河南白石坡银矿区花岗斑岩中锆石的 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义

李厚民[1,2)]，王登红[1,2)]，张冠[3)]，陈毓川[4)]，王彦斌[5)]，张长青[1,2)]，代军治[1,2)]

1）中国地质科学院矿产资源研究所，北京，100037

2）中国地质科学院成矿作用与资源评价重点实验室，北京，100037

3）河南省地质调查院信阳分院，信阳，464000

4）中国地质科学院，北京，100037

5）中国地质科学院地质研究所，北京，100037

内容提要：河南罗山县涩港镇白石坡银矿床是大别地区重要的银矿床之一，与区内中生代岩浆活动有着密切的时空、成因联系。本文应用 SHRIMP 方法对白石坡银矿区花岗斑岩中的锆石进行了 U-Pb 年龄测定，表明花岗斑岩形成于 142.0±4.3 Ma，这一年龄与附近花岗岩基及陈棚组火山岩的形成时代一致，反映它们是中生代同一岩浆成岩系统的产物，也记录了与银矿成矿作用有关的岩浆活动的时代。该区斑岩型钼矿、浅成火山热液型（金）银矿及膨润土等非金属矿具有密切成因联系，同属与中生代岩浆活动有关的矿床成矿亚系列。

关键词：锆石 SHRIMP U-Pb 年龄；花岗斑岩；白石坡银矿床；河南

白石坡银矿床位于河南省信阳市罗山县涩港镇北东约 5 km，查明银资源量 219.8 t，银品位 340 g/t。其北西约 8 km 处为皇城山银（金）矿床，查明银资源量为 353.3 t（品位 362 g/t），伴生金 467 kg（品位 0.48 g/t）。两矿床同属陆相火山气液型矿床，且均位于中生代火山岩盆地边部，成矿条件相似。白石坡银矿南约 4 km 为斑岩型母山钼矿（图 1）。前人对皇城山银（金）矿床研究较多（徐国风等，1989；吴宏伟，2004；简新玲，2004），但对白石坡银矿床的研究很少，对成矿时代研究更少。皇城山银（金）矿赋存在陈棚组陆相潜火山岩－火山岩中，其成矿时代与陈棚组的成岩时代一致，但陈棚组未见同位素年龄报道，其时代依据区域对比和古生物化石资料，时代归属认识不一，河南区域地质调查队和王果胜等（1997）认为属早白垩世，而王德有（1995）则认为其属晚侏罗世。区域上，周泰禧等（1992a，1992b）、杨祝良等（1999）和王岳军等（2002）采用锆石 U-Pb 法、Ar-Ar 法和 K-Ar 法对中生代火山岩年龄进行了测定，但年龄变化较大，为 116～149 Ma。因此，需要采用新的精细定年方法来对该区陆相火山活动及其有关矿化的时代加以确定。本文通过对白石坡银矿床赋矿的中酸性潜火山岩中锆石 SHRIMP U-Pb 年龄的测定，来探讨其成矿时代。

1 白石坡银矿床基本概况及样品特征

白石坡银矿区出露地层以中元古界龟山岩组斜长角闪（片）岩、变粒岩和绢云石英片岩组成的一套变质岩系为主，角砾化强；其次为陈棚组陆相中酸性火山沉积岩。矿区岩浆岩为花岗斑岩、石英斑岩及隐爆角砾岩（角砾石英斑岩）岩株及岩脉。矿区构造以北东向断裂为主，其次为近东西向断裂，它们控制了矿化蚀变带、矿体及脉岩的分布（图 2）。

白石坡矿床的银矿体产于陈棚组白石坡段的潜火山相花岗斑岩、角砾花岗斑岩及角砾状变质岩中（图 3）。角砾状变质岩中角砾成分复杂，有长英质糜棱岩、糜棱岩化石英脉、砂质板岩、千枚岩、石英岩、含石榴子石的黑云斜长片麻岩等。还有稠密浸染状的黄铁矿矿石角砾，这种角砾以黄铁矿为主，含

注：本文为中国地质调查局项目“我国西部重要成矿区带矿产资源潜力评估”（编号 1212010535804）、“中国成矿体系综合研究”（编号 1212010634002）、“我国重要矿产和区域成矿规律研究”（编号 1212010633903）资助成果。

