



河南嵩县喂母寺钨锰多金属矿地质特征及成因探讨

吴煜^{1,2}, 王振强^{1,2}, 夏炎^{1,2}, 岳涛^{1,2}, 薛志强^{1,2}, 宋佳伟^{1,2}

1. 河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院, 河南 洛阳 471000;

2. 河南省金银多金属成矿系列与深部预测重点实验室, 河南 洛阳 471000

摘要: 嵩县喂母寺钨锰多金属矿区位于华熊台缘拗陷东段, 熊耳山隆起与嵩县断陷盆地的结合部位, 为近年来在豫西地区发现的新型钨锰多金属矿床。矿体赋存在断陷盆地边缘的北东向断裂破碎带中, 已圈出钨锰多金属矿体3条, 钨、锰、铅、铁共生。矿体受地层岩性、构造、岩浆热液等因素控制, 矿床成因与岩浆期后热液充填交代作用关系密切, 属岩浆期后热液型钨锰多金属矿床。

关键词: 控矿因素; 矿床成因; 钨锰多金属矿; 岩浆期后热液; 河南省

GEOLOGY AND GENESIS OF THE WEIMUSI TUNGSTEN-MANGANESE POLYMETALLIC DEPOSIT IN SONG COUNTY, HENAN PROVINCE

WU Yu^{1,2}, WANG Zhen-qiang^{1,2}, XIA Yan^{1,2}, YUE Tao^{1,2}, XUE Zhi-qiang^{1,2}, SONG Jia-wei^{1,2}

1. No.1 Institute of Geology and Mineral Resources of Henan Provincial Geology and Mineral Exploration and Development Bureau, Luoyang 471000, China;

2. Key Laboratory of Gold-Silver Polymetallic Ore-forming Series and Deep Prediction in Henan Province, Luoyang 471000, China

Abstract: The Weimusi tungsten-manganese polymetallic deposit in Song County, tectonically located at the junction of Xiong'er Mountain uplift and Songxian fault basin in the eastern section of Huaxiong platform margin depression, is a new type of W-Mn polymetallic deposit discovered in western Henan Province in recent years. The orebodies are occurred in the NW-trending fracture zone on the margin of fault basin, controlled by formation lithology, structure and magmatic hydrothermal fluid. Three W-Mn polymetallic orebodies are delineated, with paragenesis of W, Mn, Pb and Fe. The genesis of deposit is closely related to postmagmatic hydrothermal filling and metasomatism, belonging to the postmagmatic hydrothermal W-Mn polymetallic deposit.

Key words: ore-controlling factor; deposit genesis; W-Mn polymetallic deposit; postmagmatic hydrotherm; Henan Province

0 引言

河南嵩县喂母寺钨锰多金属矿区位于华熊台缘拗陷东段, 熊耳山隆起与嵩县断陷盆地的结合部位^[1], 为近年来在豫西地区勘查发现的新型钨锰多金属矿床。按以往矿床类型划分, 钨矿床成因类型主要有石英脉

型、斑岩型、夕卡岩型、硅质岩型、云英岩型^[2-9]。锰矿床成因主要包括海相火山沉积型、热液沉积型、沉积变质型、风化型以及次火山热液型^[10-16]。而在河南省内, 已发现的栾川南泥湖、三道庄、上房沟钨钼多金属矿床, 其成因类型均为夕卡岩-斑岩型^[17-19]。

收稿日期: 2021-01-18; 修回日期: 2021-02-20. 编辑: 李兰英.

基金项目: 2014年度河南省财政地质勘查基金项目“河南省嵩县喂母寺重晶石铅钨多金属矿普查”(豫国土资发[2015]70号-4).

作者简介: 吴煜(1986—), 男, 硕士, 工程师, 从事区域地质调查及矿产勘查工作, 通信地址: 河南省洛阳市洛龙区开元大道地矿大厦, E-mail//77301329@qq.com

本次发现的喂母寺岩浆期后热液型钨锰多金属矿在河南尚属首例^[20-22],矿体赋存在火山断陷盆地边缘的北东向断裂蚀变带中,矿化范围在早白垩纪火山碎屑岩及其接触带附近,已圈出的矿体钨、锰、铅、铁四者共生,成矿受白垩纪火山碎屑岩、断陷盆地及其边缘的断裂破碎蚀变带共同控制.笔者在阐述矿床地质特征、控矿因素、找矿标志的基础上,探讨矿床成因,以期对矿区进一步探矿以及河南省内钨锰矿的地质找矿及科学研究提供参考.

