

鲁西地区 铁矿成矿规律研究

Luxi Diqu Tiekuang Chengkuang Guilü Yanjiu

李洪奎 郝兴中 等著



地质出版社

鲁西地区铁矿成矿规律研究

李洪奎 郝兴中 李逸凡 倪振平 杨毅恒
邢树文 肖克炎 郭宝奎 李英平 陈 莉 著
张春池 张玉波 禚传源 陈国栋 梁太涛

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

通过对鲁西地区地质矿产资料的分析与研究,并与成矿预测模型进行对比,本书对鲁西地区铁矿进行了系统研究和成矿预测。按照矿床成因类型,划分出以韩旺、苍山-枣庄、东平-汶上、单县和济宁等地区为代表的沉积变质型铁矿找矿靶区 24 处;以莱芜、金岭、苍山地区为代表的矽卡岩型铁矿找矿靶区 14 处;以淄河地区铁矿为代表的热液交代充填-风化淋滤型铁矿找矿靶区 6 处;以莒县天宝钛铁矿为代表的岩浆型铁矿找矿靶区 3 处,在上述 47 处铁矿找矿靶区中, A 类靶区 19 处, B 类靶区 15 处, C 类靶区 13 处。本书对鲁西地区铁矿找矿靶区进行了圈定,指明了区内今后铁矿找矿方向,经部分找矿靶区铁矿勘查实践证明,区内圈定的铁矿找矿靶区划分较为合理、有效。

本书可供地质矿产勘查技术人员参考,也可供相关专业高等院校师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

鲁西地区铁矿成矿规律研究 / 李洪奎等著. —北京:
地质出版社, 2016. 3

ISBN 978-7-116-09618-9

I. ①鲁… II. ①李… III. ①铁矿床-成矿规律-研究-山东省 IV. ①P618.310.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 013768 号

责任编辑:赵俊磊 蔡卫东

责任校对:张 冬

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)66554528 (邮购部); (010)66554628 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真:(010)66554686

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:12.5

字 数:300千字

版 次:2016年3月北京第1版

印 次:2016年3月北京第1次印刷

定 价:40.00元

书 号:ISBN 978-7-116-09618-9

(如对本书有意见或建议,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

山东省地质科学研究所
国土资源部金矿成矿地质过程与资源利用重点实验室
山东省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室

科技成果出版指导委员会

主 任	翟裕生						
副主任	陈毓川	李廷栋	赵鹏大	孙传尧	莫宣学	叶天竺	邓 军
委 员	(以姓氏拼音为序)						
	陈毓川	邓 军	韩作振	洪 飞	孔庆友	李宏骥	李廷栋
	莫宣学	乔恩光	宋明春	孙传尧	叶天竺	于学峰	翟裕生
	张天祯	张增奇	赵鹏大				

科技成果出版编辑委员会

主 编	于学峰						
副主编	洪 飞	张增奇	田秀林	毛美桥	回寒星	何茂传	
委 员	(以姓氏拼音为序)						
	曹丽丽	程光锁	何茂传	洪 飞	回寒星	李大鹏	李洪奎
	刘书才	毛美桥	孟舞平	沈 昆	寿冀平	孙伟清	田秀林
	王 虹	许庆福	杨德平	于学峰	张广隆	张尚坤	张天祯
	张义江	张英明	张增奇				

总 序

山东省居于中国东部沿海的中北段；在地质构造位置上，处于华北板块东南缘与秦祁昆造山系相接部位上，并叠加了中生代造山-裂谷体系，地壳演化历程较为复杂。这里记录着 30 亿 a 以来发生的沉积作用、火山活动、岩浆侵入、变质变形等复杂的地质事件，由此形成了丰富的岩石构造组合等地质景观和能源、金属、非金属和水气矿产资源，历来为世人所瞩目。

山东近代地质工作起步较早，地质工作程度较高。新中国成立后的 60 余年来，已在地层、岩浆岩、变质岩、构造等基础地质研究方面取得了全面的和重要的成果；发现各类矿产 150 种，资源储量列全国前 10 位的有 58 种，前 5 位的有 32 种，前 3 位的有 24 种。国民经济赖以发展的 15 种支柱性重要矿产在山东均查明了储量，其中石油、铁、金、铝土矿、钾盐、矿盐等矿产保有储量居全国前 10 位。山东这些丰富的地质矿产资源，在山东经济社会发展中发挥了极为重要的作用。

