

贵州天柱寨脚重晶石成矿地质特征及成矿模式

罗邦良, 刘 灵, 石庆鹏, 夏 瑞, 周宗赞, 杨贵龙, 林泽渊

(贵州省地矿局 101 地质大队, 贵州 凯里 556000)

[摘 要] 通过天柱寨脚重晶石矿大精查, 在寨脚-甲木冲一带老堡组顶部发现顺层产出的火山凝灰岩夹碳酸盐岩(灰岩)透镜, 为重晶石海底喷流成因提供新的证据。通过钻孔岩心和露头沉积学特征观察, 在重晶石矿床中见到丰富的滑塌构造、碎屑流构造和浊流构造, 表明重晶石在喷流口初步堆积后, 受到同沉积地质营力如地震、风暴作用形成震积岩, 沿着斜坡向沉积盆地中心迁移并最终堆积成矿, 形成大型、超大型的重晶石矿床。因此, 重晶石矿床成因类型为海底喷流沉积矿床, 建立斜坡水下重力流扇成矿模式。

[关键词] 重晶石; 地质特征; 沉积盆地; 成矿模式; 天柱寨脚

[中图分类号] P619.25⁺1 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2021)02-0220-09

1 引言

天柱寨脚重晶石矿位于大河边重超大型晶石矿床北缘, 为其矿床的延伸部分。对于天柱大河边重晶石矿床受地学界广泛关注, 长期以来研究主要是对矿床成因、成矿物质来源、地球化学特征及成矿背景等进行较多研究, 研究者有: 涂光炽, 1987; 余洪云, 1988; 李文炎等, 1990; 彭军等, 1999; 吴朝东等, 1999; 方维萱等, 2002; 吴卫芳等, 2009; 夏菲等, 2004, 2005; 孙学通等, 2005; 杨瑞东等, 2007; 魏怀瑞等, 2009; 杨义录, 2010; 陈建书等, 2011; 侯东壮等, 2014, 2015; 韩善楚等, 2014; 刘灵等, 2015, 2017; 孙泽航等, 2015; 王富良等, 2020。尽管前人研究成果较多, 但是对矿床地质特征、成矿作用与矿床模式的认识不够。

本文在前人研究的基础上, 以贵州省天柱县寨脚重晶石矿大精查为依托, 通过收集天柱寨脚重晶石矿床的含矿岩系特征、沉积学特征, 进行含矿岩系厚度和矿体厚度统计, 分析控矿因素, 建立

矿床模式。

2 矿床地质特征

矿床位于扬子陆块东南缘, 江南造山带西侧。区域构造位于坪地-贡溪复式向斜南东翼, 受其影向发育冲坑向斜和麻栗背斜两条次级褶皱, 以及北东向、北北东向和断裂构造。区内出露地层主要为南华系南沱组、震旦系陡山沱组和老堡组、寒武系九门冲组、变马冲组、杷榔组、乌训组、敖溪组和车夫组(图1)。

2.1 赋矿地层及含矿岩系

区内重晶石矿赋存于震旦-寒武系老堡组(Z_2 G_1I)。含矿岩系为黑色硅质岩、炭质页岩夹灰色重晶石岩及碳酸盐岩。其上部为黑色薄层硅质岩夹黑色炭质(有机质)页岩夹灰岩透镜体, 其顶为含重晶石、磷质、硅质结核炭质页岩, 称“上结核层”; 中部为灰色条纹状重晶石夹花斑状、块状重晶石及含钙重晶石、炭质泥岩和灰岩透镜体; 下部为黑色薄至中层硅质岩夹少量炭质页岩, 局部见重

