

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2021.01.04

引用格式: 杜东旭, 张家嘉, 张顺林, 等. 安徽五河县天井湖铅金矿床成矿地质特征及控矿因素[J]. 中国地质调查, 2021, 8(1): 33-42. (Du D X, Zhang J J, Zhang S L, et al. Geological characteristics and ore-controlling factors of Tianjinghu Pb-Au deposit in Wuhe County of Anhui Province[J]. Geological Survey of China, 2021, 8(1): 33-42.)

安徽五河县天井湖铅金矿床成矿地质特征及控矿因素

杜东旭, 张家嘉, 张顺林, 顾大年

(安徽省勘查技术院, 合肥 230031)

摘要: 天井湖铅金矿是中型铅金共生矿床, 处于近EW向蚌埠隆起和NNE向郟庐断裂带交叉复合部位, 区内构造及岩浆岩发育, 成矿地质条件良好。为了分析天井湖铅金矿床的控矿因素并建立成矿模式, 在调研近期勘查成果并充分收集前人资料的基础上, 总结了天井湖铅金矿床的成矿地质特征, 研究了天井湖铅金矿区及五河地区的地层、构造、岩浆岩等控矿因素。天井湖铅金矿床主要控矿因素是NNE—NE向、SN向断裂; 西垱堆岩组沉积—变质岩系是该矿床的赋矿地层; 中酸性脉岩和规模较大的岩体对含矿热液的形成、成矿物质的活化和运移具有重要意义; 西垱堆岩组及五河岩群为断裂活动提供了空间, 并为金矿成矿提供了部分物质来源。该成果完善了五河地区金矿成矿模式, 为该地区寻找同类型矿床提供理论指导。

关键词: 天井湖铅金矿床; 中型矿床; 成矿地质特征; 控矿因素; 安徽省五河县

中图分类号: P618.42; P618.51

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2021)01-0033-10

0 引言

五河地区位于安徽省东部, 构造及岩浆岩发育, 具有良好的成矿条件^[1]。部分学者推测该区金矿床是胶东招—掖金矿带在郟庐断裂带以西的延伸^[2]。近几年, 该区开展了大量勘查及研究工作, 发现了长淮、河口、大巩山及西坂等金矿床(点)。前人对五河地区以金矿为主的找矿标志、找矿新方法进行了总结: 一些学者认为五河地区磁异常梯级带是次级断裂的反映, 是该区重要的找矿标志, 利用磁异常梯级带可圈定找矿靶区^[3-4]; 另一些学者将五河地区主要金矿床的地质、地球物理、地球化学特征及遥感信息进行关联, 建立了该区金矿综合信息地质模型^[5], 认为综合物探异常与区内构造及矿体基本吻合^[6]; 还有一些学者研究了五河地区成矿物质来源^[1]、岩体及部分矿体的形成时代^[7-13]。前人的研究成果为五河地区找矿工作提供了行之有效的勘查方法及经验。因该区大部分地区被第四系覆盖, 以往工作主要集中在覆盖区找

矿方向及找矿方法上, 对矿床控矿因素研究相对单一, 综合研究较少。本次新发现的天井湖铅金矿床规模达中型, 为分析该矿床的控矿因素并建立成矿模式, 本文对其成矿地质特征进行总结, 研究天井湖铅金矿及五河地区的地层、构造、岩浆岩等控矿因素, 获得的新成果完善了五河地区金矿成(控)矿模式, 为寻找同类型矿床提供理论指导。

