

中国早寒武世重晶石及毒重石矿床 的生物化学沉积成矿模式

高怀忠

(中国地质大学, 武汉 430074)



【摘 要】 中国早寒武世重晶石及毒重石矿床形成于陆棚边缘及陆坡上部。含矿的富磷、碳、硅质的黑色岩系建造应属典型的洋流上升区沉积岩系。浮游生物吸收了海水中的Ba沉于海底,而后Ba又经历了溶解、迁移和再沉积的成矿过程。因此,这些矿床应属生物化学沉积矿床。它们与同一建造中的磷块岩、沉积型钒(铀)和其他一些贱金属硫化物矿床应同属于含磷、碳、硅质黑色岩系建造有关的生物化学沉积成矿系列。

【关键词】 早寒武世 含矿建造 生物化学沉积作用 成矿模式
中图法分类号: P615. 251

沉积型重晶石(及毒重石)矿床是重晶石矿床的一个极其重要的类型,一般具有矿层稳定、规模巨大和利于开采的特征,因此在国内外都占有重要的地位。中国的沉积型重晶石含矿层位较多,但分布最广,工业意义最大的主要是产于寒武系下统的重晶石(及毒重石)矿床,目前已见于桂北、湘西、黔东、赣北、皖南、鄂西北、川北、陕南、肃南及新疆等地,已发现大、中型矿床十余处,在中国已探明的重晶石储量中占有相当大的比率。因此,正确认识早寒武世沉积型重晶石及毒重石矿床Ba的来源及成矿地质条件,建立切合实际的成矿模式,对促进此类矿床成矿理论研究和找矿勘探工作都具有重要意义。

1 矿床一般地质特征

早寒武世沉积型重晶石(及毒重石)矿床分布于扬子板块边缘由浅海碳酸盐岩及砂泥质沉

ISSN 1001- 6872 CODEN: KU YA E2

收稿日期: 1997- 10- 05 改回日期: 1998- 02- 15

作者简介: 高怀忠 52岁 副教授 矿床学专业 研究方向: 矿床地质



© 1995-2006 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

积区向半深海、深海砂泥质复理石沉积区的过渡带,属非补偿滞流海泥质(富硅、碳质)沉积区,而且大部分矿床位于该沉积区靠近浅海沉积区一侧的边缘部位,可分为扬子板块东南缘成矿带和扬子板块北缘成矿带(图 1)。由图 1 可见重晶石与同期沉积的结核状磷矿、钒矿(石煤及

