

燕辽造山带

中生代构造格架新认识

——由复向斜相叠加所形成的背形

林晓辉 于华 周小希 郑锦娜 编著



科学出版社

燕辽造山带中生代构造格架新认识

——由复向斜相叠加所形成的背形

林晓辉 于 华 周小希 郑锦娜 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书从地层分布特征及构造运动产生的最基本构造形态是褶皱和断裂出发,并从地质发展史的角度,论述了燕辽造山带从晚古生代开始,原内蒙古地轴和燕山沉降带就处于统一环境下向下弯曲,深部发育了断裂而成为了岩浆侵入的通道。三叠纪形成了一个东西向向斜及其配套东西向纵断裂、南北向横张断裂和北西、北东向共轭断裂。早中侏罗世形成了由三个背斜和两个向斜组成的复向斜,并发育裂隙盆地及其充填物和内蒙古地轴。晚侏罗世,受北东向构造的影响而形成了具 Ramsay 褶皱第一类干涉样式的第二种干涉图型的区域构造格局。白垩纪开始,该构造格局遭到破坏。新生代,燕辽造山带从华北平原中分裂出来并拼贴到兴蒙造山带上。同时,本书还利用背斜或向斜的断裂排列特征来解释燕辽造山带断裂的出露状态、对冲现象、力学性质及其与岩浆活动的关系。

本书对从事与燕山、辽西地区有关的科学研究、教学和生产人员都有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

燕辽造山带中生代构造格架新认识:由复向斜相叠加所形成的背形 / 林晓辉等著. —北京:科学出版社, 2017. 6

ISBN 978-7-03-053482-8

I. ①燕… II. ①林… III. ①造山带-中生带-构造格架-研究-中国
IV. ①P544

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 137940 号

责任编辑:张井飞 韩 鹏 李 静 / 责任校对:王晓茜

责任印制:张 伟 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 6 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2017 年 6 月第一次印刷 印张:11 插页:1

字数:262 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

燕辽造山带是一个典型的陆内构造带，其地层发育齐全，岩浆活动强烈，地质构造十分复杂，其构造格局历来是地质学家们讨论的热点，并相继提出了许多有意义的认识，但至今还未取得一致的认识。本书提出了一个关于构造格架的新认识，对区域地质研究和找矿具有重要的理论意义。

笔者从构造运动必定造成某些地层特征，形成最基本的构造形态是褶皱和断裂出发，将燕辽造山带中的地层出露状态与褶皱、断裂结合起来考虑其构造格架，并从地质历史发展的角度来论述燕辽造山带的发生和发展过程。

本书第1章简要介绍了燕辽造山带的基底及从中新元古代—早古生代的盖层构造。

第2章论述了从晚古生代开始，古亚洲洋开始向南俯冲在华北克拉通之下，燕辽造山带处于南北向的构造应力场下，从稳定的克拉通发展成为了安第斯型活动大陆边缘，开始向下弯曲，深部出现了断裂，并成为了岩浆侵入的通道。值得一提的是燕山沉降带和内蒙古地轴处于相同的构造背景下，它们具有统一的构造岩浆环境，而不是两个不同的构造单元。康保—围场—喀喇沁断裂为板块俯冲带南部缝合线断裂。因此，海西运动是燕辽造山带中生代构造运动的序幕。

第3章论述了从早三叠世—晚三叠世发生的印支运动第一幕，在纵弯褶皱作用下，燕辽造山带缓慢向下凹陷，前期的陆间盆地发展成为一个宽缓的东西向向斜构造盆地，相应地发育了东西向纵断裂、南北向横断裂、北东向和北西向共轭断裂等配套断裂。燕山地区沉积了刘家沟组—二马营组—杏石口组一个较完整的向斜构造层，其沉积特征反映了向斜盆地被充填直至消亡的过程。

第4章论述了从早侏罗世到中侏罗世的印支运动第二幕，燕辽向斜被进一步褶皱成为了由三个背斜和两个向斜等五个次级褶皱相间排列的东西向复向斜及其配套、伴生构造。而且，复向斜的轴部纵断裂被裂开而发展成为了轴部纵断裂裂隙盆地，在燕山地区发育了南大岭组和下花园组作为其裂隙充填物，在辽西地区则发育了兴隆沟组和北票组作为裂隙充填物。北翼沉积盖层被剥蚀而成为了内蒙古地轴。至中侏罗世末期，复向斜被夷平。

第5章论述了晚侏罗世的燕山运动第一幕，原南北向的构造应力场被转变为北西—南东向的太平洋构造应力场，导致复向斜辽西段以围场—平泉—秦皇岛断裂为轴面，向北东向发生了逆时针扭转，而进入了背形构造阶段。原向斜南翼处于相对上升状态而成为了背形的外弧，原向斜北翼处于相对下降状态而成为背形的内弧，秦皇岛隆起成为了背形转折端，承德—凌源一带成为了背形的核部，围

场-平泉-秦皇岛断裂带成为了背形轴面断裂。燕山地区的東西向复向斜叠加了三个北东向向斜而发育成为了 Ramsay 第一类褶皱干涉样式的第二种褶皱类型的区域构造格局,土城子组的盆地基底差异性特征反映了短轴背斜和短轴向斜所造成的基底差异。辽西地区的复向斜则保持较为完整的形态而成为了盆岭构造。

第6章论述了白垩纪的燕山运动第二幕,燕辽造山带的背形构造被叠加了一个北北东向向斜,原有的构造形迹被改造、破坏并发育了不同方向的高角度正断层及其所控制的断陷盆地及变质核杂岩构造等,使该区构造现象进一步复杂化。

