

黔北—渝南地区中二叠世早期梁山组的岩相古地理特征和铝土矿成矿效应

张启明, 江新胜, 秦建华, 崔晓庄, 刘才泽

ZHANG Qi-ming, JIANG Xin-sheng, QIN Jian-hua, CUI Xiao-zhuang, LIU Cai-ze

中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081

Chengdu Center of Geological Survey, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China

摘要:研究区位于扬子陆块上扬子区, 中二叠世早期地层梁山组有丰富的沉积矿产, 其中铝土矿具有良好的勘探开发前景。为了揭示区内中二叠世早期铝土矿的形成、分布与岩相古地理的关系, 对区内梁山组的沉积特征、展布规律和含矿性进行了研究, 编制了中二叠世早期梁山组岩相古地理图, 提出了区内铝土矿障壁后泻湖成矿的模式。结果表明, 区内古地理格局具有北高南低、南海北陆的特点, 鲁甸—威宁—贵阳—都匀一线为障壁沉积体系, 北部为障壁后泻湖沉积体系, 南部为正常浅海沉积体系, 大致可划分为隆起、滨湖、浅湖、半深湖—深湖、障壁砂坝、内陆棚和外陆棚7个沉积亚相, 铝土矿矿床全部分布于北部泻湖半深湖—深湖相区内, 岩相古地理控矿作用明显。

关键词:中二叠世早期; 梁山组; 岩相古地理; 铝土矿

中图分类号: P586; P534.46

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2012)04-0558-11

Zhang Q M, Jiang X S, Qin J H, Cui X Z, Liu C Z. Lithofacies palaeogeography of the early Middle Permian Liangshan Formation in northern Guizhou-southern Chongqing area and its bauxite ore-forming effect. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(4):558-568

Abstract: The study area is located in the Upper Yangtze region of the Yangtze block. Abundant sedimentary mineral resources are preserved in the early Middle Permian Liangshan Formation and among them bauxite deposits are of favorable prospects for exploration and exploitation. In order to reveal the relationship between the deposition and distribution of the bauxite deposits and the lithofacies paleogeography of early Middle Permian period, the authors studied the sedimentary, distribution and ore-bearing features of the Liangshan Formation, compiled a lithofacies paleogeographic map and established a metallogenic model for bauxite deposition in behind-barrier lagoon. The paleogeographic framework shows that the study area dipped southwards, the land was located in the north and the sea lay in the south, with the development of a barrier lagoon system. The lagoon depositional system was located in the north, the barrier depositional system was situated along Ludian-Weining-Guiyang-Duyun zone, and the common sea depositional system was developed in the south. Altogether 7 sedimentary subfacies have been recognized, which include uplift, coastal lake, shallow lake, semi-deep and deep lake, barrier, inner shelf sea and outer shelf sea. Almost all bauxite deposits are located in the semi-deep and deep lake region of the lagoon in the north, obviously controlled by lithofacies paleogeography.

Key words: early Middle Permian; Liangshan Formation; lithofacies palaeogeography; bauxite deposits

研究区(东经 103°00′~109°30′、北纬 26°00′~30°00′)主要包括渝南南川地区和黔北大部, 属于扬子

陆块上扬子地区。区内二叠纪地层广泛发育, 中二叠世早期梁山组具有丰富的沉积矿产, 铝土矿具有良

收稿日期: 2011-09-20; 修订日期: 2011-12-22

资助项目: 中国地质调查局项目《西南地区矿产资源潜力评价》(编号: 1212010813035)

作者简介: 张启明(1978-), 男, 硕士, 工程师, 从事矿产资源调查与评价。E-mail: solitarystar@126.com

通讯作者: 江新胜(1956-), 男, 博士, 研究员, 从事岩相古地理与全球变化研究。E-mail: cdjxinsheng@126.com

好的勘探开发前景,引起了政府与产业部门的高度重视。中国地质调查局在区内部署了《西南地区矿产资源潜力评价》研究项目,铝土矿是重点评价的矿产之一。区内中二叠世早期梁山组铝土矿矿床(点)和矿化点具成片、成群集中分布等特点,属上扬子龙门山—大巴山(陆缘拗陷)Fe—Cu—Pb—Zn—Mn—P 铝土矿成矿带^[1]。

铝土矿可分为红土型、沉积型、喀斯特型^[2-3]3种成因类型。自20世纪40年代以来,众多学者对黔渝地区铝土矿的成矿地质背景进行了大量的研究^[4-10]^{①②},认为该区的铝土矿多数属于沉积型铝土矿,但对沉积环境的认识尚存较大的分歧。归纳起来,关于区内铝土矿的沉积环境有2种认识,一是认为沉积于坡残积环境^①,二是认为沉积于浅湖、滨湖沼泽环境^②。对矿床成因的认识直接影响了矿床勘探、开发的方向,对赋矿层位的岩相古地理研究则是解决上述分歧的重要途径。梁山组是中国西南地区铝土矿重要的含矿层位,目前关于区内二叠纪岩相古地理的研究成果众多^[11-17],但尚无专门针对梁山组的岩相古地理研究与编图,开展中二叠世早期梁山组岩相古地理研究对铝土矿勘查具有重要意义。

近年来笔者在开展西南地区矿产资源潜力评价的过程中,以1:20万区调资料为基础,结合探槽、钻井等剖面、地层划分对比、沉积学研究和沉积相识别,对黔渝地区中二叠世早期梁山组的岩相古地理进行了研究与编图。通过对控矿沉积相的空间展布形式和主要赋矿部位的研究,对黔渝地区中二叠世早期梁山组中的铝土矿矿床与古地理的关系进行了探讨,认为黔渝地区的铝土矿沉积环境为障壁后泻湖,铝土矿主要分布于泻湖半深湖—深湖相区内(图1)。应当说明的是,由于铝土矿产出层位为梁山组下部,因此本研究反映的是梁山组下部的古地理情况。

1 区域地质背景

扬子陆块自前寒武纪形成以来长期处于稳定的陆内状态,沉积了大量陆表海地层。早二叠世末的构造运动使得上扬子西北地区抬升为陆,早古生代地层遭受不同程度的剥蚀,直至中二叠世才开始从南向北海侵,梁山组就是该海侵初期陆—海转化的产物^[12-14]。黔北—渝南地区位于上扬子古陆块的三级

构造单元川中前陆盆地(M_z)、扬子陆块南部碳酸盐台地(P_z)与上扬子东南缘被动边缘盆地(P_{z1})内^[18]。区内地层从元古宙到第四纪均有出露,其中以寒武系、奥陶系、下志留统、下石炭统、二叠系、三叠系最为发育,且广泛分布。

