

贵州天柱上公塘一大河边寒武纪重晶石矿床 海底热水喷流沉积结构、构造特征

杨瑞东, 魏怀瑞, 鲍淼, 王伟, 王强

贵州大学研究生院, 贵阳, 550025

内容提要: 贵州天柱寒武系重晶石矿床属世界上最大的重晶石矿床,其储量达到2亿吨以上。通过系统的野外调查,发现其中包含大量的海底热水(液)喷流沉积形成的脉状构造、冲刷构造、饼状体构造、柱状体构造、块状构造、斑状构造、水平纹层构造、碳质膜壳构造等沉积构造和沉积构造序列,同时具有热水(液)喷流成因的黄铜矿、闪锌矿、黄铁矿、钡冰长石等典型矿物。建立了较为完整的天柱寒武系重晶石矿床沉积序列,为这一超大型矿床的成因提供了更直接的证据。

关键词: 沉积构造;地球化学;热水(液)喷流;重晶石;贵州

黔东湘西的天柱、新晃地区寒武系底部普遍存在重晶石矿层,其重晶石储量位居世界第一,仅贵州天柱大河边一大公塘矿区的地质储量就达到2亿吨以上,属于特大型重晶石矿床。矿层产出层位为下寒武统牛蹄塘组底部,呈层状、似层状,产状稳定,其与上、下地层产状一致。矿层沿走向延伸数千米至20km,矿层厚度变化不大,一般1~3m,最厚达5m。矿石具有层理、微层理、条带状、透镜状、柱状、饼状、结核状构造。矿石多数为黑色、黑灰色,少数为白色、灰白色。矿石含BaSO₄一般85%~95%,有机碳丰富,一般为1.56%~10.78%,大多数在4.56%~6.28%之间(彭军等,1999)。

研究区位于贵州东部的天柱大河边一大公塘一带(图1),属于宜昌—都匀大断裂带的南缘部分,该断裂正好处在台地与深水盆地过渡带上。寒武纪该断裂两侧的岩相、沉积相特征、地层厚度、古构造发展历史以及生物群落都具有显著的差异。断裂属于新元古代—早古生代同生深大断裂,东盘沉降,西盘断续上升。沿该深大断裂的桑植—吉首—新晃—天柱—台江一线均有重晶石矿分布,而天柱一带为该断裂深部热水(液)喷流中心,形成世界最大的重晶石矿床。

长期以来,科学家对重晶石矿床的成因、分布、组成进行了一系列研究(Bishop, 1988; Torres et

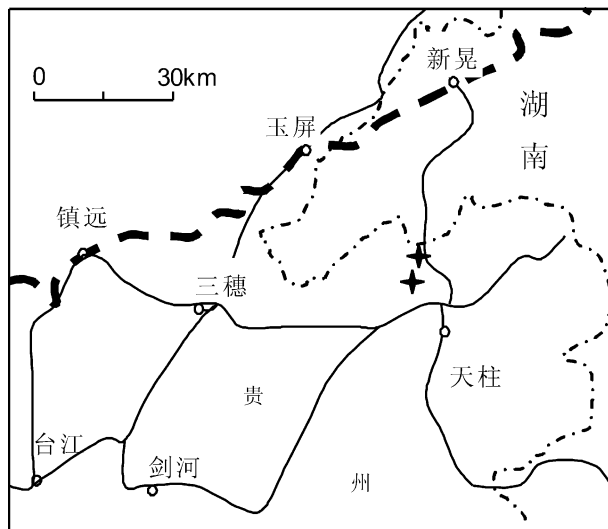


图1 贵州天柱上公塘一大河边寒武纪重晶石矿床地理位置及剖面位置图(十—剖面位置)
Fig. 1 The communication map and the sections location of the Shangongtang and Dahebian barite deposits, Tianzhu County, Guizhou Province(十—location of profiles)

al., 1996; Aquilina et al., 1997)。天柱重晶石矿床的成因有认为生物作用成因的(高怀忠,1998),有认为是陆源化学沉积成因的(褚有龙,1989),而更多的学者认为与海底热水(液)喷流有关(胡清洁,

