



移动阅读

王子正, 冯兴雷, 牛浩斌, 等, 2024. 滇东北地区太阳坝大型沉积型铝土矿的发现及其意义[J]. 沉积与特提斯地质, 44(3): 671–682. doi: [10.19826/j.cnki.1009-3850.2024.03002](https://doi.org/10.19826/j.cnki.1009-3850.2024.03002)

WANG Z Z, FENG X L, NIU H B, et al., 2024. Discovery and significance of large sedimentary bauxite deposit of Taiyangba in northeastern Yunnan Province[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 44(3): 671–682. doi: [10.19826/j.cnki.1009-3850.2024.03002](https://doi.org/10.19826/j.cnki.1009-3850.2024.03002)

滇东北地区太阳坝大型沉积型铝土矿的发现及其意义

王子正¹, 冯兴雷^{1*}, 牛浩斌¹, 黄宣凯², 葛祥英¹, 周邦国¹, 崔晓亮¹, 王生伟¹, 郭 阳¹

(1. 中国地质调查局成都地质调查中心(西南地质科技创新中心), 四川 成都 610218; 2. 云南地质工程勘察设计院有限公司, 云南 昆明 650200)

摘要: 铝土矿是我国重要的战略性矿产之一, 渝南—黔北地区是上扬子陆块内著名的成铝区, 与之毗邻的滇东北地区整体处于上扬子陆块南部滇东被动陆缘碳酸盐岩台地, 是铝成矿的有利区位, 但一直未有突破性发现。近年来, 基于1:1万矿产地质调查, 通过地表调查、剖面、探槽、钻探和综合研究等手段, 笔者团队首次在滇东北大关太阳坝地区发现了一处大型铝土矿。矿体延伸相对稳定, 厚度0.82~30.85 m, 平均厚度2.14 m; 矿石以硬水铝石为主, 归属一水型铝土矿, 就平均品位而言, $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为59.03%、 $w(\text{SiO}_2)$ 为19.03%、铝硅比值(A/S)为4.36, 估算资源量达到大型规模。矿床从成因上分为原生的沉积型(为主)和次生的堆积型, 矿床展布主要受梁山组(P_2I)地层沉积时期沉积相带(滨岸沼泽相带)和新寨子向斜构造控制, 与相邻的渝南—黔北成铝区具有相似的成矿条件。该发现表明大关地区为一聚铝盆地, 从而拓展了上扬子陆块西缘成铝区范围。该项找矿突破势必带动周边铝土矿的勘查, 为建设滇东北地区铝资源基地奠定基础, 助推滇东北地区形成新的经济支柱产业, 促进乡村振兴。

关键词: 滇东北; 太阳坝地区; 喀斯特型铝土矿; 岩相古地理; 成矿规律; 成矿潜力

中图分类号: P618.45

文献标识码: A

Discovery and significance of large sedimentary bauxite deposit of Taiyangba in northeastern Yunnan Province

WANG Zizheng¹, FENG Xinglei^{1*}, NIU Haobin¹, HUANG Xuankai², GE Xiangying¹, ZHOU Bangguo¹,
CUI Xiaoliang¹, WANG Shengwei¹, GUO Yang¹

(1. Chengdu Center, China Geological Survey (Geosciences Innovation Center of Southwest China), Chengdu 610218, China; 2. Yunnan Geological Engineering Survey and Design Research Institute Limited Company, Kunming 650200, China)

Abstract: Bauxite is one of the important strategic minerals in China. The area stretching from South Chongqing to North Guizhou is a famous aluminum-forming region in the upper Yangtze landmass. The adjacent northeastern region of Yunnan is located in the carbonate platform of the passive continental margin in the southern part of the upper Yangtze landmass, which is a favorable location for aluminum mineralization, but there has been no breakthrough in discoveries. In recent years, based on the 1:10 000 mineral geological survey, through surface survey, profile, exploratory trench, drilling, and comprehensive research, the author's team discovered a large bauxite deposit in Taiyangba, Daguan County, northeastern Yunnan, for the first time. The orebody extends

收稿日期: 2023-09-14; 改回日期: 2024-02-06; 责任编辑: 黄春梅; 科学编辑: 郭林楠

作者简介: 王子正(1981—), 高级工程师, 主要研究方向为矿产调查与评价。E-mail: 15523327@qq.com

通讯作者: 冯兴雷(1982—), 高级工程师, 主要研究方向为沉积学与沉积型矿产。E-mail: xingleifeng@qq.com

资助项目: 中国地质调查局项目(DD20230283, DD20230031)

relatively steadily, with a thickness ranging from 0.82 to 30.85 meters and an average thickness of 2.14 meters. The ore is primarily composed of hard alumina, categorized as water-type bauxite, with an average grade of 59.03% Al_2O_3 , 19.03% SiO_2 , and an A/S ratio of 4.36. The estimated resource size reaches a large scale. The ore deposit is classified into primary sedimentary type (mainly) and secondary accumulation type. The distribution of the ore deposit is mainly controlled by the sedimentary facies belt (shore marsh facies belt) of the Liangshan Formation (P_2L) and the Xinzhaizi syncline structure, which has similar metallogenic conditions with the aluminum-forming region adjacent to the area stretching from South Chongqing to North Guizhou. The discovery indicates that the Daguan area is an aluminum-rich basin, expanding the scope of the aluminum-forming region on the western margin of the upper Yangtze landmass. This breakthrough in ore prospecting will inevitably drive the exploration of surrounding bauxite deposits, lay a foundation for the construction of an aluminum resource base in northeast Yunnan, boost the formation of a new economic pillar industry in the region, and promote rural revitalization.

Key words: northeastern Yunnan; Taiyangba area; karst-type bauxite; petrographic paleogeography; metallogeny; metallogenic potential

0 引言

铝土矿是我国战略性大宗矿产之一,它既是氧化铝、电解铝冶炼的主要原料,也是耐火材料、化学制品及高铝水泥的重要来源(Bárdossy, 1982; Deng et al., 2010; 王庆飞等, 2022; 徐林刚等, 2023);更因其赋存稀土、锂、镓等关键金属元素,而具有潜在的经济矿石属性和更高的工业利用价值(凌坤跃等, 2021)。据统计,截至 2025 年底,我国查明铝土总资源量 47.1 亿吨,居世界第 7 位(孙莉等, 2018; USGS Annual Report, 2021)。但我国铝土矿成因独特,99% 为以碳酸盐岩为底板的喀斯特型(80% 沉积型和 19% 堆积型)(刘长龄, 1988; 廖士范等, 1991; 王庆飞等, 2012),该类型矿体主要由较难冶炼的硬水铝石(沉积型),以及少量易冶炼的三水(软)铝石(堆积型)组成(张海坤等, 2021; 张玉松, 2021),这种特性导致我国铝土矿资源呈现出储量丰富但品级较低的现状。此外,由于我国是全球铝的主要生产和消费国,铝土矿资源与铝生产之间存在严重的不匹配,使得国内铝土矿资源的保障程度总体偏低,对外依存度超过 60%(王庆飞等, 2022)。因此,寻找新的、中-高品级铝土矿资源已成为国家资源战略的迫切需求;查明成矿规律、梳理成矿过程研究中的关键科学问题及解决方案,建立典型的找矿模式也迫在眉睫。

