# 工作简报

NEWS LETTER

第二次青藏高原综合科学考察研究

[封面故事]

## 张涛赴西藏调研科考工作

第5期
总第21期
2021年12月

第二次青藏高原综合科学考察研究队

NEWS LETTER

01-04

## 重要动态

01 第二次青藏科考成果亮相国家“十三五”科技创新成就展

02 张涛赴西藏调研第二次青藏科考有关工作

03 科考队开展藏东南米堆冰川—光谢错潜在风险应急科考

03 青海省全力保障第二次青藏科考在青工作顺利开展

04 国家青藏高原科学数据中心西藏分中心揭牌

05-13

## 任务动态

05 中国38年积雪面积遥感数据集发布

05 青藏高原南部地堑（正断层）活动对雅鲁藏布江中游侵蚀的调控作用考察

06 高寒草地鼠害调查进展顺利

07 《中国蛇类图鉴》和《西藏蝴蝶图鉴》正式出版

07 可可西里及三江源地衣科考顺利开展

08 高黎贡山嘎哇嘎普峰初干错冰湖植物考察顺利开展

09 科考队在青海省巴颜喀拉山发现新锂铍钨成矿潜力点

09 阿尔金山新生代古生物科考工作顺利开展

10 科考队在喜马拉雅地区发现超大型锂矿

10 羌塘盆地性质与油气勘探方向新认识

11 西藏典型高温地热田的深部岩浆热源探测

12 青藏高原风能资源评估取得初步成果

13 藏东南大地热流测量工作顺利开展

14-15

## 服务发展成果

14 青藏高原保护地球系统科考平台初步建成

15 新时期草地多功能目标管理建议被评为2021年青海省科协优秀“科技工作者建议”

**编委会：**

**总编：**

安宝晟

**编辑：**

聂晓伟 余 健 王伟财

李久乐 张强弓 赵华标

王传飞 郭燕红

**邮箱：**

step@itpcas.ac.cn

**电话：**

010-84249468

CONTENTS 目录

16-31

## 国际前沿成果

16 青藏高原不同高寒草地生态系统碳通量特征及控制因素

17 三江源国家公园建设管理机制研究

18 青藏高原重要森林树种冷杉和川滇柳随气候变化分布规律

19 研究揭示鸟类高海拔适应的基因组平行演化

21 单个突变可以重现哺乳动物适应高原低氧表型

22 氮添加对土壤轻组有机质转化的影响

23 冰川来源微生物在下游水生生态系统的迁移

24 全球生态系统中微生物残体是土壤有机碳的主要来源

25 半麝化石证据揭示反刍动物角的早期演化

26 高山栎组植物的出现时间前推2000万年

27 印度—欧亚大陆碰撞导致东羌塘杂多地区侏罗纪灰岩重磁化

28 晚渐新世亚洲季风轨道周期变化与驱动机制

29 青藏高原东北缘祁连—海原断裂带中段金强河断裂晚第四纪滑动行为

30 柴达木盆地北缘晚新生代褶皱变形及祁连山向南扩展

31 东巴兔山的侧向生长对水系的控制作用

32-33

## 科学传播成果

32 《走近地球之巅》入选“阅读中国·家国情怀”主题特别推荐书单

33 《行走两亿年》获第27届中国纪录片学术盛典微纪录十佳作品

34-35

## 媒体扫描

34 中国科学家成功钻取怒江源头冰川冰芯

35 勇攀科技高峰 青藏科考率先垂范

36

## 科考风景线

NEWS LETTER

# 第二次青藏科考成果亮相国家“十三五”科技创新成就展

2021年10月21—27日，国家“十三五”科技创新成就展在北京展览馆举办。第二次青藏高原综合科学考察研究（以下简称“第二次青藏科考”）成果作为面向世界科技前沿的基础前沿重大突破之一在本次展览中亮相。

10月26日，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平参观了国家“十三五”科技创新成就展。第二次青藏科考队队长姚檀栋院士向习近平总书记现场汇报了第二次青藏科考取得的阶段性重大成果。当天，姚檀栋院士还为分别参观第二次青藏科考展项的党和国家领导现场汇报了科考阶段性重大成果（图1）。

图1：习近平总书记听取第二次青藏科考汇报

遵照习近平总书记给第二次青藏科考队贺信中关于研究亚洲水塔和地球第三极的指示，本着对历史负责、对人民负责、对世界负责的态度，第二次青藏科考成果积极为泛第三极人类命运共同体建设服务。产出的科考报告、前沿成果及精品科普图书等也在本次展览集中展出。遵照习近平总书记系列重要指示精神，第二次青藏科考将继续坚持“四个面向”，坚定创新自信，紧抓创新机遇，勇攀科技高峰，加快实现高水平科技自立自强，为青藏高原生态文明高地建设和区域可持续发展做出更大贡献。

展览期间，第二次青藏科考展项也吸引了一批又一批观众驻足参观，激发了大众对青藏高原和青藏科考的浓厚兴趣，受到一致好评，提升了第二次青藏科考的社会影响力（图2）。

图2：社会群体参观第二次青藏科考阶段性成果

# 张涛赴西藏调研第二次青藏科考有关工作

2021年11月7日—11日，第二次青藏科考领导小组办公室主任、中国科学院副院长、党组成员张涛率队赴西藏调研第二次青藏科考有关工作，期间与西藏自治区举行院区合作座谈。

在林芝地区，张涛一行调研了中国科学院科技支撑国家重大工程的工作情况和第二次青藏科考在该区域开展的各项工作进展情况。在拉萨地区，张涛调研了第二次青藏科考拉萨河流域保护修复治理地球系统观测研究平台建设，到海拔5600m的廓琼岗日冰川区实地调研冰川环境保护修复观测研究科考示范平台建设（图3）；调研了青藏高原所拉萨部，听取了青藏高原所工作汇报以及第二次青藏科考进展报告。

张涛对青藏高原所和第二次青藏科考取得的显著成绩表示祝贺，向奋战在青藏高原一线的同志致以敬意和慰问。张涛指出，青藏高原所已处于世界地学科学研究的前沿方阵，应在面向世界科学基础前沿的同时，进一步总结和凝练研究成果，争取在科技支撑国家重大工程方面发挥更大作用；同时，要进一步关注地方重大需求，带动区域经济社会发展。

在拉萨期间，中科院与西藏自治区还就深入推动科技合作举行会谈，西藏自治区党委副书记、常务副主席陈永奇，副主席孟晓林、第二次青藏科考队队长姚檀栋院士出席。中科院科技促进发展局、西藏自治区科技厅、青藏高原所、第二次青藏科考队办公室等相关负责同志参加此次了调研。

图3：张涛在廓琼岗日冰川考察

# 科考队开展藏东南米堆冰川—光谢错潜在风险应急科考

在气候变暖背景下，藏东南地区冰川强烈退缩，常伴有冰湖溃决洪水冲毁公路、桥梁和村庄，对下游人民群众生命财产安全和社会经济发展造成严重影响。

针对藏东南米堆冰川—光谢错潜在风险，第二次青藏科考队队长姚檀栋院士组织中国科学院青藏高原研究所、中国科学院地质与地球物理研究所、中国气象科学研究院、西藏自治区应急管理厅、西藏自治区自然资源厅、西藏自治区气象局等单位的20多名科考队员（图4），于11月7日至11月10日对米堆冰川和光谢错进行了现场实地考察研究。科考队乘坐直升机实地考察了米堆冰川和光谢错，利用无人船、无人机等手段测量了冰湖水量和地形，通过高分1号、2号、6号等遥感影像解译了冰川和冰湖的变化，同时科学分析和总结了前期的研究成果，认为光谢错自身目前不具备溃决条件，但米堆冰川有潜在冰崩等风险，由此导致的链式作用灾害后果与光谢错密切相关，需要高度重视。

图4：藏东南米堆冰川—光谢错科考分队

# 青海省全力保障第二次青藏科考在青工作顺利开展

2021年，青海省科技厅深入贯彻落实国务院第二次青藏科考领导小组会议精神，紧扣工作部署，积极主动作为，全力服务保障第二次青藏科考工作在青海顺利开展。

建系统，科考管理服务有创新。青海省积极推动第二次青藏科考全程信息化，由青海省科技厅支持自主开发建设了第二次青藏科考综合服务保障系统，设置报备、审批及工作动态、研究进展等功能，并正式上线为青藏科考队员提供线上线下各项科考管理服务，极大地方便了国家科考办和西藏、云南、四川、甘肃、新疆等省区的科考管理部门及科考队员。系统已为240余批近3000多人次的科考队员提供了信息支撑保障服务，实现全程科考信息从“纸质化”走向“数字化”。

建中心，青藏科学数据有保障。依托青海与中国科学院签订的《国家青藏高原科学数据中心青海分中心战略合作协议》，青海省科技厅及时跟进、积极推进青海分中心建设。目前，已完成国家青藏高原科学数据中心资源下载量达33TB、1461个数据集，实现青藏高原科学数据资源的镜像创建和异地备份，有效保障了青藏高原科学数据安全，

并汇集整理全省1999年以来生态、水文、地理、环境等方面的数据资源共1080项，在国家青藏高原科学数据中心设立了“青海省专题”。

建基地，搭建科考平台有进展。为落实国家有关文件要求，全面服务保障第二次青藏科考，青海省科技厅经协调果洛州、玉树州、格尔木市等有关部门，在三江源地区谋划建设野外综合科考基地，并编制完成了《青藏高原综合科考服务平台和野外综合科考基地建设项目可行性研究报告》。

建能力，科考服务保障有作为。为提升地方协同保障青藏科考的能力，青海省科技厅组织开展了野外防护、疫情防控及应急保障等科考服务保障及业务培训，及时向全省八个市州配备科考保障物资，有力提升了地方服务保障科考的能力和水平。今年以来，已先后为省内外120批次1600余名人次科考队员提供了各类服务保障，确保了第二次青藏科考任务在青海安全有序开展。

## 国家青藏高原科学数据中心西藏分中心揭牌

2021年12月17日，国家青藏高原科学数据中心西藏分中心（简称西藏分中心）揭牌仪式在拉萨举行，西藏自治区副主席孟晓林和中国科学院青藏高原研究所所长陈发虎院士共同为西藏分中心揭牌，西藏自治区科技厅厅长赤来旺杰主持揭牌仪式（图5），开启了西藏分中心建设的新篇章。

国家青藏高原科学数据中心目前已收集并发布青藏高原及周边地区的科学数据4500多个，为青藏高原区域科技创新发展和地球系统科学研究提供了重要的数据支撑。西藏分中心将围绕青藏高原科学数据管理、大数据技术、模拟计算等领域开展研究，科学分析和预测青藏高原冰冻圈、水资源、生态、气象、地质环境变化趋势，深入挖掘青藏高原科学数据应用价值，服务第二次青藏科考重大战略任务，为保护青藏高原生态环境、应对气候变化、防控自然灾害、优化产业升级等提供决策咨询，助力西藏生态文明建设和经济社会高质量发展。

图5：国家青藏高原科学数据中心西藏分中心揭牌仪式现场

# 中国38年积雪面积遥感数据集发布

近日，“亚洲水塔动态变化与影响”任务“冰川、积雪、冻土、地下水”专题中国科学院西北生态环境资源研究院团队，基于1981年至2019年AVHRR遥感数据，发展了集成云雪区分、积雪识别和云下积雪恢复的反演算法，并制备了38年中国逐日无云5公里积雪面积数据集。目前，该套数据集已在国家冰川冻土沙漠科学数据中心在线发布。相关研究成果发表于《地球系统科学数据》。

积雪面积是研究水文和气候变化的重要因子，也是气候变化的指示器，对地表能量平衡、水体通量、水文过程、大气及其海洋循环等具有显著影响。1978年卫星数据观测表明，北半球积雪持续减少；模型模拟结果表明，温度每升高1℃，北半球积雪面积缩减100万至280万平方公里。在全球升温背景下，一套长时间序列的高空间分辨率积雪面积遥感产品对于气候变化及其反馈研究具有重要意义。

研究团队发展的算法通过云雪区分方案和改进判别阈值有效解决了云雪混淆问题，运用多级决策树分类算法提高了积雪判别精度问题，采用隐马尔科夫模型构建时空立方体解决了云下积雪恢复问题，展示了数据集的制备流程。应用地面实测积雪数据和更高分辨率的遥感影像对产品进行验证的结果表明，产品总体精度达到86.1%，高于国际同类产品的总体精度（71.8%）。

该数据集将为剖析我国气候变化背景下的积雪时空分布及其对水文、气候、生态的影响提供支撑。

# 青藏高原南部地堑（正断层）活动对雅鲁藏布江中游侵蚀的调控作用考察

雅江是世界上海拔最高的大河之一，发源于青藏高原南部喜马拉雅山北麓的杰马央宗冰川。雅江干流自东向西发育了多个河流裂点，最著名的就是发育于喜马拉雅东构造结的巨型裂点，在地貌形态上表现为深达5000多m的陡峭峡谷。进入高原内部，雅江中上游峡谷和宽谷相间分布，干流自东向西依次发育了加查河流裂点、仁布裂点、大竹卡裂点和谢通门裂点，这些裂点正好也分布于青藏高原南北向地堑/正断层的位置。前人研究发现，这些正断层的开始活动和地堑发育的时间在20—2Ma之间，且伸展断裂主要开始于中新世中期。

前期，第二次青藏科考“亚洲水塔动态变化与影响”任务“雅江流域冰—河—湖演化历史事件与耦合过程”专题南京大学科考分队，在已有数据的基础上，对雅江中下游桑日至米林段，再次开展了河谷基岩低温热年代学样品补采，并对该地区河流纵剖面、河谷形态宽度、冰—河—湖地貌系统等进行了实地调查。经多年以来野外考察和积累，已获得该地区低温热年代数据40个、百余幅典型河断航拍照片（无人机拍摄和收集影像120余幅，视频10个）。

除了考察冰—河—湖水文地貌系统的宏观地貌和沉积特征，科考队还采集了从桑日—加查—朗县—米林段河谷基岩出露较好的低温热年代样品（样品岩性为喜马拉雅、冈底斯的花岗岩和火山岩）（图6）。

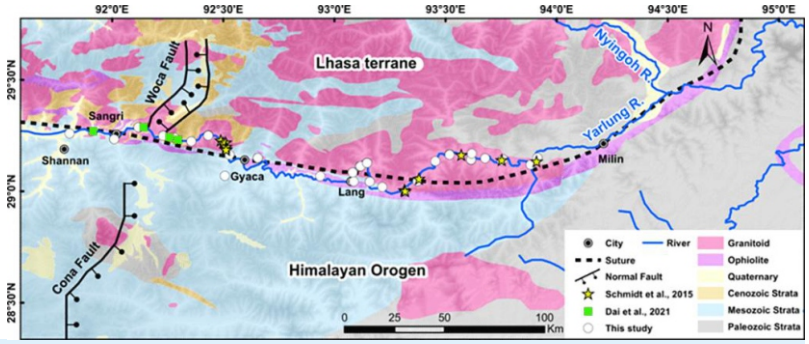



图6：青藏高原南部雅江中游地质背景和低温热年代学采样点的分布

团队利用3D热动力学模拟了地堑/正断层活动和不活动两种情景下区域热演化、河流剥蚀速率的时空变化（图7）。通过对比模拟结果发现，设定正断层情形下模型正演的低温热年龄更接近实测值，这也验证了我们的假设：地堑/正断层的活动对该地区的裂点发育、河谷发育有较大的影响。

