的分布、成因、类型及特征、高海拔区多年冻土三向地带性分布规律、厚层地下冰形成的重复分凝机制理论、冻土工程分类等为代表。许多论著都已成为我国冰川冻土科学的经典。1962 年中国科学院高山冰雪利用研究队调整为中国科学院地理研究所冰川冻土研究室,1965 年与中国科学院地理研究所沙漠研究室(原治沙队)合并成立了中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所,1978 年以冰川冻土研究领域为主成立了中国科学院兰州冰川冻土研究所。

1958 年 7 月,由高由禧先生、汤懋苍先生等组成的先遣队奔赴兰州,参加了祁连山冰雪考察工作,进行了多点考察和人工降水与人工消雹的初步探索。1958 年 8~10 月,以中国科学院地球物理研究所为主,由中央气象局和甘肃省气象局、北京大学和空军某部参加,在祁连山及兰州一带进行多次地面及飞机增雨试验。1958 年 10 月在兰州建立了中国科学院地球物理研究所兰州地球物理研究室,高由禧先生作为主要负责人,领导进行人工降水、人工消雹和融冰化雪等的试验研究,并负责管理兰州观象台业务。到 1959 年 5 月正式下文成立了中国科学院地球物理研究所兰州分所(是“中国科学院兰州高原大气物理研究所”的前身)。随后的岁月里,主要开展青藏高原气象学、高原和干旱气候、辐射气候、边界层物理、云和降水物理、大气电学以及大气环境监测评价等领域的研究,各方面的创新成果显著,特别是由高由禧先生和汤懋苍先生组织 30 多位气候学家完成出版的我国(也是世界上)第一本青藏高原气候图集(共 538 幅),全面揭示了高原地区地面和高空各气候要素场的平均气候特征,填补了气候图集中

高原地区的空白。经过了几次大的调整和扩建,到 1974 年 4 月 1 日正式组建了“中国科学院兰州高原大气物理研究所”。

1958 年 10 月,国家有关部门在内蒙古呼和浩特市召开了内蒙古、新疆、甘肃、青海、陕西、宁夏 6 省(区)治沙规划会议。要求治理沙害,以进一步发展西北的畜牧业基地、建立林业基地,充分发挥西北的工业、农业、林业、牧业的生产潜力。根据这次会议精神,1959 年 3 月在兰州成立了中国科学院治理沙漠科学考察队(简称“治沙队”,是中国科学院兰州沙漠研究所的前身),并分别成立了 10 个考察队,当年就开始了北方地区的沙漠、戈壁和沙地的综合考察。参加考察工作的有 40 多个单位 800 余人,配有直升机 3 架,越野大卡车 40 辆,全部工作至 1963 年结束。其中,塔克拉玛干沙漠考察队在朱震达先生为队长的领导下,于 1959~1963 年间,在塔克拉玛干沙漠进行了 3 万多公里的路线考察和定点观测,基本上搞清楚了复杂的沙丘类型分布、制约不同类型沙丘发生发展的地面组成物质、气候、水分、植被等因素;大体上掌握了沙丘移动规律;探讨了绿洲附近、新垦荒地和道路的沙害及其防治问题。其后完成的《塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究》和《中国沙漠概论》等书都是中国第一部完整的风沙地貌和沙漠方面的专著。这个领域的创新成果主要体现在:在沙漠形成演变与全球变化、风沙物理与沙漠环境、沙漠化过程及其防治、沙区资源环境与可持续发展、沙漠化遥感与信息系统等方面,在主要沙漠和沙漠化地区建设了一批野外观测试验研究站等。1962 年中国科学院治理沙漠科学考察队调整为中国科学院地理研究所沙漠研究室,1965 年整体从北京迁至兰州,与中国科学院地理研究所冰川冻土研究室合并成立了中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所,1978 年以沙漠研究领域为主成立了中国科学院兰州沙漠研究所。

从 1958 年到 1999 年的 40 多年里,经过几代科学工作者的艰苦努力,开拓创新,团结奉献,创建和发展了中国的冰川学、冻土学、沙漠与沙漠化学、高原气候与环境动力学、对流风暴和雷电物理学、寒区旱区水文学、寒区旱区生态学等具有鲜明区域特色的学科研究领域。在山地冰川冰芯与寒区环境、极地雪冰与全球变化、冻土理化特性与地下成冰理论、冰土工程与环境、沙漠形成演变与环境变化、风沙物理、沙漠化过程及其防治、寒区旱区水文水资源、干旱区生态环境建设、青藏高原气象、高原与干旱气候形成机制、边界层物理、大气电学和寒区旱区资源利用与可持续发展等方面,已形成特色和优势学科,也成为我国寒区旱区环境与工程科学研究和人才培养的基地。40 年间获得了丰硕成果,承担国家、部门和地方科研项目 1 000 余项,取得的科研成果 500 多项,获得国家及省部级奖励 150 多项,其中“国家科学技术进步特等奖”1 项和一等奖 2 项,“国家自然科学一等奖”1 项,“国家科学技术进步奖”和“国家自然科学奖”二等奖共 6 项;省部级“科学技术进步特等奖”3 项、一等奖 24 项、二等奖 39 项,这些成果为西北地区的社会经济发展和环境保护做出了重要贡献。经过几代科技工作者不畏艰难、扎根西部、勇于奉献、开拓进取、拼搏努力,一个以西部典型国土资源研究为主体、以寒区旱区环境与工程研究为区域特色的研究和技术体系已经形成,寒区旱区环境与工程研究所正是基于这样的基础而成立的。

