

高寒区地表过程与环境观测研究网络

High-cold region **O**bservation and **R**esearch **N**etwork for Land surface processes
& Environment of China (HORN)

2016 年报

Annual Report 2016



2017 年 02 月 北京

目录

一、基本情况	1
二、发展动态	2
三、观测研究进展	10
1. 大气物理观测研究	10
2. 大气环境观测研究	15
3. 冰川/湖泊观测研究	19
4. 植被生态系统研究	25
5. 土壤/冻土观测研究	35
四、试验示范	38
五、公众服务	45
六、年度数据统计	51
1. 论著统计	51
2. 在研项目统计	52
3. 新增项目统计	53
4. 结题项目统计	54
5. 人才培养统计	55
七、大事记	56
八、组织机构	58
九、联系方式	59

一、基本情况

“高寒区地表过程与环境观测研究网络”（简称“高寒网”）以满足高寒区对全球和周边地区环境变化影响机制与模型研究的数据需求；满足高寒区区域环境变化过程与发展趋势研究的数据需求；满足高寒区资源合理利用与经济社会可持续发展的数据需求为科学建设目标，以构建中国科学院所属野外站为主体的国家级“高寒网”为发展目标。“高寒网”目前包括 20 个加盟野外站，分别是藏东南站、珠峰站、纳木错站、慕士塔格站、阿里站、那曲站（西藏大学-青藏所）、天山冰川站、格尔木站、祁连山站、若尔盖站（西北研究院（筹））、玉龙雪山站、那曲站（西北研究院（筹））、拉萨站、那曲站（地理所）、海北站、三江源站、贡嘎山站、申扎站、若尔盖站（成都生物所）、青海湖站。在“十二五”发展期间，围绕院“创新 2020”和“一三五”规划的总体目标和战略任务，根据院先导专项、科技部 973 项目、基础性工作专项、基金委重大项目等重大研究计划和青藏高原地球科学卓越创新中心的发展需求，“高寒网”野外站开展了青藏高原及周边地区的大气边界层过程、冰川-湖泊变化、高寒生态系统样地观测，建立了数据信息开放共享系统。

2016 年，“高寒网”在项目争取、成果产出、人才培养等方面不断取得新的进步。

新增科研项目经费大幅增加，全体研究人员争取到来自国家自然科学基金委、科技部、中科院、地方政府支持的项目共计 77 项，经费总额为 17764.5 万元。

科研成果持续产出，共发表论文 340 篇，其中 SCI 引文 223 篇。多项科研成果及多名科研骨干获得奖励，三江源站站长赵新全研究员等完成的“三江源草地生态恢复及可持续管理技术创新和应用”项目获得 2016 年度国家科学技术进步奖二等奖；申扎站站长王小丹研究员荣获第十九届中国科协求是杰出青年成果转化奖；那曲站（西北研究院（筹））站长胡泽勇研究员等完成的“青藏高原东缘水汽通道关键区域大气综合监测系统建立与应用”获得甘肃省科技进步一等奖；新疆生地所陈亚宁研究员等依托天山站完成的“西北干旱区水资源形成、转化与未来趋势研究”项目获得新疆维吾尔自治区科技进步一等奖；若尔盖站（成都生物所）获得四川省人力资源和社会保障厅、共青团四川省委“四川省青年文明号”表彰。

科研团队与人才建设继续发展，拉萨站站长张扬建研究员入选第二批国家“万人计划”科技创新领军人才；格尔木站谢昌卫研究员主持的百人计划项目获得中国科学院择优支持；拉萨站博士后武建双获得了德国洪堡基金项目资助。依托“高寒网”各台站共培养培养研究生 330 人，其中博士研究生 160 人，硕士研究生 170 人。

二、发展动态

1. “高寒网”第二次工作会议暨学术交流会

2016 年 3 月 18 日,由中国科学院科技促进发展局主办,中国科学院青藏高原研究所承办的“高寒网第二次工作会议暨学术交流会”在青藏高原研究所召开。高寒网科学委员会主任姚檀栋院士,委员赵新全研究员、于贵瑞研究员、朱立平研究员、周凌晞研究员、康世昌研究员、李忠勤研究员、赵林研究员,中国科学院科技促进发展局副局长赵千钧研究员、资源环境处周桔处长、杨萍研究员以及高寒网 17 个野外站正副站长和综合中心管理人员等 50 余人参加了会议。

开幕式上,青藏所常务副所长范蔚茗研究员致欢迎辞。赵千钧副局长在讲话中表示,科发局将会围绕国家的科技发展需求,一如既往地继续支持台站网络观测研究,争取更多资源,为高寒网及野外站建设提供必要的发展条件。

高寒网综合中心主任朱立平研究员作了“高寒网 2013-2015 年工作报告”。报告概述了高寒网的建设意义与背景,重点介绍了高寒网联盟自 2013 年筹建以来的工作进展。报告指出,高寒网成立近 3 年来,基本完成了主要观测规范标准的起草、通过野外观测设备修购项目提升了观测能力、建立了数据库平台并在不同层次开展数据共享;高寒网各野外站在项目与科研经费争取,杰青、优青等人才培养方面取得了显著成绩;科研成果在国内外产生了重要影响,一些领域成为国际热点。同时,依托观测研究数据和实验等产出的评估报告、示范工作得到中央领导和地方政府的高度重视,产生了重大社会影响。报告也总结了高寒网建设发展中存在的问题,提出了未来发展的目标与任务、重点领域及具体工作设想等。

会议邀请刘时银研究员、赵林研究员、康世昌研究员、朴世龙研究员分别介绍了我国第二次冰川编目、多年冻土调查与环境变化、大气污染物跨境传输及其对冰冻圈影响、高寒生态系统对气候变化响应的监测与模型研究等在高寒区环境变化研究领域取得的重要进展。会议邀请曾主管我院野外站工作的冯仁国研究员作了题为“我院野外站网络的支撑作用与未来发展”的报告,通过回顾中科院野外站发展历史及其在服务科学研究和国家战略发展中的重要贡献,希望未来的发展应重点增强野外站的科学研究能力,打造和充分利用重要基础设施和观测平台,不断提升观测研究数据的共享水平。

会议介绍了高寒区科研观测样地示范建设规划、高寒草地观测规范、青藏高原科学数据管理与共享服务平台建设、冰川物质平衡观测规范与发展趋势、多年冻土观测规范与方法、信息化技术在青海湖观测研究中的应用研究等有关高寒区野外观测与数据共享

的一系列规范标准的制订与实施工作。高寒网科学委员会成员以及与会科学家针对高寒网目前存在的野外站观测内容与数据质量、观测队伍建设与稳定运行以及与其他网络有机衔接等问题展开了讨论，并提出了各种具有参考价值的建议。

高寒网科学委员会主任姚檀栋院士在听取报告和讨论基础上进行了总结发言。他肯定了高寒网近几年的发展及取得的成果，同时提出了对未来发展的要求。首先，高寒网发展的核心是数据平台建设和数据共享，整合数据和台站资源不易，要求明确各站的基本观测项目，加强数据观测规范与共享制度建设，通过协同合作获得更大的发展空间；其次，高寒网的发展应以服务国家发展战略为总体目标，通过推进台站国际化发展，服务国家“一带一路”发展战略，这样才能争取获得更多的支持，起到提升和推动高寒网在青藏高原地球系统与环境科学研究方面的重点基础支撑作用，更好地服务国家“十三五”发展规划。

2. 王恩哥副院长等考察藏东南地区野外台站建设

2016年4月10日至13日，中科院王恩哥副院长、条财局林明炯副局长一行赴西藏“墨脱地球景观综合观测研究站”（筹）和藏东南站实地调研青藏高原野外综合观测研究平台建设工作，青藏高原所姚檀栋所长、西藏自治区旦增伦珠副秘书长、西藏科技厅钟国强副厅长等人陪同调研。在调研考察期间，调研组听取了墨脱站和藏东南站建设进展情况，实地参观了台站建设场地。

王恩哥副院长充分肯定了墨脱站建设的重要意义和科学价值，建议墨脱站建设应当从“高水平、多学科、国际化、近民生、可持续”五个方面进行综合定位。在建设前期要周密论证和系统布局，力求将墨脱站打造成中科院野外观测研究的示范基地与科学文化交流中心。为区域生态、气候、资源、环境研究提供精准的观测数据和优质的考察服务平台，为一流科研成果的产出与区域生态环境可持续发展提供有力支撑。林明炯副局长对墨脱站的建设提出建议，指出台站建设工作要全面、细致，充分考虑后期运行的各项观测研究与生活需求，确保可持续运行。在藏东南站，王恩哥副院长一行详细了解了该站建站以来和高寒网成立三年以来取得的成绩，重点了解了野外台站信息化示范站建设的有关问题，高度评价了高寒网建立以来所取得的成就，并就相关研究和自治区以及林芝市的领导交换意见，希望高寒网能够培养更多的地方人才，为西藏社会经济发展做出贡献。最后，王恩哥副院长为藏东南站题词“做好地球第三极科学，努力服务西藏建设”，勉励广大科研人员在做好本职工作的基础上，不断为西藏发展做出更大贡献。

3. 张亚平副院长一行调研“高寒网”野外站建设发展

2016 年 7 月 29 日至 8 月 3 日，中科院副院长张亚平院士率院科技促进发展局段子渊副局长、赵涛副处长等赴西藏考察调研。青藏高原所副所长、“高寒网”综合中心主任朱立平研究员全程陪同，西藏自治区政府副秘书长旦增伦珠、西藏自治区农科院副院长贵桑、青藏高原所副所长马耀明研究员、党委副书记兼副所长赵平研究员、科技处处长戴英等人陪同在拉萨期间调研。张亚平副院长一行先后考察了墨脱地球景观与地球系统综合观测研究中心（筹）、青藏高原所拉萨部、藏东南站、纳木错站等野外观测基地的科研与建设情况。

在调研期间，张亚平副院长一行实地参观了墨脱中心台站建设场地，听取了台站建设思路和筹建情况，他充分肯定了墨脱中心建设的重要意义和科学价值，要求加强科学论证和做好统筹布局，精心设计施工，有针对性地开展观测研究，为搭建全院的观测研究平台提供良好条件保障，为一流科研成果的产出与区域生态环境可持续发展提供有力支撑。

在藏东南站考察调研期间，张亚平副院长实地视察了科研与实验楼、专家公寓和综合办公楼，并听取了朱立平研究员所作的藏东南站和高寒网的工作进展汇报，高度称赞了藏东南站和高寒网建设取得的工作成绩。对于高寒网的进一步发展，他指出，高寒网建设不仅要有长期观测的科学目标，也要凝炼一定时期的有限目标，并且针对这些目标的实现设置相对统一的基本观测指标，通过联网观测解决区域中的共性科学问题；作为国家和中科院长期支持的野外台站，应坚持做好开放的科学研究平台，加强与其他部门野外观测研究的交流与协作；在瞄准地表过程前沿科学问题的同时，也要注重能够解决国家和地方关心的区域发展问题，从而体现长期定点观测的科学价值与存在意义；野外站的长期观测积累了许多宝贵的数据，要强化这些数据的汇交机制，提升整合能力，通过激励与资助机制的创新，引导野外站加强数据共享，支持优秀科学家利用数据开展重要研究；野外站大多地处偏远，观测研究付出了艰苦的努力，要注重科普宣传工作，发挥科学传播的作用，也可以作为台站工作的一个考核部分。

在拉萨部考察调研期间，西藏自治区政府副主席坚参专程会见了张亚平副院长一行，并就相互所关心的问题进行了深入沟通交流，取得重要共识。青藏高原所所长姚檀栋院士通过视频连线方式作了青藏高原所和青藏高原地球科学卓越中心的工作进展汇报。张亚平副院长对青藏高原卓越中心在大陆碰撞、高原隆起过程、地表圈层相互作用、西藏生态环境评估工作等方面的亮点工作留下了深刻的印象。他指出，青藏高原所在西藏地区的各个科研基地为国内外青藏高原研究工作的开展提供了良好的平台支撑作用，希望

研究所继续做好各野外科研基地建设和数据整合,协调组织青藏高原科学研究各方力量,为青藏高原的气候变化、环境保护和可持续发展做出更大贡献。

在纳木错站考察调研期间,张亚平副院长一行听取了站长邬光剑研究员所作的纳木错站工作汇报,实地参观了纳木错站内的观测场及观测仪器。张亚平副院长高度赞扬了纳木错站在海拔 4750 米常年开展观测研究工作的艰苦奋斗精神,对各项观测研究所取得的成果作出肯定,他鼓励纳木错站产出更多的有国际影响力的重要研究成果,不断为青藏高原的科研事业做出更大贡献。同时,他也对纳木错站目前存在的一些制约台站发展的问题给与了关注。

4. “高寒网”助力西藏生态安全屏障保护与建设成效评估

2016 年 10 月 26 日,中国科学院发布了《西藏生态安全屏障保护与建设工程(2008-2014 年)建设成效评估》报告(以下简称《评估报告》)。《评估报告》主要由成都山地灾害与环境研究所、地理科学与资源研究所、青藏高原研究所完成。《评估报告》采用了高寒网在西藏自治区的野外站监测获取的大量数据,有效地支撑了评估结果的科学性和客观性。由成都山地灾害与环境研究所程根伟研究员牵头,高寒网相关野外站负责人王小丹、朱立平、张宪洲等人执笔完成的《评估报告》得到中科院领导和专家、西藏自治区政府以及相关部门的肯定。26 日上午,国务院新闻办公室举行西藏生态安全屏障保护与建设工程情况发布会。中科院副院长张亚平、西藏自治区人民政府副主席汪海洲等在会上介绍了《评估》有关情况。

《评估报告》指出,西藏是青藏高原的主体,拥有许多特殊和特有的生态系统类型,为高原特有动植物提供了广袤的栖息地,其生态功能对保障我国乃至东南亚生态安全具有独特的屏障作用。为切实保护好这一重要的国家生态安全屏障,2009 年 2 月 18 日国务院批准《西藏生态安全屏障保护与建设规划》,确定实施三大类 10 项工程。

目前,西藏生态安全屏障工程处于建设的关键时期,为了客观认识高寒区的环境发展态势,科学把握工程实施成效,评价生态安全屏障作用功能是否正常发挥等,评估团队历时 3 年考察了 10 余个主要工程区,建立了 3 个生态样带和 20 多个观测样地,采集了约 1300 个点的样本,分析了 1990 年代以来 3 期遥感数据,主要采用联合国千年生态系统评估方法,利用野外调查与定位观测相结合、模拟实验与遥感监测相结合、工程区内外对比观测、生态模型情景预测等手段,研究了西藏近 20 年来的生态环境变化特征,对工程所增加的生态系统服务功能进行了定量分析,评估了主要生态工程的实施成效。主要结论包括 6 个方面:

一是高原生态系统整体稳定,植被覆盖度呈增加趋势。近 20 年来,西藏严格执行

国土空间管控，生态格局的变化率低于 0.15%。地面植被覆盖度呈小幅度上升，覆盖度增加的区域面积占全区国土比例 66.5%，生态系统结构改善。二是沙化面积减少，工程区风沙治理成效显著。防沙治沙工程实施之后，沙化土地面积减少 10.71 万公顷，年均减少 1.53 万公顷。极重度沙化土地向重度或中度沙化转化。雅江河谷（曲水-桑日段）典型观测区的统计结果表明，灾害性沙尘天气由 2000 年的 85 天下降至 2014 年的 32 天。三是退牧还草促进了草地恢复，提高了农牧民收入。实施退牧还草工程和草原生态保护补助奖励政策以来，工程区内植被覆盖度比工程区外高 9.9%~22.5%，平均提高 16.9%。每公顷折合增加干草产量约 85.2 公斤，平均提高 24.25%，有效保护了草原生态环境，增加了农牧民收入。四是农牧区清洁能源使用率大幅提高，农牧民生活条件显著改善。新型清洁能源使用率达 65.6%，减轻了对林草生态系统的破坏，使用清洁能源还为农牧民增收节支，改善了当地生活卫生条件。五是天然林与自然生态区保护初见成效，野生动植物种群恢复性增长。天然林保护一期工程实施以来，工程区森林覆盖率增加 0.9%。自然保护区面积达到 41.37 万平方公里，占全区国土面积的 33.9%。受保护湿地面积 430.8 万公顷，占全区湿地面积的 65.98%。珍稀野生动植物得到了有效保护，种群数量增加显著。六是生态系统服务功能逐步提升，生态安全屏障功能稳定向好。主要表现在三个方面：第一，生态系统水源调节作用波动中提升，工程实施前后相比增加了 2.65%，森林涵养水源功能稳固保持；第二，生态系统防风固沙作用开始发挥，主要风沙区沙化强度减弱；第三，生态系统碳储量增加 2.56%，固碳功能稳中有升。

西藏生态安全屏障工程实施开局良好，高原生态系统整体上处于稳定状态，重点工程区的生态效益已经开始发挥，国家生态安全屏障得到有效维持。至 2030 年屏障工程完成之后，将能够基本实现“有效保护、成功治理、稳定向好、生态安全”的《规划》目标。

5. “高寒网”启动“十三五”仪器设备修购计划

“高寒网”各野外站由于建站时间、发展速度、观测对象不同，在仪器设备的配置水平和类型上存在差异。为满足“高寒网”开展监测指标规范和数据质量控制体系建设，提高监测研究网络和野外站监测能力，实现数据集成与共享制度建设的要求，“高寒网”综合中心通过调查各野外站的监测研究定位和已有监测项目，分析依托野外站开展的重大研究计划需求，制订了“十三五”仪器设备修购规划。“十三五”期间，计划购置仪器设备 64 台套，经费预算 1775 万元，建设高寒区大气环境长期监测网络平台，扩展水文过程长期监测能力，扩展植被生态与土壤长期监测与分析能力，以完善野外台站的综合监测能力，加强野外台站的样品预处理与基本分析能力，实现野外采集样品的快速、高效、

高精度分析，充分发挥野外台站的研究平台作用，实现高寒网数据信息内容统一与数据共享。

高寒网“十三五”仪器设备修购规划分别于 2016 年和 2019 年实施。2016 年执行的修购项目（一期）围绕建设大气环境长期监测网络平台和扩展水文过程长期监测能力开展工作，申报的项目包括：气溶胶粒径谱仪、黑碳观测仪、超声水位计、便携式水质监测仪、移动式多普勒流速仪、冰川蒸汽钻、全自动降水测量仪、积雪特征观测系统等设备共 31 台套，总经费 630 万元。2016 年 6-7 月完成进口仪器的专家论证和审批，9 月在北京通过公开招标方式进行招标采购并完成合同签署，2017 年 1 月，采购仪器陆续到货后将进行安装调试及技术验收。

6. “高寒网”推动建立中科院-国家自然科学基金委员会联合基金

为充分发挥野外站作为观测与研究科研平台的作用，利用长期积累的数据，取得更大成果，中科院与国家自然科学基金委员会拟建立青藏高原野外观测研究联合基金，通过项目经费形式稳定支持野外站研究人员开展长期观测，获得高水平科学研究成果，发挥重大社会影响。

2016 年 9 月 5 日，中科院科技促进发展局资源环境处和“高寒网”综合中心召集野外站站长及代表 20 余人在中科院青藏高原研究所召开“青藏高原野外观测研究联合基金讨论会”，对基金设置类型、核心科学问题与重点研究方向、指南发布、考核指标及考核方式等进行了细致深入的讨论。

该联合基金希望通过开展以青藏高原及其邻近地区野外台站为依托的野外观测研究，稳定支持该区域的野外台站长期观测，整合与利用野外观测研究数据，提高对野外长期观测数据数据共享程度，回答地表大气过程、水文过程和生态过程及其对区域经济发展影响的重要科学问题。该联合基金希望解决的长期科学问题是，青藏高原地球表层系统的大气过程、水文过程和生态过程及其对区域经济发展的影响。在首期计划中，拟重点解决气候变化对区域水循环的影响及其生态效应这一核心科学问题。

7. “高寒网”积极参与西藏生态安全屏障生态监测站共建工作

“高寒网”大部分野外站分布在西藏自治区辖区内，野外站在生态安全屏障建设、农牧业增产增收、地质环境灾害防治等方面为区域环境和经济社会发展作出了一定的贡献。西藏自治区环境保护与建设厅计划在“十三五”期间，根据国家《西藏生态屏障安全保护与建设规划》，与青藏高原研究所协商共建西藏生态安全屏障建设生态监测站。