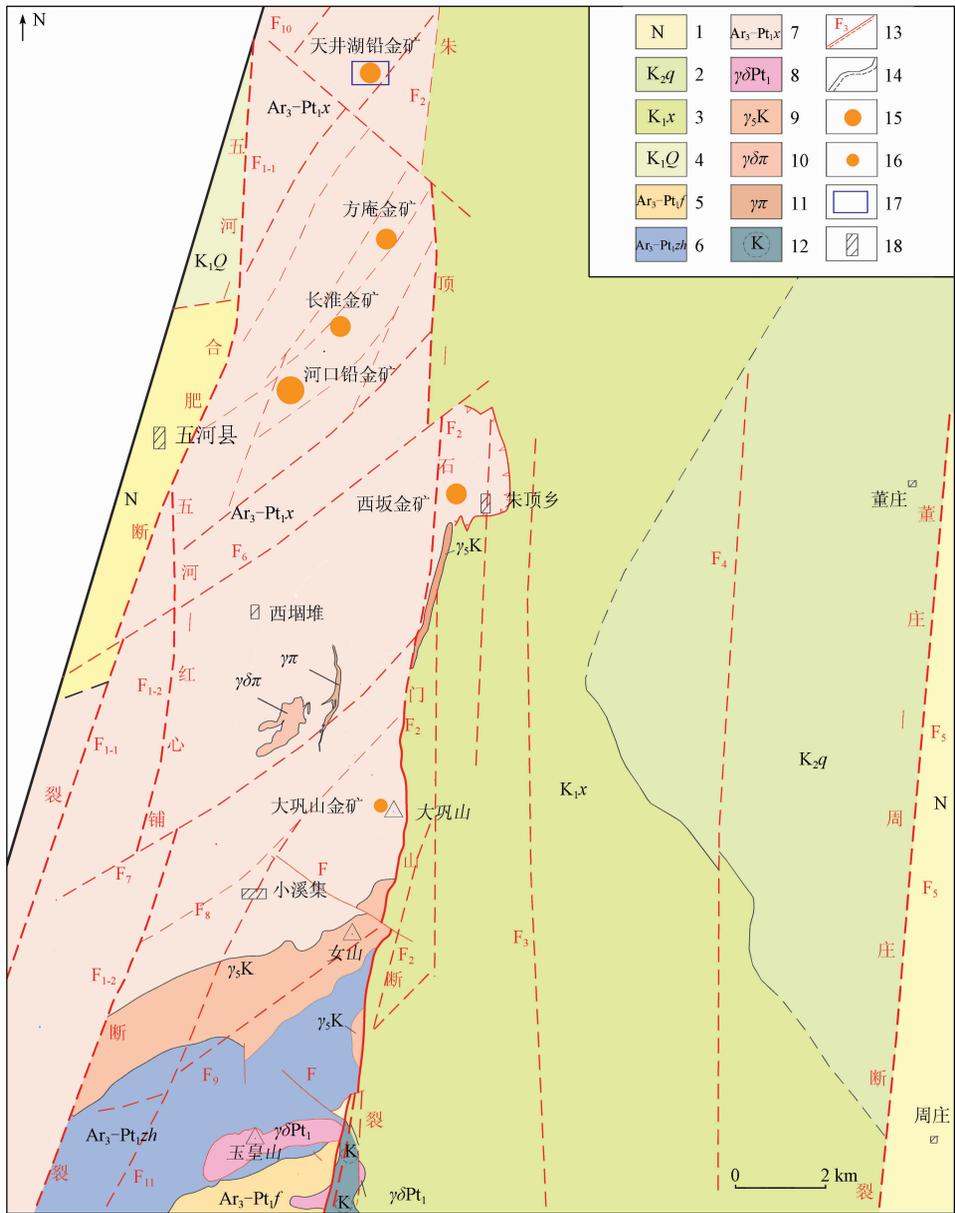
1 区域地质概况

五河地区多被第四系覆盖, 有少量基岩出露, 基岩主要分布在南部朱顶—大巩山一带及小溪集南部庄子里村—峰山李村一带(图1)。地层自老至新为新太古界—古元古界五河岩群西垱堆岩组、庄子里岩组、峰山李岩组, 下白垩统青山群, 下白垩统新庄组, 上白垩统邱庄组及第四系^[14], 其中西垱堆岩组属于沉积—变质相岩石组合, 是区内重要的金矿赋矿层位, 长淮金矿(中型)、河口金矿(中型)、大巩山金矿(小型)、西坂金矿(小型)均赋存于该层位。

收稿日期: 2020-03-30; 修订日期: 2020-07-09。

基金项目: 安徽省公益性地质调查“五河县荣渡—小溪集金及多金属矿整装勘查(编号: 2010-2-34, 2011-2-28, 2013-3-09, 2015-2-9)”项目资助。

第一作者简介: 杜东旭(1990—), 男, 工程师, 主要从事固体矿产勘查及成矿规律研究。Email: yw_dudongxu@163.com。



1. 新近系; 2. 上白垩统邱庄组; 3. 下白垩统新庄组; 4. 下白垩统青山群; 5. 新太古界—古元古界峰山李岩组; 6. 新太古界—古元古界庄子里岩组; 7. 新太古界—古元古界西垌堆岩组; 8. 古元古代花岗岩长岩; 9. 燕山期钾长花岗岩; 10. 花岗闪长斑岩; 11. 花岗斑岩; 12. 钾带; 13. 实/推测断层及编号; 14. 实/推测地质界线; 15. 中型金矿; 16. 小型金矿; 17. 天井湖铅金矿区; 18. 地名

图1 研究区区域地质矿产图^[14]

Fig. 1 Regional geological and mineral map of the study area^[14]

五河地区大地构造上位于中朝准地台东南缘的蚌埠台拱东段^[15], 近 EW 向蚌埠隆起和 NNE 向郟庐断裂带在该区交叉复合。郟庐断裂带控制了众多大型、中型和小型金矿的分布, 是中国最大的金矿成矿带^[16], NNE 向朱顶—石门山断裂、五河—红心铺断裂和董庄—周庄断裂是郟庐断裂带安徽段的重要组成部分^[17], 主要的控矿构造为朱顶—

石门山断裂和五河—红心铺断裂。

区内岩浆活动强烈, 自北向南有山张家岩体、女山岩体、庄子里岩体(又称玉皇山岩体)及各类脉岩。以朱顶为界, 研究区南部与北部岩浆岩发育程度有较大差别, 南部除了发育规模较大的女山岩体和庄子里岩体外, 还有众多基性—中酸性脉岩, 集中分布在白石山—大巩山一带, 脉岩沿 NE—NNE

