

贵州平桥地区含锂岩石特征及锂的赋存状态研究

杨光龙^{1,2,3}, 王林¹, 张海^{2,3}, 叶飞^{2,3}, 龙克树^{2,3}, 耿齐卫³, 曾超³

(1. 贵州省地质矿产勘查开发局一〇六地质大队, 贵州遵义 563000; 2. 贵州地矿三稀资源科技股份有限公司, 贵州贵阳 550004; 3. 贵州锂电新能源科技有限公司, 贵州六盘水 553499)

[摘要] 为确定贵州六枝特区平桥地区含锂岩系特征及锂的赋存状态, 本次研究采集了贵州平桥LZK201钻孔含锂蚀变带综合样, 其Li₂O平均含量为0.60%, 并通过X粉晶衍射、扫描电镜、光谱分析和MLA检测, 对含锂岩石特征、原矿化学组成、矿物组成、结构构造和锂的赋存状态等进行研究。研究表明: 研究区含锂岩石赋存于石炭系至二叠系南丹组顶部强硅化角砾岩带和弱硅化绿泥石化蚀变带, 该蚀变带为一套强硅化灰岩角砾岩、绿泥石化泥灰岩、硅化钙质粘土岩等岩石组合; 矿石矿物主要由锂绿泥石(22.02%)、高岭石(18.30%)、方解石(25.27%)、石英(24.25%)、黄铁矿(5.05%)组成, 具蚀变残余结构、显微粒状结构和条带-层纹构造、无定向块状构造, 成因类型属“蚀变泥灰岩型”; 锂绿泥石是锂的主要载锂矿物, 其粒度微细, 与高岭石、石英、方解石和黄铁矿嵌布紧密, 呈复杂连生关系。本研究为贵州平桥地区锂的富集机制和找矿方向提供了重要地质依据, 对该地区蚀变泥灰岩型锂矿的选冶试验具有重要意义。

[关键词] 赋存状态 锂绿泥石 含锂岩石 蚀变泥灰岩型 平桥地区 贵州

[中图分类号] P618 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2025)01-0074-11

Yang Guanglong, Wang Lin, Zhang Hai, Ye Fei, Long Keshu, Geng Qiwei, Zeng Chao.
Characteristics of lithium-bearing rocks and occurrence states of lithium in the Pingqiao area of Guizhou Province[J]. *Geology and Exploration*, 2025, 61(1): 0074-0084.

0 引言

锂作为一种新型且重要的能源战略金属, 在锂电池、新能源汽车、可控核聚变等领域发挥着显著的作用(刘丽君等, 2017), 是新能源汽车产业发展不可或缺的关键原料, 被誉为21世纪的能源金属(彭爱平, 2012; 郑人瑞等, 2016; 许志琴等, 2018)。随着新能源汽车等与锂相关的新兴产业的快速发展, 我国锂资源的缺口越来越大, 供应体系存在安全隐患(邓姝皓等, 2016), 亟需解决我国锂资源供应体系所面临的问题和风险。因此, 加强对不同类型含锂岩石的理论研究和找矿工作迫在眉睫。

近年来, 粘土型锂矿在我国西南地区被陆续发现和认识(任方涛和张杰, 2013; 钟海仁, 2020; 贾永斌等, 2023), 显示很好的锂矿找矿前景。贵州平桥地区的含锂岩系是贵州省在新一轮找矿突破战略行动中的重要发现之一, 地勘和地质矿产科研单位已陆续发表了一些研究成果(惠博等, 2021; 艾光华和邱永宏, 2023; 叶霖等, 2024)。这些研究从工艺矿物学方面对锂的赋存状态做了很多工作, 但对赋矿地层和含锂岩石特征的研究缺乏系统性, 其结论认为区内的含锂岩石为二叠系龙吟组(P₁ly)钙质泥岩、成因类型属沉积粘土岩型。基于以往的锂矿研究工作, 本文主要在含锂

[收稿日期] 2024-09-10; **[修订日期]** 2024-12-10; **[责任编辑]** 郝情情。

[基金项目] 贵州省地矿局科研项目“贵州省六盘水地区锂绿泥石型锂矿赋存状态及综合利用研究”(编号: 黔地矿科[2020]25号)资助。

[第一作者] 杨光龙(1971年-), 男, 1992年毕业于昆明地质学校, 地质调查及找矿专业, 工程技术应用研究员, 长期从事基础地质和矿产勘查工作。E-mail: 641572889@qq.com。

[通讯作者] 王林(1983年-), 男, 2007年毕业于贵州大学, 资源勘查工程专业, 高级工程师, 从事地质矿产勘查及水工环地质工作。E-mail: 86210702@qq.com。

岩石特征及锂的赋存状态方面做了较深入的工作,突出了含锂蚀变带中的主要岩石类型为石炭系至二叠系南丹组(CPn)“蚀变泥灰岩型”,含锂岩石中锂绿泥石是主要的含锂矿物,其热液特征明显,这为进一步认识贵州平桥地区锂的富集机制和找矿方向提供了重要的地质依据,对该地区蚀变泥灰岩型锂矿的选冶试验具有重要意义。

1 区域地质背景

贵州六枝平桥地区大地构造位于扬子陆块西南缘之水城-紫云-南丹-柳州裂陷槽(即六盘水裂陷槽)南西侧,跨越两个IV级构造单元—威宁隆起区(IV-4-1-1)和六盘水裂陷槽(IV-4-1-2)(贵州省区域地质志,2013)(图1)。六盘水裂陷槽是紧靠垭都-紫云断裂带南西侧与该断裂走向平行的深拗陷带,在成矿区带上属南盘江-右江成矿区,其经历

了古生代裂陷、晚生代大规模玄武岩浆喷溢、印支-燕山褶皱造山等重大地质事件,形成了金、铅、锌、锡(钨)、铋、汞、铊、重晶石等中低温矿产分布区(丛源等,2016)。加里东运动之后,扬子陆块开始裂解(陈国勇等,2017),在贵州威宁-六枝-望谟一线形成北西向狭长的拉分盆地,盆地中完整地沉积了泥盆纪-三叠纪地层(毛健全等,1992),特别是晚石炭世至早二叠世在区内沉积的一套盆地相远源钙屑泥晶灰岩、泥灰岩组合,对盆地裂解热液成矿十分有利(王砚耕,2023)。盆地内的铅锌矿、菱铁矿、萤石重晶石等热液矿产的生成和分布,与六盘水裂陷槽形成过程中热流的增高、热液的活动、岩浆的喷发和侵入活动,以及一定时期内保持相对稳定的拉张环境等因素有着密切的联系。区域构造演化为矿质的运移、富集铸就了非常重要的成矿构造背景条件(杨光龙等,2009)。

