金属矿产

西藏尕尔穷铜金矿金矿物特征研究

姚晓峰[1],唐菊兴[2,3],王　友[3],李志军[3],邓世林[3]

(1. 中国地质大学,北京　100083;2. 中国地质科学院矿产资源研究所 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室,北京　100037;3. 成都理工大学,四川成都　610059)

[摘　要]尕尔穷铜金矿床是班公湖-怒江成矿带西段第一个达到详查程度的矽卡岩型铜金矿床。通过对矿床中金矿物的电子显微镜观察和扫描电镜能谱分析,查明了金矿物的类型及赋存状态,划分了成矿阶段。研究表明,金矿物有银-金矿物系列、铜-金矿物系列和少量碲化物类,主要有自然金、银金矿、金银矿、铜质金银矿、铜金矿、铜质银金矿和碲金银矿。金矿物主要为显微金,呈独立矿物形式产出,可见裂隙金、晶隙金和包体金形式,其赋存状态简单,易于选出。矿区金矿化主要发生于热液期的石英-硫化物-金矿物阶段和方解石-金矿物阶段,前者主要形成铜-金系列和银-金系列,后者主要形成银-金系列矿物。硅化和碳酸盐化是金矿化的直接指示标志。

[关键词]尕尔穷铜金矿　金矿物　赋存状态　成矿阶段　找矿标志　西藏

[中图分类号]P618.51　　[文献标识码]A　[文章编号]0495-5331(2011)06-1018-8

Yao Xiao-feng, Tang Jv-xing, Wang You, Li Zhi-jun, Deng Shi-lin. Characteristics of gold-bearing minerals in the Ga'erqiong copper-gold deposit, Tibet[J]. Geology and Exploration, 2011, 47(6): 1018-1025.

尕尔穷矿区位于西藏冈底斯-念青唐古拉板片与南羌塘-三江复合板片缝合带西段,位于狮泉河晚燕山期结合带与冈底斯-念青唐古拉板片两大构造单元的交汇处。班怒带伴随中特提斯洋的演化,经历了洋壳向羌塘-三江复合板片和向冈底斯-念青唐古拉板片的双向俯冲,于北南两侧形成了羌南活动大陆边缘构造-岩浆弧和冈底斯北缘火山-岩浆弧,同时洋内的微弧地体与洋壳、以及它们之间的俯冲、碰撞及拼贴作用形成了多个岛弧链(秦克章等,2006;李光明等,2007)。

尕尔穷矿床位于西藏自治区阿里地区革吉县西约 33km 处,属革吉县革吉镇管辖,该矿床是班怒带西段第一个达到详查程度的矿床。本文通过对矿床的金矿物进行电子显微镜鉴定及扫描电镜能谱分析工作,重点研究了金矿物的物质成分和赋存状态,基于矿床特征确定金的矿化阶段,指出与金矿化有关的蚀变标志,为查明矿床的加工技术性能和寻找同类矿床指明了方向。

1　矿床地质概况

矿区出露地层有白垩系则弄群多爱组碳酸盐岩、火山碎屑岩和第四系。碳酸盐岩类在矿区分布广泛(图 1),以灰岩和大理岩主,是形成矽卡岩矿床有利的岩性条件。火山碎屑岩主要分布在矿区东部及南部(图 1),主要有火山凝灰岩、火山角砾岩和火山集块岩,为一套灰色、绿灰、紫色安山-英安质火山碎屑岩建造。第四系在矿床的西北和西南分布。

矿区构造主要为以断裂为主,主要有北东向(F1 断层)、北东向(F2 断层)和南北向(F3 断层)(图 1)。F1 断层具有明显的张性断层特征,性质不明,地表可见连续的构造角砾岩发育,角砾杂乱无序,无定向构造,其中可见褐铁矿化、赤铁矿化和孔雀石化发育,F1 断层与成矿关系较为密切。F2 断层展布于矿区北部,与 F1 走向近一致,其性质不明,该断层与矿体关系不明显。F3 断层展布于Ⅰ号矿体西部,具明显平移性质,该断层对矿体起到了破坏作用。

[收稿日期]2010-12-07;[修订日期]2011-04-06;[责任编辑]郝情情。

[基金项目]班怒成矿带西段铜金成矿背景与成矿条件研究(编号 201011013)、青藏专项(编号 1212010818089)、西藏卓朗基矿业投资有限公司详查项目资助。

