

西藏冈底斯中段措勤地区 中生代构造岩浆演化

XIZANG GANGDISI ZHONGDUAN
CUOQINDIQU ZHONGXINSHENGDAI GOUZAO YANJIANG YANHUA

江元生 顾雪祥 勾永东 谢云喜 徐天德 著



电子科技大学出版社

西藏冈底斯中段措勤地区中新生代 构造岩浆演化

江元生 顾雪祥 勾永东 谢云喜 徐天德 著

电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

西藏冈底斯中段措勤地区中生代构造岩浆演化 / 江元生等著. —成都: 电子科技大学出版社, 2007. 11
ISBN 978-7-81114-688-2

I. 西… II. 江… III. ①中生代—岩浆发育—研究—西藏②新生代—岩浆发育—研究—西藏 IV. P588.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 185108 号

内 容 提 要

本书以新一轮 1:25 万区域地质调查和江元生博士论文的研究成果为基础, 结合地球物理、岩石化学、地球化学、沉积作用、变质作用、构造演化和成矿作用的研究成果, 对冈底斯中段的构造岩浆演化作了较系统的总结。

本书全面阐述了冈底斯构造带措勤地区中生代岩浆活动特征, 首次将冈底斯构造带措勤地区中生代岩浆岩划分为三种类型: 俯冲型、碰撞型、隆升型, 这对深化冈底斯构造带构造岩浆演化研究, 特别是对构造岩浆时空组合研究和青藏高原隆升机制的研究, 具有十分重要的意义。

本书可供从事区域地质调查、矿产勘查人员, 大专院校师生及从事青藏高原地学研究的人员参考。

西藏冈底斯中段措勤地区中生代构造岩浆演化

江元生 顾雪祥 勾永东 谢云喜 徐天德 著

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 周 岚

责任编辑: 周 岚

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都金龙印务有限责任公司

成品尺寸: 210mm×285mm 印张 12.75 彩色插页 4 字数 356 千字

版 次: 2007 年 11 月第一版

印 次: 2007 年 11 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-688-2

定 价: 48.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购部电话: 028-83208003
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 研究现状及存在问题	2
1.2 研究思路、研究内容	6
第 2 章 地质背景	8
2.1 大地构造背景及单元划分	8
2.2 区域地层概况	9
2.3 区域构造基本特征	11
2.3.1 岷千日白垩纪残余海盆	12
2.3.2 阿索构造混杂岩带	12
2.3.3 它日错—文部燕山期岩浆弧带	14
2.3.4 措勤—邦多中生代复合弧后盆地	14
2.3.5 江让—格尔耿断隆	16
2.3.6 冈底斯—查孜喜马拉雅期岩浆弧带	19
2.3.7 日喀则—安巴弧前盆地	21
2.4 地球物理场及深部构造特征	22
2.4.1 区域地球物理特征	22
2.4.2 地球物理场及深部构造	24
第 3 章 冈底斯中段措勤地区中生代侵入岩	28
3.1 基性—超基性岩	28
3.1.1 阿索蛇绿混杂岩带	28
3.2 花岗岩	45
3.2.1 白垩纪花岗岩	46
3.2.2 古近纪花岗岩（隆升型花岗岩组合）	85
3.3 脉 岩	95
3.3.1 脉岩基本特征	95
3.3.2 脉岩岩石化学、地球化学特征	98
3.3.3 岩脉的侵位时间及期次	100
第 4 章 冈底斯中段措勤地区中生代火山岩	101
4.1 燕山晚期火山岩	103
4.1.1 地质特征	103
4.1.2 主要岩石类型及岩石学特征	103
4.1.3 岩性、岩相时空变化特征	105

4.1.4	火山喷发韵律、旋回及喷发环境	105
4.1.5	岩石化学特征	106
4.1.6	稀土元素特征	110
4.1.7	微量元素特征	111
4.2	古近纪火山岩	116
4.2.1	产出特征	116
4.2.2	岩石学特征	117
4.2.3	岩石化学特征	118
4.2.4	稀土元素特征	121
4.2.5	微量元素特征	125
4.2.6	火山岩重砂矿物特征	130
4.2.7	火山喷发韵律、旋回划分	133
4.2.8	火山岩相类型及主要特征	134
4.2.9	火山相序及火山堆积域	139
4.3	新近纪火山岩	141
4.3.1	地质特征	141
4.3.2	主要岩石类型及岩石学特征	142
4.3.3	矿物学特征	143
4.3.4	火山喷发韵律、旋回及喷发环境	144
4.3.5	岩石化学特征	145
4.3.6	稀土元素特征	145
4.3.7	微量元素特征	149
4.4	第四纪火山岩	149
4.4.1	产出特征	151
4.4.2	岩石学特征	151
4.4.3	岩石化学特征	151
4.4.4	稀土元素特征	152
4.4.5	微量元素	152
第5章 冈底斯中段措勤地区中生代岩浆岩成因分析及构造环境探讨		154
5.1	花岗岩成因分析	154
5.1.1	花岗岩的就位机制分析	154
5.1.2	花岗岩构造环境分析	158
5.1.3	岩体形成深度与剥蚀程度	161
5.2	火山岩成因分析	163
5.2.1	岩浆的形成	163
5.2.2	火山岩形成的温压条件	164
5.2.3	火山岩构造环境分析	165
5.3	岩浆岩构造组合分析	167
5.3.1	燕山早期岩浆岩构造组合	168
5.3.2	燕山晚期岩浆岩构造组合	169
5.3.3	喜马拉雅早期岩浆岩构造组合	171

5.3.4 喜马拉雅中晚期岩浆岩构造组合	172
5.4 岩浆作用及其地球动力学机制分析	173
5.4.1 燕山期岩浆作用及地球动力学	173
5.4.2 喜马拉雅早期岩浆作用及地球动力学	176
5.4.3 喜马拉雅中晚期岩浆作用及地球动力学	177
第 6 章 冈底斯中段措勤地区中新世构造岩浆演化	179
6.1 花岗岩时空演化	179
6.1.1 时间演化规律	179
6.1.2 空间演化规律	180
6.2 火山岩的时空演化	182
6.2.1 林子宗群火山岩的时空演化规律	183
6.2.2 则弄群火山岩的时空演化规律	184
参考文献	185
图版及说明	195

