

教育部高等学校骨干教师资助计划 资助
国土资源部科技项目 (2000442)

幔枝构造理论 与找矿实践

牛树银 李红阳 孙爱群 王宝德 著
许传诗 谢汝斌 杨志宏 毕伏科



地震出版社

图书在版编目(CIP)数据

幔枝构造理论与找矿实践/牛树银等著. —北京:地震出版社, 2002.6

ISBN 7-5028-2076-0

I. 幔… II. 牛… III. ①地幔涌流-成矿作用-研究
②地幔涌流-找矿-研究 IV. P611.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 031083 号

幔枝构造理论与找矿实践

牛树银 李红阳 孙爱群 王宝德 著
许传诗 谢汝斌 杨志宏 毕伏科

责任编辑: 张友联

责任校对: 庞娅萍

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 68423031

门市部: 68467991

传真: 68467972

总编室: 68462709

传真: 68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大彩印厂

版(印)次: 2002 年 6 月第一版 2002 年 6 月第一次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

字数: 416 千字

印张: 16.25 插页 2

印数: 0001 ~ 1000

书号: ISBN 7-5028-2076-0/P·1128 (2631)

定价: 35.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

序

进入 21 世纪后,我国快速发展的国民经济需要消费越来越多的矿产资源。我国的地质成矿条件优越,大部分矿产资源具有较好的远景,有较大的找矿潜力。为了扭转当前和今后一段时间内矿产资源供应不足的严峻局面,保障国家资源安全,需要运用新的成矿理论和新的探矿技术,切实加强矿产勘查工作,以求发现更多更好的矿产资源。我国的很多地矿专家和有关单位都为此而辛勤工作,并取得明显成效。摆在我们面前的《幔枝构造理论与找矿实践》这部专著,就是这些探索过程中的一项新成果。

牛树银教授为首的研究集体十多年来一直以河北省及邻区为基地,从事区域成矿规律和找矿预测研究。他们先后承担了多个部、委研究项目,在有关领导和单位的支持下,深入现场调查研究,系统探讨了全省地质构造演化过程,深入剖析了多个矿床地质特征,掌握了大量实际资料,经过综合研究,运用新颖的地幔柱观点,总结概括了河北省的区域成矿特征,提出河北境内的几个幔枝构造,划分出幔枝的三个构造单元,论述了每个单元的构造、岩浆、成矿特征,编制了“河北省幔枝构造纲要图”,阐述了区域金属矿床分布特征与成矿规律,这些认识为河北省及邻区的大地构造研究和矿产资源潜力评价及成矿预测提供了新颖的思路。在此基础上,作者们还深入研究了若干金属矿床的构造成矿特征,所获得的规律性认识对这些矿山的深部和外围找矿并扩大储量,起到了理论启发和实际指导作用。

地幔柱(Mantle plume)概念系 W. J. 摩根(Morgan)于 1972 年提出,指由下地幔涌起的并穿过岩石圈而成的热地幔物质柱状体,它出露在地表或洋底时表现为热点。S. 丸山茂德(1994)根据地震层析成像资料将地幔柱分为三级:一级产于核-幔界面,二级产于上地幔底界,三级产于岩石圈底界。这些观点为研究区域成矿背景提供了新的途径。本书作者在此基础上系统探讨了地幔柱多级演化特征,将第三级地幔柱形象地称为幔枝构造,并通过实例剖析,将地幔柱构造研究与区域地质演化相联系,将幔枝构造与构造-岩浆-成矿带相对应。从而将当代地学基础研究的一项重大理论成果与区域成矿的具体研究相结合,架设起地幔柱研究与成矿区带研究之间的一座桥梁,这应该是作者们对区域成矿学的一个重要贡献和进展。

诚然,作为一项科学探索,尤其是涉及深部壳幔组成、结构及构造运动的研究,由于其复杂性和缺乏直接观测手段,目前还属于探索和提出假说阶段,需要在更多的实践中加以检验。这包括对深部的岩石、构造、地球物理、地球

化学等信息的更多的积累与融合，这也与整个地球科学的发展水平密切相关。

科学总是一步步螺旋式前进的。本书作者对科学探索的锲而不舍精神和朝气蓬勃的锐气是很可贵的。“慢枝构造”作为一种新的学术观点，为进一步研究地幔柱与成矿关系打下了良好基础。衷心期望作者们坚持和发扬理论与实际密切结合的求实作风和敢于扬弃、不断进取的科学精神，在今后的实践中勇于检验并充实自己的观点，向更精确更深入的理论层次迈进。也希望这部很有特色的新作能为活跃我国的成矿学研究，提高矿床研究水平，更有成效地指导矿产勘查工作发挥其应有的作用。

