金属矿产

东天山图拉尔根Ⅲ号岩体锆石年龄及地质意义

焦建刚[1],郑鹏鹏[1],刘瑞平[2],段 俊[1],姜 超[1]
(1. 长安大学地球科学与资源学院,陕西西安 710054;2. 西安地质矿产研究所,陕西西安 710054)

[摘 要]东天山地区图拉尔根大型铜镍硫化物矿床矿区有三个镁铁-超镁铁质岩体。Ⅰ号岩体(矿床)岩相由角闪橄榄岩、橄榄辉石岩、辉石岩与辉长岩组成,不同岩相之间为过渡接触;不同岩相样品的稀土元素配分曲线图显示平行过渡变化,证明各岩相是同一个岩浆系列演化。Ⅱ、Ⅲ号岩体由角闪辉长岩组成,相对Ⅰ号岩体富集Ti、P,具有明显的Zr、Hf亏损,微量稀土元素配分曲线存在明显差异,证明图拉尔根Ⅰ号岩体(矿床)与北部Ⅱ、Ⅲ号岩体不是同一个岩浆源区演化的产物。Ⅰ号岩体的成岩年龄为300.5±3.2Ma,Ⅱ号及Ⅲ号岩体形成于357.5±2.5Ma与351±4Ma,虽然这三个岩体走向一致,但年代相差大于50Ma,前者对应于东天山地区后碰撞伸展期(320~252Ma),属于拉伸环境,后者对应于区域主碰撞期(349~330Ma),属于挤压环境。

[关键词] 铜镍硫化物矿床 成因联系 成矿潜力 图拉尔根 东天山
[中图分类号]P618 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2013)03-0393-12

Jiao Jian-gang, Zheng Peng-peng, Liu Rui-ping, Duan Jun, Jiang Chao. SHRIMP zircon U-Pb age of the No.3 intrusion in the Tulargen Cu-Ni mining area, East Tianshan Mountains, Xinjiang and its geological significance [J]. Geology and Exploration,2013,49(3):0393-0404.

东天山地区产出了后碰撞伸展背景下的十多个大中型铜镍硫化物岩浆矿床(大型3个:黄山、黄山东、图拉尔根),已经成为我国第二大铜镍硫化物矿床成矿带,目前发现的铜镍资源储量大于1×10^6t,仅次于金川铜镍硫化物矿床。大量年代学研究显示东天山铜镍硫化物矿床的成岩年龄变化范围为268~300Ma,而据统计,一般形成单个岩浆矿床的岩浆事件持续时间小于10Ma,如峨眉山大火成岩省、塔里木大火成岩省等。由此可见东天山铜镍矿床不具备大火成岩省的年代学特征,也暗示后碰撞伸展地质事件延续20~30Ma。

图拉尔根铜镍硫化物矿床是近年东天山地区找矿中的重大发现(三金柱等,2003),位于东天山铜镍成矿带的东北部,其成岩年龄为300.5±3.2Ma(三金柱等,2010),是该成矿带中目前发现的最老的成矿超镁铁质岩体。矿区存在三个镁铁-超镁铁质岩体,前人认为三个岩体之间具有成因联系(孙赫等,2006),但是没有详细的数据来分析证明。本文通过典型剖面的年代学、岩相学、岩石地球化学对比,提出Ⅰ号岩体与Ⅱ、Ⅲ号岩体之间没有成因联系,后者不具备镍成矿潜力。

1 区域地质背景

东天山铜镍成矿带主要包括觉罗塔格构造带和中天山地块,其中觉罗塔格构造带的地层主要为中泥盆统大南湖组(D_2d)片理化的粗砂岩、含砾凝灰砂岩等火山沉积建造;其上为中上石炭统(C_{2-3})细碧角斑质海相火山碎屑岩建造,遭受了强烈的韧性剪切作用,挤压片理化发育。由西到东分布了土墩、二红洼、香山、黄山、黄山东、黄山南、葫芦、马蹄、图拉尔根等10多个镁铁-超镁铁质岩体群,形成了黄山、黄山东、图拉尔根3个大型铜镍硫化物矿床,还有葫芦、香山、土墩等多个中小型矿床。中天山地块为前寒武纪变质结晶基地,分布有白石泉、天宇两个中型铜镍矿床和尾亚大型钒钛磁铁矿(图1a)。

[收稿日期] 2012-7-7;[修订日期]2012-12-30;[责任编辑]郝情情。
[基金项目]中央高校基本科研业务费专项资金(编号:CHD2012JC014)、国家自然科学基金项目(编号:41072058)与公益性行业科研专项(编号:200911007,201011058)联合资助。
[第一作者]焦建刚(1976年-),男,长安大学副教授,矿床学专业。E-mail:jiangang@chd.edu.cn。

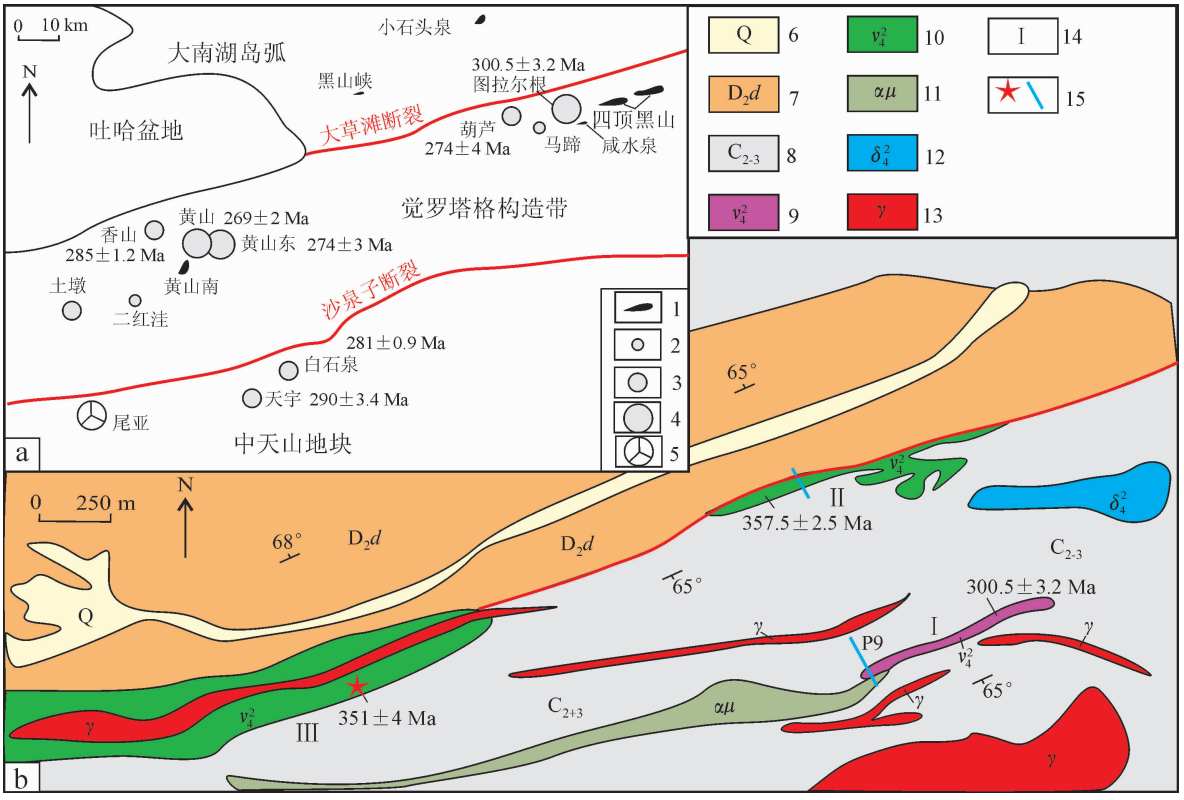


图 1　东天山地区地质简图(a)(据秦克章等,2002 修编)及图拉尔根矿区地质图(b)(据三金柱等,2010 修编)(岩体年龄来源:图拉尔根,据三金柱等,2010;葫芦,据孙涛等,2010;黄山东,据韩宝福等,2004;天宇,据唐冬梅等,2009;白石泉,据毛启贵等,2006;香山,据 Qin *et al*,2003;黄山,据 Zhou *et al*,2004)

Fig. 1　Geological map of the East Tianshan metallogenic belt(a) (modified from Qin *et al*,2002) and the Tulargen Cu – Ni deposit (b) (modified from San *et al*,2010) (Zircon dating for intrusions, Tulargen: after San *et al*,2010; Hulu: after Sun *et al*,2010; Huangshandong: after Han *et al*,2004; Tianyu: after Tang *et al*,2009; Baishiquan: after Mao *et al*,2006; Xiangshan: after Qin *et al*,2003; Huangshan: after Zhou *et al*,2004)

1 – 超镁铁质岩体; 2 – 铜镍矿点; 3 – 中型铜镍矿床; 4 – 大型铜镍矿床; 5 – 钒钛磁铁矿; 6 – 第四系;7 – 中泥盆统火山岩;8 – 中上石炭统火山碎屑岩;9 – 超镁铁质杂岩体;10 – 辉长岩;11 – 安山玢岩;12 – 闪长岩;13 – 花岗岩;14 – 岩体编号;15 – 采样剖面位置

