

吉林红旗岭地区含矿与不含矿岩体的地质地球化学对比

柴社立¹, 任洪茂¹, 申庆贵¹, 王大勇²

(1. 吉林大学 地球探测科学与技术学院, 吉林 长春, 130026; 2. 通化钢铁公司, 吉林 通化, 134000)

摘要: 吉林红旗岭地区是我国岩浆型铜镍硫化物矿床的主要矿化集中区之一。在区内已发现的镁铁质-超镁铁质岩体中, 有的含有铜镍矿床或铜镍矿化, 有的则不含矿。通过本区含矿与不含矿岩体的形成时代、岩石组合、橄榄石矿物成分、岩石化学成分和微量元素组合特征的对比, 建立起镁铁质-超镁铁质岩体含镍性的评价标志, 为隐伏岩体和新发现岩体含矿性的评价提供了理论依据。

关键词: 镁铁质-超镁铁质岩体; 地质地球化学对比; 红旗岭地区; 吉林省

中图分类号: P588.125; P584 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2003)04-0229-04

吉林红旗岭地区在我国是仅次于金川铜镍矿的第二大镍产区。经过40余年的开采, 区内主要矿山的铜镍资源量日趋减少, 因此, 扩大该区铜镍探明储量、延长矿山寿命是本区第二轮地质找矿的主要任务。陈子诚(1991)、蒋图治等(1993)、刘月星等(1998)和张广良等(2001)先后对本区的镁铁质-超镁铁质岩石的岩石学特征及其成因、铜镍硫化物矿床的成因等进行过研究, 认为本区的镁铁质-超镁铁质岩体为源于亏损地幔或上地幔的同一构造岩浆演化旋回的产物; 铜镍矿床的成因属岩浆熔离贯入型。那么, 在同一构造岩浆旋回中形成的镁铁质-超镁铁质岩体为什么有的含矿, 有的不含矿? 含矿岩体和不含矿岩体在地质地球化学上究竟有何差异? 这些研究对本区隐伏岩体含矿性的评价以及该区进一步找矿方向的确定具有重要意义。

1 区域地质特征

吉林红旗岭地区位于吉林褶皱带的东南缘, 华北地台东北缘之外侧, 褶皱带与华北地台以NE向的辉发河深大断裂为界, 该断裂长期活动产生的次级NW向断裂在本区最为发育, 并控制了本区镁铁质-超镁铁质岩体和铜镍矿体的分布, 岩体的走向大

多为NW向。岩体的规模较小, 其地表出露面积均小于1 km², 呈岩墙、岩床或岩盆产出。镁铁质-超镁铁质岩体的岩石组合主要有: 辉长岩-辉岩-橄榄岩型、辉长岩-辉石岩型、橄榄岩-辉岩型、角闪辉岩-角闪岩型、辉长岩-辉岩-角闪岩型和辉长岩-闪长岩型等。

在红旗岭地区可分出两个铜镍矿带: 其一为红旗岭矿带, 带内共有30余个镁铁质-超镁铁质岩体, 均分布在呼兰群变质岩系中, 呼兰群的岩石类型为深-浅变质的片麻岩、云母片岩、板岩和千枚岩、大理岩等, 其中1号、2号、3号、7号、9号、32号岩体为含矿岩体, 而4号、5号、6号、老7号、8号、14号、31号等均为不含矿岩体; 其二为茶尖-三道岗矿带, 带内共有近20个镁铁质-超镁铁质岩体, 有的分布在海西期花岗岩与变质岩系的接触带中, 有的甚至产在海西期花岗岩中, 其中茶尖1号、茶尖6号和三道岗岩体等为含矿岩体, 而茶尖12号、13号等为不含矿岩体。铜镍硫化物矿床产在特定的岩相中, 由于镁铁质-超镁铁质岩体的形成时代、岩相组合特点和地球化学特点等不同, 其成矿潜力也有明显的差别。