青藏高原研究所从已有野外站现状、工作基础和能够开展关于生态安全建设监测工

作的情况出发,提出可以承担部分台站的共建工作,包括西藏大气颗粒物监测(拉萨中心站)、水源涵养与生物多样性(林芝站)、高寒草原生态系统(定日站)、高寒草甸生态系统(那曲站)、高寒荒漠生态系统(阿里站)、半荒漠-草原生态系统(改则站)的长期定点监测,服务西藏生态安全屏障建设效益评价工作。共建方案包括自治区政府在已有野外站一次性投入仪器设备经费用于完善基础监测条件,每年划拨运行费用于仪器维护运行和人员劳务费等。经协商讨论,双方决定开展高寒草原生态系统(定日站)和半荒漠-草原生态系统(改则站)的共建工作。

8. 青藏高原研究所召开野外台站工作会议

2016年12月22日,青藏高原研究所召开野外站工作会议,分析“十三五”期间青藏高原所野外站建设发展面临的问题、挑战和解决思路,以及在大气物理、大气环境、植被生态、冰川、湖泊、河流水文等六大类观测指标方面的进展情况和存在问题。

青藏所所长姚檀栋院士、党委书记兼副所长谢鹏云、副所长兼珠峰站站长马耀明研究员、党委副书记兼副所长赵平研究员、副所长兼藏东南站站长朱立平研究员、纳木错站站长邬光剑研究员、慕士塔格站站长徐柏青研究员、阿里站站长田立德研究员、那曲站联合站长汪诗平研究员、墨脱站执行站长王磊研究员、科技合作处处长戴英、科技信息中心副主任郭学军,以及各野外站副站长和观测数据主管等22人参加了会议。

朱立平副所长在“青藏所野外站网络的支撑作用与未来发展”报告中,阐述了野外站在院战略性科技先导专项青藏高原研究项目、研究所“一三五”重大突破和重点培育进展和服务西藏地区经济社会发展方面的核心平台支撑作用;在对“十三五”期间面临的机遇与挑战分析中,提出未来十年(2016-2025)野外站发展的科学目标是明确高寒地区环境与生态的时空变化特征及其控制机制,并将其应用到青藏高原高效生态建设的路径、方式与影响中,实现这一目标的基础就是要获得长期、连续的联网观测数据,开展模型机理研究和控制试验示范,加强国内外合作和数据共享,从而提升整体观测研究水平。在此过程中,大力推动中科院与国家自然科学基金委的“青藏高原野外观测研究联合基金”计划,积极参与中科院地球科学大数据工程(暂名)的专项设计,开展西藏生态安全屏障建设生态监测站共建等工作。

谢鹏云书记和赵平副所长分别从党建和基建两个方面对野外站建设工作发表意见并提出具体建议。各野外站站长分别从研究所野外站建设与高寒网发展的关系,野外站的观测研究重点与特色,以及需要完善和改进的工作等发表了意见。与会人员认为,青藏高原所的野外站是院高寒网的核心与基础,研究所野外站建设与院高寒网的发展密切相关,二者互为促进。目前藏东南站、珠峰站和纳木错站这三个院级站在基础设施建设、

研究与观测人员队伍稳定性和经费支持方面相对较好，而其他所级站由于尚缺乏院层面的稳定支持，制约了其持续发展能力和观测队伍稳定。在长期观测项目的完整性与数据质量方面，部分野外站存在不足，应与联合开展观测工作的课题协商，真正做到数据共享。对于已经使用 10 多年的野外观测仪器设备，需要开展统一标定或更换工作。

姚檀栋所长在总结发言中指出，青藏高原所和青藏高原研究正处于向新高度攀登的转型过程，应进一步发挥野外站的支撑平台作用和数据积累作用，持续推进以青藏高原所野外站为核心的高寒网建设发展。高寒网和研究室的野外站发展应该对照国家科技发展战略规划，有更为详细的至 2020 年的 5 年规划方案和至 2030 年的中长期发展规划。青藏高原所的野外站在六大类观测指标上已经积累了 10 多年的连续数据，为气候与水文模型校正和气候变化事实与机制研究打下了坚实基础，充分整合利用这些监测数据并产出相应的文章或科学报告，能够深化基础科学研究，并对经济社会发展产生重大影响。对于野外站在建设发展过程中遇到的困难，需要加强沟通和合作，以现有野外观测平台数据中心为基础，争取在青藏高原卓越创新中心建设中得到支持，持续发挥观测研究在重大科学问题突破中的支撑作用。要加强野外站基础观测数据的共享开放，对于专项观测数据也需要制订相应管理条例，逐步做到有条件地共享。观测研究要积极融入第三极环境国际计划，加强交流与合作，扩大观测研究平台的国际影响。

三、观测研究进展

“高寒网”野外台站根据所处地理位置及观测研究特色在大气物理和大气环境监测、冰川/湖泊监测、植物生态研究和土壤/冻土监测方面开展连续监测及研究，取得的主要进展或创新点如下：

1. 大气物理观测研究

➤ 那曲站（西北院（筹））

高原热力作用强度对高原季风爆发的指示意义：利用 ECMWF 的 1979-2011 年月平均再分析资料、1979-2011 年逐月青藏高原地面加热场强度距平指数以及中国地面国际交换站 1979-2011 年逐日 20-20 时降水量，研究了高原热力作用强度与高原季风之间的联系，结果表明：高原热力作用强度（B-H）与传统高原季风指数（TPMI）之间存在较好的同时相关关系（图 3.1.1），B-H 与动态高原季风指数（DPMI）之间存在较好的超前 2-3 个月的相关关系（表 3.1.1），这种关系在干季体现得尤为明显。前期 2 月高原热力作用偏强将会导致高原夏季风爆发偏早，爆发初期强度偏强。

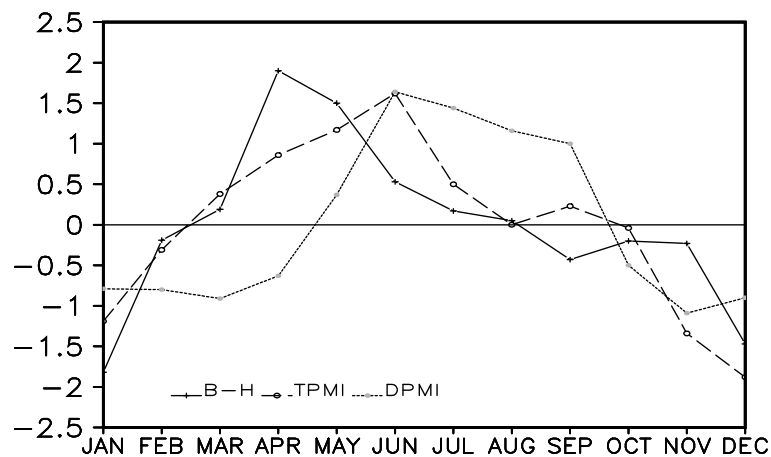


图 3.1.1 气候平均 B-H、TPMI 及 DPMI 的季节变化

表 3.1.1 地面加热场强度距平指数（B-H）与高原季风指数（PMI）的偏相关系数

时间 指数	B-H 与 PMI 同时	B-H 超前 PMI 1 个月	B-H 超前 PMI 2 个月	B-H 超前 PMI 3 个月
B-H 与 TPMI (年份, 样本数)	0.325* (79-11, n=231)	0.208* (79-11, n=224)	0.121 (79-11, n=224)	0.012 (79-11, n=224)
B-H 与 DPMI (年份, 样本数)	0.280* (79-11, n=231)	0.315* (79-11, n=224)	0.358* (79-11, n=224)	0.347* (79-11, n=224)

*表示通过 0.1 的信度检验

藏北高原空间尺度对地表通量可能的影响：空间尺度不一致是深入理解地气相互作用的重要阻碍之一。利用那曲站 BJ 观测点的涡动相关仪 (EC) 和大孔径闪烁仪 (LAS) 的观测数据，分析了两种空间尺度的地表感热通量的异同，并分析空间尺度对地表通量可能的影响。藏北地区 EC 和 LAS 计算得到的雨季和干季的感热通量 (H_{EC} 和 H_{LAS}) 不仅表现出较一致的日变化特征和量值上的一致性，也表现出一定的差异性。这种差异性主要是由于 EC 和 LAS 的印痕内地表状况如地表温度、植被覆盖的差异所致。比较不同风向下 LAS 和 EC 得到的感热通量 (图 3.1.2)，可以看出雨季和干季时不同风向范围内 H_{EC} 和 H_{LAS} 的斜率并不一致，这表现出在统计上，风向对两种空间尺度地表通量的影响是显著的。当两者的印痕重叠时， H_{EC} 和 H_{LAS} 的斜率比印痕不重叠时的斜率更接近于 1.0，显示出印痕重叠时两者空间尺度内地表状况更可能是一致的。利用 MODIS 的 LST 和 NDVI 影像结合 EC 和 LAS 印痕，表征 EC 和 LAS 空间尺度的下垫面状况的差异性，并分析印痕加权的 LST 和 NDVI 差异对地表通量的影响。结果显示印痕内地表温度的加权平均值高时感热通量也较大；对加权 NDVI 与 (H/Rn) 的分析表明，NDVI 的加权平均值高时，感热通量占净辐射的比例低 (图 3.1.3)。

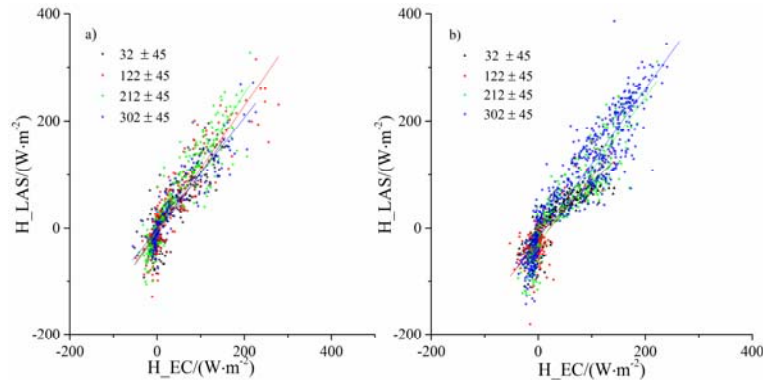


图 3.1.2 不同风向下 LAS 和 EC 得到感热通量的比较 (a) 5-7 月, b) 11-12 月)

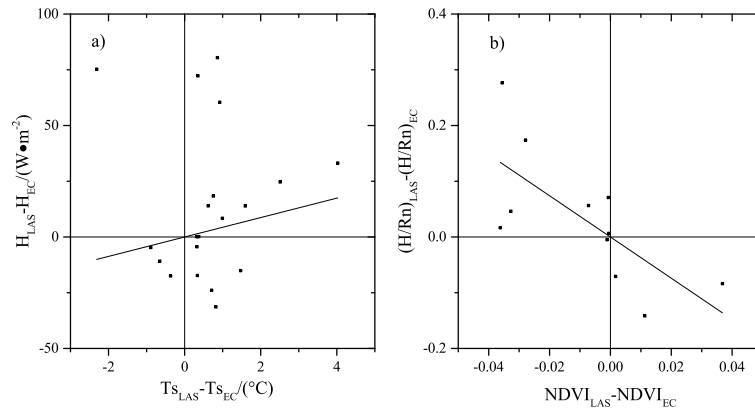


图 3.1.3 BJ 观测点 EC 和 LAS 印痕内地表温度差异
a) NDVI 差异, b) 对地表通量的影响

藏北高原空气动力学粗糙度的升尺度分析：空气动力学粗糙度是估算地表通量中非常重要的地表特征参数。当不同空间尺度的下垫面粗糙元存在一定差异时，这种差异将影响粗糙度的大小，进而影响地表通量的大小。利用那曲高寒气候环境观测研究站 BJ 观测点的涡动相关仪（EC）和大孔径闪烁仪（LAS）所观测的两种空间尺度数据，对比分析了两种空间尺度的空气动力学粗糙度的异同，并利用 MODIS 影响和 Massman 模型反演藏北地区两种空间尺度空气动力学粗糙度，实现了对空气动力学粗糙度的升尺度的分析。结果发现，EC 和 LAS 空间尺度范围内的空气动力学粗糙度（ Z_{0m_EC} 和 Z_{0m_LAS} ）表现出一致的季节变化特征，但在量值上表现出较显著的差异，这种差异主要是由于 EC 和 LAS 印痕内地表起伏所致（图 3.1.4）。EC 印痕内的下垫面较平坦，而 LAS 印痕内的下垫面存在显著的起伏。利用空间分辨率为 250m 的 LAI 发展出 EC 和 LAS 两种空间尺度的空气动力学粗糙度的空间升尺度关系，较小空间尺度粗糙度的反演结果利用 Amdo、NewD66、MS3478 的地面观测结果加以验证。验证结果表明，三个观测点雨季时的反演结果与地面观测结果有较好的一致性。

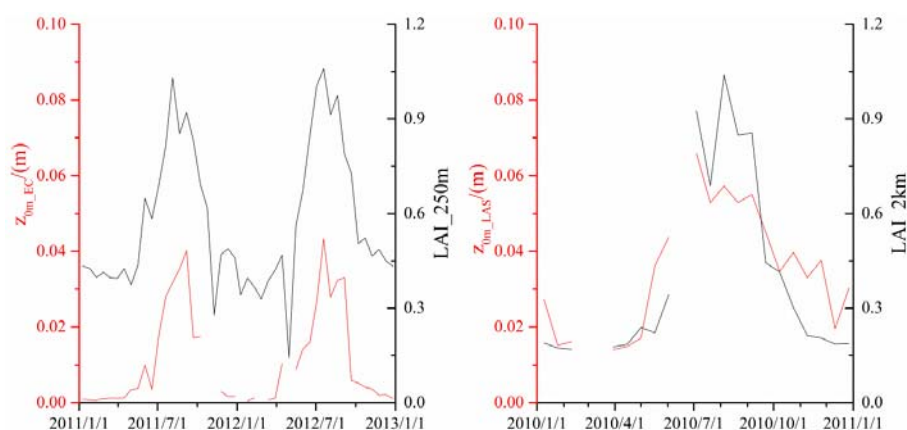


图 3.1.4 EC 和 LAS 两种空间尺度下 Z_{0m} 的比较分析

将藏北地区 6-9 月的空间分辨率为 250m 的 MODIS 的 LAI 影响应用到 Massman 模型，得到藏北地区雨季时较小空间尺度的空气动力学粗糙度的空间分布。结果表明，空气动力学粗糙度的范围是 0~2.5cm，其中 70% 的粗糙度低于 0.5cm。将藏北地区 6-9 月的空间分辨率为 2km 的 MODIS 的 LAI 影像应用到 Massman 模型，结合两种空间尺度的粗糙度的升尺度关系，得到藏北地区雨季时较大空间尺度的空气动力学粗糙度空间分布。结果表明，空气动力学粗糙度的范围是 1.5~6.5cm，其中 70% 的粗糙度集中在 3.0~5.0cm（图 3.1.5）。本研究根据藏北地区 EC 和 LAS 的观测数据对比分析了两种空间尺度的空气动力学粗糙度的结果，并结合遥感影像和 Massman 模型对藏北地区空气动力学粗糙度做了升尺度分析。

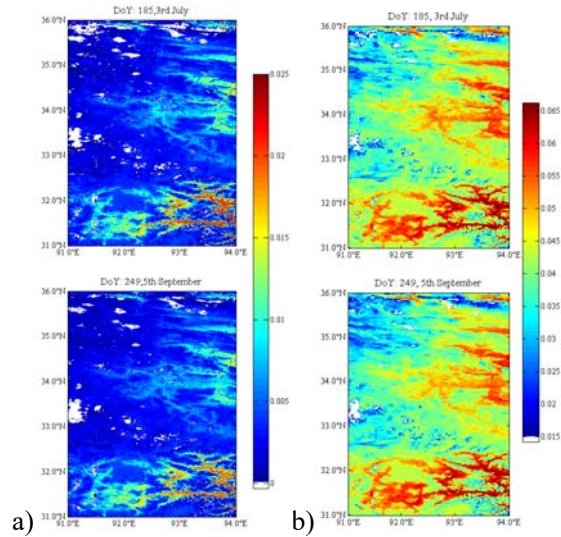


图 3.1.5 藏北地区 a) 250m 和 b) 2km 尺度空气动力学粗糙度的反演

➤ 珠峰站

珠峰地区地表通量的遥感估算：利用 ASTER 卫星遥感数据、珠峰站的地面观测数据校正了地形对地表反照率和向下短波辐射的影响，估算了珠峰地区的地表特征参数（地表反照率、地表温度和 NDVI）和地表通量（净辐射通量、土壤热通量、感热通量和潜热通量）。1）引入 C 校正模型来消除地形对地表反照率的影响，校正之前地表反照率随太阳相对入射角有明显的升高趋势，校正之后，这种升高趋势得到了很好的消除。2）引入天空可见因子（SVF）来计算地形对向下短波辐射的影响，计算了地表辐射平衡各分量；利用 SEBS 模型估算土壤热通量、感热通量和潜热通量。3）利用珠峰站的观测数据，对估算得到的地表反照率、地表温度、地表辐射平衡各分量和地表能量平衡各分量进行验证，结果表明估算结果和观测值之间有很高的相关性，平均偏差和均方根误差均很小（图 3.1.6、图 3.1.7、图 3.1.8）。山地地区的地表特征参数和地表通量的反演和估算是一件非常困难的事情，该研究中能明显的看到地形对地表反照率、净辐射通量以及感热通量的影响。

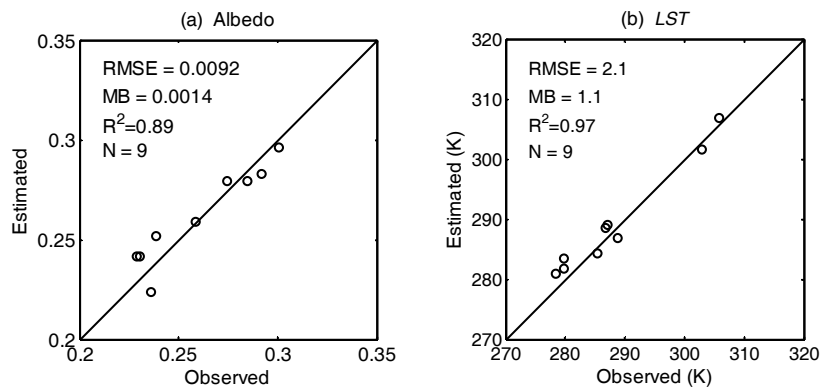


图 3.1.6 卫星反演结果与地面观测结果的对比，(a) 地表反照率、(b) 地表温度 (T_s , 单位 K)

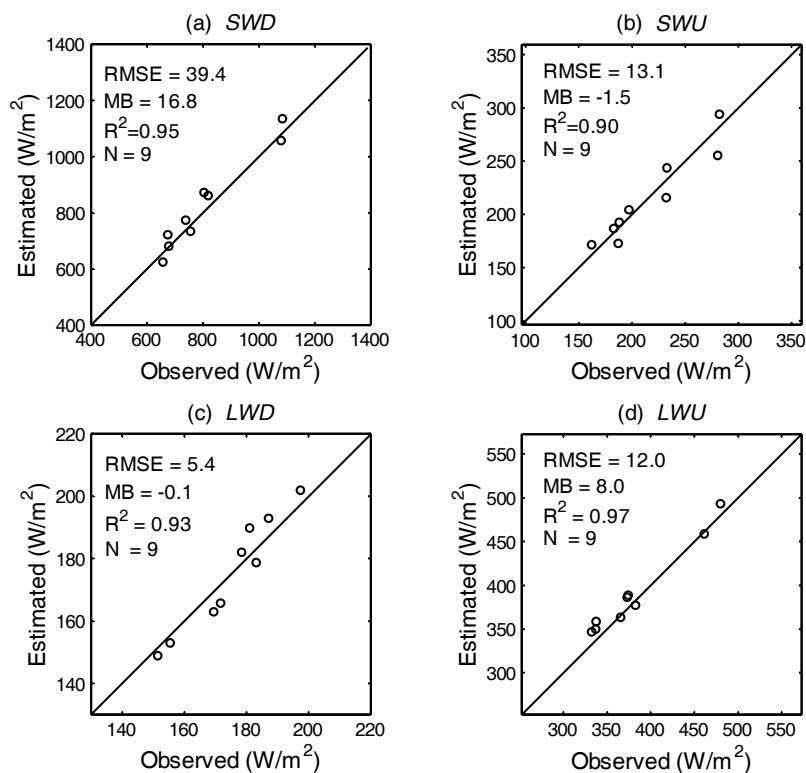


图 3.1.7 辐射平衡各分量的估算结果与观测值的对比, (a) 向下短波辐射、(b) 向上短波辐射、(c) 向下长波辐射、(d) 向上长波辐射, 单位: $W \cdot m^{-2}$

