

文章编号: 1009-6248(2010)03-0066-09

内蒙古小红山钒钛磁铁矿床成矿特征及成因探讨

杨福新¹, 李为民², 陈岱³, 乔金良³, 梁俪静³, 何永振¹, 李文辉¹, 贾恒¹

(1. 核工业二〇三研究所, 陕西 咸阳 712000; 2. 青海省核工业地质局, 青海 西宁 810008;
青海森源矿业有限公司, 青海 西宁 810001)

摘要: 小红山矿床与河北大庙钒钛磁铁矿床同产在天山-阴山造山带的两端和相近的纬度上, 华力西早期辉长岩为赋矿主岩体, 地表多呈脉状贯入型钒钛磁铁矿分布, 深部多以隐伏的岩浆-分异型似层状钒钛磁铁矿产出。矿体较稳定、品位较富。矿石矿物以磁铁矿和钛铁矿为主, 共伴生有 V 等元素。属于一种岩浆-分异和分凝-贯入叠加复合型的钒钛磁铁矿类型, 为介于攀枝花式和大庙式钒钛磁铁矿特征之间一种新的成矿类型。此类型矿化的发现, 对寻找同种钒钛磁铁矿类型具有一定的现实意义。

关键词: 北山地区; 小红山; 钒钛磁铁矿; 辉长岩

中图分类号: P618.31 **文献标识码:** A

1 区域地质概述

1.1 大地构造位置

小红山矿床产于北山地区, 大地构造位于哈萨克斯坦板块与塔里木-华北古陆板块的俯冲、碰撞带附近, 以红柳河-洗肠井为板块缝合线 (图 1) (杨合群, 2008)。按构造单元可以细分为 2 大板块 2 个微板块 8 个三级构造单元 (图 2)。

矿区南北主要受白玉山南-公婆泉-七一山早古生代活动陆缘带 (I-4) 和方山口-营毛沱-鹰咀红山早古生代被动陆缘带 (II-1) 所控制。矿床产于区域上岩石圈断裂构造发育地段, 据内蒙古地质志在, 小红山矿区以南有红柳河-洗肠井深大断裂, 它是形成于晚元古代的岩石圈断裂, 具有继承性和多期活动的长寿断裂构造特点 (龚全胜等, 2002), 控制了超基性-基性-酸性岩浆岩的活动 (内蒙古地质局, 1991)。断裂构造主要为近东西向的逆冲推覆断裂, 其次为北东向、北西向及近南北向断裂。矿区断裂构造不发育, 主要为裂隙构造类型。一般宽为 5~20

cm, 长度为 10~100 m。单体沿走向延伸不远, 其中充填有硅质细脉、石英脉、含钒钛磁铁矿脉、方解石脉和石膏脉等。裂隙构造期次较多, 有矿前期、矿后期和含矿期裂隙等多期次裂隙构造活动时期。裂隙性质以张性为主, 部分为压性及剪切性质。部分导矿、含矿裂隙控制着较富的钒钛磁铁矿的分布。少数晚期裂隙构造错断或位移, 造成了矿体破坏和位错现象。

1.2 岩浆活动期次

区域岩浆活动频繁、侵入作用强烈, 从加里东期至燕山期均有岩浆侵入活动 (表 1)。其中, 华力西期侵入强度和规模最大, 种类繁多, 分布面广, 形成的侵入岩多具分异现象, 相带清楚。华力西期岩浆活动从老至新分为 3 期以上侵入体: 华力西早期主要为辉长岩, 呈岩株产出; 华力西晚期有花岗闪长岩、花岗岩、斜长花岗岩等三次以上侵入体, 分布在本区南部; 华力西晚期至印支-燕山期以后呈多期次的岩脉产出。华力西早期辉长岩与钒钛磁铁矿的形成具有密切的关系。

收稿日期: 2009-11-17; 修回日期: 2010-07-08

基金项目: 商业性矿产地质勘查项目 (SY-2004001)

作者简介: 杨福新 (1955-), 男, 陕西洛南人, 高级工程师, 1978 年毕业于兰州大学地质地理系, 从事野外金属、非金属、放射性矿产地质找矿工作。E-mail: yangfuxin0330@yahoo.com.cn

