

扬子壳块西缘地台型铜成矿作用 ——以云南段为例

杨 牧, 彭省临

(中南大学 地洼学说与成矿学研究所, 长沙 410083)

摘 要: 扬子壳块西缘云南段在晚震旦世—三叠纪处于相对稳定的地台演化阶段, 但局部地段的拉张裂陷作用至少在早奥陶世开始, 断续延续到三叠纪。地台期的铜成矿作用主要与初定期海浸沉积的碳酸盐岩、砂砾质碎屑岩建造和余定期台地边缘裂陷或拗陷带的碎屑岩建造、火山岩建造有关。地台阶段晚期逐渐积聚的地幔热能致使局部地段拉张裂陷, 并引发基性岩浆喷出或侵入, 使初定期以沉积型为主的成矿作用转变为余定期的火山—沉积型或喷流—沉积型。矿床形成后受地洼期构造—岩浆活动的影响, 或多或少地都遭受了热液作用的叠加或改造, 使先成矿床发生一定程度的叠加富化或改造富化。

关键词: 地台; 铜成矿作用; 扬子壳块西缘

中图分类号: P611; P618.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2006)04-0227-05

1 扬子地台西缘地台阶段的构造活动特点

扬子壳块西部边缘地区在经历了前震旦纪的地槽演化阶段以后, 在晋宁运动和澄江运动后, 地槽褶皱回返, 进入相对稳定的地台演化阶段。在滇中及滇东南地区, 从上震旦统下部南沱组开始直到上三叠统下部均属地台构造层, 其间未见明显的不整合面, 反映构造环境较稳定, 其中上震旦统不整合于下震旦统之上, 沉积特点可与长江古地台区对比。古生界至中生界下部, 沉积相维持在滨浅海相, 环境变化于海陆之间。

晚震旦世—三叠纪, 云南段整个地台演化阶段有一显著的特点, 即局部地段的拉张裂陷作用几乎贯穿整个阶段。主要的裂陷事件发生于早奥陶世、泥盆纪、二叠纪—三叠纪, 以晚二叠世最为强烈^[1]。在古地台边缘(墨江—宁蒗)的弧形地带中, 奥陶纪—志留纪出现陆缘扩张, 形成大陆边缘扩张槽。晚古生代, 扩张槽向西延展, 形成包括兰坪—思茅、中甸地区在内的宽广的陆缘扩张带。早奥陶世的陆内 SN 向局部裂陷主要发生于下关和泸沽湖地区。

志留纪—石炭纪, 两裂陷在原有基础上继承发展, 于中泥盆世贯通, 形成一个窄而长的裂陷槽, 堆积了滑塌堆积、重力流、浊流等沉积。在盐源—丽江地区, 大致以自永胜向东北延伸至木里南的大槽子断裂和北延至三江口的程海断裂为界, 由于块断差异升降引起东段(盐源)、中段(宁蒗—泸沽湖)和西段(丽江)岩相、厚度及地层结构的急剧变化。遍布整个盐源—丽江地区晚二叠世裂谷型海相玄武岩受到断裂构造的控制, 主要氧化物、稀土和微量元素特征均类似于大陆板内裂谷玄武岩^[2], 说明晚二叠世发生强烈的拉张裂陷活动。与火山岩同期的岩脉群走向以 NE—NNE 向和近 SN 向为主, 岩脉群的特征表明晚古生代本区处于强烈的引张区^[3]。

2 地台型铜矿床的主要类型

地台期的铜成矿作用主要与初定期海浸沉积的碳酸盐岩、砂砾质碎屑岩建造和余定期台地边缘裂陷或拗陷带的碎屑岩建造、火山岩建造有关(表 1), 矿床的层控特征非常明显。目前已发现和开采的地台型铜多金属矿床类型主要有: 震旦纪与陡山沱组

有关的地台沉积型铜矿床、晚二叠世—三叠纪台内拗陷带中与火山活动有关的铜矿床, 其中后者又可分为 3 种矿床类型: 以永胜宝坪和丽江劳马古铜矿为代表的晚二叠世地台型火山—沉积岩型铜矿; 以会泽水槽子、大桥铜矿为代表的晚二叠—早三叠世地台型碎屑岩沉积型铜矿; 以麻栗坡杨万铜矿床为代表的三叠纪地台型火山喷流—热液叠加型铜矿。