1 – ultramafic rock mass; 2 – Cu – Ni ore occurrence; 3 – medium-sized Cu – Ni ore deposit; 4 – large-scale Cu – Ni ore deposit; 5 – vanadium titano-magnetite; 6 – Quaternary; 7 – middle Devonian volcanic rock;8 – middle-upper Carbonaceous pyroclastic rock; 9 – ultramafic complex; 10 – gabbro; 11 – andesite porphyrite; 12 – diorite; 13 – granite; 14 – rock body number; 15 – sampling location

2　矿区地质

图拉尔根铜镍硫化物矿床位于东天山铜镍成矿带的东北部,矿区出露有三个镁铁 – 超镁铁质岩体,其中Ⅰ号岩体为成矿岩体,锆石 SHRIMP 年龄为 300.5 ± 3.2Ma(三金柱等,2010),主要由角闪橄榄岩、辉石橄榄岩、橄榄辉石岩、辉石岩、辉长岩组成(牛宏等,2009)。围岩为中上石炭统火山碎屑岩,主要岩性为英安质、安山质含角砾凝灰岩,含角砾晶屑凝灰岩夹细粒凝灰质砂岩薄层,还发育有中酸性脉岩,包括安山玢岩、闪长(玢)岩、花岗岩、石英脉等。Ⅱ、Ⅲ岩体为辉长岩体,分别位于Ⅰ号岩体北部和西北部,呈脉状,北东东走向,与区域构造走向一致,目前没有矿化显示。Ⅱ、Ⅲ岩体位于泥盆 – 石炭系火山碎屑岩的不整合界线上,二者以黄山 – 镜尔泉韧性剪切带为界(图 1b)。其中Ⅱ岩体的锆石 SHRIMP 年龄为 357.5 ± 2.5Ma(三金柱等,2010),与Ⅰ号岩体相差 57Ma,不是同期次岩浆活动,而且Ⅱ岩体副矿物磷灰石含量达到 5% 左右,明显高于Ⅰ号岩体(图 2)。

3　图拉尔根Ⅲ号岩体锆石 SHRIMP 年龄

由于图拉尔根Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ岩体走向一致,距离很近,前人研究认为他们为同源岩浆演化的产物。但是年代学相差约 50Ma。为了论证其成因关系,本次研究选择了前人没有测试的Ⅲ号岩体进行锆石

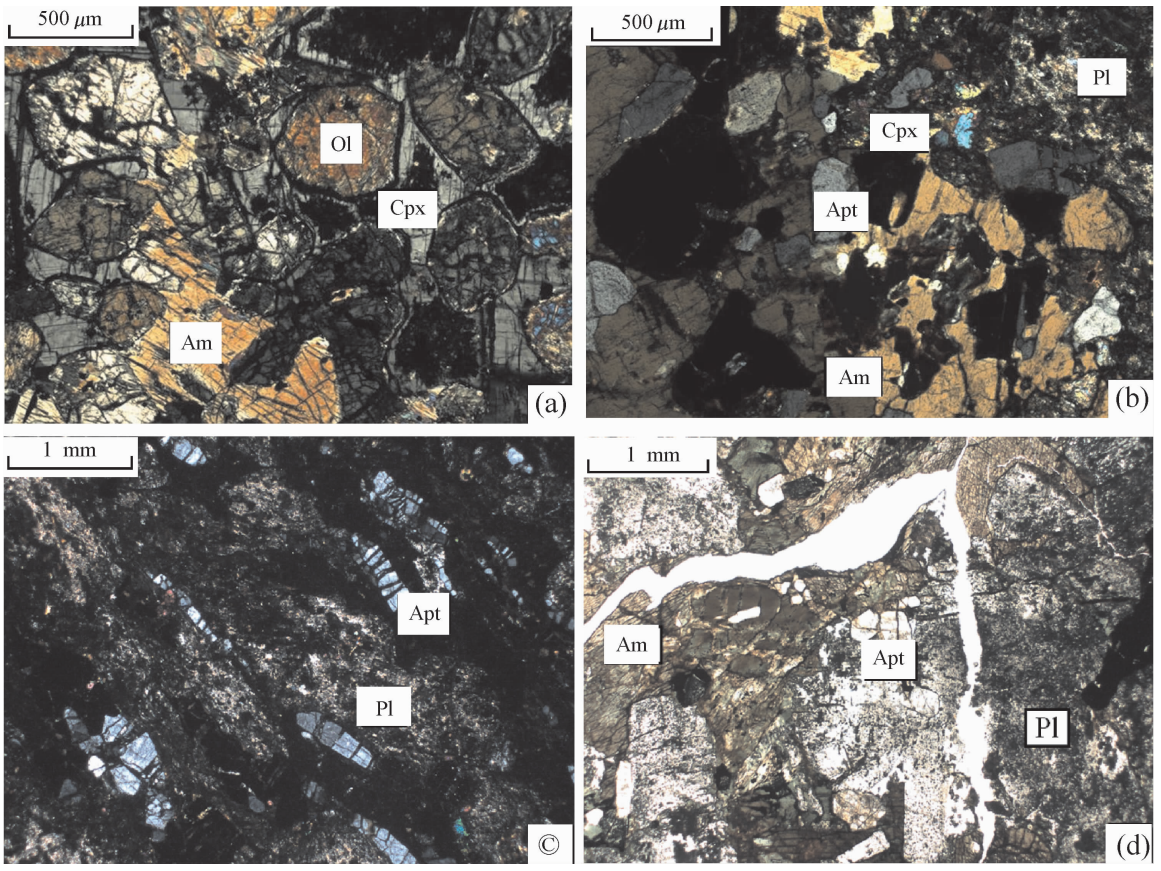


图 2　图拉尔根矿区镁铁质岩体矿物组合特征

Fig. 2　Mineral composite of intrusions from the Tulargen mining area

(a) – Ⅰ号岩体中角闪辉橄岩;(b) – Ⅱ号岩体角闪辉长岩;(c) – Ⅱ号岩体中磷灰石定向排列;(d) – Ⅲ号岩体中绿色角闪石;Ol – 橄榄石;Cpx – 单斜辉石;Am – 角闪石;Pl – 斜长石;Apt – 磷灰石

(a) – amphibole pyroxene peridotite of the No. 1 intrusion; (b) – bojite of the No. 2 intrusion; (c) – directional alignment of apatite in No. 2 intrusion; (d) – green amphibole in No. 3 intrusion; Ol – olivine; Cpx – clinopyroxene; Am – amphibole; Pl – plagioclase; Apt – Apatite

SHRIMP U – Pb 测年。锆石年龄样品(3 – Tu – 1)采自图拉尔根Ⅲ号辉长岩体地表探槽中(经度 95°51′37. 9″,纬度 42°38′4. 1″),岩性为辉长岩,重约 10kg,在陕西省地质调查院实验室进行无污染碎样到 60 ~ 80 目大小,然后在长安大学矿产资源与地质工程教育部重点实验室进行重选、磁选,最后进行双目镜下单颗粒锆石挑选。制靶和阴极发光照相及测试过程在北京 SHRIMP 测试中心完成。

经过反射光和透射光照相,检查锆石的内部结构,结合阴极发光照片圈定环带清晰、自形,晶体完好的锆石进行年龄测定(图 3)。从样品测试结果看(表 1),年龄数据比较一致。鉴于前人获得Ⅱ号岩体的年龄与本次测试的结果相似,与测试前的推测一致,所以对Ⅲ号岩体的锆石只测试了 9 个分析点,TU – 3 – 7 点锆石比一般锆石亮度高,可能是放射性 Pb 部分丢失,因此其年龄值偏小,为 332. 8 ± 7Ma,其余样品 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄范围在(342. 5 ± 5. 8)Ma ~

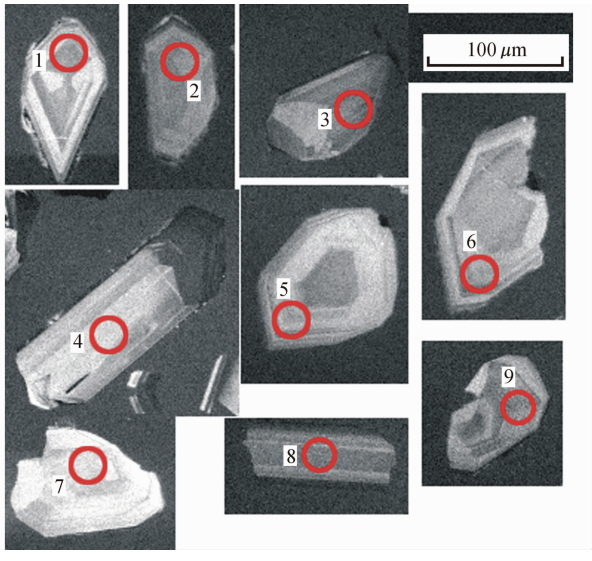


图 3　图拉尔根Ⅲ号岩体中锆石阴极发光照片及分析点位置

Fig. 3　Cathode-luminescence photos of zircons from samples of the Tulargen No. 3 mafic intrusion

