

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2023.08.012

# 全球锂资源特征及市场发展态势分析

邢凯<sup>1,2</sup>, 朱清<sup>1,2\*</sup>, 任军平<sup>3</sup>, 邹谢华<sup>1,2</sup>, 牛茂林<sup>1,2,4</sup>, 刘君安<sup>5</sup>, 肖阳<sup>1,6</sup>XING Kai<sup>1,2</sup>, ZHU Qing<sup>1,2\*</sup>, REN Junping<sup>3</sup>, ZOU Xiehua<sup>1,2</sup>, NIU Maolin<sup>1,2,4</sup>, LIU Jun'an<sup>5</sup>,  
XIAO Yang<sup>1,6</sup>

1. 中国地质调查局国际矿业研究中心, 北京 100037;

2. 中国矿业报社, 北京 100037;

3. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170;

4. 中国地质大学(武汉)资源学院, 湖北 武汉 430074;

5. 中国地质调查局南京地质调查中心, 江苏 南京 210016;

6. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083

1. International Mining Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China;

2. China Mining News, Beijing 100037, China;

3. Tianjin Centre, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;

4. School of Resources, China University of Geosciences(Wuhan), Wuhan 430074, Hubei, China;

5. Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, Jiangsu, China;

6. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China

**摘要:** 锂作为全球重要的新兴关键性矿产之一,被中国、美国、日本、欧盟等世界各主要经济体列为战略性或关键矿产,各主要经济体愈加重视锂资源安全供应。为全面了解全球锂资源特征,剖析市场发展态势,全面梳理了全球锂资源主要成矿类型、分布特征、成矿时代和典型成矿区带情况,结合主要国家锂资源市场态势,分析了全球锂资源供需格局和价格走势,并就保障中国锂资源供应安全提出建议。总体来看,全球锂资源丰富,但分布和供需高度集中。当前,随着全球新能源产业的蓬勃发展,锂资源供给和需求快速增长,国际贸易量和价格稳步上升;为缓解供应紧张局面,全球锂资源开发项目众多,锂矿勘查投入逐年增加。中国作为全球第一大锂资源消费国,国内锂资源供给不足,对外依存度高达67%,仍存在锂资源市场产业链不完善、金融体系薄弱、企业国际竞争力较弱等问题。研究结果为全面了解全球锂资源特征和市场发展态势提供重要参考,对勘查投资具有一定指导意义。

**关键词:** 锂资源特征;市场发展态势;供需格局;勘查投入;供应安全;矿产勘查工程

**中图分类号:** P618.71    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1671-2552(2023)08-1402-20

**Xing K, Zhu Q, Ren J P, Zou X H, Niu M L, Liu J N, Xiao Y. Research on the characteristics and market development trend of global lithium resources. *Geological Bulletin of China*, 2023, 42(8): 1402-1421**

**Abstract:** In recent years, lithium has become one of the important emerging key minerals in the world and has been listed as strategic or critical mineral by China, the United States, Japan, the European Union, and other major economies in the world. The major economies pay more attention to the supply security of lithium resources. This study is conducted to comprehensively understand the global lithium

收稿日期:2022-05-18;修订日期:2022-10-19

资助项目:中国地质调查局项目《战略性矿产资源市场跟踪与矿业大数据分析》(编号:DD20211403)、《全球矿业大数据挖掘集成与智能决策服务平台建设》(编号:DD20201118)和《战略性矿产资源政策与投资环境评价》(编号:DD20211404)

作者简介:邢凯(1993-),男,博士,助理研究员,从事资源产业经济研究。E-mail: xingkai@mail.cgs.gov.cn

\* 通信作者:朱清(1983-),男,博士,研究员,从事资源产业经济研究。E-mail: zhuq@mail.cgs.gov.cn

resource characteristics and analyze the market development trend. This paper comprehensively combs the main metallogenic types, distribution characteristics, metallogenic epochs, typical metallogenic belts, as well as the market trends of lithium resources in major countries. In addition, this paper analyzes the supply-demand structure and price trend of global lithium resources, and puts forward several suggestions on ensuring the supply security of lithium resources in China. In general, the global lithium resources are rich, but the distribution, as well as supply and demand are highly concentrated. At present, the supply and demand, as well as the volume and price of international trade of global lithium resources have increased rapidly, with the vigorous development of the new energy industry all around the world. In order to relieve the tense supply situation, there are many lithium resource development projects in the world, and the investment in lithium exploration has increased year by year. As the largest lithium resource consumer in the world, China has insufficient domestic lithium resource supply and the degree of external dependence is up to 67%. Moreover, the lithium resource market of China still has problems such as imperfect industrial chain, weak financial system and weak international competitiveness of enterprises. This paper would provide considerable insights for global lithium resource characteristics, market development trends, and exploration investment.

**Key words:** characteristics of lithium resources; market development trend; supply-demand structure; exploration investment; supply security; mineral exploration engineering

锂(Li)是化学元素周期表中的第一个金属元素,金属形态的锂是自然界最轻的金属,密度只有“轻金属”铝的 1/5。随着当前新兴技术产业的快速发展,锂由于性能优良,被广泛应用于高能电池、储能、航空航天、受控核反应等多个新兴行业和领域,享有“工业味精”、“宇航合金”、“白色石油”、“21 世纪最有应用潜力的金属”等美誉(Kesler et al., 2012; 王秋舒, 2016; Schulz et al., 2017; 许志琴等, 2021)。近年来,锂资源在全球的地位逐渐提升,各主要经济体加大了对锂资源的重视程度。当前,锂已先后被日本 2009 年《稀有金属保障战略》、中国 2016 年《全国矿产资源规划(2016—2020)》、美国 2017 年《美国的关键矿产资源—经济和环境地质及未来供应展望》、欧盟 2018 年《关键原材料和循环经济》等列入国家战略性或关键性矿产,2020 年被联合国环境保护署归类为“绿色稀有金属”(曹庭语, 2011; USGS, 2017; 王登红, 2019; Commission European, 2020; 陈其慎等, 2021; 自然资源部, 2022)。当前,中国已成为全球第一大锂资源消费国和贸易国,国内锂资源禀赋较差、市场结构和金融体系不完善、提锂技术有待突破等问题导致中国锂资源开发利用水平低、供给不足,对外依存度高达 67%,因此保障锂资源安全稳定供应具有重要意义(郑绵平等, 2007; 马哲等, 2018; 许志琴等, 2018; 王安建等, 2019; 王秋舒等, 2019; Wang et al., 2020; 陈甲斌等, 2020; 何金祥等, 2020; 夏鹏等, 2020; 2022; 官云龙等, 2021; 屈金芝等, 2021; Zhang et al., 2022)。本文对全球锂资源成矿类型、分布特征、成矿时代、典型

成矿区带、供需格局、主要国家锂矿的勘查投入情况、锂资源定价机制、价格走势等问题进行探讨,以增强对全球锂资源的认识,为中国实现锂资源安全保障和全球合理化配置提供参考。

## 1 全球锂资源概况

### 1.1 全球锂资源成矿类型多样,分布高度集中

(1) 锂资源成矿类型多样,以盐湖卤水型、伟晶岩型和沉积岩型为主

锂是一种稀碱金属,自然界中锂资源存量丰富,其在地壳中的丰度约为 0.0065% (铜丰度仅为 0.005%),在所有元素中位居第 27 位。锂既可以以固体矿产资源状态存在,也可以以液体矿床资源存在,许多矿物、岩石、土壤、天然水中都有微量锂存在,当前已发现的锂矿物超过 150 种,但仅有 28 种是常见的,其中包括锂磷铝石、锂云母、透锂长石、锂辉石、铁锂云母、锂皂石、羟硼硅钠锂石(贾达尔锂硼矿物)等(赵元艺等, 2015; Kudryavtsev, 2016)。这些矿物中最常见的为锂云母( $\text{KLi}_{1.5}\text{Al}_{1.5}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{FOH})_2$ )和锂辉石( $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ ),是当前固体锂矿最主要的 2 种赋存矿物。锂一般不会独立形成矿物,而是在广泛分布的造岩矿物中与钾形成类质同相替代。此外,锂也存在于各种微量元素浓度极高的地下热水中或一些高盐度湖泊的天然卤水中(Kesler et al., 2012; 宋彭生等, 2014; 杨卉芃等, 2019; 丁涛等, 2020)。

根据美国地质调查局(United States Geological Survey, USGS)数据,全球锂资源主要赋存形式中,液体锂资源占比达 64%,固体锂资源占比为 36%

(图 1)。锂成矿类型主要包括封闭盆地卤水型(盐湖卤水型 58%)、伟晶岩型(26%)、锂粘土型(7%)、油田卤水型(3%)、地热卤水型(3%)、锂沸石型(3%)等(Evans, 2008; USGS, 2022; 于泓等, 2019; 吴西顺等, 2020; 隰弯弯等, 2023)。盐湖卤水型、伟晶岩型及沉积岩型(包括锂粘土型和锂沸石型等)锂资源是当前最重要的 3 种锂成矿类型。盐湖锂资源主要分布在南美洲的“锂三角”地区(智利、阿根廷和玻利维亚及毗邻地区)、美国的内华达州、中国的青海和西藏等地区, 盐湖中常含钾、钠、镁、溴、硼、碘等其他多种有用组分(王学评等, 2014; 刘丽君等, 2017; Tkachev et al., 2018)。伟晶岩型锂矿主要分布在澳大利亚西部、加拿大魁北克省、美国内华达州、津巴布韦、墨西哥中部沉积盆地、中国四川和江西等地区(Kesler et al., 2012; 王学评等, 2014; 王秋舒, 2016; 2019; 蔡艳龙等, 2017; 杨卉芃等, 2019)。沉积岩型锂矿主要分布在北美西部盆地(美国和墨西哥)、南美秘鲁东南部及塞尔维亚贾达尔盆地等地(隰弯弯等, 2023)。

