

碧口地体铜多金属成矿系列及其时空结构*

Copper Polymetallic Metallogenic Series in Bikou Terrain

周宗桂 丁振举 姚书振

(中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

Zhou Zonggui, Ding Zhenju and Yao Shuzhen

(China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

摘 要 碧口地体铜多金属矿床按其成矿地质环境、成矿建造和成矿作用, 可划分为裂谷—洋盆火山喷流沉积型铜成矿系列和岛弧喷流与岩浆热液铜多金属成矿系列。矿床形成的经历了同生与叠加改造的演化阶段, 矿床的空间分布具有层控性、分带性和分段集中的特征。

关键词 铜多金属矿床 成矿系列 时空结构 碧口地体

1 成矿地质背景

碧口地体位于扬子板块与秦岭微板块之间, 其南部以阳平关断裂与扬子板块分隔, 北部以勉略蛇绿构造混杂岩带与秦岭微板块相隔。构造位置属于扬子板块北部大陆边缘, 既南秦岭构造带。发育有太古宙—古生代地层, 以元古宙地层为主。中元古代碧口岩群由老到新为红岩沟组、白水街组、姚渡组和阳坝组(陶洪祥, 1988), 红岩沟组主要岩性为变中基性-中酸性火山岩、变质砂板岩、碳质板岩、凝灰质板岩等; 白水街组主要岩性为变中基性火山岩、中酸性岩火山岩、片岩、千枚岩和硅质岩等; 姚渡组主要岩性为变中基性火山岩、凝灰质千枚岩、泥质千枚岩、板岩; 阳坝组主要岩性为变中基性火山岩、凝灰质千枚岩、板岩夹硅质岩。晚元古代横丹岩群、豆坝岩群分布于碧口岩群以北地区, 横丹岩群为一套含砾岩、砂砾岩的变质粉砂岩、粉砂质板岩。豆坝岩群为一套千枚岩、炭质板岩、硅质板岩夹基性、中性、酸性火山熔岩、火山碎屑岩。碧口地体从早期裂陷增生到后期陆内造山大致经历了如下几个阶段: 盆地裂陷增生阶段; 盆岭转换与拼贴阶段; 古秦岭洋被动大陆边缘阶段; 勉略新生洋盆的主动陆缘阶段和陆内造山阶段。在盆地裂陷增生阶段和盆岭转换与拼贴阶段形成了碧口裂陷、横丹残留盆地、东沟坝岛弧的构造格局。本区铜多金属矿床的形成及空间展布与碧口裂陷、东沟坝岛弧环境关系密切。

2 铜多金属成矿系列特征

碧口地体铜多金属矿床主要分布于碧口岩群和豆坝岩群中(图 1), 按其成矿构造环境、赋矿建造和成矿作用可分为二个成矿系列, 即裂谷—洋盆火山喷流沉积型铜成矿系列、岛弧环境铜多金属成矿系列(包括岛弧喷流沉积型多金属矿床和岛弧侵入岩浆期后热液型铜矿床)。前者主要有筏子坝、阳坝、大茅坪等铜矿床; 后者主要有东沟坝铅锌金银重晶石矿床、铜厂铜矿床。这些矿床产于不同的构造环境, 赋矿层位有差异, 因而具有各自的成矿特点和不同的成矿元素组合特征(表 1)。

3 铜多金属成矿系列形成与演化

3.1 区域成矿时限

根据本区已有的同位素年代学资料提供的年代学信息, 结合本区已有的围岩热年代信息, 可对本区成矿成矿时限作出一定的限制。碧口岩群中基性火山岩的同位素年龄为 2200 Ma 和 1611 Ma(Sm-Nb)(吴闻人等, 1993)、1304 Ma(U-Pb)、1565±16 Ma(U-Pb)(秦克令等, 1990; 陶洪祥等, 1993), 表明碧口岩群的成岩年龄为 1500~1300 Ma, 大量 Rb-Sr 法测定的 8~10 亿年(赵祥生等)为变质年龄。矿石铅同位素相对年龄时差表明碧口岩群内发育 13 亿年以前的 Cu 矿化期, 由本次研究测