表 1　图拉尔根Ⅲ号岩体中锆石 U－Pb 定年结果

Table 1　U－Pb isotopic dating results of the zircon from the Tulargen No. 3 mafic intrusions

样品/测点	$^{206}Pb^*$	U	Th	$^{232}Th/^{238}U$	比值						年龄(Ma)					
	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}		$^{207}Pb^*/^{206}Pb^*$	±σ%	$^{207}Pb^*/^{235}U$	±σ%	$^{206}Pb^*/^{238}U$	±σ%	$^{206}Pb/^{238}U$(a)	±σ	$^{206}Pb/^{238}U$(b)	±σ	$^{206}Pb/^{238}U$(c)	±σ
TU－3－1	4.11	87	45	0.53	0.0449	12	0.337	12	0.0544	2.3	340.3	5.6	343.8	5.4	342.5	5.8
TU－3－2	2.55	51	28	0.57	0.0344	17	0.270	17	0.0568	2.5	355.2	6.7	363.5	6.7	366.8	7.3
TU－3－3	5.69	119	77	0.66	0.0525	6.8	0.399	7.1	0.0552	2.0	345.5	4.2	345.9	4.2	346.1	4.7
TU－3－4	5.28	109	46	0.43	0.0432	11	0.332	12	0.0558	2.1	348.9	4.7	353.3	4.5	353.6	4.7
TU－3－5	2.77	57	30	0.54	0.0480	13	0.370	13	0.0559	2.5	349.8	6.6	352.2	6.3	353.1	6.8
TU－3－6	3.94	80	37	0.48	0.0416	9.2	0.326	9.5	0.0568	2.2	355.2	5.4	360.4	5.5	359.3	5.9
TU－3－7	2.97	65	33	0.52	0.0433	15	0.312	15	0.0522	2.6	327.4	6.6	331.2	6.4	332.8	7
TU－3－8	10.5	222	170	0.79	0.0529	5.8	0.399	6.1	0.0547	1.8	342.3	3.4	342.5	3.3	345.5	4.7
TU－3－9	4.96	102	61	0.62	0.0534	4.6	0.416	5.4	0.0565	2.7	353.1	7.7	353.2	7.8	353.9	8.6

注：采用 SHRIMP 测试方法，其中 Pb^* 表示放射成因铅；(a) 以 ^{204}Pb 校正的普通铅；(b) 假设 $^{206}Pb/^{238}Pb-{}^{207}Pb/^{235}U$ 年龄一致校正的普通铅；(c) 假设 $^{206}Pb/^{238}Pb-{}^{208}Pb/^{232}Th$ 年龄一致校正的普通铅；

(366.8 ±7.3)Ma。Th/U 值集中于 0.43 ~0.79。在一致谐和曲线图中，数据点成群分布(图 4)，其 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄的加权平均值为 351 ±4Ma，代表了图拉尔根Ⅲ号辉长岩体的结晶年龄，反映其成岩时代为晚泥盆世－早石炭世，与Ⅱ号岩体的成岩年龄(357.5 ±2.5Ma)在误差范围内一致，但是Ⅱ、Ⅲ号岩体都较Ⅰ号岩体早 50Ma。指示Ⅰ号岩体与Ⅱ、Ⅲ岩体不是同期岩浆活动。锆石特征也不同，Ⅰ号岩体中锆石普遍具有较高的 Th，U 含量，一般大于 1000×10^{-6}(三金柱等，2010)，而Ⅱ、Ⅲ岩体中锆石普遍具有较低的 Th，U 含量，一般小于 200×10^{-6}。

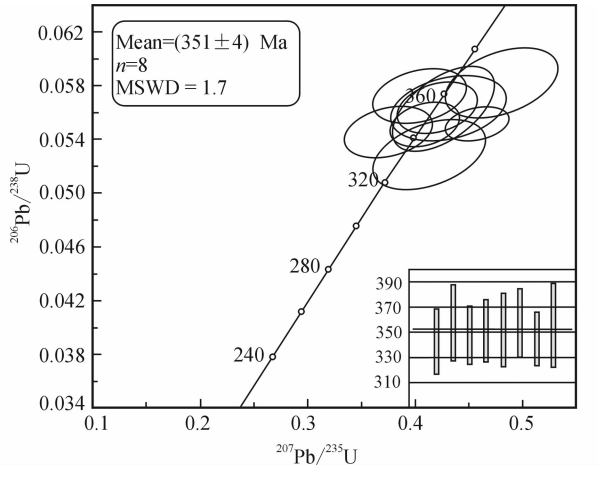


图 4　图拉尔根Ⅲ号岩体锆石 U－Pb 谐和图

Fig. 4　Concordia diagram of zircon U－Pb dating results from the Tulargen No. 3 mafic intrusion

4　Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号岩体岩石地球化学特征

图拉尔根Ⅰ号岩体(矿床)P－9 勘探线 1300 水平坑道剖面采集了 9 个样品，由北西向南东等距离分布(图 1b)，由于岩体北西部受断层控制，矿体直接与围岩接触，所以 1－3 号样品明显富 Cu、Ni，Fe_2O_3 含量偏高(部分来自硫化物)，导致 SiO_2 含量偏低，因此在做岩石分类图时需要矫正。Ⅱ号岩体在穿脉探槽中由北西向南东等距离采集了 6 个样品，Ⅲ号岩体的样品 1 件，为挑选锆石样品的副样。

4.1　常量元素

Ⅰ号岩体样品经过无水换算，对含硫化物少或无硫化物的 6 件号样品(1300－4 到 1300－9)统计，SiO_2 = 43.10% ~ 50.05%，MgO = 14.68% ~ 31.33%，m/f = 2.88 ~4.28，$Mg^{\#}$ = 0.74 ~0.81，属于铁质超基性岩(吴利仁，1963)。Ⅱ、Ⅲ号岩体 8 件岩石样品进行统计，SiO_2 = 41.28% ~49.13%，MgO = 4.26% ~6.8%，m/f = 0.56 ~0.92，$Mg^{\#}$ = 0.36 ~0.48，属于铁质基性岩(吴利仁，1963)。比较而言，Ⅰ号岩体明显富 MgO，Ⅱ、Ⅲ号岩体富 TiO_2、Al_2O_3、P_2O_5、Na_2O、K_2O(图 5)。Ⅱ、Ⅲ号岩体特征一致，样品点成群分布，Ⅰ号岩体各岩相之间有一定的演化趋势，Ⅰ号岩体与Ⅱ、Ⅲ号岩体之间没有演化关系。

在(Mg + Fe)/Ti － Si/Ti 摩尔比值图解上(图 6)，Ⅰ号岩体的样品点大致沿着斜方辉石与橄榄石控制线分布，说明橄榄石与斜方辉石是Ⅰ号岩体的主要组成矿物，与岩石定名为角闪橄榄岩类一致，