震旦系中的铜矿主要分布在滇中及滇东北元古宇变质古隆起带的边缘, 在古地理上, 铜质富集地区往往是在古隆起周缘的边缘洼地或海湾地带。晚二

叠世—三叠纪与火山活动有关的铜矿床主要分布在滇东及滇东北晚古生代末期的裂陷带中, 受 NNE-近 SN 向区域性张性断裂构造控制。

3 矿床地质特征

根据对主要矿床地质、地球化学特征的研究及前人资料分析^[4-10], 云南地台型铜矿床与成因有关的特征主要可总结为矿床产出的层控性、构控性及叠加改造等三个方面, 分述如下(表 2)。

表 1 云南地台型含铜沉积建造及典型矿床
Tab 1 The platform cupriferous sedimentary formations and typical deposits, Yunnan

演化阶段	地 层		含铜岩石建造	矿床实例
	系	统		
余定期	三叠系	中	碳酸盐岩建造, 火山岩— 火山碎屑岩建造	个旧、麻栗坡杨万
		下	含碳碎屑岩、红色砂页岩建造	水槽子、大桥
	二叠系	上	火山岩建造, 砂页岩建造	宝坪、劳马古
		下		
稳定期	奥陶 石炭系			
	寒武系		类复理石建造	马关戛达厂
初定期	震旦系		碳酸盐岩— 碎屑岩建造	澜泥坪、舍郎、子弹山

表 2 云南地台型铜矿床主要地质特征
Table 2 The main geological features of platform copper deposits, Yunnan

矿床类型	与陡山沱组有关的沉积型铜矿床	晚二叠世地台型火山—沉积岩型铜矿床	晚二叠—早三叠世碎屑岩沉积型铜矿床	火山喷流—热液叠加型铜矿床
赋矿层位	震旦系陡山沱组	上二叠统黑泥哨组	下三叠统宣威组	中三叠统杨万组
矿体形态	层状、扁豆状、似层状	似层状、扁豆状、脉状	似层状或透镜状	层状—似层状、透镜状
矿石矿物组合	黄铜矿为主, 斑铜矿、黝铜矿、黄铁矿、孔雀石、砷钙铜矿、硅孔雀石、蓝铜矿	辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿、方铅矿、孔雀石、蓝铜矿等	以自然铜(>90%)为主, 次为辉铜矿和少量孔雀石、硅孔雀石、磁铁矿、褐铁矿	主要有黄铜矿、辉铜矿, 次为蓝铜矿、斑铜矿、自然铜、赤铜矿、蓝铜矿、孔雀石
蚀变特征	硅化、碳酸盐化、绢云母化、石墨化, 但分布不普遍	绿泥石化、绿帘石化、叶腊石化、绢云母化、钾长石化、硅化、碳酸盐化	绿帘石化、硅化、高岭石化	绿泥石化、绿帘石化、硅化、碳酸盐化、类石墨化
结构构造	上层矿中见有胶磷矿及碳泥质与硫化物共生, 下层矿中铜矿物多呈胶体物出现; 矿石构造有纹层状、浸染状、碎屑粒状、脉状、网脉状等	半自形晶结构, 不混溶连晶及蠕虫状结构、溶蚀结构、残余结构; 层状矿体主要为浸染状、细脉状、条带状、结核状构造, 脉状矿体主要为块状、网脉状、斑点状、杏仁状构造	他形粒状结构; 不规则饼状(掌状)构造、条纹构造、结核状(豆状)构造、星散状构造、细脉状构造	他形、半自形—自形晶结构、微—隐晶结构等; 块状、纹层状构造、条带状构造、角砾状构造、脉状构造、浸染状构造
控矿因素	古地形地貌、地层层序及岩性、构造、地层及构造	古地形地理、岩性和构造	地层、岩性和构造	
典型矿床	澜泥坪、舍郎、子弹山	宝坪、劳马古	水槽子、大桥	杨万
矿床成因	沉积+后期构造改造	火山沉积+热液改造	沉积+热液改造	火山喷流+热液改造