收稿日期：2007-01-19；改回日期：2007-05-10；责任编辑：周健。

作者简介：李厚民，男，1962 年生，博士，中国地质科学院矿产资源研究所研究员，主要从事矿床学研究及成矿区划工作。电话：010－68999510；Email：lihoumin2002@163.com。

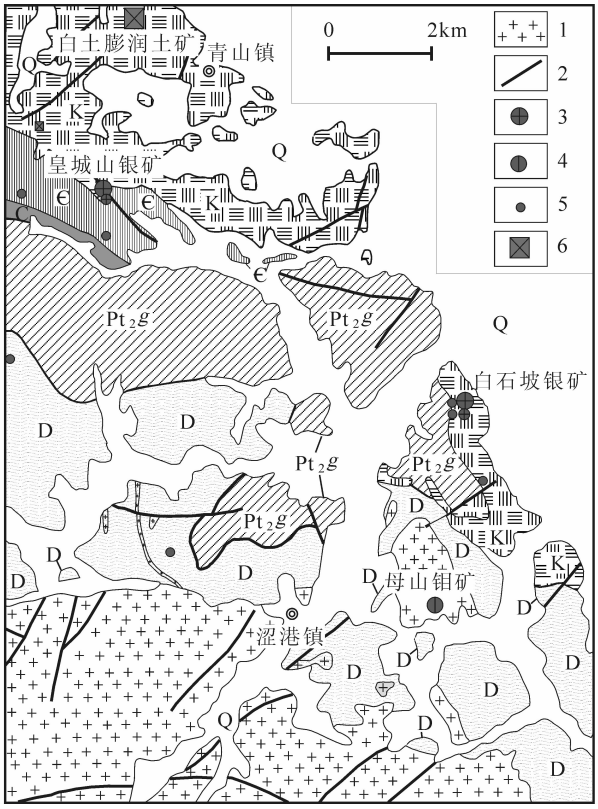

图 1　白石坡－皇城山银矿床区域地质图

Fig. 1　Regional geological map of the Baishipo-Huangchengshan silver deposit

Q—第四系；K—白垩系陈棚组火山岩；C—石炭系砂板岩；D—泥盆系南湾组片岩、变粒岩；∈—寒武系斜长角闪片岩、变粒岩；Pt_2g—中元古界龟山组斜长角闪片岩、含榴白云石英片岩；1—二长花岗岩、花岗斑岩；2—断裂带、剪切带；3—银矿床；4—钼矿床；5—铁矿床；6—粘土矿床

Q—Quaternary; K—volcanic rocks of Cretaceous Chenpeng Formation; C—slate of Carboniferous; D—schist and granulite of Devonian Nanwan Formation; ∈—amphibolitic schist and granulite of Cambrian; Pt_2g—amphibolitic schist and garnet-bearing mica-quartz schist of Middle Proterozoic Guishan Formation; 1—adamellite and granitic porphyry; 2—fault zone and shear zone; 3—Ag deposit; 4—Mo deposit; 5—Fe deposit; 6—clay deposit

褐铁矿及石英。角砾被同成分的岩石碎粒胶结或被花岗斑岩质岩浆成分熔结，类似于爆破角砾岩。角砾及胶结物均遭受了强烈的热液蚀变，以硅化、绢云母化及黄铁矿化为主，金属硫化物以立方体自形－半自形晶黄铁矿为主，呈细脉浸染状分布，有少量方铅矿及闪锌矿且更多地发育于碎粒胶结物中。

用于挑选锆石的花岗斑岩(BSP-1)从白石坡银矿区竖井中采出，样品新鲜，没有遭受风化。花岗斑岩的基质主要由斜长石和石英组成，粒度细小(0.01 mm±)；斑晶主要为斜长石聚晶，粒径达 0.1～1

