

地质与矿产

# 山东高唐郭店地区富铁矿找矿标志与成矿模式研究

吴秉禄, 冯启伟\*, 李亚东, 马明, 王兴启, 刘红达, 刘文龙, 刘彦奎

(山东省第一地质矿产勘查院, 富铁矿勘查开发技术山东省工程研究中心, 山东 济南 250100)

**摘要:** 山东省高唐县郭店地区富铁矿是近几年在齐河-禹城重点勘查区内发现的夕卡岩型铁矿床, 单工程揭露铁矿厚度达 87.31 m, 具有厚度大、品位高、埋藏深等特点。研究区位于鲁西北第四系、新近系深覆盖区, 因矿致异常等有效信息难以提取, 制约了深部找矿。作者通过分析郭店地区及鲁西地区地质、物探等资料, 研究其成矿地质背景、矿床特征、控矿因素及找矿标志, 建立该区的成矿模式。富铁矿体主要分布于燕山晚期闪长岩与奥陶纪马家沟群碳酸盐岩的接触带上, 厚大矿体一般赋存于岩体下凹部位及岩体陡然凸起的边部扇形区域, 综合物探剖面上表现为重磁同高且视电阻率等值线下凹的特征, 对区内及深覆盖区开展富铁矿勘查工作具有一定参考价值。

**关键词:** 富铁矿; 找矿标志; 成矿模式; 郭店; 山东高唐

中图分类号:P618.31

文献标识码:A

doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2025.06.005

## 0 引言

山东铁矿分布较为广泛, 全省大、中型铁矿床几乎都分布在鲁西地区<sup>[1]</sup>, 鲁西地区是我国重要的铁矿集区和富铁矿产地<sup>[2-6]</sup>, 省内富铁矿主要分布在莱芜、淄博、济南、齐河-高唐-禹城等地<sup>[7-17]</sup>。为查明高唐县郭店地区地质矿产特征, 山东省自然资源厅在该区部署了多个省级地质勘查项目, 通过系统梳理区域物探异常, 在重点地区开展重力、高精度磁法、广域电磁测深综合物探剖面测量, 优选找矿有利部位, 利用钻探工程进行验证, 取得了较好的找矿效果, 单工程揭露富铁矿厚度达 87.31 m, 单样品最高品位 TFe 达 67.44%, mFe 达 65.99%, 为齐河-禹城地区及深覆盖区富铁矿勘查积累了经验。省内深覆盖区铁矿成矿模式研究较少, 有学者就齐河-禹城重点勘查区地质特征进行研究, 建立李屯地区的“禹城式”富铁矿成矿模式<sup>[18]</sup>, 而郭店地区的成矿模式研究尚属空白。作者通过对研究区矿床特征、控

矿因素进行分析, 对找矿标志进行研究, 建立了该区的成矿模式, 可为该区的富铁矿勘查提供参考(图 1)。

## 1 地质背景

研究区位于山东省西北部, 在高唐县城区东南 28 km 处, 位于齐河-广饶断裂(以下简称齐广断裂)南侧(图 1)。研究区周边已相继发现多个大中型夕卡岩型铁矿, 与济南、淄博等地的夕卡岩型铁矿均分布于华北地层大区、晋冀鲁豫地层区、鲁西地层分区, 大地构造单元同属鲁中隆起区<sup>[19]</sup>。泰山岩群经过新太古代 3 期岩浆侵入活动叠加中元古代岩浆沿张性裂隙侵入活动, 形成鲁西地区结晶基底<sup>[20]</sup>, 基底上沉积寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、新近系、第四系。太平洋板块对欧亚板块俯冲形成了滨太平洋构造域异常复杂的构造格局, 至白垩世地壳拉张活动加剧<sup>[21]</sup>, 岩浆活动增强, 形成各种侵入岩, 为成矿提供了有利条件。区内富铁矿成矿于燕山晚期,

收稿日期: 2025-03-24; 修订日期: 2025-04-18; 编辑: 王敏

基金项目: 山东省自然资源厅, 山东省 2022 年部省协议地质勘查项目“山东省高唐县郭店地区西于科村铁矿普查”(鲁勘字[2022]24 号);

山东省自然资源厅, 山东省 2023 年部省协议地质勘查项目“山东省高唐县王官屯地区铁矿普查”(鲁勘字[2023]14 号)