成立于 1958 年的山东省地质科学研究所，是以承担国家和山东省基础性、公益性、战略性地学研究任务为主的多专业、多学科、综合性研究单位。建院 50 余年来，在地质调查、矿产勘查和地质科研等方面取得许多成果；近 10 年来，又在地质找矿、区域成矿和基础地质研究等方面取得新的重要进展，积累了丰富的地质成果资料，并出版了《山东矿床》等地质专著，取得了较好的社会效益和经济效益。

2010 年在翟裕生、陈毓川、李廷栋、赵鹏大、裴荣富、孙传尧等院士的关心和指导下，山东省地质科学研究所和山东省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室规划了当前和近 10 年的地质科研工作目标和工作方向，把地质调查和地质科研成果进行综合集成、形成地质科学文献出版交流作为地质科研链条的组成部分纳入了地质科研工作序列。

地质勘查和科研成果出版对资料积累、学术交流具有重要价值，对促进我院地质工作进展将起到推动作用。山东省地质科学研究所鼓励本院科技人员和受聘客座研究人员在从事地质调查和科研工作中，注重论文和专著的写作交流，为其发表和出版创造条件；将有计划地对近年来完成的基础地质、

矿产勘查、地层与古生物、资源利用等方面的调查和研究成果进行进一步总结提升，编辑出版，在总结中进一步提升成果水平；对具有资料积累和交流价值的待完成的地质调查和地质科研项目，在提交成果报告的同时，创造条件编辑出版。促进我院地质科研工作不断取得新的进展，为我省和我国地质调查和地质找矿作出新的贡献。

对山东这样一个地质构造背景复杂、矿产资源丰富的陆块的认识，是一个不断深化、不断完善的过程。出版有关山东地质专著，把它留给当今及今后关心或从事地质调查、矿产勘查、科学研究和教学的广大地学工作者，并在此基础上继续探讨和总结，促进和发展我省地质学研究水平，寻找出更多的矿产资源，更好地为山东经济社会可持续发展服务，是山东省地质科学研究院广大职工的共同心愿。对出版的成果中存在的某些不足和问题，还需要作者和读者共同研究探讨，以求提高。

多年来，山东省地质科学研究院有关地质文献编辑出版一直得到上级领导的关心和支持；受到我国老一辈地质学家的关注、鼓励和指导。裴荣富院士、翟裕生院士、李廷栋院士、陈毓川院士、赵鹏大院士、刘宝珺院士、孙传尧院士、张宗祜院士及叶天竺教授、邓军教授等专家学者给予很多具体指导和帮助；山东省国土资源厅、山东省地质矿产勘查开发局、胜利石油管理局、山东省煤田地质局、中国冶金地质勘查工程总局山东局、山东黄金集团等系统对山东省地质科学研究院地质调查及出版工作给予了很大帮助和支持，在此表示由衷的感谢！

山东省地质科学研究院
国土资源部金矿成矿地质过程与资源利用重点实验室
山东省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室

科技成果出版编辑委员会

2011年11月

前 言

研究区(鲁西隆起区)地处中朝准地台东缘,其东界以 NNE 向的昌邑-大店断裂为界,西界为 NNE 向的聊考断裂,北界为近 EW 向的齐-广断裂,南界为山东省南界。区内铁矿成矿地质条件优越,是我国重要的矿集区之一。

鲁西地区铁矿成因类型多样,地域分布广泛。铁矿主要类型有沉积变质型、矽卡岩型、热液交代充填-风化淋滤型、岩浆型和沉积型等。本书通过全面收集鲁西地区地质、矿产等相关资料,系统总结铁矿成矿地质条件,详细阐述地球物理特征与铁矿床的对应关系。通过解剖苍峰铁矿带、单县铁矿床、北躲庄铁矿床、济宁铁矿床、张家洼铁矿床、金岭铁矿床、莲子汪铁矿床、店子铁矿床、肖家沟铁矿床等典型铁矿床,详尽阐明了各类铁矿的矿床特征及其成矿规律,分类总结铁矿成矿模式和区域预测模型。通过划分区内铁矿成矿区带、成矿系列和成矿谱系,圈定了铁矿找矿靶区,指明了铁矿找矿方向。

区内沉积变质型铁矿主要成矿时代为新太古代,主要分布于鲁西地块中部、西南部和南部地区,赋矿围岩以泰山岩群、济宁岩群为主;矿体形态为层状、似层状、透镜状,层控现象明显。矽卡岩型铁矿主要成矿时代为燕山晚期,其中包括与中基性侵入岩有关的接触交代-高温热液型磁铁矿矿床和与中酸性侵入岩、浅成岩有关的接触交代-高温热液型磁铁矿矿床;前者主要分布于济南、莱芜和淄博等地,后者分布于苍山、沂南等地;赋矿地段位于碳酸盐岩和侵入岩体的接触带。热液交代充填-风化淋滤型铁矿多分布于淄河断裂一带,形成于燕山晚期。岩浆型铁矿床分布于沂沭断裂带内及其附近,形成于古元古代,铁矿石类型为含钛磁铁辉石角闪石岩。沉积型铁矿受控于中奥陶统灰岩风化面上及上石炭统底部,规模小、品位低、工业价值和找矿意义都不大。

