

八卦庙超大型金矿床的铂族元素地球化学特征*

Geochemical characteristics of platinum group elements in the Baguamiao gold deposit, Shaanxi Province

王瑞廷¹, 韩俊民¹, 毛景文^{2,3}, 李建华¹, 汪东波⁴, 郭健⁵

(1 西北有色地质勘查局, 陕西 西安 710054; 2 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 3 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 4 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 5 西北有色地质研究院, 陕西 西安 710054)

WANG RuiTing¹, HAN JunMin¹, MAO JingWen^{2,3}, LI JianHua¹, WANG DongBo⁴ and GUO Jian⁵

(1 Northwest China Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2 Faculty of Geosciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 4 Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China; 5 Northwest China Institute of Geology for Nonferrous Metals, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

摘要 对八卦庙超大型金矿床岩石、矿石的铂族元素地球化学特征研究表明, 八卦庙金矿床铂族元素的富集和晚期深部岩浆热液有关, 与金的富集具有一定的正消长关系, 并指示了西坝岩体对成矿的作用。该区碰撞造山-造山后伸展-岩浆侵位-矿床形成是一个统一的连续过程, 在这一岩浆-构造-成矿过程中, 铂族元素得到一定富集。

关键词 铂族元素; 地球化学; 八卦庙; 超大型金矿床; 凤太矿田

八卦庙金矿床是中国发现的陆-陆碰撞造山带中的超大型金矿床(郑作平等, 1996; 毛景文等, 2002)。八卦庙金矿床位于秦岭造山带海西印支褶皱带凤太一级热水沉积盆地北半部的银母寺—八卦庙—八方山次级热水沉积成矿盆地中, 洞沟—王家楞复式背斜南翼的次级空棺—八卦庙复式倒转向斜中北部, 与双王金矿属同一成矿带。矿床受背斜翼部逆断层下盘NWW向脆-韧性剪切带(八卦庙—小梨园—王家楞)与NE向断裂密集带(八卦庙—沈家湾)交汇部位控制。矿区西起打柴沟, 东至黑头沟, 呈北西向带状展布, 东西长近1.5 km, 南北宽约0.5~0.8 km。目前已累计探明金储量106 t。该矿床现今由陕西四方金矿有限公司开采。前人对八卦庙金矿床成矿机理、控矿因素和矿床地质地球化学等进行了深入的研究工作(钟建华, 1997; 于学元等, 1996; 郑作平等, 1996; 王相等, 1996; 张恩等, 2001; 钱大益等, 2003; 冯建忠等, 2003, 2004; 王瑞廷, 2005), 在此基础上, 本文分析其铂族元素地球化学特征, 进一步探讨其成矿作用机制。

1 矿床地质背景

区内出露地层主要为上泥盆统星红铺组钙屑砂岩、粉砂岩、砂页岩和千枚岩等。含矿岩石主要为星红铺组下岩段斑点状铁白云石粉砂质千枚岩、条带状铁白云石粉砂质千枚岩和条带状钙质粉砂质千枚岩, 以及上述岩石的过渡类型。岩石中的载金矿物主要为钠长石-中长石系列、黑云母、铁云母、黄铁矿、磁黄铁矿等。

*本文得到战略性矿产资源重点勘查区找矿模型和有效技术方法研究(编号: 200310200001)的资助

第一作者简介 王瑞廷, 1969生, 博士后, 高级工程师, 主要从事金属矿产勘查研究和技术管理工作。

矿区已查明的3条纵向高角度叠瓦式逆冲断裂是矿床的导矿和控矿构造。矿区围岩蚀变普遍,主要有硅化、绢云母化、碳酸盐化,其次为绿泥石化、黄铁矿化、磁黄铁矿化、黑云母化、钠长石化、电气石化。矿区岩浆岩不发育,仅在54~67勘探线之间发育几条钠长细晶岩脉和闪长玢岩脉,且规模不大。根据矿化特征,将金矿床划分为破碎带蚀变岩型、含金石英脉型和含金铁白云石石英脉型等3种矿化类型,以含金石英脉型矿化最具工业意义。

矿石结构主要有半自形-他形粒状结构-黄铁矿、磁黄铁矿主要呈半自形-他形粒状嵌于脉石矿物中;自形-半自形粒状结构-硫化物以黄铁矿为主的矿石中粒状黄铁矿呈自形-半自形粒状(五角十二面体、八面体)嵌于脉石矿物中;他形粒状结构-黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等主要呈他形粒状嵌于脉石矿物中。其次为共边结构、包含结构和残余结构等。

