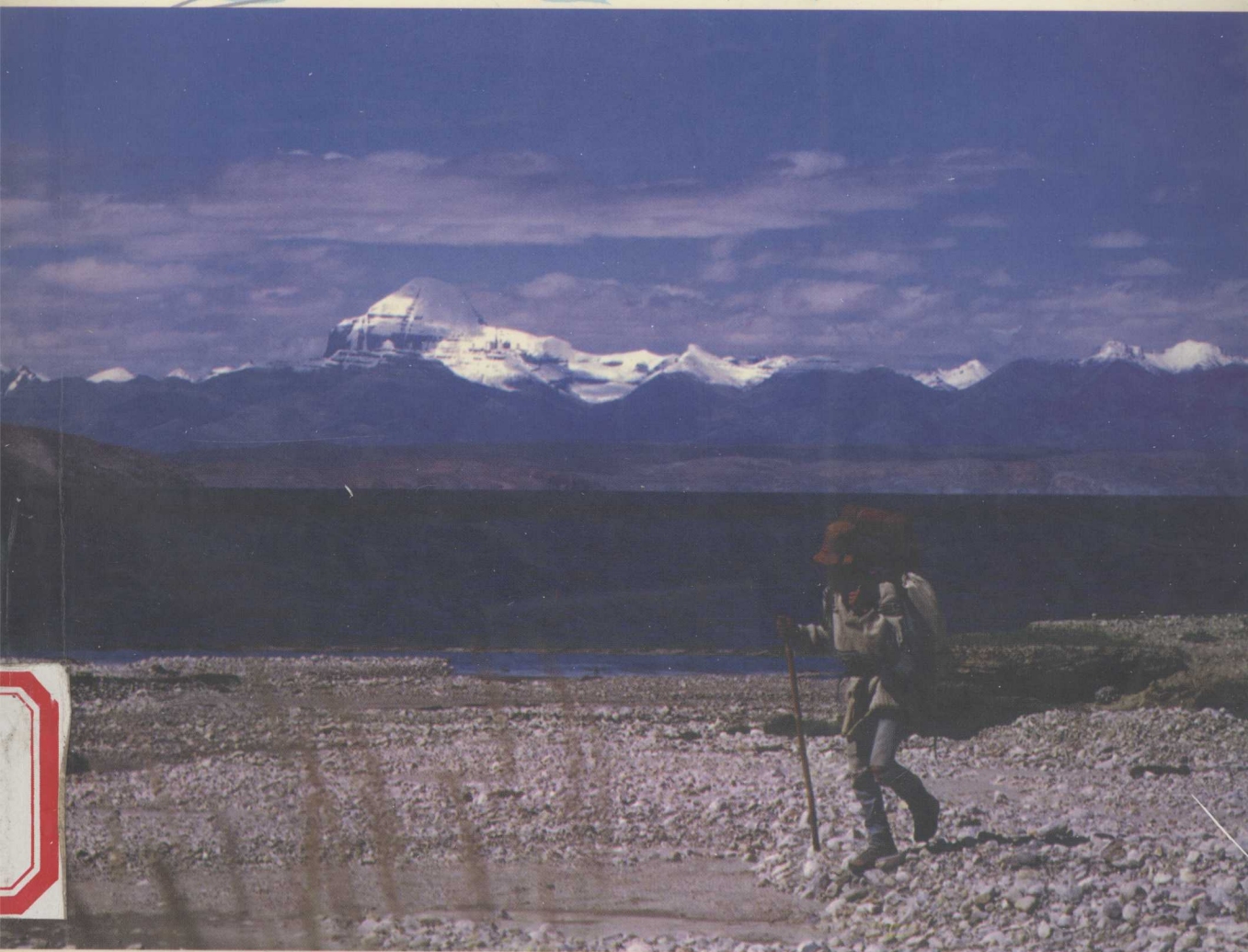


青藏高原地质研究系列丛书(一)

雅鲁藏布江缝合带—— 喜马拉雅山地质

王成善 夏代祥 周 详 陈建平 等 编著



地质出版社

国家杰出青年科学基金“喜马拉雅中新世古海洋学”资助

雅鲁藏布江缝合带—喜马拉雅山地质

王成善 夏代祥
周 详 陈建平
等编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书对中外地质学家所熟知的雅鲁藏布江缝合带及喜马拉雅地质构造分带、变质作用、沉积作用进行了较为全面的介绍;重点研究介绍了 STD 面,再造岩系,变质核杂岩,韧性剪切及伸展变形引起的相关作用,被动边缘的沉积层序,弧前盆地海底扇,蛇绿岩带,岩浆弧,高原隆升夷平面等;精选了 66 个地质参观点,并附有人文景观描绘。全书材料丰富,内容翔实,图文并茂,不仅可供有关地质人员及地质院校师生参考,也可作为首次进入该区的地质学家和科学考察者指南性读物。