中国科学院寒区旱区环境与工程研究所是我国专门从事寒区旱区环境与工程研究的国家级研究机构,是“西北资源环境与可持续发展研究基地”的核心组成部分。针对西部地区环境变化与生态建设、资源利用与重大工程建设和区域可持续发展所面临的重大科学问题,开展寒区旱区特殊自然环境和社会经济条件下的基础性、战略性、前瞻性、综合性研究,为国家解决西部地区在人口、资源、环境、工程、农业等领域的重大问题提供科学依据,为区域社会经济的可持续发展提供技术支撑。从发展战略布局和国家目标出发,重组与建设了 7 个研究室,全面突出高寒、干旱区资源生态环境与可持续发展研究特色。它们是:①冰冻圈与全球变化研究室;②沙漠与沙漠化研究室;③高原大气物理研究室;④冻土与寒区工程研究室;⑤水土资源研究室;⑥生态与农业研究室;⑦遥感与信息系统研究室。其技术支撑系统包括国家、中国科学院和研究所所属的野外实验研究站(点)、分析测试室、计算机网络室、编辑出版部和图书情报室等。研究所在深化体制改革的同时,努力探索新运行机制的模式建立。

经过中国科学院知识创新试点工程一期和二期的工作(1999~2005 年),进入创新三期(2006~2010 年)的寒区旱区环境与工程研究所之战略定位和目标更加明确。

战略定位: 以探索寒区旱区陆地表层系统的过程、尺度、格局及其相互关系为基础,开展环境与全球变化及区域可持续发展研究。

国家目标: 以青藏高原、内陆河流域、北方干旱区为重点研究区域,研究环境与工程的重大科学问题,为国家西部大开发和区域可持续发展提供决策依据和科技支撑。

科学目标: 发展和完善冰川、冻土、沙漠与沙漠化、高原大气、内陆河流域、寒区旱区生态与农业、遥感信息等特色和优势学科,开拓极端环境生物抗逆基因、生态经济、寒旱区气候变化评估与适应对策等领域;以创新队伍建设为核心,以制度建设和大平台建设为保障,解决若干重大科学和技术问题,争创国际一流科技成果,使我国寒区旱区环境与工程科学研究整体处于国际先进水平。

研究所创新三期按照“3+2”的布局进行调整,即以青藏高原综合研究、北方干旱区综合研究、内陆河流域集成研究等领域为重点③的同时,加强特殊领域与前沿探索研究和基础性-综合性主干研究②。主要举措包括:完善研究室和实验室体系的布局与建设,构建观测、实验和研究的网络化野外台站体系,提高基于网络环境的野外台站的实时数据密集采集和在线发送与处理能力;制定特殊人才政策,用好用现有人才,稳定骨干人才,吸引急需人才,培养未来人才;以创新团队管理模式取代课题管理模式,加强研究力量的整合等。

10 年来,研究所瞄准世界寒旱区环境与工程科技前沿,围绕国家战略需求,凝练科技创新目标,加大体制与机制改革,按照“三性”、“一攀登”的要求,抓住西部大开发的良好机遇,在体制创新、机制更新、结构调整、科研创新、队伍建设、创新文化、园区建设等方面开展了一系列工作,取得了显著的成绩。主要体现在以下几个方面:

1) 科研实力明显增强,成果水平稳步提升

创新 10 年来,我所在资源整合、突出特色和发挥优势的基础上,面向国家战略需求,面向世界科技前沿,抓住西部大开发的良好机遇,以寒旱所的知识创新工程的战略目标为先导,强调科研能力的提高,强调高水平成果的产出。到目前为止,已承担了一批国家级、中国科学院重大项目,取得了一批令世界瞩目的高水平科研成果。

全所科技人员争取到了诸如国家科技部的“973”项目、“863”课题、科技支撑计划、基础性工作专项、国际合作项目等;国家基金委的创新群体基金、杰出青年基金、重点基金、面上基金等;铁道部重大项目、行业部门项目等;中国科学院重大、重点项目等。研究内容涉及基础研究、应用基础研究和应用研究等。其中,比较有影响力的项目主要有:中国科学院重大项目“青藏铁路工程与多年冻土及其环境效应研究”;中国科学院《西部行动计划》项目和重大项目,如“西部生态环境演变规律及水土资源可持续利用研究”;国家“973”项目“中国北方沙漠化过程及其防治研究”、“我国冰冻圈动态过程及其对气候、水文和生态的影响机理与适应对策”和“干旱区绿洲化、荒漠化过程及其对人类活动、气候变化的响应与调控”等。共承担国家、部门和地方科研项目近 1 600 项,项目经费 10.30 亿元。

研究所一面在促进科学研究的同时,一面也在对学科进行综合集成,促进重大成果的产出。10 年来,在国内外各类期刊上发表论文 4 200 多篇,其中,SCI 和 EI 共 900 多篇,CSCD 3 100 多篇;共获得国家 and 地方二等奖以上的奖励 51 项,其中,国家科技进步特等奖 1 项,国家科技进步一等奖 1 项,国家科技进步二等奖 7 项,国家自然科学二等奖 1 项,中国科学院杰出成就奖 1 项,省部级一等奖 12 项,省部级二等奖 30 项,获得发明专利授权 22 项,实用新型专利 62 项。成果转化获得了显著社会、经济和生态效益,为国家和部门决策提供咨询和建议报告中有 10 多份得到国家领导人的批示和相关部门的采纳,直接经济效益上百亿元。

2) 稳定与吸引人才,建设创新队伍

知识创新工程中人才是关键,队伍是基础。创新 10 年来,在创新队伍建设中研究所始终按照总量控制、一次规划、留有余地、逐步到位的原则,坚持“人才资源是第一资源”的思想,以及“科技创新,人才为本”的观念,经过慎密组织、公开招聘、严格遴选,在科技创新队伍建设方面已取得了明显的成效,初步