矿石构造主要有浸染状构造-金属硫化物主要为磁黄铁矿和黄铁矿,呈浸染状分布于脉石矿物中;角砾状构造-早期形成的金品位较低的矿石,通过动力变质破碎成角砾后又被石英、碳酸盐矿物及磁黄铁矿、黄铁矿胶结,金沉淀在角砾碎块之间的孔隙中。其次为脉状、网脉状构造和皱纹状构造等。

2 矿床铂族元素地球化学特征

铂族元素地球化学研究是矿床和元素地球化学研究领域的热点和难点之一(储雪蕾等,2001;王瑞廷,2005)。前人对八卦庙金矿床铂族金属也进行了一些研究,苏瑞侠等(2001)新发现了自然(钨)钨矿,并探讨了铂族金属矿化与金矿化及围岩蚀变的关系,认为八卦庙金矿中伴生的铂族金属富集于后期岩浆热液改造期,成矿物质主要来源于后期改造的热液;铂族金属的富集与金的富集呈明显的正消长关系。本次对其金矿石的铂族金属元素采用ICP-MS质谱分析进行了研究,八卦庙金矿床岩石、矿石的PGE及Au含量列于表1,矿石的Rh含量均低于大陆地壳值,其他铂族元素基本高于大陆地壳值,其 Σ PGE为 $(1.05\sim 2.00)\times 10^{-9}$,Pt/Pd比值为0.6~8.5,平均比值为2.4;Pd/Ir比值为0.02~34,平均比值为17.79,除BGP-1样品的Pd/Ir<1外,其余样品的Pd/Ir>1;Au/Pd比值为2.05~41.76,平均比值为14.05,似反映了岩浆热液成矿的特征。矿石的铂族元素及金球粒陨石标准化配分模式(图1)可分为两类,BGP-1样品的PGE配分模式为近右倾型,具Ir的正异常;而其余样品的PGE配分模式为左倾型,具Ir的负异常,但两者均具Ru的正异常,指示矿石的形成与深部岩浆作用有关,其铂族元素的富集和晚期深部岩浆热液有关,与金的富集具有一定的正消长关系。

表1 八卦庙金矿床岩、矿石PGE($w_B/10^{-9}$)及Au含量($w_B/10^{-6}$)

元素	BGP-1 金矿石	BGP-2 金矿石	BGP-3 金矿石	BGP-4 金矿石	BGP-5 金矿石	99S-10 含矿千枚岩	99S-19 千枚岩	99N-3 含矿千枚岩	99N-9 千枚岩	99BX-1 黄铁矿	大陆地壳
Os	0.36	0.04	0.01	0.03	0.06	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	0.05
Ir	0.97	0.02	0.01	0.03	0.04	1.35	0.95	<0.50	<0.50	<0.50	0.05
Ru	0.46	0.36	0.4	0.47	0.56	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	0.1
Rh	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	0.06
Pt	0.17	0.58	0.27	0.54	0.25	0.43	0.71	0.56	0.50	0.97	0.4
Pd	0.02	0.44	0.34	0.68	0.41	0.28	0.38	0.42	0.51	0.38	0.4
Au	0.27	2.48	2.49	28.4	0.84	-	-	-	-	-	0.0025

注:样品BGP-1~5由中国地质科学院矿产资源研究所同位素实验室采用MAT-251质谱仪分析,RSD \leq 5%;其他据苏瑞侠等,2001;大陆地壳据Wedepohl,1995。

3 成矿机理分析

八卦庙金矿床位于礼县—山阳断裂以北, 处于造山带内走滑剪切带中。研究表明(苏瑞侠等, 2001; 毛景文等, 2002), 其成矿流体是以中酸性岩浆热液为主混有大气降水、变质水的多成因多组分热卤水; 矿物组成以复杂的高温硫化物、合金类为主要特征; 化学成分也比较复杂, 以具 Au、Cu、As、Ag、Ni、Co、Sb、S 和铂族金属 Ru、Ir、Os 异常等为特点。八卦庙金矿床东南 3 km 处为西坝岩体, 该岩体为一多期次侵入的复式岩体, 为成矿提供了热源和部分物源, 与矿化关系密切, 其年龄数据分布于 148~285 Ma 之间。八卦庙金矿床成矿年龄研究较多, 利用不同测试方法获得的该矿床成矿时代为 129~232 Ma, 目前, 一般认为其主成矿期为印支晚期—燕山期。由此可见, 成矿年龄小于成岩年龄, 表明矿床形成于燕山早期, 稍滞后造山带陆-陆碰撞和陆内伸展作用。氮同位素研究表明, 其成矿过程与岩石圈热侵蚀引致的岩浆活动有关, 成岩、成矿作用在时间上的连续性, 说明成岩成矿与构造作用的耦合, 碰撞造山-造山后伸展-岩浆侵位-矿床形成是一个统一的连续过程(毛景文等, 2005; 王瑞廷, 2005)。在这一岩浆-构造-成矿过程中, 铂族元素得到一定富集。

