

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

## 论中国斑岩铜矿系列的地质背景

张洪涛 芮宗瑶

(中国地质科学院矿床地质研究所,北京)



本文提出了中国斑岩铜矿系列研究的 3 个不同层次:全球成矿系列、区域成矿系列和矿床体系,并以此为出发点论述了中国斑岩铜矿系列不同层次的成矿地质环境。指出,我国斑岩铜矿系列除受聚敛板块边界控制之外,主要受到陆内离散型以及陆块之间活动带的控制,与此相关的前阿尔卑斯基底断裂系和中、新生代盖层以及陆缘新生壳层的断裂系的叠置,控制了浅成超浅成相钙碱性岩浆的侵位和中国斑岩铜矿系列的时、空分布,也导致了成矿作用的多旋回性。

70 年前,我国著名地质学家翁文灏根据华南区域矿产的时空分布特点首次提出了成矿系列的概念(如 la série de Sn, Cu, Zn, Pb et Hg 等)<sup>[1]</sup>。嗣后,又于 1926 年提出了 metallogenic series<sup>[2]</sup>。70 年代以来,程裕淇、陈毓川、赵一鸣等<sup>[3,4]</sup>又作了进一步研究和发展,给出了较为全面、准确的定义,突出了中国矿床学研究的特点。作者<sup>[5]</sup>在 80 年代初,也对我国斑岩铜矿系列进行了较为深入的研究,并且提出了具有中国区域特色的斑岩铜矿系列以及矿床体系的分类方案。随着成矿理论研究的长足进步,作者认为,如果地质学家从典型矿床解剖和区域成矿系列研究再跨出一步,用现代全球成矿理论将区域构造和热事件联系起来,也许会对成矿理论的深化及其实际应用前景,具有更加重要的意义。本文以中国斑岩铜矿系列为例分 3 个层次进行探讨。

中国斑岩铜矿系列是与一定的大地构造、火成岩系列和某些沉积建造相联系的区域地质背景的产物。本文在作者多年来研究斑岩铜矿所获成果的基础上,将典型矿床研究与区域地质背景相结合,提出斑岩矿床研究的 3 个不同层次:全球成矿系列、区域成矿系列和矿床体系。全球成矿系列是指在全球性构造-岩浆活动的基础上建立起来的成矿规律概括,研究对象是矿带组合。区域成矿系列是指受板块边界控制的,与一定地质作用有关的各种矿种或各种矿床类型的总和,研究对象是矿带。矿床体系则是指包括围岩在内的一系列地质作用在单一矿床产出区的综合系统。三者研究内容既有明显区别,又相互联系,反映了不同层次的成矿地质背景。作者通过对斑岩铜矿系列 3 个不同层次地质特征的系统分析,认为中国斑岩铜矿系列具有与美洲西海岸斑岩铜矿带完全不同的区域特色。这

是因为中国的斑岩铜矿系列主要与陆内板块边界有关，而陆内火成岩系列的成分变化和成因特点要比洋壳区的复杂得多，很多斑岩铜矿产出区还不能确定与构造环境之间的确切关系。因此，除了研究矿床体系(典型矿床解剖)，更应注意区域的乃至全球地质背景研究，一方面在有确凿地质证据的深断裂带或陆内拉张拗陷带，寻找斑岩铜矿系列的成矿规律；另一方面在没有明显构造形迹的地区，注意与地下热点及地幔上升热柱有关的岩浆(成矿)作用。

### 一、斑岩铜矿全球成矿系列

斑岩铜矿系列产于全球构造环境中的某几个环节，主要与板块边界有关。产于聚敛板块边界的斑岩铜矿系列已为人们所熟知，如美洲西海岸活动的陆缘地带产出呈线型分布的巨大的斑岩铜矿带。在北美以铜(钼)建造为主，向南美洲过渡为以铜(金)建造为主，它们与太平洋西南中—新生代岛弧产生的巨型斑岩铜(金)矿带<sup>[6]</sup>构成了环太平洋成矿带。我国部分斑岩铜矿系列产于该类成矿地质背景，但大多数斑岩铜矿系列不同程度地显示出地壳克拉通化→地幔隆起→陆壳活化和区域性伸展→裂陷→隆拗带岩浆侵位→形成斑岩铜矿的特点(图 1)。许多斑岩型铜(钼、铁、金)矿床系列的产出，主要是受壳内离散型板块边界衍生的深断裂系所控制。在深断裂切割至地幔时，主要产出长江中下游玢(斑)