刘祿生

2002年4月

前言

矿床在地壳中的时空分布是极不均匀的,尤以中国东部燕山期成矿大爆发更为突出,其成矿规模之宏大、矿床分布之密集、矿石堆积之巨量、成矿时间之集中,在地质历史中很不多见,以至于引发了成矿作用大讨论。探讨的焦点是成矿物质来源、成矿控制因素等众所关注的前沿课题。

地幔热柱是近年来提出的一种全新大地构造理论,被认为是继大陆漂移、板块构造之后的第三次地学革命。地幔亚热柱-慢枝构造是地幔热柱多级演化的二、三级构造单元。华北盆岭区地幔亚热柱及冀北、太行、小秦岭、胶辽等慢枝构造是地幔热柱多级演化研究的典型地区。已引起越来越多地质学家的兴趣和广泛关注。

河北燕山-太行地区地处华北地幔亚热柱的腹地,具有独特的大地构造位置和较大的矿产资源潜力。近十年来,本项目组在国土资源部八五、九五攻关项目及其他省、部项目的资助下,一直注重华北东部地区大陆动力学研究,着力探讨金等成矿元素的深部来源。《地幔热柱多级演化及其成矿作用——以华北矿聚区为例》就是地质矿产部“百名跨世纪科技人才培养计划”和河北省计委“盖层金矿成矿规律研究”的阶段性成果,重点讨论了地幔热柱多级演化、成矿物质的深部来源、迁移通道和聚集成矿空间等问题,受到了很多部、局领导和地质学家的热情鼓励 and 关注。并于2000年获得了“教育部高等学校骨干教师资助计划”(J-200025)和“国土资源部自由探索项目”(2000442)资助,使此项研究得以继续深入。2001年项目组又被纳入中国地质调查局设立的“华北地台成矿规律和找矿方向综合研究”(200110200038)项目,开展了“冀北-太行山北段成矿规律和找矿方向综合研究”,使项目组得以从更大范围深入开展此项工作,尤其注重了理论联系找矿实践,取得了多方面的重要进展:

(1) 以地幔热柱多级演化为指导,在华北地幔亚热柱研究的基础上,重点研究了慢枝构造的形成、演化及其地质特征,第一次将其划分为岩浆-变质杂岩、外围拆离滑脱层及上叠断陷火山-沉积盆地等3个四级构造单元。研究了不同单元之成矿控矿构造体系。

(2) 首次运用地幔热柱-慢枝构造理论编制了《河北省慢枝构造纲要图》和《河北省慢枝构造成矿规律图》。在河北省(包括北京市、天津市)范围内划分出冀东慢枝、密云慢枝、丰承(丰宁-承德)慢枝、张宣(张家口-宣化)慢枝、天怀(天镇-怀安)慢枝、阜平慢枝、赞皇慢枝等7个慢枝构造。重点对冀东、张宣、阜平3个慢枝构造进行了解剖,并在此基础上探讨了华北地区东

部盆-山耦合关系以及中生代大陆动力学机制。

(3) 从燕山期岩浆活动的宏观演化和微观特征方面,系统探讨了岩浆活动与地幔亚热柱-慢枝构造形成、演化的关系。进一步研究了慢枝构造对变形变质作用及成矿作用的控制。将慢枝构造的形成与演化划分为初升期、主升期、次升期、末升期4个阶段,并据此总结归纳了慢枝构造成矿系列。

(4) 从慢枝构造成矿控矿的角度,重点解剖了冀东慢枝、张宣慢枝、阜平慢枝的成矿控矿作用,系统研究了慢枝轴部韧性剪切带型金矿、主次级拆离滑脱带型金矿、上盘盖层断裂蚀变岩型(脉型)金银矿和上叠断陷火山-沉积盆地银铅锌多金属矿床,特别是在黄土梁金矿、上明峪金矿、峪耳崖金矿、连巴岭等多金属矿,就是与矿山密切合作,进行的富有成效的找矿工作,受到了地勘部门和矿山的很高评价。

