

DONGKUNLUN ZAOSHANDAI DONGDUAN
HUAGANGYAN YANJIANG HUNHE ZUOYONG

东昆仑 造山带东段 花岗岩岩浆混合作用

刘成东 著



地质出版社

东华理工大学核资源与环境教育部重点实验室

东昆仑造山带东段花岗岩 岩浆混合作用

刘成东 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

横亘于中国西部的东昆仑造山带发育着一条雄伟的花岗岩带。本书以开放体系岩浆作用理论为指导,搭建起该花岗岩带的时空格架、花岗岩岩浆-构造事件序列和构造岩石组合,重点探讨了与岩浆混合作用有关的花岗岩组合系列、形成的构造环境及成因。总结了8种花岗岩中可能的包体类型以及一系列识别花岗岩岩浆混合作用的判据。通过SHRIMP测得了岩浆混合作用发生的时间为240Ma左右,认为岩浆混合作用发生的原因可能是岩浆底侵作用;推算岩浆混合作用的方式为源区先混合,就位过程再混合的复杂形式,并估算了岩浆混合的比例,最后提出了岩浆混合作用的模式。

本书可供从事花岗岩岩石、构造、地球化学、矿产的研究、教学和生产人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

东昆仑造山带东段花岗岩岩浆混合作用 / 刘成东著.

北京:地质出版社,2008.12

ISBN 978-7-116-05912-2

I. 东… II. 刘… III. 昆仑山-花岗岩-岩浆作用-研究 IV. P588.11

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第190308号

责任编辑:李凯明

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324576(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京地质印刷厂

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

印 张:9.75

字 数:230千字

印 数:1—600册

版 次:2008年12月北京第1版·第1次印刷

定 价:30.00元

书 号:ISBN 978-7-116-05912-2

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

花岗岩是地球上特有的岩石，是大陆地壳重要的组成部分，是壳幔相互作用和造山作用的产物，是形成众多矿产的物源和热源，蕴藏着丰富的有关岩浆作用和深部过程的信息。不同地质特征的花岗岩反映不同源区和形成的大地构造环境。花岗岩地质不仅是岩石学本身的问题，它还涉及大地构造、地球演化和成矿作用等众多地质问题，因此，它是地质学研究永恒的课题。花岗岩岩浆事件是造山事件的反映；而岩浆混合作用是造山带岩浆作用的重要形式，是揭示壳幔作用、地壳生长和大陆动力学等重大地学问题的关键。造山带是我国大地构造的基本单元，花岗岩带是造山带的重要组成部分，也是追溯造山过程、特别是壳-幔间、陆壳各圈层间物质与能量再分配过程的地质记录和岩石探针。造山带花岗岩由碰撞前、同碰撞、碰撞后三种基本构造-岩浆类型的花岗岩类岩石组成，它们各具不同的特点对应着造山过程中各种不同的花岗岩岩浆事件，从而可以反演不同的构造碰撞作用及地壳演化过程。造山过程中，由于花岗岩形成的构造环境不同，岩浆作用方式是多种多样的，既有封闭体系的岩浆作用，而更多的可能是在开放体系下进行的。

国际上近代花岗岩成因研究突飞猛进，取得了一系列重要成果。对此，王德滋院士（2002）作了很好的总结，他认为近30年来花岗岩的研究道路上有三个重要的里程碑。第一个里程碑：Chappell和White（1974）针对花岗岩源区性质提出I型与S型花岗岩的划分；第二个里程碑：Pitcher（1979）提出花岗岩的构造环境分类；第三个里程碑：1990年美国大陆动力学计划提出后，将壳幔相互作用引入花岗岩形成机制，即不能脱离地幔来研究花岗岩。可见，花岗岩的研究已从以岩相学为主向着与其形成的大地构造背景相结合的方向转变，并且目前正面临着新的转型——向与地球动力学相结合的方向发展（董申保，2000）。此外，从近年来召开的一些国际大型会议也不难发现这一发展趋势。例如，1989年召开的第28届国际地质大会，将“花岗岩和地球动力学”列为重要议题；1997年在法国召开了“碰撞后岩浆作用”会议；1998年在巴西召开了“花岗岩：地壳演化与相关矿产”会议；1999年在法国召开了“花岗岩与有关岩石学”会议等，都把花岗岩的成因研究与地球动力学密切结合。可见以大陆地壳生长及大陆动力学为基本框架，把区域性花岗岩成因及其形成时的大地构造环境相结合，以探讨壳幔间物质与能量的相互交换，从而了解大陆生长的机理是当前国际花岗岩研究的重要方向。

