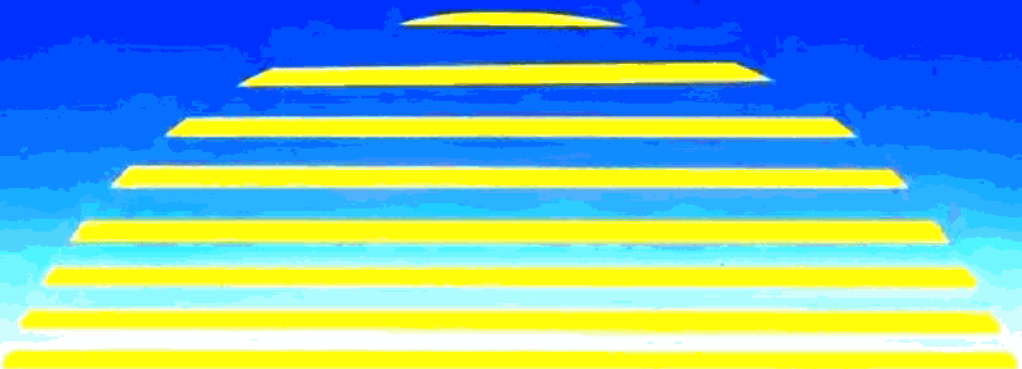
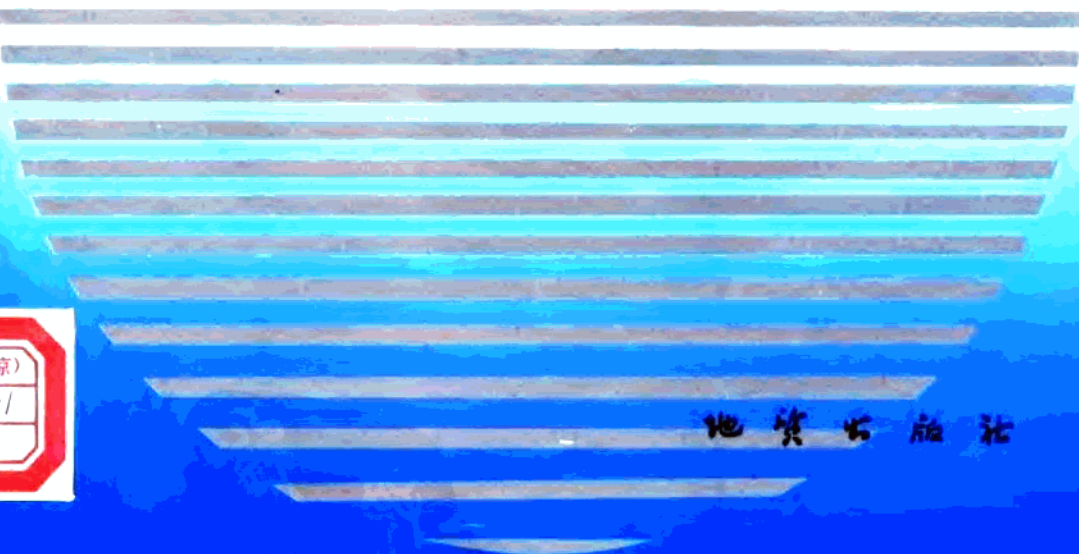




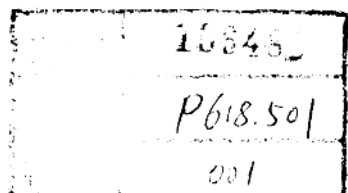
吉林中部古生代构造-岩浆活动 与金银成矿作用

马俊孝 李之彤 张允平 方文昌 杨 森 著



地质出版社

北京)
C/



吉林中部古生代构造-岩浆活动 与金银成矿作用

马俊孝 李之彤 张允平 方文昌 杨 森 著



石油0106496

S410.5/1



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书突破了在大陆造山带单一以地台或地槽主单元分级命名的传统观念,以构造单元属性随地史发展而转变的活动论地球观,探讨了华北地块北缘古生代构造单元的划分和构造岩浆演化特征;详细划分了吉林中部古生代岩浆活动时代,系统阐述了不同时代岩浆岩类的岩石学、矿物学、岩石化学、地球化学特征,划分了成因类型或岩石系列,讨论了其产出的构造环境和形成机制;将研究区划分为三个古生代内生金银多金属、金铜镍成矿区(带)及六种金银、伴生金银矿床成因类型,描述了典型矿床地质特征,讨论了其富集规律、成矿条件、控矿因素及矿床成因;研究了金银区域成矿规律,以较充分的地质、物探、化探等综合信息,进行了旨在以发现和获取新的含矿载体为目的的金银成矿预测。

本书可供从事大地构造学、岩石学、矿物学等专业研究人员及有关地质勘查人员、院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

吉林中部古生代构造-岩浆活动与金银成矿作用/马俊孝等著. -北京:地质出版社,1998.3

ISBN 7-116-02512-X

I. 吉… II. 马… III. ①岩浆作用-吉林-古生代②金矿床-成矿作用-吉林-古生代③银矿床-成矿作用-吉林-古生代 IV. P618.501

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 28522 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:蒋云林 王文孝

责任校对:王迎华 王 军

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:11 字数:255000

1998 年 3 月北京第一版·1998 年 3 月北京第一次印刷

印数:1—600 册 定价:25.00 元

ISBN 7-116-02512-X

P·1860

(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)

前 言

本书研究范围为敦化-抚顺断裂以西、松辽盆地东缘德惠-公主岭断裂以东古生代陆壳增生区,大致位于东经 $126^{\circ}00'$ ~ $129^{\circ}00'$,北纬 $42^{\circ}00'$ ~ $44^{\circ}00'$ 吉林省中部地区,面积约 5 万 km^2 。

大陆造山带是当代固体地球科学的前沿研究领域。80 年代过去的 10 年,人们对于我国北方造山带大地构造演化和内生成矿作用寄予极大关注。思考与探索的脚步,几乎从未停息。大量有关我国北方板块构造域的研究报告和地质文献,记述了众多地学同仁以活动论地球观,试图建立我国大陆动力学理论及成矿机制,在地学领域通往自由王国道路上做过的不懈努力和认真尝试。

