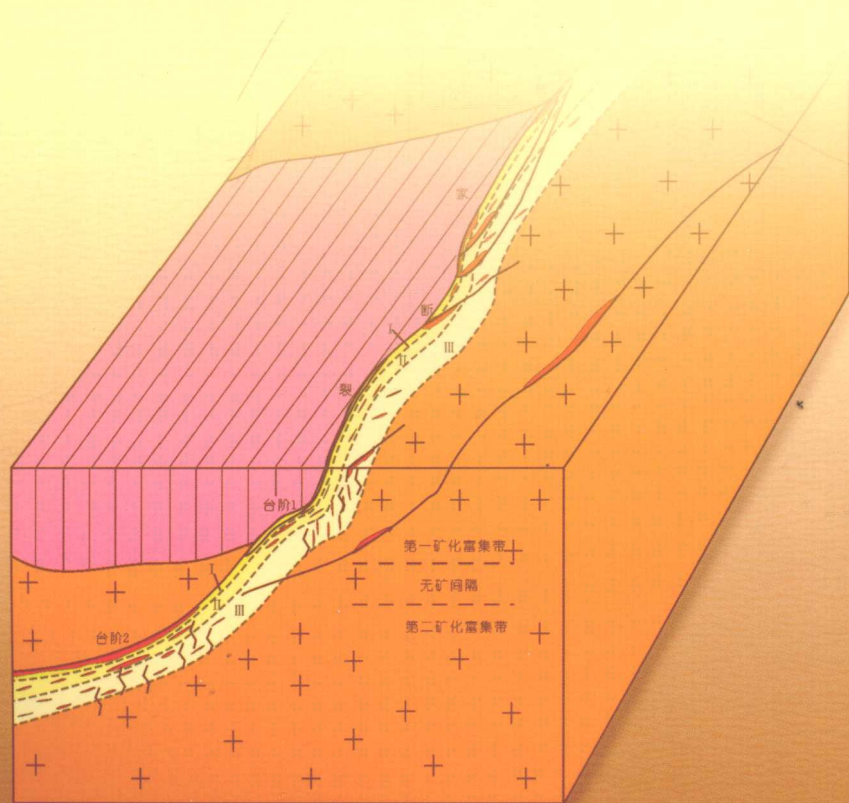


胶西北金矿集中区

深部大型 - 超大型金矿找矿与成矿模式

宋明春 崔书学 伊丕厚 徐军祥 袁文花 姜洪利 等著



地质出版社

山东省地矿局地质科技成果丛书

胶西北金矿集中区深部 大型—超大型金矿找矿与成矿模式

宋明春 崔书学 伊丕厚 徐军祥 袁文花 姜洪利
张丕建 万国普 王化江 沈 昆 温桂军 孙丙伦
李世勇 杨之利 周明岭 高书剑 曹春国 魏绪峰 等著
孟庆宝 焦秀美 黄太岭 王玉敏

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是在对胶西北主要金成矿带深部成矿预测、找矿探索、勘查评价及综合研究的基础上,深入总结深部金矿成矿规律、找矿方法组合而编制的一部关于胶西北金矿集中区深部找矿和成矿规律研究的专著。本书主要内容包括:“焦家式”金矿理论的产生和内涵,胶西北深部找矿探索、发现过程,寺庄、焦家、马塘、台上、东风5个典型深部大型-超大型金矿区矿床特征,深、浅部金矿对比,焦家金矿带深部金矿床产出模式,胶西北金矿区域成矿模式,胶东金矿区域成矿模式,胶东金矿矿床成因模式,深部金矿蚀变分带、矿石特征,金矿物及主要载金矿物特征,金矿石及围岩岩石地球化学、稳定同位素地球化学、流体包裹体地球化学,深部金矿找矿勘查技术集成,胶西北金矿资源潜力预测,焦家金矿带深部金矿定位预测等。

本书内容丰富、全面,是胶西北深部金矿勘查研究的最全面总结和最新提升,创新了对成矿地质条件、金成矿作用、成矿规律、矿床成因的认识和结论,并由原来较朴素的认识上升到较系统的理论认识。结合深部找矿、勘查成果所总结的新成矿规律、建立的阶梯式成矿模式,不仅丰富了焦家式金矿成矿理论,而且对于开展胶东地区乃至全国同类型金矿深部找矿工作具有极强的指导和借鉴意义;所总结的深部金矿找矿最佳方法组合、所建立的深部金矿找矿模型以及对焦家金矿带所做的深部金矿成矿预测为正在开展的重要成矿区带深部金矿整装勘查做好了思想准备和全面的技术储备。

本书可供从事矿产勘查、地质科研、地矿行政管理的技术人员及有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

胶西北金矿集中区深部大型-超大型金矿找矿与成矿模式/宋明春等著. —北京:地质出版社, 2010. 7

ISBN 978-7-116-06728-8

I. ①胶... II. ①宋... III. ①金矿床-找矿-研究-山东省②金矿床-成矿规律-研究-山东省 IV. ①P618.51

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第125223号

责任编辑:祁向雷 白 峰

责任校对:杜 悦

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:北京天成印务有限责任公司

开 本:787 mm × 1092 mm^{1/16}

印 张:21.625 图版:7面

字 数:520千字

版 次:2010年7月北京第1版·第1次印刷

定 价:88.00元

书 号:ISBN 978-7-116-06728-8

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

山东省地矿局地质科技成果丛书

编辑指导委员会

主任 郑金兰

副主任 伊丕厚 郝云平 邓 度 李翠芳

委员 (以姓氏笔划为序)

丁 峰	王彦安	王其鸿	王繁荣	邓 度	石玉臣
朱友强	伊丕厚	刘长春	刘纯荣	关荣斌	乐江华
李广友	李先成	李乐然	李 旭	李连国	李新勇
李翠芳	宋书爱	宋世明	宋印胜	宋明春	张 敏
张 峰	林承轩	杨光林	郑金兰	孟庆宝	孟祥三
赵长河	赵玉祥	郝云平	侯新文	姜春永	倪 军
徐军祥	黄太岭	康凤新	曹发伟	韩志森	韩继深

