

# 滇西北喜马拉雅期富碱斑岩成矿谱系

张寿庭 赵鹏大

(中国地质大学 北京, 100083)

**摘要** 滇西北地区喜马拉雅期富碱斑岩有2个侵入时段,早期 67.9~45.7 Ma 和晚期 42.0~23.2 Ma,相应有两个主要的岩浆活动高峰期,在 50 Ma 和 35 Ma 左右,早期以花岗斑岩类和二长斑岩类为主,晚期以正长斑岩类和煌斑岩类为主;成岩、成矿广度指数具有良好的对应性,而成矿概率指数则表现为各岩浆期均由早到晚渐趋增大,反映晚序次斑岩体成矿有利,斑岩型 Cu-Au-Mo 矿主要形成于早期,而 Pb-Zn-Ag-Au 矿主要形成于晚期,且主要矿床产于多期次侵位及成矿概率指数高(时段)的富碱斑岩体组合发育地段。大、中型矿床与第三纪裂陷盆地中心的距离,与盆地裂陷强度指数呈线性正相关。在此进一步探讨矿化类型与富碱斑岩岩石化学组成之间的相关规律。

**关键词** 喜马拉雅期 富碱斑岩 成矿谱系 滇西北地区

## The Ore-forming Spectrum of the Himalayan Alkali-rich Porphyry in Northwestern Yunnan Province

ZHANG Shouting ZHAO Pengda

(China University of Geosciences, Beijing, 100083)

**Abstract** In this paper, the metallogenic spectrum of the Himalayan alkali-rich porphyry in northwestern Yunnan has been studied. The results show that the alkali-rich porphyry has two sequences of intrusion (67.9~45.7 Ma, 42.0~23.18 Ma) with two high tides of magmatic activities in about 50 Ma and 35 Ma respectively. Rocks of granite porphyry and monzonite porphyry mainly occurred in the early period, whereas syenite porphyry and lamprophyre mainly occurred in the late period. There is obvious corresponding relationship between the diagenetic scope index and the metallogenic scope index. Values of the metallogenic probability indices gradually increase from the early stage to the late stage during each magmatic period, suggesting that the later porphyry is favorable for mineralization. Further studies show that the porphyry Cu-Au-Mo deposits were mainly formed in the early magmatic period, and the Pb-Zn-Ag-Au deposits were mainly formed in the late magmatic period. They mainly occur in areas where there are multiple magmatic intrusions with higher metallogenic probability indices. In northwestern Yunnan, linear positive correlation exists between the distance from the medium- or large-size ore deposit to the Tertiary basin center and the depression intensity index. The relationship between ore-forming types and chemical components of the Himalayan alkali-rich porphyry in the study area has also been studied in detail.

**Key words** Himalayan alkali-rich porphyry ore-forming spectrum northwestern Yunnan

成矿谱系是成矿多样性的一种规律性表现,即成矿在时间、空间及成因等方面所表现出的有序性变化规律,并具多尺度、多方面的表现(赵鹏大等, 2001)。成矿谱系的建立,对矿产资源潜力评价和找矿预测,均具有重要的指导意义。

### 1 富碱斑岩成岩成矿时间谱系

滇西北地区喜马拉雅期富碱斑岩活动频繁,岩石类型多样,与成矿关系密切。根据岩浆岩的岩源、岩性及含矿特征差异,可细分为5类:幔型碱性岩

类、幔型富钾煌斑岩类、壳幔混熔型富碱花岗斑岩类、二长斑岩类和正长斑岩类等(罗君烈等,2001)。从岩浆岩的成矿专属性分析,不同岩源、岩类和岩性发育有不同的矿化类型与矿产系列;不同地质时期(时段)岩浆岩类型及活动强度的差异变化,决定着不同类型矿床(矿产)组合特征与成矿强度规模等方面的时序演变规律。

### 1.1 富碱斑岩成岩时间谱系

滇西北地区喜马拉雅期富碱斑岩侵入活动可大体划分成早、晚两大阶段(即早、晚2个岩浆活动期)和4个小阶段。两大阶段为:67.9~45.7 Ma和42.0~23.2 Ma;4个小阶段分别为:65.0~58.8 Ma、55.7~45.7 Ma、42.0~29.0 Ma和29.0~23.2 Ma。相应地有4个岩浆活动高峰期(图1),分别为:60 Ma±、50 Ma±、35 Ma±和24 Ma±,其中,50 Ma±和35 Ma±为该区早晚两大阶段岩浆活动强度大、斑岩体分布广泛的高峰期。并且,由古新世→始新世→渐新世,滇西北地区的岩浆侵入活动强度和广度具有渐趋增强之势。