2 地质学特征对比

2.1 岩体产状及形成时代

收稿日期: 2003-05-28; 修订日期: 2003-10-29

作者简介: 柴社立(1962-), 男, 甘肃静宁人, 博士, 现供职于吉林大学, 主要从事资源环境地球化学研究工作。

在红旗岭矿带中, 不含矿岩体如 4 号、5 号、6 号、老 7 号、8 号、14 号、31 号等均产在呼兰群中, 成岩后遭受了明显的区域变质变形作用的改造, 岩体与围岩呈整合接触, 其形成时代早(302 Ma^①); 而含矿岩体如 1 号、2 号、3 号、7 号、32 号也产在呼兰群中, 受断裂构造的控制, 岩体与围岩呈不整合接触, 除岩体边部的自变质部分发生片理化外, 岩体没有受到明显的区域变质变形作用的改造, 其形成时代晚(205~230 Ma^①)。茶尖- 三道岗矿带中的茶尖 1 号、茶尖 6 号、三道岗岩体等和不含矿岩体(如茶尖 9 号) 等分布在海西期花岗岩与变质岩系的接触带中, 或产在海西期花岗岩中, 其形成时代较晚(121 Ma^①)。因此, 岩体形成后是否遭受变质变形作用可作为判别岩体含矿性的一个标志。

2.2 岩体的岩石组合及矿物成分

含矿岩体的岩石组合为富铁质的超镁铁质岩石, 属角闪二辉橄榄岩-角闪橄榄辉石岩-角闪二辉石岩-苏长岩(辉长岩) 型(但三道岗岩体有例外, 属辉长岩-辉石岩型), 岩体中以含有富铁、钛的深褐色普通角闪石和斜方辉石为特点。不含矿岩体的岩石组合为辉长岩-辉石岩-角闪橄榄岩型, 但岩体中的辉石多为单斜辉石, 未见以斜方辉石为主的主体岩相。

表 1 橄榄石的电子探针分析结果

Table 1 Microprobe analysis of olivine (w w / %)

岩体性质	SiO ₂	FeO	MnO	MgO	NiO	MgO/FeO
含矿岩体	41. 91	13. 87	0. 06	43. 88	0. 34	3. 16
	41. 41	13. 4	0. 24	44. 93	0. 28	3. 35
	40. 19	11. 95	0. 00	47. 71	0. 16	3. 99
	41. 06	11. 14	0. 18	47. 20	0. 17	4. 23
	40. 05	14. 83	0. 23	44. 61	0. 15	3. 01
	40. 11	15. 57	0. 25	43. 35	0. 18	2. 78
	39. 72	15. 54	0. 35	44. 16	0. 04	2. 84
	40. 87	15. 58	0. 00	42. 62	0. 06	2. 73
不含矿岩体	38. 10	23. 54	0. 43	37. 83	0. 14	1. 61
	39. 09	23. 29	0. 51	36. 80	0. 08	1. 59

测试单位: 吉林大学分析测试中心电子探针室, 2002。

从表 1 可以看出, 含矿岩体的橄榄石中, SiO₂, MgO 和 NiO 的质量分数相对较高, FeO 的质量分数较低; 而不含矿岩体的橄榄石中, SiO₂, MgO 和 NiO 的质量分数相对较低, FeO 的质量分数较高。表明含矿岩

体的橄榄石中镁橄榄石相对较高, 而不含矿岩体的橄榄石中铁橄榄石相对较高。

从上述岩石矿物学特征可以看出, 岩体中是否出现以斜方辉石为主体的辉石岩相, 橄榄石中 $w(\text{MgO})$, $w(\text{NiO})$, $w(\text{MgO})/w(\text{FeO})$ 等均可作为岩体含矿性评价的标志。