第7章论述了喜马拉雅运动期间,燕辽造山带在构造性质上基本上继承了燕山运动的构造特征,即进一步遭到破坏。最终,燕辽造山带与华北平原分离,并拼贴到兴蒙造山带上。

本书利用背斜与向斜的内弧和外弧处于不同力学环境,以及由于后期差异升降运动的影响,造成了一个向斜或背斜在某些地段出露外弧,在某些地段出露内弧,来解释同一条断裂在有的地段表现为压性、有的地段则表现为张性的构造现象。而且,笔者利用背斜两翼的配套断裂向核部对冲,向斜两翼的配套断裂向外对冲这一构造现象来解释燕辽造山带中的断裂对冲现象。并强调后期差异升降运动的影响又造成了燕辽造山带的断裂表现出不同的逆冲推覆方向。

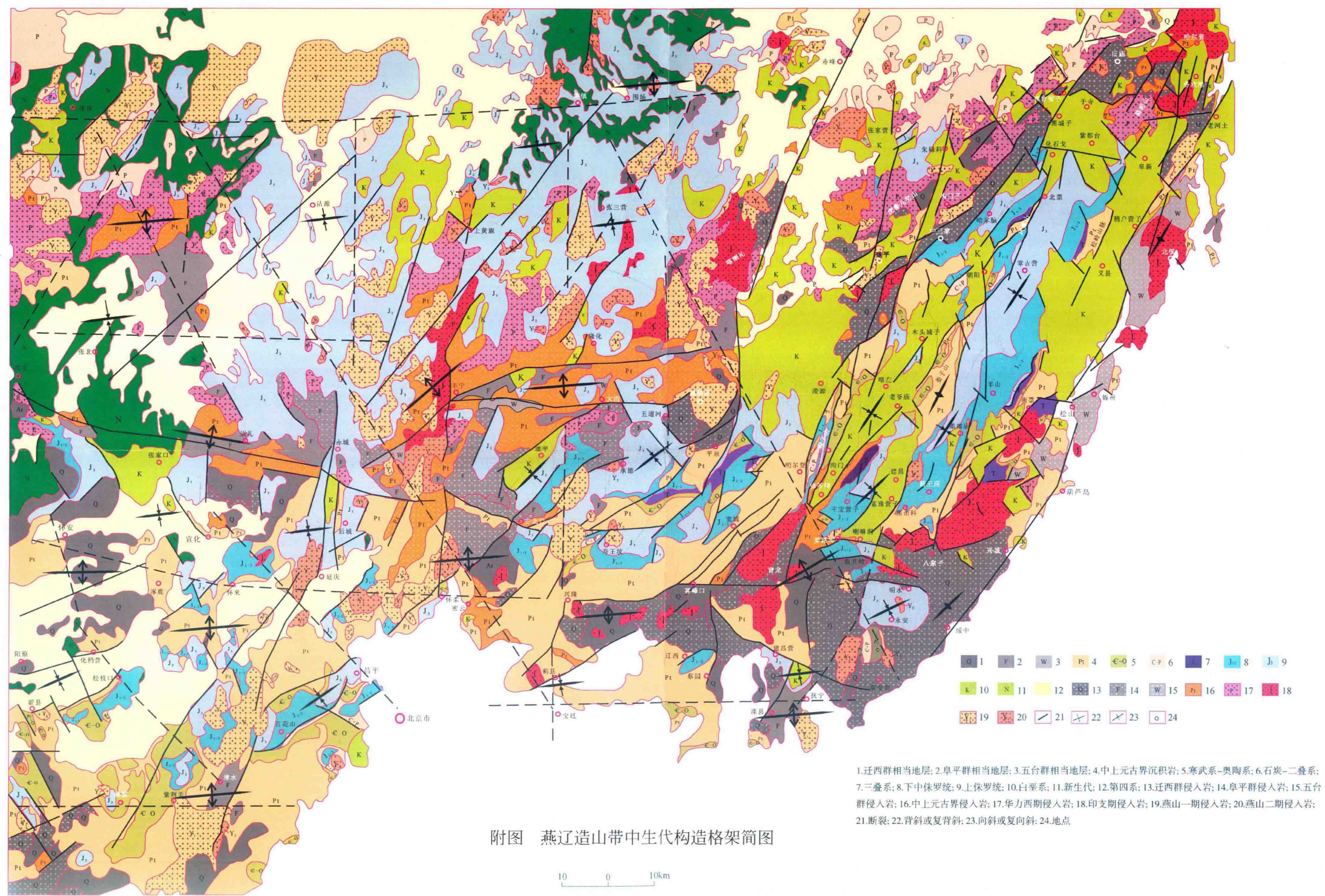
再有,燕辽造山带“反序”沉积特征及沉积中心迁移特征,应代表着向斜、复向斜和背形三期褶皱构造分别形成三期褶皱山脉。并且,随着这三期山脉被剥蚀夷平,构成山脉的地层从新到老逐次被剥蚀,并被搬运至邻近的沉积盆地中沉积下来,因而其沉积顺序与剥蚀时顺序正相反,由此便呈现为“反序”特征。而燕辽造山带上的三期磨拉石建造:杏石口组磨拉石建造代表着向斜被填平、中侏罗世髫髻山组磨拉石建造代表着复向斜逐渐被填平和晚侏罗世土城子组磨拉石建造代表背形被填平。

