

青藏高原喀喇昆仑山-昆仑山地区科学考察丛书

# 喀喇昆仑山-昆仑山地区晚新生代环境变化

中国科学院青藏高原综合考察队



中国环境科学出版社

国家自然科学基金  
中国科学院 联合资助重大项目

5718  
549

青藏高原喀喇昆仑山—昆仑山地区科学考察丛书

# 喀喇昆仑山—昆仑山地区 晚新生代环境变化

中国科学院青藏高原综合科学考察队

张青松 李炳元 主编

中国环境科学出版社  
1999

The Key Project Supported by Natural National Science  
Foundation of China and the Chinese Academy of Sciences

THE SERIES OF THE SCIENTIFIC EXPEDITION TO THE KARAKORUM  
AND KUNLUN MOUNTAINS, QINGHAI - XIZANG PLATEAU

# ENVIRONMENTAL CHANGES OF KARAKORUM - KUNLUN MOUNTAINS IN LATE CENZOIC ERA

The Comprehensive Scientific Expedition to the Qinghai - Xizang Plateau,  
Chinese Academy of Sciences

*Chief Editors*

Zhang Qingsong Li Bingyuan

Authors

Zhang Qingsong	Li Bingyuan	Wang Fubao
Huang Cixuan	Li Yuanfang	Li Jiaying

China Environmental Science Press, Beijing  
1999

00531

## 图书在版编目(CIP)数据

喀喇昆仑山-昆仑山地区晚新生代环境变化/张青松,李炳元主编.  
-北京:中国环境科学出版社.2000

I.喀… II.①张… ②李… III.①喀喇昆仑山-古环境-研究-新生代 ②昆仑山-古环境-研究-新生代  
IV.Q911.661

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 18802 号

中国环境科学出版社出版发行  
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)  
北京天宇星印刷厂印刷  
各地新华书店经售

\*

2000 年 4 月第 一 版 开本 787×1092 1/16  
2000 年 4 月第一次印刷 印张 16.25  
印数 1~1000 字数 420 千字

ISBN 7-80135-058-8/X·1549

定价: 50.00 元

《青藏高原喀喇昆仑—昆仑山地区科学考察丛书》

编辑委员会

主任:孙鸿烈

副主任:郑 度

委员:文世宣

冯祚建

张玉泉

林振耀

张青松

王富葆

苏 珍

张累德

顾国安

武素功

邓万明

孙东立

李炳元

潘裕生

尹集祥

吴玉虎

李渤生

《喀喇昆仑山—昆仑山地区晚新生代环境变化》

编著人员

主 编:张青松

作 者:张青松

黄赐璇

李炳元

李炳元

李元芳

王富葆

李家英

## 内 容 简 介

本书是 1987~1992 年喀喇昆仑山—昆仑山地区综合科学考察项目的研究成果之一。它以喀喇昆仑山—昆仑山地区的地貌,晚新生代沉积与第四纪环境为研究对象,系统叙述了该区的现代自然环境,第四纪沉积与地层、微体古生物、地貌环境演化以及新构造运动特征,在此基础上,着重阐述了晚新生代以来该区的环境演化过程,新构造隆升对气候与环境的影响,提出了“亚洲寒旱核心”形成于 15 万年前和距今 5 万~2.5 万年该区特别暖湿的新观点。

本书可供地学、生物学和资源与环境科学领域的科研工作者,高等院校师生以及地方有关部门的工作人员参考。

# 《青藏高原喀喇昆仑山—昆仑山地区 科学考察丛书》序

素有“世界屋脊”之称的青藏高原，西自帕米尔和喀喇昆仑山，东抵横断山，北起昆仑山和祁连山，南界喜马拉雅山，幅员广阔，地势高亢，是全球海拔最高的独特的地域单元。自 50 年代起，国家曾组织过多次对青藏高原的科学考察，取得了丰硕的成果。自 70 年代初开始，中国科学院组织了高原综合科学队，以“青藏高原的形成、演化及其对自然环境和人类活动的影响”为中心问题，对青藏高原进行了全面、系统的综合研究。第一阶段(1973~1980 年)考察了青藏高原南部的西藏自治区；第二阶段(1981~1986 年)考察了青藏高原东南部川西、藏东和滇西北的横断山区；第三阶段(1987~1992 年)考察了研究程度最低、资料甚少的青藏高原西北部的喀喇昆仑山和昆仑山地区。

