

西藏斑岩-矽卡岩-浅成低温热液铜多金属矿 成矿作用、勘查方向与资源潜力

唐菊兴¹⁾, 王 勤²⁾, 杨欢欢¹⁾, 高 昕²⁾, 张泽斌³⁾, 邹 兵³⁾

1)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;

2)成都理工大学, 四川成都 610059; 3)中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083

摘 要: 西藏主要成矿带是东特提斯成矿带的重要组成部分。1999 年以来, 中国地质调查局地质大调查的全面实施, 国家公益性基础研究的不断深入和商业性勘查的及时跟进, 真正意义上的找矿突破得以实现。论文在前人资料和研究成果综述的基础上, 结合研究团队近年来的研究进展, 总结了西藏各成矿带主要矿床的地质特征和成矿规律, 梳理了若干影响勘查评价和找矿突破的重大问题, 构建了主要矿集区的勘查模型, 提出进一步找矿方向和资源潜力。西藏四大成矿带特色鲜明, 东特提斯成矿带集聚了从新特提斯洋俯冲-碰撞的多种矿床类型, 控矿因素复杂, 主要矿床类型为斑岩-矽卡岩-浅成低温热液型铜多金属和岩浆热液脉型矿床, 成岩成矿时代从 170 Ma 到 12 Ma, 具有成矿时代跨度大、矿床类型丰富、成矿元素复杂、矿石质量较好之特点, 已经成为我国最重要的资源储备基地。藏东玉龙成矿带除了斑岩型铜(钼)矿以外, 斑岩体外接触带的矽卡岩型矿床具有重要工业价值, 如玉龙 II、V 号矿体、昂青银铅锌(铜)矿, 成岩成矿时代在 40~38 Ma, 成矿岩体和矿体受北西向走滑构造控制的背斜控制。冈底斯成矿带类型发现识别出赋存于林子宗群典中组的低硫化浅成低温热液型矿床, 显示谢通门—昂仁县以西林子宗群分布区寻找斑岩-浅成低温热液型铜多金属(银、金、铅锌)矿床具有重要意义; 矿床学研究成果作为构造地质背景确定的指针之一, 认为印度大陆和亚洲大陆的碰撞事件发生在 52~50 Ma, 至少典中组火山岩还是陆缘弧的产物, 并形成典型的浅成低温热液矿床, 甚至斑岩-浅成低温热液矿床; 含矿斑岩接触带有碳酸盐岩, 接触带和深部需要勘查评价矽卡岩型铜多金属矿体或铅锌银矿体, 90~13 Ma 侵位的花岗斑岩、花岗闪长斑岩可形成规模较大的矽卡岩型矿床, 甲玛、驱龙外围的知不拉、邦铺、洞中拉—蒙亚啊矿集区、努日、尕尔穷—嘎拉勒等矿床均具有相似的特征, 而这种类型矿体较之斑岩型铜(钼)矿更具工业价值。班公湖—怒江成矿带多龙矿集区 120~116 Ma 的斑岩-浅成低温热液成矿系统形成斑岩型-高硫化浅成低温热液型-隐爆角砾岩型矿床, ~110 Ma 的陆相安山质火山岩——美日切错组(K_1m), 作为良好的成矿后盖层, 是该类矿床得以保存的必要条件; 班—怒结合带两侧形成于 140~110 Ma 的则弄群、多尼组、去申拉组、美日切错组等安山质、英安质、流纹质火山岩具有强烈的蚀变, 发育火山机构, 是新特提斯洋俯冲形成的产物, 成矿地质背景类似于南美安第斯成矿带, 显示良好的成矿潜力。西藏已经初步查明的铜资源量 >6 000 万吨, 钼资源量 >300 万吨, 共伴生金 >1 000 t, 共伴生银 >25 000 t, 铅锌资源量 >1 000 万吨, 已经成为我国最重要的有色金属储备基地, 研究认为西藏铜的资源潜力将超过 15 000 万吨。

关键词: 斑岩-浅成低温热液型; 斑岩-矽卡岩型; 冈底斯成矿带; 班公湖—怒江成矿带; 成矿潜力; 陆相火山岩; 西藏

中图分类号: P618.41; P611.13 P612 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2017.05.02

本文由国土资源部公益性行业科研专项(编号: 201511017)和中国地质调查局二级项目(编号: DD20160026)联合资助。

收稿日期: 2017-08-29; 改回日期: 2017-09-10。责任编辑: 张改侠。

第一作者简介: 唐菊兴, 男, 1964 年生。博士, 研究员。主要从事勘查地质学、矿床学研究。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街 26 号。E-mail: tangjuxing@126.com。

Mineralization, Exploration and Resource Potential of Porphyry-skarn-epithermal Copper Polymetallic Deposits in Tibet

TANG Ju-xing¹⁾, WANG Qin²⁾, YANG Huan-huan¹⁾, GAO Xin²⁾, ZHANG Ze-bin³⁾, ZOU Bing³⁾

1) *MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;*

2) *College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059;*

3) *School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083*

Abstract: Main metallogenic belts in Tibet have become the important part of the Eastern Tethyan metallogenic domain. Since 1999, with the full implementation of the geological survey by China Geological Survey and the deepening of the basic research on national public welfare and the timely follow-up of commercial exploration, the real breakthrough in prospecting has been realized. Based on the review of the previous data and research results in combination of the recent progress in research by the authors' research group, this paper summarizes the geological characteristics and metallogenic regularity of the main deposits in the metallogenic belts, Tibet, arranges some major problems affecting the exploration and evaluation as well as prospecting breakthrough, builds an exploration model of the main ore district, and puts forward the further prospecting direction and resource potential. Four main metallogenic belts in Tibet are distinctive. The Eastern Tethyan metallogenic domain concentrates a variety of deposit types from Neo-Tethys subduction to collision, with the complicated ore-controlling factors. The main ore deposits are porphyry-skarn-epithermal copper polymetallic deposits and magmatic hydrothermal vein deposits, and their metallogenic ages are from 170 to 12 Ma. Tibet has become the most important resource reserve base in China with large span of metallogenic ages, various types of deposits, complex metallogenic elements and good ore quality. In the Yulong metallogenic belt of east Tibet, besides porphyry copper (molybdenum) deposits, skarn deposits in the external contact zone of porphyry, such as Yulong No. II and No. V orebodies and Angqing silver-lead-zinc (copper) orebody, also have important industrial values. The diagenetic and metallogenic epoch is 40~38 Ma, and the ore-forming rock and orebody are controlled by the anticline of the NW-striking slip structure. The identification of the existence of low sulfidation epithermal deposits in the Dianzhong Formation of Linzizong Group in the Gangdise metallogenic belt shows the important significance of exploration of the porphyry-epithermal copper polymetallic (silver, gold, lead and zinc) deposits in the distribution area of Linzizong Group in the West of Xietongmen-Angren County. Research results of mineral deposits can be one of the pointers for the determination of the tectonic setting. The collision event of Indian and the Asian continents occurred at 52~50 Ma. At least the Dianzhong volcanic rock is the product of the continental margin arc, and the typical epithermal deposits, even porphyry-epithermal deposits, were formed. If ore-bearing porphyry contact has carbonate rocks, it is necessary to evaluate the skarn type copper polymetallic orebodies or lead-zinc silver orebodies along the contact zone and in the depth. Granite porphyry and granodiorite porphyry which intruded in 90~13 Ma might form larger skarn deposits, such as Jiama, Zhibula in the Qulong periphery, Bangpu, Dongzhongla-Mengya'a ore concentration area, Nuri, Gaerqiong and Galale deposits with similar characteristics. Orebodies of this type have more industrial values than porphyry copper (molybdenum) orebodies. The porphyry-high sulfidation epithermal-cryptoexplosive breccia type deposits were formed by the porphyry-epithermal metallogenic system in 120~116 Ma in the Duolong ore concentration area of the Bangong Co-Nujiang metallogenic belt. The continental andesitic volcanic rock-Meiriqiecuo Formation (K_1m) (110 Ma) serves as the good post-mineralization cover, which constitutes one of the necessary conditions for the preservation of this kind of deposits. Strong alterations in the andesitic, dacitic and rhyolitic volcanic rocks of Zenong Group, Anni Formation, Qushenla Formation, Meiriqiecuo Formation (140~110 Ma) on both sides of the Bangong Co-Nujiang junction zone and the rich volcanic apparatuses are the products of the Neo-Tethys subduction. The metallogenic geological background is similar to that of the Andean metallogenic belt in South America, showing good metallogenic potential. Tibet has initially identified copper resources of >60 million tons, molybdenum resources of >3 million tons, a total of associated gold > 1 000 tons, associated silver of > 25 000 tons, and lead and zinc resources of >10 million tons. Tibet has become China's most important nonferrous metal reserve base, and this study concludes that the copper resource potential in Tibet will exceed 150 million tons.

Key words: porphyry-epithermal type; porphyry-skarn type; Gangdise metallogenic belt; Bangong Co-Nujiang metallogenic belt; metallogenic potential; continental volcanic rock; Tibet

1 引言

西藏斑岩-矽卡岩-浅成低温热液成矿作用是西藏主要成矿带的成矿主旋律，众多学者开展了多方面的综合研究和勘查评价(唐仁鲤等, 1995; 侯增谦等, 2006a, b; 唐菊兴等, 2006, 2009; Mo et al., 2007; 侯增谦和杨志明, 2009; Hou et al., 2009a, b, 2015; Lang et al., 2014; Tang et al., 2015)。

除了著名的冈底斯成矿带以外，班公湖—怒江成矿带(唐菊兴等, 2014a, b, 2016a, b; Lin et al., 2017a, b)和藏东三江北段的玉龙成矿带均有重要的发现和勘查评价成果(唐仁鲤等, 1995; 王毅等, 2010; 章奇志等, 2012)，三大成矿带产出的斑岩-矽卡岩-浅成低温热液型矿床的铜资源总量占全国总量的一半以上，尽管其开发条件较差，环境承载力受限，但矿石的质和量品质较佳，是中央第六次援藏工作会议确定的资源储备基地的重要组成部分，作为资源储备基地，需要有一定的产能作为应对突发事件的准备。

自 1999 年中国地质调查局实施地质大调查以来，商业性勘查的及时介入，西部矿业(玉龙铜矿)、中国黄金(甲玛铜矿)、巨龙铜业(驱龙铜矿)、金川矿业-紫金矿业(雄村铜金矿)、华钰矿业(扎西康)、西藏矿业(厅宫)、中铝资源(铁格隆南、拿若)、宏达集团(邦铺、多不杂、波龙)等积极参与国家西部大开发战略，取得一系列成果，有的矿山目前已经进入

绿色开发阶段。

到目前为止，已经成为我国重要铜多金属资源储备和开发基地的矿集区主要有：藏东三江的玉龙铜多金属矿集区；冈底斯成矿带的驱龙—甲玛—邦铺—拉扛俄铜多金属，厅宫冲江—岗讲铜钼，雄村铜金，朱诺铜钼金，斯弄多—纳如松多—普桑果银多金属，德明顶—吹败子钼铜，亚贵拉—洞中拉—沙让—洞中松多铅锌钼，龙马拉—蒙亚啊铅锌、努日—程巴铜钼等矿集区；班公湖—怒江成矿带的多龙铜金矿集区、尕尔穷—嘎拉勒铜金矿集区；北喜马拉雅成矿带的扎西康—柯月—错纳洞铅锌锑银—稀有金属矿集区(图 1，表 1)。

除了我国紧缺的铬铁矿床以外，在主攻矿床类型、矿种和勘查评价方向方面，可以分为四个阶段：

1.1 20 世纪 80—90 年代，传统矿集区的勘查评价

斑岩-矽卡岩型铜多金属矿床的勘查评价和综合研究阶段，该阶段以玉龙铜矿带玉龙铜矿、马拉松多、多霞松多、莽总、扎那杂等矿床，类-左带的塞北弄锡矿(唐仁鲤等, 1995)，冈底斯带冲江—厅宫、甲玛等矿床的勘查评价和研究为主，重点针对的斑岩-矽卡岩型铜多金属矿床。

1.2 1999—2009 年，新矿集区的发现和勘查评价，

新成矿理论、新认识的不不断涌现，新矿带的确立随着地质大调查的不断深入，冈底斯取得重大突破，以驱龙、甲玛、雄村、帮铺、岗讲、朱诺等斑岩型铜多金属矿，蒙亚啊、亚贵拉、洞中拉等

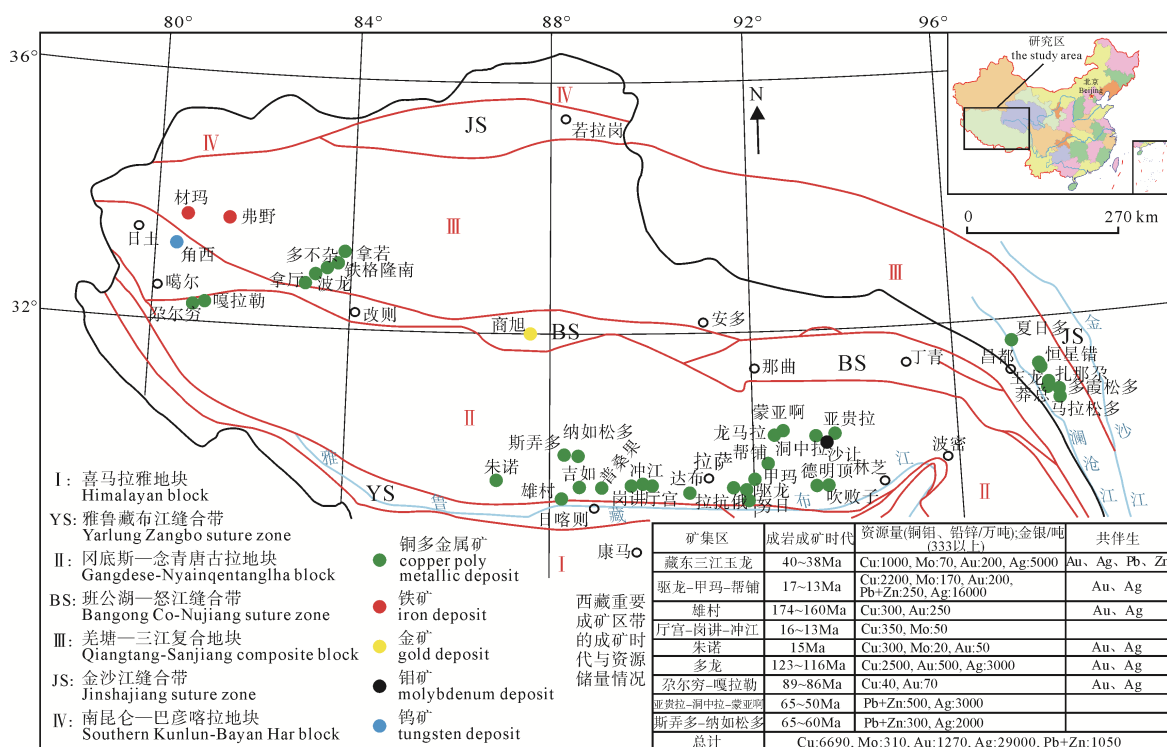


图 1 西藏主要成矿带斑岩-矽卡岩-浅成低温热液型矿床分布、成岩成矿时代、资源量图
Fig. 1 The distribution, diagenetic and metallogenic age, resources of porphyry-skarn-epithermal deposits in the main metallogenic belt, Tibet

表 1 西藏主要成矿带重要矿集区重要矿床地质特征一览表
Table 1 The geological characteristics of some important deposits in the important ore district in the main metallogenic belt

成矿带或矿集区	矿床名称	控矿构造	赋矿地层	岩体特征	蚀变特征	矿体形态	矿石类型	矿物、元素组合	成岩成矿年龄 /Ma (方法)	矿床规模	参考文献
藏东三江 北段玉龙 成矿带	纳日贡玛	受 NW—SE 向深断裂控制, 位于杂多复式背斜北翼, 发育 NE、EW、NS 向小断裂	下二叠统开心岭群中基性火山熔岩	含矿斑岩主要为黑云母花岗岩斑岩	发育石英-绢云母化、青磐岩化、钾硅酸盐化、泥化	条带状、透镜状	细脉-细脉状产出	黄铜矿、辉钼矿、辉铜矿、黄铁矿、Cu、Mo	40.8(Re-Os) 42.3(SHRIMP)	中型: Cu 金属量: 25 万吨@0.33%, Mo 金属量 68 万吨	杨志明等, 2008a; 王召林等, 2008; 郝金华等, 2012
	包买(夏日多)	受控于 NW—SE 向走滑断裂系统及夏日多背斜, 矿区发育多组小断裂	早元古界宁多岩群片麻岩和上三叠统夏日多组灰岩、页岩	黑云母花岗岩斑岩, 黑云母二长花岗岩	发育绢云母化、钾硅酸盐化、泥化、矽卡岩化	脉状、透镜状产出	浸染状, 细脉状, 脉状	黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿、硫锗铜矿、Cu、Mo、Pb、Zn	41.1(La U-Pb)	中型: Cu 金属量: 21 万吨@0.22%; Mo 金属量 6 万吨@0.06%	林彬等, 2017
	玉龙	受控于金沙江—红河断裂, 位于恒星错—甘龙拉短轴背斜南端转折端	上三叠统灰岩、凝灰质泥岩, 粉砂岩, 砂岩	黑云母二长花岗岩斑岩, 其次为花岗岩闪长斑岩、碱长花岗岩	发育钾硅酸盐化、石英-绢云母化, 泥化, 青磐岩化; 矽卡岩化	矽卡岩型层状矿体, 斑岩型筒状、块状柱矿体	细脉浸染状、网脉状、块状	黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿、斑铜矿、辉铜矿、赤铜矿、Cu、Mo、Fe、W、Au、Ag、Co	41.6(Re-Os) 43.0~43.8 (SHRIMP)	超大型: Cu 资源量: 6.22 Mt@0.59%; Mo @0.028%	唐菊兴等, 2006, 2009; 王成辉等, 2009; 吴伟中等, 2013
	扎那杂	受控于 NW—SE 向走滑断裂系统	下二叠统火山岩及上三叠统甲丕拉组砂泥岩	二长花岗岩斑岩, 正长花岗岩斑岩	发育钾硅化, 黄铁矿英岩化, 泥化, 青磐岩化	柱状, 透镜状	细脉浸染状	黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿、磁铁矿、辉铜矿等, 偶见方铅矿、闪锌矿等、Cu、Mo、Au	38.5(La U-Pb)	中型: Cu 金属量: 30 万吨@0.36%; Mo @0.03%; Au 0.03g/t	何国朝等, 2014; Liang et al., 2006
藏南 成矿带	昂青	莽总复式背斜北翼, 莽总背斜核部	下三叠统马拉松多组、上三叠统甲丕拉组火山岩、灰岩、角岩中	黑云母角闪石二长花岗岩斑岩、黑云母二长花岗岩斑岩	矽卡岩化、钾硅化, 黄铁矿英岩化、青磐岩化、大理岩化、角岩化	透镜状、似层状、豆荚状	块状、细脉浸染状、角砾状	黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、Ag、Pb、Zn、Cu	Ag 806 @160.7 g/t Pb 11.72 万吨@2.34%; Zn 14.09 万吨@2.81%; Cu 1.79 万吨@0.36%; Au 0.85 吨@0.17g/t	大型: Ag 806 @160.7 g/t Pb 11.72 万吨@2.34%; Zn 14.09 万吨@2.81%; Cu 1.79 万吨@0.36%; Au 0.85 吨@0.17g/t	唐仁鲤等, 1995; Liang et al., 2006
	莽总	莽总背斜核部	下二叠统火山岩及上三叠统砂泥岩	黑云母二长花岗岩斑岩、黑云母花岗岩斑岩	钾硅化, 黄铁矿英岩化为主	筒状	细脉浸染状	黄铜矿、黄铁矿, 少量辉钼矿, 矽卡岩化带有方铅矿、闪锌矿、Cu、Mo	37.6(La U-Pb)	中型: Cu<0.4%	唐仁鲤等, 1995; Liang et al., 2006
	多霞松多	受控于 NW—SE 向走滑断裂, 莽总背斜中段	上三叠统砂岩、粉砂岩、泥岩和页岩	二长花岗岩斑岩和碱长花岗岩斑岩, 正长花岗岩斑岩	钾硅酸盐化、石英-绢云母化, 青磐岩化	不规则状, 透镜状	细脉浸染状、网脉状	黄铜矿、黄铁矿、少量辉钼矿、斑铜矿、磁铁矿、Cu、Mo、Au、Ag	37.5(La U-Pb)	大型: Cu 金属量: 50 万吨@0.38%; Mo @0.04%; Au @0.05g/t	吴伟中等, 2013; Liang et al., 2006

续表 1

成矿带或矿集区	矿床名称	控矿构造	赋矿地层	岩体特征	蚀变特征	矿体形态	矿石类型	矿物、元素组合	成岩成矿年龄 /Ma (方法)	矿床规模	参考文献
藏东三江 北段玉龙 成矿带	马拉松多	受控于NW—SE向走滑断裂系统	上三叠统甲丕拉组泥岩、粉砂岩及下三叠统流纹岩和凝灰岩	碱长花岗岩斑岩	钾长石化、硅化、绢云母化和泥化	透镜状、不规则状	细脉浸染状	黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿等、Cu、Mo、Au、Ag、PGE	36.9(La U-Pb)	大型: Cu 金属量: 100 万吨@0.44%; Mo 0.014%	梁华英等, 2009
	色礼	受控于近南北向红河—哀牢山断裂, 产于色礼背斜核部	上三叠统砂页岩	二长花岗岩	绿帘石化、绿泥石化	不规则状	浸染状	黄铜矿、辉钼矿、Cu、Mo	39.4(La U-Pb)	矿点	陈喜连等, 2016
	马牧普	受控于近南北向红河—哀牢山断裂, 产于吉措背斜南段西翼	上三叠统砂页岩和二叠—白垩系砂砾岩中	正长斑岩	角岩化、绿泥石化、绿帘石化	不规则状	浸染状	黄铜矿、黄铁矿、Cu、Au、Ag	38.5(La U-Pb)	矿点	陈喜连等, 2016
	总郭	受控于近南北向红河—哀牢山断裂, 产于色礼背斜核部	上三叠统巴贡组紫红色砂砾岩及页岩夹凝灰岩、灰岩	石英二长斑岩	/	/	/	黄铜矿、Cu	39.4(La U-Pb)	矿化点	陈喜连等, 2016
	铁格隆南	受控于 NE 向构造, 产于与 EW 向构造交汇部位	下一中侏罗统色洼组蚀变长石石英砂岩、粉砂岩	闪长玢岩-花岗岩 闪长斑岩	深部: 钾硅酸盐化、黄铁绢英岩化、青磐岩化; 浅部: 高级泥化	似筒状	细脉浸染状	早期斑岩矿化: 黄铜矿-斑铜矿-黄铁矿; 晚期浅成低温热液矿化: 铜蓝-蓝辉铜矿-辉铜矿-久辉铜矿-吉硫铜矿-斯硫铜矿-硫砷铜矿-黄铁矿 Cu、Au、Ag	116.1~125.7 (La U-Pb) 119 (Re-Os)	超大型: Cu 金属量: 1 098 万吨@0.53%; 伴生 Au 金属量: 100 t@0.08×10 ⁻⁶ ; 伴生 Ag 金属量: 2 609 t@1.83×10 ⁻⁶	唐菊兴等, 2014; 方向等, 2015; 唐菊兴等, 2016b; Lin et al., 2017a, b
班公湖—怒江成矿带	多不杂	受控于 NE 向构造, 产于与 EW 向构造交汇部位	下侏罗统曲色组蚀变长石石英砂岩	花岗闪长斑岩	近岩体处: 黑云母化、钾长石化、绿帘石化、绿泥石化、硅化、绢云母化、伊利石-水云母化、高岭土化; 远离岩体: 角岩化	厚板状	稀疏、稠密浸染状、细脉状、网脉状	黄铜矿-黄铁矿、斑铜矿-黝铜矿、辉钼矿、闪锌矿、磁铁矿-磁黄铁矿 Cu、Au	120.9(SHRIMP) 118 (Re-Os)	大型: 伴生 Cu 金属量: 295 万吨@0.46%; 伴生 Au 金属量: 93 t@0.14×10 ⁻⁶	余宏全等, 2009; 李玉彬等, 2012a; 张志等, 2014
	波龙	受控于 NE 向构造	下侏罗统曲色组蚀变长石石英砂岩	花岗闪长斑岩 花岗斑岩	钾硅酸盐化、黄铁绢英岩化、泥化、青磐岩化、角岩化	倾向近直立的、不规则柱状体	细脉浸染状、块状	黄铜矿-黄铁矿、辉钼矿、磁铁矿、少量斑铜矿和自然金 Cu、Au	119~120 (La U-Pb) 119.4 (Re-Os)	大型: Cu 金属量: 272 万吨@0.33%; 伴生 Au 金属量: 126 t@0.196×10 ⁻⁶	祝向平等, 2011; 李玉彬等, 2012b; 陈华安等, 2013; 杨毅等, 2015

续表 1

成矿带或矿集区	矿床名称	控矿构造	赋矿地层	岩体特征	蚀变特征	矿体形态	矿石类型	矿物、元素组合	成岩成矿年龄/Ma (方法)	矿床规模	参考文献
班公湖—怒江成矿带	拿岩	受控于 NE 向构造和 NW 向构造	下一中侏罗统色洼组蚀变长石石英砂岩、粉砂岩、板岩	花岗闪长斑岩	钾硅酸盐化、绢云母化、青磐岩化、褐角岩化	厚板状	细脉浸染状、网脉状、角砾状	黄铜矿、黄铁矿、见少量辉钼矿、赤铁矿、磁铁矿、蓝辉铜矿、铜蓝 Cu、Au、Ag	大型: Cu 金属量: 251 万吨@0.38% 伴生 Au 金属量: 82 t@0.19×10 ⁻⁶ 伴生 Ag 金属量: 873 t@2.21×10 ⁻⁶ 120(La U-Pb) 117(Re-Os)	丁帅, 2014; 高柯等, 2016a; Ding et al., 2017	
	拿厅	受控于 NE 向构造	下侏罗统曲色组蚀变长石石英砂岩	花岗闪长斑岩 花岗闪长岩	硅化、黏土化、碳酸盐化、绢云母化、青磐岩化、褐铁矿化	厚板状	细脉浸染状、网脉状	黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿、少量方铅矿、闪锌矿 Cu、Au	大型: Cu 金属量: 156 万吨@0.315% 伴生 Au 金属量: 118 t@0.24×10 ⁻⁶	李玉昌等, 2016	
	地堡拿木岗	受控于 NE 向构造, 产于与近 EW 向断裂交汇部位	下侏罗统曲色组蚀变长石石英砂岩、粉砂岩	花岗斑岩	强泥化、硅化、石膏化、弱青磐岩化、褐铁矿化	/	细脉状、稀疏浸染状	黄铜矿、铜蓝、斑铜矿、蓝辉铜矿、黄铁矿、少量磁铁矿 Au、Ag、Mo	122.0 (La U-Pb)	林彬等, 2016b; 张文磊, 2016	
	尔勒勤	受控于 NE 向构造, 产于与近 EW 向构造交汇部位	下侏罗统曲色组长石石英砂岩	花岗闪长斑岩	黑云母化、硅化、钾长石化、绢云母化、高岭土化及绿泥石化	分枝状	细脉浸染状、块状	黄铜矿、黄铁矿 Au、Cu	小型: Cu 金属量: 6.46 万吨@0.27% 高硫化型硅帽一带有潜力	张志等, 2017a	
	色那	受控于 NW 向构造	下一中侏罗统色洼组蚀变长石石英砂岩、粉砂岩、板岩	石英闪长斑岩	硅化、角岩化、少量黏土化和弱青磐岩化	/	角砾状、稀疏浸染状	黄铁矿、黄铜矿、自然金、褐铁矿 Au、Cu	118(La U-Pb)	高柯等, 2016b; 韦少港等, 2016	
	赛角	受控于 NE 向和近 EW 向构造, 产于两组构造的交汇部位	下侏罗统曲色组长石石英砂岩	闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长斑岩	硅化、钾化、泥化、绿泥石化	/	/	黄铁矿、黄铜矿 Cu、Au	120(La U-Pb)	李兴奎等, 2015	
青草山		受控于 NE 向和 NW 向构造	中侏罗统雀莫错组变质砂岩、粉砂岩	花岗闪长斑岩 花岗斑岩	内带: 钾硅酸盐化; 中带: 硅化-绢云母化-绿泥石化; 外带: 角岩化-青磐岩化	/	/	孔雀石、黄铜矿, 少见铜蓝 Cu、Au	116~114 (La U-Pb)	矿点, 有中型矿床的潜力 周金胜等, 2013	
	尔勒旁	受控于 NE—SW 向断裂	多爱组碳酸盐岩	石英闪长岩	砂卡岩化、大理岩化、角岩化、硅化、绿帘石化、绿泥石化及泥化	脉状、透镜状、不规则状	浸染状、角砾状、块状	自然金、金银矿、银金矿、黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿 Au-Cu-Mo-Ag	大型: Au 金属量: 24 t@2.61×10 ⁻⁶ Cu 金属量: 8.7 万吨@0.94%	姚晓峰等, 2013	

续表 1

成矿带或矿集区	矿床名称	控矿构造	赋矿地层	岩体特征	蚀变特征	矿体形态	矿石类型	矿物、元素组合	成矿成矿年龄/Ma (方法)	矿床规模	参考文献
班公湖—怒江成矿带	嘎拉勒	受控于走向 NWW—SEE、向东南倾伏的背斜	捷嘎组碳酸盐岩	花岗岩	矽卡岩化、大理岩化、角岩化、硅化、绿帘石化、绿泥石化及泥化等	脉状、透视镜状、不规则状产出	浸染状、块状	自然金、金银矿、银金矿、黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿	88(La U-Pb)	大型: Au 金属量: 40 t@2.8×10 ⁻⁶	张志等, 2017b
	角西	受控于 NE 和 NW 走向断裂交汇部位	狮泉河蛇绿混杂岩群	黑云母二长花岗岩	云英岩化、角岩化、绿泥石化、硅化	脉状	石英脉型	黑铜矿、黄铜矿、黄铁矿、W、Ag、As	14.1(La U-Pb) 13 (Re-Os)	中型: W ₂ O ₃ 资源量: 2.04 万吨; 有大型铜矿潜力	王立强等, 2016; Wang et al., 2017b
	商旭	受控于区域 NWW 向逆断层	木嘎岗日群变质砂岩、粉砂岩、碳质板岩、泥岩	/	硅化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化、钾化、钠化、泥化、高岭石化	透镜体状或脉状	石英脉型、蚀变岩型	少量方铅矿、毒砂、锑黝铜矿、斑铜矿、兰辉铜矿、辉钼矿、辉砷镍矿、针镍矿	125~94 (La U-Pb, K-Ar)	中型: Au 金属量: 5~6 t; 有大型金矿潜力	黄瀚霄等, 2014; 刘洪等, 2015; 欧阳渊等, 2016
冈底斯成矿带 (念青唐古拉成矿带)	驱龙 (含知不拉)	岩浆侵位受控于驱龙背斜	叶巴组火山岩	石英斑岩、花岗岩、斑岩、二长花岗岩、闪长玢岩、细晶岩	钾硅酸盐化、绢英岩化、黏土化、硬石膏化、青磐岩化	筒状、脉状	浸染状、细脉状、网脉状、脉状、条带状、块状	黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、Cu、Mo	15.7~17.7 (La U-Pb, SHRIMP) 15.82~16.85 (Re-Os)	大型: Cu 金属量: 719 万吨@0.4%; Mo 金属量: 47 万吨@0.03%; 知不拉: Cu 金属量: 47 万吨@1.5%	王亮亮等, 2006; 杨志明等, 2008b; Yang et al., 2009; 姚晓峰等, 2015; Li et al., 2017
	甲玛	受控于由北向南的推覆构造及由南向北的滑覆构造	下白垩统林布宗组角岩、板岩, 上侏罗统多底沟组灰岩、大理岩	花岗斑岩、花岗岩、闪长斑岩、闪长玢岩、石英闪长玢岩、煌斑岩、细晶岩	钾化、绢英岩化、泥化、青磐岩化、角岩化、矽卡岩化、大理岩化	筒状、层状、似层状、透镜体	浸染状、细脉状、网脉状、脉状、块状	黄铜矿、斑铜矿、黝铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Ag	15.48~15.96 (La U-Pb) 14.66~15.37 (Re-Os)	大型: Cu 金属量: 750 万吨@0.46%; Mo 金属量: 70 万吨@0.045%; Pb+Zn 金属量: 超过 170 万吨@2.68%; 伴生 Au 金属量: 170 t@0.3×10 ⁻⁶ ; 伴生 Ag 金属量: 1 万吨@19×10 ⁻⁶	唐菊兴等, 2010b, 2011; Ying et al., 2014; Zheng et al., 2016

