

新疆尉犁县兴地Ⅲ号岩体铜镍含矿性 评价及找矿远景

刘军省,张会芳,鞠林雪,王春光

(中化地质矿山总局地质研究院,河北 涿州 072754)

摘 要:兴地Ⅲ号岩体位于兴地大断裂南侧,受其次级断裂控制,属于兴地河基性-超基性杂岩带;岩体岩相分带较丰富,可分为辉长岩相和橄辉岩相 2 个岩相带,矿化蚀变多位于橄辉岩相带。岩石类型属于拉斑玄武质岩浆系列;稀土总含量较低,轻重稀土分异明显,稀土元素配分模式为轻稀土富集型,无明显的 Eu 异常; m/f 值大于 2,有利于形成铜镍矿;在岩体中部取新鲜辉长岩岩石样品,利用 LA-ICP MS 方法获得其 U-Pb 同位素年龄为 $(716.7 \pm 2.4) \text{Ma}$,形成于陆内裂谷环境,可能与 Rodinia 超大陆裂解事件有关。通过与已发现铜镍矿的Ⅱ号岩体进行对比,发现Ⅲ号岩体也具有相似的岩相学、岩石学、稀土元素配分模式、物化探特征及矿化蚀变特征,并且两者均形成于新元古代。因此,Ⅲ号岩体具有较好铜镍矿找矿前景。

关键词:含矿性评价;杂岩体特征;兴地Ⅲ号岩体;新疆

中图分类号:P618.4

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2015)03-0047-10

Cu - Ni Ore - bearing Potential Evaluation and Prospecting Potential of No. 3 Xingdi Complex in Yuli County, Xinjiang

LIU Junxing¹, ZHANG Huifang¹, JU Linxue¹, WANG Chunguang¹

(Research Institute of Geological Survey, China Chemical Geological and Mining Bureau, Zhuozhou 072754, Hebei, China)

Abstract: The No. 3 intrusion in Xingdi area belongs to the Xingdi River basic - ultrabasic complex belt on the south of Xingdi fault zone, of which secondary faults control the No. 3 intrusion. It has abundant lithofacies zonation (gabbro facies and olivine - pyroxenite facies), and the alternations are in the olivine - pyroxenite facies. The rocks belong to tholeiite basalt with features of low total rare earth, obvious fractionation of REE and weak Eu anomaly. The m/f ratio is greater than 2, which is conducive to the formation of Cu - Ni deposit. With the U - Pb isotope age of $716.7 \pm 2.4 \text{ Ma}$, the gabbro selected from the No. 3 intrusion is formed in an intracontinental rift, which is something to do with Rodina supercontinent breakup event. Through comparison with No. 2 intrusion, where a small copper nickel ore was explored, similar features of petrography, petrology, REE distribution pattern, physic - chemical characteristics and alternation features were identified, in addition, the two intrusions were both formed in Neoproterozoic Era.

收稿日期:2015-03-03;修回日期:2015-04-29

基金项目:中国地质调查局矿产资源远景调查项目(1212011220612)资助

作者简介:刘军省(1981-),男,河南滑县人,本科,高级工程师,主要从事矿产勘查工作。E-mail:514061786@qq.com

So, the No. 3 intrusion has fairly good prospecting potential.

Keywords: ore – bearing potential evaluation; characteristics of the complex; No. 3 Xingdi complex; Xinjiang

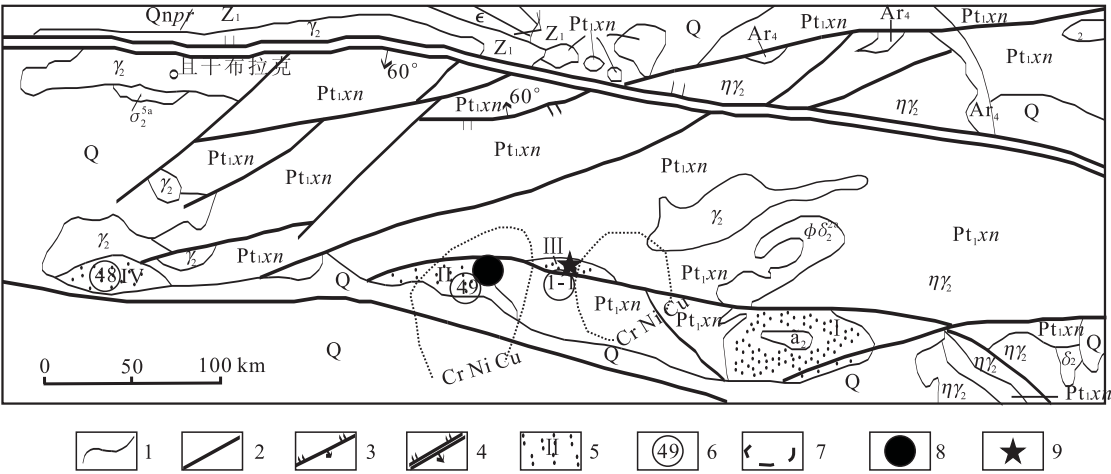
新疆库鲁克塔格地区基性-超基性杂岩带可分为南、北 2 个岩带(洛长义等, 1998; 杨合群等, 1997); 北岩带为中途站-且干布拉克基性-超基性岩带, 南岩带为兴地河基性-超基性杂岩带; 其中南岩带由兴地 I 号岩体、兴地 II 号岩体、兴地 III 号岩体、兴地 IV 号岩体和兴地 V 号岩体组成。前人对 I 号岩体、兴地 II 号岩体和兴地 IV 号岩体进行了大量的研究工作(袁英霞等, 2002; 夏昭德等, 2009; 展新忠等, 2010; 王红艳等, 2012; 秦切等, 2012; 姜长义等, 2012), 其中兴地 II 号含铜镍杂岩体研究资料最多; 随着地质大调查工作的开展, 在兴地 III 号杂岩体也发现了矿化现象。笔者结合 III 号杂岩体最新调查成果, 对其铜镍矿含矿性做出初步评价, 以期丰富区域

成矿理论, 促进找矿勘查工作。

1 区域地质背景

兴地 III 号岩体位于塔里木盆地东北缘的库鲁克塔格隆起区, 位于兴地大断裂南侧, 受兴地断裂的次级断裂控制。

兴地 III 号岩体位于兴地地区镁铁-超镁铁质岩南岩带, 并在地表发现铜镍矿化, 且已发现铜镍矿的兴地 II 号岩体也位于该岩带(图 1)。岩体围岩地层为古元古界兴地塔格群中亚群变质岩系, 岩性主要为二云石英片岩、灰白色大理岩、角闪斜长岩、石英岩等, 接触带发育角岩化、矽卡岩化等。