形成了一支结构较为合理、人员动态优化、创新能力较强的人才队伍。同时,研究所院科技创新跨越发展战略目标为依据,以人才结构的调整与优化为主线。按照有利于优秀人才的吸引与凝聚、有利于未来人才的培养与使用、有利于人才队伍的动态优化的原则,正确处理自主培养与吸引凝聚的关系,在公平竞争中识别人才,在创新实践中培育人才,在事业发展中凝聚人才,注重各类人才的和谐、分类、有序发展,重点围绕加强对各类人才的吸引、培养,加强后备人才的培养等方面开展了一系列工作,并取得了显著成绩。到 2008 年底,创新岗位招聘共 323 人,其中科技人员 304 人(正高级 70 人,副高级 95 人,中级及以下 139 人),管理人员 19 人。各类创新岗位人员平均年龄 38 岁。其中,院士 3 人,国家基金委创新群体 2 个,“杰青”7 人,“百人计划”21 人,国家“973”项目首席科学家 2 人,“西部之光”入选团队 32 个。创新 10 年来,共培养毕业研究生 578 人,其中博士 339 人(有 5 人获得全国百篇优秀博士论文奖,8 人获得中国科学院优秀百篇论文奖),硕士 239 人。共有 109 名优秀的博士和硕士学位获得者进入研究所创新岗位。

3) 建设科研平台,提升创新能力

加强科研平台建设,是研究所提升科研竞争力和创新能力的关键所在。以实验分析研究为主的实验分析系统,以野外观测试验研究为主的试验观测系统,以信息共享和网络应用、图书编辑服务为主的信息平台系统构成了寒旱所科研平台体系。

在实验分析系统方面,我所现有“冻土工程国家重点实验室”、“冰冻圈科学国家重点实验室”、“中国科学院沙漠与沙漠化重点实验室”和“中国科学院生态水文与流域科学重点实验室”。根据学科发展的需要,为培育新的学科增长点,又相继成立了研究所的“西部气候环境变化与灾害实验室”、“极端环境生物抗逆机理与生物技术实验室”和“寒旱区遥感与信息资源实验室”,为研究所的可持续发展,学科的交叉融合与科学团队的建设注入了新的力量。

在试验观测研究系统方面,是以野外站为主要支撑,将野外台站定位为野外试验研究示范、动态监测、数据积累、国际合作和人才培养的重要基地,也作为知识传播、扩大对外影响的窗口。到 2008 年底,我所的野外站(点)已基本构成了我国寒区旱区生态与环境野外监测网络,其中有 5 个国家野外站、3 个中国科学院生态网络站、3 个中国科学院特殊环境站和 9 个研究所重点站:沙坡头沙漠试验研究站(国家站,院生态网络站)、天山冰川试验站(国家站,院特殊环境站)、奈曼沙漠化研究站(国家站,院生态网络站)、临泽内陆河流域研究站(国家站,院生态网络站)、青藏高原综合研究站(国家站,院特殊环境站)和平凉雷电与雹暴试验站(院特殊环境站);皋兰生态与农业综合研究站、阿拉善荒漠生态-水文试验研究站、玉龙雪山冰川与环境观测站、青藏高原北麓河冻土工程与环境综合观测研究站、祁连山冰川与生态环境综合观测研究站、敦煌戈壁荒漠生态与环境研究站、黄河源区气候与环境综合观测研究站、黑河上游生态-水文试验研究站和那曲高寒气候环境综合观测研究站。

同时,推动院地共建平台,研究所与甘肃省科技厅共建了“甘肃省防沙治沙工程技术研究中心”、“甘肃省遥感中心”和“甘肃省高性能网格计算中心”,与甘肃省气象局合作共建了“甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室”,与中国农业科学研究院甘肃省兽医研究所等合作共建了“甘肃省生物监测工程技术研究中心”等。

4) 加强园区建设,改善科研环境

园区建设也是知识创新工程的五大目标之一。研究所始终本着“树形象、重功能、促配套、上台阶”的思路,按照“统筹规划、超前设计、重点建设、分步实施”的原则,经过近 10 年的努力,园区面貌发生了根本性的变化。研究所共投入 8 900 多万元用于基本建设,其中,基础设施和科研实验楼改造 6 835 万元,文献情报环境改造 50 万元,实验室改造 950 万元,野外台站基础设施建设 1 074 万元。通过这些投入,我们拆除了 10 000 m² 的危旧建筑,新建道路 7 000 m² 以上,建成绿地 9 500 m²,改造、新建科研、实验、野外用房 86 300 m²。另外,研究所为改善科研条件,又将收购回来的火炬大厦 9 638 m² 用于科研用房,进一步改善了科研和实验条件。

为活跃职工文化生活,建成了约 200 m²的网球场、篮球场和健身场,使科研人员在繁重的科研工作之余,能方便地得到锻炼,保持身心健康。

为进一步稳定和吸引人才创造良好的条件,研究所在中国科学院、甘肃省建设厅和兰州分院等部门的大力支持下,经过 4 年的努力,于 2007 年建成了面积近 40 000 m²的寒旱所科研骨干高层商住楼。

5) 推进文化建设,激发创新热情

创新文化建设是基于对文化在当代科技创新中战略地位和战略作用的深刻把握。通过 10 多年的文化建设,科技人员对创新文化的认识普遍提高,促进了观念的转变,勇于创新 and 善于创新的风气正在形成,提高了创新跨越的自信心;逐步树立起以国家需求、科学前沿为导向的科技价值观;加强了学术道德自律;增强了团队精神与竞争意识;“科学、民主、爱国、奉献”传统不断发扬;“唯实、求真、协力、创新”院风继续发扬光大;“依法办所、以德兴所”理念深入人心;开放协作、交叉融合的科研局面正在形成。科技创新与文化创新呈现出互动共进的良好发展态势。