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 胶西北矿集区金矿资源概况	(1)
第二节 胶西北金矿地质研究现状	(2)
第三节 胶西北矿集区深部金矿找矿概况	(4)
第四节 主要研究内容	(4)
第二章 胶西北成矿地质背景	(7)
第一节 胶西北大地构造位置	(7)
第二节 山东省大地构造演化	(10)
第三节 胶西北区域地质概况	(15)
第四节 胶西北地区地质发展史	(33)
第三章 胶西北浅部金矿成矿规律及“焦家式”金矿理论	(36)
第一节 胶东地区金矿成矿区(带)划分	(36)
第二节 “焦家式”金矿的确立	(39)
第三节 胶西北金矿成矿地质条件	(41)
第四节 金矿成矿规律	(50)
第四章 深部金矿找矿探索、发现与矿床特征	(57)
第一节 金矿成矿预测与深部找矿验证	(57)
第二节 深部金矿找矿探索和突破	(63)
第三节 莱州市寺庄矿区深部金矿床	(65)
第四节 莱州市焦家金矿床深部金矿	(73)
第五节 莱州市马塘矿区深部金矿床	(87)
第六节 招远市台上金矿床台上矿段深部金矿	(98)
第七节 招远市东风金矿床 171 脉深部金矿	(104)
第五章 深部金矿成矿规律和成矿模式	(109)
第一节 深、浅部金矿对比	(109)
第二节 胶东金矿成矿时代	(123)
第三节 金矿成矿构造背景	(128)
第四节 深部金矿成矿条件	(131)
第五节 深部金矿阶梯式成矿模式	(136)
第六章 深部金矿蚀变特征、矿石特征与成矿作用	(150)
第一节 蚀变带及特征	(150)
第二节 主要矿石类型及特征	(155)
第三节 金矿物及主要载金矿物特征	(157)

第四节	成矿作用与构造作用、蚀变作用的关系	(167)
第七章	金成矿作用地球化学	(173)
第一节	岩石地球化学	(173)
第二节	稳定同位素地球化学	(192)
第三节	流体包裹体地球化学	(197)
第八章	深部金矿找矿勘查方法	(215)
第一节	深部找矿技术路线	(215)
第二节	地质方法	(217)
第三节	地球物理勘查方法及成果	(218)
第四节	地球化学勘查方法及成果	(244)
第五节	深孔钻探技术	(259)
第九章	胶西北主要成矿带深部金矿资源潜力预测	(276)
第一节	成矿预测的理论方法	(276)
第二节	胶西北金矿综合信息资源潜力预测	(284)
第三节	焦家金矿带深部金矿定位预测	(312)
第十章	结语	(326)
参考文献	(333)
图版说明及图版	(338)

第一章 绪 论

第一节 胶西北矿集区金矿资源概况

胶东地区是我国重要的金矿集中区，其面积约占全国总面积的 0.17%，占全国近四分之一的黄金资源储量，是全国最大的金矿集中区，区内密集分布着胶西北（招平莱）、栖霞福、牟乳三个二级矿集区（图 1-1）。区内已探明资源储量超百吨的世界级金矿床有焦家、新城、台上 3 处，资源储量超过 50t 的特大型金矿 7 处，资源储量 20~50 t 的大型金矿有 10 余处，另外还有中型和小型金矿床近百处。大型以上金矿的总数占全国总数的 20%。胶东金矿床分布频度之高，大型矿床集中，居国内首位。胶东金矿床具有区域集中、规模大、富集强度高和成矿期短的特点，被我国地质学家称为中生代成矿大爆发或金属异常巨量堆积（翟明国等，2004）。

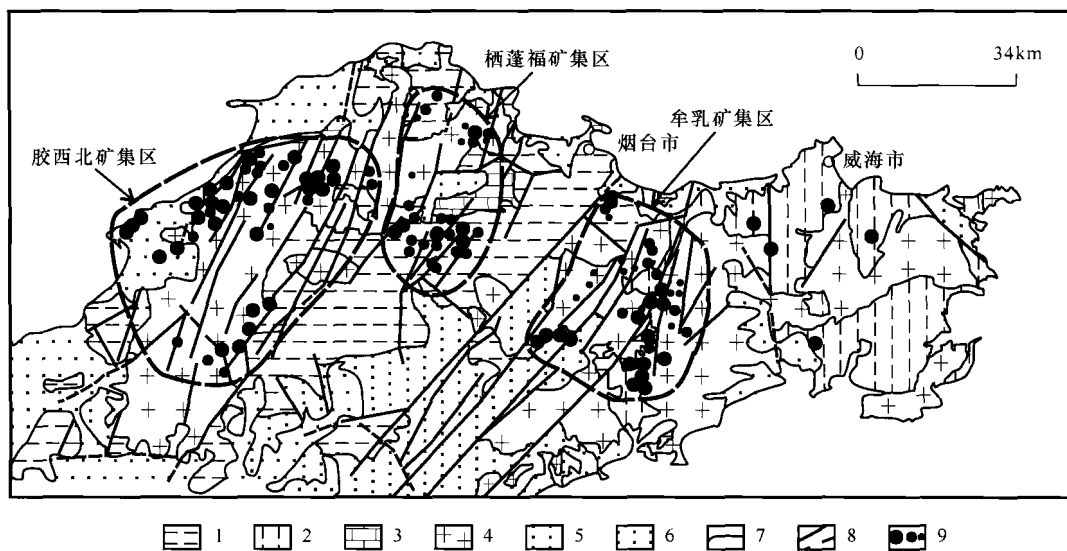


图 1-1 胶东地区金矿分布略图

1—早前寒武纪变质基底岩系；2—新元古代花岗质片麻岩；3—震旦系；4—中生代花岗岩类；5—白垩纪火山-沉积地层；6—第四系；7—地质界线；8—实测/推测断层；9—金矿床、金矿点、金矿化点

胶西北矿集区是胶东矿集区的主要组成部分，著名的焦家破碎带蚀变岩型、玲珑石英脉型等金矿床类型均根据胶西北地区典型矿床命名。该区金矿沿 3 条主要控矿断裂分布，构成三山岛、焦家、招平 3 条主要成矿带。金矿床在成矿带附近集中分布，形成三山岛、焦家、玲珑、旧店等金矿田。焦家金矿田，在面积约 10 余平方公里范围内，分布有大型—

