

第二次青藏高原综合科学考察研究

工作简报

2019 年第 7 期（总第 7 期）

第二次青藏高原综合科学考察研究队 2019 年 12 月 25 日

重要动态

吴英杰、齐扎拉调研第二次青藏科考 阶段性进展和亚洲水塔专题成果

2019 年 11 月 27 日，西藏自治区党委书记吴英杰，区党委副书记、自治区主席、第二次青藏高原综合科学考察研究（简称“第二次青藏科考”）领导小组副组长齐扎拉来到中科院青藏高原研究所拉萨部，就第二次青藏科考阶段性进展和亚洲水塔专题成果进行调研。

在第二次青藏科考展厅，中科院院士、第二次青藏科考队队长姚檀栋向吴英杰、齐扎拉一行系统介绍了青藏高原综合科学考察研究的历程、第二次青藏科考的总体规划设计和阶段性进展，重点介绍了雅鲁藏布江冰崩灾害监测预警平台建设进展以及亚洲水塔科考报告成果、前沿科技成果、高端智库成果、精品科普成果和国际影响成果 5 大成果体系产品。

在随后召开的第二次青藏科考阶段性进展和亚洲水塔专题成果汇报会上，姚檀栋院士回顾了第二次青藏科考国家

专项的立项过程，介绍了第二次青藏科考 2019 年在水、生态、人类活动等方面取得的最新进展，并重点汇报了 2019 年亚洲水塔科考在观测体系建设、新技术应用、服务国家水资源和水安全战略、冰崩灾害监测预警体系建设等方面取得的成果。

吴英杰高度肯定第二次青藏科考前期各项工作和取得的阶段性成果，对坚守在青藏科考一线的科考队员致以崇高敬意，向为西藏经济社会发展作出了重大贡献的科考队员表示衷心感谢。他指出，在习近平总书记和党中央的亲切关怀下，2017 年 8 月，第二次青藏科考全面启动，总书记专门发来贺信，为开展青藏科考指明了前进方向、提供了根本遵循、注入了强大动力。

吴英杰指出，西藏是青藏高原的主体，在党和国家事业全局中的战略地位十分重要，在我国生态文明建设中的战略地位尤为突出。他希望参加此次青藏科考的全体科研人员要深化对青藏高原资源环境承载力、灾害风险、绿色发展途径等问题的研究，进一步摸清西藏生态环境的“家底”，正确处理好保护生态与富民利民的关系，找准此次青藏科考与西藏经济社会发展和民生改善的结合点、切入点，助力国家重大战略实施，为西藏长足发展和长治久安提供科学数据、科技支撑。

吴英杰强调，第二次青藏科考是锻炼培养科技人才的好机会、好平台。希望科考队多吸纳西藏本地科技人才参与青藏科考，帮助地方培养更多更优秀的科技人才，培养一支带

不走的高原生态科技队伍。

齐扎拉在主持讲话中表示，西藏自治区要坚决贯彻落实好习近平总书记等党和国家领导人对第二次青藏科考的指示批示精神。他强调，西藏自治区要全力配合做好科考工作，在食宿、交通、医疗、安全、通信、应急等方面，继续提供全方面的支持和配合，确保第二次青藏科考顺利开展；西藏自治区各级各部门要落实好吴英杰书记的指示；自治区科技厅、西藏大学、西藏民族大学、西藏农牧学院等单位要积极组织科技人员和青年学生参与青藏科考，增强实践锻炼，为服务国家生态文明建设奠定基础。

齐扎拉表示，希望第二次青藏科考队继续做好科考成果的转化，希望科考成果能够在亚洲水塔水政策和特色经济发展等方面提供坚实的科技支撑，真正把第二次青藏科考的成果应用到西藏社会经济发展上来。

西藏自治区党委常委、秘书长刘江，西藏自治区副主席罗梅陪同调研。西藏自治区第二次青藏科考领导小组部分成员单位负责人、中科院青藏高原所相关领导及部分科考队员代表参加汇报会。

任务动态

亚洲水塔变化与影响及应对科考成果发布

2019年12月18日，第二次青藏科考“亚洲水塔动态变化与影响”任务在京组织召开成果发布会，正式发布亚洲水

塔变化与影响及应对科考成果。中科院科技促进发展局，中科院科学传播局，第二次青藏科考队队长、丝路环境专项负责人姚檀栋院士，中科院青藏高原研究所、中国青藏高原研究会及第二次青藏科考队有关人员，人民日报社、新华社、中央广播电视总台、光明日报社、经济日报社、中国日报社、科技日报社、中国新闻社、中国青年报、北京电视台、北京晚报、大公报、中国科学报、西藏电视台、中国西藏网等新闻媒体记者出席发布会。