#### (2) 全球锂资源丰富, 但分布不均

根据中国地质调查局数据(王高尚等, 2021), 截至 2020 年底, 全球锂储量约  $12828 \times 10^4$  t LCE (Lithium Carbonate Equivalent, 碳酸锂当量), 主要分布在 18 个国家, 其中智利  $5267 \times 10^4$  t (占比 41.1%)、澳大利亚  $1839 \times 10^4$  t (占比 14.3%)、阿根廷  $1693 \times 10^4$  t (占比 13.2%)、中国  $810 \times 10^4$  t (占比

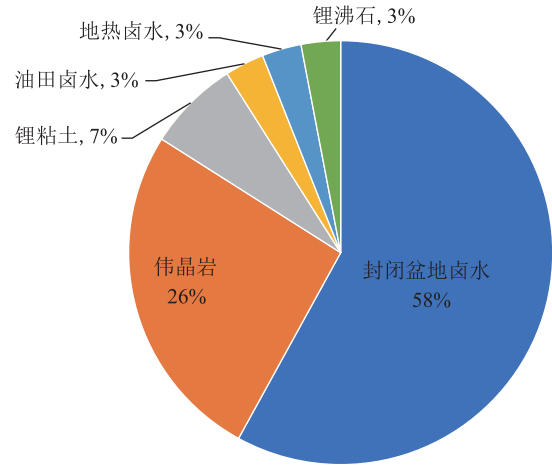
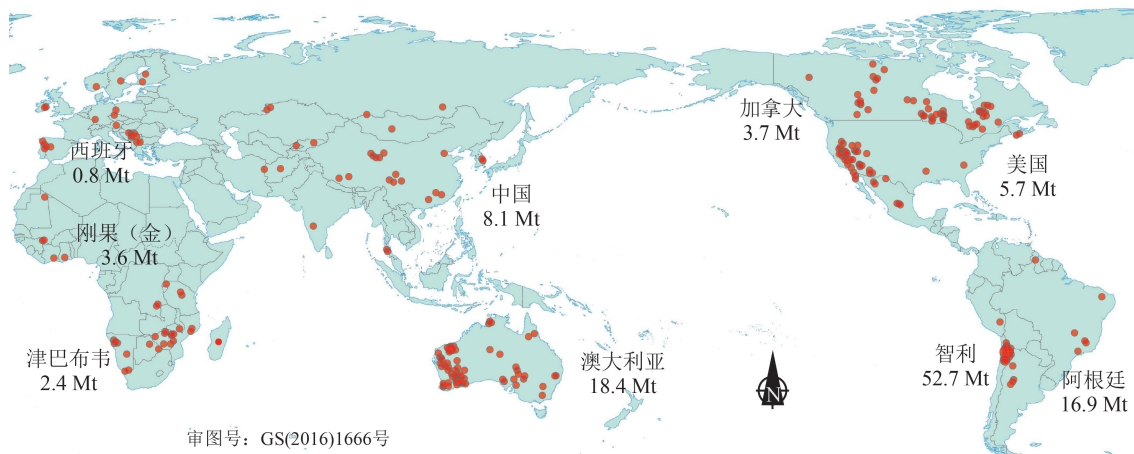


图 1 2020 年全球锂资源分布类型(据 USGS, 2022)

Fig. 1 Distribution type of global lithium resources in 2020

6.3%), 四国合计占全球的 74.9% (表 1; 图 2); 全球锂资源量(探明+控制+推测)达  $34943 \times 10^4$  t LCE, 其中玻利维亚  $11176 \times 10^4$  t (占比 32.0%)、阿根廷  $7934 \times 10^4$  t (占比 22.7%)、美国  $5492 \times 10^4$  t (占比 15.7%)、澳大利亚  $2062 \times 10^4$  t (占比 5.90%)、中国  $1914 \times 10^4$  t (占比 5.5%), 五国合计占全球的 81.8% (表 2)。高品位伟晶岩型锂资源主要集中在澳大利亚, 其是全球最大的锂精矿出产国。高品位盐湖锂资源主要分布在智利和阿根廷, 是全球最大的 2 个锂盐(碳酸锂和氢氧化锂)出产国(王高尚等, 2021)。



审图号: GS(2016)1666号

图 2 全球主要锂资源项目及主要国家储量分布(形状大小代表矿业项目储量, 各主要国家储量为 2020 年

碳酸锂当量。据王高尚等, 2021; S&P Global Market Intelligence, 2022)

Fig. 2 Distribution of major lithium resource projects in the world and reserves in major countries

表 1 2020 年全球锂储量分布(据王高尚等,2021)  
Table 1 Distribution of global lithium reserves in 2020

| 排名 | 国别    | 储量/ $10^4$ t | 全球占比  |
|----|-------|--------------|-------|
| 1  | 智利    | 5267         | 41.1% |
| 2  | 澳大利亚  | 1839         | 14.3% |
| 3  | 阿根廷   | 1,693        | 13.2% |
| 4  | 中国    | 810          | 6.3%  |
| 5  | 美国    | 570          | 4.4%  |
| 6  | 加拿大   | 3692         | 2.9%  |
| 7  | 刚果(金) | 363          | 2.8%  |
| 8  | 津巴布韦  | 243          | 1.9%  |
| 9  | 墨西哥   | 173          | 1.4%  |
| 10 | 西班牙   | 792          | 0.6%  |
| 11 | 其他    | 1422         | 11.1% |
|    | 合计    | 12828        | 100%  |

表 2 2020 年全球锂资源量分布(据王高尚等,2021)  
Table 2 Distribution of global lithium resources in 2020

| 排名 | 国家    | 资源量/ $10^4$ t | 全球占比  |
|----|-------|---------------|-------|
| 1  | 玻利维亚  | 11176         | 32.0% |
| 2  | 阿根廷   | 7934          | 22.7% |
| 3  | 美国    | 5492          | 15.7% |
| 4  | 澳大利亚  | 2062          | 5.9%  |
| 5  | 中国    | 1914          | 5.5%  |
| 6  | 刚果(金) | 1628          | 4.7%  |
| 7  | 加拿大   | 1462          | 4.2%  |
| 8  | 捷克    | 656           | 1.9%  |
| 9  | 塞尔维亚  | 617           | 1.8%  |
| 10 | 智利    | 580           | 1.7%  |
| 11 | 其他    | 1422          | 4.1%  |
|    | 合计    | 34943         | 100%  |

(3)当前全球锂资源以矿石提锂为主,盐湖、粘土提锂等技术快速发展

目前,矿石锂在全球锂资源供应中占比超过1/2,矿石提锂技术的主要优势为易于开采、产出周期快,但存在成本高、能耗大、污染较大等问题(苏慧等,2019)。2019年以来,受锂资源价格下跌和新冠疫情影响,澳大利亚较多高成本矿山,如皮尔甘古拉(Pilgangoora)、沃吉纳(Wodgina)等,相继进入减产、停产状态。相较于矿石提锂,盐湖卤水提锂作为全球锂资源另一个主要供应来源,具有成本

低、污染小等优势。但盐湖提锂技术目前存在生产周期长、产量小等问题,导致全球大量盐湖卤水资源产能未能释放(宋彭生等,2014;王秋舒,2016;丁涛等,2020)。除矿石提锂和盐湖提锂外,近年来粘土提锂、云母提锂等技术逐渐兴起并快速发展(王秋舒,2016;于泓等,2019;吴西顺等,2020;隰弯弯等,2023)。例如,墨西哥索诺拉(Sonora)锂粘土项目在提锂过程中兼具矿石提锂优势和盐湖提锂优势,不仅能以矿石提锂的速度快速完成提锂,同时具有盐湖提锂的相对低成本优势,但仍在建设中,尚未形成产能。此外,海水中也富含Li元素,一些学者认为海水是潜在的锂资源,但Vikström et al.(2013)通过对海水提锂技术和成本的相关研究提出,海水中的锂变成可用资源至少在几十年内不可实现,且近年来未有权威期刊发表关于海水提锂相关内容,本文不做深入探讨。

1.2 锂成矿时代主要为新太古代、古生代和新生代

从超大陆的演化时期看,全球的大型及超大型锂矿( $\text{Li}_2\text{O}>0.1$  Mt)在成矿时代从老到新的基诺兰(Kenorland)、哥伦比亚(Columbia)、罗迪尼亚(Rodinia)、潘基亚(Pangaea)及Amasian各个超大陆时期均有分布(Tkachev et al., 2018)(图3)。Tkachev et al.(2018)对全球71个大型及超大型锂矿进行了梳理,统计分析各个超大陆时期锂矿床的数量、矿床类型、资源量、平均品位等特征(表3)。数据表明,全球锂成矿时代主要集中在当前还未结束的Amasian超大陆演化时期,这一时期锂矿总资源量占整个地质历史时期的53.1%。除Amasian超大陆演化时期包含花岗岩型(花岗伟晶岩型为主)、浅成低温热液层控型(包含火山-沉积型)和盐湖卤水型锂资源外,其余时期成矿类型均以花岗岩型锂矿为主(表3)。

最古老的基诺兰超大陆演化时期,成矿数量和总体锂资源量仅次于Amasian超大陆演化时期,锂矿总资源量占比为35.2%,矿床平均品位最高( $\text{Li}_2\text{O}$ ,1.42%)。这一时期记录了当前已发现的最古老锂成矿时代(3.0~3.05 Ga),为卡普瓦拉克拉通(Kaapvaal Craton)斯威士兰和巴伯顿绿岩带片麻杂岩体中的钠长石和钠长石-锂辉石稀有金属伟晶岩,但资源量和品位均较低(Trumbull, 1993; Harris et al., 1995; Grew et al., 2018)。成矿时代主要为中太古代晚期和新太古代,如澳大利亚皮尔巴拉克拉

