

青藏高原研究丛书

青藏高原 晚新生代隆升 与环境变化

● 主编 施雅风 李吉均 李炳元



广东科技出版社

青藏高原研究丛书

5218
370

青藏高原晚新生代 隆升与环境变化

主编 施雅风 李吉均 李炳元

广东科技出版社
广州

00308

The Series of Studies on Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau

Uplift and Environmental Changes of Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau in the Late Cenozoic

Chief Editors Shi Yafeng Li Jijun Li Bingyuan

Guangdong Science & Technology Press
Guangzhou China

图书在版编目 (CIP) 数据

青藏高原晚新生代隆升与环境变化/施雅风等

主编. —广州: 广东科技出版社, 1998. 2

(青藏高原研究丛书)

ISBN 7-5359-1943-X

I. 青…

II. 施…

III. ①青藏高原-第四纪-隆起-研究

②青藏高原-第四纪-古环境-研究

IV. P548.27

Qing-Zang Gaoyuan Wanxinshengdai Longsheng yu Huanjing Bianhua

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

社 长: 黄达全

E-mail: gdkjwb@ns. guangzhou. gb. com. cn

经 销: 广东省新华书店

排 版: 广东科电有限公司

印 刷: 广东东莞新丰印刷有限公司

(广东省东莞市凤岗镇天堂围区 邮码: 511751)

规 格: 787mm×1092mm 1/16 印张 30.5 字数 670 千

版 次: 1998 年 2 月第 1 版

1998 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 1~1000 册

定 价: 85.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。



内 容 简 介

本书为国家攀登计划和中国科学院重大基础研究项目“青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究”成果之一。本书共十二章，包括两方面：第二、三、四、六、七、八章为3处天然剖面、2处湖泊岩芯和1处冰川岩芯的分析研究，获得青藏高原不同地区古环境多指标、长列、定年较精确的第一手资料；其他各章在上述研究基础上，结合国内外有关文献综合研究了高原环境演变的主要表征和晚新生代隆升与环境变化历史，论述高原隆升、气候和环境变化事件，并与全球变化进行了对比。

本书资料详实，内容丰富，论点鲜明，论据可靠，可供地学、生物学等有关专业的研究和教育人员参考。

Introduction

This book is one of the series books summarizing the National and CAS Tibetan Research Project “Studies of Formation, Evolution and Environmental Changes and Ecologic System of the Qinghai – Xizang (Tibetan) Plateau”. The book contains twelve chapters that fall broadly into two focuses. Chapters 2, 3, 4, 6, 7, 8 were designed to describe the study of stratigraphies of well – constrained long – term multi – proxy environmental climatic record from natural profiles at there sites, lake cores at two sites and ice core at one site on and around the Qinghai – Xizang (Tibetan) Plateau. Other chapters were planned to make synthetic studies of Late Cenozoic uplift of the Qinghai – Xizang (Tibetan) Plateau, its accompanied environmental climate changes and its relationship with global change, on the basis of the obtained data above and combining references.

The book contains a huge number of newly – obtained data and deals with a broad area of scientific problems related to the Late Cenozoic uplift of the Qinghai – Xizang (Tibetan) Plateau and global change. It can provide much information to researches in geoscience and biology and related education.

本书承广东优秀科技专著出版基金会推荐与资助出版



广东优秀科技专著出版基金会

广东优秀科技专著出版基金会

顾问：钱伟长

(以姓氏笔画为序)

王元	卢良恕	伍杰	刘杲
许运天	许学强	许溶烈	李辰
李金培	李廷栋	肖纪美	吴良镛
汪家鼎	宋木文	宋叔和	陈元直
陈幼春	陈芳允	周谊	钟南山
钱迎倩	韩汝琦	焦树德	

名誉会长：(以姓氏笔画为序)

