

吉林省红旗岭矿区铜镍硫化物矿床成矿规律、矿床成因、找矿标志

孙英华¹, 荆振刚¹, 孙超², 辛永辉¹, 侯 闯¹

1. 吉林省有色金属地质勘查局 607 队, 吉林 吉林 132105; 2. 吉林省有色金属地质勘查院, 吉林 长春 130021

摘 要: 红旗岭矿区是我国岩浆岩型铜镍硫化物矿床的主要矿化集中区之一, 在本区内出露的镁铁-超镁铁质岩所划分的 3 个岩带中, 有的岩体含铜镍矿, 有的不含矿。通过近期在区内开展的全国危机矿山找矿中所形成的资料及从构造控岩控矿、岩性控矿、成矿与岩石类型的关系进行对比, 对区内镁铁-超镁铁质岩体的综合找矿标志进行总结, 为今后在区内寻找隐伏岩体及其含矿性的评价提供一定的理论依据。

关键词: 综合找矿标志; 岩石类型; 岩相控矿; 构造控岩控矿; 镁铁-超镁铁质岩体; 红旗岭镍矿区; 吉林省

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2016.01.009

METALLOGENIC REGULARITY, ORE GENESIS AND PROSPECTING INDICATORS OF THE Cu-Ni SULFIDE DEPOSIT IN HONGQILING OREFIELD, JILIN PROVINCE

SUN Ying-hua¹, JING Zheng-gang¹, SUN Chao², XIN Yong-hui¹, HOU Chuang¹

1. No. 607 Brigade, Jilin Bureau of Nonferrous Metal Geological Exploration, Jilin 132105, Jilin Province, China;

2. Jilin Institute of Nonferrous Metal Geological Exploration, Changchun 130021, China

Abstract: The Hongqiling nickel orefield in Jilin Province is one of the significant mineralizing concentration zones of magmatic copper-nickel sulfide deposits in China. Of the three mafic-ultramafic rock belts outcropped in the area, some contain copper-nickel ore, while the others do not. Comparing the data from recent documents of prospecting for resources-crisis mines across the country and the relationship between structural control, lithofacies control, mineralization and types of rocks, this paper summarizes the prospecting indicators in the mafic-ultramafic rocks in this area, to provide theoretical basis for the searching of concealed rocks and the evaluation of mineralization around the area in the future.

Key words: synthesis indicator; rock type; lithofacies control; structural control; mafic-ultramafic intrusive rock; Hongqiling nickel orefield; Jilin Province

红旗岭矿区位于吉黑地槽褶皱系与华北台块辽东台背斜铁岭台凸接触带。辉发河断裂是它们的分界线, 是槽台交界的过渡带中而又偏于槽区一侧的特殊构造位置, 也是我国岩浆岩型铜镍硫化物矿床的主要矿化集中区之一。近几年来通过在该区开展全国危机矿山接替资源勘查找矿工作(项目编码: 200622014), 在区内的 3 号岩体深部也发现了中型低品位镍矿床。根据本次综合研究工作及找矿工作成果, 结合区内以往的勘查资料, 总结在区内寻找隐伏的镁铁-超镁铁质含矿岩体的认识, 为今后寻找隐伏岩体及评价其含矿性提供依据。

收稿日期: 2015-05-06; 修回日期: 2015-09-14。编辑: 张哲。

作者简介: 孙英华(1962—), 女, 副高级地质工程师, 从事地质普查找矿工作, 通信地址 吉林省吉林市丰满区吉丰东路 226 号, E-mail: yinghuasun@163.com

1 矿区地质概况

矿区构造以断裂构造为主, 褶皱构造不十分发育。辉发河深大断裂是在加里东运动期就开始形成的, 由其诱导出的北西向和北东向断裂构造是矿区重要的控岩控矿构造, 并控制着区内加里东期、海西期、印支期和燕山期的岩浆活动及有关岩体的分布。这两组构造基本构成红旗岭矿区构造轮廓的基本格架。矿区地质构造详见图 1。