[收稿日期] 2021-01-23 [修回日期] 2021-04-28

[基金项目] “贵州省重要矿产大精查资助—贵州省天柱县寨脚重晶石矿详查(项目序号: 2020-7)”和“贵州天柱坪地向斜重晶石矿层找矿模式与深部三维预测研究”。

[作者简介] 罗邦良(1988—), 男, 地质工程师, 主要从事矿产勘查。

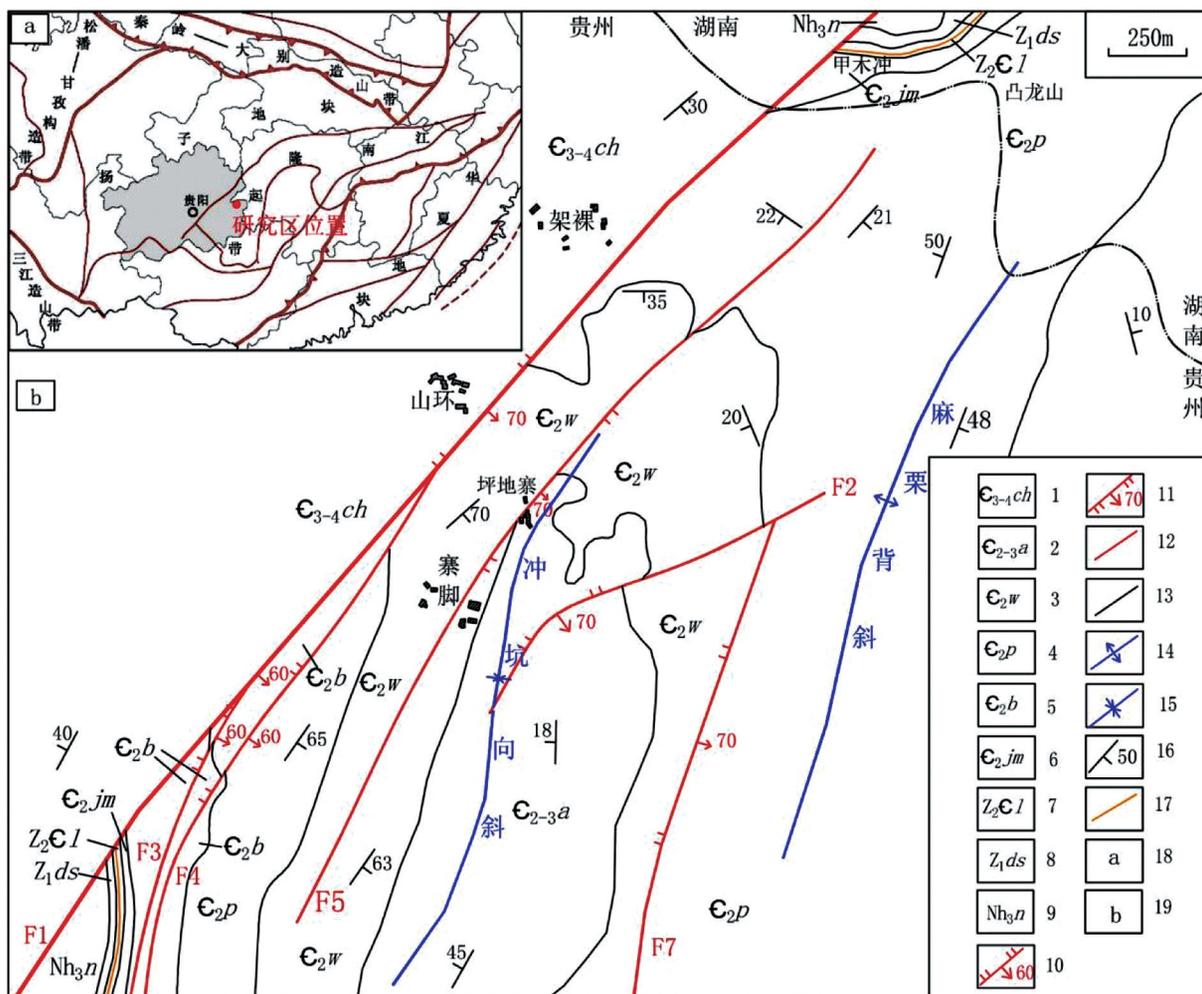


图1 天柱寨脚重晶石矿床地质略图

Fig. 1 Geological map of Zhaijiao barite deposit in Tianzhu

1—夫组,2—敖溪组,3—乌训组,4—杷榔组,5—变马冲组,6—九门冲组,7—老堡组,8—震旦系下统陡山沱组,9—南沱组,10—逆断层,11—正断层,12—性质不明断层,13—地质界线,14—背斜,15—向斜,16—岩层产状,17—重晶石矿层露头,18—大地构造位置图,19—研究区地质图

晶石结核,即“下结核层”不稳定。综合区内勘探钻孔资料,含矿岩系剖面自上而下为:

上覆地层:寒武系下统九门冲组(E_{2jm})灰黑色含钙粉砂质泥岩。

-----整合接触-----

老堡组(Z_1ds) (厚度 1.60 ~ 12.66 m)。

⑥黑色、灰黑色含重晶石结核薄层硅质岩夹炭质页岩,习称“上结核层”。厚度 0.30 ~ 1.4 m。

⑤灰色、深灰色纹层状重晶石矿夹块状重晶石矿,为区内主要重晶石矿

层,其中块状重晶石含较多方解石团块而呈“花斑状”构造。个别钻孔重晶石矿层夹炭质页岩及含重晶石细晶灰岩。厚度 0.38 ~ 4.62 m。

④黑色、灰黑色薄层含重晶石结核硅质岩夹炭质页岩,习称“下结核层”。厚度 0.00 ~ 1.0 m。

③黑色薄-中层硅质岩夹炭质页岩,顶部为薄层硅质

岩与炭质页岩互层,为主要钒矿层位。厚度 2.4 ~ 13.64 m。

②黑色炭质泥岩夹少量薄层硅质岩。厚度 0.50 ~ 1.90 m。

①灰黑色薄层含纹层状浸染状黄铁矿粉砂质泥岩夹角砾状硅质岩。厚度 0.00 ~ 0.21 m。

-----整合接触-----

下伏地层:震旦系陡山沱组(Z_1ds)灰色中厚层泥质白云岩。

2.2 矿体规模、形态及产状

重晶石矿体分布于冲坑向斜的两翼,矿体走向总体北东 45° (图 2)。南东翼的矿体倾向北西,倾角一般 10° ~ 30°,平均 20°,矿体走向长 1 200 m,倾向延伸宽 540 m。最大厚度 4.62 m,最小厚度 0.84 m,平均厚 2.80 m,以 F_2 断层为矿体边界;北

西翼矿体倾向南东,倾角一般 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$,平均 12° ,矿体走向长1600 m,倾向延伸宽400 m,最大厚度

