文章编号:1009-3850(2012)04-0076-10

西藏克鲁-冲木达矿集区晚白垩世花岗岩类地质 地球化学特征及成矿潜力浅析

兰双双1, 汪雄武1, 李光明2, 张俊成1, 雷传扬1

(1. 成都理工大学地球科学学院,四川 成都 610059; 2. 成都地质矿产研究所,四川 成都

610081)

摘要: 克鲁-冲木达矿集区位于西藏南部扎囊-桑日之间。通过对其晚白垩世花岗岩类岩石学、地球化学特征、形成的 大地构造环境以及成矿专属性等的综合研究得出以下两点认识:(1)晚白垩世花岗岩类的岩石组合为闪长岩、石英 闪长岩和二长花岗岩,为准铝质高钾钙碱性 I 型花岗岩,具弱的斜长石分异结晶,富集 Th、Sr 等元素,亏损 Ba、Nb 等 元素,形成于造山带环境,是角闪岩部分熔融的产物;(2)晚白垩世花岗岩类成矿作用主要集中在似斑状黑云二长花 岗岩和黑云二长花岗岩阶段,部分闪长岩和石英闪长岩岩体中也含矿,主要的矿化表现为 Cu、Pb-Zn 和 Mo 的组合。 关 键 词: 克鲁-冲木达; 地质地球化学; 晚白垩世花岗岩类; 成矿条件; 西藏

中图分类号: P611.1 文献标识码: A

西藏克鲁-冲木达矿集区为五个冈底斯陆缘火 山-岩浆弧铜、金多金属成矿远景区之一,为典型的 矽卡岩-斑岩型-热液脉型铜、金多金属成矿带^[1]。 王少怀等对该区进行了大量的研究,初步确定了该 矿集区的成矿规律以及找矿方向。文章中所指的 克鲁-冲木达矿集区(下称矿集区)相当于程力军所 说的"克鲁-冲木达铜多金属成矿远景",位于西藏 南部的扎囊-桑日之间,面积约1500km²。本文拟通 过对克鲁-冲木达矿集区晚白垩世花岗岩类地质地 球化学的研究,探讨其岩石组合类型、花岗岩类类 型、形成的大地构造环境以及成矿专属性等与找矿 有关的基础地质问题。

1 区域地质与矿产地质

矿集区地处西藏山南地区,大地构造位于冈底

斯-念青唐古拉板片之次级构造单元冈底斯陆缘火 山-岩浆弧的东段,雅鲁藏布江弧-陆碰撞结合带北 侧拉萨弧后盆地的南缘,为燕山期印度板块向北俯 冲形成的一个岛弧岩浆岩带。矿集区内主要的矿 化组合为 Cu-Mo、Cu-Au 和 Cu,主要类型以矽卡岩 型为主,部分为热液脉型和斑岩型。区内已经发现 大小铜金矿床(点)19余处(图1),主要沿着雅鲁藏 布江两岸分布,受近东西向构造的控制。据前人的 研究其初始矿化可能起始于主碰撞期,主要成矿期 出现于后碰撞期^[1]。

克鲁·冲木达矿集区出露的地层以中生界三叠 系和白垩系为主,次为侏罗系和第三系、第四系。 三叠系主要以碎屑岩-碳酸盐岩建造为主;侏罗系与 白垩系为一套岛弧钙碱性火山岩夹碳酸盐岩和碎 屑岩建造;第三系为陆相火山岩和河湖相碎屑岩建

收稿日期: 2011-06-27; 改回日期: 2012-02-08

作者简介: 兰双双,男,成都理工大学矿物学、岩石学、矿床学专业。E-mail: ls890923@126.com

资助项目:西藏自治区地质调查院西藏自治区矿产资源潜力评价项目(1212010813025);地调项目西藏冈底斯东段中新 生代斑岩成矿系统与找矿预测(1212010012005);中央级公益性行业科研专项(2009110702)联合资助