马万祺	任仲夷	庄世平	刘皇发
何克勤	余国春	柯正平	梁广大
曾宪梓	黎子流		

评审委员会

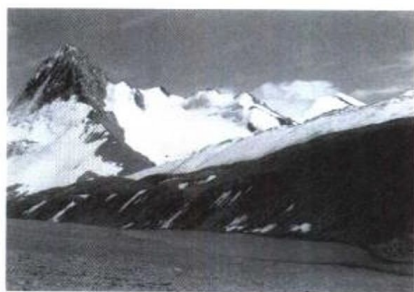
主任：蒲蛰龙

委员：(以姓氏笔画为序)

邓铁涛	卢永根	卢明高	伍尚忠
刘振群	刘颂豪	李任先	李岳生
李宝健	张士勋	张展霞	陈兴业
赵元浩	高惠广	容柏生	黄达全
黄衍辉	彭文伟	傅家谟	谢先德
蒲蛰龙	蔡荣波	欧阳莲	

《青藏高原研究丛书》 编辑委员会

主 任	孙鸿烈		
委 员	郑 度	刘东生	施雅风
	潘裕生	孔祥儒	李吉均
	汤懋苍	张新时	李文华
	陆亚洲		



序

青藏高原以其强烈的隆升、独特的自然环境、丰富的自然资源和对周边地区气候与环境的深刻影响，一直为科学界所瞩目。

50年代以来，中国科学院在青藏高原先后组织了多次多学科的综合科学考察，特别是从1973年开始，中国科学院青藏高原综合科学考察队以“青藏高原的隆起及其对自然环境和人类活动的影响”为主题，对整个高原进行了全面、系统的多学科综合考察。1973年至1992年为该考察工作的第一期，历时20年，先后完成对西藏自治区、横断山区、喀喇昆仑山与昆仑山区、可可西里山区等4个地区的考察研究。这一期的工作是以路线调查为主，以积累科学资料为主要任务，同时也开展了一些理论研究，并围绕当地资源开发和工农业发展问题作了初步探讨。1993年“青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究”被列为国家攀登计划项目和中国科学院重大基础研究项目，从而青藏高原综合科学考察队的研究工作进入第二期。从1993年到1996年，这一时期考察研究的主要任务是深入开展理论研究，同时更紧密结合生产，为当地社会经济发展服务。与第一期工作相比，考察研究力求实现4个方面的转变：即从以定性为主的考察转入定量研究，从静态研究到动态研究，从单一学科研究到综合研究，从区域性研究拓宽到和全球变化相联系的研究。

“青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究”项目由5个紧密联系的课题组成：(1) 青藏高原岩石圈结构、演化和地球动力学研究；(2) 青藏高原晚新生代以来环境变化的研究；(3) 青藏高原近代气候变化、趋势预测及对环境的影响的研究；(4) 青藏高原生态系统结构、功能与演化分异的研究；(5) 青藏高原隆起及其对资源、环境和人类活动影响的综合研究。参加研究的有中国科学院所属的15个研究所和国家教委系统的3所大学，共200余人。



由于全体科研人员的辛勤努力，经过4年的工作，至今已圆满地达到了预期目标。每个课题都在各自研究领域取得了丰硕的成果，上了一个台阶。在此基础上，分别撰写出《青藏高原岩石圈结构演化与动力学》、《青藏高原晚新生代隆升与环境变化》、《青藏高原近代气候变化及对环境的影响》、《青藏高原生态系统及优化利用模式》4本专著。最后又将这些专著中的核心部分与第5课题的研究成果综合起来，写成本项目的综合性专著《青藏高原形成演化与发展》，作为系列专著的第一册，集中反映了我们在“八五”期间有关青藏高原形成、演化与发展方面研究的最新进展。我们希望通过这5本专著以及1993年以来陆续发表的约500篇论文，能够对青藏高原有关理论与实践问题的深入研究作出自己的贡献。值此5本专著出版之际，我们衷心期望得到学术界的批评指正。

