

山东省地质勘查工程技术研究中心
石 家 庄 经 济 学 院 资 助
山东省第六地质矿产勘查院

胶东地区早白垩世金-钼-铜-铅锌矿床 成矿作用及成矿模式

李 杰 李世勇 毕明光 等著



地 质 出 版 社

山东省地质勘查工程技术研究中心
石 家 庄 经 济 学 院 资 助
山东省第六地质矿产勘查院

胶东地区早白垩世金 - 钼 - 铜 - 铅锌矿床成矿作用及成矿模式

李 杰 李世勇 毕明光 管 琪 赵成乐
孙亮亮 崔书学 魏绪峰 张 璞 王美云
焦秀美 周明岭 李 冬 丁正江 杨立新
王永国 王珊珊

著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书在对胶东地区早白垩世典型钼、铜、铅锌多金属矿床以及典型金矿床的空间分布、矿床成因、成矿时代综合研究的基础上,深入探讨了金、钼、铜、铅锌矿床成矿作用及其内在联系,建立了胶东地区区域成矿模式。主要内容包括:胶东地区区域地质背景、胶东地区金成矿作用、胶东地区钼成矿作用、胶东地区铜-铅锌成矿作用、胶东地区金多金属矿成矿作用、胶东有色金属矿床成矿作用对比以及胶东地区区域成矿模式等。

本书是对近年胶东地区金及有色金属矿勘查成果的综合研究和再认识,内容丰富、观点新颖,所建立的胶东地区金-钼-铜-铅锌成矿系列和成矿模式是对胶东地区有色金属矿产成矿作用的新认识,具有创新性。

本书可供从事矿产勘查、地质科研的技术人员及相关专业地质院校师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

胶东地区早白垩世金-钼-铜-铅锌矿床成矿作用及成矿模式 / 李杰等著. —北京:地质出版社, 2015. 7

ISBN 978-7-116-09315-7

I. ①胶… II. ①李… III. ①早白垩世-多金属矿床-成矿作用-研究-山东省 IV. ①P618.201

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第153377号

Jiaodong Diqu Zaobaishi Jin - Mu - Tong - Qianxin Kuangchuang
Chengkuang Zuoyong ji Chengkuang Moshi

责任编辑:李凯明 徐 洋

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

咨询电话:(010)66554528(邮购部);(010)66554579(编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真:(010)66554582

印 刷:北京京科印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm $\frac{1}{16}$

印 张:11.75

字 数:280千字

版 次:2015年7月北京第1版

印 次:2015年7月北京第1次印刷

定 价:35.00元

书 号:ISBN 978-7-116-09315-7

(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)

前 言

胶东地区是我国重要的金矿成矿区，已探明金资源储量约占全国的 1/4，同时胶东地区还是山东省重要的铜、钼、铅锌、银等有色金属矿产地。前人已对胶东金矿进行了大量研究，但对钼、铜、铅锌等矿床的研究仅限于个例，且研究程度相对较低，缺乏对整个胶东地区有色金属矿产成矿作用的综合研究，对于金与其他有色金属矿产之间成因联系的研究则更为缺乏。

实际上，胶东地区的金与有色金属矿床具有密切的联系：在空间上，金矿主要分布在胶西北、蓬莱—栖霞—福山、牟平—乳山三个成矿集中区；钼、铜、铅锌等有色金属矿主要分布在胶东中东部的栖霞、福山、蓬莱、龙口、威海、荣成等地。在时间上，金矿主成矿期与大多数钼、铅锌矿的成矿时代接近，集中在中生代早白垩世（125 ~ 115 Ma）。在成矿物质来源方面，金及有色金属矿床与伟德山花岗岩关系密切，并且成矿时代与该岩体的主成岩时代（127 ~ 102 Ma）也大致相当。

本书在研究和总结胶东区域地质背景、成矿理论、岩浆作用、控矿构造的基础上，结合金—钼—铜—铅锌多金属矿的时空分布特点和对应的岩浆侵入事件，选取典型的金、钼、铜、铅锌等有色金属矿床，分析了矿区的地质特征及矿床、矿体、矿石的特征与围岩蚀变和矿化的特点，系统研究了成矿物质来源、成矿物理化学条件、成矿时代，对矿床成因进一步剖析，最终总结出区域成矿作用及成矿规律，建立胶东地区早白垩世金—钼—铜—铅锌矿床成矿系列和成矿模式，加深读者对胶东地区不同有色金属矿种间的成因联系以及对胶东中生代大规模成矿作用的认识。

本书出版得到山东省地质勘查工程技术研究中心、石家庄经济学院和山东省第六地质矿产勘查院的共同资助。山东省地质勘查工程技术研究中心和山东省第六地质矿产勘查院的领导们对本书的研究内容十分重视，多次组织专家进行指导，山东省地质矿产勘查开发局矿产处宋明春研究员也给予了悉心指导与无私帮助，在此一并表示衷心的感谢。

