

# 青藏高原地质演化

中-英青藏高原综合地质考察队



# 青藏高原地质演化

1985年中国科学院-英国皇家学会  
青藏高原综合地质考察报告

中-英青藏高原综合地质考察队

科学出版社

1990

## 内 容 简 介

青藏高原由于位置偏远、海拔在 4.5 km 以上的高度及其神秘性,许多世纪以来激励着无数的冒险家和探险家,同样也强烈地吸引着无数的地球科学家。地球科学家认为,青藏高原是印度与欧亚大陆之间碰撞而成的碰撞构造的典型例子。本书为中国科学院和英国皇家学会合作于 1985 年进行两个月综合地质考察的研究成果,提供了用许多地质方法研究所得到的资料和考察区地质图。最后一章提出关于几个地体挨次增生到欧亚大陆,印度与欧亚大陆的碰撞,青藏高原地壳两倍于正常地壳的厚度及高原惊人的近代隆升等地质演化的结论。

本书可供地质、地理、地球物理以及古生物的科研、生产和教学人员参考。

## 青 藏 高 原 地 质 演 化

中-英青藏高原综合地质考察队

责任编辑 李祺方

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100707

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

\*

1990年10月第一版 开本:787×1092 1/16

1990年10月第一次印刷 印张:26 3/4 插页:16

印数:001-600

字数:615 000

ISBN 7-03-001803-6/P·350

定价:34.60元

(附胶印图三张及缩微胶片二张)



# 中国科学院-英国皇家学会 青藏高原综合地质考察队成员

## 中国科学院参加人员

队 长 常承法

副队长 尹集祥 梅厚钧

行政队长 王 哲

队 员 邓万明 孙亦因 许荣华 刘成杰 陈南生 李 环  
张玉泉 金成伟 林金录 徐均涛 潘裕生 潘 耘

## 英国皇家学会参加人员

队 长 R. M. Shackleton, F. R. S.

副队长 J. F. Dewey, F. R. S.

队 员 M. P. Coward A. Gansser N. B. W. Harris  
W. S. F. Kidd M. R. Leeder P. Molnar  
J. A. Pearce A. B. Smith D. R. Watts

# 序

青藏高原平均高度略低于 5 000m,地壳平均厚达 65km,是阿尔卑斯-喜马拉雅造山带中两个较重要高原中的较高和较大的一个;另一个是伊朗-土耳其高原,一个高出海平面约 2km 的岩石圈水平缩短带。

青藏高原是由一些相继增生到欧亚大陆的陆体组成的。羌塘、拉萨和喜马拉雅地体都以至少 1 000Ma 以上的前寒武纪陆壳构成基底并且都来自冈瓦纳大陆。古地磁资料表明在晚古生代和中生代早期有接连的、广阔的古特提斯洋存在,在白垩纪中期新特提斯的宽度至少达 6 000km。划分缝合带的重要依据是蛇绿岩带。但是蛇绿岩广泛地散布在高原上,而不都是集中分布在一些清晰的直线带内,只有少数蛇绿岩的时代是肯定的,因此,辨识地体的标准是非决定性的,假定的蛇绿岩亦可能不全代表洋壳的残块。另外,拉萨地体的蛇绿岩是否是从班公湖缝合带仰冲上来的单个岩片的飞来峰也有不同认识。

青藏高原在重力上表现出不大的自由空气异常,暗示接近均衡平衡状态。地壳的这种均衡补偿使高原高高浮在海平面以上。因此,重要的问题不是青藏高原地壳为何这么厚,而是如何变成这么厚的。似乎有三种机制可以使地壳加厚:这就是简单挤压,大量岩浆贯入和地壳的叠加。虽然上述每一种机制都拥有热心的支持者,然而已有的资料表明,它们中的任何一种似乎都不能单独解释青藏高原地壳加厚的过程。

中、英横穿青藏高原综合地质考察的目的就是研究高原的地体增生历史、地壳厚度借以加倍的机制和高原近代戏剧性的抬升等问题。考察结果证实了以前提出的青藏高原是由几个相继增生到欧亚大陆的陆体组成的观点和昆仑缝合带代表一条重要的缝合带的看法。

青藏高原地壳增厚到正常地壳的几乎二倍是在始新世中期到中新世最早期印度压入亚洲时借向北迁移的南北向缩短和垂直伸展发生的;晚第三纪地层几乎是水平的并且不整合位于早第三纪和较老的地层上面。自早中新世以来,印度的朝北移动主要是通过西藏以北和以南的南、北向缩短来调节的。从早上新世到现在青藏高原抬升了约 2km 并且经受到东-西向伸展。印度-欧亚汇聚的小部分,即使有的话,是通过朝东的挤出来调节的。有人曾经提出在中国南海于 32 到 17 Ma 前打开时期印度和亚洲之间的汇聚主要是通过构造侧向挤出来调节的,这个看法似乎得到了不多的、岩体冷却历史资料的支持。假如是这样,青藏高原地壳加厚和隆起必定发生在 32Ma 前和 17Ma 后。曲水岩体的抬升历史与上述情景是一致的。在 20Ma 前,抬升是缓慢的和稳定的。当南海中的扩张衰微的时候(20 到 17Ma)曲水地区的抬升加速到约  $4.4\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$  的峰值。但是本书部分作者认为侧向挤出的总量不会超过 200km,而且可能被发生在龙门山的冲断作用吸收,同时在青藏高原也不曾发现西藏被大规模侧向挤出应当产生的那种规模的应变和位移。

