

国家自然科学基金、地质行业科技发展基金 资助
原地质矿产部八五、九五重点基础项目经费

燕山地区中新生代陆内造山作用

崔盛芹 李锦蓉 吴珍汉 易明初 著
沈淑敏 尹华仁 马寅生

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

由构造运动所导致的造山作用过程与机制,是现代地学研究中的一个根本问题。本书以燕山地区中生代陆内造山作用为中心,阐明了其构造运动序列、前造山期地质构造背景、中生代始造山期—主造山期—重造山期的陆内造山过程与构造地貌特征、燕山陆内造山带的地球物理场、构造应力场、岩浆活动及构造成矿特征等基本问题;并在此基础上,把陆内与陆缘、大陆与大洋构造演化密切联系起来,剖析燕山型中生代陆内造山作用的发生、发展与东亚滨太平洋地区构造演化的关系,进而从陆—洋构造体制、地壳类型及其演化过程的角度,进行全球中生代造山带类型划分,并阐明燕山型陆内造山带在全球构造中的位置及其大陆动力学意义。

图书在版编目 (CIP) 数据

燕山地区中生代陆内造山作用 崔盛芹等著 .-北京:地质出版社, 2002.3
ISBN 7-116-03469-2

. 燕... . 崔... . 中生代-褶皱带-地质构造 研究 华北地区 . P542

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 067544 号

YANSHAN DIQU ZHONGXINSHENGDAI LUNEI ZHAOSHAN ZUOYONG

责任编辑:肖舟 祁向雷 陈磊

责任校对:王素荣

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) 82324508 (邮购部); (010) 82324577 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787×1092¹/₁₆

印 张:25.25 图版:2 页

字 数:614 千字

印 数:1—600 册

版 次:2002 年 3 月北京第一版·第一次印刷

定 价:65.00 元

ISBN 7 116 03469 2 P·2216

(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)

序

如所周知，位于首都圈及其外围的燕山地区，其大陆地质构造颇具特色。本区既为中国最老陆壳与中新元古界层型剖面的出露区、著名燕山运动的命名地，又是我国地质科学发展历程中的“摇篮”地区和国内外地学交流的良好窗口。燕山及其邻区在吕梁运动形成古老陆壳基底之后，经过长期稳定发展阶段，主要到中生代以来又发生强烈的陆内造山作用与构造—岩浆活动，从而形成具有一定典型意义的中生代陆内（板内）造山带、陆内成矿带及陆内活动带，构成一个大陆地质构造、陆内造山作用的良好科研基地与天然实验室。在国家自然科学基金、地质行业科技发展基金以及部、院科研经费的持续资助下，自“六五”以来，由崔盛芹等所组成的科研集体，通过多学科、多方法的结合和研究群体的密切协作，对“广义”的燕山地区（南北介于华北盆地北部到兴蒙古生代构造带之间，东西介于下辽河盆地至阴山构造带之间），以不同时期地壳运动为主要线索，以中生代陆内造山作用为中心内容，力求将建造—改造、形成—形变、表部—深部、宏观—微观、历史—现今以及定性—定量研究有机结合起来，进行长期实地调查与综合研究。目前，他们在已完成系列专题和项目研究报告的基础上，将陆续撰写出版两本专著—一本册侧重中生代陆内造山作用的概括总结；另册将以中生代陆内造山过程的详细剖析为主。在这一序言里，我们仅拟就本书作者在进行此项研究中，在科学思路、科研途经方面所表现出的一些特点以及所涉及到的几个一般性问题，发表几点看法：

首先是，基础地学研究的重要性及长期性问题

地壳运动或构造运动问题，是现代地球科学和基础地学研究中的一个根本问题，与构造运动相关联的造山作用及其所形成的造山带，在大陆构造及其演化中占有重要位置。自19世纪50年代地槽学说问世以来，地槽型褶皱带或造山带的研究受到充分重视。20世纪60年代板块构造理论兴起后，从岩石圈板块构造及其运动方式出发，侧重对板缘、板间造山作用及造山带的研究，而忽视对板内或陆内造山作用及造山带的研究。我国对造山作用、造山带的认识主要是在大陆构造研究过程中发展起来的。事实上发育在不同时期陆壳基础上的陆内造山作用与造山带在全球大陆范围内有着较广分布，因此有必要选取包括“燕山型”在内的不同类型的陆内造山作用及造山带进行深入剖析和立典研究，这在提高对造山带类型认识、陆内造山机制以及有关大陆动力学研究水平方面具有深远意义。上述与“燕山型”陆内造山作用、造山过程相关联的涉及到很多地学领域、多种地质作用及地质事件，其调研和认识过程是难于一蹴而就、一次完成的，为此需要重视野外研究实验基地的建立，需要有一个脚踏实地、持之以恒和不断深化的长期研究过程。就这一角度而言，本书作者对燕山为主的选题，始自70年代末其所承担的“六五”科研规划中“中国东部（以燕山为重点）地壳运动与构造演化”项目。事实上在此之前这一科研集体对本区的研究已有初步基础，如其中崔盛芹自1952年以后即在已故地质学家喻德渊、俞建章及张寿常教授指导下，开始在燕山及辽吉地区进行基础地质研究，并自1956年起承担燕山