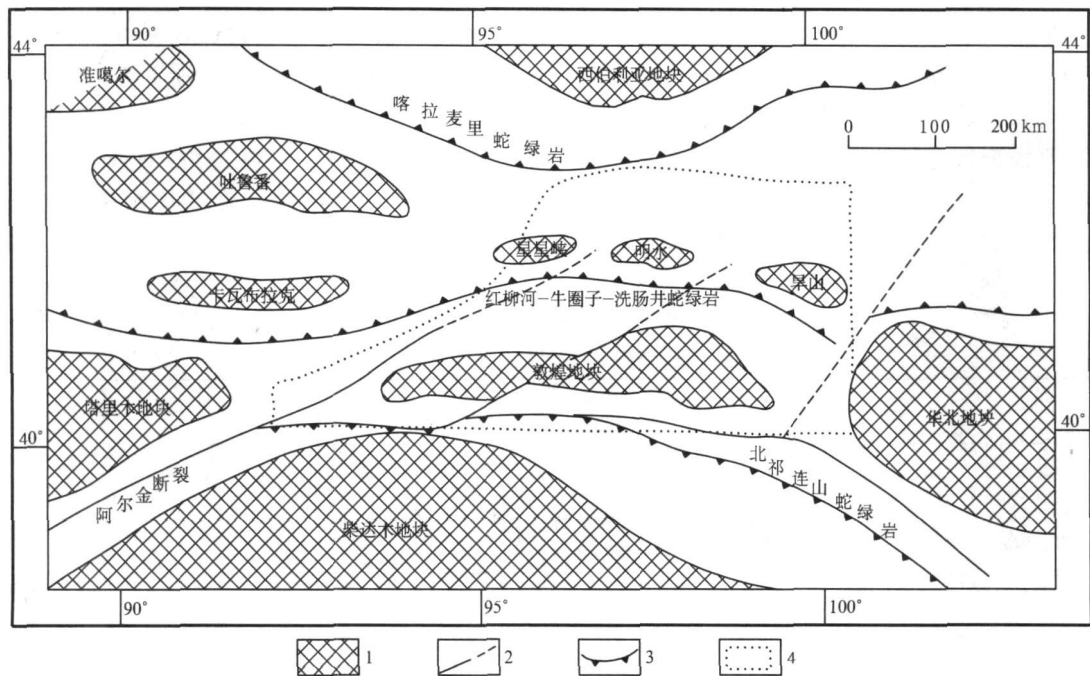


图 1 内蒙西部北山地区大地构造位置略图

Fig. 1 Sketch map of tectonic position of Beishan area in western Inner Mongolia
(据杨合群等, 2008)

1. 前寒武纪地块; 2. 断裂; 3. 板块缝合线; 4. 甘蒙北山地区

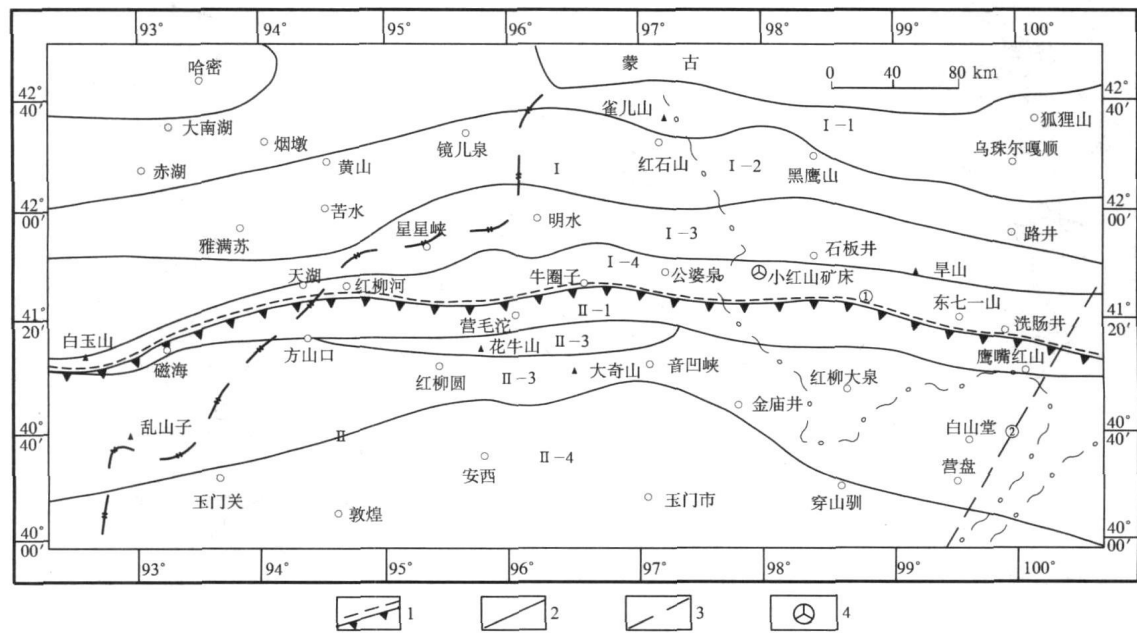


图 2 内蒙西部北山地区构造单元划分略图

Fig. 2 Sketch map of division of tectonic units of Beishan area in western Inner Mongolia
(据杨合群等, 2008)

1. 缝合线; 2. 构造分区界线; 3. 边界断裂及编号 (①. 柳河-牛圈子-洗肠井断裂; ②. 黑河断裂); 4. 钒钛磁铁矿矿床位置

1.3 岩体与地层的关系

区域地层从元古宇至第四系出露较全。元古宇呈不连续的条带状分布；古生界出露较齐全；中生界面积分布较广。元古宇主要分布在三道明水-红柳大泉区域性深断裂之间（内蒙古地质志，1991），主要出露长城系下统白湖群（Chbh）。矿区主要出露元古宇和第四系（图3）。元古宇为长城系白湖群，将

该岩层划分，确定了2个主要填图单元，即碎屑岩夹火山岩（Chbh^s）和碳酸盐岩（Chbh^b）两个岩性单元（甘肃省地质局，1969）。碎屑岩夹火山岩主要分布于矿区以北的大范围之内。碳酸盐岩在矿区中部一带分布范围较大，多在山顶（辉长岩岩体之上）呈残留顶盖产出，为孤立状、小面积浑圆状、团块状、透镜状形态。

