

第二次青藏高原综合科学考察研究

工作简报

2020年第5期（总第12期）

第二次青藏高原综合科学考察研究队 2020年5月25日

本期目录

重要动态

- 1.孟晓林赴中科院藏东南站调研第二次青藏科考工作....1

专题动态

前沿成果

- 1.喜马拉雅河流砂单矿物物源分析新方法.....3
- 2.科考揭示喜马拉雅山高山树线变化速率.....4
- 3.麦类作物种质资源谱系框架搭建.....5
- 4.科考揭示西风环流与帕米尔—天山相互作用导致晚渐
新世中亚干旱环境分异.....6
- 5.科考揭示植被主控青藏高原高寒草甸区地表汞通量和
大气汞变化.....8
- 6.青藏高原形成过程综述.....9
- 7.孢粉记录揭示华南地区中始新世重大环境转变.....11
- 8.青藏高原东北缘河流地貌形成演化新认识.....12
- 9.青藏高原高速远程滑坡致灾机理新认识.....14

科考进展

- 1.青藏高原农田生态系统固定监测样地建设顺利开展.15

重要动态

孟晓林赴中科院藏东南站调研 第二次青藏科考相关工作

2020年4月16日,西藏自治区政府副主席孟晓林带队,赴中科院藏东南高山环境综合观测研究站(简称“藏东南站”),就野外台站服务支撑第二次青藏高原综合科学考察研究(简称“第二次青藏科考”)相关工作进行专题调研。西藏自治区政府副秘书长旦增伦珠,以及自治区科技厅、林芝市等有关同志陪同调研(图1)。



图1: 孟晓林调研中科院藏东南站

藏东南站站长、中科院青藏高原研究所邬光剑研究员向孟晓林副主席详细汇报了藏东南站的定位、观测研究内容、开放合作及发展规划等,重点介绍了藏东南站自2017年第

二次青藏科考启动实施以来，积极参与 2017 年西藏米林 6.9 级地震和 2018 年雅江冰崩堵江灾害等应急科考工作内容。

孟晓林对藏东南站长期以来的观测研究工作给予肯定，高度评价了台站取得的科研成果，赞赏了长期扎根西藏、服务地方的台站工作人员的奉献精神。他强调，藏东南站野外科学观测研究要面向国家科技战略和西藏经济社会发展需求，发挥区域优势、突出特色研究，将更多的高新技术手段应用于观测研究，获取第一手连续的观测资料，服务支撑第二次青藏科考，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，为西藏高质量发展和长治久安提供科技支撑，为建设美丽的青藏高原做出新贡献。

专题动态

前沿成果

喜马拉雅河流砂单矿物物源分析新方法

近年来，碎屑锆石在物源分析中的应用日趋广泛，但因铀（U）—铅（Pb）封闭体系温度较高（多在 900 ℃），不同岩石富集锆石程度不同，再加上锆石可在多次旋回中幸存而容易导致年龄偏老，碎屑锆石在物源分析中年龄信号所代表的物源信息备受争议。

近期，“亚洲水塔动态变化与影响”任务“水系固态物质源—汇过程与演变”专题研究团队，以喜马拉雅地区的拉萨

河、年楚河与朋曲的现代河流砂为研究对象，综合运用全砂统计和碎屑单矿物地球化学和年代学的方法进行物源分析，积极探索定性化物源分析的新方法，不仅发现不同的碎屑单矿物对源区的岩浆和变质事件有不同的响应，同时对定量物源分析也有了新的认识。