20 世纪后半叶,国内花岗岩调查研究在岩相学、岩石成因及其与成矿作用关系等方面取得了巨大成就。近年来,紧跟国际花岗岩研究的步伐,花岗岩的研究与同位素地球化学、岩浆动力学、地球物理和板块构造等多学科紧密结合,在探讨花岗岩的成因与地质构造环境关系、壳幔相互作用与大陆地壳生长以及大陆动力学等方面开展了一些探索性的研究工作。目前已经初步建立了我国花岗岩成因类型的时空分布与大地构造环境之间关系的基本框架,研究成果主要表现在以下几个方面:①根据同位素示踪,研究发现在东南沿海和长江中下游地区存在一条壳幔强烈相互作用的侏罗纪-白垩纪花岗岩带,向地球动力学研究方向迈出了坚实的一步(王德滋等,2002;洪大卫等,2002);②通过玄武岩中基性麻粒岩包体的研究,揭示了玄武岩岩浆底侵作用与花岗岩成因的密切联系,在花岗岩岩浆形成条件方面做了探索(徐夕生等,1995,1999);③在秦岭造山带中发现了印支期后造山型环斑花岗岩带(卢欣祥等,1996,1999),具有特殊的构造意义;④沿喜马拉雅山分布的白云母花岗岩和二云母花岗岩被认为是陆内俯冲造山的证据(邓晋福等,1994),探讨了花岗岩成因与地壳构造演化的关系;⑤通过花岗岩中暗色包体的研究,对岩浆混合花岗岩形成过程进行了有益的探讨(王德滋,1992,2002;周新民等,1992;马昌前等,1992;杜杨松,1996,2003;李武显,1999;王涛,2000;莫宣学,2000,2001;古凤宝,2000;罗照华,2002;李昌年,2002;肖庆辉,2003);⑥邓晋福等(1999)采用“事件序列”这一新的思路,认为青藏高原北缘和东缘发育以钾玄岩系列为主的火成岩组合具有顺时针的 PTt 轨迹,而中国东部燕山期造山旋回则具逆时针的特点,在国内研究花岗岩 PTt 轨迹工作方面做了开创性的研究;⑦中国北方兴蒙造山带内的花岗岩普遍具有正 ϵ_{Nd} 值,显示具有地幔来源性质,进而表明显生宙中亚地区发生过大规模的地壳生长(洪大卫等,2000),在探索壳幔作用对地壳生长的贡献方面做出了成绩。所有这些研究,在揭示我国花岗岩成因与大陆地壳生长、壳幔作用机制乃至地球动力学方面都取得了某些重要进展,代表了我国当前花岗岩研究的现状和趋势。

但是,在以往的花岗岩成因研究中,基于封闭体系的同源岩浆演化理论占据了绝对重要的地位,这在单元-超单元填图方法中得到了充分的体现。然而,大量的地质、岩石学和地球化学等证据表明,开放系统下的岩浆混合作用在岩浆作用过程中有时起到不可忽视的作用,尤其在造山带侵入岩的形成过程中可能扮演着非常重要的角色。在俯冲、碰撞过程中,常有新的岩浆由于底侵等作用脉动地注入已存在的岩浆房内,形成混合岩浆。这种混合岩浆再经过各种演化过程,形成多种多样的花岗岩,可能是显生宙以来大陆生长的主要方式。过去对岩浆混合型花岗岩成因机制的研究甚为薄弱,既不了解

其物理化学条件,也不了解其构造条件,更不用说通过其成因机制的研究去认识造山过程中壳幔相互作用,以及岩浆混合花岗岩的形成对地壳结构及其演化的意义,因此,对造山带花岗岩填图方法的选择也缺乏足够的理论依据。

当前,国际花岗岩研究的前沿课题向与地球动力学相结合的方向发展。混合型花岗岩成因机制,例如花岗岩中铁镁质微粒包体的研究则是当今花岗岩成因研究的热点,由于铁镁质微粒包体的成因涉及其寄主花岗岩岩浆的成因机制,进而涉及造山过程中壳幔相互作用及造山带地壳生长等重大地学问题。对于铁镁质微粒包体及其共存花岗岩的详细物质研究可以获得壳、幔物质及能量交换(Didier et al., 1982)、花岗岩形成机制(Didier, 1973; White et al., 1974)、岩浆混合作用动力学(Vernon, 1984)等方面的许多信息。Didier(1973)曾详细地综合了20世纪60年代以来对铁镁质微粒包体的野外宏观认识及当时对铁镁质微粒包体成因的各种假说。经过几十年的研究,地质学家对铁镁质微粒包体的岩相学及地球化学特征方面已经积累了相当丰富的资料,对其成因存有不同的看法,但多数人认为铁镁质微粒包体是岩浆结晶的产物,是基性岩浆与酸性岩浆混合的结果(Vernon, 1984; Reid et al., 1983; Vernon et al., 1988; Barbarin, 1988)。

由于造山带花岗岩的类型和成因复杂、源区多样,因此基于同源岩浆演化理论建立的单元-超单元等级体系不能反映花岗岩体之间的真实的内在联系,需要建立一种新的体系。如果能够通过对一个巨型造山花岗岩带的典型解剖,建立起该区花岗岩的时空格架;同时又能够以造山带花岗岩为岩石探针,追溯造山过程中壳-幔间、陆壳各圈层间物质与能量再分配过程,探讨造山带地壳生长的过程与机制,这必将有助于我国花岗岩地质研究和地质调查水平的整体提高,这是本书依托的中国地质调查局重大基础项目立项的初衷。