区内出露的地层主要为下古生界寒武—奥陶系变质岩系, 划分为黄莺屯组和小三个顶子组。黄莺屯组出露于矿区西部, 主要由黑云母片麻岩夹角闪片岩及

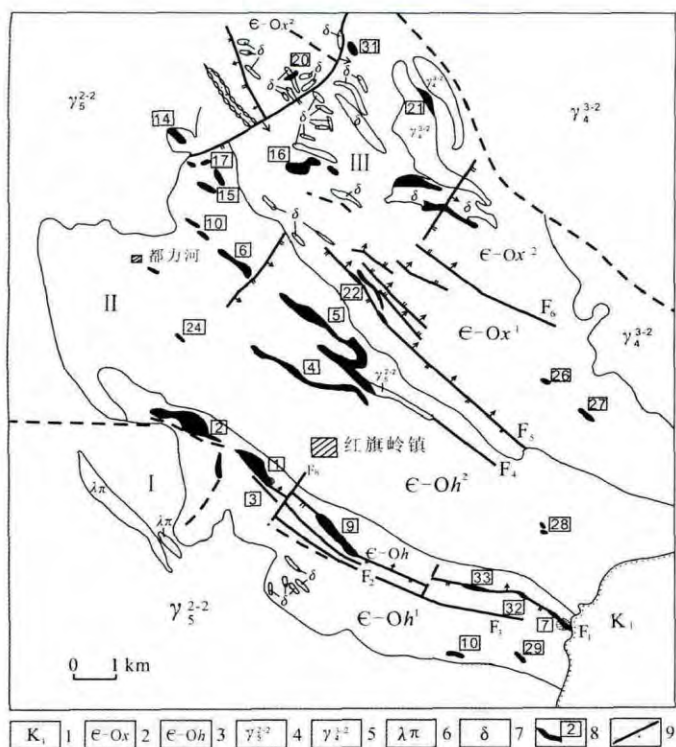


图1 红旗岭矿区构造及镁铁-超镁铁质岩体分带图

Fig. 1 Structural map with distribution of mafic-ultramafic rocks in Hongqiling orefield

1—白垩系 Cretaceous); 2—小三个顶子组 Xiaosangedingzi fm.); 3—黄莺屯组 Huangyingtun fm.); 4—燕山期花岗岩 Yanshanian granite); 5—海西期花岗岩 Hercynian granite); 6—石英斑岩 quartz porphyry); 7—闪长岩 diorite); 8—镁铁-超镁铁质岩体及编号 mafic-ultramafic rock and number); 9—断层 fault)

部分角闪斜长片麻岩组成; 小三个顶子组地层整合于黄莺屯组之上, 主要分布于矿区的东部, 由大理岩、云母片麻岩、石榴石云母片麻岩组成。矿区南端出露有中生界白垩系砂砾岩, 呈不整合覆盖于寒武—奥陶系地层之上。

区内岩浆岩分布广泛, 中酸性岩、基性-超基性岩均有出露, 约占矿区面积的 1/2。而与成矿关系最为密切的是海西期—印支中晚期侵入的镁铁-超镁铁质岩浆活动, 并经深部和浅部熔离分异, 形成了 7、1、3 号岩体中的大中型铜镍硫化物矿床。

2 成矿规律

2.1 断裂构造控岩控矿

通过前期的危机矿山找矿工作及综合研究工作确认, 矿区内的断裂构造仍是控制成矿的主导因素。这些构造不仅控制了矿体的产出部位, 而且也控制了矿体

的形态、产状、规模及分布特征。

2.1.1 镁铁-超镁铁质岩空间分布特征

从本区岩浆活动的特点可以看出, 最突出的特点是镁铁-超镁铁质岩浆活动强烈而广泛, 并与铜镍硫化物成矿作用存在成因联系。根据岩体的分布和产出的构造部位, 结合岩体和围岩类型, 将区内出露的镁铁-超镁铁质岩划分为 3 个岩带^① (详见图 1)。

