

华南古岩溶角砾岩中铀矿床与密西西比河谷型铅锌矿床特征对比研究^{*}

闵茂中
(南京大学地球科学系)

摘 要 对比华南古岩溶角砾岩中铀矿床与著名的密西西比河谷型铅锌矿床在成矿地质背景、矿化角砾岩成因、与火成岩关系、矿物组合、围岩蚀变、成矿热源、矿化流体性质和成矿年龄等方面存在的异同,进而得出该两类矿床大多属与(古)岩溶有关矿床的结论。

关键词 铀矿床 古岩溶角砾岩 密西西比河谷型矿床

近十余年来研究表明,华南晚古生代碳酸盐岩的古岩溶角砾岩中,产有大、中、小型铀矿床群,其中以 387(大型)、373(大型)和 3701(中型)铀矿床为典型代表。该类型铀矿床数量及成因之多样性,在世界其它地区是较少见的。该类铀矿床的主要地质、地球化学特征,与密西西比河谷型铅锌矿床颇相似。

1 相似特征

1.1 成矿围岩

密西西比河谷型(Mississippi Valley-Type,简称 MVT 下同)铅锌矿成矿围岩为地台相未变质灰岩、白云岩,个别为砂岩^[1~4];华南古岩溶角砾岩中铀矿床的成矿围岩同样地为地台相未变质灰岩、炭泥质灰岩、白云质灰岩和白云岩^[5~7]。两者均为层控矿床。

1.2 成矿围岩时代

MVT 铅锌矿成矿围岩的成岩时代跨度较大,从晚寒武世至侏罗纪均有,但主要为古生代^[2],华南古岩溶角砾岩中铀矿床的围岩时代为中泥盆世(应堂组、东岗岭组和郁江组)、下石炭世(大塘阶),时代跨度远小于前一类矿床。

1.3 容矿空间

两类矿床均主要生成于角砾岩中,成矿物质充填角砾岩中裂隙、溶塌洞穴,有时交代角砾

^{*} 国家教委博士点基金资助课题(编号: 9128426)。
作者简介: 闵茂中,男,1941年生,副教授,1967年研究生毕业于南京大学地质系。(210093)南京市汉口路 22号。
收稿日期: 1996-09-01; 改回日期: 1996-12-05
(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

岩填隙物和溶洞充填物^[8~13]。

1.4 矿化角砾岩的成因类型

1.4.1 岩溶角砾岩

岩溶角砾岩是该两类矿床中角砾岩的主要成因类型^[6,7,14,15],由岩溶和溶塌作用生成,其特征是胶结较松散,角砾呈半浑圆(溶蚀面)状及棱角状,分选性差。该类角砾岩大多生成于成矿前,少数与成矿同时形成,个别还可晚于成矿作用才生成。成矿热液也将加速碳酸盐岩的溶解、塌陷和角砾化。

1.4.2 化学角砾岩^[14,15]

化学角砾岩是指岩石处在碱性地球化学环境中,由于化学作用使其内压增大、岩石膨胀碎裂的现象。在许多 MV T 矿床中发育有该类角砾岩。Lemish(1965)等人将白云石块置于 110℃ 的 1 mol NaOH 溶液中 1~2 周后,即出现放射状裂隙并继而破碎的实验结果,证实了这类角砾岩的存在。

