

第二次青藏高原综合科学考察研究

工作简报

2020年第1期（总第8期）

第二次青藏高原综合科学考察研究队 2020年1月25日

重要动态

甘肃省第二次青藏科考领导小组办公室 在兰州大学揭牌

2019年12月30日，甘肃省第二次青藏高原综合科学考察研究（简称“第二次青藏科考”）领导小组办公室揭牌仪式在兰州大学隆重举行。成立甘肃第二次青藏科考领导小组办公室，是甘肃省和兰州大学以实际行动服务国家发展战略需求的务实举措，也是中国科学院青藏高原所积极搭建科考协同平台、促进地区科研发展的落实响应，旨在共同保障甘肃省第二次青藏科考稳步推进。

揭牌仪式上，甘肃省第二次青藏科考领导小组副组长、甘肃省政府副秘书长贾宁宣读了《关于成立甘肃省第二次青藏高原综合科学考察研究领导小组的通知》，据悉，为切实推动第二次青藏科考在甘肃省各项研究工作的顺利实施，经省政府同意，甘肃省成立了第二次青藏科考领导小组。领导小组主要职责是贯彻落实党中央、国务院关于第二次青藏科

考的决策部署，协调解决在甘肃省行政区域内第二次青藏科考实施过程中的重大事项和重大问题，做好协同保障和服务工作。领导小组下设办公室，办公室设在兰州大学。

甘肃省第二次青藏科考领导小组组长、甘肃省副省长张世珍，领导小组副组长、兰州大学校长严纯华院士以及领导小组办公室全体成员，相关职能部门负责人等出席揭牌仪式。第二次青藏科考队队长、中国科学院青藏高原研究所名誉所长姚檀栋院士，所长陈发虎院士，学术副所长丁林院士，纪委书记马耀明，副所长朱立平等应邀出席揭牌仪式。揭牌仪式由甘肃省第二次青藏科考领导小组副组长、甘肃省科技厅厅长史百战主持。

专题动态

古诗词浪淘沙在当今青藏高原的科学解读

唐代诗人刘禹锡《浪淘沙九首》中的著名诗句“流水淘沙不暂停，前波未灭后波生”尽写河水淘沙之连绵不绝，而这句诗词的科学内涵则是河流输沙。近期，第二次青藏科考“亚洲水塔动态变化与影响”任务“河流演变与影响”专题研究团队，通过研究揭示了近年来长江源输沙量的变化趋势及其主控因素，对青藏高原河源区的水土资源管理及其下游的水利工程规划提供了科学依据。

河流不仅提供了重要的水资源，也是水循环的重要组成部分，河流输沙量是研究青藏高原气候变化影响的重要指标

之一。近年来，青藏高原河流输沙量的变化还伴随着河道和水库淤积以及土壤和草场退化等生态环境问题，每条河流因其自然地理条件的差异所彰显的问题亦有所不同。因此，有必要深入开展青藏高原河流输沙量变化、过程及影响研究。作为营养盐和污染物输送的重要途径，河流输沙是流域水土流失和地表环境变化的重要标志。对青藏高原江河源区历史数据的分析发现，过去 50 年间青藏高原河流输沙量的变化与全球主要河流的变化趋势有所不同。在叶尔羌河、疏勒河、黑河、雅鲁藏布江、怒江、黄河、长江、澜沧江 8 条有长期监测的河流源区中，4 条河流的输沙量显著增加，另外 4 条没有显著变化趋势。

为了确定高原河流输沙量增加的主控因素，研究团队以长江源沱沱河为例进行了重点分析。过去 30 年沱沱河流域水文气象变量的时间序列显示，气温、降水、径流量、含沙量和输沙量均呈现显著上升趋势。升温导致的冰雪融水增加辅以降雨增加是径流量增加的主因，伴随水流侵蚀力和输沙能力的增强，径流量和含沙量增加共同促进了输沙量的增加。由于最大降水从六七月推迟至植被覆盖更好的七八月，植被保护作用一定程度上缓解了土壤侵蚀的加剧。此外，沱沱河的输沙量并非持续稳定增加。在 1986—1997 年和 1998—2014 年两个时段内，气温、降水、径流量、含沙量和输沙量的变化趋势并不显著。这些变量在 1986—2014 年间整体表现出的显著上升主要归因于 1997 年前后的阶梯式增加，这可能是由于 1997 年强厄尔尼诺事件引起区域气候系统的调整。

