[文章编号] 1671-9727(2011)01-0103-10

西藏甲玛铜多金属矿床主要矿石矿物特征

王 焕[1] 唐菊兴[1] 应立娟[1] 王立强[1] 秦志鹏[2]
(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059)

[摘要] 采用镜下鉴定及电子探针方法,研究西藏甲玛铜多金属矿床主要矿石矿物特征。显微镜鉴定结果表明,矿石结构主要为结晶结构、交代结构及固溶体分离结构;矿石构造以细脉浸染状构造为主,中等浸染状、稠密浸染状、块状构造次之。矿石类型较为复杂,以原生硫化物矿石为主,次为氧化物矿石和混合型矿石。据赋矿岩石不同可将矿石划分为夕卡岩型、角岩型;据矿床矿石矿物组合可将矿石划分为方铅矿-闪锌矿矿石、黄铜矿-辉钼矿矿石、辉钼矿矿石、黄铜矿矿石、黄铜矿-斑铜矿矿石、黄铜矿-斑铜矿-黝铜矿矿石 6 种类型,且此 6 种矿石类型在垂向上自上到下呈现依次过渡的趋势。矿石矿物的电子探针数据分析表明,矿石有用组分主要为铜、钼、铅、锌,此外伴生有丰富的银、金等元素。初步厘定了矿床成矿期次,进一步明确了矿床类型属夕卡岩型-角岩型矿床。

[关键词] 夕卡岩型;角岩型;矿石矿物;甲玛铜多金属矿床;西藏
[分类号] P618.41 [文献标识码] A

西藏甲玛铜多金属矿床位于西藏拉萨市以东墨竹工卡县境内,矿区距拉萨市区约 90 km。甲玛铜多金属矿床构造上位于西藏特提斯构造域冈底斯-念青唐古拉(地体)板片中南部。2008~2010 年勘探成果表明,甲玛铜多金属矿床具储量大、品位高、伴生有益组分多等特点,因此成为西藏目前最具有经济价值的矿床之一。然而,对于甲玛铜多金属矿床成因问题,尚存在"海底喷流成因"和"岩浆热液成因"之争[1~7]。本文以甲玛矿区矿石露头及钻孔岩心中矿石矿物即主要金属硫化物为研究对象,通过详细、系统的宏观和微观鉴定分析以及电子探针成分分析等研究工作,重点对矿石类型、矿石矿物成分、组构、生成顺序等进行研究,以期为矿床成因提供矿物学依据。

1 矿床地质特征

甲玛矿区出露地层主要为被动陆缘环境形成的一套碎屑岩-碳酸岩系,包括上侏罗统多底沟组(J_3d),下白垩统林布宗组(K_1l)以及第四系(Q)。其中,多底沟组是夕卡岩矿体的底板,主要为一套灰黑色中厚层灰岩,在矿区内大理岩化强烈。林布宗组是夕卡岩型矿体的顶板角岩型矿体的赋矿岩石,上部为灰、暗灰色砂岩和板岩互层,夹有安山质凝灰岩及凝灰质砂岩;下部为灰黑色粉砂岩夹碳质泥页岩、黑色斑点板岩及灰白色绢云母板岩,在矿区范围内普遍发育较强的角岩化。第四系主要为沿缓坡分布的残坡积物和沿沟谷分布的冰水冲、洪积物(图 1)。矿区的夕卡岩型主矿体就位于林布宗组岩体与多底沟组接触带以及岩浆热液导通的多底沟组和林布宗组的层间扩容空间;角岩型矿体主要产于林布宗组角岩中。

甲玛铜多金属矿区主要由夕卡岩型铜钼多金属矿体和角岩型钼铜多金属矿体组成。夕卡岩型矿体由 1 个主矿体和 8 个透镜状小矿体组成,其中主矿体形态以层状、似层状为主;角岩型矿体为厚大的"筒状"矿体(在 16 号勘探线上矿体分布尤

[收稿日期] 2010-10-09
[基金项目] 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(K0911);国土资源地质大调查项目(1212010733803);国家科技支撑项目(2006BAB01A01);青藏专项(1212010818089)
[作者简介] 王焕(1983-),女,硕士研究生,主要研究方向:矿物学,E-mail:wanghuan0920@tom.com。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

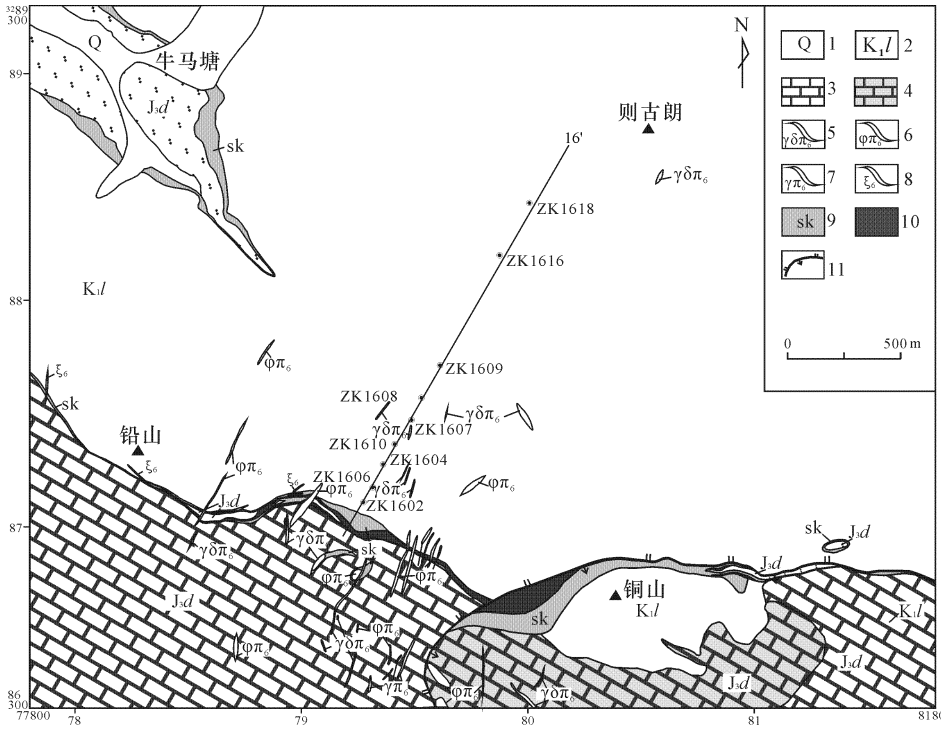


图 **1** 甲玛铜多金属矿床地质简图

Fig. 1 Simplified geological map of the Jiama Cu-polymetallic ore deposit

(据唐菊兴等,2008,有修改)