在创新文化建设中,始终坚持以研究所战略目标为先导,以创新文化建设促进科研成果的产出为思路。强调集体智慧的发展,整体科研能力的提高;强调团队、创新、吃苦、奉献精神培养。通过组建科学家小组、成立学术小组和研究团队等形式使研究所的共享资源能力不断提高,凝聚力、亲和力不断增强。通过部署领域前沿创新项目,启动创新团队、分类考核,重点培养、有效激励、组织丰富多彩的文娱活动等措施加强和培育团队精神建设。特别是近几年来,研究所将团队精神、系统集成、整体优势的发挥作为创新文化建设的主要内容之一。研究所又将能力建设和科研道德建设作为创新文化建设的基础来抓,注重研究试验能力和人的能力的提升。对实验室,主要从拓宽研究领域、增强开放、创新、承担重大任务、成果产出能力等方面加大建设;对野外台站,主要以基础设施、仪器设备的投入、观测的手段、数据的可靠性、实现共享性、工作人员的吃苦精神等方面加强建设;园区建设主要从信息的畅通、服务的便捷、环境的美化等方面作为重点。在人的能力建设方面,对科技人员,鼓励探索,勇于创新,宽容失败;对管理人员,注重管理能力、领导艺术的提升,全局观念和服务意识的培养。

从老一辈科学家开创寒区旱区环境与工程科学领域到现在,研究所已经走过 50 年的创新与发展道路。从 1999 年进入中国科学院知识创新试点工程至今也有 10 年了,这期间,研究所在 2005 年创新二期总结中被评为中国科学院优秀(A 类)研究所,2007 年进入中国科学院综合配套改革试点研究所行列。通过创新三期工程及以后的努力,相信在全所职工团结拼搏、创新奉献的基础上,能够在今后的将来,把中国科学院寒区旱区环境与工程研究所建成国家西部大开发的科学技术与人才库、亚洲寒区旱区科学研究基地、国际寒区旱区研究交流中心,成为有特色、有优势、有实力、有影响、有贡献的科研机构。



2009 年 3 月

目 录

50 年创新与发展中的寒区旱区环境与工程研究所	王 涛(i)
-------------------------------	--------

第一部分 学科建设与发展

中国冻土学研究 50 年成就与展望	程国栋(3)
中国冰川学发展 50 年	秦大河 姚檀栋(19)
中国沙漠与沙漠化科学 50 年	王 涛(28)
50 年奋进中的寒区旱区大气物理研究	吕世华(61)

第二部分 研究创新与展望

中国第四纪冰川与环境变化研究的回顾与展望	施雅风(77)
中国冰冻圈变化影响研究 50 年	丁永建(90)
中国冰川物理研究	任贾文(104)
中国极地冰川学研究进展	效存德 任贾文 秦大河(114)
中国冰雪灾害研究	何元庆(124)
中国山地冰芯研究	侯书贵(133)
中国寒区水文研究回顾	叶柏生 丁永建(143)
中国冻土力学研究 50 年	马 巍(152)
中国冻土工程研究的进展与成就	吴青柏(165)
中国多年冻土区环境研究	牛富俊(173)
50 年来中国风沙地貌学研究的主要进展	吴 正(184)
中国风沙物理研究 50 年	董治宝(191)
近 50 年来中国沙漠形成演变研究进展	李保生 董光荣 高尚玉(229)
我国风沙工程学研究回顾与展望	屈建军 凌裕泉 陈广庭(256)
塔克拉玛干沙漠科学研究和工程实践 50 年	王 涛 陈广庭(261)
中国西北干旱区历史时期气候变化研究进展	杨 保(270)
黄河风沙粗泥沙研究进展	拓万全(282)
大气电学研究 50 年	刘欣生 言穆弘(293)
陆面过程实验和地气相互作用研究进展	王介民 胡泽勇 文 军(309)
青藏高原气候研究	沈志宝 高晓清(316)
短期气候预测探索的新方向和新方法	汤懋苍(320)
边界层气象学和干旱环境研究 50 年	胡隐樵 吕世华(324)
与研究所同龄的干旱气候研究	钱正安 韦志刚(339)
大气环境研究工作回顾与展望	余 晔 陈玉春(346)
人工影响天气与雷达气象科学发展 50 年	王致君(352)
中国沙漠生态治理研究 50 年	赵哈林 王 涛(358)
中国沙区生态工程与生态恢复研究 50 年	李新荣 周海燕 王新平(379)
寒旱区生物抗逆生理生态学研究进展与展望	赵 昕 李新荣(400)

