doi: 10.19388/j.zgdzdc.2024.375

引用格式:代鸿章,王登红,刘善宝,等.川西马尔康市加达锂矿找矿进展[J].中国地质调查,2025,12(3):27-36.(Dai H Z, Wang D H, Liu S B, et al. Prospecting progress of Jiada lithium deposit in Ma'erkang City in the western Sichuan Province[J]. Geological Survey of China,2025,12(3):27-36.)

川西马尔康市加达锂矿找矿进展

代鸿章¹, 王登红^{1*}, 刘善宝¹, 王成辉¹, 朱海洋², 范小东³, 梁 志^{4*}, 李 鑫⁵, 邹振威⁶, 文佳豪⁷, 高 原⁷

(1.中国地质科学院矿产资源研究所自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室,北京 100037;2.四川省第九地质大队,四川德阳 618000;3.包头市北斗地质勘查有限责任公司,内蒙古包头 014010;
4.内蒙古大中矿业股份有限公司,内蒙古巴彦卓尔 015000;5.中国地质大学(北京)地球科学与资源学院,北京 100083;6.江西省地质局第七地质大队,江西赣州 341000;7.成都理工大学地球与行星科学学院,四川成都 610059)

摘要:可尔因矿田位于松潘—甘孜造山带中部,是川西重要的稀有金属矿集区,由于以往地质工作程度较低,多数矿化信息尚未得到有效验证。近年来,在该矿田东北部新发现加达锂矿,不断创新优化勘查技术方法组合,通过1:2000 伟晶岩转石填图法和高密度电法测量、"以锂找锂"等创新技术,在加达矿区内发现含锂辉石伟晶岩脉30 余条,通过钻探工程验证,初步估算 Li₂O 潜在矿产资源超 22 万 t,提交勘查区块建议并成功出让,公益性调查成果转化取得重大成效。结合 2023 年和 2024 年最新研究及勘查成果,认为加达矿区外围及深部仍具有较大的找矿潜力和资源前景,有望新提交超大型锂矿床 1 处。项目成果为川西大型锂矿资源基地的建设提供了新的资源保障,也为我国以锂为代表的战略性新兴产业的矿产资源勘查提供了示范。

关键词:可尔因矿田;加达锂矿;找矿进展;勘查技术方法组合;资源潜力评价;勘查示范

中图分类号: P618.6 文献标志码: A 文章编号: 2095 - 8706(2025)03 - 0027 - 10

0 引言

 田的地层、构造、岩浆岩和变质作用等地质特征提供了较为详细的基础地质资料,为该区内锂资源潜力调查评价提供了直接依据。

加达矿区位于可尔因矿田东北部,行政上隶属 于马尔康市。矿区成矿地质条件较好,找矿潜力较 大,但前期地质工作程度低,多数矿化信息尚未得 到有效验证,对部分矿体只进行了少量的刻槽控 制,未对矿体探边摸底,各矿体均未达到控制或探 明程度,也未对矿石的结构构造、共伴生矿体、加工 选冶性能、开采技术条件等进行综合调查,无法对

梁志,(1987—),男,工程师,主要从事地质勘查工作。Email: 396051460@ qq. com。

收稿日期: 2024-12-09;修订日期: 2025-04-24。

基金项目:国家重点研发计划"战略性矿产资源开发利用"专项"我国西部伟晶岩型锂等稀有金属成矿规律与勘查技术(编号: 2021YFC2901900)""西部伟晶岩型黏土型锂等稀有金属成矿规律与潜力评价(编号:2021YFC2901905)"及中国地质调查局 "战略新兴产业矿产地质调查工程(编号:DD20230034)""锂铍铌钽等战略新兴矿产调查与潜力评价(编号:DD20230055)" "中国矿产地质志续编与产品服务(编号:DD20221695)""中国矿产地质志(编号:DD20190379)""中国矿产地质与成矿规律 综合集成和服务(编号:DD20160346)"项目联合资助

第一作者简介:代鸿章,(1985—),男,副研究员,主要从事矿产勘查方面的研究工作。Email: Daihz_cags@163.com。

通信作者简介:王登红,(1967一),男,二级研究员,主要从事矿产勘查方面的研究工作。Email:wangdenghong@vip.sina.com。

其开展评价,也无法确定矿床的经济价值。2016年 以来,笔者及项目组通过中国地质调查局"战略新 兴产业矿产地质调查工程""锂铍铌钽等战略新兴 矿产调查与潜力评价"等项目和国家重点研发计划 "战略性矿产资源开发利用"专项,在可尔因矿田加 达矿区及外围开展矿产专项调查,在以往地质勘查 成果的基础上,通过地质填图、物探高密度电法测 量、槽探、钻探、分析测试等工作,在加达矿区内发 现含锂辉石伟晶岩脉 30 余条,取得重要找矿进展, 并提交加达锂矿区块建议,以 42.06 亿元成功出让 (四川省自然资源厅,2023 年 8 月 16 日),保障项 目组能够继续承担加达锂矿勘查研究项目,公益性 成果转化取得重大成效。