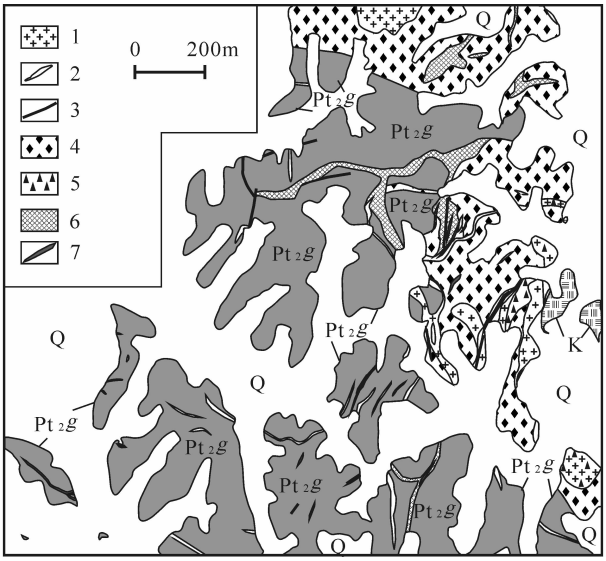

图 2　白石坡银矿区地质图

Fig. 2　Sketch map of the Baishipo Ag deposit

Q—第四系；K—下白垩统陈棚组火山岩；Pt_2g—中元古界龟山组变质岩；1—中酸性侵入岩；2—中酸性脉岩；3—断裂破碎带；4—角砾状变质岩；5—角砾岩；6—蚀变岩；7—矿体

Q—Quaternary; K—volcanic rocks of Cretaceous Chenpeng Formation; Pt_2g—metamorphic rocks of Middle Proterozoic Guishan Formation; 1—intrusions; 2—vein rocks; 3—faults; 4—breccia metamorphic rocks; 5—breccia; 6—altered rocks; 7—orebody

mm，绢云母化强。样品绢云母化和硅化较强，有较多黄铁矿，表明该花岗斑岩为成矿前或成矿期产物。该样品送专业实验室进行锆石挑选。挑出的锆石大小约 50 μm×150 μm～150 μm×450 μm，浅黄色透明，主要为长柱状，四方双锥发育，晶面平直，阴极发光照片显示振荡环带发育，具岩浆结晶锆石的特点(图 4)。

2　SHRIMP U-Pb 同位素年代学实验方法

将待测锆石与数粒锆石标样 TEM 置于环氧树脂中做成的样品靶上。将靶上的锆石磨去约一半，使其内部暴露，用于透射光、反射光和阴极发光研究及随后的 SHRIMP U-Pb 分析。阴极发光图像在中国地质科学院地质研究所实验室完成，SHRIMP U-Pb 分析在中国地质科学院地质研究所北京离子探针中心的 SHRIMP Ⅱ上完成。一次离子源气体为氧气，将其电离后，由 O^{2-} 打击锆石颗粒，激发出锆、铅、铀、钍的氧化物离子或金属离子。测定 $^{90}Zr_2O$、^{204}Pb、^{206}Pb、^{207}Pb、^{208}Pb、^{238}U、^{232}ThO、^{238}UO质量峰的强度，每个峰的积分时间分别为 2s、

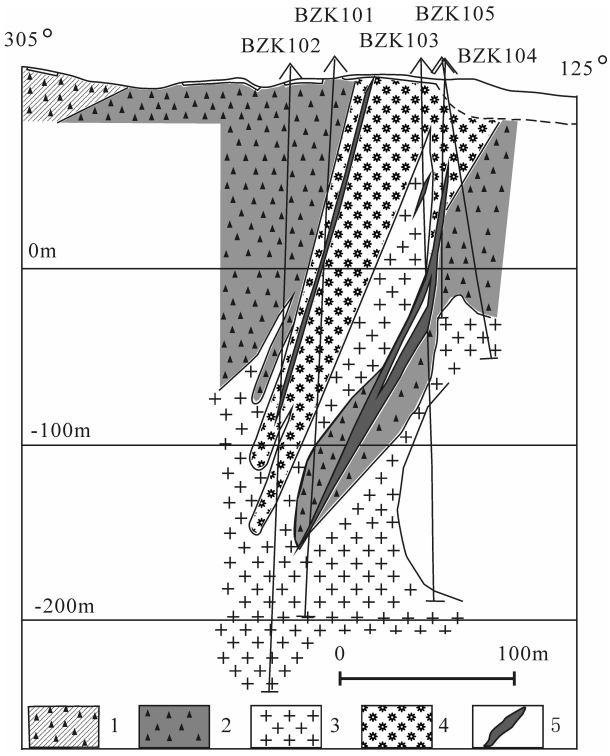

图 3 白石坡银矿床勘探线剖面图

Fig. 3 Exploratory profile of the Baishipo Ag deposit

1—角砾状绢云石英片岩；2—角砾状变粒岩；3—石英斑岩；4—角砾岩；5—银矿体

1—Brecciated sericite-quartz schist; 2—brecciated leptynite; 3—quartz-porphyry; 4—breccia; 5—Silver ore-bodies