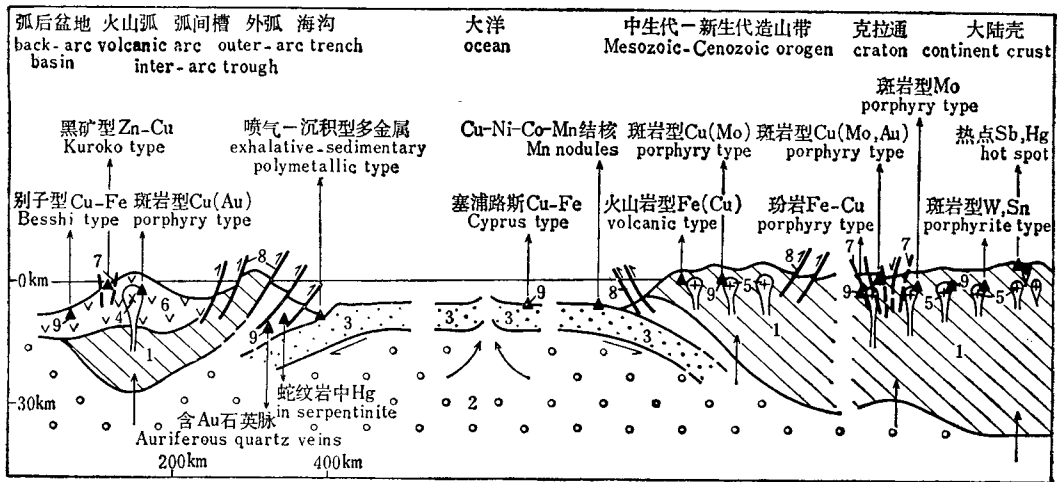


图 1 与斑岩铜矿系列有关的全球构造环境示意剖面图

(据 A.H.G. Mitchell 和 M.S.S. Garson<sup>[7]</sup>, 1976;李春昱<sup>[8]</sup>,1986;芮宗瑶和张洪涛<sup>[9]</sup>,1986;修编)

Fig. 1 Schematic cross-section of the global tectonic settings-related porphyry copper deposit series

(modified from A.H.G. Mitchell and M.S.S. Garson<sup>[7]</sup>, 1976; Li Chunyu<sup>[8]</sup>, 1986; Rui Zongyao and Zhang Hongtao<sup>[9]</sup>, 1988)

- 1. 陆壳; 2. 上地幔; 3. 洋壳; 4. 英云闪长岩-花岗闪长岩; 5. 花岗岩-碱性花岗岩;
- 6. 火山岩; 7. 初期裂谷; 8. 冲断层带; 9. 矿床

- 1. continental Crust; 2. upper mantle; 3. ocean crust; 4. tonalite-granodiorite; 5. granite-alkaline granite; 6. volcanic rocks; 7. incipient rift; 8. reverse fault; 9. ore deposits

表 1 斑岩铜(钼)矿床系列构造背景及地质特征  
Table 1 The tectonic setting and geological features of the porphyry copper (molybdenum) deposit series

构造背景	地壳演化	控矿构造	基底	岩石系列	岩石组合	矿石建造	成因类型	成矿时代	实 例
	地壳克拉通 ↓	火山机构 及深断裂	晚元古界 变质岩系	基性-中酸性岩	石英-二长岩- 石英斑岩	斑岩 Cu(Mo)	岩浆热液	早元古代	中条山铜矿(中国)
	地幔隆起 (热点) ↓	深断裂, 切割 杂岩体	前寒武系 变质岩系	过铝质及过碱 性花岗岩	钠长花岗岩-黑 云母花岗岩	脉状黄玉 -Sn-Nd	岩浆-气成 热液	侏罗纪	尼日利亚锡矿带
	地壳活化减薄, 区域性伸展 ↓	深断裂, 切割 至地幔	晚元古-早 古生界变质 岩系	基性-中性岩	辉长岩-闪长岩- 花岗岩	夕卡岩、矽 (斑)岩 Fe, Cu, Au	岩浆-气成 热液	晚元古-古生代	科拉半岛铁-稀土-磷矿带
	↓	深断裂, 切割 至下地壳	前震旦纪 变质岩系	基性-中性岩	闪长岩-花岗岩	斑岩 Cu(Mo)	岩浆-气成 热液	中生代	长江中下游铁铜矿带 (中国) Santa Rita 铜矿(美国)
	裂谷及拗拉槽 ↓	裂谷边缘深 断裂, 切割 至上地壳	元古界 变质岩系	酸性岩	花岗岩-花岗 闪长斑岩	斑岩 Mo	岩浆-气成 热液	晚中生-早新 生代	德兴铜矿(中国)
	↓	裂谷系火山 喷发裂隙	陆壳	次火山岩	黑云母花岗岩类	斑岩 Mo(Cu)	岩浆热液	二叠纪	东秦岭钼(铜)矿带(中国) Climax 钼矿(美国) Batchawan 铜-钼矿(加 拿大)
	洋脊 ↓	火山喷气 裂隙系统	玄武质洋壳	蛇绿岩杂岩	玄武质熔岩-燧石	块状硫化 物 Cu-Zn	海水-热液	晚元古代	Glitrevann 钼矿(奥斯特 地堑) Keweenaw 裂谷斑岩 铜钼矿带(加拿大)
	↓							晚白垩世	Troodos 铜-钼矿(塞浦 路斯) 德尔尼铜(钼)矿(中国)

离 散 型 板 块 边 界

岛弧	火山机构	洋壳及古洋壳	中(酸)性火山岩	英云闪长岩	斑岩 Cu-Au	岩浆-气成 热液	中生代—第三纪	奇美铜矿(中国台湾) 多宝山铜矿(中国) Emperor 铜-金矿(斐济)
洋壳—陆壳碰撞	破火山口	洋壳	中性火山岩	安山岩	火山岩 Cu-Au	气成热液	中新世	金瓜石铜矿(中国台湾)
	安第斯 岩浆岩带	大陆边缘 陆壳	中酸性岩	闪长岩-石英二 长岩	斑岩 Cu-Mo	岩浆-气成 热液	晚中生—新生代	北美西部铜(钼)矿带 玉龙铜矿(中国)
弧后扩张带	海底破火山 机构	洋壳	酸性次火山岩	流纹岩	斑岩型 Zn-Pb-Cu	水下喷气	中新世	南美西部铜(金)矿带 Kosaka 多金属矿(日本) 呷村多金属矿(中国)
	弧后陆缘	新生陆壳	中酸(碱)性岩	过铝质花岗岩 及火山岩	斑岩 Cu(W, Sn)	岩浆-气成 热液	古生代—早新 生代	内华达州铜(钼)矿带 (美国)
聚敛后陆 相火山活动	弧后冲断层	新生陆壳	中酸性岩	石英斑岩-英安 岩-流纹岩	脉型 Cu-Au-Ag	岩浆热液 (?)	晚白垩世—古 新世	Butte 铜矿(美国)
	破火山口及 高渗透裂隙 系统	新生陆壳	中酸性火山岩	流纹质次火 山岩	脉状 Au-Ag	浅成低温 热泉	更新世	新西兰金矿带 Goldfield 金矿(美国) 山门银矿(中国)
		新生陆壳	过铝质 S 型花 岗岩-火山岩	英安-流纹岩	脉状 Sn-Ag 多金属	岩浆-天水 低温热液	中新世	Choroique 铜-银矿(玻 利维亚) 闽浙火山岩带(中国)

