

胶东三山岛断裂带 金成矿系统与资源勘查

邓 军 陈玉民 刘 钦 杨立强 等著

地质出版社

胶东三山岛断裂带 金成矿系统与资源勘查

邓 军	陈玉民	刘 钦	杨立强	侯成桥
王君亭	禹 斌	吕古贤	毕洪涛	孙宗锋
王树海	丁岳祥	李 惠	袁万明	孙之夫
修国林	王 成	齐兆军	王善飞	李 威
李 文	郭春影	郭 彬	李思玲	原冬成

著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书针对胶东三山岛断裂带金矿控矿规律和隐伏矿体成矿特征,运用矿床学的新理论、新方法,开展系统研究与勘查实践,厘定了成矿系统的区域构造-岩浆环境,剖析了金矿床的成因和成矿规律,查明了金成矿作用的地质-地球化学特征、动力学过程及矿化网络时空结构。在此基础上,进行了卓有成效的成矿预测,经工程验证,扩大了矿床规模,提高了储量级别,为指导区域找矿提供了科学依据。

本书资料丰富,是一项多学科融合、理论与实际紧密结合的创新性成果。对破碎带蚀变岩型-石英脉型金矿成矿动力学理论研究起到了先导作用,对解决深部隐伏矿床预测和新区找矿勘查具有重要启示意义,对产、学、研部门的广大地质工作者和大专院校学生均有重要参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

胶东三山岛断裂带金成矿系统与资源勘查/邓军等
著. —北京:地质出版社,2010.10
ISBN 987-7-116-06950-3

I. ①胶… II. ①邓… III. ①金矿床—成矿规律—山东省②金矿床—资源勘查—山东省 IV. ①P618.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 206947 号

JIAODONG SANSHANDAO DUANLIEDAI JINCHENKUANG XITONG YU ZIYUAN KANCHA

责任编辑:陈 磊 祁向雷

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:889mm×1194mm ¹/₁₆

印 张:24

字 数:740 千字

版 次:2010 年 10 月第 1 版

印 次:2010 年 10 月第 1 次印刷

定 价:120.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-06950-3

ISBN 978-7-116-06950-3



(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)

绪 论

一、项目研究概述

胶东地区以约 0.2% 的国土面积拥有中国约 25% 的黄金储量和产量,是中国最重要的金矿集中区,并以玲珑-焦家式金矿享誉全球。该地区金矿受区域北东向断裂构造控制明显,大型-超大型金矿均分布在大的区域断裂带上,显示区域规模的构造带控制大型-超大型金矿产出的规律。三山岛断裂带、焦家断裂带和招平断裂带是其重要成矿带,其地质条件优越,成矿条件良好,其内现已探明金矿储量约占整个胶东地区金矿储量的 86%。其中,三山岛断裂带内现已发现 3 个大型金矿床:三山岛金矿、仓上金矿和新立金矿。

三山岛金矿是“焦家式”蚀变岩型金矿得以确定的矿床(李士先等,1981),由山东省地质局 807 队于 20 世纪 60 年代中期发现,80 年代建矿投产,1990 年达到 1500t/d 的生产规模。但是,随着勘探工作的逐步展开,金矿深部地质情况发生了变化,下部出现脉状硫化物矿体,主要蚀变岩矿体的矿化特征也发生了变化,使得人们对其矿床成因及远景有了不同的认识,详细进行矿床地质研究和深部矿体定位预测成为当务之急。同时,经过几十年的开采,三山岛金矿保有储量进入资源危机阶段,面对日益扩大的生产需要,探矿增储工作迫在眉睫。

仓上金矿由山东地质矿产局第六地质队于 1984 年发现(张韞璞等,1996)。矿山于 1985 年筹建,1988 年建成日处理矿石 100t 的选厂,年产金 156kg。1990 年建成日处理矿石 450t 的选厂,年产金 625kg,并转入露天开采。至 1993 年,生产规模扩大到 1900t/d,年产金 1875kg,成为全国最大的露天金矿(其露天采剥工程长 850m,宽 390m,设计采矿深度-166m)。经过多年的开采,仓上金矿基本储量已经采完,急需寻找接替资源。

新立金矿由莱州市地质矿产勘查院于 20 世纪 90 年代末发现,从矿点发现到矿床普查评价,历经 30 余年(孙宗锋等,1999;王君亭等,2005)。新立金矿的发现和评价,对三山岛断裂带控矿构造问题提出了新的认识,断裂带金矿山深部外围的进一步地质研究和勘查找矿工作急需实施。

但是,三山岛断裂带仅局部出露地表,大部分被第四系覆盖(包括大面积的海产养殖场、水体及居民区),以往工作多为针对矿床的单一学科研究,开展断裂带地、物、化、遥综合研究和建立成矿模式及预测模型较少,断裂带的矿产分布富集规律研究比较薄弱。多种不利的自然条件,给研究和勘查工作带来了种种困难与挑战。迄今为止,对本区基本控矿构造的空间结构和金矿分布富集的规律尚不十分清楚,进一步的找矿方向及资源潜力仍然存在不同认识。如何进一步查明三山岛断裂带金矿化富集规律,评价矿床深、边部及外围资源前景,确定重点突破方向和新的矿化富集地段,扩大找矿空间,是研究和勘查工作面临的突出课题。

为了做到有的放矢,提高对成矿规律的认识,搞好成矿预测,山东黄金集团有限公司将“三山岛-仓上成矿带综合地质研究与成矿预测”列为重点科研项目,经过多方协商,邀请翟裕生院士为科学顾问和学术指导,以山东黄金集团有限公司、中国地质大学(北京)、中国冶金地质总局地球物理勘查院物探中心和中国地质科学院地质力学研究所等单位组成研究队伍,共同完成项目的研究工作。项目设置 4 个课题:课题 1 构造岩相研究及深部外围成矿预测;课题 2 构造叠加晕研究及成矿预测;课题 3 成矿动力学与成因-勘查模型;课题 4 多元信息集成及成矿预测。通过多课题联合科学研究攻关,重点对三山岛、仓上、新立 3 个矿山深部控矿规律开展研究,以及三山岛至芙蓉岛金矿带进行成矿预测和靶区定位。