10s、10s、10s、15s、5s、5s、2s、2s，每个点的数据是 5 次扫描的平均值。一次离子为约 4.5 nA，打到锆石上的束斑直径为 25～30 μm，质量分辨率约 5400（1%峰高）。待分析点与标样 TEM 的点交叉进行分析。用 SL13（572 Ma）标定样品的 U、Th、Pb 含量，TEM（417 Ma）进行年龄校正。数据处理采用 Ludwig 的 SQUID 1.02 及 ISOPLOT 程序。普通铅根据实测的 ^{204}Pb 进行校正，同位素比值误差为 1σ，加权平均年龄具 95%的置信度。

3 实验结果

白石坡银矿床含矿花岗斑岩中锆石的 U-Pb 同位素测定结果见表 1，13 个分析点的 U 和 Th 含量分别为 57×10^{-6}～416×10^{-6} 和 60×10^{-6}～475×10^{-6}，Th/U 值为 0.53～2.61；除分析点 12.1 的 ^{206}Pb/^{238}U 年龄为 1222±15 Ma、^{207}Pb/^{206}Pb 年龄为 2469±26 Ma 外，其余 12 个分析点的 ^{206}Pb/^{238}U 年龄为 146.8±4.4～196.4±8.4 Ma（表 1）。在协和图中，除分析点 12.1 外的 12 个分析点呈直线分布，显示有古老铅残留；12 个分析点组成直线的下交点年龄为 142.0±4.3 Ma，MSWD＝1.4（图 5），该下交点年龄解释为花岗斑岩的侵位年龄。

4 讨论

4.1 岩体形成时代及岩浆岩分布规律

白石坡银矿床含矿花岗斑岩中锆石的 SHRIMP U-Pb 下交点年龄为 142.0±4.3 Ma，代表了花岗斑岩的形成年龄，与其南部数千米处灵山中粗粒似斑状花岗岩岩基的侵入时代（110～138 Ma，据河南省二轮区划报告，1996）相当，属同期岩浆活动的产物。矿区火山岩被划归早白垩世陈棚组，区域上的陈棚组及与其相当的白大畈组/晓天

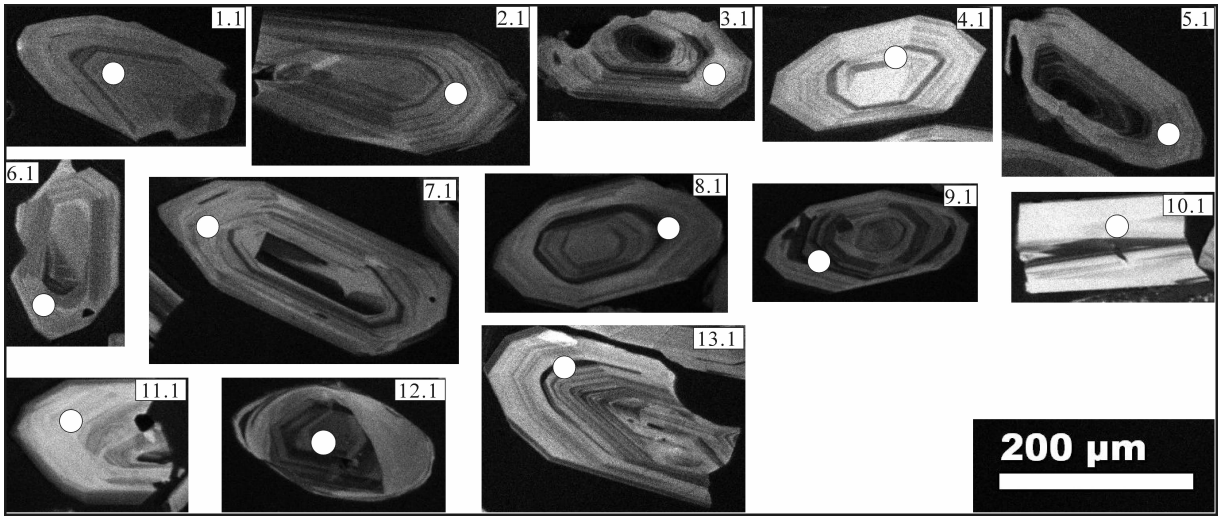

图 4 白石坡银矿床含矿花岗斑岩中锆石的阴极发光形态特征及分析点位置示意图

Fig. 4 CL imagine of zircons from ore-bearing granitic porphyry in the Baishipo Ag deposit

