

燕山陆内造山带

金 - 多金属成矿作用

与构造 - 成矿关系

吴珍汉 孟宪刚 著



地质出版社

PDG

燕山陆内造山带金-多金属 成矿作用与构造-成矿关系

吴珍汉 孟宪刚 著

地 质 出 版 社

· 北 京

内 容 简 介

本书在作者 12 年来多方面研究工作成果与前人资料的基础上,系统地阐述了燕山陆内造山带不同地质历史时期的成矿地质背景、主要金-多金属矿床类型及其基本地质特征、重要矿床的成矿时代与区域成矿期、矿床空间展布规律及其概率模型、不同级别的构造-成矿关系及构造控矿模式,引入了古莫霍面深度计、普通铅同位素演化系统模式、热年代学、矿床空间分布的统计分析 & 构造应力场控矿分析等新的分析研究方法,从不同角度较全面地剖析了中生代陆内造山与金-多金属成矿的关系,评价了燕山及邻区若干重要类型矿床的找矿前景,指出了进一步找矿的方向,为东亚及邻区中生代广泛发育的陆内造山带区域成矿学的研究提供了一个典型范例。

图书在版编目 (CIP) 数据

燕山陆内造山带金-多金属成矿作用与构造-成矿关系/吴珍汉, 孟宪刚著. -北京:地质出版社, 1998. 9

ISBN 7-116-02602-9

I. 燕… II. ①吴… ②孟… III. ①造山带-金矿床-成矿作用-研究-中国 ②造山带-多金属矿床-成矿作用-研究-中国 N. P618.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 14889 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:施名 周继荣

责任校对:范义

*

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:10.25 字数:235000

1998 年 9 月北京第一版·1998 年 9 月北京第一次印刷

印数:1—500 册 定价:28.00 元

ISBN 7-116-02602-9

P·1905

(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

特定构造单元或特定区域的成矿系列(或矿床组合)、成矿作用特点、矿床分布规律、区域找矿前景评价与成矿预测,属区域成矿学的研究范畴,是经济地质学(economic geology)的重要研究内容之一,对找矿勘探战略的制定与勘探工作的部署,均有重要的指导意义。长期以来,国内外大批地质学家在这方面开展了不断深入的研究工作,取得了丰硕的成果;而且这方面的突破性进展,常与区域构造和全球构造理论的发展密切相关。本世纪60年代以前,区域成矿学与槽台学说紧密联系在一起,侧重剖析地槽、地台不同发展演化阶段的矿床组合及与此有关的成矿作用机理。60年代中期以来,随着板块构造学说的兴起及其影响的扩大,区域成矿学侧重研究板块构造与区域成矿的关系,将区域成矿作用与板块构造演化的动力学过程有机地联系起来,对大陆克拉通、裂谷带、海底扩张带、岛弧与弧后盆地、陆缘(板缘)俯冲造山带与陆间(板间)碰撞造山带等板块构造不同部位的矿床组合、成矿系列、控矿因素、成矿规律与成矿模式,进行了系统而深入的研究工作,出版了大量论文与专著,包括 A. H. G. Mitchell 和 M. S. Garson 合著的《矿床与全球构造》(1981)及 F. J. Sawkins 所著的《金属矿床与板块构造》(1984)等论著。尽管如此,前人对近年来日益受到地学界重视的、在全球造山带分类中占据重要位置的、分布于大陆板块内部的陆内造山带的区域成矿学研究工作,则开展较少,至今尚没有关于陆内造山带金属矿床区域成矿学方面的专著问世。

发育于欧亚大陆东部的燕山造山带,位于华北盆地的北部边缘,北以康保—赤峰断裂为界,西迄阳原—天镇一线,东至下辽河平原西缘,主要包括北京市北部与西部山区、冀东、冀北、辽西与赤峰南部地区,总面积约 20 万 km²。其主体处于中朝地台或华北克拉通地块的内部,中生代时期距离太平洋西侧俯冲带 1200km 以上(图 1),属于典型的陆内(板内)环境;然而,它却发生了强烈的陆内造山作用,发育了遍及全区的中生代构造-岩浆带与新生代盆-山构造-地貌格局,形成了典型的中新生代陆内造山带。

燕山地区不仅以其颇具特色的地质构造闻名于世,而且蕴藏着极为丰富的矿产资源,产有铁、金、银、铜、铅、锌、钼、铂、钒、钛、钨、锂、铬、铌、钽等金属矿产与煤、油页岩、油气等能源矿产及宝玉石、石英、萤石、大理石、石灰石、优质石材等非金属矿产,是我国重要的金、银、多金属矿产基地,仅已探明的大中型金-多金属矿床便达数十个。近年来,本区在金银多金属找矿方面不断取得新的突破,相继发现、探明了蔡家营铅锌银金矿、丰宁银矿、东山-姑子沟银铅锌矿带、相广银-多金属矿及东坪金矿、排山楼金矿、崎峰茶金矿等有重要经济价值与学术意义的大中型矿床。值得注意的是,燕山地区的金-多金属矿床的成矿作用,绝大部分都与本区中新生代陆内造山作用存在成因联系,是陆内造山带区域成矿学研究的良好基地。