第二次青藏科考队队长、丝路环境专项负责人、中科院院士姚檀栋代表第二次青藏科考队发布重大成果。在“第二次青藏高原综合科学考察研究国家项目”和“泛第三极环境变化与绿色丝绸之路建设”中科院 A 类战略性先导科技专项支持下，以中科院青藏高原研究所姚檀栋院士领衔的第二次青藏科考队 2019 年在亚洲水塔变化与影响及应对方向取得重大突破。在 *Nature*、*Nature Communications*、*Nature Ecology & Evolution*、*Science Advances*、*Bulletin of the American Meteorological Society* 等国际高端杂志发表 7 篇系列文章；在美国旧金山地球物理年会（AGU）举行了以“亚洲水塔是全球最重要、最脆弱的水塔”为主题的全球发布；在《科学通报》（中文版与英文版）和《中国科学院院刊》发表了专辑系列文章；出版了亚洲水塔科考科普成果《这里是中国》精品科普图书；发表了七篇“第三极大本营”微信公众号系列科普文章；建成了雅鲁藏布江色东普冰崩堵江监测预警体系。

第二次青藏科考队评估了全球 78 个水塔单元的重要性，发现全球 78 个水塔单元中，亚洲水塔占据 16 个，而且是全球最重要的水塔。印度河、塔里木河、阿姆河、锡尔河、恒河-雅鲁藏布江是亚洲水塔中重要性排名前 5 的水塔单元，印度河水塔单元则以其丰富的水资源量和下游生活与灌溉的超级需水量而位居全球水塔单元重要性之冠。评估发现，亚洲水塔也是全球最脆弱的水塔。阿姆河、印度河、恒河-雅鲁藏布江、锡尔河、塔里木河是亚洲水塔中脆弱性排名前 5 的水塔单元。印度河水塔单元也位居全球水塔脆弱性之冠。预计到 2050 年，该流域人口将增长 50%，GDP 将增长近 8 倍，温度将升高 1.9°C，降水将增加 0.2%。这些都将导致印度河水塔单元的脆弱性越来越大。亚洲水塔是全球风险最大的水塔。亚洲水塔正在以全球 2 倍的升温速率变暖，并引起亚洲水塔失衡。亚洲水塔失衡的主要特征是冰川加速退缩、湖泊显著扩张、冰川径流增加、冰崩等新型灾害出现。冰崩新型灾害不但威胁亚洲水塔，而且严重影响下游地区的社会经济发展。亚洲水塔失衡也将引起亚洲季风的改变，从而影响我国和整个亚洲地区环境。在这一科学发现的基础上，第二次青藏科考队采用前沿科学问题和高新技术结合应对亚洲水塔失衡影响的新模式，开展了亚洲水塔三维立体观测，建立了冰崩灾害监测预警体系，实现了成果预警，为区域防灾减灾提供了新的有效技术保障。

赵千钧在发布会上作重要讲话。他谈到，亚洲水塔科考成果的发布，将为服务青藏高原可持续发展、国家生态文明

建设和全球生态环境保护提供重要科学支撑。丝路环境专项也在推动新的国家重大专项任务启动实施方面发挥了重要的先导作用，为第二次青藏科考国家专项的实施打下了坚实基础。目前，第二次青藏科考国家专项任务正在启动实施，亚洲水塔动态变化与影响作为科考十大任务之一，将聚焦亚洲水塔变化与影响及应对，深入开展亚洲水塔变化天—空—地立体观测研究，结合多源遥感数据和实测资料，发展多圈层相互作用模型，阐明亚洲水塔的总水量和水资源量，摸清水塔各组分现状，揭示亚洲水塔变化规律，预估未来变化情景，评估亚洲水塔水安全风险与广域效应，提出科学应对方案。这必将成为 21 世纪地球系统科学和可持续发展研究的新典范。

姚檀栋在会上对亚洲水塔变化与影响及应对进行了介绍。他指出，亚洲水塔冰川、积雪、冻土、湖泊和河流等关键过程的变化是水体多相态转换与作用的过程，是一个多圈层相互作用的地球系统科学前沿问题。亚洲水塔变化的灾害风险不但对我国社会经济发展带来严峻挑战，也对“一带一路”众多国家水资源规划管理和可持续发展带来环境风险，事关人类命运共同体建设。这些挑战和风险的应对，需要多学科综合科学考察研究来解决。第二次青藏科考队将以阐明亚洲水塔各关键过程的变化特征，揭示近 50 年来亚洲水塔变化的过程与机理和预估未来不同气候变化情景下亚洲水塔的变化趋势为基础，开展亚洲水塔变化对青藏高原及周边地区水循环与生态的影响研究，进行亚洲水塔水—生态系统