华北地块北缘褶皱带是我国北方板块构造域的重要组成部分。十几年来,人们带着向往,着意耕耘,板块构造理论的科学性在这里得到证实。某些新的研究热点的涌现,将有可能不同程度地修正或补充板块学说理论和模式的不足。这个大约长 2 000 km、宽 150 km,大致呈东西走向、狭长绵长的大陆岩石圈,记录了地质历史时期洋盆形成与消亡、大陆碰撞与固结抬升的全过程,代表了一个完整的大地构造旋回,嵌布着与之密切相关的金、银、铜、铁、镍、铬、铅、锌和稀土、稀有元素等大、中型内生矿床。已为基础地质研究和矿产普查勘探实践所证明了的事实是,华北地块北缘褶皱带是描述大洋开启与闭合的威尔逊旋回和大陆块体间超碰撞演化进程的地史模型,是我国北方重要的金银成矿带和内生矿产资源基地。

“六五”、“七五”期间,有关华北地块北缘古生代活动大陆边缘构造演化与内生成矿作用的地质报告,亦披露了一系列古生代洋壳残片、岛弧地体、侵入岩体和混杂堆积的客观存在,揭示了诸如白乃庙大型金银多金属矿床、山门大型金银矿床,在成因上与古生代岛弧钙碱性火山-沉积岩系和花岗质侵入岩息息相关,证明了古生代构造岩浆活动与内生金属成矿作用之间的内在联系。从而极大地提高和强化了华北地块北缘古生代地质的研究程度和金银找矿力度,亦为开展包括吉林中部陆壳增生区在内的华北地块北缘古生代构造岩浆活动和金银成矿作用的研究,提供了科学依据。

中—新生代以来,我国东部大陆边缘卷入环太平洋断块构造体系,构造-岩浆活化强烈,华北地块北缘大致呈东西走向的古生代褶皱带和断裂带为北东或北北东向构造-岩浆岩带叠加,使本来就难以辨认的大地构造格局和内生金属成矿作用愈加纷繁复杂。近年,在上述构造-岩浆岩带相继发现在成因上与中生代火山-深成岩有关的大、中型金银多金属矿床。但是金的多来源、多营力、多期次成矿特点和有关矿床成矿地质特征的研究结果表明,即或它们的成矿时代属于印支期或燕山期,前中生代构造岩浆(岩)和沉积变质岩系基底组合,依然举足轻重,具有重要影响。

在华北地块北缘大地构造演化进程中,吉林中部地区占有重要的时空位置。本书试图运用板块构造理论对吉林中部古生代陆壳增生区不同演化阶段构造岩浆(岩),特别是岛弧钙碱性火山岩和花岗岩类的岩石学、矿物学、岩石化学、地球化学等特征,以及它们与金银成矿

的关系进行研究。在充分利用山门、三道甸子等典型金银矿床和其它已知内生金银矿床(点)成矿条件、控矿因素的研究成果基础上,采用地质、地球物理、地球化学(异常)等综合技术方法,全面分析工作区内金银成矿规律,提出与古生代构造岩浆(岩)有关金银预测靶区,以期改变现有资源现状,发现和获取新的含矿载体。

吉林中部陆壳增生区和华北地块北缘褶皱带的古生代地质,显示个性与普遍性的统一。本书以构造单元属性随地史发展而转变的动态时空观,用较大篇幅对华北地块北缘古生代构造单元划分和构造岩浆演化特征进行了分析和厘定。作为历史的回顾与总结,这一规范没有权威性色彩,仍然只是一种尝试和探索。目的是供大家讨论,在我国北方大地构造研究中开拓一个新的工作思路,寻求一个适宜的演化模型,为形成我国具有国际领先水平的大陆动力学理论添砖加瓦。

考虑到某些与褶皱造山运动有成因联系的岩浆作用难以以特定的地质时序截然分割,对那些具有同源演化特点,与华力西晚期侵入岩有密切成因联系的印支早期侵入岩,一并归入古生代岩浆活动予以讨论。

本书是在地质矿产部“八五”科技攻关项目“华北地块北缘矿化集中区控矿因素与成矿预测”中“吉中地区古生代构造岩浆控矿作用与金银成矿预测”专题研究报告基础上改写而成,是地质矿产部沈阳地质矿产研究所和吉林省地质矿产局区域地质矿产调查所的共同研究成果。

参加工作和撰文的有(依姓氏笔划为序):马俊孝(前言、第五章);方文昌(第三章);李之彤(第四章、结语);张允平(第一章);杨森(第二章、第三章)。地面伽马能谱和磁性测量工作由沈阳地质矿产研究所刘海山研究员完成,并撰写了高精度磁测部分。全部插图由沈阳地质矿产研究所郑恺工程师清绘。

在执行研究计划过程中,曾得到中国地质科学院矿床地质研究所裴荣富研究员的悉心指导和关照,并曾不断地得到来自吉林省地质矿产局彭玉鲸、张永焕高级工程师的热诚帮助和支持。书稿完成后,承蒙原长春地质学院张兴洲教授、辽宁省地质矿产局方如恒、王金玉高级工程师、吉林省地质矿产研究所毕守业高级工程师审阅全文,并提出宝贵意见。在此一并致谢!

本书编写过程中引用了吉林省地质矿产局地质矿产研究所、区域地质调查所、第二地质调查所、第三地质调查所、第五地质调查所和物探队等单位或作者已出版或未刊资料,获益匪浅;由于篇幅所限,未能将其一一列入参考文献和脚注,敬请有关单位或作者原谅。

由于研究范围只是华北地块北缘广大地域的一隅,研究区内古生代地层和岩体普遍遭受中—新生代内、外地质作用的剥蚀、掩盖、肢解和吞噬,加之我们的学识和能力所限,文内舛误、疏漏难免;甚至管中窥豹,以点盖面。敬请批评指正。

目 录

第一章 大地构造单元划分及构造岩浆演化特征	(1)
第一节 问题的提出与历史的回顾.....	(1)
第二节 华北地块北缘古生代构造单元划分.....	(5)
第三节 华北地块北缘构造岩浆演化特征	(13)
第四节 吉林中部古生代构造单元划分	(16)
第五节 吉林中部地区古生代构造岩浆演化特征	(18)
第二章 区域地质背景	(21)
第一节 地层	(21)
第二节 构造	(26)
第三节 岩浆岩	(29)
第四节 矿产	(31)
第三章 古生代岩浆岩及岩浆作用	(33)
第一节 侵入岩及侵入作用	(33)
第二节 火山岩及火山作用	(64)
第四章 古生代内生金银矿床	(83)
第一节 成矿带(区)的划分	(83)
第二节 矿床成因类型	(85)
第三节 典型金银矿床描述	(87)
第五章 金、银成矿预测	(125)
第一节 金、银区域成矿规律	(125)
第二节 预测区圈定依据和分类原则.....	(132)
第三节 预测区优选.....	(134)
结 语	(160)
主要参考文献	(161)
英文摘要	(163)