1. 地质界线; 2. 性质不明断层; 3. 亚性断层; 4. 区域大断裂; 5. 基性-超基性岩体; 6. 磁异常编号; 7. 化探异常编号; 8. 小型铜镍矿; 9. 同位素采样位置。Q. 第四系砂砾石层; E. 寒武系灰岩夹硅质岩及粉砂岩; Z1. 震旦系冰碛岩夹火山岩; Qnpr. 青白口系大理岩、石英片岩、片麻岩; Pt1xn. 古元古界石英片岩、大理岩; Ar4. 新太古界片麻岩、混合岩、斜长角闪岩; γ_2 . 细粒花岗岩、斜长花岗岩; $\eta\gamma_2$. 二长花岗岩; δ_2 . 闪长岩类; $\phi\delta_2^{2a}$. 辉石闪长岩; $v-\sigma_2^{2a}$. 基性-超基性杂岩体

图 1 新疆尉犁县兴地一带区域地质略图(据袁英霞等, 2002 修改)

Fig. 1 Regional geological map of Xingdi area Yuli county, Xinjiang (Modified after YUAN, 2002)

2 岩体特征及含矿性分析

2.1 岩体地质特征及岩相学特征

兴地 III 号杂岩体呈北西西-南东东向展布, 长度 3.26 km, 宽 100~300 m, 平面上形态似纺锤状。

岩体北侧与围岩呈侵入接触关系, 接触面局部热侵位接触变质现象明显; 南部与围岩呈为断层接触。岩体内见有的围岩捕虏体及顶垂体, 表明岩体剥蚀程度较浅。

岩体岩相分带清楚, 主要有橄辉岩相和辉长岩相, 以辉长岩相为主; 辉长岩相位于岩体北部及周边,

占Ⅲ号岩体出露面积约70%;橄辉岩相多呈北西西—南东东带状展布,分布在Ⅲ号岩体中部规模有限,共3处,且出露面积较小,最大约为0.05 km²。各岩相之间为突变接触关系。薄片鉴定结果显示主要岩石类型有橄榄辉石岩、橄榄辉长岩、辉长岩等。

橄辉岩相:黑绿色、暗灰绿色,半自形粒状结构,局部为包橄结构、反应边结构,块状构造。主要矿物为橄榄石、斜方辉石、单斜辉石,次要矿物为斜长石、金云母、褐色角闪石等。橄榄石呈半自形粒状,裂纹发育,沿裂纹被纤维蛇纹石交代成网络状,滑石呈鳞片状交代橄榄石。辉石呈半自形粒状、柱状,常被阳起石、透闪石交代,有时包含橄榄石或为橄榄石的反应边。斜长石呈他形,分布于橄榄石和辉石颗粒间。金云母、角闪石呈他形不规则状分布于橄榄石颗粒间。岩石蚀变较强,有蛇纹石化、纤闪石化、滑石化以及绿泥石化等,铜镍矿为稀疏浸染状。

辉长岩相:浅灰绿色、浅黄绿色,辉长结构、局部为包含结构,块状构造。主要矿物为斜长石、单斜辉石、斜方辉石,次要矿物有橄榄石、角闪石、黑云母等。斜长石呈半自形板状,辉石呈半自形短柱状,二者粒度和自形程度接近,辉石局部被斜长石包裹,橄榄石颗粒边缘可见辉石反应边。

国内外的基性-超基性岩型铜镍矿赋矿岩体岩相分带较多,岩石类型丰富,多发育有辉长岩相、二辉岩相、橄辉岩相等,矿体赋存于辉石岩相和橄辉岩相之中。而兴地Ⅲ号岩体岩相分带较丰富(发育有橄辉岩相带),岩石类型较丰富,具有进一步寻找铜镍矿的潜力。

2.2 样品采集及实验方法

在野外采集新鲜的辉长岩、橄辉岩样品,先将样品粗碎后进行缩分,在玛瑙钵体磨至200目后,进行主量、微量和稀土元素分析,样品分析工作中化地质矿山总局中心实验室完成。

用于U-Pb年龄测定的样品岩性为辉长岩,锆石单矿物分离工作在廊坊市科大岩石矿物分选技术服务有限公司完成,将所采新鲜样品粉碎至60~80目,用常规的重选和磁选技术分选出锆石等非磁性重矿物。将晶形和透明度较好的,无裂隙和无包裹体的锆石样品颗粒黏贴在环氧树脂靶上,然后对其抛光直至锆石露出一半晶面。对锆石进行透射光和反射光显微照相以及阴极发光图像分析,以检查锆石的内部结构、帮助选定最佳的待测锆石部位。单

颗粒锆石 LA-ICP-MS 定年在中国地质科学院矿产资源研究所成矿作用与资源评价重点实验室进行。测试由 ICP-MS Elan 6100DRC 与 193 nm 的 ArF 的准分子激光剥蚀系统 GeoLas 200M (Micro-Las, Germany) 联机完成。激光斑束直径为 4~120 nm, 本次测试斑束直径为 25 nm。采用 He 作为剥蚀物质载气, 氩气为补偿气以调节灵敏度。用美国国家标准技术研究院研制的人工合成硅酸盐玻璃标准参考物质 NISTSRM610 进行仪器最佳化, 使仪器达到最高的灵敏度、最小的氧化物产率、最低的背景值和稳定的信号。样方式为单点剥蚀, 数据采集选用一个质量峰一点的调峰方式。锆石标样与锆石样品以 1:4 比例交替测定, 以保证标样和样品的仪器条件完全一致。U-Pb 同位素测年中采用以 Si 为内标测定锆石中的 U、Th、Pb 含量, 以国际标准 91500 锆石为外标进行同位素分馏校正。其详细分析方法见 (Gao et al., 2002; Yuan et al., 2004)。样品的同位素比值采用 GLITTER 程序, 年龄及谐和图的绘制采用 ISOPLOT 完成 (Ludwig K R, 1991)。

2.3 岩石地球化学特征

辉长岩的 SiO₂ 含量为 49.48%~59.10%, Al₂O₃ 含量为 6.13%~16.71%, MgO 含量为 3.58%~14.90%, FeO+Fe₂O₃ 含量为 6%~10.38%, Na₂O+K₂O 含量为 1.95%~5.03%, TiO₂ 含量为 0.64%~2.21%, P₂O₅ 为 0.037%~0.43%, 含量较低。辉石岩的 SiO₂ 含量为 43.22%~55.29%, Al₂O₃ 含量在 2.49%~8.52%, MgO 含量多在 14.14%~30.17%, FeO+Fe₂O₃ 含量为 4.54%~7.98%, Na₂O+K₂O 含量为 0.48%~1.63%, TiO₂ 含量为 0.27%~0.73%, P₂O₅ 含量为 0.050%~0.12%, 含量较低(表1)。

