维普资讯 http://www.cqvip.com

第40卷 第5期
2004年9月

地质与勘探
GEOLOGY AND PROSPECTING

Vol. 40 No. 5
September, 2004

豫西公峪金矿床特征及成矿机制探讨

张侍威
(河南省有色金属地质矿产局,郑州 450052)

[摘 要]文章介绍了公峪构造蚀变岩型金矿床地质地球化学特征,依据稳定同位素资料,推断该矿床成矿流体来自于深源及大气降水,流体的混合作用导致了公峪金矿床矿石矿物的沉淀。

[关键词]地质特征 成矿流体 硫氢氧同位素 金矿床 公峪
[中图分类号]P618.51 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2004)05-0012-04

公峪金矿区位于河南省嵩县祁雨沟金矿田内,南邻祁雨沟金矿床。已有众多学者对区内角砾岩型金矿进行了详细研究[1~4],但对构造蚀变岩型金矿研究则涉足较少。因此,系统研究蚀变岩型金矿矿床特征、成因,对丰富该类金矿的成矿理论,从整体上认识祁雨沟金矿田的成矿规律,指导该区金矿勘查,扩大区内金矿找矿远景,具有重要的理论和实际意义。本文介绍了公峪金矿床地质特征,结合硫氢氧同位素等地球化学资料[5~6],着重探讨蚀变岩型金矿的成矿机制。

1 成矿地质背景

公峪金矿区位于熊耳山变质核杂岩的南东边缘(图1)。熊耳山地处华北克拉通与秦岭褶皱系衔接部位北侧的华北克拉通南缘活动带,原曾属华北克拉通的组成部分,但在秦岭晚古生代—中生代初期板块碰撞造山之后,于中新生代陆内造山作用过程中加入秦岭活动带,成为秦岭造山带现今的北缘组成部分[7~8]。侏罗纪末-白垩纪初,本区构造体制发生转换,主应力场由南北向转为近东西向,形成本区北东向构造系统,沿着秦岭造山带北缘发生了大规模的拆离滑脱、逆冲推覆以及块断、平移构造运动,并伴有强烈的以酸性岩浆为主的岩浆活动,最早的酸性岩为燕山早中期呈北西向斜贯的五丈山正长花岗岩体,之后,又有蒿坪、花山、合峪等花岗岩基形成,伴随着上述大型花岗岩体侵入,尚有一系列来源深、侵位高的浅成—超浅成相小型花岗斑岩,以及与其有成因联系的隐爆角砾岩体等侵位,在区内主要呈北西向的构造岩浆带产出,并奠定了本区金多金属矿化的基础[9~10]。区域地层分上中下3个构造

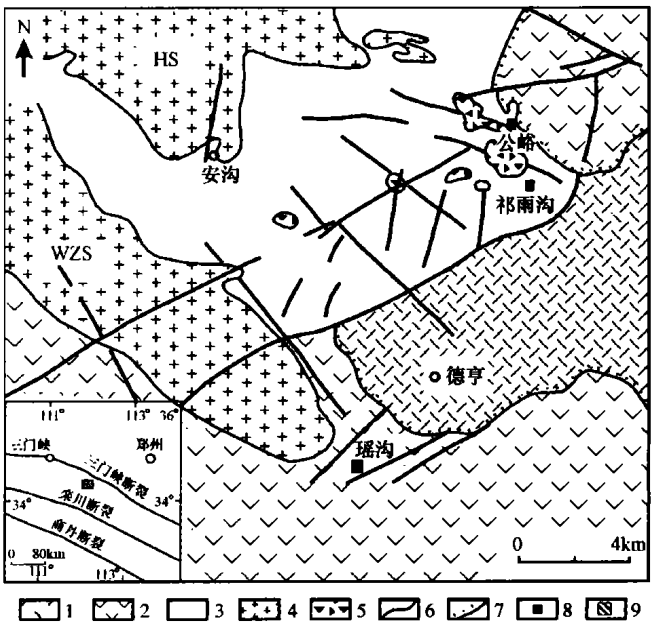

图1 熊耳山东南部地质略图

1—第三系砂、砾岩;2-中元古界熊耳群安山岩;3—太古界太华群片麻岩;4—花岗岩;5—角砾岩体;6—地质界线;7—不整合面;8—金矿床;9—研究区;HS—花山岩体;WZS-五丈山岩体

