

扬子板块东北缘首例独立铊矿床的初步研究*

A preliminary study of an independent thallium deposit in Xiangquan on the northeast margin of the Yangtze block

范裕, 周涛发, 袁峰, 岳书仓

(合肥工业大学资源与环境工程学院, 安徽 合肥 230009)

FAN Yu, ZHOU TaoFa, YUAN Feng and YUE ShuCang

(School of Resources and Environment Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, Anhui, China)

摘要 文章报道了扬子板块东北缘首例独立铊矿床—安徽和县香泉铊矿床的初步研究结果, 该矿床的发现指示扬子板块东北缘存在罕见的分散元素成矿事件和可能的低温成矿域。香泉铊矿床位于扬子板块、华北板块和大别造山带之间的过渡带, 矿区内无岩浆岩出露。矿床中仅铊元素高度富集, 赋矿围岩为奥陶系下统微晶灰岩、泥灰岩和泥岩, 主要控矿构造为断裂和褶皱。初步研究表明, 香泉铊矿床的形成可分为两期, 即海底热液成矿期和低温热液成矿期, 奥陶纪海底热液形成含铊黄铁矿建造, 早白垩纪低温成矿流体和沉积黄铁矿建造的水岩作用使铊进一步活化富集。

关键词 铊矿床; 分散元素; 低温成矿作用; 成矿模式; 和县香泉

铊作为分散元素, 一般不形成独立矿床, 而以伴生元素方式存在其他元素矿床内(涂光炽, 2004), 但在特定的地质地球化学条件下铊可以形成独立矿床, 甚至在一定情况下可以形成大型-超大型矿床, 并以出现铊的独立矿物为特征。世界上含铊矿物的典型矿床有: 马其顿共和国的 Allchar 矿床(Jankovic, 1993)、瑞士 Wallis 地区的 Lengengbach 矿床(Hofmann, 1996)、法国 Huates Alpes 地区的 Jas Roux 矿床(Sobott et al., 1989)和美国内华达州卡林矿床(Hofstra and Cline, 2000)等。在中国扬子板块西南缘已经发现贵州兴仁滥木厂汞铊矿床(陈代演等, 2000)和云南南华砷铊矿床(张忠等, 1998)。但在扬子板块东北缘以铊元素为代表的分散元素矿化还尚未有报道。安徽省地矿局于近年在长江中下游成矿带的北测发现了安徽和县香泉独立铊矿床, 该矿床距和县县城北西约 20km, 是扬子板块东北缘首次发现的铊矿床。香泉铊矿床的发现指示扬子板块东北缘和中国东部可能具有分散元素大规模成矿的地质地球化学条件和地球动力学背景。近一步开展研究, 对揭示该地区铊矿床的成矿作用及可能存在的低温成矿域具有极其重要的科学意义。在前人工作基础上(吴明安等, 2000), 本文重点介绍该矿床的区域地质背景和矿床地质特征, 并结合矿床地球化学特征, 初步提出该矿床的成矿模式。

1 区域地质背景

安徽和县位于扬子板块、华北板块和大别造山带之间的过渡带。该区内岩浆活动微弱, 为沉积岩发育的前陆褶冲带—滁州—巢湖褶冲带的一部分, 其基底属于扬子型基底(常印佛等, 1991)。该前陆褶冲带呈北东向展布, 为受控于上地壳内深、中、浅三个构造滑脱带的多层次逆冲-滑脱体系。滁(县)—巢(湖)褶冲带以滁河断裂为界, 分为东、西两部分, 西部为滁州褶冲亚带, 东部为和(县)含(山)巢(湖)褶

*本文得到国家自然科学基金项目(40272048)、国家自然科学基金项目(40672062)和南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室开放基金项目(09-03-10)的资助

第一作者简介 范裕, 男, 1982年生, 博士, 讲师, 矿物学岩石学矿床学专业。

冲亚带,其中发育以下志留统高家边组为底板、上三叠统黄马青组为顶板的逆冲断层,以及夹于其中的一系列次级叠瓦断层和断块,总体上呈倾向腹陆的大型双重逆冲构造(吴明安等,2000)。

