

文章编号: 1000-0550(2012)03-0422-09

贵州镇宁乐纪泥盆系重晶石矿热水沉积特征^①

高军波¹ 杨瑞东¹ 陶平² 魏怀瑞¹ 刘坤¹

(1. 贵州大学资源与环境工程学院 贵阳 550003; 2. 贵州省地质调查院 贵阳 550004)

摘要 贵州镇宁乐纪泥盆系重晶石矿床地质储量3 302万t,属大型矿床类型。通过对矿床沉积结构、构造特征研究发现,矿床(体)中分布:纹层状构造、条带状构造、角砾状构造、碎屑状构造、块状构造等,它们与天柱一大河边重晶石矿、广西古潭热水沉积重晶石岩及北秦岭二郎坪群热水沉积重晶石岩类似。海底热水喷流形成的热水喷流通道相、单一热水沉积岩相及热水混合同生沉积相在镇宁重晶石矿层中广泛分布,共同构成了热水浊流沉积相,这与秦岭泥盆系热水沉积岩(矿)类似。矿层沉积结构、构造及岩相特征很好的记录了海底热水喷流、演化的信息,沉积韵律特征说明了热水喷流由弱—强—弱的变化过程。海底热水喷流沉积形成的镇宁重晶石矿中热水沉积结构、构造及热水沉积岩相发育,是研究古热水喷流沉积成岩、成矿、划分热水沉积岩相的理想场所。

关键词 沉积结构、构造 热水(液)喷流 重晶石 贵州

第一作者简介 高军波 男 1985年生 博士研究生 沉积矿床 E-mail: gaojunbo1985@126.com

通讯作者 杨瑞东 E-mail: rdyang@gzu.edu.cn.

中图分类号 P611 **文献标识码** A

0 引言

贵州镇宁乐纪重晶石矿在贵州是仅次于天柱—新晃超大型矿床之后的大型重晶石矿床,重晶石地质储量3 302万t^[1],属大型规模。该矿床位于镇宁乐纪顶红背斜,该背斜核部地层为中泥盆统火烘组(D₂h),两翼由上泥盆统桑郎组(D₃s)、代化组(D₃d)及石炭系、二叠系等地层组成。乐纪重晶石矿床产于上泥盆统桑郎组中下部褐色、灰黄色薄层硅质岩夹硅质页岩中。矿体呈层状、似层状,自下而上分为三个矿段或旋回,主要由灰色、灰白色重晶石组成,伴有少量玉髓、石英及少量黏土矿物。矿石具有细粒结构、晶粒结构、块状、条带状、纹层状、角砾状、碎屑状构造,还见有眼球状、透镜状构造等。厚层至块状重晶石矿BaSO₄含量一般大于80%,条带状重晶石矿BaSO₄含量34%~74%。SiO₂含量大于3%,Al₂O₃含量为0.08%~1.38%。

研究区位于贵州镇宁乐纪一带,矿床所处大地构造位置位于水城—紫云—南丹裂陷带南东方向延伸段(图1),属南盘江凹陷区。深大断裂的分布往往为深部成矿物质的运移提供通道,沿水城—紫云—南丹

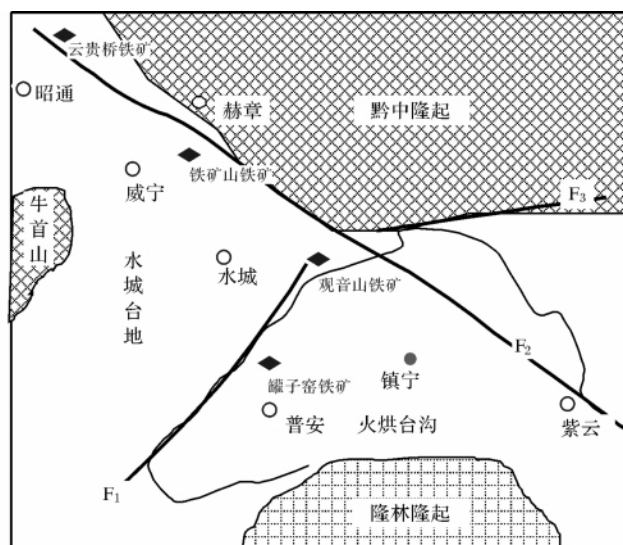


图1 古地理及区域构造略图^[2]

F₁: 潘家庄断裂; F₂: 水城—紫云—南丹同生深大断裂;
F₃: 贵阳断裂; • 研究地点标示

Fig. 1 Paleogeography and regional tectonic framework

深大断裂两侧分布有较多的矿产类型,如重晶石矿、铅锌矿、金矿、锰矿、铁矿等。镇宁乐纪大型重晶石矿床主要就受控于水城—紫云—南丹大断裂。

近年来随着海底热水喷流成矿理论的提出及迅

①教育部博士点基金(编号: 20105201110002)和贵州省地矿局2009年度重大科研项目《水城—紫云—南丹晚古生代裂陷作用及其与主要矿产的关系》项目资助。

收稿日期: 2011-04-20; 收修改稿日期: 2011-09-01

速发展,很多学者对热水(液)喷流形成的重晶石矿的地球化学特征、同位素特征、矿物组合特征及沉积特征进行了研究^[3~12]。特别是泥盆纪存在一个世界性的热水沉积事件^[3],受到了学者们的广泛关注^[13~17],而对产自镇宁乐纪泥盆系中的重晶石矿床一直以来研究程度较低,特别是热水喷流沉积所形成的结构、构造特征至今尚未开展过研究工作,为填补这一空缺,本文拟通过对矿床沉积特征进行系统的调查研究,总结矿床沉积结构、构造特征,以为判别矿床成因提供更直接的证据。

1 地层特征

区内地层主要分布有中泥盆统火烘组、上泥盆统桑郎组、代化组及石炭系、二叠系等地层。矿床层位稳定、严格控制在上泥盆统桑郎组中(图2),呈层状、似层状产出,厚度横向稳定。根据野外调查研究发现,矿床在纵向上大致可分为三个沉积旋回,每个旋回之间被薄层状硅质岩、硅质白云岩隔开。矿床沉积