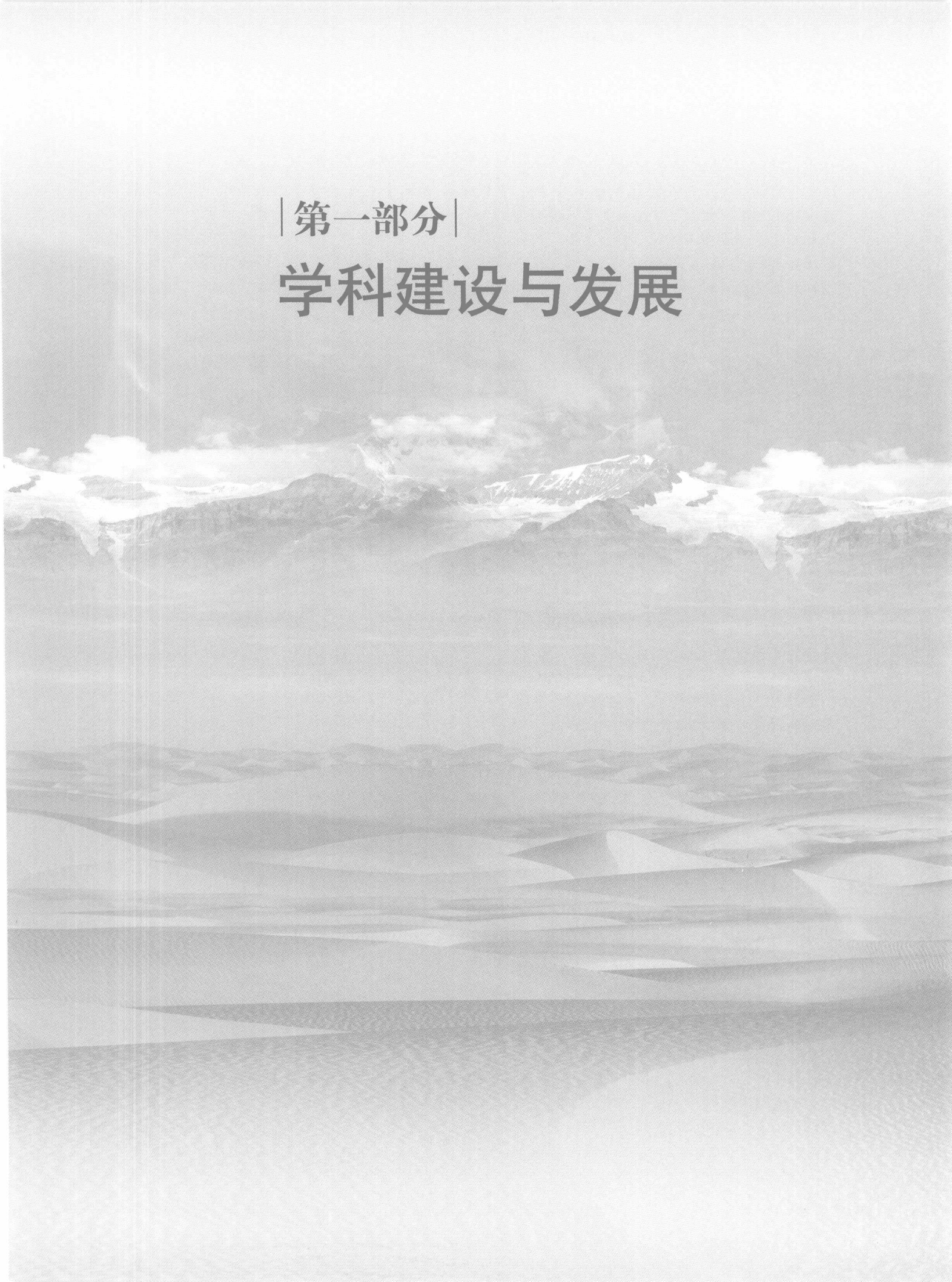
中国内陆河流域科学 50 年及发展趋势	肖洪浪(418)
中国绿洲研究 50 年	赵文智(424)
中国干旱区生态水文研究 10 年	赵文智(432)
水文研究动态及荒漠水文水资源研究进展	冯 起(442)
寒旱所的生态经济研究	徐中民(455)
我国寒旱区水文研究发展的回顾与展望	蓝永超 高前兆 康尔泗(463)
黑河寒区水文过程研究 10 年	陈仁升(470)
黑河流域生态-水文变化中的人为因素研究回顾	肖生春 肖洪浪(477)
中国寒旱区遥感与地理信息科学现状与展望	李 新 王 建(484)
冰冻圈遥感研究与成果回顾	王 建(494)
中国干旱区遥感研究进展与成果回顾	马明国(512)
寒旱区地理信息系统应用与发展	郭建文 李 新(527)

第三部分 学科平台建设

角逐在国际冻土科学研究前沿的冻土工程国家重点实验室	马 巍 程国栋(537)
发展中的冰冻圈科学国家重点实验室	任贾文 秦大河(551)
回报社会 任重道远——创新发展中的中国科学院沙漠与沙漠化重点实验室	王 涛 董治宝(556)
生态水文与流域科学重点实验室	肖洪浪 赵文智 冯 起(567)
耕耘于冰雪荒漠,铸就起寒区旱区科学研究的强力基石——写在寒旱区野外观测试验研究 50 年之际	丁永建(572)
守望包兰铁路,开拓我国沙漠生态治理与研究的先河——沙坡头沙漠研究试验站 50 余载硕果累累	李新荣(575)
中国冰川定位观测与研究——天山冰川站 50 年回顾与展望	李忠勤(585)
青藏高原冰冻圈环境的定位监测与综合研究——青藏高原冰冻圈观测研究站	赵 林 李述训(597)
从沙漠化治理到生态过程的长期定位监测与恢复生态学综合研究——奈曼站从事农牧交错带沙漠化研究 50 年	赵学勇 张铜会 赵哈林(607)
从绿洲沙害治理到内陆河流域综合管理研究——临泽内陆河流域研究站发展历程	赵文智 张智慧(624)
从人工防雹到雷电雹暴和微气象综合观测研究——平凉雷电与雹暴试验站发展历程及展望	张 彤 韦志刚(629)
我国寒旱区农业生态研究进展与展望——皋兰生态与农业综合试验站发展历程	谢忠奎 苏培玺 王亚军(638)
开创极端干旱区生态水文研究 支撑荒漠绿洲生态稳定建设——阿拉善荒漠生态-水文试验研究站回顾与展望	冯 起(653)
近 10 年来我国海洋型冰川的研究进展——玉龙雪山冰川站简介	何元庆(659)
从“大雪山冰川站”到“祁连山冰川与生态环境综合观测研究站”——风雨兼程 50 年	秦 翔 王宗太(661)
不觉春华耕耘忙,转眼秋实硕果丰	张耀南(665)
创新与超越,构建《冰川冻土》期刊发展的品牌战略之路	沈永平(672)
创新与发展中的《中国沙漠》	金 炯(677)
《高原气象》近 30 年回顾	倪建红(683)
科研成果集中展示的国际舞台——《寒旱区科学》(英文版)	孙良英(688)

| 第一部分 |

学科建设与发展



中国冻土学研究 50 年成就与展望

程国栋

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冻土工程国家重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 回顾了 50 年来中国冻土学从无到有, 不断发展壮大及其所取得的主要研究成果。提出了进一步加强冻土、冰冻圈与气候变化关系的研究, 以及监测和预测气候转暖和人类活动影响下我国多年冻土状况变化及其环境效应、提升寒区工程理论和技术及加快遥感遥测和地理信息科学发展的必要性。