图书在版编目(CIP)数据

雅鲁藏布江缝合带:喜马拉雅山地质/王成善等编著. -北京:地质出版社,1999.6

(青藏高原地质研究系列丛书;1)

ISBN 7-116-02773-4

I. 雅… II. 王… III. ①地缝合线-研究②喜马拉雅山脉-地质构造-研究 IV. P541

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 08646 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:陈 磊 肖 叶

责任校对:李 玫

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:10.375 字数:243000

1999 年 6 月北京第一版·1999 年 6 月北京第一次印刷

印数:1—1000 册 定价:25.00 元

ISBN 7-116-02773-4

P·1994

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

序

青藏高原位居亚洲大陆的南部,以巨大的高差坐落在中亚、南亚诸盆地、平原之上,冰清玉洁,雄伟壮观。高原北缘的西昆仑山、阿尔金山、祁连山平均海拔 4000m 以上,向北急剧降落到海拔 1000~1500m 的塔里木盆地与河西走廊;高原东缘的岷山、邛崃山与大雪山同其东缘的四川盆地相比,高差达 3000m 以上;高原南缘的喜马拉雅山平均海拔 6000m 以上,耸立在海拔只有 50m 左右的印度河平原之上,衬托山高原平地拔起的宏伟气源。青藏高原面积 250 万 km^2 ,平均海拔高度 4000m 以上,是全球形成时代最晚、海拔最高和面积最大的高原,素有“世界屋脊”和“地球第三极”之称。

青藏高原地处巨型的特提斯-喜马拉雅构造域的东段,欧亚板块与印度-澳大利亚板块碰撞挤压部位。晚古生代、特别是中生代以来,板块的多次离散敛合、碰撞拼贴,使青藏高原成为全球地质构造最为复杂、最为特殊的巨型构造带,四周被土兰、塔里木、中期、扬子、印度等几个刚性地块所围限,形成一个统一的、相对封闭的构造系统。

多种形式的地壳运动,强烈的构造-岩浆活动和变质作用,为矿产资源,特别是铬、铜、铅、锌、金、银、硼、锂、石油、天然气及某些非金属矿产的形成提供了良好的地质条件。同时,青藏高原的快速崛起,对中国、亚洲以至全球自然环境和气候变化产生了极其深刻的影响,甚至可能控制了新生代以来全球变冷的过程。

由于青藏高原独特的地貌景观,复杂的壳幔结构,丰富的自然资源和对全球环境的巨大影响,长期以来倍受国际地学界的瞩目,成为地球科学家们探索地球奥秘的良好场所。特别是本世纪 60 年代板块构造学说兴起以来,这里更被视为陆-陆碰撞的典型实例,研究、解决大陆板块岩石圈发展模式,阐明岩石圈演化、造山机制、大陆动力学等重大理论问题,检验或发展板块构造学说,建立大陆动力学和地球系统科学新理论、新模式的关键地区和野外实验室,从而成为当代国际地学界研究的一个热点地区。

我国政府和中国地质学家历来十分重视青藏高原的地质调查和科学研究工作,本世纪 20 年代,我国地质学家即涉足青藏高原开展地质调查。50 年代初期,以李璞为首的西藏工作队地质组在西藏中、东部进行了为期两年的路线地质调查。以后,又在柴达木盆地、川西、藏东、藏南等地,开展了石油普查和区域地质矿产调查;在祁连山进行了路线地质调查。

青藏高原大规模的地质调查和科学研究开始于 60 年代,各省、自治区地质局在高原地区开展了中、小比例尺地质调查、矿产普查和航空磁测工作,各科研单位进行了科学考察、区域地质和有关矿产的调查研究。从 1980 年开始,我国各有关部门在青藏高原开展了第二轮的大规模地质和地球物理调查研究,并与许多国家开展了广泛的地质科学技术的合作研究,取得了丰硕的科学成果。到目前为止,青藏高原 1:100 万比例尺地质调查已经完成,高原周边大部分地区已完成 1:20 万比例尺地质调查,在一些主要成矿带完成若干幅 1:5 万地质调查;已完成全区航空磁测,以人工地震为主的地球物理探测剖面总长度达 4500km。各有关省、自治区陆续编纂出版了区域地质志,编制出版了一系列不同比例尺的地质图件和地质