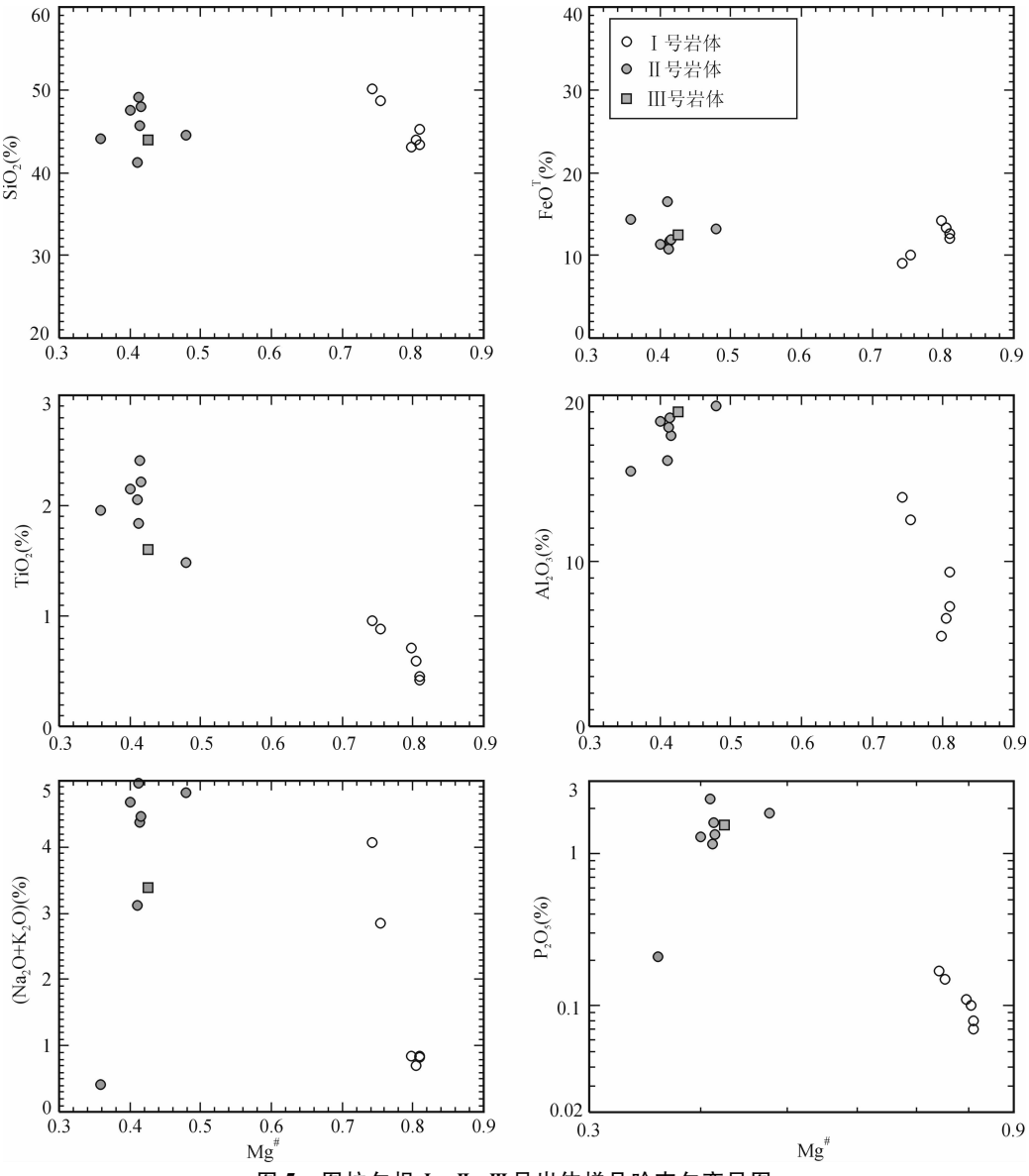


图 5　图拉尔根Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号岩体样品哈克尔变异图

Fig. 5　Harker variation diagram of the Tulargen No. 1,2,3 intrusions

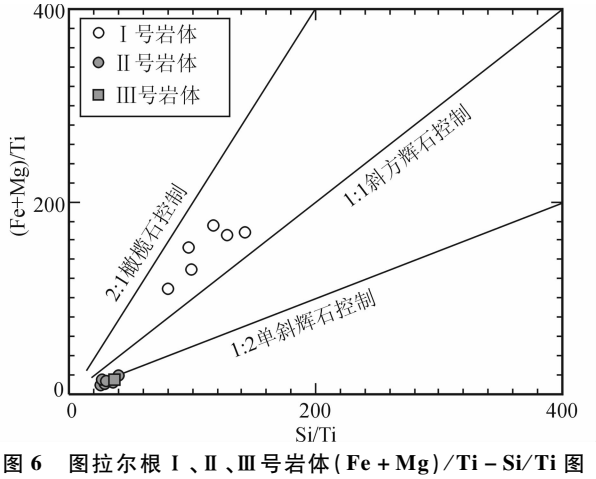


图 6　图拉尔根Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号岩体(Fe + Mg)/Ti – Si/Ti 图

Fig. 6　Magmatic evolution (Fe + Mg)/Ti – Si/Ti diagram of Tulargen No. 1,2,3 intrusions

岩浆演化过程主要受橄榄石与斜方辉石结晶控制。Ⅱ、Ⅲ号岩体样品点主要沿单斜辉石演化线分布,指示岩浆演化过程受单斜辉石控制,也与岩石定名为辉长岩类一致。

4.2　稀土、微量元素

根据微量稀土元素配分曲线图(图 7),Ⅰ号岩体属于右倾型,轻稀土富集。从角闪橄榄岩到辉长岩,不同岩相之间稀土元素平行分布,具有明显的岩浆演化关系,矿石的岩性主要为角闪橄榄岩,微量稀土元素总量偏低(如样品 1300 – 2),辉长岩的总量较高。∑REE = 6.96 ~ 54.09,La/Sm = 2.11 ~ 2.63,Gd/Yb = 1.78 ~ 2.28,轻重稀土分馏程度相似,δEu 异常不明显。轻稀土富集,Pb 具有明显的正异常,明显的 Nb、Ta 负异常,与岩浆受到地壳混染有关;

微量元素中大离子亲石元素具有一定的波动,以及 Sr 有弱异常可能与岩石发生热液蚀变有关。

Ⅱ、Ⅲ号岩体样品的微量稀土元素配分曲线图与Ⅰ号岩体不同,具有 La、Ce、Pr、Nd 平坦,而重稀土右倾型,没有 δEu 异常,∑REE = 59.22 ~ 130.40, La/Sm = 1.92 ~ 2.77, Gd/Yb = 2.75 ~ 4.37,具有

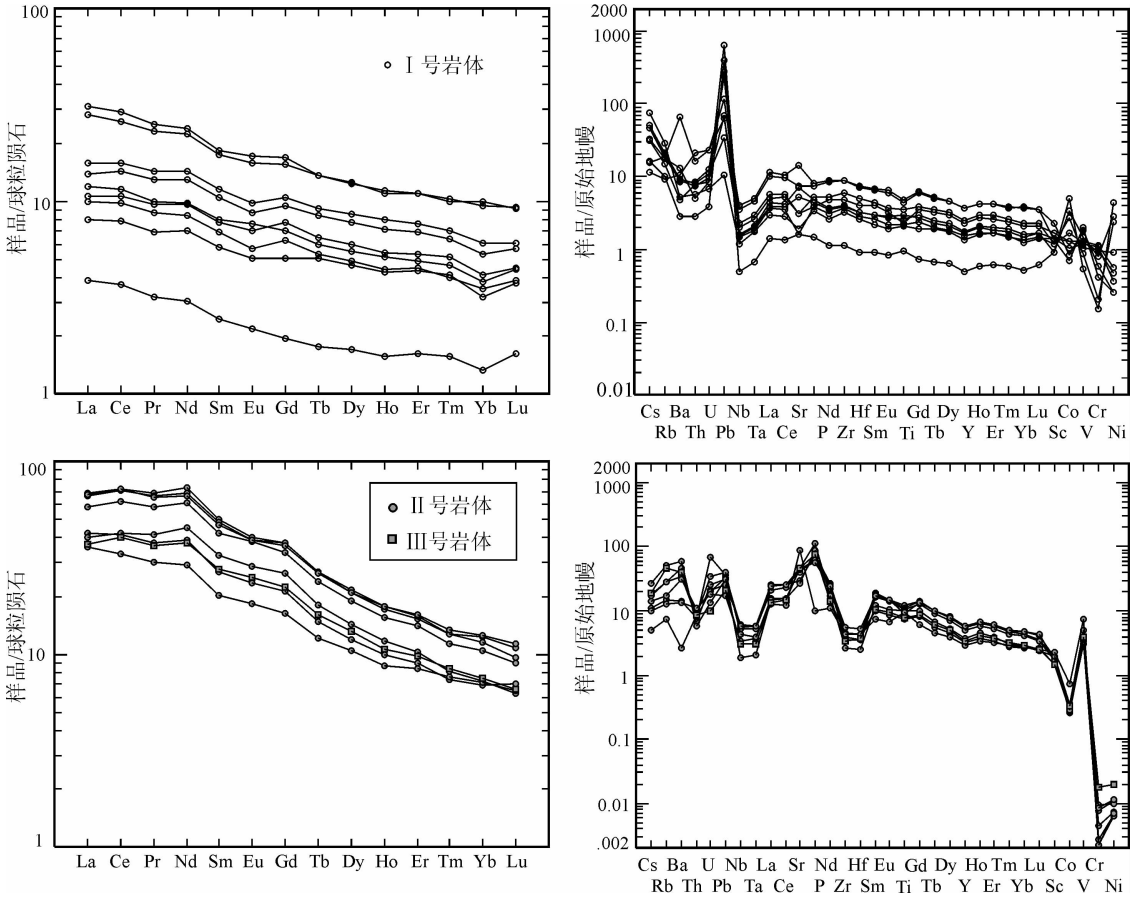


图 7　图拉尔根Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号岩体微量与稀土元素标准化配分曲线图

(标准化参数据 Sun and McDonough,1989;Mcdonough and Sun,1995)

Fig. 7　Chondrite normalized REE patterns and primitive mantle-normalized trace element diagrams of the Tulargen No Ⅰ Ⅱ Ⅲ intrusions (Chondrite and mantle values after Sun and McDonough,1989;Mcdonough and Sun,1995)