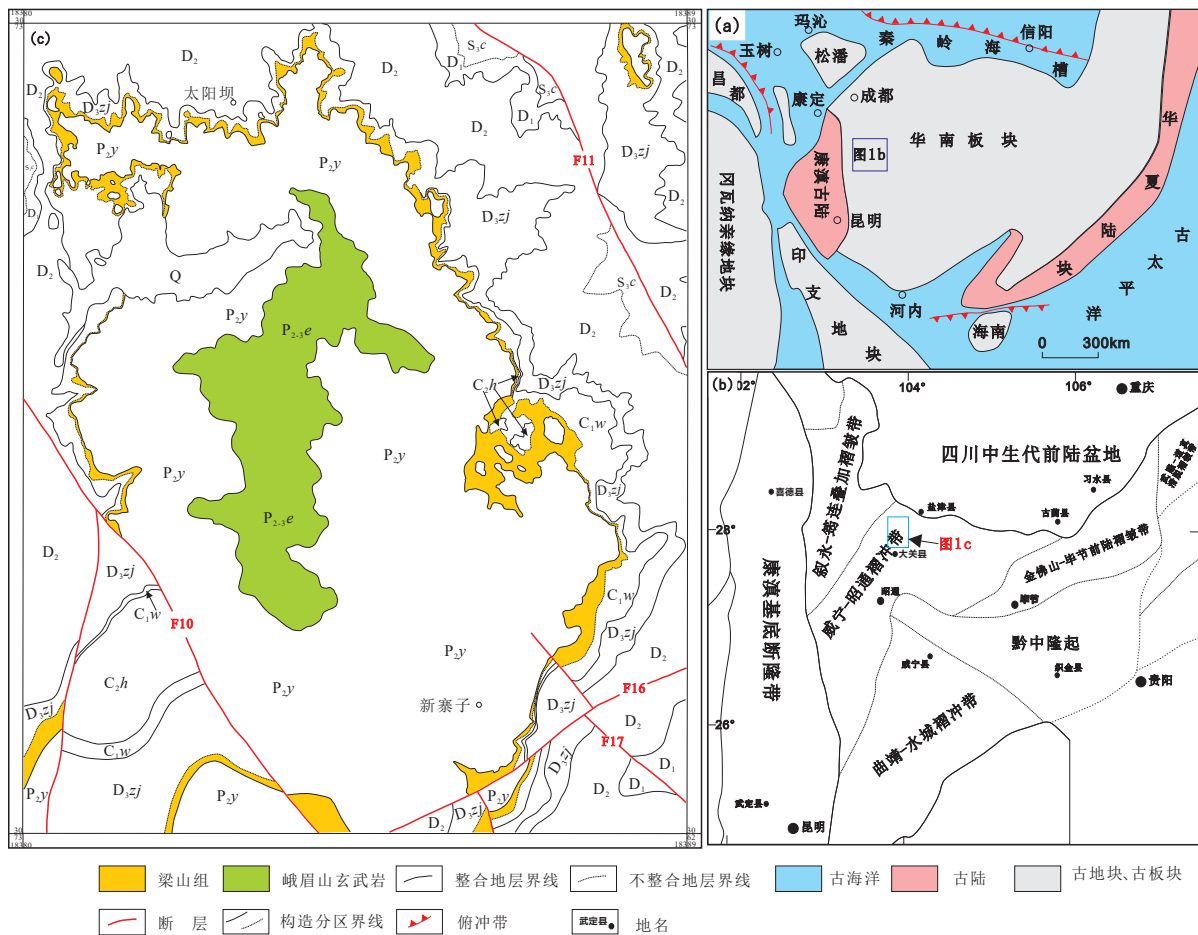
前人研究结果表明,我国喀斯特型成铝区(带)分布格局与古陆、古岛和沉积盆地过渡带之间存在较为协调的时空配置关系(孙莉等, 2018);因此,在陆、岛、盆(C-P)构造体系极为发育的我国西南地区(滇、桂、渝、黔等),存在极大的铝土矿成矿潜

力和资源勘探前景。其中,前人对黔中、滇东南、桂西、渝南—黔北成铝区做了大量的研究(Liu et al., 2010; 刘平等, 2014; 王行军等, 2015; Liu et al., 2017a; Liu et al., 2017b; 刘平等, 2022),但对位于黔中成铝区与渝南—黔北成铝区西侧的滇东北地区却研究甚少;仅于 20 世纪 70 年代提出了铝土成矿线索^①,后于 2014 年在该区发现并圈定 1 处玄武岩风化沉积型铝土矿远景区,但从未对该区进行系统铝土矿评价。

2022 年,笔者带领团队通过 1:1 万矿产地质调查和综合研究,在大比例尺填图、槽探及钻探工程控制基础上,首次在滇东北大关县太阳坝地区圈定了 1 处大型铝土矿矿产地。该矿产地富含铝土矿的层位为二叠纪梁山组(P_2L),出露面积超过 14 km^2 ,估算资源量达到大型规模。矿体一般呈 SN 向断层控制的宽缓背形覆于志留纪、泥盆纪、石炭纪碳酸盐岩之上,与喀斯特微地貌关系密切^{①②}(四川省地矿局, 1973; 四川省地矿局, 1972; 贵州省地矿局, 1973),具有很好的找矿远景。因此,本文通过对太阳坝铝土矿的地质背景、矿床特征、矿床古沉积环境和找矿方向的总结,初步探讨该矿床的发现对整个滇东北地区铝土矿资源基地建立的重要意义。

1 成矿地质背景

太阳坝铝土矿床位于云南省大关县。大地构造单元上,位于上扬子陆块西南部(康高峰等, 2009)(图 1a),滇东被动陆缘碳酸盐岩台地中的威宁—昭通褶冲带(潘桂棠等, 2009)(图 1b)。该区在地质历史时期,经历了多次地壳运动的复杂演变。晚震



a. 华南地区及其周缘大地构造特征 (据康高峰等, 2009); b. 滇东北及其周缘大地构造特征 (据潘桂棠等, 2009); c. 研究区地质略图^{②③} (四川省地矿局, 1973; 四川省地矿局, 1972; 贵州省地矿局, 1973)

图1 研究区大地构造位置图和地质图

Fig. 1 Geotectonic location and geologic maps of the study area

旦世至寒武世均属于被动大陆边缘的构造属性, 总体以发育碎屑岩底板和碳酸盐岩台地为主, 处于一个稳定沉积环境, 沉积物之间均为整合过渡, 没有沉积间断(汪正江等, 2011)。进入奥陶纪, 随着华南加里东造山带的形成和向西持续推进, 中上扬子古陆在挤压应力的作用下, 奥陶世—志留世海相盆地也进入了前陆盆地演化阶段, 形成了一系列隆、凹相间的格局(罗志立等, 1992; 张海全等, 2013)。泥盆世—石炭世—二叠世表现为不均一抬升、沉降, 发育由台地相碳酸盐岩夹硅质岩、滨浅海(湖)—潟湖相碎屑岩夹煤线建造组成的被动陆缘碳酸盐岩台地相、台盆过渡相类型沉积(陈智樑等, 1987; 曾允孚等, 1993; 许效松等, 1997; 王子正等, 2019), 在此环境下形成含铝(黏)土矿(岩)地层(梁山组, P_{2l})。此外, 晚二叠世期间, 峨眉山玄武岩大规模喷发, 火山活动产生的玄武岩经风化、剥蚀作用, 形

成湖泊—沼泽相含铝(黏)土矿、黏土岩型稀土矿层位(宣威组, P_{3x}; 王正江等, 2016)。

2 矿床地质特征

2.1 矿区地质特征

研究区出露地层从老到新主要有志留系上统菜地湾组(S_{3c}); 泥盆系下统松坡冲组(D_{1ps})、中统缩头山组(D_{2st})、上统在结山组(D_{3zj}); 石炭系下统万寿山组(C_{1w})、中统黄龙组(C_{2h}); 二叠系中统梁山组(P_{2l})、阳新组(P_{2y})、中—上统峨眉山玄武岩(P_{2-3e}), 以及第四系(Q)(图1c)。梁山组为本区主要铝土矿的赋存层位(含铝岩系)。矿区内火山岩仅出现峨眉山玄武岩, 主要分布在新寨向斜的核部分布(图1c)。

