

文章编号: 0258-7106(2009)06-0729-08

西藏班公湖-怒江成矿带发现硫化镍矿*

曲晓明¹, 赵元艺¹, 王瑞江¹, 李佑国², 辛洪波¹, 代晶晶¹, 江军华¹, 陈华¹

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 成都理工大学, 四川 成都 610059)

摘要 野外地质调查结合室内显微镜研究和电子探针分析, 发现西藏班公湖-怒江缝合带西段班公湖地区产有超基性岩型硫化镍矿和碳酸岩型硫化镍矿, 中段班戈县产有超基性岩型 Ni、Cr、Co 多金属矿。这两个地区的含矿岩体均为超基性岩, 大小从几十米到几百米不等, 沿 NWW 方向展布, 反映了蛇绿岩带对矿化的控制。岩体中普遍具有强烈的蛇纹石化, 金属矿物组合简单, 主要为硫镍矿和硫铁矿, 呈微细粒浸染状分布, 在野外露头 and 手标本上肉眼看不出矿化。由于该缝合带规模巨大, 以基性-超基性岩为标志的蛇绿混杂岩数量多, 分布广, 因此, 在该成矿带寻找超基性岩型硫化镍矿的找矿潜力很大。而碳酸岩型硫化镍矿化作为一种新的矿化类型, 对其岩体成因和矿化机理的研究将具有探索造山带演化和指导地质找矿的双重意义。另外, 无论是超基性岩型硫化镍矿还是碳酸岩型硫化镍矿, 在西藏地区很少报道, 这种矿化类型是班公湖-怒江成矿带上一个新的找矿方向。

关键词 地质学 超基性岩型硫化镍矿 碳酸岩型硫化镍矿 班公湖-怒江成矿带 青藏高原

中图分类号: P618.63

文献标志码: A

Discovery of magmatic nickel sulfide mineralizations in Bangong Lake-Nujiang metallogenic belt, Qinghai-Tibet plateau

QU XiaoMing¹, ZHAO YuanYi¹, WANG RuiJiang¹, LI YouGuo², XIN HongBo¹, DAI JingJing¹,
JIANG JunHua¹ and CHEN Hua¹

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract

Based on field geological investigation combined with microscopic observation and electron microprobe analysis, the authors have revealed that there occur ultrabasic rock-type and carbonate-type nickel sulfide mineralizations in Bangong Lake area within the western segment of the Bangong Lake-Nujiang suture zone and ultrabasic-type Ni, Cr, Co polymetallic mineralizations in Bange County within the middle segment of the suture zone. The ore-bearing bodies are all ultrabasic rocks whose sizes range from tens to hundreds of meters. The mineralizations are distributed in NWW direction and are controlled by the ophiolitic chaotic melange. The ore-bearing ultrabasic rock bodies have all experienced strong serpentinization and contain a simple metallic association consisting mainly of NiS and FeNiS. The metallic sulfides assume a fine-grained dissemination, which cannot be discerned by naked eyes in field exposures and hand specimens. Taking into account the huge distribution of the ophiolitic melange marked by basic-ultrabasic rocks in the suture zone, the authors hold that the ultrabasic-type nickel sulfide mineralizations should have a large resource potential. Meanwhile, as a new mineralization type,

* 本文是“十一五”国家科技支撑计划项目(编号 2006BAB01A05)和中国地质调查局大调查项目(编号:1212010818097)联合资助的阶段性成果

第一作者简介 曲晓明, 男, 1960年生, 博士, 研究员, 地球化学专业。Email: xiaominqu@163.com

收稿日期 2009-07-02; 改回日期 2009-09-10。张绮玲编辑。

the carbonate-type nickel sulfide mineralization has an indicative meaning both in orogenic evolution and in regional prospecting. Moreover, both the ultrabasic-type mineralization and the carbonate-type nickel sulfide mineralization are reported for the first time in Tibet. They hence constitute a new exploration target in the Bangong Lake-Nujiang metallogenic belt.

