

冷水坑矿田层状富铅锌矿赋矿围岩 ——铁锰碳酸岩角砾岩物质来源及成因分析

肖茂章¹ 狄永军² 明小泉¹ 秦晓峰² 董越² 魏娟娟² 卢俊浩²

(1. 江西地质矿产勘查开发局912地质大队,江西鹰潭335001;2. 中国地质大学地球科学与资源学院,北京100083)

摘要:冷水坑矿田具有浅部斑岩型矿体与深部层状矿体的复杂组合,深部层状矿体赋存于上侏罗统打鼓顶组晶屑凝灰岩所夹的(铁锰)碳酸岩角砾岩层中。从(铁锰)碳酸岩角砾岩的基本地质特征入手,论述和分析了(铁锰)碳酸岩角砾岩的主要物质成分组成、分布、产状及与矿体关系等特点,结合矿物X-射线粉晶分析、碳-氧同位素和氢-氧同位素佐证,认为(铁锰)碳酸岩角砾岩为深水湖泊相火山-沉积成因,与层状矿体形成密切相关,后期斑岩岩浆就位及其流体活动对早期火山沉积碳酸岩层叠加改造,从而形成了与斑岩具有成因联系的层状富铅锌银矿床。

关键词:铁锰碳酸岩;角砾岩;火山-沉积;江西冷水坑

中图分类号:P585;P597 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2014)02-0589-13

江西贵溪冷水坑铅锌银矿田,迄今探明银资源量8706 t,铅锌资源量444万t,是中国重要的铅锌银矿床。该矿床深部层状矿体厚度大,品位高,规模大,银资源量为2241 t,铅锌资源量112万t,银品位81 g/t,铅+锌品位4.15%,分别占矿床总资源量的26%和25%,经济价值高,世界范围内也属罕见。前人对冷水坑矿田做了大量研究工作,但主要是有关矿田地质特征、矿田构造,矿床地质特征、围岩蚀变、岩石化学、岩石地球化学、同位素地球化学和流体包裹体等方面的研究^[1-21]。近年来随着新的测年方法的应用,学者们对与该矿田成矿有关的火成岩及成矿时代进行了研究,如孟祥金等(2007, 2012)^[22-23],左力艳等(2010)^[24]报道了冷水坑含矿花岗斑岩锆石SHRIMP U-Pb加权平均年龄为(162.4±2.2) Ma,苏慧敏等(2013)报道了天华山火山盆地打鼓顶组火山岩LA-ICP-MS 锆石U-Pb 年龄为(142±1)~(144±1) Ma,鹅湖岭组火山岩LA-ICP-

MS 锆石U-Pb 年龄为(137±1)~(140±1) Ma^[25]。狄永军等(2013)^[26]、邱骏挺等(2013)^[27]从火山岩浆活动角度对矿田推覆构造的时代进行了约束。孟祥金等通过对蚀变矿物绢云母的⁴⁰Ar/³⁹Ar 同位素测定获得了冷水坑斑岩型铅锌银矿化年龄为(162.8±1.6) Ma^[22-28]。这些研究为冷水坑矿田矿床成因的探讨积累了宝贵的资料。前人对该矿田矿床成因作了诸多研究,如:涂光炽等(1989)^[29],杨明桂(2004)^[30],周建祥(2009)^[31]、罗泽雄等(2012)^[32]将成矿类型分为斑岩型和层控叠生型两类,前者产于花岗斑岩及其内外接触带中,后者赋存于打鼓顶组顶部下段铁锰质碳酸盐岩层组之中,孟祥金等(2007)^[22],卢燃、毛景文等(2010)^[33],王长明等(2011)^[34]、黄水保等(2011)^[35]从同位素方面探讨了成矿物质来源,但有关赋矿铁锰碳酸岩角砾岩成因的讨论较少,并且存在不同的说法。其中多数学者趋向于火山喷气沉积成因的观点^①,也有部分学者

收稿日期:2013-06-23;改回日期:2013-12-08

基金项目:十一五国家科技支撑计划项目(2009BAB43B03)和中国地质调查局工作项目(1212011220557、1212010813064)联合资助。

作者简介:肖茂章,男,1965年生,高级工程师,长期从事冷水坑矿田矿产地质勘查及区域成矿规律研究;E-mail:dky912xiao@163.com。

通讯作者:狄永军,男,副教授,岩石学专业,主要从事岩浆作用与成矿方面的研究及教学工作;E-mail:diyongjun@cugb.edu.cn。

①江西地质矿产勘查开发局江西912地质大队. 叠加复合型铅锌、铜矿深部成矿模式与勘查技术示范研究(冷水坑矿田)[R]. 2012.

认为其形成于火山喷发间歇期水下沉积^[12-36]。导致对铁锰碳酸岩角砾岩成因存在不同认识的主要原因是矿田勘查开发早期阶段,由于揭露不全而致对其总体特征的认识存在片面性,所获得的观点仅能解释铁锰碳酸岩角砾岩某一特征,综合分析其成因时常存在不同的认识。随着勘查的不断深入,矿田范围内不同类型矿体与铁锰碳酸岩角砾岩之间的关系逐渐清晰,为全面认识角砾岩的成因及其与成矿的关系奠定了重要基础。通过上述研究,对于建立该矿床成因模型并在该区开展深部及外围找矿具有重要的理论与实际意义。本文拟在综合分析前人资料的基础上,结合最新勘查成果,查明冷水坑矿田铁锰碳酸岩角砾岩地质特征,在此基础上探讨其成因,试图为区域该类型的银铅锌多金属矿找矿预测提供重要信息。

1 地质背景

冷水坑铅锌银矿田位于扬子板块与华南板块拼接带南侧,华南板块北东缘的武夷隆起区,即华夏陆块北缘(图1-a),属于中国东部环太平洋成矿带的内带,武夷银多金属成矿带和钦杭成矿带的交

汇部位。矿田在区域构造上受华南褶皱系中赣中南褶皱上的鹰潭—安远深断裂及鹰潭—瑞昌大断裂控制。产于武夷隆起与饶南拗陷接壤处的隆起一侧之月凤山火山断陷盆地北西边缘(图1-b)。

区内广泛出露的地层主要有上震旦统老虎塘组和上侏罗统火山岩地层^[38],以及零星分布的下石炭统梓山组(图2)。其中老虎塘组主要由云母石英片岩、石英云母片岩、黑云斜长片麻岩组成。梓山组是一套海陆交互相—浅海相含煤建造及碳酸盐建造。上侏罗统陆相火山岩系,厚度达2634 m以上,可划分为下部的打鼓顶组和上部的鹅湖岭组,二者呈假整合接触或喷发不整合接触。

打鼓顶组由流纹质粗晶屑凝灰岩、含砾晶屑凝灰岩、铁锰碳酸岩角砾岩(层状矿体含矿层)、角砾安山岩、安山岩组成,其中安山岩为打鼓顶组的标志层,打鼓顶组喷发不整合于下石炭统或新元古界地层之上。鹅湖岭组为一套酸性—中酸性火山碎屑岩为主的陆相火山建造,岩性主要有流纹质凝灰岩、流纹岩、熔结凝灰岩,底部为凝灰质砂岩、层凝灰岩,喷发不整合于打鼓顶组安山岩或角砾安山岩之上。