(5) 第一次运用地幔热柱多级演化理论总结了华北地幔亚热柱成矿域的成矿规律,划分了冀东-太行内环金铜银铅锌成矿带、承德-张家口-天镇外环金银铅锌成矿带。从华北地幔亚热柱中心向外具有明显的“内金-铜,外金-银-铅-锌”空间组合分带。探讨了地幔亚热柱对成矿域的控制,慢枝构造对成矿区的控制。进而据此进行了成矿预测,总结了找矿标志,提出了找矿方向。对新一轮地质找矿具有重要的指导意义。

“慢枝构造理论与找矿实践”是前述两个部级项目的综合成果和地调项目的阶段总结,是项目组集体劳动的结晶。参加野外地质调查和部分资料整理的还有杨永林、张建珍、陈秀玉等同志及部分高年级学生。

研究中得到了国土资源部、教育部、中国地质调查局、华北项目办、天津地质矿产研究所、河北省国土资源厅、河北省地质矿产局、石家庄经济学院等单位有关领导和专家的热情鼓励和指导。野外调研中得到了地矿、有色、冶金等部门地勘单位和矿山的友好协助和大力支持。笔者还与侯增谦博士、毛景文博士、王登红博士、周瑶琦博士、杜乐天教授等进行过广泛交流,受益颇深。工作中学习、应用了许多前人科研成果,使新的认识不断深化。另外,河北省地质调查院协助绘制了《河北省慢枝构造纲要图》和《河北省慢枝构造成矿规律图》;河北省遥感中心协助对冀东、太行北段典型成矿区进行了构造解译,石家庄经济学院给予了出版基金资助,地震出版社的编审作了细致的审校编辑,在此一并衷心感谢。

作者还要衷心感谢翟裕生教授在百忙工作中为本书作序,并给予热情鼓励。

最后应该指出,慢枝构造理论研究与找矿实践,虽然取得了显著进展,并在实践中得到了阶段性验证,但它依然是初步总结。

著 者

2002年4月15日

Foreword

Mineral resources are un – uniformly distributed within the crust both in time and space, especially for the deposits which were formed in the dominant mineralization period of Yanshanian movement, its metallogenetic scale, deposit denseness, ore quantity and the concentration of mineralization phases are unique during the geological history. This causes a controversial discussion about the mineralization processes. The discussion focused on the subjects such as the source of ore – forming material and controlling factors of the mineralization.

The mantle plume is a new tectonic theory proposed in recent years, it is considered as the third revolution of geology after the continental drift and plate tectonics. The sub – mantle plume and mantle branch are the second and third grade of structural units during multiple evolution of mantle plume. The sub – mantle plume in north China basin – mountain area and the mantle branches in north Hebei, Taihang mountains, Shandong and Liaoning provinces are the typical areas for studying the multiple evolution of mantle plume, the study of sub – mantle plume and mantle branch also started from these places. More and more geologists are interested in these places.

Yanshan – Taihangshan area is in the hinterland of north China sub – mantle plume, it has unique tectonic locality and enormous potential of mineral resources. In the past decade, we were financially supported by the key projects during eighth and ninth five – year plans from Ministry of Geology and Mineral Resources and Hebei province, the projects focused on the studies of continental dynamics in the east of north China and discussed the deep origin of ore – forming elements. Based on the achievements from the projects of “One hundred Trans – century Science and Technology Talents Cultivation Plan in the ministry of Geology and Mineral Resources” and “The Mineralization Study of Gold Deposits in Cover rocks in Hebei Province”, the monograph “The Multiple Evolution of Mantle Plume and Its Mineralization—take north China deposit concentration area as an example” mainly discussed the multiple evolution of mantle plume, the deep origin of ore – forming material and its moving channel and concentration places. Many colleagues and Leaders from the Ministry of Geology and Mineral Resources and the Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources paid much concerns and encourages to the projects. In 2000, the projects were continuously sponsored by “Sponsoring Plan for Backbone Teachers from College or University, Ministry of Education” (J – 200025) and “At – will Study Projects from Ministry of Land and Resources” (2000442), this made our study continuously processed. In 2001, we participated in the project “Synthetical Study of Mineralization Pattern and Prospecting Target in North China Platform” (200110200038) which sponsored by China Geological Survey Bureau. We carried out the sub – project “Synthetical Study of Mineralization Pattern and Prospecting Target in North Hebei and North Taihangshan”, and made the study in more broad areas. Because we paid more attention to the ore – prospecting practices, much more progresses have been made.