I 岩带: 分布于富家-何家-北兴隆-长胜北西向的断裂带 (F_1, F_2, F_3) 内。该断裂带总体走向 $310\sim 320^\circ$, 长度约 15 km。带内出露 1 号、2 号、3 号、新 3、7 号、9 号、10 号、23 号、24 号、30 号、32 号和 33 号等镁铁-超镁铁质岩体。岩体的围岩为黄莺屯组下段的黑云母片麻岩夹角闪片岩等。区内主要含矿岩体就分布在 I 岩带内, 其中 7 号岩体赋存大型铜镍矿床, 2 号岩体赋存中型铜镍矿床, 3 号、2 号岩体形成中小型铜镍矿体; 9 号、32 号、33 号岩体也均赋存有铜镍矿体。该岩带的镁铁-超镁铁质岩体是在海西期晚—印支中晚期构造岩浆旋回形成的, 矿体的形成与该期岩浆活动关系密切。本次危机矿山找矿工作, 对 3 号岩体中单矿物锆石、黑云母进行了年龄测定。锆石 U-Pb 法测定结果: Mean=207+3[1.4%]; 黑云母 Ar-Ar 法测定结果: age=215.6 Ma。测定结果也证实 3 号岩体形成中—晚三叠纪印支中—晚期^②。

II 岩带: 分布于黄瓜营子-明德屯-新立屯断裂带 (F_4, F_5) 内, 该断裂呈北西方向展布, 延长 14 km。岩体主要围岩由黄莺屯组上段的角闪斜长片麻岩夹大理岩组成。带内出露有 4、5、6、14、15、17、18、19、24 号等岩体。该岩带的岩体主要是加里东期构造岩浆旋回形成, 个别岩体具有多次侵入的特点。岩体受区域变质变形作用的影响明显, 岩体中镍矿化极其微弱。

III 岩带: 位于矿区东部小三个顶子-南孤顶子断裂构造带 (F_6) 内。该带呈北西走向, 全长 5 km 以上。岩体主要围岩为小三个顶子组的大理岩及云母片麻岩。带内出露有 8、16、20、21、22、26、27、31 号等岩体。岩体主要是在加里东期构造岩浆旋回形成, 也与 II 岩带岩体相同, 都遭受到了区域变质变形作用的影响, 岩体中不含镍矿化。

镁铁-超镁铁质岩的这种空间成群、成带分布特征, 表明其形成与矿化同时受北东、北西向两组构造控制。

2.1.2 断裂构造及其控岩控矿特征

矿区内的北东、北西向断裂均为由辉发河深大断

①刘鹏, 等. 吉林省红旗岭地区含矿岩体系统评价及隐伏矿体预测. 吉林大学与吉林矿业公司资源处. 2001.

②孙超, 等. 吉林省磐石市红旗岭镍矿接替资源勘查 (普查) 报告. 吉林省有色金属地质勘查院. 2013.

裂所派生出的次一级断裂构造,且北东向断裂呈小角度与辉发河断裂相交,无论在区域还是矿区范围内,北东向构造均为辉发河断裂派生的羽状剪切构造,所以这组断裂通常远不及大角度相交的北西向压扭性断裂发育。

(1) 北东向断裂构造

区内主要有3条北东向构造,即大岭-孟家-小三个顶子断裂、老砬子-富家断裂、新立屯-南孤顶子断裂。北东向构造不及北西向构造发育,但对成岩成矿具有一定的控制作用,具体表现如下:

矿区范围内的次生晕异常沿北东向断裂带分布,具有北西成串、北东成带的特点。如II岩带的14号岩体与17号岩体之间的化探次生晕异常呈北东成带比较明显,该处即位于新立屯-南孤顶子北东向断裂带的东部。

在北东向与北西向构造的交汇部位,岩体成串产出,如I岩带的1、2、3号岩体,III岩带的小三个顶子(8号、8号东、21号)等地段,岩体就产在两组构造的交汇部位及其附近。