序列从下往上可分为9层:

(9) 薄层状硅质岩,含铁质较高。厚度1.4 m左右。

(8) 第三旋回重晶石矿段,下部灰白色角砾状、含角砾块状重晶石。上部为条带状重晶石与块状重晶石互层产出。厚度2.05 m。

(7) 硅质白云岩层。厚度0.9 m。

(6) 第二旋回重晶石矿段,下部为深灰色块状重晶石。中部角砾状重晶石层,角砾直径1~2 mm;角砾层之上分布有0.05 m厚的白云质、硅质岩层。顶部呈条带状重晶石,含铁质较高。厚度1.4 m。

(5) 土红色、深红色铁质层,分布于第一、二旋回矿段之间,厚0.01 m(图4a)。

(4) 灰白色硅质岩、硅质白云岩,风化产物呈沙状或土状,含铁质,颜色时呈浅红色。厚度为2.2 m。

(3) 第一旋回重晶石层,矿段下部以角砾状、碎屑状重晶石为主,碎屑物质直径1~2 mm;中部以条带状、纹层状重晶石为主,表面见黑色碳质薄膜;

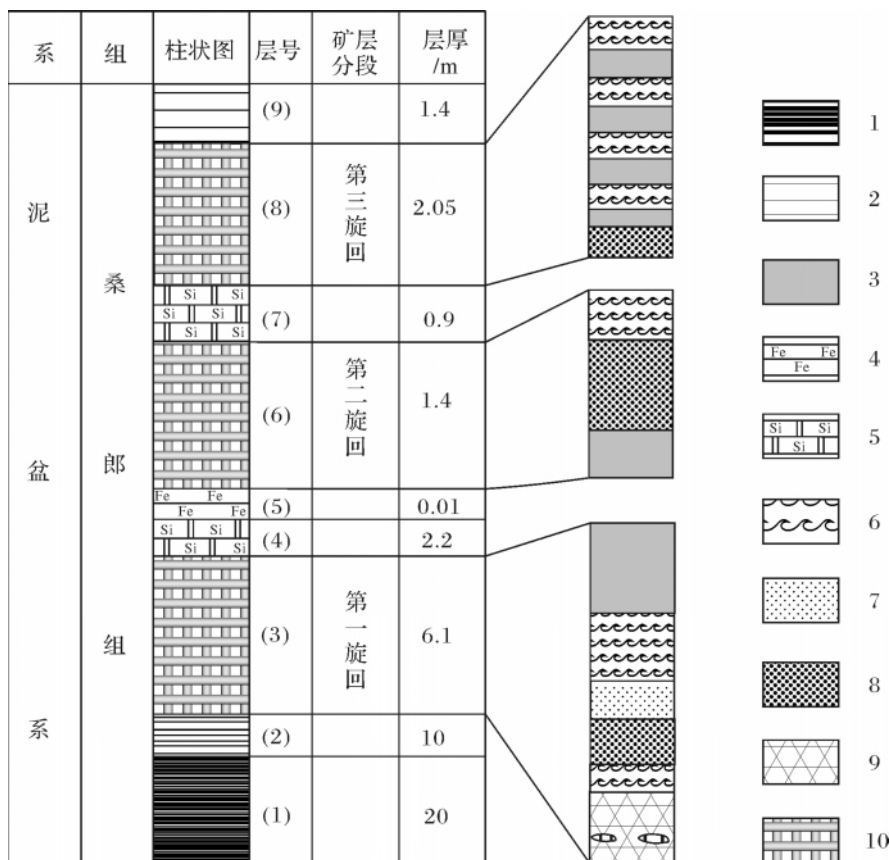


图2 乐纪重晶石矿沉积序列

1. 泥岩; 2. 硅质岩; 3. 块状重晶石; 4. 铁质岩层; 5. 硅质白云岩; 6. 纹层状重晶石; 7. 碎屑状重晶石; 8. 角砾状重晶石; 9. 条带状重晶石; 10. 重晶石矿段

Fig.2 Depositional sequence of barite rocks in Leji County, Guizhou

上部主要分布致密纹层状、块状重晶石矿层。第三旋回矿段总厚度 6.1 m 左右。矿段中部条带状重晶石层中分布白云质透镜体(图 4b),透镜体风化呈沙状。

(2) 薄层状硅质岩,位于矿层底部,因受区域性构造运动影响,硅质岩层发生强烈的褶皱变形(图 4c),厚度大于 10 m。

(1) 灰色、灰白色泥岩,为火烘组,厚度大于 20 m(图 4d)。

2 重晶石矿层热水(液)喷流沉积特征

热水喷流所形成的矿床受到很多学者的重视^[10~22],分别从地球化学、同位素等方面进行了较深入研究,而热水沉积矿床形成的典型沉积结构、构造特征缺乏系统性论述。本文主要是对贵州镇宁乐纪产出的重晶石矿的沉积结构、构造特征、热水沉积岩相特征进行研究,为矿床形成过程提供更为直观的认识和了解。

通过对镇宁乐纪泥盆系重晶石矿的野外调查发现,矿床(体)形成了一系列典型的热液沉积结构、构造特征,从下往上表现为:纹层状构造、角砾状构造、碎屑状构造、条带状构造、致密块状构造等,显示出明显的热液喷流沉积特征。

(1) 纹层状构造

主要以水平纹层为主(图 4h,i)。热水喷流早期或晚期,成矿物质供给间歇性,重晶石供给时沉积薄层重晶石,不供给时形成正常的浅水沉积白云岩或硅质岩,纹层状重晶石显微镜下呈层状或细脉状(图 3A)与碳酸盐岩或硅泥质黏土互层产出,重晶石主要呈细小的碎片状密集分布(图 3B),这是热水混合沉积的结果^[23]。由于成矿物质阵发性供给,往往是在大规模喷发或喷发后期形成的产物,因受后期热水活动影响,部分纹层表现出波状弯曲,可能属喷流沉积早期或晚期阶段的产物。