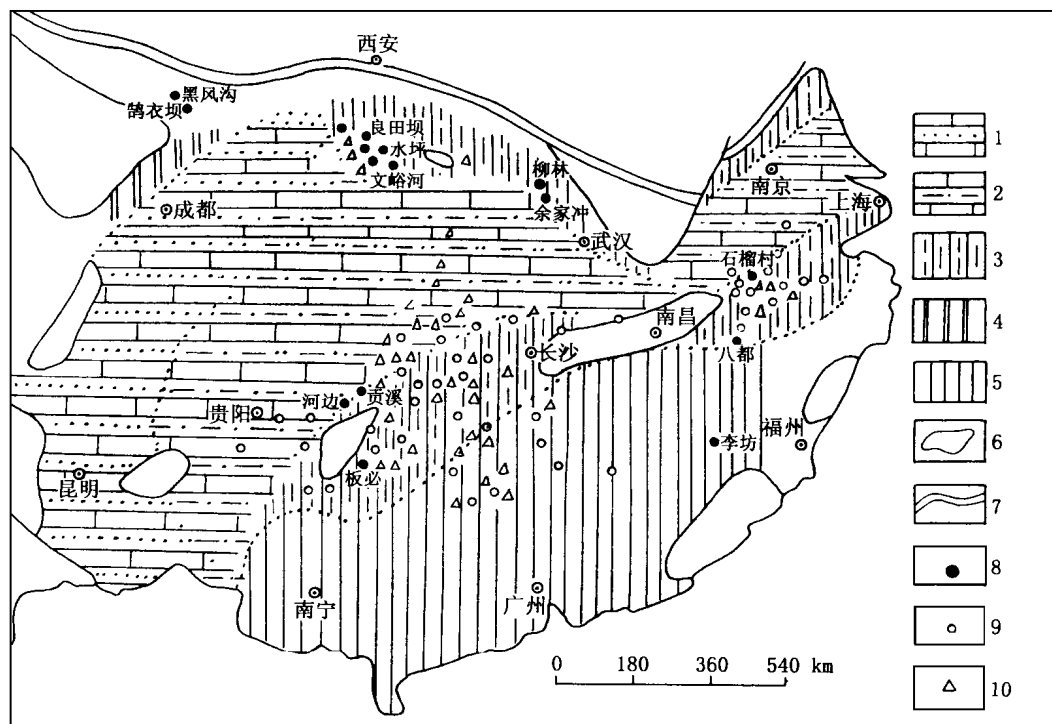


图 1 早寒武世沉积型重晶石(毒重石)矿床分布图(沉积相图据刘本培, 1986; 磷钒矿资料据卢衍豪, 1979)

1. 滨海、浅海砂泥质及碳酸盐沉积; 2. 浅海、滨海碳酸盐及砂泥质沉积; 3. 非补偿海滞流海泥质(富硅、碳质)沉积; 4. 滞流海砂泥质及硅质沉积; 5. 半深海、深海砂泥质类复理石沉积; 6. 古陆及古岛; 7. 古海洋消失带; 8. 重晶石(毒重石)矿床; 9. 结核状磷矿; 10. 钒矿

Fig 1 The distribution of sedimentary baritic (witheritic) deposits in Lower Cambrian (sedimentary facies map from L u B P, 1986; data of phosphorite (vanadium) deposite from Lu Y H, 1979)

1. littoral and niritic sandy-pelitic and carbonate deposit; 2. niritic and littoral carbonate and sandy-pelitic deposit; 3. starved stagnant marine pelitic (rich silica and carbon) deposit; 4. stagnant marine sandy-pelitic and siliceous deposit; 5. semi-abyssal and abyssal sandy-pelitic flyschoid deposit; 6. ancient land and ancient island; 7. ancient oceanic subduction zone; 8. baritic (witheritic) deposit; 9. nodular phosphatic deposit; 10. deposit of vanadium

镍、钼等硫化物矿床)具有密切的空间关系和相同的构造环境。

含矿层一般均位于寒武系下统的下部。虽然各矿床相距甚远,但各地含矿段地层的岩性却具有惊人的相似性,一般均为富含磷、钒(铀)、碳及硅质的黑色岩系。矿层以下多为硅质岩、含磷硅质岩及硅质板岩,为重要的磷矿层位。矿层中一般常夹有硅质岩、碳质页岩及粉砂岩层并且在横向上与上述岩层构成相变关系。在毒重石发育的地段常见碳酸盐岩夹层。矿层上部虽然也可见硅质岩,但是一般以碳质页岩、碳质粉砂岩为主,常夹有碳酸盐岩而且向上碳酸盐岩夹层增多(图 2)。相当于含矿层位及其上的碳质页岩及粉砂岩在区域上往往是重要的钒矿层位。但两类矿床往往不共生于同一地段,钒矿常见于更富碳质和硫化物的泥质岩发育的地段,而重晶石常见于硅质岩发育的地段。如湖北柳林和余家冲分别构成了北、南两个重晶石矿带,而位于其间的青山寨—响水台一带同层位地层碳质含量及黄铁矿含量增高,重晶石沉积消失