通过对鲁西地区地质矿产资料的梳理和分析,同时与成矿预测模型进行对比,本书对鲁西地区铁矿进行了成矿预测,按照矿床成因类型,划分出以韩旺、苍山-枣庄、东平-汶上、单县和济宁等地区为代表的沉积变质型铁矿找矿靶区 24 处;以莱芜、金岭、苍山地区为代表的矽卡岩型铁矿找矿靶区

14 处；以淄河地区铁矿为代表的热液交代充填-风化淋滤型铁矿找矿靶区 6 处；以莒县天宝钛铁矿为代表的岩浆型铁矿找矿靶区 3 处。在上述 47 处铁矿找矿靶区中，A 类靶区 19 处，B 类靶区 15 处，C 类靶区 13 处。通过本次研究工作，对鲁西地区铁矿找矿靶区进行了圈定，指导了区内今后铁矿找矿方向，通过部分找矿靶区的铁矿勘查工作表明，区内圈定的铁矿找矿靶区划分较为合理、有效。

著者

2015 年 10 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 研究区范围及地理概况	1
1.1.1 研究区范围	1
1.1.2 自然地理概况	2
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 沉积变质型铁矿	3
1.2.2 矽卡岩型铁矿	4
1.2.3 热液交代充填-风化淋滤型铁矿	6
1.2.4 岩浆结晶分异钛铁矿	6
1.2.5 沉积型铁矿	7
1.3 当前铁矿形势与研究区铁矿概况	7
1.4 取得的成果及认识	9
第2章 区域成矿地质背景	12
2.1 山东省构造背景	12
2.2 研究区大地构造位置	13
2.3 鲁西区域地质背景	15
2.3.1 区域地层	15
2.3.2 区域构造	18
2.3.3 区域岩浆岩	21
2.3.4 区域地球物理特征	21
2.3.5 区域矿产特征	29
2.4 铁矿成矿地质条件	29
2.4.1 控矿地层	30
2.4.2 控矿构造	33
2.4.3 控矿岩浆岩	34
2.4.4 铁矿与重、磁特征关系	36
2.4.5 铁矿基本特征	38
第3章 典型铁矿床地质特征	40
3.1 鲁西地区铁矿概述	40
3.1.1 铁矿成因类型划分	40
3.1.2 铁矿空间分布特征	41
3.1.3 铁矿时间分布特征	42

3.2 典型矿床选择依据	43
3.2.1 沉积变质型铁矿	43
3.2.2 矽卡岩型铁矿	44
3.2.3 热液交代充填-风化淋滤型铁矿	44
3.2.4 岩浆型铁矿	45
3.3 典型铁矿床特征	45
3.3.1 沉积变质型铁矿床	45
3.3.2 矽卡岩型铁矿床	61
3.3.3 热液交代充填-风化淋滤型铁矿床	71
3.3.4 岩浆型铁矿	75
第4章 成矿规律与成矿模式	78
4.1 铁矿成矿规律	78
4.1.1 沉积变质型铁矿成矿规律	78
4.1.2 矽卡岩型铁矿成矿规律	84
4.1.3 热液交代充填-风化淋滤型铁矿成矿规律	91
4.1.4 岩浆型铁矿成矿规律	95
4.2 铁矿区域成矿模式	96
4.2.1 沉积变质型铁矿区域成矿模式	96
4.2.2 矽卡岩型铁矿区域成矿模式	100
4.2.3 热液交代充填-风化淋滤型铁矿区域成矿模式	104
4.2.4 岩浆型铁矿区域成矿模式	106
第5章 成矿系列与预测模型	109
5.1 铁矿成矿系列	109
5.1.1 矿床成矿系列划分	109
5.1.2 矿床成矿系列基本特征	110
5.1.3 与沉积作用有关的矿床成矿系列	110
5.2 铁矿区域预测模型	110
5.2.1 沉积变质型铁矿区域预测模型	110
5.2.2 矽卡岩型铁矿区域预测模型	119
5.2.3 热液交代充填-风化淋滤型铁矿区域预测模型	123
5.2.4 岩浆型铁矿区域预测模型	125
5.3 铁矿区域成矿谱系	127
第6章 成矿预测	129
6.1 矿产预测类型和成矿远景区的划分	129
6.1.1 矿产预测类型划分	129
6.1.2 成矿远景区划分	129
6.1.3 铁矿成矿区带划分	130
6.2 铁矿成矿预测依据及靶区选定依据	132
6.2.1 铁矿主要矿产地简介	132

