

青藏高原铅锌矿资源特征

王立强¹, 唐菊兴¹, 旦真王修², 王勇², 李壮^{1,2}

1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037

2. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083

摘要 铅锌矿为青藏高原十分重要的优势矿种, 尤其西藏冈底斯地区已经成为中国铅锌多金属矿产资源接续基地。本文总结了青藏高原铅锌矿分布情况、形成时代、成因类型、资源储量等特征, 剖析了其开发利用前景与民生经济发展之关系。

关键词 铅锌矿; 开发利用前景; 青藏高原

1 铅锌矿空间产出特征

青藏高原铅锌矿空间分布具有一定的规律性, 集中产出于冈底斯成矿带和三江成矿带上(图1(a)^[1])。冈底斯带是指印度河-雅鲁藏布江缝合带和班公湖-怒江缝合带所围限的广大区域, 亦可称之为拉萨地体^[2]。其中, 铅锌矿资源主要产于冈底斯带中-东段的南缘, 其分布范围东、西边界分别可至工布江达县和昂仁县, 南、北两侧可达泽当县与嘉黎县。三江成矿带位于青藏高原东西向构造带东段向南转弯部位, 系指怒江、澜沧江和金沙江并流的横断山脉地区, 地跨藏东、川西、滇西及青海南部, 包括青藏高原东部和云贵高原西部^[3-4]。本文所述三江成矿带主要是其在青藏高原的部分, 即三江成矿带的中段和北段, 主要涉及藏东、川西和青海南部地区。

受控于区域近东西方向的构造主线, 冈底斯带内铅锌矿整体上亦呈近东西向展布, 但局部又呈现出一定的聚集特征(图1(c)据文献[5]修改)。这种局部聚集的特征与以下几个重要铅锌多金属矿集区(矿集区: 由一系列矿床的密集分布所构成的区域^[6])的空间产出位置基本一致。这几个重要铅锌矿集区自东而西分别为亚贵拉-沙让矿集区、蒙亚啊-龙玛拉矿集区、勒青拉-新嘎果矿集区、纳如松多-斯弄多矿集区和查个勒-龙根矿集区。其中, 亚贵拉-沙让和蒙亚啊-龙玛拉矿集区的形成受区域性近东西向的扎雪-门巴断裂控制; 勒青拉-新嘎果矿集区位于林周盆地西北缘; 而纳如松多-斯弄多和查个勒-龙根矿集区与他自拉-郭拉-堪珠乡断裂有关。三江成矿带形态呈弧形, 铅锌矿亦具有集中产出的特征, 形成了沱沱河、玉树和昌都3个铅锌矿集区(图1(b), 据文

献[1]修改)。3个矿集区内铅锌矿的产出均与北西-南东走向的逆冲断裂构造有关^[1,7-8], 构造控制矿床产出的特征亦较为明显。

2 矿床形成时代

前文述及, 冈底斯铅锌成矿带可以主要划分为亚贵拉-沙让、蒙亚啊-龙玛拉、勒青拉-新嘎果、纳如松多-斯弄多以及查个勒-龙根5个矿集区。其中, 亚贵拉-沙让矿集区内主要铅锌矿床有亚贵拉、洞中拉、洞中松多和扎哇等; 蒙亚啊-龙玛拉矿集区主要包含蒙亚啊、龙玛拉、门巴西、哈海岗、玛雄郎等铅锌矿床; 勒青拉-新嘎果矿集区内囊括的主要铅锌矿床包括勒青拉、新嘎果、切玛及轮朗等; 纳如松多-斯弄多铅锌矿集区内产出的主要矿床为纳如松多、斯弄多、浦桑果、则学、扎扎龙和德新等; 查个勒-龙根矿集区内目前发现的矿床主要为查个勒、龙根、夏垅及部分铅锌矿点。另外, 在墨竹工卡县驱龙-甲玛矿集区内发育有甲玛、帮浦和知不拉3个铅锌矿床。通过文献[9]~[24]资料, 结合笔者尚未公开发表的年代学数据, 对上述矿集区内主要矿床的成矿时代进行了归纳, 结果列于表1之中。

