

# 太行山南段平顺铁矿成矿地质特征及找矿预测

张海东<sup>1</sup>, 刘建朝<sup>1</sup>, 江爱国<sup>2</sup>, 刘淑文<sup>1</sup>, 戈小红<sup>1</sup>

(1. 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 2. 长治钢铁有限公司 矿业分公司, 山西 长治 046000)

**摘要:** 通过对太行山南段平顺铁矿区构造特征及岩浆岩的动力学分析研究, 认为第一岩浆岩带属于被动侵位机制, 岩体内部成矿潜力较大; 第二岩浆岩带为主动侵位机制, 背斜核部及岩体与围岩的接触部位为有利成矿区。同时根据岩石、矿石的稀土元素、微量元素、Pb 同位素特征及矿体与岩体的关系, 认为晚期闪长岩是主要的成矿母岩, 但早期基性—超基性岩间接为铁矿的形成提供了一定的物质来源; 矿体的形态明显受到接触面及周边构造形态的控制, 呈不规则板状、透镜状、分枝状、羽状分布。最后运用矿体成矿规律、磁异常、电法异常等找矿预测方法, 在研究区内圈出了龙降沟岩体南缘、双井、东郊 3 个找矿预测区。

**关键词:** 成矿特征; 找矿预测; 侵位机制; 平顺铁矿; 太行山南段

**中图分类号:** P612; P618.31 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2010)03-0234-05

## Geological Feature and Prospecting of Iron Deposit in Pingshun Area, Southern Taihang Mountain

ZHANG Hai-dong<sup>1</sup>, LIU Jian-chao<sup>1</sup>, JIANG Ai-guo<sup>2</sup>, LIU Shu-wen<sup>1</sup>, GE Xiao-hong<sup>1</sup>

(1. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Mining Branch Company, Changzhi Iron and Steel Company Limited, Changzhi 046000, Shanxi, China)

**Abstract** Tectonic characteristics of iron deposit in Pingshun Area of Southern Taihang Mountain and kinetics characteristics of magmatic rocks were discussed. The first magmatic belt belongs to passive emplacement mechanism, forming ore bodies potentially; the second belt belongs to initiative emplacement mechanics, forming ore bodies potentially in anticlinal nucleus and the contact zone of rock and wall. According to the characteristic of rare earth element, trace element and Pb isotope in rock and ore and the relationship between ore and rock bodies, the later diorite is main metallogenic mother rock, and early basic-ultrabasic rock indirectly provides support for forming iron deposit; distribution of ore, which is irregular plate, lenticular shapes, branch and pinnate, is controlled by the contact zone and structural form. Based on the forecasting methods of metallogenic pattern, magnetic anomaly and abnormal electrical, the districts of Shuangjing, Dongjiao and southern fringe of Longjianggou are considered as the prospecting zone.

**Key words:** metallogenic characteristic; mineralization forecast; emplacement mechanics; iron deposit in Pingshun Area; Southern Taihang Mountain

## 0 引言

平顺铁矿位于太行山南段山西省长治市境内, 是华北地区重要的矽卡岩型铁矿床, 和邯邢铁矿以及安阳—林县铁矿构成了太行山南段重要的矽卡岩型铁矿床成矿带。平顺铁矿在 20 世纪 60~70

年代就开始了大量的找矿地质勘探工作, 先后发现了芦沟、北落峡、水沟、交界坡、寺岭等矿体, 提交铁矿石储量达  $3\,500 \times 10^4$  t, 矿体主要分布在岩体与围岩的接触部位, 个别产于岩体内部, 并于 1969 年建成了平顺县西安里铁矿, 年设计铁矿石产量  $50 \times 10^4$  t。近年来, 由于没有新提交矿石储量, 导致矿

收稿日期: 2009-10-20

基金项目: 中国地质调查局项目(200614004)

作者简介: 张海东(1982—), 男, 河北张家口人, 工学博士研究生, 从事矿产普查与勘探研究。Email: zhang150079@tom.com

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

山面临资源枯竭的危险, 急需在其深部及周围找到新的矿体。笔者欲在探讨第一、二岩浆岩带侵位机制及其对矿体形成的约束以及成矿物质来源和矿体产出分布规律等问题的基础上, 运用矿体成矿规律、磁异常、电法异常等找矿预测方法, 在研究区内圈出找矿靶区, 为下一步地质勘探工作提供依据。

