

班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 多金属成矿带 主要地质成矿特征及潜力分析

崔宁¹⁾, 邢树文²⁾, 肖克炎²⁾, 丁建华²⁾

1) 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京, 100083;

2) 中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京, 100037

内容提要:随着地质大调查的开展和班公湖—怒江地区新的找矿进展和预测成果不断涌现,班公湖—怒江作为我国找矿的重点成矿区带之一,故对其开展系统的成矿区划和部署研究工作具有重要意义。本文以最新的研究成果和找矿突破为基础,通过综合分析,在该地区划分新的重要成矿部署区带,厘定边界并将其命名为“班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 多金属成矿带”。结合区域成矿地质背景的综合研究,在区内划分了 3 个Ⅲ级成矿带,初步建立了班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 多金属成矿带成矿谱系,其成矿作用具有多期次发育的特点,其中喜山期与燕山期是该矿带的主要成矿期。研究区主要成矿类型为斑岩型铜金矿、矽卡岩型铜金矿、变质碎屑岩中脉型岩金矿、矽卡岩型铁矿、现代盐湖型钾盐、硼矿、锂矿等。结合区域找矿进展和潜力评价最新成果,认为本区 Cu、Au、Fe、Li、K、B 找矿潜力巨大,为下一步勘查部署的主攻矿种,同时在本区划分了 3 个远景区,其中 2 个为重点远景区,1 个为一般远景区,对研究区下一步矿产勘查部署工作有一定指导意义。

关键词:班公湖—怒江;成矿地质特征;潜力分析;成矿类型

班公湖—怒江缝合带位于西藏中部,东西向横跨西藏自治区,自西向东沿班公湖、改则、东巧、丁青和类乌齐一线分布,长约 1500km,是分隔以北羌塘陆块(欧亚大陆)和以南拉萨陆块(印度大陆)的特提斯洋盆,晚侏罗世闭合后为两陆块拼接的产物。该区带是中国重要的铜金铁锂矿成矿带之一。近年,在《找矿突破战略行动纲要(2011-2020 年)》指导下,随着固体矿产一轮、二轮成矿区划(Zhu Yusheng et al., 2007; Xu Zhigang et al., 2008)、全国矿产资源潜力评价、全国矿产资源利用现状调查、全国找矿整装勘查项目的实施(Zhu Yusheng et al., 2013)、青藏高原资源能源工程、班公湖—怒江成矿带铜多金属矿资源基地调查项目(Tang Juxing et al., 2015)的实施,班公湖—怒江地质找矿工作得到全面加强,矿产勘查取得重大突破。近年新发现多个矿床,包括多不杂铜矿(Hou Zengqian et al., 2006; Li Guangming et al., 2007; Li Guangming et

al., 2012; Zhu Xiangping et al., 2012; Li Yubin et al., 2012)、波龙铜矿(Zhu Xiangping et al., 2011; Li Yubin et al., 2012)、舍索—雄梅铜矿(Qu Xiaoming et al., 2012)、尕尔穷铜金矿(Li Guangming et al., 2006; Xin Hongbo et al., 2009; She Hongquan et al., 2009; Zhao Yuanyi et al., 2010a, 2010b; Yao Xiaofeng et al., 2011; Deng Shilin et al., 2011; Li Zhijun, 2011; Lv Lina et al., 2011; Hu Zhenghua, 2012; Tang Juxing et al., 2013)、荣那铜金矿(Tang Juxing et al., 2014),等。近日, Hu Zhenghua et al. (2015)最新研究建立的西藏尕尔穷铜金矿床勘查模型,为该区域找矿突破起到借鉴作用。尕尔穷铜金矿是班—怒带第一个达到详查程度的大中型矿床,其具有独特的构造地质背景和典型的斑岩—矽卡岩成矿地质作用,已经发现了斑岩型、矽卡岩型和铁氧化物铜金型矿体。目前,尕尔穷铜金矿已达到大型规模,矿集区金资源量也

注:本研究受到地质矿产调查评价项目(12120114051401, 12120114051301, 1212011220806, 12120114004001)及中央级公益性科研院所基
本科研业务费专项资金(K1312)联合资助。

收稿日期:2016-04-20;改回日期:2016-04-24;责任编辑:郝梓国,黄敏。

作者简介:崔宁,女,1986 年生,在读博士研究生,主要从事定量地质与资源评价研究。通讯地址:100083,北京市海淀区学院路 29 号中国地质大学(北京)地球科学与资源学院。Email: dina860413@sina.com。

通讯作者:邢树文,男,研究员,1983 年毕业于长春地质学院地质系,从事矿床地质研究和矿产勘查评价,通信地址:100037,北京市西城区百万庄大街 26 号中国地质科学院矿产资源研究所。Email: xsw63@163.com。

N33.71°; E79.77°, N33.60°; E79.65°, N32.96°; E79.75°, N32.80°; E80.09°, N32.57°; E80.51°, N32.42°; E81.66°, N32.14°; E82.56°, N32.14°; E83.12°, N32.25°; E85.96°, N31.71°; E86.59°, N31.63°; E87.08°, N31.56°; E87.71°, N31.70°; E88.21°, N31.84°; E88.88°, N31.98°; E89.40°, N32.23°; E85.03°, N32.82°; E80.36°, N33.71°; E80.74°, N33.66°。

1.2 成矿特征

1.2.1 主要成矿区带

依据研究区区域成矿地质特征、成矿构造环境和诸多控矿因素并结合典型矿床分布情况,在本成矿区带可划分三个 III 级成矿带(Xu Zhigang et al.,2008),如图 2 所示。从北往南包括:

1.2.1.1 羌南成矿带

羌南成矿带位于西藏西部羌多地区,在班公湖—怒江西段,面积约 $6.45\times10^4\text{ km}^2$ 。羌南成矿带由 2 个 IV 级成矿亚带组成,即南喀喇昆仑—南羌塘—中羌塘成矿亚带(IV-8)和羌南—左贡 Fe-Cu-Au-Pb-Zn-Ag-Sb-W-Sn-Ree 成矿亚带(IV-9)(Lu Biao et al.,2013)。

带内古生界地层发育,海西期花岗岩广泛出露,是有希望的铜多金属矿化带。

羌南成矿带以沉积矿产为主,有中生代的煤、油页岩、稀有和第四纪的盐类矿产。近年来,在该成矿带已发现的矿床有多不杂铜矿、弗野铁矿、材玛铁矿

等。该成矿带铁矿的主要类型为矽卡岩型,代表矿床有材玛、狮多、弗野、鲁玛、亚尼多部等,其中以材玛铁矿和弗野的规模较大,具大型矿床的潜力。另外,在班戈岩浆弧带的雄梅、青龙等地亦有系列中小型矽卡岩型富铁矿床(点)分布。此外,在该成矿带还发现了大型斑岩型铜矿床,如波龙铜矿和多不杂铜矿(Luo Mei et al.,2014)。

该成矿带矿产成矿时代主要为燕山中晚期。

1.2.1.2 班公湖—怒江(缝合带)Cr 成矿带

班公湖—怒江(缝合带)Cr 成矿带北以班公湖—康托—东巧—丁青—怒江断裂为界与喀喇昆仑—三江(造山带)成矿省相邻,南以狮泉河—觉翁—八宿断裂为界,南西与狮泉河—申扎成矿带相邻,南东与班戈—腾冲成矿带相邻,面积约 $12.346\times10^4\text{ km}^2$ (Xu Zhigang et al.,2008)。班公湖—怒江(缝合带)Cr 成矿带可划分为日土—改则—丁青成矿亚带(IV-14)和比如—怒江成矿亚带(IV-15)。

该成矿带有规模巨大的蛇绿岩,增生杂岩带,及被挟持其中的残余弧或岛弧变质地块,沿断裂带还发育晚白垩世—新近纪陆相火山岩,新生代陆相走滑拉分盆地,第四纪谷地堆积。成矿带岩石地层和构造地层包括班公错—改则—丁青分区及那曲—怒江分区。