第1章 绪 论

长期以来,青藏高原特提斯构造域被地学界公认为产生地学新理论的摇篮。研究区是令地学界瞩目的冈底斯岩浆带,即通常所称的冈底斯陆块。这里记录了大量古特提斯至新特提斯构造演化的各种事件,是国内外地学界长期关注的焦点。青藏高原是研究岩石圈形成演化过程和动力学的理想区域,被誉为“打开地球动力学大门的金钥匙”,一直为国内外地质工作者所瞩目(潘桂棠等,1988年,1990年)。高原隆起成为地球的第三极,对全球气候环境有着重大的影响,成为各国众多大地测量、地理、地质、地球物理等地学科学家竞相探索的对象。其自然环境和生态系统演变在全球占有特殊的地位,是全球环境变化敏感实验室。特别是自20世纪60年代板块构造学说兴起以来,这里更被视为研究大陆构造及大陆动力学的理想场所,从而再一次掀起“青藏高原研究热”(潘桂棠等,1990年;李廷栋等,1995年)。从资源、环境和人口角度看,青藏高原是我国主要大江大河和一些重要国际河流的发源地,被誉为“中华水塔”,也是国家经济建设的资源保障基地和国际地缘政治的战略制高点。它的隆起是地球历史上最重大的地质事件之一,是地球科学研究圣殿。

青藏高原岩浆活动强烈,岩浆作用伴随着大陆碰撞及高原隆升的全过程。各时代的岩浆活动与青藏高原的发展紧密联系。这些高温熔体以及它的地球化学特征又直接反映了岩石圈的物质组成和发生在深部的地质作用。因此,对岩浆岩和岩浆作用的研究可能是将高原隆升历史和对应的深部过程联系进来的重要纽带(莫宣学,2000年;邓万明,1999年)。尽管沉积学、古生物学研究结果揭示了大量反映特提斯洋演化的重要信息!然而令人遗憾的是,人们对赋存于冈底斯岩浆带中的岩浆活动记录缺乏足够的重视和系统的研究,更没有从构造岩浆的时空构架和岩浆热扰动的配置关系上来探究岩浆构造演化与成矿的关系。研究工作显得极为薄弱。

冈底斯构造—岩浆岩带是高原内中生代岩浆活动最强烈的地区,无论火山岩还是花岗岩类岩石都十分发育,构成了一个巨大的花岗岩—火山岩带,为成矿作用提供了十分有利的条件。中酸性侵入岩出露面积达6.8万平方千米,为燕山期—喜马拉雅期产物,它又可以分为4个阶段,主要集中在130~40Ma。火山岩以钙碱性系列中酸性火山岩为主,有3个喷发高峰期,其中,65~45Ma的晚白垩—早第三纪火山岩最发育,其次为晚侏罗世—早白垩世和晚第三纪火山岩,其出露面积略超过中酸性侵入岩的面积。岩浆活动主要集中在早白垩世(130~100Ma)和早第三纪(65~45Ma),这两个时期岩浆岩面积占冈底斯岩浆岩总面积的66.1%。中酸性侵入活动有随时间自两侧向中心迁移的趋势。有关冈底斯花岗岩和火山岩的研究已经积累了大量资料(如:涂光炽,1981年,1982年;周云生等,1981年;Debon等,1981年,1986年;金成伟等,1978年,1982年,1984年,1985年,1990年;刘国惠等,1990年;郭铁鹰等,1991年;许荣华等,1992年;江万等,1999年),这些资料极大地丰富了对这一地区地质演化的认识。加之近年来大规模的区域地质调查研究、矿产资源潜力评价和配套科研攻关,使本区构造岩浆演化的研究上了一个较高平台。

迄今为止,人们普遍接受的观点是,古特提斯洋的打开、俯冲、关闭和碰撞,是制约冈底斯岩浆带形成与成矿的动力机制。然而,随着早二叠世和第四纪火山岩的新发现与研究,以及白垩纪、古近纪火山岩相序和沉积体系的研究,侵入岩多期次扰动侵位,南北向地堑的较广泛发育,暗示该地区的构造演化并不简单,预示着冈底斯带岩浆演化的时空构架十分复杂,冈底斯岩浆带



的演化亟待进一步研究。

因此,从岩浆岩角度研究冈底斯岩浆带的演化,具有十分重要的科学意义。鉴于此,本书以中国地质调查局青藏高原地质研究项目《1:25万措勤区幅区域地质调查》(编号:20001300009261)及其所属课题《冈底斯构造—岩浆带综合研究》(编号:200113900069-5)为依托,通过对冈底斯岩浆带中段岩浆岩构造演化与成矿的综合研究,总结了该区不同类型、不同时代岩浆岩的主要特征与成因,查明了构造体制、岩浆岩类型、成因,探讨岩浆—构造—深部过程的互馈关系,重塑了古大地构造格局。

1.1 研究现状及存在问题

20世纪60年代前,研究区地质调查工作基本上是一片空白。20世纪60年代初,西藏地质局藏北队在小杰马湖做了硼矿点检查;20世纪80年代初,开展了1:100万区调;20世纪90年代末开展了1:50万化探工作。20世纪80年代以来,虽先后展开了一些科研攻关项目,但这些工作绝大部分集中在研究区的周边。进入21世纪,冈底斯中段的研究被纳入整个青藏高原的系统研究之中,在中国地质调查局的统一部署下,全面开展了1:25万区域地质调查、矿产资源潜力评价和与之相关的科研综合研究工作,使冈底斯构造岩浆演化与成矿的研究进入了前所未有的高潮。