3.45 m,最小厚度1.27 m,平均厚度2.38 m,以F₁断层为矿体边界。

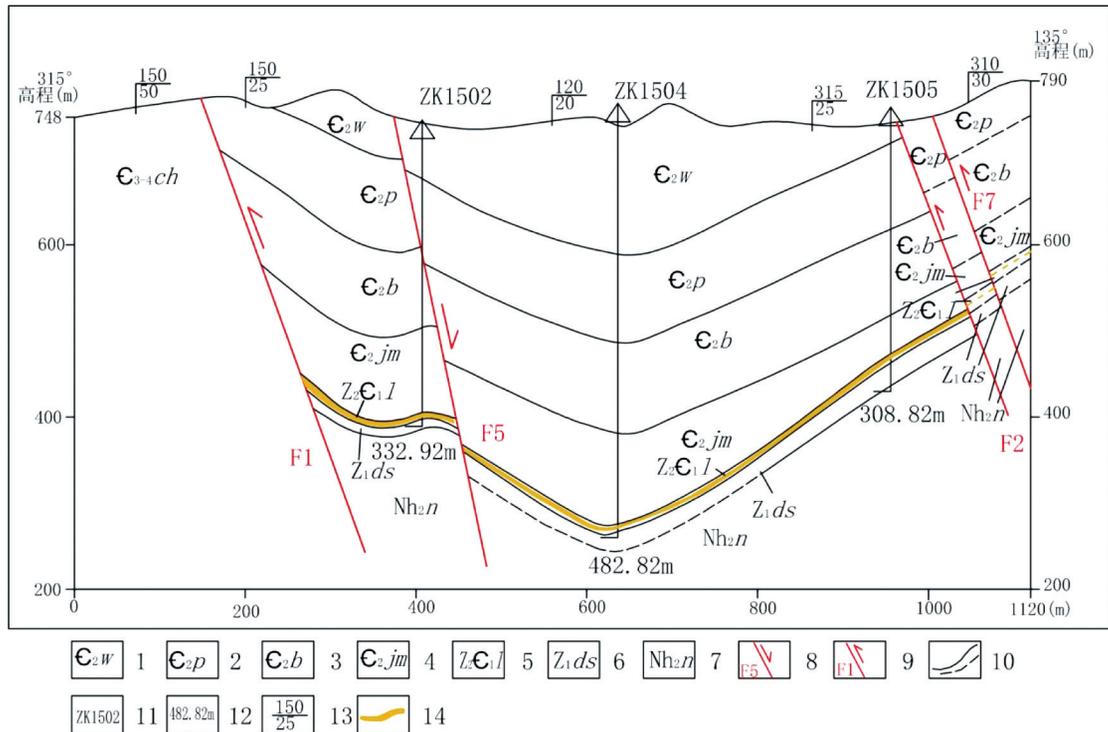


图2 天柱寨脚重晶石矿床勘查15'~15'号勘探线剖面图

Fig. 2 Profile of No. 15'-15' Exploration Line in Zhaijiao Barite Deposit Exploration in Tianzhu

1—乌训组;2—耙郎组;3—变马冲组;4—九门冲组;5—老堡组;6—陡山沱组;7—南沱组;8—正断层及编号;9—逆断层及编号;10—实测及推测地层界线;11—钻孔编号;12—钻孔深度;13—地层产状;14—矿体

2.3 矿石特征

矿石矿物主要为重晶石,脉石矿物主要为方解石、白云石、黄铁矿、炭质-粘土质和微量石英-玉髓。主要矿物重晶石呈它形-半自形粒状结构,在矿石中主要以基底和裂隙两种形式赋存,其中基底赋存约占85%,裂隙充填式占2%;据岩矿观察,常有两期结晶的重晶石矿物的生成顺序,即早期为结晶粒度细的重晶石颗粒;晚期为结晶粒度较粗的重晶石矿(图3a),可能为后期热液蚀变重结晶产物。方解石和白云石以内碎屑、孔隙、填隙和裂隙四种形式赋存,矿物含量因矿石类型不同有差异;黄铁矿和有机质主要以基底式赋存,含量1%~2%。

矿石主要组分为BaSO₄,单工程品位为32.06%~98.06%,平均品位为85.58%;工程平均品位为48.53%~96.55%,平均品位85.56%;块段平均品位78.64%~87.17%,平均品位84.97%。矿石有害组分有含SiO₂:0.46%~11.22%,Al₂O₃:0.15%~3.18%,Fe₂O₃:0.41%~3.69%,CaO:0.39%~2.94%,MgO:0.20%~

2.20%,水溶盐:0.46%~0.75%。当矿石中CaO、SiO₂含量增高,BaSO₄品位则相对降低。

矿石结构有粒状结构、粉-细晶结构、藻砂屑结构、碎裂结构及交代熔蚀结构等。粒状结构主要由不同粒度重晶石呈层偏集分布(图3b);粉-细晶结构由重晶石、方解石矿物均匀分布,具重结晶现象(图3c);藻砂屑结构由内碎屑和填隙物两部分组成(图3d;碎裂结构由碎块及填隙物两部分组成。

矿石构造有条纹状、滑塌变形、块状、花斑状和结核状等。条纹状构造由重晶石的深灰色条纹与灰黑色炭质有机质条纹互层(图3e),条纹宽1~2 mm。少数4~5 mm,多数层纹发生变形;滑塌变形层理受重力滑塌作用,使原来纹层产生塑性流动形成的一种构造特征(图3f);块状构造由重晶石晶粒组成致密块状构造;花斑状构造由块状重晶石碳酸盐化后被方解石、白云石充填或交代的构造,矿石中的浅色斑块为重晶石的残余物;结核状构造由饼状、透镜状重晶石赋于炭质页岩中形成一种构造。