本书研究范围是东昆仑造山带东段,意指西起青海省乌图美仁镇,东至鄂拉山,北邻柴达木盆地,南到库赛湖-布青山一线,东西长约500km,南北宽约150km的广大地区。地理坐标:东经 $93^{\circ}30' \sim 99^{\circ}30'$,北纬 $35^{\circ}20' \sim 37^{\circ}00'$ (图0-1)。研究区主要由两条山脉组成,即西部的博卡雷克塔格山脉和东部的布尔汗布达山脉,均呈近东西向延伸。总的地势是西高东低、南高北低,平均海拔在4000 m以上。本区的昆仑山主脊以北切割强烈,地形陡峭、沟谷狭窄,为深切割高山区,因此,各种地质现象一目了然,是一个理想的研究地质作用的地区。昆仑山南坡切割相对较浅,呈现缓丘起伏高山地貌景观。

区内气候恶劣,交通不便,人口稀少,因此地质工作程度相对较低。新

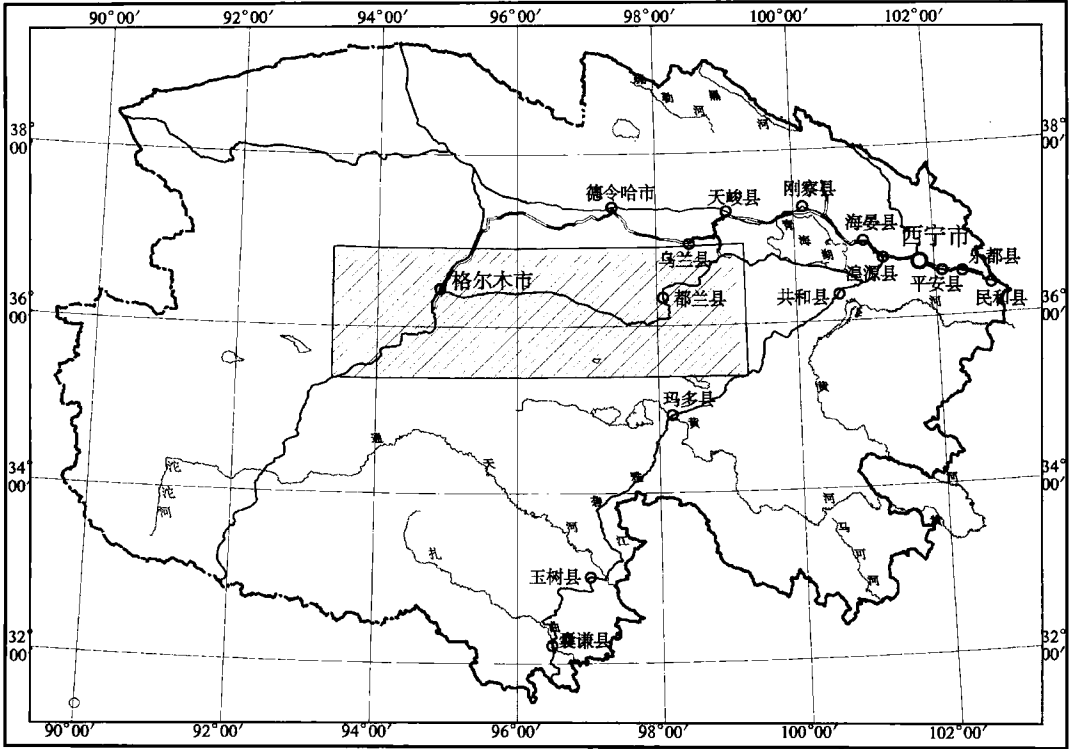


图 0-1 研究区交通位置图
(斜线阴影部分为工作区范围)

中国成立前，虽然进行过一些研究工作，但不系统。大规模的基础地质调查和矿产普查勘探工作始于 20 世纪 50 年代，先后有地质、石油、煤炭、冶金和核工业等部门的地质队伍和科研院所在本区工作过，发现和评价了一批矿床和矿点，做了大量的基础地质调查和专题研究，积累了较为丰富的基础地质资料，为本书的研究打下了坚实的基础。

基础地质调查方面，20 世纪 60 年代开展了 1:20 万区域地质调查，于 1992 年基本完成。80 年代以后选择成矿条件较好的重点区带展开了 1:5 万区域地质调查，有些图幅现在还正在进行工作，到目前为止已经完成了几十个图幅。1997 年在研究区东部的冬给措纳湖幅开始了 1:25 万区域地质调查试点工作，后来中国地质大学（武汉）、天津地质矿产研究所等单位与青海省地质调查院合作又相继开展了阿拉克湖幅和都兰县幅等图幅的 1:25 万区调工作。通过这一系列的地质调查，建立了有关沉积岩区的岩石地层格架及花岗岩等级体制，探讨了区域构造系统，划分了侵入岩期次并发现了一批矿产线索。

多年来，本区也开展了一些专题研究，大多数研究围绕青藏线附近展开。1982 年，姜春发等对昆仑地区的构造演化进行了专题研究，著有《昆仑开合构造》。1990 年，中英青藏高原综合地质科学考察队进行了青藏高原综合地质