6.2.2	各类型铁矿预测基本依据	137
6.2.3	低缓磁异常区铁矿预测依据	141
6.2.4	靶区选定依据、分类及命名原则	145
6.3	铁矿找矿靶区圈定	146
6.3.1	沉积变质型铁矿靶区圈定	146
6.3.2	矽卡岩型铁矿靶区圈定	156
6.3.3	热液交代充填-风化淋滤型铁矿靶区圈定	161
6.3.4	岩浆型铁矿靶区圈定	164
6.3.5	铁矿找矿靶区总述	165
第7章	结 论	174
7.1	取得的主要地质成果	174
7.2	存在问题与建议	177
参考文献		178

第1章 绪 论

1.1 研究区范围及地理概况

1.1.1 研究区范围

研究区位于山东省（简称鲁）西部，地处我国东部沿海地区中北段，位于黄河下游，行政区划属济南、泰安、莱芜、淄博、滨州、潍坊、临沂、枣庄、济宁、聊城、菏泽、日照等 12 个地级行政区；介于东经 $115^{\circ}08'00''\sim 119^{\circ}26'00''$ 、北纬 $34^{\circ}21'00''\sim 37^{\circ}00'00''$ 之间。研究区部分由北向南与河南、安徽、江苏三省接壤，南北宽 290 km，东西长约 430 km，总面积约为 78500 km^2 。区内高速公路主要有京沪、京福、济青、东青、日东、博莱、济莱、青莱等，国道、省道四通八达，村镇公路纵横交错，交通十分方便（图 1.1）。