1. 第四系; 2. 林布宗组砂板岩、角岩; 3. 多底沟组灰岩、大理岩; 4. 夕卡岩化大理岩; 5. 喜马拉雅晚期花岗闪长斑岩脉; 6. 喜马拉雅晚期石英钠长斑岩脉; 7. 喜马拉雅晚期花岗斑岩脉; 8. 喜马拉雅晚期细晶岩脉; 9. 夕卡岩; 10. 夕卡岩型矿体; 11. 滑覆构造断裂; 12. 见矿钻孔工程; 13. 未见矿钻孔工程

为典型,包括主矿体和 5 个小矿体,图 2)。矿区主矿体受多底沟组与林布宗组的层间构造及甲玛 – 卡军果推覆构造体系的控制,其他小矿体受滑覆构造控制。矿区蚀变发育,主要蚀变类型包括夕卡岩化、角岩化、绢云母化、硅化、大理岩化、绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化及泥化等,其中以夕卡岩化、角岩化、绢云母化、硅化、大理岩化为主;碳酸盐化和泥化为后期蚀变,不同程度叠加于其

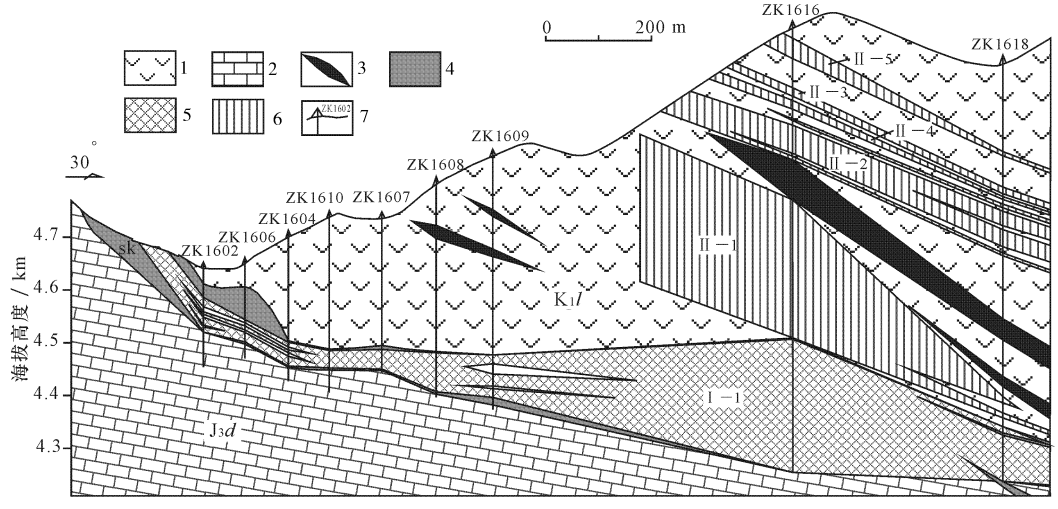


图 **2** 甲玛铜多金属矿床 16 号勘探线剖面图

Fig. 2 Profile along No. 16 exploration line in the Jiama Cu-polymetallic ore deposit

(据唐菊兴等,2010)

1. 林布宗组砂板岩; 2. 多底沟组灰岩; 3. 花岗斑岩脉; 4. 夕卡岩; 5. 夕卡岩型铜多金属矿体; 6. 角岩型钼(铜)矿体; 7. 钻孔位置及编号

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

他蚀变之上。详细的野外露头观察及钻孔编录资料表明, 矿床蚀变分带较为明显, 垂向上由上向下蚀变分带依次为: 绢云母化→角岩化→硅化→夕卡岩化→大理岩化, 其中夕卡岩化、硅化与成矿关系最为密切。

2　矿石类型

根据矿床主要赋矿岩石可将矿石类型划分为夕卡岩型和角岩型。按照主要有用金属矿物及组合对矿石进行分类, 主要类型有: 黄铜矿矿石、方铅矿-闪锌矿矿石和黄铜矿-辉钼矿矿石; 次要类型为: 黄铜矿-斑铜矿-黝铜矿矿石、黄铜矿-黄铁矿矿石、辉钼矿矿石等。上述各种矿石类型在矿床中的分布关系见图 3。

方铅矿-闪锌矿矿石以方铅矿、闪锌矿为主要金属矿物, 铅、锌品位很高, 铜矿物含量较少。二者常呈共(伴)生关系, 主要呈致密块状、稀疏浸染状等产于角岩矿体中(图 4-A), 集中分布于整个矿床的上部。

黄铜矿-黄铁矿矿石以黄铜矿、黄铁矿为主要金属矿物, 铜品位一般。主要分布在硅化角岩矿体中, 不均匀分布。黄铜矿以细粒星散状、团斑状或细脉状形式产于硅化石英脉及角岩裂隙中; 黄铁矿主要产于硅化石英脉中, 呈脉状或者小团斑状。

黄铜矿-辉钼矿矿石以黄铜矿、辉钼矿为主要金属矿物, 铜、钼品位较高。主要分布在夕卡岩矿体的上部, 黄铜矿多以团斑状(图 4-B)、浸染状等形式产出; 辉钼矿呈稠密浸染状、密集鳞片状等不均匀产于夕卡岩中。

辉钼矿矿石以辉钼矿为主要金属矿物, 其他金属矿物含量极少, 钼品位高。辉钼矿在硅化角岩和夕卡岩中均有产出, 而以硅化角岩中辉钼矿含量较高。硅化角岩中辉钼矿主要产出形式为硅化石英脉中的细粒脉状(图 4-C)、星散状及沿角岩裂隙面和层间薄弱面产出的粒度较粗的浸染状、鳞片团斑状; 夕卡岩矿石中主要为细粒团斑状和浸染状辉钼矿, 偶见鳞片状辉钼矿。

黄铜矿矿石以黄铜矿为主要金属矿物, 铜品位最高。主要产于夕卡岩矿体中, 而以石榴子石夕卡岩中黄铜矿含量较高。黄铜矿呈块状、稀疏浸染状和稠密浸染状产出, 即夕卡岩中部石榴子石夕卡岩为最主要的黄铜矿矿体。其所含主要矿石矿物除黄铜矿之外, 还含有少量斑铜矿、黝铜矿、黄铁矿等。