1 研究区概况

1.1 区域地质背景

可尔因矿田在大地构造位置上位于青藏高原 东缘的松潘—甘孜造山带中部^[4-5](图1)。松潘— 甘孜造山带西侧以金沙江缝合带为界与羌塘—昌都 地块相接,北侧以东昆仑—阿尼玛卿缝合带为界与



 主要伟晶岩矿田(床); 2.晚三叠世变质沉积岩; 3.晚三叠世一 早侏罗世花岗岩类; 4.晚三叠世岩浆岩; 5.早三叠世岩浆岩;
 6.断层; 7. 逆冲断层; 8.缝合带; 9. 地名

- 图1 川西地区锂矿区域成矿背景(据文献[4]修改)
- Fig. 1 Regional metallogenic background of lithium mines in the western Sichuan Province (modified after reference [4])

东昆仑—西秦岭地块相接,东侧以龙门山逆冲断层为 界与扬子板块相接(图1)。古特提斯造山阶段,松潘— 甘孜造山带由古特提斯残余洋盆演化为褶皱造山带,与 锂矿成矿关系密切的岩浆岩主要形成于这一时期。

可尔因矿田出露地层较为简单,主要为三叠系 西康群复理石碎屑岩建造,包括中三叠统杂谷脑组 (T₂z)及上三叠统侏倭组(T₃zh)、新都桥组(T₃xd)、 罗空松多组(T₃lk)(图2),局部被全新统(Qh)和更 新统(Qp)覆盖。

可尔因矿田构造十分发育,主要形成于印支末 期的褶皱造山运动,矿区周缘地区的主要构造形迹 有 NWW 向、NW 向、EW 向构造及弧形构造等。其 中对区域控矿有意义的主要褶皱构造为可尔因复 式背斜,主要断裂构造为 NE 向的逆冲断层,包括可 尔因逆冲断层(F₁)与观音桥逆冲断层(F₂)^[7-13]。

可尔因矿田内岩浆活动呈现出高强度特征,岩 浆活动类型以印支—燕山期中酸性岩浆侵入为主 (图2)。可尔因复式岩体由石英闪长岩、黑云母二 长花岗岩、黑云母钾长花岗岩、二云母二长花岗岩、 白云母钠长花岗岩组成,其中二云母二长花岗岩为 可尔因复式岩体的主岩相,依据粒度大小及矿物成 分可进一步细分为细粒相与中粒相,白云母钠长花 岗岩仅局部出露于矿田东南部(图2)。其中,太阳河 岩体与可尔因岩体呈岩基状产出形式,而其余岩体 多以独立岩株形态存在,并沿复武背斜轴部侵入三 叠系。岩体长轴方向大体与区域应力构造裂隙走向 相契合,归属于构造岩浆岩范畴^[9],主体为花岗岩 体。在这些岩体中,可尔因复式岩体与稀有金属成 矿联系较为紧密。可尔因复式岩体周边数千米至十 余千米的区域内,花岗伟晶岩脉数量达上千条,其分 布呈显著的成群成带格局,且具有清晰的水平与垂 直分带现象。目前在可尔因复式岩体周缘已勘查出 多个中型、大型至超大型锂辉石矿床,主要包括李家 沟、观音桥、业隆沟、党坝及加达等矿床^[13-15]。

矿田内变质作用主要体现为区域变质,岩浆热 液接触变质次之,还有少量构造蚀变现象。区域变 质处于低级变质程度,其原岩多为杂谷脑组上段至 新都桥组中的泥质岩石、长英质岩石以及钙、镁含量 较高的泥砂质岩石。热接触变质属于中级变质程 度,主要出现在岩体外接触带以及外围伟晶岩发育的 区域,是围绕岩体(脉)而产生的接触变质作用。动力 变质因断裂性质不同而使变质程度存在差异,通常为 低级变质程度,不过也有部分岩石处于中级变质程度。



 上三叠统罗空松多组; 2. 上三叠统新都桥组; 3. 上三叠统侏倭组; 4. 中三叠统杂谷脑组; 5. 白云母钠长花岗岩; 6. 细粒二云母二 长花岗岩; 7. 中粒二云母二长花岗岩; 8. 黑云母钾长花岗岩; 9. 黑云母二长花岗岩; 10. 石英闪长岩; 11. 钠长石锂辉石型伟晶岩脉; 12. 其他类型伟晶岩脉; 13. 捕掳体; 14. 代表性锂矿床; 15. 断层; 16. 逆冲断层及编号; 17. 可尔因复式背斜; 18. 河流; 19. 地名 图 2 可尔因矿田区域地质简图(据文献[6]修改)