1. Taking the multiple evolution theory of mantle plume as a guidance, we mainly studied the for-

mation, evolution and geology of mantle branch on the basis of the study of north China sub – mantle plume. The mantle branch structure was divided, at first time, into three fourth class structural units, which include igneous – metamorphic complex, surrounding detachment – slip layers and overlapped fault volcanic basin. Metallogenetic structural systems were studied for different units.

2. Based on the mantle plume – mantle branch structure theory we worked out “Mantle Branch Structure Schematic Map of Hebei Province” and “Mantle Branch Structure Mineralization Pattern Map of Hebei Province”. Seven mantle branches were distinguished within Hebei province (include Beijing and Tianjin), which include eastern Hebei mantle branch, Miyun mantle branch, Fengning – Chengde mantle branch, Zhangjiakou – Xuanhua mantle branch, Tianzheng – Huaian mantle branch, Fuping mantle branch and Zhanhuang mantle branch. We mainly studied the eastern Hebei mantle branch, Zhangjiakou – Xuanhua mantle branch and Fuping mantle branch, then discussed the basin – mountain coupling relation and Mesozoic – Cenozoic continental dynamics in the east of north China.

3. Based on the macroevolution and micro geological characters of Yanshanian magmatism, we systematically discussed the relationship between magmatism and the evolution of sub – mantle plume – mantle branch, and studied the control of mantle branch over deformation/metamorphism and mineralization. The formation and/or evolution of mantle branch can be divided into four stages which include initial rising, dominant rising, hypo – dominant rising and last stage rising. The mineralization series of mantle branch was summarized in this study.

4. From mantle branch structure point of view, the metallogenetic processes of eastern Hebei mantle branch, Zhangjiakou – Xuanhua mantle branch and Fuping mantle branch were studied. We systematically studied the ductile shearing gold deposits in the branch axis, the gold deposits in dominant and secondary detachment – slip zones, fault altered rock gold and silver deposits in hanging wall cover, and silver and polymetallic deposits in overlapped fault volcanic sedimentary basins. Our studies has been applied in mines such as Huangtuliang gold deposit, Shangmingyu gold deposit, Yuerya gold deposit and Lianbaling polymetallic deposit, the effective application results have been appreciated by specialists from mines and other geological institutions.

5. The mineralization pattern in north China sub – mantle plume metallogenetic province was, at first time, summarized based on the theory of multiple evolution of mantle plume, and two ringy metallogenetic belts, which include north Hebei – Taihangshan inner gold, silver, Cu – Pb – Zn belt and Chengde – Zhangjiakou – Tianzheng outer gold, silver, Pb – Zn belt, were distinguished. Outward from center, north China sub – mantle plume obviously shows the zoning of “inside Au – Cu, outside Au – Ag – Pb – Zn”. We discussed the control of sub – mantle plume over metallogenetic province and the control of mantle branch over metallogenetic district. Then the mineralization prediction was made, prospecting criteria was summarized and the prospecting targets were proposed. This is significant to the future ore prospecting.

“Mantle branch Structure Theory and Its Ore – prospecting Practices” is a synthetic achievement of above two projects and a stage summary of geological survey project; it is resulted from all participants of the projects. Yang Yonglin, Zhang Jianzhen, Chen Xiuyu and some students took part in some field works and indoor works.

Thanks are paid for the support or sponsoring to these projects from Ministry of Land and Resources, Ministry of Education, Geological Survey Bureau of China, North China Project Office, Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Hebei Office of Land and Resources, Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources, Shijiazhuang University of Economics. During field works, different geological institution and mines provided much helps to us. We are also benefited from the communication with Dr. Hou Zengqian, Dr. Mao Jingwen, Dr. Wang Denghong, Dr. Zhou Yaoqi and Prof. Du Letian. We are also benefited from the literature made by many geologists. In addition, the Geological Survey Institute of Hebei helped us to draw the “Mantle Branch Structure Schematic Map of Hebei Province” and “Mantle Branch Structure Mineralization Pattern Map of Hebei Province”; Hebei Remote Sensing Center made the structural interpretation to the typical metallogenetic regions in north Hebei and north Taihangshan; Shijiazhuang University sponsored the publication of this monograph; editors in Seismological Press reviewed the manuscript of this monograph. We also pay thanks to above – mentioned people.

Special thanks are paid to Prof. Zhai Yusheng, famous geologist and academician, for his prefacing this book.