改则县以东分布有屋素拉金矿、商旭金矿、塔吉冈铜银矿;安多县西南分布有赞宗错铁矿、拉青铜金矿、东巧铬金矿、依拉山铬铁矿、切里湖铬铁矿和东

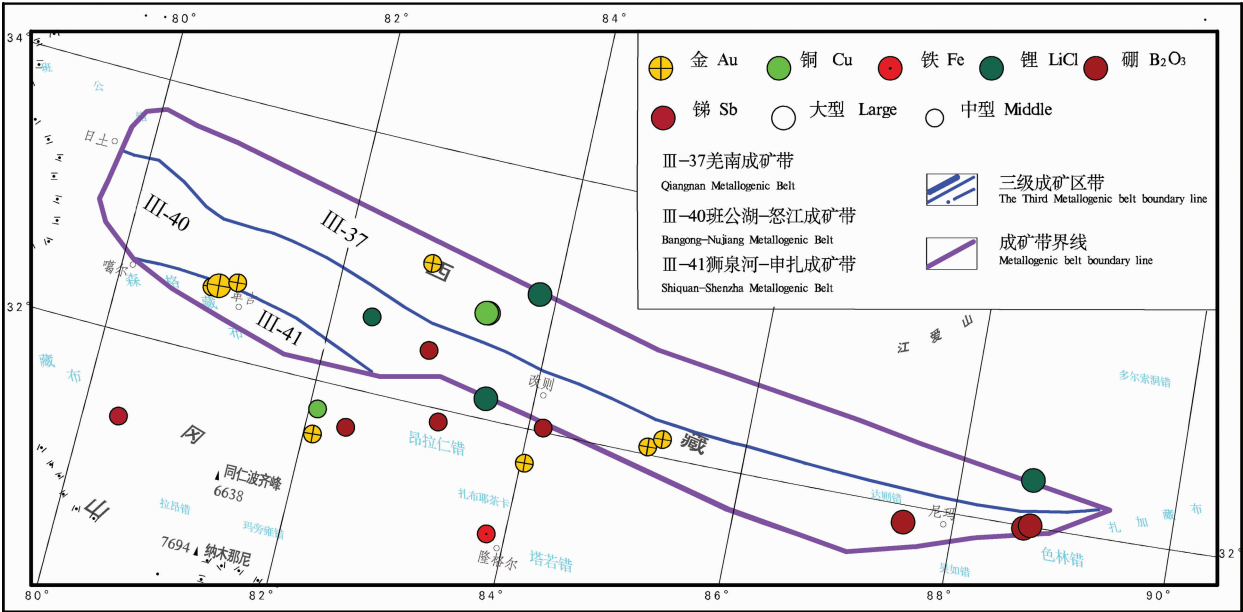


图 2 班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 多金属成矿带 III 级区带分布图
Fig. 2 Distribution map of Bangong-Nujiang Cu-Au-Fe-Li metallogenic belt

风格铁矿等。那曲县以东地区分布有甲布弄锑矿、夏多铅铜银矿;索县以东地区分布了扎格拉金矿、纳多弄铅锌矿和黄猜普铅锌矿等(Luo Mei et al., 2015)。此外,近年来,该成矿带还发现了扎格拉变质碎屑岩中脉型金矿、东巧蛇绿岩型烙铁矿、巴夏风化壳型菱镁矿、纳多弄碳酸盐岩层控热液脉型铅锌银矿。

该成矿带矿产成矿时代主要为燕山期。在该成矿带内,燕山期镁铁-超镁铁岩发育,与之有关的系列矿产还有铬、铁、镍、石棉、蛇纹岩、菱镁矿、磁铁矿、橄榄岩等。燕山晚期-喜山早期主要形成热液型多金属、贵金属矿。

1.2.1.3 狮泉河-申扎(岩浆弧)成矿带

狮泉河-申扎成矿带位于冈底斯带中部,主要由蛇绿混杂岩构成。该区典型的蛇绿混杂带出露于狮泉河、拉果错、阿索、永驻、纳木错等地。该带断续出露的地幔变质橄榄岩类、堆晶杂岩、辉绿岩墙、玄武岩、硅质岩等经历了不同程度的变质。

狮泉河-申扎(岩浆弧)成矿带内发育侏罗-白垩系地层,广泛出露燕山期花岗岩闪长岩,零星出露燕山期超基性岩和喜山期花岗岩。

近年来,在该成矿带发现了玉古拉镍矿床、尕尔穷矿床、窝肉矿床、波拉扎矿床和江拉昂宗地区的江拉昂宗矿床等。

狮泉河-申扎-嘉黎带蛇绿岩的形成时代为晚三叠世-早白垩世,构造侵位时间为晚白垩世。(Bai Yunshan et al.;Geng Quanru et al.,2011)

1.2.2 主要成矿期次

根据对区域成矿环境、成矿系统、矿床类型等方面对班公湖-怒江成矿带的矿产分布进行分析,发现该成矿带内铜、金、铁、钾盐、硼、锂等矿种具有明显优势。从矿床成矿作用的发展演化过程看,成矿作用从早到晚可划分为燕山旋回和喜马拉雅旋回两个成矿阶段。

参照《中国主要成矿区(带)成矿地质特征及矿床成矿谱系》(Zhu Yusheng et al.,2007)、《中国成矿区带划分方案》(Xu Zhigang et al.,2008)的研究思路和内涵,构建班公湖-怒江 Cu-Au-Fe-Li 多金属成矿带成矿谱系(见表 1)。

1.3 成矿成因类型及典型矿床

1.3.1 主要成因类型

目前,班公湖-怒江成矿带内已发现 Cu、Fe、Cr、Pb-Zn 矿床(点)达 600 多处(Geng Quanru et al.,2012)。包括的矿床类型有:岩浆型铬铁矿、浅

成低温热液型铜(金)矿、斑岩型铜(金)矿、矽卡岩型铁(铜)矿、热液-蚀变岩型金矿、热液型钨矿,带中也有少数铅锌矿床(Song Yang et al.,2014)。其中包含的大中型矿产地主要有多不杂铜矿(超大型)、波龙(大型)、弗野铁矿(大型)、屋素拉金矿(大型)、才玛尔错锂矿(中型)、达多错硼矿(中型),等等。区内矿产以铜、铁、金、锂、钾盐、硼等多金属矿为主。从区域矿产特征看,本区域铜、金多金属矿产的时空分布严格受构造、岩浆活动等因素控制。其成矿时代主要为燕山期和喜马拉雅期。

该成矿带主攻矿种为铜、金、铁、钾盐、硼矿、卤水锂等。主攻矿床类型为:斑岩型铜矿;斑岩型-矽卡岩型铜矿;矽卡岩型铁矿,变质碎屑岩中脉型金矿;现代盐湖型钾盐、硼矿、卤水锂矿,等。

1.3.2 典型矿床

1.3.2.1 多龙铜矿床

多不杂斑岩铜矿和邻近的波龙斑岩型铜矿统称为多龙斑岩型铜矿。多龙矿集区位于班公湖-怒江缝合带西段,羌塘地块南缘,大地构造上处于羌塘-三江复合板片南缘超覆地层单元之色哇陆缘陷中(Chen Hongqi et al.,2014)。矿区出露地层主要为下侏罗统曲色组(J₁q)和中侏罗统色哇组(J₂s)的一套滨海相碎屑岩建造,该建造包含有中酸性浅成侵入岩,中基性喷出岩等(Li Guangming et al.,2011)。多龙铜矿为斑岩型矿床,主要受控于曲色组(J₁q)。

该区构造活动发育而强烈,以断裂构造为主,构造形迹展布复杂,具长期性、多期次活动特征,为工作区控矿的主要条件。多不杂铜矿位于近东西向断裂、北东向断裂交汇部位西侧。由于构造活动,特别是断裂构造发育,为岩浆的上侵提供了良好通道。

岩浆活动总体上以喷发、喷溢及超浅成侵入为主,基性、中酸性、酸性岩体均有出露,规模一般较小,往往是成带状、串珠状展布,成群出现,受断裂构造的控制明显;岩浆岩的分布与区域主构造线走向协调,反映出该区岩浆岩与构造之间良好的耦合关系(Li Jinxiang et al.,2010),并具多期活动特征。形成时间为燕山晚期(Li Guangming et al.,2005)。岩体规模总体来看,均较小,多呈岩脉、岩株、岩瘤等产出;岩浆活动造成了地球物质的深浅沟通和物质交换,由于岩浆活动的多期性、复杂性,造成成矿作用的叠加,使金、铜元素得以充分萃取、富集,有利于形成金铜矿,显示出该区主要成矿作用为岩浆、热液成矿作用;如多不杂、波龙斑岩型铜矿床。

表 1 班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 成矿带成矿谱系简表

Table 1 Metallogenic pedigree of Bangong-Nujiang Cu-Au-Fe-Li metallogenic belt

地质时代	成矿旋回		成矿系列	成矿亚系列	成矿地质环境	典型矿床
新生代	喜马拉雅期	第四纪	Q-1 青藏高原西北部盐湖与沉积—蒸发作用有关的 Li、B、K(Rb、Cs)成矿系列组		高原碳酸盐型盐湖区	扎仓茶卡式盐湖矿
			Q-3 与风化—沉积作用有关的 Mn、菱镁矿成矿系列	Q-3 ¹ 班—怒结合带与超基性岩风化—沉积有关的 Mn、菱镁矿成矿亚系列	基性—超基性岩; E-Q 风化壳	秋拉、八达
中生代	燕山期	燕山中晚期	Mz-1 羌南与燕山中晚期岩浆作用有关的 Cu-Au-Fe-(Pb-Zn-Ni)矿床成矿系列	Mz-1 ¹ 多龙地区与燕山中晚期岩浆作用有关的 Cu-Au-Pb-Zn 矿床成矿亚系列	岩体(105)116~121Ma; 成矿(118.0±2.0)Ma	多不杂、波龙、拿诺
				Mz-1 ² 弗野地区与燕山期岩浆作用有关的 Fe-Pb-Zn 矿床成矿亚系列	岩体(138.3±6.91) Ma (Rb-Sr); 矽卡岩(120.9±0.3)Ma(U-Pb)	弗野、梅花山、材玛、嘎拉
			Mz-2 班—怒缝合带与燕山中晚期岩浆作用有关的 Cr-Au-(Ni-Pt)矿床成矿系列	Mz-2 ¹ 与基性—超基性岩浆岩作用有关的 Cr-(Ni-PGE)成矿亚系列	蛇绿岩	东巧、依拉山、切里湖、东风
				Mz-2 ² 与燕山中晚期变质—岩浆作用有关的 Au 成矿亚系列	岩体蚀变	屋素拉式 Au 矿、扎格拉式 Au 矿
		燕山早期	Mz-12 班—怒带东段与早白垩世沉积作用有关的菱镁矿成矿亚系列		K ₁	八达菱镁矿
			Mz-4 中冈底斯与燕山晚期岩浆作用有关的 Cu、Au 成矿系列		成矿(87~103~114Ma); 郎久组(K ₁ l)、下拉组(P ₂ x)	江拉昂宗、波拉扎、巴弄坐寺、嘎曲

