

雅鲁藏布江蛇绿岩

鲍佩声 苏犁 王军 翟庆国 著



地质出版社

雅鲁藏布江蛇绿岩

The Yarlung Zangbo River Ophiolite

鲍佩声 苏 犁 著
王 军 翟庆国

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

“雅鲁藏布江蛇绿岩”专著是肖序常院士负责的国土资源部中国地质调查局资助项目“中国西部重要蛇绿岩形成构造环境研究”中“雅鲁藏布江蛇绿岩研究”子课题的最终研究成果。在三次野外考察、室内各类测试、分析资料的综合研究、并借鉴前人最新研究成果的基础上撰写而成。对雅鲁藏布江蛇绿岩带东段泽当和罗布莎蛇绿岩、中段日喀则蛇绿岩、西段普兰一带蛇绿岩的岩石学、矿物学、地球化学、同位素地质学及其形成的构造环境均作了系统的阐述，同时也明确指出东段蛇绿岩属俯冲带型（SSZ）成因，中段和西段蛇绿岩为洋中脊型（MOR）成因并叠加了弧前扩张的影响，同时也明确指出雅鲁藏布江蛇绿岩带中不存在典型玻安岩，仅有少量玻安岩岩石，它们代表了俯冲初始弧前扩张的产物。本专著反映了作者研究取得的新观点、新进展。本专著可供从事地学研究和教学的同行参考。

图书在版编目（CIP）数据

雅鲁藏布江蛇绿岩 / 鲍佩声等著. — 北京：地质出版社，2015. 12

ISBN 978-7-116-09478-9

I. ①雅… II. ①鲍… III. ①雅鲁藏布江-蛇绿岩
IV. ①P588.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 268476 号

Yarlung Zangbo Jiang Shelüyan

责任编辑：祁向雷 田野 宫月莹

责任校对：张冬

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) 66554528 (发行部)；(010) 66554631 (编辑室)

网 址：<http://www.gph.com.cn>

传 真：(010) 66554686

印 刷：北京地大天成印务有限公司

开 本：787mm × 1092mm 1/16

印 张：17.5

字 数：426 千字

版 次：2015年12月北京第1版

印 次：2015年12月北京第1次印刷

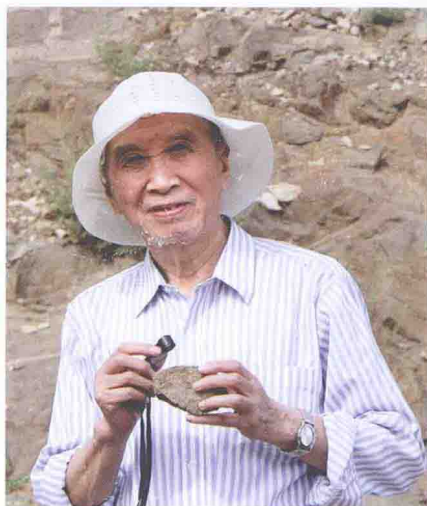
定 价：86.00元

书 号：ISBN 978-7-116-09478-9

（如对本书有意见或建议，敬请致电本社；如本书有印装问题，本社负责调换）







肖序常

中国科学院院士

项目负责人

构造地质学专业



鲍佩声

研究员

岩石学专业



苏犁

教授

岩石学及地球化学专业



王军

教授级高工

构造地质学专业



翟庆国

副研究员

构造地质学专业



序

青藏高原的崛起及其形成演化，是我们这个星球挽近地质历史时期发生的最伟大的地质事件。青藏高原复杂的岩石圈结构构造和独特的地质演化历史，历来为国际地质界所瞩目，并竞相进行探索研究。雅鲁藏布江缝合带是青藏高原形成时间最晚和最重要的缝合带，也是我国发育较好和研究程度较高的缝合带之一。沿缝合带断续出露的雅鲁藏布江蛇绿岩带长 2000 余千米，记录了印度板块与欧亚板块碰撞 - 造山的复杂历程，它与班公湖 - 怒江缝合带一起代表了新特提斯洋盆消减闭合的遗迹。由于在探索青藏高原形成、演化历史和破解铬铁矿成因机制及分布规律上的重要意义，雅鲁藏布江蛇绿岩带成为国内外地质学家关注的焦点地质问题之一。

