

doi: 10.12097/gbc.2024.03.003

中国锂资源供需现状与资源保障程度研究

文佳豪¹, 代鸿章^{2*}, 陈翠华¹, 李鑫³, 刘善宝², 王成辉², 高原¹
WEN Jiahao¹, DAI Hongzhang^{2*}, CHEN Cuihua¹, LI Xin³, LIU Shanbao²,
WANG Chenghui², GAO Yuan¹

1. 成都理工大学地球与行星科学学院, 四川 成都 610059;

2. 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;

3. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083

1. School of Earth and Planetary Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China;

2. MNR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

3. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

摘要:【研究目的】锂作为一种具有战略价值的新兴关键金属矿产,近年来越发受到世界各国的广泛关注。本文分析中国锂资源供需现状及保障程度,为保障中国锂资源安全提供依据。【研究方法】本次研究全面梳理了中国锂资源的特征、勘查研究进展和开发利用情况,结合国内锂资源供给与需求形势、进出口情况,分析了中国锂资源供需现状、未来需求和保障程度,并就当前勘查形势提出建议。【研究结果】总的来说,当前中国锂资源相当丰富,近年来随着勘查程度的不断加大,锂资源储量得以提升,但锂资源禀赋较差,部分优质锂资源未得到充分开发利用。近年来随着新能源汽车行业的迅猛发展,作为全球第一大锂资源消费国和重要的锂产品生产国,国内锂资源供给与需求快速增长。中国长期依赖国外进口锂矿,对外依存度较高,供应体系面临一定风险,保障形势较严峻,同时锂产业链仍存在产业秩序不规范、回收体系不完备等问题。【结论】未来需加强科技创新,注重上游资源向下游高端产品的应用转化,优化锂产业链布局,加强国内勘查开发力度,将重心放在国内市场,同时国际市场依然不能放弃,实现国内国际市场协同开发。

关键词: 资源储量; 锂矿; 产量; 供需现状; 保障程度

创新点: (1) 广泛搜集国内外锂资源数据,对中国供需现状进行梳理分析; (2) 依据未来新能源汽车总产量及其单车消耗量对中国锂资源的未来需求进行预测,为保障中国锂资源安全供应提供参考依据。

中图分类号: P618.71 文献标志码: A 文章编号: 1671-2552(2025)02/03-0245-14

Wen J H, Dai H Z, Chen C H, Li X, Liu S B, Wang C H, Gao Y. The supply and demand status and resource guarantee degree of lithium in China. *Geological Bulletin of China*, 2025, 44(2/3): 245-258

Abstract: [Objective] Lithium, an emerging key metal mineral of strategic value, has garnered increasing attention from countries worldwide in recent years. This paper aims to analyze the supply-demand situation and guarantee degree of lithium resources in China, with the goal of ensuring the secure supply of lithium resources in the country. [Methods] This study undertakes a comprehensive and systematic collation of the inherent characteristics of lithium resources in China, the advancements in exploration and research endeavors, as well as the development and utilization status of lithium resources. By integrating and meticulously analyzing the

收稿日期: 2024-03-01; 修订日期: 2024-05-21

资助项目: 国家重点研发计划《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, 2021YFC2901905), 中国地质调查局项目《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工程》(编号: DD20230055)、《中国矿产地质志》(编号: DD20221695)

作者简介: 文佳豪(2001-), 男, 硕士, 矿产普查与勘探专业。E-mail: wenjiahao@stu.cdut.edu.cn

* 通信作者: 代鸿章(1985-), 男, 博士, 副研究员, 从事矿产勘查研究工作。E-mail: Daihz_cags@163.com

domestic supply-demand dynamics of lithium resources, along with the import-export scenarios, it delves into the current supply-demand configuration, future demand projections, and the degree of resource security assurance. Based on this in - depth analysis, targeted suggestions are proffered to address the existing situation, aiming to provide practical guidance for policy-making and industrial development. **[Results]** Overall, China currently possesses a relatively abundant reserve of lithium resources. With the continuous intensification of exploration activities in recent years, the proven lithium resource reserves in China have witnessed a notable expansion. Nevertheless, the endowment of lithium resources in China exhibits certain deficiencies. Specifically, some high - quality lithium resources remain under - explored and under-utilized, mainly due to technological constraints and complex geological conditions. In recent years, propelled by the burgeoning development of the new-energy vehicle industry, as the world's largest consumer of lithium resources and a significant producer of lithium-based products, the domestic supply and demand of lithium resources have experienced a rapid upsurge. China has long been highly dependent on imported lithium ore, with a high degree of external reliance. This situation exposes the domestic supply system to certain risks, and the resource security guarantee situation is rather grave. Additionally, the lithium industry chain is plagued by issues such as an unregulated industrial order, which is manifested in price fluctuations and unfair competition, and an incomplete recycling system, leading to inefficient resource utilization and environmental concerns. **[Conclusions]** Looking ahead, it is imperative to prioritize scientific and technological innovation. This involves not only focusing on the transformation from upstream resource acquisition to downstream high-end product applications but also optimizing the spatial and industrial layout of the lithium industry chain. Strengthening domestic exploration and development efforts is crucial, with an emphasis on the domestic market. However, the international market should not be overlooked. A coordinated development model between the domestic and international markets is essential to achieve long-term stability and sustainable development of the lithium resource - related industries. This requires the joint efforts of the government, enterprises, and research institutions to formulate and implement effective policies and strategies.

Key words: resource reserve; lithium deposit; yield; current supply and demand situation; degree of guarantee

Highlights: (1) Extensively collect lithium resource data at home and abroad, and analyze the current supply and demand situation in China; (2) Based on the future total output of new energy vehicles and their per-vehicle consumption, the future demand for China's lithium resources is estimated, providing a reference for ensuring the safe supply of China's lithium resources.

锂作为重要的关键矿产资源,广泛应用于航空航天、核工业、生物医药、电子、冶金、农业等领域。21 世纪以来,伴随着锂在新能源领域的广泛应用,尤其是在锂离子电池等方面的应用,国内外对锂资源的需求量日益高涨,因此其被誉为“21 世纪能源金属”(李建康等, 2014; 王登红等, 2022)。

前人对中国锂的资源特征、勘查开发现状、提锂技术现状、供需现状、相应对策等方面进行了详细的研究并取得重要的进展(韩佳欢等, 2021; 王登红等, 2022, 2023a; 王核等, 2022; 唐珏等, 2023; 邢凯等, 2023; 郑绵平等, 2023; 刘雪等, 2024; 郑明贵等, 2024)。近年来随着新能源汽车等战略新兴产业的迅猛发展,中国锂产业也迎来了快速增长期,锂资源作为关键性原材料,其需求量持续攀升。尽管中国锂资源分布广泛,资源储量亦较大,但资源禀赋不高,同时受开采条件、提取技术等多方面的限制,中国锂资源供给仍明显不足,每年需向国外进口大量锂辉石精矿和锂盐产品,锂矿对外依存度居高不下。因此,对中国锂资源供需现状和保障程度进行

分析评价,对于保障未来锂产业安全发展具有重要意义。本文通过广泛收集锂矿资源的相关数据,对中国锂资源特征、供需现状、资源保障程度进行了分析,提出了对未来发展的展望和建议。

1 中国锂资源概况

1.1 资源概况

世界锂资源非常丰富,截至 2024 年 1 月,全球已查明锂资源总量约 1.05×10^8 t, 储量约 2800×10^4 t (金属锂当量)(USGS, 2024)。其中,中国已查明资源量为 680×10^4 t, 储量为 300×10^4 t, 储量全球占比 10.71%, 近几年储量占比逐渐提升,中国的锂资源储量排名世界第四(USGS, 2024)(图 1)。《中国矿产资源报告 2023》和全国矿产资源储量统计数据显示,2022 年中国已查明锂矿氧化物资源储量为 635.27×10^4 t, 相较于 2021 年的 404.68×10^4 t, 同比增长 47%(自然资源部, 2023a, b)。其中江西为中国锂资源大省, 储量为 255.24×10^4 t, 青海储量为 186.61×10^4 t, 四川储量为 135.03×10^4 t, 西藏储量为 56.29×10^4 t, 河南

