

doi: 10.6053/j.issn.1001-1412.2016.04.007

# 攀西地区黑石河铁矿矿石特征研究及 矿床成因探讨

张峰<sup>1</sup>, 唐菊兴<sup>2</sup>, 王成辉<sup>2</sup>, 陈生华<sup>3</sup>, 张守德<sup>1</sup>, 李陵<sup>4</sup>

(1. 四川探索者地质勘查有限公司, 成都 610041; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;

3. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002;

4. 湖北祥云集团化工股份有限公司, 湖北 黄冈 438000)

**摘要:** 黑石河铁矿位于攀西地区, 其含矿岩体以辉长岩体为主, 岩体具弱分异并显示一定的层理构造; 矿体呈似层状、透镜状、脉状产。通过对矿石特征研究, 认为矿石主要以海绵陨铁结构及浸染状构造为主, 矿物组成主要有钛磁铁矿、钛铁矿等金属氧化物、以黄铁矿为主的硫化物, 以及辉石等组成。基于矿区主要矿物的结晶阶段及黑石河铁矿石典型的结构构造特征, 结合攀西地区其它钒钛磁铁矿床成因研究资料, 认为黑石河铁矿床属岩浆晚期分异结晶成因类型。

**关键词:** 黑石河铁矿; 矿石特征; 结构构造; 攀西裂谷带; 四川省

**中图分类号:** P611.11, P618.3 **文献标识码:** A

## 0 引言

沿着康滇地轴构造带, 含钒钛磁铁矿的层状基性-超基性杂岩体群构成一个南北向的钒钛磁铁矿成矿带; 攀西地区的许多钒钛磁铁矿床, 如攀枝花、红格、白马及太和等钒钛磁铁矿均位于该成矿带上。前人对攀西地区的钒钛磁铁矿床的成因均作了较为广泛的研究, 提出了多种成因类型。袁见齐等认为是晚期岩浆矿床成因, 卢记仁等认为是早期岩浆矿床成因, 李文臣等提出了岩浆熔离矿床成因类型; 亦有学者通过研究发现, 攀西地区钒钛磁铁矿床的形成不应局限于一种成因, 而是多种成矿作用综合的结果。本文将通过对黑石河铁矿床矿石特征研究、探讨其矿床成因, 以期在攀西地区寻找此类矿床有所启示。

## 1 成矿地质背景

矿区位于攀西地区, 地处扬子地台西缘、攀西裂

谷带古隆起带内<sup>[1-9]</sup>, 产于西昌—昆阳裂陷带上。区域地层以中元古界会理群为主, 为浅海相火山-陆源碎屑复理式建造, 属绿片岩相, 局部经历了中、深变质及混合岩化, 形成区域结晶基底; 空间展布明显受古地理沉积环境控制(图1), 全区基底为前震旦系, 盖层为新元古界震旦系—中生界。由于长期的构造运动, 基底断裂多次复活, 新生断裂继承基底断裂或进一步发展<sup>[10-11]</sup>, 最终形成了一系列SN向、NE向、NW向及EW向的断裂与褶皱。区域岩浆活动频繁, 岩浆岩种类多, 岩性复杂。矿产以铜铁为主<sup>[12]</sup>。

## 2 矿区地质

### 2.1 矿区地层

黑石河铁矿出露地层主要为中元古界会理群的一套浅变质岩系( $Pt_2H$ )及零星分布的中生界白垩系(K)地层<sup>[13-14]</sup>。其中, 会理群黑山组( $Pt_2H$ )为半闭塞海湾—浅海三角洲相黑色碎屑岩夹火山碎屑建造, 厚度约为500m; 白垩系(K)为紫红色砂砾岩、

收稿日期: 2015-09-09; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 全国资源潜力评价项目(编号: 1212010813022)、矿企合作勘探项目联合资助。

作者简介: 张峰(1981—), 男, 博士, 矿产勘查专业。通信地址: 成都市二仙桥北路28号, 四川探索者地质勘查有限公司; 邮政编码: 610041; E-mail: zfh-131@163.com