层。下部为太古宙太华群变质岩系,构成了本区地壳的结晶基底;中部为中元古代熊耳群火山岩及官道口群沉积岩系;上部则为不整合堆积于太华群、熊耳群之上的新生界洪积—冲积相与河湖相碎屑沉积物。

矿区内出露地层主要为太华群片麻岩系基底和熊耳群安山岩系,二者以拆离断层接触[10]。岩浆活动具有长期性、多次性,以燕山期花岗岩浆活动最为强烈。区内断裂构造发育,北西向断裂早于北东向、北北东断裂,前者经复杂改造,成为本区导矿控岩构造,多被辉绿岩、安山玢岩及部分中酸性岩脉充填。北东向、北北东向断裂为区内主要容矿断裂。

[收稿日期]2004-03-12;[修订日期]2004-04-29;[责任编辑]曲丽莉。
[第一作者简介]张侍威(1963年-),男,1984年毕业于中南大学,获学士学位,高级工程师,现主要从事地质找矿科研及地质技术管理工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

2　矿床地质特征

区内目前已发现具有一定规模和矿化强度的北东向断裂破碎带20余条[11],空间密集成带,常平行排列,间距一般100m左右。断裂带长度一般大于1000m,最长3600m,宽多为1m左右,最厚可达5m以上(表1)。

表1　公峪金矿区控矿断裂规模及矿体规模关系表①

编号	断裂规模/m		矿体规模/m		金品位
	长度	宽度	长度	宽度	/×10⁻⁶
F2110	1060	0.5~2.50	357	0.74	9.24
F2119	1074	1.10	166	1.22	8.44
F2120	1936	0.87~1.20	480	1.28	12.42
F2146	600	0.8~2.20	155	0.90	7.36
F4115	1800	0.50~1.00	697	0.59	9.44
F4116	1500	0.9~2.80	298	1.35	6.16
F4118	2520	1.00~2.00	544	1.14	7.45
F4121	3100	1.00~3.00	860	0.84	6.15
F4107	3200	1.00~3.00	1645	1.03	7.16
F4109	3100	0.50~2.00	917	0.86	4.33

公峪蚀变岩型金矿体形态、产状受控于构造破碎带,矿体产状大致与赋矿构造破碎带一致,走向35°~78°,一般40°~55°,倾向北西,倾角55°~87°,多为60°~70°。矿体形态大多呈透镜状或脉状。单个矿体长度一般300~800m(表1),最长1645m,水平厚0.59~1.30m;矿体厚度变化系数多在27%~39%之间,个别为50%。矿石中发现各类矿物22种[12],其中金属矿物主要为黄铁矿,少量黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿。脉石矿物以石英为主,其次为绿泥石、方解石、绢云母。矿石结构主要有半自形-它形粒状结构、碎裂结构、充填交代结构等。矿石构造为致密块状构造、浸染状构造、条带状构造,角砾状构造等。

金主要以自然金的形式存在,多赋存于黄铁矿裂隙、孔隙中,少量赋存于黄铁矿与石英或黄铁矿与黄铜矿颗粒之间,或包裹于黄铁矿中。自然金呈它形粒状、不规则状,个别呈长条状和枝杈状,粒径多为0.01~0.06mm,少量0.1~0.24mm①。

破碎带内蚀变以硅化、绢云母化、黄铁矿化、钾长石化、绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化为主,局部发育高岭土化。断裂破碎带的围岩蚀变较弱,主要表现为绿帘石化和绿泥石化。围岩蚀变严格受破碎带控制,一般发育在带内,向两侧蚀变急剧减弱,在围岩裂隙发育处,可形成较宽的强蚀变岩带。