本书建立的胶东地区金—钼—铜—铅锌有色金属矿成矿系列和成矿模式，是对胶东地区有色金属矿产成矿作用的新认识，但由于作者的学识水平和时间有限，对选取的典型矿床的研究深度和研究广度都还不够，难免存在疏漏，敬请各位读者不吝赐教。

著 者

2015年4月于石家庄

目 录

前 言	
第一章 绪论	(1)
第一节 胶东地区金及有色金属矿成矿作用研究意义	(1)
第二节 国内外成矿模式研究进展	(2)
一、国外成矿模式研究历史及现状	(2)
二、我国成矿模式研究简况	(3)
三、胶东地区成矿模式研究及存在的主要问题	(4)
第三节 主要研究内容	(5)
第二章 胶东地区区域地质背景	(7)
第一节 胶东地区区域地层	(7)
一、太古宙地层	(8)
二、元古宙地层	(10)
三、显生宙地层	(11)
第二节 胶东地区区域侵入岩	(13)
一、中太古代迁西期侵入岩	(15)
二、新太古代五台—阜平期侵入岩	(15)
三、古元古代吕梁期侵入岩	(16)
四、中元古代四堡期侵入岩	(16)
五、新元古代侵入岩	(17)
六、中生代侵入岩	(17)
第三节 胶东地区区域构造	(24)
一、褶皱构造	(24)
二、韧性变形带	(25)
三、断裂构造	(26)
第四节 胶东地区区域矿产	(28)
第三章 莱州焦家深部金矿床及其成矿作用	(34)
第一节 莱州焦家金矿床地质特征	(34)
一、区域及矿区地质概况	(34)
二、矿体特征	(35)
三、矿石特征	(39)
四、围岩蚀变特征	(42)

五、成矿期次及矿化阶段	(43)
第二节 莱州焦家金矿成矿作用	(44)
一、矿床地球化学特征	(44)
二、成矿物理化学条件	(65)
三、成矿时代	(66)
四、成矿物质来源和矿床成因机制	(67)
第四章 胶东地区典型钼矿床及其成矿作用	(70)
第一节 栖霞尚家庄钼矿床地质特征	(70)
一、区域及矿区地质概况	(70)
二、矿体特征	(70)
三、矿石特征	(77)
四、围岩蚀变特征	(79)
五、成矿期次及矿化阶段	(81)
第二节 烟台福山邢家山钼钨矿床地质特征	(81)
一、区域及矿区地质概况	(81)
二、矿体特征	(82)
三、矿石特征	(83)
四、围岩蚀变特征	(84)
五、成矿期次及矿化阶段	(85)
第三节 荣成冷家钼矿床地质特征	(85)
一、区域及矿区地质概况	(85)
二、矿体特征	(86)
三、矿石特征	(87)
四、围岩蚀变特征	(89)
五、成矿期次及矿化阶段	(90)
第四节 胶东地区典型钼矿成矿作用	(90)
一、矿床地球化学特征	(90)
二、成矿时代	(100)
三、成矿物质来源与矿床成因机制	(102)
第五章 胶东地区典型铜-铅锌矿床及其成矿作用	(105)
第一节 烟台福山王家庄铜矿床地质特征	(105)
一、区域及矿区地质概况	(105)
二、矿体特征	(107)
三、矿石特征	(108)
四、围岩蚀变特征	(109)
五、成矿期次及矿化阶段	(110)
第二节 栖霞香奂铅锌矿床地质特征	(110)
一、区域及矿区地质概况	(110)

二、矿体特征	(112)
三、矿石特征	(112)
四、围岩蚀变特征	(114)
五、成矿期次及矿化阶段	(115)
第三节 荣成乔北铜矿床地质特征	(115)
一、区域及矿区地质概况	(115)
二、矿体特征	(116)
三、矿石特征	(116)
四、围岩蚀变特征	(118)
五、成矿期次及矿化阶段	(119)
第四节 胶东地区典型铜铅锌矿床成矿作用	(119)
一、矿床地球化学特征	(120)
二、成矿物理化学条件	(125)
三、成矿物质来源与矿床成因机制	(128)
第六章 威海大邓格金多金属矿床及其成矿作用	(129)
第一节 威海大邓格金多金属矿床地质特征	(129)
一、区域及矿区地质概况	(129)
二、矿体特征	(130)
三、矿石特征	(133)
四、围岩蚀变特征	(136)
五、成矿期次及矿化阶段	(136)
第二节 威海大邓格金多金属矿成矿作用	(137)
一、矿床地球化学特征	(137)
二、成矿物质来源分析	(141)
三、矿床成因机制及区域成矿作用探讨	(142)
第七章 胶东有色金属矿床成矿作用对比	(143)
第一节 典型金-钼-铜-铅锌矿床地质特征对比	(143)
第二节 典型金-钼-铜-铅锌矿床地球化学特征对比	(143)
第三节 金-钼-铜-铅锌矿床成矿系列	(150)
第八章 胶东地区区域成矿模式	(152)
第一节 矿床空间分布模式	(152)
第二节 成矿、成岩时代关系	(153)
第三节 矿床、岩体分布特征	(154)
第四节 成矿、成岩物理化学条件	(155)
第五节 矿床成矿系列和成矿模式	(155)
一、与伟德山花岗岩有关的岩浆热液矿床成矿系列	(155)
二、区域多金属矿成矿模式	(156)
第六节 小结	(157)