黄铜矿-斑铜矿-黝铜矿矿石以黄铜矿、斑铜矿、黝铜矿为主, 铜品位高。主要分布在夕卡岩矿体中下部, 集中产于硅灰石夕卡岩中。三者相互为共生关系(图 4-D), 更多的是两两矿物共生, 呈团块状、稀疏浸染状、脉状等。

以上 6 种矿石类型在矿床垂向上显示出矿化分带规律, 由顶部至底部呈渐变关系, 没有明显的界线, 有过渡阶段, 进而形成角岩型-夕卡岩型矿体。

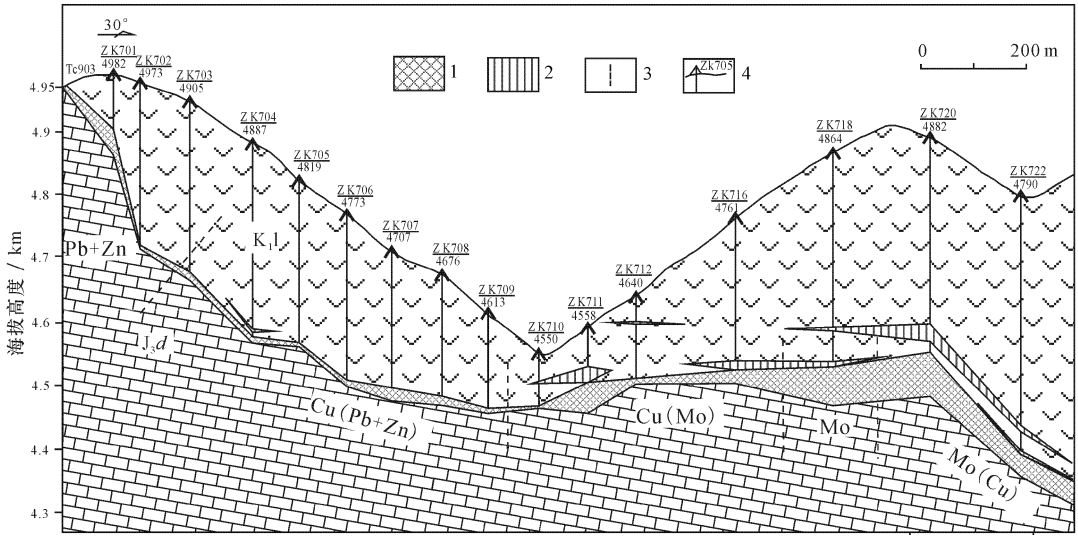


图 3　甲玛铜多金属矿床矿石类型分布示意图

Fig. 3　Distribution of the ore types in the Jiama Cu-polymetallic ore deposit

1. 夕卡岩型矿体; 2. 角岩型矿体; 3. 矿石类型界线; 4. 钻孔位置及编号

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

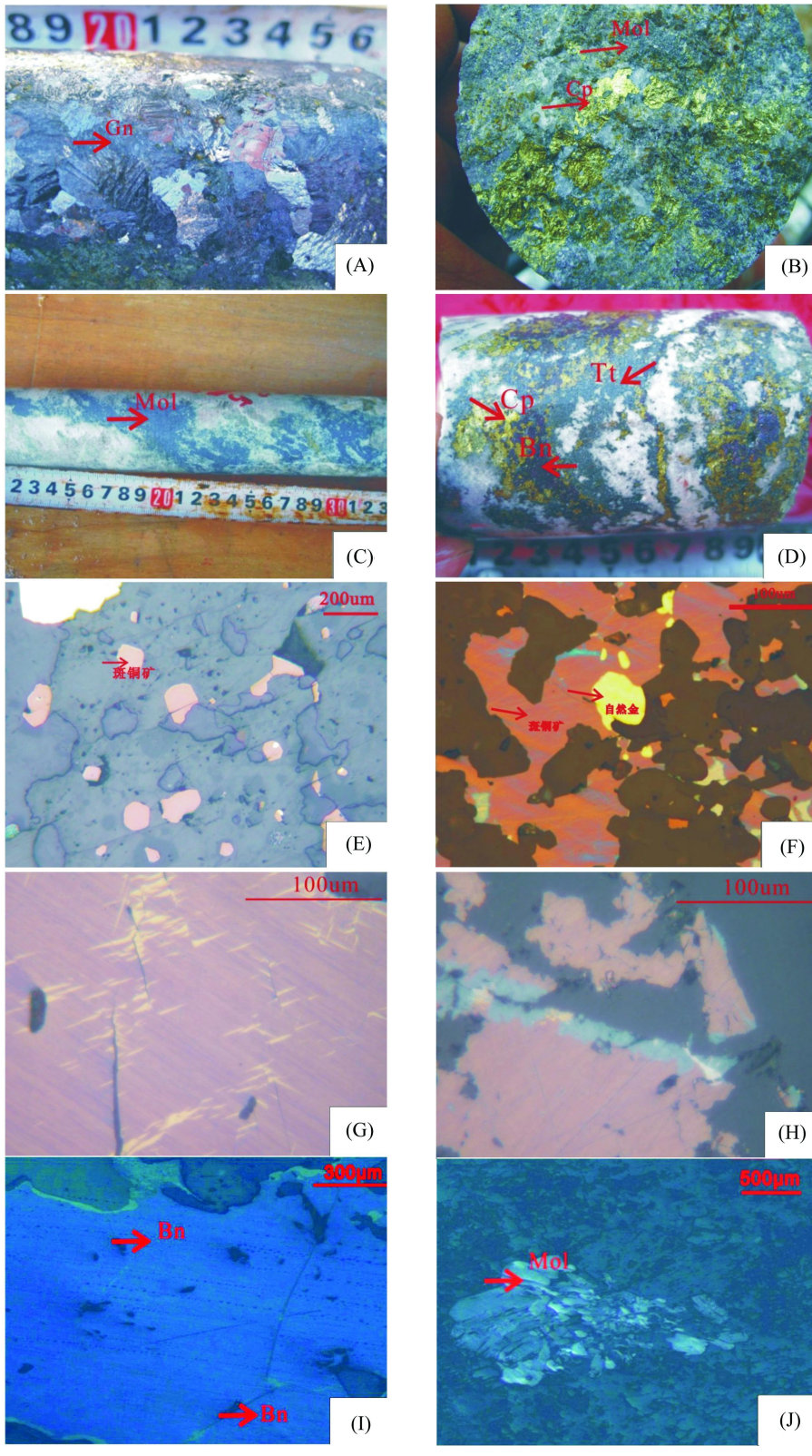


图 4 甲玛铜多金属矿床矿石矿物特征

Fig. 4 Characteristics of the ore minerals in the Jiama Cu-polymetallic ore deposit