特大型金矿床 6 处，中小型金矿床多处，已查明资源储量 500 余吨。玲珑金矿田，面积不足 60 km²，已查明资源储量 400 余吨，分布有大型、特大型金矿床 10 余处。三山岛金矿田有大型以上金矿床 3 处，查明资源储量 200 余吨。旧店金矿田主要由中小型金矿床组成。

第二节 胶西北金矿地质研究现状

胶西北金矿开采历史悠久，自唐朝即有开采金矿的记载。近代金矿地质调查始于鸦片战争之后，早期外国人开展过零星的地质调查，20 世纪以来至新中国成立初期，中国地质学家陆续开展了一些地质工作。随着国民经济建设的需要，以 1958 年成立地质部山东办事处为标志，地质工作者在胶西北地区开展了系统的金矿地质工作：初期地质找矿目标定位于石英脉型金矿，地质找矿效果不理想；1965 年以后，相继发现了三山岛、焦家等一系列破碎带蚀变岩型新类型金矿床，逐步建立起焦家式金矿成矿模式，丰富了金矿成矿理论，极大地拓宽了找矿领域，使山东省金矿资源储量大幅度增长；1975 年以后，除省内地质、冶金、地方地质队伍外，尚有外省多个地勘部门、武警黄金部队等单位进入胶西北地区开展金矿勘查，地质找矿不断有新发现；20 世纪末，随着地质工作难度的不断加大，发现新的金矿也越来越难，金矿找矿一度陷入困境；进入 21 世纪，开始了深部金矿找矿探索，并取得了新的振奋人心的找矿成果。

金矿地质研究工作伴随着金矿地质找矿工作同步开展，1965 年以前，是金矿勘查的起步阶段，也是科研工作的萌芽阶段，研究范围主要涉及石英脉型金矿成矿地质条件、金矿勘查方法。1965 年以来，是金矿找矿取得突破性进展的时期，亦是地质研究相对活跃的时期，研究范围包括基础地质、矿床的控制因素、成矿规律、成矿作用、成矿物理化学条件、成矿时代、成矿模式及综合找矿方法等方面。从研究的性质上，金矿研究类型可分为勘查研究、基础研究和理论研究三部分。

一、勘查研究

是在勘查工作中，结合生产实践进行的成矿规律、成矿模式、找矿标志、找矿模型等研究，主要由勘查单位和矿山的地测部门完成。山东省第六地质矿产勘查院（以下简称地质六队、地质六院和六队、六院）在勘查研究中作出了突出贡献，研究成果散见于勘查报告、专题报告中。主要成果包括：

(1) 建立了“焦家式”金矿成矿模式，突破了前人“大断裂只导矿不控矿”的传统认识，开辟了金矿新的找矿方向。后来又陆续建立了“河西式”、“上庄式”、“灵山式”等金矿模式。

(2) 研究了金矿控矿构造型式和构造体系，认为控制焦家式金矿的断裂与控制石英脉型金矿的断裂属同一构造体系的不同性质的构造成分，是统一构造应力场作用的结果。“破碎带蚀变岩型”金矿和“石英脉型”金矿是同一构造-岩浆-热液旋回的产物，它们的差异主要表现为断裂的性质、规模和成矿形式。

(3) 研究了金矿成矿规律，主要有侧伏规律、矿体斜列规律、尖灭再现规律、矿床等间距规律等。

(4) 提出了金矿找矿的地质标志, 主要有地层标志 (胶东岩群)、岩体标志 (玲珑花岗岩、郭家岭花岗岩)、构造标志 (NE 向断层)、蚀变标志 (黄铁绢英岩化、钾化、硅化、石英脉)。

(5) 建立了地球物理找矿模型, 认为焦家式金矿的主要地球物理特征是低阻、低磁、高极化。

(6) 建立了地球化学找矿模型, 研究确定了金矿的主要指示元素和判别金矿剥蚀程度的头晕、中晕、尾晕元素。

(7) 对胶东内生金矿资源进行了定量预测。

二、基础研究

是在区域地质调查、基础地质专题研究中进行的成矿地质背景、成矿地质条件研究。主要由区域地质调查单位和科研部门完成, 研究成果反映于区调报告、专题报告和科研论文中, 主要成果包括:

(1) 关于金矿形成的地质背景, 许多人认为中生代构造体制转折与早白垩世大规模岩石圈减薄是大规模成矿作用发生的基础, 其引起的壳幔物质交换、岩浆活动等系列事件提供了充足的成矿物质 (翟明国等, 2001; 周新华等, 2002; 邓军等, 2004)。

(2) 关于金矿矿源岩, 逐渐改变了过去认为金矿来自胶东群的单一源岩的认识, 建立了来自不同时代源岩的多源岩认识。

(3) 解体了以往划分的胶东群, 从中识别出大量 TTG 质花岗片麻岩, 从而突破了胶东金矿是绿岩带型金矿或胶东群为金矿的单一矿源层的传统认识。

(4) 分解了玲珑花岗岩和郭家岭花岗岩, 认为他们都是岩浆多次脉动的产物, 前者是壳源重熔花岗岩 (S 型), 后者是壳幔混合花岗岩 (I 型)。

(5) 发现了高压麻粒岩, 并认为胶西北地区遭受了古华北板块和扬子板块碰撞造山作用的强烈影响。

三、理论研究

是在国家科研基金的支持下进行的矿床成因、成矿作用、成矿物理化学条件、成矿时代等研究, 也包括地勘单位、矿山企业结合地质找矿、矿山开发开展的理论研究。主要由中国科学院地质与地球物理研究所、中国地质科学院、中国地质大学、吉林大学地球科学学院等科研单位和大学, 以及有关地质勘查单位完成, 研究成果反映于公开出版的专著、论文中, 初步统计, 近 20 年来有关胶西北金矿的论文达 200 余篇。主要成果包括:

(1) 通过大量地球化学研究、稳定同位素分析, 论证了金矿成矿物质来源。

(2) 通过流体包裹体分析, 研究了成矿物理化学条件。

(3) 通过同位素年龄测试, 尤其是高精度的 SHRIMP 测年方法, 较精确确定了金矿形成时代。

(4) 通过电子探针、透射电镜等分析, 研究了载金矿物成分、结构及成因。

(5) 研究了金矿成因、成矿机理、成矿过程、水-岩交换作用、壳幔相互作用与金成矿关系等理论问题。

第三节 胶西北矿集区深部金矿找矿概况

随着地质勘查工作力度的不断加大,胶西北矿集区平均勘查深度已接近-500 m,地表矿、浅部矿已基本被发现,金矿找矿难度越来越大,20世纪90年代以来出现了金矿资源消耗量(开采量)大于新增资源量的状况,许多矿山面临资源危机的局面,勘查深部资源成为解决资源瓶颈的重要手段,“攻深找盲”成为该区找矿的重点方向。自20世纪末,地勘队伍开始在胶西北矿集区开展了探索性找矿工作,陆续发现了一些好的找矿线索,近年来深部找矿不断有新突破,探明了诸多大型—特大型深部金矿床。

一、深部找矿过程

胶西北深部找矿的历程可分为两个阶段,即探索阶段和突破阶段。20世纪80年代末,地质工作者开始在胶西北地区展开深部找矿探索:1988年,在台上金矿床施工的13ZK187孔,于垂深907.31~1048.02 m孔段追索到由浅部延伸的主矿体,并发现新的支矿体;1997~1998年,在焦家金矿深部打了4个钻孔,在-620~-710 m标高之间发现了新矿体(张德亭等,2002)。深部找矿突破首先在招远市台上金矿深部取得,2000~2002年,六院对台上金矿床深部进行普查,探获(333)类金资源量98051 kg;2005年以来,莱州寺庄矿区深部(宋明春等,2008)、焦家矿区深部、马塘矿区深部、三山岛矿区深部、新立矿区深部和招远东风矿区深部金矿找矿连续获得可喜成果,找到与浅部矿体对应的尖灭再现矿体,标志着深部找矿取得重大突破。

二、深部找矿取得的主要成果

迄今为止,胶西北金矿集中区深部金矿勘查,探获大型—超大型金矿资源储量已超过600 t,本项目勘查研究的5个矿区深部金矿资源储量达461.608 t。寺庄、马塘、焦家3个矿区,探矿范围面积仅5.59 km²,深部找矿探获的资源储量达275.955 t,已超过浅部三个矿资源储量的总和(155.595 t)。寺庄-焦家矿区,面积不足8 km²,深、浅部累计探获金矿资源储量共计为431.55 t,成为世界级金矿田,实现了胶东金矿找矿历史上新的飞跃。

第四节 主要研究内容

一、研究目标

本书涉及研究课题的主要研究目标是:充分收集和分析研究胶西北金矿集中区已有的地质、矿产、物化探、科研等各类成果资料,结合正在开展的深部金矿勘查和成矿预测工作,总结深部金矿矿体分布和产出规律;全面总结山东省地矿局系统在胶西北深部找矿的探索过程和取得的成果,研究金矿成矿规律,了解金矿与各种地质因素的关系,尤其是胶西北断裂构造体制、岩浆活动及与金矿的成生联系,建立金矿成矿模式;总结各种探测方法技术在深部金矿找矿中的作用,建立地质、地球物理找矿模式,预测龙莱成矿带深部金

矿找矿方向。

二、指导思想

主要指导思想是：立足龙莱金矿成矿带，全面总结胶西北金矿集中区主要金矿成矿带深部金矿找矿成果，全面反映我局深部金矿找矿探索和实践过程，研究深部金矿成矿规律和成矿模式，全面提高深部金矿找矿理论认识，补充和完善焦家式金矿成矿理论，指导我省深部金矿找矿工作，为全国深部金矿找矿树立典范。

三、主要研究内容

- (1) 胶西北主要金矿床深部找矿；
- (2) 深部金矿床矿体特征、矿石特征、蚀变特征、地球化学特征、控矿因素；
- (3) 深部金矿与浅部金矿对比，二者的成生联系；
- (4) 深部金矿成矿规律、成矿模式研究，胶西北金矿区域成矿模式；
- (5) 深部金矿勘查技术方法；
- (6) 金矿成矿预测。

四、研究课题概况

胶西北深部金矿研究工作是与该区的深部找矿工作同步进行的，前期（2000～2006年）以勘查和预测研究为主，后期（2007年以来）加强了成矿规律研究。2002年在开展寺庄矿区深部金矿找矿钻探探索的同时，开展了山东省焦家金成矿带深部大比例尺成矿预测研究，2003年以来分别开展了寺庄矿区深部金矿普查、寺庄矿区深部金矿详查、焦家矿区深部金矿普查、焦家矿区深部金矿详查、马塘矿区深部金矿普查、东风矿区深部金矿详查、山东省焦家断裂带深部金矿找矿方法实验研究、胶西北金矿资源潜力调查及深部远景预测研究等项目，本书的主要编写人员分别负责或参与了上述项目，并进行了大量研究工作，积累了丰富的资料。虽然本项研究课题是从2006年开始立项的，但实际从2002年就开始了相关工作，本课题是2002年以来焦家成矿带和招平成矿带深部找矿、研究成果的全面总结，是参加2002年以来深部找矿工作全体工程技术专家和技术管理专家共同努力的结果。

研究课题于2007年由山东省地质矿产勘查开发局下达（鲁地字〔2007〕25号文），下达课题名称是“山东省龙莱成矿带深部金矿成矿规律和成矿模式研究”。2007年初课题组编制完成了项目工作设计，开始了深部金矿的找矿、勘查和研究工作，并同步开展了莱州焦家矿区深部、莱州马塘矿区深部和招远东风矿区深部找矿和勘查工作。项目研究过程中，不断有新的发现，深部金矿找矿的范围不断扩大。因此，决定将研究范围扩大到胶西北矿集区，包括胶西北三条主要成矿带——三山岛金矿带、焦家金矿带和招平金矿带分布的范围，课题名称更改为“山东省胶西北金矿集中区深部大型—超大型找矿和成矿模式研究”。在参与课题的全体人员的共同努力下，于2009年完成成果报告，并通过了专家评审。