Fig. 2 Regional geological sketch of Ke'eryin ore field (modified after reference [6])

1.2 矿区地质特征

加达矿区出露地层较为简单,主要发育中生 界,仅出露上三叠统侏倭组(T₃zh),属浅海 - 滨海 相的类复理石碎屑岩建造(图3)。矿区构造主要 包含褶皱及断裂,在研究区中部存在一个复式背 斜,即加达倾没背斜,其轴线沿157°的方向延展 分布,朝北东方向倾伏,轴面近乎处于直立状态, 其与地形、地貌等要素共同控制着侏倭组(T_szh)、 杂谷脑组(T,z)的分布,背斜北东翼的倾角为 11°~23°, 南西翼的倾角为 12°~22°, 背斜的核部 由变质长石石英砂岩构成,翼部则为侏倭组 (T,zh)相互夹杂的黑云母变质长石石英砂岩与砂 质板岩。矿区内的断裂构造发育程度较低且规模 较小,仅在局部区域出露,其被后期形成的石英所 填充,进而形成石英脉,石英脉宽1~100 mm,长 1~20 m。加达矿区西北部出露可尔因复式岩体, 呈岩基产出,与地层界线较清晰,岩性为二云母二 长花岗岩及伟晶岩相花岗岩,矿区深部尚未揭露。 脉岩主要为花岗伟晶岩脉,类型主要包括微斜长 石型、钠长石型、钠长石锂辉石型和锂云母型,另 发育少量石英脉(表1)。矿区内发现40余条伟 晶岩脉,以加达沟为界,沟北伟晶岩脉主要沿 NE 向产出,倾向北西,沟南伟晶岩脉主要呈 NW 向产 出,倾向北东。伟晶岩脉中普遍含锂、铍、钽、铌, 是区内主要含矿岩脉,伟晶岩脉长度为 30 ~ 500 m,脉体厚度为0.5~20 m,伟晶岩脉形态较简 单,多为脉状、透镜状等,脉体形态变化较小,矿化 主要为锂辉石化,区内伟晶岩脉多为全岩矿化,锂 辉石产出较均匀,找矿潜力较大^[8-9,11]。

通过近年地表填图工作,在工作区共发现伟晶 岩脉40余条,其中含锂辉石脉体30条(图3,图4 (a),(b))。主要矿体为36、62、63、66、69、72、84、 90号等矿体,矿化均匀,矿体分布集中,主要矿体特 征见表1。

加达锂矿的矿石工业类型为钠长锂辉石花岗 伟晶岩(图4(c),(d))。矿石结构包括半自形-它 形晶结构、交代结构、伟晶结构、碎裂结构、包含结 构等,矿石构造包括块状构造、斑杂状构造、条带状 构造、浸染状构造。矿石矿物包括锂辉石(10%~ 30%)、锂云母(1%~5%)、铌钽铁矿(<1%)等, 以及微量绿柱石、天河石等;脉石矿物包括钠长石 (50%~60%)、微斜长石(1%~10%)、石英(15%~



 第四系; 2. 上三叠统侏倭组二段; 3. 上三叠统侏倭组一段; 4. 二云母二长花 岗岩; 5. 伟晶岩相花岗岩; 6. 白云母花岗岩脉; 7. 白云母微斜长石伟晶岩;
 8. 白云母钠长石伟晶岩; 9. 钠长石锂辉石伟晶岩; 10. 钠长石锂云母伟晶岩;
 11. 基性岩脉; 12. 加达倾没背斜; 13. 地层界线; 14. 水系; 15. 钻孔布设位置及 编号; 16. 路线采样位置及 Li 同位素,%e; 17. 推断 Li 同位素等值线,%e; 18. 等 温线, ℃; 19. 勘探线及编号; 20. 推测流体运移方向; 21. 钻孔施工区域

图 3 加达矿区地质简图

Fig. 3 Geological sketch of Jiada mining area

表1 加达矿区主要锂辉石矿体特征

Tab.1 Characteristics of main spodumene ore bodies in Jiada mining area

脉体编号	长度/m	厚度/m	产状/(°)		形太	平均品位/%		
			倾向	倾角	形态 -	Li ₂ O	BeO	$(Nb,Ta)_2O_5$
36 - 1	1 068	10.5 ~ 20.85	325°	55°	脉状	1.68	0.053	0.020 0
36 - 2	622	2.87~7.98	325°	84°	脉状	0.48	0.047	0.024 0