Key words: geology, ultrabasic-type nickel sulfide mineralization, carbonate-type nickel sulfide mineralization, Bangong Lake-Nujiang suture zone, Qinghai-Tibetan plateau

位于青藏高原腹地的班公湖-怒江缝合带以发育基性、超基性岩为标志,横贯青藏高原,东西长达2 000余公里,是印度大陆与欧亚大陆碰撞拼接的主缝合带,也是中国规模最大的一条缝合带(图1)。然而,该缝合带的最大特点还在于它的横向展布范围很大,一般在50~100 km之间,在西段狮泉河和东段安多一带南北向展布范围达200余公里。因此,现在人们多数接受该缝合带是由多条洋内俯冲带复合而成的观点(Srimal, 1986; Matte et al., 1996)。该缝合带本身复杂的构造演化历史造就了十分优越的成矿地质条件,近年来,这条带上的地质找矿工作不断取得重要进展。西段的多不杂斑岩型铜金矿已接近超大型规模,东段拉屋矽卡岩型铜多金属矿已达到大型。另外,还有一大批中、小型铜多金属矿及矽卡岩型富铁矿。一条以斑岩铜矿为主的铜多金属

成矿带(曲晓明等,2006)已经在藏北高原上悄然确立,这里将成为中国新的矿产勘查基地已经是不争的事实。

近年来,笔者在班公湖-怒江成矿带上进行矿产地质调查过程中,在西段班公湖一带和中段班戈县先后发现了超基性岩型硫化镍矿和碳酸岩型硫化镍矿(图1)本文将介绍它们的基本地质情况,以期为区域地质找矿开辟新的方向。

1 班公湖地区超基性岩型硫化镍矿

1.1 含矿岩体

班公湖地区超基性岩型硫化镍矿位于班公湖西南侧,由十几个含硫化镍的超基性岩体组成,岩体大小从几十米到几百米不等,形态上多呈透镜体,沿

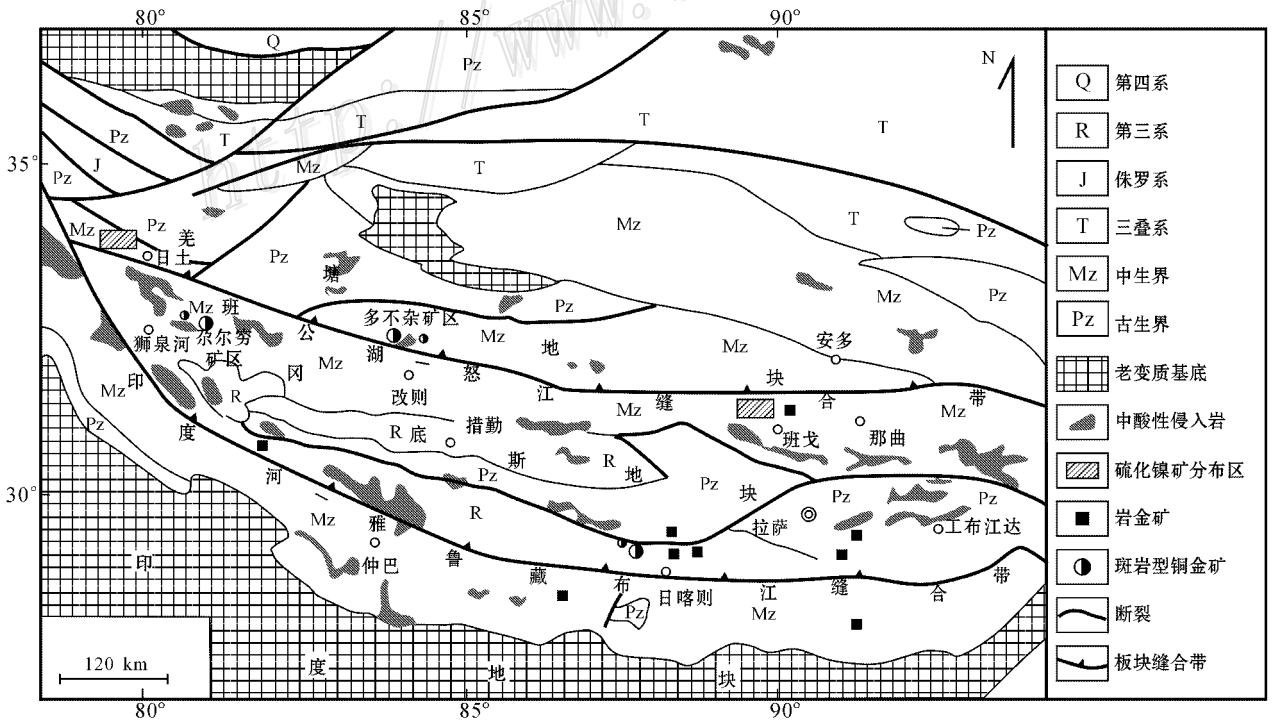


图1 藏西地区构造格架图(据西藏自治区区域地质志,2000资料修改)