专著。

青藏高原经历了几代地质学人的不断探索,研究程度越来越高,新的认识不断涌现。值得庆幸的是,在老一辈地质学家的支持和指导下,一批青年青藏高原地质科技调查研究队伍正在茁壮成长,并逐渐形成若干各具特色的科研群体,完成了一系列高难度的科研任务。其中,以王成善教授为首的科研集体就是这些优秀科研群体之一。20年来,他们在继承老一辈科学家优良传统基础上,瞄准国际前沿,献身于青藏高原地质科学研究,先后承担了国家科技攻关、部省级重大项目、国家杰出青年科学基金及国际合作等10多个项目、课题的研究,在基础地学研究、矿产资源、油气资源及技术方法研究等方面,积累了丰富的实际资料,取得了丰硕的科研成果。在他们自己研究成果的基础上,结合收集和综合已有的资料,他们拟陆续编辑出版“青藏高原地质研究系列丛书”,选题包括喜马拉雅-雅鲁藏布江缝合带地质,西藏玉龙铜矿定位预测,青藏高原北部(羌塘高原)地质演化及其油气远景评价,喜马拉雅特提斯沉积地质,特提斯喜马拉雅古海洋学等。

“青藏高原地质研究系列丛书”的编纂出版,是我国广大地学工作者、尤其是中青年地学工作者长期从事青藏高原地质研究的劳动结晶和智慧的凝聚,标志着我国年轻的一代对青藏高原研究的整体水平和最新进展,标志着我国青藏高原研究后继有人。中青年科学家的这种努力和取得的科学成果确实具有重要的现实意义和深远的历史意义。值此丛书出版之际,特以此序以示祝贺并共勉之。

李廷栋

中国科学院院士

1999年5月

目 录 (CONTENTS)

序	1
第一章 绪言	1
第二章 地理概况	4
第三章 区域地质简介	6
第四章 雅鲁藏布江—喜马拉雅山地质分带简介	13
一、高喜马拉雅变质变形带(TTA)	13
二、特提斯喜马拉雅南亚带(TTB)地层层序	15
三、特提斯喜马拉雅北亚带(TTC)	17
四、雅鲁藏布江构造缝合带(TTD)地质特征	17
五、日喀则弧前盆地带(TTE)特征	24
六、冈底斯-念青唐古拉岩浆弧带(TTF)特征	24
第五章 观察点内容简介	28
一、第一至第二天日程安排	28
二、第三天日程安排	31
三、第四天日程安排	41
四、第五天日程安排	50
五、第六天日程安排	53
六、第七天日程安排	60
七、第八天日程安排	65
八、第九天日程安排	69
九、第十天日程安排	82
参考文献	85
1 INTRODUCTION	(88)
2 GEOGRAPHIC FRAMEWORK	(89)
3 REGIONAL GEOLOGIC SETTING AND DESCRIPTION OF THE YARLUNG ZANGBO-HIMALAYAN GEOLOGICAL BELTS	(91)
3.1 The High Himalaya Metamorphic-Deformational Belt(TTA)	(92)
3.2 The South Tethys-Himalayas Subbelt (TTB)	(96)
3.3 The North Tethys-Himalayas Subbelt (TTC)	(96)
3.4 The Yarlung Zangbo Suture Zone (TTD)	(97)
3.5 The Xigaze Forearc Basin Belt (TTE)	(102)
3.6 The Gangdise-Nyainqentanglha Magmatic Arc Belt (TTF)	(103)
4 DESCRIPTION OF FIELD TRIP STOPS	(106)

DAY 1	(106)
DAY 2	(106)
DAY 3	(109)
DAY 4	(119)
DAY 5	(126)
DAY 6	(127)
DAY 7	(134)
DAY 8	(140)
DAY 9	(143)
DAY 10	(155)
References	(158)

第一章 绪 言

青藏高原以其独特的地质历史和壳幔结构引起国际地学界的瞩目。本书重点介绍了早已被中外地质学家所熟知的雅鲁藏布江缝合带中的不同构造带,尤其是东西横亘千余公里的印度河-雅鲁藏布江蛇绿岩带。从北向南,与雅鲁藏布江缝合带具有成因联系的构造带为:冈底斯-念青唐古拉岩浆弧带(简称 TTF 带)、日喀则弧前盆地(TTE 带)、雅鲁藏布江构造缝合带(TTD 带)、特提斯喜马拉雅北亚带(TTC 带)、特提斯喜马拉雅南亚带(TTB 带)和高喜马拉雅变质变形带(TTA 带)。