SiO₂-Na₂O+K₂O 岩石分类图解中样品均落在了亚碱性岩石系列范围内(图2), 在 FAM 图解中样品大多落在了拉斑系列范围内。因此, Ⅲ号岩体的岩石类型为拉斑玄武质岩石系列(图3)。

橄辉岩稀土含量为 $39.58 \times 10^{-6} \sim 66.58 \times 10^{-6}$, 含量较低; 辉长岩稀土含量为 $44.13 \times 10^{-6} \sim 149.39 \times 10^{-6}$, 较橄辉岩略高; 橄辉岩 $[\omega(\text{La})/\omega(\text{Lu})]_{\text{N}} = 3.45 \sim 7.83$, 辉长岩 $[\omega(\text{La})/\omega(\text{Lu})]_{\text{N}} = 3.72 \sim 8.53$, 说明橄辉岩和辉长岩的轻重稀土存在较明显的分异; 橄辉岩 $[\omega(\text{La})/\omega(\text{Sm})]_{\text{N}} = 1.87 \sim 3.51$, 辉长岩 $[\omega(\text{La})/\omega(\text{Sm})]_{\text{N}} = 2.05 \sim 3.95$, 说明

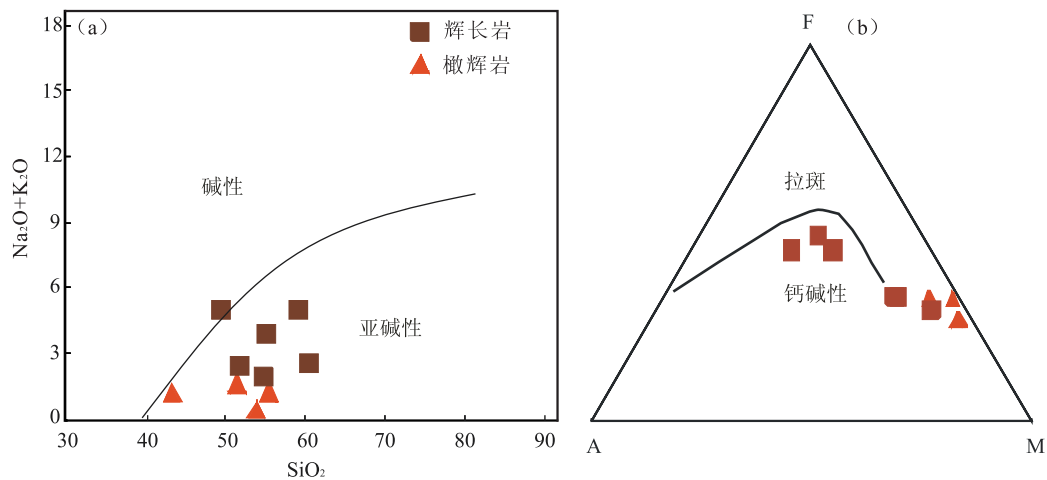


图 2 (a) Ⅲ号岩体 SiO₂-Na₂O+K₂O 图解和 (b) FAM 图解

Fig. 2 (a) SiO₂-Na₂O+K₂O diagram and (b) FAM diagram of rocks from the No. 3 intrusion

表 1 兴地Ⅲ号岩体岩石化学(%)及稀土元素(10⁻⁶)分析数据表

Tab. 1 Petrochemical composition(%) and REE data(10⁻⁶) of Xingdi complex No. 3

样品	Ⅲ-1	Ⅲ-2	Ⅲ-3	Ⅲ-4	Ⅲ-5	Ⅲ-6	Ⅲ-7	Ⅲ-8	Ⅲ-9	Ⅲ-10
岩石名称	橄辉岩	橄辉岩	橄辉岩	橄辉岩	辉长岩	辉长岩	辉长岩	辉长岩	辉长岩	辉长岩
SiO ₂	55.29	43.22	51.41	53.80	60.23	55.15	51.79	59.10	54.60	49.48
Al ₂ O ₃	4.32	6.29	8.52	2.49	9.92	15.44	16.49	16.20	6.13	16.71
Fe ₂ O ₃	1.70	4.26	1.98	5.15	1.25	2.29	1.29	2.11	1.54	2.09
FeO	7.88	7.98	5.89	4.54	5.03	6.36	4.71	5.32	5.74	8.29
TiO ₂	0.37	0.27	0.73	0.30	0.64	2.21	0.52	1.05	0.64	1.52
MnO	0.20	0.16	0.15	0.14	0.13	0.14	0.12	0.12	0.15	0.22
K ₂ O	0.47	0.40	0.42	0.10	0.92	1.25	0.40	1.82	0.74	1.42
Na ₂ O	0.76	0.82	1.21	0.38	1.66	2.71	2.08	3.21	1.21	3.63
CaO	3.28	4.00	14.01	12.43	8.38	7.43	11.85	6.08	12.64	8.03
MgO	24.16	30.17	14.14	18.56	9.95	4.47	9.14	3.58	14.90	7.15
P ₂ O ₅	0.12	0.05	0.09	0.06	0.10	0.43	0.05	0.16	0.04	0.24
烧失量	1.79	1.17	1.27	0.81	2.03	1.65	0.82	0.53	1.43	1.52
La	7.43	8.29	8.96	6.63	11.5	14.8	6.54	27.7	12	18.6
Ce	12.5	10.5	12.8	9.55	20.1	21.3	9.01	46.1	24.3	37.4
Pr	1.73	1.75	2.47	1.54	2.58	4.03	1.69	6.25	3.18	4.82
Nd	7.07	7.08	11.5	6.89	9.76	17.9	7.6	24.9	13.4	20.8
Sm	1.33	1.64	3.01	1.82	1.83	3.86	2.01	4.99	3.21	4.95
Eu	0.4	0.46	0.93	0.54	0.68	1.3	0.8	1.44	1.05	1.85
Gd	1.24	1.28	2.83	1.39	1.61	3.25	1.73	4.41	2.89	4.45
Tb	0.22	0.2	0.51	0.24	0.27	0.52	0.32	0.71	0.51	0.85
Dy	1.3	1.17	3.12	1.47	1.59	2.86	1.93	4.16	3.31	5.47
Ho	0.25	0.22	0.64	0.29	0.28	0.55	0.39	0.85	0.67	1.13
Er	0.82	0.66	1.79	0.74	0.83	1.51	1.11	2.46	1.78	3.18
Tm	0.13	0.094	0.27	0.11	0.13	0.21	0.17	0.38	0.26	0.51
Yb	0.84	0.6	1.68	0.71	0.85	1.32	1.05	2.54	1.86	3.26
Lu	0.17	0.11	0.27	0.15	0.14	0.22	0.17	0.4	0.29	0.52