# 1 成矿地质特征

平顺地区在大地构造位置上属吕梁—太行断块太行块隆的东南部<sup>[1]</sup>, 杂岩体受北北东向构造带的控制呈两条狭长条带, 赋存于中奥陶统地层中, 表现为东西两个岩浆岩带, 以基性和中性岩为主(图 1), 分别称为第一岩浆岩带和第二岩浆岩带。

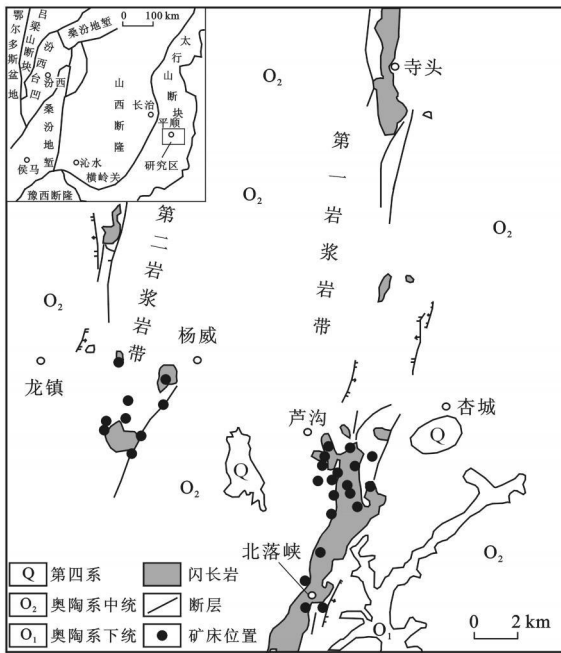


图 1 平顺地区第一岩浆岩带地质简图  
Fig. 1 Generalized Geologic Map of the First Magmatic Belt in Pingshun Area

## 1.1 地层与成矿关系

本区内广泛出露中奥陶统马家沟组灰岩地层, 是控制铁矿形成和定位的最主要围岩。中奥陶统马家沟组第一、三、五岩浆岩带以泥灰岩为主, 第二、四、六岩浆岩带为中厚层的纯质灰岩并夹有少量泥质灰岩和白云岩。目前区内已勘探的矿体主要产于马家沟组第二岩浆岩带, 其次是第四岩浆岩带。纯质灰岩 CaO 含量高, 在矿化中, 酸性溶液被足够多的 CaO 中和, 使溶液偏碱性, 对成矿十分有利<sup>[2]</sup>。第一、三、五岩浆岩带具有软弱性, 在岩浆以 O<sub>1</sub> 地层为底板侵入和侧向挤压时, 其揉皱退缩, 不

仅为岩浆侵位提供了空间, 又与围岩形成了复杂的接触关系, 为形成工业矿体创造了条件。

## 1.2 构造与成矿关系

### 1.2.1 断裂和褶皱

本区断裂和褶皱均以北北东向为主, 受中生代古太平洋板块俯冲作用影响。区内南北向两个宽展的复式背斜隆起带, 背斜构造倾末端及背斜构造的轴部或翼部是构造应力的集中部位, 岩层易发生层间滑动、裂隙发育、断裂集中, 为矿液聚集形成有利空间。由于压力降低和钙镁碳酸盐物质的加入, pH 由酸性转为碱性, 含铁溶液发生沉淀, 从而形成矿床。褶皱为主要的控矿构造和容矿构造。