而出现了青山寨和烟棵树等钒矿床。这些显示出两类矿床形成条件的差异, 钒矿形成于比重晶

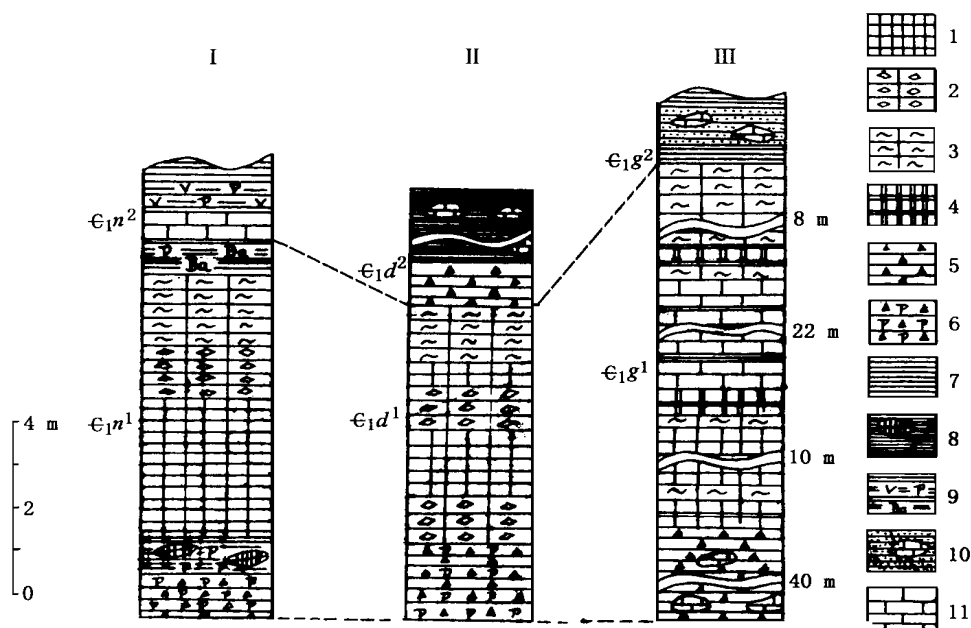


图 2 早寒武世重晶石(毒重石)含矿层柱状对比图

I. 贵州天柱河边; II. 湖北随县柳林; III. 甘肃文县关家沟; 1. 块状重晶石; 2. 碳酸盐质重晶石; 3. 条带及条纹状重晶石; 4. 毒重石及毒重石与重晶石; 5. 硅质岩; 6. 含磷结核及夹层的硅质岩; 7. 黑色碳质页岩; 8. 含重晶石团块的碳质页岩; 9. 含钒、磷及重晶石结核的碳质页岩; 10. 夹碳酸盐透镜体的碳质粉砂岩及板岩; 11. 碳酸盐岩

Fig. 2 Correlation of ore-bearing columns for the barite(witherite) in Lower Cambrian

I. Hebian in Tianzhu, Guizhou province; II. Liulin in Suixian, Hubei province; III. Guanjiagou in Wenxian, Gansu province; 1. massive ore of barite; 2. carbonate are of barite; 3. banded ore of barite; 4. ore of witherite and ore of barite; 5. silicalite; 6. phosphatic nodule and interbed-bearing silicalite; 7. black carbonaceous shale; 8. baritic lump-bearing carbonaceous shale; 9. vanadiferous and phosphatic nodule-bearing and baritic nodule-bearing carbonaceous shale; 10. carbonaceous siltstone and slate beared carbonate lens; 11. carbonate rock

石更强的还原环境中。

重晶石矿体呈稳定的层状、似层状或透镜状整合地产于上述地层中, 与围岩呈渐变关系, 无热液蚀变现象。矿体厚度一般数米, 可逾 10 m, 长一般 1 000 m ~ 5 000 m。矿石常见块状构造、条纹(带)状构造、结核状构造及豆(鲕)状构造, 并可见生物的遗迹构造。矿石的主要矿物为重晶石和(或)毒重石, 共生矿物常见方解石、钡解石、斜钙钡石、粘土矿物、黄铁矿、磷灰石及硅质和有机碳等。

2 前人成因观点概述

对于此类矿床的勘查和研究主要在 80 年代发表了一些有关的论著, 一致认为早寒武世的这些矿床属海相沉积矿床。由于含矿层多富含有机碳和黄铁矿, 一般认为矿床形成于较深的局限、低能还原性海盆。重晶石中硫同位素分析结果 δ^4S 一般多在 $19 \times 10^{-3} \sim 23 \times 10^{-3}$ 之间, 可达 46×10^{-3} , 证明 S 来源于海水。但是目前 Ba 同位素的研究尚不能确定其来源, 因此对 Ba 的来源和成矿机制有不同的认识, 归纳起来有如下观点:

(1) 陆源化学沉积观点: 认为 Ba 来源于大陆风化的岩石。基岩风化过程中含 Ba 硅酸盐及磷酸盐矿物分解, Ba 呈真溶液或被硅质胶体吸附由河流搬运至浅海, 溶解的或从胶体中解离出来的 Ba^{2+} 在适合的条件下与 SO_4^{2-} 结合沉淀成矿^[1,3]。