续表 1

成矿带或 矿集区	矿床 名称	控矿构造	赋矿地层	岩体特征	蚀变特征	矿体形态	矿石类型	矿物、元素组合	成岩成矿年龄 /Ma (方法)	矿床规模	参考文献
冈底斯成 矿带 (念青唐古 拉成矿带)	雄村 及其 外围	受控于 NW—SE 隐 伏断裂,发育 EW、 NE—SW、NW—SE 等多组断裂	下侏罗统雄村组凝 灰岩	I 号矿体: 石英闪 长岩 II 号矿体: 钾硅 V 号矿体: 角 闪石英闪长岩 岩	I 号矿体: 钾硅 酸盐、黄铁绢英 岩化、青磐岩化 II 号矿体: 钾硅 酸盐、钠化-钙 化、黄铁绢英岩 化、青磐岩化	似层状、 厚板状、 筒状	稀疏浸 染状、稠 密浸染 状、细脉 浸染状、 脉状-网 脉状	I 号矿体: 黄铜矿、黄 铁矿、磁黄铁矿、辉铜 矿、辉钼矿、毒砂、辉 砷铜矿、蓝辉铜矿、赤 铜矿、蓝辉铜矿、蓝辉 铜矿、自然金、自然铜; II 号矿体: 黄铜矿、黄 铁矿、磁铁矿、次要为 辉钼矿、铜蓝、黝铜矿、 闪锌矿、钛铁矿、白铁 石、蓝辉铜矿、褐铁矿、 赤铁矿、辉铜矿 Cu、Au、Ag	I 号矿体: 172.9~162.4 (SHRIMP) 161.5 (Re-Os) II 号矿体: 183.3~174.2 (SHRIMP) 172.6 (Re-Os) 1 093 t@ 3×10^{-6}	大型: Cu 金属量: 237 万吨@0.4%; 伴生 Au 金属量: 213 t@ 0.4×10^{-6} ; 伴生 Ag 金属量: 1 093 t@ 3×10^{-6}	唐菊兴等, 2010a; Lang et al., 2014; Tang et al., 2015; 郎兴海等, 2017b
	邦铺 及其 外围	矿区南部的断裂是 主要的容矿构造	下二叠统洛巴堆 组灰岩、古近纪典 中组火山岩	二花岗斑岩、 黑云母二长花 岗岩、闪长玢 岩、辉绿岩、花 岗闪长斑岩、石 英二长斑岩	钾硅酸盐、黄铁 矿绢云母化、泥 化、青磐岩化、砂 卡岩化	筒状、似 层状、透 镜体状	浸染状、 细脉状、 脉状、网 脉状	辉钼矿、黄铜矿、斑铜 矿、方铅矿、闪锌矿 Mo、Cu、Pb、Zn	大型: Mo 金属量: 60 万吨@0.08%; Cu 金属量: 120 万吨@0.28%	大型: Mo 金属量: 60 万吨@0.08%; Cu 金属量: 120 万吨@0.28%	王立强等, 2011; Wang et al., 2012, 2015a; Wang et al., 2012; 胡永斌等, 2015; Zhao et al., 2015
	努日	受控于区域性 NNW 向复式向斜及层砂 卡岩和层间剥离断 层	下白垩统比马组 大理岩及泥质灰 岩	花岗闪长斑岩、 石英斑岩、花岗 闪长岩	砂卡岩化、角岩 化、青磐岩化、钾 化、碳酸盐化	/	浸染状、 脉状-网 脉状、团 块状、条 带状	黄铜矿、辉钼矿、白钨 矿、黄铁矿、少量斑铜 矿、黝铜矿、闪锌矿、 孔雀石、蓝铜矿、自然 铜、磁铁矿和磁黄铁矿 Cu、Mo、W	大型: Cu 金属量: 51 万吨@0.71%; Mo 金属量: 3.2 万吨@0.067%; WO ₃ : 19 万吨@0.22%	大型: Cu 金属量: 51 万吨@0.71%; Mo 金属量: 3.2 万吨@0.067%; WO ₃ : 19 万吨@0.22%	闫学义等, 2011; 陈雷等, 2012; 王勤等, 待刊
拉抗俄	拉抗俄	受控于近 EW 向构造 和 NE 向构造	叶巴组一段片理 化安山岩、中基性 火山角砾岩、片岩 及凝灰岩; 叶巴 组二段火山角砾 岩、晶屑凝灰岩	花岗闪长斑岩、 花岗斑岩、石英 闪长岩	钾化、绢英岩化、 高岭土化、角岩 化、砂卡岩化、大 理岩化	筒状	浸染状、 细脉状、 脉状、网 脉状	黄铜矿、辉钼矿 Cu、Mo	13.58(La U-Pb) 13.38 (Re-Os)	中型以上	冷秋锋等, 2015, 2016; Leng et al., 2016; 唐攀等, 2017a, b

续表 1

成矿带或矿集区	矿床名称	控矿构造	赋矿地层	岩体特征	蚀变特征	矿体形态	矿石类型	矿物、元素组合	成岩成矿年龄 /Ma (方法)	矿床规模	参考文献
冈底斯成矿带 (念青唐古拉成矿带)	朱诺	受控于 NE—SW 向断裂,发育 NW—SE 向断裂	林子宗群年波组与帕那组英安质-安山质-流纹质火山碎屑岩	花岗斑岩	钾硅酸盐化、黄铁绢英岩化、青磐岩化、硅化、碳酸盐化、高岭土化	不规则椭圆状	细脉浸染状、块状	孔雀石、蓝铜矿、赤铜矿、自然铜、黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿	15.6(SHRIMP) 13.72(Re-Os)	大型: Cu 金属量: 277.8 万吨	郑有业等, 2007; 次琼, 2016
	达布	SN 向平移断层, 矿(化)体多产于该断层控制的挤压破碎带内	古新统典中组	中新世花岗闪长岩、角闪石英闪长岩	钾化、绢英岩化、泥化、青磐岩化	条带状、透镜状	(细脉)浸染状、(网)脉状、角砾状	黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、黄铁矿 Cu、Mo, 伴生 Ag	16(La U-Pb) 14(Re-Os)	中型: Cu 金属量: ~33 万吨@0.26% Mo 金属量: ~3.7 万吨@0.029%	张琦玲等, 2003; 高一鸣等, 2012; 王艺云等, 2014; 欧珠建层, 2016
	厅宫	受控于 EW 向断裂与近 SN 向断裂, 产于两者交汇部位	始新统帕那组凝灰质砂岩	黑云二长花岗斑岩、黑云花岗闪长斑岩、花岗斑岩	钾化、硅化、泥化、青磐岩化、黄铁矿化	厚板状	团块状、细脉浸染状、网脉状	黄铜矿、辉钼矿、黝铜矿、斑铜矿、辉钼矿、黄铁矿 Cu、Mo、Au、Ag	50.32~48.34 (La U-Pb)	大型: Cu 金属量: 137 万吨; 伴生 Mo 金属量: 3.7 万吨; 伴生 Au 金属量: 23 t; 伴生 Ag 金属量: 1 249 t	郑立波等, 2016
	冲江	受控于 EW 向断裂与近 SN 向断裂, 产于两者交汇部位	上白垩统设兴组凝灰岩	斑状二长花岗斑岩、石英闪长玢岩	钾长石化、硅化、黑云母化、绢云母化、黏土化、电气石化、石膏化、青磐岩化	/	团块状、细脉浸染状、网脉状	蓝铜矿、黄铜矿、黑铜矿、斑铜矿、黝铜矿、黄铁矿、辉钼矿 Cu	14.23(La U-Pb)	大型: 铜 50 万吨	郑立波等, 2016
	岗讲—白容	受控于 EW 向断裂与近 SN 向断裂, 产于两者交汇部位	上白垩统设兴组凝灰岩	二长花岗斑岩、含巨斑角闪黑云二长花岗岩、花岗闪长斑岩	钾化、硅化、绢云母化、黑云母化、黄铁矿化、泥化、青磐岩化及少量碳酸盐化	半环形	团块状、细脉浸染状、网脉状	黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿、黝铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿 Cu、Mo	14.15(La U-Pb)	大型: (332+333)资源量铜: 137.31 万吨@0.281%; 钼: 16.87 万吨@0.035%	郑立波等, 2016
斯弄多		受控于火山机构两侧的放射状断裂构造	林子宗群典中组火山岩	晶屑凝灰岩、火山角砾岩、火山碎屑岩	发育硅化、伊利石化、绢云母化、泥化、碳酸盐化等蚀变	脉状、透镜状	细脉状、浸染状	方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、硫砷铜银矿、赤铁矿 Pb、Zn、Au、Ag	64.1(La U-Pb) 61.8(Ar-Ar)	中-大型: Pb+Zn: 30 万吨@5%; Ag 金属量: 470 t@50×10 ⁻⁶	唐菊兴等, 2016a; 丁师等, 2017

续表 1

成矿带或矿集区	矿床名称	控矿构造	赋矿地层	岩体特征	蚀变特征	矿体形态	矿石类型	矿物、元素组合	成岩成矿年龄/Ma (方法)	矿床规模	参考文献
冈底斯成矿带 (念青唐古拉成矿带)	普桑果	受控于东西向的断裂构造及接触带构造	下白垩统塔克那组第四岩性段灰岩、大理岩	闪长玢岩、黑云母花岗闪长岩、辉长岩	发育矽卡岩化、大理岩化、碳酸盐化、硅化、角闪岩化、绿帘石化、绿泥石化	层状、似层状、透镜状、囊状	块状、稠密浸染状、条带状、团斑状	黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、辉砷钴镍矿、针硫铋铅矿、蓝辉铜矿、斑铜矿 Cu、Pb、Zn、Co	大型: Cu 金属量: 12 万吨@0.85%; Pb 金属量: 14.6(La U-Pb) 16 万吨@4.05%; Zn 金属量: 41 万吨@3.47%	刘祖军等, 2012; 崔晓亮等, 2012	
	纳如松多	受控于断裂构造、隐爆角砾岩筒、接触带构造	林子宗群典中组火山岩	英安岩、英安质凝灰岩、含火山角砾凝灰质砂岩	发育硅化、绢云母化、碳酸盐化、矽卡岩化、绿泥石化、绿帘石化	脉状、透镜状、似层状	脉状、细脉浸染状	方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、毒砂、菱锰矿、菱铁矿 Pb、Zn、Ag	62.5(La U-Pb) 57.8(Ar-Ar) 大型: Pb+Zn>200 万吨	纪现华, 2013	
	亚贵拉	受控于层间薄弱带及断层	上石炭一下二叠统来姑组灰岩	花岗斑岩	矽卡岩化、硅化、碳酸盐化和硅化	层状、似层状、脉状和透镜状	浸染状、脉状	方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、自然银等 Pb、Zn、Ag、Mo	大型: Pb+Zn 金属量: 52 万吨@ 62.5(La U-Pb) 65.0(Re-Os) Zn: 3.44%; Ag 金属量: 1 965 t@ 93×10^{-6}	高一鸣, 2010a; 杜欣等, 2010; 高一鸣等, 2010b; Zheng et al., 2015	
	洞中拉	受控于层间薄弱带及断层	中二叠统洛巴堆组灰岩	石英闪长岩、闪长岩	矽卡岩化、硅化、绿帘石化和绿帘石化	层状、似层状和透镜状	浸染状、条带状和网脉状	方铅矿、闪锌矿、黄铜矿 Pb、Zn、Cu	中型: Pb+Zn 金属量: 35 万吨@12%	费光春等, 2010	
	洞中松多	受控于层间薄弱带及断层	中二叠统洛巴堆组灰岩	二长花岗岩、花岗岩	矽卡岩化、硅化、绿帘石化和绿帘石化	层状、似层状和透镜状	浸染状、条带状和网脉状	方铅矿、闪锌矿、黄铜矿 Pb、Zn、Cu	大型: Pb+Zn 金属量: >100 万吨	辛存林等, 2013	
龙马拉 + 蒙亚啊		受控于层间薄弱带	下二叠统乌鲁龙组灰岩、大理岩	黑云二长花岗岩	矽卡岩化、硅化和碳酸盐化	层状、透镜状或脉状	浸染状、块状	方铅矿、闪锌矿、黄铜矿 Pb、Zn、Cu	大型: Pb+Zn 金属量: >200 万吨@7%	Wang et al., 2015b, 2017a	

续表 1

成矿带或矿集区	矿床名称	控矿构造	赋矿地层	岩体特征	蚀变特征	矿体形态	矿石类型	矿物、元素组合	成岩成矿年龄/Ma (方法)	矿床规模	参考文献
北喜马拉雅雅成矿带	扎西康	受控于南北向及 北东向断裂构造	陆热组钙质板岩	/	绢云母化、绿泥石化、 硅化、碳酸盐化	脉状、透镜状	块状、角砾状、 浸染状	闪锌矿、方铅矿、 辉钨矿、脆硫锡铅矿 Pb-Zn-Sb-Ag	12(Ar-Ar)	大型: Pb 金属量: 70 万吨@ 1.74%; Zn 金属量: 130 万吨@ 3.31% Sb 金属量: 35 万吨	梁维等, 2015
	柯月	受控于北东—南 西向断裂构造	陆热组钙质板岩 夹泥晶灰岩	/	绢云母化、绿泥石化、 硅化、碳酸盐化	脉状、透镜状	块状、角砾状、 浸染状	闪锌矿、方铅矿、 辉钨矿、脆硫锡铅矿 Pb-Zn-Sb-Ag	12(Ar-Ar)	中型: Pb 金属量: 17 万吨@ 2.0%; Zn 金属量: 18 万吨@ 2.11%	林彬等, 2016a
	马扎拉	受控于东西向断 裂构造	陆热组钙质板岩 夹砂岩	/	硅化、黄铁矿化、毒 砂化、绢云母化、黏 土化、碳酸盐化	脉状、透镜状	角砾状、浸 染状	自然金、金银矿、银 金矿、黄铁矿、毒砂、 辉钨矿 Au-Sb	/	中型: Au 金属量: 5 万吨@2.39×10 ⁻⁶	莫儒伟等, 2013
邦布	受控于 EW 向剪 切带的次级断裂	上三叠统朗杰学 群宋热组炭质绢 云母千枚岩夹长 石石英杂砂岩	/	黄铁绢英岩化、黄铜 矿化、绿泥石化、碳 酸盐化、硅化、绢云 母化	脉状	石英脉型、 蚀变岩型	自然金、黄铁矿、黄铜 矿、方铅矿 Au	/	中型: Au 金属量: 18 吨@6.54×10 ⁻⁶	周天成, 2015	
错那洞	错那洞片麻岩穹 隆	碳酸盐岩(暂未 定组)	含石榴子石白 云母花岗岩、 花岗伟晶岩	矽卡岩化、大理岩 化、硅化、绿帘石化、 绿泥石化等, 以矽卡 岩化为主	脉状、透镜 状、不规则 状产出	浸染状, 块 状	白钨矿、锡石、铍、 铷、铯、黄铜矿 W-Sn-Be-Rb-Cs-Cu	/	大型: WO ₃ : 5 万吨 Sn: 2 万吨 BeO: 1 万吨	张志等, 2017c	

矽卡岩型铅锌矿床的勘查评价和找矿突破为代表(郑有业等, 2004, 2007; 唐菊兴等, 2006, 2009; 杨志明等, 2008b; 夏代祥等, 2009; 费光春等, 2010; 李奋其等, 2010; 高一鸣等, 2009, 2010a; 王立强等, 2011, 2012); 班公湖—怒江成矿带新发现了多不杂、波龙等斑岩型铜金矿床, 确立了该成矿带(李玉彬等, 2012a, b; 李光明等, 2007)。该阶段提出了若干新的成矿认识, 有了新的找矿发现, 如芮宗瑶等(2004)、侯增谦等(2004, 2006a, b)提出的大陆碰撞与斑岩铜矿的成矿作用; 唐菊兴等(2006, 2009)提出了冈底斯成矿带存在岛弧型斑岩铜金矿床的新认识, 在雄村外围发现并初步勘查评价了 II、III 号矿体、则莫多拉、洞嘎普、亚达等铜金矿点; 冈底斯铜成矿带西延至昂仁县(西藏地质矿产勘查开发局第二地质大队, 2011; 郑有业等, 2007); 在念青唐古拉山发现了一系列的矽卡岩型铅锌矿和斑岩钼矿; 闫学义等(2010)评价了努日斑岩-矽卡岩型铜多金属矿、程巴钼矿。由此, 建立了矿床冈底斯成矿从东至西、从南到北的矿床分带和成矿元素分带。

1.3 2009—2014 年, 矿床新类型的发现和高品质矿床的勘查评价

在短短的 6 年间, 取得了许多重大成果, 一是北喜马拉雅成矿带扎西康铅锌锑银矿床的勘查评价取得重大突破, 并在周边发现多个铅锌银矿和金矿床(张建芳等, 2010; 唐菊兴等, 2012; 王艺云等, 2012; 郑有业等, 2012; 梁维等, 2013)。二是在甲玛铜多金属矿发现铜山南坑产出在推滑覆构造中的富铜多金属矿体(唐菊兴等, 2013), 该矿体的铜资源量超过 50 万吨, 铜平均品位超过 0.9%, 当量铜品位大于 2.5%, 极大地提升矿床的经济开发经济价值; 驱龙铜矿外围的知不拉铜矿体完成详查, 提交铜资源量 47 万吨, 铜平均品位 1.5%(马进全等, 2012), 叶巴组灰岩透镜体(知不拉矽卡岩的原岩)的存在对叶巴组成岩背景的厘定和驱龙铜矿的合理和经济开发有重要意义; 三是在多龙矿集区发现和识别了斑岩-高硫化型浅成低温热液型矿床新类型(唐菊兴等, 2014a, b; 孙兴国等, 2014), 西藏地勘局第五地质大队勘查评价了铁格隆南铜金矿床, 致使多龙矿集区铜资源量一举超过 2 000 万吨, 成为我国铜资源规模最大的矿集区, 并提出了陆缘弧斑岩-浅成低温热液成矿作用的认识(唐菊兴等, 2014a, b; 李光明等, 2015); 四是在玉龙成矿带扎那尕—莽总斑岩矿体之间, 发现和评价了昂青大型矽卡岩型银多金属矿床(章奇志等, 2012), 这对玉龙带的经济开发意义非凡, 表明在三江成矿带如果围岩条件有利, 形成于 40 Ma 左右的斑岩体可以形成高品质的矽卡岩型矿床。

1.4 2015 年至今, 斑岩-浅成低温热液型矿床模型的不断完善, 找矿方向的不断扩展, 新矿床类型不断涌现, 成矿地质背景的传统认识受到挑战

具体表现在: 1) 冈底斯成矿带谢通门—南木林地区, 以雄村为代表的岛弧型斑岩铜金矿床资源潜力不断扩大, 并在矿集区发现了早石炭世的堆晶辉长岩($(341.55 \pm 0.89) \text{ Ma}$), 认为是古特提斯洋的残留(郎兴海等, 2017a); 在南木林火山盆地发现产于隐爆角砾岩中银铅锌矿床(纪现华等, 2012, 2014)、斯弄多南矿带昂杰组白云质灰岩及白云岩矽卡岩型铅锌银矿床(李光明等, 2010)的基础上, 又在典中组陆相火山岩机构中发现低硫化型浅成低温热液型银铅锌成矿作用(唐菊兴等, 2016a; 丁帅, 2017; 付燕刚等, 2017), 该矿床类型的厘定和发现, 为在长达 1 200 km 的林子宗群陆相火山岩地区寻找斑岩-浅成低温热液型矿床揭开了序幕和面纱; 2) 班公湖—怒江成矿带发现了黑钨矿矿床(范源等, 通信资料), 角西黑钨矿矿床是西藏地热地质大队在班—怒带的首次发现, 并在矿集区范围内的伟晶岩、云英岩中又发现了钨钼矿化(王立强, 通讯资料), 该黑钨矿矿床产于板块结合带, 离蛇绿岩套仅仅数十千米, 产出构造环境特殊, 是地壳加厚垂向隆升的结果? 还是其它原因, 需要深入探讨; 3) 关于冈底斯林子宗组与成矿关系, 羌塘南缘 120~116 Ma 的斑岩-浅成低温热液型矿床, 纳如松多、斯弄多矿集区的找矿突破及成矿系统, 铁格隆南斑岩-高硫化型浅成低温热液型矿床的识别和勘查评价等方面的研究, 给我们提出了矿床学指针、矿床类型组合指针角度约束了成矿地质背景的新方法; 4) 在西藏地质二队的不断努力下, 蒙亚啊—洞中拉矿集区高品质的矿体不断发现, 资源量进一步扩大, 仅仅蒙亚啊高品质的铅锌矿资源量有望大于 200 万吨; 5) 成都地质调查中心李光明研究团队在北喜马拉雅成矿带错纳洞发现了多处稀有金属矿化点, 对于高分异的淡色花岗岩顶部伟晶岩型及其变质核杂岩灰岩中矽卡岩型稀有金属矿化提出了新的找矿方向, 拓宽了北喜马拉雅成矿带的找矿新思路(任淑珍和梁维, 2017)。

为此, 本文在详细介绍西藏三大成矿带铜多金属矿床地质特征、区域成矿规律的基础上, 试图提出在西藏寻找新矿床类型的新认识, 进一步凝练了引领科技找矿的科学问题, 创新成矿理论, 提出深地工程深部勘查的主要方向, 为实现西藏铜资源量翻一番, 为打实国家紧缺矿产后备资源基地提供科学依据。

2 各成矿区带主要矿床空间分布、地质特征

2.1 藏东三江玉龙成矿带

玉龙成矿带是三江北段重要的成矿带, 从北向

南主要有夏日多(包买)、恒星错、玉龙、扎那尕、莽总、马拉松多、多霞松多、昂青、各贡弄、色礼、色错等(图 1, 图 2), 玉龙铜矿带已经发表的文献较多, 研究程度最高(马鸿文, 1987, 1989; 唐仁鲤等, 1995; 陈建平等, 1997; 芮宗瑶等, 2004; 唐菊兴等, 2006, 2009; Hou et al., 2007; 王成辉等 2009, 2011; 伍静等, 2011; 何国朝等, 2016; 陈喜连等, 2016), 在矿床地质特征、成矿机制、成岩与成矿年龄、控矿作用等方面开展了系统深入的研究(表 1)。

近年来, 最新研究表明, 玉龙带的成岩与成矿集中在 40~38 Ma(图 2), 芮宗瑶等(2004)提出玉龙斑岩成矿带的形成与印度板块与亚洲板块陆陆碰撞的第一次加速有关, 形成于 40~35 Ma; 扎拉尕赋矿斑岩体形成年龄为 (38.5 ± 0.2) Ma(何国朝等, 2016); 莽总斑岩体锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄为 (37.6 ± 0.2) Ma(伍静等, 2011); 玉龙带南段色礼、马牧普和总郭这 3 个矿化点矿化斑岩体分别为二长花岗斑岩、正长斑岩及石英二长斑岩, 三者锆石 LAICP-MS U-Pb 年龄分别为 (39.4 ± 0.2) Ma (MSWD=1.10)、 (38.5 ± 0.3) Ma (MSWD=1.79) 和 (39.4 ± 0.2) Ma (MSWD=1.05), 矿化斑岩体具有偏铝质, 富碱、高钾($K_2O/Na_2O=1.2\sim2.4$), 富集大离子亲石元素和轻稀土元素, 亏损高场强元素, 弱 Eu 负异常的特征(陈喜连等, 2016)。

三江北段的斑岩-矽卡岩型矿床, 主要特点为:

1) 斑岩体受走滑构造形成的背斜控制(图 2, 表 1)(唐菊兴等, 2006; Hou et al., 2007), 矿床从北段有夏日多(又称包买)、恒星错、玉龙、扎那尕、昂青、莽总、多霞松多、马拉松多等, 芒康段的主要矿床规模都不大, 但找矿潜力较大, 工作程度较低。

2) 矿床类型和成矿元素的空间分布规律明显, 从青海杂多的纳日贡玛开始, 从北向南, 矿床有从斑岩铜矿、斑岩-矽卡岩铜矿、偏碱性斑岩型铜(金)矿、斑岩型金矿的变化。凡是斑岩体接触带有灰岩等碳酸盐岩, 形成规模巨大的矽卡岩型铜银(金), 如玉龙 II、V 号矿体(陈建平等, 1997), 昂青银铅锌(铜)矿体(章奇志等, 2012)。成矿元素从北向南分别为 $Mo(Cu) \rightarrow Cu$ 、 Mo 、 Pb 、 $Zn \rightarrow Cu$ 、 Mo (Ag 、 Au 、 Co) $\rightarrow Cu$ 、 $Mo+Ag$ 、 Pb 、 $Zn \rightarrow Cu$ 、 $Mo \rightarrow Cu(Au) \rightarrow Au$ 。各矿床主要矿石中银含量高, 是三江北段斑岩矿床成矿元素富集的特征之一。

3) 含矿岩体主要黑云母二长花岗斑岩, 芒康段有黑云母正长花岗斑岩。围岩蚀变主要有角岩化、矽卡岩化, 黄铁绢英岩化、钾硅化, 芒康段的蚀变有浅成低温的蚀变类型, 但蚀变较弱。角岩化特别强, 玉龙矿区的角岩化达到 30 km² 以上。

4) 在矿物组合上, 斑岩型矿石中大量的斑铜矿

的产出, 矿石研究表明, 斑铜矿的形成十分类似于甲玛, 为黄铜矿+斑铜矿组合, 早于辉钼矿+石英组合。

2.2 冈底斯—念青唐古拉成矿带

2.2.1 矿带划分及各亚带特征

冈底斯—念青唐古拉地块是由多个构造单元拼贴组合而成的(潘桂堂等, 2006)(图 3)。朱弟成等(2008)根据中生代岩浆岩时空分布特征, 将冈底斯—念青唐古拉地块由南向北划分为南冈底斯、冈底斯弧背断隆带、中冈底斯和北冈底斯。唐菊兴等(2009)根据矿床产出和空间分布特征将冈底斯成矿带东段由南向北划分为南亚带、中亚带、北亚带。南亚带以铜金矿化为主(雄村、努日), 成岩成矿年龄集中在 180~160 Ma 和 30~23 Ma, 前者代表特提斯洋俯冲的洋岛弧背景, 后者代表的斜向碰撞加厚地壳的伸展构造背景早期; 中亚带从南向北有铜钼(金银)(驱龙、拉让俄、厅宫—冲江—岗讲)→铜钼铅锌(金银)(朱诺、甲玛)→铜钼铅锌(银)(邦铺), 成岩成矿条件在 17~13 Ma, 代表的是碰撞过程中的伸展背景; 北亚带主要从钼钨铅锌(哈海岗)→钼(沙让)→铅锌(银)(亚贵拉、洞中拉、洞中松多、蒙亚啊、

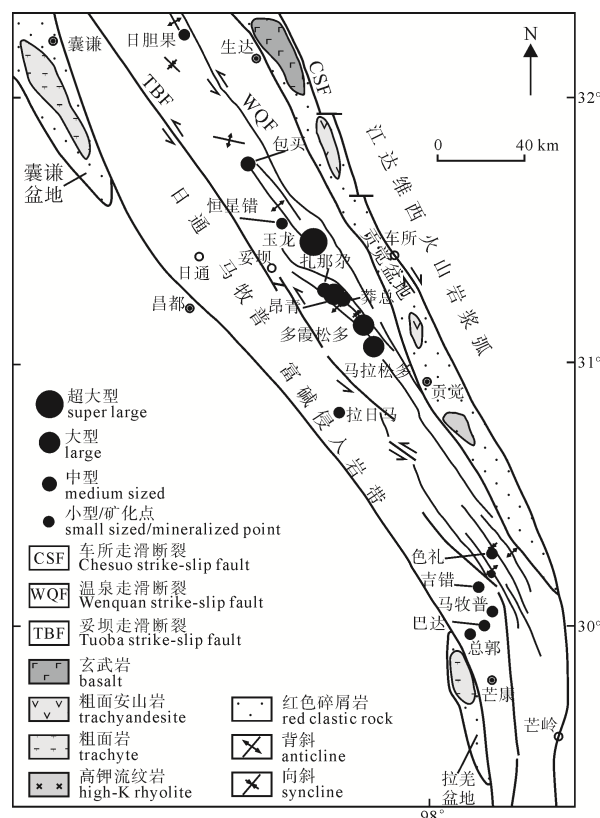


图 2 西藏玉龙斑岩铜矿带区域构造位置和矿点分布 (据 Hou et al., 2003; 唐菊兴等, 2006; 陈喜连等, 2016; 林彬等, 2017)

Fig. 2 Regional tectonic location of the Yulong porphyry copper belt, Tibet and the distribution of ore occurrence (after Hou et al., 2003; TANG et al., 2006; CHEN et al., 2016; LIN et al., 2017)

龙马拉)→铜金(天公尼勒、安门弄勒、尕尔穷、嘎拉勒)的变化,成岩成矿年龄从 40 Ma→51 Ma→62 Ma→88 Ma 的变化,总体为由新变老的特点,代表的是拉萨地块的加厚地壳重熔和早期碰撞伸展的产物。尕尔穷、嘎拉勒等传统上划归班—怒成矿带,但其大地构造位置却属于冈底斯地块的北缘(图 1,图 3)。

雄村斑岩型铜金矿位于西藏日喀则地区谢通门县荣玛乡的雄村斑岩型铜金矿集区,是冈底斯成矿带中发现的第一个以铜(金)组合的斑岩型矿床,其发现和勘探结束了西藏冈底斯成矿带没有大型-

超大型铜金矿床的历史(唐菊兴等, 2010a), 其成岩成矿年龄为 172~161 Ma, 对应新特提斯洋壳俯冲成矿作用(唐菊兴等, 2009; 郎兴海, 2012a; Lang et al., 2014; Tang et al., 2015), 前人主要对矿区 I、II 号矿体基本地质特征(郎兴海等, 2011; 郎兴海, 2012a; Tang et al., 2015)、成岩成矿时代与成矿地质背景(曲晓明等, 2007; 郎兴海等, 2010a, b, 2012b, c; 唐菊兴等, 2010a; Lang et al., 2014; 黄勇等, 2014; Tang et al., 2015)、成矿物质来源(丁枫等, 2006; 郎兴海等, 2012c; 尹青等, 2015; Tang et al., 2015)、成矿流体性质(徐文艺等, 2005, 2006)等方面进行了研

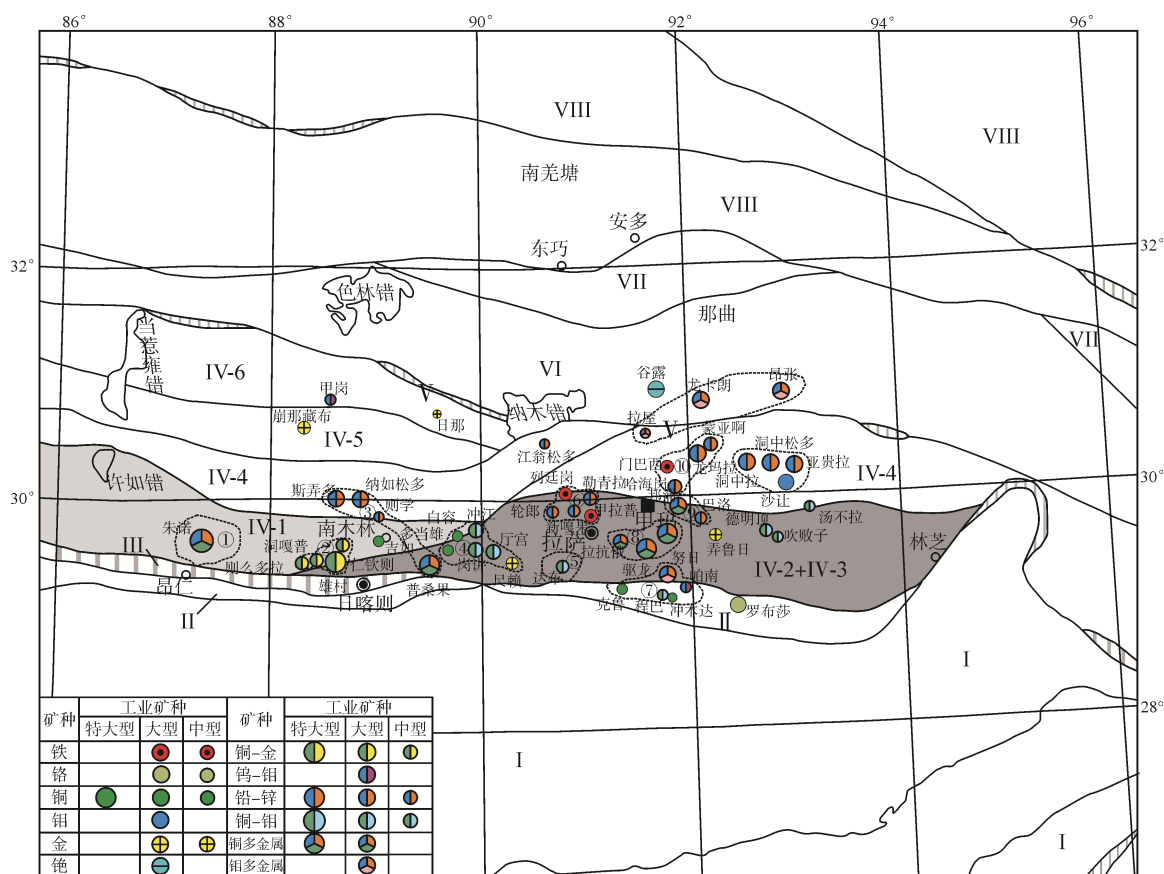


图 3 冈底斯构造单元划分和矿床点、矿集区分布图(据潘桂棠等, 2006, 略作修改)