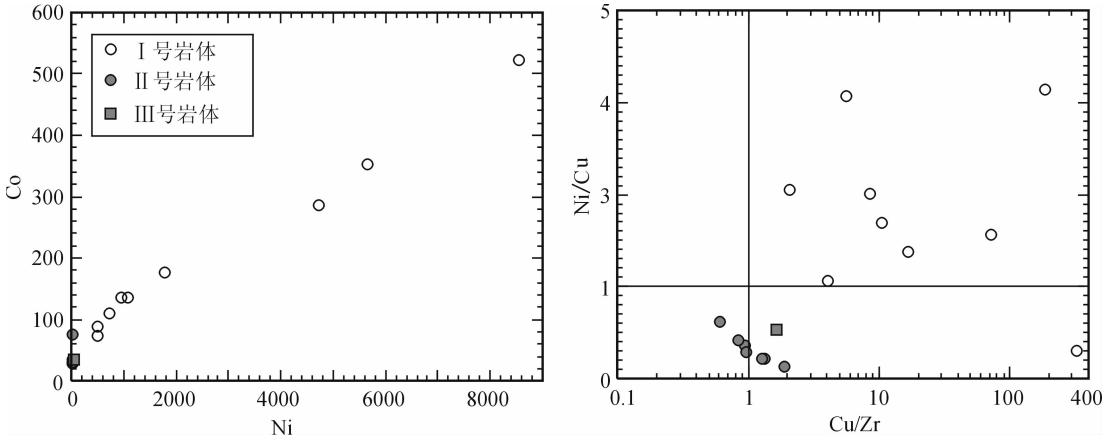


图 8　图拉尔根Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号岩体 Ni – Co 与 Cu/Zr – Ni/Cu 关系图

Fig. 8　Relationship of Ni – Co and Cu/Zr – Ni/Cu from the Tulargen No. 1,2,3 intrusions

表 2　图拉尔根Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ岩体主量与微量元素成分表

Table 2　Whole – rock major and trace element abundances of the Tulargen No. 1,2,3 intrusions

Sample	1300 – 1	1300 – 2	1300 – 3	1300 – 4	1300 – 5	1300 – 6	1300 – 7	1300 – 8	1300 – 9	3Tu – 1	2TL – 0	2TL – 1	2TL – 2	2TL – 3	2TL – 4	2TL – 5	2TL – 6
岩性	角闪橄榄岩			橄榄辉石岩			辉长岩				辉长岩						
SiO_2	34.13	24.36	34.74	39.42	39.99	39.75	41.65	46.41	47.8	42.12	43.45	46.61	46.43	47.84	42.53	39.76	42.97
TiO_2	0.39	0.16	0.47	0.65	0.54	0.41	0.39	0.84	0.92	1.54	2.29	2.16	2.1	1.79	1.41	1.97	1.91
Al_2O_3	5.66	2.03	4.99	5.01	5.95	6.64	8.57	11.88	13.18	18.21	17.71	17.07	17.98	17.58	18.46	15.44	14.99
$Fe_2O_3^T$	21.99	37.99	21.65	14.44	13.53	12.88	12.29	10.61	9.66	13.36	12.5	12.8	12.38	11.67	14.02	17.67	15.49
Fe_2O_3	10.31	14.28	5.51	5.34	5.66	4.18	2.98	4.30	2.36	7.91	4.74	4.52	5.21	4.52	3.54	7.62	9.83
FeO	10.51	21.33	14.52	8.19	7.08	7.82	8.37	5.67	6.57	4.9	6.99	7.45	6.46	6.43	9.43	9.04	5.1
MnO	0.16	0.12	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.19	0.15	0.21	0.29	0.26	0.22	0.21	0.17	0.21	0.17
MgO	23.08	20.28	25.54	28.66	28.23	27.77	26.51	16.43	14.02	5	4.46	4.58	4.17	4.13	6.49	6.21	4.36
CaO	2.41	0.8	2.58	2.25	1.75	3.21	1.69	6.02	5.74	10.83	8.82	7.99	8.69	8.19	6.06	9.85	16.96
Na_2O	0.15	0.2	0.62	0.42	0.3	0.46	0.24	2.56	3.26	2.12	3.81	3.52	3.33	4.22	4.31	1.67	0.32
K_2O	0.22	0.1	0.3	0.36	0.34	0.3	0.53	0.15	0.62	1.12	0.35	0.82	1.24	0.61	0.3	1.34	0.09
P_2O_5	0.07	0.03	0.08	0.1	0.09	0.07	0.06	0.14	0.16	1.48	1.51	1.3	1.25	1.13	1.75	2.2	0.2
LOI	8.81	10.41	6.26	7.93	8.5	7.74	7.82	4.42	4.28	3.86	4.64	2.88	2	2.34	4.14	3.12	2
TOTAL	97.08	96.48	97.41	99.4	99.38	99.39	99.9	99.65	99.79	99.85	99.83	99.99	99.79	99.71	99.64	99.44	99.46
La	2.35	0.92	2.52	3.71	2.81	3.28	1.91	6.63	7.33	8.78	16.21	15.58	13.66	16	10.11	9.57	8.5
Ce	5.94	2.27	6.48	9.65	6.99	8.67	4.83	15.9	17.72	24.48	43.86	43.18	38.09	43.77	25.55	25.96	20.36
Pr	0.83	0.3	0.92	1.36	0.95	1.23	0.66	2.20	2.38	3.47	6.52	6.30	5.53	6.13	3.58	3.95	2.85
Nd	3.94	1.42	4.47	6.61	4.55	6.04	3.25	10.39	11.16	17.62	33.81	32.17	28.29	31.04	18.09	21.05	13.51
Sm	1.05	0.37	1.19	1.76	1.22	1.61	0.88	2.65	2.79	4.22	7.59	7.39	6.52	7.13	4.08	4.98	3.07
Eu	0.33	0.13	0.41	0.57	0.44	0.5	0.3	0.91	0.99	1.44	2.32	2.27	2.23	2.28	1.35	1.65	1.06
Gd	1.29	0.4	1.61	2.13	1.45	1.94	1.04	3.21	3.46	4.58	7.78	7.81	6.90	7.44	4.39	5.41	3.33
Tb	0.20	0.07	0.24	0.34	0.22	0.32	0.19	0.50	0.51	0.6	1	1	0.89	0.98	0.56	0.67	0.46
Dy	1.24	0.43	1.52	2.19	1.38	1.95	1.18	3.16	3.12	3.33	5.29	5.44	4.77	5.26	3.01	3.6	2.63
Ho	0.25	0.09	0.31	0.45	0.29	0.4	0.24	0.62	0.64	0.6	0.97	1	0.88	1	0.57	0.67	0.5
Er	0.74	0.27	0.88	1.27	0.81	1.15	0.72	1.80	1.83	1.62	2.53	2.63	2.31	2.65	1.50	1.71	1.4
Tm	0.10	0.04	0.13	0.18	0.12	0.16	0.11	0.26	0.26	0.22	0.33	0.33	0.29	0.34	0.19	0.21	0.19
Yb	0.59	0.22	0.71	1.03	0.65	0.90	0.55	1.60	1.69	1.28	1.94	2.09	1.78	2.11	1.17	1.24	1.21
Lu	0.1	0.04	0.11	0.16	0.11	0.14	0.1	0.24	0.23	0.17	0.24	0.27	0.23	0.29	0.18	0.16	0.17