几十年来，中外地质学家对雅鲁藏布江蛇绿岩进行了多次调查研究，出版了一些科研报告和专著；我国一些地质部门还对西藏铬铁矿和超基性岩进行了地质勘查和综合研究。特别是近十几年来，发表了诸多有关雅鲁藏布江蛇绿岩的论文，但作者的论点争议颇多，而且由于原因种种，尚缺乏从多学科的综合上对雅鲁藏布江蛇绿岩进行综合研究和系统总结。

鲍佩声研究员从事我国西部蛇绿岩和铬铁矿的研究凡 30 余年，积累了丰富的科研成果，与王希斌研究员等合作出版了《西藏蛇绿岩》、《中国铬铁矿床》等专著。为了深化对雅鲁藏布江蛇绿岩的认知水平，他们这个科研团队在“中国西部重要蛇绿岩带形成构造环境研究”项目资助下，对雅鲁藏布江蛇绿岩进行了立典式的精细研究，获得许多新数据、新发现和新认识，并在大量参阅、吸取前人和外域研究成果的基础上，撰著了《雅鲁藏布江蛇绿岩》这部专著。专著内容涵盖了雅鲁藏布江蛇绿岩带东段的泽当、罗布莎蛇绿岩，中段的日喀则蛇绿岩，以及西段普兰一带的拉昂错、休古嘎布和东坡蛇绿岩。纵观全书，专著具有若干特点和优点。

通过项目实施和专著的撰写，获得和汇集了大量实验和测试分析数据，包括常量和痕量元素、稀土元素、同位素年代学等分析数据，并通过加工，以丰富的图表形式把这些数据转化为地质信息，为专著立论夯实了数据信息基础。

通过项目实施和专著的撰写，对项目四年所获得的丰富实际资料和前人的研究成果进行了梳理、分析和大综合、大集成，使雅鲁藏布江蛇绿岩的研究成果系统化和规律化，从岩相学、矿物学、岩石学、地球化学、同位素地质学和同位素年代学等方面综合论述了三个地段蛇绿岩的基本特点。

通过项目实施和专著的撰写，确定了各个地段蛇绿岩的形成环境和成因类型：东段的泽当和罗布莎蛇绿岩属于 P-P-G 系列蛇绿岩，泽当蛇绿岩为岛弧成因，罗布莎蛇绿岩具有明显的弧前盆地特征，二者均属于 SSZ 型蛇绿岩；中段日喀则蛇绿岩属于 P-T-G 系列蛇绿岩，首

次提出它“既不是单一的 MORB 成因，也不是 SSZ 成因”，而是 MORB 蛇绿岩叠加了俯冲初始阶段弧前扩张的产物，从而否定了日喀则蛇绿岩的 SSZ 成因；西段普兰一带蛇绿岩主体由地幔橄榄岩组成，缺失洋壳单元的堆晶岩，主体形成于 MORB 环境，局部受到弧前环境下含水熔融的影响而显示富集地幔特征，这些大规模出露的地幔橄榄岩块体，系青藏高原隆升过程中被抬升的地幔残块。

通过项目实施和专著的撰写，重新厘定了蛇绿岩形成时代。同位素测年数据和放射虫研究资料进一步证实：雅鲁藏布江东段蛇绿岩形成时代较早，为中晚侏罗世（150 ~ 163 Ma）；中段蛇绿岩形成时代较晚，为早白垩世（126 ~ 130 Ma）；西段蛇绿岩的形成时代（122 ~ 130 Ma）与中段相近，也相当于早白垩世。这些年龄数据显示：新特提斯洋属于小洋盆，具有东段发育较早（晚三叠世），中、西段发育较晚（晚侏罗世）的不均衡特点。