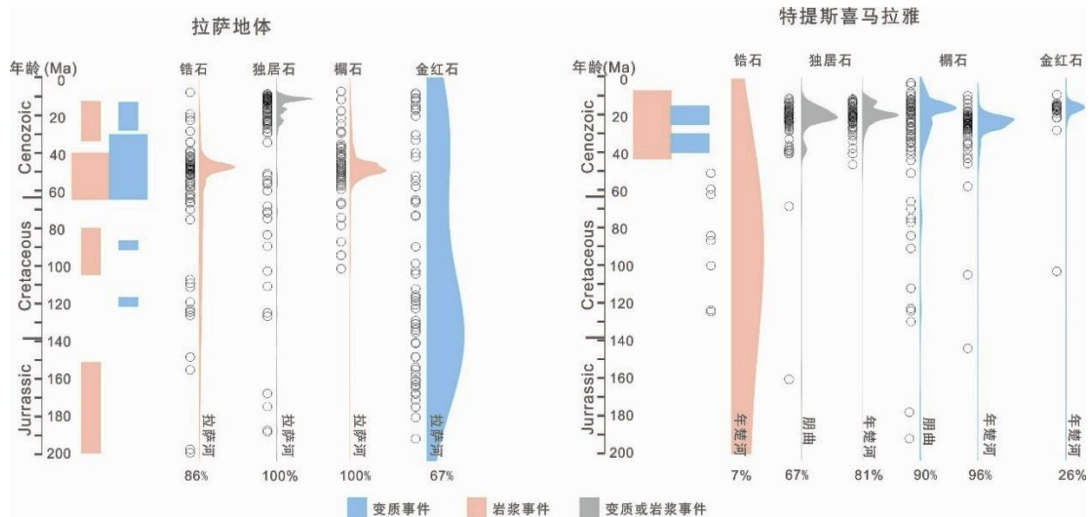


图 2: 特提斯喜马拉雅地区主要的岩浆和变质事件

研究发现，流经冈底斯弧和中拉萨地体的拉萨河砂中，碎屑锆石和榍石反映了拉萨地体上冈底斯弧岩浆活动；碎屑金红石和独居石反映了后碰撞期念青唐古拉山的变质事件，而这个期次的变质事件鲜为人知（图 2）。流经喜马拉雅造山带的年楚河与朋曲河流砂中，碎屑锆石金红石很少反映年轻的岩浆和变质事件，主要反映了更老的早古生代(>500 Ma)和更老的前寒武纪结晶基底的年龄。研究认为利用碎屑矿物年龄峰的大小进行量化物源区母岩含量或者出露面积存在一定的风险，需慎重考虑。

原文链接: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103082>

科考揭示喜马拉雅山高山树线变化速率

200 年前，博物学家亚历山大·冯·洪堡描述了喜马拉雅山区的植被垂直带。然而，由于缺乏系统的野外科学考察，我们对喜马拉雅山区 200 年来的植被垂直带变化格局，尤其是高山树线变化的了解依然十分有限。变暖背景下，喜马拉雅山区的高山树线发生了哪些显著变化？除了气候因子，生物因子如何调控树线变化速率？

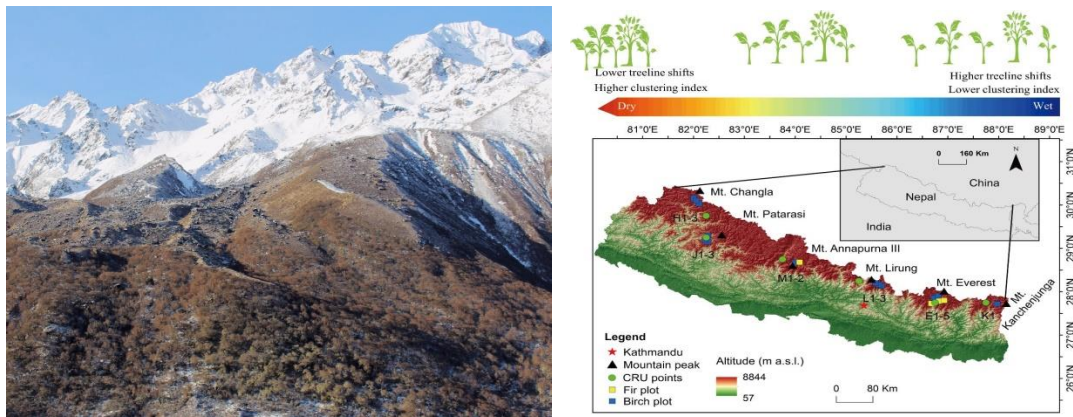


图 3：喜马拉雅山中段糙皮桦树线景观及树线样地网络

“生态系统与生态安全”任务“森林和灌丛生态系统与生物资源管理”专题研究团队，基于喜马拉雅山中段东西降水梯度上已经建立的树线大样地网络（17 块 30 米×150 米样地，图 3），揭示了种内关系在调控树线爬升速率所起到的重要作用。受季风和西风相互作用的影响，喜马拉雅山中段年降水量呈现自东至西减少的趋势。过去 150 年来，该区高山树线上升速率也随降水的减少呈现下降趋势，而随着降水减少，幼苗更趋向于集群分布，并且集群强度表现出与树线爬升速率的显著负相关。统计模型进一步揭示，树木集群分布强度与个体之间的相邻距离解释了树线爬升速率的 34.7%。