(2) 角砾状构造

角砾状重晶石主要分布在每一旋回矿段的中下部,角砾磨圆度较差(图 4e,f),成分以单一的重晶石为主,角砾多被同期或后期沉积的硅泥质胶结成岩、成矿。角砾状构造可能是深部热水快速喷发,强度较大,击碎上覆沉积物,快速运移至浅地表或沉积盆地沉积而成。常与热水喷流休眠期或长时间能量汇聚,瞬时喷发,震碎上覆沉积物有关^[24],角砾状重晶石常在喷口附近或原地堆积,后经热水物质胶结沉积成岩,重晶石矿物结构主要呈放射状(图 3C),这一特征与碎屑状重晶石类似,均属热水喷流通道相特征^[23]。

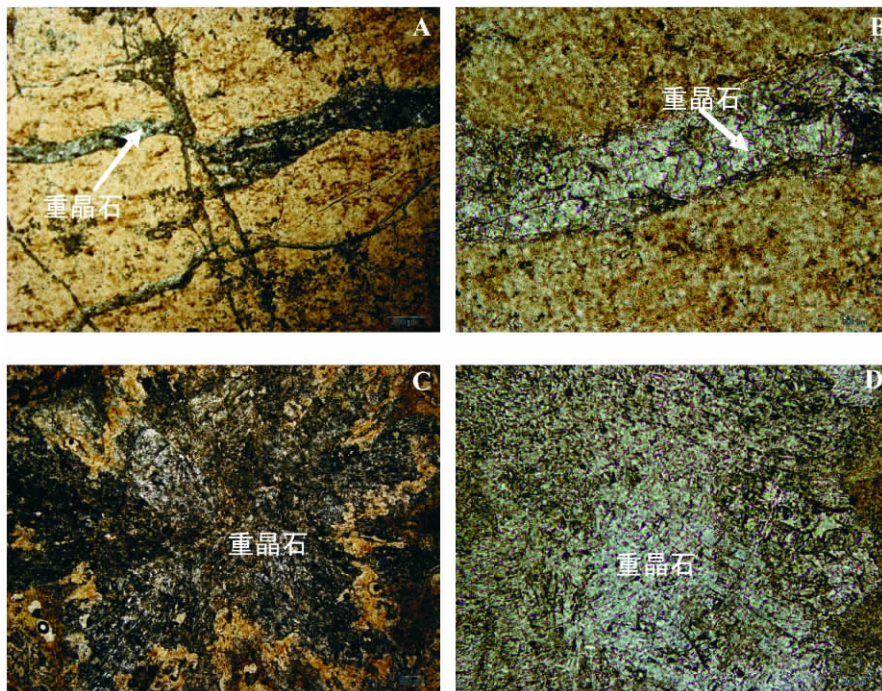


图3 镇宁大型重晶石矿显微结构特征(反射光)

A. 重晶石呈细脉状分布,中间时被微脉状重晶石穿隔($\times 4$); B. 重晶石呈碎片状密集分布,中间被硅泥质、碳酸盐岩碎屑充填($\times 20$); C. 放射状重晶石($\times 4$); D. 板状、板片状重晶石($\times 20$).注:显微镜下倍数