Authors April 15, 2002

Mantle Branch Structure Theory and Exploration Practice

Niu Shuyin Li Hongyang Sun Aiqun Wang BaodeXu

Chuanshi Xie rubin Yang Zhihong Bi Fuke Contents

Chapter 1 Theory system of mantle branch structure

- 1.1 The setting on engendered theory system of mantle branch structure
- 1.2 Theory system of mantle branch structure
- 1.3 The anti – gravity migration of metallogenic materials from mantle and core
- 1.4 The Origin of the Coupling Relationship between Basin and Mountain in Ridge Basin Area, the Eastern Part in North China

Chapter2 The mantle branch structures of Hebei province

- 2.1 The characteristics of mantle branch structure
- 2.2 The mantle branch structure of East Hebei
- 2.3 The mantle branch structure of Zhang – Xuan
- 2.4 The mantle branch structure of Fuping
- 2.5 The mantle branch structure of Zanhuang
- 2.6 The mantle branch structure of Feng – Cheng
- 2.7 The mantle branch structure of Miyun

Chapter 3 The metallization controlled by mantle branch structure

- 3.1 The formation of sub – mantle plume and mantle branch structure
- 3.2 The magmatism controlled by mantle branch structure
- 3.3 The metamorphism controlled by mantle branch structure
- 3.4 The metallization controlled by mantle branch structure

Chapter 4 The metallization of mantle branch structures in Hebei province

- 4.1 The metallization of sub – mantle plume and mantle branch structure and its metallogenic units
- 4.2 Main characteristics of metallogenic province in East Hebei mantle branch structure
- 4.3 Main characteristics of metallogenic province in Zhang – Xuan mantle branch structure
- 4.4 Main characteristics of metallogenic province in Fuping mantle branch structure
- 4.5 The study on the source of ore – forming material

Chapter 5 Metallogenic regularity of ore – forming area in North Hebei sub – mantle plume

- 5.1 Differentiated unit of ore – forming area in North Hebei sub – mantle plume
- 5.2 Main characteristics of gold, copper, silver, lead and zinc ore – forming zone from east Hebei to Tanghang
- 5.3 Main characteristics of gold, silver, lead and zinc ore – forming zone from Chengde to Zhangjiakou, Tianzhen
- 5.4 Metallogenic model of ore – forming area in North Hebei sub – mantle plume

Chapter 6 The prospecting prediction of mantle branch structures in Hebei province

- 6.1 The prospecting prediction of ore – forming area in North Hebei sub – mantle plume
- 6.2 The prospecting prediction of mantle branch in north Hebei to north section of Taihangshan
- 6.3 The prospecting prediction of ore – forming area in east Hebei mantle branch structure
- 6.4 The prospecting prediction of ore – forming area in Zhang – Xuan mantle branch structure
- 6.5 The prospecting prediction of ore – forming area in Fuping mantle branch structure

目 录

第一章 幔枝构造理论体系	(1)
第一节 幔枝构造体系产生背景	(1)
一、强烈的幔壳构造运动	(1)
二、强烈幔壳运动的物质表象	(2)
三、以往研究进展概述	(8)
第二节 幔枝构造理论体系	(11)
一、层圈结构与核幔运动	(11)
二、幔壳运动与地幔热柱多级演化	(18)
三、幔枝构造体系	(25)
四、幔枝构造的组成与单元划分	(27)
五、幔枝构造的断裂构造体系	(29)
第三节 核幔成矿物质的反重力迁移	(33)
一、成矿元素的深部来源	(33)
二、成矿物质运移的流体介质	(33)
三、成矿物质的运移途径	(35)
四、成矿物质的反重力迁移	(35)
第四节 华北东部盆岭区盆 - 山耦合机制	(36)
一、问题的提出	(36)
二、华北东部盆岭区盆 - 山演化特征	(37)
三、盆 - 山构造耦合机制	(39)
四、几点认识	(43)
第二章 河北省幔枝构造各论	(45)
第一节 幔枝构造的特征	(45)
一、幔枝构造的展布规律	(45)
二、幔枝构造的形态特征	(47)
三、幔枝构造的规模	(48)
第二节 冀东幔枝构造	(48)
一、核部岩浆 - 变质杂岩	(49)
二、外围拆离滑脱层	(50)
三、上叠断陷火山 - 沉积盆地	(55)
第三节 张宣幔枝构造	(56)
一、核部岩浆 - 变质杂岩	(57)

