

安徽金寨沙坪沟钼矿区岩浆岩的成岩年龄及与成矿关系研究

徐晓春, 何俊, 刘晓燕, 刘啟能, 王萍, 张赞赞, 范子良, 刘雪

合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥, 230009

安徽金寨沙坪沟斑岩钼矿床是近年来在大别造山带中发现的一个超大型斑岩型钼矿床。在安徽省地矿局 313 地质队 2011 年提交的《安徽省金寨县沙坪沟钼矿床详查报告》中, 预计该矿床工业矿石量为 11.95 亿 t, 钼金属量 214.06 万 t, 钼平均品位为 0.179% (张怀东等, 2012)。近年来已有研究者对该矿床开展了研究工作, 确定成矿年龄为 110Ma 左右 (徐晓春等, 2009; 张红等, 2011; 孟祥金等, 2012), 但是, 对于该区的岩浆演化及其与成矿关系的研究尚显不足。本文试图通过矿区广泛分布的各类侵入岩的年代学研究, 探讨区域岩浆作用及其演化, 进而结合成岩成矿年龄, 探讨岩浆作用与钼成矿作用的关系。¹

1 区域地质背景和矿床地质特征

沙坪沟斑岩型钼矿床位于秦岭-桐柏-大别造山带东部, 以 NE 向的商城-麻城断裂为界的大别造山带东段, 以 NWW 向晓天-磨子潭 (桐柏-桐城) 断裂为界的北淮阳构造带南侧, 紧邻北大别高压-超高压杂岩带。

区域岩石地层单元自下而上可以划分为中元古界卢镇关岩群、新元古界-下古生界佛子岭岩群、石炭系杨山群和中生界-新生界未变质的陆相盆地堆积 (王波华等, 2007)。区域火山岩有燕山期晚侏罗世-早白垩世金刚台组 (毛坦厂组)、陈棚组 (响洪甸组、晓天组和望母山组) 安山质、英安质、粗安质、流纹质火山岩 (杜建国等, 1999; 潘国强等, 2001)。区域侵入岩以石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、花岗岩、石英正长岩。正长岩为主 (周泰禧等, 1995; 潘国强等, 2001)。

沙坪沟矿区内出露的地层是中元古界卢镇关岩群变火山-沉积岩, 岩性主要为黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩和花岗片麻岩, 强烈的岩浆侵入作用将其肢解而呈残留体状产出 (图 1), 分布范围较小, 主要出露于矿区西部和北部。矿区内断裂构造发育, NWW 向的晓天-磨子潭 (桐柏-桐城) 断裂带从矿区南部穿过, 次级张性、张扭性断裂中以 NE 向断裂最为发育 (张怀东等, 2012)。矿区内岩浆岩十分发育, 以中酸性侵入岩为主, 属商城复式杂岩体的组成部分, 其中二长花岗岩、花岗岩和花岗闪长岩分布最为广泛, 其次为石英正长岩、石英正长斑岩和隐爆角砾岩, 还有超基性、基性和中性岩零星分布, 矿区深部钻孔揭露出隐伏的花岗斑岩体, 地表仅见花岗斑岩脉。沙坪沟斑岩钼矿床主矿体隐伏于地表 500m 以下, 矿体厚度大, 品位高, 矿化连续 (张怀东等, 2010), 赋矿岩石主要为花岗岩、石英正长岩和花岗斑岩。矿区外围地表浅部发育钼铅锌、铅锌和萤石矿化及铌矿化。

