



阿拉善地区古生代陆壳的 形成和演化

王廷印 王士政 王金荣 著

兰州大学出版社

序

本书是国家自然科学基金资助的重大项目《中国兴蒙——北疆及邻区古生代岩石圈的形成和演化的研究》的系列成果之一，经作者们数年的辛勤劳动，终于和读者见面了。

本书所涉及的区域包括雅山以西、弱水以东的阿拉善北部。研究区内戈壁、沙漠广布，人烟稀少、风砂肆虐，地质研究程度较低。本书的作者们在这样的地区开展了数年的野外工作、克服了诸多困难，他们的献身精神令人钦佩。

研究区选在华北地台和塔里木地台之间，其目的是为了探讨两者之间在地质历史中的相互关系，这个问题涉及中国大陆的形成，历来为地学界所瞩目。作者们通过工作，提出横贯全区的恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带是华北地台及其陆缘区和塔里木地台及其陆缘区于晚古生代拼合的缝合线。尽管这一重要的认识还有待进一步的工作，如恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带的时限及其向邻区的延伸等，但已完成的工作无疑将对今后的大地构造研究产生积极的影响。

作者们首次运用地壳成熟度的概念和地壳演化的五阶段模式，对研究区内的古陆缘从火山——沉积岩组合、深成岩组合、变质、变形作用诸方面进行了系统的论述，确定了研究区各时代古陆缘的性质，如认为呼和套尔盖火山——深成岩带代表了一条新元古——早古生代的洋内弧或陆壳萌芽体；宗乃山——沙拉扎山、查干础鲁——霍尔森、雅布赖——巴音诺尔公三个构造带从北向南依次为具陆壳基底的火山弧、弧后盆地、陆缘弧，均属于华北地台的陆缘区等新观点。所有这些都对研究区进行合理构造分区、探讨成矿作用的重要基础。

60年代后期所建立的板块构造理论给地球科学带来了革命性的变化。在其后20余年的大陆地质研究中，学者们成功地确认了许多各时代的古洋构造以及它们相匹配的古陆缘，并不断探讨着在板块相对运动的宏观格局控制下，各类古陆缘的特征和演化。应该指出的是，研究进展表明，已有的板块构造模式的框架还不能包括所有类型的陆缘，也不能完全地解释丰富多彩的古陆缘特征。因此，研究大陆地质的学者们所面临的重要任务之一仍是通过多学科的手段和细微的比较研究恢复在古陆缘所发生过的各种地质过程，以及由这些过程所决定的大陆型地壳的消减与增生。我们高兴地看到，本书作者们的工作正是朝着这个方向的成功尝试，本书的出版无疑有助于活动论大地构造学有关理论和观点的深化。

总起来看，本书不仅以其系统性和运用多学科手段而显著地提高了一个重要地区的地质研究程度，而且在理论和模式的概括方面也有创新。我衷心祝贺本书的出版。

北京大学地质学系教授

何国琦

1993.12.8

前 言

本书是国家自然科学基金资助课题《阿拉善地区古生代岩石圈的形成和演化的研究》的成果总结。该课题是国家自然科学基金资助的“七·五”重大科研项目《中国兴蒙——北疆及邻区古生代岩石圈的形成和演化的研究》的子课题，历时五年（1987—1991年），项目负责人为北京大学何国琦教授。

子课题负责人为兰州大学地质系王廷印副教授，宁夏地质矿产局区域地质调查队王士政高级工程师。课题组成员有兰州大学地质系王金荣讲师，刘金坤副教授，吴茂炳硕士研究生，宁夏区调队孙庆波工程师。

野外工作于1988—1989年完成，两年累计野外工作日计170天。何国琦教授参加了野外工作初期的踏勘工作，对贯彻项目的研究思想和对阿拉善地区大地构造单元的划分提出了宝贵的指导性意见。王廷印和王士政参加了全部野外工作，其它先后参加野外工作的有吴泰然（博士）、李银会（硕士）、孙庆波、吴茂炳、王金荣、吴家弘等。1991年王廷印参加了项目组织的对蒙古南部地区的地质科学考察。

本书中新作的铀—铅和铷—锶同位素年代学成果由沈阳地质矿产研究所同位素室吴家弘副研究员完成，钾—氩成果由北京大学地质系年代测定室穆治国副教授完成。刘金坤副教授负责岩石显微鉴定。稀土元素分析成果由北京大学地质系测试室（ICAP90000 SP）分析，邵宏翔高级工程师为本课题的测试工作付出了辛勤的劳动。电子探针分析成果由北京大学地质系探针室（EPM—810Q）测试。微量元素分析成果主要由中国科学院兰州地质研究所30380E3 X射线荧光分光计测试。吴泰然博士还提供了部分测试成果。吴茂炳同志完成了对收集的研究区各1:20万区调报告中约1400组岩石化学数据的计算机系统处理。本书图件主要由宁夏地质矿产局区域地质调查队绘图室杨凤娥、朱银霞、张惠萍、郭玉棉和杨曼文清绘。

