维普资讯 http://www.cqvip.com

第44卷 第5期
2008年9月

地质与勘探
GEOLOGY AND PROSPECTING

Vol. 44 No. 5
September, 2008

西藏马攸木金矿床金银互化物的赋存状态

孙 燕[1], 温春齐[1], 多 吉[2], 霍 艳[1]
(1. 成都理工大学,成都 610059;2. 西藏自治区地质矿产勘查开发局,拉萨 850000)

[摘 要]马攸木金矿床是西藏近年发现的首例规模较大、矿石品位富、金成色高的岩金矿床。作者通过对马攸木金矿床矿石组构、矿石共生组合及矿物特征研究发现,金银互化物主要有自然金、含银自然金、银金矿、自然银。载金矿物为黝铜矿、针铁矿、脆硫锑铅矿及石英;金银互化物的赋存形式主要为包裹体金、裂隙金及粒间金。金银互化物的形成、富集与热液成矿作用及表生风化作用关系密切。

[关键词]西藏 马攸木 金矿床 金银互化物 赋存状态
[中图分类号]P618.51;P618.52 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2008)05-0042-05

0 前言

西藏地处印度板块与欧亚板块接合部,位于阿尔卑斯—喜马拉雅巨型成矿带内,是青藏高原的主体。独特的地质构造环境使其具备了形成大型、超大型金矿床的成矿条件。由于工作条件限制,长期以来西藏地区金矿成矿地质条件及矿床成因研究程度相对较低,制约金矿的找矿工作。

马攸木金矿床位于西藏自治区普兰县,地理坐标为东经81°10′26″,北纬30°13′45″。通过对砂金异常的详细查证,共圈定砂金矿体十余条,仅Ⅰ号砂金矿体已达大型规模,储量居西藏自治区之首[1];而后对砂金矿床进行追踪溯源,在其源头发现了马攸木岩金矿床,是西藏近年发现的首例规模较大、矿石品位富、金成色高的岩金矿床,该矿床的发现和研究对西藏地区金矿的找矿及矿床研究有着重要的意义。文章从矿石组构、矿物共组合、金的赋存状态等方面进行研究,探讨了金银互化物的赋存状态与成矿作用之间的关系,为进一步研究该类型矿床的成因提供依据。

1 成矿地质背景

马攸木金矿床,大地构造位置位于冈底斯板块与喜马拉雅板块之间,地处冈底斯岛弧与雅鲁藏布江结合带,拉昂错—柴曲背斜核部。马攸木金矿床是近年发现的西藏首例规模较大、矿石品位富、金成色高的岩金矿床,具有很高的经济价值,同时该矿床的发现对西藏原生岩金的找矿和研究具有重大的理论和实际意义[2]。

矿区内出露地层主要有震旦-寒武系齐吾贡巴群[(Z-∈)*qw*],奥陶系幕霞群(O*mx*),三叠系上统修康群(T_3xk)及第四系,其产状近东西向。震旦-寒武系齐吾贡巴群[(Z-∈)*qw*]近东西向带状分布贯穿全区,是矿区最主要的岩金赋矿地层,其岩性主要为绢云母石英片岩、绢云母绿泥石片岩、二云石英片岩、白云母石英片岩、方解石片岩、石英千枚岩和细晶灰岩。奥陶系幕霞群(O*mx*)分布于矿区以南,岩性主要为灰色薄层状结晶灰岩、生物碎屑灰岩、泥质灰岩、板岩,偶夹灰绿色绢云母绿泥石片岩。三叠系上统修康群(T_3*xk*)分布矿区南部,岩性为铁质砂岩、薄层状结晶灰岩、含碳硅质板岩夹燧石条带、放射虫硅质岩、碧玉岩、含角砾安山岩等,与下伏奥陶系幕霞群呈断层接触,为岩金主要赋矿层位。第四系(Q)呈树枝状分布于支流河谷内,由河流冲积-洪积的碎屑物组成,普遍具砂金矿化,局部形成砂金矿床[2]。