2 矿区岩浆岩特征

沙坪沟矿区岩浆岩岩性复杂, 主要有花岗闪长岩、二长花岗岩、花岗岩、花岗斑岩、石英正长岩、石英正长斑岩、橄榄辉石岩、含斜长辉石岩、斜长角闪石岩、闪长岩、隐爆角砾岩等。花岗闪长岩、二长花岗岩、花岗岩和石英正长 (斑) 岩呈大小不一的岩株状产出, 隐爆角砾岩呈岩筒状产出, 橄榄辉石岩、含斜长辉石岩、斜长角闪石岩、闪长岩和花岗斑岩呈岩枝或岩脉状产出。根据主要岩体的岩石化学成分研究, 沙坪沟矿区花岗质岩石的 $w(\text{SiO}_2)$ 平均为 70.0%, $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为 14.8%, $w(\text{CaO})$ 为 1.5%, 全碱 $w(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 为 8.9%, 其中 $w(\text{K}_2\text{O})$ 为 4.9%, $w(\text{Na}_2\text{O})$ 为 3.9%。中性岩石的 $w(\text{SiO}_2)$ 平均为 53.3%,

$w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为 13.2%， $w(\text{CaO})$ 为 7.5%，全碱 $w(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 为 5.0%，其中 $w(\text{K}_2\text{O})$ 为 2.2%， Na_2O 为 2.8%。基性、超基性岩的 $w(\text{SiO}_2)$ 平均为 45%， $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为 13.6%， $w(\text{CaO})$ 为 8.7%，全碱 $w(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 为 3.8%，其中 $w(\text{K}_2\text{O})$ 为 1.7%， $w(\text{Na}_2\text{O})$ 为 2.1%。全碱含量与 SiO_2 呈现明显的正相关，并且高于中国同酸度岩石全碱的平均含量，说明矿区岩浆岩具有富碱的特征。与中国花岗岩平均化学成分相比，沙坪沟矿区岩浆岩的 SiO_2 、 $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 含量较高，而其它氧化物含量稍低。大部分样品 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值接近或大于 1，为富钾型。根据各种岩性侵入岩的岩石化学数据和图解，沙坪沟矿区岩浆岩具有低钠高钾富碱的特征，有由钙碱性向碱性过渡的特征，除石英正长岩和石英正长斑岩属钾玄岩系列外，其余均属高钾钙碱性系列，铝饱和指数显示为准铝质-过铝质系列。

3 岩浆岩同位素年龄测试结果

对沙坪沟矿区花岗岩、花岗斑岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、石英正长岩、闪长岩、含斜长辉石岩、斜长角闪石岩等不同岩性侵入岩应用 LA-ICP MS 进行了锆石 U-Pb 同位素年龄测定，结果表示于图 1 中。测试样品中的锆石从其形貌、CL 图像中清晰的韵律环带和较大的 Th/U 比值等特征判断，均为典型的岩浆锆石，但花岗斑岩的锆石显示有热液成因特征。各类侵入岩的年龄测试结果为：花岗斑岩的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $109.3\pm 1.6\text{Ma}$ (MSWD=1.3, n=21)；花岗岩的年龄为 $126.0\pm 1.7\text{Ma}$ (MSWD=0.43, n=15) 和 $129.6\pm 1.3\text{Ma}$ (MSWD=0.5, n=26)；闪长岩的年龄为 $127.4\pm 1.7\text{Ma}$ (MSWD=0.99, n=16)；二长花岗岩的年龄为 $133.0\pm 1.2\text{Ma}$ (MSWD=0.73, n=31)；花岗闪长岩的年龄为 $129.2\pm 1.6\text{Ma}$ (MSWD=0.89, n=27)；石英正长岩的年龄为 $115.9\pm 1.3\text{Ma}$ (MSWD=0.38, n=22)；斜长角闪石岩的年龄为 $133.7\pm 1.7\text{Ma}$ (MSWD=1.3, n=19)；含斜长辉石岩的年龄为 $128.5\pm 1.5\text{Ma}$ (MSWD=0.25, n=23)。同位素年龄测试结果表明，它们均形成于燕山晚期早白垩世。