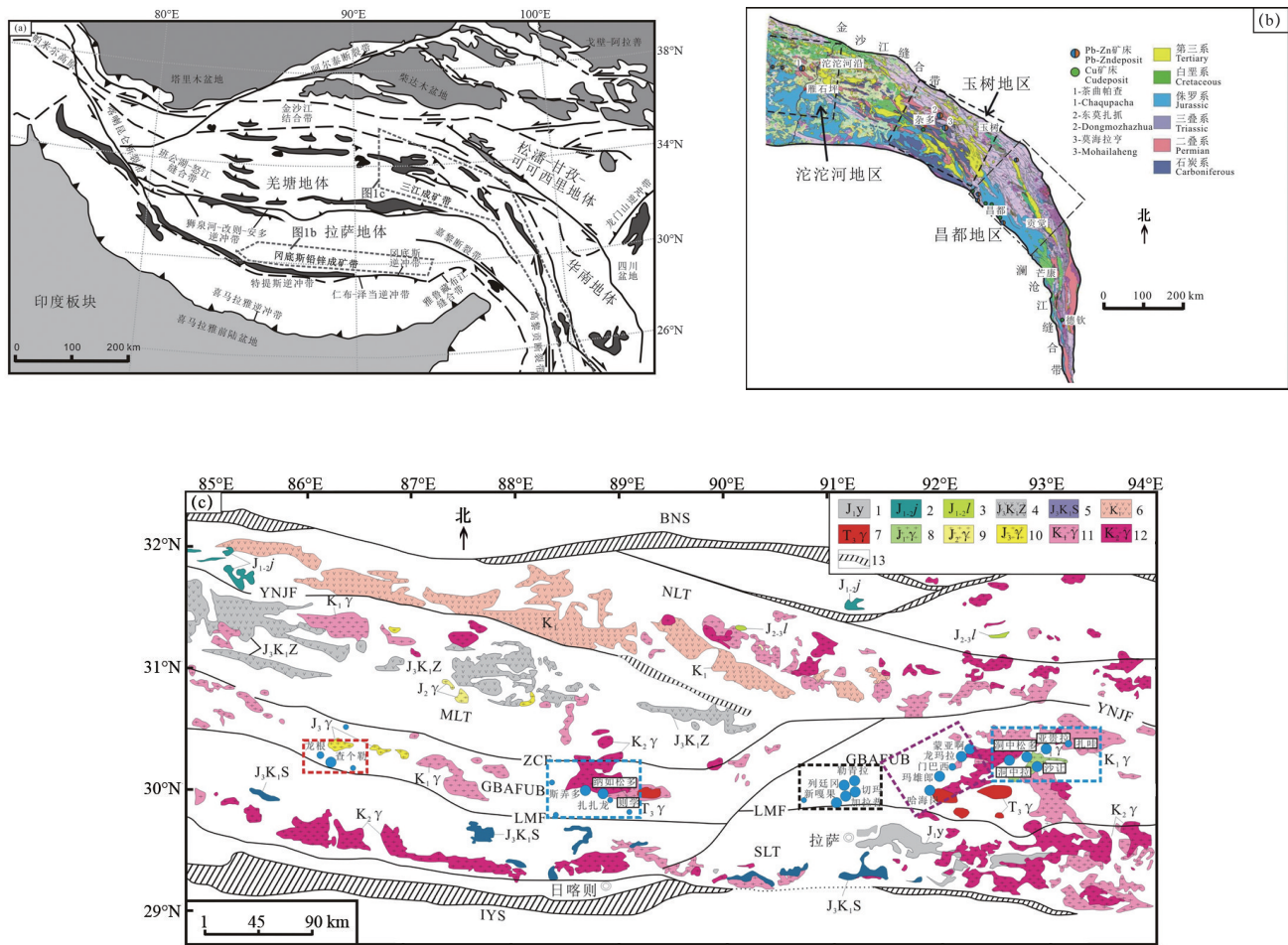
矿床的形成年代学数据表明, 冈底斯成矿带上铅锌矿的形成主要发生于3个不同时期, 分别为65~60 Ma、57~51 Ma和17~14 Ma, 对应的地质时代分别为古新世、始新世和中新世。此外, 冈底斯成矿带上亦可见到成矿时代较老的铅锌矿床, 如, 玛雄郎矿床黑云母⁴⁰Ar-³⁹Ar年龄显示其成矿时代约为70 Ma, 矿床形成于晚白垩世。三江成矿带上沱沱河矿集区内铅锌矿床主要包括茶曲帕查(又称为多才玛)、纳保扎陇、