根据全国矿产资源潜力评价的预测成果(潘凤雏等,2011^①,2013^②; 郝秋勇等,2013^③),多龙矿集区铜矿预测资源量为 1387.88×10^4 t,金矿 15569.61t,平均品位 Cu:0.52%、Au: 0.28×10^{-6} ; 其中铜 334-1 资源量为 327.59×10^4 t,金 12710.56t。矿石成分以黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿为主;矿石以浸染状构造、细脉浸染状网脉状等为主(Li Guangming et al.,2007),次为块状、角砾状。蚀变类型由含矿斑岩体向外表现为钾硅化、钾化+黏土化、绢英岩化、硅化+黏土化,再到外部的青盘岩化,形成了以含矿斑岩体为中心的环带状蚀变特征。与矿化有密切关系的是钾化、绢英岩化和硅化+黏土化,局部发育绢英岩化(Li Jinxiang et al.,2008)。

多龙铜矿床成矿时代为燕山中—晚期。

1.3.3.2 尕尔穷铜(金)矿床

尕尔穷铜矿床地处阿里—革吉县一带,位于班公湖—怒江缝合带的南侧,狮泉河燕山期结合带与

冈底斯—拉萨—腾冲陆块的交汇处。区域出露地层主要有二叠系上统下拉组(P₃x)砂屑灰岩夹硅质灰岩、硅质泥晶灰岩,白垩系上统竟柱山组(K₂j)砾岩夹生屑泥晶灰岩,白垩系下统灰岩、碎屑岩夹火山岩(凝灰岩、玄武岩、流纹岩、粗面岩、安山岩、火山角砾熔岩等)及新生界。主要成矿作用为接触扩散交代作用(双交代作用)。尕尔穷铜(金)矿床为矽卡岩—斑岩型,主要受控于白垩系下统则弄群多爱组和白垩系统下统郎山组(Luo Mei et al.,2015),区域主要控矿构造为北北东方向的构造及接触带(李亮玉等,2008^④)。

矿区内构造以断裂构造为主,褶皱构造不完整。矿区内发育两条较大断裂构造,即 F₁和 F₂断层。两个断层均为逆断层;F₁断层总体产状倾向东南,沿断层形成脉状矿化,呈北东—南西向展布,该断层所控制的褐铁矿化、硅化蚀变岩带,是矿区的导矿构造;F₂断层产状呈 145°∠86°,具有多期活动特点,在其南东和北西两盘受应力作用派生出一系列次级构造体系,

控制了后期含矿热液交代成矿的矿体形态规模。

矿区内岩浆活动频繁,燕山晚期的中性—中酸性侵入岩分布较广。与成矿有关的侵入岩主要为花岗闪长岩、花岗闪长斑岩。与矿化作用密切相关的是岩浆期后热液沿控矿构造的交代充填。

根据全国矿产资源潜力评价的预测成果(潘凤雏等,2011^①,2013^②;郗秋勇等,2013^③),尕尔穷铜矿床预测资源量为 34.21×10^4 t,金矿 7954.76 t,平均品位 Cu:1.8%~3.64%、Au:2.94~3.46 g/t;其中铜 334-1 资源量为 1.81×10^4 t,金 1970.70 t。矿石成分以黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿及磁铁矿、赤铁矿为主;脉石矿物主要以绿泥石、绿帘石、阳起石、透辉石。矿石以它形粒状、半自形粒状、交代残余结构为主;构造以稀疏浸染状、细脉浸染状等构造为主。主要围岩蚀变为矽卡岩化、大理岩化、角岩化、硅化、碳酸盐化、青盘岩化、泥化。

尕尔穷铜(金)矿床成矿时代为 89.7 Ma(潘凤雏等,2011^①)。

1.3.2.3 弗野铁矿床

弗野铁矿位于班公错—怒江结合带西段北缘,地处南羌塘拗陷带南部边缘地带。矿区出露地层主要为二叠系中统吞龙共巴组(P_2t)、龙格组(P_2l)及第四纪冲洪积物。赋矿地层主要为吞龙共巴组(碎屑岩夹灰岩)、龙格组(碳酸盐岩)。弗野铁矿为斑岩型矿床,主要受控于二叠系碳酸盐层(Hu Weizheng,2013)。

矿体赋存于早白垩世石英闪长岩、花岗闪长斑岩与中下二叠统吞龙共巴组、中二叠统龙格组上段的侵入接触带(Song Yang et al.,2014)。含矿地质体为二叠纪早世—中世吞龙共巴组、二叠纪中世龙格组中段、二叠纪中世龙格组下段沉积建造,成矿有利侵入体为石英闪长岩、闪长花岗岩。岩体与地层接触有很强的蚀变带。

区域构造线呈近东西向展布。弗野岩体呈不规则的枝叉状、长条状,总体呈近北西西向展布。岩性主要为石英闪长岩、花岗闪长斑岩等。矿区构造矿区位于北东东向野巴沟复式背斜核部。区内东西向、北东向及北西向三组脆性断裂发育,并控制区内花岗闪长斑岩、石英闪长岩的侵位。岩体与围岩接触带构造为贮矿构造。弗野岩体的花岗闪长斑岩全岩 K-Ar 法同位素年龄值 107 Ma。

根据全国矿产资源潜力评价的预测成果(潘凤雏等,2011^①,2013^②;郗秋勇等,2013^③),弗野矿集区铁矿预测资源量为 75400 kt,平均品位为 57.2%

~63.5%。其中 334-1 铁矿预测资源量为 24407 kt。矿物成分主要为磁铁矿,其次有磁赤铁矿、赤铁矿、褐铁矿、针铁矿、纤铁矿、局部见晚期的黄铁矿、黄铜矿等。矿石以块状构造为主,其次为条带状、浸染状(Hu Weizheng,2013)。铁矿体蚀变矿物主要为石榴子石、透辉石、符山石、葡萄石、阳起石、方解石、硅化石英等。(Feng Guozheng et al.,2007)。围岩蚀变有矽卡岩化、角岩化以及黄铁矿化、硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化等热液蚀变类型。

弗野铁矿床成矿时代为早白垩世(Chen Shihai et al.,2014)。

1.3.2.4 屋素拉砂金矿床

屋素拉金矿位于改则县东,班公湖—怒江成矿缝合带,木嘎岗日成矿带西段。出露地层主要为下—中侏罗统木嘎岗日岩群,屋素拉矿床金矿体主要产于下—中侏罗统木嘎岗日岩群第二岩性段的砂板岩变形复理石建造内,伴生有中酸性火山岩及燕山晚期中基性岩脉(Luo Mei et al.,2015)。控矿侵入岩为闪长玢岩、安山玢岩。屋素拉金矿为变质碎屑岩中脉型岩金矿床,成矿受班公湖—怒江洋盆闭合碰撞作用控制。

区内断裂构造发育,其中的北东向断裂构造具多期活动特点,其破碎带内岩石挤压破碎现象明显,蚀变矿化普遍,是金矿形成的有利场所。矿(化)体受北东向挤压破碎带或屋素拉—曲翁噶日东拉走滑—逆冲断裂带控制。该断裂也控制燕山期中酸性火山岩和中基性岩脉。它们又都与班公湖—怒江结合带的发展演化密切相关。

区内岩浆岩不甚发育,只在木嘎岗日群第二、三岩性段内发育中酸性火山岩及燕山晚期中基性岩脉(Ma Zhongsheng et al.,2014)。

根据全国矿产资源潜力评价的预测成果(潘凤雏等,2011^①,2013^②;郗秋勇等,2013^③),屋素拉矿集区金矿预测资源量为 49720 kg,平均品位为 0.96~19.36 g/t。其中 334-1 金矿预测资源量为 3510 kg。矿石围岩主要为黄灰—绿灰色绢云板岩夹砾屑砂屑灰岩、细粒石英砂岩、粉砂岩及似层状英安岩。矿体主要由含金石英脉和含金构造蚀变岩组成,二者关系密切,石英脉多呈细脉状、网脉状或透镜状产于构造蚀变岩内,共同受构造破碎带控制。围岩蚀变类型有硅化、绢云母化、黄铁矿化(褐铁矿化)、磁铁矿化、方解石化、绿泥石化,局部具有方铅矿化、黄铜矿化(孔雀石化)(Xiao Run,2003;Ma Zhongsheng et al.,2014)。

屋素拉金矿成矿时代为燕山晚期早白垩世晚期(100~95Ma)。

2 班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 多金属成矿带重要矿种资源潜力分析及成矿远景区划分