本书共八章，由王廷印执笔完成。王士政负责地层、古生物和矿产方面的资料整理及编写，这些资料选择性地融会到有关章节。第三章第四节组构特征及成因，以及英文摘要译文由王金荣完成。此外，作者与左国朝高级工程师就研究区与北山地区关系问题进行过多次有益的讨论，加深了对某些问题的认识。

北京大学何国琦教授、李茂松教授对本课题的实施和本书的写作给予了多方面的指导和热情鼓励。宁夏地质矿产局原局长霍福臣教授、区调队原队长严烈宏高级工程师对本课题的执行给予了有力的支持。兰州大学科研处赵怀让处长对本书的出版给予了积极帮助。需特别指出，在经费十分困难的情况下，宁夏地质矿产局设立了与本课题相应的研究项目，在财力、人力和后勤方面保障了本课题的完成。兰州大学科研处资助了部分出版费。

总之，本书是集体辛勤劳动的结晶，本书的出版渗透了许多同志的关心和鼓励，在此，作者一并致以衷心谢意！

作者

1993.6.20

目 录

序	
前 言	
第一章 绪论	(1)
第二章 研究区构造单元的划分	(4)
第一节 构造单元划分原则及有关问题的说明	(4)
第二节 研究区构造单元的划分	(6)
第三章 恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带特征及其大地构造意义	(9)
第一节 产出状况	(9)
第二节 岩石学特征	(12)
第三节 岩石化学和地球化学特征	(14)
第四节 组构特征及成因	(23)
第五节 关于恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带大地构造意义的讨论	(26)
第四章 塔里木板块东端陆缘区构造地质特征	(31)
第一节 前寒武纪地质概况	(31)
第二节 珠斯楞——杭乌拉早古生代被动陆缘区褶皱带	(32)
第三节 呼和套尔盖早古生代洋内弧褶皱带	(42)
第四节 中蒙边界区晚古生代拉张型过渡壳区褶皱带	(59)
第五章 华北板块西北缘陆缘区构造地质特征	(90)
第一节 前寒武纪地质概况	(90)
第二节 早古生代—晚古生代早期地质概况	(94)
第三节 雅布顿—巴音诺尔公晚古生代大陆弧褶皱带	(104)
第四节 查干础鲁—霍尔森晚古生代孤后盆地褶皱带	(115)
第五节 宗乃山—沙拉扎山晚古生代陆壳基底火山弧褶皱带	(134)
第六章 花岗岩类成因类型及成岩构造环境的研究	(149)
第一节 花岗岩类研究现状综述	(149)
第二节 研究区花岗岩类的类型及地质特征	(151)
第三节 岩石化学和地球化学特征	(155)
第四节 源岩、成岩机理及构造含意探讨	(170)
第七章 阿拉善地区古生代陆壳演化	(174)
第一节 陆壳演化	(174)
第二节 邻区大地构造概况及与研究区的关系	(178)
第八章 阿拉善北部地区板块构造与成矿规律探讨	(183)

第一节 引言	(183)
第二节 成矿构造环境及成矿作用	(186)
第三节 关于找矿远景的几点认识	(192)
参考文献	(199)
英文摘要	(206)
图版说明	(212)

THE FORMATION AND EVOLUTION OF PALEOZOIC CONTINENTAL CRUST IN ALAXA REGION

CONTENTS

Preface	
Foreword	
Chapter 1 Introduction	(1)
Chapter 2 Division of tectonic units	(4)
(1) Principles of the division and exposition of its related problems	(4)
(2) Division of tectonic units in the study area	(6)
Chapter 3 Characteristics of Engerwusu ophiolitic melange zone and its tectonic implications	(9)
(1) Characteristics of distribution	(9)
(2) Characteristics of petrology	(12)
(3) Characteristics of petrochemistry and geochemistry	(14)
(4) Characteristics and origin of fabric	(23)
(5) Discussion on the implications for the tectonics of Engerwusu ophiolitic melange zone	(26)
Chapter 4 Geological and tectonic features of the eastern continental margin of the Tarim Plate	(31)
(1) An introduction to Precambrian geology	(31)
(2) Early Paleozoic Zhusilen-Hanwula foldbelt of passive continental margin	(32)
(3) Early Paleozoic Huhetaoergao foldbelt of within-oceanic island arc	(42)
(4) Late Paleozoic extensional type foldbelt of transitional crust in the Chinese-Mongolian boundary province	(59)
Chapter 5 Characteristics of the geology and tectonics in northwestern continental margin of the North China Plate	(90)
(1) A survey of Precambrian geology	(90)
(2) An outline of geology in early Paleozoic-early period of late Paleozoic	(94)
(3) Late-Paleozoic Yabulai-Bayingnuoergong foldbelt of	