回顾冈底斯的研究历史,我们可以清楚看到众多研究单位和个人从来就把冈底斯构造岩浆演化及其成矿研究与青藏高原及邻区的整体研究联系在一起。100多年来,冈底斯构造岩浆演化与成矿的研究大体上可以分为:初始阶段(19世纪末~20世纪中叶)、原始资料的逐步积累阶段(20世纪中叶~20世纪90年代)、大发展阶段(20世纪90年代~20世纪末)和深入调查阶段(21世纪以来)4个阶段。

1. 初始阶段(19世纪末~20世纪中叶)

由于众所周知的原因,该阶段中国学者很少涉猎冈底斯构造岩浆演化与成矿研究,对青藏高原的研究,主要集中在外国学者。1899~1908年间,Seven Hedin曾三次进入西藏地区,在东经 $85^{\circ}\sim 90^{\circ}30'$ 、北纬 $35^{\circ}\sim 36^{\circ}31'$ 范围内发现有新生代火山岩分布,并将其命名为凝灰岩,后经Backstrom(1900年)鉴定为紫苏安山岩。20世纪30年代,E.Norin等曾涉足这一地区,他对该区的新生代火山高地、平台山、圆锥状山等火山地貌进行了考察和描述。到20世纪50年代末,中国科学院的一些研究者在其路线地质调查中,发现了玉门岩区红柳峡、旱峡新生代玄武岩、粗玄岩。1954年,苏联学者B.M.Синицын在其论著中转述了1951年5月27日昆仑山地区第四纪火山重新喷发的有关情况。1955年,苏联学者Г.М.Гапеева曾对波格丹诺维奇在这个地区所采产状不同的三处岩石标本做了介绍。

2. 原始资料逐步积累阶段(20世纪中叶~20世纪90年代)

随着新中国的成立,尤其是到了20世纪70年代以后,以中国地质学家为主的科研队伍,对青藏高原及邻区开展了大规模的地质调查,积累了丰富的新生代火山岩的原始资料。

邓万明(1978年)在1976年青藏地质考察的基础上,讨论了藏北第四纪火山岩的岩石学和地球化学特征。吴向农等(1984年)描述了唐古拉山地区晚第三纪火山岩的岩石类型、火山构造及火山活动的控制因素,认为唐古拉山晚第三纪到第四纪陆相火山活动与南北向的深部构造同高

原隆升引起表层张裂的叠加有关。1980~1993年,邓万明对藏北新生代火山岩进行了更加深入的地质考察和理论研究,探讨了西藏岩浆活动、变质作用及其与高原隆升的关系,在此基础上提出了青藏北缘的陆内俯冲模式。在1987年和1989年,腾志宏、刘嘉麒对新疆普鲁火山岩及其时代归属问题提出了各自的证据和看法,并展开了讨论。同时,其他学者如常承法(1982年)、佟伟等(1981年)、张青松(1983年)、罗中舒(1979年,1982年)、Pearce和Jun等(1988年),在他们的有关论著中也曾涉及或部分涉及青藏高原的新生代火山作用以及陆内俯冲机制。李才等(1989年)对青藏高原北部新生代火山岩岩石化学特征及其构造意义进行了探讨。

与此同时,由中国地质工作者完成的西藏1:100万地质图及其邻区的1:20万区域地质调查以及中英、中法、中日等国际合作项目中,发表了大量科技论文(Bhat, 1984年; Acharyya, 1990年; Austin等, 1990年; Baksi等, 1987年; Garzanti和Haver, 1988年; Garzanti和Tintori, 1990年; Brook, 1993年; Gaetani和Garzanti, 1991年; Garzanti, 1993年; Honegger等, 1982年; Honegger等, 1989年; Liu Guang hua¹, 1992年; Papritz和Rey, 1989年; Roberts和Searle, 1990年; Royden等, 1980年; Sakaik, 1983年; Rad等, 1989年; Wakhloo, 1872年; Girardeau等, 1985年; Adachi等, 1986年; Tapponnier等, 1986年; Taira等, 1983年; Bassoullet和Colchen, 1970年; Bhat, 1984年; Sakai, 1983年; Vallier, 1974年; 潘桂棠等, 1984年; 王乃文, 1983年; 王希斌, 1987年; 夏代祥, 1983年; 余光明, 1986年; 黄汲青, 陈炳蔚, 1987年; 周祥等, 1988年; 白海生, 1989年; 邓万明, 1984年, 1989年),较系统地总结了冈底斯岩浆带的形成演化及隆升过程。

3. 大发展阶段(20世纪90年代~20世纪末)

20世纪90年代以后,随着研究的深入和资料的不断积累、分析技术的改进和新技术的使用以及高精度数据的获取,青藏高原及邻区新生代火山岩研究取得了重要进展,引起了国际地学界的广泛关注。

肖序常(1990年)对青藏高原岩石圈进行了研究,认为各地体的结晶基底沉积盖层有明显差异,青藏高原莫霍面是不连续的,在几个主要断裂带都有5~8km的错断。

潘桂棠等(1990年)、M.Gaetani和E.Gaetani(1991年)对冈底斯构造岩浆演化与成矿研究做了较为全面的论述,认为青藏高原新生代时期由于三大地体的陆内汇聚作用而使高原强烈隆起并在各地体内部或边缘发生了大规模的火山喷溢。

Turner等(1993年)通过对火山岩的分析,提出青藏高原隆升的最小年龄为13Ma。

中国石油天然气集团公司组织一批专家对青藏羌塘地区的火成岩进行综合研究后认为,该区火山岩形成于大陆板内拉张环境,其原始岩浆来源于富集地幔并混入较多地壳物质的壳幔混合型。

赖绍聪(1996年)对青藏高原北部新生代火山岩及其构造背景进行了研究,认为可可西里及西秦岭新生代火山岩具有板内玄武岩的特点,玉门碱玄岩与西秦岭岩区火山岩类似。

喻学惠等(1996年)对甘肃礼县西秦岭岩区的新生代火山岩进行了论述。发现本区火山岩主要来源于亏损的软流圈,且未受到陆壳混染,认为软流圈对火山岩的起源和成因具有重要贡献,火山岩的地球化学特征指示源区包含了古老大陆下被交代的岩石圈地幔信息。

