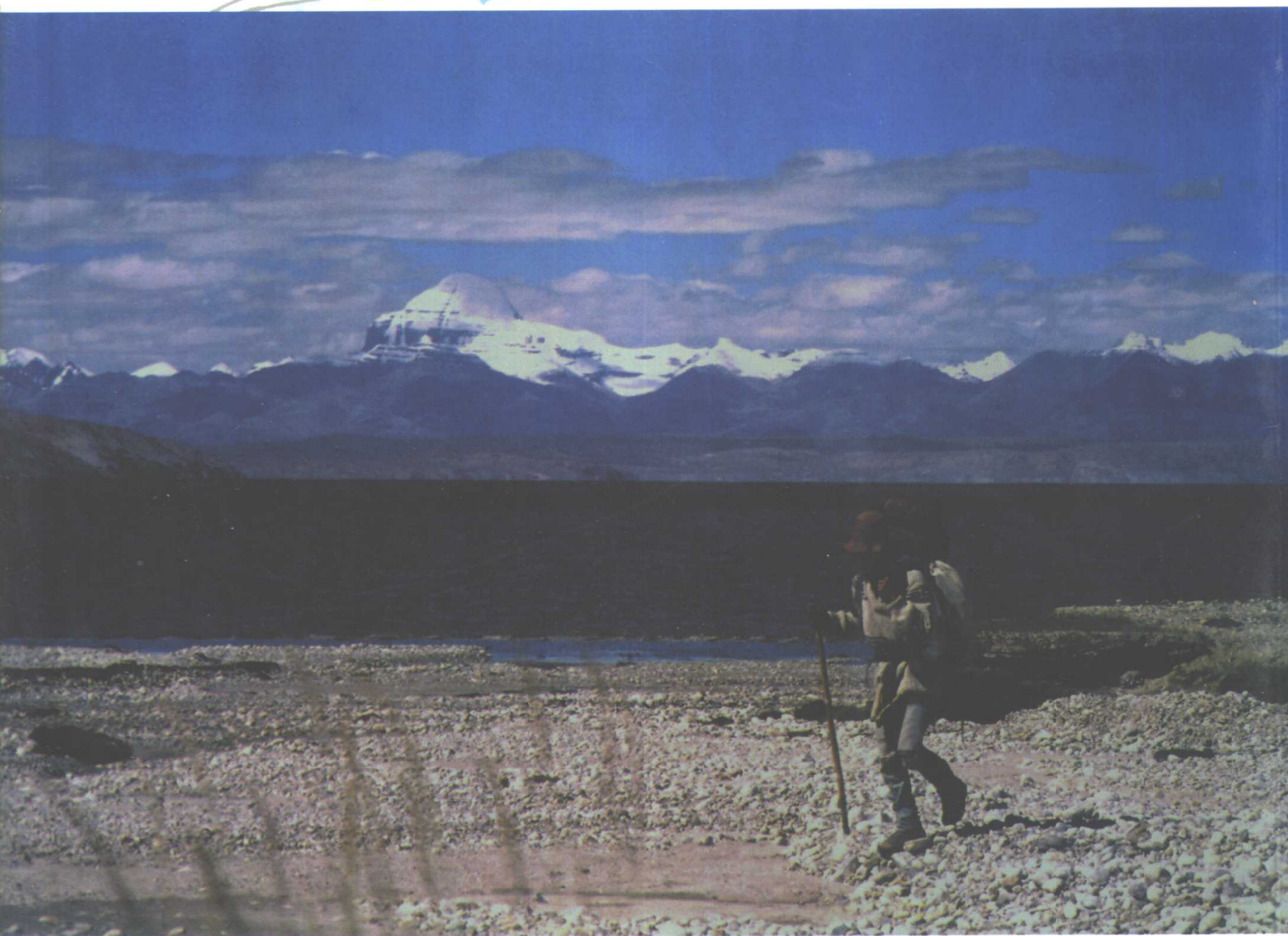


青藏高原地质研究系列丛书（三）

西藏羌塘盆地地质演化 与油气远景评价

王成善 伊海生 等著



地质出版社

中国书画函授大学肇庆分校建校二十周年纪念册

中国书画函授大学肇庆分校建校二十周年纪念册

与肇庆同呼吸共命运

2000 2000 2000



国家重点基础研究发展规划项目“羌塘
盆地演化及油气远景(G1998040808)” 联合资助
国土资源部青藏高原大陆动力学重点实验室

西藏羌塘盆地地质演化 与油气远景评价

王成善 伊海生 李 勇 邓 斌 刘登忠 著
王国芝 石 和 李佑国 马润则 林金辉

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书以当代地质学和石油地质学等理论为指导,利用沉积学、地层学、构造地质学和石油地质学等学科的新研究方法和手段,采用GPS和RS等新技术,并通过大量的野外地质科学考察和地质填图,全面而系统地研究了藏北高原地质演化,发现了迄今为止青藏高原最古老的基底,再次确认了晚古生代裂谷作用的存在,提出了中生代前陆盆地的认识,建立了盆地充填体系和以中央隆起带为代表的前陆隆起,研究了世界闻名的藏北火山岩,并结合新构造运动初步建立了新的高原隆升动力演化模式及可能的机制;对羌塘含油气盆地进行了全面而系统的评价,取得了在该盆地有可能找到大油气田的认识。

本书可供从事青藏高原地区地质研究及油气勘探的地质工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

西藏羌塘盆地地质演化与油气远景评价/王成善等著.-北京:地质出版社,2001.11

ISBN 7-116-03503-6

I. 西… II. 王… III. ①羌塘高原-含油气盆地-石油天然气地质-研究 ②羌塘高原-含油气盆地-评价 IV. P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第080443号

责任编辑:祁向雷 陈 磊 肖 浩

责任校对:关风云

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路29号,100083

电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324577(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂印刷

开 本:787×1092¹/₁₆

印 张:16.25 插页:2页

字 数:380000

印 数:1~600

版 次:2001年11月北京第一版·第一次印刷

定 价:35.00元

ISBN 7-116-03503-6/P·2241