1.4.3 构造角砾岩

构造角砾岩是仅次于岩溶角砾岩的一种成因类型。碳酸盐岩中的岩溶首先沿断裂和构造破碎带发育,其间或其后,常叠加构造作用而生成复合成因角砾岩^[16,17]。

1.5 岩溶性质

这里的岩溶性质,是指岩溶形成的水热条件。出现在 MV T 矿床中主要为冷水岩溶,个别为热水岩溶^[18]。

冷热水岩溶的区别主要有:(1)温度。若在远离成矿地段的无矿角砾岩胶结物中流体包体形成温度 100~150℃,则为热水岩溶^[18];反之则为冷水岩溶。(2)溶洞充填物。热水岩溶溶洞充填物为硫化物、粗粒方解石和焦沥青;冷水岩溶溶洞中的典型充填物为钙结砾岩、钙屑砂岩、细粒方解石、围岩溶残碎块、钟乳石和石笋等。(3)与不整合面的关系。若岩溶受地层不整合面控制时,则冷水岩溶成因的溶洞和角砾岩一般仅生成于该不整合面以下,而由热水岩溶生成的溶洞和角砾岩则不仅可分布于该不整合面以下,而且还可分布于该不整合面以上岩层中,而且溶洞可与该不整合面斜交。

研究表明,华南古岩溶角砾岩中铀矿床围岩岩溶属冷水岩溶,其依据是远离矿化地段的无矿角砾岩中,胶结方解石的流体包裹体均一温度均低于 73℃(387 矿床: 55~73℃; 373 矿床: 51~65℃; 3701 矿床: 48~52℃)。出现在 MV T 矿床中的岩溶也主要属于冷水岩溶,个别为热水岩溶^[18]。

1.6 与火成岩关系

该两类矿区绝大多数无火成岩出露^[2,15,17],即使出现火成岩岩脉,其与成矿也无明显关系。即使个别矿床生成于花岗岩体附近,但其成矿年龄与花岗岩成岩、侵位年龄相差甚远,故成矿作用与附近花岗岩并无直接联系。例如,华南 3701 铀矿床赋存于海西期某花岗岩体(Rb-Sr 等时线年龄为 283 Ma)外接触带,成矿年龄(沥青铀矿 U-Pb 年龄)为 65~60~30 Ma,两类年龄时差超过 200 Ma^[6,20]。

1.7 矿物组合和围岩蚀变

两类矿床的矿物组合除工业矿物不同外(分别为沥青铀矿和铅、锌硫化物),伴生金属、非金属矿物种类十分相似: MV T 矿床为黄铁矿、黄铜矿、白铁矿、Ni-Co 硫化物、方解石、白云石、少量石英、重晶石和萤石^[2,4,15];华南古岩溶角砾岩中铀矿床也为上述种类矿物组合,仅矿物数量较少。这种相似性反映两类矿床的成矿物质均主要源自矿床周围碳酸盐岩。

该两类矿床近矿围岩蚀变的共同特征是: 除白云岩化稍明显外, 其它种类蚀变均较弱^[14-18], 反映该两类矿床的组成温度偏低

1.8 成矿流体运移的驱动力

MVT 矿床的成矿流体从碎屑沉积盆地内移向边缘地台相碳酸盐岩中成矿, 其运移驱动力是人们长期探索的成矿要素之一。过去曾认为是盆地内沉积物的成岩压实作用和重力作用驱动^[3], 但近年对该类矿床中铀矿的放射性同位素研究结果表明^[21-23], 区域构造运动是可能性最大的驱动力, 最有力的证据是幕次式矿化年龄常与当地区域构造运动时间相吻合。

华南古岩溶角砾岩中铀成矿年龄 (3701 矿床为 65 60 31Ma; 387 矿床为 135 131 119 65 30Ma; 373 矿床为 140 120 60Ma) 分别与华南燕山早期、燕山晚期各幕次区域构造运动时间相当, 同样证明区域构造运动是该类矿床成矿流体的主要驱动力。

1.9 成矿热源

MVT 矿床是热卤水成矿, 一般认为, 成矿热源自构造运动及性质不明的异常地热, 对于少数出露有火成岩的矿区, 后者可提供部分成矿热^[2,15]。华南古岩溶角砾岩中铀矿床的成矿热同样主要源于区域构造运动, 因而成矿年龄与区域构造运动时间吻合。个别矿床 (3701) 则与花岗岩区内异常地热有关, 该区域内现代温泉多处出露即为异常地热存在的佐证之一。