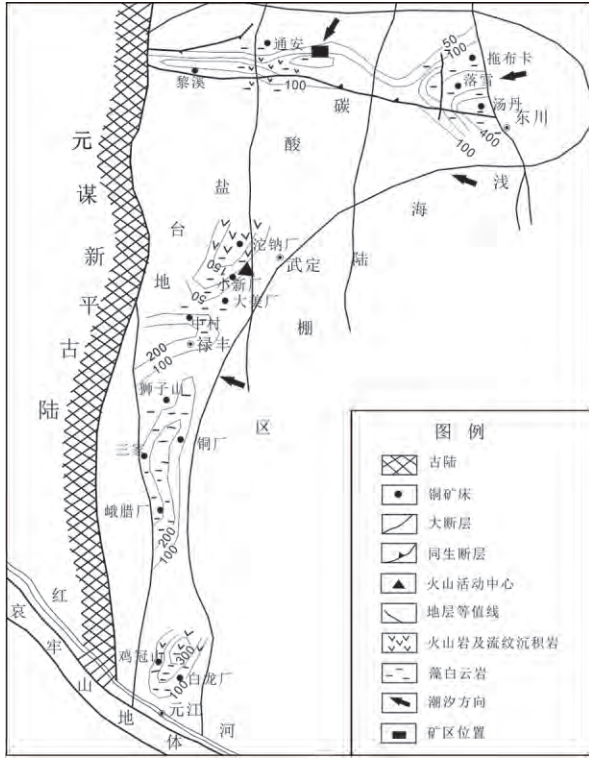


图 1 古地理沉积环境<sup>[14]</sup>

Fig. 1 Paleogeographic depositional environment of Heishihe iron deposit

泥质砂岩、泥岩及灰白色泥灰岩等。

### 2.2 矿区构造

黑石河铁矿区内断裂构造体现了区域性 SN 向构造及其伴生构造的复活,即矿区内 SN 向构造格局构成矿区的构造全貌(图 2)。其中, F<sub>1</sub> 断层位于矿区中部,出露于 7—11 勘探线之间,呈近 SN 向展布,长 175 m,倾向 265°~278°,倾角 67°~73°,属逆断层,其西盘向北错移,水平断距近 15 m,垂直断距不明; F<sub>2</sub> 断层位于矿区中部,出露于 11—15 勘探线之间,呈 NE 向展布,长 503 m,倾向 282°~304°,倾角较陡为 86°~91°,属逆断层,其西盘向北错移,水平断距近 230 m,垂直断距不明。

## 3 矿床地质特征

### 3.1 含矿岩体特征

黑石河铁矿含矿岩体以细粒辉长岩为主<sup>[15]</sup>,具弱分异现象、弱的层理构造。岩体中上部为辉长岩层及中-细粒角闪辉长岩层;下部为灰黑色含钒钛磁铁矿层和粗粒辉长岩层。岩层与矿体(层)、岩石

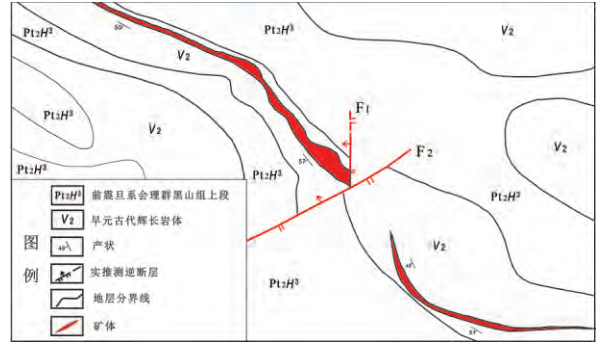


图 2 黑石河铁矿床地质概况

Fig. 2 The geology of the Heishihe Fe deposit of Heishihe iron deposit

与矿石之间没有截然的界线,反映岩体成岩、成矿过程是一个连续的不可分割的有机整体<sup>[16-17]</sup>。

岩石结构有辉长结构、辉绿辉长结构、嵌晶含长结构等,构造主要为块状构造、斑杂状构造,局部具条带状构造。岩石主要由斜长石、含钛普通辉石、含钛普通角闪石、含钒钛磁铁矿以及少量黄铁矿和黑云母等组成<sup>[18]</sup>。斜长石一般呈半自形板状,粒径 0.2~0.5 mm,约占 50%~55%。含钛普通辉石自形程度较低,粒度较斜长石相对要小,常常分布在杂乱堆积的斜长石粒间,φ(含钛普通辉石)=20%~35%。但随岩石基性程度的增加,含钛普通辉石的自形程度明显高于斜长石。岩石普遍遭受不同程度的构造应力作用,斜长石多绿帘石化,辉石绝大部分已变为普通角闪石和绿帘石。

### 3.2 矿体特征

黑石河铁矿体呈似层状、透镜状、脉状产出。矿体中有 1~2 层透镜状或薄层状辉长岩夹石,呈平行排列连续分布,致使矿体具分支复合、膨胀收缩现象。根据矿体的出露位置等特点,将矿区矿体划分为 I 号、II 号二个矿体。