矿床分布于拉昂错—柴曲背斜核部。该背斜核部为震旦-寒武系齐贡巴群绿泥石英片岩、绢云石英片岩、绢云母绿泥石方解石片岩等,是矿体主要赋存层位,两翼为上古生界和中生界。区内构造主要为近东西向、北东-南西向断裂;不同阶段,不同序次构造组成马攸木矿区基本构造格架(图1)。近东

[收稿日期]2007-07-18;[修订日期]2007-11-12。
[基金项目]国家自然科学基金(编号:40472058)资助。
[第一作者简介]孙 燕(1957年—),女,1982年毕业于成都地质学院,获硕士学位,副教授,现主要从事矿床学专业工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

西向断裂由F5、F6、F7、F8 4条压扭性断裂组成,为矿区主干构造,具有导矿特征,断裂呈近东西向似"S"型展布,由南向北近等间距分布,与地层产状一致,长约16km,断裂破碎带宽1~40m,除F8向北倾外其余均倾向南,倾角44°~70°。北东-南西向断裂由F1、F2、F3、F4、F11、F12组成,是近东西向断裂的次一级构造,与近东西向构造的复合型式多呈"入"字型,矿体多赋存于构造复合部位,为马攸木岩金矿区主要容矿构造,控制了矿体的规模和形态。构造破碎带规模不等,长度一般在2~6km,宽度变化大,一般在1~15m左右,除了个别断裂产状向北倾外,其余均向南倾,倾角一般在44°~55°。

区内燕山期-喜山期岩浆活动频繁,以中酸性-基性-超基性岩体及各种中酸性岩脉为主。基性-超基性岩主要分布于矿区所处的雅江缝合带西段南侧,部分分布于巴噶以北及公珠错东及西北。岩石类型有橄榄岩、蛇纹岩、二辉岩、辉绿岩和玄武岩类基性火山岩等。中酸性岩主要出露于公珠错以南及北西部和玉龙以北地区。岩石类型有安山岩、英安玢岩、闪长岩、闪长玢岩、花岗岩、花岗斑岩等[2]。