第九章 结论	(159)
第一节 主要结论	(159)
第二节 存在问题及后续工作展望	(160)
参考文献及参考资料	(162)
图 版	(169)

第一章 绪 论

第一节 胶东地区金及有色金属矿成矿作用研究意义

胶东地区是我国重要的金矿集中成矿区,在这块占全国总面积 0.17% 的土地上已探明的黄金资源储量约占全国的 1/4。前人对胶东金矿的研究很多,已发表和出版了大量的专著、论文及报告,研究内容涉及成矿时代、成矿条件、矿床特征、控矿因素、成矿物质来源、找矿方法、成矿模式和预测等,较全面地反映了胶东金矿的地质特征与成矿模式。

此外,胶东地区还分布有铜、钼、铅锌、银等有色金属矿产,但已发表的前人研究成果仅限于个例。目前,针对胶东地区有色金属矿成矿作用的综合研究,以及对金矿与有色金属矿产成因联系的研究则很少。

胶东地区的金矿与有色金属矿在矿床成因上具有密切的时空联系。在时间上,胶东地区多数有色金属矿的成矿时代为早白垩世(王奎峰,2008;李建威等,2010),与胶东中部规模最大的乳山金矿(即金青顶金矿)的成矿时代($117 \text{ Ma} \pm 3 \text{ Ma}$) (胡芳芳等,2004)接近,与胶西北金矿的主成矿时代($125 \sim 115 \text{ Ma}$) (骆万成等,1987;张振海等,1994;李厚民等,2003;宋明春等,2003)也相近,与之对应的胶东东部规模最大的中生代花岗岩——伟德山花岗岩,其主成岩时代为 $127 \sim 105 \text{ Ma}$ (宋明春等,2003)。在空间上,金矿主要分布在胶西北(莱州、招远)、栖霞—蓬莱—福(山),以及胶东中部的牟(平)—乳(山)地区;钼、铜、铅锌等有色金属矿主要分布在胶东中东部的栖霞、福山、蓬莱、龙口、荣成、威海环翠区等地区。胶东有色金属矿床的空间分布与伟德山花岗岩紧密相关,从矿床产出位置看,铜矿主要产于伟德山花岗岩外接触带的荆山群层间构造中或接触带附近,铅锌矿主要分布于伟德山花岗岩与围岩接触带附近,钼矿则产于伟德山花岗岩中或边缘部位。由此分析,胶东地区的钼、铜、铅锌矿构成了一个与伟德山花岗岩有成因联系的成矿系列,这一成矿系列的成矿年龄与胶东金矿集中爆发成矿的时代一致。

因此,作者对胶东地区的金、钼、铜、铅锌矿成矿作用和成矿模式进行研究,深入探讨不同矿种之间的成因联系,以及胶东地区中生代金矿及有色金属矿大规模的成矿作用与成矿模式,为进一步的找矿勘查提供理论基础。

近年来,虽然胶东地区深部金矿勘查取得了重大成果,对金矿的研究程度不断深入,但对于金矿床大规模集中爆发成矿的“热源”和成矿物质来源问题尚无统一认识。以往研究表明,胶东地区的多数金矿直接产于玲珑花岗岩和郭家岭花岗岩及胶东岩群中,因此认为金的成因与它们有关,分别提出了胶东金矿为绿岩带型、混合岩化岩浆重熔型、岩浆期后热液型等理论。但玲珑花岗岩($160 \sim 140 \text{ Ma}$) (苗来成等,1998)和郭家岭花岗岩

(主成岩年龄 130 ~ 126 Ma) (Wang et al., 1998; 罗镇宽等, 2002) 的形成时代均早于金矿大规模成矿时间 (125 ~ 110 Ma) (宋明春等, 2010b)。有研究表明, 单一岩浆侵入引起的热液活动最长时小于 1 Ma (Cathles et al., 1997), 玲珑花岗岩和郭家岭花岗岩导致的热液活动不可能持续几百万年。因此, 根据伟德山花岗岩的形成时代 (主成岩年龄 127 ~ 105 Ma) 与金矿形成时代一致, 部分学者认为伟德山花岗岩为金的成矿提供了“充足、持续”的能量 (宋明春等, 2010b)。