与此同时,项目组承担的国家自然科学基金项目:构造体制转换与流体多层循环成矿动力学(编号:40172036)、胶东中生代构造体制叠接与复合成矿系统的形成演化(编号:40572063)、胶东矿集区中生代金成矿系统形成的深部过程制约(编号:40672064)、胶东金矿中生代构造-成矿热事件时空格架(编号:40872068)和胶西北矿集区蚀变岩型金矿资源潜力评价分形方法研究(编号:40872194),利用新理论和新方法对胶东矿集区进行了大量基础研究,深入探讨了成矿系统及其动力学,获得了大量区域金矿成矿作用的新信息,为项目的研究奠定了坚实基础。

二、研究思路与主要进展

研究工作充分考虑三山岛构造成矿带控矿规律和隐伏矿体成矿特征,采用新理论和新方法,围绕拟解决的关键问题开展系统研究。研究工作实施过程中,充分发挥产学研联合攻关的优势,在成矿理论研究中不懈探索,在技术方法上大胆创新,在成矿预测、找矿方法、成矿远景和找矿方向上提出了有前瞻性、针对性的找矿对策,并及时将研究成果用于矿山探矿工作,同时也检验并提高科研工作质量。根据预测成果,制定金矿带深部探矿工程施工方案,为矿山深、边部及外围找矿和增储提供了科学依据,有效解决了矿区地质勘查面临的主要问题,取得了成矿学理论与新一轮找矿勘查工作的双重效益。

(1) 查明了三山岛金矿带形成的构造动力学环境及其壳幔岩浆成矿制约。研究表明,晚侏罗世一早白垩世,区域构造演化经历了挤压向伸展的转换,构造环境由以俯冲为主的构造环境转为板内走滑-拉张环境,导致大规模岩浆侵入-喷发活动和成矿作用发生,且其时代从西向东越来越新。

(2) 查明了三山岛断裂带的地质构造演化历史及其控矿特征。研究表明断裂带由一系列近平行的 NE-NEE 向主干断裂构成,断裂构造总体产状多变、多组交汇,NEE 向断裂切割 NE-NNE 向断裂,形成菱形断裂系,控制了金矿床的发育。金矿带的形成演化是长时间、多期次地质作用的结果,区域构造体制转换是断裂带大规模成矿作用发生的动力学背景。区域构造应力场成矿期为 NE-SW 向挤压,成矿后为 NW-SE 向挤压。成矿期 NEE 向控矿构造以张性为主,形成矿体延长大于延深;而 NE 向控矿构造以张剪性为主,矿体延深大于延长;而且 NE-NEE 向断裂构造控制的矿体发育程度好于 NNE 向断裂构造控制的矿体。指出 NW 构造的导矿作用表现为区域规模、多期活动、产状多变,其现今主要为陡倾张扭性正断层。

(3) 三山岛断裂带不同矿床成矿存在差异,显微构造以及断裂带不同部位断层泥厚度、粒度和成分研究都表明,断裂带不同地段具有不同的变形特征,断裂带内构造变形和流体活动强烈耦合与反馈,共同制约着断裂带矿化类型和矿化分布,其分区段、分时段的活动差异性导致控矿型式的多样性,是金矿分段赋存的重要原因之一,成矿作用发生在应力松弛阶段。

(4) 分形统计学研究发现,断裂带构造-蚀变网络具分形生长特征。运用变形分解和反应弱化的理论与方法,初步阐明了三山岛断裂带构造-蚀变分带机理,指出构造分带与蚀变叠加是相辅相成的两大地质过程。

(5) 厘定出金矿带多期构造活动与成矿作用的相互关系,指出研究区存在 3 期构造-成矿热事件,构建了成矿动力学模型。早期金矿化发生于区域控矿断裂带的韧性变形期,与燕山早期玲珑型花岗岩和滦家河型花岗岩的侵位同期(160~135Ma)。这期成矿流体为高富 CO_2 、富 K^+ 系列,但是并没有形成大量碳酸岩脉,主要造成断裂带内破碎花岗质岩石形成不同程度的钾质交代作用。金矿化主要沿糜棱面理发育,含金细粒黄铁矿呈浸染状分布在破碎蚀变岩中,受控于 Ss-Sc 构造面理,矿体产状平缓,以黄铁矿化为特征。金成矿作用主期明显集中于燕山中期(130~110Ma)控矿断裂带的韧-脆性变形转换期,区域 NEE 向矿脉和岩脉发育,它构成矿集区金矿的主体。晚期(含金)银矿化发生于区域控矿断裂带的脆性变形期的拉张构造环境,与燕山晚期青山组火山-侵入岩系形成同步(90~80Ma)。这一期成矿流体中铁离子含量较多,并且与 CO_2 在高温阶段形成共生的石英-菱铁矿-黄铁矿脉、石英-菱铁矿-多金属硫化物脉。金成矿表现为 Au-Ag 成矿, Au-Ag-Pb-Zn 多金属硫化物成矿作用也发生于这一时期。该期形成的多金属硫化物-石英脉产状较陡。

(6) 通过研究金矿带成矿流体地质地球化学与水热蚀变反应动力学,明确了多期水热蚀变矿化事件叠加导致大矿、富矿形成,成矿早期流体的少量沸腾作用及之后不同性质流体的混合叠加是矿带金、银多金属沉淀成矿的最主要因素之一。

(7) 针对矿区勘查现状,开展了金矿带的矿化网络结构、叠加成矿作用动力学的系统研究,构建了金矿勘查系统模型,进行了生产矿山深边部和覆盖区隐伏矿床/体成矿预测研究,圈定了有利成矿地段,预测资源量约 300t。