地区的区调填图及专题研究任务。总之，这一科研集体在燕山及邻区围绕特定研究中心长期持续的专题工作，为不断加深研究程度和深化认识水平奠定有利基础。

其次是，不同尺度、不同视野区域构造分析的结合问题

地质学科中的若干领域具有鲜明的区域性特点，但就总体而言，地质学应属一种全球科学性质。很多有关区域构造的结论、观点和规律，多渊源于对一定区域的具体剖析，“脱胎”于对这一区域的认识升华。如能不囿于某一局部范围，而是围绕特定研究目标，将不同尺度、不同视野的区域构造分析有机结合起来，把对局部构造—区域构造—超级或洲际构造—全球构造的研究适当联系起来，相互印证核对，进行比较构造分析，这有助于弄清特殊与一般、表象与实质的关系，从而减少片面性，提高科学性。从上述科研思路出发，本书作者在对面积约为 20 万 km² 的“广义”燕山地区进行持续研究的同时，曾结合有关攻关任务，对约百万 km² 的燕山周边地区的区域构造进行实地调研与专题总结（《华北陆块北缘构造运动序列及区域构造格局》，2000）；还前后对更加广阔的约千万 km² 的中国东部及东亚滨太平洋地区印支期、燕山期、喜马拉雅期的构造运动与构造演化逐一开展专题研究；另在综合分析及对全球若干具代表性构造区带进行实地观察的基础上，试从全球视野出发，探索中生代全球造山带类型划分以及陆内造山作用与陆内造山带的发育特点。有关后两方面的内容，在本书的最后两章——“燕山型陆内造山作用与东亚滨太平洋地区构造演化关系”以及“燕山型陆内造山带在全球构造带中的位置及其大陆动力学意义”中，有所专门论述。

再次是，国内研究与国际合作的结合问题

发生在地壳中的地质构造形象纷繁多样，它们在不同国家和地区的发育特点、发育历史也不尽相同，既具有共同性的一面，又具有各自特殊性的一面，因此有必要进行国际交流与合作，以达到相互借鉴、共同提高、加深认识和促进学科发展的目的。基于上述认识，本书作者在长期进行本项研究的同时，注意开展与其相关的双边及多边国际合作项目——包括与俄、美、法、日等国专家，在大陆裂谷—比较构造、地震构造、新构造、深部构造—成矿作用及区域构造等方面的双边合作研究以及国际地质对比与西北太平洋构造编图等多边合作项目；重视将本科研集体的研究成果，通过多届国际地质大会及其它不同国际地学会议进行广泛交流；在野外现场交流方面，一方面尽可能争取条件对国外若干重要构造区带进行实地考察，另一方面，以燕山地区为交流窗口，广为国际地学会议和国外地学团、组代表，组织导引长短不一（长达一周、短则一天）、人数不等（多达百人、少则数人）的野外路线观察研讨，其中包括国际地质力学、构造地质、地球动力学、大陆裂谷及深部作用、全球地学断面（GGT）、国际地质对比项目（IGCP）、国际地质大会与两岸三地及海外华裔地质学家学术会议代表以及若干国家的地学科研与教育团、组人员等，共约数十个国家的数百名地学专家、教授及若干国际地学组织的领导者，产生较广影响。为进一步扩大国际交流，除已先后以英文出版本区两册野外路线指南及有关专题论文之外，在本专著的后一部分，还专附有近百页篇幅的全书英文概要。

最后是，基础地学研究的创新问题

科学之树常青在于它的创新无涯，创新精神是科学研究的灵魂。既要充分重视和继承国内外的已有成果，更要从实际出发，通过认真的研究剖析，取得突破性的新进展和新认识。从这一角度来要求，这本专著在对燕山地区基础地质构造与陆内造山作用研究的若干

方面是有所进展和具有新意的，诸如构造运动序列的概念与构造发展阶段的划分；从综合性、断代性及岩石圈组构特征三种不同角度进行构造区划；提出本区及邻区自地表—地壳—岩石圈—地幔三种不同深度，具有“三层式”的不同构造格局；在综合剖析遥感地质、地球物理、构造变形、古构造—新构造—活动构造、构造—地球化学、岩浆活动、成矿作用以及构造应力场演化的基础上，具体阐明本区中新生代陆内造山过程及造山机制；总括剖析燕山型陆内造山作用、陆内造山带形成、演化的大地构造背景及其大陆动力学意义等。

此外还应指出的是，基础地学研究及认识地球过程是不断发展的。因而在祝贺本书出版的同时，热切希望在新世纪之初，我国在对燕山等地基础地学问题及陆内造山作用的研究方面，能够攀登新高峰，为现代地学的发展做出新贡献。

孙殿卿

陈庆宝

2002年1月于北京

前 言

《燕山地区中生代陆内造山作用》这本专著所涉及的地理范围为：东起下辽河平原西缘，西迄阴山之东的集宁一带，南自华北平原北侧，北至赤峰、化德一线，包括从地质构造涵义上所指的广义的“大”燕山地区，并将燕山构造带南侧的中新元古代—古生代拗陷带与北侧的内蒙古基底隆起带联成一体，总面积约 20 万 km²。

应当说明的是，这里“中生代陆内造山作用”中所称的“陆内”，不是指地理位置或海陆关系，而是从地质构造 地球物理的角度、从陆 洋构造体制、地壳 岩石圈类型及其演变过程的角度而言的。就中生代西滨太平洋地区的构造演化而言，其“陆内”（intra-continent）与“板内”（intraplate）的概念颇为接近，因而在很多场合将二者相提并论。另一方面，由于板块构造有大洋板块、大陆板块之别，对不同时期大陆古板块的划分准则与不同范围大陆板块的划分级别，都还存在着不同认识。而不同时期大陆型地壳的鉴别标准较明确（包括对前寒武纪克拉通基础上的古老陆壳，及显生宙陆缘、陆间造山带转化而成的较新陆壳），因而我们较多地使用了“陆内”一词，并将其视为“板内”一词的近似语。