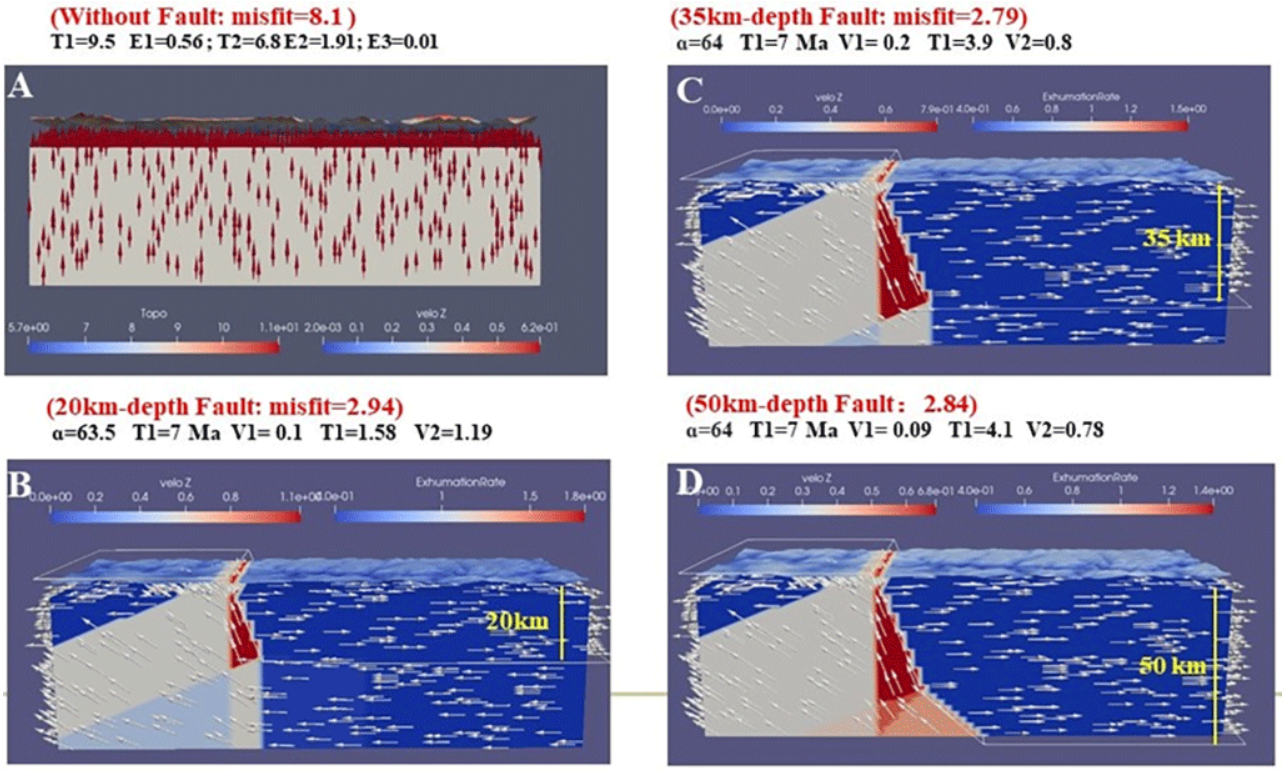



图7：Pecube模拟正断层的活动对雅江中游剥蚀速率的影响。（A）不加正断层情形下，河流剥蚀速率的变化；（B、C和D）三种不同深度的正断层影响下，河流剥蚀速率的变化

## 高寒草地鼠害调查进展顺利

2021年8—9月，“生态安全屏障功能与优化体系”任务“重大生态工程成效评估”专题四川大学青藏高原生物灾害控制与生态修复工程研究团队，在四川省、甘肃省、青海省以及西藏自治区进行草地健康状况、鼠害发生情况以及鼠害防控技术现状的调查（图8）。

科考分队共调查草地样方100余个，获取植被的高度、盖度、地上和地下生物量，以及每个样点的土壤温度、紧实度，土壤理化性质等基本参数，为进一步探究影响青藏高原草地健康的因素提供基础数据。采用堵洞盗洞法，调查鼠害样方60个，其中四川省石渠县的鼠害情况最为严重，主要为高原鼠兔和青海田鼠，害鼠有效洞口最高达到108个/亩，为探究草地退化原因以及影响鼠害的因素提供数据支持。

图8：鼠害和植被科考现场

# 《中国蛇类图鉴》和《西藏蝴蝶图鉴》正式出版

近期，“生物多样性保护与可持续利用”任务“高原动物多样性保护与可持续利用”专题研究团队编著的《中国蛇类图鉴》（黄松，等）和《西藏蝴蝶图鉴》（潘朝晖，等）正式出版发行。前者系统展示了245种中国蛇类共2千余幅图片，兼顾科普性和艺术性，文字描述精简，以体表鳞被和色斑特征为主。此外，大多数图片还以图注形式展示，便于读者，特别是初学者理解和掌握物种基本的分类识别特征。后者收录西藏蝴蝶163属344种，其中85种为西藏新记录，现将西藏蝴蝶种类增加至514种。该书拍摄的1700余幅蝴蝶图片所用标本全部来源于西藏，这些标本都是作者10余年采集收藏及中国科学院动物研究所几十年的积淀(图9)。

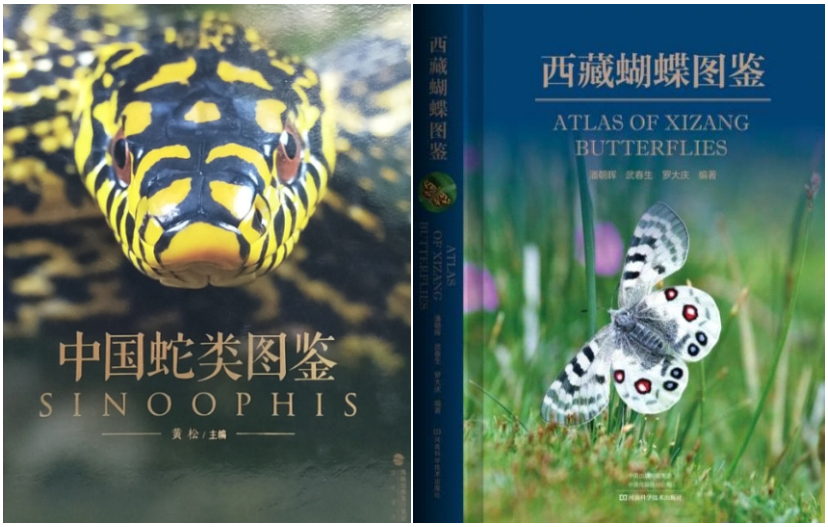



图9:《中国蛇类图鉴》与《西藏蝴蝶图鉴》封面

# 可可西里及三江源地衣科考顺利开展

青藏高原中东部的可可西里地区，平均海拔超过4600m，由于寒冷、缺氧等恶劣环境而被称为“生命禁区”。近期，“生物多样性保护与可持续利用”任务“高原植物多样性保护与可持续利用”专题中国科学院昆明植物研究所王立松团队，对可可西里和三江源（澜沧江、金沙江和黄河源头）的地衣多样性组成开展了27天的深度调查。途经：久治、玛沁、玛多、都兰、格尔木、曲麻莱、杂多等数十个县。

可可西里和三江源地区主要是荒漠和高原冻土带，地衣群落多样性组成十分复杂多样（图10、图11），以微孢衣属（Acarospora）、黑瘤衣属（Buellia）、橙衣属（Caloplaca）、网衣属（Lecidea）、鳞茶渍属（Squamarina）和石黄衣属（Xanthoria）等壳状或鳞壳状地衣类群为主，物种多样性十分丰富而独特，但由于目前国内对上述地衣研究匮乏，可参考的研究资料十分有限，仍存在大量未知种有待于深入研究。

图10:可可西里地区常见的橙色石黄衣属（Xanthoria，右上角），和疑似新种金黄衣属（Pleopsidium，左下角）

图11:疑似橙衣属（Caloplaca）中的一新种

除了可可西里和三江源地区，此次考察也对祁连山南坡与柴达木盆地进行了考察，这里的地衣形成土壤结皮主要有：胶衣（Collema）、石果衣（Endocarpon）、鳞网衣（Psora），鳞茶渍（Squamarina）（图12）、盾链衣（Thyrea）等，物种多样性组成相对单一，但有重要生态学意义。

本次考察共采集地衣标本4520号，分子材料3000余份，拍摄地衣生态照片6000余幅，初步研究已发现7个疑似新种和2个新属（图13）。目前的研究已明确青藏高原地衣超过600种，约占中国已知物种数的1/5，其中以青藏高原特有种居多。

本次科考不仅填补了可可西里无人区和三江源地区的地衣标本采集史上的空白，也为揭示青藏高原地衣多样性组成、物种演化，以及地衣在极端环境中的生态适应性等相关研究课题奠定了基础。

图12：鳞茶渍属（Squamarina）

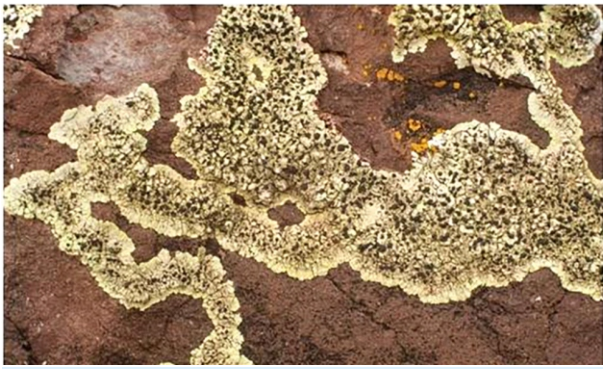


图13：黑瘤衣属（Buellia）疑似新种

## 高黎贡山嘎哇嘎普峰初干错冰湖植物考察顺利开展

为积极推进高黎贡山国家安全屏障体系建设，“生物多样性保护与可持续利用”任务“高原植物多样性保护和可持续利用”专题研究团队，近期对高黎贡山主峰嘎哇嘎普冰蚀湖初干错（海拔4023m）及沿线的植物种类、物种分布、群落组成等进行了深入考察（图14）。科考分队获取了丰富的第一手物种分布及群落组成数据，拍摄了一批高黎贡山典型植被特征的精美图片和影像资料，并采集了重要植物标本300余份和目标物种的居群材料。此次考察将为探讨高黎贡山植物多样性响应全球变化、深入认识高黎贡山生态安全屏障功能及推进高黎贡山国家公园和野外科学观测研究站建设提供数据支撑。

图14：高黎贡山主峰嘎哇嘎普冰蚀湖初干错

# 科考队在青海省巴颜喀拉山发现新锂铍钨成矿潜力点

“高原生长与演化”任务“典型地区岩石圈组成、演化与深部过程”专题研究团队，基于在青藏高原北部松潘—甘孜—可可西里地块中部开展的多年综合研究与野外实践的基础上，发现青海省巴颜喀拉扎日尕那—草陇一带的印支期（三叠纪）花岗岩—伟晶岩带具有较好的锂（Li）、铍（Be）、钨（W）等成矿潜力。新发现的草陇锂铍钨矿（中部），与前人已发现的喀喇昆仑印支期大红柳滩、白龙山、雪峰岭等（西部）锂铍矿和川西印支期甲基卡、可尔因、雪宝顶等锂铍矿（东部），共同构成了完整的长约4000km近东西向展布的喀喇昆仑—草陇—甲基卡巨型锂矿带（图15）。

经调查，扎日尕那—草陇花岗岩—伟晶岩带显示了较好的Li、Be、W成矿潜力。该带西段扎日尕那地区发现3条钨矿化含石榴子石细晶岩脉，宽0.6—0.9m，最长约12m，与堇青石片岩呈侵入接触。东段草陇地区共发现伟晶岩脉54条，其中为含矿伟晶岩16条，脉体最宽为2.7m，一般为0.8—1.6m，最长约300m，大多呈北西向展布。高精度U—Pb测年显示，花岗岩年龄值为223—217Ma，伟晶岩年龄为204—200Ma。这些三叠纪花岗岩-伟晶岩是巴颜喀拉碰撞造山带后碰撞伸展背景下的产物。

青海省巴颜喀拉地区扎日尕那—草陇印支期锂、铍、钨矿化花岗岩—伟晶岩带的发现，显示了青藏高原北部松潘—甘孜—可可西里地块中部有较好的锂、铍、钨等成矿潜力，拓展了青藏高原北部伟晶岩型锂、铍矿的找矿空间。

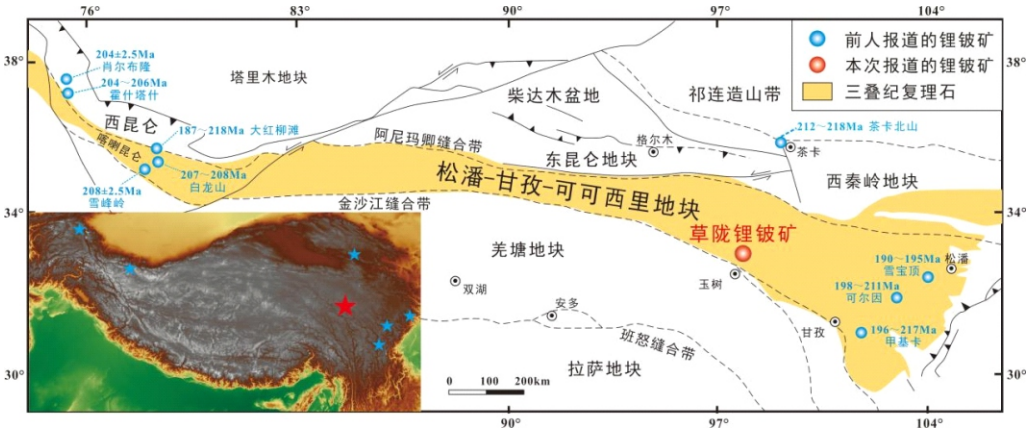



图15：青藏高原北部伟晶岩型锂铍矿分布图

# 阿尔金山新生代古生物科考工作顺利开展

阿尔金山构成了青藏高原的北部边界，索尔库里盆地是阿尔金山中的一个大型山间盆地，盆地内沉积了数千米的新生代沉积物，是研究青藏高原隆升、高原北部边界建成、阿尔金断裂带的形成、亚洲内陆干旱化等重大科学问题的理想区域之一。近期，“高原生长与演化”任务“生物与高原隆升协同演化”专题中国科学院古脊椎所科考分队的16人，赴索尔库里盆地开展新生代古生物科考（图16）。

科考分队对索尔库里盆地的岩石地层进行了对比，在索尔库里盆地内首次发现明确的上中中新统—下上中新统地层及其赋存的代表性哺乳动物化石（图17）。此次科考对于索尔库盆地新生代沉积物的地层层序和化石赋存有了更全面的认知。新发现的哺乳动物化石为索尔库里盆地沉积地层提供了进一步的生物年代判断依据，为全面恢复盆地形成过程，建立阿尔金山新生代哺乳动物年代框架，约束青藏高原北部边界建成时间和幅度及阿尔金断裂带走滑时间提供了新的化石实证。

图16:科考队员在寻找化石

图17:野外发现的羊类下颌化石

## 科考队在喜马拉雅地区发现超大型锂矿

图18:琼嘉岗超大型锂矿矿石—长柱状锂辉石

近期，“资源能源现状与远景评估”任务“青藏高原资源能源战略储备综合评估”专题，中国科学院地质与地球物理研究所研究团队，对喜马拉雅山脉拟选定的三处5300—5700m高海拔目标区进行实地考察。在喜马拉雅穷家岗峰南西3公里，发现40余条、宽达数十米至近百米的锂辉石伟晶岩带，组成4条岩脉群和4条矿带，长度均逾1000m，集中分布在5390—5581m的高海拔地区。并针对矿化伟晶岩开展1:2000草测填图（约4km$^2$）。部分小伟晶岩脉可能为第四系冰碛物覆盖，推测深部相连。两批样品（为保证样品的代表性，每件均对1Kg以上样品进行碎样）共59件，44件氧化锂含量在工业品位（0.80%）之上，最高达3.30%，平均为1.30%；氧化铍含量平均为0.051%，高于共伴生品位（>0.04%）。

以上数据表明，琼嘉岗属于共生铍的品位较高的锂矿床（图18），具备较高开发价值。按长、宽、延深总体积1/6的折扣系数，已勘察区域保守估算氧化锂资源可达101万吨（大型为10万吨），共伴生铍为3.98万吨（大型为1万吨）。换算当量碳酸锂约249万吨，按目前碳酸锂中位价格17万元/吨计算，预期可产生经济效益4200亿元。琼嘉岗可望成为继南疆白龙山和川西甲基卡之后的我国第三大锂矿。