(1) I 号矿体特征: I 号矿体产于岩体底部(图 3),位于矿区北部, F<sub>2</sub> 断层 NW 部的 13—38 号勘探线内,长度大于 1 500 m,出露标高 2 100~2 320 m。矿体呈似层状,近 SN 向延伸,倾向 W—SW,倾角 34°~54°。地表出露宽度 12~45 m,真厚 11~50 m,平均 22.78 m,厚度变化系数 83.2%。矿体平均品位 w(TFe)=28.81%,w(TiO<sub>2</sub>)=7.18%,w(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)=0.341%,品位变化系数 4.81%。矿体厚度分布不均,南段 9—15 号勘探线地表及深部厚度较厚,由 12 号勘探线向北逐渐变薄。

(2) II 号矿体特征: II 号矿体位于矿区含矿岩体

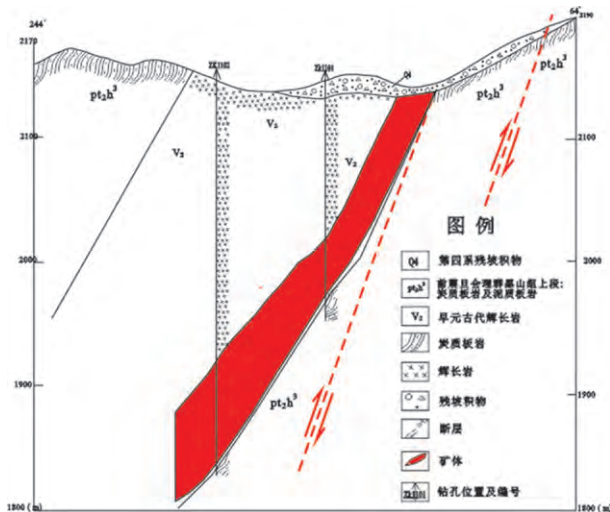


图3 黑石河铁矿 I 号矿体 11 号勘探线剖面

Fig. 3 The profile of 11 line of orebody I of Heishihe iron deposit

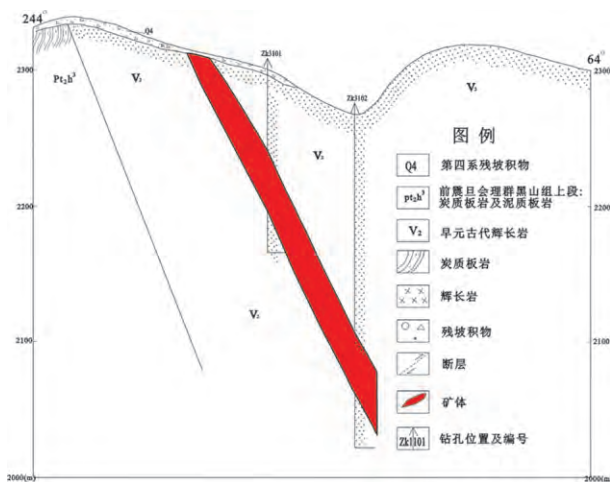


图4 黑石河铁矿 II 号矿体 31 号勘探线剖面

Fig. 4 The profile of 11 line of orebody II of Heishihe iron deposit

中、上部(图4),  $F_2$  断层南部 25—55 号勘探线之间;矿体呈似层状,近 SN 延伸,倾向 N—NE, 倾角  $34^\circ \sim 56^\circ$ 。地表由 TC2301、TC5701 等探槽控制走向长约 700 m, 出露标高 1 450~1 750 m;控制斜深 273.20 m, 真厚 5.92~43.21 m, 平均 21.65 m, 厚度变化系数 25%。平均品位  $w(\text{TFe}) = 27.34\%$ 、 $w(\text{TiO}_2) = 8.28\%$ 、 $w(\text{V}_2\text{O}_5) = 0.279\%$ ;品位变化系数 2.79%。矿体向北逐渐歼灭。

## 4 矿石特征

### 4.1 矿石结构及构造

根据矿石中铁钛氧化物与脉石矿物的形态、粒度及其相互排列关系,钒钛磁铁矿石的结构、构造,按成因划分的黑石河铁磁铁矿石的结构、构造类型如表 1 所述。

黑石河铁磁铁矿石的结构、构造类型较单一,用肉眼观测主要为中细粒状结构,浸染状构造。

采用上述成因及镜下鉴定划分的矿石结构、构造主要为自形嵌晶结构(图 5)、海绵陨铁结构,浸染状构造、条带状构造。其中,浸染状构造是本区钒钛磁铁矿石最重要、最常见的一种构造。