对于燕山这样一个研究程度较高、一般都较熟悉的地区，为什么作者及有关科研集体还要着重从基础地质、陆内造山作用的角度，进行长期研究呢？这方面的国内外研究现状又如何呢？以下将对这两方面的问题略作叙述，然后在此基础上，对本书的内容及其相应的主要研究进展予以简介。

一、研究意义

1. 从阐明陆内造山作用过程、造山机制及其大陆动力学意义的角度

近 30 多年来，新兴的板块构造理论取得了突破性进展，解释了许多全球构造现象，明显提高了全球构造、特别是大洋构造的研究水平。但正如美国大陆动力学研究的国家计划中所指出的：板块构造理论有其局限性，并未阐明大多数动力学过程，特别是发生在大陆地区的作用；为此，针对大陆的特点，制定瞄准大陆动力学目标的科研规划，已成为当前国际地学前沿的一个颇为引人瞩目的攻研领域；查明大陆内部与大陆边缘造山带的造山作用过程与动力学机制，对大陆动力学理论的建立具有重要意义。

由构造运动所导致的造山作用机制，是现代地学中的一个根本问题。造山作用（orogeny、orogenesis）这个地质术语自 19 世纪中叶开始使用以来，其研究领域和研究内容，既与整个地学同步发展，又不断追逐着新的前缘。20 世纪 60 年代中期以来，伴随着板块构造理论的兴起，一般认为造山带是发育在洋 陆交界的陆缘或板缘地带，其造山机制常为板缘俯冲，两大板块会聚碰撞则可造成陆间或板间造山带。迄今一般对于陆内或板内造山带的存在多持否定态度，少数承认者有的又认为其形成机制不清。结合对我国及世界若干地区造山带形成发展过程所进行的具体分析可以看出，不同时期的陆内造山作用与造山带，在全球大陆范围内有着较广泛的分布。因此，有必要选取不同类型、具有典型意义的

陆内造山带进行深入研究。

著名的燕山山脉是一条由中生代构造运动所形成的线系性较为明显的陆内造山带。其在吕梁运动（1800~1900Ma）所形成古老陆壳基底之后，长期未发生过显著构造变化。到中生代其主体虽远距当时西太平洋的陆洋边缘达1200~1700km以上，却发生了强烈的造山作用。其动力学机制既非地槽封闭造山或板缘俯冲造山，又非板间碰撞造山，而是具有典型意义的克拉通基础上的陆内（板内）造山作用。对燕山地区中生代陆内造山作用过程及其形成机制进行认真剖析和立典研究，必将有助于提高对造山带类型、陆内或板内造山机制以及大陆动力学方面地学前缘问题的认识水平。

2. 从查明燕山地区陆内成矿条件与现今活动特点的角度

(1) 燕山陆内造山带是一条重要的陆内成矿带

包括贵金属、有色金属及多纪煤田等在内，燕山陆内造山带是一个颇为引人瞩目的重要的陆内成矿区、带。研究表明，不同类型的构造环境、造山作用，产生不同类型的成矿作用和成矿系列。以“燕山型”为代表的陆内造山带，其金、银、多金属等矿化作用的基本特点与其他类型造山带相比，在成矿大地构造环境、成矿时期、矿质来源及矿床成因等方面，具有多方面的特殊性。为此，在成矿作用方面，阐明燕山陆内造山带不同阶段构造环境演变与成矿环境、矿床类型多样性之间联系；在成矿时期方面，剖析本区构造岩浆成矿作用的长期性、叠加成矿作用的重要性与中生代陆内造山阶段成矿作用的主导性之间关系；在空间布局方面，查明不同级别成矿带与陆内造山带主造山期相应级别的构造岩浆带的展布关系以及不同类型线性构造、环状构造的控矿意义等，都具有一定的理论和实际意义。

(2) 燕山陆内造山带及其邻区也是一条现今活动的陆内构造带与地震带

我国为地质灾害多发国家，其中又以大陆地震为甚。燕山陆内造山带的东南侧为下辽河渤海华北的新生代裂谷系，燕山西段延怀及大同等裂谷盆地，则属现今仍在活动的汾渭裂谷系的东北端。沿汾渭及华北裂谷系呈北东、北北东向展布的地震带，与燕山南麓京津唐张地区略呈北西西向的活动构造带相交汇，成为一条从历史到现今强烈活动的陆内（或板内）地震带，对本区构成了严重威胁。如1679年在北京东边发生过三河8级强震；1976年在唐山发生了造成空前灾难的7.8级强震；1989年上半年地震部门指出晋北的雁北地区震情应予以监视之后，于当年10月18日在大同东北发生了6.1级地震；在1990年9月22日上午临近第11届亚运会在北京举行开幕式之前，沿北京北边的南口孙河断裂带发生了4级有感地震；1997年6月初又在张北地区发生4.1级地震等。目前我国已进入一个新的地震活跃时期，西部地区地震活动增强，东部地区正在加强监测。通过对燕山陆内造山带及其相邻地区开展必要的地质构造、地球物理及活动断裂等方面的勘察研究，并进行现今地应力变化的动态观测与主要活动断层的微动测量等工作，有助于配合有关部门查明京津唐张地区以地震为主的地质灾害的时空分布规律及形成机制，为减灾防灾、区域地壳稳定性评价及重大工程选址等作出贡献。