本文为国家自然科学基金(批准号40462001)、贵州大学博士点基金资助项目的成果。

收稿日期:2006-08-22;改回日期:2007-07-16;责任编辑:章雨旭。

作者简介:杨瑞东,男,1963年生。博士,教授,博士生导师。主要从事地层古生物和地球化学的教学和科研工作。通讯地址:550025,贵州贵阳,贵州大学研究生院;Email: rdyang@gzu.edu.cn。

1997;彭军等,1999;吴朝东等,1999;方维萱等,2002;夏菲等,2004,2005a,2005b;陈永权等,2005)。但天柱重晶石矿床一直没有系统地对其海底热水(液)喷流沉积结构、构造特征进行研究。为了了解海底热水(液)作用的沉积成矿机理,并为这一超大型矿床的成因提供更为直接的证据,笔者等对该矿床进行了系统的海底热水(液)喷流沉积结构、构造研究。

1 含矿岩系特征

研究区位于坪地向斜构造东南翼,矿区出露地层有新元古代南华系—震旦系南沱组、陡山沱组、留茶坡组,下寒武统牛蹄塘组、明心寺组、耙榔组、清虚洞组等。重晶石矿呈层状产于下寒武统牛蹄塘组底部磷矿层之上,多金属碳质页岩层之下。含矿岩系厚度一般2~5 m,最厚8.41m。矿层从下往上可分为9层:

(1)含磷质结核的黑色碳质页岩及薄层硅质岩:为重晶石矿层的底板,在矿洞中常发现黑色碳质页岩与重晶石接触面具有大量的冲刷、侵蚀构造。局部可见底板上有裂隙状重晶石脉体切入基底碳质页岩中,可能是热水(液)喷流渗出通道。

(2)柱状重晶石、碳质体:局部出现凝灰石透镜体,厚度不稳定,仅在大河边一大公塘一带出现,可能是热水(液)喷流中心附近的产物,厚0~0.2m。

(3)饼状体重晶石层:局部出现,厚度不稳定,仅在大河边一大公塘一带出现,饼状体一般直径10~15cm,高2~4cm,可能是热水(液)小的溢流通道口的产物,厚0~0.2m。

(4)厚层块状重晶石层:矿石呈细晶结构、斑状结构,一般纹层不发育。矿区南段、中段发育,南段最厚达5.8m,北段尖灭。厚度1~3m。

(5)硫化矿物—重晶石层:由硫化物(黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿)、碳泥质及碳酸盐团块、小透镜体夹在重晶石基质中,品位低。在矿洞深处,可发现绿松石和低温蚀变形成的髙岭石。厚度0.05~0.5m。