[第一作者]姚晓峰(1986 年—),男,中国地质大学(北京)在读博士生,现从事矿床地质研究工作。E-mail:289332792@qq.com。

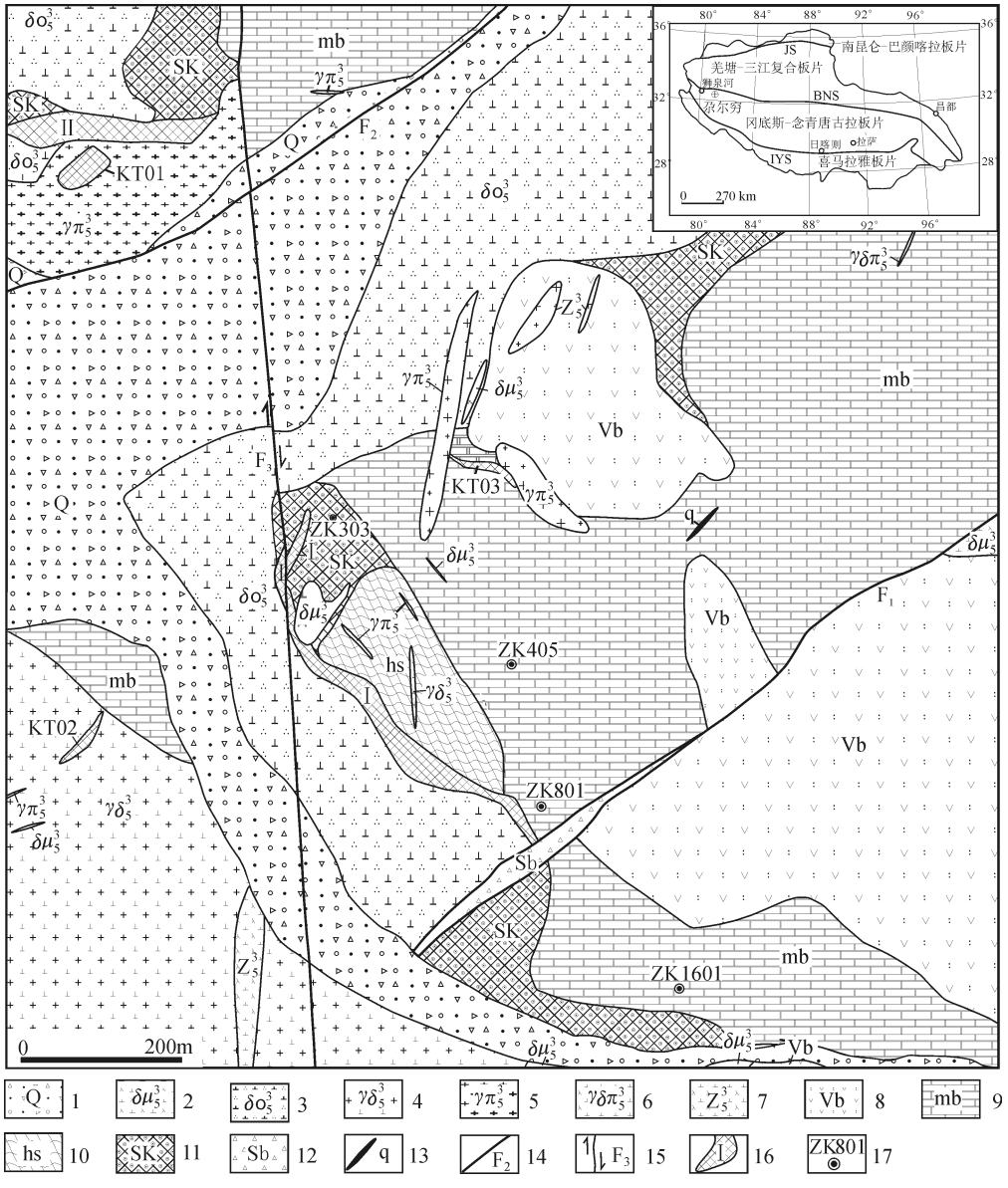

图 1　尕尔穷铜金矿床地质简图(据邓世林等,2011 修编)

Fig. 1　Geological sketch map of the Ga'erqiong copper-gold deposit (after Deng *et al.*, 2010)

1-第四系洪积物-坡积物;2-闪长玢岩;3-石英闪长岩;4-花岗闪长岩;5-花岗斑岩;6-花岗闪长斑岩;7-细晶岩;8-火山碎屑岩;9-大理岩;10-角岩;11-矽卡岩; 12-构造角砾岩;13-石英脉;14-性质不明断层及其编号; 15-平移断层及其编号;16-矿体及其编号;17-采样钻孔平面位置; IYS-雅鲁藏布江缝合带;BNS-班公湖-怒江缝合带;JS-金沙江缝合带

1-Quaternary diluvial-alluvial deposition; 2-diorite porphyrite; 3-quartz diorite; 4-granodiorite; 5-granite porphyry; 6-granodiorite porphyry; 7-granitine; 8-pyroclastic rock; 9-marble, 10-hornstone; 11-skarn; 12-tectonic breccia; 13-quartz vein; 14-nature-undetermined fault and number; 15-strike slip fault and number; 16-ore body and number; 17-planimetric position of hole the sample from; IYS-Indian river-Yaluzangbo suture zone; BNS-Bangonghu-Nu-jiang suture zone; JS-Jinshajiang suture zone

侵入岩在区内广泛分布,以岩株、岩枝和岩脉等形态产出,主要有花岗斑岩($\gamma\pi_5^3$)、石英闪长岩(δo_5^3)、闪长玢岩($\delta\mu_5^3$)、花岗闪长岩($\gamma\delta_5^3$)、花岗闪长斑岩($\gamma\delta\pi_5^3$)、细晶岩(Z_5^3)等多个侵入体(图 1)。石英闪长岩作为矽卡岩型矿体成矿母岩,主要呈岩株状产出。

尕尔穷矿区主要有两个矿体,I号矿体为受石英闪长岩和大理岩之间的接触带所控制,II号矿体主要

赋存于内矽卡岩中。此外,矿区石英闪长岩和大理岩接触带皆有不同程度的矽卡岩化及矿化发育。

2 矿石主要特征

尕尔穷矿区矿石中的主要有用元素为 Cu、Au,主要伴生组分为 Ag,其它的微量元素主要富集有 Co、Ga、Ni、Sn、Se、As、Sb、Bi、Hg 等。矿石类型根据氧化程度划分主要有原生硫化矿石和混合带矿石。