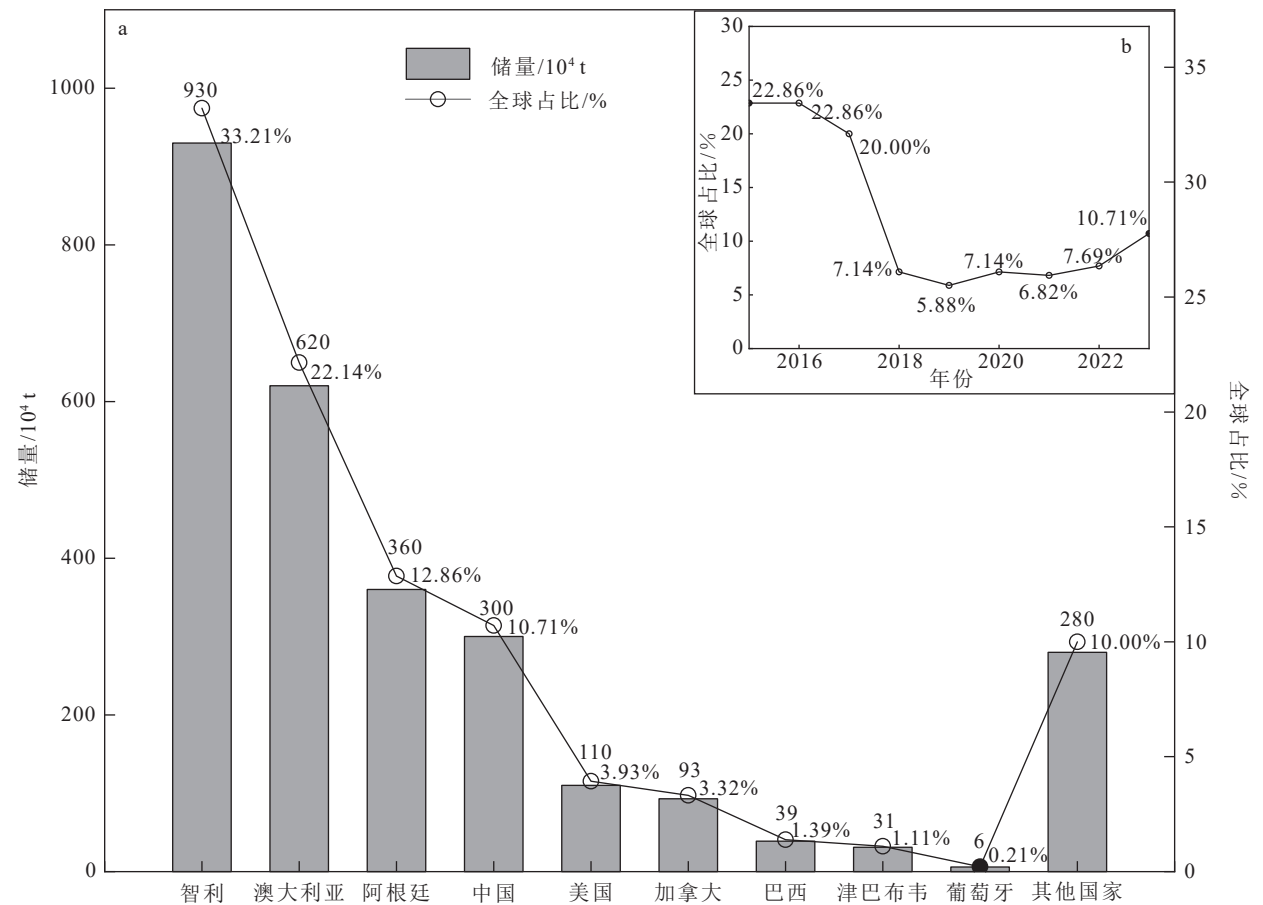


图 1 2023 年全球主要锂资源国储量及占比情况(a)和中国 2015—2023 年储量占比情况(b)(据 USGS, 2024)

Fig. 1 The reserves and proportion of the world's major lithium resource countries in 2023 (a) and China's reserves proportion from 2015 to 2023 (b)

储量为 1.15×10^4 t, 新疆储量为 0.95×10^4 t(表 1)。中国锂资源分布较集中, 90% 左右的锂资源分布在江西、四川、西藏、青海等地区, 绝大多数位于西部地区, 主要包括硬岩型、盐湖卤水型、地下卤水型及粘土型(沉积型), 其中盐湖锂占中国锂资源储量约 79%。

表 1 2022 年全国锂储量分布 (据自然资源部, 2023a)

Table 1 Distribution of national lithium reserves in 2022

省份	储量/ 10^4 t	全国占比
江西	255.24	40.18%
青海	186.61	29.37%
四川	135.03	21.26%
西藏	56.29	8.86%
河南	1.15	0.18%
新疆	0.95	0.15%
合计	635.27	100%

江西省锂矿资源主要分布于宜春、横峰、广昌、宜丰、宁都、奉新、石城等地, 锂资源类型为蚀变花岗岩型(宜春 414、赣县牛岭坳、石城县海罗岭、石城县姜坑里、横峰县葛源松树岗、横峰县葛源黄山)、伟晶岩型(广昌县头陂、宁都县河源)、细晶岩型(奉新县东溪、宜丰县同安)、石英脉型(大余县漂塘、于都县上坪)及卤水型(泰和县梅岗), 含锂矿物为锂云母、锂白云母、铁锂云母及锂辉石, 是中国碳酸锂产品供应大省, 其中宜春作为“亚洲锂都”, 拥有全球储量最大的多金属伴生锂云母矿, 现拥有探明可利用氧化锂储量约 258×10^4 t, 折合成碳酸锂约 636×10^4 t(刘爽等, 2019; 陈祺等, 2022; 华泰期货, 2024)。

中国锂辉石矿主要分布在西部地区, 包括四川和新疆, 具有资源储量丰富、开发潜力大的特点, 总体上看, 目前整体勘查程度较低, 勘查进度较缓慢。四川锂矿主要分布在甘孜州的甲基卡和阿坝州的可

尔因两大矿田, 锂品位大都集中在 1%~1.5% 之间, 目前具有采矿权的共计有 6 个矿山, 分别为甘孜州的甲基卡、德扯弄巴、措拉锂矿与阿坝州的李家沟、党坝、业隆沟锂矿。新疆锂矿主要分布在阿尔泰、西昆仑、阿尔金、西天山、东天山等成锂带, 以可可托海、大红柳滩、砂锂沟等典型矿床为代表。青海省锂矿资源主要分布在柴达木盆地, 锂资源类型主要为盐湖卤水型(察尔汗、一里坪、东台吉乃尔湖、西台吉乃尔湖), 以及近年来勘查发现的伟晶岩型(天峻县茶卡北山、称多县草陇、锃墨格山)(白宗海等, 2018; 李五福等, 2021; 李善平等, 2021; 潘彤等, 2022; 孙文礼等, 2023)。截至 2022 年, 青海目前已探明盐湖锂资源储量(LiCl)达 1501.99×10^4 t, 占全国储量的 82.29%, 居全国首位(青海日报, 2022)。西藏主要发育扎布耶、当雄错、斑戈错等碳酸盐型盐湖, 卤水中 Mg/Li 值较低或者几乎不含 Mg^{2+} , 卤水经自然蒸发可获得碳酸锂, 具有很好的资源优势(伍倩

等, 2017)。
1.2 勘查研究进展
中国锂矿资源丰富、矿床多、规模大, 是优势矿产之一, 在新疆、四川、江西、西藏、青海、湖南、湖北、河南、云南、贵州、内蒙古等省(自治区)均有分布。在过去的十几年里, 中国开采的锂资源主要是硬岩型锂矿, 矿石类型为锂辉石和锂云母(王登红等, 2016), 由于高镁锂比型(Mg/Li 值)盐湖提锂技术的限制, 卤水锂基本上没有得到大规模的开发利用, 但近几年来高镁锂比盐湖提锂技术取得了重大突破, 盐湖锂资源因此得到了高效利用(郑绵平等, 2023)。新探明了岩体型(华南九岭狮子岭)、隐爆角砾岩筒型(维拉斯托)、碳酸盐粘土型(贵州下石炭统九架炉组和云南下二叠统倒石头组富锂粘土岩)、热泉型(腾冲热泉)等新类型锂矿资源(图 2)。与之对应, 中国锂成矿区带也在不断新增(新增阿尔金、喜马拉雅成锂带)(王登红等, 2022)。此外, 中国找矿勘

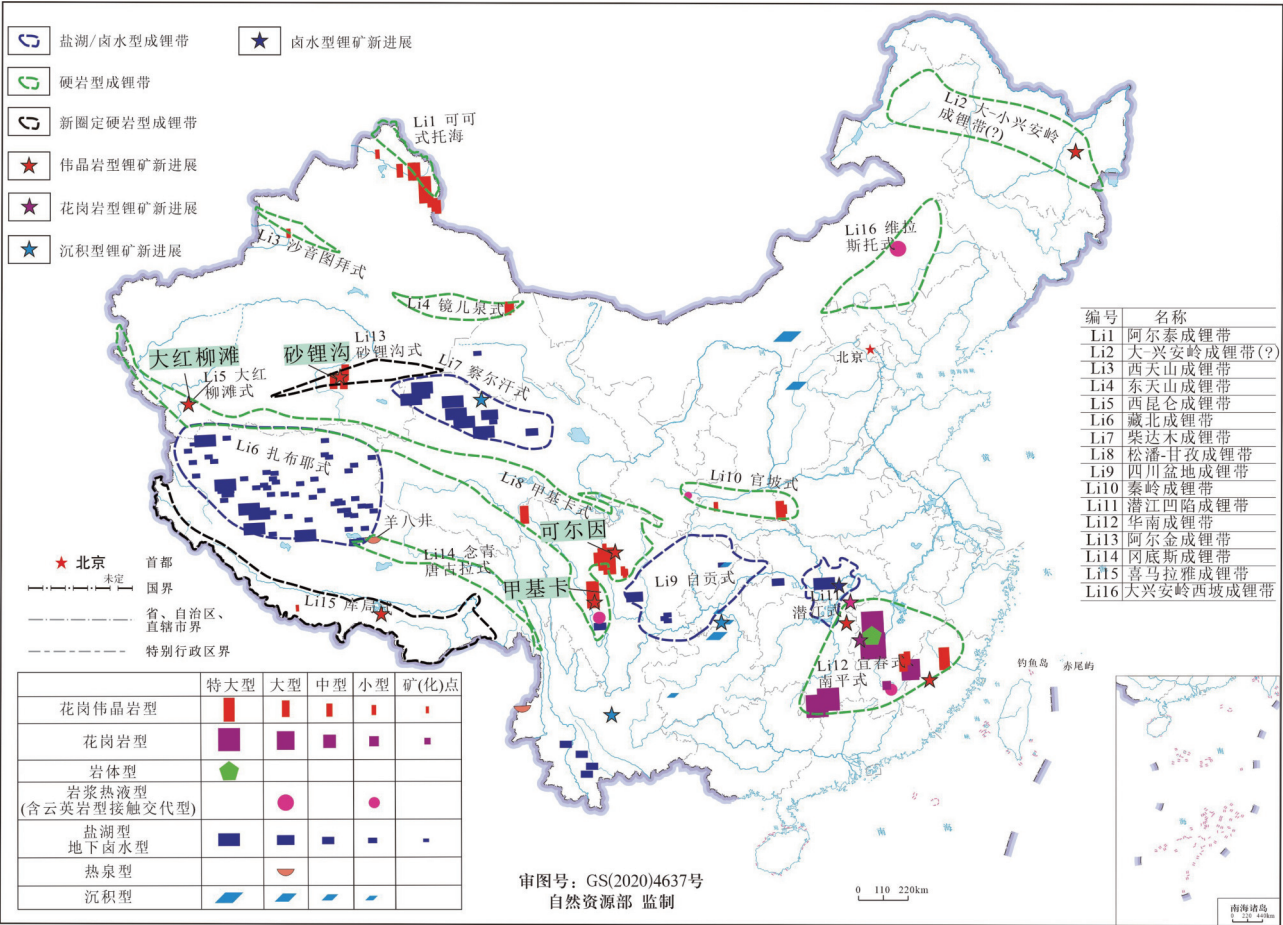


图 2 中国主要成锂带分布简图(据王登红等, 2020, 2024 修改)