研究课题由宋明春、崔书学、伊丕厚、徐军祥为主完成。参与课题研究和相关勘查工作的工程技术人员共计92人。直接参与课题研究人员的具体分工为：宋明春为项目负责人，全面负责项目的技术业务，具体负责成矿地质背景研究，成矿规律和成矿模式研究，稳定同位素研究，岩石地球化学研究，深部金矿蚀变特征、矿石特征与成矿作用研究，地

球化学勘查方法研究；崔书学为项目副负责人，负责资料收集、浅部金矿成矿规律研究，并统一部署寺庄金矿区、焦家金矿区和马塘金矿区深部勘查工作；伊丕厚负责组织协调工作和深部找矿技术路线研究；徐军祥负责深部找矿勘查技术方法研究；袁文花负责计算机数据处理、图件编制、台上金矿深部矿床研究；姜洪利、周明岭、高书剑负责寺庄金矿区、焦家金矿区和马塘金矿区深部金矿床研究，并负责三个矿区深部勘查的具体技术工作；张丕建负责东风矿区深部金矿床研究，并负责东风矿区深部金矿的勘查工作；王化江负责深、浅部金矿对比研究，焦家金矿带深部金矿定位预测研究；温桂军负责胶西北金矿资源总量预测研究；万国普、曹春国和王玉敏负责地球物理研究；沈昆负责流体包裹体研究；孙丙伦负责深孔钻探技术研究；李世勇参与了岩石地球化学研究。孟庆宝、焦秀美参加了项目的部分工作。各负责人分别编制了本书的相应章节，最后由宋明春统稿。

杨之利、姜洪利、柳贡海、林永成、孙瑞刚、刘乐军、齐立平、宋国正、高飞、袁文花、孟范宁、陈卫东、温桂军、徐韶辉、林京广、王学增、朱光耀、战洪雷、魏绪峰等同志完成了《山东省寺庄金矿床深部详查报告》，周明岭、姜洪利、崔书学、孙瑞刚、鲍中义、迟义宾、林永成、柳贡海、荆永渠、袁文花、孟范宁、高书剑、宋明忠、陈卫东、王敬、杨之利、宋国正、魏绪峰、温桂军、高飞、王学增、张腾、李山、刘乐军、温建贵、徐韶辉、林京广、王永庆、霍光、战洪雷、张淑军、毕明光、谭建刚等同志完成了《山东省莱州市焦家金矿床深部详查报告》，高书剑、姜洪利、崔书学、孙瑞刚、魏绪峰、王永国、林永成、迟义宾、王敬、李山、柳贡海、霍光、温建贵、荆永渠、宋国正、宋明忠、鲍中义、孟范宁、刘国栋、王京楼、温桂军、张腾、谭建刚、钮涛、陈卫东、刘乐军、张淑军、解英芳、毕明光、高飞、孙月峰、隋晓玲、王学增、朱光耀、战洪雷、林京广、杨志杰等同志完成了《山东省莱州市朱郭李家矿区金矿详查报告》（朱郭李家矿区即本书所称马塘金矿床深部矿区），姜洪利、袁文花、孙忠全、于乐观、杨正东、王永国、杨之利、曹孟起等同志完成了《山东省招远市台上金矿床深部普查报告》，张丕建、罗忠明、贾彬、李芝荣、于志臣、杨国福、王成、王海波、胡培强、丁正江、孙德新、张杰、张英传、隋敬、李信敏、孔玉柱、陈青、段润材、刘雪芬、吕静、刘莉莎等同志完成了《山东省玲珑金矿田东风矿床 171 号脉金矿详查报告》，石玉臣、常乃焕、李爱民、黄太岭、季顺乐、刘长春等同志完成了《山东省焦家成矿带深部大比例尺成矿预测研究报告》，温桂军、周明岭、徐韶辉、迟义宾、荆永渠、袁文花、魏绪峰、高书剑、于舰慧、王和立等同志完成了《山东省胶西北金矿资源潜力调查及深部远景预测研究报告》，曹春国、贺春艳、王阳、王玉敏、于义文、张超、孙立业等同志完成了《山东省焦家断裂带深部金矿找矿方法实验研究报告》。

山东省地矿局郑金兰局长、山东省第六地质矿产勘查院王其鸿院长等给予研究课题大力支持，山东省矿产勘查研究资深专家艾先森、李宏骥、魏新华、苏守德、郝万祥、李士先等同志对研究课题进行了技术指导，中国地质科学院杨天南研究员、王永磊博士协助处理了部分实验测试样品，新疆地矿局物化探计算中心李万忠高级工程师、山东省地质调查院战金成高级工程师协助处理了地球化学数据。书中除引用了文中已注明的公开出版的论文、专著外，还引用了大量前人在胶西北地区完成的区域地质调查、矿产勘查、矿山探采、地质专题研究资料，后者由于未公开出版，没有列入本书的参考文献。在此，对给本书和研究课题提供帮助的所有同志和本书引用资料的作者一并表示谢意！

第二章 胶西北成矿地质背景

第一节 胶西北大地构造位置

一、山东省大地构造分区

山东省位于中国大陆东部,其地质构造格架是早前寒武纪陆块拼贴、新元古代—三叠纪海陆“开”、“合”,与侏罗纪以来现代板块活动的综合结果。一定地域内,不同时期板块构造运动所形成的构造单元之间往往相互干涉或先后叠置。有时后期构造单元叠合在前期构造单元之上,形成构造单元包容关系,构成次级构造单元;有时后期构造单元改造或叠加在几个前期构造单元之上,形成构造单元交叉或干涉关系。因此,山东省大地构造单元可划分为基底构造单元和上叠构造单元两部分,前者以前寒武纪基底为基础进行构造单元划分,后者以古生代—新生代地质构造为基础进行构造单元划分。