本书将燕辽造山带中生代岩浆活动与断裂构造联系起来考虑,认为一般处于地壳深部的向斜纵张断裂所张开的部位成为了岩浆侵入的通道而发育岩浆岩,而处于地表的背斜轴部纵张断裂张开所形成的盆地则发育了火山岩。而且,向斜轴部纵张断裂影响到地壳相对较深处,因而侵入了基性、超基性岩。向斜翼部的纵张断裂由于影响到地壳较浅部位,则以酸性侵入岩为主。一些褶皱的配套断裂如共轭断裂和横断裂也发育岩浆活动。而且,随着断裂向深处发展,岩浆活动还从壳幔型向幔源型发展。因此,燕辽造山带的岩浆岩呈现底侵作用特征。

本书还从燕辽造山带经历了两大不同方向的应力场出发,将印支运动定义为属于南北向构造应力场的陆间造山阶段,形成东西向构造线的构造运动;而燕山运动则是太平洋构造应力场下的陆内造山阶段,形成北东向、北北东向构造线的构造运动。

作者

2017年6月



目 录

前言	
绪论	1
参考文献	8
第 1 章 区域地质简介	14
1.1 基底	14
1.2 盖层	17
1.3 岩浆活动	20
参考文献	22
第 2 章 构造的序幕	24
2.1 地层	24
2.2 构造	28
2.3 岩浆活动	30
参考文献	32
第 3 章 向斜阶段	36
3.1 地层	36
3.2 印支运动	38
3.3 向斜的形成	40
3.4 向斜及断裂的形成机制	48
3.5 向斜被填平	49
3.6 岩浆活动	50
参考文献	52
第 4 章 复向斜阶段	55
4.1 地层	55
4.2 印支运动第二幕	59
4.3 向斜向复向斜发展	61
4.4 断裂	66
4.5 复向斜的消亡	73
4.6 岩浆活动	74
参考文献	75

第5章 背形构造阶段	81
5.1 地层	81
5.2 燕山运动第一幕	82
5.3 秦皇岛背形的形成	84
5.4 燕山地区的构造形迹	96
5.5 辽西地区的构造形迹	109
5.6 土城子组与褶皱干涉样式的关系	115
5.7 岩浆活动	116
参考文献	117
第6章 背形被破坏阶段	124
6.1 地层	124
6.2 燕山运动第二幕	128
6.3 背形构造	129
6.4 燕山地区的构造特征	135
6.5 辽西地区的构造形迹	143
6.6 岩浆活动	153
参考文献	154
第7章 进一步被破坏	160
7.1 地层	160
7.2 喜马拉雅运动	162
7.3 燕山地区	163
7.4 辽西地区	166
7.5 岩浆活动	166
参考文献	167

附图

绪 论

燕辽造山带位于华北克拉通北部,包括燕山山脉和辽西山脉的广大地区。燕山山脉西以太行山山前断裂为界,南以燕山山前的廿里长山隐伏断裂带接固安-昌黎隐伏断裂为界,北至化德、赤峰一线。地势由西北向东南呈阶梯式降低,至渤海形成狭长的滨海平原。大致呈东西向,其东西延伸达 700 km,一般海拔在 400 ~ 1 000 m。主峰为雾灵山,海拔 2 116 m。辽西地区由北北东向展布的医巫闾山、细河谷地、松岭—黑山、牐牛河—大凌河上淳谷地、大青山与努鲁儿虎山间狭长低地、努鲁儿虎山相间排列组成。地势为自北西向南东呈阶梯状降低。

燕辽造山带北侧是索伦缝合带,西侧与阴山构造带相邻,是一个典型的陆内构造带。其地层发育齐全,岩浆活动强烈,地质构造十分复杂,因而成为了中国现代地质学的摇篮,其地质调查和研究的历史已近百年。叶良辅等于 1920 年在北京西山完成了我国首次区域地质调查,并著有《北京西山地质志》一书。1927 年翁文灏以燕山为标准地区提出了“燕山运动”,不仅对中国地质学的发展产生了深远的影响,也是世界地学界认知程度最高的名词^[1,2]。1930 年李四光发表了《中国地质学》,1945 年黄汲清发表了《中国主要地质构造单位》,均包括了对本区地质构造的阐述。此外,王恒升、王竹泉、朱森、计荣森、谢家荣、杨杰、陈凯等著名地质学家也在该区开展过地质调查与研究。新中国成立后,北京地质学院、长春地质学院、北京大学地质系、北京地质局、中国地质科学院地质力学研究所、中国科学院等单位开展了大量的地质调查与研究。燕山地区还是我国最早一批完成 1:20 万区域地质调查报告的地区。20 世纪 80 年代以后,又开展新一轮 1:5 万区域地质调查。进入 21 世纪以来,又开展了 1:25 万区域地质调查修测、修编工作。

辽西地区的地质工作有翁文灏 1928 年、谭锡畴 1931 年、王恒升、侯德封 1931 年等对辽西地区煤田和构造进行了观察研究,赵宗溥 1957 年研究了辽西中生代地层及构造运动,1960 年后辽宁区调队对辽西开展了 1:20 万区域地质调查。

以往认为燕辽造山带在吕梁运动形成古老陆壳基底之后,一直处于相对稳定的构造发展阶段。中生代以来,它经历了多期次的地壳运动或构造运动,发生了大面积火山-岩浆活动及强烈的构造变形和陆内造山作用,形成了总体上呈东西向,略向南东突出的弧形构造带。燕辽造山带中既有塑性-韧性变形(褶皱、韧性剪切带与固态塑性流变构造),又有脆脆性-脆性变形(各类断裂和节理);既