(6)条带状重晶石矿层:区内稳定,连续性较好。往往含有大量的纹层状黄铁矿、黄铜矿及少量的闪锌矿,纹理以水平层理为主。厚度为0.5~1.0m。

(7)透镜状重晶石层:下面透镜体较大可达0.2m,往往上变小为3~5cm结核体。该层厚度0.3m。

(8)含菱铁矿、黄铜矿、黄铁矿的重晶石层:重晶石品位低,水平纹层发育。在地表风化面上呈褐色、绿色,它是由于褐铁矿化、黄铜矿风化引起。厚度0.5m。

(9)含大量磷质、黄铁矿结核的碳质页岩,局部发育凝灰岩夹层。水平层理发育,少量海绵骨针化石。厚度为0.5~1.0m。

2 重晶石矿层中喷流沉积特征

喷流沉积往往形成重要的矿床(肖荣阁等,1994;丰成友等,2002;谢桂青等,2002;丁振举等,2003;彭润民等,2004),但喷流岩的沉积特征一直没

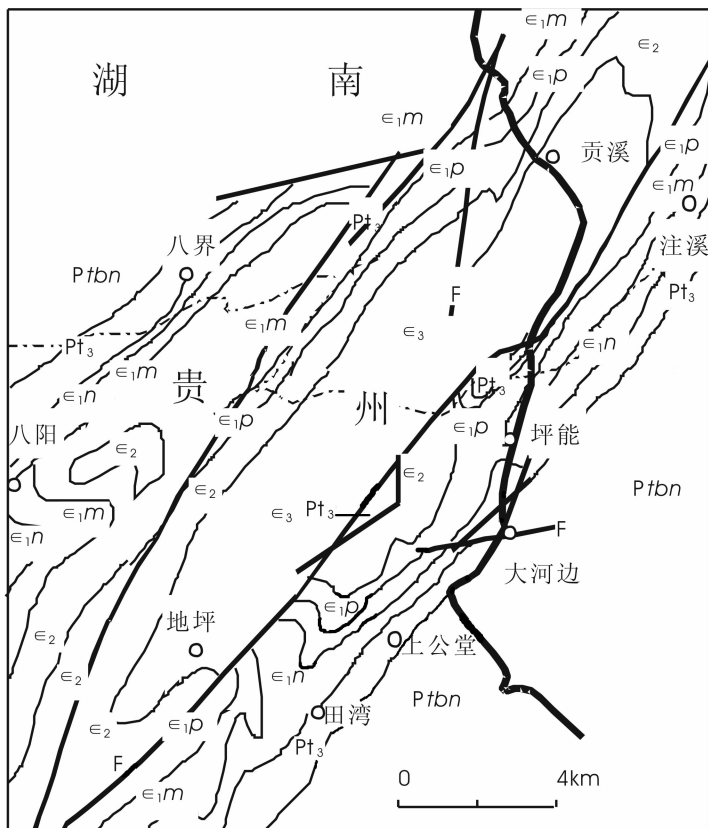


图2 贵州天柱上公塘—大河边寒武纪重晶石矿床区域地质图
Fig. 2 The regional geological map of the Shanggongtang and Dahebian barite deposits, Tianzhu County, Guizhou Province

ε₃—上寒武统;ε₂—中寒武统;ε_{1n}—下寒武统牛蹄塘组;ε_{1m}—下寒武统明心寺组;ε_{1p}—下寒武统耙榔组;Pt₃—新元古界;Ptbn—元古界板溪群;F—断层

ε₃—Upper Cambrian; ε₂—Middle Cambrian; ε_{1n}— Lower Cambrian Niutitang Fm.; ε_{1m}—Lower Cambrian Mingxinsi Fm.; ε_{1p}— Lower Cambrian Palang Fm.; Pt₃—Neoproterozoic; Ptbn— Proterozoic Banxi Group; F—fault

有被重视。贵州天柱大河边一大公塘一带寒武系底部重晶石具有典型的喷流岩沉积特征,对其深入研究有利于了解喷流岩形成过程具有重要意义。

贵州天柱大河边一大公塘一带寒武系底部重晶石具有典型的喷流沉积特征,通过野外深入调查研究,发现重晶石中主要喷流沉积构造有脉状构造、冲刷构造、饼状体构造、柱状体构造、块状构造、斑状构造、水平纹层构造、碳质膜壳构造等。

2.1 底部冲刷构造

在大公塘重晶石矿的矿洞中发现矿层底板发育大量的冲刷构造(图版 I-1),冲刷构造呈槽沟状,沟

槽较平宽,脊也较宽,沟槽在横向上变化较大,往往很快尖灭,或呈分叉状。沟槽中往往充填深灰色重晶石。可见由于海底冲刷所形成的冲刷面(图版 I-2),冲刷面比较光滑,面上起伏大,常呈波状起伏。它是海底热水(液)喷流冲刷形成的沉积构造。

2.2 柱状、饼状构造

在矿层底部碳质页岩与重晶石矿层之间的过渡层位,往往除发育冲刷构造外,还形成大量的柱状、饼状重晶石体或高碳质体(图版 I-4~9)。柱状体往往由重晶石组成,镶嵌在碳质页岩中,大小一般长 1m,直径为 15cm,其往往横卧在矿层底部(图版 I-4)。在重晶石柱状体外层往往发育大量的纵向沟纹,有时还包裹黑色的碳质薄壳(图版 I-6, 7, 9)。