Fig. 1 Tectonic framework map of western Tibet Region

NWW 向展布(图 2a、2b), 围岩主要为侏罗系砂板岩。这一带基性-超基性岩体很多, 这十几个含矿岩体是从 50 多个被调查的岩体中, 经过室内显微镜研究后分辨出来的, 因为在野外露头 and 手标本上都看不出矿化。含矿超基性岩普遍具有强烈的蛇纹石化, 有的已完全变为蛇纹岩, 蚀变稍轻一些的尚有柱粒状辉石和碎粒状橄榄石残留。另外, 岩石中也常见碳酸盐沿裂隙或解理缝交代分布。岩石中副矿物有铬尖晶石、锆石、磷灰石等。金属矿物有铬铁矿、磁铁矿及硫镍矿等。此外, 岩石在蛇纹石化过程中有大量次生金属物质析出。从残留矿物组合和保留的原岩结构看, 含矿岩体在岩性上应为橄榄岩或辉橄岩。岩石的化学分析见江军华等(2009)的文章。

1.2 矿化特征

班公湖地区超基性岩中的硫化镍呈他形粒状结构, 浸染状构造, 由于粒度小, 在野外露头 and 手标本上看不到它们。含矿岩体的判定只能依靠室内显微镜下的观察研究。即使在显微镜下, 硫化物的粒度也差别很大, 从几微米到几百微米, 显示出某种过渡性和连续性, 硫镍矿比较均匀地分布在岩石中, 构成浸染状构造(图 3)。矿石中硫化物组合简单, 主要是硫镍矿(NiS), 其次为硫铁矿(FeNiS), 电子探针图像扫描和成分分析结果见图 4 和表 1。对 185 件含硫化镍矿化的超基性岩做的 Cr、Ni、Cu 简项分析(表略)表明, 矿石 Ni 含量大多数(65%)在 $2\,000 \times 10^{-6} \sim 3\,000 \times 10^{-6}$ 之间, $1\,000 \times 10^{-6} \sim 2\,000 \times 10^{-6}$ 的占到 20%, 约 15% 含 Ni 低于 $1\,000 \times 10^{-6}$, 最高品位为 $3\,400 \times 10^{-6}$ 。