2 矿床地质特征

香泉矿床位于滁(县)—巢(湖)前陆褶冲带含巢褶冲亚带东北部次一级皱褶带上的东南侧,大龙王山-晓山背斜的中段部位(图1)。

2.1 地层和岩浆岩

香泉地区未见岩浆岩出露,为沉积岩发育区,地层除泥盆系中、下统及第四纪下更新统缺失外,从前寒武纪到第

四纪的地层均有出露。与矿床相关的地层主要有:①奥陶系下统红花园组,分布在大龙王山、眉山、小龙王山和晓山的山脊上,主要岩性为青灰色微晶灰岩和白云岩,岩石多已破碎硅化成灰黄白色硅化角砾岩、硅质岩;②奥陶系下统仑山组,分布在小龙王山背斜核部,主要岩性为青灰色含硅质条带微晶灰岩、泥灰岩和泥岩,其中夹层纹状和条带状沉积黄铁矿建造,是铀矿床的主要赋矿层位;③志留系高家边组,在地表零星出露,分布在小龙王山和眉山等山体硅化角砾岩带两侧,主要岩性为黄白色粉砂质页岩和黑色泥质页岩。

2.2 控矿构造

矿床的控矿构造包括褶皱和断裂。铀矿体呈透镜状,和地层走向一致,其中主矿体长约120~400 m,延伸120~140 m,厚约0.9~1.2 m,矿体产状主要受大龙王山—晓山背斜褶皱和断裂控制。大龙王山—晓山背斜轴走向北东50~55°,北西翼倾向西北,倾角30~40°,南东翼倾向南东,倾角60~70°,局部近直立,仅背斜的北西翼在地表出露(图1)。断裂构造可分为两组(图1):①北东向逆断层F₁、F₂,分布在眉山、小龙王山和晓山山体两侧,是区内规模最大的断层,也是主要的控矿断层。F₁、F₂逆断层走向北东,倾向北西,倾角65~75°。断层F₁、F₂之间分布硅化角砾岩带。②北西向正断层F₃~F₆,矿区内发育的一系列相互平行的北西向正断层,倾向北东,倾角60°左右,并切割错移断层F₁、F₂、硅化角砾岩带和矿体。

2.3 矿化与蚀变

香泉铀矿床中铀的含量很高,以铀含量大于0.05%为铀矿边界品位可以圈出铀金属储量约为250 t工业矿体。矿石矿物主要为黄铁矿,其他矿物不含铀或含铀量很低。矿床中黄铁矿有两种类型,沉积成因的胶状黄铁矿和热液成因的正常黄铁矿。胶状黄铁矿颗粒细小($n \sim n \times 10 \mu\text{m}$),它们与极细颗粒石英和粘土矿物共生,形成具有典型层纹状、条带状沉积特征的黄铁矿建造。热液黄铁矿颗粒较大(0.1~1 mm),与萤石、重晶石和石英等热液矿物共生,呈脉状,浸染状产出于灰岩中。矿床中的铀主要有两种赋存形式,一是呈独立的含铀矿物形式产出在热液黄铁矿的矿物边缘或微裂隙中,铀矿物通常颗粒极小($n \sim n \times 10^{-1} \mu\text{m}$),在显微镜下极难发现,主要产出在热液黄铁矿的边缘和微裂隙中,目前已发现两种独立的铀矿物-硫铀铀矿(TiFeS₂)和红铀矿(TiAsS₂)。二是呈分散状态的形式赋存在胶黄铁矿和热液黄铁矿中,这类铀的具体存在形式仍需进一步工作。电子探针研究表明香泉铀矿床中的铀主要赋存在黄铁矿中,只有少部分铀以单矿物形式存在。

矿床中主要蚀变有黄铁矿化、萤石化、硅化、碳酸盐化和重晶石化,局部有弱的褐铁矿化、高岭土化等。黄铁矿化和早期萤石化受逆断层F₁、F₂控制,沿断层面或裂隙呈浸染状、脉状形式广泛发育,晚期萤石化主要受正断层F₃~F₆控制。早期萤石为紫色、白色,呈脉状、团块状穿插地层和黄铁矿建造,萤石颗