伟德山花岗岩主要分布在胶东中东部, 与钼、铜、铅锌、银等有色金属矿成矿关系密切, 由于在胶西北金矿密集区出露较少, 因此前人对其与金矿成矿的关系研究较少。本书从地球化学角度研究了金矿成因与伟德山花岗岩之间的关系, 同时将胶东地区的金、钼、铜、铅锌等有色金属矿作为一个有机联系的整体进行深入研究, 为重新认识胶东地区中生代有色金属的成矿作用提供新的思路。此外, 胶东地区的钼、铜、铅锌矿与金矿大规模成矿时代一致, 本书将有色金属成矿作用与金成矿作用进行对比研究, 认为与金成矿同时代的伟德山花岗岩为金的成矿提供了部分成矿物质, 深化了对胶东地区金的成矿理论的认识。本书还建立了金-钼-铜-铅锌矿成矿模式, 对进一步指导该区有色金属找矿和成矿预测具有重要的实际意义, 也深化了对胶东金矿成矿作用的认识。

第二节 国内外成矿模式研究进展

一、国外成矿模式研究历史及现状

成矿模式 (矿床模型) 研究随着矿床的不断发现和成矿理论的发展应运而生, 施俊法等 (2010) 将国内外矿床模型研究的发展总结为三个阶段: 萌生和奠基时期、研究和应用发展时期、研究和应用的新的历史时期。从国内外矿床成矿模式的关注领域、概念、分类和取得的成果等方面进行概括总结, 其发展历程和研究现状如下。

20 世纪 30 年代末, 成矿模式的概念还未提出, 地质工作者针对大量已知矿床总结出一系列典型矿床的特征, 包括控矿要素、成矿过程、矿床成因、找矿标志等, 其中已孕育了矿床成矿模式的基本思路。如: 美国学者林格伦 W、瑞士学者尼格里 P、德国学者斯奈德洪 H、苏联学者费尔斯曼 A E et al. 分别提出“岩浆-热液”成矿作用学说, 经过不断地丰富和发展, 形成了岩浆热液型矿床的成矿模式; 以德国学者维尔纳 A G 为代表的水成论学派提出了大洋水参与矿床形成的论点, 最后演化为层控型矿床成矿模式。

20 世纪 50 年代, 提出并使用“model” (模式或模型) 这一概念和术语, 将成矿模式应用于实践, 并取得很好的效果。如: 美国对斑岩铜矿蚀变和矿化分带模式的研究。

20 世纪 60 ~ 70 年代, 澳大利亚、美国、苏联等国的学者研究、提出一些典型矿床的成因模型和应用模型, 在实际找矿中发挥了重要作用。如: 澳大利亚的酸性火山岩中的多金属块状硫化物矿床模型、美国的科罗拉多州钼矿带成矿模型等。

20 世纪 80 ~ 90 年代, 在发现大量矿床的基础上, 对矿床的总结性、综合性研究程度日益增高, 成矿模式的研究日趋规范化、系统化, 出版了大量关于矿床成矿模式研究的专著, 基本明确了矿床模型的概念和基本分类方案。如: 1986 年, 美国地质调查局 Cox D P 和 Singer D A 编著的《Mineral Deposits Model》, 指出矿床模型是描述一类矿床主要属性的

经过系统编排的信息,将矿床模型分为描述性模型、成因模型、品位-吨位模型等,总结了111个国家3900多个矿床资料,包括87个矿床类型的描述性模型和60个不同类型矿床的品位-吨位模型;1988年,Roberts R G和Sheahan P A提出,矿床模型由经验模型和概念模型两种类型组成;1989年,Hodgson C J指出矿床模型是一种概念性或经验性的标志,既体现矿床类型的描述性特征,又包括根据地质作用对这些特征的解释;1992年,Bliss J D主编的《Developments in Mineral Deposits Modeling》总结了美国1986年之后出现的矿床模型;科兹洛夫斯基 E A和Кривцов А И分别于1989年和1995年系统总结了俄罗斯矿床成矿模式的分类,主要以实际勘查阶段为依据划分了成矿模式,注重对矿体的直接研究,对成矿物质的“源、运、聚”环节中的各要素都做了详细的研究;1998年,《Journal of Australian Geology Geophysics》编辑部针对澳大利亚的主要矿床撰写了20个成矿模型;2008年,White N指出矿床模型就是把矿床的主要特征用简单易懂的方法表示出来,是某一矿床的各种有用信息的综合体,包括在不同尺度上识别出的最全面、可靠的特征。

