

气候与冰冻圈 (CliC) 和国际冰冻圈科学协会 (IACS) 中国国家委员会2008年年报

Annual Report 2008 of Chinese National Committee on CliC & IACS

气候与冰冻圈和国际冰冻圈科学协会
中国国家委员会 编



气候与冰冻圈(CliC)和国际冰冻圈科学协会(IACS) 中国国家委员会 2008 年年报

气候与冰冻圈和国际冰冻圈科学协会
中国国家委员会 编

内容简介

本书为气候与冰冻圈(CliC)和国际冰冻圈科学协会(IACS)中国国家委员会 2008 年年报。内容主要涉及 CliC 和 IACS 中国国家委员会 8 个专业工作组,即:①冰雪专业工作组;②冻土专业工作组;③寒区水文专业工作组;④寒区生态专业工作组;⑤冰雪圈变化与气候预测专业工作组;⑥遥感、观测与数据专业工作组;⑦极地科学专业工作组;⑧冰冻圈作用区社会经济可持续发展专业工作组 2008 年的最新科研工作进展、学术交流活动和未来的工作计划等,对我国冰冻圈科学领域的研究具有很好的指导意义。

本书适合于从事冰冻圈科学及其他相关专业的科研人员、管理人员及学生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

气候与冰冻圈(CliC)和国际冰冻圈科学协会(IACS)
中国国家委员会 2008 年年报/气候与冰冻圈和国际冰冻
圈科学协会中国国家委员会编. —北京:气象出版社,
2009. 6

ISBN 978-7-5029-4779-8

I. 气… II. 气… III. 气候变化-气候影响-冰川-研究
IV. P343. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 101481 号

Qihou yu Bingdongquan(CliC) he Guoji Bingdongquan Kexuexiehui(IACS)

Zhongguo Guojia Weiyuanhui 2008 Nian Nianbao

气候与冰冻圈(CliC)和国际冰冻圈科学协会(IACS)中国国家委员会 2008 年年报

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:蔺学东 李太宇

封面设计:翟劲松

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

版 次:2009 年 7 月第 1 版

定 价:20.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxchs@263.net

终 审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印 张:6.75

字 数:170 千字

印 次:2009 年 7 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

前 言

2000年3月世界气候研究计划(World Climate Research Programme,简称WCRP)第21届联合科学委员会期间,设立了气候与冰冻圈(Climatology and Cryosphere,简称CliC)分计划,下设九个专业工作组,目的是激励、支持和协调冰冻圈(包括冰盖、冰帽和冰川、固态降水、多年冻土和季节冻土、河冰、海冰和湖冰)与气候系统其他圈层之间相互作用的研究工作,主要有四个研究领域:①寒区陆地冰冻圈和水文气象学;②冰川、冰盖和冰帽及其与海平面的关系;③海洋冰冻圈及其与高海拔地区大气的相互作用;④冰冻圈与全球变化的联系。鉴于此,我国于2001年成立了第一届CliC中国国家委员会。

2007年7月于意大利佩鲁贾举行的第24届国际大地测量与地球物理学联合会(The International Union of Geodesy and Geophysics,简称IUGG)大会,正式接纳国际冰冻圈科学协会(International Association of Cryospheric Sciences,简称IACS)作为IUGG的第八个新成员。IACS的目标是提升、增强和协调国际上与地球及太阳系冰冻圈相关的各种过程研究,包括五个工作组:①积雪和雪崩;②冰川和冰盖;③海冰、湖冰、河冰等;④冰冻圈、大气和气候;⑤行星和太阳系的其他冰体。鉴于此,我国也启动了与IACS相关的工作。

由于CliC计划和IACS的科学目标具有一致性,经过专家讨论和协商,决定把我国第二届CliC科学委员会和第一届IACS科学委员会合二为一,即第二届WCRP/CliC暨第一届IUGG/IACS中国国家委员会(简称CNC-CliC/IACS)。经WCRP中国委员会和IUGG中国委员会批准,CNC-CliC/IACS第一次全体委员会议于2008年2月26日在北京召开,由13位科学顾问、1位主席、5位副主席、44位委员和1个秘书处组成,秘书处设在中国科学院冰冻圈科学国家重点实验室。CNC-CliC/IACS下设八个专业工作组:①冰雪专业工作组;②冻土专业工作组;③寒区水文专业工作组;④寒区生态专业工作组;⑤冰雪圈变化与气候预测专业工作组;⑥遥感、观测与数据专业工作组;⑦极地科学专业工作组;⑧冰冻圈作用区社会经济可持续发展专业工作组。

2008年CNC-CliC/IACS执行期间,组织、协调和参加了多次国内和国际会议,全面开展了我国冰冻圈科学的研究工作,促进了我国冰冻圈与气候方面的研究。

一、参加国内外主要活动的情况

1. 加强与 中国科协、IUGG 中国委员会会员(CNC-IUGG)的联系

2008年2月27日参加第六届CNC-IUGG第一次扩大会议,按时完成CNC-IUGG安排的各项任务,并得到CNC-IUGG对CNC-CliC/IACS 2008年年会的资助。

