·试验研究·

羊拉铜矿矿床地质特征与成矿规律的研究

李石磊[1,2] 苏昌学[1] 燕永锋[1] 宁选凤[1]
(1.昆明理工大学国土资源工程学院;2.云南鑫宇和贸易有限公司)

摘 要:羊拉铜矿矿体的形成受地层、构造、岩浆岩及物化条件等综合控制。通过对地质、矿床特征、控矿因素的分析研究,提出了在该区找矿的构造、蚀变、矿物标志等重要找矿标志。

关键词:地质特征;控矿因素;找矿标志;羊拉铜矿
中图分类号:P612 **文献标识码**:A **文章编号**:1009-5683(2008)12-0027-04

Research on Geological Features and Minerogenesis Laws of Yagra Copper Deposit

Li Shilei[1,2] Su Changxue[1] Yan Yongfeng[1] Ning Xuanfeng[1]
(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology; 2. Yunnan Xinyuhe Trade Co., Ltd.)

Abstract: Formation of ore body of Yagra Copper Deposit is comprehensively controlled by stratum, structure, magmatic rock, physical and chemical conditions and so on. Through analysis of geology, deposit features and ore control factors, important prospecting criteria, such as structure, alteration are summarized.

Keywords: Geological feature; Ore control factor; Prospecting criterion; Yagra Copper Deposit

羊拉铜床矿位于青藏高原东缘的金沙江缝合中。三叠纪金沙江洋盆俯冲消亡,在强烈的陆-陆对接碰撞过程中,在中咱地块西侧形成了由不同时代、不同岩性岩块堆积而成的混杂蛇绿岩带。印支期花岗岩浆大规模侵入造成了混杂岩带成矿物质的活化集,羊拉矿床就产出在印支期花岗岩广泛分布的非史密斯构造单元中[1]。特殊的大地构造,致使区内构造复杂,岩浆活动频繁,多期次的围岩蚀变,前后叠加改造,带来了丰富的热液和矿质,形成区内众多铜多金属矿床、点(见图1)。

1 区域成矿背景

1.1 区域岩浆活动

区内岩浆岩发育,侵入岩、喷出岩均有出露,其面积约占该区总面积的1/2。岩浆活动时期从晋宁期到喜马列拉雅期。侵入岩主要沿区域性深大断裂带旁侧分布,火山岩则分布于羊拉断裂与金沙江断裂之间的奔子栏-羊拉一带,其余地段仅有少量出露。岩类齐全,超基性-中酸性岩均有出露。

1.2 区域构造[1]

区域内断裂、褶皱发育,由一系列近南北向线性褶皱和同向断裂组成,是控制沉积建造、变质作用、岩浆活动及其有关矿产的主要构造,而次级同向断裂及派生之"入"字型断层则为容矿构造,晚期发育规模较小的北西、北东向断层,切错了早期断裂及褶皱(见图2)。

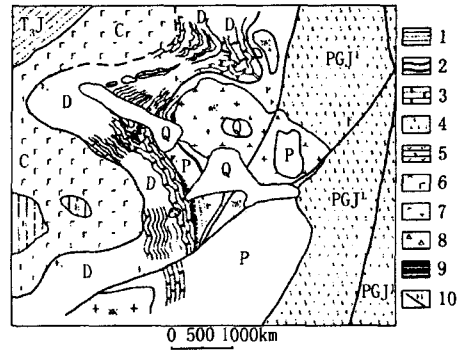


图1 羊拉矿区构造地质简图

D-泥盆系; C-石炭系; P-二叠系; PGJ¹-二叠系嘎金雪山群下亚群; T_3J-上三叠统甲丕拉组; 1-砂岩; 2-板岩; 3-大理岩; 4-片岩; 5-安山岩; 6-玄武岩; 7-花岗闪长岩; 8-爆破角砾岩; 9-矿体; 10-断层及编号