图1 矿集区矿(点)床分布地质简图及大地构造位置图

Q. 第四系; N₂W. 邬郁群; E₁d. 典中组; K₂w. 温区组; K₁₋₂m. 门中组; K₁b. 比马组; J₃K₁m. 麻木下组; T₃X. 修康群; T₁₊₂c. 查曲浦组; Tk₁L. 罗布莎蛇绿岩群; Xvj₆. 中新世次山岩; E₂ηγ. 始新世二长花岗岩; E₂γβ. 始新世黑云母花岚岩; E₂γδ. 始新世新岗闪长岩; E₂δηo. 始新世石英二长闪长岩; E_βμ. 古近纪辉绿岩; K₂γδ. 晚白垩世花岗闪长岩; K₂δηo. 晚白垩世石英二长闪长岩; I. 实、推测地 质界线; 2. 断层; 3. 铜矿床(点) 位置及名称; W. 西藏-三江造山系; WI-4. 巴颜喀拉地块; WI-2. 三江孤盆系; WI-2-4. 西金乌兰湖-金沙 江-哀牢山蛇绿混杂岩带(C - T₂); WI-3. 羌塘孤盆系; WI-3-5. 龙木错-双湖俯冲增生杂岩带(Pz₂ - T₂); WI-4. 班公湖-怒江-昌宁-孟 连结合带; WI-5. 拉达克-冈底斯弧盆系; WI-5-3. 狮泉河-申扎-嘉黎蛇绿混杂岩(J - K); WI-5-5. 隆格尔-工布江达复合岛弧(P、T、K); WI-6. 雅鲁藏布江结合带; WI-7. 喜马拉雅地块; WII. 印度地块; VII-1. 锡伐利克后碰撞压陷盆地

Fig. 1 Tectonic setting and simplified geological map showing the distribution of the ore deposits (spots) in the Kelu-Chongmuda ore district

Q = Quaternary; N_2W = Wuyu Group; E_1d = Dianzhong Formation; K_2w = Wenqu Formation; $K_{1,2}m$ = Menzhong Formation; K_1b = Bima Formation; J_3K_1m = Mamuxia Formation; T_3X = Xiukang Group; $T_{1,2}c$ = Chaqupu Formation; TK_1L = Luobusha Ophiolite Group; Xvj_6 = Miocene subvolvanic rock; $E_2\eta\gamma$ = Eocene adamellite; $E_2\gamma\beta$ = Eocene biotite granite; $E_2\gamma\delta$ = Eocene granodiorite; $E_2\delta\eta\sigma$ = Eocene quartz monzodiorite; $E\beta\mu$ = Palaeogene diabase; $K_2\gamma\delta$ = Late Cretaceous granodiorite; $K_2\delta\eta\sigma$ = Late Cretaceous quartz monzodiorite. 1 = measured/inferred geological boundary; 2 = fault; 3 = copper deposit (spot). VII = Xizang-Jinshajiang-Lancangjiang-Nujiang orogenic systems: VII-4 = Bayan Har landmass; VII-2 = Jinshajiang-Lancangjiang-Nujiang arc-basin system; VII-2-4 = Xijir Ulan-Jinshajiang-Ailaoshan ophiolitic melange zone ($C - T_2$); VII = 3 = Qiangtang arc-basin system; VII-3-5 = Lungmu-Shuanghu subduction accretionary complex zone ($Pz_2 - T_2$); VII-4 = Bangong-Nujiang-Changning-Menglian suture zone; VII-5 = Ladakh-Gangdise arc-basin system; VII-5-3 = Shiquanhe-Xainza-Lhari ophiolitic melange zone (J - K); VII-5-5 = Lunggar-Gongbo' gyamda composite island arc (P, T, K); VII-6 = Yarlung Zangbo suture zone; VII-7 = Himalaya landmass; VIII = India landmass; VIII-1 = Sifalik post-collisional down-warped basin

造^{[2] [3]}。受区域构造的影响,地层主体呈近东西向的展布。

矿集区内断裂构造极其发育,形迹复杂多样, 近南北向、东西向、北东向以及北西向的断裂彼此 交截、错位,褶皱构造线方向总体呈近东西向。区 内挤压造山作用形成一系列近东西向展布的复式 褶皱和逆冲断裂,次级的 NE 向、NW 向压扭性断裂 十分发育,为岩浆矿液的运移、富集提供了良好的 构造环境^{[2] [3]}。