山东省大地构造一级分区属中朝陆块和中央造山区(表2-1),前者也常称为华北板块、中朝板块、华北克拉通和塔里木-华北板块等,后者也常称为秦岭-大别造山带、秦祁昆造山带或造山系;基底构造单元与上叠构造单元的二级以下分区分别划分,基底构造单元二级分区包括三个微陆块(也可称为微板块)和一条碰撞造山带(岩浆弧带);基底构造单元三级分区包括7个,为早前寒武纪形成的构造单元;基底构造单元四级分区包括8个,为中-新元古代形成的构造单元;上叠构造单元二级分区分别按照古生代和中生代以来地质构造背景划分为4个和2个,后者叠置于前者之上,华北板块被动大陆边缘上的古生代沉积盖层已全部被剥蚀,大别苏鲁裂谷在山东地区尚未发现洋壳残留,估计已完全俯冲消失或被构造剥蚀,现在保留大规模造山带根部花岗质片麻岩系;上叠构造单元三级分区按照主要的中生代隆起(折返带)和盆地(拗陷、裂谷)分为9个,与上一级构造单元有交叉或横跨现象;上叠构造单元四级、五级分区也是中生代的隆、凹构造,叠加在上一级构造单元之上或被上一级构造单元所包容或被晚期构造单元所覆盖(兼并),被晚期构造单元覆盖的隆、凹构造称为潜凸或潜凹,四级构造单元有20个,五级构造单元包括76个。

二、胶西北及邻区构造单元主要组成特征

胶西北地理位置处于鲁东(胶东)西北部,基底构造单元属中朝陆块胶辽微陆块胶北地块,胶辽微陆块是与渤鲁微陆块、苏鲁碰撞造山带并列的基底三个二级构造单元之一;上叠构造单元属滨太平洋岩浆活动带(鲁东被动大陆边缘)胶北隆起,其东与鲁东折返带威海隆起为邻,南与胶莱盆地相接,西与鲁西地块并置(图2-1)。

表 2-1 山东省大地构造单元划分一览表

I	基底构造单元			上叠构造单元						
	II	III	IV	II	III	IV	V			
中朝陆块 (华北板块)	1		2	华北板块陆表海盆地	渤海湾盆地	3	临清潜陷	高唐潜凸, 德州潜凹, 东明潜凹, 莘县潜凹, 老城潜凸		
	渤鲁微陆块	做徕山岩浆活动带	鲁西地块			滨太平洋前陆拗陷带	鲁中隆起		埕子-宁津潜隆	宁津潜凸, 埕子口潜凸, 长官潜凹, 无棣潜凸
									沾化-车镇潜陷	车镇潜凹, 义和庄潜凸, 沾化潜凹, 孤岛潜凸, 陈家庄-青驼子潜凸, 滨城潜凸
									东营潜陷	东营潜凹, 广饶潜凸, 双河潜凸, 博兴潜凹, 牛头潜凹, 寿光潜凸
		惠民潜陷			高青潜凸, 惠民潜凹, 王判潜凸, 临邑潜凹					
	泰山花岗岩绿岩带	泰山花岗绿岩带	5		6	7	蒙阴盆地群	泰山-沂山隆起	东阿-齐河潜凸, 邹平-周村凹陷, 泰山凸起, 鲁山凸起, 沂山凸起, 昌乐凹陷	
									新甫山隆起	布山凸起, 新甫山凸起, 孟良崮凸起, 马牧池穹断
									东平-蒙山隆起	东平凸起, 蒙山凸起
		尼山隆起						尼山凸起, 临沂穹断		
	胶辽微陆块	胶东裂陷盆地	8		9	10	济宁拗陷	枣庄隆褶带	枣庄凹陷, 峰城凸起, 韩庄凹陷, 河头集断褶带	
									肥城-沂源盆地	肥城凹陷, 泰莱凹陷, 沂源凹陷
									汶口-蒙阴盆地	大汶口凹陷, 汶东(新泰)凹陷, 蒙阴凹陷
		泗水-平邑盆地						泗水凹陷, 平邑凹陷		
	中央造山区	苏鲁碰撞造山带	11		12、13	14	15	汶上-宁阳潜凹, 菏泽潜凸, 巨野-成武潜凹, 嘉祥潜凸, 济宁潜凹, 兖州潜凸, 鱼台潜凹, 青岛集潜凸, 滕州潜凹		
								沂沭裂谷	潍坊潜陷	下营潜凸, 昌邑潜凹, 寒亭潜凸
				马站-苏村地堑						
				郯城断陷						
			赭丹山地垒							
			安丘-莒县地堑							
			胶北隆起	胶北凸起, 龙口凹陷, 臧家庄凹陷						
	胶莱盆地	海阳凹陷, 莱阳凹陷, 大野头凸起, 平度-夏格庄凹陷, 李党家-马山凸起, 高密-胶州凹陷, 柴沟凸起, 诸城凹陷, 五莲凸起								
		威海隆起	俚岛凹陷							
		胶南隆起	中楼凹陷, 莒南凹陷, 临沭凹陷							

注: 1—迁淮微陆块; 2—德州地块; 3—濮阳拗陷; 4—济阳拗陷; 5—济宁中元古代裂陷盆地; 6—沂沭前陆盆地; 7—沂水陆核; 8—栖霞花岗岩-绿岩带; 9—唐家庄陆核; 10—鲁东被动大陆边缘; 11—蓬莱震旦纪后继盆地; 12—威海-日照岩浆活动带; 13—石桥震旦纪上叠盆地; 14—鲁东折返带(超高压带); 15—苏北折返带(高压带)。