柱状碳质体一般长 0.5m,直径 10cm,碳质含量高,重晶石含量少。与柱状体重晶石一起横卧在矿层底部(图版 I-7,8)。

饼状重晶石体一般直径 10~15cm,高 2~4cm,在表面上往往形成同心纹(图版 I-9),其往往位于碳质页岩与重晶石层的过渡层位。

柱状重晶石体的形成可能是由含高密度 $BaSO_4$ 流体快速从喷口喷射出来,由于密度大,喷流速度快,其未能与海水混合即结晶,如同挤牙膏状形成柱状体,在柱状重晶石体表面往往形成大量纵向沟纹,可能就是快速喷流形成的擦痕。

饼状重晶石体可能是由含高密度 $BaSO_4$ 流体在较小喷口处溢流形成的产物。由于饼状体呈中间厚,边缘薄的形状,且具有同心环状构造,应属于向上溢流形成的构造。

至于碳质柱状体的形成机理目前尚无法解释。

2.3 脉状构造

在重晶石矿层底板碳质页岩中往往发现大量的脉状重晶石矿体,重晶石矿体呈垂直或斜交碳质页岩层理,在底板碳质页岩顶面上呈网脉状分布(图版 II-4, 5, 7),由于海底碳质页岩还没有固结就受到 $BaSO_4$ 流体的侵入,因此,底板碳质页岩变形强烈(图版 II-4)。这种构造是喷流裂隙被重晶石充填所形成的构造。

2.4 斑状构造

在重晶石矿层的上部,往往产出黄铜矿、黄铁矿与重晶石、含碳质高的页岩层互层,由于黄铜矿、黄铁矿与重晶石团块大小不一,形成顺层分布的斑状构造(图版 II-8),其类似遵义寒武系底部热水成因的 Mo、Ni 矿层中的斑状构造(杨瑞东等,2005),也类似青海青西凹陷下白垩统喷流岩中的斑状构造

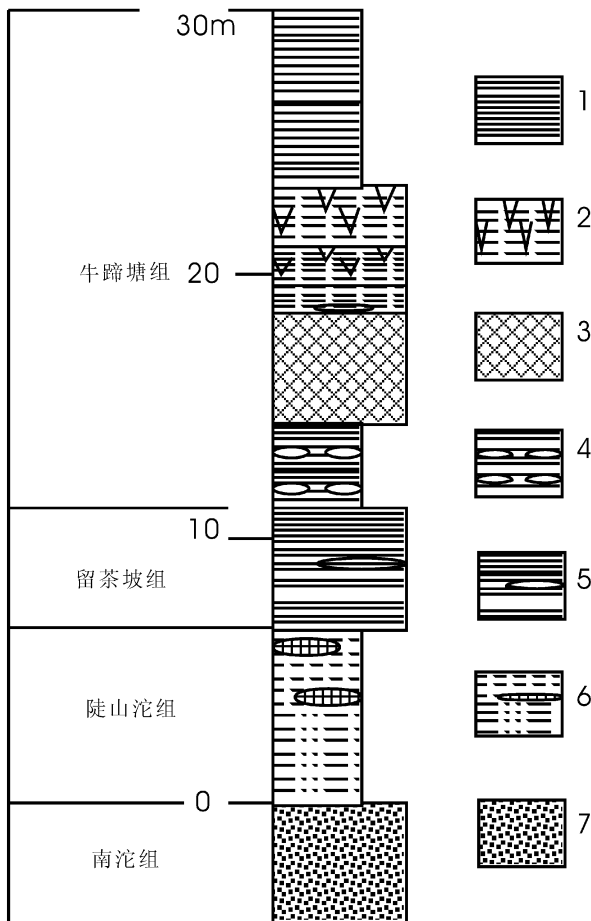


图 3 贵州天柱上公塘一大河边寒武纪重晶石矿床矿区综合柱状剖面图

Fig. 3 The log of stratigraphy and lithology of the Shangongtang and Dahebian barite deposits,

Tianzhu County, Guizhou Province

1—黑色页岩;2—含凝灰质页岩;3—重晶石层;4—含磷结核凝灰质页岩;5—黑色硅质岩;6—黑色粉砂质泥岩、泥岩;7—冰碛砾岩

1—black shale; 2—tuff shale; 3—barite; 4—phosphorous shale; 5—black chert; 6—black mudstone and slity mudstone; 7—tillite