3. 从发挥燕山地区地质构造特色、在首都圈附近建立研究实验基地和国际地学交流窗口的角度

雄踞于华北平原之北的燕山陆内造山带，一向以其大陆地质构造特色闻名于世。它既是全球著名的中新元古界（旧称“震旦系”、“震旦亚界”）层型剖面及我国最老陆壳出露区、中外著名的燕山运动的命名地（翁文灏，1927），也是中国地质科学发展历程中的一

个摇篮地区。同时，它还是一条陆内的成矿带与现今活动的板内构造带、地震带。

世界上有些国家的首都，或位于远离山区的盆地或平原之中，或邻近缺乏地质构造特色的山区。作为国内外地学交流要地的我国首都北京其所处位置是得天独厚的——地理学家所称的“北京湾”，其西、北、东三方恰与燕山为邻（如本书封面所采用的北京附近 TM 彩色卫片影像所示）。本区不仅以地质构造特色著称，而且山川秀丽，露头良好，交通方便，长城内外名胜古迹颇多，深受国际地学界青睐。如 1996 年 8 月在北京举行的第 30 届国际地质大会，会间地质旅行路线共计 23 条（T201 至 T223），其中有 20 条皆位于燕山地区，而且外宾参加踊跃，如仅参加由我们导引的京郊 T218 路线的即达 50 人，其中包括一些国际知名的地质学家；又如近年来，我们还曾先后多次带领在京召开的国际地学会议代表、多个不同国家来访的团、组以及一些合作研究的外国专家，在燕山地区进行为期不同的路线考察与研讨交流，皆收到良好效果。因此，在对本区已有的长期研究的基础上，再把对陆内造山作用过程、动力学机制与大陆动力学背景等列为进一步的攻研内容，将有助于充分发挥燕山地区地质构造的特色和优势，明显提高这个位于首都圈的野外基地的研究水平。进而还可把本区建成一个具有特定研究目的和多学科配合的野外实验室和出成果、出人才的长期基地，使其更好地成为向国际地学界开放交流的窗口。

总之，深入研究燕山陆内造山带的三维结构与组成、陆内造山作用过程与造山机制，对发展与完善大陆动力学理论、对深化燕山这个位于首都圈的野外基地的研究水平，并使其更好地发挥对国内外学术交流的桥梁与窗口作用、对京津唐张地区地壳稳定性评价、地质灾害防治与对本区进一步的找矿工作，都具有重要意义。

二、研究现状

不同时期的造山带在全球构造、特别是大陆构造格局中占有重要位置。对造山带和造山作用的研究是整个地质学史中的一个根本问题。从一定意义上讲，如果没有对山脉构造地貌过程的长期研究，就难以产生现代地质学。因此，一个多世纪以来，国际地学界对大陆造山带与造山作用的研究，不断出现新的前缘，形成新的热点，并且至今仍属方兴未艾的全球性地学前沿领域。

起初，造山作用指的是山脉中的岩石变形和山岳地貌形成的统一过程，后来逐渐认识到这两种作用在时间上不完全一致，但是可把成山作用（mountain building）视为造山作用内涵的一个组成部分。关于全球造山带类型问题，自 1857 年 J. Hall 的地槽学说问世后，“山脉前身是地槽，地槽封闭造山”的观点得到广泛承认，因而依据地槽类型可将造山带划分为优地槽型、冒地槽型等。S. S. 舒尔茨在 1962 年曾将造山带划分为后地槽造山带与后地台造山带两种类型。近 30 余年来，基于全球性的板块构造研究，开始把地槽的类型与板块运动、陆洋关系联系起来（A. H. G. Mitchell 等，1969），进而划分为岛弧型（俯冲型）、碰撞型两类造山带（J. F. Dewey 等，1970），以及环洋型、地中海型造山带等（M. Mattauer，1980）；V. E. Khain（1984）则强调陆缘型、陆间型两大类型造山带的差异性特征。20 世纪 80 年代以来，结合对造山带形成演化机制研究，有些研究者（如：D. G. Howell，1989；Sengor，1990 及 J. T. Wilson，1990 等）则侧重于造山带岩石圈变形作用与运动方式，先后提出多种不同成因类型的造山带划分方案。同时，我国若干地质学者也在其有关论著中从不同角度涉及到造山类型问题。

应当指出的是，多数研究者从板块构造及其运动方式出发，对板缘、板间的造山作用

给予了充分重视，而对板内（陆内）造山带和造山作用多不予承认；部分研究者认为陆内造山带可以存在，但其形成机制不明。基于对全球范围内不同时期、不同类型造山带发育部位和构造演化的具体分析，我们初步认为可将全球造山带划分为大洋型、大陆型两大类型；其中大陆造山带又可分为三种类型，即陆缘型、陆间型和陆内型。忽视对中新生代较为发育的陆内造山带的具体剖析，势必碍于对大陆构造与大陆动力学方面的深入研究。

应该看到的是，近年来在大陆与海洋地质构造研究不断深化与多学科相互渗透的新形势下，国内外对造山带地质构造 地球物理 地球化学相结合的研究不断取得新的进展，如：很多研究者认识到将岩石圈板块视为“刚体”是与实际不符的，从而注意开展板内应力、应变与板内地震的研究；开始注意把岩石圈构造研究，引向三维组构加时间(3D+T)的研究方向。关于与不同阶段造山带演化有关的陆壳成熟度概念以及不同类型地壳划分方面的研究，关于地体构造、变质核杂岩、裂谷构造以及其他类型典型构造的深入剖析，关于在造山带研究中，多学科与多手段的相互结合，如岩石圈组构探测的地球物理方法、壳幔深部作用研究的岩石圈探针方法、山脉隆升 盆地沉陷历史研究的热年代学方法、断裂构造活动时期的测年方法、各种不同的构造应力测量、构造应力场模拟实验与高精度测距技术方法，以及其所代表的定量化、动态化、数据化的发展趋势等，都是值得在本区的陆内造山作用研究中借鉴的。

