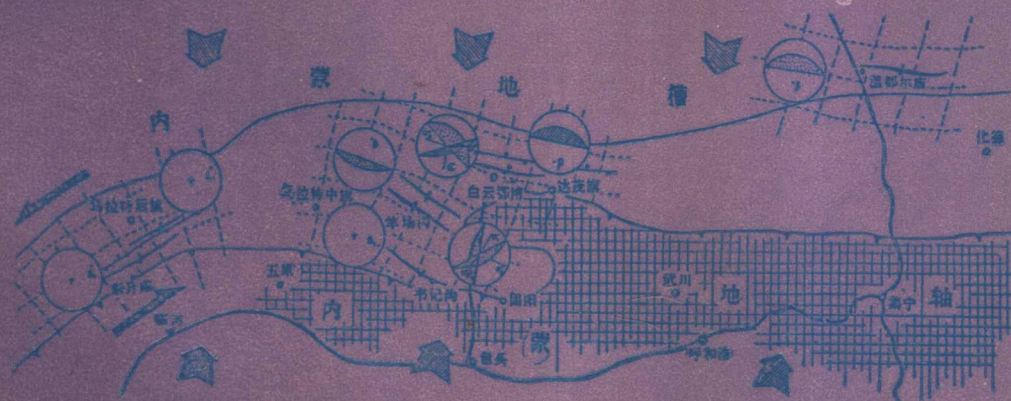


● 中国北方板块构造丛书

华北地台北缘 早古生代大陆 边缘演化

胡 晓 许传诗 牛树银 著



北京大学出版社

中国北方板块构造丛书(二)

华北地台北缘早古生代大陆边缘演化

EVOLUTION OF THE EARLY PALEOZOIC
CONTINENTAL MARGIN IN NORTHERN MARGIN
OF THE NORTH CHINA PLATFORM

胡 骝 许传诗 牛树银 著

北京大学出版社

中国北方板块构造丛书(二)

华北地台北缘早古生代大陆边缘演化

胡 晓 许传诗 牛树银 著

责任编辑: 佳 山

*

北京大学出版社出版

(北京大学校内)

国防科工委印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092毫米 16开本 14.75印张 377.6千字

1990年8月第一版 1990年8月第一次印刷

印数: 1—800册

ISBN7-301-01146-6/P·012

定价: 7.35元

序

板块构造学说的诞生,于今也不过二十几个年头。尽管它还比较年轻,在许多方面有待于进一步深化与改进。但是,由于它和现代有关科学技术的密切关联,彼此互相促进,对地质学各分支学科的发展,起着积极的推动作用,它可以解释过去所不能解释的有关问题。很自然地,这个新兴的大地构造学说很快就得到广泛的支持和采用。很多地质学家运用板块构造理论研究各地区的大地构造演化,并进而探讨与之有关的矿产生成及其分布规律。

中国的大地构造格局和演化,非常丰富多彩,世界上很少其他国家能与之媲美。从板块构造演化和成矿角度看,我们曾提出以两大古板块之间的缝合带作为一个构造带的中心,连同缝合带两侧的古板块边缘地区,作为一个大构造区,或称之为构造域^①。在同一构造域中,大地构造演化有其密切相关的历史。在中国境内,我们提出至少可以划分为四个大构造域:1.中国北方构造域,2.秦祁昆构造域,3.中国特提斯构造域及4.中国东部构造域。

中国北方板块构造域,西起天山、阿尔泰山,向东经北山及阴山,直达白山、黑水之间,东西长约4500km,面积240万km²。研究这个大构造域对基础理论和经济地质,都有重要意义。

