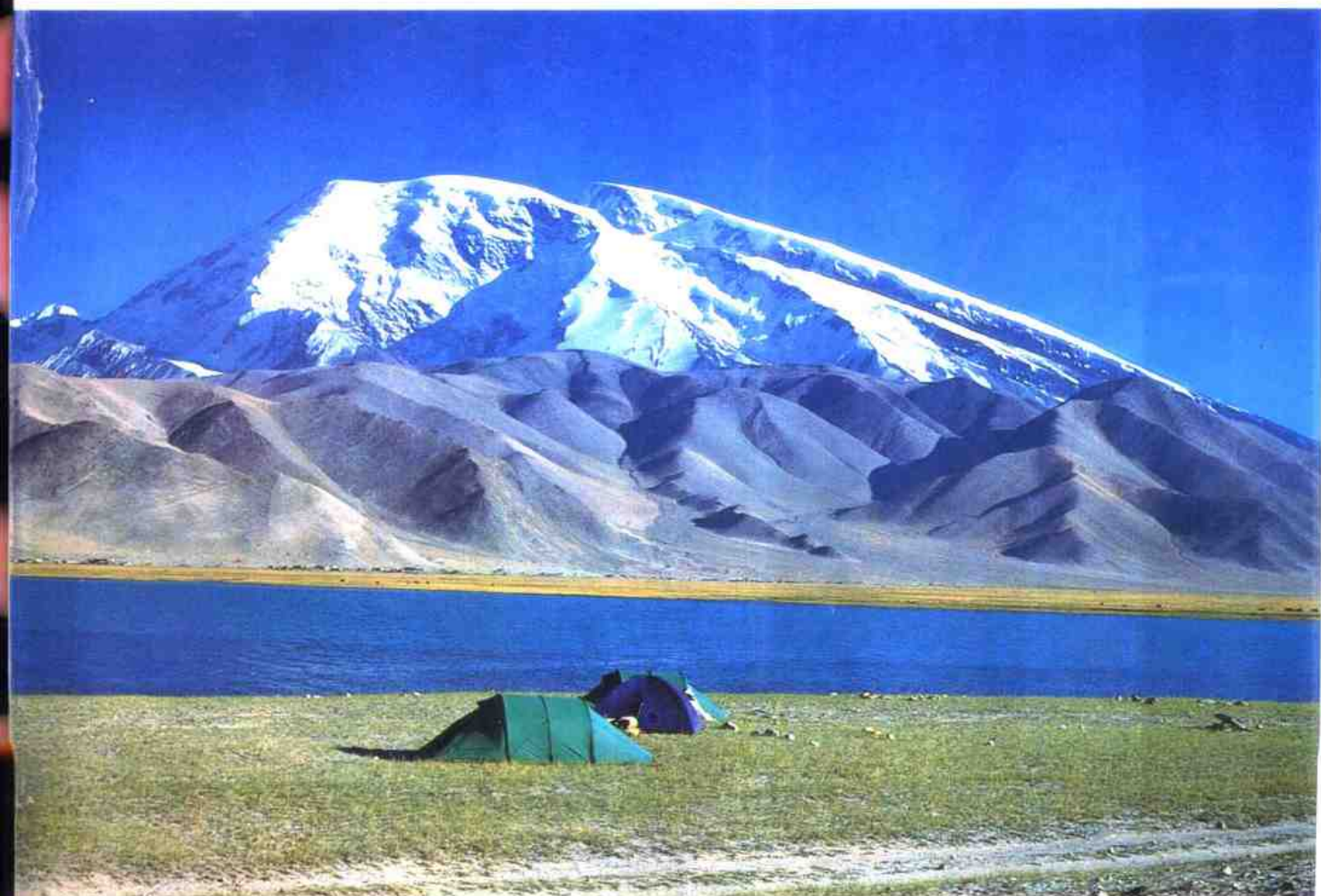


青藏高原喀喇昆仑山-昆仑山地区科学考察丛书

喀喇昆仑山-昆仑山地区 冰川与环境

中国科学院青藏高原综合科学考察队



科学出版社



中国科学院科学出版基金资助出版

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 冰川与环境

中国科学院青藏高原综合科学考察队

苏 珍 等 著

科学出版社 2002年7月18日

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

**GLACIERS AND ENVIRONMENT OF THE
KARAKORUM-KUNLUN MOUNTAINS**

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

Edited by Su Zhen et al.