2.1 区域成矿地质背景

班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 多金属成矿带所在的班公湖—怒江缝合带是特提斯构造域的重要组成部分。班公湖—怒江缝合带横贯青藏高原,东西延伸长逾 2000 km。蛇绿岩带南北向出露范围变化很大,一般几十公里,在狮泉河和安多两地南北宽达 100~200km。班公湖—怒江缝合带由蛇绿岩、增生杂岩体以及被挟持其中的残余弧或岛弧变质地块构造构成,又可进一步划分为班公湖—怒江蛇绿混杂岩带,聂荣(地体)增生弧和嘉玉桥(地体)增生弧等构造单元。

区内出露地层主要有古近系、白垩系、侏罗系和三叠系等。成矿带岩石地层和构造地层包括斑公错—改则—丁青分区和那曲—怒江分区。斑公错—改则—丁青分区念青唐古拉岩群主要为黑云二长片麻岩、石英片麻岩、花岗片麻岩、斜长角闪岩、角闪斜长变粒岩、石英岩、片岩、大理岩等;聂荣岩群主要是混合岩、片麻岩、变粒岩、斜长角闪岩;嘉玉桥岩群为一套中浅变质的碎屑岩、碳酸盐岩、火山岩系。该分区内新生界岩石地层包含牛堡组、美苏组、康托组、丁青湖组、布隆组等。那曲—怒江分区卡穷岩群为深层次变形变质的斜长片麻岩、斜长角闪岩、变粒岩、混合岩及大理岩;莫得混杂岩群为大陆斜坡—深海盆地的浊积砂板岩、结晶灰岩、含早石炭世放射虫、牙形刺,变形强烈。该分区中生界岩石地层包含孟阿雄群、嘎加组、希湖群、马里组、桑卡拉侖组、拉贡塘组等。白垩系多尼组为海滩—台地边缘混积滩沉积,由岩屑砂岩与中厚层状介壳灰岩、生物碎屑灰岩及砾屑灰岩互层,上部为中粒岩屑砂岩、凝灰质砂岩与灰色厚一块状砾岩互层;宗给组为蚀变辉石安山岩、蚀变安山岩、安山质岩屑火山角砾岩等,底部为紫红色厚层状复成分砾岩;八达组为紫红色粉砂岩、细粒岩屑石英砂岩夹灰黄色厚层状泥晶灰岩、泥晶白云岩。古近系宗白组下部为紫红色砂岩、泥岩、砾岩、上部为紫红色砾岩、砂岩、白云岩等。

成矿带中段地区白垩系出露广泛,发育齐全,沉积类型复杂,海、陆相均有分布。主要由蛇绿质、硅质复理岩、钙碱性火山岩—火山碎屑岩、泥质碳酸盐

等组成(Song Liang, 2011)。

该区带无大型断裂,中型断裂走向与结合带走向一致,以逆断层为主,构造属于中密度分布,大体呈北西西向密度趋势。

班公湖—怒江成矿带侵入岩从东到西分布有嘉玉桥郭庆岩体、聂荣扎仁岩体、东恰错岩体群及昂龙岗日岩体群等,东以侏罗纪为主,西以白垩纪为主。郭庆岩石组合分布于怒江结合带北东侧,岩体侵位于嘉玉桥岩组变质岩系中,岩石类型有黑云母二长花岗岩—角闪二长花岗岩,为壳幔重熔型(S)花岗岩, K-Ar 法年龄值为 171Ma,属于燕山早期侵入岩。聂荣地块上出露早侏罗世侵入岩,总体呈近东西向展布,出露面积约 1300km²,呈岩基状产出,岩石组合包括英云闪长岩—花岗闪长岩—二长花岗岩—正长花岗岩;而安多构造岩浆岩带岩石组合复杂,岩浆活动时限较长。东恰错岩石组合,依据花岗岩的时空分布,地质特征、岩石化学和地球化学特征,结合构造关系,可分为俯冲期 I 型弧花岗岩和碰撞期 S 型花岗岩。俯冲期 I 型弧花岗岩主要包含角闪石和黑云母;碰撞期 S 型花岗岩则不含角闪石。昂龙岗日岩体组合为花岗闪长岩—黑云母花岗岩,与围岩下白垩统去申拉组呈侵入接触。

区内火山岩地层有荣中岩组(RCP)、接奴群($J_{2-3}jn$)、仲岗岩组(K_1z)、去申拉组(K_1q)、美苏组(Em)等。荣中岩组(RCP)为深海复理石夹基性火山岩组合。接奴群($J_{2-3}jn$)为浅海陆棚—斜坡相碎屑岩夹玄武岩—安山岩—英安岩组合。仲岗岩组(K_1z)主要分布在改则县洞错乡北侧仲岗一带,呈长条带状近东西向展布,下部为玄武岩,上部为与玄武岩伴生的灰岩,呈整合接触。去申拉组(K_1q)出露于沿班公湖—怒江结合带北缘,岩石组合主要为一套中基性火山岩系,同位素年龄为 (126 ± 2) Ma (Rb-Sr)。美苏组(Em)主要出露于班公湖—怒江结合带南缘,岩石组合为一套基性—中性—酸性的火山岩系, K-Ar 法同位素年龄为 58.4~34Ma。

2.2 重要矿种资源潜力分析及找矿方向

班公湖—怒江成矿带具有极大的资源潜力,根据潜力评价最新数据,该成矿带的铜、硼、卤水锂在全国占有重要比例,预测资源量占全国比例分别为 4.65%、5.23%、12.11%,此外 Au、Fe 在该成矿带也有一定分布,预测资源量占全国比例分别为 0.57%、0.03%(见表 2)。且从不同深度资源量的预测可以看出,班公湖—怒江成矿带的铜矿具有进一步的找矿资源潜力。

表 2 班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 多金属成矿带重要矿种预测资源潜力

Table 2 Important Mineral Resources' Potential Prediction of Bangong-Nujiang Belt

矿种	预测资源量占全国百分比(%)	累计查明资源储量	预测资源量			单位
			500 米以浅	1000 米以浅	2000 米以浅	
铜	4.65	391.07	1101.34	1422.14	1422.14	Cu(10 ⁴ t)
金	0.57	25.65	177.37	177.37	177.37	Au(t)
铁	0.03	0.04	0.63	0.63	0.63	Fe(10 ⁴ t)
钾盐	2.52	225.67	481.20	481.20	481.20	KCl(10 ⁴ t)
卤水锂	12.11	571.38	1119.99	1119.99	1119.99	LiCl(10 ⁴ t)
硼	5.23	1007.38	985.50	985.50	985.50	B ₂ O ₃ (10 ³ t)

在班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 成矿带西北段,已发现矿床有多不杂铜矿、弗野铁矿、材玛铁矿等,本区上述矿种的最小预测区分布密集,显示其具有很大的资源潜力,是寻找斑岩型铜矿、矽卡岩型铁矿的有利地区。在该成矿带的西南部,分布有尕尔穷铜金矿床,该区域是下一步寻找斑岩型—矽卡岩型铜金矿的有利地区。在该成矿带中部,有盐湖分布,是下一步寻找现代盐湖型钾盐、卤水锂及硼矿的有利区域。下一步,在最小预测区密集分布地段勘查,有可能获取地质找矿的更大突破。

2.3 勘查部署建议

在已设立的 78 片首批国家级整装勘查区中,本带内共有 1 个:西藏改则县多龙铜矿整装勘查区。本次研究建议在本带设立 3 个远景区,其中 2 个重

表 3 班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 多金属成矿带远景区预测资源潜力

Table 3 Prospective Areas' Resources Potential of Bangong-Nujiang Belt

序号	远景区名称	主攻矿种	主攻矿床类型
1	西藏改则县多龙铜多金属矿重点远景区	Au,Cu	斑岩型
2	西藏革吉县尕尔穷铜矿重点远景区	Au,Cu	斑岩型、矽卡岩型
3	西藏弗野岭铁矿远景调查区	Fe	矽卡岩性

点远景区,1 个远景调查区,并对其主攻矿种和主攻类型进行了初步分析(表 3)。

(1)西藏改则县多龙多金属矿重点远景区

该远景区大地构造位置位于羌塘—三江复合板片南缘(紧邻班怒缝合带),以班公湖—怒江缝合带为界,南北两侧为不同构造单元。北部属于羌塘—三江复合板片,南部属于冈底斯—念青唐古拉板片。该远景区Ⅱ级大地构造单元属羌塘—三江弧盆系,Ⅲ级构造单元属羌南地块/前陆盆地铁格隆岩浆弧带;Ⅱ级成矿带属喀喇昆仑—三江(造山系)成矿省,Ⅲ级成矿带属班公湖—怒江(羌南地块/前陆南缘)成矿(亚)区带,Ⅳ级成矿带属羌多—多龙—色哇成矿亚带。主攻矿种为 Cu,主攻矿床类型为斑岩型。