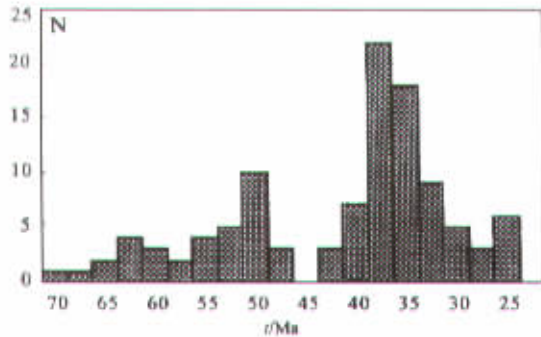


图1 滇西北喜马拉雅期富碱斑岩同位素年龄分布直方图  
Fig.1 Isotopic age distribution of the Himalayan alkalic-rich porphyry in northwestern Yunnan

不同时段富碱斑岩岩石类型组合特征及相对发育程度具有明显的差异性变化规律(图2):①在时空分布上,发育程度、分布广度大小依次为:正长斑岩类→二长斑岩类→煌斑岩类→花岗斑岩类→碱性岩类,②对应于研究区域早、晚两大岩浆活动期,早期(65.0~45.7 Ma)以花岗斑岩类和二长斑岩类相对发育为特征;晚期(42.0~23.2 Ma)则以正长斑岩类、煌斑岩类强烈发育为特点,碱性(杂)岩类仅在晚期产出。

### 1.2 滇西北喜马拉雅期富碱斑岩成矿时间谱系

成矿时间谱系可有多种研究途径:如矿床学、地球化学、数学地质、GIS等(池顺都等,2001)。鉴于研究区内相关矿产资源的勘探程度低等实际情况,

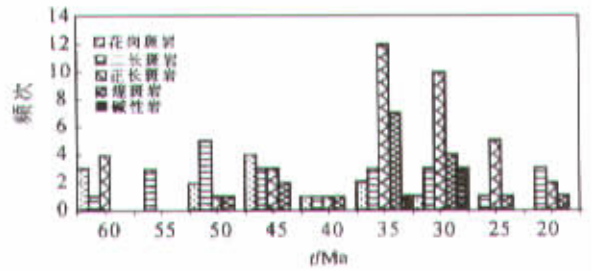


图2 滇西北喜马拉雅期富碱斑岩分类发育的时序结构  
Fig.2 Time series for different types of the Himalayan alkalic-rich porphyry in northwestern Yunnan

以富碱斑岩成岩时间谱系研究为基础,以区内与富碱斑岩相关的主要或重要的矿化类型和矿产地(矿床、矿点)在不同时段、不同类型富碱斑岩区(体)中的统计分布特征为主要研究途径,探索研究区内与喜马拉雅期富碱斑岩相关矿产的成矿时间谱系。

1.2.1 富碱斑岩综合成矿时间谱系 综合成矿时间谱系,可以揭示研究区内喜马拉雅期不同时间(时段)富碱斑岩类成矿可能性(或成矿概率)大小及其时序演变规律,是指导找矿预测的重要依据。在建立综合成矿时间谱系时,采用的主要评价指标是“成矿广度指数(N)”和“成矿概率指数(KN)”。

滇西北地区喜马拉雅期不同时间(时段)富碱斑岩的成矿广度指数与成矿概率指数(表1,图3)。研究表明:

(1)富碱斑岩成岩-成矿的广度指数具有良好的对应性,两个高峰时段的富碱斑岩的发育程度与成矿广度指数大,是区内的主要成矿时期(时段)。成岩、成矿广度指数的大小依次为:30~35 Ma、35~40 Ma→45~50 Ma→50~55 Ma→25~30 Ma→20~25 Ma→60~65 Ma→40~45 Ma。

表1 喜马拉雅期不同时段富碱斑岩综合成矿广度指数与成矿概率指数

Table 1 Calculation values of the multiple ore-forming scope index and probability index of the alkalic-rich porphyry in different stages of the Himalayan period