区内梁山组的上覆地层均为二叠系栖霞组灰岩,下部分别与寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系的地层不整合接触。在正安以北下伏地层主要为韩家店组页岩、泥岩夹砂岩、粉砂岩,局部为黄龙组石灰岩。在正安—遵义之间下伏地层为娄山关组白云岩、桐梓组白云岩夹页岩、湄潭组页岩、粉砂质页岩夹砂岩,少数为中奥陶统十字铺组页岩、粉砂质钙质页岩、泥灰岩。遵义以南下伏地层主要为马平群灰岩、泥灰岩,摆佐组白云岩,石炭系的砂质页岩及粉砂岩。梁山组为一套陆源碎屑岩,下部见底砾岩、砂岩、泥岩,含鲕状赤铁矿、鲕绿泥石、菱铁矿、鲕状(豆状)铝土矿,上部主要为炭质页岩夹煤层(线),为陆相河流、湖泊、沼泽沉积。由于在个别剖面上曾发现海陆交互环境的腕足化石,一直被认为是淡化泻湖环境^[19-21],但未确定障壁体系是否存在。

2 典型剖面的沉积特征

通过对区内99个剖面的岩性组合、沉积环境分析发现,研究区梁山组存在3种不同的剖面结构,分别代表不同的沉积环境:北部以泥岩为主,含铝土矿,海洋性不明显,代表泻湖沉积;中部以石英砂岩为主,具有较明显的海洋性,代表障壁沙坝沉积;南部以泥岩、灰岩为主,具有极其明显的海洋性,代表正常浅海沉积。

2.1 泻湖沉积典型剖面

鲁甸—威宁—贵阳—都匀一线以北,梁山组的剖面结构显示了极强的一致性,下部为碎屑岩、粘土岩,含铝土矿,上部为页岩夹炭质页岩、煤层,基本不含铝土矿,之间见一冲刷面,其中以南川县洪官渡探槽TC044为典型(由李军敏提供)。

上覆地层:中二叠统栖霞组(P_q)。

为浅海相灰色生物微晶夹燧石条带灰岩,见大量生物碎片,有机质含量高;燧石颜色为黑色,呈椭球状、透镜状断续分布于灰岩夹层之中。

—— 整合 ——

中二叠统梁山组(P_l):

10.为灰黑色炭质页岩,发育水平层理。岩石中含有植物碎片

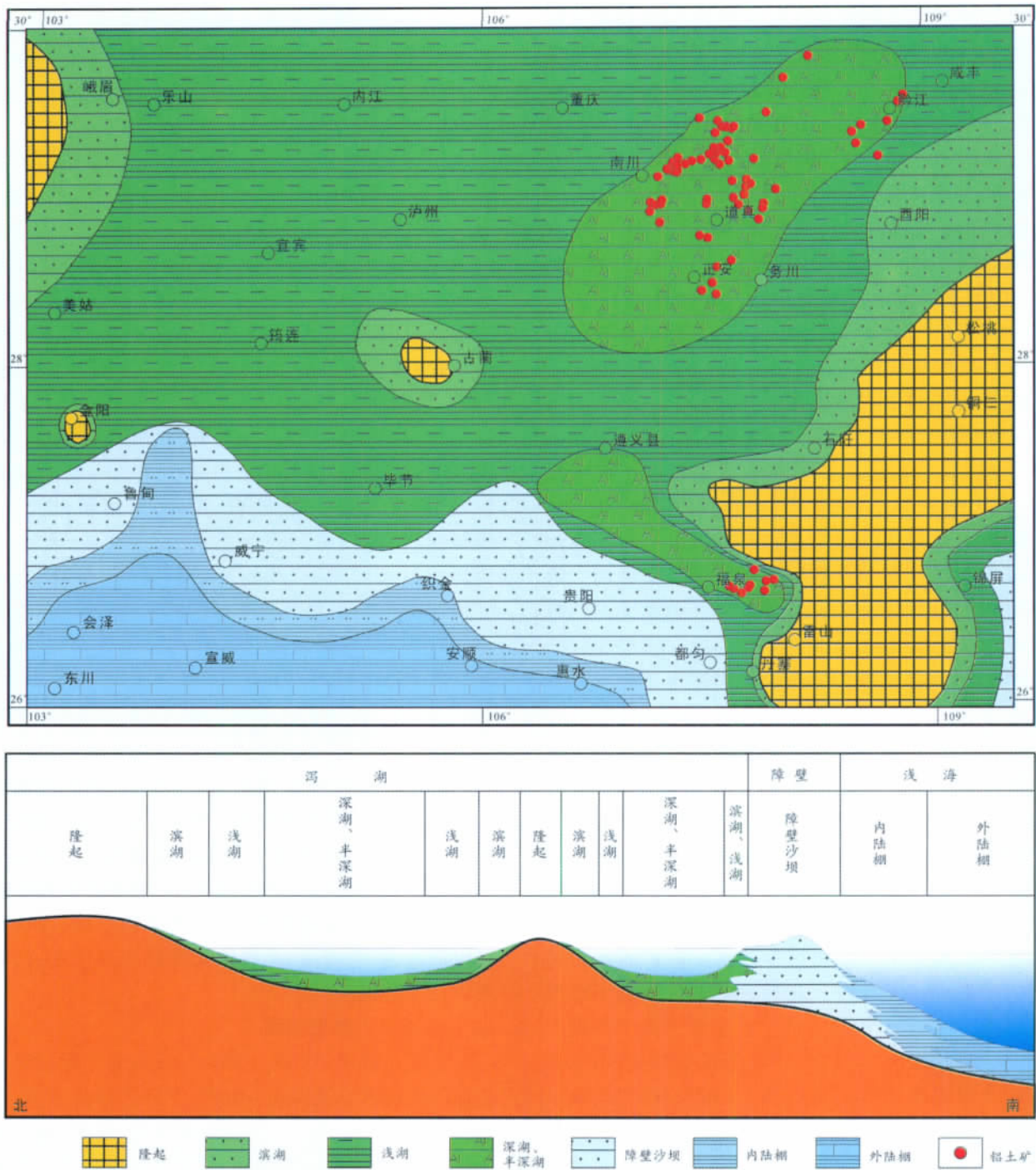


图 1 黔渝地区中二叠世早期梁山组岩相古地理、铝土矿分布及其沉积模式
Fig. 1 Lithofacies palaeogeography, bauxite deposit distribution and depositional model
for early Middle Permian Liangshan Formation in Guizhou-Chongqing area

及双壳化石,局部有星点状黄铁矿分布,岩石页理发育,风化色为褐红色。该层与下伏泥岩界线不明显,下伏地层砾石向上减少,逐渐过渡为该层的黑色炭质页岩 0.4m
9.为红褐色细砾岩,砾石成分为铝土质,粒径 1~3cm,分选较