新构造和沉积地层资料暗示晚第三纪-第四纪的快速抬升。昆仑山的阶地和高原边缘一些河流的裂点则表明近代的快速抬升。喜马拉雅的裂变径迹表明(Zeitler, 1985)在

最近 5Ma 年抬升速率从  $0.2\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$  快速加速到  $0.9\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$ , 虽然喜马拉雅和西藏之间的抬升速率不一定吻合, 但这是一种很高的速率以致不可能是由地壳的缩短引起的地壳加厚产生的。抬升伴有火山活动并被解释为是在青藏高原下面的增厚的岩石圈的根部的突发性分层或剥离作用引起的。在我国亦曾有人提出青藏高原地壳加厚和隆起的两阶段历史模式。模式的大意是从始新世到上新世挤压变形使地壳显著缩短和加厚且形成一个深的、处于均衡不平衡的根。这个根后来在早更新世开始上升, 和造成青藏高原。但是已有资料表明, 始新世—中新世缩短和加厚似乎更符合事实并且抬升是与地壳缩短同步的, 而不是滞后了两千多万年。综上所述, 虽然迄今还没有确切的证据确定青藏高原隆起的速率和时间, 但是已有资料表明隆起是通过至少两种完全不同的机制和以不同的速率来调节的。达到约 3km 的中新世前的抬升是由向北迁移的地壳缩短和增厚引起的; 以  $0.4\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$  的平均速率进行了非常快速的上新世—更新世的抬升(约 2km)。第二阶段的抬升伴有火山活动和东西向伸展。山麓侵蚀准平原化发生在前中新世抬升时期之后和上新—更新世抬升之前。

横穿青藏高原的综合地质考察从 1985 年 6 月 4 日开始到 7 月 28 日, 共历时 55 天。考察路线包括从拉萨到格尔木主公路线约 1300km 和一些通行较差的土路几百公里, 每天平均完成的剖面约 30km。因此, 就观察区域的范围和观察点的分配来说达不到正规填图所要求的精度。但我们的目的本来就不是要在空白地形图上填出一张彩色地质图而是为解决一些特殊问题安排观察点和观察剖面。因此, 除沿主公路线进行系统和连续观察外, 还在 5 个地区进行了比较详细的地质填图, 并取得了很好的效果。为使这次考察更有效, 我们曾在 1984 年组成一个由四人组成的工作小组(其中包括没有参加 1985 年野外考察的张湖同志)顺考察路线先进行了踏勘, 编制了工作地区的条带地质图并确定了一些需要共同观察的重要露头点和重要剖面。由于各项准备工作比较充分, 时间得到了充分的利用。

分析、鉴定和总结工作是分别在英国和国内有关单位进行的。本书各章的一些内容曾于 1986 年 9 月在北京召开的一次讨论会上介绍过。会议之后又组织了从拉萨到樟木顺中—尼公路线的地质旅行, 有关成果已反映在有关章节中。需要指出的是本书是由中、英双方参加考察的不同的专业人员撰写的, 体例、风格不尽相同并明显地反映出各位作者的专业特点和处理问题的方法。因此, 不同专业的作者对同一地质现象的认识和解释往往有很大的差别。例如, 对于在拉萨地体上从东巧经江错到纳木错一带散布的蛇绿岩经过构造填图和剖面观察多数参加人员认为它们是一个仰冲蛇绿岩片的残体, 但是也有人认为这些蛇绿岩是原地的, 因此在那里可能有多条缝合带。类似的问题只能通过进一步的详细填图来解决。

中、英横穿青藏高原的综合地质考察成果的英文版已由英国皇家学会安排于 1988 年出版, 书名为 'The Geological Evolution of Tibet—Report of the 1985 Royal Society-Academia Sinica Geotraverse of the Qinghai-Xizang Plateau', 中文版除第一篇地层和第八篇古地磁研究两文由原中方第一作者作了适当增补或改写以及第二篇由尹集祥翻译成中文之外, 其余各章均由中方有关参加者从英文版直接译出。对有些篇章进行了适当修改和增补, 并征得原第一作者的同意在中文版中以主要的中国地质学家列名为第一作者。地质演化一章中方作者原已写成一篇长文, 其部分已反映在英文版该章中, 它

将争取在别处全文发表,因此这一章未做改动,全部按英文版译出。大多数译文由中方有关人员相互校正,其中第三篇沉积学、古生态学和古环境演化及第六章变质岩的译文,分别由范加松和郭敬辉予以校对。中文版的地质图的比例尺比英文版的缩小一倍(即 1:100 万),并订正或指出一些有争议的地层时代。

我们在野外是分成一些专家小组来进行工作的。因此,理解和友谊很快就发展起来了。我们希望这仅仅是我们和我们的外国同行之间的一种合作的开始。这种合作已经不仅产生了本书所介绍的各种成果,而且亦产生了亲密和持久的友谊。