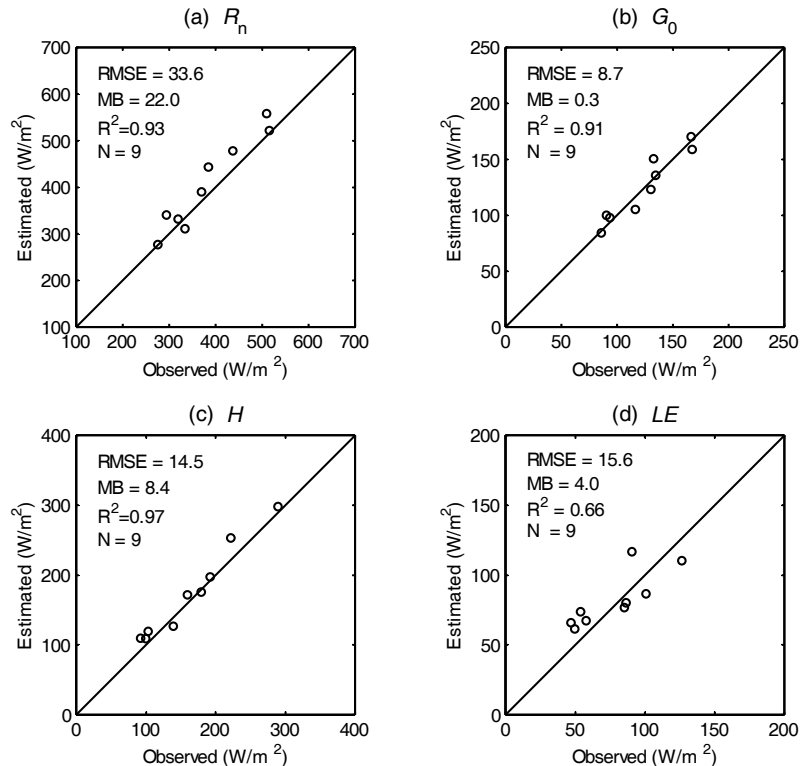


图 3.1.8 区域地表通量的估算结果与观测值的对比, (a) 净辐射通量、(b) 土壤热通量、(c) 感热通量、(d) 潜热通量, 单位: $W \cdot m^{-2}$

2. 大气环境观测研究

➤ 纳木错站

青藏高原大气和冰川区黑碳来源的新认识：由于强烈的吸光性，黑碳是仅次于 CO_2 的最重要的大气升温因子；同时，黑碳可以降低雪冰表面反照率，进而导致雪冰的加速消融。由于毗邻东亚和南亚两个最大的黑碳排放源地，青藏高原的大气和冰川受到了上述两个地区黑碳排放的影响。通过对喜马拉雅山脉和青藏高原大范围的采样，利用黑碳的 ^{14}C 组成分析了黑碳的化石燃料和生物质燃料的相对贡献（图 3.2.1）。发现位于尼泊尔南部的蓝毗尼站（LM）的气溶胶黑碳同位素组成与南亚数据一致，随着海拔的升高和大气黑碳绝对含量的降低，黑碳的生物质燃烧贡献逐渐增大。雪坑中黑碳的同位素组成在区域上有显著差异：在高原东北部的祁连山老虎沟 12 号冰川（LH）雪坑中，黑碳具有最大的化石燃料贡献（66%），这一数据与中国东部的数据比较接近；喜马拉雅山脉南坡的 Thorung 冰川（TH）雪坑中黑碳的化石燃料贡献（54%）与南亚的比率一致；高原中部的小冬克玛底冰川（TG）黑碳主要来自生物质燃烧（约 70%）。因而，不论是气溶胶还是雪坑均显示从高原边缘到内部生物质燃烧对黑碳的贡献逐渐增大（图 3.2.2）。因此，生物质燃烧排放的黑碳对青藏高原环境和气候具有更大的作用。此外，综合分析 ^{14}C 和 ^{13}C 的组成，进一步区分了不同冰川区生物质、煤和液态化石燃料燃烧排放黑碳的相对贡献（图 3.2.3）。这些结果不仅明确界定了喜马拉雅山脉和青藏高原地区不同燃料对黑碳的贡献，为黑碳的大气传输模拟研究提供验证数据，更为相关国家制定黑碳减排政策提供明确的指导。

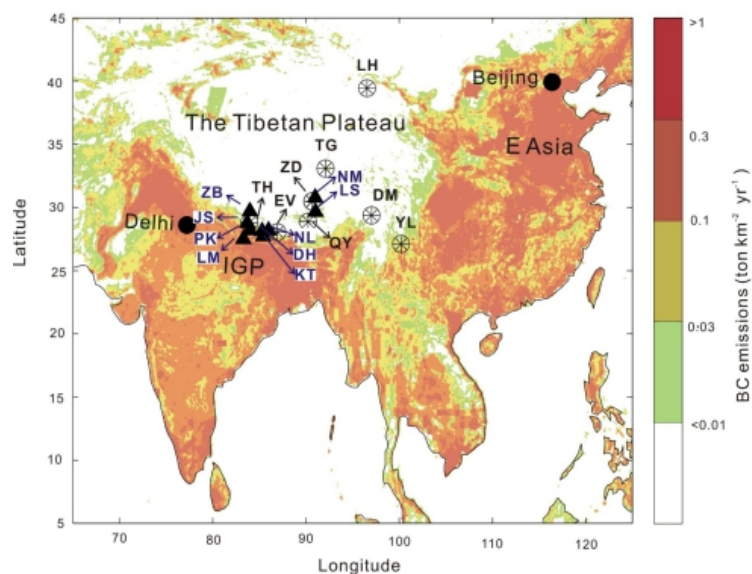


图 3.2.1 采样点位置（三角代表气溶胶采样点；圆形代表冰川采样点）。背景颜色代表黑碳的排放量。ZD 和 NM 分别指扎当冰川和纳木错站。

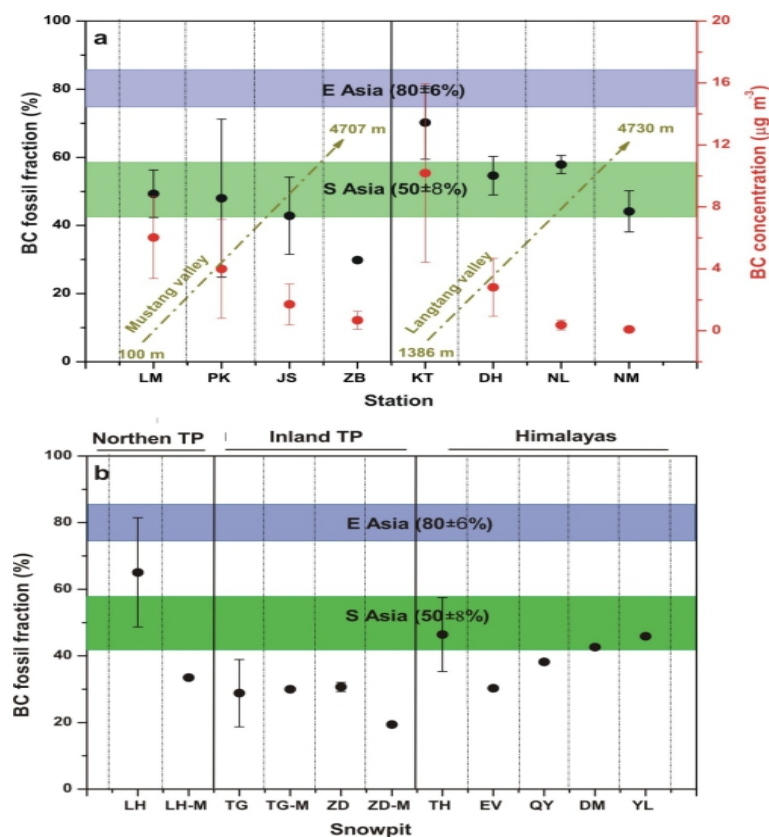


图 3.2.2 a: 跨越喜马拉雅山脉中部两个断面的大气黑碳含量和化石燃料贡献的比率; b: 雪坑黑碳的化石燃料贡献比率。

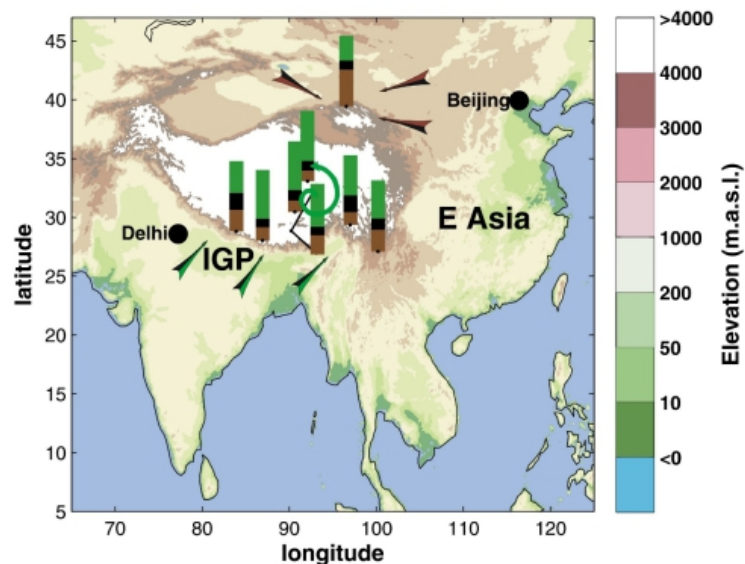


图 3.2.3 生物质燃料（绿色）、煤（褐色）和液态燃料（黑色）燃烧排放对雪坑黑碳的相对贡献。箭头代表不同区域的黑碳来源。

➤ 珠峰站

青藏高原背景大气气溶胶研究质量浓度特征：2012 年 3-12 月期间，珠峰站近地面气溶胶质量浓度水平较低，粒径分布上呈现双峰模态特征，即积聚模态和粗模态（图

3.2.4)。PM_{2.5} 日均浓度为 $14.5 \pm 7.4 \mu\text{g m}^{-3}$ ，占总悬浮物中的 $22.3 \pm 10.9\%$ 。同时，珠峰站的细颗粒物（PM_{2.5}）有显著的日变化，呈双峰分布。整合同时期的气象和大气边界层物理要素监测结果和气溶胶化学组成表明，局地地形、山谷风循环和气溶胶源是影响这些大气细颗粒物日变化的关键因素。综合气溶胶地面观测与遥感监测的分析结果也表明，珠峰站的气溶胶浓度具有显著的季节变化特征，总体上，春夏季高于秋冬季（图 3.2.5）。

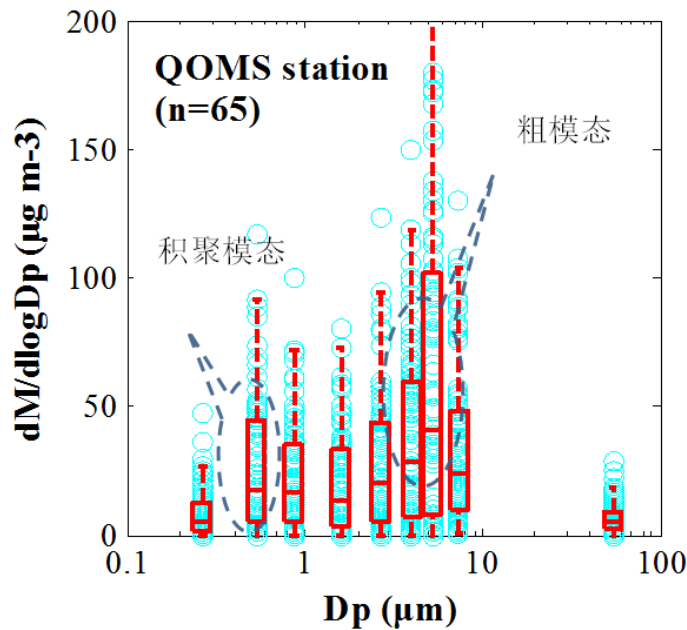


图 3.2.4 珠峰站大气近地表大气颗粒物粒径分布特征（2011-2013 年）

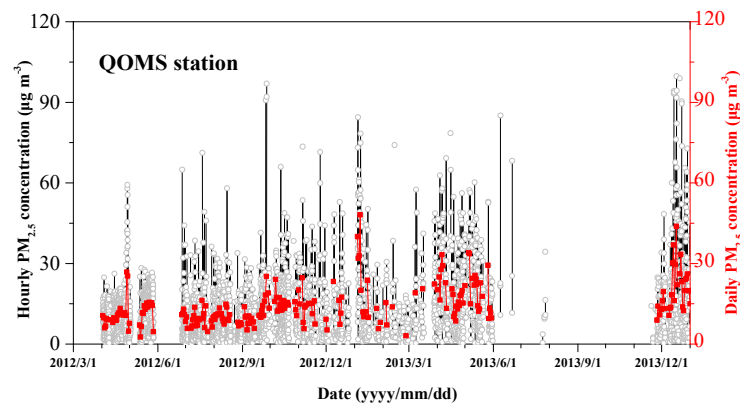


图 3.2.5 珠峰站近地面大气颗粒物 PM_{2.5} 小时和日均质量浓度($\mu\text{g m}^{-3}$)（2012 年 3-12 月）

青藏高原背景地区碳质气溶胶的吸光特征：碳质气溶胶吸光特征和吸光能力（MAC 值）是进行其大气辐射强迫研究中最重要输入因子之一，但这一值并不固定，在大气中由于老化等原因的影响会有很大的变化，这一现象在远离污染物排放源的偏远地区如青藏高原更为显著。对珠峰站的气溶胶黑碳和溶解性有机碳的吸光特征进行的研究表明，

珠峰站的黑碳吸光能力都由于被其它物质包裹而有所提高；溶解态有机碳的 MAC 值与典型的污染地区差异不大，反映了较强的吸光能力（图 3.2.6）。研究发现溶解态有机碳的 MAC 值具有夏季降低和冬季升高的特征，这一变化趋势刚好与太阳辐射的变化呈现明显的相反的变化特征，表明由于太阳辐射的增加，大气中溶解态有机碳由于吸光的官能团的老化而导致其吸光能力的降低（图 3.2.7）。因此，在碳质气溶胶的大气辐射模型的研究中，不仅要考虑溶解态有机碳的贡献，更要考虑到其季节变化特征。研究还表明，溶解态有机碳的吸光能力大约为黑碳的 10% 左右，也是一个重要的吸光因子。

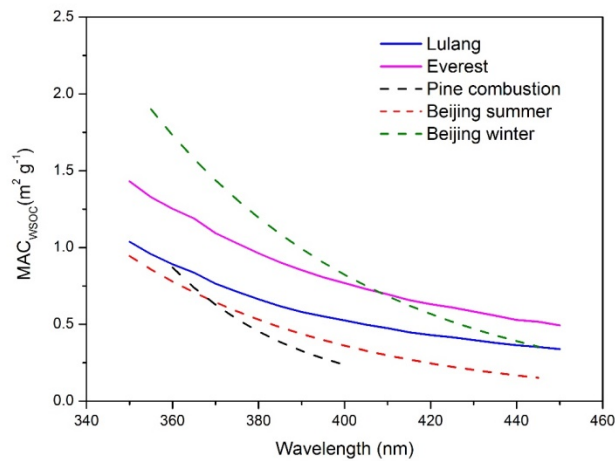


图 3.2.6 珠峰站气溶胶的溶解态有机碳的吸光能力与其它地区的对比

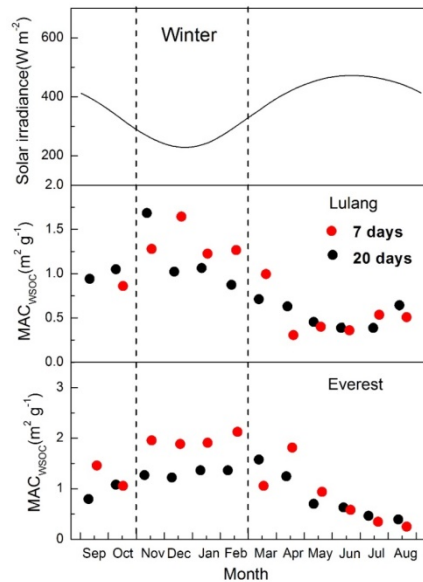


图 3.2.7 珠峰站气溶胶溶解态有机碳吸光能力的季节变化与太阳辐射的反相关特征

3. 冰川/湖泊观测研究

➤ 天山冰川站

在山地冰川动力过程、机理与模拟方面取得进展：在冰川动力学模拟阶段性结论基础上，提出四大关键控制因素，即 1) 冰川变化总体取决于冰川物质平衡；2) 顶部高度决定冰川存在时间，末端高度决定其变化率；3) 冰川底部地形和现存冰量分布是决定冰川未来变化过程的主要参数；4) 冰川形态与冰川变化有显著关系。该研究为掌握未来冰川变化普遍规律奠定了基础。

新疆西昆仑山冰川跃动机理及中巴经济走廊地区冰川灾害研究：2015 年春季，位于新疆克州阿克陶县境内的公格尔九别峰北坡克拉亚依拉克冰川发生局部跃动并形成冰崩灾害，天山冰川站科研人员经过一年多的研究，取得了以下五个方面的成果：1) 揭示了该区域冰川跃动灾害发生机理和形成机制，即冰川跃动以热控机制为主，而触发其跃动的是水控机理，两种机理相互作用，产生叠加效果。随着未来气温不断升高，类似的支冰川跃动灾害将呈增大趋势，应该引起足够重视；2) 该区域冰川跃动灾害可提前预判，即冰川发生跃动的前一年，运动速度呈显著增大趋势；3) 甄别出中巴经济走廊沿线区域 14 条高风险灾害冰川，指出这些冰川极有可能在未来发生包括跃动在内的进退变化、冰融水道变迁等，从而引发冰川灾害和冰川次生灾害；4) 归纳出中巴经济走廊沿线最主要的冰冻圈灾害类型包括盖孜河冰雪洪水、冰湖溃决洪水、冰雪融水型洪水、冰川泥石流，以及冻融崩塌与雪崩、涎流冰和冻土灾害等其它冰冻圈灾害；5) 向决策部门提出建议，如加强冰川灾害和预测、预报、预警体系建设，重视做好本区域重要基础设施规划设计，做好冰川灾害发生区、活跃区灾害防控工作，增强当地人民的防灾意识和自我保护能力。

冰川变化观测的新进展：

1) 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川近期观测结果显示，1962 年到 2012 年冰川面积减小了 0.31 km^2 ，1981-2012 年冰川厚度平均减薄 0.34 m a^{-1} （图 3.3.1）。该冰川至少在未来的近十年还将持续退缩，源于对气候变暖的响应需要持续一定时间。

2) 天山奎屯河流域哈希勒根 51 号冰川近期面积、厚度和运动速度变化研究结果显示，1964-2010 年冰川面积由 1.48 km^2 缩小到 1.32 km^2 ，缩小比率为 10.8%，末端年均退缩 2.3 m a^{-1} 。相当于在 20 世纪 80 年代到 2010 年储量损失了 30%（图 3.3.2）。持续的冰川退缩主要归因于局地的气温显著升高，这对流域水资源必将起到非常重要的影响。

3) 天山博格达峰地区冰川面积快速缩小和储量损失，直接造成我国干旱区及周围水资源匮乏问题。分析发现 1962-2009 年扇形分流冰川减薄 $14 \pm 8 \text{ m}$ ($0.30 \pm 0.17 \text{ m a}^{-1}$)，

相当于冰川储量损失 $65.5 \pm 37.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。1986-2009 年黑沟 8 号冰川冰舌减薄 $13 \pm 6 \text{ m}$ ($0.57 \pm 0.26 \text{ m a}^{-1}$)，相当于冰川储量损失 $25.5 \pm 11.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。黑沟 8 号冰川厚度减薄和退缩要强于扇形分流冰川，这种差异主要源于博格达南坡的气温升高要强于北坡。