1 区域地质背景

矿区位于华熊台缘拗陷东段,崮山-鲁山拱皱褶皱束,三里坪向斜北翼东端,熊耳山隆起与嵩县断陷盆地的结合部位.区域地层出露良好,主要包括中元古界熊耳群和汝阳群、中生界白垩系下统九店组、新生界第四系.区域构造以断裂构造为主.区域内岩浆活动强烈,具有多旋回、多期性特征.

矿区属华北地层区豫西分区,以三门峡-鲁山断裂为界,断裂以北属渑池-确山地层小区,以南属熊耳山地层小区.区域出露的主要地层有中元古界熊耳群马家河组、龙脖组,汝阳群的云梦山组、白草坪组、北大尖组、崔庄组、三教堂组;中生界白垩系下统的九店组;新生界第四系的覆盖层.

区域上褶皱不发育,地层主要为单斜地层.区域构造以断裂构造为主,断裂构造比较复杂.三门峡-鲁山大断裂从矿区中部经过,该断裂带为逆冲推覆构造,燕山晚期和喜山初期局部仍持续发育向北的逆冲作用,动力来源与燕山晚期大规模花岗岩基岩侵入有关,区域上断裂带南侧火山熔岩、火山碎屑岩发育.

区域内岩浆活动较频繁,活动方式多样,既有岩浆侵入也有火山喷发.区域上主要发育岩体中生代燕山晚期花岗斑岩,位于嵩县斑竹寺一带,与矿区成矿没有直接关系.区域内火山岩主要为中元古代熊耳群古火山岩,另有早白垩世晶屑凝灰岩,沿着三门峡-鲁山大断裂呈北西向展布,与矿区钨、锰多金属矿成矿关系密切.

2 矿区地质特征

矿区出露地层主要为中元古界熊耳群中酸性火山岩及汝阳群沉积岩、中生界白垩系下统九店组及新生

界第四系.区内火山活动较强烈,断裂构造发育,总体构造样式为一断陷盆地,盆地展布方向为北西向.盆地西南侧边缘为中元古界熊耳群马家河组安山岩、杏仁状安山岩,岩石倾向南西;盆地东北部边缘为中元古界汝阳群北大尖组石英砂岩、长石砂岩,岩石倾向南南东一南;盆地中部为巨厚层白垩系下统九店组凝灰岩(图1).

2.1 地层

矿区出露地层由老到新主要有:中元古界熊耳群马家河组(Pt_m),中元古界汝阳群北大尖组(Pt_{bd}),中生界白垩系下统九店组(K_j),新生界第四系(Q).

(1)熊耳群马家河组主要分布在矿区西南部,整体呈北西向带状分布,与上覆地层白垩系下统九店组呈喷发不整合接触,倾向南西,倾角 $29\sim 76^\circ$.出露岩性主要为灰绿色绢云母化安山岩以及灰紫色块状、杏仁状安山岩,夹薄层安山玢岩.

(2)北大尖组地层主要分布在矿区的东北部,岩石走向近东西,从下至上出露2个岩性段.

北大尖组二段(Pt_{bd}^2)岩石地层主要分布在矿区东北部,岩石走向近东西向,倾向南南东一南南西,倾角较缓,一般 $15\sim 25^\circ$.出露岩性主要包括浅紫红色中厚层状长石细砂岩夹粉砂质白云岩等.

北大尖组三段(Pt_{bd}^3)岩石主要分布在矿区东北部,岩石倾向南南东,倾角 $12\sim 37^\circ$.出露岩性主要包括细粒石英岩状砂岩、含海绿石泥质页岩、泥质白云岩.

(3)矿区内中生界仅出露白垩系下统九店组,分布在矿区的中部,沿区域断裂三门峡-鲁山大断裂(F_4)呈北西向展布,与熊耳群马家河组、汝阳群北大尖组均呈不整合接触关系.作为矿区主要的含矿地层,本次工作通过详细的野外地质调查,将该组至下而上划分为3个岩性段,分述如下.

一段(K_{j1}^1):呈北西向展布,与下伏地层北大尖组呈角度不整合接触,与上覆地层九店组二段呈整合接触.岩石倾向南西,倾角 $25\sim 34^\circ$,岩性主要为灰红色含角砾岩夹泥质粉砂岩.

二段(K_{j2}^2):厚度巨大,与九店组三段整合接触,岩石倾向南西,倾角 $8\sim 28^\circ$,主要岩性为灰白色巨厚层状流纹质晶屑凝灰岩、英安质晶屑凝灰岩,是矿区主要含钨锰矿岩系.