Fig. 3 Tectonic unit subdivisions and the distribution of deposits and ore concentration areas in the Gangdise orogenic belt in Tibet (modified after PAN et al., 2006)

- I-喜马拉雅带; II-雅鲁藏布缝合; III-日喀则弧前盆地; IV-冈底斯—念青唐古拉复合岩浆弧: IV-1-南冈底斯岩浆弧(K_2-E_2); IV-2, IV-3-桑日火山弧(J_3-K_1)+叶巴火山弧(J_1-J_2); IV-4-隆格尔—念青唐古拉复合火山岩浆弧($P-T_3$); IV-5-措勤—多瓦复合弧前后陆盆地; IV-6-则弄火山岩浆弧(J_3-K_1); V-狮泉河—拉果错—阿索—永珠—纳木错—嘉黎—波密弧-弧碰撞带(简称 Slainajap 带); VI-昂龙岗日—班戈—伯舒拉岭岩浆弧; VII-班公湖—怒江缝合带; VIII-南羌塘和左贡前陆盆地
- ①-朱诺矿集区; ②-雄村矿集区; ③-普桑果—纳如松多矿集区; ④-厅宫—冲江—岗讲矿集区; ⑤-达布—正松多矿集区; ⑥-列廷冈—勒青拉矿集区; ⑦-驱龙—甲玛矿集区; ⑧-努日—程巴矿集区; ⑨-邦铺—巴洛矿集区; ⑩-蒙亚啊—龙玛拉矿集区; ⑪-拉屋—昂张矿集区; ⑫-亚贵拉—沙让—洞中拉矿集区
- I-Himalayan belt; II-Yaluzangbu suture; III-Rikaze forearc basin; IV-Gangdese-Nianqing Tanggula compound magmatic arc; IV-1-South Gangdise magmatic arc(K_2-E_2); IV-2, IV-3-Sangri volcanic arc (J_3-K_1)+Yeba volcanic arc (J_1-J_2); IV-4-Longgeer-Nianqing Tanggula compound volcanic magmatic arc ($P-T_3$); IV-5-Cuoqin-Duowa compound back-arc foreland basin; IV-6-Zenong volcanic magmatic arc (J_3-K_1); V-Shiquanhe-Laguocuo-Asuo-Yongzhu-Namucuo-Jiali-Bomi arc-arc collision belt (Slainajap belt); VI-Anglonggangri-Bange-Boshulaling magmatic arc; VII-Bangonghu-Nujiang suture belt; VIII-South Qiangtang and Zuogong foreland basin
- ①-Zhu'nuo ore concentration area; ②-Xiongcu ore concentration area; ③-Pusangguo-Narusongduo ore concentration area; ④-Tinggong-Chongjiang-Gangjiang ore concentration area; ⑤-Dabu-Zhengsongduo ore concentration area; ⑥-Lietinggang-Leqingla ore concentration area; ⑦-Qulong-Jiama ore concentration area; ⑧-Nuri-Chengba ore concentration area; ⑨-Bangpu-Baluo ore concentration area; ⑩-Mengya'a-Longmala ore concentration area; ⑪-Lawu-Angzhang ore concentration area; ⑫-Yaguila-Sharang-Dongzhongla ore concentration area

究, 矿床成因也最终定位为冈底斯成矿带上新特提斯洋壳俯冲阶段形成的中侏罗世岛弧型斑岩铜金矿为主、兼具热液型金(铜)矿化和矽卡岩型铜金矿化的成矿系列。

冈底斯成矿带东段南亚带矿床的研究主要集中在于程巴—努日矿集区(图 3)的矿床地质特征、矿化蚀变特征、矿床成因等基础方面的探讨(方树元等, 2003; 江化寨和陈自康, 2005; 江化寨和江善元, 2006; 韩逢杰, 2006; 李光明等, 2006; 莫济海等, 2008; 姜子琦等, 2011; 陈玉水等, 2011; 范新等, 2011)。闫学义等(2010)通过对努日、程巴矿区辉钼矿 Re-Os 同位素测年, 查明了两矿床分别形成于渐新世早期(30.26 ± 0.69 Ma)和晚期(23.62 ± 0.97 Ma); 随后, 范新等(2011)通过对程巴矿区黑云母二长花岗岩黑中云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 定年得到了(28.2 ± 0.33) Ma 的坪年龄, 与程巴辉钼矿 Re-Os 等时线年龄相吻合; 张松等(2012)通过对努日矿床不同产状的辉钼矿 Re-Os 同位素年代学测试进一步限定了矿床成矿时代, 结果与前述努日成矿时代基本一致。陈雷等(2011, 2012)和周利敏等(2011)分别通过系统的 H-O-S 稳定同位素及矿物地球化学研究对矿集区成岩、成矿流体来源进行了初步揭示; 陈雷等(2011)通过系统的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学研究厘定了努日矿区岩浆的侵位时序; 在程巴斑岩型钼铜矿床之上的比马组发育矽卡岩型铜矿体, 结合邻区努日矿床的矿化产出特征, 李光明等(2011)对山南地区矽卡岩-斑岩多金属矿床的找矿模型进行了初步阐述并指出了区域范围内深部寻找斑岩型矿床的可能性。王立强等(2012)在详细的野外地质调查及钻孔编录的基础上, 通过大量的野外蚀变、矿化、裂隙-脉体发育特征, 并结合努日矿床成岩与成矿时代的 inconsistency, 提出了矿区深部存在隐伏斑岩型矿体的观点, 对指示矿区下一步找矿方向有重要意义。

冈底斯东段中亚带矿床的研究起步相对较早, 研究程度相对较高, 积累了丰富的成果。这其中主要包括驱龙、甲玛、邦铺、朱诺等几个典型的斑岩-矽卡岩超大型矿床。驱龙铜钼矿床是冈底斯成矿带最早发现的斑岩型矿床之一, 矿床成因方面的成果颇丰。矿床类型及成矿地质背景得到了基本厘定(侯增谦等, 2003, 2004, 2007), 矿床成岩成矿时代得到了厘定(芮宗瑶等, 2003; 李光明等 2003, 2004; 孟祥金等, 2004; 郑有业等, 2004; 王亮亮等, 2006), 矿床成矿时代属中新世早期。驱龙矿床金属硫化物及石膏硫同位素组成均一, 具有下地壳或上地幔深源岩浆硫特点(孟祥金等, 2006)。另外, 很多学者对驱龙矿床的成矿物质来源进行了研究, 矿床金属硫

化物及含矿斑岩体铅同位素组成相近, 成矿物质来源于含矿斑岩岩浆; 而含矿斑岩铅同位素组成具有幔源组分和地壳组分混合的特点, 含矿斑岩岩浆形成过程中存在幔源岩浆与地壳物质的交换(孟祥金等, 2006)。冈底斯成矿带含矿斑岩的岩石地球化学研究进一步揭示了驱龙矿床成岩成矿物质来源于雅鲁藏布江特提斯洋壳俯冲过程中楔形地幔部分熔融入侵到地壳下部形成的新生下地壳(Hou et al., 2004; 杨志明和侯增谦, 2009)。驱龙矿床成岩成矿物质壳幔源组分为主的特征, 限定了矿床成矿元素以铜为主, 共伴生钼、银。杨志明(2008b)在充分研究矿床地质特征、蚀变、岩石地球化学和矿床地球化学的基础上, 总结了矿床岩浆流体的出溶过程、成矿物质淀积机制、建立了矿床的成因模型, 并构建了矿床勘查模型。最近, 驱龙矿区外围的矽卡岩型铜多金属矿床的研究取得进展, 矿床的分布情况、产出特征及深部找矿得到了初步总结(肖波等, 2011)。

位于驱龙北东侧的甲玛铜钼铅锌多金属矿床是近年来得到勘查评价的又一超大型矿床, 矿床由产于深部斑岩体中的铜钼矿体、斑岩体接触带及林布宗组与多底沟组灰岩-大理岩层间构造中的矽卡岩型铜钼铅锌(银金)矿体、产于角岩的中型钼铜(银金)矿体、外围推滑覆构造和闪长玢岩中的独立金矿体组成(表 1, 图 1)。关于甲玛矿床成因一直以来存在着热水喷流沉积型(杜光树等, 1998; 姚鹏和杜光树, 1999; 姚鹏等, 2002; 潘凤雏等, 2002)和矽卡岩型之争。但是, 甲玛不同矿体类型中系统的辉钼矿 Re-Os 同位素测年的方法确定了矿床成矿时代的同时, 认定甲玛矿床形成于中新世(应立娟等, 2010); 矿区成矿相关的中酸性侵入岩体的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学的进一步研究限定了矿床的成岩成矿时代(秦志鹏等, 2011; 应立娟等, 2011)。王焕等(2011)对甲玛不同产出状态的辉钼矿进行了系统研究, 总结了辉钼矿的形态特征、矿相学特征, 对辉钼矿中微量元素的赋存状态进行了初步阐述。矿床流体包裹体研究以及稳定同位素 S-Pb 的研究结果表明, 甲玛成矿物质为壳幔源物质混合来源(周云等, 2011; 王焕等, 2011)。基于成矿物质来源的研究之上, 郑文宝等(2010)通过矿区成矿元素分布规律及钻孔实际编录资料认为矿区具有典型的与岩浆作用有关的元素分带特征, 矿体由深部向浅部具有 $\text{Mo} \rightarrow \text{Mo}(\text{Cu}) \rightarrow \text{Cu} + \text{Mo} \rightarrow \text{Cu}(\text{Pb} + \text{Zn}) \rightarrow \text{Pb} + \text{Zn}$ 的元素分带现象, 指出了成矿流体运移的方向。王登红等(2011)对甲玛角岩体产出及钼矿化特征进行了研究, 为深部进一步寻找斑岩型钼铜矿体指明了方向。甲玛矿床研究程度相对较高, 矿床成岩成矿时

代、成矿物质来源、成矿流体来源及演化过程、成矿元素分带特征、斑岩体侵位机制及侵位中心等方面的科学问题都得到了一定的解决。

唐菊兴等(2011)在总结了各方面的研究成果前提下,结合矿区实际地质资料,运用斑岩-矽卡岩成矿理论建立了甲玛矿床的勘查模型,根据模型,在甲玛铜山南坑发现了与推滑覆构造有关的富铜矿体和沿层间构造分布的远端矽卡岩型矿体(深孔 ZK1632、ZK3226)(图 11)。

邦铺斑岩型钼铜矿床最初是作为矽卡岩型铅锌矿床进行勘查评价的,矿床斑岩成矿类型最终定位于 2007 年(张学全,通讯资料)。邦铺矿床由深部斑岩型钼铜矿体与外围矽卡岩型铅锌矿体组成。前人关于邦铺斑岩型矿床成矿理论研究主要集中于矿床成岩成矿时代方面,孟祥金等(2003)对辉钼矿进行了 Re-Os 同位素定年研究确立了矿床形成时代为 (15.32 ± 0.39) Ma。王立强等(2011)在对矿区进行充分地地质调查研究的基础上,对矿区岩浆岩侵位时代和次序进行了重新厘定。除矿床成岩时代研究之外,矿区其他研究工作相对滞后,研究程度整体较低。周雄等(2010)对矿床流体包裹体温压、成分以及 H-O 同位素组成进行了初步研究,得出了成矿流体早期来源于岩浆水后期有大气降水加入的结果。此外,周雄等(2010)等对矿区二长花岗斑岩进行了主微量和稀土元素测试,对二长花岗斑岩的形成环境及构造背景进行了探讨。

曲水县达布斑岩铜钼矿床(图 3)研究程度相对较低,达布矿床成矿理论研究主要集中于成矿时代、斑岩体岩石地球化学、成矿地质背景的研究(曲晓明等, 2001; 侯增谦等, 2003; 李光明等, 2004; 芮宗瑶等, 2004; 夏抱本等, 2007; 高一鸣等, 2012)。该矿床是一个典型的“体中体”型的铜钼矿床,围岩是 45 Ma 侵位的尼木大岩基,达布含矿斑岩侵位年龄为 16 Ma 左右,成矿年龄为 $(13.3 \sim 14.69)$ Ma,对应于印度—亚洲大陆碰撞伸展阶段。但该矿床整体品位偏低,现阶段工业意义不大。

随着地质大调查项目和青藏专项项目的不断深入,冈底斯成矿带北亚带铅锌(钼)矿床的研究程度日益提高。这其中主要包括,哈海岗钼钨矿、沙让斑岩钼矿、亚贵拉斑岩-矽卡岩铅锌钼多金属矿床、蒙亚啊、洞中拉、洞中松多、龙马拉等矽卡岩铅锌(银)矿等。沙让斑岩型钼矿床位于工布江达县,与亚贵拉、洞中拉、洞中松多铅锌多金属矿床相邻,是冈底斯成矿带达详查程度、独立的斑岩型钼矿床(秦克章等, 2008; 唐菊兴等, 2009)。秦克章等(2008)、赵俊兴等(2011)、Zhao 等(2011)对该矿床产

出的地层、岩浆岩、矿化特征、蚀变分带、产出状态、成矿地质背景等进行了系统研究。唐菊兴等(2009)通过辉钼矿 Re-Os 同位素测年的方法基本厘定了辉钼矿体成矿的时代为 (51 ± 1) Ma; 赵俊兴等(2009)和高一鸣等(2010)分别通过锆石 U-Pb 及角闪石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 方法对矿区成矿早期和主期岩体进行了成岩时代研究,得到了矿床相应岩体的成岩时代为 55~47 Ma 之间。矿床成岩成矿时代属于始新世早期,系印度—亚洲大陆碰撞早期地壳加厚重熔的成岩成矿作用的产物(唐菊兴等, 2009; 高一鸣等, 2010)。该矿床与亚贵拉铅锌矿床成矿时代(辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 (65.0 ± 1.9) Ma, 高一鸣等, 2011)的厘定共同印证了冈底斯—念青唐古拉成矿带 65~50 Ma 的成矿事件。沙让矿床邻区亚贵拉矿床的研究主要集中于成岩成矿时代、成矿物质来源、成矿规律等方面的研究(高一鸣等, 2009, 2010, 2011; 高一鸣, 2010)。蒙亚啊铅锌矿床位于冈底斯成矿带北缘,程顺波等(2008)、王立强等(2010, 2014)对矿床的矿床地质特征、矿化和蚀变、矿体发育特征等基础地质进行了研究。基于蒙亚啊矿床脉石矿物 H-O-C 同位素、流体包裹体、稀土微量元素和金属硫化物 S-Pb 同位素、稀土微量元素的研究,对矿床形成的成矿物质来源、成矿流体来源及性质进行了探讨,揭示了矿床岩浆成因,勘查评价表明该矿床的铅锌资源量有望突破 200 万吨。

2.2.2 铜钼元素时空分离机制

传统热液矿床成矿理论认为,钼的沉淀温度是高于铜的(陈光远和孙岱生, 1987),在空间上,铜在钼的靠外围成矿,在形成时间上,钼的成矿应该比铜更早。随着研究和勘查评价的不断深入,发现产于二长花岗斑岩中铜钼矿体普遍存在铜钼分离现象,德兴、驱龙、玉龙斑岩铜钼矿床等这些超大型斑岩矿床中都出现了上铜下钼或外铜内钼的元素分带特征(杨志明等, 2008b; 侯增谦等, 2012),但元素分带与时空相分布之间的关系不清。Jung 等(2012)通过研究美国 Bingham 斑岩矿床的铜钼分离特征,系统提出了铜钼时空分离的问题。

罗茂澄(2017)在识别邦铺斑岩钼铜矿流体包裹体组合的基础上,精细厘定了邦铺矿床铜钼矿化流体的特征,实验模拟斑岩型矿床石盐饱和-铜钼金属沉淀过程可能是流体温度压力同时降低的结果,提出流体减压-相分离-石盐饱和-矿化事件发生的新认识, 373°C、128 bars 的条件下,含盐度为 38% 的成矿流体由岩浆流体发生相分离形成;当温度降低至 320°C 流体发生石盐饱和,钼金属富集后随温度的降低开始沉淀;至 300°C 时,流体中 97% 的钼

金属已经发生沉淀。甲玛矿床角岩型及斑岩型的铜矿化,是富 Cu 元素的单相流体通过降温作用沉淀铜铁硫化物的结果,当温度继续降低至 350°C,压力也继续降低约 80 bars,大约 96%的铜金属发生沉淀。这种基于流体包裹体的精细研究十分重要,提出了斑岩矿床中铜的富集沉淀在 350°C 左右,而钼的富集沉淀在 300°C 上下,因此造成了铜钼的空间分离现象,这与 Jung 等(2012)提出的美国宾厄姆铜钼(金)矿的铜钼时空分离与斑岩矿化系统岩浆源的氧化还原电位和酸/碱平衡有关的认识,显然是不同的,其研究思路和认识都是全新的。

唐攀等(2016)通过甲玛含矿斑岩和角岩型矿石中黑云母的研究,提出花岗斑岩中黑云母的结晶温度为 730~750°C, $\lg f_{O_2}$ 变化范围是 -11.5 ~ -13.0, 属于造山带钙碱性岩系,具壳幔混源成因特点,原生黑云母具有富镁的特征;与原生黑云母相比,角岩中的热液黑云母具有随着 Mg 含量的升高, Cu 含量升高, Fe 含量降低, Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 分异程度增大的特征,相比原生黑云母, Cu 更趋于富集于热液黑云母,矿化作用的强度与黑云母中 Cu 含量呈正相关, Mo 元素在原生黑云母和热液黑云母中普遍存在,并不具有选择性赋存的特征。

王艺云等(2017)通过流体包裹体的系统研究,认为甲玛铜矿化阶段流体温度集中在 340~380°C,总体上大于钼矿化阶段流体温度(主要集中在 310~360°C),两种成矿流体盐度位于 <18%NaCleqv 与 >30%NaCleqv 两个区间,显示成矿流体经历了强烈的沸腾作用,进一步提出甲玛矿床中角岩型和斑岩型矿体呈现“上铜下钼、早铜晚钼”现象,主要由铜、钼元素本身的物化性质,含矿岩浆性质和侵位顺序与深度,以及含矿岩浆后期所分异出的成矿流体的氧化还原性以及其中 S 含量的差异所致,与罗茂澄(2017)的研究基本一致。

王艺云等(2015)研究认为达布铜钼矿体 Cu、Mo 矿化阶段成矿流体经历了不混溶作用,高盐度流体与低密度气相流体发生分离,Mo 矿化阶段的流体相对还原性,硬石膏、赤铁矿、磁铁矿主要分布于 Cu 矿化阶段的流体包裹体中, Cu、Au 等金属主要富集于流体包裹体气相中,认为 Cu、Au 元素可能是气相运移,铜、金、钼不同的迁移方式也可能是铜钼分离的重要因素。

因此,甲玛、邦铺、达布、驱龙等矿床普遍存在铜钼的空间分离现象,是勘查地质学和斑岩铜钼矿勘查评价的重要标志,从铜、钼、金元素的时空分布规律看,主要的 Cu、Au 显然存在早于 Mo 元素沉淀,并在空间上位于更高、更外围的空间的规律;从矿石特征分析,位于矿体上部的铜金矿化,

具有典型细脉浸染状构造,黄铜矿、斑铜矿普遍交代黑云母、角闪石等暗色矿物,呈浸染状,而辉钼矿一般与石英构成“B”脉。此外,是否存在不同侵入序次、不同岩石类型导致形成铜钼(金)的时空分离,有待进一步研究。

2.2.3 普桑果铜多金属矿床——特殊的矽卡岩型矿床

在冈底斯成矿带的南木林火山盆地南侧的普桑果铅锌铜(钴镍)矿是一个品位高、规模大、成矿元素组合特殊的矿床(图 4),矿区主要出露白垩系塔克那组、古新统典中组。典中组主要分布于矿区北部,岩性为一套火山碎屑岩;塔克那组地层可分为可分为 K_1t^1 、 K_1t^2 、 K_1t^3 、 K_1t^4 四个岩性段,其中,第一岩性段(K_1t^1)主要为一套凝灰质火山岩,第二岩性段(K_1t^2)主要为一套大理岩化灰岩,第三岩性段(K_1t^3)主要为一套含炭质泥质岩火山碎屑岩,第四岩性段(K_1t^4)为一套大理岩化、矽卡岩化灰岩(图 4)。矿区岩浆岩比较发育,主要为分布于矿区西侧的黑云母花岗闪长岩、位于矿区中部的闪长玢岩以及穿插发育于矿区最北部典中组的基性辉长岩脉侵入体(图 4)。

已探明 5 条矿体,自北向南依次编号为 I、II、III、IV 和 V 号矿体(图 4),矿体类型主要为矽卡岩型铜铅锌(钴)矿体,探获 333+334 Pb+Zn+Cu 金属资源量 77 万吨,其中 333 金属资源量 Cu 12 万吨、铅 16 万吨、锌 41 万吨,平均品位 Zn+Pb 7.52%、Cu 0.85%。其中, I 号矿体为矿区的主矿体,主要赋存于塔克那组第四岩性段(K_1t^4)矽卡岩化大理岩和典中组(E_1d)火山碎屑岩中,呈近东西向展布,矿体走向约 350 m,平均厚 41.8 m,主要呈层状、似层状和不规则状产出(图 4)。主要矿石矿物为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、辉砷镍钴矿,次为针硫铋铅矿、硫铋铜铅矿、蓝辉铜矿、斑铜矿等;主要的脉石矿物包括石榴子石、硅灰石、透辉石、角闪石、绿帘石、绿泥石等矽卡岩矿物,次为石英、方解石等。

对矿区西侧的黑云母花岗闪长岩、矿区中部的闪长玢岩和北部的辉长岩脉开展了系统的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年,黑云母花岗闪长岩(13.56 ± 0.24) Ma (MSWD=0.4),闪长玢岩(13.60 ± 0.10) Ma (MSWD=0.95, $N=12$),辉长岩为(208.70 ± 0.94) Ma (MSWD=1.8, $N=10$),辉长岩的年龄显示推测其为典中组火山岩的残余包体。

与成矿有关为黑云母花岗闪长岩、闪长玢岩,均属过铝质高钾钙碱性岩石系列,提供了大部分 Cu、Pb、Zn、Ag 等成矿元素,矿石的铅同位素数据绝大多数落入上地壳铅源区域,2 个数据点落在上地壳与地幔混合的俯冲带铅,指示矿区铅同位素有着上地壳与地幔混合的俯冲带铅向上地壳铅演化的趋势。矿体主要发育于花岗闪长岩与塔克那组地

层的外接触带内, 矿体产状和规模均受到岩性、地层控制, 主要呈透镜状、似层状和不规则状, 与矽卡岩产状近乎一致, 属矽卡岩型铜多金属矿床, 但矿石中富集钴镍的机制仍不清楚。

2.3 班公湖—怒江成矿带

班公湖—怒江成矿带是近年来取得找矿突破成果最大的成矿带之一(图 1, 图 5)。诸多学者已对区内多不杂、波龙斑岩 Cu(Au)矿床的年代学、物质来源、成矿流体、大地构造背景、蚀变与矿化的关系等方面进行了较为详细的研究(Li Guang-ming et al., 2012; LI Jin-xiang et al., 2012; Li et al., 2011, 2013, 2014), 对拿若、色那、赛角等矿床(点)成矿岩浆活动时限也进行了厘定(李金祥, 2008; 段志明等, 2013; Zhou et al., 2015; 祝向平等, 2015), 揭示多龙矿集区在早白垩世(120~116 Ma)以富金斑岩铜矿为主的大规模成矿作用特征。

西藏首例铁格隆南超大型斑岩-浅成低温热液

Cu(Au)矿床的勘查评价和综合研究表明(杨超等, 2014; 唐菊兴等, 2014a, b, 2016b; 方向等, 2015; 李彦波等, 2015; Zhu et al., 2015a, b; 杨欢欢等, 2016; Lin et al., 2017a, b), 矿床特有的明矾石、高岭石、地开石蚀变矿物组合、铜硫二元体系的矿物组合和泥化、高级泥化的蚀变分带, 揭示了矿床具有岩浆热液为主的斑岩-浅成低温热液成矿系统。

2.3.1 多龙矿集区成矿背景

多龙矿集区主要为中生代海相沉积岩地层, 包括上三叠统的日干配错组(T_3r)灰岩, 下一中侏罗统的色哇组(J_{1-2s})、曲色组(J_{1-2q})泥质粉砂岩、砂岩。区域构造活动强烈, 多为隐伏断裂。主要控矿构造为北东—南西向、北西—南东向。区域岩浆活动较强, 多沿构造线分布。除中侏罗统沉积地层中发育少量的辉长岩、辉绿岩以及枕状玄武岩外, 区域岩浆岩主要为早白垩世的中酸性侵入岩(花岗闪长斑

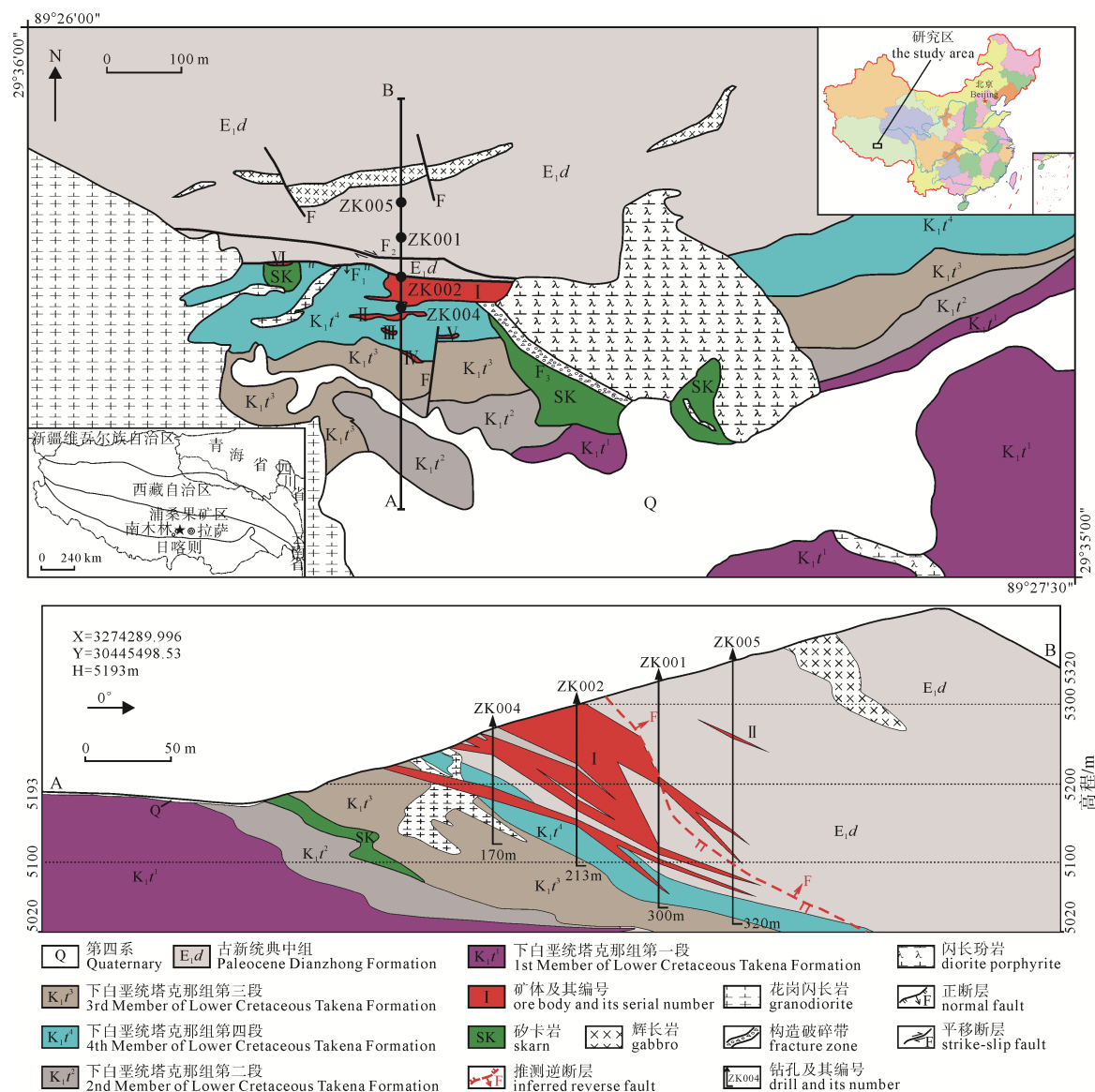


图 4 西藏普桑果铜多金属矿床矿区地质简图(据唐菊兴等, 2017)

Fig. 4 Geological map of the Pusangguo copper polymetallic deposit, Tibet (after TANG et al., 2017)

绢云母等矿物, 蓝辉铜矿、辉铜矿、久辉铜矿、斯硫铜矿等 Cu-S 二元体系矿区普遍交代黄铁矿、斑铜矿和黄铜矿等斑岩型矿体的矿物组合。矿床的剥

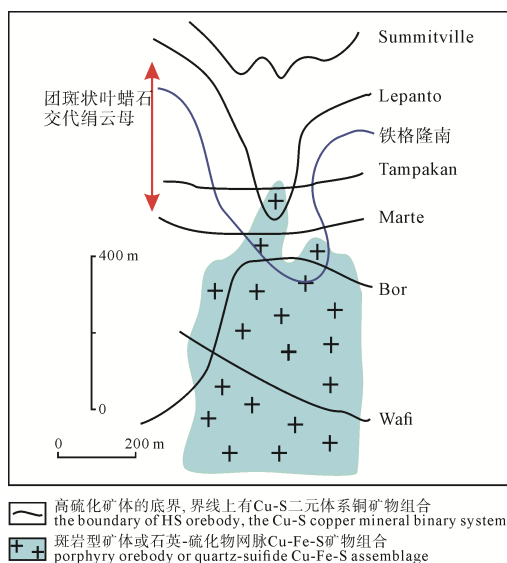


图6 典型高硫化型-斑岩型矿床硅帽底和斑岩矿体顶变化图(反映同热液期的地壳快速隆升导致硅帽和高级泥化带不断下降, 叠加于斑岩矿化体之上)

(底图据 Sillitoe et al., 1999)

Fig. 6 The bottom of silicon cap in typical high sulfidation-porphyry deposit and the top of porphyry orebody (indicating the continued decreasing silicon cap and advanced argillic zone which is caused by rapid uplift of crust superimposed upon the porphyry orebody) (modified after Sillitoe et al., 1999)

蚀程度和浅成低温热液蚀变矿物组合和矿物产出特征反映出矿床接受一定的剥蚀, 表明羌塘南缘在 120~110 Ma 之间, 已经快速隆升为古高原, 铁格隆南矿床已经被剥蚀了数百米至 1 200 m(杨超等, 2014; 唐菊兴等, 2016b)。Sillitoe(1999)总结了多个典型的高硫化型铜金矿体叠加于斑岩型矿体之上的矿床特征(图 6), 反映同热液期的地壳快速隆升导致地下水面的下降, 高硫化蚀变不断下移, 叠加于斑岩矿化体之上。

唐菊兴等(2016b)提出, 铁格隆南铜金矿床具有典型“三元结构”, 成矿后陆相中基性火山岩覆盖于矿体之上, 保护形成于浅部的矿体未被剥蚀; 中浅部浅成低温热液成矿作用产物叠加于斑岩矿体之上, 金属矿物组合具有 Cu-S 二元体系叠加在 Cu-Fe-S(As)三元体系之上的特征, 矿物组合为高岭石-地开石-明矾石为主, 黄铁绢云母化被改造, 在高硫化蚀变矿物交代黄铁绢英岩化的底界上出现叶蜡石; 深部以斑岩型矿体为主, 以 Cu-Fe-S(As)三元体系矿物组合为主, 蚀变以黄铁绢英岩化、钾硅化、青磐岩化位于矿体边部。

2.3.3 尔尔穷—嘎拉勒矿集区

该矿集区(图 1)的矿床类型属于矽卡岩型铜金矿床, 李志军等(2011, 2017)、姚晓峰等(2012)、雷传扬等(2012)、唐菊兴等(2013)、张志等(2013, 2015)