考察。1995 年地质矿产部、国家科委国际合作司及法国宇宙科学院组织了“东昆仑及邻区岩石圈缩短机制研究”。1993 年青海省区调队进行了“青海省东昆仑山北坡中-酸性侵入岩及成矿作用研究”。王泽九等 (1995) 进行了格尔木-额济纳旗地学断面 (GET) 多学科综合调查研究。1997 年地质矿产部中法地质与地球物理科考队进行了“东昆仑-唐古拉地区地壳演化、深部构造及大陆动力学”研究 (许志琴等, 1997)。1998 年中国地质大学 (北京) 莫宣学等进行了“东昆仑中段成矿地质背景与找矿方向的框架研究”。中国地质科学院张德全等于 1995 和 2000 年分别做了“柴达木盆地南北缘成矿地质环境及找矿远景研究”和“东昆仑地区综合找矿预测与突破”等研究 (张德全, 2002)。这些研究使该区研究程度有了明显提高, 同时也为本研究提供了详实的基础资料和背景。

东昆仑造山带中分布着一条巨大的近东西向展布的花岗岩带, 为我们研究花岗岩地质提供了得天独厚的条件。因此, 本书以中国地质调查局重大基础研究项目“中国花岗岩的重大地质问题” (编号 200113900018) 第六课题“东昆仑造山带岩浆混合花岗岩及其填图方法”为依托, 对本区重要的岩浆作用方式——岩浆混合作用进行深入细致的研究, 以期对本区花岗岩的成因和陆壳生长方式有更深入和全面的认识。

研究工作始终得到导师莫宣学教授的悉心指导, 喻学惠教授、罗照华教授和毕先梅教授也给予作者很多指导和帮助。在野外工作中得到了青海省地矿局、青海省地质调查院、天津地质矿产研究所、中国地质大学 (武汉) 和中国科学院等单位的大力支持和帮助, 他们提供了许多宝贵的资料和成果以及野外保障。在分析测试过程中得到了中国科学院地质与地球物理研究所, 中国地质科学院地质研究所、矿床研究所和国家地质实验测试中心以及北京离子探针中心, 湖北省地质实验研究所武汉综合岩矿测试中心, 河北省地质矿产局廊坊物探实验室, 中国地质大学 (北京) 地质实验中心, 东华理工大学核资源与环境工程技术中心等单位的大力支持和协助。此外, 中国地质科学院的肖庆辉研究员、洪大卫研究员, 青海省地质调查院的张雪亭副院长、刘永安主任、贾春兴高级工程师、徐尚礼高级工程师, 北京离子探针中心的刘敦一教授、周剑雄研究员、简平研究员, 天津地质矿产研究所的辛后田、张文秦研究员, 还有马昌前教授、王涛研究员、卢欣祥研究员, 以及苏尚国老师、邓晋福教授、赵海玲教授、李胜荣教授、田成老师、赵志丹老师、梁良教授和美国路易斯安那州立大学谢小刚博士等给予了多方面的指导和帮助, 在此一并向他们表示衷心的感谢。

衷心感谢东华理工大学领导和地球科学与测绘工程学院以及核资源与环境教育部重点实验室老师们的支持与帮助。

董国臣、刘云华、廖忠礼、周肃、邱瑞照、狄永军、谌宏伟、李述为、赵欣、王亮亮、柯珊、刘翠、郭福生、张守鹏、孙景民、王喜成、史长义、周国华、李凯明、陈振宇等同仁，以及李剑、张祥信、张永旺、章卫星、蒙毅、刘夏等同学在我的工作中给予了热心的帮助，在此向他们表示诚挚的谢忱！还要感谢王勇、曾普胜、董方浏等博士的指导和多方面的照顾，感谢妻子陈燕萍多年来对研究工作的鼓励与支持。感谢何国锦和王宾海等同学在图件清绘方面给予的帮助。

水平有限，不妥之处，敬请指正。

目 次

前 言

第一章 区域地质背景	(1)
第一节 构造	(1)
一、大地构造分区	(1)
二、主要构造单元的基本特征	(2)
三、断裂带(缝合带)构造性质	(4)
第二节 地 层	(8)
一、昆北构造带	(9)
二、昆南构造带	(10)
三、巴颜喀拉单元	(11)
第三节 岩浆岩	(12)
第二章 东昆仑造山带花岗岩时空分布特征	(14)
第一节 花岗岩的同位素年代学特征	(14)
一、同位素测年结果分析	(14)
二、同位素年龄资料的统计	(28)
第二节 花岗岩的空间分布特征	(34)
一、总体分布特征	(34)
二、前寒武纪花岗岩类分布特征	(35)
三、加里东旋回花岗岩分布特征	(37)
四、晚华力西-印支旋回侵入岩分布特征	(37)
五、燕山旋回花岗岩分布特征	(37)
第三章 东昆仑造山带东段晚华力西-印支旋回花岗岩特征及成因	(39)
第一节 地质特征	(39)
第二节 岩相学特征	(40)
一、石英闪长岩	(40)
二、花岗闪长岩	(41)
三、二长花岗岩	(41)
四、正长花岗岩	(42)
五、碱长花岗岩	(42)