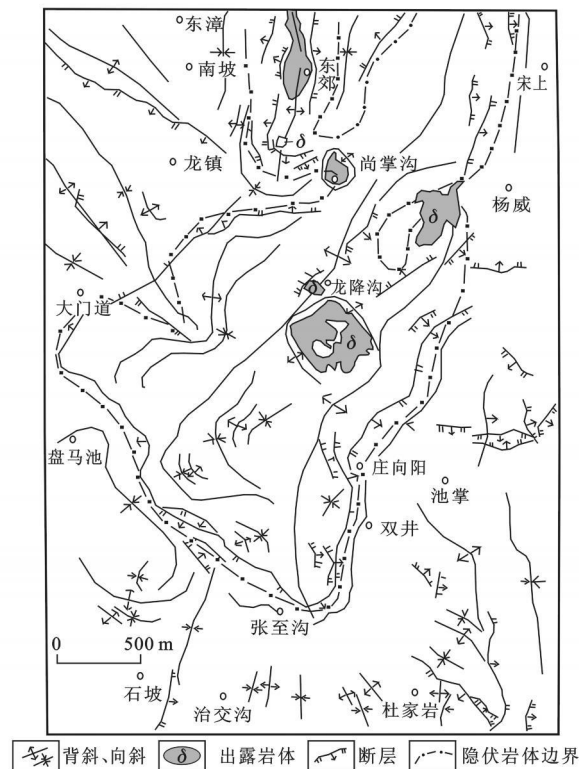
### 1.2.2 岩浆侵位机制

(1) 第一岩浆岩带侵位机制。第一岩浆岩带岩体出露规模较大, 呈带状分布, 岩体南起六泉, 北至北秋房(图 1)。按照侵入岩体的侵位时间, 该岩浆岩带可划分为: 早期侵入岩, 主要为基性—超基性侵入岩, 包括橄榄辉长岩; 晚期侵入岩, 主要为中性侵入岩, 包括闪长岩—二长闪长岩。不同侵入体之间接触界限不规则, 为脉动式侵入, 岩体中见大量围岩捕虏体。此外, 橄榄辉长岩中具有幔源橄榄石和辉石捕虏晶, 具有起源深、定位较浅的特点。同时, 早晚两期侵入岩体具有微弱正 Eu 异常, 表明斜长石没有或很少发生分离结晶作用, 即使发生了分离结晶作用也没有分离出去, 暗示岩浆从源区分离到定位的过程中基本没有中途滞留<sup>[1, 3]</sup>, 这需要通畅的岩浆通道和拉伸的构造环境。结合上述岩体侵位构造, 可以断定第一岩浆岩带岩体是在张性环境下被动侵位的岩浆产物, 具有顶蚀或断裂扩张就位的特征<sup>[4]</sup>。

在岩体被动就位机制的构造背景下, 大量的围岩碎块被岩体在就位过程中捕获, 形成捕虏体, 部分被矿化形成铁矿体, 其中水沟岭、交界坡铁矿形成均与捕虏体构造有关。此种类型的铁矿体可以远离岩体与围岩接触带, 深入到岩体内部达数百米。这一论证得到了实践的验证, 在第一岩浆岩带内找到了大型围岩捕虏体残留矿体。因此, 在与被动就位机制岩体有关的矽卡岩型矿床成矿区, 要注意挖掘岩体内部的成矿潜力<sup>5-9</sup>。

(2) 第二岩浆岩带侵位机制。第二岩浆岩带是由一系列串珠状分布的小岩株产出(图 1), 主要岩石类型为晚期闪长岩、二长闪长岩, 其围岩主要为中、下奥陶统。在所有出露的岩体中, 龙降沟岩体

侵位构造特征最明显(图 2), 受岩浆岩向上侵位的影响, 围岩上拱, 形成穹窿状, 背向斜相间呈交替环状分布, 穹窿的外围分布着一系列大小不等呈放射状排列的褶皱和断裂构造。因此, 可以判断第二岩浆岩带应属主动侵位机制, 具“气球膨胀式”特征。



据文献 [5]

图 2 平顺地区第二岩浆岩带构造纲要

Fig. 2 Structure Outline of the Second Magmatic Belt in Pingshun Area

在主动就位机制下, 龙降沟岩体中罕见捕虏体式的铁矿体, 内部的成矿潜力不大, 铁矿体主要产于岩体与围岩的接触带附近, 少量铁矿体贯入碳酸盐岩围岩中<sup>[2]</sup>。岩体的主动侵位机制在围岩中产生了诸多的褶皱构造; 大量勘察资料表明, 背斜核部及岩体与围岩的接触部位是本区重要的控矿构造。

### 1.3 岩浆岩与成矿关系

第一岩浆岩带岩性较复杂, 由早、晚两期侵入岩组成, 早期侵入岩以辉长辉绿岩为主, 晚期侵入岩主要为中性闪长岩—二长闪长岩, 在二者接触部位形成混染暗色不等粒闪长岩; 第二岩浆岩带岩性相对较简单, 主要为晚期闪长岩—二长闪长岩。两个岩浆岩带均有矽卡岩性铁矿产出, 第一岩浆岩带产出矿体相对较多, 储量较大。

据岩体和矿石稀土元素、微量元素及 Pb 同位

素特征及二者之间的关系分析, 认为晚期中性侵入岩为主要成矿母岩; 早期基性—超基性侵入岩可能通过被晚期中性侵入岩同化和交代作用, 间接为铁矿形成提供一定物质来源。晚期岩浆具有多次侵入的特点, 其携带的热液和热量为发生大面积钠化作用提供了可能性<sup>[7]</sup>。