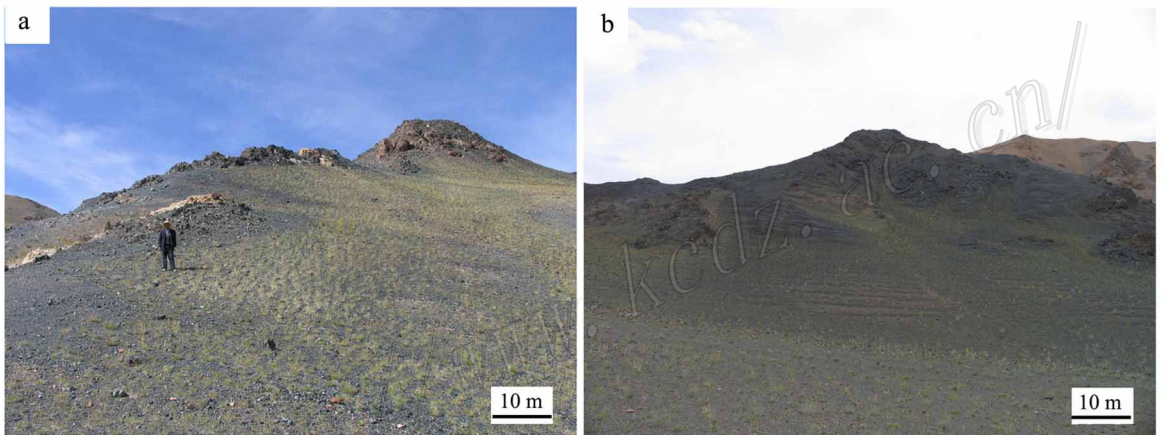


图 2 班公湖地区 3 号(a)和 8 号(b)含镍超基性岩体

Fig. 2 No. 3 (a) and No. 8 (b) Ni-bearing ultrabasic body in Bangong Lake area

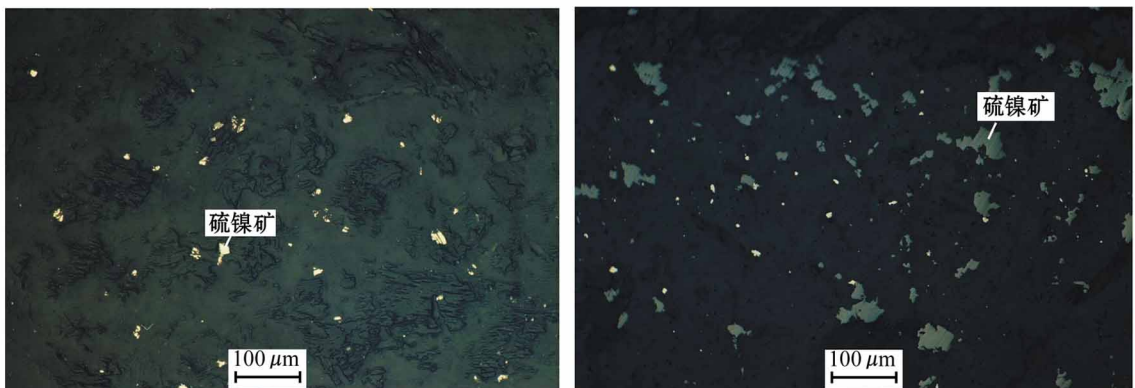


图 3 班公湖地区含镍超基性岩体中的硫化镍矿化(左—3 号岩体; 右—8 号岩体)

Fig. 3 Ni sulfide mineralization of No. 3 (left) and No. 8 (right) Ni-bearing ultrabasic body in Bangong Lake area

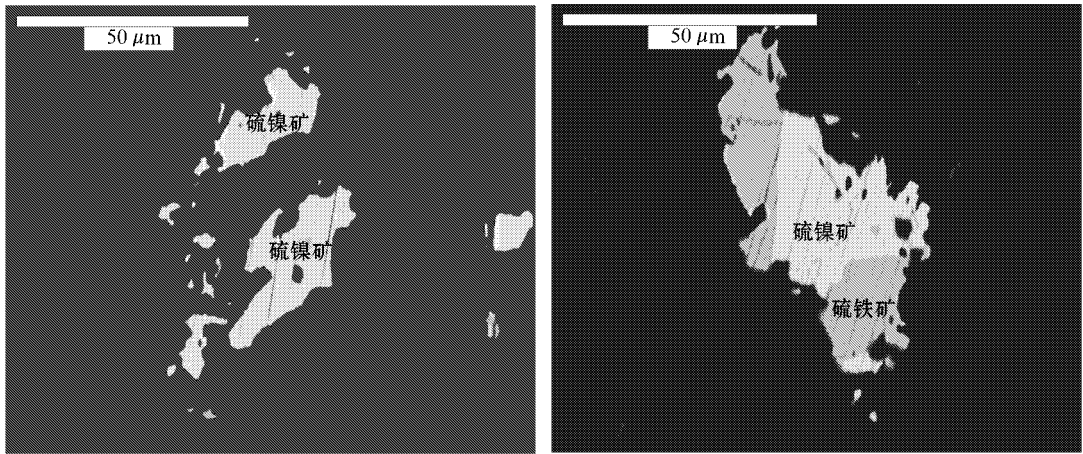


图4 班公湖地区8号含镍超基性岩体中硫化镍的电子探针照片

Fig. 4 Electron microprobe photographs of Ni sulfide in No.8 Ni-bearing ultrabasic body of Bangong Lake area

表1 班公湖地区含镍超基性岩体中硫化镍矿物的电子探针分析结果($w_B/\%$)Table 1 Electron microprobe analyses of Ni sulfide minerals of the Ni-bearing ultrabasic body in Bangong Lake area($w_B/\%$)

样品号及矿物名称	S	Fe	Cu	Zn	Pb	Ag	Ni	Co	Cr	V	Ti	Te	合计
BGH-20													
硫化镍矿	25.28	13.36	0.08	0.00	0.09	0.07	60.50	0.01	0.01	0.00	0.04	0.29	99.73
硫化镍矿	25.85	6.29	0.13	0.00	0.00	0.05	66.67	0.02	0.00	0.03	0.02	0.39	99.45
BGH-25													
硫化镍矿	26.79	2.43	0.05	0.00	0.00	0.00	70.08	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	99.44
硫铁矿	32.93	22.82	0.00	0.00	0.00	0.04	37.63	5.39	0.00	0.00	0.02	0.25	99.08
硫铁矿	33.77	22.91	0.03	0.00	0.00	0.03	37.38	4.76	0.00	0.08	0.01	0.16	99.13
硫化镍矿	27.23	0.91	0.08	0.00	0.00	0.00	70.08	0.03	0.00	0.28	0.02	0.37	99.00
硫铁矿	33.39	22.88	0.00	0.00	0.02	0.03	37.92	4.36	0.00	0.39	0.00	0.15	99.14
硫化镍矿	26.40	1.69	0.06	0.00	0.00	0.00	70.50	0.04	0.01	0.30	0.00	0.35	99.35
硫铁矿	34.01	23.38	0.02	0.00	0.12	0.04	36.57	4.74	0.04	0.00	0.01	0.23	99.16
硫化镍矿	26.12	3.66	0.06	0.00	0.00	0.00	68.85	0.00	0.00	0.18	0.00	0.36	99.23