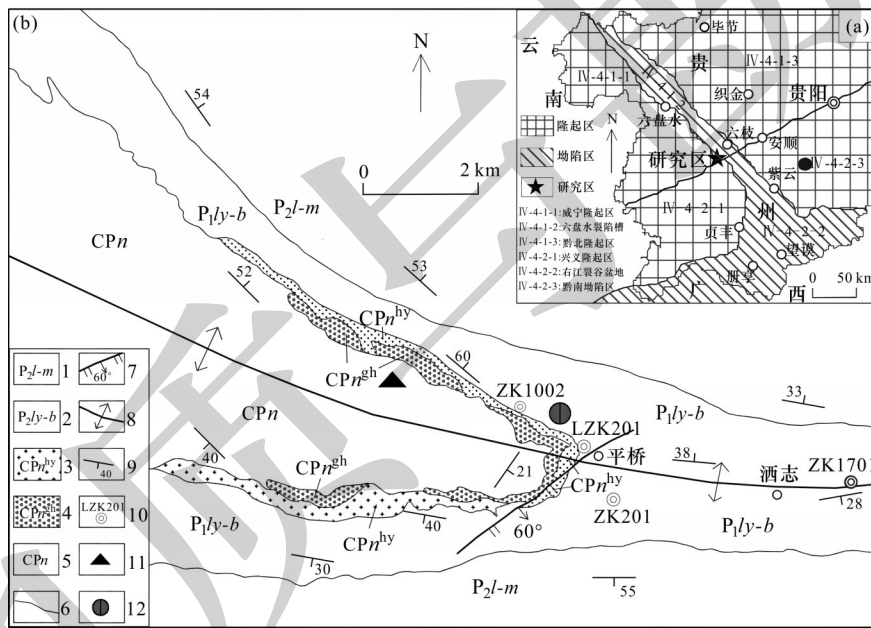


图 1 贵州平桥地区大地构造位置(a)和地质略图(b)

Fig. 1 Tectonic setting (a) and geological sketch (b) of the Pingqiao area in Guizhou Province

1-中二叠统梁山组至茅口组; 2-下二叠统龙吟组至包磨山组; 3-石炭系至二叠系南丹组强硅化角砾岩带; 4-石炭系至二叠系弱硅化绿泥石化蚀变带; 5-石炭系至二叠系南丹组; 6-地层界线; 7-正断层及倾角; 8-背斜及轴线; 9-地层产状; 10-钻孔及编号; 11-萤石矿点; 12-锂矿点
 1-Middle Permian Liangshan Formation to Maokou Formation; 2-Lower Permian Longyin Formation to Baomoshan Formation; 3-strong siliferous breccia belt of Carboniferous-Permian Nandan Formation; 4-Carboniferous to Permian weakly silified chlorite alteration belt; 5-Carboniferous-Permian Nandan Formation; 6-geological boundary; 7-normal fault and dip angle; 8-anticline and axis; 9-strata occurrence; 10-drillhole and number; 11-fluorite ore occurrence; 12-lithium ore occurrence

2 含锂岩石特征

贵州六枝平桥地区锂矿产于石炭系至二叠系南丹组顶部、下二叠统龙吟组底部含锂蚀变带,含锂岩石为一套强硅化灰岩角砾岩、绿泥石化泥灰

岩、硅化钙质粘土岩等蚀变岩石组合,锂主要赋存于深灰色钙质粘土岩、泥灰岩、含泥质硅化灰岩中。

2.1 含锂岩石原岩特征及蚀变作用

研究区含锂岩石原岩为石炭系至二叠系南丹组顶部一套深灰色薄层-中厚层泥灰岩或钙质粘土

岩与灰色薄-中厚层含生物屑泥晶灰岩组成的韵律式沉积,其层序剖面从上至下为:

- (7)深灰色中厚层泥晶灰岩。厚1.93 m。
- (6)灰黑色薄层含泥质灰岩。厚4.84 m。
- (5)深灰色中厚层含生物屑泥晶灰岩。厚11.79 m。
- (4)深灰色中厚层生物屑砂屑泥晶灰岩与灰色薄层钙质泥岩呈韵律组合。厚12.28 m。
- (3)灰黑色薄层含泥质灰岩夹深灰色薄层状泥晶灰岩,向上泥晶灰岩减少至消失。厚21.70 m。
- (2)灰黑色钙质粉砂质泥岩,局部夹深灰色薄-中厚层泥晶灰岩。厚14.18 m。

(1)灰黑、黑色薄层状泥晶含有机质含泥质灰岩夹深灰色薄层状泥晶灰岩。厚8.47 m。

在早二叠世时期,研究区处于最大拉伸时期,地壳变薄,从而导致深部热液活动较频繁,大量热液沿构造通道涌入沉积盖层,初期在通道口一带造成南丹组近顶部发生强烈破碎形成角砾岩,热液中的二氧化硅交代蚀变原沉积物,形成强硅化角砾岩蚀变带。之后,热液活动仍间歇性的发生,活动能力较初期减弱,这些富含铁镁硅酸盐矿物的热液从通道中出来后侵入南丹组顶部碳酸盐岩,在适当的温度和压力条件下分解并重结晶形成弱硅化绿泥石化蚀变带^①。

2.2 含锂蚀变带

含锂蚀变带按蚀变矿物的强弱,从下到上分为强硅化角砾岩蚀变带和弱硅化绿泥石化蚀变带,其中弱硅化绿泥石化蚀变带是研究区的主要含锂蚀变带(图1)。

2.2.1 强硅化角砾岩蚀变带

产出于南丹组近顶部,总体呈似层状展布,厚度0~47 m,一般厚10~30 m,其厚度变化大,可在几十米范围内由1~2 m急剧膨胀到10~20 m,具有明显的分叉、穿层现象。

硅化角砾岩呈灰、深灰色、褐黄色块状似层状,角砾含量70%~80%,成分主要为硅化灰岩、硅化泥灰岩,棱角状,砾径0.2~10 cm,最大可达15 cm,杂乱分布,无分选,局部可拼接,填隙物有石英、萤石、黄铁矿、铁泥质。局部具气孔构造,部分气孔充填萤石。蚀变以硅化为主,次为萤石化、锂绿泥石化,少量黄铁矿化。蚀变主要有两种形式:(1)交代蚀变原岩(灰岩、泥灰岩、钙质粘土岩)。(2)充填于岩石裂隙及孔隙中,呈不规则细脉状、小透镜状或颗粒状,肉眼可见石英、萤石晶形。

2.2.2 弱硅化绿泥石化蚀变带

产出于南丹组顶部-龙吟组底部、覆于硅化角砾岩带之上,顶板岩石为下二叠统龙吟组粘土岩,厚20~130 m,其厚度与硅化角砾岩带略具负相关。该蚀变带的原岩为南丹组顶部泥灰岩、泥晶灰岩、钙质粘土岩,是研究区主要的含锂岩石。

弱硅化绿泥石化蚀变带蚀变类型及特征与硅化角砾岩蚀变带类同,但蚀变矿物肉眼不易识别,宏观上为深灰色中厚层泥晶灰岩夹灰-深灰色薄层泥灰岩或钙质泥岩。通过岩矿鉴定,岩石具弱硅化、绿泥石化和萤石化现象,蚀变矿物颗粒细小,蚀变程度明显弱于下伏硅化角砾岩带,但黄铁矿化、锂绿泥石化又强于硅化角砾岩带。其蚀变强弱与岩石中裂隙和孔隙发育程度、钙质含量呈正相关。

2.3 平桥LZK201剖面特征

结合扫描电镜分析成果,兹将平桥LZK201钻孔含锂岩石剖面从上至下列述如下(图2):

上覆地层 下二叠统龙吟组(P_1l_y)

黄灰色钙质粘土岩。岩石主要由粘土矿物、方解石、氧化铁质组成,粘土矿物呈细小鳞片状,方解石呈细小粒状混杂粘土分布,氧化铁质主要为褐铁矿。

弱硅化绿泥石化蚀变带(CPn^{ly}) 厚34.32 m

第⑩层:深灰色泥晶灰岩,泥晶结构、块状构造,厚2.08 m。岩石主要由泥晶方解石(85%~90%)组成,粒度多小于0.005 mm,颗粒之间紧密镶嵌分布。样品号H2-1, Li_2O 含量0.038%。