降水通过影响幼苗的集群分布状态，从而调控树线爬升速率，是气候和生物因子交互作用驱动植被格局变化的典型案例。

原文链接：<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jbi.13840>

麦类作物种质资源谱系框架搭建

青藏高原分布大量的小麦族野生植物资源，是栽培驯化的小麦、青稞等粮食作物以及半驯化饲草作物的天然遗传资源库。然而，对小麦族谱系了解的缺乏十分不利于种质资源的有效保护和高效利用。



垂穗披碱草

大麦

赖草

图 4：青藏高原部分小麦族植物

近期，“生态系统与生态安全”任务“农田生态系统与粮食安全”专题研究团队报道了小麦族植物（图 4）相对完整的谱系框架。研究对包括青藏高原在内全球分布几乎所有含不同基因组组成的小麦族植物进行系统采样，基于 119 个采样的叶绿体基因组遗传分化特征，发现小麦族六个基本基因组供体为母系通过自然杂交形成大约 350 个多倍体物种，其中，栽培小麦的祖先母系是拟斯卑尔托山羊草，青藏高原分

布的多倍体小麦族植物祖先母系以拟鹅观草属和新麦草属物种为主。研究提出二倍体祖先亲本的遗传异质特性是促进小麦族多倍体物种形成及谱系分化成功的重要因素。这些新认识对粮食作物及饲草遗传改良过程中的种质资源人工创制及杂交组配奠定遗传基础，也为建设现代麦类作物种业强国和保障国家粮食安全提供种质资源谱系框架。

原文链接：<https://doi.org/10.1016/j.ympcv.2020.106838>

科考揭示西风环流与帕米尔—天山相互作用导致晚渐新世中亚干旱环境分异

亚洲中部干旱区是全球最大的内陆型干旱区，是北半球最重要的粉尘源区，也是“丝绸之路”核心区。该地区新生代（距今 6500 万年以来的地质时期）干旱环境演化历史及其驱动机制研究，为理解我国干旱—季风耦合环境何时、何因形成提供关键证据。