Fig. 2 A simplified diagram of the distribution of major lithium-forming belts in China

查理论近年来也取得了一定的进展,以“五层楼+地下室”勘查模型及“多旋回深循环内外生一体化”成矿理论等为代表(王登红等, 2017a, b; 2023a, b; 2024)。

伴随着新一轮找矿突破战略行动的开展,中国锂矿勘查研究取得阶段性重大成果,为加快能源矿产资源国内勘探开发和增储上产奠定了良好基础。相关数据显示,2023 年中国非油气矿产地质勘查投资 200.72 亿元,同比增长 7.7%,连续 3 年实现正增长,其中锂矿投入资金位居前列(自然资源部, 2024)。与此同时,国内锂矿探矿权交易也得到了市场积极反馈,尤其是 2023 年锂价仍处高位时,四川 2 处锂探矿权金川县李家沟北锂矿、马尔康市加达锂矿勘查探矿权分别以 10.1 亿元、42.06 亿元的价格竞拍成功(四川省自然资源厅, 2023a, b),溢价比分别达到了 1772.23 和 1318.43; 2024 年初,尽管锂价下行趋势明显,锂矿优势类型仍得到重点关注,如新疆若羌县瓦石峡南锂矿、和田县甜水海锂矿、和田县大红柳滩外围龙门山锂矿勘查探矿权分别以 11.2583 亿元(溢价比 177.86)、1.2145 亿元(溢价比 127.84)、13.1541 亿元(溢价比 3208.32)的价格竞拍成功(新疆维吾尔自治区自然资源厅, 2024a, b, c); 而对于新类型锂矿(主要为粘土型锂矿)也有了一定的探索,如云南昆明市安宁鸣矣河雁塔村锂矿、玉溪市安化锂矿勘查探矿权分别以 305 万元(溢价比 7.71)、668 万元(溢价比 4.66)的价格竞拍成功(云南省自然资源厅, 2023a, b),从 2 种不同锂资源类型出让价格(溢价比)可以看出,粘土型锂矿的可利用性仍有待观望和攻关,硬岩型(包括锂辉石型和锂云母型)尤其是优质的伟晶岩型锂矿目前仍然是国内开发利用的重点。近几年来,西昆仑、阿尔金、喜马拉雅、幕阜山、四川雅江等地区的锂矿床勘查取得重大进展。中国西部地区伟晶岩型锂矿的勘查工作取得一定的成果,如川西(雅江木绒、甲基卡 X03、鸭柯柯、日西柯和马尔康加达)等传统锂矿优势区(王登红和付小方, 2013; Dai et al., 2021; Li et al., 2022)及新疆西昆仑-阿尔金(大红柳滩、砂锂沟、吐格曼、吐格曼北)、西藏冈底斯-喜马拉雅(琼嘉岗、嘎波、库局)等新区(王登红等, 2022)。同时,在湘东北地区的幕阜山矿集区勘查研究实现重大突破,建立了伟晶岩矿床成矿新模式,预测了湖南省锂矿资源潜力超过 400×10^4 t(中国矿业报, 2024)。在赣西地区新探明巨量花岗岩型锂矿资源,内部资料显示其锂资源量规

模达到超大型,加上原有的和最新预测的资源量,宜丰—奉新地区锂矿氧化锂资源量超 1500×10^4 t,折合成碳酸锂超 3500×10^4 t(陈祥云, 2023)。此外,还在一些空白区取得了重要新发现,包括黑龙江和福建两省。在黑龙江桦南地区新发现伟晶岩型锂矿,填补了省内稀有金属矿种的空白,目前已发现 36 条伟晶岩脉,共圈定 3 条稀有金属矿化带及 5 条矿体,锂辉石含量可达 14%~18%,显示出较好的找矿前景(黑龙江省人民政府, 2023)。在福建将乐县南部新发现伟晶岩型锂多金属矿,目前共发现 9 条伟晶岩脉,其中氧化锂量突破万吨,平均品位达 1.13%,达中型矿床以上规模,填补了福建省内锂矿的空白(福建省工业和信息化厅, 2024)。近几年在湖北江汉盆地勘查发现低镁锂比值的卤水锂资源, LiCl 资源储量达到大型工业规模(余小灿等, 2022),近期中国地质科学院矿产资源研究所牵头项目团队在江汉盆地巨量卤水矿超常富集研究和调查评价中取得新的重大进展,通过实施单孔井深 2257 m, 钻获巨厚优质储卤层 229.2 m, 共 49 层,其中 2 层储卤层中锂达到工业品位,可直接用于开采(中国自然资源报, 2024)。在云南安宁地区新探获碳酸盐粘土型锂资源,查明氧化锂推断资源量达 36.86×10^4 t, 平均品位约为 0.35%(程云茂等, 2024)。艾光华等(2023)对贵州六枝地区粘土型锂矿的矿物学性质进行了综合研究,结果表明,六枝地区粘土型锂矿石中的主要有价元素为锂,含量为 0.56%。在柴达木盆地首次发现粘土型锂矿,估算 LiCl 潜在资源总量可达 114.41×10^4 t, 具有较大的资源潜力(Pan et al., 2023; 潘彤等, 2023)。此外,在粘土型锂资源高效富集和精准分离提取技术方面取得重大突破(中国矿业报, 2024),进一步推动粘土型锂资源成为锂矿资源开发利用的新方向。需要指出的是,要充分重视矿床学定义的经济属性,对粘土矿物中锂赋存状态(究竟以何种状态赋存在何种粘土矿物中)的研究至关重要,而不能单单将氧化锂“含量”等同于“品位”。简而言之,就是要找到粘土型锂矿中目前经济可行的、可供开发利用的矿石矿物(工业矿物)。

1.3 锂的开发利用现状

在锂产业链上游,锂矿石或盐湖卤水形式的锂资源提取后,经加工制得锂精矿或浓缩卤水。产业链中游是将加工得到的锂精矿(包括进口所得的锂精矿)或浓缩卤水进行提取加工生产基础锂盐产品

(碳酸锂、氢氧化锂、氯化锂)及加工锂盐产品(金属锂、溴化锂、三元材料等),其中锂辉石精矿主要用于制备碳酸锂及氢氧化锂,锂云母精矿与盐湖卤水主要是制备碳酸锂(雪晶等,2011;邢凯等,2023),相比于锂辉石提锂,由于锂云母品位更低、成分更复杂,锂云母提锂成本更高,因此未来需要进一步提高选矿回收率,降低生产成本。主要的矿石与卤水提锂工艺如表2所示,现阶段硬岩型锂矿提锂方法包括硫酸法、碱法、硫酸盐焙烧法、氯化法等(赵婷,2021),其中硫酸法广泛应用于工业生产中,是高纯度碳酸锂的主要来源,目前已经基本成熟;盐湖提锂工艺主要包括沉淀法、膜法、吸附法、萃取法、电化学法等(张亮等,2020;陈海霞等,2024),中国目前使用最广泛的是盐田沉淀法。随着新能源汽车产业的迅猛发展,锂资源在电动汽车和便携式电子设备领域的需求日益剧增,锂被应用于动力电池各个组成部分,在产业链下游,终端需求87%是锂离子电池。此外,锂被广泛应用于冶金、医疗、核工业、农业等领域,比如锂矿物由于有助于降低煅烧温度和改善产品性能,被用于陶瓷和玻璃的生产,医用级碳酸锂可作为安眠药和镇定剂(图3)。

2 供需现状

21 世纪以来,在全球“碳中和”目标下,全球多个

国家把新能源汽车产业作为核心的战略性新兴产业之一。随着世界各国纷纷推出新能源战略,中国也大力发展新能源汽车,自2015年以来,新能源汽车产业进入高速发展阶段(代鸿章等,2023),带动了全球对锂的需求量显著增长,极大地促进了锂电池行业的发展。近年来,锂离子电池领域的消费显著增加,由2015—2023年全球锂资源消费用途份额(图4)可见,其中锂电池消费份额从2015年的35%增长至2023年的87%(韩佳欢等,2021)。《中国汽车工业协会数据》显示,2023年中国新能源汽车产销量分别为958.7万辆和949.5万辆,同比分别增长35.8%和37.9%,市场占有率达到31.6%,中国新能源汽车作为近年来快速崛起的新兴产业领域,是锂资源消耗的主要行业(中国汽车工业协会,2024)。