1982年冬,在国家地质矿产部的领导下,中国地质科学院委托沈阳地质矿产研究所,组织召开了一次“中国北方板块构造与成矿规律学术交流及科研工作协调会议”。得到新疆、甘肃、内蒙古、黑龙江、吉林等省、自治区地矿局,北京大学地质系、南京大学地质系、河北地质学院、长春地质学院、西安地质学院等地质院校和中国地质科学院地质研究所、西安地质矿产研究所、沈阳地质矿产研究所等单位的热情支持和参加,开展了北方板块构造区的构造演化与成矿规律研究、成果交流及协调工作。经过四年多的努力,完成了所协调的十四个项目的工作。研究成果已部分发表于沈阳地矿所出版的《中国北方板块构造文集》第一集和地质出版社出版的《中国北方板块构造论文集》第一——三集(第三集在印刷中),共收集论文六十余篇。现在出版的《丛书》是经协调小组报请中国地质科学院组织评审验收的部分研究报告,其中主要有甘肃地矿局、内蒙古地矿局、北京大学地质系、河北地质学院、地质科学院地质研究所、沈阳地质矿产研究所在甘肃北山、内蒙古中部和吉林部分地区的研究成果。《丛书》中论证了华北地台北缘与西伯利亚地台南缘之间的板块缝合线在早、中期古生代分属不同的生物地理区系;划分出晚古生代华夏古植物群与安加拉古植物群的分界;研究了前中生代各期变质作用;进一步了解到温都尔庙群的高压低温变质条件;新发现了硬柱石、硬玉质辉石、文石、绿帘石、多硅白云母等高压矿物;深入论证了它与白乃庙的低压高温变质岩共同组成的双变质带及其构造意义;踏勘了蛇绿岩的分布,并从岩石矿物学、地球化学等方面探讨了不同蛇绿岩的成因特征,还用较多的同位素及微体生物化石确定了蛇绿岩的时代;初步在北山地区及内蒙中部地区划分出蛇绿岩带及混杂体带,剖析了加里东期的沟弧盆

① 沈阳地质矿产研究所,《中国北方板块构造文集》,序。

体系及加里东运动的性质；分析了板块构造旋回的各个阶段；探索到北山明水-小黄山是哈萨克斯坦中间板块与塔里木-中朝古板块之间的缝合线等。

受协调小组学术交流影响而未编入该《丛书》的成果，还有黑龙江区调队完成的20万分之一区域地质调查，已取得良好成果；内蒙古102队用板块构造理论所发现的大型萤石矿，103地质队勘察的金矿生成条件，并已圈出异常区。

在取得成绩的同时，我们也看出还存在着大量问题有待解决。由于中、新生代沉积被大面积的掩盖，岩层露头零散；由于中、新生代岩浆岩活动、变质作用，岩层受到侵冲与改造，尚有许多地层不能确定其时代，使构造演化的模式还缺乏足够的依据。我们希望在现有的基础上，通过七五期间在该区所设置的课题，能更深入系统地进行研究，以求得更全面的了解。中国北方板块构造协调小组的工作，只能说至此暂时告一段落，不能说至此已经结束工作。并且希望我国其它几个大地构造域也逐步能得到分头研究，不仅能解决区域性大地构造、矿产分布规律，并且对板块构造理论，作出应有的贡献。

总之，该《丛书》是我国北方板块构造首次系统研究的最新成果，为中国板块构造的深入研究提供了可靠依据。本《丛书》包括六册，各有侧重，各具特色，是一部重要的科学资料。

李春昱

一九八二年十二月

前言

(一)

河北地质学院内蒙古科研队,自1977年以来,对内蒙古中部古生代大陆边缘地质开展了系统的研究工作。1977—1979年,根据国家地质总局下达的“内蒙古中部集二线两侧富铁矿赋存地质条件”科研项目任务,分别在铁矿南带的温都尔庙地区和北带的苏尼特左旗二道井地区进行地质调查,最后提交了“内蒙古集二线南带温都尔庙群地层层序、构造特征和铁矿成因”的科研报告。该工作,重建了温都尔庙群层序;确认了温都尔庙蛇绿岩和不同类型的混杂地质体;发现了多处蓝闪片岩;提出了温都尔庙式铁矿属火山-沉积成因;首次对温都尔庙群的叠加褶皱进行了构造解析;比较系统地阐述了温都尔庙地区和二道井地区早古生代板块构造的各种地质证据,内蒙古生代地槽演化发展的主要地质事件及其与古板块活动的关系。温都尔庙地区成为中国北方板块构造研究最早的地区之一,这些研究成果为后来广泛开展的中国北方板块构造及成矿规律的研究提供了重要线索,展示了广阔的前景,并对加强天山—内蒙古—大兴安岭地质构造及成矿规律的研究起了积极作用。