区内存在一开阔平缓向斜构造“新寨子向斜”。该向斜轴线大体呈南北向展布, 长 11 km、

宽 8.5 km, 南部被 NW、NE 向断裂所切割。向斜两翼近乎对称, 东翼产状 $295^{\circ}\sim 330^{\circ}\angle 10^{\circ}\sim 15^{\circ}$, 西翼产状 $65^{\circ}\sim 125^{\circ}\angle 4^{\circ}\sim 9^{\circ}$, 枢纽、轴线正常。该向斜控制了梁山组的分布范围, 长度约 18 km(图 2)。断裂构造主要有 NW 向的大关口断裂(F9)、大寨断裂(F10)等断裂, 均为成矿后期构造(图 1c)。

2.2 含铝层系特征

区内含矿层梁山组(P_2l), 其沉积厚度介于 3.80~40.71 m 之间, 区域上从 SE 向 NW 呈现出薄—中厚—厚的变化趋势; 该套地层微角度或平行不整合于泥盆系(在结山组 D_3zj)或石炭系地层(万寿山组 C_1w)、黄龙组(C_2h)之上; 而与上覆地层阳新组(P_2y)呈整合接触(图 1c, 图 2); 此外, 该套地层整体上从上往下可划分为 3 个岩性段, 详细描述如下

(图 2):

上段(P_2l^3): 为灰黑色或褐黑色含黄铁矿碳质页岩, 夹 1~2 层深灰色中层状砂岩或粉砂岩, 砂岩内发育小型冲洗交错层理, 局部夹煤线或小于 30 cm 的煤层, 段厚 1.07~7.18 m。碳质页岩内见大量碳化植物碎屑, 初步推测其为滨岸—沼泽相沉积。

中段(P_2l^2): 为沉积型铝土矿含矿层。从上往下可分为 3 小层: ①主体发育灰—浅灰色中厚层致密状铝土岩, 局部夹碎屑状铝土矿, 小层厚 0~3.38 m; ②主体灰—浅灰色碎屑状、豆鲕状、致密状铝土矿, 黄铁矿以星散状常见, 局部为稠密浸染状、团块状、结核状, 小层厚 0~30.85 m, 为主要的优质成矿层; ③主体发育灰—浅灰色中厚层致密状铝土岩, 小层厚 0~6.67 m; 该小层中植物碎屑发



图 2 太阳坝地区铝土矿含矿岩系柱状图

Fig. 2 Columnar section of the bauxite from the Taiyangba area

育,局部赋存黄铁矿以星散状为主,其次为稠密浸染状、团块状;依据整体沉积特征初步推测为后滨相沉积。

下段(P_2l^1):灰绿色、灰褐色、铁红色等杂色铁铝质黏土岩,夹中薄层状铁质粉砂岩及条带状粉砂岩;岩石破碎严重,局部见灰色块状铝土质泥岩,具古风化壳沉积特征,段厚 0~4.86 m;推测为风化壳沉积。

2.3 矿体特征

太阳坝矿段存在沉积型(主)和堆积型两种铝土矿矿床类型。

堆积型铝土矿零星分布于太阳坝矿区内太阳坝—火草坪地区的洼地或斜坡(图 3),单个矿体一般长 30~50 m,厚 0.5~5 m,最厚达 6.9 m。主体以大小不等的矿块(粒)与其他物质混杂堆积,以松散状的残坡积物产出,含矿率一般为 350~800 kg/m³。

沉积型铝土矿分布于新寨子向斜北段的太阳坝—大麻窝—端阳坪—大厂坡地区。经探矿工程的控制(勘探线间距 300~450 m),矿区内圈定 K1 铝土矿矿体和 K3 耐火黏土矿矿体。

K1 铝土矿矿体由 7 条勘探线上的 6 个探槽、9 个钻孔等系列探矿工程控制(图 3),总体呈不规则的层状体赋存于 P_2l^2 内,分布面积 3.334 km²,埋深在 0~200 m,由 NW 向 SE 变深。矿体与地层、向斜的产状协调,总体向南倾伏,倾伏角 3°~7°。矿体厚度 0.82~30.85 m,平均厚度 3.14 m(图 3)。滇东北太阳坝地区铝土矿矿石中以 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 及烧失量为主,这 5 种组分共占 90% 以上,次要成分为 CaO 、 MgO 、 K_2O 、 Na_2O 、S 等,矿石一般具有高铝、高硅、低铁的特征(表 1)。按《矿产地地质勘查规范 铝土矿》(DZ/T0202-2020)沉积型铝土矿一般工业指标估算,K1 矿体铝土矿推断资源量+潜在资源量为 3 382 万吨,平均品位 $w(SiO_2)$ 为 10.65%, $w(Al_2O_3)$ 为 56.05%, $w(Fe_2O_3)$ 为 10.90%, $w(S)$ 为 5.03%,部分 Ga、Li 达到伴生元素综合利用品位,部分达到独立矿床的工业品位(边界品位 0.1%,最低工业品位 0.2%(温汉捷等, 2020)),且含 Ga、Li 层位贯穿整个含铝土矿岩系,具有极大的潜在经济价值。

2.4 矿石特征

2.4.1 矿石矿物

区内铝土矿的矿物组分主体为含铝矿物,其次,为含硅矿物和含铁矿物,偶见微量的重矿物和碳质成分(表 2)。其中,常见的含铝矿物,首先是硬水

铝石,一般含量为 8.4%~84.1%(图 4),其次为一水软铝石,含量为 0~13%;含硅矿物主要为高岭石(图 4b)和绿泥石(图 4c),含量分别为 3.5%~78.8% 和 0.3%~28.3%;含铁矿物主要为黄铁矿(图 4b),含量分别为 0~2.4%;偶见碳质成分、重矿物锆石、电气石等(图 4c-d)。

2.4.2 矿石类型及结构、构造

基于矿石组构特征不同,研究区内铝土矿可分为 3 种类型:致密状铝土矿(图 5a),占比 51.16%;豆鲕状铝土矿(图 5e, 5g),占比 45.42%;以及少量碎(砾)屑状铝土矿(图 5c),占比 3.42%。野外观测结果显示,宏观上,铝土矿层呈中厚层—厚层状,多以水平层状产出,少量以楔状体产出,层内具有局部均一、宏观不均一的产出特征。3 类矿石均发育浅灰、绿灰、紫灰色及杂色等颜色,风化后表面多呈黄白—灰白色。127 件岩石薄片结果显示,微观上,致密状铝土矿硬水铝石以柱状结晶细小粒为主,粒径多在 0.005~0.03 mm 之间,颗粒之间紧密镶嵌分布;少量泥—微晶硬水铝石呈团块(多在毫米级)不均匀分布于微晶硬水铝石之中(图 5b)。鲕状铝土矿中硬水铝石鲕粒为具圈层结构的球、椭圆球体,粒径多在 0.05~0.4 mm 之间;鲕粒多以晶粒硬水铝石构成内核,泥晶硬水铝石构成外圈层(图 5f, 5h);局部鲕粒内核由赤铁矿或绿泥石团块构成,外圈层由赤铁矿、绿泥石构成交替环带,大小多在 1~2 mm 之间,较均匀分布于硬水铝石颗粒之间,部分鲕粒边缘见结晶细小柱状硬水铝石分布。构成鲕粒的赤铁矿呈细小鳞片状、胶状,多氧化为褐铁矿。构成鲕粒的绿泥石以泥质物为主,少量呈细小鳞片状。碎屑状铝土矿中碎屑呈棱角—次棱角状,大小多在 1~5 mm 之间,呈不规则颗粒、岩/矿屑状,少数呈圆~次圆状砾状,一般 1~3 cm,部分小于 1 cm 或大于 3 cm,个别达 10 cm 及以上;碎屑主要由泥晶硬水铝石组成(图 5d),部分碎屑亦由晶粒硬水铝石组成;部分硬水铝石碎屑之中可见片状、扇状绿泥石集合体分布。