## 羌塘盆地性质与油气勘探方向新认识

近期，“资源能源现状与远景评估”任务“青藏高原油气形成保存规律与资源潜力评价”专题研究团队，按照工作计划以沉积学为主要研究手段，应用多学科理论和技术方法，重建了羌塘中生代盆地关键演化时期的盆地形成过程，取得了以下2个方面的重要认识：（1）揭示了羌塘盆地晚三叠世的构造反转和古地理。不整合面之下的地层表现为向上变浅的海退序列，由浅海陆棚到三角洲前缘到三角洲平原。而不整合面之上晚三叠—早侏罗世，盆地沉积序列表现为向上变深的海侵序列。构造反转发生在晚三叠世，以区域不整合面为特征，表现为部分地区隆升成陆，广泛发育古风化壳沉积（图19）；晚三叠世北羌塘微陆块由海相沉积转换为陆相沉积，而南羌塘微陆块则由陆相沉积转换为海相沉积；（2）建立了羌塘盆地微陆块拼合过程中的“盆地反转”新模式。明确了盆地反转时间为220—201Ma，对应于构造反转、古地理反转和火山岩地球化学性质的转变，揭示了“盆地反转”的动力学机制（图20）。提出羌塘盆地早—晚三叠世沉积演化受到古特提斯洋及其分支关闭的影响，发生陆—陆碰撞，北羌塘逐渐进

入陆内沉积，显示前陆盆地的特征；羌塘中生代盆地开启早期（晚三叠世），盆地主要受到新特提斯洋快速扩张的影响，火山岩性质显示伸展的构造背景，沉积组合显示被动大陆边缘盆地的特征。

羌塘盆地微陆块拼合过程中“盆地反转”新模型的建立，推动了羌塘盆地油气勘探思路和方向的转变，提出北羌塘以前陆盆地油气系统为主要勘探层系，而南羌塘以被动大陆边缘盆地油气系统为最重要的勘探层系，因此，北羌塘以寻找晚三叠世的生烃凹陷为主，而南羌塘则以寻找早侏罗世的生烃凹陷为主。这一认识明确了羌塘盆地不同地区的油气勘探领域，改变了羌塘盆地油气勘探方向的已有认识。

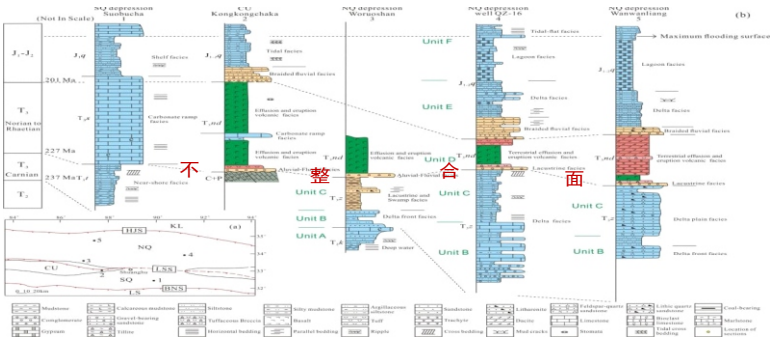



图19：中生代羌塘盆地充填序列

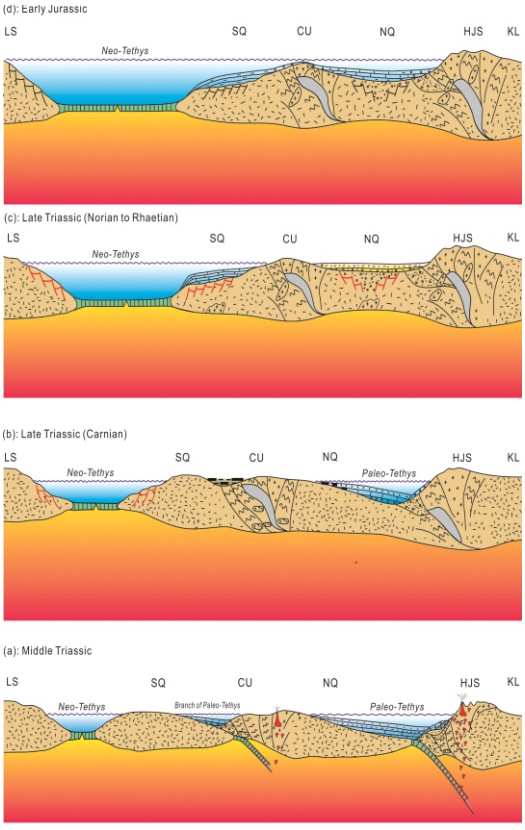



图20：中生代羌塘盆地演化模型

# 西藏典型高温地热田的深部岩浆热源探测

青藏高原蕴藏着丰富的地热资源，西藏羊八井和羊易地热田是位于古露—亚东裂谷带上的两个高温地热田（图21）。羊八井地热试验发电始于1977年，现有装机容量是26.18MW；羊易地热电站于2018年10月联网发电，装机容量是16MW，地热尾水全部回灌，实现了零污染、零排放的环保目标。长期以来，国内外学者对于这两个高温地热田的热源状态存有争议，而岩浆热源的埋深、规模和形态对于精准评估高温地热资源的开发潜力极其重要。

前期，“资源能源现状与远景评估”任务“清洁能源现状与远景评价”专题地球物理科研团队两次前往西藏羊八井和羊易地热田开展电磁法勘探。在羊八井地热田完成了4条测线的大地电测深数据采集，共54个测点，剖面长度30km；完成了6条测线的电性源短偏移距瞬变电磁数据采集，共366个测点，剖面长度18km，初步研究揭示了羊八井地热田6—8km深处岩浆热源的位置和形态，以及浅层主要断裂构造的属性和特征；在羊易地热田完成了3条测线的大地电磁测深数据采集，共36个测点，剖面长度18km，初步研究揭示了羊易地热田在4—9km深处岩浆热源的位置和形态。这些成果对于羊八井地热电站改扩建工程和羊易地热电站二期发电增容工程具有十分重要的指导价值。

图21：羊八井地热泉

# 青藏高原风能资源评估取得初步成果

青藏高原是我国三大风区之一，每年的大风（17m/s以上）日数约75天。由于青藏高原上的空气密度较低，长期以来其风能资源被认为是“有气无力”，不具有开发利用价值。为了精准评估青藏高原风能资源及其开发潜力，“资源能源现状与远景评估”任务“清洁能源现状与远景评价”专题风能资源科考队，通过中尺度数值模拟、地面和高空历史气象观测资料分析、测风塔实测数据分析和典型地形声雷达探测实验，取得了青藏高原风能资源评估的初步成果。

研究工作采用年平均风功率密度来评价青藏高原的风能资源。在距地面100m的高度上，年平均风功率密度达到400W/m$^2$时，近似于3级风能资源，即具有风电开发利用价值。青藏高原年平均风功率密度数值模拟结果表明，100m高度上年平均风功率密度400W/m$^2$以上的连片区域主要分布在昆仑山、喀喇昆仑山、可可西里、唐古拉山以及藏西南的冈底斯山，其它地区也具有零散分布的可开发风能资源。青藏高原100m高度的风能资源技术可开发量为14.8亿kW，占全国总量的16%，其中青海省4.8亿kW，西藏自治区10亿kW。青海省的风能资源技术可开发量主要集中在玉树州和海西州，其中玉树州占46%、海西州占36%。西藏自治区的风能资源技术可开发量主要集中在那曲市和阿里地区，其中那曲市占44%，阿里地区占38%。

通过声雷达探测实验（图22），初步揭示了山谷风效应是喜马拉雅山南侧风能资源的主要形成机制。由于青藏高原遍布大起伏的高山和极高山，且山脉顶部长年积雪，因此其风速日变化特征显著，而且与内陆山区有很大差异。青藏高原通常在午后风速迅速增大，日落后达到最大，后半夜至次日上午风速较小。在“十四五”期间，青藏高原风光储清洁能源基地的建设需要考虑风电和光电同时出现低谷时的应对措施。

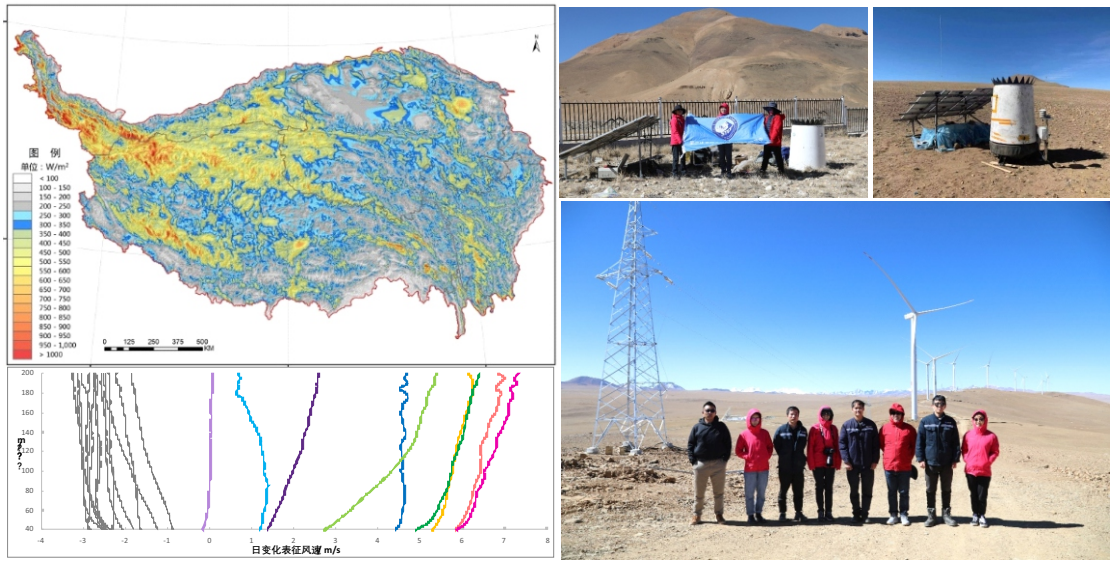
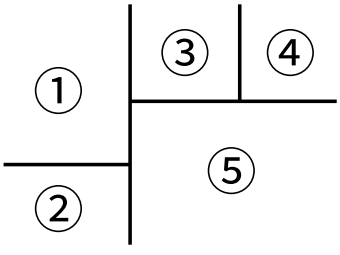



图22：青藏高原风能资源评估科考




① 青藏高原年平均风功率密度分布图

② 声雷达探测的西藏山南市措美县哲古镇2021年11月风廓线日变化特征

③ 西藏珠峰科考站声雷达观测实验安装现场

④ 西藏山南市措美县哲古镇声雷达观测现场

⑤ 科考队员到达全球海拔最高的风电场—西藏措美高原实验风电场

# 藏东南大地热流测量工作顺利开展

大地热流是指单位面积、单位时间内由地球内部以传导形式向大气圈释放的热量，是地球内部热作用过程在地表最直接的表现，蕴藏着丰富的地球动力学信息。简单来说，大地热流是地温梯度和岩石热导率的乘积。全球陆域公开报导的大地热流有35523个，然而中国大陆地区只有1230个大地热流，西藏自治区仅有20余个，主要分布在古露—亚东裂谷带沿线，藏东南是大地热流数据空白区。

近年来，川藏铁路和派墨公路的建设，为大地热流测量提供了千载难逢的机会。近期，“资源能源现状与远景评估”任务“清洁能源现状与远景评价”专题研究团队在藏东南开展了钻井稳态测温工作（图23），科研人员在川藏铁路拉月隧道段先后测量了两口勘查深井的温度，井深超过2000m；在派墨公路多雄拉隧道，测量了位于隧道口的ZKYS01井和位于隧道中间的ZKYS02井，累计采集岩芯样品160块，为后期测定岩石热物性和计算大地热流打下基础。这些资料将为评估相关工程区深部地热灾害提供科学依据，同时也将为藏东南岩石圈地球动力学研究提供地热学约束条件。

图23：藏东南钻井稳态测温工作科考分队

# 青藏高原保护地球系统科考平台初步建成

青藏高原是亚洲水塔、地球第三极，生态环境脆弱敏感，对我国乃至全球的气候和生态环境安全都具有重要影响。2017年第二次青藏科考开展以来已取得一系列成果，青藏高原保护地球系统科考平台已初步建成，生态环境和气候变化的科学考察正在开展。

在人口最密集的拉萨河流域，第二次青藏科考的队员们正在进行地球系统多圈层的观测研究。这个区域受到自然过程和人类活动的双重影响，因此，这部分的研究工作对整个青藏高原尤其重要。

在雅鲁藏布江主要支流拉萨河流域，目前已经初步建成了气象、冰川、水文、生态、环境等综合观测系统，并开展了修复治理。科考队在拉萨河1号（廓琼岗日）冰川区成功实施2次人工增雪保护试验开展冰川公园保护工作，减缓气候变暖造成的冰川消融。

青藏高原是13条亚洲大江大河的主要发源地，是我国重要的生态安全屏障和国家安全屏障，被称作亚洲水塔，青藏高原高耸的地形塑造了今天的中国和亚洲气候环境。地球系统的六大圈层齐聚于此，其青藏高原生态环境的变化关系着中国及“一带一路”地区众多国家的水资源安全。

科考队员们首次估算了亚洲水塔的冰川水储量、湖泊水储量和主要河流径流量总和超过9万亿立方米。预估21世纪末如果将全球升温控制在1.5℃情况下，青藏高原将升温2.1℃，亚洲水塔冰川将消融三分之一。

五年来，围绕亚洲水塔动态变化与影响等10大科学考察研究任务，第二次青藏科考进行了多圈层、多学科、全要素的综合研究，采用了系留浮空艇、无人机、水下机器人、直升机等技术手段，初步建成了“山水林田湖草沙冰”一体化保护与系统治理地球系统科考平台(图24、25)。

图24：姚檀栋院士介绍科考平台建设目标

未来，第二次青藏科考将持续产出重大成果，将科考做成经得起历史检验的重大标志性科学工程，服务于青藏高原生态文明高地建设，服务于全球生态环境保护和人类命运共同体建设。

图25：安宝晟研究员介绍科考平台建设布局规划

来源：央视新闻网

# 新时期草地多功能目标管理建议被评为2021年青海省科协优秀“科技工作者建议”

近日，“生态系统与生态安全”任务“草地生态系统与生态畜牧业”专题，中国科学院西北高原生物研究所、中国科学院三江源国家公园研究院赵新全、赵亮、徐世晓共同提交的“新时期草地多功能目标管理几点建议”，获青海省科学技术协会2021年优秀科技工作者建议。

该建议基于长期研究工作基础上，提出了优化自然保护地类观赏草地、放牧草地、栽培草地布局，实现草地的多功能管理目标；因地制宜地扩展栽培草地建植，创建现代草牧业的生产的新模式，突破高寒地区草牧业季节性营养不平衡瓶颈；科学核定天然放牧草地载畜量，建立和完善长效生态补偿机制、创新草原保护奖补方式，实现放牧草地资源的持续利用；实施自然保护地食草野生动物与放牧家畜平衡管理示范工程，践行山水林田湖草生命共同体理念。

草地生态系统是青藏高原分布面积最大、涉及人口最多、生态和生产功能最重要的生态系统。近年来，在第二次青藏科考国家科技计划的支持下，草地生态系统与生态畜牧业科考分队在青藏高原草地多功能目标管理的原理、技术与模式方面取得了系列进展。

# 青藏高原不同高寒草地生态系统碳通量特征及控制因素

高寒草甸和高寒草原是青藏高原广泛分布的主要植被类型，它们生长在年均温低、降雨量少、太阳辐射强、土壤剖面浅、生长季节短等极其恶劣的自然环境中，对气候变化响应敏感。由于青藏高原偏远地区存在碳通量观测和数据共享政策的限制，不同高寒草地生态系统碳通量的大小、沿地理梯度的空间分布格局和控制因素尚不清晰。

针对这一科学问题，“西风—季风协同作用及其影响”任务“地气相互作用及其气候效应”专题研究团队，整合多个站点的观测数据，利用剔除、插补等标准化方法处理得到碳通量数据，深入分析青藏高原高寒草地碳通量的空间变化动态和主导环境变量。

研究发现，青藏高原不同高寒草地生态系统的多年平均净生态系统碳交换（NEE）在 -284~31gCm$^{-2}$ y$^{-1}$之间变化，其中高原东北部和东部的高寒草甸生态系统具有较强的碳汇水平，西部高寒草原生态系统呈现较弱的碳源或碳汇水平（图26）。此外，在青藏高原东部和中部的湿润地区，温度通常是高寒草甸生长季碳通量的限制因素，表明该区域草地生态系统受能量控制；在青藏高原西部的干旱半干旱地区，表层土壤水分通常是高寒草地生长季碳通量的限制因素，表明该区域草地生态系统受水分控制。年碳通量主要表现为经向格局，其次是海拔格局。不同高寒草地生态系统的多年平均总初级生产力、生态系统呼吸和碳汇强度，随经度从西向东增加而线性增加，随海拔升高而线性减少。NEE的空间格局主要受表层土壤水分控制，土壤水分含量越高，生态系统碳汇强度越大。碳通量空间变化主要由主导环境因子的经向或海拔变化引起。