(A)方铅矿; (B)夕卡岩中黄铜矿-辉钼矿; (C)夕卡岩中辉钼矿; (D)夕卡岩中黄铜矿-斑铜矿-黝铜矿; (E)自形粒状斑铜矿(单偏光); (F)斑铜矿中自然金(单偏光); (G)第二世代黄铜矿呈叶片状产于第一世代斑铜矿中(单偏光); (H)后期辉铜矿沿边缘交代斑铜矿(单偏光); (I)锖蓝色斑铜矿(单偏光); (J)菊花状辉钼矿(单偏光)。Cp.黄铜矿; Mol.辉钼矿; Bn.斑铜矿; Tt.黝铜矿; Gn.方铅矿

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3　主要金属矿物特征

3.1　主要金属硫化物

矿区金属硫化物以原生硫化物为主, 主要为黄铜矿、斑铜矿、黝铜矿、辉钼矿、方铅矿和闪锌矿等; 其次为辉铜矿、蓝辉铜矿、辉砷铜矿、铜蓝、硫钴矿、硫铋铜矿等。夕卡岩矿石中常见黄铜矿、斑铜矿、黝铜矿、辉钼矿、辉铜矿、铜蓝等, 其次可见硫钴矿、硫铋铜矿; 角岩型矿石中以辉钼矿、黄铜矿、方铅矿和闪锌矿为主。

黄铜矿: 为主要的矿石矿物, 多呈不规则粒状和粒状集合体。在夕卡岩中多呈浸染状, 少量呈致密块状, 充填于夕卡岩造岩矿物粒间或伴随强硅化、夕卡岩化产出; 在角岩型矿石中多呈细脉浸染状或与斑铜矿、辉铜矿、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿等呈团斑状、不规则状、星散状产出。黄铜矿粒径大小不等, 以中细粒为主, 粒径一般为 0.01～0.12 mm。镜下观察, 黄铜矿多为他形粒状, 可分为 3 个世代。第一世代黄铜矿与磁黄铁矿、辉钼矿等近于同时形成; 第二世代黄铜矿呈固溶体分离结构产于斑铜矿、黝铜矿中; 第三世代黄铜矿主要以乳滴状形式定向或无定向产于闪锌矿中。可见第二世代黄铜矿内部发育细粒自形– 他形辉砷钴矿、硫钴矿小包体; 氧化物矿石中可见到黄铜矿裂隙及边缘被铜蓝交代。经电子探针分析, 黄铜矿化学成分中大多含 Ag、Zn、Co, 其次为 As、Au、Se, 且镜下呈现较深黄色的黄铜矿中 Co 与 As 含量较高(表 1)。

斑铜矿: 为主要的矿石矿物, 局部含量高于黄铜矿, 主要见于夕卡岩中。斑铜矿常与黄铜矿、黝铜矿、辉铜矿、硫铋铜矿共生, 沿岩石裂隙面或硅化石英脉呈细脉状, 或直接以团斑状和稀疏浸染状产于硅灰石夕卡岩中; 也有较自形的斑铜矿包于石英中(图 4-E)。镜下斑铜矿多为他形, 与黄铜矿呈明显共生关系, 粒度细, 粒径一般 0.01～0.3 mm。斑铜矿可交代透辉石、阳起石等脉石矿物。斑铜矿可见 2 个世代, 第一世代斑铜矿与第一世代黄铜矿近于同时产出, 与黄铜矿呈明显共生关系; 第二世代斑铜矿呈细脉状或稀疏浸染状产于石英脉中。斑铜矿内部常发育有自然金(图 4-F)、碲银矿、辉砷钴矿等的细小包体及出溶的硫铋铜矿细叶片; 矿物的微裂隙中, 可见被方解石细脉充填现象。常见斑铜矿中乳滴状、叶片状、格状黄铜矿、硫铋铜矿等出溶物(图 4-G); 个别斑铜矿

表 1　甲玛铜多金属矿床黄铜矿电子探针分析结果(*w*/%)

Table 1　Electron probe analysis of the chalcopyrite in the Jiama Cu-polymetallic ore deposit

赋存的岩石	As	Ag	Fe	S	Ni	Sb	Cu	Pb	Zn	Bi	Te	Co	Au	Se	Total
硅化角岩	0	0.013	40.38	35.325	0.083	0	20.925	0	0.095	0	0	0.086	0.047	0.025	96.979
硅化角岩	0.009	0.011	32.344	35.48	0.03	0	30.955	0	0.04	0	0	0	0	0	98.869
硅化角岩	0	0	29.598	35.073	0	0	33.678	0	0	0	0	0.071	0.045	0	98.465
硅化角岩	0.164	0	30.226	35.631	0	0.007	33.921	0	0	0	0	0.136	0.606	0.097	100.788
硅化角岩	0	0.029	30.333	34.474	0	0.008	34.332	0	0	0	0	0.019	0	0	99.195
花岗闪长斑岩	3.591	0.042	28.491	33.741	0	0	31.014	0	0.062	0	0.225	3.388	0	0	100.554
花岗闪长斑岩	0	0.047	30.522	34.572	0	0	34.251	0	0.236	0	0.056	0.067	0	0	99.751
花岗闪长斑岩	0.034	0.043	31.061	34.665	0	0	34.891	0	0.131	0	0	0.085	0	0.028	100.938
花岗闪长斑岩	0.075	0.152	30.535	35.082	0	0	34.389	0	0.023	0	0.056	0.079	0	0.014	100.405
花岗闪长斑岩	0	0.049	31.324	35.568	0	0.005	34.192	0	0.303	0	0.045	0.075	0.105	0.074	101.74
花岗闪长斑岩	0	0.046	31.002	35.234	0.005	0	34.883	0	0.072	0	0	0.088	0.033	0	101.363
花岗闪长斑岩	0	0.036	30.783	35.022	0.01	0	34.233	0	0.084	0	0.101	0.088	0	0	100.357
夕卡岩	0	0.026	30.775	35.178	0	0	34.56	0	0.041	0	0	0.108	0.008	0.013	100.709
夕卡岩	0	0.031	30.397	34.982	0	0	34.947	0	0	0	0	0.086	0	0.076	100.519
夕卡岩	0.073	0.01	30.544	34.888	0	0.001	35.194	0	0.011	0	0.103	0.096	0.017	0.057	100.994
夕卡岩	0	0.009	30.104	35.268	0	0.019	35.064	0	0.036	0	0	0.069	0	0	100.569
夕卡岩	0.032	0.045	30.742	34.589	0.002	0.012	34.59	0	0.041	0	0.011	0.036	0	0	100.1
夕卡岩	0	0	30.443	34.686	0	0	34.281	0	0.027	0	0	0.051	0.129	0	99.617