矿集区地处喜马拉雅陆块与冈-念陆块的接合 部位,火山活动频繁,火山岩和侵入岩均有不同程 度的出露。火山岩岩石类型主要有玄武岩、安山 岩、流纹英安岩、流纹质晶屑凝灰岩、流纹质熔结凝 灰岩等; 侵入岩主要是中酸性的花岗岩类,局部地 区有基性的辉长岩类和以角闪石岩、蛇纹岩以及单 斜辉石岩为代表的超基性岩类。

克鲁-冲木达矿集区花岗岩类分布很广,有始新 世二长花岗岩、始新世黑云母花岗岩、始新世花岗 闪长岩、始新世石英二长闪长岩、晚白垩世花岗闪 长岩等等。对于克鲁铜多金属矿床而言,与矿产有 关的岩体为燕山晚期晚白垩世花岗岩类以及较新 的始新世花岗岩类,说明克鲁矿床可能经历了很长 的形成演化时期,其初始矿化可能始于燕山晚期, 而主要的成矿期出现于始新世^[1]。空间上,燕山晚 期以及较新的始新世中酸性岩体与下白垩统比马 组为侵入接触,在内外接触带附近形成一条近东西 向的接触构造破碎带,并具有膨大收缩的变化特 点,在破碎带内发育有矽卡岩化、角岩化及铜、多金 属矿化蚀变。该构造破碎带是区内主要的控矿及 赋矿构造^[8]。而区内矿(化)体呈脉状产于晚白垩 世和始新世中酸性花岗岩类与下白垩统比马组碳 酸盐岩接触带附近,与钙质矽卡岩矿物共生,形成 透辉石、石榴石、角闪石、硅灰石、绿帘石等矿物,属 典型接触交代变质作用形成的矽卡岩矿床。

燕山晚期的构造运动,促使石英闪长岩的上

侵 岩体定位后残余岩浆和含矿热液与含钙质围岩 发生相互作用,由于温度、压力、浓度等的变化,使 铜、金等成矿物质在有利的成矿部位(如接触带)富 集成矿。

克鲁矿区围岩蚀变也较为发育,主要有硅化、 绢英岩化、云英岩化、绿帘石化、绿泥石化、绢云母 化、角岩化、夕卡岩化等。其中角岩化形成硅化褐 铁矿化斑点状绢云母角岩;砂卡岩化形成石榴子石 矽卡岩、石英透闪石石榴子石绿帘石矽卡岩、透辉 石石榴子石矽卡岩等。而铜金矿化主要产出于燕 山晚期中酸性岩体与下白垩-上侏罗统比马组接触 带附近靠外接触带一侧的透辉石榴子石绿帘石矽 卡岩中,成矿与矽卡岩化关系密切。



图 2 晚白垩世花岗岩类分类图

A. (Na₂O + K₂O) – SiO₂ 图解: 1. 橄榄辉长岩; 2a. 碱性辉长岩; 2b. 亚碱性辉长岩; 3. 辉长闪长岩; 4. 闪长岩; 5. 花岗闪长岩; 6. 花岗岩; 7. 硅英岩; 8. 二长辉长岩; 9. 二长闪长岩; 10. 二长岩; 11. 石英二长岩; 12. 正长岩; 13. 副长石辉长岩; 14. 副长石二长闪长岩; 15. 副长石二长 正长岩; 16. 副长正长岩; 17. 副长深成岩; 18. 霓方钠岩/磷霞岩/粗白榴岩; B. Ab – An – Or 图解: Tr. 奥长花岗岩; Tn. 英云闪长岩; Gd. 花 岗闪长岩; MG. 二长花岗岩; Gr. 花岗岩