continental arc.....	(104)
(4) Late-Paleozoic Cagangchulu-Huoershen foldbelt of back-arc basin.....	(115)
(5) Late-Paleozoic Zhongnaishan-Salazhashan foldelt of volcanic arc based on continental basement	(134)
Chapter 6 A study on the origin of granitoid rocks and their tectonic environment	(149)
(1) A summary of present study on granitoid rocks	(149)
(2) Geological features and types of the granitoid rocks from the study area	(151)
(3) Characteristics of petrochemistry and geochemistry	(155)
(4) Discussion on source rocks, diagenetic mechanism and tectonic implications	(170)
Chapter 7 Paleozoic evolution of continental crust in Alaxa region	(174)
(1) Evolution of continental crust	(174)
(2) A summary of the tectonics in the adjacent regions and their relation to the study area	(178)
Chapter 8 Discussion on plate tectonics and metallogenic regularities in North Alaxa	(183)
(1) Introduction	(183)
(2) Metallogenic environments of tectonics and metallization	(186)
(3) Some knowledge on ore-seeking perspective	(192)
References	(199)
Abstract in English	(206)
Exposition of picture plates	(212)
Picture plates	(216)

第一章 绪 论

研究区位于内蒙古自治区阿拉善盟北部，西至额济纳旗所在地，东达狼山西部，向南包括巴音诺尔公梁、巴音乌拉山、北抵国界线。分属阿拉善盟额济纳旗、阿拉善右旗、阿拉善左旗及巴彦诺尔盟乌拉特后旗管辖。地理位置位于东经 $101^{\circ}00'$ 至 $107^{\circ}00'$ ，北纬 $39^{\circ}20'$ 至 $42^{\circ}40'$ ，面积10余万平方公里。阿拉善左旗至额济纳旗公路纵贯全区，此外有阿拉善左旗至红古尔玉林、巴音诺尔公至阿拉善右旗、乌力吉至临河等公路相通。北部戈壁滩地多数亦可通行汽车，交通尚属方便。

区内地势南高北低，自南而北有雅布赖山—巴音诺尔公（最高海拔1823m），宗乃山—沙拉扎山（最高海拔1562m），洪果尔山—蒙根乌拉（最高海拔1268m），呈北东向，往北转为近东西向分布，形成低山丘陵地貌。山间盆地为戈壁滩，其上多有流动沙丘分布。本区西部为巴丹吉林沙漠，海拔在1000—1600m间。区内人烟稀少，经济不发达，属尚未开发地区。居民以蒙族为主，其次为汉族和少量回族。

解放前本区为地质工作空白区。建国后，50年代有少数科研和生产单位进行过零星的路线地质调查研究和普查找矿工作，其中以中国科学院地质研究所李璞等与地质部621队联合调查的成果较突出，所创建的阿拉善系，经后人变革沿用至今。60年代初完成了一百万分之一区域地质调查，出版了1:100万地质图。内蒙古、甘肃、宁夏等地部门针对铁、铅、锌、铜、煤、水晶、铂、金等矿产和地下水开展了普查找矿工作，为认识本区地质构造积累了一定的资料。70年代地质部航空物探大队开展了部分地区航空物探测量，中国人民解放军水文部队开展了系统的1:20万区域水文地质调查；宁夏地质局研究队与西安地质矿产研究所在乌哈西比—蒙根乌拉一对地层、古生物进行的系统研究，初步建立了研究区北部地区的地层系统。同时由宁夏区调队、甘肃区调队和地质力学区调队完成了全区正规的1:20万区域地质调查，大大提高了该区的地质研究程度，奠定了该区地质工作的基础。80年代许多学者及研究单位用不同的观点和方法对本区的古老变质岩、大地构造进行了专题研究。如霍福臣用槽、台说对宁夏大地构造基本轮廓的研究；宁夏区调队和内蒙古区调队为配合全国1:400万变质地质图的编制，对变质岩层作了较系统的研究；宁夏地质研究所潘行适和中国科学院地质研究所杨振德用断块构造的观点对本区大地构造（重点在阿拉善台块）进行了深入的研究；宁夏地质研究所郑昭昌与武汉地质学院北京研究生部何心一等进行的地层古生物方面的研究，这些研究工作均出版了专著或论文，进一步提高和深化了本区研究程度。《内蒙古区域地质志》的出版，系统总结了本区前人研究成果。值得提出的是1:20万区调资料和内蒙古地质队编制的1:100万地质图是这次研究工作所依据的主要基础资料。

