

云南中部富碱斑岩区域成矿条件

赖健清 彭省临 王核 邵拥军

(中南工业大学地质系 长沙 410083)

摘要 云南省中部富碱斑岩形成于喜马拉雅山运动第一幕与第二幕之间的构造松弛阶段,由地壳深部的基性-超基性源岩经分离熔融而成。富碱斑岩成岩成矿作用受多级构造的控制:大地构造位置控制岩体呈带状分布;构造单元控制斑岩分区及特征;壳内大断裂及构造交汇部位控制斑岩的产出;次级断裂控制斑岩的形态、产状和矿化定位。地质地球化学资料表明,成矿物质主要来源于岩浆,受岩浆的化学成分和成矿元素丰度的影响。不同岩区富碱斑岩特征和成矿作用的差异归根结底是构造单元之间富碱斑岩源岩成分、深度和重熔程度微小差异的结果。

关键词 区域成矿条件 富碱斑岩 云南

1 地质背景及富碱斑岩主要特征

云南富碱斑岩主要分布于哀牢山-金沙江断裂带附近,即康滇地轴南缘或扬子地台西缘。岩体形成时代为喜马拉雅山期。同位素资料表明其侵入时间位于喜马拉雅山运动第一幕与第二幕之间。富碱斑岩在区域上分布成带状,属于金沙江-哀牢山富碱侵入岩带的南段,有岩体100余个。岩体除总体呈带状分布外,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^[1]。不同岩区的地壳结构特征有区别,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。

云南富碱斑岩主要岩石类型为富碱正长斑岩类和富碱花岗斑岩类,少量属基性碱性岩类。岩石中碱含量普遍较高,75个样品中,80%的样品里特曼指数 $\sigma > 3.3$,属碱性或过碱性系列。不同岩区岩石的稀土元素总量相差甚远,但稀土配分曲线形态相似,呈右倾上凹抛物线形;钕负异常轻微,多数 δEu 在0.75~0.95之间;明显富集轻稀土,轻重稀土比值在8.42~42.8之间。通过岩石内部等时线求得的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值及岩石中磷灰石单矿物的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值介于0.7064~0.7098之间,绝大部分大于0.707。在多伊(Doe, 1979)提出的铅同位素构造模式图上,全岩的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 与 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 关系点分散在造山带与上地壳两条演化曲线之间^[2]。

根据富碱斑岩形成的构造背景和特征,结合多元稀土元素地球化学反演方法^[3]进行源岩成分计算,结果表明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分离重熔形成的岩浆上侵产物。这种源岩具有基性-超基性岩的成分,系早期上侵的幔源超基性岩与陆壳组分的混合物,由于构造差异造成不同岩区源岩的厚度、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不同。

2 富碱斑岩矿化特征

2.1 矿化类型

与富碱斑岩有关的矿化元素种类很多,计有金银、铜钼、铅锌、硫(FeS_2)及轻稀土、稀有元素、非金属等。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。此外,岩体及矿体中某些元素的富集对于形成氧化淋积型、风化壳离子吸附型及砂矿型矿床非常有利。目前已查明的具有工业意义的矿床有姚安老街子大型火山-斑岩型铅银金矿;弥渡马厂箐中型斑岩型+矽卡岩型铜钼矿;鹤庆北衙小型热液型铅锌银金矿;金平铜厂-长安冲小型矽卡岩型铜钼矿。此外还发现许多矿化点。

2.2 地质特征

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,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。多金属矿化作用主要发生于岩体内部及接触带,很少远离接触带。接触带附近矿化最强,向两边递减。矿化分带清楚,由岩体向外依次为钼、铜、铅锌、银金等,矿化温度有递降的趋势。矿化作用还受岩体规模和形态的控制。除老街子喷发相稍大外,一般成矿岩体出露面积仅数千平方米,如铜厂岩体 3km^2 ,马厂箐岩体 1.4km^2 ,老街子岩体 12km^2 。岩体过大对矿化不利,过小则只见矿化未发现工业矿体。岩体形态不规则也是矿化的一个有利条件。铜厂和马厂箐都发现岩体下凸部位是形成工业矿体的有利地段。岩浆的分异程度是成矿的控制因素之一。一般来讲,矿化与较晚期的岩浆活动关系密切,岩浆分异越强烈,矿化越好。