2.1 供给侧分析

中国作为世界重要的锂产品生产国,每年都要生产大量的锂盐产品,目前全球的碳酸锂产量增量主要来自中国。中国有色金属工业协会锂业分会公布的数据显示,2023年中国碳酸锂产能 110×10^4 t,产量达 51.79×10^4 t,产量同比增长31.1%;氢氧化锂产能 70×10^4 t,产量达 31.96×10^4 t,产量同比增长30.1%;氯化锂产能 2.5×10^4 t,产量 1.75×10^4 t,产量同比下降21.2%,其中碳酸锂作为一种最重要的锂盐产品,可再加工成其他锂产品,广泛应用于中国新

表2 主要提锂工艺对比(据张秀峰等,2020;张亮等,2020;郑绵平等,2023)

Table 2 Comparison of main lithium extraction processes

提锂工艺	主要流程	优缺点
矿石提锂	硫酸法 锂精矿→焙烧→硫酸化焙烧→浸出→沉淀过滤→碳酸锂产品	工艺流程易控制,锂回收率高、产品质量可靠,能耗较高
	石灰石焙烧法 锂精矿+石灰石→焙烧→浸出→过滤洗涤→蒸发结晶→碳酸锂产品或氢氧化锂产品	流程简单,设备腐蚀小,原料来源广,锂回收率较低,物料流量大,经济效益较差
	硫酸盐焙烧法 锂精矿+石灰石→焙烧→酸浸→过滤→除杂→沉淀→碳酸锂产品	锂回收率较高,生产成本较高
	氯化法 锂精矿+氯化剂→焙烧→浸出→浓缩除杂→沉淀→碳酸锂产品	流程简单,锂回收率较高,炉气腐蚀性强、对设备要求高
卤水提锂	膜分离法 使用各类型的滤膜将卤水中的杂质过滤,然后富集沉淀锂	步骤简单,锂分离效率高,但对滤膜要求高,生产成本较高,工艺成熟度不高
	吸附法 通过选择性吸附分离富集锂,再浓缩沉淀锂	常与膜法结合使用提升锂浓度,适用于各类卤水,成本低且回收率高,但工艺要求高、成本高
	萃取法 通过有机溶剂萃取锂实现锂与其他杂质成分的分离和浓缩	适用于低锂含量的卤水,尤其是高镁锂比类型的卤水,但此法对设备腐蚀较强,成本高
	盐梯度太阳池法 卤水经蒸发沉淀过滤杂质富集锂	适用高锂含量、低镁锂比类型的盐湖,技术成熟、工艺简单且成本低廉,生产周期长,对于盐湖禀赋要求高

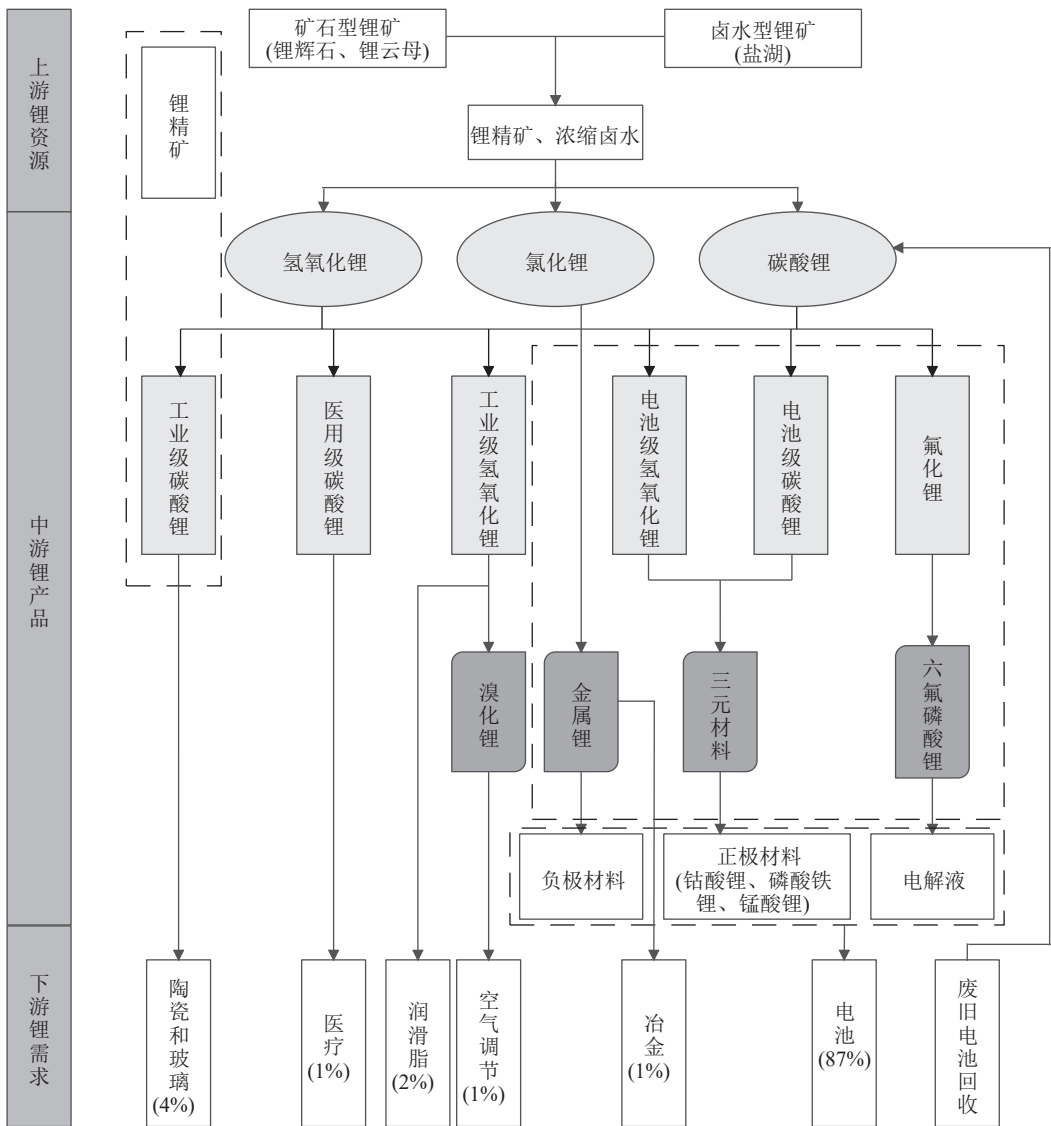


图 3 中国锂产业链流程(据 USGS, 2024)

Fig. 3 Lithium industry chain flow chart

能源汽车动力电池、消费电子电池、储能电池的生产(中国有色金属工业协会锂业分会, 2024)。

从国内碳酸锂供给区域来看, 碳酸锂主要生产省份为江西、四川、青海三省。其中江西是中国最大的锂云母资源分布省份, 主要的生产企业为江西赣锋锂业集团股份有限公司等; 四川是中国主要的锂辉石资源分布省份, 省内生产企业以天齐锂业股份有限公司为代表; 青海是中国主要的盐湖卤水资源分布省份, 省内以青海盐湖锂业股份有限公司、中国五矿盐湖有限公司等企业为代表。从国内碳酸锂供给企业看, 2023 年国内碳酸锂产量排名前 10 的企业分别为志存锂业集团有限公司、青海盐

湖蓝科锂业股份有限公司、天齐锂业股份有限公司、深圳永兴新能源有限公司、江西赣锋锂业集团股份有限公司、盛新锂能集团股份有限公司、江西九岭锂业股份有限公司、中信昆仑锂业(青海)有限公司、辽宁泰峰锂业有限公司及山东瑞福锂业有限公司, 这 10 家企业供应了中国 53.3% 的碳酸锂产量。虽然中国是锂盐产品大国, 国内锂盐企业众多, 但锂资源禀赋较差, 仅依靠国内锂资源很难每年释放大量碳酸锂产能, 长期以来国内锂原矿资源供给明显不足, 依靠国外进口锂资源。国内碳酸锂市场在 2023 年全年处于供应过剩格局, 预计 2024 年供应过剩格局还将持续。2023 年前 4 个月

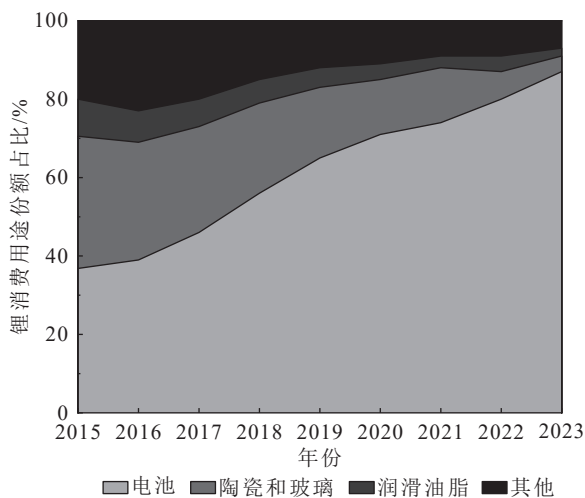


图4 2015—2023年全球锂资源消费用途份额变化
(据USGS, 2016—2024, 其他包括助溶剂、医疗等)

Fig. 4 Changes in global lithium resource consumption share from 2015 to 2023

国内碳酸锂处于过剩状态,5—7月份碳酸锂出现短暂的供不应求局面,8—12月份处于紧平衡状态。对应碳酸锂价格走势,从价格高位骤然大跌,第一轮从年初的52.50万元/t开始,至4月份的17.30万元/t,跌幅约为66.41%,在经历2个月的反弹后,从6月份的31.60万元/t下跌至当前的10.10万元/t(图5)(第一财经日报,2023)。截至2024年4月17日,国内电池级碳酸锂价格在11.15万元/t,在需求平稳增长的情况下,2025年年碳酸锂价格预计会

