

# 第二次青藏高原综合科学考察研究

## 工作简报

2020年第6期（总第13期）

第二次青藏高原综合科学考察研究队 2020年6月25日

---

### 本期目录

#### 专题动态

##### 前沿成果

1. 树木应对干旱胁迫的抵抗力和恢复力的变化规律最新研究进展.....1
2. 高寒灌丛根际与非根际土壤碳源/汇功能对氮沉降响应新认识.....2
3. 香柏灌木年轮揭示纳木错区域长期干湿变化.....4
4. 青藏高原针叶林细根功能属性多维特征及驱动机制新认识.....5
5. 尼泊尔裸子植物丰富度分布格局及形成机制新认识...6
6. 青藏高原围栏工程效应研究新进展.....7
7. 藏东南从低海拔沙漠到高山森林隆升过程研究.....9
8. 流体成分限定藏北荣那斑岩成矿系统中斑岩到浅成低温流体的转变过程.....11
9. 藏南拉张裂谷研究取得新认识.....12

##### 科考进展

1. 科考为青藏高原高寒湿地“探家底”.....13
2. 科考发现“野外灭绝”的枯鲁杜鹃.....14
3. 青藏高原大气环境和污染物的冰川记录考察完成....15

##### 科学传播

1. 生态系统与生物多样性保护科普活动进墨脱.....16

## 专题动态

## 前沿成果

## 树木应对干旱胁迫的抵抗力和恢复力的变化规律最新研究进展

二十世纪初以来，全球极端干旱事件频发，导致部分地区森林生态系统的衰退，且森林大面积死亡的风险持续增加。抵抗力和恢复力是评估森林树木对干旱胁迫应对能力的关键指标：抵抗力是指相比正常生长状态干旱导致的树木生长下降的程度；恢复力是指干旱结束后树木生长恢复的速率。已有研究发现，树木应对干旱胁迫的抵抗力和恢复力在空间分布上存在权衡关系：抵抗力愈低，恢复力愈高；反之亦然。然而，这一现象背后的生理机制仍不明确。不仅如此，随干旱事件频率和强度变化，树木应对干旱胁迫的策略如何变化？学术界对此更是知之甚少。

近期，“亚洲水塔动态变化与影响”任务“亚洲水塔变化及其广域效应”专题，利用国际树轮数据库（ITRDB）中 2935 个点的树轮年表数据，分析了 1901—2015 年间全球树木生长应对干旱胁迫的抵抗力和恢复力时空变化特征。结果表明，树木抵抗力和恢复力空间分布的权衡关系与树种（裸子或被子植物）和干旱发生季节（干季或湿季）均密切相关。较之于被子植物，裸子植物对干旱的抵抗力更强，而恢复力更弱；较之于湿季发生的干旱，裸子植物应对旱季发生的干旱表现出更强的抵抗力和更弱的恢复力。

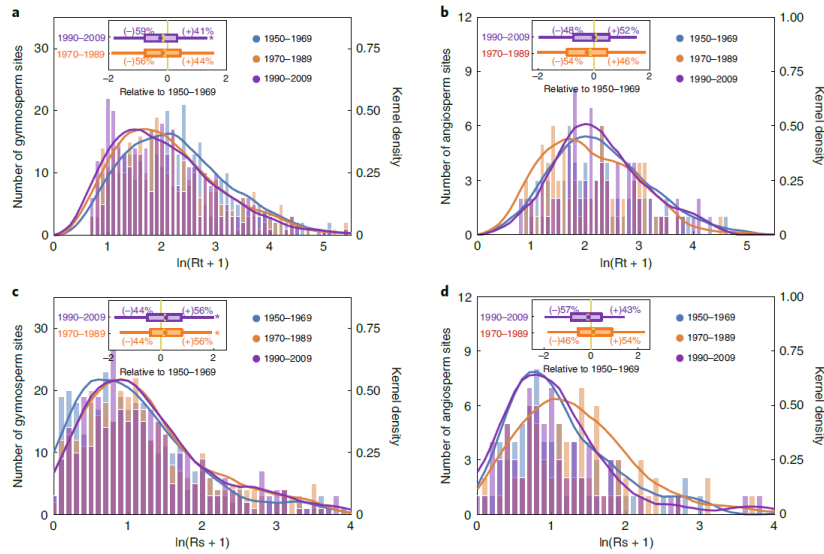


图 1: 1950—2009 年间裸子植物和被子植物树木生长对于干旱胁迫的抵抗力和恢复力的时间变化

进一步研究发现，抵抗力和恢复力的空间差异与植物生理生态性状有关，特别是植物的水力性状很大程度上影响了裸子植物的抗旱策略和恢复速率。研究还发现，裸子植物对于干旱胁迫的抵抗力和恢复力之间的权衡关系会随时间而变化。1950 年代以后，裸子植物的树木生长在干旱后的恢复速率显著增加（图 1），但对于干旱的抵抗力却明显降低，表明随着干旱胁迫的增强，裸子植物可能改变了应对干旱的策略，这为更准确认识森林生态系统变化提供了科学依据。