作者简介: 吴秉禄(1980—), 男, 山东青州人, 高级工程师, 主要从事地质调查与资源勘查工作; E-mail: 13679115@qq.com

\* 通信作者: 冯启伟(1985—), 男, 山东泰安人, 正高级工程师, 主要从事地质调查与资源勘查工作; E-mail: 284149256@qq.com

多分布于岩体与奥陶纪马家沟群至石炭-二叠纪月门沟群的接触带附近, 少量矿体赋存于岩体及远离接触带的地层内部。

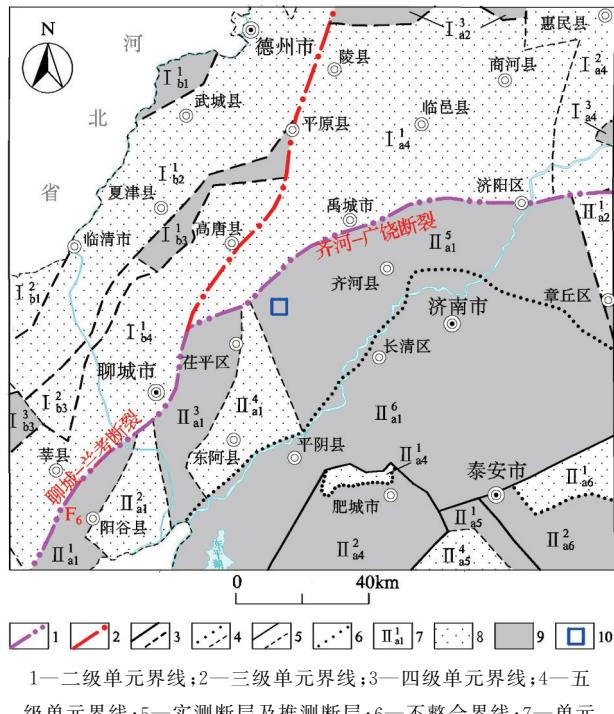


图 1 研究区大地构造单元划分图

## 2 矿床特征

### 2.1 矿体特征

研究区内共圈定 7 个磁铁矿体, 由浅到深分别编号为 I、I-1、II、III、IV、V、VI(图 2), VII 号为新圈定矿体。I、I-1、II 3 个矿体赋存于角岩化粉砂岩内, III~VI 4 个矿体赋存于闪长岩与大理岩的接触带附近。I、I-1 矿体形态较简单, 呈似层状, II~VI 矿体呈不规则透镜体状。IV 矿体为主矿体, 其矿体特征如下:

IV 号矿体由 7 个见矿工程控制, 整体倾向 NE, 倾角  $3^\circ \sim 23^\circ$ 。矿体倾向长 1 110 m, 走向长 1 063 m, 产出标高  $-1 462.84 \text{ m} \sim -1 654.28 \text{ m}$ , 埋深  $1 488.43 \sim 1 679.95 \text{ m}$ , 表现为南部埋深小, 北部埋深大。矿体厚度  $10.05 \sim 62.54 \text{ m}$ , 平均厚度  $35.94 \text{ m}$ 。矿体呈不规则透镜体状, 厚度由中向两翼逐渐变薄, 厚度变化系数  $59.4\%$ , 厚度变化中等, 属厚度变化较稳定矿体。矿体单样品最高品位 TFe 达  $67.44\%$ , mFe 达  $65.99\%$ ; 最低品位 TFe 为

$20.80\%$ , mFe 为  $15.86\%$ ; 矿体平均品位 TFe 为  $55.41\%$ , mFe 为  $52.78\%$ ; 品位变化系数 TFe 为  $26.9\%$ , mFe 为  $29.3\%$ , 属有用组分分布均匀矿体。矿体顶板为大理岩, 底板为夕卡岩, 与顶板为突变接触, 与底板多为过渡接触关系。

### 2.2 矿石特征

#### 2.2.1 矿石矿物组分

矿石矿物组分比较简单, 矿石矿物以磁铁矿为主, 其次是黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等。