二、外围拆离滑脱层	(58)
三、上叠断陷火山 - 沉积盆地	(58)
四、张宣幔枝构造的地质演化	(58)
五、张宣幔枝构造的形成机制	(60)
第四节 阜平幔枝构造	(61)
一、核部岩浆 - 变质杂岩	(62)
二、外围拆离滑脱层	(66)
三、上叠构造断陷火山 - 沉积盆地	(67)
第五节 赞皇幔枝构造	(67)
一、核部变质杂岩	(67)
二、外围拆离滑脱层	(67)
第六节 丰承幔枝构造	(69)
一、核部岩浆 - 变质杂岩	(69)
二、外围拆离滑脱层	(69)
三、上叠断陷火山 - 沉积盆地	(70)
第七节 密云幔枝构造	(70)
一、核部岩浆 - 变质杂岩	(70)
二、外围拆离滑脱层	(70)
三、上叠断陷火山 - 沉积盆地	(70)
 第三章 幔枝构造对成矿作用的控制	(71)
第一节 地幔亚热柱 - 幔枝构造的形成	(71)
一、初始阶段	(71)
二、鼎盛阶段	(72)
三、后期阶段	(73)
四、对原有深断裂的继承与改造	(73)
第二节 幔枝构造对岩浆作用的控制	(74)
一、断裂体系对硅酸盐熔融体活动的控制	(74)
二、幔源物质活动对成矿的控制	(75)
三、幔枝构造的形成	(75)
四、中深成岩体的形成	(76)
五、脉岩的形成	(95)
第三节 幔枝构造对变形变质作用的控制	(101)
一、糜棱构造岩的变形变质特征	(102)
二、幔枝构造作用下的变形变质作用	(102)
三、主要岩石类型的变形变质作用	(104)
四、各类变形变质带的特点	(108)
第四节 幔枝构造对成矿作用的控制	(114)
一、幔枝构造对成矿元素活动范围和矿床空间展布的控制	(114)

二、成矿元素的赋存条件和状态	(115)
三、成矿模式	(119)
四、几点结论	(120)
第四章 河北省幔枝构造成矿作用各论	(123)
第一节 地幔亚热柱 - 幔枝构造成矿作用及成矿单元	(123)
一、幔枝构造成矿区成矿单元划分	(123)
二、幔枝构造成矿区成矿规律	(123)
第二节 冀东幔枝构造成矿区主要特征	(124)
一、成矿时间分布特征	(124)
二、成矿空间分布特征	(125)
三、与成矿有关的岩浆演化特征	(126)
四、与成矿有关的碱交代成矿作用演化特征	(128)
五、幔枝构造轴部岩浆 - 变质杂岩区剪切带型矿床——金厂峪金矿	(128)
六、幔枝构造外围折离带型金矿——峪耳崖 - 山家湾子金矿	(130)
七、幔枝构造外围盖层裂隙式金矿——唐杖子金矿	(136)
第三节 张宣幔枝构造成矿区主要特征	(141)
一、成矿时间分布特征	(141)
二、成矿空间分布特征	(141)
三、与成矿有关的岩浆演化特征	(143)
四、碱交代成矿作用演化特征	(144)
五、“金三角、银（铅锌）镶边”矿床空间组合特征	(144)
六、幔枝构造核部金矿——黄土梁金矿	(145)
七、上叠盆地中银矿——彭家沟银矿	(153)
第四节 阜平幔枝构造成矿区主要特征	(157)
一、成矿时间分布特征	(157)
二、成矿空间分布特征	(158)
三、与成矿有关的岩浆演化特征	(159)
四、矿床空间组合特征	(160)
五、轴部剪切带（脉）型金矿——苇家峪金矿	(161)
六、折离带型金矿——上明峪金矿	(163)
七、盖层银多金属矿床——镰巴岭、支家地矿田	(171)
第五节 金银多金属矿质来源探讨	(184)
一、印支 - 燕山期金银多金属成矿时间分布规律	(184)
二、河北印支 - 燕山期内生矿产的物质来源	(185)
三、成矿热流体的来源	(193)
四、成矿流体成分特征	(194)
五、印支 - 燕山期内生矿产总体成矿模式	(195)