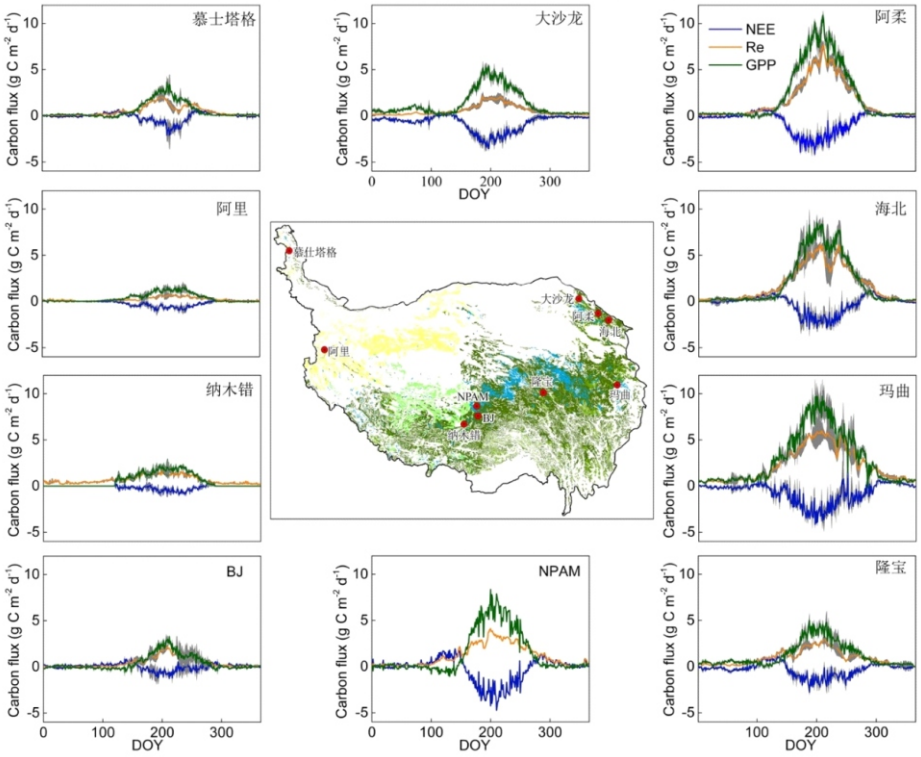



图26：不同高寒草地生态系统多年平均总初级生产力（GPP）、生态系统呼吸（Re）、净生态系统碳交换（NEE）的季节变化动态。NEE负值表示净的二氧化碳吸收，蓝线、橙线和绿线分别代表NEE、Re和GPP，灰线代表不同年份季节动态的标准误差。

文章信息：Wang Yuyang, Xiao Jingfeng, Ma Yaoming, Luo Yiqi, Hu Zeyong, Li Fu, Li Yingnian, Gu Lianglei, Li Zhaoguo, Yuan Ling. (2021). Carbon fluxes and environmental controls across different alpine grassland types on the Tibetan Plateau. Agricultural and Forest Meteorology, 311, 108694.

原文链接：https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108694.

# 三江源国家公园建设管理机制研究

近期，“生态安全屏障功能与优化体系”任务“第三极国家公园群建设”专题研究团队，以第二次青藏科考成果为基础，总结了国家公园建设的中国经验，重点介绍了三江源国家公园建设中协调社区可持续发展和生态保护的管理机制创新，倡议其他国家在新建国家公园项目时借鉴“中国模式”(图27)。

如何寻求社区可持续发展与自然保护之间的平衡是国家公园发展过程中的典型问题。2015年中国启动以国家公园为主体自然保护地体系建设工作，作为中国第一个也是最大的国家公园试点，三江源国家公园在建设过程中探索出“一户一岗”的新型管理模式，通过聘用当地居民作为生态管护员，实现生态保护和社区发展的有机融合。实践证明，在这种新的管理模式下，居民的生活水平不断提高，物种多样性、草地覆盖率、产草量等生态指标也得到了显著改善。中国在国家公园建设中的成功经验可以为其他国家公园建设提供借鉴。

图27：“第三极国家公园群建设”专题研究团队

文章信息： Feng Yuyao, Li Guowen, Li Jianping, Sun Xiaolei, Wu Dengsheng. (2021). Community stewardship of China's national parks. Science, 374(6565), 268-269.

原文链接：https://doi.org/10.1126/science.abm2665.

# 青藏高原重要森林树种冷杉和川滇柳随气候变化分布规律

全球变暖会影响树木生长和土壤营养元素循环，但长期增温会对青藏高原的岷江冷杉及其土壤元素有何影响，尚不清楚。“生态安全屏障功能与优化体系”任务“重大生态工程成效评估”专题研究团队使用人工增温箱(OTC)，对岷江冷杉分布的上限、下限和中间海拔开展了10年的原位增温(1.0—0.6°C)实验(图28)。结果表明，增温增加了高海拔的生物量而并没有改变低海拔的生物量。增温促进了高海拔岷江冷杉土壤和叶片中C、N含量，但增加低海拔地区重金属(Al、Mn和Zn)含量，且进一步增加了植物对土壤P的种间竞争。在低海拔地区，与Al和Mn代谢相关的代谢产物含量增加显著，说明长期增温导致冷杉P限制和重金属的积累将不利于低海拔分布区林木的生长，使得其分布的下线上移。

此外，雌雄异株柳树的性别比例往往受到环境条件的限制，性别比例的偏倚不仅跟海拔相关而且也与植物生长的营养状况和性别间竞争相关。为探讨N沉降背景下，柳树性别比例变化规律，以不同海拔的川滇柳为研究对象，开展了代谢产物与营养间关系的研究(图29)。结果表明性别比例随着土壤中N素营养的改变而改变，即N素增多，雄株个体变多，体内次生代谢物质变多。在高N土壤中添加N素会导致川滇柳雌株产生大量的氨基酸和C平衡相关的代谢产物以提高其防御能力，而雄株会增加其生长以占有更多的空间。这种性别间不同的C—N平衡策略，使得雄株在雌雄竞争中更有优势，而雌株将会遭受更强烈的性别间竞争。因此，随着未来全球N沉降的增加，将会增加雄株的数量，进而导致性别比例偏雌性的川滇柳的性别比例回归平衡状态。

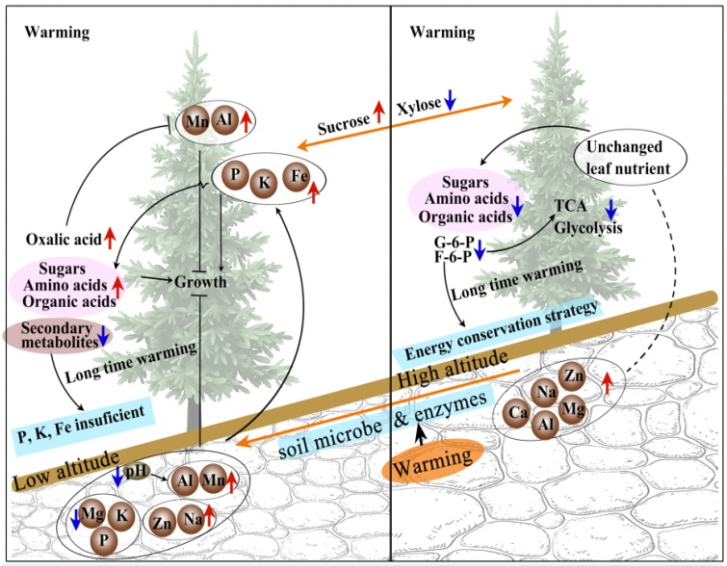


图28：高低海拔岷江冷杉对增温差异响应

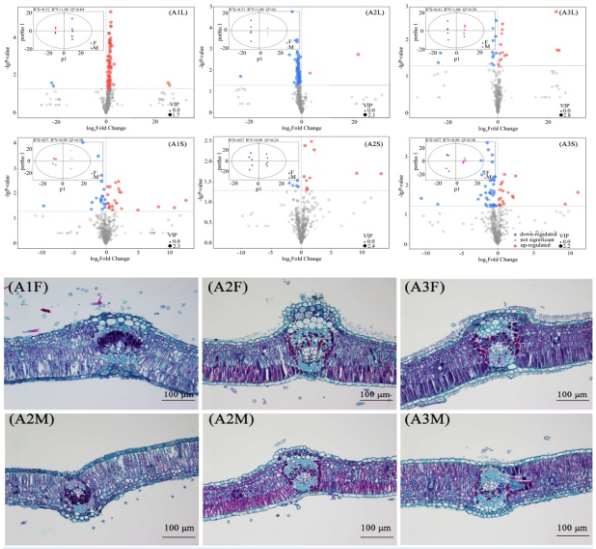


图29：三种氮素浓度下雌雄川滇柳叶片代谢产物及显微结构变化

文章信息：Song Haifeng, Han Qingquan, Zhang Sheng. (2021). Low-altitude boundary of Abies faxoniana is more susceptible to long-term OTC warming in the eastern Tibetan Plateau. Frontiers in Plant Science, 12, 766368.

Song Haifeng, Chen Yao, Cai Zeyu, Wu Xinxin, Zhang Sheng. (2021). Nitrogen influenced competition between the genders of Salix rehderiana. Tree Physiology, 12, 2375-2391.

原文链接：https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.766368/full.
https://academic.oup.com/treephys/article/41/12/2375/6302546.

# 研究揭示鸟类高海拔适应的基因组平行演化

相同或相似的选择压力下，近缘物种可能在生理、形态等方面发生一系列相似的适应性改变，称为“平行演化”（parallel evolution）。然而，这种相似表型的演化可能是由不同的遗传机制所调控。近日，“生物多样性保护与可持续利用”任务“高原动物多样性保护与可持续利用”专题和“生态系统与生态安全”任务“湿地生态系统与水文过程变化”专题研究团队联合研究提出了高海拔适应基因组平行演化的新观点。

研究团队以东亚地区分布的所有山雀科鸟类为研究体系，探索是否山雀类具有对历史气候变化和高海拔极端环境适应的基因组平行演化。山雀科鸟类起源于中国—喜马拉雅山区，有19个物种分布于东亚地区，其中分布于西部高海拔地区的物种既有高海拔特有种，也包括广布种的高海拔种群（图30），这一体系也为检验杂合度水平是否影响遗传结构变化的平行性假说提供了可能性。

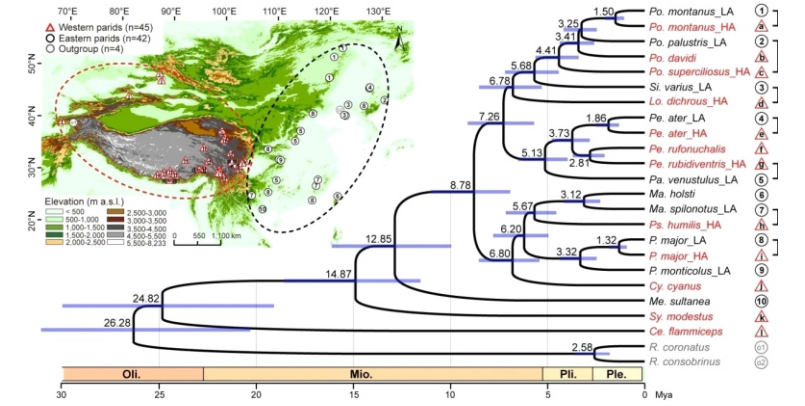



图30：采样地和东亚山雀类物种的系统发生树

基于所有个体基因组杂合度的空间模拟显示，山雀类的杂合度总体呈现出“西部低—东部高”的空间分布模式（图31A），广布种的西部高海拔种群的杂合度也显著低于其东部低海拔种群，但显著高于西部特有种的杂合度，与东部特有种的杂合度相似（图31B）。种群历史动态的推断也表明，西部特有种几乎都在更新世期间经历过种群的收缩，可能缘于冰期冰川扩张的影响。而东部特有种由于未受到更新世冰期的影响，并没有呈现出种群收缩的趋势，而是发生了种群扩张（图31C）。对于广布种而言，其东部种群与其它东部特有物种一样在更新世期间经历了种群的扩张，但其西部种群与其它西部特有物种有着不同的种群历史动态（图31D）。这一结果说明了种群的历史动态对山雀科鸟类杂合度水平的重要影响作用。

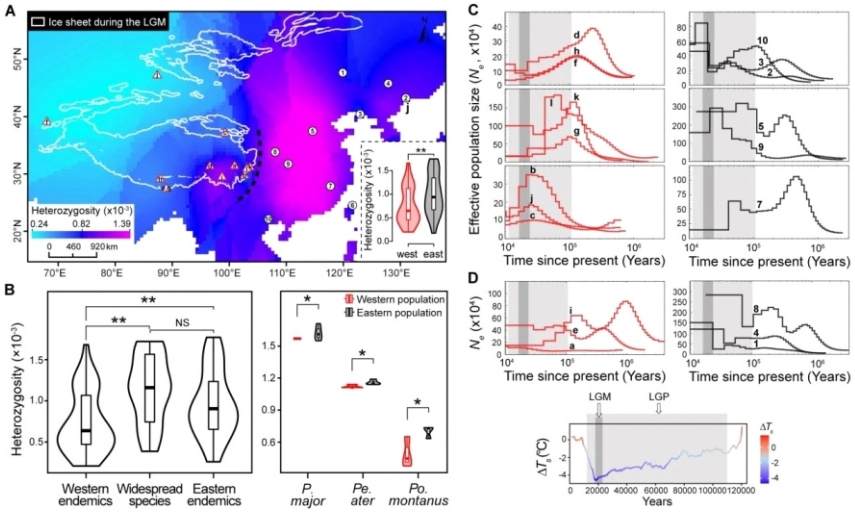



图31：(A) 个体杂合度的空间分布；(B) 杂合度水平的比较；(C) 西部（红色）和东部（黑色）物种的种群历史动态；(D) 广布种的种群历史动态，浅灰色区域指示末次冰期，深灰色区域指示末次盛冰期

研究团队进一步使用基于滑动窗口的基因组扫描方法，发现所有高海拔物种或种群都显著富集了与氧转运级联和产热相关的基因（图32A），但是并没有发现相同的基因或核苷酸替代位点，仅有参与脂类代谢的PLB1基因在多数高—低海拔物种对之间发生了显著的分化。然而，这些基因在功能层次却显著重叠，主要集中于氧气利用、低氧适应、脂类代谢和碳水化合物代谢等方面，并且在高海拔特有种和广布种的高海拔种群之间没有显著的差异（图32B）。此结果表明平行演化更多地发生在功能和基因组层次，同时说明了杂合度水平没有显著地影响到山雀类平行演化的程度。