Turner等(1996年)对青藏高原碰撞后的钾玄岩火山作用进行了研究。发现高原南部火山作用开始于16~20Ma,大约终止于10Ma;以辉石—斜长石—斑状橄榄玄武岩为主,并伴有英安岩和流纹岩。认为源区经历了一个多阶段富集历史,并在古老的消减期,发生了交代作用。

Yang Jingsui等(1997年)按时空顺序将青藏高原新生代火山岩分为4个带,岩石组合多数属于钾玄岩—粗面岩组合,部分属超钾质岩。认为开始于古新世的火山活动,大多数源于下地壳,



少量源于富集地幔,认为火山活动受切穿下地壳甚至到达地幔的深位断裂约束,提出高原内部及边缘火山岩的成因机制并不仅限于板块俯冲和碰撞。

王方正等(1997年)对西藏羌塘地区的第三系火山岩进行了研究,发现西藏羌塘地区火山岩属于钾玄岩组合,具非常典型的幔源和壳源岩浆混合成因。

邓万明等(1998年)和 Garzanti 等(1999年)从 Sr、Nd 和 Pb 同位素组成特征的角度,对藏北新生代火山岩进行了分析。发现它们至少存在三种不同类型的源区:软流圈地幔、EMII 型富集地幔、伴生的少量酸性熔岩则可能是陆壳重溶的产物。认为各岩浆源随着时代的变新有向上迁移的现象。提出藏北新生代火山岩是新生代以来青藏高原岩石圈的缩短、加厚及快速拆沉等岩石圈构造演化的必然结果,也是深部地质作用的反映,可能具有板内地幔柱、板内初始裂谷、板内俯冲等多种成因模式。1999年,他对青海囊谦盆地新生代火山岩研究后发现,该区火山活动处于碰撞后构造环境,受岩石圈剧烈增厚和强烈的陆内剪切—走滑断裂带的控制,并提出脉动式的岩浆侵入和喷发是高原阶段性隆升的示踪剂。后来,他还提出该区的钾质火山岩浆形成于 50~80km 深处的富集交代地幔(邓万明等,2001年)。

刘嘉麒(1999年)对青藏高原及周边地区新生代火山岩进行简要总结后认为,青藏高原及周边地区的火山活动不是连续的,而是分期发生的,由此他将青藏高原及周边地区的火山活动分为 4 期。

迟效国等(1999年)对藏北新生代火山作用的时空演化进行了总结,并在此基础上探讨了火山作用与高原隆升之间的关系。

丁林等(1999年)对藏北超钾质及钠质火山岩的岩石学与地球化学特征进行了研究。认为藏北鱼鳞山火山岩的岩浆地幔源区是受到大洋沉积物或大陆地壳物质交代形成的 EMII 型地幔。他们通过对藏北区域新生代火山作用和构造分析,提出青藏高原北部 EMII 型富集地幔的形成与印度地壳的俯冲有关,认为中新世以来,藏北受到东西向的拉张,出现大量超钾质—钾质火山岩,而中新世以前,青藏高原北部主要是由于高原岩石圈及地壳加厚引起的隆升。新一轮的抬升作用主要发生在晚中新世之后,是高原岩石圈底部拆离引起的均衡及热隆升。

赖绍聪(1999年)研究了青藏高原北部玉门及可可西里岩区新生代火山岩形成的温压条件。他推断,青藏高原北部以钾玄岩质岩浆活动为主体的新生代火山岩起源于加厚的陆壳底部或壳幔混合带以及直接来源于软流圈顶部地幔岩的局部熔融。

Miller 等(1999年)研究了西藏西南部碰撞后的钾质和超钾质岩浆作用,认为它们来源于富集 Rb、低 Sm/Nd 比值的岩石圈,并且源区物质经历了多阶段演化。他们提出产生交代岩石圈地幔的部分熔融和碰撞后岩浆作用的原因在于下部岩石圈的对流迁移和板片崩落。

4. 深入调查阶段(21 世纪以来)

在经历了上述发展阶段以后,人们对青藏高原新生代火山岩的分布、形成环境、岩浆源区及其与高原隆升的关系等方面有了比较一致的认识。在此背景下,近年来学者们继续对青藏高原的新生代火山岩进行了更为细致的调查和研究。

赖绍聪(2000年)从岩石大地构造学角度,主要分析讨论了青藏高原北部新生代火山作用的特点,并和南部新生代岩浆作用进行了对比,探讨了青藏高原岩浆作用的成对性及其对高原隆升深部动力学过程的岩石学约束,提出青藏高原是以冈底斯—羌塘造山带为核心,通过三次造山幕事件而形成的高原隆升新模式。

李光明(2000年)研究了羌塘地区的新生代火山岩,认为其岩性和地球化学特征与青藏高原

北部可可西里及中昆仑的新生代火山岩完全可以对比,并将该区火山活动划分为时代分属始新世—渐新世的4个喷发阶段。提出羌塘地区火山岩的形成与新生代以来高原深部岩石圈的演化密切相关,可能与青藏高原隆升早期阶段的陆内俯冲有联系。

谭富文等(2000年)认为羌塘腹地新生代火山岩产于青藏高原地壳向北减薄、地壳泊松比值向北发生异常增高的过渡地区,形成于大陆碰撞造山后的拉张环境,为壳源岩浆和幔源岩浆的混合产物。提出藏北高原的隆升与岩石圈地幔的拆离、地壳拉伸减薄及火山活动密切相关,推测藏北高原的主要隆升起始期为40Ma左右。

刘焱等(2001年)对藏北新生代火山岩进行了总结,认为自始新世(45Ma)印度板块和欧亚板块碰撞以来,在空间上藏北新生代火山岩自南向北随时间早晚依次形成了羌塘、可可西里和喀喇昆仑—玉门3个火山岩带。