六、二云母花岗岩	(43)
七、角闪辉长岩	(43)
第三节 矿物学特征	(43)
一、斜长石	(43)
二、钾长石	(49)
三、角闪石	(49)
四、黑云母	(51)
第四节 岩石地球化学特征	(55)
一、常量元素地球化学特征	(55)
二、稀土元素地球化学特征	(65)
三、微量元素地球化学特征	(66)
第五节 花岗岩形成环境和成因探讨	(71)
一、Maniar 和 Piccoli 五组图解	(71)
二、Batchelo R. A. 和 Bowden 的 $R_1 - R_2$ 图解	(76)
三、Pearce 构造环境判别图解	(76)
第四章 东昆仑造山带花岗岩岩浆混合作用的证据	(78)
第一节 花岗岩中的包体	(78)
一、简要历史回顾	(78)
二、花岗岩中包体	(79)
第二节 岩浆混合作用的宏观表象及成因信息	(82)
一、包体的形态和大小	(83)
二、包体的分布	(83)
第三节 岩浆混合作用的微观表象及成因信息	(84)
一、包体的成分和类型	(84)
二、结构构造	(84)
三、包体的矿物学特征	(87)
第四节 岩浆混合作用的岩石地球化学证据	(90)
一、常量元素	(90)
二、稀土元素	(97)
三、微量元素	(103)
第五章 东昆仑造山带花岗岩浆事件及岩浆混合作用机制探讨	(107)
第一节 构造 - 岩浆事件及其演化	(107)
一、前寒武纪变质基底的性质	(107)
二、晋宁旋回的构造 - 岩浆事件及其演化	(107)
三、加里东旋回构造 - 岩浆事件及其演化	(108)
四、晚华力西 - 印支旋回构造 - 岩浆事件及其演化	(111)

五、燕山旋回构造 - 岩浆事件探讨	(113)
第二节 岩浆混合作用的 SHRIMP 年代学约束	(114)
一、样品描述	(114)
二、分析方法	(115)
三、分析结果	(116)
第三节 岩浆混合作用的同位素地球化学约束	(119)
一、Nd、Sr 同位素地球化学特征	(119)
二、Pb、O 同位素地球化学特征	(121)
第四节 岩浆混合作用机制探讨	(122)
一、底侵作用是岩浆混合作用的直接原因	(122)
二、岩浆混合作用机理探讨	(125)
第六章 结 论	(134)
参考文献	(137)

第一章 区域地质背景

本章主要收集、整理、归纳前人成果和资料，从区域构造、不同构造单元地层分布和岩浆岩特征等几个方面阐述本区的地质构造背景，为后面开展花岗岩的研究打下基础。

第一节 构造

一、大地构造分区

东昆仑造山带位于青藏高原的北部，是中国南、北两大陆块的结合部位（王鸿祯等，1983；姜春发等，1992），具有非常重要的构造意义，因此，其大地构造区划引起了国内外许多学者的极大关注。不同学者根据不同的构造演化观，从不同侧面对东昆仑地区构造单元进行了系统划分（表1-1）。本书根据沉积建造、岩浆活动和变质作用等特征，将东昆仑地区划分为前寒武纪、寒武纪-中泥盆世、晚泥盆世-晚三叠世、早侏罗世-现在等时段，对应于四个大的地质构造演化旋回（莫宣学等，1998，2004）。根据本区上述构造旋回特征，采用莫宣学等人的构造分区方案（图1-1），即以昆中缝合带和昆南缝合带为界，将东昆仑造山带分为昆北构造带、昆南构造带，其北为柴达木地块，南为巴颜喀拉地

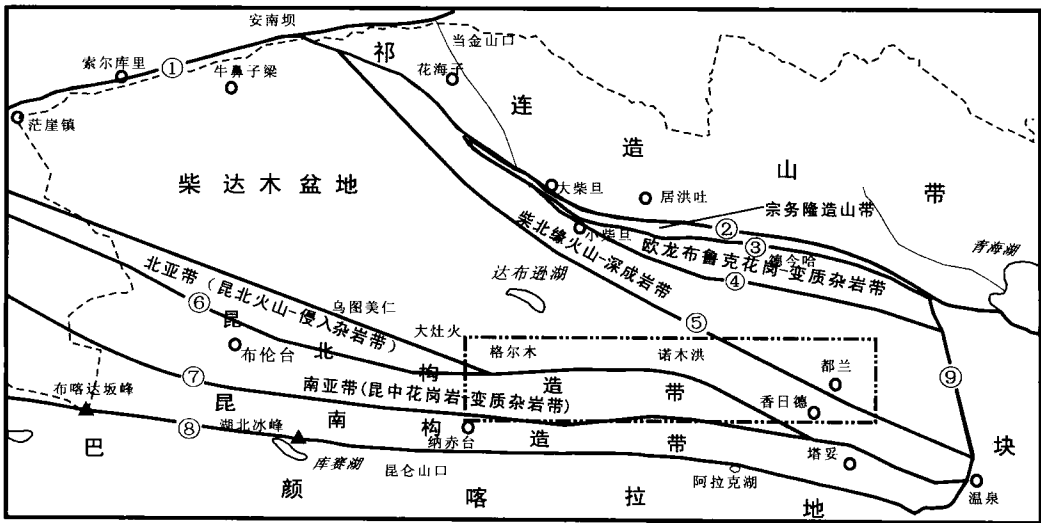


图 1-1 青海省东昆仑地区构造分区示意图（方框为工作区范围）

（据莫宣学等，1998，略作修改）

- ①阿尔金断裂；②宗务隆-青海南山断裂带；③宗务隆山南缘断裂带；④鱼卡-乌兰断裂带；⑤柴北缘断裂带；⑥昆北断裂带；⑦昆中缝合带；⑧昆南缝合带；⑨哇洪山-温泉断裂