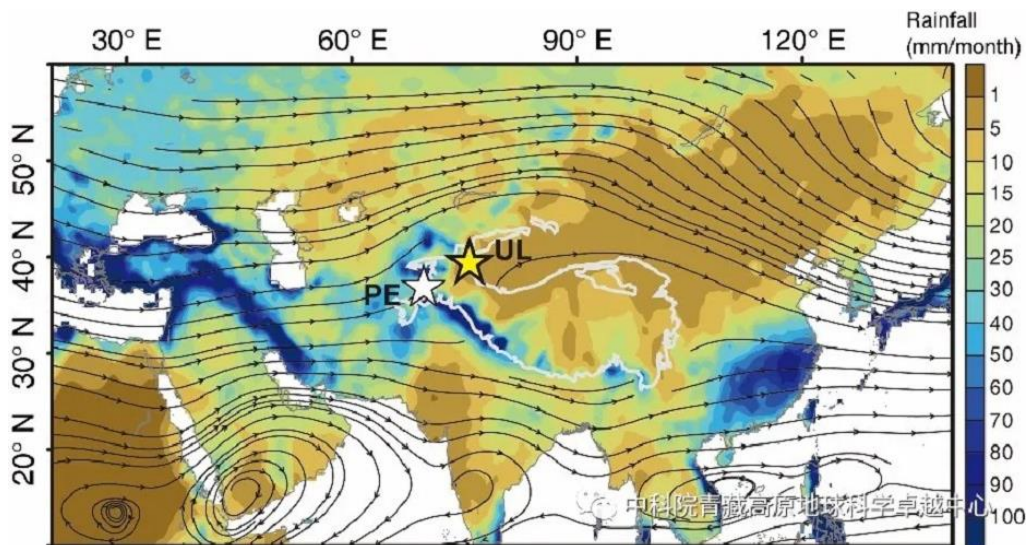


图 5：亚洲中部气候环境显著东西向分异的现代观测结果

近期，“人类活动与生存环境安全”任务“粉尘气溶胶及

其气候环境效应”专题研究团队，围绕中亚塔吉克盆地早新生界地层，基于可信的古地磁年代标尺，综合碳酸盐稳定氧同位素、沉积相、元素地球化学、粘土矿物等证据，发现自约 2500 万年开始，帕米尔—天山西侧迎风坡一侧区域气候变湿、碳酸盐氧同位素整体偏负，而东侧背风坡一侧区域（如塔里木盆地）干旱化显著加剧，碳酸盐氧同位素整体偏重，据此提出了亚洲内陆气候环境自约 2500 万年开始产生显著的东西向分异（图 5）。

研究团队结合数值模拟和构造证据，论证了帕米尔—天山部分山体可能在约 2500 万年已隆升到能产生环流效应的临界高度（约海拔 3000 米），揭示了帕米尔—天山的构造抬升及其对西风环流的机械分流是亚洲内陆气候环境格局形成的主因，为认识新生代亚洲内陆干旱环境的时空演变历史及可能驱动机制提供了新视角，也为认识西风—季风协同作用过程及其气候环境效应提供了西风区的长序列地质记录。

原文链接：<https://doi/10.1130/G47400.1/584578>

科考揭示植被主控青藏高原高寒草甸区 地表汞通量和大气汞变化

汞是一种可通过大气环流远距离传输的全球性污染物。高寒偏远地区，特别是多年冻土区植被覆盖地表（如森林和草地）汞的交换通量监测不足，导致地表自然过程释汞量估算不确定。因此，开展生态系统尺度上（土壤+植被）汞通量的监测和植被对地—气界面汞交换动态过程影响的研究，以

减小地表汞释放量估算的不确定性具有重要科学意义。

近期，“人类活动与生存环境安全”任务“跨境污染物调查与环境安全”专题研究团队，对青藏高原唐古拉山脉冬克玛底流域高寒草甸植被生长期地表汞通量和大气汞进行了连续监测。结果表明，植被生长期高寒草甸是大气汞的“弱源”，这与北极苔原和温带草原的大气汞“汇”作用显著不同。在植被的遮光效应和对大气汞直接吸收作用的影响下，地表汞通量随植被生长呈对数降低趋势。

研究发现，地—气界面汞交换对区域大气汞浓度可产生重要影响。在植被萌动期，大气汞浓度的日变化特征与地表释汞通量相一致，表现为下午高值、晚间低值。其他各生长期，大气汞均呈现黎明前低峰值和日出后的“早晨峰值”，与地表汞通量黎明前为沉降、日出后为释放相对应。此外，大气汞浓度随植被生长呈显著降低趋势，表明地表汞通量对大气汞浓度的影响。植被通过影响地—气汞交换过程，同样主控了大气汞的季节变化。已有研究提出气候变暖将导致青藏高原多年冻土区释汞通量增强。鉴于高寒草地不断“变绿”和气温升高对地表汞通量的截然不同作用，该研究认为未来青藏高原多年冻土区地表汞通量的变化仍不清晰。

原文链接：<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b06636>

青藏高原形成过程综述

“青藏高原隆升”这一术语，大量出现在地质学和生物学的文献中。“高原隆升”通常把青藏高原看作一个平面整体

的抬升。这一观点主要依据简化的地球动力学与气候模型，以及对代理指标结果的不合理解释，且认为青藏高原的隆升肇始于印度板块与欧亚板块碰撞（ $\sim 65-55$ Ma）及其后的持续向北推进。同时，对于青藏高原的形成过程，存在“一致性增厚学说”、“下地壳流学说”、“原青藏高原”等诸多观点。