进入21世纪以来,通过对大型-超大型矿床的研究,相继出版了一些规范化、系统化的总结性专著,如:2004年,哈萨克斯坦学者 Daukeev S Zh et al. 编写了《Minerogenic Map of Kazakhstan》,介绍了43个典型矿床的成矿模式;2007年,印度学者 Haldar S K 编写了《Exploration Modeling of Base Metal Deposits》,系统论述了印度元古宙锌矿床的成矿模式理论。由于寻找隐伏矿床以及难识别的大型-超大型矿床的需求,矿床成矿模式研究领域进一步拓展、研究内容进一步深化。随着对“地球动力学与成矿作用”认识的深化,各国加强了对壳-幔相互作用、岩石圈与地幔演化机制、岩石圈底面-软流圈上涌等课题的研究,不断诞生出新的成矿理论和成矿模式。如:以奥林匹克坝为代表的铁氧化物铜金型矿床(IOCG),已被公认为是一种遍及世界各地的新类型矿床,这种大型-特大型矿床的成矿模式同样适用于寻找中小型矿床。

二、我国成矿模式研究简况

在我国,矿床模型研究起步较早。20世纪30年代,老一辈地质学家对矿床分类和代表性矿床的特征进行过描述,如:谢家荣等在1935年编写的《扬子江下游铁矿志》中就描述了一些典型矿床,这是我国最早建立的铁矿床描述性模型。

20世纪60~70年代,我国地质工作者针对发现的大量矿床,提出了一系列描述性模型,揭示了矿床立体结构和共生关系,如:南岭钨石英脉“五层楼”模式、长江中下游“玢岩铁矿”模型、江西九瑞地区“三位一体”铜矿模型等。这一时期提出的“成矿系列”理论(程裕淇等,1979),将单个矿床模型研究扩展到区域成矿模式研究,丰富和发展了成矿模式研究,为进一步提出“成矿系列”“成矿系统”“成矿谱系”等理论(陈毓川等,2007)打下了理论基础。

20世纪80~90年代,我国出现了大量涉及矿床成矿模式和找矿标志研究的专著和文献,对成矿模式研究的概念、内容和应用(对矿床的分类)方法做了大量研究(吴承栋,1992;陈毓川等,1993;梅燕雄等,1994;裴荣富,1995;邹光华等,1996;吴承烈等,1998)。如:陈毓川等(1993)指出,成矿模式是对矿床赋存的地质环境、矿化作用随时间和空间变化显示的各类特征(包括地质、地球物理、地球化学和遥感地质)以及成矿

物质来源、迁移、富集机理等要素进行概括、描述及解释，是矿床规律的表达形式，并将成矿模式分为区域性成矿模式、矿床成矿模式和找矿模型三类。梅燕雄（1994）指出，矿床成矿模式是对矿床的地质特征、时空分布、形成环境及其成因机制的高度综合和概括，它是反映矿床成矿条件和成矿规律、表达矿床研究成果的一种重要形式。一个完整的成矿模式应该包括大地构造环境、成矿地质背景、矿体地质特征、矿石类型及其物质成分特征、矿石的结构和构造、围岩蚀变类型及分带性、矿化阶段及分带性、成矿物理化学条件、矿床成因机制、找矿标志等十项内容。并提出一个新的矿床分类方法，即以“矿床类型→矿床亚类型→矿床式→矿床”为次序的分类方法。裴荣富（1995）指出，矿床模式是一组相似（或同一类型）矿床地质特征的综合表征，即通过对同一类型的每一个矿床地质特征的系统整理，归纳出具有一定理性认识的、反映该类型矿床共性的标准样式，以便为矿床地质工作者辨认该类型矿床的面貌提供参考。按照成矿地质构造背景，将中国划分为4个构造成矿域和27种成矿环境，以及与之相对应的92个不同主岩岩石组合的矿床模型，并以典型矿床命名。

进入21世纪以来，在成矿模式研究的基础上进一步发展和丰富了成矿系列理论体系。成矿系列是指在一定的地质发展历史阶段，一定的构造单元内，与一定的地质作用有关，在不同的地质构造部位，形成的有成因联系的矿床组合，也就是在四维空间中形成的相对独立的成矿体系（陈毓川等，2001）。成矿系列更加客观地反映了矿床形成环境及矿床之间的联系，无疑对研究成矿模式以及指导找矿具有重要的意义。同时，还加强了对成矿作用和成矿过程的研究，丰富和发展了一系列成矿理论模型（姚敬金等，2002；赵元艺等，2007），如在“五层楼”找矿模式的基础上，提出了“五层楼+地下室”找矿模式（王登红等，2010），也形成了一系列与地球深部作用有关的成矿作用的新理论、新模型，如地幔柱成矿理论、碰撞造山成矿理论（陈衍景等，2001；侯增谦等，2003）。

成矿模式研究是当前矿床学研究的一个热门课题，是对矿床特征和矿床成因认识的深化。成矿模式概念的提出，是矿床学在描述性基础上发展到高度理论性的必然产物。通过建立矿床成矿模式，从复杂的成矿地质现象中精炼和概括出其中的重要特征，并分析和解释一个矿床中可能存在的几种成矿方式之间以及矿床与地质环境之间的内在联系，有助于深化对矿床成因的认识，形成有关成矿作用的完整概念（梅燕雄等，1994）。