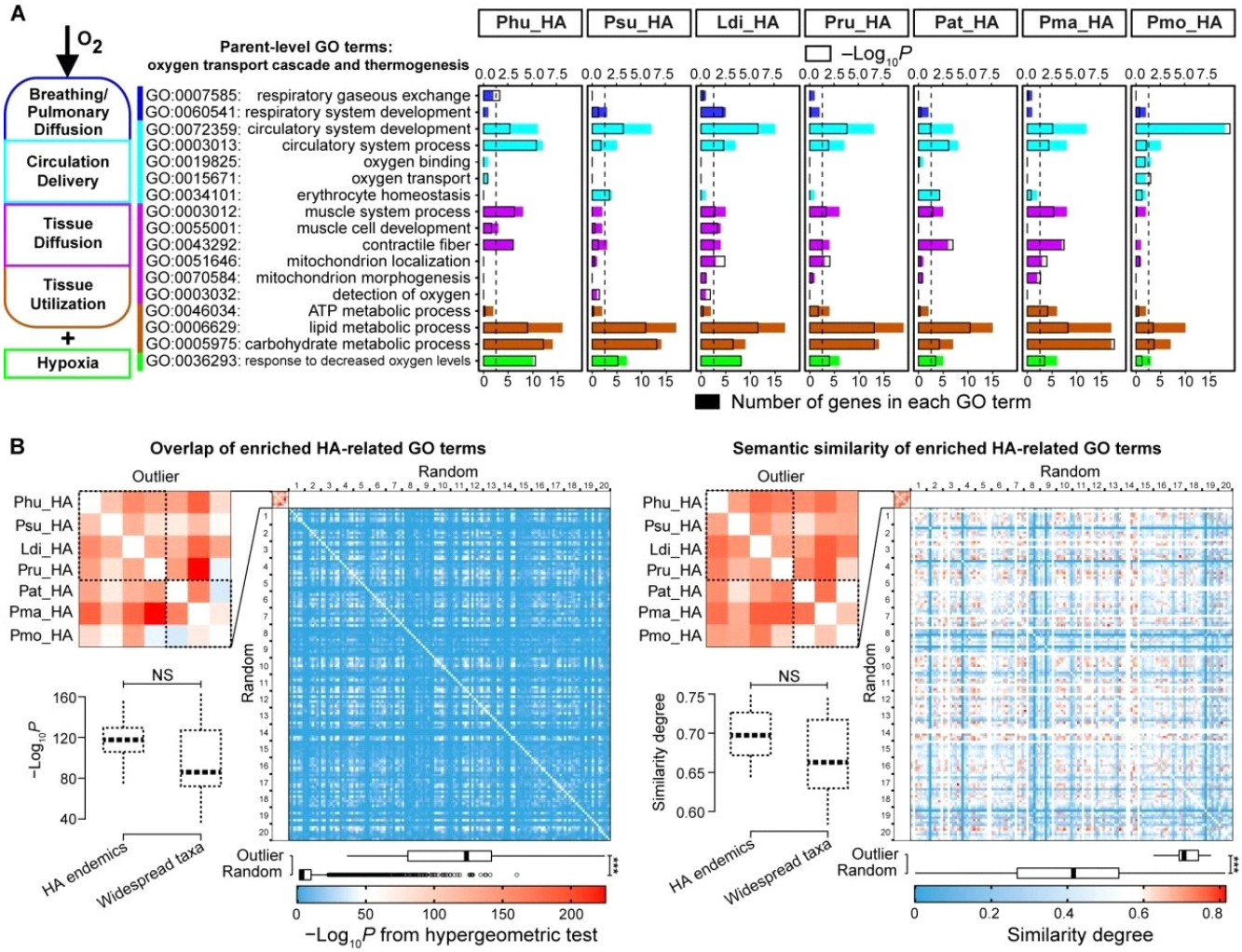



图32：(A) 高分化区域与高海拔适应相关基因的功能富集；(B) 不同高海拔物种之间高分化基因的功能相似性

文章信息：Cheng Yalin, Matthew J. Millerc, Zhang Dezhi, Xiong Ying, Hao Yan, Jia Chenxi, Cai Tianlong, Li Shou-Hsien, Ulf S. Johansson , Yang Liu , Chang Yongbin, Song Gang, Qu Yanhua, Lei Fumin. (2021) . Parallel genomic responses to historical climate change and high elevation in East Asian songbirds. PNAS, 118(50), e2023918118.

原文链接：https://doi.org/10.1073/pnas.2023918118.

# 单个突变可以重现哺乳动物适应高原低氧表型

了解适应性进化的分子机制是现在生物学研究的核心之一。青藏高原平均海拔超过3000米，青藏高原上的土著哺乳动物为适应高原极端环境，特别是低氧环境，演化出许多相似的适应性表型，比如更大的心脏/体重比，更低的肺动脉压等。然而，我们对这些趋同表型演化的分子机制，特别是不同的物种是否采用相同的分子机制了解的甚少。

最近，“生物多样性保护与可持续利用”任务“高原动物多样性保护与可持续利用”专题研究团队，在土著哺乳动物适应青藏高原极端低氧环境的共同分子机制的研究中取得了进展（图33）。首先，研究团队de novo测序和组装了高原鼠兔和高原鼢鼠的基因组。结合以前发表的牦牛和藏羚羊基因组，他们通过比较基因组学发现了16个基因在至少三个高原动物中发生了趋同进化，这些基因的功能与心脏发育密切相关。更有趣的是，其中一个基因RETSAT，在四个高原物种中都发生了趋同变化（Q247R）。

RETSAT是视黄醇饱和酶，以前只报道过和脂肪代谢，维生素A的合成，以及ROS的生成等有关。他们将小鼠RETSAT基因的247号位点突变为高原型（247R），发现该突变能显著地增强基因的酶活。接着，他们做了一个带有高原突变型的转基因小鼠，发现转基因小鼠拥有更大的主动脉直径，更大的心脏体重比，更强的右心室输出和更低的肺动脉压。并且在低氧条件下能存活更久。研究提示着相似/相同的分子机制可能在不同物种的适应性趋同表型的进化中发挥着重要的作用，并且即使一个基因的一个点突变也可能重现出多个适应性的表型。

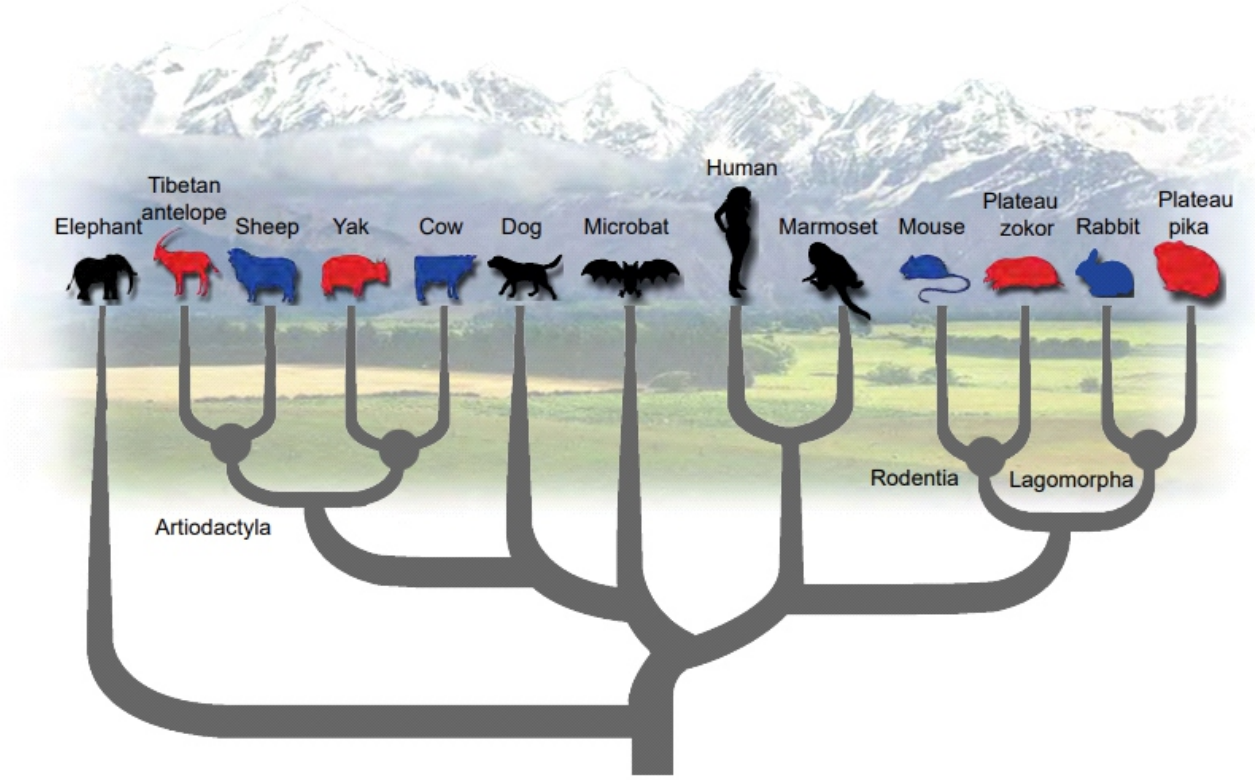



图33：全基因组检测趋同进化基因的系统发育树。红色和蓝色分别表示青藏高原土著哺乳动物及其近缘低地亲缘种

文章信息： Xu Dongming, Yang Cuiping, Shen Qiushuo, Pan Shengkai, Liu Zhen, Zhang Tongzuo, Zhou Xin, Lei Menglong, Chen Peng, Yang Hui, Zhang Tao, Guo Yuanting, Zhan Xiangjiang, Chen Yongbin, Shi Peng. (2021). A single mutation underlying phenotypic convergence for hypoxia adaptation on the Qinghai-Tibetan Plateau. Cell Research,31,1032-1035.

原文链接：https://www.nature.com/articles/s41422-021-00517-6.

# 氮添加对土壤轻组有机质转化的影响

大气氮沉降对土壤碳动态的影响机制尚不清楚，限制了我们预测土壤对气候变化响应的能力。为此“生物多样性保护与可持续利用”任务“高原微生物多样性保护与可持续利用”专题研究团队，利用轻组有机质（LF—SOM）指纹图谱（热解—气相色谱—质谱）并结合微生物群落数据，研究了青藏高原高寒草地LF—SOM对N添加的响应（图34）。

在施氮（0、10、20、40、80和160 kg · N · $ha^{-1}$）第2年，LF—SOM表现为积累（N10—N20）和分解（N40—N160），而在第5年仅表现为分解（N10—N160）。LF—SOM有机化合物在第2年表现出高敏感性、低抗性，在第5年表现出低敏感性、高抗性。非生物和生物因子在第2年对氮水平的敏感性高于第5年，生物因子在第5年对氮水平的抗性高于第2年。土壤C/N为主的非生物因子是第2年LF—SOM转化的主要驱动因子，而微生物为主的生物因子是第5年LF—SOM分解的主要驱动因子。研究表明，氮添加对LF—SOM转化的影响取决于非生物和生物因子对氮积累响应的变化。这一认识对未来氮沉降下陆地生态系统功能的预测具有重要意义。

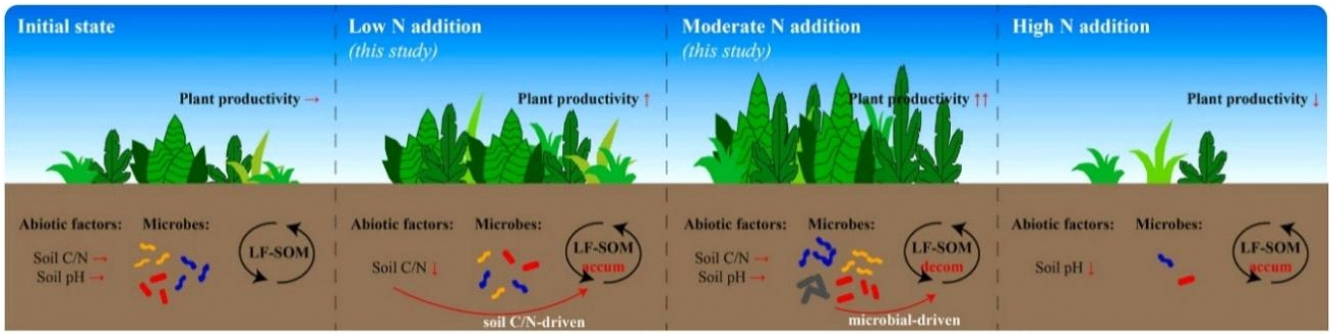



图34：氮添加对LF—SOM转化的影响取决于非生物和生物因子对氮积累响应的变化

文章信息： Chen Qiuyu, Hu Yilun, Hu Ang, Niu Bin, Yang Xiaoqin, Jiao Hongzhe, Xu-Ri, Song Lili, Zhang Gengxin. (2021). Shifts in the dynamic mechanisms of soil organic matter transformation with nitrogen addition: From a soil carbon/nitrogen-driven mechanism to a microbe-driven mechanism. Soil Biology and Biochemistry,160,108355.

原文链接：https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108355.

# 冰川来源微生物在下游水生生态系统的迁移

冰川是地球上重要的微生物栖息地，被认为是下游水生环境的关键物种库。在世界范围内，迅速消退的冰川正在驱动着水文、物种分布的变化，并威胁着冰川补给的水生生态系统中的微生物多样性。然而，目前关于冰川来源物种的输入对下游水生环境中微生物多样性的影响研究较少。

为了阐明冰川来源物种对下游水生环境中微生物多样性的影响，“生物多样性保护与可持续利用”任务“高原微生物多样性保护与可持续利用”专题研究团队，采集了青藏高原慕士塔格、羌塘1号和枪勇三条冰川的表层积雪（0—15cm）、冰川径流和补给湖泊的水体样本（图35）。研究发现冰川是下游水生生态系统微生物的重要物种库，向下游径流和湖泊贡献了17%—38%和17%—28%的物种，主要为高丰度优势物种（图36）；冰川径流是冰川环境来源微生物的接受体和载体，径流越短，冰川来源的物种对湖泊微生物的影响越大；一些稀有物种的丰度沿着水体逐渐升高，并在下游生境中成为优势物种。

此外，发现微生物在冰川补给水体中的这种迁移模式很大程度上取决于质量效应（mass effects）的影响，并逐渐受到各生境局部环境的选择作用。这一研究揭示了融雪后冰川表层积雪微生物的命运，以及冰川表层积雪微生物的输入是如何影响下游水生环境中的细菌群落。随着世界范围内冰川的快速消融，全面了解生物过程对冰川下游生态系统的影响，对于预测冰川环境中微生物的生态轨迹至关重要。

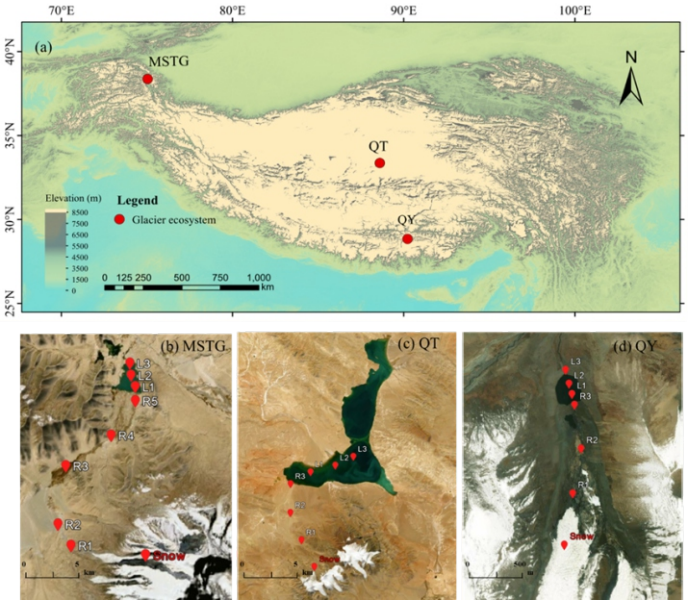



图35：慕士塔格、羌塘1号和枪勇冰川的地理位置和采样点分布

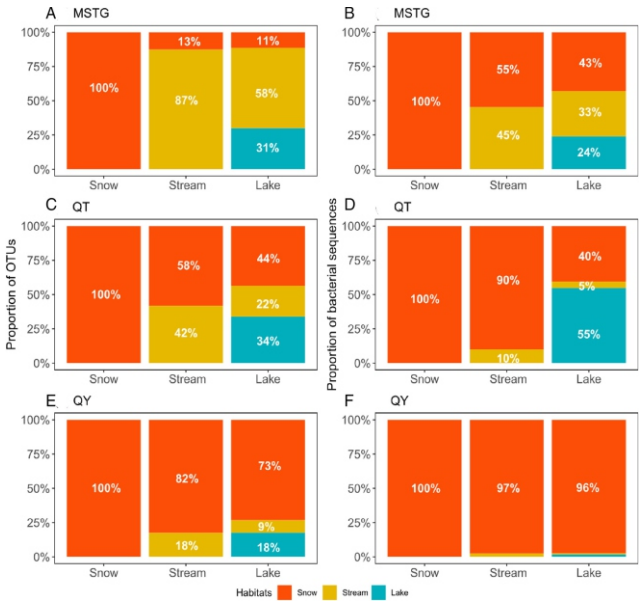



图36：冰川补给的水文连续体中细菌群落的空间分布

文章信息： Liu Keshao, Liu Yongqin, Hu Anyi, Wang Feng, Zhang Zhihao, Yan Qi, Ji Mukan, Trista J. Vick-Majors. (2021). Fate of glacier surface snow-originating bacteria in the glacier-fed hydrologic continuums. Environmental Microbiology, 23(11), 6450-6462.

