

# 青藏高原的金属矿产\*

芮宗瑶<sup>1</sup> 李光明<sup>2</sup> 张立生<sup>2</sup> 王龙生<sup>1</sup> 王高明<sup>2</sup> 刘 波<sup>2</sup>

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;  
2. 中国地质调查局成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

**摘要:**青藏高原地处印度板块与亚欧板块的衔接部位, 长期处于冈瓦纳大陆边缘, 大约在 65 Ma 时印度板块与亚欧板块发生碰撞, 对过去构造格局和金属矿产等改造, 同时产生新的构造格局和金属矿产, 因此青藏高原的金属矿产别具一格。本文讨论青藏高原的铬、铁、铜钼、铅锌、锡、金、锑、铍等优势矿产。

**关键词:**青藏高原; 金属矿产; 印度板块; 亚欧板块

**中图分类号:** P617 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2006)02-0363-11

青藏高原地处印度板块与亚欧板块的衔接部位, 大约在 65 Ma 时两大板块发生主碰撞, 因此雅鲁藏布江缝合带南北两侧的金属矿产迥然不同。雅鲁藏布江缝合带南侧, 以来自地壳类型成矿元素为主, 形成以 S 型花岗质岩浆热液为主矿产, 反映深断裂带下盘以伸展作用为主的热动力学过程; 雅鲁藏布江缝合带北侧, 以来自壳幔混合类型成矿元素为主, 有些矿床类型, 既有 I 型花岗质岩浆热液的影响, 又有 S 型花岗质岩浆热液的影响, 反映深断裂带上盘既有俯冲又有碰撞后伸展作用的热动力学过程; 而雅鲁藏布江主缝合带及其他缝合带, 产出大洋壳的金属矿产, 例如铬矿。

## 1 铬 矿

已分别在雅鲁藏布江带<sup>①</sup>和班公湖—怒江带发现多处小型铬铁矿矿床, 金沙江—澜沧江带<sup>②</sup>、哀牢山带<sup>③</sup>和甘孜—理塘带<sup>④</sup>等虽已发现蛇绿岩, 但未发现铬铁矿矿床。

曲松县罗布莎铬铁矿为豆荚状, 小的矿体多为透镜状、扁豆状和囊状等, 90%以上呈致密块状, 主要为铬尖晶石, 少许含赤铁矿、针镍矿和镍黄铁矿等, 脉石矿物为绿泥石、蛇纹石、橄榄石、钙铬榴石和铬绿泥石等。截止到 1993 年, 探明罗布莎铬矿石 396.1 万 t, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 品位 52.63%, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO 为 4.35。曲松县香嘎山和康金拉铬铁矿 500 万 t, 保有储量近 400 万 t, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 品位 51.53%, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO 为 4.15。那曲县依拉山铬铁矿储量 21 万 t, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 32.66%, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO 为 2.5。安多县东巧铬铁矿储量 45.8 万 t, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 48%, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO 为 3.78。

前三者产于雅鲁藏布江蛇绿岩带的东段, 后二者产于班公湖—怒江蛇绿岩带的中段。这些矿床均产于堆晶岩浆房的底部, 代表重力分离的产物。它们的综合柱状剖面为: 上部为大洋枕状熔岩, 800~1000 m; 中部为席状岩床群, 500~1000 m; 下部为堆晶岩, 700~1000 m, 铬铁矿产于堆晶岩的底部(图 1)。雅鲁藏布江蛇绿岩套的厚度不足 3 km, 与世界上厚度较大(7~8 km)的剖面相比(塞麦尔和特罗多斯), 雅鲁藏布江带成矿前景不容乐观。

雅鲁藏布江带和班公湖—怒江带还有一些矿化点, 目前未作评价工作, 例如噶尔县的达吉翁和巴尔西沟、昂仁县的布马浦、拉孜县的唐嘎和日喀则的加龙共巴等<sup>⑤</sup>。

班公湖—怒江带的蛇绿岩可能形成于中—晚侏罗世, 并经历了晚侏罗世和晚白垩世的两次构造侵位, 通称为燕山期基性超基岩。其中东巧超基岩体底部的变质晕圈中角闪石的 K-Ar 年龄为 179 Ma。雅鲁藏布江带蛇绿岩形成于晚侏罗世—早古近纪中期, 称之为燕山晚期—喜马拉雅早期基性—超基性岩。在大竹卡蛇绿岩中钠长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄为 139 Ma, 说明蛇绿岩形成时代为晚侏罗世—晚白垩世早期<sup>⑥</sup>。

## 2 铁 矿

由北向南, 已发现 4 个成矿集中区: (1) 唐古拉成矿集中区, 位于青藏铁路线东西两侧, 矿化为中侏罗统砂岩和灰岩, 人称唐古拉大铁墙<sup>⑦</sup>。矿石由菱铁矿、镜铁矿、赤铁矿和重晶

收稿日期: 2006-01-26; 改回日期: 2006-02-08

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(2003 102 0008)资助。

作者简介: 芮宗瑶, 男, 1935 年出生, 研究员, 从事金属矿床及矿床地球化学研究; E-mail: ruizy@sina.com。

\* 这里虽然称作青藏高原的金属矿产, 但是只叙述了西藏和川西、滇西。

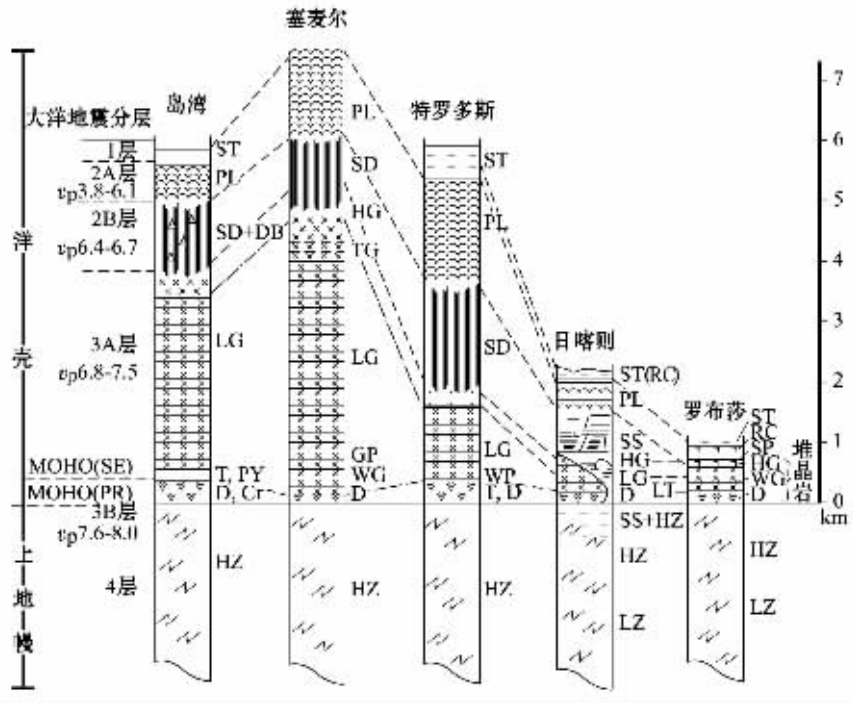


图1 西藏雅鲁藏布江蛇绿岩带日喀则、罗布莎蛇绿岩综合剖面与世界典型蛇绿岩剖面 and 洋壳地震剖面的对比图

ST—沉积物;RC—放射虫硅质岩;PL—枕状熔岩;SP—细碧岩和角斑岩;SD—席状岩墙群;SS—席状岩床群;DB—岩墙角砾岩;HG—均质辉长岩、闪长岩、斜长花岗岩等;TG—非层状堆晶辉长岩;LG—层状辉长岩;LT—层状橄长岩;T—橄长岩;GP—层状辉长岩+苦橄岩;WG—异剥橄长岩+层状辉长岩;WP—异剥橄长岩+辉石岩;PY—辉石岩;D—(含长)纯橄岩;Cr—铬铁矿;HZ—方辉橄岩+少量纯橄岩;LZ—二辉橄岩;MOHO(SE)—地震莫霍面;MOHO(PR)—岩石莫霍面;锁线—堆积岩与非堆积岩的界线;虚线—分层界线

Fig.1 Composite section of the Xigazê and Luobusha ophiolites in the Yarlung Zangbo ophiolite zone, Tibet, and its correlation with typical ophiolite sections of the world and seismic profile of oceanic crust