2. 组织/参加冰冻圈科学的一系列相关学术活动

据不完全统计,2008 年 CNC-CliC/IACS 共组织两次会议,有 60 人次在国外短期工作、进修或者出席国际各种会议,30 人次在国际学术机构任职。2008 年 9 月 20—24 日在兰州组织召开由国际冰川学会(IGS)主办的“冰川编目学术讨论会”,会后 IGS 前主席 Atsumu Ohmura 专门致感谢信,高度赞扬中国对会议的高效组织,该会议还为中国冰川学之父施雅风院士举办了九十华诞祝寿活动。2008 年夏季我国派 15 人代表团参加在美国阿拉斯加召开的第九届国际冻土学大会,有 28 篇论文和 2 个大会特邀报告。CNC-CliC/IACS 成员参加的其他会议包括:2008 年 4 月参加在德国图宾根举行的第五届中德青藏高原环境会议,2008 年 9 月 25—27 日在西藏林芝召开的香山科学会议——青藏高原冰川冻土变化对区域生态环境影响评估与对策,2008 年 10 月 9—10 日在哈尔滨召开的中国极地科学学术年会等。秦大河主席继续连任 IPCC 第五次评估报告第一工作组联合主席,出席 IPCC 第 28 次全会主席团会(2008 年 8 月 30 日—9 月 4 日,日内瓦)和 IPCC 主席团会议(2008 年 11 月 24—31 日,日内瓦)等。

二、主要科研项目

1. 重大科研项目

2008 年开展的科研项目有两项“973”项目(“青藏高原环境变化及其对全球变化的响应与适应对策”和“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”)、两项基础性工作专项(“中国冰川资源及其变化调查”和“青藏高原多年冻土本底调查”)、两项基础平台项目(“特殊环境与特殊功能观测研究台站体系建设”)、两项评估研究(“中国气候与环境演变:2012”和第二次“气候变化国家评估报告”)、两项行业专项(“中国气候系统协同观测与预测研究”和“西部冰川水资源及其变化评估的关键技术研究”)、40 多项基金项目(包括创新研究群体科学基金 1 项、杰出青年基金(简称杰青,下同)项目 4 项)和一些部门项目(如来自中国科学院、教育部、中国气象局、国家海洋局等单位的项目)。

2. 国际合作项目

2008 年开展的主要国际合作项目有:中德青藏高原环境计划(TIP)、国际协调强化观测计划(CEOP)、中美喜马拉雅冰芯研究项目、欧盟第六框架项目姊妹河雅鲁藏布江与多瑙河流域水资源集成管理研究计划(BRAHMATWINN)、欧盟第七框架项目青藏高原协调观测计划水文气象及其亚洲季风系统的卫星和模拟研究(COEP-AEGIS)、中欧合作喜马拉雅山南北坡大气化学和冰冻圈变化对比观测计划、中国—联合国气候变化伙伴项目——中国喜马拉雅山地区适应气候变化合作子项目、中国—吉尔吉斯斯坦合作阿克苏河流域冰川变化对水资源及灾害的影响研究等项目。

三、主要科研工作进展

1. 冰川资源调查和变化预测

收集或参考第一次冰川编目工作底图,利用数字高程模型(Digital Elevation Model,简称 DEM),参照航空摄影照片对所有 1:50000 或 1:100000 地形图冰川边界进行屏幕跟踪、划分、修订,提取属性数据,对第一次冰川编目进行数字化。初步确认部分流域第一次冰川编目面积量算误差较大,总体而言,绝对误差达 996 km^2 (1.7%)。

现状年^①冰川编目以 2004—2008 年的 ASTER 遥感影像为主要遥感数据源,自动提取冰川边界,后经人工修改,已完成 346 幅 ASTER 遥感影像的正射校正工作,能够覆盖中国西部地区近 63% 的冰川区域,另外,还有约 200 幅 ASTER 遥感影像的正射校正工作还在进行中。对于一些代表性冰川进行厚度测量,并将其结果与我国第一次冰川编目的平均厚度和冰储量资料相比较。

2008 年天山冰川监测网络建设、冰川定位监测与世界冰川监测服务处(WGMS)接轨和冰川监测规范及数据管理取得了丰硕成果,完成《冰川及其相关观测方法与规范》和《冰川动力学模式基本原理和参数观测指南》两本书的撰写与出版。

预测了典型冰川在不同升温情景下的未来变化,认为未来 50 年小冰川的显著退缩乃至消失是可预期的,但对冰川总资源量的影响是有限的;不同的流域、冰川规模及对气候变化敏感性不同,对流域冰川资源的影响是不同的;但是,对于海洋性冰川、大陆型冰川、极大陆性冰川的未来如何变化,还有待于进一步探讨。

2. 积雪资料的重新整编和获取

重新整编全国地面积雪资料,统一规范,初步分析了全国近 50 a 来积雪时空变化、差异等特征,探讨了积雪年代际变化与 0℃ 等温线的关系;被动微波遥感与地面观测资料相结合,校正了全球积雪深度的被动微波遥感算法,建立了我国雪深被动微波遥感的算法流程,获取了 1978 年以来我国雪深时空数据。研究结果表明:青藏高原的积雪年际变化大,有弱的增加趋势;西北地区的积雪年际变化不大,有较明显的增加趋势;东北地区的积雪年际变化较大,有弱的减少趋势;中国与北半球积雪变化存在着显著差异,但其机制与原因有待进一步探讨。

3. 积雪参数化方案的改进研究

积雪覆盖率方案同时考虑了积雪深度、地面粗糙度、积雪密度以及地形起伏的因素,这是目前考虑因子最全面的一种参数化方案。数值模拟结果表明:北半球大部分地区的积雪覆盖率比旧方案增大,而地形起伏较大地区的积雪覆盖率减小,融雪期的积雪覆盖率也有所减少,更接近观测。对大部分地区而言,积雪覆盖率增大,表面接收的太阳辐射减少,表面温度降低,土壤表层、中层的土壤含冰量增加,相应的,土壤表层、中层的土壤含水量减少,而在积雪后期略有增加,这相当于延迟了积雪的融化,对后期大气环流和降水会产生影响。如果把该参数化方案耦合到气候模式中,必然对模式的模拟结果产生重要影响,从而改善气候模式的模拟能力。