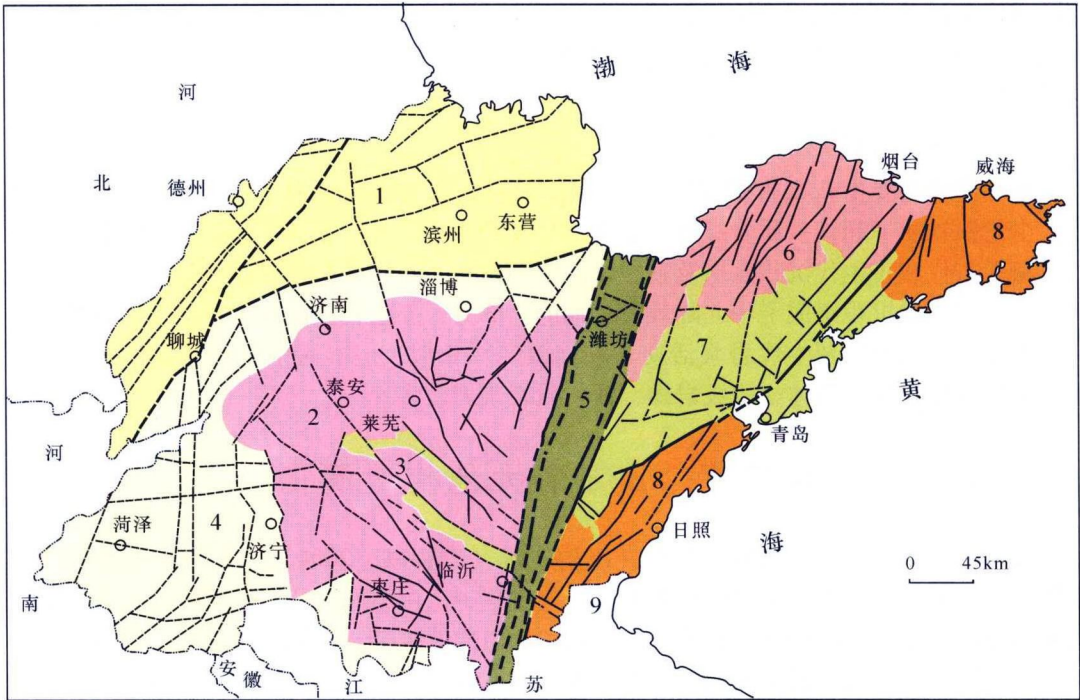


图 2-1 山东省中生代大地构造单元

滨太平洋前陆拗陷带（渤海微陆块）：1—渤海湾盆地，2—鲁中隆起，3—蒙阴盆地群，4—济宁拗陷；滨太平洋构造岩浆活动带（6、7—胶辽微陆块，8—苏鲁碰撞造山带）：5—沂沭裂谷，6—胶北隆起，7—胶莱盆地，8—鲁东折返带（超高压带），9—苏北折返带（高压带）

（一）胶辽微陆块（山东部分）

基底主要由新太古代 TTG 岩系和古元古代以高铝片岩、大理岩、含石墨变粒岩为代表的类孔兹岩组合组成，少量中太古代和新太古代高级变质火山-沉积岩，中太古代、新太古代和古元古代基性-超基性岩组合，及古元古代花岗岩。TTG 岩系沿栖霞桃村—莱西日庄一带分布，构成胶辽微陆块（山东部分）的核心，古元古代地层大致环绕这一古陆核分布。分布于胶北地块北部的震旦纪地层构成了胶辽微陆块最早的沉积盖层。胶辽微陆块分布最广泛的沉积盖层是白垩纪陆相火山-沉积岩系，它们主要分布于胶莱盆地中。

中生代胶辽微陆块发生了大规模岩浆活动，从晚三叠世至白垩纪形成了大量花岗质侵入岩类，白垩纪出现中基性火山岩，新生代有玄武岩喷发。

（二）苏鲁碰撞造山带

苏鲁碰撞造山带根据地理位置可划分为三段：北段指胶东东部，即墨—牟平以东地区，称为威海隆起；中段指胶东南部胶南—日照—莒南—东海地区，称为胶南隆起；南段在苏北的连云港—灌云—清江一带，称为海州隆起。按照地质构造特征的差异，苏鲁碰撞造山带可分为南北两部分：北带（北苏鲁造山带）包括威海隆起和胶南隆起，基底岩系主要由新元古代花岗质片麻岩-片麻状花岗岩类、元古宙基性-超基性岩片及新太古代—古元古代表壳岩组合组成，韧性变形构造复杂，榴辉岩广泛发育；南带（南苏鲁造山带）

即海州隆起，基底岩系主要由经受了高压变质的中新元古代浅变质火山沉积岩系组成，变形相对较弱。沉积盖层由少量震旦纪地层和白垩纪地层组成。中新生代的岩浆活动特点与胶辽微陆块相同。

（三）渤鲁微陆块

基底岩系主要由新太古代 TTG 岩系和新太古代末—古元古代初 GMS 花岗岩组合组成，少量镁铁质—超镁铁质岩组合，中太古代和新太古代地层在其中呈零星的包体存在。

新元古代和古生代沉积盖层及新生代凹陷的发育是本区区别于其他构造单元的主要特征之一。古生代沉积组成了华北陆表海盆地的一部分，新生代凹陷构成了渤海湾盆地。

中生代沉积及中新代岩浆活动与胶辽微陆块相似，但本区中生代岩浆活动规模较小，多形成高位深成岩体或浅成岩体，镁铁质岩浆岩较多。

第二节 山东省大地构造演化

山东陆块位于中国大陆地壳 8 个一级构造区（李锦轶，2004）中的中朝陆块的东南缘和中央造山区的东端，是在长期的地质演化过程中，由不同时代、不同性质、不同构造层次的地质块体互相拼贴组合而成的。山东省地质构造复杂、演化历史漫长，出现了一些在中国大陆上具有代表意义的地质现象：既有太古宙的稳定古老陆块，又有现代仍在活动的断裂构造带；既有古元古代活动带，又有大范围出露的超高压变质带；既有华北克拉通稳定的古生代陆表海沉积，又有中国东部岩石圈减薄形成的中生代盆岭构造、大规模岩浆活动、构造体制转折、大规模成矿作用等。这些地质现象，不仅记录了微陆块型古板块演化旋回的完整历史，也叠加了古亚洲构造域的扬子板块与华北板块挤压拼接和滨太平洋构造域的太平洋板块向欧亚板块俯冲两种动力学背景。多重地球动力学背景，导致了山东省大地构造演化的复杂历程。按照山东省不同时代地质构造特点，结合板块演化的地球动力学背景及中国构造演化阶段划分方案，将其演化过程划分为早前寒武纪、中新元古代、古生代和中新代 4 个阶段。