关键词: 冻土学; 冰冻圈; 成就; 展望

冻土是冰冻圈的重要组成部分, 冻土学是研究冰冻圈的两大主要学科之一。50 多年来, 经几代人的不懈努力, 中国的冻土学从无到有, 取得了长足的发展, 为我国的寒区工程建设、资源开发、环境保护和灾害防治做出了重大贡献。

一、发展历程

冻土是一种由固体土颗粒、冰、液态水和气体 4 种基本成分所组成的非均质、各向异性的多相复合体。一般情况下, 把温度在 0°C 或 0°C 以下, 并含有冰的各种岩石和土壤都称作冻土。冻土学的研究对象是冻土, 包括季节冻土、隔年冻土和多年冻土, 也研究正在冻结土、正在融化土、已冻结土, 以及人工冻土。20 世纪 50 年代以来, 前苏联的什韦佐夫等将冻土学研究对象与冰冻圈联系起来, 认为冻土学是研究冰冻圈成分、构造和发展的学科。冰冻圈是指水分以冻结状态(雪和冰)存在的地球表层的一部分。目前, 随着全球气候变化研究和区域环境研究的日益发展, 冻土学研究中对于冻土环境对气候变化和人类活动的响应也日渐成为重要的研究内容, 有的研究已开始涉及行星或宇宙冰冻圈。

冻土学是研究冻土、土的冻结和融化、冻土地质过程和现象形成、发育和分布规律及其在自然或人为影响下的变化和控制的科学^[1]。冻土学既属于基础科学范畴, 又属于应用科学范畴, 它与地理、地质、地球物理、生物学、技术科学以及数学、物理、化学、力学等学科均有着密切的联系。鉴于影响冻土的环境条件复杂多样, 冻土学必须考虑到许多因素的综合作用, 因而冻土学也是一门综合性很强的学科。

我国多年冻土广泛分布在青藏高原、西北高山和东北的北部, 季节冻土、瞬时冻土则覆盖大半个中国。冻土的存在和发育制约着寒区经济建设和发展, 所以, 为了开发冻土区, 保证以冻土为地基的工程建筑的稳定性, 合理利用自然资源, 保护生态环境, 冻土研究具有非常重要的现实意义。

开展较为系统的冻土学研究始于 1927 年, 前苏联科学家苏姆金的《苏联境内永久冻结土壤》一书问世, 标志冻土学开始成为一门独立学科。1929 年苏联科学院成立世界上第一个研究冻土的专门机构——多年冻土研究常务委员会。中国对冻土现象早有记载, 如《徐霞客游记》曾提及山西五台山顶有“龙翻石”, 但对冻土开展系统的研究是在新中国成立以后。1949 年前, 虽然有些地理学家对我国冻土分布作过报道, 但总体来看, 我国冻土研究在解放前基本处于空白状态, 1949 年以后, 随着寒区和边疆地区经济发展对冻土科学知识的需求, 才正式开始了对冻土的调查研究工作。解放后, 我国冻土研究大体经历了以下 4 个发展阶段。

作者简介: 程国栋, 男, 1943 年生, 上海市人, 中国科学院院士, 研究员, 博士生导师; 现主要从事冰冻圈和水资源方面的研究。

1949~1959 年间出于对东北及青藏高原冻土区地质、矿藏调查、林业开发、铁路和公路建设以及工业民用建筑等各项生产的需要,冻土研究得到许多生产部门的重视,开展了冻土调查及资料收集工作。辛奎德等^[2]于 1956 年发表的“中国东北地区多年冻土分布”一文和 1957 年铁道部门勘测设计大小兴安岭森林铁路时,对当地冻土分布和各种工程地质现象的总结以及 1954 年以青藏公路通车为标志,对青藏高原冻土问题的初步调查是一些具有代表性的工作。这一时期人们开始注意冻土,是认识冻土的开端。

1960~1966 年为中国冻土研究的第二阶段。以中国科学院于 1960 年在兰州成立冰川积雪冻土研究所筹委会及铁道部高原铁路研究所在兰州成立为标志,正式拉开了我国冻土研究的序幕。在此期间,卓有成效地开展了青藏公路沿线冻土的综合考察,研究了青藏高原多年冻土的分布及分区特征、温度状况、厚度、组构、地下冰及冻土地质地貌等现象,并设立高原冻土分布及分区特征、冰缘地貌、冻土区地下水、冰的结构和化学性质以及植被等专题;在唐古拉山南麓西藏土门地区及祁连山木里矿区建立了冻土常年观测站;并于 1966 年在兰州建成我国第一个有相当规模的冻土低温实验室。这一阶段的工作表明,我国冻土研究正茁壮成长。

1967~1977 年间,以青海热水煤矿、格尔木至拉萨输油管道、南疆铁路及拟建的青藏铁路(格尔木—拉萨段)等工程建设项目的需要为出发点,就冻土工程地质评价、冻土物理力学性质及冻土地基基础稳定性等问题,进行了大量现场调查和室内外试验、观测、研究,并积累了许多科学资料。这一时期是从感性认识上升到理性认识的过渡阶段,从对观测资料的收集过渡到规律的总结阶段。

1978 年以后,我国冻土研究进入了“百花齐放,百家争鸣”的发展时期,以西部高山、青藏高原及东北多年冻土区经济发展的需要和两淮人工冻结凿井技术在矿井建设中的应用为指导,以中国科学院兰州冰川冻土所(现与其他所合并后更名为“中国科学院寒区旱区环境与工程研究所”)为基地,展开了普通冻土学、冻土物理学和冻土工程学等全方位的系统研究,取得了令世界瞩目的成就。特别是冻土工程国家重点实验室于 1991 年在中国科学院原兰州冰川冻土研究所建成并向国内外开放,为冻土学科的深入发展和人才培养提供了良好的实验条件,许多前沿性基础性课题研究,在该实验室取得长足发展。