成矿模式是对矿床成矿信息的简化和高度概括，它以现代地质理论为指导，系统化、模式化地对矿床进行研究，有利于把握不同矿床的基本特征并加以对比、提炼，形成更合理的矿床分类方案，促进矿床学乃至整个地学的发展。因此，矿床成矿模式研究的重要性不言而喻。

三、胶东地区成矿模式研究及存在的主要问题

胶东地区的成矿模式研究，主要是对金矿成矿物质来源、热源、动力源的总结概括。如：孙景贵等（2000）提出，胶东地区可能存在一个规模较大的中生代地幔热柱-幔枝热构造，提出“壳-幔成矿模式”。李士先等（2007）认为，胶东金矿具有长期性、多来源的成因特点，太古宙-古元古代形成金矿原始矿源岩，为金矿形成的雏形期；新元古代震旦期形成金矿衍生矿源岩，为金矿形成的预富集期；中生代燕山早期形成金矿直接矿源岩，为金矿的主成矿期。宋明春等（2010b）认为，胶东金矿是地质构造长期演化、流体

多次活化、白垩纪集中爆发成矿的结果,可概括为陆壳重熔—流体活化—伸展拆离成矿模式。

部分研究者从不同类型金矿之间联系的角度,提出了胶东地区多种类型金矿的统一成矿模式。如:陈毓川等(2001)在研究中国金矿及其成矿规律时,指出胶东金成矿系列为胶东地块边缘隆起带与燕山期花岗岩类有关的金、银(铜)矿床成矿系列,认为玲珑式、焦家式、灵山沟式等金矿床虽然形式不同,但应属同一成矿系列,是统一成矿作用演化到不同阶段、受不同成矿环境(如构造、围岩、物理化学条件)的制约造成的。宋明春等(2010b)研究指出胶东地区三个金矿矿集区、七种金矿类型是同一构造背景、同一成因、同一时代形成的,产于不同构造部位、不同围岩条件的不同自然类型。

丁正江等(2011)、孙丰月等(2011)则在研究栖霞—蓬莱—福山地区部分金及多金属矿床时发现,该区成矿作用与中生代燕山晚期斑岩关系密切。由高温至低温,成矿作用在空间上展布规律明显,存在一个与中生代燕山晚期中酸性岩浆侵入作用有关的多金属成矿系列。

胶东地区以往地质工作曾取得很多的重要研究成果,但随着地质工作的深入,发现许多地质问题尚未解决,与本书研究相关的主要问题有:

1) 对胶东地区的钼矿、铜矿、铅锌矿等矿床成因、成矿物质来源、成矿时代等缺乏系统地研究,没有深入研究钼矿与铜矿、铅锌矿等有色金属矿床的成生联系;

2) 以往地质工作对金矿的研究很深入,并建立了多种金矿成矿模式,但没有开展金矿与钼矿、铅锌矿、铜矿等矿床的时空关系的研究;

3) 对于胶东金矿成矿作用与岩浆活动有关,学者们持有较为一致的观点,但哪种岩浆作用与金矿成矿有关尚存不同认识,有的学者认为胶东金矿与玲珑花岗岩、郭家岭花岗岩关系密切,有的学者认为煌斑岩在金矿成矿中起到了关键作用,而有的学者则指出伟德山花岗岩为金矿成矿提供了热源(宋明春等,2010c)。

第三节 主要研究内容

针对胶东地区与金及有色金属矿床研究相关的主要问题,本书围绕金、钼、铜、铅锌矿床与有关花岗岩的成生联系展开讨论,重点进行典型金、钼、铜、铅锌矿床的成矿物质来源、成矿时代、成矿物理化学条件、成矿机理的对比分析及其与中生代花岗岩的成生联系研究,并建立胶东地区早白垩世金—钼—铜—铅锌多金属矿成矿系列和成矿模式。

主要研究内容如下。

(1) 典型矿床研究

选取莱州焦家深部金矿床、栖霞尚家庄钼矿床、荣成冷家钼矿床、福山邢家山钼钨矿床、栖霞香奂铅锌矿床、烟台福山王家庄铜矿床、荣成赤北铜矿床、威海大邓格金多金属矿床等八处有色金属矿床作为胶东地区金—钼—铜—铅锌以及有色金属矿床的典型代表,总结矿床地质特征,选取部分代表性钻孔取样,对矿体和围岩的主量元素和微量元素(特别是稀土元素)进行分析研究,重点对主矿体及围岩中的黄铁矿和石英单矿物进行微量元素分析讨论,并结合氢、氧、硫、铅同位素组成,讨论成矿物质来源,对部分典型矿