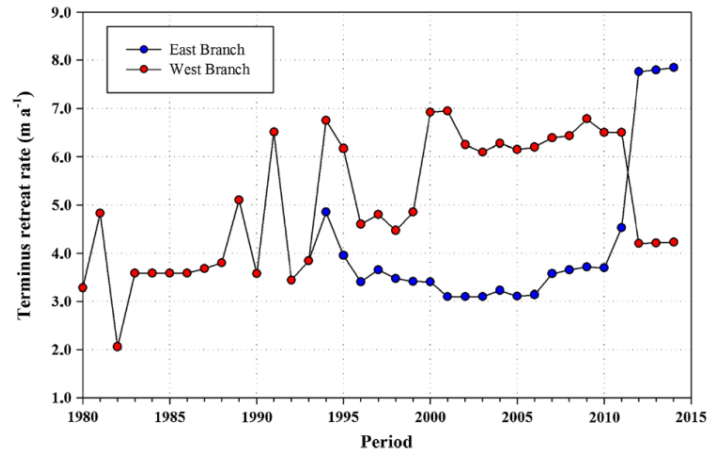


图 3.3.1 乌鲁木齐河源 1 号冰川东西支冰川末端变化

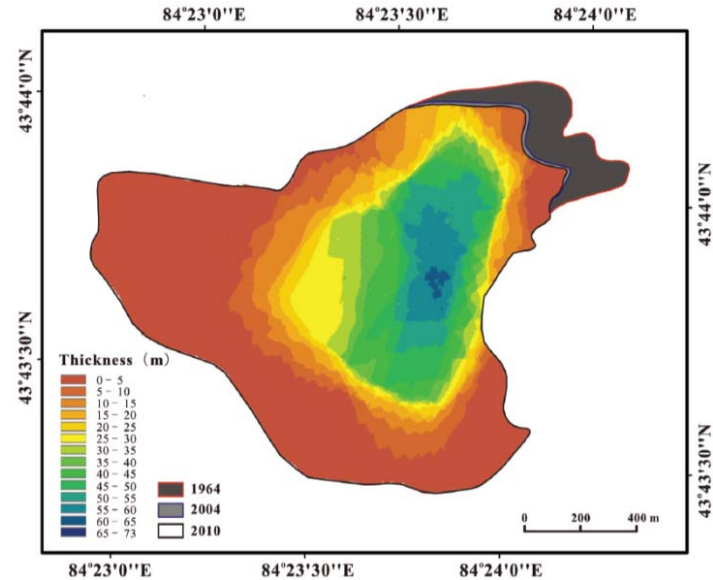


图 3.3.2 哈希勒根 51 号冰川厚度分布及末端变化

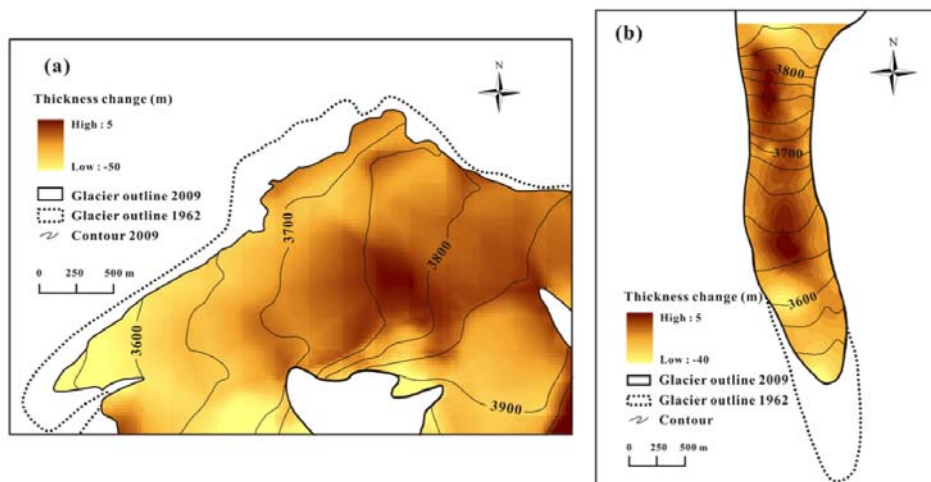


图 3.3.3 天山博格达北坡扇形分流冰川和南坡黑沟 8 号冰川变化对比

➤ 纳木错站

全球变暖背景下山地冰川消融对区域汞输出和循环的影响增强：汞是一种毒性很强、存在时间长的全球性的污染物。全球变化背景下中低纬度山地冰川加速消融，促进了径流量的增加，可能引起汞的释放并参与到下游生态系统生物地球化学循环。对青藏高原念青唐古拉山脉扎当冰川区“冰川-融水-径流”开展协同采样观测，研究发现不同环境介质中总汞含量依次为，雪坑>冰面河>下游断面河水>冰川末端>上游断面河水。不同环境介质中均以颗粒汞为主，是影响汞分布的主要因素。冰川补给径流量具有显著的日变化特征，受其影响，融水中总汞含量也具有显著的日变化。从冰川末端融水到下游河水，水体中总汞含量峰值依次出现，并与冰川径流流量峰值相对应，体现了冰川消融对流域汞输出的控制和影响（图 3.3.4）。基于冰川物质平衡、冰川融水径流量以及总汞含量，估算了扎当冰川潜在释汞量（ 8.76 g yr^{-1} ）以及冰川补给径流曲嘎切的年总汞输出量（ 157.85 g yr^{-1} ），该结果远小于北极及亚北极地区冰川作用区河流汞传输量，主要是曲嘎切流域面积很小；但特别需要注意的是，曲嘎切流域径流汞输出通量（ $2.74 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ ）高于北极地区（图 3.3.5），表明山地冰川对区域汞输出和循环的影响更为突出。

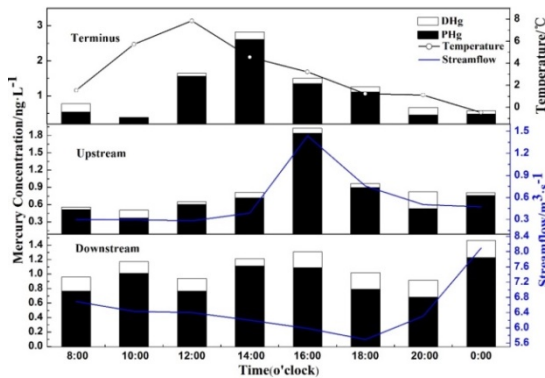


图 3.3.4 冰川径流汞传输过程

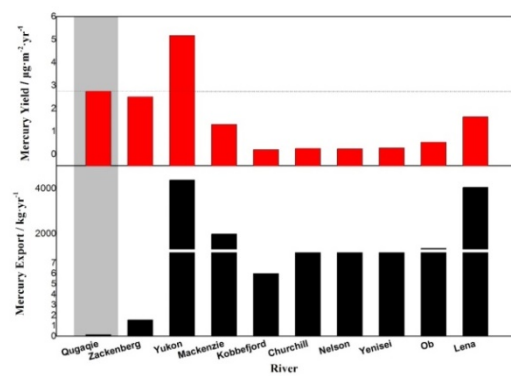


图 3.3.5 曲嘎切河汞输出总量以及通量

➤ 祁连山站

青藏高原冰川热动力耦合模拟研究：采用自主研发的二维高阶冰川热动力耦合模型，通过对冰川侧向拉力进行参数化敏感性试验，分析热表面边界条件、底部滑动与应变热影响等过程，对较大型冰川（老虎沟 12 号冰川）过去 50 多年的热动力过程进行了模拟。在稳态情况下，可以较好的模拟冰川速度场和钻孔温度曲线，模拟的钻孔温度曲线非常接近实测值。

青藏高原冰尘溶解性有机质的化学特征研究：青藏高原是亚洲众多内陆河的发源地，对青藏高原老虎沟冰川和唐古拉冰川消融区冰尘中的溶解性有机物（DOM）的化学组成和来源进行了分析，结果表明冰尘中的 DOM 在 300-350nm 处有吸收峰，与微生物产

生的类菌孢素氨基酸物质的特征吸收峰一致；三维荧光光谱图进一步证实冰尘中的 DOM 主要组分是类蛋白质物质；接近 1/3 的 DOM 分子具有比较低的 C/N (≤ 20)，表明冰尘中的 DOM 生物可利用性很高。对中国西部冰川一次冰尘形成过程中产生的 DOC 进行了粗略估算，结果表明每次冰尘形成过程可以产生 0.23 ± 0.1 Gg 的 DOC。这部分 DOC 不仅可以吸收太阳辐射加速冰川消融，而且可以为冰川前沿和下游生态系统提供生物可利用的 DOC。

➤ 玉龙雪山站

白水1号冰川物质平衡特征分析：2008-2013年玉龙雪山规模最大的白水1号冰川物质平衡最大值仅为-907 mm w.e.，最小值则达到-1872 mm w.e.。2008年冰川平衡线高度为4972 m，2009-2013年白水1号冰川积累区近乎消失。白水1号冰川目前处于负平衡状态，2008-2013 年平均物质平衡量为-1394 mm w.e，累积物质平衡量达到-6972 mm w.e.，相当于整条冰川减薄7.8 m。在绝对量上，白水1号冰川年物质亏损量位于中国已有报道冰川的前列。受气温上升的影响，白水1号冰川夏季冰雪积累量较小，其积累期主要集中于10月至次年5月，6-9月为强消融期，属冬春季积累型冰川。

➤ 慕士塔格站

冰芯污化层记录恢复的慕士塔格地区过去 100 年来大气粉尘变化特征：研究发现污化层等级和污化层厚度比率两个指标与该冰芯 Ca^{2+} 离子具有较好的一致性（图 3.3.6），说明其可以作为陆源粉尘的良好指标，为快速获取冰芯大气环境特征提供了新手段。污化层比率与中亚粉尘源区和青藏高原北缘粉尘源区的现代沙尘观测记录具有较好的一致性，说明其能够反映近期沙尘事件的变化趋势，冰芯粉尘可能来源于两个源区的共同输入。该地区沙尘天气在 1900~2010 年间的发生频率呈现逐渐减少的趋势，其原因可能与粉尘源区因降水增多而引起的沙尘事件减少、西风增强引起的局地降水增多，以及青藏高原地面风速减少等方面因素共同作用有关。

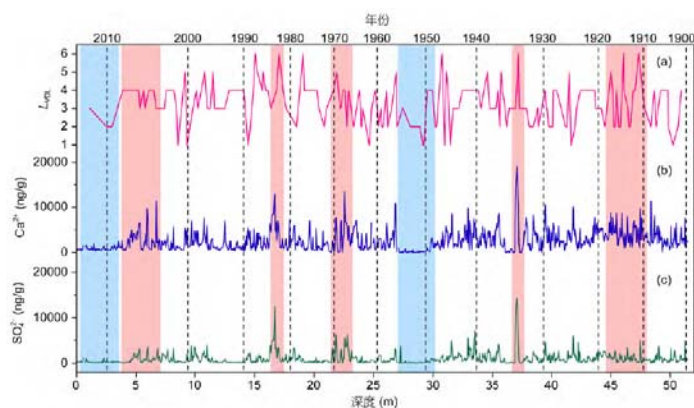


图3.3.6 扩扩色勒冰芯污化层强度(a)、 Ca^{2+} (b)和 SO_4^{2-} (c)浓度随深度的变化

卡拉库里湖泊沉积物叶蜡氢稳定同位素重建的该地区过去千年来的温度变化：利用过去 479 年慕士塔格山扩扩色勒冰芯氢稳定同位素 (δD) 和卡拉库里湖沉积物叶蜡正构烷烃氢稳定同位素 ($\delta Dwax$) 对比的方法探讨湖芯 $\delta Dwax$ 的气候指示意义, 并利用 $\delta Dwax$ 恢复了该地区过去千年来温度变化趋势。喀拉库里湖芯中 $n-C_{29}$ 和 $n-C_{31}$ 烷烃主要来源于陆生植物, 其氢最终源于降水, 而扩扩色勒冰芯 δD 是湖区大气降水氢同位素的直接体现。喀拉库里湖芯 δDC_{29} 与扩扩色勒冰芯 δD 的 50 年平均值变化也较为一致 (图 3.3.7b), 具体表现为 1500-1700AD 的阶段性降低、1900AD 以来的阶段性升高和 1700-1900AD 的低值状态。线性相关分析 (图 3.3.7c) 也显示两者的 50 年平均值具有较好相关性。对比扩扩色勒冰芯 δD 与插值后的喀拉库里湖芯 δDC_{29} 的 11 点滑动平均值变化 (图 3.3.7d) 发现两者总体变化趋势一致, 在约 1710AD 以来表现尤为明显 (图 3.3.7d 阴影部分)。将喀拉库里湖芯 $\delta Dwax$ 进行 Z-Score 标准化处理, 选取 $\delta Dwax$ 值大于 0 的时段代表暖期、值小于 0 的时段代表冷期对慕士塔格地区过去 1212 年的温度变化进行重建, 结果如图 3.3.8 所示, 慕士塔格地区过去 1212 年里存在中世纪暖期和小冰期, 分别为 1000-1110AD 和 1600-1940AD。中世纪暖期为过去 1212 年里最暖时期, 但小冰期不是最冷时期, 800-1000AD 冷期的寒冷程度明显高于小冰期。

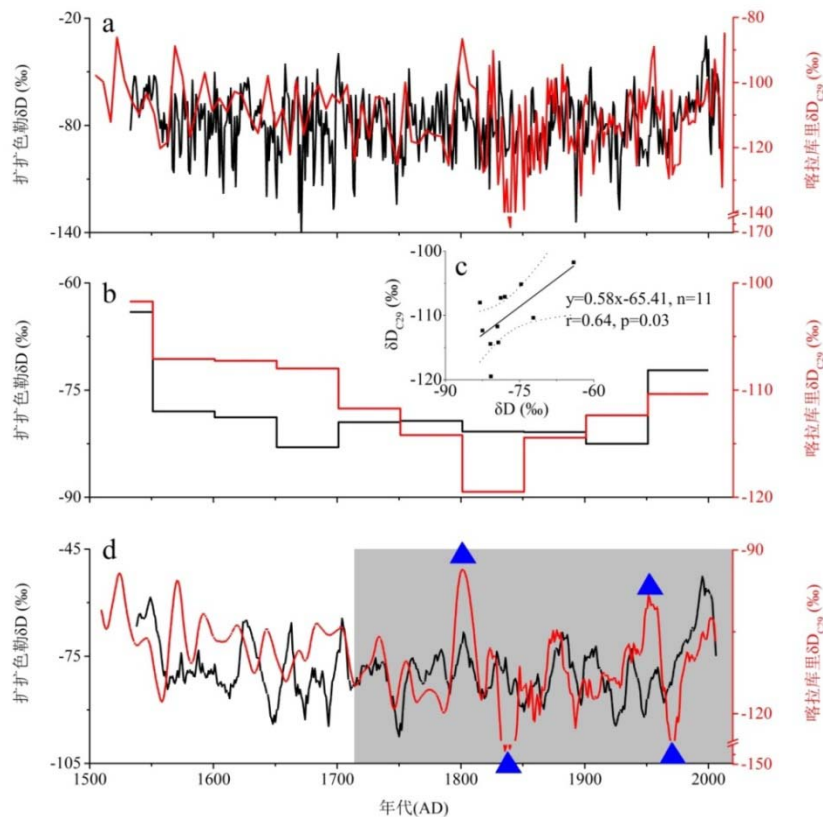


图 3.3.8 喀拉库里湖芯 δDC_{29} 与扩扩色勒冰芯 δD 时间变化序列 (a), 两者 50 年平均值变化序列 (b) 及线性关系 (c), 两者 11 点滑动平均值变化序列 (d, 其中湖芯 δDC_{29} 为线性内插值)

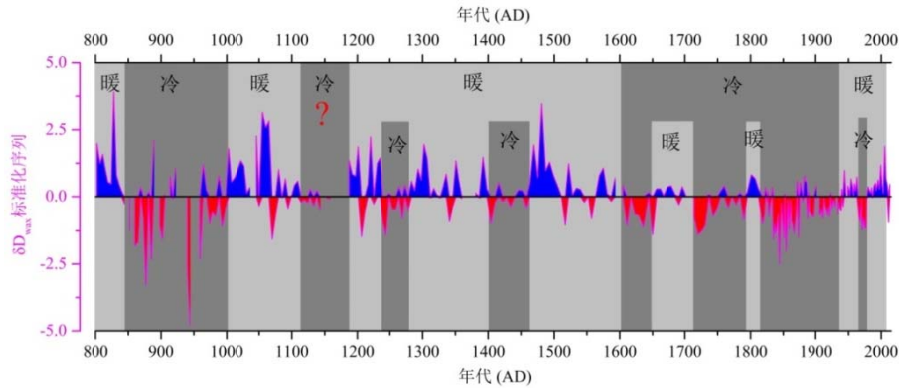


图 3.3.8 喀拉库里湖芯 δD_{wax} Z-Score 标准化序列（浅灰色和深灰色矩形条分别代表冷、暖期）

➤ 藏东南站

冰湖沉积记录的全新世以来冰川活动：藏东南地区是中国季风温冰川分布中心区之一，该地区冰川正经历剧烈退缩。对雅鲁藏布江重要支流帕隆藏布源头的来古上湖开展研究，利用 ^{14}C 测年手段确定年代框架，对来古上湖 3.82m 的湖芯进行了 XRF、粒度、IC 分析，利用磁化率、Sr 元素 CPS 作为流域冰川活动变化代用指标，重建了来古湖流域 8 ka 以来冰川活动变化并分析了冰川变化的原因。结果发现 4.3-2.2 ka，流域出现明显的冰川前进，2.2-1.6 ka 具有显著的冰川后退。1.6 ka 至全球变暖前，冰川活动再次处于活跃阶段。通过与气候记录对比，认为藏东南地区长时间尺度冰川活动变化受控于北半球温度变化与夏季太阳辐射变化，与印度季风的变化周期不对应（图 3.3.9）。但是，近 1000 年来藏东南地区冰川活动变化与季风降水变化更一致，与北半球温度变化存在一定差异，这表明温度并不是藏东南地区冰川活动唯一控制因素。

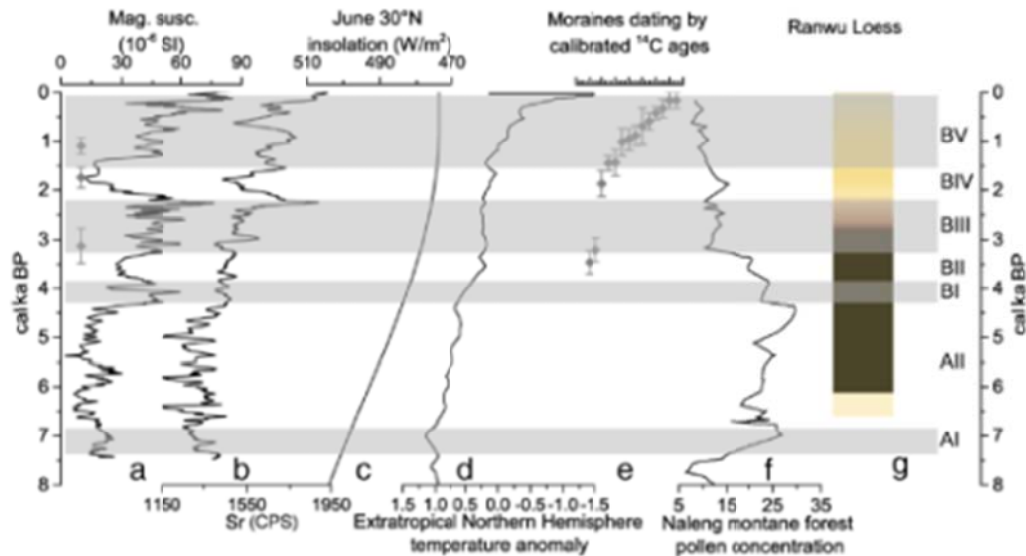


图 3.3.9 来古冰湖沉积反映的 8000 年以来冰川活动及其与温度和季风活动关系

4. 植被生态系统研究

➤ 拉萨站（地理所）

高寒草地对全球变化的响应及其机理研究：1) 通过解析高寒草地多年连续的碳通量观测数据，发现高寒草地生态系统碳通量的年际变异更大程度上受生物因子的驱动，尤其是在长时间尺度上（图 3.4.1）；2) 通过在藏北草地两年连续的物候观测，发现温度升高增加了藏北高寒草甸植物繁殖时间生态位重叠（图 3.4.2），在未来更热更干的生长季，青藏高原高寒草甸系统的植物物候格局可能会被重塑；3) 当雄三个海拔高寒草甸的增温试验的研究表明，水分条件调控着高寒生态系统碳循环对气候变暖的响应。由于增温导致了土壤干旱，进而削弱了增温对土壤呼吸的正效应。因此，暖干化的气候变化可能会减少高寒草甸生产力和抑制土壤呼吸；4) 基于当雄氮添加梯度试验，利用植物群落盖度和生物量的变化估算了高寒草甸的临界负荷和饱和阈值 $8.8-12.7$ 和 $50 \text{ kg N ha}^{-1}\text{year}^{-1}$ 。目前在青藏高原东部区域，大气氮沉降已经对高寒生态系统产生显著影响。如果采取氮添加来恢复退化草地或是增加生产力，最大氮添加剂量不应超过饱和阈值。基于当雄氮添加与模拟放牧的试验平台的研究发现，氮添加最初两年会显著促进生态系统碳排放和植物生产，但随着施氮时间的增长促进作用逐渐降低。主要原因是氮添加导致的土壤 pH 降低会通过影响生态系统生产，而调控模拟放牧和氮添加对生态系统碳排放的影响。