Contents

Chapter 1	Devision of geotectonic unit and characteristics of tectonic-magmatic evolution	(1)
1	Raise of problems and historical review	(1)
2	Paleozoic tectonic units in northern marginal region of North China massif	(5)
3	Characteristics of tectonic-magmatic evolution in northern marginal region of North China massif	(13)
4	Paleozoic tectonic units of central Jilin Province	(16)
5	Characteristics of Paleozoic tectonic-magmatic evolution of central Jilin Province	(18)
Chapter 2	Introduction of regional geology	(21)
1	Stratigraphy	(21)
2	Structural geology	(26)
3	Magmatic rocks	(29)
4	Mineral resources	(31)
Chapter 3	Paleozoic magmatic rocks and magmatism	(33)
1	Intrusive rocks and intrusion	(33)
2	Volcanic rocks and volcanism	(64)
Chapter 4	Paleozoic endogenetic gold-silver deposits	(83)
1	Division of mineralized belt(district)	(83)
2	Genetic types of ore deposits	(85)
3	Description of typical gold-silver deposits	(87)
Chapter 5	Prediction of gold,silver mineralization	(125)
1	Regional mineralization regularities of gold,silver ore deposits	(125)
2	Delimitation bases and classification principles of predicted districts	(132)
3	Optimum predicted districts	(134)
Conclusions		(160)
References		(161)
English abstract		(163)

第一章 大地构造单元划分及构造岩浆演化特征

第一节 问题的提出与历史的回顾

大陆造山带构造单元的划分及其构造演化的研究始终是大地构造学的中心命题之一。其中,古大陆边缘的构造几何学、运动学和动力学研究则更是大陆地质学家们关心的热点。对于华北地块及其北侧的巨型复合造山带来说,有关的科学研究自80年代以来曾经出现一个高潮。一批优秀的论文、文集和专(集)著相继出版(唐克东等,1992;中国北方板块构造论文集(一、二),1986,1987;王荃等,1991;邵济安,1991;金性春,1984)。它们集中反映了这一时期大陆造山带研究中取得的巨大成就和重要进展。这些新的发现迫使地质学家们一再对以往的观点和理论进行反思。并在总结以往工作的基础上,用新的思路来分析、思考尚未解决的重大问题。在实践—认识,再实践—再认识的反复中,使新的观念和理论得以建立与升华。

笔者认为,在以往对华北地块北缘大地构造的研究中,对下述几个重大问题尚未予以充分考虑:(1)华北地块与复合造山带之间的构造发展进程有何联系;(2)造山带与地块的古生代构造事件的同时性是偶合吗;(3)华北地块上的古生代构造事件的属性;(4)华北地块上晚古生代的海侵是造海吗;(5)地块上晚古生代—早中生代沉积建造的属性及意义是什么,沉积盆地与巨型复合造山带之间的关系代表什么意义;(6)对造山带来说,如何看待大地构造旋回及其发展过程的单向性;(7)如何看待大地构造旋回与多阶段发展之间的关系;(8)虽然据以解体“内蒙地轴”的“小壳化石”有问题(陈孟莪,1993;张允平,1994;王成源,1993),但“内蒙地轴”就真是稳定的构造单元吗;(9)华北地块北缘的“稳定区”为什么会发生许多晚古生代末—早中生代的构造岩浆活动;(10)一些原本形成于地壳深部的高级变质岩系和中、深构造层次的韧性变形带为什么出露于地表,它们上升隆起的机制是什么;(11)晚华力西—印支期构造岩浆活动是一个新的过程吗;(12)华北地块北缘地区晚古生代—中生代初的构造岩浆活动是“活化”还是古亚洲大地构造旋回发展的一个组成部分;(13)构造单元的属性是一成不变的吗,如何来反映单元划分的动态观念。这些重大的地质问题要求我们,不能再像以前那样单一地去研究造山带和地块的地质构造特征。而应该站在一个更高的层次上来“鸟瞰”华北地块与复合造山带之间的相关关系。去寻求一个与两者发展更相适宜的构造演化模型,来表述事物发展的动态关系。这对我国北方的大地构造研究来说是至关重要的。

正是带着对上述问题的思考,我们开始对自己以往的工作结论加以审理,对现有的工作成果加以分析,以寻找新的工作思路和工作模型。我们认为,有关华北地块北部大地构造特征的论述中,早期的文献在单元划分中缺少动态的时空观,对单元自身特征方面论述较多,而在单元间相互关系方面论述少。更缺少造山带与“稳定”地块间相互关系的研究。而晚期

的大地构造研究则主要开展了对造山带的研究,且主要是以威尔逊旋回的构造时序为蓝本的动力学研究。后者的确在推动我国北方大地构造研究方面起了相当重要的作用,引出了许多重要的发现。威尔逊旋回是海洋盆地从形成到消亡演化序列的理论概括,它对洋盆的形成、演化研究具有重要的指导意义。但对于大陆造山带来说,它不仅仅包含洋盆的演化,许多重要的构造事件都与洋盆消亡之后的超碰撞和地壳的增厚隆起有关。因此,在大陆造山带的研究中仅仅考虑威尔逊旋回是不够的。换句话说,如果我们不考虑威尔逊旋回以外的大陆块体间的超碰撞作用,不考虑造山带地区地壳进一步固结和总体隆升过程,不考虑“稳定地块”与复合造山带在构造发展过程中的统一性和相关性,我们的研究就是不全面的,至少是存在许多问题的。前述一些基本的大地构造问题尚未获得满意的解释,就是这方面的具体体现。也正是这些引人入胜的问题才使我们重新对以往的工作加以回顾。

一、大地构造旋回与单向性发展

谈到大地构造旋回,就不能不对 H·施蒂勒(H. Stille)曾经做出的卓越贡献加以回顾。是施蒂勒突破了早期的构造旋回观,把“地槽”从形成到演化为褶皱带的全过程叫做一个构造旋回。从而,也开创了以一个地区造山运动进程为研究主线的构造分析思想。这个思想现今仍具重要意义。后来施蒂勒(1955)又提出地壳发展的主再生作用,进而把地质历史划分为两个大地构造旋回(表 1-1),来借古论今。他对形成“正地槽”的阿尔冈纪主再生作用以极大