脉石矿物主要为透闪石、透辉石、蛇纹石、绿帘石及少量金云母、白云母、方解石、绿泥石等。

#### 2.2.2 矿石结构、构造

矿石中金属矿物主要为自形一半自形晶粒状结构, 其次为交代结构、填隙结构及包含结构等。

矿石构造主要为致密块状构造, 少量浸染状构造、蜂窝状构造、条带状构造。

## 3 控矿要素分析

### 3.1 控矿地层

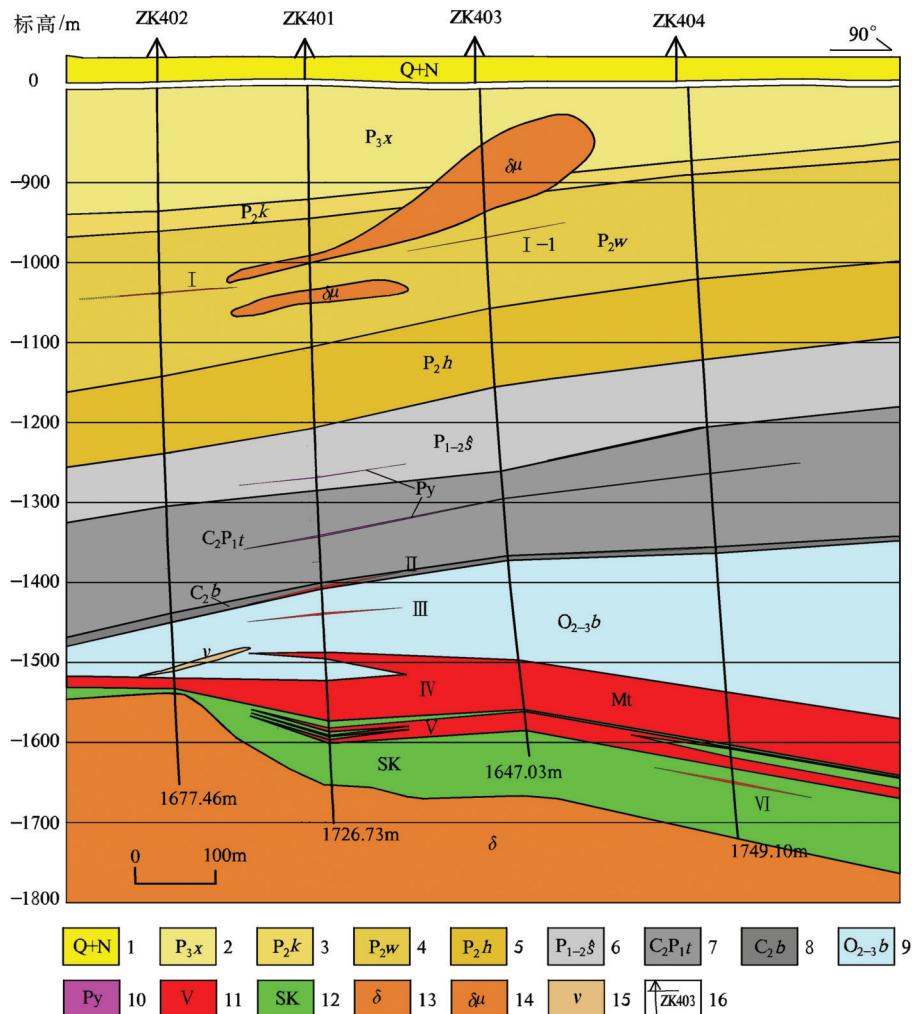
富铁矿主要赋存于奥陶纪马家沟群与燕山晚期闪长岩接触带附近, 该群既是主要成矿围岩亦是重要控矿围岩, 研究区内钻孔揭露五阳山组、阁庄组、八陡组(表 1)。

### 3.2 控矿岩体

齐河—禹城重点勘查区内的李屯岩体、潘店岩体、大张岩体形成时代均为早白垩世(表 2), 潘店岩体位于研究区内, 归属沂南序列, 岩石特征见表 3, 表现为重力、磁力高背景特征, 推测岩体平面近似椭圆形, 呈 NNW 向展布。岩基多侵位于奥陶纪马家沟群八陡组, 最高侵位于二叠纪月门沟群太原组, 揭露岩体顶界面深度为  $1 438.77 \sim 1 721.23 \text{ m}$ 。根据钻探揭露, 岩性有闪长岩、辉石闪长岩、二长闪长岩、辉长岩等(图 3)。郭店夕卡岩型铁矿床的时空分布和规模受控于潘店岩体, 该岩体在成矿过程中发挥重要作用, 提供了能量及铁质来源, 是区内成矿地质体。

### 3.3 控矿构造

研究区周边主要断裂为齐广断裂、莒镇断裂、许楼断裂、潘店断裂, 这 4 条断层对潘店岩体起控制作用(图 4)。研究区内褶皱为近 SN 向潘店背斜, 背斜



1—第四系+新近系；2—孝妇河组；3—奎山组；4—万山组；5—黑山组；6—山西组；7—太原组；8—本溪组；9—八陡组；10—硫铁矿体；11—磁铁矿体及编号；12—夕卡岩；13—闪长岩；14—闪长玢岩；15—辉长岩；16—钻孔剖面位置及编号。

图 2 研究区 4 线剖面简图

表 1 研究区成矿控矿地层特征

地层名称	主要岩性	岩石特征	揭露地层厚度/m
八陡组	灰岩、大理岩	细晶—粗晶结构，巨厚层状构造、雪花状构造，局部见纹层状构造，主要矿物成分为方解石，方解石均经过重结晶作用，部分呈现白色，白色方解石呈雪花状发育于黑灰色方解石中	41.91~178.97
阁庄组	白云石大理岩、白云石方解石大理岩	中粒变晶结构，厚层状、角砾状构造。主要矿物成分为白云石、方解石	54.83~64.20
五阳山组	灰岩大理岩化、大理岩	中粒变晶结构，细晶结构，层状构造、云斑状构造，主要矿物成分为方解石	20.12~25.40