原文链接: <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1217-3>

## 高寒灌丛根际与非根际土壤碳源/汇 功能对氮沉降响应新认识

日益加剧的氮 (N) 沉降对陆地生态系统土壤碳 (C) 库动态的影响已经成为当前全球变化下生态系统 C 循环研究的

热点内容之一。然而，目前针对 N 沉降下陆地生态系统土壤 C 库的响应强度和方向仍存在诸多争议和不确定性，其中一个重要原因是忽略了根际/非根际土壤 C 库动态对 N 沉降的响应差异及其对生态系统土壤 C 固存的差异化贡献。

“生态系统与生态安全”任务“森林和灌丛生态系统与资源管理”专题研究团队，以青藏高原东缘代表性高寒灌丛—窄叶鲜卑花灌丛为研究对象，基于长期 N 添加野外试验平台，区分和辨识了长期 N 沉降对高寒灌丛根际与非根际土壤 C 库的影响差异。研究发现，N 添加下根际/非根际在土壤 C 存储贡献中表现出截然相反的功能：N 添加引起根际区有机 C 分解加快、含量下降，使根际区表现出“C 源”功能；然而，N 添加抑制了非根际区有机 C 分解，导致非根际区有机 C 积累，使非根际区表现为“C 汇”功能。

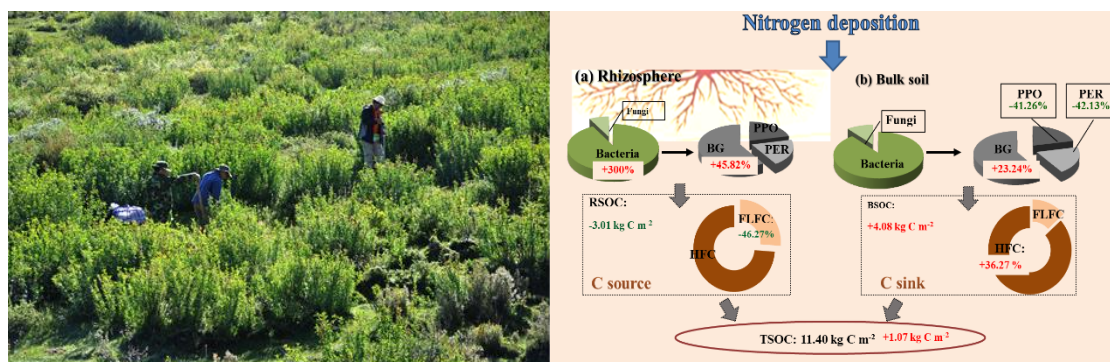


图 2：高寒灌丛景观和概念框架图

结合根际空间数值模型，进一步论证和揭示了 N 沉降下陆地生态系统土壤固 C 潜力在很大程度上受根际 C 动态过程及其根际空间范围所调控（图 2），这为准确评估与预测全球变化情景下陆地生态系统土壤 C 库动态变化提供了新的见解和思路，同时也强调未来环境变化背景下陆地生态系统土

壤 C 库动态的研究应充分考虑根际/非根际区差异化效应。

原文链接: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13417>

## 香柏灌木年轮揭示纳木错区域 长期干湿变化

纳木错位于青藏高原西风/季风过渡区, 周边平均海拔 4700 米以上。纳木错流域属于青藏高原高寒荒漠植被区域, 香柏灌丛分布于海拔 4740 米至 4920 米的阳坡。在极端寒冷和干旱环境中, 香柏灌木生长缓慢, 平均年轮宽度约 0.3 毫米。然而, 香柏灌木年轮可否像树木年轮一样指示过去几百年生存环境变化仍旧是学术界研究的难点。

近期, “生态系统与生态安全” 任务“森林和灌丛生态系统与资源管理” 专题研究团队, 在纳木错周边香柏灌丛开展野外调查时, 发现了死亡的香柏植株和部分残留茎干 (图 3 左图)。通过与活的香柏灌木年轮序列之间的交叉定年, 建立了过去 537 年的年轮宽度年表 (始于 1479 年), 这是目前国际上最长的灌木年轮年表之一。