华北和塔里木老陆块以北的我国北方地区与苏蒙邻区的有关部分共同构成了中亚—蒙古构造区，区内各部分有着相互关联的演化历史。从全球构造的角度看，中亚—蒙

古构造区是一个以广泛分布中、晚元古代和古生代时期形成的陆壳为特征的最重要的区域之一。它在中新生代的演化还涉及西太平洋和特提斯两个重要的全球性构造带,因此本区陆壳形成过程和地球动力学演变的研究是80年代国际岩石圈计划所关注的 重要区域,具有重要的科学意义。本子课题研究范围仅是中亚—蒙古构造区上的一个小环,根据现有的认识它处于华北板块和塔里木板块的对接部位,其北邻南蒙蛇绿混杂岩带,该蛇绿混杂岩带初步认为是哈萨克斯坦+塔里木+华北板块与西伯利亚板块的缝合线,因此研究区在大地构造上有十分重要的意义。以中国北方槽区为重点,联系原苏(联)蒙(古)有关地区,研究大陆型岩石圈重复的分裂、改造、增生、拼合的历史,按陆壳成熟时期划分大地构造单元,在广泛比较研究的基础上,建立造山带的类型及相应的演化模式,阐明其地球动力学环境和成矿作用的控制,是“中国兴蒙——北疆及邻区古生代岩石圈的形成和演化的研究”的主要内容,也是本课题的中心目标。

陆壳的形成和演化一直是地质学的核心问题,而大陆地质问题在很大程度上是陆缘地质问题,因为大陆的大部分是由古陆缘的残留体所组成的。还在地质学的早期,北美地质学家丹纳(1873),就已经提出了通过大陆边缘地区的褶皱和固结,大陆不断扩大的认识。以裴伟(1976, 1980)为首的原苏联地质学家,提出了从洋壳转变成过渡壳,再形成陆壳的学术思路。其要点是通过一系列标志性建造的分析,判别陆壳的形成过程,并根据陆壳的形成时期划分构造单元。例如裴伟划分的由斜长片岩、斜长片麻岩和斜长花岗岩等组成的花岗—变质岩层的发展阶段(陆壳的萌芽体)和以钾长石化为特征的花岗—片麻岩层所标志的陆壳形成阶段,以及一系列与上述两个阶段相对应的沉积、变质建造和构造变形特征等。裴伟等的研究重点在于重建陆壳的形成和演化历史,在进行大陆岩石圈的活动论再研究时,借鉴裴伟的研究思路是十分有意义的。欧、美、日等国学者在研究大陆岩石圈的演化方面也取得了一系列重要成果,如G、C、Brown等人(1982, 1984)曾广泛地讨论过岛弧的成熟度问题,和地壳向成熟方向演化的有关地球化学方面的微观标志,这对于定量地认识陆壳形成和演化过程有重要意义。

在借鉴国外研究成果和自己实践的基础上,何国琦教授发展了以地壳成熟度为主要线索,研究大陆岩石圈在分裂和拼合过程中所经历演变的研究思路,并提出如下的地壳成熟度的定义:“地壳成熟度是指地壳在形成、发展和改造过程中,趋向于最终产物—稳定的大陆型地壳的程度”^①。它是判断地壳演化阶段的一种量度,由地壳的物质组成和构造特征的一系列宏观和微观标志组成。在总结国内外研究成果的基础上,何教授还提出了“老陆壳—拉张型过渡壳—洋壳—汇聚型过渡壳—新陆壳”的五阶段演化模式。上述阶段就是板块构造旋回,或者是一个开—合过程。应强调指出,拉张型过渡壳产生在陆壳解体阶段,位于解体陆块的边缘。拉张型过渡壳是在前一构造阶段形成的陆壳经机械拉伸,减薄和大规模岩浆作用改造而形成的,其共同的结果是使大陆型地壳的成熟度降低,向拉张型(早期)过渡壳的方向演化,大陆地壳完全被拉断,出现洋壳,或者不完全被拉断,不出现典型的洋壳都是可能的。在前一种情况下,它的一侧与陆壳相

^①何国琦, 1992, 地壳演化研究的新进展。

邻，呈过渡关系，另一侧过渡成洋壳。在后一种情况下，过渡壳属陆间区，两侧直接与陆壳相连。上述思想是本研究工作的指导思想，也贯穿于本书之中。

本课题是在活动论思想指导下，对研究区首次进行的以古生代岩石圈形成和演化为主要内容的综合研究工作，其时限为晚前寒武纪——三叠纪。在一个人烟稀少，地质研究程度低的荒漠地区，开创了地质研究工作的新阶段。完成了全区1:100万大地构造图的编制，并取得了许多重大发现，积累了丰富的资料，尤其是在构造地球化学方面填补了这一地区的研究空白，从而较大地提高了本区的研究程度。本课题的主要成果是：

1、首次在阿拉善北部地区确定出恩格尔乌苏和查干础鲁—霍尔森两条不同构造含意的蛇绿混杂岩带，这一发现对该区岩石圈演化的研究有重大意义；

2、初步研究并论证了恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带是华北板块和塔里木板块的缝合带的观点；

3、提出了呼和浩特洋内岛弧带和宗乃山—沙拉扎山陆壳基底火山弧两种不同类型火山弧的观点。呼和浩特火山弧代表一个晚元古代——早古生代的洋内弧或陆壳萌芽体，有重要的研究价值；