Fig. 3 The micro-feature of large barite deposits in Zhenning County, Guizhou

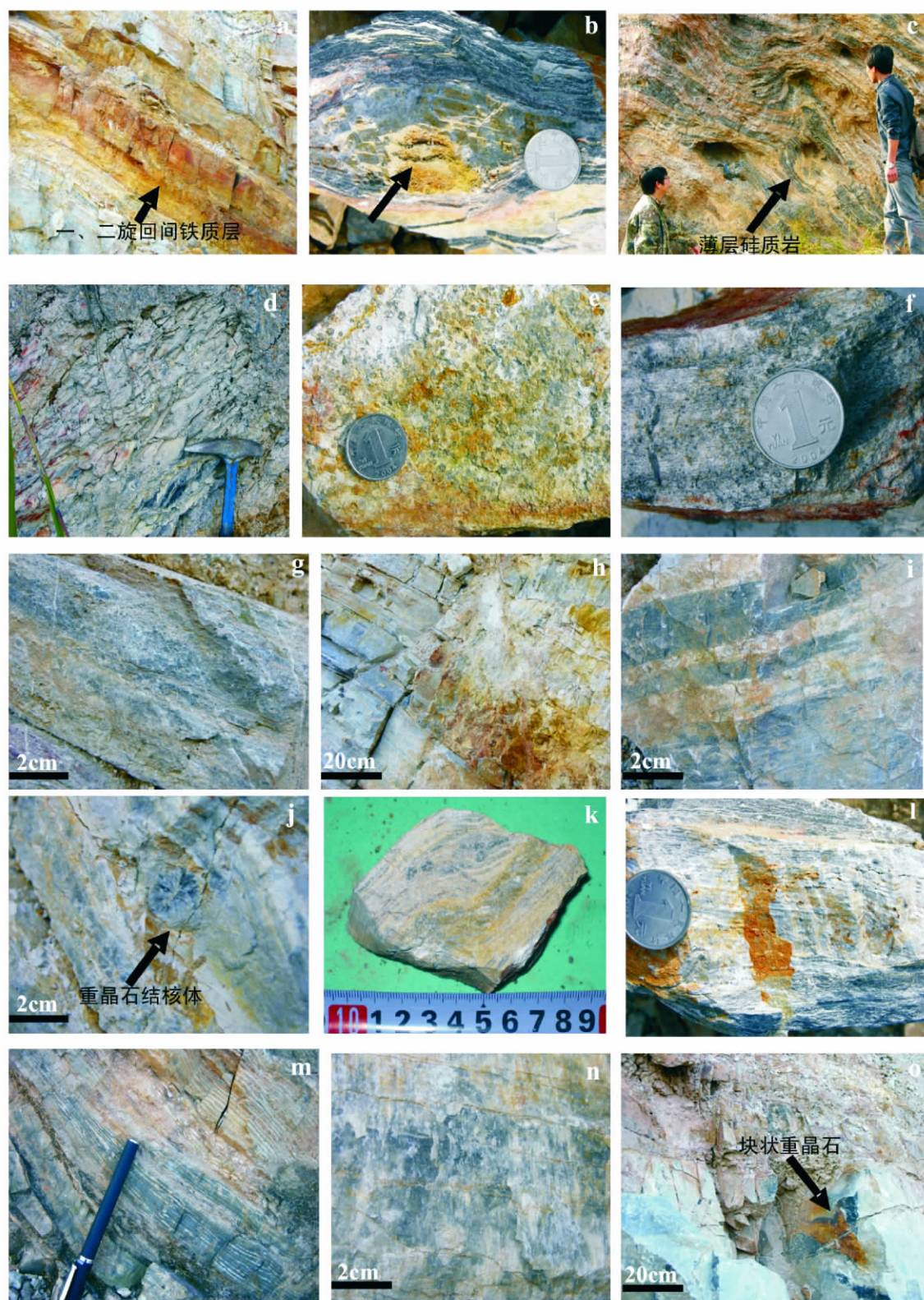


图4 镇宁重晶石矿床中沉积构造

a. 第一、二旋回间铁质岩层; b. 条带状重晶石夹白云质透镜体; c. 矿体底部强烈变形的硅质岩; d. 火烘组灰色泥岩; e、f. 角砾状重晶石; g. 碎屑状重晶石; h、i. 纹层状重晶石; j. 重晶石结核; k、l、m. 条带状重晶石; o. 块状重晶石

Fig. 4 The sedimentary structures in barite deposit, Zhenning County, Guizhou Province

可指示古喷口位置的标志^[24, 25]。

(3) 碎屑状构造

碎屑状重晶石多分布在每一旋回矿段的中部,相比角砾状重晶石,喷流强度稍有减弱,沉积区距离喷口较远,部分细碎屑随热水流动被带到相对较远且安静的环境下缓慢沉积,从而表现为碎屑物质呈“悬浮”状态分布在纹层状或条带状重晶石矿中。这种结构可表明热水沉积岩发育,同时热水内碎屑结构也是判别热水沉积岩的重要证据之一^[26]。乐纪重晶石矿中碎屑状矿物颗粒较小,粒径1 mm左右(图4g),与角砾状重晶石相比,代表喷流强度相对减弱的过程。这是热水通道相的典型特征^[23]。

(4) 眼球状、透镜状构造

在第一旋回重晶石矿段条带状重晶石中分布有眼球状、透镜状构造,以白云质透镜体为主,风化产物呈沙状或黏土状(图4j),透镜体基本呈顺层展布。可能是海底热液物质间歇性喷发过程中局部钙质富集而成^[13]。

(5) 条带状构造

条带状构造与纹层状构造类似,多分布在矿段的中上部,与纹层状呈过渡渐变关系,条带宽度在1~2 mm之间(图4k、l、m),条带状重晶石矿层厚度较大,中间分布有少量白云质透镜体,透镜体直径大小不一,直径在30~50 cm之间变动,条带状构造主要是海底热水主喷流期形成的产物,形成环境与纹层状类似,常靠近喷口,热水阵发性喷发,喷流物质供给较丰富,在宁静的环境下沉积形成。形成的重晶石主要呈细层状分布,矿石结构以细小的碎片状密集分布为主要,中间多被硅泥质充填,这是较为典型的热热水混合沉积岩相特征^[23]。

(6) 致密块状构造

在每一旋回矿段的中上部多发育块状重晶石,颜色呈浅灰、深灰色(图4n、o),该类型矿体多分布在角砾状和纹层状的过渡部位,可能是高密度成矿流体在热水主喷流期,在适宜的环境下快速堆积而成。显微镜下致密状重晶石呈板状、板片状分布(图3D),碳酸盐岩、硅泥质岩类混入较少,是单一热水沉积岩相所具有的特征^[23],属热水喷流稳定期的产物。

(7) 胶结构造

主要发育在粒状、角砾状重晶石中,颗粒或角砾成分以重晶石为主,重晶石主要呈放射状(图3C),由于硅酸盐溶液可溶解硫酸钡^[27],重晶石沉积之前,硅酸盐达到饱和首先沉积硅质岩层,后出现BaSO₄沉积

形成重晶石矿床,这样的沉积顺序使得热水喷流形成的颗粒状、角砾状重晶石多被同期或后期沉积的硅质胶体、泥质岩类所胶结。

热水喷流早期多形成纹层状、角砾状、碎屑状构造^[15],代表喷流强度由弱至强的演化过程,特别是角砾状、碎屑状矿体的形成更是反映出喷流强度的最大化,这种结构、构造特征与热水爆炸微相^[23]特征相似,为热水喷流通道相所具有的特征。纹层状、条带状构造是热水沉积岩(矿)的主要构造类型^[19, 21, 22, 27],由于成矿物质供给的间歇性,在相对较封闭、安静的环境下沉积而成,这是热水混合沉积岩相所具有的典型特征^[23],成矿物质稳定供给,形成块状重晶石,构成单一热水沉积岩相特征。镇宁乐纪重晶石矿中目前未发现类似与广西热水成因重晶石矿(岩)中的脉状构造。根据广西重晶石矿(岩)的产出特征,推测镇宁乐纪重晶石矿体深部可能存在一定规模的脉状重晶石矿体。

镇宁乐纪重晶石矿在沉积特征上发育典型的热热水喷流通道相、单一热水沉积岩相及热水混合同沉积岩相特征,矿层剖面上发育纹层状—角砾状—碎屑状—条带状—块状构造—条带状—纹层状等完整的热热水沉积序列,反映海底热水喷流强度由弱—强—弱的完整演化历程。沉积结构、构造特征与天柱一大河边热热水沉积重晶石矿^[12]、广西古潭热热水沉积重晶石岩^[14, 17]及秦岭泥盆系热热水沉积重晶石^[23]类似,矿石具备纹层状、条带状、角砾状、鲕状、豆状及胶状构造,常被作为热水沉积矿床的识别标志^[16],表明镇宁乐纪重晶石矿属典型的热热水沉积矿床。