稳定在8~10万元/t。

2.2 需求侧分析

相关调查研究表明,中国作为世界第一大锂产品消费国,每年都要消耗大量的锂盐产品,中国碳酸锂表观消费量从2015年的 7.4×10^4 t增加到2023年的 57.9×10^4 t,尤其从2020年开始增长迅速(图6),需求量稳步增长。由于氢氧化锂主要用作高镍三元锂电池的原料,当前国外市场中更多生产和消费的是高镍三元锂电池及其配套汽车,反之国内市场的磷酸铁锂电池消费也占一定主导地位,对氢氧化锂需求量相对有限。全球当前90%以上的氢氧化锂冶炼产能都集中在中国,中国生产的氢氧化锂大部分都出口到国外(邢凯等,2023)。

考虑到中国锂资源消费主要集中在锂离子电池领域,本文依据未来新能源汽车总产量及其单车消耗量对中国锂资源的未来需求进行简单测算。《中国汽车产业中长期发展规划》显示,2025年、2030年中国新能源汽车目标产量分别为700万辆、1500万辆,根据国际能源署(IEA)提出生产一辆新能源汽车的动力电池消耗50~70 kg碳酸锂(中国政府网,2017;国际能源署,2021),预计2025年、2030年中国碳酸锂需求量至少可分别达到 35×10^4 ~ 49×10^4 t、 75×10^4 ~ 105×10^4 t。该预测结果与郑明贵等(2023)基于灰色关联分析和ARIMA-GM-BP神经网络的组合模型预测的2025年、2030年碳酸锂需求量的结果

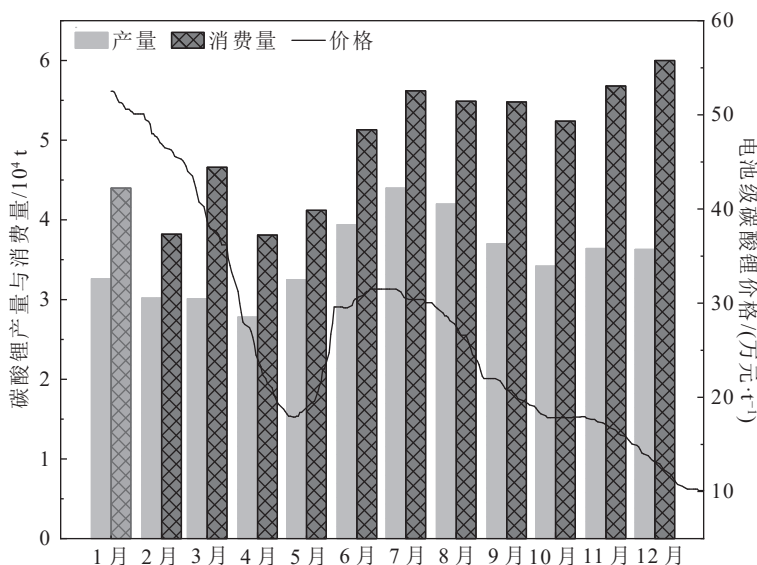


图5 2023年中国碳酸锂产量与消费量对比及电池级碳酸锂价格走势(据我的钢铁网,2023;华福证券研究所,2024)

Fig. 5 Comparison of domestic lithium carbonate production and consumption from January to December in 2023 and battery grade lithium carbonate price trend in China

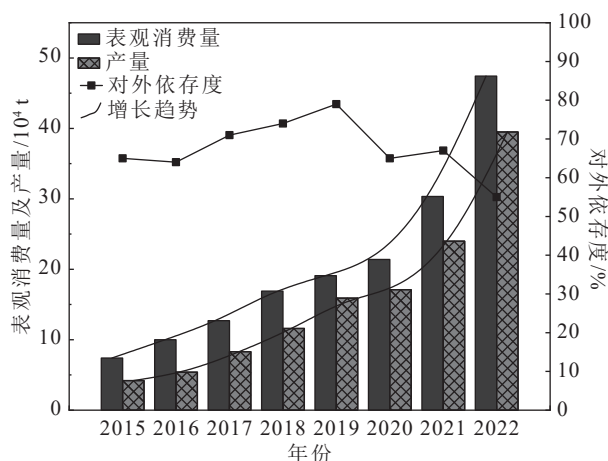


图6 2015—2022年中国碳酸锂表观消费量与产量及对外依存度走势(据中国有色金属工业协会锂业分会, 2023)

Fig. 6 Trend chart of China's apparent consumption and production of lithium carbonate and external dependence from 2015 to 2022

基本一致(2025年 53×10^4 t、2030年 83×10^4 t),此外还有学者通过数学模型法、类比预测法、部门需求预测法、“S”形预测法等方法,对中国碳酸锂的需求量进行预测。如,崔晓林(2017)结合部门需求预测法和灰色预测模型法预测2025年需求量为 21.61×10^4 t,2030年需求量达 38.43×10^4 t。袁小晶等(2019)预测2030年需求量为 58.2×10^4 t。张泽南等(2020)采用部门消费法按照行业用锂量对5个主要用锂部门需求进行了预测,得出未来需求量分别为2025年 31×10^4 t、2030年 50×10^4 t。考虑到部分预测并未预见新冠疫情冲击和锂价暴跌的形势变化,尽管预测方法均具有一定的科学性和可信度,但尚不能够反映目前的真实情况和未来趋势。2019—2021年由于新冠疫情的影响,期间国内碳酸锂价格长期处于高位,碳酸锂产量与需求量自2020年以来增长尤其迅速,但自2023年以来,随着国内碳酸锂价格暴跌,国内碳酸锂市场逐渐趋于稳定,碳酸锂产量与需求量增速开始放缓(图7)。总体来看,在可以预见的将来,中国碳酸锂消费量和产量仍将具有较好的正相关性,碳酸锂需求量将与新能源汽车需求量密切相关(包括后续电池回收的锂)。因此,未来仍需加大锂矿勘查强度,以保障锂资源供应。

2.3 进出口

全球优质锂资源大部分集中在澳洲锂矿和南美盐湖,国内锂资源高度依赖进口。据海关总署数据,2023年中国锂辉石精矿进口量约 401×10^4 t,同比增

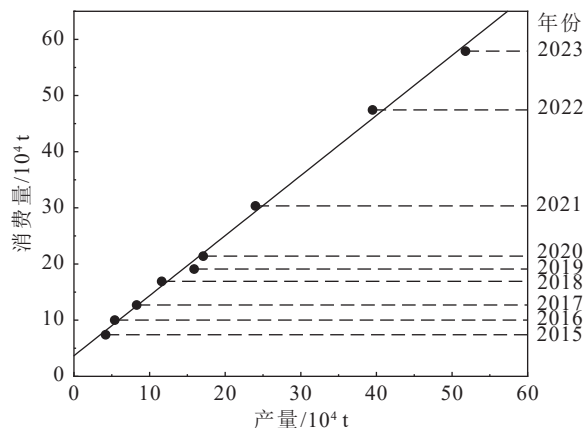


图7 中国碳酸锂产量与消费量相关关系
(据中国有色金属工业协会锂业分会, 2023)

Fig. 7 The correlation between China's lithium carbonate production and consumption

长约41%,主要来源于澳大利亚、巴西、津巴布韦、加拿大等国,其中澳大利亚为中国锂辉石精矿进口的主要来源国,进口占比82%,进口途径较单一。全年碳酸锂进口量达 15.9×10^4 t,同比增长约16.6%,主要来源于智利、阿根廷两国。其中从智利进口 13.9×10^4 t,占进口总量的87.4%,从阿根廷进口 1.8×10^4 t,占进口总量的11.3%。国内对氢氧化锂的需求量相对有限,因当前全球90%以上的氢氧化锂冶炼产能集中在中国,造成了中国氢氧化锂进口少、出口多的局面(邢凯等, 2023)。中国氢氧化锂进口量一直处于较低水平,作为世界重要的锂资源贸易国,中国氢氧化锂出口量持续增加,已成为全球氢氧化锂第一大出口国,2023年产量 27×10^4 t,表观需求量为 14.4×10^4 t,出口量达 13×10^4 t,出口量同比增长约39.2%,供应了全球80%以上的氢氧化锂,95%以上的产品出口到日本、韩国等国家。

3 保障程度分析

全球锂资源储量丰富,但优质锂资源集中分布在南美洲、大洋洲等地区。相对而言,中国锂资源禀赋较差,目前锂资源供给仍依赖海外优质锂矿。长期以来,全球优质锂矿被美国雅宝公司和智利化工矿业公司两家巨头占据,近年来,国内众多企业纷纷开始“走出去”,部分中国上游电池厂家和锂电企业通过海外并购、战略投资等方式掌握了部分国外优质锂矿资源。如天齐锂业股份有限公司已控股全球储量最大、品位最高、产销量最大的澳大利亚格林布

什伟晶岩型锂矿, 2022 年紫金矿业股份有限公司在刚果(金)和阿根廷布局开发锂矿山和盐湖锂资源。但随着国外对本土产业链建设和关键矿产资源的重视程度不断提高, 中国企业在海外投资锂矿资源频频受限。例如, 近日加拿大以国家安全为名要求中国 3 家企业(盛新锂能集团股份有限公司、藏格矿业股份有限公司、中矿资源集团股份有限公司)放弃其在加拿大关键矿产公司所涉及的锂资源投资。由此看来, 在愈发复杂的国际形势下, 中国企业想要掌控海外锂矿市场核心任重道远。