燕山地区尚具有数百年的悠久矿业开采历史与近百年的地质研究历史,地质工作程度较深。尤其是近 50 年来,燕山地区在基础地质研究与找矿勘探方面,成果非凡,完成

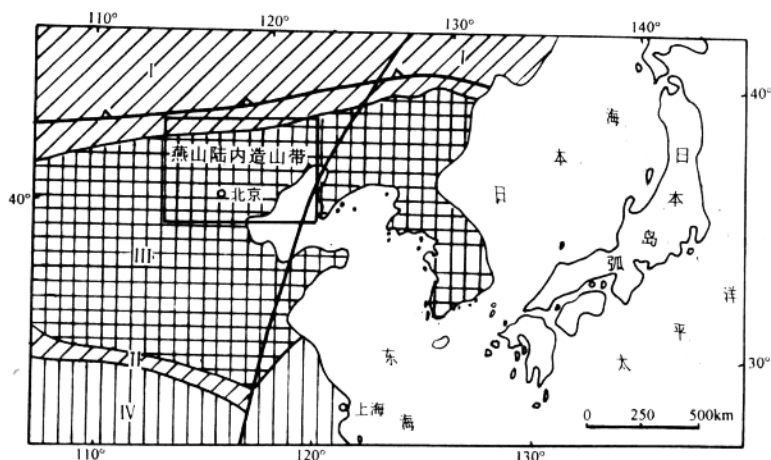


图 1 燕山陆内造山带位置和区域构造背景略图

Fig. 1 Sketch map illustrating the location and tectonic setting of the Yanshan intracontinental orogenic belt

I—兴蒙古生代地槽系；II—秦岭古生代—三叠纪地槽系；III—结晶基底最终形成于 1800~1900Ma 的中朝地台；IV—结晶基底最终形成于 800Ma 的扬子地台

了百余个重要矿床的普查、勘探工作，出版了数以百计的专著与科研报告，发表了数以千计的学术论文。但对燕山中新世代陆内造山作用、构造演化与成矿作用的关系，则缺乏系统的分析与总结。

作者在“七五”以来长达 12 年的时间里，先后在燕山地区承担了多项与金-多金属成矿作用及构造控矿规律有关的科研任务。如吴珍汉在 1986~1990 年期间，作为科研骨干与项目秘书，参加了由崔盛芹教授领导的地质矿产部与国家自然科学基金联合资助项目“燕山地区地壳运动与成矿作用”，独立承担了其中金矿区域成矿专题研究任务；1991~1995 年期间，作为科研骨干与业务秘书，参加了由崔盛芹教授负责的地质矿产部“八五”重要基础项目“燕山地区中新世代陆内造山作用研究”与地质矿产部“八五”攻关项目子课题——“华北地块北缘区域构造格架与金-多金属成矿地质背景”(85-01-002-01)的研究工作，独立承担了其中中生代区域构造与构造-成矿关系研究任务；1996 年以来，作为项目骨干与学术秘书，参加了由崔盛芹与吴淦国教授负责的地质矿产部“九五”重点基础项目“燕山造山带造山作用过程及其动力学机制”的科研工作，承担了其中中新世代构造-地貌演化与陆内造山-金矿成矿关系等专题性研究任务。孟宪刚在 1989~1991 年期间，参加了国家黄金局“内蒙古金厂沟梁金矿成矿规律、构造控矿模式及矿脉预测”科研专题。孟宪刚与吴珍汉于 1996~1998 年期间，作为项目负责人，承担了国家黄金局“九五”金矿基础研究项目“燕山南缘中生代构造演化与金矿成矿作用”。在完成这些科研任务的过程中，在前人工作的基础上，通过 30 多条重要地质构造剖面的野外路线观测和 23 个典型矿床的重点现场剖析（图 2），应用多种测试分析方法（表 1），对燕山陆内造山带成矿地质背景、主要类型矿床的地质特征、成矿时期、控矿因素、矿床空间分布规律及其