赵志丹等(2001年)研究了西藏中部乌郁盆地的第三纪火山岩,认为乌郁盆地火山岩是雅鲁藏布江蛇绿洋壳参与的冈底斯带地壳基底岩石部分熔融的结果,提出新特提斯洋壳向北俯冲到了冈底斯带下部,并通过新第三纪岩浆作用发生了再循环的新认识。

赖绍聪等(2001年)研究了北羌塘新第三纪的高钾钙碱性火山岩,发现它们属于典型的壳源岩浆系列,是加厚陆壳基底脱水熔融的产物,认为羌塘地区在新第三纪板块碰撞的构造背景下,陆壳已经被加厚并形成了一个榴辉岩质的下地壳类型。

邓万明(2001年)研究了西羌塘第三纪的钠质基性火山岩,认为富钠基性火山岩反映了岩石圈深部地质过程的不同特征,富钠熔岩为陆下软流圈原始地幔部分熔融,提出它可能与板内地幔热柱活动有关的新认识。

另外,在中国地质调查局实施的新一轮国土资源大调查中,发现了许多新的新生代火山岩点。如最近成都理工大学在冈底斯扎布耶茶卡东岸发现了一套较大规模的安山质火山熔岩,从结构构造与新鲜程度看,其时代应该比较年轻(可能晚于新第三纪乌郁群,赵志丹等,2001年),四川省地质调查院区调所在仲巴县发现第四纪高钾玄武(江元生等,2003年)。这些岩石对于研究冈底斯带中西部的碰撞后火山作用和岩石圈结构将有重要的意义。

除上述对青藏地区本土的研究工作外,许多学者还对其邻区(如云南腾冲、青海玉门等)的新生代火山岩进行了研究,取得了许多新的认识。

综观前人的研究成果,主要存在以下问题:

(1)研究工作主要集中在冈底斯构造岩浆带的东部和西部,冈底斯构造岩浆带中段仅在公路边作了点和线的研究,得出的结论有一定的局限性。

(2)没有把侵入岩、火山岩、构造演化进行配套研究,往往仅就某一方面研究较深,而缺乏对整个地质事件的系统把握。

(3)没有进行系统的区域地质填图,未能对岩浆岩进行详细解体,未系统确定各岩浆事件的发生时间及与构造事件的关系。

(4)没有详细调查矿化、蚀变与各岩石体和构造的关系。

鉴于此,为阐述近年来在青藏高原及邻区新生代火山岩的岩石学、岩石化学、同位素地质学、微量元素地球化学、年代学及火山岩岩石系列等方面取得的新成果,探讨冈底斯中段构造岩浆演化与成矿的关系,讨论它们在壳幔循环和高原隆升中的意义,作者以时空演化为主线,对冈底斯中段构造岩浆演化与成矿这一核心问题进行了系统的分析和总结。



1.2 研究思路、研究内容

1. 研究思路

以大陆动力学、岩石大地构造学、岩浆动力学、非线性理论和系统论等先进理论为科学指导,针对冈底斯岩浆带岩浆岩研究中存在的问题与不足,采取侵入岩与地球动力学紧密关联的研究途径,以构造—岩浆事件的内在联系为纲,将侵入岩作为造山带岩石圈地球动力学作用和演化的重要探针,纳入造山带统一的地球动力场中加以研究。以冈底斯岩浆带中段地区不同时代(晚古生代以来)的中基性、中酸性火山岩、侵入岩和脉岩为对象,通过同位素年代学分析,结合沉积学、古生物学研究成果,查明冈底斯岩浆带中段自晚古生代以来的大地构造属性,建立冈底斯岩浆带中段特提斯洋演化的时空坐标,总结特提斯陆缘火山弧的活动规律,揭示特提斯洋演化过程。研究的主要内容如下:综合采用岩石学、地球化学、构造地质学、地质年代学和岩浆动力学等方法,在对不同时代岩浆岩和相关岩石的面上调查基础上,在冈底斯带选择关键地区进行侵位序次、岩体侵位样式、岩石学—地球化学特征、岩浆来源与形成物化条件、与区域构造发展和深部过程的关系及构造岩石组合的重点深入剖析。总结该区不同类型、不同时代岩浆岩的主要特征与成因,探讨构造体制、成因的制约,追溯陆壳生长、陆壳物质再循环及壳幔相互作用的动力学机制与过程。

本研究将与冈底斯带 1:25 万区域地质调查项目合作,在填图的基础上,对区内跨冈底斯的重要地质问题开展综合研究,采取以岩石学、岩石地球化学及构造地质学研究为主,地质与地球物理相结合的多学科交叉的技术路线;针对性地开展精细的野外调查研究工作,把查清野外地质关系,收集扎实可靠的第一性资料放在首位;在室内注意有效地运用各种现代分析测试手段,获得高质量的元素和同位素数据、定年数据和热年代学数据;运用“岩石探针”的理论与方法,注意深入提取深部作用过程的信息,把青藏高原冈底斯花岗岩、火山岩的研究作为揭示洋壳俯冲消减结束和对接碰撞等不同演化阶段高原演化信息的重要手段和方法。

2. 研究内容

(1) 火山岩方面

① 全面调查冈底斯岩浆带中段火山岩的分布、延伸及其与上下层位的接触关系,系统采集火山岩样品,并编制晚古生代以来的火山岩分布图。

② 对典型剖面进行观测和采样,研究火山活动前后沉积环境的变化,精测措勤县江让基性火山岩剖面(P_1)、措勤县则弄群火山岩剖面(J_3-K_1)、措勤县石巴罗林子宗群火山岩剖面(K_2-E_2)、仲巴县白朗林子宗群火山岩剖面(K_2-E_2)、仲巴县贡木淌第四系火山岩剖面、措勤县中卢古林子宗群火山岩剖面(K_2-E_2)、措勤县麦朵乡昌务场沉积岩剖面(C_1-P_3)。