(8) 针对有利成矿地段,开展了相应的重点地段深部隐伏矿体定位预测工作,圈定找矿靶区。其中,三山岛金矿床圈定靶区 4 处,新立金矿床圈定靶区 2 处,仓上金矿主矿体深部圈定靶区 6 处、3 号断裂蚀变带圈定靶区 1 处,预测资源量约 150t。

(9) 通过对提交的预测靶区进行工程验证,取得了显著的地质找矿效果,最深验证钻孔 2060m (最深见矿深度—1859m,平均品位 5.48×10^{-6} ,水平厚度 1.24m),在金矿带深边部经工程共探明资源/储量为矿石量 42453684.91t,金金属量 116024.11kg,平均品位 2.73×10^{-6} ,其中探获目前工业可利用的金资源量 (111b+122b+332+333) 矿石量 40833394.86t,金金属量 111480.6kg,平均品位 2.73×10^{-6} (国土资储备字 [2003] 20 号、鲁资金备字 [2005] 1 号、国土资储备字 [2008] 6 号和鲁资金备字 [2008] 04 号文等确认),取得了丰富的理论认识和找矿成果,实现了成矿理论和找矿勘查突破的预期目标。

三、关于本书的编写

本书是在项目研究基础上经深化总结的成果,主要由邓军、陈玉民、刘钦、杨立强、侯成桥、王君亭、禹斌、吕古贤、毕洪涛、孙宗锋、王树海、丁岳祥、李惠、袁万明、孙之夫、修国林、王成、齐兆军、王善飞、李威、李文、郭春影、郭彬、李思玲和原冬成执笔,由邓军、陈玉民主持。具体分工如下:绪论,邓军,陈玉民;第一章,邓军,杨立强,刘钦,袁万明,吕古贤;第二章,邓军,杨立强,侯成桥,袁万明,郭春影;第三章,邓军,陈玉民,孙宗锋,毕洪涛,吕古贤;第四章,陈玉民,刘钦,邓军,袁万明,侯成桥,王君亭,王成,王善飞,李威,李文;第五章,杨立强,刘钦,毕洪涛,孙宗锋,郭春影,丁岳祥;第六章,杨立强,邓军,丁岳祥,孙之夫,袁万明;第七章,邓军,王君亭,孙宗锋,王树海,杨立强;第八章,邓军,陈玉民,李惠,禹斌,吕古贤;第九章,刘钦,陈玉民,邓军,王君亭,孙宗锋,侯成桥,李惠,毕洪涛,王树海,丁岳祥,孙之夫,王成,王善飞,李威,李文,禹斌,修国林、齐兆军、郭彬、李思玲和原冬成;结语,邓军。全书最后由邓军统编定稿。

除上述主要章节执笔人外,刘日富、李俊英、申玉科、曲伟勋、杨清泉、蔡小宁、李德亮、郭涛、高帮飞、姚海龙、张瑞忠、司淑云、周国发、于海军、龚庆杰、王庆飞、张静、万丽、方云、王长明、邢学文、李艳、王超凡、郭明华、彭欣、赵凯、郭林楠、张闯、李楠、周雷、王中亮、李建全、韩志伟、吴发富、李颖、马楠、张珂、李龚建和李泽宇等参加了项目的野外和室内工作,他们为项目做出了大量创新性研究成果和重要的学术贡献,并为本书的成果总结提供了坚实的资料基础。因时间匆忙和篇幅限制,许多科研成果未能在本书中充分反映,其中不少理论认识仍有提升空间,不少学术观点仍有商榷之处。

需要特别指出的是,本项研究是在山东黄金集团有限公司、中国地质大学(北京)、中国冶金地质总局地球物理勘查院物探中心和中国地质科学院地质力学研究所等单位领导的指导和帮助下完成的,研究工作还得到国家自然科学基金项目的大力支持。尤其是在野外和室内工作中得到山东黄金集团有限公司、山东黄金矿业股份有限公司、山东黄金地质矿产勘查有限公司和三山岛金矿有关领导、同志的大力支持和帮助。项目实施期间得到裴荣富院士、李廷栋院士、翟裕生院士、滕吉文院士、刘嘉麒院士、吴淦国教授、崔仑研究员、王瑞江研究员、侯增谦研究员、孙岱生教授、张世红教授、刘家军教授、岑况教授、张文淮教授、张德会教授、刘俊来教授等专家的具体指导和帮助。中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈构造演化国家重点实验室、中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室、国家地质实验测试中心、中国地质科学院矿产资源研究所稳定同位素实验室、中国地质科学院地球物理地球化学勘

查研究所国家现代地质勘查工程技术研究中心、中国石油勘探开发研究院石油地质实验研究中心和河北省区域地质调查研究所等单位完成了大量测试工作。书中还引用了大量文献资料。对以上单位和个人，在此一并表示衷心的感谢！

目 录

绪 论

第一章 区域构造演化及中生代成矿构造动力学环境	1
第一节 区域构造格架及构造成矿演化	1
一、区域构造格架	1
二、区域构造成矿演化	4
第二节 中生代多元构造体制与成矿动力学环境	6
一、扬子与华北古陆块碰撞	7
二、郯庐断裂带构造演化	7
三、太平洋板块俯冲作用	13
四、华北东部岩石圈减薄	14
五、构造动力体制转换与联动成矿效应	16
第二章 区域中生代岩浆活动及壳幔交换成矿制约	23
第一节 岩浆活动特征	23
一、时空分布	23
二、岩石学及矿物学特征	26
三、岩石化学特征	28
第二节 岩石地球化学与地球动力学背景	33
一、花岗岩类地球化学与地球动力学背景	33
二、中基性脉岩地球化学与地球动力学背景	38
第三节 岩浆起源与壳幔交换成矿制约	41
一、岩浆起源及演化	41
二、成岩动力学机制及壳幔交换成矿制约	49
第三章 断裂带赋矿岩石建造与控矿构造系统	51
第一节 赋矿岩石建造	52
一、变质建造	52
二、岩浆岩建造	53
第二节 控矿构造系统	60
一、控矿构造空间展布	60
二、成矿构造解析	61
三、构造运动学特征	67
四、断裂岩特征及变形环境	70
五、断层泥成分及粒度分形特征	78
第四章 断裂带金矿床地质特征	83
第一节 含金蚀变带地质特征	83
一、概述	83
二、三山岛金矿床蚀变带地质特征	84
三、新立金矿床蚀变带地质特征	85
四、仓上金矿床蚀变带地质特征	86