向展布。

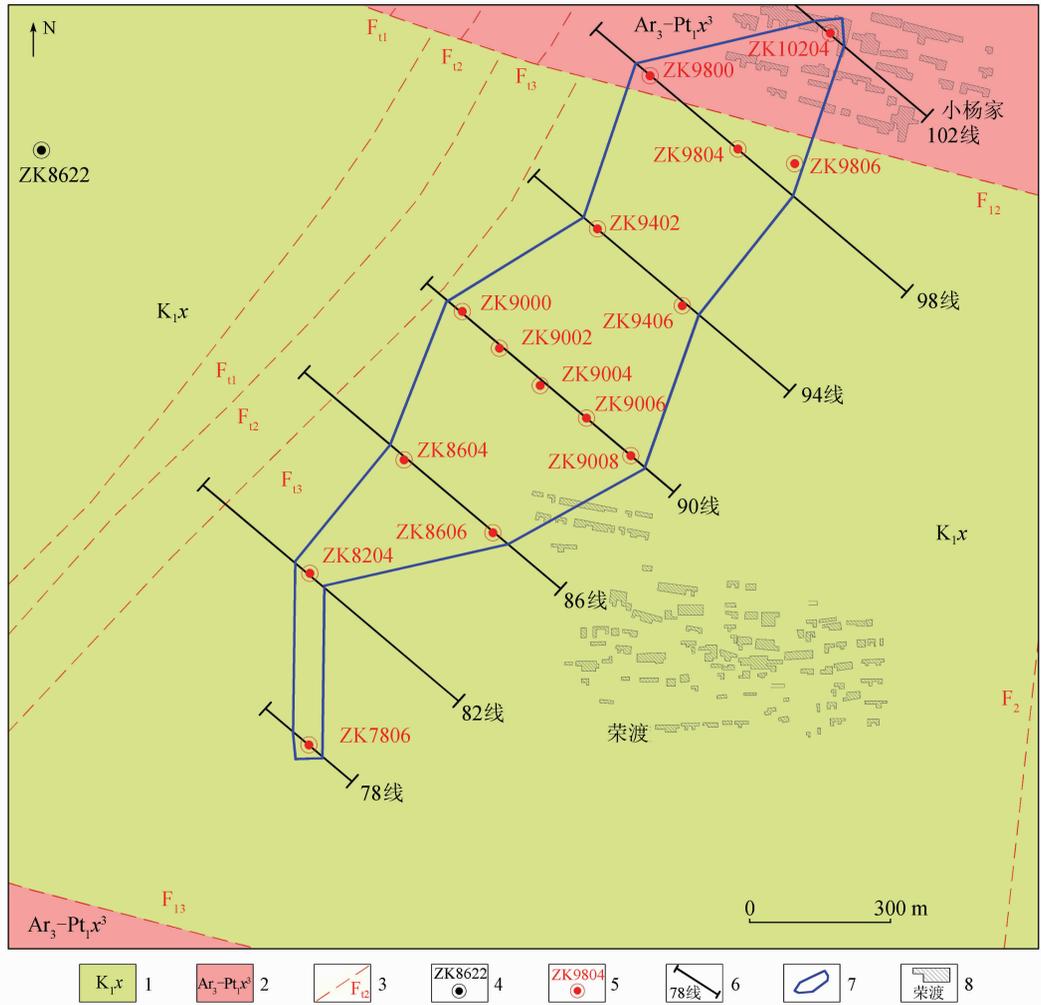
2 矿区地质特征

天井湖铅金矿区位于五河县城北东方向约 9 km

处,距长淮金矿约 4 km,紧邻朱顶—石门山断裂,西侧为五河—合肥断裂。

2.1 地层

因矿区及附近地区均被第四系覆盖,因此,矿区地层分布特征根据钻孔揭露情况推测(图 2)。



1. 下白垩统新庄组; 2. 新太古界—古元古界西垭堆岩组第三岩性段; 3. 推测断层及编号; 4. 未见矿钻孔及编号; 5. 见矿钻孔及编号; 6. 勘探线及编号; 7. 矿体水平投影范围; 8. 村庄

图 2 矿区基岩地质图及钻探工程分布

Fig. 2 Geological map of bedrock and distribution of drilling engineering in the mining area

矿区主要地层为新太古界—古元古界五河岩群西垭堆岩组、下白垩统新庄组和第四系,自下而上为:

(1)新太古界—古元古界五河岩群西垭堆岩组。西垭堆岩组为沉积—变质岩系,是该区的赋矿地层。在荣渡村—小杨家以南位于下白垩统新庄组以下,在小杨家以北和荣渡村以南被第四系覆盖。经钻探揭露,岩性主要为斜长片麻岩、斜长角闪岩和角闪岩等。

(2)下白垩统新庄组。新庄组在该区称为“红层”,为正常沉积岩相,主要分布于小杨家和荣渡村之间,往南厚度逐渐增加,厚度主要为 10.68 ~ 150.31 m。新庄组与下伏西垭堆岩组之间为断层接触。

(3)第四系。其主要为亚黏土、黏土和砂土,厚度为 92.49 ~ 134.20 m。

2.2 构造

2.2.1 褶皱

矿区位于蚌埠复背斜东段荣渡复背形。荣渡

复背形核部位于五河县城—长淮金矿—方庵一线,褶皱主要是后期叠加的 NE—NNE 向褶皱,不是该矿区的主要控矿因素。

2.2.2 断裂

(1) NNE—近 SN 向断裂(F_2 、 F_{11} 、 F_{12} 、 F_{13} 、 F_{14} 断裂)。该组断裂常被碎裂岩、碎斑岩、糜棱岩和石英脉充填,走向 $5^\circ \sim 40^\circ$, 向南东倾斜,倾角为 $15^\circ \sim 35^\circ$, 沿走向和倾向呈波状起伏,具有多期活动性,总体呈韧性—韧脆性—脆性演化趋势。后期含金硫化物石英脉、碳酸盐脉以细脉或胶结物充填于碎裂岩和糜棱岩之间,矿体顶、底板主要为绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化碎裂岩,局部发生片理化和糜棱岩化,矿化特征明显。

(2) NW 向断裂(F_{12} 、 F_{13})。该组断裂控制了矿区西堆垅岩组与新庄组的分界,走向约 115° 。根据 98 勘探线和 102 勘探线的钻孔揭露情况,推测断面向南西缓倾斜。

2.3 岩浆岩

矿区岩浆岩发育,部分钻孔中见煌斑岩、正长斑岩和辉绿岩,多呈脉状,属于燕山晚期岩浆活动的产物。

(1) 煌斑岩。矿区 78~94 勘探线钻孔中常见煌斑岩岩脉,规模不等。斑晶主要为角闪石和黑云母,基质以斜长石和角闪石为主,含少量黑云母,属于闪斜煌斑岩。岩石普遍发生蚀变,主要为绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化。视厚度 $0.96 \sim 13.25$ m。

(2) 正长斑岩。在 ZK9008 钻孔和 ZK8622 钻孔中常见。斑晶主要为正长石,基质为正长石、角闪石和黑云母,含极少量石英。视厚度 $2.03 \sim 8.31$ m。

(3) 辉绿岩。仅在 98 勘探线 ZK9804 钻孔中常见,成分主要为斜长石和普通辉石。岩石普遍发生蚀变,主要为绢云母化和绿泥石化。视厚度 6.78 m。

2.4 围岩蚀变

(1) 硅化。含金石英脉型矿床近脉围岩均具硅化现象,石英常呈斑点状、团块状、细脉状分布。

(2) 绢云母化。是仅次于硅化且分布广、强度大的蚀变。绢云母呈鳞片状集合体,鳞片大小多为 $0.007 \text{ mm} \times 0.02 \text{ mm} \sim 0.04 \text{ mm} \times 0.08 \text{ mm}$,少数呈片状。

(3) 碳酸盐化。是晚期蚀变,普遍但不强烈,主要产物是方解石和白云石,含少量铁白云石,生成碳酸盐矿物的 Ca、Mg 大部分来自被交代岩石的铁镁硅酸盐矿物,因此,围岩如为斜长角闪片麻岩类岩石,则碳酸盐化相对较强。

(4) 黄铁矿化。是与金矿化有关的最重要的蚀变类型之一。在含金石英脉型矿床的围岩中,黄铁矿多呈半自形—它形粒状集合体,粒径一般为 $0.07 \text{ mm} \times 0.05 \text{ mm} \sim 0.1 \text{ mm} \times 0.85 \text{ mm}$,个别大者粒径为 $7.8 \text{ mm} \times 2.3 \text{ mm}$ 。斜长角闪片麻岩中的黄铁矿大部分来自被交代的岩石,少部分来自热液,所以,黄铁矿含量较高但金含量不高。