聚敛型板块边界

岩型铁(铜)矿床系列;切割至下地壳时,则主要产出德兴斑岩铜(钼)矿床系列等类型;切割至上地壳时,往往产出如我国东秦岭斑岩钼(铜)矿床系列等类型。因此,中国斑岩铜矿系列在时间上不仅与中、新生代成矿作用相一致,而且还和早一中元古代和古生代这两期较重要的成矿期有关;在空间上与古亚洲、古地中海和环太平洋 3 大成矿域(系列)相吻合;在成因上主要与壳内过渡型构造环境有关的浅成超浅成相钙碱性岩浆系列密切相关;在形式上均具有多重性和继承性特点(表 1)。

前阿尔卑斯中国陆块产有铜矿峪(元古宙)、白乃庙(古生代)、公婆泉(古生代)、白山堂(古生代)等一批著名矿床。其成因类型介于含铜黄铁矿型和斑岩型之间,作者称之为斑岩铜矿的雏型<sup>[9]</sup>。由于板块边缘运动而导致中、新生代中国大陆板块内部发生 3 次重要的构造形变,亦即阿尔卑斯构造运动对前阿尔卑斯中国陆块进行改造而产生的新的构造格局,陈焕疆和朱夏谓之变格运动<sup>[10]</sup>。无疑,我国大多数斑岩铜矿系列与这 3 次重要的变格运动具有密切的成因联系。因此,基底断裂和上述不同构造系统的叠加,对控制我国斑岩岩浆及其成矿作用具有更为重要的意义(表 2)。

表 2 中国大陆板块内部变格运动及斑岩铜矿系列特征

Table 2 The characteristics of the diktyogenesis of the intracontinental tectonic settings of China and related porphyry copper series

板内构造分期	时 代	构造型式	控矿构造	岩浆系列	斑岩铜矿系列实例
前阿尔卑斯克拉通化	晚元古—晚古生代	拗拉槽拉张和闭合(西伯利亚陆块与塔里木-中朝陆块间);大陆增生(华南)	褶皱和断裂联合控制	基性—中酸性岩浆岩系列	中条山铜矿
			基底和层间断裂		白乃庙铜矿
I 次变格运动	中生代	基底俯冲(中国西部);基底滑移或拆离(华南);北北东向平移错动(华北)	深断裂系统	中酸性岩浆岩及火山岩系列	长江中下游铁(铜)矿
			深断裂旁侧引张断裂		德兴铜矿
II 次变格运动	中生代末—第三纪初	大规模断层走向滑动,华北大陆向太平洋蠕散扩张	交叉断裂系统	中酸性岩浆-火山岩系列	玉龙铜矿
			深断裂旁侧褶皱和断裂		马厂箐钼(铜)矿
			背斜轴部和交叉断裂		金堆城钼矿
III 次变格运动	中新世—更新世	青藏高原隆起,地壳增厚(中国西部);新弧沟体系形成和弧后沉降(滨太平洋地区)	火山断裂机构	安山质火山岩及流纹质火山岩系列	奇美铜(金)矿
			破火山口断裂系统		金瓜石铜矿

注:变格运动的分期和主要特征据陈焕疆和朱夏<sup>[10]</sup>(1986)。

## 二、区域成矿系列

我国许多地区由于深部地质作用而存在许多具区域特色的地球化学场,从而形成一系列不同矿种或不同类型的矿床系列。如南岭与壳幔质混熔型花岗岩有关的 Cu-Fe-Mo-W-Bi-Sn-Pb-Zn-Au-Ag 成矿系列,以及与硅铝质改造型花岗岩类有关的 REE-Nb-Ta-W-Sn-Mo-Bi-U 成矿系列。我国长江中下游地区由于受地幔隆起、东西向基底断裂和盖层的北东向构造系相叠置以及岩浆-火山活动等控制而产生了一系列玢(斑)岩型或夕卡

岩型铁(铜)矿床。它们在成因上与闪长岩-花岗岩系列有关，而铜和金的终极来源可能是元古宙和寒武纪的基底岩系；它们在空间上往往分别反映了矿石沉淀环境的不同特点(图 2)。

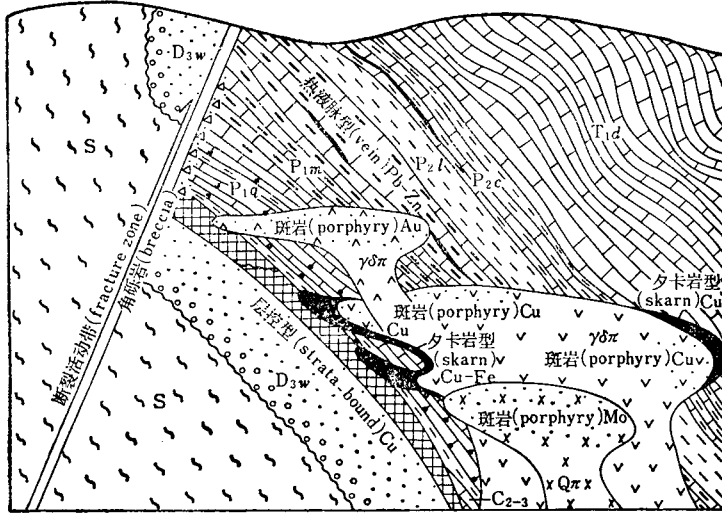


图 2 长江中下游区域成矿系列示意图

(据芮宗瑶、张洪涛和孔令补<sup>[11]</sup>, 1988, 修改)