(2)西藏革吉县尕尔穷铜金矿重点远景区

该远景区大地构造位置位于Ⅱ级构造单元属于拉达克—冈底斯弧盆系,Ⅲ级构造单元属于昂龙岗日

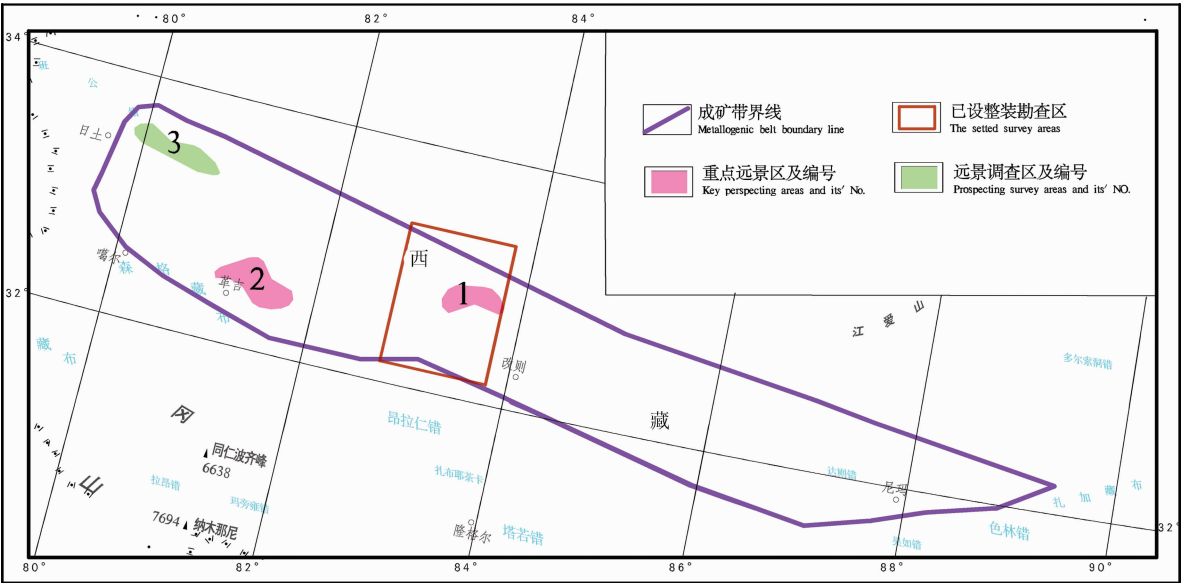


图 3 班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 成矿带勘查部署建议图

Fig. 3 Deployment recommendations for copper exploration of Bangong-Nujiang Belt

1—西藏改则县多龙铜多金属矿重点远景区;2—西藏革则县尕尔穷铜矿重点远景区;3—西藏弗野岭铁矿远景调查区

1—Copper polymetallic key prospecting area in Duolong, Gaizee, Tibet; 2—Cooper key prospecting area in Gaerqiong, Geze, Tibet; 3—Iron ore prospecting survey area in Fuyue, Tibet

—班戈—腾冲岩浆弧带。Ⅱ级成矿单元属于改则—那曲—腾冲(造山系)成矿省,Ⅲ级成矿单元属于狮泉河—申扎(岩浆弧)W-Mo-(Cu-Fe)—硼—砂金成矿带(E_1 ;Q),Ⅳ级成矿单元属于革吉—雄巴—江马—申扎(深成岩浆弧隆起)。主攻矿种为 Cu、Au,主攻矿床类型为矽卡岩型铁铜金(钼)矿及斑岩型铜金矿。

(3)西藏弗野岭铁矿远景调查区

该远景区大地构造位置位于班公错—怒江结合带西段北缘,地处南羌塘拗陷带南部边缘地带。该远景区Ⅲ级成矿带属Ⅲ-37 喀喇昆仑—他念他翁成矿带,Ⅳ级成矿带属Ⅳ-13 羌南—左贡成矿亚带萨玛隆—日干配错小带;多玛—先遣小带。主攻矿种为 Fe,主攻矿床类型为矽卡岩型。

3 结论

(1)班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 多金属成矿带位于位于西藏中部,自西向东沿班公湖、改则、东巧、丁青和类乌齐一线分布,长约 1500 千米,是分隔以北羌塘陆块(欧亚大陆)和以南拉萨陆块(印度大陆)的特提斯洋盆,晚侏罗世闭合后为两陆块拼接的产物。古近纪、白垩纪、侏罗纪和三叠纪等,构造运动强烈,岩浆活动频繁。

(2)依据班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 成矿带的区域成矿地质背景,划分为 3 个Ⅲ级成矿区带,分别为:Ⅲ-37 羌南成矿带;Ⅲ-40 班公湖—怒江成矿带;Ⅲ-41 狮泉河—申扎成矿带。并构建班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 多金属成矿带成矿谱系。

(3)班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 成矿带区内矿产以多金属为主,主攻矿床类型为斑岩型和矽卡岩型铜矿(如尕尔穷式矽卡岩型铜矿、多龙式斑岩型铜矿),变质碎屑岩中脉型金矿(如屋素拉式变质碎屑岩中脉型金矿、扎格拉变质碎屑岩中脉型金矿),矽卡岩型铁矿(如材玛矽卡岩型铁矿、弗野式矽卡岩型铁矿),现代盐湖型硼、锂、钾盐(如扎布耶茶卡式现代盐湖型硼矿)等。

(4)班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 成矿带区内铜、金、铁、钾盐、硼、卤水锂等矿种资源潜力巨大,预测资源量占全国比例分别为 4.65%、0.57%、0.03%、2.52%、12.11%、5.23%。

(5)在前人工作基础上,结合研究区找矿最新进展和全国矿产资源潜力评价最新成果,在班公湖—怒江 Cu-Au-Fe-Li 成矿带划分了 3 个远景区,其中 2 个为重点远景区,1 个为远景调查区。

注 释

- ① 潘凤雏,钟康惠,肖渊甫,孙燕,胡涛,陶专,惠广领,郝秋勇. 2011. 西藏自治区铜矿资源潜力评价成果报告.
- ② 潘凤雏,钟康惠,刘鸿飞,肖渊甫,西洛朗杰,苟金,惠广领,曾庆高,范小平,张廷斌,郝秋勇,胡涛,吴华,邓午忠,秦丽,施泽民,谭江云,常睿,侯秀萍,黄小雨,雷波,宋小琴,琼拉,张勇强,余秋兵,李海宾,聂国永,贾飞,刘珂辛,魏建,陈丰琪,陈波,赵洪飞,姜竞远,邓金贤,张明山,杨成业,于涛,韩飞,张磊,白荣龙,羊际宏,翟静波,田冬阳. 2013. 西藏自治区矿产资源潜力评价成果报告.
- ③ 郝秋勇,潘凤雏,阳正熙,何亮,寸议存,苟金,惠广领,张廷斌,西洛朗杰,范小平,曾庆高,邓午忠,李巨忠,叶永钦,胡旭刚,米玛普尺,魏佳,胡尧,谭江云,邓志娟,丁秀萍. 2013. 西藏自治区重要矿种矿产预测成果报告.
- ④ 李亮玉,孙占亮,李勤. 2008. 西藏自治区革吉县尕尔穷及尕尔穷外围铜金矿普查地质报告.

References

Bai Yunshan, Li Li, Niu Zhijun, Cui Jiangli. 2005. Characteristics and Tectonic Setting of Eerlongba Formation Volcanic Rocks in Geladandong Area of Central Qiangtang. Acta Geoscientica Sinica, 26(2): 113~120 (in Chinese with English abstract).

Chen Hongqi, Xu Xiaoming, Fan Shufang. 2014. Geological characteristics and metallogenic-prospecting model of Duolong porphyry copper-gold ore concentration area in Gerze County, Tibet. Mineral Deposits, 34(2): 321~332 (in Chinese with English abstract).

Chen Shihai, Wang Bin, Zhang Jianren, Luo Xian, Niu Jianzhong, Du Changfa, Wan Chuan. 2014. Lithogeochemical Characteristics and Chronology of Fuye Granitic Pluton from the Western Bangong-Nujiang Metallogenic Belt in China. Journal of East China Institute of Technology (Natural Science Edition), 37(1): 37~44 (in Chinese with English abstract).

China Natural Resources Books Compilation Committee. 1995. China Natural Resources Books (Tibetan Volume). Beijing: China Environmental Science Press.

Deng Shilin, Tang Juxing, Li Zhijun, Yao Xiaofeng, Wang You. 2011. Geochemical characteristics of rock mass in the Gaerqiong Cu-Au deposit, Tibet. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 38(01): 85~91 (in Chinese with English abstract).

Feng Guosheng, Chen Zhenhua, Liao liugen, Xiao Yebin. 2007. Geological characteristics of the Fuye porphyrite iron deposit, Rutog County, Tibet, China and its significance for iron prospecting. Geological Bulletin of China, 26(8): 1041~1047 (in Chinese with English abstract).

Feng Guosheng, Liao Liugen, Chen Zhenhua, Xiao Zhijian. 2006. Geological characteristics of the Caima iron-polymetallic deposit, Rutog County, western Tibet, China, and its significance for mineral prospecting. Geological Bulletin of China, 25(1): 267~272 (in Chinese with English abstract).