续表 2
Continued Table 2

Sample	1300 – 1	1300 – 2	1300 – 3	1300 – 4	1300 – 5	1300 – 6	1300 – 7	1300 – 8	1300 – 9	3Tu – 1	2TL – 0	2TL – 1	2TL – 2	2TL – 3	2TL – 4	2TL – 5	2TL – 6
岩性	角闪橄榄岩				橄榄辉石岩			辉长岩			辉长岩						
∑REE	18.95	6.96	21.48	31.4	21.99	28.31	15.94	50.08	54.09	72.4	130.4	127.5	112.4	126.4	74.32	80.83	59.22
La/Sm	2.24	2.48	2.11	2.1	2.30	2.04	2.16	2.50	2.63	2.08	2.14	2.11	2.1	2.25	2.48	1.92	2.77
Gd/Yb	2.17	1.78	2.28	2.07	2.22	2.14	1.9	2	2.05	3.59	4.01	3.75	3.87	3.52	3.74	4.37	2.75
Li	4.89	3.46	6.19	5.9	5.27	11.37	11.20	14.55	11.35	8.6	14.21	9.8	6.6	6.35	23.48	10.24	3.11
Be	0.29	0.12	0.31	0.42	0.37	0.4	0.31	0.69	0.71	0.45	0.58	0.63	0.6	0.69	0.43	0.49	0.54
Sc	18.98	14.56	14.42	18.99	22.88	26.96	23.14	36.11	22.02	23.31	29.67	29.56	27.13	27.54	23	31.53	37.4
V	72.93	43.78	119.2	100	84.09	106.7	98.39	149.8	160.7	321.60	306.7	278	300.5	283.1	244.6	413.8	607.2
Cr	531.9	405.9	2067	2461	2560	2953	2814	1557	1071	45.84	20.29	7.262	11.96	24.93	22.17	5.94	5.932
Co	286.8	522.3	352.4	177.2	135.6	135.7	110.6	88.16	72.74	34.59	30.22	27.43	28.55	28.76	30.04	35.83	74.55
Ni	4716	8558	5644	1780	940.7	1086	717.5	498.7	506	37.63	20.97	13.04	14.01	19.63	22.57	12.47	13.46
Cu	12380	2182	2875	1035	445.2	431.7	186.8	194.2	379.3	57.26	46.13	48.55	50.65	55.21	29.01	23.8	85.2
Zn	136.2	148.7	123	89.45	87.26	92.65	82.03	131.8	97.7	94.98	106	111.4	104.4	102.4	114.1	115.2	75.92
Ga	6.13	2.61	6.35	7.22	7.39	7.79	8.33	13.6	13.20	17.96	20.60	18.83	20.22	19.88	16.89	20.06	22.78
Rb	8.76	6.06	10.6	12.17	11.27	12.49	17.31	5.52	10.91	27.30	9.13	17.07	16.71	10.43	7.55	31.27	4.44
Sr	31.89	32.13	104.7	60.28	141.10	62.75	37.72	147.1	283.3	908.6	583.9	786.4	899	911.2	531	913.7	1779
Y	6.48	2.16	7.39	10.85	7.16	9.99	5.92	16	15.52	14.67	23.37	24.53	21.67	24.47	13.5	15.98	12.65
Zr	37.9	11.8	39.89	62.53	41.89	50.46	33.43	92.69	94.26	35.16	48.75	36.64	40.09	57.1	48.02	28.05	45.01
Nb	0.99	0.33	1.03	1.48	1.05	1.32	0.79	2.37	2.61	1.98	3.69	4.1	3.40	3.89	2.17	1.24	2.86
Cd	4.95	2.56	4.1	0.72	0.48	0.39	0.19	0.32	0.50	0.15	0.13	0.16	0.16	0.18	0.11	0.2	0.17
In	0.25	0.29	0.2	0.07	0.05	0.06	0.03	0.05	0.07	0.09	0.08	0.09	0.07	0.11	0.05	0.06	0.1
Cs	0.65	0.34	0.7	0.96	0.98	1.08	1.57	0.24	0.33	0.4	0.23	0.38	0.36	0.3	0.21	0.57	0.1
Ba	31.4	18.89	87.19	56.54	59.47	59.93	34.21	70.48	435.50	261.7	94.35	228.9	306	204.4	89.86	400.4	17.64
Hf	0.81	0.26	0.93	1.39	0.93	1.15	0.72	2.03	2.14	1.04	1.23	1.00	0.98	1.49	1.25	0.71	1.21
Ta	0.07	0.03	0.07	0.11	0.08	0.1	0.06	0.17	0.18	0.12	0.22	0.21	0.19	0.22	0.14	0.08	0.15
Pb	94.49	58.61	41.78	35.08	10.19	5.16	1.6	17.52	9.51	3.19	5.53	3.76	4.63	4.9	2.65	4.75	5.93
Bi	3.33	3.91	3.52	0.49	0.31	0.27	0.13	0.25	0.28	0.18	0.09	0.06	0.07	0.02	0.03	0.03	0.05
Th	0.6	0.23	0.41	0.68	0.6	0.64	0.45	1.7	1.32	0.68	0.64	0.62	0.55	0.84	0.89	0.47	0.68
U	0.17	0.08	0.17	0.25	0.2	0.22	0.14	0.47	0.48	0.2	1.37	0.43	0.51	0.40	0.36	0.28	0.71

注:①. 硅酸盐由中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室完成;微量元素由长安大学西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室完成,2011;②. 常量元素单位为($\times 10^{-2}$),微量稀土元素含量单位为($\times 10^{-6}$)。

Th、Nb、Ta、Zr、Hf、Cr、Ni、Co 负异常,明显的 P 正异常。其中 Cr、Ni、Co 负异常与岩石的基性程度有关,Nb、Ta 负异常可能是岩体形成时受到地壳混染;Th、Zr、Hf 负异常以及 P 与 Sr 正异常和热液蚀变有关;Ⅱ、Ⅲ号岩体处于黄山 - 镜儿泉断裂上,也处于泥盆纪与石炭纪地层的分界线上,附近有厚大石英脉出露,镜下鉴定岩体的样品中磷灰石含量约 5%,也暗示发生了强烈的热液蚀变作用。

Ⅰ号岩体的矿石样品具有 Ni、Co 正异常,而且不同岩石中 Ni - Co 具有很好的正相关关系(图 8),指示矿床中 Co 是岩浆熔离成因,为 Ni 的有益伴生元素,值得选矿时重视。Cu/Zr - Ni/Cu 图中,Cu 为高度亲铜元素,而 Zr 为不亲铜元素,在硫化物不饱和的镁铁质岩浆早期分离结晶时,这两个元素具类似的不相容性,均表现为高度不相容。一般情况下,不亏损亲铜金属的典型玄武岩 Cu/Zr 值接近 1,而由于硫化物熔离,亏损亲铜金属的玄武岩 Cu/Zr 值往往小于 1(Lightfoot *et al*.,2005)。图拉尔根Ⅱ、Ⅲ号岩体样品的 Cu/Zr 值在 1 附近,没有明显亲铜元素的亏损,而Ⅰ号岩体的 Cu/Zr 值普遍大于 1,属于硫化物发生聚集的岩石。Ⅱ、Ⅲ号岩体样品的 Ni/Cu 值小于 1,而Ⅰ号岩体的 Ni/Cu 值大于 1(除一个富铜矿石样品的 Ni/Cu 值小于 1,与岩浆晚期硫化物熔离或热液作用有关)。

总之,Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号岩体微量稀土元素配分曲线图具有明显的差异,Ni/Cu、Cu/Zr 值具有明显的不同,证明Ⅰ号岩体与Ⅱ、Ⅲ号岩体不是同源岩浆演化形成。

5　讨论

5.1　图拉尔根Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号岩体之间的关系

对于图拉尔根矿区Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ岩体之间的关系前人认为他们是同源岩浆演化的产物(孙赫等,2006),本次研究持不同观点,具体证据如下:

从年代学跨度看,Ⅰ号岩体与Ⅱ、Ⅲ号岩体相差大于 50Ma,这不太符合同期次地幔岩浆活动的规律,因为一般岩浆活动只相差 10Ma(包括锆石 U - Pb 测试误差),如峨眉山大火成岩省,大量的年代学数据显示其形成年代 ~260Ma,年代跨度自 258 ± 4 Ma(白马矿床)到 263 ± 3 Ma(力马河矿床)(Zhou *et al*,2008);西伯利亚大火成岩省形成年龄 ~ 251Ma。因此,相差 50Ma 的两个岩体是否为同源岩浆演化事件值得商榷。如果说地质事件跨越(如造山过程)这么大还可以解释。

从地球化学数据角度,Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ岩体样品的主量元素哈克图没有演化关系;微量稀土元素的配分曲线图存在明显差异;锆石具有明显不同的 Th、U 含量;Ⅰ号岩体中 Ni/Cu 值大于 1,Ⅱ、Ⅲ号岩体中 Ni/Cu 值小于 1,如果是演化关系,后者 Ni/Cu 值一般也是大于 1;总之,Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ岩体虽然岩石基性程度不同,走向一致,但不具备同源岩浆演化的条件。

5.2　成岩成矿地球动力学背景

从东天山地区地质演化历史分析,周涛发等(2010)通过大量的花岗岩年代学研究认为,351 ± 4Ma 的地质事件对应的是区域主碰撞期(349 - 330Ma),属于挤压环境,而 300Ma 的地质事件对应的是区域后碰撞伸展期(320 ~ 252Ma),属于拉伸环境,因此Ⅰ号岩体与Ⅱ、Ⅲ岩体虽然位置很近,但是不同时期与不同构造环境下的产物。通过微量元素判断岩体形成的构造环境(图 9),Th - Ta - Hf 图中,Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号岩体处于破坏性板块边缘环境。Zr - Y - Nb 图指示Ⅰ号岩体属于板内拉斑玄武岩与火山弧玄武岩过渡,而Ⅱ、Ⅲ号岩体属于 N 型 MORB 和火山弧型玄武岩。这种差异可能与岩浆形成于不同时代的构造环境或源区差异有关。

5.3　图拉尔根Ⅱ、Ⅲ号岩体找矿潜力分析

图拉尔根Ⅱ、Ⅲ号岩体地表出露为辉长岩,深部是否有超基性岩相?是否具有形成铜镍矿的潜力呢?