③ 对重点层位、时代火山岩样品进行地球化学分析,同时以 Sm-Nd 法定年为主,辅以锆石 U-Pb 法、长石 Ar-Ar 法等年代学方法进行配套分析,研究火山活动的构造背景、形成时代及其构造演化历程,并与整个冈底斯火山活动进行时空对比。

④ 收集东西向次火山岩岩墙样品,进行地球化学、同位素年代学配套分析,研究其构造背景

及在冈底斯构造演化中的意义,并讨论东西向岩墙与中基性火山活动的关系。

⑤ 根据中基性火山岩和东西向岩墙同位素年代学测试结果,结合沉积学(火山岩的赋存状况、上下层位的沉积层序、火山活动前后的沉积环境)和沉积地球化学(适量火山活动前后沉积岩样品的分析)研究成果以及古生物特征,从沉积学、沉积地球化学和古生物特征上论证冈底斯的大地构造属性,总结该陆缘构造演化的时空活动规律。

(2) 侵入岩方面

① 调查研究冈底斯中段花岗岩的岩石学、矿物学及地球化学特征,查明花岗岩的岩石类型及其时空分布规律,对花岗岩不同成因类型野外识别标志、岩石组合判别和地球化学对比的指标进行探讨。同时以锆石 U-Pb 法、Ar-Ar 法为主,辅以 K-Ar 法、Rb-Sr 法等年代学方法,精确研究侵入岩的热扰动构造事件和序列。

② 探索不同类型花岗岩类的成因机制,包括源岩物质组成及时代、岩浆起源和上升定位过程中的演化机制及物理化学条件、岩浆源区热构造状态及其与深部地质作用特别是壳幔相互作用的动力学关系。

③ 与区内正在进行的相关区调项目结合,调查研究青藏高原南部不同类型花岗岩岩体构造及其与区内造山带、区域断裂构造带、缝合带等的成生关系。

④ 探索不同时代、不同类型花岗岩的构造环境,包括源岩物质组成及时代、岩浆演化过程的物理化学条件、岩浆源区热构造状态及其与深部地质作用特别是壳—幔相互作用的关系。

⑤ 探讨青藏高原南部过铝花岗岩岩浆作用对青藏高原隆升的地球动力学信息。

⑥ 在上述研究成果基础上,结合区域构造研究成果及地球物理探测成果,探讨不同类型、不同时代花岗岩形成的大地构造背景、构造体制,反演不同类型花岗岩在青藏高原构造演化过程的作用。

⑦ 为改进和完善花岗岩(壳源花岗岩)的填图方法提供一定的理论与实践依据。



第2章 地质背景

2.1 大地构造背景及单元划分

冈底斯构造带是青藏高原在特提斯演化和陆内汇聚作用中形成的巨型碰撞造山带，在大地构造上，它夹于班公湖—怒江和雅鲁藏布江两条巨型板块结合带之间，经历了古特提斯演化阶段以来的特提斯演化的全过程，具有十分复杂的地质结构和构造演化历史（图 2-1）。

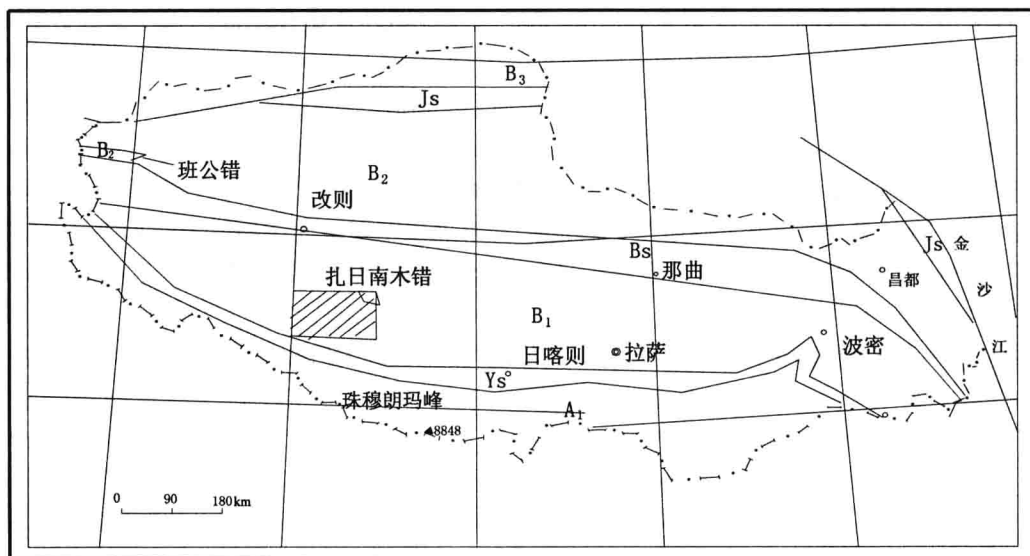


图 2-1 研究区大地构造位置图（据西藏地质志，1993 年）

A₁—喜马拉雅板块 Ys—雅鲁藏布江结合带 B₁—冈底斯—念青唐古拉板片 Bs—班公湖—怒江缝合带
B₂—羌唐—三江复合板片 Js—金沙江缝合带 B₃—南昆仑—巴颜喀拉板片