此外，为了避免局限性，还必须从比较构造学的角度，尽可能地把对燕山地区陆内造山作用的研究和更大范围内的有关研究，包括对燕山周边的华北陆块北缘、中国东部滨太平洋地区以及全球同一时期陆内造山作用的研究联系起来，力求把局部性—区域性—大区域性—全球性不同尺度的有关研究密切结合起来。

三、全书梗概及主要进展

本书包括有中文全文及英文概要：中文全文共分十四章，含图 157 幅，表 30 个，图版 4 页；英文概要共分 8 个部分，其中第 1 部分为概述，其余 7 部分为本书主要七章的简介。全书梗概及主要进展如下：

1. 构造运动序列及构造区带划分方面

在对燕山地区区域地层系统进行概述的基础上，阐明构造运动序列的概念，划分出 Ar—Pt₁ 克拉通基底、Pt₂—Pz 拗拉槽 克拉通盖层、Mz—Cz 陆内造山三个构造演化阶段的构造运动序列；进而从综合性构造区划、断代性构造区划及岩石圈组构特点的大地构造类型三种不同角度，对燕山及邻区的构造区带进行划分，并从上述三个侧面分别阐明其主要特征。

2. 遥感影像特征方面

充分发挥遥感影像视野的广阔性、宏观性及一定的透视性与动态性功能，在确定解译方法、解译标志以及线性构造分级、环状构造分类的基础上，通过利用 1:20 万比例尺的彩色 TM 卫片等新资料进行系统解译，判别出三个级别不同方向的线性构造带，鉴别出大量多种类型、不同成因机制的环状构造，并阐明其控矿意义。

3. 地球物理特征、岩石圈组构及三维构造格局方面

密切结合本区地质构造实际，充分利用各种地球物理探测资料，包括穿越本区的三条全球地学断面 (GGT) 的成果，阐明本区各种地球物理场的基本特征及其地质构造涵义；查明本区岩石圈的结构特征、组成 结构模型及其组构特征的大地构造类型；进而通过对

表部—深部的地质构造 地球物理研究成果的综合剖析，发现本区及邻区自地表 地壳 岩石圈上地幔三种不同深度，具有“三层式”的不同构造格局，即地表“多向”叠加 地壳“双向”复合 岩石圈上地幔“单向”展布。这一典型剖析与规律性认识，对阐明更大范围的中国东部岩石圈三维构造格局来说，具有一定的比较意义和参考价值。

4. 中元古代—古生代的古地理 古构造背景方面

通过构造 建造分析与古构造筛分，以及逐一编制本区及邻区自中新元古代以来不同阶段古地理 古构造系列图件，具体阐明燕山拗拉槽（Aulacogen）在中元古代早期以断陷为主、晚期以拗陷为主的演化特点以及新元古代后期至古生代末稳定克拉通盖层的发育过程。

5. 陆内变形特点与区域断裂系统方面

在对燕山及邻区中、新生代构造运动进行期、幕划分的基础上，对本区陆内变形特点，包括所处构造位置的特殊性、构造变形的长期性与多期次性、变形类型的复杂性与多层次性以及构造带展布的近似等距性等进行概括，并对区域性构造变形序列的发育特点、区域构造格局与构造 岩浆带的展布规律予以概略剖析。在区域断裂系统研究方面，将燕山及邻区的主干断裂、深断裂带分为陡倾式、缓倾式及顺层式三种产状形式；主要根据断裂带所处的地壳类型，划分出不同类型的深断裂构造；阐明本区具代表性的若干深断裂或主干断裂带的地质 地球物理特征、发展过程及其成岩、成矿意义。

6. 新生代陆内造山作用基本特征方面

通过对燕山地区的实地调查与综合研究，查明本区新生代陆内造山作用的表现类型主要为地层变形作用、夷平面及阶地变形作用，其次为山体隆拗作用、断裂构造作用和火山成山作用，并从新生代重新发生的构造地貌成山作用强度的角度，将本区视为准造山运动区；依据本区新生代堆积、地貌、岩浆活动、构造变动和地震活动等综合指标，对燕山及邻区新生代喜马拉雅期的地壳运动提出详细的期、幕划分方案；在对本区新生代大量构造形迹及其力学属性进行具体鉴定的基础上，阐明这一时期的应力场状态及力源问题。

7. 中新世陆内造山带岩浆活动方面

通过对燕山地区中、新生代岩浆活动的调查研究和认真剖析以及不同阶段构造 岩浆分布图件的编制，具体阐明本区印支期、早晚燕山期及喜马拉雅期岩浆活动的时、空分布特征；查明本区中新世岩浆活动与构造运动的关系，认为无论侵入或喷发活动，在空间分布上与构造带相辅而行，在时间演化上与构造运动密切相关，本区中新世岩浆活动多旋回性与构造运动多幕性一致。在火山作用与构造环境关系研究方面，认为本区中新世火山作用以喷发、喷溢及侵出三种方式彼此结合和交互出现为特征，形成不同类型的火山机制，而且火山活动明显受深部构造制约，火山喷发岩带与莫霍面等深线在展布方向上具有一致性；同时根据本区不同时期火山岩岩石化学成分各种图解，指出本区中生代处于陆内造山环境，新生代火山岩则属大陆裂谷环境，并以碱性玄武岩与拉斑玄武岩两个系列并存为特点，与大陆裂谷火山岩套一致；通过对中生代花岗岩典型岩体定位机制以及花岗岩成因类型与构造环境关系方面的剖析，阐明本区花岗岩侵位机制以及不同类型花岗岩与陆内造山作用的关系。