热液成矿作用大致可分为3期;早期为乳白色石英,无金矿化出现。中期又可分为石英—黄铁矿阶段及石英—硫化物阶段,是金矿化的主要成矿期;晚期为石英—碳酸盐阶段,金属硫化物少见,成矿意义不大。

采用$^{40}Ar-^{39}Ar$法测定矿体中含金石英的年龄,结果表明主成矿阶段石英的平均年龄为(122.61±0.61)Ma,等时线年龄为(122.87±0.95)Ma[6]。

3　同位素地球化学特征

区内成矿期石英的氢、氧同位素组成(表2)表明:δD值介于-70‰~-86‰之间;$\delta^{18}O_{石英}$值介于9.2‰~11.5‰,与石英平衡的热液水的$\delta^{18}O$介于-3.7‰~+2.8‰之间。

表2　公峪金矿区石英流体包裹体氢氧同位素组成

序号	成矿期次	均一温度 ℃	$\delta^{18}O_{V-SMOW}$ ‰	δD_{V-SMOW} ‰	$\delta^{18}O_{H2O}$ ‰
1	早期	312	12.7	-79	6.2
2	中期	265	11.1	-75	2.8
3	中期	219	11.5	-77	0.9
4	中期	178	9.5	-84	-3.7
5	中期	178	11.0	-86	-2.2
6	中期	241	9.2	-70	-0.2

注:1~2据文献[6];3~6据文献[5]。

矿体中黄铁矿的$\delta^{34}S$为-1.1~2.2‰,极差为3.3‰,平均为0.72‰;方铅矿样品的$\delta^{34}S$为-1.7‰~-0.9‰,平均为-1.27‰(表3);黄铁矿的$\delta^{34}S$值大于方铅矿的$\delta^{34}S$值,表明矿石中的硫同位素分馏基本上达到平衡。

表3　公峪金矿床硫同位素组成

样号	测定矿物	$\delta^{34}S_{V-CDT}$/‰	样号	测定矿物	$\delta^{34}S_{V-CDT}$/‰
$F_{118}-1$	黄铁矿	1.6	$F_{118}-6$	方铅矿	-1.2
$F_{118}-2$	黄铁矿	1.1	$F_{130}-1$	黄铁矿	0.7
$F_{118}-3$	黄铁矿	1.3	$F_{120}-1$	黄铁矿	-0.7
$F_{118}-4$	黄铁矿	2.2	$F_{120}-2$	黄铁矿	0.5
$F_{118}-5$	黄铁矿	1.9	$F_{120}-3$	黄铁矿	-1.1
$F_{118}-6$	黄铁矿	1.6	$F_{120}-4$	黄铁矿	-0.5
$F_{118}-1$	方铅矿	-0.9	$F_{120}-5$	黄铁矿	-0.1
$F_{118}-2$	方铅矿	-1.7	$F_{120}-6$	黄铁矿	0.8

注:据文献[5]。

4　成矿机制探讨

4.1　成矿流体来源

据表2,主成矿期石英矿物的$\delta^{18}O$值介于9.2‰~11.5‰之间,与石英平衡的热液水的$\delta^{18}O$为-3.7‰~+2.8‰,样品的$\delta^{18}O_{水}$<4‰,应来自大气降水。样品的δD集中分布于-70‰~-86‰

① 张录星,等.河南省嵩县公峪金矿区地质勘查报告.1998.