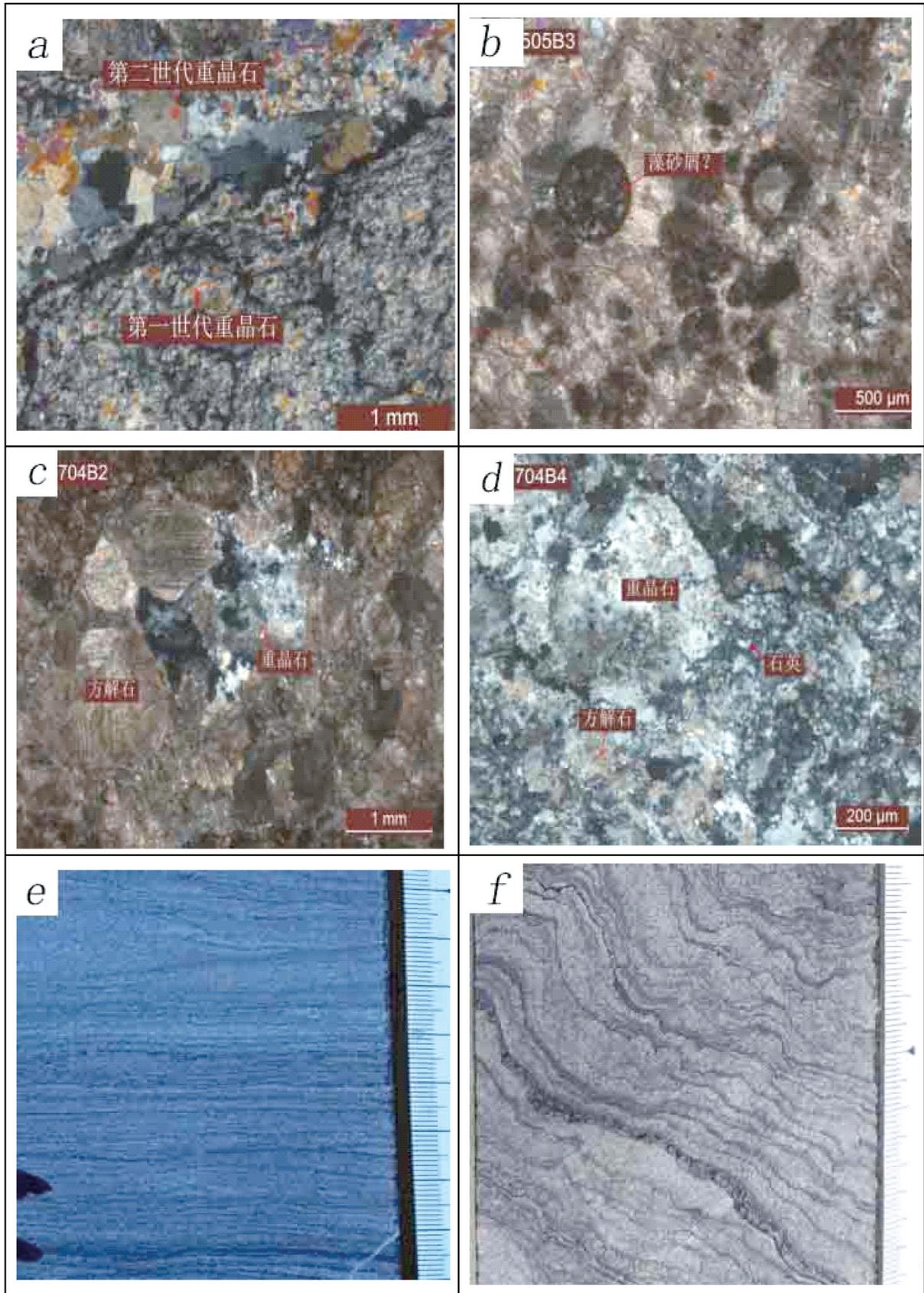


图3 天柱寨脚重晶石矿床矿石典型结、构造特征

Fig. 3 Characteristics of Typical Nodules and Structures of Barite Deposit in Zhaijiao of Tianzhu

a—两期结晶的重晶石;b—藻砂屑结构;c—花斑状结构;d—半自形粒状结构;e—纹层(条纹)层理构造;f—滑塌褶皱变形层理

矿石类型主要有条纹状、块状、花斑状和结核状。条纹矿石一般出现在矿层下部和上部,以它形-半自形粒状结构为主,具层纹、条纹构造;块状矿石主要赋存于矿层中部,以碎裂状、砂屑结构为主,局部见于矿层下部;花斑状矿石位于矿层中部,以交代溶蚀结构为主,具孔隙、溶隙构造;结核状矿石主要位于矿层顶板或底板,以它形-半自形粒状结构和条柱状结构。

后期围岩蚀变主要见碳酸盐化、重结晶及泥炭化等。碳酸盐化:主要表现为方解石和白云石,在矿石中常见方解石、白云石呈细脉、网脉充填。矿石以花斑状矿石为主,氧化呈溶孔状及斑状构造。重结晶:矿石重结晶表现为重晶石晶粒变大,

主要呈板状及放射状晶体。泥炭化:在矿石中常见黑色有机质、炭质包裹体和泥质条带,矿石以条带状矿石为主,导致矿石品位普遍偏低。

3 沉积盆地特征

3.1 含矿岩系厚度变化规律

根据寨脚矿区及其临近矿区含矿岩系分布情况。区内含矿岩系厚度最厚 11.76 m,最薄 1.6 m,形成一个近东西向瘤状块体(图 4),中间厚边缘薄,可能在含矿岩系沉积成岩阶段该区域有一个东西向的盆地,盆地中心位于寨脚-高吊之间。