绩表

脉体编号	长度/m	厚度/m	产状/(°)			平均品位/%		
			倾向	倾角	- 形念	Li ₂ O	BeO	$(Nb,Ta)_2O_5$
36 - 3	377	4.92	325°	80°	透镜状	1.35	0.049	0.025
36 - 4	380	9.95	325°	72°	透镜状	1.66	0.053	0.029
36 - 5	1 118	3.72	325°	69°	脉状	1.12	0.044	0.023
36 - 6	396	30.48	325°	70°	透镜状	1.52	0.048	0.028
62 – 1	250	$4 \sim 20$	走向 234°	-	脉状	2.44	0.30	0.010
62 – 2	315	5	走向 222°	-	脉状	2.51	0.04	0.015
62 – 5	50	2	260°	86°	透镜状	2.46	0.040	0.010
62 - 6	169	5	58°	75°	脉状	1.62	0.062	0.014
62 – 7	95	8	60°	70°	脉状	2.81	0.053	0.017
63	420	16.0 ~23.5	走向 325°	-	脉状	1.26	0.05	0.020
65	214	4	走向 324°	-	脉状	1.24	0.05	0.020
66	405	$4.4 \sim 10.0$	50°	65°	脉状	1.29	0.045	0.020
67	90	4	走向 341°	-	脉状	1.84	0.10	0.020
69	500	2~12	260°	85°	脉状	1.52	0.045	0.021
70	35	3.5	247°	78°	透镜状	1.22	0.065	0.030
71	58	5	70°	85°	透镜状	0.63	0.050	0.027
72	400	3~8	走向 331°	-	脉状	1.89	0.05	0.024
73	25	5	走向 340°	-	透镜状	1.22	0.05	0.017
74	40	4	走向 340°	-	透镜状	2.43	0.04	0.010
75	20	4	走向 343°	-	透镜状	2.54	0.04	0.015
79	35	2	走向 20°	-	透镜状	1.86	0.03	0.020
81	37	2	205°	74°	透镜状	1.58	0.020	0.002
82	20	2	走向 300°	-	透镜状	1.61	0.06	0.022
83	20	2	255°	71°	透镜状	1.49	0.080	0.010
84	160	4.5	210°	76°	脉状	1.21	0.061	0.020
85	50	5.8	250°	73°	透镜状	1.82	0.054	0.020
87	150	8	270°	80°	脉状	1.82	0.048	0.016
90	80	2~4	357°	74°	脉状	1.55	0.060	0.021

注:"-"为无数据。



(a) 加达矿区北部伟晶岩脉



(b) 加达矿区南部伟晶岩脉



(c) 含铁锰氧化物钠长石锂辉

石型伟晶岩



(d) 钠长石锂辉石型伟晶岩

图 4 加达矿区典型伟晶岩脉地表露头及标本照片

Fig. 4 Typical surface outcrops and specimen photos of pegmatite veins in Jiada mining area

20%)、白云母(5%)等,副矿物包括锡石、磷灰石、电气石等。

矿石中有益组分以 Li₂O 为主,伴生 Be、Nb、Ta、 Sn 等可综合利用元素,锂矿化连续,达工业矿体要求 的锂辉石矿化在伟晶岩脉中连续分布,贫化带一般 分布于伟晶岩脉边部的细粒云英岩结构带,其中 Nb、Ta 含量基本达伴生组分要求的边界品位,Be、Sn 等含量也达伴生有益组分要求的边界品位,但属难 单独回收利用矿物。矿石中有害成分含量低,如全 Fe含量为1.13%~2.50%、P₂O₅含量为0.097%~ 0.157%,基本不影响矿石产品质量。

2 研究方法

针对加达矿区高海拔、深切割、厚覆盖等地质 情况,创新采用"3 定 2 参"1:2 000 伟晶岩转石填 图法,快速圈定伟晶岩转石带,确定伟晶岩类型。 通过高密度电法测量圈定的陡倾高阻异常可判断 脉体倾向,该方法对于判断伟晶岩露头之间的隐伏 岩脉及其连续性等特征效果显著,也可为钻探工程 部署提供参考。通过合理调整钻孔开孔角,钻探工 程在深部控制多条伟晶岩盲脉。运用 Li 同位素 "以锂找锂"深部探测技术方法,可以快速判别成矿 流体运移方向,识别矿化中心^[16-20]。

"3 定 2 参"1:2 000 伟晶岩转石填图法是通过确 定伟晶岩脉的产状及地形条件来圈定靶区的找矿方 法,该方法能快速有效地识别伟晶岩转石的类型,对 于第四系覆盖严重并且有大量伟晶岩转石分布的地 区,找矿效果尤为显著。刘善宝等^[20]在四川甲基卡 矿田日西柯矿区成功示范该方法,并进一步推广应用 至以深切割、厚覆盖为主要找矿难点的可尔因矿田。