续表 1

样品	Ⅲ-1	Ⅲ-2	Ⅲ-3	Ⅲ-4	Ⅲ-5	Ⅲ-6	Ⅲ-7	Ⅲ-8	Ⅲ-9	Ⅲ-10
Y	7.1	5.74	15.8	7.51	7.68	13.7	9.61	22.1	16.4	29.1
ΣREE	42.53	39.79	66.58	39.58	59.83	87.33	44.13	149.39	85.11	136.89
δEu	0.94	0.94	0.96	1.00	1.19	1.09	1.28	0.92	1.03	1.18
δCe	0.81	0.63	0.64	0.70	0.85	0.65	0.64	0.81	0.93	0.93
$[\omega(\text{La})/\omega(\text{Lu})]_{\text{N}}$	4.54	7.83	3.45	4.59	8.53	6.99	4.00	7.19	4.30	3.72
$[\omega(\text{La})/\omega(\text{Sm})]_{\text{N}}$	3.51	3.18	1.87	2.29	3.95	2.41	2.05	3.49	2.35	2.36
$[\omega(\text{Gd})/\omega(\text{Lu})]_{\text{N}}$	0.91	1.45	1.30	1.15	1.43	1.84	1.27	1.37	1.24	1.06

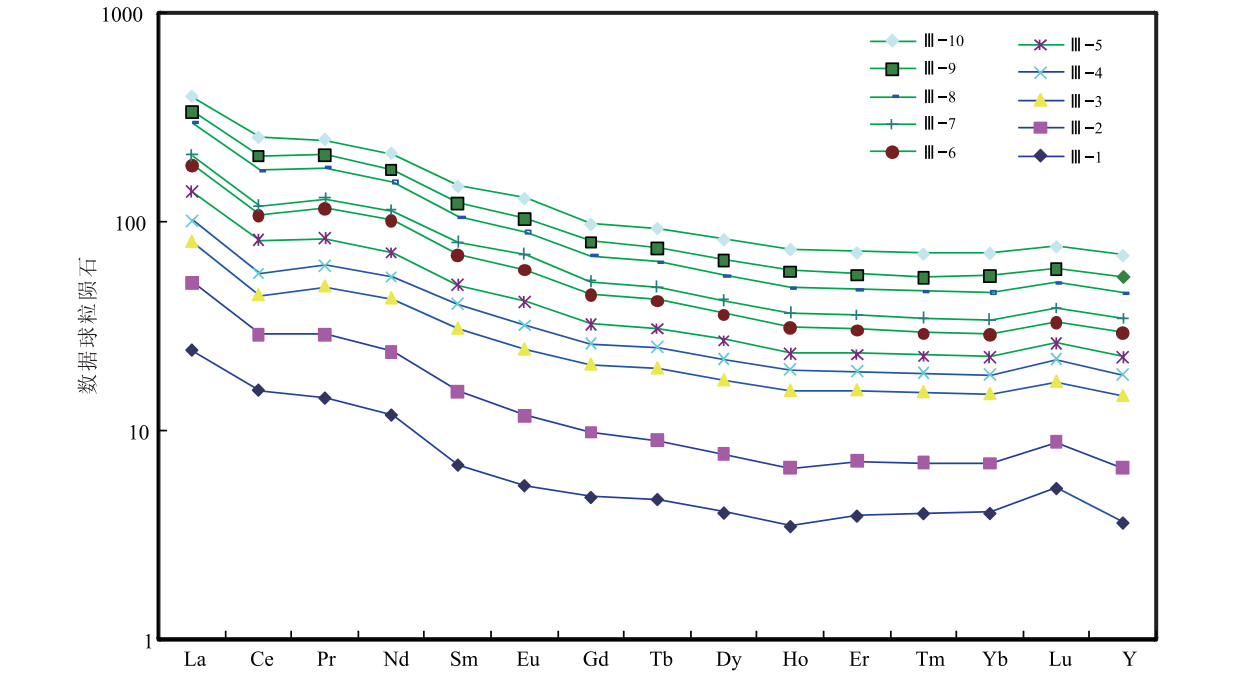


图 3 Ⅲ号岩体岩石稀土元素配分图解(标准化数据来自 Taylor et al. ,1985)

Fig. 3 Rare earth elements Patterns for rocks from Xingdi complex No. 3(Normalizing values are from Talor and Melennan(1985))

橄辉岩和辉长岩的重稀土分异较明显;橄辉岩 $[\omega(\text{Gd})/\omega(\text{Lu})]_{\text{N}}=0.91\sim1.45$,辉长岩 $[\omega(\text{Gd})/\omega(\text{Lu})]_{\text{N}}=1.06\sim1.84$,橄辉岩轻稀土无明显的分异,辉长岩轻稀土存在弱的分异。橄辉岩 $\delta\text{Eu}=0.94\sim1.00$,无明显异常,辉长岩只有 1 个样品 δEu 小于 1.0,其他样品 $\delta\text{Eu}=1.03\sim1.28$,为轻微正异常;橄辉岩 $\delta\text{Ce}=0.63\sim0.81$,辉长岩 $\delta\text{Ce}=0.64\sim0.93$,均为轻微负异常。

2.4 形成时代及成因

Ⅲ号岩体形成时代为 $(716.7\pm2.4)\text{Ma}$ (图 4),而兴地Ⅱ号铜镍矿床辉长岩 LA-ICP MS 锆石 U-Pb 年龄为 $(740.2\pm5.7)\text{Ma}$ (展新忠等,2014),与Ⅱ号岩体形成时代相同,均为新元古代。与甘肃金川

