

# 云南中部富碱斑岩成岩成矿 的大地构造控制作用

赖健清 彭省临 邵拥军 王 核

(中南工业大学地质系, 长沙 410083)

**摘 要** 云南富碱斑岩是地洼阶段的产物, 受大地构造位置和构造单元的控制。富碱斑岩形成于源岩的分离熔融过程, 因此源岩的形成和演化又间接地控制斑岩的成岩成矿作用。构造历史- 动力分析表明, 源岩的形成是构造长期演化的结果。早在太古代初本区就形成雏陆壳, 而后晚太古代原陆壳活动阶段超基性岩浆侵入构成了富碱斑岩的源岩, 同时富集了部分成矿物质。地洼激烈期深部流体上侵引发源岩的重熔, 使成矿物质进一步富集成为含矿岩浆。不同岩区构造背景的微小差异, 造成源岩的组成、深度和重熔程度的差异, 直接影响富碱斑岩的岩石类型、化学成分、微量元素丰度和成矿作用, 形成与富碱花岗斑岩有关的铜钼矿和与富碱正长斑岩有关的铅银矿两个成矿亚系列。

**关键词** 成岩成矿, 大地构造, 富碱斑岩, 云南

云南富碱斑岩属哀牢山—金沙江富碱侵入岩带的南段, 其特征及成因已有较多的研究<sup>[1-3]</sup>。与富碱斑岩有关的矿化元素种类有 AuAg、CuMo、PbZn、S(FeS<sub>2</sub>) 及轻稀土元素、稀有元素、非金属元素等。原生矿化的成因类型包括火山—斑岩型、矽卡岩型、热液型和岩浆型。富碱斑岩及其矿床的形成和产出受多级构造的明显控制。本文从富碱斑岩形成的构造背景和构造演化—运动历史出发, 讨论构造活动与富碱斑岩及其成矿作用的关系。

## 1 地质背景

云南省中部富碱斑岩主要分布哀牢山—金沙江断裂带附近, 大地构造位置为中亚壳体东部南东地洼区的南缘, 相当于康滇地轴南缘或扬子地台西缘。该地区的地质演化历史经历了前地槽、地槽、地台和地洼等阶段, 留下了以哀牢山群为代表的结晶基底和以大红山群、昆阳群为代表的褶皱基底。地台阶段本区形成一个从金平到中甸的弧形地台边缘裂陷带, 留下较厚的地台构造层。从晚三叠世中期开始进入地洼阶段, 新生代为地洼激烈期。其间, 典型的岩浆活动

1997 年 6 月 20 日收稿。第一作者简介: 赖健清, 1964 年生, 博士, 副教授, 从事大地构造、地球化学和矿床学的教学和科研工作。已发表论文 20 余篇。

国家自然科学基金及国家教委博士点专项基金联合资助项目

富碱斑岩形成于  $31 \times 10^6 \text{a} \sim 67 \times 10^6 \text{a}$ , 处于喜马拉雅山运动第一幕与第二幕之间构造松弛阶段。

云南省富碱斑岩属于金沙江—哀牢山富碱侵入岩带的南段, 出现小岩体百余个, 总体呈带状分布, 但带内又有分区现象, 可分为永平、金平、姚安、大理和剑川五个岩区<sup>[4]</sup>。不同的岩区对应不同的次级构造单元, 地壳结构特征有所区别, 富碱斑岩形成的年龄、岩石类型、岩石化学成分、稀土元素特征及成矿作用都有不同程度的差异(见表)。

各分区岩体特征对比表

Comparison of Features of rock bodies in different rock provinces

岩区(代号)	永平区(I)	金平区(II)	姚安区(III)	大理区(IV)	剑川区(V)	
构造单元	兰坪—思茅壳段	墨江壳段	大姚壳段	宁蒗壳段	中甸壳段	
已知岩体数	1	11	30 余	30 余	30 余	
形成年龄( $t/10^6 \text{a}$ )	33.8~37	33.9~41.6	31~36	36.3~67	33~41.8	
平均( $t/10^6 \text{a}$ )(岩体数)	35.4(2)	35.3(4)	34.0(3)	52.0(10)	35.8(3)	
主要岩石类型	碱性辉石岩、碱性辉长岩、碱性正长岩	石英正长斑岩、碱性正长岩	正长斑岩、粗面斑岩	二长斑岩、花岗岩	正长岩、粗面斑岩、花岗岩	
岩石化学	$\text{SiO}_2(\%)$	46.78~61.34	50.19~67.59	51.87~71.79	57.87~70.54	58.16~70.27
	平均( $\%$ )	56.81(15)	61.48(13)	62.51(24)	67.20(16)	63.83(6)
	方差	6.2	4.7	5.4	3.0	4.0
	$\sigma$ 值平均	0.68~16.8 8.0	2.2~11.8 5.4	0.82~13.8 5.2	1.9~5.5 3.7	1.9~5.6 3.8
稀土元素	$\Sigma \text{REE}$ 平均值 ( $\text{WB}/10^{-6}$ ) (样品数)	744.6(4)	605.6(7)	855.3(7)	138.4(8)	216.3(1)
	$\delta \text{Eu}$	0.81~1.04	0.55~0.85	0.74~0.96	0.74~0.95	0.81
	平均	0.92(3)	0.73(6)	0.84(6)	0.87(8)	(1)
成矿作用	金、稀有轻稀土磷矿化	铜钼磁铁矿床	铅银金矿床	铜钼、铅锌银金矿床	铜金矿化	