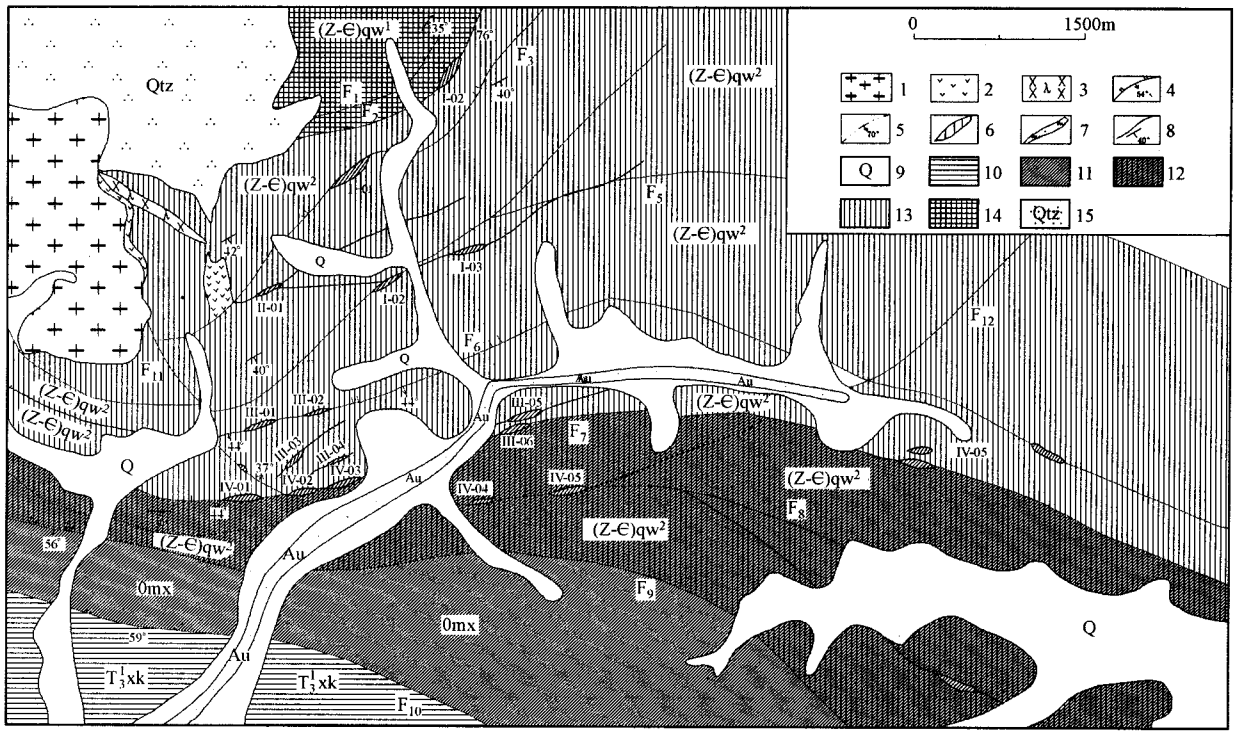

图1　马攸木金矿区地质略图[2]

1—喜马拉雅期花岗斑岩;2—安山岩;3—辉绿玢岩;4—逆断层、产状及编号;5—韧脆性断裂及产状;6—岩金矿体及编号;7—砂金矿体;8—地质界线及产状;9—第四系;10—三叠系修康群下段;11—奥陶系幕霞群;12—齐吾贡巴群第三岩段;13—齐吾贡巴群第二岩段;14—齐吾贡巴群第一岩段;15—石英岩

2　矿床特征

2.1　矿体特征

马攸木矿区自北向南分为Ⅰ-Ⅴ共5个矿带,目前主要对Ⅰ-Ⅳ矿带进行了勘查工作,目前发现矿体16个,其中规模较大的有8个,矿体形态主要呈透镜状、脉状和似层状[3];矿体产状变化较大,明显受断裂构造所控制。矿体长度一般较大,从50~712m。矿体厚度为0.86~8.00m,主要为1.40~3.50m。矿体金品位变化范围从2.23×10^{-6}~69.56×10^{-6},平均31.84×10^{-6},变化系数为61.23%①。

2.2　矿石组构

根据矿石的矿物成分,矿石类型分为次生氧化物——褐铁矿型和原生硫化物——硫盐型;矿石构造主要有金属矿物及风化次生矿物组成的块状、浸染状构造;含金石英脉及硫化物细脉组成的脉状、网脉状构造;硫化物在石英脉中或围岩中局部富集成

① 多吉,温春齐,等.西藏雅鲁藏布江缝合带西段热泉型金矿造矿靶区研究.西藏自治区地质矿产勘查开发局,2003.

维普资讯 http://www.cqvip.com

团块形成的斑杂状构造;金属硫化物风化后形成针铁矿、褐铁矿构成的蜂窝状、胶状构造;在构造破碎带中由构造运动形成的角砾状构造等。

矿石的结构有结晶作用形成的黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、方铅矿自形 - 半自形结构,自然金、自然银的它形粒状结构,黄铁矿与黄铜矿组成的共边结构;交代作用形成的赤铁矿沿磁铁矿颗粒边缘、铜蓝在黄铜矿颗粒边缘形成反应边结构,黄铜矿在黄铁矿中形成浸蚀结构,方铅矿从黄铁矿晶粒中心交代使黄铁矿呈骸晶结构,黄铁矿被针铁矿交代成破布状、孤岛状残余结构,赤铁矿具磁铁矿的粒状假象结构;固溶体分离作用形成闪锌矿在黄铜矿中形成乳浊状结构;风化作用使粒状黄铁矿形成次生胶状针铁矿形成的环状结构。