ST—sediments;RC—radiolarian chert;PL—pillow lava;SP—spilite and keratophyre;SD—sheeted dike;SS—sheeted sill swarm;DB—dike breccia;HG—homogeneous gabbro, diorite and plagiogranite;TG—unlayered cumulate gabbro;LG—layered gabbro;LT—layered troctolite;T—troctolite;GP—layered gabbro and picrite;WG—wehrlite and layered gabbro;WP—wehrlite and pyroxenite;PY—pyroxenite;D—(ophitic) dunite; Cr—chromite;HZ—harzburgite and a small amount of dunite;LZ—lherzolite; Moho (SE) - Mohorovi. i. discontinuity (seismic);MOHO (PR) -Mohorovi. i. discontinuity (petrographic); Dash dot line shows the boundary between cumulate and non-cumulate and dotted line shows the stratified boundary

石等组成,通常含铁 39.9%~44.5%,最高可达 57%~60%。青海的当渠铁矿已探明储量为 3.123 2 亿 t 矿石,品位变化于 39.9%~44.5%,此外还有八字错铁矿,西藏的安多帮爱乡铁矿达 1 亿 t,品位 50.7%,聶荣所曲铁矿为 2 000 万 t。矿石中普遍含铜,具有一定层位,推测它们原为沉积铁矿,属中侏罗世,后受花岗质岩浆不同程度的改造。(2)冈底斯成矿集中区,产于冈底斯斑岩铜(钼)带,为接触交代夕卡岩型铁(铜)矿,例如拉萨市拉萨铁矿,磁铁矿矿石,储量 206.7 万 t,TFe 42.04%。又如谢通门恰功铁矿,产于上白垩统设兴组酸性火山凝灰岩夹钙质泥岩和下白垩统塔克拉组簿一中层泥晶灰岩夹钙质泥岩和晶屑凝灰岩中,富铁矿受设兴组与喜马拉雅期二长花岗岩接触部位控制,与夕卡岩化关系密切。富铁矿体呈囊状产于层状石榴石夕卡岩中,矿石矿物为磁铁矿,少

量镜铁矿和孔雀石等,脉石矿物主要为石英和铁铬榴石。TFe 介于 41.72%~67.5%,平均品位 55%,硫和磷含量都很低。(3)昌都成矿集中区。该成矿集中区包括 3 类铁矿:第一个类型为陆相火山-侵入岩有关的玢岩铁矿,例如江达县加多岭铁矿,在江达县加岭—洞卡地区出露于 50~60 km<sup>2</sup> 辉石石英闪长岩岩株,侵入于上三叠统甲丕拉组洞卡段的中下部火山岩系中,沿玢岩体与火山岩的内外接触带,赋存有磷灰石磁铁矿及石英赤铁矿矿体,即所谓加多岭—洞卡玢岩铁矿。甲丕拉组洞卡段火山岩系包括安山玄武岩、细碧岩、辉石安山岩、黑云母角闪安山岩、火山碎屑岩及沉积岩类<sup>[9]</sup>,已探明铁矿石储量 9 754.6 万 t,TFe 40.36%。第二个类型为铁帽型,例如玉龙斑岩铜矿地表的铁帽,由夕卡岩风化而成,玉龙斑岩侵位时间为(40.9±0.1) Ma,铁矿储量为 8 695 万 t,TFe 40.3%。第

三个类型为热液型,其中包括察雅县卡贡铁矿,储量为 286.4 万 t,TFe 51.8%;察雅县吉塘铁矿,储量为 84.6 万 t,TFe 44.19%;察雅县泄巴铁矿,储量为 1 846.3 万 t,TFe 55.59%;八宿县热敢娘铁矿,储量为 390 万 t,TFe 54%。(4) 亚东成矿集中区,为元古宙沉积变质铁矿,属于磁铁矿矿石,储量为 1 197 万 t,TFe 30%。

### 3 铜矿

青藏高原的铜矿床是很有前景的,已发现的矿床按成因分类有斑岩型、夕卡岩型和热液型等,按伴生的金属分类有:铜(钼)型、铁(铜)型、铜多金属型和铜金型等,集中于 4 个成矿带。

#### 3.1 玉龙矿带(I)

玉龙矿带呈北西至南东向分布,断续延长至 1300 km,北西向延至青海,经过藏东,向东南延入云南,从北西向南东又分为 I-1、I-2、I-3、I-4、I-5 5 个矿段。

I-2 属于玉龙矿带的北西段,已发现青海省的纳日贡玛铜钼矿床,拥有铜储量 62 589 t,铜品位为 0.52%。

I-1 属于玉龙矿段,在大约 40 km 的地段内,分布 5 个已探明的矿床,平均每 8 km 就发现一个矿床。从北西到南东,分别有玉龙、扎那杂、莽总、多霞松多和马拉松多。总体上,喜马拉雅期小岩体(<1 km<sup>2</sup>)由南东到北西侵位高度逐步抬升,例如马拉松多斑岩体主体侵位于下三叠统色杂火山岩中,少部分侵位于上三叠统甲丕拉砂岩的底部;多霞松多斑岩体侵位于上三叠统甲丕拉砂岩下部;莽总和扎那杂斑岩体侵位于二叠系上部板岩到上三叠统甲丕拉砂岩;玉龙斑岩体侵位于上三叠统甲丕拉砂岩上部到上三叠统波利拉灰岩中。故玉龙矿床为斑岩型和夕卡岩型并存的矿床。

根据梁华英<sup>[9]</sup>在澳大利亚的 SHRIMP 研究成果,玉龙矿段由北西到南东成岩成矿时代依次变新:例如玉龙、扎那杂、莽总、多霞松多和马拉松多分别为:(40.9±0.1) Ma、(38.5±0.2) Ma、(37.6±0.2) Ma、(37.5±0.2) Ma 和(37.1±0.2) Ma<sup>[9]</sup>。根据唐仁鲤等<sup>[10]</sup>认为玉龙矿段成矿年龄为 52~26.4 Ma,似乎成矿是多次叠加的,随着成矿时代变新,矿化叠加次数减少,矿化越来越贫,例如扎那杂矿床。

玉龙铜矿床拥有铜储量为 6 502 139 t,铜品位为 0.94%;扎那杂铜矿床拥有铜储量为 318 400 t,铜品位为 0.32%,莽总铜矿床拥有铜储量 67 000 万 t,铜品位为 0.43%;多霞松多铜矿床拥有铜储量为 892 522 t,铜品位为 0.36%;马拉松多铜矿床拥有铜储量为 1 011 986 t,铜品位为 0.36%。

I-3 位于芒康的北部,20 世纪 70 年代末作过少量地质工作,仅见矿化斑岩体,未打钻证实。3 个矿化斑岩体分别为色礼、吉错和马牧普。

I-4 该矿段已发现马厂箐斑岩铜钼矿床,产于碱性杂岩体中,拥有铜储量 36 623 t,铜品位为 0.64%。该矿床位于云南祥云县境内。

I-5 该矿段已发现长安冲斑岩铜矿床,产于碱性杂岩

体中,拥有铜储量 14 029 t,铜品位为 1.54%(图 2)。

#### 3.2 冈底斯矿带(II)

冈底斯矿带可以分为 3 段:仁布以东为东段,仁布—萨嘎之间为中段,萨嘎以西为西段。成矿是新特提洋闭合(65 Ma)后<sup>[11]</sup>,在印度大陆壳驮着新特提斯洋壳俯冲到亚洲大陆壳之下(100 km 以下),由榴辉岩的脱水和部分熔融,产生幔源花岗质岩浆与壳源物质少量混合而得到的高  $f_{O_2}$ 、富挥发份、低初始锆值和类似埃达克岩的斑岩岩浆演化和交代产物。

冈底斯东段:东西长 400 km,南北宽 120~200 km,目前已发现矿点东自吹败子,西到白容,带内夕卡岩型、斑岩型和热液型共生,由南而北金属的变化为 Cu(Au)→Cu(Fe)→Cu(Mo)→Pb、Zn、Ag,其中斑岩的 SHRIMP 年龄变化于 18~13 Ma,辉钼矿的 Re-Os 等时线年龄变为 20~12 Ma,夕卡岩型-热液型斑岩的 Ar-Ar 年龄为 57~12 Ma,其年龄值正好覆盖了印-亚板块碰撞造山之后(65 Ma)的软碰撞(60~42 Ma)、喜马拉雅第一次运动(40~35 Ma)和喜马拉雅第二次运动(20~12 Ma)<sup>[13-14]</sup>。

