

# 第二次青藏高原综合科学考察研究

## 快 报

2022 年第 14 期（总第 42 期）

第二次青藏高原综合科学考察研究队

2022 年 12 月 10 日

### 植被新指标揭示青藏高原东北部 快速隆升历史

2022 年 12 月 9 日，“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，在国际著名学术期刊《科学》(Science) 上发表了关于青藏高原东北部古高度历史的最新研究成果。中国科学院西北生态环境资源研究院苗运法研究员为论文第一作者，苗运法研究员、中国科学院青藏高原研究所方小敏研究员和中山大学黄康有副教授为论文通讯作者。

青藏高原隆升最直接的体现就是海拔高度的变化，如何准确刻画和恢复过去的海拔变化最为困难，已有方法的研究结果常产生很大争议。与海拔关系密切的山地针叶树类群，尤其是喜欢生长在山地低中海拔的铁杉属 (Tsuga, 300~3300 米)、罗汉松属 (Podocarpus, 600~2000 米) 和偏爱中高海拔的冷杉属 (Abies, 500~4700 米) 和云杉属 (Picea, 300~4700 米) 四类植物，其繁殖细胞—孢粉在地层中保存完好且易于鉴定，为解决上述问题提供了思路和途径。研究团队利用

3088 个表层孢粉样本，在剔除了纬度效应等影响后，发现（铁杉属%+罗汉松属%）/（上述四类针叶树总和%）（简称 TP/TPAP）比值与样点海拔呈现显著相关性，得到现代海拔计算方程  $Y = -7170 * R - 228 * W + 12200$ （其中 Y 为现代海拔，R 为 TP/TPAP 比值，W 为纬度）（图 1）。并以此为基础，将第四纪以来青藏高原地区的孢粉记录进行验证，发现 Y 可代表流域尺度上的中值海拔（即盆地和山体的中间海拔），从而从生物指标角度建立了反演古海拔高度的新方法。

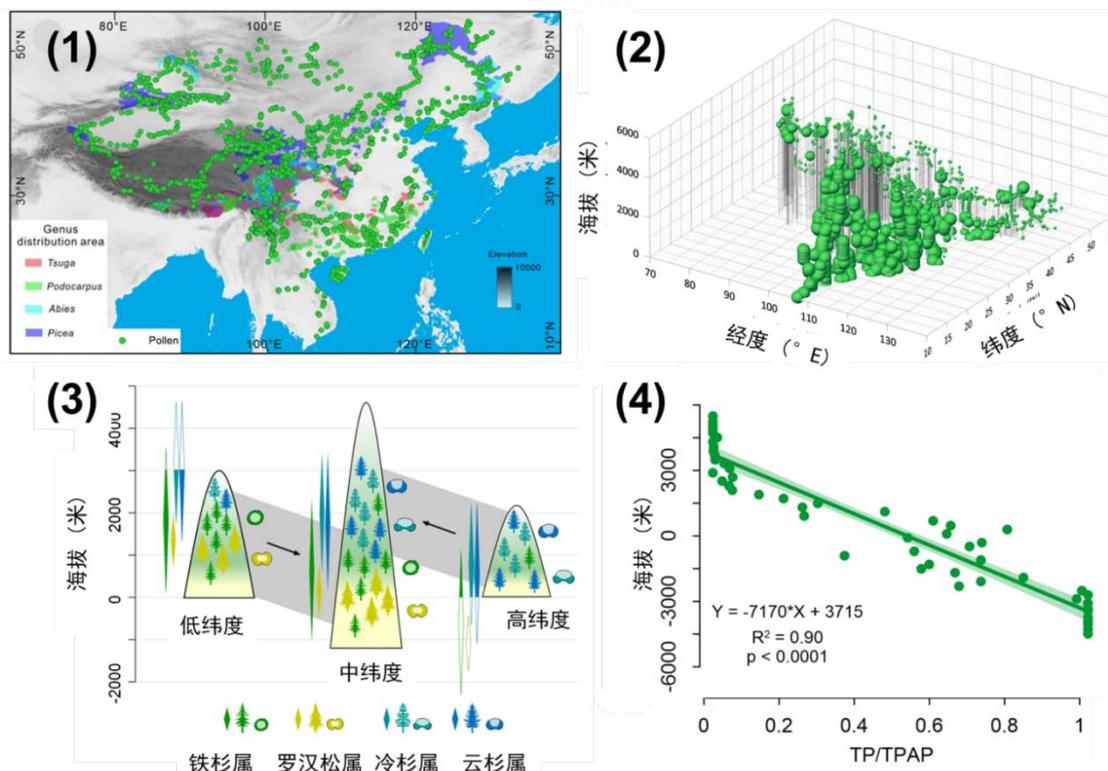


图 1 (1) 现代大空间 3088 个表层样品孢粉中四类孢粉与母体植物（铁杉属、罗汉松属、冷杉属和云杉属）的空间分布；(2) TP/TPAP（铁杉属%+罗汉松属%）/（四类针叶树总和%）比值的空间分布；(3) 四类孢粉与母体植物海拔校正示意图；(4) 以海拔 200 米为间隔的 TP/TPAP 比值平均结果与中值海拔的定量关系。