4、阐述了恩格尔乌苏蛇绿混杂带之北的中蒙边界地区为发育于晚古生代的拉张型过渡壳区的见解；

5、在阿拉善地区识别出三条巨大的，宽度均在1000m以上的韧性剪切带，初步论证了其形成的大地构造背景；

6、在额济纳旗东北的中蒙边界附近的中石炭世玄武岩中发现了地幔橄榄岩包体，其时代属国内发现的地幔包体中最老的，有重要研究价值；

7、确定雅布赖——巴音诺尔公晚古生代大陆弧的存在。并初步认为阿拉善地块北缘至少在早古生代已裂解，在早古生代是一个拉张型过渡壳发育区；晚古生代是一个挤压型过渡壳发育区；

8、以活动论的观点提出了阿拉善地区的构造格局，论述了其构造演化，并对研究区沉积建造、变质相带、火成岩组合、花岗岩类成因及其相关的成岩构造环境进行了较系统的研究。

本书是对上述成果的总结。应指出，由于受研究程度和作者们水平的限制，对某些问题的认识欠妥或不确切，甚至是错误的。另外，对某些问题的论述是初步的，如恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带的大地构造意义，这一问题，将在1993—1995年执行的国家自然科学基金项目“恩格尔乌苏岩带特征及其大地构造意义”的研究中进一步澄清。但是，作者们认为，在本书里提出这一观点，引起同行的关注和争论是有益的。总之，本书谬误之处在所难免，敬请地质界前辈和同行批评指正！

第二章 研究区构造单元的划分

在活动论被普遍接受以前,100多年来槽台学说在地质学中占据统治地位,多数大地构造图分区的基本原则是按照地槽结束时期,图上所表示的主要构造单元是老地台和不同时代的褶皱带。按照这个原则,研究区的北部位于天山——兴安地槽褶皱区的内蒙大兴安岭褶皱系,其南部则属于中朝准地台(任纪舜等,1980)。板块构造学说的兴起引起了地球科学的重大变革,传统的大地槽模式面临严重的挑战,被抛弃或取而代之。在我国,李春昱先生以板块学说为指导思想,多年来进行了亚洲大地构造的研究,作为一种尝试,编制了1:8 000 000《亚洲大地构造图》(李春昱等,1982)。在该图上研究区属于塔里木—中朝板块,其北邻西伯利亚板块,西北邻哈萨克斯坦板块。

80年代以来,还在实施的国际岩石圈计划特别强调大陆岩石圈及其边缘性质和起源的研究,包括大陆岩石圈的组成、结构、动力学和演化,主要演化阶段的构造作用;主要大陆块体的裂解和拼合历史,古地理复原及古海洋学的研究;造山带的形成和演化模式的研究等,大地构造学研究达到了一个崭新的阶段。在大地构造编图中如何更好地体现活动论原则和大地构造研究所达到的新水平成为一个很紧迫的问题。本书研究范围仅涉及一个较小的区域,所进行的大地构造分区研究,应该说仅是朝这个方向努力的一种尝试。

第一节 构造单元划分原则及有关问题的说明

构造单元的划分,应能反映出地壳各个部分在各地质历史时期及构造阶段所处的古构造环境和古地球动力学环境,形成的构造建造特征,地壳演化历史及最终形成的陆壳特征。我们知道地壳的结构是不均匀的,在现代的地球上,全球分为三类一级地壳区:洋壳、过渡壳和陆壳,其中主要的是洋壳和陆壳,但过渡壳有最重要的研究意义。地壳还可以进一步划分为若干类型,地壳类型是指地质和地球物理特征相类似的地壳区段(K·C·Condie, 1982),康迪曾划分出12种地壳类型,并论述了各种地壳类型的地质和地球物理特征。不同类型的地壳是地壳结构不均匀的具体体现,它是在长期的地质历史时期地壳演化的产物。按照将今论古的现实主义原则,认识和划分不同的地壳类型,恢复其古构造环境,是大陆重建研究中的一个重要目标。以A·B·裴伟为代表的原苏联地质学说所提出的陆壳形成的三阶段模式就体现了这一原则。

以活动论为指导思想编制新的大地构造图在原苏联科学院地质研究所已经进行了多年的研究,在著名学者A·B·裴伟的指导下从70年代后期以来,已出版了乌拉尔、苏联东部、哈萨克斯坦东部等地区的大地构造图,并在此基础上出版了1:5 000 000欧亚北部大地构造图(1980),在其说明书中充分阐述了编图的基本原则。活动论认为,陆壳是洋壳转变而来,洋壳和过渡壳受到改造后可以形成陆壳。据此,裴伟等将地壳演化

