

黔东南区域地层成矿元素富集演化与成矿*

Enrichment and Mineralization of Ore-forming Elements in Strata, Southeast Guizhou

邓 坚 胡云中

(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

Deng Jian and Hu Yunzhong

(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

摘 要 黔东南地区地层下寒武统、上震旦统、下三叠统成矿元素富集, 地层中 Au、Sb、Hg 等成矿元素在每个构造期由早到晚有从高到低的演化趋势。地层中成矿元素的富集可能是由沉积过程中的特殊(缺氧、热水等)事件引起的。富集层的元素丰度明显制约了矿种的形成, 寒武系中、上统和奥陶系的碳酸盐岩, 是良好的地球化学屏障, 能为区域成矿提供有利的堆积场所。

关键词 元素丰度 地层 成矿 黔东南

扬子准地台南部的黔东南地区集中分布有众多汞、金、锑矿床, 其形成与含矿地下热水成矿作用密切相关, 由于此类矿床多与一定的层位和岩性有关, 表明这些地层对区域成矿有一定的制约作用。本文以黔东南区域地层为重点, 对比相邻桂北地区地层, 通过两地区地层成矿元素的富集贫化特征、沉积作用的时空演化规律, 探讨地层在成矿作用过程中所起的作用。

1 区域地层概况

研究区(都匀、麻江、丹寨和三都县地区)内出露的最老地层为新元古界下江群, 最新地层为中三叠统新苑组, 其间缺失中晚奥陶世、晚志留世及中三叠世以后沉积。由于该区在加里东期是“华南褶皱带”与“扬子准地台”之间的构造过渡带, 因此早古生代地层分为 2 个地层区, 即西北部的扬子(过渡)区和东南部的江南区(贵州省地质矿产局, 1987), 其界线在凯里—丹寨朱砂厂—三都平寨一线, 各系地层多由南向北变薄。

新元古界的下江群(包括平略组和隆里组)主要由一套区域变质的变余凝灰岩、变砂岩及绢云板岩组成。震旦系下部主要由冰碛砾岩及砂岩组成, 上部地层以黑色页岩、硅质岩为主, 夹有白云岩。寒武系地层, 扬子区主要由浅海相白云岩组成, 江南区则主要为浅海相灰岩, 但二者下部都以炭质页岩或硅质岩为主。奥陶系仅见有下统, 扬子区主要由浅海相白云岩及灰岩组成; 江南区则主要为浅海相页岩及条带、角砾灰岩。志留系中下统翁项群, 主要为浅海相砂、页岩及灰岩, 普遍见有底砾岩。泥盆系, 下统以浅海及滨海相石英砂岩为主, 中统由下往上由泥岩渐变为灰岩, 上统为卤化浅海相白云岩。石炭系下统主要由砂岩、泥质灰岩及白云岩等组成, 中统为灰岩及白云岩, 上统为白云质灰岩。二叠系, 下统下部以石英砂岩为主, 夹粘土页岩、煤层、菱铁矿层等, 下统中上部为含燧石结核及有机质页岩; 上统主要为硅质岩、含燧石灰岩、粘土页岩及致密灰岩等。三叠系下统为钙质页岩、硅质岩及泥灰岩, 中统主要为钙质页岩夹

* 本文为中国地质调查局“中国成矿体系与成矿评价”项目(K1.4-1-3)资助
第一作者简介 邓坚, 1959 年生, 副研究员, 主要从事区域地球化学研究工作。

钙质粉砂岩、泥质灰岩。

从区内沉积总体特征看,晚元古宙以海相碎屑岩沉积为主,古生代至中三叠世则以海相碳酸盐沉积占优。晚三叠世以后则全为陆相碎屑沉积,区内不发育。

2 样品、分析和数据处理方法

本文所用的新元古界下江群至中三叠统 407 件样品,取自都匀至麻江中寒武统一中三叠统和三都县新元古界下江群一下泥盆统的四条剖面,基本上包括区内出露的所有地层。样品加工和分析由国家地质实验中心完成,测试方法、质量检验、数据处理和丰度计算见文献(胡云中等,1990 年)。

3 成矿元素丰度、富集与贫化特征

为了解地层成矿元素富集与贫化,将黔东南地区新元古界至中三叠统地层元素丰度(见表 1)与大陆上地壳丰度(Taylor, 1985; 鄯明才等, 1997)比较,其比值 K (浓集系数) 在 1.5~5 的定为一般富集元素, >5 的定为特别富集元素。

表 1 黔东南地区地层成矿元素丰度 ($m/10^{-6}$)