表 1　河南信阳白石坡银矿区花岗斑岩中锆石 SHRIMP U-Pb 分析结果

Table 1　SHRIMP U-Pb analytic results of zircons from granitic porphyry in Baishipo silver deposit, Xinyang district, Henan Province

分析点	$^{206}Pb_c$ (%)	U ($\times10^{-6}$)	Th ($\times10^{-6}$)	$^{232}Th/^{238}U$	$^{206}Pb^*$ ($\times10^{-6}$)	$^{206}Pb/^{238}U$① 年龄(Ma)		$^{207}Pb/^{206}Pb$① 年龄(Ma)		$^{207}Pb^*/^{206}Pb^*$① ±%		$^{207}Pb^*/^{235}U$① ±%		$^{206}Pb^*/^{238}U$① ±%		Err corr
1.1	5.36	101	86	0.88	2.53	175.7	±6.0					1.166	6.9	0.02763	3.4	0.495
2.1	0.00	80	81	1.05	2.02	186.0	±5.6					1.303	5.5	0.02928	3.0	0.553
3.1	2.35	416	475	1.18	8.43	146.8	±4.4					0.367	11	0.02303	3.1	0.271
4.1	2.68	90	193	2.22	2.31	185.4	±5.6					0.972	9.2	0.02917	3.0	0.332
5.1	1.98	329	343	1.08	6.76	149.5	±2.6					0.359	11	0.02347	1.8	0.158
6.1	3.25	128	167	1.35	3.48	195.0	±7.6					1.109	6.6	0.0307	3.9	0.598
7.1	0.00	94	92	1.01	2.11	165.6	±4.7					0.832	11	0.02602	2.9	0.259
8.1	1.28	239	221	0.96	4.90	150.3	±3.0					0.328	6.7	0.02358	2.0	0.303
9.1	1.34	323	291	0.93	6.93	157.0	±3.1					0.433	12	0.02465	2.0	0.169
10.1	0.81	173	438	2.61	3.95	167.6	±3.7					0.713	4.8	0.02634	2.3	0.467
11.1	4.38	57	60	1.09	1.58	196.4	±8.4					1.40	13	0.0309	4.3	0.324
12.1	0.14	193	99	0.53	34.7	1,222	±15	2469	±26	0.1613	1.5	4.641	2.0	0.2087	1.4	0.669
13.1	4.44	132	158	1.24	2.82	151.5	±9.4					0.478	13	0.0238	6.3	0.466

注：误差为 1σ，Pb_c 为普通铅，Pb^* 为放射性成因铅。误差的标准校正为 0.65%（上述误差不用标准校正，只是在与其他数据比较时才需要进行标准校正）。①普通铅采用测定的 ^{204}Pb 进行校正。

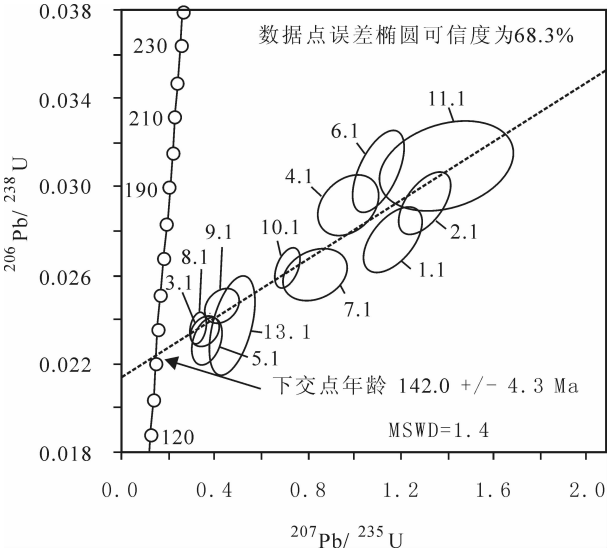

图 5　白石坡银矿区花岗斑岩锆石 U-Pb 一致曲线图

Fig. 5　SHRIMP age plots of zircons from granitic porphyry in the Baishipo Ag deposit