(范铭涛等, 2003)。

2.5 水平纹层构造

在重晶石矿层的上部, 往往形成碳质层与重晶石层, 或重晶石层与黄铁矿层, 或碳质层与黄铁矿层组成的水平纹层(图版 II-9), 这种沉积构造在热水沉积岩中非常发育(谢桂青等, 2002; 范铭涛等, 2003; 彭润民等, 2004)。这种构造往往是热水喷流晚期或喷口外围沉积构造。

2.6 炭质膜壳构造

在柱状重晶石体或饼状重晶石体外往往有薄膜状碳质层(图版 I-7, 9), 碳质层黑色, 染手, 它可能是较高温的 BaSO_4 流体把富含有机质的页岩“碳化”的结果。

2.7 蠕虫状构造

在重晶石矿床外围的黑色页岩层面上, 往往见有含重晶石较高的蠕虫状构造(图版 I-10), 蠕虫状体一般呈香肠状, 粗细不等, 直径一般 1~2cm, 长度 10~20cm, 它可能是海底热水喷流末期或喷口外围形成的产物, 往往在结核状重晶石层周围发育。

2.8 结核构造

重晶石结核体往往在块状重晶石层上部出现, 它是富含 BaSO_4 流体末期由于喷流物质较少而形成的产物。重晶石结核体一般直径为 5cm, 高 2cm, 在层面密集分布(图版 II-5)。

2.9 透镜状构造

在块状重晶石层与结核状重晶石层之间, 往往产出透镜状的重晶石层, 重晶石具有透镜状构造(图版 II-3)。大河边矿区从下往上出现块状重晶石—透镜状重晶石—结核状重晶石沉积序列, 代表热水(液)喷流沉积逐渐减弱的过程。

2.10 类收缩纹构造

在重晶石矿层底板的碳质页岩上常发现一些类似干裂缝的构造(图版 II-1)。裂缝中往往充填含重晶石组分的碳质页岩, 它可能是热水喷溢裂缝系统。

2.11 碳质页岩层中的结核构造

在重晶石矿层之上的碳质页岩中往往含磷质、碳质结核体(图版 II-2), 同时在该层含丰富的 Mo、Ni, 具有玻屑结构的凝灰岩发育, 水平层理发育, 属于寒武纪底部陆棚沉积的产物。

天柱大河边一大公塘重晶石矿床具有从下往上产出的沉积构造: 脉状构造(类收缩纹构造)—柱状、饼状构造—块状构造—透镜状构造—结核状构造(蠕虫状构造)—斑状构造—水平纹层状构造等构成的典型的热热水(液)喷流沉积的构造系列, 代表海底

喷流作用开始—强烈—衰退的过程。

3 重晶石矿层中典型热水成因矿物学、沉积地球化学特征

贵州东部、湖南西部的寒武系底部重晶石矿的成因从不同角度研究认为是热水沉积(胡清洁, 1997; 彭军等, 1999; 吴朝东等, 1999; 方维萱等, 2002; 夏菲等, 2004, 2005a, 2005b)。通过总结前人的研究成果, 寒武系底部重晶石主要有以下典型的热热水成因的矿物学、地球化学证据:

(1) 重晶石矿层中往往含有闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、菱铁矿等热水(液)成因矿物(方维萱等, 2002), 还发现具有热水沉积所具有的钡冰长石(韩发等, 1993; 肖荣阁等, 1994; 周怀阳等, 2002; 夏菲等, 2005a)。

(2) 重晶石包裹体均一法测得重晶石(热卤水)形成时温度的最高温度在 200℃ 左右(胡清洁, 1997; 方维萱等, 2002)。

(3) 锶同位素 $[n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr})]$ 值 0.708310~0.708967, 铅同位素研究证明重晶石具有热水(地幔物质加入)成因的锶、铅同位素特征(夏菲等, 2004, 2005b)。