研究区位于令人瞩目的冈底斯岩浆带中段。长期以来，大地构造划分一直是地学界争论的焦点。20 世纪六七十年代，李四光以地质力学观点将研究区归属青、藏、滇、缅歹字型构造的头部；黄及清以槽台学观点将其划归冈底斯—念青唐古拉优地槽。20 世纪 70 年代末，板块构造引入我国后，许多地质学家从板块构造学角度，重新审视研究区的大地构造问题。1:100 万日喀则、亚东幅区域地质调查报告（1984 年）认为，研究区西南角属雅鲁藏布江缝合带范畴，其余部分为冈底斯陆块。之后有：冈底斯念青唐古拉板片（西藏地质志，1993 年）；拉萨地体（孙鸿烈等，1998 年）；冈底斯地体（吴切建等，1989 年）；华夏古陆群（潘桂棠等，1999 年）。纵观研究区大地构造的研究史，在众多学说中，板块学说明显占据统治地位，概括起来主要有三种观点：（1）雅鲁藏布江是冈瓦纳大陆和欧亚大陆的碰撞缝合带，冈底斯陆块属于欧亚大陆的一部分，内含暖水动物群；（2）冈瓦纳大陆的北界应是班公湖—东巧—怒江缝合带，其依据是在雅鲁藏布江以北，发现冈瓦纳大陆特有的漂砾层和冷水动物群；（3）特提斯洋并不像西方学者所认识的那样，在冈瓦

纳大陆和欧亚大陆之间, 包含有一个由众多微小陆块组合而成的复合大陆(潘桂棠、罗建宁, 1991年, 1999年; 任纪舜, 1993年), 即华夏古陆群。此古陆群主要由华北、华南、扬子、塔里木、冈底斯、羌塘—昌都、中咱等陆块组成, 这些陆块共同发育华夏植物群。它们是由冈瓦纳大陆北缘和欧亚大陆南缘裂解出来的微陆块, 这些陆块之间时连时裂, 镶嵌在特提斯洋中, 使其演化增添了复杂的色彩。

各种学派观点是在周边的区域地质调查及科考路线成果的基础上提出的。根据三年来的区域地质研究成果和冈底斯构造带中沉积盆地、火山—岩浆弧和结合带三大造山带系统的发育特点, 结合深部地球物理提供的相关信息分析, 从北而南可以将其划分为以下7个次级构造单元: 即峨千日白垩纪残余海盆、阿索构造混杂岩带、它日错—文部燕山期岩浆弧带、措勤—邦多中生代复合弧后盆地、江让—格尔耿断隆、冈底斯—查孜喜马拉雅期岩浆弧带、日喀则—安巴弧前盆地(图2-2)。

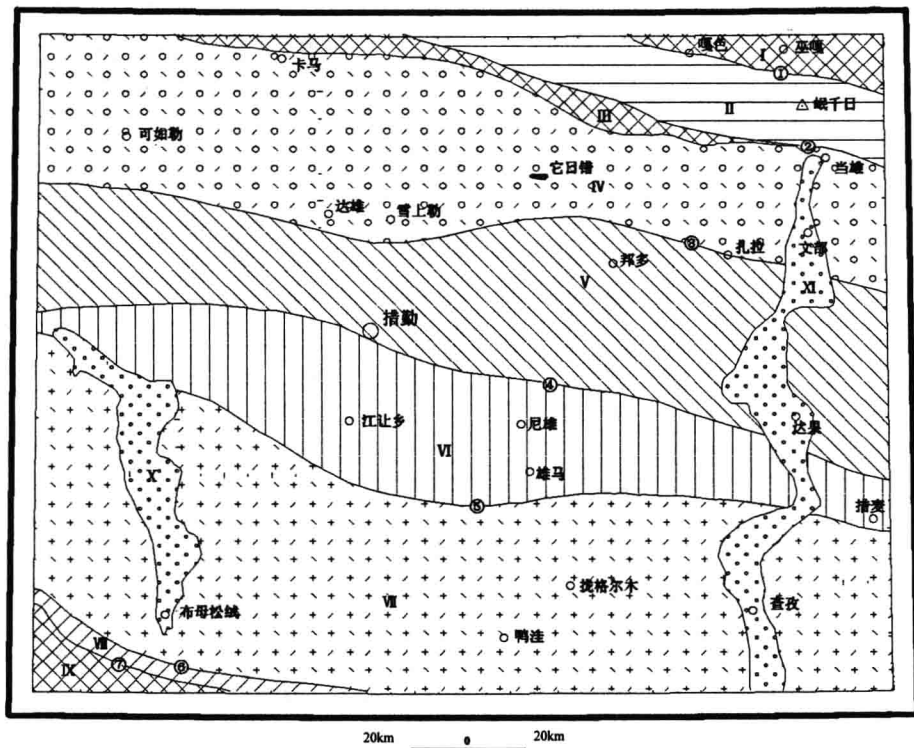


图2-2 研究区构造单元划分图

- ①—嘎色断裂 ②—拉纳断裂 ③—扎拉断裂 ④—隆格尔—纳错—仲沙断裂 ⑤—察仓—德米断裂 ⑥—安巴断裂 ⑦—多俄—罗布松多韧性断裂带
- II. 峨千日白垩纪残余海盆 IV. 它日错—文部燕山期岩浆弧带 V. 措勤—邦多中生代复合弧后盆地
- VI. 江让—格尔耿断隆 VII. 日喀则—安巴弧前盆地 X. XI. 第四纪断陷盆地
- I. 班公湖—怒江缝合带 III. 阿索构造混杂岩带 XII. 冈底斯—查孜晚喜马拉雅期岩浆弧带
- IX. 雅鲁藏布江缝合带

2.2 区域地层概况

调查区位处冈底斯山脉中段, 北界为雅鲁藏布江缝合带, 南界为班公湖—怒江缝合带。地层区划为冈底斯—腾冲地层区, 可进一步划分为: 隆格尔—南木林地层分区、班戈八宿分区和日喀则分区3个分区。出露最老地层为石炭系, 之上发育有二叠系、侏罗—白垩系、白垩系、古近系、



新近系等，其间缺失三叠系（表 2-1）。

上古生界为较单一的灰色复陆屑建造和复理石建造，中上部出现少量台地型碳酸盐建造；古生物化石虽较丰富，但连续性较差；构造变形较为强烈，但变质程度轻微（低绿片岩相），总体构成断片式构造格局；中生代（晚侏罗世）及其以后，研究区以大量发育岛弧型火山岩及与之相关的中酸性侵入岩为重要特征，构造背景趋于复杂化，这种复杂化导致了不同区块的地层发育、建造序列和后期改造等多方面的显著差异，由此构成了现今地质构造景观和地层区划的基本局面。第四系主要沿河湖和山麓地带成片成带分布，成因类型以湖积为主，冲积、冰碛次之，再次为洪积、坡积和化学堆积，堆积地貌以阶状为主，少数为堤状和扇状。