组/黑石渡组中单颗粒锆石的 U-Pb 年龄为 134.4～134.9 Ma（周金城等，1999）和 122.3～136.1 Ma（Yang et al.，1999），与白石坡银矿区花岗斑岩的年龄接近，表明矿区花岗斑岩和陈棚组火山岩属于同一时代。从图 1 和图 2 可以看出，从灵山似斑状花岗岩岩基向北，依次出现母山花岗斑岩岩株（图 1），各种中酸性岩脉（枝），陈棚组白石坡段潜火山相的花岗斑岩、角砾花岗斑岩和角砾集块状变质岩等（图 2），直到更北部的陈棚组皇城山段流纹质玻屑凝灰岩、石英粗面质晶屑玻屑凝灰岩、晶屑凝灰岩、浆屑凝灰角砾岩、岩屑凝灰角砾岩等喷出岩。反映了自南而北，中酸性岩浆活动由深及浅，由深成侵入到浅成－超浅成侵入，再到喷出的空间分布规律，反映它们可能是同一岩浆成岩系统的产物。白石坡矿区角砾状变质岩一般分布在花岗斑岩岩株、岩脉及角砾状花岗斑岩的周围，空间关系密切。

4.2　花岗斑岩年龄对成矿时代的限定

由图 2 及图 3 可以看出，白石坡矿区银矿体与花岗斑岩空间关系密切，银矿体分布于花岗斑岩脉集中发育的龟山组变质岩及角砾状变质岩中，其附近常有中酸性脉岩分布，而且矿体的产状与脉岩的产状类似，主要受北东向断裂破碎带控制，其次受近南北向、近东西向断裂破碎带控制。结合与花岗斑岩有密切成因联系的角砾岩中存在矿石角砾，说明成矿与花岗斑岩成岩可能同时。皇城山矿床的银矿体严格受火山构造控制，产于北东向的 A1 花岗斑岩脉内（吴宏伟，2004；简新玲，2004；徐国风等，1989），也说明了这一点。

4.3　与岩浆活动相关的成矿系列及其找矿意义

在前人的矿床成矿系列研究中❶，将皇城山银矿床及白土膨润土矿床划归“皇城山－马畈与中生代火山岩有关的银金成矿亚系列及珍珠岩、沸石、膨润土矿床成矿亚系列”。前面研究已经表明该区灵山花岗岩基和陈棚组火山岩形成时代相近，空间分布规律明显，具有密切成因联系，均为中酸性岩浆活动产物。因此，与其有关的成矿作用也表现出明显的规律性。由图 1 可以看出，距离灵山斑状花岗岩

岩基最近的母山花岗斑岩岩株中产出斑岩型钼矿床，规模已达中型，形成于浅成环境；陈棚组白石坡段潜火山相花岗斑岩、角砾花岗斑岩和角砾集块状变质岩中产出白石坡银矿床，规模达中型，属浅成火山气液型，形成于超浅成—潜火山环境；与白石坡银矿床类似，它们从岩浆活动中心向外、由深到浅具有Mo-Ag-Ag，(Au)-膨润土，珍珠岩的空间矿化分带。皇城山(金)银矿床也属于浅成火山气液型，银规模达中型，伴生金，主要赋存于陈棚组皇城山段火山岩内的花岗斑岩脉中，主要赋矿围岩有硅化花岗斑岩、硅化褐铁矿化岩屑晶屑凝灰岩、硅化凝灰质泥砂岩，赋矿围岩的层位较白石坡银矿床高；更北部的火山岩盆地中则产出白土膨润土矿床及上天梯珍珠岩矿床，赋矿层位比皇城山(金)银矿床高，为陈棚组杨家湾段。因此，笔者将浅成火山热液型的皇城山(金)银矿床和白石坡银矿床、火山型的白土膨润土矿床和上天梯珍珠岩矿床及斑岩型的母山钼矿床同属与中生代岩浆活动有关的成矿亚系列(全国统一编号 Mz-22[8])，属于秦岭—大别与燕山期构造、岩浆、沉积作用有关的 Au、Hg、As、Sb、Ag、Pb、Zn 矿床成矿系列组(陈毓川等，2007)。