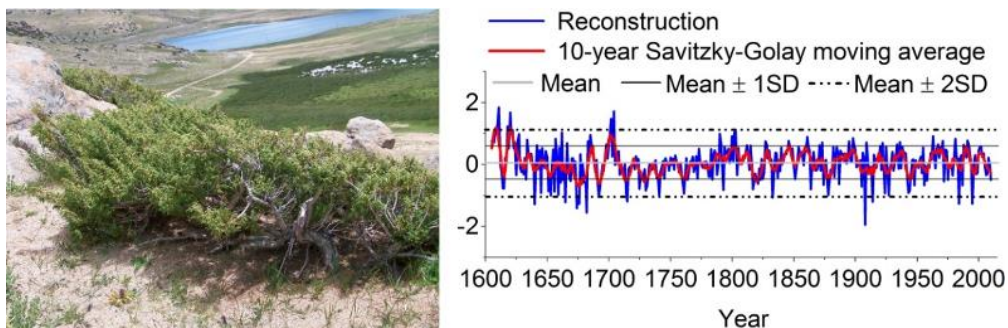


图 3: 左为纳木错湖周边香柏灌丛景观, 右为 1605-2010 年期间干旱指数重建

研究发现, 香柏灌丛的生长受到生长季早期积雪和水分条件的强烈限制。基于可靠的样本量, 研究人员重建了 1605—2010 年 5—6 月份的干湿变化状况, 结果显示: 纳木错区域经历了 1637—1683 年和 1708—1785 年两个较长时段的干旱期(图 3 右图), 说明小冰期期间极端寒冷条件可能导致水循环的降低, 进而引发干旱。

原文链接: <https://doi.org/10.1029/2020GL087707>

## 青藏高原针叶林细根功能属性多维特征及驱动机制新认识

近年来, 根系功能属性多维性特征受到越来越多的关注, 并已成为植物地下功能属性研究的前沿热点。但迄今为止, 相关研究大多基于丛枝菌根(AM)物种(尤其是木本植物), 而外生菌根(ECM)占绝对优势的高寒针叶树种中尚缺乏系统性研究和试验论证。因此, 关于 ECM 针叶树种的根系功能属性在多变的高寒环境下将会有何独特的变异规律, 以及背后的支配因素是什么? 对这些问题尚缺乏清晰的认识。

近期, “生态系统与生态安全”任务“森林和灌丛生态系统与资源管理”专题研究团队, 围绕青藏高原 ECM 针叶树种根系进行了多点、系统的采样与分析测试, 构建了包含 76 个样点、29 个针叶树种(松、云杉、冷杉、落叶松等属树种)、8 个根系功能属性(形态、结构、生物及化学属性)及相关环境因子(包括气候、土壤因子等)的细根功能属性数据库。

分析发现, ECM 针叶树与 AM 树种具有类似的多维性格局: 即由直径—比根长主导的觅食策略以及由根 N—组织密度主导的资源吸收经济策略两个核心维度构成。研究团队结合气候与土壤理化因子, 进一步揭示了气候(主要是降水)和土壤养分有效性在驱动根系属性多维性特征中发挥不同作用。该研究不仅为资源环境异质性组合驱动根属性多维性特征提供了确切的试验证据, 而且为理解亚高山针叶林适应高山异质性环境的地下生态策略提供了新的见解。

原文链接: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13407>

## 尼泊尔裸子植物丰富度分布格局 及形成机制新认识

青藏高原及其周边邻近区域是国际上生物多样性热点分布区, 复杂的地形和气候异质性塑造了该区域丰富的植物和动物多样性。位于喜马拉雅山中段南麓的尼泊尔有海拔超过 8000 米的山峰和最长的生物气候梯度, 为探索环境变化对植物丰富度分布模式的相对作用提供了天然的理想研究场所。

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, 对尼泊尔 26 种裸子植物在世界最长海拔梯度下的物种丰富度模式及其形成机制进行了研究。