从水汽来源探讨青藏高原内流区 水量变化的原因

青藏高原内流区约占整个高原面积的三分之一（70.8 万平方公里），拥有超过 66% 的高原湖泊总面积和 55% 的湖泊总数。近几十年，内流区水文状况发生了显著变化，主要表现为降水增加、湖泊扩张以及陆地水储量上升，而这些变化的驱动机制并不清楚。本研究从内流区大气水汽来源与收支变化的角度，探讨了其与降水、湖泊水量和陆地水储量变化之间的关系，期望对西风—季风协同作用下“亚洲水塔”变化及其影响这一问题的认识做出贡献。

近期，第二次青藏科考“亚洲水塔动态变化与影响”任务“冰川、积雪、冻土、地下水”专题研究团队，基于 3 套大气再分析资料（ERA—I、MERRA—2、JRA—55），利用 WAM2 水汽追踪模型，追踪并量化了高原内流区 1979—2015 年的水汽来源。结果表明：1）陆源水汽主导了高原内流区的水汽输入（52%—54%），而内循环占水汽总输入量的 17%—22%；2）内流区 1979—2015 年降水的增加主要源于夏季印度洋水汽贡献的增加，且水汽主要通过研究区西、南边界输入；3）高原内流区的净水汽收支控制着区域陆地水储量和湖泊水量的变化。研究结果在一定程度上解释了青藏高原内流区降水、湖泊水量和陆地水储量变化的驱动机制，为全面理解气候变化对青藏高原区域水循环、水资源的影响提供参考。

重要森林树种冷杉未来分布变化 预测研究取得新进展

西南山地是我国长江、珠江、雅鲁藏布江、澜沧江、怒江等多个重要河流的源区，是国际河流湄公河、萨尔温江、伊洛瓦底江、恒河和印度河等的重要源区，是我国重要的生态屏障区、生物多样性富集区，水源涵养、水土保持、水资源供给区，也是全球暗针叶林地理分布中心之一，正经历着前所未有的变暖趋势，对优势树种的生存提出了严峻的挑战。

近期，第二次青藏科考“生态系统与生态安全”任务“农田生态系统与粮食安全部”专题研究团队联合瑞士联邦研究院，采用最大熵算法校准生态位模型，并基于两种碳排放情景（RCP 4.5 和 RCP 8.5），分别预测我国西南山地北部（“北方”）典型代表性建群树种岷江冷杉和紫果冷杉，中部典型代表性建群树种鳞皮冷杉和黄果冷杉，南部（“南方”）典型代表性建群树种川滇冷杉和长苞冷杉，在未来三个时间段（2021—2040 年、2041—2060 年及 2061—2080 年）的潜在分布变化。首次在植物分布变化预测中制定了三种迁移场景（完全迁移、不迁移和局部迁移场景），来探讨迁移能力与预测分布之间的关系以及重要冷杉树种的潜在分布。

模拟结果表明，未来气候变化下冷杉的损益同时取决于地理位置、生态位和迁移能力。到 2080 年，只有在无迁移情景下，紫果冷杉的潜在分布面积预计会下降，而在全迁移和部分迁移的情景下，预计会增加；而其他 5 个物种在大多

数碳排放×迁移的情景下，潜在分布面积会下降。西南山地南部的冷杉更容易受到气候变化的威胁，而这种威胁在迁移限制和严重的气候变化情景下将被放大。因此，对于我国西南地区特有、优势和重要的冷杉树种，保护评估和合理规划是当务之急。尽管该研究对物种分布的预测结果是在不可避免的简化假设和多种不确定因素下得出的，但研究指出了冷杉资源保护所面临的潜在挑战，并强调了将迁移能力纳入气候变化影响评估的重要性，为生态位模型在植物未来分布变化预测提供了新的案例及方法借鉴。