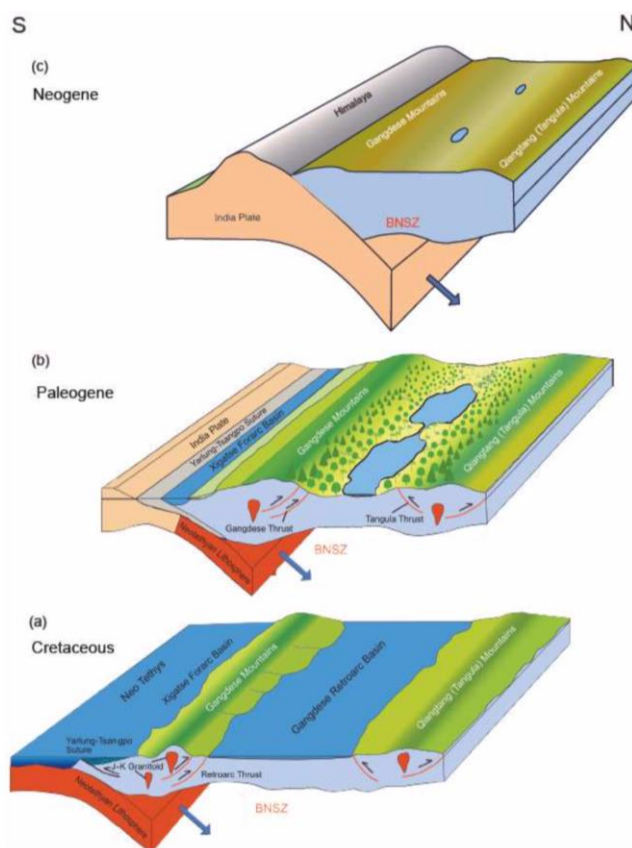


图 6: 青藏高原中部、南部及喜马拉雅山脉形成历史简图

“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，基于最新的地质学和古生物学证据分析发现，青藏高原不同地块的抬升历史存在差异，但又有机地相互统一。在新生代相当长的时期内，高原中部存在着一条东西走向的低谷，低谷的南面和北面分别是冈底斯山脉和唐古拉山脉。在古近纪，由于印度洋季风带来的暖湿气团能够越过南

面的冈底斯山脉，于是在低谷中孕育了具有热带、亚热带性质的动植物区系，其中攀鲈、棕榈等化石已相继被发现。自古近纪以来，中央低谷经历南北向的挤压变形而不断变窄，在新近纪被进一步挤压填充，逐渐达到现在的高度。

最新的地层年代学研究显示，高原东南缘在晚始新世到早渐新世（~34.6—33.4 Ma）经历了一定抬升，达到现在高度，其与邻近的贡觉盆地基于古地磁研究得到的构造活动时间相吻合。青藏高原北部柴达木盆地可能在始新世就发生了明显的抬升，这也得到了氧同位素结果的支持。上述最新证据说明了青藏高原形成过程的复杂性（图6）。青藏高原各地块在不同的地质时期先后拼接到亚洲大陆，而印度板块与欧亚板块的碰撞仅仅是青藏高原形成过程中的最后一次拼接。

原文链接：<https://doi.org/10.1093/nsr/nwaa091>

孢粉记录揭示华南地区中始新世 重大环境转变

我国华南地区是受东亚季风影响显著的湿润季风区，环境格局与世界同纬度其他地区的干旱沙漠形成强烈对比，季风的建立标志着华南新生代环境的重大转变。然而，东亚季风建立前，华南具有怎样的气候环境，东亚季风是否在中始新世之前就已经在华南建立，影响华南古近纪气候环境格局演变的主要因素是什么？青藏高原的隆升在其中扮演着什么角色？这些问题尚不清楚。

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,研究发现华南地区的气候和植被在中始新世时期发生了重大转折:古新世到早始新世气候偏干旱;中始新世到渐新世则出现丰富的喜湿热的热带、亚热带常绿树种和落叶阔叶林以及针叶树种,旱生植物种类几乎消失,植被为亚热带常绿落叶阔叶混交林,属温暖湿润的亚热带气候。综合分析孢粉记录、动植物化石和岩性等证据,进一步确定华南环境格局重大转变主要发生在中始新世。