表 1-1 大地构造旋回的划分与对比

Table 1-1 Division and correlation of geotectonic cycles

地质年代 Ma	施蒂勒 (1956)	任纪舜等 (1980)	古亚洲洋演化研究 中的威尔逊旋回	本 文
— 160	↑ 新地巨旋回	晚新地巨旋回	— 洋盆闭合	↑ 超碰撞时期
— 230				全面隆起成陆
— 375				主造山阶段
— 400				陆表海阶段
— 450				均衡抬升阶段 (残余海盆)
— 570	— 原地巨旋回	早新地巨旋回	— 洋盆收缩	— 洋盆形成与消亡时期
— 800				初始碰撞阶段
— 1600				活动陆缘阶段
			裂谷阶段	被动陆缘阶段
				裂谷阶段

关注,把它看作是一个新的巨大构造旋回的开始。在他的巨旋回中,加里东期、华力西期等仅仅是巨旋回发展中的所谓次级旋回。这些次级旋回之间,以及它们与巨旋回之间在诸方面均不能同日而语。也不能说是具有特殊的可比性旋回。与威尔逊旋回相比,它们之间的差别更是显而易见的。前者是以幕式造山理论为指导的,不考虑裂谷问题。它是以大陆造山带研究为基础建立的大地构造旋回理论,但它考虑到了大陆间的超碰撞挤压问题。对造山带与前陆

盆地之间关系的研究就是在这方面的体现。而这些又恰恰是威尔逊旋回所未包含的。将这个以海洋盆地研究为基础建立起来的构造旋回简单地引用到大陆造山带研究中是不适宜的。

任纪舜等人(1980,1990)把施蒂勒的巨旋回进一步做了划分。特别把新地巨旋回划为两个部分:(1)早新地巨旋回(800~230 Ma);(2)晚新地巨旋回(230 Ma 至今)。如果我们依现今的构造观念来看,这一早新地巨旋回的初始期显然还应包含 800 Ma 之前的裂谷阶段,而晚期也并非截然终止于 230 Ma。晚古生代末—早中生代的一些地质发展显然应该归属于这个巨旋回之中。

在大地构造旋回演化进程的研究中,对欧洲、北美古大陆边缘造山带和中生代造山带演化进程进行分析和对比是有益的。我们不但可以从中看出大地构造旋回与阶段性的关系,而且也会看到大地构造旋回的单向性发展,从更高的层次来理解大地构造旋回。

温德来(B. F. Windley, 1984)对欧洲加里东带和北美阿帕拉契亚山脉的构造发展进程的叙述,引起了我们的注意。从抛开细节的主体特征分析中,我们发现这些造山带与古亚洲域大地构造演化进程极其相似。从比较构造学的观念来看,北美阿帕拉契亚带与欧洲加里东带是相联的,它们向东可能经乌拉尔山带与南蒙古洋域相连,构成北半球的一个古老的大洋构造域。今天所谈的古亚洲构造域仅仅是它的东延部分。这个古老构造域还具有 1 400 Ma—早古生代初的大地构造演化进程。“幕式构造期”的发展仅是连续发展中的阶段性问题。大地构造旋回的发展是单向性的、连续的过程。

许靖华教授(1989,1991)对阿尔卑斯山脉进行的大地构造相分析是卓有成效的。他的工作结论和观念,促进了对大陆造山带研究中框架性特征的把握。他生动地描述了阿尔卑斯山带的构造演化进程。这对我们理解大地构造旋回是有帮助的。他写到“非洲与欧洲曾经是一个大陆,称之为泛大陆。泛大陆在侏罗纪时期裂解,其间出现海洋,被称之为特提斯海。特提斯海一直扩张到白垩纪早期。之后,非洲板块不断地向北漂移,特提斯最后一部分洋壳消失,于晚始新世发生碰撞、挤压产生变形——这就是造山的过程。这也正是阿尔卑斯山的成因。然而,碰撞之后,板块运动并未停止。它们继续挤压,使阿尔卑斯山连续褶皱上冲,并在瑞士中部形成前陆盆地,侏罗山地区最初并未变形,但从晚中新世到早上新世,侏罗山和磨拉石盆地的基底被逐渐地冲到阿尔卑斯山下,致使该山上升。这种变形持续至今”。

显然,这是演化历史短暂的一个大地构造旋回过程。在构造演化进程上,它与古亚洲洋域大地构造演化旋回是可比的。这种对比提示我们:(1)大地构造演化进程是一个连续发展的洋壳向陆壳转化的历史;(2)一个大地构造旋回包含两个主要的发展时期,即,洋盆地的形成与消亡时期和大陆块间的超碰撞时期。对于大陆造山带的研究来说两者都重要。但后者更重要的是要对连接造山带和“稳定区”的前陆隆起带和前陆盆地进行研究。在华北地块北缘进行上述研究,有助于我们对单元间的相互关系进行深入了解。这一点尤为重要。

在以上回顾中,我们表述了一个新的大地构造旋回观念。我们认为,大地构造旋回是单向性发展的。它包括了两个重要的发展时期,每个时期又可依其发展过程中主体特征的差异划分出不同的发展阶段。我们将以这种工作模型和观念对本区的构造单元进行划分,对构造演化进程进行研究 with 论述(表 1-2)。

二、构造岩浆演化的旋回性

在大陆造山带的构造研究中,地质学家们很早就已经认识到了“在地球上,不论是线形

表 1-2 华北地块北缘古生代构造单元划分及单元演化关系

Table 1-2 Paleozoic tectonic units and their evolutionary relations in northern marginal region of North China massif

构造发展时期		构造单元属性变化及划分			
超碰撞时期		前陆盆地地区	巨型复合造山区		
			前陆隆起带	主体复合造山带	
洋盆形成与消亡时期	均衡抬升阶段	古陆区		陆壳增生区	
	碰撞阶段	古陆区	?	陆表海区	
				弧、陆碰撞带	古火山弧带
	活动陆缘阶段	古陆区	陆缘岩浆岩带	洋盆区	
			陆架沉积区	弧后盆地	火山弧
被动陆缘阶段 (裂谷期略)	古陆区	古陆边缘沉积区	洋盆地		

构造区,还是块状构造区,它们各自都伴有与其形成大地构造环境有关的构造岩浆活动。其中,造山带无疑是地壳最深刻的变动构造地带,它具有最复杂的岩浆活动历史,有混合岩化作用和岩基活动,有基性侵入岩和火山岩带;而断陷和台盾区则仅以火山作用为特征。”(狄赛特尔,1956)。人们通过简单的方法就把它们归结为两种类型,即,与挤压构造环境有关的和与引张构造环境有关的两大类岩浆活动。