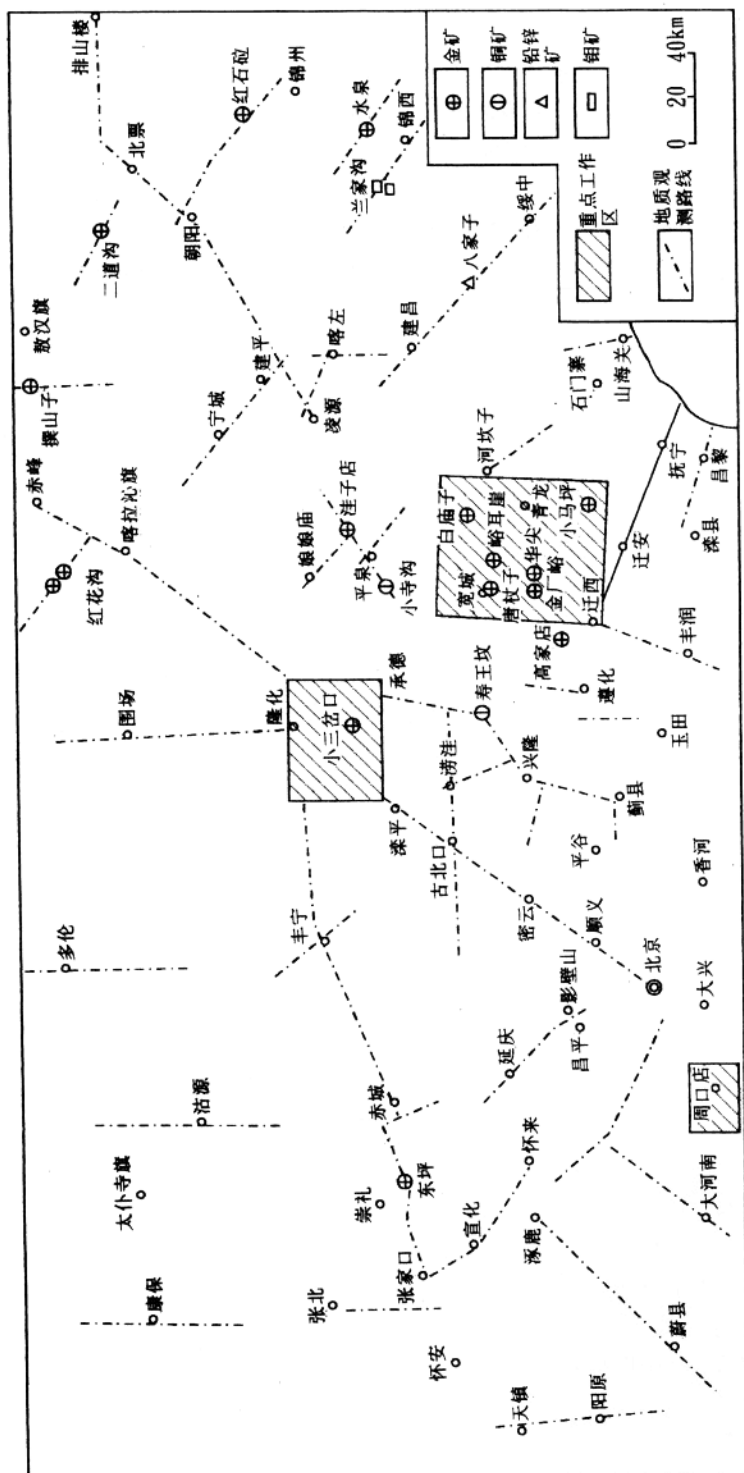


图 2 野外工作路线和重点观察矿区分布图

Fig. 2 Sketch map illustrating the worked areas and deposits of the authors in the field

与地壳运动、陆内造山作用、中生代构造演化的关系，进行了长期的研究工作，取得了一些新的进展和认识。

本书将对上述构造-成矿关系等方面的相关研究成果进行系统的归纳和总结，期望能对陆内（板内）造山带区域成矿学的发展起到一定的推动与促进作用，并为燕山及邻区进一步的金-多金属找矿勘探与基础地质研究工作提供有价值的参考资料。

表 1 1986~1997 年期间作者在燕山地区的主要工作量统计一览表

Table 1 Statistics of the main research works of the authors in Yanshan area during 1986~1997

工 作 内 容		工 作 量	工 作 内 容		工 作 量
野外地质调查	野外地质调查时间	22 个月	室内计算分析	显微照相	190 张
	实地调查的矿床数量	34 个		铅同位素资料的重新处理	19 个矿区近百组 Pb-Pb 资料
	重点观测的矿床数量	23 个		岩石 CIPW 标准矿物计算	340 件样品化学全分析数据
	野外观测路线与剖面	约 2000km		构造应力场的有限单元法数值模拟	冀东金矿集中区印支期、燕山期区域构造应力场
	取岩石标本	450 块		矿床空间分布的概率计算	燕山全区中生代百余个矿床
	取矿石标本	290 块		燕山造山带遥感综合解译图	1 : 100 万
	拍野外照片	440 张		燕山造山带晚古生代-印支期古构造图	1 : 100 万
	作野外素描	280 幅		燕山造山带早燕山期古构造图	1 : 100 万
	坑道编录	75 条		燕山造山带晚燕山期古构造图	1 : 100 万
室内测试分析	观测薄片	410 片	综合编图	燕山造山带及邻区喜马拉雅期构造-建造分布图	1 : 100 万
	观测光片	220 片		燕山造山带中生代金-多金属矿床空间分布概率等值线图	1 : 100 万
	岩石化学全分析	30			
	岩石微量元素分析	42			
	岩矿石金分析	120			
	古应力测量	8 个测点			
	Rb-Sr 等时线法测年	5			
	K-Ar 法测年	10			
	Ar-Ar 法测年	2			
	热年代学测定	8			
	X 射线岩组测量	4			

需要指出的是，本书的研究工作得到了地质矿产部、国家黄金局与地质力学开放研究实验室的资助，受到崔盛芹教授和李锦蓉研究员的长期指导，尚得到孙殿卿院士、陈庆宣院士、孙家树研究员、黄庆华研究员、王建平研究员、王连捷研究员、裴荣富研究员、吴淦国教授、沈淑敏研究员、韩冰主任、李贵书处长、武红岭副研究员、徐和聆副研究员、马寅生副研究员等专家的关心与帮助。在野外工作期间，金厂峪金矿、峪耳崖金矿、华尖金矿、山家湾子金矿、高家店金矿、洼子店金矿、金厂沟梁金矿、红花沟金矿、水泉金矿、半壁山金矿、东坪金矿、二道沟金矿、撰山子金矿、红石砬金矿、寿王坟铜矿、小寺沟铜矿、八家子铅锌矿、杨家杖子矿务局、宽城县黄金局、青龙县黄金局、迁西县黄金局、遵化县黄金局及河北地质矿产局第三地质大队和第五地质大队等单位的领导与技术人员给予了多方面的支持与帮助。室内的很多测试分析与计算工作由地质矿产部地质力学开放研究实验室协助完成。书中图件由尚玲与王薇工程师等协助清绘、复制。著者在此，一并致谢！