Fig. 2 Sketch of the regional metallogenic series in the area along the middle-lower Changjiang River

(modified from Rui Zongyao, Zhang Hongtao and Kong lingbu<sup>[11]</sup>, 1988)

S 志留系; D<sub>3w</sub> 上泥盆统五通组; C<sub>2-3</sub> 中、上石炭统; P<sub>1q</sub> 下二叠统栖霞组; P<sub>1m</sub> 下二叠统茅口组; P<sub>2l</sub> 上二叠统龙潭组; P<sub>2c</sub> 上二叠统长兴组; T<sub>1d</sub> 下三叠统大冶组

S Silurian; D<sub>3w</sub> Wutong Formation, Upper Devonian; C<sub>2-3</sub> Middle-Upper Carboniferous; P<sub>1q</sub> Qixia Formation, Lower Permian; P<sub>1m</sub> Maokou Formation, Lower Permian; P<sub>2l</sub> Longtan Formation, Upper Permian; P<sub>2c</sub> Changxing Formation, Upper Permian; T<sub>1d</sub> Daye Formation, Lower Triassic

作者详细考察了西藏玉龙区域成矿系列的大陆-大陆过渡型构造环境特点。该系列位于班公湖-金沙江-红河和丁青-怒江-澜沧江两条推测板块边界之间,受次级陆内觉拥-德钦深断裂控制,矿床则位于上盘的更次级断裂系统中、钙碱性岩浆活动及热流体活动频繁,温泉和破火山口分布广泛,沿断裂带分布的安山-英安岩及基性、超基性岩可能是切割到下硅铝层乃至更深处的标志。矿带东侧形成了加多岭-则巴粉岩铁矿。全区的三叠纪火山-侵入事件使矿化作用普遍发生。北部以铜(钼)为主(玉龙),南部以钼-多金属为主(云南马厂箐)。成矿后的剥蚀作用,形成第三纪贡觉红层含铜砂岩(芒康)。从矿带北部向南,矿化类型由铜(钼)型向钼-多金属型转化,斑岩的酸碱度相对增高。显然,玉龙铜矿系列是在区域地质背景上长期演化的结果(图 3)<sup>[12]</sup>。

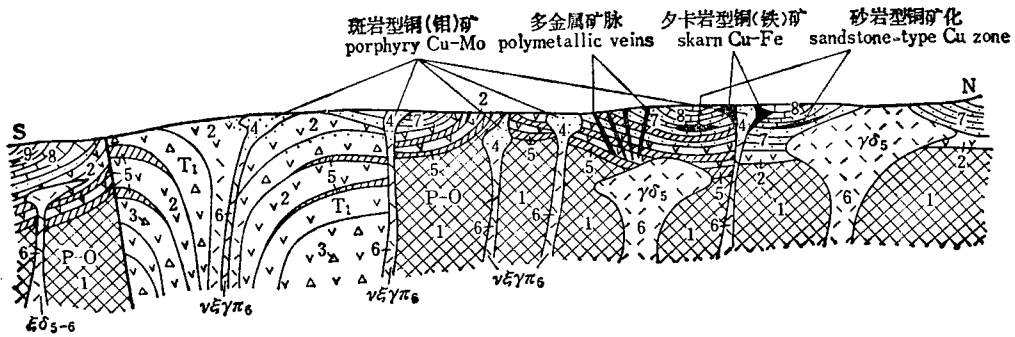


图 3 西藏玉龙区域成矿系列示意剖面图  
(据芮宗瑶和张洪涛<sup>[12]</sup>, 1984)

Fig. 3 Schematic cross-section of Yulong regional metallogenic series in Tibet, China  
(from Rui Zongyao and Zhang Hongtao<sup>[12]</sup>, 1984)

- 1. 二叠—奥陶系; 2. 早三叠世中酸性火山岩; 3. 早三叠世火山集块岩; 4. 早三叠世砂岩夹层;
- 5. 早三叠世泥岩夹层; 6. 早三叠世熔岩; 7. 晚三叠世甲坯拉组砂岩; 8. 晚三叠世王卡组白云质灰岩;
- 9. 晚三叠世阿堵拉组泥砂岩;  $\gamma\delta$ , 印支期花岗岩闪长岩;  $\nu\xi\gamma\pi_6$  喜马拉雅早期二长花岗岩岩;  $\xi\delta_{5-6}$  燕山晚期二长闪长岩

- 1. Permian-Ordovician; 2. middle-acidic volcanic rocks, early-Triassic; 3. volcanic agglomerate, early-Triassic; 4. sandstone-banded, early-Triassic; 5. pelite-banded, early-Triassic; 6. lava neck, early-Triassic; 7. Sandstone, Jiapila Formation, late-Triassic; 8. domomitic limestone, Wangka Formation, late-Triassic; 9. argillo-arenaceous rock, Adula Formation, late-Triassic;  $\gamma\delta$ , grano-diorite, Indo-China epoch;  $\nu\xi\gamma\pi_6$ , monzonitic granite-porphry, early-Himalayan epoch;  $\xi\delta_{5-6}$  monzodiorite, late-Yanshan epoch