表1 矿区岩浆岩期次划分表
Tab. 1 magmatite stages of the mining area

期 次		代 号	岩石类型	产 状	矿化关系
燕山期		$\beta\mu$ 、 q	辉长岩脉、石英脉	岩 脉	
印支期		q	石英脉	岩 脉	
华力西期	晚期	γ_4 、 q_4 、 ξ_4	花岗岩、石英脉、正长岩	岩 脉	后期辉长岩脉体晚期分凝-贯入叠加
		γ_4^{3-3}	中细粒、细粒钾长花岗岩	岩株、岩基	
		γ_4^{3-2}	中粒钾长花岗岩	岩株、岩基	
		$\gamma\delta_4^{3-1}$	花岗闪长岩	岩 株	
	早期	ν_4^1	辉长岩	岩 脉	岩浆分异成矿
		ν_4^1	辉长岩	岩体、岩株	

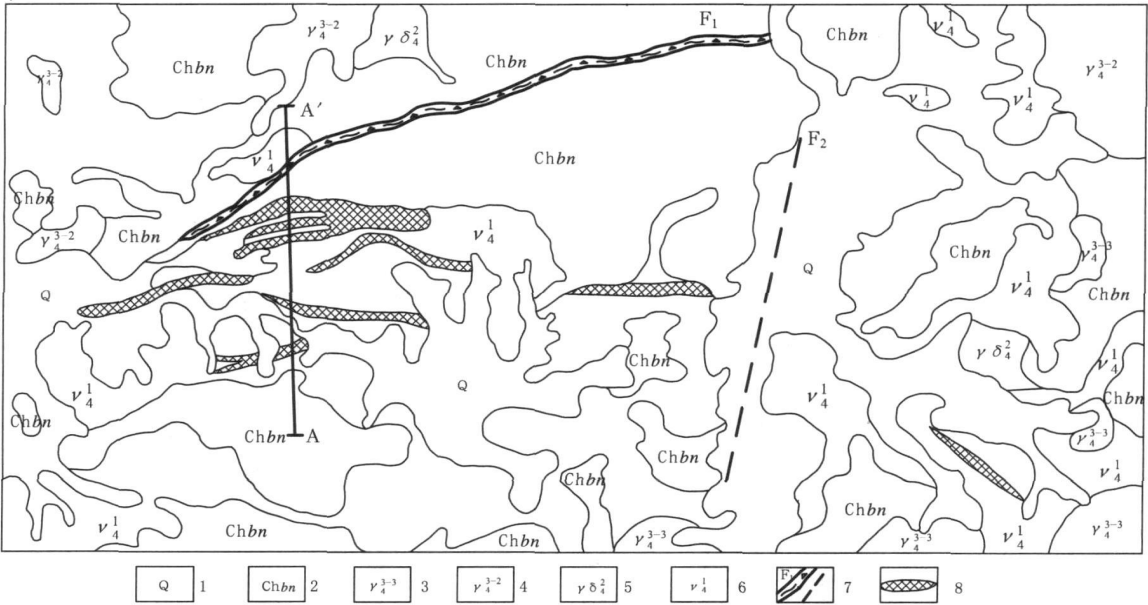


图3 内蒙古西部小红山钒钛磁铁矿矿床地质略图

Fig. 3 Skatch map of vanadium-titanium magnetite ore of Xiaohongshan area in western Inner Mongolia
1. 第四系; 2. 长城系白湖群; 3. 细粒钾长花岗岩; 4. 中粒钾长花岗岩; 5. 中粒花岗闪长岩;
6. 中粒辉长岩; 7. 断裂及编号; 8. 地表贯入型脉体及岩体

Chbh^s 岩层主要岩性为灰色、灰紫色变石英砂岩、片理化变砂岩、灰白色石英岩、灰绿色泥质千枚岩和灰绿色蚀变杏仁状安山玄武岩，局部有少量塑性变形的片理化石英岩等变质岩。产于钒钛磁铁矿矿化之上残留顶盖内的近矿围岩（Chbh^s）主要岩

性为石英岩或变石英砂岩。Chbh^s 岩层主要岩性为灰白色、灰色或纯白色蛇纹石化大理岩及结晶灰岩为主，见纯白色糖粒状大理岩。在碳酸盐岩与辉长岩、花岗岩岩脉的接触处多见蛇纹石化等蚀变。主要的华力西晚期含钒钛磁铁矿辉长岩体，侵入于长

城系的白湖群中，呈岩体或岩脉状两种形式产出。

2 含矿岩体地质特征

2.1 岩体规模与形态

华力西早期辉长岩是主要的赋矿侵入体，一般出露长约2~3 km，宽约数百米，以不规则状小岩株产出(孙新春等, 2005)。小红山岩体为较大规模的辉长岩岩体产出,是钒钛磁铁矿的主要找矿目标。周围也有一些次级的小岩株产出。

2.2 岩石类型及特征

辉长岩在显微镜下，以辉长结构、筛状结构等为主，中粒、中细粒或粗粒状结构，多为块状构造。主要矿物：辉石约占40%~60%，普通角闪石为5%~20%，基性长石为20%~40%，钒钛磁铁矿为5%~15%；其次有磷灰石为5%~10%，黑云母为1%~5%及次闪石等矿物。辉石主要有：紫苏辉石、普通辉石。普通角闪石为棕色，等粒、短柱状，半自形晶，有反应边结构，由辉石蚀变而成。基性长石呈柱状、长柱状，具聚片双晶成复合双晶，有绢云母化及黏土化等。钒钛磁铁矿呈自形晶、粒状充填于裂隙及孔隙中，呈黑色不透明矿物，并沿裂隙有