高密度电法是一种阵列勘探方法,该方法以岩 (矿)石导电性的差异为基础,研究在人工施加稳定 电流场的作用下地中传导电流的分布规律。项目 组将γ总量以及高密度电法两类方法结合起来圈 定伟晶岩脉,并已取得国家发明专利^[21]。

"以锂找锂"是项目组利用 Li 同位素填图新技 术摸索出的一套全新的同位素地质调查方法,该方 法根据 Li 同位素的空间分布特征寻找锂矿,查明其 中⁶Li 的资源特征,即通过 Li 同位素的变化规律来指 导深部找矿^[22-23]。Li 是自然界中最轻的金属元素, 其同位素⁶Li 和⁷Li 的分馏效应显著,含矿伟晶岩、不 含矿伟晶岩与围岩之间的 Li 同位素组成存在明显的 差异,造成这种差异的根本原因在于 Li 的分馏机制: 稳定锂矿物的存在使 Li 同位素的值保持在一个较为 稳定的水平,而⁶Li 较⁷Li 更容易进入固相,致使含矿 伟晶岩 δ⁷Li 值呈稳定的负值,相对富集轻 Li 同位 素^[24-25]。目前"以锂找锂"深部探测技术已在甲基 卡、加达等矿区应用并取得重大找矿突破。

3 找矿进展及成果转化应用

项目组自2016年起,在可尔因矿田开展1:5万 矿产地质调查工作,通过在可尔因核心区外围圈定 找矿靶区4处,并在加达重点工作区完成1:2000专 项地质测量8km²,机械岩心钻探2610.04m(包含 2019年、2020年和2023年),对矿(化)体进行地表 控制,结合高密度电法测量大致查明矿(化)体数 量、规模、产状、品位及厚度变化特征。采用钻探对 矿(化)体进行深部验证,结合化学分析,圈定锂铍 稀有金属矿体,了解矿体深部延伸及品位变化情况,在可尔因复式岩体东北部地区新发现加达大型 规模锂矿产地,取得找矿重要新进展。

项目组不断优化完善适用于高海拔深切割地 区技术方法组合,通过创新开展的"三定两参" 1:2 000 伟晶岩转石填图、"以锂找锂""法线勘查" 及以钻代槽示范,已逐渐破解厚覆盖、露头差、深切 割高原地区找矿部署瓶颈。在马尔康市加达矿区, 通过"三定两参"1:2 000 伟晶岩转石填图累计新发 现含锂辉石伟晶岩脉 30 余条。地表伟晶岩脉断续 出露长度为30~500 m,宽度为2~10 m,走向主要 为NW向(图3)。高密度电法测量对揭示相对浅 源的深部隐伏伟晶岩锂矿体具有一定的指示意义 (图5,图6)。结合生态环保要求,研发了"模块 化 - 机动化 - 快速化 - 轻巧化 - 无污化"岩心钻探 绿色勘查技术方法并全过程应用,创新提出以"法 线勘查"为原则开展以钻代槽绿色勘查示范,累计 施工10个钻孔。其中,2019年在矿区北部36号脉 群施工4个钻孔(ZK001、ZK002、ZK801、ZK701), 矿体 Li₂O 平均品位超 1.3%,估算 Li₂O 潜在矿产 资源约13万t。2020年和2023年共在矿区南部施 工 6 个钻孔(ZK107 - 1、ZK107 - 2、ZK107 - 3、 ZK107-4、ZK115-1、ZK123-1),矿体 Li,0 平均品 位超1.2%,估算Li₂O潜在矿产资源约9万t。通过



mining area





布设的钻探工程验证,初步估算加达矿区内 Li₂O 潜在矿产资源超 22 万 t,结合 2023 年和 2024 年最 新的勘查成果,资源量可达超大型锂矿床规模,为 川西大型锂矿资源基地建设提供了新的资源保障。 上述项目成果带动加达锂矿以 42.06 亿元由政府 出让探矿权,并由中国地质科学院矿产资源研究所 继续承担后续勘查评价工作,成果转化成效显著。

需要强调的是,项目组首创并成功实践 Li 同 位素"以锂找锂"深部探测技术方法^[17],提出以锂 找锂新思路和技术路线,即根据 Li 异常寻找锂矿, 找到矿体后查明其 Li 同位素组成及总量,再根据 Li 同位素规律寻找新的、尤其是隐伏的锂矿。结果 表明:锂辉石中的 Li 同位素组成具有一定的空间 规律,即靠近岩体一端的伟晶岩中锂辉石具有更轻 的 Li 同位素组成,远离岩体的一端则具有相对重 的 Li 同位素组成。锂辉石原位 Li 同位素组成的空 间分布特征指示加达锂矿区以 36 号脉群为代表的 北部矿带和以 62 号脉群为代表的南部矿带东部深 部及外围仍具有巨大的成矿潜力。2023 年,在加达 矿区外围马纳找矿靶区及矿区内深部开展钻探,持 续揭露厚大含锂辉石伟晶岩脉体(图7),"以锂找 锂"指导深部找矿取得显著成效。相关数据显示加 达矿区内还有极大增储空间,矿区深部及外围找矿 有望取得更大突破。