目前,冈底斯东段矿床已发现南、中、北 3 个亚带。南亚带:已发现克鲁、冲木达等矿床,为层状夕卡岩型 Cu(Au)矿床,受控于角闪黑云母花岗岩与上侏罗统一下白垩统桑日群比马组火山-沉积岩接触带;中亚带:已发现吹败子、驱龙、拉抗俄、达布、厅官、冲江和白容等,为斑岩型 Cu(Mo)矿床,叠加了夕卡岩型多金属(Cu、Pb、Zn)矿床<sup>[15-23]</sup>,例如甲马和驱龙外围等,该带矿床受控于深源高位中酸性花岗质斑岩体;北亚带:已发现拉屋、勒青拉和洞中松等,为夕卡岩型矿床。冈底斯矿带已发现的矿床铜多金属储量已达 1500 万 t<sup>[24]</sup>。

地质大调查、973 项目和西藏地区的采矿活动主要集中于东段,其背景主要为中高位花岗质岩基(大岩体)和高位花岗质斑岩(小岩体)共生的岛弧环境。

冈底斯中段:东西长 360 km,南北宽 80~220 km,为斑岩型(夕卡岩型)-热液型(夕卡岩型)矿带。该段地质大调查刚刚起步,从地质背景分析,花岗质岩浆侵位更浅,与火山岩关系更密切,斑岩更偏中酸性-中性,找寻斑岩铜(金)矿床希望更大,目前已发现雄村、洞嘎和普钦木构成一个 NW 向展布的 Cu(Au)矿田,矿床类型暂定为热液型,但是热液作用是叠加在夕卡岩和斑岩之上的。雄村花岗岩年龄为 (56±7) Ma~(63.3±2.5) Ma (K-Ar 法),成矿年龄为 (38.68±0.76) Ma (Ar-Ar 法,蚀变水白云母),已控制铜储量 150 万 t(0.65%~1.39%)、金储量 150 t(0.7~1.12 g/t)。加拿大矿业公司已介入,每年投资勘探费用 1000 万美元。朱诺铜矿地表矿化很丰富,异常很完整,受花岗岩闪长斑岩体控制,推测为斑岩型。

冈底斯西段:由于交通不便,地质大调查未开展,了解情况很少。该段 NW 长 660 km,从地质背景分析,与东段相类似,推测具有找寻夕卡岩型-斑岩型-热液型矿床的希望(图 1)。

#### 3.3 班公错—怒江矿带(III)

班公错—怒江矿带:多数地区未作普查找矿,故情况不

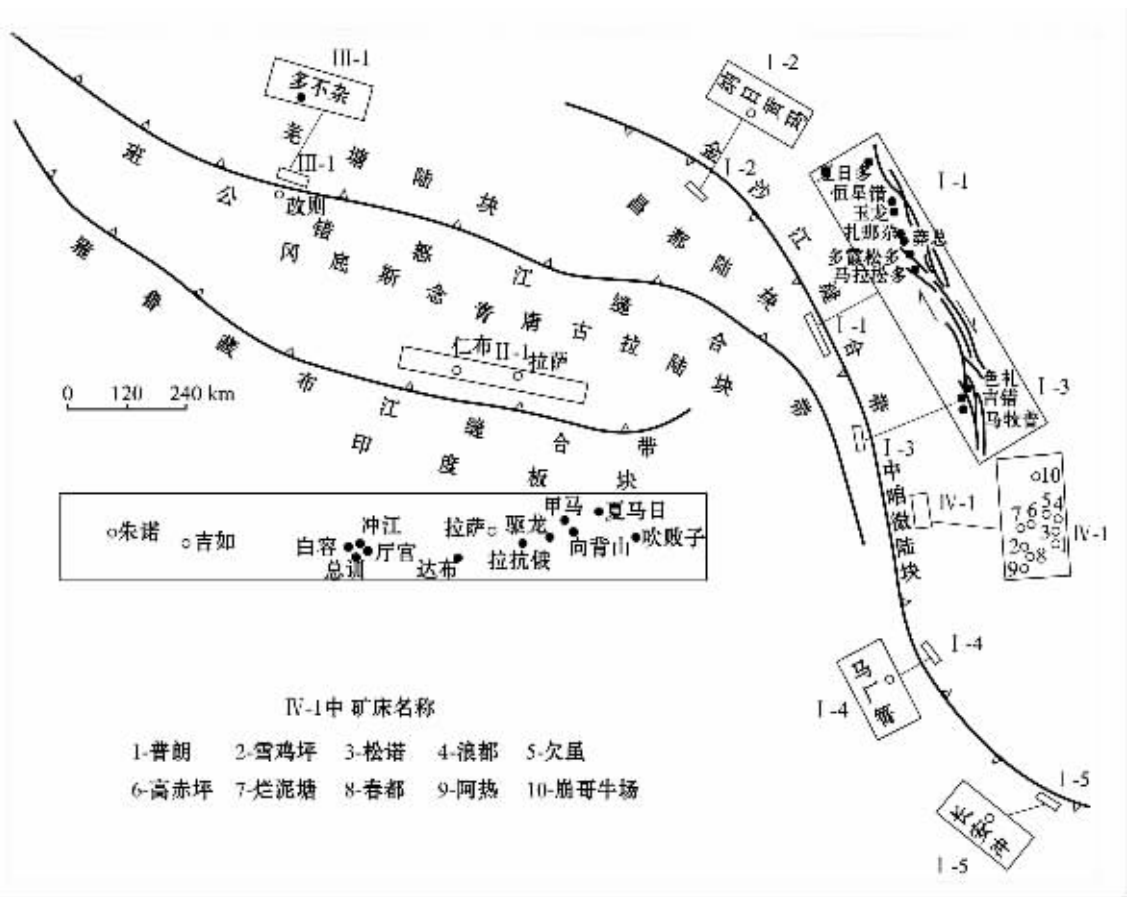


图2 青藏高原斑岩铜矿分布图

Fig.2 Distribution of porphyry copper deposits on the Qinghai-Tibet Plateau

明。目前仅在改则西北的多不杂发现斑岩铜矿,据2004年12月10日《中国国土资源报》报道,多不杂斑岩铜矿的铜储量巨大,为超大型矿床。该矿带西延即著名的特提斯斑岩矿带,例如巴基斯坦的赛恩达克矿床和伊朗的萨尔切什梅矿床即属于该矿带。因此该矿带是一个很有前景的矿带(图1)。萨尔切什梅和赛恩达克矿床成矿年龄为50~26 Ma,而根据李胜荣等<sup>[25]</sup>金矿成矿资料,多不杂金矿成岩成矿年龄为96~123 Ma。

### 3.4 雪鸡坪矿带(VI)

雪鸡坪矿带又可划分西东2个亚矿带,西亚带已发现矿床(矿化体)有高赤坪、烂泥塘、雪鸡坪、春都和阿热等;东亚带已发现矿床(矿化体)有崩哥牛场、浪都、欠星、松诺和普朗等。成矿年龄有2期:印支期和喜马拉雅期,例如西亚带雪鸡坪角闪石英闪长玢岩岩体的角闪石单矿物 Ar-Ar 年龄为(249.92±4.99) Ma,等时线年龄为(242.92±4.86)Ma,全岩年龄为(249.92±4.99)Ma,春都石英闪长玢岩岩体年龄为237.5 Ma(全岩 Rb-Sr 等时线年龄)。东亚带成岩成矿年龄普遍较西亚带年轻些,例如浪都黑云二长花岗岩岩体的黑云母 Ar-Ar 坪

年龄为(216.93±4.34) Ma,等时线年龄为(220.28±4.41) Ma,全岩年龄为(218.00±4.36)Ma。喜马拉雅斑岩体对成矿起着叠加改造和再次富集影响,岩性多为石英闪长玢岩,特别出露于东亚带,其角闪石单矿物 Ar-Ar 坪年龄为(53.02±1.06)Ma<sup>[26]</sup>。

西亚带雪鸡坪拥有铜储量199477t,铜品位为0.63%。目前,对东亚带以普朗为首的矿床前景普遍看好,认为普朗铜矿床有望达到大型以上规模<sup>[21-26]</sup>。加上西亚带有可能构成一个南北长约24km,东西宽20km的斑岩型铜-多金属矿带。雪鸡坪除原已发现的中型矿床外,最近在欧赛拉-阿热一带已发现重要的斑岩铜多金属矿化信息,故西亚带也是有较好的找矿前景。