褐铁矿化。黑云母呈片状，具平行消光等。副矿物有：磷灰石、榍石等。次生矿物有次闪石、蛇纹石、褐铁矿、黏土和绿泥石等。

2.3 岩石化学特征

华力西早期含钒钛磁铁矿辉长岩中FeO为8.15%~15.78%，平均为12.74%(表2)，TFe为10.63%~20.58%，平均为16.82%，具有富Fe的特点。SiO₂为40.59%~49.41%，Al₂O₃为13.77%~20.86%，Na₂O为2.65%~4.17%，CaO为7.55%~10.19%。岩石具有富Fe高Ti、Na，而低CaO、K₂O和Na>K的特点。M/F值为0.10，M/C值为0.34，K/Na为0.24。

矿区辉长岩岩石化学成分与攀枝花辉长岩岩石成分相比(四川地质局综合队, 1976)，具有高Fe、Na、Si、Mn、K，低Ca、Mg、P等特点(表2)。与陕南毕机沟辉长岩相比，也具有高Fe、Al、Ti、Na、K、P和低Ca、Mg、Fe₂O₃等特点。其M/F值与攀枝花辉长岩(0.3~1.0)相接近或略小，M/C比攀枝花辉长岩(0.3~1.5)低。明显低于河北大庙(M/F为1.13~1.96、M/C为0.28~0.87)的参数，也低于陕南毕机沟辉长岩(1.4、0.7)的比值参数。

表 2 小红山矿区辉长岩岩石化学成分表 (%)

Tab.2 gabbro rock chemical composition in Xiaohongshan (%)

岩石	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	TFe	烧失量
细粒辉长岩	49.41	20.86	0.95	2.48	8.15	0.21	2.30	7.55	4.17	1.50	0.53	10.63	1.37
中粒辉长岩	40.59	13.77	4.18	4.99	14.28	0.35	3.96	10.19	2.65	0.49	2.11	19.24	0.72
中粒含矿辉长岩	43.71	14.05	2.85	4.80	15.78	0.45	2.80	8.97	3.19	0.49	1.41	20.58	0.61
平均值	44.57	16.23	2.66	4.09	12.74	0.34	3.02	8.90	3.34	0.83	1.35	16.82	0.90
攀枝花辉长岩体	40.16	17.30	3.98	4.91	8.85	0.18	5.75	11.09	2.62	0.25	3.13	13.76	
陕南毕机沟辉长岩	43.20	14.99	1.60	9.92	7.54	0.21	6.81	11.94	1.98	0.14	0.26	17.46	

总之，小红山辉长岩属于侵入型岩浆岩体，而攀枝花、河北大庙、陕南地区均属于岩浆分异侵入形成的岩体。总体化学成分大同小异，均属赋存钒钛磁铁矿的岩体。相比之下，岩石化学成分与攀枝花类型更为接近，岩体的形成时代都为华力西早期，岩体均侵入于元古宙地层中，都具有碳酸岩的近矿围岩分布，有较多的可对比性。

3 矿体特征

3.1 矿体规模及分布特征

矿区由3个矿段和6条矿带组成(图3)，地表

矿体多呈多条平行脉状或“爪状”产出，即由3个分支状矿段向东汇集成1条爪形聚合矿带。经部分钻孔揭露，已圈定28个矿体。矿体一般长100~400 m，最长>450 m(未能完全控制)。控制矿体厚度为2.0~26.7 m，最大矿体单层厚度可达32.5 m。单孔累计最大见矿厚度为93.68 m。矿体形态为脉状或为较稳定的似层状，后者矿体规模较大(图4)。

矿区中有2种矿化类型，即分凝-贯入类型和岩浆-分异类型。地表及上部呈分凝-贯入类型矿脉产出。常贯入于长城系白湖群组成的向斜和白湖群地中(图5)，矿脉与围岩界线清晰。呈细粒、中细粒较富钒

钛磁铁矿贯入或叠加在钒钛磁铁矿辉长岩之中(图6)。在平面上呈多条脉状平行分布,西部为“爪状”;由3个分支状矿脉向东汇集成1条爪形聚合矿带(图3)。在地貌上多呈正地形分布(杨福新等,2009)。

辉长岩体的下部或深部,为岩浆分异作用形成

的中粒—粗粒含钒钛磁铁矿辉长岩体。矿体以呈似层状产出为主,垂向上有明显的下粗上细的韵律层,具有清晰的堆积作用的特点。在每个韵律层的底部,一般矿体相对较厚、品位较富。多为似层状隐伏矿体产出,并向东段有变厚的趋势。