(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和南亚诸盆地、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 4000 m 以上，向北急剧降落到海拔 1000 ~ 1500 m 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 3000 m 以上；高原南缘的喜马拉雅山平均海拔 6000 m 以上，耸立在海拔只有 50 m 左右的印度河平原之上，衬托出高原平地拔起的宏伟气势。青藏高原面积 250 万 km²，平均海拔高度 4000 m 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、中朝、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 20 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，20 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 20 世纪 60 年代，各省、自治区地质局在高原地区开展了中和小比例尺地质调查、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 4500 km。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 多个项目和课题的研究，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

前 言

藏北高原地处青藏高原腹地，位于雄伟的昆仑山脉和冈底斯-念青唐古拉山脉之间，面积约 60 万 km^2 。该区平均海拔 5000 m 以上，最低海拔也达到 4500 m，所以人们把它称为“世界屋脊的高原”，藏族同胞称羌塘为“北方广阔的荒原”。这里空气稀薄，气候寒冷，植被缺乏，人迹罕至，有“生命禁区”之称。正因为如此，藏北高原也被人们称之为“地质工作的空白区”。

在 20 世纪 50 年代，原地质部航空物探大队，西藏地质局第四普查大队以及石油地质局柴达木普查大队等曾分别对局部地段进行了 1:20 万、1:40 万和 1:100 万路线地质调查。70 年代末期，中国科学院青藏综合考察大队藏北分队完成了穿越整个羌塘的路线地质调查，随后原地质矿产部高原地质大队藏北无人区地质综合考察分队又通过对现今被称之为中央隆起带的南北两侧的地质填图，初步建立了羌塘地区地层系统，发现了查桑-茶布裂谷带和中生代海相油页岩。至 80 年代末期，西藏地质局和青海地质局又完成了该区 1:100 万区域地质填图。迄今为止，这块地区仍为我国地质研究最为薄弱的地区。

1993 年，我国从一个纯石油出口国又变成一个纯石油进口国，并且随着东部油田开发步入后期和我国现代化进程的加快，致使石油成为我国最稀缺的战略资源之一。能否摆脱这种被动局面，将取决于我国能否发现新的能源战略接替区。根据本项目有关同志的建议，在原中国石油天然气总公司勘探部的大力支持下，从 1994 年开始，我国正式系统地开展了对羌塘地区的油气地质调查和盆地评价研究，并由本研究群体承担了地质调查和油气选区及评价研究。