收稿日期: 2016-11-16; 修回日期: 2017-03-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(41403040); 国土资源部公益性行业科研专项(201511017, 201511022-02)

作者简介: 王立强, 副研究员, 研究方向为青藏高原重要成矿带成矿规律, 电子信箱: wlq060301@163.com; 唐菊兴(通信作者), 研究员, 研究方向为青藏高原矿产地质, 电子信箱: tangjuxing@126.com

引用格式: 王立强, 唐菊兴, 旦真王修, 等. 青藏高原铅锌矿资源特征[J]. 科技导报, 2017, 35(12): 83-88; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2017.12.013



1—早侏罗世叶巴组岛弧火山沉积；2—中—晚侏罗世接奴群岛弧火山沉积；3—中—晚侏罗世拉贡塘组岛弧火山沉积；4—晚侏罗世—早白垩世则弄群岛弧火山沉积；5—晚侏罗世—早白垩世桑日群岛弧火山沉积；6—早白垩世岛弧火山沉积；7—晚三叠世花岗岩；8—早侏罗世花岗岩；9—中侏罗世花岗岩；10—晚侏罗世花岗岩；11—早白垩世花岗岩；12—晚白垩世花岗岩；13—缝合带

图1 青藏高原铅锌矿主要成矿带产出位置

Fig. 1 Gangdese Pb-Zn metallogenic belt and Sanjiang metallogenic belt in Qinghai-Tibet Plateau

楚多曲、那日尼亚和雀莫错等；东莫扎抓、莫海拉亨、然者涌、众根涌、东角涌、阿永寺和多那昂等铅锌矿床为玉树地区新近发现的主要铅锌多金属矿床；昌都矿集区已发现并有文献报道的主要铅锌矿床有拉诺玛、拉拢拉、加膜山、赵发涌和南越拉等。相对于冈底斯铅锌成矿带，三江成矿带上几个铅锌矿集区研究程度较低，已有文献报道的铅锌矿成矿时代较少。沱沱河地区的多才玛矿床形成晚于或近等于中新世五道梁组沉积时期(23~20 Ma)^[1]；田世洪等^[25]利用闪锌矿 Rb-Sr 法和萤石 Sm-Nd 法获得东莫扎抓和莫海拉亨两个矿床成矿时代分别为 35、32~31 Ma；Liu 等^[26]测得昌都地区拉拢拉、赵发涌和加膜山 3 个矿床方解石 Sm-Nd 年龄分别为 38、41 和 40 Ma，代表了矿床成矿时代。由此可见，三江成矿带北段和中段主要铅锌矿成矿时代集中于古新世、渐新世和中新世。

3 主要矿床类型

冈底斯成矿带上主要铅锌矿床类型包括：矽卡岩型、斑岩-矽卡岩复合型、浅成低温热液型、热液脉型、隐爆角砾岩型以及多成因复合型等。其中，矽卡岩型矿床为该成矿带上的优势矿床类型，包括亚贵拉-沙让矿集区内洞中拉铅锌矿床、洞中松多铅锌矿床，蒙亚啊-龙玛拉矿集区内蒙亚啊铅锌银矿床、龙玛拉铅锌铜矿床、哈海岗铅锌钨矿床和门巴西铅锌矿床，勒青拉-新嘎果矿集区内勒青拉铅锌矿床、新嘎果铅锌矿床、轮朗和切玛铅锌矿床等。斑岩-矽卡岩复合型矿床以亚贵拉、甲玛、邦铺和查个勒铅锌铜矿床最为典型，矿床由产于酸性斑岩中的钨铜矿体和矽卡岩中的铅锌银矿体组成。然而，此类型矿床除甲玛和邦铺以外，矿床成矿仍以矽卡岩中的铅锌矿为主。浅成低温热液型铅锌(银)矿床系

表1 冈底斯成矿带主要铅锌矿床形成时代

Table 1 Geochronology of main Pb-Zn ore deposits in the Gangdese metallogenic belt