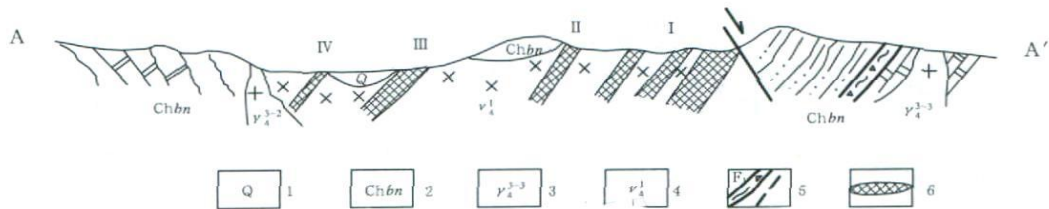


图4 小红山矿区地质剖面图

Fig.4 Geological section of Xiaohongshan mining area

1. 第四系; 2. 长城系白湖群; 3. 细粒钾长花岗岩; 4. 中粒辉长岩; 5. 断裂及编号; 6. 地表灌入型脉体及矿体

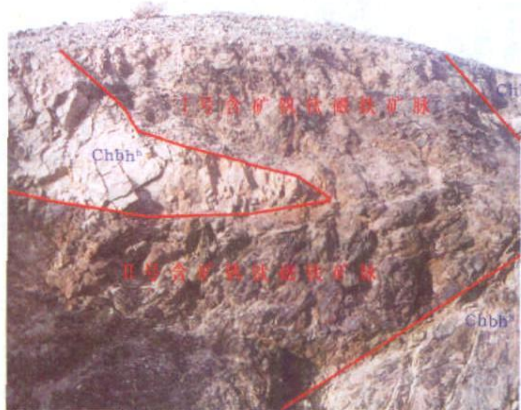


图5 矿脉贯入大理岩之中

Fig.5 Veins in the marble of penetration

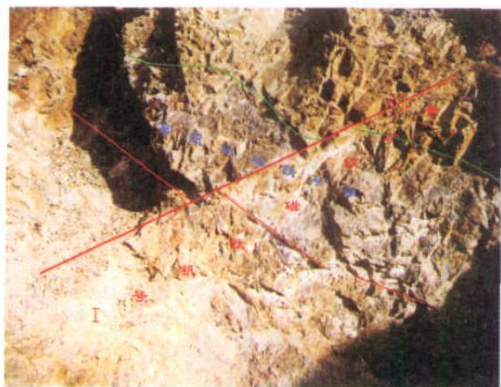


图6 晚期矿脉贯入早期含矿辉长岩之中

Fig.6 Late veins in the early ore-bearing gabbro

3.2 矿石类型及特征

矿石类型为可选矿的磁铁矿类型,即岩浆型钒钛磁铁矿(杨福新等,2009)。含矿岩石为含钛磁铁矿、钒钛磁铁矿辉长岩。含矿岩石以细粒—中粒为主,部分产于粗粒岩石中。矿石类型有浸染状矿石和块状矿石两种。浸染状矿石:金属矿物在稠密浸染状矿石中含量为30%~50%,在稀疏浸染状矿石中占15%~25%。主要金属矿物以钛磁铁矿为主,次为钛铁矿。磁铁矿呈自形晶,粒晶为0.1~2 mm,部分已析出的钛铁矿呈独立矿物。微细晶状钛磁铁矿已进入矿物解理、裂隙之中,又被胶状针铁矿所充填。块状矿石:呈块状构造,主要矿物成分为辉石、钒钛磁铁矿、基性长石、普通角闪石和次闪石等。金属矿物以钛磁铁矿为主,含量为35%~60%。呈自形粒状,钛铁矿和磁铁矿呈类质同象,部分块状矿石中见有钛铁矿。

矿石矿物中主要金属矿物为钛磁铁矿、钛铁矿。次为少量黄铁矿,微量黄铜矿等。物相分析:钛磁铁矿占总量的44.67%,钛铁矿13.39%,硫化物占1.83%;脉石矿物占40.11%。钛磁铁矿粒度多数细小,有较多的固溶体分离的片晶状钛铁矿。钛铁矿粒度更细,矿物较纯,以单体为主。研究表明矿石矿物的生成顺序为:钛磁铁矿+钛铁矿—微细晶状钛磁铁矿—微细晶状黄铁矿—褐铁矿氧化交代钛磁铁矿。

3.3 矿石化学成分

对矿石中13种元素及化学成分分析,除Fe、Ti、V三种主元素外,伴生有Co、Ni等元素。矿石

品位 (TFe) 一般为 15.0%~40.16%, 最高品位为 51.81%。Ti 品位为 5%~12.16%, 最高为 14.56%。V 品位为 0.15%~0.38%, 最高达 0.54%。无疑属钒钛磁铁矿类型 (图 7)。



图 7 ZK0602 钻孔中块状富钒钛磁铁矿

Fig. 7 Block vanadium-titanium magnetite-rich ore in XZK0602 drilling

(全铁含量为 51.8%; TiO_2 为 14.56%, V_2O_5 为 0.54%)

矿区内原矿中全铁品位 (表 2) 比攀枝花矿床 (TFe 30.72%) 略高。 TiO_2 、 V_2O_5 、S、CaO、 Al_2O_3 含量均低于攀枝花矿床的原矿含量。尤其是 TiO_2 低 (1.79%), V_2O_5 低 (0.232%), S 低 (0.434%)。其矿石的化学成分更接近于陕西南部钒钛磁铁矿的矿石成分。