时间序列/Ma	N 矿	N 岩	KN = N 矿 / N 岩 × 100%
20~25	5	6	83.3
25~30	6	7	85.7
30~35	17	27	63.0
35~40	17	29	58.6
40~45	1	3	33.3
45~50	12	13	92.3
50~55	8	10	80.0
55~60	2	3	66.7
60~65	3	6	50.0

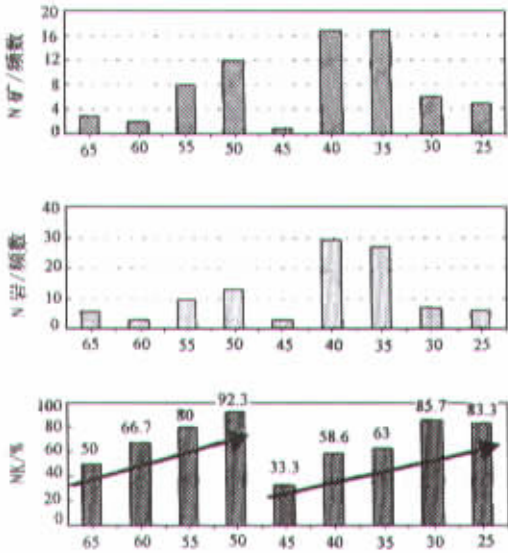


图3 滇西北富碱斑岩综合成矿时间谱系图

Fig.3 The multiple ore-forming time spectrum of the Himalayan alkalic-rich porphyry in northwestern Yunnan

(2)成矿概率指数反映了不同时间(时段)富碱斑岩成矿的可能性大小,且与成岩、成矿广度指数之间并无明显的对应关系。

(3)成矿概率指数在侵入活动两大阶段都表现出明显的变化规律,由早到晚,成矿概率指数依次增高,揭示每一岩浆幕(或旋回)的晚期次侵入岩体对成矿更有利的基本特征。

1.2.2 富碱斑岩不同矿化类型的成矿时间谱系  
针对该区喜马拉雅期富碱斑岩成矿多样性特征,揭示不同矿化类型的成矿时间谱系,使矿产预测的主体目标更为明确,对区内斑岩型 Cu-Mo-Au 矿化和斑岩热液型 Pb-Zn-Ag-Au 矿化系列的成矿时间谱系予以分类研究。前者与花岗斑岩类和二长斑岩类密切相关(图4)表明:

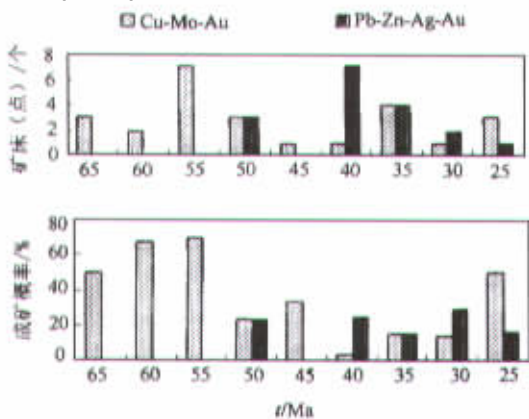


图4 滇西北喜马拉雅期富碱斑岩不同矿化类型成矿时间谱系图

Fig.4 The ore-forming time spectrum for different types of mineralization of the Himalayan alkalic-rich porphyry in northwestern Yunnan

(1)尽管该区 Cu-Mo-Au 和 Pb-Zn-Ag-Au 两大矿化类型均与喜马拉雅期富碱斑岩密切相关,但二者在时间演化与空间展布上具有较明显的差异性。其中,Cu-Mo-Au 系列在成矿时间序列中明显早于 Pb-Zn-Ag-Au 系列;二者的成矿高峰期(广度指数最大值)分别与区内早、晚两期富碱斑岩侵入活动高峰期(50 Ma±和 35 Ma±)相对应。

(2)该区成矿地质事实表明,该区已知和初步探明具小型规模以上的与富碱斑岩相关的矿床,均无例外地与高成矿概率指数时段的富碱斑岩活动密切相关,并且,这些矿床(矿区)内有多期次侵入活动且成矿概率指数高的富碱斑岩体组合发育。

## 2 成矿空间谱系

滇西北喜马拉雅期富碱斑岩相关矿床(体)的空间产出及其变化规律,取决于构造、岩体、地层围岩三大基本因素。其中,控岩控矿构造是决定相关矿床(体)空间定位产出的关键因素。