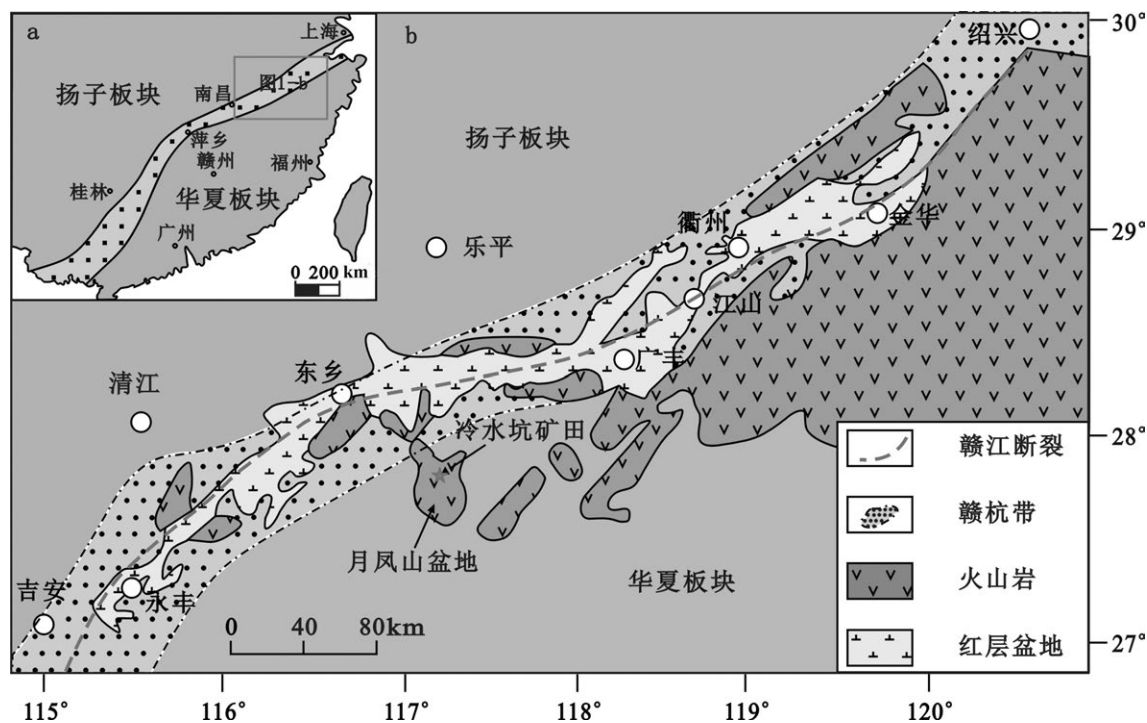


图1 a—中国华南地区构造简图;b—赣杭带及其周缘地区地质简图(据文献[37])

Fig.1 a—Geological sketch map of South China; b—Geological sketch map of Gan-Hang belt and its peripheral areas (after Reference [37])

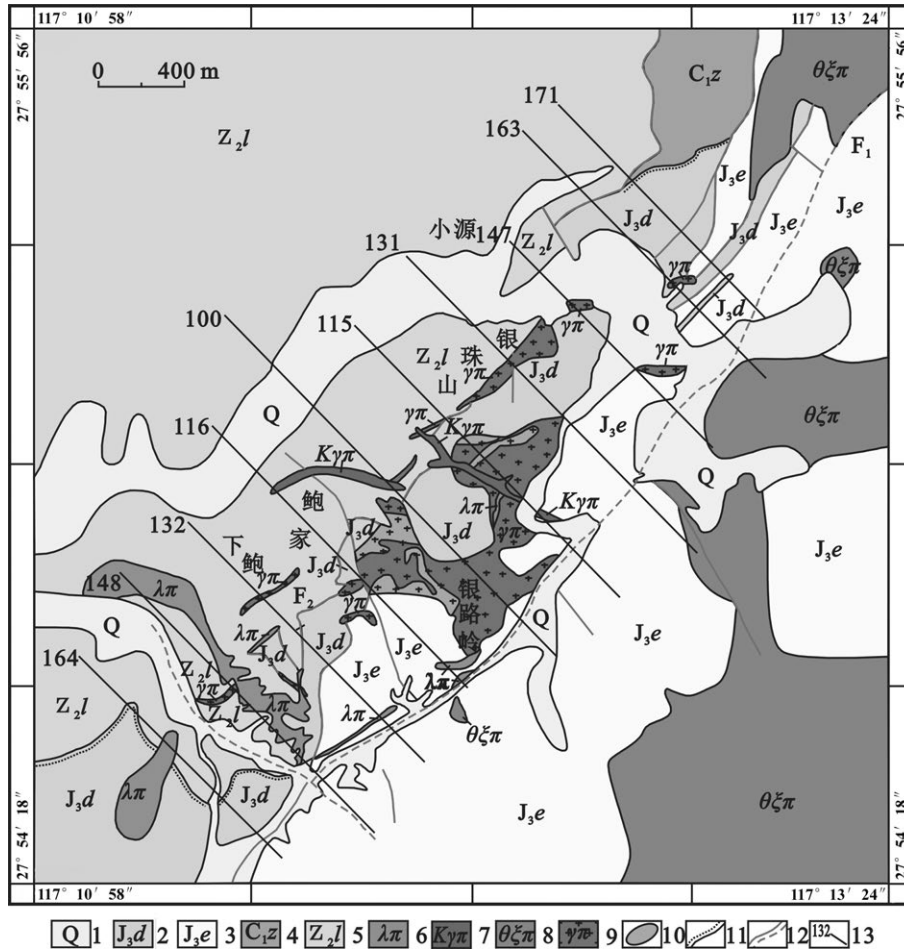


图2 冷水坑矿田地质图

1—第四系;2—侏罗系上统鹅湖岭组;3—侏罗系上统打鼓石组;4—石炭系下统梓山组;5—震旦系老虎塘组;
6—流纹斑岩;7—正长花岗斑岩;8—石英正长斑岩;9—含矿花岗斑岩;10—隐爆角砾岩;11—地层不整合界线;
12—实测、推测断层;13—勘探线及编号

Fig.2 Geological map of the Lengshuikeng orefield

1—Quaternary; 2—Upper Jurassic Daguding Formation; 3—Upper Jurassic Ehuling Formation; 4—Lower Carboniferous Zishan Formation; 5—Sinian Laohutang Formation; 6—Rhyolite porphyry; 7—Syenogranite porphyry; 8—Quartz syenite porphyry; 9—Ore-bearing granite porphyry; 10—Cryptoexplosion breccia; 11—Unconformity; 12—Measured and inferred faults; 13—Exploration line and its serial number

区内侵入岩较为发育,主要为加里东中晚期、燕山期,其中以燕山中期岩浆活动最为强烈,岩性可分为花岗斑岩、石英正长斑岩、流纹斑岩和正长花岗斑岩等,空间上受火山成因构造控制,时间上与火山岩同时或稍晚,与上述火山岩构成了侵入岩-次火山岩-火山岩构造火山盆地^[32]。

区内断裂较为发育,其中NE向F₂断裂是区域及矿田的导岩、导矿构造,可能是深部成岩成矿物

质得于能达浅部的通道,且控制着区域火山岩及有色金属、贵金属矿带的形成^[2]。

冷水坑矿田内有2种矿化类型^{①②}:①下部层状铅锌银矿体和②上部含银铅锌细脉浸染状矿体(斑岩型)^[16,39](图3)。其中层状铅锌银矿体主要分布在下鲍矿区 124~140 线和小源矿区 123~155 线之间,矿体均隐伏于矿田深部,赋存标高为-56~-404 m,呈层状、似层状,局部呈透镜状;矿体走向北东,倾

①江西地质矿产勘查开发局江西912地质大队.江西省贵溪市冷水坑矿田下鲍矿区银铅锌矿130-144线详查报告[R].2004.

②江西地质矿产勘查开发局江西912地质大队.江西省贵溪市冷水坑矿田银珠山矿区北矿段铅锌银矿详查地质报告[R].2009.

向南东,层状铅锌银矿体赋存于上侏罗统打鼓顶组下段晶屑凝灰岩所夹的长英质火山角砾岩、铁锰碳酸岩角砾岩中,矿体与围岩界线较清楚,是受次火山期后多阶段矿化蚀变作用叠加而形成隐伏矿体。斑岩型矿体主要产于100~131线之间,呈透镜状,总体走向北东,倾向北西,产于含矿岩体内及接触带附近,与含矿岩体产状一致,容矿岩石以花岗斑岩为主,次为火山岩,形态相对较规则,围岩蚀变具面型蚀变特征。

2 铁锰碳酸岩角砾岩地质特征

2.1 铁锰碳酸岩层分布及与火山岩层的关系

铁锰碳酸岩角砾岩主要分布于140~116、107~155线之间^{①②③},呈层状(图3~4),夹于厚大的打鼓顶组或鹅湖岭组晶屑凝灰岩中,属于岩石类型和韵律结构均较复杂的火山碎屑岩建造,近水平或缓倾产出,具有良好的成层性。与含矿层顶、底界线清楚(图4,图5-a),界面与打鼓顶组、鹅湖岭组火山岩的岩性界面平行。与层状矿体关系密切的菱铁锰矿层是陆相火山湖泊中火山-沉积作用的产物,在火山喷发间歇期,由于火山喷发与沉积的交替活动,在火山碎屑岩层间形成了厚度不等、空间不连续、多层的菱铁锰矿层(铁锰碳酸岩)、白云质灰岩。菱铁锰矿层(铁锰碳酸岩)与白云石灰岩(钙镁碳酸盐)在空间上存在相变关系,与火山岩层呈整合接触,层位亦相对稳定,产状基本一致。白云质灰岩与上石炭统黄龙组灰岩化学成分差异较大,菱铁锰矿层(铁锰碳酸盐)中可见角砾状结构,其中全铁和锰的总量相当稳定。矿石中磁铁矿呈鲕状、骸晶状结构,鲕体外环为磁铁矿,内核为菱铁锰矿,化学分析磁铁矿矿石中全铁品位则高于锰的含量,为菱铁锰矿受热力变质而成。