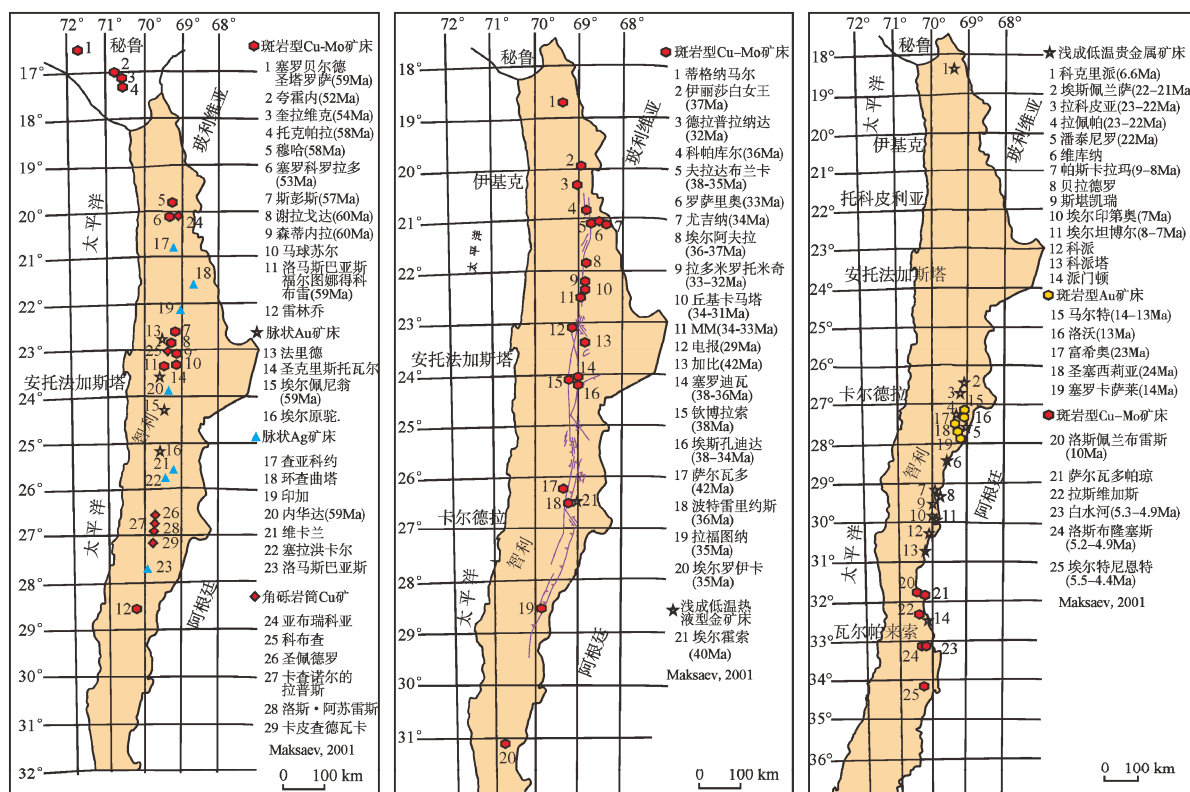


图7 南美地区古新世—上新世主要斑岩-浅成低温热液矿床分布图(据 Maksaev, 2001)

Fig. 7 The distribution of main porphyry-epithermal deposits in South America during Paleocene and Pliocene (after Maksaev, 2001)

做了全面的研究,成矿主要与晚燕山期侵位(88~90 Ma)的石英闪长岩及花岗闪长岩有关,准铝质-微弱过铝质钙碱性-高钾钙碱性岩浆岩的侵位,在岩体隆起部位及其与白垩纪碳酸盐岩的内外接触带形成矽卡岩型铜金(钼)矿体,在岩体边缘构造破碎带(F1 断层)内形成铁氧化物铜金建造型矿体。尕尔穷的为钙质矽卡岩型矿石,嘎拉勒为镁质矽卡岩型矿石。目前查明的资源量为铜约 40 万吨,共生金大于 70 t(图 1)。

3 几个问题的讨论

3.1 关于冈底斯谢通门—昂仁以西的勘查评价方向

众所周知,目前冈底斯斑岩铜多金属成矿带主要指工布江达—昂仁县一带,主要指的是冈底斯成矿带的东段(芮宗瑶等, 2004),而对昂仁县以西铜多金属勘查评价方向的认识争议较大,众多学者表达了谢通门—昂仁以西斑岩-矽卡岩型铜多金属矿成矿潜力的疑虑。由于谢通门—工布江达县始新世以来强烈的差异性隆升,陆相火山岩的剥蚀程度较大,谢通门、尼木大岩基出露,大部分斑岩-矽卡岩型矿床出露地表或近地表,导致大多数矿床被发现和勘查评价。谢通门—昂仁以西由于大量的林子宗群火山岩尚未剥蚀(图 10),寻找斑岩-矽卡岩-浅成低温热液型矿床的潜力最大,尤其是形成于 69~52 Ma 的典中组陆相火山出露区,更应该引起足够的重视。

冈底斯成矿带找矿突破的重心西移是必经之路,重点部署在谢通门以西地区。由于陆相火山岩的覆盖,一般性的化探成果难于反映被覆盖的斑岩-矽卡岩-浅成低温热液型铜多金属矿的异常组合特征,反映的仅仅是林子宗群的异常。

重要的是应该采取什么勘查技术和评价方法。首先,安排小比例尺的卫星重力和中小比例尺的重力解译,探索深部一级岩浆房的范围;其次,在一级岩浆房的范围内,完成火山机构的解译,了解岩浆通道;三是尽可能开展蚀变地质填图。

3.2 关于陆相火山岩地区斑岩-矽卡岩-浅成低温热液型矿床的找矿方向

这个问题与 3.1 提出的问题是扣合的,西藏冈底斯成矿带、班公湖—怒江成矿带从 180~40 Ma 的火山活动十分发育,而陆相火山岩地区占以上两个成矿带近一半以上的地域,成矿潜力是不容置疑的。

南美地区重要的斑岩-矽卡岩-浅成低温热液型铜多金属矿床,古新世—上新世的斑岩-矽卡岩-浅成低温热液型矿床主要分布在陆相火山岩地区(Maksaev, 2001),并且以陆相安山质的安山岩为主(图 7)。

而西藏陆相火山岩地区与斑岩型矿床共伴生的浅成低温热液型矿床的勘查评价并未引起足够的重视,仅仅在多龙矿集区铁格隆南的成功突破之后,渐渐认识到该类矿床的重要性(唐菊兴等, 2014a, b; 孙兴国等, 2014)。此类矿床在矿体结构上往往表现出二元结构(也有具有三元结构的,浅成低温热液矿体上面覆盖陆相火山岩),斑岩型矿体顶部常发育浅成低温热液型矿床(Sillitoe, 2010),构成斑岩-浅成低温热液成矿系统,如西南太平洋的菲律宾东缘、巴布亚—新几内亚、中国台湾金瓜石、福建紫金山等。浅成低温热液型矿床一般形成于火山弧,位于古潜水面以下 50~700 m,形成温度为 160~270 ℃(可达 300 ℃)(Hedenquist and Richards, 1998),发育丰富的、对物理化学条件极其敏感的矿石/脉石矿物组合,矿床的具体类型可划分为高硫型、中硫型和低硫型(Hedenquist et al., 2000; Camus and Dilles, 2001)。Einaudi 等(2003)总结了斑岩叠加浅成低温热液型矿床和独立浅成低温热液型矿床的不同空间位置矿物组合特征,高硫型矿床以硫砷铜矿-蓝辉铜矿-铜蓝矿石矿物组合为标志,流体以发育明矾石-地开石-高岭土-多孔状石英(燧石)组合的强酸性环境为特征(Hedenquist et al., 2000; Seedorff et al., 2005),形成的蚀变在垂向上具有严格的分带性(Hedenquist et al., 2000)。而低硫型浅成低温热液矿床以产出典型的冰长石-绢云母-玉髓-蛋白石组合的蚀变为其特征,常见蒙脱石-高岭石-伊利石、碳酸盐矿物(菱锰矿、方解石、菱铁矿)蚀变矿物组合(Hedenquist et al., 2000; Einaudi et al., 2003)。冈底斯带洞嘎金矿、斯弄多北矿带,班—怒带的铁格隆南、尕尔勤等矿床具有典型浅成低温热液型矿床的特征。

尽管近 5 年来取得一定的进展和突破,但与西藏大面积发育的安山质-英安岩-流纹岩组合火山岩的现状是不相称的,多龙矿集区的斑岩-浅成低温热液型矿床组合十分完美(图 8),并局部发育隐爆角砾岩筒铜金矿体,深部斑岩型矿化找矿潜力也较大。

低硫化型浅成低温热液矿床是西藏新识别出的矿床类型,根据对斯弄多低硫化型浅成低温热液矿床的地质特征研究,结合纳如松多隐爆角砾岩型和矽卡岩型的研究成果,唐菊兴等(2016a)认为低硫化型浅成低温热液-隐爆角砾岩型银多金属矿床组合是冈底斯带林子宗群火山岩分布区目标矿床组合类型,岩体与碳酸盐岩接触部位则形成矽卡岩型矿床,构成低硫型浅成低温热液-隐爆角砾岩型-矽卡岩型银多金属矿床组合。与安第斯成矿带(如马力昆成矿带(La Franja de Maricunga)(Camus and Dilles,

2001; Richards et al., 2013)、印地—帕斯瓜成矿带(Franja El Indio-Pascua)(Bissig et al., 2003)(图 7)等火山岩分布区相比,冈底斯带具有相似的地质构造背景,随着斯弄多银多金属矿床的深入研究,东西长达 1 200 km 的林子宗群火山岩区必将发现更多类似矿床。另外值得注意的是,这类矿床组合的深部可能会有斑岩型矿化,构成低硫型浅成低温热液-隐爆角砾岩型-矽卡岩型-斑岩型矿床组合。

班—怒结合带普遍发育的 145~110 Ma 的陆相火山岩,则弄群、去申拉组、多尼组、美日切错组等代表的是陆缘弧或弧后盆地的产物(图 9),这些陆相火山岩地区普遍发育火山机构、隐爆角砾岩筒,铜金铅锌银异常套合较好,但除了多龙矿集区以外,其它地区尚未开展深入细致的工作,因此,该结合带的成矿潜力极大。

3.3 关于冈底斯成矿带特提斯洋碰撞的时限与矿床学指针

区域矿床学研究成果显示,特提斯洋俯冲产生的构造-岩浆作用的成矿响应得到进一步证实,典中组发育的安山质火山岩和浅成低温热液矿床,反映印度大陆和亚洲大陆的碰撞事件应该在 55~52 Ma,至少典中组火山岩还是陆缘弧的产物,

并形成典型的低硫化型、高硫化型浅成低温热液银(金)多金属矿床,甚至斑岩-浅成低温热液型矿床。这类矿床由于被复杂、多期次喷发的陆相火山覆盖,找矿难度可想而知,类似我国福建、浙江、辽吉黑地区,福建、浙江、辽吉黑地区陆相火山岩地区都应该有这类矿床的找矿突破。

对于印度—亚洲大陆的碰撞时限,前人在古地磁、岩浆活动、沉积学等方面进行了不同程度的研究。古地磁研究(Klootwijk et al., 1992; Molnar and Stock, 2009; Zhu et al., 2015; 王二七等, 2017)认为初始碰撞发生在 55 Ma,俯冲板片的断离为 45 Ma。莫宣学等(2003)认为林周盆地古近纪林子宗火山岩与上白垩统设兴组之间的巨大区域性不整合代表了一次重大的地质事件,林子宗火山岩底部安山岩的形成时代(65 Ma)代表了印度—亚洲大陆初始碰撞时间,但纵观东西长 1 500 km 林子宗陆相火山岩发育大量的火山机构(图 10),点状喷发的陆相火山岩与下伏地层必定是不整合的。朱弟成等(2017)提出的印度—亚洲大陆起始碰撞时间在 54.7~54 Ma 之间。胡修棉等(2017)通过对雅鲁藏布缝合带两侧沉积记录的研究,限定印度—亚洲大陆初始碰撞时间为(59±1) Ma。

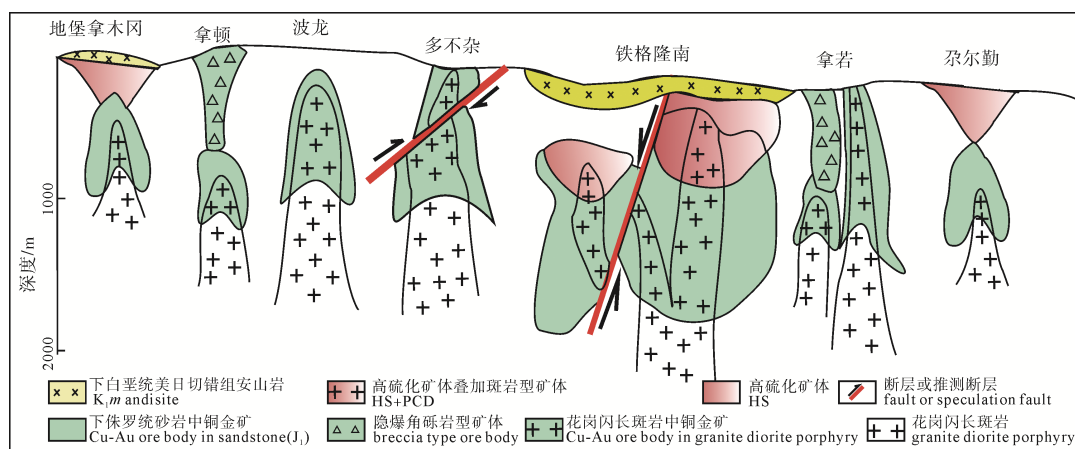


图 8 多龙矿集区各矿床矿体分布及勘查模型图

Fig. 8 The distribution of orebodies in the Duolong ore concentration area and exploration model

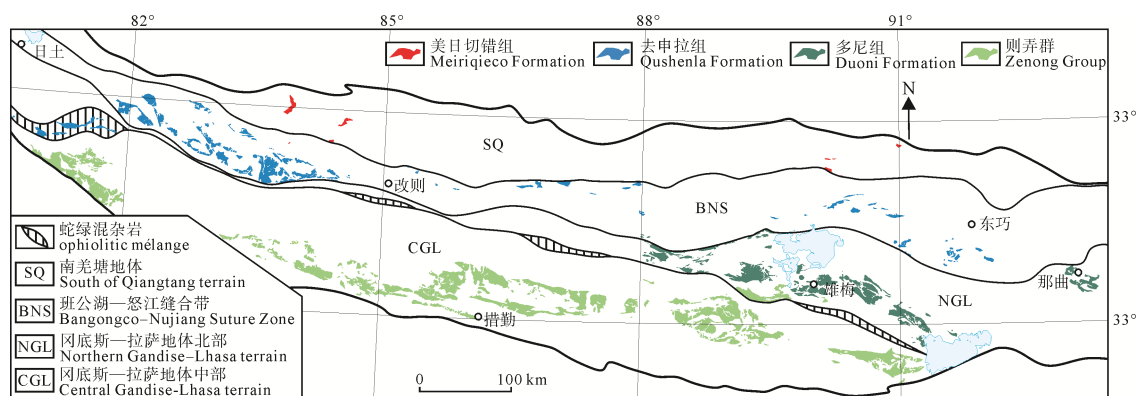


图 9 班—怒带主要时代的火山岩分布图

Fig. 9 The distribution of main volcanic rocks in Bangong Co-Nujiang metallogenic belt

综上所述, 65~52 Ma 期间的冈底斯地块仍是特提斯洋俯冲的陆缘弧, 形成斑岩-矽卡岩-浅成低温热液型矿床是正常的, 真正的印度大陆-古亚洲碰撞是在 52 Ma 左右, 直接导致位于拉萨地块中部的念青唐古拉带由于地壳的垂向增生加厚, 形成的岩浆壳源成矿物质多于幔源物质, 形成矽卡岩型铅锌银矿床、斑岩型钼矿床(沙让钼矿, 52~51 Ma)。

3.4 斑岩-矽卡岩铜多金属矿床组合

斑岩型矿床的形成主要受岩浆活动产出的流体控制, 当斑岩体侵位于碳酸盐岩中可形成斑岩-矽卡岩成矿系统。李光明等(2005)对西藏冈底斯成矿带驱龙、甲玛和知不拉等铜多金属矿床进行研究,

印度大陆与亚欧大陆碰撞后伸展环境上地幔或加厚的下地壳局部熔融产生的花岗质岩浆上升侵位演化过程中形成的岩浆-热液系统在不同围岩介质中成矿动力学背景不同而形成斑岩-矽卡岩或斑岩-浅成低温热液型成矿系统。毛景文等(2009)对长江中下游成矿带矿床模型进行研究, 当围岩为碎屑岩时形成斑岩型矿床; 围岩为灰岩时, 形成斑岩-矽卡岩型矿床或钙质矽卡岩矿床; 围岩为白云岩时, 形成斑岩-矽卡岩矿床或镁质矽卡岩矿床。斑岩-矽卡岩成矿系统常常形成大型-超大型矿床, 如 Bingham, Grasberg, Antamina 等矿床。Sillitoe 等(1990)、Meinert(1993, 1995)、Sillitoe(2010)等将斑岩-矽卡岩

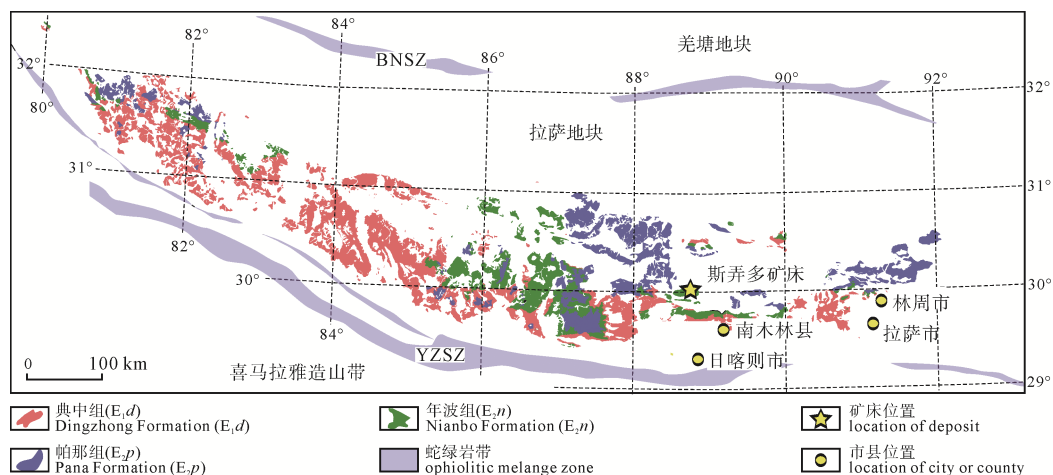


图 10 拉萨地块林子宗群火山岩分布范围(据 Zhu et al., 2015a)及斯弄多 Ag-Pb-Zn 矿床位置(据胡古月等, 待刊)
Fig. 10 The distribution of Linzizong Group in Lhasa Block (after Zhu et al., 2015) and the location of Sinongduo Ag-Pb-Zn deposit (after HU et al., in press)

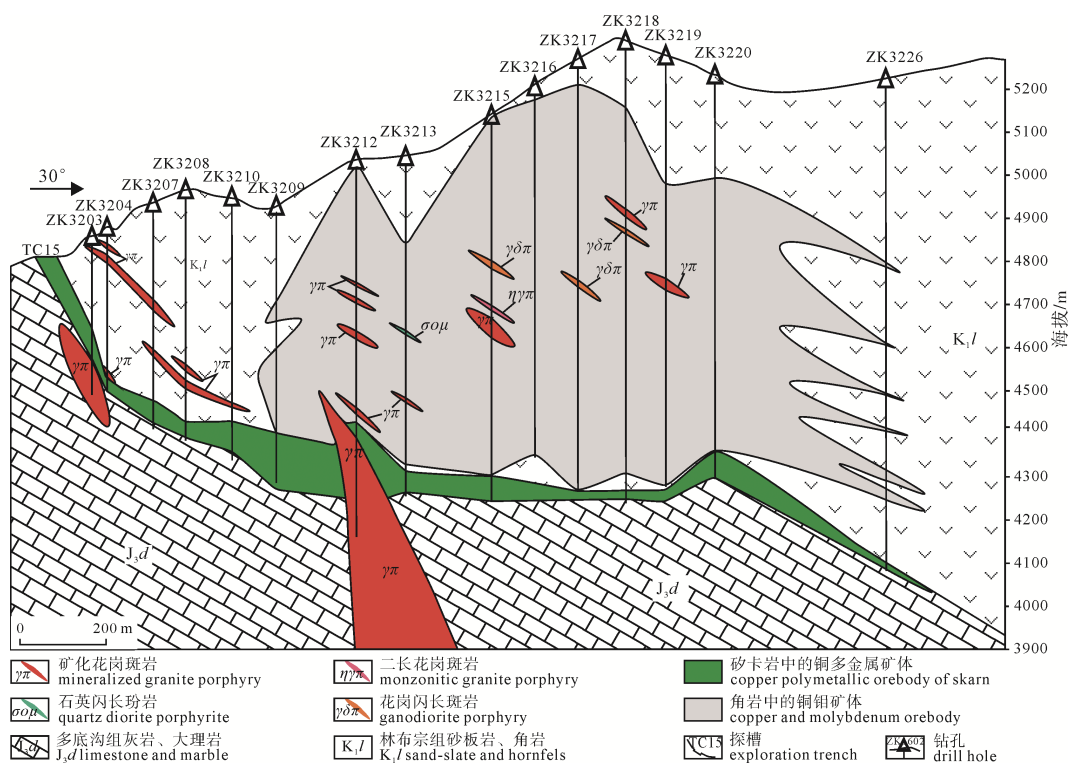


图 11 甲玛 32 勘探线地质剖面图
Fig. 11 Geological section along No. 32 exploration line in Jiamma

矿床作为一个成矿系统进行介绍。甲玛、驱龙、邦铺铜多金属矿床即是典型的斑岩-矽卡岩型矿床组合,冈底斯成矿带的普桑果铜多金属矿床,可能也存在斑岩-矽卡岩或斑岩-浅成低温热液矿床组合。

随着勘查的不断深入,近年来甲玛施工了十余个孔深超过 1 200 m 的深孔,矽卡岩型矿体在倾向方向的层间构造中延伸已经超过 4 500 m(图 11),而且岩体近接触带富矿体尚未全部控制,多底沟组灰岩、大理岩中 Manto 型富铜矿体(海拔 4 300 m 以下,发现 Cu 平均品位>2%的 Manto 型矿体),铜山南坑推滑覆构造中 2017 年又发现 100 m 以上的富铜矿体(ZK4404 孔, Cu 品位大于 1.5%, 铅锌品位大于 5%),甲玛铜资源量有望超过 1 200 万吨。

4 结论

通过中国地质调查局和国家公益性基础地质调查和研究与商业性勘查评价的有机结合,“产学研用”模式的不断完善,西藏已经成为我国最重要的资源储备基地。

1)西藏主要成矿带基本探明铜资源量超过 7 000 万吨、铅锌资源量 1 000 万吨、钼资源量 300 t, 共伴生金 1 200 t, 共伴生银 29 000 t。从各成矿带的成矿地质条件和铜资源的潜力分析,提出西藏铜资源量有望在 7 000 万吨的基础上增加 5 000 万吨,仅仅是认识创新,时间和经费投入的问题。

2)矿床学指针及构造岩浆作用与成矿响应研究表明,至少林子宗群典中组陆相火山岩还是陆缘弧背景,印度—亚洲大陆的碰撞时限在 52 Ma 左右。因此,冈底斯成矿带谢通门—昂仁县以西的林子宗群典中组分布区,有利于寻找斑岩-浅成低温热液型铜多金属矿床。

3)西藏各大成矿带重要的矿床类型是斑岩-矽卡岩型铜多金属矿(驱龙、甲玛、邦铺、玉龙等)、矽卡岩型铅锌银矿(亚贵拉、蒙亚啊、洞中拉等)、斑岩-浅成低温热液型铜(金)矿(多龙矿集区)、低硫化型浅成低温热液型银(金)铅锌矿、矽卡岩型铜金矿,以及未来可能突破的造山型金矿。

4)班—怒带 145~110 Ma 的陆相火山岩分布区是寻找斑岩-浅成低温热液型铜金矿和矽卡岩型铜金矿的最佳目标区。

5)类似甲玛等矿床含矿斑岩体近端接触带的深部,灰岩、大理岩层间(不纯大理岩)及推滑覆构造中的 Manto 型富铜矿体尚未查明和控制,仅甲玛的铜资源量可实现 1 200 万吨以上。

致谢: 由于论文涉及的矿床(点)较多,难于将参考文献一一列入,文中涉及较多未公开出版的地质报告和潜力评价资料,在此深表谢意!

感谢西藏华泰龙矿业、巨龙矿业、中铝西藏、天圆矿业、华钰矿业、西藏金龙矿业、中瑞矿业、卓朗基矿业等矿业公司,西藏地勘局第五地质大队、第六地质大队、第二地质大队、地热地质大队、西藏地质调查院等地勘单位的支持,感谢给予研究经费支持的同时,在人才培养、科学研究等方面给予了全方位的资助和支持。

Acknowledgements:

This study was supported by the Special Scientific Research Fund of Public Welfare Profession of Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China (No. 201511017), and China Geological Survey (No. DD20160026).

参考文献:

- 曹圣华, 邓世权, 肖志坚, 廖六根. 2006. 班公湖—怒江结合带西段中特提斯多岛弧构造演化[J]. 沉积与特提斯地质, 26(04): 25-32.
- 曹圣华, 罗小川, 唐峰林, 陈鲁根. 2004. 班公湖—怒江结合带南侧弧-盆系时空结构与演化特征[J]. 中国地质, 31(01): 51-56.
- 陈光远, 孙岱生. 1987. 成因矿物学与找矿矿物学[M]. 重庆: 重庆出版社.
- 陈华安, 祝向平, 马东方, 黄瀚霄, 李光明, 李玉彬, 李玉昌, 卫鲁杰, 刘朝强. 2013. 西藏波龙斑岩铜金矿床成矿斑岩年代学、岩石化学特征及其成矿意义[J]. 地质学报, 87(10): 1593-1611.
- 陈建平, 邓江红, 李葆华, 唐菊兴, 王奖臻, 王成善. 1997. 西藏玉龙上三叠统甲丕拉组沉积特征及铜矿质的初步富集[J]. 沉积学报, (01): 112-118.
- 陈雷, 秦克章, 李光明, 李金祥, 肖波, 江化寨, 赵俊兴, 范新, 江善元. 2012. 西藏冈底斯南缘怒日铜钨钼矿床地质特征与矽卡岩矿物学研究[J]. 矿床地质, 31(3): 417-437.
- 陈雷, 秦克章, 李光明, 肖波, 李金祥, 江化寨, 陈金标, 赵俊兴, 范新, 韩逢杰, 黄树峰, 琚宜太. 2011. 西藏山南怒日铜钨钼矿床矽卡岩地球化学特征及成因[J]. 地质与勘探, 47(01): 78-88.
- 陈喜连, 黄文婷, 邹银桥, 梁华英, 张健, 张玉泉. 2016. 玉龙斑岩铜矿带南段含矿斑岩体锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及南北段成矿规模差异分析[J]. 岩石学报, 32(8): 2522-2534.
- 陈玉水, 王成东, 杜庆安. 2011. 西藏山南明则矿区斑岩型钼矿地质特征及外围找矿预测[J]. 地质与勘探, 47(01): 31-35.
- 程顺波, 庞迎春, 曹亮. 2008. 西藏蒙亚啊矽卡岩铅锌矿床的成因探讨[J]. 华南地质与矿产, (03): 50-56.
- 次琼. 2016. 西藏昂仁—谢通门朱诺铜矿具有超大型规模潜力[J]. 中国地质调查成果快讯, 27: 22-24.
- 崔晓亮, 多吉, 刘鸿飞, 张金树, 刘婷婷, 栗登逵, 普布次仁, 杜刚强, 刘祖军. 2012. 西藏浦桑果铜多金属矿床侵入岩的

- 地球化学特征及对构造环境的约束[J]. 地球学报, 33(4): 537-545.
- 丁枫, 唐菊兴, 崔小亮. 2006. 硫、铅同位素及微量元素对西藏雄村铜金矿成矿物质来源的指示[J]. 矿床地质, 25(S1): 399-402.
- 丁帅. 2014. 西藏改则县拿若铜(金)矿地质特征研究[D]. 四川成都: 成都理工大学.
- 丁帅. 2017. 西藏冈底斯成矿带斯弄多浅成低温热液型银铅锌矿床成岩与成矿作用研究[D]. 四川成都: 成都理工大学.
- 杜德道, 曲晓明, 王根厚, 辛洪波, 刘治博. 2011. 西藏班公湖-怒江缝合带西段中特提斯洋盆的双向俯冲: 来自岛弧型花岗岩锆石 U-Pb 年龄和元素地球化学的证据[J]. 岩石学报, 27(07): 1993-2002.
- 杜光树, 姚鹏, 潘凤雏, 栗登遼, 李文彬, 宁英毅. 1998. 喷流成因矽卡岩与成矿——以西藏甲玛铜金属矿床为例[M]. 成都: 四川科学技术出版社.
- 杜欣, 燕长海, 陈俊魁, 高明, 李新法. 2010. 西藏亚贵拉铅锌多金属矿床的地质特征[J]. 地质调查与研究, 33(4): 257-265.
- 段志明, 李光明, 张晖, 李应棚, 段瑶瑶. 2013. 色那金矿石英二长闪长岩锆石 U-Pb 年龄与地球化学特征及其对成矿背景的约束[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 43(6): 1864-1877.
- 范新, 陈雷, 秦克章, 肖波, 李金祥, 李秋平, 陈玉水, 陈金标, 赵俊兴, 李光明, 黄树峰, 琚宜太. 2011. 西藏山南地区明则斑岩铜矿床蚀变矿化特征与成矿时代[J]. 地质与勘探, 47(01): 89-99.
- 方树元. 2003. 西藏自治区乃东县劣布铜矿区的矿床地质特征及找矿远景分析[J]. 地质找矿论丛, (S1): 48-51.
- 方向, 唐菊兴, 宋杨, 杨超, 丁帅, 王艺云, 王勤, 孙兴国, 李玉彬, 卫鲁杰, 张志, 杨欢欢, 高轲, 唐攀. 2015. 西藏铁格隆南超大型浅成低温热液铜(金、银)矿床的形成时代及其地质意义[J]. 地球学报, 36(02): 168-176.
- 费光春. 2010. 西藏洞中拉热液型铅锌矿床成矿作用研究[D]. 成都: 成都理工大学.
- 付燕刚, 胡古月, 唐菊兴, 刘秋平, 王豪. 2017. 西藏斯弄多低硫化型浅成低温热液 Ag-Pb-Zn 矿床: Si-H-O 同位素的示踪应用[J]. 地质学报, 91(04): 836-848.
- 高轲, 多吉, 唐菊兴, 张志, 宋俊龙, 丁帅, 宋扬, 林彬, 冯军. 2016a. 西藏多龙矿集区拿若铜(金)矿床蚀变特征[J]. 矿物岩石地球化学通报, 35(6): 1226-1237.
- 高轲, 唐菊兴, 方向, 张志, 王勤, 杨欢欢, 王艺云, 冯军. 2016b. 西藏多龙矿集区色那铜金矿地质特征、侵入岩地球化学特征及其地质意义[J]. 矿物学报, 36(2): 199-207.
- 高轲, 唐菊兴, 宋扬, 刘治博, 方向, 杨欢欢, 王勤, 林彬, 王艺云. 2017. 西藏拿若隐爆角砾岩中岩浆岩成因: 来自锆石 Hf 同位素证据[J]. 地质与勘探, 53(02): 207-216.
- 高一鸣, 陈毓川, 唐菊兴, 杜欣, 李新法, 高明, 蔡志超. 2009. 西藏工布江达县亚贵拉铅锌铜多金属矿床石英斑岩锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J]. 地质学报, 83(10): 1436-1444.
- 高一鸣, 陈毓川, 唐菊兴, 李超, 李新法, 高明, 蔡志超. 2010. 西藏工布江达地区亚贵拉铅锌铜矿床辉钼矿 Re-Os 测年及其地质意义[J]. 地质通报, 30(7): 1027-1036.
- 高一鸣, 陈毓川, 唐菊兴, 罗茂澄, 冷秋锋, 王立强, 杨海锐, 普布次仁. 2012. 西藏曲水县达布斑岩铜(钼)矿床成岩成矿年代学研究[J]. 地球学报, 33(4): 613-623.
- 高一鸣, 陈毓川, 王成辉, 侯可军. 2011. 亚贵拉-沙让-洞中拉矿集区中新世代岩浆岩 Hf 同位素特征与岩浆源区示踪[J]. 矿床地质, 30(2): 279-291.
- 高一鸣. 2010. 西藏工布江达县亚贵拉-沙让多金属矿床地质特征及区域成矿研究[D]. 北京: 中国地质科学院.
- 韩杰. 2006. 西藏桑日县明则斑岩铜矿地质特征及找矿前景[J]. 地质找矿论丛, (S1): 20-21, 38.
- 郝金华, 陈建平, 董庆吉, 田永革, 李玉龙, 陈冬. 2012. 青海省纳日贡玛斑岩铜矿床成矿花岗岩斑岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年及地质意义[J]. 现代地质, 26(1): 45-53.
- 何国朝, 王广强, 黄文婷, 邹银桥, 伍静, 梁华英. 2014. 藏东玉龙斑岩铜矿带扎拉尕含矿斑岩体锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地球化学, 43(4): 399-407.
- 何国朝, 张健, 伍静, 黄文婷, 林书平, 梁华英, 王要武. 2016. 粤北大宝山矿区船肚岩体和大宝山花岗斑岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄及多阶段成矿分析[J]. 大地构造与成矿学, 40(01): 136-144.
- 侯增谦, 高永丰, 孟祥金, 曲晓明, 黄卫. 2004. 西藏冈底斯中新世斑岩铜矿带: 埃达克质斑岩成因与构造控制[J]. 岩石学报, (02): 239-248.
- 侯增谦, 潘桂棠, 王安建, 莫宣学, 田世洪, 孙晓明, 丁林, 王二七, 高永丰, 谢玉玲, 曾普胜, 秦克章, 许继峰, 曲晓明, 杨志明, 杨竹森, 费红彩, 孟祥金, 李振清. 2006b. 青藏高原碰撞造山带: II 晚碰撞转换成矿作用[J]. 矿床地质, (05): 521-543.
- 侯增谦, 潘小菲, 杨志明, 曲晓明. 2007. 初论大陆环境斑岩铜矿[J]. 现代地质, (02): 332-351.
- 侯增谦, 曲晓明, 王淑贤, 高永丰, 杜安道, 黄卫. 2003. 西藏高原冈底斯斑岩铜矿带辉钼矿 Re-Os 年龄: 成矿作用时限与动力学背景应用[J]. 中国科学(D 辑: 地球科学), (07): 609-618.
- 侯增谦, 杨志明. 2009. 中国大陆环境斑岩型矿床: 基本地质特征、岩浆热液系统和成矿概念模型[J]. 地质学报, 83(12): 1779-1817.
- 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, 李光明, 赵志丹, 江思宏, 孟祥金, 李振清, 秦克章, 杨志明. 2006a. 青藏高原碰撞造山带: I. 主碰撞造山成矿作用[J]. 矿床地质, (04): 309.
- 侯增谦, 郑远川, 杨志明, 杨竹森. 2012. 大陆碰撞成矿作用: I. 冈底斯新生代斑岩成矿系统[J]. 矿床地质, 31(04): 647-670.
- 胡古月, 唐菊兴, 陈翰, 郭英帅. 印度—亚洲初始碰撞时间上限: 来自浅成低温热液矿床的新制约[J]. 矿床地质, 待刊.
- 胡修棉, 王建刚, 安慰, GARZANTI E, 李娟. 2017. 利用沉积记录精确约束印度-亚洲大陆碰撞时间与过程[J]. 中国科学: 地球科学, (03): 261-283.
- 胡永斌, 刘吉强, 胡敬仁, 丁兴, 孙卫东, 刘焰, 凌明星. 2015. 西藏邦铺铜多金属矿床含矿斑岩的地球化学: 对成矿源区与成矿机制的启示[J]. 岩石学报, 31(7): 2038-2052.
- 黄瀚霄, 李光明, 刘波, 张智林, 马东, 曲扎, 肖万峰, 刘洪,