上述岩浆岩分布规律及矿化分布规律在该区具有指导找矿意义。在皇城山矿区的深部，银矿远景有扩大的可能，在白石坡矿区深部，有找寻斑岩钼矿的可能；在白石坡—皇城山一线以南到灵山花岗岩岩基之间，均有形成银、钼矿床的条件。

5 结论

(1)白石坡银矿区赋矿的花岗斑岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 140.6±3.4 Ma，与附近花岗岩基及陈棚组火山岩的形成时代一致，反映它们是中生代同一岩浆成岩系统的产物。

(2)白石坡银矿床与矿区花岗斑岩关系密切，成矿时代可能与花岗斑岩的成岩时代相同。

(3)该区斑岩型钼矿、浅成火山热液型(金)银矿及膨润土等非金属矿具有密切成因联系，同属与中生代岩浆活动有关的矿床成矿亚系列。

注 释

❶ 郑德琼，罗铭玖. 2001. 河南省矿床成矿系列、成矿规律、成矿模式和成矿预测研究报告.

参 考 文 献

陈毓川，王登红，朱裕生，徐志刚，等. 2007. 中国成矿体系与区域成矿评价. 北京：地质出版社(出版中).

简新玲. 2004. 利用相似性判别分析预测评价皇城山银矿成矿带. 物探与化探，28(4)：287～289.

王德有. 1995. 大别山区上侏罗统陈棚组发现昆虫化石. 河南地质，13(3)：179～182.

王果胜，段翔，谭应佳. 1997. 豫皖交界中新生代地层特征及盆地演化. 现代地质，11(2)：229～36.

王岳军，范蔚茗，郭锋. 2002. 北淮阳晚中生代火山岩定年及火山砾石地球化学：对大别灰色片麻岩隆升和中生代地层格架的约束. 科学通报，47(20)：1528～1534.

吴宏伟. 2004. 皇城山银矿床地球化学特征及预测评价. 地质与勘探，40(3)：26～30.

徐国风，邵洁涟，张慧珠，王苹，申柯娅. 1989. 皇城山银矿床矿物找矿标型性研究. 现代地质，3(4)：432～437.

杨祝良，沈加林，沈渭洲. 1999. 北淮阳中生代火山—侵入岩同位素年代学研究. 地质论评，45(增刊)：674～680.

周金城，王德滋，汪相，陈小明. 1999. 对桐庐早白垩世火山-侵入岩成因的几点认识. 岩石学报，15(2)：263～271.

周泰禧，陈江峰，彭子成. 1992a. 安徽中生代中酸性火山岩的时代归属. 矿物学岩石学论丛，(8)：58～64.

周泰禧，陈江峰，李学明. 1992b. 安徽霍舒正长岩带侵入体的 ^{40}Ar-^{39}Ar 法同位素地质年龄. 安徽地质，2(1)：4～11.

Yang Zhuliang, Shen Weizhou, Shen Jialin, et al. 1999. Isotopic geochronology of Xianghongdian alkaline complex, northern margin of Dabieshan, China. Acta Geologica Sinica, 73(4): 404～410.

SHRIMP U-Pb Age of Zircons from Granitic Porphyry in the Baishipo Silver Deposit, Henan and Its Geological Significance

LI Houmin[1, 2], WANG Denghong[1, 2], ZHANG Guan[3], CHEN Yuchuan[4], WANG Yanbin[5], ZHANG Changqin[1, 2], DAI Junzhi[1, 2]

1) *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037

2) *Key Lab of Mineralization and Assessment of Mineral Resource, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037

3) *Xinyang Branch of Henan Geological Survey, Xinyang, Henan*, 464000

4) *Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037

5) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037

Abstract

The Baishipo Ag deposit, located in Luoshan County of Henan Province, is an important silver deposits related to Mesozoic magmatism temporal-spatially and genetically. A U-Pb age of zircons (140.6 Ma) from the ore-bearing granitic porphyry in the Baishipo silver deposit, dated by the SHRIMP II method, indicates that the ore-bearing granitic rocks formed at the same stage of a regional granitic batholith. That means the silver mineralization might happen in the Mesozoic and have a genetic relationship with granitic magmatism. All of the porphyry-type Mo deposits, epithermal-type Au-Ag deposits and bentonite deposits can be classified as a metallogenetic subseries of mineral deposits originally related to Mesozoic magamtism.

Key words: Zircon SHRIMP U-Pb age; granitic porphyry; Baishipo Ag deposit; Henan Province