Geng Quanru, Pan Guitang, Wang Liquan, Peng Zhimin, Zhang

- Zhang. 2011. Tethyan evolution and metallogenic geological background of the Bangong Co-Nujiang belt and the Qiangtang massif in Tibet. *Geological Bulletin of China*, 30(8): 1261~1274 (in Chinese with English abstract).
- Geng Quanru, Peng Zhimin, Zhang Zhang, Guan Junlei. 2013. Metallogenesis related to magmatic arcs in north and south sides of the Bangong-Nujiang suture in central Tibet. *Acta Geologica Sinica*, 87(Suppl.): 22~24.
- Geng Quanru, Peng Zhimin, Zhang Zhang, Pan Guitang, Wang Liquan, Guan Junlei, Jia Baojiang, Diao Zhizhong. 2012. Tethys Evolution and Geological Background of Bangong-Nujiang Metallogenic Belt and its Neighboring Areas. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese without English abstract).
- Guo Tieying. 1991. *Ali Geology, Tibet*. Wuhan: China University of Geosciences Press (in Chinese without English abstract).
- Hou Zengqian, Yang Zhusen, Xu Wenyi, Mo Xuanxue, Ding Lin, Gao Yongfeng, Dong Fangliu, Li Guangming, Xu Xiaoming, Zhao Zhidan, Jiang Sihong, Meng Xiangjin, Li Zhenqing, Qin Kezhang, Yang Zhiming. 2006. Metallogenesis in Tibetan collisional orogenic belt: I. Mineralization in main collisional orogenic setting. *Mineral Deposits*, 25(4): 337~358 (in Chinese with English abstract).
- Hu Weizheng. 2013. Geological characteristics and their prospecting significance of Fuye iron deposit in Ritu county, Tibet. *Resources Survey & Environment*, 34(1): 29~37 (in Chinese with English abstract).
- Hu Zhenghua, Ding Feng, Tang Juxing, Li Zhijun, Yao Xiaofeng, Deng Shilin, Zhang Zhi, Wang Yunyi, Wang Hongxing, Song Junlong, Chen Wei. 2012. Geological Characteristics and Genetic Significance of the Ga'erqiong Cu-Au Deposits in Ge'gyai County, Tibet. *Acta Geoscientia Sinica*, 33(4): 588~600 (in Chinese with English abstract).
- Hu Zhenghua, Tang Juxing, Chen Yuchuan, Wang Yiyun, Lang Xinghai, Ding Feng, Yao Xiaofeng, Chen Wei, Deng Shilin, Zhang Zhi, Wang Hongxing, Song Junlong. 2015. Exploration Synthesis Model of the Gaerqiong Copper-Gold Deposit Geji Country Tibet. *Acta Geoscientia Sinica*, 89(3): 645~658 (in Chinese with English abstract).
- Li Guangming, Li Jinxiang, Qin Kezhang, Duo Ji, Zhang Tianping, Xiao Bo, Zhao Junxing. 2012. Geology and Hydrothermal Alteration of the Duobuza Gold-Rich Porphyry Copper District in the Bangongco Metallogenetic Belt, Northwestern Tibet. *Resource Geology*, 62(1): 99~118.
- Li Guangming, Duan Zhiming, Liu Bo, Zhang Hui, Dong Suiliang, Zhang Liang. 2011. The discovery of Jurassic accretionary complexes in Duolong area, northern Bangong Co-Nujiang suture zone, Tibet, and its geologic significance. *Geological Bulletin of China*, 30(8): 1256~1261 (in Chinese with English abstract).
- Li Guangming, Li Jinxiang, Qin Kezhang, Xiao Bo. 2006. Preliminary study on alteration and mineralization features and high-oxidated ore-forming fluids at Duobuza super-large Au-rich porphyry Cu deposit, western Tibet. *Mineral Deposits*, 25(S1): 411~414 (in Chinese with English abstract).
- Li Guangming, Li Jinxiang, Qin Kezhang, Zhang Tianping, Xiao Bo. 2007. High temperature, salinity and strong oxidation ore-forming fluid at Duobuza gold-rich porphyry copper deposit in the Bangonghu tectonic belt, Tibet: Evidence from fluid inclusions. *Acta Petrologica Sinica*, 23(5): 935~952 (in Chinese with English abstract).
- Li Guangming, Liu Bo, Xu Wenjun, Lin Fangcheng, Shen Hongquan, Feng Chengyou. 2005. The Porphyry-Skarn Ore-Forming System in Gangdese Metallogenic Belt, Southern Xizang: Evidence from Molybdenite RE-OS Age of Porphyry-Type Copper Deposits and Skarn-Type Copper Polymetallic Deposits. *Geotectonica et Metallogenia*, 29(4): 482~490 (in Chinese with English abstract).
- Li Jinxiang, Li Guangming, Qin Kezhang, Xiao Bo. 2008. Geochemistry of porphyries and volcanic rocks and ore-forming geochronology of Duobuza gold-rich porphyry copper deposit in Bangonghu belt, Tibet: Constraints on metallogenic tectonic settings. *Acta Petrologica Sinica*, 24(3): 531~543 (in Chinese with English abstract).
- Li Jinxiang, Qin Kezhang, Li Guangming, Zhang Tianping, Xiao Bo, Zhao Junxing, Chen Lei. 2010. Duolong Multiple Large Gold-Rich Porphyry Copper Ore Magma-Hydrothermal Evolution: U-Pb and Ar-Ar Geochronology Evidence. *Mineral Deposits*, (S1): 460~461 (in Chinese without English abstract).
- Li Yubin, Duo Ji, Zhong Wanting, Li Yuchang, Qingba Wangdui, Chen Hongqi, Liu Hongfei, Zhang Jinshu, Zhang Tianping, Xu Zhizhong, Fan Anhui, Langsuo Wangqin. 2012a. An Exploration Model of the Duobuza Porphyry Cu-Au Deposit in Gaize Country, Northern Tibet. *Geology and Prospecting*, 48(2): 274~287 (in Chinese with English abstract).
- Li Yubin, Zhong Wanting, Zhang Tianping. 2012b. Geochemical Characteristics and Genesis of the Bolong Porphyry Copper-Gold Deposit in Gerze County, Tibet. *Acta Geoscientia Sinica*, 33(4): 579~587 (in Chinese with English abstract).
- Li Zhijun, Tang Juxing, Yao Xiaofeng, Duo Ji, Liu Hongfei, Deng Shilin, Zhang Zhi, Zhang Jinshu, Hu Zhenghua. 2011. Geological characteristics and prospecting potential of Gaerqiong copper-gold polymetallic deposit in Ali District, northern Tibet. *Mineral Deposits*, 30(6): 1149~1153 (in Chinese with English abstract).
- Lu Biao, Zhong Kanghui, Nie Guoyong, Song Xiaoqin, Zheng Fanshi. 2013. Divisions and geologic mineral features of the IV、V metallogenic belt of Karakorum-Sanjiang metallogenic Province, Tibet. *Sichuan Nonferrous Metals*, (1): 31~36 (in Chinese with English abstract).
- Luo Mei, Fan Fengchu, Li Juchu, Xu Zhizhong, Deng Wuzhong, Li Guanqing, Liu Lijun. 2014. Metallogenic Series Study of Ore Deposits in the Tibet Qiangtang-Sanjiang District. *Acta Geologica Sinica*, 88(12): 2556~2571 (in Chinese with English abstract).
- Luo Mei, Fan Fengchu, Li Juchu, Xu Zhizhong, Deng Wuzhong, Li Guanqing, Liu Lijun. 2015. Greatgangdise Northern Tibet Metallogenic Series Study of Ore Deposits. *Acta Geologica Sinica*, 89(4): 715~730 (in Chinese with English abstract).
- Lü Lina, Zhang Yuanyi, Song Liang, Tian Yi, Xin Hongbo. 2011.