研究发现, 裸子植物丰富度在海拔梯度上呈驼峰状分布, 海拔 2700—4200 米是裸子植物物种丰富度富集区, 在 3300

米海拔处物种丰富度最高。“能量—水分”假说、“生理耐受性”假说和“气候季节性”假说共解释了 91.82% 的裸子植物丰富度变异。其中，“能量—水分”假说是决定物种丰富度分布的主要决定因素，相关性和独立解释率均最高，为 77.93% 和 24.61%，“能量—水分”假说和“生理耐受性”假说的联合效应解释了裸子植物丰富度分布的最大差异，解释率为 29.62%。研究结果表明，高山、亚高山区域是裸子植物多样性保护的核心区，多重环境指标是物种分布的重要驱动力。该研究对于理解气候变化对裸子植物物种丰富度模式的影响及尼泊尔裸子植物多样性的保护提供了科学依据。

原文链接: <https://doi.org/10.3390/plants9050625>

## 青藏高原围栏工程效应研究新进展

围栏禁牧是我国政府为恢复青藏高原等地退化草地而采取的一项重要政策。从其实施以来，就被广泛关注，因为其改变了千年来形成的“逐水而居，逐草而牧”的传统游牧模式。政府、牧民和科学家从各自的角度发表了诸多观点和见解，对于围栏的作用评价不一。特别是近年来，随着围栏年限的增加，围栏效应凸显，针对其生态效应研究报道很多，大多研究从单一的角度探讨和比较其利弊，尚缺乏综合而全面的分析，特别是关于围栏对高寒草地生态系统功能及其对牧民生计的影响，人们的认识还很有限。

“生态安全屏障功能与优化体系”任务“生态安全屏障优化体系”专题研究团队，最新研究发现，围栏禁牧时间长



达 4 年和 8 年的时间里可以有效地促进高寒草甸以及草原的地上植被生长，更长时间的围栏并没有带来任何生态和经济效益。研究还发现，围栏限制了野生动物的活动范围，增加了非围栏地区的放牧压力，且牧民的满意度并不高，而地方政府和国家财政投入巨大。

研究建议，在适当情况下应鼓励传统的游牧方式来利用草地，在严重退化的草地上应采用短期围栏(4—8 年)，在重要的野生动物栖息地应避免使用围栏，特别是受保护的大型哺乳动物分布的区域。只有把围栏当做草地恢复过渡期（非永久性）使用的措施，围栏才是有益的草地管理手段。



图 3: 《科学》(Science) 编辑推荐专栏点评内容

研究建议未来应该设置标准化围栏观测样地（精确的牛羊数量等统一标准），并开展长时间序列跟踪研究，以提高围栏效应评估精度，服务青藏高原高寒草地可持续管理。该研究首次综合评估了青藏高原围栏工程效应，可为青藏高原草地可持续管理提供一定的参考，也为后期进一步制定科学的方针政策提供了重要的证据。

2020年5月29日，国际著名学术期刊《科学》(Science)在编辑推荐专栏点评了该成果（图4）。

原文链接：<https://doi.org/10.1016/j.scib.2020.04.035>

## 藏东南从低海拔沙漠到高山 森林的隆升过程研究

横亘于青藏高原中部的分水岭山脉（横断山—唐古拉山—喀喇昆仑山），是太平洋水系（黄河、长江、澜沧江）和印度洋水系（怒江、伊洛瓦底江、雅鲁藏布江、印度河）的分水岭，是世界屋脊的脊梁，其形成、隆升对青藏高原乃至整个东亚的古地理格局都有重要影响。横断山作为青藏高原分水岭山脉的东段，纵贯于青藏高原东南缘，海拔高度从南向北不断上升，是南亚季风暖湿水汽顺势北上的重要通道，其独特的生态环境也使其演化为世界生物多样性的热点地区。