好,次圆状,含量 60%~70%,颗粒支撑,砾石成分与下伏豆鲕状铝土岩相似,泥质胶结,胶结松散。该层在横向上厚度变化大,厚度在 0.05~0.2m 之间,层系底面波状起伏,底部为底冲刷面 0.1m

8. 为灰色豆鲕状铝土矿(图版 1-c,d), 豆鲕状结构, 豆粒粒径 2~8mm, 呈圆球状和椭圆状, 少数呈棱角状, 含量约 20%, 豆粒中夹有少量鲕粒, 鲕粒核心为不规则铝土矿碎屑, 粒径 2~5mm, 含量约 5%, 鲕粒大部分仅有 1 层同心纹层, 少数有 3~5 层。豆粒及鲕粒颗粒为基质支撑, 颜色较基质深, 孔隙式胶结; 基质为浅灰色泥质铝土岩, 泥质结构。豆鲕状铝土矿显微镜下显示定向排列特征, 水平层理 0.5m
7. 灰色砾屑状铝土岩, 砾屑结构, 砾屑含量 10%~15%, 成分为深灰色铝土质, 粒径 0.5~5mm, 分选差, 磨圆差, 次棱角状, 基底式胶结; 胶结物为浅灰色铝土岩, 泥质结构 0.6m
6. 粉红色铝土矿 0.4m
5. 黑灰色铝土矿, 局部发育水平层理 0.8m
4. 黑灰色含内碎屑粘土岩, 内碎屑泥晶结构, 内碎屑成分为浅黄色粘土岩, 大小 35mm, 呈撕裂状, 某些含有条带状拖尾, 分布杂乱, 显示定向性排列, 含量约 20%, 基底式胶结; 基质为黑色粘土岩, 泥质结构。内碎屑粘土岩是同生成因的粘土质碎屑经再沉积并被粘土物质胶结而成的 0.4m
3. 浅黄灰色铝土岩, 镜下见矿物颗粒与碎屑颗粒的定向排列现象, 水平层理。该层与上覆岩层界线起伏不平 0.3m
2. 浅灰色粉砂质粘土岩, 见不清晰的水平层理 0.2m
1. 黄灰色粘土质角砾岩。砾石为黄灰色, 粒径 1~5cm, 分选差, 磨圆差, 为次棱角状, 含量约 40%, 基质支撑, 与基质界线明显; 基质为深灰色粘土岩。砾石的成分与下伏地层相同, 为中志留统韩家店组(S_4h)地层风化剥蚀的产物。该层底部发育一层稳定的砖红色褐铁矿化古风化壳, 厚约 3cm(图版 1-a,b) 0.2m

----- 平行不整合 -----

下伏地层: 中志留统韩家店组(S_4h)

为浅海陆棚相黄灰色粉砂质泥岩, 发育水平层理, 含王冠虫、角石、腹足、双壳类等正常浅海生物化石, 与上覆地层不整合接触

按照常规沉积环境分析可以得出, 上述剖面第 1 层属于扇三角洲、河流相、滨湖沉积, 第 2~8 层为浅湖—深湖、半深湖沉积, 第 9~10 层为沼泽沉积。由于对铝土矿, 特别是豆鲕状铝土矿沉积作用的认识还存在着极大的分歧, 其沉积环境至今尚未得到合理的解释。廖士范等^[5]认为, 沉积型铝土矿中的豆鲕形成于风化环境的红土化过程中, 因而称为红土鲕。他们认为豆鲕状铝土矿不可能形成于含铝凝胶水体之中, 其主要证据是豆粒和鲕粒表面具有铁质包壳, 内部也可见到铁质圈层。刘巽峰^[22]也认为豆鲕粒是形成于化学风化过程中的复杂的胶体化学作用的产物。盛章琪等^[23]则明确指出在沉积阶段氢氧化铝可以呈胶体搬运、沉积, 形成具有工业价值的铝土矿,

形成环境可以是湖泊、浅海, 凝胶状铝土矿可呈纹层状, 水平层理发育, 并认为贵州风化壳型铝土矿存在这种成因类型。刘长岭等^[24]认为铝土矿豆鲕是多成因的, 主要形成于同生沉积阶段, 次为红土风化壳和成岩后生阶段形成的, 并认为同生沉积阶段形成的豆鲕粒度大小均匀, 呈正态分布, 主要分布在盆地边部或含矿层的中上部, 鲕粒形成于水深较小、能量较高的环境中, 而豆粒常在水深较大的软泥和氢氧化铝胶体沉淀物中形成。

由此可见, 铝土矿豆鲕可以在水体中形成已为不争的事实。观察鲕状、豆状铝土矿的薄片可见总体颗粒均匀, 杂基支撑、孔隙胶结, 填隙物为粘土或铝土矿, 可见水平层理, 静水沉积特征明显。在镜下同时可见具铁质包壳、铁质圈层的豆鲕粒和不具铁质包壳、圈层的豆鲕粒。如果说前者是红土鲕再沉积, 那么后者则是新生鲕了。而且, 赤铁矿包壳或圈层的存在不足以说明铝土矿豆鲕粒仅仅形成于红土化过程之中, 只要了解一下鲕状赤铁矿的形成环境和形成作用就不难得出, 只要水体处于氧化条件, 铁质包壳或圈层完全可以在盆地内部形成, 可以将铝土矿铁质包壳和圈层看成是鲕状赤铁矿的一部分。再者, 如果豆鲕粒作为沉积物颗粒被搬运到盆地内部沉积, 首先可以见到陆源碎屑如石英、长石、重矿物颗粒, 如果是正常水流搬运, 则为颗粒支撑, 如果是重力流则为大小混杂、杂基支撑。一般来说, 鲕粒形成的水动力条件可以从其接触类型和胶结类型分析得出。水动力强, 为颗粒支撑、孔隙胶结; 水动力弱则为杂基支撑、基底胶结。本文的样品多为后者, 显然为静水沉积。至于碎屑状铝土矿, 可以考虑湖底流、风暴等事件成因。因此笔者认为, 梁山组沉积铝土矿应以化学凝胶沉积为主, 同时具有陆源的铝土矿碎屑物质存在; 水动力条件以静水为主, 同时具有非正常流体的存在。根据湖泊化学沉积的分带模型^[25], 应属于深湖—半深湖环境。

2.2 障壁沙坝典型剖面

障壁沙坝沉积集中分布于鲁甸—威宁—贵阳—都匀一线, 以产出矿物成熟度和结构成熟度极高的石英砂岩为主要特征, 含煤层或海相层, 代表性剖面为纳雍县包谷山剖面^③:

上覆地层: 中二叠统栖霞组(P_2q)为深灰色中厚层至厚层灰岩。含筴 *Nankinnella* sp. 及腕足类 *Squamularia* sp. 等

—— 整合 ——

中二叠统梁山组(P_2L):

60m

43. 为黄灰色、灰白色薄层至中厚层细粒石英砂岩,具低角度交错层理 16m

42. 为黑色页岩及泥岩,中下部夹灰白色薄层细粒石英砂岩。页岩含腕足类 *Plicatifera* sp.等 11m

41. 为灰白色薄层石英砂岩,顶部为紫色页岩及不稳定的煤层(厚 0.3m) 12m

40. 为紫灰色页岩夹黑色页岩,富含腕足类 *Concrinella* sp.及瓣鳃类 *Stutchburia* cf. *modioliformis*(King)等。底部为灰色中厚层细粒石英砂岩 10m

38~39. 为灰黑色薄层含钙质细粒石英砂岩与黑色页岩构成 2~6cm 的韵律层。砂岩中含直径 0.5cm 大小的黄铁矿结核 7m

37. 为紫灰色砂质页岩 4m

36. 为淡紫灰色中厚层细粒石英砂岩 3m

35. 为黄色、灰白色粘土岩 4m

----- 平行不整合 -----

下伏地层:晚石炭世马平群(C_3mp)浅灰色中厚层、厚层灰岩及豆状灰岩夹黄色泥岩。含瓣 *Pseudoschwagerina* sp.等

其间所夹的海相沉积为远滨或浅海陆棚沉积,而含植物化石或者煤层的夹层则为岸后泻湖沉积。在威宁兔街梁山组剖面上可以观察到障壁沙坝的各种微相,如障壁沼泽、潮滩、潮道、冲溢扇、沙滩甚至滨岸沙丘沉积,为典型的障壁沙坝沉积系统(图版-e、f)。

2.3 正常浅海典型剖面

鲁甸—威宁—贵阳—都匀一线以南为正常浅海发育区,以发育灰岩、泥灰岩、页岩,产大量浅海底栖和浮游生物化石为特征,代表性剖面为晴隆县花共剖面^④:

上覆地层:中二叠统栖霞组(P_2q)深灰色中厚层瓣石团块细粒灰岩。产腹足类、腕足类、棘皮类和瓣类化石

—— 整合 ——

中二叠统梁山组(P_2L):

14. 为深灰色薄层泥灰岩,风化后呈黄绿色页岩状,产腕足、瓣鳃类化石 *Aviculopecten* cf. *sumnsrensis* Newell 20m

13. 白色中厚层中粒石英砂岩夹厚约 5m 灰色薄层砂岩 48m

12. 浅灰色中厚层含硅质灰岩,硅质呈云雾状分布,产瓣类 *Nankinella*, *Parafusulina*, *Schwagerina*, *Sphaeralina* 等 11m

11. 灰白色中厚层粗粒石英砂岩 44m

10. 深灰色中厚层状细粒灰岩夹薄层状含泥质灰岩,产海百合茎、瓣及珊瑚化石: *Protomichilinia* cf. *microstoma* Yake et Hayasaka 71m

9. 深灰色中厚层含泥质灰岩与深灰色薄层泥灰岩互层,产珊瑚化石 *Stylidophyllum* cf. *chaoi* Huang, *Ip cicephyllum* sp.

8. 上部为灰黑色粉砂质泥岩夹石英砂岩,下部为黄棕色中厚层中粒石英砂岩 40m

7. 深灰黑色薄层泥灰岩夹粉砂质泥岩及粉砂岩,风化后呈灰黄土色 48m

6. 深黑灰色薄层及中层细粒含泥质灰岩,含黄铁矿,产瓣 *Nankinella* sp., *Schwagerina* sp., *Staffella* sp. 59m

5. 黄棕色中厚层含泥质粉砂岩夹粉砂质泥岩 221m

4. 灰色薄层含钙质粉砂质泥岩 76m

3. 上部为黄棕色含泥质钙质粉砂岩、粉砂质泥岩及页岩,下部为黄褐色粗粒—中粒石英砂岩夹厚约 5m 的白色中厚层石英砂岩 108m

2. 深黑灰色含炭质泥灰岩,产瓣: *Nankinella* sp., *Parafusulina* sp. 12m

1. 黄灰色页岩夹黄褐色粉砂质页岩 47m

----- 平行不整合 -----

下伏地层:晚石炭世马平群(C_3mp)浅灰色中厚层细晶灰岩

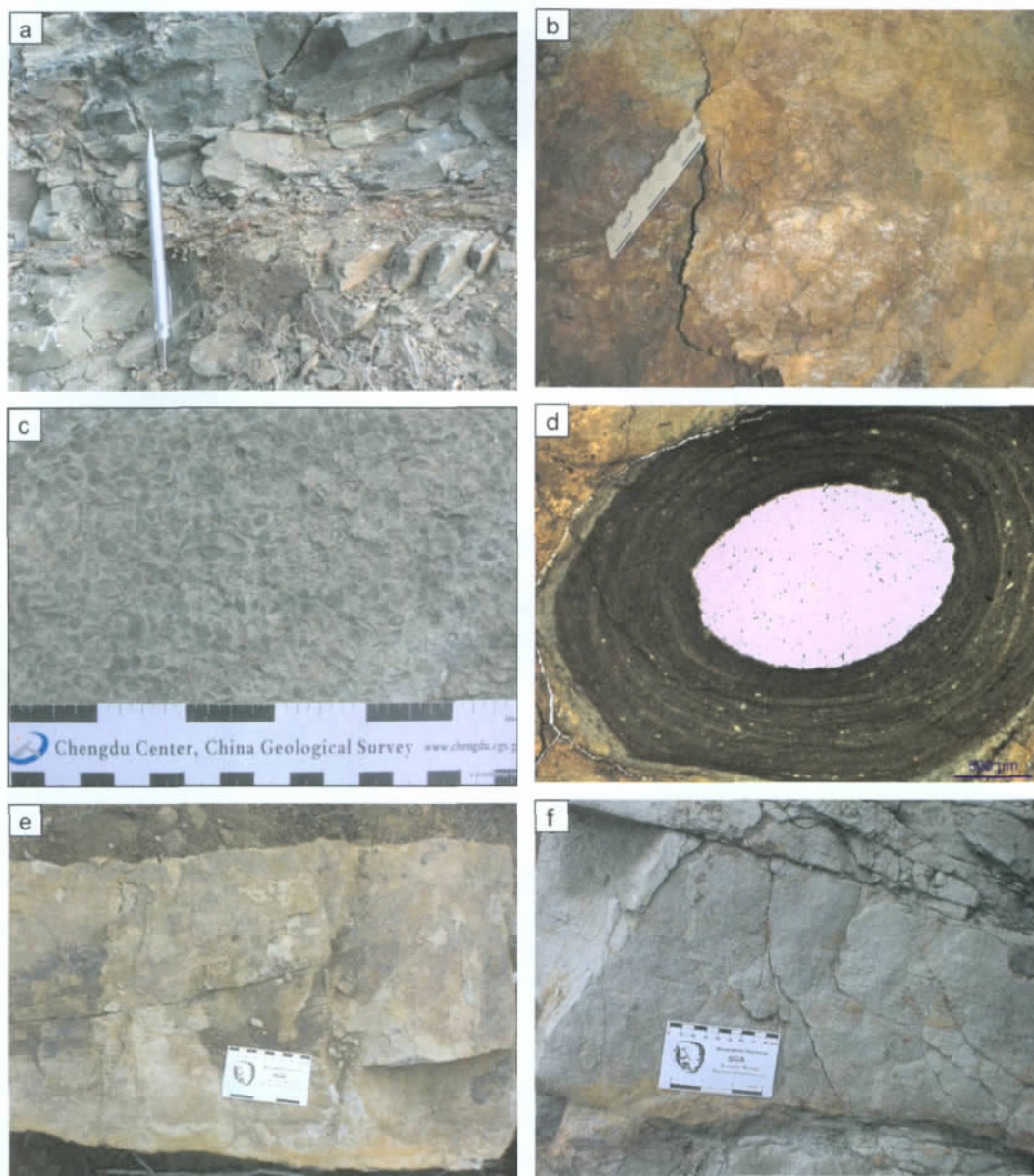
根据剖面所含的碎屑岩、底栖化石的比例还可划分为内陆棚与外陆棚 2 种类型,前者与障壁沙坝相邻,后者远离沙坝,水深更大。