1980—1983年,河北地质学院内蒙古科研队又对华北地台内蒙地轴北侧中晚元古宙变质岩系(狼山群、渣尔泰群和白云鄂博群)的褶皱变形序列、有色金属矿床的时空分布和古构造控制条件、古应力场的演变进行研究,取得了相应的成果,初步提出晚元古代褶皱带的认识。

1984—1986年,在地质矿产部科技司和“中国北方板块构造与成矿规律研究”协调小组领导下,承领了部颁科研项目“华北地台北侧(内蒙古中部地区)早古生代地质构造发展史和成矿规律的研究”,再次对温都尔庙—白乃庙地区早古生代的地层层序、岩石矿物、地质构造和矿产进行较系统的研究,建立了温都尔庙—白乃庙古海沟俯冲带—火山岛弧及弧后盆地的构造体系,研究了沟-弧-盆体系的地质构造特征;积累了丰富的岩石矿物学资料,证实了低温高压和高温低压变质作用(带)的存在,并解释了板块构造中的某些岩石学问题;明确了铁、铬和铜(钼)、金等矿产的形成、富集及其与板块构造的成因联系,提出“变形成矿”概念;摸索了一套小构造定量研究,以及与区域大地构造相结合的研究方法和途径。

从1986年开始,河北地质学院内蒙古科研队再次承担地质矿产部和国家经委下达的“七五”期间地质科研攻关项目,对华北地台北缘西段,即内蒙古狼山—渣尔泰山地区元古宙的地质构造、有色金属矿产成矿规律及隐伏矿床预测研究。

可见,《华北地台北侧早古生代地质构造发展史和成矿规律的研究》课题是历年来科研工作的继续和深入。本专著就是在上述工作基础上编写成的,是对内蒙古中部古生代大陆边缘地质,尤其是早古生代板块俯冲海沟、火山岛弧地质及其工作方法的全面系统概括和总结。虽然板块构造的地质背景各地有所差异,但是内蒙古温都尔庙—白乃庙地区的沟-弧-盆体系,其地质构造特征,板块构造与岩浆活动、变质作用、沉积作用的关系,板块构造与成矿

的关系均具代表性,研究方法和途径也可供借鉴和参考。在某种意义上,目前我国古板块构造的研究大多仍侧重在区域性总体轮廓的研讨,而典型地区的详细解析则更有助于古板块研究的深化。

(二)

近十余年来,在李春昱教授的指导下,我国大陆古板块构造的开拓性研究已取得了卓著的成绩。同时,在应用起始于海洋地质的板块理论和简单化的模式解释复杂的大陆地质,尤其是古生代构造时,遇到不少新的问题和困难,迫使我们用新的观点重新审视以往积累的丰富资料和各种认识,并从各个方面、不同学科相互配合,特别是在工作中注意了解国内外板块构造研究的新成就、新技术、新理论,用不同的方法进行探索性研究。实践证明,作为大陆板块重要组成部分的会聚带,具有一系列独特的地质构造,岩石矿物组合和岩浆活动,变质作用及丰富多彩的矿产。

在区域大地构造轮廓基本清楚的前提下,岩石矿物学的研究,对与板块会聚作用有成因联系的小构造系统观测和模拟实(试)验,在形态定性描述的同时,力求定量或半定量地阐明板块活动的有关地质问题,是值得尝试的研究途径和工作方法。

大量事实证明,板块俯冲消减与岛弧火山岩的成分、组合和演化有明显关系,同时也决定着盆地的沉积环境和岩石类型。因此,应用岩石地球化学的规律性变化来测算板块俯冲消减的各种参数,从岩石组合的演变来探索板块会聚作用的构造演化规律是深入研究板块构造的重要方面和正确方向。