此外,在滇西北羊拉夕卡岩型铜矿已探明100万t级铜矿,铜品位0.89%;白秧坪银多金属热液矿床已形成中型规模的铜矿床,品位为0.66%,它们的前景也值得重视。在西昆仑山脉有许多斑岩铜矿的报道,在青海的风火山和冈底斯北坡有许多陆相砂岩铜矿的报道。前者由于锶初始值太大,后者

由于陆相影响矿层的稳定性,所以前景被否定。

#### 4 铅锌矿

青藏高原的铅锌矿床十分丰富,已发现的成矿集中区共有6个:(1)兰坪盆地成矿集中区;(2)义敦岛弧成矿集中区;(3)斑戈—那曲成矿集中区;(4)念青唐古拉成矿集中区;(5)谢通门—墨竹工卡成矿集中区;(6)北喜马拉雅成矿集中区。

兰坪盆地成矿集中区最值得注意,因为该盆地已发现超大型铅矿床1处,大型银多金属矿床1处,中型铜多金属矿床3处,小型(矿化点)百余处。金顶铅锌矿拥有锌1284万t,品位6.82%;铅263.5万t,品位1.62%;铊8167t;镉17万t;银1722t;锑147万t;硫513万t。该盆地经历了三叠纪—早侏罗世陆内裂谷盆地,中侏罗世—白垩纪拗陷盆地和喜马拉雅期走滑盆地3个发展过程。伴随着65Ma以来陆—陆碰撞,形成了古新统金顶超大型铅锌矿为代表的一批多金属—贵金属矿床<sup>④</sup>。

兰坪盆地古新世云龙期发生区域性逆冲推覆断裂,将地层系统分为原地系统和外地系统。原地系统由虎头寺组和云龙组构成,为正常层序;外来系统地层倒转,从上到下依次为下白垩统景星组、中侏罗统花开左组、上三叠统麦初箐组和三合洞组,各岩组之间分别以次级逆冲断层接触。金顶主要

矿体产于推覆断层( $F_2$ )中,即景星组和云龙组上段碎屑岩中(图3)。矿体为板状、脉状、透镜状和似层状,受推覆逆冲断层( $F_2$ )和环形穹隆构造双重控制。含矿主岩的角砾主要成分为灰岩、白云岩、页岩和粉砂岩,胶结物主要是钙质和少量粘土。矿石主要由黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、白铁矿、天青石、重晶石和方解石等组成<sup>[27-29]</sup>。

矿化分带由矿区东部往西部,从深部到浅部,表现为 $Sr \rightarrow Fe \rightarrow Zn + Pb \rightarrow Pb$ ,在矿物上表现为天青石+重晶石 $\rightarrow$ 黄铁矿+白铁矿 $\rightarrow$ 闪锌矿+方铅矿 $\rightarrow$ 方铅矿。所以金顶矿床不仅规模巨大,而且在成因上也有别于世界其他地区以沉积岩为主岩的密西西比河谷型(MVT)、喷流沉积型(sedex)及砂岩型(SST)铅锌矿床。

义敦岛弧成矿集中区。该成矿集中区已发现呷村、嘎衣穷、东山脊和胜莫隆等矿床,其中前二者为大型多金属矿床,后二者为中小型多金属矿床。其中呷村铜储量80994t,品位1.04%;铅储量516996t,品位5.13%;锌储量867339t,品位8.34%。嘎衣穷铜储量61078t,品位0.63%;铅储量160710t,品位1.66%;锌储量313331t,品位3.25%。

义敦岛弧成矿集中区为晚三叠世黑矿型矿床,成矿年龄介于228.17~213.0Ma,特别是217.00Ma的纹质熔岩、凝

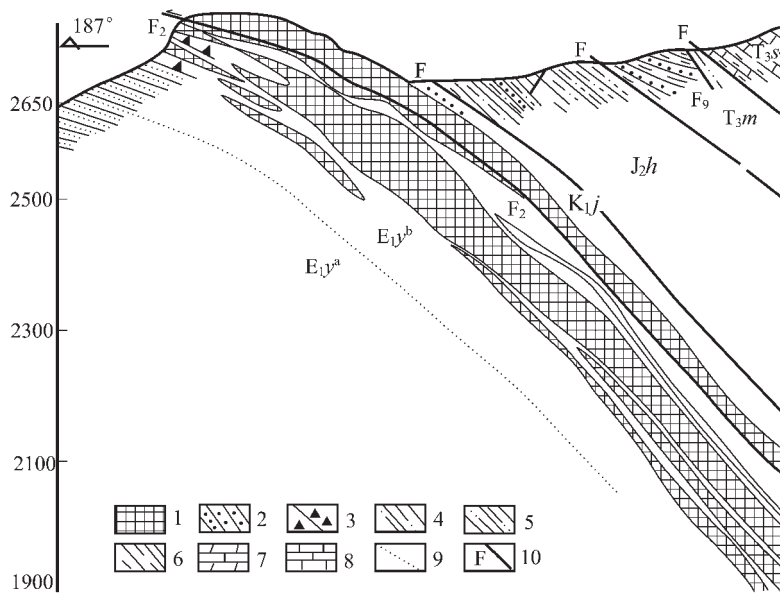


图3 金顶矿床北厂矿段12勘探剖面图<sup>④</sup>

$E_{1y}^a$ —古新统云龙组下段; $E_{1y}^b$ —古新统云龙组上段; $K_{1j}$ —下白垩统景星组; $J_2h$ —中侏罗统花开左组; $T_{3m}$ —上三叠统麦初箐组; $T_{3s}$ —上三叠统三合洞组。1—铅—锌矿体;2—砂岩;3—砾岩;4—含粉砂泥岩;5—粉砂泥岩;6—泥岩;7—泥灰岩;8—灰岩;9—地层界线;10—逆冲推覆断层

Fig.3 Exploration line No.12 of the Beichang ore block of the Jinding Pb-Zn deposit<sup>④</sup>

$E_{1y}^a$ —Lower Member of the Paleocene Yunlong Formation; $E_{1y}^b$ —Upper Member of the Paleocene Yunlong Formation; $K_{1j}$ —Lower Cretaceous Jingxing Formation; $J_2h$ —Middle Jurassic Huakaizuo Formation; $T_{3m}$ —Upper Triassic Maichuqing Formation; $T_{3s}$ —Upper Triassic Sanhedong Formation;

1—Pb-Zn orebody;2—Sandstone;3—Conglomerate;4—Silt-bearing mudstone;5—Silty mudstone;6—Mudstone;

7—Marl;8—Limestone;9—Stratigraphic boundary;10—Thrust

灰岩和角砾岩。该海底热水成矿系统发育于义敦岛弧碰撞造山带上的弧间裂谷盆地内,受内部一系列局限盆地和SN向基底断裂控制,含矿岩系为双峰岩石组合,具火山碎屑岩-矿体-喷气岩三位一体的特征。硫化物矿床具有块状矿席+层控网脉状矿带的特征。块状矿席发育有多旋回的硫化物-硫酸盐韵律,揭示热水流体在海底呈幕式排泄,在卤水池中呈韵律式化学沉积和滑塌堆积。层控网脉状矿带产于流纹质火山岩系,与上覆块状矿席平行展布,揭示高渗透性碎屑岩层和多条同级别的断裂共同约束海底热水系统,诱导其“弥散式”排泄和侧向流动交代(图4)。热水流体中矿质在传导冷凝过程中导致硫化物和硫酸盐等沉积,热水流体与冷海水的简单混合导致硅质岩和重晶石等沉积。某种联合作用导致硫化物、重晶石、硅质岩和红碧玉的形成<sup>[30-33]</sup>。

斑戈—那曲成矿集中区位于斑公湖—怒江缝合带的南侧,主要出露中上侏罗统一白垩系达雄群、曲松波群、朗山组和镜柱山组等地层,属浅海—半深海复理石建造,岩性有碳

酸盐岩、碎屑岩、火山岩和混杂岩等,斑戈—嘉黎岩浆带呈北西西向展布,以S型花岗岩类为主,也有I型的,已发现那曲县桑雄铅锌矿、嘉黎县昂张铅锌矿、尤卡朗铅锌矿、朗中铅锌矿、蒙亚阿铅锌矿等。