2.3 同位素特征

1) 硫同位素 与富碱斑岩有关的矿床及矿化点的金属硫化物单矿物(黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、辉钼矿、黄铜矿)的硫同位素成份接近陨硫, $\delta^{34}\text{S}$ 在 $-4.9\text{‰} \sim +6.6\text{‰}$ 的范围内,多数在 $0 \sim 3\text{‰}$ 之间。硫同位素的这一特征说明成矿物质主要来源于岩浆。不同构造单元及不同矿化类型的矿床硫同位素没有显著差别,可能说明本区富碱斑岩的成岩成矿处于同一演化系统。

2) 铅同位素 矿石中16个硫化物单矿物的铅同位素结果为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.080 \sim 19.011$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.416 \sim 15.690$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.489 \sim 39.660$ 。根据多伊的正常铅单阶段演化模式计算的模式年龄范围为 $t_{206-207} = 3.735 \times 10^8 \text{a} \sim 3.429 \times 10^8 \text{a}$, 分布范围很广,不符合正常铅的特征。通过铅同位素多元混合模式的建立和求解,得到对应于 $U = 0.070$ ($\mu = 9.646$) 的四个封存时间,分别为 $t_1 = 4.266 \times 10^9 \text{a}$, $t_2 = 3.844 \times 10^9 \text{a}$, $t_3 = 3.054 \times 10^9 \text{a}$, $t_4 = 1.0 \times 10^7 \text{a}$ 。其中 t_4 与成矿时间相近^[4]。其它三个年龄值较大,代表岩浆的深部来源。

3 成矿地质条件分析

3.1 地层条件

富碱斑岩分布区地层发育齐全,从下元古界至第四系均有出露,但富碱斑岩直接侵入的地层为显生宙地层,其中与铜钼矿有关的富碱花岗斑岩主要侵入于下古生界板块边缘扩张带次

深海沉积地层中,如马厂箐矿区为下奥陶统向阳组粉砂岩、页岩夹灰岩透镜体及下泥盆统康廊组白云质灰岩,铜厂矿区为中志留统不纯白云岩;与铅银矿有关的富碱正长斑岩类的主要围岩为中生界地台晚期及地洼早期浅海-陆相沉积岩,如北衙矿区为中三叠统北衙组灰岩、老街子铅银金矿区为白垩系泥岩粉砂岩。不同的围岩性质对富碱斑岩矿床的成因类型有一定的影响,如围岩为碳酸盐岩时多形成矽卡岩型矿床,围岩为砂泥质岩则形成斑岩型矿床。

本区各时代地层中成矿元素丰度值^[5]普遍高于克拉克值几倍乃至几十倍,尤其在中生代红层沉积岩中含有丰富的砂岩型铜矿并伴生银。但地层中成矿元素富集与富碱斑岩矿床(点)的分布没有明显的共同点。如姚安老街子岩体侵入中生界地层形成铅银金矿,铜只见矿化未成矿体;金平铜厂岩体的围岩中铅含量较高,却形成了铜钼矿。考虑到富碱斑岩具有高温浅成的特点,上侵能力强,速度快,围岩组分对岩浆岩成分的影响只在边缘很小的范围内。因此,成矿物质直接来源于地层的可能性甚小。从地球化学特征的历史继承性角度分析,富碱斑岩围岩中富集的成矿元素可能在基底地层甚至下地壳、上地幔中也有富集,并以富碱斑岩源岩的形式提供成矿物质来源。