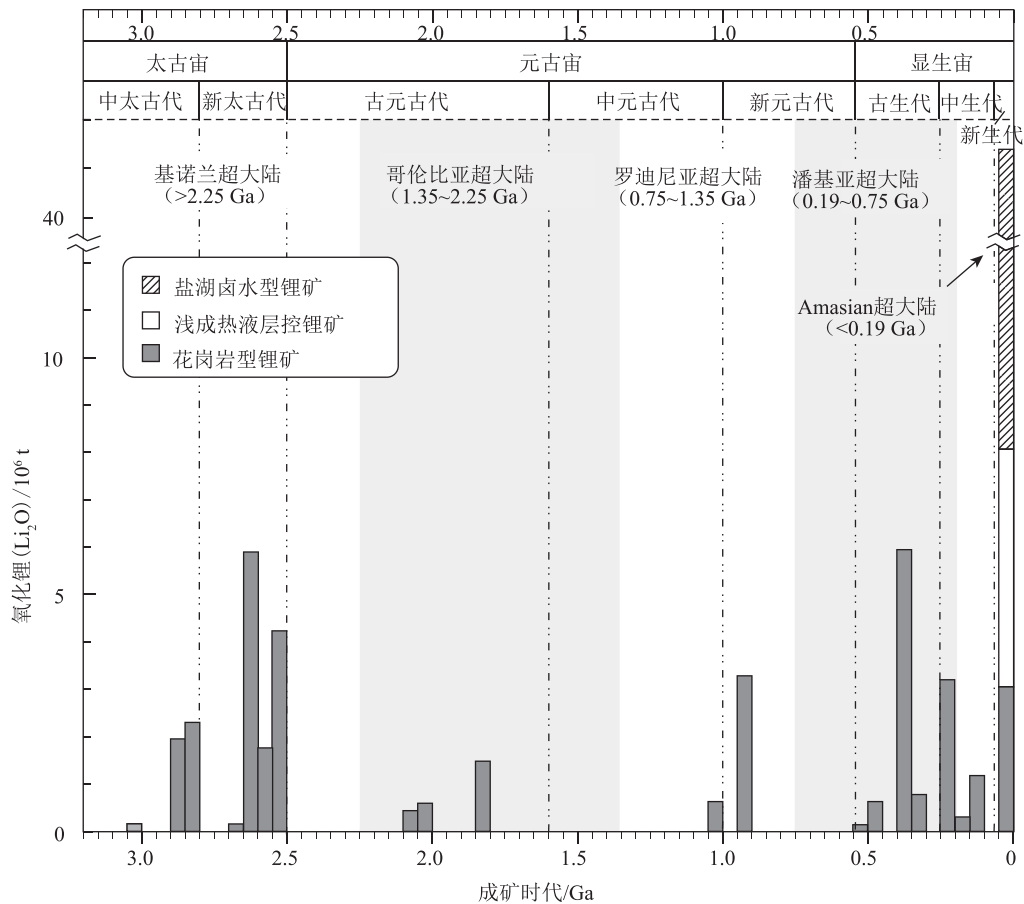


图3 全球大型及超大型锂矿成矿时代分布(据 Tkachev et al., 2018)

Fig. 3 Distribution of the mineralization age of large and super large lithium deposits in the world

通(Pilbara Craton)中的皮尔甘古拉和沃吉纳矿床成矿时代均为中太古代晚期。新太古代的锂矿数量比中太古代更多,分布更广,主要产在加拿大苏必利尔克拉通(Superior Craton)的花岗岩-绿岩-片岩带中,如坦科(Tanco)、拉科纳(La Corne)、詹姆斯湾(James Bay)等矿床;其他还包括发育在斯莱夫克拉通(Slave Craton)的Yellowknife-Beaulieu矿床,伊尔岗克拉通(Yilgarn Craton)的格林布什(Greenbushes)、艾瑞伯爵(Earl Grey)、马里森(Mount Marion)等矿床,津巴布韦(Zimbabwe)克拉通的比基塔(Bikita)、阿卡迪亚(Arcadia)、祖鲁(Zulu)等矿床,科拉克拉通(Kola Craton)的科尔莫泽罗(Kolmozero)等矿床。该时期大部分矿床的矿石矿物仅为锂辉石,但也存在一些其他矿物相,如坦科和比基塔矿床的锂磷铝石,比基塔矿床的锂云母、锂霞石,以及比基塔、祖鲁和阿卡迪亚矿床的透锂长石等。

罗迪尼亚超大陆时期,矿床数量最少,成矿主要集中在2个阶段:古元古代晚期(1.0~1.05 Ga)和新元古代早期(0.9~0.95 Ga)。该时期的成矿均位于中部非洲南侧的Grenvillides,代表性矿床有发育在基巴拉构造带(Kibaran belt)中的马诺诺-基托托洛矿床(Manono-Kitotolo)和发育在卡玛提维(Kamativi)结晶基底中的卡玛提维矿床,最主要的矿石矿物为锂辉石。罗迪尼亚时期单个矿床平均资源量排第一(演化时期内资源量总和/矿床数,  $\text{Li}_2\text{O}$ , 3.85 Mt, 表3),主要得益于该演化时期矿床数量少,但资源量巨大,发育有马诺诺-基托托洛矿床,属于世界最大锂矿之一(Mohr et al., 2012; Dewaele et al., 2016)。

哥伦比亚超大陆时期,总体锂资源量(占比仅为3%)和每个矿床的平均资源量( $\text{Li}_2\text{O}$ , 0.35 Mt)最低,成矿时代主要集中在古元古代中期的2个时间段(2.03~2.08 Ga和1.82~1.84 Ga)。其中2.03~2.08 Ga

表 3 不同成矿时代全球大型及超大型锂矿情况(据 Tkachev et al.,2018)  
Table 3 Global large and super large lithium deposits in different mineralization ages

| 超大陆演化<br>时期/Ga      | 成矿类型             | 矿床数<br>量/个 | 总资源量/<br>Li <sub>2</sub> O, Mt | 矿床平均<br>资源量/Li <sub>2</sub> O,<br>Mt | Li <sub>2</sub> O<br>平均品位 | 占总体资源<br>量比例 |
|---------------------|------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------|
| 基诺兰(>2.25)          | 花岗岩型             | 22         | 17.22                          | 0.78                                 | 1.42%                     | 21.3%        |
| 哥伦比亚<br>(1.35~2.25) | 花岗岩型             | 7          | 2.44                           | 0.35                                 | 1.05%                     | 3.0%         |
| 罗迪尼亚<br>(0.75~1.35) | 花岗岩型             | 2          | 7.7                            | 3.85                                 | 1.19%                     | 9.5%         |
| 潘基亚(0.19~0.75)      | 花岗岩型             | 15         | 10.58                          | 0.71                                 | 1.28%                     | 13.1%        |
| Amasian(<0.19)      | 花岗岩型、浅成<br>热液层控型 | 9          | 11.04                          | 1.23                                 | 0.96%                     | 13.6%        |
|                     | 盐湖卤水型            | 16         | 31.9                           | 1.99                                 | 0.12%                     | 39.4%        |
|                     | 合计               | 25         | 42.94                          | 1.72                                 | 0.15%                     | 53.1%        |
| 总体                  |                  | 71         | 80.89                          | 1.14                                 | 0.69%                     | 100%         |

成矿期锂矿床主要发育在巴西、西非和乌克兰地盾褶皱带中,代表性矿床如 Volta Grande、古拉米纳(Goulamina)等;1.82~1.84 Ga 成矿期锂矿床主要发育在东萨彦岭带(East Sayan)中,如 Goltsovoe、Vishnyakovskoe 等矿床。该时期,锂辉石为唯一具有经济价值的矿石矿物。

潘基亚超大陆时期的花岗岩类型矿床以锂-氟稀有金属花岗岩为主,这类矿床岩浆源区一般为后造山阶段的壳内来源,集中分布在阿巴拉契亚成矿带(Appalachian)和松潘-甘孜带,代表性矿床分别为国王山(Kings Mountain)、甲基卡等矿床。此外,还分布在阿拉苏阿伊成矿带(Aracuai),如卡舒埃拉矿床(Cachoeira);伊比利亚成矿带(Iberian),如赛佩达矿床(Sepeda);阿尔泰成矿带(Altay),如可可托海矿床;图瓦-蒙古成矿成矿带(Tuva-Mongol),如 Tastyg 矿床;阿尔卑斯成矿带(Alpine),如韦因贝尼矿床(Weinebene)等。除赛佩达矿床矿物为透锂长石外,其余大部分矿床以锂辉石为主,且可可托海矿床还发育锂云母。

Amasian 超大陆至今仍在演化(Tkachev et al., 2018),该时期锂资源量最大,主要集中在新生代,成矿类型多样,盐湖卤水型锂资源量占比达74.3%,是最主要的锂资源成矿类型,而且当前部分盐湖仍以较快的速度在扩张,如詹姆斯湾、格瑞伯爵、科诺韦茨(Cinovec)等盐湖(杨卉芃等,2019)。盐湖卤