喀喇昆仑山—昆仑山地区包括喀喇昆仑山和西、中昆仑山，它西起帕米尔东缘，东到昆仑山口，南达喀喇昆仑山及羌塘高原北部可可西里山，北抵昆仑山北翼，面积约 40 万  $\text{km}^2$ ，这一地区是阐明青藏高原有关地学、生物学一些重要问题的症结所在，自然环境演变急剧；气候极端寒冷干旱，却又是高山冰川集中发育的中心；生物区系迁移融合比较复杂；形成独特的高原生物区系；优势自然景观是荒漠和草原，高寒荒漠、高寒草原在全球高山区域占有独特的席位，其山地垂直自然带类也迥异于高原的其他区域。开展对这一地区的研究，不仅将促进对高原形成演化、自然环境变迁、生物区系起源、自然地域分异及演化趋势等重大问题认识的演化与完善，而且对全球环境变化的研究也有重要意义。同时也将为这一地区自然资源的开发利用、山地自然灾害的防治和自然保护以及区域的持续发展提供必要的科学依据。

“喀喇昆仑山—昆仑山地区综合科学考察”是国家自然科学基金委员会资助和支持的重大项目，也是中国科学院重点支持的基础研究项目。根据在喀喇昆仑山—昆仑山地区所要解决的科学问题，这一研究项目包括如下 4 项综合性课题：

1. 喀喇昆仑山—昆仑山地区各地体的地质特征、碰撞机制与东特提斯的演化；
2. 晚新生代以来喀喇昆仑山—昆仑山地区的隆起过程及自然环境变化；
3. 喀喇昆仑山—昆仑山地区生物区系的特征、形成与演化；
4. 喀喇昆仑山—昆仑山地区自然地理环境的特点、区域分异及演化趋势。

这一研究项目的中心问题和各课题综合性强，相互之间联系密切，需要多专业协作，多学科交叉。中国科学院青藏高原综合科学队组织了中国科学院下属 16 个研究单位和部分高等院校约 50 余位科学工作者参加了这一项目的研究工作，主要包括构造地质、地层、古生物、沉积学、岩石地球化学、同位素地质、古地磁、重力、第四纪地质、地貌、冰川、冻土、地热、植物区系、动物区系、自然地理、气候、陆地水文、土壤、地植物和遥感制图等专业。

在中国科学院、地方和部队有关部门的领导、支持和协助下，项目组连续进行了四年

野外科学,搜集了大量珍贵的科学资料,在此基础上进行了室内的鉴定、分析、测试和总结研究工作。

《青藏高原喀喇昆仑山—昆仑山地区科学考察丛书》包括《喀喇昆仑山—昆仑地区古生物》、《喀喇昆仑山—昆仑山地区地质演化》、《喀喇昆仑山—昆仑山地区晚新生代环境变化》、《喀喇昆仑山—昆仑山地区冰川与环境》、《喀喇昆仑山—昆仑山地区昆虫》、《喀喇昆仑山—昆仑山地区植物志》、《喀喇昆仑山—昆仑山地区脊椎动物》、《喀喇昆仑山—昆仑山地区自然地理》和《喀喇昆仑山—昆仑山地区土壤》等专著。我们希望《丛书》能在探索青藏高原的自然规律和我国的现代化建设中发挥积极的作用,殷切地期望读者对《丛书》的不足和缺点给予批评指正。我们愿意和更多的科学工作者一道为进一步揭开青藏高原的奥秘,为建设好青藏高原而继续努力。