2 班公湖地区碳酸岩型硫化镍矿

2.1 含矿岩体

班公湖地区含硫化镍矿化的碳酸岩体与含硫化镍矿化的超基性岩体是共生的,含矿碳酸岩体内可见超基性岩透镜体(图5左),两者之间具有清楚的接触边界。区内共见到3个含矿碳酸岩体,岩体呈透镜状或带状,大小从几十米到几百米不等,沿NW向或NWW向产出(图5右)。岩石的主要组成矿物为菱镁矿、菱铁矿、方解石、石英,次要矿物为绿泥石及少量副矿物和金属矿物,包括磷灰石、铬尖晶石、磁铁矿及硫化物等。从岩石化学分析结果(表2)看,碳酸盐矿物应以菱镁矿、菱铁矿为主,方解石很少。石英在不同的样品之间含量变化较大,5%~15%。

碳酸盐主要呈粒状集合体,有时呈菱形。石英多呈结晶度很差的发状或束状集合体,部分呈他形粒状或半自形粒状集合体。绿泥石主要呈鳞片状或发状集合体沿裂隙充填分布。石英、绿泥石在岩石中多呈斑点状分布,有时呈条带状分布,从而造成岩石的斑点状构造或条带状构造。

2.2 矿化特征

与超基性岩中的镍矿化相似,碳酸岩中的镍矿化也是以硫化镍矿(NiS)为主,此外,有少量硫砷镍矿($NiAsS$)与硫化镍矿共生(图6)。硫化物在岩石中呈他形粒状,分布不均匀,往往局部成团聚集,这一点与超基性岩中的镍矿化是不同的。在超基性岩中,硫化镍矿物的分布是比较均匀的。从3个碳酸岩体成矿元素Cr、Ni、Cu的简项分析结果看(表略),1号岩体含矿性最差,22个分析结果中有12个Ni含

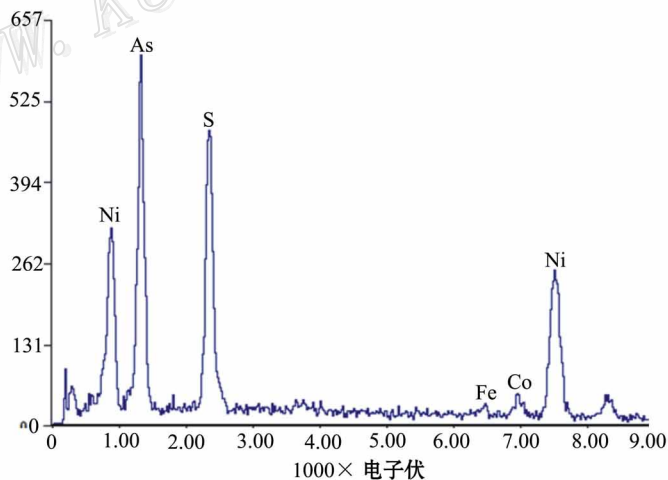
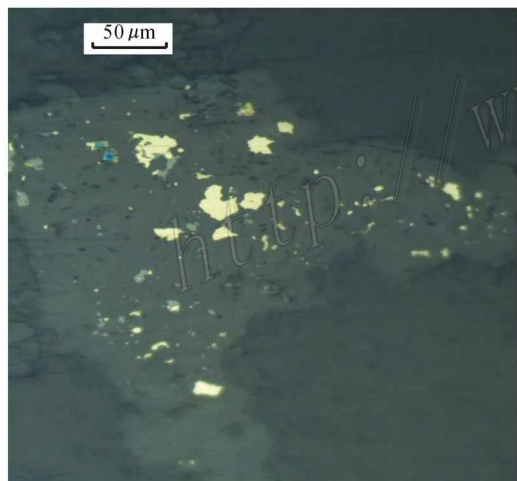


图 5 班公湖地区 1 号(左)和 3 号(右)含硫化镍碳酸岩体
Fig. 5 No.1 (left) and No.3 (right) Ni sulfide carbonate body in Bangong Lake area