3 沉积模式与相带划分

根据现代海岸环境研究,泻湖可划分为 4 种基本类型:海侵型、海退型、稳定型和局部海侵型^[26-27]。

①海侵型砂坝—泻湖体系的下伏层为陆相层,二者之间常为区域不整合面,上覆层为浅海相。沉积层序自下而上海相性程度逐渐增强,泻湖的开放程度逐渐增加,由封闭泻湖变为半封闭泻湖,最后变为海湾—泻湖。②海退型砂坝—泻湖体系下伏海相层,上覆陆相层,沉积层序自下而上海相性程度逐渐减弱,泻湖的开放程度变差,由海湾—泻湖逐渐变为半封闭泻湖,进而成为封闭泻湖。③稳定型砂坝—泻湖体系上覆层和下伏层皆为陆相,其层序内部虽有某些变化,如层序所反映的泻湖水深及封闭程度时有不同,但并无定向变化。根据砂坝的相对移动、泻湖的涨缩、海平面上升、砂坝的叠加等,这类体系又可进一步分为正常稳定型、相对稳定型和加积稳定型 3 种。④局部海侵型砂坝—泻湖体系的主要特点是砂坝沉积覆盖在泻湖沉积之上,泻湖沉积甚至出露在砂坝的前缘。局部海侵型是由前述 3 种类型发育而来的,是局部沉积物源减少或波浪作用相对增强造成的。B、Sr、Ba、Ga、Rb、MnO、TiO₂ 含量的测试分析结果^[28]表明,北部梁山组下部的沉积环境总体以淡水为主,时有海水混入,符合淡化泻湖沉积的特点。

图版 I Plate I



a. 梁山组底部的铁质风化壳;b. 梁山组底部的底砾岩;c. 豆鲕状的铝土矿;d. 铝土矿鲕粒;
e. 石英砂岩中的交错层理;f. 石英砂岩中的平行层理

研究表明,小潮差的泻湖沉积潮汐作用不明显,潮坪沉积不发育^[25],从研究剖面缺少潮坪沉积特征的现象看,应属小潮差泻湖。因此,本文研究的梁山组早期相当于封闭型泻湖,晚期研究区又发生了海侵,可定位为海侵型泻湖。本研究主要反映早期阶段,将按照封闭型泻湖来分析。绝大多数泻湖沉积模式并未将泻湖相带进一步划分,一般仅分为潮坪和泻湖2个相带^[25-27],不适合本区研究。首先,可能由

于小潮差、封闭性较强,潮坪特征不明显;其次,不能客观地反映水深与沉积相带的关系。因此,本研究采用湖泊相带分布模式^⑤,将相带划分为滨湖、浅湖、深湖半深湖3个相带,而障壁沙坝及其浅海相带划分则采用常规模式。

湖泊沉积包括碎屑沉积和化学沉积两大类^⑤。碎屑沉积主要有砾岩、砂岩、粉砂岩和泥岩,它们的分布严格受水动力条件的控制;化学沉积主要

有蒸发盐、粘土、鲕状赤铁矿、鲕绿泥石、菱铁矿、鲕状铝土矿,它们的分布除受水动力条件控制外,还受水体盐度、pH 值和 Eh 值的控制。由于沉积时氧化界面的变化和氧化还原环境的不同,各沉积类型具有完全不同的物质反映。赤铁矿形成于强氧化环境,菱铁矿、鲕绿泥石、鳞绿泥石等形成于还原环境,黄铁矿形成于强还原环境,而氧化还原环境与水深关系密切,所以可把高价铁矿物放到滨湖相带,把低价铁矿物放到浅湖相带,粘土矿物、铝土矿、硅质沉积放到深湖和半深湖相带。根据本区的具体情况,将相带划分的标准叙述如下。

古隆起:无沉积物,为物源区,被边缘相粗碎屑沉积和强氧化化学沉积物围限。本区梁山组为一个海侵层序,理论上讲最后接受海侵的应为古隆起,但接受海侵的时间先后是难以追索的。本文将缺失梁山组下段或出现典型河流相沉积的上游地区定为古隆起区。

滨湖:位于洪水期水面与枯水期水面之间,为粗碎屑和强氧化化学矿物沉积区,主要有砂岩、鲕状赤铁矿,夹河流、三角洲、扇三角洲、沼泽、泥坪沉积,干裂、雨痕、平行层理发育。

浅湖:位于枯水期水面和波基面以上的浅水地带,沉积物主要受水体的波浪作用和潮流作用的影响,以粘土岩、粉砂岩为主,夹细砂岩和弱还原化学沉积如菱铁矿、鲕绿泥石等,水平层理、波状层理、小型交错层理、透镜状层理和浪成波痕发育,局部可见鲕粒滩沉积。

深湖、半深湖:位于波基面以下水体较深的部位,为缺氧的弱还原—还原环境,以粘土岩、化学岩为主,为灰色、深灰色页岩、泥岩、泥灰岩等,见黄铁矿、菱铁矿,水平层理发育。根据上述铝土矿豆鲕粒的沉积结构构造特征,将杂基支撑基底胶结的和致密块状且具水平层理的铝土矿划归此相带。