—人类社会系统的链式响应评估,拓展三极(第三极、南极、北极)气候与环境变化及其影响的全球尺度联动研究和全球生态环境保护研究,同时要体现第二次青藏科考水平“用得上、有影响、留得下”的定位,建设自动化监测预警平台和示范,提升区域防灾减灾能力。

青藏高原是除南极和北极以外冰雪储量最大的地区,是亚洲十多条大江大河的发源地,被称为“亚洲水塔”,其变化影响着我国和“一带一路”沿线国家 20 多亿人口的生存和发展。

夏河丹尼索瓦人研究成果入选 2019 年 世界十大考古发现

近日,夏河丹尼索瓦人研究成果入选美国考古杂志《考古学》(Archaeology)评选的 2019 年度世界十大考古发现。该项研究由第二次青藏科考“人类活动与生存环境安全”任务中科院青藏高原研究所陈发虎院士团队完成,是本年度唯一入选的来自中国的考古发现。此外,夏河丹尼索瓦人研究还入选了《科学—新闻》(Science News)2019 年度十大新闻。

通过对甘肃夏河白石崖溶洞发现的一枚长约 12 厘米人类右下颌骨化石研究发现,古人类的一支—夏河丹尼索瓦人 16 万年前已登上青藏高原,并成功在那里生活。2019 年 5 月初,《自然》(Nature)杂志在线发表了这项考古成果。

自 2010 年开始,研究团队多次对白石崖溶洞所在的甘

加盆地进行考古调查,在该盆地内发现多处旷野型旧石器考古遗址。2018年,研究团队对化石出土地—白石崖溶洞进行小面积正式考古发掘,发现较厚的文化层堆积,发掘出土丰富的石制品和动物骨骼遗存,显示古人类在该遗址曾较长时间生活。该项成果发布后,受到国内外学者和媒体的广泛关注。这枚化石保存有两颗完整的牙齿,牙齿较大而且原始。随后,另一支研究团队利用阿尔泰山丹尼索瓦洞内的丹尼索瓦人DNA数据为丹尼索瓦人画像,成果发表于《细胞》(Cell)杂志,进一步引发了学界对丹尼索瓦人的持续关注。

此前,学界公认在西藏发现的尼阿底遗址是青藏高原最古老的考古遗址。在白石崖溶洞发现的这件古人类右下颌骨化石将青藏高原史前人类最早活动时间由距今4万年推早至距今16万年。夏河人旧石器时代青藏高原原住地的发现补上了现代藏族人群携带的高原适应基因—EPAS1基因来源研究的最后一块拼图。推测EPAS1基因很可能最早产生于在青藏高原生活的包括夏河人在内的古人类,后又传给现在的藏族人群。对夏河丹尼索瓦人的进一步研究,可能会改写人类演化迁徙的版图。

专题动态

科考发现第三极西风和季风主导流域源区 降水呈现不同梯度特征

以青藏高原为核心的第三极地区是长江、黄河、澜沧江、怒江、雅鲁藏布江、印度河、阿姆河、锡尔河和塔里木河等

主要大江大河的发源地，为下游 20 多亿人口提供水安全，同时也是地球上两大环流—季风和西风交汇碰撞并严重影响人类生存环境的区域。降水是水循环的关键组成部分，也是水文模型模拟陆面水文过程的重要输入。模型结果的可靠性很大程度依赖于降水等气象输入的准确性。第三极地区海拔高、地形复杂，长时间序列的气象观测站点稀少且主要集中在东部低海拔地区，为区域水文模拟研究带来很大挑战。已有研究表明，利用降水梯度将低海拔站点数据插值到高海拔区域，是反演高海拔区域降水数据的一个有效方法。然而，第三极地区地形复杂，高原热力作用、大尺度环流及高原局部环流等机制并存，降水的地形效应在不同地区也有所变化。因此，西风—季风作用下第三极流域源区降水和地形的关系及其影响机制是什么，是否可以通过降水地形校正来准确推算高海拔区域降水，满足第三极流域水文模拟精度要求？