矿石中的矿石矿物常见的主要有黄铜矿、斑铜矿、赤铁矿、辉钼矿、方黄铜矿、金矿物、银矿物及铜矿物的次生矿物辉铜矿、孔雀石、蓝铜矿、蓝辉铜矿、铜蓝、自然铜和赤铜矿。脉石矿物要有石榴子石、透辉石、阳起石、透闪石、硅灰石、绿帘石、绿泥石、石英、方解石、黑云母、绢云母和金云母等。

矿石结构主要有结晶结构、交代结构、固溶体分离结构和表生结构四大类,结晶结构主要有自形结构、半自形粒状结构、他形粒状结构和包含结构,交代结构主要有交代残余结构、交代溶蚀结构、充填交代结构和反应边结构,固溶体分离结构主要表现为黄铜矿、斑铜矿互为主客晶形成格状、叶片状、蠕虫状和共边结构,表生结构主要有胶状结构和变胶状结构。矿石构造主要以浸染状和细脉-网脉状构造为主,其次可见块状构造、团块状构造和角砾状构造。

3 金矿物特征

3.1 金矿物类型

通过对 48 粒金矿物扫描电镜分析,尕尔穷矿区金矿物种类主要有银-金系列、铜-金(银)系列和碲化物类,银-金矿物系列占总粒数的 68.8%,铜-金系列占总粒数的 29.2%,碲化物主要有碲金银矿,含量较少。

银-金矿物系列主要包括自然金、银金矿和金银矿(表 1),其中部分样品中含有少量杂质 Fe、CaO。自然金占总粒数的 60.4%,主要呈金黄色和浓金黄色,其中金含量主要分布在 77.35% ~94.58% 之间,银含量在 2.74% ~20.52% 之间,由金、银相对含量求其平均化学式为 $Ag_{0.16}Au_{0.84}$。银金矿占总粒数的 6.3%,呈浅金黄色,略带绿色,其中金含量在 63.24% ~77.3% 之间,银含量在 20.94% ~31.83% 之间,由金、银相对含量求其平均化学式为 $Ag_{0.41}Au_{0.59}$。金银矿仅见一粒,淡黄色-黄白色,其中金含量为 44.5%,银含量为 55.5%,其化学式为 $Au_{0.31}Ag_{0.69}$。

根据蔡长金等对铜-金(银)系列矿物的命名和分类原则(蔡长金等,1994),矿床铜-金矿物系列主要有铜质金银矿、铜金矿和铜质银金矿(表 1),部分样品中含有 Fe 和 Cr 元素(表 1)。铜质金银矿仅见一粒,由铜、金、银相对含量求其平均化学式为 $Cu_{0.15}(Au_{0.33}, Ag_{0.67})_{1.00}$;铜金矿占总粒数的 16.7%,在镜下主要呈为亮铜黄红色,其中铜含量主要分布在 16.1% ~44.6% 之间,金含量主要分布在 55.4% ~79.75% 之间,银仅在 46、47 号样中检出,其含量分别为 1.09% 和 4.48%,由铜、金相对含量求其平均化学式为 $Au_{0.49}Cu_{0.51}$;铜质银金矿占 10.4%,在镜下主要呈橙红色,其中铜含量主要分布在 5.9% ~15.94% 之间,金含量主要分布在 55.58% ~67.95% 之间,银含量在 26.15% ~33.08% 之间,由铜、金、银相对含量求其平均化学式为 $Cu_{0.25}(Ag_{0.47}, Au_{0.53})_{1.00}$。铜-金矿物系列在大部分金矿床中较为少见,该矿物系列属于有限类质同象矿物系列(蔡长金等,1994),是温度在一定范围内降低的条件下,Au 与 Cu 易形成原子比为 3∶1、1∶1和 1∶3的不连续稳定化合物,它们之间存在混溶性间隔(蔡长金等,1994),其矿物形式受温度条件尤其是铜金元素之间的比例的制约。

表中 20 号样为碲金银矿,灰白色略带蓝色色调,化学式为 Ag_3AuTe_2。

3.2 金矿物赋存状态

通过对扫描电镜下 48 颗含金矿物进行观察统计,除去赋存于方解石中的一粒金矿物的粒度为 0.026μm×0.03μm,其余有 47 颗金矿物粒度范围在 0.18μm×0.25μm ~38.5μm×51.5μm(表 2),金矿物粒度以显微金为主(姚敬劬,1982)。

金矿物颗粒多为晶粒集合体,主要呈圆粒状(图 2-e)、薄板状(图 2-d)、絮状、岛湾状(图 2-b)、片状、长条状和不规则粒状产出(图 2-a,图2-f),部分金矿物晶面可见发育海绵状细小孔洞(图 2-c)。

金主要以裂隙金和晶隙金和包体金的形式分布于矿石中。裂隙金和晶隙金在原生带矿石中主要分布于石英、方解石、黄铜矿、辉铜矿的粒间、晶隙及裂隙中(图2-a,图2-b,图2-c),在混合带矿石中主要嵌布于铁质、硅质粘土状混合物和蜂窝状褐铁矿的颗粒间及孔洞中(图 2-c)。包体金主要呈圆粒状、麦粒状、不规则粒状嵌布在石英、方解石、辉铜矿中(图 2-e),少量呈连生体形式与辉铜矿等一起嵌布在脉石矿物中(图 2-f)。矿石中金的赋存状态简单,在选矿过程容易提取。

表 1　尕尔穷矿区金矿物成分扫描电镜能谱分析结果表

Table 1　SEM/ EDS analytical results of gold-bearing minerals from the Ga'erqiong copper-gold deposit