这些构造带不仅特征明显,研究程度较高,而且还有较其它缝合带保存得更为完整的洋壳残片及弧-沟构造体系。因此,通过阅读本书,可以系统地了解印度与欧亚板块运动历史以及喜马拉雅碰撞造山运动的过程。

相对青藏高原其它地区而言,本区研究程度较高。早在本世纪初期时,H. H. Haden 就曾从亚东入境,途经江孜到拉萨做过地质调查。新中国成立后,中国地质学家对该区进行了较为系统的研究和调查。其中较为重要的有政务院所派遣的地质调查组(1951~1953),中国科学院和中国登山队在 60~70 年代所做的多次路线调查和综合研究(1959~1960,1960~1961,1966~1968,1973~1979),为本区地质研究奠定了基础。西藏地质矿产局在 80 年代初期所完成的日喀则和拉萨等三幅 1:100 万区域地质填图,系统地总结了本区的区域地质特征。在 90 年代初期,西藏地质矿产局又完成了拉萨地区附近的三幅 1:20 万区域地质填图。从 1980 年开始,由地质矿产部组织完成的“青藏高原形成、演化及主要矿产分布规律”项目,对整个青藏高原地质及重点矿产全面地进行了综合研究,这也极大地提高了本区的地质研究深度。亚东-格尔木地学断面的完成,奠定了本区深部地质研究基础。从 80 年代中期以后,国际同行与中国地质学家们在本区进行了多项合作研究,如中法双方所完成的“喜马拉雅地质构造与地壳上地幔的形成演化”,中德和中英所进行的藏南沉积盆地研究,中英格尔木-拉萨路线地质调查研究以及由中美双方现在共同合作进行的 Indepth 项目,大大地增强了我们对该区地质(图 1-1)及壳幔结构特征的认识水平,这也标志该区已越来越引起国际地学界的重视和注意。

本书在上述研究成果基础上参考有关资料,并从研究的角度在 1994 年夏重新对该区的地质观察点进行了野外实地调查和部分室内测试工作。西藏地质矿产局和成都理工学院的王成善、夏代祥、周详、陈建平、陆彦、王根厚、何政伟、李祥辉、万晓樵、曾庆高、普布次仁、刘志飞参加了本书的编写。两次修稿工作由王成善、夏代祥、周详完成;最后统稿由王成善、陈建平完成;成都理工学院顾雪祥博士和美国地调局 Dr. Stephen D. Ellen 负责全书的英文的翻译和校对工作;西藏地质矿产局的次旺多吉、吕荣敬同志也参与了本书的部分编写工作。

本书的出版受国家杰出青年科学基金“喜马拉雅中新代古海洋学”项目的资助。本书能够顺利完成,得到了西藏地质矿产局和成都理工学院双方领导的大力支持以及西藏自治区

区人民政府和有关部门的热情帮助,第30届国际地质大会旅行委员会和地质矿产部科技司的侯鸿飞教授和彭维震处长也曾现场组织检查并一直给予指导,李廷栋、肖序常和刘宝珺院士,以及赵文津、曹佑功和尹集祥先生也对本书的出版给予了很大的支持,封面照片由大庆石油管理局物探公司有线台杨占刚先生提供,在此一并致以诚挚的谢意。

第二章 地理概况

青藏高原北起昆仑山,南至喜马拉雅山,西迤喀喇昆仑山,东抵横断山,总面积 250 万 km^2 ,平均海拔 4000 m 以上,素有“世界屋脊”之称。它雄踞东亚,构成世界上最年轻、最雄伟的巨大隆起;其隆升之高、成长之年轻和速率之快,加上地质构造及地形的独特性,早已引起了国内外地质工作者的浓厚兴趣和极大关注。

青藏高原上有许多中国著称、世界闻名的山脉。它们海拔高、面积大、时代新,都是地球上最雄伟的山脉。在地质旅行中,您将亲临东西走向的喜马拉雅山脉和冈底斯—念青唐古拉山脉,所能到达的最高点为位于珠穆朗玛峰峰脚的绒布寺,其高度为 5400 m 左右。