4 岩浆侵入期次划分

依据各种岩性侵入岩的锆石 U-Pb 同位素年龄，结合前人发表的微量元素、稀土元素组成特征，本

文将沙坪沟矿区的侵入岩的成岩时代划分为两个侵入期次：

第一期次为 126~134 Ma，岩性主要为花岗岩、花岗闪长岩和二长花岗岩以及斜长角闪石岩、含斜长辉石岩、闪长岩等，它们的微量元素和稀土元素组成特征较为相似，其中二长花岗岩部分样品中的 Zr、Ti 相对较为亏损，花岗岩的 Ba 较为亏损，Sr、Nd、P、Ti 的含量较低，这二者的 δEu 负异常较为明显，HREE 都较为富集，HREE 在稀土元素球粒陨石标准化配分图解上呈现“上翘”的趋势，这可能是由于角闪石或其他镁铁质矿物的分离结晶造成的。

第二期次为 109~116Ma，主要岩性为石英正长岩、石英正长斑岩、花岗斑岩和隐爆角砾岩。石英正长岩和花岗斑岩的微量元素和稀土元素特征相似，石英正长岩的 Ba、Sr、Nd、P、Ti、Y、Yb、Lu 的含量较花岗斑岩相对较低，但整体趋势相同。花岗斑岩的稀土元素含量总体较低， δEu 负异常更为明显，二者 HREE 同样都呈现“上翘”趋势，而且花岗斑岩“上翘”更为明显，推测同样是由于角闪石或其他镁铁质矿物的分离结晶造成的。

5 岩浆作用与成矿作用关系

前人对沙坪沟矿区的成矿年龄和成岩年龄也进行过研究。迄今为止，从已经发表的数据来看，沙坪沟斑岩钼矿床辉钼矿 Re-Os 模式年龄介于 $100.0\pm 1.8\text{Ma}$ 至 $113.9\pm 1.7\text{Ma}$ (徐晓春等, 2009; 黄凡等, 2011; 张红等, 2011; 孟祥金等, 2012)，等时线年龄为 $113.2\pm 0.5\text{Ma}$ (黄凡等, 2011)，表明该矿床形成于早白垩世晚期。但是，前人对于沙坪沟矿区与成矿相关岩体的年龄测试结果存在差异。张红等 (2011) 测得含矿花岗斑岩的锆石 U-Pb 同位素年龄为 $111.5\pm 1.5\text{Ma}$ ，石英正长岩的锆石 U-Pb 同位素年龄为 $111.7\pm 1.9\text{Ma}$ ，矿床辉钼矿的 Re-Os 等时线年龄为 $111.1\pm 1.2\text{Ma}$ ，它们在误差范围内一致。孟祥金等 (2012) 测得石英正长岩的锆石 U-Pb 同位素年龄为 $121.5\pm 1.3\text{Ma}$ 和 $122.5\pm 0.8\text{Ma}$ ，正长斑岩年龄为 $120.7\pm 1.1\text{Ma}$ ，矿床辉钼矿的 Re-Os 等时线年龄为 $113.5\pm 7.6\text{Ma}$ ，认为石英正长岩的成岩年龄比矿床成矿年龄早 7 Ma 左右，这正是含矿岩浆热液的活动时限。陈红瑾等 (2013) 测得石英正长斑岩和爆破角砾岩基质中的锆石 U-Pb 年龄分别为

116.1±2.2Ma 和 112.9±1.2Ma。

本文测得花岗斑岩的锆石 U-Pb 年龄为 109.3±1.6Ma, 石英正长岩为 115.9±1.3Ma, 而花岗斑岩中部分锆石 CL 图像中的震荡环带受到了扰动, 这些锆石的 LREE 明显富集, REE 标准化曲线倾斜较缓, δCe 正异常较弱, 这些特征表明花岗斑岩中的部分锆石明显受到后期热液扰动, 其稀土元素组成特征介于岩浆锆石和热液锆石之间, 反映锆石 U-Pb 同位素体系可能受到影响, 所以测得的年龄并不具有代表意义, 但从钻孔揭露的岩性剖面推测, 花岗斑岩侵位于石英正长(斑)岩中, 花岗斑岩形成略晚于石英正长(斑)岩, 即花岗斑岩的年龄应小于 115.9 Ma。张红等(2011)也认为花岗斑岩中的部分锆石有明显的热液活动痕迹, 锆石年龄偏轻, Pb 丢失明显, 不具有代表意义。综上矿区侵入岩的成岩年龄和矿床的成矿年龄可见, 沙坪沟矿区侵入岩形成时代上表现出两个期次, 钼矿床的成矿时间与第一期次的岩浆作用时差较大, 而与第二期次的岩浆作用几乎同时。因此, 斑岩钼矿床的成矿显然与第二期次的石英正长岩和花岗斑岩有着密切的成因联系。