### 三、矿床体系

斑岩铜矿矿床体系是区域构造、岩浆活动、沉积建造、成矿斑岩体、矿体、蚀变地质体、同源层状地质体、各类角砾岩等一系列地质作用的总和,是一个时间、空间和成因上密切相关的复杂体系。图 4 为斑岩铜矿体系的理想模式图。R. H. Sillitoe<sup>[13]</sup> 曾于 70 年代初提出过南美斑岩铜矿体系模式。作者认为,这并不是唯一的模式,在我国还有两类重要的斑岩铜矿体系:一类是造山前一造山期斑岩铜矿体系,如我国北部陆内活动带的公婆泉、铜矿峪等;另一类是造山期斑岩铜矿体系,如我国北部陆缘火山活动带的多宝山、八大关等。两类均位于前阿尔卑斯期克拉通化→局部活化的地质环境,后者往往叠加了不止一次的造山期后成矿作用(图 5)。

玉龙斑岩铜矿体系是玉龙区域成矿系列的组成部分。它分别由 6 种类型的矿体组成:铁帽型赤铁矿构成了顶部独立铁矿体;斑岩与上三叠统王卡组灰岩的接触带产出块状夕卡岩铜矿体;王卡组灰岩和甲坯拉组碎屑砂岩之间产出块状铜硫化物矿体;斑岩体内产出细脉浸染型铜(钼、金、银)矿体;近斑岩的外侧地质体产出脉状矿石;甲坯拉组砂岩中发生砂岩铜矿化。矿床既显示出典型的浅成特征,又具有很多深部物质来源的证据。成矿作用经历了岩浆期→气成期→热液期长期演化的过程,诸多地质作用不断叠加,矿石堆积于碱交代→酸交代、高温→低温、高盐度→低盐度流体、铁相矿物→铜硫化物、架状硅酸

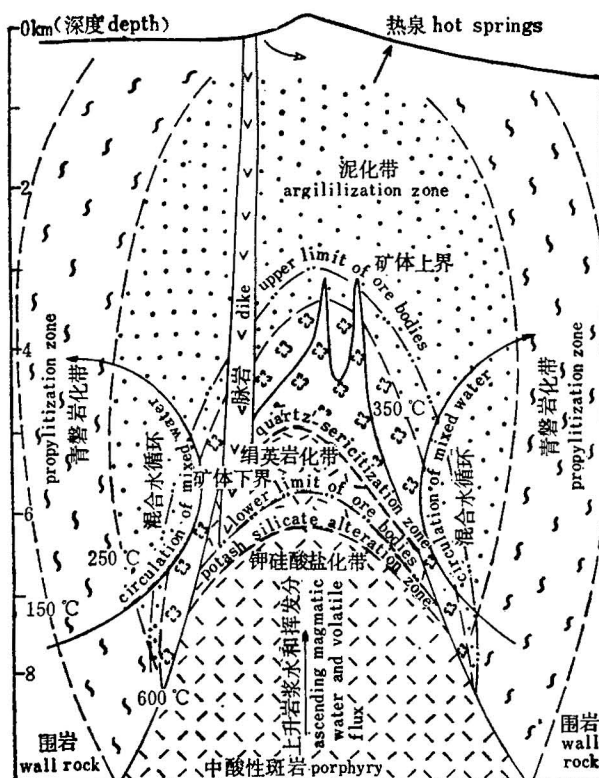


图 4 中国某些斑岩铜矿体系模式示意图

(据芮宗瑶、张洪涛和孔令补<sup>[11]</sup>, 1988)

Fig. 4 Sketch of the model of some porphyry copper deposit systems in China  
(from Rui Zongyao, Zhang Hongtao and Kong Lingbu<sup>[11]</sup>, 1988)

盐→钾质片状硅酸盐化的过渡环境。

江西城门山铜矿体系体现了长江中下游区域成矿背景，显示出与成矿作用有关的岩浆侵位的多旋回性：第一期为花岗闪长玢岩→二长花岗斑岩→石英二长玢岩，第二期为霏细石英斑岩→晶屑石英斑岩，第三期为英云闪长玢岩→安山玢岩。由此表明，城门山铜矿体系是在同一岩浆-热液机制控制下，不同源岩<sup>1)</sup>的分熔作用互有差异，因而在不同的地质环境中堆积了不同类型的矿体(图 6)。

#### 四、中国斑岩铜矿系列的时空演化

中国大陆是在几个陆块(如中朝陆块、塔里木—柴达木陆块和江南古陆)的基础上增长起来的<sup>[5,16,17]</sup>。因此，铜(钼)斑岩的侵位时代取决于大陆边缘推移的总趋势，从中条期开始至喜山期几乎均有铜(钼)斑岩岩浆的侵位，与前述 3 次变格运动有关的燕山期和喜马拉雅山期的斑岩岩浆占了 77.5%<sup>[2]</sup>。中国东南部铜(钼)斑岩岩浆侵位时代从西向东逐渐变新：