样品由中国地质科学院矿产资源研究所电子探针室分析

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

被辉铜矿(图 4-H)、铜蓝交代。斑铜矿颜色多变,锖紫色、锖蓝色(图 4-I)、棕红色、暗棕红色均有。究其原因,主要是由于矿物中 Fe 含量不同,从而导致其反射色发生差异。经电子探针分析,斑铜矿中普遍含 Ag,部分含 Au、Zn、Te、Se 和 Co,不含 Pb(表 2);镜下干净斑铜矿中 Ag 含量较高。

辉钼矿:呈细脉浸染状分布在夕卡岩、角岩型矿石中,在花岗斑岩脉中也可见。形态上,辉钼矿多呈鳞片状、叶片状集合体和细粒状,有时也见以针状产出。镜下见菊花状单独产出的辉钼矿集合体(图 4-J),也可见黄铜矿细脉穿插辉钼矿板状晶体现象。总体上,辉钼矿在岩石中分布较不均匀,在夕卡岩中与角岩中均有产出。其电子探针分析结果表明,辉钼矿中主要微量元素为 Fe、Ni、Cu、Se、Zn、Co、Te 和 Au,不含 Pb 和 Bi。

方铅矿:矿床中分布较为普遍,矿体在近地表部位较富集,铅山和铜山海拔高的位置常见。晶形较好,常呈致密块状;与闪锌矿共生,或与黄铜矿、斑铜矿连生、或单独产于脉石矿物内。方铅矿多呈粒状集合体、细脉状产出,常见边缘被辉铜矿、铜蓝交代形成反应边结构。电子探针分析结果显示,方铅矿中普遍含 Ag、Fe、Se 和 Te,部分含 Ni、Co 和 Bi 等元素(表 3)。

闪锌矿:主要与方铅矿共生产出,多呈浸染状、粒状集合体与方铅矿、黄铜矿、黄铁矿等一起产出,或者在块状夕卡岩中产于矿物粒间和石榴子石微裂隙中。主要有 2 种闪锌矿,分别为黑褐色闪锌矿和红棕色闪锌矿,以红棕色闪锌矿为主,其中黑褐色闪锌矿 Fe 含量较高,质量分数可达 10.09%(表 4)。镜下观察,矿物粒度变化较大

表 2 甲玛铜多金属矿床斑铜矿电子探针分析结果(w/%)

Table 2 Electron probe analysis of the bornite in the Jiama Cu-polymetallic ore deposit

赋存的岩石	As	Ag	Fe	S	Ni	Sb	Cu	Pb	Zn	Bi	Te	Co	Au	Se	Total
硅化角岩	0	0.244	14.949	33.271	0.007	0.098	50.486	0	0	0	0.454	0	0	0.075	99.584
硅化角岩	0.075	0.056	14.135	32.931	0	0	51.273	0	0.111	0	0	0	0.197	0	98.778
矿化夕卡岩	0	0.217	11.158	25.81	0.019	0.004	63.214	0	0.042	0	0.067	0.042	0	0.121	100.694
矿化夕卡岩	0	0.159	11.211	25.927	0	0	62.232	0	0	0	0.1	0	0.003	0	99.632
矿化夕卡岩	0	0.191	11.135	25.594	0	0.008	61.537	0	0.016	0	0	0	0.061	0.136	98.678
矿化夕卡岩	0	0.118	10.7	25.793	0	0	62.503	0	0.031	0	0	0.031	0	0.034	99.21
矿化夕卡岩	0	0.11	10.49	25.937	0	0	63.17	0	0.005	0	0.144	0.015	0	0.037	99.908

表 3 甲玛铜多金属矿床方铅矿电子探针分析结果(w/%)

Table 3 Electron probe analysis of the galena in the Jiama Cu-polymetallic ore deposit

赋存的岩石	As	Ag	Fe	S	Ni	Sb	Cu	Pb	Zn	Bi	Te	Co	Au	Se	Total
夕卡岩	0	1.708	0.886	13.386	0	0	0	82.328	0	0.341	0.178	0	0	0	98.827
夕卡岩	0	1.589	0.112	13.308	0.013	0	0.017	83.532	0.002	0.011	0	0	0	0	98.584
夕卡岩	0	1.85	0.061	13.355	0.014	0	0.108	82.527	0	0.255	0.371	0.021	0	0	98.562
夕卡岩	0	1.055	0.034	13.126	0.015	0	0.047	84.988	0.035	0.436	0.051	0.01	0	0	99.797
花岗闪长斑岩	0	0	0.081	13.37	0.015	0	0.017	86.185	0	0	0.139	0	0	0	99.807
花岗闪长斑岩	0	0.017	2.435	12.673	0.022	0	0.001	84.034	1.031	0	0	0	0	0	100.213
花岗闪长斑岩	0	0.078	0	13.435	0	0	0	85.502	0	0	0.126	0.089	0	0	99.23
花岗闪长斑岩	0	0.096	0.332	13.368	0	0	0.501	86.213	0.196	0	0	0.037	0	0	100.743

表 4 甲玛铜多金属矿床闪锌矿电子探针分析结果(w/%)

Table 4 Electron probe analysis of the sphalerite in the Jiama Cu-polymetallic ore deposit

赋存的岩石	As	Ag	Fe	S	Ni	Sb	Cu	Pb	Zn	Bi	Te	Co	Au	Se	Total
花岗闪长斑岩	0	0	10.57	34.164	0	0	0	0	55.581	0	0	0.054	0.722	0	101.091
花岗闪长斑岩	0	0	10.085	33.592	0.002	0	0.358	0	56.003	0	0.16	0.066	0.41	0	100.676
大理岩	0	0	2.332	33.557	0	0.01	0	0	64.346	0	0.174	0.053	0.54	0	101.012
大理岩	0	0	5.246	33.815	0.009	0.04	5.335	0	56.014	0	0.046	0.048	0.435	0	100.988
大理岩	0	0	2.695	33.658	0.001	0.026	2.126	0	62.045	0	0	0.088	0.521	0	101.16

样品由中国地质科学院矿产资源研究所电子探针室分析

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(0.01~ 4 mm), 有时还包裹有细小(< 0.001 mm) 的辉石等脉石矿物。由于固溶体分离作用, 在闪锌矿中常见有粒径为 0.001~ 0.01 mm 的乳滴状黄铜矿。总体看来, 闪锌矿在甲玛多金属矿床中含量较低。