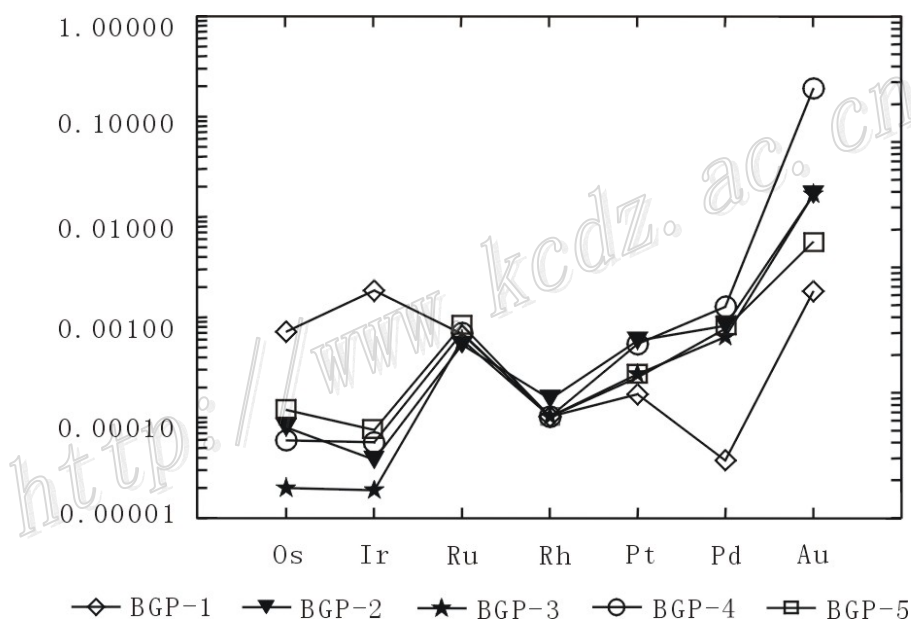


图 1 八卦庙金矿床矿石铂族元素及金球粒陨石标准化配分模式(样品性质见表 1)

参 考 文 献

- 储雪蕾, 孙 敏, 周美夫. 2001. 化学地球动力学中的铂族元素地球化学. 岩石学报, 17(1): 112~122.
- 冯建忠, 汪东波, 王学明, 等. 2003. 陕西凤县八卦庙超大型金矿床成矿地质特征及成矿作用. 地质学报, 77(3): 387~398.
- 冯建忠, 汪东波, 王学明, 等. 2004. 西秦岭三个典型金矿床稳定同位素地球化学特征. 中国地质, 31(1): 78~84.
- 毛景文, 谢桂青, 张作衡, 等. 2005. 中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其地球动力学背景. 岩石学报, 21(1): 169~188.
- 毛景文, 张作衡, 王义天, 等. 2002. 华北板块周缘中生代造山型金矿床的氮同位素和氮含量记录. 中国科学(D 辑), 9(4): 705~716.
- 钱大益, 谢玉玲, 徐九华. 2003. 陕西凤县八卦庙金矿流体包裹体的成分特征. 北京科技大学学报, 25(1): 1~4.
- 苏瑞侠, 刘平, 郭 建. 2001. 秦岭八卦庙金矿的矿化与铂族金属的富集. 地质找矿论丛, 16(1): 12~18.

- 王瑞廷. 2005. 秦岭造山带陕西段主要矿集区典型金属矿床成矿模式和找矿预测研究[博士后研究报告]. 北京: 中国地质大学, 1~173.
- 王相, 唐荣扬, 李实, 等. 1996. 秦岭造山与金属成矿[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1~326.
- 于学元, 郑作平, 牛贺才, 等. 1996. 八卦庙大型金矿床稀土元素地球化学研究. 地球化学, 25(2): 140~149.
- 张恩, 周永章, 郭健. 2001. 陕西八卦庙金矿床构造特征及其对成矿的控制. 矿床地质, 20(3): 229~233.
- 郑作平, 于学元, 陈繁荣. 1996. 八卦庙金矿成矿的某些地球化学制约因素. 地质地球化学, 24(1): 61~66.
- 钟建华, 张国伟. 1997. 陕西凤县八卦庙特大型金矿的成因研究. 地质学报, 71(2): 150~160.
- Mao J W, Zhang Z H, Wang Y T, et al. 2003. Nitrogen isotope and content record of mesozoic orogenic gold deposits surrounding the North China Craton. Science in China(Series D), 46(3): 231~245.
- Wedepohl K H. 1995. The compositions of the continental crust. Geochim. Cosmochim. Acta, 59: 1217~1232.

<http://www.kcdz.ac.cn/>