此外,2023年和2024年,项目组承担的勘查项 目重点围绕矿区北部36号脉群开展深部验证,直 接部署超4万m钻探,目前已取得重大找矿进展, 矿区北部主矿脉在走向上延伸超1.4km,倾向上矿 体最大埋深超500m。总体上,随着海拔变化,锂辉 石晶体粒度呈现规律性变化,在海拔3800~ 4100m,锂辉石晶体相对细小,长3~8cm,宽 0.3~0.8cm,具定向排列。随着海拔降低,锂辉石 晶体逐渐变得粗大,无规则排列。矿体由浅部到深 部规模变大,但矿化有逐渐减弱的趋势。



图 7 加达矿区北部 ZK001 岩性柱状图及 Li 含量、Li 同位素、电阻率 Fig. 7 lithological histogram, lithium content, lithium isotopes, and resistivity of ZK001 in the northern Jiada mining area

4 结论

(1)项目组通过1:2000 伟晶岩转石填图法、 高密度电法测量、"以锂找锂"等创新技术,在可尔 因矿田新发现加达锂矿,矿区内目前已发现含锂辉 石伟晶岩脉30余条,通过钻探验证,对新发现矿体 深部产状及延伸特征进行了有效控制,取得花岗伟 晶岩型锂矿找矿重要新进展,初步估算Li₂O 潜在 矿产资源超22万t。

(2)通过"三位一体"综合调查实现对可尔因矿 田找矿快速突破,提交勘查区块建议并成功出让,公 益性调查成果转化取得重大成效,最新研究及勘查 项目成果显示加达锂矿区外围及深部仍具有较大的 找矿潜力和资源前景,有望新提交超大型锂矿床1 处。项目成果为川西国家级大型新能源资源基地的 建设提供了资源保障,有力助推松潘—甘孜成锂带 内锂多金属调查评价及勘查工作,对引领全国战略 性新兴产业矿产调查具有示范作用。

参考文献(References):

 [1] 王登红,代鸿章,刘善宝,等.中国锂矿十年来勘查实践和理 论研究的十个方面新进展新趋势[J].地质力学学报,2022, 28(5):743-764.

Wang D H, Dai H Z, Liu S B, et al. New progress and trend in ten aspects of lithium exploration practice and theoretical research in China in the past decade [J]. Journal of Geomechanics, 2022, 28(5):743-764.

- [2] Wang D H, Dai H Z, Liu S B, et al. Research and exploration progress on lithium deposits in China [J]. China Geology, 2020, 3(1):137-152.
- [3] 谭锡畴,李春昱.四川西康地质志[M].北京:地质出版社, 1959:1-20.

Tan X C, Li C Y. Geology of Xikang, Sichuan [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1959:1 - 20.

- [4] 许志琴,侯立玮,王宗秀,等. 中国松潘—甘孜造山带的造山 过程[M].北京:地质出版社,1992:1-202.
 Xu Z Q, Hou L W, Wang Z X, et al. Orogenic Processes of the Songpan Ganze Orogenic Belt of China [M]. Beijing: Geology Press,1992:1-202.
- [5] 许志琴,王汝成,赵中宝,等. 试论中国大陆"硬岩型"大型锂 矿带的构造背景[J]. 地质学报,2018,92(6):1091-1106.
 Xu Z Q, Wang R C, Zhao Z B, et al. On the structural backgrounds of the large - scale "Hard - rock Type" lithium ore belts in China[J]. Acta Geologica Sinica,2018,92(6):1091-1106.
- [6] Dai H Z, Wang D H, Liu S B, et al. Newly discovered euxenite and polycrase in the Jiada pegmatite – type lithium deposit, Ke'eryin Lithium Ore Field, and its geological significance [J]. Acta Geologica Sinica – English Edition, 2021, 95(5); 1782 – 1783.
- [7] 唐波.川西可尔因地区锂辉石矿床成矿地质特征及成矿规 律[D].成都:成都理工大学,2019:1-81.
 Tang B. The Spodumene Deposit Metallogenic Geological Characteristics and Metallogenic Regularity in Keeryin Area, Western Sichuan[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2019:

1-81.