近期，“高原生长与演化”任务“青藏高原不同地块的隆升过程与动力学机制”专题研究团队，利用碳酸盐岩耦合同位素古温度计和氧同位素古高度计，结合棕榈植物化石、高

精度火山岩地层 U—Pb 年代学、气候模拟和前期研究结果，对青藏高原分水岭山脉东段（横断山）贡觉盆地进行了详细的古高度和古环境演变研究。

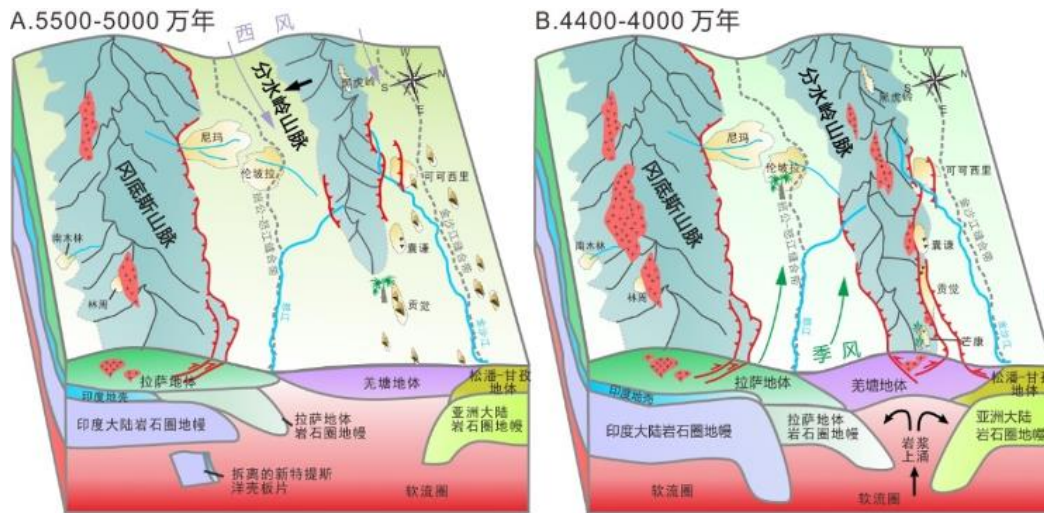


图 5: 青藏高原 5500-5000 万年和 4400-4000 万年间古地理格局演化

结果指示以贡觉盆地为代表的藏东南地区 5400 万年前还是一片炎热干燥的低海拔（700 米）沙漠，形成了大规模的风成沙丘沉积，受西风带气候控制，生长着代表干燥气候的棕榈植物群（图 5A）。4400 万年以后，藏东南地区抬升到了和现今相似的高度（3800 米），伴随着地势抬升，季风气候开始在该地区起主导作用，该地区气候变得较为湿润，出现了高山森林（图 5B）。青藏高原分水岭山脉在 4400 万年前的隆升同时也可能造成了中国东部地区古气候和古生态环境的转型，伴随南亚季风的加强，使得长江中下游地区从晚白垩世—早新生代的沙漠气候环境演变为和现今相似的鱼米之乡。

原文链接: <http://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.1163126>



矿物的溶解再沉淀有关，蒸汽相流体冷凝并从上向下发生淋滤，形成了高硫型蚀变与矿化，叠加在斑岩体系之上(图 6)，荣那矿床的远端流体富锌 (Zn)，虽在该矿床外围未见 Zn 矿化，但这与在其他斑岩成矿系统中 Zn 矿化分布在远端的现象相吻合。

研究加深了对斑岩成矿系统中从斑岩到浅成低温体系流体转变过程的认识，验证了在高硫体系叠加斑岩体系过程中金属的淋滤和再富集，发现了流体包裹体成分与热液体系中普遍存在的成矿元素空间分布、矿物的溶解再沉淀之间的对应关系，为后续相关研究提供了可参考和借鉴的数据。

原文链接：<http://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103585>

## 藏南拉张裂谷研究取得新认识

青藏高原南北向裂谷的存在，证明青藏高原正经历东西向伸展。在西藏南部，分布在 7 条主裂谷上的总延伸率约为喜马拉雅山脉缩短率的一半，定量研究亚东—古陆大裂谷晚第四纪伸展速率，对了解青藏高原变形和探讨大陆碰撞后期高原演化具有重要意义。

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，利用高分辨率影像数据对断错地貌进行解译测量，结合野外调查，对来自三个河流表面和两个冰碛物的 57 个样品进行了  $^{10}\text{Be}$  表面暴露宇宙成因核素定年，获得了裂谷北端附近高达 3—6 毫米每年和南部（羊八井）仅为  $1.3 \pm 0.3$  毫米每年的东西向伸展率。班公—怒江缝合线南北两

侧的变形速率反映了羌塘地块和拉萨地块伸展运动学和机制的显著差异。这一变形模式符合藏南在刚性印度板块上的发散、正交逆冲模型。研究成果对认识青藏高原隆升历史和构造演化具有重要意义，同时对研究高原内部变形机制和构造转换等提供了参考。

原文链接：<https://sci-hub.tw/10.1029/2019JB019106>

## 科考进展

### 科考为青藏高原高寒湿地“探家底”

湿地被称为“地球之肾”，而高寒湿地是青藏高原生物多样性最为丰富、单位面积生产力最高的自然生态系统之一，也是中国极其重要的水源涵养地和气候调节区。如此重要的高寒湿地，其“家底”多少、变化如何，一直以来却未有完整答案。