序号	样品编号	金属矿物	Au	Ag	Fe	Cu	O	Ca	Te	Cr
1	6#-(1)	自然金	79.87	18.55	1.58	—	—	—	—	—
2	6#-(2)	自然金	77.35	20.52	2.13	—	—	—	—	—
3	12#-(14)	自然金	88.75	11.25	—	—	—	—	—	—
4	12#-(08)	银金矿	63.24	31.83	3.82	1.11	—	—	—	—
5	12#-((21)	金银矿	44.5	55.5	—	—	—	—	—	—
6	16#-(1)	自然金	29.63	—	0.89	—	39.14	30.34	—	—
7	16#-(2)	自然金	54.14	—	—	—	28.5	17.35	—	—
8	16#-(3)	自然金	93.89	—	6.11	—	—	—	—	—
9	16#-(4)	自然金	77.51	19.83	2.65	—	—	—	—	—
10	16#-(5)	自然金	83.59	16.41	—	—	—	—	—	—
11	16#-(6)	自然金	85.5	14.5	—	—	—	—	—	—
12	16#-(7)	自然金	83.86	16.14	—	—	—	—	—	—
13	16#-(8)	自然金	91.25	8.75	—	—	—	—	—	—
14	22#-(3)	自然金	90.01	3.76	0.9	2.45	—	2.88	—	—
15	22#-(4)	自然金	83.49	7.36	8.3	0.85	—	—	—	—
16	22#-(5)	自然金	82.27	16.89	—	0.84	—	—	—	—
17	25#-(1)	自然金	80.83	19.17	—	—	—	—	—	—
18	25#-(2)	银金矿	77.3	20.94	1.76	—	—	—	—	—
19	25#-(3)	银金矿	69.59	27.51	1.38	1.52	—	—	—	—
20	25#-(4)	碲金银矿	29.86	36.92	3.95	2.08	—	—	27.18	—
21	37#-(1)	自然金	91.28	5.3	3.43	—	—	—	—	—
22	37#-(2)	自然金	64.31	2.74	30.76	2.18	—	—	—	—
23	37#-(3)	自然金	93.73	—	1.89	—	—	—	—	—
24	37#-(4)	自然金	78.67	3.94	5.8	—	—	—	9.97	—
25	37#-(5)	自然金	63.75	5.3	30.95	—	—	—	—	—
26	37#-(6)	自然金	93.71	4.4	1.89	—	—	—	—	—
27	37#-(7)	自然金	93.88	4.04	2.08	—	—	—	—	—
28	37#-(8)	自然金	94.01	3.36	2.63	—	—	—	—	—
29	37#-(9)	自然金	95	3.58	1.42	—	—	—	—	—
30	37#-(10)	自然金	93.73	4.02	2.25	—	—	—	—	—
31	37#-(11)	自然金	94.17	5.83	—	—	—	—	—	—
32	37#-(12)	自然金	94.58	3.89	1.53	—	—	—	—	—
33	37#-(13)	自然金	93.52	5.09	1.39	—	—	—	—	—
34	37#-(14)	自然金	94.42	3.21	1.63	—	—	—	—	—
35	22#-(14)	铜质金银矿	44.3	49.29	—	6.42	—	—	—	—
36	22#-(16)	铜金矿	55.4	—	—	44.6	—	—	—	—
37	12#-(1)	铜金矿	75.23	—	—	24.77	—	—	—	—
38	12#-(3)	铜金矿	71.2	—	0.71	28.1	—	—	—	—
39	12#-(4)	铜金矿	78.3	—	1.53	20.17	—	—	—	—
40	12#-(5)	铁质铜金矿	75.57	—	3.9	20.52	—	—	—	—
41	12#-(7)	铜质银金矿	55.58	28.48	—	15.94	—	—	—	—
42	12#-(8)	铜质银金矿	63.78	29.66	—	6.56	—	—	—	—
43	12#-(9)	铜质银金矿	54.59	33.08	—	12.33	—	—	—	—
44	12#-(11)	铜质银金矿	67.95	26.15	—	5.9	—	—	—	—
45	12#-(15)	铜质银金矿	62.59	29.93	—	6.19	—	—	—	1.29
46	12#-(17)	铜金矿	79.75	1.09	2.68	16.1	—	—	—	—
47	12#-(20)	铜金矿	75.89	4.48	—	19.63	—	—	—	—
48	12#-(23)	铜金矿	76.2	—	1.3	22.49	—	—	—	—

分析单位:国土资源部成都地质矿产研究所分析测试中心;测试时间:2010 年 4 月;分析者:徐金沙;仪器型号:SEM 日立 S-4800, 加速电压:20000V。