3.1 矿床产出的层控性

根据云南地质矿产局区域地质调查队对扬子壳块西南缘云南东部地区各时代地层中元素丰度的测定(表 3)^[11]可以看出,成矿元素在不同地层中的分配差别很大,但是铜元素在地层中的分散与富集特征却非常明显。震旦系中 Cu 的丰度值与地区克拉克值相当,二叠系的平均丰度比克拉克值高出近 1 倍,而在其他时代地层中,铜的丰度值均低于克拉克值。铜元素在地层中的分配型式与该区地台型铜矿床的分布完全一致,反映了地层对地台型铜矿床的层控作用。

区内地台型铜矿床的产出严格受地层层位的控制。震旦系中的铜矿床均赋存于一定的地层层位中,根据澜泥坪、蓑衣坡、天宝厂、甸头、子弹山、火特、砚台村、舍郎等铜矿床(点)的统计,陡山沱组中矿化共有 3 种类型:底部砂砾岩中含铜砂岩型铜

矿,如蓑衣坡 1 号、天宝厂、甸头等;泥质灰岩、泥质白云岩中含铜的碳酸盐岩型铜矿,如宜良大拉得、天宝厂、甸头、舍郎、黑矿尖子 2 号;下部灰绿色钙质页岩中含铜页岩型铜矿,如天宝厂、甸头。

晚二叠世—早三叠世的火山—沉积岩系是地台型火山—沉积岩型和碎屑岩沉积型铜矿的主要含矿层位,目前已知的矿床主要产于上二叠统黑泥哨组、宣威组中,少量产于下三叠统飞仙关组夹浅色夹层的紫红色砂岩中。铜矿化多出现在火山活动的间歇期,即熔岩向沉积岩过渡的凝灰岩或沉积岩中。成矿元素在火山岩中有较高的丰度值,层状矿体中以碳质、凝灰质岩石矿化较好,并可见到与火山灰一起作为胶结物出现的细粒浸染状辉铜矿、斑铜矿。

此外,矿床的主要矿体形态、矿石的结构构造特征亦反映出矿床的层控特点。

表 3 云南东部地台演化阶段各地层中成矿元素丰度

Table 3 Content of ore-forming elements in various formations during platform evolution in eastern Yunnan

地层	$w_B/10^{-6}$											样品数
	Pb	Zn	Cu	Sn	Cr	Ni	Co	V	Be	Nb	Mn	
三叠系	18	86	37	5	124	26	12	98	1.9	26	393	782
二叠系	16	115	86	6	89	35	24	150	1.3	22	506	813
石炭系	34	58	21	6	61	13	8	45	1.3	21	276	296
泥盆系	31	62	33	6	76	12	8	46	1.1	19	279	458
志留纪	30	74	32	5	88	21	9	74	1.4	28	442	199
奥陶系	30	34	29	5	110	16	10	58	1.2	22	548	251
寒武系	14	37	33	6	108	19	8	79	1.2	19	385	511
震旦系	18	36	43	5	112	10	6	30	2.3	38	488	563
克拉克值	16	83	47	2.5	83	58	18	90	3.8	20	1000	

注:克拉克值采用维诺格拉多夫 1962 年资料。

3.2 矿床产出的构控性

矿体除了严格受到地层及岩性的控制之外,还与特定的构造部位有关。多期活动的深大断裂往往控制着成矿区的边界,如东川矿区东侧的 SN 向小江深断裂和南部的 EW 向宝台厂—九龙深断裂控制了陡山沱组铜矿床的成矿范围,矿床只局限于小江大陆以西、宝台厂—九龙大陆以北地区。在黑矿尖子、蓑衣坡矿段,矿化范围和强度严格受澜泥坪逆断层控制;而在其他地区沿断层、节理裂隙或层间破碎带往往形成小而富的透镜状矿体,如舍郎铜矿主矿体受层间破碎带的控制。