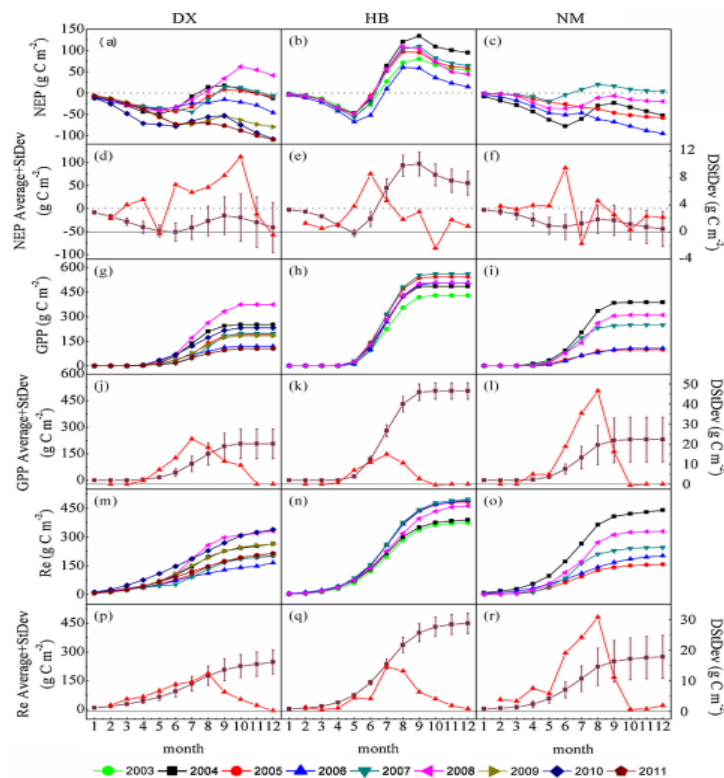


图 3.4.1 生态系统碳通量的年际变化

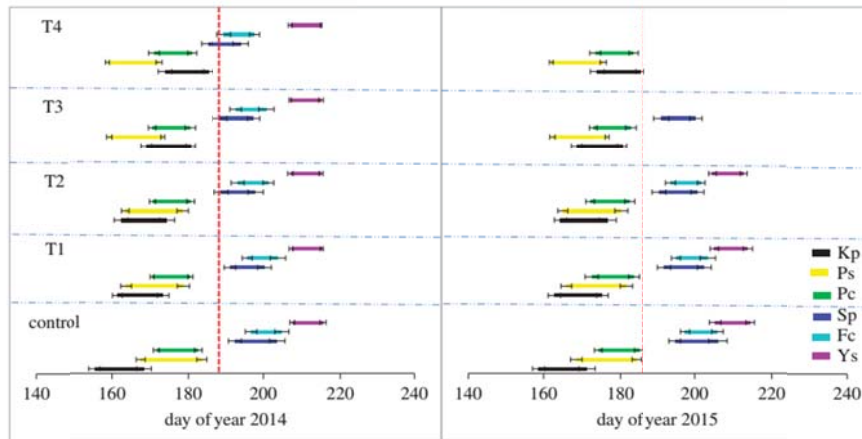


图 3.4.2 不同功能型植物花期时间生态位重叠

高寒草地生产力形成的影响因素及其机制：依托横贯藏北高原腹地的羌塘高寒草地样带，在高寒草甸、草原和荒漠草原 3 地带性类型区设置 18 对围栏 vs. 放牧平行观测样地，通过辨识高寒草地生态系统结构、功能及其关系对气候梯度的响应特征，结果发现 1) 高寒草地植物群落的构建与维持很可能与物种的定殖策略和对极端生境的适应策略或功能性状相关；2) 在藏北高寒草地样带尺度上，高寒草地群落的降水利用效率受到气候条件和群落功能性状的双重制约（调控作用）；3) 降水利用效率和地上部分净初级生产力随气候梯度在藏北高原呈现非线性增高趋势；4) 降水梯度带上紫花针茅叶片具有较高的叶氮水平和氮回收效率（NRE），显著高于中国和全球草地植物平均水平，同时干旱端（西部）绿叶中氮含量明显高于湿润端（东部）。

国家生态工程对高寒草地的影响评估：1) 通过历史资料收集、文献数据挖掘与同化、野外调查等多种方式构建了退牧还草工程的固碳计量参数数据库，在区域尺度评估了我国北方草地退牧还草工程的固碳量和固碳速率。研究表明，在我国围栏禁牧是一种有效草地恢复手段。当禁牧持续时间小于 5 年时，短期内围栏禁牧对生物多样性表现为正效应，但超过 5 年的禁牧显著降低群落生物多样性。2) 未来的研究应重视研究短期围栏封育对高寒草地生态过程影响机制，且重视草地群落内部调控（响应）过程的非线性特征辨识、评估自然和人文因素及其交互作用对高寒草地生态过程的相对影响，应走出“相关”或“线性”的模式，理应从“因果”和“复杂”模型的角度进行深度剖析。

➤ 海北站

青藏高原高寒灌丛二氧化碳十年季节与年季通量变化：2003-2012 年高寒灌丛 10 年的连续 CO_2 通量观测数据结果显示高寒灌丛是大气 CO_2 汇，其 NEE 为 $-74.4 \pm 12.7 \text{ g C m}^{-2} \text{ year}^{-1}$, Mean $\pm$ S.E., 年平均总初级生产力和年平均生态系统呼吸通量分别为 511.8 ± 11.3 和 $437.4 \pm 17.8 \text{ g C m}^{-2} \text{ year}^{-1}$, Mean $\pm$ S.E.。分类回归树分析显示总的生长季天数是

影响 NEE 和 GPP 变化的主要因素，同时叶面积指数的决定因素。研究推测生长季延长和暖冬现象将会增强高寒灌丛碳汇能力（图 3.4.3）。

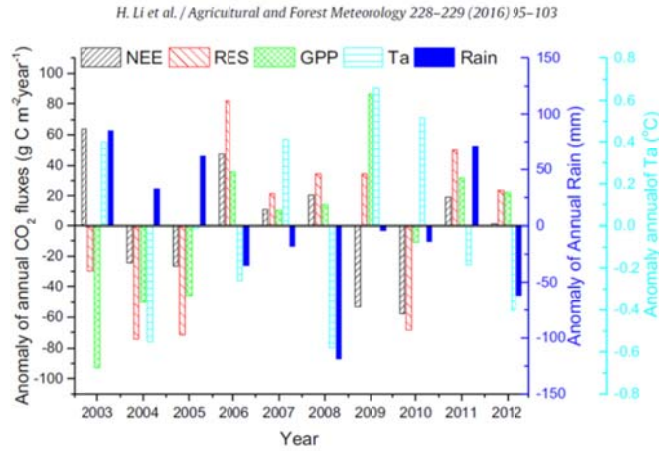


图 3.4.3 高寒灌丛二氧化碳十年变化

青藏高原高寒草甸土壤呼吸对于氮添加的响应：4 年的研究表明，氮添加在第一年显著促进了土壤呼吸，第四年则显著抑制土壤呼吸；磷添加在前两年对土壤呼吸无显著影响，但在后两年显著促进了土壤呼吸。氮添加和磷添加对土壤呼吸的影响截然相反，主要是由于土壤呼吸的两个组分，即自养呼吸和异养呼吸对养分添加的响应不同引起的（图 3.4.4）。氮添加主要通过抑制异养呼吸继而降低了土壤呼吸，而磷添加主要通过增加自养呼吸而促进了土壤呼吸。

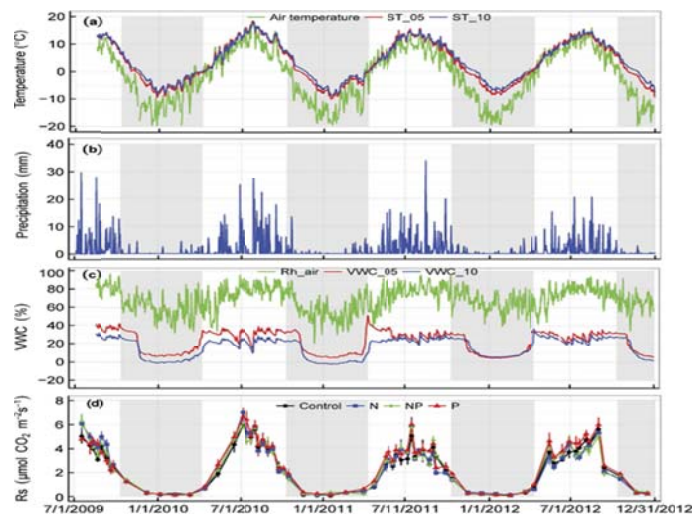


图 3.4.4 高寒草甸土壤呼吸对于氮添加的响应

退化高寒草甸生物土壤结皮演变对种子植物萌发的影响：生物结皮是高寒草甸生态系统的重要组成部分，其成分与高寒草甸退化演替序列密切相关。随着高寒草甸的退化演替，其地表土壤生物结皮从外貌形态上可分为藓类、黑斑、菌斑和地衣四类。其物种更替表现为苔藓→苔藓+蓝藻+地衣→蓝藻+地衣→衣结皮的变化趋势。其对应所处的

植物优势种群分别为禾草+矮嵩草时期→矮嵩草时期→小嵩草草毡表层加厚期→小嵩草草毡表层开裂期。随着生物土壤结皮的演化，其硬度、盖度和厚度均呈现增加趋势，对种子植物的着床和萌发产生阻滞作用（图 3.4.5）。采用人工措施对土壤生物结皮进行破碎、剔除，可显著提高种子植物的萌发速率和萌发率。

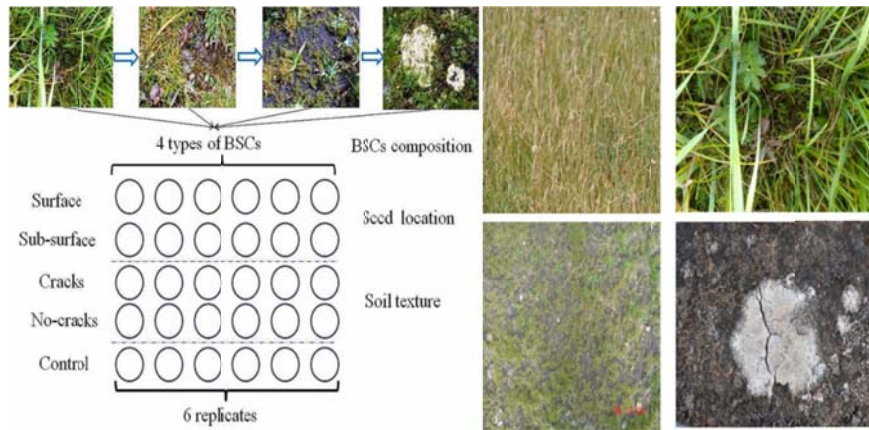


图 3.4.5 高寒草甸生物土壤结皮演变对种子植物萌发的影响

高寒湿地温室气体通量对水位降低和氮添加的分子机理响应：通过三年的实验发现水位降低导致 CH_4 排放降低，但对生态系统净 CO_2 交换量和 N_2O 通量无显著影响；氮沉降增加了生态系统净 CO_2 吸收和 N_2O 排放，但对 CH_4 排放没有显著影响；综合三种温室气体来看，水位降低和氮沉降均降低了高寒湿地温室气体排放的全球变暖潜势。宏基因组学分析表明，水位降低处理下， CH_4 产生潜势的降低而不是 CH_4 氧化潜势的增加，是导致净 CH_4 排放减少的原因；硝化潜势的降低和反硝化潜势的增加共同影响了 N_2O 通量的变化（图 3.4.6）。该研究结果强调了微生物机制在调控生态系统尺度上温室气体对环境变化响应方面的重要性。

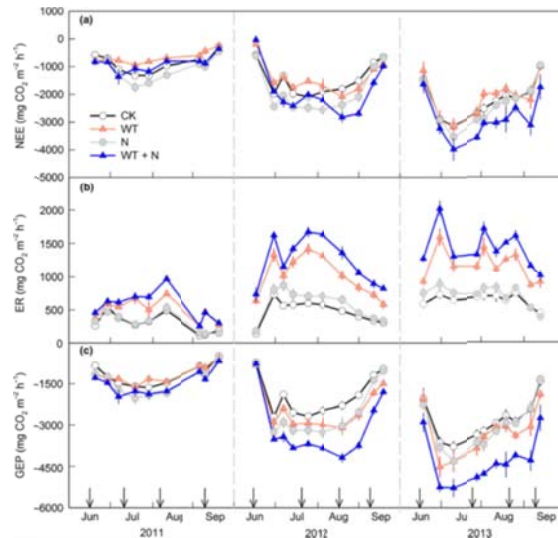


图 3.4.6 高寒湿地温室气体通量

➤ 藏东南站

种间关系调控青藏高原树线的上升速率：树线作为直立树木分布的海拔上限或纬度北界，被视为森林生态系统响应全球变化的敏感生态指标。青藏高原拥有北半球海拔最高的高山树线，受人类活动干扰较少，是探讨气候和非气候因素对树线变化影响的理想区域。通过建立青藏高原云、冷杉树线样地网络，调查了过去 100 年来 14 个固定样地（30m×150~200m）树线位置的时空变化动态，发现在气候变暖背景下，树线位置倾向于向更高海拔爬升，但爬升速率受到树线之上高山灌丛或草本植物盖度和高度的调控。因此，采用“植被厚度（或体积）指数”（树线之上植被高度×盖度）可以定量模拟树线位置的变化（图 3.4.7）。模拟结果显示，植被厚度指数可解释 69% 的树线变化。当植被厚度指数 < 0.64 时，树线之上植被群落可提供有利的更新微环境，从而有利于树线爬升；植被厚度指数 > 0.64 时，种间竞争则会抑制树线的爬升。尽管不同样地树线爬升幅度不同，所有树线种群密度在过去 50 年来均呈显著增加趋势。

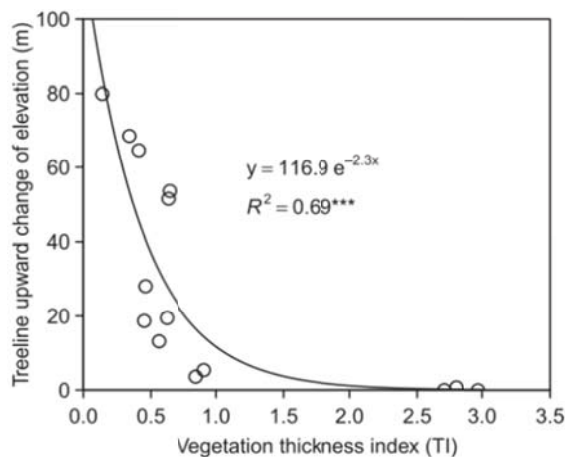


图 3.4.7 青藏高原不同样点树线位置上升幅度与植被厚度指数（TI）之间的关系

➤ 青海湖站

基于小波变换的卧龙国家级自然保护区植被时空变化分析：卧龙国家级自然保护区是中国大熊猫的重要栖息地，栖息地的植被对大熊猫的生存有着重要的影响。以 MODIS 500 米空间分辨率，16 天合成的 NDVI 数据为数据源，对受到 2008 年 5 月 12 日汶川地震严重影响的卧龙国家级自然保护区内 2003 年至 2012 年的植被动态变化进行时空分析。通过小波变换方法提取卧龙国家级自然保护区植被地震前后的变化信息，并结合趋势-季节模型和时间序列异常点检测算法定位植被突变情况发生的时间点。直观地统计出地震以及地震次生灾害等极端现象对该地区植被的破坏程度，明确了该地区植被指数极值变化发生的时间，并发现在大熊猫最适宜栖息的区域（2600-2800 米）植被震后恢复情况不理想，需要加强关注并采取适当的保护措施。

➤ 申扎站

青藏高原区域尺度的植被指数与气候因子的关系分析：利用 MODIS 数据、台站降雨和温度数据，在站点尺度以及高原气候区划的尺度对植被指数和气候因子的关系进行分析。结果表明，年均降雨，特别是生长季降雨是控制不同尺度植被状况的最关键因子。通过环境因子与地上生物量的分布状况研究，利用分类回归树确立影响地上生物量空间分布的主要因子为土壤有机质、年均降雨、空间要素经纬度等。

高寒草原生物量与环境因子的关系分析：通过对高寒草原东西样带地上生物量、地下生物量以及根冠比与环境因子的回归分析以及空间排序分析表明，高寒草原生物量主要受到降水量的影响。东部（较湿润区）生物量明显高于西部（干旱区）的生物量。高寒草原地上和地下生物量及根冠比随降水量分布，高寒草原生物量根冠比高于高寒草甸和温带草原，高寒草原生物量分配不符合等比假说，而是符合异速假说，降水量相对于温度和营养元素对高寒草原生物量的影响更大。

高寒草地温室气体排放与气候变化之间的反馈：利用室内培养实验研究排泄物对温室气体排放影响，利用原位开顶式生长室研究短期气候变暖对土壤呼吸的影响，结果表明在低土壤含水量时，牦牛和藏绵羊粪便添加均能显著促进 N_2O 排放，但在高土壤含水量时，牦牛粪便可大幅度促使深度反硝化的进行而使得更多 N_2O 被进一步还原为 N_2 ；牦牛粪便施加显著增加 CH_4 和 CO_2 排放，藏绵羊粪便施加可显著提高 CO_2 排放；粪便添加显著增强三种温室气体（ N_2O 、 CH_4 和 CO_2 ）的总全球增温潜势；短期增温会使高寒草原土壤呼吸产生脉冲效应，造成生长季土壤呼吸增加 80% 以上。

➤ 三江源站

高寒草甸生物量维持机制：对青海省海南藏族自治州贵德县的拉脊山和果洛藏族自治州的玛沁县军牧场山体植物高度、盖度、地上生物量和物种多样性随海拔高度的变化进行调查和统计分析，结果表明：1）两条山体样带上地上生物量与物种多样性随海拔的变化规律一致，物种丰富度随海拔高度的变化均呈单峰曲线，说明随着海拔的升高物种多样性先升高后降低可能是青藏高原物种多样性分布的普遍规律；2）地上生物量与物种多样性的关系在两条山体样带上表现一致，地上生物量与 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数不相关，而随物种丰富度的升高线性增加，地上生物量与物种丰富度呈 S 型曲线（logistic model）。

物种丰度和根/茎比是土壤碳库的主要控制因子：利用稳定同位素 ^{13}C 标记的方法示踪 ^{13}C 在植物-土壤系统中的转移与分配，研究碳素分配对高寒草甸（原生草地，冬季放牧）、人工披碱草草地（多年生草地）、燕麦地（一年生草地）等三种土地利用方式的响

应, 结果发现标记 ^{13}C 32 天后原生草地, 多年生草地和一年生草地通过地上呼吸分别损失了 32%, 23% 和 43% 的 ^{13}C , 分别有 43%, 34% 和 22% ^{13}C 进入地下碳库。地下碳库中的一半通过土壤呼吸损失。原生草地, 多年生草地和一年生草地中同化碳的平均存留时间分别为 67, 118 和 43 天。说明在高海拔草地生态系统, 物种丰度和根/茎比是土壤碳库的主要控制因子。在青藏高原将原生草地转变为单一栽培作物可能会使土壤有机碳快速流失而使土壤状况恶化, 土地利用方式转变后碳转移下降的主要原因是物种丰度和根/茎比的变化。

土地利用改变了青海湖流域草地有机碳和无机碳的比例, 但并没有改变总碳的储量: 20 世纪中期, 青海湖流域的高寒草地被大面积开垦为农田。21 世纪初, 随着“退耕还林还草”工程的大规模实施, 该地区 65.4% 的农田又被退还为草地。土地利用方式的变化彻底转换了生态系统的植被类型, 改变了土壤的基本理化性质, 最终将不可避免地影响土壤碳库的储量和分布形式。选取环青海湖地区的高寒草原生态系统, 包括高寒天然草地、退耕恢复草地及其临近的耕地为研究对象, 发现在青海湖流域, 土壤有机碳和无机碳储量在不同土地利用方式下具有互补的关系, 无机碳是恢复草地和耕地土壤碳库的重要组成部分。同时, 回归分析表明通过影响 CO_2 在植物-土壤间的循环, 土壤理化性质和植被生物量均会显著影响不同土地利用方式下土壤碳的分布形式和转化过程。