角砾岩层及顶底板岩石完整,除局部有成矿期后的小规模断层破碎现象而外,没有大规模的成矿前及成矿期构造破碎。角砾岩层与顶底板晶屑凝灰岩之间具有明显的沉积接触关系。

上述特征表明菱铁锰矿层和白云石灰岩属于陆相湖盆火山-沉积成因,混有部分大气降水,处于

封闭或半封闭条件下形成^[22]。

2.2 铁锰碳酸岩层岩性特征

岩石呈灰-灰黑色,角砾状结构,块状构造(图5-b~c);角砾呈棱角状和次棱角状,大小5~50 mm,无定向排列,大小悬殊,无分选,无磨圆,具有快速的混杂堆积特点,成份主要为铁锰碳酸岩矿物(呈细粒状,他形,粒径0.1~0.5 mm,含量30%~50%,无色,有闪突起,高级白干涉色),次有晶屑凝灰岩、花岗质混合岩、千枚岩、脉石英、白云岩、硅质岩、碧玉岩等;铁锰碳酸岩矿物主要是菱铁矿、富铁菱锰矿、富锰菱铁矿和菱锰矿;角砾间为火山凝灰充填物,凝灰结构普遍,石英晶屑、玻屑形态特征清晰(图5-d~f),石英呈细粒状和微粒状,他形,粒径1~5 mm,含量10%~30%,无色透明,低正突起,无解理,I级灰白干涉色;金属矿物主要是闪锌矿和方铅矿,呈他形粒状分布于火山集块和角砾等粗碎屑间

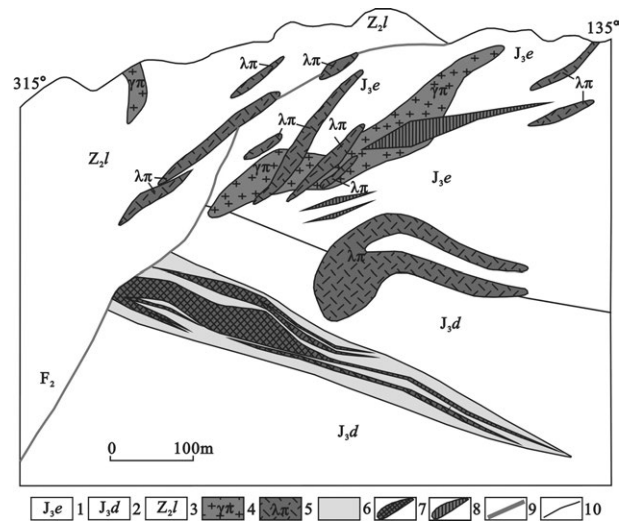


图3 冷水坑银铅锌矿床下鲍矿段132号勘探线剖面略图
 1—上侏罗统鹅湖岭组;2—上侏罗统打鼓顶组;3—震旦系老虎塘组;4—流纹斑岩;5—花岗斑岩;6—铁锰碳酸岩角砾岩;7—层状铅锌银矿体(A7);8—斑岩型矿体;9—推测断层;10—地质界线
 Fig.3 Geological section along No.132 exploration line in Xiabao ore block of the Lengshuikeng Ag-Pb-Zn orefield
 1—Upper Jurassic Ehuling Formation; 2—Upper Jurassic Daguding Formation; 3—Sinian Laohutang Formation; 4—Rhyolite porphyry; 5—Granite porphyry; 6—Iron and manganese carbonatite breccia; 7—Stratiform Pb-Zn-Ag orebody; 8—Porphyry type orebody; 9—Inferred faults; 10—Geological boundaries

①江西地质矿产勘查开发局江西912地质大队. 江西省贵溪市冷水坑矿田下鲍矿区银铅锌矿130~144线详查报告[R]. 2004.
 ②江西地质矿产勘查开发局江西912地质大队. 江西省贵溪市冷水坑矿田银珠山矿区北矿段铅锌银矿详查地质报告[R]. 2009.
 ③江西地质矿产勘查开发局江西912地质大队. 江西省贵溪市鲍家银铅锌矿区100至120线扩大矿区范围储量地质报告[R]. 2005.

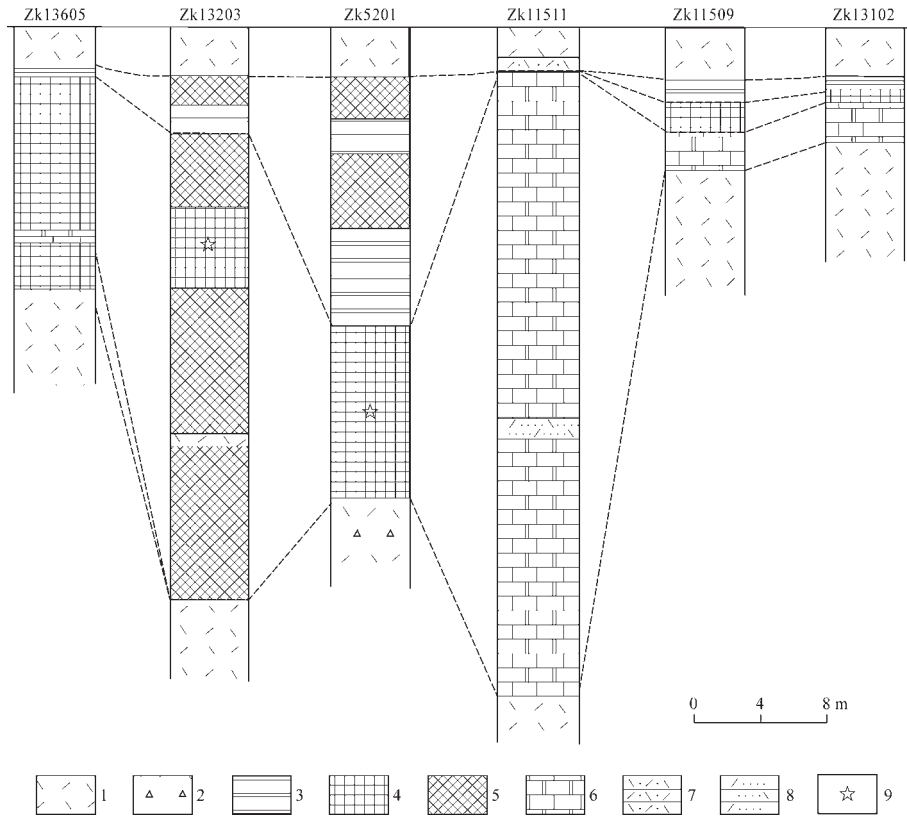


图4 冷水坑矿田铁锰碳酸岩含矿岩系岩石组合及层序对比柱状图
 1—晶屑凝灰岩;2—含角砾晶屑凝灰岩;3—硅质岩;4—菱铁锰矿层;5—磁铁矿层;6—白云质灰岩;
 7—凝灰质砂岩;8—凝灰质粉砂岩;9—采样位置

Fig. 4 Rock assemblage and sequence correlation columnar section of ferromanganese carbonatite ore-bearing rock formations in the Lengshuikeng orefield
 1-Crystal fragmental tuff; 2-Breccia-bearing crystal fragmental tuff; 3-Siliceous rock; 4-Siderite-rhodochrosite bed; 5-Magnetite bed; 6-Dolomitic limestone; 7-Tuffaceous sandstone; 8-Tuffaceous siltstone; 9-Sampling location

的凝灰质填隙部位(图5-h),少量呈断续细脉产出,可见交代碳酸岩角砾而分布在角砾内部的闪锌矿,含量2%~10%。岩石具绿泥石化、绢云母化、硅化等蚀变。产在层状矿体中的碳酸岩岩的Fe、Mn含量通常变化很大,属MnCO₃-FeCO₃系列,菱铁矿中平均含MnCO₃分子40%左右(变化范围6%~80%^[34])。