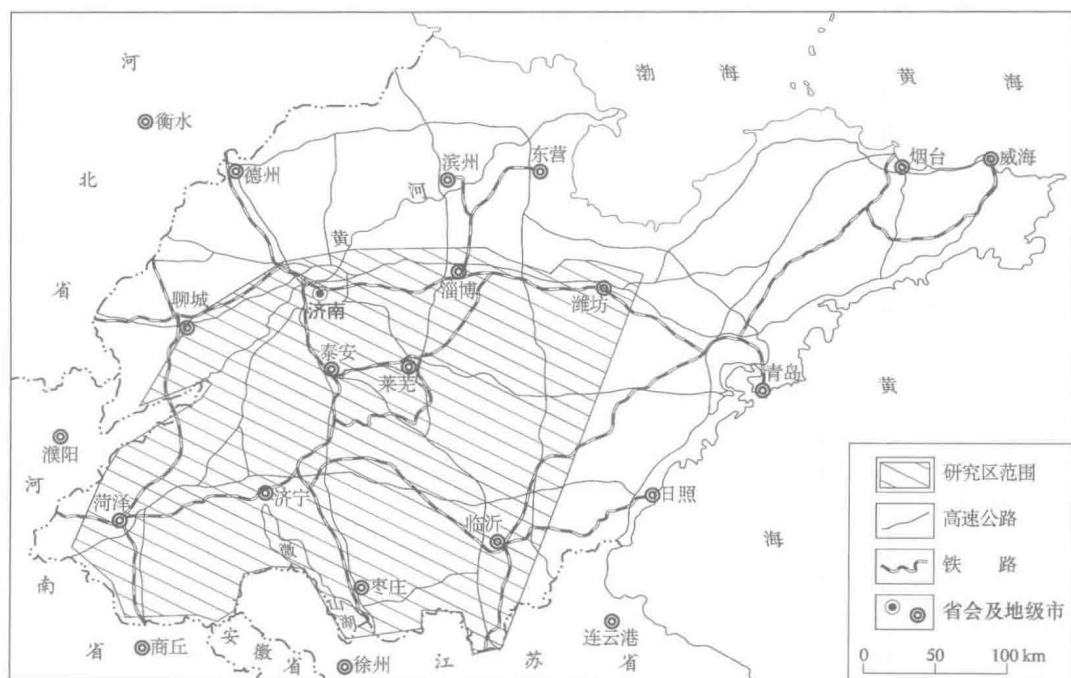


图 1.1 研究区交通位置图

1.1.2 自然地理概况

区内地势中东部山地隆起,东部、南部丘陵起伏,西南、北部低洼平坦,形成了以山地丘陵为骨架,平原盆地交错环列其间的地形格局。海拔多为 300~700 m。泰山雄踞中部,位于泰安东北侧,主峰海拔 1532.7 m,为省内最高点;最低处是昌邑北侧,海拔为 3~5 m。区内春秋短暂、冬夏较长,属温带季风性气候,气温季节性变化显著,年平均气温 12~14℃,在研究区北北部,泰沂地区偶出现-20℃的低温,区内最热多在 7~8 月份,极端最热气温在 36~43℃之间,其中在曹县曾出现 43.7℃的高温。年平均降水量 800 mm 左右,降水主要集中于 7~8 月份,占年降水量的 65%以上。最大冻土厚度约 0.44 m,无霜期多为 180~220 d,霜冻期自 11 月下旬至次年 3 月上旬。按照地形的空间分布特征,可将全省分为鲁中南山地丘陵区、鲁西南平原区和鲁西北平原区(部分地段)三大地貌分区。山脉主要分布于鲁中南山地丘陵区。

区内水系比较发育,黄河自西南向东北斜穿研究区西北侧,在区内的流程约 300 km。京杭大运河自南向北纵贯鲁西平原,此外,还有小清河水系、大汶河水系、沂河水系、泗河水系和弥河水系等。湖泊集中分布于鲁中南山地丘陵区与鲁西南平原之间的鲁西湖带,以济宁为中心分为两大湖群,以南为南四湖,以北为北五湖,前者以微山湖为首,后者以东平湖最大。根据 2001 年中国地震动峰值加速度区划图显示,区内地震动峰值加速度等值线大致呈 NNE 向展布,为 0.05~0.20 g,其中在潍坊—郯城(0.20 g)和聊城—菏泽(0.15~0.20 g)地区地震动峰值加速度较高外,在此之间济南—济宁一线多为 0.05 g,属较低位置。

研究区内经济较为发达,工农业基础良好。该区农作物以小麦、玉米为主,地瓜、花生、大豆等少量,经济树木主要为果木及花椒等。轻工业特别是纺织和食品工业相当发达,重工业企业发展迅速。矿山企业发达,主要有铁矿、煤矿、石灰岩、岩盐矿、石膏、花岗石、黏土和金矿等。区内电力供应良好,农村劳动力充足,适宜工矿业发展。

1.2 国内外研究现状

矿产资源是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础,随着经济全球化时代的不断推进,固体矿产资源供给能力是一个国家的经济实力、综合国力的重要基础,也是一个国家发展潜力的体现。铁是世界上发现最早,利用最广,用量最大的一种金属元素;同时也是地球上分布最多和最广泛的金属元素之一。山东省铁矿资源比较丰富,探采历史悠久,在我国沿海省区占有重要的位置(曾广湘等,1998;周军等,2010),也是环渤海铁矿区的重要组成部分(沈保丰,2009)。据《国语》、《管子》等史料记载,早在 2600 多年前,山东就已开始了铁矿开采和冶铁业(孔庆友等,2006),从春秋战国至明、清朝时期,冶铁业经久不衰,新中国成立以来更是得到了长足的发展。

对于人类社会的发展过程中,铁矿资源是人类运用最为长久的金属资源,也是开展

研究较为成熟的矿种之一。鲁西地区是国内地质工作程度较高的地区之一，基础性地质调查和系统性铁矿成矿规律研究工作取得了较大的进展，与铁矿有关的基础性地质和矿产勘查工作均取得了丰硕的勘查和研究成果，研究现状总结如下。

沈其韩、沈保丰、王伟、张连昌、翟安民等地质专家对国内外的铁矿研究工作取得了丰硕的成果。李厚民、王登红（2012a）等专家总结了国内铁矿成矿规律，并将中国铁矿床分为沉积变质型、岩浆型、接触交代-热液型、火山岩型、沉积型和风化淋滤型等 6 种和 40 个矿床式，这对中国铁矿成矿规律和潜力分析有着重要的理论和现实意义。就成矿类型而言，以沉积变质型为主，岩浆型、接触交代-热液型次之，其他类型则较少（崔立伟等，2012）。李俊建（2006）对国内铁矿成矿区带资源概况和预测资源进行了统计，对华北板块铁矿成矿规律进行了研究，铁矿成因类型分为沉积变质型、矽卡岩型、热液型、岩浆型和沉积型，并对鲁西地区沉积变质型铁矿资源进行了简要评价。