环青海湖地区天然草地和退耕恢复草地植物群落生物量对氮、磷添加的响应: 以青藏高原环青海湖地区的高寒草原为研究对象, 发现 N、P 添加显著增加了天然草地禾草的生物量, 退耕恢复草地禾草和杂类草的生物量对 N 添加均有一致的正响应, 从而促使地上总生物量显著增加 174%, 群落地上和地下总生物量显著增加 34%, 而 P 添加对恢复草地生物量各项参数均无显著影响。环湖地区高寒草原植物生长主要受 N 供应的限制, P 的限制作用随土地利用方式的转变和群落演替阶段的不同而变化。相比天然草地, 恢复草地在现阶段植被初级生产力受 N 的限制作用更强烈, 土壤中可利用 N 含量是限制其植被自然恢复和重建的关键因子。

具有较高物种多样性和生产力的多年生人工群落具有较强的碳汇功能恢复潜力, 但恢复需要时间约 100 多年: 过去十多年, 退耕还草广泛开展以消减开垦的影响, 为定量退耕还草对生态系统水平碳分配和周转速率的效应, 在青藏高原青海湖周边农牧交错带的天然草地和退耕还草地开展了原位 ^{13}C 脉冲标记实验。发现天然草地和退耕还草地所有涉及碳库的储量存在显著差异, 且退耕还草地具有较高的碳同化速率。退耕还草地的

土壤有机碳固定速率显著高于天然草地，是草地恢复和碳固定有效措施。但是，将土壤有机碳储量从当前的耕地水平恢复到近似天然草地的水平需要超过 100 年(119.19 ± 20.26 yr) 的时间。

➤ 若尔盖站（成都生物所）

不同深度泥炭对环境变化的响应及深层古碳对响应的贡献：由于气候变化和人为干扰作用，使得若尔盖泥炭地发生了严重的退化，其中温度升高和水位降低形成有氧环境是退化的两个重要表现。在若尔盖典型泥炭地取不同深度泥炭（0-100cm，每 10cm 为一个深度）分别培养在低温厌氧、低温有氧、增温厌氧、增温有氧 4 种状态下，通过测定碳的释放量及土壤理化性质的变化，发现增温有氧使土壤碳释放有很大的增加，碳释放的变化随着深度增加有很大的差异性，这可能是不同深度泥炭碳种类的差异引起，特别是不同深度泥炭中微生物和酶分布的差异所导致。按照深度将泥炭分为新碳（0-20 cm）和古碳（21-100 cm），实验发现古碳对整个泥炭碳释放有很大的贡献（CO₂: 74.2%; DOC: 60.7%）。

花湖温室气体排放的时空格局分析：花湖是若尔盖高原的典型浅水位泥炭沼泽湖泊，通过在生长季对湖面甲烷（CH₄）在水-大气界面的连续观测，发现 CH₄ 的排放高于绝大部分温带湖泊的排放，导致其高排放的原因包括周边泥炭地提供的大量有机质，极低的地表水位，以及高原低气压，其中低气压作为高原湖泊 CH₄ 排放重要驱动力的观点系首次被提出。

➤ 若尔盖站（西北院（筹））

高寒草地生态系统碳收支及控制因素：利用若尔盖高原湿地生态系统研究站的涡动相关观测数据分析了青藏高原东部玛曲高寒草地生态系统碳收支的季节变化和年际变化特征及其主要控制因子。研究结果表明气温和光合有效辐射是影响生态系统总初级生产力（GPP）变化的关键因子（图 3.4.8），土壤温度和土壤含水量是控制生态系统呼吸（Reco）变化的主要因子（图 3.4.9）。除环境因素外，植被光合作用也是影响 Reco 的主要因素。温度敏感性系数（Q₁₀）随着土壤含水量的增加而增大。根据全年累积的生态系统净交换量（NEE），玛曲高寒草地生态系统是中等程度的碳汇（图 3.4.10），与青藏高原其它地区的高寒草地生态系统相比，具有更大的碳吸收潜力。年降水量是控制 NEE 年际变化的主要因子。与年降水量相比，气温和生长季的长度对 GPP 年际变化有着更重要的影响。

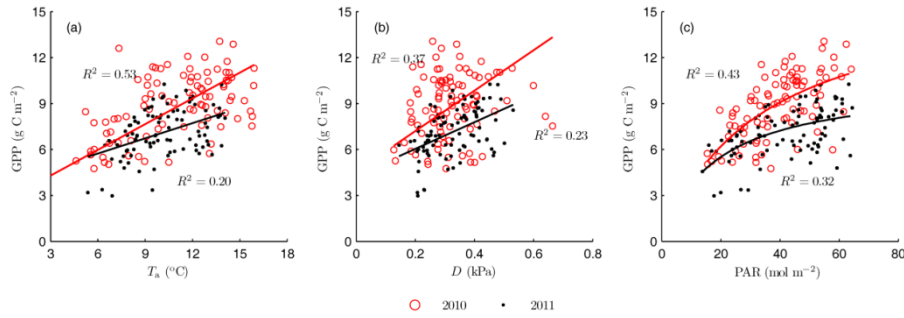


图 3.4.8 总初级生产力(GPP)对气温(T_s)、饱和水汽压(D)和光合有效辐射(PAR)的响应

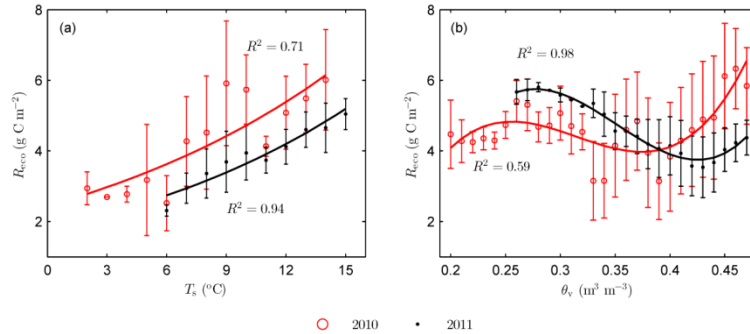


图 3.4.9 夜间生态系统呼吸(Reco)对土壤温度(T_s)和土壤含水量(θ_v)变化的响应

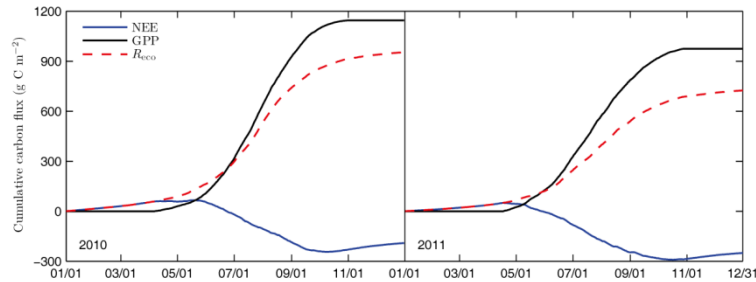


图 3.4.10 年累积的生态系统净交换量(NEE)、总初级生产力(GPP)和生态系统呼吸(Reco)

➤ 那曲站（青藏所）

气候变化对主要植物物候的影响：1) 基于山体垂直带双向移栽试验的三年观测数据研究发现，短期增温会显著的降低早花植物功能群的盖度，提高中花植物功能群的盖度，但降温的效应与增温的效应相反。短期增温显著的提前了所有物候序列初始期，延迟了枯黄期；而降温的效应与其相反。进一步分析发现，不同植物花期功能群的盖度变化与物候序列的变化存在显著的相关性。这说明温度的变化以及群落中不同植物花期功能群盖度的变化共同决定了群落物候对增温和降温的响应。2) 通过分析双向移栽实验 6 种高寒植物 6 种物候序列的长度以及在营养、繁殖和生长季不同等级物候水平上对增温和降温的响应过程，从植物生活史的角度开展物候研究发现，增温主要延长了高寒植物的开花期，进而延长了植物繁殖期和整个生长季；而降温主要缩短了高寒植物的果后营养期和枯黄期，进而缩短了营养期和整个生长季。研究结果表明，高寒植物物候的长度

对增温和降温的反应是非镜像关系，低温限制了高寒植物的繁殖期长度。3) 同时发现，相较于其它物候序列相比，结实物候对气候变化的反应相对稳定。

➤ 那曲站（地理所）

增温驱动了高寒草甸生态系统碳吸收过程的季节位移，温度升高 2°C 并没有改变生态系统生产力：通过 Open Top Chamber 增温实验，分析了高寒草地生态系统植物物候和生态系统生产力增温的响应，发现增温驱动了高寒草甸生态系统碳吸收过程的季节位移（图 3.4.11，图 3.4.,2）。在生长季初期，增温导致水分亏欠，使植物生育期推迟，从而抑制了生长季初期的生产力；而在生长季中后期，降水充沛的条件下，增温显著促进了生态系统碳吸收（图 3.4.13），从而显著提高了生长季中后期的生产力，最终增温对生态系统生产力的抑制和促进作用相互抵消，使高寒草甸生态系统生产力维持不变，这是高寒草甸生产力维持稳定的重要机制之一。

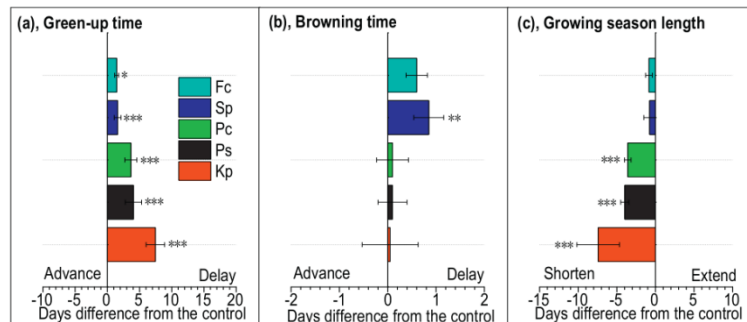


图 3.4.11 增温对植物返青、枯黄和生长季长度的影响

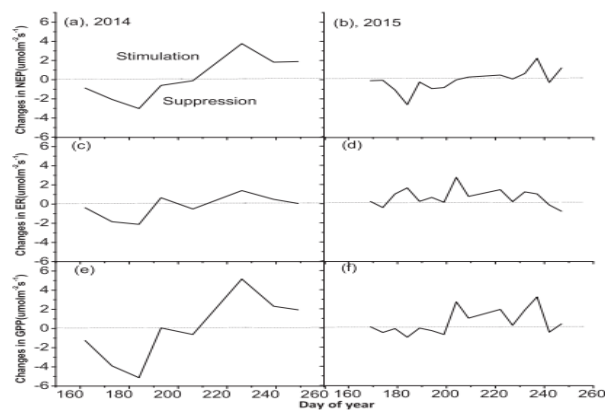


图 3.4.12 增温驱动生态系统碳通量的季节位移

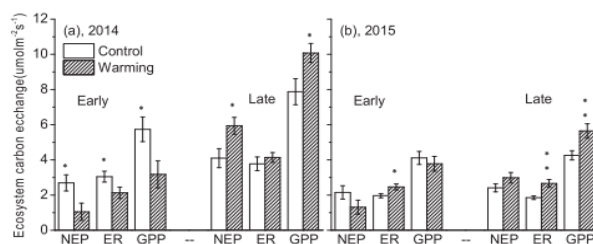


图 3.4.13 增温对生态系统碳通量的影响

5. 土壤/冻土观测研究

➤ 格尔木站

青藏高原多年冻土分布特征及冻土分布制图: 利用野外综合调查资料获得了高原面不同土壤类型的土壤参数,同时利用自动气象站观测数据结合遥感数据获得了冻土地表边界条件,并依此驱动冻土分布模型对青藏高原冻土空间分布进行了模拟。首先利用自动气象站观测地表温度和 Landsat 反演地表温度对 MODIS 地表温度(LST)产品在青藏高原多年冻土区的适用性进行评价,采用多元线性回归方法建立了遥感数据的日均温经验模型,并对青藏高原地表冻结、融化指数进行了计算;然后利用野外土壤调查数据和潜在环境因子,结合决策树方法和土壤—环境推理模型对青藏高原土壤进行分类,并根据经验公式结合土壤参数估算了每类土壤的导热系数,实现了土壤热性质的空间化;最后利用以上获得的数据驱动三个冻土分布模型对青藏高原的冻土分布进行了模拟,得到青藏高原地区冻土分布图,通过钻孔、典型区及公路剖面实际调查结果对模拟结果进行验证,新的冻土分布图都具有较高的准确率。新的冻土图显示青藏高原地区多年冻土面积约为 106 万 km²。

遥感再分析数据在中亚高海拔多年冻土区的适用性评价: 以 JRA-55 和 ERA-interim 两种再分析气温资料和气象站实测资料为基础,通过回归分析方法对海拔高度、地形和植被以及不同季节大气边界层逆温结构等的影响进行了校准处理,评价了再分析资料在青藏高原地区、蒙古国地区的适用性。经过校准的资料为开展大尺度多年冻土变化模拟工作提供了比较可靠的资料基础。目前,整理完成的再分析资料校正数据覆盖了青藏高原地区和蒙古国大部分地区,空间分辨率 1.25°×1.25°。青藏高原地区的时间序列为 1958-2013 年,蒙古国境内数据集时间序列为 1987-2006 年,均可提供逐月均值。

多年冻土区水热过程模拟方法研究: 采用理论分析和模型对青藏高原多年冻土区不同扩散率、气温和温度变化以及不同植被类型下的热轨迹回归直线斜率和截距的变化特征进行了分析。根据在相空间中气温和土壤温度之间热轨迹椭圆特征提出了一种新的定量分析方法。结果表明,该方法能够通过热轨迹回归直线斜率和截距较好的描述气温和土壤温度之间的变化规律;同时还揭示了多年冻土区不同植被类型下热轨迹变化特征。本文提出的方法大大提高了热轨迹的应用性,并能够更为全面的去分析气温和土壤温度的相互关系。

➤ 若尔盖站(西北院(筹))

青藏高原夏季土壤湿度对降水的响应: 利用欧空局(European Space Agency)最新发展的土壤湿度产品(ECV soil moisture product)研究了 1978-2013 年夏季青藏高原土

壤湿度的变化及其对降水的响应。土壤湿度与降水气候态均显示其由东南向西北减少的分布特征（图 3.5.1），土壤湿度 34 年来总体呈现增加趋势，仅在高原西部和北部部分区域呈现减少趋势，其中高原东南部增加趋势明显，与降水趋势表现不完全一致。偏相关分析表明，高原主体土壤湿度增加趋势与降水增加趋势相关性较好，表明高原主体土壤湿度随降水增加而增加。分析高原东南部土壤湿度呈现增加趋势认为可能与该区域径流显著减少有一定的关系。

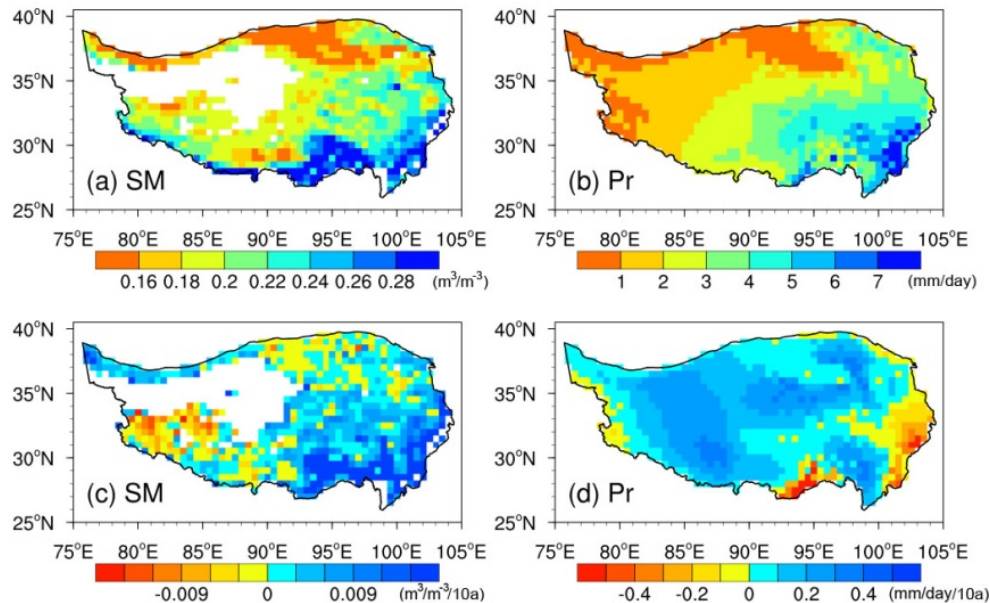


图3.5.1 青藏高原夏季土壤湿度和降水气候态及趋势分布图（1979-2013年）

a: 土壤湿度气候态; b: 降水气候态; c: 土壤湿度趋势; d: 降水趋势

近 35 年来三江源区冻土温度对气候变化的响应研究：利用三江源区 9 个气象台站近 35 年（1980-2014 年）以来的地温、气温、降水、雪深、冻深资料，分析了三江源区土壤温度变化趋势及其与区域气候变化之间的联系。结果表明近 35 年来，三江源地区冻土增温明显，大部分站点仅有浅层 0-5 cm 土壤冬季增温趋势最大，10-320 cm 土壤夏季增温趋势较大（图 3.5.2）。近 35 年来，三江源气温增温明显，增温率达到了 $0.458\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ 年（图 3.5.3），这一增温率超过了该地区近 50 年以来（ $0.32\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ 年）的增温率。降水与地温的关系较为复杂，春季降水的负反馈机制以及冬季积雪的保温作用被观测到。但是由于冻土的存在，夏季降水不但没有抑制土壤温度的增加，反而使得地温增加明显，形成一种正反馈。冻融过程对土壤的增温趋势有一定的抑制作用。三江源区土壤的增温趋势将继续增加，冻土将进一步退化。

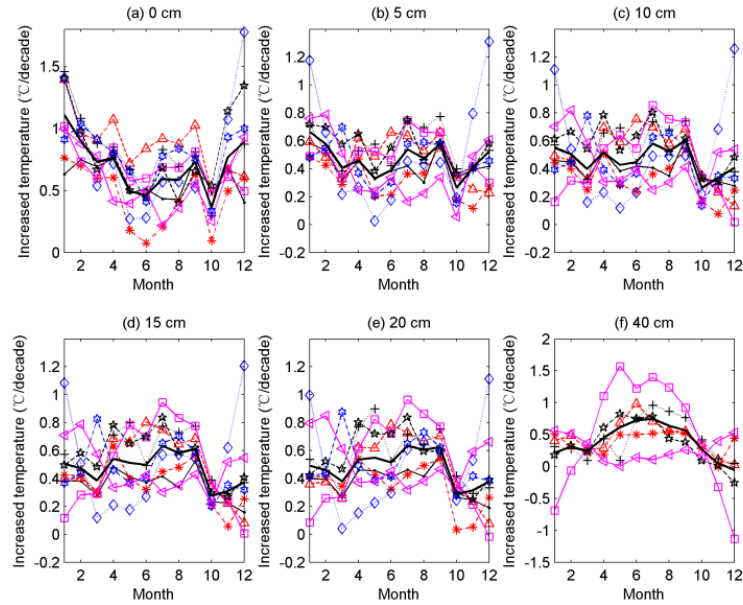


图 3.5.2 三江源区各层土壤增温率

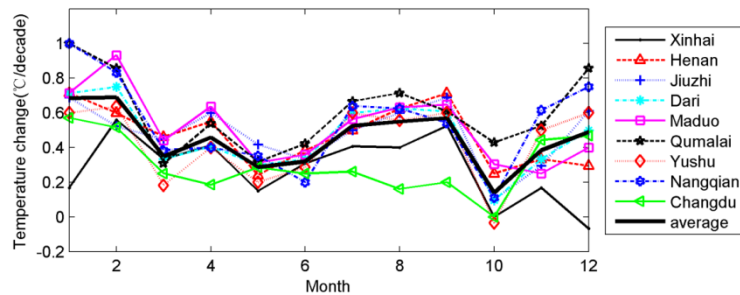


图 3.5.3 三江源区气温增温率

➤ 那曲站（青藏所）

气候变化对土壤呼吸和 CH_4 通量的影响：1) 利用 5 年的增温放牧实验进行原位土壤室内控温（5， 15， 25°C）控水（30 和 60%水增加）培养，同时开展了葡萄糖培养实验以确定土壤基质的限制。结果发现，高温升高了土壤呼吸，低的土壤湿度仅仅在高温培养时限制了土壤呼吸对温度的响应，温度敏感性并未随着培养时间的延长而降低，表明基质消耗并未影响到土壤呼吸。随着温度的升高，葡萄糖引起的呼吸升高。因此，在野外样地长期增温引起的土壤呼吸降低很可能是因为增温导致土壤含水量降低引起，而不是因为基质消耗导致。增温增加了植物根的生物量可以证明这一结论。2) 通过增温和降温设计的双向移栽实验发现增温和降温对甲烷吸收的影响依赖于植被类型，海拔高度和时间尺度。增温导致甲烷季节性吸收增加 60%，而降温使其减少 19%。土壤温度解释甲烷吸收的 11-25%，土壤湿度和无机氮含量与甲烷吸收变化关系不显著。结果表明在评价温度对甲烷吸收的影响时应该考虑增温和降温对甲烷吸收的不对称影响。