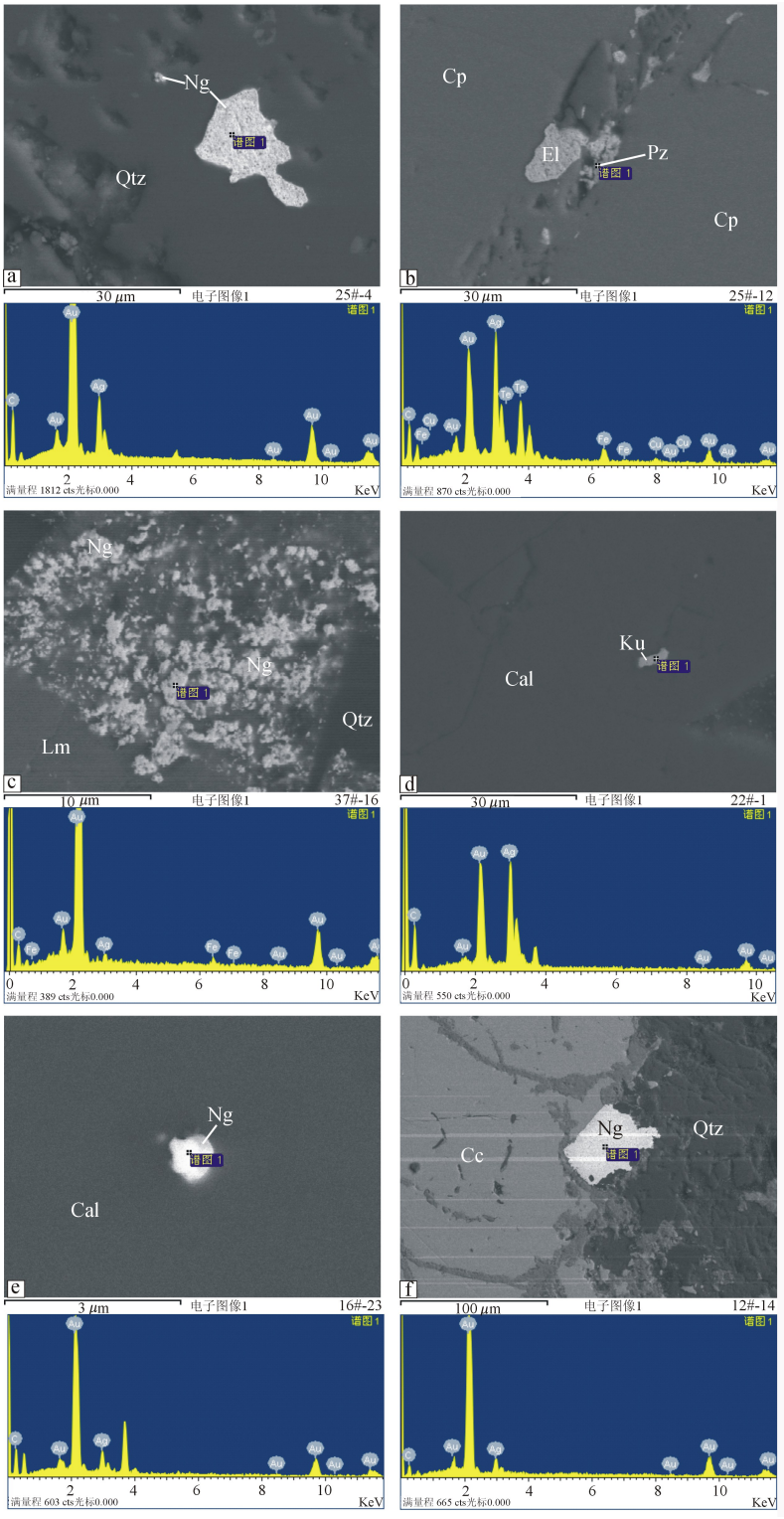

图 2　金矿物扫描电镜电子图像及能谱图

Fig. 2　SEM images and EDS spectra of gold-bearing minerals

a-自然金呈不规则粒状包于石英脉内；b-银金矿与碲金银矿连生呈不规则粒状集合体、岛湾状产于黄铜矿裂隙中；c-自然金呈浸染状产于石英脉中的褐铁矿基质颗粒间；d-金银矿呈薄板状产于方解石孔洞中，晶面发育少量微细小孔洞；e-自然金呈浑圆粒状被包裹于方解石内；f-自然金呈半自形粒状产于辉铜矿边缘，二者分布于石英脉中；Ng-自然金；Ku-金银矿；El-银金矿；Pz-碲金银矿；Cc-辉铜矿；Cp-黄铜矿；-Lm 褐铁矿；Qtz-石英；Cal-方解石

a-native gold of irregular grain included in the quartz vein; b-electrum together with petzite as an irregular aggregates occurring in the fracture of chalcopyrite grains; c-disseminated native gold hold in the space among limonite-matrix grains within quartz vein; d-lamellose kustelite hold in the calcite hole, with tiny hole on the crystal surface; e-native gold of round grain included in the calcite; f- native gold of semi-idiomorphic grain occurring in the edge of chalcocite grain within the quartz vein; Ng-native gold; Ku-kustelite-El- electrum; Pz- petzite; Cc-chalcocite ; Cp-chalcopyrite; Lm-limonite; Qtz-quartz; Cal-calcite

表 2　尕尔穷矿床金矿物粒度、赋存状态、矿物类型及形态统计表

Table 2　Statistics of gold-bearing minerals' granularity, occurrence, type and morphology in the Ga'erqiong copper-gold deposit

共生矿物		石英	方解石	铜矿物	铁质、硅质粘土矿物	褐铁矿
粒度范围		(0.4μm~38.5μm)×(1.95μm~51.5μm)	(0.026μm~5.3μm)×(0.03μm~8.1μm)	(0.94μm~6μm)×(1.8μm~47.3μm)	(0.47μm~11.8μm)×(0.76μm~15.5μm)	(0.26μm~2.4μm)×(0.97μm~3.5μm)
金矿物形态		不规则粒状、长条状、岛湾状	薄板状、不规则粒状、絮状、圆粒状、	不规则粒状、圆粒状、岛湾状	絮状、岛屿状、片状	絮状
赋存状态	裂隙金(%)	14.6	8.3	12.5	6.3	0
	晶隙金(%)	6.3	8.3	2.1	8.3	8.3
	包体金(%)	6.3	12.5	6.3	0	0
矿物类型	银-金系列(%)	22.9	20.8	6.3	8.3	10.4
	铜-金系列(%)	4.2	8.3	12.5	4.2	0
	碲化物类(%)	0	0	2	0	0