过程划分为三个有序的阶段，即大洋阶段、过渡阶段和大陆阶段。大洋阶段形成的暗色岩基底和覆盖在其上的大洋盖层建造（即蛇绿岩套）是古洋壳的残余，它们是恢复古大洋的标志性组合。在过渡阶段以发育过渡地壳为特征，岛弧、边缘海和海沟构造环境都属过渡阶段。由于环境的多样，决定了过渡阶段有复杂的构造岩相带，存在着几个不同的建造系列，如边缘海建造系列，岛弧隆起带建造系列，海沟建造系列，鉴别这些标志性建造组合，是恢复过渡阶段不同构造环境的关键。在过渡阶段的晚期，褶皱作用顺序地卷入越来越大的区域，最终形成了褶皱带。简而言之，在过渡阶段，地壳在长期的物质和构造演变过程中，把相当于玄武岩层和上地幔的物质改造成为花岗岩——变质岩层，花岗岩—变质岩层的形成是一个长期的、复杂的过程，这个过程 的许多方面迄今我们尚不了解。大陆阶段意味着广阔的、连续而成熟的陆壳的存在，陆壳阶段的开始伴随着古地理和古构造环境的剧烈改变，前一阶段形成的花岗岩—变质岩层经过推挤而聚集拼结在一起。在推挤过程中，还伴随着重要的物质改造过程，其中最为重要的是作用于花岗岩—变质岩层的重复的、大规模的钾长花岗岩化，这个过程可称为物质固结。与造山作用相关的上磨拉石建造的形成，被认为是陆壳形成的标志性组合。在以活动论为指导思想编制大地构造图的基本原则中，其核心就是根据陆壳形成的时间进行构造分区，因此确定各个地区陆地壳形成的时间和进程是编图的首要任务。裴伟认为，花岗岩——变质岩带是连续陆壳形成以前的陆壳萌芽体，将某个时代形成的陆壳区中先后形成的陆壳萌芽体用适当的标志区分出来，将有助于追索陆壳区的演化进程。

应当指出，在原苏联学者所编制的一系列大地构造图中，利用标志性建造组合表现地壳演化的不同阶段较好地反映了一个个古洋及其边缘地区的地壳如何从洋壳通过过渡壳，在古洋消减和两侧大陆碰撞过程中转变成为成熟的连续的大陆型地壳。不同时代的褶皱系在这里成了不同时期形成的陆壳区。

在这里，关于大洋阶段的标志必须谨慎对待。按照板块学说，地质历史时期的大洋消失在造山带中，寻找消失了大洋的关键在于研究造山带中的蛇绿混杂岩带（或蛇绿岩套），蛇绿混杂岩带是造山带的脊椎，但是应该强调指出，把蛇绿混杂岩带（或蛇绿岩套）作为已消失了的洋脊形成的洋壳残块的概念已经打破，蛇绿混杂岩的构造含意和物质来源是多解的，即有洋中脊、边缘海、海山和岛弧等不同起源，于是就形成了鉴别上的困难。在这里有重要意义地是建立有效的地质和地球化学标志，识别出代表洋中脊起源的蛇绿混杂岩带的存在和它所代表的大洋的时间。这种性质的蛇绿混杂岩带一般说代表了板块（一级构造单元）的界限，也大体上标定了古俯冲带和大陆边缘的位置，规定了大陆板块的几何轮廓，其物质组成、变形和变质作用特点隐藏着古大洋和造山作用的一系列痕迹，因此有重要的大地构造意义。根据目前的认识，位于研究区的恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带就有这样的意义。依据蛇绿混杂岩带的分布，生物地理分区，综合考虑各种标志性建造的地质和地球化学特征，并参考古地磁资料，将陆壳分成若干古陆（太古代和早元古代的固结区）及其陆缘区，据此确定，以一个相对古老的、稳定的古陆基底为基础，包括大陆边缘区，离散出去又拼合起来的，已拼合的外来离散体或地体，构成一个一级构造单元。关于二级构造单元的划分，则综合考虑各单元在陆壳演化

的五阶段模式中的基本特征或地壳类型。在这方面过渡壳区的研究有突出的意义。

过渡壳区包括了多种地壳类型，是研究大陆构造和演化的关键地区。强调两种不同类型的过渡壳，尤其是拉张型过渡壳的构造意义，是何国琦教授提出的五阶段演化模式的基本点，相对于成熟陆壳来说，拉张型过渡壳和汇聚型过渡壳有完全不同的构造内涵，前者是离散，是解体，是成熟度降低或破坏过程；后者是挤压，是拼合，是成熟度提高或建设过程。强调拉张型过渡壳是因为在板块构造模式的运用过程中，在事实上，解体阶段对于地壳演化的重要意义往往被忽视了，其产物有时被看成前一构造阶段的产物，或者被归入安第斯型活动大陆边缘。拉张型过渡壳的产出状况有两种情况：一种是形成以后较少受到后期构造——岩浆作用的叠加，并相对易于辨认，如哈萨克斯坦边缘火山岩系；另一种情况则相反，在后期（俯冲，碰撞阶段）构造岩浆作用的强烈叠加和改造过程中，被破坏而难以辨认了，例如我们不能肯定在安第斯型或西太平洋型岛弧火山——深成岩组合中不包括含拉张型过渡壳，而更可能的是包含着被改造的拉张型过渡壳。根据现有的资料，在阿拉善北部地区拉张型过渡壳的上述两种产出状况都存在，早古生代在雅布赖——巴音诺尔公构造——岩浆带可能就是一种被强烈叠加和改造而破坏了的拉张型过渡壳区，但是需要说明，由于辨认困难和研究程度低，在图上没有进一步表示。汇聚型过渡壳均与大洋壳的俯冲过程相关，在汇聚型过渡壳中，最重要的是不同类型的火山弧的研究。根据现今论古的现实主义原则，在地质历史时期，应当存在两种不同类型的岛弧系，一种是广泛发育于现今西南太平洋地区的洋内火山弧；一种是像日本列岛那样的具有陆壳基底的火山弧。二者的根本区别在于前者建筑在洋壳上；后者建筑在从大陆裂解出来的破碎陆壳上。辨认地质历史时期的洋内弧的存在，同样有许多困难，但是它对于理解大陆壳的增生有重要理论意义。根据现有的资料，在阿拉善北部存在上述两种不同类型的火山弧。需指出，在研究区过渡壳及其古构造环境的研究是划分二级构造单元的出发点，是研究区大陆重建的基本内容。