表 2 研究区及周边侵入岩特征

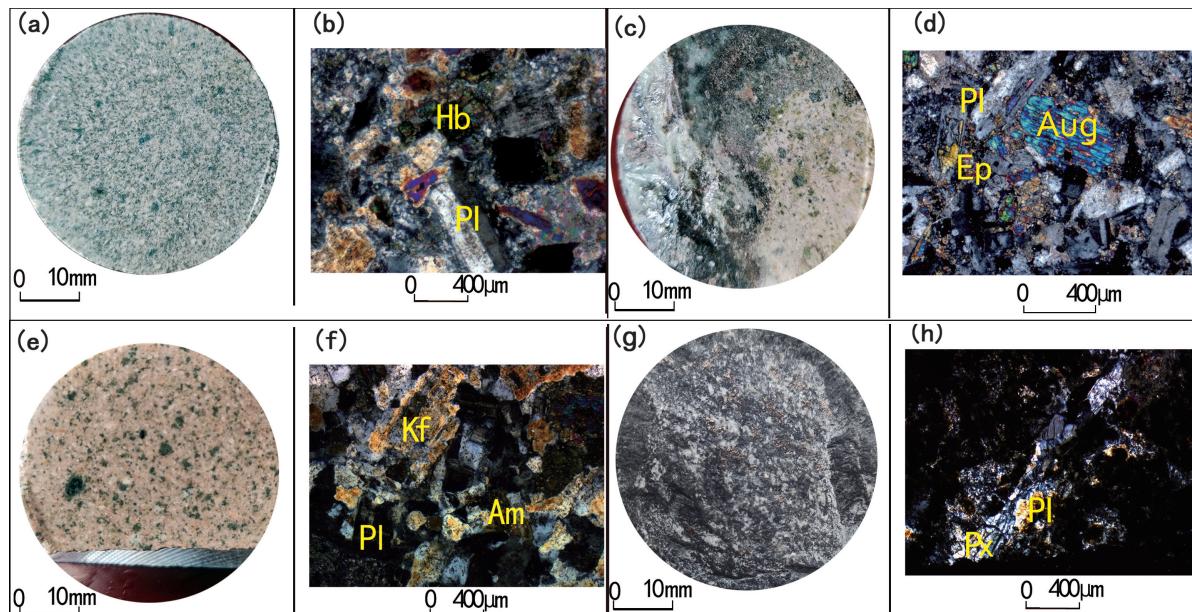
岩体名称	主要岩性	侵入地层	时代
潘店岩体	闪长岩、辉石闪长岩、二长闪长岩、辉长岩	奥陶系、石炭系	(124.0±1.4) Ma (U-Pb 钆石) <sup>[22]</sup>
李屯岩体	辉石闪长岩、角闪长岩、石英闪长岩	奥陶系、石炭系	(130.0±2.3) Ma (U-Pb 钆石) <sup>[23]</sup>
大张岩体	闪长岩	奥陶系	(131.6±1.7) Ma (U-Pb 钆石) <sup>[23]</sup>

构造形成时派生层间空隙、轴向断裂等为含矿热液提供了流通空间。研究区内接触带构造与断裂、褶皱等构造伴生，在马家沟群和岩体的接触带及层间破碎带为成矿流体运移及矿质沉淀提供了有利空间，是铁矿富集的有利位置和控矿构造。当层间破碎带与接触带连通时，铁矿体在围岩中延伸造成脱

离接触带假象(图 5)。

表 3 潘店岩体岩石特征

岩石名称	主要矿物成分	岩石特征
闪长岩	斜长石、普通角闪石、石英	半自形—他形晶粒状结构,矿物多发生次生蚀变。岩石主要由斜长石、普通角闪石组成,可见少量他形石英填充于斜长石、普通角闪石颗粒之间。斜长石:65%~75%,无色,多呈半自形柱状,多数发生绢云母化,粒度为0.2~0.5mm。普通角闪石:20%~25%,绿色—黄绿色粒状为主,多数已蚀变为绿泥石,粒度0.1~0.3mm。石英:少量,无色,他形粒状,粒径0.1~0.2mm
辉石闪长岩	斜长石、普通辉石、金属矿物	岩石呈灰绿色,块状构造,半自形粒状结构。岩石中矿物成分主要为斜长石、普通辉石以及少量的金属矿物。斜长石:60%~65%,粒径一般0.2~0.8mm,沿其解理和边缘常常发生绿帘石化蚀变,局部具碳酸盐化蚀变;普通辉石:30%~35%,普遍遭受绿帘石化蚀变,粒径一般0.4~1.6mm
二长闪长岩	角闪石、斜长石、钾长石、黑云母、石英	半自形中细粒结构,岩石主要由角闪石、斜长石、钾长石组成,其次为黑云母及石英。角闪石:褐色或浅绿色,半自形柱状,多数可见绿泥石化蚀变,粒径0.2~0.6mm,含量20%~25%。斜长石:无色,多呈自形—半自形板状或柱状,粒径0.4~0.8mm,含量40%~45%。钾长石:无色,他形粒状,包裹自形斜长石颗粒,粒径0.5~1mm,含量15%~20%。黑云母:褐色,半自形片状集合体,可见边缘蚀变为绿泥石,粒度0.1~0.3mm,含量约5%。石英:无色,他形粒状,多呈浑圆状,粒径为0.1~0.2mm,含量约5%
辉长岩	辉石、斜长石、角闪石、金属矿物	岩石主要由辉石、斜长石组成,其次为角闪石,可见少量金属矿物。辉石:无色或浅绿色,多呈半自形—他形粒状,多发生绿帘石化或绿泥石化蚀变;粒径0.2~0.6mm,含量为35%~40%。斜长石:无色,多呈半自形晶体长柱状或他形粒状,多发生土化;粒径为0.2~0.8mm,含量40%~45%。角闪石:绿褐色,半自形长柱状,多发生绿泥石化蚀变;粒径0.2~0.5mm,含量5%~10%