几年来通过野外地质调查,室内岩石矿物的光薄片鉴定,组构分析,岩矿化学成分和微量元素分析,电子探针和模拟试验等手段和方法,在地质构造和岩石矿物等方面先后完成了一批科研成果,取得了一些规律性的认识。在探讨温都尔庙早古生代板块俯冲带和白乃庙岛弧区的地质构造特征及岩石矿物共生组合的过程中,在定性描述的基础上,尽量作了定量分析研究。

(三)

本专著是河北地质学院内蒙古科研队集体的科研成果。研究课题由胡晓副教授负责。祁思敬教授也曾一度负责该项目,为指导和开展板块构造的研究作了积极努力。各章执笔分工如下:前言、第一、二章,胡晓;第三、四、五章,胡晓、牛树银;第六、七、八章,许传诗;第九、十章和“早古生代大陆边缘的构造演化”,胡晓;最后,由牛树银统编定稿。张英涛和张建珍分别参加了构造地质和岩石矿物学的部分工作。

除上述人员外,历年来参加内蒙古温都尔庙—白乃庙地区板块构造研究工作的先后还有:丁溥权、徐珏、朱焕喜、薛丕东、郑学信、韩卓帘、史继忠、吕耀芬、秦东林、焦彩兰、姬再良、王春、方勇勇、杨宝义、李连和、李书庆、郝建民及三、四年级学生近百人。

河北地质学院岩矿测试中心、图书馆、资料室、绘图室、磨片室和汽车队等单位的同志通力合作,为完成本科研项目作出了贡献,尤其是院系各级领导的支持和鼓励,是课题研究得以顺利进行和圆满完成的保证。

(四)

在整个工作过程中,我们得到中国地质科学院地质所、测试所,天津冶金地质调查所等单位的大力帮助和热情支持,北京大学和中国地质科学院电子探针室,中国地质大学北京研究生部电子探针室等单位协助完成了部分岩石和矿物的分析测试工作。此外,内蒙古地质局区调一队、103地质队、106地质队和地质研究队,沈阳地质矿产研究所,天津地质矿产研究所和中国地质大学(武汉)等单位的许多宝贵资料,均给予我们许多有益的帮助和启迪,谨向以上单位和有关同志致以深切的谢意。

(五)

本书初稿完成后,于1987年3月在河北地质学院科研处主持下召开了评审会议,与会人员有北京大学钱祥麟教授、长春地质学院李树勋教授、中国地质科学院地质研究所姜春发副研究员,河北地质学院邵克忠教授、杜汝霖教授、白宜真副教授、杨文远副教授和冯家麟副教授。根据评审中提出的意见,由执笔人对各章进行了修改、整理和补充。1987年5月,中国地质科学院受国家地质矿产部委托,在沈阳主持召开了《中国北方板块构造与成矿规律》“六·五”成果评审会,由秦雍(沈阳地质矿产研究所研究员)、陈琦(长春地质学院教授)、王荃(中国地质科学院岩石圈中心高级工程师)、唐克东(沈阳地质矿产研究所副研究员)、王莹(黑龙江地质局高级工程师)、李茂松(北京大学副教授)等十七人组成的评审组对本书进行了审议,认为本专著“内容丰富、数据可信、层次清楚,有独立见解,是中国北方板块构造研究中的一份比较系统并颇具特色的科研成果,在小构造与区域构造相结合的研究中达到了国内先进水平,有相当的学术价值和实际意义,对科研、教学及区内今后的地质工作均有参考价值”。随后,根据评审意见和出版要求对全书又作了精简和修改。1987年12月,北京大学地质系郑亚东副教授再次详细审阅了书稿,提出了许多宝贵意见和建议,作者在十分感激的心情下修改并定稿。

(六)

由于科研水平和力量的限制,我们深感本书中存在不少问题和缺点,如各章之间在内容和分量上不够平衡,岩石矿物的研究没有围绕构造演化进行,地层年代学、显微构造、微量元素的研究工作做得很少,有些甚至没有开展。还必须说明的是,大陆古板块构造的研究是个复杂的课题,问题多难度大,不少是探索性的工作,难免有不成熟,甚至错误之处,敬请各方指正。再者,学术上不同观点的存在是很自然的,在尊重客观地质实际资料的前提下,书中某些地方保留了执笔者之间的不同看法,以便在今后的再实践中进一步研究解决。