3 讨论

3.1 岩相古地理与铝土矿成矿过程探讨

本次勘查研究结果显示,滇东北太阳坝地区铝土矿主要有沉积型和堆积型两种,其中堆积型在区内仅零星出现,主体为以泥盆系上统在结山组白云岩(D_3zj)为底板的沉积型铝土矿(喀斯特型)为主。

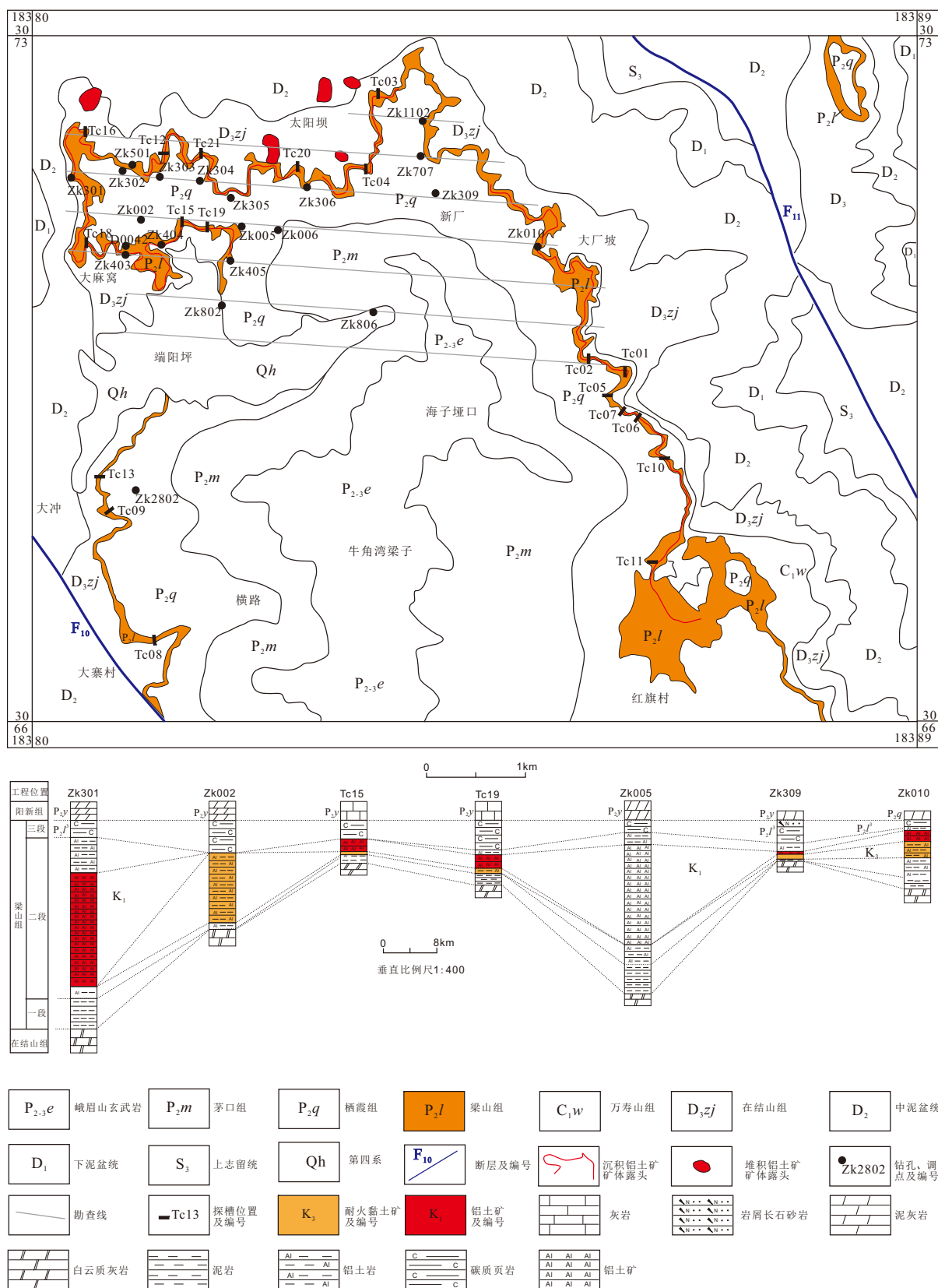


图3 太阳坝矿段地质与工程简图

Fig. 3 Geological and engineering diagrams of Taiyangba mine section

表 1 滇东北地区太阳坝典型铝土矿石主要元素含量 (%)
Table 1 Major element contents of typical bauxite of Taiyangba, northeastern Yunnan (%)

样品编号	矿石名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	S	烧失量
Tc01-H4	致密状铝土矿	24.67	53.86	1.66	0.45	0.07	0.27	0.23	0.015	3.85	0.022	<0.01	1.47	14.44
Tc01-H5	豆状肾状铝土矿	13.76	61.53	2.98	2.32	0.1	0.44	0.05	<0.01	3.3	0.028	<0.01	2.14	14.62
Tc02-H3	豆状铝土矿	21.32	55.5	3.93	0.23	0.067	0.2	0.24	0.031	4.31	0.02	<0.01	0.27	13.65
Tc02-H4	致密状铝土矿	6.91	65.84	7.29	0.12	0.15	0.19	0.088	<0.01	5.27	0.028	<0.01	0.083	14.01
Tc03-H3	碎屑状铝土矿	5.36	72.18	3.13	0.077	0.056	0.33	0.88	<0.01	3.9	0.027	<0.01	0.036	13.61
Tc04-H1	致密状铝土矿	18.37	60.13	0.64	0.12	0.068	0.65	2.34	0.035	4.44	0.022	<0.01	0.011	11.99
Tc04-H2	鲕状铝土矿	2.39	67.64	11.13	0.09	0.057	0.2	0.34	<0.01	4.19	0.046	<0.01	0.047	14.3
DMW-H3	碎屑状铝土矿	7.87	56.52	8.55	8.24	0.06	1.1	0.013	<0.01	4.26	0.03	0.01	0.044	12.92
DMW-H4	碎屑状铝土矿	8.04	60.76	8.15	6.7	0.048	0.82	0.013	<0.01	2.86	0.024	0.013	0.013	12.7
Tc12-H1	致密状铝土矿	2.2	60.66	20.23	0.08	0.073	0.171	0.297	0.019	2.842	0.037	0.011	0.042	14.15
Tc12-H2	碎屑状铝土矿	14.68	64.57	1.3	0.05	0.078	0.338	2.096	0.083	4.697	0.034	0.026	0.0073	12.37
Tc12-H3	鲕状铝土矿	13.14	64.81	2.73	0.03	0.075	0.299	2.067	0.084	3.967	0.029	0.069	0.0088	12.41
Tc13-H2	豆鲕状铝土矿	10.46	67.22	3.8	0.05	0.154	0.274	1.822	0.051	3.244	0.036	0.018	0.023	12.89