中国科学院青藏高原综合科学队



## PREFACE

The Qinghai-Xizang Plateau, which is called “the Roof of the World”, has covered a huge area from the Pamir and the Karakorum in the west to the Hengduan Mountains in the east, and from the Kunlun and Qilian Mountains in the north to the Himalayas in the south. It is the highest plateau and a unique region on the earth. Since the 1950's, the People's Republic of China had organized a series of comprehensive scientific expeditions to the Qinghai-Xizang Plateau area and had made much achievements. From the beginning of the 1970's, the Chinese Academy of Sciences had organized the Comprehensive Scientific Expedition Team to the Qinghai-Xizang Plateau. Having made the “Formation and Evolution of the Qinghai-Xizang Plateau and Its Influences on the Natural Environment and Human Activities” as the key issues, the team had developed three stages of comprehensive and systematic expeditions. The first stage was from 1973 to 1980 in which the Xizang Autonomous Region had been investigated, and the second one from 1981 to 1986 was mainly in the west Sichuan, east Xizang and northwest Yunnan. The Third one from 1987 to 1992 had occurred in the Karakorum and Kunlun Mountains where the research level was lower and the data was less.

The Karakorum and Kunlun Mountains, include Karakorum and west, middle Kunlun, ranged from the east border of the Pamir in the west to the Kunlun Pass in the east, and from the Karakorum and north Qiangtang Plateau, Hoh Xil Mountains in the south to the northern foot of the Kunlun Mountains in the north. This huge area, with 40(10km<sup>2</sup>, are the key area for expounding some important problems about the geo-science and biology of the Qinghai-Xizang Plateau, and for studying the formation and evolution of the east Tethys and the collision mechanism of tectonic plates. Their intensive uplifting since the Late Cenozoic has brought about drastic changes in the natural environment. Though the climate here is extremely dry and cold, they are the center in which the mountain glaciers are very developed. Various biotic elements have been admixed, interpenetrated, and specialized in evolutionary process that formed a unique plateau biota. Serving as the dominant landscapes, alpine desert and alpine steppe are well developed and occupy the unique status in the alpine region of the earth. The spectrum of altitudinal belts in this area also differs greatly from that in other parts of the plateau. Therefore, investigation and research on *this region will*

not only promote the deepening and broadening of knowledge on such issues as the formation and evolution, changes of the natural environment, origins of the biota, physico-geographical regional differentiation, environmental evolution tendencies, etc., but also make great significance to the study of global environmental change. In addition, this investigation and research will provide a solid scientific basis for the exploitation and utilization of natural resources, the control and prevention of natural hazards and nature conservation as well as the sustainable development in these mountainous areas.

“The Comprehensive Scientific Expedition to the Karakorum and Kunlun Mountains” has been supported by the National Natural Science Foundation of China and the Chinese Academy of Sciences. Based upon the scientific problem which will be served in this area, the research project includes the study of the following four interrelated issues:

(1) Geological characteristics and the collision mechanism of tectonic plates in the Karakorum-Kunlun Mountains region and the evolution of the eastern Tethys;

(2) Uplifting of the Karakorum-Kunlun Mountains region and environmental changes since the Late Cenozoic;

(3) The characteristics, origin and evolution of fauna and flora in the Karakorum-Kunlun Mountains region;

(4) Physico-geographical characteristics, regional differentiation and environmental evolution tendencies in the Karakorum-Kunlun Mountains region.

Because of the integration and close interrelation among the central issues and sub-issues and the necessity of coordination and crossing among multi-specialities and sciences, the Comprehensive Scientific Expedition Team to the Qinghai-Xizang Plateau, CAS had organized some 50 scientists from 16 institutes of CAS and some universities to undertake the multidisciplinary research project, including stratigraphy, palaeontology, sedimentology, petrology, geochemistry, isotopic geology, tectonic geology, geophysics, Quaternary geology, geomorphology, glaciology, crypedology, geothermics, systematic botany, florology, entomology, zoology, faunology, physical geography, climatology, hydrography, geoecology, geobotany, pedogeography, and remote sensing cartography.