Fig. 2 Classification diagrams of the Late Cretaceous granitoids

A. Na₂O + K₂O vs. SiO₂ diagram: 1 = olivine gabbro; 2a = alkaline gabbro; 2b = subalkaline gabbro; 3 = gabbro diorite; 4 = diorite; 5 = granodiorite; 6 = granite; 7 = quartzolite; 8 = monzogabbro; 9 = monzodiorite; 10 = monzonite; 11 = adamellite; 12 = syenite; 13 = feldspathoid gabbro; 14 = feldspathoid monzodiorite; 15 = feldspathoid monzosyenite; 16 = feldspathoid syenite; 17 = feldspathoid plutonite; 18 = tawite/ertite/italite; B. Ab - An - Or diagram: Tr = trondhjemite; Tn = tonalite; Gd = granodiorite; MG = adamellite; Gr = granite; \blacktriangle Late Cretaceous granitoids

2 花岗岩类地质地球化学特征

矿集区内晚白垩世花岗岩类主要受北西-南东 向构造的控制 在冈底斯岩浆弧中北部总体呈近东 西向延展,主要以岩基产出,少量呈岩株和岩滴状。 主要的岩石类型为闪长岩和花岗岩(图2),岩石组 合为闪长岩、石英闪长岩、似斑状黑云二长花岗岩 和黑云二长花岗岩。

花岗岩类 SiO₂ 含量介于 54.5% ~74.02% 之

间,平均值为65.5%,与中国花岗岩相比,略偏低, 属于中酸性岩范畴,以酸性岩为主。MgO 含量为 2.28%,CaO 为4.02%,均偏高,Al₂O₃平均含量为 15.35%。全碱含量(Na₂O + K₂O)介于4.16%~ 10.48%之间 à 值主要集中在1.13~2.61,AR 值主 要位于1.42~3.48 之间,属于高钾钙碱性岩石(图 3a、b),在SiO₂-AR 碱度划分图中,大部分投入钙碱 性区,少量投入碱性区内(图 3c)。CIPW 标准矿物 组合普遍为 Q、Or、Ab、An、Di、Hy,部分出现C分子



图 3 晚白垩世花岗岩类岩石系列图

a: AFM 图解; b: K₂O – SiO₂ 图解; c: AR – SiO₂ 图解; d: A/CNK – A/NK 图解. ▲闪长岩; ○石英闪长岩; □似斑状黑云二长花岗 岩; △黑云二长花岗岩

Fig. 3 Diagrams showing the rock series of the Late Cretaceous granitoids

a: A - F - M diagram; b: K₂O vs. SiO₂ diagram; c: AR vs. SiO₂ diagram; d: A/CNK vs. A/NK diagram. ▲ Diorite;
○ Quartz diorite; □ Porphyroid biotite adamellite; △ Biotite adamellite

显示铝过饱和特征,大部分还是显示准铝质特征 (图 3d)。

晚白垩世花岗岩类稀土总量 Σ REE 集中于 58.87×10⁶~233.8×10⁶范畴,平均值为 132.81× 10⁶,低于上地壳 Σ REE 平均值(210×10⁶)。 LREE/HREE为5.52~12.13 δ Eu 主要介于0.73~ 0.97 之间,平均值为0.88.显示铕亏损型,(La/ Yb)_N为8.26~40.96,轻稀土富集型,分布曲线右 倾(图4);(La/Sm)_N1.84~6.60,(Gd/Yb)_N1.24 ~2.72 表明轻稀土分异强烈,重稀土分异程度较 低。 δ Ce 介于1.92~1.06,平均值为0.99,为铈亏 损型,具弱负铈异常。汤氏图解中可以看出晚白垩 世花岗岩类富集 Th、Sr 等元素,亏损 Ba、Nb 等元素 (图5)。Rb_N/Yb_N大于1.强不相容元素富集型。

3 花岗岩类分类、岩浆来源及形成 条件 矿集区晚白垩世花岗岩类岩石组合为闪长岩-石英闪长岩-似斑状黑云二长花岗岩-黑云二长花岗 岩。通过 SiO₂-P₂O₅ 图解分析确定研究区大多数具 有 I 型花岗岩演化趋势,少数为 S 型(图 6),其副矿 物主要为磁铁矿、锆石和磷灰石。