铜镍矿的形成时间(张宗清等,2004)相近(表 2)。

2.5 构造环境分析

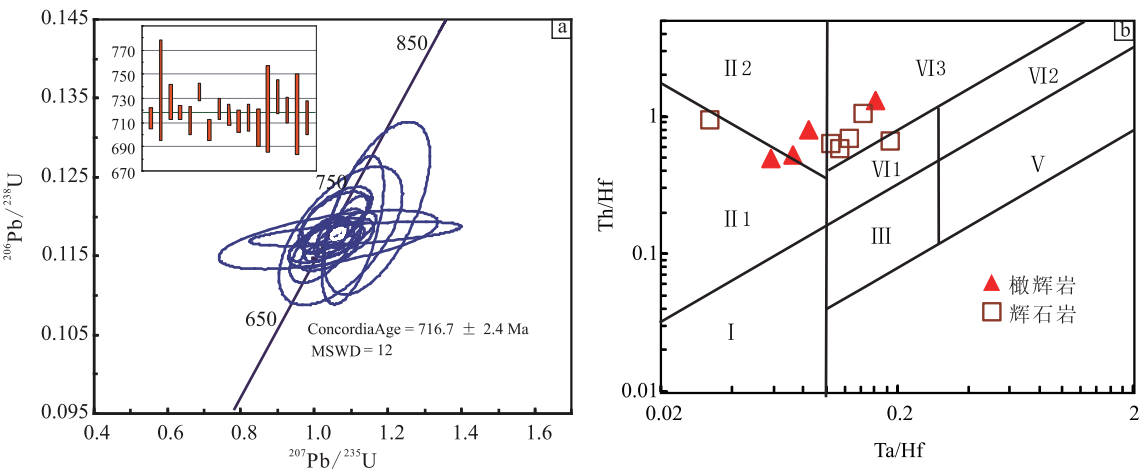
在 Th/Hf-Ta/Hf 构造环境判别图解中(图 4b),有 3 个橄辉岩数据和 1 个辉长岩数据落在了陆缘岛弧及陆缘火山弧玄武岩(Ⅱ2)范围内,其他数据均落在了大陆拉张带(或初始裂谷)玄武岩(Ⅳ3),因此,Ⅲ号岩体形成于陆内裂谷环境。

3 岩体矿化特征

Ⅲ号岩体主要为辉长岩相,在岩体北东部、北西部及南东部断裂带分异出 3 处黑云橄榄辉石岩脉(φ),通过探槽工程揭露,发现具有铜镍矿化特征,

表 2 兴地Ⅲ号岩体锆石 U-Pb 年龄分析结果表
Tab. 2 U-Pb isotopic composition of zircon in gabbro from the No. 3 intrusion

数据	同 位 素 比 值									同 位 素 年 龄(Ma)					
	²³² Th	²³⁸ U	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ
	(10 ⁻⁶)	(10 ⁻⁶)													
Ⅲ-01	221.30	130.55	1.70	0.065 9	0.002 6	1.062 8	0.041 9	0.117 0	0.001 5	1 200.0	82	735.2	21	713.4	8
Ⅲ-02	125.17	143.15	0.87	0.070 4	0.009 8	1.170 1	0.095 0	0.121 1	0.007 2	942.6	286	786.7	44	736.7	42
Ⅲ-03	330.46	203.06	1.63	0.063 2	0.002 9	1.050 8	0.061 8	0.119 3	0.002 5	716.7	100	729.3	31	726.8	14
Ⅲ-04	171.64	113.17	1.52	0.068 0	0.011 2	1.110 7	0.189 8	0.117 8	0.001 0	877.8	346	758.5	92	717.9	6
Ⅲ-05	201.69	140.31	1.44	0.064 9	0.004 9	1.045 8	0.076 5	0.116 7	0.002 1	772.2	157	726.8	38	711.5	12
Ⅲ-06	387.59	348.93	1.11	0.066 6	0.001 7	1.109 2	0.027 7	0.120 8	0.001 2	833.3	52	757.8	13	735.1	7
Ⅲ-07	78.38	93.36	0.84	0.067 4	0.004 3	1.038 6	0.051 8	0.115 4	0.001 5	851.5	133	723.2	26	704.0	9
Ⅲ-08	274.32	239.61	1.14	0.067 2	0.002 8	1.098 9	0.045 8	0.118 4	0.001 5	855.6	89	752.8	22	721.2	8
Ⅲ-09	225.11	240.12	0.94	0.063 4	0.002 5	1.026 7	0.037 6	0.117 6	0.001 5	724.1	281	717.3	19	716.8	9
Ⅲ-10	492.16	236.17	2.08	0.064 4	0.004 4	1.033 6	0.067 6	0.116 6	0.001 6	766.7	144	720.7	34	711.1	9
Ⅲ-11	143.69	112.13	1.28	0.064 5	0.002 6	1.031 9	0.040 1	0.117 1	0.001 9	759.0	85	719.9	20	713.8	11
Ⅲ-12	170.57	145.28	1.17	0.064 0	0.004 1	1.019 9	0.057 2	0.115 7	0.002 7	742.6	131	713.9	29	705.7	16
Ⅲ-13	148.92	137.07	1.09	0.069 0	0.006 0	1.104 7	0.055 4	0.118 3	0.006 2	898.2	212	755.6	27	720.7	36
Ⅲ-14	89.40	72.09	1.24	0.063 9	0.003 8	1.061 3	0.062 9	0.120 1	0.002 4	738.9	126	734.5	31	731.1	14
Ⅲ-15	169.88	145.22	1.17	0.065 8	0.002 5	1.070 6	0.041 7	0.118 2	0.001 8	798.2	80	739.0	20	720.1	11
Ⅲ-16	66.99	79.26	0.85	0.067 0	0.007 3	1.071 7	0.110 7	0.117 6	0.005 8	838.9	228	739.6	54	716.6	33
Ⅲ-17	141.25	124.08	1.14	0.064 2	0.012 6	1.037 9	0.196 7	0.117 1	0.002 5	750.0	392	722.9	98	713.6	14



I. 板块发散边缘 N-MORB 区; II. 板块汇聚边缘(II 1. 大洋岛弧玄武岩; II 2. 陆缘岛弧及陆缘火山弧玄武岩); III. 大洋板内洋岛、海山玄武岩区即 T-MORB、E-MORB 区; IV. 大陆板内(IV 1. 陆内裂谷及陆缘裂谷拉斑玄武岩区; IV 2. 陆内裂谷碱性玄武岩; IV 3. 大陆拉张带(或初始裂谷)玄武岩); V. 地幔热柱玄武岩区

图 4 (a) Ⅲ号岩体辉长岩锆石 U-Pb 谐和(b)曲线图和 Th/Hf-Ta/Hf 图解

Fig. 4 (a) Concordia plot of U-Pb zircon results of the gabbroic rocks from the No. Ⅲ and (b)Th/Hf-Ta/Hf diagram

地表多为孔雀石化或铜蓝矿化(图 5)。宽约 30~40 m,长约 400~500 m,与辉长岩呈侵入接触。Ⅲ号岩体北东部橄榄辉石岩条带施工探槽分析结果显示,其 Cu 含量大部分为 0.010%~0.038%,Ni 含量大部分为 0.05%~0.15%;Ⅲ号岩体西北部中段施工探槽显示,其 Cu 含量大部分为 0.010%~