4. 冻土工程和冻土力学研究

冻土工程研究主要利用青藏铁路沿线建立的长期监测系统,分析一般路基下部土体的热状态,同时研究冷却路基机理和长期效应;在北麓河建立了青藏高等级公路修筑技术的试验段。针对高温高含冰量冻土开展冻土力学研究,揭示了冻土的损伤特性,得到冻结黏土的强度分布规律和弹塑性本构模型以及随机损伤本构模型。

5. 冻土—植被—水文相互作用与影响研究

建立了高寒草地不同植被覆盖的活动层水热耦合模式,提出土壤水分动态反映温度变化

^① 现状年指某一区域冰川编目年份

的土壤水热指标体系,定量解析了高寒草地植被类型与覆盖变化对活动层水热传输与分布的影响程度及其动态规律,揭示了高寒草地植被覆盖变化对活动层土壤冻融过程的影响机理及其在多年冻土和季节冻土的差异性。在流域尺度上,认识了冻土—植被系统对径流的年内分配影响,伴随冻土和植被退化,流域冬季径流增加、汛期退水减缓。

6. 遥感、观测与冰冻圈数据

黑河流域上游寒区水文试验开展了微波辐射计、高光谱成像仪、多角度热像仪及 CCD 相机的航空遥感和地面同步观测,并选择典型小流域进行长期寒区水文过程观测,旨在以航空遥感为桥梁、以地面真实性检验为标准,改进与发展卫星遥感数据反演寒区水文过程变量和参数的方法,构建上游寒区航空—卫星—地面综合数据集,应用于改进和验证寒区陆面/水文过程模型。

针对冰冻圈四大要素(积雪、冰川、冻土、湖冰)的卫星监测关键技术,进行研究与算法改进,着重发展多传感器对冰冻圈各参数的自动化综合定量反演技术并进行地面验证,解决目前单一传感器参数反演的缺陷;并利用现有的国内和国际上的多种卫星传感器建立一个冰冻圈时空分布数据库。

7. 极地科学研究

开展了第 25 次南极考察,执行普里兹湾、埃默里冰架和 Dome A 计划(PANDA 计划),具体工作包括:①在南极普里兹湾和埃默里冰架外缘开展大洋调查、海冰观测、海洋化学和生物调查;②在南极中山站及周边地区开展大气探空气球施放、大气化学采样、空间物理学观测以及达尔克冰川调查;③在中山站—Dome A 断面开展冰川学、地球物理学调查和观测设备布放,以及在 Dome A 地区开展雪冰、天文学、测绘学和大气物理观测;④建设南极内陆考察站“中国南极昆仑站”。

开展了第 3 次北极远洋考察,在白令海、楚科奇海、楚科奇海台、加拿大海盆等区域,与来自美国、法国、芬兰、日本、韩国等国家的 12 名科学家一起,实施海冰站点连续观测、高纬度深海取样、水下机器人施放、卫星遥感气象探测等现场工作,首次在北极空投投弃式电导率、温度、深度剖面测量仪(XCTD),为未来北极无冰海域的空投观测积累了经验,首次开展了人造光源海冰光学实验。

在北极黄河站开展考察研究,具体包括冰川(物质平衡、运动和末端变化)研究、水文选点、生态考察、极光观测等工作。

8. 冰冻圈作用区社会经济可持续发展研究

基于对冰冻圈核心区、作用区与影响区的讨论,确定了我国冰冻圈作用区的范围,从全球与区域尺度综合分析了冰冻圈变化对海平面上升、灾害发生、水资源、山区居民生计、高寒生态系统稳定性、寒区工程、工农业生产等的影响。随着全球气候持续变暖,冰冻圈变化对我国西部水资源供给、灾害的影响已凸显,并日渐加重,适应已时不我待,未来 20~30 a 是适应的最佳时间,越早采取适应,收益越大。在冰冻圈作用区共完成社会调查问卷 14 000 多份,针对冰冻圈典型作用区存在的具体问题,进行野外实地考察和调研,初步界定了我国冰川影响区范围,构建了我国冰冻圈脆弱性评价的概念模型,建立了典型流域冰冻圈变化适应对策评价框架,构建了流域冰冻圈—水资源—环境经济 SD 模型,并进行实证模拟,对获取的社会调查问卷进行初步分析,并向地方与中央政府部门提交了若干决策咨询报告和调研报告。

四、未来工作计划

1. 根据国家委员会规章和年度工作计划,加强委员会的组织建设,从学科和单位代表性等角度,完善组织建设。

2. 加强委员会各工作组间的学术交流与信息沟通,建立健全工作组的联络机制。

3. 筹办组织召开国际学术会议

1) 筹办 2010 年 8 月 12—14 日在云南丽江召开的“冰冻圈变化及其影响——区域可持续发展中的冰冻圈问题”国际会议(“Cryospheric Changes and Influences-Cryospheric Issues in Regional Sustainable Development”);

2) 组织 2009 年 6 月在乌鲁木齐召开的“塔里木河流域水问题国际学术研讨会”(“International Workshop on Changes in Surface and Ground Water in the Tarim River Basin, Urumqi, Xinjiang”);

4. 推动相关的国际计划建设

1) 在第一层次(上合组织和中国—南亚对话机制框架内)和第二层次(与国际组织合作)上,推动“高亚洲冰冻圈变化应对体系”建设;