表 2 班公湖地区含镍碳酸岩体岩石化学分析结果($w_B/\%$)

Table 2 Petrochemical analyses of the Ni-bearing carbonate body in Bangong Lake area($w_B/\%$)

样品号	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	K ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	烧失量	FeO
RTN-009	0.26	20.24	0.63	0.022	0.024	16.85	28.87	0.055	0.14	0.013	32.75	4.70
RTN-010	0.56	19.96	2.16	0.027	0.027	14.95	28.69	0.088	0.17	0.015	32.90	4.00
RTN-011	0.35	24.80	0.37	0.013	0.021	13.42	29.31	0.069	0.13	0.013	31.45	3.85
RTN-013	0.16	20.49	0.57	0.015	0.016	12.58	29.85	0.11	0.14	0.013	35.59	4.10
RTN-015	0.19	25.48	2.10	0.020	0.017	11.81	25.24	0.12	0.12	0.014	34.35	4.05
RTN-016	0.20	35.33	5.11	0.019	0.016	7.75	23.83	0.13	0.12	0.015	27.02	3.25



元素	$w(B)/\%$	原子百分数
SK	23.66	39.04
FeK	1.61	1.52
CoK	3.70	3.32
NiK	30.46	27.45
AsK	40.58	28.66

图 6 班公湖地区 1 号含镍碳酸岩体中硫化镍矿物的显微照片(左上)和扫描电镜分析结果
Fig. 6 Microscopic photograph and scanning analyses of Ni sulfide minerals in No. 1 Ni-bearing carbonate body of Bangong Lake area

表3 班戈地区含镍超基性岩体简项分析结果
Table 3 Simple analytical results of the Ni-bearing ultrabasic body in Bange area

矿区	样品号	Cr	Co	Ni
侧波绩效异	CB-1	28313	278	5391
	CB-2	18394	1343	9618
	CB-3	23956	122	4230
	CB-4	23537	1148	5998
	CB-5	2620	114	2095
	CB-7	2699	115	1846
	CB-8	2146	97.2	1747
	CB-9	1301	89.4	1535
	CB-10	3411	228	11708
	CB-11	1320	116	2349
	CB-12	1401	103	1861
	达如错	DRC-1	30.4	7.44
DRC-2		11.2	5.50	7.86
DRC-3		27.9	6.60	5.62
DRC-4		11.0	5.27	6.99
DRC-5		18.8	5.62	7.60
DRC-6		6907	126	2173
DRC-7		32096	102	2211
DRC-8		175030	180	1315
DRC-9		2440	110	2092
DRC-10		1709	79.0	2417
DRC-11		266602	244	1591
DRC-12		269	1.95	7.72
JCB-13		129456	258	632
JCB-15		36.2	5.67	9.89
侧波绩效北		CBB-1	18870	680
	CBB-2	1152	244	651
	CBB-3	45.6	2.46	35.9
	CBB-4	43.2	2.83	29.4
	CBB-5	18.3	2.14	25.8
	CBB-6	14463	350	7340
	CBB-7	13868	533	8814
	CBB-8	89.6	2.66	48.4
	CBB-9	122	3.12	61.9
	CBB-10	23.8	2.47	33.9
北拉	BL-2	73074	376	2579
	BL-3	65873	545	5367
	BL-4	32700	213	1969
	BL-5	13619	172	1772
	BL-6	28418	409	4622
	BL-7	12481	293	2858
	BL-8	9441	152	1090
	BL-9	20867	394	1643
	BL-10	15489	242	3377
	BL-11	8131	220	1588
	BL-12	24732	407	2674

量在 $100 \times 10^{-6} \sim 1\,000 \times 10^{-6}$ 之间, 约占 55%; 4 个在 $1\,074 \times 10^{-6} \sim 1\,547 \times 10^{-6}$ 之间, 占 18%; 6 个低于 100×10^{-6} , 占 27%。相比之下, 2 号和 3 号岩体

的含矿性要好得多。2 号岩体 17 个镍分析结果全部大于 $1\,000 \times 10^{-6}$, 在 $1\,216 \times 10^{-6} \sim 2\,175 \times 10^{-6}$ 之间, 平均为 $1\,524 \times 10^{-6}$ 。3 号岩体的 8 个分析结果中, 镍含量最低为 $1\,648 \times 10^{-6}$, 最高为 $2\,219 \times 10^{-6}$, 平均为 $1\,749 \times 10^{-6}$ 。根据目前矿业市场对硫化镍矿开采品位的要求, 后 2 个岩体具备商业开采价值。