本书介绍的大量新成果大部是靠实实在在的野外工作取得的。外国同行始终把仔细观察、填图视为解决复杂地质问题的基本手段。他们不畏艰苦、精于观察的精神和丰富的实际工作经验给我们留下了深刻的影响。特别是年长和博学的英方领导 R. Shackleton 教授和来自瑞士的著名的喜马拉雅地质专家 A. Gansser 教授,他们严谨的工作作风和献身科学事业的精神堪称楷模。但需要特别说明的是,我们的考察虽然取得了不小进展,提出了一些可能接近真实的认识,但仍有许多复杂的问题需要通过详细的填图才能解决。比如在羌塘地区早在本世纪初就报道有蓝片岩存在,它是否表明那里有另一条缝合带存在和它是否能帮助解释冈瓦纳型石炭一二叠系在羌塘地体的西端和华夏型石炭一二叠系在它的东端的奇特分布是可以通过对这些蛇绿岩和其周围地区的详细填图来解决的。青藏高原隆起的时间和速率需要通过多种手段使之趋向量化。一方面可通过岩体冷却历史的研究获得定量数据;另一方面要加强对第三纪以来陆相地层的研究,它们的时代一般说来是不够准确的,因而难以通过它来识别或精确地定出抬升过程中上升速率的变化。如此等等。

要特别感谢负责后勤工作的同事们和许多司机同志的辛勤劳动,没有他们的帮助我们是不可能顺利完成这次考察的。感谢 Peigi Wallace 博士编辑了本书的英文版本和英国皇家学会及时地安排了本书英文版的出版。最后还应当感谢中国科学院国际合作局马雪征女士和英国皇家学会 Len Mole 先生在这项合作研究中给予的帮助。

为及时组织中文版的出版尹集祥教授做了大量和细致的编审工作。邵兴亚、李凤仙和绘图部门的其它同志在图件复制和改版方面付出了大量劳动。在此,特向他们表示衷心的感谢。

常承法

1989年10月

# 前 言

青藏高原是地球表面的一个独特的地理单元。它高出于海平面接近 5km 的高度和具有一个两倍于正常厚度的地壳被认为是由于印度和欧亚大陆碰撞的结果。该区被看做是碰撞构造的最重要的实例。然而,由于长期来世界其它地区的地质学家实际上是不能进入西藏的,因此青藏高原借以发展和地壳厚度加倍的机制仍然是推测性的。

在过去廿年间,中国地质学家已经对这个广大的并且大半无人居住的大部分地区进行了踏勘和系统填图。中国科学院组织了一系列地质考察。中国科学院以及其它单位所做的一些工作成果曾于 1980 年在北京召开的青藏高原国际科学讨论会上介绍过并在从拉萨穿过藏南到加德满都的南北路线上进行了观察。

这次使人激动的关于青藏地质的介绍使 Gansser 教授、Molnar 教授和我产生了一个想法,就是以新近完成的、从拉萨到格尔木穿过西藏中部和北部的公路为基线的综合地质考察。中国同事对此倡议也很热心。因为皇家学会和中国科学院已有一个科学合作协定,我把我们的建议提交皇家学会,终于签定了一项协议。

选出参加此项计划的中国地质学家们为综合地质考察做准备和编制了工作地区的详细条带地质图并指出一些重要露头的位置。在 1985 年 6 月,来自皇家学会一方的 10 名地质学家和来自中国科学院的 15 名地质学家在拉萨集中。以后的两个月都是在横跨高原的工作中度过的。

后勤完全由中方负责。一个卡车和吉普车队满载供应从成都跨过道道高山和峡谷开到西藏。在拉萨经过短期环境适应和在那里工作以后,我们往北向格尔木出发。在公路上我们在兵站留宿,离开公路则在帐篷中住宿。司机尽可能用吉普车把地质人员送到靠近露头点(大雨使许多地区变成沼泽),然后再步行。极个别情况我们使用了马和牦牛。大部分食品是从内地买的。

我们分成一些小的专家组来进行工作,因此理解和友谊很快就发展起来了。由于中国地质学家们的充分准备,几乎没有浪费什么时间。

为了分析和鉴定采集的大量岩石和化石标本在我们和中国同行之间是均分开的。全部材料的分析鉴定尚未完成;本书中介绍的是到目前为止所获得的各种结果。一些结论是于 1986 年在北京召开的一次异常成功的会议上讨论过的,在 1986 年的会议之后从拉萨到加德满都又进行了一次地质横剖面观察。

1985 年的综合地质考察不可避免地是一种踏勘性质的。仍然还有许多没有解决的重要问题。我们希望这仅仅是我们和我们的中国同行之间的一种合作的开始,这种合作已经不仅产生了这里所介绍的各种成果而且也产生了亲密和持久的友谊。

我们感谢中国队的博学的和有经验的领导常承法教授、孙亦因的语言和组织才能以及吉普车司机们的非凡功绩。我们感谢 Peigi Wallace 博士编辑了本书。最后我们感



谢皇家学会和中国科学院使我们能够实行这项计划。

Robert Shackleton

1988年4月

### 注 意

在阅读本书各章时必须参考书末袋子中的彩色地质图(1:1000 000)和1:100 000地形图的缩微胶片,在该拷贝上面点出了书中提到的所有地点以及构造的和其它的野外资料。这些图的草本、卫星影象和其它材料将放在大英自然历史博物馆,以供研究。每一种化石的模式标本将保存在南京中国科学院地质和古生物研究所;完全相同的另一份化石将放在大英自然历史博物馆。