障壁沙坝:位于障壁后泻湖与正常浅海之间,以成熟度高的石英砂岩为主要沉积物,可见潮道、潮坪、沙滩、沼泽、冲溢扇沉积。

内陆棚:位于障壁沙坝之前的浅海区域,以粉砂岩、泥岩为主,水平层理发育,见正常浅海生物化石。

外陆棚:位于内陆棚与大陆斜坡之间,以页岩、泥灰岩为主,水平层理发育,见正常浅海生物化石。

4 相带展布与岩相古地理格局

4.1 相带展布

本文的岩相古地理研究与编图共引用 1:20 万区域地质调查报告剖面 94 条,实测剖面 5 条。从北东—南西、北西—南东 2 条剖面的地层、沉积相划分与对比(图 2、图 3) 可以看出,梁山组的沉积特征和沉积相带、含矿层的古地理分布呈现出有规律的变化。从北至南地层厚度渐增,从数米渐增到数百米,岩性变化也具规律性,呈 3 个明显的分带:北部为粘土岩、页岩、粉砂质页岩带;中部为石英砂岩带;南部为砂岩、页岩夹灰岩、泥灰岩带。

酉阳—石阡、雅安—峨边一带,岩性主要为深灰色和灰色砂质页岩、铁质页岩、石英砂岩,底部常见含铁砂砾岩,局部地段夹赤铁矿层及煤线,为滨湖相。

研究区中部—北部地区和东南角天柱—锦屏一带,主要岩性为深灰、灰白、黄灰色页岩、粉砂质页岩、铝土质页岩、粘土岩夹粉砂岩、泥质粉砂岩,为浅湖相。

正安—黔江一带和遵义—福泉一带,下部为灰、灰绿色绿泥石岩或铁绿泥石岩、铝土质页岩、粘土岩,底部有 1 层风化壳(图版 —a),局部地区底部可见底砾岩(图版 —b);中部为铝土矿层,由浅灰—深灰色铝土矿和铝土岩组成,具豆鲕状(图版 —c、d)、致密块状构造,豆鲕状构造具基质支撑,矿体形态多呈层状、似层状和透镜状;上部为灰、灰黑色炭质页岩及铝土质页岩、粘土岩,下部和上部结构成分发育不良甚至缺失,为半深湖—深湖相。

鲁甸—威宁—贵阳一带,主要岩性为灰、浅灰色中厚层细砂岩、石英砂岩、石英粉砂岩,夹少至多量浅灰色薄层砂岩、灰色页岩、炭质页岩和煤(或煤线)。局部地区夹中厚层砾岩。顶部页岩中夹灰岩透镜体。石英砂岩、粉砂岩分选好,磨圆好,颗粒支撑,板状交错层理(图版 —e)、平行层理(图版 —f),产遗迹化石、双壳、腕足、腹足类化石,为障壁沙坝相。

会泽—安顺—惠水一带,岩性以滨海相碎屑岩为主,局部夹煤或灰岩层,厚度变化巨大,由 20m 至 869m。在沉积巨厚的地段,由黑色泥岩、泥灰岩夹灰岩及棕色石英砂岩组成。泥灰岩夹灰岩中产筴、腕足类、瓣鳃类、珊瑚、苔藓虫、海百合茎等化石,为陆棚

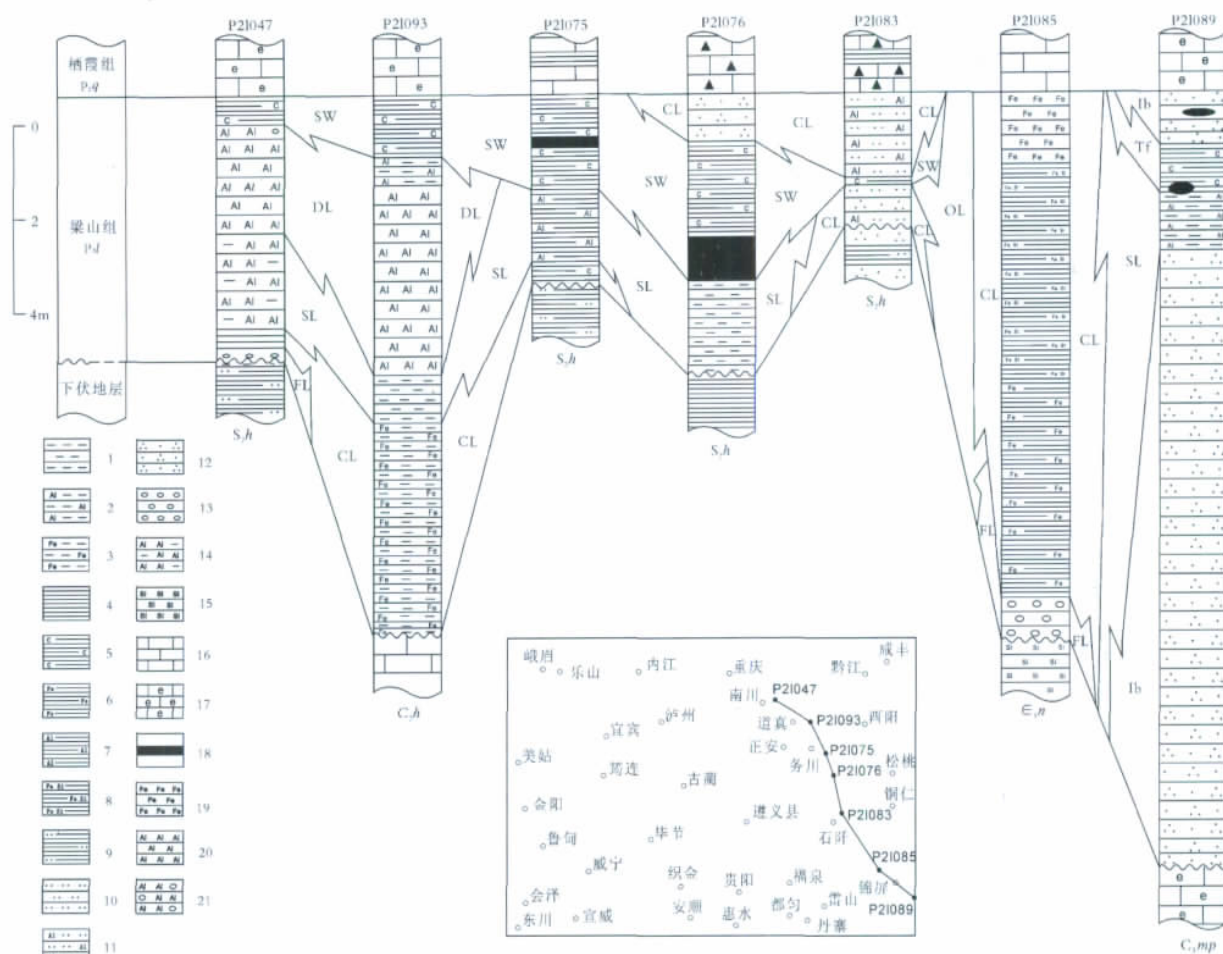


图3 黔渝地区中二叠统梁山组剖面对比

Fig. 3 Correlation of early Middle Permian Liangshan Formation sections in Guizhou-Chongqing area