作者

1988.3.5

目 录

早古生代岩石-地层单元

一、岩石-地层单元划分、对比和隶属关系认识的演变过程	(1)
二、岩石-地层单元划分的某些原则和对比的基础	(4)
第一章 温都尔庙俯冲带的岩石-地层单元	(6)
第一节 温都尔庙蛇绿岩	(6)
一、温都尔庙群：古洋壳残体的组成部分	(6)
二、辉长-辉绿岩	(16)
三、超基性杂岩	(17)
四、角闪岩类岩石	(19)
五、花岗岩类岩石	(19)
第二节 温都尔庙混杂地质体	(20)
第三节 温都尔庙蛇绿岩形成和侵位的时代问题	(23)
第二章 白乃庙岛弧及弧后盆地的岩石-地层单元	(25)
第一节 白乃庙火山岛弧岩系	(25)
一、白乃庙群：岛弧火山-碎屑岩系	(25)
二、白乃庙岛弧岩浆岩岩石组合	(28)
第二节 徐尼乌苏组：弧后盆地复理石建造	(29)
一、徐尼乌苏组复理石的类型和相型特征	(29)
二、徐尼乌苏组与上下地层的接触关系	(32)
三、徐尼乌苏组的时代	(34)
四、大地构造意义	(34)
第三节 那清组：磨拉石建造，早古生代增生陆壳上的沉积盖层	(34)

早古生代大陆边缘地质的构造变形

第三章 温都尔庙俯冲带的构造特征	(39)
第一节 温都尔庙群的褶皱构造序列	(39)
一、多期褶皱构造及其叠加干涉型式	(39)
二、褶皱序列的演化及其与铁矿的关系	(46)
第二节 韧性剪切带的地质特征及其应变值和位移量	(48)
一、韧性剪切带的地质构造特征	(48)
二、图林凯-乌兰敖包韧性剪切带的应变值和位移量	(52)
第三节 膝折构造及其地质意义	(53)

一、膝折构造的分布规律	(54)
二、膝折构造的类型及其形态特征	(54)
三、膝折构造的形成条件	(56)
四、膝折构造的地质意义	(57)
第四节 变形岩石的有限应变测量	(58)
一、有限应变测量	(59)
二、应变测量数据的电算处理	(62)
三、结论与讨论	(64)
第五节 俯冲速度和消减深度	(65)
一、白乃庙群岛弧火山岩系	(65)
二、板块俯冲速度	(67)
三、板块消减深度	(67)
四、小结	(71)
第四章 白乃庙岛弧区的叠加褶皱	(72)
第一节 白乃庙群的褶皱序列	(73)
第二节 模拟试验	(77)
第三节 构造变形控制铜矿成矿作用的初步认识	(78)
第五章 陆缘区中晚元古界的构造变形	(80)
第一节 变形特征和构造序列	(81)
一、构造置换与早期褶皱	(81)
二、主期褶皱(F_2)的形态和产状	(83)
三、晚期褶皱(F_3)的表现型式	(87)
第二节 变形-变质作用的显微构造特征	(88)
一、片理的形成过程及显微构造特征	(88)
二、变形-变质作用的显微构造	(89)

早古生代海沟、岛弧区的岩石学

第六章 温都尔庙俯冲带岩石学	(93)
第一节 蛇绿岩岩石学特征	(93)
一、硅质岩类	(93)
二、变基性熔岩类	(94)
三、变辉绿岩类	(95)
四、变超基性岩类	(95)
第二节 蛇绿岩岩石地球化学特征及岩石成因判别	(97)
一、微量元素地球化学特征及岩石成因判别	(97)
二、稀土元素地球化学特征及岩石成因判别	(98)
三、结论	(100)
第三节 关于母岩浆的性质、演化特点和形成条件的讨论	(101)
一、痕量元素在岩石形成过程中的迹象显示	(101)
二、残留单斜辉石反映原始岩浆特征迹象显示	(103)