本书就是在 1994~1997 年连续四年承担此项科研任务的系列科研成果以及原地质矿产部重大基础研究项目的部分科研成果基础之上综合整理分析而成的。4 年中项目共计投入科研经费 980 万元，先后参加野外科学考察和室内研究人员达 90 人次，累计投入野外地质工作时间为 930 人·月；完成 1:10 万石油地质路线调查 2291 km，1:5 万区域石油地质填图 28 幅，面积达 11883 km^2 ；实测地层剖面厚度 50.9 km，采集各类样品 8617 件，进行了各类分析测试 10847 件次；各种附图 166 幅，编写科研报告 12 部，约 302 万字。

为了解决我国国民经济的重大需求，项目组的全体同志以高度的责任感、使命感和地质工作者严谨的科学态度，冒着生命危险，克服了常人难以想象的困难和艰辛，所取得的丰硕科研成果，均被给予优秀评价，被誉为“前无古人之壮举”。

系列科研成果曾分别获得国土资源部二等奖一项、三等奖四项、四等奖一项；科研群体于 1997 年被原地质矿产部评为“八五”科研先进集体。原国家教委科技司，世界银行贷款办公室专家评估组和原地质矿产部及中国石油天然气总公司有关领导也多次对本项目研究人员努力拼搏的精神和所取得的丰硕成果给予了充分肯定。

本项科研工作历时近 5 年，参加人员多，涉及领域广。所以，它自始至终都得到了有关方面和有关专家的大力支持、指导和帮助，并且是在原中国石油天然气总公司新区勘探

部、原地质矿产部科技司和成都理工大学有关单位及领导直接关怀和指导下完成的，尤其是原中国石油天然气总公司勘探事业部青藏项目经理部直接领导了本项目工作，他们无论从业务上、经费上还是在后勤支持方面均给予了大力支持，没有他们的领导和支持，完成本项研究也是不可想象的。在此，一并致以衷心的感谢。

本书是众多集体成果的综合结晶。先后参加此项研究的人员包括：1994年参与羌塘盆地石油天然气路线地质调查工作的有王成善、伊海生、王安发、李勇、黄继钧、王奖臻、余团、徐国强、吴瑞忠、邓斌、陈建平、肖宁汉；1995年参与羌塘盆地石油天然气路线地质调查工作的有王成善、伊海生、李勇、王安发、黄继钧、余团、吴山、王国芝、朱利东、吴瑞忠、孙忠军、宋振亚、李秀华、邓斌、陈建平、肖宁汉、李实、黄明；1996年参与羌塘盆地白滩湖地区区域石油地质调查工作的有王成善、伊海生、邓斌、李勇、刘登忠、魏显贵、王安发、陶晓风、吴山、黄继钧、朱利东、李佑国、陶专、石和、王国芝、马润则、林金辉、黄明、李之利、吴南勇、苟宁刚、宋振亚、吴瑞忠、丁学林、洪成云；1997年参与羌塘盆地双湖地区区域石油地质调查工作的有王成善、徐旃章、魏显贵、李勇、邓斌、马润则、王安发、石和、陶晓风、李祥辉、杜其良、杨耕东、李金成、宋振亚、陈礼富。此外，还完成了三个专题研究，即1995年完成的金星湖地区地表油气化探方法试验研究，主要研究人员有伊海生、孙忠军、王安发、余慧、秦爱华、张学仁；羌塘盆地中央隆起带基底的同位素地质年代及隆升史研究，主要研究人员有王成善、王国芝、吴山、赵锡奎、伊海生、张懋功、李勇、王安发、黄继钧、朱利东、余团、吴瑞忠；羌塘盆地中西部构造特征初步研究，主要研究人员有李勇、黄继钧、伊海生、余团、王安发、吴山、吴瑞忠、陶晓风、朱利东、宋振亚、伍祥丽、梁兴中、黄邦强、王国芝。

限于客观原因，参加本书编写的人员仅是上述人员中的少数同志。本专著由王成善提出编写思路，经过讨论由大家分头执笔而成。前言由王成善、邓斌执笔；第一章由王国芝执笔；第二章由石和、伊海生、马润则执笔；第三章由马润则执笔；第四章由李勇执笔；第五章由李佑国执笔；第六章由刘登忠执笔；第七章由伊海生、林金辉和刘登忠执笔；结语由王成善执笔。全书由王成善、伊海生统纂定稿。由于12部科研报告涉及资料众多，消化、吸收和整理时间较短，所以本书肯定不可能全面真实地反映所取得的全部科研成果。同时，由于客观原因，引用的部分资料未能说明出处。对于书中尚存在的不当或不妥之处，敬请各位专家和同行谅解、指正。