第二节 矿体地质特征	87
一、概述	87
二、三山岛金矿床矿体地质特征	87
三、新立金矿床矿体地质特征	87
四、仓上金矿床矿体地质特征	93
第三节 矿石特征	98
一、矿石类型	98
二、矿石结构构造	99
三、矿石组成	100
第四节 矿物学特征	103
一、金银矿物	103
二、金属硫化物	105
三、其他矿物	107
第五节 围岩蚀变地质地球化学特征	109
一、蚀变分带及蚀变岩特征	109
二、围岩蚀变地球化学	110
三、围岩蚀变形成机理	110
第六节 成矿期次划分	111
一、矿脉穿插关系	112
二、矿物包体类型	112
三、多期叠加成矿作用	112
第五章 断裂带金成矿作用地球化学	124
第一节 流体包裹体地球化学	124
一、流体包裹体岩相学	124
二、流体包裹体测温学	130
三、流体盐度和密度	137
四、流体包裹体地质压力计	138
五、流体包裹体激光拉曼探针原位成分分析	138
六、流体包裹体群体成分分析	141
第二节 元素地球化学	142
一、稀土元素	142
二、微量元素	152
第三节 同位素地球化学	162
一、氢氧同位素	162
二、碳氧同位素	164
三、硫同位素	166
四、铅同位素	168
第六章 金成矿系统基本要素与作用过程	169
第一节 成矿物质来源	169
一、成矿物质来源的微量元素证据	169
二、成矿物质来源的同位素证据	171
第二节 成矿流体演化	175
一、温度-盐度演化	175
二、温度-密度演化	176

三、温度-压力演化与成矿深度估算	176
第三节 成矿年代学	178
一、区域成岩成矿时代	178
二、三山岛断裂带成岩成矿年代学	185
第四节 成矿作用过程	187
一、成矿作用发生	187
二、成矿物质迁移和沉淀机理	187
第七章 成矿动力学模拟及成因模式	190
第一节 控矿热-构造应力场数值模拟	190
一、基本原理	191
二、地质模型	192
三、力学参数	192
四、受力方式与边界条件	194
五、单元划分与计算	199
六、模拟过程及结果分析	201
第二节 热-流输运耦合动力学	211
一、数学模型	212
二、地质模型与边界条件	213
三、热力学参数	215
四、模拟结果	216
第三节 流体-岩石化学反应	218
一、计算方法	218
二、计算过程与结果分析	219
三、差异构造-流体活动与成矿效应	226
四、构造-流体耦合成矿动力学	227
第四节 金矿成因动力学模式	234
一、早期金矿化	234
二、主期金成矿作用	235
三、晚期(含金)银矿化	236
第八章 矿化网络结构及勘查模型	238
第一节 成矿系统与勘查系统	238
一、矿产勘查系统	238
二、成矿系统分析与勘查工作思路	238
三、复杂矿化网络与关键找矿信息	241
第二节 金矿床地球物理场特征	242
一、岩矿石地球物理特征	242
二、地球物理场特征	243
三、断裂蚀变带和矿体在物探剖面上的反映	244
第三节 金成矿构造叠加晕时空结构	246
一、构造叠加晕时空结构研究方案	246
二、金矿带成矿地球化学背景	251
三、金矿床成矿元素地球化学特征	252
四、金矿化最佳地球化学标志组合	266
五、金矿化构造叠加晕空间结构	282

六、构造叠加晕模式 311

第四节 多元信息成矿预测模型 312

一、找矿标志 312

二、成矿预测模型构建 313

第九章 成矿预测及工程验证 316

第一节 金矿带成矿预测 316

一、成矿潜力 316

二、成矿地段 318

三、成矿远景区 320

第二节 隐伏金矿体定位预测 322

一、预测标志及靶位圈定方法 322

二、三山岛金矿床 323

三、新立金矿床 325

四、仓上金矿床 327

第三节 探矿工程验证及资源量估算 330

一、三山岛金矿床 330

二、新立金矿床 336

三、仓上金矿床 348

结 语 355

参考文献 361

第一章 区域构造演化及中生代 成矿构造动力学环境

第一节 区域构造格架及构造成矿演化

一、区域构造格架

区域构造主要有 EW 向构造带、NE-NNE 向断裂带及 NW-NNW 向断裂构造 (图 1-1)。

(一) EW 向构造带

EW 向构造带既是燕山运动前的基底构造, 又是燕山运动以来长期活动的构造系统。它于太古宙奠定基础, 新元古代有继承性活动, 中生代活动强烈, 并伴随有岩浆侵入和火山活动, 与金成矿关系密切。

依据地质现象, EW 向构造带主要表现在: ①NE 向断裂构造出现 NEE 向转折, 即复合了近 EW 向基底构造。如招平断裂在玲珑矿田内复合了近 EW 向基底构造, 走向由 NE30°变为 NE70°; ②东西向基底构造并非只表现为褶皱、断裂, 还有近东西向延伸的花岗岩体、胶东群残留体及断陷盆地。如旧店一带的荆山群残留体, 自西上乔一直延伸到葛家, 长约 8km, 宽只有数十米至上百米, 残留体中发育近东西向挤压片理化带, 局部充填有含金黄铁矿石英脉; ③遥感影像表现为线性构造的近东西向展布; ④呈近东西向展布的栖霞复背斜及伴生断裂。