维普资讯 http://www.cqvip.com

频段内，与本区中生代雨水[14]和现代雨水[15]的组成相近，表明成矿流体受大气降水 D 的影响。投影点大多落在成矿流体 $\delta D \sim \delta^{18}O$ 关系图（图 2）中的变质水、岩浆水左下侧和大气降水之间的范围，显示成矿流体既不是典型的岩浆水，也不是典型的变质水。一般认为这是由于岩浆水或变质水与大气水的混合造成了这种氢、氧同位素组成向大气水线的

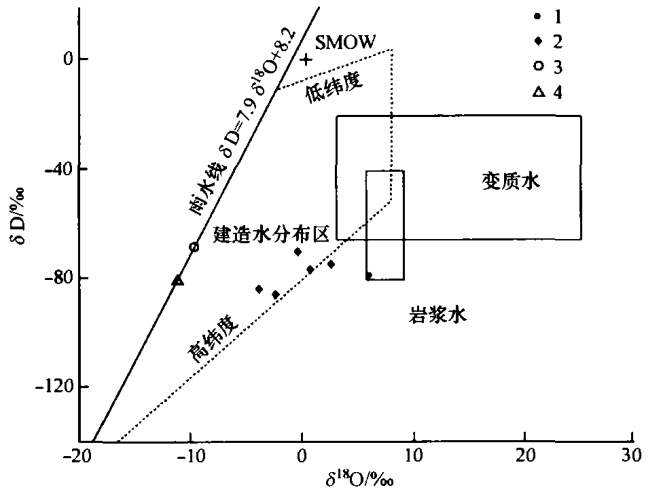

图 2 公峪金矿床成矿流体 $\delta D \sim \delta^{18}O_{H_2O}$ 图解

底图引自文献[13]，岩浆水的范围引自文献[23]，雨水线引自文献[24]，现代大气降水数据引自文献[15]，中生代大气降水数据引自文献[14]。1—成矿Ⅰ期；2—成矿Ⅱ期；3—现代大气降水；4—中生代大气降水

“漂移”，而且混入的大气水愈多，“漂移”愈强烈[14]。这种流体也可能是古老基底岩石经深熔作用产生的岩浆水，在其上升到地壳浅部的成矿阶段加入了大量的大气水。从图 2 还可看出，随着成矿作用的进行，从早期到晚期，成矿温度逐渐降低，氢、氧同位素也逐渐向大气雨水线靠近，表明成矿期早阶段以混合水为主，之后则有大量大气水的加入，造成了深源流体不断稀释，温度也随之降低，致使流体中的金大量沉淀。因此，氢、氧同位素组成综合反映了深源水与大气降水的混合作用。公峪金矿床的硫化物以黄铁矿为主，伴有磁黄铁矿等，表明成矿流体是还原性，因此，硫化矿石矿物的 $\delta^{34}S$ 值可近似代表成矿流体中全硫（$\sum S$）的 $\delta^{34}S$。如表 3 所示，$\delta^{34}S$ 值变化于 -1.7‰ ~ 2.2‰之间，平均为 0.34‰，变化范围不大，与陨石硫接近，反映主要以深源岩浆硫为特征。但在硫同位素分布直方图上（图 3），出现不甚明显的双峰值，分别为 -1.2‰ ~ -0.7‰和 +1.2‰ ~ +1.7‰，表明成矿期略有微小差异，可能由于成矿后期有围岩或大气降水中的硫加入成矿流体所致。

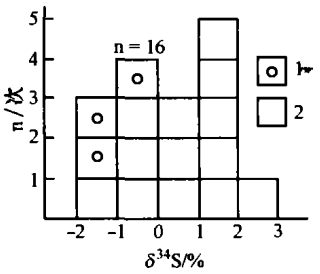

图 3 公峪金矿床硫同位素组成直方图

1—方铅矿；2—黄铁矿

综上所述，公峪金矿的成矿流体主要有两个来源，成矿期早阶段以深源水为主，晚阶段有大量大气降水混入，大气水的混合、稀释产生的冷却效应和流体上升后压力的降低，导致了公峪金矿床矿石矿物在断裂的有利部位沉淀。