- [8] 费光春,杨峥,杨继忆,等.四川马尔康党坝花岗伟晶岩型稀 有金属矿床成矿时代的限定:来自LA-MC-ICP-MS锡石 U-Pb定年的证据[J].地质学报,2020,94(3):836-849.
 Fei G C, Yang Z, Yang J Y, et al. New precise timing constraint for the Dangba granitic pegmatite type rare - metal deposit, Markam, Sichuan Province, evidence from cassiterite LA - MC -ICP - MS U - Pb dating [J]. Acta Geological Sinica, 2020, 94(3):836-849.
- [9] 李鑫,代鸿章,王登红,等.四川阿坝可尔因锂矿田成矿规律 与成矿预测[J].岩石学报,2024,40(9):2819-2840.
 Li X,Dai H Z, Wang D H, et al. Metallogenic regularity and exploration prediction of the Ke'eryin lithium ore field in Aba, Sichuan[J]. Acta Petrologica Sinica,2024,40(9):2819-2840.
- [10] 马圣钞,王登红,刘善宝,等.综合勘查方法在硬岩型锂矿找 矿中的应用——以马尔康稀有金属矿田加达锂矿为例[J].
 地质学报,2020,94(8):2341-2353.

Ma S C, Wang D H, Liu S B, et al. The application of comprehensive prospecting methods on the hard rock type lithium deposit: A case study of the Jiada lithium mine in the Maerkang rare metals orefield[J]. Acta Geologica Sinica, 2020,94(8):2341 - 2353.

[11] 李建康. 川西典型伟晶岩型矿床的形成机理及其大陆动力学 背景[D]. 北京:中国地质大学(北京),2006:1-226.

Li J K. Mineralizing Mechanism and Continental Geodynamics of

Typical Pegmatite Deposits in Western Sichuan, China [D]. Beijing; China University of Geosciences (Beijing), 2006:1-226.

- [12] 古城会.四川省可尔因伟晶岩田东南密集区锂辉石矿床成矿规律[J].地质找矿论丛,2014,29(1):59-65.
 Gu C H. Metallogenic regularity of spodumene deposits in the closely spaced pegmatite area in the southeastern Keeryin pegmatite field, Sichuan Province[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources,2014,29(1):59-65.
- [13] Li J K, Yan Q G, Li P, et al. Formation of granitic pegmatites during orogenies: Indications from a case study of the pegmatites in China[J]. Ore Geology Reviews, 2023, 156:105391.
- [14] Li X, Dai H Z, Huang F, et al. Genesis of the Jiada pegmatite lithium deposit in the Ke'eryin ore field, Western Sichuan, China: Evidence from whole – rock trace element and Li isotope[J]. Ore Geology Reviews, 2024, 170:106106.
- [15] Li X, Dai H Z, Wang D H, et al. Geochronological and geochemical constraints on magmatic evolution and mineralization of the northeast Ke'eryin pluton and the newly discovered Jiada pegmatite – type lithium deposit, Western China [J]. Ore Geology Reviews, 2022, 150:105164.
- [16] 王登红,代鸿章,刘善宝,等.中国锂矿的多旋回深循环内外 生一体化成矿理论及其找矿应用[J].地质学报,2024, 98(3):889-897.
 Wang D H, Dai H Z, Liu S B, et al. The "multi - cycle, deep circulation, integration of internal and external" theory of lithium deposits and its prospecting applications in China[J]. Acta Geologi-
- [17] 王登红,孙艳,刘喜方,等. 锂能源金属矿产深部探测技术方法与找矿方向[J].中国地质调查,2018,5(1):1-9.
 Wang D H, Sun Y, Liu X F, et al. Deep exploration technology and prospecting direction for lithium energy metal[J]. Geological Survey of China,2018,5(1):1-9.

ca Sinica, 2024, 98(3);889-897.

- [18] 王登红,刘丽君,侯江龙,等. 初论甲基卡式稀有金属矿床"五 层楼+地下室"勘查模型[J]. 地学前缘,2017,24(5):1-7.
 Wang D H,Liu L J,Hou J L, et al. A preliminary review of the application of "Five levels + Basement" model for Jiajika – style rare metal deposits[J]. Earth Science Frontiers,2017,24(5):1-7.
- [19] 王登红,代鸿章,刘善宝,等.中国战略性关键矿产勘查开发进展与新一轮找矿的建议[J].科技导报,2024,42(5):7-25.
 Wang D H, Dai H Z, Liu S B, et al. Progress in strategic critical minerals exploration and production and proposals for a new round of prospecting in China[J]. Science & Technology Review,2024, 42(5):7-25.
- [20] 刘善宝,王成辉,王登红,等.四川甲基卡锂矿伟晶岩转石分布区"3定2参"大比例尺填图法及其在青藏高原应用的意义[J].地质学报,2020,94(1);326-332.
 Liu S B,Wang C H,Wang D H,et al. The "3D2R BP" large scale mapping method for blocks of pegmatite in the Jajika deposit, westerm Sichuan, and significance of its application in the Qinghai Tibet Plateau[J]. Acta Geologica Sinica, 2020,94(1);326-332.
- [21] 四川省核工业地质局二八二大队. 基于 y 总量及高密度电法测