#### (1) 矿石结构

**自形嵌晶结构:**细粒自形铁钛氧化物(黑色)呈单晶和聚晶均匀地密布在不规则形的辉石和斜长石中。含矿母岩为暗色辉长岩。

**海绵陨铁结构:**钛磁铁矿、钛铁矿、硫化物呈他形致密集合体分布在先结晶的脉石矿物颗粒之间。当金属矿物和脉石矿物比例发生变化时,可出现不同的结构形态。星散浸染状矿石中,金属矿物呈不规则集合体零散地充填于脉石矿物颗粒之间者,称为填隙结构或填隙状陨铁结构;当金属矿物增多时彼此连接成网环状,称为海绵陨铁结构,这是稀疏浸染状矿石的主要结构。

#### (2) 矿石构造

**条带状构造:**铁钛氧化物相对集中或减少并呈定向排列而形成的一种构造。

**浸染状构造:**即铁钛氧化物在较大范围内矿石中均匀分布。浸染状构造是本区钒钛磁铁矿石最重要的一种构造,根据铁钛氧化物含量不同,其矿石构造可再分为:稠密浸染状构造、稀疏浸染状构造、星散浸染状构造。

**星散浸染构造**矿石含铁品位低,  $15\% \sim 19.99\%$ , 主要为特低品位矿石所具有的构造,钛磁铁矿呈星散状不均匀地分布于脉石中,粒度较细,铁钛矿氧化物含量  $15\% \sim 25\%$ 。此种构造是矿区最主要的构造类型之一。

**稀疏浸染状构造**矿石含铁品位  $20\% \sim 29.99\%$ , 金属矿物呈中、粗粒状,少量呈细粒状不均匀地稀疏嵌布于脉石中,铁钛矿氧化物含量  $25\% \sim 50\%$ 。为矿区常有的一种类型。

表 1 黑石河铁矿矿石主要结构、构造特征

Table 1 The main ore structure and texture of Heishihe iron deposit

生成时期	矿石结构	矿石构造	
		铁钛氧化物均匀分布	铁钛氧化物不均匀分布
岩浆期	早期 嵌晶结构、似斑状自形嵌晶结构、填隙状嵌晶结构、自形晶聚粒结构	匀浸染状构造铁钛氧化物体积含量分为: 星散浸染状构造 10%~20% 稀疏浸染状构造 20%~35% 中等浸染状构造 35%~60% 稠密浸染状构造 60%~85% 致密块状构造 >85%	条带状构造, 斑杂状构造, 流状构造, 流斑(流索状)构造
	晚期 填隙状陨铁结构、海绵陨铁结构、假斑状陨铁结构、状镶嵌结构		
岩浆期后	气成热液阶段	交代结构	细脉状构造
	动力破坏	碎裂结构	
	表生作用	交代结构	蜂窝状、土状、疙瘩状构造

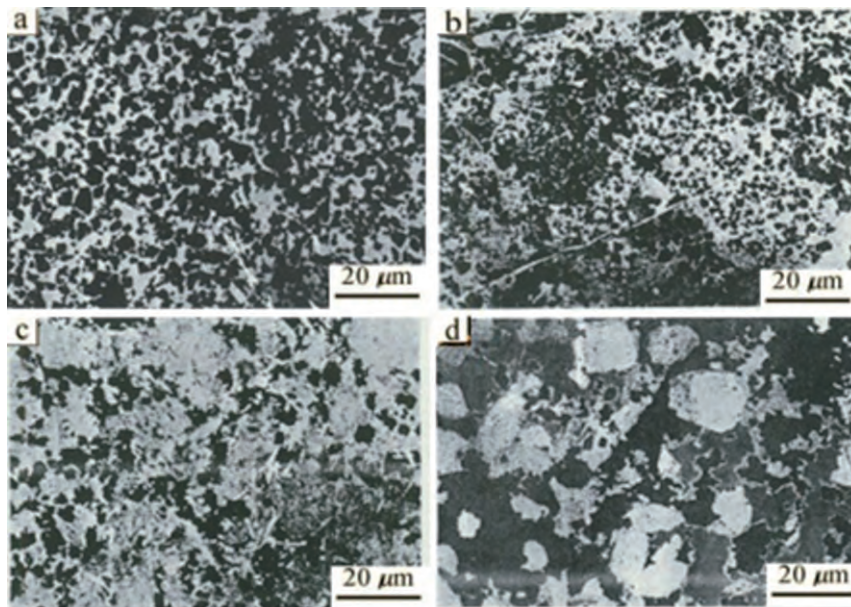


图 5 黑石河铁矿的矿石镜下结构及构造特征

Fig. 5 Microscopic structure and texture of the ore of Heishihe iron deposit

- a. 自形嵌晶结构、稠密浸染状构造;
- b. 自形嵌晶结构、中等浸染状构造;
- c. 海绵陨铁结构、稀疏浸染状构造;
- d. 填隙状陨铁结构、星散浸染状构造