第⑨层:土黄色含氧化铁质钙质粘土岩,泥质结构、土状构造,厚0.87 m。岩石主要由粘土矿物(60%~70%)、方解石(20%~25%)、氧化铁质(5%~10%)组成。粘土矿物以锂绿泥石、高岭石和伊利石为主,呈细小鳞片状,方解石呈细小粒状。样品号H4-1, Li_2O 含量0.220%。

第⑧层:深灰色泥灰岩,显微粒状结构、块状构造,厚2.77 m。岩石主要由方解石(50%)、粘土矿物(25%~30%)和少量石英(10%)组成。方解石粒度小于0.005 mm,颗粒之间紧密镶嵌分布;粘土矿物以锂绿泥石、高岭石为主,呈细小鳞片状分布于方解石颗粒之间;石英呈他形粒状,粒度小于0.05 mm,零星分布。样品号H7-1, Li_2O 含量0.207%。

第⑦层:深灰、灰黑色含泥质灰岩,显微粒状结构、层纹状构造,厚10.16 m。岩石主要由方解石(50%~90%)、粘土矿物(5%~25%)、石英(1%~

10%)、黄铁矿(1%~5%)、炭质(1%~2%)组成。方解石粒度多小于0.005 mm,颗粒之间紧密镶嵌分布;粘土矿物以绿泥石、高岭石和伊利石为主,呈细小鳞片状分布于方解石颗粒之间;石英呈他形粒状,粒度小于0.05 mm,星散分布。样品号H10-1, Li_2O 含量0.193%。

第⑥层:灰-深灰色弱硅化泥灰岩,蚀变残余结构、条带状构造,厚1.29 m。岩石主要由方解石(50%~60%)、石英(30%)和少量粘土矿物(10%)、黄铁矿(3%~5%)组成。方解石粒度多小于0.005 mm,石英呈半自形-他形粒状、粒度小于0.03 mm,混杂方解石分布;粘土矿物以绿泥石、高岭石为主,呈细小鳞片状聚集分布于碳酸盐矿物颗粒之间;黄铁矿呈微细粒状以包裹体形式分布于粘土矿物和石英晶粒间。样品号H15, Li_2O 含量0.698%。

第⑤层:灰、深灰色弱硅化含泥质灰岩,蚀变残余生物碎屑结构、条带-层纹状构造,厚13.27m。岩石主要由方解石(50%~85%)、石英(5%~10%)和少量粘土矿物、氧化铁质、炭质组成。方解石呈细小粒状、碎屑状混杂粘土分布,粒度多小于0.005 mm;石英呈半自形粒状,粒度0.02~0.1 mm,星散分布,部分碎屑石英呈次棱角-次圆状,粒度小于0.2 mm,见生物碎屑被硅质充填;粘土矿物以绿泥石、高岭石、伊利石为主,呈细小鳞片状混杂石英分布。样品号H17, Li_2O 含量0.241%。

第④层:灰、深灰色含泥质硅化灰岩,蚀变残余结构、条带-层纹状构造,厚1.52 m。岩石主要由方解石(60%)、石英(25%~30%)、粘土矿物(10%~15%)和少量黄铁矿(3%)组成。方解石呈细小粒状,粒度多小于0.005 mm,星散分布于石英颗粒中;硅化石英粒度小于0.05 mm,混杂炭质、粘土分布,较为浑浊;粘土矿物以绿泥石、高岭石和伊利石为主,不均匀混杂方解石和石英分布;黄铁矿呈自形粒状,粒度小于0.3 mm,混杂分布于粘土矿物中。样品号H27, Li_2O 含量0.772%。

第③层:深灰色泥晶灰岩夹灰黑色含炭钙质粘土岩,泥质结构、无定向块状构造,厚2.36 m。岩石主要由方解石、粘土矿物和少量黄铁矿组成,后期充填的方解石聚集成细脉状分布。样品号H29, Li_2O 含量0.070%。

强硅化角砾岩带(CP_n^{sh}) 厚18.56 m

第②层:灰褐、褐黄色含灰质泥质粉砂岩质角砾岩,角砾结构、气孔状构造,厚8.59 m。岩石角砾

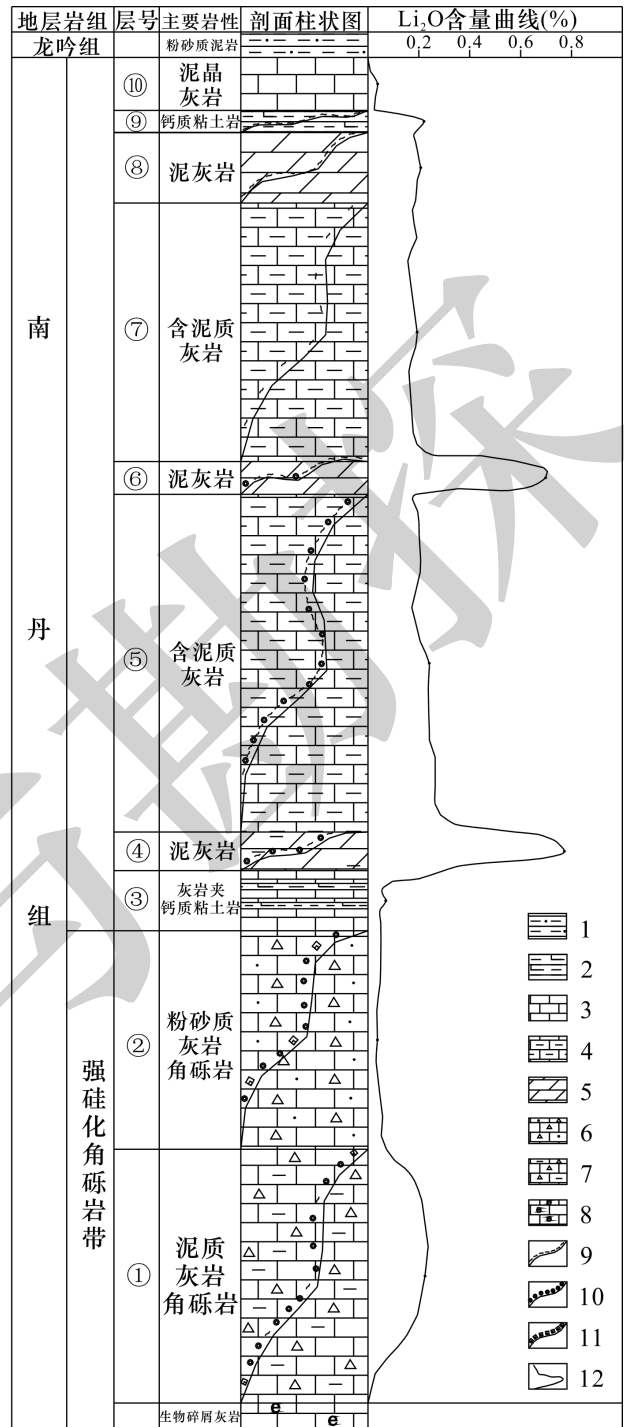


图 2 贵州平桥地区 LZK201 钻孔剖面柱状图

Fig. 2 Bar graph of the LZK201 drilling section in the study area

1-粉砂质泥岩; 2-钙质泥岩; 3-灰岩; 4-泥质灰岩; 5-泥灰岩; 6-粉砂质灰岩角砾; 7-泥质灰岩角砾岩; 8-生物碎屑灰岩; 9-绿泥石化; 10-硅化; 11-萤石化; 12- Li_2O 含量曲线