(2) 火山热液沉积观点: 认为 Ba 来源于海底火山喷出的气液, 火山气液中的 Ba^{2+} 和 H_2S 进入海水后经搬运至氧化带, Ba^{2+} 与海水中的 SO_4^{2-} 或 H_2S 氧化形成的 SO_4^{2-} 结合形成重晶石矿床, 与 CO_3^{2-} 结合形成毒重石矿床^[1,3,4]。笔者在 1982 研究柳林重晶石矿床时也曾持此种观点。

(3) 热卤水沉积观点: 认为 Ba 来源于地下热卤水, 下渗的海水被加热并溶解了深部基底中富含 Ba 的岩石中的 Ba 后沿同沉积期断裂上升至沉积盆地中沉积成矿^[5,6]。

90 年代以来又有一些新的发现和认识。李道政^[6]、孙兴文^[7]等人认为此类矿床形成于大陆斜坡^[7]、较开阔浅海与局限海槽的过渡带。李道政发现和研究了余家冲重晶石矿床中具生物遗迹构造的矿石及矿石与生态的关系^[6]。王忠诚发现紫阳、城口等地毒重石和钡解石中的 C 属有机成因, 并提出 Ba 具有生物、海底火山及热泉三种来源^[8]。在国外 Quinby-Hant 和 Wide (1996) 及 Calvert (1996) 认为黑色岩系并不一定非要形成于还原盆地, 可从形成于生成甲烷的还原环境变化到氧化环境, 关键在于相对提供沉积物的生物质的富集程度^[9]。这些研究成果对于正确认识早寒武世沉积型重晶石(毒重石)矿床的成矿机制有较大的帮助。

诚然, 对于此类矿床所建立的任何一种成矿模式都必须涉及和能够圆满地解释如下事实。

(1) 河水中 Ba 的平均质量分数不高 ($w_{\text{Ba}}/10^{-6}$ 为 45) 且极易被水解物吸附, 只有少量能进入较深的海盆中, 多在近海被吸附沉淀^[10]。

(2) 重晶石(毒重石)形成于浅海陆棚与深海-半深海沉积过渡带的非补偿性沉积区(图 1)。

(3) 此类矿床与结核状磷矿和钒矿有较密切的空间关系, 含矿层是富含生物成因的石煤、磷、钒及镍、钼等沉积矿床的黑色岩系建造的一个组成部分。

(4) 矿体及矿石中常夹有富含有机碳的夹层、条带及条纹, 矿石可见生物遗迹构造, 常含有机碳和磷, 重晶石中的硫属海水来源, 毒重石中的 C 属有机成因。

(5) 矿层及矿床所在区域尚未发现与重晶石矿床伴生的 Pb、Zn 硫化物矿床, 未发现钡冰长石及石膏(硬石膏)等矿物。但是太平洋中脊和冲绳海槽现代海底火山喷气区都是富含 Pb、Zn 硫化物的“黑烟囱”与含重晶石的“白烟囱”在空间上相邻而立, 时间上共生同喷^[11], 日本黑矿和捷克波希米亚等海底火山成因的重晶石矿床都与 Pb、Zn 硫化物共生并含钡冰长石^[9]。

笔者在重新审视前人观点和综合分析前人资料的基础上提出, 早寒武世沉积型重晶石及毒重石矿床属生物化学沉积成因, 并初步建立其成矿模式与地质界同仁共同探讨, 以求促进此类矿床成矿理论的研究。

3 矿床属生物化学沉积成因的认识及依据

3.1 生物对 Ba 的富集作用

海水中 Ba 的平均质量分数仅有 20×10^{-6} 。以海水中 $[\text{SO}_4^{2-}]$ 丰度计算 $[\text{Ba}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}]$ 仅