4 矿床成因探讨

4.1 成矿构造环境

北山地区古生代陆内裂谷带构造环境是控制岩浆型钒钛磁铁矿带和铜镍成矿带分布的区域地质背景。红柳河-洗肠井岩石圈深大断裂附近是小红山辉长岩体产出的构造空间, 而辉长岩体是本区钒钛磁铁矿产出的定位空间。

4.2 成矿岩浆分异

(1) 华力西早期小红山辉长岩体: 具有形成堆积构造和韵律层发育的特点, 即工业矿体与矿体以稠密浸染与稀疏浸染状矿石有序排列, 不同韵律层中矿石品位有着明显差异, 其特点均是结晶分异过程中重力起主导作用的结果。此期是小红山矿床主要成矿期, 形成了规模较大、品位中等、贫—较富

的矿体。这些特征与我国攀枝花矿床 (杨福新等, 2009) 的特点有较多的相似性, 属早期岩浆—分异成矿期。

从矿体的特点看, 矿体形态以似层状矿体为主, 早期形成了中等品位含钒钛磁铁矿辉长岩, 一般 TFe 含量为 20%~25%, Ti 为 4.06%~5.73%, 沿走向和延深较稳定, 形成的矿体规模较大。

(2) 晚期岩浆贯入—叠加期: 属辉长岩期后的分凝—贯入岩浆, 沿断裂或层间等构造裂隙空间贯入或充填。在含矿岩浆热液中又带入了早期岩浆的含矿物源, 使钒钛磁铁矿成分进一步富集, 形成了较富的贯入—叠加型矿化类型。所以, 一般富矿脉中 TFe 含量为 35.25%~40.81%, TiO_2 为 9.96%~13.32%, V_2O_5 可达到 0.15%~0.42%。最高 TFe 为 51.81%, TiO_2 为 14.56%, V_2O_5 为 0.54%。

4.3 成矿阶段划分

矿床形成分为 2 期 3 次以上成矿阶段。在 XQJ04 中, 早期含矿辉长岩中 TFe 为 30.09%, TiO_2 为 2.12%, S 为 1.5%。而晚期沿裂隙构造贯入叠加的为富 Fe (34.57%~35.87%)、贫 Ti (1.12%) 和低 S (0.01%), 这与 XCC0601 中贯入脉体的成分明显有差异, 属更晚期的钛磁铁矿成矿贯入期。在矿区中有呈脉状、团块状贯入的富矿脉或矿体。这些特点说明, 在分异成矿期后有两次以上不同矿化热液贯入叠加作用的存在。

与攀枝花矿床不同的是, 矿区见含钒钛磁铁矿脉呈脉状贯入于长城系大理岩等中 (图 5), 矿脉与围岩界线清晰。含矿的辉长岩中呈脉状、细脉状分凝—贯入充填 (图 6), 上部以贯入类型矿脉为主, 浅部和地下深处为岩浆分异作用形成的中粒—粗粒含钒钛磁铁矿的辉长岩。在岩浆分异之后又有岩浆晚期热液的贯入—充填形成了一些中细—细粒富铁矿的辉长岩。由此可见, 小红山的辉长岩是岩浆—分异和分凝—贯入复合作用下形成的辉长岩体及其相关的钒钛磁铁矿化, 具有复合叠加成矿的特点。

综上所述, 笔者认为小红山钒钛磁铁矿属以岩浆分异作用为主, 又有岩浆期后热液分凝—结晶分异—贯入作用形成的叠加复合型钒钛磁铁矿类型。它早期成矿特点与攀枝花钒钛磁铁矿类型较相似, 晚期又有河北大庙式分凝—贯入作用的产物, 属于一种岩浆—分异和分凝—贯入叠加复合型的钒钛磁铁矿类型 (表 3)。

表 3 早期岩浆-分异类型与晚期分凝-贯入类型矿化分析结果对比

Tab. 3 Results and compare of the early magma-segregation and the late differentiation-penetration type of mineralizaion

样品编号	位置 /m	样 长 /m	分 析 结 果/%					成矿阶段
			TFe	TiO ₂	V ₂ O ₅	S	P	
XQJ04YP1	3.1~4.6	1.5	35.87	1.12	0.009	0.01	0.12	晚期贯入-叠加
XZK0602	6.0~8.0	2.0	51.81	14.56	0.540			
XQJ04YP3	1.4~3.0	1.6	30.09	2.12	0.018	1.50	0.06	早期分异成矿

5 成矿类型探讨及找矿意义

目前我国已公认的的钒钛磁铁矿类型，主要有岩浆-分异型和分凝-贯入型两种成矿类型，即以攀枝花式和大庙式为代表（表 4）。而小红山矿区即有贫—较富品位、较大规模的似层状钒钛磁铁矿类型，又有贯入型的脉状钒钛磁铁矿类型（杨福新等，2009）。而在脉状矿化叠加在似层状矿之上时，就形成了更富的钒钛磁铁矿矿体。形成了一种岩浆-分异至分凝-贯入叠加复合型的钒钛磁铁矿类型（表 4）。

表 4 小红山钒钛磁铁矿矿床与国内典型矿床类型对比表

Tab. 4 Contrast between Xiaohongshan vanadium-titanium magnetite deposit and the typical deposit in China