3.2　其他铜金属矿物

黝铜矿: 常呈团块状、脉状及稀疏浸染状不均匀分布于夕卡岩中。矿物粒度介于 0.01~ 0.2 mm 之间, 有的与黄铜矿、斑铜矿连生, 或沿黄铜矿边缘分布, 或分布于闪锌矿等矿物边缘形成反应边结构。尽管其分布较为普遍, 但是含量较少, 仅占金属总量 1%~ 5%。据电子探针分析结果, 还含 Zn、As、Sb 和 Te(表 5)。

辉铜矿: 多呈他形粒状、脉状分布于黄铜矿边缘或与斑铜矿共生产出。镜下见矿物粒度大小不等, 内部裂隙发育, 有交代斑铜矿边缘形成反应边结构, 辉铜矿产出较少。经电子探针分析, 普遍含 Ag、Fe、Zn, 其次为 Ni、Te、Au 等(表 5)。

硫铋铜矿: 常见与斑铜矿连生于夕卡岩中, 肉眼不易观察, 镜下观察见其以出溶物形式呈定向乳滴状、叶片状产于斑铜矿中, 系固溶体分离结构。经电子探针分析, 普遍含 Ag、Fe、Sb、Te 等(表 5)。

3.3　矿石矿物组构特征

甲玛铜多金属矿床矿石结构以结晶结构(图 5-A) 、交代结构(图 5-B) 、固溶体分离结构(图 5-C) 和表生结构(图 5-D) 为主, 其中结晶结构包括自形粒状结构、半自形粒状结构和他形粒状结构; 交代结构最为普遍, 主要有交代残余结构、交代熔蚀结构、充填交代结构、交代骸晶结构、反应边结构; 固溶体分解结构在甲玛铜多金属矿床中比较常见, 主要见乳滴状结构和叶片状、格状结构, 表现为黄铜矿、斑铜矿、闪锌矿、辉铜矿互为主客晶, 形成乳滴状、格状、叶片状结构; 表生结构包括变生结构、隐晶结构和胶结结构。

矿石构造按其成因分类, 主要为气-水热液矿石构造且以交代矿石构造为主; 其次可见部分岩浆矿石构造和变质矿石构造。交代矿石构造以浸染状(图 5-E) 和细脉–网脉状构造(图 5-F) 为主, 团块状构造(图 5-G) 和角砾状构造(图 5-H) 次之; 岩浆矿石构造可见斑杂状构造、角砾状构造、脉状构造; 表生矿石构造可见胶状构造等。

表 5　甲玛铜多金属矿床其他金属矿物电子探针分析结果(w/%)

Table 5　Electron probe analysis of the other metallic minerals in the Jiama Cu-polymetallic ore deposit

矿物	As	Ag	Fe	S	Ni	Sb	Cu	Pb	Zn	Bi	Te	Co	Au	Se	Total
辉铜矿	0.064	0.381	0.823	22.76	0.012	0	77.29	0	0.026	0	0	0	0	0	101.356
辉铜矿	0	0.123	1.182	21.831	0	0	77.611	0	0.009	0	0.187	0.018	0	0	100.961
辉铜矿	0	0.085	0.589	21.193	0	0.004	80.297	0	0.07	0	0.055	0.002	0.118	0	102.413
辉铜矿	0	0.232	7.754	34.121	0.04	0	58.41	0	0.043	0	0	0.028	0	0	100.628
辉铜矿	0	0.078	4.213	23.394	0	0	73.182	0	0.032	0	0	0	0	0.062	100.961
辉铜矿	0	0.096	2.155	23.379	0.022	0	75.691	0	0.052	0	0.044	0.036	0.061	0	101.536
硫铋铜矿	0	0.126	0	19.69	0.056	0.011	40.406	0	0.047	40.658	0.11	0	0	0.065	101.169
硫铋铜矿	0	0.117	0.018	19.746	0	0.017	40.104	0	0.003	40.526	0	0.016	0	0	100.547
硫铋铜矿	0.011	0.095	0	19.289	0.02	0.018	39.811	0	0.01	41.221	0	0	0.013	0	100.488
硫铋铜矿	0	0.068	0	19.39	0	0.018	40.255	0	0.051	40.143	0	0	0	0	99.925
硫铋铜矿	0	0.14	0.003	19.439	0.009	0.119	38.456	0	0.016	41.243	0	0.017	0	0	99.442
硫铋铜矿	0.004	0.197	0.036	19.521	0.014	0.04	39.541	0	0	40.823	0	0	0	0.073	100.249
硫铋铜矿	0	0.216	2.814	21.194	0	0.004	45.994	0	0	31.513	0	0	0.03	0	101.765
硫铋铜矿	0	0.161	0	19.875	0.039	0.004	39.404	0	0	40.703	0.22	0	0.229	0.002	100.637
硫铋铜矿	0	0.133	0.017	19.609	0	0	39.184	0	0	41.186	0.049	0.03	0	0	100.208
硫铋铜矿	0	0.08	0.378	19.656	0	0	39.264	0	0.006	39.962	0.025	0.012	0.131	0	99.514
硫铋铜矿	0	0.074	0.131	19.924	0	0.009	40.476	0	0	41.232	0.086	0	0.065	0	101.997
硫铋铜矿	0	0.118	0.46	19.792	0.009	0.011	41.149	0	0	40.288	0.012	0.016	0	0	101.855
黝铜矿	11.2	0.128	2.206	25.923	0	6.555	44.803	0	2.219	5.369	0.159	0.061	0	0	98.621
黝铜矿	11.83	0.149	2.323	26.163	0.02	2.845	44.287	0	1.87	8.844	0.058	0.054	0.133	0	98.577
黝铜矿	13.2	0.147	1.184	27.262	0	0.033	44.274	0	4.577	3.362	1.649	0.013	0.008	0	95.712
黝铜矿	13.78	0.162	1.044	26.85	0	0	44.555	0	4.853	3.807	1.638	0	0.034	0	96.726