有 2.6×10^{-11} , 而 BaSO_4 的浓度积 K_{sp} 为 1.08×10^{-10} , 即在正常情况下 BaSO_4 在海水中不会产生化学沉淀。但是据 Bowen H J M (1966) 计算, 海洋浮游生物和褐藻相对于海水对 Ba 的富集系数分别为 120 和 260。大不列颠海岸藻类的灰中 Ba 质量分数达 900×10^{-6} [10]。Shaw 等 (1969) 也指出一些藻类、浮游生物、深海中一些原生生物体可富集 Ba。有孔虫硬组织中 Ba 质量分数为 700×10^{-6} (柴之芳, 1994)。王璞珺等 [12] 对松辽盆地白垩系油页岩的研究也证实黑色页岩和干酪根中都富集 Ba, 而干酪根是 Ba 的“载体相”, 得出了生物有机质使 Ba 富集的结论。上述表明浮游生物和藻类对 Ba 有较强的富集作用。太平洋表层至 2.5 km 深度 Ba 的质量分数逐渐增加, 至此深度以下趋于稳定, 表层水中 Ba 质量分数低是生物吸收的结果 [10] 由此可见, 引起海洋中 Ba 沉淀的主要机制是生物而不是化学沉淀。

3.2 含矿建造的矿石组构

生物吸收、粘土及有机质吸附和有机质分解形成的物理化学障是黑色岩系中钒(铀)、磷、镍、钼矿床形成的重要机制, 因此这些矿床与富硅和有机质的黑色岩系有必然的空间和成因关系。早寒武世重晶石均产于富硅和有机质的黑色岩系, 由图 1 显示出它们与同期结核状磷矿和钒矿空间分布关系密切。范德廉对下寒武统黑色岩系的研究表明, 该岩系不仅富含有机质、磷、钒而且也富钒。各地黑色岩系中 Ba 的平均质量分数 $w(\text{Ba})/10^{-6}$ 如下: 云南 1 500, 湖南 5 500, 江西 2 220, 陕西 2 338, 钒矿的围岩(黑色粉砂质页岩)为 $3 900$ [13], 可见黑色岩系中 Ba 质量分数远大于页岩的平均质量分数 (580×10^{-6} ; 据 K·K·图雷基安等, 1961), 相当于克拉克值 (425×10^{-6}) 的 3.5~12.9 倍。Ba 及重晶石矿床与富硅、磷、有机质和钒的黑色岩系是否也有必然的成因关系呢? 据洪华生对闽南、台湾浅滩渔场现代洋流上升区沉积物的研究, 生物成因的 C N P Si 的原子比值为 138 26 1 17 [14], 另有资料认为生物影响的 C Ba 的原子比为 3 000 1, 如果换算为 C N P_2O_5 SiO_2 Ba 的重量比则约为 262 57 11.4 160 1。由于碳在沉积成岩-变质过程中损失极大, 损失比率可达 80% 以上直至殆尽, 因此生物沉积岩中具有很高比率的 P_2O_5 、生物 SiO_2 和 Ba 应是必然的。

如前所述, 早寒武世沉积型重晶石及毒重石矿床分布于扬子板块陆棚边缘和大陆斜坡上部, 正好处于有机质高产率的洋流上升位置, 含矿的黑色岩系是典型的洋流上升带沉积建造 [15], 其中 Ba 的高丰度应与生物的沉积作用有关。此外, 下寒武统磷块岩中同样具有 Ba 的质量分数高, 而且多少显示出 Ba 与 P_2O_5 质量分数的正相关关系(表 1), 更进一步说明 Ba 与 P_2O_5 均与生物富集有关。王忠诚等 [8] 从紫阳、城口两地含矿岩系中采集和分析的含重晶石和毒重石及含放射虫硅岩的几种成分见表 2, 由表 2 可见含重晶石及毒重石的硅岩磷质量分数

表 1 中国南方下寒武统磷块岩中的 Ba 质量分数 [13]

Table 1 Barium mass fraction of phosphorite for Lower Cambrian in South China			
产 地	磷块岩的类型	$w(\text{P}_2\text{O}_5)/\%$	$w(\text{Ba})/10^{-6}$
云南昆阳	厚层状磷块岩	25.70~27.01	1 000
云南德泽	透镜状磷块岩	21.17	686
湖南大庸	结核状磷块岩	15.80	2 380
湖南大庸	透镜状磷块岩	30.10	4 125
浙江诸暨	结核状磷块岩	11.80	50
浙江诸暨	透镜状磷块岩	22.90	800