目 录

前 言

第一章 燕山陆内造山带的形成演化及其动力学机制	(1)
第一节 燕山陆内造山带的基本特点	(1)
第二节 地质历史时期的地壳运动与构造-热事件	(20)
第三节 中生代构造-地貌演化	(28)
第四节 中生代陆内造山作用的动力学机制	(36)
第二章 燕山陆内造山带金-多金属矿床类型及其地质特征	(45)
第一节 矿床类型划分	(45)
第二节 主要类型金矿床的基本地质特征	(47)
第三节 主要类型银、铜、铅、锌、钼矿床的基本地质特征	(53)
第四节 其它类型矿床的地质特征	(60)
第三章 燕山陆内造山带金-多金属成矿时代	(63)
第一节 主要研究方法	(63)
第二节 典型矿床成矿时代	(73)
第三节 区域成矿期与成矿演化	(83)
第四章 燕山陆内造山带中生代区域金-多金属矿床空间分布的概率模型	(88)
第一节 主要控矿因素分析	(88)
第二节 区域金-多金属矿化空间分布规律及其与中生代构造-地貌演化的关系	(94)
第三节 中生代古盆-山构造-地貌展布的数学模型	(96)
第四节 中生代区域金-多金属矿床空间分布的概率模型	(98)
第五章 燕山陆内造山带构造控矿规律	(102)
第一节 中生代深部构造背景与区域构造控矿分析	(102)
第二节 构造变形特点与金矿化类型的关系——以崇礼—赤城—隆化—阜新构造-岩浆-成矿带为例	(104)
第三节 中生代构造控矿型式	(112)
第四节 成矿期区域构造应力场对金矿化的控制作用——以冀东青龙金矿集中区为例	(119)
第五节 新生代构造-地貌演化对金矿的控制作用	(123)
第六章 燕山陆内造山带金-多金属成矿特点、成矿模式与找矿远景	(130)
第一节 燕山陆内造山带与其它类型构造带金-多金属矿化特点比较	(130)
第二节 燕山陆内造山带典型类型矿床的构造-成矿关系模式	(132)
第三节 燕山陆内造山带找矿远景评价	(136)
参考文献	(141)
英文摘要	(145)

CONTENTS

PREFACE

CHAPTER 1 FORMATION, EVOLUTION AND GEODYNAMICS OF THE

YANSHAN INTRACONTINENTAL OROGENIC BELT (1)

1.1 Basic Characteristics of the Yanshan Intracontinental Orogenic Belt (1)

1.2 Crustal Movements and Thermal-Tectonic Events in Geologic History (20)

1.3 Mesozoic and Cenozoic Tectonic-Geomorphic Evolution (28)

1.4 Geodynamic Causes of the Meso-Cenozoic Intracontinental Orogenesis (36)

CHAPTER 2 CLASSIFICATION AND GEOLOGICAL FEATURES OF

GOLD AND MULTIMETAL DEPOSITS IN THE YANSHAN

INTRACONTINENTAL OROGENIC BELT (45)

2.1 Classification of Ore Deposits (45)

2.2 Basic Geologic Features of the Main Types of Gold Deposits (47)

2.3 Basic Geologic Features of the Main Types of Silver, Copper, Lead, Zinc and Molybdenum Deposits (53)

2.4 Geologic Characteristics of Other Types of Ore Deposits (60)

CHAPTER 3 THE DATING AND METALLOGENIC PERIODS OF

GOLD AND MULTIMETAL DEPOSITS IN THE YANSHAN

INTRACONTINENTAL OROGENIC BELT (63)

3.1 Main Dating Methods for Studying Metallogenesis (63)

3.2 Metallogenic Periods of the Typical Ore Deposits (73)

3.3 Regional Metallogenic Periods and Metallogenic Evolution (83)

CHAPTER 4 THE STATISTICAL MODELLING OF SPATIAL DISTRIBUTION

OF MESOZOIC GOLD AND MULTIMETAL DEPOSITS IN THE

YANSHAN INTRACONTINENTAL OROGENIC BELT (88)

4.1 Analyses of the Main Metallogenic Controlling Factors (88)

4.2 Spatial Distribution of Regional Gold and Multimetal Deposits and Its Relationship with the Mesozoic Tectonic-Geomorphic Evolution (94)

4.3 Statistical Modelling of the Mesozoic Palaeo-Basin and Range Tectonics (96)

4.4 Statistical Modelling of Regional Spatial Distribution of Mesozoic Gold and Multimetal deposits (98)

CHAPTER 5 TECTONIC CONTROLLING OF THE METALLOGENESIS IN THE YANSHAN INTRACONTINENTAL OROGENIC BELT	(102)
5.1 Controlling of Mesozoic Deep Tectonic Setting and Regional Structures to the Metallogenesis	(102)
5.2 Relationship between Deformational Features and Gold Metallogenesis—Taking Chongli-Chicheng-Longhua-Fuxin Tectonic-Magmatic-Metallogenic Belt as an Example	(104)
5.3 Types of Mesozoic Tectonics Controlling to Metallogenesis	(112)
5.4 Controlling of Mesozoic Regional Stress Field to Gold Metallogenesis —Taking Qinglong Gold Deposit-Concentrated Region as an Example	(119)
5.5 Controlling of Cenozoic Tectonic-Geomorphic Evolution to Gold Deposits	(123)
CHAPTER 6 REGIONAL METALLOGENIC FEATURES, MODELS AND EVALUATION OF GOLD AND MULTIMETAL DEPOSITS IN THE YANSHAN INTRACONTINENTAL OROGENIC BELT	(130)
6.1 Comparison among Metallogenic Features of the Yanshan Intra- continental Orogenic Belt and Other Tectonic Belt	(130)
6.2 Metallogenic Models of Typical Deposits in the Yanshan Intra- continental Orogenic Belt	(132)
6.3 Evaluation for Prospecting of Gold and Multimetal Deposits in the Yanshan Intracontinental Orogenic Belt	(136)
REFERENCES	(141)
SUMMARY	(145)