1-silty mudstone; 2-calcareous mudstone; 3-limestone; 4-argillaceous limestone; 5-marl limestone; 6-silty limestone breccia; 7-argillaceous limestone breccia; 8-bioclastic limestone; 9-chlorite; 10-silicification; 11-fluoritization; 12- Li_2O content curve

成分为含灰质泥质粉砂岩岩屑(具硅化),粒度一般2~10 mm,呈尖棱角-次棱角状。岩石结构呈无定向角砾状,具可拼合性,其间为硅化碎屑、石英和少量的黄铁矿、萤石及铁泥质所充填。样品号H36-1, Li_2O 含量0.037%。

第①层:灰、灰褐色强硅化含泥质灰岩质角砾岩,无定向角砾结构、气孔状构造,厚9.97 m。上部为一层厚约0.60 m的灰色含硅质粘土岩角砾,中下部泥质灰岩角砾无定向排列,成分主要为泥灰岩岩屑(强硅化),粒度一般2~50 mm,呈尖棱角-次棱角状,具可拼合性,其间为硅化碎屑、石英和少量的黄铁矿、萤石及铁泥质所充填。岩石气孔发育,并呈现由下向上有变大的特征,风化后呈蜂窝状。样品号H38, Li_2O 含量0.224%。

下伏地层 石炭系至二叠系南丹组(CPn)

灰-深灰色条纹-条带状微含生物屑泥晶灰岩,夹深灰色纹层状泥灰岩。

3 原矿物质组成

针对研究区主要含锂蚀变带-弱硅化绿泥石化蚀变带,在LZK201钻孔剖面中系统采取第④、⑤、

⑥层样品,经风干后对每件样进行分析、配矿形成综合样,通过扫描电镜、X射线能谱、原子发射光谱分析和MLA检测等手段进行测试研究。

3.1 原矿化学组成

原矿的化学分析结果见表1,矿石中主要成分为 SiO_2 和 Al_2O_3 ,其次为 CaO 和 Fe_2O_3 ,可利用的有价成分为 Li_2O ,平均含量为0.60%。

表1 原矿化学分析结果

Table 1 Chemical analysis results of raw ores

元素	Li_2O	SiO_2	K_2O	Na_2O	MnO_2	TiO_2
含量/%	0.60	42.36	0.18	0.036	0.005	0.40
元素	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	S	P_2O_5
含量/%	21.67	3.87	14.31	0.27	2.80	0.14

注:测试单位:广东省资源综合利用研究所;测试时间:2019年10月。

3.2 原矿矿物组成

原矿样品X射线衍射图谱表明(图3),含锂岩石矿物成分主要为锂绿泥石、高岭石、石英、方解石和少量黄铁矿,锂绿泥石的含量随样品粒级减小而有增加的趋势。

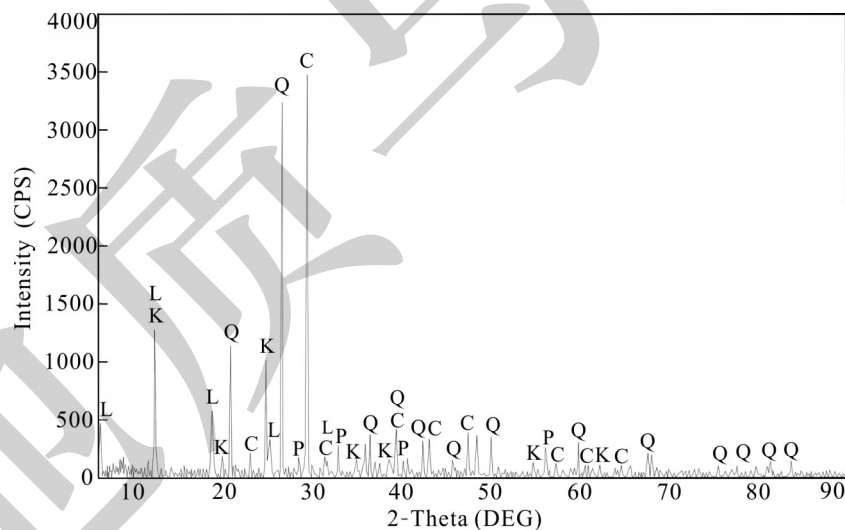


图3 原矿X射线衍射图谱

Fig. 3 X-ray diffraction patterns of the raw ores

Q-石英;C-方解石;K-高岭石;L-锂绿泥石;P-黄铁矿

Q-quartz; C-calcite; K-kaolinite; L-lithium chlorite; P-pyrite

在矿物组成及成分、目的矿物的嵌布状态等工艺矿物学研究中,MLA检测系统发挥着重要的作用(高歌和王艳,2015)。采用MLA测定原矿矿物组成^②,其结果如表2所示。

原矿矿物组成中锂矿物以锂绿泥石(Li_2O 含量

3.12%)为主。主要呈微细粒鳞片状集合体,嵌布粒度细微,常呈胶结物包裹高岭石、方解石、石英、黄铁矿等矿物,少数锂绿泥石呈微细粒鳞片状包裹在方解石中,可选性差,且多与其他矿物呈紧密连生,难以通过物理选矿方法有效分离(艾光华等,2023)。

表 2 原矿矿物组成及含量

Table 2 Mineral composition and content of the raw ores

矿物名称	粒级含量/%				合计
	+100 μm	+40 μm	+20 μm	-20 μm	
锂绿泥石	18.217	23.959	19.133	24.341	22.022
高岭石	16.063	15.459	16.283	21.949	18.302
伊利石	1.280	1.483	1.365	1.274	1.329
黄铁矿	5.074	5.399	7.098	4.454	5.051
闪锌矿	0.002	0.002	0.014	0.005	0.004
石英	21.265	24.520	32.453	24.799	24.253
长石	2.292	1.515	1.463	1.356	1.681
电气石	0.066	0.118	0.215	0.042	0.080
绿泥石	0.014	0.002	0.008	0.063	0.030
萤石	0.204	0.190	0.084	0.029	0.122
方解石	34.217	25.865	19.955	19.219	25.267
白云石	0.011	0.011	0.021	0.080	0.039
褐铁矿	0.571	0.694	0.812	0.715	0.674
金红石	0.047	0.096	0.161	0.236	0.142
白钛石	0.069	0.117	0.234	0.183	0.138
锆石	0.001	0.004	0.009	0.011	0.006
磷铝锑石	0.035	0.082	0.116	0.189	0.113
重晶石	0.001	0.011	0.002	0.023	0.012
铬铁矿	0.001	0.003	0.002	0.009	0.005
其他	0.570	0.470	0.572	1.023	0.730
合计	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

注：测试单位：广东省资源综合利用研究所；测试时间：2019年10月。

原矿主要有用矿物粒度分析结果如表3所示，锂绿泥石80 μm 以下累计筛下占比88.18%、10 μm 以下累计筛下占比42.42%，高岭石80 μm 以下累计筛下占比85.69%、10 μm 以下累计筛下占比47.97%。

表 3 主要有用矿物粒度组成

Table 3 Composition of particle size for the main useful minerals

矿物粒级/ μm	锂绿泥石/%		高岭石/%	
	区间粒度	累计筛下	区间粒度	累计筛下
-320+160	0.69	100.00	1.52	100.00
-160+80	11.13	99.31	12.79	98.48
-80+40	15.21	88.18	12.27	85.69
-40+20	16.26	72.97	12.15	73.42
-20+10	14.29	56.71	13.30	61.27
-10	42.42	42.42	47.97	47.97