研究重建的中始新世气候参数与现今华南气候参数基本相似,气温和降水具有明显的季节性变化特性,属亚热带季风气候。华南中始新世的年均温、年均降水量和气温、降水的季节变化特征与现今中国南方(东亚季风区)的气候特征最为类似,而与受“热带辐合带”摆动影响形成的热带季风气候特征截然不同。由此推断,华南中始新世的气候主要受东亚季风影响。此外,研究还推断东亚冬季风增强与始新世中后期的全球变冷有关,东亚夏季风在华南的建立主要与这一时期印度与欧亚板块碰撞和高原中南部隆升有关。这为认识华南地区古近纪植被与气候格局的形成演化以及理解东亚季风早期起源演化提供了重要信息。

原文链接: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2020.104226>

青藏高原东北缘河流地貌形成演化新认识

河流地貌是在河流的堆积和搬运作用下所形成的,它们对于气候的变化和构造的活动十分敏感。因此开展河流地貌

演化的研究，将有助于我们更好理解相对长时间尺度下气候的变化和构造的活动是如何控制河流地貌的形成和演化。

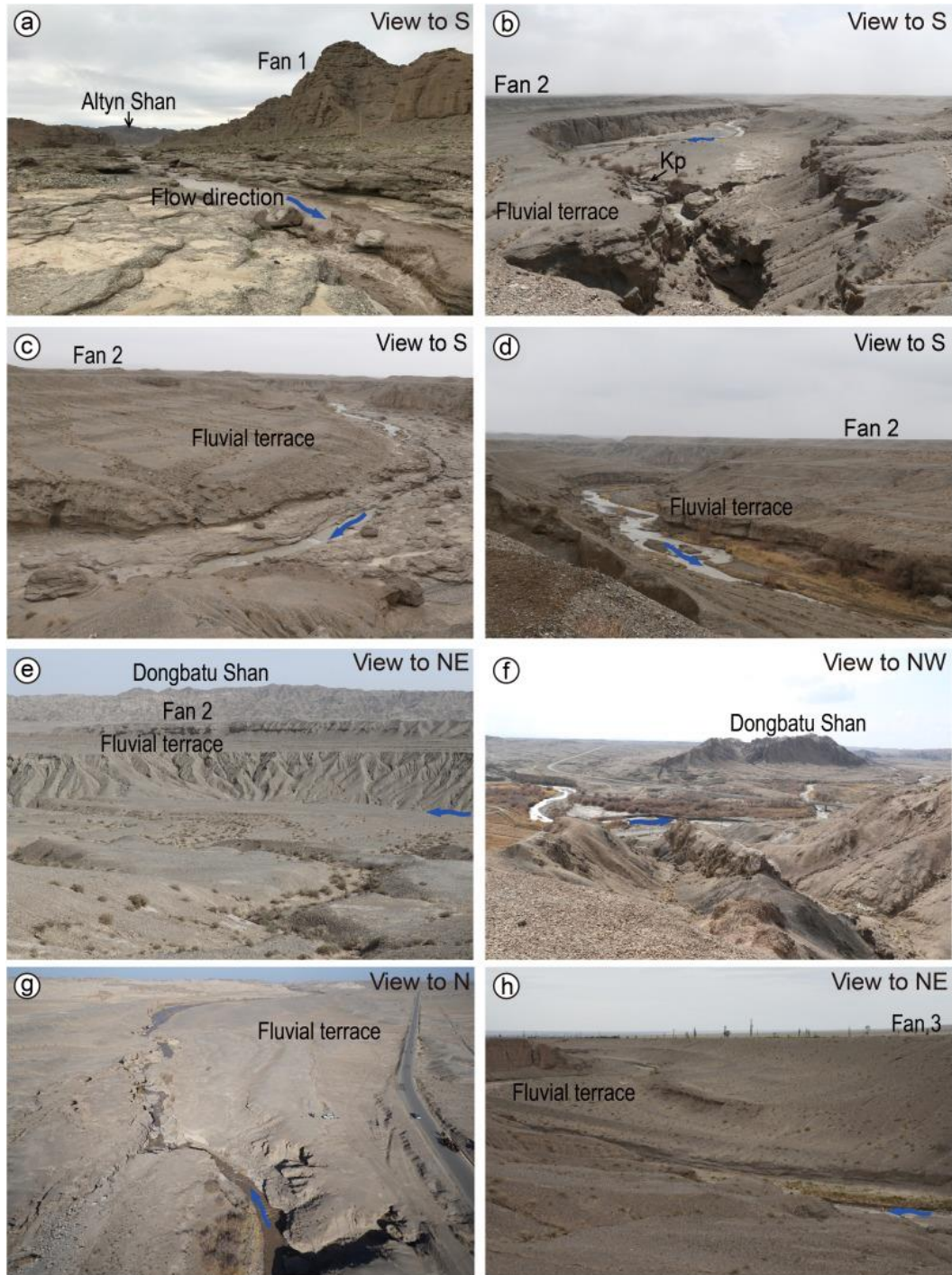


图 7: 玉林河流域地貌

近期，“地质环境与灾害”任务“活动断裂与地震灾害”专题研究团队，利用高分辨率的 Worldview 影像数据并结合

野外调查研究，确立了榆林河东巴兔山段河流地貌序列（图7），分布特征和沉积结构；利用 ^{10}Be 宇宙成因核素测年技术确定了地貌序列。通过对比阶地年龄和气候变化曲线，发现河流阶地的废弃主要发生在气候的转换阶段，表明气候变化对河流下切具有明显的控制作用。区域构造变形主要表现为东巴兔山背斜整体隆升，不同河段河流裂点和阶地形态特征的不同表明构造抬升同样对于河流地貌演化起到重要控制作用，榆林河地貌演化受气候变化和构造抬升所共同控制。

原文链接：<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107213>

青藏高原高速远程滑坡致灾机理新认识