水当前占全球锂资源的 64%(图 1),主要分布在地球动力活跃、气候干旱、具有表面蚀变矿化,以及有利于形成湖泊的区域,典型地区包括蒂普拉诺-普纳(Altiplano-Puna)高原(如阿塔卡玛-Atacama、乌尤尼-Uyuni 和翁布雷穆埃尔托-Hombre Muerto 等盐湖),北美西部盆岭省(如银峰-Silver Peak 和瑟尔斯-Searles 等盐湖),中国柴达木盆地、青藏高原(如大柴旦、一里坪、东/西台吉乃尔等盐湖)、拉萨地块山间低谷(如扎布耶、当雄措等盐湖)(郑绵平, 2001;2007;宋彭生等,2014;邓小川等,2018)。除盐湖卤水型锂资源外,另一种重要的固体矿产成矿类型为浅成低温热液层控矿床,但目前研究程度较低。这类矿床矿石矿物为锂蒙脱石或硼硅酸盐-硼酸盐矿物,通常产在火山口边缘的前湖火山成因沉积湖段,如发育在北美西部盆岭省的国王谷(Kings Valley)、La Ventana-El Sauz 等矿床,巴尔干半岛的贾达尔火山成因沉积洼地的贾达尔矿床等(Tkachev et al., 2018)。此外,该时期的花岗岩型矿床主要分布在外贝加尔(Transbaikalian)和兴都库什(Hindu Kush)成矿带中,如 Zavitinskoe、Parun、Shamakhat、塔哈卢尔(Taghawlor)等矿床,矿石矿物以锂辉石为主。这一演化时期花岗岩型矿床数量最少,主要是因为这一演化时期尚不完整,而花岗岩型锂矿常形成于碰撞造山带崩塌阶段的末期(Tkachev et al., 2011)。

### 1.3 典型成矿带及矿床地质特征

#### (1) 西澳大利亚克拉通

西澳克拉通主要由皮尔巴拉和伊尔岗两大太古宙、古元古代地块组成,同时包含周边的元古宇—古生界及更新统沉积盆地(刘源骏等,2016;王登红等,2017)。其中,皮尔巴拉地块面积约  $10 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,主要岩性为古老的花岗片麻岩,周边和中间局部夹杂火山岩和沉积变质岩,地块年龄为  $2.9 \sim 3.1 \text{ Ga}$ 。南部伊尔岗地块面积约  $60 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,西南部岩性主要为角闪岩相—麻粒岩相的花岗片麻岩,中部和东部以花岗岩基为主体,分别发育南北向和北北西向绿岩带。西澳克拉通发育众多金、铁、锂、铌、钽、锡等矿床,矿床规模大,伴生组分多,资源量丰富。据统计,几乎整个澳大利亚的锂资源均集中于西澳克拉通,其锂矿资源约占全球伟晶岩型锂矿的  $1/2$ ,是全球最大的伟晶岩型锂矿集中区,发育有格林布什矿床、卡特琳(Mount Cattlin)、马里森、皮尔甘古拉、沃吉纳等大型—超大型伟晶岩型锂矿,锂资源量仅次于“锂三角”地区(隰弯弯等,2023)。

格林布什矿床位于伊尔岗地块的西南部,距澳大利亚西澳首府珀斯  $250 \text{ km}$ ,属花岗伟晶岩型矿床,成矿金属主要为锂和钽。格林布什矿床是全球最老的锂辉石矿床之一,伟晶岩的锆石  $\text{U-Pb}$  年龄为  $2.53 \text{ Ga}$ (Solomon et al., 1994; Mariana et al., 2005)。格林布什伟晶岩区域的侵入体集中沿区域古老的剪切带分布,沿着镁铁质角闪岩、超镁铁质岩和层状变质沉积岩的接触面侵位(图4)。格林布什伟晶岩是西澳克拉通内已发现的最大伟晶岩群,走向延伸达  $6 \text{ km}$ ,主要的成矿伟晶岩体长  $3 \text{ km}$ ,宽  $40 \sim 250 \text{ m}$ ,深约  $400 \text{ m}$ ,与地表成  $45^\circ$  倾斜。伟晶岩主要赋存于花岗片麻岩、角闪岩和角闪石片岩中,其周围围岩经历了强烈的构造和变质再结晶作用(Partington et al., 1995)。变形主要集中在伟晶岩和围岩的接触带,所以伟晶岩内部的分带被很好地保存了下来。在靠近接触带的部位发育富钾区域,向中心过渡为富钠的区域,锂矿化主要集中在富钠的区域(图4)。

格林布什是澳大利亚乃至全球最大的锂矿床之一,矿石资源量(探明+控制+推测)  $36020 \times 10^4 \text{ t}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$  品位  $1.5\%$ ,折合 LCE 达  $1336.2 \times 10^4 \text{ t}$ ;锂资源储量为  $17960 \times 10^4 \text{ t}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$  品位  $2.0\%$ ,折合 LCE 为  $888.3 \times 10^4 \text{ t}$ (澳大利亚 IGO Limited 公司,2021)。

2021 年,该矿床锂精矿产量  $110.5 \times 10^4 \text{ t}$ ,当前产能仍在增加,2022 年锂精矿产量预计为  $149 \times 10^4 \text{ t}$ (施毅,2022)。格林布什单一矿山占全球锂资源供应量的  $25\%$ ,是全球矿石品位最高且生产成本最低的锂矿。

#### (2) 基巴拉构造带

基巴拉构造带位于非洲中部,长约  $1500 \text{ km}$ ,最宽部分约  $400 \text{ km}$ ,该带总体上呈北东向从刚果(金)经布隆迪、卢旺达、坦桑尼亚西北部等地区延伸到乌干达西南部。从地质年龄看,基巴拉构造带归于中元古代,其不整合覆盖在太古宙或古元古代基底之上。该构造带位于刚果克拉通和坦桑尼亚—班韦卢克拉通之间,分为南部 Kibaride 带和北部 Karagwe—Ankole 带两部分,岩性主要为绿片岩相—角闪岩相的变质泥岩和石英岩,同时广泛出露花岗岩(何胜飞,2014;许康康等,2019;孙宏伟等,2021)。基巴拉构造带中矿床数量众多,锂、铍、铌、钽、钨、锡、金、镍、铜等资源丰富。

伟晶岩型锂矿主要发育在南部 Kibaride 带,与带内最晚期的含锡花岗岩岩浆作用关系密切(Schulz et al., 2017;隰弯弯等,2023)。其中,位于基巴拉构造带中刚果(金)东南部坦噶尼喀省的马诺诺—基托托洛锂矿是构造带内最大的伟晶岩型锂矿,也是全球最大的伟晶岩型锂矿床之一,锂资源丰富,同时伴生大量铌、钽和锡资源。马诺诺—基托托洛矿床成矿区域内发育片麻状花岗岩、混合花岗岩和淡色花岗岩(图5, Dewaele et al., 2016; Schulz et al., 2017; 许康康等,2019)。矿化伟晶岩多沿叶理侵入到中元古代变质沉积岩和白云岩中,蚀变特征表现为云英岩化、白云母化、电气石化、硅化等(Dewaele et al., 2016)。

马诺诺—基托托洛矿床矿石资源量(探明+控制)高达  $2.69 \times 10^8 \text{ t}$ ,总资源量(探明+控制+推测)可达  $4 \times 10^8 \text{ t}$ ,氧化锂品位为  $1.65\%$ ,处于较高水平,总资源量折合约  $1633 \times 10^4 \text{ t LCE}$ 。据澳大利亚矿产勘探公司 AVZ Minerals 披露,该矿床预计 2023 年可达产,规划年产能可为  $160 \times 10^4 \text{ t}$  锂精矿(施毅,2022)。

#### (3) 阿尔蒂普拉诺—普纳高原

南美普纳高原是当前全球盐湖锂资源最为发育的地区,分布了全球  $70\%$  以上的锂资源,面积达  $40 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,包含阿根廷西北部、玻利维亚西部和智

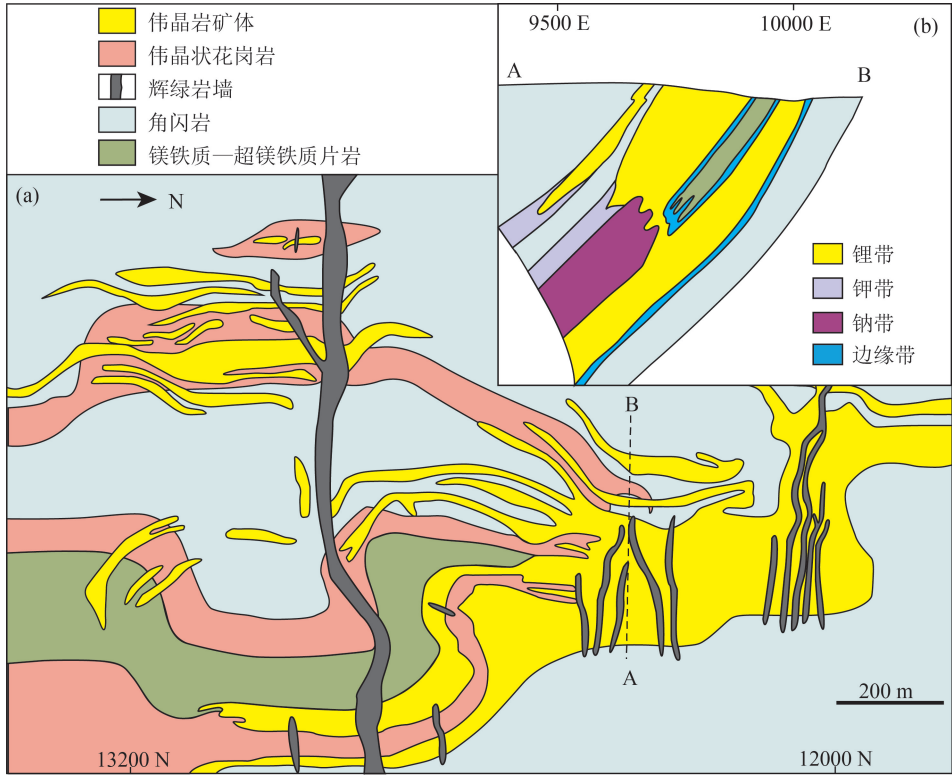


图 4 格林布什矿床地质图(a)和伟晶岩分带图(b) (据 Partington et al., 1995;陈衍景等, 2021)