喜马拉雅山是世界上褶皱形成的最新山脉,其主体位于中国与印度、尼泊尔的交界线上。喜马拉雅山脉全长 2400 km,宽约 200~300 km,平均海拔 6000 m 以上。山势高峻雄伟、冰峰林立,其中超过 7000 m 的高峰有 50 多座,8000 m 以上的山峰有 11 座。本次旅行中将会亲眼目睹最新测量结果为 8848.13 m 的世界第一高峰——珠穆朗玛峰。除此而外,还将遥观到 4 座海拔超过 8000 m 的山峰,在翻越喜马拉雅山时,还将目睹希夏邦马峰的雄姿。

冈底斯—念青唐古拉山位于西藏自治区中部,为藏北与藏南、藏东南的分界线,也是西藏外流河与内流河的分界线。这条基本上断续延伸的巨大山系东西长约 1040 km,南北平均宽约 80 km。山脉平均海拔 5800~6000 m,东西两端高,中间稍低,超过 6000 m 的高峰有 25 座。其中冈底斯山主峰冈仁波齐峰(藏语意为“大雪神山”)海拔为 6714 m,是著名的佛教朝圣地,被称为神山。

按普通地貌学的观点,西藏是不可能有平原的,但从西藏实际出发,西藏一些地区除海拔较高外,其他特征却和平原地区极相似。本次旅行将穿越年楚河的江孜—日喀则平原和拉萨河谷平原。该平原是西藏最主要和最富饶的农业区。

青藏高原是中国及亚洲一些著名河流的发源地,各不同流向的河流形成了“世界屋脊”上典型的放射状水系。因此,西藏自治区是中国河流数量最多的省区之一,也是中国国际河流分布最多的一个省区。雅鲁藏布江是西藏最大的河流,又是世界上海拔最高的大河。它发源于西藏自治区南部、喜马拉雅山北麓的杰马央宗冰川。自河源开始从西向东奔流在喜马拉雅山和冈底斯山脉之间,本次地质旅行中将跨越雅鲁藏布江并沿其许多主要支流旅行,如年楚河、拉萨河、尼洋河等,这些支流不但提供了丰富的水量,而且营造了广阔的平原。雅鲁藏布江中游江阔水深,坡降小,水流平稳,可以通航牛皮筏和木船。因此,雅鲁藏布江也是世界上最高的通航河流。

本次地质旅行还可见到美丽的羊卓雍错。羊卓雍错在藏语中意为珊瑚湖,被尊称为西藏高原上的三大“圣湖”之一。羊卓雍错湖面海拔 4441 m,东西长 13 km,南北宽 70 km,湖水面积 638 km^2 ,是喜马拉雅山北坡最大的内陆湖泊。羊卓雍错还是藏南最大的水鸟栖息地,这里有天鹅、黄鸭、水鸽、水鹰、鹭鸶和沙鸥等,成百上千地在湖面游荡嬉戏。

青藏高原气候的总体特征为对流层西风带,太阳辐射强,日照时间长,气温偏低、年温差

第三章 区域地质简介

该旅行经过的地区,就地理位置而言可被称为藏中南或一江两河地区。就大地构造位置而言,它位于著名的特提斯构造域的东段(图 3—1)。区域范围,南起喜马拉雅山北至冈底斯山—念青唐古拉山一带。就板块构造观点而言,本区涉及到印度和欧亚大陆两大板块,以雅鲁藏布江蛇绿岩为代表的雅鲁藏布江缝合带代表了这两大板块最终结合的部位。欧亚南部边缘与印度板块的碰撞作用发生于白垩纪末—始新世。由于这两大板块之间的聚合,致使原来在印度板块北缘的特提斯洋闭合,同时印度洋在其南侧打开。

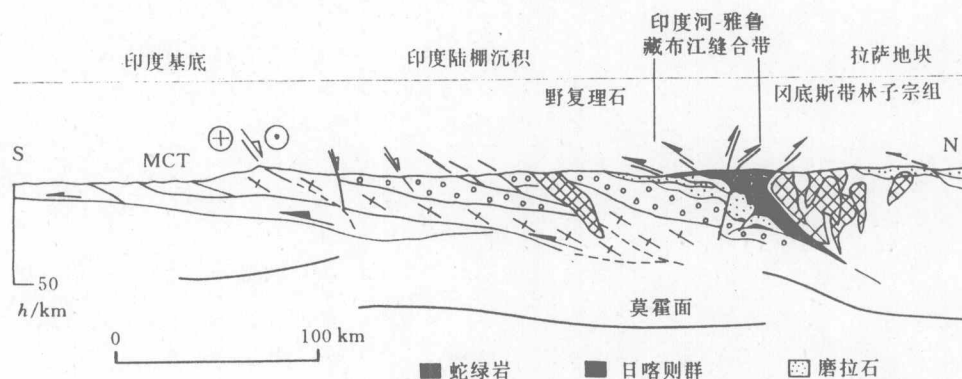


图 3—1 雅鲁藏布江缝合带—喜马拉雅山地区地质剖面图

Fig. 3—1 Schematic cross section through the Himalayas from the MCT (main central thrust) to the Lhasa block
(After Berg and Chen, 1984)