注：测试单位：广东省资源综合利用研究所；测试时间：2019年10月。

3.3 原矿结构构造

矿石具蚀变残余结构、显微粒状结构(图3)和

气孔构造、条带-层纹状构造、无定向块状构造。

蚀变残余结构：碳酸盐矿物(方解石)为原岩蚀变残留，呈细小粒状，粒度小于0.005 mm，星散分布于石英颗粒之中。偶见少量圆形、长条形生物碎屑残留，生物碎屑粒度0.1~0.5 mm不等。硅化石英粒度较小，多小于0.05 mm，混杂炭质、粘土分布，较为浑浊。粘土矿物呈细小纤维状、隐晶质粉末状，混杂非晶质炭质分布，难以区分。黄铁矿呈细小粒状，粒度多小于0.1 mm，零星分布。非晶质粉末状褐铁矿混杂粘土分布。

显微粒状结构：石英粒度较小，多小于0.1 mm，混杂炭质、粘土分布，较为浑浊。粘土矿物呈细小纤维状、隐晶质泥状，混杂石英分布。炭质呈非晶质粉末状。少量纤维状高岭石等粘土富集为条带分布。黄铁矿呈半自形粒状，粒度0.01~0.5 mm，零星分布或相对富集分布。非晶质粉末状褐铁矿混杂粘土分布。

气孔状构造：钙质粘土岩、泥质灰岩发育圆形或椭圆形空洞，孔径2~30 mm不等，地表风化后多呈蜂窝状，气孔中常充填有萤石、石英、黄铁矿晶粒。

条带-层纹构造：陆源碎屑、粘土矿物等不同组分不均匀分布偏集呈条带-层纹状，单层厚1 mm，一般呈水平微波状纹层产出。

无定向块状构造：钙质粘土岩、泥质灰岩呈“碎块”、基质展布无序，排列不具方向性。

4 锂的赋存状态

锂绿泥石：矿样中锂绿泥石矿物的含量为22.02%，利用扫描电镜对锂绿泥石的嵌布特征进行研究(图4、图5、图6)，发现90%以上锂绿泥石与高岭石、石英、方解石、黄铁矿连生在一起，极少部分呈单体产出、仅占6%。镜下锂绿泥石主要以团块状、丝缕状、纤维状分散分布于石英、方解石等矿物构孔隙中，其与黏土矿物交织在一起，难以完全分辨(惠博等, 2021)。

将样品放大至3000~5000倍，在不同区域对锂绿泥石进行能谱打点元素分析，13个点的锂绿泥石能谱定量数据见表4。能谱定量结果显示，样品中锂绿泥石主要由 Al_2O_3 、 SiO_2 、 FeO 、 CaO 、 MgO 组成，平均含量为： Al_2O_3 (52.26%)、 SiO_2 (44.99%)、 FeO (0.70%)、 CaO (0.65%)、 MgO (0.56%)。部分锂绿泥石成分中检出少量 K_2O 、 Na_2O 、 P_2O_5 、 TiO_2 、 SO_3 等成分。

表4 平桥地区锂绿泥石能谱定量数据统计

Table 4 Quantitative data of lithium spectra for lithium chlorite in the Pingqiao area

序号	化学组成及含量/%									
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	FeO	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃
1	0.02	0.56	53.98	43.87	0.42	0.19	0.42	0.05	0.21	0.27
2	0.03	1.45	53.54	42.43	0.08	0.35	1.46	0.07	0.16	0.43
3	0.05	0.42	51.74	43.54	0.26	2.94	0.11	0.55	0.22	0.17
4	0.02	0.31	50.95	46.30	0.26	0.13	1.46	0.02	0.23	0.32
5	0.02	0.44	55.34	43.22	0.03	0.34	0.20	0.02	0.25	0.13
6	0.00	0.50	49.70	45.47	0.23	0.59	3.12	0.08	0.16	0.15
7	0.08	0.77	53.69	44.15	0.15	0.37	0.40	0.02	0.21	0.16
8	0.03	0.29	48.57	49.26	0.37	0.15	0.42	0.55	0.12	0.25
9	0.03	0.41	48.33	49.26	0.17	0.17	0.51	0.28	0.25	0.58
10	0.07	0.50	53.21	43.01	0.09	2.61	0.15	0.02	0.30	0.05
11	0.06	0.74	54.23	43.97	0.05	0.19	0.47	0.05	0.16	0.08
12	0.06	0.48	52.94	44.64	1.41	0.22	0.23	0.02	0.00	0.01
13	0.05	0.46	53.16	45.77	0.08	0.24	0.19	0.05	0.00	0.00
平均	0.04	0.56	52.26	44.99	0.28	0.65	0.70	0.14	0.17	0.04

注：测试单位：广东省资源综合利用研究所；测试时间：2019年10月。

利用原子发射光谱分析,对锂绿泥石矿物检测出 Al、Si、Li、Ca、Fe 和少量 S、Ti、K、Fe、Cr 等元素,其中 Li 含量为 1.36%(表 5)。

绿泥石通常形成于中温至低温环境中,其形成机制有两种:一是溶蚀-结晶,二是溶蚀-迁移-沉淀(廖震等,2010;王小雨等,2014;葛祥坤等,2020)。研究

区锂绿泥石的产出特征与中低温热液形成的锂绿泥石相似(叶霖等,2024),而与含铝岩系中粘土矿物与地下卤水反应形成的锂绿泥石差异明显(沈丽璞等,1986;宋云华等,1987;凌坤跃等,2021),也与锂辉石蚀变形成的锂绿泥石明显不同(纪现华等,2014;张彦锋等,2021),成因类型属“蚀变泥灰岩型”。

表5 平桥地区锂绿泥石元素检出结果

Table 5 Detection results of elements in lithium chlorite of the Pingqiao area

检测项目	Li ($\times 10^{-6}$)	Al (%)	Si (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)	S (%)	Ca (%)	Ti (%)	Fe (%)	Cr ($\times 10^{-6}$)	AS ($\times 10^{-6}$)	Ba ($\times 10^{-6}$)	Au ($\times 10^{-6}$)	Nb ($\times 10^{-6}$)	Nd ($\times 10^{-6}$)
检出限	0.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.005	0.01	1	0.2	0.5	0.001	0.1	0.2
检出结果	13600	18.14	28.52	5.49	0.48	2.33	0.03	0.59	5.49	0.26	5.86	2800	579	263	0.095	2.55	1.67

方解石:矿样中方解石的含量为 25.27%,主要呈有裂隙的块状、絮团状分布,与石英、黄铁矿、锂绿泥石嵌布关系紧密,且嵌布粒度较粗。

石英:矿样中石英的含量为 24.25%,呈不规则粒状,无色或白色,玻璃光泽,与高岭石、锂绿泥石连生,偶见与黄铁矿连生且较黄铁矿颗粒大,或呈微细粒状包裹体在高岭石、锂绿泥石中。

高岭石:矿样中高岭石的含量为 18.30%,呈土状集合体,多见与石英、锂绿泥石连生,少数与方解石连生,矿物中混入有铁、硫、钾、钙、钛、镁等杂质。

黄铁矿:矿样中黄铁矿的含量为 5.05%,多数呈草莓状或球状集合体,嵌布高岭石和石英中,但粒度相对较细,部分微细粒以包裹体形式分布于高岭石和石

英中。黄铁矿中混入少量铝和硅,少数黄铁矿含砷。

研究区含锂蚀变带岩石系南丹组顶部碳酸盐岩(泥灰岩)经后期强硅化而成,含锂岩石由石英、方解石、锂绿泥石、高岭石和少量黄铁矿组成。方解石呈细小粒状星散分布于石英颗粒之中,为原岩蚀变残留;石英分为两期:早期硅化石英混杂粘土分布,较为浑浊,晚期硅化石英聚集成脉状分布。岩石中具有明显的交代蚀变现象,矿物结晶顺序依次为:石英 1→黄铁矿+石英 2→萤石,表明热液中的矿物质是在温压条件逐渐降低的过程中结晶形成^①。邻区水城铅锌矿青山矿床岩石地球化学样品测试结果通过 R 聚类分析和因子分析(杨光龙,2014),也表明石炭系至二叠系南丹组顶部碳酸盐