Fig. 4 Maps showing ore geology(a) and pegmatite zone(b) at Greenbushes deposit

利北部区域 (Kesler et al., 2012; 陈玉明等, 2013)。该区几乎所有的盐湖中均富含 Li、K、B 等元素, 经济价值高, 发育智利阿塔卡玛、玻利维亚乌尤尼等世界级超大型盐湖资源 (Ericksen et al., 1987; Kesler et al., 2012)。该区位于中安第斯构造带, 中新世以来区域火山活动十分发育, 英安岩和熔结凝灰岩在区内广泛发育, 为锂矿形成提供了物质来源。上新世以来, 快速沉降和随后的抬升、剥露在区内形成大量封闭盆地, 由于水岩反应、气候干旱等因素, 卤水不断浓缩, 各类盐矿物在盐湖内沉淀, 形成大量盐湖卤水型锂矿。卤水主要赋存于盐体晶间孔隙和盐层之下的碎屑层中, 卤水层可达几十米到一百多米。普纳高原具优质盐湖卤水资源, 表现为规模大、元素含量丰富、镁锂比低、赋存条件好。此外, 该区气候条件优越, 如光照强度高、蒸发温度适宜、蒸发量高、降水量较低, 为盐湖资源开发利用提供了优越的条件 (Iltis et al., 1984)。

①阿塔卡玛盐湖: 阿塔卡玛是智利最大的盐湖, 也是当前全球卤水型锂资源供给最大的盐湖, 位于智利北部的阿塔卡玛沙漠, 气候干燥, 年蒸发

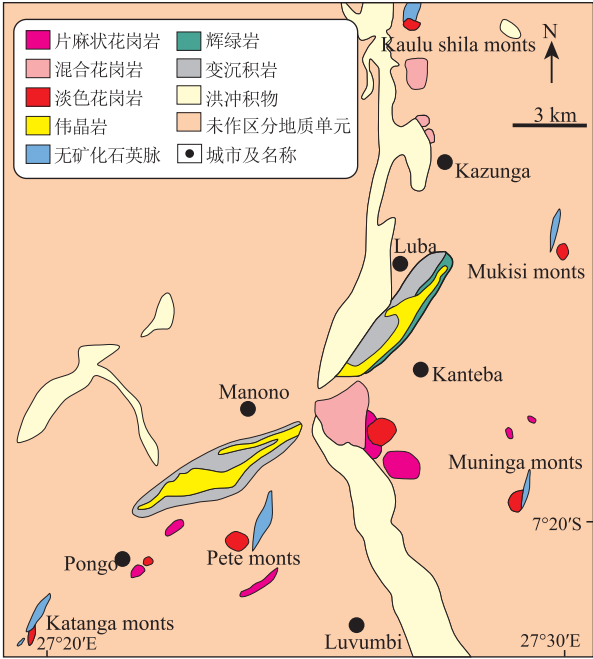


图 5 马诺诺-基托托洛矿床地区地质图 (据 Ngulube, 1994; 孙宏伟等, 2021)

Fig. 5 Geological map of the larger Manono-Kitotolo area

率高,年降雨量低。该盐湖高程为 2300 m,南北长 85 km,东西最大宽度为 50 km,总面积约 3000 km<sup>2</sup>。盐湖位于中新世的构造盆地内,基底岩性主要为古生代和中生代的海相岩石,上覆岩性为古近纪—第四纪陆相沉积岩,沉积层主要为流纹岩、凝灰岩、安山质熔岩和角砾岩等,大量的盐类矿物至今仍在沉积(曲一华,1994)。盐湖内分区明显,含锂卤水主要集中在盐湖西南部面积约 1400 km<sup>2</sup>的盐层上部,盐层上部的孔隙度从地表往深处降低,从地表 30% 降低至 35 m 处接近 0%(Garrett,2004;Lowenstein et al.,2009);锂浓度从西南部中心区域向周边递减,中心锂浓度最高的区域可达  $4000 \times 10^{-6}$ (图 6, Kesler et al.,2012)。

据智利化工矿业公司(SQM)年报数据,截至 2020 年底,阿塔卡玛盐湖锂储量合计约为  $910 \times 10^4$  t,折合 LCE 约为  $4844 \times 10^4$  t,平均锂浓度为 1840 mg/L,镁锂比为 6.4(施毅,2022)。当前该盐湖由 SQM 公司、美国雅宝、中国天齐锂业共同开发,2020 年合计碳酸锂产能  $11.42 \times 10^4$  t,氢氧化锂  $1.35 \times 10^4$  t,仍在扩产阶段。

②乌尤尼盐湖:是当前全球最大的盐湖,位于玻利维亚波托西省西部,海拔 3653 m,东西向最宽

150 km,南北向最长 130 km,盐湖面积逾 10000 km<sup>2</sup>,但当前开发程度较低。乌尤尼盆地最上层的沉积层是富含岩盐的盐壳,其厚度从盐湖边缘小于 2 m 到中心部位增厚至 11 m,并被局部浮到表面的填隙盐水浸透(Risacher et al.,1991)。卤水类型从 Na-Cl 型到 Mg-Cl 型变化,盐湖锂离子浓度呈系统性地变化,从盐湖南部向北侧递减(图 7, Risacher et al.,1991;Garrett,2004)。

根据玻利维亚国有锂矿公司(YLB)公布数据,截至 2019 年底,乌尤尼盐湖探明和控制锂资源量为  $1065.4 \times 10^4$  t LCE,锂浓度 1287 mg/L,且该盐湖还拥有推测资源量  $10154 \times 10^4$  t LCE,锂浓度为 592 mg/L(Memoria YLB,2019)。乌尤尼盐湖当前由于政府政策、开采条件等多因素制约,开发进度停滞(施毅,2022)。

#### (4)北美墨西哥盆地

近年来,全球越来越多具有经济价值的、高锂含量沉积型锂矿床被发现,但目前开发利用程度较低,现阶段发现的沉积型锂矿主要分布于美洲,其次是欧洲,其他地区较少。北美西部盆地是目前全球具有经济价值的沉积型锂矿床最主要的分布地区,该盆地从美国西部科迪勒拉山系的高山深盆延

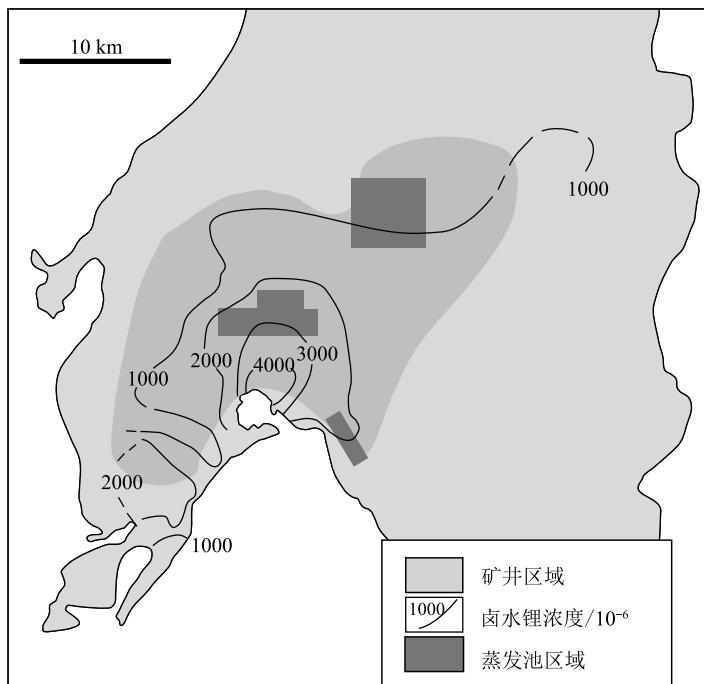


图 6 智利阿塔卡玛盐湖南部地质图(据 Kesler et al.,2012;  
虚线为推测锂浓度变化边界)

Fig. 6 Map of the southern part of the Atacama salar

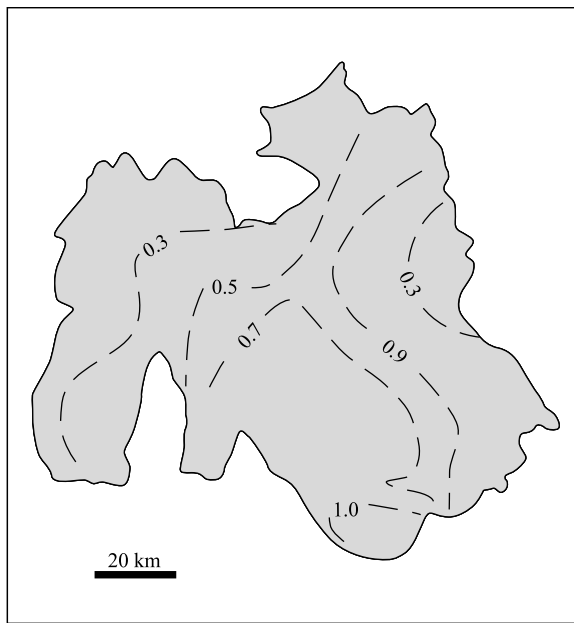


图 7 玻利维亚乌尤尼盐湖地质图(虚线数字表示盐湖近  
地表卤水中锂含量的变化,单位为 mg/L;

据 Kesler et al.,2012)

Fig. 7 Map of the Uyuni salar

伸至墨西哥西部的索诺拉地区。北美西部盆地自新近纪以来发生了大规模的陆内伸展和火山岩浆活动,在区内形成美国国王谷、布罗克里克(Burro Creek)、大桑迪(Big Sandy)、克莱顿谷(Clayton Valley)等,以及墨西哥索诺拉等众多的火山-沉积盆地(舒良树等,2006;于泓等,2019)。这些盆地内发育众多粘土型、盐湖卤水型、地热卤水型等锂矿床,主要得益于其干旱的气候条件、大规模的岩浆热液活动、盆地沉积作用等因素的叠加(于泓等,2019)。