三、岩石形成条件的讨论	(109)
四、结论	(110)
第四节 蚀变变质作用	(110)
一、超基性岩的蚀变变质作用	(110)
二、基性岩的蚀变变质作用	(111)
第七章 白乃庙古岛弧区的岩石学	(121)
第一节 白乃庙群岩石类型和原岩恢复	(121)
一、变火山凝灰岩-变泥质、粉砂质岩类	(122)
二、长英片岩-变粒岩类	(123)
三、绿色片岩类	(123)
四、角闪质岩类	(124)
五、结晶灰岩类	(124)
六、变花岗闪长(斑)岩-花岗岩类	(124)
第二节 原岩建造特征及其形成环境	(125)
一、原岩建造特征	(125)
二、火山岩系列反映的大地构造环境	(126)
第三节 白乃庙群基底岩石特征及形成环境的分析	(128)
一、温都尔庙地区斜长角闪岩岩石特征及形成环境分析	(128)
二、白乃庙斜长角闪岩岩石特征及形成环境分析	(129)
三、斜长角闪岩的混合岩化作用及形成机理分析	(132)
四、几点结论	(134)
第八章 高压低温变质作用和低压高温变质作用	(135)
第一节 俯冲带的高压低温变质作用	(135)
一、超基性岩的高压低温变质作用	(135)
二、基性岩的高压低温变质作用	(135)
三、几点结论	(149)
第二节 岛弧区的低压高温变质作用	(149)
一、低压高温变质作用的矿物特征	(149)
二、低压高温变质作用过程分析	(155)
三、低压高温变质带的划分	(156)
四、变质作用条件的分析	(158)

早古生代板块会聚带的矿产地质

第九章 离散板块边界形成的铁、铬矿床	(162)
第一节 温都尔庙铁矿地质特征	(162)
一、铁矿的层位和层序	(162)
二、矿床地质	(163)
三、成矿规律	(167)
四、温都尔庙式铁矿的成因	(170)
五、古生代火山沉积铁矿的几个成因问题	(171)

第二节 超基性杂岩与铬的成矿作用	(172)
一、概况	(172)
二、主要岩体群的地质特征	(173)
三、主要岩体群的矿化特征	(175)
四、对超基性杂岩和铬成矿作用的几点认识	(175)
第十章 聚斂板块边界形成的铜金矿床	(177)
第一节 白乃庙岛弧型斑岩铜矿的地质特征	(177)
一、含铜岩系	(177)
二、矿床地质	(179)
三、矿床成因	(182)
第二节 白乃庙岛弧区金的成矿作用	(183)
一、矿床主要地质特征	(183)
二、成矿规律	(185)