8. 构造 地球化学及区域成矿作用方面

在对燕山地区地质构造与成岩、成矿特点进行调查研究，并对若干成岩、成矿元素取

得化验测试数据的基础上，查明燕山陆内造山带前中生代南、北两个亚带的构造地球化学特征，燕山期以前的主要稀土元素富集和其他富集物质有相同或近似的近东西向展布特征，共同构成前燕山期的构造地球化学背景，而中生代主造山期的改造和叠加则具有新的构造地球化学域特征；指明燕山陆内造山带主造山期加强的北东向构造岩浆带和减弱的东西向构造岩浆带在印支期、燕山期的物质运移和集散特性；通过对燕山陆内造山带构造地球化学域特征进行综合分析，具体阐明燕山陆内造山作用的构造动力聚矿控矿意义及其与区域成矿作用关系。

9. 陆内金与多金属矿床成矿特点方面

将燕山陆内造山带金、银、铜、铅、锌、钼矿床共划分出 21 种矿化类型，指出绝大部分有工业意义的金与多金属矿化类型皆与中生代主造山期的构造岩浆作用有成生联系，并且这也是燕山型陆内造山作用的一种重要标志；通过详细分析燕山陆内造山带 63 个金与多金属矿床的成矿历史，采用不同年代学方法确定矿床成矿时期，并在此基础上进行统计分析，指出本区金与多金属矿化具有长期、复杂的演化历史，区域成矿的阶段性与陆内造山带演化的阶段性存在良好的对应关系；指出燕山陆内造山带的金与多金属矿化具有明显成区、成带集中产出特点，表现出“东西成行、北东成带、交点成结”的空间展布规律，不同级别的成矿带与中生代陆内主造山期相应级别的构造岩浆带两者在定向性与等距性方面具有一致特点；通过将本区与其他不同类型构造环境的金与多金属矿化特点进行比较分析，阐明燕山型陆内造山带在成矿大地构造环境、主要成矿时期、矿质来源以及矿床成因与矿床分布规律等方面的鲜明特色。

10. 中生代构造应力场特征及其演化方面

对燕山地区中、新生代构造运动机制和演化过程的剖析，力求建立在对地质构造进行综合分析和查明构造变形的组合特点的基础上，再进行构造应力场的模拟、计算，借以恢复本区中、新生代构造变形的力学过程及运动程式；为将构造应力场与构造变形场的研究结合起来，编制了挠度场程序，在构造应力场模拟计算的基础上，取相同的初始条件和边界条件进行变形挠度场的模拟、计算，直至挠度场特征与本区中生代构造变形轮廓高度相似，由此验证对本区构造运动机制的理论推断和构造应力场模拟、计算的准确性；通过对本区中生代构造应力场及变形挠度场的模拟、计算及实验研究，包括泥板模拟实验及构造应力场与挠度场的数值模拟，具体阐明燕山陆内造山带中生代构造应力场特征及其演化过程。通过两条途径来分析研究燕山地区新生代构造应力场状态：第一是从新生代构造运动的形迹中寻找这一时期构造应力的分布信息；第二是通过各种数学的和物理的方法，包括光弹实验模拟等，在各种边界条件下，模拟本区新生代构造应力场，通过上述不同角度的综合分析和实验模拟研究，具体查明燕山陆内造山带古近纪、新近纪及第四纪不同阶段构造应力场演化过程及其与新生代陆内造山作用关系。

11. 中生代陆内造山过程与造山机制方面

对本区的陆内造山过程，重点阐明始造山期（印支期）与主造山期（燕山期）的构造变形特点、构造岩浆带展布规律及第一世代盆岭构造格局，并应用声发射法（AE 法）等查明印支期及燕山早、晚期的古应力的量值；剖析重造山期（喜马拉雅期）构造地貌及第二世代两个级别盆岭构造地貌的发展过程，并应用热年代学方法，定量测出八达岭及邻区山脉隆升历史及其与盆岭地貌形成关系。

通过近年来的综合研究，初步认为燕山型中生代陆内造山作用机制是复杂的、而非单一的，应属一种在全球整体运动、区域构造应力场以及陆洋构造体制的协调与制约下，由多方向构造运动、多阶段造山过程、切向垂向力源相统一、挤压伸展作用相交替所构成的陆内或板内复合型造山作用机制。而且不同造山阶段的造山机制有所差异，总体上，在不同陆洋构造体制及不同方向、方式边界力的制约下，中生代印支、燕山期起主导作用的有陆内块体间不同方式的断裂造山作用、陆内不同层次与不同方式的拆离（滑脱）造山作用以及陆内岩浆底辟与深部热隆活动的垂向造山作用，在构造运动方式与方向上，既表现为挤压伸展作用相交替，又以挤压作用为主导；就中生代末至新生代喜马拉雅期而言，占重要地位的则是以断陷隆升活动形成盆岭构造的陆内伸展造山作用为主导。

12. 燕山型陆内造山作用、造山带形成、演化的大地构造背景及其大陆动力学意义方面

总结阐明燕山地区中、新生代陆内造山作用过程与东亚滨太平洋地区印支期—燕山期—喜马拉雅期古构造格局变革过程之间的密切联系；在对造山作用、造山带研究中几个基本争论问题提出认识的基础上，认为主要依据陆洋构造体制及地壳岩石圈类型可将全球性中生代大陆造山带划分为陆缘型、陆间型、陆内型三种类型；进而阐明全球性中生代陆内造山带的鉴别标志、基本类型及发育特点，指出燕山型陆内造山作用、造山带在全球构造带中的位置及其大陆动力学意义。