块，昆北构造带又进一步划分为南亚带（昆中花岗岩－变质杂岩带）和北亚带（昆北火山－侵入杂岩带）。大致以乌图美仁一线为界，又可将东昆仑造山带划分为东西两段（莫宣学等，2004）。本书把东段作为主要研究区。

表 1-1 东昆仑造山带不同的构造单元划分方案

青海省区域地质志 (1991)		姜春发等 (1992)	古风宝 (1994)	潘桂棠等 (1995)	青海地科所 (1996)		许志琴等 (1996)	青海省地质调查院 (2002)	莫宣学等 (1998)
柴达木准地台	东昆仑北坡断隆	东昆仑中带 (东昆仑中间隆起带)	昆北花岗岩浆弧带	东昆仑花岗岩带	塔柴板块	柴南缘火山岩岩浆弧带	昆北地体	东昆北单元	昆北构造带
	昆中断裂	东昆中断裂带	昆中双型俯冲带	东昆仑中南缘消减杂岩带	华南—东南亚板块	缝合带	昆中缝合带	北部构造混杂岩亚带	昆中缝合带
	柴达木南缘台褶带	东昆仑南带	昆南混杂堆积带			东昆仑陆缘隆起带	昆南地体	东昆南复合混杂岩带 南部构造混杂岩亚带	昆南构造带
松潘甘孜印支褶皱带	阿尼玛卿优地槽带	东昆南离合带	阿尼玛卿推覆带	阿尼玛卿蛇绿岩带		A 型俯冲带	昆南缝合带		昆南缝合带
	北巴颜喀拉冒地槽带	可可西里－巴额喀拉印支期地槽褶皱系	北巴额喀拉早－中三叠世褶皱带	巴额喀拉洋		可可西里－巴额喀拉弧后盆地	巴额喀拉地体	巴额喀拉单元	巴颜喀拉地块

(据表头所列文献资料整理而成)

二、主要构造单元的基本特征

以昆中缝合带为界将东昆仑造山带分为昆北构造带和昆南构造带；昆南构造带以南为巴颜喀拉地块，其界线为昆南缝合带。各主要构造单元的基本地质特征简述如下：

(一) 昆北构造带

昆北构造带以昆北断裂带为界，又分为昆北北亚带（昆北火山－侵入杂岩带）和昆北南亚带（昆中花岗岩－变质杂岩带）两个次一级构造单元，这相当于通常所称的昆北构造带和昆中构造带。

1. 昆北火山－侵入杂岩带

昆北火山－侵入杂岩带位于昆北断裂带北区，北与柴达木盆地相接，南与昆中花岗岩－变质杂岩带毗邻。根据张德全等（2002）的研究，东部地区受早中生代强烈岩浆活动影响，该带与柴北带没有截然的界线，因为该带与柴北带有类似的构造演化过程，都是加里东褶皱带和晚华力西－印支构造－岩浆活化带。该构造带基底为古元古界和中元古界

(下节有较详细阐述), 呈裂解残块出露于祁漫塔格中部, 与昆中带相应地层一致。早古生代, 在前寒武纪结晶基底上发生强烈的拉伸作用, 形成了较厚的以奥陶系为主的(铁石达斯群)一套碎屑岩、碳酸盐岩夹较厚的基性火山岩, 构成一个被夹持于柴达木古陆和昆中微陆块之间的裂陷槽。这些火山-沉积岩为优地槽型沉积-火山建造, 一般受绿片岩相变质。泥盆系与石炭系为地台型海相、海陆交互相沉积, 岩性为碎屑岩、碳酸盐岩夹陆相火山碎屑岩, 厚度较小, 一般没有经受变质作用, 与下古生界及前寒武系为不整合接触。早中生代, 区内大面积分布晚三叠世的陆相火山岩系, 在东部的鄂拉山地区尤为发育。

区内发育加里东和晚华力西-印支两期主要的侵入岩, 包括辉长岩-闪长岩-花岗闪长岩-二长花岗岩构造组合。加里东期岩体出露较少, 晚华力西-印支期岩体出露较多。西部见有晚加里东期右行逆冲剪切带, 可能提供了昆北裂陷槽在志留纪向北俯冲闭合的信息。从都兰二云母花岗岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 416Ma (本书, 见第三章), 也得到证实。本区晚华力西-印支旋回广泛发育构造-岩浆事件, 火山活动强烈, 同时发育相应的侵入岩。岩石系列不仅有钙碱性系列的岩石组合, 而且也发现有钾玄岩系列的火山岩和侵入岩组合。