3.2 构造条件

本区富碱斑岩的成岩成矿作用受到构造的多级控制: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;在构造交汇处附近形成富碱斑岩铜多金属矿化集中区。

3.2.1 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。该地区属扬子地台西南边缘,为扬子地块与三江构造域的接合地带。太古宙末至元古宙是本区地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。新生代本区在印度板块的强烈挤压碰撞之下形成大规模的强烈褶皱和逆冲推覆。金沙江-哀牢山超岩石圈断裂带是一条长期活动的重要地体边界,喜马拉雅期其壳下地幔由南向西向北东运动,最初推动断裂带南西侧的地体向北东运动,引起强烈褶皱、推覆和地壳升温。地体向前运动拖动断裂带北东盘背离断裂带运动,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。

3.2.2 构造单元

根据本区富碱斑岩的地质、岩石学、岩石化学、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,分别与五个地体构造单元分别对应。这些构造单元是早古生代以来板块边缘不同时期不同强度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。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。

稀土元素及锶、铅同位素资料表明富碱斑岩岩浆由源岩部分熔融而成。这种源岩位于深部,由壳、幔源组分混合而成。岩浆的成分可能受源岩成分及熔融度两方面的影响。裂隙区下地壳薄化,康氏面和莫霍面变浅,引起源岩埋深变小,幔源组分含量相对降低,因此熔融所需温度较低,熔融度增大,岩浆成分偏基性富碱质。

可见,构造单元对富碱斑岩成岩成矿的影响主要在于源岩成分、埋深和熔融度等方面的微小差异,大理区裂隙不深,源岩中幔源组分含量高,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,下地层薄化,源岩中幔源组分含量降低,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。

3.2.3 壳内大断裂

富碱斑岩体与一些北东向的壳内大断裂有较明显产出关系,沿断裂呈带状分布。这些断裂主要发育于丽江-剑川、华坪-北衙、小龙潭-巍山、大姚-姚安-南汀河、个旧-江城等地区,呈近等距分布。遥感影像为细而清晰的直线形,表现为扭裂作用。断裂主要发生于中生代以后,多是在古老基底隐伏断裂基础上叠加形成。特别是喜马拉雅期活动强烈,切穿北西向构造带,对斑岩活动及侵位有明显的控制作用,可能为岩浆上侵的主要通道,具有三级控岩控矿意义。

3.2.4 构造交切部位

在遥感图像上,出现与富碱斑岩有关的环形影像群,北西向成带,北东向成群,集中于北东向、南北向(局部东西向)与北西向主构造带交切部位。受这些构造交切部位控制的富碱斑岩体组成了七个铜多金属成矿集中区。集中区内多组断裂交切成网状、菱格状,次级构造发育。环形构造发育为包容型复式环形,显示地表出露的斑岩体在深部连为一体,表面形态复杂,有利矿化。

3.2.5 控岩控矿构造

直接控制富碱斑岩体产出形态、产状及矿化定位特征的构造为大断裂派生的各级断裂及断裂与褶皱轴的交切部位。这些断裂与大断裂及隐伏基底断裂连通,本身多具有共轭的性质,显示扭动的特点,并有多期活动。

3.3 岩浆岩条件

3.3.1 化学成分专属性

富碱斑岩根据成分的不同大致可分为三种类型,分别对应不同的矿化:富碱花岗斑岩类含铜钼矿化;富碱正长斑岩类含铅锌银金矿化;碱性中基性岩类含稀有稀土、非金属及金矿化。前两类与铜铅多金属矿化有关。