6 结论

沙坪沟矿区侵入岩的锆石 U-Pb 同位素年龄显示该区侵入岩形成于两个期次, 第一期次为 126~134Ma, 岩性主要为花岗岩、花岗闪长岩和二长花岗岩以及斜长角闪石岩、含斜长辉石岩、闪长岩等; 第二期次为 109~116Ma, 岩性为石英正长岩、石英正长斑岩、花岗斑岩和隐爆角砾岩。沙坪沟斑岩钼矿床的成矿年龄与第二期次石英正长岩和花岗斑岩的成岩年龄基本一致, 表明与之有密切的成

因联系。

本文受国家自然科学基金(41172085)资助。

参 考 文 献

- 陈红瑾, 陈衍景, 张静, 陈秀忠, 张怀东. 2013. 安徽省金寨县沙坪沟钼矿含矿岩体锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素特征及其地质意义. 岩石学报, 29(1): 133 ~ 145
- 杜建国, 张鹏. 1999. 大别造山带北部的中生代火山岩. 现代地质, 13(1): 57 ~ 65
- 黄凡, 王登红, 陆三明, 陈毓川, 王波华, 李超. 2011. 安徽省金寨县沙坪沟钼矿辉钼矿 Re-Os 年龄—兼论秦秦岭-大别山中生代钼成矿作用期次划分. 矿床地质, 30(6): 1039 ~ 1057
- 孟祥金, 徐文艺, 吕庆田, 屈文俊, 李先初, 史东方, 文春华. 2012. 安徽沙坪沟斑岩钼矿锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 年龄. 地质学报, 86(3): 486 ~ 493
- 潘国强, 陆现彩, 于航波. 2001. 北淮阳中生代 adakite 岩石地球化学特征及成因讨论. 岩石学报, 17(4): 541 ~ 550
- 王波华, 邬宗玲, 张怀东等. 2007. 安徽省金寨银沙地区中生代岩浆岩地质地球化学特征及其找矿意义. 安徽地质, 17(4): 244 ~ 248
- 徐晓春, 楼金伟, 陆三明, 谢巧勤, 褚平利, 尹滔. 2009. 安徽金寨银山钼-铅-锌多金属矿床 Re-Os 和有关岩浆岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄测定. 矿床地质, 28(5): 621 ~ 632
- 张红, 孙卫东, 杨晓勇, 梁华英, 王波华, 王瑞龙, 王玉贤. 2011. 大别造山带沙坪沟特大型斑岩钼矿床年代学及成矿机理研究. 地质学报, 85(12): 1 ~ 21
- 张怀东, 史东方, 郝越进, 王波华. 2010. 安徽省金寨县沙坪沟斑岩型钼矿成矿地质特征. 安徽地质, 20(2): 104 ~ 108
- 张怀东, 王波华, 郝越进, 程松, 项斌. 2012. 安徽沙坪沟斑岩型钼矿床地质特征及综合找矿信息. 矿床地质, 31(1): 41 ~ 51
- 周泰禧, 李学明, 张巽等. 1995. 北淮阳富碱侵入岩带 Pb 同位素研究. 中国科学技术大学学报, 25(4): 467 ~ 473