表 2 紫阳、城口毒重石围岩中硅岩部分成分 [8], $w(\text{B})/\%$

Table 2 Partial component mass fraction of silicite from witheritic surrounding rock in Ziyang & Chengkou area (in percentage)					
化学成分	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	BaO	P_2O_5
Z-3 含毒重石硅岩	5.33	4.49	0.01	10.85	0.15
M-11 碳质含重晶石硅岩	0.55	0.40	0.01	19.20	0.17
M-1 含放射虫硅岩	0.29	3.14	0.03		0.09
M-12 含放射虫硅岩	0.22	1.91	0.04		0.01
M-14 含放射虫硅岩	0.24	2.40	0.13		0.01

高于含放射虫硅岩。将上述硅岩成分投入 A dachi 等人的 A l-Fe-M n 图解, 含毒重石及重晶石的硅岩落入生物成因硅岩区而含放射虫硅岩落入热水沉积硅岩区(图 3), 表明含矿的硅岩也与生物沉积有关。

重晶石及毒重石矿层和矿石中常具有富含有机碳的泥岩条带及夹层和富含海绵骨针及藻类化石的硅质条纹及条带, 矿物成分常见磷灰石表明 BaSO_4 的沉积与生物沉积密不可分。结核状构造的重晶石及重晶石充填交代潜穴动物遗迹管而形成的重晶石质遗迹化石^[6], 表明它们如同磷结核及硅质结核的成因相似, 是生物沉积后分解出来的 Ba 聚集并对原沉积物同沉积期交代作用的产物。

4 重晶石及毒重石的成矿模式

如上所述, 海洋浮游生物及藻类对 Ba 有明显的富集作用。但是由于生物机体中 Ba 与 SiO_2 及 P_2O_5 等成分相比所占比率较小, 这些生物的堆积显然不能直接形成 Ba 的工业富集。重晶石及毒重石的成矿(图 4), 需要经历如下过程和成矿作用。

4.1 生物富集和沉积作用阶段

陆棚边缘及陆坡上端远离大陆剥蚀区, 陆源沉积作用较弱, 但是上升的富营养洋流在这样的区域造成了浮游生物及藻类大量繁殖的条件。这些生物大量地吸收表层海水中的 C, P, Si, V, Ba 等元素, 死亡后随机体沉入海底, 同时有机质和粘土物质也吸附钒、铀等元素沉入海底, 使上述元素在洋流上升区沉积物中得到初步富集。

4.2 Ba 的析出与迁移阶段

在生物机体沉淀过程中及沉积之后, 机体腐烂、分解放出上述元素和 H_2S , CH_4 , H_2 等物质, 大量消耗底部水体特别是沉积物中的氧形成缺氧的还原环境。在沉积速率较快和还原条件强烈的地段不但有更多的有机质保存下来, 同时这样的地段对钒、铀、镍、钼等元素是有效的化学障, 使之在这样的地段富集成矿。所以这些矿床在空间上与石煤及更富粘土和有机质的黑色页岩显示更密切的关系。但是, 在这样的强还原环境中, 硫呈还原状态的 H_2S , $[\text{HS}]^-$ 和 S^{2-} 的形式存在而乏 SO_4^{2-} 。有机酸降低了环境的 pH 值, 从而使 H_2CO_3 的二级解离受到抑制。有机质分解和碳酸盐沉淀物的溶解不仅大量消减沉积物中的碳酸盐而且使水体底部和间隙水中含有大量 CO_2 和 HCO_3^- , 因而不利于 Ba 以 BaSO_4 的形式沉淀, 而易于以 $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$ 的形式溶解并向沉积界面以上扩散和在底部还原性水体中迁移。

4.3 重晶石及毒重石富集成矿阶段

强还原地段沉积物界面以上的富 Ba 海水在上升洋流的带动下向上运移而趋近氧化还原界面。随着 Eh 及 pH 值的升高和压力降低, 海水中 SO_4^{2-} 和 CO_3^{2-} 质量分数逐渐增加, 它们与上升洋流中的 Ba 结合形成 BaSO_4 和 BaCO_3 的沉淀, 其成矿作用可用下式表示:

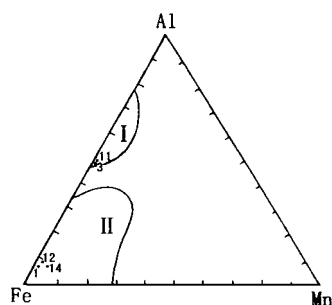
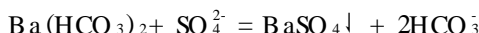