稠密浸染状构造矿石含铁品位 30% ~ 44.99%, 钛磁铁矿和少量粒状钛铁矿呈中、粗粒状较均匀地分布, 脉石呈次要矿物均匀地嵌布于金属矿物基质中, 铁钛氧化物含量 50%~75%。此种构造是矿区较少见的构造类型之一, 局部分布于 II 号矿体南部 47 勘探线和少量的钻孔之中。

#### 4.2 矿物组成

黑石河铁矿床铁矿石的矿物成分包括金属氧化物、金属硫化物、硅酸盐及磷酸盐造岩矿物等三部分, 其共生组合特征见表 2 所述<sup>[19]</sup>。

##### (1) 金属氧化物

包括钛磁铁矿、粒状钛铁矿和尖晶石。钛磁铁矿及粒状钛铁矿是最主要的工业矿物, 其含量多寡

与矿石工业品级密切相关。

钛磁铁矿是一种由磁铁矿、钛铁矿、钛铁晶石及尖晶石不混溶连晶组成的复合体, 以磁铁矿为主晶, 其余三者以固溶体出溶微晶包体存在其中, 不能用机械方法使其单体解离。钛磁铁矿主要呈自形粒状嵌晶和半自形—他形粒状集合体产出, 其它有微量钛磁铁矿呈固溶体出溶微片晶产于含钛普通辉石和粒状钛铁矿中。钛磁铁矿粒度范围为 0.02 ~ 1.44 mm, 一般在 0.25~0.8 mm。钛磁铁矿中的固溶体出溶物以钛铁晶石为主, 但其含量变化大,  $\varphi$ (钛铁晶石) = 1%~25%; 尖晶石呈自形粒状和微片晶状自形晶粒的对角线和微片晶沿钛磁铁矿(100)面分布,  $\varphi$ (尖晶石)为微量。

表2 黑石河铁矿的矿石矿物共生组合

Table 2 Paragenesis of minerals in the ore of Heishihe iron deposit

金属矿物 氧化物	硫化物	造岩矿物	
		原生	次生
一、钛磁铁矿-铬钛磁铁矿 1、主晶:磁铁矿、含铬磁铁矿 2、出熔分离物:尖晶石、钛铁矿、钛铁晶石 3、次生和表生矿物:钛磁赤铁矿、褐铁矿、榍石、白钛矿、金红石	磁黄铁矿 黄铁矿  黄铜矿 针镍矿	橄榄石 含钛普通辉石  钛角闪石 黑云母、金云母	蛇纹石 云母 绿泥石 葡萄石 榍石 次闪石 白钛石 包林皂石 滑石
二、镁铁尖晶石 三、粒状钛铁矿 1、主晶:钛铁矿 2、出熔分离物:尖晶石、钛磁铁矿 3、次生和表生矿物:榍石、白钛矿、金红石	方硫铁镍矿 镍黄铁矿 钴镍黄铁矿	斜长石 磷灰石	伊丁石 透闪石 方解石 绿帘石
四、磁铁矿、磁赤铁矿			

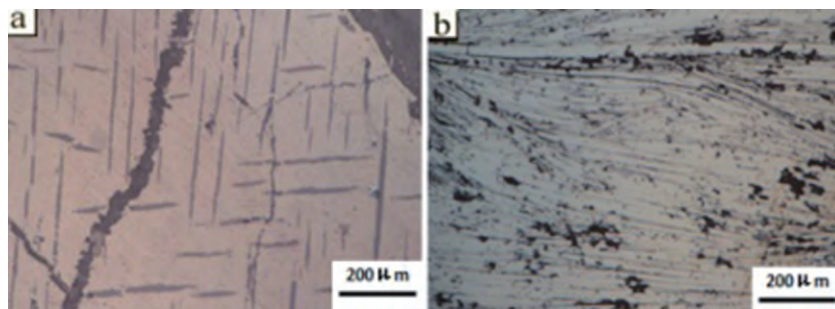


图6 镜下矿物特征

Fig. 6 Microscopic feature of minerals of Heishihe iron deposit

a. 磁铁矿(淡黄色)中钛铁矿(针状,暗色)和尖晶石(暗色)的出溶;b. 钛铁矿(针状,暗色)