1) 有关不同源岩和岩浆作用的详细论述另有论文。源岩的概念引自芮宗瑶和黄典豪, 1989 提出。



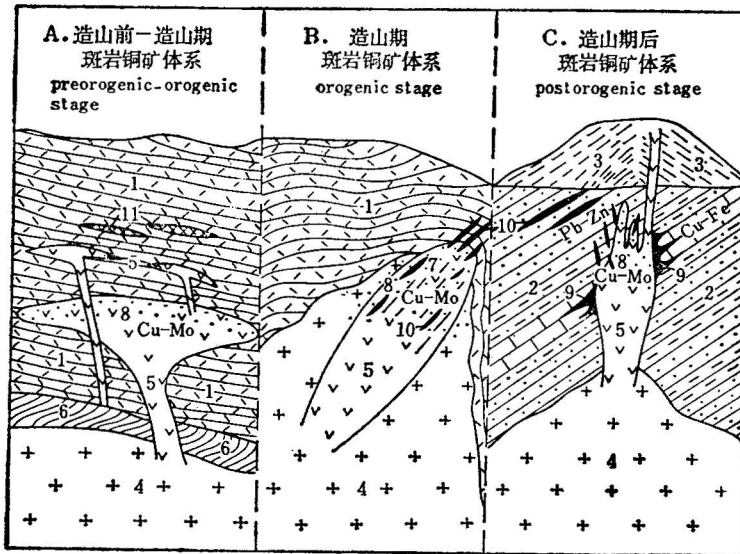


图 5 中国斑岩铜矿 3 种体系模式图

(据芮宗瑶、张洪涛和孔令补<sup>[11]</sup>, 1988, 修改)

Fig. 5 Three models of the systems of porphyry copper deposits in China

(modified from Rui Zongyao, Zhang Hongtao and Kong Lingbu<sup>[11]</sup>, 1988)

1. 夹有沉积岩物质的火山岩围岩; 2. 夹有火山岩物质的沉积岩围岩; 3. 同岩浆源的层状火山岩;  
4. 花岗质岩基; 5. 斑岩; 6. 矿床; 7. 断裂带; 8. 斑岩铜(钼)矿床; 9. 夕卡岩型铜(铁)矿床;  
10. 脉状铅-锌矿; 11. 层控铜(钼、金)矿床

1. Volcanic host rock intercalated with minor sediments; 2. sedimentary host rock intercalated with minor volcanic rock; 3. comagmatic stratovolcanic rock; 4. granitoid batholith; 5. porphyry; 6. bed rock; 7. fracture zones; 8. porphyry Cu (Mo) deposits; 9. skarn Cu (Fe) deposits; 10. Pb-Zn veins; 11. stratabound copper (molybdenum, gold) deposits

赣东北斑岩铜(钼)矿系列、长江中下游夕卡岩-斑岩铜矿系列(燕山期)→浙闽粤沿海斑岩铜(钼)矿系列(燕山晚期)→台东斑岩铜矿系列(喜马拉雅山期)。中国西部铜(钼)斑岩岩浆的侵位时代从北向南逐渐变新: 塔尔巴哈台-青格里斑岩铜矿系列、中天山北缘斑岩铜(钼)矿系列、博格多-北山斑岩铜矿系列和白山堂-印吉卡拉斑岩铜矿系列(华力西期为主, 个别加里东期)→西秦岭斑岩铜(钼)矿系列和多金属矿系列(印支-燕山期)→冈底斯斑岩铜矿系列和金沙江-红河斑岩铜(钼)多金属矿系列(喜马拉雅山期)。值得重视的是中生代开始的几次重要变格运动是叠置在前阿尔卑斯期业已形成的不同基底构造环境之上, 因此,

我国大多数斑岩铜矿系列均显示出斑岩岩浆侵位的继承性和多重性以及成矿作用的多旋回性特点。据裴荣富等<sup>[1]</sup>研究, 我国前阿尔卑斯构造区由于数次较大的地质事件而形成了 3 大单元, 北方陆壳构造区以华力西褶皱为基底, 华北陆壳构造区以前震旦纪变质岩系为基底, 华南陆壳褶皱构造区以加里东褶皱为基底。因此, 在此基础上发生的斑岩铜矿成矿作用自然是各具特色了。作者认为, 铜矿系列的金属元素组合往往取决于基底的性质,

1) 裴荣富、吴良士, 1989, 中国东部金属矿床区域成矿环境与成矿作用的演化。第四届全国矿床会议论文摘要汇编。

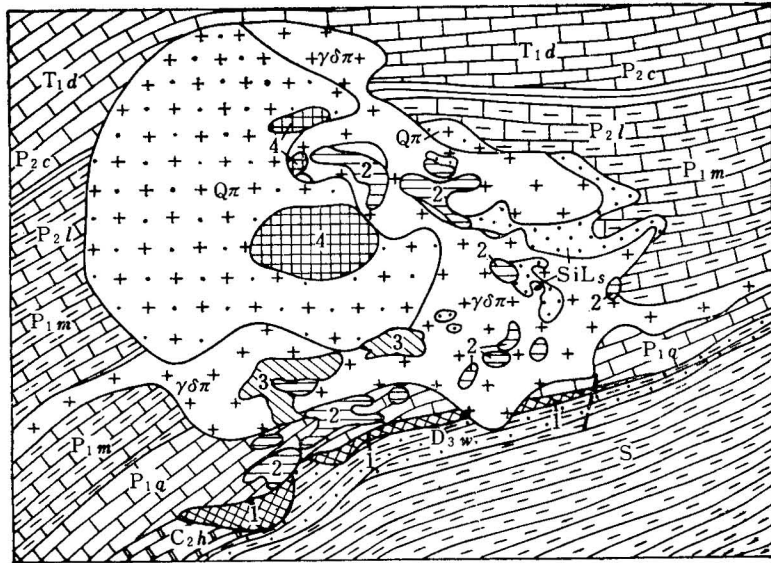


图 6 城门山铜矿体系平面示意图  
(据江西省地质研究所<sup>[14]</sup>, 1980, 简化)