李石磊(1969-),男,内蒙古赤峰市人,高级工程师,650093 云南省昆明市。

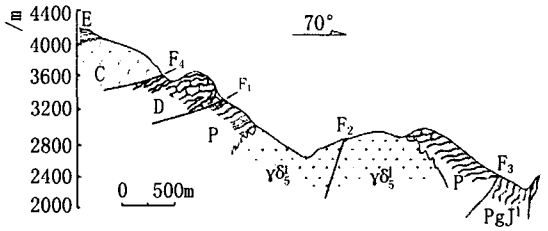


图 2　羊拉矿区地质剖面图

1.3　地球物理特征[2]

1.3.1　磁异常特征

磁异常总体分布在岩体的内外接触带附近，规模不等，形态各异，呈串珠状、带状，断续组成环带状异常群。岩体内部则为大面积低缓平静的磁场区。磁异常主要出现在里农复式岩体周边接触带之矿化蚀变带、铜矿化矽卡岩带，特别是含磁铁矿、磁黄铁矿、阳起石、透辉石矽卡岩矿体群，磁异常更为显著，形成走向明显、正负紧密伴生、强度高、梯度大、延伸长的磁异常。正异常强度 ΔT 一般 50 ~ 100nT，最高 890nT，多分布在主矿体群倾斜侧上方；负异常强度 ΔT 一般 - 20 ~ - 200nT 之间波动，最负达 -3 000nT以上，一般分布在矿体出露或矿体倾斜的下方。

1.3.2　地球化学特征

以铜异常规模大、浓度高、分布广为特征。单铜异常面积一般在 0.7 ~ 4.8km^2，Cu 含量大于 100 × 10^{-6}，一般(200 ~ 700) × 10^{-6}，最高 1.0%，显示 Cu 是区内最具工业意义的找矿元素。

2　矿体围岩蚀变特征

矿体经受构造活动和热液蚀变、叠加改造作用，使围岩蚀变发育，类型众多复杂，从岩体中心-边缘-接触带-远离岩体围岩，都具有明显的蚀变分带，表现为近矿热液蚀变，矿体及底板蚀变强度明显大于顶板，主要包括矽卡岩化、角岩化、钾化、硅化、碳酸盐化、绢云母化、泥化、绿泥石化和青盘岩化等，自中心向两边出现明显的“对称式”蚀变带，可依次划分为矽卡岩带、角岩化带、石英-绢云母化带和青盘岩化带。

3　矿床特征

矿区含矿地层以泥盆系中-上统里农组一段($D_{2+3}l^1$)角岩化变质石英砂岩夹透辉、石榴石矽卡岩为主，其次为泥盆系下统江边组三段(D_1j^3)透辉、石榴石矽卡岩、大理岩；二段(D_1j^2)角岩化变质石英砂岩。铜矿体产于(斑)岩体及外接触带的矽卡岩、角岩化变质碎屑岩中。含矿岩性以透辉、石榴石矽卡岩为主，其次为角岩化变质石英砂岩、花岗闪长岩。矿体严格受地层、岩体控制，呈似层状、透镜状、脉状产出。

4　控矿因素

4.1　岩浆岩

矿体围绕印支-燕山期中酸性(斑)岩体产出，既产于外接触带围岩之中，也见于岩体内部破碎(裂隙)带及内接触带。产于围岩之中的主矿体是顺层的，但局部地段也出现穿层现象。岩体内部矿体呈大脉状产出，切穿围岩。主矿体一般分布在距岩体 0 ~ 180m 的围岩内。中酸性岩体富含 Cu、Pb、Zn，黄铁矿、黄铜矿化较普遍，呈细脉浸染状产出，岩体成矿物质微量元素含量见表 1。

表 1　羊拉铜矿中酸性岩体微量元素含量表*　(10^{-6})

岩体及岩石名称	Cu	Pb	Zn	Mn	Au	Ag	Sr	Ba	As	Sb	Bi	W	Mo	Sn	B
里农花岗闪长岩	27	29	35	580	0.70	0.04	282	748	5.03	0.36	0.47	0.54	1.39	4.44	19
加仁花岗闪长岩	21	40	40	628	0.80	0.11	334	693	9.39	1.04	0.92	1.5	1.57	9.58	24
里农花岗斑岩	83	77	275	-	0.80	0.38	-	-	124	-	0.25	27	2.1	4.4	-
里农花岗斑岩	184	71	276	-	0.80	0.79	-	-	127	-	0.14	4	2.2	3.8	-
里农未矿化隐爆角砾岩	72	425	262	-	0.90	0.95	-	-	91.8	-	4.0	4.5	1.5	17.5	-