粒状钛铁矿产出形式与钛磁铁矿基本一致,主要呈半自形粒状嵌晶和他形粒状与钛磁铁矿紧密共生呈填隙状及海绵陨铁结构,其次有微量细小钛铁矿呈钛磁铁矿出溶的结状颗粒分布在它的粒缘。晶粒内部绝对纯净的钛铁矿很少,一般都含有微量固溶体出溶的钛磁铁矿微片晶和尖晶石包体,也是一种由不混溶连晶组成的复合体。钛铁矿的粒度范围为0.003~1.87 mm,一般为0.25~0.8 mm,在嵌晶结构矿石中,有少量钛铁矿的粒度比钛磁铁矿显著增大,形成似斑晶<sup>[20]</sup>。粒状钛铁矿分布普遍,含量比较稳定, $\varphi$ (钛铁矿)=10%~26%左右;钛铁矿与钛磁铁矿的比值为1:1.1~1:1.5之间。

尖晶石除在钛磁铁矿、粒状钛铁矿中呈固溶体出溶的尖晶石包体外,另有一种呈自形—他形粒状翠绿色镁铁尖晶石不均匀地分布在铁钛氧化物裂隙和颗粒边缘,粒度0.05~0.1 mm,其 $\varphi$ (尖晶石)<1%,个别中富矿石中 $\varphi$ (尖晶石)可达3%~5%。

#### (2) 硫化物

矿石中硫化物的含量低,一般 $\varphi$ (硫化物)在0.5%~1.5%之间,以黄铁矿为主,其次有不等量的

磁黄铁矿、黄铜矿、针镍矿、方硫铁镍矿、镍黄铁矿、钴镍黄铁矿等。硫化物的产出形式主要呈星点浸染状,呈他形—半自形粒状及粒状集合体、填隙状分布于铁钛氧化物及硅酸盐矿物颗粒间隙中。

#### (3) 硅酸盐及磷酸盐矿物

主要为脉石矿物及夹石矿物。主要有含钛普通辉石、橄榄石<sup>[21]</sup>、钛普通角闪石、斜长石、黑云母、磷灰石等,以及次生蚀变矿物如蛇纹石、透辉石、次透辉石、次闪石、绿泥石、绿帘石、黝帘石、榍石、碳酸盐等。

磷灰石分布广泛但不均匀,在星散浸染状的辉长岩型矿石中含量较丰富,多呈自形柱粒状,一般柱长0.2~1 mm,宽 $\leq$ 0.1 mm; $\varphi$ (磷灰石)可高达5%~7%,与铁钛氧化物紧密伴生。

含钛普通辉石是最主要的造岩矿物,多呈半自形柱粒状,新鲜颗粒呈淡玫瑰红色,弱多色性,粒度一般0.5~3 mm,生成时间较晚而形成典型包含(包橄及铁钛氧化物)结构的不规则状粗大晶粒可达10 mm $\pm$ ;晶粒中双晶常见,沿(110)面、(100)面常有固溶体出溶物——铁钛氧化物微片晶分布,形成

闪光构造。

钛普通角闪石分布普遍而不均匀,主要呈反应边产出,分布在与铁钛氧化物接触的辉石、斜长石晶粒边缘;其次形成一种形态不连续而光性连续的假斑晶状颗粒,包嵌着细粒自形铁钛氧化物晶粒及少量橄榄石、辉石、斜长石颗粒。钛普通角闪石亦常常有铁钛氧化物微片晶包体形成闪光构造,其蚀变次生矿物主要为阳起石、绿泥石伴有榍石、白钛矿等。

黑云母分布普遍,但含量较少,常常与角闪石伴生,多数由辉石或角闪石蚀变而来。另外,有少量鳞片状集合体,分布在岩石的细小构造裂隙中,属于岩浆期后的蚀变产物。

基性斜长石<sup>[22]</sup>多呈半自形板柱状、他形不规则粒状。由岩体顶部到底部矿物自形程度降低,基性程度增高。斜长石普遍不同程度地被绢云母、黝帘石、钠长石、葡萄石、绿帘石等矿物交代,保持原有假像。在与铁钛氧化物接触处往往生成角闪石反应边,有时这种反应边则变成次闪石或绿泥石与斜长石构成的蠕虫状交生体次变边。