2) “国际高亚洲冰冻圈协同研究计划”(“International High Asia Cryospheric Cooperation Program (IHACCP)”);

3) “国际高亚洲冰冻圈年”(“International High Asia Cryospheric Years (IHACYs)”);

5. 鼓励委员会各工作组成员积极参加国际、国内学术交流

1) 国际气象学与大气科学协会、国际海洋物理科学协会、国际冰雪圈科学协会(IAMAS-IAPSO-IACS)联合国际会议(2009 年 7 月,加拿大蒙特利尔);

2) 高海拔国际会议“Poster session High Elevations Science at the GEWEX/iLEAPS Conferences”(2009 年 8 月,澳大利亚墨尔本);

3) International Workshop on the Northern Eurasia Mountain Ecosystems and Regional (High Elevations) NEESPI Science Team Workshop(2009 年 9 月,吉尔吉斯斯坦比什凯克)。

秦大河

第二届 WCRP/CliC 暨第一届 IUGG/IACS 中国国家委员会主席

2009 年 3 月 22 日

目 录

前言

冰雪专业工作组进展报告	(1)
冻土专业工作组进展报告	(14)
寒区水文专业工作组进展报告	(28)
寒区生态专业工作组进展报告	(37)
冰雪圈变化与气候预测专业工作组进展报告	(46)
遥感、观测与数据专业工作组进展报告	(57)
极地科学专业工作组进展报告	(70)
冰冻圈作用区社会经济可持续发展专业工作组进展报告	(83)
第二届 WCRP/CliC 暨第一届 IUGG/IACS 中国国家委员会成员名单	(95)
第二届 WCRP/CliC 暨第一届 IUGG/IACS 中国国家委员会 2008 年 年会会议日程	(97)

Content

Preface

Report of Snow and Ice Working Group	(1)
Report of Frozen Ground Working Group	(14)
Report of Cold Region Hydrology Working Group	(28)
Report of Cold Region Ecology Working Group	(37)
Report of Cryosphere and Climate Prediction Working Group	(46)
Report of Remote Sensing, Observation and Data in Cryosphere Working Group	(57)
Report of Sciences in Polar Regions Working Group	(70)
Report of Sustainable Development and Society in Cryosphere Influenced Region Working Group	(83)
CNC-CliC/IACS Membership	(94)
Program of CNC-CliC/IACS 2008 Annual Meeting	(96)

冰雪专业工作组进展报告

王宁练¹ 康世昌^{1, 2}

- (1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰冻圈科学国家重点实验室, 兰州 730000
2. 中国科学院青藏高原研究所青藏高原环境变化与地表过程重点实验室, 北京 100085)

Abstract

The Snow and Ice Working Group was established in the early 2008. Up to date, the group has 31 members from many research institutes and universities in China. Here, we report some major progresses in studies on chinese glacier inventory, glacial lakes, glacier mass balance and variations, snow and ice chemistry, ice core records, snow cover, etc., in the year 2008.

1 工作组人员组成

“冰雪专业工作组”成立于 2008 年初, 组长为王宁练研究员和康世昌研究员, 目前成员共计 31 名, 主要来自中国科学院寒区旱区环境与工程研究所、中国科学院青藏高原研究所、兰州大学、中国气象科学研究院、中国极地研究中心、上海师范大学等国内多家科研单位和高校。详细成员名单请见该进展报告后附件。

2 2008 年我国冰雪研究主要进展

2.1 现状年冰川编目

(1) 遥感数据与处理

现状年冰川编目以 2004—2008 年的 ASTER 为主要遥感数据源, 提取中国西部地区冰川边界。在进行边界提取之前, 先对 ASTER 影像进行正射校正。以正射校正后 Landsat ETM+数据为参考数据, 并从上述处理结果的 DEM 数据中获取像元高程。正射校正基于 ENVI 和 ERDAS 软件进行。首先在 ENVI 中利用 ASTER 数据中自带的图像控制点对 ASTER 数据进行粗略投影, 然后对 ASTER 第四波段(短波红外)进行重采样(15 m), 并与前三个波段(绿色波段、红色波段和近红外波段)进行波段叠加, 形成具有粗略地理位置的 ASTER 原始影像。然后, 利用 ERDAS 9.1 软件中的 AutoSync 模块, 建立正射校正工程文件, 以 ETM 数据为参考数据, 以 DEM 为高程数据源, 基于 APM(Automatic Point Match)技术自动生成图像控制点, 并用人工检查的方法在 AutoSync Workstation 中对自动生成的控制点进行

修改,生成最终校正结果。校正过程控制点总数不少于 50 个,控制点的总体均方根误差小于 1 个像元,校正结果人工检查中图像上冰川区山脊线的误差控制在 1 个像元以内,非冰川区山脊线的精度在两个像元左右(刘时银和郭万钦,私人通讯)。

(2) 冰川边界提取

利用 IDL 编程语言和 ENVI 图像软件,生成了一套基于 ASTER 数据的冰川边界自动提取程序。程序用以 ASTER 绿色波段(第一波段)和短波红外波段(第四波段)的比值为分类数据源,并用交互式确定的比值阈值,将波段比值二值化,然后将二值图像转化为矢量数据,形成粗略的冰川边界。在程序中还用到了数学形态学图像处理方法,对二值化比值进行滤波处理,剔除细小积雪斑块和岛状冰碛。同时,还采用简单的线段中点方法对直接矢量化成果进行平滑处理,得到光滑的冰川轮廓(刘时银和郭万钦,私人通讯)。