Fig. 6 Plane sketch of the Chengmenshan copper system  
(Simplified from the Geological Institute of Jiangxi province<sup>[14]</sup>, 1980)

$T_{1d}$  下三叠统大冶组薄层灰岩;  $P_{2c}$  上二叠统长兴组燧石灰岩和炭质页岩;  $P_{2l}$  上二叠统龙潭组炭质页岩; 含黄铁矿结核;  $P_{1m}$  下二叠统茅口组深灰色燧石灰岩;  $P_{1q}$  下二叠统栖霞组燧石结核灰岩、灰质页岩含黄铁矿;  $C_{2h}$  中石炭统黄龙组厚层灰岩和白云质灰岩;  $D_{3w}$  上泥盆统五通组砂页岩和砾岩;  $S$  志留系砂岩和页岩;  $SiLs$  硅化灰岩;  $Q\pi$  石英斑岩;  $\gamma\delta\pi$  花岗闪长斑岩; 1. 似层状铜矿; 2. 夕卡岩型铜矿; 3. 斑岩型铜矿; 4. 爆破角砾岩筒型铜矿

$T_{1d}$  thin-bedded limestone, Daye Formation, Lower Triassic;  $P_{2c}$  flinty limestone and culm, Changxing Formation, Upper Permian;  $P_{2l}$  carbonaceous shale, pyrite-bearing nodular, Longtan Formation, Upper Permian;  $P_{1m}$  black-gray flinty limestone, Maokou Formation, Lower Permian;  $P_{1q}$  flinty nodular limestone, pyrite-bearing limy shale, Qixia Formation, Lower Permian;  $C_{2h}$  thick-bedded limestone and domomitic limestone, Middle Carboniferous;  $D_{3w}$  sandy shale and breccia, Wutong Formation, Upper Devonian;  $S$  sandstone and shale, Silurian;  $SiLs$ -silicified limestone;  $Q\pi$  quartz-porphyr;  $\gamma\delta\pi$  granodiorite porphyry; 1. stratabound Cu; 2. skarn Cu; 3. porphyry Cu; 4. explosion-breccia type Cu

当基底岩系偏基性时, 往往与铜或铜(铁)有关, 当基底岩系偏酸性时, 往往与铜(金)有关。

I 次变格运动以消减作用为主要特征, 使中国东部大范围隆起和褶皱, 岩浆侵入频繁<sup>[18]</sup>。II 次变格运动则以断裂活动以及火山喷发为主。因此板内纬向构造对岩浆的形成起了主要控制作用, 而北北东—北东向断裂则系岩浆侵位和喷发的通道。如我国东北部, 因 I 和 II 次变格运动造成一系列大致平行的北东向深断裂构造。III 次变格运动则使其在原来深断裂基础上发育成“萌裂谷”型构造。如在依舒深断裂基础上发展为依舒地堑, 额尔古纳—呼伦深断裂发展为额尔古纳地堑和呼伦湖地堑<sup>1)</sup>。这种长期的继承性构造活动为金属矿床的形成提供了有利的环境, 在额尔古纳—呼伦深断裂带已发现有乌努格吐斑

1) 潘龙驹, 1989, 我国东北部深断裂分布及其对有色金属的成矿意义。第四届全国矿床会议论文摘要汇编。

岩铜(钼)矿床、甲乌拉银-多金属矿床、额仁陶勒盖银矿床等。

显然,斑岩矿床系列是在上述构造条件下,深成地质作用在浅成、超浅成地质环境的最终表现。由于基底岩石系列性质不同,中生代始的变格运动使其衍生出一系列性质迥异的火成岩及其斑岩,从而发育了各种类型的斑岩矿床。表3表明,斑岩铜矿系列与钙碱性岩浆系列具有最直接的亲缘关系。

表3 中国东部火成岩系列源岩与斑岩矿床的关系\*

Table 3 The relationship of the source rock of igneous rock series and porphyry deposits in eastern China

火成岩分区*	基底	火山岩系列	侵入岩系列	岩石系列	岩源	矿床系列	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{34}\text{S}$	REE分布曲线
宝坻-锦州深断裂以北	华力西褶皱	玄武岩-安山岩-英安岩-流纹岩	辉长岩-闪长岩-花岗闪长岩-花岗岩及相应斑岩	钙碱性	幔、壳混源	斑岩型铜、钼、金等	0.704 -0.709	+5.5 +10.5	-1.1 +3.6	Ia, Ib, II型
华北-扬子陆块主体部分	前震旦纪变质岩系	粗面玄武岩-粗安岩-安粗岩-粗面岩-响岩	二长闪长岩-二长岩-正长岩及相应斑岩	碱性						
常州-岳阳古深断裂以南	加里东褶皱	英安岩-流纹岩-(安山岩)	花岗闪长岩-黑云母花岗岩-二云母花岗岩-白云母花岗岩及相应斑岩	钙碱性(铝过饱和)	陆壳重熔	斑岩型钨、锡、银、铀等	>0.709	+9.25 +13	-7.9 +18	III, IV型

\* 吴利仁,1989,中国东部环太平洋成矿域中生代两大斑岩矿床成因类型。第四届全国矿床会议论文摘要汇编。

综上所述,中国斑岩铜矿系列的3个不同层次的地质环境应当包括时间的、空间的和成因上的含义,是互为联系的整体。中国斑岩铜矿系列是全球成矿系列中的有机组成部分:一部分与聚敛板块边界有关;另一部分主要受陆内板块边界控制,后者的意义似乎更为重要。对于区域成矿系列来讲,与板块边界有关的深断裂系,则是控制斑岩铜矿系列等产出的主要因素,切割深度以及基底性质控制着矿种、规模及矿床模式等一系列矿床要素。北西西向的基底断裂和中新生代北东-北北东向的断裂系相叠置控制了中国的斑岩铜矿系列的时、空分布。诚然,中国陆壳的地史演化过程是复杂的,对此,地学界尚无一致的意见。但这一点并不影响我们更加宏观和更加深入地探索斑岩铜矿系列的地质背景。