根据富碱斑岩形成的构造背景和特征分析, 结合多元稀土元素地球化学反演方法进行源岩成分的计算, 认为本区富碱斑岩是在强烈挤压之后的构造松弛张裂环境中, 由地幔热流增温引起地壳中的源岩经分离重熔形成岩浆上侵的产物。这种源岩具有基性—超基性岩的成分, 其中含橄榄石 90.5%, 斜方辉石 6.7%, 单斜辉石 0.3%, 斜长石 2.5%, 可能系早期上侵的幔源超基性岩与陆壳组份的混合物<sup>[5]</sup>。由于构造差异造成不同岩区内源岩的厚度、深度和成分存在微小的差异, 重熔温度和熔融度不同, 岩石成分和成矿作用也随之不同。

## 2 构造控制特征

本区富碱斑岩的成岩成矿作用受到构造的多级控制作用: 大地构造位置及超岩石圈断裂带控制岩体的形成; 构造单元及壳内深断裂控制岩体的分区分布特征; 壳内大断裂控制岩体的

产出,是岩浆上侵的主要通道;在构造交汇部位附近形成富碱斑岩铜多金属矿化集中区。

## 2.1 大地构造位置

富碱斑岩分布于哀牢山—金沙江附近的一个宽广的带状区域内。该地区属南北地洼区的南缘,是中亚、东亚和东南亚三个大陆型壳体的过渡地带<sup>[6]</sup>。太古代末至元古代是本区壳体拼合及陆块增生的时期,形成了统一的基底构造层。古生代至中生代,板块边缘扩张伸展,引起板内分异及分裂。新生代在印度壳体的强烈挤压碰撞之下造成大规模的强烈褶皱、构造活化和逆冲推覆。金沙江—哀牢山超岩石圈断裂带是一条长期活动的深大断裂带,喜马拉雅山运动时期其壳下地幔由南西向北东运动,最初推动断裂带南西侧的壳体向北东运动和挤压,引起强烈褶皱、推覆和地壳升温。随着地幔向前运动,幔团<sup>[7]</sup>越过哀牢山—金沙江断裂带,遂拖动断裂带北东盘的壳体构造单元背离断裂带运动,使断裂带附近受到引张,构造减压及深部流体相上侵有利于重熔岩浆的形成。

滇中地区前地台构造层中多见含铜层位,如哀牢山群地层采山坪式和大梁子含铜层<sup>[8]</sup>;大红山群有大红山式古火山铁铜矿;昆阳群有东川式铜矿等。因此推测本区前地台阶段地幔中含铜较高,即存在富铜地幔。金与铜的情况较类似,除了形成一些矿床(如金厂矿田和老王寨矿田)外,从哀牢山变质带地层和超基性岩中含量的对比,可发现超基性岩中含量明显高于地层的含量。说明地层中金和铜相对贫化。与此相反,铅(锌)在地层中得到了富集。如果超基性岩代表地幔的成分,而地层代表陆壳成分,则由此引伸开来,金、铜主要赋存于幔源岩石中而铅锌赋存于陆壳岩石中。那么,当由陆壳物质与幔源岩石组合的混合源区重熔时,幔源组份将提供多数铜金成矿物质,而陆壳组份则提供多数铅锌成矿物质。

## 2.2 构造单元

根据本区富碱斑岩体的地质特征、岩石学特征、岩石化学特征、稀土元素地球化学特征及成矿作用的差异划分了五个岩区,基本上与五个次级壳体构造单元分别对应。这些构造单元是早古生代以来壳体边缘不同时期不同强度的伸展扩张分异演化的结果,彼此之间除了存在浅部地质特征的差异,还存在基底地层埋藏深度,地壳剖面中某些界面位置的不同。五个岩区以外,地槽及前地槽基底地层出露的地区未见富碱斑岩体分布,如哀牢山区。通过对比各岩区与构造单元特征,发现扩张裂隙的时间越晚,幅度越大,盖层厚度越大,康氏面和莫霍面越浅,则富碱斑岩酸度越低,碱性越强,反之亦然。