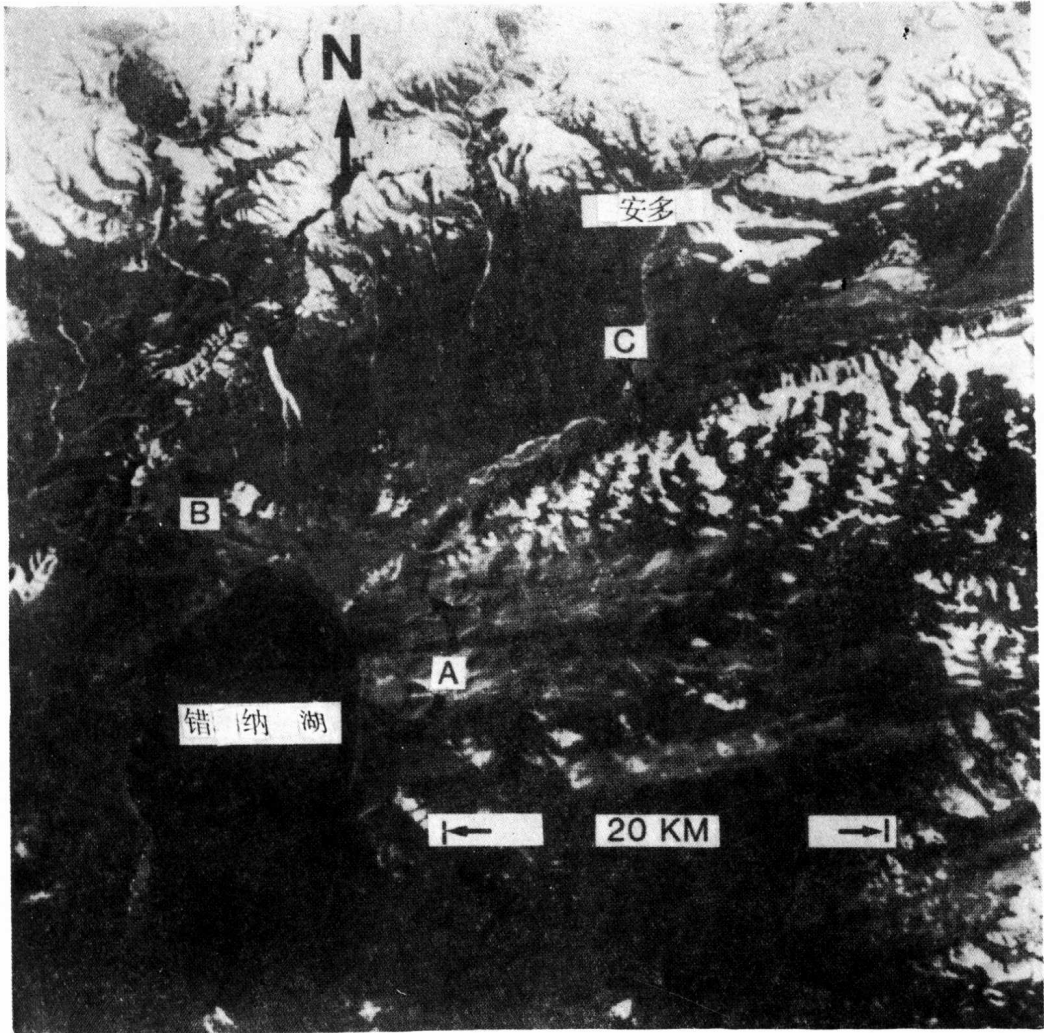


图 2 一张航天飞机量测摄影机照片的一部分

图中区域为安多和错纳湖地区(图 1)。注意错纳湖东面的断崖(A)，我们推测为一现代或近代活动正断层。在东北面，含安多镇的山谷由线状断崖所围，我们认为沿此断崖有很大的走向滑移分量。在C处，近代的砂、砾沉积经受过扰动(图 3)。在B处有冲断或逆断裂的分量，但断崖呈线状表明走向滑移分量是相当大的。