* 测试单位：武汉综合岩矿测试中心。

4.2　地层

矿区矿体主要分布在泥盆系中上统里农组($D_{2+3}l$)及泥盆系下统江边组(D_1j)地层中，岩性为浅灰色变质绢云石英砂岩、绢云砂质板岩夹白色中-厚层状细-中晶大理岩，受岩浆期后含矿热液作用，大理岩被热交代形成含石榴石矽卡岩、透辉石矽卡岩(局部可见未完全交代的大理岩)，构成了矿区主要含矿岩性，变质绢云石英砂岩、绢云砂质板岩重结晶形成角岩、角岩化变质石英砂岩、斑点绢云砂质板岩。钙质高的绢云砂质板岩、变质石英砂岩矽卡岩化较强，铜矿化明显增强，具备了形成矽卡岩矿体的条件。

4.3　构造条件

矿区构造活动强烈，在里农背斜核部侵入有里农、江边、尼吕复式中酸性岩体，其两翼断层及层间破碎带、节理、裂隙发育，是含矿热液的通道，含矿热液沿变质石英砂岩、绢云砂质板岩、大理岩节理、裂隙上升过程中，产生热变质，形成含矿角岩、角岩化

变质石英砂岩、石榴石矽卡岩、透辉石矽卡岩。

5　成矿流体物理化学特征

5.1　成矿温度

根据对矽卡岩矿石中石榴石、透辉石、石英及方解石的均一法包体测温结果,石榴石、透辉石、石英的原生包体最高温度可达 620℃,有两个相对集中的峰值为 400 ~460℃、300 ~380℃。脉状石英的原生包体温度为 200 ~300℃。石英和大部分方解石,少量的石榴石包体温度小于 200℃。矿区成矿温度为 300 ~460℃。

5.2　硫同位素

根据对矿体中的黄铜矿、黄铁矿硫同位素的测定,其值为 δS^{34} -3.15‰ ~ +1.2‰,极差为 4.35‰,平均值为 +0.23‰。其测定成果见表 2。

表 2　羊拉铜矿里农矿段硫同位素测定成果表*

样品编号	室内编号	采样位置	矿石类型	矿物	硫同位素组成(δS^{34})/‰
S1	KQ20042621	PD2501 中 95mKT4	石榴石、透辉石矽卡岩	黄铁矿	-1.9
S1	KQ20042622	PD2501 中 95mKT4	石榴石、透辉石矽卡岩	磁黄铁矿	-1.9
S2	KQ20042623	PD2501 中 95mKT4	石榴石、透辉石矽卡岩	黄铁矿	-1.0
S2	KQ20042624	PD2501 中 95mKT4	石榴石、透辉石矽卡岩	黄铜矿	-0.8
S3	KQ20042625	PD1301 中 28m	方铅矿化构造角砾岩铜矿石	黄铁矿	1.0
S3	KQ20042626	PD1301 中 28m	方铅矿化构造角砾岩铜矿石	方铅矿	0.3
S3	KQ20042627	PD1301 中 28m	方铅矿化构造角砾岩铜矿石	黄铜矿	1.2
S4	KQ20042628	PD10 KT2(上)	黄铁矿黄铜化矿大理岩	黄铁矿	-28.9
S5	KQ20042629	PD10 KT2(上)	黄铁矿黄铜化矿大理岩	黄铁矿	-1.9
S5	KQ20042630	PD10 KT2(上)	黄铁矿黄铜化矿大理岩	黄铜矿	-2.6

* 测试单位:武汉综合岩矿测试中心。

由表 2 可以得出,矿段硫同位素值集中分布在 -1.9‰ ~ +1.2‰,极差为 3.1‰,平均值 -0.84‰,个别样品较离散。根据以上硫同位素测定值,矿段硫同位素组成具有集中分布及接近 0 的特征。说明矿石中组成黄铜矿、黄铁矿的硫以幔源硫为主,同时有围岩硫的加入。