2014. 藏北商旭造山型金矿床的发现及意义[J]. 矿床地质, 33(3): 486-496.
- 黄勇, 唐菊兴, 张丽, 郎兴海. 2014. 西藏雄村斑岩铜金矿床Ⅲ号矿体岩浆岩锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素及微量元素组成[J]. 矿床地质, 33(02): 361-372.
- 纪现华, 孟祥金, 杨竹森, 张乾, 田世洪, 李振清, 刘英超, 于玉帅. 2014. 西藏纳如松多隐爆角砾岩型铅锌矿床绢云母 Ar-Ar 定年及其地质意义[J]. 地质与勘探, (02): 281-290.
- 纪现华, 杨竹森, 于玉帅, 申俊峰, 田世洪, 孟祥金, 李振清, 刘英超. 2012. 西藏纳如松多铅锌矿床成矿岩体形成机制: 岩浆锆石证据[J]. 矿床地质, (04): 758-774.
- 纪现华. 2013. 西藏纳如松多铅锌矿床地质地球化学特征与成因机制研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京).
- 江化寨, 陈自康. 2005. 西藏自治区乃东县劣布铜矿综合地质特征[J]. 地质找矿论丛, (S1): 81-86.
- 江化寨, 江善元. 2006. 西藏劣布铜矿的基本特征及成因初探[J]. 地质找矿论丛, (S1): 10-14.
- 姜子琦, 王强, WYMAN D A, 唐功建, 贾小辉, 杨岳衡, 喻亨祥. 2011. 西藏冈底斯南缘冲木达约 30 Ma 埃达克质侵入岩的成因: 向北俯冲的印度陆壳的熔融?[J]. 地球化学, 40(02): 126-146.
- 郎兴海, 陈毓川, 唐菊兴, 李志军, 邓起, 黄勇, 陈渊, 张丽. 2010a. 西藏谢通门县雄村斑岩型铜金矿床成因讨论——来自元素的空间分布特征的证据[J]. 地质评论, 56(03): 386-404.
- 郎兴海, 唐菊兴, 陈毓川, 李志军, 黄勇, 王成辉, 陈渊, 张丽, 周云. 2012b. 西藏冈底斯成矿带南缘新特提斯洋俯冲期成矿作用: 来自雄村矿集区 I 号矿体的 Re-Os 同位素年龄证据[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 37(03): 515-525.
- 郎兴海, 唐菊兴, 陈毓川, 李志军, 黄勇, 王成辉, 陈渊, 张丽. 2010b. 西藏谢通门县雄村斑岩型铜金矿集区 II 号矿体中辉钼矿 Re-Os 年代学及地质意义[J]. 矿物岩石, 30(04): 55-61.
- 郎兴海, 唐菊兴, 邓煜霖, 谢富伟, 杨宗耀, 崔志伟, 王旭辉, 李志军, 张忠, 张金树, 黄勇. 2017a. 西藏拉萨地块南缘雄村矿区首次发现早石炭世辉长岩: 古特提斯洋的残留?[J]. 地球学报, 38(5): 745-753.
- 郎兴海, 唐菊兴, 邓煜霖, 谢富伟, 杨宗耀, 崔志伟, 王旭辉, 李志军, 张忠, 张金树, 黄勇. 2017b. 西藏谢通门县雄村矿集区综合信息找矿模型及靶区预测[J]. 地球学报, 38(5): 790-802.
- 郎兴海, 唐菊兴, 李志军, 董树义, 丁枫, 王子正, 张丽, 黄勇. 2012a. 西藏谢通门县雄村铜金矿区及其外围的找矿前景地球化学评价[J]. 地质与勘探, 48(01): 12-23.
- 郎兴海, 唐菊兴, 李志军, 黄勇, 陈渊, 张丽. 2011. 西藏谢通门县雄村斑岩型铜金矿集区 I 号矿体的蚀变与矿化特征[J]. 矿床地质, 30(02): 327-338.
- 郎兴海, 唐菊兴, 李志军, 黄勇, 丁枫, 王成辉, 张丽, 周云. 2012c. 西藏雄村斑岩型铜金矿集区 I 号矿体的硫、铅同位素特征及其对成矿物质来源的指示[J]. 地球学报, 33(04): 459-470.
- 雷传扬, 李志军, 张志, 胡正华, 王红星, 宋俊龙. 2012. 西藏尕尔穷铜金矿床花岗岩类的地球化学特征及其地球动力学意义[J]. 地球学报, 33(04): 601-612.
- 冷秋锋, 陈毓川, 唐菊兴, 郑文宝, 张金树, 唐攀, 严刚, 董宇. 2015. 西藏拉抗俄斑岩铜钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素测年及其地质意义[J]. 中国地质, (2): 570-584.
- 冷秋锋, 唐菊兴, 郑文宝, 王保宏, 唐攀, 王豪. 2016. 西藏拉抗俄斑岩 Cu-Mo 矿床含矿斑岩地球化学、锆石 U-Pb 年代学及 Hf 同位素组成[J]. 地球科学, 41(6): 999-1015.
- 李奋其, 高明, 唐文清, 梁婷. 2010. 西藏亚贵拉含钼岩体锆石 LA-ICP-MS 年龄和地质意义[J]. 中国地质, (06): 1566-1574.
- 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[J]. 岩石学报, 23(05): 935-952.
- 李光明, 刘波, 董随亮, 张丽. 2010. 冈底斯成矿带中段铜铁铅锌矿集区的叠合成矿作用及意义——以斯弄多铅锌矿床为例[J]. 矿床地质, 29(S1): 217-218.
- 李光明, 潘桂棠, 王高明, 黄志英, 高大发. 2004. 西藏冈底斯成矿带矿产资源远景评价与展望[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), (01): 22-27.
- 李光明, 秦克章, 陈雷, 陈金标, 范新, 据宜太. 2011. 冈底斯东段山南地区第三纪矽卡岩-斑岩 Cu-Mo-W(Au)多金属矿床勘查模型及深部找矿意义[J]. 地质与勘探, 47(01): 20-30.
- 李光明, 秦克章, 丁奎首, 李金祥, 王少怀, 江善元, 林金灯, 江化寨, 方树元, 张兴春. 2006. 冈底斯东段南部第三纪夕卡岩型 Cu-Au±Mo 矿床地质特征、矿物组合及其深部找矿意义[J]. 地质学报, 80(09): 1407-1421.
- 李光明, 芮宗瑶, 王高明, 林方成, 刘波, 余宏全, 丰成友, 屈文俊. 2005. 西藏冈底斯成矿带甲马和知不拉铜多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄及其意义[J]. 矿床地质, 25(05): 14-22.
- 李光明, 杨家瑞, 丁俊. 2003. 西藏雅鲁藏布江成矿区矿产资源评价新进展[J]. 地质通报, (09): 699-703.
- 李光明, 张夏楠, 秦克章, 孙兴国, 赵俊兴, 印贤波, 李金祥, 袁华山. 2015. 羌塘南缘多龙矿集区荣那斑岩-高硫型浅成低温热液 Cu-(Au)套合成矿: 综合地质、热液蚀变及金属矿物组合证据[J]. 岩石学报, 31(08): 2307-2324.
- 李金祥. 2008. 班公湖带多不杂超大型富金斑岩铜矿床的成矿成矿年代学、岩石学及高氧化岩浆-流体-成矿作用[D]. 北京: 中国科学院博士学位论文: 1-224.
- 李小波, 王保弟, 刘函, 王立全, 陈莉. 2015. 西藏达如错地区晚侏罗世高镁安山岩——班公湖—怒江洋壳俯冲消减的证据[J]. 地质通报, 34(Z1): 251-261.
- 李兴奎, 李才, 孙振明, 吴浩. 2015. 西藏赛角铜金矿闪长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素和地球化学特征及成矿意义[J]. 地质通报, 34(5): 908-918.
- 李彦波, 冯军, 李宏伟, 唐菊兴, 陈烈, 卫鲁杰, 王勤, 宋扬, 刘朝强, 姚中华, 李力, 费凡, 董玉杰, 扎西, 赵鹏, 陈守关, 罗布占堆, 刘世朝, 旦增金巴, 邓士强, 张海潮, 王策, 边巴次仁, 平措郎加, 其美多吉, 唐攀, 袁华山. 2015. 西藏阿里改则县铁格隆南矿区荣那矿段金铜矿详查报告[R]. 西藏: 西藏地质矿产勘查开发局.
- 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. 2012a. 西藏

- 改则县多不杂斑岩型铜金矿床勘查模型[J]. 地质与勘探, 48(2): 274-287.
- 李玉彬, 钟婉婷, 张天平, 陈华安, 李玉昌, 陈红旗, 范安辉. 2012b. 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[J]. 地球学报, 33(4): 579-587.
- 李玉昌, 唐菊兴, 祝向平, 陈红旗, 宋扬等. 2016. 西藏多龙整装勘查区专项填图与技术应用示范报告[R]. 格尔木: 西藏自治区地质矿产勘查开发局第五地质大队.
- 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尕尔穷铜金多金属矿床地质特征及其找矿前景[J]. 矿床地质, 30(06): 1149-1153.
- 李志军, 赵润东, 何子轩, 张志, 李丕蓉, 尤孟, 何珊, 郭奇奇, 欧俊. 2017. 西藏嘎拉勒铜金矿床成矿物质来源探讨——来自硫、铅、碳和氢氧同位素地球化学特征的证据[J]. 地球学报, 38(5): 651-658.
- 梁华英, 莫济海, 孙卫东, 张玉泉, 曾提, 胡光黔. 2009. 玉龙铜矿带马拉松多斑岩体岩石学及成岩成矿系统年代学分析[J]. 岩石学报, 25(2): 385-392.
- 梁维, 侯增谦, 杨竹森, 李振清, 黄克贤, 张松, 李为, 郑远川. 2013. 藏南扎西康大型铅锌银锑多金属矿床叠加改造成矿作用初探[J]. 岩石学报, 29(11): 3828-3842.
- 梁维, 杨竹森, 郑远川. 2015. 藏南扎西康铅锌多金属矿绢云母 Ar-Ar 年龄及其成矿意义[J]. 地质学报, 89(3): 560-568.
- 林彬, 陈毓川, 唐菊兴, 宋扬, 王勤, 冯军, 李彦波, 唐晓倩, 林鑫, 刘治博, 王艺云, 方向, 杨超, 杨欢欢, 费凡, 李力, 高轲. 2016b. 西藏多龙矿集区地堡 Cu(Au)矿床含矿斑岩锆石 U-Pb 测年、Hf 同位素组成及其地质意义[J]. 地质论评, 62(6): 1565-1578.
- 林彬, 唐菊兴, 郑文宝, 王艺云, 高一鸣, 林鑫, 杨欢欢, 冷秋锋, 李晓童, 唐晓倩, 付燕刚. 2016a. 西藏柯月锌多金属矿床地质特征及成矿时代初步研究[J]. 矿床地质, 35(1): 33-50.
- 林彬, 王立强, 唐菊兴, 宋扬, 周新, 刘治博, 高一鸣, 唐晓倩, 徐瑞阁, 陈早军. 2017. 西藏玉龙铜矿带包买矿床含矿斑岩锆石 U-Pb 年代学[J]. 地球科学(待刊).
- 刘洪, 黄瀚霄, 李光明, 肖万峰, 张智林, 刘波, 马东方, 董磊, 马东方. 2015. 因子分析在藏北商旭金矿床地球化学勘查中的应用[J]. 中国地质, 42(4): 1126-1136.
- 刘祖军, 巴桑多吉, 陈静, 尹高峰, 张家毅, 普布扎西, 索朗措姆, 任榕榕, 次仁吉, 边巴次仁, 代顺军. 2012. 西藏自治区南木林县浦桑果矿区铜多金属矿详查报告[R]. 拉萨: 西藏自治区地质矿产勘查开发局第六地质大队.
- 罗茂澄. 2017. 中国斑岩型矿床铜铅差异性富集—综述、代表矿床及实验模拟[D]. 北京: 中国地质大学(北京).
- 马鸿文. 1987. 藏东玉龙斑岩铜矿带岩浆作用的物理化学条件[J]. 现代地质, (02): 238-252.
- 马鸿文. 1989. 论藏东玉龙斑岩铜矿带岩浆活动的构造环境[J]. 岩石学报, (01): 1-11.
- 马进全, 路文, 岳宁飞, 高品, 谭懿, 杨保安, 董磊, 郑前明, 周国华. 2012. 西藏自治区墨竹工卡县知不拉矿区铜多金属矿资源储量核实报告[R]. 拉萨: 西藏国土资源厅.
- 毛景文, 邵拥军, 谢桂青, 张建东, 陈毓川. 2009. 长江中下游成矿带铜陵矿集区铜多金属矿床模型[J]. 矿床地质, 28(02): 109-119.
- 孟祥金, 侯增谦, 高永丰, 黄卫, 曲晓明, 屈文俊. 2003. 西藏冈底斯东段斑岩铜铅锌成矿系统的发育时限: 帮浦铜多金属矿床辉钼矿 Re-Os 年龄证据[J]. 矿床地质, 22(03): 246-252.
- 孟祥金, 侯增谦, 高永丰, 曲晓明, 黄卫. 2004. 碰撞造山型斑岩铜矿蚀变分带模式——以西藏冈底斯斑岩铜矿带为例[J]. 地学前缘, 11(01): 201-214.
- 孟祥金, 侯增谦, 李振清. 2006. 西藏驱龙斑岩铜矿 S、Pb 同位素组成: 对含矿斑岩与成矿物质来源的指示[J]. 地质学报, 80(04): 554-560.
- 莫济海, 梁华英, 喻亨祥, 陈勇, 孙卫东. 2008. 西藏冲木达铜-金(钼)矿床黑云角闪二长花岗岩锆石 U-Pb 年龄及其意义[J]. 地球化学, 37(03): 206-212.
- 莫儒伟, 孙晓明, 翟伟, 周峰, 梁业恒. 2013. 藏南马扎拉金锑矿床成矿流体地球化学和成矿机制[J]. 岩石学报, 29(4): 1427-1438.
- 莫宣学, 董国臣, 赵志丹, 周肃, 王亮亮, 邱瑞照, 张凤琴. 2005. 西藏冈底斯带花岗岩的时空分布特征及地壳生长演化信息[J]. 高校地质学报, (03): 281-290.
- 莫宣学, 赵志丹, 邓晋福, 董国臣, 周肃, 郭铁鹰, 张双全, 王亮亮. 2003. 印度-亚洲大陆主碰撞过程的火山作用响应[J]. 地学前缘, 10(03): 135-148.
- 欧阳渊, 刘洪, 黄瀚霄, 李光明, 杨武年, 肖万峰, 张智林, 马成义, 马步英. 2016. 藏北商旭-达则地区水系沉积物地球化学多元统计分析找矿方向[J]. 矿物学报, 36(4): 586-594.
- 潘凤雏, 邓军, 姚鹏, 王庆飞, 刘玉祥. 2002. 西藏甲马铜多金属矿床夕卡岩的喷流成因[J]. 现代地质, (04): 359-364.
- 潘桂棠, 莫宣学, 侯增谦, 朱弟成, 王立全, 李光明, 赵志丹, 耿全如, 廖忠礼. 2006. 冈底斯造山带的时空结构及演化[J]. 岩石学报, 22(3): 521-533.
- 秦克章, 李光明, 赵俊兴, 李金祥, 薛国强, 严刚, 栗登奎, 肖波, 陈雷, 范新. 2008. 西藏首例独立钼矿——冈底斯沙让大型斑岩钼矿的发现及其意义[J]. 中国地质, 35(06): 1101-1112.
- 秦志鹏, 汪雄武, 多吉, 唐晓倩, 周云, 彭惠娟. 2011. 西藏甲玛中酸性侵入岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及成矿意义[J]. 矿床地质, 30(02): 339-348.
- 曲晓明, 侯增谦, 黄卫. 2001. 冈底斯斑岩铜矿(化)带: 西藏第二条“玉龙”铜矿带?[J]. 矿床地质, 20(04): 355-366.
- 曲晓明, 辛洪波, 徐文艺. 2007. 西藏雄村特大型铜金矿床容矿火山岩的成因及其对成矿的贡献[J]. 地质学报, 81(07): 964-971.
- 任淑珍, 梁维. 2017. 扎西康整装勘查区实现找矿突破 藏南错那洞地区铍资源量有望达大型-超大型规模[N]. 中国国土资源报, 2017-07-20(003).
- 芮宗瑶, 侯增谦, 曲晓明, 张立生, 王龙生, 刘玉琳. 2003. 冈底斯斑岩铜矿成矿时代及青藏高原隆升[J]. 矿床地质, 22(03): 217-225.
- 芮宗瑶, 李光明, 张立生, 王龙生. 2004. 西藏斑岩铜矿对重大地质事件的响应[J]. 地学前缘, 11(01): 145-152.

- 余宏全, 李进文, 马东方, 李光明, 张德全, 丰成友, 屈文俊, 潘桂棠. 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[J]. 矿床地质, 28(6): 737-746.
- 孙兴国, 冯道永, 栗登逵, 王思德, 侯俊富, 印贤波, 袁华山, 江少卿. 2014. 西藏班公湖带铁格隆南超大型斑岩铜(金)矿床的勘查突破及区域找矿意义[J]. 中国地质, 41(04): 1314-1327.
- 唐菊兴, 邓世林, 郑文宝, 应立娟, 汪雄武, 钟康惠, 秦志鹏, 丁枫, 黎枫佶, 唐晓倩, 钟裕峰, 彭慧娟. 2011. 西藏墨竹工卡县甲玛铜多金属矿床勘查模型[J]. 矿床地质, 30(2): 179-196.
- 唐菊兴, 丁帅, 孟展, 胡古月, 高一鸣, 谢富伟, 李壮, 袁梅, 杨宗耀, 陈国荣, 李于海, 杨洪钰, 付燕刚. 2016a. 西藏林子宗群火山岩中首次发现低硫化型浅成低温热液型矿床[J]. 地球学报, 37(4): 461-470.
- 唐菊兴, 多吉, 刘鸿飞, 郎兴海, 张金树, 郑文宝, 应立娟. 2012. 冈底斯成矿带东段矿床成矿系列及找矿突破的关键问题研究[J]. 地球学报, 33(04): 393-410.
- 唐菊兴, 郎兴海, 王立强, 杨宗耀, 谢富伟, 丁帅, 刘祖军, 张焕彬, 王旭辉, 施硕, 严刚, 崔志伟, 邓煜霖, 韩鹏, 高一鸣, 邓午忠. 2017. 西藏雄村-普桑果斑岩-矽卡岩型铜多金属矿成矿地质背景与找矿潜力调查[R]. 四川成都: 成都地质调查中心资料室.
- 唐菊兴, 黎风佶, 李志军, 张丽, 唐晓倩, 邓起, 郎兴海, 黄勇, 姚晓峰, 王友. 2010a. 西藏谢通门县雄村铜金矿主要地质体形成的时限: 锆石 U-Pb、辉钼矿 Re-Os 年龄的证据[J]. 矿床地质, 29(3): 461-475.
- 唐菊兴, 宋扬, 王勤, 林彬, 杨超, 郭娜, 方向, 杨欢欢, 王艺云, 高轲, 丁帅, 张志, 段吉琳, 陈红旗, 栗登逵, 冯军, 刘治博, 韦少港, 贺文, 宋俊龙, 李彦波, 卫鲁杰. 2016b. 西藏铁格隆南铜(金银)矿床地质特征及勘查模型——西藏首例千万吨级斑岩-浅成低温热液型矿床[J]. 地球学报, 37(6): 663-690.
- 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, 高轲, 方向, 谭江云. 2014a. 西藏多龙矿集区发现浅成低温热液型铜(金银)矿床[J]. 地球学报, 35(1): 6-10.
- 唐菊兴, 王成辉, 屈文俊, 杜安道, 应立娟, 高一鸣. 2009. 西藏玉龙斑岩铜钼矿辉钼矿铼-钨同位素定年及其成矿学意义[J]. 岩矿测试, 28(3): 215-218.
- 唐菊兴, 王登红, 汪雄武, 钟康惠, 应立娟, 郑文宝, 黎枫佶, 郭娜, 秦志鹏, 姚晓峰, 李磊, 王友, 唐晓倩. 2010b. 西藏甲玛铜多金属矿床地质特征及其矿床模型[J]. 地球学报, 31(4): 495-506.
- 唐菊兴, 王勤, 杨超, 丁帅, 郎兴海, 刘鸿飞, 黄勇, 郑文宝, 王立强, 高一鸣, 冯军, 段吉琳, 宋杨, 王艺云, 林彬, 方向, 张志, 杨欢欢. 2014b. 青藏高原两个斑岩-浅成低温热液矿床成矿亚系列及其“缺位找矿”之实践[J]. 矿床地质, 33(06): 1151-1170.
- 唐菊兴, 张丽, 李志军, 陈建平, 黄卫, 王乾. 2006. 西藏玉龙铜矿床——鼻状构造圈闭控制的特大型矿床[J]. 矿床地质, 25(6): 652-662.
- 唐菊兴, 郑文宝, 陈毓川, 王登红, 应立娟, 秦志鹏. 2013. 西藏甲玛铜多金属矿床深部斑岩矿体找矿突破及其意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 43(04): 1100-1110.
- 唐攀, 陈毓川, 唐菊兴, 郑文宝, 冷秋锋, 林彬, 方向. 2016. 西藏甲玛斑岩矿床系统黑云母特征及其地质意义[J]. 矿床地质, 35(04): 846-866.
- 唐攀, 陈毓川, 唐菊兴, 郑文宝, 冷秋锋, 林彬. 2017a. 西藏拉抗俄斑岩铜钼矿床流体包裹体研究[J]. 矿床地质, 36(1): 68-82.
- 唐攀, 唐菊兴, 郑文宝, 冷秋锋, 林彬, 唐晓倩. 2017b. 西藏拉抗俄斑岩铜钼矿床黑云母矿物化学特征[J]. 地学前缘(待刊).
- 唐仁鲤. 1995. 西藏玉龙斑岩铜(钼)矿带地质[M]. 北京: 地质出版社.
- 王成辉, 唐菊兴, 陈建平, 郝金华, 高一鸣, 刘耀文. 2009. 西藏玉龙铜钼矿同位素年代学研究[J]. 地质学报, 83(10): 1445-1455.
- 王成辉, 唐菊兴, 侯可军, 高一鸣, 陈建平, 郝金华, 应立娟, 章奇志, 刘耀文, 凡韬. 2011. 西藏玉龙铜钼矿区斑岩体 Hf 同位素特征及其地质意义[J]. 矿床地质, 30(02): 292-304.
- 王登红, 唐菊兴, 应立娟, 林彬, 丁帅. 2011. 西藏甲玛矿区角闪岩特征及其对深部找矿的意义[J]. 岩石学报, 27(07): 2103-2108.
- 王二七. 2017. 关于印度与欧亚大陆初始碰撞时间的讨论[J]. 中国科学, 47(3): 284-292.
- 王焕, 王立强, 应立娟, 郑文宝. 2011. 西藏甲玛铜多金属矿床斑铜矿特征及其成因意义[J]. 矿床地质, 30(02): 305-317.
- 王立强, 陈毓川, 唐菊兴, 罗茂澄, 冷秋锋, 陈伟, 王焕. 2011. 西藏邦铺钼(铜)矿床含矿二长花岗斑岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及地质意义[J]. 矿床地质, 30(2): 349-360.
- 王立强, 程文斌, 罗茂澄, 向浩予. 2012. 西藏蒙亚啊铅锌矿床金属硫化物、石英稀土元素组成特征及其成因研究[J]. 中国地质, 39(03): 740-749.
- 王立强, 范源, 王勇, 李申, 高一鸣. 2016. 班公湖-怒江成矿带西段独立黑钨矿床的发现及其地质意义[J]. 地球学报, 37(6): 691-698.
- 王立强, 顾雪祥, 程文斌, 唐菊兴, 钟康惠, 刘晓吉. 2010. 西藏蒙亚啊铅锌矿床 S、Pb 同位素组成及对成矿物质来源的示踪[J]. 现代地质, 24(01): 52-58.
- 王立强, 林鑫, 李壮, 张志, 康浩然, 李海峰. 2014. 西藏蒙亚啊铅锌矿区花岗斑岩年代学、地球化学及 Hf 同位素组成特征[J]. 地质学报, (12): 2572-2583.
- 王亮亮, 莫宣学, 李冰, 董国臣, 赵志丹. 2006. 西藏驱龙斑岩铜矿含矿斑岩的年代学与地球化学[J]. 岩石学报, 22(4): 1001-1008.
- 王勤, 黄勇, 董随亮, 闫国强, 游钦, 江化寨, 张凯. 2017. 西藏冈底斯南缘努日矽卡岩铜-钼-钨矿成矿斑岩体的发现及其意义: 来自 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年、Sr-Nd-Pb-Hf 同位素的证据[J]. 矿床地质(待刊).
- 王勤, 唐菊兴, 方向, 林彬, 宋扬, 王艺云, 杨欢欢, 杨超, 李彦波, 卫鲁杰, 冯军, 李力. 2015. 西藏多龙矿集区铁格隆南铜(金银)矿床荣那矿段安山岩成岩背景: 来自锆石 U-Pb 年代学、岩石地球化学的证据[J]. 中国地质, 42(05):

1324-1336.

- 王艺云, 唐菊兴, 郑文宝, 段吉琳, 宋俊龙, 杨超. 2014. 西藏曲水县达布斑岩型铜钼矿床金属沉淀机制探讨[J]. 矿床地质, 34(1): 81-97.
- 王艺云, 唐菊兴, 郑文宝, 段吉琳, 宋俊龙, 杨超. 2015. 西藏曲水县达布斑岩型铜钼矿床金属沉淀机制探讨[J]. 矿床地质, 34(01): 81-97.
- 王艺云, 唐菊兴, 郑文宝, 林彬, 冷秋锋, 陈伟, 丁帅, 宋俊龙, 徐云峰. 2012. 西藏隆子县扎西康锌多金属矿床矿石组构研究及成因探讨[J]. 地球学报, 33(04): 681-692.
- 王艺云, 郑文宝, 陈毓川, 唐菊兴, 冷秋锋, 唐攀, 丁帅, 周云. 2017. 西藏甲玛斑岩成矿系统铜钼元素分离机制探讨[J]. 岩石学报, 33(02): 495-514.
- 王毅, 章奇志. 2010. 西藏江达县玉龙铜矿床勘探报告[R]. 西藏: 西藏地质六队资料室.
- 王召林, 杨志明, 杨竹森, 田世洪, 刘英超, 马彦青, 王贵仁, 屈文俊. 2008. 纳日贡玛斑岩铜钼矿床: 玉龙铜矿带的北延——来自辉钼矿 Re-Os 同位素年龄的证据[J]. 岩石学报, 24(3): 503-510.
- 韦少港, 宋扬, 唐菊兴, 高轲, 冯军, 李彦波, 侯淋. 2016. 西藏色那铜(金)矿床石英闪长玢岩年代学、地球化学与岩石成因[J]. 中国地质, 43(6): 1894-1912.
- 韦少港, 唐菊兴, 宋扬, 刘治博, 王勤, 林彬, 贺文, 冯军. 2017. 西藏班公湖-怒江缝合带美日切错组中酸性火山岩锆石 U-Pb 年龄、Sr-Nd-Hf 同位素、岩石成因及其构造意义[J]. 地质学报, 91(01): 132-150.
- 卫万顺, 张宇辉, 路彦明, 刘桂阁. 2003. 西藏班公湖—怒江成矿带中段岩浆演化及其金矿成矿成矿动力学模式[J]. 黄金科学技术, 11(03): 1-10.
- 吴伟中, 夏斌, 张玉泉, 董冰华, 夏中曦. 2013. 西藏玉龙成矿带斑岩 Cu-Mo 矿床地质地球化学特征及成矿机制探讨——玉龙和多霞松多对比研究[J]. 大地构造与成矿学, 37(3): 440-454.
- 伍静, 梁华英, 莫济海, 张玉泉, 胡光黔. 2011. 玉龙斑岩铜矿带莽总含矿斑岩体岩石学特征及锆石 U-Pb 年龄研究[J]. 大地构造与成矿学, (02): 300-306.
- 西藏地质矿产勘查开发局第二地质大队. 2011. 西藏昂仁县朱诺铜矿详查报告[R]. 西藏: 西藏国土厅资料室.
- 夏抱本, 夏斌, 王保弟, 赵守仁. 2007. 冈底斯中段达布埃达克质含矿斑岩: 增厚下地壳熔融与斑岩铜钼矿成因[J]. 地质科技情报, 26(04): 19-26.
- 夏代祥, 周敏, 秦克章, 唐菊兴. 2009. 西藏自治区墨竹工卡县驱龙矿区铜多金属矿勘探报告[R]. 西藏: 西藏国土资源厅资料室.
- 肖波, 秦克章, 李光明, 李金祥, 陈雷, 赵俊兴, 范新. 2011. 冈底斯驱龙斑岩铜-钼矿区外围矽卡岩型铜矿的分布、特征及深部找矿意义[J]. 地质与勘探, 47(01): 43-53.
- 辛存林, 都卫东, 张育平, 魏明, 陈世伟. 2013. 西藏洞中松多铅锌多金属矿床地质特征及成因[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 49(1): 24-31.
- 徐文艺, 曲晓明, 侯增谦, 陈伟十, 杨竹森, 崔艳合. 2005. 西藏冈底斯中段雄村铜金矿床流体包裹体研究[J]. 岩石矿物学杂志, 24(04): 301-310.
- 徐文艺, 曲晓明, 侯增谦, 杨丹, 杨竹森, 崔艳合, 陈伟十. 2006. 西藏冈底斯中段雄村铜金矿床成矿流体特征与成因探讨[J]. 矿床地质, 25(03): 243-251.
- 闫学义, 黄树峰, 杜安道. 2010. 冈底斯泽当大型钨铜钼矿 Re-Os 年龄及陆缘走滑转换成矿作用[J]. 地质学报, 84(3): 398-406.
- 杨超, 唐菊兴, 宋俊龙, 张志, 李玉彬, 孙兴国, 王勤, 丁帅, 方向, 李彦波, 卫鲁杰, 王艺云, 杨欢欢, 高轲, 宋扬, 林彬. 2015. 西藏拿若斑岩型铜(金)矿床绿泥石特征及其地质意义[J]. 地质学报, 89(05): 856-872.
- 杨超, 唐菊兴, 王艺云, 杨欢欢, 王勤, 孙兴国, 冯军, 印贤波, 丁帅, 方向, 张志, 李玉彬. 2014. 西藏铁格隆南浅成低温热液型_斑岩型 Cu-Au 矿床流体及地质特征研究[J]. 矿床地质, 33(06): 1287-1305.
- 杨欢欢, 唐菊兴, 张忠, 王勤, 张志, 宋扬, 杨超, 王艺云, 丁帅, 方向, 林彬, 高珂, 袁华山. 2016. 西藏铁格隆南铜(金-银)矿床环带状黄铁矿及其地质意义[J]. 矿物学报, 36(01): 70-79.
- 杨毅, 张志, 唐菊兴, 陈毓川, 李玉彬, 王立强, 李建力, 高轲, 王勤, 杨欢欢. 2015. 西藏多龙矿集区波龙斑岩铜矿床蚀变与脉体系统[J]. 中国地质, 42(3): 759-776.
- 杨志明, 侯增谦, 宋玉财, 李振清, 夏代祥, 潘凤雏. 2008b. 西藏驱龙超大型斑岩铜矿床: 地质、蚀变与成矿[J]. 矿床地质, 27(3): 279-318.
- 杨志明, 侯增谦, 杨竹森, 王淑贤, 王贵仁, 田世洪. 2008a. 青海纳日贡玛斑岩铜(钼)矿床: 岩石成因及构造控制[J]. 岩石学报, 24(3): 489-502.
- 杨志明, 侯增谦. 2009. 西藏驱龙超大型斑岩铜矿的成因: 流体包裹体及 H-O 同位素证据[J]. 地质学报, 83(12): 1838-1859.
- 姚鹏, 杜光树. 1999. 西藏甲马多金属矿床容矿岩石的地球化学特征及其成因初步研究[J]. 特提斯地质, (00): 50-61.
- 姚鹏, 王全海, 李金高. 2002. 西藏甲马—驱龙矿集区成矿远景[J]. 中国地质, (02): 197-202.
- 姚晓峰, 唐菊兴, 丁帅, 郑文宝, 杨欢欢, 张万益, 冯艳芳. 2015. 西藏知不拉矽卡岩矿床成矿母岩的新认识——来自花岗岩闪长岩岩相学、年代学和 Hf 同位素的指示[J]. 大地构造与成矿学, 39(02): 315-324.
- 姚晓峰, 唐菊兴, 李志军, 邓世林, 丁帅, 胡正华, 张志. 2013. 班公湖-怒江带西段尕尔穷矽卡岩型铜金矿含矿母岩成岩时代的重新厘定及其地质意义[J]. 地质论评, 59(1): 193-200.
- 姚晓峰, 唐菊兴, 李志军, 邓世林, 胡正华, 张志. 2012. 西藏尕尔穷铜金矿床 S、Pb 同位素地球化学特征——成矿物质来源示踪[J]. 地球学报, 33(04): 528-536.
- 尹青, 郎兴海, 唐菊兴, 张金树, 谢富伟, 杨宗耀, 李志军, 黄勇, 白云, 付红超. 2015. 西藏雄村矿区 II 号矿体硫、铅同位素地球化学特征[J]. 矿床地质, 34(05): 1016-1029.
- 应立娟, 唐菊兴, 王登红, 郑文宝, 秦志鹏, 张丽. 2011. 西藏甲玛超大型铜矿区斑岩脉成岩时代及其与成矿的关系[J]. 岩石学报, 27(07): 2095-2102.
- 应立娟, 王登红, 唐菊兴, 畅哲生, 屈文俊, 郑文宝, 王焕. 2010. 西藏甲玛铜多金属矿辉钼矿 Re-Os 定年及其成矿意义[J]. 地质学报, 84(08): 1165-1174.