	地层	样品数	Cu	Pb	Zn	As	Sb	W	Mo	Sn	Ag	Au	Hg
三叠系	中统	7	24.2	9	78.4	1.59	0.22	1.2	0.6	1.2	0.03	0.0004	0.03
	下统	9	62.1	13	104.6	7.45	1.02	1.0	2.1	1.1	0.08	0.0014	0.04
二叠系	上统	9	20.0	4	53.5	2.56	0.20	1.1	1.4	0.8	0.10	0.0002	0.04
	下统	13	3.5	6	12.3	0.83	0.15	0.0	3.9	0.1	0.09	0.0001	0.04
石炭系	上统	1	3.4	4	15.3	0.60	0.20	0.0	1.8	0.5	0.01	0.0002	0.02
	中统	5	1.4	7	13.2	0.58	0.12	0.0	2.2	0.4	0.03	0.0001	0.02
	下统	9	6.0	14	30.9	2.01	0.12	0.6	3.1	1.6	0.09	0.0004	0.03
泥盆系	上统	9	5.0	10	11.9	0.82	0.10	0.0	3.5	1.2	0.07	0.0002	0.02
	中统	11	3.7	7	14.9	1.59	0.14	0.2	2.8	0.9	0.09	0.0007	0.02
	下统	4	18.1	7	35.2	4.79	0.05	0.2	0.2	0.6	0.09	0.0011	0.08
志留系	中下统	4	25.3	13	42.2	0.02	0.05	0.3	0.5	0.9	0.14	0.0002	0.05
奥陶系	B	22	5.3	12	32.5	2.25	0.13	0.2	5.7	0.7	0.07	0.0003	0.04
	A	33	18.0	12	51.3	2.32	0.13	0.8	1.3	1.5	0.08	0.0004	0.29
寒武系	B	21	2.9	14	13.5	1.47	0.24				0.08	0.0002	
	A	75	20.2	6	51.8	1.42	0.12	1.4	0.5	1.9	0.08	0.0002	0.13
	B	10	1.1	15	14.9	7.29	0.22	0.2	3.6	0.7	0.06	0.0003	0.02
	A	17	21.7	16	28.4	7.34	0.82	0.7	3.2	1.6	0.15	0.0003	0.37
	B	27	22.2	16	70.3	7.26	0.37	1.0	3.6	2.2	0.09	0.0006	0.16
	A	6	15.6	42	23.6	5.33	3.85	1.9	2.3	2.2	0.23	0.0014	0.53
震旦系	上统	8	20.5	53	34.5	4.51	2.77	1.5	2.9	0.9	0.37	0.0006	0.21
	下统	29	16.1	7	122.0	3.62	0.27	1.1	0.5	2.4	0.06	0.0004	0.06
下江群	上部	78	17.2	10	67.9	3.48	0.51	0.6	1.2	1.3	0.08	0.0003	0.02
	上陆壳*		25	20	71	1.5	0.2	2.0	1.5	5.5	0.05	0.00077**	0.009**

注: 丰度数据由三都县都江一营上坡一马场(下江群一下泥盆统)和麻江一都匀(寒武系一中三叠统)剖面 407 个样品厚度加权综合计算。A—江南地层区, B—扬子(过渡)地层区。*大陆上地壳丰度, Taylor, 1985; **中国东部上地壳平均含量, 鄯明才等, 1997。

结果表明,各地层富集的元素为: 三叠系中统 (Hg)、下统 (Cu、As、Sb、Au、Ag、Hg); 二叠系上统 (As、Ag、Hg)、下统 (Mo、Ag、Hg); 石炭系上统 (Hg)、中统 (Hg)、下统 (Mo、Ag、Hg); 泥盆系上统 (Mo、Hg)、中统 (Mo、Ag、Hg)、下统 (As、Ag、Hg); 中下志留统(Ag、Hg); 华南区下奥陶统 (As、Ag、Hg), 寒武系上统(Ag、Hg)、中统 (As、Sb、Mo、Ag、Hg)、下统 (Pb、Sb、Mo、Ag、Au、Hg); 扬子区下奥陶统(Mo、Hg), 寒武系上统 (As、Ag)、中统 (As、Mo、Hg)、下统 (As、Sb、Mo、Ag、Hg); 震旦系上统 (Pb、As、Sb、Mo、Ag、Hg)、下统 (Zn、As、Hg); 下江群 (As、Sb、Ag、Hg)。

地层中呈特别富集的元素只有 Hg 和 Sb。高 Hg 是本区地层普遍现象,尤其在寒武系和震旦系最为显

著,以江南区下寒武统最高,丰度是中国东部上地壳丰度的 59 倍。Sb 的特别富集层位有 3 个,按浓集系数依次为江南区的下寒武统 (19.3)、上震旦统 (13.9)、下三叠统 (5.1)。