#### 4.3 有益元素赋存状态及分配规律

##### (1)Fe

铁元素赋存于钛磁铁矿中,其次是钛铁矿、赤褐铁矿、硅酸盐矿物、碳酸盐矿物和硫化物内。其中,在钛磁铁矿中铁分配率 51.56%~72.97%,铁分配率随矿石  $w(\text{TFe})$  增高而增高;在钛铁矿中铁分配率 4.64%~13.88%,铁分配率随矿石  $w(\text{TFe})$  增高而降低;在硫化物中铁分配率 0.81%~2.04%,铁分配率随矿石  $w(\text{TFe})$  增高而增高;在硅酸盐矿物中铁分配率 5.23%~9.94%,铁分配率随矿石  $w(\text{TFe})$  增高而增高。

##### (2)Ti

钛元素主要赋存于钛磁铁矿、钛铁矿中,其次为硅酸盐矿物中。其中,在钛磁铁矿中钛分配率 26.73%~58.90%,钛磁铁矿中钛分配率随矿石  $w(\text{TFe})$  增高而增大;在钛铁矿中钛分配率 34.79%~62.40%,钛铁矿中钛分配率随矿石  $w(\text{TFe})$  增高而降低;在硅酸盐矿物中钛分配率 6.31%~10.87%,硅酸盐矿物中钛分配率随矿石  $w(\text{TFe})$  增高而降低。

##### (3)V

钒元素主要以类质同象赋存于钛磁铁矿中,仅有少部分存在于脉石矿物和钛铁矿中钒分配率随矿石铁品级增高而增高,脉石和钛铁矿中钒分配率随矿石铁品级增高而降低。

## 5 成因探讨及找矿意义

攀西地区钒钛磁铁矿床成因归纳起来主要有以下三种<sup>[23-28]</sup>:(1)同源就地分异观点,认为攀西地区与钒钛磁铁矿有关的基性-超基性岩体,是同期侵入的同源岩浆就地分异的产物。(2)深源分异观点,认为攀西地区基性-超基性岩的形成是相隔时间不长的(划归为同一期产物)脉动式贯入的深源分异岩浆;基性-超基性岩体的形状、产状、规模、岩性、岩相分异的好坏不是决定成矿富集与否的主要因素,主要的决定因素是适时的断裂开放造成空间和富矿岩浆的贯入。(3)含矿岩浆侵入地壳后,其成岩成矿是经历一个漫长的地质时期,并受到各种复杂的因素影响形成的。

本次研究在综合区域基性-超基性钒钛磁铁矿床成因研究成果、区内地质资料、以及基于本次的矿石学特征研究,认为黑石河铁矿区内钛磁铁矿及钛铁矿等主要工业矿物大多数是岩浆结晶晚期分异形成、矿石多具海绵陨铁结构等特征,故笔者将该矿床归结为晚期岩浆分异结晶的矿床成因类型。因此,该区域后期的找矿应结合晚期岩浆矿床成矿特征,进行综合勘探布局。

#### 参考文献:

- [1] 刘杖,沈发金,张广宗.攀内层状侵入体[C]//张云湘.中国攀内裂谷文集I,北京:地质出版社,1985:87-118.
- [2] 宋谢炎,干玉兰,张正阶,等.层状侵入体韵律层形成过程的定铈模拟——以四川攀枝花层状岩体为例[J].地质学报,1999,73(1):37-49.
- [3] 李兴唐.区域构造特征[C]//丛柏林.攀西裂谷的形成与演化,北京:科学出版社,1988:102-109.
- [4] 李佑国.基于“3S”技术的攀内地区铜镍铂族元素矿床找矿靶区筛选[D].成都:成都理工大学,2007.
- [5] 四川省地矿局106地质队.攀时红格外围调查评价——2011工作方案[R].成都:四川地矿局106地质队,2011.
- [6] 魏斯禹,胡忠义,邓肖粤.攀西构造带的地热活动特征与裂谷带性质的研究[J].地震研究,1988(6):585-596.
- [7] 刘家铎,张成江,李佑国,等.攀西地区金属成矿系统[M].北京:地质出版社,2007:22-30.
- [8] 四川省地质矿产局攀西地质大队.四川红格钒钛磁铁矿床成矿条件及地质特征[M].北京:地质出版社,1987:3.
- [9] 钟玉芳,岑况,马芳.攀西层状基性-超基性岩体的韵律特征及分开研究[J].地质科技情报,1999,18(1):33-38.
- [10] 卢记仁,张光弟,张承信,等.攀西层状基性超基性岩体岩浆类型及成因[J].矿床地质,1987,6(2):1-15.