0.024%, Ni 含量为 0.115%~0.138%; Ⅲ号岩体南侧断层东段槽探显示, 其 Cu 含量为 0.057%~0.017%, Ni 含量为 0.062%~0.137%(图 6)。

对Ⅲ号岩体南部围岩地层中具有矿化现象的橄榄辉岩进行了探槽揭露, 含铜橄榄辉石岩呈岩株沿断层侵入, 断层产状 $133^{\circ}\angle 40^{\circ}$, 岩株长约 8 m, 宽约 3 m, 面积约 25 m², 地表发育蓝色孔雀石, 刻槽采样含铜橄榄辉石岩厚度 1m。

化学分析结果 Cu 含量 0.025%~0.103%; Ni 含量为 0.018%~0.041%。在围岩中见有薄膜状孔雀石。

后期对采取的光片样品进行了电子探针微区分析结果显示。

铜赋存于孔雀石和赤铁矿中。孔雀石一般为绿色, 从暗绿、鲜绿到白色, 显微镜下呈柱状、纤维状, 集合体呈晶簇状, 多产于含铜矿体的氧化带与赤铁矿、针铁矿等密切共生(图 7)。

镍赋存于镍黄铁矿、磁黄铁矿、赤铁矿中。主要分布于橄榄辉石岩、橄榄岩, 辉石橄榄岩等岩石中。镍黄铁矿 Fe : Ni = 1 : 1 时, 其化学组成 Fe 为 32.55%, Ni 34.22%, S 33.23%, 常含 Co 的类质同像混入物。镍黄铁矿经常与磁黄铁矿、黄铜矿密切共生, 多与基性岩、超基性岩有关的铜镍硫化物矿床有关, 是寻找镍矿的重要线索。

说明岩浆演化早期已经发生了硫化物的熔离作用, 后期有热液作用叠加。



图 5 (a)孔雀石化和(b)铜蓝矿化图

Fig. 5 (a) The peacock petrochemical and(b) covellite mineralization

4 找矿远景分析

4.1 Ⅲ号岩体与Ⅱ号岩体地质特征

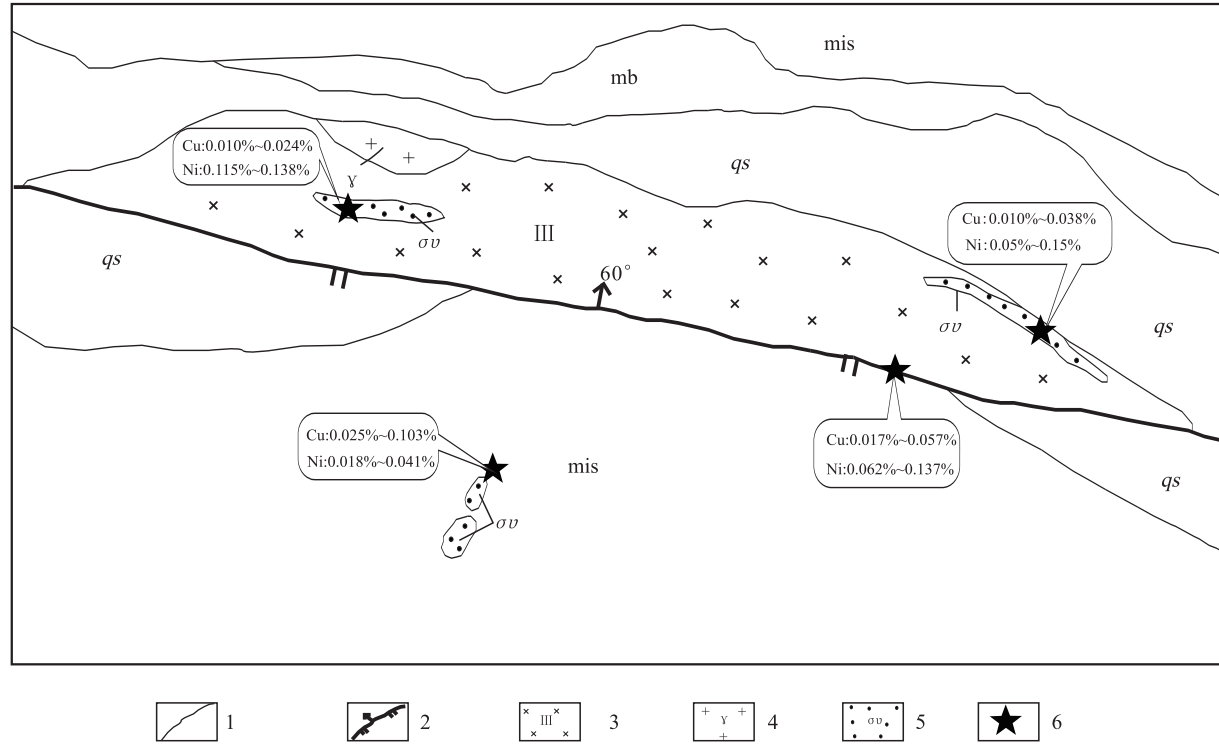
岩相学特征: 兴地Ⅱ号岩体可分为辉长岩相、辉石岩相和橄榄岩相 3 个相带, 岩石类型丰富, 主要有辉长岩、橄榄辉长岩、二辉岩、橄榄斜辉岩、二辉橄榄岩、含长二辉橄榄岩等(杨合群等, 1997)。兴地Ⅲ号岩体发育有辉长岩相和辉石岩相 2 个相带, 岩石类型有辉长岩、黑云母辉长岩、橄榄辉长岩、橄榄辉石岩等, 岩石类型虽没有兴地Ⅱ号岩体丰富, 但也反映了较好的岩浆分异特征。

岩石化学特征: 兴地Ⅱ号岩体与兴地Ⅲ号岩体相比, 均为 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 含量较低, TiO_2 含量较低,

P_2O_5 含量较低等特点; 兴地Ⅱ号岩体的橄榄岩相和辉石岩相样品 m/f 值均大于 2, 兴地Ⅲ号岩体橄榄岩 m/f 值也都大于 2, 都对形成铜镍矿有利。两者的岩浆系列均为拉斑玄武质系列。

稀土元素特征: 兴地Ⅱ号岩体与兴地Ⅲ号岩体都表现出稀土总含量较低, 从超基性岩到基性岩稀土总含量逐渐升高的趋势, 轻重稀土分馏明显, 稀土元素配分曲线都为轻稀土富集型; 轻稀土内部分馏明显, 重稀土内部分馏较弱, 橄榄岩都无明显的铈异常。