林晓江

1997年3月

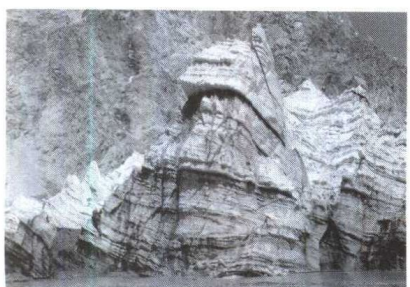
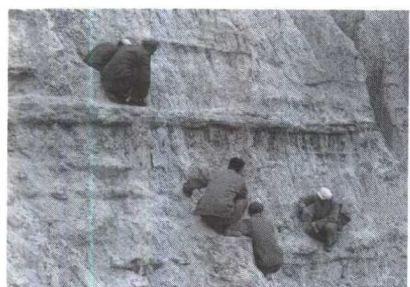


前言

青藏高原晚新生代的强烈隆升对高原本身、周边地区以至全球的自然环境和人类活动都有重大的影响，部分学者把晚新生代全球气候变冷和大范围的环境变化归因于青藏高原及世界其他高原的隆升。由此青藏高原的隆升及其环境变化研究，不仅在中国而且在世界上引起广泛的关注，成为当前地学界研究的一个热点。一些学者认为，青藏高原的深入研究有可能对地球系统科学作出新的突破，有着十分诱人的前景。

辽阔高大，号称世界屋脊的青藏高原，自然条件艰险，进行深入研究是不容易的。60年代起，中国科学院和地质等部门的学者通过广泛的考察，对上述问题有所探索。1979年，在威海市举行的“青藏高原隆起的时代、幅度和形式”专题讨论会上，归纳梳理中国学者的认识，提出了“上新世晚期以来，青藏高原整体、快速、分阶段上升了3 000多米，改变了高原面貌”的推论。这在当时条件下，是个重大进展，得到许多中外学者的赞同和引用，也有若干学者对不同阶段的高原上升量作出了不同的估计。随着科学与技术的迅速发展，回顾1979年的推论，那是粗线条的素描，有待于充实和修订，特别是80年代全球变化研究盛行以来，为青藏高原研究注入了新的活力。在青藏地区进行过面上考察以后，如何能够加速深化我们对高原隆升与环境变化认识，成为亟待解决的问题。

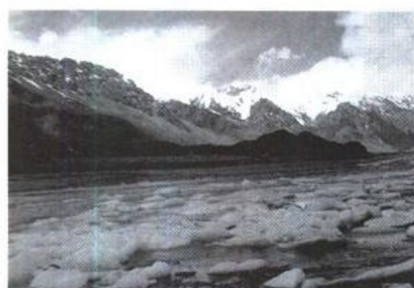
1989年冬，本课题少数同志在兰州商议，以选择适当地点，进行冰芯、湖泊岩芯的深孔钻探和若干天然剖面的密集取样、精确测年和多指标分析，获得高分辨率、长时间系列的气候与环境变化代用资料，作为今后一段时间的主要任务，替代过去的面上考察，将青藏高原研究推上一个新台阶。这一指导思想迅即得到中国科学院资源环境局领导的赞许。1990年4月，中国科学院与国家教委的8个研究所和大学的16位科学家在南京集会，提出了“通过钻孔



与连续剖面研究青藏高原 500 万年以来环境变化”建议书，内容包含 2 处冰芯钻孔，3 处湖泊岩芯钻孔，5 处天然剖面 and 1 项综合研究，分别向中国科学院、国家科委与国家自然科学基金会提出。国家自然科学基金会批准建立了“青藏高原东北部晚第四纪环境变化研究”重点课题，由兰州冰川冻土所、南京地理与湖泊所和兰州大学地理科学系组织实施，1992 年 ~ 1995 年间进行。同时，中国科学院兰州冰川冻土研究所与美国 Ohio 大学 Bryd 极地中心协议在西昆仑山古里雅冰帽合作进行冰芯深钻探研究。