3号岩体西侧围岩均呈北东向展布,同时3号岩体也受北东向断裂控制,沿北东向断裂产出。

综合以上资料,矿区内的“大岭-孟家-小三个顶子断裂、老砬子-富家断裂、新立屯-南孤顶子断裂”等3条北东向构造是区内重要的控岩控矿构造,基本控制了矿区范围内的“镁铁-超镁铁质岩体”呈北东向带状分布。其控矿作用主要体现在其与北西向断裂的交汇部位,局部地段(如3号岩体)对含矿岩浆也起到了控制作用。

(2) 北西向断裂构造

区内的“镁铁-超镁铁质岩体”的分带(I岩带、II岩带、III岩带)与岩体的形态直接受辉发河断裂活动影响派生的北西向压扭性断裂(包括富家-何家-北兴隆-长胜断裂、黄瓜营子-明德屯-新立屯断裂带、小三个顶子-南孤顶子断裂带等)控制,是区内重要的控岩控矿构造。也就是说,北西向构造构成了本区铜镍硫化物矿床形成的重要地质前提。下面主要对I岩带中的富家-何家-北兴隆-长胜断裂带(F_1 、 F_2 、 F_3)的控岩控矿构造特征进行简略概括:

该断裂总体走向 $310^{\circ}\sim 320^{\circ}$,长度15 km。沿走向和倾向上呈舒缓波状,规模较大。

1、3、7号主要含矿岩体沿该断裂产出。在其与北东向断裂交汇部位,1、2、3号岩体呈串珠状展布。

1号、7号岩体中都有纯硫化物脉状矿体,产状严格

受岩体内的北西向构造节理控制。其中7号岩体中纯硫化物脉状矿体产于斜方辉岩(似板状矿体)与橄榄岩接触破碎带内,边界清晰,一般宽度2 m,延长大于100 m,控制延深150 m;1号岩体中纯硫化物脉状矿体主要产于橄榄岩富矿体的边部,个别也见于岩体边部与围岩接触破碎带中,一般宽度5~15 m,最宽达28 m以上,断续出现。上述特征表明纯硫化物脉的贯入比一般含矿岩浆贯入的时间略晚,可以确定断裂具有多期活动的特征,其在印支中晚期的活动为重要控矿构造。

综上所述,在加里东期活动的北西向压扭性构造,控制了II、III岩带“镁铁-超镁铁质岩体”沿北西方向的展布。受区域变质变形作用的影响,岩石多具纤维变晶结构或片麻状构造等。该期形成的岩体基本不含矿。海西晚期与印支中晚期的贫矿岩浆、含矿岩浆或富矿岩浆、残余岩浆的侵位作用,均受到北东向和北西向断裂的综合控制,它们产出在两组构造的复合地段,并且成群出现。岩体受断裂及成矿向源性的控制,距离辉发河断裂越近,矿化强度越高,如7号岩体中形成的大型铜镍矿床;远离辉发河断裂,矿化强度相对变低,如1号、3号岩体等形成中型铜镍矿床。

2.2 岩相控矿

矿区内I岩带的1号成矿岩体由辉长岩相-辉石岩相-橄榄岩相组成,7号成矿岩体由苏长岩相-斜方辉石岩相组成,3号成矿岩体由辉长岩相-辉石岩相组成,2号成矿岩体由辉长岩相-辉石岩相-橄榄岩相组成。该岩带的成矿岩体均由两个以上岩相所组成,反映出印支中晚期岩浆活动形成的岩体分异作用强烈,分异程度越高越有利于成矿^[1]。而II岩带和III岩带中岩体分异作用较差,多为角闪橄榄岩相、角闪石岩相,多数以单一岩相为主,反映出加里东期岩浆活动形成的岩体分异作用弱或无分异作用,不利于成矿。

2.3 成矿与岩石类型及辉石矿物关系

矿区内I岩带的1号岩体铜镍硫化物矿床赋矿岩石为辉石岩、橄辉岩、橄榄岩,7号岩体铜镍硫化物矿床赋矿岩石为辉石岩、橄辉岩,3号岩体铜镍硫化物矿床赋矿岩石为辉长岩、辉石岩,2号岩体铜镍硫化物矿床赋矿岩石为辉石岩、橄榄岩。可以看出,成矿与岩体中辉石岩、橄辉岩关系密切。此外,成矿岩体中赋矿岩石辉石岩、橄辉岩中均富含古铜辉石或顽火辉石等斜方辉石类矿物,表明岩体中富含古铜辉石或顽火辉石等斜方辉石类矿物对成矿有利。