原文链接：https://doi.org/10.1111/1462-2920.15788.

# 全球生态系统中微生物残体是土壤有机碳的主要来源

尽管越来越多的证据表明微生物残体是重要的土壤有机碳来源，但在全球尺度农田、草地和森林土壤微生物残体对有机碳（SOC）的贡献尚未进行定量化研究。“人类活动与生存环境安全”任务“土地利用变化及其环境效应”专题研究团队，基于0—150厘米土体深度内的氨基葡萄糖和胞壁酸含量，在全球尺度（青藏高原样点数为30个）估计了农田、草地和森林土壤微生物残体含量及其对有机碳积累的贡献（图37）。

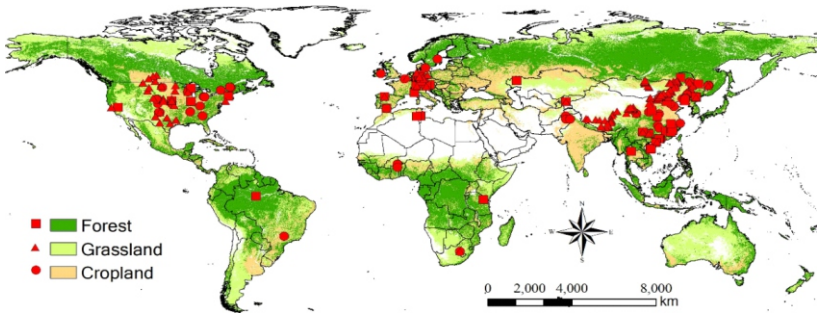



图37：研究样点分布图

研究结果表明农田、草地和森林土壤（0—20cm表层土壤）中微生物残体碳对有机碳的平均贡献分别为51%、47%和35%（图38）。这一结果表明土壤有机碳形成的微生物途径（即微生物残体的续埋效应）在耕地和草地土壤占主要地位，而植物途径（即难分解植物残体的物理迁移）在森林中占主导地位。草地和森林土壤中微生物残体对SOC的贡献随土层深度的增加而增加，而在农田土壤中随土层深度的增加而降低。农田土壤中的细菌:微生物残体比值和细菌:真菌残体比值大于草地和森林土壤，表明农田土壤中较多的细菌残体碳积累。

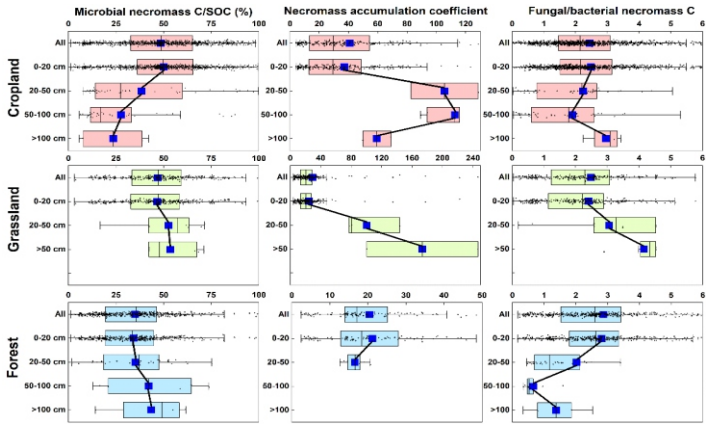



图38：全球农田、草地和森林土壤微生物残体对有机碳的贡献

同时本研究发现，微生物残体积累系数随区域（如青藏高原草地的微生物残体积累系数低于蒙古草原；Zhang et al，2021, SBB）和土层变化。而目前关于青藏高原地区土壤微生物残体的形成/稳定机制及其环境因素调控过程尚缺乏系统研究，该区域植物源碳和微生物源碳对土壤有机碳积累的贡献如何随土地利用方式和土层变化需进一步深入。

文章信息： Wang Baorong, An Shaoshan, Liang Chao, Liu Yang, Yakov Kuzyakov. (2021). Microbial necromass as the source of soil organic carbon in global ecosystems. Soil Biology and Biochemistry, 162,108422.
原文链接：https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071721002960.

# 半麝化石证据揭示反刍动物角的早期演化

角是反刍动物最具标志性的结构之一，同时也是鉴定分类最重要的特征之一。早期的反刍动物通常无角，而后逐步出现牛科、鹿科、长颈鹿科和叉角羚科动物头上的角。最新的基因组学研究证明这些反刍动物头上的角，可能源自相同的细胞基础；但是不同科之间角的组织学和生理学差异十分显著，且化石种类亦是多种多样，因此角起源于一次还是多次仍是一道尚未解决的难题，而梳理不同类群有角反刍类的系统发育关系无疑是解决上述问题的关键。

近期，“高原生长与演化”任务“生物与高原隆升协同演化”专题研究团队报道了青藏高原北缘、甘肃省肃北县西水沟地点反刍动物化石的最新研究成果。材料包括一件部分保存的头骨，一件较为完整的下颌和两件部分保存的上颌材料，鉴定为新种西水半麝（*Amphimoschus xishuiensis*）（图39）。此项研究结合目前已发表的涉及到早期反刍类的形态特征矩阵，采用反刍类最新基因组学的拓扑结构约束，运用最大简约法进行系统发育分析，识别出半麝属在牛科和麝科构成的牛总科中的基干位置。西水半麝保留有眶上隆起、眶前隆起和加厚的额骨，这是半麝属的头骨附属物首次向世人展示，并显示其功能极有可能与牛角在领地性行为中的作用类似，从而进一步得出最晚基干类群的牛科和牛总科成员统计学上显著地展示出具有领地性行为。

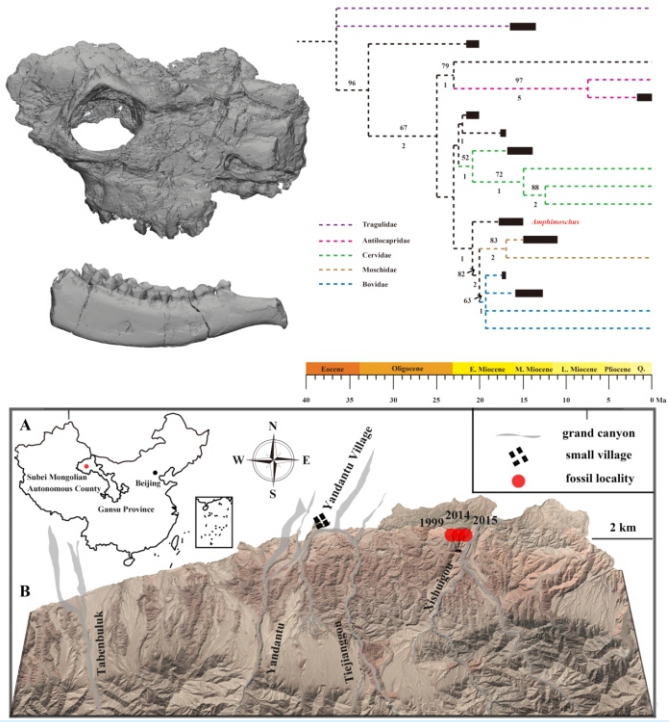



图39：西水半麝头骨和下颌骨、系统发育关系及其化石地点位置

关于反刍动物角的起源目前有两个假说，一是争夺配偶武器假说，一是肠前发酵动物的代谢反馈假说。半麝化石的研究证明武器假说可能更适于解释角的起源和演化，并推断除争夺配偶外，角的早期演化可能还与争夺食物资源等密切相关。在角出现之前，反刍动物争斗的方式极有可能依赖体重的优势，争斗的失败方需要付出惨烈的代价；而角的出现，骨质、坚硬、即使破损也不会致命，使得体型相当的反刍动物有了相对更加灵活、代价更小的争斗方式。也就是说，角的出现可能为体型接近的反刍类的多样性增加提供了机遇与可能。

文章信息：Li Yikun, Bastien Mennecart, Manuela Aiglstorfer, Ni Xijun, Li Qiang, Deng Tao. (2021). The early evolution of cranial appendages in Bovoidea revealed by new species of Amphimoschus (Mammalia: Ruminantia) from China. Zoological Journal of the Linnean Society, zlab053.

原文链接：https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlab053.

# 高山栎组植物的出现时间前推2000万年

在地质历史上，高山栎组植物在西藏南木林、横断山和云南西北部也有丰富的化石记录。在已有的化石记录中，发现于西藏南木林1500万年前的叶片化石，是此前该组植物可靠的最早化石记录。“高原生长与演化”任务“生物与高原隆升协同演化”专题团队，对发现于西藏芒康约3400万年前的高山栎组叶片化石进行了深入研究（图40）。证实这是迄今发现的最早高山栎组化石，将该组植物的出现时间向前推了近两千万年，为重新审视该组植物的起源与演化历史提供了新线索。

该研究结合几何形态测量法和高山栎组植物的扩张历史，讨论了该组植物叶片对高原高寒干旱生境的预适应特征。此外，综合已有的化石记录和高原形成过程的最新研究进展，推测高山栎组植物在不晚于3400万年前，起源于现今的青藏高原东南缘，部分类群沿冈底斯山脉和之后形成的喜马拉雅山脉向西扩散；其余类群向东和东南方向扩散，并在横断山地区的群落中成为优势类群。这种扩散路线与之前认为的高山栎组“北上路线”相反，也进一步验证了冬青栎组植物（*Quercus* section *Ilex Loudon*）的东亚起源假说。

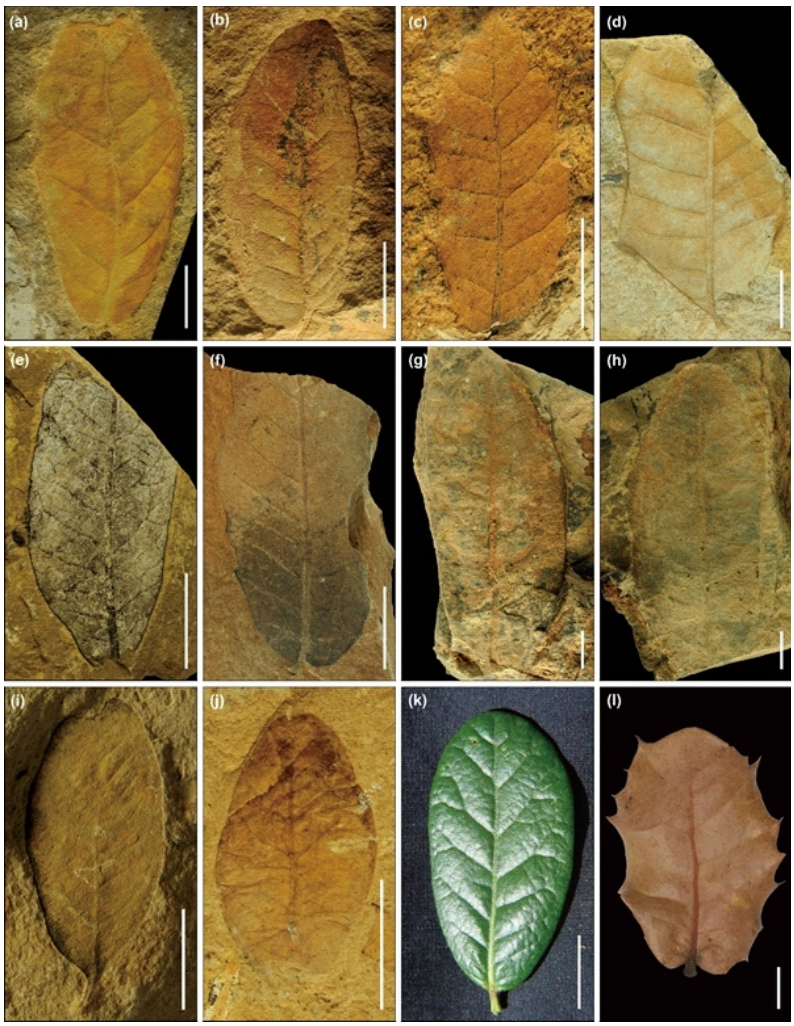



图40：西藏芒康的前灰背栎(相似种) *Quercus cf. presenescens*叶片化石(a~j)和现代高山栎组标本(k,l)对比图

文章信息： Chen Linlin, Deng Weiyudong, Su Tao, Li Shufeng, Zhou Zhekun. (2021). Late Eocene sclerophyllous oak from Markam Basin, Tibet, and its biogeographic implications. Science China Earth Sciences, 64, 1969-1981.
原文链接：https://doi.org/10.1007/s11430-020-9826-4.

# 印度—欧亚大陆碰撞导致东羌塘杂多地区侏罗纪灰岩重磁化

羌塘地块是位于青藏高原中部的一条东西向狭长地块。该地块自中生代以来的漂移演化历史存在诸多争议，限定了对原青藏高原和古、中特提斯洋演化的认识，一个主要原因之一是关于羌塘东部的研究相对较少。

针对此现状，“高原生长与演化”任务“高原风化剥蚀历史及气候环境效应”专题研究团队，选取位于东羌塘东部杂多地区的侏罗统雁石坪群布曲组灰岩为研究对象，系统开展构造古地磁学和岩石磁学研究，确定其所记录的古地磁方向的原生性（图41）。发现布曲组灰岩主要载磁矿物为稳定单畴磁铁矿和超顺磁磁铁矿的共生特征，与灰岩中的“重磁化指纹”非常相似。岩相学观测分析发现，这些灰岩样品中广泛存在石膏细脉以及胶结、溶解、置换和再结晶等现象，具有显著的重磁化特征。

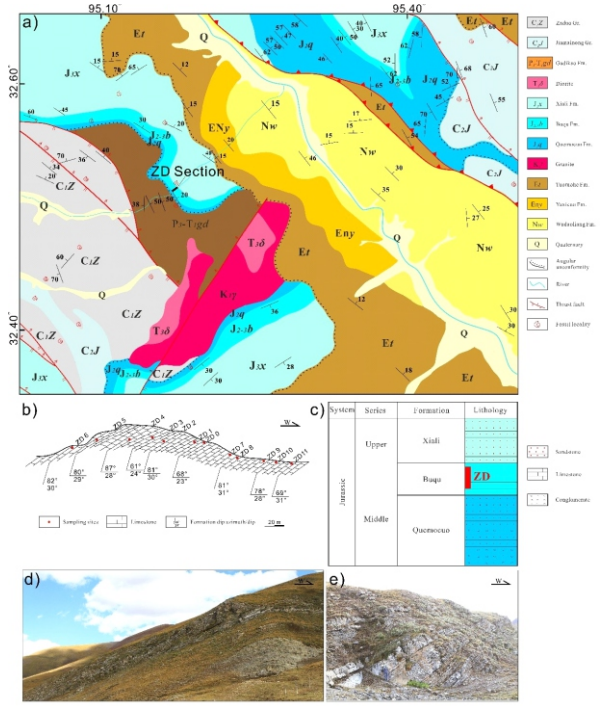



图41：研究区地质及剖面概况

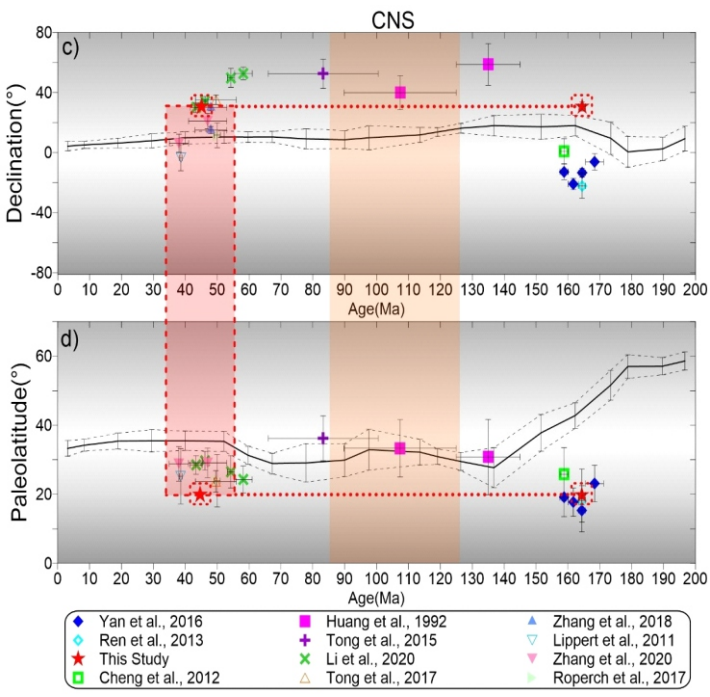



图42：东羌塘侏罗纪以来偏角及古纬度变化

研究认为杂多地区侏罗纪布曲组灰岩携带的特征剩磁方向（Ds=30.6,Is =35.6°，$\alpha_{95}$ =3.2°，极方向59.8°N，30.6°E）并非原生，可能系古近纪的重磁化方向。该区域受早新生代印度-欧亚大陆碰撞后隆升变形影响，灰岩所处环境由还原环境变为氧化环境。稳定单畴和超顺磁状态的自生磁铁矿在此过程中形成并产生化学剩磁，完全替代了原生剩磁方向。该过程可能伴随有造山流体、热液或烃源岩生烃产生的流体的参与，导致灰岩中普遍发育石膏岩脉。该重磁化的古地磁方向记录了该区域自新生代以来经历了约20°的顺时针旋转，这与东羌塘地区自新生代以来经历的旋转模式一致，表明印度—欧亚大陆碰撞导致的青藏高原东南缘顺时针旋转已波及杂多地区（图42）。

文章信息：Fu Qiang, Yan Maodu, Mark J Dekkers, Guan Chong, Yu Liang, Xu Wanlong, Li Bingshuai, Feng Zhantao, Xu Zunbo, Shen Miaomiao, Zhang Dawen. (2021). Remagnetization of the Jurassic limestones in the Zaduo area, Eastern Qiangtang Terrane (Tibetan Plateau, China): implications for the India-Eurasia collision. Geophysical Journal International, 228(3), 2073-2091.
原文链接：https://doi.org/10.1093/gji/ggab402.