上述地层、构造和岩浆活动特征表明, 该构造带经历了加里东和晚华力西-印支两期复合造山过程。晚奥陶世裂解形成裂陷槽, 构成区域上北祁连-东昆仑多岛洋的一部分; 晚志留世俯冲碰撞, 纳入本区加里东造山系, 并成为中央造山带西部早期演化的组成部分。晚古生代-早中生代, 古特提斯洋的向北俯冲, 导致昆北构造带的活化和复合造山作用。

2. 昆中花岗岩-变质杂岩带

该构造带相当于前人所称的东昆仑中间隆起(黄汲清, 1979)、东昆仑北坡断隆(青海省地矿局, 1991)、东昆仑中带(姜春发等, 1992)、东昆仑中部断隆(张以弗等, 1997), 北界为昆北断裂带, 南界为昆中断裂, 是夹持于昆北裂陷槽和昆南洋之间的一个微陆块, 以大面积分布前寒武纪基底变质岩系和各时代侵入杂岩为特征。古元古界金水口群广泛分布, 是一套中、高级变质岩系, 以发育大量强烈变形的变质基性火山岩(斜长角闪岩)、陆源碎屑岩(片麻岩类)和镁质碳酸盐岩为特征, 厚度逾万米, 断续出露延绵上千公里, 以金水口地区 and 天台山地区变质最深, 偶见麻粒岩包体。近年有一些学者提出存在太古宇的可能性, 可惜尚未获得确凿的同位素资料证据。区内局部地区见有长城系小庙组或蓟县系冰沟组, 同时发育晚泥盆世磨拉石建造和陆相火山岩系以及石炭纪海相地台型火山-沉积岩系。

该带内岩浆侵入活动极为强烈, 从前寒武纪至燕山期均有发生, 具有多旋回的特点, 且以晚华力西-印支旋回岩浆活动最为重要, 带内许多曾经划归华力西期的侵入岩通过近年的工作已经被证明为加里东期或印支期岩浆活动的产物。岩性上从超基性到酸性岩都广泛发育, 以花岗闪长岩、二长花岗岩最为发育, 分布面积最大, 其次是正长花岗岩和碱长花岗岩, 也见有少量的辉长岩、闪长岩以及超基性岩等。

(二) 昆南构造带

昆南构造带相当于前人所称的布尔汗布达山优地槽褶皱系(黄汲清, 1979)、柴达木

南缘台褶皱带（青海省地矿局，1991）、东昆仑南带（姜春发等，1992）、昆南断裂造山带（张以弗等，1997）。该带被昆中断裂带与昆南断裂带所夹持，西被阿龙断裂斜截，东抵秦祁昆岔口西界的哇洪山－温泉断裂，东西长约1500km，南北宽约60km。

昆南构造带是东昆仑地区的主地槽褶皱带（张德全等，2002），优地槽延续时间长、多旋回构造运动特点明显，是早古生代洋（可能起始于新元古代晚期）和加里东造山带；又是晚古生代－早中生代活动陆缘。沿昆南构造带自东部的上龙岗到西部的纳赤台断续出露有元古宙结晶基底（苦海群），与昆中构造带内的金水口群同为活动性海相泥砂质岩－中基性火山岩－富镁碳酸盐岩建造，证明它是在柴达木地块陆壳基底上形成的造山带。区内广泛出露代表大陆裂谷沉积的古生代地层——万宝沟群与纳赤台群，岩性以碎屑岩、碳酸盐岩及基性火山岩系为主，沿昆中断裂的南侧断续分布，为活动型浅－半深海相碎屑岩－基性火山岩－镁质碳酸盐岩组合，普遍经受绿片岩相的变质作用。该套沉积建造中发现有拉斑玄武岩，而且局部地段发育双峰式火山岩，显示具有洋脊或岛弧火山岩特征，为昆南洋火山岩记录。

该带主要有加里东和晚华力西－印支两期构造岩浆事件，构成了所谓的“昆仑岩浆弧”（伊安，2001）。昆南晚加里东花岗岩的确认，证明昆南加里东洋盆在晚加里东时期已经完全闭合。昆南构造带的南部发育一套石炭－二叠纪的浅海相沉积物，此时其南侧有晚古生代阿尼玛卿洋，因此东昆仑南部在这一时期浅特提斯海与阿尼玛卿洋并存。晚二叠－早中三叠世前陆盆地沉积岩系沿昆南断裂北侧的零星分布以及广泛分布的晚华力西－印支旋回花岗岩，揭示此时昆南构造带处于活动大陆边缘。晚三叠世的磨拉石建造和八宝山组火山岩的出现，标志着造山带进入陆内造山阶段。

总之，昆南构造带在新元古代末－早古生代裂解成洋，晚古生代向北与昆中微板块碰撞拼合，成为加里东造山带；自石炭纪开始，南侧的古特提斯洋打开，昆南带的南部成为特提斯海的一部分，南侧的阿尼玛卿洋于晚二叠－中三叠世时期向北俯冲－碰撞，则昆南及其以北地区成为晚华力西－印支期活动陆缘。