- 张建芳, 郑有业, 张刚阳, 高顺宝, 叶先仁, 张众, 刘敏院, 李及秋. 2010. 北喜马拉雅扎西康铅锌锑银矿床成因的多元同位素制约[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 35(06): 1000-1010.
- 张琦玲, 曲晓明, 徐文艺, 侯增谦, 陈伟十. 2003. 西藏南木斑岩铜钼矿床的流体包裹体研究[J]. 岩石学报, 19(2): 251-259.
- 张松, 郑远川, 黄克贤, 李为, 孙清钟, 李秋耘, 付强, 梁维. 2012. 西藏努日矽卡岩型铜钨钼矿辉钼矿 Re-Os 定年及其地质意义[J]. 矿床地质, 31(02): 337-346.
- 张文磊, 于涛, 刘堂, 汪东, 熊义军. 2016. 西藏地堡那木岗矿区水系沉积物地球化学特征及找矿预测[J]. 地质与资源, 25(4): 356-359.
- 张志, 陈毓川, 唐菊兴, 何林, 姚晓峰, 杨毅, 胡正华, 王红星, 宋俊龙. 2013. 西藏嘎拉勒铜金矿床地质特征及矽卡岩矿物学特征研究[J]. 矿床地质, 32(05): 915-931.
- 张志, 陈毓川, 唐菊兴, 李玉彬, 高轲, 王勤, 李壮, 李建力. 2014. 西藏多不杂富金斑岩铜矿床蚀变与脉体系统[J]. 矿床地质, 33(6): 1268-1286.
- 张志, 陈毓川, 唐菊兴, 李壮, 宋俊龙, 杨毅, 胡正华, 杨欢欢, 杨超, 康浩然. 2015. 西藏尕尔穷-嘎拉勒铜金矿集区火山岩年代学及地球化学[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 40(01): 77-97.
- 张志, 方向, 唐菊兴, 王勤, 杨超, 王艺云, 丁帅, 杨欢欢. 2017a. 西藏多龙矿集区尕尔勤斑岩铜矿床年代学及地球化学——兼论硅帽的识别与可能的浅成低温热液矿床[J]. 岩石学报, 33(2): 476-494.
- 张志, 宋俊龙, 唐菊兴, 王立强, 姚晓峰, 李志军. 2017b. 西藏嘎拉勒铜金矿床的成岩成矿时代与岩石成因: 锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素组成及辉钼矿 Re-Os 定年[J]. 地球科学, 42(6): 862-880.
- 张志, 张林奎, 李光明, 梁维, 夏祥标, 付健刚, 董随亮, 马国桃. 2017c. 北喜马拉雅错那洞穹隆: 片麻岩穹隆新成员与穹隆控矿新命题[J]. 地球学报, 38(5): 754-766.
- 章奇志, 高生玺, 索朗顿珠, 贡嘎扎西, 吾金索朗, 尹高峰, 王明权, 李静波, 代顺军, 邝红军, 扎西平措, 拉片, 梁玉. 2012. 西藏自治区昌都县昂青矿区多金属矿详查报告[R]. 西藏: 西藏地质六队资料室.
- 赵俊兴, 秦克章, 李光明, 李金祥, 严刚, 栗登奎, 肖波, 陈雷, 范新. 2009. 冈底斯沙让钼矿的成矿年代学和岩石地球化学与青藏高原主碰撞期成矿作用[J]. 矿物学报, 29(S1): 197-198.
- 赵俊兴, 秦克章, 李光明, 李金祥. 2011. 冈底斯北缘沙让斑岩钼矿蚀变矿化特征及与典型斑岩钼矿床的对比[J]. 地质与勘探, 47(01): 54-70.
- 郑立波, 张庆松, 邹光富. 2016. 西藏尼木地区铜矿整装勘查区专项填图与技术应用示范项目成果报告[R]. 成都: 四川省冶金地质勘查院.
- 郑文宝, 陈毓川, 宋鑫, 唐菊兴, 应立娟, 黎枫估, 唐晓倩. 2010. 西藏甲玛铜多金属矿元素分布规律及地质意义[J]. 矿床地质, 29(05): 775-784.
- 郑有业, 刘敏院, 孙祥, 原恩会, 田立明, 郑海涛, 张刚阳, 张立华. 2012. 西藏扎西康梯多金属矿床类型、发现过程及意义[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 37(05): 1003-1014.
- 郑有业, 薛迎喜, 程力军, 樊子珏, 高顺宝. 2004. 西藏驱龙超大型斑岩铜(钼)矿床: 发现、特征及意义[J]. 地球科学. (01): 103-108.
- 郑有业, 张刚阳, 许荣科, 高顺宝, 庞迎春, 曹亮, 杜安道, 石玉若. 2007. 西藏冈底斯朱诺斑岩铜矿床成岩成矿时代约束[J]. 科学通报, 52(21): 2542-2548.
- 周金胜, 孟祥金, 臧文栓, 杨竹森, 徐玉涛, 张雄. 2013. 西藏青草山斑岩铜金矿含矿斑岩锆石 U-Pb 年代学、微量元素地球化学及地质意义[J]. 岩石学报, 29(11): 3755-3766.
- 周利敏, 侯增谦, 郑远川, 李为. 2011. 藏南程巴岩体副矿物研究: 岩浆源区的指示[J]. 岩石学报, 27(09): 2786-2794.
- 周雄, 温春齐, 费光春, 曹盛远, 吴鹏宇, 霍艳. 2010. 西藏邦铺斑岩型钼矿床二长花岗斑岩地球化学特征及构造意义[J]. 矿物岩石, 30(04): 48-54.
- 周云, 汪雄武, 唐菊兴, 秦志鹏, 彭惠娟, 李爱国, 杨科, 王华, 李炯, 张继超. 2011. 西藏甲玛铜多金属矿床成矿流体来源及演化[J]. 矿床地质, 30(02): 231-248.
- 朱弟成, 潘桂棠, 王立全, 莫宣学, 赵志丹, 周长勇, 廖忠礼, 董国臣, 袁四化. 2008. 西藏冈底斯带中生代岩浆岩的时空分布和相关问题的讨论[J]. 地质通报, (09): 1535-1550.
- 朱弟成, 王青, 赵志丹. 2017. 岩浆岩定量限定陆-陆碰撞时间和过程的方法和实例[J]. 中国科学: 地球科学, 47: 657-673.
- 祝向平, 陈华安, 刘鸿飞, 马东方, 李光明, 张红, 刘朝强, 卫鲁杰. 2015. 西藏拿若斑岩铜金矿床成矿斑岩年代学、岩石化学特征及其成矿意义[J]. 地质学报, 89(01): 109-128.

References:

- BISSIG T, CLARK A H, LEE J K W, QUADT A V. 2003. Petrogenetic and metallogenetic responses to Miocene slab flattening: new constraints from the El Indio-Pascua Au-Ag-Cu belt, Chile/Argentina[J]. Mineralium Deposita, 38(7): 844-862.
- CAMUS F, DILLES J H. 2001. A special issue devoted to porphyry copper deposits of northern Chile[J]. Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists, 96(2): 233-237.
- CAO Sheng-hua, DENG Shi-quan, XIAO Zhi-jian, LIAO Liu-gen. 2006. The archipelagic arc tectonic evolution of the Meso-Tethys in the western part of the Bangong Lake-Nujiang suture zone[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 26(04): 25-32(in Chinese with English abstract).
- CAO Sheng-hua, LUO Xiao-chuan, TANG Feng-lin, CHEN Lu-gen. 2004. Time-space structure and evolution of the arc-basin system on the southern side of the Bangong Co-Nujiang junction zone[J]. Geology in China, 31(01): 51-56(in Chinese with English abstract).
- CHEN Hua-an, ZHU Xiang-ping, MA Dong-fang, HUANG Han-xiao, LI Guang-ming, LI Yu-bin, LI Yu-chang, WEI Lu-jie, LIU Chao-qiang. 2013. Geochronology and Geochemistry of the Bolong Porphyry Cu-Au Deposit Tibet and Its Mineralizing Significance[J]. Acta Geologica Sinica, 87(10): 1593-1611(in Chinese with English abstract).
- CHEN Jian-ping, DENG Jiang-hong, LI Bao-hua, TANG Ju-xing,

- WANG Jiong-zheng, WANG Cheng-shan. 1997. Sedimentary Characteristics and Copper Ore Provenance Effect of Jiapela Formation of Upper Triassic in the East TIBET[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, (01): 112-118(in Chinese with English abstract).
- CHEN Lei, QIN Ke-zhang, LI Guang-ming, LI Jin-xiang, XIAO Bo, JIANG Hua-zhai, ZHAO Jun-xing, FAN Xin, JIANG Shan-yuan. 2012. Geological and skarn mineral characteristics of Nuri Cu-W-Mo deposit in southeast Gangdese, Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 31(3): 417-437(in Chinese with English abstract).
- CHEN Lei, QIN Ke-zhang, LI Guang-ming, XIAO Bo, LI Jin-xiang, JIANG Hua-zhai, CHEN Jin-biao, ZHAO Jun-xing, FAN Xin, HAN Feng-jie, HUANG Shu-feng, JU Yi-tai. 2011. Geochemical characteristics and origin of skarn rocks in the Nuri Cu-Mo-W deposit, Southern Tibet[J]. *Geology and Exploration*, 47(1): 78-88(in Chinese with English abstract).
- CHEN Xi-lian, HUANG Wen-ting, ZOU Yin-qiao, LIANG Hua-ying, ZHANG Jian, ZHANG Yu-quan. 2016. Zircon U-Pb geochronology and geochemistry of ore-bearing porphyries in the southern Yulong porphyry copper belt, and factors resulting in the differences in scale of mineralization between the southern and northern Yulong porphyry copper belt[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 32(8): 2522-2534(in Chinese with English abstract).
- CHEN Yu-shui, WANG Cheng-dong, DU Qing-an. 2011. Geological characteristics of the Mingze porphyry molybdenum deposit and prospecting prognosis in its adjacent area, Shanna, Tibet[J]. *Geology and Exploration*, 47(1): 31-35(in Chinese with English abstract).
- CHENG Shun-bo, PANG Ying-chun, CAO Liang. 2008. The Genesis of Mengya'a Skarn-Type Lead-Zinc Deposit, Tibet[J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, (03): 50-56(in Chinese with English abstract).
- CI Qiong. 2016. The Zhunuo copper deposit has the potential to produce super large deposit in Ang Ren-Xie tongmen, Tibet[J]. *Bulletin of China Geological Survey*, 27: 22-24.
- CUI Xiao-liang, Dorji, LIU Hong-fei, ZHANG Jin-shu, LIU Ting-ting, SU Deng-kui, Phurba Tsering, DU Gang-qiang, LIU Zu-jun. 2012. Geochemical Characteristics of Intrusive Rocks in the Pusanguo Copper-Polymetallic Deposit, Tibet: Constraints on Tectonic Setting[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 33(4): 537-545(in Chinese with English abstract).
- DING Feng, TANG Ju-xing, CUI Xiao-liang. 2006. The indication of S and Pb isotopic compositions and trace elements to ore-forming material source in the Xiongcu Cu-Au deposit, Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 25(S1): 399-402(in Chinese with English abstract).
- DING S, CHEN Y C, TANG J X, ZHENG W B, LIN B, YANG C. 2017. Petrogenesis and Tectonics of the Naruo Porphyry Cu(Au) Deposit Related Intrusion in the Duolong Area, Central Tibet[J]. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 91(2): 581-601.
- DING Shuai. 2014. The geological characteristics of Naruo copper(gold) deposit in Gaize county, Tibet[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology(in Chinese with English abstract).
- DING Shuai. 2017. The diagenesis and metallogenesis of Sinongduo epithermal Ag-Pb-Zn deposit in Gangdese belt, Tibet[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology(in Chinese with English abstract).
- DU D D, QU X M, WANG G H, XIN H B, LIU Z B. 2011. Bidirectional subduction of the Middle Tethys oceanic basin in the west segment of Bangonghu-Nujiang suture, Tibet: Evidence from zircon U-Pb LAICPMS dating and petrogeochemistry of arc granites[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 27(7): 1993-2002(in Chinese with English abstract).
- DU Guang-shu, YAO Peng, PAN Feng-chu, SU Deng-kui, LI Wen-bin, NING Ying-yi. 1998. Exhalative skarn and mineralization-taking Jiama copper metal deposit in Tibet as example[M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press(in Chinese).
- DU Xin, YAN Chang-hai, CHEN Jun-kui, GAO Ming, LI Xin-fa, 2010. Geologic Feature of the Yaguila Pb-Zn-polymetallic Deposit in Tibet[J]. *Geological Survey and Research*, 33(4): 257-265(in Chinese with English abstract).
- DUAN Zhi-ming, LI Guang-ming, ZHANG Hui, LI Ying-xu, DUAN Yao-yao. 2013. Zircon U-Pb age geochemical characteristics of the quartz monzobiorite and metallogenic background of the Sena gold deposit in Duolong metallogenic concentrated area, Tibet[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 43(6): 1864-1877(in Chinese with English abstract).
- EINAUDI M T, HEDENQUIST J W, INAN E E. 2003. Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems; transitions from porphyry to epithermal environments[J]. *Society of Economic Geologists (U. S.)*, 10: 285-313.
- FAN J J, LI C, XIE C M, WANG M. 2014. Petrology, geochemistry, and geochronology of the Zhonggang ocean island, northern Tibet: implications for the evolution of the Bangongco-Nujiang oceanic arm of the Neo-Tethys[J]. *International Geology Review*, 56(12): 1504-1520.
- FAN Xin, CHEN Lei, QIN Ke-zhang, XIAO Bo, LI Jin-xiang, LI Qiu-ping, CHEN Yu-shui, CHEN Jin-biao, ZHAO Jun-xing, LI Guang-ming, HUANG Sh-feng, JU Yi-tai. 2011. Characteristics of alteration and mineralization and chronology of the Mingze porphyry Modeposit in the Shanna area of southern Tibet[J]. *Geology and Exploration*, 47(1): 89-99(in Chinese with English abstract).
- FANG Xiang, TANG Ju-xing, SONG Yang, YANG Chao, DING Shuai, WANG Yi-yun, WANG Qin, SUN Xing-guo, LI Yu-bin, WEI Lu-jie, ZHANG Zhi, YANG Huan-huan, GAO Ke, TANG Pan. 2015. Formation Epoch of the South Tiegelong Supelarge Epithermal Cu (Au-Ag) Deposit in Tibet and Its Geological Implications[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 36(02): 168-176(in Chinese with English abstract).

- FANG Yuan-shu. 2003. Geological characteristics of Liebu Cu deposit, Naidong county, Tibet and analysis of its prospect[J]. Geological Prospecting Series, (S1): 48-51(in Chinese with English abstract).
- FEI Guang-chun. 2010. The mineralization of the Dongzhongla hydrothermal lead-zinc deposit, Tibet[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology(in Chinese with English abstract).
- FU Yan-gang, HU Gu-yue, TANG Ju-xing, LIU Qiu-ping, WANG Hao. 2017. Low-sulfidation epithermal Ag-Pb-Zn Deposit in sinongduo, Tibet: tracker application of SI-H-O stable isotope geochemistry[J]. Acta Geologica Sinica, 91(04): 836-848(in Chinese with English abstract).
- GAO Ke, DUO Ji, TANG Ju-xing, ZHANG Zhi, SONG Jun-long, DING Shuai, SONG Yang, LIN Bin, FENG Jun. 2016a. Alteration of Naruo Porphyry Cu (Au) Deposit in the Duolong Ore-concentration Area, Tibet[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 35(6): 1226-1237(in Chinese with English abstract).
- GAO Ke, TANG Ju-xing, FANG Xiang, ZHANG Zhi, WANG Qin, YANG Huan-huan, WANG Yi-yun, FENG Jun. 2016b. Geological and Geochemical Characteristics and Significance of the Sena Cu-Au Deposit from Duolong Ore-concentration Area, Tibet, China[J]. Acta Mineralogica Sinica, 36(2): 199-207(in Chinese with English abstract).
- GAO Ke, TANG Ju-xing, FANG Xiang, ZHANG Zhi, WANG Qin, YANG Huan-huan, WANG Yi-yun, FENG Jun. 2016. Geological and Geochemical Characteristics and Significance of the Sena Cu-Au Deposit from Duolong Ore-concentration Area, Tibet, China[J]. Acta Mineralogica Sinica, 36(02): 199-207(in Chinese with English abstract).
- GAO Ke, TANG Ju-xing, SONG Yang, LIU Zhi-bo, FANG Xiang, YANG Huan-huan, WANG Qin, LIN Bin, WANG Yi-yun. 2017. Genesis of magmatic rocks of cryptoexplosive breccia in the Naruo deposit of Tibet: Evidence from zircon Hf isotope[J]. Geology and Exploration, 53(2): 207-216(in Chinese with English abstract).
- GAO Y M, CHEN Y C, TANG J X, Li C, Li X F, GAO M, CAI Z C. 2010b. Re-Os dating of molybdenite from the Yaguila porphyry molybdenum deposit in Gongbo'gyamda area, Tibet, and its geological significance[J]. Geological Bulletin of China, 30(7): 1027-1036(in Chinese with English abstract).
- GAO Yi-ming, CHEN Yu-chuan, TANG Ju-xing, DU Xin, LI Xin-fa, GAO Ming, CAI Zhi-chao. 2009. SHRIMP U-Pb Dating of Zircon from Quartz Porphyry in the Yaguila Pb-Zn-Mo Deposit, Gongbujiangda County, Tibet and Its Geological Implication[J]. Acta Geologica Sinica, 83(10): 1436-1444(in Chinese with English abstract).
- GAO Yi-ming, CHEN Yu-chuan, TANG Ju-xing, LUO Mao-cheng, LENG Qiu-feng, WANG Li-qiang, YANG Hai-rui, TSERING P. 2012. A Study of Diagenetic and Metallogenic Geochronology of the Dagbo Cu (Mo) Deposit in Quxur County of Tibet and Its Geological Implications[J]. Acta Geoscientica Sinica, 33(4): 613-623(in Chinese with English abstract).
- GAO Yi-ming, CHEN Yu-chuan, WANG Cheng-hui, HOU Ke-jun. 2011. Zircon Hf isotopic characteristics and constraints on petrogenesis of Mesozoic-Cenozoic magmatic rocks in Nyainqentanglha region, Tibet[J]. Mineral Deposits, 30(02): 279-291(in Chinese with English abstract).
- GAO Yi-ming. 2010a. The geological characteristics and regional metallogeny of Yaguila-Sharang polymetallic deposit in Gongbujiangda county, Tibet[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences(in Chinese with English abstract).
- HAN Feng-jie. 2006. Geological characteristics and ore-searching direction of Mingze porphyry copper deposit, Sangri county, Tibet[J]. Geological Prospecting Series, (S1): 20-21, 38(in Chinese with English abstract).
- HAO Jin-hua, CHEN Jian-ping, DONG Qing-ji, TIAN Yong-ge, LI Yu-long, CHEN Dong. 2012. Zircon LA-ICP-MS U-Pb Dating for Narigongma Porphyry Molybdenite-copper Deposit in Southern Qinghai Province and Its Geological Implication[J]. Geoscience, 26(1): 45-53(in Chinese with English abstract).
- HE Guo-chao, WANG Guang-qiang, HUANG Wen-ting, ZOU Yin-qiao, WU Jing, LIANG Hua-ying, ZHANG Yu-quan, MALLIN C. 2014. Zircon LA-ICP-MS U-Pb age of the Zalaga porphyry associated with Cu-Mo mineralization in the Yulong ore belt and its geological implication[J]. Geochimica, 43(4): 399-407(in Chinese with English abstract).
- HE Guo-chao, ZHANG Jian, WU Jing, HUANG Wen-ting, LIN Shu-ping, LIANG Hua-ying, WANG Yao-wu. 2016. LA-ICP-MS Zircon U-Pb Age of the Chuandu and Dabaoshan Porphyries in the Dabaoshan Ore Filed, Northern Guangdong Province and its Metallogenic Implication[J]. Geotectonica et Metallogenia, 40(01): 136-144(in Chinese with English abstract).
- HEDENQUIST J W, ANTONIO ARRIBAS J R, GONZALEZ-URIEN E. 2000. Exploration for epithermal gold deposits[J]. Review in Economic Geology, 13: 245-277.
- HEDENQUIST J W, RICHARDS J P. 1998. The influence of geochemical techniques on the development of genetic models for porphyry copper deposits[J]. Reviews in Economic Geology, 10: 235-256.
- HOU Z Q, YANG Z M, QU X M, MENG X J, LI Z Q, BEAUDOIN G, RUI Z, GAO Y, ZAW K. 2009a. The Miocene Gangdese porphyry copper belt generated during post-collisional extension in the Tibetan orogeny[J]. Ore Geology Reviews, 36: 25-51.
- HOU Zeng-qian, COOK N J, ZAW K. 2009b. Metallogenesis of the Tibetan collisional orogen[J]. Ore Geology Review, 36: 1-3.
- HOU Zeng-qian, GAO Yong-xiang, MENG Xiang-jin, QU Xiao-ming, HUANG Wei. 2004. Genesis of adakitic porphyry and tectonic controls on the Gangdese Miocene porphyry copper belt in the Tibetan orogeny[J]. Acta Petrologica Sinica, 20(2): 239-248.
- HOU Zeng-qian, MA Hong-wen, KHIN Z, ZHANG Yu-quan, WANG Ming-jie, WANG Zeng, PAN Gui-tang, TANG Ren-li.

2003. The Himalayan Yulong Porphyry Copper Belt: Product of Large-Scale Strike-Slip Faulting in Eastern Tibet[J]. *Economic Geology*, 98(1): 125-145.
- HOU Zeng-qian, PAN Gui-tang, WANG An-jian, MO Xuan-xue, TIAN Shi-hong, SUN Xiao-ming, DING Lin, WANG Er-qi, GAO Yong-feng, XIE Yu-ling, ZENG Pu-sheng, QIN Ke-zhang, XU Ji-feng, QU Xiao-ming, YANG Zhi-ming, YANG Zhu-sen, FEI Hong-cai, MENG Xiang-jin, LI Zhen-qing. 2006. Metallogenesis in Tibetan collisional orogenic belt: II Mineralization in late collisional transformation setting[J]. *Mineral Deposits*, (05): 521-543(in Chinese with English abstract).
- HOU Zeng-qian, PAN Xiao-fei, YANG Zhi-ming, QU Xiao-ming. 2007. Porphyry Cu-(Mo-Au) Deposits no Related to Oceanic-Slab Subduction: Examples from Chinese Porphyry Deposits in Continental Setting[J]. *Geoscience*, (02): 332-351(in Chinese with English abstract).
- HOU Zeng-qian, QU Xiao-ming, WANG Shu-xian, GAO Yong-feng, DU An-dao, HUANG Wei. 2003. The Re-Os age of Molybdenite in Gangdese porphyry copper belt, Tibet: metallogenic time limit and kinetic background applications[J]. *Science in China (Series)*, (07): 609-618(in Chinese with English abstract).
- HOU Zeng-qian, XIE Yu-ling, XU Wen-yi, LI Yin-qing, ZHU Xiang-kun, ZAW K, BEAUDOIN G, RUI Zong-yao, HUANG Wei, CIREN Luo-bu. 2007. Yulong Deposit, eastern Tibet; a high-sulfidation Cu-Au porphyry copper deposit in the eastern Indo-Asian collision zone[J]. *International Geology Review*, 49(3): 235-258.
- HOU Zeng-qian, YANG Zhi-ming, LU Yong-jun, KEMP A, ZHENG Yuan-chuan, LI Qiu-yun, TANG Ju-xing, YANG Zhu-sen, DUAN Lian-feng. 2015. A genetic linkage between subduction- and collision-related porphyry Cu deposits in continental collision zones[J]. *Geology*, 43(3): 247-250.
- HOU Zeng-qian, YANG Zhi-ming. 2009. Porphyry Deposits in Continental Settings of China: Geological Characteristics, Magmatic-Hydrothermal System, and Metallogenic Model[J]. *Acta Geologica Sinica*, 83(12): 1779-1817(in Chinese with English abstract).
- HOU Zeng-qian, YANG Zhu-sen, XU Wen-yi, MO Xuan-xue, DING Lin, GAO Yong-feng, DONG Fang-liu, LI Guang-ming, QU Xiao-ming, LI Guang-ming, ZHAO Zhi-dan, JIANG Si-hong, MENG Xiang-jin, LI Zhen-qing, QIN Ke-zhang, YANG Zhi-ming. 2006. Metallogenesis in Tibetan collisional orogenic belt: I Mineralization in main collisional orogenic setting[J]. *Mineral Deposits*, (04): 309(in Chinese with English abstract).
- HOU Zeng-qian, ZHENG Yuan-chuan, YANG Zhi-ming, YANG Zhu-sen. 2012. Metallogenesis of continental collision setting: Part I. Gangdese Cenozoic porphyry Cu-Mo systems in Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 31(04): 647-670(in Chinese with English abstract).
- HU Gu-yue, TANG Ju-xing, CHEN Han, GUO Ying-shuai. India - Asia initial collision time limit: evidence from epithermal deposit[J]. *Mineral Deposits*, in press.
- HU Xiu-mian, WANG Jian-gang, AN Wei, GARZANTI E, LI Juan. 2017. Constraining the timing of the India-Asia continental collision by the sedimentary record[J]. *Science China: Earth Sciences*, (03): 261-283(in Chinese with English abstract).
- HU Yong-bin, LIU Ji-qiang, HU Jing-ren, DING Xing, SUN Weidong, LIU Yan, LING Ming-xing. 2015. Geochemical studies on ore-bearing rocks in Bangpu porphyry Mo(Cu) deposit, Tibet: Implications on the magma source and metallogenic mechanism[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 31(7): 2038-2052(in Chinese with English abstract).
- HUANG Han-xiao, LI Guang-ming, LIU Bo, ZHANG Zhi-lin, MA Dong, QU Za, XIAO Wan-feng, LIU Hong. 2014. Discovery of Shangxu orogenic type gold deposit in northern Tibet and its significance[J]. *Mineral Deposits*, 33(3): 486-496(in Chinese with English abstract).
- HUANG Yong, TANG Ju-xing, ZHANG Li, LANG Xing-hai. 2014. Zircon U-Pb dating and Hf isotopic and trace element composition of intrusions from No. III orebody of Xiongcu porphyry copper-gold deposit, Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 33(02): 361-372(in Chinese with English abstract).
- JI Xian-hua, MENG Xiang-jin, YANG Zhu-sen, ZHANG Qian, TIAN Shi-hong, LI Zhen-qing, LIU Ying-chao, YU Yu-shuai. 2014. The Ar-Ar geochronology of sericite from the cryptoplastic breccia type Pb-Zn deposit in Narusongduo, Tibet and its geological significance[J]. *Geology and Exploration*, 50(2): 281-290(in Chinese with English abstract).
- JI Xian-hua, YANG Zhu-sen, YU Yu-shuai, SHEN Jun-feng, TIAN Shi-hong, MENG Xiang-jin, LI Zhen-qing, LIU Ying-chao. 2012. Formation mechanism of magmatic rocks in Narusongduo lead-zinc deposit of Tibet: Evidence from magmatic zircon[J]. *Mineral Deposits*, (04): 758-774(in Chinese with English abstract).
- JI Xian-hua. 2013. The geological and geochemical characteristics and genetic mechanism of Narusongduo Lead-zinc deposit, Tibet[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing)(in Chinese with English abstract).
- JIANG Hua-zhai, CHEN Zi-kang. 2005. Geological characteristics of Liebu Cu deposit Naidong county, Xizang[J]. *Geological Prospecting Series*, (S1): 81-86(in Chinese with English abstract).
- JIANG Hua-zhai, JIANG Shan-yuan. 2006. Geological characteristics and preliminary discussion on genesis of Liebu copper deposit in Tibet[J]. *Geological Prospecting Series*, (S1): 10-14(in Chinese with English abstract).
- JIANG Zi-qi, WANG Qiang, WYMAN D A, TANG Gong-jian, JIA Xiao-hui, YANG Yue-heng, YU Heng-xiang. 2011. Origin of ~30 Ma Chongmuda adakitic intrusive rocks in the southern Gangdese region, southern Tibet: Partial melting of the northward subducted Indian continent crust?[J]. *Geochimica*, 40(02): 126-146(in Chinese with English abstract).
- JUNG H S, GUILLONG M, HEINRICH C A. 2012. Separation of