3 班戈县超基性岩型硫化镍矿

目前在班戈县已发现超基性岩型硫化镍矿化 4 处, 都位于班戈县城北面。这些镍矿点是在开展铬、铁矿点检查时发现的。含矿岩体呈长条状, 大体呈东西向展布(图 7), 大小从几十米到上百米。岩石蛇纹石化强烈, 已完全变为蛇纹岩, 在显微镜下也没有见到原岩的残留矿物, 但从岩石中保留的结构形态上看, 分析原岩可能为橄榄岩。

镍矿化以硫镍矿形式存在, 呈他形晶粒, 大小不一, 从 $1 \times n \mu\text{m}$ 到 $100 \times n \mu\text{m}$, 常见硫镍矿和铬铁矿共生(图 8), 有时可见微细粒硫镍矿比较均匀地分布于铬铁矿颗粒内。化学分析表明本地区镍矿化品位较高(表 3), 多数样品镍含量为 $1\,000 \times n \times 10^{-6}$, 最高的达到 $11\,700 \times 10^{-6}$ (1.17%), 已构成富镍矿。此外, 矿石中 Co、Cr 含量也较高, 许多样品的 Co、Cr 品位也已达到工业要求。

4 找矿前景分析

班公湖-怒江缝合带横贯西藏东西达两千多公里, 且以基性-超基性岩为标志的蛇绿混杂岩带 SN 向展布范围大, 常常达 $100 \sim 200 \text{ km}$, 带内基性-超基性岩体极多。这意味着班公湖-怒江成矿带具有形成与基性-超基性岩有关的 Ni、Cu、Co、Cr、Fe 等岩浆矿床的巨大潜力。但是, 由于该成矿带工作程度低, 空白区多, 要取得地质找矿的突破还面临着很多问题, 对这些问题的研究和解决无疑关系到班公湖-怒江成矿带 Ni、Cu、Co、Cr、Fe 等岩浆矿床找矿的成败。这些问题主要体现在如下几个方面:

(1) 青藏高原上同等重要的 2 条主缝合带——印度河-雅鲁藏布江成矿带和班公湖-怒江成矿带, 在南面的印度河-雅鲁藏布江成矿带找到了中国最大的罗布莎铬铁矿矿床, Cu、Ni 硫化物矿床至今未见报道, 相反, 班公湖-怒江成矿带上的铬铁矿矿床一直未取得突



图 7 班戈地区含镍、铬、钴多金属矿化的超基性岩体(左—达如错岩体; 右—北拉岩体)

Fig. 7 Ni, Cr, Co-bearing polymetallic mineralization ultrabasic bodies in Bange area (Left—Darucuo ultrabasic body; Right—Beila ultrabasic body)