二、50 年成就

冻土学的发生和发展一直与寒冷地区的资源开发有着不可分割的联系,在查明区域冻土分布与冻土基本物理力学物理特性的基础上,近年来冻土研究更进一步注意了冻土区的环境、生态问题及冻土的改造和利用,并已和全球变化的研究接轨^[3,4]。

(一) 区域冻土与冻土环境

1. 区域冻土分布

通过参与冻土区的水文地质和工程地质工作,以及专门组织的区域冻土考察,业已查明,我国多年冻土面积达 $2.15 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占国土面积的 22.3%, 仅次于俄罗斯和加拿大,居世界第三位^[5]。包括季节冻土在内的中国冻土面积约占全国面积的 70%, 对我国的国民经济建设有很大影响。同时查明,我国高海拔多年冻土面积达 $1.73 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占北半球高海拔多年冻土面积的 74.5%, 居世界之最^[6], 使我国的高海拔多年冻土研究在国际上享有重要地位。在此基础上编制了中国雪、冰、冻土图(1:400 万)^[7]; 东北大小兴安岭多年冻土分布图(1:200 万)^[8]; 青藏公路沿线多年冻土图(1:60 万)^[9]; 青藏高原冻土图(1:300 万)^[10]; 吉林省季节冻深图集(1:200 万)以及众多的区域性和专门图件, 集中反映了我国区域冻土研究方面的成就。所提出的高海拔多年冻土分布的三向地带性模式也得到了国际同

行的承认^[11-14]。

区域冻土调查在黄河源头的鄂陵湖岸发现了双层多年冻土的存在,位于深度 19.8~24.3 m 的第二层多年冻土由纯冰组成^[15],在东北吉林附近月牙湖半岛上的钻孔,于 46 m 的深度上揭示了位于白垩系碎屑岩中的厚达 20.7 m 的纯地下冰。这种基岩中的厚层地下冰面世界上也属罕见,提出了这种冰的侵入解释^[16]。在西昆仑山甜水海陡岸上也发现了厚达 8 m 的地下冰露头^[17]。所有这些发现为研究湖泊与厚层地下冰的关系及重建第四纪古环境提供了有价值的资料。所提出的厚层地下冰形成的重复分凝机制^[18]在国际上被誉为程氏假说,并被多项研究所证实。

在青藏公路沿线、青海高原东部、中国北方地区和神农架等地发现了大量古冰缘现象的遗迹。中国东部古冰缘研究也得到了相当的发展。中国末次冰期多年冻土南界的位置已基本查清^[19-20]。在天山和青藏公路沿线进行的现代冰缘过程的定位研究,使对各类古冰缘确切的古气候和古环境意义的认识更加深入^[21-23]。通过多年冻土湖沼沉积物中有机质特征的研究,依据有机碳含量、氢指数、可溶有机质以及烷烃组成等,对冻土沉积物的形成环境进行了分析,并据此恢复了距今 1 万~2 万年以来的环境变化^[24]。值得一提的是,在中国东北的伊图里河(50°32' N, 121°29' E)发现了地球上目前为止所知道的纬度最南的冰楔群,这些冰楔为不活动的冰楔,据¹⁴C 测年,其形成年代约为 3 000 a BP^[25]。之后,在大兴安岭西北部的乌玛(52°45' N, 120°45' E)也发现了晚更新世晚冰期形成的冰楔群,同样为不活动冰楔^[26]。这些发现为中国东北古环境的重建提供了可靠的依据。利用冰缘黄土和冻土区表层沉积物中石英与长石比率恢复古环境的研究也取得了进展^[22]。

我国对冻土区生态系统的研究起步较晚。近年来,对森林采伐、更新、森林火灾、草场退化等与冻土的关系进行了观测研究^[27]。还采用系统学原理和热力学理论探讨了季节冻土区森林生态系统演替、冻土层退化、环境污染及生态系统的突变问题。东北地区为中国第二大冻土分布区($3.8 \times 10^6 \sim 3.9 \times 10^6$ km²),处于欧亚大陆多年冻土区的南缘,冻土总体厚度较薄、温度较高,易受外界因素变化的干扰。特别是“87.5”森林大火,对冻土生境影响巨大。

一般来说,高海拔多年冻土出现在年平均气温为负值的地区。但在处于黄土高原腹地的马衔山,1985 年 10 月发现多年冻土^[28]。1993 年勘察工作显示,4 个断面所包括的 12 个场地中,至少 6 个已被证实有多年冻土存在,主要分布在洼地底部,面积约 $10 \sim 1.5 \times 10^5$ m²,其分布范围大致与发育良好的地表冻胀草丘的分布相一致^[29]。2008 年布置于马衔山顶部小湖滩(海拔 3 450 m)的钻孔揭示:不仅冻土层仍然存在,而且埋藏深度很浅,8 月下旬地表融化深度仅 70~80 cm,远小于青藏高原大多数地区。地表下 1.3 m 左右含冰量高达 50%。马衔山多年冻土的存在,显示尽管多年冻土发育的关键因素之一是海拔,但局部条件如小气候、微地形、松散层厚度及其冬季积雪分布使多年冻土平面分布复杂化。

在青藏高原进行的 1:100 万水文地质普查和在东北进行的冻土区供水水文地质勘探,积累了大量有价值的资料。在冻土区地下水分类、冻土区地下水的补给、径流、排泄条件、找水标志及同位素方法的应用等方面都取得了进展。