第一章 燕山陆内造山带的形成 演化及其动力学机制

陆内（板内）造山带是与陆缘（板缘）俯冲造山带、陆间（板间）碰撞造山带相并列的大陆造山带新类型，广泛分布于东亚大陆内部，在全球其它大陆也有一定分布；其地质构造演化历史与造山作用机制，既不同于地槽封闭造山，也不同于陆缘俯冲造山和陆间碰撞造山（崔盛芹、吴珍汉，1997），而与受全球岩石圈稳态绝对水平速度矢量场所制约的、发生于大陆岩石圈块体内部的动力学过程存在成因联系（吴珍汉，1997）。

燕山地区在大陆克拉通结晶基底的基础上，经过中、新元古代—古生代漫长的稳定克拉通盖层发育时期，至中生代发生了颇具特色的陆内造山作用（Cui Shengqin et al., 1996），以多期强烈的陆内构造变形、岩浆侵入、火山喷发与不同时期不同特点的构造-地貌格局为主要标志，伴有广泛的金、银、多金属区域成矿作用；形成了遍及全区的中新生代构造-岩浆带、300多个较大规模的中生代中酸性岩浆侵入体、大面积分布的中新生代火山岩及数十个大中型金-多金属矿床。中生代构造-岩浆-成矿三种地质作用过程在时间、空间上密切关联。因此，燕山地区金-多金属区域成矿学的研究有必要与陆内造山带的形成演化及其动力学机制分析有机地结合在一起。

本章重点剖析燕山陆内造山带的基本特点、地质构造演化历史、主造山期构造-热事件、陆内造山的动力学过程与动力学机制，力求良好地揭示区内金-多金属区域成矿作用的地质构造背景。

第一节 燕山陆内造山带的基本特点

一、区域地层系统

燕山陆内造山带发育太古宙—古元古代基底中深变质岩系、中新元古代—古生代以碳酸盐岩-碎屑岩为主的沉积盖层岩系、中生代陆内火山-沉积岩系及新生代沉积岩层。其中，中新生代的陆相火山-沉积建造与陆内造山作用具有成因联系。

1. 太古宙—古元古代基底变质岩系

太古宙—古元古代基底中深变质岩系广泛出露于冀东、冀北、辽西与赤峰南部地区。冀东地区自下而上分别为迁西群、双山子群、朱杖子群；京北为密云群；冀北地区以单塔子群为主；冀西北张-宣地区则分别为桑干群与红旗营子群；辽西地区出露建平群。80年代以前，地质学家普遍认为，这些变质岩系的原岩以太古宙—古元古代火山-沉积岩层为主，并采用传统的沉积地层学方法对其进行了群、组、段的划分与地层对比。80年代以来，随着研究的深入，在这套早前寒武纪中深变质岩系内，相继发现了性质不同的岩浆岩包体，并在冀东、冀北、辽西等地区先后鉴别出大量早前寒武纪变质基性—中酸性侵入岩体；在冀东、京北等地区，还鉴别出早前寒武纪的特殊侵入岩组合，即TTG岩系（贺高品、卢良兆

等, 1991)。因此, 本书将不对太古宙—古元古代变质岩系进行意义不清的岩石地层划分和对比, 但保留沿用了数十年的“迁西群”、“单塔子群”、“红旗营子群”、“建平群”、“双山子群”与“朱杖子群”等名称, 以便承前启后, 区别不同地区、不同时代、不同特点的中深变质岩系。

迁西群以片麻岩、麻粒岩、斜长角闪岩、变粒岩及磁铁石英岩为主要岩性。原岩建造以 TTG 侵入岩系、基性—中酸性火山岩及碎屑岩、硅铁建造为主, 变质相属高角闪岩相—麻粒岩相。与迁西群相当的早前寒武纪变质岩系包括建平群中下部与桑干群变质杂岩。

双山子群以黑云母片岩、黑云斜长片岩、斜长角闪岩、片麻岩与变粒岩为主要岩石组合。原岩建造以中基性侵入岩、基性—中酸性火山岩及深水相泥砂岩系为主, 变质相属角闪岩相。

建平群中上部、单塔子群与红旗营子群以斜长角闪岩、变质辉长岩、云母石英片岩、云母片岩、变质砂岩、石英岩、变粒岩及碳酸盐岩为主要岩石组合。原岩建造以基性—中基性侵入岩、海底基性—中酸性火山岩、深海—半深海泥砂岩系、浊积岩系、硅铁建造及碳酸盐岩系为主, 变质相属高绿片岩相—角闪岩相。

朱杖子群以斜长角闪岩、绿泥石片岩、绢云母片岩、变质砾岩、磁铁石英岩及少量碳酸盐岩为主要岩石组合。原岩建造以基性—中基性海底火山岩、砂砾岩系、深水相泥砂岩系及硅铁建造为主。变质相属低绿片岩相—低角闪岩相。

对于上述变质杂岩的形成时代, 已有大量的同位素测年工作 (表 1—1)。依据这些年代

表 1—1 燕山陆内造山带早前寒武纪变质岩同位素年龄一览表

Table 1—1 Isotopic ages of Early Precambrian metamorphic rocks of Yanshan orogenic belt