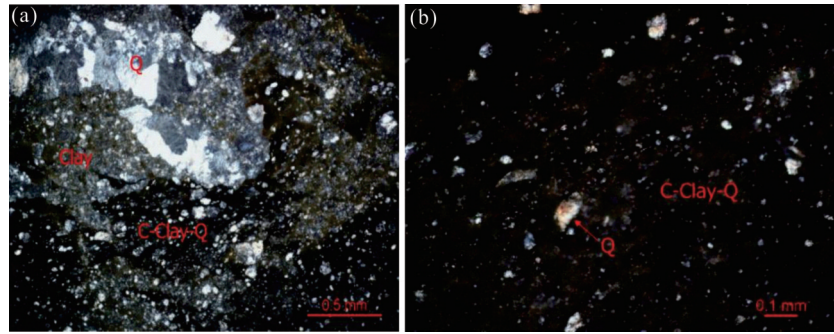


图 4 平桥地区矿石镜下结构

Fig. 4 Structures of the ores under microscope

a-蚀变残余结构,透射光(+),10×5;b-显微粒状结构,透射光(+),10×10;C-Clay-Q-炭泥质混杂石英;Q-石英;Clay-粘土
 a-altered residual structure, transmitted light (+), 10×5; b-microgranular structure, transmitted light (+), 10×10; C-Clay-Q-coat-clay mixed with quartz; Q-quartz

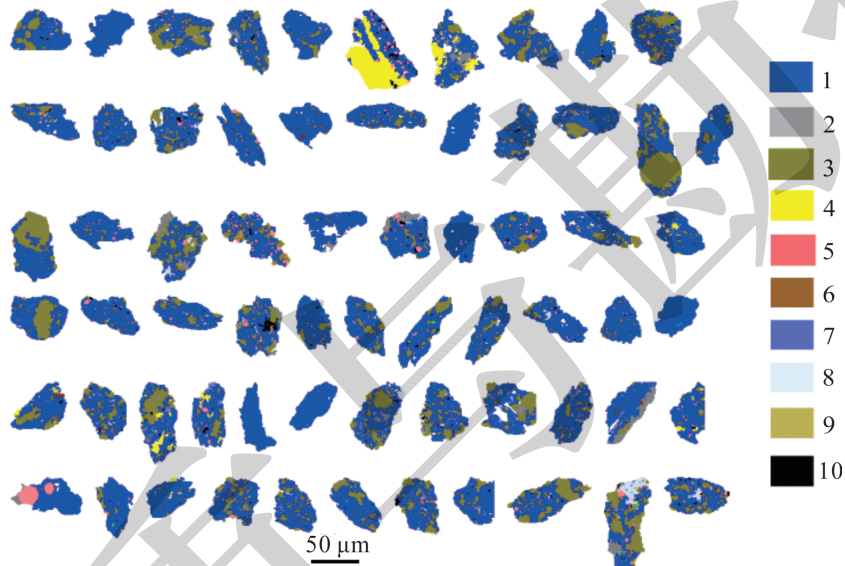


图 5 平桥地区原矿中锂绿泥石的嵌布状态

Fig. 5 The state of lithium chlorite in raw ores

1-锂绿泥石;2-高岭石;3-石英;4-方解石;5-黄铁矿;6-褐铁矿;7-伊利石;8-长石;9-金红石;10-其他
 1-lithium chlorite; 2-kaolinite; 3-quartz; 4-calcite; 5-pyrite; 6-limonite; 7-illite; 8-feldspar; 9-rutile; 10-others

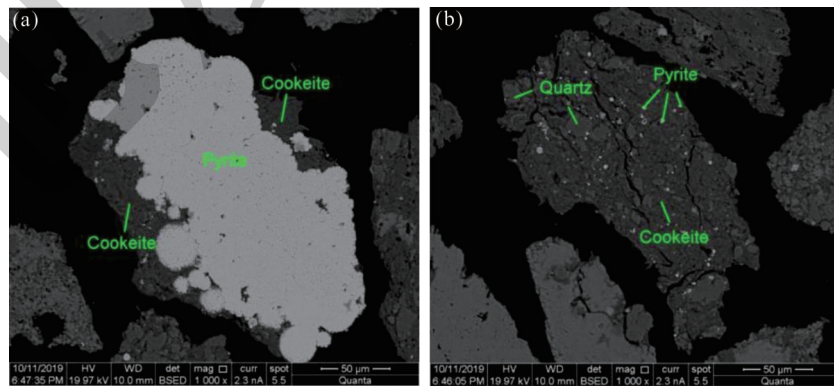


图 6 锂绿泥石扫描电镜图像

Fig. 6 SEM images of lithium chlorite

a-锂绿泥石与黄铁矿连生;b-锂绿泥石包裹细粒石英,并含微细粒黄铁矿包裹体
 a-lithium chlorite and pyrite; b-lithium-chlorite-coated fine quartz, containing micro-fine pyrite inclusions

岩硅化蚀变具有多期性的特点。

5 结论

(1) 贵州六枝平桥地区在晚石炭世至早二叠世为一北西向狭长的拉分盆地,晚石炭世末期至早二叠世早期沉积了一套南丹组(CPn)顶部远源钙屑泥灰岩夹泥晶灰岩组合,早二叠世早-中期沉积了一套龙吟组(P₁ly)底部以远源陆源沉积为主的粘土质粉砂岩、粘土岩、钙质粘土岩夹少量泥晶灰岩组合。

(2) 研究区在早二叠世早期由于盆地拉分裂解发生多次热液活动,在石炭系至二叠系南丹组顶部先后形成强硅化角砾岩带和弱硅化绿泥石化蚀变带,其中弱硅化绿泥石化蚀变带是研究区的主要含锂蚀变带。

(3) 含锂岩石为强硅化灰岩角砾岩、绿泥石化泥灰岩、硅化钙质粘土岩,具蚀变残余结构、显微粒状结构和条带-层纹构造、无定向块状构造,成因类型属“蚀变泥灰岩型”。

(4) 矿石矿物成分主要为锂绿泥石、高岭石、石英、方解石和少量黄铁矿,锂绿泥石是锂的主要载锂矿物,其粒度微细,与高岭石、石英、方解石和黄铁矿嵌布紧密,呈复杂连生关系。

致谢: 本文所用资料除注明者外,其余均源于贵州省地矿局科研项目“贵州省六盘水地区锂绿泥石型锂矿赋存状态及综合利用研究”和贵州三稀新能源科技有限公司“贵州省六枝特区平桥含锂粘土矿详查”项目成果,特向参加此项目的工作人员致以诚挚的谢意!

[注 释]

- ① 贵州省地质调查院,贵州地矿三稀资源科技有限公司.2019.贵州省六枝特区平桥粘土矿矿区地质图说明书[R].
- ② 广东省资源综合利用研究所,贵州锂电新能源科技有限公司.2019.贵州某锂矿MLA检测报告[R].

[References]

Ai Guanghua, Qiu Yonghong. 2023. Process mineralogy research on a lithium clay in Liuzhi area of Guizhou Province [J]. Mining and Metallurgy, 32 (5): 322-329 (in Chinese with English abstract).