1988年，世界大地构造编图委员会主席，著名地质学家B·E·哈茵等著文指出，大地构造编图应该满足以下几条原则：1、活动论原则。构造图应当反映岩石圈板块的水平运动在构造成因中所起的主导作用，正是板块的水平运动导致了大陆型地壳和过渡型地壳形成明显的侧向（构造拼贴）和垂向（构造分层性）的多种表现；2、现今论古的现实主义原则；3、历史性原则。要求在构造图上反映古构造和古地理要素形成的地质时代；4、实用主义原则。作为一种普遍性的指导原则，上述四条原则有重要意义，这些原则是互相紧密联系的。当然问题不仅在于提出正确的指导原则，而更重要的是在于如何正确地理解这些原则，特别是如何从技术上实现这些原则。

第二节 研究区构造单元的划分

根据上述原则，研究区构造单元的划分如图2—1所示，图2—1是简化了的1：100万大地构造图。

研究区划分出两级构造单元。有两个亚一级构造单元，即塔里木板块东端陆缘区

(I) 和华北板块西北缘陆缘区 (I)。恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带标志着两大板块之间的缝合带 (I—I_s)。亚一级构造单元可称为褶皱系。

二级构造单元, 称为褶皱带。褶皱带反映了其现在的构造状态。本书在褶皱带名称构成中均表述了其古构造环境及其发育时代。一、二级构造单元如下。

(一) 塔里木板块东端陆缘区 (褶皱系, I)

- 1、珠斯楞——杭乌拉早古生代被动陆缘区褶皱带 (ZHPM);
- 2、呼和浩特早古生代洋内弧褶皱带 (HGOA);
- 3、中蒙边界区晚古生代拉张型过渡壳区褶皱带 (CMEC);

(二) 华北板块西北缘陆缘区 (褶皱系, I)

- 1、雅布赖——巴音诺尔公晚古生代大陆弧褶皱带 (YBCA);
- 2、查干础鲁——霍尔森晚古生代弧后盆地褶皱带 (CHBB);
- 3、宗乃山——沙拉扎山晚古生代陆壳基底火山弧褶皱带 (ZSCA)。

需要指出, 在研究区内, 古陆基底露头零星, 在图 2—1 中再没有作为独立构造单元划出。另外, 上述二级构造单元名称较繁, 在以后的叙述中一般用古构造环境名称简称, 如宗乃山——沙拉扎山陆壳基底火山弧等, 或用代号。