Under the leading, supporting and cooperating of the Chinese Academy of Sciences, local governments and some related units of the People's Liberation Army, the project work group had continuously carried out 4 year's field scientific investigations and obtained a lot of valuable scientific data, upon which the identification, analysis, test as well as researches have been completed.

The series are planned to be composed of “Palaeontology of the Karakorum-Kunlun Re-

gion”, “Geological Formation and Evolution of the Karakorum-Kunlun Mountains”, “Environmental Changes of Karakorum-Kunlun Mountains in Late Cenozoic Era”, “Glaciers of the Karakorum-Kunlun Mountains”, “Insects of the Karakorum-Kunlun Mountains”, “The Flora of the Karakorum-Kunlun Mountains”, “The Vertebrate of the Karakorum-Kunlun Mountains”, “Physico-geography of the Karakorum-Kunlun Mountains” and “The Soils of the Karakorum-Kunlun Mountains”. We hope that this series will be able to give an active play in probing into the natural law of the Qinghai-Xizang Plateau and in the construction of Modern China. We are sincerely hope that the readers will give their real ideas for the insufficient of this series. We are willing to develop cooperations with more scientists to make efforts for mysteries discovering and regional development of the Qinghai-Xizang Plateau.

The Comprehensive Scientific Expedition  
to the Qinghai-Xizang Plateau,  
Chinese Academy of Sciences

# 前 言

位于青藏高原西北部,地跨新疆、西藏二省区的喀喇昆仑山—昆仑山地区包括昆仑山西段,喀喇昆仑山及其以东的可可西里及其邻近地区。它的西部是青藏高原南北之间距离最短,海拔最高的区域。它西邻帕米尔高原,北接塔里木盆地,南连西喜马拉雅山,东至青海西藏交界。其经度位于  $90^{\circ} \sim 74^{\circ}45'E$  之间,纬度介于  $32^{\circ} \sim 40^{\circ}N$ ,面积约  $40 \times 10^4 km^2$ 。它在地质、地貌、气候与环境上都是相当奇特的区域。

从昆仑山到喜马拉雅山的数百公里内,几个不同年龄的地体,从北到南,由老到新,依次拼合在一起,清晰地显示出古地中海在青藏高原的演化图像以及印度洋板块向北与欧亚板块碰撞的历史。第三纪的古地中海从塔里木盆地南缘和喀喇昆仑山消失,开始本区的陆地发展历史,说明本区高原形成的年青。阿尔金断裂和喀喇昆仑断裂的巨大走向滑动,显示第四纪以来该区是受印度洋板块向北挤压最强烈的地方。

本区地貌轮廓受地质构造和新构造运动的控制。山系之间广泛分布的高原面保留着古夷平面的原始状态。只是现在已被大幅度抬升,达到海拔 5000m 左右的高度,在其相对低凹的地带,发育现代和第四纪湖泊。在昆仑山北坡和喀喇昆仑山南坡的边缘地带,高差达 3000~4000m,构成世界上地貌差异最大的地方。本区是青藏高原最为寒冷干旱的地区。在海拔 4800~5200m 高原面上,年平均气温在  $-7^{\circ} \sim -10^{\circ}C$ ,气温的年较差和日较差很大。昆仑山和喀喇昆仑山之间的高原面上,年降水不足 50mm,是为亚洲的“寒旱核心”。昆仑山北坡,降水随海拔升高而增加,在海拔 5900m 雪线附近可达 400~500mm/a。

由于物理风化作用强,化学和生物作用弱,本区地表物质粗大,土层较薄,有机质含量较低,土壤剖面结构较为简单。植被类型主要是高寒草原、高寒草甸和高寒荒漠,在北坡上有山地草原、山地荒漠和少量的山地针叶林分布。