(4) 重晶石矿层中 Th/U 比值很低, 一般小于 0.2, 表明有深部物质的加入(通过热水或热液)(吴朝东等, 1999)。另外, 矿层上、下页岩中微量元素 V、Co、Ni、Cu、Sr、U、Mo 富集表明, 它们可能与偏碱性、超基性岩浆的喷气热液密切相关。稀土配分显示重晶石具有 Ce 负异常, Eu 正异常, 表明重晶石形成受到了较强的热水物质的影响(吴朝东等, 1999)。

(5) 重晶石矿的硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 为 +41.65, 如此富集的 $\delta^{34}\text{S}$ 可能是生物分馏的结果(吴朝东等, 1999)。现代海底热泉溶液的化学组分中 Ba 的浓度为 17.2~42.6mmol/L, 而海水中 Ba 浓度为 0.145mmol/L(Edmond et al., 1985), Ba 富集系数近百倍。通过比较发现现代海底热泉附近重晶石富集, 热水生物群(低等细藻类生物)繁盛, 热液微生物成矿作用强烈(肖天等, 1998; 李江海等, 2005), 有机质和硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 值均高(Duhig et al., 1992; Tarasov et al., 1999; 孙省利等, 2003)。

上述证据说明天柱大河边一大公塘一带寒武系底部重晶石矿属于典型热水(液)成因。

4 结论

贵州天柱大河边一大公塘一带寒武系底部重晶

石矿床通过近年来的大量研究,基本上确定其属于热水(液)成因的沉积矿床。但是,以前只重视重晶石矿床的地球化学特征研究来证明重晶石矿床是热水(液)成因的沉积矿床,而忽视了其热水(液)成因的沉积构造证据的研究。通过我们对天柱大河边一大公塘一带寒武系底部重晶石矿床中沉积构造的系统研究,发现天柱大河边一大公塘一带寒武系底部重晶石矿床具有海底喷流沉积构造,如垂直或斜交底板页岩层面的重晶石脉状构造、冲刷构造、饼状构造、柱状构造、碳质膜壳构造、透镜状构造、结核构造、斑状构造、水平纹层构造等。

从矿层的底部到顶部,这些沉积构造发育顺序为垂直或斜交底板页岩层面的重晶石脉状构造(类收缩纹构造)—冲刷构造—柱状、饼状构造—块状构造—透镜状构造—结核状构造(蠕虫状构造)—斑状构造—水平纹层状构造构成的典型的热热水(液)喷流沉积的构造系列,代表海底喷流作用开始—强烈—衰退的过程。海底喷流沉积构造序列的发现为天柱大河边一大公塘一带寒武系底部重晶石矿床属于热水喷流成因提供了重要证据,同时丰富了海底热水喷流沉积的沉积标志,为海底喷流沉积建立了沉积构造判断标志。重晶石中发现大量的碳质体、黄铁矿层和强烈的正异常硫同位素 $\delta^{34}\text{S}(+41.65)$,暗示在热水喷流沉积的喷口附近可能存在热水生物群,其类似于现代东太平洋脊 13°N 附近的热热水生物群特征,由于热水生物群的生物分馏作用使 $\delta^{34}\text{S}$ 富集,导致重晶石矿中硫同位素强烈的正异常(+41.65)。2003年6月香山科学会议231次会议就“海底热液作用与极端生态系统”进行科学交流,热水生物群的研究将成为古生物学和古生态研究的热点,而贵州天柱重晶石矿、遵义牛蹄塘组底部铅镍矿层(范德廉等,1973;李胜荣等,2000;毛景文等,2001,Steiner et al.,2001)、松桃大塘坡组锰矿等都属于热水沉积矿床,其中均含丰富的有机质及微体藻类化石和动物化石,在热水喷口附近可能存在热水生物群,它们是研究地质历史时期海底热液作用与极端生态系统最理想的场所(Furnes et al.,2004;杨瑞东等,2005)。

致谢: 研究过程中得到贵州地质矿产研究所曾明果教授级高级工程师的帮助,在此表示衷心感谢。

参 考 文 献 / References

陈永权,蒋少涌,凌洪飞,杨竞红,陈建华.2005.华南寒武纪海洋中沉积矿床及其古环境.海洋地质与第四纪地质,25(1):79~84.