2.3 矿石成分

矿石单件样品含金一般为 $4.42\times10^{-6}\sim39.9\times10^{-6}$,高者达 $41.2\times10^{-6}\sim99.6\times10^{-6}$,捡块单件样品含金最高达 186×10^{-6},工程单件样品含金最高达 375×10^{-6}[①]。含金量较高的样品主要集中在变胶状、蜂窝状、浸染状矿石中,显示出金矿化的富集与风化作用之间的关系。金矿石中主要的伴生元素有 Ag、Cu、Pb、Zb、As、Sb、Hg 等。矿石中主要有用矿物为自然金、含银自然金、银金矿、自然银、褐铁矿(针铁矿、纤铁矿)、方铅矿等,次为黄铁矿、黄铜矿、脆硫锑铅矿、铜蓝、黝铜矿、硫锑铜银矿及少量斑铜矿、辉锑矿、蓝辉铜矿、蓝铜矿等。围岩蚀变类型主要有硅化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化、褐铁矿化等,矿化程度与蚀变强度成正比。从矿物组合上观察金矿化与硅化、褐铁矿化关系尤为密切。

3 自然金及载金矿物特征

3.1 自然金特征

自然界矿床中金 - 银常形成完全连续的二元固溶体系列矿物,通常由金、银自然元素及其互化物组成[3]。根据金银含量的不同,可包括自然金、含银自然金、银金矿、金银矿、含金自然银、自然银等几种典型的矿物[4]。通常同一个矿床中很少同时出现固溶体系列中所有典型组分。马攸木金矿床通过人工重砂、镜下光片鉴定,发现了自然金、含银自然金、银金矿、自然银等自然元素矿物及金银互化物。这些矿物主要呈显微不规则粒状赋存于氧化矿物针铁矿、纤铁矿及硫化物、硫盐矿物中,其次呈显微细脉赋存于硫化物及石英脉的裂隙中。自然金多与针铁矿、石英、黝铜矿、黄铁矿、方铅矿、脆硫锑铅矿等矿物共生。

矿石中自然金及金银互化物表面略粗糙,颜色根据其金银的含量不同呈现金黄 - 浅金黄色。形态为大小不等的不规则状、棱角状、长条状、浑圆状、片状、透镜状等形态。自然金的粒度大小不等,从显微细粒到肉眼可见的明金都有出现。目前观测自然金较大粒径为 0.30 ~ 1mm,较小粒度直径为 0.001mm,即粒度直径变化范围为 0.001 ~ 1mm。

表 1 马攸木金矿床 Au - Ag 完全固溶体系列矿物电子探针分析 ω_B/%

矿物	S	Fe	Cu	Zn	As	Sb	Ag	Au	成色/‰	晶体化学式
自然金	0.00	0.12	0.39	0.05	0.12	0.14	3.06	95.97	969	$Au_{93.98}Ag_{6.02}$
自然金	0.15	0.11	0.27	0.18	0.06	0.08	2.79	96.12	972	$Au_{94.94}Ag_{5.06}$
自然金	0.06	0.07	0.22	0.16	0.12	0.00	2.37	96.68	976	$Au_{95.71}Ag_{4.29}$
含银自然金	0.11	0,07	0.40	0.11	0.29	0.18	4.17	94.48	958	$Au_{92.55}Ag_{7.45}$
含银自然金	0.26	0.00	0.79	0.02	0.04	0.00	5.04	93.67	949	$Au_{91.0}Ag_{9.0}$
含银自然金	0.05	0.00	0.45	0.13	0.08	0.08	4.80	94.25	952	$Au_{91.48}Ag_{8.52}$
含银自然金	0.11	0.11	0.61	0.10	0.06	0.16	7.64	90.95	923	$Au_{86.70}Ag_{13.30}$
含银自然金	0.08	0.10	0.17	0.15	0.20	0.01	6.42	92.71	935	$Au_{88.78}Ag_{11.22}$
含银自然金	0.04	0.02	0.16	0.00	0.03	0.00	6.65	92.94	933	$Au_{88.39}Ag_{11.61}$
含银自然金	0.00	0.10	0.18	0.02	0.08	0.04	7.19	92.32	928	$Au_{87.50}Ag_{12.50}$
含银自然金	0.00	0.28	0.11	0.11	0.25	0.02	8.58	90.37	913	$Au_{85.16}Ag_{14.84}$
银金矿	0.16	0.19	0.17	0.13	0.08	0.11	10.40	88.68	895	$Au_{82.42}Ag_{17.58}$
银金矿	0.16	0.57	0.16	0.12	0.15	0.00	12.43	85.77	873	$Au_{79.06}Ag_{20.94}$
自然银	0.26	0.75	0.45	0.09	0.00	0.00	97.82	0.31	3.16	$Au_{0.15}Ag_{99.85}$
自然银	0.16	0.22	0.42	0.10	0.09	0.00	98.58	0.33	3.34	$Au_{0.17}Ag_{99.83}$