- [11] 刘峰, 施泽民. 攀枝花红格地区变质岩成因新认识[J]. 沉积与特提斯地质, 2010, 25(4): 59-65.
- [12] 肖六均. 攀枝花钒钛磁铁矿资源及矿物特性特征[J]. 金属矿山, 2001(1): 28-30.
- [13] 黄德全, 岳建芳. 四川会理黑箐磁铁矿矿床地质特征及成因[J]. 四川地质学报, 2008, 28(4): 283-286.
- [14] 陈才杰, 曹从勇, 蔡庆华. 四川会理竹箐钒钛磁铁矿地质特征及控矿因素[J]. 四川地质学报, 2012, 32(2): 73-77.
- [15] 金明霞. 菜园子铁矿的围岩、矿石特征及矿床成因探讨[J]. 地质论评, 1981, 27(2): 167-174.
- [16] 欧新功, 金淑燕. 层状侵入体及其韵律层成因[J]. 地学前缘, 2000, 7(1): 79-84.
- [17] 李德惠, 茅燕石. 四川攀西地区含钒钛磁铁矿层状侵入体的韵律层及形成机理[J]. 矿物岩石, 1982, 2(1): 29-41.
- [18] 温春齐. 铜官山铁铜矿床中显微球粒磁铁矿的发现及其成因意义[J]. 矿床地质, 1989, 8(4): 61-65.
- [19] 王正允. 四川攀枝花含钒钛磁铁矿层状辉长岩体的岩石学特征及其成因初探[J]. 矿物岩石, 1982(1): 14-21.
- [20] 余宇伟, 宋谢炎, 于宋月, 等. 矿物成分对四川太和钒钛磁铁矿床成因的指示意义[J]. 矿物学报, 2013(S2): 120-128.
- [21] 张晓琪, 宋谢炎. 橄榄石成分对四川白马钒钛磁铁矿床成因的指示意义[J]. 矿物学报, 2011(S1): 188-194.
- [22] 柏中杰, 钟宏, 朱维光等. 红格层状岩体岩浆混合与结晶分异对钒钛磁铁矿成矿的指示意义[J]. 矿物学报, 2009(S1): 43.
- [23] 卢记仁. 攀西层状岩体成因模式[J]. 中国地质, 1986(9): 22-25.
- [24] 卢记仁, 张光弟, 张承信. 攀西层状基性超基性岩体岩浆类型及成因[J]. 矿床地质, 1987, 6(2): 1-15.
- [25] 卢记仁, 张承信, 张光弟. 攀西地区钒钛磁铁矿矿床的成因类型[J]. 矿床地质, 1988, 7(1): 1-13.
- [26] 李文臣. 攀枝花钒钛磁铁矿矿床地质及其成因[J]. 地质与勘探, 1992, 28(10): 18-21.
- [27] 须同瑞, 曾绪伟. 康滇地区含钒钛磁铁矿基性超基性岩体成因类型、成矿特征及其成因[J]. 矿床地质, 1998, 17(增刊): 715-718.
- [28] 罗小军, 温春齐, 曹志敏. 攀枝花钒钛磁铁矿矿床成因浅析[J]. 矿床地质, 2002, 21(增刊): 338-341.

## Ore characteristics and genesis of the Heishihe iron deposit in the Panxi region

ZHANG Feng<sup>1</sup>, TANG Juxing<sup>2</sup>, WANG Chenghui<sup>2</sup>, CHEN Shenghua<sup>3</sup>, ZHANG shoude<sup>1</sup>, LI Ling<sup>4</sup>

(1. Explorers of Sichuan Geological Exploration Co., Chengdu 610041, China;

2. Institute Of Mineral Resources, Chinese Academy Of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

3. State Key Laboratory Of Environmental Geochemistry, Institute Of Geochemical Chinese Academy Of Sciences, Guiyang 550002, China;

4. Hubei Xiangyun Group Chemical Co., Ltd, Huanggang 438000, Hubei, China)

**Abstract:** The Heishihe iron deposit is located in Panxi region. Gabbro is the key ore-bearing body weak differentiation and bedding. The ore body is layeroid, lenticular and veinlike. Study on the ore characteristics shows mainly sponge iron meteyorite texture and dissemination structure. The ore is composed of Ti-magnetite, ilmenite and metal oxides, sulfides (mainly pyrite), pyroxene etc. The Ti-magnetite, ilmenite and metal oxides are the ore minerals. Combined with discussion of the ore genesis in other vanadium-titanium magnetite ore that is located in Panxi region and also based on the main mineral crystallization stage and the typical texture and in Heishihe iron ore, the deposit is a late magma fractional crystallized deposit.

**Key Words:** Heishihe iron deposit; ore characteristics; Texture and structure; Panxi rift zone; Sichuan province