序号	成矿带	矿集区	矿床	形成时代			资料来源
				辉钼矿 Re-Os 同位素法	锆石 U-Pb 同位素法	⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar 同位素法	
1	冈底斯带	亚贵拉-沙让	亚贵拉	65.0 Ma			文献[9]
2			洞中拉			51.2 Ma	文献[10]
3			洞中松多	54.4 Ma			文献[11]
4		蒙亚啊-龙玛拉	蒙亚啊	63.6 Ma			文献[12]
5			龙玛拉	53.3 Ma			
6			玛雄郎			69.6 Ma	文献[13]
7			哈海岗	63.2 Ma			文献[14]
8		勒青拉-新嘎果	勒青拉		61.5 Ma		文献[15]
9			新嘎果		56.5 Ma		
10			切玛	60.5 Ma			未刊数据
11		纳如松多-斯弄多	纳如松多		62.5 Ma	57.8 Ma	文献[16]、[17]
12			斯弄多		61.4 Ma		未刊数据
13			扎扎龙		64.2 Ma		文献[18]
14			浦桑果		13.6 Ma		未刊数据
15		查个勒-龙根	查个勒	61.9 Ma	62.1 Ma		文献[19]
16			龙根		61.4 Ma		文献[20]
17			夏垅			23.6 Ma	文献[21]
18		驱龙-甲玛	甲玛	15.2 Ma			文献[22]
19			邦铺	14.4 Ma	16.2、15.2 Ma		文献[23]
20			知不拉	16.9 Ma			文献[24]

冈底斯成矿带上近年来所厘定的另一重要铅锌(银)矿床类型,典型代表为斯弄多铅锌银矿床,其蚀变矿物组合和矿化特征与低硫型浅成低温热液铅锌银矿基本一致^[27]。热液脉型铅锌矿床主要发育于冈底斯铅锌成矿带西段,典型矿床包括纳如松多-斯弄多矿集区内的则学和扎扎龙等铅锌矿床^[18]。除此之外,纳如松多铅锌矿床成因类型较为复杂和特殊,是一个多成因类型的复合体,矿床成矿以隐爆角砾岩型铅锌矿化为主,并伴随有产于不整合面上的层控型、矽卡岩型及热液脉型铅锌矿(化)体^[28]。

三江成矿带上多数铅锌矿床具有一个十分重要的特征,铅锌成矿与岩浆活动无关,铅锌矿体均赋存于沉积岩地层中,即沉积岩容矿^[1]。世界上主要的沉积岩容矿铅锌矿床包括密西西比河谷型(MVT)和喷流-沉积型(SEDEX)两种类型,宋玉财等^[1]和刘英超^[29]对该区域铅锌矿床进行了大量的研究,结果表明这些铅锌矿床与SEDEX型Pb-Zn矿床明显不同,而与MVT型铅锌矿床具有类比性,但又存在一些差异。鉴于三江成矿带上沉积岩容矿铅锌矿床与MVT型铅锌矿成矿之间存在的异同,刘英超^[29]暂将这种发育于碰撞造山带中铅锌矿床定义为类MVT铅锌矿床。沱沱河矿集区内茶曲帕查和纳保扎陇铅锌矿床,玉树地区东莫扎抓和莫海拉亨铅锌

矿床,昌都地区拉拢拉、赵发涌和加膜山铅锌矿床均为该类型铅锌矿床的典型代表^[28-29]。除上述沉积岩容矿类MVT型铅锌矿床之外,在沱沱河地区尚发育有与钾质火山岩岩浆活动有关的热液脉型铅锌矿床(如,那日尼亚铅锌矿床)、与碱性斑岩有关的热液脉型Pb-Zn矿床(如,楚多曲铅锌矿床)^[30],此二类矿床数量和规模在三江成矿带上均不大。此外,该地区碳酸盐岩地层广泛分布,与此有关的矽卡岩型铅锌矿床亦有所发育,代表性矿床有玉树地区众根涌铅锌银矿、昌都地区丁钦弄铅锌铜矿等^[29]。整体而言,三江地区铅锌矿床以沉积岩容矿类MVT型矿床发育数量较多、规模较大,为该地区最为重要的优势矿床类型。