有压性-压扭性构造变形（褶皱、逆冲、推覆构造与片理化带），又有张性-张扭性构造变形（同沉积断裂、张性-张扭性断裂等）；既有挤压构造，又有伸展构造（变质核杂岩、裂谷作用等）；既有线性展布构造带，也有弧形-环状构造系统（山字形构造、弧型断裂带、环状构造等）；既有东西向构造褶皱逆冲带，又有北东向逆冲推覆系统等挤压构造，而且包括了北东、北北东向的伸展构造-大型高角度正断层系控制的裂谷、裂陷槽、断陷盆地、盆岭构造、箕状构造、变质核杂岩、高原玄武岩流、中酸性火山岩系、中酸性侵入岩等。同时，燕辽造山带构造变形还发育于地壳不同深度，既有地壳中深层次的构造变形（紧密褶皱、韧性剪切变形、固态塑性流变构造、深层滑脱等），也有地壳中浅层次与地壳表层构造变形（宽缓而简单的褶皱、脆性-韧性断裂、不层滑脱等），既有不同时期、不同深度构造变形的叠加与复合，也有同一时期同一构造带在不同区段、不同深度所呈现的构造变形形式的多样性。此外，燕辽造山带构造变形还呈现连续性与突变性的交替，伸展与挤压作用的相更迭，多次形成反转构造等构造现象。不同时期、不同方向、不同成因、不同力学性质、不同形成深度与不同形态的构造变形叠加在一起，造成了燕辽造山带构造变形的复杂性。

关于燕辽造山带的构造格局，以往李四光^[3]从地质力学的观点认为燕辽造山带是由一系列具成生联系的褶皱和断裂组成的弧形构造，并称之为“燕辽联合弧”。黄汲清把燕辽造山带划分为内蒙古地轴和燕辽沉降带。崔盛芹等^[4]则将内蒙古地轴和燕辽沉降带当作是一个整体来研究其古构造形迹。宋鸿林等认为燕辽造山带是纬向构造被北北东向太行山构造带所叠加。于福生等^[5]认为燕辽造山带是近东西向的大型冲断-褶皱带。郭华等^[6]认为燕辽造山带发育有宽缓褶皱和大型薄皮构造的底界滑动拆离面。总的来说，大多数人认为燕辽造山带的构造格局是东西向和北北东向两组构造叠加的产物^[7~11]。

近年来，随着板块构造的兴起，大家又从板块构造的角度来研究本区。但因本区距亚洲大陆岩石圈与太平洋岩石圈的边界至少 1 500 km 以上^[12~17]，沟弧盆系统的造山作用很难解释本区的各种构造类型。于是，大家先后提出了板内造山带、陆内造山带、断裂造山带等不同的造山带名称，以示与陆缘造山带的区别。随着研究的深入，燕山陆内造山带的基本事实已被多数学者认同，并认为燕辽造山带是地球上最瞩目的构造带，与西南非洲的 Damara、澳大利亚的 Alice Spring 造山带和北美洲的 Laramian 造山带，被公认为全球陆内造山带的典型^[18~20]。

同时，大家又发现了中生代以来燕辽造山带发生了明显的由挤压到伸展的构造体制转折，这一构造体制的转换又导致华北克拉通被破坏^[21~23]及大规模的岩石圈被减薄^[24]，由于华北岩石圈深部构造的演化过程^[21,25~27]又导致了在浅部引起了构造地质响应，形成了大型断陷盆地的发育^[28~30]、大规模伸展穹隆和变质核杂岩、大型走滑构造^[31]、大规模陆内旋转等^[32]，而出现了不同的认识。例如，

有认为华北克拉通构造体制转折始于150~140 Ma, 终于110~100 Ma, 峰期是120~110 Ma^[33,34]。关于华北克拉通破坏起始时间和高峰期有三叠纪^[35,36]、晚三叠世^[37~39]、中侏罗世^[23]、侏罗纪^[25,40,41]、晚侏罗世—早白垩世^[33,42]、早白垩世^[43]、中生代^[21]等不同认识, 关于岩石圈的减薄时间^[25,44~48]有三叠纪或更早^[22,23,49~51]、晚侏罗世^[23,28,52~55]及早白垩世^[43,56,57]等观点, 关于华北克拉通减薄破坏的动力学机制则有拆沉作用^[27,28,58~62]和岩石圈拉张等^[40,58,63~68], 也有人认为是印藏碰撞、蒙古—鄂霍次克洋的闭合、西太平洋板块或 Izanagi 板块俯冲带回退或斜向俯冲过程而造成的大陆一侧的扩张或三种因素共同作用的结果等^[69,70]。所以, Davis 等称燕辽造山带为“谜”一样的造山带^[19]。

但是, Davis、郑亚东及其合作者^[71~73]指出了: 基于对燕辽造山带若干主要构造形迹的观察和研究, 国内现有地质图件在显示燕山地区主要构造特征方面是不成功的。而且, 中生代盆地是否为“远距离”的推覆体及最基本的造山带的几何样式尚未建立, 从而制约着对该区中生代构造作用方式和地球动力学背景的深入探讨, 影响着对该地区地质演化和资源环境效应的认识。还有, 以往关于燕辽造山带构造格局的认识, 一般是将其划分为燕山沉降带和内蒙古地轴两个大的一级构造单元, 再进一步分为各级不同的构造形迹来认识, 它导致了人们不可能从总体上来认识燕辽造山带。因此, 查清燕辽造山带陆内造山过程, 完善构造体制转变中的地质记录, 阐明古构造体制转换的大地构造背景和深部地质作用, 为区域地质调查和找矿提供理论就成为一项必要的工作。