## 2 地球物理特征

平顺地区磁异常非常复杂, 磁异常分布特征综合反映了燕山期基性、中性岩体和与其有关的磁性矿床的分布。磁铁矿磁性最强, 磁化强度平均值为  $(50\,000 \sim 100\,000) \times 10^{-3} \text{ A/m}$ ; 闪长岩的磁性次之, 其磁化强度平均值为  $20\,000 \times 10^{-3} \text{ A/m}$ , 蚀变闪长岩、钠化闪长岩、矽卡岩化大理岩、褐铁矿、大理岩以及广泛分布的奥陶系灰岩几乎不引起磁异常; 异常的主体部分与岩体范围基本吻合。

## 3 铁矿体产出分布规律

本区共有矿体 126 个, 矿体大小不等, 长度一般为几十米到几百米, 每个矿区均有一个或几个比较重要的主矿体, 其储量常占矿区总储量的 70% 以上。这些矿体的形态明显受到接触面及周边构造形态的控制, 呈不规则板状、透镜状、分枝状、羽状分布, 按照矿体与岩体的空间关系, 可分为产于岩体顶部接触带的矿体、产于岩体侧部接触带的矿体、产于岩体内部的矿体和产于围岩内的矿体 4 种类型<sup>[5]</sup>。

### 3.1 产于岩体顶部接触带的矿体

该矿体受岩体顶部围岩的层间滑动、层间剥离和脱顶及围岩下凹被岩体半包裹的悬垂体构造等控制, 成矿围岩主要为马家沟组四段灰岩, 次为马家沟组二段灰岩。在芦沟、水沟此类矿体较常见(图 3)。

### 3.2 产于岩体侧部接触带的矿体

岩浆向两侧扩张挤压, 围岩被迫与岩体形成各种树杈状、褶曲状接触带, 在接触带中矿体产于两岩枝之间, 形成多层叠加的矿体(图 3)。矿体的复杂程度决定于接触带形态, 当插入围岩的岩枝群延伸较远, 单个岩枝与围岩接触面平整时, 形成矿体厚度小而稳定, 延伸远, 常为似层状、透镜状。当岩枝群延伸不远, 且岩枝之间间隔稍大, 造成岩体与围岩间互相嵌入, 常在两岩枝之间形成厚度大、延伸短的矿体<sup>[8-10]</sup>。

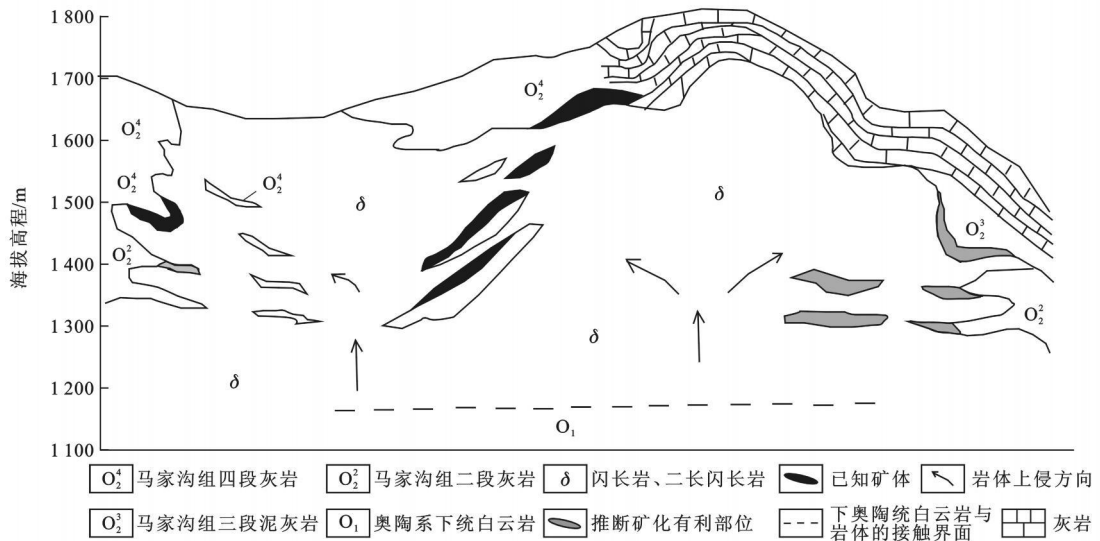


图 3 水沟岩体北端矿体分布剖面

Fig. 3 Ore Body Distribution Profile in the North of Drain Rock

### 3.3 产于岩体内部的矿体

岩浆沿  $O_1$  地层中的泥灰岩层贯入时, 灰岩层被穿插切断残留于岩体中, 或由于围岩被岩体冲破而插入岩体内部, 或者成分相似的岩浆沿同一层位多次贯入, 两次贯入的岩体中间局部夹有灰岩夹层, 从而具有上下 2 个接触面, 矿化围岩形成铁矿体(图 3)。