a—闪长岩照片;b—闪长岩镜下照片;c—辉石闪长岩照片;d—辉石闪长岩镜下照片;e—二长闪长岩照片;f—二长闪长岩镜下照片;g—辉长岩照片;h—辉长岩镜下照片;Hb—普通角闪石;Pl—斜长石;Ep—绿帘石;Aug—普通辉石;Kf—钾长石;Am—角闪石;Px—辉石。

图 3 潘店岩体岩石显微照片

## 4 找矿标志

通过对研究区及周边地区该类型铁矿的分析,本区夕卡岩型铁矿找矿标志主要分为以下 5 种:

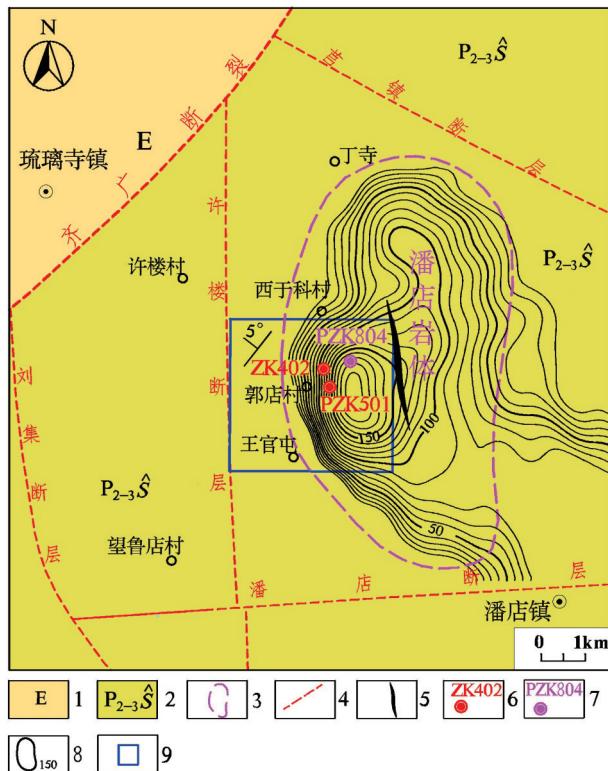
### (1) 地层标志

郭店铁矿产于潘店岩体与奥陶纪马家沟群碳酸盐地层的接触带附近,该地层对铁矿床具有较强的

控制作用。奥陶纪马家沟群五阳山组、八陡组具有“高钙、低铝、低镁、低硅”的特点,有利于形成富铁矿,是夕卡岩型铁矿的重要标志之一。

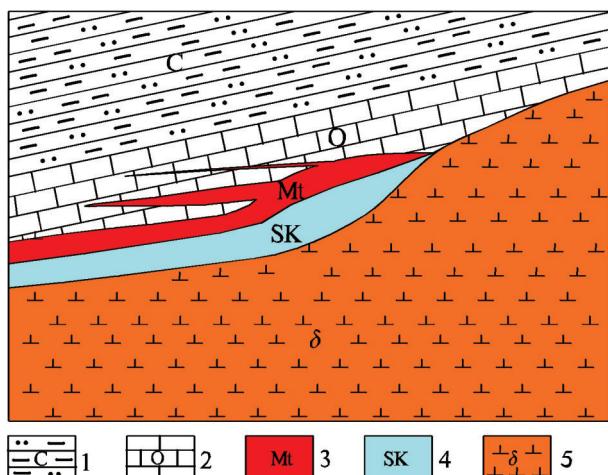
### (2) 岩体标志

研究区揭露潘店岩体以燕山晚期闪长岩类为主,岩石主量元素表现为“富钠、贫钾、低铁”特征, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  含量 2.72%~3.86%<sup>[22]</sup>,且呈现由深



1—古近系;2—石盒子群;3—推测潘店岩体范围;4—推断断层;  
5—背斜轴线;6—见矿钻孔及编号;7—见矿化钻孔及编号;8—  
化极磁异常等值线及数值(nT);9—研究区范围。

图 4 研究区基岩地质构造简图



1—石炭纪泥质砂岩;2—奥陶纪灰岩;3—铁矿体;4—夕卡岩;  
5—闪长岩。

图 5 研究区成矿构造和成矿结构面示意图

到浅逐步减少的趋势。因岩体为铁矿富集提供了成矿物质来源,故远低于中国闪长岩平均含量 7.25%。岩体下凹部位及产状由陡变缓处等对成矿较为有利,燕山晚期闪长岩是寻找夕卡岩型铁矿床的重要标志。