反观国内供应情况, 虽然拥有较丰富的锂资源, 且拥有较多具有锂资源采矿权证的项目, 但真正开采形成产量的较少, 多数品位不高、开发难度大。目前, 国内盐湖型、伟晶岩型及花岗岩型锂矿均得到不同程度的开采, 但粘土型、地下卤水型、地热型等新型锂矿尚未进入大规模开发利用阶段(王核等, 2022), 锂辉石贡献增量有限, 主要为盐湖及锂云母增量。锂辉石方面, 李家沟锂矿项目已经开始试生产, 2024 年预计带来 1×10^4 t 碳酸锂增量, 新疆大红柳滩 300×10^4 t/年采选项目预计 2024 年开始投产, 四川省能源投资集团有限责任公司 3×10^4 t 锂盐项目计划年底投料试产; 锂云母方面, 宁德时代新能源科技股份有限公司宜春项目采选冶关键环节陆续投产, 预计 2024 年产量明显提升, 深圳永兴新能源有限公司和江西九岭锂业股份有限公司于 2023 年底完成了采矿许可证证载生产规模的扩大申请; 盐湖方面, 中信昆仑锂业(青海)有限公司新建的年产 2×10^4 t 电池级碳酸锂生产线已经实现达产, 青海锂业有限公司年产 1.5×10^4 t 电池级碳酸锂置换项目顺利达产, 青海盐湖工业股份有限公司 4×10^4 t 碳酸锂项目预计 2024 年底建成, 志存锂业集团有限公司年产 12×10^4 t 碳酸锂一期项目于 2023 年 7 月成功在新疆巴州投产, 是目前行业单体产量最大的电池级碳酸锂项目, 青海盐湖蓝科锂业股份有限公司 2×10^4 t/年电池级碳酸锂项目基本建成, 可实现年产 3×10^4 t 碳酸锂生产产能(中国青年报, 2021; 华证证券研究所, 2024; 绵竹市融媒体中心, 2024)。

从国内锂产业链看, 目前已形成较完整的锂产业链, 但上下游之间沟通协作程度有限, 上游锂资源未能向下游锂产品高效转换, 锂产业发展水平与发达国家仍有较大差距(郭志锋等, 2017)。中国锂矿资源量增长缓慢, 供应能力弱, 产业链具“开发

能力弱、锂化合物加工能力强、消费强劲”的特点, 各环节发展不平衡(魏汐竹等, 2023)。锂云母矿的锂品位相对较低, 生产成本较高, 且在提取过程中杂质过多, 以往常被用于低端的玻璃陶瓷工业中; 锂辉石矿相对于锂云母矿品位更高, 生产成本低, 其生产加工的电池级碳酸锂被广泛应用于汽车锂电池领域。此外, 高镁锂比盐湖锂提取技术近年来取得重大突破, 其中蓝科锂业公司的超高镁锂比盐湖卤水提锂技术为中国青海盐湖碳酸锂项目产能释放提供了技术保障(盐湖股份, 2024)。此外, 2023 年中国新能源电池退役 16.8×10^4 t, 同比增长 78.3%, 因此未来产业链下游的大量退役锂电池回收利用可作为中国锂资源保障的重要一环。

总之, 中国锂产业在国际环境复杂化和资源禀赋有限的双重挑战下, 需进一步提升资源掌控能力、加强产业链协同发展, 为中国新能源产业的快速发展奠定坚实的资源保障, 并积极推动技术创新与循环利用, 以实现可持续发展。

4 对策建议

中国锂资源开发利用程度不高, 部分项目开发进度缓慢。虽然国内的盐湖卤水锂资源、锂辉石、锂云母等较丰富, 但锂资源禀赋不高; 尽管近年来锂资源储量快速提升, 但主要为云母型锂矿, 相对更优质的锂资源尤其是西部地区包括硬岩型和盐湖卤水型锂矿均尚未得到充分开发利用, 导致中国锂资源对外依存度较高, 存在“卡脖子”风险。目前, 中国锂产业链仍存在较多问题。基于此, 提出几点建议, 助力推动中国锂产业高质量发展。

(1) 紧密结合新一轮找矿突破战略行动, 加强国内勘查开发力度, 合理推进锂矿资源开发利用。综合来看, 锂辉石矿开发成本低且品位高, 是中国未来需要重点勘查开发的类型, 随着勘查投入的持续加大, 四川省锂辉石矿有望成为中国锂资源保障的重要供应地。因此, 需重点加强新疆阿尔金地区锂辉石矿勘查工作, 持续巩固四川甲基卡、可尔因、新疆大红柳滩等地质工作程度较高地区的勘查工作。加快推动川西甲基卡、可尔因锂矿山扩大产能, 实现甲基卡、可尔因地区锂矿规模化开发。同时, 伟晶岩型和盐湖型锂矿仍是优质锂资源的重要来源, 但主要集中在西部地区, 由于西部地区极其恶劣的自然环境, 基础设施较薄弱, 就地建设选矿厂难度较

大, 导致锂资源开发、产能受到一定的影响。因此, 未来需统筹规划西部地区的基础设施建设, 推动西部地区锂资源高效开发利用。

(2) 加强科技创新, 攻关新型提锂技术。面对未来大量的碳酸锂需求量, 应继续研发提升高镁/锂比值的提锂技术, 提高盐湖型锂资源利用效率, 推进青海、西藏地区碳酸锂项目的生产与扩建, 以释放中国盐湖产能。攻关粘土型/沉积型等新型锂矿的提锂技术, 为四川、云南、贵州等地区锂资源开发利用提供技术保障。

(3) 促进国内国外市场协同发展。单单依靠国际市场不现实, 但未来依然不能放弃国际市场, 应继续加大鼓励国内企业“走出去”的政策扶持力度, 有关企业积极布局开发海外优质锂矿, 建议加大对南美盐湖锂资源的投资, 考虑加强非洲刚果(金)锂资源的战略合作与布局, 同时也要充分重视国内矿业市场, 国内国外市场协同发展, 实现中国锂资源产业链的安全保障。

(4) 上中下游行业企业加强沟通协同, 共同完善优化锂产业链布局。上游锂矿和锂盐企业要加大投资力度, 争取最大程度地释放现有产能, 下游企业应与上游企业建立长期稳定的合作供需关系, 促进上游资源向下游高端产品高效地应用转化。此外, 应完备锂产业链下游回收体系, 以应对大规模新能源汽车退役, 同时提升废旧锂电池等含锂物料的有效回收率。

References

- Ai G H, Qiu Y H. 2023. Process mineralogy research on a lithium clay in Liuzhi area of Guizhou province[J]. *Mining and Metallurgy*, 32(5): 122–129(in Chinese with English abstract).
- Bai Z H, Lin H, Li S P, et al. 2018. Characteristics and genesis analysis of pegmatite type lithium-polymetallic deposit in the Caolong area of the northern segment of the Sanjiang belt, Qinghai[J]. *Journal of Qinghai University*, 36(4): 86–93(in Chinese with English abstract).
- Chen H X, Yan H, Sun Y L, et al. 2024. Research progress of lithium resource extraction technology[J]. *Inorganic Chemicals Industry*, 56(1): 9–22(in Chinese with English abstract).
- Chen Q, Shu L W, He L, et al. 2022. Distribution characteristics of lithium mineral resources in Jiangxi and discussion of the future research emphases[J]. *Mineral Resources and Geology*, 36(2): 234–241(in Chinese with English abstract).
- Chen X Y, Wu J H, Tang W X, et al. 2023. Newly Found Giant Granite-Associated Lithium Resources in the Western Jiangxi Province, South China[J]. *Earth Science*, 48(10): 3957–3960(in Chinese with English abstract).
- Dai H Z, Wang D H, Liu S B, et al. 2021. 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*, 95(5): 1782–1783.
- Dai H Z, Wang D H, Liu S B, et al. 2023. New progress in lithium prospecting abroad(2019–2021) and its significance to China's strategic mining resources exploration[J]. *Acta Geologica Sinica*, 97(2): 583–595(in Chinese with English abstract).
- Han J H, Mie Z, Fang C H, et al. 2021. Analysis of existing circumstance of supply and demand on China's lithium resources[J]. *Inorganic Chemicals Industry*, (9): 28–29(in Chinese with English abstract).
- Li J K, Liu X F, Wang D H. 2014. The metallogenetic regularity of lithium deposit in China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 88(12): 2269–2283(in Chinese with English abstract).
- Li S P, Pan T, Wang B Z, et al. 2021. Characteristics and tectonic significance of Beryl-bearing pegmatites in Qiemoge Mountain, northern margin of Qaidam Basin[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 45(3): 608–619(in Chinese with English abstract).
- Li W F, Li S P, Wang B Z, et al. 2021. Discovery of the (Beryl-bearing) spodumene pegmatite in the Caolong area in the Sanjiang northern segment in Qinghai: Implications for Li-Be mineralization[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 47(4): 895–913(in Chinese with English abstract).
- Li X, Dai H Z, Wang D H, et al. 2022. 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*, 150: 105164.
- Liu S, Wang S L, Xing X L, et al. 2019. Distribution, types and prospecting potential of lithium deposits in Jiangxi Province[J]. *Resources Environment & Engineering*, 33(2): 195–198, 207(in Chinese with English abstract).
- Liu X, Wang C L, Liu X L, et al. 2024. Main types, distribution, development and utilization of lithium deposits in China[J]. *Geology in China*, 51(3): 811–832(in Chinese with English abstract).
- Pan T, Chen J Z, Ding C W, et al. 2023. Occurrence characteristics of lithium rare light metal clay-type deposits in Balunmahai Basin of Qaidam Basin[J]. *Gold Science and Technology*, 31(3): 359–377(in Chinese with English abstract).
- Pan T, Chen J Z, He M Y, et al. 2023. Characterization and resource potential of Li in the clay minerals of Mahai Salt Lake in the Qaidam Basin, China[J]. *Sustainability*, 15(19): 14067.
- Pan T, Li S P, Wang T, et al. 2022. Metallogenic characteristics and prospecting potential of lithium deposits in the Qinghai Province[J]. *Acta Geologica Sinica*, 96(5): 1827–1854 (in Chinese with English abstract).
- Sun W L, Zhao Z D, Muo X X, et al. 2023. Geochemistry and geochronology of columbite-tantalite group minerals from the Chakabeishan pegmatite-type Li-Be deposit, North Qaidam Tectonic Belt[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 39(11): 3417–3433(in Chinese with English abstract).