喀喇昆仑山—昆仑山地处我国西南边缘,交通不便,自然环境恶劣,人口稀少,因此在历史上涉足该地区科学考察者甚少。最早进入该区进行探险考察的地学家是瑞典人 Sven Hedin。他三次(1890, 1899, 1906~1908)进藏,两次途经该区,对班公错的成因和湖泊水系的发育作了探讨(Sven Hedin, 1922)。本世纪 20 年代,戴特拉通过对该区湖泊和冰川的考察(1927~1928),讨论了高原气候与环境变化(de H. Terra, 1934)。瑞典人 Norin, E. 在 1931~1935 年通过对塔里木盆地及昆仑山的考察,提出了昆仑山隆起可能始于第四纪的论点。他指出塔里木盆地和昆仑山之间“目前这种强烈的地势差异在上新世是可能不存在的”(Norin, 1935)。由于当时对晚新生代地层的划分比较粗线, Norin 的论点未能得到确认,

新中国成立以后,该区的地质、地貌及第四纪环境的考察工作逐渐开展。50 年代的新疆综合科学考察涉及到昆仑山地区。周廷儒(1963)系统地阐述了昆仑山北麓的第四纪

沉积序列以及地貌与古气候的演化历史。50年代末慕士塔格登山科考揭开了本区冰川研究的序幕(崔之久,1960)。60至80年代,国家测绘局、总参测绘局和地质部门在该区进行了1:10万航摄地形图以及1:20万和1:100万地质图的调查编绘工作,为该区地貌与环境的研究提供了重要的基础资料。1976年中国科学院青藏高原综合科学考察队阿里分队和藏北分队到达本地区部分地区,成为第一支该区地质、地貌、气候、水文和生物等进行综合考察的队伍。对该区西部和中部盆地的地貌与环境变化等若干重要研究成果已见诸“西藏地貌”(杨逸畴等,1983)和“西藏第四纪地质(李炳元等,1984)西藏冰川(李吉均等,1986)专著。80年代,昆仑山—喀喇昆仑山地区进入了科学考察的兴盛期,除了国内学者进行冰川、水文、黄土、火山等考察外,日本、德国、美国和澳大利亚等国学者也同国内有关单位合作,进行现代环境与古环境演化的考察研究。其中成果显著的有中日昆仑山冰川考察(1987—1988),中美昆仑山地质考察(1985)、中德沙漠和乔戈里冰川考察(1985—1986)。这些考察结果不仅深化了人们对该区的认识,而且把该区推向国际合作舞台。

然而,与青藏高原其它地区相比,喀喇昆仑山—昆仑山地区的研究程度仍然较低,许多地方依然是科学研究的空白。即使经过考察的地区,也大多是路线考察,缺少系统的连续观测,所获资料十分有限,或者不完整,继续深入研究是十分必要的。

为了从整体上了解青藏高原的形成演化和环境变化,中国科学院青藏高原综合科学考察队,在中国科学院和国家自然科学基金委员会的资助下,1987—1992年,进行了“喀喇昆仑山—昆仑山考察”(见考察路线图)。在该项目进行过程中,中国科学院又同法国科学研究中心签约,合作考察该区。于是1989—1990年又进行了喀喇昆仑山—昆仑山中法合作考察,其重点是活动构造和湖泊沉积环境研究。应用SPOT卫星影像和实地测量,大大提高了对活动断裂的监测精度。分辨率较高湖泊沉积岩芯的综合分析和研究,则提供了古气候环境变化的连续记录(Gasse *et al.*, 1991)。

本书共分六章。根据地貌、沉积、微体古生物、新构造运动和火山活动等方面资料,系统阐述了喀喇昆仑山、昆仑山地区晚第三纪以来自然环境的形成与演化以及该区现代自然环境特征,其主要结论有以下几点:

1. 本区是青藏高原平均海拔最高的地区之一,构造地貌和气候地貌特征都十分典型。巨大的海拔高度和大气环流形势使该区成为亚洲的“寒旱核心”。除喀喇昆仑山以南属外流区(印度河水系)外,本区绝大部分属高原湖泊内流水系和塔里木盆地内流水系。本区是青藏高原现代冰川发育中心之一,冰川面积约为 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,约占青藏高原冰川面积的40%。本区冰川大都属于大部陆性冰川。冰川和雪融水是本区湖泊和河流的最主要补给源。地貌与气候条件是本区自然环境结构与区域分异的控制因素。

2. 喀喇昆仑—昆仑山地区独特的自然环境是同晚新生代以来的分阶段强烈隆起与环境演化密切相关的。在37Ma左右,印度次大陆与欧亚大陆在雅鲁藏布江一带拼合以后,青藏高原经历了两次强烈隆起和夷平,直至3.4Ma,高原夷平面的海拔高度大约仍在1000左右。上新世末—第四纪初(3.4~1.6Ma)开始,本区和青藏高原一起分阶段整体快速隆起。在0.8~0.6Ma时,高原面可能被抬升到3000~3500m的高度,喜马拉雅山和

西昆仑山等边缘高山可能达到 5000m 左右,与全球性冰期耦合,本区出现最大冰期。从此形成现代垂向自然地带的格局。

3. 昆仑山北坡海拔 4200m 以下的黄土是塔克拉玛干沙漠的同期异相堆积体,最早形成于 200ka,但黄土的主要堆积时期是末次冰期和全新世。由此认为,青藏高原西北部寒旱核心的形成,是从 200kaBP 该区达到 4000m 左右的临界高度开始的,之后气候与环境向干旱方向强烈发展。目前分布在昆仑山北坡不同高度的黄土反映了 200ka 以来随气候波动而迁移的草原带的位置。黄土坡面中的古土壤和成层出现的蜗牛化石反映了全新世中期(7~5ka)气候条件的明显改善。

4. 湖泊演变,孢粉和微体古生物资料一致说明,喀喇昆仑山—西昆仑山地区在深海氧同位素(MIS)3 阶段,即晚更新世末次冰期间冰段(50~25ka),气候异常温暖,可能达到间冰期的程度。过去认为,3 阶段是个弱暖期,气温高于 MIS 2,4 阶段(冰期),但显著低于 MIS 1,5 阶段(间冰期)。班公湖地区在 36~28ka 出现针叶林或森林草原,推测夏季平均温度比现在高 5℃。古里雅冰芯记录在 35ka 前后的年平均温度比全新世高温期高 1℃以上。40~30ka 是青藏高原的湖面扩张期,喀喇昆仑山—西昆仑山之间的湖泊面积达 7544km<sup>2</sup>,为现代湖泊面积的 3 倍。班公湖湖面比现在高 60m。因此,特别温暖的 3 阶段是本区,也是青藏高原环境演变过程中的一个特殊时段。它反映当时夏季风很强。

5. 由于山地分阶段隆起,本区在第四纪普遍经受了三次冰川作用。在喀喇昆仑山巴托拉地区可能最先上升到雪线以上,出现本区最早(倒数第四次)冰期,而高原内部仅有 1~2 次冰川作用。这可能与山地隆起过程的差异性有关。本区古冰川以倒数第三次冰期最大,以后逐次变小,由海洋性冰川变为大陆性冰川。喀喇昆仑山与昆仑山之间的末次冰期雪线为 5600m,现代雪线为 5800~6000m,是青藏高原古今雪线最高的地区,说明在末次冰期,本区已成为青藏高原最干旱的地区。根据古冰川遗迹,古雪线分布规律、高原湖盆与火山地貌保存情况等资料的综合分析,再次证明库勒(M. Kuhle)1987 年提出的青藏高原末次冰期大冰盖是缺乏事实根据的。