4　讨论

革吉县尕尔穷-嘎拉勒矿田是班公湖-怒江成矿带西段近年来新发现的矽卡岩型铜金矿田,两个矿区在空间上相距 13km,二者的成矿母岩同为七一桥浆混岩石系列。该系列岩浆岩在区域上分布范围较广,沿狮泉河近东西向展布,岩体出露面积约 648km^2,目前仅查明该两处矿产地与该岩石系列有关。七一桥浆混岩石系列具有壳幔混源的特征(姚晓峰等,2010),与其相关的铜、金矿产的形成是其具有岛弧印记的花岗岩成矿专属性的表现,研究与该花岗岩有关的矽卡岩型矿床铜、金矿化阶段及矿物组合特征具有重要指示意义。

尕尔穷铜金矿为受石英闪长岩-大理岩接触带所控制的矽卡岩型矿床,成矿期划分为矽卡岩期及热液期①。根据金矿物的共生矿物关系将热液期的矿化阶段主要划分为石英+硫化物+金矿物阶段和方解石+金矿物阶段,前者主要形成石英+金矿物(银-金系列、铜-金系列)和石英+硫化物(黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿)+金矿物(银-金系列、铜-金系列)的矿物组合,后者形成的硫化物少,且金矿物中铜-金系列远少于银-金系列,主要为方解石+银-金系列+少量铜-金系列的矿物组合(图 3)。

在矽卡岩矿床的岩浆热液初始阶段,Cu 和 Au 的容易形成含 Cl 络合物,Cl^-浓度越大,Cu 和 Au 的溶解度也越大,在发生热液发生气液分离时,二者趋于在气相中富集(Lanrence Robb,2005;卢焕章等,2004)。当温度降至 400℃以下时,Au 以二硫化物形式被流体螯合形成络合物(朱少峰等,2010)。随着温度的降低和流体和围岩的相互作用,Cu 和 Au 络合物陆续分解,同时温度的降低导致流体中 SiO_2 溶解度的大幅度降低而析出石英。热液中的 HCO_3^- 阴离子在金的热液运移过程中对金-硫络合物的具有一定的保护作用(陈光远等,1989),当热液中 CO_3^{-2} 大量的消耗形成 $CaCO_3$ 时,HCO_3^- 和 CO_3^{-2} 之间的可逆化学反应平衡打破,导致 Au-S 络合物的解离。虽然金、铜矿化受流体物理化学条件的制约情况有待进一步研究,但是硅化和碳酸盐化是与尕尔穷矽卡岩铜金矿床的直接的指示标志,对区域上类似矿床的发现具有指导意义。

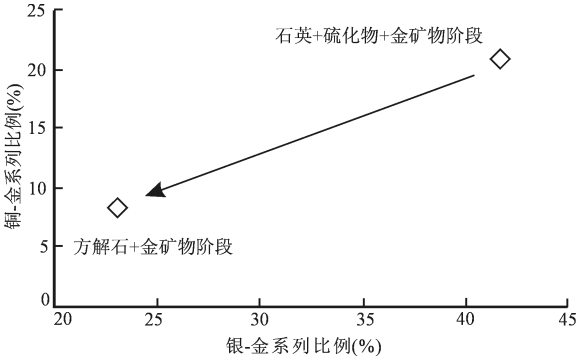

图 3　尕尔穷矿区石英硫化物阶段-碳酸盐阶段金矿物中铜-金系列、银-金系列比例变化图

Fig. 3　Diagram showing change of proportion of copper-gold series and silver-gold series minerals from quartz-sulfide to carbonate stages in the Ga'erqiong deposit

5　结论

(1) 矿区金的矿物形式主要以银-金系列和铜-金系列为主,其中以自然金、银金矿、铜金矿和铜质银金矿为主。

（2）金矿物以独立矿物形式产出，主要为显微金。金矿物颗粒多为晶粒集合体，主要呈圆粒状、薄板状、絮状、岛湾状、片状、长条状和不规则粒状产出。

（3）矿石中金以游离态的晶隙金、裂隙金和包体金形式产出，主要和石英脉、硫化物及方解石共生。金的赋存状态简单，易于在选矿过程中提取。

（4）金矿化主要形成于热液期的石英-硫化物-金矿物阶段和方解石+金矿物阶段，前一阶段形成铜-金矿物系列和银-金矿物系列，后一阶段形成银-金矿物系列和极少量的铜-金系列矿物。硅化和碳酸盐化是金矿化的直接找矿标志，在区域上具有一定的指示意义。

致谢：感谢西藏卓朗基矿业开发有限公司提供了大量的分析资料，并为作者的野外工作和室内工作提供了资助。感谢成都理工大学钟康惠教授和汪雄武教授的指导，感谢国土资源部成都地质矿产研究所分析测试中心徐金沙老师对分析测试工作的指导，感谢项目其他成员的支持与帮助！

［注释］

① 唐菊兴，李志军，刘文周，姚晓峰，邓世林，王 友，刘志博，杨毅，张志，胡正华，李建力 . 2009. 西藏自治区革吉县尕尔穷铜矿详查地质报告［R］.