- 丁振举,姚书振,刘丛强,周宗桂,杨明国.2003.东沟坝多金属矿床喷流沉积成矿特征的稀土元素地球化学示踪.岩石学报,19(4):792~798.
- 范德廉,杨秀珍,王连芳,陈南生.1973.某地下寒武统含镍钼多金属黑色岩系的岩石学及地球化学特点.地球化学,3:143~163.
- 丰成友,王艳,李大新,闫升好,崔艳合.2002.青海格尔木骆驼沟喷气沉积型铂(金)矿床的地质—地球化学.矿床地质,21(3):312~222.
- 范铭涛,杨麟科,方国玉,汪满福,李铁锋,朱利东.2003.青西凹陷下白垩统湖相喷流岩成因探讨及其意义.沉积学报,21:560~564.
- 方维萱,胡瑞忠,苏文超,漆亮,肖加飞,蒋国家.2002.大河边一新晃超大型重晶石矿床地球化学特征及形成的地质背景.岩石学报,18(2):247~256.
- 高怀忠.1998.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.矿物岩石,18(2):70~77.
- 韩发,沈建忠,R W 哈钦森.1993.冰长石——大厂锡多金属矿床同生成因的标志矿物.矿床地质,12(4):331~337.
- 胡清浩.1997.新晃贡贡超大型重晶石矿床的岩石学特征与沉积成岩作用.湖南地质,16(2):106~111.
- 李江海,初凤友,冯军.2005.深海底热液微生物成矿与深部生物圈研究进展.自然科学进展,12(12):1416~1425.
- 李胜荣,高振敏.2000.湘黔寒武系底部黑色岩系贵金属元素来源示踪.中国科学(D辑),30(2):169~174.
- 毛景文,张光弟,杜安道,王义天,曾明果.2001.遵义黄家湾镍钼铂族元素矿床地质地球化学和 Re_2O_5 同位素年龄测定.地质学报,75(2):234~243.
- 彭军,夏文杰,伊海生.1999.湖南新晃贡贡重晶石矿床地质地球化学特征及成因分析.成都理工学院学报,26(1):92~96.
- 彭润民,翟裕生.2004.内蒙古狼山炭窑口热水喷流沉积矿床钾质“双峰式”火山岩层的发现及其示踪意义.中国科学(D辑),34(12):1135~1144.
- 孙省利,陈践发,刘文汇,张水昌,王大锐.2003.海底热水活动与海相富有机质层形成的关系.地质论评,49(6):588~595.
- 吴朝东,杨承运,陈其英.1999.新晃贡贡—天柱大河边重晶石矿床热水沉积成因探讨.北京大学学报自然科学版,35(6):774~785.
- 夏菲,马东升,潘家永,孙占学,曹双林,聂文明,吴凯.2004.贵州天柱大河边和玉屏重晶石矿床热水沉积成因的铍同位素证据.科学通报,49(24):2592~2595.
- 夏菲,马东升,潘家永,陈少华,曹双林,孙占学,刘成东,郭国林.2005a.天柱大河边一新晃重晶石矿床矿物组成特征电子探针研究.矿物学报,25(3):289~294.
- 夏菲,马东升,潘家永,孙占学,曹双林,陈少华,聂文明,吴凯,刘莉.2005b.柱大河边重晶石矿床铅同位素特征及来源探讨.地球化学,34(5):501~507.
- 谢桂青,胡瑞忠,方维萱,漆亮.2002.云南墨江金矿热水喷流沉积成岩成矿的地球化学证据.沉积学报,20(3):387~393.
- 肖荣阁,李朝阳.1994.热水成矿作用.地学前缘,1(3~4):10~18.
- 肖天,陈马马.1998.海洋热液活动区的微生物作用.海洋科学,120(6):11~14.
- 杨瑞东,张位华,姜立君,高慧.2005.贵州遵义松林寒武系底部热液喷口及与喷口相关生物群特征.地质论评,51(5):481~492.
- 周怀阳,叶瑛,沈忠悦,倪建宇,潘建明.2001.东太平洋表层沉积物中热水矿物组合的发现及其意义.海洋科学,25(12):27~