晚白垩世花岗岩类稀土元素标准化球粒陨石 配分图解(图4)只存在微弱的负 Eu 异常,说明其源 区基本上没有斜长石的残留,便排除了源区是泥质 岩石或以斜长石为主的碎屑岩石的可能性^[14]。图 7a 显示晚白垩世花岗岩类的原岩以角闪岩为主,主 要产生 I 型花岗岩。Nb/Yb-Th/Yb 图解(图7b)中, 晚白垩世花岗岩类全部落入大陆边缘弧环境区域, 说明了岩浆原岩可能是来自于大陆弧环境。

Pitcher(1983) 认为,花岗岩的成因类型能够鉴别源岩和大地构造环境。I型花岗岩浆来源于会聚 板块边缘的陆壳下部,源岩可能是幔源底侵物质;S 型花岗岩是大陆碰撞带和克拉通韧性剪切带的产物, 网长带

石英闪长岩

五萬圓老祭

石英闪长岩

--石英闪长岩 --石英闪长岩

石英闪长岩

石英闪长岩 石英闪长岩

似斑状黑云二长花岗岩 似斑状黑云二长花岗岩

假班状黑云二长花岗岩

图 4 稀土元素球粒陨石标准化配分曲线(球粒陨石依据 Boynton 等,1984)

Dv

Fig. 4 Chondrite-normalized REE distribution patterns (chondrite values from Boynton et al. , 1984)



图 5 微量元素比值蛛网图(球粒陨石依据 Thompson ,1982) Fig. 5 Trace element spidergram (chondrite values from Thompson , 1982)

地壳构造加厚使深部温度升高,地壳物质发生重熔。Nb/Y-Ba以及Sr/Nd-Th/Yb图解(图7c、d) 说明晚白垩世花岗岩类继承了俯冲沉积物的特征。 对于大陆弧地区的角闪岩可以是来自于大量 MORB 的亏损软流圈地幔,也可以是来自于地壳(上地壳 或是下地壳)通过 Ba/Th-Ta/Yb 图解(图7e),看 出原岩主要是来自于地幔的熔体。研究表明高压 条件形成的熔体比低压条件形成的熔体的 Al₂O₃/ (TFeO + MgO + TiO₂)比值高,壳幔相互作用形成的 熔体介于两者之间(图 7f)。综上所述,晚白垩世花 岗岩类的岩浆是来源于壳幔相互作用产生的熔体。

在 Ta – Yb 判别图(图 8a) 中,投影点落入同碰 撞和火山弧花岗岩区域;在 R1-R2 多阳离子判别图 (图 8b) 中,投影点主要落入板块碰撞前区域(②) 和同碰撞区域(⑥)。上述花岗岩类构造判别图解 说明了研究区晚白垩世花岗岩类形成于同碰撞的 造山带环境。

锆石饱和温度的计算一般采用 Watson 等^[11]从 高温实验(700~1300℃)得出的锆石溶解度的模拟 公式:

(1) lnDZr (496000/熔体) = [-3.80-0.85(M-I)]+12900/T

这里 T 为绝对温度 D 为分配系数 将(1) 式整 理并换算成摄氏温度(℃) 后为

(2) tZr (°C) = { 12900/ [lnDZr(496000/熔体) + 0.85M + 2.95]} -273.15

令 Si + Al + Fe + Mg + Ca + Na + K + P = 1(原子 分数) 则全岩岩石化学参数 M = (2Ca + K + Na) / (Si × Al),若不作锆石中 Zr、Hf 的校正,纯锆石中的 Zr 含量为 496 000 × 10⁻⁶,由于锆石在花岗质岩石中 是副矿物,因此可用全岩的 Zr 含量近似代表熔体中 的 Zr 含量,由(2)式和全岩 M 和 Zr 值可计算熔体 锆石饱和温度。计算表明矿集区晚白垩世花岗岩 类得锆饱和温度介于 484℃ ~ 680℃之间,平均值为 600℃。由此可以得出晚白垩世花岗岩类结晶的平 均温度为 600℃。



图 6 花岗岩类的分类(图例见图 3)

Fig. 6 Diagrams showing the classification of the granitoids(symbols as in Fig. 3)