念青唐古拉成矿集中区成矿背景很好,具有形成大型铅锌矿条件,在前震旦系念青唐古拉群变质岩基底之上,出露石炭系旁多群和二叠系洛巴堆组的碳质细碎屑岩夹碳酸盐和安山岩。侏罗纪—白垩纪地层为碎屑岩夹碳酸盐和中基性火山岩。晚白垩世—早古近纪为岛弧火山岩带。带内从印支期到喜马拉雅期多个世代的花岗质岩浆侵位,其中既有I型也有S型,因此形成丰富的火山岩型、夕卡岩型、热液型、韧性剪切带型和破碎蚀变带型铅锌银矿,如勒青拉,则学和洞中松等多金属矿床。

谢通门—墨竹工卡成矿集中区。该成矿集中区为冈底斯火山岛弧带南部,中生代从钙碱性陆缘弧火山岩到陆内钾玄岩再到加厚陆壳条件下的火山岩,记录了新特提洋从俯冲

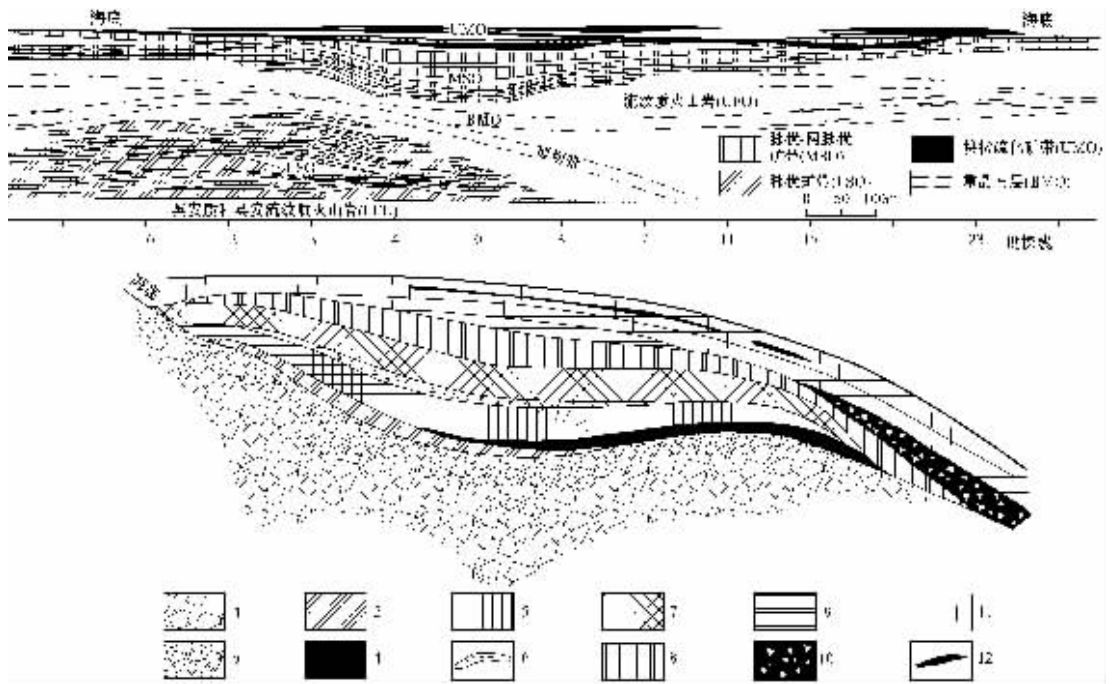


图4 呷村VMS矿床理想结构再造图<sup>[33]</sup>

呷村VMS矿床具有“层状矿席+层控网脉状矿带”式矿床结构

- MSO—网脉状矿带;LSO—脉状矿带;UMO—块状硫化物带;BMO—重晶石层;1—脉状矿;2—网脉状矿;3—重晶石硅质岩;
- 4—底部含角砾块状硫化物矿层;5—下部块状硫化物层;6—暗色重晶石岩;7—致密块状硫化物矿;8—浅色重晶石岩;9—硅质岩;
- 10—碎屑状黑矿矿石;11—白云岩-白云质灰岩;12—顶部块状黑矿矿石

Fig 4 Ideal structure reconstruction of the Gacun VMS deposit<sup>[33]</sup>

Gacun VMS deposit is characterized by the structure of “layered sulfide ore sheet plus stratabound network sulfide ore zone”

- MSO—Vein-network sulfide ore;LSO—Lode sulfide ore;MO—Massive sulfide ore;BMO—Barite bed;1—Lode sulfide ore;2—Network sulfide ore;3—Barite chert;4—Breccia-bearing massive sulfide ore at the bottom;5—Massive sulfide ore in the lower part;6—Dark barite rock;7—Massive sulfide ore;
- 8—Light-colored barite rock;9—Chert;10—Clastic kuroko ore;11—Dolostone-dolomitic limestone;12—Massive kuroko ore at the top

到印度—亚洲大陆碰撞的信息。北部为中上侏罗统—白垩系为主的弧间盆地深海相细碎屑岩、碳酸盐岩和中酸性火山岩等;南部以白垩系桑日群为主,为岛弧型火山岩夹碎屑岩和碳酸盐岩。晚白垩世至古近纪为岛弧型火山岩和俯冲—碰撞型中酸性侵入杂岩。成矿集中区内发育与斑岩型铜矿同时的夕卡岩型铜多金属矿床(如甲马和帮浦等),构造破碎带中的热液型铜金多金属矿床(如雄村、洞嘎和普钦木等矿床)。甲马铜储量 21 856 t,品位 1.14%;铅储量 192 355 t,铅品位 3.41%;锌储量 14 634 t,品位 1.66%;钼储量 4 531 t,品位 0.074%;金储量 5.65 t,品位 0.31999 g/t;银储量 190 t,品位 9.94 g/t。

北喜马拉雅成矿集中区。成矿区被 KMT、MCT、MBT 等几条韧性推覆剪切带穿切,从古生代以来属于冈瓦纳大陆的被动边缘,发育有前寒武系片麻岩、下古生界片岩、古生代—中生代浅海相沉积以及中新世西瓦里克磨拉石沉积,喜马拉雅期 S 型淡色花岗岩发育,还有苦堆、苦马、康马、雪康穹隆、勒金康桑和也拉香波等变质核杂岩。区内已发现下坝含银铅锌矿、扎西康多金属和卡达铅锌银矿等。

## 5 锡 矿

青藏高原的东缘从早白垩世东河岩群(113~134 Ma)在铅锌矿中含锡开始,到晚白垩世古永岩群(79~83 Ma)的小龙河岩体产有 Sn-W-Be 矿,演化到早新近纪槟榔江岩群同碰撞期花岗岩有关的锡矿(51.1~59.8 Ma),这些岩体由新歧、来利山和百花脑 3 个超单元构成,形成印—亚大陆强烈碰撞背景下的产物<sup>[34-35]</sup>。

现已发现 4 个锡矿,例如老平山锡矿,锡储量 10 000 t,品位 0.36%~0.46%;小龙河锡矿,锡储量 57 989 t,品位 0.581%;红岩头锡矿,锡储量 5 000 t,品位 0.47%;铁窑山锡矿,锡储量 5 700 t,品位 0.731 t。

此外,在斑戈—那曲成矿集中区碰撞期花岗岩与一系列云英岩型锡矿有关,例如期波下日锡矿等。

## 6 金 矿

青藏高原的金矿类型很多,分布广泛,成矿集中区众多<sup>[9]</sup>,已发现的成矿集中区共计有 9 个:

(1)安多—索县成矿集中区。该成矿集中区发育有一系列蛇绿岩套和韧性剪切带,从西到东已发现一系列砂金矿床,例如色当、索那、扎西错和拉日曲等。在改则附近已发现许多斑岩型铜金矿床,例如多不杂等。

(2)班戈—那曲成矿集中区。该成矿集中区为班公湖—怒江缝合带的弧后盆地,侏罗系—白垩系为陆缘碳酸盐岩—碎屑岩建造,又有众多的 S 型和 I 型花岗质岩石发育,区内已发现卡足等砂金和石英脉型马里勇金矿等。