通过项目实施和专著的撰写，剖析和重新厘定了新特提斯洋南支演化阶段。首次提出：“雅鲁藏布江东段泽当和罗布莎蛇绿岩所显示的新特提斯洋的演化经历了三个阶段：初期洋盆阶段、弧前扩张阶段和岛弧阶段，体现了本区岩石圈演化经历了边缘海盆地 - 幼年弧期 - 俯冲作用的完整过程。中段日喀则蛇绿岩所代表的洋盆经历了两个演化阶段：MORB 洋盆形成阶段和俯冲初始弧前扩张阶段。”

通过项目实施和专著的撰写，进一步探讨了铬铁矿的成矿条件，把方辉橄榄岩细分为方辉辉橄岩（Opx < 25%）和方辉橄橄岩（Opx > 25%）两类橄橄岩。方辉辉橄岩代表了地幔橄橄岩较高度的部分熔融，有利于豆荚状铬铁矿的形成。同时再次强调了评价地幔橄橄岩含矿性的原则是：大型豆荚状铬铁矿与纯橄岩 - 方辉辉橄岩杂岩带紧密伴生，该杂岩带是否存在是成矿与否的先决条件；岩体的塑性流变强弱决定了造矿组分的聚集程度，因此塑性流变强度是成矿的必要条件，二者缺一不可。

总之，本专著内容丰富，数据资料翔实，立论有据，有许多新发现和新认识，全面系统地总结了雅鲁藏布江蛇绿岩带的形成环境和时空分布规律，代表了该带蛇绿岩研究的最新水平，极大地更新了对雅鲁藏布江蛇绿岩的认识。《雅鲁藏布江蛇绿岩》专著的出版无疑具有重要的理论意义和实用价值。

拜读专著稿，颇受启迪，获益良多，特为作序，以致谢意，以表欣喜。

李延栋

2015年5月30日

前 言

“雅鲁藏布江蛇绿岩”是肖序常院士负责的国土资源部中国地质调查局资助项目“中国西部重要蛇绿岩带形成构造环境研究”(No. 1212010911070)的成果之一,是子课题——“雅鲁藏布江蛇绿岩的研究”的最终成果。历经3次野外考察(2009~2012年)和各类测试、分析、综合研究完成的项目报告于2014年1月16日经中国地质科学院“项目办”进行整体评审验收,被评定为“优秀”。为了进一步深化对雅鲁藏布江蛇绿岩的认识,笔者借鉴了以往30多年从事蛇绿岩及铬铁矿床研究的成果《西藏蛇绿岩》、《中国铬铁矿床》等专著,以及20世纪80年代《西藏地质局铬矿综合研究队》的内部资料等,并在参阅国内外有关雅鲁藏布江蛇绿岩最新研究成果的基础上撰写完成本书。

《雅鲁藏布江蛇绿岩》内容涵盖:东段泽当、罗布莎蛇绿岩,中段日喀则区蛇绿岩,西段普兰一带的拉昂错、休古嘎布和东坡蛇绿岩。本书共分为3篇,分别系统论述了各地段蛇绿岩的岩相学、矿物学、岩石学、地球化学、同位素地质学和同位素年代学,并对存在争议的蛇绿岩形成构造环境与形成模式提出了笔者的独到见解,作了充分的论证。最后对蛇绿岩中赋存的铬铁矿成矿远景进行了评价。

青藏高原独特的地质演化历史为地学界所瞩目,雅鲁藏布江蛇绿岩研究更是国内外地质学家关注的焦点问题之一。因此,近十几年来有关雅鲁藏布江蛇绿岩研究的论文颇多,但尚缺乏对“雅鲁藏布江蛇绿岩带”的系统总结。王希斌等(1987)的专著——《西藏蛇绿岩》对20多年前的研究进行了详细论述。近年来,随着测试手段的不断完善,特别是元素地球化学和同位素年代学研究程度的大幅提高,国内外对蛇绿岩的研究又取得了长足进步。笔者在大量吸取近年来前人研究成果的基础上,系统总结了4年来所获得的丰富资料和认识,故本书《雅鲁藏布江蛇绿岩》反映了雅鲁藏布江蛇绿岩研究的最新水平。鉴于国内至今尚缺少一本系统总结雅鲁藏布江蛇绿岩的著作,因此该专著的出版无疑具有重要的理论意义和参考价值,丰富了雅鲁藏布江蛇绿岩的研究成果。