自动提取的冰川边界还需要经过人工修改。人工修改的目的之一是剔除由于大面积积雪造成的冰川边界自动提取错误,另一个目的就是解译表碛覆盖冰川。表碛覆盖冰川边界的提取目前还处于试验阶段,还无法进行大面积推广使用,因此对于表碛覆盖冰川来说,人工目视解译还是最精确、最方便的边界提取方法。在经过裸冰边界人工修改和表碛边界目视解译后即形成第二次冰川编目的冰川边界数据(刘时银和上官冬辉,私人通讯)。

另外,基于 IDL 和 ArcGIS 还开发了一套地形山脊线自动提取的程序,实现冰川区山脊线的自动提取。提取过程用到了 ArcGIS 中的水文分析模块,并用 IDL 编程对 ArcGIS 水文模块提取的冰川区小流域边界进行处理,得到冰川区的山脊线;然后对得到的山脊线进行平滑处理,并用人工目视检查的方法进行最后查错并修改,形成最终的地形山脊线。用冰川区山脊线对冰川边界进行分割,即得到单条冰川的实际边界(刘时银和郭万钦,私人通讯)。

(3) 初步结果

目前已完成 346 幅 ASTER 遥感影像的正射校正工作,能够覆盖中国西部近 63% 的冰川区域,另外,还有约 200 幅 ASTER 遥感影像的正射校正工作还在进行当中,如果全部完成,则能够覆盖西部地区近 80% 的冰川区域。在正射校正后的 346 幅 ASTER 影像中,目前已有 238 幅 ASTER 影像已经基本完成了冰川边界的自动提取和人工修订工作,已完成部分的冰川总面积为 $19\,284\text{ km}^2$ 。另外 108 幅 ASTER 影像的冰川边界目前正在人工检查和修订当中(刘时银,私人通讯)。

2.2 代表性冰川厚度测量结果

根据 2007、2008 年野外冰川厚度雷达测量数据,在所调查的 18 条冰川中,博格达黑沟 8 号冰川的最大和平均厚度是最大的,分别为 268 m 和 190 m;其次为老虎沟 12 号冰川,分别为 251 m 和 114 m;水管河 3 号冰川最大和平均厚度最小,分别为 50 m 和 42 m(武震,私人通讯)。利用探地雷达在祁连山“八一”冰川不同位置获得的冰厚度系统测量资料,揭示出测量到的该冰川最大冰厚度为 120.2 m,该冰川平均厚度为 54.2 m,冰储量为 0.153 km^3 (图 1)(王宁练等,私人通讯)。将这一结果与我国第一次冰川编目中“八一”冰川平均厚度和冰储量资料进行比较,发现二者之间存在很大的差异。这说明冰川厚度与冰储量估算应该是我国第二次冰川编目中亟待解决的问题,以便较准确地获得我国冰川的冰储量状况,为水资源评价研究提供可靠的基础资料。因此,未来需要亟待开展的研究工作是在大量冰川上开展冰川厚

度的测量工作,确立单条冰川平均厚度的计算方法,并对不同类型、不同形态的冰川分别建立冰川平均厚度与其规模等参数之间的定量关系。

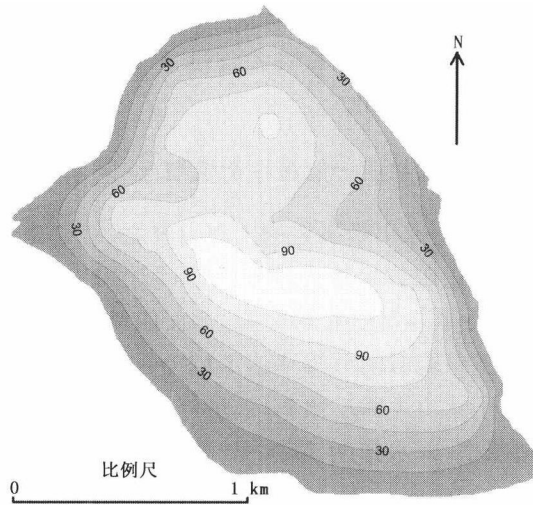


图1 祁连山“八一”冰川冰厚度等值线图(据王宁练等,私人通讯)

Fig. 1 Isoline map of ice thickness of the Bayi Glacier, Qilian Mt.

2.3 冰湖分布调查与潜在溃决风险评估

气候变暖所导致的山地冰川加速消融退缩和冰湖扩张,已引起了冰湖溃决灾害(洪水和泥石流)发生频率的加剧和影响程度的加大。尽管冰川分布于偏远的山区,然而冰湖溃决灾害却直接威胁到下游地区人民的生命财产安全和交通干线的畅通运营。

基于地形图和 ASTER 影像等两期数据,对喜马拉雅山北坡冰湖进行了编目。调查显示,近 30 年来喜马拉雅山地区冰湖变化总体呈现数量减少、面积增大的趋势:数量由 1750 个减少到 1630 个,减少了 7%;总面积由 168.53 km² 增加到 206.04 km²,增加了 37.51 km²,即面积增大了 22%;在现代冰川末端附近(平均海拔为 4900~5700 m),冰湖变化尤其明显。根据一定的标准选取 6 项冰碛湖潜在危险性识别指标,对研究区冰湖进行潜在危险性筛选判断,认为喜马拉雅山北坡地区共有 143 个冰碛湖具有潜在危险性,其中溃决概率非常高和高的冰碛湖有 91 个,占 64%(刘时银和王欣,私人通讯)。