1.10 矿源岩

该两类矿床均无明显矿源层, 其中 MVT 矿床的成矿物质源自矿区不同岩石, 包括沉积岩、变质岩和火成岩, 尤其黑色页岩和长石砂岩^[15]。华南古岩溶角砾岩中铀矿床的成矿物质同样源于矿区各类岩石, 不存在含铀高的矿源岩。多期次古岩溶使成矿元素预富集, 从而为该类成矿提供物质基础。

2 相异特征

2.1 成矿年龄

MVT 矿床的成矿年龄值较分散, 为 160~360Ma, 其跨度超过 200Ma^[19]。华南古岩溶角砾岩中铀矿床的成矿年龄为 30~135Ma, 其跨度较小。两类矿床成矿年龄跨度差异反映各自地质背景演化过程的差异。

2.2 矿化流体性质

MVT 矿床的成矿流体是热卤水, 温度: 50~220℃, 盐度: 10~30wt% Na-Ca-Cl; pH= 4.3~6.0, 其性质与现代油田地下卤水十分相似^[3,19]。据测温资料, 该类矿床成矿温度 (均一温度) 与成矿围岩经历最高温度相比, 可有三种情况^[3]: (1) 大部分矿床成矿温度与当时围岩所处温度相近似, 即两者处于大致热平衡状态; (2) 成矿温度高于围岩温度, 表明成矿流体可能是从深部经由断裂向上运移至成矿地段的; (3) 成矿温度远小于围岩温度。该类矿床出现在造山带内及其附近。

华南古岩溶角砾岩中铀矿床的矿化流体参数为: 温度 81~281℃; pH= 7.5~8.1; 盐度 8.1~20.8wt% NaCl, 表明温度略高于前一类矿床, 盐度则明显小于前一类矿床。

表 1 列出了该两类矿床上述对比特征。

表 1 华南古岩溶角砾岩中铀矿床与密西西比河谷型铅锌矿床特征对比

Tab. 1 Comparison between breccia-hosted U deposits in South China and the Mississippi valley-type Pb-Zn deposits

特 征		华南古岩溶角砾岩中铀矿床	密西西比河谷型铅锌矿床
相 似 性	成矿围岩种类	地台相未变质灰岩、白云岩、白云质灰岩	地台相未变质灰岩、白云岩,个别为砂岩
	成矿围岩时代	晚古生代(中泥盆世-下石炭世)	晚寒武世至侏罗纪,以古生代为主
	成矿围岩构造	角砾状构造	角砾状构造
	角砾岩成因	古岩溶角砾岩,构造角砾岩	岩溶角砾岩、构造角砾岩、化学角砾岩
	岩溶性质	冷水岩溶	以冷水岩溶为主,少数为热水岩溶
	与火成岩关系	大多无关,个别产于火成岩附近	基本无关
	矿物组合	沥青铀矿及 Pb Zn Fe Cu Ni 硫化物	Pb Zn Cu Fe Ni Co 硫化物
	围岩蚀变	较弱-弱	较弱-弱
	矿化流体驱动力	区域构造运动	区域构造运动
	成矿热源	构造热、异常地热	构造热,异常地热
	矿源岩	矿区各类岩石;无特定矿源岩	矿区各类岩石,无特定矿源岩
相	矿化流体	81~ 281℃; pH= 7.5~ 8.1 盐度 8.1~ 20.8wt% NaCl	50~ 220℃; pH= 4.3~ 6.0; 盐度 10~ 30wt% Na-Ca-Cl,热卤水
异	成矿年龄	135~ 30Ma	360~ 160Ma
性	成矿主元素	U	Pb, Zn, Cu

3 几点认识

(1)华南古岩溶角砾岩中三个典型铀矿床的形成地质环境与密西西比河谷型铅锌矿床十分相似,地台相碳酸盐岩中发育的溶洞、溶塌角砾岩带为该两类矿床提供成矿空间,为典型层控矿床。