本专著中的测试分析数据分别由下列单位完成:全岩常量元素和微量元素测定由中国地质大学(北京)科学研究院实验中心元素地球化学实验室完成;LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄和单矿物微量元素丰度测定由中国地质大学(北京)科学研究院实验中心激光等离子体质谱实验室完成;Sr-Nd 同位素测定由北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室完成;电子探针分析主要由国土资源部大陆动力学重点实验室和北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室完成;拉曼光谱和能谱测定由国土资源部大陆动力学重点实验室完成。书中图件由中国地质大学(北京)的硕士研究生刘通和王善辉完成,中国地质科学院地质研究所周伟对部分图件进行

了修编。

本书利用的测试数据包括：常量和痕量元素分析样 213 件；矿物电子探针分析 1192 点；Sr-Nd 同位素分析 24 件；单矿物 U-Pb 锆石年龄分析 7 件；拉曼及能谱测定 500 点。

参加野外考察的人员有肖序常、鲍佩声、苏犁、王军、翟庆国、宋述光，以及中国地质大学（北京）的研究生张红雨、于红、李弦、李艳广、李娇、刘通、王善辉、吴炳生和宋岩等。专著由鲍佩声和苏犁撰写完成。

取得的主要进展：

1) 首次提出“雅鲁藏布江中段日喀则区蛇绿岩既不是单一的 MORB 成因，也不是 SSZ 成因；若干低 TiO_2 ($<0.6\%$) 玻安质岩墙的出现，揭示了 MORB 洋壳形成后叠加了俯冲初始阶段弧前扩张的印记”。表现为在 MORB 属性的洋壳上，叠加了稍晚的玻安质岩墙，后者以 TiO_2 ($<0.6\%$) 低、MgO 偏高，且以 LREE 亏损的稀土配分型式和 LILE（相对于 HFSE）亏损的蛛网图为特征——属玻安质岩石，明显区别于具特有“U”型稀土配分型式和 LILE（相对于 HFSE）富集蛛网图的玻安岩，从而否定了雅鲁藏布江中段日喀则蛇绿岩的 SSZ 成因。

2) 首次提出：“雅鲁藏布江东段泽当和罗布莎蛇绿岩的演化经历了 3 个阶段：第一阶段为初始洋盆阶段——发育了泽当和罗布莎蛇绿岩中以 LREE 亏损为特征的 MORB 型火山岩和岩墙，并伴有亏损地幔橄榄岩的形成；第二阶段为弧前扩张阶段——形成了以异剥橄榄岩为代表的 P-P-G 堆晶岩，以及罗布莎亏损地幔橄榄岩的进一步含水熔化，形成了赋存铬铁矿的纯橄岩-方辉辉橄岩杂岩带，它们显示了一系列弧前橄榄岩的地球化学特征。只有弧前扩张阶段方能形成高铬的铬铁矿床，并早已为前人的研究所证实。弧前扩张预示着俯冲作用即将开始；第三阶段为岛弧阶段——发育了一套以泽当火山岩为代表的、LREE 富集为特征的火山碎屑熔岩及火山熔岩系，具有明显的岛弧属性”。随后的俯冲作用将蛇绿岩推覆于俯冲带之上，归属于 SSZ 蛇绿岩。

3) 笔者再次强调：雅鲁藏布江中段及东段的蛇绿岩中均有堆晶岩发育，它们分属于两套不同的蛇绿岩系列：一套为 P-T-G 蛇绿岩系列，由地幔橄榄岩（P）-橄长岩（T）-辉长岩（G）构成，形成于 MORB 环境，以日喀则蛇绿岩为代表。该类型蛇绿岩可伴有高铝型豆荚状铬铁矿（以新疆西准噶尔蛇绿岩中的高铝型豆荚状铬铁矿为代表）；另一套为 P-P-G 蛇绿岩系列，由地幔橄榄岩（P）-异剥橄榄岩（P）-辉长岩（G）构成，形成于弧前盆地、岛弧（或 SSZ 环境），以罗布莎和泽当蛇绿岩为代表，该类型蛇绿岩伴有罗布莎高铬型豆荚状铬铁矿。因此，蛇绿岩中堆晶岩的岩石组合可提示所赋存豆荚状铬铁矿床的类型。