四、试验示范

➤ 拉萨站（地理所）

2016 年，拉萨站的示范推广工作主要面向西藏社会经济发展中促进农牧民持续增收这一紧迫需求，依托拉萨站 20 年来的科研成果积累，结合西藏农牧结合发展战略，以西藏自治区科学技术一等奖“西藏河谷农区草产业关键技术研究示范”为主要技术来源，针对西藏地区典型农业村、半农半牧村、城郊村的农牧资源特点和社会经济发展背景，因地制宜构建农牧结合技术体系，建立产业化经营示范平台，培养关键岗位技术人才，协助开拓区外中高端市场，建立西藏农区畜牧业产业化发展典型模式，扩宽农牧民增收渠道，服务西藏脱贫攻坚工作。主要开展工作如下：

生产管理新技术：围绕西藏草牧业发展中缺乏适宜的牧草品种、人工草地生产力水平低、饲料转化效率低等共性问题进行攻关。成功筛选出绿麦草、中兰 1 号两个优质牧草品种，其中绿麦草以其适应性广、产量高的特性，在拉萨市、日喀则地区、那曲地区推广面积已 2 万亩以上，获得示范区农牧民高度认可。本地野生牧草种质资源驯化选育也取得关键性突破，巴青披碱草即将进入区试阶段，有望成为首个获得认定的西藏本地牧草品种。牧草栽培利用整体思路逐步完善，支撑人工牧草种植时空拓展的技术体系不断丰富，青饲玉米、紫花苜蓿种植技术以及禾本科牧草和农作物秸秆混合青贮技术等 8 个地方标准通过审核认定。奶牛和绵羊营养需求量参数与饲料配方研究取得重大进展，研发牛羊健康养殖技术的理论基础得到夯实。

模式示范：2016 年度，拉萨站以促进农牧民增收为主要目标，响应“大众创新、万众创业”号召进行机制创新，建立产业化经营示范平台，具体包括新型农牧民经营组织培育及其基础设施建设。推动三个示范村成立了农牧民专业合作社，在农牧民自主、自愿基础上，试点开展“土地入股、利润分红”股份合作经营，以及“分散生产，统一销售”专业合作经营，帮助合作社投资建设集中养殖场、畜产品加工生产线，通过合作社生产示范带动新技术应用与推广。其中吉纳村以“土地入股”的形式成立农牧民专业合作社，吸引 255 户农户、353.45 亩人工草地加入合作社，在此基础上扶持合作社建成集中养殖场、乳制品加工生产线和冷冻羊肉分割加工生产线，开发了酸奶、酥油、精细分割羊肉等产品系列。白朗村在村集体土地的基础上成立农牧民专业合作社，建立了集中养殖场等基础设施，同时通过产业化运作吸引村民现金入股。章麦村则成立了村办公司，由村委会负责经营管理，开发了羊肉煲等特色产品。



吉纳村改良奶牛集中养殖圈舍



白朗村藏羊集中养殖圈舍



酸奶加工设备



冷冻羊肉加工设备

图 4.1 产业化经营示范

技术体系：针对各示范村的资源禀赋和农牧业生产现状，开展技术组装整合，建立适宜的农牧结合技术体系。吉纳村作为典型农业村，围绕人工牧草种植、草产品加工、改良奶牛和藏羊高效健康养殖开展技术集成组装，建立草地农业技术体系，综合生产能力提高 30%以上；白朗村作为典型半农半牧村，以退化草地恢复治理、牲畜轮牧补饲为主线，建立草地畜牧业技术体系，退化草地产草量提高三倍以上，羊出栏率由 11%提高到 37%；章麦村作为典型农林牧结合村，建立玉米田养鹅和林下放养藏猪两种农林牧一体化技术体系，生产收益净增 1 倍以上，藏猪成活率由 25%提高到 36%。



图 4.2 吉纳村草地农业系统 白朗村草地畜牧业系统 章麦村农林牧一体化系统

技术培训及咨询：2016 年，拉萨站以“走出去、引进来”为主要措施，重点培养合作社经营管理人员、核心技术人才以及农牧民科技特派员，增强自我发展能力。在经营管理人才培养方面，主要组织三个示范村合作社理事长、总经理多次参加交流总结会，全面了解本专题服务的目标与实施方案，建立长期稳定沟通的基础；同时在合作社运营

管理中，科研人员带领合作社理事会、监事会、总经理从市场需求角度来决策分析，制定合作社运营管理方案，目前已培养合作社“职业经理人”5 名。在核心技术人才培养方面，选派合作社技术人员到长沙开展为期 45 天的奶牛养殖系统技术培训，并在合作社生产实践中以固定岗位轮换的方式储备核心技术人才。



图 4.3 农牧民技术培训

► 海北站

家庭制式高寒草地适应性管理及功能提升：以位于青藏高原祁连山南麓的高寒嵩草草甸为研究对象，进行了家庭制式高寒草地功能提升技术集成及示范，探索新型的草地管理制度，寻求适宜的草地改良措施，在保障牧民生活水平不降低前提下，实现草地生产功能的稳步提升。在门源县皇城乡桌子掌建立了“基于家庭制式高寒草地适应性管理”示范基地 400 亩，提出家庭制式高寒草地功能提升技术体系 1 套，申请并获批青海省科技成果 1 项，地方标准 2 项，申报并获批实用新型发明专利 3 项。共进行了 2 次牧民相关技术集中培训，针对放牧干扰下高寒草地退化演替过程，表观判别特征、家庭制式草地功能提升并进行了现场指导，累计培训 160 余人次。示范推广区域 400 公顷，经济效益达 30 余万元。



图 4.4 家庭制式高寒草地适应性管理

➤ 三江源站

围绕青藏高原生态屏障建设和可持续发展重大战略需求，针对三江源退化草地恢复原理、技术与草地可持续管理，开展了长期监测、实验研究、技术创新和集成推广，系统阐明了三江源草地退化过程、机理及恢复原理和途径，创建了退化草地生态恢复治理技术及模式，集成了区域草地畜牧业持续生产技术和新范式。

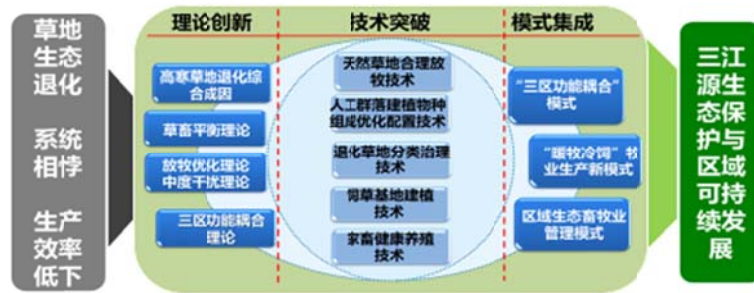


图 4.5 项目整体框架及研究思路

高寒草地生态系统退化机理及恢复途径：1) 系统阐明了高寒草地生态系统退化过程及其原因，即在三江源适度放牧有利于高寒草地生态系统多样性和生态功能维持，过度放牧改变“植被—土壤—大气”界面之间的能量流动和水分调节，引起高寒草地退化。过度放牧使高寒草地生态系统土壤-植被-微生物-种子库各生态因子的协同性失衡，导致系统结构紊乱、功能衰退，自我修复能力逐步丧失。随着退化程度增强，土壤有机质(13%降至 6%)、脲酶活性(1.8 mg/g 降至 1.3 mg/g)和含水量(36%降至 17%)都有不同程度的下降，植物正常生长发育受到抑制，物种数由 22 种下降为 15 种，优良牧草比例由 84%降至 4%。进一步通过层次法分析证明，三江源草地退化是由人为和自然因素综合作用的结果，68%来自人类活动，32%来自气候的异常扰动。2) 制定了不同程度退化草地分级标准：依据植被覆盖度、生物量、可食牧草比例和土壤有机质等参数，以原生植被为对照，将退化草地划分为轻度、中度、重度及极度 4 个等级，建立了高寒草地退化的等级划分与评判标准（表 4.1）。为退化草地分类治理提供依据。

表 4.1 三江源退化草地评价等级标准

退化等级	植被 盖度(%)	地上生物量 比例(%)	可食牧草 比例(%)	可食牧草 高度(cm)	土壤有机质 含量(g/kg)
原生植被	>80	>75	>75	>25	>200
轻度退化	60-80	50-75	50-75	下降 3-5	150-200
中度退化	30-60	30-50	30-50	下降 5-10	100-150
重度退化	10-30	15-30	15-30	下降 10-15	50-100
极度退化	<10	<15	几乎为零		<50

退化草地生态恢复技术创新及集成推广：

1) 进行种质资源创制与牧草新品种选育，探明了青藏高原特有草种质材料的主要分布情况，创建了由青海环湖地区、四川若尔盖、西藏拉萨 3 个青藏高原牧草种质资源圃，建立了青藏高原草种质资源数据库及管理平台；制定的《野生牧草种质资源野外采集技术规范》已经被农业部认定和推广；采集和评价了青藏高原辖区内特有草种资源 3791 份，收集到国家一级保护植物 9 种、二级保护植物 6 种；收集燕麦种质资源占到了我国燕麦资源的 1/4，占世界高海拔地区皮燕麦资源的 1/2，填补了国家种质资源库青藏高原野生特有草种质资源的空白。驯化选育出适宜高寒牧区牧用型、生态型和刈用型多年生牧草新品种 6 个。

2) 针对不同等级的退化高寒草地，研发出综合配套技术。轻度退化高寒草地采用减轻放牧压力为主的近自然恢复技术；中度和重度退化高寒草地采用免耕补播和有害生物防控为主的半自然恢复技术；极度退化高寒草地采用植被重建为主的人工恢复技术（表 4.2）。以垂穗披碱草和短芒披碱草等上繁草、青海草地早熟禾和青海冷地早熟禾等下繁草为主，优化出适宜不同类型及退化等级高寒草地人工建植的 8 套群落优化配置方案。这些恢复模式和技术措施已在三江源开展了多年的应用与推广，取得了显著的生态和经济效益，为三江源退化草地恢复治理提供了技术支撑。

表 4.2 不同等级退化高寒草地恢复技术措施

退化高寒草地等级	恢复技术	措施
轻度退化高寒草地	近自然恢复技术	合理轮牧
		有害生物防治+禁牧
		有害生物防治+施肥+禁牧
中、重度退化高寒草地	半自然恢复技术	毒草防除+施肥+禁牧
		有害生物防治+免耕补播+施肥+禁牧
极度退化高寒草地 (黑土滩)	人工恢复技术	鼠害防治+刈用型人工草地
		鼠害防治+放牧型人工草地
		鼠害防治+生态型人工草地

3) 恢复功效评价及稳定性维持，基于成果中退化草地治理技术，完成免耕补播 112 万公顷、推广治理黑土滩 35 万公顷。治理区植被覆盖度提高 3.2%、退化草地减少 54.26 万公顷、草地平均产草量增加 116 kg/公顷、人工草地利用年限延长 10 年、载畜压力指数降低 0.81、年均水土保持服务能力提升 0.88 亿吨，草地退化态势明显得以遏制（表 4.3）。编制了高寒草地稳定性管理和维持手册，突破了人工草地利用年限短和黑土滩人工植被稳定性低的瓶颈，实现了退化草地恢复和人工草地植被群落长期稳定及生产力可持续维系。依据三江源立地条件、水热条件、牧草生长过程和特征，提出分段式人工草

地持续利用规范，即：建植后第1年禁牧；第2年生长期（5-10月份）禁牧，枯草期进行放牧，牧草利用率为70-90%；第3年以后，牧草返青期（5-6月份）禁牧，生长期放牧，牧草利用率为40-50%，枯草期放牧，牧草利用率为70-90%。

表 4.3 技术模式应用前后的效果比较

时期	1975 年-2004 年	2005 年-2012 年	变化效果
退化草地总面积 (km ²)	88082.07	82656.26	-5425.81
草地植被覆盖度(%)	47.15	50.34	+3.19
草地平均产草量(kg/公顷)	533	649	+116
载畜压力指数 ¹⁾	2.19	1.38	-0.81
人工草地利用年限 (年)	3 至 5 年	14 至 16 年	10 至 11 年
年均土壤保持服务量 ²⁾ (亿吨)	6.35	7.23	+0.88

1): 载畜压力指数是实际载畜量与理论载畜量的比值 2): 土壤保持服务量是潜在土壤蚀量与现实土壤水蚀量之差。

区域可持续发展双赢模式构建及推广应用:

1) 天然草地合理放牧持续利用，建立了未退化高寒草甸合理放牧利用策略和放牧牦牛季节性营养平衡对策，验证了家畜放牧与高寒草甸植物相互作用的协同进化理论和中度干扰理论，构建了三江源未退化天然草地放牧利用原则和策略。提出了三江源未退化草地的“用半留半”合理利用原则，高寒草甸全年适宜放牧强度为 1.54~2.52 羊单位/公顷；适度放牧可维持较高植物物种丰富度（物种在 35 种以上）和草地初级生产力，有助于草地的养分循环和稳定性维系，有利于高寒草甸生态系统碳固持。

2) 家畜营养均衡饲养技术，构建了高寒地区燕麦生产“新品种选育-良种扩繁-丰产栽培-加工利用”标准化生产成套技术体系。选育青藏高原适宜优质饲草新品种 5 个，建立新品种国家种子基地主导燕麦良种繁育，占青藏高原燕麦种子用量 95%；累计建立饲草料基地 15.56 万公顷，生产优质饲草料 172200 万公斤。为实现家畜营养均衡饲养提供了饲草保障。研发高寒牧区牦牛和藏羊冷季营养均衡饲养技术，系统规范了牦牛和藏羊冷季补饲日粮组成、饲喂方式、饲养管理、疫病防治等关键环节；创新集成高寒牧区放牧家畜季节性营养均衡调控技术体系，突破传统方式下牦牛和藏羊冷季减重（约为-93g/d 和-49g/d）瓶颈，而冷季补饲日增重约为 680g/d 和 160g/d。

3) 区域适宜耦合模式构建与应用，基于三江源纯牧业区、农牧交错区与河谷农业区三大地理分区的生态功能特征分异，提出三江源“三区功能耦合理论”，纯牧业区重点实施牦牛和藏羊放牧繁育、农牧交错区以优良饲草基地建设、河谷农业区农副产品资源高效利用为核心，实现饲草与家畜的时空互补、资源互作和资金与信息激活效应。牦牛和藏羊冷季健康养殖出栏减畜达 183.76 万羊单位/年，为缓解三江源牧草生产与家畜营养需求时空相悖的矛盾提供了创新模式。凝练出“天然草地‘用半留半’模式”、“草地资源

经营置换模式”和“家畜两段饲养模式”3 个生态畜牧业生产模式；支撑建立了全国唯一以生态畜牧业为主体的国家可持续发展实验区-青海省海南州生态畜牧业可持续发展实验区，藏系绵羊饲养周期缩短 1.4 年，5 年累计加速出栏 263 万只，缓解 289.3 万公顷冬春草场放牧压力。创新集成了“生态保护型”、“资源循环利用型”和“有机健康养殖型”3 个区域适宜的三江源生态畜牧业组织发展模式，为青藏高原生态环境保护和生态经济发展共赢提供应用推广模式，被青海省“十二五”规划采纳，也为全国首个草地生态畜牧业试验区建立提供技术支撑。

五、公众服务

➤ “科学与中国”院士行

2016年4月17日,“科学与中国”院士行15位院士在林芝市政府有关领导的陪同下,来到中科院藏东南高山环境综合观测研究站调研,调研活动会由青藏高原所所长姚檀栋主持。调研座谈会上,青藏高原所副所长兼藏东南站站长朱立平从观测研究站的建设、为地方服务发挥的作用和中国高寒区地表过程与环境变化观测研究网络的科学布局及其取得成就等方面进行了介绍。与会的院士专家对青藏高原所这些年在支持西藏经济建设、自身科研取得的成绩等给予了充分肯定。同时他们谈到,高寒网的建设体现了一种大平台协同创新的精神,通过联网观测更有助于在千差万别的自然现象中发现共性,为国家重大科研项目提供数据的支撑、为地方生态建设提供科学的评估,切实为科技服务地方提供更多的科学依据。



图 5.1 调研会现场

➤ “高寒网”野外站助力中科院第十二届“公众科学日”活动

2016年5月15日,以“走进青藏高原”为主题的“公众科学日”活动在青藏所拉萨部、珠峰站、藏东南站、纳木错站同时举行,来自西藏100多名中小学生和北京40余名公众参加了本次活动。

活动期间,社会公众参观了中科院环境变化与地表过程重点实验室、大陆碰撞与高原隆升重点实验室和高寒生态学与生物多样性实验室,观看了丁林研究员团队制作的《青藏高原的形成与隆升》科普视频,视频通过生动直观的影像描述让大家了解了青藏高原从海洋到陆地,再到高山的演化历史,以及对我国自然环境的重要影响,得到了现场师生的热烈响应。朱立平研究员在拉萨部做了《神奇的青藏高原》专题科普报告,报告分别从“古老的历史、年青的山脉”,“雄伟的山峰、壮观的河谷”,“远古的冰川、深厚的冻土”,“源远的河流、星布的湖泊”,“迥异的气候、多样的景观”,“生态的屏障、共

同的家园”六个方面，介绍了青藏高原独具特色的自然景观、生态环境及地质地貌等内容，并通过生动的语言描述和壮美的景观图片为大家展示了青藏高原的形成演化历史和独特的自然环境。



图 5.2 朱立平研究员在拉萨部做科普报告（左图）；丁林研究员在北京部与公众互动（右图）。



图 5.3 珠峰站与北京部视频连线交流（左图）；珠峰站工作人员向小学生讲解观测原理（右图）。

此外，纳木错乡小学和巴松完全小学 40 多名学生分别在纳木错站和珠峰站参加了中科院第十二届“公众科学日”活动，他们参观了观测场，了解观测设备运行情况以及正在开展的科研活动。学生们还通过视频连线，与青藏所北京部和拉萨部的中小學生进行了交流互动。通过成功举办本次活动，能让社会公众了解美丽的青藏高原以及在青藏高原开展的各项科研活动的内容和意义，提升社会公众的科学素养和环境保护意识。

► 拉萨站

在示范村深入开展土地入股股份合作、家庭经营专业合作社等多种经营模式创新，有力推动了示范村畜牧业发展转型升级，生产效率和产品商品化率明显提高，每年户均增收超过 2000 元。在当地农牧民群众中产生了积极社会影响，提高了农牧民参与产业化经营的积极性。当地政府部门对拉萨站开展的全产业链服务也给予了高度重视，2016 年 4 月 17 日，西藏自治区人大常委会副主任、发改委主任、西藏开发投资集团董事长纪国刚带领自治区发改委投资处长、建设处长、农经处长等一行莅临中科院拉萨站指导交流，并与拉萨站（西藏草业中心）在站人员就西藏草业及现代农牧业发展问题进行了座谈。



图 5.4 西藏自治区人大常委会副主任纪国刚一行莅临拉萨站交流

► 祁连山站

2016 年 6 月 26-30 日，澳大利亚广播电视台（ABC）对祁连山站及秦站长进行采访拍摄，以“Lateline is given rare access to a remote region on the Tibetan Plateau which reveals the potential for a climate disaster”为题刊发新闻报道和播出纪录片，这是为数不多的外国媒体深入青藏高原野外台站进行报道事件，该报道为国内外观众了解青藏高原野外台站观测研究对气候变化及地区环境灾害预警的重要作用提供了机会。