三段(K_{j3}^3):仅在矿区中部地势高的山包顶部呈

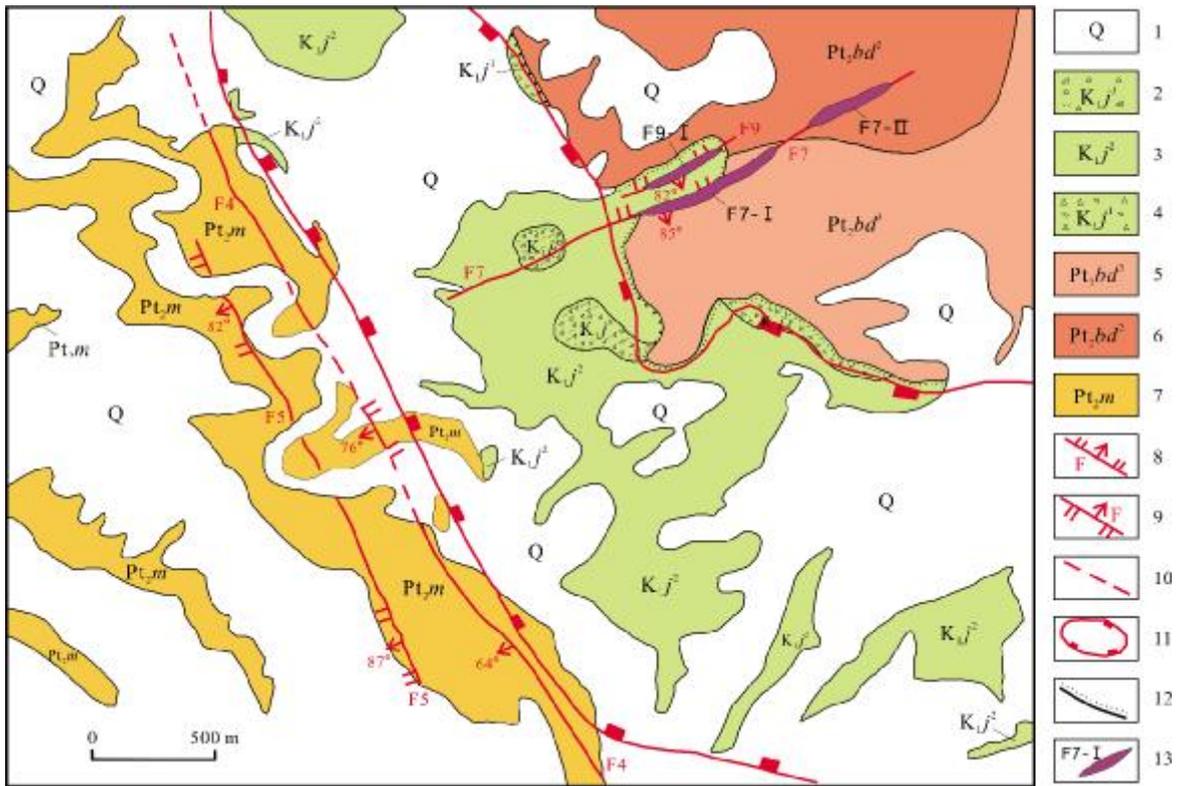


图 1 喂母寺钨锰多金属矿区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of Weimusi W-Mn polymetallic orefield

1—第四系(Quaternary); 2—白垩系下统九店组三段(3rd mem. of Jiudian fm., Lower Cretaceous); 3—九店组二段(2nd mem. of Jiudian fm.); 4—九店组一段(1st mem. of Jiudian fm.); 5—汝阳群北大尖组三段(3rd mem. of Beidajian fm., Ruyang gr.); 6—北大尖组二段(2nd mem. of Beidajian fm.); 7—熊耳群马家河组(Majiahe fm. of Xiong'er gr.); 8—正断层(normal fault); 9—逆断层(reverse fault); 10—推测断层(inferred fault); 11—断陷盆地边界(boundary of fault basin); 12—角度不整合界线(angular unconformity); 13—钨锰矿体及编号(W-Mn orebody and number)

椭圆状分布,与二段之间有一层厚 20~40 cm 的沉凝灰岩夹层,产状(153~157°)∠(8~10°),与下伏九店组二段英安质晶屑凝灰岩呈不整合接触,指示在白垩纪末火山喷发期有一定时长的沉积间断期.主要岩性为火山集块角砾岩、流纹质火山角砾岩.

(4)新生界第四系地层主要包括更新统残坡积物(Qp)和全新统洪冲积物(Qh),前者主要分布山坡上基岩区边部,成分主要为棕红色含钙质结核亚砂土,后者分布在河流及沟谷,成分主要为河漫滩冲积亚黏土及砾石.