(5) 绿泥石化。绿泥石化是角闪石、黑云母发生热液蚀变的结果。

(6) 绿帘石化。绿帘石化与热液作用有关,是原岩受热液交代后形成的围岩蚀变。

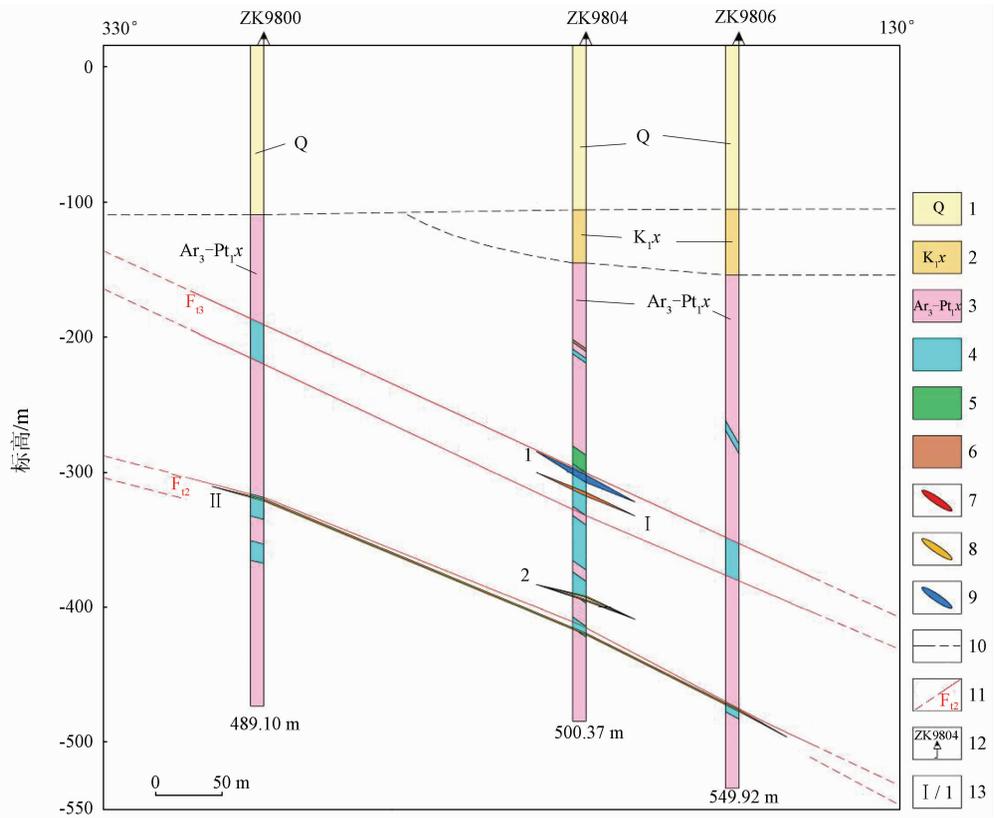
3 矿床地质特征

3.1 矿体特征

天井湖铅金矿矿区共施工 16 个钻孔,其中 15 个钻孔见矿体。矿体南起 78 勘探线,北至 102 勘探线,长约 1 950 m,共圈定 3 个主矿体和 10 个小矿体,矿体水平投影见图 2。I 号和 II 号矿体为金铅共生矿体,2、3、4 号矿体为单金矿体,III 号、1、5、6、7、8、9、10 号矿体为单铅矿体。矿体产在 NE 向断裂中,呈似层状、脉状或透镜状,产状与断层产状一致,矿体倾向南东,倾角 $15^\circ \sim 35^\circ$ (图 3)。矿体不连续,有尖灭再生现象,沿走向长度达 1 000 m 以上,I、II、III 号主矿体平均厚度分别为 1.34 m、2.91 m、1.70 m,矿体厚度较稳定,主矿体规模见表 1。

(1) I 号主矿体。主要分布在 86—103 勘探线,由 ZK8606、ZK9004、ZK9006、ZK9008、ZK9402、ZK9804、ZK10204 钻孔控制,呈似层状,由 F_3 断层控制,厚度变化稳定。

(2) II 号主矿体。主要分布在 86—103 勘探线,由 ZK8606、ZK9002、ZK9004、ZK9006、ZK9402、ZK9800、ZK9804、ZK9806、ZK10204 钻孔控制,呈似层状,由 F_2 断层控制,厚度变化较稳定。



1. 第四系; 2. 下白垩统新庄组; 3. 新太古界—古元古界西垱堆组; 4. 构造带; 5. 辉绿岩; 6. 正长斑岩; 7. 工业品位金铅矿体; 8. 工业品位金矿体; 9. 工业品位铅矿体; 10. 实/推测地质界线; 11. 实/推测断层; 12. 施工钻孔及编号; 13. 矿体编号

图 3 天井湖铅金矿床 98 勘探线地质剖面

Fig. 3 Geological profile of No. 98 prospecting line in Tianjingu Pb - Au deposit

表 1 主矿体规模

Tab. 1 Chart of main ore-body scales

矿体编号	长度/m	厚度/m			赋存标高/m	
		最大	最小	平均	最浅	最深
I	1 430	2.82	0.83	1.34	-214	-348
II	1 430	4.86	0.95	2.91	-287	-497
III	1 070	2.40	1.00	1.70	-289	-396

(3) III号矿体。主要分布在 78 ~ 903 勘探线, 由 ZK7806、ZK8204、ZK8604、ZK9000、ZK9002、ZK9004 钻孔控制, 呈似层状, 由 F_{11} 断层控制, 厚度变化稳定。

小矿体与主矿体相间分布。

3.2 矿石特征

3.2.1 矿石矿物成分

矿石矿物成分较复杂, 主要金属矿物为自然金、方铅矿、黄铜矿和黄铁矿, 次要金属矿物为钛铁矿、斑铜矿、闪锌矿、辉钼矿、黝铜矿等。

脉石矿物主要为石英、云母(绢云母、黑云母、白云母)、长石、方解石等。

3.2.2 矿石化学成分

主要组分为金, 共生组分为铅, 伴生组分为银和硫, 铜只有 1 个样品达到伴生资源量估算指标, 主要及次要矿体组合样分析结果见表 2。

表 2 矿体组合样分析结果

Tab. 2 Analysis results of ore-body combination samples

矿体编号	勘探线	$w(\text{Ag})/10^{-6}$	$w(\text{Cu})/\%$	$w(\text{Pb})/\%$	$w(\text{Zn})/\%$	$w(\text{S})/\%$	$w(\text{Co})/\%$	$w(\text{W})/10^{-6}$	$w(\text{Mo})/10^{-6}$	$w(\text{As})/10^{-6}$	$w(\text{Sb})/10^{-6}$
I	86 ~ 102	25.62	0.059 0	1.88	0.042	2.06	0.002 2	28.97	8.64	19.67	2.76
II	86 ~ 102	11.74	0.051 0	0.50	0.010	2.31	0.001 4	5.41	8.15	18.54	2.15
III	78 ~ 90	5.52	0.009 7	1.02	0.095	1.41	0.001 4	2.51	17.37	4.58	0.75
7	78 ~ 86	12.39	0.120 0	2.03	0.130	1.08	0.001 5	17.68	8.42	6.76	2.45
5	86 ~ 90	12.39	0.099 0	0.31	0.026	1.63	0.001 5	5.81	4.69	9.94	2.77