早古生代大陆边缘的构造演化

一、构造演化发展历史	(189)
二、古构造应力场的演变	(192)
参考文献	(205)
英文摘要	(208)
图版说明	(213)
图版	

EVOLUTION OF THE EARLY PALEOZOIC CONTINENTAL MARGIN IN NORTHERN MARGIN OF THE NORTH CHINA PLATFORM

Huxiao Xu Chuanshi Niu Shuyin

CONTENTS

PART I DIVISION AND CORRELATION OF THE EARLY PALEOZOIC LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS

1. Division and Correlation of the Lithostratigraphic Units and the Process of Understanding Their Mutual Relationship	(1)
2. Division Principle and Correlation Basis of Lithostratigraphic Units	(4)
Chapter 1. Lithostratigraphic Units of the Wendurmiao Subduction Zone ..	(6)
1.1 Wendurmiao Ophiolite	(6)
1. Wendurmiao Group: the Component of the Paleooceanic Crust Remains ...	(6)
2. Gabbro-diabase	(16)
3. Ultrabasic Complex	(17)
4. Amphibolite Rocks	(19)
5. Granite Rocks	(19)
1.2. Wendurmiao Melange	(20)
1.3. The Age of the Forming and Emplacing of Wendurmiao Ophiolite	(23)
Chapter 2. Lithostratigraphic Units of the Bainaimiao Island Arc and Back-arc Basin ...	(25)
2.1. Bainaimiao Island Arc Volcanic Rocks	(25)
1. Bainaimiao Group: the Island Arc Volcanic-clastic Rocks	(25)
2. Paragenesis of the Bainaimiao Island Arc Magmatic Rocks	(28)
2.2. Back-arc Basin Flysch Formation of Xuniwushu Group	(29)
1. Types and Facial Features of the Flysch in Xuniwushu Group	(29)
2. Contact Relation of Xuniwushu Group with Both Above and Bellow Strata ...	(32)
3. Age of Xuniwushu Group	(34)
4. Geotectonic Significance	(34)
2.3. Naqin Group: the Molasse Formation, the Sedimentary Cover on Early Paleozoic Accretionary Continent	(34)

PART II TECTONIC DEFORMATION IN THE EARLY PALEOZOIC CONTINENTAL MARGIN

Chapter 3. Tectonic Features of the Wendurmiao Subduction Zone	(39)
---	---------------

3.1. Folding Sequence of Wendurmiao Group	(39)
1. Multi-phase Folding and Its Superposed-interference Pattern	(39)
2. Evolution of Folding and Its Relation to the Iron Deposits	(46)
3.2. Geological Features and Shear Strain and Displacement of the Ductile Shear Zone	(48)
1. Geological Structure Features of the Ductile Shear Zone	(48)
2. Shear Strain and Displacement of the Tulinkai—Wulanaobao Ductile Shear Zone	(52)
3.3. Kinks and Their Geological Implications	(53)
1. Distribution Regularity of the Kinks	(54)
2. Shape and Types of the Kinks	(54)
3. Genetic Condition of Kinks	(56)
4. Geological Implications of Kinks	(57)
3.4. Finite Strain Measurement in Deformed Rocks	(58)
1. Finite Strain Measurement	(59)
2. Data Treatment of the Finite Strain Measurement	(62)
3. Conclusions and Discussion	(64)
3.5. Subducting Rate and Consuming Depth	(65)
1. Bainaimiao Group Island Arc Volcanic Rocks Sequence	(65)
2. Subducting Rate of the Plate	(67)
3. Consuming Depth of the Plate	(67)
4. Summary	(71)
Chapter 4. Superposed Folds in the Bainaimiao Island Arc Area	(72)
4.1. Folding Sequence in Bainaimiao Group	(73)
4.2. Simulated Experiments	(77)
4.3. Tentative Knowledge of the Tectonic Deformation Controlling the Mi- nerogenesis of copper	(78)
Chapter 5. Tectonic Deformation of the Continental Margin in Mid-late Proterozoic ...	(80)
5.1. Deformation Features and Tectonic Sequence	(81)
1. Structural Transposition and Early Folds	(81)
2. Shape and Attitude of the Main-phase Folds (F_2)	(83)
3. Appearance of the Late-phase Folds (F_3)	(87)
5.2. Microstructure Features of the Deformation and Metamorphism	(88)
1. Forming Process and Microstructure Features of the Schistosity	(88)
2. Microstructures of the Deformation and Metamorphism	(89)