封面照片介绍

皑皑白雪覆盖的是著名的冈底斯山脉。位于画面左侧的最高峰是冈底斯山脉的主峰——冈仁波齐峰，海拔高度6714m，由第三纪沉积的冈底斯砾岩组成。呈水平状态的岩层清晰可见。它是晚近地质时代高原快速隆升的产物。冈仁波齐峰不仅是神山之王，而且是传说中释迦牟尼讲经解惑授业的地方；由此发源的四条河：狮泉河、象泉河、马泉河和孔雀河代表他的四大弟子。山前为印度河—雅鲁藏布江缝合带西段穿过地带。其蛇绿岩带出露良好，代表着特提斯洋最终消亡的遗迹。再向前是碧透清彻的玛旁雍错。它是世界上海拔最高的淡水湖，是藏传佛教徒心中的“圣湖”，也是《西游记》里描写的“西天瑶池”。这一山一湖在藏传佛教徒心中的地位犹如伊斯兰教的麦加，他们一生中一定要来此朝拜一次，转山取神水。

青藏高原地质的奥秘，在地球科学家心中犹如冈仁波齐峰和玛旁雍错一样“神”，一样“圣”。想要揭示它的奥秘，需要像画面中的朝圣者那样，经过不懈的努力与探索。

青藏高原地质研究系列丛书：

1. 雅鲁藏布江缝合带—喜马拉雅山地质
2. 西藏日喀则弧前盆地与雅鲁藏布江缝合带
3. 西藏羌塘盆地地质演化与油气远景评价

目 录

序

前 言

第一章 羌塘高原的陆核	(1)
第一节 基底地层的解体与重建	(2)
第二节 基底的同位素地质年代学	(7)
第三节 羌塘地体基底与超大陆关系讨论	(13)
第四节 青藏高原最古老的陆核	(14)
第五节 基底的增生	(16)
第二章 晚古生代裂谷作用与古特提斯演化	(18)
第一节 古生代区域地层系统	(18)
第二节 裂谷体制控制的沉积充填序列	(28)
第三节 与裂谷作用有关的岩浆活动	(35)
第四节 晚古生代地质构造演化	(54)
第五节 问题及讨论	(56)
第三章 羌塘陆块南北边界的地质特征及构造属性	(60)
第一节 拉竹龙-金沙江构造带	(60)
第二节 班公错-怒江构造带	(77)
第四章 中生代羌塘前陆盆地的形成与演化	(83)
第一节 羌塘前陆盆地的构造格架	(83)
第二节 盆地充填地层	(86)
第三节 沉积体系与沉积相类型	(96)
第四节 层序地层分析	(101)
第五节 盆地结构	(108)
第六节 中生代羌塘前陆盆地的形成演化过程	(125)
第五章 藏北新生代火山岩与壳幔过程	(129)
第一节 火山岩的时空分布与地质特征	(129)
第二节 岩石化学与地球化学	(141)
第三节 火山活动对藏北高原演化的制约	(158)
第六章 新生代陆内汇聚与高原隆升	(167)
第一节 地层及沉积作用	(167)
第二节 陆内汇聚作用的构造效应	(170)
第三节 羌塘地区活动构造	(174)

第四节	藏北高原新生代构造演化	(180)
第七章	羌塘含油气盆地分析及远景评价	(183)
第一节	羌塘盆地沉积体制及充填序列	(184)
第二节	盆地构造	(186)
第三节	石油地质条件评价	(197)
第四节	羌塘盆地古地温场	(215)
第五节	烃源岩热演化及生烃过程的关键参数和时刻	(222)
第六节	保存条件分析	(227)
第七节	油气远景评价与有利成藏区块预测	(228)
第八节	油气资源量估算	(233)
结语		(236)
参考文献		(238)
英文摘要		(247)