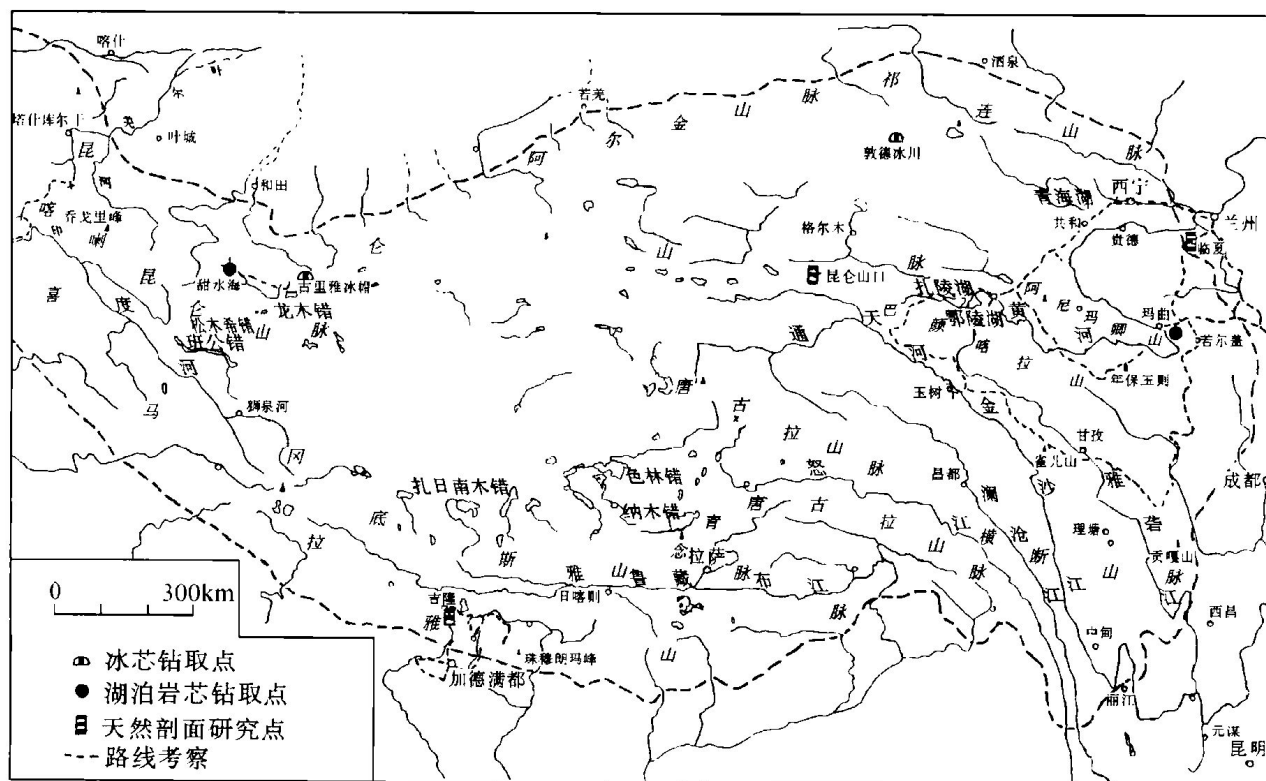
1992 年国家科委与中国科学院共同设立了“青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究”项目，作为攀登计划的组成部分，我们的上述建议列为项目的第二课题“青藏高原晚新生代以来环境变化研究”，于 1993 年至 1996 年进行，主持与参加的 9 个单位为中国科学院兰州冰川冻土所、兰州大学地理科学系、中国科学院地理所、南京地理与湖泊所、广州地球化学所、南京地质古生物所、兰州地质所、北京大学城市与环境科学系、南京大学大地与海洋科学系等。课题组组长为施雅风，副组长李吉均、李炳元，秘书李世杰。下设四个专题组：湖泊岩芯提取分析专题组（组长王苏民，副组长李炳元、文启忠），冰芯提取分析组（组长姚檀栋，副组长秦大河），天然剖面专题组（组长李吉均，副组长崔之久、王富葆）和综合研究专题组（组长施雅风）。由于经费的制约，冰芯研究限于在古里雅冰帽（姚檀栋负责）1 处，湖泊岩芯减少为若尔盖（王苏民负责）与甜水海（李世杰、李炳元、朱照宇负责）2 处，天然剖面减少为临夏附近（李吉均、方小敏负责）、青海昆仑山垭口（崔之久负责）、喜马拉雅山北坡（王富葆负责）3 处，但增加部分路线考察（喜马拉雅山南坡巴基斯坦和尼泊尔境内）。综合研究先从专题文献总结开始，进而汇合冰芯、湖泊岩芯与天然剖面的专题研究成果，系统总结晚新生代