从东天山地区铜镍矿成矿年龄范围(268 ~ 300Ma)看,图拉尔根Ⅱ、Ⅲ号岩体不属于这个范围,即不是区域成矿同期次的岩浆事件,不利于成矿。

从地质背景分析,图拉尔根Ⅱ、Ⅲ号岩体年龄对应的是东天山地区主碰撞期(349 ~ 330Ma),属于挤压环境,不利于大量幔源岩浆上涌,因此,不利于成矿。

从岩石地球化学分析结果,图拉尔根Ⅱ、Ⅲ号岩体 Cu/Zr 值在 1 附近,暗示没有发生硫化物熔离作用,不利于铜镍硫化物成矿;样品 Ni/Cu < 1,即使辉长岩下部有超基性岩相,根据岩浆演化的继承性,超基性岩也会出现 Ni/Cu < 1,即不利于形成镍矿床;

总之,虽然图拉尔根Ⅱ、Ⅲ号岩体距离Ⅰ号岩体(矿床)很近,走向一致,但Ⅱ、Ⅲ号岩体不是Ⅰ号岩体的演化产物,年代学、成岩地质背景、岩石地球化学等指示其对形成铜镍硫化物矿床不利。

6　结论

(1) 新获得图拉尔根Ⅲ号岩体中辉长岩的锆石

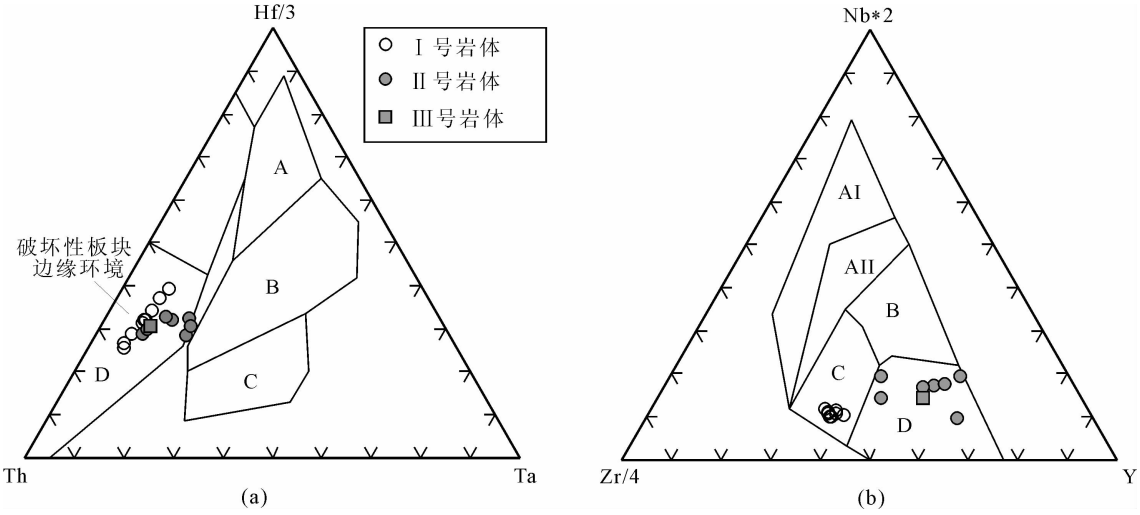


图 9 图拉尔根Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号岩体 Th – Ta – Hf 图(a)(据 Wood,1980)与 Zr – Y – Nb 图(b)(据 Meschede,1986)

Fig. 9 Th – Ta – Hf diagram(after Wood,1980)(a) and Zr – Y – Nb diagram (b)(after Meschede,1986) of Tulargen Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ intrusions

(a): A – N – MORB; B – E – MORB 和板内拉斑玄武岩; C – 碱性板内玄武岩; D – 破坏性板块边缘玄武岩

(b): AⅠ – 板内碱性玄武岩; AⅡ – 板内碱性玄武岩与板内拉斑玄武岩; B – E 型 MORB; C – 板内拉斑玄武岩与火山弧玄武岩; D – N 型 MORB 和火山弧玄武岩

(a): A – N – MORB; B – E – MORB and within plate basalt; C – alkali within plate basalt; D – destructive plate margin basalt;

(b): AⅠ – alkali within plate basalt; AⅡ – alkali within plate basalt and within plate basalt; B – E – MORB; C – within plate basalt and volcanic arc basalt; D – N – MORB and volcanic arc basalt

U – Pb 年龄为 351 ±4Ma,对应的是东天山地区主碰撞期(349 ~330Ma)岩浆事件,属于挤压构造环境。

(2) 通过岩相学、年代学及岩石地球化学方法,证明了图拉尔根Ⅰ号超镁铁质岩体与北部Ⅱ、Ⅲ号辉长岩体是不同期岩浆活动的产物,不具有演化关系。Ⅱ、Ⅲ号岩体没有发生硫化物熔离,不具有形成铜镍硫化物矿床的潜力。

致谢 野外地质工作得到新疆有色地质勘查局七 O 四队总工三金柱等帮助;论文评审专家给予了很好的建议,在此一致深表感谢。

[References]

Han Bao-fu, Ji Jian-qing, Song Biao, Chen Li-hui, Li Zong-huai. 2004. SHRIMP zircon U-Pb ages of Kalatongke No. 1 and Huangshandong Cu-Ni-bearing mafic-ultramafic complexes, north Xinjiang, and geological implications[J]. Chinese Science Bulletin, 49(22):2424 – 2429(in Chinese with English abstract)

Liu Ping-ping, Qin Ke-zhang, Su Shang-guo, San Jin-zhu, Tang Dong-mei, Su Ben-xun, Sun He, Xiao Qin-hua. 2010. Characteristic of multiphase sulfide droplets and their implications for conduit-style mineralization of Tulargen Cu-Ni deposit, Eastern Tianshan, Xinjiang [J]. Acta petrologica Sinica, 26(2):523 – 532(in Chinese with English abstract)

Lightfoot P. C., Keays R. R. 2005. Siderophile and chalcophile metal variations in flood basalts from the Siberian Trap, Noril'sk Region: Implications for the origin of the Ni-Cu-PGE sulfide ores[J]. Econ. Geol., 100: 439 – 462

Mao Qi-gui, Xiao Wen-jiao, Han Chun-min, Sun Min, Yuan Chao, Yan Zheng, Li Ji-ling, Yong Yong, Zhang Ji-en. 2006. Zircon U-Pb age and the geochemistry of the Baishiquan mafic-ultramafic complex in the Eastern Tianshan, Xinjiang: constraints on the closure of the Paleo-Asian Ocean[J]. Acta Petrologica Sinica, 22(1):153 – 162 (in Chinese with English abstract)

McDonough W. W., Sun S. S. 1995. The composition of the Earth[J]. Chemical Geology, 120: 223 – 253

Meschede M. 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram[J]. Chemical Geology, 56: 207 – 218

Niu Hong, Lu Xin-biao, Hui Wei-dong, Mei Wei. 2009. The mineral characteristics and ore-forming process of Tulargen Cu-Ni sulphide deposit I intrusion, Eastern Tianshan[J]. Xinjiang Geology, 27(2): 136 – 140 (in Chinese with English abstract)

Qin Ke-zhang, Fang Tong-hui, Wang Shu-lai. 2002. Plate tectonics division, evolution and metallogenic settings in eastern Tianshan mountains, NW China[J]. Xinjiang Geology, 20(4): 302 – 308 (in Chinese with English abstract)

Qin Ke-zhang, Ding Kui-shou, Xu Ying-xia, Sun He, Xu Xing-wang, Tang Dong-mei, Mao Qian. 2007. Ore potential of protoliths and modes of Co-Ni occurrence in Tulargen and Baishiquan Cu-Ni-Co deposits, East Tianshan, Xinjiang[J]. Mineral Deposits, 26(1): 1 – 14(in Chinese with English abstract)

Qin Ke-zhang, Xu Xing-wang, Liang Guang-he. 2006. Advance in research on metallgenetic regularity, target selection and location prognosis for large-scale Cu, Ni and Au deposits at East Tianshan[J]. Mineral Deposits, 25(S): 301 – 304(in Chinese with English abstract)

Qin Ke-zhang, Zhang Lian-chang, Xiao Wen-jiao, Xu Xing-wang, Yan Zheng, Mao Jen-wen. 2003. Overview of major Au, Cu, Ni and Fe deposits and metallogenic evolution of the eastern Tianshan Mountains, Northwestern China[J]. In: Mao, Goldfarb and Seltmann (eds). Tectonic Evolution and Metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan London, 227 – 249

San Jin-zhu, Tian Bin, Lei Jun-wen, Kang Feng, Qin Ke-zhang, Xu Xing-wang. 2003. The discovery of magmatic Cu-Ni deposit of Tulargen with whole-rock mineralization at Eastern Tianshan, Xinjiang [J]. Mineral Deposits, 22(3):270(in Chinese)

San Jin-zhu, Hui Wei-dong, Qin Ke-zhang, Sun He, Xu Xing-wang, Liang Guang-he, Wei Jun-ying, Kang Feng , Xiao Qin-hua. 2007. Geological characteristics of Tulargen magmatic Cu-Ni-Co deposit in Eastern Xinjiang and its exporation direction[J]. Mineral Deposits, 26(3):307 – 316(in Chinese with English abstract)

San Jin-zhu, Qin Ke-zhang, Tang Zhong-li, Tang Dong-mei, Su Ben-xun, Sun He, Xiao Qin-hua , Liu Ping-ping. 2010. Precise zircon U-Pb age dating of two mafic-ultramafic complexes at Tulargen large Cu-Ni district and its geological implications[J]. Acta petrologica Sinica, 26(10):3027 – 3035(in Chinese with English abstract)

Sun He, Qin Ke-zhang, Li Jin-xiang, Xu Xing-wang, San Jin-zhu, Ding Kui-shou, Hui Wei-dong , Xu Ying-xia. 2006. Petrographic and geochemical characteristics of the Tulargen Cu-Ni-Co sulfide deposits, East Tianshan, Xinjiang, and its tectonic setting[J]. Geology in China, 33(3): 606 – 617(in Chinese with English abstract)