(2)两类矿床大多为后生充填热液矿床,其低中温热液成矿特征十分显著。因此,两类矿床的成矿过程并非必然与岩溶作用有关。MV T矿床主要为热卤水充填成矿,少数为同生热液岩溶矿床。华南古岩溶角砾岩中铀矿床中存在同生岩溶成矿作用,部分构成工业矿化,但大多为后期热水叠造、富集成矿提供物质基础。

(3)碳酸盐岩中的岩溶十分普遍。典型的冷水岩溶成矿是一种淋积、吸附矿床,其中金属矿脉少见,矿石中铀主要以分散吸附状或显微、超显微原生铀矿物存在。

(4)按我国对岩溶矿床分类的一般原则^[24],大部分 MV T矿床属与岩溶有关矿床,即在空间上与岩溶有关(提供成矿空间),仅少数 MV T矿床与热液岩溶同时形成^[2, 14, 15],属岩溶矿床。华南古岩溶角砾岩中铀矿床,如 387、3701矿床属与古岩溶有关矿床,373矿床属古岩溶矿床^[25]。

本研究曾得到核工业中南地勘局及 303大队、305大队、307大队和 701矿的支持,特致谢。

参 考 文 献

- 1 Wenrich, K J. Mineralization brecciapipes in northern Arizona. *Economic Geology*, 1985, 80: 1722~ 1735
- 2 Ohle, E L. Some consideration in determining the origin of ore deposits of Mississippi Valley type. *Economic Geology*, 1959, 54: 769~ 789
- 3 Sangster, D F, Nowlan, G S and McCracken, A D. Thermal comparison of Mississippi Valley-type lead-zinc deposits and their host rocks using fluid inclusion and conodont color alteration index data. *Economic Geology*, 1994, 89: 493~ 514
- 4 Plumlee, G S, Leach, D L, Hofstra, A H, Landis, G P, Rowan, E L and Viets, J G. Chemical reaction path modeling of ore deposition in Mississippi Valley-type Pb-Zn deposits of the Ozark region, U. S. Midcontinent. *Economic Geology*, 1994, 89: 1361~ 1383
- 5 刘立钧. 387地洼型古岩溶铀矿床成因探讨. *铀矿地质*, 1985, 1(6): 1~ 10
- 6 闵茂中. 3701铀矿床地质特征及其热液叠造改造成矿作用. *矿床地质*, 1987, 6(4): 72~ 80
- 7 闵茂中. 某大型铀矿床的典型古岩溶地质特征. *中国岩溶*, 1995, 14(4): 294~ 303
- 8 Vearncombe, J R, Dentith, M, Dorling, S and Reed, A. Regional and prospect-scale fault controls on Mississippi Valley-type Zn-Pb mineralization at Blendevalle, Canning Basin, western Australia. *Economic Geology*, 1995, 90: 181~ 186
- 9 姚振凯. 岩溶铀矿床的岩性和构造控制. *中国岩溶 (增刊)*, 1988, 7(上): 79~ 85
- 10 王清河. 373矿床成因新议与找矿. *中国岩溶 (增刊)*, 1988, 7(下): 34~ 42
- 11 Bastin, E S et al. Contributions to a knowledge of the lead and zinc deposits of the Mississippi Valley region. *Geologic Society American Special Paper* 24, 1939
- 12 Sangster, D F. Breccia-hosted lead-zinc deposits in carbonate rocks. in James, N P and Choquette, P W (eds), *Paleokarst*. New York, Springer-Verlag, 1988: 102~ 116
- 13 Sass-Guskiewicz, M, Stanislaw, D and Ridge, J D. The emplacement of zinc-lead sulfide ores in the Upper Silesian district— a contribution to the understanding of Mississippi Valley-type deposits. *Economic Geology*, 1982, 77: 392~ 412
- 14 Ohle, E L. Breccias in Mississippi Valley-type deposits. *Economic Geology*, 1985, 80: 1736~ 1752
- 15 Ohle, E L. Some consideration in determining the origin of ore deposits of the Mississippi Valley type—part II. *Economic Geology*, 1980, 75: 161~ 172
- 16 闵茂中. 论马鞍山铀矿床与古岩溶的成因关系. *地质论评*, 1987, 33(4): 331~ 338
- 17 闵茂中, 王湘云, 沈保培, 文光斗, 樊涛. 华南某大型铀矿床成因新识. *大地构造与成矿学*, 1995, 19(2): 155~ 160
- 18 Qing, H and Mountjoy, E W. Origin of dissolution vugs, caverns, and breccias in the Middle Devonian Presou'ile barriers, host of Hne Point Mississippi Valley-type deposits. *Economic Geology*, 1994, 89: 858~ 876
- 19 Chesley, J T, Helliday, A N, Kyser, T K and Spry, P G. Direct dating of Mississippi Valley-type mineralization: use of Sm-Nd in fluorite. *Economic Geology*, 1994, 89: 1129~ 1199
- 20 闵茂中, 孔令福, 张国文. 广西六陈花岗岩的同位素地球化学特征. *地质论评*, 1995, 4(1): 48~ 51
- 21 Tompking, L A, Pedone, V A, Roche, M T and Groves, D I. The Cadjebut deposit as an example of Mississippi Valley-type mineralization on the Lennard Shelf, western Australia—Single episode or multiple events? *Economic Geology*, 1994, 89: 450~ 466
- 22 Nakai, S, Halliday, A N, Kesler, S E and Jones, H D. Rb-Sr dating of sphalerite from Tennessee and the genesis of Mississippi Valley-type deposits. *Nature*, 1990, 346: 354~ 357
- 23 Brannon, J C, Podosek, F A and McLimans, R K. Alleghenian age of the Upper Mississippi Valley Zinc-lead deposits determined by Rb-Sr dating of sphalerite. *Nature*, 1992, 356: 509~ 511
- 24 邓自强, 刘功余, 张美良. 岩溶矿床成因分类商榷. *中国岩溶*, 1988, 7(增刊): 124~ 128
- 25 闵茂中. 华南古岩溶直接成矿现象的发现. *科学通报*, 1994, 39(12): 1152