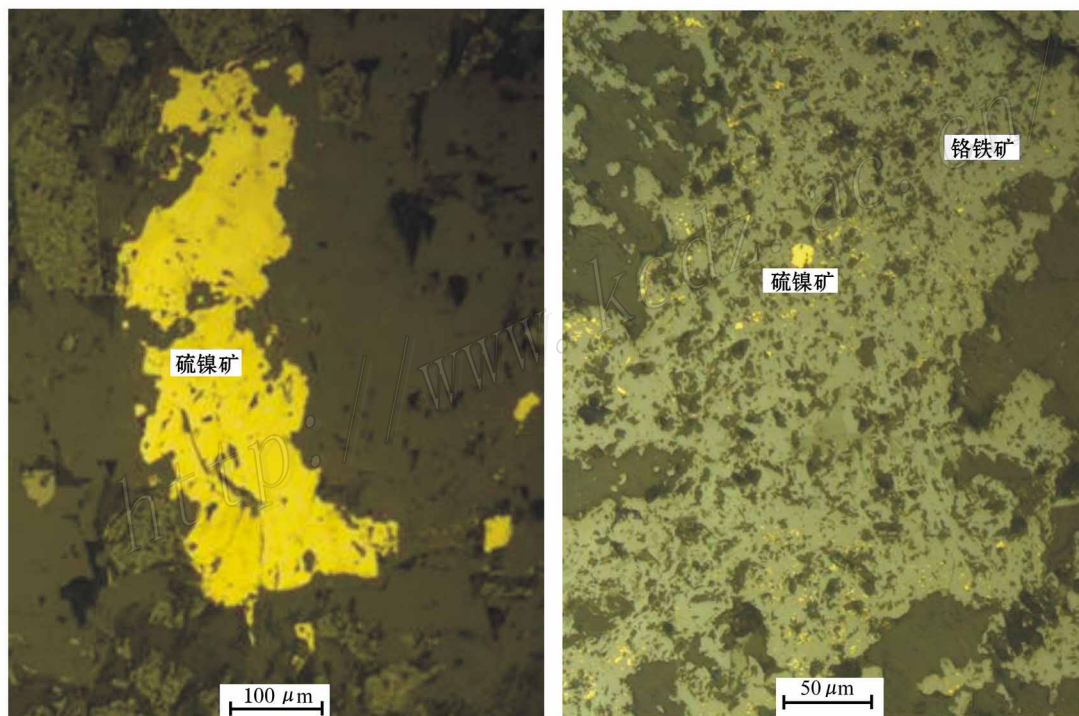


图 8 班戈地区含矿超基性岩体(达如错岩体)中的硫化镍矿化(左)和硫化镍-铬铁矿化(右)显微照片

Fig. 8 Microscopic photographs of Ni sulfide mineralization (left) and Ni sulfide-chromite mineralization (right) of the ultrabasic body (Darucuo) in Bange area

破,但却发育硫化镍矿化,这是否意味着 2 条缝合带在构造演化历史和成矿环境方面存在着重大差异。

(2) 班公湖-怒江成矿带上的硫化镍矿化只在某些超基性岩体的某些部位发育,那么,它们的矿化机理和控矿因素是什么? 是受岩性岩相控制还是受构造控制?

(3) 班公湖-怒江成矿带的碳酸岩型硫化镍矿化是矿化新类型,碳酸岩体是什么成因? 形成时代为何时? 这无论对开展找矿还是研究造山带演化都十分重要。

(4) 班公湖-怒江成矿带上的基性-超基性岩体数量多,分布面积广,空白区多,这些特点使得以遥

感蚀变质化信息提取为主要手段的找矿技术方法研究成为决定找矿突破的重要因素。

5 结 论

(1)在西藏,与基性-超基性岩有关的矿产有著名的罗布莎铬铁矿矿床,与基性-超基性岩有关的铜镍硫化物矿床还未见报道。笔者近年来在班公湖-怒江缝合带上发现的与超基性岩有关的硫化镍矿化为西藏高原地质找矿开辟了新的方向。同时由于该缝合带规模巨大,基性-超基性岩体分布很多,找矿前景很大。

(2)从目前缝合带西段班公湖地区和中段班戈县发现的硫化镍矿化的情况看,该缝合带上的硫化镍矿化均与超基性岩有关,基性岩不含矿。从成矿元素上看,只有镍,没有铜,这或许是班公湖-怒江成矿带的基性-超基性岩型铜镍硫化物矿床的一个成矿特点。

(3)在班公湖地区发现的与碳酸岩有关的硫化镍矿化是一种矿化新类型。一方面碳酸岩本身的成因对造山带构造演化研究有重要意义;另一方面,对碳酸岩中硫化镍矿的成矿机理进行深入研究可以为区域地质找矿提供理论依据。

References

- Matte P, Taponnie P, Arnaud N, Borjot L, Avouac J P, Vidal P, Liu Q, Pan Y S and Wang Y. 1996. Tectonics of western Tibet, between the Tarims and the Indus[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 142: 311-320.
- Qu X M and Xin H B. 2006. Ages and tectonic environment of the Bangong Cu porphyry belt in western Tibet, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 25(7): 792-799 (in Chinese with English abstract).
- Jiang J H, Wang R J, Qu X M and Xin H B. 2009. Provenance nature and basement background of nickel-sulfide-bearing ultrabasic rocks in Bangong Lake island arc zone, Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 28(6): 793-802 (in Chinese with English abstract).
- Srimal N. 1986. India-Asia collision: implications from the geology of the eastern Karakoram[J]. *Geology*, 14: 523-527.
- Tibet Bureau of Geology and Mineral Resources. 2000. Regional geology of Tibet[M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).

附中文参考文献

- 曲晓明, 辛洪波. 2006. 藏西班公湖斑岩铜矿带的形成时代与成矿构造环境[J]. *地质通报*, 25(7): 792-799.
- 江军华, 王瑞江, 曲晓明, 辛洪波. 2009. 西藏班公湖岛弧带含硫化镍超基性岩的源区性质与基底背景[J]. *矿床地质*, 28(6): 793-802.
- 西藏地质矿产局. 2002. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社.