类 型		攀 枝 花 式	大 庙 式	小 红 山 式
大地构造位置		震旦系下统大理岩中	前震旦系大理岩、片麻岩中	长城系大理岩、变砂岩中
围岩地层与岩石		古陆隆起带边缘, 受深大断裂带控制	华北地台东段北缘, 受东西向岩石圈断裂带控制	华北地台西段北缘, 受东西向岩石圈断裂带控制
侵入体特征	时 代	华力西期辉长岩岩体	斜长岩、辉长岩岩体	海西早期辉长岩岩体
	规 模	长 19 km、宽 5 km	> 1 km 以上	长> 2 km、宽 1 km（未能控制）
	构造发育情况	呈岩体产出, 岩体受断裂切割分为 6 个块段	岩体呈东西状带分布, 侵入体岩沿裂隙贯入	岩体呈东西状带分布, 后期沿岩体中裂隙贯入
	岩石岩性	浅色细粒、层状中粒、暗色流状中粗粒辉长岩	斜长岩、苏长-辉长岩	浅绿、深绿、黑绿色细粒、中粒、中粗粒辉长岩
	结晶分异及构造	下粗上细、韵律发育层状构造及堆积构造	韵律不发育; 具岩脉、岩墙状构造	韵律发育、粗细有序, 以似层状为主; 又发育有岩脉及岩墙状构造
	期后分凝-贯入	分凝-贯入不明显	岩脉、岩墙沿断裂或接触带贯入, 呈带状分布	沿大理岩或辉长岩中裂隙或张性断裂中有分凝-贯入叠加
矿体特征	矿体规模	长 1 000~2 000 m, 规模大而较稳定	长< 1 000 m, 单矿体长数米至数百米	长> 100~450 m (矿体规模未能控制)
	矿体形态	似层状, 数层至数十层	扁豆状、脉状、透镜状、或呈分枝复合状及成群出现	似层状为主, 也见有扁豆状、脉状、透镜状叠加等
	矿体厚度	> 15~164 m, 延深已达千米以上	数米至数十米, 延深数百米。向下几矿体连为 1 个	数米~32.5 m, 延深> 450 m。见 3 矿体连为 1 个
	矿体与围岩界线及产状变化情况	矿体与层状辉长岩一致。走向 20°~40°, 倾向北西, 倾角 30°~60°	矿体与围岩界线清楚。产状直立, 倾角 60°~80°	矿体与层状辉长岩一致。走向近东西向, 倾向南西、倾角 40°~80°
矿石矿物特征	矿石结构	嵌晶海绵陨铁、粒状镶嵌结构为主, 次之交代结构	海绵陨铁结构, 矿石结构均匀	海绵陨铁、粒状镶嵌结构为主, 次为多期交代结构
	矿石构造	稠密、稀疏浸染状、致密块状为主, 条带、星散浸染状次之	浸染状及致密块状	稠密浸染状、稀疏浸染状、致密块状为主, 部分细脉状、网脉状
	主要金属矿物	含钒钛磁铁矿(钛铁矿、钛铁晶石、磁铁矿)、钛铁矿矿物	钛磁铁矿、钛铁矿、金红石等	含钒钛磁铁矿(钛磁铁矿、钛铁矿、磁铁矿)、片晶状钛铁矿矿物等
	少量金属矿物	磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿、镍黄铁矿等	磁黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿、方硫镍钴矿、辉砷钴矿	黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、针铁矿等硫化物
	脉石矿物	普通辉石、拉长石, 少量透闪石、蛇纹石、绿泥石、绢云母	斜长石、辉石、绿泥石、阳起石、纤闪石、磷灰石	辉石、斜长石、普通角闪石、磷灰石、蛇纹石、绿泥石等

续表 4				
品位 / %	T Fe	20~45	20~50	20. 00~51. 84
	TiO ₂	3~16	5~12	5. 00~14. 56
	V ₂ O ₅	0. 15~0. 50	0. 10~0. 39	0. 15~0. 54
伴生及综合利用元素		Co, Cu, Ni, Cr, Ga, Se, Pt 等	Co, Ni, Pt 等硫化物元素	Co, Cu, Ni, Cr, Ga, Se, Te, Sc, Ce 等
围岩蚀变		纤闪石化	纤闪石化、绿泥石化、黝帘石化等	次(纤)闪石化、蛇纹石化、赤铁、褐铁矿化等
铁矿石资源量		10. 8×10 ⁸ t	4657×10 ⁴ t	中型
成因类型		晚期岩浆-分异型	岩浆分凝-贯入型	岩浆-分异加分凝-贯入叠加复合型

这种矿化类型的发现,也使数十年来久攻不下的老矿点得以突破,提交了一处钒钛磁铁矿矿床。这种类型的发现,开阔了寻找此类矿床的找矿思路,为我国寻找此类型钒钛磁铁矿拓宽了找矿方向。对于在西北地区寻找同类型的钒钛磁铁矿有其借鉴和参考价值。因此,岩浆-贯入叠加复合型的钒钛磁铁矿类型的发现,具有一定的找矿现实意义和科学研究意义。