Contents

Preface

Foreword

Chapter 1 Continental Core in Qiangtang Plateau	(1)
1.1 Redefinition of stratigraphy of the metamorphic Basement	(2)
1.2 Isotopic chronology of the basement	(7)
1.3 Relationship of the basement plate	(13)
1.4 The oldest continental core of in Tibetan plateau	(14)
1.5 The basement accretion	(16)
Chapter 2 Late Paleozoic Rift Process and Paleo-Tethyes Evolution	(18)
2.1 Late Paleozoic regional stratigraphy	(18)
2.2 Depositional sequence in rift system	(28)
2.3 Magmatic activity in rift process	(35)
2.4 Evolution of Paleozoic geologic tectonic	(54)
2.5 Problem and discussion	(56)
Chapter 3 The Geological Characteristic and Structure of Southern and Northern Boundary Belts of Qiangtang Landmass	(60)
3.1 Lashuglong-Jinshajiang tectonic belt	(60)
3.2 Bangong-Nujiang tectonic belt	(77)
Chapter 4 The Formation and Evolution of Mesozoic Qiangtang Foreland Basin	(83)
4.1 The structural pattern of Qiangtang foreland basin	(83)
4.2 Stratigraphy of the basin fill	(86)
4.3 Depositional system and lithofacies types	(96)
4.4 Sequence stratigraphy	(101)
4.5 Basin framework	(108)
4.6 The evolution of Mesozoic Qiangtang foreland basin	(125)
Chapter 5 The Cenozoic Volcanic Rocks and Crust-mantle Process in Northern Tibetan Plateau	(129)
5.1 Time-space distribution and geologic characteristics of volcanic rocks	(129)
5.2 Petrochemistry and geochemistry	(141)
5.3 Constraint on northern Tibetan plateau evolution from volcanism	(158)
Chapter 6 Cenozoic Intracontinental Convergence and Tibetan Plateau Uplift	(167)
6.1 Cenozoic stratigraphy and deposition	(167)
6.2 Structural response to intracontinental convergence	(170)

6.3	Active tectonic system in Qiangtang region	(174)
6.4	Cenozoic tectonic evolution in northern Tibetan plateau	(180)
Chapter 7	Basin Analysis and Assessment for Oil and Gas in Qiangtang Basin	(183)
7.1	Depositional style and sedimentary sequence in Qiangtang basin	(184)
7.2	Structure framework of Qiangtang basin	(186)
7.3	Geologic estimate of basin potential for petroleum generation	(197)
7.4	Paleo-geotemperature field in Qiangtang basin	(215)
7.5	Key parameters and time sequence of thermal evolution and hydrocarbon generation	(222)
7.6	The preservation conditions of petroleum	(227)
7.7	The assesement for oil and gas generation and the prediction of available accumulation regions	(228)
7.8	Estimate of oil and gas reserves	(233)
Conclusion		(236)
Reference		(238)
Abstract in English		(247)

第一章 羌塘高原的陆核

目前资料研究证实,青藏高原由四个大陆碎块组成,这些碎块分别是:拉萨地体、羌塘地体、昆仑地体和喜马拉雅地体(图 1-1);每一地体都以前寒武纪陆壳构成基底(Cheng et al., 1986)。

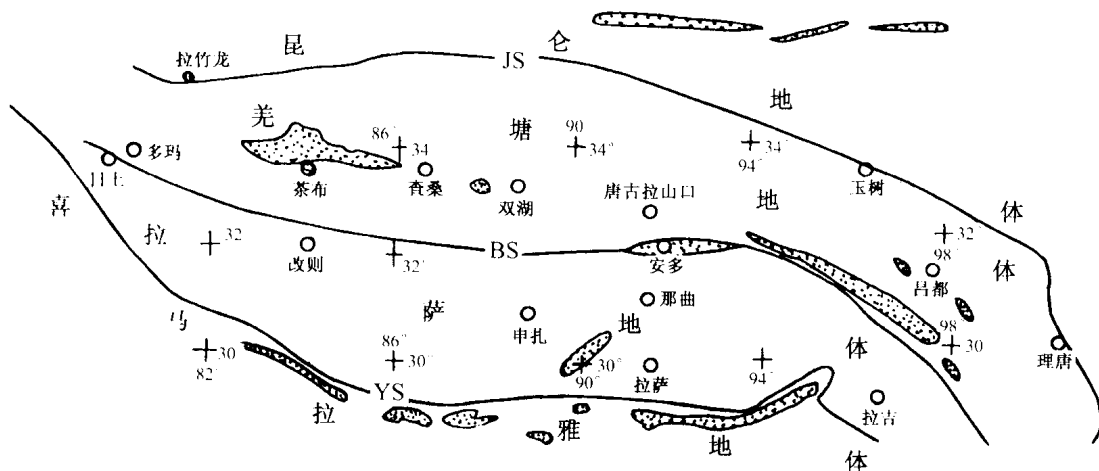


图 1-1 羌塘地体基底分布略图

Fig. 1-1 Simplified map of distribution of the basement outcrops in Qiangtang terrane