# 晚渐新世亚洲季风轨道周期变化与驱动机制

近期，“高原生长与演化”任务“高原风化剥蚀历史及气候环境效应”专题研究团队，发表了关于晚渐新世亚洲季风轨道周期变化的最新研究成果。研究团队在前期取得的兰州盆地新生代磁性地层年代学与环境磁学研究成果的基础上，进一步通过兰州盆地河湖相沉积序列的高分辨率磁化率和Rb/Sr记录重建了晚渐新世（距今2800—2400万年前）亚洲季风降雨在轨道时间尺度的演化历史。结果表明兰州盆地的季风降雨在高CO2浓度、气候温暖的晚渐新世以40万年和10万年周期为主，与地球轨道偏心率周期和晚渐新世南极冰盖波动的周期是一致的（图43）。

基于海陆对比和天文驱动理论，研究团队认为偏心率调制的太阳辐射振幅变化和南极冰盖周期波动通过调控区域温度、西太平洋和印度洋的水汽负荷、以及亚洲季风系统的强度和位置，进而驱动了晚渐新世亚洲季风以40万年和10万年周期为主导的轨道周期变化特征。这一为理解亚洲季风气候在过去温暖期的动力过程提供了宝贵的科学参考，有助于更好理解未来区域气候对全球变暖的响应。

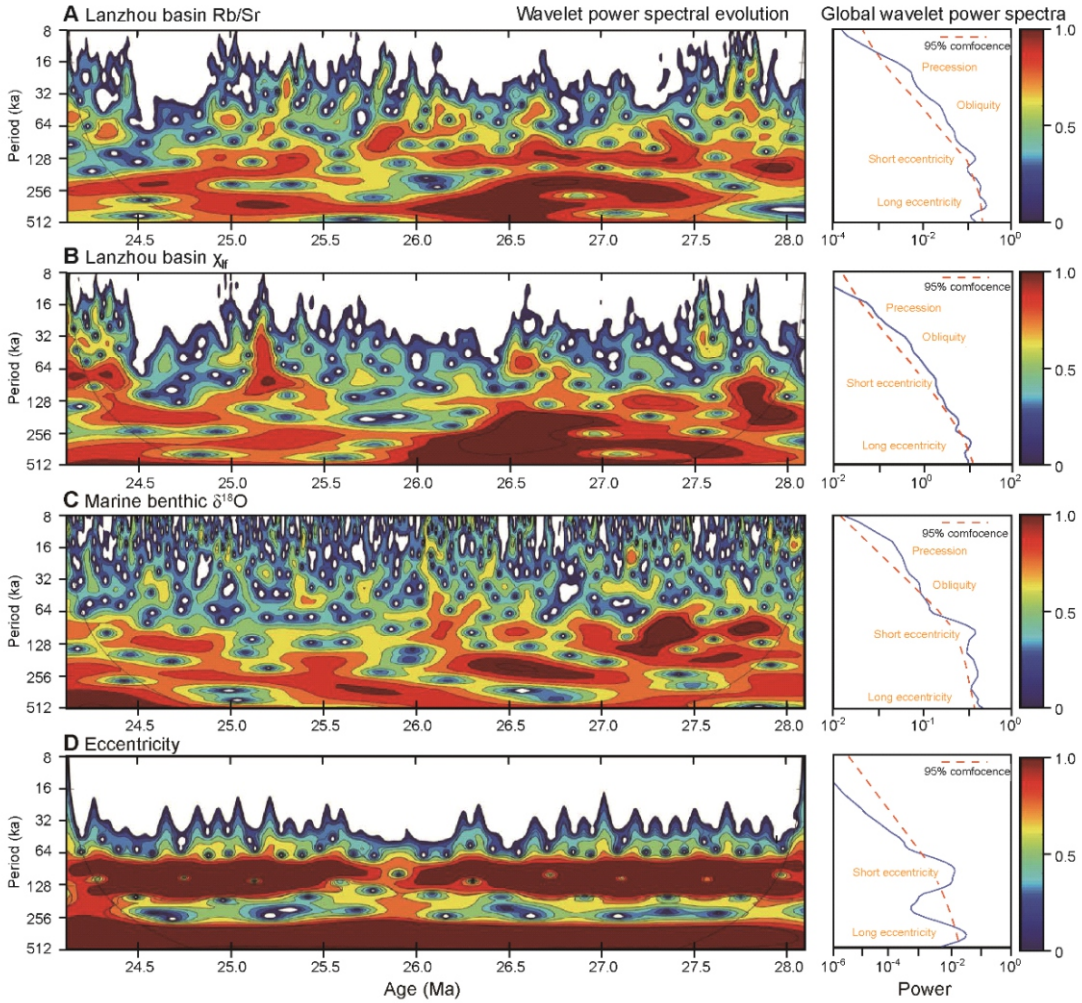



图43：晚渐新世亚洲季风、深海氧同位素、偏心率的周期变化特征

文章信息：Ao Hong, Diederik Liebrand, Mark J. Dekkerspeng, Zhang Peng, Song Yougui, Liu Qingsong, Tara N. Jonell, Sun Qiang, Li Xinzhou, Li Xinxia, Qiang Xiaoke, An Zhisheng. (2021). Eccentricity-paced monsoon variability on the northeastern Tibetan Plateau in the Late Oligocene high $CO_2$ world. Geology, 7(51).

原文链接：https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abk2318.

# 青藏高原东北缘祁连—海原断裂带中段金强河断裂晚第四纪滑动行为

祁连—海原断裂带控制着青藏高原东北缘地区的强震活动，在其中段的金强河断裂是天祝地震空区一条关键的活动断裂，但目前对该断裂的滑动行为认识不足。结合遥感影像和摄影测量技术获取的高分辨率地形数据为活动断裂沿线断错地貌的系统精细研究提供了可能，也成为了研究断层滑动行为的重要手段。“地质环境与灾害”任务“活动断裂与地震灾害”专题研究团队，基于高分辨率立体像对、无人机摄影测量和放射性碳测年技术，获取了金强河断裂的位错分布和地貌面年龄序列，对断层晚第四纪以来的滑动习性进行了探讨。

针对沿金强河断裂的水平位移分布，利用WorldView—2立体像对和无人机摄影测量数据，提取断裂沿线高精度的DEM数据，并进行精细的构造地貌解译（图44）和水平位错测量。通过断错地貌标志的测量，得到135个位错量和8个位错丛集（图45）。同时，利用放射性碳测年方法构建4个典型点断错河流阶地的地貌单元年龄序列，从而通过位错与年龄的关系将位错丛集和地貌单元年龄序列关联起来，并获得金强河断裂全新世的滑动速率在—4—12 ka期间为4.8—5.6 mm/a，在—4 ka以来为2.9—4.7 mm/a。最近的三次地震事件的复发间隔约为1000年，形成了一个地震活跃期，揭示着近1500年来缺乏破裂记录的金强河断裂可能具有较高的地震危险性。这些成果对于今后进一步研究金强河断裂及其周边地区的构造变形模式和地震危险性评估具有参考意义。

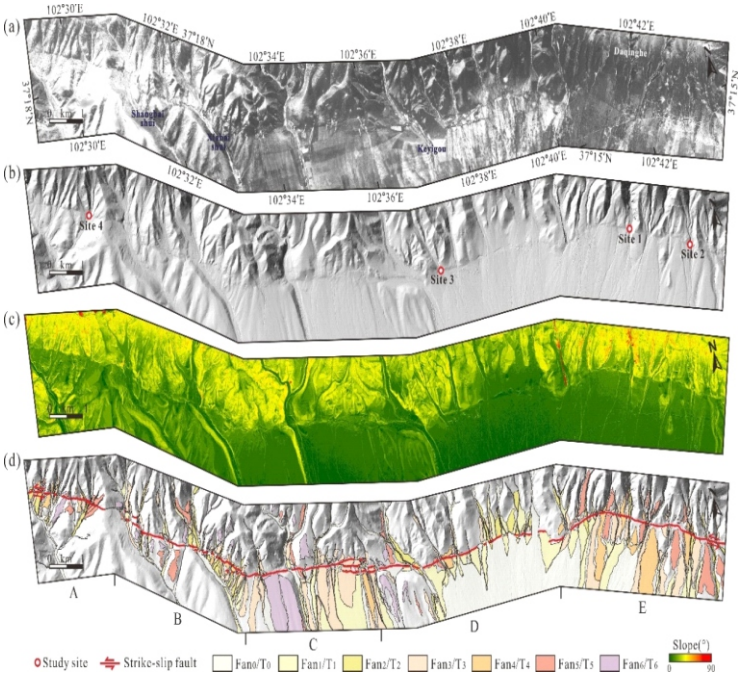



图44：金强河断裂沿线的断错地貌
(a) WorldView-2卫星影像正射图；(b) 利用立体相对提取的DEM数据；(c) 坡度图；(d) 构造地貌解译结果和断层分段。

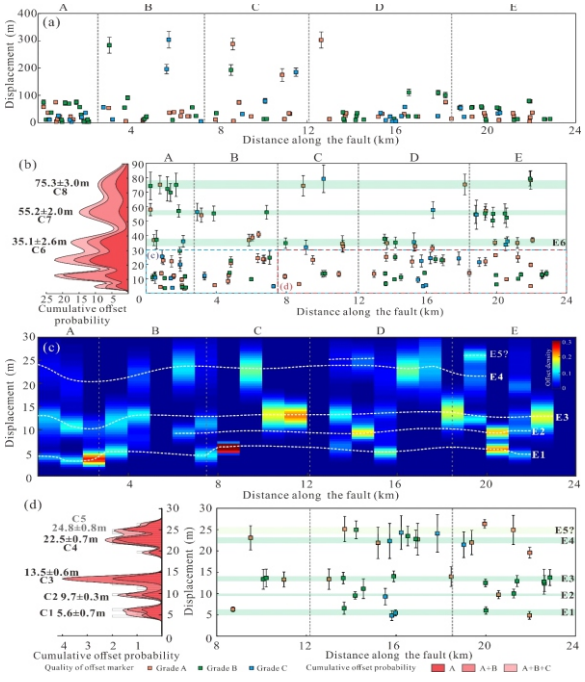



图45：金强河断裂沿线的水平位错分布和位错丛集
(a) 水平位错分布；(b) 0—90m和 (d) 0—30m位错量的位错分布和累计位错概率密度；(c) 0—30m位错量的binned COPD结果。

文章信息：Liang Shumin, Zheng Wenjun, Chen Gan, Zhang Peizhen, Zhang Dongli, Bi Haiyun, Yang Xue, Zhang Yipeng, Duan Lei, Lu Bentian. (2021). Late Quaternary Slip Behavior of the Jinqianghe Fault in the Middle Qilian–Haiyuan Fault Zone, Northeastern Tibetan Plateau. Acta Geologica Sinica (English Edition), 1-19.
原文链接：https://doi.org/10.1111/1755-6724.14855.

# 柴达木盆地北缘晚新生代褶皱变形及祁连山向南扩展

位于柴北缘的三台背斜是南祁连山向南扩展的最前缘，约束其晚新生代晚期的缩短速率和变形模式，对进一步认识祁连山应变分布模式和构造变形机制具有重要意义，而三台背斜最新一次快速变形的时间，也代表着祁连山最新一次向南扩展至最前缘的时间。“地质环境与灾害”任务“活动断裂与地震灾害”专题研究团队，基于活动构造研究方法，对三台背斜新生代晚期缩短速率、变形样式及最新一次快速变形时间进行了探讨。

通过对横穿三台背斜的地层剖面及临近的地震反射剖面解译，发现三台背斜是一个前翼陡倾，以层厚不变翼旋转生长机制为主的基底卷入式断展褶皱。根据所得三台背斜变形几何模式、地貌面变形量和地貌面废弃年龄测定，获得了三台背斜中段58.8+11.2/—8.3ka以来背斜的平均水平缩短速率约为0.4±0.17mm/a。假定三台背斜最新一次的快速变形一直保持着恒定的缩短速率，便可计算得到其最新一次快速变形时间约在距今3±1.1Ma。结合南祁连山现有低温热年代学研究成果，获得了南祁连山最新一次向南扩展时序（图46）。

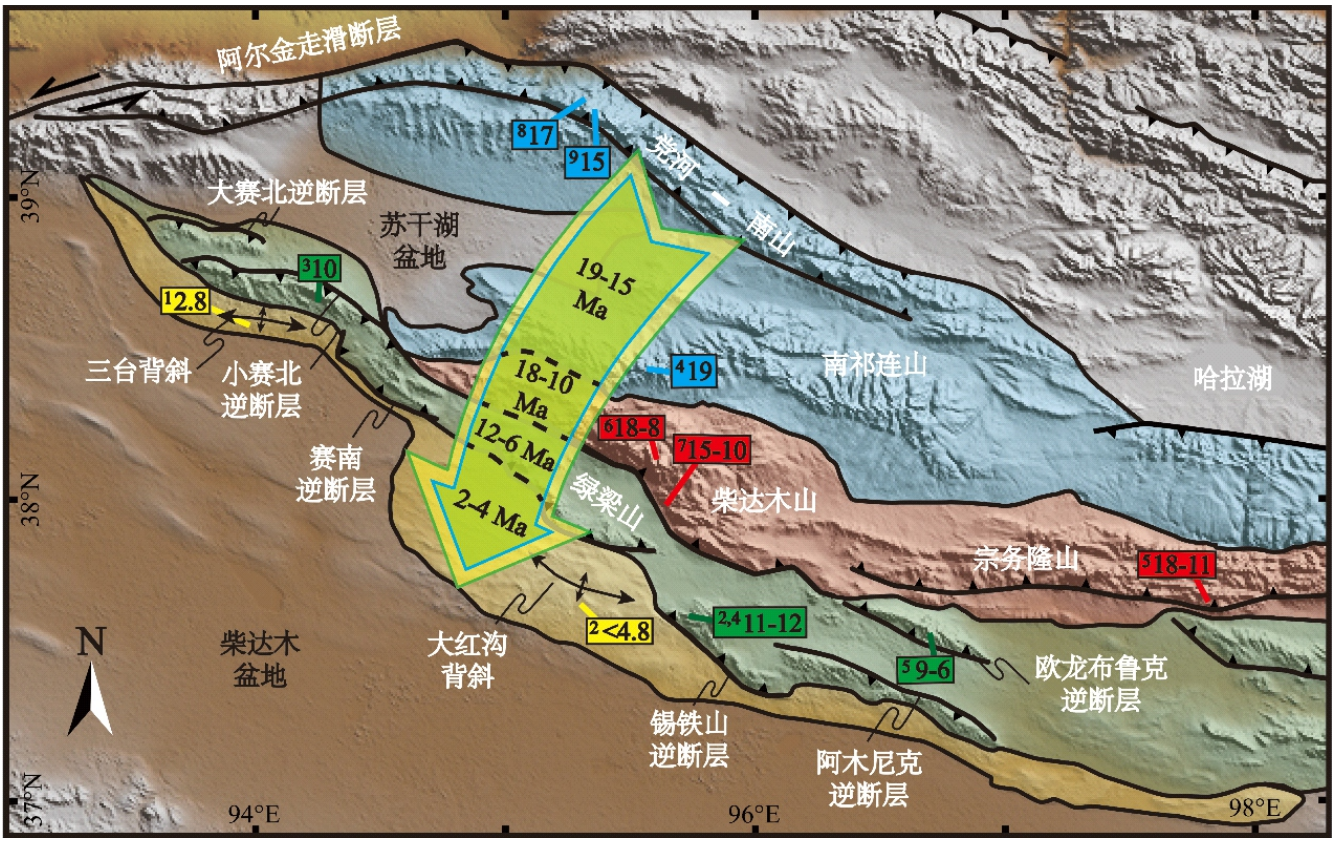



图46：祁连山最新一次向南扩展时序图（断层据Yin et al. 2008修改；四种色块代表祁连山向南扩展的四个阶段；方框中的数字为山脉快速冷却/剥蚀年龄或背斜的最新一次变形时间）

文章信息：Zhang Boxuan, Zheng Wenjun, Li Tao, Wang Weitao, Chen Jie, Li Zhigang, Li Xinnan, Duan Lei. (2021). Late Cenozoic fold deformation in the northern margin of Qaidam Basin and southward propagation of Qilian Shan. Tectonophysics, 822, 229153.