- Characteristics of C, Si, O, S and Pb Isotopes of the Fe-rich and Cu (Au) Deposits in the Western Bangong-Nujiang Metallogenic Belt, Tibet, and Their Geological Significance. *Acta Geologica Sinica*, 85(8): 1291~1304 (in Chinese with English abstract).
- Ma Zhongsheng, Feng Li. 2014. Research on the Geological characteristics and metallogenic regularity of Gold in Nyima, Tibet. *West-China Exploration Engineering*, 26(8): 116~119, 124 (in Chinese without English abstract).
- Qinghai-Tibet Plateau Comprehensive Scientific Expedition, Chinese Academy of Sciences. 1984. *Stratum of Tibet*. Beijing: Science Press (in Chinese without English abstract).
- Qu Xiaoming, Xin Hongbo. 2006. Ages and tectonic environment of the Bangong Co porphyry copper belt in western Tibet, China. *Geological Bulletin of China*, 25(7): 792~799 (in Chinese with English abstract).
- Qu Xiaoming, Wang Ruijiang, Dai Jingjing, Li Youguo, Qi Xun, Xin Hongbo, Song Yang, Du Dedao. 2012. Discovery of Xiongmei porphyry copper deposit in middle segment of Bangonghu-Nujiang suture zone and its significance. *Mineral Deposits*, 31(1): 1~12 (in Chinese with English abstract).
- She Hongquan, Li Jinwen, Feng Chengyou, Ma Dongfang, Pan Guitang, Li Guangming. 2006. The High-Temperature and Hypersaline Fluid Inclusions and Its Implication to the Metallogenesis in Duobuza Porphyry Copper Deposit, Tibet. *Acta Geologica Sinica*, 80(9): 1434~1447 (in Chinese with English abstract).
- She Hongquan, Li Wenjin, Ma Dongfang, Li Guangming, Zhang Dequan, Feng Chengyou, Qu Wenjun, Pan Guitang. 2009. Molybdenite Re-Os and SHRIMP zircon U-Pb dating of Duobuza porphyry copper deposit in Tibet and its geological implications. *Mineral Deposits*, 28(6): 737~746 (in Chinese with English abstract).
- Song Liang. 2011. The Research about Minerogenetic Series in the Middle of Bangong-Nujiang Metallogenic Belt, Tibet. Beijing: China University Of Geosciences (Beijing) For Master Degree (in Chinese with English abstract).
- Song Yang, Tang Juxing, Qu Xiaoming, Wang Denghong, Xin Hongbo, Yang Chao, Lin Bin, Fan Shufang. 2014. Progress in the Study of Mineralization in the Bangongco-Nujiang Metallogenic Belt and Some New Recognition. *Advances in Earth Science*, 29(7): 795~809 (in Chinese with English abstract).
- Tang Juxing, Sun Xingguo, Ding Shuai, Wang Qin, Wang Yiyun, Yang Chao, Chen Hongqi, Li Yanbo, Li Yubin, Wei Lujie, Zhang Zhi, Song Junlong, Yang Huanhuan, Duan Jilin, Gao Ke, Fang Xiang, Tan Jiangyun. 2014. Discovery of the Epithermal Deposit of Cu (Au-Ag) in the Duolong Ore Concentrating Area, Tibet. *Acta Geoscientia Sinica*, 35(1): 6~10 (in Chinese with English abstract).
- Tang Juxing, Wang Liqiang, Zheng Wenbao, Zhong Kanghui. 2014. Ore Deposits Metallogenic Regularity and Prospecting in the Eastern Section of the Gangdese Metallogenic Belt. *Acta Geologica Sinica*, 88(12): 2545~2555 (in Chinese with English abstract).
- Tang Juxing, Zhang Zhi, Li Zhijun, Sun Yan, Yao Xiaofeng, Hu Zhenghua, Wang Hongxing, Song Junlong, He Lin. 2013. The Metallogensis, Deposit Model and Prospecting Direction of the Ga' erqiong-Galale Copper-gold Ore Field, Tibet. *Acta Geoscientia Sinica*, (4): 385~394 (in Chinese with English abstract).
- Wang Pujun, Frank Mattern, Werner Schneider, Liu Wanshu, Tian Wenquan, Li Cai. 2003. The Cretaceous of the Eastern Bangong-Nujiang Suture Zone (Tibet): Tectono-Sedimentation. *Global Geology*, 22(2): 105~110 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Keyan, Lou Debo, Sun Li, Li Jingchao, Ye Tianzhu. 2014. Some Progresses of Mineral Prediction Theory and Method in Important Mineral Resource Potential Assessment of China. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 43(4): 1073~1082 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Run. 2003. Research on Metallogenic Regularities and Prospecting Directions of Gold Deposits in Gaize District, Tibet. Beijing: China University of Geosciences (Beijing) for Doctor Degree (in Chinese with English abstract).
- Xin Hongbo, Qu Xiaoming, Wang Ruijiang, Liu Hongfei, Zhao Yuanyi, Huang Wei. 2009. Geochemistry and Pb, Sr, Nd isotopic features of ore-bearing porphyries in Bangong Lake porphyry copper belt, western Tibet. *Mineral Deposits*, 28(6): 785~792 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhigang, Chen Yuchuan, Wang Denghong, Chen Zhenghui, Li Houmin. 2008. *China Metallogenic Belt Division Scheme*. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese without English abstract).
- Yang Deming, Li Cai, Wang Tianwu. 2001. Features and genesis of the north south trending tectonic belt in the eastern sector of the Gangdise Mountains, Tibet. *Regional Geology of China*, 20(4): 392~397 (in Chinese with English abstract).
- Yang Zunyi, Nie Zetong. 1990. *Paleontology of Ali, Tibet*. Wuhan: China university of geosciences press (in Chinese without English abstract).
- Yao Xiaofeng, Tang Juxing, Wang You, Li Zhijun, Deng Shilin. 2011. Characteristics of Gold-bearing Minerals in the Ga' erqiong Copper-Gold Deposit, Tibet. *Geology and Prospecting*, 47(6): 1018~1025 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Yuanyi, Jiao Pengcheng, Li Botao, Qian Zuohua. 2010a. Geological characteristics and resource potential of soluble potash in China. *Mineral Deposits*, 47(6): 1018~1025 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Yuanyi, Liu Yan, Wang Ruijiang, Cui Yubin, Song Liang, Lv Lina, Qu Xiaoming. 2010b. The Discovery of the Bismuth Mineralization Belt in the Bangong Co-Nujiang Metallogenic Belt of Tibet and its Adjacent Areas and Its Geological Significance. *Acta Geoscientia Sinica*, 31(2): 183~193 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Xiangping, Chen Huaan, Ma Dongfang, Huang Hanxiao, Li Guangming, Li Yubin, Li Yuchang. 2011. Re-Os dating for the molybdenite from Bolong porphyry copper-gold deposit in Tibet, China and its geological significance. *Acta Petrologica Sinica*, 27

(7):2159~2164(in Chinese with English abstract).

Zhu Xiangping, Chen Huan, Ma Dongfang, Huang Hanxiao, Li Guangming, Wei Lujie, Liu Chaoqiang. 2012. Geology and Alteration of the Duobuza Porphyry Copper-gold Deposit in Tibet. *Geology and Prospecting*, 48(2): 199~206 (in Chinese with English abstract).

Zhu Yusheng, Xiao Keyan, Ma Yubo, Ding Jianhua. 2013. Review and status of mineralization belt study in China. *Journal of Geology*, 37(3): 349~357(in Chinese with English abstract).

Zhu Yusheng, Xiao Keyan, Song Guoyao, Yan Shenghao, Chen Zhenghui, Mei Yaoxiong, Li Chunjie, Liu Yaling, Wang Meiyu. 2007. Mineralization Feature and Ore-Forming Pedigree of the Major Metallogenic Belt, China. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese without English abstract).

参 考 文 献

白云山,李莉,牛志军,崔江利. 2005. 羌塘中部各拉丹冬一带鄂尔陇巴组火山岩特征及其构造环境. *地球学报*, 26(2): 113~120.

陈红旗,曲晓明,范淑芳. 2014. 西藏改则县多龙矿集区斑岩型铜金矿床的地质特征与成矿找矿模型. *矿床地质*, 34(2): 321~332.

陈士海,王斌,张健仁,罗睨,牛建忠,杜昌法,万川. 2014. 班公湖—怒江成矿带西段弗野花岗岩岩体的岩石地球化学特征及年代学研究. *东华理工大学学报(自然科学版)*, 37(1): 37~44.

邓世林,唐菊兴,李志军,姚晓峰,王友. 2011. 西藏杂尔穷铜金矿床岩体地球化学特征. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 38(01): 85~91.

冯国胜,陈振华,廖六根,肖业斌. 2007. 西藏日土地区弗野斑岩铁矿的地质特征及找矿意义. *地质通报*, 26(8): 1041~1047.

冯国胜,廖六根,陈振华,肖志坚. 2006. 西藏西部日土县材玛铁多金属矿地质特征及找矿意义. *地质通报*, 25(1): 267~272.

耿全如,潘桂堂,王立全,彭智敏,张璋. 2011. 班公湖—怒江带,羌塘地块特提斯演化与成矿地质背景. *地质通报*, 30(8): 1261~1274.

耿全如,彭智敏,张璋,潘桂堂,王立全,关俊雷,贾宝江,刁志忠. 2012. 班公湖—怒江成矿带及邻区特提斯演化与成矿地质背景. 北京:地质出版社.

郭铁鹰. 1991. 西藏阿里地质. 武汉:中国地质大学出版社.

侯增谦,杨竹森,徐文艺,莫宣学,丁林,高永丰,董方浏,李光明,曲晓明,赵志丹,江思宏,孟祥金,李振清,秦克章,杨志明. 2006. 青藏高原碰撞造山带: I. 主碰撞造山成矿作用. *矿床地质*, 25(4): 337~358.

胡为正. 2013. 西藏日土县弗野铁矿床地质特征及找矿意义. *资源调查与环境*, 34(1): 29~37.

胡正华,丁枫,唐菊兴,李志军,姚晓峰,邓世林,张志,王艺云,王红星,宋俊龙,陈伟. 2012. 西藏革吉县杂尔穷铜金矿床地质特征及其成因意义. *地球学报*, 33(4): 588~600.

胡正华,唐菊兴,陈毓川,王艺云,郎兴海,丁枫,姚晓峰,陈伟,邓世林,张志,王红星,宋俊龙. 2015. 西藏革吉县杂尔穷铜金矿床勘查模型. *地质学报*, 89(3): 645~658.

李光明,段志明,刘波,张晖,董随亮,张丽. 2011. 西藏班公湖—怒江结合带北缘多龙地区侏罗纪增生杂岩的特征及意义. *地质通报*, 30(8): 1256~1261.

李光明,李金祥,秦克章,张天平,肖波. 2007. 西藏班公湖带多不杂

超大型富金斑岩铜矿的高温高盐高氧化成矿流体: 流体包裹体证据. *岩石学报*, 23(5): 935~952.

李光明,李金祥,秦克章,张天平,肖波. 2006. 西藏多不杂超大型富金斑岩铜矿的蚀变—矿化特征及高氧化成矿流体初步研究. *矿床地质*, 25(S1): 411~414.