3 地球化学对比

3.1 岩石化学

在红旗岭地区的各含矿岩体中, $w(\text{SiO}_2)$ 平均值变化范围为 41. 02%~52. 92%, $w(\text{MgO}) = 13. 07\% \sim 29. 82\%$, $w(\text{CaO}) = 4. 34\% \sim 10. 27\%$, 固结指数 $\text{SI} = 52. 88 \sim 72. 26$ (多大于 55), 镁铁比值 $\text{M/F} = 2. 83 \sim 5. 06$, 属铁质的镁铁质-超镁铁质岩石, 氧化度 $\text{OX} = 0. 10 \sim 0. 25$ 。但在不含矿岩体中, $w(\text{SiO}_2)$ 平均值变化范围为 38. 38%~55. 90%, $w(\text{MgO}) = 7. 70\% \sim 27. 37\%$, $w(\text{CaO}) = 3. 82\% \sim 12. 66\%$, 固结指数 $\text{SI} = 41. 02 \sim 66. 59$, 镁铁比值 $\text{M/F} = 2. 01 \sim 4. 01$, 也属铁质的镁铁质-超镁铁质岩石, 氧化度相对较高, $\text{OX} = 0. 20 \sim 0. 52$ 。镁铁质-超镁铁质岩石的岩石化学特征参数可看出, 在红旗岭地区, 用单一的岩石化学指标很难把含矿岩体同不含矿岩体区别开来。

在 $w(\text{SiO}_2)$ -SI 图(图 1) 中, 含矿与不含矿岩体分布在两个不同的区域, 斜线之上为含矿岩体分布区, 大多数含矿岩体的 SI 大于 55; 斜线之下为不含矿岩体分布区。

在 $w(\text{MgO})$ -MF ($\text{MF} = w(\text{TFeO})/w(\text{MgO} + \text{TFeO})$) 图(图 2) 中, 含矿与不含矿岩体也分布在两个不同的区域, 斜线之上为含矿岩体分布区, 斜线之下为不含矿岩体分布区。

3.2 微量元素

岩石中微量元素的因子分析可揭示岩体中 Ni, Cu 等成矿元素与其他微量元素的关系, 同时, 不同的因子代表了不同的地质作用。

从表 2 可看出, 在含矿岩体中, F1 因子中载荷较大的元素组合为 Ba, Hf, Nd, Zr; F2 因子为 Co, Cu, Ni, Zn, Pb; F3 因子为 Ti, V; F4 因子为 Cr; F5 因子为 Sr。其中 F2 因子为成矿因子, 代表了本区的 Ni, Cu 成矿作用; F1, F3, F4 因子为成岩因子, 且 Cr 和 Ni 不出现

① 据任洪茂, (2000); 测定方法: ³⁹Ar/⁴⁰Ar 法; 测定矿物: 黑云母; 测试单位: 中国地质科学院地质所(数据未发表)。

在同一因子; Sr 单独出现在一因子中,可能预示着含矿岩体在成矿过程中有地壳物质的混染。

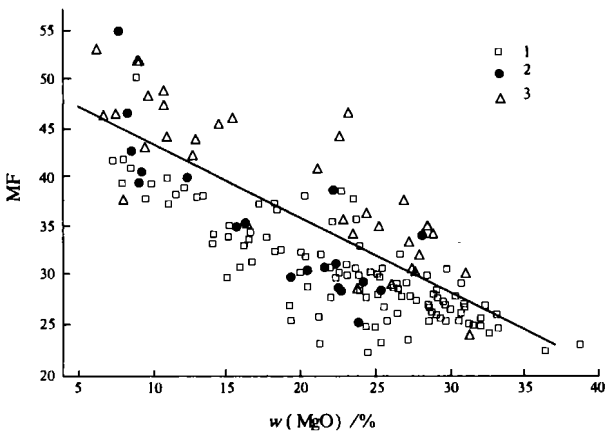
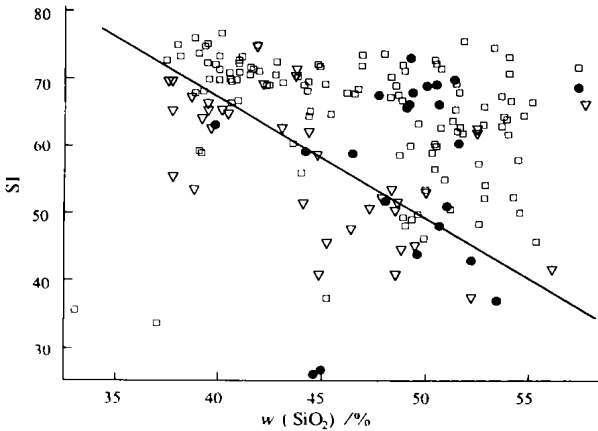