20世纪以来，随着全球气候变暖，青藏高原地区高速远程滑坡发育频度逐渐增加。高原高速远程滑坡灾害的调查研究，对揭示高原地区构造、环境与气候演化历史，评估高原未来不同时间尺度地貌演化过程具有重要意义。

近期，第二次青藏科考“地质环境与灾害”任务“冻土冻融灾害及重大冻土工程病害”专题研究团队，针对青藏高原典型高速远程滑坡案例的孕灾背景、灾害过程和灾害体动力破碎现象进行了深入调查研究。定量测量和分析了高原典型高速远程滑坡（易贡滑坡、乱石包滑坡、尼续村滑坡、塔合曼滑坡等）的源区岩体结构与堆积体碎裂结构特征，并通过滑坡碎屑化过程大型物理模型实验，分析了不同源区岩体结构背景下滑坡的碎屑化运动机理。

研究发现，高速远程滑坡的碎屑化过程受源区岩体结构

的控制作用，并与运动路径的起伏程度密切相关。源区岩体结构特征不仅控制滑坡的碎屑化程度，且影响滑体前缘的运动距离，而滑体重心位置的运动距离主要受滑体破碎程度控制。滑坡的动力破碎过程显著抑制了其整体的运动性，然而动力破碎这一力学过程可以有效促进滑体前缘的运动，且这一现象是块体破碎的弹性应变能释放效应。新建立的“新型破碎—扩散”崩滑碎屑流运动距离预测数学模型，对于潜在崩滑灾害的危害范围预测提供了依据。

原文链接：<https://doi.org/10.1029/2019JB019296>

科考进展

青藏高原农田生态系统固定监测 样地建设顺利开展

为进一步加深对青藏高原农田生态系统在全球气候变化背景下变化过程的认知，以期提出农田生态系统可持续管理的优化方案支撑青藏高原地区农业可持续发展，2020年3月18日—5月12日，“生态系统与生态安全”任务“农田生



图 8：西宁市（左）和日喀则市（右）青稞条播开沟

态系统与粮食安全”专题研究团队，在四川省甘孜藏族自治州、西藏自治区日喀则市、青海省西宁市等地顺利开展农田生态系统固定监测样地建设工作（图 8）。研究团队建立了固定监测样方近 300 个，将在青稞的不同生育期，开展地上、地下植物群落、土壤生物等综合生态监测，从而用于农田生态系统结构和功能变化过程及其驱动机制研究。

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