基底构造的主要构造形迹是褶皱及韧性剪切带, 主体构造成分大致以 25~30km 为间距由北向南有规律依次出现: 黄县-蓬莱构造带、三山岛-玲珑-牟平构造带、莱州-栖霞-旺瞳构造带、南墅-莱阳-泽头构造带和平度-莱西-乳山构造带。

其中, 栖霞 EW 向构造带最为发育, 栖霞复背斜经历了长期复杂的演变历史, 总体呈东西向弧形展布, 背斜的主轴西自莱州朱马, 经招远道头, 往东至栖霞唐家泊、牟平鹊山、高陵一带, 褶皱轴面表现了波状弯曲的特点, 总的产状南翼倾向南, 倾角较缓; 北翼倾向北, 倾角较陡。由于后期构造的切割和岩浆侵入活动的破坏, 完整性和连续性受到了影响。复背斜的核部由胶东群组成, 两翼发育有元古宇粉子山群和震旦系蓬莱群, 其分布及构造方向与褶皱轴向大体一致, 轴部为紧密的线型复式褶皱, 向两翼变为一系列开阔的复式褶皱。复背斜两翼广泛发育剪切带构造, 该组剪切带一般长十几千米, 宽 10~300m, 走向近 EW, 倾向南或北, 倾角大于 45°~60°, 显压性-压扭性特征, 控制了区域岩体和金矿的空间分布。

EW 向基底构造与金矿关系密切, 主要表现为如下三个方面: ①金矿主要赋存在 NE 向断裂与近 EW 向基底构造的交会处, NE 向断裂形成时迁就、复合了基底断裂, 在 NE 向断裂与基底构造的交会处, 形成构造的扩容区, 出现应力的梯度带, 使含矿流体容易在此沉淀、聚集、成矿; ②基底构造中的韧性剪切带形成于地壳深处, 成矿时可以作为含金流体的运移通道; ③基底构造在中生代活动时, 充填了近东西向的含金石英脉而直接成矿。显然近 EW 向构造的演化与成矿演化密切联系, 事实上 EW 向构造在中生代的活动也是成矿期构造的重要组成部分。

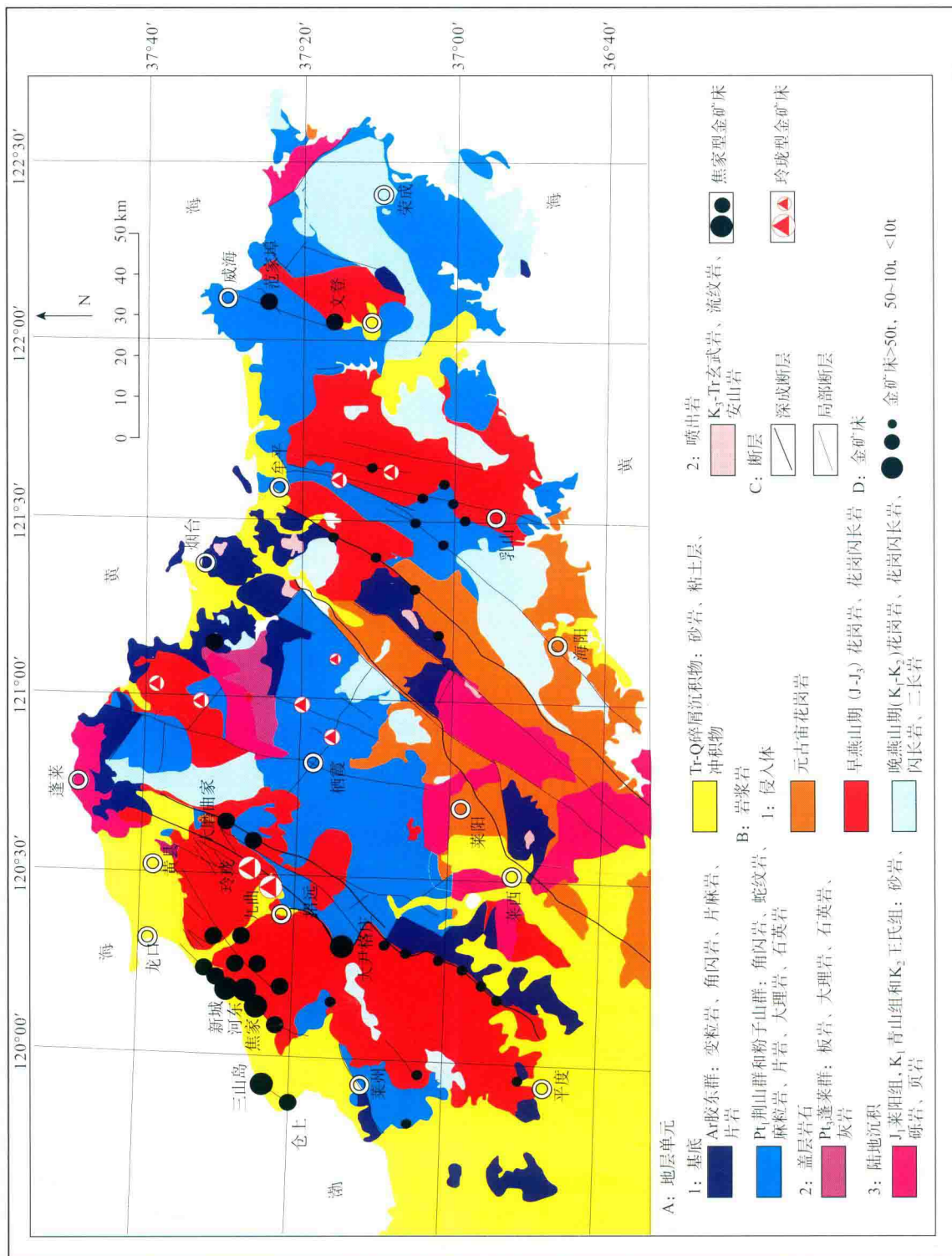


图 1-1 胶东区域构造地质与金矿分布简图

(据 寸垚等, 1992; 胡受聚等, 1997; Deng et al., 2003; Mao et al., 2003; Yang et al., 2005 及本次资料综合)