### (3) 构造标志

断裂构造具有控制岩体、控制矿体作用,褶皱构造的轴部及构造形成的各类破碎带,因产生容矿空间而有利于含矿热液运移、富集,易形成矿体。

### (4) 围岩蚀变标志

夕卡岩化是本区矿床重要的蚀变现象,夕卡岩矿物主要有透闪石、硅灰石、石榴石、透辉石、金云母等组成。夕卡岩化与磁铁矿化密切相关,夕卡岩化是本矿床重要的找矿标志。另外,与磁铁矿有成因联系的蚀变标志还有碳酸盐岩的大理岩化,泥质岩的角岩化、闪长岩类岩体的绿泥石化、钠长石化等,各种蚀变的组合对寻找铁矿体具有显著的指向意义。

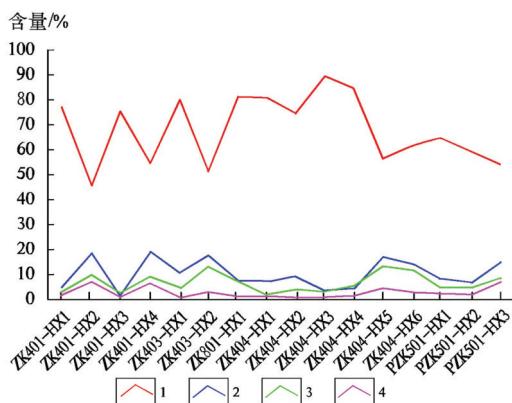
### (5) 地球物理标志

平面上的重磁异常叠加区域,局部强磁异常和化极磁异常等值线外凸区域,重磁剖面上异常峰值两侧的重磁梯度带,广域电磁视电阻率反演断面图上凸起部位附近的局部低阻区域及视电阻率等值线同形下凹部位对富铁矿勘查均有重要的指示作用。

## 5 成矿模式

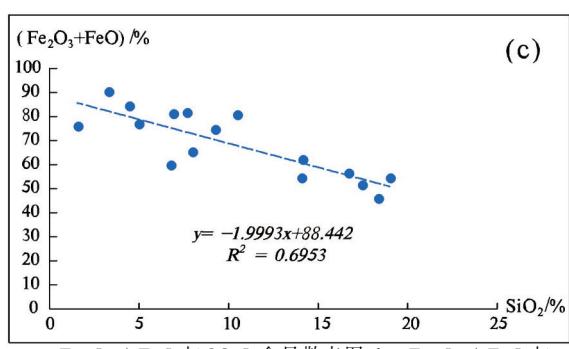
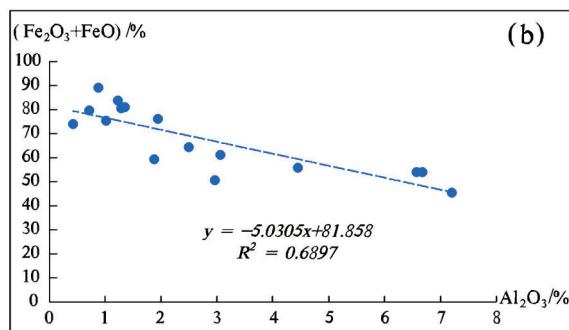
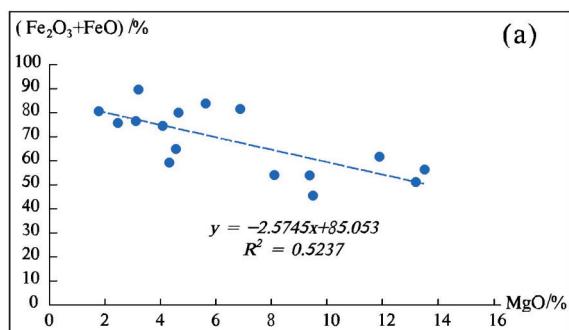
郭店地区富铁矿形成于中生代燕山晚期<sup>[24]</sup>。幔源中性岩浆侵入奥陶纪马家沟群中,发生接触交代反应。根据矿体上覆地层厚度推算研究区成矿压强为  $228 \times 10^5$  Pa。在  $500 \sim 800^\circ\text{C}$  的高温及的高压条件下,岩体中的  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  等组分向碳酸盐岩方向迁移<sup>[25]</sup>,马家沟群中的  $\text{CaO}$  则向下部岩体方向渗透、扩散。分析研究区矿石中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等组分含量,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  与  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$  具负相关性(图 6),且与  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  负相关性较  $\text{MgO}$  强(图 7)。