3 矿床沉积旋回特征

深大断裂是深部热水成矿物质运移的通道,控制着沉积环境的改变,充当着控相、控矿构造的双重身份^[3, 13]。同生深大断裂差异性升降运动常形成一些区域性裂隙槽、拉分盆地或浅海台地等,这些地方往往是成矿物质富集的场所。深大断裂或其两侧常分布热热水喷流沉积矿床,形成了一系列典型的热热水沉积结构、构造特征,很好的记录了热热水喷流演化历程。镇宁乐纪重晶石矿呈层状、似层状分布,容矿岩石以灰色、深灰色硅岩、硅质白云岩为主。纵向上分为三个沉积旋回,其中以第一个沉积旋回所记录的信息最为完整和典型,矿床沉积韵律的深入分析,对研究矿床地球化学特征及矿床区域分布规律具有十分重要的意义。重晶石矿床中矿石结构、构造类型由下往上

依次表现为: 纹层状—含角砾纹层状—角砾状—碎屑状—条带状构造—致密纹层状或块状构造 构成一个完整的海底热水喷流成矿系列。对比分析镇宁重晶石矿层沉积结构、构造特征及热水沉积微相特征, 纵向上表现出一定的对称分带, 其中以角砾状、碎屑状构造为对称中心。

热水喷流通道相: 角砾状、碎屑状构造是在海底热水喷流的最强时期形成, 深部含矿流体经长时间的能量汇聚, 在受到区域性构造力的影响下, 多沿着断裂或裂隙快速释放, 破坏先期沉积物从而形成粒度较大的角砾状、碎屑状矿物质, 角砾状、碎屑状矿物质常在古喷口附近沉积, 从而构成典型的热通道相岩相特征。

热水混合沉积岩相: 海底热水喷流初期或末期, 喷流强度较弱, 形成的矿物质颗粒一般较小, 细小的矿物质常随热水而被带到相对较远且封闭、安静的环境下沉积成岩、成矿, 构造类型上以纹层状、条带状构造为主, 重晶石矿主要以细层状或微脉状分布, 矿层之间常被热水成因的硅泥质充填, 构成热水混合沉积岩相特征。

单一热水同生沉积岩相: 热水喷流稳定, 成矿物质供给充足, 多形成块状重晶石, 其他物质混入较少, 可能是高密度成矿流体喷溢, 快速堆积而形成。镇宁重晶石矿成矿先期及末期由于硅质热流体喷流沉积形成单一的硅质岩层, 矿体中部时则沉积硅质碳酸盐岩或硅质岩, 这些硅质岩、硅质碳酸盐岩构成了重晶石矿的容矿岩层, 形成单一热水沉积岩相特征, 而硅质碳酸盐或含矿硅质岩则形成热水混合沉积岩相特征。

镇宁重晶石矿沉积结构、构造特征及热水沉积岩相特征发育, 喷流沉积旋回完整, 构成了完整的热沉积成岩、成矿系列, 是研究热水沉积岩相、热水沉积结构、构造的理想场所, 矿层中发育热水喷流通道相、热水混合沉积岩相及单一热水同生沉积岩相特征, 共同构成了热水浊流沉积相特征。

4 讨论

镇宁乐纪重晶石矿呈层状、似层状分布, 容矿岩石以薄层灰色、浅灰色硅质岩、硅质白云岩为主, 这一特征与广西热水成因的重晶石矿(岩)类似, 支持了王明艳等^[17]所指出的重晶石矿(岩)的形成与硅质岩有密切的成因联系这一观点。

镇宁重晶石矿矿石结构、构造类型以角砾状构

造、碎屑状构造、纹层状构造、条带状构造、块状构造等为主, 广西热水成因重晶石矿(岩)结构、构造类型表现为中细粒状、条带状、纹层状、块状构造^[3, 14, 17], 北秦岭二郎坪群重晶石岩表现为细粒状、纹层状、层状等^[22]。镇宁乐纪重晶石矿在沉积特征上与广西热水成因重晶石矿(岩)及北秦岭二郎坪群重晶石岩表现出明显的相似之处, 说明镇宁乐纪重晶石矿也同属典型热水喷流沉积矿床, 矿石结构、构造序列代表喷流强度由开始到结束的完整过程。

热水沉积矿床多受断裂构造控制^[11, 14, 27, 28]。区域性深大断裂的发展、演化活动常对古地理格局、沉积环境及矿床分布起着重要的作用。位于黔南及桂北地区的水城—紫云—南丹深断裂为一深切基底的区域性深大断裂, 泥盆纪中晚期—石炭纪末期该断裂强烈拉张, 沿断裂带两侧形成形态各异的断陷台沟(盆)及台地。宽大的断层破碎是深部压力释放的主要通道, 一方面海水沿着断裂下渗, 另一方面深部热流体沿断裂上移, 从而构成一个流体循环系统, 热流体对流循环对下伏地层中含矿元素进行萃取、活化的同时也不断的将深部含矿物质带至浅地表, 保证了成矿所需的物质来源, 而断裂控制的热沉积盆地则为成岩、成矿提供了储集空间, 也是成岩、成矿过程中化学反应所需的理想场所^[29]。因压力的快速释放, 深部含矿热流体常快速喷发、快速沉淀, 沉积特征上常构成角砾状或碎屑状构造, 显微镜下角砾状、碎屑状重晶石呈放射状(图3C)分布, 这是喷流通道相所具有的特征。深部成矿物质稳定供给, 形成单一的重晶石矿, 显微镜下以板条状或碎片状(图3D)分布, 构成单一的热沉积岩相特征。热水喷流末期或深部物质供给间歇期, 形成重晶石矿及含矿硅质岩、硅质岩及碳酸盐岩组合, 这是热水混合同生沉积相所具有的特征, 这与秦岭泥盆系重晶石矿类似^[23]。矿层剖面上该沉积相特征循环往复出现, 总体上构成三个大的沉积旋回, 循环之间多被硅质岩、硅质白云岩隔开。