图3 在图 2C 处所摄照片  
显示沿一斜交正断层和左行走向断层带砂、砾沉积层被褶皱和错断了。照片向南。



图4 温泉附近一地堑(或半地堑)西侧靠近热泉的年轻断崖  
照片向南西西。

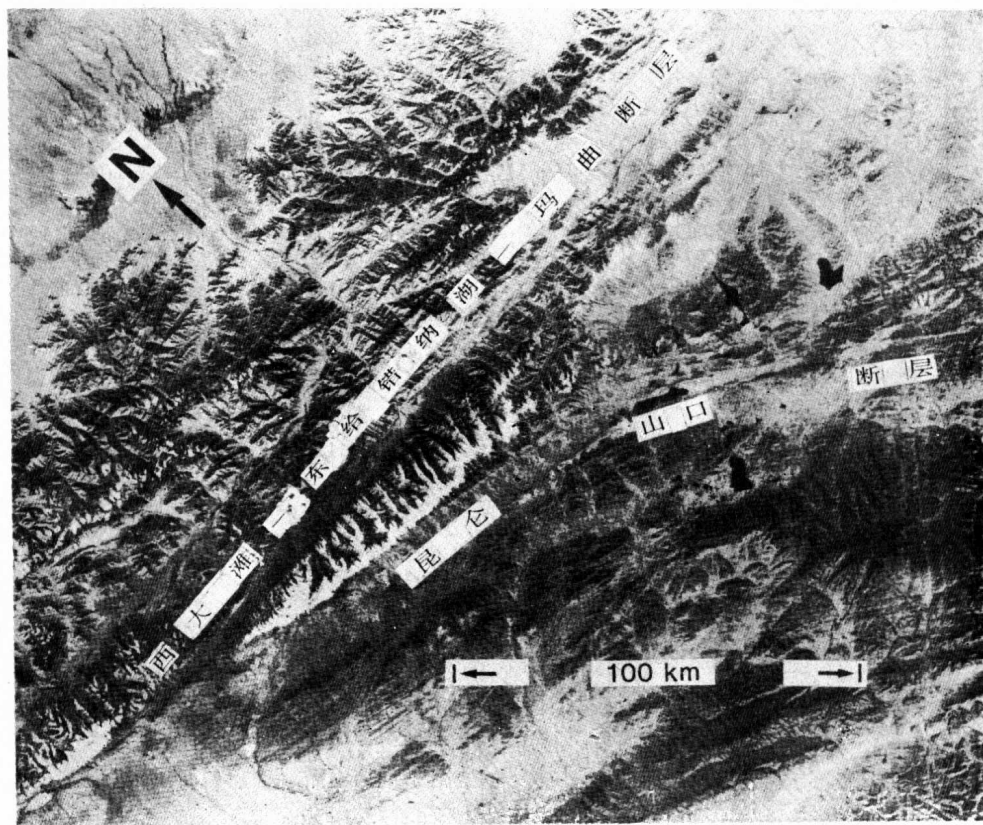


图 5 大象幅摄影机所摄图像

图中区域包含西大滩,布尔汗布达,及昆仑山口等地。布尔汗布达山脉为东西向覆雪区域,位于照片中心偏西部分西大滩断层和昆仑山口断层之间。西大滩-东给错纳湖-玛曲断层经西大滩(图 7 和 8) 和东大滩(图 23 和 31) 向东沿布尔汗布达山北缘延伸,然后与一大型拉开构造连结(图 31)。布尔汗布达山南坡根的不连续地形是昆仑山口断层的表现(图 14)。向西昆仑山口断层逐渐向西大滩-东给错纳湖-玛曲断层逼近,但看来并未与之相交(图 8)。