Chen Guoyong, Fan Yumei, Meng Changzhong, Zhang Hai, Li Zaiyong. 2017. Sedimentary environments and mineral element concentration features of iron-aluminum-bearing rock series in the Leping series of Permian of the Weining-Hezhang area, Guizhou [J]. Geology and Exploration, 53 (2): 237-246 (in Chinese with English abstract).

Cong Yuan, Xiao Keyan, Liu Zengtie, Dong Qingji. 2016. Geological characteristics and resource potential analysis of the Nanpaniang-Youjiang Sn-Sb-Mn-Zn-Al-Au metallogenic belt [J]. Acta

Geologica Sinica, 90 (7): 1573-1588 (in Chinese with English abstract).

Deng Renrui, Tang Jinrong, Zhou Ping, Yang Liya. 2016. Risk assessment of lithium resources supply in China [J]. Chinese Mining Magazine, 25 (12): 30-37 (in Chinese with English abstract).

Deng Zhuohao, Yang Zixuan, Yang Jiayi, Yang Xi, Yin Chong, Yin Chong, Han Jiang, Yi Danqing. 2016. Study on new process for preparation of high purity lithium carbonate from crude salt of Zabuye salt lake [J]. Inorganic Salt Industry, 48 (4): 26-30 (in Chinese with English abstract).

Gao Ge, Wang Yan. 2015. Application of MLA automatic measurement technology in process mineralogy research [J]. Gold, 36 (10): 66-99 (in Chinese with English abstract).

Ge Xiangkun, Ju Haiyu, Zhao Fenghua, Fan Guang, Sun Sichen, Ai Yujie. 2020. Characteristics of chlorites in the Shangdajing porphyry Mo deposit, Inner Mongolia and their metallogenic implications [J]. Geology and Exploration, 56 (4): 704-713 (in Chinese with English abstract).

Guizhou Academy of Geologic Survey. 2013. Regional geology of Guizhou Province [M]. Beijing: Geological Publishing House: 976-993 (in Chinese).

Hui Bo, Gong Daxing, Chen Wei, Lai Yang. 2021. Study on the occurrence of lithium in sedimentary lithium deposits in Liuzhi area Guizhou Province [J]. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section), (2): 1-4 (in Chinese with English abstract).

Ji Xianhua, Weng Xiangjin, Yang Zhushen, Zhang Qian, Tian Shihong, Li Zhenqing, Liu Yingchao, Yu Yushuai. 2014. The Ar-Ar geochronology of sericite from the cryptoexplosive breccia type Pb-Zn deposit in Narusongduo, Tibet and its geological significance [J]. Geology and Exploration, 50 (2): 281-290 (in Chinese with English abstract).

Jia Yongbin, Yu Wenxiu, Wen Hanjie, Luo Chongguang, Yang Guangshu, Yang Yang, Cui Yi. 2023. Geochemical characteristics and sedimentary environment of Li-rich clay rocks at the southern margin of the central Yunnan Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 41 (1): 170-182 (in Chinese with English abstract).

Liao Zeng, Liu Yuping, Li Chaoyang, Ye Lin, Liu Shirong, Zheng Wenqing. 2010. Characteristics of chlorites from Dulong Sn-Zn deposit and their metallogenic implications [J]. Mineral Deposits, 29 (1): 169-176 (in Chinese with English abstract).

Ling Kunyue, Wen Hanjie, Zhang Qizuan, Luo Chongguang, Gu Hanlian, Du Shengjiang, Yu Wenxiu. 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 Lijun, Wang Denghong, Liu Xifang, Li Jiankang, Dai Hongzhang, Yan Weidong. 2017. The main types, distribution features and present situation of exploration and development for domestic and foreign mine [J]. Geology in China, 44 (2): 263-278 (in Chinese with English abstract).

Mao Jianquan, Zhang Qihou, Mao Deming, Gu Shangyi. 1992. Tectonic evolution on Shuicheng fault-subsidence and lead-zinc ores study [M].