位于墨西哥西部索诺拉盆地的索诺拉锂粘土矿,是现阶段全球建设程度较高,有望在未来几年内达产的少数几个沉积型锂矿之一。索诺拉盆地地层岩性主要由渐新世和中新世沉积物及沉积在浅盆地中的火山岩构成。锂主要以锂蒙脱石矿物形式富集在索诺拉盆地水平层状的粘土层中,这些粘土层平均厚度达20~40 m,覆盖在砂岩层上,地表露头延伸超过6 km(Bacanora Lithium Ltd, 2018; 于泓等,2019; 隰弯弯等,2023)。根据索诺拉锂矿可行性报告数据,截至2017年底,该矿床探明和控制锂资源量达 $503.8 \times 10^4$  t LCE,平均锂品位为 $3480 \times 10^{-3}$ ,且该矿床还拥有推测资源量达 $377.9 \times 10^4$  t LCE。目前,索诺拉锂矿由赣锋国际贸易(上海)有限公司和英国Bacanora Lithium Plc共同持有(各持股50%),仍在建设中,计划于2023年开始投产,前四年规划产能 $1.75 \times 10^4$  t LCE,第五年开始将扩产至 $3.5 \times 10^4$  t的目标最低产量,碳酸锂生产成本仅为约4000美元/t(Bacanora Lithium Ltd., 2018; 施毅, 2022)。

## 2 全球锂资源供需格局

### 2.1 近年来锂资源供给快速增长

近年来,全球锂资源供给在新能源产业快速发展驱动下不断增长。2016—2019年,全球锂资源产量同比增长均在20%以上,其中2017年同比达81.6%;2019—2020年,全球产能过剩叠加新冠疫情影响,产量略有下降;2021年,在政策和市场双轮驱动下,全球锂资源产量再创新高,达 $53.2 \times 10^4$  t LCE,同比增长21.2%(图8)。

当前全球锂资源的供应来源主要为澳大利亚的锂精矿、南美地区的盐湖卤水,以及中国的盐湖卤水和锂云母等。根据USGS(2022)数据,全球锂

资源供给端主要为澳大利亚、智利、阿根廷和中国(图8、图9),2010—2021年,四国锂产量合计占全球比重均在95%左右。澳大利亚自2013年以来一直是全球最大的锂资源出产国,且2017年以来占比均在50%以上,2021年产量折合LCE为 $29.3 \times 10^4$  t。智利和阿根廷为全球最大的锂盐(碳酸锂和氢氧化锂)供应国,2010—2017年两国占比在45%左右,2018年以来受技术制约和疫情影响产能略有下降,占比维持在25%~33%,2021年两国产量合计 $17.1 \times 10^4$  t LCE。

### 2.2 全球锂资源需求端持续旺盛

近年来得益于新能源产业,尤其是新能源汽车产业的蓬勃发展,全球锂资源需求端保持高景气。2010—2021年,全球锂资源需求逐年增长,除少数年份外同比均在15%以上,其中2021年同比增长40.6%;需求量从2010年的 $9.7 \times 10^4$  t LCE增长至2021年的 $49.5 \times 10^4$  t LCE,增长近4倍(图8)。随着世界各国为达成气候目标,新能源行业将持续保持高增长和高需求,全球锂资源消费量将会爆发式增长(杨卉芃等,2019; 国泰君安证券,2020; 何金祥等,2020; 官云龙等,2021; 强海洋等,2021; 信达证券,2021; 夏鹏等,2022; 朱清等,2022)。据国际能源署(IEA)预计,2040年的全球锂需求量将是2020年的40倍以上。

近年来,全球锂资源(包括锂精矿、碳酸锂、氢氧化锂和氧化锂,以下数据均折合为LCE当量)进口量逐步增加,从2012年的 $15.4 \times 10^4$  t增长至2020年的 $37.1 \times 10^4$  t,涨幅达141%。其中,全球锂盐进口量(碳酸锂、氢氧化锂和氧化锂)从2010年的 $8.1 \times 10^4$  t增长至2020年的 $19.5 \times 10^4$  t,涨幅达140.7%;除少数年份外,全球锂资源进口量同比均在15%以上(图10)。碳酸锂是当今锂盐国际贸易中最主流的产品,在产品贸易结构中占比超过60%,如2020年全球总进口量中 $14.1 \times 10^4$  t为碳酸锂,占比达72.4%,而氧化锂和氢氧化锂仅 $5.4 \times 10^4$  t。近年来,全球锂盐主要进口国为中国、日本和韩国,三者是全球最主要的消费端,此外美国、俄罗斯、比利时进口量也较大。根据联合国贸易数据库(UN Comtrade Database)数据,2020年中国碳酸锂进口量为 $5.0 \times 10^4$  t,韩国 $3.1 \times 10^4$  t、日本 $1.8 \times 10^4$  t和美国 $1.2 \times 10^4$  t,占全球进口比重分别为35%、22%、13%和8%(图11);2020年氢氧化锂进口量韩国 $3.6 \times$

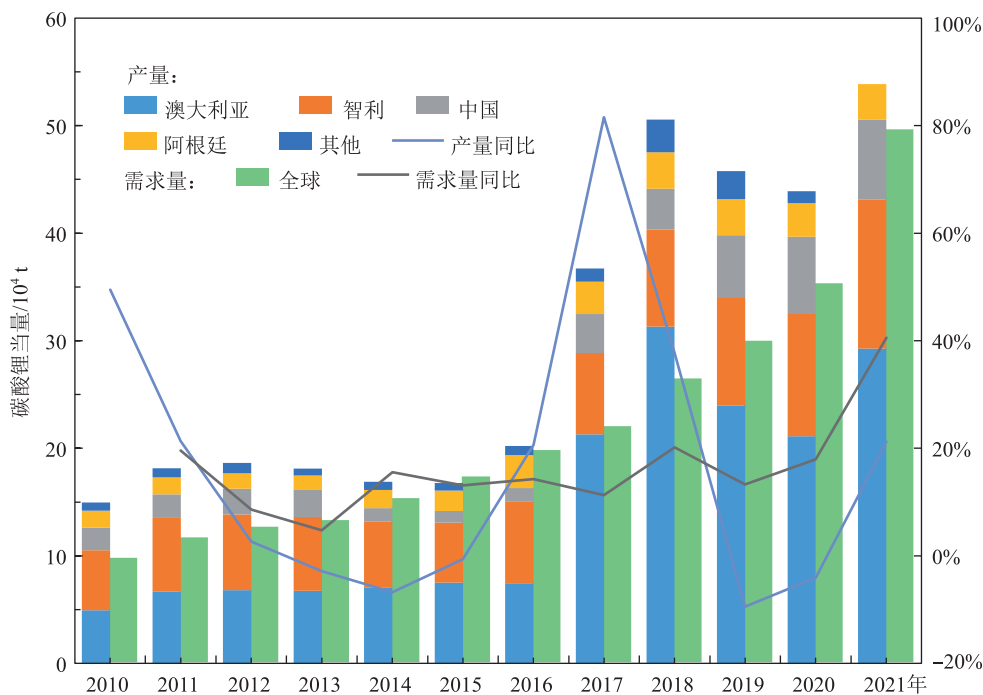


图 8 2010—2021 年全球各主要国家锂资源产量、需求量及同比情况 (据各公司公告, USGS, 2022; 五矿证券, 2021)

Fig. 8 Production, demand and year-on-year situation of lithium resources of major countries in the world from 2010 to 2021

$10^4$  t 居全球第一, 占比达 67%, 而其余国家进口量均较少 (图 12)。

全球锂精矿来源主要为澳大利亚, 少量来自巴

西, 且两国锂精矿 95% 以上被中国包销, 少量流向美国、欧洲、日本、韩国等地, 故本文使用中国锂精矿进口量代表全球进口量。据中国有色金属工业协会数据, 全球锂精矿进口量从 2012 年的  $5.0 \times 10^4$  t 增长至 2020 年的  $17.6 \times 10^4$  t, 涨幅达 252%。全球锂精矿进口量同比呈倒“V”字形特征, 2018 年之前持续增加, 之后两年连续下降; 2021 年全球经济复苏叠加新兴产业快速发展, 全球锂精矿进口量快速增加达  $26.2 \times 10^4$  t, 同比增长 49.2%。

### 3 全球锂资源勘查投入和矿业项目市场情况

#### 3.1 全球锂资源勘查投入持续增长

2010 年以来, 全球锂资源勘查投入整体规模先降后升, 呈不规则“U”字形特征 (S&P Global Market Intelligence, 2022)。从各年度勘查投入规模来看 (图 13), 2011—2015 年, 各主要国家锂资源勘查投入持续减少, 从 2011 年的 164.3 百万美元跌至 2015 年的最低谷 36.2 百万美元, 各年同比约为 -30%。从具体国别看, 阿