4 开发利用前景与经济民生

4.1 资源储量概况

冈底斯铅锌成矿带上已知大型以上规模的铅锌矿床有10余个,包括亚贵拉、蒙亚啊、拉屋、甲玛、勒青拉、切玛、纳如松多和查个勒等;中型铅锌矿床10余个,包括洞中拉、洞中松多、龙玛拉、门巴西、帮浦、巴洛、斯弄多、浦桑果、龙根等;小型及以下规模铅锌矿包含矿点在内数量众多。截至2013年底,有资料显示冈底斯铅锌成矿带上(332+333+334)铅锌

资源量超过1100万t^[31]。

文献[30]、[32]显示,三江成矿带沱沱河地区铅锌矿(333+334)资源储量初步估算可达820万t以上。其中,茶曲帕查单个矿床(333+334)铅锌资源量超过600万t^[32],为超大型矿床;楚多曲矿床(333+334)铅锌资源量超过50万t,为大型规模;其他矿床规模多为中小型,铅锌资源量一般不超过20万t^[30]。玉树地区东莫扎抓和莫海拉亨两个矿床(333+334)铅锌资源量均可达100万t以上^[29],其他矿床(点)工作程度较低,尚未见更多报道。昌都地区拉诺玛、拉拢拉、赵发涌和加膜山是目前勘查和研究程度最高的几个矿床,拉诺玛矿床铅锌资源量可达35万t(内部资料),赵发涌矿床铅锌资源量可达50万t以上^[29];其他矿床尚未见明确的资源量数据,据文献[26]所报道相关资料初步估算拉拢拉和加膜山资源量合计约为20万t。上述数据显示,三江成矿带(333+334)铅锌资源量可超过1000万t。

4.2 开发利用前景与经济民生关系

铅锌是国民经济建设中不可或缺的原材料,广泛应用于电气、机械、军事、冶金、化学、轻工业和医药业等多种领域,系国家发展的重要战略性资源之一^[29]。作为优势矿产之一,青藏高原铅锌资源储量较为丰富,冈底斯铅锌多金属成矿带已经成为中国重要的铅锌多金属矿产资源接续基地,而三江成矿带也势必会成为国家铅锌资源储备基地。前文提及,冈底斯铅锌成矿带和三江成矿带的中、北段已知矿床资源储量巨大,并且部分矿床具有品位高且易于采选的特征,具有良好的开发利用前景。这对于地区及国家经济发展、民生与社会安定起着重要的促进作用。众所周知,西藏和青海地区自然条件恶劣,经济发展较缓慢,社会民生条件亟待改善,而丰富的矿产资源与矿业开发无疑将成为精准扶贫、增加民众收入、改善当地民生、助力经济发展的强大保障,应在可持续发展的前提下科学有序地稳步推进矿产资源的开发利用进程。

5 结论

青藏高原铅锌矿集中产于冈底斯和三江成矿带上。冈底斯成矿带上铅锌矿形成时代主要为古新世、始新世和中新世,矿床类型包括:矽卡岩型、斑岩-矽卡岩复合型、浅成低温热液型、热液脉型、隐爆角砾岩型及多成因复合型等。三江成矿带北段和中段铅锌矿成矿时代则集中于古新世、渐新世和中新世,以沉积岩容矿类MVT型矿床为主。两成矿带上铅锌资源储量巨大,具有良好的开发利用前景。

参考文献(References)

[1] 宋玉财, 侯增谦, 杨天南, 等. “三江”喜马拉雅期沉积岩容矿贱金属矿床基本特征与成因类型[J]. 岩石矿物学杂志, 2011, 30(3): 355-380.
Song Yucai, Hou Zengqian, Yang Tiannan, et al. Sediment-hosted Himalayan base metal deposits in Sanjiang region: characteristics and genetic types [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2011, 30(3): 355-380.

[2] 潘桂棠, 莫宣学, 侯增谦, 等. 冈底斯造山带的时空结构及演化[J]. 岩

石学报, 2006, 22(3): 521-533.

Pan Guitang, Mo Xuanxue, Hou Zengqian, et al. Spatial-temporal framework of the Gangdese Orogenic belt and its evolution[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(3): 521-533.