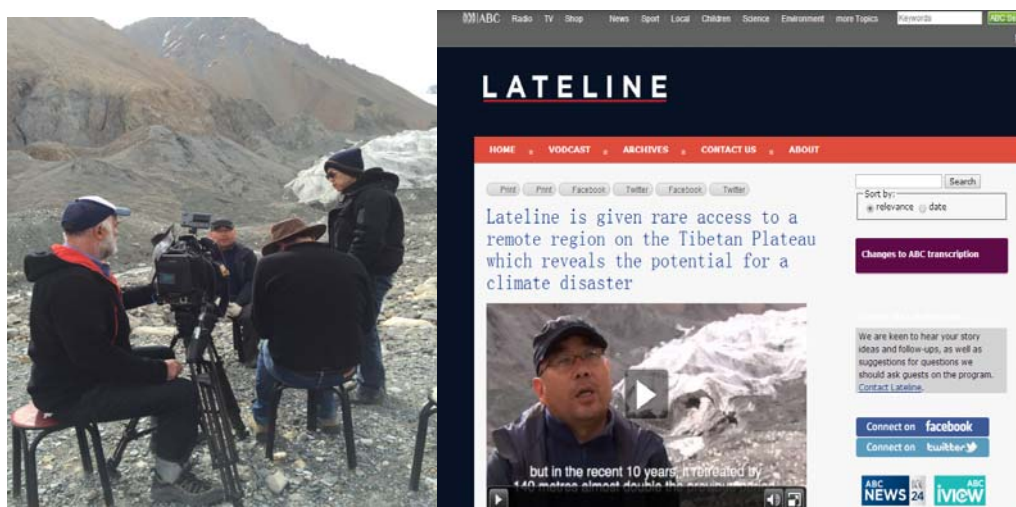


图 5.5 电视纪录片现场拍摄现场及网站页面

(<http://www.abc.net.au/lateline/content/2016/s4507250.htm>)

► 那曲站（西北院（筹））

2016 年 1 月 19 日，那曲站承办了中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 2015 年度野外台站工作会。各个野外台站负责人分别就 2015 年度台站基本情况、平台建设、团队建设、科研进展、监测工作、国内外合作与学术交流、成果产出、科技奖励和专利情况、项目争取情况及下一年度工作计划与当前存在的问题等方面进行了详细汇报。并就台站基本建设、数据共享与开放、成果展示、院地合作等问题进行了深入研讨。



图 5.6 寒区旱区环境与工程研究所 2015 年度野外台站会议现场

2016 年 8 月 12-14 日,那曲站联合主办的“第六届陆面过程研讨会”在兰州成功举办。会议特邀日本东京大学小池俊雄教授、荷兰屯特大学苏中波教授、日本京都大学石川裕彦教授、美国德克萨斯大学杨宗良教授、中国科学院大气物理研究所谢正辉研究员、中国科学院西北生态环境资源研究院王介民研究员和中国科学院青藏高原研究所马耀明研究员在研讨会上做了该领域研究前沿进展的学术报告,并与参会中青年科学家进行了精彩地互动和交流。来自不同单位的陆面过程专家及青年学者共 70 余人参加了本次研讨会。研讨会不仅为国内外从事陆面过程研究的科研人员提供了自由的交流平台,也为各科学研究机构提供了新的合作契机,同时也有力地促进了青藏高原和干旱区陆面过程研究的发展。



图 5.7 第六届陆面过程研讨会代表合影

2016 年 8 月 26 日至 9 月 1 日,成都信息工程大学大气科学专业暑期实践团队 9 位同学在中国科学院那曲高寒气候环境观测研究站进行了为期 7 天的学习实践活动。该实践团队在那曲站王树金工程师和马晓伟高工的指导下学习了在高原环境下工作需要了

解的各方面注意事项，参观了那曲站各类型气象观测系统，学习了进行野外试验观测从计划到实施的各个环节，并参与了 GPS 无线电探空试验，顺利完成了这次学习实践活动的任务。同学们通过这次实践活动，认识到了野外观测试验和科研活动的重要性，也亲身感受到了在高原开展野外试验的艰辛和乐趣，培养了勇敢、踏实、勤奋的品质以及相互协作的团队意识，并初步树立了严谨的科学态度和勇攀科学高峰的信念。



图 5.8 成都信息工程大学学生暑期实践团队在那曲站开展学习实践活动

六、年度数据统计

1. 论著统计

年份	类型	SCI					EI	CSCD	会议论文	其他	论文总数	著作
	影响因子	IF $\geq$ 4.0	4.0>IF $\geq$ 2.0	IF<2.0	小计	平均 IF						
2016 年	第一标注	30	72	63	165	2.997	1	83	8		257	4
	第二标注	8	18	12	38	3.1		23			61	
	其他标注	8	7	5	20	4.17		2			22	
	总计	46	97	80	223	3.422	1	108	8		340	4
2015 年	第一标注	20	71	60	151	2.599	1	72	10	3	237	5
	第二标注	5	17	6	28	3.194	1	18			47	
	其他标注	8	19	8	35	3.591		6			41	
	总计	33	107	74	214	3.128	2	96	10	3	325	5
2014 年	第一标注	29	67	55	151	2.835	3	100	3	2	259	2
	第二标注	8	13	6	27	5.386		18		2	47	3
	其他标注	10	10	2	22	4.914		2			24	
	总计	47	90	61	200	3.408	3	120	3	4	330	5
2013 年	第一标注	13	48	63	124	2.431	5	106	7	4		2
	第二标注	5	18	8	31	4.376	1	31	1	3		1
	其他标注	10	16	12	38	4.5345		4		1		
	总计	28	82	83	193	3.157	6	141	8	8	356	3

2. 在研项目统计

基金类别		2016 年			2015 年			2014 年			2013 年		
		项目数	总经费 (万元)	当年经费 (万元)	项目数	总经费(万 元)	当年经费 (万元)	项目数	总经费(万 元)	当年经费(万 元)	项目数	总经费(万 元)	当年经费 (万元)
基金委	面上项目	38	3277	701.9	71	5269	1150.1	52	4225	1039.6	37	2638.5	758.7
	地区科学	2	100	25	6	236	49.49	3	158	40.5	2	108	10
	杰青				3	800	90	2	400	90	3	600	220
	青年基金	17	829	92	52	1228	371.8	36	958	376.1	33	914	278.2
	优秀青年				2	200	50	2	200	80	1	100	50
	重大项目	1		14	4	420	116	1	320	120	3	446	179
	重大研究计划	6	847.3	154	3	830	165	2	450	90	2	380	74
	重点项目	9	5009.5	980.8	6	1387	281.5	6	1467	547	4	1028	344.4
	其他	8	980.2	30	1	25	25	3	330	117	1	100	30
	小计	81	11043	1997.7	148	10395	2298.89	107	8508	2500.2	86	6314.5	1944.3
科技部	973 计划子课题	8	1466.5	290	15	5366	1154	15	4647.5	1132.51	17	8137.5	1160.1
	科技支撑计划	5	884	30	21	4390.5	345	15	3410	432	14	3008.1	419
	重大科学研究计划	3	1514	448	0	0	0	2	714	358	2	1484	
	基础性工作专项	3	1415	23.6	5	1656	265	5	1680	385	2	2794	300
	农业成果转化资金				0	0	0	1	60	60	2	120	
	星火计划				0	0	0	1	160	160	2	240	184
	其他	6	1555.91	186	6	454	442						
	小计	25	6835.41	977.6	47	11866.5	2206	39	10671.5	2527.51	39	15783.6	2063.1
中科院	百人计划	3	600	40	3	470	110	2	400	110	4	800	140
	西部系列	5	100	40	12	725	158	16	845	291	7	685	220
	创新系列	2	180	50	3	740	100	5	1930	200	13	4766.9	1462.1
	重点部署项目	7	925	175	5	945	235	6	850	222.5	3	280	167.5
	STS 计划	2	180	50	6	1760	530	5	1700	650			
	先导专项	14	465.5	142.84	27	4051.66	523.37	21	5922.05	648.44	21	5962.05	847.43
	其他	12	2306.5	1057	14	466	378.65	16	2036.5	805.68	10	1166.5	1044.5
	小计	45	4757	1554.84	70	9157.66	2035.02	71	13683.55	2927.62	58	13660.45	3881.53
其他	博士后科学基金	4	33	31	7	58	16	8	66	29	1	15	
	国际合作	3	306	95.4	15	838.32	484.57	6	385	159	2	320	45
	各级实验室开放基金				7	237.5	127.5	7	255	145	4	91	85.5
	所级	12	754.6	281.6	15	1188.4	356.63	8	724	177.8	13	490	133.75
	地方	21	4077.7	1547.9	30	1700.4	600.8	38	1664.7	650.67	18	701.2	286
	其他	5	1217.24	166.8	25	1342	658.9	7	1073.4	360.48	4	942.9	375.67
	小计	45	6388.54	2122.7	99	5364.62	2244.4	74	4168.1	1521.95	42	2560.1	925.92
总计		196	29023.95	6652.84	364	36783.78	8784.31	291	37031.15	9477.28	225	38318.65	8814.85

3. 新增项目统计

基金类别		2016 年		2015 年		2014 年		2013 年	
		项目数	总经费（万元）	项目数	总经费（万元）	项目数	总经费（万元）	项目数	总经费（万元）
基金委	面上项目	18	1153.5	24	1921.02	13	1254	13	1187
	地区科学	1	39	1	50	1	50		
	杰青			1	350	1	400		
	青年基金	9	224	9	211.5	14	374	10	260
	优秀青年			1	130	1	100	1	100
	重大项目	1	230	0	0				
	重大研究计划	2	150	6	1242.3	1	170	1	380
	重点项目	14	8429	1	348.28				
	其他	3	279	0	0			2	320
	小计	48	10504.5	43	4253.1	31	2348	27	2247
科技部	973 计划子课题			1	448			3	255
	科技支撑计划			0	0			1	1379
	重大科学研究计划			0	0				
	国家基础性工作专项			0	0				
	农业成果转化资金			0	0			1	60
	星火计划			0	0				
	其他			0	0			1	150
	小计	0	0	1	448			6	1844
中科院	百人计划			2	210				
	西部系列	1	10	2	35	1	10	4	80
	创新系列	1	80	0	0				
	重点部署项目	3	2565	0	0				
	STS 计划			2	60	5	1550		
	先导专项			0	0				
	其他	6	584	2	55			2	178.7
	小计	11	3239	8	360	6	1560	6	258.7
其他	博士后科学基金	2	30	3	20	1	15	4	23
	国际合作			2	135				
	各级实验室开放基金			3	37.5			6	120
	所级	5	290	3	390				
	地方	11	3701	8	139	3	36	4	186
	其他			11	2594.64	2	182	2	210
	小计	18	4021	30	3316.14	6	233	16	539
总计		77	17764.5	82	8377.24	43	4141	55	4888.7

4. 结题项目统计

基金类别		2016 年			2015 年			2014 年			2013 年	
		项目数	总经费(万元)	当年经费(万元)	项目数	总经费(万元)	当年经费(万元)	项目数	总经费(万元)	当年经费(万元)	项目数	当年经费(万元)
基金委	面上项目	11	489	193.2	21	1232	145.25	1	50	15	8	63.5
	地区科学	1	50		1	58	10					
	杰青							1	200	30	2	200
	青年基金	10	182	11.9	12	343	79.3	16	447	77	5	15
	优秀青年				1	100	50					
	重大项目	2	390	40								
	重大研究计划											
	重点项目	1	350	105				2	398	50	1	10
	其他				6	136	42.6	2	40	40		
	小计	25	1461	350.1	41	1869	327.15	22	1135	212	16	288.5
科技部	973 计划子课题	1	95	0	1	83		8	1256.5	115.98		
	科技支撑计划	2	66	34	7	2507.5	140	3	982	260		
	重大科学研究计划							1	320	40		
	国家基础性工作专项							1	1439			
	农业成果转化资金				1	60		1	60			
	星火计划				1	160		1	80	16		
	小计	3	161	34	10	2810.5	140	15	4137.5	431.98	3	158
中科院	百人计划							2	400	80		
	西部系列	2	60	10	6	600	190				1	20
	创新系列				5	800	70				5	90
	重点部署项目	2	300	365	1	80	30					
	STS 计划	1	145	45								
	先导专项	3	211.15	25	7	1788.2	94					
	其他	8	489	139.49	6	426.5	233.75	5	754.96	719	2	86.5
	小计	16	1205.15	584.49	25	3694.7	617.75	7	1154.96	799	8	196.5
其他	博士后科学基金	5	28	15	3	28	8					
	国际合作	1	245	245	9	161.4	20	1	30	12	1	30
	各级实验室开放基金				4	77.5	32.5	2	26.7	26.7	5	140
	所级	8	281.5	65				2	50	15	1	5
	地方	11	233	65.4	19	325.2		7	305	10	7	293
	其他	2	21	0	3	424.4	56.38	3	59.5	29.5		
	小计	27	808.5	390.4	38	1016.5	116.88	15	471.2	93.2	14	468
总计		71	3635.65	1358.99	114	9390.7	1201.78	59	6898.66	1536.18	41	1111

5. 人才培养统计

类别		毕业研究生	在站研究生	客座研究生	小计
2016 年	硕士	32	100	38	170
	博士	26	112	22	160
	总数	58	212	60	330
2015 年	硕士	33	104	36	173
	博士	37	106	17	160
	总数	70	210	53	333
2014 年	硕士	42	88	37	167
	博士	21	85	36	142
	总数	63	173	73	309
2013 年	硕士	44	83	25	152
	博士	17	90	12	119
	总数	61	173	37	271

七、大事记

1 月	- 玉龙雪山站参加中国和瑞士联邦国际合作项目“气候变化下金沙江流域水资源与风险综合管理”（项目总经费 3500 万元），何元庆研究员负责其中的定点观测课题。
3 月	- 3 月 18 日，“高寒网”第二次工作会议暨学术交流会在北京召开。
4 月	- 4 月 10-13 日，中科院副院长王恩哥院士、林明炯副局长一行深入西藏实地调研青藏高原野外观测研究平台建设工作的。 - 4 月 17 日，“科学与中国”院士行到中科院藏东南高山环境综合观测研究站调研。
5 月	- 5 月 7 日，西藏自治区省委常委、常务副主席丁业现一行到珠峰站考察指导工作。 - 5 月 15 日，以“走进青藏高原”为主题的“公众科学日”活动在珠峰站、藏东南站和纳木错站同时举行，
6 月	- 6 月 12-14 日，玉龙雪山站承办的“中国海洋性冰川与环境”专题研讨会云南省丽江市召开。 - 6 月 26-30 日，澳大利亚广播电视台（ABC）对祁连山站进行采访拍摄，并分别在 7 月 6 日和 25 日刊发新闻报道和纪录片。
7 月	- 7 月 15 日，海北站组织了高原生物学菁英班和优秀大学生夏令营活动，赴海北站进行了祁连山生态环境调查、试验站研究内容与进展及其实验设施的考察。 - 7 月 29 日-8 月 3 日，中科院副院长张亚平院士率院科技促进发展局段子渊副局长、赵涛副处长等赴西藏考察调研野外观测基地的科研与建设情况。
8 月	- 8 月 2 日，中国阿尔泰山冰冻圈科学与可持续发展综合观测研究站成立。 - 8 月 5-7 日，“中国南极冰盖冰川学断面科学考察 20 周年总结与十三五展望学术研讨会”在天山冰川站召开。 - 8 月 17 日，由海北站和青海省门源种马场共同组织了“家庭制式草地功能提升及适应性管理技术”培训会议，曹广民站长介绍了祁连山区草地退化的主要区域、退化过程与表观判别特征、不同退化阶段草地恢复与管理应采取的技术。 - 8 月 12-14 日，由那曲站联合主办的“第六届陆面过程研讨会”在兰州成功举办。

七、大事记

	- 8月25-26日，中国科学院西北生态环境资源研究院（筹）副院长谢铭书记、中国科学院兰州分院吴建刚副院长等一行访问格尔木站。
9月	- 9月3日，“高寒网”召开中科院—国家自然科学基金委员会“青藏高原野外观测研究联合基金”设立研讨会。 - 9月21日，院条财局局长刘会洲、副局长聂常虹、预算制度处处长罗雯一行到青藏高原所进行中科院-基金委联合基金设立可行性和野外台站调研。
10月	- 10月26日，国务院新闻办公室举行《西藏生态安全屏障保护与建设工程（2008-2014年）建设成效评估》报告发布会，申扎站站长王小丹、藏东南站长朱立平作为专家回答记者问题。 - 国际著名冻土学家 Dr. French 访问格尔木站，与赵林研究员、吴青柏研究员在格尔木基地进行广泛的交流和讨论。
11月	- 11月13日，珠峰站、藏东南站、纳木错站、格尔木站、天山站在兰州讨论科研样地推进工作。 - 11月22日，“高寒网”与华益瑞公司联合举办雪深测量新方法技术交流会
12月	- 三江源站赵新全研究员等完成的“三江源草地生态恢复及可持续管理技术创新和应用”项目获得2016年度国家科学技术进步奖二等奖。 - 12月22日，青藏高原研究所召开2016年度野外站工作会议。

八、组织机构

1. 第一届科学委员会

主 任：姚檀栋	中科院青藏高原研究所
委 员：于贵瑞	中科院地理科学与资源研究所
朱立平	中科院青藏高原研究所
赵新全	中科院西北高原生物研究所
李忠勤	中科院西北生态环境资源研究院（筹）
张宪洲	中科院地理科学与资源研究所
赵 林	中科院西北生态环境资源研究院（筹）
周凌晞	中国气象科学研究院
康世昌	中科院青藏高原研究所
秘书长：朱立平	中科院青藏高原研究所

2. 网络综合中心

主 任：朱立平，010-84097093，lpzhu@itpcas.ac.cn
项目主管：彭 萍，010-84249107，pengping@itpcas.ac.cn

九、联系方式

	野外台站	依托单位	站 长	联系电话	电子邮箱
1	阿里荒漠环境综合观测研究站	中科院青藏高原研究所	田立德	010-84097084	ldt@itpcas.ac.cn
2	青藏高原冰冻圈观测研究站	中科院西北生态环境资源研究院(筹)	赵 林	0931-4967715	linzhao@lzb.ac.cn
3	贡嘎山高山生态系统观测试验站	中科院成都山地灾害与环境研究所	王根绪	028-85233420	wanggx@imde.ac.cn
4	海北高寒草甸生态系统定位研究站	中科院西北高原生物研究所	曹广民	0971-6123010	caogm@nwipb.cas.cn
5	拉萨高原生态试验站	中科院地理科学与资源研究所	张扬建	010-64889703	zhangyj@igsnr.ac.cn
6	慕士塔格西风带环境综合观测研究站	中科院青藏高原研究所	徐柏青	010-84097075	baiqing@itpcas.ac.cn
7	藏北高原草地生态系统研究站	中科院地理科学与资源研究所	张扬建	010-64889703	zhangyj@igsnr.ac.cn
8	那曲生态环境综合观测研究站	中科院青藏高原研究所	汪诗平	135-2078-3028	wangsp@itpcas.ac.cn
9	那曲高寒气候环境观测研究站	中科院西北生态环境资源研究院(筹)	胡泽勇	0931-4967083	zyhu@lzb.ac.cn
10	纳木错多圈层综合观测研究站	中科院青藏高原研究所	邬光剑	010-84097080	wugj@itpcas.ac.cn
11	祁连山冰川与生态环境综合观测研究站	中科院西北生态环境资源研究院(筹)	秦 翔	0931-4967370	qinxiang@lzb.ac.cn
12	青海湖国家级自然保护区联合科研基地	中科院计算机网络信息中心	闫保平	010-58812718	ybp@cnic.cn
13	若尔盖高寒湿地生态研究站	中科院成都生物研究所	罗 鹏	138-8000-6776	luopeng@cib.ac.cn
14	若尔盖高原湿地生态系统研究站	中科院西北生态环境资源研究院(筹)	孟宪红	0931-4967091	mxh@lzb.ac.cn
15	三江源草地生态系统定位观测站	中科院西北高原生物研究所	赵新全	0971-6143282	xqzhao@nwipb.cas.cn
16	申扎高寒草原与湿地生态系统观测试验站	中科院成都山地灾害与环境研究所	王小丹	028-85234712	wxd@imde.ac.cn
17	天山冰川观测试验站	中科院西北生态环境资源研究院(筹)	李忠勤	0931-4967381	lizq@lzb.ac.cn
18	玉龙雪山冰川与环境观测研究站	中科院西北生态环境资源研究院(筹)	何元庆	0931-4967371	yqhe@lzb.ac.cn
19	珠穆朗玛大气与环境综合观测研究站	中科院青藏高原研究所	马耀明	010-84097068	ymma@itpcas.ac.cn
20	藏东南高山环境综合观测研究站	中科院青藏高原研究所	朱立平	010-84097093	lpzhu@itpcas.ac.cn