川藏公路是西藏连接内地的金桥之一和藏东南地区的交通命脉。川藏公路途经藏东南地区的路段多位于峡谷地区,同时这一地区的社会经济建设和人民日常生活也大多位于河谷低地地区。而这一地区不仅是西藏冰川的主要发育中心之一,而且也是西藏冰湖溃决灾害最集中的地区之一。过去几十年的冰湖溃决灾害已给这一地区带来了深重的灾难。目前在藏东南的帕隆藏布流域和尼洋河流域已有 1815 个冰湖,其潜在危险也日益剧增。通过对过去几十年西藏冰湖溃决灾害发生规律与原因的分析,发现前期高温可导致后期冰湖溃决几率的增加,并且冰湖溃决灾害发生的直接原因主要与冰川跃动与冰崩引起的湖水漫顶以及冰碛堤坝内死冰消融引起的冰湖堤坝稳定性降低等因素有关。因此,在未来气候进一步变暖、冰川加速消融、冰湖扩大和冰川运动速度加快的情况下,应高度警惕藏东南地区冰湖溃决潜在灾

害的发生。通过诊断分析,发现这一地区目前存在的冰湖有 50 个处于危险状态,其中 4 个冰湖处于严重危险状态。对这 4 个处于严重危险状态的冰湖,应尽快监测其湖面积和水位的变化,监测与之相连接冰川末段的消融状况、运动状况(是否会产生跃动或崩解),监测堤坝的稳定性(包括冰碛堤坝内是否存在死冰),采取开挖溢洪道主动排水的工程措施,防止冰湖溃决灾害的发生(鲁安新和王丽红,私人通讯)。

2.4 初步建立了山地冰川分布式物质—能量平衡模型

山地冰川物质平衡的变化是冰川学研究的主要内容之一,它是反映气候变化最敏感的指标之一,也是冰川融水径流变化研究的重要基础。通过对“七一”冰川暖季(暖季既是“七一”冰川的主要物质积累时期也是其主要的消融时期)冰面能量平衡、物质平衡、冰川反照率和气象特征等的综合观测,建立了一套时间分辨率达 1 h、空间分辨率为 15 m 的冰川表面分布式能量—物质平衡模型,提出了冰川表面反照率、云量等的参数化方案,并发现分布式能量—物质平衡模型对气温垂直递减率、降水梯度、降水固/液态划分指标等参数较敏感。利用该模型对 2007 年 6 月 30 日 20:00—10 月 10 日 12:00 时段“七一”冰川瞬时粒雪线变化、物质平衡演变、融水径流以及对气候变化的响应等过程进行了模拟研究,其模拟结果与同期观测结果具有较好的一致性,这对进一步开展气候—冰川—融水径流系统研究具有重要意义。利用所建立的模型,揭示出:①地形与冰川表面温度分布状况对冰川物质平衡空间分布变化存在重要影响。地形的影响主要是通过它对冰面不同位置的遮蔽度的影响来实现的。冰川表面温度因冰面状况不同而有较大的差异,其空间分布格局对冰川物质平衡的分布产生影响,表现为表面温度较高的区域,消融较大、物质平衡值较低,反之亦然。②物质平衡海拔高度结构主要受反照率海拔高度结构的影响,反照率大小直接影响冰川物质平衡水平(图 2)。这是将来利用卫星遥感资料来反演冰川反照率,并进一步获取冰川物质平衡信息的重要基础。③气候敏

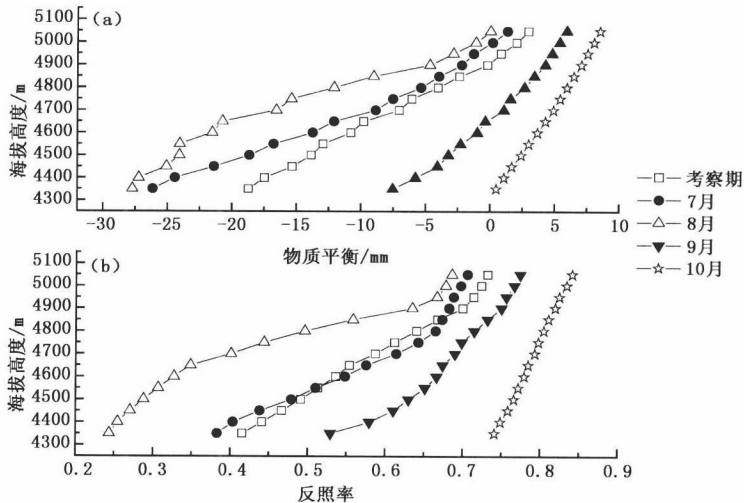


图 2 2007 年“七一”冰川考察期(2007 年 7 月 1 日—10 月 9 日)不同海拔高度带日平均物质平衡(a)和日平均反照率(b)海拔高度结构演变过程(据蒋熹和王宁练,私人通讯)

Fig. 2 Comparison of altitudinal profiles of mass balance with that of albedo

感性试验表明,物质平衡对气温变化非常敏感,对降水变化敏感性相对较小(蒋熹和王宁练,私人通讯)。

2.5 藏东南海洋性冰川正在快速退缩

海洋性冰川由于所处位置降水量大、气温高,因而对气候变化的响应更为显著。针对藏东南海洋性冰川,通过冰川表面物质平衡监测、GPS(Global Position System,全球定位系统)冰川末端位置测定、冰川雷达测厚以及地形图与卫星遥感图片相结合的方法,对岗日嘎布地区冰川变化进行了研究(Yang et al., 2008)。20 世纪 70 年代以来,本区冰川经历了严重的物质损耗与退缩。南坡的阿扎冰川冰舌末端由于表面强烈消融而形成约 6 km 的表碛覆盖区,冰川末端呈现出加速退缩的态势。北坡的 4 条冰川物质平衡观测数据显示,2006 年 5 月—2007 年 5 月冰川表面出现较大亏损,冰川退缩 15~19 m。此外,与面积较大的冰川相比,小冰川呈现出更为明显的退缩状态(图 3)。气温升高造成的本区冰川强烈物质损耗及占本区冰川数量众多的小冰川的“消失”将可能会对本区水资源、生态环境、局地气候及社会经济可持续发展等造成相当大的影响(Yang et al., 2008)。