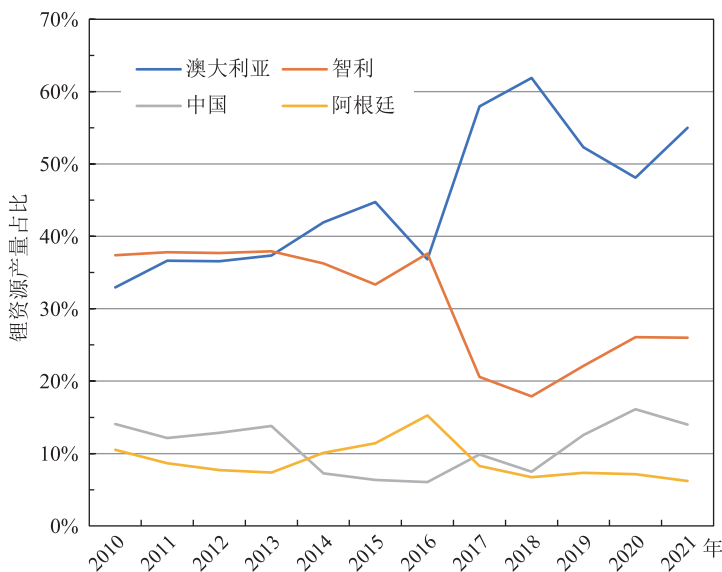


图 9 2010—2021 年各主要国家锂资源产量占全球比重

(据 USGS, 2022)

Fig. 9 The proportion of the lithium resource production of major countries in the world from 2010 to 2021

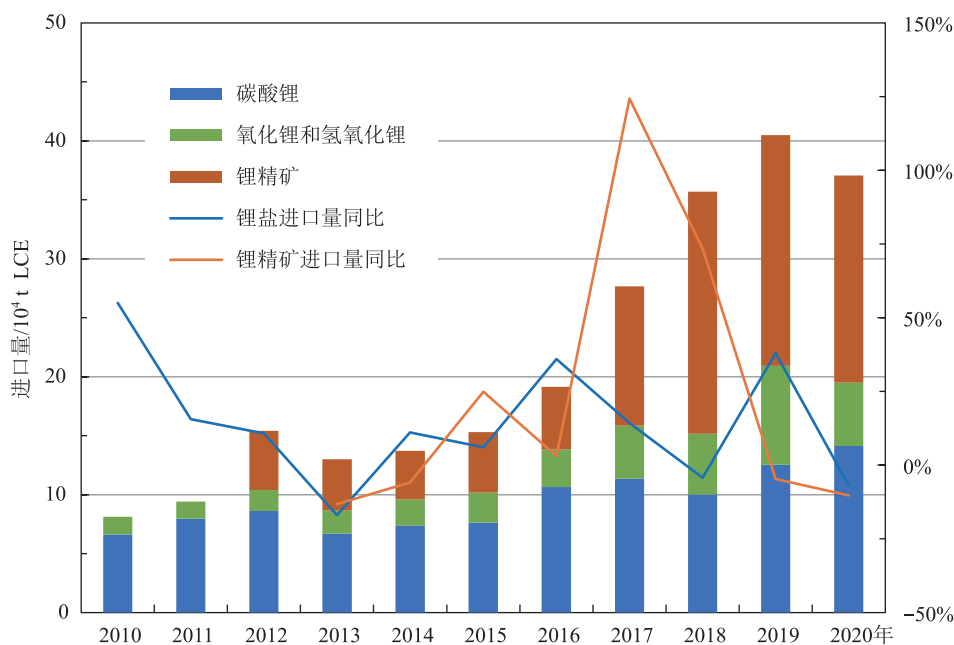


图 10 2010—2020 年全球锂资源进口量及同比 (据联合国贸易数据库)

Fig. 10 The import quantity and year-on-year situation of lithium resource in the world from 2010 to 2021

根廷跌幅最明显,从 2010 年的 51.5 百万美元跌至 2015 年的 3.4 百万美元,跌幅达 93.4%;澳大利亚跌幅仅次于阿根廷,为 84.8%。

2015 年以来,全球新能源产业快速发展拉动锂资源需求增加,各国锂矿勘查投入实现快速增长,除 2020 年受全球新冠疫情影响勘探投入有所降低

外 (夏鹏等, 2020; S&P Global Market Intelligence, 2022),其余年份同比均在 10% 以上,其中 2016 年和 2017 年同比均大于 100% (图 13)。全球锂矿勘查投入从 2015 年的 36.2 百万美元增长至 2021 年的 248.8 百万美元,涨幅达 587.3%。从具体国别看,勘查投入增加最多的国家为澳大利亚、阿根廷和美

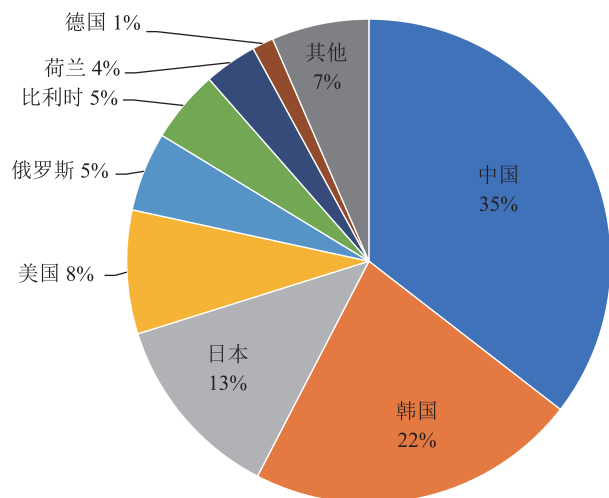


图 11 2020 年全球主要国家碳酸锂进口量占比 (据联合国贸易数据库)

Fig. 11 Proportion of lithium carbonate imports of major countries in the world in 2020

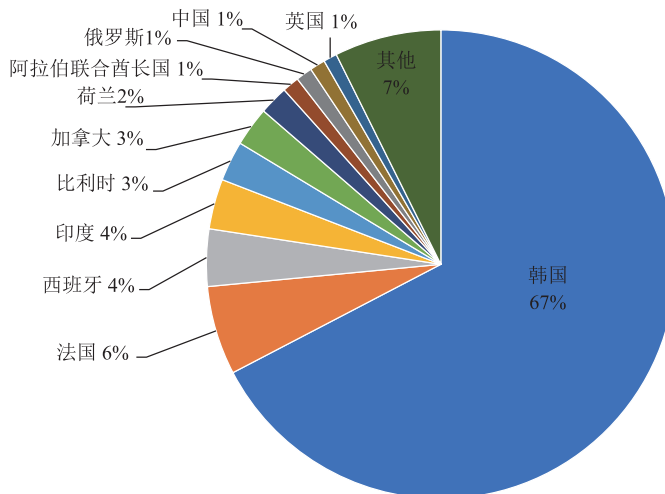


图 12 2020 年全球主要国家氧化锂和氢氧化锂进口量占比 (据联合国贸易数据库)

Fig. 12 Proportion of lithium oxide and lithium hydroxide imports of major countries in the world in 2020

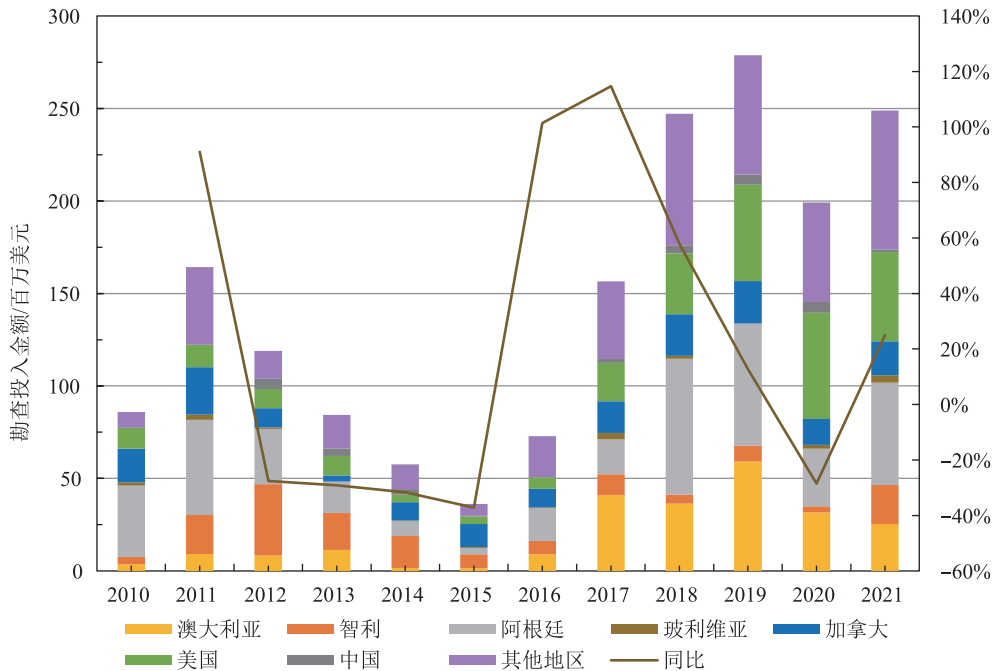


图 13 2010—2021 年各主要国家锂资源勘探投资规模(据 S&P Global Market Intelligence, 2022)

Fig. 13 Investment scale of lithium resource exploration in major countries from 2010 to 2021

国,涨幅分别为 1714.3%、1526.5% 和 1080.5%。近年来中国锂资源勘探投入规模也在稳步增加,但 2021 年勘探投资较小,仅为 1.2 百万美元,2020 年勘探投资规模达 5.7 百万美元,相较于 2015 年的 0.2 百万美元增长了约 27 倍。

当前全球锂资源需求快速增长,锂资源供需失衡局面加剧,墨西哥和美国西部地区、阿富汗努里斯坦—帕米尔高原中部地区、西非克拉通的莱奥地盾等地区均被认为具有良好的资源前景(王秋舒等,2019;王高尚等,2021),未来将是锂资源勘探开发的重点潜力区,预计全球锂资源勘探投资将会持续增加。