II岩带和III岩带的岩体均为无矿岩体,岩体的岩性单一,多为单一岩相,主要岩性为角闪石岩、角闪橄

榄岩,岩石都遭受区域变质作用的强烈改造.可以看出无矿岩体中都含有角闪石矿物,表明岩体中富含角闪石对成矿不利.

3 矿床成因

红旗岭铜镍硫化物矿床属于深部岩浆熔离矿床.在矿区南东侧呈北东向展布的辉发河壳源深大断裂具有继承性活动频繁的特征,使地壳深部岩浆房的富含 Cu、Ni 成矿物质的岩浆沿辉发河断裂上侵至相对稳定的中间岩浆房.由于岩浆上侵,会导致岩浆的温度和围压的降低,岩浆发生液态熔离和重力效应,形成自上而下的不含矿岩浆、含矿岩浆和富矿岩浆^[2].由于辉发河断裂具有脉动式间歇活动的特点,在印支中晚期,沿北西向及其与北东向构造的复合部位上侵又发生了就地熔离和结晶分异成岩成矿,这一成矿阶段形成了岩浆熔离分异型铜镍硫化物矿床,如 1、2、3 号等岩体矿床,是矿区内最主要的成矿阶段^[3].与此同时,深部岩浆房随着岩浆不断地熔离-结晶分异作用,形成了更富含 Cu、Ni 成矿物质的矿浆,在构造活动的作用下,沿北西向断裂构造带上侵,并在构造有利部位成矿.这一成矿阶段形成了岩浆熔离贯入型铜镍硫化物矿床^[4],如 7 号岩体矿床,也是矿区内最主要的成矿阶段.

本区内矿床成因与岩浆熔离、分异作用密切相关,为矿床的形成提供了物质来源,因此区内的铜镍硫化物矿床为典型的岩浆型矿床.

4 综合找矿标志

根据矿区铜镍硫化物矿床的成矿地质特征、成矿规律、控矿因素及地球化学、地球物理特征,对区内的综合找矿标志进行总结归纳,可为今后在区内寻找隐伏的岩体及其含矿性评价提供一定的理论依据.

4.1 地质标志

(1) 构造标志

与成矿有关的镁铁-超镁铁质岩体均分布于北西向断裂构造带内,受北西向断裂构造控制.

(2) 岩体标志

成矿岩体时代:印支中晚期镁铁-超镁铁质岩体.

岩相标志:组成成矿岩体的岩相类型为辉长岩相-辉岩相-橄辉岩相-橄榄岩相(1号岩体)、辉长岩相-辉岩相(3号岩体)、苏长岩相-辉岩相-辉橄岩相(7号岩体)、辉长岩相-辉岩相-橄榄岩相(2号岩体).

岩石标志:赋矿岩石主要为斜方辉岩和辉橄岩,其次为橄榄岩.

矿物标志:成矿岩体中均富含古铜辉石或顽火辉石等斜方辉石类矿物.

(3) 岩石化学标志^[5-6]

铁镁比值:小于 6,成矿岩体平均值 3.54~4.77;固结指数:40~80;长英指数:15~40;镁铁指数:20~40.

(4) 岩石地球化学标志

稀土元素:I 岩带的 3 号、1 号、7 号、2 号含矿岩体稀土元素 δEu 和 δPr 值以小于 1.00 为主;II 岩带的 4 号、5 号、6 号和 III 岩带的 8 号、16 号无矿岩体稀土元素 δEu 和 δPr 值以大于 1.00 为主(见表 1).

4.2 地球化学标志

Ni、Cu、Co 土壤地球化学综合异常.