30.
褚有龙. 1989. 中国重晶石矿床的成因类型. 矿床地质, 8(4):91~95.
- Aquilina L, Dia A N, Boulegue J, Fouillac A M. 1997. Barite deposits in Convergent margin off Peru: Implications for fluid circulation within subduction zones. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 61(6):1233~1245.
- Bishop J K B. 1988. The barite—opal—organic carbon association in oceanic particulate matter. *Nature*, 332(24): 341~343.
- Duhig N C, Davidson G J, Stolz J. 1992. Microbial involvement in the formation of Cambrian sea-floor silica—iron oxide deposits, Australia. *Geology*, 20:511~514.
- Edmond J M, von Damm K L. 1985. Chemistry of ridge crest hot springs: Hydrothermal vents of the Eastern Pacific: an overview. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, 6: 43~47.
- Furnes H, Banerjee N R, Muehlenbachs K. 2004. Early life recorded in Archean pillow lavas. *Science*, 304:578~581.
- Steiner M, Wallis E, Erdtmann B-D, Zhao Y, Yang R. 2001. Submarine — hydrothermal exhalative ore layers in black shales from South China and associated fossils—insights into a Lower Cambrian facies and bio-evolution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 169:165~191.
- Tarasov V G, Gebruk A V, Shulkin V M, Kamenev G M, Fadeev V I, Kosmynin V N, Malakhov V V, Starynin D A, Obzhirov A I. 1999. Effect of shallow-water hydrothermal venting on the biota of Matupi Harbour (Rabaul Caldera, New Britain Island, Papua New Guinea). *Continental Shelf Research*, 19:79~116.

- Torres M E, Brumsack H J, Bohrmann G, Emeis K C. 1996. Barite fronts in continental margin sediments: A new look at barium remobilization in the zone of sulfate of sulfate reduction and formation of heavy barites in diagenetic fronts. *Chemical Geology*, 127:125~139.

图版说明 / Explanation of Photos

图版 I / Plate I

1. 矿层底板发育的冲刷构造。
2. 冲刷面。
3. 底板碳质页岩顶面上呈网脉状重晶石。
4. 黑色页岩中重晶石柱状体。
- 5, 6. 重晶石柱状体。
- 7, 8. 碳质柱状体。
9. 饼状重晶石体。
10. 黑色页岩层面上重晶石呈蠕虫状构造。

图版 II / Plate II

1. 碳质页岩层面上类似干裂痕构造。
2. 碳质页岩中磷质、碳质结核体。
3. 透镜状重晶石构造。
- 4, 5. 底板碳质页岩顶面上网脉状重晶石。
6. 层面上重晶石结核体。
7. 碳质层中脉状重晶石。
8. 重晶石中水平纹层构造。

Submarine Hydrothermal Venting—Flowing Sedimentary Characters of the Cambrian Shanggongtang and Dahebian Barite Deposits, Tianzhu County, Guizhou Province

YANG Ruidong, WEI Huairui, BAO Miao, WANG Wei, WANG Qiang

Graduate School of Guizhou University, Guiyang, 550025

Abstract

The Cambrian barite deposits in Tianzhu County, Guizhou Province, was found the largest barite deposit in the world by now, it is up to 2×10^9 t proved reserves. Abundant the submarine hydrothermal water venting—flowing sedimentary structures were found in barite deposits, which are barite-vein structure in basal carbonaceous shale, eroding structure on basal carbonaceous shale, barite-discus structure and barite-pillar structure in basal barite deposit, thick bed barite, barite-stripe structure, horizontal bed structure and carbonaceous coat structure with an ascending order. In the same time, the typical hydrothermal water mineral, including pyrite, chalcopyrite, sphalerite, hyalophane were found in the barite deposit. The sediment sequence of barite deposit was established from investigation in the field work. Sr, Ba, Pb, Mn, Cu, Ni, Co, As, Zn elements are enriched, Th/U value is very low, negative Ce anomalies and positive Eu anomalies, and fluid inclusions about 200°C, which show that the barite belongs to hydrothermal water mineralization, and that deep mantle matter input in the barite.

Key words: sedimentary structure; geochemistry; hydrothermal water venting—flowing; barite; Guizhou Province