1—粘土岩;2—铝土质粘土岩;3—铁质粘土岩;4—页岩;5—炭质页岩;6—铁质页岩;7—铝土质页岩;

8—铁质硅质页岩;9—粉砂质页岩;10—粉砂岩;11—铝土质粉砂岩;12—石英砂岩;13—砾岩;14—铝土岩;

15—硅质岩;16—灰岩;17—生物碎屑灰岩;18—煤;19—赤铁矿;20—铝土矿;21—砾状铝土矿;

P_{2q}—栖霞组;P_{2l}—梁山组;C_{2mp}—马平群;C_{2h}—黄龙组;S_{2h}—韩家店组;E_{2m}—牛蹄塘组;SW—沼泽相;

FL—河流相;CL—滨湖相;SL—浅湖相;DL—半深湖—深湖相;Ib—障壁岛;OL—古陆

相,可进一步划分为内陆棚与外陆棚2个亚相。

4.2 岩相古地理格局

岩相古地理是沉积型矿床形成的重要条件之一,相分析是研究层沉积型矿床较为关键的工作,是矿床评价和预测的重要方面^[29]。由于本文只研究和探讨沉积相对铝土矿的控制作用,故按照中尺度比例尺(1:50万—1:100万)的要求(属概略性古地理研究)^[30],编制中二叠世早期岩相古地理图(图1),只反映海陆分布格局和岩相组合特征。

从沉积相的空间展布样式来看,研究区古地理格局具北高南低、南海北陆的特点,属海陆过渡的有

障壁海岸环境,大致可划分为古隆起、滨湖相、浅湖相、半深湖—深湖相、障壁砂坝、内陆棚和外陆棚7个相带(图1)。

古隆起相区主要分布于研究区东南部松桃—剑河一带及西北角峨边地区,研究区中部和西部有2个小岛分布,分别为古蔺岛、金阳岛,为铝土矿沉积的物源区。滨湖相区分布于古陆的周围,主要由砂质页岩、砂岩、粉砂岩、铁质页岩、含铁砂砾岩组成,局部地段夹赤铁矿层及煤线。浅湖相区分布于研究区中部—北部地区及东南角天柱—锦屏一带,主要由页岩、粉砂质页岩、铝土质页岩、粘土岩、铝土岩组

成。半深湖—深湖相区主要分布于正安—黔江一带,其次分布于遵义—福泉一带,主要由粘土岩、铝土岩、铝土矿、页岩组成,局部地段含煤线。铝土矿矿体主要赋存于该相区内。障壁砂坝相区分布于鲁甸—威宁—贵阳一带,呈东西向展布,在都匀处向南拐出研究区,主要由石英砂岩、石英粉砂岩、粉砂质页岩组成,石英砂岩、粉砂岩分选好,磨圆好,交错层理、平行层理发育。陆棚相区分布于研究区南部会泽—安顺—惠水一带,主要由页岩、粉砂质页岩、炭质页岩、石英砂岩夹灰岩、泥灰岩组成。

5 岩相古地理与铝土矿成矿的关系

形成铝土矿要有以下4个基本条件^[5]:①存在地层侵蚀间断面;②位于低纬度地区;③海洋性气候;④稳定的地质体。区域地质研究表明,雪峰运动奠定了扬子陆块的基底,形成了稳定的扬子地块。志留纪末和泥盆纪初发生的广西运动使黔中—黔北—渝南广大地域隆起为陆,形成广阔的区域沉积间断面。晚泥盆世末至早石炭世中、晚期的紫云运动期间,区域地壳发生了向南的漂移^[7,19-20],使研究区位于理想的成矿纬度范围内。据古地磁测量结果,黔渝地区在石炭纪时处于南北纬 $0^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 之间^[4-5],靠近赤道的湿热气候区,与现代相比,年均气温大约为 $20\sim 26^{\circ}\text{C}$,年降水量约 $1000\sim 3000\text{mm}$,且雨季和旱季相互交替。这种气候条件为区内岩石红土化风化和三水铝石铝土矿的形成提供了重要的地质背景。中二叠世早期的海侵,在鲁甸—威宁—贵阳一带形成障壁岛体系,以北地区为淡化泻湖,成为研究区铝土矿沉积、沉淀的主要场所。

结合区内的具体情况,中二叠世早期海侵之前,在湿热气候条件下,成矿母岩经物理、化学风化作用形成富铝(三水铝石)的红土风化壳(铝土矿成矿母质),并大致同时达到准平原化,为嗣后铝土矿的形成提供了有利的物质基础和基底地貌。从铝土矿含矿岩系形成并被上覆地层覆盖,一直到燕山期—喜马拉雅期,主要经历了成岩作用和变质作用,铝土矿中三水铝石变成一水铝石,泥炭、腐泥变成煤。燕山构造运动使晚白垩世以前的地层发生褶皱和断裂,奠定了现今所见的地质构造格架。喜马拉雅运动以来,地壳不断抬升,遭受了强烈的剥蚀和风化作用。区内部分含矿岩系暴露于地表或近地表,经表生富集作用形成了铝土矿。

障壁体系的存在至少有3个成矿效应:首先是为铝土矿物质的沉积、沉淀提供了可容空间。残留在高处的富三水铝石红土型风化壳可以通过地表径流冲刷、搬运、沉积、堆积在泻湖的半深湖、深湖部位。其次是为铝土矿物质的溶解、搬运提供了有利的地球化学条件。实验研究结果证明,铝的溶解与搬运需要酸性环境^[31-32],自然界可以形成这种条件的除地层中的黄铁矿风化形成硫酸外,就是大量腐殖酸的存在。含矿岩系中常见植物碎屑,并夹有煤线或炭质页岩,说明曾多次沼泽化,产生大量腐殖酸,而障壁沙坝泻湖体系是最有利的沼泽发育地带^{[25]⑤}。其三是为铝土矿物质的沉淀和成岩后生富集作用提供了有利的地球化学条件。研究表明^[31],铝土矿凝胶的沉淀对水体的氧化、还原条件非常敏感,阶段性的海水注入可以改变水体的氧化、还原条件,有利于铝土矿物质的沉淀。研究还表明^[31-32],铝土矿成岩后期富集作用与去硅作用有关,腐殖酸的大量存在有利于粘土的去硅作用,使其直接转化为铝土矿。