- [3] 丛源, 董庆吉, 肖克炎. 三江成矿带斑岩型矿床成矿模式与找矿方向研究[J]. 地质学刊, 2013, 37(4): 562-569.
Cong Yuan, Dong Qingji, Xiao Keyan. Study on metallogenic model and ore exploration of porphyry deposits in Sanjiang metallogenic belt[J]. Journal of Geology, 2013, 37(4): 562-569.
- [4] 高兰, 肖克炎, 丛源, 等. 西南三江锌铅银铜锡金成矿带成矿特征及资源潜力[J]. 地质学报, 2016, 90(7): 1650-1667.
Gao Lan, Xiao Keyan, Cong Yuan, et al. Metallogenic characteristics and mineral resource potential of the southwestern Sanjiang Zn-Pb-Cu-Ag-Sb-Au metallogenic belt[J]. Acta Geologica Sinica, 2016, 90(7): 1650-1667.
- [5] 王立强. 印度-亚洲大陆碰撞早期成矿聚集带——念青唐古拉铅锌多金属成矿作用研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2016.
Wang Liqiang. Metallogenic accumulation during the early stage of India-Asia continental collision: Study on the Pb-Zn polymetallic mineralization in Nyainqentanglha area[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2016.
- [6] 王学求, 申伍军, 张必敏, 等. 地球化学块体与大型矿集区的关系——以东天山为例[J]. 地学前缘, 2007, 14(5): 116-123.
Wang Xueqiu, Shen Wujun, Zhang Bimin, et al. Relationship of geochemical blocks and ore districts: Examples from Eastern Tianshan metallogenic belt: Xinjiang, China[J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14(5): 116-123.
- [7] 刘长征, 陈岳龙, 许光, 等. 地球化学块体理论在青海沱沱河地区铅锌资源潜力预测中的应用[J]. 地学前缘, 2011, 18(5): 271-282.
Liu Changzheng, Chen Yuelong, Xu Guang, et al. The application of geochemical block theory to lead and zinc resource assessment in Tuotuohe area of Qinghai Province[J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(5): 271-282.
- [8] 李玉龙, 杨竹森, 田世洪, 等. “三江”中段两类碳酸盐岩容矿铅锌矿化成因的相关性——来自稀土元素地球化学研究的启示[J]. 岩石矿物学杂志, 2015, 34(5): 648-664.
Li Yulong, Yang Zhusen, Tian Shihong, et al. Genetic relationship between the two types of carbonate-hosted Pb-Zn deposits in the middle part of the ‘Sanjiang’ metallogenic belt: Information from REE study[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 34(5): 648-664.
- [9] 高一鸣, 陈毓川, 唐菊兴, 等. 西藏工布江达地区亚贵拉铅锌铜矿床Re-Os测年及其地质意义[J]. 地质通报, 2011, 30(7): 1027-1036.
Gao Yiming, Chen Yuchuan, Tang Juxing, et al. Re-Os dating of molybdenite from the Yaguila porphyry molybdenum deposit in Gongbogyamda area, Tibet, and its geological significance[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(7): 1027-1036.
- [10] 费光春, 温春齐, 周雄, 等. 西藏洞中拉铅锌矿床石英激光探针⁴⁰Ar-³⁹Ar定年及地质意义[J]. 矿物岩石, 2010, 30(3): 38-43.
Fei Guangchun, Wen Chunqi, Zhou Xiong, et al. Laser microprobe ⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology of quartz from Dongzhongla lead-zinc deposit in Tibet and its significance[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2010, 30(3): 38-43.
- [11] 辛存林, 都卫东, 张育平, 等. 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), 2013, 49(1): 24-31.
Xin Cunlin, Du Weidong, Zhang Yuping, et al. A preliminary study of the geologic characteristics and genesis of the Dongzhongsongduo