* 本文受国土资源部“九五”地质科技攻关项目(9502002)资助

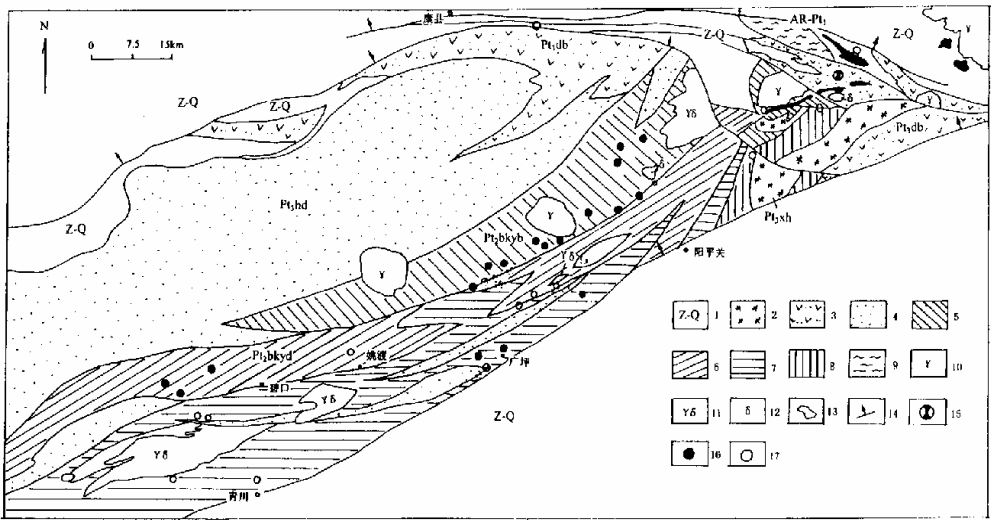


图 1 碧口地体矿产分布图

1—沉积盖层；2—雪花太坪群；3—豆坝群；4—横丹群；5—阳坝组；6—姚渡组；7—白水街组；8—红岩沟组；9—鱼洞子群；10—花岗岩；11—花岗闪长岩；12—闪长岩；13—超镁铁岩；14—主要断裂；15—多金属矿床；16—铜矿床；17—金矿床

定矿石中脉状铜矿石的单矿物 Rb-Sr 给出形成时代为 330 Ma 和 206 Ma(Ar-Ar)左右的年龄数据。综合以上资料可以认

表 1 铜多金属矿床特征表

成矿系列	矿床类型	构造背景	赋矿建造	成矿元素	矿物组合	成矿温度/℃	年龄/Ma	成矿作用	实例
裂谷-洋盆铜矿床系列									
	裂谷-洋盆喷流沉积-改造型铜矿床	大陆边缘裂谷-有限洋盆	中元古宙碧口群火山沉积岩	Cu、(Zn、Co、Au)	黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、闪锌矿	104~416	1209; 342~347	火山喷流沉积作用构造-流体改造作用	大茅坪、筏子坝、阳坝银厂沟
岛弧铜多金属矿床系列									
	岛弧初始裂谷喷流沉积-改造型铜及多金属矿床	岛弧初始裂谷	晚元古宙豆坝群火山沉积岩	Pb、Zn、Au、Ag、Cu、S	黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、重晶石、金银矿	185~263	953~1305	喷流沉积作用，构造-流体改造作用	东沟坝、陈家坝、红土石、二里坝
	岛弧侵入岩浆热液型铜矿床	岛弧岩浆活动	石英闪长岩	Cu、(Au)	黄铜矿、黄铁矿	190~330	889, 188	岩浆热液充填交代作用，构造流体改造	铜厂