6 结 论

通过分析研究区内中二叠世早期梁山组的岩石组合、沉积相变化、岩相古地理特征和铝土矿的成矿效应,得出下述结论。

(1)研究区中二叠世早期为有障壁的海岸环境,具北高南低、北海南陆的特点,可划分为7个沉积亚相:古隆起、滨湖相、浅湖相、半深湖—深湖相、障壁砂坝、内陆棚和外陆棚。

(2)中二叠世早期的岩相古地理格局对铝土矿具有明显的控制作用,铝土矿矿床主要分布于淡化泻湖的半深湖—深湖相区内。

(3)障壁后泻湖体系的存在可为铝土矿成矿作用提供可容空间,为成矿物质的溶解、搬运、沉淀及成矿后生富集作用提供有利的地球化学条件。

需要说明的是,本文仅是初步的研究,岩相的详细划分、岩相古地理的成矿效应和铝土矿的沉积作用有待于进一步深入研究。

致谢:研究过程中得到李再会、李军敏、陈阳、贾德龙同志的帮助,并提供部分实测剖面 and 照片,在此表示衷心的感谢。

参考文献

[1]徐志刚,陈毓川,王登红,等.中国成矿区带划分方案[M].北京:

- 地质出版社, 2008:121-138.
- [2] Bogatyrev B A, Zhukov V V, Tsekhovskiy Yu G. Formation conditions and regularities of the distribution of large and superlarge bauxite deposits[J]. Lithology and Mineral Resources, 2009, 44(2): 135-151.
- [3] Harald G Dill. The "chessboard" classification scheme of mineral deposits: Mineralogy and geology from aluminum to zirconium [J]. Earth-Science Reviews, 2010, 100: 1-420.
- [4] 刘巽峰, 王庆生, 陈有能, 等. 黔北铝土矿成矿地质特征及成矿规律[M]. 贵阳: 贵阳人民出版社, 1990:101-102.
- [5] 廖士范, 梁同荣, 等. 中国铝土矿地质学[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1991:120.
- [6] 刘平. 三论贵州之铝土矿——贵州北部铝土矿成矿时代、物质来源及成矿模式[J]. 贵州地质, 1993, 10(2): 105-113.
- [7] 刘平. 八论贵州之铝土矿——黔中-渝南铝土矿成矿背景及成因探讨[J]. 贵州地质, 2001, 18(4): 238-243.
- [8] 武国辉, 刘幼平, 张应文. 黔北务-正-道地区铝土矿地质特征及资源潜力分析[J]. 地质与勘探, 2006, 42(2): 39-43.
- [9] 武国辉, 金中国, 鲍森, 等. 黔北务正道铝土矿成矿规律探讨[J]. 地质与勘探, 2008, 44(6): 31-35.
- [10] 殷科华. 黔北务正道铝土矿的成矿作用及成矿模式[J]. 沉积学报, 2009, 27(3): 452-457.
- [11] 曾允孚, 刘文均, 陈洪德. 华南右江复合盆地的沉积构造演化[M]. 北京:地质出版社, 1993: 1-10.
- [12] 刘宝琚, 许效松. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿[M]. 北京: 科学出版社, 1993:79-100.
- [13] 夏文臣. 华南二叠—三叠系的成因地层序列及古特提斯洋重建[J]. 地球科学, 1994, 19(5): 663-674.
- [14] 王立亭, 陆彦邦, 赵时久, 等. 中国南方二叠纪岩相古地理与成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 1994:25-61.
- [15] 许效松, 刘宝琚, 赵玉光. 上扬子地台西缘二叠系、三叠系层序界面成因分析与盆山转换[J]. 特提斯地质, 1996, 20: 1-22.
- [16] 陈洪德, 王成善, 刘文均, 等. 华南二叠纪层序地层与盆地演化[J]. 沉积学报, 1999, 17(4): 529-535.
- [17] 覃建雄, 陈洪德, 田景春. 西南地区二叠纪层序古地理特征及演化[J]. 中国区域地质, 1999, 18(3): 289-296.
- [18] 潘桂堂, 肖庆辉, 陆松年, 等. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质, 2009, 36(1): 1-28.
- [19] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1987: 617-635.
- [20] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991:645-667.
- [21] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990:611-640.
- [22] 刘巽峰. 黔北铝土矿豆鲕粒结构的成因机理[J]. 贵州地质, 1988, 5(4): 337-341.
- [23] 盛章琪, 廖莉萍. 贵州古风化壳沉积型铝土矿的沉积方式和成矿作用[J]. 贵州地质, 2010, 27(4): 255-258.
- [24] 刘长龄, 覃志安. 我国沉积铝土矿中豆鲕粒的特征与成因[J]. 地质找矿论丛, 1990, 5(1): 72-83.
- [25] 陈钟惠. 煤和含煤岩系的沉积环境[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988:132-145.
- [26] 李从先, 蔡进功, 陈刚. 砂坝-泻湖沉积体系地层分类及其应用[J]. 同济大学学报, 1993, 21(1): 83-90.
- [27] 蔡进功, 李从先. 海岸砂坝-泻湖沉积体系中砂体分布及其预测[J]. 同济大学学报, 1998, 26(4): 425-429.
- [28] 陈阳, 尹福光, 李军敏, 等. 南川铝土矿沉积相特征[J]. 沉积与特提斯地质, 2012, (2) (待刊).
- [29] 涂光炽. 中国层控矿床地球化学(第一卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1984:13-119.
- [30] 刘宝琚, 曾允孚. 岩相古地理基础与研究方法[M]. 北京: 地质出版社, 1980:238-374.
- [31] 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生. 矿床学[M]. 北京: 地质出版社, 1979:265-309.
- [32] 陈履安. 腐殖酸在铝土矿形成中的作用的实验研究[J]. 沉积学报, 1996, 14(2): 117-123.
- ① 重庆地质矿产研究院. 重庆市矿产资源潜力评价铝土矿资源潜力评价成果报告. 2010.
- ② 贵州省地质调查院. 贵州省铝土矿资源潜力评价报告. 2009.
- ③ 贵州省地质局. 1:20万毕节幅区域地质调查报告. 1976.
- ④ 贵州省革命委员会地质局. 1:20万安顺幅区域地质调查报告. 1971.
- ⑤ 吴崇筠, 赵澈林, 郝石生. 油区岩相古地理. 北京: 石油工业部勘探培训中心, 1982:1-172.