将造山带构造演化进程中的岩浆活动特征作为旋回性研究的起源较早。贝克兰(Backlund)(张文佑译,构造地质学,1964),就曾将斯堪的纳维亚地区的前寒武纪岩浆活动归为造山岩浆旋回,其发展顺序被描述如下:

- (1)初始的造山期岩浆活动,存在花岗岩化及大量的镁铁质—超镁铁质岩浆活动。
- (2)同造山期岩浆活动,包括混合岩化作用及伴有大量伟晶岩的花岗岩化作用。
- (3)后造山期岩浆活动,以花岗岩的侵入活动为主。

狄赛特尔(1956)在对欧洲造山带构造进程和岩浆活动进行总结时提出了一个造山带岩浆活动的幕式划分,比较接近现代造山带的岩浆活动特征。他指出:

(1)初始活动幕,以基性火山活动为主,超基性岩和枕状熔岩是这一时期最典型的组合。它们常常与沉积岩互层,伴有放射虫和细粒灰岩。标志它们形成于远离陆地的深水盆地。由于海水的钠化环境,火山岩中常常是细碧角斑岩类型,有时有玄武岩和安山岩的组分。

(2)同区域构造与晚区域构造期的岩浆活动幕,主要反映两种岩浆活动环境,即造山带开始的岩浆熔融环境和造山带中的岩浆侵入环境。显然,它们包含了花岗质岩浆的再生和混合岩化,以及同造山期的侵入作用。

(3)后区域构造期的岩浆活动幕,被认为是紧随第二幕而出现的。这个时期的岩浆活动具有较高的碱质,可以有复杂的岩脉系统。它们尽管复杂多样,但是都属钙碱性的。与非造山期的碱性岩浆活动下同。

显然,钙碱性岩浆活动是造山带中的重要岩浆活动。它的活动期长,甚至在造山期—造山晚期—后造山期均可出现。

自从马赛尔(Marshall, 1911)提出了安山岩线的观念后,对特定大地构造条件下形成特定岩浆岩类型组合的认识逐渐深刻与明朗。板块构造理论提出后,有关构造岩浆岩区的研究更加深入,人们常常喜欢把岩石类型与形成环境联系起来。今天,利用岩石化学数据投影进行形成环境分析已经成为一种时尚,以致于忽略了综合分析的重要性和野外地质实验室的研究。因而,在构造环境分析中出现许多矛盾的现象就实属必然了。

板块构造理论不仅提供了新的地球观和动力学机制,而且还提供了一个地球化学分异阶段的观念和广泛研究火成岩的方法。Wyllie(1981)曾指出“在板块构造的周期内,存在一系列不同阶段的化学分异作用,最终形成了大陆地壳的岩浆。在第一阶段,洋中脊下地幔橄榄岩浆上升,形成玄武岩和洋壳。洋壳横向迁移到挤压的板块边界,在那里大洋岩石圈被消减。在地球的内部,有产生安山岩浆的化学分异第二阶段。这种作用是消减的洋壳和上覆地幔岩的部分熔融引起的。而第三阶段的分异发生在大洋板块与大陆板块相邻的边界,那里的岩浆活动、变质作用与大陆的挤压作用伴生。大陆地壳岩石的部分熔融形成了花岗岩”。显然,花岗岩的广泛形成与洋、陆两大构造单元间的相互作用有关。它们是造山作用期间的特定产物。

除上述对与构造演化进程有关的岩浆旋回进行研究外,有的学者还对威尔逊旋回中的超镁铁质岩浆活动旋回性进行了研究(张旗, 1992)。康迪(1976)曾指出,由大洋向大陆方向,岩浆活动中 K_2O 的含量增加,它显示了板块运动的极性。一些地质学家还报道了大陆边缘带的岩浆活动也存在构造位置与岩石地球化学特征之间的某些关系。

在地壳的成熟度研究方面,人们也发现随着地壳演化过程的发展,存在洋壳向陆壳的转化(金性春, 1984)。在这一转化过程中的岩浆活动存在 K_2O 含量增加的趋势(图 1-5)。花岗岩质岩浆活动是地壳成熟度较高的标志。研究工作表明,在大地构造旋回演化进程中,岩浆活动具有从海相环境中的镁铁—超镁铁质岩浆活动为主,向火山弧环境中的钙碱质岩浆活动演化的特征,并有以钙碱质向造山带中的碱质增加趋势。后造山期则以偏碱质的钙碱性脉岩为主,造山期后由于碱质总量的增加已出现碱性岩。这种随大地构造旋回同步发展的岩浆演化特征被称之为构造岩浆演化旋回。利用岩浆旋回、沉积建造和构造形变的特征,人们往往可以判断大地构造演化进程的阶段性。

第二节 华北地块北缘古生代构造单元划分

华北地块北缘古生代构造单元划分以古生代大地构造旋回演化研究结果为基础。从这个含义讲,地块北缘是有时间含义的。本文正是在这个含义上,对古生代构造演化结果进行单元划分。我们把古生代大地构造演化进程划分为两个时期,即,早古生代洋盆地形成与消亡时期和晚古生代—早中生代复合造山带超碰撞时期。下面根据构造发展时序对这两个发展时期的构造单元进行简要的划分与论述(图 1-1)。