样品/球粒陨石

1000

La





a. $Al_2O_3/(FeO + MgO + TiO_2) - Al_2O_3/(FeO + MgO + TiO_2)$ 图解; b. Nb/Yb - Th/Yb 图解; c. Nb/Y - Ba 图解; d. Sr/Nd - Th/Yb 图解; e. Ba/Th-Ta/Yb 图解; f. $Al_2O_3 + TFeO + MgO + TiO_2 - Al_2O_3/(TFeO + MgO + TiO_2)$ 图解

Fig. 7 Sources and genesis of magmas

a. $Al_2O_3 + FeO + MgO + TiO_2$ vs. $Al_2O_3/(FeO + MgO + TiO_2)$ diagram; b. Nb/Yb vs. Th/Yb diagram; c. Nb/Y vs. Ba diagram; d. Sr/Nd vs. Th/Yb diagram; e. Ba/Th vs. Ta/Yb diagram; f. $Al_2O_3/(TFeO + MgO + TiO_2)$ vs. $Al_2O_3/(TFeO + MgO + TiO_2)$ diagram. \blacktriangle Late Cretaceous granitoids





a. Ta – Yb 图解: VAG. 火山弧花岗岩; syn-COLG. 同碰撞花岗岩; WPG. 板内花岗岩; ORG. 洋脊花岗岩; b. R1 – R2 多阳离子图解: R1 = 4Si-11(Na + K) -2(Fe + Ti) R2 = Al + 2Mg + 6Ca. ①-地幔分异; ②-板块碰撞前; ③-板块碰撞后抬升; ④-造山晚期的; ⑤-非造山的; ⑥同碰撞的; ⑦-造山期后的

Fig. 8 Discrimination diagrams for the tectonic interpretation of the Late Cretaceous granitoids a. Ta – Yb diagram: VAG = volcanic arc granite; syn-COLG = syn-collision granite; WPG = within plate granite; ORG = ocean ridge granite; b. R1 – R2 diagram: R1 = 4Si-11 (Na + K) -2 (Fe + Ti); R2 = Al + 2Mg + 6Ca. ① = mantle fractionates; ② = pre-plate collision; ③ = post-plate collision; ④ = late orogenic; ⑤ = anorogenic; ⑥ = syn-collision; ⑦ = post orogenic

5 讨论

5.1 成矿条件及控矿因素分析

地质构造背景是最重要的宏观控矿因素,不同 的地质构造背景决定了不同的岩石建造、造山作 用、历史演化及成矿作用。克鲁-冲木达矿集区位于 冈底斯南缘,是与弧火山作用有关的铜多金属矿集 区,其形成于弧-盆系统演化的俯冲-碰撞作用阶 段^[12]。近年来对冈底斯成矿带的研究已经取得了 重大的进展,揭示出冈底斯是一个具世界级规模的 铜、铁、多金属成矿带,在资源远景上,并不亚于藏 东"三江"和新疆东天山铜、多金属成矿带,而且可 以与世界上其它著名的铜、金多金属成矿带相 媲美^[13]。

克鲁-冲木达矿集区内分布的地层是以中生界 白垩系为主。弧后盆地则是中酸性火山碎屑岩建 造,更晚时期沉积的红色碎屑岩建造则为其上覆盖 层。海底火山熔浆组分、温度、埋藏深度以及上覆 海水厚度、围岩性质和裂隙发育性质的差异决定了 不同部位各种不同成矿组分在某个矿床中所占比 例也不一致。比马组钙碱性火山岩显示一个较完 整的以钙碱性系列为主体的岛弧火山岩系的活动 演化,为本矿带沉积-火山岩型矿床提供了主要的成 矿物质来源^[2]。 矿集区中的矿床(点)主要是沿着近东西向大 致平行的逆断层分布。区内的褶皱和推覆式的逆 断层为岩浆的运移、演化和物质的储存起了主导作 用。而次级的 NE、NW 向断裂构造及其复合交汇处 则是主要的赋矿场所^[2]。

矿集区内岩浆岩以燕山晚期和喜马拉雅期形成的中酸性岩浆岩为主。侵入岩主要是以 I 型的花 岗岩类,火山岩为一套中酸性的安山质岩石和火山 碎屑岩,其中具有岛弧性质的火山岩为铜多金属矿 床的形成提供了主要的物质来源。