- lead-zinc polymetallic deposit, Tibet[J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 2013, 49(1): 24-31.
- [12] Wang L Q, Tang J X, Deng J, et al. 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, 2015, 57(14): 1825-1842.
- [13] 王立强, 唐菊兴, 郑文宝, 等. 西藏玛雄郎铅锌矿区那能松多矿段黑云母⁴⁰Ar-³⁹Ar年代学及硫-铅同位素地球化学[J]. 大地构造与成矿学, 2014, 38(4): 954-961.
- Wang Liqiang, Tang Juxing, Zheng Wenbao, et al. ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating, sulfur and lead isotope geochemistry of the Narusongduo Ore section of Maxionglang Pb-Zn ore deposit, Tibet[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2014, 38(4): 954-961.
- [14] Li X F, Wang C Z, Mao W, et al. The fault-controlled skarn W-Mo polymetallic mineralization during the main India-Eurasia collision: Example from Hahaigang deposit of Gangdese metallogenic belt of Tibet[J]. Ore Geology Reviews, 2014, 58:27-40.
- [15] Wang L Q, Cheng W B, Tang J X, et al. U-Pb geochronology, geochemistry, and H-O-S-Pb isotopic compositions of the Leqingla and Xin'gaguo skarn Pb-Zn polymetallic deposits, Tibet, China[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 115: 80-96.
- [16] 纪现华, 杨竹森, 于玉帅, 等. 西藏纳如松多铅锌矿床岩体形成机制: 岩浆锆石证据[J]. 矿床地质, 2012, 31(4): 758-774.
- Ji Xianhua, Yang Zhusen, Yu Yushuai, et al. Formation mechanism of magmatic rocks in Narusongduo lead-zinc deposit of Tibet: Evidence from magmatic zircon[J]. Mineral Deposits, 2012, 31(4): 758-774.
- [17] 纪现华, 孟祥金, 杨竹森, 等. 西藏纳如松多引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, 2014, 50(2): 281-290.
- Ji Xianhua, Meng Xiangjin, Yang Zhusen, et al. The Ar-Ar geochronology of sericite from the cryptoexplosive breccia type Pb-Zn deposit in Narusongduo, Tibet and its geological significance[J]. Geology and Exploration, 2014, 50(2): 281-290.
- [18] 魏启荣, 刘小念, 丁鹏飞, 等. 冈底斯中段扎拉龙矿区闪长岩体锆石 U-Pb 年代学-岩石地球化学特征及其意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2015, 45(5): 1405-1417.
- Wei Qirong, Liu Xiaonian, Ding Pengfei, et al. Zircon U-Pb Chronology, Geochemical Characteristics and Significance of diorites in mining area of Zhazhalong in mid-gangdese[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2015, 45(5): 1405-1417.
- [19] 高顺宝, 郑有业, 田立明, 等. 西藏查个勒铜铅锌矿成岩成矿时代及意义[J]. 地球科学, 2012, 37(3): 507-514.
- Gao Shunbao, Zheng Youye, Tian Liming, et al. Geochronology of magmatic intrusions and mineralization of Chagele copper-lead-zinc deposit in Tibet and its implications [J]. Earth Science, 2012, 37 (3): 507-514.
- [20] 段志明, 李光明, 李应翔, 等. 中冈底斯成矿段龙根铅锌矿床含矿斑岩年代学与地球化学特征[J]. 矿床地质, 2014, 33(3): 625-638.
- Duan Zhiming, Li Guangming, Li Yingxu, et al. Geochronology and geochemical characteristics of ore-bearing porphyry in Longgen lead-zinc deposit of middle-Gangdese metallogenic belt, Tibet [J]. Mineral Deposits, 2014, 33(3): 625-638.
- [21] 赵晓燕, 杨竹森, 刘英超, 等. 西藏夏垅铅锌银矿床绢云母⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2013, 32(5): 963-971.
- Zhao Xiaoyan, Yang Zhusen, Liu Yingchao, et al. ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating of sericite from Xialong Pb-Zn-Ag deposit and its geological significance [J]. Mineral Deposits, 2013, 32(5): 963-971.
- [22] 应立娟, 王登红, 唐菊兴, 等. 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, 2010, 84(8): 1165-1174.
- Ying Lijuan, Wang Denghong, Tang Juxing, et al. Re-Os dating of molybdenite from the Jiama copper polymetallic deposit in Tibet and its metallogenic significance[J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(8): 1165-1174.
- [23] Wang L Q, Chen Y C, Tang J X, et al. 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, 2012, 86(5): 1225-1240.
- [24] 李光明, 芮宗瑶, 王高明, 等. 西藏冈底斯成矿带甲玛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, 2005, 24(5): 481-489.
- Li Guangming, Rui Zongyao, Wang Gaoming, et al. Molybdenite Re-Os dating of Jiama and Zhibula polymetallic copper deposits in Gangdese metallogenic belt of Tibet and its significance[J]. Mineral Deposits, 2005, 24(5): 481-489.
- [25] 田世洪, 杨竹森, 侯增谦, 等. 玉树地区东莫扎抓和莫海拉亨铅锌矿床 Rb-Sr 和 Sm-Nd 等时线年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2009, 28(6): 747-758.
- Tian Shihong, Yang Zhusen, Hou Zengqian, et al. Rb-Sr and Sm-Nd isochron ages of Dongmozha and Mohailaheng Pb-Zn ore deposits in Yushu area, southern Qinghai and their geological implications [J]. Mineral Deposits, 2009, 28(6): 747-758.
- [26] Liu Y C, Hou Z Q, Yang Z S, et al. Geology and chronology of the Zhao fayong carbonate-hosted Pb-Zn ore cluster: Implication for regional Pb-Zn metallogenesis in the Sanjiang belt, Tibet[J]. Gondwana Research, 2016, 35: 15-26.
- [27] 唐菊兴, 丁帅, 孟展, 等. 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——以斯弄多银多金属矿为例[J]. 地球学报, 2016, 37(4): 461-470.
- Tang Juxing, Ding Shuai, Meng Zhan, et al. 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, 2016, 37(4): 461-470.
- [28] 刘英超, 纪现华, 侯增谦, 等. 一个与岩浆作用有关的独立铅锌成矿系统的建立——以西藏纳如松多铅锌矿床为例[J]. 岩石矿物学杂志, 2015, 34(4): 539-556.
- Liu Yingchao, Ji Xianhua, Hou Zengqian, et al. The establishment of an independent Pb-Zn mineralization system related to magmatism: a case study of the Narusongduo Pb-Zn deposit in Tibet [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2015, 34(4): 539-556.
- [29] 刘英超. 青藏高原三江中段碳酸盐岩容矿铅锌矿床成矿特征与成因研究[D]. 北京: 中国地质科学院, 2012.
- Liu Yingchao. Characteristics and metallogenic genesis of the carbonate-hosted lead-zinc deposits in the middle part of Sanjiang area, Tibetan plateau[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2012.
- [30] 宋玉财, 侯增谦, 王贵仁, 等. “三江”北段沱沱河地区的成矿规律与找矿方向[J]. 矿床地质, 2015, 34(1): 1-20.
- Song Yucai, Hou Zengqian, Wang Guiren, et al. Metallogenic regularity and ore exploration targeting in Tuotuohe area, northern Sanjiang orogenic belt[J]. Mineral Deposits, 2015, 34(1): 1-20.
- [31] 段志明, 李光明, 王保弟, 等. 西藏中冈底斯成矿带查个勒铜铅锌矿床含矿斑岩年代学及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版),