6　成矿时代、成矿期次及矿物生成顺序

6.1　成矿时代

根据铅同位素测定,矿石铅同位素组成相当均一,变化较小,$^{206}Pb/^{204}Pb$ = 18.273 ~ 18.369,$^{207}Pb/^{204}Pb$ = 15.627 ~ 15.680,$^{208}Pb/^{204}Pb$ = 38.445 ~ 38.611,极差 0.053 ~ 0.166,成矿物质来源单一,成矿时处于岛弧环境。两阶段模式年龄为 60 ~250Ma,平均 157.5Ma(潘家永,1999 年)小于岩体 Rb-Sr 法年龄(202 ~227Ma)。

6.2　成矿期次

(1)矽卡岩期。印支-燕山期岩体上侵,围岩中大理岩受热交代变质作用,形成石榴石、透辉石、透闪石、绿帘石、磁铁矿、白钨矿、锡石、辉钼矿等高温矿物,主要形成弱矿化角岩、矽卡岩。

(2)岩浆期后气成——热液期。富含矿液的气成热液交代早期硅酸盐矿物,形成石英、绿帘石、绿泥石等脉石矿物及黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等金属矿物,为矿区主要成矿期。根据矿物组合,本期又可细分为中温热液和低温热液两个阶段,中温热液阶段形成的脉石矿物有石英、绿帘石、绿泥石等,金属矿物有黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿等;低温热液阶段形成的脉石矿物有石英、绿帘石、绿泥石、方解石、绢云母等,金属矿物有黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等。

(3)表生期。矿段表生作用强烈,致使金属矿物黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿氧化成褐铁矿、孔雀石 $Cu_2CO_3(OH)_2$、蓝铜矿 $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$、自然铜。地表形成铁帽,氧化带深 10 ~60m,氧化带中铜淋失严重,地表矿体铜品位降低,在氧化过程中所形成的硫酸铜溶液部分被带走,在其下部遇到碳酸盐介质时,形成稳定的碳酸盐铜矿物。

7　矿床成因类型

(1)羊拉铜矿床产于金沙江缝合带中,三叠纪金沙江洋盆俯冲消亡,在陆-陆碰撞过程中原始海沟强烈挤压、隆升,并残留了由不同时代、不同岩块组成的混杂岩,形成混杂堆积。它们之中蕴藏了丰富的成矿物质,印支期岩浆侵入及热液活动使成矿物质活化并富集成矿。

(2)矿床中矿石类型复杂,矿区内出露的岩石单元几乎都被矿化,矿石具有明显的后期含矿热液叠加、改造的特征。同一矿石类型(矽卡岩型)在不同矿段可以由不同的原岩(碳酸盐岩和火山碎屑岩)形成。反过来,同一原岩(凝灰质砂板岩)也可以形成不同的矿石类型。

(3)赋矿岩系中矿体产出形式多样,主矿体呈层状、似层状,与上、下盘围岩关系清楚,脉状矿体穿切矿区中各类沉积变质岩。矿体的上、下盘围岩没有固定层位;从矿体向外,围岩热液蚀变由强到弱;

同一矿体中往往包括多种矿石类型，这些矿化特征与海底喷流-沉积形成的VHMS型矿床是明显不同的。羊拉铜矿床表现出广泛的后生成矿形迹更多地说明它是一个与接触交代有关的斑岩-矽卡岩型矿床。

8　找矿标志

(1)岩浆岩标志。根据羊拉铜矿带中已发现的铜矿体分布特征，矿体一般分布在印支-燕山期中酸性岩体内、外接触带，矿体可产于岩体内部破碎或裂隙带，也可产于围岩中的矽卡岩带内。尤其应注意岩体变窄、拐弯地段。岩体规模以小型岩株或岩瘤矿化强。在面积比较大的岩基(株)中找矿应注意其边缘及有残余顶盖的地段。