李光明,刘波,屈文俊,林方成,余宏全,丰成友. 2005. 西藏冈底斯成矿带的斑岩—矽卡岩成矿系统——来自斑岩矿床和矽卡岩型铜多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄证据. *大地构造与成矿学*, 29(4): 482~490.

李金祥,李光明,秦克章,肖波. 2008. 班公湖带多不杂富金斑岩铜矿床斑岩—火山岩的地球化学特征与时代: 对成矿构造背景的制约. *岩石学报*, 24(3): 531~543.

李金祥,秦克章,李光明,张天平,肖波,赵俊兴,陈雷. 2010. 西藏班公湖带多龙超大型富金斑岩铜矿床的岩浆—热液演化: U-Pb 和 Ar-Ar 年代学的证据. *矿床地质*, (S1): 460~461.

李玉彬,多吉,钟婉婷,李玉昌,强巴旺堆,陈红旗,刘鸿飞,张金树,张天平,徐志忠,范安辉,索朗旺钦. 2012. 西藏改则县多不杂斑岩型铜金矿床勘查模型. *地质与勘探*, 48(2): 274~287.

李玉彬,钟婉婷,张天平. 2012. 西藏改则县波龙斑岩型铜金矿床地球化学特征及成因浅析. *地球学报*, 33(4): 579~587

李志军,唐菊兴,姚晓峰,多吉,刘鸿飞,邓世林,张志,张金树,胡正华. 2011. 藏北阿里地区新发现的杂尔穷铜金多金属矿床地质特征及其找矿前景. *矿床地质*, 30(6): 1149~1153.

陆彪,钟康惠,聂国永,宋小琴,郑凡石. 2013. 西藏喀喇昆仑—三江成矿省Ⅳ、Ⅴ级成矿区带划分及其地质矿产特征. *四川有色金属*, (1): 31~36.

罗梅,潘凤雏,李巨初,徐志忠,邓午忠,李关清,刘丽君. 2014. 西藏羌塘—三江地区金属矿床成矿系列研究. *地质学报*, 88(12): 2556~2571.

罗梅,潘凤雏,李巨初,徐志忠,邓午忠,李关清,刘丽君. 2015. 西藏大冈底斯北部金属矿床成矿系列研究. *地质学报*, 89(4): 715~730.

吕立娜,赵元艺,宋亮,田毅,辛洪波. 2011. 西藏班公湖—怒江成矿带西段富铁矿与铜(金)矿 C、Si、O、S 和 Pb 同位素特征及地质意义. *地质学报*, 85(8): 1291~1304.

马忠胜,冯立. 2014. 西藏尼玛县达查金矿地质特征及成矿规律研究. *西北探矿工程*, 26(8): 116~119, 124.

曲晓明,王瑞江,代晶晶,李佑国,戚迅,辛洪波,宋扬,杜德道. 2012. 西藏班公湖—怒江缝合带中段雄梅斑岩铜矿的发现及意义. *矿床地质*, 31(1): 1~12.

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. *地质通报*, 25(7): 792~799.

余宏全,李进文,丰成友,马东方,潘桂堂,李光明. 2006. 西藏多不杂斑岩铜矿床高温高盐度流体包裹体及其成因意义. *地质学报*, 80(9): 1434~1447.

余宏全,李文进,马东方,李光明,张德全,丰成友,屈文俊,潘桂堂. 2009. 西藏多不杂斑岩铜矿床辉钼矿 Re-Os 和锆石 U-Pb SHRIMP 测年及地质意义. *矿床地质*, 28(6): 737~746.

宋亮. 2011. 西藏班公湖—怒江成矿带中段成矿系列研究. 北京:中国地质大学(北京)硕士学位论文.

宋扬,唐菊兴,曲晓明,王登红,辛洪波,杨超,林彬,范淑芳. 2014. 西藏班公湖—怒江成矿带研究进展及一些新认识. *地球科学进展*, 29(7): 795~809.

唐菊兴,孙兴国,丁帅,王勤,王艺云,杨超,陈红旗,李彦波,李玉彬,

卫鲁杰, 张志, 宋俊龙, 杨欢欢, 段吉琳, 高珂, 方向, 谭江云. 2014. 西藏多龙矿集区发现浅成低温热液型铜(金银)矿床. 地球学报, 35(1): 6~10.

唐菊兴, 王立强, 郑文宝, 钟康惠. 2014. 冈底斯成矿带东段矿床成矿规律及找矿预测. 地质学报, 88(12): 2545~2555.

唐菊兴, 张志, 李志军, 孙燕, 姚晓峰, 胡正华, 王红星, 宋俊龙, 何林. 2013. 西藏杂尔穷—嘎拉勒铜金矿集区成矿规律、矿床模型与找矿方向. 地球学报, (4): 385~394.

王璞珺, Frank Mattern, Werner Schneider, 刘万洙, 田纹全, 李才. 2003. 西藏班公湖—怒江缝合带白垩系沉积特征及其构造意义. 世界地质, 22(2): 105~110.

肖克炎, 姜德波, 孙莉, 李景超, 叶天竺. 2014. 全国重要矿产资源潜力评价多一些基本预测理论方法的进展. 吉林大学学报(地球科学版), 43(4): 1073~1082.

肖润. 2003. 西藏改则地区金矿成矿规律和找矿方向研究. 北京: 中国地质大学(北京)博士学位论文.

辛洪波, 曲晓明, 王瑞江, 刘鸿飞, 赵元艺, 黄玮. 2009. 藏西班公湖斑岩铜矿带成矿斑岩地球化学及 Pb、Sr、Nd 同位素特征. 矿床地质, 28(6): 785~792.

徐志刚, 陈毓川, 王登红, 陈郑辉, 李厚民. 2008. 中国成矿区带划分方案. 北京: 地质出版社.

杨德明, 李才, 王天武. 2001. 西藏冈底斯东段南北向构造特征与成因. 中国区域地质, 20(4): 392~397.

杨遵仪, 聂泽同. 1990. 西藏阿里古生物. 武汉: 中国地质大学出版社.

姚晓峰, 唐菊兴, 王友, 李志军, 邓世林. 2011. 西藏杂尔穷铜金矿床金矿物特征研究. 地质与勘探, 47(6): 1018~1025.

赵元艺, 焦鹏程, 李波涛, 钱作华. 2010a. 中国可溶性钾盐资源地质特征与潜力评价. 矿床地质, (04): 649~656.

赵元艺, 刘妍, 王瑞江, 崔玉斌, 宋亮, 吕丽娜, 曲晓明. 2010b. 西藏班公湖—怒江成矿带及邻区铋矿化带的发现与意义. 地球学报, 31(2): 183~193.

中国科学院青藏高原综合科学考察队. 1984. 西藏地层. 北京: 科学出版社.

中国自然资源丛书编撰委员会. 1995. 中国自然资源丛书《西藏卷》. 北京: 中国环境科学出版社.

朱裕生, 肖克炎, 马玉波, 丁建华. 2013. 中国成矿区带划分的历史与现状. 地质学刊, 37(3): 349~357.

朱裕生, 肖克炎, 宋国耀, 阎升好, 陈郑辉, 梅燕雄, 李纯杰, 刘亚玲, 王美玉. 2007. 中国主要成矿区(带)成矿地质特征及矿床成矿谱系. 北京: 地质出版社.

祝向平, 陈华安, 马东方, 黄瀚霄, 李光明, 李玉彬, 李玉昌. 2011. 西藏波龙斑岩铜金矿床的 Re-Os 同位素年龄及其地质意义. 岩石学报, 27(7): 2159~2164.

祝向平, 陈华安, 马东方, 黄瀚霄, 李光明, 卫鲁杰, 刘朝强. 2012. 西藏多不杂斑岩铜金矿床地质与蚀变. 地质与勘探, 48(2): 199~206.

Geological Characteristics and Resource Potential Analysis of the Bangong-Nujiang Cu-Au-Fe-Li Metallogenic Belt

CUI Ning¹⁾, XING Shuwen²⁾, XIAO Keyan²⁾, DING Jianhua²⁾

1) School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China.
2) MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China

Abstract

With the implementation of geological survey and continuous emergence of prospecting and assessment results, Bangong-Nujiang, as one of the most important areas for key to exploration target, is of big importance to conduct systematic metallogenic study and research deployment. Based on the latest prospecting progress and assessment results, this study defined the boundaries of the re-divided metallogenic belt and named it the Bangong-Nujiang Cu-Au-Fe-Li Metallogenic belt. Comprehensive study of the regional geological background divided the working area into three metallogenic zones. The metallogenic system of the Bangong-Nujiang polymetallic mineralization belt was established. The study shows that the system is characterized with multiple mineralization stages, with Himalayanian and Yanshanian being the major metallogenic time. The mineralization types in this area include porphyry-type Cu-Au ore deposits, skarn-type Cu-Au ore deposits, vein-type Au deposits within metamorphic clastic rocks, skarn-type iron ore deposit, modern salt lake-type potassium, boron, lithium ore deposits and others. Combined with the latest prospecting and assessment results for this area, this paper suggests that this area is of big potential for Cu, Au, Fe, Li, K and B, which will be working direction for next major mineral species. 13 prospective areas were defined, including two key prospective areas and one average area. This will be of some guiding significance for next mineral exploration and working deployment.

Key words: Bangong-Nujiang; metallogenic geologic feature; potential analysis; mineralization type