富碱斑岩的成分特征对矿化有专属性,从岩石化学成分的角度看,含Cu(Mo)矿化的岩体 Na_2O 为2.79%~3.85%, K_2O 为2.79%~4.93%, CaO 为1.15%~3.42%, MgO 为0.8%~2.15%, Al_2O_3 为13.38%~15.14%, Fe_2O_3/FeO 为0.62~1.90;含Pb(Au)矿化的岩体 Na_2O 为1.25%~2.82%, K_2O 为6.21%~8.01%, CaO 为0.67%~2.06%, MgO 为0.24%~1.39%, Al_2O_3 为15.08%~16.3%, Fe_2O_3/FeO 为2.50~3.50。可见,与Cu(Mo)有关的岩体中Na、Ca、Mg含量高而K、Al低, Fe_2O_3/FeO 低,可能其幔源组分含量偏高;与Pb(Au)矿化有关的岩体与之相反。

与铜矿化有关的富碱花岗斑岩酸度大、碱度低,对铜多金属矿有利,尤其是铜,无一例外地与高酸低碱的岩体有关。如金平区含铜的铜厂岩体, $SiO_2=67.59\%$ (晚期), $K_2O+Na_2O=9.55$, $\sigma=3.71$,未见碱性暗色矿物;无矿的冷家坪、南板桥岩体 $SiO_2=50\%~60\%$, K_2O+Na_2O 在11%以上, $\sigma=5.6~16.8$,出现碱性暗色矿物霓辉石及似长石类矿物霞石。大理区矿化岩体亦有区别,马厂箐岩体形成中型铜钼矿,其岩石类型为花岗斑岩, $SiO_2=69.76\%$, $K_2O+Na_2O=8.57\%$, $\sigma=2.74$,属钙碱性系列^[6];北衙铅锌金银矿床的母岩岩石类型为(石英)正长斑岩, $SiO_2=66.6\%~68.0\%$, $K_2O+Na_2O=10.81\%~12.31\%$, $\sigma=4.68~6.19$,属碱性系

列。

3.3.2 岩体的成矿元素丰度

岩体中成矿元素的丰度也是控制矿化作用的主要因素。由表1可见,岩体中成矿元素较高的,矿化就比较明显;岩体中含量低则矿化弱或无。岩体中Cu、Pb、Zn含量达到 100×10^{-6} 左右就可见到矿化现象。

表1 主要岩体成矿元素丰度及矿化类型

Table 1 A bundance of ore-forming elements and metallogenic types of main porphyries

岩区	岩体名称	面积 (km ²)	主要岩石类型	岩体成矿元素丰度($\times 10^{-6}$)					矿化类型	
				样数	Cu	Mo	Pb	Zn		Ag
永平	卓潘	40	霓辉正长岩	1	126		42	116		稀土、磷、金矿化
金平	铜厂	3	石英正长岩	7	191	16	44			铜、钼、磁铁矿床
	哈播	22	正长岩	7	143	1.3	61			铅、金矿化
	南板桥	2.5	碱性正长岩	5	46	12	84			
姚安	老街子	12	粗面斑岩							铅、金、银矿床
大理	小龙潭	0.61	石英闪长斑岩	57	265	8.7	100		0.6	铜(钼)矿化
	松桂	30	石英正长斑岩	28	21		78	< 100		
	北衙	0.38	石英正长斑岩	61	50		364	154	2.8	铅锌(银金)矿床
	马头湾	0.6	石英二长斑岩	80	154	8	86	95	< 2	弱矿化
	宝丰寺	1.33	花岗斑岩	1	22	277	101			铅锌、黄铁矿化
	马厂箐	1.40	二长花岗斑岩	12	100	2.5	30		< 0.1	铜钼矿床
	大莲花山	5	石英二长斑岩	66	108	11	113	143	1.0	铜铅锌矿化
剑川	甯哥		正长斑岩							金矿化
	老君山	> 100	石英二长岩	8	81	< 1	51	50	< 0.2	金矿化
	剑川	> 60	碱长粗面岩	15	69	< 1	77	67	< 0.2	
	玉召块	> 70	石英闪长斑岩	19	41	< 1	76	50	< 0.2	
	小桥头			8	7.9	< 1	65			
	桃花	6.2	二长花岗斑岩	6	48	17	22			金、银、铜、钼矿化