Sun He, Qin Ke-zhang, Li Jin-xiang, Tang Dong-mei, Fan Xin , Xiao Qin-hua. 2008. Constraint of mantle partial melting on PGE mineralization of m afic-ultramafic intrusions in Eastern Tianshan: Case study on Tulargen and Xiangshan Cu-Ni deposits[J]. Acta Petrologica Sinica, 24(5):1079 – 1086(in Chinese with English abstract)

Sun S. S. , McDonough W. F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes [J]. Geological Society, London, Special Publication, 42: 313 – 345

Sun Tao, Qian Zhuang-zhi, Tang Zhong-li, Jiang Chang-yi, He Ke, Sun Ya-li, Wang Jian-zhong , Xia Min-zhe. 2010. Zircon U-Pb chronology, platinum group element geochemistry characteristics of Hulu Cu-Ni deosit, East Xinjiang, and its geological significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 26(11): 3339 – 3349(in Chinese with English abstract)

Tang Dong-mei, Qin Ke-zhang, Sun He, Su Ben-xun, Xiao Qin-hua, Cheng Song-lin , Li Jun. 2009. Lithological, chronological and geochemical characteristics of Tianyu Cu-Ni deposit, East Tianshan: Constraints on source and genesis of mafic-ultramafic intrusions in East Xinjiang[J]. Acta Petrologica Sinica, 25(4): 817 – 831(in Chinese with English abstract)

Wood D. A. 1980. The application of Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province[J]. Earth planet, Sci. Lett. , 50: 11 – 30

Wu Li-ren. 1963. Mineralization Specificity for Mafic-Ultramafic rocks in China[J]. Scientia Geologica Sinica, 1: 29 – 41 (in Chinese with English abstract)

Zhou Tao-fa, Yuan Feng, Zhang Da-yu, Fan Yu, Liu Shuai, Peng Ming-xing, Zhang Jian-dian. 2010. Geochronology, tectonic setting and mineralization of granitoids in Jueluotage area, Eastern Tianshan, Xinjiang[J]. Acta Petrologica Sinica, 26(2): 478 – 502(in Chinese with English abstract)

Zhou M. F. , Lesher C. M. , Yang Z. X. , LI J. W. , Sun M. 2004. Geochemistry and petrogenesis of 270Ma Ni-Cu-(PGE) sulfide-bearing mafic intrusions in Huangshan district, Eastern Xinjiang, Northwest China: Implication for the tectonic evolution of the Central Asian orogenic belt[J]. Chemical Geology, 209:233 – 257

Zhou M. F. , Arndt N. T. , Malpas J, Wang Y. , Kennedy A. K. 2008. Two magma series and associated ore deposit types in the Permian Emeishan large igneous province, SW China[J]. lithos, 103:352 – 368

[附中文参考文献]

韩宝福,季建清,宋　彪,陈立辉,李宗怀. 2004. 新疆喀拉通克和黄山东含铜镍矿镁铁 – 超镁铁杂岩体的 SHRIMP 锆石 U – Pb 年龄及其地质意义[J]. 科学通报,49(2):2324 – 2328

刘平平,秦克章,苏尚国,三金柱,唐冬梅,苏本勋,孙　赫,肖庆华. 2010. 新疆东天山图拉尔根大型铜镍矿床硫化物珠滴构造的特征及其对通道式成矿的指示[J]. 岩石学报, 26(2):523 – 532

毛启贵,肖文交,韩春明,孙　敏,袁　超,闫　臻,李继亮,雍　拥,张继恩. 2006. 新疆东天山白石泉铜镍矿床基性 – 超基性岩体锆石 U – Pb 同位素年龄、地球化学特征及其对古亚洲洋闭合时限的制约[J]. 岩石学报, 22(1): 153 – 162

牛　宏,吕新彪,惠卫东,梅　微. 2009. 哈密图拉尔根铜镍矿Ⅰ号岩体矿床特征及成矿研究[J]. 新疆地质,27(2): 136 – 140

秦克章,方同辉,王书来,朱宝清,冯益民,于海峰,修群业. 2002. 东天山板块构造分区、演化与成矿地质背景研究[J]. 新疆地质, 20(4):302 – 307

秦克章,丁奎首,许英霞,孙　赫,徐兴旺,唐冬梅,毛　骞. 2007. 东天山图拉尔根、白石泉铜镍钴矿床钴、镍赋存状态及原岩含矿性研究[J]. 矿床地质,26(1):1 – 14

秦克章,徐兴旺,梁光河. 2006. 东天山东段大型铜、镍、金矿床成矿规律研究、靶区优选与隐伏矿定位预测的重要进展[J]. 矿床地质,25(S):301 – 304

三金柱,田　斌,雷军文,康　峰,秦克章,徐兴旺. 2003. 新疆东天山新发现图拉尔根全岩矿化岩浆铜镍矿床[J]. 矿床地质, 22(3):270

三金柱,惠卫东,秦克章,孙　赫,徐兴旺,梁光河,魏俊瑛,康　峰,肖庆华. 2007. 新疆哈密图拉尔根全岩矿化岩浆铜 – 镍 – 钴矿床地质特征及找矿方向[J]. 矿床地质, 26(3):307 – 316

三金柱, 秦克章, 汤中立, 唐冬梅, 苏本勋, 孙　赫, 肖庆华,刘平平. 2010. 东天山图拉尔根大型铜镍矿区两个镁铁 – 超镁铁岩体的锆石 U – Pb 定年及其地质意义[J]. 岩石学报, 26(2):523 – 532

孙 赫,秦克章,李金祥,徐兴旺,三金柱,丁奎首,惠卫东,许英霞. 2006. 东天山图拉尔根铜镍钴硫化物矿床岩相、岩石地球化学特征及其形成的构造背景[J]. 中国地质,33(3):606 - 617

孙 赫,秦克章,李金祥,唐冬梅,范 新,肖庆华. 2008. 地幔部分熔融程度对东天山镁铁质 - 超镁铁质岩铂族元素矿化的约束—以图拉尔根和香山铜镍矿为例[J]. 岩石学报, 24(5): 1079 - 1086

孙 涛,钱壮志,汤中立,姜常义,何 克,孙亚莉,王建中,夏明哲. 2010. 新疆葫芦铜镍矿床锆石 U - Pb 年代学、铂族元素地球化学特征及其地质意义[J]. 岩石学报, 26(11):3339 - 3349

唐冬梅,秦克章,孙 赫,苏本勋,肖庆华,程松林,李 军. 2009. 天宇铜镍矿床的岩相学、年代学、地球化学特征:对东疆镁铁 - 超镁铁质岩体源区和成因的制约[J]. 岩石学报, 25(4): 817 - 831

吴利仁. 1963. 论中国基性 - 超基性岩的成矿专属性[J]. 地质科学,1:29 - 41

周涛发,袁 峰,张达玉,范 裕,刘 帅,彭明兴,张建滇. 2010. 新疆东天山觉罗塔格地区花岗岩类年代学、构造背景及其成矿作用研究[J]. 岩石学报, 26(2): 478 - 502

SHRIMP Zircon U - Pb Age of the No. 3 Intrusion in the Tulargen Cu - Ni Mining Area, East Tianshan Mountains, Xinjiang, and its Geological Significance

JIAO Jian-gang[1,2], ZHENG Peng-pengi[1], LIU Rui-ping, DUAN Jun[1], JIANG Chao[1]

(1. *School of Earth Science and Resources, Chang' an University, Xi' an, Shaanxi* 710054;
2. *Xi' an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi' an, Shaanxi* 710054)

Abstract: The large-scale Tulargen Ni-Cu sulfide deposit in the East Tianshan hosts 3 mafic-ultramafic intrusions. The No. 1 intrusion is mainly composed of amphibole peridotite, olivine pyroxenite, pyroxenite and gabbro, and the transition boundaries can be found between different lithofacies. The chondrite normalized REE diagrams show parallel lines of different lithoface samples, indicating different lithofacies are originated from the same evolution series. However, the No. 2 and No. 3 intrusions are mostly gabbro, which are much richer in Ti and P than No. 1 intrusion. The chondrite normalized REE diagrams and primitive mantle normalized trace elements patterns of the No. 2 and No. 3 intrusions show negative Zr and Hf anomalies, which are different from the No. 1 intrusion. The No. 1 intrusion has experienced different magma evolution processes with respect to the No. 2, and No. 3 intrusions. The newest zircon dating shows 300.5 ± 3.2Ma for the No. 1 intrusion (ore deposit), 357.5 ± 2.5Ma and 351 ± 4Ma for the No. 2 and No. 3 intrusions, respectively. Although the No. 1, No. 2 and No. 3 intrusions have same strike, the difference of their ages are more than 50Ma, suggesting they are formed by different geologic events. According to regional magma events, the age of the No. 1 intrusion is consistent with post-collision extensional setting in the East Tianshan(320 ~ 252Ma), and the No. 2 and No. 3 intrusions are accordant to the main collision squeezing setting in the East Tianshan(349 ~ 330Ma).

Key words: Cu-Ni sulfide deposits, genetic relationship, metallogenic process, Tulargen, East Tianshan