2.2 岩浆岩

区内岩浆活动包括中元古代及中生代白垩纪 2 个时期的火山喷发活动.

中元古代时期,矿区西南部熊耳群岩浆喷发,形成火山岩为马家河组安山岩、杏仁状安山岩夹安山玢岩,是区域上熊耳群火山岩的一部分.受三门峡-鲁山大

断裂的影响,熊耳群火山岩在靠近八旦河一侧边部形成了宽 75~350 m 的碎裂安山岩、碎裂岩带,带内岩石褐铁矿化、钾化蚀变强烈.

白垩纪早期在矿区中部火山喷发形成了巨厚层状流纹质—英安质晶屑凝灰岩.早白垩世火山岩沿着区域断裂 F4 喷发形成,在靠近马家河组安山岩一侧的晶屑凝灰岩中可见到安山岩捕虏体,而在靠近汝阳群北大尖组石英砂岩一侧的凝灰岩中局部可见石英砂岩捕虏体.

2.3 构造

普查区内褶皱构造不发育,断裂构造较发育,总体构造样式为一断陷盆地,盆地展布方向为北西向.盆地西南侧边缘为中元古界熊耳群马家河组安山岩、杏仁状安山岩,岩石倾向南西;盆地东北部边缘为中元古界汝阳群北大尖组石英砂岩、长石砂岩,岩石倾向南南东—南;盆地中部巨厚层白垩系下统九店组凝灰岩为

喷发沉积(图1)。

普查区内断裂构造较发育,该区经历了多期次、不同方向的构造应力作用,形成了复杂的构造形迹.区内共发现规模不等的断裂9条.按其展布方向分为北西向、北东向、北西西向3组.其中,北西向断裂F4为三门峡-鲁山大断裂,其次级平行断裂F5是矿区内重晶石矿的主要含矿断裂,北东向断裂F7、F9为区内主要钨锰矿的含矿断裂.

2.4 围岩蚀变

矿区内变质作用较弱,主要包括动力变质作用以及岩浆后期热液作用所造成的围岩蚀变.钨锰矿矿体顶部为九店组晶屑凝灰岩,底板岩石为北大尖组石英砂岩,矿体与围岩呈渐变过渡关系.围岩蚀变类型较复杂,钨锰矿主要蚀变类型为硅化,金属矿化为硬锰矿化,后期在表生作用下形成褐铁矿化、高岭土化等.钨锰矿主要蚀变矿化特征如下.

(1)硅化:主要发生在F7含钨锰多金属矿断裂构造的底板围岩,蚀变带宽4~10m,与钨锰矿关系不大,由构造底板向构造带中心位置,硅化蚀变逐渐增强,主要方式是沿裂隙呈网脉状充填、胶结碎裂石英砂岩.

(2)高岭土化:主要发生在F7含矿断裂构造带内及F7断裂顶板围岩,蚀变范围较大,为后期表生作用下岩石发生的蚀变特征,时间晚于成矿期.

(3)硬锰矿化:为F7含矿构造主要矿化特征,硬锰矿多呈团块状、脉状胶结构造角砾及碎裂岩块.硬锰矿呈脉状、网脉状沿裂隙充填或成集合体分布.在石英砂岩中硬锰矿呈皮壳状,包裹石英砂岩.

3 矿床地质特征

3.1 矿体特征

经过普查工作,共发现含钨锰多金属矿断裂构造2条(F7、F9),根据现行工业指标,初步圈定工业矿体3条,分别为F7-I、F7-II、F9-I.

(1)F7-I 钨锰铅矿体

走向长度达580m,倾向延深403m,矿体规模为中小型.矿体形态多为不规则板状或脉状(图2),局部有分支、复合,形态复杂程度属复杂型.矿体倾向330~335°,倾角80~85°,厚度0.59~6.03m,平均厚度1.67m,厚度变化系数为63%,属较稳定型.钨品位0.064%~0.78%,平均品位0.169%,钨品位变化系数69%,属较

均匀型;锰品位10.33%~23.33%,平均品位17.17%,锰品位变化系数81%,属较均匀型;铅品位一般0.30%~2.0%,最高品位7.85%,平均品位1.52%,铅品位变化系数为132%,属较均匀型;另外,TFE含量平均11.15%,达到伴生组分要求.