A COMPARISON OF PALEOKARST BRECCIA-HOSTED URANIUM DEPOSITS IN SOUTH CHINA WITH THE MISSISSIPPI VALLEY-TYPE LEAD-ZINC DEPOSITS

Min Maozhong

(*Department of Earth Sciences, Nanjing University*)

abstract

There are some similarities between paleokarst breccia-hosted uranium deposits in South China and the Mississippi valley-type lead-zinc deposits. Both are hosted by unmetamorphosed platform carbonate rocks and solution cave or solution-collapse breccias. Their host rocks are mainly Paleozoic in age. The mineral associations are simple. Regional tectonism is very likely a driving mechanism for mineralizing fluid and mineralization of both deposits. The mineralizing heat is most likely derived from regional tectonism, which is occasionally manifested by igneous intrusion. Every rock, including igneous and metamorphic basement in the stratigraphic columns of the different districts, may become original source of mineralizing metals for both kinds of deposits. The majority of both kinds of deposits are attributed to karstification in mineralizing space.

Obvious differences between them are that the age of mineralization is 160~360 Ma for Mississippi valley-type deposits and 30~135 Ma for breccia-hosted U deposits in South China, and the mineralizing fluid is hot (50~220°C) brine (10~30 w% Na-Ca-Cl) for Mississippi valley-type deposits and hot (81~281°C) alkaline (pH=7~8) for breccia-hosted U deposits.

Key words Uranium deposit Paleokarst breccia Mississippi valley-type deposits