新生代,滇西北地区受金沙江-红河大型右旋走滑断裂活动的影响,总体处于一走滑-拉分-裂陷的构造环境,沿不同方向深大断裂带及其交汇地段附近,形成一系列堑-垒式组成的盆岭式拉分裂陷(吴健民等,1998)。喜马拉雅期富碱斑岩正是在这种构造环境下成生发育。

为揭示新生代拉分-裂陷构造环境与成矿关系,总结区域性成矿空间规律,根据研究区不同地段新生代(主要指第三纪)断陷盆地沉积建造发育特征,定量分析和间接揭示喜马拉雅期富碱斑岩成岩成矿构造环境。在定量分析过程中,主要考虑如下因素和变量:

(1)盆地时代,即第三纪( $E_1-N_2$ );变量取值时,有  $E_1, E_2, E_3, N_1, N_2$  为 1,其他为 0。

(2)盆地规模,即以第三纪沉积建造分布面积表示,在网格单元取值时,按其所占网格单元面积的百分比取值,取值范围为 0~1。

(3)盆地沉积厚度,系指  $E_1-N_2$  沉积厚度之累积。鉴于区内不同地段新生代盆地厚度资料不全或不详等情况,变量选取时采用相对发育程度方法,以新生代  $E_1-N_2$  不同层位的组合发育特征为标度,上述 5 个层位齐全取值为 5,依次为 5、4、3、2、1、0。

在上述变量信息提取的基础上,计算各网格单元内的变量综合信息值(相当于盆地沉积体的相对体积,设代号  $V$ )即:

$$V_i = \sum_{j=0}^N S_{ij} \cdot H_{ij}$$

式中  $V_i$  为  $i$  单元的综合信息值; $N$  为  $i$  单元内



的盆地个数;  $S_{ij}$  为  $i$  单元  $j$  盆地的相对面积;  $H_{ij}$  为  $i$  单元  $j$  盆地的相对累积厚度。

根据各网格单元的综合信息值绘制等值线图(图5)。研究表明:

(1) 研究区新生代第三纪拉分裂陷盆地大小不一,数量较多,其中,裂陷-沉积强度规模较大的有5处,也是当时的主要裂陷区,最大综合信息值分别为剑川盆地3.8、兰坪盆地为2.0、永仁-大姚盆地1.8、牟定盆地为1.8、宁蒗盆地为1.7。

(2) 尽管喜马拉雅期富碱斑岩体在区内新生代(第三纪)裂陷盆地及其周边隆起区均有发育,但从岩体成矿特征分析,区内已知斑岩型及相关的主要矿床(点)均分布于裂陷区的边缘(外侧),尤其是大中型矿床,均属其例。并示有矿床距裂陷中心的距离与裂陷中心的强度指数( $V_{max}$ )呈明显的线性正相关(图6)相关函数为:

$$y = 1.4269 V_{max} + 1.7476$$

$y$  为距离,单位为  $\times 10$  km。

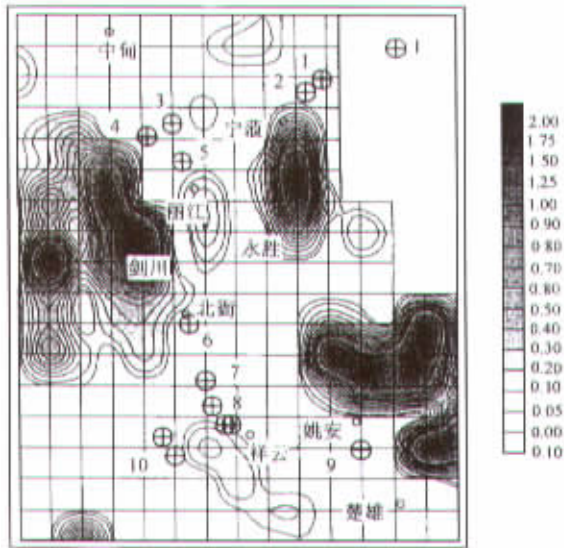


图5 滇西北第三纪产裂陷构造环境综合信息等值线图  
Fig.5 Composite information contour diagram of the pull-apart taphrogen tectonic setting in Tertiary period in northwestern Yunnan