地层名称	主要岩性	年龄/Ma	方法与资料来源	地质意义	地质时代
朱杖子群	斜长角闪岩、片岩、变质砂砾岩	1757	白云母 K-Ar 法; 孙大中, 1985	吕梁运动热事件年龄	古元古代晚期
		2080	Rb-Sr 等时线法; 罗修泉, 1982	原岩成岩时代	
双山子群 红旗营子群 单塔子群 建平群上部	斜长角闪岩、黑云斜长片岩、黑云母片岩、石英岩、变粒岩、碳酸盐岩	2193	Rb-Sr 等时线法; 钟富道, 1979	原岩成岩时代	新太古代—古元古代早期
		2300	U-Pb 一致曲线; 冀北报告, 1989		
		2403	Rb-Sr 等时线法; 钟富道, 1979		
		2700	Pb-Pb 二阶段等时线年龄; 本文		
迁西群及建平群中、下部	麻粒岩、片麻岩、斜长角闪岩、片岩、变粒岩、磁铁石英岩等	2448	Rb-Sr 等时线法; 王仁民, 1980	晚期变质时代	古太古代
		2500	Rb-Sr 等时线法; Pidgeon, 1980	早期变质时代	
		2900	Ar-Ar 法; 乔广生等, 1985		
		3050	麻粒岩 Pb-Pb 法; 孙家树, 1982	原岩成岩时代	
		3182	Pb-Pb 二阶段模式; 林尔为, 1985		
		3325	锆石离子探针; 伍家善, 1991		
		3500	Sm-Nd 等时线法; 黄萱等, 1984		
		3559	Sm-Nd 等时线法; 乔广生, 1985		
		3670	Rb-Sr 等时线法; 中科院地质所		

学资料推断, 迁西群变质杂岩的成岩年龄约为 3670~3100Ma, 变质年龄为 3000Ma 与 2500Ma; 单塔子群、红旗营子群的成岩年龄为 2700~2300Ma; 双山子群的成岩年龄为 2400~2200Ma; 朱杖子群的成岩年龄为 2100~1800Ma。据此认为, 迁西群时代为古太古代, 单

塔子群与红旗营子群时代为新太古代—古元古代早期, 双山子群时代为古元古代早期, 朱杖子群时代为古元古代晚期。

2. 中新元古界

燕山造山带中新元古界为厚达近万米的巨厚碎屑岩-碳酸盐岩系, 广泛分布于燕山及邻区, 由下至上分别为长城群、蓟县群和青白口群。

长城群与下伏太古宙—古元古代基底变质岩系呈角度不整合接触, 自下而上包括常州沟组、串岭沟组、团山子组、大红峪组与高于庄组。常州沟组以滨浅海相砾岩、砂砾岩、砂页岩、石英岩为主; 串岭沟组以页岩、粉砂质页岩为主; 团山子组以白云岩、泥质白云岩、泥质岩为主; 大红峪组以石英岩、砂岩为主, 夹海底中基性火山岩; 高于庄组以白云岩、白云质灰岩、页岩等为主。

蓟县群自下而上依次为杨庄组、雾迷山组、洪水庄组和铁岭组。杨庄组以泥质白云岩、泥质岩为主; 雾迷山组以白云岩为主; 洪水庄组以页岩、粉砂质页岩为主; 铁岭组以白云岩、石英砂岩、砂质页岩为主, 其中白云岩与碎屑岩各占 50% 左右。

青白口群下部为下马岭组, 以杂色页岩夹粉砂岩、砂岩为主; 上部为景儿峪组, 以海绿石砂岩、杂色砂岩、页岩、泥质灰岩及砂砾岩为主。

中新元古界各群、组、段之间, 均为整合与平行不整合接触关系。青白口群与上覆寒武系呈平行不整合接触, 其间沉积间断约为 200Ma (自 800Ma 至 600Ma)。

3. 古生界

燕山地区古生界包括下古生界寒武系—中奥陶统与上古生界中石炭统一二叠系, 属典型的稳定地台盖层沉积, 主要分布于张家口—承德以南包括燕山南部在内的华北地台及邻区。

寒武系以页岩、灰岩为主, 形成于半深海—浅海相环境。中、下奥陶统以浅海相灰岩为主, 与上寒武统呈平行不整合接触。

中石炭统本溪组、上石炭统太原组、下二叠统山西组与下石盒子组都以滨、浅海相及海陆交互相含煤砂、页岩系为主。上二叠统上石盒子组与石千峰组以内陆河湖相泥砂岩、砂砾岩系为主。各组地层之间或呈整合接触, 或呈平行不整合接触, 与下伏中奥陶统呈平行不整合接触。

4. 中生界

燕山地区中生代发育的内陆山间盆地河湖相碎屑岩系及多期广泛分布的火山-沉积岩系 (表 1—2), 代表了中生代主造山期沉积建造。

三叠系分布于京西盆地、下板城盆地与辽西凌源盆地、北票盆地等地区。下三叠统包括双泉组上部、丁家沟组、红砬组, 以紫红色砂砾岩层为主。京西盆地双泉组下部为上二叠统, 上部为下三叠统, 两者之间呈整合接触关系。丁家沟组、红砬组与下伏上二叠统呈平行不整合接触。中三叠统下板城组、胡杖子组、后富隆山组主要由紫红色碎屑岩、凝灰岩所组成。90 年代初期, 吴珍汉与李锦蓉等在承德县丁家沟野外调研过程中, 发现中下三叠统砂砾岩层内夹三层流纹岩与安山岩。初步推断, 其时代为早中三叠世。上三叠统杏石口组、坤头波罗组、老虎沟组与兴隆沟组发育于京西盆地、下板城盆地及辽西地区; 兴隆沟组以中基性火山岩夹砂砾岩为主; 杏石口组、老虎沟组及坤头波罗组以砂砾岩、凝灰岩为主, 局部含煤。中、上三叠统地层以角度不整合或平行不整合相接触。

表 1—2 燕山陆内造山带及邻区中生代地层序列与对比

Table 1-2 The Mesozoic stratigraphic sequences and their comparison of the Yanshan intracontinental orogenic belt and its adjacent areas