特别是 15 万年以来的环境变化。先后参加野外工作、室内分析与研究的同志达 95 人，老、中、青三代结合，奋力拼搏，克服了自然条件艰险、体质不适应、经费支持不足等多种困难，在课题规定的期限内，都较好地完成了任务，特别值得提出的是在海拔 6 100m ~ 6 700m 高处古里雅冰帽上的考察和钻探是在严重的高山缺氧和依赖人力背负大量钻探器械条件下进行的，展现在读者面前的本书内容，就是在上述艰辛工作条件下的研究成果。

本书共十二章，包含两方面内容，第二、三、四、六、七、八章叙述 3 处天然剖面研究，2 处湖泊岩芯研究和 1 处冰芯研究所提供的长系列、定年较精确、多指标分析的第一手新资料，其中临夏剖面建立了 30Ma BP 以来青藏高原东



“青藏高原晚新生代以来环境研究”野外工作点分布图

北边缘的环境演变，昆仑山垭口剖面对 1.1Ma ~ 0.6Ma BP 构造运动的揭露，吉隆盆地剖面提供喜马拉雅山强烈上升的证据，若尔盖湖泊 310m 岩芯提供的 900ka ~ 30ka BP 环境变化记录，甜水海湖泊 56m 岩芯获得 240ka ~ 17ka BP 间环境变化记录，古里雅冰芯 309m 的底部已超过 700ka BP，其中经过研究揭示出 125ka BP 以来温度与环境变化，特别近 2000 年（分辨率到年）的温度、降水与环境变化记录。第一、五、九、十、十一、十二各章是与冰芯、湖泊岩芯、天然剖面三个专题研究结合并广泛参阅国内外有关文献总结的晚新生代青藏高原环境变化史。提出了 37Ma ~ 3.4Ma BP 青藏地区经过两次隆升与两次夷平的假说，隆升时的高原高度可达 2 000m 左右，夷平终止时高原低于 1 000m，第二级夷平面主要发育时期为 19Ma ~ 7Ma BP，结束于 3.4Ma BP；第二次青藏地区大范围隆升的气候效应对以 22Ma BP 为转折期，亚洲东部自然分带大改变有相当影响；7Ma ~ 8Ma BP 临夏、南亚 C3 森林型植被转为 C4 草原型植被则为全球气候变干产物；认为 3.4Ma BP 以来青藏高原全面快速隆升，经历了 3.4Ma ~ 1.7Ma BP 的青藏运动，1.1Ma ~ 0.6Ma BP 昆仑—黄河运动和 0.15Ma BP 开始的共和运动，达到现在高度，据大范围重复水准测量，高原现代仍以 $5.8\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$ 速率继续上升中；0.8Ma ~ 0.6Ma BP，高原面上升至 3 000m ~ 3 500m，全面进入冰冻圈，冰期反射率大幅度提高，对大气环流和周围地区有重要影响；从冰芯、湖芯和黄土剖面分析获得 150ka BP 以来高分辨率环境变化记录，进而明确高原对全球变化响应具有如下三个特点：①放大作用，即暖期特暖湿（如 125ka BP，35ka BP，7ka ~ 6ka BP 温度比现代高 $3^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 并显著湿润），冷期很冷干（如 25ka ~ 16ka BP，温度低于现代 $6^{\circ}\text{C} \sim 9^{\circ}\text{C}$ ，降水减少 30% ~ 70%；②阶段间过渡，暖期至冷期是快速的，2ka ~ 3ka 内可变化 10°C 以上，冷期向暖期过渡一般较缓慢，这可能和高