古地磁研究结果表明(图 3—2),在两大板块碰撞之前印度板块向北漂移的速率大约年均均为 16 cm。碰撞以后印度板块并没有停止移动,仅减慢速度而已,接近 5~6cm/a。换言之,印度板块自晚白垩世以来相对欧亚大陆已经向北东移动达 5700 km。这种大规模的地壳短缩在南北方向可能影响达 3000 km(Chen E. L. et al., 1993)。虽然印度和亚洲大陆之间的碰撞或聚合作用,形成了青藏高原 70 km 的地壳厚度已经被大家所共识,但是究竟是什么样的动力过程致使青藏高原地壳具有这种异常的厚度至今仍被广泛研究和讨论着。INDEPTH 项目所发现的 MHT 界面以及所提出的印度板块正沿着青藏高原地壳下部进行的板下逆冲作用,为解决这个问题提供了最直接的证据(Zhao W. et al., 1993)。

从南至北喜马拉雅山—雅鲁藏布江可以被划分成 6 个构造带,其间一般被主要的逆冲或正断层所分隔(图 3—3)。

1. 高喜马拉雅变质变形带(TTA 带)

该带也称高喜马拉雅结晶岩带,沿喜马拉雅山脊呈东西向延伸,由前寒武纪的各种片岩、片麻岩和混合岩以及中新世的淡色花岗岩(leucogranites)组成。这种淡色花岗岩也是喜