由于组分迁移能力不同使其迁移距离不同,出现不同交代矿物组合,形成夕卡岩分带。 $\text{SiO}_2$  和  $\text{Fe}$  等组分结合  $\text{Ca}、\text{Mg}$  形成各种硅酸盐矿物如石榴石、透辉石、硅灰石等,多呈半自形粒状。温度逐渐降低,形成含水的硅酸盐矿物,如透闪石、阳起石、绿帘石、蛇纹石等,沿早期的石榴石、透辉石等裂隙分布。镜下可见透辉石、硅灰石被透闪石、阳起石交代,形成交代残余、交代假象等结构。温度降至近临界温度后,开始形成磁铁矿,此阶段是主要的成矿阶段。富铁矿形成于接触带上,在岩体下凹部位易形成厚大矿体,岩体凸起部位不易成矿,在岩体陡然凸



1— $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  含量变化曲线; 2— $\text{SiO}_2$  含量变化曲线。  
3— $\text{MgO}$  含量变化曲线; 4— $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量变化曲线。

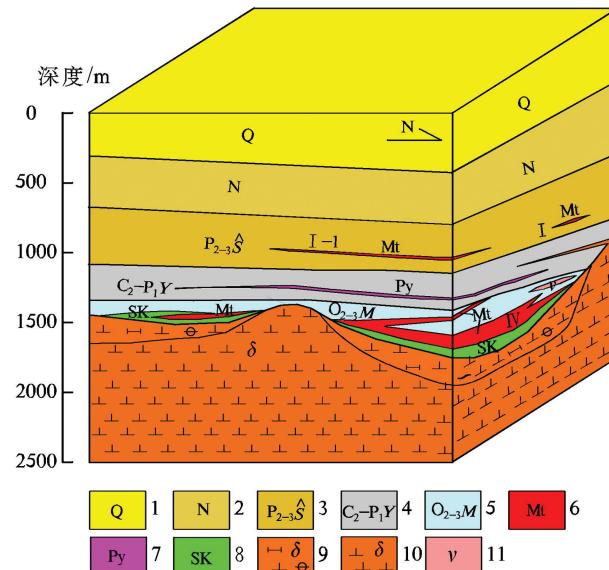
图 6 郭店地区铁矿主要组分含量对比图



a— $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  与  $\text{MgO}$  含量散点图;b— $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  与  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量散点图;c— $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  与  $\text{SiO}_2$  含量散点图。

图 7 郭店地区铁矿  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$   
与  $\text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  含量散点图

起的边部扇形区域易形成厚大富铁矿床, 矿体形态受侵入体、构造、围岩的控制(图 8)。



1—第四系;2—新近系;3—二叠纪石盒子群;4—石炭-二叠纪月门沟群;5—奥陶纪马家沟群;6—磁铁矿;7—硫铁矿;8—夕卡岩;9—蚀变长岩;10—闪长岩;11—辉长岩。

图 8 郭店地区铁矿成矿模式

## 6 结论

(1) 郭店地区富铁矿多呈不规则透镜体状, 产状较平缓, 且接触带附近铁矿体较层间破碎带中铁矿体规模大。矿石中  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  与  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$  具负相关性, 且与  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  负相关性较  $\text{MgO}$  强。

(2) 奥陶纪马家沟群碳酸盐岩化学性质活泼, 富含  $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ , 渗透性强, 易被交代形成夕卡岩, 易于铁质由闪长岩体向上部运移富集, 该地层常与富铁矿直接接触, 为重要的成矿、控矿围岩。

(3) 富铁矿形成与奥陶纪马家沟群碳酸盐岩、断裂褶皱构造、燕山晚期闪长岩体形态关系密切。断裂构造具有控制潘店岩体及控制矿体作用, 岩体控制富铁矿体形态并影响矿体规模, 厚大矿体一般形成于岩体下凹部位及岩体陡然凸起的边部扇形区域。

## 参考文献:

- [1] 孔庆友, 张天祯, 于学峰, 等. 山东矿床 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2006: 291–292.
- [2] 李厚民, 王登红, 李立兴, 等. 中国铁矿成矿规律及重点矿集区资源潜力分析 [J]. 中国地质, 2012, 39(3): 559–580.