SCIENCE PRESS, BEIJING, CHINA

1998

内 容 简 介

本书是青藏高原综合科学考察专集之一。本书主要根据1987~1992年期间在喀喇昆仑山-昆仑山地区进行冰川考察收集的宝贵资料,并参考国内外有关青藏高原冰川的文献,系统地阐述了喀喇昆仑山-昆仑山地区冰川发育条件、数量、分布、水热特征、物理及化学性质、冰川进退变化、水文特征及冰川水资源、冰湖溃决洪水与泥石流等;并对第四纪冰川遗迹、冰期划分、序列对比、古冰川发育与高原隆起关系和环境变化,以及多年冻土和冰缘环境等问题进行了研究。全书共分十章,内容充实,观点新颖,图文并茂,并附有照片。

本书可供冰川、冻土、水文、气象、自然地理、地貌、第四纪地质等方面的科研和教学人员参考使用,也可供有关地方生产建设部门使用。

图书在版编目(CIP)数据

喀喇昆仑山-昆仑山地区冰川与环境/苏珍等著.-北京:
科学出版社,1998.6

(青藏高原喀喇昆仑山-昆仑山地区科学考察丛书)

ISBN 7-03-006351-1

I. 喀… I. 苏… III. 青藏高原-冰川-研究-中国
N. P343.74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 23167 号

科学出版社出版
北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1998年6月第一版 开本:787×1092 1/16
1998年6月第一次印刷 印张:14 3/4 插页:10
印数:1-800 字数:319 000

定 价: 41.00 元

《青藏高原喀喇昆仑山-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

《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,东抵横断山区,北起昆仑山和祁连山,南界喜马拉雅山,幅员广阔,地势高亢,是全球海拔最高和独特的地域单元。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,中国科学院组织了青藏高原综合科学考察队,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、系统的综合考察研究。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,东到昆仑山垭口,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 万平方公里。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,是研究东特提斯形成演化及板块碰撞机制的关键地区。晚新生代以来这里隆起强烈,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型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深化与完善,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 个综合性课题:

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考察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

野外科学考察,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-昆仑山地区古生物》、《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以来的环境变迁》、《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考察队

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

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 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 was investigated, and the second one from 1981 to 1986 was mainly in the west Sichuan, east Xizang and north-west Yunnan. The third one from 1987 to 1992 occurred in the Karakorum and Kunlun Mountains where the research level was lower and the data were less in the past.

The Karakorum and Kunlun Mountains, including Karakorum and west, middle Kunlun, ranges 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 an area of $4.0 \times 10^5 \text{ km}^2$, is 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 Era 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 biotic fauna. Serving as the dominant landscapes, alpine desert and alpine ateppe 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 area will not only promote the deepening and broadening of knowledge on such issues as the formation

and evolution of the plateau, 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 for 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 (CAS). Based upon the scientific problem which will be served in this area, the research project includes the studies 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 Era;
- (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 subissues 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, cryopedology, geothermics, systematic botany, florology, entomology, zoology, founology, physical geography, climatology, hydrography geocology, 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 had 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 and Kunlun Mountains*, *Geological Formation and Evolution of the Karakorum and Kunlun Mountains*, *Environmental Changes of the Karakorum-Kunlun Mountains Since the Late Cenozoic Era*, *Glaciers and Environment of the Karakorum-Kunlun Mountains*, *Insects of the Karakorum-Kunlun Mountains*, *Flora of the Karakorum-Kunlun Mountains*, *Vertebrate of the Karakorum-Kunlun Mountains*, *Physico-geography 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 sincerely hope that the read-

ers 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

喀喇昆仑山-昆仑山地区位于青藏高原的西北部,是由一系列高大山系组成,东西长约2 600公里。区内地形崎岖,海拔高度大,冰川作用广泛,历来就受到国内外科学工作者和登山家的注意。但是,由于其独特的地理位置,自然条件恶劣,交通不便,人烟罕见,要涉足这里进行工作存在不少实际困难,因此该区是青藏高原研究中唯一未被进行综合科学考察的一块空白区;许多涉及该区的地球科学基本问题,尚停留在推测阶段,还未获得比较圆满的结论。因此,本区是青藏高原研究中许多中心问题的关键地区。

鉴于上述原因,中国科学院在组织了1973~1980年西藏地区的考察(侧重南部)和1981~1985年横断山脉地区的考察之后,于1987~1992年又组织了对喀喇昆仑山-昆仑山地区的综合科学考察,这也是中国科学院组织的“青藏高原形成、演化及其对自然环境和人类活动影响”任务的第三阶段,被列为中国科学院、国家自然科学基金委员会的重大科研项目。参加此次考察主要涉及地质和生物学领域的许多学科,共分四个课题组。