一、洋盆形成与消亡时期的构造单元划分

早古生代时期,本区主要是两个大地构造分区,即南部的古陆区和北部的大洋区。北部洋区是在晚元古代末期的褶皱基底上发展起来的,在早古生代末形成加里东期的陆壳增生带。

(一) 古陆区

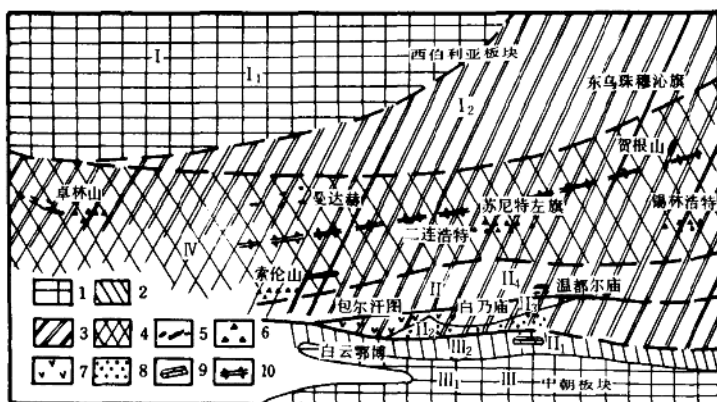


图 1-1 内蒙古中部地区板块构造略图

Fig. 1-1 A sketch map showing plate tectonics of central Inner Mongolia

①—西伯利亚板块; ①₁—中蒙古古陆; ①₂—伊尔施-东乌珠穆沁旗早古生代陆缘带; ①₃—早古生代陆壳增生区; ①₄—早古生代陆棚沉积带; ②—塔林官孤后盆地带; ③—包尔汗图-白乃庙火山弧带; ④—温都尔庙蛇绿混杂岩带; ⑤—中朝板块; ⑥—集宁-乌拉山古陆剥蚀区; ⑦—白云鄂博-商都陆缘沉积区; N—华力西褶皱构造叠盖区; 1—古陆; 2—陆缘沉积区; 3—加里东构造区; 4—华力西构造叠盖区; 5—蛇绿混杂岩; 6—构造混杂岩(同时存在沉积混杂岩的地区); 7—钼矿化火山岩区; 8—弧后盆地沉积; 9—陆棚混杂岩; 10—对接带

古陆剥蚀区位于集宁大青山、铁岭—靖宇等地。北部边缘发育中—晚元古代裂谷沉积，晚期(什那干期)北缘地区已转变为滨浅海环境，形成大量叠层石。震旦纪，古中国地块解体后，沉积区主要分布在华北地块的东侧，在辽吉地块上的浑江等地发育震旦—寒武纪的沉积，具有胶磷砾岩层。沧浪铺—龙王庙期，海侵进一步扩大到华北地块的中部地区。辽吉地块与华北地块又连为一个整体。到早古生代中期，中朝地块之上广布着陆表海环境，一些含壳相化石组合的沉积岩层在陆棚区分布(五道湾地区)，代表着大陆边缘区的沉积。晚寒武世的风暴岩广泛分布于中朝地块的北部(包括郯庐断裂的两侧地区，它们的早—晚古生代发展史是同步的)。古陆区在中、晚奥陶世表现为大面积的抬升运动。直到石炭纪才重新接受沉积。

(二) 陆壳增生区

陆壳增生区的构造单元可以进一步划分为弧后盆地带、火山弧带、弧前盆地或混杂岩带。其中混杂岩带还可进一步划分为蛇绿混杂岩带、构造混杂岩带(沉积混杂岩是其一部分)。在弧后盆地和火山弧单元之下,有时具有陆壳或过渡壳的基底。这些单元之间的联接与地壳的侧向增殖作用有关。

1. 弧后盆地单元

弧后盆地单元位于火山弧带与大陆边缘带的过渡区间。从西向东包括塔林宫弧后盆地(唐克东等, 1992)、明安山弧后盆地和呼兰镇-榆山弧后盆地。

塔林宫弧后盆地位于陆缘区与包尔汗图火山弧之间,与古陆边缘间以白云鄂博弧形构造线为界。沉积物以塔林宫群为代表(唐克东等,1992),岩石组合充分证明其形成于火山弧与陆缘区之间的环境。该群以碎屑岩为主,南部见少量的碳酸盐岩沉积,其中夹有少量火山

岩。在 AFM 图上(图 1-2),该火山岩与包尔汗图岛弧火山岩具有相同的演化趋势,只是成熟度略高。值得指出的是,塔林宫地区见有以十字石、蓝晶石和铁铝榴石矿物组合为特征的中压变质作用产物,其形成可能与弧-陆间的碰撞作用有关。晚志留世普利多利期沉积之前,该带遭受了强烈的构造热事件改造,在哈力齐、苏计等地,可见西别河组呈角度不整合覆盖于塔林宫群和花岗岩侵入体之上。

呼兰镇-椅山弧后盆地位于下二台 放牛沟火山弧带的东南侧。施性明等(1985)曾经对呼兰群变质岩系进行过详细的研究,证明了呼兰群的原岩属边缘盆地的火山-沉积碎屑岩及粘土岩建造。该群自下而上,原岩为碎屑岩—泥灰岩—碳酸盐岩—基性火山岩和含杂质、粘土质岩沉积组合,反映了大陆边缘沉积盆地的特点。施性明等人的研究还揭示了这套岩石经受了两次变质作用,早期的中压变质也是以十字石、蓝晶石和石榴子石组合为特征,间接地显示了与西部塔林宫群相似的构造环境,晚期的低压变质叠加在早期中压变质之上。

明安山弧后盆地位于翁牛特解放营子火山弧带之南,以较发育的碳酸盐岩为代表。从总体分析来看,该盆地可能以陆壳为基底。

2. 火山弧带

火山弧带走向东西,断续地分布于包尔汗图、解放营子、下二台子、放牛沟一带。在东段向东北翘起。

包尔汗图群火山岩分布于包尔汗图、西别河及巴特尔敖包地区,该群包括两期火山活动产物。早期的布龙山组火山岩产于硅铁质及硅泥质岩之上,从拉斑玄武岩和少量的碱性玄武岩喷溢开始,向上逐渐过渡到安山岩和少量的英安岩喷发。与安山岩喷发一起产出的是大量的火山角砾岩和凝灰岩。这些火山岩与凝灰粉砂岩、凝灰岩和硅泥质岩互层。我们曾在凝灰质粉砂岩中采到一些早—中奥陶世的笔石化石。晚期的火山岩以玄武质岩浆的喷溢为主,很少见其它夹层。

包尔汗图群火山岩的里特曼指数 $\sigma < 3.3$ 者多。而解放营子火山岩中里特曼指数几乎全都小于 3.3。下二台子火山岩的里特曼指数则几乎全部小于 1.8。在 CA 图上,包尔汗图火山岩 $CA = 56.4$;解放营子 $CA = 60.8$;均属皮科克碱度指数标定的钙碱性岩类型。可以看出,火山岩带由西而东,表现为 CA 增高, σ 降低。唐克东等(1992)据此认为包尔汗图群火山岩位于洋壳或过渡壳之上,而解放营子火山岩则产于陆壳基底之上。

下二台子群火山岩以片理化的流纹岩为主,从诺科斯统计值看, $w(\text{CaO}) = 1.0\%$, $w(\text{Na}_2\text{O}) = 2.99\%$, $w(\text{K}_2\text{O}) = 5.35\%$,属钙碱质流纹岩范畴。