图 1 含矿岩体与不含矿岩体的 $w(\text{SiO}_2)$ -SI 图解
Fig. 1 $w(\text{SiO}_2)$ -SI plot of mineralized and non-mineralized intrusions
1. 红旗岭矿带的含矿岩体 2. 茶尖-三道岗矿区的含矿岩体
3. 红旗岭矿带的不含矿岩体

图 2 含矿岩体与不含矿岩体的 $w(\text{MgO})$ -MF 图解
Fig. 2 $w(\text{MgO})$ -MF plot of mineralized and non-mineralized intrusions
(图例同图 1)

表 2 含矿岩体的旋转主成分分析($n=68$)

Table 2 Rotated component matrix of mineralized intrusions														
元素	Ba	Co	Cr	Cu	Hf	Nb	Ni	Pb	Sr	Ti	V	Zn	Zr	累计方差 贡献%
F ₁	0.897	-0.377	-0.451	-0.262	0.875	0.879	-0.316	-0.173	0.153	0.369	0.042	-0.321	0.909	30.592
F ₂	-0.141	0.638	-0.441	0.899	-0.327	-0.184	0.664	0.935	-0.270	-0.263	-0.129	0.786	-0.268	59.323
F ₃	0.094	-0.332	0.171	-0.158	0.173	0.207	-0.289	-0.077	0.391	-0.789	0.961	-0.241	0.024	75.416
F ₄	0.167	0.541	-0.682	0.116	-0.201	0.043	0.553	0.087	-0.083	-0.174	0.048	0.434	-0.109	85.158
F ₅	0.293	-0.108	0.033	-0.111	-0.036	-0.081	-0.126	-0.153	0.852	0.265	0.144	-0.136	0.099	94.096

表 3 不含矿岩体的旋转主成分分析($n=26$)

Table 3 Rotated component matrix of non-mineralized intrusions														
元素	Ba	Co	Cr	Cu	Hf	Nb	Ni	Pb	Sr	Ti	V	Zn	Zr	累计方差 贡献%
F ₁	-0.045	0.849	0.810	0.129	-0.168	-0.133	0.781	-0.212	-0.755	-0.249	-0.108	0.848	-0.055	26.616
F ₂	0.639	-0.355	-0.330	-0.120	0.877	0.863	-0.276	0.278	0.015	0.204	0.074	0.217	0.900	51.474
F ₃	0.074	-0.293	-0.331	-0.140	0.326	0.102	-0.475	0.211	0.120	0.876	0.958	0.172	0.017	69.411
F ₄	0.679	-0.104	-0.170	0.035	0.101	0.161	-0.062	0.867	0.432	0.174	0.089	0.093	0.226	81.567
F ₅	-0.136	0.148	-0.065	0.940	-0.185	0.160	0.175	0.052	0.094	-0.057	-0.107	0.170	0.191	90.113

从表 3 可看出,在不含矿岩体中, F_1 因子中载荷较大的元素组合为 Co, Cr, Ni, Sr, Zn ; F_2 因子为 Ba, Hf, Nd, Zr ; F_3 因子为 Ti, V ; F_4 因子为 Ba, Pb ; F_5 因子为 Cu 。其中 F_1, F_2, F_3 因子为成岩因子。在不含矿岩体中, Cr, Ni 出现在同一因子中,这与含矿岩体有一定的区别,表明在不含矿岩体的形成过程中 Ni, Cr 没有分离。但含矿岩体的 F_1, F_3 因子的元素组合分别与不含矿岩体的 F_2, F_3 因子相似,这可能表明

含矿岩体与不含矿岩体在物质来源上具相似性。

3.3 铂族元素

从表 4 可以看出,含矿岩体中 Pt, Pd 的质量分数和铂族元素质量分数总和相对较高,且 $w(Rh)/w(Ru)$ 比值较大;而 不含矿岩体中 Pt, Pd 的质量分数和铂族元素质量分数总和相对较低, $w(Rh)/w(Ru)$ 比值较小。