测试单位:中国地质科学院成都矿产综合利用研究所,2004。

金矿物的化学成分经电子探针(日本 JXA - 733 型)测试(表 1)表明,马攸木金矿床的金矿物以自然金、含银自然金为主,少量银金矿和自然银。其特点是成色较高 976 ~ 873,含杂质较少,成色随矿物中

① 多吉,温春齐,等. 西藏雅鲁藏布江缝合带西段热泉型金矿造矿靶区研究. 西藏自治区地质矿产勘查开发局, 2003.

维普资讯 http://www.cqvip.com

银的含量增加而减少。此外,氧化带中与次生风化矿物共生的自然金成色较高,这与在表生成矿作用包括含金岩石风化(红土化)过程中金的地球化学迁移再富集有关[5]。在许多含金硫化物矿床的氧化带中自然金的成色高于原生金,前者一般为900－999,后者一般为700－925[6]。我国铜陵地区含金硫化物矿床氧化带中也有金成色增高的现象,原生金成色一般为786－859,氧化带为900—941[7][8]。

3.2　载金矿物特征

通过镜下观察查明矿床中主要载金矿物黝铜矿、针铁矿、脆硫锑铅矿、石英等。为了查明金载矿石中的赋存状态,我们对主要载金矿物的特征进行了较为详细的工作。

3.2.1　*黝铜矿*

黝铜矿是矿石中主要的载金矿物,镜下观察以它形粒状集合体为主,反射色灰白色,中等硬度,均质性。在氧化作用下黝铜矿铜兰化强烈,颗粒周围普遍具有铜兰反应边或粒间裂隙中形成铜兰细脉或网脉。自然金常产于黝铜矿颗粒中,形成包裹体,或在黝铜矿微裂隙中形成裂隙金。

经电子探针分析黝铜矿中普遍含金、银,尤其含银量较高(表2),为0.24%～3.46%,平均含银1.48%。

表2　黝铜矿电子探针分析　　ω_B/%

序号	S	Fe	Cu	Co	Ni	Zn	As	Sb	Pb	Ag	Au
1	25.07	2.48	36.96	0.01	0.00	4.96	2.59	26.54	0.00	1.21	0.18
2	24.66	2.41	39.39	0.00	0.00	5.52	2.53	24.69	0.00	0.80	0.00
3	24.23	2.69	37.74	0.04	0.02	4.34	0.98	26.40	0.11	3.46	0.00
4	24.86	2.19	38.29	0.00	0.01	5.20	2.58	24.78	0.19	1.72	0.17
5	24.56	3.09	39.82	0.07	0.10	4.51	1.32	25.92	0.08	0.24	0.29