(二) NE-NNE 向构造带

胶西北的三条主要控矿断裂，由于其在平面上呈曲率较大的“S”形及弧形弯转，因此称之为弧形断裂构造，自西向东为三山岛断裂、焦家断裂和招平断裂。

1. 三山岛断裂

三山岛断裂位于胶东金矿化集中区的西端，仅局部出露地表，大部分被第四系覆盖，北东起自三山岛镇，南西至潘家屋子，两端延入渤海，其南西端入海后在芙蓉岛有出露，与沂沭断裂带关系不明。陆地出露长 12km，宽 50~200m，平面上呈“S”形展布，总体走向 40°，局部走向 70°~80°，倾向南东，倾角 45°~75°。断裂主要沿玲珑超单元二长花岗岩与马连庄超单元变辉长岩的接触带展布，由糜棱岩、碎裂岩和碎裂状岩石组成，有连续而稳定的主裂面，呈舒缓波状，显压扭性特点。断裂控制了三山岛、仓上、新立金矿床。

2. 焦家断裂

焦家断裂南起莱州市城北，由 NE 走向向北逐渐转为 NNE 走向，至黄山馆又呈近 EW 走向，并延至龙口市石良集南，构成一开阔的“S”形。长约 70km，走向 35°~40°之间，倾角为 30°~50°，呈弧形弯曲延伸。断裂带多沿玲珑花岗岩与胶东群地层接触带展布，局部切割玲珑岩体。在招远市辛庄以东控制了黄县盆地的南界，整个断裂带出露宽度不一，最宽处可达 1000m，具有连续稳定的主裂面。矿体主要赋存于主裂面下盘蚀变程度较高的蚀变岩中。著名的焦家、新城等超大型金矿床即赋存在该断裂带中。从断裂构造的力学性质分析，断裂总体上属压剪性。

3. 招平断裂

招平断裂是胶西北“S”形断裂中规模最大的一条，是在基底深大断裂基础上发展起来的一条控矿断裂。断裂南起平度城北，走向近 EW 向，至宋格庄逐渐转弯，向北东延伸，经招远城又转为 NE 东向，延至龙口市颜家沟一带尖灭。断裂全长 120km，宽度 150~200m，断面向南或南东倾斜，倾角 30°~70°。断裂自南往北基本上沿荆山群地层、胶东群地层与玲珑花岗岩的接触带延伸。至招远城以北切割玲珑花岗岩。招平断裂结构面力学性质比较复杂，发育有连续稳定的主裂面，其两侧发育有宽大的构造岩带。在其下盘发育有一系列的次级控矿构造。如破头青断裂下盘的玲珑金矿田内发育一系列次级断裂裂隙构成控矿帚状构造，控制了诸多石英脉型金矿床。招平断裂是长期多次活动的结果，其力学性质比较复杂，但从总体上看，属压剪性为主的左行断裂。控制的矿床有玲珑、台上、大磨曲家、大尹格庄、曹家洼、夏甸、姜家窑、山后等一系列金矿床。

NE 向二级断裂一般长 10~30km，宽 50~100m，走向 45°左右，倾角较陡，一般大于 60°，主裂面比较平直，垂向上切割深度大，所控制矿床多数为中型。矿体赋存于断裂中及其上下盘，矿床矿石类型多为石英脉-蚀变岩混合型，一般上部多为含金石英脉型，下部多为网脉状含金硫化物蚀变岩型。在同一条断裂带上矿床具有等间距分布的规律。如灵北断裂上的石棚金矿床、马鞍山金矿床、北截金矿床、魏家沟金矿床、灵山沟金矿床、黄埠岭金矿床；洼孙家断裂上的洼孙家金矿床、前孙家金矿床、后孙家金矿床及山后冯家金矿床等。

在一、二级成矿断裂之间分布有数十条北东向三级成矿断裂构造，控制了上百个小型金矿床、金矿点的分布。三级成矿断裂一般规模较小，延长数千米，构造带宽 1~10m，倾角陡，一般 70°左右。所形成的矿床、矿点规模较小，矿化不均匀，矿体连续性差，其矿化类型既有石英脉型，又有蚀变岩型及二者的混合类型，品位较高。

NE 向四级断裂是位于三级断裂之间并与其平行、斜交的密集小型断裂和裂隙带，常成群成带分布，延长数十米至数百米，宽几厘米至几米。多形成零星分散的小矿体和小矿脉，走向及倾向上延伸都不大。

(三) NW 和 NNW 向构造带

区内 NW 和 NNW 向断裂数量较少，规模较小，分两种类型：一类是与 NE 向构造共轭的 NW 向断

裂，即共轭“X”形构造，如河西金矿候西矿段、金翅岭金矿原矿区的北西向矿脉，这类NW向断裂在其有利部位可形成金矿体；第二类是形成于NE向断裂之后，切割NE向断裂的NW向断裂，对金矿有轻微的破坏作用，如发育于洼孙家金矿床、山后冯家金矿床内的北西向断裂。

二、区域构造成矿演化

成矿系统的发生和作用过程与区域构造演化、地壳演化的关系密切，金成矿系统动力学环境及构造演化与成矿作用过程相互耦合，胶东金矿集中区成矿作用过程表现出复杂性和多样性（图 1-2，表 1-1）。