2.3 铁锰碳酸岩矿物成分

矿田铁锰碳酸岩矿物以菱铁锰矿、菱铁锰矿为主,其次为菱铁矿、菱锰矿,化学成分见表1,多呈星点状、细脉状、不规则他形粒状、集合体状等。由于该系列矿物中铁和锰的含量变化较大,菱锰矿(MnO/(FeO + MnO)比值≥80%),富铁菱锰矿(50%~80%),富锰菱铁矿(20%~50%),菱铁矿(<20%),导致矿物的颜色有较大差异。一般含铁高者,其色

多为褐色、桔红、黄色等;含锰高者其色为浅红、肉红或白或无色,但矿石中相对多见者为黑色的菱铁锰矿和米黄色的菱铁锰矿。该类矿物与银矿物关系较为密切,含Ag 0.9~63.87 g/t,平均16.25 g/t,辉银矿、自然银等常嵌布于其集合体中,或银矿物、金属硫化物产于铁锰碳酸岩矿物裂隙或其粒间。菱铁锰矿和菱铁锰矿的X射线粉晶分析数据见表2。此外,还含有Pb、Zn、Sn、Ti、Cu、Ge等杂质元素。魏秀明(1997)对层状矿体中作为火山喷发碎屑的铁锰碳酸岩集块和角砾的研究表明:碳酸岩矿物的Fe、Mn含量变化很大,含MnCO₃分子变化于6%~80%的宽广区间,常见有含锰菱铁矿、富锰菱铁矿、富铁菱锰矿、含铁菱锰矿等多个亚种,表现为完整的MnCO₃-FeCO₃系列成分组合^[16]。

靠近赋矿岩体局部处有重结晶现象,粒度加

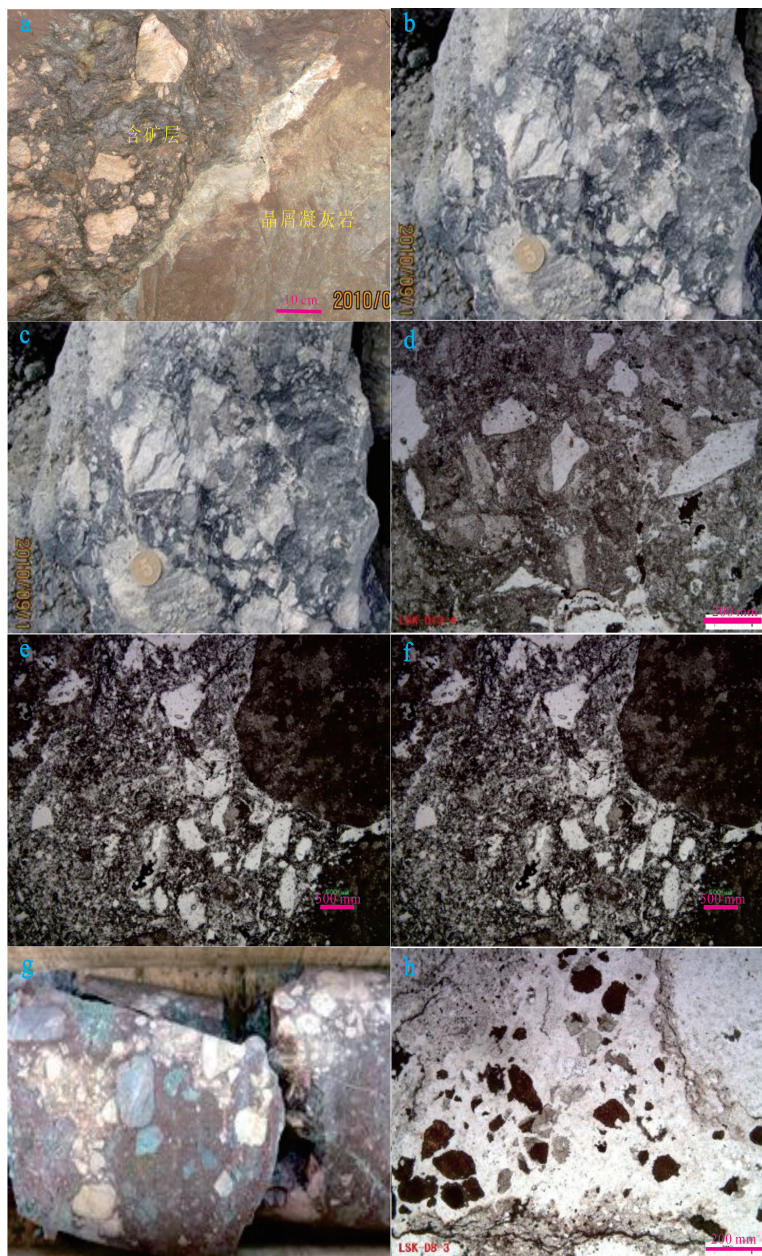


图5 冷水坑银铅锌矿床A7层状矿体及矿石特征

a—层状铁锰碳酸岩角砾岩矿体与底板晶屑凝灰岩界线(下鲍矿段-144中段132线穿脉);b—含银铅锌矿火山角砾岩(下鲍矿段A7矿体,手标本,灰黄色者为铁锰碳酸盐岩角砾);c—含银铅锌矿火山角砾岩(下鲍矿段A7矿体,手标本,灰黄色者为铁锰碳酸盐岩角砾);d—碳酸盐化含银铅锌矿凝灰岩砾岩砾间之晶屑凝灰结构(下鲍矿段-144中段31号穿脉,薄片);e—含银铅锌矿火山角砾岩的砾间凝灰结构(下鲍矿段A7矿体,薄片,右上和右下暗色区为铁锰碳酸盐岩角砾);f—玻屑凝灰结构(图5-e之局部放大,薄片);g—角砾晶屑凝灰岩(Zk12209岩心,矿层之上,角砾成份杂);h—凝灰岩砾岩砾间星点状闪锌矿(同图5-g)

Fig. 5 Characteristics of ore and bedded orebody in the A7 Lengshuikeng Ag-Pb-Zn ore field

a—Boundary between stratiform iron-manganese carbonatite breccia orebody and bottom of crystal tuff (at -144 level, ort of No. 132 line, Xiabao ore block); b—Silver-lead-zinc volcanic breccia (No. A7 orebody, hand specimens, Xiabao ore block, grayish yellow one being iron-manganese carbonatite breccia); c—Silver lead-zinc volcanic breccia (A7 orebody, hand specimen, Xiabao ore block, grayish yellow one being iron-manganese carbonatite breccia); d—Crystal tuff texture among carbonatized silver-lead-zinc tuff breccias (at -144 level, ort of No. 31 line, thin section, Xiabao ore block); e—Tuff texture among silver-lead-zinc volcanic breccias (No. A7 orebody, thin section, Xiabao ore block, the dark part in upper and lower right area being iron-manganese carbonatite breccias); f—Vitric tuff texture (Figure 5-e enlarged, thin section); g—Lapilli crystal tuff (Zk12209 cores, above the ore bed, with complex ingredients); h—Star spherulite among tuff breccias (same as in Fig.5-g)

表1 铁锰碳酸岩矿物化学成分^①
Table 1 Chemical composition of iron and manganese carbonatite minerals

矿物化学成分	菱铁矿		菱锰铁矿		菱铁锰矿		菱锰矿		磁铁矿	
	含量/%	样品数/件	含量/%	样品数/件	含量/%	样品数/件	含量/%	样品数/件	含量/%	样品数/件
FeO	51.36	20	36.99	6	21.08	12	10.34	6	32.72	6
Fe ₂ O ₃	3.45	7	2.29	1	1.15	2	---		31.45	5
MnO	4.05	20	20.17	6	36.13	12	43.35	6	4.03	10
MgO	2.33	18	2.35	6	1.19	12	0.58	6	0.45	8
CaO	1.11	20	1.13	6	2.31	12	1.10	6	0.03	4
TiO ₂	0.015	2	0.05	3	0.03	4	0.01	1	0.03	8
CO ₂	36.66	17	38.02	3	36.04	11	36.40	5	24.07	2

粗。菱形解理完全。颜色变化较大,随Fe和Mn含量和氧化程度不同其颜色各异。具较强磁性,是遭受次火山接触变质的结果。铁锰碳酸岩单矿物中含银量很低,说明铁锰矿石高含银是与后期热液叠加矿化有关。