5.2 花岗岩类成矿专属性

研究区花岗岩类主要为高钾钙碱性 I 型花岗 岩、少数属于 S 型花岗岩,显示了 Cu、Mo、Wu 等多 金属矿的成矿专属性,明显区别于 S 型花岗岩的矿 化特征^[7]。前人通过对钙碱性岩成矿作用的研究, 显示了钙碱性岩对 Cu、Mo、Fe、Pb、Zn、Au、W、Sn 等 成矿有控制作用^[7]。在图 9a 成矿判别图中 研究区 晚白垩世花岗岩类的成矿作用主要集中在似斑状 黑云二长花岗岩和黑云二长花岗岩阶段,部分闪长 岩和石英闪长岩岩体中也含矿。主要的矿化表现 为 Cu、Pb-Zn 和 Mo(图 9b、c)。微量元素 Yb-Sr 图 (图 9e)中晚白垩世花岗岩类主要分布在埃达克型 区域,说明晚白垩世花岗岩类与斑岩铜矿有关^[9], 具有 Cu-Mo 的成矿潜力(图 9d、f)。





a: SiO₂ - Al₂O₃ /(K₂O + Na₂O + CaO); b: SiO₂ - Na₂O + K₂O 图解; c: CaO - Na₂O + K₂O; d: SiO₂ - Fe₂O₃ / FeO 图解; e: Sr - Yb 图 解^[9]; f: SiO₂ - Na₂O + K₂O 图解^[10]

Fig. 9 Illustration showing the relationship between the granotoids and metallogenesis in the study area(symbols as in Fig. 3) a. SiO₂ vs. $Al_2O_3/(K_2O + Na_2O + CaO)$ diagram; b. SiO₂ vs. $Na_2O + K_2O$ diagram; c. CaO vs. $Na_2O + K_2O$ diagram; d. SiO₂ vs. Fe₂O₃/FeO diagram; e. Sr vs. Yb diagram(after Zhang Qi et al. , 2010); f. SiO₂ vs. $Na_2O + K_2O$ diagram(after Li Jinxiang et al. , 2006)

5.3 成矿潜力判别

克鲁-冲木达铜金矿化带已探明矿床有克鲁砂 卡岩型铜多金属矿、劣布铜-钼矿,冲木达铜-金矿等 矿床(点),与此类矿床有关花岗岩类主要为高钾钙 碱性 I 型花岗岩,其构造背景属于大陆碰撞环境,位 于拉达克-冈底斯-下察隅-墨脱构造岩浆亚带,花岗 岩类的类型具有明显的相似性。

克鲁-劣布-冲木达铜金矿化带 Cu、Au、Ag、Pb、

Zn 等元素的异常规模较大,强度较高,富集趋势明 显,局部叠加有 W、Sn 等元素,显示与花岗岩类有关 的成矿元素组合。李光明等(2004)认为矿床具多 期化特征,早期矿化与海相弧火山作用有关,形成 火山-沉积型铜金矿床,后期受岩浆-构造热液活动 的影响,形成呈透镜状产出的透闪石砂卡岩型富铜 矿体^[13]。这种以热液接触交代型成因为主的矽卡 岩矿床,同时可能伴有中低温热液蚀变型铜金矿 化,深部可能存在斑岩型铜、金矿化,有具有较好的 找矿远景。

6 结论

(1)克鲁-冲木达矿集区晚白垩世花岗岩类主要的岩石组合为闪长岩、石英闪长岩、似斑状黑云 二长花岗岩和黑云二长花岗岩,总体属于准铝质高 钾钙碱性I型花岗岩类。

(2)晚白垩世花岗岩类形成于同碰撞弧环境的 造山带环境,其岩浆活动发育于大陆碰撞环境,是 角闪岩部分熔融的产物。成岩平均温度为600℃。

(3) 克鲁-冲木达矿集区晚白垩世花岗岩类主 要表现为 Cu、Pb-Zn 和 Mo 的成矿组合 具有形成矽 卡岩型和斑岩型矿床的良好地质背景 具有很好的 找矿潜力。

致谢:由于篇幅有限,文中引用了1:25 万拉萨 市幅和泽当镇幅以及林芝县幅的区调数据没有一 一列出,特此致歉。感谢汪雄武老师和李光明老师 对本文提供的帮助和给予宝贵的修改意见。

参考文献:

[1] 侯增谦,王二七,莫宣学,等.青藏高原碰撞造山与成矿作用
 [M].北京:地质出版社 2008.