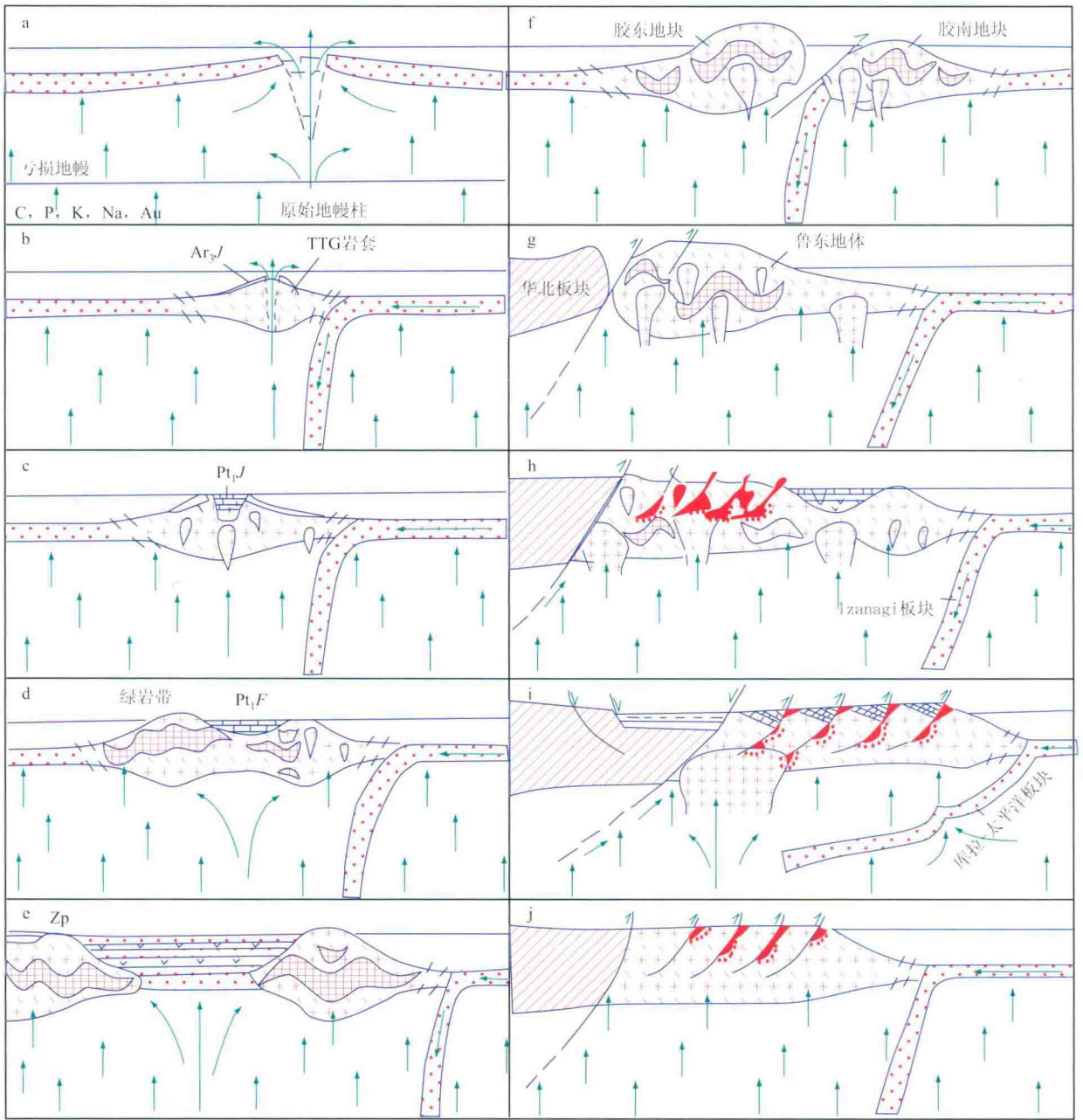


图 1-2 胶东区域构造演化与金成矿作用过程

a—大洋中脊火山喷发；b—岛弧火山喷发、沉积，绿岩地体产生；c—裂谷；d—弧后盆地，绿岩带生成；e—海盆沉积，盖层形成，金的矿源系统雏形；f—陆核隆升，成矿作用间歇；g—俯冲碰撞，剪切深熔，绿岩带活化—改造；h—NNW向俯冲挤压，郯庐断裂左行平移，构造体制转换，强烈成岩成矿；i—NNW向俯冲挤压，拉张裂谷构造环境，后期成岩、成矿；j—右旋挤压扭动破矿；

A_{EJ} —胶东岩群； P_{tJ} —荆山群； P_{tF} —粉子山群；TTG 岩套—奥长花岗岩-英云闪长岩-花岗闪长岩岩套

表 1-1 区域岩石建造-成矿构造简表

地 层 时 代			成 矿 构 造						岩 石 建 造			发展			
代	纪 (群)	代 号	年限 /Ma	构造运动	构造期	构造变形	构造型式	构造环境	岩浆建造	沉积建造	变质建造	阶段			
新生代	第四纪	Q	23.3	喜马拉雅运动	喜马拉雅期		成矿期后NE、NNE向及NW向脆性-韧性剪切带	陆相-河湖相沉积	玄武岩建造	滨海-河湖相砂砾岩建造	未受区域变质	基底活化阶段			
	新近纪	N							酸性火山岩建造						
	E ₃														
	古近纪	E ₂ -E ₁													
中生代—古生代	白垩纪	K	65	燕山运动(Ⅱ)	燕山晚期	脆性变形、断陷为主盆地	成矿期NE、NNE向韧性剪切带	大陆火山喷发环境	花岗岩及中基性-中酸性火山岩建造	湖相含煤、油页岩及山麓洪积相碎屑岩建造	动力变质岩建造				
		J—C	燕山运动(Ⅰ)	燕山早期—加里东期											
震旦纪	蓬莱群	Zp	570	蓬莱运动	晋宁晚期	平缓褶皱构造、滑褶曲叠加膝折		陆盆边缘沉积	交代-重熔型花岗岩建造	碳酸盐岩-复理石建造	次绿片岩建造				
中—新元古代		Pt ₃ —Pt ₂	800	晋宁运动	晋宁早期										
古元古代	粉子山群	Pt ₁ F	1800	吕梁运动	吕梁期	褶皱构造、透入性劈理塑性变形	基底EW向复背斜及韧性剪切带	浅海海进序列海盆沉积	中基性火山岩建造	浅海相泥质-碳酸盐岩建造	混合岩化、低绿片岩建造	结晶基底-陆核形成-扩大阶段			
			2500	阜平运动											混合岩化、高角闪岩相建造
荆山群	Pt ₁ J						裂谷岛弧火山喷发沉积旋回								
新太古代	胶东岩群	Ar ₃ J			五台期	复式褶皱多期变形、塑性流动		洋壳火山喷发-沉积巨旋回	超基性-基性-中酸性火山岩建造	浅海相泥质-粉砂质河湖相陆源碎屑岩建造	强烈混合岩化、花岗岩化高角闪岩相麻粒岩相建造	绿岩带产生、形成-陆核雏形			