注：Tc=探槽；DMW=大麻窝。

表 2 滇东北太阳坝地区铝土矿石矿物含量表 (%)
Table 2 Mineral contents of typical bauxite of Taiyangba, northeastern Yunnan (%)

分析编号	原编号	硬水铝石	一水软铝石	伊利石	高岭石	绿泥石	锐钛矿	黄铁矿
1	Tc01-B3	48.8	0	3.9	14.3	28.3	4.5	0
2	Tc01-B4	8.4	13.4	1.8	71.1	2.9	2.4	0
3	Tc01-B6	12.0	0.1	2.2	82.1	2.0	1.7	0
4	Tc02-B1	33.6	3.2	2.0	52.5	5.9	2.4	0.4
5	Tc03-B1	16.3	0.5	2.2	78.8	0.3	2.0	0
6	Tc09-B2	78.7	8.3	5.5	7.8	4.5	1.3	0
7	Tc12-B1	57.8	0	13.4	19.1	4.2	4.2	1.4
8	Tc12-B2	84.1	0	4.7	4.5	4.2	3.0	2.4
9	DMW-B1	66.5	13.1	10.0	3.5	6.5	0.4	0
10	DMW-B2	60.6	0	0.1	14.6	16.3	8.5	0
11	DMW-B3	79.1	0	2.5	7.6	6.9	5.0	1.7

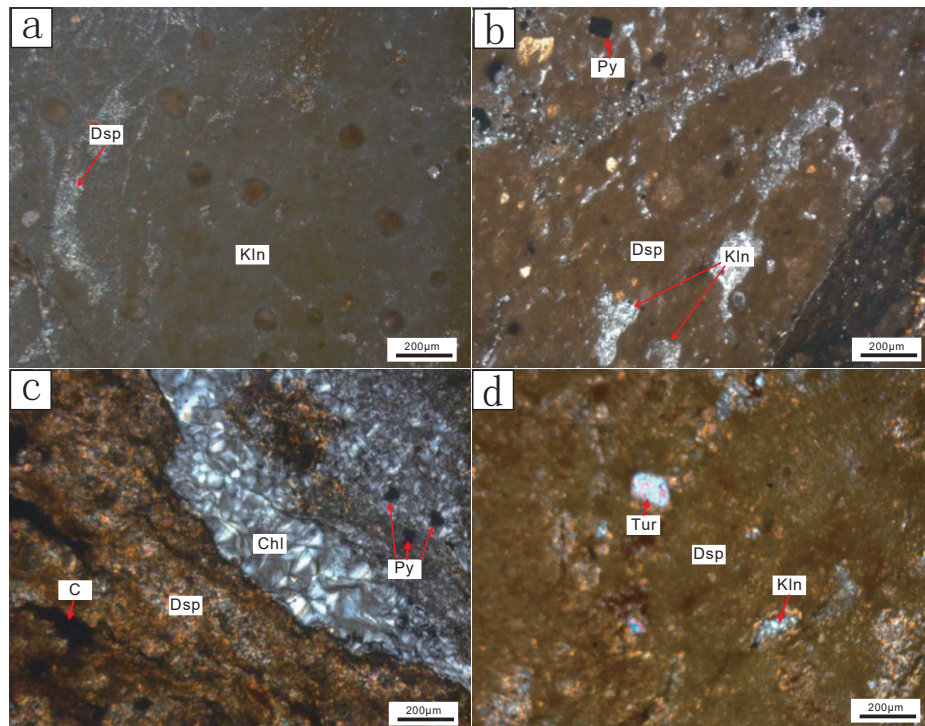
注：Tc=探槽；DMW=大麻窝。

前人对该类型铝土矿做了大量的研究,认为喀斯特型铝土矿一般发育于古陆、古洋岛与沉积盆地之间的过渡地带;含铝沉积物在滨海相、海陆交互相、滨浅湖相等沉积环境和温暖、湿润型古气候条件下,经长期风化、二次改造,并在有利的地势低洼处富集成矿;与成矿时期的岩相古地理单元具有一致的时空分布规律,且含铝沉积层受沉积基底的微地貌(多为古喀斯特化界面)直接控制(杜远生等, 2020; 孙莉等, 2018)。

二叠纪是滇东北地区含铝土矿层位(P_2I 、 P_3x)主要形成时期。这一时期,滇东北地区的古地理沉积格局总体为康滇古陆、川滇古陆、牛首山古陆及江底陆岛所阻隔、围限成相对闭塞的沉积凹陷带

或海湾状沉积盆地。这些古陆、陆岛隆起区经风化、剥蚀形成富铝的沉积物源区,并在有利沉积凹陷带形成滨海沼泽相异地沉积的含铝(黏)土矿(岩)地层(P_2I);而峨眉山玄武岩的风化、剥蚀则形成大陆湖沼相异地沉积的湖沼相含铝(黏)土矿、黏土岩型稀土矿地层(P_3x)。

区域上,含铝岩系梁山组处于靠陆的海陆过渡沉积相区,由 NW 向 SE 依次发育泥坪、砂泥坪、滨岸沼泽、前滨、临滨 5 个沉积亚相(图 6),其中,富铝土矿层位多位于滨岸沼泽相内,地势低洼且低能的前构造基底为铝质物质的搬运提供了良好的聚集场所。滇东北地区岩相古地理分布格局对二叠世含铝土矿层位控制明显,且与邻近渝南—黔



a. 探槽 Tc01-b1; b. 探槽 Tc01-b3; c. 探槽 Tc03-b3; d. 探槽 Tc03-b2。Kln—高岭石; Dsp—硬水铝石; Tur—电气石; Chl—绿泥石; Py—黄铁矿; C—碳质

图4 太阳坝铝土矿矿石矿物特征(透射光(+) 10×10)

Fig. 4 Mineral micrographs of the bauxite ores from the bauxite deposit of Taiyangba (transmitted light (+) 10×10)

北成铝区岩性、岩相条件相似: 滨浅海(湖)和碳酸盐岩沉积基底(Pang et al., 2023); 因此, 该地区具有寻找大型—超大型铝土矿矿床和拓宽渝南—黔北成铝区的远景。