近日，“生态系统与生态安全”任务“湿地生态系统与水文过程变化”专题研讨会在中国科学院大学举行，并成立了由陈宜瑜、傅伯杰、赵进东、魏辅文和于贵瑞院士等组成的咨询专家组。

湿地生态系统与水文过程变化专题科考分队负责人、中国科学院大学教授王艳芬及各小分队负责人对湿地科考的内容、研究进展和工作计划等作了详细介绍，咨询专家组则对科考重点内容、工作进展和未来计划等进行了讨论和指导。会议明确了专题科考的最终目标是：在摸清青藏高原高寒湿

地分布、资源和保护现状，评估其生态系统健康状况的基础上，最终提出青藏高原湿地的保护对策与措施。

## 科考发现“野外灭绝”的枯鲁杜鹃

自从 1929 年，美籍植物学家洛克在四川西南部的枯鲁山区采集到枯鲁杜鹃标本以后，近 100 年的时间里，再也没有有人在野外见过真正的枯鲁杜鹃花。在 2013 年发布的《中国生物多样性红色名录-高等植物卷》和 2017 年发表的《中国高等植物受威胁物种名录》里，枯鲁杜鹃均被评估为野外灭绝（Extinct in the Wild, EW）。



图 7：枯鲁杜鹃

2020 年 5 月 22 日，“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”专题研究团队，于四川省凉山州木里藏族自治县李子坪乡的康坞大寺附近（即枯鲁杜鹃的模式标本采集地“枯鲁山区”）发现了“野外灭绝”物种枯鲁杜鹃（*Rhododendron adenosum* Davidian, 图 7）。此

次野外科学考察改写了枯鲁杜鹃“野外灭绝”的历史，也彰显了生物资源野外调查的重要性。有必要进一步采取“地毯式”系统调查，彻底摸清该种的资源本底，同时开展“抢救性保护”和系统研究工作。

## 青藏高原大气环境和污染物的 冰川记录考察完成

青藏高原地处欧亚大陆内陆，远离人类工农业生产密集区，是气候变化和生态环境的敏感区域，是中低纬度地区中能够通过雪冰记录研究气候和环境历史变化的理想区域。通过多点位、同时段、相同指标的样品采集工作不仅能够更好地反映大气污染物的来源、传输路径和沉降过程中的空间差异，而且能够更好地揭示不同气候、大气环流模式和地形等条件对大气污染物传输和沉降的影响。



图 8：冰川表面雪坑采样

2020年5月12日至6月11日，“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，



对玉龙雪山、东绒布冰川、廓琼岗日冰川、德木拉冰川、杰玛央宗冰川、昂龙冰川、小冬克玛底冰川和玉珠峰冰川进行了为期 31 天的野外考察工作。此次科考主要针对雪冰、末端河水及土壤等地表介质展开了系统采样(图 8):在以上 8 个冰川的积累区采集雪坑样品和表层雪样品 942 份、土壤样品 57 份、河水样品 133 份,在东绒布冰川垭口维护气象站,下载 2019 年 6 月至 2020 年 5 月气象数据。

研究团队后续将分析雪冰等环境介质中的汞同位素、微塑料、持久性有机污染物、黑碳等污染物的含量及时空特征,以揭示跨境大气污染物的沉降和来源,明晰冰川区污染物沉降和保存的现代过程,为利用冰芯重建和解释其历史记录奠定基础,并为综合评估这些有毒有害物质对泛第三极地区冰川消融和地表生态系统的风险提供基础数据。

## 科学传播

# 生态系统与生物多样性保护 科普活动进墨脱

2020 年 6 月 12 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和可持续利用”专题研究团队,深入基层一线、走进学校课堂,在墨脱为林业、农牧、环保等部门及中学生等 50 余人,围绕“生态系统与生物多样性保护”开展了专题科普活动(图 9)。科普活动阐述了用生态科学来支撑绿水青山的保护和恢复,介绍了生物多样性监测的新技术应用,讲解了如果没有传粉昆虫世界将会怎样,报告

了鸟类观察与保护活动。现场气氛活跃、互动频繁。



图 9：专题科普活动现场

这次科普活动，传播了科考思想、弘扬了科考精神、传递了科考种子，让科考科学传播之光闪耀高原秘境墨脱。该活动得到了墨脱县委、县政府的大力支持，得到了墨脱县科技局、林草局、文旅局等部门的有力支撑，获得了墨脱社会各界的充分赞扬。



---

**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](mailto: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

---