测试单位:中国地质科学院成都矿产综合利用研究所,2004。

3.2.2　*针铁矿*

针铁矿也是矿石中主要的载金矿物,反射色灰色微带蓝色,内反射明显呈红色,高硬度,非均质性显著。根据产出形态不同分为两种类型:一是半自形放射状、针状集合体;其二为胶状集合体,围绕黄铁矿颗粒周围形成环状,自然金常分布在胶状针铁矿中,且粒度较粗0.1～0.4mm;针铁矿主要为黄铁矿之风化产物,而自然金分布其中,是在风化作用中富集形成。

经电子探针分析针铁矿中普遍含金(表3),含金量0.19%～0.35%,平均含金0.23%。氧化带中的自然金与针铁矿紧密共生,成因关系密切。

表3　针铁矿电子探针分析　　ω_B/%

序号	Fe_2O_3	MnO	TiO_2	Cr_2O_3	Au	V_2O_5
1	82.50	0.00	0.05	0.03	0.27	0.00
2	85.04	0.03	0.02	0.01	0.22	0.00
3	82.31	0.00	0.05	0.10	0.35	0.03
4	84.23	0.00	0.08	0.00	0.16	0.00
5	76.50	0.00	0.00	0.03	0.19	0.00

测试单位:中国地质科学院成都矿产综合利用研究所,2004。

3.2.3　*脆硫锑铅矿*

脆硫锑铅矿也是矿石中主要的载金矿物之一。反射色为亮白色,多色性明显,非均质性强,中等硬度。晶形有它形粒状、半自形针状、纤维状、板状集合体。受应力作用,脆硫锑铅矿揉皱、压碎结构发育,自然金常产出于其裂隙中,通常粒度较小0.01～0.05mm。

经电子探针分析脆硫锑铅矿中普遍含金、银(表4),含金量0.11%～0.49%,平均含金0.27%,含铜少量。

3.2.4　石英

石英是矿石中主要的载金脉石矿物,由于含铜硫化物的风化,孔雀石化明显,具绿色内反射色。自然金在石英中产出有两种状态,一是被石英包裹,在石英中呈浑圆状和不规则状,早于石英形成。其二产于石英裂隙中呈细脉状,形成晚于石英。

表4　脆硫锑铅矿电子探针分析　　ω_B/%

序号	S	Fe	Cu	Co	Ni	Zn	As	Sb	Pb	Ag	Au
1	17.92	0.06	0.02	0.05	0.08	0.04	0.51	25.73	55.24	0.00	0.36
2	17.86	0.07	0.29	0.12	0.09	0.08	0.23	23.96	57.01	0.20	0.11
3	16.84	0.10	1.28	0.00	0.05	0.11	0.11	19.11	62.17	0.09	0.13
4	15.84	0.11	1.25	0.07	0.04	0.09	0.06	17.46	64.39	0.21	0.49

测试单位:中国地质科学院成都矿产综合利用研究所,2004。

维普资讯 http://www.cqvip.com

4 金的赋存状态

马攸木金矿床自然金在矿石中以独立矿物为主要存在形式,极少数以类质同象方式存在于矿物晶格中。根据产出特征及与其共生或伴生矿物间的关系,可分为包裹体金、裂隙金、粒间金 3 种。

4.1 包裹体金

自然金为大小不等的不规则粒状,被黝铜矿、针铁矿、石英等矿物所包裹,自然金多呈单体,形态各异。黝铜矿、针铁矿中的自然金粒度较粗,粒径 0.5 ~0.05mm。石英是主要的载金脉石矿物,自然金常呈浑圆状被其包裹。从自然金与其共生的载金矿物产出关系分析,自然金应形成于先,而后被包裹。包裹体金是矿石中自然金的主要赋存形式之一。

4.2 裂隙金

受构造运动应力作用,岩石、矿物中常形成裂隙,黝铜矿、脆硫锑铅矿、石英颗粒中的裂隙常被后期形成的自然金充填,形成自然金细脉或网脉,具热液作用的特点。黝铜矿中的裂隙金常与铜兰伴生。裂隙金的成色往往较包裹体金低,自然银含量相对高,石英裂隙中还发现细脉状自然银。反映出成矿热液中银的含量较高,热液成矿作用中在早期形成的岩石、矿物裂隙中充填形成金银互化物:含银自然金、银金矿及自然银。从与载金矿物共生关系分析,裂隙金银互化物形成晚于载金矿物。裂隙金也是矿石中自然金及金银互化物的主要赋存形式。