［References］

Cai Chang-jin, Lu Rong-jun, Song Xiang-rong. 1994. The gold minerals in China［M］. Beijing: Metallurgical Industry Press: 7-89 (in Chinese)

Chen Guang-yuan, Shao Wei, Sun Dai-sheng. 1989. Genetic mineralogy of gold deposits in jiaodong region with emphasis on gold prospecting［M］. Chongqing: Chongqing Press: 133-134 (in Chinese)

Deng Shi-lin, Tang Ju-xing, Li Zhi-jun, Yao Xiao-feng, Wang You. 2011. Geochemical characteristics of rock mass in the Gaerqiong Cu-Au deposit, Tibet［J］. Journal of Chengdu University of Technology (Science and Technology Edition), 38(1): 74-81 (in Chinese with English abstract)

Hou Xian-hua, Luo Tian-ming, Wang Tie-jun, Zhang Hong-shan, Zhang Ke-hai. 2010. Characteristics of geology and geochemistry of the Yinggezhuang gold deposit in eastern Shandong province［J］. Geology and Exploration, 46(5): 0910-0920 (in Chinese with English abstract)

Lv Gu-xian, Kong Qin-cun. 1993. Geology on the Linglong-Jiaojia-type Gold deposit in the Jiaodong area, China ［M］. Beijing: Science Press: 140-170 (in Chinese)

Lang Xing-hai, Chen Yu-chuan, Tang Ju-xing, Li Zhi-jun, Huang Yong, Wang Cheng-hui, ChenYuan, Zhang Li. 2010. Characteristics of rock geochemistry of orebody No. I in the Xiongcun porphyry copper-gold metallogenic district, Xietongmen county, Tibet: Constraints on metallogenic tectonic settings［J］. Geology and Exploration, 46(5): 0887-0898 (in Chinese with English abstract)

Li Guang-ming, Li Jin-xiang, 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 Jin-xiang, Li Guang-ming, Qin Ke-zhang, Xiao Bo. 2008. Geochemistry of porphyries and volcanic rocks and ore-forming geochronology of Duobuza gold-rich porphyry copper deposit in Bangonghu belt, Tiber: Constraints on metallogenic tectonic settings［J］. Acta Petrologica Sinica, 24(3): 531-543 (in Chinese with English abstract)

Li Jin-xiang, Qin Ke-zhang, Li Guang-ming, Xiao Bo, Zhang Tian-ping, Lei Xiao-guang. 2008. Characteristics of rutiles from Duobuza gold-rich porphyry copper deposit in Bangong Lake Belt of northern Tibet and their significance［J］. Mineral deposit, 27(2): 209-219 (in Chinese with English abstract)

Lu Huan-zhang, Fan Hong-rui, Ni Pei, Ou Guang-xi, Shen Kun, Zhang Wen-zhun. 2004. Inclusions［M］. Beijing: Science Press: 209-219 (in Chinese)

Pan Gui-tang, Xu Qiang, Wang Li-quan. 2001. The Frame mechanism of multiple island arc-basin system in Tibetan Plateau ［J］ Journal of Mineralogy and Petrology, 21(3): 186-189 (in Chinese with English abstract)

Qu Xiao-ming, Xin Hong-bo. 2006. Ages and tectonic environment of the Bangong Co porphyry copper belt in western Tibet, China［J］Geological Bulletin of China, 25(7): 792-799 (in Chinese with English abstract)

Sun Yan, Wen Chun-qi, Duo Ji, Huo Yan. 2008. Occurrence of Au-Ag compounds in the Mayoumu gold deposit, Tibet［J］ Geology and Exploration, 44(5): 42-46 (in Chinese with English abstract)

Tang Ju-xing, Huang Yong, Li Zhi-jun, Deng Qi, Lang Xing-hai, Chen Yuan, Zhang Li. 2009. Element geochemical characteristics of Xiongcun Cu-Au deposit in Xaitongmoin County, Tibet［J］Mineral Geology, 28(1): 15-28 (in Chinese with English abstract)

Tang Ju-xing, Li Zhi-jun, Zhang Li, Huang Yong, Deng Qi, Lang Xing-hai. 2007. Geological characteristic of the Xiongcun type porphyry-epithermal copper-gold deposit［J］. Acta Mineralogica Sinica, Z1: 127-128 (in Chinese with English abstract)

Wang Yan-geng, Suo Shu-tian, Zhang Ming-fa. 1994. Tectonics and carlin-type gold deposit in southwestern Guizhou［M］. Beijing, Geological Press: 57-85 (in Chinese)

Wang You. 2010. Study on Ore Characteristic of Garjoan Copper-gold Deposit, Gejue County, Tibet［D］. Chengdu Univercity of technology: 54-64 (in Chinese with English abstract)

Wei Yong-fu, Xi You-shou, Yu Chang-tao, Zheng Ren-lai, Li Wen-kang. 1993. The metallogenetic regularity of gold deposits in Archean metamorphic rock in Chifeng-Chaoyang districts［M］. Beijing: Geological Press: 26-106 (in Chinese)

Yang Min-zhi, Lv Gu-xian. 1996. Geology on the Linglong-Jiaojia-type Gold deposit in the Jiaodong area, China ［M］. Beijing: Science Press: 57-85; 95-195 (in Chinese)

Yao Jin-qu. 1982. About disperse gold in colloid[J] Geology and Exploration, (8):30-33(in Chinese)

Yao Xiao-feng, Ye Tian-zhu, Tang Jv-xing, Li Zhij-un, Wang You, Deng Shi-lin. 2010. The study on the ore-bearing potential of ore-forming granite in Gaerqiong skarn-type Cu-Au deposit in western Tibet [A] The proceedings of the 10th Symposium on Mineral Deposits of China:1015-1016(in Chinese)