JS—金沙江缝合带; BS—班公错缝合带; YS—雅鲁藏布缝合带; 带点的封闭区域为基底分布区

对于羌塘地体,目前比较确定的基底主要集中分布于羌塘地体的东部(图 1-1)。羌塘地体西部是否存在古老的基底一直是有争议的。在 80 年代以前,羌塘地区基本为一个地质空白区,王鸿祯和任纪舜等(1980)都相继推测在羌塘一带存在一古老变质基底,称其为羌塘地块。1982~1989 年,青藏高原地质调查大队 11 分队在羌塘盆地中部发现了一套变质岩系,将其作为羌塘盆地的基底,并依据其上未变质的泥盆系将其定为前泥盆系,命名为阿木岗群。吴瑞忠等(1985)将该套变质岩系进一步划分为硅质岩段、绿片岩段—石英岩段、片麻岩段,时代为前泥盆纪—前寒武纪。李才等(1995)将该套地层分别解体为前震旦系、下石炭统和下二叠统下部。李日俊(1997)则认为该套变质岩系实际上是一套构造混杂岩,代表前晚三叠世的增生杂岩楔,作为具有前寒武纪或前泥盆纪统一陆壳基底的羌塘地块的存在是值得怀疑的。这些认识无疑对该区基底的研究起到了十分重要的推动作用。但以往对这些地层的划分和基底地层的确立多基于岩性特征、接触关系和盖层性质,没有相对应的同位素年代学数据相佐证。我们通过对这套变质岩系的物质组成、变质变形特征和大量的同位素地质年代学研究发现,在羌塘地体的西部不仅存在古—中元古界基底,而且还可能存在太古宙陆核。

第一节 基底地层的解体与重建

羌塘地体西部的基底地层在 1:100 万改则幅区调报告中称为戈木日群, 日土幅称为阿木岗群。该群主要出露于羌塘盆地中央隆起带沿线的茶布、波扎亚龙、戈木日、果干加年日、玛依岗日、玛威山、阿木岗日一带, 呈近东西向展布, 西宽东窄 (图 1-2)。它主要由一套中浅变质的变质岩系组成, 厚度大于 5525m。该套地层在羌塘盆地中央隆起带的不同地段被不同时代的地层单元所覆盖, 其上覆最新地层为新第三系唢呐湖组, 最老的地层为泥盆系。由于其复杂的变质变形, 使得对该套中浅变质岩系的构造属性的认识意见分歧极大。我们的研究证实戈木日群或阿木岗群是羌塘地体西部基底的重要组成部分, 它们分属于结晶基底和褶皱基底, 同时在后期的造山作用过程中又有部分盖层卷入到基底的变质岩系之中, 使其变得更为复杂。因此, 我们将戈木日群或阿木岗群解体为结晶基底地层系统、褶皱基底地层系统和盖层地层系统三大部分 (表 1-1), 各地层系统间均为不整合接触。

表 1-1 羌塘地体西段基底变质岩地层的沿革表

Table 1-1 Division of basal metamorphic rocks in western Qiangtang terrane

李璞 (1953)	吴瑞忠等 (1985)			改则幅报告 (1986)		西藏自治区区域地质志 (1990)		西藏自治区岩石地层 (1994)		作 者		
吉塘变质岩	阿木岗群	第三 亚群	硅质 岩段	前泥 盆系	戈木 日群	前泥 盆系	吉塘 群	前泥 盆系	西 西组	果干 山岩 加年 群	上部 下部	T C—P
		第二 亚群	绿片 岩段	志 留系							果干 岩组	中元 古界
		第三 亚群	石英 岩段	寒 武系							玛依 岗岩 组	古元 古界
			麻 片岩 段						思达 组	戈木 岩日 群	戈木 岩日 岩组 阿木 岗岩 组?	