6. 喀喇昆仑山—昆仑山地区是印度次大陆向亚洲大陆推压最强烈的区域,新构造运动也最为剧烈。它表现为:(1)强烈整体上升,而又有明显的差异性。昆仑山北坡和喀喇昆仑山的脊部,现代上升速率达 6~9mm/a,而康西瓦断裂带、班公错断裂带和狮泉河断裂带的现代上升速率仅为 1~3mm/a;(2)水平运动非常巨大。上新世以来,昆仑山北坡的断陷盆地南北方向的地壳缩短量达 60~80km,阿尔金断裂带和喀喇昆仑断裂带的水平滑动距离达 80~100km。第四纪以来的水平滑动速度高达 5~30mm/a。在南北方向压应力作用下,也伴生南北方向的拉张盆地,如塔什库尔干—拉合曼盆地和瓦恰一半的盆地,以及成带分布的火山活动。所有这些现象说明,本区从上新世以来,而且现在仍然处于南北方向强烈的挤压之下。垂向上升和水平滑移的幅度和速度,在青藏高原是最大的。

参加喀喇昆仑山—昆仑山地区考察的有张青松(1987~90),李炳元(1987,1989~90),王富葆(1987~90),李栓科(1988),刘福涛(1987),朱立平(1989),艾东(1987),高存海(1988)等。黄赐璇、李元芳和李家英参加孢粉、介形类和硅藻的鉴定、分析和研究,金力完成了大部分<sup>14</sup>C 测年工作。