2.4 铁锰碳酸岩层与矿化的关系

矿床的层状矿体由角砾岩型块状矿石构成,有

表2 菱锰矿物X—射线粉晶分析数据^①
Table 2 X-ray powder analysis data of rhodochrosite

样号	<i>l</i>	<i>d</i>	样号	<i>l</i>	<i>d</i>
ZK13203	1	4.26	ZK5201-W1	2	4.27
	1	3.99		1	4.02
	5	3.61		1	3.7
	3	3.35		6	3.05
	3	3.1		3	3.34
	10	2.31		3	3.13
	4	2.81		10	2.34
	5	2.36		1	2.61
	4	2.14		1	2.46
	2	1.92		4	2.38
	1	1.81		2	2.17
	7	1.75		5	2
	2	1.53		2	1.94
	2	1.51		3	1.82
2	1.43	8	1.77		
1	1.4	1	1.56		
1	1.38	4	1.58		
2	1.36	4	1.45		
2	1.29	1	1.42		

注:采样位置见图4。

用矿物方铅矿、闪锌矿和银矿物主要呈他形粒状星点状分布于角砾间填隙物中,具有火山沉积-成岩矿化类型特征,主要分布于140~116、115~155线之间,包含于铁锰碳酸岩角砾岩之中。层状矿体与含矿角砾岩有着不可分离的空间位置联系。矿体随角砾岩的增厚而增厚,随角砾岩的尖灭而尖灭。下鲍矿段A7层状矿体充满了碳酸岩角砾岩的整个空间,矿体与角砾岩同空间等体积产出,角砾岩的边界即是矿体边界。银珠山矿段A7层状矿体产于角砾岩层的上部,二者顶界面重合;据A7矿体统计,围岩与夹石平均品位为Ag 9.71 g/t、Pb 0.18%、Zn 0.30%,虽然下部角砾岩银铅锌等有用组分够不上工业品位的要求,但却有普遍的矿化,可看作是低品位角砾岩矿体(表3)。

矿体的厚度与矿石品位密切相关。不是矿体厚度大的部位一定有富矿,但却是所有的层状富矿都出现在矿体厚大的部位,且主要位于矿体的核心部位,银珠山矿段131~147勘探线地段表现得最为典型。

3 铁锰碳酸岩层成因分析

3.1 铁锰碳酸岩层矿物碳-氧同位素及物质来源

矿田层状矿体铁锰碳酸岩矿物、白云质灰岩及矿田外围石炭系沉积地层(白云质)灰岩进行的碳-氧同位素组成测定结果列于表4中。层状矿体中铁锰碳酸岩矿物的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ 变化范围在-4.8‰~-5.5‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ 变化范围在12.6‰~14.1‰。其变化范围位于矿田铁锰碳酸岩(菱铁矿)分布范围之内(图6)。在 $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ 图解中(图6),冷水坑矿田

①江西地质矿产勘查开发局江西912地质大队.冷水坑银矿地质研究报告[R].1994.

表3 冷水坑银铅锌矿床银珠山矿段A7矿体主要块段厚度、品位数据^①
Table 3 Thickness and grade sheets of the main segment in A7 orebody of the Yinzhushan ore block in the Lengshuikeng Ag-Pb-Zn orefield (after ①)

块段	长度/m	宽度/m	厚度/m				品位变化系数/%			
			最大值	平均值	变化系数	稳定类型	Ag	Pb	Zn	均匀类型
A7-贫 Ag	375	135	5.36	2.4	53.06	稳定型	28.99	68.9	54.1	均匀型
A7-Ag	375	294	10.7	2.94	82.16	稳定型	80.16	101.1	95.88	均匀-较均匀型
A7-Pb、Zn	800	606	23.8	4.96	88.52	较稳定型	67.14	99.96	109.53	均匀-较均匀型
A7-富 Pb、Zn	500	380	23.8	5.97	100.6	较稳定型	44.68	43.49	50.16	均匀型

表4 冷水坑矿田矿物碳-氧同位素组成
Table 4 Carbon and oxygen isotopic compositions of the Lengshuikeng orefield

序号	样号	矿物/岩性	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V SMOW}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V PDB}}/\text{‰}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{V PDB}}/\text{‰}$	序号	样号	矿物/岩性	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V SMOW}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V PDB}}/\text{‰}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{V PDB}}/\text{‰}$
1	DY10-1	白云质灰岩(地层)	21	-16.1	0.7	31		菱铁矿	16.79		-2.73
2	DY10-2	灰岩(地层)	19.5	-16.1	2	32		菱铁矿	12.97		-5.32
3	83	灰岩	19.62		0.57	33		菱铁矿	-3.86		32.99
4	LK-7	白云质灰岩	11.7	-18.6	-3.3	34		菱铁矿	17.88		-2.22
5	LK-36	白云质灰岩	9.8	20.4	-3.7	35		菱铁矿	17.47		-3.91
6	LK-39	大理岩化白云质灰岩	10.4	-19.9	-3.8	36		菱铁矿	13.53		-4.25
7	LK-49	白云质灰岩	17.2	-13.3	-3	37		菱铁矿	17.47		-5.89
8	134-2-6	白云质灰岩	14.3	-9.6	-5.5	38	42	铁锰碳酸岩	10.91		-5.67
9	136-0-1	白云质灰岩	14.3	-11.1	-5.9	39	43	铁锰碳酸岩	15.03		-6.3
10	132-0-10	层状矿铁锰碳酸岩	13.7	-16.7	-5.5	40	57	铁锰碳酸岩	14.24		-3.62
11	134-2-4	层状矿铁锰碳酸岩	13.2	-17.1	-5.1	41	88	铁锰碳酸岩	12.57		-4.06
12	130-2-8	层状矿铁锰碳酸岩	12.6	-17.1	-5.5	42	86	铁锰碳酸岩	13.55		-4.28
13	130-2-9	层状矿铁锰碳酸岩	14.1	-16.3	-4.8	43	31	铁锰碳酸岩	16.22		-5.55
14	13	菱铁矿	11.77		-5.71	44	46	铁锰碳酸岩	11.48		-3.31
15	53	菱铁矿	14.23		-5.13	45	单 64	铁锰碳酸岩	13.12		-5.47
16	Ls-174	菱铁矿	13.25		-5.38	46	单 76	铁锰碳酸岩	9.68		-4.3
17	Ls-175	菱铁矿	13.14		-6.04	47	单 86	铁锰碳酸岩	10.62		-5.55
18	Ls-189	菱铁矿	12.63		-5.07	48	单 85	铁锰碳酸岩	15.09		-6.26
19	C25	菱铁矿	11.98		-3.63	49	单 93	铁锰碳酸岩	14.48		-7.42
20	C26	菱铁矿	13.34		-4.4	50	单 95	铁锰碳酸岩	12.7		-6.45
21		菱锰矿	18.01		-2.48	51	Ag003	方解石	11.47		-2.93
22		菱铁矿	16.84		-3.85	52	ZK12409-65-III	方解石	14.13		-3.63
23		菱铁矿	13.65		-5.42	53	G064	方解石	11.2		-3.03
24		菱铁矿	13.5		-5.92	54	G064	方解石	10.92		-2.91
25		菱锰矿	11.55		-3.3	55	S047	方解石	13.17		-4.78
26		菱铁矿	13.7		-3.57	56	12305-12-II	方解石	13.08		-3.93
27		菱铁矿	12.78		-7.21	57	5	方解石	9.79		-2.85
28		菱铁矿	19.46		-6.98	58	33	方解石	11.17		-2.9
29		菱铁矿	13.4		-5.53	59	ZK10804-56	方解石	9.95		-2.76
30		菱铁矿	14.89		-5.87						

注:序号3、14~20、38~59引自文献①;序号1~2、4~13引自文献②;序号21~37引自文献[35]。

①江西地质矿产勘查开发局江西912地质大队. 叠加复合型铅锌、铜矿深部成矿模式与勘查技术示范研究(冷水坑矿田)[R]. 2012.

②江西地质矿产勘查开发局江西912地质大队. 冷水坑银矿地质研究报告[R]. 1994.