第二课题组的冰川与环境的考察研究是由中国科学院兰州冰川冻土研究所主持,中国科学院地理研究所、中国科学院新疆地理研究所、南京大学地理系和中国科学院自然资源综合考察委员会等单位参加。前后经过四年野外的实地考察,获得了喀喇昆仑山-昆仑山地区现代冰川、第四纪冰川、多年冻土和冰缘等方面的大量实测资料。在室内分析整理和数据处理基础上完成了本书,对喀喇昆仑山-昆仑山地区的冰川与环境作了系统的阐述。

喀喇昆仑山-昆仑山地区发育有现代冰川12 445条,冰川总面积21 194.95平方公里(其中,喀喇昆仑山冰川2 991条,冰川面积6 295.19平方公里;帕米尔冰川1 530条,冰川面积2 361.4平方公里;昆仑山冰川7 924条,冰川面积12 538.36平方公里),占青藏高原中国境内冰川面积的43%,冰川雪线介于海拔5 000~6 100米间,高差悬殊,变化大,冰川发育形态多样,类型齐全。由于该区深居内陆,干旱少雨,自然条件极差,为什么现代冰川还如此发育呢?首先,这里巨大的海拔高度和突出于冰川雪线以上大片的山地面积,创造了积雪保存的地形条件,为现代冰川发育提供了宽阔的积累区;同时,这里的气候条件为冰川发育和生存提供了必要的物质条件和低温条件。这里除北半球的西风环流和南亚的季风环流对降水有影响外,高原上夏季特别盛行的局地环流对山地降水有重大作用,这是高原上冰川赖以生存的一种主要补给来源,加之冰川区的极端低温为冰川发育创造了有利的条件。

通过对冰川成冰作用、物质平衡、冰层温度、冰川运动等冰川物理性质的观测研究,发现该区附加冰带分布广泛,渗浸带宽度不大,冷渗浸带年层厚度小,含冰量大,个别超过7 000米以上高峰顶可能还有重结晶带存在。昆仑山西、中段冰川雪线附近的降水量在300~500毫米间,年平均气温低于 -13°C ,夏季6~8月平均气温在 -2°C ~ -3°C 间,冰川消融区活动层最低冰温低于 -7.3°C ,冰川消融量小,平均在1 000~2 500毫米间,冰川运动速度缓慢等特点,划为极大陆性冰川类型;而昆仑山东段和喀喇昆仑山冰川雪线附近

年降水量在 500~900 毫米间,年平均气温在 $-7.5^{\circ}\text{C}\sim-13^{\circ}\text{C}$ 间,夏季 6~8 月平均气温在 $-0.2^{\circ}\text{C}\sim-2^{\circ}\text{C}$ 间,冰川消融区活动层最低冰温 $-3.4^{\circ}\text{C}\sim-7.3^{\circ}\text{C}$ 间,冰川消融量较小,平均在 2 500~6 000 毫米间,冰川运动速度不大等特点,划为亚大陆性冰川类型。

喀喇昆仑山-昆仑山地区冰川从小冰期结束以来,现代冰川总的趋势是以退缩为主,但其间也出现过短暂的前进或稳定阶段。在本世纪初至 30 年代间,多数冰川曾有过一次明显的前进或稳定阶段,30~60 年代冰川普遍转入退缩,70~80 年代多数冰川又有一次明显的前进或稳定阶段,以后冰川又普遍转入退缩。虽然冰川末端的进退变化对气候的响应有一定的滞后,而上述冰川的变化趋势与全球气候变化趋势基本一致:气候转暖,冰川后退;气候寒冷,冰川前进。

喀喇昆仑山-昆仑山地区冰川冰总储量 2 229. 216 立方公里,是巨大的固体淡水资源。经冰雪水化学分析,该区冰、雪水矿化度低,属软水,适合农牧业和生活用水,是人类有益的优质水源。据初步估算,该区冰川每年有 105 亿立方米的冰川融水补给河川径流。其中,冰川融水补给塔里木盆地河流占冰川融水总量的 78. 6%,高原内部湖泊及河流占冰川融水总量的 14. 5%,柴达木盆地河流占冰川融水总量的 5. 9%,还有少量冰川融水补给外流水系。该区发育的河流一般都由冰川融水补给,一些主要河流的冰川融水补给量占该河总径流量的 40%~60%。冰川融水补给为主的河流,其流量有明显的季节变化,而多年变化小,水量稳定,可供开发利用。但是,冰川形成的冰湖溃决洪水及泥石流等灾害,在该区也时有发生,特别是在喀喇昆仑山和昆仑山西段山区较为严重,在山区和河流沿线开发建设时应给予重视。