4.3 粒间金

在镜下观察中发现少量自然金赋存于矿物颗粒间形成粒间金。粒间金可形成于同种矿物颗粒间如黝铜矿粒间,也可产于不同的矿物颗粒之间如石英与黝铜矿颗粒间。

5 结论

通过马攸木金矿床矿石组构及矿物共生组合的研究,显示出矿床的形成至少经历了热液成矿期、风化成矿期。特别是金的富集和高成色与褐铁矿化关系密切,表生环境下金富集方式主要有矿物吸附、氧化还原界面处被 Fe^{2+}、Mn^{2+} 还原以及不同性质流体混合[9],其成因还有待进一步研究。此类金矿床与铁帽型金矿床一样,都具有埋藏浅、易采、易选的特点[10]。矿石中主要载金矿物有黝铜矿、脆硫锑铅矿、针铁矿、石英。矿石中的金银互化物主要有自然金、含银自然金,其次有银金矿及自然银。金的成色随含银量的增加而减少。金银互化物的赋存形式有包裹体金、裂隙金、粒间金 3 种,其中以包裹体金、裂隙金为主。

[参考文献]

[1] 胡 朋,聂凤军,江思宏.西藏马攸木金矿松托嘎岩体锆石 SHR IM P 年龄及其地质意义[J].地质论评,2006,52(2):276 -281

[2] 温春齐.西藏马攸木金矿床的发现及意义[J].成都理工大学(自然科学版),2003,30(3):253 -259.

[3] 温春齐,多 吉,范小平.西藏马攸木金矿床地质特征及成因初探[J].成都理工大学学报(自然科学版),2006,32(4):122 -132.

[4] 帅德权,张兴润,胡世华.金银矿石学[M].成都:成都科技大学出版社,1995:44 -58.

[5] H L Barnes.周树强.热液矿床地球化学(下册)[M].北京:地质出版社,1985:45 -78

[6] Boyle R w. The geochemistry of gold and its deposits[J]. Geol. Surv. Bull. Canady. 1979,4:584 -586

[7] 刘成刚.安徽铜陵地区含金硫化物矿床氧化带中金的成色特征[A].全国第四届矿物岩石地球化学学术讨论会论文摘要汇编[C],1991,4:584 -586.

[8] 任云生,刘连登,陈国华等,铜陵朝山金矿床矿石特征与金的赋存状态研究[J].地质与勘探,2007,43(3):60 -64.

[9] 高帮飞,王庆飞,刘 琰 等.中国南方红土型金成矿系列研究综述[J].地质与勘探,2006,42(3):1 -7.

[10] 邵晓东,李景春.中国金矿床主要工业类型及其分布特征[J].贵金属地质,2000,9(3):166 -169.

OCCURRENCE OF Au - Ag COMPOUNDS IN THE MAYOUMU GOLD DEPOSIT, TIBET

SUN Yan[1], WEN Chun - qi[1], DUO Ji[2], HUO Yan[1]

(1. *Chengdu University of Technology, Chengdu* 610059;

2. *Tibet Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Tibet* 850000)

Abstract: Mayoumu gold deposit is the first magmatic gold ore deposit in Tibet with larger scale, rich grade and high quality. According to ore texture, ore para - generation and mineral characters, Au - Ag compounds include native gold, electrum and native silver. Gold - bearing minerals are tetrahedrite, goethite, jamesonite and quartz. Occurrence of Au - Ag compounds are mainly inclusion, fracture and intergranular gold. The formation of Au - Ag compound is related with hydrothermal mineralization and weathering effect.

Key words: Tibet, Mayoumu, gold deposit, Au - Ag compounds, occurrence