山东省地质程度较高，与鲁西地区相关的铁矿类型在国内外的研究均已有效开展。区内始于 19 世纪 60 年代至 1948 年，中国、日本及欧美的学者先后对铁矿资源进行了调查。据记载，普鲁士人李希霍芬 1869 年时首次对山东铁矿进行了调查。20 世纪 20 年代前后，丁文江、谭锡畴等人相继对临淄金岭、济南历城及章丘等地铁矿进行调查；20 世纪 20~40 年代，木户忠太郎等日本人先后对济南、莱芜、临沂等地进行了铁矿调查工作。新中国成立以来，省地矿及冶金系统开展了大量的铁矿地质调查、勘探和科学研究工作，成果颇丰。曹国权（1996）较系统研究了鲁西早前寒武纪变质基底，认为对鲁西地区的铁矿成矿作用起着控制作用。曾广湘等（1998）对山东省铁矿成因、类型进行了介绍和分析。刘玉强等（2004）研究了省内铁矿成矿规律，建立了多个单矿种成矿模式；初步划分了全省铁矿成矿区并进行了定量预测。孔庆友等（2006）从集中矿带分布、控矿地质条件、成矿时代等特点对全省铁矿床进行了初步研究，但不包括肖家沟式铁矿的相关内容。2007~2011 年，由山东省地质调查院等多个地勘单位完成了“山东省铁矿资源潜力评价成果报告”，对山东省的铁矿成矿规律和潜力评价工作进行了相对系统的研究。上述资料和成果为本次研究工作提供了重要支撑。据以往地质资料，鲁西地区铁矿主要可分为沉积变质型、矽卡岩型、热液交代充填-风化淋滤型铁矿、岩浆型铁矿和沉积型等，其中以沉积变质型和矽卡岩型为主；区内相关铁矿研究工作现状和进展总结如下。

1.2.1 沉积变质型铁矿

条带状硅铁建造（Banded Iron Formation, BIF）型铁矿床是国内外最重要的铁矿床类型，资源量和开采量均居世界首位，该类铁矿形成的富矿占世界富铁矿储量的 70% 左右，占全球铁矿产量的 90% 以上（Isley, 1995；沈保丰，2012；张连昌等，2012），鲁西地区及其所属的华北板块则是国内 BIF 型铁矿床的重要分布区，且分布相对集中（沈保丰，2012）。BIF 型铁矿主要形成于前寒武纪，可分为阿尔戈马型（Algoma 与海

相火山作用密切)和苏必利尔型(Superior与沉积作用有关)(沈保丰, 2009)。国际上该类铁矿主要分布在俄罗斯、澳大利亚、巴西、加拿大、非洲、印度和美国等地(沈保丰, 2012)。BIF型铁矿石是世界铁矿开采的主要对象,如掌握了世界70%以上铁矿石贸易量的必和必拓、淡水河谷和力拓三大矿业公司主要开采BIF型铁矿石(沈保丰, 2012)。

BIF型铁矿属层控类矿床的含矿建造,矿床受一定的岩性和层位控制(在某一层位产出),与同沉积作用等有关(钟国绘等, 2012)。国内BIF型铁矿床广泛发育于前寒武纪结晶基底和陆块内,其中主要产于华北板块中,次为扬子陆块东南缘,在塔里木陆块北缘有少量产出,在兴蒙造山带的东部微陆块中亦有发现(沈保丰, 2012),其含铁建造众多,如鞍山岩群、遵化岩群、泰山岩群、济宁岩群、霍邱岩群、登封岩群等,此外,BIF型铁矿占有重要地位,10个超大型铁矿中BIF型占6个(赵振华, 2010)。鲁西地区BIF型铁矿床形成时代及其分布是本次研究的重点之一,国际上该类铁矿形成时代为古太古代—新元古代,最早的BIF形成于38亿a(格陵兰),25亿a左右达到峰值,直到约18亿a大规模的BIF结束,约7亿a又因“雪球事件”而在全球再次出现(Klein, 2005)。华北克拉通最古老的地质记录大于38亿a(Liu et al., 1992; Wan et al., 2005),而后经历了复杂的多阶段构造演化历史。前寒武纪时期是地球历史上最重要的演化阶段之一,当时的地球不仅经历着海洋和大气成分的巨大变化,同时还处于生物圈的早期演化阶段。因此,李志红(2007)认为开展前寒武纪含铁建造的研究对于铁矿的形成条件具有重要的意义。