喀喇昆仑山-昆仑山地区第四纪冰川作用遗迹分布普遍,根据冰碛沉积组构、分布序列及年代测定等划分,有三次大的冰期,即中更新世早期的倒数第三次冰期、中更新世晚期的倒数第二次冰期和晚更新世的末次冰期,以及全新世的新冰期和小冰期。三次大的冰期与深海氧同位素曲线对比,末次冰期对应曲线 2~4 阶段,倒数第二次冰期对应曲线 6 阶段,倒数第三次冰期对应曲线 16~18 阶段,青藏高原在漫长的隆升过程中,促使季风逐步发展,喀喇昆仑山-昆仑山经历了早更新世 100 多万年间气候由湿热向冷湿方向发展,从没有冰川到发育冰川,再到冰川规模最大的倒数第三次冰期。这次最大冰期的到来,并未达到使整个高原被全部冰川覆盖的规模,最大冰期前的冰川遗迹多被破坏,很难寻觅。最大冰期之后,青藏高原加速上升,气候变干,以后的倒数第二次冰期和末次冰期逐次缩小。

多年冻土在本区也十分发育,海拔高度是控制多年冻土形成的主要因素,属中低纬高海拔多年冻土区。多年冻土分布下界,在西段沿新藏公路南下界海拔高度 4 450 米,北下界为 4 600 米,在海拔 4 900 米的甜水海地区,冻土厚度可达 84~119. 6 米,年平均地温 $-3. 2^{\circ}\text{C}$;在昆仑山西段北坡策勒河上游,多年冻土北下界海拔高度为 4 200 米,这里黄土发育,厚 10~20 米, ^{14}C 测定年代为距今 $5\ 686\pm 155$ 年;昆仑山中段北坡木孜塔格峰多年冻土下界海拔高度 4 800 米,月牙河上游河流阶地上有大于 10 米厚的冻土发育;西大滩北下界海拔高度 4 250 米,冻土厚度 1~10 米,昆仑山垭口冻土厚度超过 75 米,年平均地温 $-3. 5^{\circ}\text{C}$ 。冰缘现象在该区也很发育,如石冰川、冻胀丘、古冰楔、冰锥等。

总之,反映在本书各章节中的内容涉及面较广,讨论中经常触及到一些敏感的理论问题和实际问题,难免有许多论述不当之处,欢迎读者批评指正。

本书由苏珍主编,谢自楚、王志超为副主编,参加编写的人员有:苏珍、谢自楚、王志超、李树德、刘时银、李世杰、曹真堂、杨惠安、邵文章、贺益贤、王平、李念杰等(具体见各章节注记)。书中引用的冰雪水化学资料由王平、盛文坤、皇翠兰等分析,岩矿由区荣康、王音、孙维贞等分析鉴定, ^{14}C 由顾功树等分析。文中插图由金得利、金正妹、顾佩、李玉芳、王银学、林经芳等清绘。

该书在编写过程中曾得到刘东生、施雅风、李吉均等院士的指导,并得到黄茂桓、张祥松、张青松、王富葆、李炳元、杨针娘等教授的帮助,在此表示感谢!