富碱斑岩矿化作用受到岩区的强烈控制,不同岩区有不同的矿化特征。如永平区只出现金、稀有、轻稀土、磷等矿化,剑川区则出现铜金矿化,但都未形成工业矿体。矿床主要分布在金平、姚安和大理三区:金平区只有矽卡岩型铜钼矿,姚安区只有斑岩型铅银金矿,而大理区矿种较全,计有铜钼铅锌银金等。

构造单元对成岩成矿的控制作用主要反映不同地区之间在物质与环境两方面的差异。岩浆的物质成分又受源岩成分及熔融度两方面的影响。不同构造单元由于演化运动历史的某些差异可能导致以下几个方面的不同:基底及构造层埋深;源岩成分及成矿元素含量;重熔的时间和程度;岩体的围岩条件。通过对镁橄榄石—钙长石—石英假三元系相图<sup>[10]</sup>的分析,随着熔融度的升高,重熔岩浆 $SiO_2$ 的含量降低,岩浆向基性方向演化。因此,富碱斑岩成岩成矿受岩区控制的原因可以分析如下:

(1) 基底地层出露地区源岩埋深也浅,热能积聚升温难以达到重熔的要求,故未见富碱斑岩。

(2) 大理区据地球物理资料其康氏面埋深大,故源岩较深,重熔温度要求较高,故熔融度偏

低,酸性强而碱度相对较低( $K_2O + Na_2O$ 并未偏低,而是 $\sigma$ 值较低),矿化能力较强。

(3)姚安区中新生代为一断陷盆地,受张拉应力作用,幔源流体长期外泄,使源岩富含流体成分,重溶温度要求降低,熔融度提高,故岩石酸度降低,但含水量平均达24.6%,明显高于其它区。岩石成分铁镁钙偏高不多,出现似长石类矿物,说明流体中有 $CO_2$ 组份(岩石中有碳酸盐矿物可佐证)参加,熔融度并未高至钙长石或顽火辉石相消失。因此,壳幔成矿物质来源同等重要,矿化尚好,只是碱质含量偏高,不利于铜的成矿。

(4)金平区位于哀牢山带以南,康氏面被抬高,源岩埋深略小,由于紧靠哀牢山构造带,岩石成分复杂,反映构造活动对其影响。岩石酸性偏低,铁镁钙含量高,表明熔融度比前者又有提高。有两种岩石类型,一种出现碱性暗色矿物及似长石类,另一种未出现,前者基性程度尤高,表明熔融度比后者更大,矿化主要与后者有关(铜厂铜钼矿,哈播铅锌金矿化)。

(5)永平区位于哀牢山—金沙江断裂带下盘,远离断裂带,形成时间最晚,基性、碱性最强,铁镁钙含量最高,在全区熔融度最高,可能进入 $SiO_2$ 不饱和区。岩石中辉石含量较高,说明源岩重熔时斜长石相先消失,幔源组份占优势。因此,成矿物质也以CuAu为主,但由于碱性太强对铜成矿不利,金可能是砂矿的主要来源。

(6)剑川区属中甸微壳体,其演化历史与其它区略有不同,主要表现在地台阶段开始的时间较晚。从富碱斑岩的特征上看,与相邻的大理区很接近。该区岩体一般规模较大,从全区矿化的规律看,岩体过大不利于矿化。因此,找矿工作还应侧重于小岩体。

总之,构造单元对富碱斑岩成岩成矿的影响主要在源岩成分、埋深和熔融度等方面的微小差异。大理区裂隙不深,源岩中幔源组份含量高,埋深偏大,熔融度低,岩浆偏酸性,对铜钼的成矿有利。永平区和姚安区中生代块断裂陷强烈,下地壳薄化,源岩中幔源组份含量降低,埋深较浅,熔融度大,岩浆偏基性,富含碱质,对铜成矿不利。金平区与剑川区则介于前二者之间。