本区地层Au的丰度多低于中国东部上地壳丰度,只有在三叠系下统、江南区寒武系下统呈一般富集,并且高于桂北地区相同层位 (三叠系 0.47×10^{-9} 、寒武系 0.56×10^{-9}); Cu在三叠系下统丰度值最高, K值为 2.48; , Pb在震旦系上统、华南区寒武系下统的丰度最高; Zn则在震旦系下统、三叠系下统富集; Bi除了在震旦系下统K值 (3.4) 较高外,寒武系下统也有较高的浓集系数 (3.9、3.5); 而As在三叠系下统、寒武系及以下地层中均较高,丰度最高的三叠系下统浓集系数接近 5,其次是寒武系; W、Sn在本区各地层中的丰度均小于大陆上地壳丰度,含量较高的层位在寒武系和震旦系; Mo在多数层位中相对富集,但富集程度不高; Ag在各地层富集程度依次是震旦上统、江南区寒武系下、中统和中下志留统。

从以上地层的富集元素可以看出,本区富集元素主要是一些亲硫成矿元素,而亲氧成矿元素 W、Sn 较低。从地层富集的元素数量看,富集元素最多的地层是下寒武统、上震旦统和下三叠统, W、Sn、Mo、Au 含量较高的地层也是这些层位,这 3 个层位也是其他成矿元素富集程度较高的层位。从区域上看,江南区地层富集元素的数量和富集程度大于扬子区同期地层。

根据桂北地区的新元古代至三叠纪地层成矿元素Cu、Pb、Zn、Au、Sn、W、Mo、As、Sb的丰度结果 (胡云中等, 1990 年), 桂北地区各地层富集的成矿元素及浓集系数如下: 三叠系 (As 5.8、Sb 3.2), 二叠系 (Sb 8.5), 石炭系 (As 9.5、Sb 8), 泥盆系 (Mo 2.3、As 7.7、Sb 5.2), 志留系 (As 2.4), 奥陶系 (As 2、Sb 2.45), 寒武系 (As 13、Sb 5.5), 震旦系 (Cu 1.9、As 3.9、Sb 3.3), 板溪群 (As 5.1、Sb 2.6), 四堡群 (Cu 1.5、As 10.5、Sb 2.3)。可以看出桂北地区各时代地层特别富集元素仅有As和Sb, 亲氧成矿元素Sn、W 虽不富集, 但Sn丰度较高的地层 (四堡群 3.4×10^{-6} 、寒武系 3.4×10^{-6} 、泥盆系 3.0×10^{-6} 、三叠系 3.7×10^{-6}), 高于黔东南丰度最高的地层。Au丰度最高地层 (泥盆系 0.86×10^{-9} 、三叠系 0.81×10^{-9}) 低于黔东南相同层位, 更低于江南区寒武系下统。Pb丰度最高地层为泥盆系 (20×10^{-9}) 高于黔东南相同层位, 但低于黔东南丰度最高的上震旦统和下寒武统地层。Zn的丰度以四堡群最高 (105.4×10^{-9}), 含量低于黔东南最高地层下震旦统。

4 成矿元素演化

贵州最古老的岩石露头为黔东南的梵净山群和黔桂边界的四堡群, 它们不仅岩性及组合特征非常相似, 而且层位关系相当, 很可能是相同环境下同一沉积盆地的产物(贵州省地质矿产局, 1987), 武陵运动使它们成为本区的褶皱基底。根据桂北四堡群的成矿元素丰度Cu (38.4×10^{-6})、Pb (12)、Zn (105.4×10^{-6})、As (15.71×10^{-6})、Sb (0.45×10^{-6})、W (4.3×10^{-6})、Mo (0.26×10^{-6})、Sn (3.4×10^{-6})、Au (0.0008×10^{-6}) (胡云中等, 1990) 推断, 本区褶皱基底可能富集Cu、Zn、As、Sb、W (4.3×10^{-6}), Au的丰度与中国东部上地壳相近。

武陵运动后本区开始了新的发展时期, 地层中主要成矿元素的演化规律 (参见表 1)

Au: 晚元古宙时期, 丰度逐渐升高; 加里东期, 早寒武世最高, 然后迅速降低; 海西期, 早泥盆世较高, 然后逐渐降低; 印支期, 含量次高, 随后降低。

Hg: 晚元古宙时期, 丰度逐级升高; 加里东期, 早寒武世最高, 然后逐渐降低; 海西期, 早泥盆世较高, 然后逐步降低; 印支期, 由高到低。

Sb: 晚元古宙时期, 初期继承了基底较高丰度, 略下降后升至次高; 加里东期, 早寒武世最高, 然后逐渐降低; 海西期, 丰度低且变化不大; 印支期, 由高到低。