6 结论

- (1) 小红山矿床位于哈萨克斯坦板块与塔里木-华北古陆板块的俯冲、碰撞带的红柳河-洗肠井缝合线附近,与河北大庙钒钛铁矿床同产在天山-阴山造山带的两端和相近的纬度上。
- (2) 矿区中有 3 期 8 次以上的岩浆岩侵入活动,与成矿有关的主要为华力西早期辉长岩和期后两次贯入型辉长岩脉的叠加成矿。
- (3) 有脉状和似层状两种主要矿体形态。地表矿体多呈钒钛磁铁矿脉分布。深部以隐伏的似层状钒钛磁铁矿矿体产出,尤其后者规模较大、矿体较稳定。
- (4) 矿床属可以选矿的钒钛磁铁矿类型,单一贯入型脉体或岩浆型矿体品位从贫—较富。而岩浆-贯入叠加复合型的钒钛磁铁矿类型品位较富。矿石以磁铁矿和钛铁矿矿石矿物为主。
- (5) 矿床成因属于一种岩浆-分异和分凝-贯入型的钒钛磁铁矿类型,又融合了攀枝花式和大庙式钒钛磁铁矿的成矿特点,属一种新类型的叠加-复合型钒钛磁铁矿化类型。

参考文献 (References):

杨合群, 李英, 李文明, 等. 北山成矿构造背景概论 [J]. 西北地质, 2008, 41 (1), 22-27.

Yang Hequn, Li Ying, Li Wenming, et al. General Discussion on Metallogenic Tectonic Setting of Beishan Mountain, Northwestern China [J]. Northwesten Geology, 2008, 41 (1): 22-27.

龚全胜, 刘明强, 刘海林, 等. 甘肃北山造山带类型及基本特征 [J]. 西北地质, 2002, 35 (3), 28-34.

Gong Quansheng, Liu Mingqiang, Liu Hailin, et al. The type basic characteristics of Beishan orogenic belt, Gansu [J]. Northwestern Geology, 2002, 35 (3) : 28-34.

内蒙古地质局. 内蒙古区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.

Geological Bureau of Inner Mongolia. Inner Mongolia regional geological No. 25 [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1969

甘肃省地质局. 1: 20 万公婆泉幅区域地质测量报告(上册) [R]. 1969.

Geological Bureau of Gansu Province. 1: 20 Gongpoquan million increase on the Regional Geological Survey Report List [R]. 1969.

甘肃省地质局. 1: 20 万石板井幅区域地质测量报告(上册) [R]. 1972.

Gansu Provincial Geological Bureau. 1: 20 million pieces of stone Well Geological Survey report on the regional list [R]. 1972.

孙新春, 张红军, 魏志军, 等. 甘蒙北山地区小红山一带变质岩侵入岩体的时代厘定及地质意义 [J]. 西北地质, 2005, 38 (3): 61-67.

Sun Xinyunchun, Zhang Hongjun, Wei zhijun, et al. Beishan region of Gansu and Inner Mongolia Xiaohongshan

metamorphic intrusive rock body area to determine the age and geological significance [J]. Northwestern Geology, 2005, 38 (3): 61-67.

四川地质局综合队. 钒钛磁铁矿专辑 [R]. 四川地质局, 1976.

Integrated team of Sichuan Geological Bureau. Album vanadium-titanium magnetite[R]. Geological Bureau in Sichuan, 1976.

中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0200-2002 铁、锰、铬矿地质勘查规范 [S]. 2003.

People's Republic of China Ministry of Land and Resources. DZ/T0200-2002 iron, manganese, chrome ore geological survey norms [S]. 2003.

杨福新, 李为民, 陈岱, 等. 内蒙西部小红山钒钛铁矿矿床特征及找矿意义 [J]. 西北铀矿地质, 2009, 35 (1-2): 50-56.

Yang fuxin, Li Weimin, Chen Dai, et al. Deposit Features and Prospecting Implication of Xiaohogshan V-Ti-Magnetite Deposit, West Inner Mongolia [J]. Uranium Geology of Northwest China, 2009, 35 (1-2): 50-56.

Discussion on the Deposit Features and Genetic Characteristics of Vanadium-Titanium Magnetite Ore in Xiaohongshan, Western Inner Mongolia

YANG Fu-xin¹, LI Wei-min², CHEN Dai³, QIAO Jin-liang³,
LIANG Li-jing³, HE Yong-zhen¹, LI Wen-hui¹, JIAIA Heng¹

(1. *Institute of 203 Nuclear Research, Xianyang 712000, Shanxi, China*; 2. *The Nuclear Industry Geological Bureau of Qinghai Province, Xining 81008, Qinghai, China*; 3. *Qinghai Senyuan Mining Co, Ltd, Xining 810001, Qinghai, China*)

Abstract: Xiaohongshan and Damiao vanadium and ilmenite deposits in the Tianshan mountains-Yinshan belts in the similar latitude. The early Hercynian gabbro rock is the main mine body. The consistent income-based distribution of vanadium-titanium magnetite is shown mostly in the surface, and in the deep is the magma-shaped like layered sub-vanadium-titanium magnetite output. The ore body is stable and rich. The magnetite and ilmenite ore minerals are mainly symbiotic elements such as vanadium, which is a magma-differentiation and segregation-penetration superposition compound type of vanadium-titanium magnetite, and a new type of type between Panzihua and Damiao V-Ti magnetite-type ore-forming characteristics. the discovery of This type of mineralization has a certain scientific significance for the similar types of vanadium-titanium magnetite.

Key words: Beishan region; Xiaohongshan; vanadium-titanium magnetite; gabbro rock