为，本区最早的矿化期应在 13 亿前，可能与 Sm-Nd 法提供的碧口岩群年龄相当，为同火山喷流成矿期，在 8~10 亿年左右随着区域的变质作用，矿床可能发生富集再造，奠定了大的构造格局和成矿面貌。矿石提供的 330 Ma 左右的成矿年龄显然代表沿构造带局部再调整的时限。黄铜矿-石英脉矿石中石英 Ar-Ar 等时线年龄为 206.1±6.1 Ma，说明本区仍存在印支期与构造-岩浆热作用有关的矿化作用，但因受能干性强的含铁硅质岩的保护，矿体未受很大的影响。以东沟坝代表的岛弧环境的多金属矿床其成矿时代为 10 亿年左右，因缺乏其他资料的佐证，对后期改造时限还不能定量地作出限定，但推测应与筏子坝、阳坝等铜矿床基本一致。因此本区块状硫化物矿床的成矿时限可分为：16~13 亿年左右的早期成矿阶段，10 亿年左右的变质再造或岛弧型块状硫化物矿床的成矿阶段；330 Ma 和 206 Ma 左右的构造动力局部再造成矿阶段。

本区岩浆热液型铜厂铜矿床的成矿时限，根据 Re-Os、Pb、Rb-Sr 年代学方法综合对比，可以将其分成两个大的期次，9 亿年左右的早期岩浆期后热液矿化阶段，350 Ma 的构造动力富集成矿阶段。其中矿石 Rb-Sr 代表的晚期成矿年龄进一步说明本区海西期存在着广泛的动力再造造成矿现象。

3.2 成矿演化过程

伴随着不同的构造环境和构造演化的不同阶段，产生不同的火山、沉积、岩浆、变质等作用，并决定了成矿的热体制、矿质来源、流体的性质，因而形成不同的成矿系列和造就不同的成矿特色。碧口地体从早期裂陷增生到后期陆内造山大致经

历了如下几个阶段：①盆地裂陷增生阶段；②盆岭转换与拼贴阶段；③古秦岭洋被动大陆边缘阶段；④勉略新生洋盆的主动陆缘阶段；⑤陆内造山阶段。在盆地裂陷增生阶段和盆岭转换与拼贴阶段形成了碧口裂陷、横丹残留盆地、东沟坝岛弧的构造格局。本区铜多金属矿床的形成及空间展布与碧口裂陷、东沟坝岛弧环境关系密切。

盆地裂陷增生阶段大约从 16 亿年左右开始，一直延续到 10 亿年左右。沿着扬子陆块北缘，由于伸展作用或地幔物质上隆诱发陆缘裂解、扩张，发展为有限洋盆。在这个过程中依次发育了红岩沟组、白水街组、姚渡组、阳坝组火山岩。同时由于热流体循环系统的作用，形成了火山喷流沉积矿床。

盆岭转换与拼贴阶段可能从 10 亿年开始，终止于 6 亿年左右。伴随着碧口洋盆的消减俯冲和地体拼贴，发育了与之相匹配的岛弧侵入岩及岛弧火山岩。同时形成了与岛弧侵入岩有关的岩浆期后热液型铜矿床（铜厂式铜矿床）、与岛弧火山岩有关的喷流沉积型铜、铅、锌、金、银、硫矿床（如东沟坝铅锌金银矿床、红土石含铜黄铁矿床等）。

综上所述，碧口地体的铜、多金属矿床是不同构造环境的产物，伸随着构造演化，依次出现张性裂谷—洋盆环境的以 Cu 为主的火山喷流矿床和挤压环境的岛弧 Pb-Zn、Cu、S 的火山喷流矿床和岩浆期后热液型矿床，这些矿床在后期构造变形变质过程中再造，进一步改造、富集，最终呈现现今的成矿面貌。其演化过程可概括如图 2。