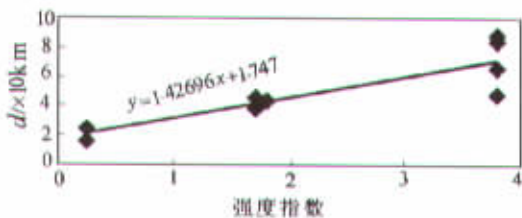


图6 滇西北大中型矿床-裂陷中心距离与裂陷强度指数相关图

Fig.6 Correlation diagram between distance from Medium-and Large-size ore deposit to depression basin center and depression intensive index in northwestern Yunnan

(3) 区内新生代(第三纪)总体处于拉张裂陷的大环境,但不同地段的裂陷发育程度差异明显,从图5还可发现:裂陷区单体展布方向变化较大,以NW—NNW向和近SN向为主,显然受区内基本构造格局控制,尤其是控盆边缘断裂带。值得重视的是,其所揭示的裂陷区的空间组合关系,则似有NEE向和NNW向成带(串联式)展布特征。这可能是隐式的深部(或基底)菱形构造格局(或称构造网络)对表层构造控制作用的表现,并具有区域性和长期性特点。这种深部构造网络系统,可能对不同时期的大-中型矿床尤其是特大型矿床的形成具有重要的控制作用。

### 3 成因谱系

矿床成因的涉及面很广,相应建立矿床成因谱系的技术路线与方案也有多种多样,如控矿地质条件、成矿物质来源、成矿物理化学条件和成矿作用方式等。对富碱斑岩型矿床系列而言,能否成矿以及成什么矿,斑岩体是关键因素。成矿物质主要来源于富碱斑岩的源岩,成矿作用则与成岩作用以及岩浆的成生演化密切相关,不同类型富碱斑岩体的成矿专属性、成矿多样性及其差异变化的规律序列(表2),实质上是富碱斑岩成岩-成矿地球化学的时空演化序列。因此,从岩矿地球化学角度建立该区富碱斑岩型矿床的成因谱系,可以更深入地揭示成岩成矿的实质,并对指导找矿预测具有重要的现实意义。

滇西北喜马拉雅期富碱斑岩岩石化学分析资料(185件)表明:  $SiO_2$  质量分数为 52.50% ~ 73.97%, 主要集中于 65% ~ 70%, 以中酸性-酸性岩为主; 总碱量( $K_2O + Na_2O$ )为 4.73% ~ 14.60%, 一般均大于 8%;  $K_2O/Na_2O$  比值为 0.50 ~ 10.37, 普遍大于 1; 里特曼指数( $\delta$ )为 0.82 ~ 16.50, 一般为 2 ~ 6; 属富碱富钾岩系。一般认为, 酸度大、碱度低的斑岩体对铜多金属矿化有利。滇西北地区喜马拉雅期富碱斑岩型矿床系列具有独特性, 深入总结研究区成矿的基本规律(包括其特殊性), 将比传统的与国内外典型矿床(尤指斑岩型铜矿床)的相似类比式预测评价更具重要意义。对滇西北地区 Au、Ag、Cu、Mo、Pb、Zn 矿产与其相关喜马拉雅期富碱斑岩岩石化学组成( $SiO_2$ 、 $K_2O + Na_2O$ 、 $K_2O/Na_2O$  及  $\delta$ ) 的对应分析(图7)表明:

(1) 该区 Au-Ag-Cu-Mo-Pb-Zn 矿产相关斑岩的  $SiO_2$  质量分数主要集中在 65% ~ 70%; 少量为 60% ~ 65% 和大于 70% (70% ~ 75%)。

表 2 滇西北喜山期富碱斑岩成矿专属性与矿床成因系列  
Table 2 Genesis series of deposits and ore-forming specialization of the Himalayan alkalic-rich porphyry in northwestern Yunnan

系列	亚系列	类型*	矿产组合	典例
喜马拉雅期富碱斑岩成矿系列	花岗斑岩类成矿亚系列	斑岩型、夕卡岩-角岩型、热液(脉)型	主要 :Cu-Mo(Au) 次要 :Pb-Zn-Ag	马厂箐矿区
	二长斑岩类成矿亚系列	斑岩型、夕卡岩-角岩型、热液(脉)型	主要 :Cu-Au(Mo) 次要 :Pb-Zn-Ag	西范坪-罗卜地矿区
	正长斑岩类成矿亚系列	斑岩型、夕卡岩-角岩型、热液(脉)型	主要 :Pb-Zn-Ag-Au 次要 :Cu-Mo-W-Fe	北衙矿区、姚安矿区
	富钾煌斑岩类成矿亚系列	热液型	主要 :Au	老王寨矿区、姚安矿区
	碱性杂岩成矿亚系列	岩浆型、热液型	主要 :霞石正长岩-磷灰石-稀土-Au	卓潘矿区