3.2.3 矿石结构、构造

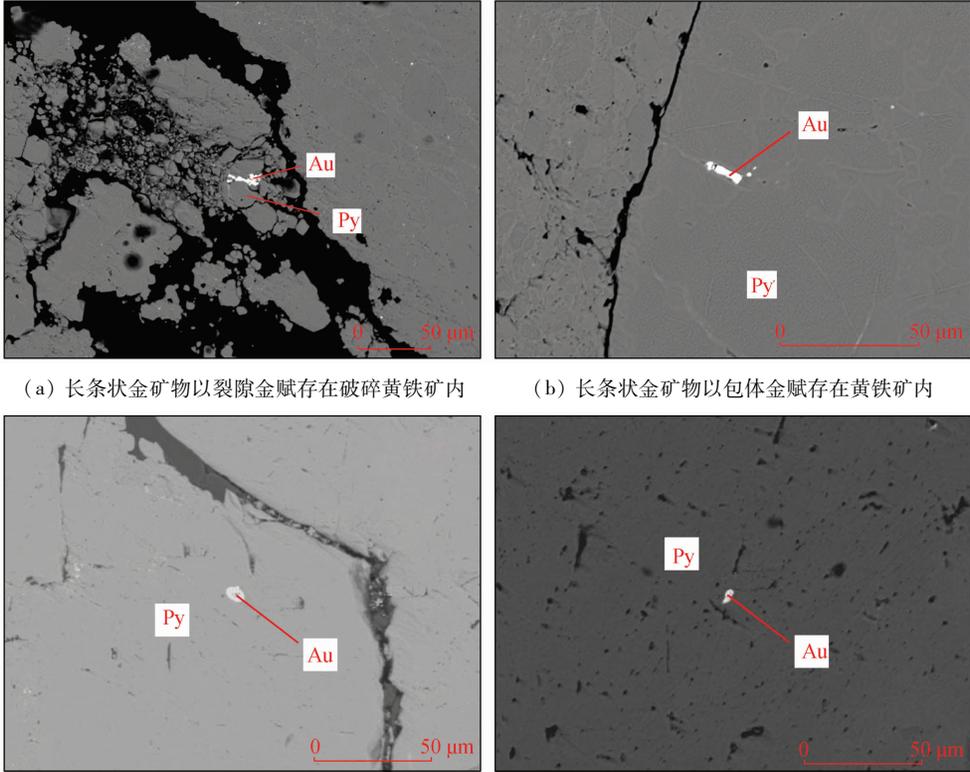
矿石结构主要为结晶结构,其次为充填结构、压碎结构及包含结构等。矿石构造主要为脉状构造,其次为浸染状构造、块状构造及角砾状构造等。

3.2.4 金的赋存状态

天井湖铅金矿床中的金主要以独立矿物存在,包

括自然金和银金矿,自然金主要为细粒金和显微粒金。

天井湖铅金矿床金的嵌布形式主要有2种:一种产于黄铁矿微裂隙中,称为裂隙金;另一种呈微细包体产于黄铁矿和石英中,称为包体金或晶间金,是区内金矿物的主要产出形式,粒度较裂隙金大(图4)。



(a) 长条状金矿物以裂隙金赋存在破碎黄铁矿内

(b) 长条状金矿物以包体金赋存在黄铁矿内

(c) 椭圆状金矿物以包裹金赋存在黄铁矿内

(d) 米粒状金矿物以包裹金赋存在黄铁矿内

Py. 黄铁矿; Au. 金矿物

图4 天井湖铅金矿金矿石显微镜下照片

Fig. 4 Microscopic photographs of gold ore in Tianjinghu Pb - Au deposit

3.3 矿石类型

(1)自然类型。根据矿石矿物组合、结构构造、含矿岩石特征划分为黄铁矿-多金属硫化物-石英脉型和构造蚀变岩型2种自然类型^[7]。

(2)工业类型。根据达到工业品位元素的分布特征,划分为金铅矿石、单金矿石及单铅矿石3种工业类型。其中金铅矿石主要产在I号矿体内,矿石量为33.45万t,占总矿石量的18.27%;单金矿石主要产在II号、2~4号矿体内,矿石量为81.13万t,占总矿石量的44.30%,单铅矿石主要产在III号、1、5、6、7、8、9、10号矿体内,矿石量为68.54万t,占总矿石量的37.43%。

3.4 矿体围岩

矿体一般产在片麻岩、糜棱岩、碎裂岩、绢英

岩、混合岩和石英脉中,其构成了矿体的顶、底板,围岩与矿体界线清楚,基本呈脉状穿插接触。

4 控矿因素

4.1 地层控矿

西坳堆岩组是天井湖铅金矿床的赋矿层位,也是区内大多数矿床(点)的赋矿层位。对区内西坳堆岩组岩石的含金性进行了统计,共统计样品2854件,统计方法采用逐步迭代剔除平均值超3倍标准离差的高值含量后求取元素平均值,算数剔除高值后全区平均含量为 2.13×10^{-9} (剔除后共2460件样品),与区内白垩系金的平均含量($1.92 \times$

10^{-9}) 相差不大,高于安徽省金的平均含量(1.19×10^{-9}),各主要岩性/地层金含量统计结果见表 3。根据金含量统计结果无法判定西垱堆岩组或五河岩群是否为成矿提供了物质来源。

表 3 五河地区主要岩性/地层金含量统计结果

Tab.3 Statistical results of gold content of main lithology or strata in Wuhe area

岩性/地层	样品数/件	平均值/ 10^{-9}	均方差	变异系数/%	剔除后样品数/件
斜长角闪岩	392	2.01	1.910 8	94.97	339
斜长角闪片麻岩	552	1.20	1.061 3	88.47	479
角闪斜长片麻岩	1 269	2.80	2.945 3	105.10	1 093
黑云斜长片麻岩	195	1.21	0.778 1	64.29	172
斜长片麻岩	449	2.07	2.252 5	108.58	373
西垱堆岩组	2 857	2.13	2.190 2	102.96	2 460
白垩系砂砾岩	283	1.92	0.795 3	41.45	266