4) 雅鲁藏布江西段普兰一带的蛇绿岩主体由地幔橄榄岩组成，并伴生有硅质岩和火山岩，少量基性岩墙及稍晚的基性侵入体，缺失壳层的堆晶岩，火山岩不常见。这些岩墙及侵入体具有 MORB 属性。需指出：拉昂错和休古嘎布岩体的少数地幔橄榄岩具有“U”型 REE 的配分型式、蛛网曲线显示 LILE 富集，少量 Opx 落在弧前橄榄岩区；以及休古嘎布辉长岩中 Opx 的出现，均揭示了普兰一带的某些蛇绿岩叠加了弧前含水熔融的特征，但与雅鲁藏布江中段日喀则区蛇绿岩，特别是东段罗布莎蛇绿岩所叠加的弧前含水部分熔融程度相比，明显偏弱。综合研究认为，雅鲁藏布江西段沿缝合带两侧大规模出露的地幔橄榄岩块体，系随青藏高原

形成而被抬升出露的洋壳岩石圈地幔残块，特别是休古嘎布地幔橄榄岩具有多块体拼合特征。

5) 与蛇绿岩相关的火山岩和岩墙的 Sm-Nd 和 Rb-Sr 同位素研究表明，泽当蛇绿岩中安山质火山岩具有很高的 Rb、Sr 含量，初始 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值小 (0.12702 ~ 0.12897)， $\epsilon\text{Nd}(0)$ 值为正值，以 $t = 150 \text{ Ma}$ 计算， $\epsilon\text{Nd}(t)$ 介于 +1.73 ~ +5.70 之间，明显低于 MORB，而具有岛弧火山岩的属性。日喀则蛇绿岩中枕状熔岩和基性岩墙初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值变化较大 (0.703678 ~ 0.705529)，初始 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值较大 (0.512986 ~ 0.513131)， $\epsilon\text{Nd}(0)$ 值也均为正值，以 $t = 150 \text{ Ma}$ 计算， $\epsilon\text{Nd}(t)$ 较大，介于 +6.32 ~ +8.98 之间，与 MORB 基本一致，在 Sr-Nd 图解中，因 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值较大，向右侧偏离了地幔阵列，反映曾受到洋底蚀变改造。罗布莎蛇绿混杂岩中火山岩岩块也具有较高的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 和 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值，高的 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 介于 +8.86 ~ +9.74 之间，与日喀则蛇绿岩的火山岩相似，在 Sr-Nd 图解中也投点在地幔阵列右侧，反映其具有 MORB 属性；罗布莎区侵入于地幔岩中的基性岩墙初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 和初始 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值偏低，在 Sr-Nd 图解上落在岛弧区，反映罗布莎蛇绿岩经历了洋中脊和弧前含水环境等多阶段岩浆作用。

6) 笔者研究获得的锆石 U-Pb 测年结果，结合前人的同位素及放射虫研究资料，进一步证实“雅鲁藏布江东段蛇绿岩带形成较早，介于 150 ~ 163 Ma 之间，相当于中晚侏罗世；中段蛇绿岩形成较晚，介于 126 ~ 130 Ma 之间，相当于早白垩世；西段蛇绿岩的同位素年龄与中段相近，介于 122 ~ 130 Ma 之间，也相当于早白垩世”的共识。可见，新特提斯不是单一的浩瀚大洋，应属小洋盆，且具有东段发育较早(晚三叠世)，中段和西段发育较晚(晚侏罗世)的特点。因此，雅鲁藏布江蛇绿岩带代表了南特提斯洋盆不同时限演化的遗迹。