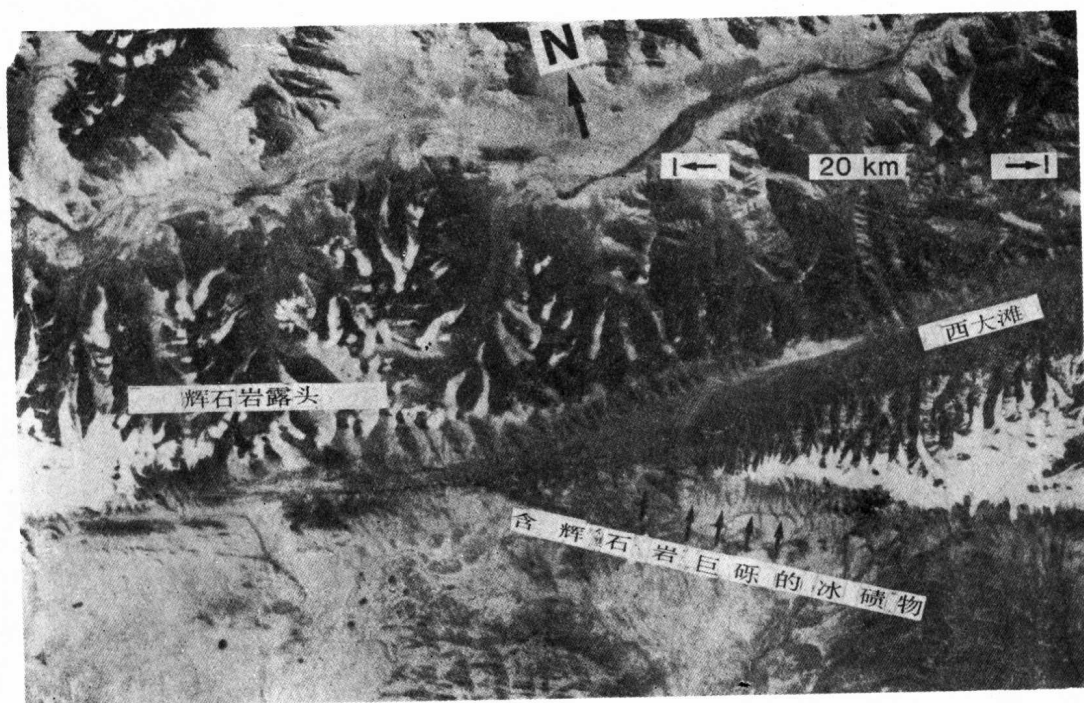


图 8 大象幅摄影机所摄照片显示西大滩-东给错纳湖-玛曲断层和昆仑山口断层相互逼近的区域  
照片中标出了辉石岩和含辉石岩中砾石的冰碛物的出露地点。



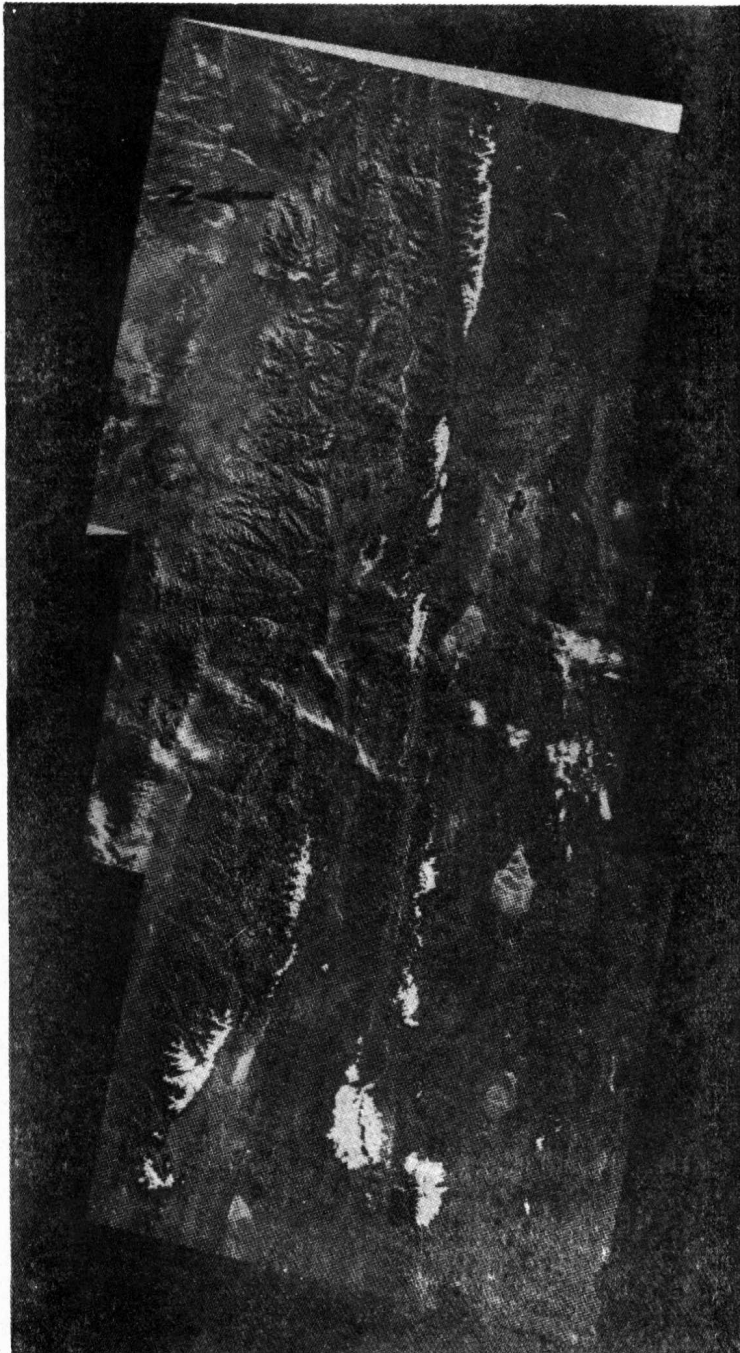


图 10 包含了昆仑断层系西延部分的三张陆地卫星照片组成的镶嵌图。西大滩-东给错纳湖-玛曲主断层从大约  $90.5^{\circ}\text{E}$  处向  $95^{\circ}\text{E}$  伸展。考察路线在昆仑山口附近的西大滩处跨越该断层(从图 9 可见本图位置)。图 9 标出了该镶嵌图上所识别出的次级断层和线性构造。从这些卫星照片上得出的错断千枚糜棱岩的可能连续部位标于图 11 上。