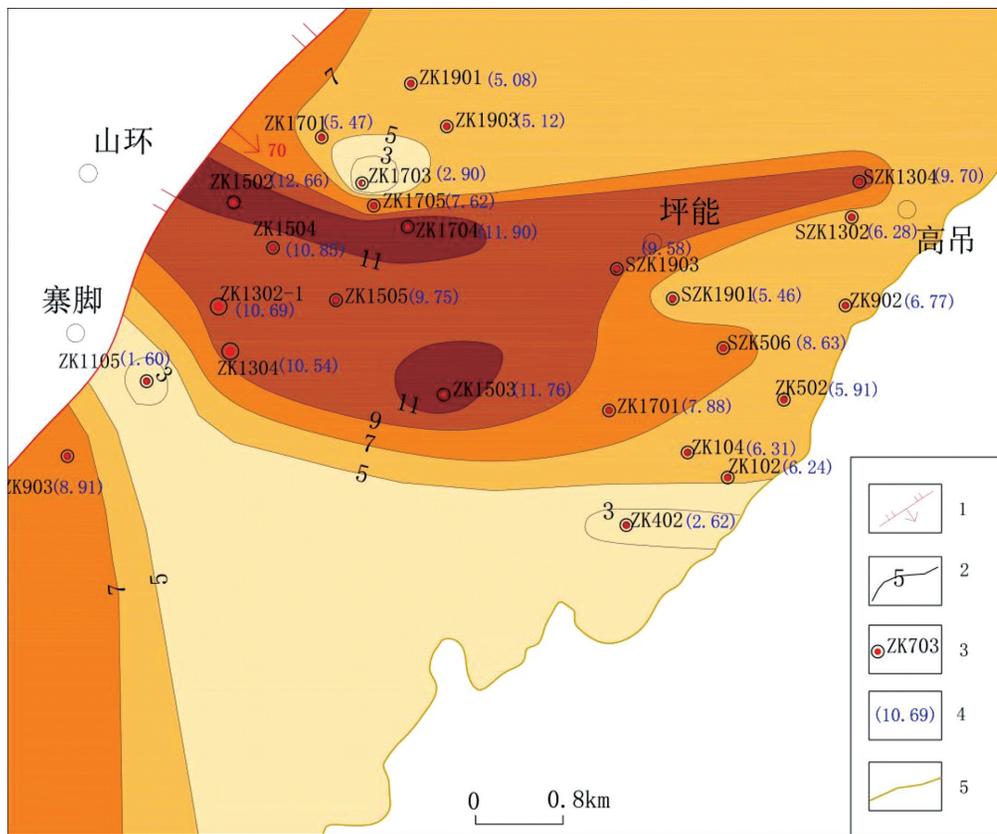


图 4 寨脚重晶石矿床含矿岩系厚度等值线图

Fig. 4 The straight line of the thickness of ore-bearing rock series in Zhaijiao barite deposit

1—逆断层;2—含矿岩系厚度等值线;3—见矿钻孔及编号;4—含矿岩系厚度(m);5—矿体露头线

区内含矿岩系厚度及岩性特征变化规律表现为,即矿区中部厚度较大,岩性组合齐全,其下部为黑色薄层硅质岩夹炭质页岩,中部为层纹状、块状、花斑状重晶石,一般块状矿石厚度较多;上部为黑色炭质页岩夹重晶石、磷质、硅质结核;在矿区南西部厚度 1.60~8.91 m,岩性组合下部为黑色硅质岩夹少量炭质页岩;中部层纹状重晶石夹花斑状重晶石,一般纹层状矿石较多;上部为黑

色炭质页岩夹重晶石、磷质及硅质结核,结核顺层分布;矿区东北部厚度 2.9~5.47 m,岩性组合下部为黑色硅质岩夹白云岩透镜体;中部为纹层状重晶石夹硅质岩及碳酸盐岩;上部为黑色炭质页岩夹重晶石、磷质、硅质结核,结核顺层分布。