Zhao Yi-ming. 1990. The Skarn deposit in China [M]. Beijing: Geological Press:91-106(in Chinese)

Zhu Yong-feng, An Fang. 2010. Geochemistry of hydrothermal mineralizationg:Taking gold deposit as an example[J]. Earth Science Frontiers, 17(2):45-52(in Chinese with English abstract)

Lanrence Robb. 2005. The introductiong of ore-forming process[M] Australian, Blackwell Publishing company:96-106

[附中文参考文献]

蔡长金, 陆荣军, 宋湘荣. 1994. 中国金矿物志[M]. 北京:治金工业出版社:7-89

陈光远,邵　伟,孙岱生. 1989. 胶东金矿成因矿物学与找矿 [M]. 重庆:重庆出版社:133-134

邓世林,唐菊兴,钟康慧,姚晓峰,钟预锋. 2011. 尕尔穷铜金矿床岩体地球化学特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),待刊

侯献华,罗天明,王铁军,张洪山,张科海. 2010. 胶东英格庄矿床地质地球化学特征[J]. 地质与勘探,46(5):910-920

吕古贤,孔庆存. 1993 胶东玲珑—焦家式金矿地质[M]. 北京:科学出版社:140-170

郎兴海,陈毓川,唐菊兴,李志军,黄　勇,王成辉,陈　渊,张　丽. 2010. 西藏谢通门县雄村斑岩型铜金矿集区 I 号矿体的岩石地球化学特征:对成矿构造背景的约束[J]. 地质与勘探,46(5):887-898

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(5):935-952

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

李金祥,秦克章,李光明,肖　波,张天平,雷晓光. 2008. 西藏班公湖带多不杂富金斑岩铜矿床中金红石的特征及其意义[J]. 矿床地质,27(2):209-219

卢焕章,范洪瑞,倪　培,欧光习,沈　昆,张文淮. 2004. 流体包裹体[M]. 北京:科学出版社:209-219

潘桂棠,徐　强,王立全. 2001. 青藏高原多岛弧-盆系格局机制[J]. 矿物岩石. 21(3):186-189

曲晓明,辛洪波. 2006. 藏西班公湖斑岩铜矿带的形成时代与成矿构造环境[J]. 地质通报,25(7): 792-799

孙　燕,温春齐,多　吉,霍　艳. 2008. 西藏马攸木金矿床金银互化物的赋存状态[J]. 地质与勘探, 44(5):42-46

唐菊兴, 黄　勇, 李志军, 邓　起, 郎兴海, 陈　渊, 张　丽. 2009. 西藏谢通门县雄村铜金矿元素地球化学特征[J]. 矿床地质, 28(1): 15-28

唐菊兴,李志军,张　丽,黄　勇,邓　起,郎兴海. 2007. 雄村式斑岩型-浅成低温热液型铜金矿地质特征[J]. 矿物学报,Z1:127-128

王砚耕,索书田,张明发. 1994. 黔西南构造与卡林型金矿[M]. 北京,地质出版社:57-85

王　友. 2010,西藏革吉县尕尔穷铜金矿床矿石特征研究[D]. 成都:成都理工大学:54-64

韦永福,裘有守,余昌涛,郑人来,李文亢. 1993. 中国东部金矿地质研究文集[M]. 北京:地质出版社:26-106

杨敏之,吕古贤. 1996. 胶东绿岩带金矿地质地球化学[M]. 北京,地质出版社:57-85;95-195

姚敬劬. 1982. 关于胶体分散金[J]. 地质与勘探,(8):30-33

姚晓峰,叶天竺,唐菊兴,李志军,王　友,邓世林. 2010. 藏西尕尔穷矽卡岩型铜金矿床成矿岩浆岩含矿性研究[A]. 第十届全国矿床会议论文集:1015-1016

赵一鸣. 1990. 中国夕卡岩矿床 [M]. 北京:地质出版社:91-106

朱少峰,安　芳. 2010. 热液成矿作用与地球化学:以金矿为例[J]. 地学前缘,17(2):45-52

Characteristics of Gold-bearing Minerals in the Ga'erqiong Copper-Gold Deposit, Tibet

YAO Xiao-feng[1], TANG Jv-xing[2,3], WANG You[2], LI Zhi-jun[2], DENG Shi-lin[2]

(1. *China University of Geosciences, Beijing* 100083; 2. *MLR Key Laboratiory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing* 100037; 3. *Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan* 610059)

Abstract: The skarn-type Ga'erqiong copper-gold deposit is the first one in which a detailed survey was carried out in the western Banggonghu-Nujiang metallogenic belt. The purpose of this work is to determine the type and the occurrence of gold minerals and to divide the ore-forming phrase by electron microscope observation and scanning electronic microscope analysis. The result indicates that the gold-bearing minerals in the deposit involve Ag-Au mineral suite, Au-Cu mineral suite and few telluride, including native gold, electrum, kustelite, cuprian kustelite, cuproaurite, cuprian electrum and petzite. They are chiefly micro independent minerals. Occurring in the simple form of fissure gold, intercrystalline gold and inclusion gold, gold can be selected easily during the ore dressing. Within the hydrothermal phrase, the gold mineralization concentrated on the quartz-sulfide-gold and calcite-gold stage, in which Ag-Au and Au-Cu mineral suite formed in the earlier stage and Ag-Au mineral suite formed later. Solidification and carbonatization are direct indicators for the gold-mineralization in region.

Key words: Ga'erqiong copper-gold deposit, gold-bearing minerals, occurrence, ore-forming stages, prospecting indicator, Tibet