地 层	同位素 年 龄 Ma	燕山-辽西地区										鄂尔多斯	阴山	辽东	吉南	大兴安岭																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		张家口— 宣化一带	北京西山	下板城— 泉一带	平石门寨— 海关一带	凌源-南票	北票-阜新	主要火山-沉积 类 型	燕山-辽西地区								主要火山-沉积 类 型																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
新生界	65	渐新统	始新统	更新统	始新统	第三系	上新统	盆地	盆地	盆地	盆地	主要火山-沉积 类 型	新生界	新生界	新生界	新生界		新生界																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		土井子组	青石岭组	南店组	花吉营组	西瓜园组	大北沟组	张家口组	白旗组	后城组	磐髻山组	九龙山组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		辛庄组	大灰厂组	东岭台组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
白 垩 系 (K)	97	土井子组	青石岭组	南店组	花吉营组	西瓜园组	大北沟组	张家口组	白旗组	后城组	磐髻山组	九龙山组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		辛庄组	大灰厂组	东岭台组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组	下花园组	南大岭组	杏石口组																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
侏 罗 系 (J)	135	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组	后城组	磐髻山组	九龙山组

侏罗系出露范围远大于三叠系,广泛分布于燕山各中生代盆地内。下侏罗统南大岭组玄武岩广泛分布于京西、张宣、下板城盆地,其上为门头沟组、下花园组含煤碎屑岩系。南大岭组与下伏杏石口组呈微角度不整合或平行不整合接触,与门头沟组呈平行不整合接触。中侏罗统九龙山组、海房沟组以砂岩、砾岩为主,与下侏罗统呈角度不整合、平行不整合接触;其上髻髻山组、兰旗组以安山岩、英安岩及其间所夹砂砾岩系为主,与下伏九龙山组呈平行不整合或角度不整合接触。上侏罗统后城组以砂岩、砾岩为主,与髻髻山组火山岩呈平行不整合接触,局部呈角度不整合接触。

白垩纪火山-沉积岩系广泛发育于本区中生代盆地中,由多层中酸性火山岩及多层砂砾岩、煤系地层所组成。早白垩世,本区发育四期火山岩,即白旗组、张家口组、义县组与建昌组,岩性以安山岩、英安岩、流纹岩、玄武安山岩等中酸性火山、次火山岩为主;早白垩世晚期,辽西地区发育厚层煤层,即阜新组煤系地层,而冀东、冀北、京西地区沉积了砂岩、砾岩,夹薄煤层或煤线。晚白垩世早期,沉积范围变小,仅在北京、张宣、阜新盆地发育河湖相砂砾岩系,含油页岩;晚白垩世晚期,在辽西阜新、义县一带发育大凌河组中基性火山-沉积岩系,其他地区缺乏沉积。下白垩统底部火山岩与上侏罗统呈角度不整合接触,上白垩统与下伏下白垩统、上覆新生界之间皆以角度不整合关系接触。

5. 新生界

第三系分布于张北-丰宁、延庆及燕山周缘盆地内。张北地区,第三纪发育了汉诺坝玄武岩,中夹数层粘土、凝灰岩与少量砾岩层;延庆及燕山周缘盆地内,第三纪发育了厚度不同的河湖相沉积。

第四系以松散冲、坡积物及河湖相松散泥砂岩、砾石层为主,主要分布于燕山及邻区各新生代盆地、河床及山麓等沉积环境中;在燕山西南部延庆盆地及燕山南、东侧的华北与下辽河盆地,第四纪沉积厚达近千米,而在燕山山区,第四纪沉积厚度较小。

二、地壳表层构造的遥感影像特征

遥感影像能良好地反映地壳表层的地质构造特征,并具有视野的广阔性、宏观性与一定的透视能力。这对追索地表重要构造带的平面分布规律,对分析线性构造的复合关系,对剖析构造控矿规律,都有不可低估的辅助作用。

在燕山及邻区范围内,河北省地质矿产局与辽宁省地质矿产局分别对冀东-冀北与辽西地区进行过 MSS 卫片解译;北京市地质矿产局对其所辖地区也进行了多种类型遥感图像的解译工作。有关单位对一些重要的金-多金属矿区开展过大比例尺的遥感找矿探索与研究。地质力学研究所易明初等(1991)曾对燕山地区的活动构造进行过 1:100 万 MSS 卫片解译。但以 1:20 万彩色 TM 卫片为主,结合其它遥感方法与系统野外调研资料所进行的燕山全区的遥感综合解译工作尚未见报道。

1. 依据资料与解译方法

本书主要依据 1:20 万的彩色 TM 卫片,结合其他不同比例尺的遥感图片与十余年来作者野外调研所取得的资料,力求做到遥感解译与野外检验相结合,多种不同比例尺的遥感影像解译相结合,遥感资料与地质构造-地球物理资料相结合,以便使这项工作有较高的起点,并使解译结果具有较好的真实性与可靠性。

在遥感解译过程中,具体应用了下列 5 个方面的资料:

(1) 燕山造山带 1:20 万的彩色 TM 卫片及部分重点地段的大比例尺航空照片;

- (2) 燕山及邻区 1:50 万的 MSS 黑白卫片;
- (3) 华北地块北缘及邻区的 1:100 万 MSS 黑白卫片;
- (4) 作者近 12 年来在燕山地区的野外调研资料;
- (5) 河北省、辽宁省、北京市、山西省与内蒙古自治区区域地质志及其中 1:20 万~1:50 万地质构造系列图件。

具体的遥感解译方法,概括如下:

(1) 解译手段——以目视并借助放大镜分析解译为主。在解译过程中注意不同比例尺与不同类型遥感影像的有机结合与综合解译,将部分典型现象的遥感解译与野外现场验证结合起来;