第 1)，2)，3) 项成果为笔者研究取得的新进展，明确指出：“雅鲁藏布江蛇绿岩带不存在典型的玻安岩”；罗布莎蛇绿岩中赋存的高铬型豆荚状铬铁矿与玻安岩不存在成因联系；南特提斯小洋盆发育具有多阶段性，东段发育较早，经历了沟-弧演化阶段，中、西段发育较晚，不同程度地叠加了弧前盆地的影响。丰富了雅鲁藏布江蛇绿岩的研究成果，具有创新性。

致谢：在本项目的野外考察过程中得到了西藏地质矿产局工程勘查施工集团有限责任公司胡敬仁总工程师、西藏地质矿产开发局区域地质调查大队谢尧武高级工程师、西藏地质局第二地质大队巴登珠总工程师、西藏山南江南矿业公司王敏德高级工程师的引导和配合，在专著编写过程中得到了肖序常院士和陈炳蔚研究员的指导；本专著的样品测试工作得到了中国地质大学(北京)科学研究院实验中心、北京大学物理学院电镜室和造山带与地壳演化教育部重点实验室、中国地质科学院地质研究所大陆动力学实验室的大力协作和帮助。专著图件的绘制凝聚了刘通、王善辉、周伟的辛勤劳动，部分图件的最终修改也得到了胡培远博士的帮助。专著稿件经中国地质大学莫宣学院士和金振民院士的精心审阅和指导，提供了宝贵的修改意见。李廷栋院士为本专著作序，在此一并致以衷心感谢。

目 录

序

前 言

绪 论.....	1
第一篇 雅鲁藏布江东段泽当和罗布莎蛇绿岩.....	5
第一章 蛇绿岩地质.....	6
第二章 蛇绿岩的岩石学、矿物学.....	8
第一节 蛇绿岩的岩石学.....	8
一、罗布莎蛇绿岩岩石学.....	8
二、泽当蛇绿岩岩石学.....	10
第二节 蛇绿岩的矿物学.....	11
一、地幔橄榄岩.....	11
二、堆晶岩的矿物学.....	19
三、火山岩及岩墙的矿物学.....	24
第三章 蛇绿岩地球化学.....	33
第一节 常量元素地球化学.....	33
一、地幔橄榄岩.....	33
二、堆晶岩.....	35
三、火山岩及岩墙.....	36
第二节 痕量元素地球化学.....	46
一、地幔橄榄岩.....	46
二、堆晶岩.....	49
三、火山岩及岩墙.....	51
第四章 蛇绿岩的同位素地质学.....	57
第五章 蛇绿岩的年代学.....	59

第六章 泽当和罗布莎蛇绿岩形成的构造环境	63
第一节 研究现状	63
第二节 蛇绿岩形成构造环境判别	63
一、痕量元素判别	63
二、矿物成分判别	67
三、源区环境判别	69
第三节 泽当和罗布莎蛇绿岩的成因模式	70
一、初始洋盆阶段	70
二、弧前扩张阶段	71
三、岛弧阶段	72
第七章 与蛇绿岩有关的矿产	73
第二篇 雅鲁藏布江中段日喀则区蛇绿岩	75
第一章 蛇绿岩地质	76
第二章 蛇绿岩的岩石学、矿物学	78
第一节 蛇绿岩的岩石学	78
一、日喀则蛇绿岩岩石学	78
二、地幔橄榄岩	78
三、堆晶杂岩	80
四、席状岩床(墙)群	81
五、火山岩	81
第二节 蛇绿岩矿物学	82
一、地幔橄榄岩	82
二、堆晶杂岩	95
三、火山岩及岩墙	106
第三章 蛇绿岩的地球化学	122
第一节 常量元素地球化学	122
一、地幔橄榄岩	122
二、堆晶杂岩	133
三、火山岩及岩墙	134