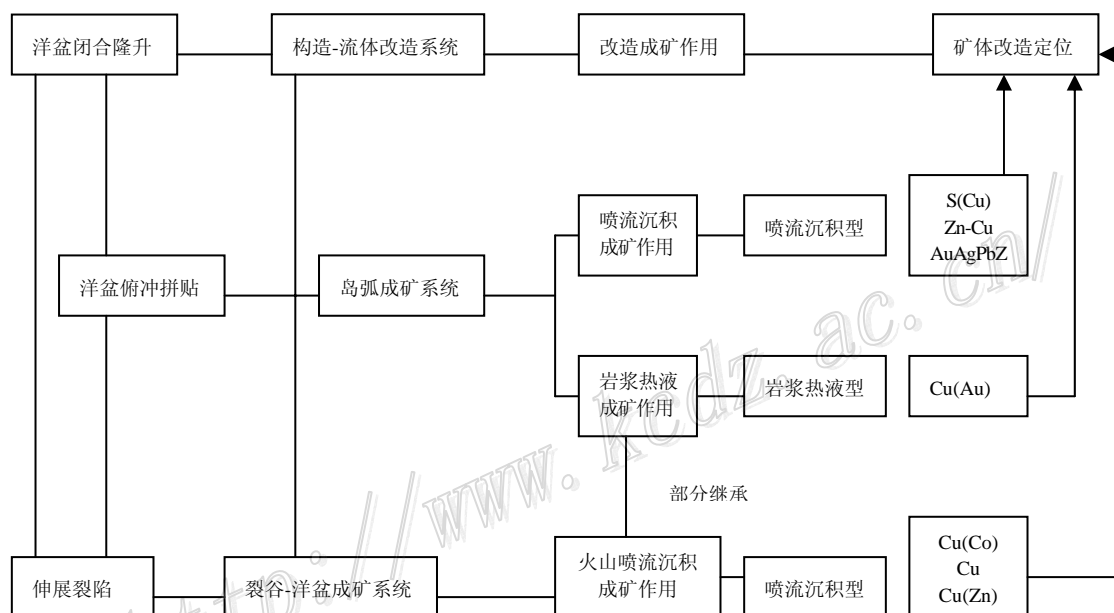


图 2 碧口地体铜多金属成矿演化图

4 成矿系列空间分布规律

4.1 裂谷-洋盆火山喷流沉积型铜成矿系列

该带主要分布于碧口古裂陷带，受大陆边缘裂谷—洋盆构造环境控制。从中元古代开始，大约 16 亿年左右，一直延续到 10 亿年左右，沿着扬子陆块北缘，由于伸展作用或地幔物质上隆诱发的陆缘裂解、扩张，依次出现裂谷早期的红岩沟组碱性、钙碱性基性岩、酸性岩；白水街组板内裂谷的拉斑玄武岩；具过渡洋壳性质的姚渡组和洋壳性质的阳坝组拉斑玄武岩。还伴有 10 亿年左右发育的超基性岩带。说明碧口地体在该阶段是从大陆裂谷基础上，通过逐渐裂解、扩张，最终形成洋盆的过程。在这个过程中由早到晚依次出现银厂沟锌-铜多金属矿床、大茅坪铜（锌）矿床、筏子坝铜矿床和阳坝铜（钴）矿床。矿床类型为火山喷流沉积型。按照赋矿建造和矿化特征，可进一步划分为 3 个亚带：①青木川—大茅坪—井田坝铜及多金属成矿亚带，这一亚带赋矿岩层是白水街组火山岩，主要矿床有大茅坪铜（锌）矿床、银厂沟锌—铜多金属矿床和青川一带的茶树坝草溪沟铜矿化点等。②白皂—筏子坝铜成矿亚带，主要赋矿岩层为姚渡组火山岩，已知矿床有筏子坝铜矿床、白皂铜矿床等。③阳坝—苍社铜（钴）成矿亚带，主要赋矿地层为阳坝组火山岩，已知矿床有阳坝铜（钴）矿床、杜坝铜矿床等。