3.2 矿体厚度变化规律

根据矿区及邻区钻孔统计矿体厚度在 0.38

~4.62 m 之间,绘制矿体等值线图,其等值线形成一个近东西瘤状块体(图5),矿体中间厚边缘薄,中心位于寨脚-高吊之间,与含矿岩系厚度分

布规律接近吻合,重晶石矿沉积厚度与沉积盆地古地貌地形关系密切,可能为近东西向接近沉积盆中心的矿体厚度变大。

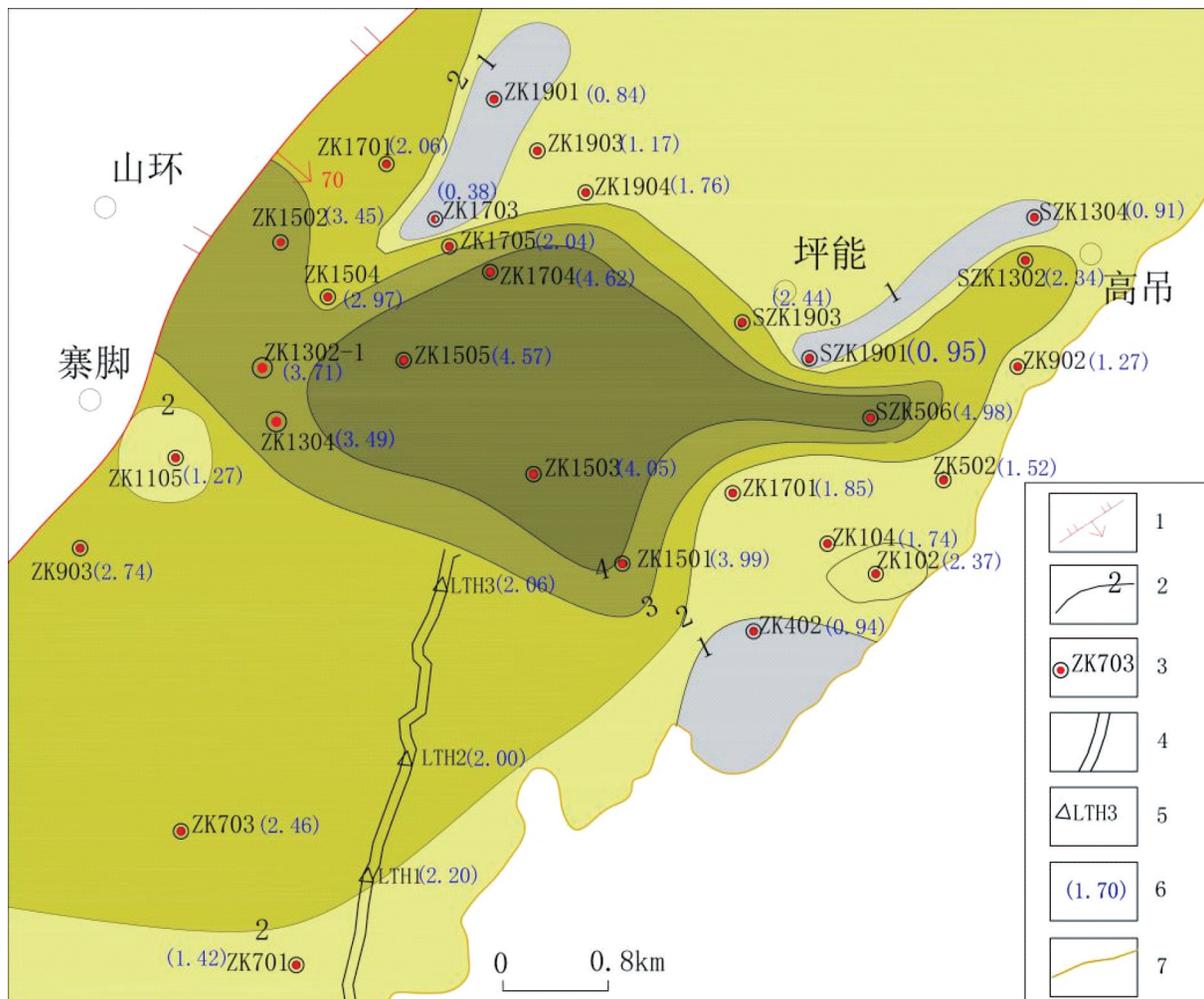


图5 寨脚重晶石矿床矿体厚度等值线图

Fig. 5 The straight line of the thickness of Zhaijiao barite deposit

1—逆断层;2—矿体厚度等值线;3—见矿钻孔及编号;4—坑道;5—采样点;6—矿体厚度(m);7—矿体露头线

3.3 矿石类型及品位变化规律

根据矿石结构构造,矿石自然类型可划分为条带(纹)状、块状、花斑状、结核状重晶石矿等。其中矿区主要为条带(纹)状重晶石,钻孔中大部分均有分布;次为花斑状,分布相对较少;再次为块状,结核状最少。

条带状重晶石, BaSO₄ 含量最低为 47.78%, 最高为 93.70%, 一般 70%~90%左右矿, 矿石密度 2.94~4.38 g/cm³。块状重晶石矿, BaSO₄ 含量一般 76.10%~88.18%之间, 重晶石矿密度一般 4.2~4.3 g/cm³。花斑状重晶石矿, BaSO₄ 含量一般 33.70%~80.40%之间, 为灰色块状重晶石矿因后期充填有白色方解石细脉或小团块而

成, 矿石密度相对较小。结核状重晶石矿, BaSO₄ 含量一般 32.80%~49.84%之间, 有两种结核产出形式, 一种是矿体内夹有硅质结核, 色较深, 密度相对小, 但硬度较大, 品位较低; 另一种是主矿体之上、下且紧贴主矿体的结核状重晶石矿, 多为粘土质包围, 矿石密度相对小。

根据各类型重晶石中 BaSO₄ 含量分析, 条带状及块状重晶石品位较好且稳定, 花斑状重晶石因混合有 CaCO₃ 而品位不稳定, 结核状重晶石因混合有 SiO₂ 以及其他粘土矿物而品位低。

4 矿床成因分析

目前, 越来越多的研究资料认为, 天柱大河边

重晶石矿床属海底喷流成因(杨瑞东等,2007)。

2020年在新晃县贡溪镇上田村甲木冲一带的老堡组含矿岩系上部发现喷流成因的灰岩沉积,灰岩呈透镜状、结核状产于层状硅质岩中(图6)。岩屑灰岩透镜由碎屑、填隙物和少量石英、铁质组成,碎屑成分复杂,以凝灰质为主(含量20%),岩屑灰岩角砾具硅化、碳酸盐化,呈棱角、次棱角状,填隙物为方解石(含量77%),岩石具羽状喷流构造和硅质岩碎块(图7a)、碎屑结构和角砾状构造(图7b),可能为海底火山喷流形成的产物。与邻区贡溪碧林一带老堡组发现火山凝灰岩层特征(彭军等,1999)相似,反映了区内重晶石形成与海底喷发作用有关,从而为重晶石喷发(液)成矿提供新证据。

5 成矿模式

在震旦-寒武世时期,天柱县寨脚地区处于斜坡环境,同时海水中存在大量微生物作用形成的 SO_4^{2-} (硫主要来源于海水或海底硫化物烟囱),此时在斜坡带上发生同沉积断裂,深部含钡流体(热液)沿着同生断裂喷发至盆地,与盆地中的大量 SO_4^{2-} 结合形成重晶石颗粒(成矿环境为封闭半封闭系统,钡在氧化还原界面附近与丰富的硫酸根化合形成硫酸钡)。在重力作用下重晶石颗粒在喷流口附近沉积形成厚矿体,并且在远端低凹处仍然形成较厚的矿体(图7)。