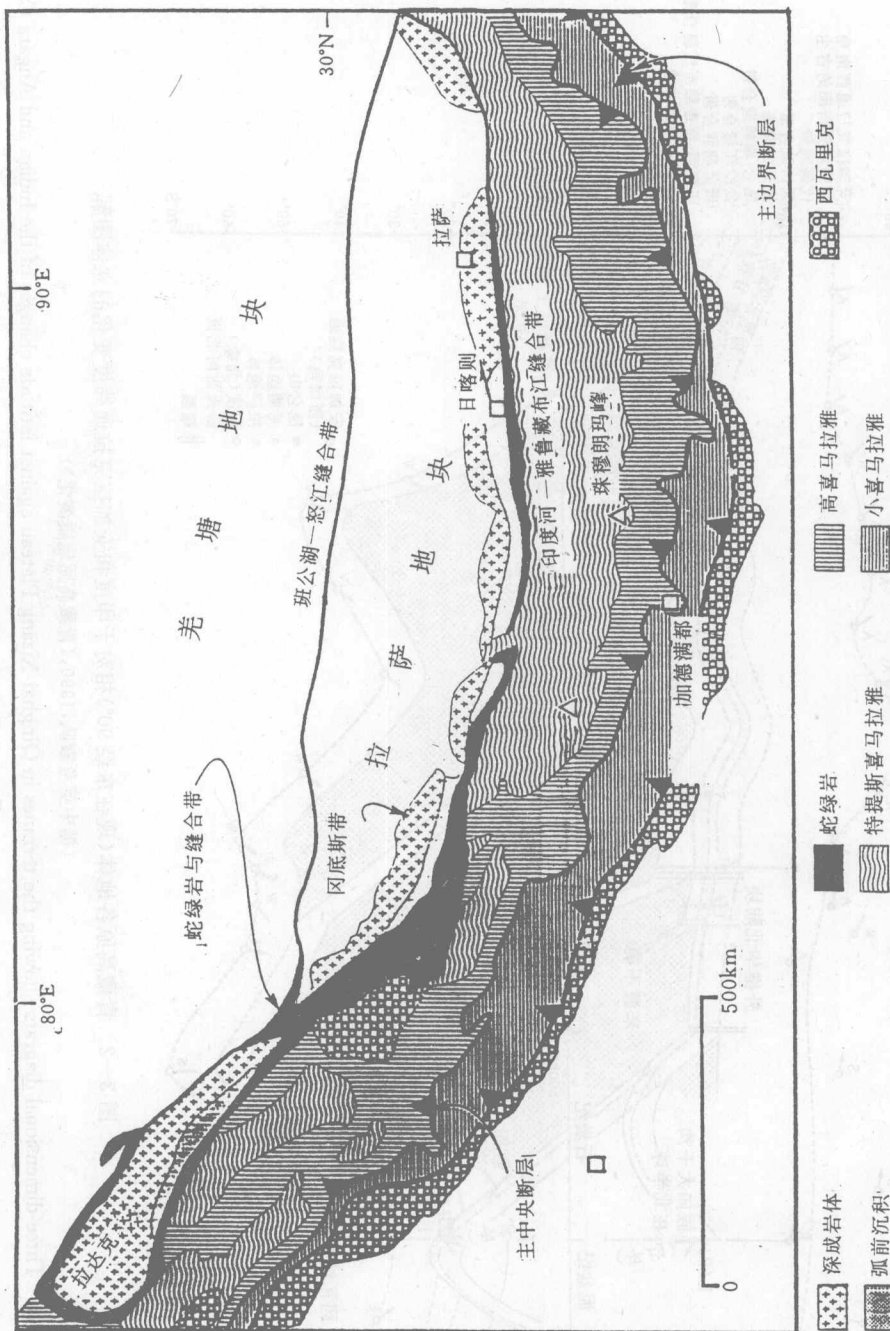


图 3—3 喜马拉雅山区地质格架图

Fig. 3—3 Geological sketch map of the Himalaya mountain

马拉雅造山作用过程中唯一的岩浆活动表现。向南高喜马拉雅结晶岩带与小喜马拉雅(Lesser Himalayas)带之间为主中央断裂(MCT)。向北则为向北倾斜的藏南低角度滑脱断层(STD)与特提斯喜马拉雅带相邻,MCT与STD大约同时在中新世形成(Hodges et al., 1992)。

2. 特提斯喜马拉雅带

根据区域地层和构造历史的差异,特提斯喜马拉雅带又可分为南北两个亚带。大致以日一岗巴断裂为界,其南为特提斯喜马拉雅南亚带,其北至雅鲁藏布江南侧为特提斯喜马拉雅北亚带。

南亚带(TTB带)主要由一套自寒武—奥陶纪至始新世的海相地层组成(图4—2)。除寒武系、奥陶系底部具浅变质外,其余地层均未变质。由于这套厚逾12000m的地层是稳定浅水沉积,所以化石门类多、数量丰富。地层之间少间断,几乎为连续沉积。其中石炭—二叠系具冈瓦纳海相沉积特征,沉积了冰海相杂砾岩,*Globiella* (*Stepanoviella*)动物群及*Glossopteris*植物群。随着特提斯洋的形成,本带成为印度板块北缘的被动大陆边缘,所以产生相变快,沉积速率高的特征。以遮普惹组有孔虫灰岩为代表的始新世海相沉积,也是中国大陆上最新的海相地层。整个南亚带地层褶皱比较简单,多为不对称的复式背向斜和向北倾斜的单斜构造层。广泛发育呈东西向的走向逆断层,显示了自北而南的推覆作用。

在北亚带(TTC带),迄今所知的最老地层为奥陶系,见于考察区外的仲巴县一带。区内古生代地层仅见石炭—二叠系,其岩相和地层层序同南亚带一样(图4—3)。进入中生代以来,沉积特征反映出南北两亚带具有明显的分野,主要发育了复理石相和以泥、砂质沉积为代表的大陆斜坡—深海沉积。同南亚带比,化石稀少、种类单调,岩石以细粒或泥质为主。地层变质程度低但变形强烈是其一大特色。向南见有侏罗—白垩系的滑塌堆积,三叠系以细粒浊积岩与页岩沉积为主,时有基性火山岩和放射虫硅质岩的夹层。

本带另一重要特色是所出露的呈东西向分布的伸展变质核杂岩。

北亚带的地层变形强烈,呈东西向的逆冲-褶皱极为发育。但是,一系列近南北向的正断层所形成的地堑构造切割了南北亚带的这种东西向的逆冲-褶皱构造,显示了其年轻的性质和现今仍在活动的特点。

3. 雅鲁藏布江缝合带(TTD)

该带呈东西向的狭长带状,大致沿雅鲁藏布江谷地及其附近展布。向西呈北西西向与印度河缝合带相连,向东在墨脱县一带经过雅鲁藏布江大峡谷向南进入缅甸、泰国境内。所以通常被人们称之为印度河—雅鲁藏布江缝合带(A. Gansser, 1964)。该缝合带在中国西藏境内长达1700km,宽约10多公里不等,本处所指雅鲁藏布江缝合带包括雅鲁藏布江蛇绿岩、混杂岩带及高压低温变质带,它代表了东特提斯海最终闭合时板块俯冲碰撞时的直接产物,显现了比较典型的缝合带特征。