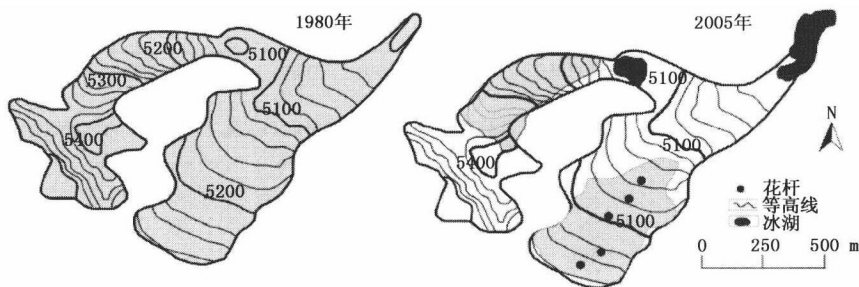


图 3 岗日嘎布地区 No. 12 冰川面积变化(据 Yang et al., 2008)

Fig. 3 Sketch maps showing area change of Glacier No. 12 between 1980 and 2005 in Kangri Karpo Mt., southeast Tibetan Plateau

2.6 青藏高原冰芯中细菌数量和特征与气候变化密切相关

高分辨率数据恢复了青藏高原中部各拉丹东冰芯中过去 70 a 细菌数量的年际变化及雪中细菌的季节变化特征(Yao et al., 2008)。在年际尺度上,1938 年细菌数量最低,而在 1997 年最高,冰芯中细菌数量的年际变化与反映温度的 $\delta^{18}\text{O}$ 值和反映粉尘含量的 Ca^{2+} 浓度都呈正相关关系(图 4),冰芯中细菌的数量变化是温度和输入粉尘共同作用的结果。在季节尺度上,雪中细菌具有显著的季节差异:季风期细菌多样性比非季风期要高(图 5)。在温暖季风期细菌有多种来源,包括人类和动物,而在非季风期,细菌主要来源于土壤及寒冷环境(Yao et al., 2008)。冰雪中细菌数量和种类的差异性反映了不同大气环流及不同气候对雪中细菌的影响,冰芯中细菌可以作为反映气候环境变化的新指标。

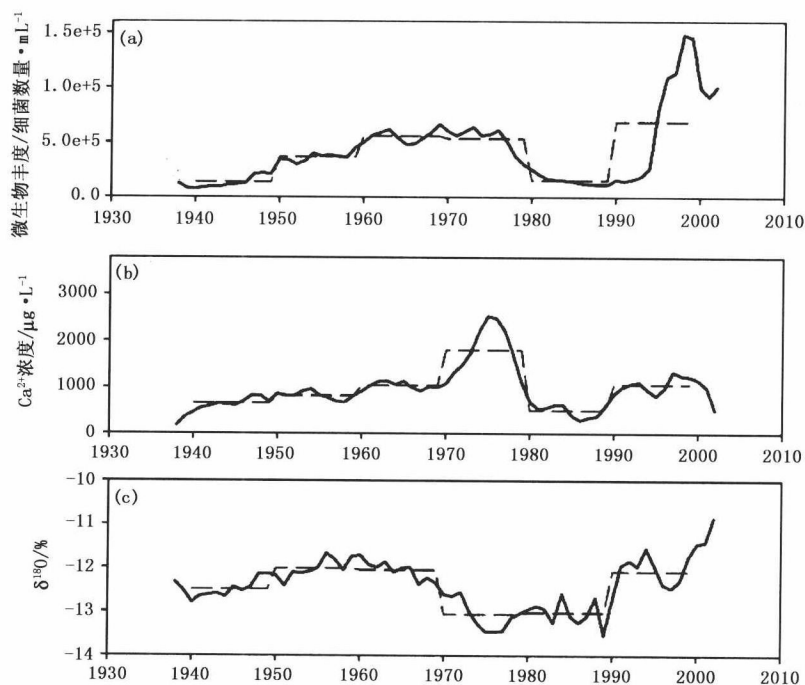


图 4 各拉丹冬冰芯 1935—2004 年微生物丰度(a), Ca^{2+} 浓度(b)和 $\delta^{18}\text{O}$ (c)的年际和10年平均变化特征(细线代表年际变化,粗线代表10年平均变化)(据 Yao et al., 2008)

Fig. 4 Annual variations and 10 year average values of bacterial abundance(a), Ca^{2+} concentration(b), and $\delta^{18}\text{O}$ (c) value in Geladaindong ice core during 1935—2004 (Fine line represents annual values and coarse line the 10 year average values)