贵州镇宁、广西来宾重晶石矿床主要形成于台盆或台沟相区, 而台盆两侧碳酸盐台地则是多金属—重晶石的重要成矿带^[30]。重晶石矿的形成并未受严格的地层单位制约, 而与成矿时区域构造特征及古沉积环境关系密切, 由于海水自南东向北西的阶梯状入侵, 断裂活动形成的台地相区主要沉积浅水碳酸盐岩, 海底热水上升沿浅水碳酸盐岩中的构造裂隙运移、富集成矿, 形成层状、似层状及多金属脉状的层控型矿体^[30], 如广西象州、武宣重晶石矿床。台盆或台

沟相主要沉积硅质、硅泥质岩类,由于海水硅酸盐不饱和作用及对来自深部的硫酸钡的溶解,导致先期沉积硅质岩层,后期热水供给充足,形成沉积型重晶石矿床,如贵州镇宁、广西来宾重晶石矿床。这类矿床多为单一的重晶石矿,成分以重晶石为主,金属硫化物少见。而沿着水城—紫云—南丹深断裂在黔西北地区主要沉积碎屑岩、碳酸盐岩类,碳酸盐岩(白云岩)是热液菱铁矿及铅锌矿的主要容矿岩层,矿体多呈层状、似层状、条带状或网脉状展布。

总之,镇宁泥盆系重晶石矿床、赫章、水城菱铁矿及广西泥盆系重晶石矿等与控制桂北超大型锡多金属成矿带的区域性张性构造同属一个构造系统,即水城—紫云—南丹晚古生代裂陷体系。裂陷作用引起的海底热水喷流沉积是镇宁大型重晶石成矿的必备条件。

5 结论

通过对镇宁乐纪重晶石矿沉积结构、构造、沉积旋回特征的深入研究,以及与广西、北秦岭等地热水成因矿床或岩石的对比分析,得出以下结论:

(1) 矿床总体分为三个沉积旋回,以第一旋回矿段热水沉积结构、构造特征发育最典型,记录的信息最完整。

(2) 矿石结构、构造类型主要为纹层状构造、角砾状构造、碎屑状构造、条带状构造、致密块状构造,具有热水沉积盆地发育的热水喷流通道相、单一热水沉积岩相及热水混合同沉积相特征。矿层沉积结构、构造特征记录了海底热水喷流由弱—强—弱的全过程。不同的沉积构造之间呈渐变过渡关系。

(3) 镇宁重晶石矿成分以重晶石为主, BaSO_4 含量在 70% ~ 90%, 伴有少量玉髓、石英、少量黏土矿物及铁质等, 少见黄铁矿等硫化物及伴生的铅、锌、铜、金、银等矿产类型。

(4) 矿床分布明显受控于水城—紫云—南丹变形带, 与控制贵州西部热液型菱铁矿及桂北锡多金属成矿带的区域性张性构造同属一个构造系统, 即水城—紫云—南丹晚古生代裂陷体系。

(5) 泥盆系热水沉积事件广泛分布, 泥盆系分布区沿着水城—紫云—南丹深大断裂带在桂北地区主要形成锡多金属矿、重晶石矿等, 贵州镇宁一带形成单一的大型重晶石矿, 黔西北水城、赫章一带形成热液型菱铁矿、铅锌矿等。沿该断裂带形成的矿产类型多, 规模大, 找矿潜力大, 但目前研究程度较低, 特别

是区域成矿差异性及其不同种类矿产资源区域分布规律等问题都未进行深入研究。本次研究工作主要结合不同种类矿床产出特征, 重点对泥盆系重晶石成矿特征及规律进行分析研究, 认为晚古生代裂陷带控制的台盆或台沟相带是沉积型重晶石矿床的找寻靶区, 硅质岩组合是沉积型重晶石矿的良好找矿标志。总之, 泥盆系同沉积断裂(水城—紫云—南丹深大断裂)及其所派生的次级断裂控制的岩相区是找矿优势靶区, 不同种类矿床的找矿勘探工作应以矿床特殊的产出环境为指导。

致谢 在论文采集及写作过程中, 贵州大学资环学院程伟博士、龙杰硕士给予支持和帮助, 审稿专家提出宝贵修改意见, 特此致谢!

参考文献 (References)

- 1 刘茂和. 贵州镇宁乐纪重晶石矿床普查检查报告[R]. 贵州: 112地质队, 1977 [Liu Maohe. Geological Investigation Report of Barite Deposit, Zhenning County, Guizhou Province [R]. No. 112 Geological Party of Guizhou, 1977]
- 2 杨瑞东, 张晓东, 许利群, 等. 贵州西部泥盆系菱铁矿床成因新认识[C]//全国第九届矿床会议论文集. 北京: 地质出版社, 2008: 386-387 [Yang Ruidong, Zhang Xiaodong, Xu Liqun, et al. A new understanding of Devonian siderite deposit in western Guizhou [C]//The National Ninth Conference of the Ore Deposit. Beijing: Geological Publishing House, 2008: 386-387]
- 3 陈先沛, 高计元. 广西中部泥盆系的多金属—重晶石矿床和热水沉积作用[J]. 沉积学报, 1987, 5(3): 149-158 [Chen Xianpei, Gao Jiyuan. Then polymetal-barite and hydrothermal sedimentations of Devonian in the central Guangxi, China [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1987, 5(3): 149-158]
- 4 Bishop J K B. The barite-opal-organic carbon association in oceanic particulate matter[J]. Nature, 1988, 332(24): 341-343
- 5 褚有龙. 中国重晶石矿床的成因类型[J]. 矿床地质, 1989, 8(4): 91-96 [Chu Youlong. Genetic types of barite deposits in China [J]. Mineral Deposits, 1989, 8(4): 91-96]
- 6 Torres M E, Brumsack H J, Bohrmann G, et al. Barite fronts in continental margin sediments: A new look at barium remobilization in the zone of sulfate reduction and formation of heavy barites in diagenetic fronts[J]. Chemical Geology, 1996, 127: 125-139.
- 7 Aquilina L, Dia A N, Boulegue J, et al. Barite deposits in convergent margin off Peru: Implications for fluid circulation within subduction zones[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1997, 61(6): 1233-1245
- 8 胡清洁. 新晃贡溪超大型重晶石矿床的岩石学特征与沉积成岩作用[J]. 湖南地质, 1997, 16(2): 106-111 [Hu Qingjie. Petrologic feature and depositional diagenesis of superlarge barite deposit in Gongxi, Xinhuang [J]. Hunan Geology, 1997, 16(2): 106-111]
- 9 彭军, 夏文杰, 伊海生. 湖南新晃贡溪重晶石矿床地质地球化学