表 2-1 研究区地层划分

地层区划		冈底斯—腾冲地层区		
年代地层		班戈—八宿分区	隆格尔—南木林分区	日喀则分区
		湖积、洪冲积、冰碛等	湖积、洪冲积、冰碛等	
新生界	第四系		贡木淌火山岩 Qh ^{gs}	
			格马砾岩 Qp ^{3gcs}	
			拉弄组 Qp ^{2l}	
	新近系	喷呐湖组 N _{1-2s}	安巴安山岩 N ^{an}	
		鱼鳞山组 N _{1y}	大竹卡组 E ₃ N _{1d}	
	古近系	丁青湖组 E _{2-3d}	日贡拉组 E _{3r}	
			林子宗群	
			帕那组 E _{2p}	
			年波组 E _{2n}	
中生界	白垩系	竞柱山组 K _{2j}	帕达那组 K _{2p}	
		郎山组 K _{1l}	昂仁组 K _{1-2a}	日喀则群 K _{1-2R}
		多尼组 K _{1d}		
		则弄群 K _{1Z}	则弄群 K _{1Z}	
古生界	二叠系	敌布错组 P _{3d}	敌布错组 P _{3d}	
		下拉组 P _{2x}	下拉组 P _{2x}	
		昂杰组 P _{1a}	昂杰组 P _{1a}	
	石炭系	拉嘎组 C _{2l}	拉嘎组 C _{2l}	
		永珠组 C _{1y}	永珠组 C _{1y}	

2.3 区域构造基本特征

波澜壮阔的特提斯构造演化对冈底斯碰撞造山带的形成具有深远的影响,特别是新生代以来受高原内部强烈的陆内汇聚和高原隆升作用的影响,使区内构造更加复杂化。冈底斯构造带的大地构造基本特征可以概括为:

① 冈底斯构造带是东特提斯构造域地区具有独特演化历史的一个多岛弧碰撞造山带,它的形成经历了晚古生代—中生代的特提斯多岛弧—盆系构造演化和新生代的陆内汇聚两个构造发展阶段。

② 冈底斯构造带内在特提斯多岛弧—盆系演化阶段形成和发育的多条重要的弧—陆、弧—弧碰撞结合带和夹于其间的多个不同时期形成的火山岩浆弧(或陆块)呈条块镶嵌,构成了本区的主导性构造格架。

③ 作为青藏高原的重要组成部分之一,冈底斯构造带自晚古生代以来,经历过三次重大的构造体制转换,即特提斯洋—陆构造体制转换导致了冈底斯多岛弧—盆系的形成(D-T₂)、盆—山构造体制转换导致了碰撞造山带的形成(T₃-K)和强烈陆内汇聚阶段的壳—幔构造体制转换导致了冈底斯山系的崛起(E-Q)。

④ 冈底斯构造带的形成经历了三次重要的构造演化阶段和地球动力学过程。

多岛弧—盆系形成阶段(D-T₂) 冈底斯构造带作为冈瓦纳大陆北部边缘的重要组成部分,在洋—陆构造体制转换的背景下,原始的特提斯大洋岩石圈随着向冈瓦纳大陆北缘不断的俯冲作用,特提斯大洋开始逐渐萎缩,冈底斯构造带转化为活动大陆边缘,于泥盆—三叠纪形成多岛弧—盆系。

盆—山转换和冈底斯碰撞造山带形成阶段(T₃-K) 随着晚三叠世—白垩纪在冈底斯构造带发生广泛而强烈的洋壳消亡和弧后盆地的闭合作用,区内众多弧后盆地或弧后洋盆以多种形式(如俯冲、走滑、沉积充填等)发生消减和闭合,形成弧—弧碰撞或弧—陆碰撞作用,到白垩纪末冈底斯复杂的碰撞造山带初步形成,完成了区内盆—山构造体制的转换。

陆内汇聚和冈底斯山系的崛起阶段(E-Q) 随着印度陆块沿雅鲁藏布江板块结合带在白垩纪末期(约65Ma)与欧亚大陆的碰撞作用,新特提斯洋盆在青藏地区最后消亡。到始新世中晚期,雅鲁藏布江和藏南喜马拉雅地区结束了最后的海相沉积(约45Ma)。据最近徐钰林(2000年)报道,在藏南喜马拉雅构造带中的定日盆地早第三纪遮普惹组上页岩段地层中,通过对钙质超微化石的研究,确定其最高的海相层位可达38Ma。随后,冈底斯构造带随整个青藏高原一起转入强烈的陆内汇聚作用时期。经多阶段的陆内汇聚和陆内俯冲作用,青藏高原地壳发生大幅度缩短和增厚,冈底斯山系不断崛起。在汇聚作用和重力均衡的共同作用下,壳幔物质间再次发生大规模的物质运移和交换,在地表层次上表现为大规模的逆冲、拆离和伸展构造的发育,在深部层次上表现为壳—幔转换作用,即岩石圈的拆沉作用(Denamination),导致了整个青藏高原在晚新生代发生多次大规模的隆升作用,形成了目前具有世界第三极之称的青藏高原。

冈底斯中段大地构造演化先后经历了新特提斯洋的多次开合过程和青藏高原的整体隆升。漫长的地史演化铸就了一幅生动复杂的地质图案。冈底斯构造带从北至南由岷千日白垩纪残余海盆、阿索构造混杂岩带、它日错—文部燕山期岩浆弧带、措勤—邦多中生代复合弧后盆地、江让—格尔歇断隆、冈底斯—查孜喜马拉雅期岩浆弧带、日喀则—安巴弧前盆地7个二级构造单元构成。二级构造单元间均为韧—脆性断裂带分隔。