BIF型铁矿在华北板块的空间分布具有一定规律性,主要发育于鞍山—本溪、冀东、霍邱—舞阳、五台、鲁西和固阳等绿岩带分布区(张连昌等, 2012)。国内BIF型铁矿以阿尔戈马型为主,主要形成在太古宙,鞍山—本溪、冀东—密云、五台、鲁西、许昌等地区的铁矿床;苏必利尔型条带状硅铁建造铁矿床在中国分布局限,多形成于古元古代,主要产于山西吕梁等地区。国内最早形成的铁矿床产于冀东迁安古太古代曹庄岩组中的杏山、脑峪门等地,主要为一些中小型规模的(或矿点)BIF型铁矿床(点),其中以杏山铁矿床规模较大(达中型规模)(沈保丰等, 2005)。据最新同位素测年结果,鲁西地区BIF型铁矿形成时代为新太古代(万渝生等, 2012a, b),主要产于沂源韩旺、东平—汶上、枣庄—苍山(苍山县现改为兰陵县,因地质文献中均为苍山县,本次研究为避免歧义,仍称之为苍山县,下同)、济宁、单县等地区。近年来,鲁西地区实施了大多数铁矿勘查项目,其中以沉积变质型铁矿找矿效果最为显著,如苍山县兰陵、济宁颜店、汶上县张宝庄、东平县彭集、单县大刘庄等地区,这为区内BIF型铁矿的成矿规律和成矿预测提供了基础。

1.2.2 矽卡岩型铁矿

矽卡岩型(即接触交代型)铁矿主要产于侵入岩体与碳酸盐岩地层接触带上,国内矽卡岩型铁矿常呈矿集区形式出现,如大冶、邯邢、莱芜、临汾等矿集区,其中大

冶和邯邢是国内重要的铁矿石生产基地。该类型铁矿是我国的主要富铁矿，产于中生代燕山期，其储量占全国铁矿床的 11%，但其富矿石占全国已查明富铁矿石的 50%左右。我国于 20 世纪 50~80 年代对该类型铁矿开展了大规模的地质找矿和科学研究，除发现了数百个矿床外，其铁矿成因和成矿规律研究等方面也取得了一系列重要进展（程裕淇等，1978；赵一鸣等，1990；陈毓川等，1993）。杨志（1982）总结了中国东部地区矽卡岩铁矿的成岩成矿时代，并讨论了济南和金岭等地区矽卡岩型铁矿成矿岩体。张国军（1985）对华北地区邯邢式铁矿成矿构造进行了分析，对铁矿时空分布、成矿构造等方面进行了详尽论述，其中包括济南、莱芜和金岭等铁矿。许国建等（1990）对长龙山矽卡岩型铁矿床的研究认为其形成因素是“燕山期构造+岩浆活动+碳酸盐岩地层”在特定地质和物理化学条件下相互作用的结果。常印佛等（1991）和翟裕生等（1992）系统研究并总结了长江中下游中生代岩浆活动、构造演化、壳幔结构与矽卡岩型铁铜多金属矿床的成因联系。方福康等（2013）对桃冲矽卡岩型铁矿研究认为该铁矿是岩浆岩、岩层和构造共同作用的产物，其中岩浆岩提供物质来源，构造（层间断裂）为成矿流体提供运移通道，碳酸盐岩等地层和次级小褶曲构成封闭条件和容矿空间。研究表明，矽卡岩型铁矿的成矿构造背景主要包括岛弧环境、活动大陆边缘、大陆裂谷和造山带，成矿时代从元古宙到新生代（Meinert et al., 2005）；中国东部的矽卡岩型铁矿主要形成于大陆板块内部，显示了独特的成矿环境。

对于含矿岩体的成因和来源还存在多种认识（Zhai et al., 1996；Wang et al., 2005；Li et al., 2009），Meinert et al.（2005）根据大量岩体地球化学和同位素组成特征的分析认为，与矽卡岩铁矿有关的含矿岩浆大多起源于地幔楔的部分熔融，与高角度的洋壳俯冲有关。Li et al.（2009）提出大冶地区矽卡岩型铁矿的含矿岩浆起源于富集岩石圈地幔的部分熔融并经历了下地壳的高压分离结晶。上述研究均表明该类型铁矿多与幔源岩浆存在着直接或间接的联系。赵一鸣等（1990）和翟裕生等（1992）认为长江中下游成矿带中酸性岩浆具有成矿专属性，如花岗闪长岩类通常与矽卡岩型铜金矿有关，而（辉石）闪长岩和石英闪长岩则多与矽卡岩型铁矿有关，初步认为这种成矿专属性可能与岩浆源区、岩浆性质、组成和演化等因素有关。陈艳和张招崇（2012）认为中酸性侵入体形成的矽卡岩型铁矿成矿物质来源于浅部侵入岩，与酸性侵入岩形成的矽卡岩型铁矿成矿物质可能来源于矿床附近的原始赋铁层位，这为鲁西地区的成矿规律研究提供了依据。