一、早前寒武纪——不成熟陆壳向成熟陆壳转化和陆块碰撞拼合阶段

山东省早前寒武纪基底属华北克拉通基底的组成部分，由胶辽微陆块、渤鲁微陆块和迁淮微陆块三部分组成。地壳演化的主要特点是，由不成熟陆壳向成熟陆壳转化及各微陆块之间（包括与华北克拉通其他微陆块之间）的碰撞拼合，基底固结并逐渐克拉通化。

中太古代时（ $>2.8\text{Ga}$ ），山东存在沂水和唐家庄 2 个古陆核。地壳初始发展阶段，原始地壳拉张，形成沂水岩群和唐家庄岩群火山沉积岩，其中有较多的富集大离子亲石元素的富铁拉斑玄武岩质基性火山岩，指示当时的大地构造环境类似于现代岛弧环境。中太古代末发生弧-弧或弧-陆碰撞，形成 T_1T_2 型钠质花岗岩，从而在本区形成一个非均匀的古老基底地壳，表现为不成熟的过渡型地壳，大地构造环境转化为大陆边缘环境。

新太古代是重要的地壳增生期。新太古代初期（ $2.8\sim 2.7\text{Ga}$ ）地壳拉张减薄，地幔物质上涌，形成科马提岩和枕状玄武岩，使地壳横向增生。泰山岩群底部的超镁铁质岩属于低钛的橄榄质科马提岩，镁铁质岩属于富铁拉斑玄武岩，泰山岩群下部保留的完好的具鬃刺构造的科马提岩和广泛的具枕状构造的玄武岩，指示新太古代初鲁西地区处于与地幔

柱相关的大洋高原构造环境。新太古代中后期 (2.7 ~ 2.56 Ga), 随着洋盆消减, 发生大规模 (部分) 熔融作用, 大量 TTG 花岗岩类侵位, 使地壳大幅度垂向增生。新太古代中期, 出现洋内岛弧, 形成山东境内最早期的 TTG 花岗岩系——蒙山片麻岩套和栖霞片麻岩套。新太古代晚期, 转化为大陆化岛弧, 在泰山地区形成第二期 TTG 花岗岩系 (峰山花岗岩)。新太古代晚期的泰山岩群中上部岩石组合和胶东群也均显示了岛弧环境特点。说明新太古代经历了由大洋向岛弧的演化过程。新太古代末发生了强烈的变质变形作用, 形成了高角闪岩相变质的基底岩系——花岗-绿岩地体, 完成了山东陆块基底第一次克拉通化。

TTG 质花岗岩是新太古代分布最为广泛的基底变质岩系, 其形成和演化与太古宙构造环境的演化密切相关。山东新太古代 TTG 质花岗岩均为 $T_1T_2G_1$ 组合, 但鲁西第二期 TTG 花岗岩系 G_1 更加发育, 且古元古代早期演化出大面积的二长花岗岩组合 (G_2 , 傲徕山花岗岩), 指示新太古代早期为初始的不成熟陆壳组成, 新太古代晚期开始向成熟陆壳转化, 为半成熟陆壳组成。鲁西两期 TTG 岩系显示了从不成熟洋内岛弧向半成熟的大陆化岛弧转化的特点, 代表了从初始的玄武质地壳转化为半成熟的大陆化地壳的演化过程。

古元古代时, 鲁西地区与鲁东地区地质组成明显不同, 前者以花岗岩类侵入体为主, 后者以地层为主, 两者形成的构造背景和演化过程也不相同。

鲁西古元古代的主要特点是发育了大量代表活动构造环境的大陆边缘花岗岩。古元古代初期 (2.56 ~ 2.4 Ga), 鲁西岛弧与西侧陆块发生拼贴、碰撞, 太古宙基底褶皱变形, 大量同碰撞陆壳重熔型花岗岩侵位, 为 G_1G_2 型花岗岩类 (傲徕山花岗岩、红门闪长岩), 代表成熟陆壳形成。稍后 (2.4 ~ 2.1 Ga), 具 A_2 型花岗岩特点的四海山花岗岩出现于造山期后环境, 岩浆沿地壳张裂带侵位。陆块碰撞后的剪切作用和旋转运动, 产生大量韧性剪切变形带。古元古代鲁西陆壳经历了一个碰撞挤压—伸展裂解的演化过程, 完成了山东陆块基底第二次克拉通化。

鲁东古元古代的主要特点是发育了一套半稳定—较稳定构造环境下的滨、浅海相沉积建造。古元古代初期, 由于西侧弧-陆碰撞, 鲁东地区出现裂谷盆地。盆地边部构造活动较活跃, 形成了含较多火山物质的粉子山群底部沉积岩系; 盆地内大部分地区处于半稳定—稳定环境, 形成长英质细碎屑岩和粘土质风化产物及钙镁质碳酸盐化学沉积三者的混杂沉积建造。古元古代晚期 (2.1 ~ 1.9 Ga), 鲁东裂谷盆地闭合, 古元古代地层发生强烈变形, 发生大量褶皱和韧性剪切变形构造, 形成褶皱造山带。至此, 始于新太古代的强烈的碰撞造山作用完全结束。

二、中-新元古代——大陆裂解与聚合阶段

中-新元古代时, 山东陆块北 (鲁西和鲁东北地区) 属华北克拉通、南 (鲁东南地区) 为大别-苏鲁造山带, 地壳经历了与罗迪尼亚超大陆演化有联系的裂解与聚合过程。

中元古代时, 山东陆块出现两次裂解事件, 第一次裂解事件发生于中元古代初期 (1.84 ~ 1.72 Ga), 主要标志是济宁裂谷和鲁西第一期基性岩墙群的形成, 基性岩墙与济宁岩群中的酸性火山岩显示了双峰式岩浆岩特点; 第二次裂解事件发生于中元古代晚期 (1.20 ~ 1.05 Ga), 主要标志是海阳所幔源岩浆杂岩和鲁西第二期基性岩墙群的形成。济宁岩群是一套形成于活动大陆边缘环境的浅变质火山-沉积建造; 鲁西基性岩墙属亚碱性