表 4 含矿岩体和不含矿岩体中铂族元素质量分数对比
Table 4 Contents of PGE in mineralized intrusions and non-mineralized intrusions ($w_B/10^{-9}$)

岩体类型	Pt	Pd	Os	Ir	Ru	Rh	质量分数总和	Rh/ Ru
含矿岩体	5. 38	55.9	1. 19	0. 78	2. 33	2. 57	68. 15	1. 10
	25. 4	41.6	1. 18	0. 95	1. 83	4. 65	75. 61	2. 54
	13. 25	24. 99	0. 82	0. 86	1. 45	2. 44	43. 81	1. 68
	74. 75	83. 25	2. 57	2. 98	6. 61	10. 42	180. 58	1. 58
	5. 51	18. 34	1. 18	1. 77	2. 58	2. 29	31. 67	0. 89
	9. 24	12. 75	2. 01	1. 53	1. 9	5. 13	32. 56	2. 70
	99. 2	77. 3	1. 76	0. 68	0. 57	0. 61	180. 12	1. 07
不含矿岩体	4. 74	10. 08	1. 04	0. 74	0. 74	0. 59	17. 93	0. 80

测试单位: 中国科学院长春应用化学研究所, 2002; ICP-MS 法测定。

4 结论

- (1) 不含矿岩体的形成时代相对较早(302 Ma), 岩体形成后发生了明显的变质变形作用; 含矿岩体的形成时代相对较晚(< 230 Ma), 岩体形成后没有经受变质变形作用。
- (2) 含矿岩体中出现以斜方辉石为主的辉石岩相, 橄榄石中 $w(\text{NiO})$, $w(\text{MgO})$, $w(\text{MgO})/w(\text{FeO})$ 较高; 不含矿岩体中的辉石多为单斜辉石, 橄榄石中 $w(\text{NiO})$, $w(\text{MgO})$, $w(\text{MgO})/w(\text{FeO})$ 相对较低。
- (3) 含矿岩体与不含矿岩体在 $w(\text{SiO}_2)$ -SI 图和 $w(\text{MgO})$ -MF 图上有明显的区别。
- (4) 含矿岩体中, Ni 与 Cu, Co, Zn, Pb 关系密

切; 不含矿岩体中, Ni 则与 Co, Cr, Zn, Sr 关系密切。含矿岩体中 Pt, Pd 质量分数和铂族元素质量分数总和明显较高, $w(\text{Rh})/w(\text{Ru})$ 较大; 而在不含矿岩体中, Pt, Pd 质量分数和铂族元素质量分数总和明显较低, $w(\text{Rh})/w(\text{Ru})$ 较小。

参考文献:

[1] 陈子城. 吉林省岩浆铜镍硫化物矿床地质特征及成矿模式[J]. 地质与勘探, 1991, 26(10): 1-10.

[2] 刘月星, 唐红松, 吴厚泽. 中国铜镍硫化物矿床及控矿条件[J]. 地质与矿产, 1998, 12(2): 86-90.

[2] 张广良, 吴福元. 吉林红旗岭镁铁-超镁铁岩地球化学特征及构造动力学意义[J]. 长春科技大学学报, 2001, 31(增刊): 5-8.

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL COMPARISON
BETWEEN Ni-MINERALIZED AND Ni-NONMINERALIZED
INTRUSIONS IN HONGQILING AREA OF JILIN PROVINCE

CHAI She-li¹, REN Hong-mao¹, SHEN Qing-gui¹, WANG Da-yong²

(1. Jilin University, Changchun 130026, China;
2. Tonghua Iron and Steel Company, Tonghua, 134000, China)

Abstract: Hongqiling area in Jilin province is one of the major metallogenic areas of magmatic Ni-Cu sulfide deposits in China. There are about 50 mafic and ultramafic intrusions in this area. Among them some hosts the Ni-Cu sulfide deposits, but some does not. Based on the comparison of rock-forming ages, rock assemblages, olivine composition and trace element association between the Ni-bearing and Ni-barren mafic and ultramafic intrusions, the assessment index of ore-bearing potentiality of the intrusions have been set up.

Key words: mafic and ultramafic intrusion; geological and geochemical comparison; Hongqiling area; Jilin province