笔者注意到, 燕辽造山带经历了多期次构造的影响, 各期次的构造运动也为我们保留了相当丰富的原始构造形迹, 它为我们透露出燕辽造山带的构造信息, 使我们能够正确认识它。笔者认为, 不管燕辽造山带处于什么样的大地构造环境, 经历过多少期次的构造运动, 所有的构造运动都将先是形成最为基本的构造形态, 再在最基本的构造形态之上发展演化为复杂的构造形态。而最基本的构造形态不外乎是褶皱和断裂。褶皱和断裂虽然破坏了地层的分布状态, 但从地层的分布状态出发又可以解读出褶皱和断裂等构造。从这一认识出发, 笔者认为燕辽造山带的地层分布, 特别是变质岩基底的分布应反映一定构造现象。据此, 笔者将燕辽造山带中的地层出露状态与褶皱、断裂结合起来考虑其构造格架, 而发现燕辽造山带的基底岩系常常构成了背斜的核部, 而沉积岩盖层又构成为向斜盆地。尽管这些背斜和向斜由于后期构造的影响而遭到破坏, 但这并不影响对其认识。而断裂则应是褶皱构造上的配套构造。并且, 因为一个褶皱构造上有纵断裂、横断裂和共轭断裂。不同期次、不同方向的褶皱构造上各自发育着配套断裂相叠加的结果便造成了复杂的断裂构造形态。再有, 以往也认识到燕辽造山带存在着盆山系统, 但这些盆山系统是如何形成的? 它们在构造上具有什么样的联系? 是什么挤压作用或伸展作用造成了一些单元上升成为山, 一些单元又下降成

为盆，而且相间排列？即使由于挤压作用或伸展作用造成了上述构造现象，但上述构造现象构成了一个什么样的区域构造格局？笔者从燕辽造山带最基本的构造形态是背斜和向斜出发而认识到盆岭构造中的盆地常常是向斜，山脉则常常是背斜。

再有，以往都认识到燕辽造山带上存在着构造叠加现象，一般认为燕辽造山带是在东西向构造的基础上叠加了北东向构造，再次又叠加了北北东向构造，使燕辽造山带在地质图呈现为一个弧形构造带。因为一个弧形构造必定可以分为内弧和外弧，那么，它便可能是背斜或向斜。但如果我们不能确定内弧或外弧地层的相对新老关系，那么，它便只是一个背形或向形。再有，东西向、北东向和北北东向构造叠加的结果是否会形成一个具有成生联系的构造格架？这一构造格架是一个什么样的构造样式？笔者注意到，上述构造现象叠加的结果造成了燕辽造山带中的背斜和向斜相间排列构成了具有 Ramsay 第一类褶皱干涉样式的第二种类型构造形式的盆岭构造样式。当从上述新的角度重新认识燕辽造山带时，笔者认为，燕辽造山带的构造形迹可以被归结为燕辽向斜、燕辽复向斜及秦皇岛背形三个大型构造。在这三个大型构造单元之下又各自发育了次级构造，在次级构造下又出现各自的配套断裂和次级褶皱，一级套一级，致使燕辽造山带成为复杂的构造格局。

近年来，对于该区构造变形序列的讨论，一般根据断裂的性质来划分。例如，Davis 等^[71,72]将侏罗纪—白垩纪变形划分为：①大于 180 Ma 的向南逆冲推覆作用；②中侏罗纪—晚侏罗纪早期的伸展断层作用；③晚侏罗纪—早白垩纪早期的向北逆冲作用；④早白垩纪晚期的挤压作用；⑤中白垩纪伸展变形；⑥晚白垩纪左旋走滑作用。汪洋等将其划分为五个期次，认为东西向构造形成最早，北北东向构造形成最晚，北东向介于两者之间。换句话说，不同方向的构造形成于不同时期，也就意味着不同方向的构造只有时间上联系，而没有成生上的联系。也有从燕辽造山带中生代地层系统中发育 5 个区域性的角度不整合界面来考虑，认为燕辽造山带中生代自老至新发育：上三叠统与中三叠统之间的角度不整合，即杏石口组或老虎沟组之下的不整合界面；中侏罗统与下侏罗统之间的角度不整合，即九龙山组或海房沟组之下的不整合界面；下白垩统与上侏罗统之间的角度不整合，即东岭台组或义县组之下的不整合界面；古近系与白垩系之间的角度不整合；新近系与古近系之间的角度不整合。5 个区域性不整合界面表明该区中生代经历过 5 次挤压事件。这 5 次事件将该区的地质构造分隔成下中三叠统、上三叠统—下侏罗统、中上侏罗统、白垩系、古近系、新近系—第四系等 6 个构造层。也有研究者将燕山地区中生代盆地充填序列划分为四个阶段，即晚三叠世杏石口组、早侏罗世南大岭组至中侏罗世九龙山组、晚侏罗世髫髻山组至土城子组、早白垩世张家口组至晚白垩世南天门组，并认为这四个阶段反映了岩石圈从

挠曲 (T_3)、挠曲并伴随弱的裂陷 (J_{1+2})、构造转换 (J_3) 到裂陷 (K) 为主要的区域构造演化^[74]。笔者认为,上述五个构造不整合面中有三个不整合面属于中生代的构造不整合面,它对应着燕辽造山带在中生代发育着的三期磨拉石建造,即晚三叠世杏石口组、中侏罗世末期髫髻山组和晚侏罗世土城子组。而且,燕辽造山带表现为东西向构造最先发育,其次叠加了北东向构造,再次又叠加了北北东向构造。因此,燕辽造山带中生代应存在着三期主要的构造运动。上述三个构造不整合面应代表着向斜构造、复向斜构造和背形构造,而三期磨拉石建造分别是向斜消亡、复向斜消亡和背形消亡的产物。