最后需要指出的是，在对燕山地区中生代构造运动及陆内造山作用进行较长时期的科研工作中，先后得到了国家自然科学基金、地质行业科技发展基金及原地质矿产部重点基金项目科研经费的持续资助，使得本项研究工作得以平稳进行，同时也保证了本书及随后另册专著能够顺利出版。在研究工作进行期间得到了部、院、所各级科技领导的关心与支持。有关研究工作曾得到孙殿卿、陈庆宣院士的指导和帮助。在这项研究的立项、评估及总结交流过程中，王鸿祯、陈梦熊、裴荣富、李廷栋、陈毓川、肖序常、任纪舜、许志琴、常印佛院士及宋鸿林、郑亚东、路凤香、吴淦国、杨振升、葛肖虹、赵越、冯锐、高锐、刘福田、肖庆辉、王泽九、乔秀夫教授（研究员）等提出了宝贵建议；本书英文简介中的第 至第 部分由唐连江及蔡文彦两位教授级译审精心译出。出版前的文图整理得到刘特音、马寅生及吴珍汉研究员的积极协助；绘图工作由尚玲、周金法及李耀辉负责。在此，一并致以衷心谢意。

崔盛芹

2001年10月

目 录

序	
前 言	崔盛芹
第一章 燕山地区构造运动序列及构造区带划分	崔盛芹 (1)
第一节 构造地貌轮廓及区域地层系统	(1)
第二节 构造运动序列与构造演化阶段	(8)
第三节 构造区带划分及其基本特征	(11)
参考文献	(14)
第二章 燕山及邻区遥感影像特征	吴珍汉 (16)
第一节 依据资料与解译方法	(16)
第二节 燕山及邻区重要的线性构造、环状构造及其展布规律	(18)
参考文献	(23)
第三章 燕山及邻区地球物理场特征、岩石圈组构及三维构造格局	崔盛芹 (24)
第一节 地球物理场基本特征	(24)
第二节 岩石圈结构特征及组成 结构模型	(27)
第三节 岩石圈组构特点的大地构造类型	(33)
第四节 岩石圈不同深度的三维构造格局	(35)
参考文献	(41)
第四章 燕山陆内造山带中元古代—古生代古地理 古构造背景	崔盛芹 (42)
第一节 中新元古代区域地层与古地理概貌	(42)
第二节 燕山拗拉槽中新元古代古地理 古构造演化	(44)
第三节 克拉通盖层古生代阶段的古地理 古构造轮廓	(57)
参考文献	(62)
第五章 燕山地区中生代陆内变形特点与区域断裂系统	崔盛芹 吴珍汉 (63)
第一节 中生代构造运动及陆内变形特点	(63)
第二节 燕山及邻区深断裂带与主干断裂带的地质 地球物理特征	(70)
参考文献	(80)
第六章 燕山地区新生代陆内造山作用基本特征	易明初 吴满路 (82)
第一节 新生代陆内造山运动	(82)
第二节 燕山地区新生代陆内造山作用表现类型	(83)
第三节 喜马拉雅期地壳运动的期幕划分	(96)
第四节 构造组合、应力场及力源的初步分析	(106)
第五节 结论	(107)
参考文献	(108)

第七章	燕山中生代陆内造山带岩浆活动	李锦蓉	(109)
第一节	中生代岩浆活动时空分布		(109)
第二节	中生代岩浆活动与构造运动		(116)
第三节	中生代火山作用与构造环境		(119)
第四节	花岗岩成因类型、侵位机制与造山作用		(127)
第五节	主要结论		(140)
	参考文献		(143)
第八章	燕山陆内造山带构造地球化学及区域成矿作用	尹华仁	(145)
第一节	陆内造山期前的构造地球化学特征		(145)
第二节	主造山期加强的北东向构造 岩浆岩隆起带及减弱的东西向构造 岩浆岩带的物质特征		(147)
第三节	燕山期陆内造山作用的物质调整		(152)
第四节	燕山陆内造山运动的区域成矿作用		(158)
第五节	燕山陆内造山作用的构造动力控矿聚矿		(167)
	参考文献		(171)
第九章	燕山中生代陆内造山带金、多金属成矿特点	吴珍汉	(173)
第一节	金、多金属矿化类型		(173)
第二节	金、多金属成矿时期		(174)
第三节	金、多金属矿化空间分布规律		(178)
第四节	燕山陆内造山带与其他类型构造带金、多金属矿化特点的比较分析		(181)
	参考文献		(183)
第十章	燕山地区中生代构造应力场特征及其演化	沈淑敏	(185)
第一节	中生代(印支—燕山期)区域地质构造基本特征及边界力作用方式和方向的三维解析		(185)
第二节	中生代构造应力场及变形挠度场的模拟、计算及实验研究		(190)
	参考文献		(207)
第十一章	燕山地区新生代构造应力场演化	马寅生	(208)
第一节	古近纪构造应力场特征		(208)
第二节	古近纪末构造应力场特征		(215)
第三节	新近纪构造应力场特征		(219)
第四节	第四纪以来的构造应力场特征		(224)
第五节	新生代构造应力场演化与造山作用		(228)
	参考文献		(229)
第十二章	燕山陆内造山带中生代造山过程与造山机制	崔盛芹 吴珍汉	(230)
第一节	中生代陆内造山过程		(230)
第二节	陆内造山不同阶段构造应力场概况		(242)
第三节	燕山地区中生代陆内造山作用机制		(250)
	参考文献		(259)