- English abstract).
- Tang Y, Wang J, Chu Y, et al. 2023. Lithium resource situation and countermeasures under New Energy Development Strategy[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, (6): 71–76(in Chinese with English abstract).
- USGS. 2024. Mineral Commodity Summaries [EB/OL]. (2024-02-16) [2024-02-28]. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/lithium-statistics-and-information>.
- Wang D H, Chen Y C, Jiang B, et al. 2020. Preliminary study on the Triassic continental mineralization system in China[J]. Earth Science Frontiers, 27(2): 45–59(in Chinese with English abstract).
- Wang D H, Dai H Z, Liu S B, et al. 2020. Research and exploration progress on lithium deposits in China[J]. China Geology, 3(1): 137–152.
- Wang D H, Dai H Z, Liu S B, et al. 2022. New progress and trend in ten aspects of lithium exploration practice and theoretical research in China in the past decade[J]. Journal of Geomechanics, 28(5): 743–764(in Chinese with English abstract).
- Wang D H, Dai H Z, Liu S B, et al. 2024. The “multi-cycle, deep circulation, integration of internal and external” theory of lithium deposits and its prospecting applications in China[J]. Acta Geologica Sinica, 98(03): 889–897(in Chinese with English abstract).
- Wang D H, Liu L J, Hou J L, et al. 2017a. A preliminary review of the application of “Five levels+Basement” model for Jiajika-style rare metal deposits[J]. Earth Science Frontiers, 24(5): 1–7(in Chinese with English abstract).
- Wang D H, Liu S B, Wang C H, et al. 2023a. Review on the progress of prospecting for three types of rare mineral resources in China and suggestions for the new round of prospecting[J]. Geological Survey of China, 4(5): 1–8(in Chinese with English abstract).
- Wang D H, Wang C H, Sun Y, et al. 2017b. New progresses and discussion on the survey and research of Li, Be, Ta ore deposits in China[J]. Geological Survey of China, 4(5): 1–8(in Chinese with English abstract).
- Wang D H, Wang R J, Fu X F, et al. 2016. A discussion on the major problems related to geological investigation and assessment for energy metal resources base: A case study of the Jiajika Large Lithium Mineral Resource Base[J]. Acta Geoscientica Sinica, 37(4): 471–480(in Chinese with English abstract).
- Wang H, Huang L, Bai H Y, et al. 2022. Types, distribution, development and utilization of lithium mineral resources in China: Review and perspective[J]. Geotectonica et Metallogenia, 46(5): 848–866(in Chinese with English abstract).
- Wei X Z, Bai D, Qian J L, et al. 2023. Analysis and research on supply safety of lithium mine in China based on the background of “Lipek” [J]. Modern Mining, 39(10): 4–8(in Chinese with English abstract).
- Wu Q, Liu X F, Zheng M P, et al. 2017. Present situation, existing problems and countermeasures of development of salt lake lithium resources in China[J]. Modern Chemical Industry, 37(5): 1–5(in Chinese with English abstract).
- Xing K, Zhu Q, Ren J P, et al. 2023. Research on the characteristics and market development trend of global lithium resources[J]. Geological Bulletin of China, 42(8): 1402–1421(in Chinese with English abstract).
- Xue J, Hu S Y. 2011. Review on lithium industry in China[J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 30(4): 782–787, 801(in Chinese with English abstract).
- Yu X C, Liu C L, Wang C L, et al. 2022. Genesis of lithium brine deposits in the Jiangnan Basin and progress in resource exploration: A review[J]. Earth Science Frontiers, 29(1): 107–123(in Chinese with English abstract).
- Yuan X J, Ma Z, Li J W, et al. 2019. Forecast and suggestions of lithium resources demand for new energy vehicles in China[J]. China Mining Magazine, 28(8): 61–65(in Chinese with English abstract).
- Zhang L, Yang H P, Liu L, et al. 2020. Global technology trends of lithium extraction[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 40(5): 24–31(in Chinese with English abstract).
- Zhang X F, Tan X M, Liu W Z, et al. 2020. Current status and research progress of lithium extraction technology from ore[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 40(5): 17–23(in Chinese with English abstract).
- Zhang Z N, Zhang Z Z, Wu Q, et al. 2020. Chinese lithium mineral resource demand forecast[J]. China Mining Magazine, 29(7): 9–15(in Chinese with English abstract).
- Zheng M G, Liu L Z, Yu M, et al. 2024. Lithium resources safety assessment and early warning of China[J]. Geological Bulletin of China, 43(2/3): 197–205(in Chinese with English abstract).
- Zheng M G, Yu M, Fan Q R, et al. 2023. China’s lithium carbonate demand forecast 2025–2035——A combined model based on grey correlation analysis and the ARIMA-GM-BP neural network[J]. Advances in Earth Science, 38(4): 377–387(in Chinese with English abstract).
- Zheng M P, Xing E Y, Zhang X F, et al. 2023. Classification and mineralization of global lithium deposits and lithium extraction technologies for exogenetic lithium deposits[J]. Geology in China, 50(6): 1599–1620(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.
- 白宗海, 林浩, 李善平, 等. 2018. 青海三江北段草陇伟晶岩型锂多金属矿特征及成因分析[J]. 青海大学学报, 36(4): 86–93.
- 陈海霞, 严红, 孙云龙, 等. 2024. 锂资源提取技术研究进展[J]. 无机盐工业, 56(1): 9–22.
- 陈祺, 舒立旻, 贺玲, 等. 2022. 江西省锂矿资源分布特征及其研究工作展望[J]. 矿产与地质, 36(2): 234–241.
- 陈祥云, 吴俊华, 唐维新, 等. 2023. 赣西地区新探明巨量花岗岩型锂矿资源[J]. 地球科学, 48(10): 3957–3960.
- 程云茂, 翟鑫, 李伟清, 等. 2024. 云南安宁地区碳酸盐黏土型锂矿找矿取得重大突破[J]. 矿产勘查, 15(1): 161–163.
- 崔晓林. 2017. 中国锂矿资源需求预测及供需分析[D]. 中国地质大学