原辐射特性和冰期、间冰期积雪面积变化,导致反射率的巨大差别(20%~50%)所产生的正反馈作用导致失热并使冬、夏季风变化加强有关;③暖期与变暖过程中多次突发剧烈降温事件,如12.2ka~10.8ka BP的新仙女木事件(降温达11℃),8ka BP左右温度剧烈波动、2ka内中世纪暖期中出现于1.2ka BP的降温事件;对于青藏高原隆升历史和新生代全球阶段性变冷以及季风变化的复杂关系也进行了探讨,提出了自己的观点。

本书是多人参加的集体劳动成果,参与撰著的主要作者经过若干次交流讨论与协调认识达到了一致。科学是在自由思考中成长的,对客观问题的认识,不同的实践必然产生认识的分歧,求大同存小异,不宜强求完全统一。读者可能会在本书各章节中,找出若干前后论述的矛盾,反映具体作者所根据的资料不同或认识的差别,这是应该允许的,我们将主要作者均在各章节中注明,请读者引用时注意。本书由施雅风、李吉均、李炳元主编,李世杰助理,各章节撰稿人分别为:前言施雅风、李吉均、李炳元;第一章李吉均;第二章方小敏、李吉均、马玉贞和潘安定;第三章崔之久、伍永秋、刘耕年、葛道凯、许青海、庞其清、阴家润;第四章王富葆、李升峰和申旭辉;第五章李吉均;第六章王苏民、王云飞、吉磊、吴敬禄、张平中、薛滨、王先彬、唐领余、沈才明、夏威岚、胡守云、羊向东、沈吉、潘红玺、马燕、吴艳宏、项亮、朱育新;第七章李世杰、李炳元、朱照宇、余素华、李元芳、李华梅、刘光琇、向明菊、区荣康、周厚云、王国、孙维贞、马正海、王睿、张鸿斌、乔玉楼、王俊达、李海涛;第八章姚檀栋、施雅风、秦大河、焦克勤;第九章张青松、唐领余、沈才明、李炳元、施雅风;第十章潘保田、李吉均、施雅风、方小敏;第十一章施雅风、潘保田、姚檀栋;第十二章李吉均。此外,参加本课题工作的还有:朱俊杰、陈怀

录、谷祖纲、周尚哲、曹继秀、张宇田、钟巍、王建力、王建民、张叶春、穆德芬、奚晓霞、郝永萍、管东红、赵志军、张捷、朱诚、贺益贤、李忠勤、田立德、王守练、杨志红、王翠兰、盛文坤、李月芳、章新平、蒲健辰、张寅生、刘景寿、邵文章、施维林、孙俊英、黄宗虎、黄茂桓、顾佩、陈志明、郑本兴、张林源等。

野外考察、室内样品分析和全书编写过程中，我们得到许多单位和同志的支持和帮助，首先是国家科学技术委员会、中国科学院及国家自然科学基金委员会对本课题的经费支持与督促检查，以项目负责人孙鸿烈院士为首的专家委员会和项目办公室的具体领导与支持，广东科技出版社同志进行编辑加工，还有很多单位、个人在本课题研究与本书编辑出版过程中给予帮助，未能一一详列，这里一并表示衷心的感谢。



The Series of Studies
on Qinghai-Xizang(Tibetan) Plateau

- ❶ Formation, Evolution and Development of Qinghai-Xizang(Tibetan) Plateau
- ❷ Lithosphere Structure, Evolution and Dynamics of Qinghai-Xizang(Tibetan) Plateau
- ❸ Uplift and Environmental Changes of Qinghai-Xizang(Tibetan) Plateau in the Late Cenozoic
- ❹ Contemporary Climatic Variations over Qinghai-Xizang(Tibetan) Plateau and Their Influences on Environments
- ❺ Ecosystems of Qinghai-Xizang(Tibetan) Plateau and Approach for Their Sustainable Management



• 00300