第十三章 燕山型陆内造山作用与东亚滨太平洋地区构造演化关系	崔盛芹	(261)
第一节 东亚滨太平洋地区晚古生代古构造环境演变		(261)
第二节 印支期古构造格局变革伊始与陆内始造山作用		(264)
第三节 燕山期古构造格局变革高峰与陆内主造山作用		(269)
第四节 喜马拉雅期区域性强烈裂解过程与陆内重造山作用		(274)
参考文献		(278)
第十四章 燕山型陆内造山带在全球构造带中的位置及其大陆动力学意义	崔盛芹	(280)
第一节 对造山作用、造山带研究中几个基本问题的认识		(280)
第二节 全球性中新生代造山带的类型划分及展布轮廓		(282)
第三节 全球性中新生代陆内造山带鉴别标志、基本类型及发育特点		(284)
第四节 陆内造山作用与造山带的形成机制及其大陆动力学意义		(289)
参考文献		(292)

CONTENTS

(In Chinese)

Preface	
Introduction	Cui Shengqin (1)
Chapter 1 Sequences of Tectonic Movement and Division of Tectonic Units in the Yanshan Area	Cui Shengqin (1)
Chapter 2 Features of Remote Sensing Image of Yanshan and Its Adjacent Areas	Wu Zhenhan (16)
Chapter 3 Geophysical Features, Composition Structure and Three Dimensional Tectonic Framework of Lithosphere in Yanshan and Its Adjacent Areas	Cui Shengqin (24)
Chapter 4 Meso Proterozoic—Paleozoic Paleogeographic and Paleotectonic Background of the Yanshan Intracontinental Belt	Cui Shengqin (42)
Chapter 5 Mesozoic and Cenozoic Intracontinental Deformational Features and Main Fault Systems of the Yanshan Area	Cui Shengqin and Wu Zhenhan (63)
Chapter 6 The Basic Characteristics of the Cenozoic Intracontinental Orogenesis in the Yanshan Area	Yi Mingchu and Wu Manlu (82)
Chapter 7 Magmatism of the Yanshanian Mesozoic and Cenozoic Intracontinental Orogenic Belt	Li Jinrong (109)
Chapter 8 Tectono Geochemistry and Regional Metallogenesis of the Yanshan Intracontinental Orogenic Belt	Yin Huaren (145)
Chapter 9 Au Polymetallogenesis of Meso-Cenozoic Intracontinental Orogenic Belt within the Yanshan Area	Wu Zhenhan (173)
Chapter 10 Characteristics of Mesozoic Tectonic Stress fields in the Yanshan Area and Its Evolution	Shen Shumin (185)
Chapter 11 Evolution of Cenozoic Tectonic Stress Field in the Yanshan Area	Ma Yinsheng (208)
Chapter 12 Mesozoic and Cenozoic Orogenic Process and Orogenic Mechanism of the Yanshan Intracontinental Orogenic Belt	Cui Shengqin and Wu Zhenhan (230)
Chapter 13 Relationship of Tectonic Evolution between Yanshan type Intracontinental Orogenesis and Peri Pacific Area of East Asia	Cui Shengqin (261)
Chapter 14 Situation of Global Tectonic Belts and Continental Geodynamic Significance of Yanshan type Intracontinental Orogenic Belt	Cui Shengqin (280)
Plates and Their Explanations	(386)

MESOZOIC AND CENOZOIC INTRACONTINENTAL OROGENESIS OF THE YANSHAN AREA, CHINA

CONTENTS

(In English)

Part	Introduction to the Mesozoic and Cenozoic Intracontinental Orogenesis of the Yanshan Area, China	Cui Shengqin, Wu Zhenhan (295)
	1. General Features of Yanshan Intracontinental Orogenic Belt	(296)
	2. Tectonic Evolution of the Yanshan Intracontinental Orogenic Belt	(301)
	3. Mechanism of Mesozoic - Cenozoic Intracontinental Orogenesis	(304)
	4. Conclusion and Discussion	(305)
Part	Geophysical Features, Composition - Structure and Three - Dimensional Tectonic Framework of Lithosphere in Yanshan and Its Adjacent Areas—English Version of Chapter 3	Cui Shengqin (307)
	1. Characteristics of Geophysical Field of Yanshan and Its Adjacent Areas	(307)
	2. Structural Features and Composition - Structure Model of the Lithosphere	(310)
	3. Geotectonic Types of the Composition and Structure of Lithosphere beneath Yanshan and Its Contiguous Areas	(314)
	4. Three - Dimensional Tectonic Framework at Various Depths of the Lithosphere beneath Yanshan and Its Contiguous Areas	(317)
Part	The Basic Characteristics of the Cenozoic Intracontinental Orogenesis in the Yanshan Area—English Version of Chapter 6	Yi Mingchu and Wu Manlu (321)
	1. The Manifestation of the Cenozoic Intracontinental Orogenic Process in the Yanshan Area	(321)
	2. The Tectonic Stages and Phases of the Cenozoic Crustal Movement in the Yanshan Area	(326)
	3. The Structural Combination, Stress Field and the Analysis of Force Source	(327)
	4. Conclusions	(328)
Part	Magmatism of the Yanshanian Mesozoic and Cenozoic Intracontinental Orogenic Belt—English Version of Chapter 7	Li Jinrong (330)
	1. Spacial and Temporal Distribution of Mesozoic and Cenozoic Magmatic Activities	(330)