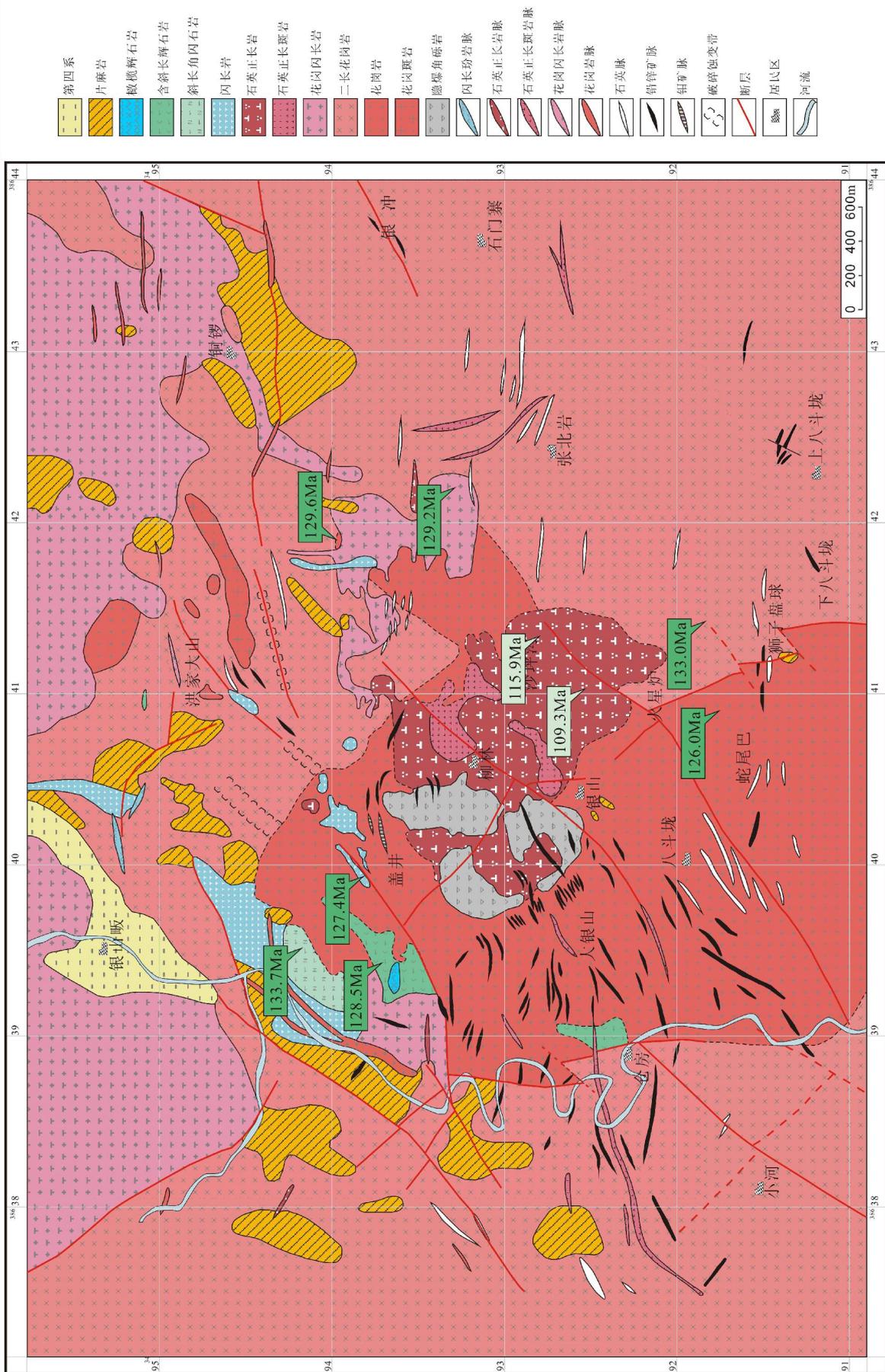


图1 沙坪沟矿区岩浆岩分布及年龄 (据徐晓春等, 2009 有修改)