(2)F7-II 钨锰铅矿体

走向长度达234m,推测斜长58m.矿体形态为脉状,矿体倾向340°,倾角83°左右,平均厚度1.09m,厚度变化系数86%,属较稳定型.钨品位0.089%~

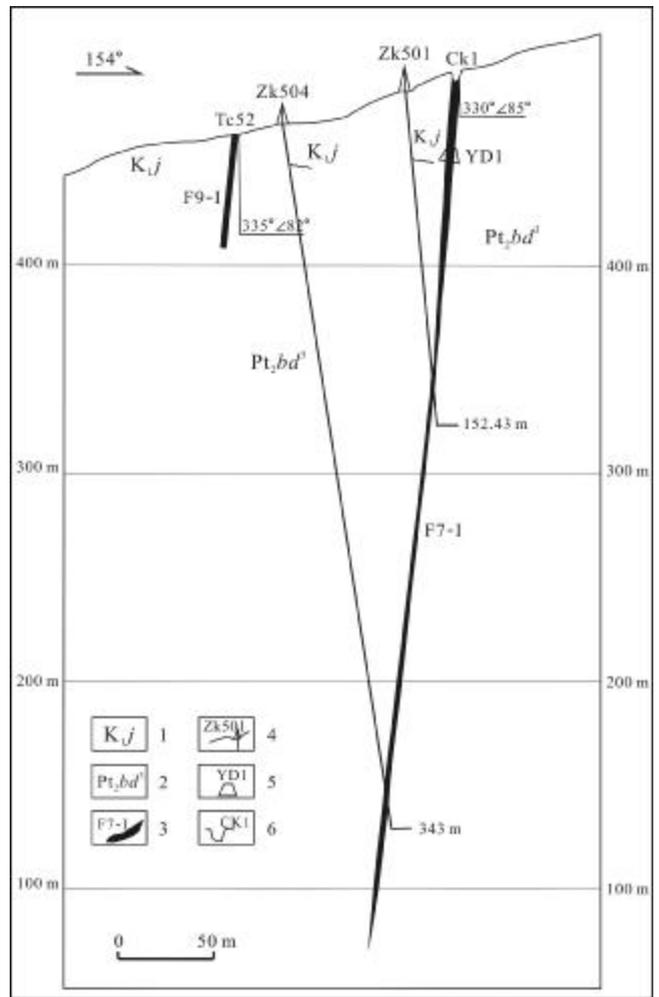


图2 喂母寺钨锰多金属矿区第5勘探线剖面图

Fig. 2 Profile of Weimusi W-Mn polymetallic orefield along No.5 exploratory line

1—九店组晶屑凝灰岩(crystal tuff of Jiudian fm.); 2—北大尖组长石英砂岩(feldspathic quartz sandstone of Beidajian fm.); 3—钨锰矿体及编号(W-Mn orebody and number); 4—钻孔位置及编号(borehole and number); 5—探矿坑道及编号(exploration tunnel and number); 6—采坑位置及编号(mining pit and number)

0.12%,平均品位0.10%,品位变化系数93%,属较均匀型;锰品位11.26%~21.83%,平均品位15.67%,锰品位变化系数85%,属较均匀型;铅品位一般0.49~0.54%,平均品位0.52%,铅品位变化系数为106%,属较均匀型。TFe含量平均10.62%,达到伴生组分要求。

(3) F9-I 钨锰铅矿体

赋存在F9断裂构造带,深部未控制,矿体走向长度达133 m,矿体斜长40 m,形态呈不规则板状(图2),平均厚度0.96 m。钨平均品位0.483%,铅平均品位0.81%,锰平均品位16.72%,TFe含量平均4.82%,TFe含量未达到伴生组分要求。

3.2 矿石质量

(1) 矿石结构、构造

钨锰矿矿石结构主要为碎裂结构、半自形—他形晶粒结构。构造类型主要有角砾状构造、网脉状构造(图3)。

角砾状构造为钨锰多金属矿的主要类型(图3a),分布在F7断裂构造带的晶屑凝灰岩中,岩石呈角砾状,角砾成分为晶屑凝灰岩,胶结物为灰黑色钨锰矿及铁质。该类矿石品位较高,样品钨、锰、铅均可达工业品位。网脉状构造矿石(图3b)亦出现在晶屑凝灰岩中,灰黑色钨锰矿沿构造裂隙充填,此类矿石钨锰矿品位中等,多数样品钨锰矿在边界或者工业品位以上。碎裂结构矿石主要分布在F7断裂构造两端的北大尖组石英砂岩中,主要表现为金属矿物、非金属矿物受应力作用后呈碎裂状,重者呈碎斑、碎粒状,这些碎裂的