沉积地层中火山物质的岩石磁学 识别研究取得新进展

青藏高原及其周边盆地发育大量的新生代地层，蕴藏了丰富的构造、气候和生物等古环境演化信息，对解译高原乃至地球系统的演化规律和应对未来全球环境变化具有重要价值。但由于大多数地层仍缺乏精确年代限定，严重阻碍了对上述科学问题的认识。火山物质作为绝对年代定年的最佳材料，很多时候在沉积地层中并不能很好的用肉眼直接识别。如何在实验室中将其从沉积地层中进行快速准确的识别是地层年代学亟待解决的关键问题。

近期，第二次青藏科考“高原生长与演化”任务“生物与高原隆升协同演化”专题“高原风化剥蚀历史及气候环境效应”研究团队，通过对青藏高原东南部云南始新世地层中的普通沉积岩、火山碎屑岩和火山岩样品进行系统的岩石磁

学对比研究，建立了快速有效识别地层中火山物质的岩石磁学指标。

研究表明，在反映样品磁性矿物种类、含量和粒径的岩石磁学参数中，对超顺畴颗粒反应灵敏的低温频率磁化率相关参数在识别地层中的火山物质方面具有最显著的指示特征。火山岩/火山凝灰岩因富集了大量超细的超顺畴颗粒，导致低温频率磁化率相关参数在<300 K 范围内，呈现出具有可见峰值的正态分布特征，显著区别于受控成土作用的普通沉积岩。

“演化千万载，生命逐山高” 青藏高原古生物科考成果展正式开展

2020年1月9日，由第二次青藏科考“高原生长与演化”任务“生物与高原隆升协同演化”专题承担单位中科院古脊椎动物与古人类研究所主办，中科院古脊椎动物与古人类研究所标本中心和中国古动物馆承办，中科院西双版纳热带植物园、国家动物标本数据库、中科院青藏高原研究所和兰州大学等单位协办的《雪山下的世界—青藏高原古生物科考成果展》在中国古动物馆隆重开展。

青藏高原是一个巨大的“生命演化实验室”。地质学证据显示，高原主体部分均来自南半球，曾在特提斯洋里一路往北漂流。在印度板块与欧亚大陆碰撞之后，高原开始加速生长。这个地区经历了巨大的环境变化，由海洋到陆地，从热带平原到冰缘高地，生命兴替起伏，顺势发展，或与隆升

并进，就地演化；或借道扩散，迁徙他乡；甚至起于高原，走出西藏，远征极圈。一幕幕生命演化的大戏，在这里轮番上场，生物们在山河湖海的巨变里寻得机会，将生命的能量辐射到更广阔的地方。

值第二次青藏科考在国家层面立项启动之际，特举办《雪山下的远古世界-青藏高原古生物科考成果展》。此次特展将我国三代古生物学家历时半个多世纪，在高原发现的精品化石，从论文里请出来，从标本库里请出来，以时间为轴，“集字成句，连句成章”，呈现一段壮丽恢弘的演化历史，带观众去那人迹罕至的地方，穿过亿万年的时空，领略独特的自然之奇与生命之美。

西藏普兰蛇绿岩中“石榴石”二辉橄榄岩研究提供深部大洋岩石圈地幔剥露证据

经典的蛇绿岩成因模型认为，蛇绿岩代表了形成于不同扩张速率洋脊的古大洋岩石圈残片，其地幔单元岩石主要为来源于浅部（15~20 公里）大洋岩石圈地幔的斜长石/尖晶石相橄榄岩。然而，近十几年来，学者们从全球多个地区（中国西藏、俄罗斯极地乌拉尔等）的蛇绿岩地幔橄榄岩/铬铁矿中陆续发现了金刚石等不寻常矿物组合，极大地挑战了传统的蛇绿岩成因模型以及现今大洋岩石圈的认知。