（三）巴颜喀拉地块

该带的全称应为“可可西里－巴颜喀拉造山带”，位于昆南断裂以南，是广阔的可可西里－巴颜喀拉活动性三叠纪沉积盆地的北缘。该区以巨厚的三叠纪浅海－半深海相泥砂质复理石沉积为特色，三统齐全，自下而上砂岩、板岩和砂岩的韵律组合反映了由进至退的海水进退规律，该套地层是东昆仑南缘陆缘堆积产物，被逆冲作用强烈变形，且达到低绿片岩相变质程度，是南北大陆碰撞、北特提斯洋完全退出后的记录。岩浆活动由印支期花岗闪长岩、正长花岗岩和新第三纪陆相火山岩组成，侵入岩主要为板内花岗岩，呈岩株产出，第三纪火山为中心式喷发，是典型的板内岩浆作用。

三、断裂带（缝合带）构造性质

（一）昆北断裂带

该断裂带西起祁漫塔格，向东经狼牙山、格尔木南、香日德，交于柴北缘断裂东南

端, 总体呈近东西向展布, 长约 700km, 为昆北构造带北亚带与南亚带的分界线, 将昆北带分为南北两部分。该断裂多呈隐伏状态出现, 在东经 $90^{\circ}30'$ 以西地表标志明显, 以东多被柴达木盆地覆盖, 断裂带两侧地貌反差大, 山岳与盆地对峙, 重力梯度及磁异常反应明显, 界线比较平直, 并发育残山。早更新世以来, 南侧剧烈抬升, 并向北逆冲于柴达木盆地之上。近年来罗照华等在祁漫塔格一带的野外考察没有发现前人认为的蛇绿岩, 所谓的滩间山群在这里主要为一套火山碎屑岩和碳酸盐台地沉积, 难以将其视为板块缝合边界。同时, 在新近的 1:25 万填图过程中, 断裂南北均发现有深变质岩系, 祁漫塔格北坡还发现了较为发育的岛弧型火山岩。这说明, 原来定义的昆北断裂或者在东昆仑西部应沿着祁漫塔格北坡延伸, 或者没有划分二级构造区的意义。但是, 沿着那棱郭勒河谷展布有三叠纪鄂拉山组火山岩及新生代巨厚沉积, 表明该断裂带确有较强的活动性, 三叠纪火山岩在断裂以南很少出露, 证实断裂两侧的地质历史确有一定差异, 因此可作为次级分区界线的依据 (罗照华, 2004)。

(二) 昆中断裂带

昆中断裂带是一条非常重要的构造分界线, 曾经是缝合带, 为昆北构造带和昆南构造带的分界线。该带沿东昆仑山主脊分布, 西起博卡雷克塔格, 向东经大干沟、清水泉、青根河至鄂拉山, 被鄂拉山断裂截断, 是一条比较明显的地质分界线。这条界线在地球物理资料模拟图上线状形迹极为醒目 (图 1-2), 地貌上形成一条宽 500 ~ 1000m 的天然走廊。地球物理资料表明, 该带是一条巨型断裂构造带, 布格重力异常表现为清晰的重力梯级带 (图 1-3), 北部为近东西方向展布的大梯度正异常; 南侧为大面积分布的低缓异常, 两侧重力异常值相差在 $60 \times 10^{-5} \sim 80 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 之间。由此推测北面上地壳厚 30km, 下地壳厚 20 ~ 25km, 地壳厚度平均值 55km, 南面上、下地壳厚 33 ~ 35km, 地壳厚度平均值 66km, 地壳厚度在昆中断裂带呈现落差 10km 的斜台阶 (张德全等, 2001)。断裂以南主要出露晚古生代 - 中生代地层, 以北则大面积出露前寒武纪变质岩系。

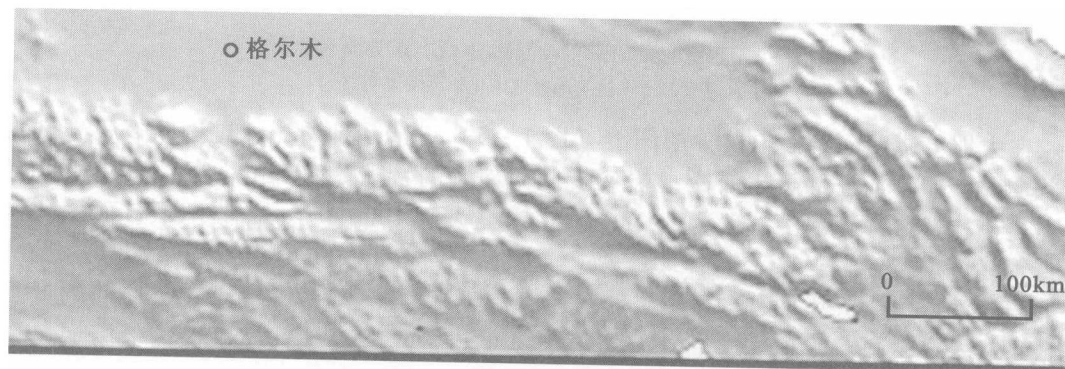


图 1-2 东昆仑造山带地球物理资料地形模拟图
(据张德全等, 2000)

昆中断裂带在航磁图上表现为条带状、串珠状、线状强异常带 (图 1-4), 从航磁 ΔT 化上延 10km、30km、60km 异常等值线图中可以清楚地看到昆中断裂通过处存在明显的异常和磁力梯级带。