再有,燕辽造山带侏罗系还存在着“反序”沉积特征及沉积中心迁移特征,即下部沉积物来自于较年轻地层,而上部沉积物来自于较古老地层。如上述三期磨拉石建造中,都以火山岩开始,继而厚层粗碎屑岩或砾岩结束,便反映出“反序”沉积特征。以往对这一现象一直未能很好地作出构造及沉积上的解释。笔者认为,上述沉积特征应是向斜、复向斜和背形三期褶皱构造分别形成三期褶皱山脉。并且,随着这三期山脉被剥蚀夷平,构成山脉的地层从新到老逐次被剥蚀,并被搬运至邻近的沉积盆地中沉积下来,因而其沉积顺序与剥蚀时顺序正相反,由此便呈现为“反序”特征。

由于本书将燕山沉降带和内蒙古地轴作为一个整体来考虑,内蒙古地轴是燕辽向斜的北翼,燕山沉降带是燕辽向斜的南翼。那么,内蒙古地轴南缘断裂便不是西伯利亚板块和华北克拉通这两大板块之间的缝合线。本书吸收了最新研究成果,将康保-围场-叨尔登-凌源-中三家-西官营子断裂作为这两大板块俯冲带缝合线断裂,并将内蒙古地轴南缘断裂重新定义为燕辽向斜的轴部纵断裂,并将其上发育的断陷盆地定义为轴部纵断裂裂隙盆地。该裂隙盆地在燕山地区发育了南大岭组和下花园组作为其裂隙充填物,在辽西地区则发育了兴隆沟组和北票组作为裂隙充填物。并认为这一裂隙充填物非常典型而罕见,它不同于以往只见于露头尺度的裂隙充填物,即使广西凌云地区的早二叠世茅口阶“灰岩脉”也不能与之相提并论。

关于燕辽造山带的断裂构造一直也是研究重点,并提出了许多不同的认识。燕辽造山带的断裂构造中,最为明显的断裂有东西向、北东向、北北东向三组,此外,还有南北向、北西向二组较为重要。以前一般认为,东西向最早形成,北东向次之,北北东向最晚。如果真的是这样的话,似乎燕辽造山带的构造运动只形成断裂,而褶皱成为了断裂的伴生构造。本书中,笔者将这一认识倒转过来,将断裂当作是褶皱的配套断裂。而且,燕辽造山带中的断裂逆冲推覆方向有些自北而南,有些自南而北。例如,密云-喜峰口断裂带,北京西山南部的逆冲推覆构造,北京昌平十三陵及怀柔汤河口一带逆冲推覆构造,河北宣化下花园一带逆冲推覆构造,以及兴隆一带的逆冲推覆构造等这些断裂,有认为是由北向南的逆

冲构造带,有认为是由南向北的逆冲构造带^[75~83]。承德至凌源一带的各种推覆构造也出现了几种不同的认识,一是认为逆冲推覆总体上自北向南,另一是认为主要自南向北推覆^[72]。而且,燕辽造山带的断裂构造还存在着这样一种情况,即同一条断裂在有的地段表现为压性,有的地段则表现为张性,如在辽西地区就可见到同一断裂的不同段落,有的表现为强烈的挤压,有的表现为张扭性。这些断裂是否有成生上的联系?笔者将燕辽造山带的所有构造形迹都当作是褶皱的配套构造来考虑,那么,燕辽造山带的断裂构造便是向斜的配套断裂、复向斜的配套断裂,背形的叠加断裂及叠加的北北东向断裂。并认为东西向、北东向和北北东向三组断裂与褶皱有关,一般是向斜的纵断裂。同时,本书引进了背斜与向斜的内弧和外弧处于不同力学环境来解释燕辽造山带同一条断裂既具压性,也具张性的力学特征。因为燕辽复向斜和秦皇岛背形属于两个不同方向的应力场,由这两个应力场所产生的断裂相互叠加、改造,以及后期差异升降运动的影响,造成了一个向斜或背斜在某些地段出露外弧,在某些地段出露内弧,地表便出露了断裂的不同构造部分。而向斜或背斜的外弧或内弧具有不同的力学性质,由此同一条断裂在有的地段表现为压性、有的地段则表现为张性,而且,在不同地段又造成了逆冲推覆方向不同。笔者还利用背斜两翼的配套断裂向核部对冲,向斜两翼的配套断裂向外对冲,这一构造现象来解释燕辽造山带中的断裂对冲现象。并强调后期差异升降运动的影响又造成了燕辽造山带的断裂表现出不同的逆冲推覆方向。