### 3.4 产于围岩内的矿体

此类铁矿床主要为矽卡岩性矿床, 矿浆不断聚集, 沿一定的裂隙灌入, 形成致密性好、高品位的铁矿体。

## 4 找矿预测方法

### 4.1 在接触带有利成矿部位进行成矿预测

#### 4.1.1 预测产于岩体两侧接触带矿体

岩浆上侵过程中, 首先迁就了先期褶皱构造的形迹, 沿着背斜凸入到围岩中, 而沿着向斜凹入到岩体内。另外, 由于围岩内部存在物理化学差异, 如厚层纯质灰岩中夹有中厚层泥质灰岩, 岩浆首先沿着中厚层泥质灰岩交代、挤压凸入围岩内部, 相对于中厚层泥质灰岩, 厚层纯质灰岩凹入岩浆内部, 形成二者相互穿插的接触形态, 在空间上相互叠加, 形成了波状起伏的多台阶接触带。这些台阶是矿体的重要容矿构造<sup>[11]</sup>。

#### 4.1.2 预测产于岩体顶部接触带矿体

岩浆侵入首先迁就了先期褶皱构造的形迹, 沿着背斜凸出到围岩中, 岩浆热液沿着凹入到岩浆中

围岩的层间滑动、层间剥离和脱顶等构造进行交代作用, 形成铁矿体。一般认为背斜凸起部位为此类矿体有利成矿部位, 成矿围岩主要为马家沟组四段灰岩, 次为马家沟组二段灰岩。

### 4.2 岩体内隐伏捕虏体接触带是重要的找矿部位

岩体内捕虏体型矿床数量较多, 规模大, 是本区主要成矿类型。捕虏体型矿床多分布于捕虏体接触带或层间, 矿化范围受大理岩捕虏体大小、分布范围制约。铁矿体通常成群成带出现, 展布方向和控制捕虏体的主体构造线方向一致, 其主要分布在第一岩浆岩带内, 可结合磁异常特征, 寻找此类铁矿体。

### 4.3 运用磁异常识别隐伏矿体

在系统测试岩矿石磁性特征的基础上, 建立相应的磁异常推断解释标准, 对次级、低缓、复杂磁异常及磁性体进行等效处理, 计算剩余异常, 并进行正、反演模拟实验, 确定隐伏矿体位置, 评价磁异常, 合理布置钻探工程。通过对磁异常进行上、下延拓, 可以区分浅部和深部异常, 突出异常特征。根据不同高度异常中心的移动方向和负异常分布, 推断磁性体产状及深度<sup>[12]</sup>。利用小波多尺度分析方法, 将磁异常分解到不同尺度空间, 结合谱分析方法解释深部盲矿体。

### 4.4 运用电法异常识别隐伏矿体

本区灰岩极化率一般为 0.1%~0.9%, 电阻率约 1700  $\Omega \cdot m$ ; 闪长岩极化率最大可达 1.6%, 平均达 0.9%, 电阻率约 1100  $\Omega \cdot m$ 。随着硫化物含

量的增加,极化率逐渐增高,最大可达 3.1%,平均达 2.5%,而电阻率相对较低。因此,用激电方法配合磁法圈定矿化富集带,具有一定理论依据。在成矿较好的磁异常地段,配合电法,可以有效准确地确定矿体赋存位置及形态。

## 5 成矿预测区

### 5.1 龙降沟岩体南缘铁矿预测区

龙降沟岩体南缘铁矿预测区位于第二岩浆岩带内龙降沟异常的南部边缘,磁异常最为复杂,葫芦状,中间略有突出,正负异常交互伴生,近南北走向展布。磁异常长约 3 km,最宽约 1.2 km,最窄约 0.5 km,异常幅度范围为一 210 ~ 840 nT,异常等值线稠密,变化剧烈,正负交替非常明显,为矿致异常无疑。现有采矿场主要围绕龙降沟岩体西部及北部分布,包括 212 队寺岭铁矿、212 队龙降沟铁矿等采矿场<sup>[9]</sup>。龙降沟岩体呈穹窿状出露,地层主要为奥陶系马家沟组四段、五段灰岩—泥灰岩,因此龙降沟岩体南缘是较好的成矿预测区。