量下的伟晶岩锂矿的圈定方法:中国,2019 11116736.4 [P/OL]. (2020 - 02 - 07) [2025 - 04 - 02]. https://www.patenthub.cn/user/login.html? referer = https% 3A% 2F% 2Fwww.patenthub.cn% 2Fzhuanli% 2Fpatent - 16239 - CN110764163A - 2254ea72d1e51b55d18a4ab1cba6005b.html&reason = blocked. The Ninth Geological Brigade of Sichuan Province. Method for delineating pegmatite lithium ore based on total amount of gamma and high - density electrical method: China, 201911116736.4 [P/OL]. (2020 - 02 - 07) [2025 - 04 - 02]. https://www.patenthub.cn/user/login.html? referer = https% 3A% 2F% 2Fwww.patenthub.cn% 2Fzhuanli% 2Fpatent - 16239 - CN110764163A - 2254ea72d1e51b55d18a4ab1cba6005b.html&reason = blocked.

[22] 王登红,代鸿章,孙艳,等. 锂能源金属矿产深部探测理论与 实践[M].北京:地质出版社,2023.

Wang D H, Dai H Z, Sun Y, et al. Theory and Practice of Deep Exploration of Lithium Energy Metal Minerals[M]. Beijing: Geology Press, 2023.

- [23] 王登红,代鸿章,于扬.大型锂资源基地调查评价的理论、方法与实践——以川西甲基卡超大型锂矿为例[M].北京:科学出版社,2021.
 Wang D H, Dai H Z, Yu Y. Theory, Method, and Practice of Investigation and Evaluation of Large Lithium Resource Bases: A Case Study of the Jiajika Super Large Lithium Mine in Western Sichuan [M].
- [24] 王登红,孙艳,刘喜方,等. 锂能源金属矿产深部探测技术方法与找矿方向[J]. 中国地质调查,2018,5(1):1-9.
 Wang D H, Sun Y, Liu X F, et al. Deep exploration technology and prospecting direction for lithium energy metal[J]. Geological Survey of China,2021,5(1):1-9.

Beijing: Science Press, 2021.

[25] 王登红,孙艳,周四春,等. 锂能源金属矿产基地深部探测技术示范项目进展[J]. 矿床地质,2021,40(4):641-654.
Wang D H,Sun Y,Zhou S C, et al. Progress of the deep exploration technology demonstration project for lithium energy metal mineral base[J]. Mineral Deposits,2021,40(4):641-654.

Prospecting progress of Jiada lithium deposit in Ma'erkang City in the western Sichuan Province

DAI Hongzhang¹, WANG Denghong¹, LIU Shanbao¹, WANG Chenghui¹, ZHU Haiyang², FAN Xiaodong³, LIANG Zhi⁴, LI Xin⁵, ZOU Zhenwei⁶, WEN Jiahao⁷, GAO Yuan⁷

(1. MNR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. The Ninth Geological Brigade of Sichuan Province, Deyang Sichuan 618000, China;

 Baotou Beidou Geological Exploration Co., Ltd., Baotou Inner Mongolia 014010, China; 4. Inner Mongolia Dazhong Mining Co., Ltd., Bayanzhuoer Inner Mongolia 015000, China; 5. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 6. The Seventh Geological Brigade of Jiangxi Provincial Geological Bureau, Ganzhou Jiangxi, 341000, China; 7. School of Earth and Planetary Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China)

Abstract: Ke'ergin ore field is located in central Songpan – Ganzi orogenic belt, as a key rare metal ore concentration area in the western Sichuan Province. Due to historically limited geological work, most of the mineralization information has not been effectively verified. In recent years, Jiada lithium deposit in the northeastern part of this ore field was discovered. And more than 30 spodumene – bearing veins in Jiada mine area were discovered by continuous innovation and optimization of exploration methodologies, 1:2 000 pegmatite float boulder mapping, high – density resistivity survey and lithium – tracing exploration. Preliminary drilling verification indicates Li₂O resources exceeding 220 000 t. The proposed exploration blocks were successful transferred, and significant public geological survey results were converting into economic value. The lateral extensions and deep exploration of Jiada mining area show promising potential for prospecting based on 2023 – 2024 advancements, and it's expected to newly discover a new super – large lithium deposit. These achievements could not only provide critical resource support for constructing the western Sichuan's lithium mining base, but also establish a benchmark for strategic mineral exploration in China's emerging industries.

Keywords: Ke'eryin ore field; Jiada lithium deposit; prospecting progress; combination of exploration technology methods; resource potential evaluation; exploration demonstration