床年龄进行精确厘定,结合区域成矿地质背景进行矿床成因机制的探讨。

(2) 成矿系列研究

在对比研究胶东地区金与钼、铜、铅锌有色金属矿床的成矿时代、成矿物理化学条件、成矿物质来源、成因机制等基础上,分析成矿、成岩、构造的空间关系及矿床与伟德山花岗岩的成生联系,指出胶东地区金、钼、铜、铅锌矿床是一个有成因联系的成矿系列。

(3) 成矿模式研究

根据胶东地区大地构造演化和岩浆侵入及地层分布,结合不同矿床的空间产出特征和成因机制,建立胶东地区区域性金-钼-铜-铅锌有色金属矿成矿模式。

第二章 胶东地区区域地质背景

胶东处于山东半岛中北部及东部，跨华北板块和秦岭—大别—苏鲁造山带两个 I 级构造单元。自桃村—陡山断裂和郭城—即墨断裂南段，经胶州湾接五莲—青岛断裂向西至沂沭断裂带，沿安丘—莒县断裂南延至江苏省境内，以此为界，西北属华北板块，东南归苏鲁造山带（图 2-1）。胶东地区的胶北隆起和胶莱盆地隶属华北板块，威海隆起和胶南隆起为秦岭—大别—苏鲁造山带的东端。本书研究区范围主要限于胶北隆起和威海隆起。

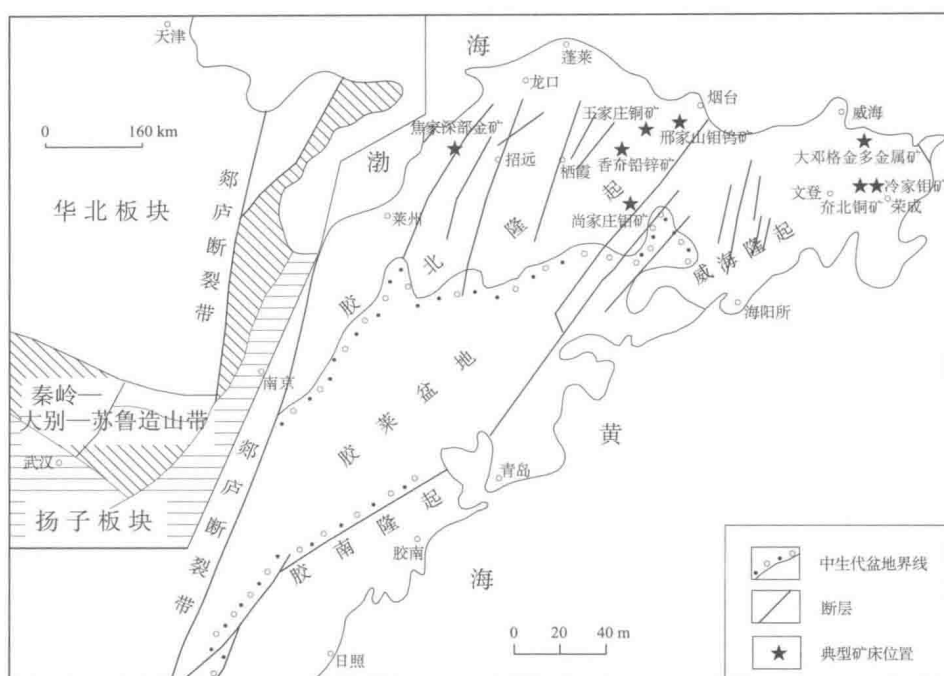


图 2-1 胶东地区主要构造单元与研究的典型矿床位置示意图

(据李士先等, 2007, 有修改)

第一节 胶东地区区域地层

研究区出露地层主要有中太古代唐家庄岩群，新太古代胶东岩群，古元古代荆山群、粉子山群，中元古代芝罘群，新元古代震旦纪蓬莱群，中生代白垩纪莱阳群、青山群、王氏群，新生代古近纪五图群、新近纪临朐群，第四纪火山堆积和松散堆积等（表 2-1；图 2-2）。太古宙—元古宙地层为一套变质岩系，构成胶东地区的结晶基底；莱阳群、王氏群为陆相碎屑沉积，青山群为陆相火山喷发沉积。该区地层出露不全，缺失寒武纪—侏

罗纪地层的沉积记录（宋明春等，2010b）。

表 2-1 胶东地区区域地层划分简表^①

年代地层				岩石地层				
宇	界	系	统	群	组			
显生宇	新生界	第四系	全新统		山前组			
			更新统					
		新近系	上新统	临朐群				
		古近系	始新统	五图群				
	中生界	白垩系	上白垩统	王氏群				
			下白垩统	青山群 莱阳群				
元古宇	新元古界	震旦系	下震旦统	蓬莱群	香奂组			
					南庄组			
		南华系	上南华统		辅子奂组			
			中南华统		豹山口组			
	中元古界			芝罘群	东口组			
					兵营组			
					老爷山组			
	古元古界				粉子山群	岗嵒组		
						巨屯组		
						张格庄组		
荆山群					祝家奂组			
					小宋组			
					陡崖组			
太古宇	新太古界			胶东岩群	郭格庄岩组			
					苗家岩组			
	中太古界						唐家庄岩群	