(2) 解译程序——首先在研究程度较高的地区建立解译标志,然后逐步向外推广至全区;解译过程中注意检验与修正解译标志;

依据从易到难的解译顺序——先从熟悉的地区开始,后至不太熟悉的邻区;先新构造与活动构造,后老构造;先基岩区,后覆盖区;

(3) 解译重点——侧重于解译不同级别的线性构造与不同类型的环状构造;局部重要部位,应用 1:20 万彩色 TM 卫片与适当的航片,详细解译规模较大的褶皱构造。

2. 主要解译标志

燕山陆内造山带及邻区,不同构造类型遥感图像的具体解译标志不尽相同,但解译标志的类型类似,包括色调标志、地貌标志、水系标志与地物标志等。

地壳表层线性构造(主要为中生代断裂构造)的主要解译标志如下:

(1) 断裂本身是一条线性的特征影像带,尤其是主干活动断裂,在卫片上常表现为明显的线性浅色或深色带,如八达岭—孙河断裂、延庆盆地北缘断裂、大同盆地西缘的七峰山—鹅毛口断裂等;

(2) 断裂两盘色调存在较明显的差别;

(3) 断裂两盘水系特征明显不同;

(4) 沿断裂带线性分布的断崖、断层三角面、阶地、沟谷以及冲击锥或洪积扇群等;

(5) 水系与沟谷的方向在断裂带线性拐弯与取直;

(6) 断裂带两侧地貌、地物特征截然不同;

(7) 当长距离直线状展布的水系与沟谷切割不同地貌单元时,常为规模较大的断裂带;

(8) 线性含水破碎带常表现为连续或断续分布的深色调,是较大规模断裂带存在的标志。

地壳表层环状构造的主要解译标志如下:

(1) 环状影像带,如单一或复式的浅色或深色的环或环形条带,如蓟县盘山由中生代侵入体引起的环状构造系统等;

(2) 环状展布的沟谷,如多伦闪电河环状构造沿环形的闪电河河流分布;

(3) 环状或穹状的洼地、隆起,如都山环状构造表现为椭圆形穹隆,中心部位为都山花岗岩,水系向四周呈发散状分布;

(4) 放射状沟谷与水系常与环状构造伴生,是辅助性解译标志;

(5) 环形或椭圆形深色或浅色环,与周围色调明显不同;

(6) 环状构造内外的地貌特征有较大的不同。

3. 线性构造的分级与环状构造的分类

(1) 线性构造的分级

线性(断裂)构造据其规模、影像特征的清晰程度与其在区域构造演化中的作用,可分为(一级)主干构造与(二、三级)次级构造。

主干线性构造带——常为全区主干断裂与重要活动断裂带,规模一般为100~600km,本身线性影像标志十分醒目,两侧地貌、地物景观及水系特点明显不同,如大同盆地西缘断裂、尚义—赤城—承德断裂、兴隆—青龙断裂等。

次级线性构造带——常为区域小断裂带与局部地区的小地层,长度一般小于100km,但线性影像标志比较清晰,一些断裂两侧的地貌与水系特征存在较明显的差别。这类线性构造密度较大,数量也较多。

(2) 环状构造的分类

在燕山及邻区的遥感影像图片上,能比较清楚地鉴别出规模不同、特点不同的环状构造。结合野外观测资料,认为燕山陆内造山带环状构造主要包括新生代火山机制环状构造、中生代火山机制环状构造、中生代侵入机制环状构造、前中生代侵入机制环状构造、新生代穹隆构造、新生代环状坳陷、中生代旋卷环状构造及性质不明环状构造8种不同类型。

4. 燕山陆内造山带重要线性构造展布规律

遥感解译结果表明,燕山陆内造山带及邻区存在多组线性构造。最重要的线性构造有东西向线性构造、北东向线性构造、北北东向线性构造、北西向线性构造及南北向线性构造。各组线性构造之间存在颇为复杂的复合关系(图1—1)。

(1) 重要东西向线性构造

东西向线性构造遍布全区,尤其在中、西段地区,东西向线性构造密度大,其中一些为区域性大断裂带。

最重要的一级东西向线性构造有:丰宁—隆化断裂、尚义—崇礼—赤城断裂带、下板城—锦西断裂带、兴隆—青龙断裂带、盘山—昌黎隐伏断裂等。其中崇礼—赤城、丰宁—隆化、下板城—锦西、兴隆—青龙等断裂带,在各类卫片中均有良好的显示;断层崖与断层三角面呈线性展布,控制现今河流、水系或盆地的分布,或成为现今地貌单元的重要分界线,多属区域性活动断裂带。

(2) 重要北东向线性构造

较大规模的北东向线性构造有宽城—平泉断裂带、朝阳—北票断裂带、易县—周口店断裂带、山阴—化稍营—延庆断裂、代县—繁峙断裂、香河—遵化断裂、卓资—集宁线性构造等。这些北东向线性构造多为中生代形成的断裂带,部分在新生代仍有继承性活动,在卫片上有较明显的线性影像特点,常表现为平直的沟谷,伴有线性展布的断层崖或断层三角面;在区域上属一、二级线性构造带。

(3) 重要北北东向线性构造

北北东向线性构造广泛分布于燕山中、东段地区,在西段地区也有一定分布。

最重要的一级北北东向大型线性构造带包括:锦西—北镇断裂、迁西—叶柏寿断裂、紫荆关—丰宁线性构造带、朔县—大同—化德线性构造带等。这些北北东向一级线性构造带大部分为区内大断裂带,横贯全区,在卫片上标志明显。其中,朔县—大同断裂、紫荆关—丰宁断裂均伴有线形展布的断层崖、显著的线性浅色或深色影像带,为平原或盆地与山