考察路线所穿越的日喀则蛇绿岩处于雅鲁藏布江蛇绿岩的中段,东西长约170km,最大宽度30km(图3—4),是雅鲁藏布江蛇绿岩发育最好、研究最详细的一段。1980年开始的中法喜马拉雅考察奠定了本区蛇绿岩带研究的基础(王希斌等, 1984; 肖序常, 1984; J. Girardeau et al., 1984; 鲍佩声等, 1985)。雅鲁藏布江蛇绿岩包括了两套洋壳残体,一套形成于早白垩世,以主体为变质橄榄岩的标准蛇绿岩层序为代表;一套以放射虫硅质岩为主,夹千枚岩、变基性火山岩和变辉绿岩(王希斌, 1984),形成于晚侏罗—早白垩世。它可能属于一种

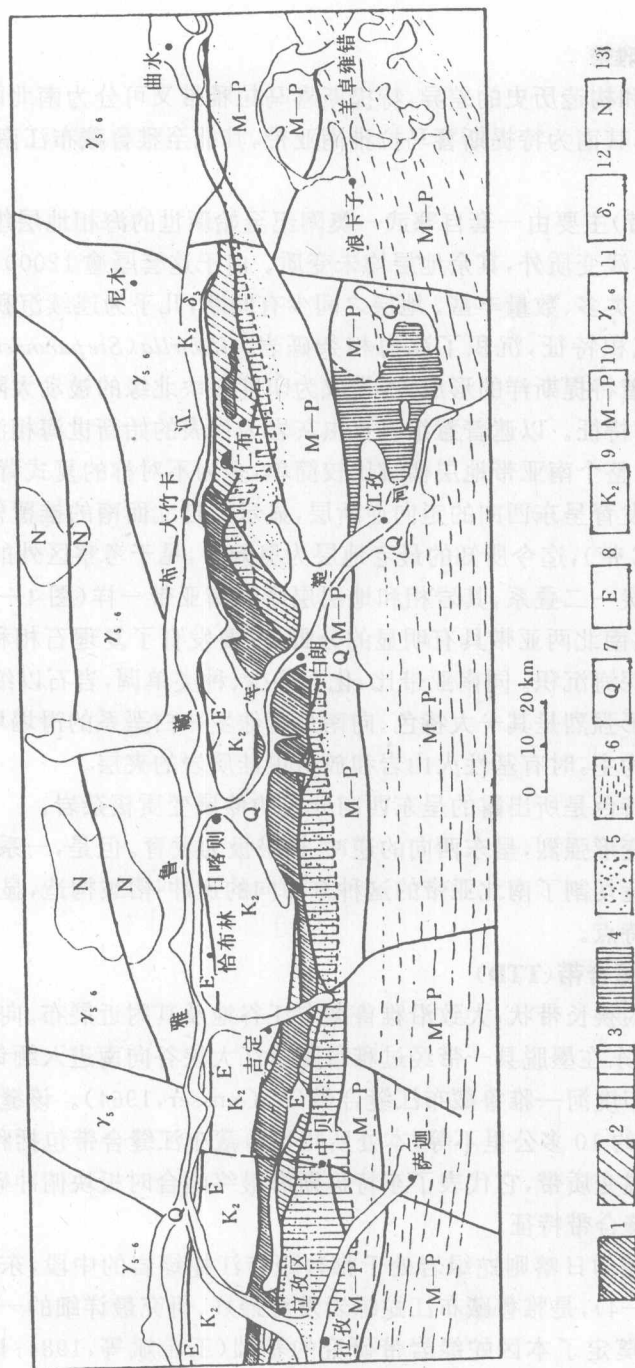


图 3-4 雅鲁藏布江中段地质略图

Fig. 3-4 Geological sketch map of middle area along Yarlung Zangbo River

1—蛇绿岩带; 2—放射虫硅质岩; 3—层状玄武岩; 4—构造混杂堆积岩; 5—蓝片岩带; 6—绿片岩带; 7—第四纪; 8—第三纪砾岩; 9—昂仁组复理石; 10—中生代及古生代地层; 11—燕山-喜马拉雅花岗岩; 12—燕山期闪长岩; 13—火山岩