4.2 成矿机制探讨

在祁雨沟金矿田，发育隐爆角砾岩型和蚀变破碎带型两种类型的金矿化，尽管它们的产出形式不同，但矿石物质组成大致相同；同位素组成近似，均具有深源硫及 3 期矿化特征；空间展布上，两种类型金矿均位于花山花岗岩基南东 5 ~ 7km 范围内，蚀变破碎带型金矿产于隐爆角砾岩体附近 0.1 ~ 1km 的北东向蚀变破碎带中，距拆离断层带更近；两种类型金矿与花山岩体大致同时形成，隐爆角砾岩型金矿的形成时间为（125.11 ±1.59）Ma[4]，蚀变破碎带型金矿的形成时间为（122.87 ±0.95）Ma[6]，花山花岗岩体的形成时间为 127Ma[10]，因此，它们均与燕山晚期花山花岗岩浆热液活动有关，应为同源、同期、不同构造空间构成的同一成矿系统的演化产物。

自加里东运动开始，直到三叠纪早期，华北克拉通一直处于稳定发展阶段，同位素测年及其他资料表明：扬子克拉通与华北克拉通在（238 ~ 218）Ma 之间实现碰撞对接[16~17]，之后开始碰撞造山作用，在挤压体制下，引发本区地壳压缩增厚和地温梯度上升，导致了深部地壳太华群地层富硅、铝、钾、钠物质大量熔融，与俯冲楔所带进来的少量幔汁一起形成花岗岩浆，在此过程中，Au^0 氧化为 Au^+，从岩石中溶出硫化物和 Au^+ 络合，深源物质侵位于早期挤压体制下形成的花岗片麻岩穹窿，从而发生成矿组分的预富集作用。

碰撞造山作用结束于侏罗纪，约（145 ~ 135）Ma，受特提斯构造域和太平洋构造域构造动力的此弱彼强的影响，整个中国大陆中东部的区域构造体制发生转换，从印支期以近东西向构造为主，北北东—近南北向构造为次进入以北北东—近南北

维普资讯 http://www.cqvip.com

向构造为主,近东西向构造为次的构造—动力体制大转换的时期[18]。包括东秦岭在内的华北克拉通南缘转入东西向伸展构造环境。综合研究还揭示燕山期秦岭岩石圈不同程度减薄,发生区域性的岩石圈拆沉作用,大规模岩石圈拆沉作用或岩石圈去根作用[19],导致岩石圈大减薄和软流圈物质上涌,形成变质核杂岩区的高热流环境,促使下地壳岩石的混合岩化和重熔,且使以壳源为主体的中酸性岩浆活动在变质核杂岩的中心部位发育,为成矿元素的运移提供了热能[20]。基于下部地壳深处以韧性变形为主,形成网络状韧性剪切带,使基底岩系或侵入其中的基性岩糜棱岩化,并提供一部分变质热液。它与岩浆来源的热流,共同形成还原环境下的热液循环系统。在伸展背景下,由上部高角度正断层系、脆性破裂系和深部韧性剪切变形为主带组成的拆离断层带是一典型连通上下地壳的构造薄弱带,为深部岩浆热流和地下水的对流循环提供了通道,异常的地热梯度为流体循环提供热能[21]。当携带大量成矿物质的地幔临界—超临界流体向上运移时,也必然与围岩发生强烈的物质与能量的交换,并促使矿源岩中的成矿物质大量活化析出,形成壳源热流体,并在进一步的富集过程中沿导矿构造上升,当进入到浅部的构造薄弱带侵位时,由于温度压力等其他物理化学条件的改变,成矿流体发生沸腾,并与浅部古大气水混合[22],导致大量的成矿元素沉淀而形成了本区大型金矿床。

[参考文献]

[1] 邵克忠,王宝德,吴新国,等. 祁雨沟地区爆发角砾岩型金矿成矿地质条件及找矿方向研究[J]. 河北地质学院学报, 1992,15(2):105~194.

[2] 陈衍景,富士谷. 豫西金矿成矿规律[M]. 北京:地震出版社, 1992.

[3] Jingwen Mao, Richard J. Goldfarb, Zhengwei Zhang, etal. Gold deposits in the Xiaoqinling - Xiongershan region, Qinling mountains, central China[J]. Mineralium Deposita, 2002,37:306~325.