一、太古宙地层

广布于胶东地区的太古宙中深变质岩系曾被笼统地划归为胶东群，并认为其是胶东金矿的矿源层。20 世纪 90 年代以来，逐渐认识到原来划分的胶东群主要是一套变质变形的太古宙奥长花岗岩、云英闪长岩、花岗闪长岩（简称 TTG 质花岗岩类）系列，少量原岩

^① 引自《山东省地层侵入岩构造单元划分方案》（鲁国土资字〔2014〕185 号）。

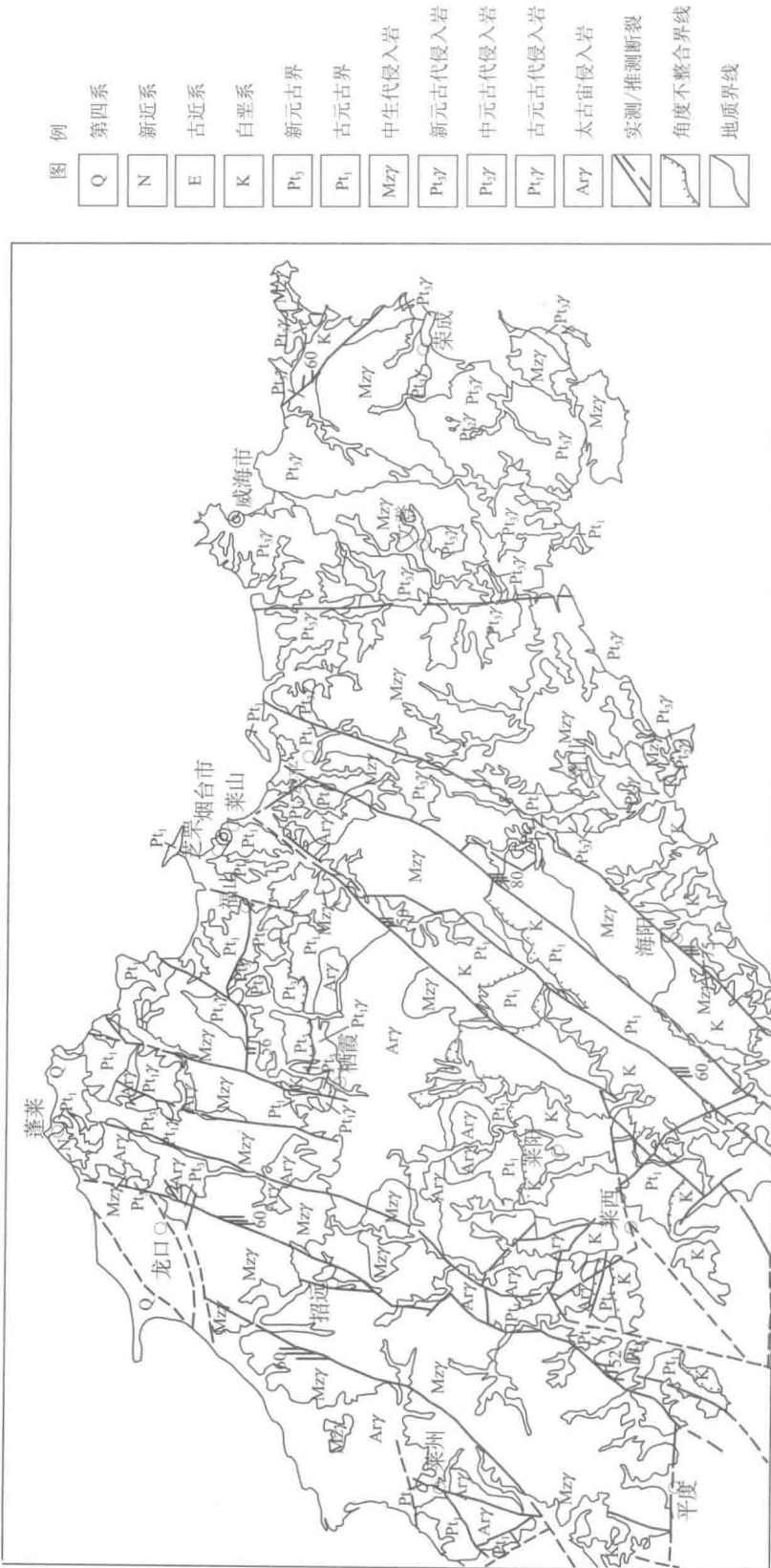


图 2-2 胶东地区区域地质图
(据宋明春等, 2010a)