3.2 成矿潜力分析

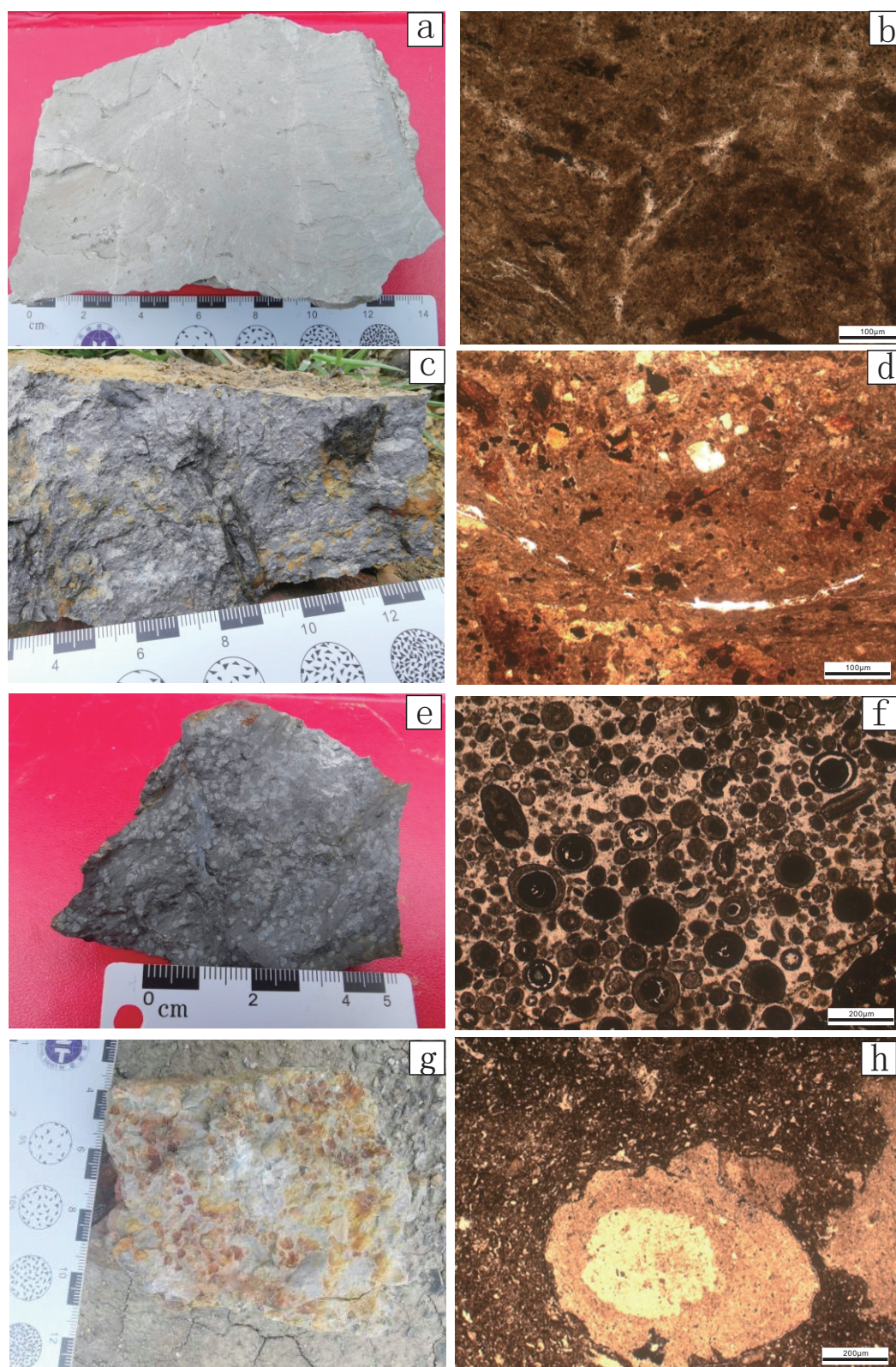
区域上, 滇东北地区梁山组大规模出露, 厚度稳定, 岩相及层序相对一致, 分布面积数万平方千米。笔者与团队大范围调查发现, 具有工业利用价值的铝土矿矿点或民采露头大多处于巧家—鲁甸—大关—彝良—盐津一带, 总体与 NE—SW 展布的障壁后潟湖相带大体一致。岩相古地理分布格局上, 由于该区由北向南同时存在着障壁后潟湖相—障壁相—正常浅海相沉积相变化, 以致梁山组(P_2l)含铝土矿层位分布和赋矿性质变化较大, 但北部大面积的障壁后潟湖相及碳酸盐岩沉积基底对铝土矿成矿极为有利, 存在形成大型铝土矿的基础。

目前, 参与资源量估算的矿体仅限于海子垭口—一端阳坪一线以北至火草坝—太阳坝—新厂—大长坡一线之间的新寨子向斜北段部分地区, 面积约 28 km^2 , 通过系统工程控制, 已初步圈定铝土矿资源, 达到大型规模; 而新寨子向斜南段地区面积

达 143 km^2 , 资源量预计会更大。滇东北及邻区存在着上万平方米含铝岩系层位(梁山组), 而具有滨岸沼泽相沉积特征的就有数千平方千米, 太阳坝铝土矿作为其中第一个发现的大型矿床, 有着重要的研究意义和经济价值。

3.3 发现意义

我国铝成矿区带主要分布在华北陆块与上扬子陆块内, 5 个主要成铝区中有 3 个集中在西南地区。其中, 渝南—黔北成铝区与滇东北地区主要含铝土矿层位时空匹配度更高。该大型铝土矿的发现, 丰富了对滇东北及邻区的岩相古地理分布格局和对二叠纪铝土矿富集形成过程的认识, 进一步向西拓宽了中上扬子成铝区范围。另外, 铝土矿内富含伴生元素 Ga、Li, 局部地段达到工业品位, 具有进一步综合利用价值。滇东北地区大型铝土矿找矿的突破为加快滇东北地区经济发展与产业转型提供了资源保障, 并且对进一步夯实脱贫攻坚、全面建成小康社会取得的成果, 具有重要的经济效益。同时, 太阳坝大型铝土矿新发现是在新一轮找矿战略行动的背景下取得的, 该发现将势必带动滇东北地区铝土矿的找矿浪潮, 对推动滇东北铝



a. 致密状铝土矿; b. 泥质结构; c. 碎(砾)屑状铝土矿; d. 碎屑状结构; e. 豆鲕状铝土矿; f. 鲕粒结构; g. 豆鲕状铝土矿; h. 鲕粒结构