再有,以往认为燕辽地区中生代岩浆活动与断裂构造有关,并将燕山地区岩浆活动从北往南分为北东东向岩浆岩带、北东向岩浆岩带和北北东向岩浆岩带,三个岩浆带的主成岩期从北东东带到北北东带越来越年轻。其中,北东东带主成岩期发生于海西末期(240~250 Ma)。北东带属于燕山陆内造山带主体,似由北北东向、东西向造山作用联合形成,并且往往逐渐转化为北北东带。同时认为燕山旋回的岩浆活动有如下特点,即不同旋回的火山岩和不同时期的侵入岩都组成相应的火山喷发带和侵入岩带,火山岩一般产于压性和压扭性环境,晚期也可沿张扭性构造喷发。而侵入岩则一般产于火山活动后期的减压构造环境,如火山盆地边缘隆起部位,或沿火山带内部的大断裂强烈活动部位。当从新的构造格架来思考燕辽造山带时,上述三个岩浆带恰好对应于向斜到复向斜、背形和北北东向叠加期这三褶皱构造期。其岩浆活动则表现出,一般处于地壳深部的向斜轴部纵张断裂所张开的部位成为了岩浆侵入的通道而发育岩浆岩,而处于地表的背斜轴部纵张断裂张开所形成的盆地则发育了火山岩。当然,一些褶皱的配套断裂如共轭断裂和横断裂也发育岩浆活动。再有,燕辽造山带中的岩浆活动既有碱性、酸性,也有基性、超基性等,错综复杂的分布特征,一直成为争论的对象。特别是碱性岩的广泛分布,并被认为与伸展构造有关。如果从新的构造格架来考虑,在

背斜和向斜的外弧上的纵断裂一般呈张性,它便应发育碱性岩。本书还认为壳幔型岩浆与幔源岩浆现断裂影响的深度有关,即随着断裂向深处发展,岩浆活动便从壳幔型向幔源型发展。总的来说,正是燕辽造山带中的向斜、复向斜和背形相互叠加的结果造成了错综复杂的岩浆活动分布特征。

再有,因为,燕辽造山带缺乏中生界海相地层,各个陆相沉积盆地又互不相连,且有不同的地质发展史,所以,有关燕山运动的幕次划分至今尚不统一。而近年来又发现了印支运动也对本区产生了重要的影响。因此,研究印支运动与燕山运动对本区的影响就具有重要的意义。从上述认识出发,笔者又认为可以重新认识印支运动与燕山运动的幕次划分。本书将印支运动定义为形成东西向构造线的构造运动,燕山运动是形成北东向、北北东向构造线的构造运动。相应地,这两大构造阶段对应于两大构造应力场,陆间造山阶段属于南北向的构造应力场,陆内造山阶段则是太平洋构造应力场。

本书还从地质历史发展的角度来论述燕辽造山带的发生和发展过程。笔者认为,燕辽造山带在海西运动期间中朝古陆与西伯利亚古陆开始接触时就已开始出现向斜的雏形。印支运动为向斜阶段和复向斜阶段的构造运动。从中三叠世—晚三叠世发生了印支运动第一幕,在纵弯褶皱作用下形成一个东西向的大型向斜构造及其配套的断裂构造及次级构造,至晚三叠世末期向斜构造被沉积填平。此后,燕辽造山带的构造格局就建立在这一向斜之上。印支运动第二幕从早侏罗世到中侏罗世,它是印支运动第一幕的继续。早侏罗世燕辽向斜轴部向上反转成为一个次级背斜,向斜被进一步褶皱成为了由三个背斜和两个向斜等五个次级褶皱相间排列的东西向复向斜及其配套、伴生构造。中侏罗世末期复向斜逐渐被填平。燕山运动是背形阶段的构造运动。燕山运动第一幕发生在晚侏罗世,这时构造应力场转变为太平洋应力场,燕辽复向斜受到太平洋板块向东亚大陆俯冲形成的向西北方向挤压的影响,其辽西段被扭转成为了北东向构造而形成了一个背形构造。燕山地区和辽西地区开始走上了不同的地质构造历程。具体表现为燕山地区原东西向复向斜被叠加了北东向褶皱而成为了短轴状的背斜和向斜,而显示为一个具有 Ramsay 第一类褶皱干涉样式的第二种褶皱类型的区域构造格局;辽西地区则被扭转为北东向构造而较完整地保留了原复向斜的盆岭构造系统。燕山运动第二幕发生在白垩纪,燕辽造山带进一步被叠加了北北东向构造,既破坏了背形构造,也形成了一些新的构造,如在短轴状背斜的基础上形成了变质核杂岩。新生代的喜马拉雅构造运动似乎是白垩纪构造运动的继续,它与燕山运动第二幕处于同一构造应力场,其构造形迹也具有成生上的联系。主要表现为进一步破坏了背形构造,并使燕辽造山带从华北克拉通分裂出来,并拼贴到西伯利亚古陆之上。

总的来说,燕辽造山带可以说是一本内容丰富的构造学教科书,如向斜及其

配套东西向纵断裂、南北向追踪横张断裂和北西、北东组成的棋盘格式共轭断裂等。复向斜阶段新生的大型的隙裂盆地及其充填物、推覆形成了内蒙古地轴等。背形阶段, 由于北东向构造叠加的结果, 形成了具 Ramsay 褶皱第一类干涉样式的第二种干涉图型的短轴状褶皱及盆岭构造系统。背斜或向斜纵断裂放射状排列特征, 以及向向核部或背斜两翼的对冲现象。而且, 同一条断裂在不同地段具有不同的力学性质, 则与由于后期升降构造运动的影响有些地段出露褶皱的内弧, 有些地段则出露褶皱的外弧有关。由于围场-平泉-秦皇岛断裂的影响, 造成了辽西地区的纵断裂向原向斜轴部位移, 而燕山地区纵断裂则向两翼位移。由于燕山地区原向斜北翼处于下降状态, 每两条纵断裂之间的间距也向北逐渐变宽。其所展现的构造形态与教科书上所描述的断层地表出露形态相一致。此外, 沿着轴部纵断裂侵入超基性-基性岩向两翼逐渐过渡为中性或酸性岩的侵入特征, 也与教科书上的理论相一致。基于以上的认识, 笔者认为加强对其研究, 将很有意义, 希望能够得到大家的关注。