资料引自谭春雪,吕伯西^[7]和刘忠俊^[8]

4 结论

1) 云南富碱斑岩及其矿床是一定构造条件下的产物,这种构造条件又是构造长期演化的结果。在地壳演化的早期,地幔岩浆活动侵入初步形成的陆壳中,使基底地层中包含有富碱斑岩的源岩。后来的地质运动造就了该区的构造起伏,使不同地区源岩的厚度和深度发生差异。喜马拉雅山运动第一幕强烈挤压之后的构造松弛阶段,源岩发生广泛的重熔,形成富碱斑岩岩浆。

晏祥云 北衙铅锌矿床金银矿化特征及其找矿方向讨论 西南矿产地质, 1991; 5(3)

谭春雪等 滇西东部斑岩和斑岩铜矿. 科学技术研究报告 46, 1985

2) 富碱斑岩的形成和分布受多级构造的控制。它们所处的大地构造位置即扬子地台西缘地带是长期活动的构造带, 又是新生构造活动的一个焦点, 从而控制了岩体的分布。由各深大断裂分隔开的次级构造单元是岩体分区的基础, 不同分区之间源岩及其重熔条件的差异则是分区的原因。

3) 地质和地球化学资料都表明, 富碱斑岩的围岩对成矿的贡献可能是微不足道的。成矿物质主要来源于岩浆, 而富含成矿物质的地幔岩浆把金属元素带入富碱斑岩的源岩, 再经过低度重熔富集成为含矿岩浆。

4) 富碱斑岩形成的矿床以铜钼铅锌银金为主, 主要包括两个成矿系列, 即与富碱花岗斑岩有关的铜钼成矿系列和与富碱正长斑岩有关的铅银成矿系列。斑岩的成分对于成矿有专属性, 一般酸性大、碱度低有利于铜多金属的成矿作用。岩体中成矿元素的丰度是岩体含矿性的指标, Cu、Pb、Zn 等元素含量超过 100×10^{-6} 便可见矿化。

参考文献

- 1 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)
- 2 赖健清、彭省临 云南富碱斑岩成因 中南工业大学学报, 1996; 27(增2)
- 3 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, 1996; 26(3)
- 4 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)
- 5 叶庆同等 三江地区区域地球化学背景和金银铅锌成矿作用 地质专报四(25). 北京: 地质出版社, 1993
- 6 云南冶金地质三一队 马厂箐斑岩铜钼矿床地质特征及找矿方法 地质与勘探, 1977(2)
- 7 吕伯西等 三江地区花岗岩类及其成矿专属性 地质专报三(18). 北京: 地质出版社, 1992
- 8 刘忠俊等 滇西大理地区喜山期斑岩岩石化学特征及其成矿性 云南地质, 1983; 2(4)

ON THE REGIONAL METALLOGENETIC CONDITIONS OF THE ALKALI-RICH PORPHYRIES IN CENTRAL YUNNAN

Lai Jianqing Peng Shenglin Wang He Shao Yongjun

Department of Geology, Central South University of Technology, Changsha, 410083

Abstract The alkali-rich porphyries in central Yunnan were formed by separated melting of the basic or ultrabasic source-rocks in the deep crust during the structural relaxed stage between the first and second epoches of the Himalayan movement. Diagenesis and metallogenesis of the alkali-rich porphyries were controlled by multi-scale structures: The intrusions distributed in the belt were controlled by tectonic settings, its division and features by tectonic units, its occurrence by large-scale intracrustal fractures and their crossing, and the shape, attitude and metallization by subsidiary fractures. Geological and geochemical data indicate that the ore-forming materials were principally originated from magmatism and influenced by its chemical composition and abundances of elements. The differences of diagenesis and metallogenesis of the porphyries in different regions are attributed to a little diversity of the composition, depth and melting fraction of the source-rocks among tectonic units.

Key words regional metallogenetic condition; alkali-rich porphyry; Yunnan