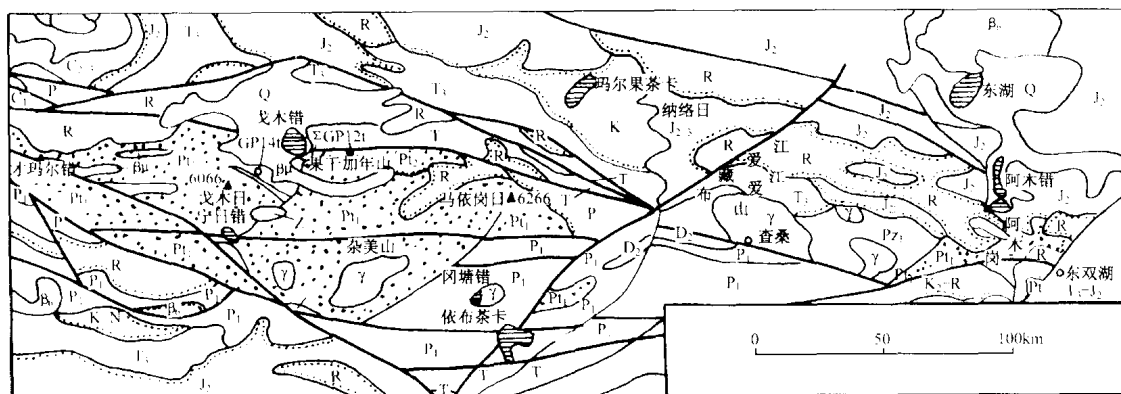


图 1-2 羌塘西部基底地质简图

Fig. 1-2 Simplified geologic map of basement in western Qiangtang

图中带点区域为基底分布区; GP12t 和 GP14t 为同位素采样点和样号

一、结晶基底

(一) 物质组成

结晶基底主要由戈木日岩群构成,其内可进一步划分出阿木岗岩组和戈木日岩组。阿木岗岩组主要由大理岩、含榴二云石英片岩、石榴斜长角闪岩、白云钾长片麻岩、夕线斜长片麻岩、花岗片麻岩、黑云斜长片麻岩、眼球状花岗片麻岩、条纹状片麻岩和变质超基性岩等中深变质岩系组成。在阿木岗雪山南坡它与上覆戈木日岩组呈断层接触,下部未见底,厚度大于 200 m。

戈木日岩组由原戈木日组重新定义演变而来,主要由灰白色变质砂岩、绢云石英片岩、白云石英片岩、千枚岩、大理岩、绿片岩、黑云母石英片岩、角闪片岩、石榴黑云母片岩、黑云十字片岩组成,厚度大于 1500 m。

对戈木日岩组系统的密度分析表明,密度介于 $2.52 \sim 2.67 \text{ g/cm}^3$ 之间,平均密度为 2.62 g/cm^3 。

(二) 变质作用特征

通过对结晶基底变质岩系的矿物共生组合、组构、变形特征及变质基性岩脉群的研究,表明结晶基底曾经历了多幕变质和多幕变形的改造和叠加,从其形成以来至少经历了三幕变质作用的改造和叠加。

1. 第一幕绿片岩相—角闪岩相区域动热变质作用 (M_1)

该幕变质作用发生于结晶基底上的主期变质作用,形成的变质岩系在空间上具有变质分带的特点。在玛依岗日一带,从空间上依次可划分出绿泥石-绢云母带、黑云母带、石榴石带、角闪石带和夕线石带,具有递增变质的特点,由此说明该幕变质作用并非单一的绿片岩相或角闪岩相。从变质作用类型来说,应为绿片岩相—角闪岩相的区域动热变质作用,角闪岩相变质为其主体。由矿物温压计计算出的角闪岩相温压范围为 $560 \sim 610 \text{ }^\circ\text{C}$, 压力 $0.5 \sim 0.7 \text{ GPa}$ 。

2. 第二幕绿片岩相的动力变质作用 (M_2)

该幕变质作用是伴随着区域韧性剪切变形发育于韧性剪切带内的一幕退变质作用,由其形成的常见矿物共生组合为:多硅白云母 + 石英 $\pm$ 钠长石 $\pm$ 绿泥石 $\pm$ 黑硬绿泥石,从其矿物共生组合反映出其具有绿片岩相的变质作用特征。多硅白云母在 $n(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)/n(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 图解上均落入黑云母石榴子石带中,也说明该幕变质为绿片岩相变质。

3. 第三幕绿片岩相变质作用 (M_3)

该幕变质作用在戈木日和果干加年日表现为继 M_2 之后,由于区域的增温使 M_2 退变质作用形成的糜棱岩重结晶又产生新的片理形成糜棱片岩。在玛依岗日一带,它表现为由第一幕区域变质作用形成的夕线石、斜长石、角闪石、黑云母退变为绢云母、黝帘石、绿泥石为特征。

(三) 变形特征

宏观与微观的综合分析均表明,结晶基底经历了多期变形的改造和叠加,这里根据残