裂隙和空洞往往是金属矿物充填最好场所。在碎裂裂隙中可见灰黑色钨锰矿细脉呈网脉状充填。该类结构矿石品位较低,钨铅钨矿多数达不到工业品位,个别样品在边界品位以上。

(2) 矿石物质成分

钨锰矿矿石矿物主要为软锰矿,次为黑钨矿、白钨矿、褐铁矿、白铅矿、方铅矿、铅矾。脉石矿物主要为石英、高岭石。本次工作没有见到单独的钨、铅矿石,根据物相分析,钨、铅矿物和软锰矿共生,颗粒微细。矿物组合特征为软锰矿—黑钨矿—褐铁矿—方铅矿—石英组合。

物相分析钨锰矿矿石样品9个,矿石中钨矿成分黑钨矿含量占55%,白钨矿占44%,钨华含量小于1%。铅矿物化学成分白铅矿49%,方铅矿29%,铅矾占22%。主要矿体中钨锰铅品位变化特征见表1。根据工程样品分析结果统计,钨锰铅三者品位变化基本为正相关,尤其是钨锰两种元素含量均呈正相关关系。

(3) 矿石类型

钨锰矿矿石可分为钨—钨—铅矿石、钨—钨矿石及钨矿石3种矿石类型。

4 矿床成因探讨

嵩县喂母寺钨锰多金属矿体赋存在火山断陷盆地边缘的北东向断裂蚀变带中,成矿受白垩纪火山岩、火山断陷盆地及其内部或边缘的断裂破碎蚀变带共同控制。容矿断裂蚀变带的原岩为白垩系下统九店组晶屑



图3 喂母寺钨锰多金属矿区钨锰矿石类型

Fig. 3 Ore structures of Weimusi W-Mn polymetallic orefield
a—角砾状构造(brecciated structure); b—网脉状构造(net vein structure)

表1 矿床钨锰铅分析结果表

Table 1 Variation characteristics of grades of W, Mn and Pb in main orebodies

工程号	TC40	CK1	CK2	YD1	Ym1 东 2	Ym1 西 1	Ym1 西 2	PD2	Ym1-1	Ym1-2
锰品位/%	12.8	14.6	17.6	15.3	18.5	21.3	19.6	14.9	17.3	23.33
钨品位/%	0.064	0.12	0.225	0.18	0.295	0.427	0.366	0.167	0.22	0.633
铅品位/%	0.18	0.3	1.14	1.22	0.83	3.64	0.53	1.21	0.99	6.29

凝灰岩以及中元古界汝阳群北大尖组的石英砂岩、晶屑凝灰岩以及石英砂岩等富钙、高硅铝质岩石有利于热液交代成矿^[2]。矿区富矿地段均集中在九店组晶屑凝灰岩中，而汝阳群北大尖组石英砂岩中形成的断裂蚀变带含矿性明显变差，说明凝灰岩对成矿的富集作用强于石英砂岩。

三门峡-鲁山大断裂(F4)为区域性大断裂，亦为矿区的主导矿构造，为火山岩浆的喷发以及后期热液向上运移提供通道。该断裂带呈北西方向从矿区中部经过，形成北西向展布的断陷盆地，盆地中部为巨厚层白垩纪火山碎屑岩喷发沉积，整个断陷盆地的分布范围控制了早白垩纪火山碎屑岩的喷发和展布。而断陷盆地边缘的北东向断裂构造 F7 为主容矿断裂构造，在九店组火山碎屑岩与北大尖组石英砂岩的接触带部位，形成了构造薄弱面，F7 断裂蚀变带在火山碎屑岩与围岩地层的接触带上钨锰铅含矿性明显优于其他部位，整个 F7 断裂蚀变带严格控制着钨锰多金属矿体的形成。而主容矿构造 F7 的多阶段、多期次的活动，暗示了成矿的多阶段、多期次性。另外，白垩纪火山岩浆与成矿关系密切，火山岩浆本身富含 W、Mn、Fe、Pb 等元素，不仅提供成矿物质来源，还为成矿元素的迁移活化、富集成矿提供热源。后期热液沿着北西向主导矿构造上侵，到北东向容矿构造带内沿着构造裂隙以及构造薄弱面充填交代成矿，因此，该矿床的成因应属岩浆期后热液型钨锰多金属矿。

5 找矿标志

(1)构造标志:北西向三门峡-鲁山区域大断裂是主要的导矿构造，形成的火山断陷盆地控制着白垩纪火山碎屑岩的展布范围，断陷盆地内部及边缘北东向断裂构造是主要的容矿构造，控制着矿体的产出规模及形态。