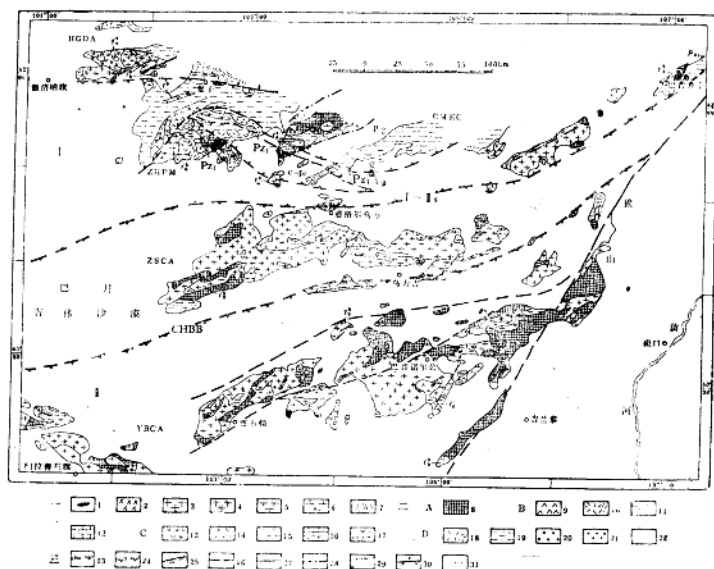


图 2—1 阿拉善北部地区构造地质略图

一、岩浆岩：1、古生代超镁铁质深成岩；2、古生代镁铁质深成岩；3、M型花岗岩（ γ_3 ， γ_4 ）；4、M型花岗岩（ γ_0^1 ）；5、Cs型花岗岩（ γ_3^1 ， γ_4^1 ， γ_5^1 ）；6、A型花岗岩（ γ_5^1 ）；7、蛇绿混杂岩；二、地质建造：A、古陆壳；8、前寒武系陆台基底及盖层（ AnG ）；B、拉张型过渡壳；9、裂谷型双模式火山岩（ P_2 ）；10、裂谷型钙—碱性系列火山岩（ $C-P$ ）；11、被动陆缘（ Pz_1 ）和裂谷型（ $C-P$ ）复理石；12、被动陆缘碳酸盐岩及硅质岩建造（ $C-o$ ）；C、汇聚型过渡壳；13、洋内弧火山岩（ Pt_3 ）；14、陆壳基底岛弧火山岩（ $C-P$ ）；15、陆壳基底岛弧及弧后盆地碎屑岩（ $C-P$ ）；16、陆壳基底岛弧及弧后盆地碳酸盐岩（ $C-P$ ）；17、大陆弧火山岩（ $C-P$ ）；D、陆壳阶段；18、陆壳火山岩建造（ D ）；19、陆壳碎屑岩建造（ D ）；20、海相磨拉石建造；21、陆相（上）磨拉石建造（ T_3 ）；22、中、新生界；三、构造要素：23、陆—陆碰撞板块缝合线（ $I-I_s$ ）；24、陆—弧碰撞缝合线；25、岩石圈走滑断裂；26、壳断裂；27、大断裂；28、韧性剪切带；29、古裂谷；30、逆冲断裂（推复体）；31、渐变地质界线。构造单元名称见正文。

第三章 恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带 特征及其大地构造意义

自60年代板块学说问世以来,蛇绿岩套或蛇绿混杂岩的研究一直引起学者的广泛关注。在一个发育完全的蛇绿岩套中,岩石类型按下列顺序产出(R.C.Coleman,1977): (1)底部变质橄榄岩(即构造岩);(2)堆晶橄榄岩并向上过渡为层状辉长岩,其顶部常含斜长花岗岩分异物;(3)席状岩墙群,通常由不含围岩隔开的100%的岩墙组成,其成分可以从玄武岩直到角斑岩;(4)枕状熔岩,形成其顶部,并与远洋沉积物和金属沉积物成互层。

越来越多的事实表明,蛇绿岩套的类型及产出状况是复杂的,其内部的成分、变质和变形作用、成因等方面亦有许多差异。Markov等(1977)根据岩石化学演化趋势,将蛇绿岩划分为四种类型。(1)分异完好的蛇绿岩;(2)未分异的蛇绿岩;(3)含有多种铁质辉长岩和斜长花岗岩的蛇绿岩;(4)在成分演化过程中具有碱性趋势的分异杂岩。从产出状况看,既存在许多有完整层序的未解体的蛇绿岩,也存在一些层序不完整的蛇绿岩,还有许多肢解了的蛇绿混杂岩。著名的赛浦路斯岛的Troodos蛇绿岩套是典型的具有完整层序的蛇绿岩。构成蛇绿岩的物质来源同样是多样的。G.J.Macpherson等(1990)把著名的弗兰西斯卡混杂岩的火成岩区分成弧和扩张中心、海山、半深成侵入岩三种起源,他们还认为加里福尼亚海岸山脉中的镁铁质岩是洋中脊起源。K.K.Ray等(1988)曾指出,安达曼蛇绿岩套是边缘海起源。著名的雅鲁藏布江蛇绿岩套产出的构造环境可能是小洋盆性质,它代表的是中生代冈瓦纳板块内部的一条缝合带(王希斌等,1987)。

阿拉善北部地区共确定出两条蛇绿混杂岩,本章主要讨论恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带的产出特征,岩石学、岩石化学和地球化学特征,混杂岩成因及其大地构造意义。

第一节 产出状况

恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带典型地出露于阿拉善右旗恩格尔乌苏($103^{\circ}50'E$, $41^{\circ}12'N$)一带,呈东西—北东东向断续延伸400km以上可能至巴音查干附近($107^{\circ}10'E$, $42^{\circ}15'N$),继续向东北延伸至蒙古境内,可能与西伯利亚与华北板块的缝合带相汇,向南西可能通过金塔北侧,在酒泉北西与阿尔金大断裂带相联。在恩格尔乌苏一带,混杂岩带东西延伸20km以上,宽4km以上,构成一个复杂的断裂带。选择其典型地段进行了填图(图3—1,原图为1:5000),为此在实地考察的基础上提出了科学地反映该混杂岩带特征的填图准则:(1)根据变形和产出特征,岩石学及来源的差异,划分出