苏 珍 谢自楚 王志超



照片 1-1 世界第二高峰乔戈里峰(8 611 米)雄姿,峰脚下为乔戈里冰川主源



照片 1-2 西昆仑山南坡的冰川群

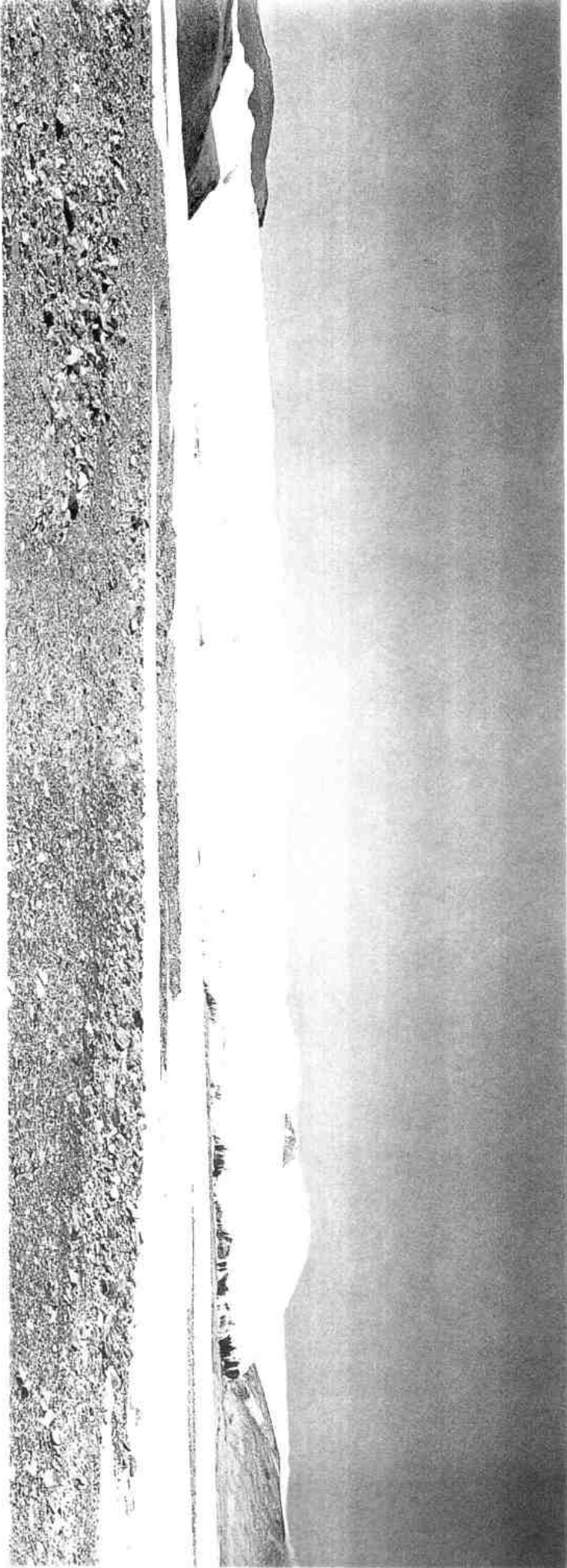


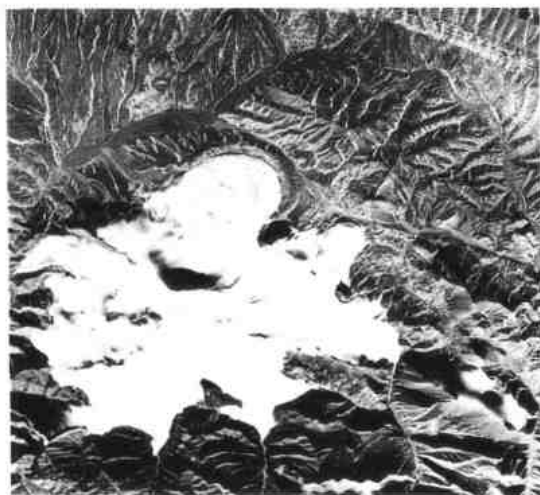
照片 1-3 慕士塔格山及其冰川



照片 1-4 公格尔山及其冰川

照片 1-5 中昆仑本孜塔格山北坡月牙河滩冰碛川冰川

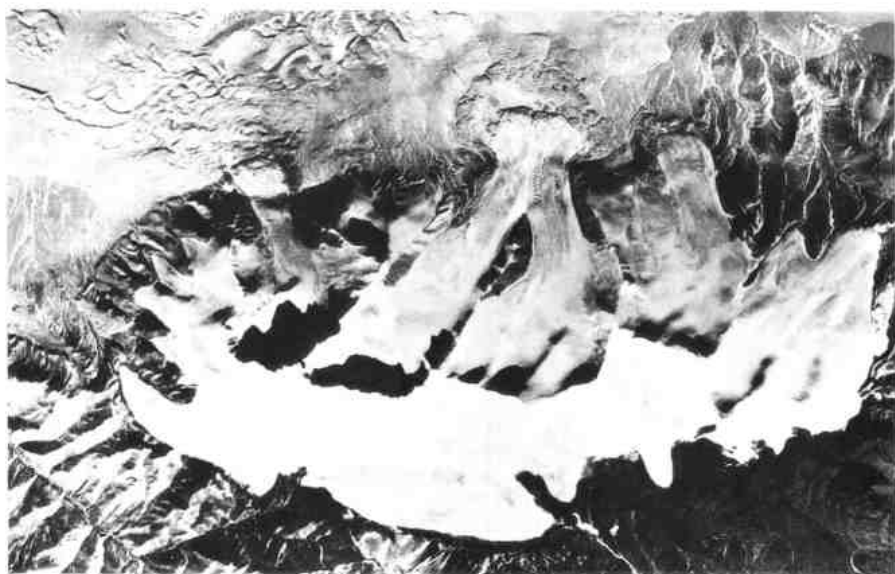




照片2-1 布喀达坂峰东邻小冰帽(航空像片)



照片2-2 布喀达坂峰冰帽及其边缘的冰渍(航空像片镶嵌)



照片2-3 巍雪山冰帽(航空像片)