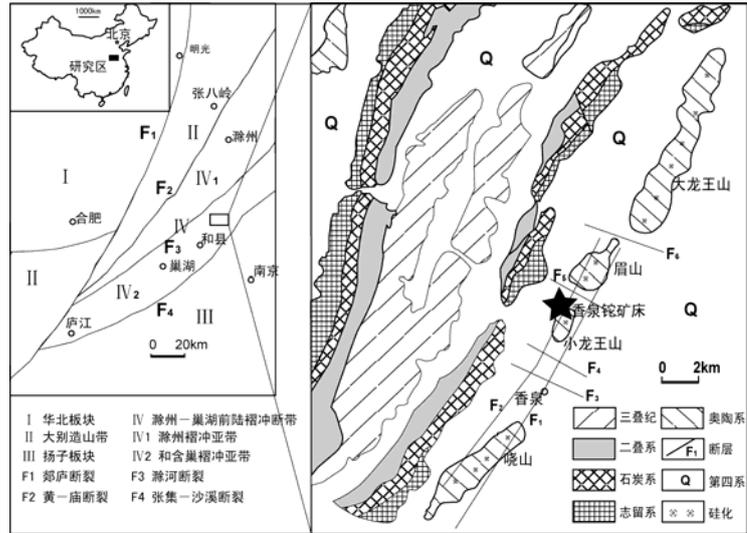


图1 矿床地质略图

粒细小, 他形至自形晶, 和热液黄铁矿、铊矿物共生。晚期萤石为白色, 淡黄色或无色透明, 萤石颗粒粗大, 结晶完好, 和重晶石共生, 沿北西向裂隙呈脉状充填或发育在溶蚀孔洞中, 局部可见晚期萤石脉穿切早期萤石黄铁矿脉。黄铁矿化和萤石化由上至下逐渐减弱, 200 m 以下减弱至无。硅化主要发育在浅部奥陶系下统红花园组灰岩和泥灰岩中, 细颗粒石英、玉髓交代灰岩或胶结角砾形成硅质角砾岩, 在地表形成明显的硅化帽。碳酸盐化在近地表沿裂隙广泛发育, 白色脉状方解石穿切、完全或部分交代灰岩, 在晶洞中发育无色透明、白色或淡黄色方解石晶体, 碳酸盐化和萤石化、黄铁矿化无明显联系。重晶石化主要分布在小龙王山一带, 和晚期萤石化关系密切, 向深部逐渐减弱。地表岩石表面可见红色的褐铁矿化和白色的高岭土化。

3 矿床地球化学和成矿模式

3.1 元素地球化学

香泉铊矿床中有意义的成矿元素富集只有铊, 铊在矿床中高度富集已达到大型铊矿床的规模, 其他元素如 As, Hg, Au 和 Ag 均未发生有意义的富集。从表 1 分析结果可见, 胶黄铁矿中铊含量为 0.11%~0.93%, 平均含量为 0.52%, 热液黄铁矿中铊含为 0.58%~3.5%, 平均含量为 2.1%, 胶黄铁矿中铊含量明显低于热液黄铁矿, 反映后期热液对铊的再次富集。矿石中铊含量与矿石中黄铁矿含量呈正比, 而其他热液矿物几乎不含铊。在地表风化带内, 个别样品含量很高, 说明铊在表生条件下也可能发生一定程度的富集。

表 1 香泉铊矿床中 Tl, As, Hg, Au 和 Ag 元素含量($w_B 10^{-6}$)

序号	样品类型	Tl	As	Hg	Au	Ag
1	热液黄铁矿(5)	5800~35000	3500~26000	80~400	0.01~0.05	0.33~0.82
2	胶黄铁矿(6)	1100~9300	2000~12000	50~230	0.01~0.05	0.12~1.08
3	铊矿石(25)	532~16000	459~5500	12~60	0.01~0.23	0.21~1.32
4	重晶石(2)	0.5~0.8	-	-	-	-
5	石英(4)	0.7~0.9	-	-	-	-
6	萤石(10)	0.5~0.7	-	-	-	-
7	地表风化样(6)	3.5~1250	8.6~546	1.6~9.8	0.01~0.12	0.12~1.24

测试单位: 中国地质科学院国家地质测试中心, 测试者: 韩慧明。注: 括号内为测试样品数目

世界上典型的含铊的低温成矿域和矿化带中, 铊矿化一般和金、砷、锑、汞、铅、锌等矿化关系密切, 形成 Sb-As-Tl、Sb-Pb/Zn-Tl 和 Sb-As-Hg 等低温成矿元素组合, 而香泉铊矿床仅铊发生富集, 初步研究认为矿源层—黄铁矿建造中其他成矿元素 As, Hg, Au 和 Ag 等元素的缺乏是主要原因。

3.2 成矿流体特征

根据黄铁矿建造的地质特征及赋矿围岩奥陶纪仑山组的沉积环境研究, 推测它们同时形成于半封闭的还原热水环境中。氧逸度低的中高温海底热卤水沿断裂喷溢形成黄铁矿颗粒, 并吸附海底热水喷流带来的 Tl、Fe、As 等成矿元素。