样品由中国地质科学院矿产资源研究所电子探针室分析

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

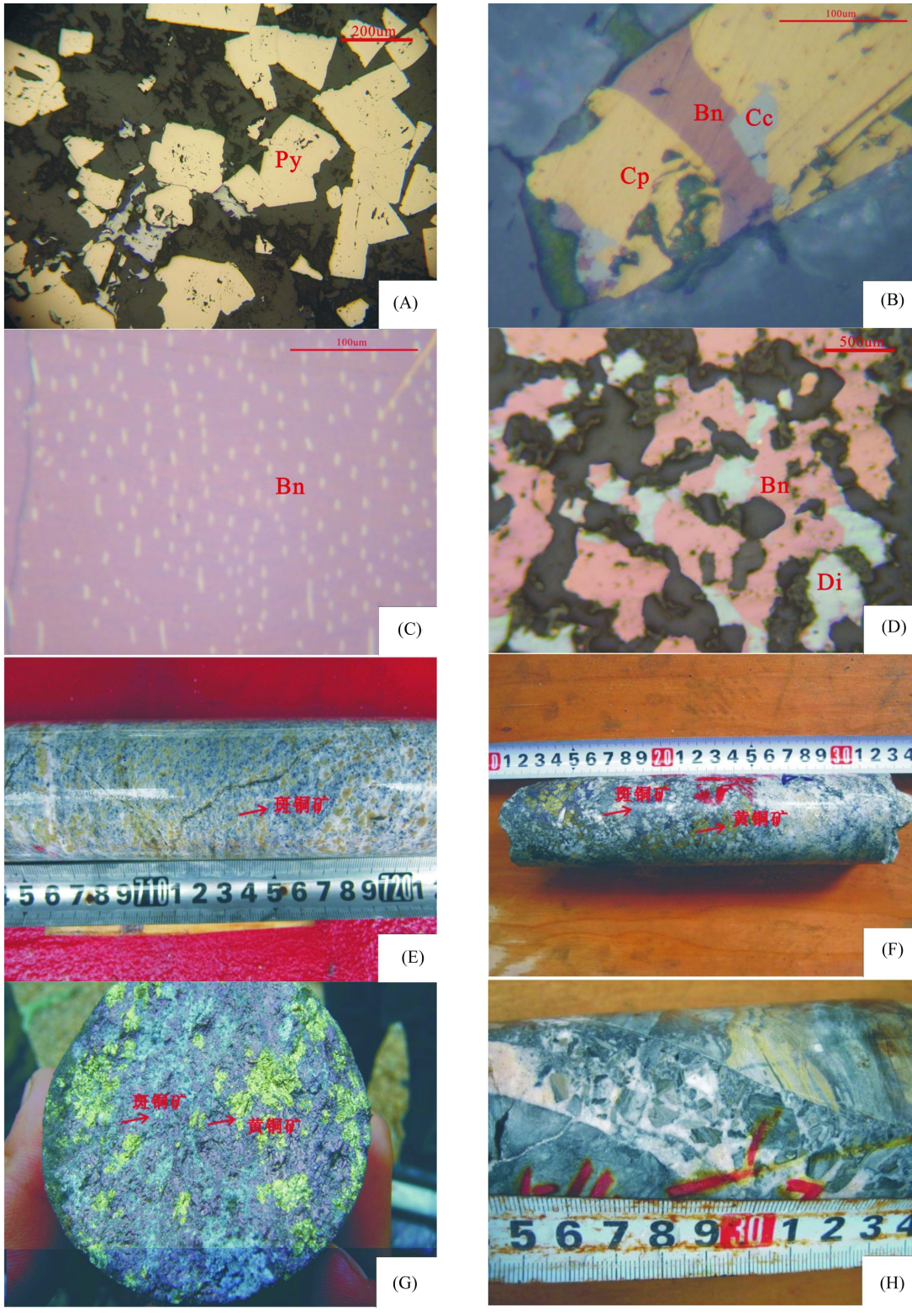


图 5 甲玛铜多金属矿床矿石组构特征

Fig. 5 Fabric characteristics of the ore minerals in the Jiama Cu-polymetallic ore deposit

(A)结晶结构: 黄铁矿晶形较好, 呈自形–半自形晶(单偏光); (B)交代结构: 黄铜矿被斑铜矿和辉铜矿交代(单偏光); (C)定向乳滴结构: 黄铜矿乳滴沿斑铜矿的一定方向分布, 系固溶体分离结构(单偏光); (D)胶结结构: 斑铜矿与蓝辉铜矿连接胶结脉石矿物(单偏光); (E)浸染状构造: 斑铜矿在夕卡岩中呈浸染状构造产出; (F)网脉状构造: 夕卡岩中网脉状构造的斑铜矿、黄铜矿; (G)团块状构造: 黄铜矿与斑铜矿呈团块状构造; (H)角砾状构造: 角岩裂隙中的角砾。Py. 黄铁矿; Bn. 斑铜矿; Cp. 黄铜矿; Tt. 黝铜矿; Di. 蓝辉铜矿; Cc. 辉铜矿

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4　讨论

根据电子探针数据对斑铜矿、黄铜矿进行 Cu-Fe-S 三元系投图(图 6), 斑铜矿落在结晶温度之上, 而黄铜矿落在结晶温度以下, 温度在 500℃以下, 说明甲玛铜多金属矿床的斑铜矿、黄铜矿的成矿压力条件可能低于 60 kPa。斑铜矿与黄铜矿均为三组分有限固溶体矿物。在这些矿物中, 伊达矿(铁铜蓝)为二组分有限固溶体矿物, 其余都是固定成分矿物。

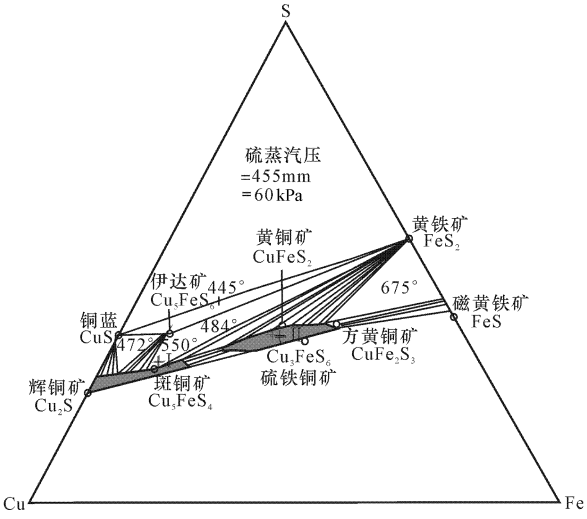


图 6　甲玛铜多金属矿床中斑铜矿、黄铜矿 Cu-Fe-S 投影图

Fig. 6　The Cu-Fe-S projection print of the bornite and chalcopyrite in the Jiama Cu-polymetallic ore deposit

(据梅文与龙巴德的 Cu-Fe-S 三元系固相与固相间实验相平衡图[8]修改)