4.2 岛弧环境铜多金属成矿系列主要分布于东沟坝岛弧带

该带受岛弧火山岩及岛弧侵入岩浆活动控制。伴随着碧口洋盆的消减俯冲和地体拼贴,发育与之相匹配的石英闪长岩及岛弧火山岩系。由俯冲洋壳的熔融作用而产生的岛弧侵入岩浆活动,在其侵位过程和岩浆演化的后期发生成矿作用,形成岛弧岩浆期后热液铜矿床,如铜厂铜矿。由俯冲作用诱导产生的裂谷在产生角斑岩和石英角斑岩的火山喷发活动后,在相对宁静期,由下伏火山供给的热量,在海底发育热水流体循环,并不断地从围岩中萃取成矿物质,于海底洼地中形成喷流沉积型多金属矿床和含铜黄铁矿矿床等。如东沟坝金、银多金属矿床、二里坝和红土石含铜黄铁矿床等。

5 成矿系列时空结构

由以上分析可看出,本区铜多金属矿床成矿系统主要由 2 个大的成矿系统组成:早期同生成矿系统,晚期叠加改造成矿系统。同生成矿系统又分为伸展体制与挤压体制 2 个成矿系统。伸展体制成矿系统(16~13 亿年)是伴随着地壳的减薄、地幔上隆、深部地壳熔融作用产生的火山活动,在裂陷中由火山加热海水淋滤围岩的矿质喷流而成。随裂陷增生强度逐渐加强,盆地逐渐向具洋壳性质的成熟盆地转化,成矿元素组合由较多亲陆壳元素 Zn-Cu-Pb 过渡到以 Cu 为主。继构造挤压体制岛弧成矿之后的洋壳俯冲作用形成的岛弧侵入岩产生的岩浆期后热液成矿与俯冲作用诱导的弧后初始裂谷成矿构造挤压体制岛弧成矿系统。叠加改造成矿系统主要表现为多期动力变质再造。伴随着区域变质(10~8 亿年)和韧性剪切再造作用(330 Ma),一方面使原有矿床的成矿物质进一步迁移和富集,另一方面,从现有的有限的流体资料及同位素资料看,变质流体也参与了成矿作用。变质过程中分泌的变质热液淋滤分散在围岩的部分矿质而参与成矿过程。矿床经历了不止一次的动力变质再造,在海西期和印支期改造定位。从而构成了具有本区特色的喷流沉积-改造型铜多金属矿床和构造蚀变岩型金矿床。

综合成矿系统的演化特征可以看出,成矿系统演化是不同时期多次成矿作用的继承、叠加。同生成矿作用决定了早期成矿的时间、层位,后生成矿作用则受到构造动力改造的明显控制,是在原有基础上的继承和改造,决定了矿体最终的空间展布。因而在矿床勘工作中既要重视原有的成矿层位、成矿环境研究,又要重视后期的构造改造作用的研究,从层控、构控两个角度来研究本区的成矿规律。

参 考 文 献

- 姚书振, 丁振举, 周宗桂. 1999. 碧口群铜矿床成矿过程的 Sr, Pb 同位素地球化学示踪. 地球科学——中国地质大学学报, 24(supp.): 6~11.
- 丁振举, 姚书振, 周宗桂. 1998. 碧口岩群硅质岩成因及地质意义. 矿物学报, 18(3): 331~336.
- 赵祥生, 马少龙, 邹湘华. 1990. 秦巴地区碧口群时代层序、火山作用及含矿性研究. 中国地质科学院地质矿产研究所所刊, 29: 55~812.
- 张宗清, 张国伟, 付国民. 1996. 秦岭变质地层年龄及其构造意义. 中国科学(D 辑) 26(3): 216~222.