- Guiyang: Guizhou Science and Technology Press: 1-167 (in Chinese).
- Peng Aiping. 2012. Development status and future trend of lithium industry [J]. China Metal Bulletin, (11): 19-21 (in Chinese with English abstract).
- Ren Fangtao, Zhang Jie. 2013. Chemical separation and enrichment of lithium in aluminous rock in central Guizhou [J]. Inorganic Chemicals Industry, 45 (3): 26-30 (in Chinese with English abstract).
- Shen Lipu, Song Yunhua, Peng Zhaorui, Guo Kezhan. 1986. Discovery and preliminary study of Li-chlorite in claystone from a certain location of Henan Province [J]. Acta Mineralogica Sinica (B), 6(1): 86-91 (in Chinese with English abstract).
- Song Yunhua, Shen Lipu, Zhang Naixian, Peng Zhaorui, Guo Kezhan. 1987. A preliminary study on clay minerals and their rare earth, lithium and other elements in a clay mine (rock) in Henan Province [J]. Science in China (B), (2): 204-213 (in Chinese with English abstract).
- Wang Xiaoyu, Mao Jingwen, Cheng Yanbo, Zhang Xingkang, Liu Peng, Liu Shihua, Fang Sijie. 2014. Characteristics of chlorite from the Xinliadong Cu polymetallic deposit in eastern Guangdong Province and their geological significance [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 33 (5): 885-905 (in Chinese with English abstract).
- Wang Yangeng. 2023. Shallow tectonic deformation and mineralization in Guizhou [J]. Guizhou Geology, 40 (4): 329-334 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhiqin, Wang Rucheng, Zhao Zhongbao, Fu Xiaofang. 2018. On the structural backgrounds of large-scale "hard-rock type" lithium ore belts in China [J]. Acta Geologica Sinica, 92 (6): 1091-1106 (in Chinese with English abstract).
- Yang Guanglong, Chen Chong, Wang Lin. 2009. Geologic characters and ore control factors of lead-zinc deposit in Aijiaping-shuicheng area, northwest Guizhou [J]. Guizhou Geology, 26 (1): 31-35 (in Chinese with English abstract).
- Yang Guanglong. 2014. Statistical analysis of element combinations and their variations in the Shuicheng lead-zinc deposit [J]. Geology and Exploration, 50 (2): 303-310 (in Chinese with English abstract).
- Ye Lin, Xiang Zhenzhong, Wu Tao, Chen Jun, Liu Siyu, Chen Xin, Huang Zhilong, Yu Jiayan, Liu Sichen. 2024. The discovery and its significance of hydrothermal cookeite in the Pingqiao lithium resource, Liuzhi, Guizhou Province [J]. Acta Mineralogica Sinica, 44 (1): 58 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Yanfeng, Zhang Jie, Tao Shixu, Zheng Guangmin, Li Shuwen, Tian Xiaomin, Jia Baochuan, Pei Manyi, Mo Jiachen, Zhang Huang, Fan Yunfeng. 2021. Mineralogical characteristics and mineralization types of rare metal deposits in Nanyang mountain area of Lushi, Henan Province [J]. Mineral Exploration, 12 (6): 1314-1324 (in Chinese with English abstract).
- Zhong Hairan. 2020. Provenance of bauxite, and occurrence state, enrichment mechanism of associated lithium in ore-bearing rocks of deposits in Nanchuan District, Chongqing [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing): 1-80 (in Chinese with English abstract).
- [附中文参考文献]
- 艾光华, 邱永宏. 2023. 贵州省六枝地区某黏土型锂矿物的工艺矿物学研究 [J]. 矿冶, 32 (5): 122-129.
- 陈国勇, 范玉梅, 孟昌忠, 张海, 李再勇. 2017. 贵州威宁-赫章二叠系乐平统含铁、铝岩系的沉积环境及成矿元素富集特征 [J]. 地质与勘探, 53 (2): 237-246.
- 丛源, 肖克炎, 刘增铁, 董庆吉. 2016. 南盘江-右江 Sn-Sb-Mn-Zn-Al-Au 多金属成矿区主要地质特征及资源潜力 [J]. 地质学报, 90 (7): 1573-1588.
- 邓姝皓, 杨子萱, 杨佳逸, 杨曦, 尹翀, 韩江, 易丹青. 2016. 由扎布耶盐湖粗盐制备高纯碳酸锂新工艺研究 [J]. 无机盐工业, 48 (4): 26-30.
- 高歌, 王艳. 2015. MLA 自动检测技术在工艺矿物学研究中的应用 [J]. 黄金, 36 (10): 66-69.
- 葛祥坤, 句海玉, 赵峰华, 范光, 孙思辰, 艾钰洁. 2020. 内蒙古上打井斑岩型钼矿床绿泥石特征及成矿意义 [J]. 地质与勘探, 56 (4): 704-713.
- 贵州省地质调查院. 2013. 贵州省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社: 976-993.
- 惠博, 龚大兴, 陈伟, 赖杨. 2021. 贵州六枝地区沉积型锂矿中锂的赋存状态研究 [J]. 有色金属(选矿部分), (2): 1-4.
- 纪现华, 孟祥金, 杨竹森, 张乾, 田世洪, 李振清, 刘英超, 于玉帅. 2014. 西藏纳如松多隐爆角砾岩型铅锌矿绢云母 Ar-Ar 定年及地质意义 [J]. 地质与勘探, 50 (2): 281-290.
- 贾永斌, 于文修, 温汉捷, 罗重光, 杨光树, 杨洋, 崔燧. 2023. 滇中盆地南缘富锂黏土岩地球化学特征及沉积环境初探 [J]. 沉积学报, 41 (1): 170-182.
- 廖震, 刘玉平, 李朝阳, 叶霖, 刘世荣, 郑文勤. 2010. 都龙锡锌矿床绿泥石特征及其成矿意义 [J]. 矿床地质, 29 (1): 169-176.
- 凌坤跃, 温汉捷, 张起钻, 罗重光, 顾汉念, 杜胜江, 于文修. 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.
- 刘丽君, 王登红, 刘喜方, 李建康, 代鸿章, 闫卫东. 2017. 国内外锂矿主要类型、分布特点及勘查开发现状 [J]. 中国地质, 44 (2): 263-278.
- 毛健全, 张启厚, 毛德明, 顾尚义. 1992. 水城断陷构造演化及铅锌矿研究 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社: 1-167.
- 彭爱平. 2012. 锂工业发展现状及未来趋势 [J]. 中国金属通报, (11): 19-21.
- 任方涛, 张杰. 2013. 黔中地区铝质岩中锂的化学分离富集研究 [J]. 无机盐工业, 45 (3): 19-21.
- 沈丽璞, 宋云华, 彭昭瑞, 郭可战. 1986. 河南某地粘土矿中锂绿泥石的发现及初步研究 [J]. 矿物学报, 6 (1): 86-91.
- 宋云华, 沈丽璞, 张乃嫻, 彭昭瑞, 郭可战. 1987. 河南某粘土矿(岩)中粘土矿物及其稀土、锂等元素的初步研究 [J]. 中国科学(B辑), (2): 204-213.
- 王小雨, 毛景文, 陈彦博, 张兴康, 刘鹏, 刘石华, 方思. 2014. 粤东新寮铜多金属矿床绿泥石特征及其地质意义 [J]. 岩石矿物学杂志, 33 (5): 885-905.

- 王砚耕. 2023. 贵州主要沉积盆地类型及其成矿作用[J]. 贵州地质, 40(4): 329-334.
- 许志琴, 王汝成, 赵中宝, 付小方. 2018. 试论中国大陆“硬岩型”大型锂矿带的构造背景[J]. 地质学报, 92(6): 1091-1106.
- 杨光龙, 陈冲, 王林. 2009. 黔西北艾家坪-水城地区铅锌矿地质特征及控矿条件[J]. 贵州地质, 26(1): 31-35.
- 杨光龙. 2014. 水城铅锌矿元素组合和变化规律的统计分析[J]. 地质与勘探, 50(2): 303-310.
- 叶霖, 向震中, 吴涛, 陈军, 刘仕玉, 陈星, 黄智龙, 余加艳, 刘思辰. 2024. 贵州六枝平桥锂资源热液成因锂绿泥石的发现及意义[J]. 矿物学报, 44(1): 58.
- 张彦锋, 张杰, 陶世旭, 郑广明, 李书文, 田晓敏, 贾宝川, 裴满意, 莫家琛, 张璜, 范云峰. 2021. 河南卢氏南阳山地区稀有金属矿床矿物学特征及矿化类型[J]. 矿产勘查, 12(6): 1314-1324.
- 郑人瑞, 唐金荣, 周平, 杨利亚. 2016. 我国锂资源供应风险评估[J]. 中国矿业, 25(12): 30-37.
- 钟海仁. 2020. 重庆南川铝土矿沉积物源及含矿岩系伴生锂赋存状态和富集机理研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京): 1-80.

Characteristics of Lithium-Bearing Rocks and Occurrence States of Lithium in the Pingqiao Area of Guizhou Province

YANG Guanglong^{1,2,3}, WANG Lin¹, ZHANG Hai^{2,3}, YE Fei^{2,3}, LONG Keshu^{2,3}, GENG Qiwei³, ZENG Chao³
 (1.No.106 Brigade, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Zunyi, Guizhou 563000; 2. Guizhou Geology and Mineral Three Rare Resources Technology Co., LTD, Guiyang, Guizhou 550004; 3. Guizhou Lithium Power New Energy Technology Co., LTD., Liupanshui, Guizhou 553499)

Abstract: This work aims to determine the characteristics of lithium rocks and lithium occurrence in the Pingqiao area of Liuzhi in Guizhou Province. Comprehensive samples from the lithium alteration belt were collected from the drillhole LZK201 in the Pingqiao area, and the average Li_2O content was 0.60%. X powder crystal diffraction, scanning electron spectroscopy, spectral analysis, and MLA detection were conducted to determine the lithium rock features, chemical composition, mineral composition, textures and structures of raw ores, and the lithium occurrence states. Results show that the lithium rocks in the study area occurred in the strong silicified breccia zone and weak silicified chloritization alteration zone at the top of the Carboniferous-Permian Nandan Formation. This alteration zone was a set of strongly silicified limestone breccia, chloritization marl and silicified calcareous clay rock. The ore minerals were dominated by lithium chlorite (22.02%), kaolinite (18.30%), calcite (25.27%), quartz (24.25%), and pyrite (5.05%). The ores display altered residual texture, microgranular texture, and strip-layer structure and unidirectional block structure. The genetic type of the ores is "altered marl type". Lithium chlorite is the main lithium mineral, and is fine-grained and closely embedded with kaolinite, quartz, calcite and pyrite, displaying a complex intergrowth relationship. This study provides important geological basis for the enrichment mechanism and prospecting direction of lithium in the Pingqiao area of Guizhou, and is also of great significance for the beneficiation and metallurgical experiments of altered mudstone type lithium deposits in the area.

Key words: occurrence state, lithium chlorite, lithium rock, altered marl type, Pingqiao area, Guizhou Province