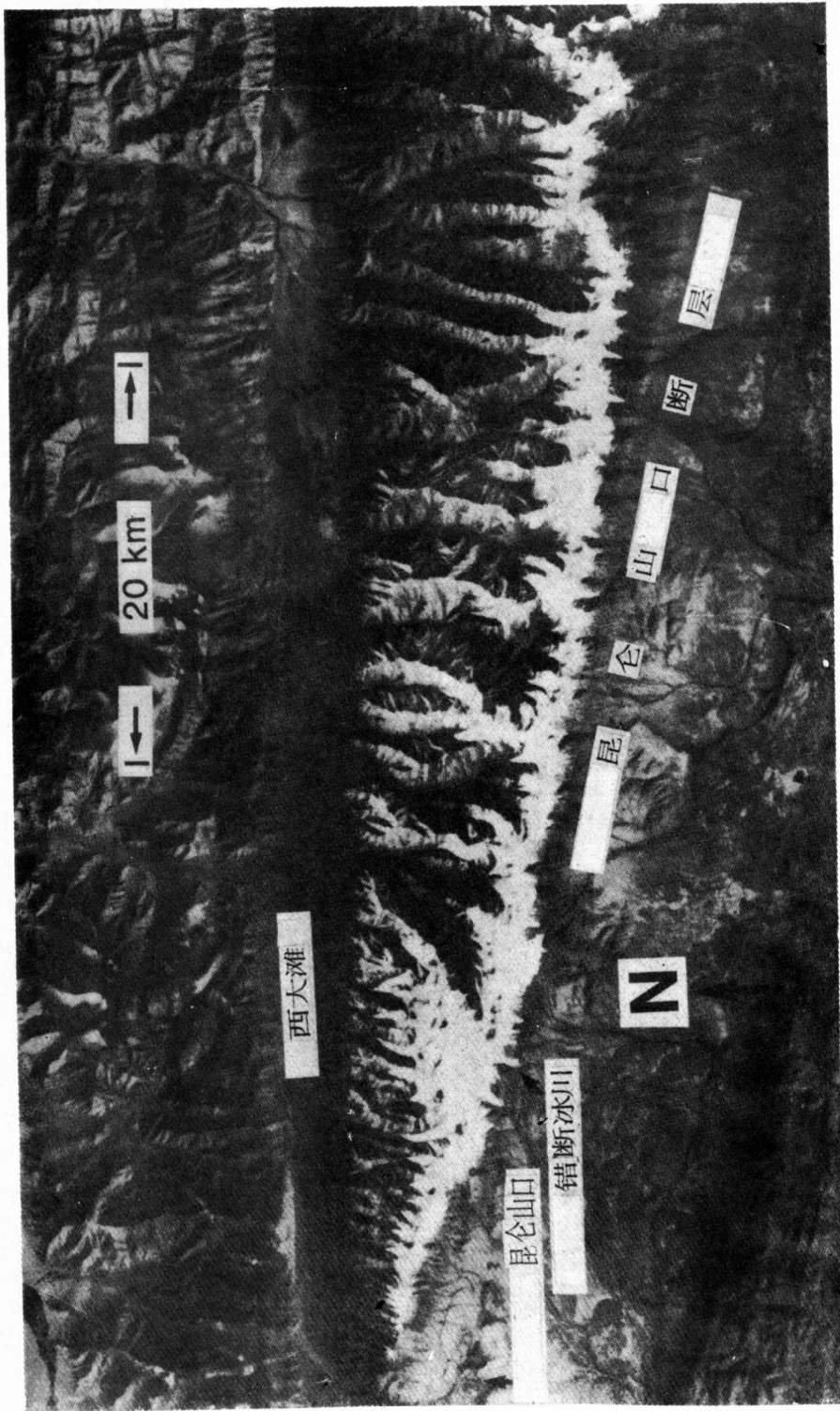


图 14 大象幅摄影机所摄之昆仑山口断层  
该断层具清楚地形显示。图中标出了错断冰川(图 18) 的位置。

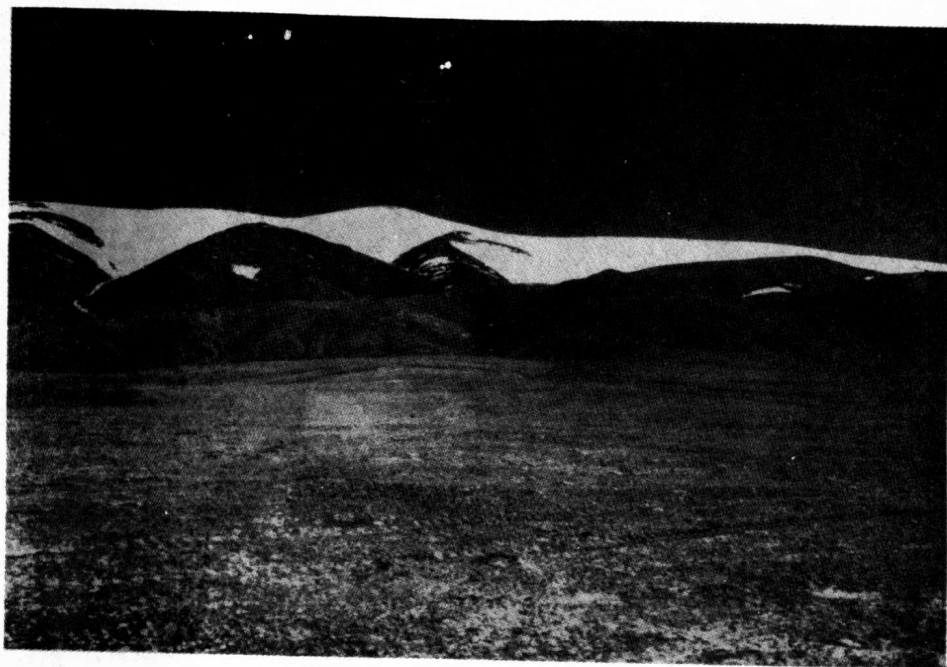


图 15 沿昆仑山口断层一溪流的错断

照片朝北。照片中心处山沟中的溪流流向摄像者,但在较近山丘的根部被折向右边(东)约  $49 \pm 4\text{m}$ 。

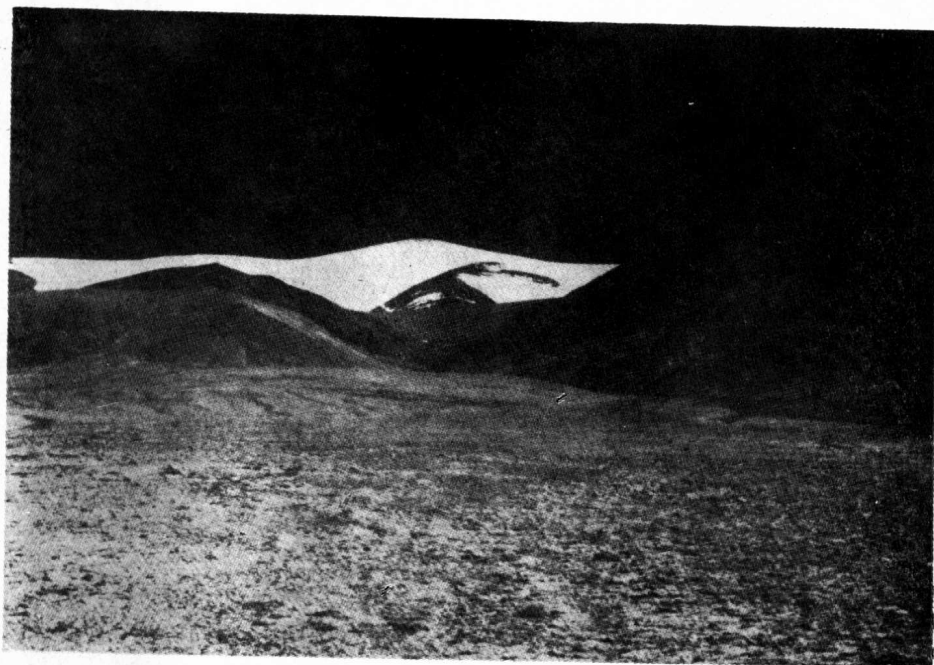


图 16 沿昆仑山口断层另一溪流的错断

照片向北。照片中心的山沟与图15右端的山沟相同。同样地,朝摄像者流的小溪在山根处被断层错开,断距为  $95 \pm 6\text{m}$ 。