黄顶子组火山岩 $w(\text{CaO}) = 1.48\%$, $w(\text{Na}_2\text{O}) = 4.32\%$, $w(\text{K}_2\text{O}) = 1.66\%$,钙含量符合钙碱质流纹岩,但其 Na_2O 偏高, K_2O 低,全碱总量比钙碱质流纹岩偏低(唐克东等,1992)。

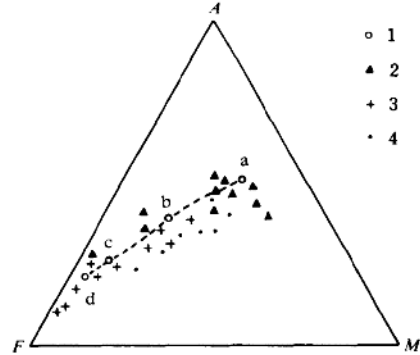


图 1-2 岩浆岩 AFM 演化图解
(据李之彤,1987)

Fig. 1-2 AFM evolution diagram of
magmatic rocks

1—美国西部喀斯喀特地区火山岩;a—拉斑玄武岩;b—安山岩;c—英安岩;d—流纹岩;2—白乃庙地区火山岩;3—白乃庙-包尔汗图地区花岗岩;4—塔林宫弧后盆地岩系中的火山岩

放牛沟地区的奥陶纪火山岩以富 SiO_2 、含钾和铁镁质为特征。张效民(1988)用地质和地球化学方法证明了它们属于较典型的岛弧火山岩系^①。其上被早志留世的笔石页岩覆盖。

上述火山弧带在早古生代的岩浆活动时期还发育有花岗质岩浆活动的产物。这些花岗岩与岛弧火山岩的演化关系密切。在图 1-2 上,明显可见发育有分别与安山岩、英安岩和流纹岩火山活动相对应的花岗质岩浆活动。它们虽然属钙碱系列,但有些明显形成于弧-陆碰撞时期,即主要是 450~410 Ma 期间。

3. 蛇绿混杂岩带

蛇绿混杂岩带主要发育于松辽断陷区以西,以温都尔庙和柯单山地区为代表。在温都尔庙地区,明显可见上冲的蛇绿岩洋壳残片。该蛇绿岩遭受高压—低温变质作用,形成以蓝闪石、硬柱石(颜竹筠等,1984)、硬玉质辉石(颜竹筠,1988)、迪尔石、铁滑石、黑硬绿泥石和多硅白云母为特征的变质矿物组合,测定温压条件为 200~350 °C, 0.6~0.7 GPa。蓝闪石的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 法年龄为 425~445 Ma(唐克东等,1992)。这与黑龙江群蓝片岩的年龄也是相近的。

在图林凯地区,常见超基性岩块与角闪片岩一起产出。角闪岩中见平卧的褶皱构造,侵入岩的年龄为 422~455 Ma,全岩 Sm-Na 法年龄 446 Ma。由于角闪片岩中的角闪石年龄为 620 Ma(天津地矿所),它显然表明角闪片岩的形成与蓝片岩相的高压、低温变质作用无关。

在西拉木伦河沿岸的柯单山及五道石门地区,曾发现蛇绿岩的残片。其中还曾找到伴随产出的硅泥质岩石,含奥陶纪的化石(邵济安等,1986)。

除上述蛇绿岩带之外,在二道井、锡林浩特南部地区,还可以见到另外两种混杂岩。它们与温都尔庙地区蛇绿岩相比,有较明显的差别。

4. 构造混杂岩带

构造混杂岩带分布在二道井以南地区的乌兰呼都格、乌贵勒图等地,可见到的构造混杂岩基质为凝灰质及泥砂质,外来块体则是超基性岩块、枕状熔岩、硅质岩块、灰岩块体。块体的组分与温都尔庙群相同,但基质变形强烈。

在二道井地区,我们还见到一些沉积混杂岩,外来岩块以整合的关系产于沉积岩层之中。在索伦山西部,一些岩块以棱角、次棱角状出于杂砂岩质的基质之中。从砾石排列的状态及其与基质之间的关系,明显可见其沉积作用特征。

我们认为,上述几种混杂岩分属不同形成时代。其中,温都尔庙蛇绿岩的年龄较老,是晚前寒武纪—早古生代初的产物。但它作为上冲岩片,形成蛇绿混杂岩的时代则为奥陶—志留纪,并在晚志留世普利多利期沉积前上冲到地表,形成一些构造混杂岩。二道井带的构造混杂岩形成时代可作如下认识:构造混杂岩之中的外来岩块,如硅泥质岩块、超基性岩块和枕状熔岩块体、灰岩块体的形成时代较早,它们大体与温都尔庙蛇绿岩的时代相当,作为岩块参与到底泥质基质之中,可能属奥陶—志留纪。沉积混杂岩的形成在很大程度上取决于地形地貌,从区域地质背景来看,这些混杂体可能形成于晚志留世普利多利期—石炭纪(相似于本巴图组的沉积混杂岩)。

我们认为,蛇绿混杂岩形成时代的认识中存在争论是正常的。一些中—晚元古代的蛇绿

^① 吉林省伊通县放牛沟硫铁多金属矿床成矿作用地球化学(硕士论文)。张效民,1988。

岩,在早古生代初期参加俯冲或仰冲作用,形成具有高压低温变质矿物组合的蛇绿混杂岩。晚期,它们又以外来岩块的形式出现于构造混杂岩和沉积混杂岩之中。它们在不同时期的表现形式不同,意义也不同(黑龙江群可能就存在类似的问题)。

目前,在吉林地区尚未见到确切的蛇绿岩和混杂岩。但吉中地区的西半部仍能见到钙碱性火山弧及盆地带的存在,揭示了这个地区的构造格架特征与西部类似。对于中朝地块北部地区来说,中生代是其演化历史中的重要发展时期。这个时期中朝地块及其以北的广阔地区表现为大面积隆起,普遍缺失志留—泥盆纪沉积(仅局部地区发育这一时代地层)。表明此时的大面积隆起是具有同步性的,这一隆起作用与南、北古陆间的碰撞作用有关。中朝地块的范围进一步扩大,使原古生代陆壳增生区构成了中朝地块的北缘。