(一) 太古宙-元古宙绿岩带产生及形成——金矿源系统雏形

太古宙-元古宙, 胶东地区板块活动序列为: 大洋中脊火山喷发→岛弧火山喷发-沉积→裂谷→弧后盆地→海盆沉积→陆核隆升。与此相应, 产生了两套绿岩带, 金矿源系统初步形成。

3000~2600Ma 间地壳全面活动。太古宙胶东地区发育厚达 8000m 的火山喷发-沉积旋回 (胶东岩群 Ar_3J), 从早到晚出现超镁铁质岩→拉斑玄武岩→碱质玄武岩→碳酸盐岩→碎屑-粘土岩→碎屑岩。太古宙晚期, 胶东地区近 EW 向延长的古陆核产生, 花岗岩-绿岩地体初步形成。2500~800Ma 间胶东地区进入稳定克拉通化阶段, 古陆核增生、地壳增厚, 发生多次强烈区域变质作用, 形成近 EW 向弧形展布的复式褶皱。古元古代岛弧火山-沉积旋回发育 (南部为荆山群 Pt_1J , 北部为粉子山群 Pt_1F), 从早到晚出现碎屑岩→粘土-碎屑岩→碳酸盐岩→粘土岩。新元古代陆台沉积盖层 (蓬莱群 Zp) 形成。元古宙末期 (700~600Ma), 胶东地块和胶南地块作为镶嵌于古大洋板块中的两个岛弧地块, 随着大洋板块相向运动而碰撞拼贴, 形成鲁东联合地体, 胶东地区基底固化、隆起。此即胶东绿岩地体的产生和形成过程, 标志着金的矿源系统初步形成。

(二) 古生代构造环境稳定——金成矿作用间歇

古生代-中生代早期, 胶东地区地壳稳定抬升, 表现为稳定的构造环境, 构造-岩浆活动不发育, 为成矿作用间歇期, 仅在局部地段沉积了少量古生代地层。在此期间, NE, NW 等方向的断裂构造横跨叠加于 EW 向基底构造带之上, 局部地段隆起加剧。

(三) 中生代绿岩带强烈活化-改造——构造成岩成矿

中生代, 现代板块构造体制全面展开。根据多种同位素测年资料显示, 胶东地区金矿主要成矿期为 135~100Ma, 整个中生代是其重要的构造成岩成矿期, 绿岩带活化-改造, 剪切深熔形成花岗岩。同时, 绿岩带内金活化、迁移, 经水-岩交代反应, 发生大规模蚀变、矿化, 胶东金矿集中区形成。

中生代板块俯冲挤压, 其实质是深部地质构造特征的显示, 反映幔隆与幔凹的交替产出, 而地幔上隆与岩石圈减薄关系密切, 岩石圈减薄与地壳上隆和区域岩浆活动紧密相关。胶东地区在古生代-早中生代期间较为稳定, 大面积的火山活动和岩浆侵入作用主要发生于侏罗纪之后, 反映区域岩石圈减薄从中生代晚期开始, 具体减薄时间为 J_3 -K 期间, 与郯庐断裂带大规模左行走滑运动时间一致。同时, 胶东地区及其邻区中、新生代火山岩和岩浆岩的岩石学、地球化学及同位素组成表明, 减薄作用可能是两期, 最近一期减薄作用发生于 K_2 , 一直持续至古近纪。在此期间, 区域大规模构造成岩成矿作用发生。

(四) 新生代构造继承性活动——后期构造破矿作用

新生代郯庐断裂带整体表现为右旋挤压扭动。N-Q 期间, 胶东地区构造状态已转为 NEE-SWW 向挤压。这一时期胶东地区构造运动主要表现为先成构造继承性活动, 对矿体起切割破坏作用。在现代河谷(床)中, 产出有中小型河谷砂金矿。

可见, 胶东花岗-绿岩金矿成矿作用与太古宙-元古宙产生、形成的绿岩带, 以及中生代板块构造活动及其引起的郯庐断裂由左行剪切平移转为大陆裂谷的大地构造背景有关。印支中晚期郯庐断裂带深切上地幔, 将岩石圈中的地幔薄弱带连接成树枝状网络, 为新生软流体上升提供了良好的通道, 打破了岩石圈原有平衡, 出现强烈的热、化学、流体及应力不平衡, 其内有大规模流体渗入, 蚀变和矿化作用发生, 在扩容部位成矿元素聚集、沉淀而成矿, 胶东地区发生了统一的有一定广度和强度的成矿作用。

第二节 中生代多元构造体制与成矿动力学环境

区域构造动力体制的演化及其相关地质过程是地球动力学整体演化的响应。由于胶东矿集区东邻太平洋板块, 西界郯庐断裂带, 南面大别-苏鲁超高压变质带, 并经受多期构造热动力作用。因此, 矿集区形成的构造动力学体制必然与其边界条件和演化历史密切相关, 其成矿的动力学过程必定受华东北部中生代构造动力体制制约 (胡受奚等, 1994; 邓晋福等, 1996; 陈衍景等, 1998; 翟明国等, 2001)。对上