十字Ⅰ表示斑铜矿投影点, 十字Ⅱ表示黄铜矿投影点。图中阴影部分长度表示 Cu 与 Fe 的相互交替范围, 宽度则表示 S 含量范围

根据矿石组构、矿物共生组合和矿物成分等特征, 可将甲玛铜多金属矿床成矿期划分为岩浆期、夕卡岩期、热液成矿期和表生期。其中热液期是矿床最主要的成矿期次。根据上述甲玛铜多金属矿床详尽的金属硫化物标本和矿相学特征研究, 可将该成矿期划分为如下阶段: (1) 铁铜钼硫化物阶段, (2) 铜硫化物-硫盐矿物阶段, (3) 铜铅锌硫化物阶段, (4) 金成矿阶段。在此基础上, 本文较为粗略地厘定了甲玛铜多金属矿床主要金属矿物的生成顺序(表 6)。各成矿阶段的典型矿物组合分别为: 黄铜矿-辉钼矿-磁黄铁矿, 黄铜矿-斑铜矿-黝铜矿, 黄铜矿-方铅矿-闪锌矿, 自然金, 辉铜矿-蓝辉铜矿-孔雀石-硅孔雀石-蓝铜矿。

表 6　甲玛铜多金属矿主要矿石矿物生成顺序表

Table 6　Genetic sequence of the main ore minerals in the Jiama Cu-polymetallic ore deposit

矿物	热液成矿期				表生期
	铜钼硫化物阶段	铜硫化物-硫盐阶段	铜铅锌硫化物阶段	金成矿阶段	
磁黄铁矿	———	———			
辉钼矿	———	———	—		
黄铜矿	———	———	——		
黝铜矿	—	———			
斑铜矿	—	———	——		
铜蓝		——			
毒砂	—	—			
方铅矿			———	——	
闪锌矿		—	———	——	
黄铁矿	———	———	———	———	
辉铜矿					——
蓝辉铜矿					——
孔雀石					——
硅孔雀石					——
蓝铜矿					——
成岩成矿温度	400~300℃	300~200℃	200~100℃	< 100℃	常温
典型矿物组合	黄铜矿+辉钼矿	黄铜矿+斑铜矿+黝铜矿	黄铜矿+方铅矿+闪锌矿	自然金	孔雀石+蓝铜矿

5　结论

a. 西藏甲玛铜多金属矿床矿石类型主要为黄铜矿矿石、方铅矿-闪锌矿矿石和黄铜矿-辉钼矿矿石、黄铜矿-斑铜矿-黝铜矿矿石、黄铜矿-黄铁矿矿石、辉钼矿矿石等。矿石结构主要有结晶结构、交代结构、固溶体分解结构和表生结构; 矿石构造主要是浸染状构造、团块状构造、角砾状构造, 还有脉状构造和斑点状构造等。

b. 矿床形成严格受冈底斯-念青唐古拉地体南缘构造演化控制, 矿石矿物发育一套中温热液矿物组合, 如黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿等。围岩蚀变有夕卡岩化、角岩化、绢云母化、硅化和碳酸盐化等, 属于中温蚀变组合。

c. 矿体主要赋存于上侏罗统多底沟组灰岩和

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

下白垩统林布宗组砂板岩接触部位的夕卡岩中,主要为原生硫化物矿体,其次为次生硫化物矿体,少量氧化矿。矿石中 Cu、Mo 是主要有用元素,主要的伴生有用元素是 Pb、Zn、Au、Ag。

综上所述,作者认为甲玛铜多金属矿床成因类型为岩浆热液型,工业类型为角岩型-夕卡岩型铜多金属矿床。与矿化密切相关的蚀变作用为夕卡岩化、硅化、角岩化等。矿床以 Cu、Mo、Pb、Zn 矿化为主,典型矿石构造为细脉-浸染状构造,主要伴生元素为 Au、Ag、Pb、Zn、W,有害元素砷、铋、锑、汞含量较低。

[参 考 文 献]

[1] 杜光树,姚鹏,潘凤雏,等. 喷流成因夕卡岩与成矿——以西藏甲马铜金属矿床为例[M]. 成都:四川科学技术出版社, 1998: 82-113.

[2] 姚鹏,杜光树. 西藏甲马多金属矿床容矿岩石的地球化学特征及其成因初步研究[J]. 沉积与特提斯地质, 1999 (23): 46-57.

[3] 潘凤雏,邓军,姚鹏,等. 西藏甲马铜多金属矿床夕卡岩的喷流成因[J]. 现代地质, 2002, 16(4): 359-364.

[4] 李光明,芮宗瑶,王高明. 西藏冈底斯成矿带甲马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.

[5] 唐菊兴,王登红,汪雄武,等. 西藏甲玛铜多金属矿床地质特征和及矿床模型[J]. 地球学报, 2010, 31(4): 1-12.

[6] 应立娟,唐菊兴,王登红,等. 西藏甲玛铜多金属矿床夕卡岩中辉钼矿铼-锇同位素定年及其成矿意义[J]. 岩矿测试, 2009, 28(3): 265-268.

[7] 郑文宝,陈毓川,宋鑫,等. 西藏甲玛铜多金属矿元素分布规律及地质意义[J]. 矿床地质, 2010, 29(5): 1-10.

[8] 陈正,岳树勤,陈殿芬. 矿石学:上编[M]. 北京:中国地质科学院矿床地质研究所, 1985: 115-123.

Characteristics of the main ore minerals in the Jiama Cu-polymetallic ore deposit, Tibet

WANG Huan[1], TANG Jux-ing[1], YING Li-juan[1],
WANG Li-qiang[1], QIN Zhi-peng[2]

1. *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*
2. *College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China*

Abstract: Abstract: The characteristics of the major minerals in the Jiama Cu-polymetallic deposit are analyzed through the use of microscope and electron probe. It is identified with the microscope that the ores are mainly of crystal, replacement or solid-solution separation structure, mostly veinlet-disseminated and secondarily moderately, densely and massively disseminated. Based on different host rock, the ores are classified as skarn-type and hornfels-type; Based on different mineral combination, six ore types are classified, which are galena sphalerite ore, chalcopyrite molybdenite ore, molybdenite ore, chalcopyrite ore, chalcopyrite bornite ore and chalcopyrite bornite tetrahedrite ore. These ores are distributed vertically from top to bottom in the ore body respectively. The analysis of the electroprobe data of minerals reveals that the main useful components are Cu, Mo, Pb, Zn and Ag, Au and other concomitants are abundant. And, further, the metallogenetic period is subdivided and the deposit is identified as a skarn-hornfels type.

Key words: skarn-type; hornfels-type; ore minerals; Jiama Cu-polymetallic deposit; Tibet

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net