[4] 王义天,毛景文,卢欣祥. 嵩县祁雨沟金矿成矿时代的 Ar40/Ar39 年代学证据[J]. 地质论评, 2001,47(5):551~555.

[5] 李永峰, 毛景文, 郭保健,等. 豫西公峪金矿床地质地球化学特征及成因探讨[J]. 矿床地质, 2004,23(1): 61~66.

[6] 李莉,齐金中. 河南公峪石英脉型金矿地质特征及其成因探讨[J]. 矿床地质,2002,21(增刊):625~628.

[7] 张国伟,孟庆任,刘少峰,等. 华北地块南部巨型陆内俯冲带与秦岭造山带岩石圈现今三维结构[J]. 高校地质学报, 1997,3(2):129~143..

[8] 王福贵. 熊耳山地区金矿成矿地球化学特征及其找矿方向[J]. 地质与勘探,1991,(8): 51~56.

[9] 张侍威,和志军. 北秦岭构造带(河南段)金、铜遥感地质综合找矿模式研究[J]. 地质与勘探,2003,(1):50~53.

[10] 王志光,崔亳,徐孟罗,等. 华北地块南缘地质构造演化与成矿[M]. 北京:冶金工业出版社, 1997. 1~296.

[11] 李永峰. 河南公峪金矿区断裂控矿作用分析[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999,8(6):517~521.

[12] 白风军. 嵩县小公峪金矿区构造蚀变岩型金矿的基本特征与找矿标志[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999,8(6):493~497.

[13] Rollinson H R. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation [M]. Singapore: Longman Singapore Publishers, 1993. 266~315.

[14] 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1985. 54~250.

[15] 罗铭玖,王亨治,庞传安. 河南金矿概论[M]. 北京:地震出版社,1992. 137-156 ,283~291.

[16] 李曙光,Hart S R,郑双根,等. 中国华北、华南陆块碰撞时代的 Sm-Nd 同位素年龄证据[J]. 中国科学(B 辑),1989,19(3):312~319.

[17] 和志军,张二法,郑镝,等. 豫西马超营断裂中段成矿元素地球化学特征及找矿方向[J]. 地质与勘探,2003,(6):29 ~32.

[18] 任纪舜. 论中国大陆岩石圈构造的基本特征[J]. 中国区域地质, 1991, 2:289~293.

[19] 邓晋福,赵海玲,莫宣学,等. 中国大陆根柱构造——大陆动力学的钥匙[M]. 北京:地质出版社. ,1996. 1~110.

[20] 滕吉文. 地球深部物质和能量交换的动力过程与矿产资源的形成[J]. 大地构造与成矿学, 2003,27(1):3~21.

[21] 翟裕生,邓军,丁式江,等. 关于成矿参数临界转换的探讨[J]. 矿床地质,2001,20(4):301-305.

[22] 范宏瑞,谢奕汉,郑学正,等. 河南祁雨沟热液角砾岩体型金矿床成矿流体研究[J]. 岩石学报, 2000,16(4):559~563.

[23] Taylor H P. The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition[J]. Economic Geology,1974. 843~883.

[24] 郑淑惠, 侯发高, 倪葆林. 我国大气降水的氢氧稳定同位素研究[J]. 科学通报,1983, 28(13):801~806.

GEOLOGICAL FEATURES AND ORE-FORMING MECHANISM OF ALTERED TECTONITE-TYPE GONGYU GOLD DEPOSIT, WESTERN HENAN PROVINCE

ZHANG Shi-wei

(*Henan Bureau of Geology and Mineral Resources for Nonferrous Metals, Zhengzhou* 450052)

Abstract: Geological and geochemical characteristics of the Gongyu gold deposit was introduced. Based on stable isotope data, it is concluded that the ore-forming fluids are derived from the deep-source fluid and the meteoric water. fluid Mixing resulted in the ore deposition in the Gongyu gold deposit.

Key words: geological characteristics, ore-forming fluid, stable isotope, Gongyu, gold deposit