以昆仑山—阿尔金山—祁连山为主体围限的青藏高原东北部，是高原离印度板块碰撞带最遥远的部分，其研究相较薄弱，隆升过程不详。团队利用青藏高原东北部柴达木盆

地四条有精确年代控制的剖面/钻孔孢粉数据,并结合在剖面上发现的植物化石,利用上述海拔公式,计算 **TP/TPAP** 比值,并对当时温度差值和数值模拟得到的温度垂直递减率进行修正,获取了 1600 万年来连续的古海拔变化记录,揭示高原东北部在中新世 (~1500 万年前) 其东、西部的古海拔分别为  $1332 \pm 189$  米和  $433 \pm 189$  米。而后,东部在晚中新世 (~1100 万年前) 迅速抬升至  $3685 \pm 87$  米,西部则在 ~700 万年前迅速升至  $3589 \pm 62$  米,已接近现代高度(图 2)。高原东北部在新生代晚期约 1100~700 万年发生了强烈隆升。

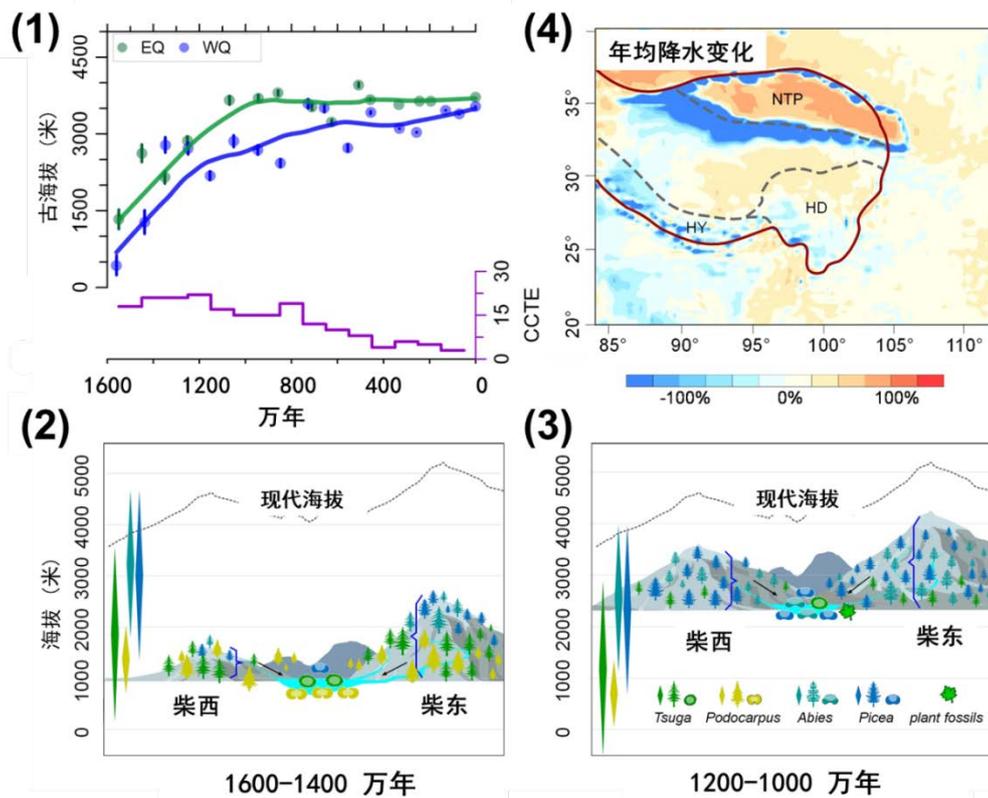


图 2 青藏高原东北部基于孢粉方法的古海拔重建及其气候效应。(1) 以 100 万年为时间间隔的平均古海拔连续演化历史 (蓝色和绿色点与线) 及其与青藏高原北部地区构造事件发生数目 (CCFE) (紫色线) 的对比; (2) — (3) 1600-1400 万年前和 1200~1000 万年前柴达木盆地及毗邻山体古海拔和植被-孢粉分布场景恢复示意图; (4) RegCM4.6 模型数值模拟结果显示高原东北部古海拔下降导致的高原南北和周边降水异常, 其中高原东北部、亚洲内陆变干, 周

边山地变湿，高原东南部、南部变湿。紫红线表示青藏高原轮廓，虚线表示青藏高原东北部（NTP）、喜马拉雅山（HY）和横断山脉（HD）边界。

青藏高原东北部在新生代晚期的隆升对区域气候环境产生了重要影响。团队运行高分辨率（格点 30 公里）区域气候模型 RegCM4.6，发现如果青藏高原东北部海拔降低 2/3，高原东北部年降水量将减少 50% 以上，而高原南部和东南部的喜马拉雅山和横断山地区，降水量则分别增加了 50% 和 150%（图 2）。分析主要原因是由于山脉雨影效应增强和区域环流变化共同影响所致。这一认识与柴达木盆地西部荒漠植物类群逐渐增加以及粗壮鱼的出现相吻合；而在喜马拉雅山和横断山脉由于降水量的显著增加丰富了植被和爬行动物的多样性，这表明青藏高原东北缘的隆升引起的降水变化影响了整个青藏高原区域的气候和生物演化。该成果为更系统地认识青藏高原晚新生代以来的造山作用及其导致的气候和生物多样性演化具有重大意义。

原文链接：<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abo2475>

---

**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，成果第一及通讯作者

---

第二次青藏高原综合科学考察研究队办公室

总编：安宝晟 聂晓伟 余健

编辑：王伟财 李久乐 王传飞 赵华标 张强弓 郭燕红

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

---