(3)谢通门—墨竹工卡成矿集中区,该带为冈底斯斑岩铜矿带,金矿成矿类型众多:①夕卡岩型金矿:有夕卡岩型铜多金属矿床伴生金,以克鲁、冲木达等为代表,冲木达矿床辉钼

矿 Re-Os 等时线年龄为(41.4±8.4)Ma;有夕卡岩型铜金多金属矿床,以甲马等为代表,甲马伴生金储量 5.65 t,品位 0.3199 g/t,甲马矿床辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为(15.18±0.98)Ma;有夕卡岩型铁矿床中伴生金,以恰功等为代表,很可惜,这类矿床未经过较详细研究,一般仅利用铁等主要元素。②斑岩型铜矿伴生金,通常金含量在 0.2~0.3 g/t,伴生储量是巨大的,随着斑岩型铜钼得到很好的研究,金作为伴生组分也会得到相应研究。③产于构造蚀变带中热液型铜金矿床,实例有雄村和洞嘎铺等,该矿带长约 8 km,宽 100~500 m,其中雄村长 1 000 m 左右,以 50 m×50 m 网距施工 7 000 m 钻探,求得铜储量约 150 万 t,品位 0.7%,金储量约 150 t,品位 0.7 g/t,蚀变岩 <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 年龄为(38.68±0.67)Ma。④浅成热液型金矿床,以弄如日为例,产于上侏罗—下白垩统林布宗组(J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub>)角岩化岩屑长石石英砂岩、红柱石角岩和碳质二云母角岩中,矿区出露花岗质岩石,其中二长花岗岩的 K-Ar 年龄为 25.6~26.9 Ma,钾长花岗岩的 K-Ar 年龄为(75.7±2.5) Ma,矿石矿物为黄铁矿、磁铁矿、钛铁矿、辉钼矿、雄黄、毒砂和自然金等,脉石矿物有绢云母、重晶石、长石和石英等,金储量 1.5 t,品位 5 g/t,矿床向深部和西南方向有一定潜力。

(4)雅鲁藏布江成矿集中区,该带有一系列蛇绿岩套、幔源花岗质岩石和韧性剪切带对金矿成矿都构成有利的地质条件,已发现一系列砂金矿,例如浪卡子和加查等,还发现娘姑处等原生金矿,金储量 4 t,品位 7.5 g/t。

(5)北喜马拉雅成矿集中区,该带位于雅鲁藏布江缝合带的南侧,金矿成矿与 S 型花岗质岩浆热液有关,有两种类型值得重视:一种类型与核杂岩有关,例如苦堆、苦马、康马、雪康、勒金康桑和也拉香波等变质核杂岩的层间破碎带控矿;另一种类型为浅成热液型,特别是铈金矿,例如加拉金矿和马扎拉金铈矿等。

(6)玉龙成矿集中区,主要玉龙斑岩铜矿伴生的金,例如玉龙伴生金 28.443 t,品位 0.17 g/t;莽总伴生金 6.325 t,品位 0.35 g/t;扎那杂伴生金 5.9 t,品位 0.30 g/t;多霞松多伴生金 13.28 t,品位 0.363 t;马拉松多伴生金 2.928 t,品位 0.99 g/t。还有多霞松多外围产有石英脉型金矿,储量为 5 t,品位为 5.5 g/t。

(7)腾冲—潞西成矿集中区,该带属于同碰撞花岗岩外围,已发现许多热泉型矿床,具体分为两种矿床类型:一种为石英脉型,例如两河金矿,金储量 5 t,品位 3~74 g/t;另一种为蚀变岩型,例如上芒金矿,储量 12 t,品位 5.01 g/t。

(8)哀牢山成矿集中区,该成矿带受哀牢山断裂带和九甲—墨江断裂带的控制,矿化强度与石炭纪基性—超基性岩、燕山期—喜马拉雅期煌斑岩和花岗斑岩发育强度是正相关关系,成矿作用与哀牢山洋壳演化和晚期岩浆活动密切相关,可能成矿是多期的,从 241~18 Ma 都有影响,甚至更早<sup>[37-41]</sup>。矿带长 120 km,宽 500~5 000 m,矿带内集中了 4 个大型金矿(老王寨、冬瓜林、金厂和大平)、8 个中型金矿和 30 个小型金矿,例如老王寨金矿,构造蚀变岩型,50 t 储量,品位

8.6 g/t。

(9)康定—锦屏山成矿集中区,为青藏高原最东缘的成矿集中区,又分为3个亚成矿区,北部有大渡河成矿亚区,中部为石棉成矿亚区,南部为锦屏山成矿亚区,分别受大渡河逆冲推覆剪切带、鲜水河走滑—滑脱剪切带和锦屏山滑脱剪切带的控制,成矿年龄30~15 Ma,矿床类型有蚀变岩型、石英脉型和剪切带型等,矿床实例如黄金坪、白金岩子、三洞、观音山、金鸡台、晏如、茶铺子、缅萨洼和马丝螺等。

## 7 铈 矿

青藏高原的铈矿床为一个有希望突破地区,因为全区热水活动的强烈<sup>[43]</sup>。铈矿成矿集中区计有4个:(1)唐古拉成矿集中区,该带已发现产于一系列火山—浅成低温热液型铈金矿,例如美多铈矿床等。(2)班戈—那曲成矿集中区,已发现那曲东土门铈矿床等。(3)北喜马拉雅成矿集中区,该带为青藏高原热泉的活动中心,全带铈矿众多,已发现沙拉岗铈矿、车穹卓铈矿、马扎拉金铈矿和扎西康铈多金属矿等。(4)三江成矿集中区:又分2个亚区,一个为兰坪—思茅外围,例如维西石门多铈矿、漾濞塔盘山铈矿、巍山石崖村铈矿和巍山笔架山铈矿等;另一个为腾冲—潞西的东缘,例如镇康小荒田铈矿等。

## 8 铯 矿

3.6 Ma 以来,青藏高原发生印—亚大陆碰撞第三次加速,深部继续挤压,地表以拉张为主,全区地堑裂谷盆地和正断裂规模宏大,地热活动频繁,其中0.50~0.47 Ma、0.40~0.35 Ma、0.27~0.10 Ma 和<0.10 Ma 地热泉极盛<sup>[43]</sup>。郑绵平等研究认为,西藏高原的盐湖受碰撞后伸展裂陷的控制,盐湖内的Cs、Li 和 B 等与热泉注入有关。其中热泉型铯矿见于塔格架、色米、古堆和谷露等地,为典型的铯硅华,含Cs 0.13%~0.15%,塔格架和布雄朗古铯矿已达到大型规模。

## 9 结 论

青藏高原为特提斯造山带,“超碰撞”作用无不给矿产资源打上烙印<sup>[44]</sup>,前期的矿产资源都打上改造的烙印,同期和期后的矿产资源为典型的造山带矿产资源。例如唐古拉大铁墙,产于中侏罗统,明显受海相沉积的控制,但是由菱铁矿变成镜铁矿又明显受到后期花岗质岩浆热液改造富集的影响。铬铁矿产于特提斯堆晶岩浆房的底部,只有碰撞期仰冲推覆作用才有可能将洋壳的堆晶岩浆房残留到大陆壳中。斑岩型、夕卡岩型和浅成热液型等矿床大部分形成于碰撞后和碰撞期后,属于典型的造山带矿床。

### 参考文献(References):

[1] 王希斌, 鲍佩声. 豆荚状铬铁矿床的成因——以西藏自治区罗布莎铬铁矿床为例[J]. 地质学报, 1987, 61(2):166~181.