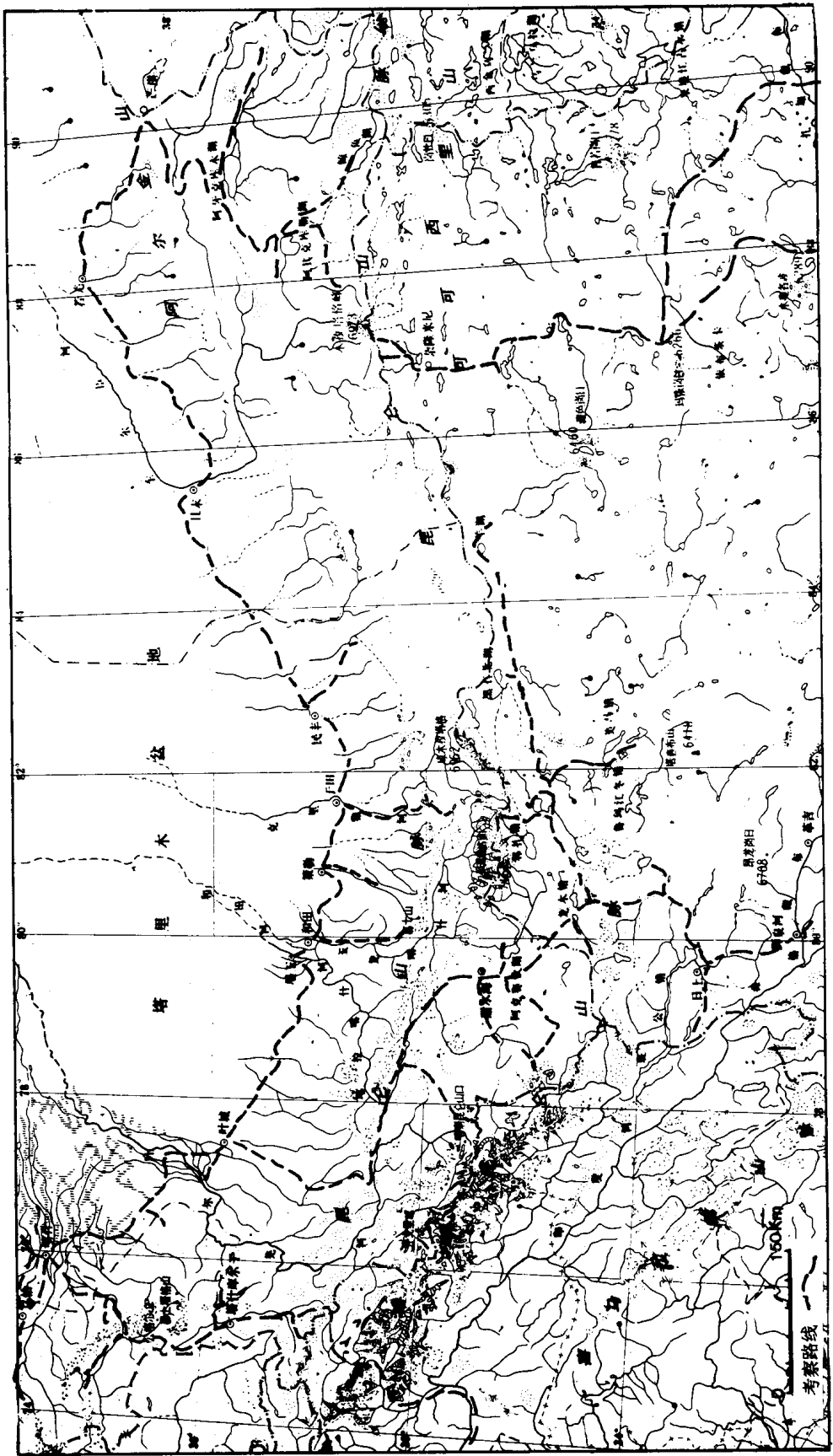
本书主要是根据考察期间获得的第一手资料撰写的,是所有参加野外和室内研究人

员艰苦努力共同成果。负责各章撰写的人员有：李炳元(第一章、第四章、第五章第三节、第六章第三节)，王富葆(第二章)，黄赐璇(第三章第一节)李元芳(第三章第二节)，李家英(第三章第三节)，张青松(第五章第一、二、四节、第六章第一、二节及前言)。全书由张青松、李炳元负责协调统稿。

限于条件，野外考察获得的资料在区域上是不平衡的，在时序上也往往是不连续的。因此，本书叙述的从晚新生代到现代的本区环境变化不可能是系统的。在学术观点上，本书力求统一，但在某些章节，仍然保留不同的观点和意见，以供读者思考和讨论。总之，无论资料本身或者理论的阐述，本书都存在不足之处，敬请读者批评指正，许多问题还有待今后继续研究。

编 者

1999.10.



喀喇昆仑山—昆仑山地区考察路线图



# 目 录

序

PREFACE

前 言

<b>第一章 现代自然环境</b> .....	(1)
第一节 地貌.....	(1)
第二节 气候.....	(12)
第三节 河流湖泊.....	(15)
第四节 冰川与冰缘.....	(23)
第五节 自然环境结构与区域分异.....	(33)
<b>第二章 晚新生代地层与沉积环境</b> .....	(39)
第一节 黄土地层与沉积环境.....	(39)
第二节 冰川沉积与冰期划分.....	(45)
第三节 洪积—冲积地层.....	(53)
第四节 湖泊沉积与地层.....	(59)
<b>第三章 微体古生物与环境</b> .....	(75)
第一节 孢粉化石与环境.....	(75)
第二节 介形类化石与环境.....	(98)
第三节 硅藻.....	(115)
<b>第四章 地貌环境演化</b> .....	(132)
第一节 湖泊演化.....	(132)
第二节 河流发育.....	(159)
第三节 水系演变.....	(167)
第四节 第四纪冰川.....	(178)
<b>第五章 新构造运动</b> .....	(197)
第一节 地质构造演化与喜马拉雅运动.....	(198)
第二节 新构造上升运动与水平运动.....	(202)
第三节 火山活动.....	(211)
第四节 新构造地球动力学.....	(221)
<b>第六章 晚新生代环境变化</b> .....	(226)
第一节 环境变化概述.....	(226)
第二节 末次冰期间冰段(50~25ka)的气候与环境.....	(231)
第三节 青藏高原隆起与第四纪冰川演化.....	(236)
<b>图版 I ~ VII、照片 1~32</b> .....	(244)