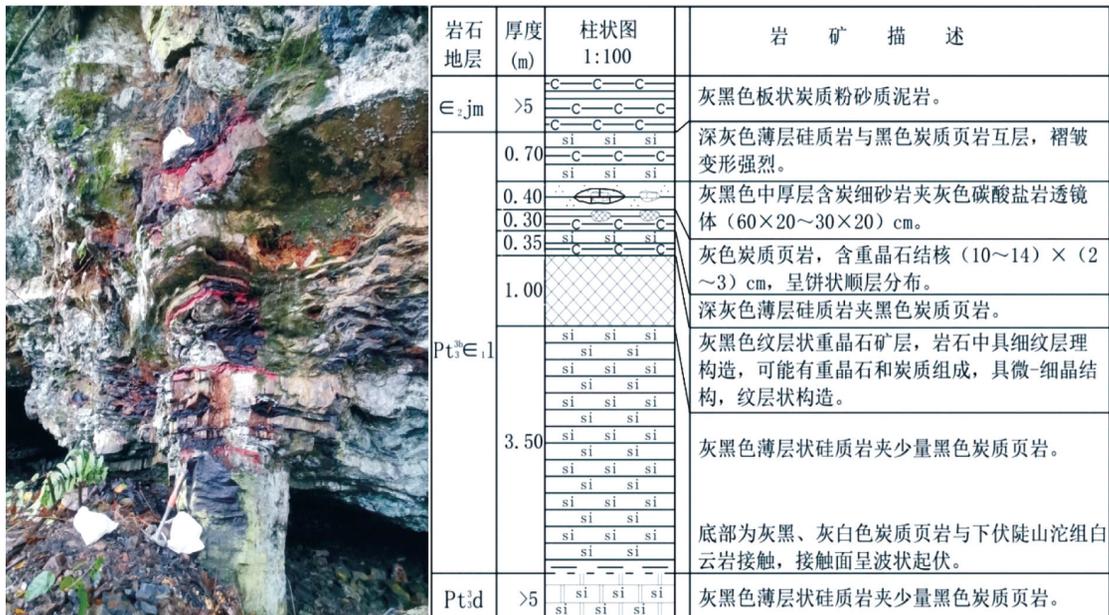


图6 贡溪镇甲木冲露头地质及灰岩喷流沉积特征

Fig. 6 Geology and Limestone Ejection Sedimentary Characteristics of Jiamuchong, Gongxi Town

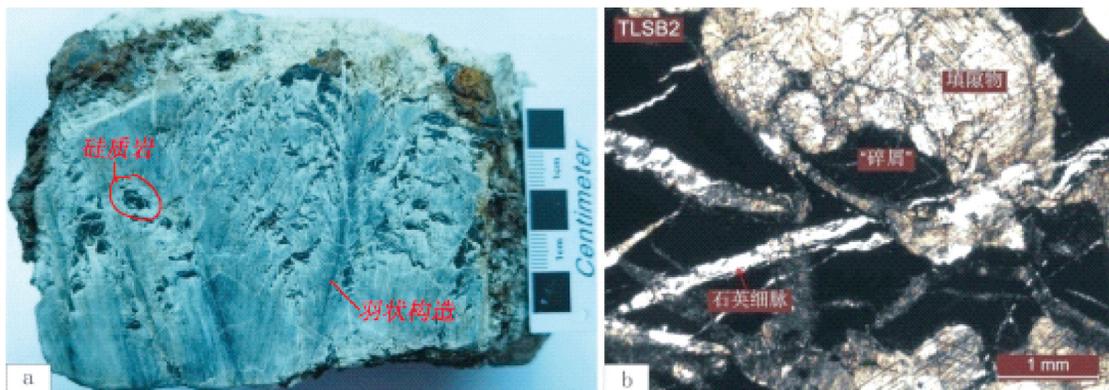


图7 喷流成因灰岩的宏观与微观特征

Fig. 7 The Macroscopic and Microscopic Characteristics of Limestone of Jet Formation

a—羽状构造;b—碎屑结构和角砾状构造

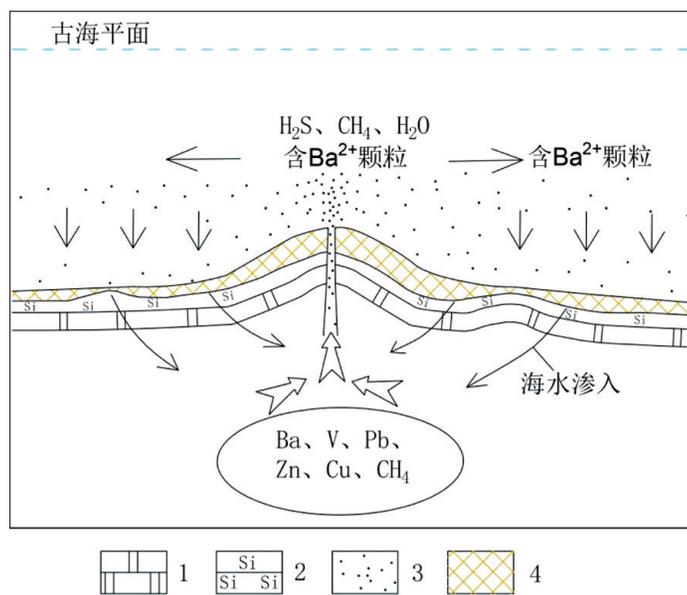


图8 寨脚重晶石矿床成矿模式

Fig. 8 Metallogenic model of barite deposits in Zhaijiao

1—白云岩;2—硅质岩;3—含Ba²⁺颗粒;4—重晶石矿体

6 结论

(1)通过天柱大河边重晶石矿床调查研究,在天柱大河边重晶石矿床北段寨脚-甲木冲一带老堡组顶部发现顺层产出的火山凝灰岩夹岩屑灰岩透镜的沉积组合,凝灰岩具火山结构,岩屑灰岩透镜具碎屑结构和角砾状构造,可能为海底火山喷发(气)形成的产物,为重晶石矿床的喷流成因提供新证据。