图 3 A l-Fe-M n 三角图(据 A dachi, 1986)

I. 生物成因硅岩; II. 热水沉积硅岩; 1, 3, 11, 12, 14 为硅岩成分投点

Fig 3 Triangle diagram of A l-Fe-M n

I. biogenic silicalite; II. hot-water-sedimentary silicalite; 1, 3, 11, 12, 14 are projected point of components in the silicalites

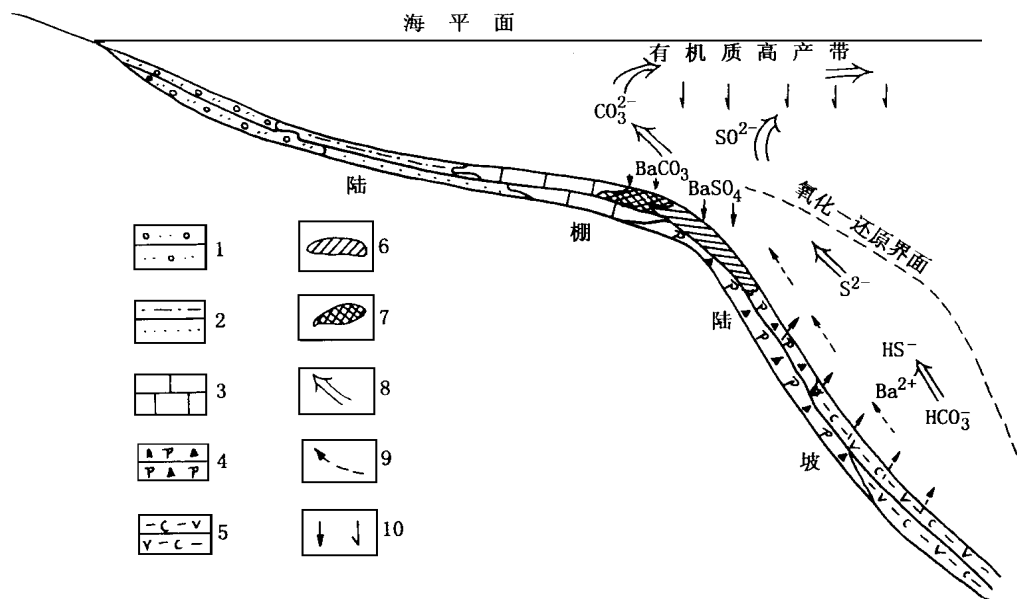


图 4 早寒武世重晶石及毒重石的成矿模式

1. 滨海砂砾岩; 2. 浅海砂岩及砂泥质岩; 3. 浅海碳酸盐岩; 4. 硅质岩及含磷结核硅质岩; 5. 含磷、钒及硫化物的碳质页岩及粉砂岩; 6. 重晶石; 7. 毒重石; 8. 上升洋流; 9. Ba 的迁移方向; 10. 有机体、BaSO₄ 及 BaCO₃ 的沉积

Fig. 4 Sketch map of metallogenetic model of baritic and witheritic deposits in Lower Cambrian
1. littoral sandstone and conglomerate; 2. shallow sea sandy-pelitic rock; 3. carbonate rock in shallow sea; 4. silicite and phosphatic nodule-bearing silicite; 5. phosphoric and vanadiferous and sulfide-bearing carbonaceous shale and siltstone; 6. barite; 7. witherite; 8. upwelling oceanic current; 9. migrating direction of Ba; 10. deposition of organic remains, BaSO₄ and BaCO₃



由于 BaSO₄ 的溶度积 ($K_{sp} = 1.08 \times 10^{-10}$) 比 BaCO₃ 的溶度积 ($K_{sp} = 5.1 \times 10^{-9}$) 小一个数量级而海水中的 SO₄²⁻ 浓度一般大于 CO₃²⁻ 的浓度, 因此首先沉淀的总是 BaSO₄, 只有更浅的富 CO₃²⁻ 的特殊条件下才能有大量 BaCO₃ 的沉淀。这就是自然界中重晶石矿床远多于毒重石矿床的原因和毒重石矿层多与碳酸盐岩伴生的原因。