(2)地层标志:白垩系下统九店组火山碎屑岩为主要的赋矿层位，尤其是其与汝阳群北大尖组石英砂岩的接触带是成矿有利部位。

(3)土壤地貌标志:含锰铁岩系在地表风化后常形成红土、黄棕土或黑褐土。凡是普遍含有像绿豆、黄豆般大小的浑圆状锰粒的红土，或含有锰矿碎屑的黑褐土，深部是寻找钨锰多金属矿的重要标志。

(4)矿化标志:该区北东向断裂构造带内呈黑色、褐红色的锰矿氧化矿露头或者断裂构造带内见到硬锰矿化、褐铁矿化，是寻找钨锰多金属矿的直接标志。

参考文献(References):

- [1]河南省地质矿产局. 中华人民共和国地质矿产部地质专报(一), 第 17 号:河南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1989: 92-93. Henan Bureau of Geo-exploration & Mineral Development. Regional geology of Henan Province[M]. Beijing: Geology Press, 1989: 92-93. (in Chinese)
- [2]许泰, 高海东, 李元志, 等. 中国钨矿床成矿特征探讨[J]. 中国钨业, 2012, 27(3): 1-5. Xu T, Gao H D, Li Y Z, et al. On the metallogenic characteristics of China's tungsten deposits [J]. China Tungsten Industry, 2012, 27 (3): 1-5.
- [3]石传军, 张帅, 范羽, 等. 蒙古国西部阿尔泰地区苍希格钨矿床地质特征及成因探讨[J]. 地质与资源, 2020, 29(3): 233-238, 245. Shi C J, Zhang S, Fan Y, et al. Geological characteristics and genesis of the Tsunkheg tungsten deposit in Altay area of western Mongolia[J]. Geology and Resources, 2020, 29(3): 233-238, 245.
- [4]王佳新, 张雪旎, 张赋. 内蒙古化德县沙拉哈达石英脉型钨矿床成矿地质特征[J]. 地质与资源, 2014, 23(2): 154-157. Wang J X, Zhang X N, Zhang F. Metallogenic geology of the Shalahada quartz-vein type wolfram deposit in Inner Mongolia [J]. Geology and Resources, 2014, 23(2): 154-157.
- [5]蔡运花, 蔡永丰. 赣南淘锡坑花岗岩地球化学特征及其对钨成矿作用的意义[J]. 地质与资源, 2016, 25(3): 275-280. Cai Y H, Cai Y F. Geochemical characteristics and mineralization significance of the Taosikeng granite in southern Jiangxi Province,