胶东金矿“矿源岩系”胶东群和郭家岭超单元、小秦岭金矿“矿源层”太华群和登封群的金含量均低于地壳中金的平均含量。一方面因为目前太古宙变质基底的金含量未必能代表金的初始含量,原始变质基底中大部分金可能已经活化和迁移;另一方面地层的金含量并不是决定金矿化的关键因素,重要的是围岩的金是否迁移到后生金矿中,这才是确定围岩是否是矿源的重要依据。通过对研究区硫化物样品的同位素进行分析,发现五河地区矿石与围岩具有相近的 $\delta^{34}\text{S}$ 值,长淮金矿区及大巩山金矿区矿石铅和容矿围岩铅的同位素组成基本相同^[7,12-13],具有同源性,与地幔值相近。因此,从 S 同位素相近性及 Pb 同位素同源性角度判断,五河地区围岩为金矿成矿提供了部分物质来源。

4.2 构造控矿

近 EW 向蚌埠隆起和 NNE 向郟庐断裂在该区交接,形成了区内基本的构造格架。该区主要热液型矿床(点)在郟庐断裂带附近呈 NNE—近 SN 向展布,自南向北有中家山铅锌矿、毛山金矿、大巩山金矿、西坂金矿、河口铅金矿、长淮金矿及天井湖铅金矿等一系列中小型矿床,此外还有很多金矿化点。自西向东,沿蚌埠复背斜有焦大郟铁矿、施湖李铁矿、东鲁山铁矿、大王府铅锌矿、江山铅锌金银矿床、中家山铅锌矿及毛山金矿等。

区域构造格架与区域热液型矿床(点)分布的对应关系,一方面表明五河岩群变质岩系是区域赋矿层位,另一方面表明深大断裂(刘府断裂、郟庐断裂)对热液(含矿热液、岩浆热液)的形成和运移具

有控制作用。

构造对金矿具有宏观控制作用。五河地区已知矿床(点)一般分布在五河—红心铺断裂和朱顶—石门山断裂之间,呈近 SN 向展布。除矿床外,已知矿床主要矿体的走向主要受 NNE—NE 向、近 SN 向韧性剪切带控制,如大巩山金矿主要矿体即产于 2 条 NE 向断裂带内。长淮金矿分为东、西 2 个矿带,主要控矿构造均为近 SN 向韧性剪切带。西坂金矿矿体产于 NNE 向朱顶—南梁巷构造破碎蚀变岩带中。河口铅金矿的控矿断裂为 NNE 向。NW 向断裂也有小规模零星含金石英脉产出。在白石山—山马庄一带 NW—NWW 向断裂内出现含金石英脉。

天井湖铅金矿主要受 F_{11} 、 F_{12} 、 F_{13} 3 条断裂控制。① F_{13} 断裂受郟庐断裂带左行平移影响,走向 38° ,倾角 $18^\circ \sim 30^\circ$,宽 3~31 m,主要控制 I 号矿体。② F_{12} 断裂走向 $37^\circ \sim 45^\circ$,倾角 $15^\circ \sim 30^\circ$,宽 8~20 m,控制 II 号矿体。③ F_{11} 断裂走向 $25^\circ \sim 47^\circ$,倾角 $24^\circ \sim 35^\circ$,宽 18~46 m,控制 III 号矿体。

总体上看,NE—NNE 向、近 SN 向断裂是该区最主要的控矿构造。

4.3 岩浆岩控矿

五河地区规模较大的岩体主要为庄子里、女山、山张家花岗质岩体,中酸性和基性脉岩较常见,它们分布广泛,其岩性主要为花岗斑岩、花岗闪长斑岩、钾长花岗岩和石英正长斑岩等。

4.3.1 脉岩含金性

对五河地区钻孔中脉岩的含金性进行了统计(表 4),可知花岗斑岩和花岗闪长斑岩金的含量较高。

表 4 五河地区钻孔中脉岩金含量统计结果

Tab.4 Statistical results of gold content of vein rock in Wuhe area

岩性	样品数/件	平均值/ 10^{-9}	均方差	变异系数/%	剔除后样品数/件
花岗斑岩	21	8.48	11.90	140.33	20
花岗闪长斑岩	47	12.64	18.18	143.82	46
正长岩/正长斑岩	12	3.20	4.49	140.54	12
闪长岩/闪长玢岩	21	2.65	2.12	80.25	19
钾长花岗岩	45	1.26	0.74	59.10	43
煌斑岩	35	1.18	0.54	46.17	30

4.3.2 岩浆岩与矿体时间关系

区内庄子里岩体岩性主要为钾长花岗岩,成岩年龄为 $(104 \pm 20) \text{ Ma}^{[10]}$; 山张家岩体岩性主要为

钾长花岗斑岩,从岩体的侵入形态推测,成岩年龄可能为燕山期;女山岩体岩性主要为钾长花岗岩和二长花岗岩,成岩年龄为 130 ~ 127 Ma^[8-9];中酸性脉岩的成岩年龄约为 120 Ma^[9]。

前人采用传统地质事件序列分析法和同位素测年法对五河地区金矿床的形成时代进行了探索(表 5)。结合区域有关成矿作用时代的研究成果,认为五河地区金矿成矿时代应为燕山晚期,成矿年龄可能为 160 ~ 110 Ma,与岩浆岩的成岩时代较接近。

表 5 五河地区金矿成矿时代统计结果
Tab. 5 Statistical results of gold deposit formation ages in Wuhe area

采样地区	研究方法	成矿时代/Ma	参考文献
大巩山金矿	蚀变矿物 Rb - Sr 等时线定年法	153.76 ± 11.2	[7, 13]
凤阳洼子陈地区、毛山金矿及大巩山地区	绢英片岩 K - Ar 定年法	130 ~ 120	[8]
毛山金矿、西坂金矿	含金石英脉石英 ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar 定年法	(118.3 ± 0.5) ~ (113.4 ± 0.4)	[18]
河口铅金矿	Re - Os 同位素定年法	134 ± 19	[1]
荣渡金矿	独居石 U - Pb 定年法	160 ± 1.8	[19]