- Molybdenum and Copper in Porphyry Deposits: The Roles of Sulfur, Redox, and pH in Ore Mineral Deposition at Bingham Canyon[J]. *Economic Geology*, 107: 333-356.
- KLOOTWIJK C T, GEE J S, PEIRCE J W, SMITH G M, MCFADDEN P L. 1992. An early India-Asia contact: paleomagnetic constraints from Ninetyeast Ridge, ODP Leg 121[J]. *Geology*, 20: 395-398.
- LANG X H, TANG J X, LI Z J, HUANG Y, DING F, YANG H H, XIE F W, ZHANG L, WANG Q, ZHOU Y. 2014. U-Pb and Re-Os Geochronological Evidence for the Jurassic Porphyry Metallogenic Event of the Xiongcu District in the Gangdese Porphyry Copper Belt, Southern Tibet, PRC[J]. *J. Asian Earth Science*, 79(2): 608-622.
- LANG Xing-hai, CHEN Yu-chuan, TANG Ju-xing, LI Zhi-jun, DENG Qi, HUANG Yong, CHEN Yuan, ZHANG Li. 2010a. A Discussion on Genesis of Xiongcu Porphyry Copper-Gold Deposit, Xietongmen, Xizang(Tibet)—Evidences From Elements Spatial Distribution Characteristics[J]. *Geological Review*, 56(03): 386-404(in Chinese with English abstract).
- LANG Xing-hai, TANG Ju-xing, CHEN Yu-chuan, LI Zhi-jun, HUANG Yong, WANG Cheng-hui, CHEN Yuan, ZHANG Li. 2010b. Re-Os Dating of molybdenite from oredosy NO. II of the Xiongcu porphyry copper-gold metallogenic district, Xietongmen, Tibet and its geological significance[J]. *Journral. Petrol.*, 30(04): 55-61(in Chinese with English abstract).
- LANG Xing-hai, TANG Ju-xing, CHEN Yu-chuan, LI Zhi-jun, HUANG Yong, WANG Cheng-hui, CHEN Yuan, ZHANG Li, ZHOU Yun. 2012b. Neo-Tethys Mineralization on the Southern Margin of the Gangdise Metallogenic Belt, Tibet, China: Evidence from Re-Os Ages of Xiongcu Orebody No. I [J]. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 37(03): 515-525(in Chinese with English abstract).
- LANG Xing-hai, TANG Ju-xing, DENG Yu-lin, XIE Fu-wei, YANG Zong-yao, CUI Zhi-wei, WANG Xu-hui, LI Zhi-jun, ZHANG Zhong, ZHANG Jin-shu, HUANG Yong. 2017a. The First Discovery of Early Carboniferous Gabbro in Xiongcu Area on the Southern Margin of Lhasa Terrane, Tibet: Remnants of Paleo-Tethys Ocean?[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 38(5): 745-753(in Chinese with English abstract).
- LANG Xing-hai, TANG Ju-xing, DENG Yu-lin, XIE Fu-wei, YANG Zong-yao, CUI Zhi-wei, WANG Xu-hui, LI Zhi-jun, ZHANG Zhong, ZHANG Jin-shu, HUANG Yong. 2017b. Comprehensive Information Prospecting Model and Target Prediction for the Xiongcu Area, Xietongmen County, Tibet[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 38(5): 790-802(in Chinese with English abstract).
- LANG Xing-hai, TANG Ju-xing, LI Zhi-jun, DONG Shu-yi, DING Feng, WANG Zi-zheng, ZHANG Li, HUANG Yong. 2012a. Geochemical evaluation of exploration prospect in the Xiongcu copper-gold district and peripheral areas, Xietongmen County, Tibet[J]. *Geology and Exploration*, 48(1): 12-23(in Chinese with English abstract).
- LANG Xing-hai, TANG Ju-xing, LI Zhi-jun, HUANG Yong, CHEN Yuan, ZHANG Li. 2011. Alteration and mineralization of No. I ore body in Xiongcu porphyry copper-gold metallogenic ore district, Xietongmen County, Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 30(02): 327-338(in Chinese with English abstract).
- LANG Xing-hai, TANG Ju-xing, LI Zhi-jun, HUANG Yong, DING Feng, WANG Cheng-hui, ZHANG Li, ZHOU Yun. 2012c. Sulfur and Lead Isotope Characteristics of No. I Ore Body in the Xiongcu Porphyry Copper-Gold Ore Concentration Area of Tibet: Implications for the Source of Metals in the Ore Deposit[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 33(04): 459-470(in Chinese with English abstract).
- LANG Xing-hai, TANG Ju-xing, XIE Fu-wei, YANG Zong-yao, CUI Zhi-wei, ZHANG Zhong, ZHANG Jin-shu, HUANG Yong, LI Zhi-jun, DING Feng, DONG Shu-yi, WANG Zi-zheng, ZHANG Li. The first discovery of early Carboniferous gabbro in Xiongcu ore district, Lhasa, Tibet: the residue of the Paleo Tethys?[J]. in press (in Chinese with English abstract).
- LEI Chuan-yang, LI Zhi-jun, ZHANG Zhi, HU Zheng-hua, WANG Hong-xing, SONG Jun-long. 2012. Geochemical Characteristics and Geodynamic Significance of the Granites in the Ga'erqiong Cu-Au deposit, Tibet[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 33(04): 601-612(in Chinese with English abstract).
- LENG Q F, TANG J X, ZHENG W B, LIN B, TANG P, WANG H, LI H F. 2016. Zircon U-Pb and Molybdenite Re-Os Ages of the Lakange Porphyry Cu-Mo Deposit, Gangdese Porphyry Copper Belt, Southern Tibet, China[J]. *Resource Geology*, 66(2): 163-182.
- LENG Qiu-feng, TANG Ju-xing, ZHENG Wen-bao, WANG Bao-hong, TANG Pan, WANG Hao. 2016. Geochronology, geochemistry and zircon Hf isotopic compositions of the ore-bearing porphyry in the Lakang'e porphyry Cu-Mo deposit, Tibet[J]. *Earth Science*, 41(6): 999-1015(in Chinese with English abstract).
- LENG Qiu-feng, TANG Ju-xing, ZHENG Wen-bao, ZHANG Jin-shu, TANG Pan, YAN Gang, DONG Yu. 2015. Re-Os dating of molybdenite from the Lakange porphyry Cu-Mo deposit in Tibet and its Geological Significance[J]. *Geology in China*, 42(2): 570-584(in Chinese with English abstract).
- LI Fen-qi, GAO Ming, TANG Wen-qing, LIANG Ting. 2010. U-Pb zircon LA-ICP-MS age of the Yaguila molybdenum-bearing intrusion in Tibet and its geological significance[J]. *Geology in China*, (06): 1566-1574(in Chinese with English abstract).
- LI Guang-ming, LI Jin-xiang, QIN Ke-zhang, DUO Ji, ZHANG Tian-ping, XIAO Bo, ZHAO Jun-xing. 2012. Geology and hydrothermal alteration of the Duobuza gold-rich porphyry copper district in the Bangongco metallogenetic belt, north-western Tibet[J]. *Resource Geology*, 62(1): 99-118.
- LI Guang-ming, LI Jin-xinag, QIN Ke-zhang, ZHANG Tian-ping, 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[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(5): 935-952(in Chinese with English abstract).
- LI Guang-ming, LIU Bo, DONG Sui-liang, ZHANG Li. 2010. The Superimposed mineralization of Cu-Fe-Pb-Zn ore district in the middle of Gangdese metallogenic belt and its significance-taking Sinongduo Lead-Zinc deposit as exemple[J]. *Mineral Deposits*, 29(S1): 217-218(in Chinese with English abstract).
- LI Guang-ming, PAN Gui-tang, WANG Gao-ming, HUANG Zi-ying, GAO Da-fa. 2004. Evaluation and prospecting value of mineral resources in Gangdise metal logenic belt, Tibet, China[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science& Technology Edition)*, (01): 22-27(in Chinese with English abstract).
- LI Guang-ming, QIN Ke-zhang, CHEN Lei, CHEN Jin-biao, FAN Xin, JU Yi-tai. 2011. The metallogenic model of Eocene skarn Cu- Mo-W(Au) deposits in the eastern section of Gangdese, southern Tibet and its implication for ore-search towards the deep subsurface[J]. *Geology and Exploration*, 47(1): 20-30(in Chinese with English abstract).
- LI Guang-ming, QIN Ke-zhang, DING Kui-shou, LI Jin-xiang, WANG Shao-huai, JIANG San-yuan, LIN Jin-deng, JIANG Hua-zai, FANG Shu-yuan, ZHANG Xin-chun. 2006. *Geology and Mineral Assemblage of Tertiary Skarn Cu-Au±Mo Deposits in the Southeastern Gangdese Arc: Impl ications for Deep Exploration*[J]. *Acta Geologica Sinica*, 80(09): 1407-1421(in Chinese with English abstract).
- LI Guang-ming, RUI Zong-yao, WANG Gao-ming, LIN Fang-cheng, LIU Bo, SHE Hong-quan, FENG Cheng-you, QU Wen-jun. 2005. Molybdenite Re-Os dating of Jiama and Zhibula polymetallic copper deposits in Gangdese metallogenic belt of Tibet and its significance[J]. *Mineral Deposits*, 25(05): 14-22(in Chinese with English abstract).
- LI Guang-ming, YANG Jia-rui, DING Jun. 2003. New advances on mineral exploration in Yarlung Zangbo metallogenic province, Tibet[J]. *Geological Bulletin of China*, 20(2): 239-248(in Chinese with English abstract).
- LI Guang-ming, ZHANG Xian-an, QIN Ke-zhang, SUN Xing-guo, ZHAO Jun-xing, YIN Xian-bo, LI Jin-xiang, YUAN Hua-shan. 2015. The telescoped porphyry-high sulfidation epithermal Cu(-Au) mineralization of Rongna deposit in Duolong ore cluster at the southern margin of Qiangtang Terrane, Central Tibet: Integrated evidence from geology, hydrothermal alteration and sulfide assemblages[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 31(8): 2307-2324(in Chinese with English abstract).
- LI Jin-xiang, LI Guang-ming, QIN Ke-zhang, XIAO Bo, CHEN Lei, ZHAO Jun-xing. 2012. Mineralogy and mineral chemistry of the Cretaceous Duolong gold-rich porphyry copper deposit in the Bangongco Arc, northern Tibet[J]. *Resource Geology*, 62(1): 19-41.
- LI Jin-xiang, QIN Ke-zhang, LI Guang-ming, RICHARDS J P, ZHAO Jun-xing, CAO Ming-jian. 2014. Geochronology, geochemistry, and zircon Hf isotopic compositions of Mesozoic intermediate-felsic intrusions in central Tibet; petrogenetic and tectonic implications[J]. *Lithos*, 198-199: 77-91.
- LI Jin-xiang, QIN Ke-zhang, LI Guang-ming, XIAO Bo, ZHAO Jun-xing, CHEN Lei. 2011. Magmatic-hydrothermal evolution of the Cretaceous Duolong gold-rich porphyry copper deposit in the Bangongco metallogenic belt, Tibet; evidence from U/Pb and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 41(6): 525-536.
- LI Jin-xiang, QIN Ke-zhang, LI Guang-ming, XIAO Bo, ZHAO Jun-xing, CAO Ming-jian, CHEN Lei. 2013. Petrogenesis of ore-bearing porphyries from the Duolong porphyry Cu-Au deposit, central Tibet; evidence from U-Pb geochronology, petrochemistry and Sr-Nd-Hf-O isotope characteristics[J]. *Lithos*, 160-161: 216-227.
- LI Jin-xiang. 2008. The diagenetic metallogenic chronology, petrology and high oxidation magma-liquid- mineralization[D]. Beijing: Chinese Academy of Sciences(in Chinese with English abstract).
- LI Xiao-bo, WANG Bao-di, LIU Han, WANG Li-quan, CHEN Li. 2015. The Late Jurassic high Mg andesites in the Daru Tso area, Tibet: Evidence for the subduction of the Bangong Co-Nujiang River oceanic lithosphere[J]. *Geological Bulletin of China*, 34(2/3): 251-261(in Chinese with English abstract).
- LI Xing-kui, LI Cai, SUN Zhen-ming, WU Hao. 2015. Zircon U-Pb geochronology, Hf isotope, and whole-rock geochemistry of diorite in the Saijiao Cu-Au deposit, Tibet, and its ore-forming significance[J]. *Geological Bulletin of China*, 34(5): 908-918(in Chinese with English abstract).
- LI Y, SELBY D, FEELY M, COSTANZO A, LI X H. 2017. Fluid Inclusion Characteristics and Molybdenite Re-Os Geochronology of the Qulong Porphyry Copper-Molybdenum Deposit, Tibet[J]. *Mineralium Deposita*, 52: 1-22.
- LI Yan-bo, FENG Jun, LI Hong-wei, TANG Ju-xing, CHEN Lie, WEI Lu-jie, WANG Qin, SONG Yang, LIU Zhao-qiang, YAO Zhong-hua, LI Li, FEI Fan, DONG Yu-jie, Zhaxi, ZHAO Peng, CHEN Shou-guan, LUOBU Zha-dui, LIU Shi-chao, Danzeng Jinba, DENG Shi-qiang, ZHANG Hai-chao, WANG Ce, Bianba Ciren, Pingcuo Langjia, Qimei Dduoji, TANG Pan, YUAN Hua-shan. 2015. General Exploration Report about Rongna Ore bodys in Tiegelongnan Deposit, Gaze County, Ngari Prefecture, Tibet[R]. Tibet: Tibet Geological and Mineral Exploration and Development Bureau(in Chinese).
- LI Yu-bin, ZHONG Wan-ting, ZHANG Tian-ping, CHEN Hua-an, LI Yu-chang, CHEN Hong-qi, FAN An-hui. 2012b. Geochemical Characteristics and Genesis of the Bolong Porphyry Copper-Gold Deposit in Gerze County, Tibet[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 33(4): 579-587(in Chinese with English abstract).
- LI Yu-bing, DUO Ji, ZHONG Wan-ting, LI Yu-chang, QIANG Bawangdui, CHEN Hong-qi, LIU Hong-fei, ZHANG Jin-shu, ZHANG Tian-ping, XU Zhi-zhong, FAN An-hui, SUO Langwangqin. 2012a. An Exploration Model of the Duobuza Porphyry Cu-Au Deposit in Gaize Countr, Northern Tibet[J]. *Ge-*

- ology and Exploration, 48(2): 274-287(in Chinese with English abstract).
- LI Yu-chang, TANG Ju-xing, ZHU Xiang-ping, CHEN Hong-qi, SONG Yang. 2016. The result report of special mapping and technical application in the Duolong exploration area, Tibet[R]. Geermu: The fifth geological team of Geology and mineral resources exploration and Development Bureau of Tibet Autonomous Region(in Chinese).
- LI Zhi-jun, TANG Ju-xing, YAO Xiao-feng, DOR Ji, LIU Hong-fei, DENG Shi-lin, ZHANG Zhi, ZHANG Jin-shu, HU Zheng-hua. 2011. Geological characteristics and prospecting potential of Gaerqiong copper-gold polymetallic deposit in Ali District, northern Tibet[J]. Mineral Deposits, 30(06): 1149-1153(in Chinese with English abstract).
- LI Zhi-jun, ZHAO Run-dong, ZHANG Zhi, LI Pi-rong, HE Zi-xuan, YOU Meng, HE Shan, GUO Qi-qi, OU Jun. 2017. Source of Ore-forming Materials in the Galale Copper-Gold Deposit of Tibet: Evidence from Geochemical Characteristics of Sulfur, Lead, Carbon and Hydrogen-Oxygen Isotopes[J]. Acta Geoscientica Sinica, 38(5): 651-658(in Chinese with English abstract).
- LIANG H Y, CAMPBELL I H, ALLEN C, SUN W D, LIU CQ, YU H X. 2006. Zircon Ce^{4+}/Ce^{3+} Ratios and Ages for Yulong Ore-bearing Porphyries in Eastern Tibet[J]. Mineralium Deposita, 41(2): 152.
- LIANG H Y, MO J H, SUN W D, ZHANG Y Q, ZENG T, HU G Q, ALLEN C M. 2009. Study on geochemical composition and isotope ages of the Malasongduo porphyry associated with Cu-Mo mineralization[J]. Acta Petrologica Sinica, 25(2): 385-392(in Chinese with English abstract).
- LIANG Wei, HOU Zeng-qian, YANG Zhu-sen, LI Zhen-qing, HUANG Ke-xian, ZHANG Song, LI Wei, ZHENG Yuan-chuan. 2013. Remobilization and overprinting in the Zhaxikang Pb-Zn-Ag-Sb polymetal ore deposit, Southern Tibet: Implications for its metallogenesis[J]. Acta Petrologica Sinica, 29(11): 3828-3842(in Chinese with English abstract).
- LIANG Wei, YANG Zhu-sen, ZHENG Yuan-chuan. 2015. The Zhaxikang Pb-Zn Polymetallic Deposit: Ar-Ar Age of Sericite and Its Metallogenic Significance[J]. Acta Geologica Sinica, 89(3): 560-568(in Chinese with English abstract).
- LIN B, CHEN Y C, TANG J X, WANG Q, SONG Y, YANG C, WANG W L, HE W, ZHANG L J. 2017a. $^{40}Ar/^{39}Ar$ and Rb-Sr Ages of the Tiegelongnan Porphyry Cu-(Au) Deposit in the Bangong Co-Nujiang Metallogenic Belt of Tibet, China: Implication for Generation of Super-Large Deposit[J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), 91(2): 602-616.
- LIN B, TANG J X, CHEN Y C, SONG Y, HALL G, WANG Q, YANG C, FANG X, DUAN J L, YANG H H, LIU Z B, WANG Y Y, FENG J. 2017b. Geochronology and Genesis of the Tiegelongnan Porphyry Cu(Au) Deposit in Tibet: Evidence from U-Pb, Re-Os Dating and Hf, S, and H-O Isotopes[J]. Resource Geology, 67(1): 1-21.
- LIN Bin, CHEN Yu-chuan, TANG Ju-xing, SONG Yang, WANG Qin, FENG Jun, LI Yan-bo, TANG Xiao-qian, LIN Xin, LIU Zhi-bo, WANG Yi-yun, FANG Xiang, YANG Chao, YANG Huan-huan, FEI Fan, LI Li, GAO Ke. 2016b. Zircon U-Pb Ages and Hf Isotopic Composition of the Ore-bearing Porphyry in Dibao Cu(Au) Deposit, Duolong Ore Concentration Area, Xizan(Tibet), and Its Geological Significance[J]. Geological Review, 62(6): 1565-1578(in Chinese with English abstract).
- LIN Bin, TANG Ju-xing, ZHENG Wen-bao, WANG Yi-yun, GAO Yi-ming, LIN Xin, YANG Huan-huan, LENG Qiu-feng, LI Xiao-tong, TANG Xiao-qian, FU Yan-gang. 2016a. A preliminary study of geological features and metallogenic epoch in Keyue Zn-polymetallic deposit, Tibet[J]. Mineral Deposits, 35(1): 33-50(in Chinese with English abstract).
- LIN Bin, WANG Li-qiang, TANG Ju-xing, SONG Yang, ZHOU Xin, LIU Zhi-bo, GAO Yi-ming, TANG Xiao-qian, XU Rui-ge, CHEN Zao-jun. 2017. Zircon U-Pb Geochronology of Ore-Bearing Porphyries in Baomai Deposit, Yulong Copper Belt, Tibet[J]. Earth Science(in Chinese with English abstract)(in press).
- LIU Hong, HUANG Han-xiao, LI Guang-ming, XIAO Wan-feng, ZHANG Zhi-lin, LIU Bo, MA Dong-fang, DONG Lei, MA Dong-fang. 2015. Factor analysis in geochemical survey of the Shangxu gold deposit, northern Tibet[J]. Geology in China, 42(4): 1126-1136(in Chinese with English abstract).
- LIU Zu-jun, Basang Duoji, CHEN Jing, YIN Gao-feng, ZHANG Jia-yi, Pubu Zhaxi, Suolang Cuomu, REN Rongrong, CI Renji, Bianba Ciren, DAI Shunjun. 2012. The detailed survey report of the Pusanguo copper polymetallic deposit in Namulin county, Tibet[R]. Lhasa: the Sixth Geological Team of Geology and mineral exploration and Development Bureau of Tibet Autonomous Region(in Chinese).
- LUO Mao-cheng. 2017. The differential enrichment of copper and molybdenite in porphyry deposit in China- Review, representative deposits and experimental simulation[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing)(in Chinese with English abstract).
- MA Hong-wen. 1987. Physicochemical condition of magmatism in Yulong porphyry copper belt, Eastern Tibet[J]. Geoscience, (02): 238-252(in Chinese with English abstract).
- MA Hong-wen. 1989. On the tectonic environment of magmatism in Yulong Porphyry copper belt, Eastern Tibet[J]. Acta Petrologica Sinica, (01): 1-11(in Chinese with English abstract).
- MA Jin-quan, LU Wen, YUE Ning-fei, GAO Pin, TAN Yi, YANG Bao-an, DONG Lei, ZHENG Qian-ming, ZHOU Guo-hua. 2012. The resource reserves verification report of Zhibula copper polymetallic deposit in Mozhuogongka county, Tibet[R]. Lhasa: Department of Land and Resources, Tibet, China(in Chinese).
- MAKSAEV V, MUNIZAGA F, MCWILLIAMS M, THIELE K, AREVALO A, ZUNIGA P, FLOODY R. 2001. $^{40}Ar/^{39}Ar$ geochronology of the El Teniente porphyry copper deposit[J].

- Universidad de Chile, 52: 133.
- MAO Jing-wen, SHAO Yong-jun, XIE Gui-qing, ZHANG Jian-dong, CHEN Yu-chuan. 2009. Mineral deposit model for porphyry-skarn polymetallic copper deposits in Tongling ore dense district of Middle-Lower Yangtze Valley metallogenic belt[J]. *Mineral Deposits*, 28(02): 109-119(in Chinese with English abstract).
- MEINERT L D. 1993. Metamorphism, metasomatism, and fluid flow in skarn deposits; the basis for genetic distinctions[J]. *Geological Society of America*, 25(6): 110.
- MEINERT L D. 1995. Compositional variation of igneous rocks associated with skarn deposits; chemical evidence for a genetic connection between petrogenesis and mineralization[J]. *Short Course Handbook*, 23: 401-418.
- MENG Xiang-jin, HOU Zeng-qian, GAO Yong-feng, HUANG Wei, QU Xiao-ming, QU Wen-jun. 2003. Development of Porphyry Copper-Molybdenum-Lead-Zinc Ore-forming System in East Gangdese Belt, Tibet: Evidence from Re-Os Age of Molybdenite in Bangpu Copper Polymetallic Deposit[J]. *Mineral Deposits*, 22(03): 246-252(in Chinese with English abstract).
- MENG Xiang-jin, HOU Zeng-qian, GAO Yong-feng, QU Xiao-ming, HUANG Wei. 2004. The alteration zoning model of porphyry copper deposit in collisional orogeny: case studies of porphyry copper deposits in Gangdise belt, Xizang(Tibet)[J]. *Earth Science Frontiers*, 11(01): 201-214(in Chinese with English abstract).
- MENG Xiang-jin, HOU Zeng-qian, LI Zhen-qing. 2006. Sulfur and Lead Isotope Compositions of the Qulong Porphyry Copper Deposit, Tibet: Implications for the Sources of Plutons and Metals in the Deposit[J]. *Acta Geologica Sinica*, 80(04): 554-560(in Chinese with English abstract).
- METCALFE I. 2013. Gondwana dispersion and Asian accretion: Tectonic and palaeogeographic evolution of eastern Tethys[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 66: 1-33.
- MO Ji-hai, LIANG Hua-ying, YU Heng-xiang, SUN Wei-dong. 2008. Zircon U-Pb age of biotite hornblende monzonitic granite for Chongmuda Cu-Au (Mo) deposit in Gangdese belt, Xizang, China and its implications[J]. *Geochimica*, 37(03): 206-212(in Chinese with English abstract).
- MO Ru-wei, SUN Xiao-ming, ZHAI Wei, ZHOU Feng, LIANG Ye-heng. 2013. Ore-forming fluid geochemistry and metallogenic mechanism from Mazhala gold-antimony deposit in southern Tibet, China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 29(4): 1427-1438(in Chinese with English abstract).
- MO Xuan-xue, DONG Guo-chen, ZHAO Zhi-dan, ZHOU Su, WANG Liang-liang, QIU Rui-zhao, ZHANG Feng-qin. 2005. Spatial and Temporal Distribution and Characteristics of Granitoids in the Gangdese, Tibet and Implication for Crustal Growth and Evolution[J]. *Geological Journal of China Universities*, (03): 281-290(in Chinese with English abstract).
- MO Xuan-xue, HOU Zeng-qian, NIU Yao-ling, DONG Guo-chen, QU Xiao-ming, ZHAO Zhi-dan, YANG Zhi-ming. 2007. Mantle contributions to crustal thickening during continental collision; evidence from Cenozoic igneous rocks in southern Tibet[J]. *Lithos*, 96(1-2): 225-242.
- MO Xuan-xue, ZHAO Zhi-dan, DENG Jin-fu, DONG Guo-chen, ZHOU Su, GUO Tie-ying, ZHANG Shuang-quan, WANG Liang-liang. 2003. Response of volcanism to the India-Asia collision[J]. *Earth Science Frontiers (China University of Geosciences, Beijing)*, 10(03): 135-148(in Chinese with English abstract).
- MOLNAR P, STOCK J M. 2009. Slowing of India's convergence with Eurasia since 20 Ma and its implications for Tibetan mantle dynamics[J]. *Tectonics*, 28: TC3001.
- OUYANG Yuan, LIU hong, HUANG Han-xiao, LI Guang-ming, YANG Wu-nian, XIAO Wan-feng, ZHANG Zhi-lin, MA Cheng-yi, MA Bu-ying. 2016. Study on Geochemical Multivariate Statistics Analysis and Prospecting Potential of Shangxu-Daze Area in the Northern Tibet[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 36(4): 586-591(in Chinese with English abstract).
- PAN Feng-chu, DENG Jun, YAO Peng, WANG Qing-fei, LIU Yuxiang. 2002. The eruptive origins of copper and multi-metal deposits in the skarns in Jiama, Tibet[J]. *Geoscience*, (04): 359-364(in Chinese with English abstract).
- PAN Gui-tang, MO Xuan-xue, HOU Zeng-qian, ZHU Di-cheng, WANG Li-qiang, LI Guang-ming, ZHAO Zhi-dan, GENG Quan-ru, LIAO Zhong-li. 2006. Spatial-temporal framework of the Gangdese orogenic belt and its evolution[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(3): 521-533(in Chinese with English abstract).
- PAN Gui-tang, WANG Li-quan, LI Rong-she, YUAN Si-hua, JI Wen-hua, YIN Fu-guang, ZHANG Wan-ping, WANG Bao-di. 2012. Tectonic evolution of the Qinghai-Tibet Plateau[J]. *Journal of Asia Earth Sciences*, 53: 3-14.
- QIN Ke-zhang, LI Guang-ming, ZHAO Jun-xing, LI Jin-xiang, XUE Guo-qiang, YAN Gang, SU Deng-kui, XIAO Bo, CHEN Lei, FAN Xin. 2008. Discovery of sharang large-scale porphyry molybdenum deposit, the first Single Mo deposit in Tibet and its significance[J]. *Geology in China*, 35(06): 1101-1112(in Chinese with English abstract).
- QIN Zhi-peng, WANG Xiong-wu, DOR Ji, TANG Xiao-lian, ZHOU Yun, PENG Hui-juan. 2011. LA-ICP-MS U-Pb zircon age of intermediate-acidic intrusive rocks in Jiama of Tibet and its metallogenic significance[J]. *Mineral Deposits*, 30(02): 339-348(in Chinese with English abstract).
- QU Xiao-ming, HOU Zeng-qian, HUANG Wei. 2001. Is Gangdese Porphyry Copper Belt the Second "Yulong" Copper Belt?[J]. *Mineral Deposits*, 20(04): 355-366(in Chinese with English abstract).
- QU Xiao-ming, XIN Hong-bo, XU Wen-yi. 2007. Petrogenesis of the Ore-Hosting Volcanic Rocks and Their Contribution to Mineralization in Xiongcu Superlarge Cu-Au Deposit, Tibet[J]. *Acta Geologica Sinica*, 81(07): 964-971(in Chinese with English abstract).
- REN Shu-zhen, LIANG Wei. 2017. The zhaxikang integrated ex-

- ploration area to achieve resource prospecting breakthrough for beryllium beryllium Cuona-Zangnan cave area may reach large super large scale[N]. China Land and Resources News, 2017-07-20(003)(in Chinese).
- RICHARDS J P. 2013. The role of arc magmas and subduction-modified lithosphere in ore formation[J]. Mineralogical Magazine, 77(5): 2057.
- RUI Zong-yao, HOU Zeng-qian, QU Xiao-ming, ZHANG Li-sheng, WANG Long-sheng, LIU Yu-lin. 2003. Metallogenetic Epoch of Gangdese Porphyry Copper Belt and Uplift of Qinghai-Tibet Plateau[J]. Mineral Deposits, 22(03): 217-225(in Chinese with English abstract).
- RUI Zong-yao, LI Guang-ming, ZHANG Li-sheng, WANG Long-sheng. 2004. The response of porphyry copper deposits to important geological events in Xizang[J]. Earth Science Frontiers, 11(01): 145-152(in Chinese with English abstract).
- SEEDORFF E, DILLES J H, PROFFETT J M, EINAUDI M T, ZURCHER L, STAVAST W J A, JOHNSON D A, BARTON M D. 2005. Porphyry Deposits: Characteristics and Origin of Hypogene Features[J]. Society of Economic Geologists, 251-298.
- SHE Hong-quan, LI Jin-wen, MA Dong-fang, LI Guang-ming, ZHANG De-quan, FENG Cheng-you, QU Wen-jun, PAN Gui-tang. 2009. Molybdenite Re-Os and SHRIMP zircon U-Pb dating of Duobuza porphyry copper deposit in Tibet and its geological implications[J]. Mineral Deposits, 28(6): 737-746(in Chinese with English abstract).
- SILLITOE R H, HAROLD F, BONHAM J R. 1990. Sediment-hosted gold deposits: Distal products of magmatic-hydrothermal systems[J]. Geology, 18: 157-161.
- SILLITOE R H, HEDENQUIST J W. 2003. Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits[J]. Society of Economic Geologists(U.S.), 10: 315-343.
- SILLITOE R H. 1999. Styles of high-sulphidation gold, silver and copper mineralisation in porphyry and epithermal environments[J]. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 4-99: 29-44.
- SILLITOE R H. 2010. Porphyry Copper Systems[J]. Economic Geology, 105: 3-41.
- SUN Xing-guo, FENG Dao-yong, SU Deng-kui, WANG Si-de, HOU Jun-fu, YIN Xian-bo, YUAN Hua-shan, JIANG Shao-qing. 2014. The exploration breakthrough of the Tiegelongnan superlarge porphyry Cu(Au) deposit, Bangong lake arc, Tibet, and its significance[J]. Geology in China, 41(04): 1314-1327(in Chinese with English abstract).
- TANG J X, LANG X H, XIE F W, GAO Y M, LI Z J, HUANG Y, DING F, YANG H H, ZHANG L, WANG Q, ZHOU Y. 2015. Geological Characteristics and Genesis of the Jurassic No. 1 Porphyry Cu-Au Deposit in the Xiongcu District, Gangdese Porphyry Copper Belt, Tibet[J]. Ore Geology Review, 70: 438-456.
- TANG Ju-xing, DENG Shi-lin, ZHENG Wen-bao, YING Li-juan, WANG Xiong-wu, ZHONG Kang-hui, QIN Zhi-peng, DING Feng, LI Feng-ji, TANG Xiao-qian, ZHONG Yu-feng, PENG Hui-juan. 2011. An exploration model for Jiama copper polymetallic deposit in Maizhokunggar County, Tibet[J]. Mineral Deposits, 30(2): 179-196(in Chinese with English abstract).
- TANG Ju-xing, DING Shuai, MENG Zhan, HU Gu-yue, GAO Yi-ming, XIE Fu-wei, LI Zhuang, YUAN Mei, YANG Zong-yao, CHEN Guo-rong, LI Yu-hai, YANG Hong-yu, FU Yan-gang. 2016a. The First Discovery of the Low Sulfidation Epithermal Deposit in Linzizong Volcanics, Tibet: A Case Study of the Sinongduo Ag Polymetallic Deposit[J]. Acta Geoscientica Sinica, 33(4): 537-545(in Chinese with English abstract).
- TANG Ju-xing, Dorji, LIU Hong-fei, LANG Xing-hai, ZHANG Jin-shu, ZHENG Wen-bao, YING Li-juan. 2012. Minerogenic Series of Ore Deposits in the East Part of the Gangdise Metallogenic Belt[J]. Acta Geoscientica Sinica, 33(04): 393-410(in Chinese with English abstract).
- TANG Ju-xing, LANG Xing-hai, WANG Li-qiang, YANG Zong-yao, XIE Fu-wei, DING Shuai, LIU Zu-jun, ZHANG Huan-bin, WANG Xu-hui, SHI Shuo, YAN Gang, CUI Zhi-wei, DENG Yu-lin, HAN Peng, GAO Yi-ming, DENG Wu-zhong. 2017. Geological background and prospecting potential investigation of Xiongcu-Pusangguo porphyry-skarn copper polymetallic deposit, Tibet[R]. Reference room of Chengdu Geological Survey Center.
- TANG Ju-xing, LI Feng-ji, LI Zhi-jun, ZHANG Li, TANG Xiao-qian, DENG Qi, LANG Xing-hai, HUANG Yong, YAO Xiao-feng, WANG You. 2010a. Time limit for formation of main geological bodies in Xiongcu copper-gold deposit, Xietongmen County, Tibet: Evidence from zircon U-Pb ages and Re-Os age of molybdenite[J]. Mineral Deposits, 29(3): 461-475(in Chinese with English abstract).
- TANG Ju-xing, SONG Yang, WANG Qin, LIN Bin, YANG Chao, GUO Na, FANG Xiang, YANG Huan-huan, WANG Yi-yun, GAO Ke, DING Shuai, ZHANG Zhi, DUAN Ji-lin, CHEN Hong-qi, SU Deng-kui, FENG Jun, LIU Zhi-bo, WEI Shao-gang, HE Wen, SONG Jun-long, LI Yan-bo, WEI Lu-jie. 2016. Geological Characteristics and Exploration Model of the Tiegelongnan Cu (Au-Ag) Deposit: The First Ten Million Tons Metal Resources of a Porphyry-epithermal Deposit in Tibet[J]. Acta Geoscientica Sinica, 37(6): 663-690(in Chinese with English abstract).
- TANG Ju-xing, SUN Xing-guo, DING Shuai, WANG Qin, WANG Yi-yun, YANG Chao, CHEN Hong-qi, LI Yan-bo, LI Yu-bin, WEI Lu-jie, ZHANG Zhi, SONG Jun-long, YANG Huan-huan, DUAN Ji-lin, GAO Ke, FANG Xiang, TAN Jiang-yun. 2014. Discovery of the Epithermal Deposit of Cu (Au-Ag) in the Duolong Ore Concentrating Area, Tibet[J]. Acta Geoscientica Sinica, 35(1): 6-10(in Chinese with English abstract).
- TANG Ju-xing, WANG Cheng-hui, QU Wen-jun, DU An-dao, YING Li-juan, GAO Yi-ming. 2009. Re-Os isotopic dating of