- Wang Xibin, Bao Peisheng. The genesis of podiform chromite deposits—a case study of the luobose chromite deposit, Tibet [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1987, 61 (2):166~181 (in Chinese with English abstract).
- [2] 张之孟, 王忠实, 郑裕民. 川西南乡城—得荣地区细碧—角斑岩的岩石学特征及构造意义[J]. 地质学报, 1981, 55(3):179~194.
- Zhang Zhimeng, Wang Zhongshi, Zheng Yumin. Petrographic characteristics and tectonic significance of the spilite—keratophyreic rocks in the Xiangcheng—Derong area of Southwestern Sichuan [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1981, 55 (3):179~194 (in Chinese with English abstract).
- [3] 杨家瑞. 哀牢山中段双沟一带蛇绿岩的序列特征及其地质意义[J]. 云南地质, 1986, 5(4):292~302.
- Yang Jiarui. The features of ophiolitic sequence and their geological significance in Shuanggou area, the central segment of Ai Lao mountain [J]. *Yunnan Geology*, 1986, 5(4):292~302 (in Chinese with English abstract).
- [4] 王连城, 李达周, 张旗, 等. 四川理塘蛇绿混杂岩[J]. 岩石学报, 1985, 1(2):17~27.
- Wang Liancheng, Li Dazhou, Zhang Qi, et al. Ophiolitic mélange in Latang, Sichuan Province [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1985, 1(2):17~27 (in Chinese with English abstract).
- [5] 王登红, 陈毓川, 徐珏, 等. 中国新生代成矿作用(下) [J]. 北京:地质出版社, 2005, 443~853.
- Wang Denghong, Cheng Yuchuan, Xu Jue, et al. Cenozoic mineralization in China, Vol.2 [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005, 443~853 (in Chinese with English abstract).
- [6] 鲍佩声, 王希斌, 彭根水, 等. 中国铬铁矿床[M]. 北京:科学出版社, 1999.1~350.
- Bao Peisheng, Wang Xibin, Peng Genshui, et al. Chromite deposits in China [M]. Beijing: Science Press, 1999.1~350 (in Chinese with English abstract).
- [7] 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1993. 1~707.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region. Regional Geology of Xizang (Tibet) Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993. 1~707 (in Chinese with English abstract).
- [8] 中国地质科学院. 中国黑色有色金属矿产图集[M]. 北京:地质出版社, 1996. 1~188.
- Chinese Academy of Geological Science. Atlas of Ferrous and Nonferrous Metals Resources of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996. 1~188 (in Chinese).
- [9] 杜心范, 文洪安. 西藏加多岭地区与铁矿床有关的火山岩及玢岩岩石特征分析[A]. 见:地质矿产部青藏高原地质论文集编委会主编. 青藏高原地质文集(13)[C]. 北京:地质出版社, 1983. 1~214.
- Du Xinfan, Wen Hongan. A preliminary analysis of characteristic features of volcanics and porphyrites associated with iron ores in Jiaduoling area, Xizang [A]. In: CGQXP Editorial Committee (eds.), Contribution to the Geology of the Qinghai—Xizang (Tibet)



- Plateau, (13)[C]. Beijing: Geological Publishing House, 1983. 1~214 (in Chinese with English abstract).
- [10] 梁华英. 青藏高原东南缘斑岩铜矿成岩成矿研究取得新进展[J]. 矿床地质, 2002, 21(4):365.  
Liang Huaying. New advances in the research on mineralization of porphyry copper deposits in southeast margin of the Qinghai - Xizang Plateau [J]. Mineral Deposits, 2002, 21 (4):365 (in Chinese).
- [11] 唐仁鲤, 罗怀松, 等. 西藏玉龙斑岩铜(钨)矿带地质[M]. 北京: 地质出版社, 1990.1~320.  
Tang Renli, Luo Huaisong, et al. The Geology of Yulong Porphyry Copper (Molybdenum) Ore Belt, Tibet [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990. 1~320 (in Chinese with English Summary).
- [12] 莫宣学, 赵志丹, 邓晋福, 等. 印度—亚洲板块主碰撞过程的山岩响应[J]. 地学前缘, 2003, 10(3): 135~148.  
Mo Xuanxue, Zhao Zhidan, Deng Jinfu, et al. Response of volcanism to the India-Asia collision [J]. Earth Science Frontiers, 2003, 10(3): 135~148 (in Chinese with English abstract).
- [13] 芮宗瑶, 侯增谦, 曲晓明, 等. 冈底斯斑岩铜矿成矿时代及青藏高原隆升[J]. 矿床地质, 2003, 22(3): 217~225.  
Rui Zongyao, Hou Zengqian, Qu Xiaoming, Metallogenetic epoch of Gangdese porphyry copper belt and uplift of Qinghai - Tibet Plateau [J]. Mineral Deposits, 2003, 22 (3): 217~225 (in Chinese with English abstract).
- [14] 李廷栋. 青藏高原隆升的过程和机制[J]. 地球学报, 1995, 34(1): 1~9.  
Li Tingdong. The uplifting process and mechanism of the Qinghai - Tiber plateau [J]. Acta Geoscientia Sinica, 1995, 34 (1): 1~9 (in Chinese with English abstract).
- [15] 侯增谦, 钟大赉, 邓万明. 青藏高原东缘斑岩铜钨金成矿带的构造模式 [J]. 中国地质, 2004, 31(31): 1~14.  
Hou Zengqian, Zhong Dalai, Deng Wanming. A tectonic model for porphyry copper - molybdenum - gold metallogenetic belts on the eastern margin of the Qinghai Tibet Plateau [J]. Geology in China, 2004, 31(1): 1~14 (in Chinese with English abstract).
- [16] 曲晓明, 侯增谦, 黄卫. 冈底斯斑岩铜矿(化)带; 西藏第二条“玉龙”铜矿带[J]. 矿床地质, 2001, 20(4): 355~366.  
Qu Xiaoming, Hou Zengqian, Huang Wei. Is Gangdese porphyry copper belt the second “Yulong” copper belt [J]. Mineral Deposits, 2001, 20(4): 355~366 (in Chinese with English abstract).
- [17] 王小春, 晏子贵, 周维德, 等. 初论西藏冈底斯带中段尼木西北部斑岩铜矿地质特征[J]. 地质与勘探, 2002, 38(1): 5~8.  
Wang Xiaochun, Yan Zigui, Zhou Weide, et al. Preliminary study on geological features of porphyry type copper deposits in north-western Nimu, middle section of Gandise belt, Tiber [J]. Geology and Prospecting, 2002, 38 (1): 5~8 (in Chinese with English abstract).
- [18] 李光明, 杨家瑞, 丁俊. 西藏雅鲁藏布江成矿区矿产资源评价新进展[J]. 地质通报, 2003, 22(9): 699~703.  
Li Guangming, Yang Jiarui, Ding Jun. New advances in mineral exploration in Yarlung Zangbu metallogenic province, Tibet [J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(9): 699~703 (in Chinese with English abstract).
- [19] 郑有业, 王保生, 樊子珩, 等. 西藏冈底斯东段构造演化及铜多金属成矿潜力分析. [J]. 地质科技情报, 2002, 21(2): 55~60.  
Zheng Youye, Wang Baosheng, Fan Zihun, et al. Analysis of tectonic evolution in the eastern section of the Gangdise mountains, Tibet and the metallogenetic potentialities of copper gold polymetal [J]. Geological Science and Technology Information, 2002, 21(2): 55~60 (in Chinese with English abstract).
- [20] 芮宗瑶, 李光明, 王龙生, 等. 西藏斑岩铜矿 [J]. 西藏地质, 2002, 21(2): 3~12.  
Rui Zongyao, Li Guangming, Wang Longsheng, et al. Porphyry copper deposits in Tibet [J]. Tibet Geology, 2002, 21(2): 3~12 (in Chinese with English abstract).
- [21] 范玉华, 李文昌. 云南普朗斑岩铜矿床地质特征 [J]. 中国地质, 2006, 33(2): 352~362.  
Huan Yuhua, Li Wenchang. Geological characteristics of the Pu-lang porphyry copper deposit, Yunnan [J]. Geology in China, 2006, 33(2): 352~362 (in Chinese with English abstract).
- [22] 芮宗瑶, 黄崇轲, 齐国明, 等. 中国斑岩铜(钨)矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1984.1~350.  
Rui Zongyao, Huang Chengke, Qi Guoming, et al. Porphyry Copper (Molybdenum) Deposits of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984.1~350 (in Chinese).
- [23] 李永森, 周伟勤, 陈文明, 等. 怒江—澜沧江—金沙江地区重要金属矿产成矿特征及分布规律 [M]. 北京: 地质出版社, 1984. 1~163.  
Li Yongsen, Zhou Weiqin, Chen Wenming, et al. The metallogenetic characteristics and the distribution patterns of major ore deposits in Nujiang, Lancangjiang, Jinshajiang region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984.1~163 (in Chinese with English abstract).
- [24] 王金海, 王保生, 李金高, 等. 西藏冈底斯岛弧及其铜多金属矿带的基本特征与远景评估 [J]. 地质通报, 2002, 21(1): 35~40.  
Wang Jinhai, Wang Baosheng, Li Jingao, et al. Basic features and ore prospect evaluation of the Gangdise island arc, Tibet, and its copper polymetallic ore belt [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(1): 35~40 (in Chinese with English abstract).
- [25] 李胜荣, 肖润, 周肃, 等. 西藏改则地区金成矿作用 [J]. 矿床地质, 2005, 24(1): 1~14.  
Li Shengrong, Xiao Run, Zhou Su, et al. Gold mineralization in Caize area, Tibet [J]. Mineral Deposits, 2005, 24(1): 1~14 (in Chinese with English abstract).
- [26] 曾普胜, 莫宣学, 喻学惠, 等. 滇西北中甸斑岩及斑岩铜矿 [J]. 矿床地质, 2003, 22(4): 393~400.  
Zeng Pusheng, Mo Xuanxue, Yu Xuehui, et al. Porphyries and porphyry copper deposits in Zhongdian area, Northwestern Yunnan [J]. Mineral Deposits, 2003, 22(4): 393~400 (in Chinese with English abstract).