2. 冻土及冻土环境与气候变化

全球变化与多年冻土演变的关系已越来越多地引起冻土科学工作者的关注。这方面的工作大致按 4 个方向进行。

1) 多年冻土作为气候变化的记录器

已经在东北、天山和青藏公路沿线建立了地温观测。利用黏土矿物^[30]、一定粒径长石和石英含量比率^[31]、埋藏古冰楔等恢复古气候的工作也取得了一定进展。如对在成都平原发现的第四纪化石冰楔的测定和研究表明,成都平原在第四纪曾一度发育多年冻土,其年均温至少比现今下降了 18 °C^[32];崔之久等^[33]通过对中国北方晚更新世晚期冰缘现象的研究,第一次绘出中国北方高纬度多年冻土分布图,重建了晚更新世晚期以来纬度冻土带南界的变迁,并提出 26 ka BP 和 23~13 ka BP 有两次寒冷期,

年均温在不同地段较现在降低 $8\sim 12\text{ }^{\circ}\text{C}$;对黄河源区冰楔假型的对比研究表明,在全新世的中期(约 5.5 ka BP 前后)和冰消期,黄河源区的降温幅度达 $6\sim 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[34],也表明了大暖期气温的不稳定性。

2) 多年冻土作为影响冻土区生态和工程建筑的环境因子

多年冻土退化,地下冰融化将造成热喀斯特普遍发育,泥流、滑塌、滑坡、冰椎等现象的频繁发生,而造成其上的工程建筑和生态系统的破坏。青藏铁路建设和新一期的青藏公路整治工程中,都考虑了气候转暖条件下冻土工程地质性质对于工程的影响。随着青藏铁路的建成通车,冻土条件变化后的斜坡稳定性的问题日益得到重视。以往地理学研究中曾对冻土斜坡失稳现象予以了划分和描述^[1],Zhu Cheng^[35]也曾对中天山地区斜坡岩块覆盖层的变形进行了分析计算,Wang Baowen^[36]在青藏高原风火山地区进行了斜坡原位蠕变试验研究,对斜坡蠕变的观测已完成了阶段成果。Niu Fujun^[37]对青藏高原的斜坡失稳类型、变形特征进行了概括性的描述。近年来在斜坡变形成因机制、影响因素、计算方法及稳定性预测方面取得了一些进展^[38-40]。

提出了变化预测和气候变化对中国冻土的影响评估^[41]。对冻土退化可能引起的青藏高原荒漠化问题进行了专题研究^[42]。近期通过监测场地水热过程与寒区生态环境的观测研究,表明冻土与水热过程不仅控制着地表状态的变化,影响着植被的发育程度,同时二者之间也存在着强烈的相互作用的关系,一旦地表条件被破坏,干扰了冻土水热过程与地表植被生长间的平衡关系,地表就会出现荒漠化,甚至沙漠化^[43]。对多年冻土区高寒草地植被生物量对气候变化的响应特征与北极地区的观测研究结果进行对比,表明伴随气候增暖和冻土退化,北极地区地表水分显著增加并有利于湿生植被如草甸和沼泽植被生长,使得地表植被生物量趋于增加的区域较大,而青藏高原多年冻土区则以减少为主^[44-45]。多年冻土退化也是导致长江和黄河源区地下水位下降的主要因素之一,进而影响到湖泊水位下降和湿地的退化^[46]。

3) 气候变化对多年冻土的影响

多年冻土是气候的产物,气候的变化必然对多年冻土分布及状况产生重大影响。为监测青藏高原多年冻土状况变化,过去 40 年间沿青藏公路布设了 18 个 20~127 m 深的监测孔、13 个温度和含水量监测场地和 4 个自动气象站。此外,作为全球能量和水循环试验(GEWEX)的一部分,中-日两国于 1997 年启动了高原土壤水分和温度观测的联合项目(GAME-Tibet)^[47]。监测资料和研究表明,气候变化对零星多年冻土的影响表现在冻土年平均地温升高、活动层厚度增加、出现融化夹层和热喀斯特现象以及冻土岛的消失等^[48-50]。对不连续多年冻土的影响表现在活动层厚度增加了数厘米至 1 m、甚至 2 m^[51];过去 40 年稳定型多年冻土年平均地温升温率为 $0.042\sim 0.064\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$,亚稳定型多年冻土为 $0.016\sim 0.098\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$,不稳定型多年冻土为 $0.011\sim 0.041\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ ^[52],多年冻土下限以每 10 年 0.1~0.2 m 的速度上升;1980~1998 年间长江和黄河源区多年冻土温度升高了 $0.11\sim 0.14\text{ }^{\circ}\text{C}$,同时活动层厚度以每年 2~10 cm 的速度增加^[53]。

在东北,多年冻土加速退化的事实已有大量的报道。在全球气候变暖,尤其是北半球 20 世纪 80 年代以来加剧增温以及人类活动的影响下,东北地区的多年冻土正处于强烈的退化状态^[54]。最北端的漠河气象站 1 月平均气温由 20 世纪 60 年代的 $-33.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 增加到 20 世纪 90 年代的 $-31.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,21 世纪以来也是稳中有升,反映出冻土在冷季回冻不足,促使冻土温度出现升高趋势。青藏高原上已有的资料也表明,15 年来多年冻土下界附近的部分多年冻土已消失,冻土区 20 m 深处的地温约上升了 $0.2\sim 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[55]。

结合气候变化预测,应用解析方法近似计算了多年冻土的形成演化过程^[56],并采用数值方法模拟了在气候持续以每 5 年 $0.04\text{ }^{\circ}\text{C}$ 速度变暖的条件下,青藏高原多年冻土的变化趋势^[57]。在 GIS 支持下,利用高程模型对青藏高原多年冻土变化的预测也取得了很好的结果^[58]。南卓铜^[59]计算了在两种气温年升温率情景下青藏高原多年冻土自然平均状态 50 年和 100 年后可能发生的变化。表明气候年增温 $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}$ 情形下,50 年后多年冻土面积比现在缩小约 8.8%;如果升温率为 $0.052\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$,青藏高原在