- 特征及成因分析[J]. 成都理工学院学报, 1999, 26(1): 92-96 [Peng Jun, Xia Wenjie, Yi Haisheng. Geological and geochemical characteristics and analysis of genesis of the Gongxi barite deposit, Xinhuang County, Hunan Province[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1999, 26(1): 92-96]
- 10 夏菲, 马东升, 潘家永, 等. 贵州天柱大河边和玉屏重晶石矿床热水沉积成因的锶同位素证据[J]. 科学通报, 2004, 49(24): 2592-2595 [Xia Fei, Ma Dongsheng, Pan Jiayong, *et al.* Strontium isotopic evidence of hydrothermal sedimentary barite deposits in Dahebian-Yuping, Guizhou [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(24): 2592-2595]
- 11 夏菲, 马东升, 潘家永, 等. 天柱大河边重晶石矿床铅同位素特征及来源探讨[J]. 地球化学, 2005, 34(5): 501-507 [Xia Fei, Ma Dongsheng, Pan Jiayong, *et al.* Lead isotope geochemistry and lead source of the Dahebian barite deposits, Guizhou Province [J]. Geochimica, 2005, 34(5): 501-507]
- 12 杨瑞东, 魏怀瑞, 鲍森, 等. 贵州天柱上公塘-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[J]. 地质论评, 2007, 53(5): 675-680 [Yang Ruidong, Wei Huairui, Bao Miao, *et al.* Submarine hydrothermal venting-flowing sedimentary characters of the Cambrian Shangongtang and Dahebian barite deposits, Tianzhu County, Guizhou Province [J]. Geological Review, 2007, 53(5): 675-680]
- 13 蒙义峰, 崔彬, 杨军臣, 等. 滇东南芦柴冲大型银多金属矿床的海底喷流成矿作用沉积旋回划分[J]. 地质与勘探, 1998, 34(3): 16-21 [Meng Yifeng, Cui Bing, Yang Junchen, *et al.* Sedimentary cycles division of exhalation sedimentary mineralization in Luchai-chong polymetallic deposit of Southeast Yunnan Province [J]. Geology and Prospecting, 1998, 34(3): 16-21]
- 14 陈大经, 李毅, 谢世业, 等. 广西古潭热水沉积重晶石矿床中硅质岩的地质-地球化学特征[J]. 矿产与地质, 2005, 19(5): 461-464 [Chen Dajing, Li Yi, Xie Shiye, *et al.* Geological and geochemical characteristics of siliceous rock in the Gutan hydrothermally deposited barite, Guangxi [J]. Mineral Resources and Geology, 2005, 19(5): 461-464]
- 15 唐永忠, 齐文, 刘淑文, 等. 南秦岭古生代热水沉积盆地与热水沉积成矿[J]. 中国地质, 2007, 34(6): 1091-1100 [Tang Yongzhong, Qi Wen, Liu Shuwen, *et al.* Paleozoic hydrothermal sedimentary basin and hydrothermal sedimentary mineralization in the Southern Qinling [J]. Geology in China, 2007, 34(6): 1091-1100]
- 16 李毅. 广西热水沉积矿床成矿规律及找矿方向研究[D]. 湖南: 中南大学, 2007 [Li Yi. Metallogenic regularity and prospecting direction of hotwater sedimentary deposits, Guangxi, China [D]. Hunan: Central South University, 2007]
- 17 王明艳, 息朝庄, 李毅. 广西热水沉积矿床中重晶石岩地质地球化学特征[J]. 矿产与地质, 2008, 22(4): 335-341 [Wang Mingyan, Xi Zhaozhuang, Li Yi. Geological and geochemical characteristics of the barite rocks in the hydrothermal sedimentary deposit in Guangxi [J]. Mineral Resources and Geology, 2008, 22(4): 335-341]
- 18 肖荣阁, 杨忠芳, 杨卫东, 等. 热水成矿作用[J]. 地学前缘(中国地质大学, 北京), 1994, 1(3-4): 10-18 [Xiao Rongge, Yang Zhongfang, Yang Weidong, *et al.* Hydrothermal mineralizing process [J]. Earth Science Frontiers(China University of Geosciences, Beijing), 1994, 1(3-4): 10-18]
- 19 谢桂青, 胡瑞忠, 方维萱, 等. 云南墨江金矿热水喷流沉积成岩成矿的地质地球化学证据[J]. 沉积学报, 2002, 20(3): 387-393 [Xie Guiqing, Hu Ruizhong, Fang Weixuan, *et al.* Evidence for geology and geochemistry of hydrothermal exhalative genesis from Mojiang gold deposit, Yunnan [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(3): 387-393]
- 20 丁振举, 姚书振, 刘丛强, 等. 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[J]. 岩石学报, 2003, 19(4): 792-798 [Ding Zhenju, Yao Shuzhen, Liu Congqiang, *et al.* The characteristics of exhalation-sedimentary deposit of Donggouba polymetal deposit: evidence from ore's REE composition [J]. Acta Petrologica Sinica, 2003, 19(4): 792-798]
- 21 彭润民, 翟裕生, 王志刚, 等. 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[J]. 中国科学: D 辑, 2004, 34(12): 1135-1144 [Peng Runmin, Zhai Yusheng, Wang Zhigang, *et al.* Discovery of double-peaking potassic volcanic rocks in Langshan Group of the Tanyaokou hydrothermal-sedimentary deposit, Inner Mongolia and its indicating significance [J]. Science in China: Series D, 2004, 34(12): 1135-1144]
- 22 冯胜斌, 邢矿, 周洪瑞, 等. 北秦岭二郎坪群重晶石岩热水沉积地球化学证据及其成矿意义[J]. 世界地质, 2007, 26(2): 199-207 [Feng Shengbin, Xing Kuang, Zhou Hongrui, *et al.* Geochemical characteristics of hydrothermal sediments for baritic rocks of Erlangping Group in northern Qinling Mountains and their significance for mineralization [J]. Global Geology, 2007, 26(2): 199-207]
- 23 方维萱, 胡瑞忠, 张国伟, 等. 秦岭造山带泥盆系热水沉积岩相的亚相和微相划分及特征[J]. 地质与勘探, 2001, 37(2): 50-54 [Fang Weixuan, Hu Ruizhong, Zhang Guowei, *et al.* On classifications and characteristics of the Devonian hydrothermal sedimentary facies in the Qinling orogen [J]. Geology and Prospecting, 2001, 37(2): 50-54]
- 24 徐兴旺, 蔡新平, 肖骑彬, 等. 滇西北衙地区热水岩溶作用及其伴生的地质灾害[J]. 地球科学进展, 2003, 18(6): 912-920 [Xu Xingwang, Cai Xinping, Xiao Qibing, *et al.* Hydrothermal karst and their associated geological disasters in the Beiya area, Western Yunnan Province [J]. Advance in Earth Sciences, 2003, 18(6): 912-920]
- 25 范铭涛, 杨麟科, 方国玉, 等. 青西凹陷下白垩统湖相喷流岩成因探讨及其意义[J]. 沉积学报, 2003, 21(4): 560-564 [Fan Mingtao, Yang Linke, Fang Guoyu, *et al.* Origin of lacustrine hydrothermal sedimentary rock (Lower Cretaceous) in Qingxi sag and its significance [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(4): 560-564]
- 26 郑荣才, 文华国, 范铭涛, 等. 酒西盆地沟组湖相白烟型喷流岩岩石学特征[J]. 岩石学报, 2006, 22(12): 3027-3038 [Zheng Rongcai, Wen Huaguo, Fan Mingtao, *et al.* Lithological characteristics of sublacustrine white smoke type exhalative rock of the Xiaogou Formation in Jiuxi basin [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22