晚二叠—早三叠世地台型铜矿床的分布受拗陷

带边缘断裂的控制,如盐源—丽江地区有关的铜矿床(点)分布于 SN 向的程海断裂和大槽子断裂之间,近 SN 向断裂和 NE 向次级断裂的交汇部位控制了中心式火山喷发,劳马古—文通—金安东铜矿带和米厘—梅子箐—宝坪厂西铜矿带正处于火山活动中心附近。在矿床内部,有利成矿的构造空间为 NE 向断裂及层间剥离空隙,在多组构造与含矿层相交部位矿体增富。矿体呈似层状、扁豆状,时有分支合并。

3.3 矿床的叠加改造特征

地台型铜矿床形成之后,均或多或少受到后期叠加改造成矿作用影响。证据分述如下:

(1)震旦系中的铜矿床。以峨山 玉溪地区铜矿化改造特征尤为明显。舍郎铜矿、甸头铜矿及酸水塘铜矿均产于白云岩、泥质灰岩与灰白色砂岩的层间破碎带或糜棱岩带中。产于白云岩、泥质灰岩中的铜矿化呈独立的铜矿脉或与碳酸盐脉复合,矿化强度与岩石的破碎程度及碳酸盐脉的密度有关,重结晶的方解石、白云石颗粒中包裹有原生沉积的辉铜矿微粒。糜棱岩带中矿化沿糜棱岩的片理分布,以甸头为例,糜棱岩片理发育处矿化强,其中也见有脉状矿化;产于砂岩中的矿化呈浸染状叠加脉状,矿石品位明显增高,同时绢云母化蚀变增强。后期改造铜矿物呈不规则微粒状产于碎屑粒间或石英颗粒次生边中,或集中成细脉状与热液脉共生,一般呈与方解石矿物嵌晶的星点状分布,并见到有交代石英颗粒形成的交代蚕食结构。脉状铜矿石中至少可以见到 4 期矿脉的穿切现象。矿石矿物中也见到少数蓝辉铜矿具有环带结构、斑铜矿交代黄铜矿等热液成因结构。

(2)丽江地区铜矿床。具有经后期构造改造、围岩普遍蚀变及热液矿脉叠加的晚期成矿特征。后期热液活动在有利的聚矿构造部位往往形成脉状、网脉状铜矿化,同时在构造带中早期形成的铜矿物普遍见有压碎结构,在层状矿体内部常见有交代溶蚀、置换作用形成的溶蚀结构、残余结构、网状结构及镶边结构等。在宝坪铜矿,钻孔中脉状矿石中的黄铜矿同位素年龄为 31 Ma , 与矿区出露的煌斑岩脉同位素年龄 30 Ma 非常接近; 矿石包裹体的 $(\text{D}) = -35 \times 10^{-3} \sim -91 \times 10^{-3}$, $(^{18}\text{O}) = 18.6 \times 10^{-3} \sim +8.5 \times 10^{-3[8]}$, 表明以岩浆热液为主的流体对矿床的叠加改造作用。

(3)杨万铜矿床的矿石成因类型可分为喷流沉积型和热液型。热液型铜矿石产于细碧质凝灰岩、细碧质火山角砾岩和辉绿岩中,矿物呈浸染状、网脉状、细脉状分布于岩石中,具硅化、绿泥石化,显示热液蚀变特征。

(4)会泽水槽子铜矿的含矿岩系受到强烈挤压而产生塑性变形或层滑、碎裂,使得具有延展性的自然铜多呈薄片(板)状、饼状顺层产出,并在部分较大的自然铜薄片(板)上形成明显擦痕及小揉皱。同时,构造热液进一步萃取岩石内的铜元素,汇集到含矿层内一些小裂隙或孔隙中,铜质被还原生成细脉状或星点状辉铜矿,形成新矿体或使原有矿床更加变富。

4 地台型壳体成矿作用

地台阶段是壳体或其中某些地段演化进入活动性弱的阶段,其地幔蠕动处于相对宁静时期,平向蠕流微弱,分异不显著,遂致壳体内水平差异运动较少,表现为以大范围内整体和缓升降运动为主的造陆运动。在扬子壳块西缘,自震旦纪始,地壳活动性减弱,较少岩浆活动,因此铜的成矿作用一开始即表现为以沉积成矿作用为主的特征。但是随着地台阶段的延续,地幔热能的积聚越来越多,地幔活动加剧,尤其是到地台演化的后期,局部地段强烈的拉张裂陷作用引发基性岩浆喷出或侵入,使沉积型为主的成矿作用转变为火山-沉积型或喷流-沉积型。从扬子壳块西缘云南段地台阶段的成矿背景及铜矿床地质特征分析,可以总结出该区地台型壳体成矿作用的特点:

(1)在壳体进入地台演化阶段的初期,即地台体制的初定期,成矿作用的物质来源于先成各构造体制的含矿建造。地槽褶皱封闭之后,对先成矿床或矿源层的风化剥蚀是构成地台型沉积矿床的先决条件。而有利的沉积环境,包括古地形地理条件、古气候、沉积的氧化-还原环境、地层层序和岩性等对矿床的形成和空间分布起着关键的控制作用。如在扬子壳块西缘云南段产出的陡山沱组中的铜矿床,成矿物质即来源于基底含铜地层(前震旦系昆阳群、会理群),矿床分布于这些含铜地层隆起周缘的坳陷区或隆起区内的震旦系块状断陷区内,并与地层在空间分布上有密切的相互依存关系。矿化层之下属氧化环境,之上为还原环境,而矿化层则分布在氧化-还原过渡带中。含矿地层层序从下而上还原性逐步增强的物理、化学条件构成了较理想的局部性地球化学障,提供了从同生沉积-成岩-后生改造成矿的有利而稳定的介质环境。

(2)在地台体制发展的和缓期,由于壳体的运动相应地处于最为和缓的阶段,壳体大面积的升降运动形成宽广的陆相盆地或海盆。所以在此阶段内,成矿元素的含量一般趋近或略低于于克拉克值(表 3)。尽管在一些地区(如下关、泸沽湖)存在局部的拉张裂陷作用,但由于拉张强度有限,缺乏岩浆活动,没有新的成矿物质来源,所以未能形成有工业意义的铜矿床。

(3)在地台阶段的晚期(余定期),扬子壳块总体

呈现成穹拉张和边部裂陷的构造– 动力学特点(陈国达等, 2001)。晚二叠世, 康滇地区大规模的玄武岩浆喷溢表明岩石圈深部物质活动已趋强烈。拉张裂陷及伴随的中基性火山活动为本区铜的成矿带来大量新的物质, 晚二叠世– 三叠纪的火山岩系和火山– 沉积岩系中均含有远高于地壳平均值的成矿元素, 且大量铜矿床(点) 的地质特点表明铜的成矿作用与中基性火山活动有关。但由于不同的地层层序和岩性、成矿物理化学环境、局部差异性构造活动形成的聚矿构造组合等因素控制了不同类型铜矿床的形成。例如在晚二叠世中基性火山活动形成的峨眉山玄武岩组及火山沉积岩系中, 在有利岩性和聚矿构造组合条件下形成宝坪式火山– 沉积型铜矿床; 在有利的沉积的古地理环境和物理化学条件下形成的水槽子式碎屑岩沉积型铜矿床; 在中三叠世局部差异性构造活动下, 张性断裂导致多次海底火山活动所形成的杨万式火山喷流沉积型铜矿床。

(4) 扬子壳块西缘地台阶段所形成的矿床、矿体虽然受到后阶段或地洼期构造– 岩浆活动的影响, 或多或少地都遭受了热液作用的叠加或改造, 使先成矿床发生一定程度的叠加富化或改造富化。但是由于矿床仍然保留了地台阶段的沉积或火山– 沉积成矿作用特征, 并且矿床的主成矿期和成矿阶段仍是在地台演化阶段, 所以仍将这类矿床作为地台体制下铜成矿作用的主要类型。

参考文献:

- [1] 刘肇昌, 李凡友, 钟康惠, 等. 扬子地台西缘构造演化与成矿[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1996.
- [2] 张云湘, 骆耀南, 杨崇喜. 攀古裂谷[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [3] 吴学益, 吴惠明, 陈省芬. 扬子地块西南缘区域成矿的大地构造背景和矿床形成的构造控制[J]. 矿物学报, 1997, 17(4): 376-385.
- [4] 薛步高. 云南陡山沱组含矿性及其找矿探讨[J]