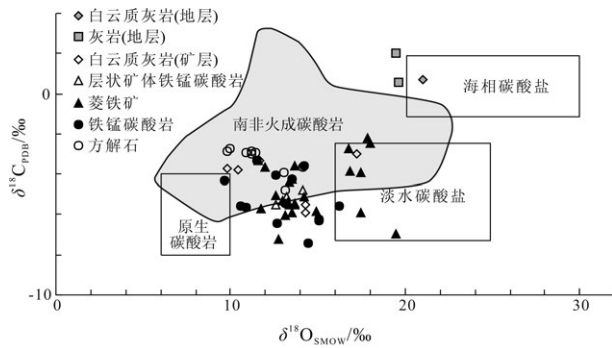


图6 冷水坑矿田碳酸岩矿物碳氧同位素组成 (原生碳酸岩据文献[40],南非火成碳酸岩据文献[41],淡水碳酸盐和 海相碳酸盐据文献[22])

Fig.6 Carbon and oxygen isotopic composition of carbonatite minerals in the Lengshuikeng orefield (Primary carbonatite after reference [40], South Africa igneous carbonatite after reference [41], fresh water carbonate and marine carbonate after reference [22])

由碳氧同位素组成限定的碳酸岩矿物位于淡水碳酸盐与原生火成碳酸岩之间,且大部分落于南非火成碳酸岩范围内,与矿田外围地层纯灰岩绝然不同,表明矿田碳酸岩的碳氧主要来自岩浆。同时,层状矿体赋存的构造带内大量存在的白云质灰岩角砾,大部分碳氧同位素组成范围与矿田产出的铁锰碳酸岩矿物相当,与海相地层盐酸盐地层相差甚远,个别落在淡水相成因区,可能暗示其形成于陆相环境,后期受到来自火山(岩浆)热液的改造。

3.2 铁锰碳酸岩层矿物形成温度

矿田对磁铁矿、铁锰碳酸岩、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿和黄铁矿矿物进行了爆裂温度测定(图7)。矿田铁锰碳酸岩矿物8件样品结果显示其爆裂温度区间为270~314℃,主要集中于280~300℃,属中温条件。岩浆热液交代成矿期形成的磁铁矿,对一个样品测试得到其爆裂温度为312℃,方铅矿的爆裂温度主要集中于310℃左右,闪锌矿在280~310℃,黄铁矿在280~300℃。根据王长明等(2011)冷水坑矿田形成的古环境为深水湖泊环境,大气水在成矿成岩过程中发挥着重要作用^[17]。可以看出,矿田铁锰碳酸岩矿物属火山-沉积形成的。

3.3 铁锰碳酸岩的形成与演化

综合对比区域构造演化历史,结合矿田地质构造特征,对冷水坑矿田铁锰碳酸岩形成的机制与演

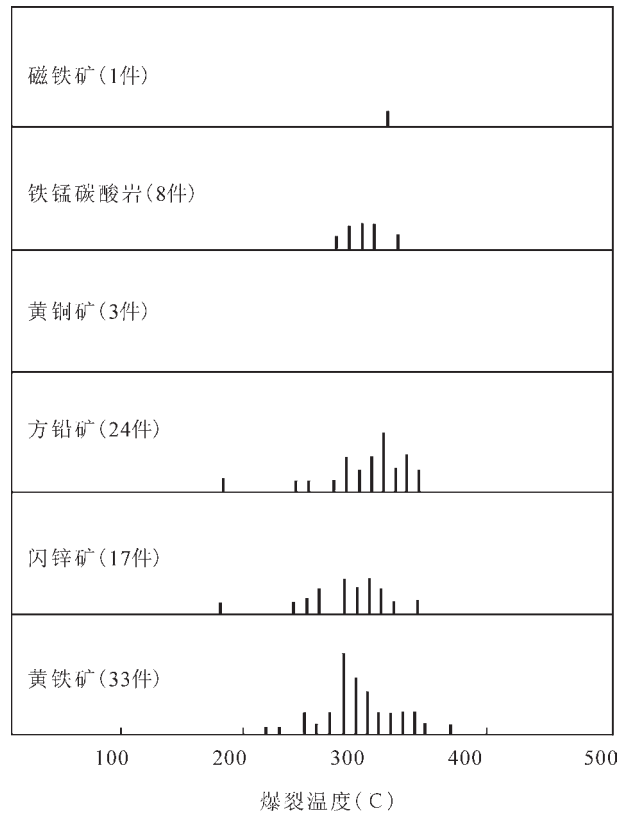


图7 矿物爆裂温度测定结果(据资料①)

Fig.7 Measurement results of mineral burst temperature (after ①)

化作简要的推测:晚侏罗世—早白垩世早期,本区处于挤压环境,由于挤压作用造成地壳岩石的熔融,大规模的壳源流纹质岩浆发生多阶段的间歇性喷发活动,岩浆持续不断的演化,高度分异^[22, 26],形成碳酸岩浆,并使银铅锌铁锰等金属成矿元素在岩浆中高度聚集,形成含矿岩浆,高度富集成矿物质的含矿岩浆在(157.6±3.2) Ma^[24, 26]爆发性的喷溢,在喷发口附近形成层状的含矿碳酸岩角砾铁锰矿层,推覆构造(F₂)引起了沿铁锰碳酸岩矿层破碎的层间构造,晚燕山期发生火山期后斑岩成矿作用时,含矿岩浆热液沿构层间造裂隙侵入,叠加了细脉-浸染状矿化作用,使成矿物质得到进一步富集。

4 结 论

(1)矿田铁锰碳酸岩角砾岩与顶底板晶屑凝灰岩具明显的沉积接触关系,角砾间为火山凝灰

①江西地质矿产勘查开发局江西912地质大队.冷水坑银矿地质研究报告[R].1994.

填隙物,凝灰结构普遍,晶屑、玻屑形态特征清晰,层状矿体严格受控于晚侏罗世巨厚的火山晶屑凝灰岩中的一层火山沉积角砾岩夹层;该角砾岩层整体含矿,与上下围岩之间并非构造接触,而是一种沉积接触关系;矿层中大量存在的铁锰碳酸岩角砾,也存在于层状矿体顶板及以上的打鼓顶组晶屑凝灰岩层中,表明其来自于火山喷发活动而不是构造角砾。

(2)矿田铁锰碳酸岩角砾岩的碳氧主要来自岩浆,形成古环境为深水湖泊环境,形成温度为270~314℃,主要集中于280~300℃,属中温条件。因此,认为矿田铁锰碳酸岩矿物属火山-沉积形成的。

综上所述,铁锰碳酸岩角砾岩属火山-沉积形成的,为主要的含矿层位,与火山岩产状一致,以探矿工程为主的传统地质勘查手段,结合大比例尺高密度测点的电法和磁法测量,探求可能存在的铁锰碳酸岩层,很有可能取得深部及外围找矿的重大进展。

致谢:本文的统稿得到了中国地质大学(北京)张达教授的大力支持和热忱的帮助,特致谢意。

参考文献(References):