本次工作的重点之一就是探讨矽卡岩型铁矿的成矿预测及其矿体的赋存位置。地质工作者在成矿预测和矿体定位研究进展也较大。如孙少财等（2012）在研究安林地区矽卡岩型铁矿地磁异常场时，认为通过对重磁数据处理成果来研究控岩、控矿构造，预测成矿区带、确定成矿远景区及找矿靶区是可行的。韩昭等（2013）则对该区铁矿预测时认为地表矿化显示区可作为深部找矿有利地段，如航磁异常明显且成对出现异常曲线闭合性较好和地磁低缓异常地段。以往地质工作对鲁西地区矽卡岩型铁矿体赋存部位进行了研究，徐西雷等（2001）在研究金岭铁矿时认为该区岩浆上侵来源端、

含矿岩浆运移受阻滞处、与岩体接触的高钙、低铝围岩部位、接触带弯曲处，接触带向岩体凹陷地段等均是成矿有利部位。杨昌彬等（2006）研究莱芜地区铁矿形成机制时对该区“三位一体”成矿模式定义为“在同一地质作用（燕山晚期岩浆期后热液作用）中，在不同地质空间形成的不同种形式的矿体，均以接触带为成矿通道相互联系的成矿模式”，这表明了在同一地区成矿作用中铁矿体间的内在联系，同时，这亦为该类型铁矿的找矿预测提供了思路和找矿方向。

1.2.3 热液交代充填-风化淋滤型铁矿

鲁西地区该类铁矿最早勘探的大型矿床是朱崖铁矿，1958年命名为朱崖式铁矿（亦称为淄河式铁矿），此类铁矿主要分布于鲁西隆起区的中北部，是省内的富铁矿类型之一。1976年，在青州店子地区取得了重要的找矿进展，其铁矿成因共有“中低温岩浆期后热液矿床、沉积-热液改造层控矿床、次生淋滤溶洞堆积矿床、碳酸岩气成-热液矿床”四种观点。余恒翁等（1980）描述了区内铁矿的矿床特征，并讨论了菱铁矿和褐铁矿体的产出状态及转化关系，并探讨了该矿床成因。杨志（1981）研究淄河地区铁矿时认为该类型矿床的形成在时间、空间上均受淄河断裂构造和早古生界（含铁）细碎屑-碳酸盐岩地层控制。陈富伦（1987）认为铁质有多种来源，主要是卤水本身及其运移过程中裹挟了所经岩层中的铁质成分。曾广湘等（1998）、刘玉强等（2004）和孔庆友等（2006）对该铁矿成矿地质条件、矿体和矿石特征、围岩蚀变等进行了较为系统地论述，并对其主要代表性矿床进行了重点剖析，提出了勘查方向。罗文强等（2009）、杨斌等（2012）分别在研究沂源县陈家山、水磨头铁矿床（热液交代充填-风化淋滤型）时认为，围岩地层、断裂构造和含矿热液成矿、控矿具有重要的作用；通过分析认为该类型铁矿的找矿方向主要为断裂构造和层间裂隙等地段，这为区内该类型铁矿的成矿规律研究和找矿靶区的圈定提供了基础。

1.2.4 岩浆结晶分异钛铁矿

鲁西地区沂沭断裂带（郯庐断裂带的山东部分，下同）及鲁西隆起区东缘分布着多个钛铁矿床；矿石中共生的磁铁矿可作为其共生组分进行利用，具有较好的工业综合利用价值，其勘查研究工作属起步阶段。山东省地质科学研究院等地勘单位在莒县、沂水等地区的钛铁矿勘查中取得了较好的找矿效果，发现了莒县肖家沟、天宝钛铁矿，沂水县下儒林、南仇林、常庄和宿山等钛铁矿矿床。该类型矿床的主要有用组分为 TiO_2 ，伴生有用组分为 TiFe 可综合利用，具有较高的经济价值（张连峰等，2006；刘安同等，2007；周长祥等，2009；李洪奎等，2010a, b；段林祥等，2010；牛金等，2013）。据李洪奎（2010a, b）和牛金（2013）等人较为系统地对区内的钛铁矿床的地质特征、矿床特征和矿床成因进行了研究。该类型钛铁矿的研究意义在于为今后铁矿石来源提供了另外一种渠道，在以钛铁矿为开采目的的基础上，磁铁矿共生组分的有效利用使得未来矿山的开发利用更加充分，更具经济意义。此次工作将通过对其成矿规律研究