在沉积速率较慢、还原条件相对较弱的地段, 有机质趋于完全分解, 使沉积物中有机碳减少而硅质成分趋于增加。间隙水和底部水体中还存在一定数量的 SO₄²⁻。在这种环境中由生物机体中析出的 Ba 在沉积物中聚集形成结核状重晶石。如同灰岩中的虫孔常被白云岩交代一样, 在这样的环境中空隙较大的潜穴动物管道易于被重晶石充填交代形成重晶石质的遗迹化石, 湖北余家冲重晶石矿中此类生物构造的矿石就是这样的同沉积交代作用形成的。

5 结论

综上所述, 早寒武世重晶石及毒重石矿床中的 Ba 经历了生物富集—沉积—分解—溶—迁移—再沉积的成矿过程, 属生物化学沉积成因的矿床, 与磷、钒(铀)、镍钼硫化物矿床同属黑色岩系成矿系列。此类矿床的找矿与评价应主要注重含矿建造和相分析, 最有找矿前景的是富

磷、碳黑色岩系中与富粘土质含钒的岩相呈横向相变的代表还原条件较弱的硅质岩相段, 尤其是硅质岩上部向粉砂岩和碳酸盐岩过渡的岩性段。

参考文献

- 1 褚有龙. 中国重晶石矿床的成因类型. 矿床地质, 1989; 8(4): 91~ 95
- 2 李裕能. 甘肃文县重晶石矿床地质特征. 西北地质, 1985; 6(1): 52~ 59
- 3 汤继新. 广西重晶石矿床地质特征及其成因探讨. 广西地质, 1990; 3(4): 57~ 59
- 4 廖明汉, 王波. 陕西石梯重晶石矿床地质特征及其成因的初步探讨. 陕西地质, 1988; 6(2): 12~ 20
- 5 余洪云. 贵州天柱河边重晶石矿床地质特征及找矿方向. 贵州地质, 1988; 5(1): 1~ 9
- 6 李道政. 对鄂北早寒武世重晶石矿与生态关系的探讨. 湖北地质, 1993; 7(2): 32~ 37
- 7 孙兴文, 李瑞贞. 陕西紫阳黄柏树湾毒重石矿床地质特征. 陕西地质, 1990; 8(1): 77~ 84
- 8 王忠诚. 大巴山下寒武统黑色岩系中毒重石矿床的成因探讨. 地质科学, 1992; 27(3): 237~ 247
- 9 王登红. 与黑色岩系有关矿床研究进展. 地质地球化学, 1997; (2): 85~ 87
- 10 刘英俊等. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1984: 336~ 371
- 11 侯增谦. 西太平洋冲绳海槽烟囱硫化物矿床矿化化学特征与分带型式. 地球学报, 1997; 18(2): 171~ 199
- 12 王璞瑒等. 油页岩中生物及有机质与金属元素富集的关系及机理探讨. 长春地质学院学报, 1996, 26(1): 47~ 51
- 13 陈南生. 我国南方下寒武统黑色岩系及其中的层状矿床. 矿床地质, 1982; 2(2): 40~ 48
- 14 洪华生. 海洋生物地球化学研究论文集. 厦门: 厦门大学出版社, 1994: 25
- 15 帕里什 J T. 古生代上升洋流与生油层. 国外地质科技, 1984; (4): 1~ 26

THE BIOCHEMICAL SEDIMENTARY METALLOGENIC MODEL OF BARITIC AND WITHERITIC DEPOSITS IN LOWER CAMBRIAN IN CHINA

Gao Huaizhong

(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract The baritic and witheritic deposits in Lower Cambrian in China have been formed on the border of continental shelf and upper continental slope. The ore-bearing formation of black shale rich in phosphate and organic carbon and siliceous is canonical sedimentary rock series formed in region where the ocean current was being risen. After the plankton absorbed Ba from sea water and sinked down sea bottom, Ba has passed the mineralization of dissolution-migration-redeposition. Therefore, these deposits are canonical biochemical sedimentary mineral deposit. They and phosphorite and sedimentary deposits of V (U) and other some base metal sulfides all are involved in a biochemical sedimentary deposit series related to formation of black shale.

Key words Lower Cambrian ore-bearing formation biochemical sedimentation metallogenic model

Synopsis of the author Gao Huaizhong, male, 52 years old, Associate Professor of Mineral Deposit with China University of Geosciences. Now he is engaged in mineral deposit.