PART III PETROLOGY OF THE EARLY PALEOZOIC TRENCH-ISLAND ARC AREA

Chapter 6. Petrology of the Wendurmiao Subduction Zone	(93)
---	---------------

6.1. Petrological Features of the Ophiolite Suite	(93)
1. Siliceous Rocks	(93)
2. Meta Basic Lava	(94)
3. Meta Diabases	(95)
4. Meta Ultrabasic Rocks	(95)
6.2. Geochemical Features and Genetic Judgement of the Ophiolite	(97)
1. Geochemical Features and Genetic Judgement of trace Elements	(97)
2. Geochemical Features and Genetic Judgement of REE	(98)
3. Conclusion	(100)
6.3. Discussion on the Nature, Evolution and the Genetic Conditions of the Original Magma	(101)
1. The Appearance of the Trace Elements in Rockforming process	(101)
2. The Appearance of the Remained Monoclinic Pyroxene Reflecting Original Magma	(103)
3. Discussion on the Rock-forming Conditions	(109)
4. Conclusion	(110)
6.4. Alteration	(110)
1. Alteration of the Ultrabasic Rocks	(110)
2. Alteration of the Basic Rocks	(111)
Chapter 7. Petrology of Bainaimiao Island Arc Area	(121)
7.1. Rocks Classification and Original Rocks of Bainaimiao Group	(121)
1. Meta Tuff, Meta Pelitic and Meta Psammitic Rocks	(122)
2. Feldspathic-quartz Schists, Leptynite Rocks	(123)
3. Green Schist Rocks	(123)
4. Amphibolite Rocks	(124)
5. Crystallized Limestone Rocks	(124)
6. Meta Granodiorite (prophyry) and Granite Rocks	(124)
7.2. Formation of the Original Rocks and Their Genetic Environment	(125)
1. Formation of the Original Rocks	(125)
2. Geotectonic Environment Reflected by the Volcanic Rocks	(125)
7.3. Genetic Environment and Features of the Basement Rocks Bellow Bainai- miao Group	(128)
1. Genetic Environment and Features of the Amphibolites in Wendurmiao Group	(128)
2. Genetic Environment and Features of the Amphibolites in Bainaimiao Group	(129)
3. Migmatization of the Amphibolites and Its Genetic Mechanism	(132)
4. Conclusion	(134)
Chapter 8. Lower-temperature-high-pressure Metamorphism and High-temperature-	

lower-pressure Metamorphism	(135)
8.1. Lower-temperature-high-pressure Metamorphism in the Plate Subduction Zone	(135)
1. Lower-temperature-high-pressure Metamorphism in Ultrabasic Rocks	(135)
2. Lower-temperature-high-pressure Metamorphism in Basic Rocks	(135)
3. Conclusion	(149)
8.2. High-temperature-lower-pressure Metamorphism in the Island Arc Area	(149)
1. Mineral Feature of the High-temperature-lower-pressure Metamorphism	(149)
2. Discussion on the Process of High-temperature-lower-pressure Metamorphism	(155)
3. Division of the High-temperature-lower-pressure Metamorphic Belts	(156)
4. The Analysis of the Metamorphism Conditions	(158)

PART IV GEOLOGY OF THE MINERAL RESOURCES IN THE EARLY PALEOZOIC PLATE CONVERGENT ZONE

Chapter 9. Iron and Chromite Deposits in the Divergent Plate Margin	(162)
9.1. Geological Features of the Wendurmiao Iron Deposits	(162)
1. Horizon and Sequence of the Iron Deposits	(162)
2. Geology of Ore Deposits	(163)
3. Minerogenetic Regularities	(167)
4. Genesis of the Wendurmiao Type Iron Deposits	(170)
5. Genetic Problems of the Paleozoic Volcanic-sedimentary Iron Deposits	(171)
9.2. Ultrabasic Complex and the Minerogenesis of Chromium	(172)
1. General Introduction	(172)
2. Geological Features of the Main Body Groups	(173)
3. Mineralization of the Main Body Groups	(175)
4. Discussion on the Ultrabasic Complex and the Minerogenesis of Chromium	(175)
Chapter 10. Copper-gold Deposits in the Convergent Plate Margin	(177)
10.1. Geological Features of the Bainaimiao Island Arc Type Porphyry Copper Deposits	(177)
1. Copper-bearing Rock Sequence	(177)
2. Geology of Ore Deposits	(179)
3. Genesis of the Ore Deposits	(182)
10.2. Minerogenesis of the Gold in Bainaimiao Island Arc Area	(183)
1. Main Geological Features of the Deposits	(183)
2. Minerogenetic Regularities	(185)

**PART V TECTONIC EVOLUTION OF THE EARLY
PALEOZOIC CONTINENTAL MARGIN**

1. History of the Tectonic Evolution	(189)
2. Evolution of the Palaeo-tectonic Strain Field	(192)
References	(205)
Abstract	(208)
Explanation of Plates	(213)
Plates	(216)