2015, 45(6): 1667-1690.

Duan Zhiming, Li Guangming, Wang Baodi, et al. Geochronology and its geological significance of the ore-bearing porphyry in Chagele lead-zinc deposit in middle-Gangdese metallogenic belt, Tibet[J]. Earth Science, 2015, 45(6): 1667-1690.

[32] 罗生福. 青海多才玛铅锌资源量达600万吨[N]. 中国国土资源报, 2014-11-11.

Luo Shengfu. Lead-Zinc resource of the Duocaima Pb-Zn deposit amounting to 600 million tons[N]. China Land and Resource News, 2014-11-11.

Geological characteristics of lead-zinc ore deposits in Qinghai-Tibet Plateau

WANG Liqiang¹, TANG Juxing¹, DANZHEN Wangxiu², WANG Yong², LI Zhuang^{1,2}

1. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

2. School of Earth and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

Abstract The Pb-Zn mineral resource is one of the very important mineral resources in the Qinghai-Tibet Plateau, especially, in the Gangdese region of Tibet, which becomes the substitutable base of Pb-Zn polymetallic mineral resources in China. Based on previous studies, the distribution, the mineralization ages, the deposit type and the resource reserves of the Pb-Zn ore deposits in the Qinghai-Tibet Plateau are reviewed in this paper. And then, the relationship between the utilization prospects of the mineral resources and the economic development is analyzed.

Keywords lead-zinc mineral resource; exploration and utilization; Qinghai-Tibet Plateau

(责任编辑 刘志远)