- (北京) 硕士学位论文: 8-15.
- 代鸿章, 王登红, 刘善宝, 等. 2023. 国外锂矿找矿新进展 (2019—2021 年) 及对我国战略性矿产勘查的启示 [J]. 地质学报, 97(2): 583-595.
- 第一财经日报. 2023. 碳酸锂价格“没底”过剩产能持续出清 [EB/OL]. (2023-12-22) [2024-02-18]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1785938424964533050&wfr=spider&for=pc>.
- 福建省工业和信息化厅. 将乐县发现锂多金属矿 [EB/OL]. (2024-05-16) [2024-05-18]. https://gxt.fujian.gov.cn/zwgk/xw/hydt/snhdyt/202405/t20240513_6447862.htm.
- 郭志锋, 谈成龙, 戴定. 2017. 锂——世界矿业发展新焦点 [J]. 中国核工业, (9): 28-29.
- 国际能源署. 2021. 2022 年可持续发展报告 [R].
- 韩佳欢, 乜贞, 方朝合, 等. 2021. 中国锂资源供需现状分析 [J]. 无机盐工业, 53(12): 61-66.
- 黑龙江省人民政府. 2023. 从无到有黑龙江省稀有金属勘探取得重大突破 [EB/OL]. (2023-05-24) [2024-05-18]. https://www.hlj.gov.cn/hlj/c107856/202305/c00_31634097.shtml.
- 华福证券研究所. 2024. 锂产业链月度追踪报告 [R].
- 华泰期货研究院. 2024. 2024 年 3 月江西碳酸锂调研报告 [R].
- 华西证券研究所. 2024. 全球锂资源企业经营近况总结 [R].
- 李建康, 刘喜方, 王登红. 2014. 中国锂矿成矿规律概要 [J]. 地质学报, 88(12): 2269-2283.
- 李善平, 潘彤, 王秉璋, 等. 2021. 柴达木盆地北缘锃墨格山含绿柱石花岗岩伟晶岩特征及构造意义 [J]. 大地构造与成矿学, 45(3): 608-619.
- 李五福, 李善平, 王秉璋, 等. 2021. 青海三江北段草陇 (绿柱石-) 锂辉石花岗岩伟晶岩的发现及其 Li-Be 找矿意义 [J]. 大地构造与成矿学, 47(4): 895-913.
- 刘爽, 王水龙, 邢新龙, 等. 2019. 江西省锂矿资源分布、矿床类型及找矿前景 [J]. 资源环境与工程, 33(2): 195-198, 207.
- 刘雪, 王春连, 刘学龙, 等. 2024. 中国锂矿床主要类型特征、分布情况及开发利用现状 [J]. 中国地质, 51(3): 811-832.
- 绵竹市融媒体中心. 2024. 年产 3 万吨锂盐项目将于今年年底启动投料试生产 [EB/OL]. (2024-05-14) [2024-05-18]. <http://www.mztoday.gov.cn/show/74015.html>.
- 潘彤, 陈建洲, 丁成旺, 等. 2023. 柴达木巴伦马海盆地锂稀有轻金属黏土型矿赋存特征 [J]. 黄金科学技术, 31(3): 359-377.
- 潘彤, 李善平, 王涛, 等. 2022. 青海锂矿成矿特征及找矿潜力 [J]. 地质学报, 96(5): 1827-1854.
- 青海日报. 2022. “锂”足优势, “锂”解未来 [EB/OL]. (2022-07-25) [2024-05-18]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1739281811828477933&wfr=spider&for=pc>.
- 四川省自然资源厅. 2023a. 四川金川县李家沟北锂矿勘查区块探矿权挂牌出让结果公示 [EB/OL]. (2023-08-11) [2024-05-18]. https://ky.mnr.gov.cn/jggs/jjgs/202308/t20230812_8563586.htm.
- 四川省自然资源厅. 2023b. 四川省马尔康市加达锂矿勘查区块探矿权挂牌出让结果公示 [EB/OL]. (2023-08-16) [2024-05-18]. https://ky.mnr.gov.cn/jggs/jjgs/202308/t20230817_8564387.htm.
- 孙文礼, 赵志丹, 莫宣学, 等. 2023. 柴达木盆地北山伟晶岩型锂矿床锆铍铁年代学与地球化学 [J]. 岩石学报, 39(11): 3417-3433.
- 唐珏, 王俊, 储瑶, 等. 2023. 新能源发展战略下锂资源形势与对策 [J]. 矿产综合利用, (6): 71-76.
- 王登红, 陈毓川, 江彪, 等. 2020. 中国三叠纪大陆成矿体系 [J]. 地学前缘, 27(2): 45-59.
- 王登红, 代鸿章, 刘善宝, 等. 2022. 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, 28(5): 743-764.
- 王登红, 代鸿章, 刘善宝, 等. 2024. 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, 98(3): 889-897.
- 王登红, 刘善宝, 王成辉, 等. 2023a. 我国三稀矿产找矿进展述评与新一轮找矿建议 [J]. 中国地质调查, 10(5): 1-8.
- 王登红, 代鸿章, 孙艳, 等. 2023b. 锂能源金属矿产深部探测理论与实践 [M]. 北京: 地质出版社: 1-479.
- 王登红, 付小方. 2013. 四川甲基卡外围锂矿找矿取得突破 [J]. 岩矿测试, 32(6): 987-987.
- 王登红, 刘丽君, 侯江龙, 等. 2017a. 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, 24(5): 1-7.
- 王登红, 王成辉, 孙艳, 等. 2017b. 我国锂铍钽矿床调查研究进展及相关问题简述 [J]. 中国地质调查, 4(5): 1-8.
- 王登红, 王瑞江, 付小方, 等. 2016. 对能源金属矿产资源基地调查评价基本问题的探讨——以四川甲基卡大型锂矿基地为例 [J]. 地球学报, 37(4): 471-480.
- 王核, 黄亮, 白洪阳, 等. 2022. 中国锂资源的主要类型、分布和开发利用现状: 评述和展望 [J]. 大地构造与成矿学, 46(5): 848-866.
- 魏汐竹, 白栋, 钱建利, 等. 2023. 基于“锂佩克”背景下中国锂矿供应安全分析研究 [J]. 现代矿业, 39(10): 4-8.
- 我的钢铁网. 2023. 电池级碳酸锂价格走势 [EB/OL]. (2023-12-31) [2024-04-16]. <https://li.mysteel.com/>.
- 伍倩, 刘喜方, 郑绵平, 等. 2017. 我国盐湖锂资源开发现状、存在问题及对策 [J]. 现代化工, 37(5): 1-5.
- 新疆维吾尔自治区自然资源厅. 2024a. 2024 年新疆维吾尔自治区和田县大红柳滩外围龙门山锂矿勘查等 2 宗探矿权挂牌出让结果公示 [EB/OL]. (2024-03-15) [2024-05-18]. https://ky.mnr.gov.cn/jggs/jjgs/202403/t20240316_8802177.htm.
- 新疆维吾尔自治区自然资源厅. 2024b. 新疆维吾尔自治区和田县甜水海锂矿勘查探矿权挂牌出让结果公示 [EB/OL]. (2024-03-12) [2024-04-16]. https://ky.mnr.gov.cn/jggs/jjgs/202403/t20240313_8778385.htm.
- 新疆维吾尔自治区自然资源厅. 2024c. 新疆维吾尔自治区若羌县瓦石峡南锂矿勘查探矿权挂牌出让公告 [EB/OL]. (2024-01-17) [2024-04-16]. https://ky.mnr.gov.cn/kyqcrqg/tkq/202401/t20240117_8731549.htm.
- 邢凯, 朱清, 任军平, 等. 2023. 全球锂资源特征及市场发展态势分析 [J]. 地质通报, 42(8): 1402-1421.
- 雪晶, 胡山鹰. 2011. 我国锂工业现状及前景分析 [J]. 化工进展, 30(4): 782-787, 801.
- 盐湖股份. 2024. 逐“新”攀高的蓝科锂业公司 [EB/OL]. (2024-03-29) [2024-05-18]. <https://caifuha0.eastmoney.com/news/20240329091210757529160>.
- 余小灿, 刘成林, 王春连, 等. 2022. 江汉盆地大型富锂卤水矿床成因与资源勘查进展: 综述 [J]. 地学前缘, 29(1): 107-123.
- 袁小晶, 马哲, 李建武. 2019. 中国新能源汽车产业锂资源需求预测及建议 [J]. 中国矿业, 28(8): 61-65.
- 云南省自然资源厅. 2023a. 云南省昆明市安宁鸣矣河雁塔村锂矿勘查

- 探矿权出让结果公示[EB/OL]. (2023-10-18) [2024-04-16]. https://dnr.yn.gov.cn/html/2023/jieguogongshi_1018/43377.html.
- 云南省自然资源厅. 2023b. 云南省玉溪市安化锂矿勘查探矿权出让结果公示[EB/OL]. (2023-10-18) [2024-04-16]. https://dnr.yn.gov.cn/html/2023/jieguogongshi_1018/43376.html.
- 张亮, 杨卉凡, 柳林, 等. 2020. 全球提锂技术进展[J]. 矿产保护与利用, 40(5): 24-31.
- 张秀峰, 谭秀民, 刘维燥, 等. 2020. 矿石提锂技术现状与研究进展[J]. 矿产保护与利用, 40(5): 17-23.
- 张泽南, 张照志, 吴晴, 等. 2020. 中国锂矿资源需求预测[J]. 中国矿业, 29(7): 9-15.
- 赵婷. 2021. 锂矿山地表微生物多样性和耐锂菌株筛选[D]. 南京大学硕士学位论文: 18-25.
- 郑绵平, 邢恩袁, 张雪飞. 2023. 全球锂矿床的分类、外生锂矿成矿作用与提取技术[J]. 中国地质, 50(6): 1599-1620.
- 郑明贵, 刘丽珍, 于明, 等. 2024. 中国锂资源安全评估与预警[J]. 地质通报, 43(2/3): 197-205.
- 郑明贵, 于明, 范秋蓉, 等. 2023. 中国 2025—2035 年碳酸锂需求预测——基于灰色关联分析和 ARIMA-GM-BP 神经网络的组合模型[J]. 地球科学进展, 38(4): 377-387.
- 中国矿业报. 2024. 中国地质学会 2023 年度地质科技重要进展、地质找矿重大成果评点[EB/OL]. (2024-04-01) [2024-04-16]. <https://mp.weixin.qq.com/s/HhZzOEVzCBhg5-BQuqywSA>.
- 中国汽车工业协会. 2024. 2023 年新能源汽车产销情况[EB/OL]. (2024-01-11) [2024-04-16]. <http://www.caam.org.cn/tjsj>.
- 中国青年报. 2021. 中国规模最大卤水提锂项目进入试产阶段[EB/OL]. (2021-08-18) [2024-04-16]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1708394390698425123&wfr=spider&for=pc>.
- 中国有色金属工业协会锂业分会. 2023. 锂盐产品产量、消费量数据[EB/OL]. (2023-04-08) [2024-02-21]. <https://www.chinania.org.cn/>.
- 中国有色金属工业协会锂业分会. 2024. 锂盐产品产量、消费量数据[EB/OL]. (2024-01-22) [2024-05-10]. <https://www.chinania.org.cn>.
- 中国政府网. 2017. 汽车产业中长期发展规划[EB/OL]. (2017-04-06) [2024-01-08]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5230289.htm.
- 中国自然资源报. 2024. 打开江汉盆地卤水矿产聚宝盆[EB/OL]. (2024-03-11) [2024-04-18]. <https://www.iziran.net/news.html?aid=5304285>.
- 自然资源部. 2023a. 全国矿产资源储量统计表[EB/OL]. (2023-06-16) [2024-01-06]. https://www.mnr.gov.cn/sj/sjfw/kc_19263/kczycltjb/.
- 自然资源部. 2023b. 中国矿产资源报告[EB/OL]. (2023-10-30) [2024-01-06]. https://www.mnr.gov.cn/sj/sjfw/kc_19263/zgkczybg/.
- 自然资源部. 2024. 2023 年全国非油气地质勘查统计年报[EB/OL]. (2024-05-07) [2024-05-17]. <https://mp.weixin.qq.com/s/DkpabDBL80qblhcNgUBOvQ>.