第五章 华北地幔亚热柱成矿域成矿规律·····	(196)
第一节 华北地幔亚热柱成矿域成矿单元划分·····	(196)
一、华北地幔亚热柱构造简要特征·····	(196)
二、华北地幔亚热柱成矿域成矿单元划分·····	(196)
三、华北地幔亚热柱成矿域成矿规律·····	(196)
第二节 冀东-太行内环金铜银铅锌成矿带主要特征·····	(197)
第三节 承德-张家口-天镇外环金银铅锌成矿带主要特征·····	(198)
第四节 华北地幔亚热柱成矿域成矿模式·····	(199)
一、地幔亚热柱对成矿域的控制·····	(200)
二、慢枝构造对成矿区的控制·····	(200)
三、慢枝构造的不同单元对成矿亚区的控制·····	(201)
四、次级构造-岩浆活动集中区对矿田的控制·····	(201)
五、局部浅成次构造-岩浆活动中心对矿床的控制·····	(201)
第六章 河北省慢枝构造找矿预测·····	(203)
第一节 华北地幔亚热柱成矿域找矿预测·····	(203)
一、金矿找矿方向·····	(203)
二、铜矿找矿方向·····	(203)
三、银-铅锌矿找矿方向·····	(204)
第二节 冀北-太行山慢枝构造找矿预测基础·····	(205)
一、地幔亚热柱-慢枝构造成矿地质背景与异常·····	(205)
二、慢枝构造成矿模式与找矿模型的内在结构性·····	(206)
三、信息的二次开发·····	(210)
四、冀北-太行山找矿预测前提·····	(211)
五、找矿预测方法的选择·····	(211)
第三节 冀东慢枝构造成矿区找矿预测·····	(212)
一、找矿标志·····	(212)
二、找矿方向·····	(216)
第四节 张宣慢枝构造成矿区找矿预测·····	(222)
一、找矿标志·····	(222)
二、找矿方向·····	(224)
第五节 阜平慢枝构造成矿区找矿预测·····	(230)
一、找矿标志·····	(230)
二、找矿方向·····	(233)
结 束 语·····	(235)
参 考 文 献·····	(237)

第一章 幔枝构造理论体系

地球是物质的，物质是运动的，它既有结构层次的差别，又有运动形式的千变万化。从结构层次来看，大可划分为地壳、地幔、地核等地球的一级圈层；小可划分为上、中、下地壳，上、下地幔，外核、过渡层、内核等次级圈层；微观上可划分为分子、原子、夸克、轻子等物态形式。同时它还受着更大系统，如太阳系、银河系等宇宙空间运行机制的制约。就物质运动形式而言，有天体运动，机械运动，电、磁、光、热、力等物理运动，分解、化合等化学运动，生物进化、遗传（基因）变异等生命运动（演化）。这些不同结构层次、不同运动形式的物质在空间、时间尺度上构成纷繁复杂的物质世界，且将永远演化、发展下去。

地球经历了 46 亿年的漫长地史演化，多期次的地壳运动、多旋回的岩浆作用、多类型的变质作用、多环境的成矿作用及其之间的相互作用、相互叠加、相互改造，以至于使得地球演化成为一卷支离破碎、残缺不全的地史画卷。人们则试图通过对不同区域和各种天体的认识、观测和研究，对所收集资料进行分析、归纳，以期剖析和探索地球的演化历史。很显然，这需要经过不断积累、不断认识、不断完善、不断提高的过程，也是不断向客观真理逼近的过程。

第一节 幔枝构造体系产生背景

在茫茫浩瀚宇宙中，地球只是个微小而又特殊的星球，但对于人类，她却是古老、神秘的家园，充满了人们长久以来苦苦探索而又悬而未决的课题。人类为了自身的生存与发展，从未间断寻求更多有关地球的认识，不断地利用、改造着自然赋予我们的地球环境（黄鼎成等，1997）。况且，当今随着科学技术的发展，人们可以“上天、入地、下海、登极”，从多角度、多视野观测地球、研究地球。

地球表面所形成的地质构造格局、地球物理场异常、地球化学组分分布等主要受到地球内部物质、能量交换过程的制约。如陆地、海洋的展布，高山、盆地的形成，山川、河流的走势，抑或构造运动、地震活动、岩浆演化、变质作用，以至于各种矿产资源的形成、灾害的发生、生物的进化与绝灭等均受地球内部物质运动，或幔壳运动的控制，是地球内外动力地质营力的综合作用结果（牛树银等，1995、2001；刘亮明等，1997；滕吉文，2001）。

虽然地球在漫长的演化过程中，经历了多期次的幔壳运动，但总体可归纳为三大阶段、若干期次：太古代—古元古代（Ar - Pt₁）为地球的形成阶段；中元古—古生代（Pt₂ - Pz）为地球的稳定发展阶段；中生代—新生代（Mz - Kz）为地球的强烈复活阶段。