针对以上问题，第二次青藏科考“亚洲水塔动态变化与影响”任务“冰川—积雪—冻土变化及影响与应对”专题研究团队，利用位于第三极东南部受季风主导的长江、黄河、澜沧江、怒江上游和雅鲁藏布江流域，以及位于西部受西风主导的叶尔羌河、印度河、阿姆河和锡尔河上游流域源区 256 个气象站和雨量筒的降水数据，分析了各流域降水随海拔变化的梯度关系；基于 ERA5 数据，通过分析水汽含量、对流有效势能和抬升凝结高度与各流域内海拔的变化关系，探讨了不同气候系统主导的流域呈现不同梯度特征的原因；通过水文模型模拟径流反向验证降水梯度校正方法在推算高海

拔山区降水时的可行性。

研究发现：(1) 位于季风区的长江上游、黄河上游、澜沧江、怒江和雅鲁藏布江流域降水随海拔增加而降低，主要由水汽含量随海拔增加而减少所致，地形效应仅在小尺度呈现；西风主导的叶尔羌河、印度河、阿姆河和锡尔河上游流域降水随海拔增加而增加，地形效应明显，主要受抬升凝结高度降低和对流有效势能增加的影响。(2) 位于西风区的叶尔羌河上游和位于季风区的雅鲁藏布江日喀则子流域的水文模拟反向验证结果表明，在降水地形效应明显的流域，地形校正是提高从低海拔站点推算高海拔区域降水可靠性、提高水文模拟精度的一个有效途径。

高原家养动物种质资源研究基地建设

为建立高原绵羊分子育种体系，第二次青藏科考“生物多样性保护与可持续利用”任务“高原动物多样性和可持续利用”专题研究团队，依托中科院西北高原生物研究所位于青海乐都的农业试验站，建立了“高原家养动物种质资源研究基地”，2019年正式挂牌。研究基地可容纳800只实验用羊，建有8个羊舍以及大型草料棚、兽医室和人工授精室。实验基地主要开展藏系绵羊和青海细毛羊的本品种选育工作，着重关注本土双羔品系的选育。

该基地将长期作为青海绵羊双羔新品系分子选育的平台，主要利用分子标记技术建立高效的选择繁育体系，并研究重要经济性质的遗传基础，为青海本地优良种质资源的遗

传选育和可持续利用奠定了基础。根据前期工作，依据 FecB 等位点信息，已筛选出 55 只具有优异基因型的藏系绵羊个体，目前在海东农业实验站高原家养动物种质资源研究基地按照常规饲养，对购进的羊只进行免疫、消毒、隔离观察和谱系登记等工作，正在进行繁殖性能及生长性能测定工作。

“科考大任务 小小科学家” 科普讲座 成功举办

2019 年 9 月 25 日下午，第二次青藏科考“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，中科院昆明动物研究所有关人员来到云南大学英华厅给云南大学附属小学三个年级的小朋友们上了一堂科普公开课。课程科普、推广第二次青藏科考为目的，围绕“什么是科考”、“当代科考”、“怎么做科考”、“如何保存样品”、“小小科学家”5 个内容向在场的三个年级一百多名小学生讲述了科考工作的内容及意义。此外研究团队还准备了样品采集工具包分发给小朋友们，并以现场互动教学的形式指导小朋友们如何在生活中掌握科考技能，从而培养小朋友们对科学的兴趣。

《第三极水质：气候变化和人类活动的作用》在爱思唯尔正式出版发行

2019 年 11 月，由第二次青藏科考“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

牵头编著的《第三极水质：气候变化和人类活动的作用》（Water Quality in the Third Pole: The Roles of Climate Change and Human Activities）在爱思唯尔（Elsevier）正式出版发行。

第三极持续变暖，冰冻圈快速萎缩，水循环加速。第三极环境的变化不仅影响到水资源量的改变，也影响到水质的改变。系统分析和全面总结气候变化和人类活动影响下第三极水质变化具有重要的科学意义。本书聚焦第三极的水质现状，分为4大部分共8章，系统介绍了大气、冰川、河流、湖泊中无机和有机化学组分的时空分布特征和影响因素，综合分析了不同化学成分的来源，评估了气候变化和人类活动对第三极不同水体水质的影响。

诊断青藏高原地区城镇化过程与状态

近期，第二次青藏科考“人类活动与生存环境安全”任务“人类活动影响与生存环境安全评估”专题研究团队基于高分辨率遥感，辅以历史地图等，应用大数据平台和云计算，结合数字化解译方法，重现了新中国成立以来青藏高原地区拉萨、西宁等城市扩展过程，揭示了青藏高原地区城镇化进程中人类活动的强度和时空差异特征。

研究成果《中华人民共和国成立70周年·中国城市扩展及生态建设》作为《全球生态环境遥感监测》2019年度报告之一，由科技部办公厅向全社会发布。相关成果入选地球观测组织（Group on Earth Observations, GEO）2019年部长级