(三) 主要构造事件

在我国北方,对加里东运动的研究是不够深入的。至今,还有许多人仅仅把早古生代的广泛不整合看作是加里东运动,但在区域大地构造研究中又把它归入某一构造层之中,并未认识到加里东运动在早古生代地壳演化历史中的重要性。加里东运动实质上是早古生代构造发展过程的集合。对整个北半球来说,加里东运动的研究是不容忽视的。南蒙古洋区的碰撞作用,以及华北地块的垂直与水平运动,都只是地区性特征的一部分,在东亚和中亚广大地区都留下了加里东运动的痕迹。中朝地块在加里东运动期间的升降运动和水平运动(古地磁资料)仅是板块运动学的两个表象(张允平,1992)。

1. 热力造山作用的构造事件

把俯冲作用引起的岩浆弧火山作用(包括陆缘山弧和岛弧)单独提出来,作为热力驱动的造山运动来看待是有特殊意义的。钙碱性火山作用的出现,往往是洋盆区构造环境发生体制性变化的标志。从比较构造学的观念来看,同一构造域中,这种构造发展进程是可比的。因此,它还是构造域同一性研究的标志和重要线索。

2. 碰撞作用与均衡抬升

早古生代中、晚期是古亚洲洋的重要收缩期。这个时期的构造变动是强烈的。除有关的高压/低温变质作用外,特征性的(角度)不整合广泛地出现于东亚的广大地区。许多陆块的固结亦完成于这个时期,并对应出现强烈的构造、岩浆活动,形成蓝闪片岩带和混杂岩带的次生侵位,影响范围相当广泛。从许多深成的岩浆侵入体、变质带上冲到地表,充分证明了地壳的抬升幅度是相当大的。广泛构造变动之后的全区性隆升,一些弧后盆地带的中压变质都可能是碰撞及期后的均衡抬升结果(图 1-4)。

3. “早华力西”运动

早华力西运动是早期板块间碰撞隆升作用的继续,它的特异性发展与板块间的远距离效应有关,不能单一追求区域性变动的起因。从晚泥盆世法门期以后的构造发展来看,其构造进程在东、西部地区有差别,总体反映是西部发展的略早,东部略晚。这可能与作用中心区的距离有关。有人称之为剪刀状闭合。

在内蒙古中部地区,二云母花岗岩形成于 375 Ma, $A/NCK=1.32$, $\delta^{18}O=10.8\%$ 。出现法门期与下伏地层的角度不整合。鉴于晚泥盆弗拉斯期—法门期之间的生物事件与此相对应,我们认为这个事件期仍然是全球性的。它一方面伴随北半球加里东期地块间碰撞作用的继续发展;另一方面,这个变动期后导致本区与特提斯海之间出现某些联系。晚古生代中晚期大量的与特提斯大区有关的古生物分子在北方区的出现,就是这一发展的结果。局部拉张

裂陷槽的形成都是这些综合因素的结果。

在吉林、磐石吉昌地区早石炭世地层中发现安格拉植物群的一些分子,充分证明了南北古陆间的结合极可能也是加里东运动时期。这个地区的构造发展略晚于西部地区,仅是“华力西期”的进一步固结和隆升运动。

由于这一时期的地质发展与地壳的进一步隆起和陆间的继续碰撞作用过程有关,加之与大陆间主体造山带总体隆升间还有较大差别,因此,我们认为它可以被归入古洋区的继续碰撞阶段,属威尔逊旋回的一部分。

二、超碰撞时期的构造单元划分

超碰撞时期的构造发展、单元划分与洋盆形成—消亡期的单元划分有很大差别。后者的主体特征是洋—陆共存的体系,它的发展史中包括被动陆缘、活动陆缘的沟、弧、盆体系。其后为大陆块体间的碰撞作用阶段,这一时期演化模型可大体依威尔逊旋回为时序。经过中古生代的发展,地壳累进地增加固结作用。从几公里厚的洋壳向几十公里厚的“陆壳”转化过程来看,地壳总体在加厚,广泛的岩浆活动表明深部热源的存在。沉积建造的序列也由海相、海陆交互相向陆相发展。反映了地壳总体加厚和上隆的趋势。晚古生代的局部断陷作用是存在的,但它是在挤压、抬升的大地构造背景中发展的。如果把局部沉降构造看作是全区的主要特征,显然是不正确的。

从石炭纪沉积—火山作用产物的特征来看,广泛地抬升过程伴随有局部地区的差异性升降和深部岩浆热活动。不稳定型的沉积物特征反映了近源剥蚀和堆积。晚古生代钙碱性火山作用代表了地块间相互冲覆过程中深熔岩浆作用的存在。与这种火山—沉积作用相伴随的还有深成岩浆的侵入活动,它的典型特征是I和S型花岗岩的共存。这种共存性与西藏冈底斯、喜马拉雅深成岩带具有相似性。西藏地区的研究证明了它们形成于大陆地壳的增厚过程中,而不是“岛弧环境”。

根据单元主体特征之间的差别,中朝地块北缘及其以北地区(这里指的是早古生代陆壳增生区,它已经成为地块北侧新的边缘。对晚古生代来说,地块的北缘也包括这一增生区)可以大体划分为两个大地构造区,包括三个构造单元(图1-3)。

(一) 复合造山区

古亚洲巨型复合造山区是在南蒙古洋古生代陆壳增生带基础上发展起来的。对巨型复合造山区来说,它不但包括了中间地块,而且包括了北蒙古—俄罗斯南部的萨拉伊尔褶皱区和南蒙古—华北北侧的古生代加里东褶皱区。所谓复合造山系指晚古生代—早中生代时期的造山作用,它以早期的陆壳增生区和中间地块区为基础。对于华北地块北缘地区来说,复合造山区显然包括了原加里东期的陆壳增生区部分和华北地块北部边缘区的前陆褶皱上冲带。前者又因多期变形而成为复合造山带的主体部分,因此被称为主体造山带(图1-3)。

1. 主体造山带构造特征

主体造山带以早古生代陆壳增生带为基础,属古亚洲巨型复合造山区的一部分。现今的研究表明,这个主体造山带的发展经历了两个重要的发展时期。包括了拉张成洋、洋盆收缩(沟、弧、盆体系)、弧—陆碰撞、陆—陆碰撞、均衡抬升、残余海盆、陆表海和全面隆起成陆的一系列发展阶段。加里东运动实则为早古生代时期洋壳向陆壳转化的全部构造演化过程。而华力西运动则是加里东构造发展的继续,它以先期的陆壳增生区地壳进一步增厚固结为特征。这时期,除形成碰撞型的二云母花岗岩外,还以I型与S型花岗岩的共存为特色。我们