形成时代与形成环境: 兴地Ⅱ号岩体形成于 $(740.2 \pm 5.7) \text{Ma}$ (展新忠等, 2014), 兴地Ⅲ号岩体形成于 $(716.7 \pm 2.4) \text{Ma}$, 均为新元古代; 与著名的金川铜镍矿均形成于陆内裂谷环境。



1. 地质界线; 2. 逆冲断层; 3. III号岩体; 4. 花岗岩; 5. 橄辉岩; 6. 矿化点; qs. 石英片岩; mb. 大理岩; mis. 云母片岩

图 6 III号岩体地表矿化蚀变特征图

Fig. 6 The surface features of mineralization and alteration of Xingdi complex No. 3

综上所述,兴地Ⅱ号岩体与兴地Ⅲ号岩体均具有较好的岩浆分异,均有利于形成铜镍硫化物型铜镍矿床,具有相似的稀土元素配分特征,均形成于新元古代的陆内裂谷环境;据此推测,兴地Ⅱ号岩体与兴地Ⅲ号岩体可能为同源岩浆。

4.2 Ⅲ号岩体与Ⅱ号岩体区域物、化探异常特征

Ⅱ号岩体对应 C49 航磁异常中心位于Ⅱ号岩体上(图 1),为区域负磁场中的局部异常,ΔT 极值 140 nT,属丙类异常,由Ⅱ号岩体引起。Ⅲ号岩体对应 C1-1 高磁异常(图 1),异常宽缓,极大值 120 nT,100 nT 的等值线圈闭的范围约为 10 km²。异常为Ⅲ号岩体引起,南部地表出露含铜镍橄辉岩脉。

Ⅱ号岩体对应化探综合异常 AP28.15 乙 2(图 1),异常面积约 50km²,异常元素为 Cr、Ni、Co、Cu,异常元素组合好,强度高,与岩体对应较好。Ⅲ号岩体对应 AP28.13 乙 2(图 1),异常面积约 20 km²,异常元素为 Cr、Ni、Cu,异常组合较好,强度较高,与岩体对应较好。

综上所述,Ⅱ号岩体和Ⅲ号岩体均具有较好的

磁力异常,极大值相当,均为岩体引起,均分别较好的对应了化探异常。

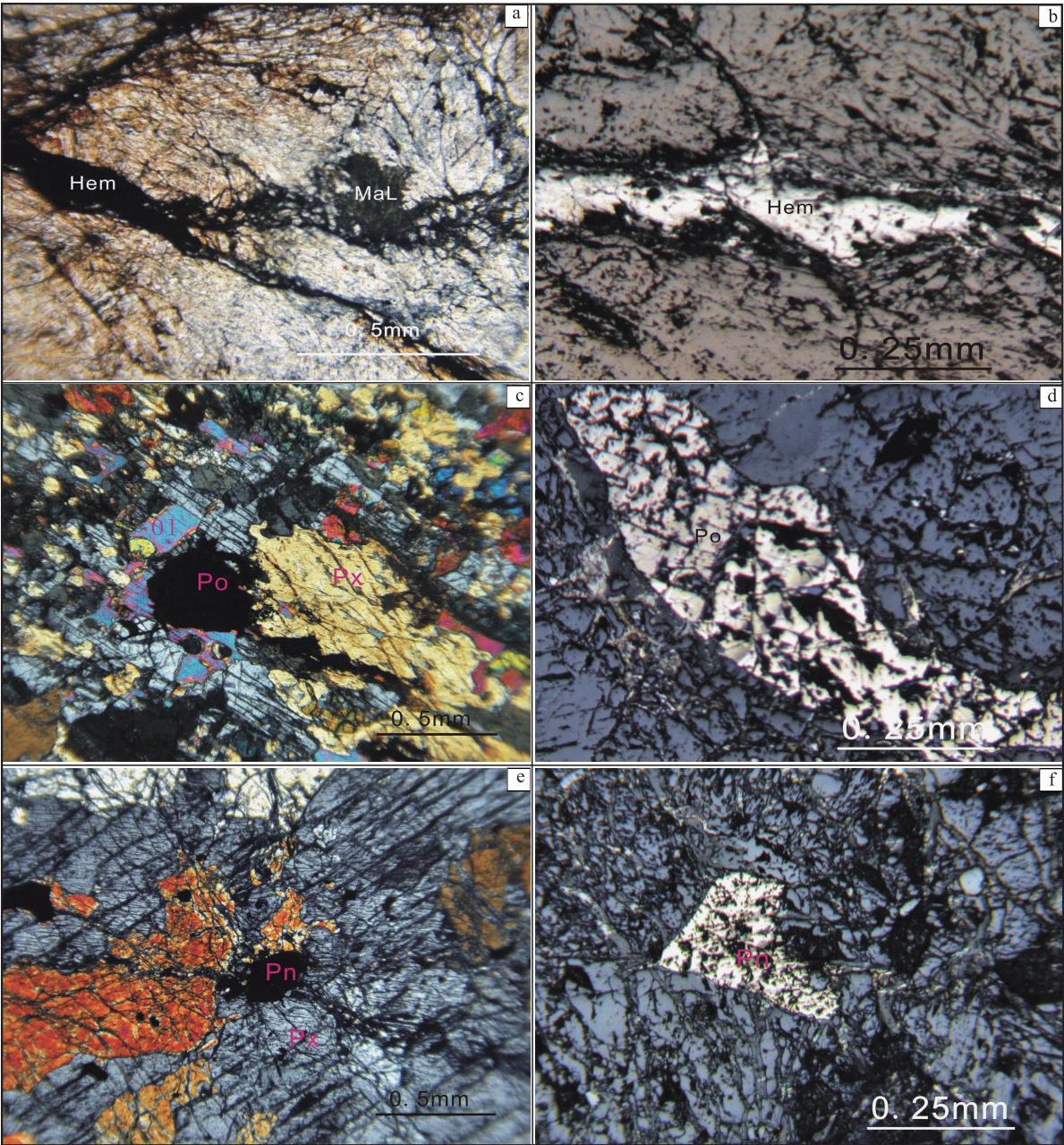
4.3 Ⅲ号岩体与Ⅱ号岩体矿化蚀变特征

Ⅲ号岩体矿化为孔雀石化、铜蓝矿化、褐铁矿化、绿泥石化等;Ⅱ号岩体矿化有褐铁矿化、黄钾铁钒、透闪石化、蛇纹石化、绿泥石化、滑石化等,地表往往呈现为一种与围岩色调相差极为明显的“灰黄色带”。Ⅲ号岩体与Ⅱ号岩体具有相似的矿化蚀变特征,Ⅲ号岩体矿化蚀变较弱。