近期，第二次青藏科考“资源能源现状与远景评估”任务“稀贵金属（金、镍、钴、铬铁矿、铂族元素）科学考察与远景评估”专题研究团队，以西藏普兰蛇绿岩中含辉石—

尖晶石后成合晶体的二辉橄榄岩为研究对象，通过系统的岩石学、矿物学与地球化学工作，首次证实这些二辉橄榄岩由早期石榴石相橄榄岩转变而来。

研究发现，这些二辉橄榄岩整体具有相对饱满的全岩与矿物成分。矿物微量元素模拟计算表明，它们经历了两阶段的部分熔融，即早期低程度的（4~6%）石榴石橄榄岩稳定区熔融与随后同等程度的尖晶石橄榄岩稳定区熔融。进一步的矿物学分析表明，尽管后成合晶体中的矿物颗粒与寄主橄榄岩中的矿物具有相一致的主量元素成分，但在矿物微量成分上，相较于寄主岩石中的辉石，少量后成合晶体中的辉石颗粒表现出更高的重稀土含量以及更显著的中稀土与重稀土之间的分异，与典型的地幔熔融残留相石榴石的成分特点极为相似。利用后成合晶体中的矿物成分重建的“原始”矿物化学成分结果显示，重建的矿物具有与地幔熔融残留相石榴石极为一致的主、微量元素成分。这些证据一致表明普兰二辉橄榄岩为早期石榴石相橄榄岩的退变产物。

计算表明，这些早期石榴石相橄榄岩形成/稳定的压力约在 2500~2800 兆帕，对应的地幔深度约为 85~100 公里，这个深度比传统认为蛇绿岩地幔橄榄岩形成深度（15~20 公里）要深很多，更接近于成熟的大洋岩石圈的底部或者洋底高原岩石圈的下部位置。结合岩石地球化学显著的不均一性以及金刚石等不寻常矿物组合，提出普兰地幔橄榄岩由不同深度的岩石圈地幔构成，包括新增生的弧前岩石圈、成熟的大洋岩石圈或洋底高原岩石圈地幔。它们在俯冲板片回撤过

程中通过俯冲隧道在不同地幔深度快速向上剥露并随机混合，最终可能通过伸展拆离断层剥露至海底。

基于光学遥感的泥流阶地深度学习 提取方法及应用获得新进展

泥流阶地是冻融泥流运动形成的产物，在青藏高原地区分布广泛、数量多，如何准确地普查青藏高原地区泥流阶地分布状况，对气候研究和国家重大工程建设具有重要意义。当前高分辨率遥感和人工智能技术发展迅速已成为冰冻圈大范围制图的关键手段和重要数据来源。

近期，第二次青藏科考“地质环境与灾害”任务“冻土冻融灾害与重大冻土工程病害”专题研究团队，在藏东南 318 国道沿线发现了大量的泥流阶地。这些泥流阶地在几何形态上，由上部台阶面和下部陡坎组成，给遥感提取提供了重要依据。但是由于泥流阶地陡坎高度不一，表面附着植被和草地等因素影响，依赖人工经验的传统方法在泥流阶地遥感提取方面存在具体挑战。因此，需提出基于深度学习的泥流阶地光学遥感提取方法，从泥流阶地样本中自动学习多尺度抽象特征，以实现泥流阶地大范围、高质量、自动化提取。

研究团队在泥流阶地野外考察经验基础上，基于谷歌地球收集的高分辨率光学遥感数据，对 318 国道甘孜到新都桥段中间区域进行样本采集，然后利用样本对全卷积深度学习 Unet 模型进行训练，最后利用训练好的模型对 318 国道周边区域进行了泥流阶地提取。经现场验证，基于该深度学习算

法获取的 318 国道沿线泥石流阶地的提取结果总体辨识精度在 80% 以上。但是结果中也存在部分的误提取，如实验区中部区域，误将部分其他类型台阶分类成泥石流阶地。下一步研究团队将扩大样本数量，提高训练模型的稳健性和外推能力，并实现青藏工程走廊以及整个青藏高原泥石流阶地的自动提取及现场验证工作。

主送：第二次青藏科考领导小组办公室、项目管理办公室、专家咨询委员会、
总体专家组、中科院第二次青藏科考领导小组办公室、科考队依托单位、
西藏、青海、甘肃等第二次青藏科考领导小组办公室及服务保障机构

分送：第二次青藏科考 10 大任务及各专题

第二次青藏高原综合科学考察研究队办公室

总编：安宝晟

编辑：王伟财 李久乐 赵华标 张强弓

电子邮箱：step@itpcas.ac.cn

网址：<http://www.step.ac.cn>

联系电话：010-84249468；传真：010-84249468

通信地址：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