图5 太阳坝铝土矿矿石结构类型

Fig. 5 Ore structure types of bauxite in the Taiyangba area

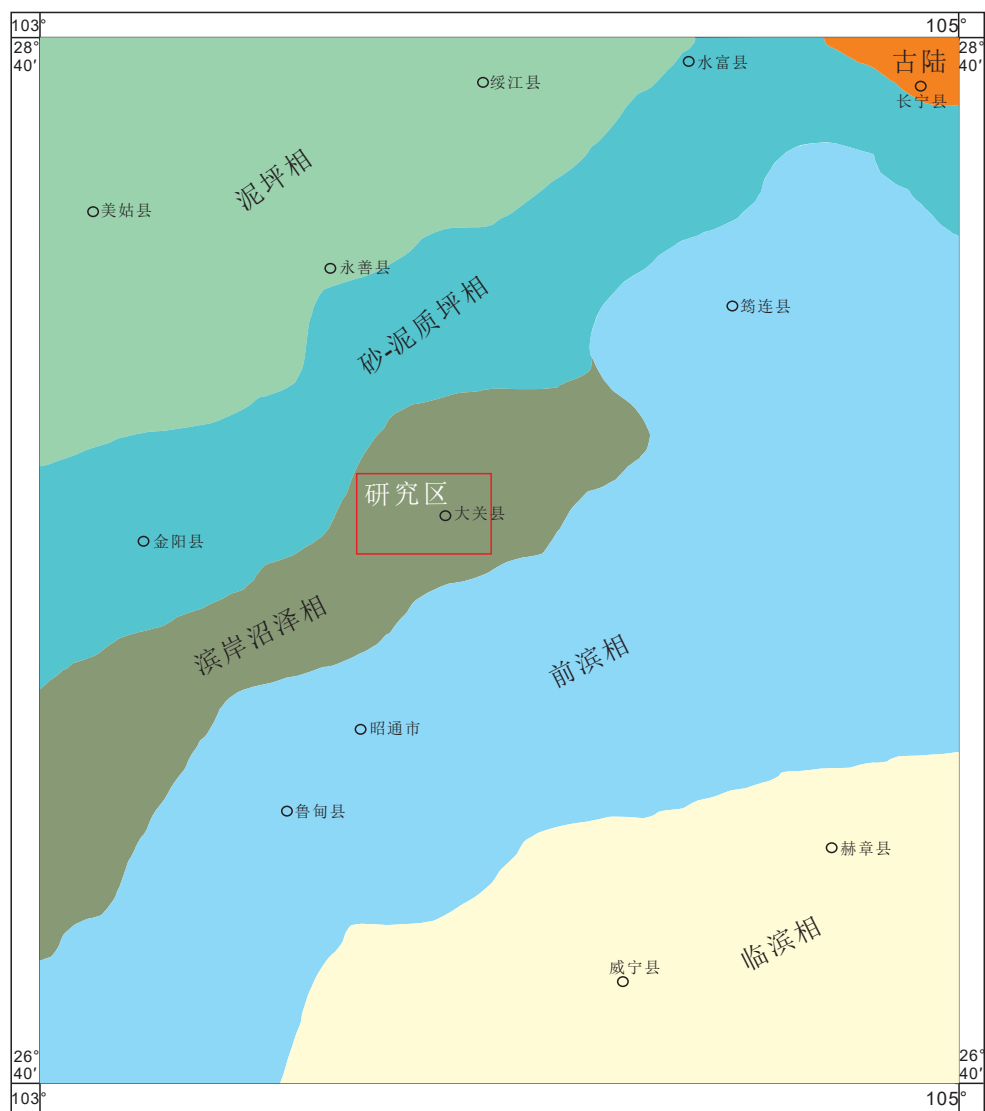


图 6 研究区及其邻区中二叠世岩相古地理图

Fig. 6 Middle Permian lithofacies and paleogeography map of the study area and its adjacent areas

资源基地建设,保障国家对铝资源的需求具有重要的战略意义。

4 结论

(1)大关铝土矿矿体受梁山组沉积亚相滨岸沼泽相、新寨子向斜构造严格控制,延伸相对稳定,可分为沉积型(为主)和堆积型 2 类铝土矿,属一水型铝土矿。

(2)太阳坝铝土矿是滇东北地区首个提交大型矿产地的铝土矿,该区远景资源量可能达超大型,具有非常大的找矿潜力和经济价值。

(3)滇东北地区处于上扬子陆块内渝南—黔北成铝区西侧,可认为是其西延部分,具有相同的铝土矿含矿岩系(P_2l),以及相似的沉积环境和成因类

型——滨浅海(湖)和碳酸盐岩沉积基底。大关太阳坝铝土矿的发现,证实滇东北地区为扬子陆块区继黔北务正道、渝南南川之后又一个新的聚铝盆地,它的发现会进一步指导滇东北地区铝土矿的勘查工作。

注释

- ①云南省地矿局, 1978. 1 : 20 万昭通幅区域地质调查报告 [R].
- ②云南省地质局, 1976. 1 : 20 万镇雄幅区域地质调查报告 [R].
- ③云南省地矿局, 1978. 1 : 20 万鲁甸县幅区域地质调查报告 [R]

References

Bárdossy G, 1982. Karst Bauxites: Bauxite Deposits on Carbonate

- Rocks. Developments in Economic Geology 14[M]. Elsevier, Amsterdam: 441.
- Chen Z L, Chen S Y, 1987. The tectonic evolution of the West Margin of the Yangtze Block[M]. Chongqing: Chongqing Press: 85 – 134 (in Chinese with English abstract).
- Deng J, Wang Q F, Yang S J, et al., 2010. Genetic Relationship between the Emeishan Plume and the Bauxite Deposits in Western Guangxi, China: Constraints from U-Pb and Lu-Hf Isotopes of the Detrital Zircons in Bauxite Ores[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 37 (5-6) : 412 – 424.
- Du Y S, Yu W C, 2020. Subaerial leaching process of sedimentary bauxite and the discussion on classifications of bauxite deposits[J]. Journal of Palaeogeography, 22 (5) : 812 – 826 (in Chinese with English abstract).
- Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development Guizhou Province, 1973. The Report of Regional Geological Survey in Weining Area (1:200000) [M] (in Chinese with English abstract).
- Kang G F, Wang H, Wang J M, et al., 2009. Research on coal-accumulation features in Late Permian sedimentary system and sequence stratigraphic framework, Northeastern Yunnan, China[J]. Geological Bulletin of China, 28 (1) : 91 – 98 (in Chinese with English abstract).
- Liao S F, Liang T R, 1991. Geology of Bauxite in China[M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press: 1 – 277 (in Chinese with English abstract).
- Ling K Y, Wen H J, Zhang Q Z, et al., 2021. Super-enrichment of lithium and niobium in the upper Permian Heshan Formation in Pingguo, Guangxi, China[J]. Scientia Sinica (Terrae), 51 (6) : 853 – 873 (in Chinese with English abstract).
- Liu C L, 1988. Geological Features And Genesis Of Carboniferous Bauxite In China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 6 (3) : 1 – 10 (in Chinese with English abstract).
- Liu P, Liao Y C, 2014. Regional metallogenic model and prospecting criteria of sedimentary bauxite deposits in Central Guizhou-Southern Chongqing region[J]. Geology in China, 41 (6) : 2063 – 2082 (in Chinese with English abstract).
- Liu P, Han Z H, Nie K, 2022. Characteristics of ore-bearing rock series, control conditions and generative development model of karst bauxite deposit in central Guizhou—southern Chongqing[J]. Geological Review, 68 (6) : 28 (in Chinese with English abstract).
- Liu X F, Wang Q F, et al., 2010. Mineralogical and geochemical investigations of the Dajia Salento-type bauxite deposits, western Guangxi, China[J]. Journal of Geochemical Exploration, 105: 137 – 152.
- Liu X F, Wang Q F, et al., 2017a. Transformation from Permian to Quaternary bauxite in southwestern South China Block driven by superimposed orogeny: A case study from Sanhe ore deposit [J]. Ore Geology Reviews, 90: 998 – 1017.
- Liu X F, Wang Q F, et al., 2017b. Genesis of the Permian karstic Pingguo bauxite deposit, western Guangxi, China [J]. Mineralium Deposita, 52 (7) : 1031 – 1048.
- Luo Z L, Long X M, 1992. The Uplifting Of The Longmenshan Orogenic Zone And The Subsidence Of The West Sichuan Foreland Basin[J]. Acta Geologica Sichuan, 12 (1) : 1 – 17 (in Chinese with English abstract).
- Pan G T, Xiao Q H, Lu S N, et al., 2009. Subdivision of tectonic units in China[J]. Geology in China, 36 (1) : 1 – 28 (in Chinese with English abstract).
- Pang D W, Yu W C, Chen Q, et al., 2023. Continental weathering led to the accumulation of Early Carboniferous bauxite deposits in the SW South China Craton[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 256: 105801.
- Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development Sichuan Province, 1972. The Report of Regional Geological Survey in Leibo Area (1:200000) [M] (in Chinese with English abstract).
- Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development Sichuan Province, 1973. The Report of Regional Geological Survey in Junlian Area (1:200000) [M] (in Chinese with English abstract).
- Sun L, Xiao K Y, Lou D B, 2018. Mineral prospectivity of bauxite resources in China[J]. Earth Science Frontiers, 25 (3) : 82 – 94 (in Chinese with English abstract).
- USGS Annual Report. 2021. Mineral Commodity Summaries[R]. U. S. Geological Survey.
- Wang Q F, Deng J, Liu X F, et al., 2012. Review on Research of Bauxite Geology and Genesis in China[J]. Geology and Exploration, 48 (3) : 430 – 448 (in Chinese with English abstract).
- Wang Q F, Liu X F, Yang S J, et al., 2022. How did the Karst Bauxite Form?[J]. Earth Science, 47 (10) : 3880 – 3881 (in Chinese with English abstract).
- Wang X J, Wang G H, Zhou J, et al., 2015. Research on the by-products of bauxite deposits in southeast Yunnan province[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 30 (2) : 167 – 173 (in Chinese with English abstract).
- Wang Z J, Wang J, Zhuo J W, et al., 2011. Crust Extensional Activity during the Transition from Sinian (Ediacaran) to Cambrian in Yangtze Block: Evidences from the Depositional Sequence and Its Geochemical Data[J]. Geological Review, 57 (5) : 731 – 742 (in Chinese with English abstract).
- Wang Z J, Guo T T, Yu S Y, et al., 2016. Geochemistry and provenance analysis of the Daheishan bauxite deposit in Huize, Yunnan[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 36 (1) : 23 – 29 (in Chinese with English abstract).
- Wang Z Z, Jiang X S, Zhou B G, et al., 2019. Sedimentary characteristics of the Member 1 of the Middle Devonian Suotoushan Formation in Northeast Yunnan Province and its ore-bearing potential[J]. Mineralogy and Petrology, 39 (2) : 90 – 98 (in Chinese with English abstract).
- Wen H J, Luo C G, Du S J, et al., 2020. Carbonate-hosted clay-type lithium deposit and its prospecting significance[J]. Chinese Science Bulletin, 65 (1) : 53 – 59 (in Chinese with English abstract).
- Xu L G, Sun L, Sun K, 2023. Metallogenic regularity, key scientific problems and research methods of bauxite in China[J]. Mineral Deposits, 42 (1) : 22 – 40 (in Chinese with English abstract).
- Xu X S, Liu B J, Zhao Y G, et al., 1997. Sequence stratigraphy and