4.3.3 岩浆岩与矿体空间关系

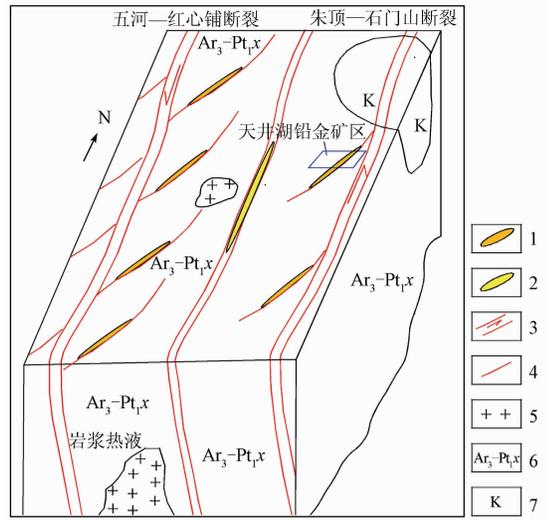
钻孔中发现数个矿化体周围有中酸性脉岩穿插,天井湖铅金矿区以 ZK8606 钻孔最明显,含金石英脉与闪长岩脉相隔约 1.7 m,中间为矿化绢英岩。距天井湖铅金矿不远处的河口铅金矿区该现象也较普遍,河口 ZK701 钻孔角砾状铅锌矿石即产在闪长岩脉与片麻岩接触处;河口 ZK1013 钻孔含金石英脉(2 号样品)的底板是闪长岩脉(4 号样品);河口 ZK0815 钻孔含金构造蚀变岩(3 号样品)的底板也为闪长岩脉(4 号样品),且岩脉有金矿化。

通过研究五河地区脉岩金的含量以及岩浆岩与矿体的时空关系,发现中酸性脉岩和规模较大的岩体与成矿流体之间存在密切联系,中酸性脉岩和规模较大的岩体对含矿热液的形成、成矿物质的活化和运移具有重要意义。

4.4 成(控)矿模式

中酸性花岗质岩体沿郟庐断裂带主干断裂侵入,与西堍堆岩组或五河岩群围岩进行物质交换,形成含矿热液,在 NE—NNE 向及近 SN 向次级断裂或派生构造裂隙中沉淀成矿(图 5)。天井湖铅金矿区处于五河—红心铺断裂和朱顶—石门山断裂 2 条主干断裂夹持部位, F₁₁、F₁₂、F₁₃ 3 条断裂为主

干断裂的次级断裂,这些次级断裂为铅金矿床的形成提供了赋存空间。



1. 石英脉型金矿体; 2. 构造蚀变岩型金矿体; 3. 主干断裂; 4. 次级或派生断裂; 5. 花岗质岩体; 6. 西堍堆岩组; 7. 白垩系

图 5 天井湖金矿成(控)矿模式图
Fig. 5 Metallogenic model of Tianjinghu Pb - Au deposit

5 结论

(1)天井湖铅金矿为中型石英脉 - 构造蚀变岩复合型金矿,赋存于太古宙五河岩群西堍堆岩组中。

(2)天井湖铅金矿床主要控矿因素是 NNE—NE 向、近 SN 向断裂,中酸性脉岩和大规模岩体对含矿热液的形成、成矿物质的活化和运移具有重要意义。西堍堆岩组及五河岩群为断裂活动提供了空间,并为金矿成矿提供了部分物质来源。

(3)天井湖铅金矿床中酸性花岗质岩体沿郟庐断裂带等主干断裂侵入,与西堍堆岩组或五河岩群围岩进行物质交换,形成含矿热液,在 NE—NNE 向及近 SN 向次级断裂或派生构造裂隙中沉淀成矿。

参考文献:

[1] 杨治,邓宇峰,袁峰,等. 蚌埠五河地区金矿床成矿物质来源及其年代学研究——以河口和荣渡金矿床为例[J]. 岩石学报, 2019, 35(12): 3875 - 3893.
Yang Z, Deng Y F, Yuan F, et al. Ore - forming sources and ages of the Hekou and Rongdu Au deposits in the Wuhe area, Bengbu city, Anhui Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 2019, 35(12): 3875 - 3893.