### 3 大地构造演化—运动的控制机理

大地构造对成岩成矿的控制作用主要通过对它们的物质基础、物理化学环境和时空定位等的控制来实现<sup>[11]</sup>。富碱斑岩的成岩成矿作用也反映了这点。本区的大地构造演化经历了多个“动—定”互相转化的递进周期。有线索和实际资料表明至少经历了萌陆壳“稳定”阶段、原陆壳活动阶段、原陆壳“稳定”阶段、地槽阶段、地台阶段和地洼阶段<sup>[12]</sup>。这些阶段是壳体及地球深部(最直接的是上地幔)演化和运动的产物。这一过程中,地球物质不断分异,在特定环境下造成某些元素的聚集。富碱斑岩矿床形成就是地球物质多次分异形成的源岩在一定物理化学条件下重熔形成岩浆上侵定位的结果。其演化和运动的历史可以总结如下:

(1)太古代初( $3.8 \times 10^9 a$ ) (可能处于萌陆壳时期,为本区陆核形成阶段),由于上地幔和地壳硅镁层的分异或海底、陆上风化使壳体表层聚集陆壳成分的物质(硅铝质),形成最原始的雏陆壳,相当于铅同位素多元分离获得的 $t_2 = 3.844 \times 10^9 a$ <sup>[13]</sup>。同时,某些成矿物质(如Pb、Zn、S等)随之聚集。硫来自地幔,未经演化分馏,仍具地幔硫的特征。铅有少量进入硫化矿物中封存,但大部分仍为分散状,处于U-Th-Pb演化系统。

(2)晚太古代( $3.05 \times 10^9 a$ )属原陆壳活动期,哀牢山群同期的普期组测得Rb-Sr法同位素年龄最大值为 $2.95 \times 10^9 a$ <sup>[14]</sup>,与该时间相近。壳体成熟度尚低,雏陆壳物质较薄,刚性不具。由于深部热流聚集引起地幔激烈活动,突破硅镁层的屏障侵入于雏陆壳中形成幔源岩层,其形成时间为 $t_3 = 3.054 \times 10^9 a$ <sup>[13]</sup>。这种岩层与雏陆壳物质的混合物即构成富碱斑岩的源岩。幔源岩

石的侵入再次带来成矿物质, 其中除铅锌硫以外, 还含有较多的铜金等。

(3) 元古代至古生代壳体演化经历了两个活动阶段和两个稳定阶段。其中稳定阶段深部热能相对聚敛, 地幔活动弱, 对壳层的影响小。原陆壳活动阶段及地槽阶段早期, 壳体厚度小, 源岩所处的深度不大, 热能积聚升温还不足以使之发生重熔作用。地槽阶段中晚期本区构造又以挤压为主, 深源流体相的参与不足, 构成应力又强大, 对岩浆重熔的温度要求提高, 因此难以满足。这个时期的岩浆活动主要为壳源型花岗岩(如峨山岩体)或沿深大断裂带有基性岩。

(4) 中生代是本区地台阶段转入地洼阶段初动期, 活动性增大, 但没有达到激烈的程度。

(5) 新生代喜马拉雅运动标志着本区壳体演化进入地洼激烈期。深部热能积聚及邻区热能的加入打破了本区壳体内部静力和热力动平衡状态, 地幔蠕动于是加剧。喜马拉雅运动第一幕强烈的挤压造成壳体增厚及大规模的断裂活动, 逆冲推覆。这个时期由于地幔热能的传递及构造活动磨擦升温使壳层热能积聚, 而壳层厚度增大又使热能难以外散, 因而壳中温度大幅度升高。第一幕与第二幕之间的休闲时期(大约  $40 \times 10^6$  a 左右), 构造松弛, 挤压应力转变为拉张应力。由于构造减压有利于深部热流体的外泄加入源岩。由于压力减低和流体相加入两方面的原因引起源岩重熔温度的降低, 形成重熔岩浆。同时, 源岩中的成矿物质也部分得到活化进入岩浆。