- (12): 3027-3038]
- 27 陈先沛,高计元,陈多福,等. 热水沉积作用的概念和几个岩石学标志[J]. 沉积学报,1992,10(3): 124-132 [Chen Xianpei, Gao Jiuyan, Chen Duofu, *et al.* The concept of hydrothermal sedimentation and its petrological criteria[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1992, 10(3): 124-132]
- 28 陈大经,谢世业. 广西热水沉积成矿作用的基本特征[J]. 矿产与地质,2004,18(5): 415-421 [Chen Dajing, Xie Shiye. Basic character of hydrothermal depositional mineralization Guangxi [J]. *Mineral Resources and Geology*, 2004, 18(5): 415-421]
- 29 方维萱,芦纪英. 陕西银洞子—大西沟菱铁银多金属矿床热水沉积岩相特征及成因[J]. 沉积学报,2000,18(3): 431-438 [Fang Weixuan, Lu Jiying. Genesis and characteristics of hydrothermal sedimentary facies for siderite-silver-polymetallic deposits in Yindongzi and Daxigou, Shanxi, China [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 18(3): 431-438]
- 30 李文炎,余洪云. 中国重晶石矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1991: 1-105 [Li Wenyan, Yu Hongyun. *Barite Deposits in China* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991: 1-105]

Hydrothermal Venting-Flowing Sedimentation Characteristics of Devonian Barite Deposits from Leji, Zhenning County, Guizhou Province

GAO Jun-bo¹ YANG Rui-dong¹ TAO Ping² WEI Huai-rui¹ LIU Kun¹

(1. College of Resources and Environmental Engineering, Guizhou University, Guiyang 550003;

2. Guizhou Academy of Geological Survey, Guiyang 550004)

Abstract: The Devonian barite deposits located in Zhenning County, Guizhou Province have proved reserves of 33.02×10^6 t, belonging to large-scale ore deposits. Research on sedimentation structures and tectonic characteristics related to the barite deposits reveal the coexistence of a variety of structures like laminar structures, barite-banded structure, brecciated structure, barite-fragmental structure and massive structure, etc., which are similar to those of the Tianzhu-Dehebian barite deposit, the hydrothermal barite rocks of Gutan in Guangxi Province and the hydrothermal water sedimentary barite rocks of Erlangping Group from north Qinling Mountains. Several types of sedimentary characteristics, such as hydrothermal venting channel phases formed in submarine hydrothermal venting, unitary hydrothermal lithofacies and hydrothermally mixed synsedimentary phases, were identified widely in barite orebeds in Zhenning, Guizhou. Similar to Devonian hydrothermal sedimentary rocks (deposits) from Qinling, those sedimentary phases and lithofacies features found in Zhenning characterize a hydrothermal turbidity current sedimentation phase. Sedimentary structures, constructions and lithofacies features of the orebed record well the information of submarine hydrothermal venting and its evolution, the sedimentation rhythm characteristics reveal the intensity of hydrothermal venting-flowing was weak-strong-weak. Hence, barite deposits in Zhenning were formed in submarine hydrothermal venting sedimentation, and the hydrothermal sedimentary structures, constructions and hydrothermal lithofacies features make them ideal places for research on ancient hydrothermal venting diagenesis, metallogenesis and hydrothermal lithofacies categorization.

Key words: sedimentation structure; hydrothermal water venting-flowing; barite; Guizhou Province