- molybdenite from the Yulong porphyry copper-molybdenum deposit in Tibet and its metallogenic significance[J]. *Rock and Mineral Analysis*, 28(3): 215-218(in Chinese with English abstract).
- TANG Ju-xing, WANG Deng-hong, WANG Xiong-wu, ZHONG Kang-hui, YING Li-juan, ZHENG Wen-bao, LI Feng-ji, GUO Na, QIN Zhi-peng, YAO Xiao-feng, LI Lei, WANG You, TANG Xiao-qian. 2010b. Geological Features and Metallogenic Model of the Jiama Copper-Polymetallic Deposit in Tibet[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 31(4): 495-506(in Chinese with English abstract).
- TANG Ju-xing, WANG Li-qiang, ZHENG Wen-bao, ZHONG Kang-hui. 2014. Ore deposits metallogenic regularity and prospecting in the eastern section of the Gangdese metallogenic belt[J]. *Acta Geologica Sinica*, 88(12): 2545-2555.
- TANG Ju-xing, WANG Qin, YANG Chao, DING Shuai, LANG Xing-hai, LIU Hong-fei, HUANG Yong, ZHENG Wen-bao, WANG Li-qiang, GAO Yi-ming, FENG Jun, DUAN Ji-lin, SONG Yang, WANG Yi-yun, LIN Bin, FANG Xiang, ZHANG Zhi, YANG Huan-huan. 2014. Two porphyry_epithermal deposit metallogenic subseries in Tibetan Plateau: Practice of absence prospecting" deposit metallogenic series[J]. *Mineral Deposits*, 33(06): 1151-1170(in Chinese with English abstract).
- TANG Ju-xing, ZHANG Li, LI Zhi-jun, CHEN Jian-ping, HUANG Wei, WANG Qian. 2006. Porphyry copper deposit controlled by structural nose trap: Yulong porphyry copper deposit in eastern Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 25(6): 652-662(in Chinese with English abstract).
- TANG Ju-xing, ZHENG Wen-bao, CHEN Yu-chuan, WANG Deng-hong, YING Li-juan, QIN Zhi-peng. 2013. Prospecting Breakthrough of the Deep Porphyry Ore Body and Its Significance in Jiama Copper Polymetallic Deposit, Tibet, China[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 43(04): 1100-1110(in Chinese with English abstract).
- TANG Pan, CHEN Yu-chuan, TANG Ju-xing, ZHENG Wen-bao, LENG Qiu-feng, LIN Bin. 2017a. A study of fluid inclusions from Lakang'e porphyry Cu-Mo deposit in Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 36(1): 68-82(in Chinese with English abstract).
- TANG Pan, CHEN Yu-chuan, TANG Ju-xing, ZHENG Wen-bao, LENG Qiu-feng, LIN Bin, FANG Xiang. 2016. Characteristics and geological significance of biotites in Jiama porphyry deposit system, Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 35(04): 846-866(in Chinese with English abstract).
- TANG Pan, TANG Ju-xing, ZHENG Wen-bao, LENG Qiu-feng, LIN Bin, TANG Xiao-qian. 2017b. The chemical characteristics of Biotite in Laka'e porphyry copper-molybdenite deposit, Tibet[J]. *Earth Science Frontiers*(in press).
- TANG Ren-li. 1995. The geology of Yulong porphyry Cu (Mo) ore belt, Tibet[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- The Second Geological Team of Tibet Geological and Mineral Exploration and Development Bureau. 2011. A detailed report of the Junuo copper mine in Angren county, Tibet[R]. Tibet: The Information Room of the Tibet National Bureau(in Chinese).
- WANG Cheng-hui, TANG Ju-xing, CHEN Jian-ping, HAO Jin-hua, GAO Yi-ming, LIU Yao-wen, FAN Tao, ZHANG Qi-zhi, YING Li-juan, CHEN Zhi-jiao. 2009. Chronological Research of Yulong Copper-Molybdenum Porphyry Deposit[J]. *Acta Geologica Sinica*, 83(10): 1445-1455(in Chinese with English abstract).
- WANG Cheng-hui, TANG Ju-xing, HOU Ke-jun, GAO Yi-ming, CHEN Jian-ping, HAO Jin-hua, YING Li-juan, ZHANG Qi-zhi, LIU Yao-wen, FAN Tao. 2011. Hf isotopic characteristics of Yulong copper-molybdenum porphyry deposit in Tibet and their geological significance[J]. *Mineral Deposits*, 30(02): 292-304(in Chinese with English abstract).
- WANG Deng-hong, TANG Ju-xing, YING Li-juan, LIN Bin, DING Shuai. 2011. Hornfels feature in the Jiama ore deposit, Tibet and its significance on deep prospecting[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 27(7): 2103-2108(in Chinese with English abstract).
- WANG E C. 2017. A discussion on the timing of the initial collision between the Indian and Asian continents[J]. *Science China Earth Sciences*, doi:10.1007/s11430-016-5136-3(in Chinese with English abstract).
- WANG Huan, WANG Li-qiang, YING Li-juan, ZHENG Wen-bao. 2011. Features and genesis of bornite in Jiama copper-polymetallic deposit of Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 30(02): 305-317(in Chinese with English abstract).
- WANG L L, MO X X, Li B, DONG G C, ZHAO Z D. 2006. Geochronology and geochemistry of the ore-bearing porphyry in Qulong Cu (Mo) ore deposit, Tibet[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(4): 1001-1008(in Chinese with English abstract).
- WANG L Q, CHEN Y C, TANG J X, LÜ P R, LUO M C, WANG H, CHEN W, LENG Q F. 2012. LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating of Intermediate-Acidic Intrusive Rocks and Molybdenite Re-Os Dating from the Bangpu Mo(Cu) Deposit, Tibet and Its Geological Implication[J]. *Acta Geologica Sinica*, 86(5): 1225-1240.
- WANG L Q, TANG J X, BAGAS Leon, WANG Y, FAN Y, DANZHEN W X, LI Z. 2017b. Miocene Mineralization in the Western Part of the Bangong-Nujiang Mineralized Belt: Evidence from U-Pb, Ar-Ar, and Re-Os Geochronology of the Jiaoxi Tungsten Deposit in Tibet, China[J]. *Mineralium Deposita*(under review).
- WANG L Q, TANG J X, CHENG W B, CHEN W, ZHANG Z, LIN X, LUO M C, YANG C. 2015a. Origin of the Ore-forming Fluids and Metals of the Bangpu Porphyry Mo-Cu Deposit of Tibet, China: Constraints from He-Ar, H-O, S and Pb Isotopes[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 103: 276-287.
- WANG L Q, TANG J X, DENG J, KANG H R, CHENG W B, LI Z, ZHANG Z. 2015b. The Longmala and Mengya'a Skarn Pb-Zn Deposits, Gangdese Region, Tibet: Evidence from U-Pb and Re-Os Geochronology for Formation during Early India-Asia Collision[J]. *International Geology Review*, 57(14):

1825-1842.

- WANG L Q, TANG J X, LEON B, WANG Y, LIN X, LI Z, LI Y B. 2017a. Early Eocene Longmala Skarn Pb-Zn-Cu Deposit in Tibet, China: Geochemistry, Fluid Inclusions, and H-O-S-Pb Isotopic Compositions[J]. *Ore Geology Reviews*, 88: 99-115.
- WANG Li-qiang, CHENG Wen-bin, LUO Mao-cheng, XIANG Hao-yu. 2012. A study of metallic sulfides, quartz REE composition characteristics and genesis of the Mengya'a lead-zinc deposit[J]. *Geology in China*, 39(3): 740-749(in Chinese with English abstract).
- WANG Li-qiang, FAN Yuan, WANG Yong, LI Shen, GAO Yi-Ming. 2016. The Discovery of the Jiaoxi Single Wolframite Ore Deposit in the Western Part of the Bangong Co-Nujiang Metallogenic Belt and Its Significance[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 37(06): 691-698(in Chinese with English abstract).
- WANG Li-qiang, GU Xue-xiang, CHENG Wen-bin, TANG Ju-xing, ZHONG Kang-hui, LIU Xiao-ji. 2010. Sulfur and Lead Isotope Composition and Tracing for the Sources of Ore-Forming Materials in the Mengya'a Pb-Zn Deposit, Tibet[J]. *Geoscience*, 24(01): 52-58(in Chinese with English abstract).
- WANG Li-qiang, LIN Xin, LI Zhuang, ZHANG Zhi, KANG Hao-ran, LI Hai-feng. 2014. Geochronology, Geochemistry and Hf isotopic compositions of the granite porphyry in the Mengya'a Pb-Zn deposit, Tibet[J]. *Acta Geologica Sinica*, (12): 2572-2583(in Chinese with English abstract).
- WANG Li-qiang, TANG Ju-xing, CHEN Yu-chuan, LUO Mao-cheng, LENG Qiu-feng, CHEN Wei, WANG Huan. 2011. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of ore-bearing monzogranite porphyry in Bangpu molybdenum (copper) deposit, Tibet and its significance[J]. *Mineral Deposits*, 30(02): 349-360(in Chinese with English abstract).
- WANG Qin, HUANG Yong, DONG Sui-liang, YAN Guo-qiang, JIANG Hua-zhai, ZHANG Kai. 2017. The discovery of copper-molybdenite-tungsten metallogenic porphyry and its significance: evidence from LA-ICP-MS zircon U-Pb age, Sr-Nd-Pb-Hf isotope[J]. *Mineral Deposits*(in press).
- WANG Qin, TANG Ju-xing, FANG Xiang, LIN Bin, WANG Yi-yun, YANG Huan-huan, YANG Chao, LI Yan-bo, WEI Lu-jie, FENG Jun, LI Li. 2015. Petrogenetic setting of andsites in Rongna ore block, Tiegelong Cu(Au-Ag) deposit, Duolong ore concentration area, Tibet: Evidence from zircon U-Pb LA-ICP-MS dating and petrogeochemistry of andsites[J]. *Geology in China*, 42(5): 1324-1336(in Chinese with English abstract).
- WANG Yi, ZHANG Qi-zhi. 2010. The exploration report of Yu Long copper deposit in Jiangda, Tibet[R]. Tibet: Reference Room of No.6 Geological Survey Team in Tibet(in Chinese).
- WANG Yi-yun, TANG Ju-xing, ZHENG Wen-bao, DUAN Ji-lin, SONG Jun-long, YANG Chao. 2014. Mechanism of metal precipitation in Dabu porphyry Cu-Mo deposit, Quxu Country, Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 34(1): 81-97(in Chinese with English abstract).
- WANG Yi-yun, TANG Ju-xing, ZHENG Wen-bao, DUAN Ji-lin, SONG Jun-long, YANG Chao. 2015. Mechanism of metal precipitation in Dabu porphyry Cu-Mo deposit, Quxu Country, Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 34(01): 81-97(in Chinese with English abstract).
- WANG Yi-yun, TANG Ju-xing, ZHENG Wen-bao, LIN Bin, LENG Qiu-feng, CHEN Wei, DING Shuai, SONG Jun-long, XU Yun-feng. 2012. A Tentative Discussion on Ore Fabric and Genesis of the Zhaxikang Zn-polymetallic Deposit, Lhunze County, Tibet[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 33(04): 681-692(in Chinese with English abstract).
- WANG Yi-yun, ZHENG Wen-bao, CHEN Yu-chuan, TANG Ju-xing, LENG Qiu-feng, TANG Pan, DING Shuai, ZHOU Yun. 2017. Discussion on the mechanism of separation of copper and molybdenum in Jima porphyry deposit system, Tibet[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 33(2): 495-514(in Chinese with English abstract).
- WANG Zhao-lin, YANG Zhi-ming, YANG Zhu-sen, TIAN Shi-hong, LIU Ying-chao, MA Yan-qing, WANG Gui-ren, QU Wen-jun. 2008. Narigongma porphyry molybdenite copper deposit, northern extension of Yulong copper belt: evidence from the age of Re-Os isotope[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 24(3): 503-510(in Chinese with English abstract).
- WEI Shao-gang, SONG Yang, TANG Ju-xing, GAO Ke, FENG Jun, LI Yan-bo, HOU Lin. 2016. Geochronology, geochemistry and petrogenesis of quartz diorite porphyry from the Sena copper (gold) deposit, Tibet[J]. *Geology in China*, 43(6): 1894-1912(in Chinese with English abstract).
- WEI Shao-gang, TANG Ju-xing, SONG Yang, LIU Zhi-bo, WANG Qin, LIN Bin, HE Wen, FENG Jun. 2017. Petrogenesis, Zircon U-Pb Geochronology and Sr-Nd-Hf isotope of the intermediate-felsic volcanic rocks from the Duolong deposit in the Bangonghu-Nujiang suture zone, Tibet, and its tectonic significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 91(01): 132-150(in Chinese with English abstract).
- WEI Wang-shun, ZHANG Yu-hui, LU Yan-ming, LIU Gui-ge. 2003. Magmatic evolution and metallogenic model of gold deposits in the middle part of Bangonghu-Nujiang metallogenic belt[J]. *Gold Science and Technology*, 11(03): 1-10(in Chinese with English abstract).
- WU Jing, LIANG Hua-ying, MO Ji-hai, ZHANG Yu-quan, HU Guang-qian. 2011. Petrochemistry and Zircon LA-ICP-MSU-Pb Age of the Mang zong Porphyry Associated with Cu-Mo Mineralization in the Yulong Ore Belt[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, (02): 300-306(in Chinese with English abstract).
- WU Wei-zhong, XIA Bin, ZHANG Yu-quan, DONG Bing-hua, XIA Zhong-xi. 2013. Geochemical Characteristics and Metallogenic Mechanism of the Porphyry Cu-Mo Deposits in the Yulong Ore Belt, Eastern Tibet: A Case Study of the Yulong and Duoxiasongduo Porphyries[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 37(3): 440-454(in Chinese with English abstract).

- XIA Bao-ben, XIA Bin, WANG Bao-di, ZHAO Shou-ren. 2007. Ore-Bearing Adakitic Porphyry in the Middle of Gangdese: Thickened Lower Crustal Melting and the Genesis of Porphyry Cu-Mo Deposit[J]. Geological Science and Technology Information, 26(04):19-26(in Chinese with English abstract).
- XIA Dai-xiang, ZHOU Min, QIN Ke-zhang, TANG Ju-xing. 2009. The prospecting report of copper polymetallic ore in the Qulong ore district in Mozhugongka county, Tibet[R]. Tibet: Reference room of Tibet land and Resources Department(in Chinese).
- XIAO Bo, QIN Ke-zhang, LI Guang-ming, LI Jin-xiang, CHEN Lei, ZHAO Jun-xing, FAN Xin. 2011. Distributions and characters of Zhibula Langmujiaguo skarn Cu deposits envrioning the Qulong porphyry Cu-Mo deposit and the irimplications for ore search towards to the deep subsurface[J]. Geology and Exploration, 47(1): 43-53(in Chinese with English abstract).
- XIN Cun-lin, DU Wei-dong, ZHANG Yu-ping, WEI Ming, CHEN Shi-wei. 2013. A preliminary study of the geologic characteristics and genesis of the Dongzhongsongduo lead-zinc polymetallic deposit, Tibet[J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 49(1): 24-31(in Chinese with English abstract).
- XU M, LI C, ZHANG X, WU Y. 2014. Nature and evolution of the Neo-Tethys in central Tibet: synthesis of ophiolitic petrology, geochemistry, and geochronology[J]. International Geology Review, 56(9): 1072-1096.
- XU Wen-yi, QU Xiao-ming, HOU Zeng-qian, CHEN Wei-shi, YANG Zhu-sen, CUI Yan-he. 2005. Fluid inclusion studies of the Xiongcu copper-gold deposit in central Gangdese, Tibet[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 24(04): 301-310(in Chinese with English abstract).
- XU Wen-yi, QU Xiao-ming, HOU Zeng-qian, YANG Dan, YANG Zhu-sen, CUI Yan-he, CHEN Wei-shi. 2006. Ore-forming fluid characteristics and genesis of Xiongcu copper-gold deposit in central Gangdese, Tibet[J]. Mineral Deposits, 25(03): 243-251(in Chinese with English abstract).
- YAN Xue-yi, HUANG Shu-feng, DU An-dao. 2010. Re-Os Ages of Large Tungsten, Copper and Molybdenum Deposit in the Zetang Orefield, Gangdisu and Marginal Strike-slip Transforming Metallogenesis[J]. Acta Geologica Sinica, 84(3): 398-406(in Chinese with English abstract).
- YANG Chao, TANG Ju-xing, SONG Jun-long, ZHANG Zhi, LI Yu-bin, SUN Xing-guo, WANG Qin, DING Shuai, FANG Xiang, LI Yan-bo, WEI Lu-jie, WANG Yi-yun, YANG Huan-huan, GAO Ke, SONG Yang, LIN Bin. 2015. Chlorite characteristics of the Naruo porphyry Cu(Au) deposit in Tibet and its geological signigicance[J]. Acta Geologica Sinica, 89(05): 856-872(in Chinese with English abstract).
- YANG Chao, TANG Ju-xing, WANG Yiyun, YANG Huan-huan, WANG Qin, SUN Xing-guo, FENG Jun, YIN Xian-bo, DING Shuai, FANG Xiang, ZHANG Zhi, LI Yu-bin. 2014. Fluid and geological characteristics researches of Southern Tiegelong epithermal porphyry Cu-Au deposit in Tibet[J]. Mineral Deposit, 33(06): 1287-1305(in Chinese with English abstract).
- YANG Huan-huan, TANG Ju-xing, ZHANG Zhong, WANG Qin, ZHANG Zhi, SONG Yang, YANG Chao, WANG Yi-yun, DING Shuai, FANG Xiang, LIN Bin, GAO Ke, YUAN Hua-shan. 2016. A Study on Banded Pyrite in Tiegelongnan Copper(Gold-Silver) Deposit, Tibet, China and Its Geological Implications[J]. Acta Mineralogica Sinica, 36(01): 70-79(in Chinese with English abstract).
- YANG Yi, ZHANG Zhi, TANG Ju-xing. 2015. Mineralization, alteration and vein systems of the Bolong porphyry copper deposit in the Duolong ore concentration area, Tibet[J]. Geology in China, 42(3): 759-776(in Chinese with English abstract).
- YANG Z M, HOU Z Q, WHITE N, CHANG Z S, LI Z Q, SONG Y C. 2009. Geology of the Post-collisional Porphyry Copper-molybdenum Deposit at Qulong, Tibet[J]. Ore Geology Reviews, 36: 133-159.
- YANG Z M, HOU Z Q, YANG Z S, WANG S X, WANG G R, TIAN S H, WEN D Y, WANG Z L and LIU Y C. 2008. Genesis of porphyries and tectonic controls on the Narigongma porphyry Mo (Cu) deposit, southern Qinghai[J]. Acta Petrologica Sinica, 24(3): 489-502(in Chinese with English abstract).
- YANG Zhi-Ming, HOU Zeng-Qian, SONG Yu-Cai, LI Zhen-Qing, XIA Dai-Xiang, PAN Feng-chu. 2008b. Qulong superlarge porphyry Cu deposit in Tibet: Geology, alteration and mineralization[J]. Mineral Deposits, 27(3): 279-318(in Chinese with English abstract).
- YANG Zhi-ming, HOU Zeng-qian. 2009. Genesis of Giant Porphyry Cu Deposit at Qulong, Tibet: Constraints from Fluid Inclusions and H-O Isotopes[J]. Acta Geologica Sinica, 83(12): 1838-1859(in Chinese with English abstract).
- YAO Peng, DU Guang-shu. 1999. The Geochemistry and Origin of the Host Rocks in the Jiama Polymetallic Ore Deposit, Xizang[J]. Tethyan Geology, (00): 50-61(in Chinese with English abstract).
- YAO Peng, WANG Hai-quan, LI Jin-gao. 2002. Ore and ore resource prospects of the Jiama-Qulong ore concentration area, Tibet[J]. Geology in China, (02): 197-202(in Chinese with English abstract).
- YAO Xiao-feng, TANG Ju-xing, DING Shuai, ZHENG Wen-bao, YANG Huan-huan, ZHANG Wan-yi, FENG Yan-fang. 2015. Petrography, Chronology and Hf Isotope Constraints on Origin of the Ore-bearing Granodiorite in Zhibula Copper Deposit, Tibet[J]. Geotectonica et Metallogenia, 39(02): 315-324(in Chinese with English abstract).
- YAO Xiao-feng, TANG Ju-xing, LI Zhi-jun, DENG Shi-lin, DING Shuai, HU Zheng-hua, ZHANG Zhi. 2013. The Redefinition of the Ore-forming Porphyry's Age in GaerqiongSkarn-type Gold—Copper Deposit, Western Bangong Lake—Nuijiang

- River Metallogenic Belt, Xizang(Tibet)[J]. Geological Review, 59(1): 193-200(in Chinese with English abstract).
- YAO Xiao-feng, TANG Ju-xing, LI Zhi-jun, DENG Shi-lin, HU Zheng-hua, ZHANG Zhi. 2012. Geochemical Characteristics and Geodynamic Significance of the Granites in the Ga'erqiong Cu-Au deposit, Tibet[J]. Acta Geoscientica Sinica, 33(04): 528-536(in Chinese with English abstract).
- YIN Qing, LANG Xing-hai, TANG Ju-xing, ZHANG Jin-shu, XIE Fu-wei, YANG Zong-yao, LI Zhi-jun, HUANG Yong, BAI Yun, FU Hong-chao. 2015. Geochemical characteristics of sulfur and lead isotopes from No. II deposit in Xiongcu district, Tibet[J]. Mineral Deposits, 34(05): 1016-1029(in Chinese with English abstract).
- YING L J, WANG C H, TANG J X, WANG D H, QU W J, LI C. 2014. Re-Os systematics of sulfides (chalcopyrite, bornite, pyrite and pyrrhotite) from the Jiama Cu-Mo deposit of Tibet, China[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 79(2014): 497-506.
- YING Li-juan, TANG Ju-xing, WANG Deng-hong, ZHENG Wen-bao, QIN Zhi-peng, ZHANG Li. 2011. Zircon SHRIMP U-Pb dating of porphyry vein from the Jiama copper polymetallic deposit in Tibet and its significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 27(7): 2095-2102(in Chinese with English abstract).
- YING Li-juan, WANG Deng-hong, TANG Ju-xing, CHANG Zhe-sheng, QU Wen-jun, ZHENG Wen-bao, WANG Huan. 2010. Re-Os Dating of Molybdenite from the Jiama Copper Polymetallic Deposit in Tibet and Its Metallogenic Significance[J]. Acta Geologica Sinica, 84(08): 1165-1174(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Jian-fang, ZHENG You-ye, ZHANG Gang-yang, GAO Shun-bao, YE Xian-ren, ZHANG Zhong, LIU Min-yuan, LI Ji-qiu. 2010. Genesis of Zhaxikang Pb-Zn-Sb-Ag Deposit in Northern Himalaya: Constraints from Multi-Isotope Geochemistry[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 35(06): 1000-1010(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Q L, QU X M, XU W Y, HOU Z Q, CHEN W S. 2003. Study of the fluid inclusions from Nanmu porphyry Cu-Mo deposit in Tibet[J]. Acta Petrologica Sinica, 19(2): 251-259(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Qi-zhi, GAO Sheng-xi, SUOLANG Dun-zhu, GONGGA Zha-xi, WUJIN Suo-lang, YIN Gao-feng, WANG Ming-quan, LI Jing-bo, DAI Shun-jun, ZHI Hong-jun, ZHAXI Ping-cuo, LA Pian, LIANG Yu. 2012. A detailed report on polymetallic ore deposits in Angqing mining area of Changdu county, Tibet[R]. Tibet: No. 6 Party of Tibet Geological Bureau(in Chinese).
- ZHANG Song, ZHENG Yuan-chuan, HUANG Ke-xian, LI Wei, SUN Qing-zhong, LI Qiu-yun, FU Qiang, LIANG Wei. 2012. Re-Os dating of molybdenite from Nuri Cu-W-Mo deposit and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 31(02): 337-346(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Wen-lei, YU Tao, LIU Tang, WANG Dong, XIONG Yi-jun. 2016. Geochemical characteristics of stream sediment and ore prospecting of the Dibaonamugang orefield in Tibet[J]. Geology and Resources, 25(4): 356-359(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Z, FANG X, TANG J X, WANG Q, YANG C, WANG Y Y, DING S, YANG H H. 2017a. Chronology, geochemical characteristics of the Gaerqin porphyry copper deposit in the Duolong ore concentration area in Tibet and discussion about the identification of the lithoscapes and the possible epithermal deposit[J]. Acta Petrologica Sinica, 33(2): 476-494(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Zhi, CHEN Yu-Chuan, TANG Ju-xing, HE Lin, YAO Xiao-feng, YANG Yi, HU Zheng-hua, WANG Hong-xing, SONG Jun-long. 2013. Geological and skarn mineral characteristics of Galale Cu-Au deposit in Tibet[J]. Mineral Deposits, 32(05): 915-931(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Zhi, CHEN Yu-chuan, TANG Ju-xing, LI Yu-bin, GAO Ke, WANG Qin, LI Zhuang, LI Jian-li. 2014. Alteration and vein systems of Duobuza gold-rich porphyry copper deposit, Tibet[J]. Mineral Deposits, 33(6): 1268-1286(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Zhi, CHEN Yu-chuan, TANG Ju-xing, LI Zhuang, SONG Jun-long, YANG Yi, HU Zheng-hua, YANG Huan-huan, YANG Chao, KANG Hao-ran. 2015. Zircon U-Pb age and geochemical characteristics of volcanic rocks in Gaerqiong-Galale Cu-Au ore district, Tibet[J]. Earth Science-Journal of China University of Geoscience, 40(01): 77-97(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Zhi, SONG Jun-long, TANG Ju-xing, WANG Li-qiang, YAO Xiao-feng, LI Zhi-jun. 2017b. Petrogenesis, Diagenesis and mineralization ages of Galale Cu-Au deposit, Tibet: zircon U-Pb AGE, Hf Isotope composition and molybdenite Re-Os dating[J]. Earth Science, 42(6): 862-880(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Zhi, ZHANG Lin-kui, LI Guang-ming, LIANG Wei, XIA Xiang-biao, FU Jian-gang, DONG Sui-liang, MA Guo-tao. 2017c. The Cuonadong dome in north Himalayan: a new member of gneiss dome and a new proposition of ore-control dome[J]. Acta Geoscientica Sinica, 38(5): 754-766(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Jun-xing, QIN Ke-zhang, LI Guang-ming, LI Jin-xiang, XIAO Bo, CHEN Lei. 2012. Geochemistry and petrogenesis of granitoids at Sharang Eocene porphyry Mo deposit in the main-stage of India-Asia continental collision, northern Gangdese, Tibet[J]. Resource Geology, 62(1): 84-98.
- ZHAO Jun-xing, QIN Ke-zhang, LI Guang-ming, LI Jin-xiang, YAN Gang, SU Deng-kui, XIAO Bo, CHEN Lei, FAN Xin. 2009. Geochronology of mineralization and geochemistry of Sharang molybdenite deposit in Gangdese and the mineralization during the main collisional period of Qinghai Xizang Plateau[J]. Acta Mineralogica Sinica, 29(S1): 197-198.
- ZHAO Jun-xing, QIN Ke-zhang, LI Guang-ming, LI Jin-xiang.

2011. Characteristics of alteration and mineralization in the Sharang porphyry molybdenum deposit in the northern margin of Gangdese and comparison with typical porphyry molybdenum deposits in the world[J]. *Geology and Exploration*, 47(1): 54-70(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Jun-xing, SHEN Zhao-jun, LI Liang, WANG Jun, WANG Feng, CAO Zhi-song. 2011. Sequence filling characteristics and distribution laws of large continental depressed lake basin; a case study of Yanchang Formation, Ordos Basin[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 27(8): 2318-2326.
- ZHAO X Y, YANG Z S, ZHENG Y C, LIU Y C, TIAN S H, FU Q. 2015. Geology and Genesis of the Post-collisional Porphyry-Skarn Deposit at Bangpu, Tibet[J]. *Ore Geology Reviews*, 70: 486-509.
- ZHENG Li-bo, ZHANG Qing-song, ZOU Guang-fu. 2016. The result report of special mapping and technical application in Nimu copper ore exploration area, Tibet[R]. Chengdu: Sichuan Metallurgical Geological Prospecting Institute(in Chinese).
- ZHENG W B, TANG J X, ZHONG K H, YING L J, LENG Q F, DING S, LIN B. 2016. Geology of the Jiamu porphyry copper-polymetallic system, Lhasa Region, China[J]. *Ore Geology Reviews*, 74: 151-169.
- ZHENG Wen-bao, CHEN Yu-chuan, SONG Xin, TANG Ju-xing, YING Li-juan, LI Feng-ji, TANG Xiao-qian. 2010. Element distribution of Jiamu copper-polymetallic deposit in Tibet and its geological significance[J]. *Mineral Deposits*, 29(05): 775-784(in Chinese with English abstract).
- ZHENG Y C, FU Q, HOU Z Q, YANG Z S, HUANG K X, WU C D, SUN Q Z. 2015. Metallogeny of the Northeastern Gangdese Pb-Zn-Ag-Fe-Mo-W Polymetallic Belt in the Lhasa Terrane, Southern Tibet[J]. *Ore Geology Reviews*, 70: 510-532.
- ZHENG You-ye, LIU Min-yuan, SUN Xiang, YUAN En-hui, TIAN Li-ming, ZHENG Hai-tao, ZHANG Gang-yang, ZHANG Li-hua. 2012. Type, Discovery process and significance of Zhaxikang antimony polymetallic ore deposit, Tibet[J]. *Earth Science-Journal of China University of Geoscience*, 37(05): 1003-1014(in Chinese with English abstract).
- ZHENG You-ye, XUE Ying-xi, CHENG Li-jun, FAN Zi-hui, GAO Shun-bao. 2004. Finding, Characteristics and Significances of Qulong Superlarge Porphyry Copper (Molybdenum) Deposit, Tibet[J]. *Earth Science — Journal of China University of Geosciences*, (01): 103-108(in Chinese with English abstract).
- ZHOU Jin-sheng, MENG Xiang-jin, ZANG Wen-shuan, YANG Zhu-sen, XU Yu-tao, ZHANG Xiong. 2013. Zircon U-Pb geochronology and trace element geochemistry of the ore-bearing porphyry in Qingcaoshan porphyry Cu-Au deposit, Tibet, and its geological significance[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 29(11): 3755-3766(in Chinese with English abstract).
- ZHOU Li-min, HOU Zeng-qian, ZHENG Yuan-chuan, LI Wei. 2011. Study on accessory minerals in Yaja granite, northern Tibet: Indicator of the magma source[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 27(9): 2786-2794(in Chinese with English abstract).
- ZHOU X, FEI G C, ZHOU Y, WEN C Q, ZHANG Y, YUE X Y. 2015. Chronology and crust-mantle mixing of ore-forming porphyry of the Banggongco: evidence from zircon U-Pb age and Hf isotopes of the Naruo porphyry copper-gold deposit[J]. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 89(1): 217-228.
- ZHOU Xiong, WEN Chun-qi, FEI Guang-chun, CAO Sheng-yuan, WU Peng-yu, HUO Yan. 2010. Geochemical characteristics of monzonite granite porphyry in Bangpu porphyry Mo deposit, Tibet, and its tectonic significance[J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 30(04): 48-54(in Chinese with English abstract).
- ZHOU Yun, WANG Xiong-wu, TANG Ju-xing, QIN Zhi-peng, PENG Hui-juan, LI Ai-guo, YANG Ke, WANG Hua, LI Jiong, ZHANG Ji-chao. 2011. Origin and evolution of ore-forming fluids from Jiamu copper polymetallic deposit in Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 47(01): 43-53(in Chinese with English abstract).
- ZHU D C, WANG Q, ZHAO Z D. 2017. Constraining quantitatively the timing and process of continent-continent collision using magmatic record: Method and examples[J]. *Science China Earth Sciences*, 60: 1040-1056(in Chinese with English abstract).
- ZHU Di-cheng, PAN Gui-tang, WANG Li-qiang, MO Xuan-xue, ZHAO Zhi-dan, ZHOU Chang-yong, LIAO Zhong-li, DONG Guo-chen, YUAN Si-hua. 2008. Tempo-spatial variations of Mesozoic magmatic rocks in the Gangdise belt, Tibet, China, with a discussion of geodynamic setting-related issues[J]. *Geological Bulletin of China*, 27(9): 1535-1550(in Chinese with English abstract).
- ZHU Xiang-ping, LI Guang-ming, CHEN Hua-an, MA Dong-fang, HUANG Han-xiao. 2015a. Zircon U-Pb, molybdenite Re-Os and K-feldspar $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of the Bolong porphyry Cu-Au deposit, Tibet, China[J]. *Resources Geology*, 65(2): 122-135.
- ZHU Xiang-ping, CHEN Hua-an, LIU Hong-fei, MA Dong-fang, LI Guang-ming, HUANG Han-xiao, ZHANG Hong, LIU Chao-qiang, WEI Lu-jie. 2015b. Zircon U-Pb Ages, geochemistry of the porphyries from the Duobuza Porphyry Cu-Au Deposit, Xizang and their metallogenic significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 89(3): 534-548.
- ZHU Xiang-ping, CHEN Hua-an, LIU Hong-fei, MA Dong-fang, LI Guang-ming, ZHANG Hong, LIU Chao-qiang, WEI Lu-jie. 2015. Geochronology and geochemistry of porphyries from the Naruo porphyry copper deposit, Tibet and their metallogenic significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 89(01): 109-128(in Chinese with English abstract).