- China[J]. *Geology and Resources*, 2016, 25(3): 275–280.
- [6]张毅星, 刘传权, 杨瑞西, 等. 河南栾川冷水地区钨钼铅锌矿田成矿系列及找矿方向[J]. *华南地质与矿产*, 2006(4): 26–32.
- Zhang Y X, Liu C Q, Yang R X, et al. Ore-forming series of molybdenum-tungsten-lead-zinc polymetallic mine field: Guides to discover deposits in the Lengshui area, Henan Province[J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2006(4): 26–32.
- [7]徐繁昌, 李葆华, 李表鹏, 等. 赣南钨矿类型划分及其成矿流体特征[J]. *地质与资源*, 2016, 25(4): 339–344.
- Xu F C, Li B H, Li B P, et al. Classification and metallogenic fluid characteristics of the tungsten deposits in southern Jiangxi Province [J]. *Geology and Resources*, 2016, 25(4): 339–344.
- [8]盛继福, 陈郑辉, 刘丽君, 等. 中国钨矿成矿规律概要[J]. *地质学报*, 2015, 89(6): 1038–1050.
- Sheng J F, Chen Z H, Liu L J, et al. Outline of metallogeny of tungsten deposits in China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2015, 89(6): 1038–1050.
- [9]彭素霞, 李永, 陈隽璐, 等. 阿尔泰成矿带首次发现中型白钨矿床 [J]. *中国地质*, 2018, 45(5): 1080–1081.
- Peng S X, Li Y, Chen J L, et al. The first discovery of medium-sized Scheelite deposit in the Altay Region of Xinjiang [J]. *Geology in China*, 2018, 45(5): 1080–1081.
- [10]余沛然. 湖南花垣民乐钨矿床主要地质特征及其找矿前景[J]. *中国钨业*, 2008, 26(4): 9–13.
- Yu P R. Geologic characters & prospect in Huayuan Mingle Mn-ore deposit of Hunan[J]. *China's Manganese Industry*, 2008, 26(4): 9–13.
- [11]张飞飞, 彭乾云, 朱祥坤, 等. 湖北古城锰矿 Fe 同位素特征及其古环境意义[J]. *地质学报*, 2013, 87(9): 1411–1418.
- Zhang F F, Peng Q Y, Zhu X K, et al. Fe isotope characteristics of the Gucheng manganese ore deposits in Hubei Province and its geological implication [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2013, 87(9): 1411–1418.
- [12]陈多福, 陈先沛. 贵州省松桃热水沉积锰矿的地质地球化学特征 [J]. *沉积学报*, 1992, 10(4): 35–43.
- Chen D F, Chen X P. Geological and geochemical characteristics of Songtao hydrothermal sedimentary manganese deposits, Guizhou [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1992, 10(4): 35–43.
- [13]杨瑞东, 欧阳自远, 朱立军, 等. 早震旦世大塘坡期钨矿成因新认识[J]. *矿物学报*, 2002, 22(4): 329–334.
- Yang R D, Ouyang Z Y, Zhu L J, et al. A new understanding of manganese carbonate deposits in Early Sinian Datangpo stage [J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2002, 22(4): 329–334.
- [14]胡建飞, 迟广成, 汪寅夫, 等. 辽宁省锰元素分布规律及锰矿床潜力评价[J]. *地质与资源*, 2014, 23(4): 352–356.
- Hu J F, Chi G C, Wang Y F, et al. Distribution law of manganese and potential evaluation of manganese deposits in Liaoning Province [J]. *Geology and Resources*, 2014, 23(4): 352–356.
- [15]李东风. 辽宁铁岭茨榆台锰矿地质特征及找矿远景分析[J]. *地质与资源*, 2013, 22(2): 101–104.
- Li D F. Geological characteristics and prospecting analysis of the Ciyutai manganese deposit in Liaoning Province [J]. *Geology and Resources*, 2013, 22(2): 101–104.
- [16]杨钟堂, 李智明, 乔耿彪, 等. 陕西省勉县后沟锰矿成矿特征、成矿模式及找矿标志[J]. *地质与勘探*, 2008, 44(2): 38–44.
- Yang Z T, Li Z M, Qiao G B, et al. Geologic characteristic, model and prospecting indications of Hougou manganese deposit in the Mianxian, Shaanxi Province [J]. *Geology and Prospecting*, 2008, 44(2): 38–44.
- [17]向君峰, 毛景文, 裴荣富, 等. 南泥湖-三道庄钨(钼)矿的成岩成矿年龄新数据及其地质意义[J]. *中国地质*, 2012, 39(2): 458–473.
- Xiang J F, Mao J W, Pei R F, et al. New geochronological data of granites and ores from the Nannihu-Sandaozhuang Mo (W) deposit [J]. *Geology in China*, 2012, 39(2): 458–473.
- [18]包志伟, 曾乔松, 赵太平, 等. 东秦岭钨矿带南泥湖-上房沟花岗岩斑岩成因及其对钨成矿作用的制约[J]. *岩石学报*, 2009, 25(10): 2523–2536.
- Bao Z W, Zeng Q S, Zhao T P, et al. Geochemistry and petrogenesis of the ore-related Nannihu and Shangfanggou granite porphyries from east Qinling belt and their constraints on the molybdenum mineralization [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2009, 25(10): 2523–2536.
- [19]石英霞, 李诺, 杨艳. 河南省栾川县三道庄钨钼矿床地质和流体包裹体研究[J]. *岩石学报*, 2009, 25(10): 2575–2587.
- Shi Y X, Li N, Yang Y. Ore geology and fluid inclusion geochemistry of the Sandaozhuang Mo-W deposit in Luanchuan County, Henan Province [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2009, 25(10): 2575–2587.
- [20]刘文建, 汪佩佩, 张凯, 等. 秦岭造山带南秦岭地区发现石英脉型黑钨矿点[J]. *中国地质*, 2020, 47(2): 546–547.
- Liu W J, Wang P P, Zhang K, et al. New discovery of quartz vein-type of wolframite ore occurrences in southern Qinling, Qinling orogenic belt [J]. *Geology in China*, 2020, 47(2): 546–547.
- [21]申开洪, 张保平, 豆敬磊. 河南省叶县马顶山钨钼矿区地质特征及找矿远景[J]. *现代矿业*, 2018(10): 51–54.
- Shen K H, Zhang B P, Dou J L. Geological characteristics prospecting perspective of Madingshan W-Mn mining area in Yexian County, Henan Province [J]. *Modern Mining*, 2018(10): 51–54.
- [22]罗兴章, 闵茂中, 李贤国, 等. 一个罕见的铀钨矿物组合[J]. *矿物学报*, 2001, 21(2): 129–132.
- Luo X Z, Min M Z, Li X G, et al. A rare U-W mineral assemblage [J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2001, 21(2): 129–132.