原文链接：https://doi.org/10.1016/j.tecto.2021.229153.

# 东巴兔山的侧向生长对水系的控制作用

东巴兔山位于青藏高原北缘的敦煌盆地内部，是一个至今仍在活动的褶皱单元。其山体的隆升可能主要受阿尔金断裂向北的生长扩展所控制。尽管其山体周缘的几条断层已经被识别且证实，但是他们晚第四纪以来的演化历史和方式，以及在断层发育的过程中对周缘的地貌演化造成了怎样的影响还未层有过详细的研究。

“地质环境与灾害”任务“活动断裂与地震灾害”专题研究团队，基于河流地貌年代学以及定量学的方法，研究了东巴兔山周缘水系发育的特征，并讨论了区域构造变形的模式。利用高精度的卫星影像数据，结合野外填图和 $^{10}$Be宇宙成因核素测年方法，建立了东巴兔山周缘河流地貌的年代学框架。在年代学框架的基础上，通过提取地形剖面，计算流域盆地不对称指数AF和T值分析了榆林河主河道的演化历史以及基岩山体上流域盆地的偏移方向。

结果表明榆林河受东巴兔山扩展抬升的影响分别在约208ka和83ka发生了两次河道的废弃事件。河道的废弃和山体扩展的方向不完全一致。东巴兔山南缘F2和F4断层83ka以来的抬升速率分别为为1.24±0.11和0.34±0.04 mm/yr。晚第四纪以来东巴兔山的生长模式是由三段山体向两侧逐渐扩展的一个过程（图47）。东巴兔山的隆升受阿尔金断裂挤压向北的扩展所控制。研究结果对于多断层控制的河流地貌演化模式有着新的启发。受多条断层控制的活动褶皱，在向两侧扩展的过程中，河流废弃的顺序不一定和褶皱扩展的方向一致，它们会受地形和水流量等多种因素共同控制。

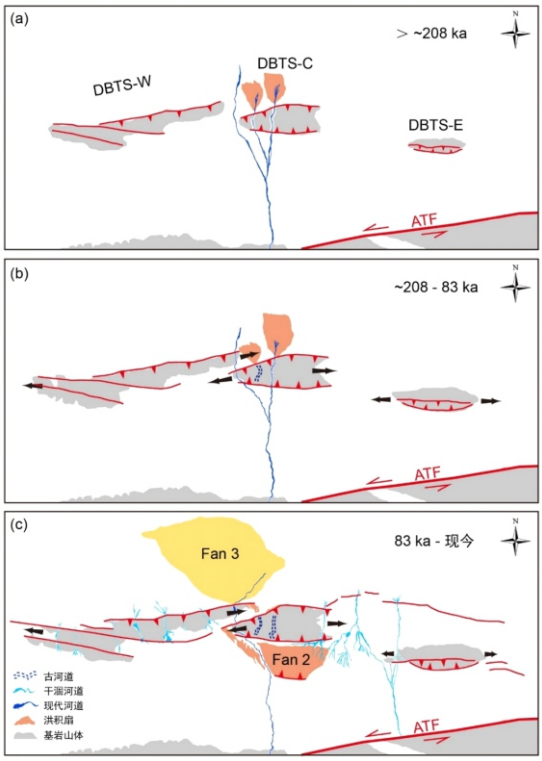



图47：地貌解译图模型展示东巴兔山约208ka以来河流地貌演化模式
(a) 208ka以前榆林河分为三个支流流经东巴兔山；(b) 在约208ka左右，东巴兔山的抬升使得古河道AG3最先废弃。随后在约159ka，东巴兔山再次较为猛烈的抬升使得AG2河道下切形成古阶地T1；(c) 在约83k，F2和F4断层的活动使得AG2古河道废弃，榆林河合并为一条河道，逐渐下切堆积形成现今的河流地貌。

文章信息： Chen Gan, Zheng Wenjun, Yang Jingjun, Duan Lei, Liang Shumin, Li Zhigang, Zhang Dongli, Xiong Jianguo. (2021). Drainage Development in the Dunhuang Basin, NE Tibet, Controlled by Multi-Segment Fault Growth. Frontiers in Earth Science, 792504.

原文链接：https://doi.org/10.3389/feart.2021.792504.

# 《走近地球之巅》入选“阅读中国·家国情怀”主题特别推荐书单

2021年10月25日，“学习强国”隆重发布十月“强国主题书单”。由第二次青藏科考队、中国青藏高原研究会、中国地图出版集团、中国科学院青藏高原研究所、青藏高原地球科学科普教育基地等10家专业机构共同创作完成的《走近地球之巅》（图48）等七本图书共同入选“阅读中国·家国情怀”主题特别推荐书单（图49）。

图48：《走进地球之巅》

《走近地球之巅》是第二次青藏科考的精品科普图书，是国内首部全景式详解珠峰的典藏级百科图书。本书突出科技创新，重在科学普及，聚合科考、测绘、登山等各领域权威专家，运用珠峰相关最新科学研究成果，以全新的思路和创新的视角，全面反映珠峰地区生态环境保护和生态文明建设成果，真实还原珠峰从亿万年前诞生全过程和成为人与自然生命共同体的光辉历程。

《走近地球之巅》首度系统展示了第二次青藏科考和历次珠峰地区大型专题科考，重点讲述了珠峰的形成过程，系统阐释了第三极地球系统变化，提出了保护地球第三极生态环境科学方案，服务山水林田湖草沙冰一体化保护和系统治理国家战略；详细解读了从北坡登珠峰的路线及营地，沉浸式呈现攀登珠峰全过程；讲述珠峰最新高程数字背后不为人知的故事，解读“中国制造”首次登顶珠峰，带读者了解珠峰科考和测量，见证中国精神与力量。

自8月29日正式发布以来，入选了北京国际图书博览会重点推荐书目、天府书展重点推荐书目、《中华出版传媒商报》8月好书榜、《中国新闻出版广电报》9月优秀畅销书排行榜等多项荣誉。

图49：“阅读中国·家国情怀”主题特别推荐书单

# 《行走两亿年》获第27届中国纪录片学术盛典微纪录十佳作品

12月12日，第27届中国纪录片学术盛典颁奖典礼在深圳举办，由“高原生长与演化”任务“深时特提斯生物与环境演变”专题研究单位中国科学院南古所、南京大学团队，联合新京报制作的青藏科考纪录片《行走两亿年》荣获“微纪录十佳作品”（图50）。

由南京大学和中国科学院南古所地层古生物科考团队，穿越青藏高原无人区，进行为期36天的大型地层古生物科考活动。科考队员在进行科学考察的同时向公众科普了青藏高原上不同地块不同时段的古生物化石、讲解了生物大灭绝、煤的形成、采集化石的方法等。科考报道团队借助于新媒体的传播方式，共发起直播12场，发布视频123条；微博话题#行走两亿年#和#青藏科考地层古生物项目#阅读量总计3094.5万。在系列报道中发挥了传播科学的重要使命作用，也探索和积累了融媒体科普报道的宝贵经验。

中国纪录片学术盛典由中国电视艺术家协会纪录片学术委员会承办，是中国纪录片业界规格最高的专业奖项评选活动，也是国内纪录片参评数量最多、规模最大、规格最高的评选活动。此次获奖属于第二次青藏科考科学传播成果体系。

图50：获奖证书

# 中国科学家成功钻取怒江源头冰川冰芯

日前，第二次青藏科考冰川科考分队，首次圆满完成对怒江源头布加岗日冰川的科考活动。这次科考从今年7月份开始，一直持续到11月底。

科学家在海拔6328m的布加岗日冰川上，成功钻取了4根冰芯，总长约230m，这是我国科学家首次在怒江源头钻取冰芯，可用于研究青藏高原乃至第三极气候环境变化，尤其是研究西风和季风，如何在青藏高原产生协同作用，有助于监测“亚洲水塔”的动态变化。

来源：央视新闻客户端

# 勇攀科技高峰 青藏科考率先垂范

青藏高原是世界屋脊、亚洲水塔，是地球第三极，是我国重要的生态安全屏障、战略资源储备基地，是中华民族特色文化的重要保护地。

20世纪70年代，我国开展了第一次大规模的青藏高原综合科学考察研究（简称“第一次青藏科考”），全面完成了260万平方公里的考察，积累了大量的科学资料，产出了87部专著和5本论文集的成果，取得了举世瞩目的成就。进入新时代，系统开展第二次青藏科考，注重综合交叉研究，加强协同创新和国际科技合作，将为“守护好世界上最后一方净土”、“建设美丽的青藏高原”和绿色丝绸之路建设提供重要科技支撑。

2017年8月19日，第二次青藏高原综合科学考察研究启动之际，习近平总书记致中国科学院青藏高原综合科学考察研究队的贺信中，向参加科学考察的全体科研人员、青年学生和保障人员，表示热烈的祝贺和诚挚的问候！

第二次青藏科考在第一次青藏科考的基础上，突出以变化为主题的考察研究，摸清变化规律，评估与预测未来变化趋势；强化科考成果的转移转化、科考数据的共享集成和产学研融合，支撑区域经济社会高质量发展；开拓国际视野，开展广域联动研究，服务全球生态环境保护和人类命运共同体建设。

基础研究是科技创新的源头，是“最先一公里”。青藏高原作为“一带一路”环境变化的核心驱动区，将对“一带一路”沿线20多个国家和30多亿人口的生存与发展带来巨大挑战。五年来，围绕亚洲水塔动态变化与影响等10大科学考察研究任务，第二次青藏科考进行了多圈层、多学科、全要素的综合研究，采用了系留浮空艇、无人机、水下机器人、直升机等技术手段，初步建成了“山水林田湖草沙冰”一体化保护与系统治理地球系统科考平台。

勇攀科技高峰，青藏科考捷报频传。牦牛驯化的遗传学机制研究领域取得新进展、大熊猫种群风险研究取得新进展、喀喇昆仑山冰川堰塞湖的形成与溃决机理研究取得重要进展、青藏高原多年冻土退化影响碳释放的研究取得进展、青藏高原大型湖泊蒸发量空间分布及其水资源总量估算研究最新进展、生态系统生产总值（GEP）核算研究取得新进展、青藏高原新生代生态演变研究取得进展……2017年第二次青藏科考开展以来已取得一系列成果，青藏高原保护地球系统科考平台已初步建成，生态环境和气候变化的科学考察正在开展。

青藏高原第四纪大陆冰盖形成的各种各样的冰川遗迹,分布十分广泛。今天其冰川、气候、动植物等科考与研究成果甚至引领世界。我们要发扬老一辈科学家艰苦奋斗、团结奋进、勇攀高峰的精神，聚焦水、生态、人类活动，着力解决青藏高原资源环境承载力、灾害风险、绿色发展途径等方面的问题，为守护好“世界上最后一方净土”、建设美丽的青藏高原作出新贡献，让青藏高原各族群众生活更加幸福安康。

来源：中国西藏网

普士拉岩体稀有金属考察

青海省沟里金矿区瓦勒尕金矿床考察

雅拉香波岩体稀有金属科考

库曲绿柱石

美多锑矿考察

吉隆盆地新生代地层考察

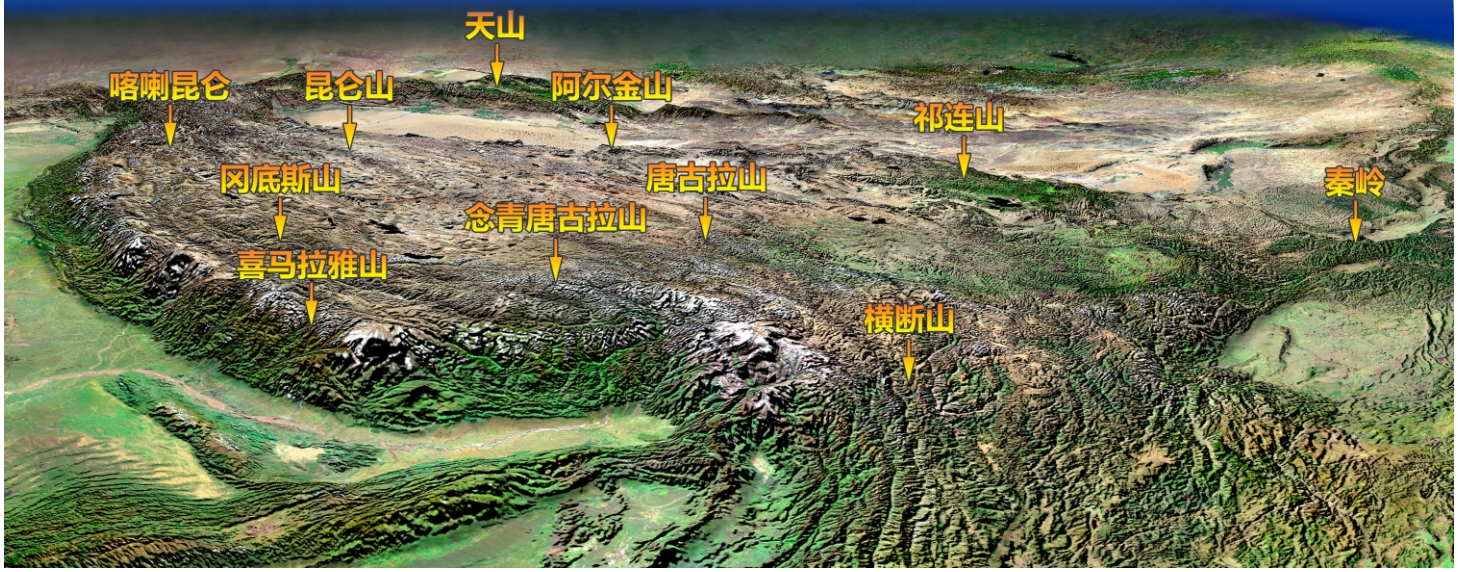
喜马拉雅榴辉岩考察

可可西里无人区盐湖采样

# 第二次青藏高原综合科学考察研究

# 十大任务

1. 区域绿色发展途径
2. 地质环境与灾害
3. 资源能源现状与远景评估
4. 高原生长与演化
5. 人类活动与生存环境安全
6. 生物多样性保护与可持续利用
7. 生态安全屏障功能与优化体系
8. 生态系统与生态安全
9. 亚洲水塔动态变化与影响
10. 西风—季风协同作用及其影响





第二次青藏高原综合科学考察研究队办公室

邮箱：step@itpcas.ac.cn

网址：www.step.ac.cn

电话：010-84249468　　传真：010-84249468

地址：北京市朝阳区林萃路16号院3号楼，中国科学院青藏高原研究所，100101