- [2] 朱光. 山东招-掖金矿带的西延去向探讨[J]. 地质与勘探, 1999, 35(2): 6-9.
Zhu G. Discussion on the western extension of the Zhao - Ye gold ore belt, Shandong[J]. Geology and Prospecting, 1999, 35(2): 6-9.
- [3] 张顺林, 盛中烈, 汪青松, 等. 关于五河地区以金为主找矿几个问题的思考[J]. 安徽地质, 2017, 27(4): 256-262.
Zhang S L, Sheng Z L, Wang Q S, et al. A reflection on several issues concerning gold-oriented exploration in the Wuhe area[J]. Geology of Anhui, 2017, 27(4): 256-262.
- [4] 李建设, 吴礼彬, 金世恒. 蚌埠隆起区金矿控矿条件及找矿信息标志研究[J]. 安徽地质, 2002, 12(1): 49-55.
Li J S, Wu L B, Jin S H. Study on gold ore conditions and ore-prospecting information marks in the Bengbu uplift area[J]. Geology of Anhui, 2002, 12(1): 49-55.
- [5] 汪青松, 张家嘉, 张顺林, 等. 安徽五河金矿整装勘查的重要发现及其地质意义[J]. 中国地质调查, 2019, 6(2): 26-33.
Wang Q S, Zhang J J, Zhang S L, et al. Important discoveries in Wuhe integrated exploration gold mine area in Anhui Province and its geological significance[J]. Geological Survey of China, 2019, 6(2): 26-33.
- [6] 邓经永. 综合物探方法在安徽明光市西张郢地区金矿找矿中的应用[J]. 中国地质调查, 2019, 6(3): 92-98.
Deng J Y. Application of comprehensive geophysical methods in gold deposits prospecting in Xizhangying area of Mingguang City in Anhui Province[J]. Geological Survey of China, 2019, 6(3): 92-98.
- [7] 张家嘉, 张顺林, 朱义坤. 安徽五河地区河口铅金矿成矿地质条件及成矿模式[J]. 地质学刊, 2019, 43(1): 57-66.
Zhang J J, Zhang S L, Zhu Y K. Metallogenic geological conditions and metallogenic model of the Hekou Pb - Au deposit in the Wuhe area, Anhui Province[J]. Journal of Geology, 2020, 7(1): 57-66.
- [8] 安徽省地质矿产局. 安徽省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
Bureau of Geology and Mineral Exploration of Anhui Province. Regional Geology of Anhui Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987.
- [9] 沈远超, 曾庆栋, 刘铁兵, 等. 郟庐断裂与金矿成矿[J]. 世界地质, 2003, 22(1): 41-44.
Shen Y C, Zeng Q D, Liu T B, et al. The Tanlu fault zone and gold ore metallogenesis[J]. Global Geology, 2003, 22(1): 41-44.
- [10] 陈皓龙, 刘国生. 郟庐断裂带(五河段)演化特征与矿化关系研究[J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2014, 37(11): 1353-1360.
Chen H L, Liu G S. Study on the relationship between evolution characteristics and mineralization of the Tanlu fault zone (Wuhe section)[J]. Journal of Hefei University of Technology: Natural Science Edition, 2014, 37(11): 1353-1360.
- [11] 涂荫玖, 陈成涛. 蚌埠—五河地区绿岩带金矿地质特征及控矿因素[J]. 矿床地质, 1993, 12(1): 38-47.
Tu Y J, Chen C T. Geological characteristics and ore-control factors of gold deposits in the greenstone belt of Bengbu - Wuhe area[J]. Mineral Deposits, 1993, 12(1): 39-47.
- [12] 邱瑞龙, 徐祥, 黄德志. 华北陆块东南缘蚌埠地区荆山岩体同位素年龄及其地质意义[J]. 安徽地质, 1999, 9(3): 161-164.
Qiu R L, Xu X, Huang D Z. The isotopic age of the Jingshan intrusive in the Bengbu region of the southeastern edge of the north China block and its geological implications[J]. Geology of Anhui, 1999, 9(3): 161-164.
- [13] 徐祥, 侯明金, 邱瑞龙, 等. 华北陆块东南缘蚌埠地区花岗岩与相关脉岩 $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ 定年[J]. 中国地质, 2005, 32(4): 588-595.
Xu X, Hou M J, Qiu R L, et al. $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ dating of granites and related dikes in the Bengbu area on the southeastern margin of the North China block[J]. Geology in China, 2005, 32(4): 588-595.
- [14] 杨德彬, 许文良, 裴福萍, 等. 蚌埠隆起区古元古代钾长花岗岩的成因: 岩石地球化学、锆石U - Pb年代学与Hf同位素的制约[J]. 地球科学, 2009, 34(1): 148-164.
Yang D B, Xu W L, Pei F P, et al. Petrogenesis of the paleoproterozoic K - feldspar granites in Bengbu uplift: Constraints from petrogeochemistry, zircon U - Pb dating and Hf isotope[J]. Earth Science, 2009, 34(1): 148-164.
- [15] 应汉龙, 刘秉光. 安徽凤阳和张八岭地区含金石英脉的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2002, 21(3): 240-245.
Ying H L, Liu B G. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of gold-bearing quartz veins in Fengyang and Zhangbaling areas, Anhui Province, and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 2002, 21(3): 240-245.
- [16] 张顺林, 张家嘉, 汪青松, 等. 安徽省五河县荣渡一大柳庄地区天井湖铅金矿普查报告[R]. 合肥: 安徽省勘查技术院, 2019.
Zhang S L, Zhang J J, Wang Q S, et al. Census Report of Tianjinghu Pb - Au mine in Rongdu - Dalizhuang area, Wuhe County, Anhui Province[R]. Hefei: Geological Exploration Technology Institute of Anhui Province, 2019.
- [17] 朱义坤, 张顺林, 张家嘉, 等. 安徽省五河地区金矿成矿条件调查评价报告[R]. 合肥: 安徽省勘查技术院, 2016.
Zhu Y K, Zhang S L, Zhang J J, et al. Investigation and evaluation report on the metallogenic conditions of gold deposits in Wuhe area, Anhui Province[R]. Hefei: Geological Exploration Technology Institute of Anhui Province, 2016.
- [18] 桑宝梁, 涂荫玖, 陈跃志, 等. 安徽省蚌埠—五河地区前寒武纪变质岩系含金性及成矿远景的研究[R]. 合肥: 安徽省地质科学研究所, 1990: 68.
Sang B L, Tu Y J, Chen Y Z, et al. Study on the gold-bearing properties and metallogenic prospects of precambrian metamorphic rock series in Bengbu - Wuhe area, Anhui Province[R]. Hefei: Anhui Institute of Geological Sciences, 1990: 68.
- [19] 董法先, 李中坚, 陈柏林, 等. 安徽五河荣渡金矿及其外围控矿构造和找矿方法研究[R]. 北京: 地质矿产部地质力学研究

所,1995:164 – 165.

Dong F X, Li Z J, Chen B L, et al. Research on ore – controlling structure and prospecting method of Rongdu gold deposit and its

periphery in Wuhe area, Anhui Province[R]. Beijing: Institute of Geomechanics, Ministry of Geology and Mineral Resources, 1995: 164 – 165.

Geological characteristics and ore-controlling factors of Tianjinghu Pb – Au deposit in Wuhe County of Anhui Province

DU Dongxu, ZHANG Jiajia, ZHANG Shunlin, GU Danian

(*Geological Exploration Technology Institute of Anhui Province, Hefei 230031, China*)

Abstract: Tianjinghu Pb – Au deposit, located at the intersection between the EW-trending Bengbu uplift and the NNE-trending Tan-Lu fault zone, is a medium-size Pb – Au symbiotic deposit. The magmatic activity in the area is well developed, and the metallogenic conditions are good. In order to analyze the ore-controlling factors of Tianjinghu Pb – Au deposit, and establish its metallogenic model, the authors summarized the metallogenic geological characteristics and investigated the characteristics of ore-controlling factors such as stratum, structure and magmatic rocks in Tianjinghu Pb – Au mining area and other areas of wuhe, based on recent new results and previous data. The main ore-controlling factors of the deposit are NNE-NE-trending and SN-trending fault structures. The sedimentary-metamorphic rock system of Xigudui Formation is an ore-forming stratum. The intermediate – acidic vein rocks and large-scale rock masses are of great significance to the formation of ore-bearing hydrothermal fluids and the activation and migration of ore-forming materials. Xigudui Formation and Wuhe Group provide space for fault activities and some material sources for gold deposits. This achievement improves the metallogenic and ore-controlling pattern of gold deposits in Wuhe area, and also provides some theoretical basis and reference for the search for the same type of deposits in this area.

Keywords: Tianjinghu Pb – Au deposit; medium-size deposit; metallogenic geological characteristics; ore-controlling factors; Wuhe County of Anhui Province

(责任编辑: 刘永权)