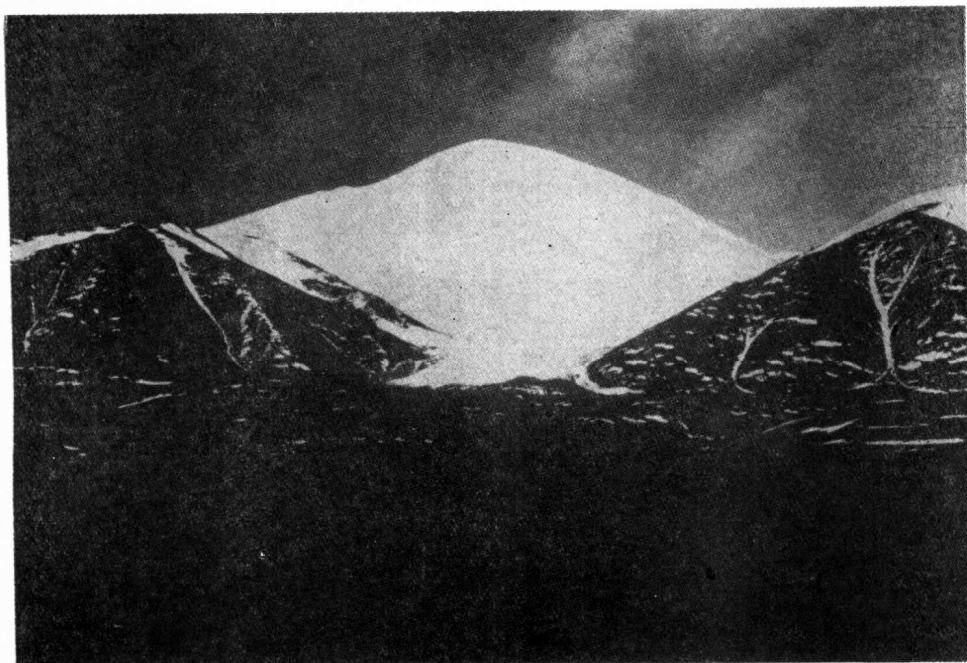


图 18 向北所摄的从布尔汗布达山主峰南侧流下的一大冰川的照片  
在山麓昆仑山口断层所经之处该冰川被错开了约 70m (参见图 14)。该退缩冰川的终碛被错开了 100—150m。因这些冰碛物可能是最近一次冰期在约一万到一万八千年前留下的产物，所以全新世间的平均滑移速率可能约为 10mm/a。

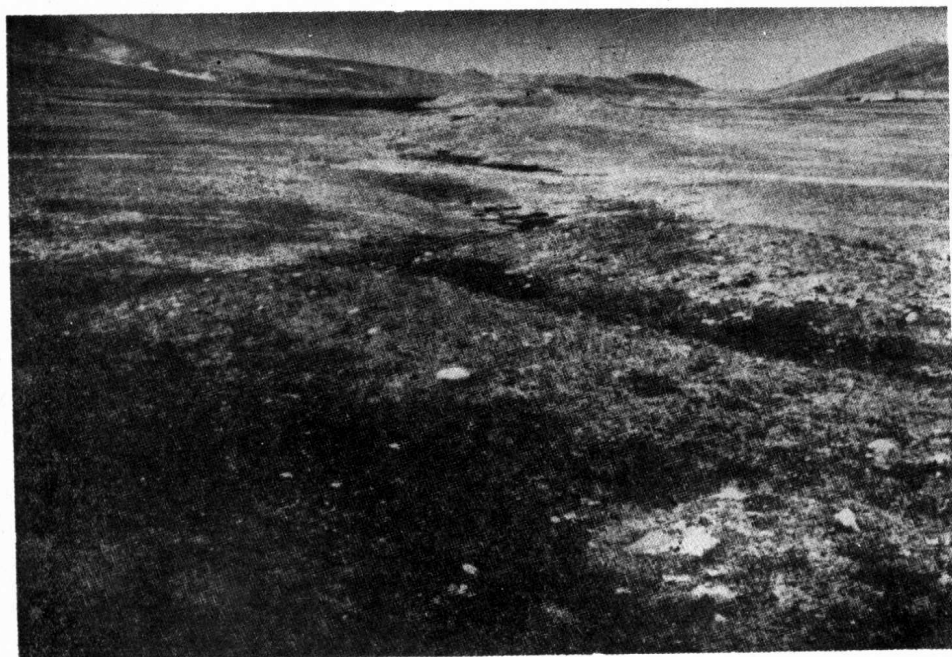


图 19 在图 13D 附近沿西大滩断层向西所摄照片  
前景中部的黑色线状带是一与挡水凸起构造斜交的张裂隙。该挡水凸起构造朝摄像者反方向倾斜。更远处的拗陷湖是由几个挡水凸起阻隔向北的溪流而成。