本文在构思过程中曾得到郭文魁和裴荣富两位先生的当面赐教,也曾与张安棣和吴良士二位专家多次讨论过有关问题,受益匪浅。谨在此一并致以谢忱。

### 参 考 文 献

- [1] Wong Wen-hao, 1920, Les provinces métallogéniques de Chine. Bulletin of the Geological Survey of China, No. 2, pp. 37-59.
- [2] Wong W. H. (翁文灏), 1926, Position of arsenic minerals in the metallogenic series. Bulletin of the Geological Society of China, Vol. 5, No. 1, pp. 61-63.
- [3] 程裕淇、陈毓川、赵一鸣, 1979, 初论矿床的成矿系列问题。中国地质科学院院报, 第1号, 第32-58页。
- [4] 程裕淇、陈毓川、赵一鸣、宋天锐, 1983, 再论矿床的成矿系列问题。中国地质科学院院报, 第6号, 第1-64页。
- [5] 芮宗瑶、黄崇树、齐国民、徐瑛、张洪涛, 1984, 中国斑岩铜(钼)矿床。第293-302页。地质出版社。

- [6] Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Canberra, Australia, 1972, *Metallogenic Map of Australia and Papua New Guinea*. Canberra.
- [7] Mitchell, A. H. G. and Garson, M. S. S., 1981, *Mineral deposits and global tectonic settings*. Academic Press, Inc. (London) Ltd. p23, 183.
- [8] 李春昱, 1986, 板块构造学说中几个基本问题。板块构造基本问题, 第 10—33 页, 地震出版社。
- [9] 芮宗瑶、张洪涛, 1986, 试论中国斑岩型矿床系列。中国地质科学院院报, 第 14 号, 第 89—100 页。
- [10] 陈焕疆、朱夏, 1986, 板块构造与中国油气矿床远景预测。板块构造基本问题, 第 427—454 页, 地震出版社。
- [11] Rui Zongyao, Zhang Hongtao and Kong Lingbu, 1988, A discussion on the series of the porphyry deposits of China. *Bulletin of CAGS, Vol. 14 (trial English Edition)*, pp. 109—121.
- [12] 芮宗瑶、张洪涛, 1985, 中国斑岩铜(钼)矿若干问题。国际交流地质学论文集, 第 133—142 页, 地质出版社。
- [13] Sillitoe, R. H., 1973, The tops and bottoms of porphyry copper deposits. *Econ. Geol.*, Vol. 68, pp. 799—815.
- [14] 江西省地质科学研究所, 1980, 初论与斑岩有关的“多位一体”铜矿床的成因模式。地质论评, 第 26 卷, 第 3 期, 第 252—259 页。
- [15] 芮宗瑶、黄典豪译 (Burnham C. W. 和 大本洋 H. 著), 1989, 长英质岩浆的晚期作用。花岗质岩浆及有关矿化作用, 第 1—13 页, 地质出版社。
- [16] Pow-Foong Fan, 1987, *Accreted terranes and mineral resources of Eastern China. Terrane accretion and orogenic belts*, Evan C. Leitch and Erwin Scheibner, Washington. pp. 249—258.
- [17] Zhang, Zh. M. and Liou, J. G., 1987, *The high P/T metamorphic rocks of China. Terrane accretion and orogenic belts*, Evan C. Leitch and Erwin Scheibner, Washington. pp. 235—247.
- [18] 刘雪亚、王荃, 1983, 亚洲东部陆缘及岛弧区中—新生代的岩浆活动与板块构造。中国地质科学院院报, 第 6 号, 第 79—94 页。

## GEOLOGICAL SETTING OF THE PORPHYRY COPPER DEPOSIT SERIES OF CHINA

Zhang Hongtao and Rui Zongyao

*(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)*

### Abstract

In accordance with the global metallogenic series, regional metallogenic series and ore deposit systems which are put forward for the first time, different study levels of metallogenic geological environments of the porphyry copper deposit series in China are discussed and it is considered that the porphyry copper deposits in China are controlled not only by the boundaries of convergent plates, but also mainly by the boundaries of intraplate divergent mobile belts and those between continental blocks. Besides the emplacement of hypabyssal and super-hypabyssal calc-alkali magma and the temporal-spatial distribution of China's porphyry copper deposits are controlled by the superimposition of fracture systems of the pre-Alpine basement, Meso-Cenozoic cover and continental-margin newborn crust. Therefore, China's porphyry copper deposit series mostly show multiple emplacements of magmas and polycyclicality of mineralization associated with porphyry. This paper also discusses three different types of porphyry copper (molybdenum) deposit series: pre-orogenic to orogenic, orogenic, and post-orogenic, of which the last one is the most important. The multi-stage mineralization and diverse forms of ore deposition are also manifested.

### 作者简介

张洪涛,生于1949年7月,1977年毕业于长春地质学院地勘系金属矿床专业,1982年毕业于中国地质科学院研究生部,获理学硕士学位。现为中国地质科学院矿床地质研究所助理研究员,从事金属矿床和矿床地球化学研究。通讯地址:北京市百万庄路26号中国地质科学院矿床地质研究所。邮政编码:100037。