注 :在此仅指富碱斑岩型矿床系列主要成因类型 ,间接相关的(如改造型、风化壳型等)未列入。

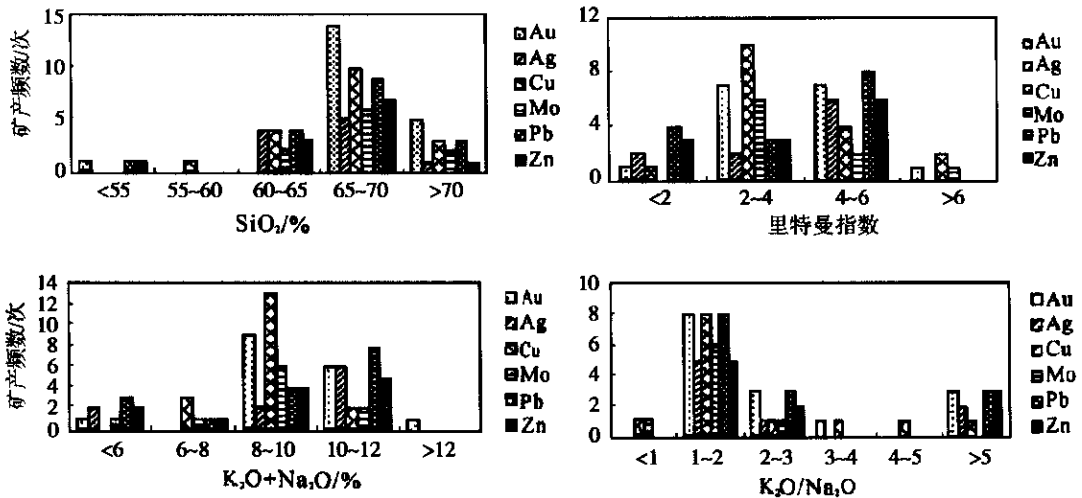


图 7 滇西北喜马拉雅期富碱斑岩岩石化学组成与矿化类型分布规律

Fig.7 Distribution patterns of metallizing types and chemical components of the Himalayan alkalic-rich porphyry in northwestern Yunnan

(2) 岩石里特曼指数( $\delta$ )的差异变化,较清楚地揭示了区内存在两类矿产系列组合特征的差异变化规律。 $\delta$ 在 2~4 区间,以 Cu-Au-Mo 组合为特征,伴生有 Pb-Zn-Ag 矿产; $\delta$ 在 4~6 区间,则以 Pb-Zn-Ag-Au 组合为特征,伴生有部分 Cu-Mo 矿产。

(3) 岩石总碱量( $K_2O + Na_2O$ )与上述特征相似, $K_2O + Na_2O$ 含量在 8%~10%,以 Cu-Au-Mo 组合为主;而碱度增高,在 10%~12%区间,以 Pb-Zn-Ag-Au 组合为重要。

(4)  $K_2O/Na_2O$ 比值在 1~2 区间,是 Au、Ag、Cu、Mo、Pb、Zn 矿产集中发育区;比值 2~3 和大于 3 则对 Pb-Zn-Ag 系列相对有利;贫 K 和过于富 K 斑岩体,均非 Cu-Mo 矿化的有利条件。

参考文献

池顺都,赵鹏大,刘粤湘.2001.研究矿床时间谱系的 GIS 途径.地球科学——中国地质大学学报,26(2):180~184.  
罗君烈,李志伟.2001.滇西喜马拉雅期斑岩单元、超单元划分及其与金顶超大型矿床的成因联系.见:喜马拉雅期内生成矿作用研究.北京:地震出版社,1~138.  
吴健民,刘肇昌,黎功举等.1998.扬子地块西缘铜矿床地质.武汉:中国地质大学出版社,1~271.  
赵鹏大,陈建平,陈建国.2001.成矿多样性与矿床谱系.地球科学——中国地质大学学报,26(2):111~116.