- basin-mountain transformation in the Western margin of Upper Yangtze landmass during the Permian to Triassic[M]. Beijing: Geology Press: 1–123 (in Chinese with English abstract).
- Lin Y, Wang Q F, Zhang Q Z, et al., 2017. Interaction between karst terrain and bauxites: evidence from Quaternary orebody distribution in Guangxi, SW China[J]. Scientific Reports, 7 (1): 11842.
- Zhang H K, Hu P, Jiang J S, et al., 2021. Distribution, genetic types and current situation of exploration and development of bauxite resources[J]. Geology in China, 48 (1): 68–81 (in Chinese with English abstract).
- Zhang H Q, Xu X S, Liu W, et al., 2013. Late Ordovician-Early Silurian sedimentary facies and palaeogeographic evolution and its bearings on the black shales in the Middle-Upper Yangtze area[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 33 (2): 17–24 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Y S, 2021. Study on the occurrence state and separation and enrichment mechanism of lithium element in aluminous rocks of bauxite in central Guizhou[D]. Guizhou: Guizhou University: 124 (in Chinese with English abstract).
- Zeng Y F, Zhang J Q, Liu W J, et al., Devonian lithofacies paleogeography and mineralization in south China[M]. Beijing: Geology Press: 1–123 (in Chinese with English abstract).
- 矿模型[J]. 中国地质, 41 (6): 2063–2082.
- 刘平, 韩忠华, 聂坤, 2022. 黔中—渝南岩溶型铝土矿含矿岩系特征, 控制条件及生成发展模式[J]. 地质论评, 68 (6): 28.
- 罗志立, 龙学明, 1992. 龙门山造山带的崛起和川西前陆盆地的沉降[J]. 四川地质学报, 12 (1): 1–17.
- 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 等, 2009. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质, 36 (1): 1–28.
- 四川省地矿局, 1972. 1: 20 万雷波幅区域地质调查报告[M].
- 四川省地矿局, 1973. 1: 20 万筠连幅区域地质调查报告[M].
- 孙莉, 肖克炎, 姜德波, 2018. 中国铝土矿资源潜力预测评价[J]. 地质学前沿, 25 (3): 82–94.
- 王庆飞, 邓军, 刘学飞, 等, 2012. 铝土矿地质与成因研究进展[J]. 地质与勘探, 48 (3): 430–448.
- 王庆飞, 刘学飞, 杨淑娟, 等, 2022. 喀斯特型铝土矿是如何形成的?[J]. 地球科学, 47 (10): 3880–3881.
- 王行军, 王根厚, 周洁, 等, 2015. 滇东南铝土矿床共生矿产及伴生矿产研究[J]. 地质找矿论丛, 30 (2): 167–173.
- 汪正江, 王剑, 卓皆文, 等, 2011. 扬子陆块震旦纪—寒武纪之交的地壳伸展作用—来自沉积序列与沉积地球化学证据[J]. 地质论评, 57 (5): 731–742.
- 王正江, 郭婷婷, 俞赛赢, 等, 2016. 云南会泽大黑山铝土矿地球化学特征及其物源分析[J]. 沉积与特提斯地质, 36 (1): 23–29.
- 王子正, 江新胜, 周邦国, 等, 2019. 滇东北地区中泥盆统缩头山组一段沉积特征及其含矿性[J]. 矿物岩石, 39 (2): 90–98.
- 温汉捷, 罗重光, 杜胜江, 等, 2020. 碳酸盐黏土型锂资源的发现及意义[J]. 科学通报, 65 (1): 53–59.
- 徐林刚, 孙莉, 孙凯, 2023. 中国铝土矿的成矿规律、关键科学问题与研究方法[J]. 矿床地质, 42 (1): 22–40.
- 许效松, 刘宝珺, 赵玉光, 等, 1997. 上扬子西缘二叠纪—三叠纪层序地层与盆山转换耦合[M]. 北京: 地质出版社: 1–123.
- 张海坤, 胡鹏, 姜军胜, 等, 2021. 铝土矿分布特点、主要类型与勘查发现现状[J]. 中国地质, 48 (1): 68–81.
- 张海全, 许效松, 刘伟, 等, 2013. 中上扬子地区晚奥陶世—早志留世岩相古地理演化与黑色页岩的关系[J]. 沉积与特提斯地质, 33 (2): 17–24.
- 张玉松, 2021. 黔中铝土矿铝质岩中锂元素赋存状态及分离富集机理研究[D]. 贵州: 贵州大学: 124.
- 曾允孚, 张锦泉, 刘文均, 等, 1993. 中国南方泥盆纪岩相古地理与成矿作用[M]. 北京: 地质出版社: 1–123.

附中文参考文献

- 陈智樑, 陈世瑜, 1987. 扬子地块西缘地质构造演化[M]. 重庆: 重庆出版社: 85–134.
- 杜远生, 余文超, 2020. 沉积型铝土矿的陆表淋滤成矿作用: 兼论铝土矿床的成因分类[J]. 古地理学报, 22 (5): 812–826.
- 贵州省地矿局, 1973. 1: 20 万威宁幅区域地质调查报告[M].
- 康高峰, 王辉, 王巨民, 等, 2009. 滇东北晚二叠世沉积体系与层序地层格架下的聚煤特征[J]. 地质通报, 28 (1): 91–98.
- 廖士范, 梁同荣, 1991. 中国铝土矿地质学[M]. 贵阳: 贵州科技出版社: 1–277.
- 凌坤跃, 温汉捷, 张起钻, 等, 2021. 广西平果上二叠统合山组关键金属锂和铈的超常富集与成因[J]. 中国科学: 地球科学, 51 (6): 853–873.
- 刘长龄, 1988. 中国石炭纪铝土矿的地质特征与成因[J]. 沉积学报, 6 (3): 1–10.
- 刘平, 廖友常, 2014. 黔中—渝南沉积型铝土矿区域成矿模式及找