### 5.2 双井铁矿预测区

双井铁矿预测区属第二岩浆岩带的南延地段,构造表现为北北东走向平缓而顶部起伏的穹窿构造(图 2)。磁异常及工程验证均证明,双井隐伏岩体即赋存于上述背斜之中,背斜核部马家沟组二段灰岩( $O_2^3$ )和侵入其间的岩浆岩隐伏于地下。岩体上覆地层( $O_3^3$ 、 $O_4^3$ 、 $O_5^3$ )与背斜作协调一致的褶皱,背斜核部的闪长岩体顶盖接触带以“整合型”为主,推断岩体厚度最大达 400 m 左右。

在 1:100 00 地面剩余磁测平面等值线图上,双井预测区位于双井异常中南部,异常总体形状不规则,呈北东—南西走向,边界受断层控制。正负异常伴生,东西两侧呈负异常,中间呈正异常。磁异常幅度为一 270 ~ 260 nT<sup>[5]</sup>。其成矿地质条件、磁异常特征完全符合此类型矽卡岩成矿要求,预测这里赋存有规模较大的深隐伏铁矿床。

### 5.3 东郊铁矿预测区

东郊找矿靶区位于龙镇北东郊村南附近,异常幅度为一 230 ~ 660 nT,异常等值线稠密,变化剧烈。该异常虽然规模较小,但异常变化大,正负相伴,推断该异常属矿致异常。由此推断矿体一般位于正负异常过渡带偏正值附近<sup>[9]</sup>。

## 6 结语

(1)中奥陶统马家沟组二、四段灰岩为主要控矿层位,一、三段泥灰岩为岩浆侵入提供了空间;褶皱为主要的控矿构造和容矿构造;捕虏体残留矿体主要形成于第一岩浆岩带内,相反,第二岩浆岩带内几乎没有;晚期中性侵入岩为主要成矿母岩,早期基性—超基性侵入岩可能通过被晚期中性侵入岩同化和交代作用,间接为铁矿形成提供物质来源。

(2)本区铁矿体主要产于岩体的顶部、两侧以及其内部接触带。

(3)根据本区铁矿体产出特征,运用矿体成矿规律、磁异常、电法异常等找矿预测方法,在研究区内圈出了龙降沟岩体南缘、双井、东郊 3 个找矿预测区。

### 参考文献:

- [1] 刘建朝,张海东,刘淑文,等.太行山南段杂岩体成因研究[J].地质论评,2009,55(3):318-327.
- [2] 郑建民,陈懋弘,徐林刚,等.邯邢地区矽卡岩型铁矿构造控矿特征及找矿勘探方向[J].矿床地质,2006,25(增刊):115-118.
- [3] 罗照华,邓晋福,韩秀卿.太行山造山带岩浆活动及其造山过程反演[M].北京:地质出版社,1999.
- [4] 张海东,刘建朝,刘淑文,等.太行山南段平顺地区矽卡岩铁矿地质特征及成矿模式探讨[J].矿物岩石,2009,29(3):53-59.
- [5] 张海东.晋南平顺地区矽卡岩型铁矿成矿作用特征及成矿预测[D].西安:长安大学,2009.
- [6] 张涛.青海那陵郭勒河晚三叠世侵入岩形成环境及年代学研究[J].西北地质,2009,42(1):62-67.
- [7] 赵一鸣,吴良士,白鸽,等.中国主要金属矿床成矿规律[M].北京:地质出版社,2004.
- [8] 朱广彬,刘国范,姚新年,等.东秦岭铅锌银金钼多金属成矿带成矿规律及找矿标志[J].地球科学与环境学报,2005,27(1):44-52.
- [9] 张照伟,赵东宏,李文渊,等.陕西省洛南县莲花沟钼矿地质特征及找矿标志[J].西北地质,2008,41(1):74-80.
- [10] 刘玉成,杨艺华,王永基.大冶铁控矿构造研究及深部隐伏矿体定位预测[J].地质与勘探,2006,42(6):10-16.
- [11] 王永基.褶皱构造与隐伏矿床预测[J].地质与勘探,1990,26(7):10-15.
- [12] 王瑜,李朗田,苏绍明.鄂东铁矿成矿地质特征与找矿预测[J].地质与勘探,2007,43(1):17-25.