- [3] 郝兴中. 鲁西地区铁矿成矿规律与预测研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2014.
- [4] 李洪奎, 郝兴中. 鲁西地区铁矿成矿规律研究[M]. 北京: 地质出版社, 2016: 12-38.
- [5] 郝兴中, 王巧云. 鲁中隆起区中北部矽卡岩型铁矿成矿预测[J]. 地质学刊, 2016, 40(3): 443-449.
- [6] 郝兴中, 彭观峰, 王润生, 等. 山东省齐河-禹城富铁矿勘查区工作进展及对策[J]. 山东国土资源, 2021, 37(12): 17-23.
- [7] 高继雷, 高明波, 常洪华, 等. 山东富铁矿地质[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2021: 1-19.
- [8] 郝兴中, 代杰瑞, 张春池, 等. 齐河-禹城地区矽卡岩型铁矿找矿预测地质模型[J]. 山东国土资源, 2019, 35(12): 16-22.
- [9] 马明, 常洪华, 李亚东, 等. 淄博-莱芜地区矽卡岩型铁矿成矿规律和成矿模式探讨[J]. 山东国土资源, 2020, 36(7): 9-15.
- [10] 王云燕, 徐韶辉, 吴秉禄. 山东莱芜地区牛泉铁矿成矿地质特征及成因探讨[J]. 山东国土资源, 2021, 37(4): 9-16.
- [11] 赵体群, 常洪华, 冯启伟, 等. 鲁西地区矽卡岩型铁矿成矿地质特征及找矿标志[J]. 山东国土资源, 2020, 36(10): 1-8.
- [12] 郝兴中, 刘伟, 藏凯, 等. 鲁西潘店地区矽卡岩型铁矿成矿规律初探[J]. 山东国土资源, 2018, 34(7): 27-33.
- [13] 沈立军, 朱裕振, 高志军. 山东齐河-禹城富铁矿区李屯岩体地质特征初探[J]. 山东国土资源, 2020, 36(2): 23-29.
- [14] 陈晓曼, 王娟, 王继国, 等. 山东省齐河大张铁矿地质特征及找矿前景[J]. 山东国土资源, 2017, 33(12): 24-29.
- [15] 郝兴中, 张文, 朱学强, 等. 鲁西超深覆盖区矽卡岩型铁矿勘查技术体系研究: 以齐河-禹城地区铁矿勘查为例[J]. 山东国土资源, 2023, 39(3): 102-109.
- [16] 张斌, 张海衡, 唐荣慧, 等. 高精度磁测反演技术在磁异常区找矿中的应用: 以鲁西地区谷山铁矿为例[J]. 山东国土资源, 2023, 39(1): 23-29.
- [17] 董金鑫, 宋琳, 姜福麒, 等. 山东莱芜鹿毛埠富铁矿地质特征及深部找矿方向研究[J]. 山东国土资源, 2024, 40(3): 66-72.
- [18] 王怀洪, 李秀章, 沈立军, 等. 山东齐河-禹城地区“禹城式”富铁矿地质特征与成矿模式[J]. 山东国土资源, 2021, 37(9): 26-35.
- [19] 张增奇, 张成基, 王世进, 等. 山东省地层侵入岩构造单元划分对比意见[J]. 山东国土资源, 2014, 30(3): 1-23.
- [20] 王世进, 万渝生, 张成基, 等. 鲁西地区早前寒武纪地质研究新进展[J]. 山东国土资源, 2008, 24(1): 10-20.
- [21] 王世进, 张成基, 杨恩秀, 等. 鲁西地区中生代侵入岩期次划分[J]. 山东国土资源, 2009, 25(2): 19-24.
- [22] 秦杰, 朱学强, 王丽娟, 等. 鲁西潘店铁矿成矿岩体成因: 锆石 U-Pb 年代学和地球化学证据[J]. 山东国土资源, 2023, 39(3): 14-22.
- [23] 郝兴中, 郭延明, 李英平, 等. 山东齐河-禹城矿集区矽卡岩型铁矿成矿规律[J]. 地质学刊, 2019, 43(4): 566-570.
- [24] FENG Q W, GAO M B, FU C, et al. Phlogopite  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Geochronology for Guodian Skarn Fe Deposit in Qihe-Yucheng District, Luxi Block, North China Craton: A Link between Craton Destruction and Fe Mineralization[J]. Minerals 2024, 14(7): 690.
- [25] 梁祥济. 中国矽卡岩和矽卡岩矿床形成机理的实验研究[M]. 北京: 学苑出版社, 2000: 11-33.

## Study on Prospecting Indicators and Mineralization Models of Rich Iron Deposits in Guodian Area in Gaotang in Shandong Province

WU Binglu, FENG Qiwei, LI Yadong, MA Ming, WANG Xingqi, LIU Hongda, LIU Wenlong, LIU Yankui  
(No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Provincial Rich Iron Ore Exploration and Development Technology Engineering Research Center, Shandong Jinan 250100, China)

**Abstract:** The skarn type iron deposit discovered in Guodian area in Gaotang in Shandong province is located in Qihe-Yucheng key exploration area in recent years. The single project reveals that the thickness of iron deposit is 87.31m. It has the characteristics of large thickness, high grade and deep burial. The research area is located in the deep coverage area of Quaternary and Neogene in northwest Shandong province. Effective information, such as mineral anomalies is difficult to extract, which restricts deep mineral exploration. Through analyzing geological and geophysical data in Guodian area and Luxi area, ore-forming geological background, deposit characteristics, ore controlling factors, and prospecting indicators have been studied, and a mineralization model has been established. Rich iron ore bodies are mainly distributed in the contact zone between late Yanshan diorite and Ordovician Majiagou Group carbonate rocks. Thick and large ore bodies generally occur in the concave parts of rock mass and fan-shaped areas at the edges of rock mass bulge. Comprehensive geophysical profile show the characteristics of high gravity and magnetism and concave contour lines of apparent resistivity. It will provide some references for conducting rich iron ore exploration work in the area and deep coverage areas.

**Key words:** Rich iron deposit; prospecting indicators; mineralization model; Guodian area; Gaotang area in Shandong province