(2)在重晶石矿床中见到丰富的滑塌构造、碎屑流构造和浊流构造,表明重晶石在喷流口初步堆积后,受某种同沉积地质营力如地震作用形成震积岩,沿着斜坡向沉积盆地中心迁移并最终堆积定位,形成超大规模的重晶石矿床。重晶石矿的成因类型属于海底喷流沉积矿床,区内重晶石形成可能经历过水下重力流的改造、运移和二次堆积的成矿作用过程。

(3)天柱重晶石矿同赋存于震旦-寒武系老堡组中上部,含矿岩系由黑色硅质岩、炭质页岩及重晶石组成。矿石类型有块状、花斑状、层纹状和结核状等。通过调查发现重晶石矿层中的韵律层理、冲刷构造、变形层理、滑塌褶皱、书斜构造和震裂角砾岩等沉积构造非常发育。初步分析认为重晶石成矿地质环境属于斜坡环境。钡颗粒原始沉积层的移动-堆积作用过程与当时水下重力流扇相有关。

(4)寨脚地区含矿岩系及矿体厚度等值线表明,震旦-寒武系时期区内存在一东西向盆地,其与加里东期断层呈60度夹角。

[参考文献]

陈建书,蒲元强,石磊,等. 2011. 贵州大河边一带重晶石成矿地质背景及找矿潜力[J]. 贵州地质, (02): 86-91.

方维萱,胡瑞忠,苏文超,等. 2002. 大河边-新晃超大型重晶石矿床地球化学特征及形成的地质背景[J]. 岩石学报, 18(2): 247-256.

韩善楚,胡凯,曹剑. 2014. 贵州天柱早寒武世黑色岩系重晶石矿床有机地球化学研究[J]. 地球化学, 43(04): 386-398.

侯东壮,吴湘滨,李贞,等. 2015. 贵州省天柱大河边重晶石矿床成矿物质来源[J]. 中国有色金属学报, 25(04): 1039-1048.

侯东壮,吴湘滨,朱怡欢. 2014. 天柱大河边重晶石矿床有机地球化学特征及意义[J]. 中国有色金属学报, 24(12): 3095-3107.

李文炎,余洪云. 1991. 中国重晶石矿床[M]. 北京:地质出版社, 1-105.

刘灵,石庆鹏,文星桥,等. 2015. 贵州天柱重晶石矿床成矿条件及找矿潜力分析[J]. 贵州地质, 32(4): 262-266.

刘灵,石庆鹏,杨仪锦,等. 2017. 贵州天柱云洞地区铅锌矿的发现及其找矿意义[J]. 贵州地质, 34(1): 26-31.

彭军,夏文杰,伊海生. 1999. 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]. 成都理工大学学报, 26(1): 92-96.

孙学通,姚慧. 2005. 湖南应溪重晶石矿床地球化学特征及矿床成因[J]. 新疆地质, 23(001): 50-54.

孙泽航,胡凯,韩善楚,等. 2015. 湘黔新晃-天柱重晶石矿床微量元素和硫同位素研究[J]. 高校地质学报, 21(04): 701-710.

- 涂光炽. 1987. 中国层控矿床地球化学(第二卷)[M]. 北京: 科学出版社, 157-196.
- 王富良, 黄艺, 付勇, 等. 2020. 黔东早寒武世早期重晶石富集机制研究--来自硫同位素的约束[J]. 地球学报, 41(05): 686-698.
- 魏怀瑞, 杨瑞东, 高军波. 2009. 贵州天柱重晶石矿热水喷流沉积特征研究[J]. 矿物学报, 29(S1): 378-379.
- 吴朝东, 杨承运, 陈其英. 1999. 新晃贡溪-天柱大河边重晶石矿床热水沉积成因探讨[J]. 北京大学学报(自然科学版), (06): 3-5.
- 吴卫芳, 潘家永, 夏菲, 等. 2009. 贵州天柱大河边重晶石矿床硫同位素研究[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 32(03): 205-208.
- 夏菲, 马东升, 潘家永, 等. 2005. 天柱大河边-新晃重晶石矿床矿物组成特征电子探针研究[J]. 矿物学报, (03): 289-294.
- 夏菲, 马东升, 潘家永, 等. 2004. 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, (24): 2592-2595.
- 杨瑞东, 魏怀瑞, 鲍森, 等. 2007. 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[J]. 地质论评, 53(5): 675-680, 725-726.
- 杨义录. 2010. 湘黔边境重晶石矿成矿地质背景及成矿模式浅析[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 27(001): 43-48.
- 余洪云. 1988. 贵州天柱大河边重晶石矿床地质特征及找矿方向[J]. 贵州地质, (01): 109-117.

Geological characteristics and metallogenic model of barite mineralization in Zhaijiao, Tianzhu, Guizhou

Luo Bang-liang, Liu Ling, Shi Qing-peng, Xia Rui, Zhou Zongzan, Yang Gui-long, Lin Ze-yuan

(101 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Kaili 556000, Guizhou, China)

[Abstract] Through the exploration of Zhaijiao barite ore in Tianzhu, a bedding-produced volcanic tuff intercalated with carbonate (limestone) lens was found on the top of the Laobao Formation in the Zhaijiao-Jiamuchong area, which is the origin of the barite submarine jet Provide new evidence. Observation of the sedimentary characteristics of borehole cores and outcrops shows that abundant slumping structures, clastic flow structures and turbidity current structures are seen in the barite deposits, indicating that the barites are subjected to syn-sedimentary geology after the initial accumulation of the vents. Seismites formed by the forces of earthquakes and storms migrated along the slope to the center of the sedimentary basin and eventually accumulated and formed large-scale and super-large barite deposits. Therefore, the genetic type of barite deposits is a submarine jet sedimentary deposit, and a slope underwater gravity flow fan mineralization model is established.

[Key Words] Barite; geological characteristics; sedimentary basin; metallogenic model; Tianzhuzhaijiao