- [1] 戚建中,芮行健,章纯荪. 江西贵溪冷水坑矿区岩浆演化模式探讨[J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 1986, 7(1): 34-40.
Qi Jianzhong, Rui Xingjian, Zhang Chunsun. Discussion on the magma evolution model of Lengshuikeng ore district, Jiangxi[J]. Bull. Nanjing Inst. Geol. M. R., Chinese Acad. Geol. Sci. 1986, 7(1): 34-40(in Chinese with English abstract).
- [2] 齐进英. 江西冷水坑斑岩类型及其矿化特征[J]. 岩石学报, 1987, (1): 40-49.
Qi Jinying. Porphyry type and its mineralization characteristics in Lengshuikeng, Jiangxi Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 1987, (1): 40-49(in Chinese with English abstract).
- [3] 陈克荣,陈武,周建平,等. 江西冷水火山-侵入杂岩体岩石化学及地球化学特征[J]. 岩石矿物学杂志, 1988, 6(1): 18-28.
Chen Kerong, Chen Wu, Zhou Jianping, et al. Petrological and geochemical characteristics of the volcano-intrusive complex in Lengshui, Jiangxi[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 1988, 6(1): 18-28(in Chinese with English abstract).
- [4] 陈武,周建平. 江西冷水坑斑岩型银铅锌矿床矿化特征[J]. 矿物岩石, 1988, 8(2): 84-91.
Chen Wu, Zhou Jianping. Mineralization characteristics of the Lengshui porphyry Ag-Pb-Zn ore deposit, Jiangxi Province[J]. Minerals and Rocks, 1988, 8(2): 84-91(in Chinese with English abstract).
- [5] 周建平,陈武,陈克荣. 江西冷水斑岩型银铅锌矿床矿物的稳定同位素特征[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1989, 25(3): 158-166.
Zhou Jianping, Chen Wu, Chen Kerong. Stable isotope characteristics of minerals in the Lengshui porphyry Ag-Pb-Zn deposit in Jiangxi Province[J]. Journals of Nanjing University (Natural Sciences Edition) Minerals and Rocks, 1989, 25(3): 158-166(in Chinese with English abstract).
- [6] 邓绍明. 江西贵溪冷水坑古火山岩区隐爆碎屑岩类型及成因探讨[J]. 江西地质科技, 1991, 18(1): 28-32.
Deng Shaoming. Cryptoexplosive breccia dyke in the paleovolcanic rock zone in Lengshuikeng, Guixi, Jiangxi Province and its metallogeny[J]. Geological Science and Technology of Jiangxi, 1991, 18(1): 28-32(in Chinese).
- [7] 刘迅,申世亮. 江西冷水坑银铅锌矿田构造地球化学的若干问题[J]. 大地构造与成矿学, 1991, 15(1): 41-54.
Liu Xun, Shen Shiliang. Some problems of tectono-geochemistry in Lengshuikeng Ag-Pb-Zn ore field, Jiangxi Province, China[J]. Geotectonica et Metallogenic, 1991, 15(1): 41-54(in Chinese with English abstract).
- [8] 罗诒爵. 冷水坑斑岩型银铅锌矿床围岩蚀变特征[J]. 江西地质, 1991, 5(1): 3-10.
Luo Yijue. The features of wall-rock alteration in the Lengshuikeng Porphyry type Ag-Pb-Zn deposit[J]. Geology of Jiangxi, 1991, 5(1): 3-10(in Chinese with English abstract).
- [9] 王安城. 冷水坑斑岩银铅锌矿银的赋存状态及富集规律[J]. 江西地质, 1991, 5(3): 227-237.
Wang Ancheng. The occurrence states and enrichment regularities of Ag in Lengshuikeng Porphyry Ag-Pb-Zn deposit Jiangxi[J]. Geology of Jiangxi, 1991, 5(3): 227-237(in Chinese with English abstract).
- [10] 黄振强. 冷水坑碳酸盐型银矿床成因探讨[J]. 江西地质, 1992, 6(1): 1-8(in Chinese with English abstract).
Huang Zhengqiang. The genesis of Lengshuikeng Ag carbonate deposit[J]. Geology of Jiangxi, 1992, 6(1): 1-8(in Chinese with English abstract).
- [11] 黄振强. 冷水坑银矿田的发现与评价[J]. 江西地质, 1992, 6(4): 309-314.
Huang Zhenqiang. Discovery and evaluation of Lengshuikeng silver ore field[J]. Geology of Jiangxi, 1992, 6(4): 309-314(in Chinese with English abstract).
- [12] 黄振强. 冷水坑银矿田成矿条件及矿床特征[J]. 贵金属地质, 1993, 2(4): 284-291.
Huang Zhenqiang. The mineralization conditions and deposit characteristics of Lengshuikeng silver orefield in Jiangxi, China[J]. Journal of Precious Metallic Geology, 1993, 2(4): 284-291(in Chinese with English abstract).
- [13] 杨存来. 江西冷水坑银铅锌矿床地球化学异常特征及找矿模型[J]. 物探与化探, 1993, 17(3): 173-181.

- Yang Cunlai. Characteristics of geochemical anomalies and ore-prospecting model of the Lengshuikeng lead-Zinc-silver deposit, Jiangxi Province[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 1993, 17(3): 173-181(in Chinese with English abstract).
- [14] 董绍芳. 江西冷水坑含金斑岩及金矿化特征[J]. 江西地质, 1994, 8(1): 14-20.
- Dong Shaofang. The characteristics of Lengshuikeng auriferous porphyry and its gold mineralization in Jiangxi[J]. Geology of Jiangxi, 1994, 8(1): 14-20(in Chinese with English abstract).
- [15] 陈繁荣, 裘愉卓. 江西贵溪冷水坑多金属矿床成矿过程流体地球化学模拟及其地质意义[J]. 地球化学, 1995, 24(增刊): 24-32.
- Chen Fanrong, Qiu Yuzhuo. Fluid geochemical modelling of ore-forming process of Lengshuikeng Ag, Pb, Zn porphyry deposit, Jiangxi and its geological implications[J]. Geochemica, 1995, 24 (Supp.): 24-32(in Chinese with English abstract).
- [16] 魏明秀. 江西冷水坑斑岩银矿床的蚀变碳酸盐矿物与银矿化关系[J]. 矿产与地质, 1997, 11(57): 39-45.
- Wei Mingxiu. Relationship between altered carbonate minerals and silver mineralization in the Lengshuikeng porphyry silver deposit, Jiangxi[J]. Mineral Resources and Geology, 1997, 11(57): 39-45(in Chinese with English abstract).
- [17] 徐文炘, 肖孟华, 陈民扬. 江西冷水坑银铅锌矿床同位素地球化学研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2001, 20(4): 370-372.
- Xu Wenxin, Xiao Menghua, Chen Minyang. A study of the isotope geochemistry of the Lengshuikeng Ag-Pb-Zn ore deposit, Jiangxi Province[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2001, 20(4): 370-372(in Chinese with English abstract).
- [18] 尧杰. 银露岭矿区矿体地质特征及地质工作的几点新认识[J]. 有色金属, 2003, 55(2): 11-12.
- Yao Jie. Geological characteristic of ore body of the Yinluling mine and some new recognitions yield from the geologic work[J]. Nonferrous Metals, 2003, 55(2): 11-12(in Chinese).
- [19] 严学信, 赵志刚, 何细荣. 贵溪冷水坑银矿田银元素富集规律研究[J]. 资源调查与环境, 2007, 28(1): 46-53.
- Yan Xuexin, Zhao Zhigang, He Xirong. On Ag element enrichment in Lengshuikeng Ag mine, Guixi[J]. Resources Survey & Environment, 2007, 28(1): 46-53(in Chinese with English abstract).
- [20] 左力艳, 孟祥金, 杨竹森. 冷水坑斑岩型银铅锌矿床含矿岩系岩石地球化学及 Sr、Nd 同位素研究[J]. 矿床地质, 2008, 27(3): 367-382.
- Zuo Liyan, Meng Xiangjin, Yang Zhusen. Petrochemistry and Sr, Nd isotopes of intrusive in Lengshuikeng porphyry type Ag-Pb-Zn deposit[J]. Mineral Deposits, 2008, 27(3): 367-382(in Chinese with English abstract).
- [21] 左力艳, 侯增谦, 宋玉财, 等. 冷水坑斑岩型银铅锌矿床成矿流体特征研究[J]. 地球学报, 2009, 30(5): 616-626.
- Zuo Liyan, Hou Zengqian, Song Yucai, et al. A study of the ore-forming fluid in the Lengshuikeng Ag-Pb-Zn porphyry deposit[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2009, 30(5): 616-626(in Chinese with English abstract).
- [22] 孟祥金, 董光裕, 刘建光. 江西冷水坑斑岩型铅锌银矿床[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
- Meng Xiangjin, Dong Guangyu, Liu Jianguang. Jiangxi Lengshuikeng Pb-Zn-Ag Porphyry Deposit[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007(in Chinese).
- [23] 孟祥金, 徐文艺, 杨竹森, 等. 江西冷水坑矿田火山-岩浆活动时限: SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄证据[J]. 矿床地质, 31(4): 831-838.
- Meng Xiangjin, Xu Wenyi, Yang Zhusen, et al. Time limit of volcanic-magmatic action in Lengshuikeng orefield, Jiangxi: Evidence from SHRIMP zircon U-Pb ages[J]. Mineral Deposits, 31(4): 831-838(in Chinese with English abstract).
- [24] 左力艳, 侯增谦, 孟祥金, 等. 冷水坑斑岩型银铅锌矿床含矿岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究[J]. 中国地质, 2010, 37(5): 1450-1456.
- Zuo Liyan, Hou Zengqian, Meng Xiangjin, et al. SHRIMP U-Pb zircon geochronology of the ore-bearing rock in the Lengshuikeng porphyry type Ag-Pb-Zn deposit[J]. Geology in China, 2010, 37(5): 1450-1456(in Chinese with English abstract).
- [25] 苏慧敏, 毛景文, 何细荣, 等. 北武夷天华山盆地形成时限的约束: 来自火山岩-侵入岩的年代学证据[J]. 中国科学(D辑), 2013, 43(5): 745-759.
- Su Huimin, Mao Jingwen, He Xirong, et al. Timing of the formation of the Tianhuashan Basin in northern Wuyi as constrained by geochronology of volcanic and plutonic rocks[J]. Science in China (Series D), 2013, 56(6): 940-955(in Chinese with English abstract).
- [26] 狄永军, 徐贻骥, 吴淦国, 等. 江西冷水坑银铅锌矿田推覆构造的形成时代: 来自年代学的约束[J]. 地学前缘, 2013, 20: 1-10.
- Di Yongjun, Xu Yigan, Wu Ganguo, et al. The formation era of nappe structure in Lengshuikeng Ag-Pb-Zn Ore Field, Jiangxi: Constraints from geochronology[J]. Earth Science Frontiers, 2013, 20: 1-10(in Chinese with English abstract).
- [27] 邱骏挺, 余心起, 吴淦国, 等. 江西冷水坑矿区构造-岩浆活动的年代学约束[J]. 岩石学报, 2013, 29(3): 12-26.
- Qiu Junting, Yu Xinqi, Wu Ganguo, et al. Geochronology of igneous rocks and nappe structures in Lengshuikeng deposit, Jiangxi Province, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(3): 812-826(in Chinese with English abstract).
- [28] 孟祥金, 侯增谦, 董光裕, 等. 江西冷水坑斑岩型银铅锌矿床地质特征、热液蚀变与成矿时限[J]. 地质学报, 2009, 83(12): 1951-1967.
- Meng Xiangjin, Hou Zengqian, Dong Guangyu, et al. Geological characteristics and mineralization timing of the Lengshuikeng porphyry Pb-Zn-Ag deposit, Jiangxi Province[J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(12): 1951-1967(in Chinese with English abstract).