- [27] 薛春纪, 陈毓川, 杨建民, 等. 滇西兰坪盆地构造体制和成矿背景分析[J]. 矿床地质, 2002, 21(1): 36~44.  
Xue Chunji, Chen Yuchuan, Yang Jianmin, et al. Analysis of ore-forming background and tectonic system of Lanping basin, Western Yunnan Province [J]. Mineral Deposits, 2002, 21(1):36~44 (in Chinese with English abstract).
- [28] 侯增谦, 吕庆田, 王安建, 等. 初论陆-陆碰撞与成矿作用——以青藏高原造山带为例[J]. 矿床地质, 2003, 22(4):319~333.  
Hou Zengqian, Lu Qingtian, Wang Anjian, et al. Continental Collision and related metallogeny: a case study of mineralization in Tibetan orogen [J]. Mineral Deposits, 2003, 22(4):319~333 (in Chinese with English abstract).
- [29] 叶庆同, 胡云中, 杨岳清, 等. 三江地区区域地球化学背景和金银铅锌成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 1992. 1~279.  
Ye Qington, Hu Yunzhong, Yang Yueqing, et al. Regional geochemical background and gold silver and lead-zinc mineralization in the Nujiang-Lancangjiang-Jinshajiang area [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992. 1~279 (in Chinese with English abstract).
- [30] 侯增谦, 曲晓明, 徐明基, 等. 四川呷村 VHMS 矿床: 从野外观察到成矿模型[J]. 矿床地质, 2001, 20(1):44~56.  
Hou Zengqian, Qu Xiaoming, Xu Mingji, et al. The Gacun VHMS deposit in Sichuan Province: from field observation to genetic model [J]. Mineral Deposits, 2001, 20(1):44~56 (in Chinese with English abstract).
- [31] 朱维光, 李朝阳, 邓海琳, 等. 呷村银多金属块状硫化物矿床银的赋存状态[J]. 矿床地质, 2002, 21(4):399~407.  
Zhu Weiguang, Li Chaoyang, Deng Hailin, et al. Modes of occurrence of silver in Gacun silver-polymetallic massive sulfide deposit [J]. Mineral Deposits, 2002, 21(4):399~407 (in Chinese with English abstract).
- [32] 李佑国, 侯增谦. 四川呷村 VHMS 矿床: 从矿石化学分析到地球化学模型[J]. 矿床地质, 2001, 20(2):119~128.  
Li Youguo, Hou Zengqian. The Gacun VHMS deposit in Sichuan Province: from chemical analysis of ores to geochemical model [J]. Mineral Deposits, 2001 (2):119~128 (in Chinese with English abstract).
- [33] 侯增谦, 等. 现代与古代海底热水成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 2003. 1~423.  
Hou Zengqian, et al. Hydrothermal system and metallogeny on the modern and ancient sea floor—case study on some VMS deposits [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003. 1~423 (in Chinese).
- [34] 罗君烈. 滇西锡矿的花岗岩类及其成矿作用[J]. 矿床地质, 1991, 10(1):81~96.  
Luo Junlie. Granitoids related to western Yunnan (Dianxi) tin deposits and their metalization [J]. Mineral Deposits, 1991, 10 (1): 81~96 (in Chinese with English abstract).
- [35] 毛景文, 张士鲁, ph. Rossi. 云南腾冲地区含锡花岗岩及其与成矿关系[J]. 岩石学报, 1987, 4(4):32~43.  
Mao Jingwen, Zhang Shilu, ph. Rossi. The Tin-granites and their relation to mineralization in Tengchong, Yunnan [J]. Acta Petrologica Sinica, 1987, 4 (4):32~43 (in Chinese with English abstract).
- [36] 杜光树, 冯孝良, 陈福忠, 等. 西藏金矿地质[M]. 成都:西南交通大学出版社, 1993. 30~85.  
Du Guangshu, Feng Xiaoliang, Chen Fuzhong, et al. Gold Ore Geology in Tibet[M]. Chengdu: West Southern Jiaotong University Press, 1993. 30~85 (in Chinese).
- [37] 胡云中, 唐尚鹞, 等. 哀牢山金矿地质[M]. 北京:地质出版社, 1995. 1~278  
Hu Yunzhong, Tang Shengchun, et al. Geology of Gold Deposits in Ailaoshan [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995. 1~278 (in Chinese with English abstract).
- [38] 蔡新平, 徐兴旺, 张宝林, 等. 滇西墨江金厂金矿床时空四维结构模型[J]. 矿床地质, 1999, 18(1):55~62.  
Cai Xinping, Xu Xingwang, Zhang Baolin, et al. Time-space four dimensional framework of the Jiangchang gold deposit in Mojiang County, western Yunan [J]. Mineral Deposits, 1999, 18(1):55~62 (in Chinese with English abstract).
- [39] 俞广钧, 谢如勇. 墨江金厂金矿床的地质特征及其成因[J]. 地质与勘探, 1986, 22(2):11~17.  
Yu Guangjun, Xie Ruyong. Geological features and origin of Jinchang deposit in Mojiang [J]. Geology and Prospecting, 1986, 22 (2):11~17 (in Chinese with English abstract).
- [40] 帅德权. 墨江金矿的金属矿物组构及其成矿意义 [J]. 云南地质, 1988, 7(3):203~212.  
Zhuai Dequan. The metallic mineral biofabrics and their metallgenic significance of the Jinchang gold ore, Mojiang County [J]. Yunnan Geology, 1988, 7(3):203~212 (in Chinese with English abstract).
- [41] 李元. 墨江金矿床的构造控矿特征 [J]. 云南地质, 1992, 11(4):308~317.  
Li Yuan. Features of tectonic ore control in Mojiang gold deposit [J]. Yunnan Geology, 1992, 11 (4):308~317 (in Chinese with English abstract).
- [42] 李振清, 侯增谦, 聂凤军, 等. 藏南上地壳低温高导层的性质与分布: 来自热水流体活动的证据 [J]. 地质学报, 2005, 79(1):68~77.  
Li Zhengqing, Hou Zengqian, Nie Fengjun, et al. Characteristics and distribution of the partial melting layers in upper crust: evidence from active hydrothermal fluid in the south Tibet [J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(1):68~77 (in Chinese with English abstract).
- [43] 郑绵平, 等. 水热成矿新类型——西藏铯硅华[M]. 北京:地质出版社, 1995. 1~114.  
Zheng Miangping et al. A New Type of Hydrothermal Deposit—Cesium-Bearing Geyserite in Tibet [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995. 1~114 (in Chinese with English abstract).
- [44] 周详, 曹佑功, 朱明玉, 等. 西藏板块构造—建造图(1:1500 000) [M]. 北京:地质出版社, 1984. 1~47.

Zhou Xiang, Cao Yougong, Zhu Mingyu, et al. Plate Teotonic-Lithofacies Map of Xizang (Tibet), China (1:1500000) [M].

Beijing: Geological Publishing House, 1984. 1~47 (in Chinese with English abstract).

## Metallic ore deposits on the Qinghai-Tibet Plateau

RUI Zong-yao<sup>1</sup>, LI Guang-ming<sup>2</sup>, ZHANG Li-sheng<sup>2</sup>,  
WANG Long-sheng<sup>1</sup>, WANG Gao-ming<sup>2</sup>, LIU Bo<sup>2</sup>

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

2. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China*)

**Abstract:** The Qinghai-Tibet Plateau lies in the junction between the Indian plate and Eurasian plate, on the northern margin of Gondwanaland. Collision of the Indian plate with the Eurasian plate about 65 Ma ago resulted in reworking of the tectonic framework and metallic ore deposits and also the formation of a new tectonic framework and new metallic ore deposits, which made metallic ore deposits on the Qinghai-Tibet Plateau distinctive. This paper deals with dominant mineral deposits of such metals as chromium, iron, copper-molybdenum, lead-zinc, tin, gold, antimony and cesium on the Qinghai-Tibet Plateau.

**Key words:** Qinghai-Tibet Plateau; metallic ore deposit; Indian plate; Eurasian plate

**About the first author:** RUI Zong-yao, male, born in 1935, senior researcher, engages in the study of metallic mineral deposits and geochemistry of ore deposits; E-mail: ruizy@sina.com.