- [2] 王少怀 陈自康. 西藏克鲁一冲木达铜金矿带矿床地质特征及 其成矿规律[J]. 地质与勘探, 2003, 39(2):21-25.
- [3] 王少怀 陈自康. 西藏克鲁一冲木达矿集区资源潜力分析及找 矿方向[J]. 地质与勘探, 2006, 42(6):36-41.
- [4] 汪雄武,王晓地等.花岗岩成矿的几个判别标志[J].岩石矿物 学杂志 2002 21(2):55-56.
- [5] 汪雄武,王晓地等.花岗岩成矿的地球化学判别标志[J].华南 地质与矿产 2001 4:20 - 22.
- [6] 周遗军,黄华盛.论花岗岩的(金属)成矿专属性[J].黄金地 质,1997 3(4):24-26.
- [7] RAY G E , WEBSTER I C L. The geochemistry of mineralized skarns in british Columbia , in geological fieldwork 1994 , B. C.
 [J]. Ministry of Energy , Mines and Petroleum Resources , Paper , 1995 ,1:371 – 383.
- [8] 张克尧. 西藏扎囊县克鲁铜金矿找矿远景预测研究[J]. 福建 地质 2005.2:65-71.
- [9] 张旗 念惟俊 汪焰 等.花岗岩与金铜及钨锡成矿的关系[J]. 矿床地质 2010 29(5):729-759.
- [10] 李金祥 凑克章,李光明.富金斑岩铜矿床的基本特征、成矿物质来源与成矿高氧化岩浆-流体演化[J].岩石学报 2006, 22(3):679-688.
- [11] WATSON E B , HARRISON T M. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magmas types [J]. Earth and Planetary Science Letters , 1983 , 64(2): 295 – 304.
- [12] 李光明 潘桂棠. 西藏矿产资源远景评价与展望[J]. 资源科
 学 2002 24(4):16-22.
- [13] 李光明 潘桂棠,王高明,等.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) 2004, 31(1):22-27.
- [14] 张东阳 涨招崇,艾羽,等. 西天山莱历斯高尔一带铜(钼) 矿成矿斑岩年代学、地球化学及其意义[J]. 岩石学报 2009 25 (6):1319-1331.
- [15] 西藏自治区地质调查院. 西藏班拉萨市幅和泽当镇幅(1:25 万)区域地质调查报告[R]. 2007.
- [16] 云南省地质调查院. 西藏林芝县幅(1:25 万)区域地质调查 报告[R]. 2003.

LAN Shuang-shuang¹ , WANG Xiong-wu¹ , LI Guang-ming² , ZHANG Jun-cheng¹ , LEI Chuan-yang¹

(1. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: The Kelu-Chongmuda copper-gold ore district is sandwiched between Zhanang and Sangri in southern Xizang. The results of the geology, geochemistry, tectonic setting and metallogenic specialization of the Late Cretaceous granitoids in the Kelu-Chongmuda ore district led us to draw the following conclusions. (1) The Late Cretaceous granitoids consisting of diorite, quartz diorite and adamellite are assigned to the metaluminous high-potassium calc-alkaline I-type granites, and characterized by slightly differentiation and crystallization of plagioclase, enrichment of the elements Th and Sr, and depletion of the elements Ba and Nb. They are interpreted as the products from the partial melting of amphibolite in the orogenic zones. (2) The metallogenesis of the Late Cretaceous granitoids are mainly hosted in porphyroid biotite adamellite and biotite adamellite, locally in diorite and quartz diorite. The mineralization is chiefly manifested in the metallogenic potentiality of Cu, Pb-Zn and Mo.

Key words: Kelu-Chongmuda ore district; geology and geochemistry; Late Cretaceous granitoids; metallogenic condition; Xizang