(2)地层层位及岩性标志。羊拉铜矿主矿体产于泥盆系江边组(D_1j)、里农组($D_{2+3}l$)之中，是一套含有角闪安山岩、闪长玢岩的碎屑-碳酸盐岩类。这套岩石受江边-里农复式岩体的侵入、碳酸盐岩矽卡岩化、碎屑岩角岩化，矿体则产于蚀变的矽卡岩、角岩之中。

(3)矿床围岩的蚀变标志。热液蚀变伴随矿化是构成矿化的前提，评价区内的有色、贵金属矿产，都有不同程度的磁黄铁矿化、黄铁矿化、硅化、绢云母化、重晶石化、绿泥石化、碳酸盐化等热液蚀变，矿化往往集中在多种蚀变叠加地段，蚀变种类越多，蚀变越强，矿化越好。在地表，硫化物往往氧化形成铁帽或染色带，间接或直接指示了矿化体的位置。

(4)找矿的物探标志。矽卡岩型矿体因矿石中含磁铁矿、磁黄铁矿，在地面磁测中，表现出高的磁异常，形成走向明显、正负紧密伴生、强度高、梯度大、延伸长的磁异常，正异常强度 ΔT 一般50～100nT，最高890nT，多分布在主矿体群倾斜侧上方；负异常强度 ΔT 一般 -20～-200nT 之间波动，最负达 -3 000nT 以上，一般分布在矿体出露或矿体倾斜的下方，可作为在一定范围内找矿的物探标志。电法：矿体上产生2%～9%的视电阻率异常，可作为找矿的又一物探标志。

(5)找矿的地球化学(化探)标志。羊拉矿区含矿地段在化探上出现铜、锡、金、银、铅、锌、砷、锑等综合异常特征。其中以铜异常规模大、浓度高、分布广为特征。单铜异常面积一般在0.7～4.8km^2，Cu含量大于 100×10^{-6}，一般为 $(200\sim700)\times10^{-6}$，最高1.0%，显示Cu是区内最具工业意义的找矿元素。

(6)矿化标志。矿区氧化带发育，有铜矿体分布地段，地表往往有强褐铁矿化，局部地段形成铁帽，可见铜的氧化矿物蓝铜矿、孔雀石，孔雀石是矿区最直接的找矿标志。

(7)构造标志。羊拉铜矿区一级构造-超壳断裂起着导岩、导矿，二级断裂构造是岩浆、热液、矿质的运移通道，次级同向、派生断裂、次级褶皱轴部、转折端，裂隙带、层间挤压带和破碎带等，特别是构造交汇和转换部位，更是容矿和储矿场所。多数矿床(点)均产于构造破碎带或层间裂隙带中。沿该类层位蚀变强烈，矿化集中，寻找同类矿产，构造是一个重要的找矿标志。

参　考　文　献：

[1] 林仕良. 云南德钦羊拉铜矿床构造特征[J]. 云南地质，2004. 24.3.

[2] 云南省德钦县羊拉铜矿地质勘探报告[R]. 云南省地质调查院，2004.9.

(收稿日期2008-08-28)

·矿业数据传真·

2008年11月10～12月8日全国主要城市矿石价格汇总

(元/t)

日期	辽宁精粉	辽宁精粉	辽宁精粉	河北精粉	河北精粉	山东精粉	山西精粉	安徽球团	安徽精粉	江苏精粉	广东精粉	湖北精粉
11-10	500～520	520	640	750～770	790	830	560	850	780	870	580	630
11-17	500～520	500	620	750	790	830	540	850	750	800	580	650
11-24	520～540	500	620	770	790	830	540	850	700	800	560	680
12-01	540～560	500～520	620～630	790	790	830	540	850	700	800	560	720
12-08	540～560	500～520	620～630	790	790	830	540	850	700	800	560	720
品位/%	66(湿)	65(湿)	66	66	66	65	64(湿)	62	64	65	65(湿)	63
产地	北票	弓长岭	抚顺	唐山	邯邢	鲁中、金岭	代县	安庆	繁昌	镇江	怀集	大冶

注：辽宁北票、弓长岭、邯邢、代县、怀集为出厂不含税价。