参 考 文 献

- [1] Cui S Q, Li Jk, Zhao Y. On the Yanshanian movement of the peri-Pacific tectonic belt on China and its adjacent areas. Scientific papers for the 27th IGC. Geological Publishing House, China, 1985, 221-234.
- [2] Wong W H. Crustal movement and igneous activities in eastern China since Mesozoic time. Bull Geol Soc China, 1927, 6 (1): 9-37.
- [3] 李四光. 地质力学概论. 北京: 科学出版社, 1973, 1-344.
- [4] 崔盛芹, 杨振升, 周南硕, 等. 燕辽及邻区的古构造体系研究. 地质学报, 1977, 2: 67-77.
- [5] 于福生, 漆家福, 王春英. 华北东部印支期构造变形研究. 中国矿业大学学报, 2002, 31 (4): 402-406.
- [6] 郭华, 刘红旭, 王润红. 燕山板内造山带中生代构造演化特征. 铀矿地质, 2003, 19 (2): 65-80.
- [7] 李四光. 东亚一些构造型式及其对大陆地壳运动问题的意义——地质力学方法. 北京: 科学出版社, 1976, 53-113.
- [8] 任纪舜, 陈廷愚, 牛宝贵, 等. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿. 北京: 地质出版社, 1990, 90-103.
- [9] 葛肖虹. 华北板内造山带的形成史. 地质论评, 1989, 35 (3): 254-261.
- [10] 宋鸿林. 燕山式板内造山带基本特征与动力学探讨. 地学前缘, 1999, 6 (4): 307-316.
- [11] 王伟峰, 陆诗阔, 孙月平. 辽西地区构造演化与盆地成因类型研究. 地质力学学报, 1997, 3 (3): 81-89.
- [12] Condie K C. Plate tectonics and crustal evolution, second edition. Pergamon Press, 1982, 188-215.

- [13] Davis G A, Qian X L, Zheng Y D. The Huaorou (Shuiyu) ductile shear zone, Yunmengshan Mts., Beijing—30th IGC field trip guide T209. Geological Publishing House, China, 1996.
- [14] Davis G A, Qian X L, Yu Y, et al. Mesozoic deformation and plutonism in the Yunmeng Shan: a metamorphic Core Complex. North of Beijing, China. In: Yin A, Harrison M. The Tectonic Evolution of Asia. Cambridge: Cambridge University Press, 1996, 253-280.
- [15] Dewey J F, Bird J M. Mountain belts and the new global tectonics. Jour Geophy Res, 1970, 75, 2625-2647.
- [16] Dewey J F, Horsfield B. Plate tectonics, orogeny and continental growth. Nature, 1970, 225, 521-525.
- [17] Dewey J F, Burke K. Tibetan, Variscan, and Precambrian reactivation: products of the continental collision. Jour Geol, 1973, 81, 683-692.
- [18] Chen A. Geometric and kinematic evolution of basement-cored structures: intraplate orogenesis within the Yanshan Orogen, Northern China. Tectonophysics, 1998, 292: 17-42.
- [19] Davis G A, Wang C, Zheng Y, et al. The enigmatic Yanshan fold-and-thrust belt of northern China: New views on its intraplate contractional styles. Geology, 1998, 26: 43-46.
- [20] Enkin R J, Yang Z, Chen Y, et al. Paleomagnetic constraints on the geodynamics history of main Chinese blocks from the Permian to the Present, a review. Geophy Res, 1997, 97 (B): 13955-13988.
- [21] Menzies M A, Xu Y G. Geodynamics of the Yanliao orogenic belt. In: Flower M, Chung S L, Lo C H. Mantle Dynamics and Plate Interaction in East Asia. Am Geophys Union Geodyn Ser, 1998, 27: 155-165.
- [22] Xu Y G. Thermo-tectonic destruction of the Archean lithospheric keel beneath Eastern China: Evidence, timing and mechanism. Phys Chem Earth (A), 2001, 26: 747-757.
- [23] Gao S, Kidhnick R L, Yuan H L, et al. Recycling lower continental crust in the Yanliao orogenic belt. Nature, 2004, 432: 892-897.
- [24] 吕古贤, 邓军, 郭涛, 等. 玲珑-焦家式金矿构造变形岩相形迹大比例尺填图与构造成矿研究. 地球学报, 1998, 19 (2): 177-187.
- [25] Chen L, Zheng TV, Xu W W. A thinned lithospheric image of the Tanlu Fault Zone, Eastern China: Constructed from wave equation based receiver function migration. Journal of Geophysical Research, 2006, 111 (B9): B09312.
- [26] Griffin W L, Zhang A D, O'reilly S Y, et al. Phanerozoic evolution of the lithosphere beneath the Sino-Korean Craton. In: Flower M F J, Chung S L, Lo C H, et al. Mantle Dynamics and Plate Interactions in East Asia, Geodynamics Series. Washington: American Geophysical Union, 1988, 27: 107-126.
- [27] Gao S, Rudnick R L, Carlson R W, et al. Re-Os evidence for replacement of ancient mantle lithosphere beneath the Yanliao orogenic belt. Earth and Planetary Science Letters, 2002, 198 (3-4): 307-322.
- [28] 翟明国, 朱日祥, 刘建明, 等. 华北东部中生代构造体制转折的关键时限. 中国科学 (D辑), 2003, 33 (10): 913-920.