### 参考文献

- 1 涂光炽等 华南两个富碱侵入岩带的初步研究 花岗岩地质与成矿作用 南京: 江苏科学技术出版社, 1982
- 2 谢应雯等 哀牢山—金沙江富碱侵入带地球化学成矿专属性初步研究 昆明工学院学报, 1984(4): 1~ 16
- 3 张玉泉 哀牢山—金沙江富碱侵入岩及其与裂谷构造关系初步研究 岩石学报, 1987, (1): 17~ 25
- 4 赖健清, 彭省临 云南富碱斑岩岩类特征 中南工业大学学报, 1995, 26(增4): 105~ 107
- 5 赖健清, 彭省临 一种新的稀土元素地球化学反演方法及其应用 中南工业大学学报, 1995, 26(3): 295~ 299
- 6 陈国达主编 亚洲陆壳大地构造图(1: 800万)。北京: 科学出版社, 1994
- 7 Lai Jianqing Mechanism of crustobody movement: mantle spiral motion (outline), Geotectonica et Metallogenia, 1994, 18 (1~ 2): 83~ 86
- 8 薛步高等 康滇地轴前震旦纪地层层序和对比的初步研究 国际晚前寒武纪地质讨论会论文选集 北京: 地质出版社, 1986
- 9 谭雪春等 滇西主要有色金属矿床区域成矿地质背景 云南地质, 1991, 10(1): 11~ 42
- 10 Ernst, W. G., Petrologic phase equilibria W. H. Freeman and Company, 1976
- 11 彭省临 湘南地洼型铅锌矿形成机理 长沙: 中南工业大学出版社, 1992
- 12 赖健清 滇中及邻区前地台大地构造及铜成矿作用 大地构造与成矿学, 1996, 20(1): 46~ 52
- 13 赖健清, 彭省临 多因复成矿床铅同位素多元混合模式及其应用 矿冶工程, 1994, 14(增3): 81~ 84
- 14 钱锦和等 云南大红山古火山岩铁铜矿 地质专报: 四(15), 北京: 地质出版社, 1990

## TECTONIC CONTROL FOR PETROGENESIS AND METALLOGENESIS OF THE ALKALI-RICH PORPHYRIES IN CENTRAL YUNNAN

Lai Jianqing Peng Shenglin Shao Yongjun Wang He

(Dept. of Geology, Central South University of Technology, Changsha 410083)

**Abstract** The alkali-rich porphyries in Yunnan were formed by differentiation melting

of the source-rock in the Diwa stage. Their petrogenesis and metallogenesis were controlled by tectonic location, tectonic unit, and indirectly, by the formation and evolution of the source-rock. Tectonic historic-dynamic analysis shows that the formation of the source-rock derived from tectonic evolution over a long period of time. As early as the beginning of Archaean era, an embryonic continental crust was developed in this region, intruded by ultrabasic magmas during the active stage of late-Archaean protocontinental crust, resulting in the source-rock of the alkali-porphyrries in which some metallogenic materials were enriched. During the most active period of the Diwa stage, fluids from the depth of the earth intruded out to cause the source-rock to be remelted, by which metallogenic materials were further enriched and ore-bearing magma was formed. Small differences of the tectonic basements among different rock provinces resulted in the differences of composition, depth and remelting degree of the source-rock, which directly influenced the rock type, chemical composition, trace elements abundance and metallogenesis of the alkali-rich porphyries, and formed two metallogenic subseries: i.e., the Cu-Mo mineralization related to alkali-rich granite-porphyry and the Pb-Ag mineralization related to alkali-rich syenite porphyry.

**Key words** Petrogenesis, metallogenesis, tectonics, Diwa, alkali-rich porphyry, Yunnan

---

## 云南红土型金矿找矿前景

云南红土型金矿成矿区按原生金矿区或含金岩系的分布划分如下:

- (1) 滇东南红土型金矿成矿区: 包括文山—西畴—富宁—开远—丘北地区, 以及滇黔桂接壤的“金三角”地区。区内原生的碳酸盐岩中的微细浸染型金矿及与锑汞矿共(伴)生的金矿, 为红土型金矿成矿提供物源。
- (2) 金沙江—红河含金碱性斑岩带红土型金矿成矿区: 近年来发现多处与含金碱性斑岩、含金矽卡岩及含金破碎带有关的红土型金矿, 有的远景可达大型, 如北衙红土金矿, 金平铜厂—长安冲地区红土金矿可达中型规模。
- (3) 腾冲—龙陵—瑞丽金成矿区的红土型金矿: 已发现上芒岗等红土型金矿。
- (4) 澜沧江火山岩成矿带南段的红土型金矿: 主要分布三叠纪基性至酸性火山岩及各类侵入岩。原岩含金性良好, 准平原化、红土化作用强, 具有形成红土型金矿的有利条件。
- (5) 丽江—宁蒗地区的红土型金矿: 该区主要分布含金的二叠系玄武岩、三叠系碳酸盐岩及喜马拉雅期斑岩体。
- (6) 勐海—孟连—西盟金成矿区的红土型金矿: 该区是铅锌银锑多金属成矿区, 源岩含金高, 并已发现有共(伴)生金矿点, 如赛罕铜金矿点, 下石炭统碳酸盐岩含金为  $0.5 \times 10^{-6}$ 。
- (7) 耿马—镇康金成矿区的红土型金矿: 该区有原生锡、锑、铅锌(银)矿床、次生稀土矿床产出, 红土化作用强, 有利形成红土型金矿。

· 田春东 ·