峰会地球观测成果展览，并在 Idea stage 阶段进行报告，包括中国在内的 49 个成员国和 56 个参加组织的千余名代表出席了本次会议周活动，研究成果获得高度关注。

青藏高原迪庆藏区文化地理考察顺利进行

迪庆是藏彝走廊文化区内聚力和稳定性最强的区域，是国际社会关注青藏地区文化的窗口地区。2019 年 9 月 21 日至 26 日，第二次青藏科考“人类活动与生存环境安全”任务“人类活动影响与生存环境安全评估”专题研究团队在云南迪庆开展了文化地理调查。

科考队员对香格里拉市独克宗古城、香巴拉藏文化博物馆、松赞林寺、小街子村、普达措国家公园和洛吉乡部分村镇进行了文化地理调查。收集了县乡村三级聚落的经济类型、文化景观、语言文字、民俗资料，尤其是民族文化中与其他民族文化差异和融合成分。明确了统计资料难以涵盖的文化地理资料类型，探索了当地文化与经济活动之间的联系形式。

青藏高原生长塑造了现代生物多样性

青藏高原是当今地球上最独特的地质—地理—生态单元，拥有独特的生物资源，在世界生物多样性版图中占有重要地位。新生代以来，青藏高原地区经历了剧烈的环境变化，出现了从“热带动植物乐土”到“冰期动物群摇篮”的转变。近年来高原古生物学领域的一系列重要发现，让高原环境巨变背景下青藏地区生物多样性演变历史的细节日趋清晰，也

为讨论这一生命历史进程对高原周边乃至更广阔地区生物区系的影响准备了条件。

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”专题研究团队，通过综合新生代高原古生物重要类群的演化历史，总结了在高原生长影响下的三种生物演化模式：土著物种本地起源、本地起源并“走出西藏”、途经西藏地区的洲际扩散，突出了青藏高原在现代生物多样性形成过程中的“演化枢纽”的地位。这是第二次青藏科考启动以来，以大量实证资料为基础的、对高原生长与生物演化耦合关系的首次系统表述。为认识高原隆升的资源环境效应提供了十分重要的科学证据。

青海湖地下水取样器顺利安装

2019年11月27日—12月2日，第二次青藏科考“资源能源现状与远景评估”任务“青藏高原盐湖资源变化调查与远景评价”专题研究团队，在青海湖顺利完成地下水取样器的安装工作。经过三次对青海湖详细勘查，最终确定在青海湖最大入湖河流布哈河与青海湖交界处安装地下水取样器和地下水监测器。

青海湖流域作为青藏高原的重要组成部分，是维系青藏高原东北部生态安全的重要水体，是西部干旱区、东部季风湿润区和青藏高原区三大区域的交汇地带，是我国最大的内陆封闭湖泊，受季风和西风环流的影响，其独特的地理位置和巨大的水体面积对气候环境变化响应极为敏感，属于全球

气候变化敏感地区和生态系统典型脆弱地带，是研究湖、河、地下水交互等环境变化的理想地带。本次青海湖野外调查及仪器安装历时近 1 周，科考人员充分发扬坚韧乐观、艰苦奋斗、不畏艰险、团结协作的精神，克服高原反应，战胜极寒缺氧、狂风沙尘等恶劣高原气候环境，挖开冻土、打穿冰层，在潜流带顺利完成仪器安装。

川藏工程走廊冻融灾害及冰缘地貌考察 揭示区域古冻土环境

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”专题研究团队开展了川藏工程走廊冻融灾害科学考察。沿国道 317 线、318 线、214 线及省道、县道及乡村公路，主体考察拟建的川藏铁路沿线冻融现象、冻融灾害及有关工程冻融病害。因沿线未系统开展过有关冻融现象考察工作，本次工作主要以调查冻融灾害及其影响因素为主，拟后期进行详细的调查、系统取样及监测分析工作。

研究团队发现，拟建川藏铁路沿线冻融灾害主要体现在冻融作用造成的岩石物理风化及其斜坡堆积体，并主体表现为石河和石流坡。在一些沟谷和坡地，部分堆积体早期以石冰川的形式存在，后期多年冻土退化后遗留为碎屑物堆积体。目前科考队正在通过遥感解译、深度学习及现场验证的方式进行川藏铁路沿线左右 10 公里范围的碎石斜坡堆积体分布区域判定及数量统计。该类现象也被称为溜砂坡，因其松散无粘聚力、透水、滑移、掉落等易造成掩埋工程、影响交通

通行等危害，若路基工程或铁路隧道洞口等穿越该类区域，则存在较高的安全风险。

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