As: 晚元古宙时期, 丰度逐渐升高; 加里东期, 早寒武世较高, 中寒武世次高, 而后逐级降低; 海西期, 早泥盆世较高, 然后逐波降低; 印支期, 含量最高, 随后迅速降低。

综合上述元素的演化规律, 它们有共同特点, 即晚元古宙时期, 元素丰度呈升高趋势, 其以后各构造期, 每个构造期早期高, 而后呈降低趋势。其他元素也有类似的规律, 但变化较复杂, 不再多述。

5 讨 论

地层元素丰度反映的是地层沉积成岩时的平均含量,扣除了后期地质作用叠加影响。地层中某些元素的岩乃至中国南方广泛分布的早寒武世时期形成的黑色岩系,富集了重多成矿元素、有机质和黄铁矿,其原因是大规模的缺氧事件的发生(刘宝珺等,1993)。桂北地区成矿元素背景相对较高的层位四堡群和泥盆系,分别是九万大山—元宝山锡铜多金属成矿带和丹池锡铅锌铋汞银成矿带的赋矿地层,矿区内这2个层位均发现了热水活动沉积的电气石岩(陈毓川等,1995;韩发等,1997),并有 Sn 或 Pb、Zn、Sb、As 等元素的矿化或矿床形成,说明地层中成矿元素的富集是由沉积过程中发生的特殊事件造成的(如热水、火山活动或缺氧事件),根据地层中成矿元素的演化规律可知,成矿元素富集往往发生在每个构造时期的开始,此时恰是地壳拉张裂隙最强烈的时期,由于各地区构造位置及沉积盆地封闭条件差异,特殊事件的影响也不同,造成区域上富集元素的不同和贫富,有些地区形成矿床,成为原生层控矿床,而有些地区形成初始富集层,这种富集的意义不仅提高了地层中成矿元素和矿化剂元素的背景,还改变了成矿元素的赋存状态,从而使成矿元素易被后期热液重新活化,进一步浓集形成矿床。

黔东南扬子地层区,寒武系 Sb、Au 的丰度较江南地层区低,而 Zn 丰度较高,故在扬子地层区形成的矿床以 Hg (Zn) 为主,矿石比较单一,而在江南地层区的三都—丹寨地区,形成汞—金、铋—金矿床,不同地区地层中的成矿元素丰度高低可能是形成不同矿种原因之一。

黔东南地区的汞、铋和金矿床赋存层位主要在中、上寒武统和下奥陶统,对于它们的层控因素已有很多论述(刘宝珺等,1993;曾若兰等,1988),本文不再赘述,仅从以下两个方面讨论,一是淋滤问题,二是化学屏障问题。研究认为(刘宝珺等,1993)丹寨汞—金矿的水源主要是大气水,因此矿源岩中成矿元素最有利的活化深度应该在 3000~5000 m(中科院地球化学研究所,1998),如果上震旦统、下寒武统作为矿源岩,反推其上覆地层最有利的赋矿地层范围应在 3000~5000 m,恰好是上寒武统和下奥陶统平均厚度。寒武系中上统和下奥陶统,它们是本地区沉积地层中第一个大规模形成的碳酸盐岩层,其下主要是碎屑及泥质岩系,二者物理地和球化学差异较大,当成矿流体从下往上运移到此,必将引起物理化学变化,从而导致矿质沉淀,碳酸盐岩层构成地球化学屏障。桂北地区丹池锡铅锌铋汞银成矿带的赋矿地层是泥盆系,它们也是本地区第一个大规模形成的碳酸盐岩地层,因此是一道地球化学屏障,广西大多数矿床赋存于泥盆系可能与之有关。

参 考 文 献

- 胡云中,邓坚等.1990.桂北地区地层及锡矿带地球化学.北京:北京科学技术出版社.7~14.
- 贵州省地质矿产局.1987.贵州省区域地质志.北京:地质出版社.4~137.
- 鄢明才,迟清华,顾铁新,等.1997.中国东部上地壳平均含量.中国科学(D)辑,27(3):193~199.
- 陈毓川,毛景文.1995.桂北地区矿床成矿系列和成矿历史演化轨迹.南宁:广西科学出版社.178~185.
- 韩发,赵汝松,沈建忠,等.1997.大厂锡多金属矿床地质及成因.北京:地质出版社.33~56.
- 曾若兰等.1988.中国汞矿.成都:四川科学技术出版社.165~219.
- 刘宝珺等.1993.中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿.北京:科学出版社.192~193.
- 中科院地球化学研究所.1998.高等地球化学.北京:科学出版社.313~315.
- Taylor S R, McLennan S H. 1985. The continental crust: its composition and evolution. Oxford: Blackwell. 57~72.