4.3 地球物理标志^[7]

(1) 磁异常

与镁铁-超镁铁质岩体形态基本一致.地面磁测 ΔZ 在地层背景基础上表现为高强度,一般大于 2000 nT,最高可达 4000 nT.

(2) 重力异常

异常分布范围与岩体吻合,矿体上方为重力高异常.一般形成 0.15~1 mGa 的剩余重力异常.

(3) 瞬变电磁 TEM

低阻异常.含矿岩体电阻率值一般在 10~300 Ωm 之间,岩体与围岩电阻率无太大差异,围岩与矿石之间电阻率区别明显,差别在 2 个数量级以上.

(4) 可控源 CSAMT

低阻异常.岩体视电阻率异常值一般在几十至 300 Ωm 之间.

(5) 激电测深

高极化异常.岩体中视极率异常值一般 $\eta_s > 4\%$.

表 1 红旗岭矿区主要镁铁-超镁铁质岩体 δEu 、 δPr 特征值
Table 1 Eigenvalues of δEu and δPr of the mafic-ultramafic rocks in Hongqiling orefield

岩体编号 (样品数)		3 (3)	1 (3)	7 (4)	2 (3)	4 (3)	5 (3)	6 (3)	8 (3)	16 (4)
δEu	变化范围	0.74~1.11	0.98~1.03	0.84~0.96	0.96~1.12	1.17~1.31	1.03~1.56	0.96~1.20	0.90~1.07	1.00~1.06
	平均值	0.83	1.00	0.91	1.02	1.25	1.21	1.15	1.01	1.05
δPr	变化范围	0.90~0.96	0.91~0.99	0.88~0.99	0.99~1.06	1.00~1.14	1.10~1.20	1.10~1.35	1.00~1.09	1.00~1.04
	平均值	0.93	0.97	0.93	1.03	1.09	1.16	1.26	1.03	1.02

[7] Danielson A, Moller P, Dulski P. The europium anomalies in banded iron formations and the thermal history of the oceanic crust [J]. Chem Geol, 1992, 97: 89—100.

[8] Huston D L, Logan G A. Barite BIFs and bugs: Evidence for the evolution of the earth's early hydrosphere[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2004, 20: 41—55.

[9] Bau M, Dulski P. Distribution of yttrium and rare earth elements in the Penge and Kuruman iron formation, Transvaal Super Group, South Africa [J]. Precambrian Research, 1996, 79: 37—55.

[10] Byren R H, Sholkovitz E R. Marine chemistry and geochemistry of the lanthanides [C]// Gschneidner K A Jr, Eyring L, eds. Handbook on the Physics and Chemistry of the Rare Earths. Amsterdam: Elsevier, 1996, 23 79): 497—593.

(上接第 31 页 /Continued from Page 31)

参考文献:

[1] 郝爱华,任洪茂,李宝林,等. 吉林省红旗岭铜镍硫化物矿床的岩石学和地球化学研究 [J]. 吉林大学学报:地球科学版, 2002, 32 2): 140—141.

[2] 郝爱华,任洪茂,张宝福,等. 吉林省红旗岭铜镍硫化物矿床矿石学特征 [J]. 吉林大学学报:地球科学版, 2004, 34 3): 342—343.

[3] 董耀松,范继璋,杨言辰,等. 吉林红旗岭铜镍矿床的地质特征及成因 [J]. 现代地质, 2004, 18 2): 197—202.

[4] 汤中立. 金川硫化铜镍矿床成矿模式 [J]. 现代地质, 1990, 4 4): 55—64.

[5] 柴社立,任洪茂,申庆贵,等. 吉林红旗岭地区含矿与不含矿岩体的地质地球化学对比 [J]. 地质找矿论丛, 2003, 18 4): 229—232.

[6] 周树亮,孙英华,张向东,等. 吉林省红旗岭镍矿区 3 号岩体成矿地质特征及找矿方向 [J]. 吉林地质, 2009, 28 2): 38—44.

[7] 孙英华,周树亮,衣欣,等. 吉林红旗岭矿区 3 号岩体地球化学特征及成因初探 [J]. 地质与资源, 2010, 19 1): 15—21.