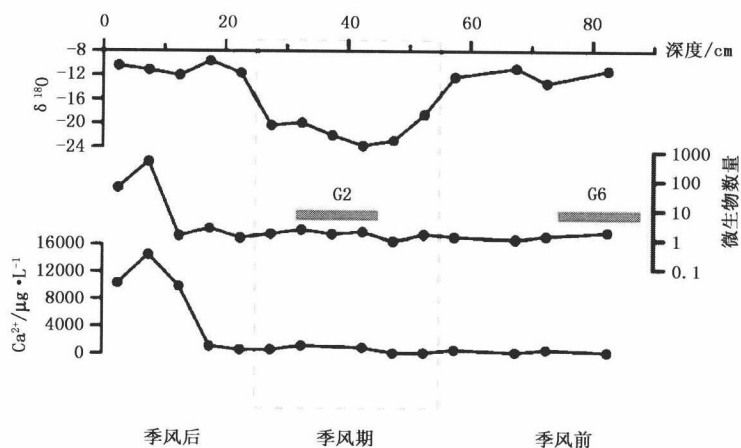


图 5 雪坑记录的微生物数量、 $\delta^{18}\text{O}$ 和 Ca^{2+} 浓度随深度的变化特征

(虚线代表季节界线,长方形代表 G2 和 G6 采样深度)(据 Yao et al., 2008)

Fig. 5 Variations of bacterial abundance, $\delta^{18}\text{O}$ values, and Ca^{2+} concentrations with depth in the snow pit (Fine lines marks the partition of seasons, rectangle marks the sampling depths for G2 and G6 libraries)

此外,对青藏高原不同区域雪中细菌的数量和多样性的空间分布特征有了进一步认识。对位于不同气候环境带中的四条冰川(各拉丹东果曲冰川、纳木错扎当冰川、珠峰东绒布冰川和藏东南帕隆 4 号冰川)雪中细菌的分析表明,青藏高原雪中细菌的数量和多样性都高于南、北极地区,细菌数量呈现从南到北增加的趋势,位于高原北部的各拉丹东果曲冰川和高原中部的纳木错扎当冰川雪中细菌的数量要明显高于南部的珠峰东绒布冰川和藏东南帕隆 4 号冰川。受不同的大气环流和不同类型的周边生态环境的影响,不同区域冰川雪中具不同的细菌群落组成,地理位置较近的冰川细菌的群落组成也较相似。但青藏高原冰雪中也存在一些共有的典型种属,分别为 α -Proteobacteria 类的 *Sphingomonas* 和 *Ochrobactrum* 属, β -Proteobacteria 类 *Polaromonas*、*Acidovorax*、*Aquabacterium*、*Ralstonia* 属, γ -Proteobacteria 类 *Acinetobacter* 属, Firmicutes 类 *Bacillus* 属, CFB 类 *Chitinophaga* 属(Liu et al., 2009)。

2.7 雪冰中持久性污染物研究

冰芯是记录持久性有机污染物历史变化趋势的重要载体。喜马拉雅山脉中段珠穆朗玛峰东绒布冰川冰芯中 DDT 的浓度在 20 世纪 70 年代初期出现峰值(图 6),这与印度在此时期出现重大疟疾事件相对应(印度 DDT 主要用于控制疟疾疫情)。1989 年印度禁止使用 DDT,与此同时,在冰芯记录中 DDT 的浓度显著降低。珠峰东绒布冰川冰芯中 HCH 的浓度峰值也出现在 20 世纪 70 年代初期(图 7),并于 90 年代后期显著降低并低于检出限,这与印度在 1997 年禁止使用 HCH 相对应。就工业燃烧活动所产生的污染物 PAHs 而言,其浓度的峰值出现在 90 年代后期,这与印度进入快速工业化和城市化的时间相对应。此外,雪坑中 PAHs 的浓度和微粒以及非海盐硫酸根的浓度有很好的正相关关系,这说明此类污染物具有类似的污染源(均为燃烧排放)并且是通过颗粒物的吸附而进行大气长距离传输,并沉降到青藏高原积雪之中(Wang et al., 2008a)。

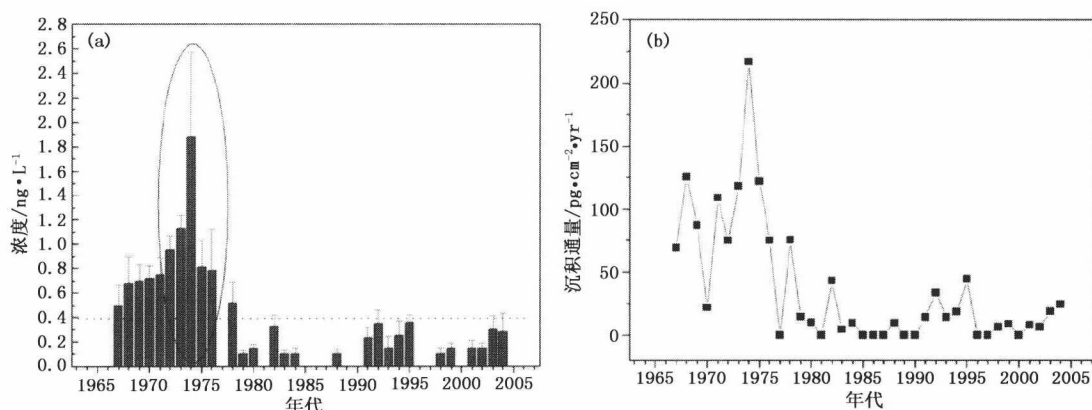


图 6 东绒布冰川(喜马拉雅山脉珠穆朗玛峰地区)冰芯记录的 DDT

(a)浓度变化和(b)沉积通量变化(据 Wang et al., 2008a)。

Fig. 6 Concentration (a) and deposition flux (b) of DDT in the ice core from East Rongbuk glacier (Mt. Qomolangma, The Himalayas)