- [29] 涂光炽, 林传仙, 陈先沛, 等. 中国铅锌矿床[M]//《中国矿床》编委会. 中国矿床(上册). 北京: 地质出版社, 1989, 116–204.
Tu Guangchi, Lin Chuanxian, Chen Xianpei, et al. China Lead-zinc Deposit[C]//Mineral Deposits of China Editorial. Mineral Deposits of China. Beijing: Geological Publishing House, 1989, 116–204(in Chinese).
- [30] 杨明桂, 王发宁, 曾勇, 等. 江西北部金属成矿地质[M]. 北京: 中国大地出版社, 2004.
Yang Minggui, Wang Faning, Zeng Yong, et al. Metal Ore-forming Geology in Northern Jiangxi[M]. Beijing: China Land Press, 2004(in Chinese).
- [31] 周建祥. 冷水坑矿田层控叠生型矿体特征及成因[J]. 民营科技, 2009 12: 4–6.
Zhou Jianxiang. Features and genesis of stratabound and superimposed ore bodies in Lengshuikeng ore field[J]. Private Technology, 2009, 12: 4–6 (in Chinese).
- [32] 罗泽雄, 万浩章, 何细荣, 等. 江西冷水坑矿田银铅锌矿床特征及成矿模式探讨[J]. 沉积与特提斯地质, 2012, 32(4): 94–99.
Luo Zexiong, Wan Haozhang, He Xirong, et al. Metallogenic model for the silver-lead-zinc deposits in the Lengshuikeng ore field, Jiangxi[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2012, 32(4): 94–99(in Chinese with English abstract).
- [33] 卢燃, 毛景文, 高建京, 等. 冷水坑矿田下鲍矿床地质特征及其成因研究[J]. 矿床地质, 2010, 29(S1): 241–242.
Lu Ran, Mao Jingwen, Gao Jianjing, et al. Geological characteristics and genesis research of Xiabao ore section in the Lengshuikeng orefield[J]. Mineral Deposits, 2010, 29(S1): 241–242(in Chinese with English abstract).
- [34] 王长明, 徐贻麟, 吴淦国, 等. 江西冷水坑Ag-Pb-Zn矿田碳、氧、硫、铅同位素及成矿物质来源[J]. 地学前缘, 2011, 18(1): 179–193.
Wang Changming, Xu Yigan, Wu Ganguo, et al. C, O, S and Pb isotopes characteristics and sources of the ore metals of the Lengshuikeng Ag-Pb-Zn ore field, Jiangxi[J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(1): 179–193(in Chinese with English abstract).
- [35] 黄水保, 孟祥金, 徐文艺, 等. 冷水坑矿田层状铅锌银矿稳定同位素特征与矿床成因[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2012, 35(2): 101–110.
Huang Shuibao, Meng Xiangjin, Xu Wenyi, et al. Characteristics of stable isotope of the bedded lead-zinc-silver orebody in Lengshuikeng orefield and ore genesis[J]. Journal of East China Institute of Technology, 2012, 35(2): 101–110(in Chinese with English abstract).
- [36] 余心起, 舒良树, 颜铁增, 等. 赣杭构造带红层盆地原型及沉积作用[J]. 沉积学报, 2005, 23(1): 12–20.
Yu Xinqi, Shu Liangshu, Yan Teizen, et al. Prototype and sedimentation of red basins along the Ganhang tectonic belt[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2005, 23(1): 12–20(in Chinese with English abstract).
- [37] 杨明桂, 刘亚光, 黄志忠, 等. 江西中新元古代地层的划分及其与邻区对比[J]. 中国地质, 2012, 39(1): 43–53.
Yang Minggui, Liu Yaguang, Huang Zhizhong, et al. Subdivision of Meso-Neoproterozoic strata in Jiangxi and a correlation with the neighboring areas[J]. Geology in China, 2012, 39(1): 43–53(in Chinese with English abstract).
- [38] 南京地矿所. 浙闽赣中生代火山岩区火山旋回火山构造岩石系列及演化(研究报告)[R]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所, 1989.
Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources. Volcanic Cycles, Structures, Rock Series and Magma Evolution for the Zhengjiang-Fujian-Jiangxi Mesozoic Volcanic Terrane(Research Report) [R]. Bull. Nanjing Inst. Geol. M. R., Chinese Acad. Geol. Sci., 1989(in Chinese with English abstract).
- [39] 芮宗瑶, 叶锦华, 张立生, 等. 扬子克拉通周边及其隆起边缘的铅锌矿床[J]. 中国地质, 2004, 31(4): 337–346.
Rui Zongyao, Ye Jinhua, Zhang Lisheng, et al. Pb-Zn deposits on the perimeter of the Yangtze craton and on the margins of its uplifts[J]. Geology in China, 2004, 31(4): 337–346(in Chinese with English abstract).
- [40] Taylor H P Jr, Frechen J, Degens, et al. Oxygen and carbon isotope studies of carbonatites from the Laacher See District, West Germany, and the Alnö District, Sweden[J]. Geochimica Cosmochimica Acta, 1967, 31, 407–430.
- [41] Hortsman UWE E, Verwoerd W J. Carbon and oxygen isotope variations in southern African carbonatites[J]. Journal of African Earth Sciences, 1997, 25(1): 115–136.

Material sources and genetic analysis of the iron–manganese carbonatite breccia host rock of the stratiform Pb–Zn–rich orebodies in the Lengshuikeng orefield

XIAO Mao–zhang^{1,2}, DI Yong–jun², MING Xiao–quan¹, QIN Xiao–feng²,
DONG Yue², WEI Juan–juan², LU Jun–hao²

(1. No. 912 Geological Party, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Yingtan 335001, Jiangxi, China; 2. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The Lengshuikeng orefield has a complex combination of shallow porphyry type orebody and deep stratiform orebody. The stratiform orebody is hosted in (Fe, Mn) carbonatite breccia layer which is sandwiched in crystal tuff of the Upper Jurassic Daguding Formation. This paper has discussed and analyzed the characteristics of Fe–Mn carbonatite breccia in the aspects of main material composition, trace elements composition, distribution, attitude and its relationship with the orebody on the basis of basic geological features of the Fe–Mn carbonatite breccia. In combination with X–ray powder analysis of minerals, carbon–oxygen isotopes and hydrogen–oxygen isotopic evidence, the authors have reached the conclusion that the Fe–Mn carbonatite breccia is of the deep lake facies volcanogene sedimentary origin closely associated with the formation of stratiform orebody, and the early volcanogene sedimentary carbonatite rock had been subjected to the superimposed reformation of later porphyry magma emplacement and fluid activity, which formed Zn–Ag–rich deposits genetically associated with porphyry.

Key words: iron–manganese carbonatite; breccia; volcano–sedimentary; Lengshuikeng in Jiangxi

About the first author: XIAO Mao–zhang, born in 1965, male, senior engineer, mainly engages in mineral exploration and study of regional metallogenic regularity; E–mail: dky912xiao@163.com.

About the corresponding author: DI Yong–jun, male, associate professor, engages in the study and teaching of magmatism and mineralization; E–mail: diyongjun@cugb.edu.cn.