第二节 痕量元素地球化学	137
一、地幔橄榄岩	137
二、堆晶岩	142
三、火山岩及岩墙	146
第四章 蛇绿岩的同位素地质学	153
第五章 日喀则区蛇绿岩的年代学	155
第六章 日喀则区蛇绿岩形成的构造环境	158
第一节 研究现状	158
第二节 蛇绿岩形成构造环境的判别	159
一、痕量元素判别	159
二、矿物成分判别	162
第三节 日喀则区蛇绿岩的成因模式	165
一、洋盆演化阶段	165
二、俯冲初始弧前扩张阶段	166
第三篇 雅鲁藏布江缝合带西段普兰一带蛇绿岩	169
第一章 蛇绿岩地质构造	170
第二章 蛇绿岩岩石学、矿物学	173
第一节 蛇绿岩岩石学	173
一、地幔橄榄岩	173
二、辉长岩	174
三、火山岩及岩墙	174
第二节 蛇绿岩矿物学	175
一、地幔橄榄岩	175
二、辉长岩	189
三、火山岩及岩墙	195
第三章 蛇绿岩地球化学	202
第一节 常量元素地球化学	202
一、地幔橄榄岩	202
二、辉长岩	211

三、火山岩及岩墙.....	212
第二节 痕量元素地球化学.....	212
一、地幔橄榄岩.....	212
二、辉长岩.....	216
三、火山岩及岩墙.....	218
第四章 蛇绿岩的年代学.....	221
第五章 蛇绿岩的形成的构造环境.....	227
第一节 研究现状.....	227
第二节 蛇绿岩形成构造环境的判别.....	227
一、痕量元素判别.....	227
二、矿物成分判别.....	229
第三节 普兰一带蛇绿岩的成因模式.....	232
第六章 与蛇绿岩有关的矿产.....	234
参考文献.....	236
英文摘要.....	249
照片说明	

CONTENTS

Perface	
Foreword	
Introduction	1
Part 1 The Zedang and Luobusa ophiolites of eastern section of the Yalunzangbu River	5
Chapter 1 Geologic structure of ophiolites	6
Chapter 2 Petrology and Mineralogy of ophiolites	8
1. Petrology of ophiolites.....	8
2. Mineralogy of ophiolites	11
Chapter 3 Geochemistry of ophiolites	33
1. Geochemistry of Major elements	33
2. Geochemistry of Trace elements	46
Chapter 4 Isotope Geology of Ophiolites	57
Chapter 5 Chonology of ophiolites	59
Chapter 6 Tectonic setting for the Zedong and Luouosa ophiolites	63
1. Research situation.....	63
2. Discrimination of Tectonic Setting of Ophiolites.....	63
3. Model of Origin of the Zedang and Luobusa Ophiolites.....	70
Chapter 7 Related Mineral Deposit of Ophiolite	73
Part 2 The Xigaze Ophiolites of the middle section of the Yalunzangbu River	75
Chapter 1 Geologic structure of ophiolites	76
Chapter 2 Petrology and Mineralogy of ophiolites	78
1. Petrology of ophiolites	78
2. Mineralogy of ophiolites	82
Chapter 3 Geochemistry of ophiolites	122

1. Geochemistry of Major elements	122
2. Geochemistry of Trace elements	137
Chapter 4 Isotope Geology of Ophiolites	153
Chapter 5 Chronology of ophiolites.....	155
Chapter 6 Tectonic setting for the Xigaze ophiolites	158
1. Research situation.....	158
2. Discrimination of Tectonic Setting of Ophiolites.....	159
3. Model of Origin of the Xigaze Ophiolites.....	165
Part 3 The ophiolites of Pulan Area of the western section of the Yalunzangbu River	169
Chapter 1 Geologic structure of ophiolites	170
Chapter 2 Petrology and Mineralogy of ophiolites.....	173
1. Petrology of ophiolites	173
2. Mineralogy of ophiolites	175
Chapter 3 Geochemistry of ophiolites	202
1. Geochemistry of Major elements	202
2. Geochemistry of Trace elements	212
Chapter 4 Chronology of ophiolites.....	221
Chapter 5 Tectonic setting for the Xigaze ophiolites	229
1. Research situation.....	229
2. Discrimination of Tectonic Setting of Ophiolites.....	229
3. Model of Origin of the Pulan Area Ophiolites	234
Chapter 6 Related Mineral Deposit of Ophiolite.....	236
References	238
Abstract.....	251
 Photographs and notes	