中新世是地球的强烈活动时期，在构造运动、岩浆活动、变质作用、成矿作用、生物进化等方面均有明显的表现和特色（图 1-1）。

一、强烈的幔壳构造运动

中新世经历了燕山、喜马拉雅两大造山运动，在我国地势上最突出的表现是由东高西

低,变成了现今的西高东低。任纪舜等(1990、1999)认为在晚侏罗世—白垩纪初亚洲东部存在一个“宏伟的中生代高原—山脉系统”,是西太平洋古陆与古亚洲大陆碰撞造成的。邓晋福等(1996)根据中酸性火成岩的无负Eu异常特征、岩石化学成分计算、深源岩石温压计等方法推算,印支期中国东部诸陆块拼合形成统一大陆时,岩石圈厚度应该大于150~200 km,认为华南广泛发育二云母花岗岩类,大别—苏鲁广泛发育碰撞型超高压变质岩类,兴蒙造山带、华北陆块北缘、吉黑造山带均发育二云母花岗岩类和某些地段已识别出蓝片岩类,均表明印支期广泛的陆—陆与陆块间的碰撞造山作用,类似于现今的青藏—喜马拉雅碰撞造山带,是陆壳与岩石圈汇聚的过程,也是造山岩石圈根与山根的形成过程。

中国的中部为克拉通块体群,由被秦岭造山带焊接在一起的鄂尔多斯陆块和扬子大陆组成,显生宙以来一直呈现稳定的性质,具有克拉通岩石圈根和正常厚度的陆壳。并与东部造山带构成联合大陆。

联合古陆的西侧和南侧为三叠纪特提斯洋区,北侧为蒙古—鄂霍茨克洋,东部则为伊泽奈崎洋。

张旗等(2001)则根据中国东部埃达克岩的展布推断中国东部曾为高原,埃达克岩是具有特定地球化学特征的一套中酸性火山岩和侵入岩组合,其地球演化标志: $\text{SiO}_2 \geq 56\%$,高铝($\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 15\%$), $\text{MgO} < 3\%$ (很少大于6%), 贫K、Y和Yb ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} < 2$ 、 $Y \leq 18 \times 10^{-6}$ 、 $Yb \leq 1.9 \times 10^{-6}$), Sr含量高($> 400 \times 10^{-6}$), LREE富集,无Eu异常,或有轻微的负Eu异常, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0.705$, $\epsilon_{\text{Nd}} > 0$ 。类似于太古宙的高铝TTG岩套(Defant et al., 1990; Drummond et al., 1990)。中国东部类似埃达克岩的中酸性火山岩和侵入岩主要是晚侏罗—早白垩世的岩浆活动产物,包括京冀地区、燕辽、山东,辽东、辽西、北淮阳、南大别及长江中下游地区,以高钾钙碱性系列为主,少数落在橄榄玄粗岩系列和钙碱系列,主要岩石组合喷出岩为安粗岩-粗面岩-粗面安山岩-流纹岩;侵入岩为闪长岩-花岗闪长岩-二长花岗岩-花岗岩。与典型的埃达克岩相比较,中国东部埃达克岩更富 K_2O ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0.9 \sim 1.3$), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0.705$, $\epsilon_{\text{Nd}} < 0$ 。表明中国东部埃达克岩特征是陆相特征。推测是来自软流圈地幔玄武岩底板垫托侵入到加厚的陆壳底部,导致下地壳基性岩部分熔融形成的,其源区深度至少大于50 km,表明中国东部当时处于高原状态。

根据中国东部埃达克岩的分布与其他特征,可以确定中国东部高原的北界大体在张家口—彰武一带,可能包括整个朝鲜;南界在长江中下游之南,西界在鄂尔多斯盆地以东;东界尚不清楚。东部高原可能从三叠纪晚期开始隆起,大规模抬升约在晚侏罗世之前,而白垩纪之后开始减薄(图1-2)。

新生代以来,中国逐渐演化为西高东低,地质特征上表现为:东部大陆裂谷、中部克拉通块体群、西部挤压造山带,并分别与地幔热柱、大陆(岩石圈)根、造山带山根相对应。邓晋福等(1996)称之为“大陆根—柱构造”。

二、强烈幔壳运动的物质表象

中生代早期中国东部大陆强烈隆升形成高原,不仅有区域性构造演化特征,而且在岩浆活动、沉积建造、变质作用等方面均有明显表现,现以燕山运动的发祥地冀北地区为例加以说明。