香泉铊矿床两期萤石的矿物共生组合有明显差别, 早期萤石和黄铁矿铊矿物共生, 而晚期萤石和重晶石共生。早期萤石和铊成矿关系密切, 而晚期萤石为一期热液(泉)活动的叠加。早晚两期萤石矿物中流体包裹体 200 个数据点显微测温资料表明, 早期铊矿化流体的温度变化范围为 120~220°C, 峰值为 160~180°C, 流体盐度为 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 1.5%~6.0%, 峰值为 3.8%~4.7%, 晚期热液(泉)的温度变化范围为 100~150°C, 峰值为 130~140°C, $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 0.8%~4.5%, 峰值为 2.2%~3.7%。由此可见, 和铊成矿有关的流体属低温低盐度流体, 铊矿床的形成和低温成矿流体系统关系密切。

3.3 成矿时代

黄铁矿建造和奥陶纪沉积地层为同时形成, 推断黄铁矿建造的形成时代为早奥陶纪。

对早晚两期热液 10 件萤石样品进行 Sm-Nd 同位素年龄测定, 得到两条良好的等时线, 早晚 2 期萤石

的等时线年龄分别为(131.9±2.6) Ma 和(79±11) Ma (范裕等, 另文发表), 说明香泉铊矿床的铊成矿作用发生在晚燕山期。香泉铊矿床位于香泉—半汤断裂中, 沿该断裂有现代温泉活动, 说明该断裂晚白垩纪以来仍有活动, 因此, 香泉铊矿床很可能经历了晚白垩纪热液(泉)活动的叠加。众所周知, 包括长江中下游成矿带在内的扬子板块东北缘的中高温金属成矿作用主要发生在中生代的燕山期(常印佛等, 1991; 翟裕生等, 1992; 周涛发等, 2000)。香泉铊矿床的发现, 指示该地区燕山期除中高温成矿外, 还可能存在燕山期的低温热液成矿作用。

3.4 成矿模式

根据目前的研究, 初步将香泉铊矿床的形成分为两期, 即海底热液成矿期和低温热液成矿期。

(1) 海底热液成矿期: 富含 Tl、Fe、S 等元素的海底热液, 在海底封闭还原环境下形成了由矿物颗粒细小的胶黄铁矿、石英、粘土矿物组成的黄铁矿建造, 为铊矿床形成奠定了物质基础, 成矿时代为早奥陶纪。

(2) 低温热液成矿期: 该期构造活动和低温热液活动占绝对优势, 在低温热液作用下, 元素活化向构造脆弱带迁移、富集成矿。形成以热液黄铁矿为主的黄铁矿、铊矿物、萤石和石英等矿物组合, 矿物颗粒增大。成矿流体沿地层层理和构造裂隙充填交代形成条带状、透镜状和网脉状的矿体及含矿带。成矿温度为 160~180℃, 成矿时代为早白垩纪。在晚白垩纪, 矿床经历了一期热液(泉)活动的叠加。

参 考 文 献

- 常印佛, 刘湘培, 吴言昌. 1991. 长江中下游铜铁成矿带. 北京: 地质出版社. 1~379
- 陈代演, 邹振西. 2000. 贵州西南部滥木厂式铊(汞)矿床研究. 贵州地质, 17(4): 236~242.
- 涂光炽. 2004. 分散元素地球化学及成矿机制. 北京: 地质出版社.
- 吴明安, 涂荫玖, 汪祥云, 等. 2000. 江北过渡带金银等矿产找矿研究. 安徽省地质矿产局(内部资料).
- 翟裕生, 姚书振, 林新多等. 1992. 长江中下游地区铁铜矿床. 北京: 地质出版社. 1~254.
- 张 忠, 张兴茂, 张宝贵. 1998. 南华砷铊矿床元素地球化学和成矿模式. 地球化学, (3): 269~275.
- 周涛发, 袁 峰, 岳书仓, 刘晓东. 2000. 长江中下游两个系列铜、金矿床及其成矿流体系统的氢、氧、硫、铅同位素研究. 中国科学(D辑), 30(增刊): 122~128.
- Hofmann B A and Knill M D. 1996. Geochemistry and genesis of the Lenggenbach Pb-Zn-As-Tl-Ba mineralisation, Binn Valley, Switzerland. Mineralium Deposita, 31: 319~339.
- Hofstra A H and Cline J S. 2000. Characteristics and Models for Carlin-Type Gold Deposits. SEG Reviews, 13: 163~220.
- Jankovic S R. 1993. Metallogenic features of the Alsar epithermal Sb-As-Tl-Au deposit (the Serbo-Macedonian metallogenic province). Neues Jahrbuch fuer Mineralogie Abhandlungen, 166: 25~41.
- Sobott R J, Klaes R and Moh G H. 1987. Thallium containing Mineral Systems. Chem. Erde., 47: 195~218.