综上所述,Ⅲ号岩体与Ⅱ号岩体都具有相似的岩相分带,相似的岩石化学特征、稀土元素配分特征,均形成于新元古代的陆内裂谷环境;具有相似的物化探异常特征;地表可见同类矿化蚀变,只是Ⅲ号岩体矿化强度较弱;因此,判断Ⅲ号岩体具有较好的寻找铜镍矿前景。

5 结论

兴地Ⅲ号岩体岩石类型属于拉斑玄武质岩浆系



a. 含孔雀石碎裂角闪岩(正交偏光);b. 含镍赤铁矿(反射光);c. 橄榄辉石岩(正交偏光);d. 含镍磁铁矿(反射光);e. 橄榄辉石岩(正交偏光);f. 镍黄铁矿(反射光)

图 7 岩矿鉴定照片

Fig. 7 Photo identification of rock and mineral

列,形成于陆内裂谷环境;稀土总含量较低,无明显的 Eu 异常;岩相分带较丰富,m/f 值大于 2,有利于形成铜镍矿。

通过与已发现铜镍矿的Ⅱ号岩体进行对比,发现Ⅲ号岩体也具有相似的岩相学、岩石学、稀土元素配分特征、物化探特征及矿化蚀变特征。因此,Ⅲ号岩体具有较好铜镍矿找矿前景。

参考文献(References):

袁英霞,潘朝霞,钱玉珍. 新疆库鲁克塔格兴地Ⅱ号岩体铜镍含矿性评价[J]. 新疆地质, 2002,20(1):49-52.
YUAN Yingxia, PAN Zhaoxia, QIAN Yuzhen. Cu, Ni-bearing property evaluation of Xingdi complex No. 2 in Ku-

- ruktaghe, Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 2002, 20(1): 49-52.
- 洛长义, 杨合群, 朱宝清, 等. 论新疆兴地基性超基性杂岩分带性[J]. 西北地质科学, 1998, 19(1): 52-58.
- LUO Changyi, YANG Hequn, ZHU Baoqing, et al. On the zonation of basic-ultrabasic complex in xingdi, xinjiang [J]. Northwest Geoscience, 1998, 19(1): 52-58.
- 杨合群, 洛长义, 朱宝清, 等. 新疆兴地含铜镍基性超基性侵入体地质特征及成矿条件[J]. 西北地质科学, 1997, 18(2): 43-52.
- YANG Hequn, LUO Changyi, ZHU Baoqing, et al. The geological features and metallogenic conditions of the copper-nickel-bearing basic-ultrabasic intrusive in Xingdi, Xinjiang [J]. Northwest Geoscience, 1997, 18(2): 43-52.
- 夏昭德, 石福品, 胡秀军, 等. 新疆库鲁克塔格地区兴地 II 号镁铁-超镁铁质岩体的地球化学特征与岩石成因[J]. 岩石学报, 2009, 25(4): 805-816.
- XIA Zhaode, SHI Fupin, HU Xiujun, et al. Geochemistry and petrogenesis of Xingdi No. 2 mafic-ultramafic intrusion in the Kuluketag area, Xinjiang[J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(4): 805-816.
- 展新忠, 郭瑞清, 张晓帆. 新疆兴地河基性-超基性杂岩体岩石学-地球化学特征及其意义[J]. 新疆大学学报. 2010, 27(3): 264-279.
- ZHAN Xinzong, GUO Ruiqing, ZHANG Xiaofan. Geology-Geochemistry Characteristics and Its Significance of the Mafic-ultramafic Complex in Xingdi River in Xinjiang [J]. Journal of Xinjiang University(Natural Science Edition), 2010, 27(3): 264-279.
- 姜常义, 凌锦兰, 赵彦锋, 等. 镁铁质-超镁铁质岩体含矿性评价指标体系[J]. 西北地质, 2012, 45(4): 51-60.
- JIANG Changyi, LING Jinlan, ZHAO Yanfeng, et al. Ore-Bearing Potential Evaluation Index System of Mafic and Ultramafic Intrusions-Used to Search for Magmatic Sulfide Deposits[J]. Northwestern Geology, 2012, 45(4): 51-60.
- 展新忠, 张晓帆, 陈川, 等. 新疆兴地 II 号含铜镍杂岩体年代学及地质意义[J]. 新疆大学学报. 2014, 31(2): 243-247.
- ZHAN Xinzong, ZHANG Xiaofan, CHEN Chuan, et al. The Study on Ore-forming Era and Ore-forming Models of the Xinjiang Xingdi No. II Cu-Ni Deposit[J]. Journal of Xinjiang University(Natural Science Edition), 2014, 31(2): 243-247.
- 秦切, 郭瑞清, 张晓帆, 等. 新疆库鲁克塔格兴地 IV 号辉长-闪长岩体 U-Pb 锆石定年及地质意义[J]. 新疆大学学报(自然科学版), 2012, 29(2): 240-248.
- QIN Qie, GUO Ruiqing, ZHANG Xiaofan, et al. Zircon U-Pb Geochronology and Geological Implications of the Xingdi No. IV Gabbro-dioritic Pluton in Quruqtagh, Xinjiang[J]. Journal of Xinjiang University (Natural Science Edition), 2012, 29(2): 240-248.
- 张宗清, 杜安道, 唐索寒, 等. 金川铜镍矿床年龄和源区同位素地球化学特征. 地质科学[J]. 2004, 78(3): 359-365.
- ZHANG Zongqing, DU Andao, TANG Suohan, et al. Age of the Jinchuan Copper-Nickel Deposit and Isotopic Geochemical Feature of Its Source[J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(3): 359-365.
- 王洪燕. 新疆库鲁克塔格兴地 I 号双峰式侵入杂岩体: 年龄、地球化学特征及构造意义[D]. 北京: 中国地质科学院, 2012: 10-28.
- WANG Hongyan. Age, Geochemistry and Tectonic implications of the No. I Xindi bimodal intrusive complex in Ouruqtagh[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2012: 10-28.
- GAO S, LIU XM, YUAN HL. Analysis of forty-two major and trace elements of USGS and NIST SRM Glasses by LA-ICP-MS[J]. Geostand News, 2002, 22: 181-195.
- LUDWIG KR. ISOPLOT 2A plotting and regression program for radiogenic isotope data[J]. US Geological Survey Open File Report, 1991, 39: 91445.
- YUAN HL, GAO S, LIU XM, et al. Accurate U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation inductively coupled plasmas mass spectrometry[J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 2004, 28(3): 353-370.