### 3.2 全球锂矿业项目市场活跃

近年来,锂矿业项目市场活跃,开发项目众多。根据全球标普市场财智数据(S&P Global Market Intelligence, 2022),截至 2021 年底,全球锂相关矿业项目在录 566 个(图 14)。其中,以锂为主矿种的矿业项目 445 个,占比 78.6%(图 14-a);活动状态矿业项目 371 个,占比 65.5%(图 14-b);澳大利亚锂矿业项目最多,为 144 个,占比 25.4%(图 14-c);正在开发、运营和试生产的矿业项目 118 个,占比 20.8%(图 14-d)。

## 4 锂资源定价机制及价格走势

### 4.1 新兴期货和拍卖模式冲击主流长协定价模式

锂资源在国际贸易中一直以长协定价模式为主,近年来期货和拍卖模式逐渐兴起。虽然锂资源需求近年来持续增加,但相比于铁、铜、铝等大宗金属资源量仍较小,供给端主要集中在美国雅宝、SQM 公司、中国天齐锂业和赣锋锂业等少数几家国际大型锂矿企业,一直以来包销协议是国内外锂资源企业和锂盐冶炼企业共同选择的定价模式。长协价通过考量生产成本及锂盐价格并采用公式定价,以季度或年为单位根据市场情况进行调整,但长协定价机制存在着价格形成机制不透明、冶炼厂约束能力较弱、调价机制不灵活、国内外长单和散单价格不一等问题。

2020 年以来,在全球新能源产业蓬勃发展、锂价飞涨的背景下,采买锂资源的企业数量快速增多,锂资源企业也谋求定价模式的变革,出现了期货定价和拍卖定价模式(图 15)。2021 年,伦敦金属交易所(LME)、芝加哥商品交易所(CME)等交易平台先后上线了期货定价模式。锂期货合约采用现金交割方式,定价基于

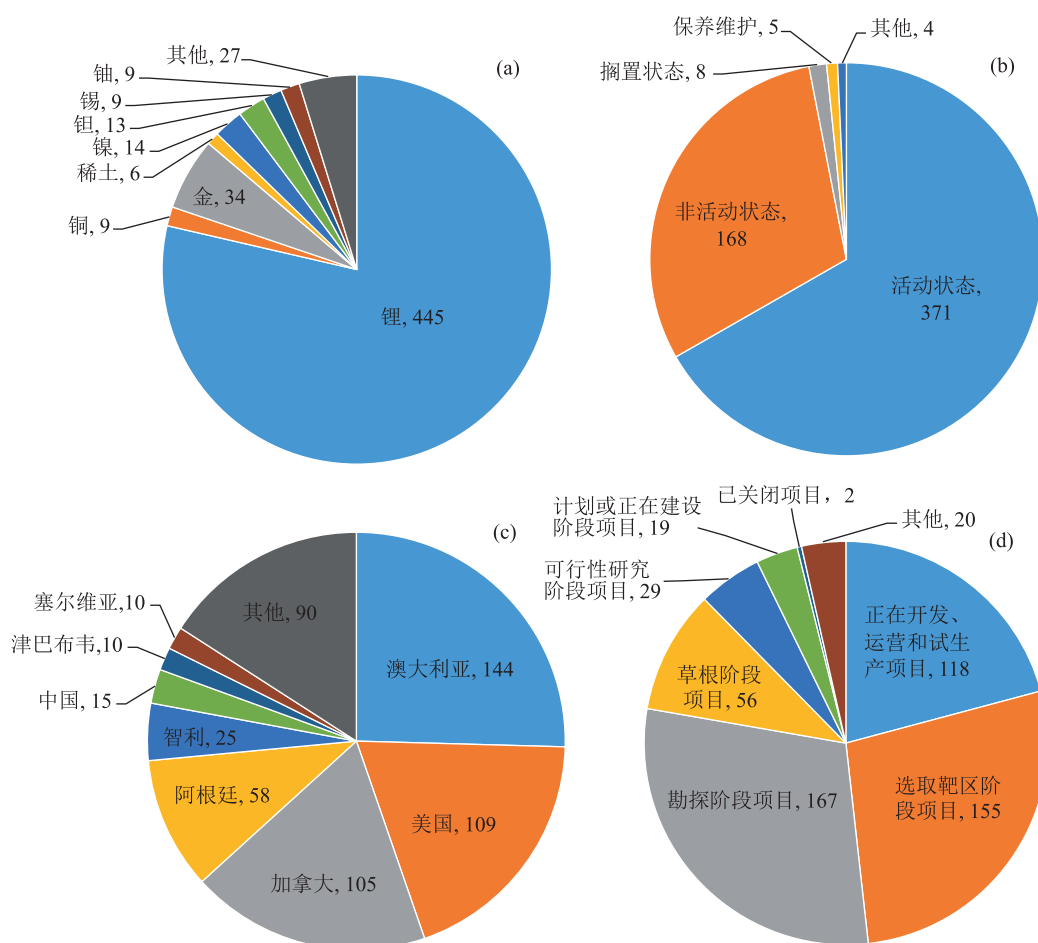


图 14 全球主要锂资源项目情况(据 S&amp;P Global Market Intelligence, 2022; 图中数字代表项目数量)

Fig. 14 Major lithium resource projects in the world

Fastmarkets 公司发布的对中日韩三国氢氧化锂成本、保险费和运费(CIF)价格所做的评估(每周一次)结果进行结算。同年,皮尔巴拉矿业、银河锂业等澳大利亚锂矿商引领推出散矿拍卖制度,该制度更偏向于矿企,在产业链高景气度的背景下,放大了供需缺口的影响,使得锂产业链利润分配持续向上游资源端倾斜。

#### 4.2 锂资源价格情况与发展趋势

##### (1) 全球锂资源价格变化情况

2016 年之前,锂资源虽被广泛应用于冶金、陶瓷、玻璃、润滑剂、有机化学、医药制品、手机电池等多个领域(王学评等,2014;王秋舒等,2019;官云龙等,2021),但用量较小,价格在低位趋于平稳,只在金融危机和淡旺季出现小幅波动(图 16)。近年来,电池领域成为锂需求增长的核心驱动力,新能源汽车规模显著扩张,推动锂资源价格持续上行。2016

年以来,全球锂资源供应紧张,锂产品价格一度攀升;2018 年开始,锂资源产能过剩,锂产品价格回落,2020 年叠加疫情影响,锂产品价格跌入低谷(图 16);2020 年下半年开始,各国政府均加大对新能源技术的重视程度,全球新能源市场大爆发,锂资源终端需求持续保持高景气,锂资源供应不足及冶炼产能不足的矛盾显现,锂资源从底部区域持续攀升出现资源端溢价。

澳大利亚作为全球最大的锂精矿供应国,是中国锂辉石精矿进口的主要来源国,2021 年占中国锂精矿进口总量的 95.4%,本文以澳大利亚锂精矿价格作为参考。澳大利亚锂精矿部分产量被天齐锂业及雅宝等公司锁定而未流入市场,其余部分通过长协定价。2020 年 10 月之前,澳大利亚锂精矿长单价格因供应过剩、新冠疫情等因素持续下行至 385 美元/t;之后触底反弹,快速增长,2022 年 5 月

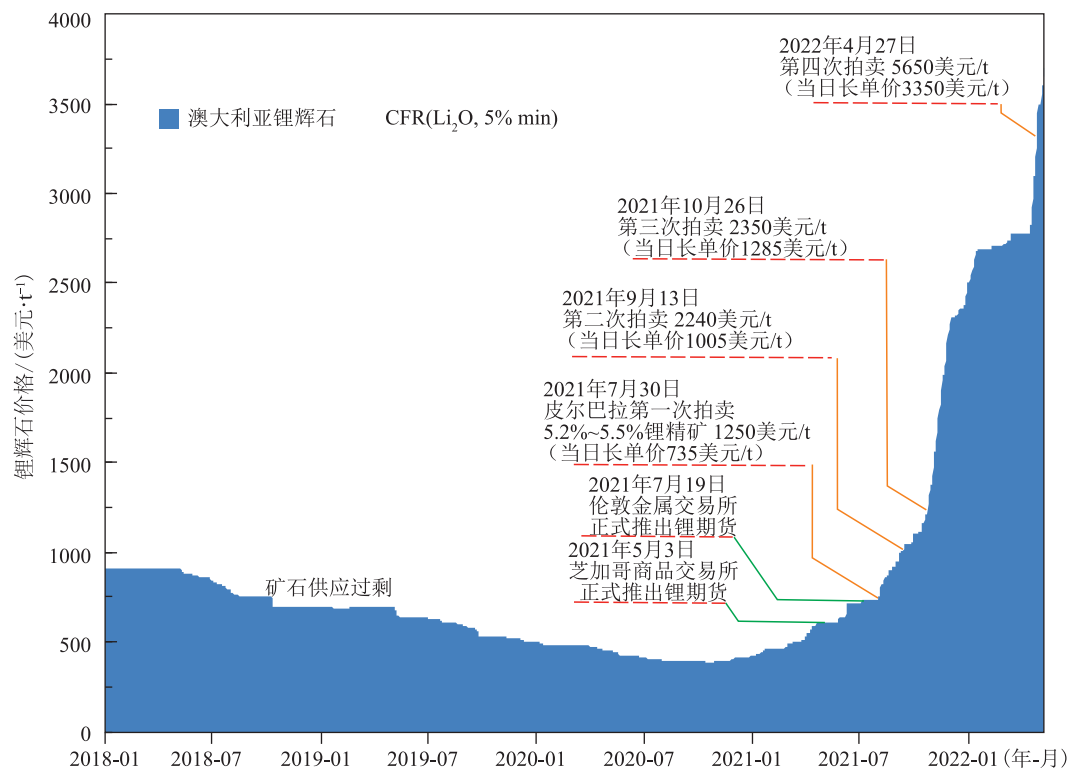


图 15 2018 年开始澳大利亚锂辉石价格情况(据百川盈孚,CRF=成本加运费)

Fig. 15 The price of Australian spodumene from 2018

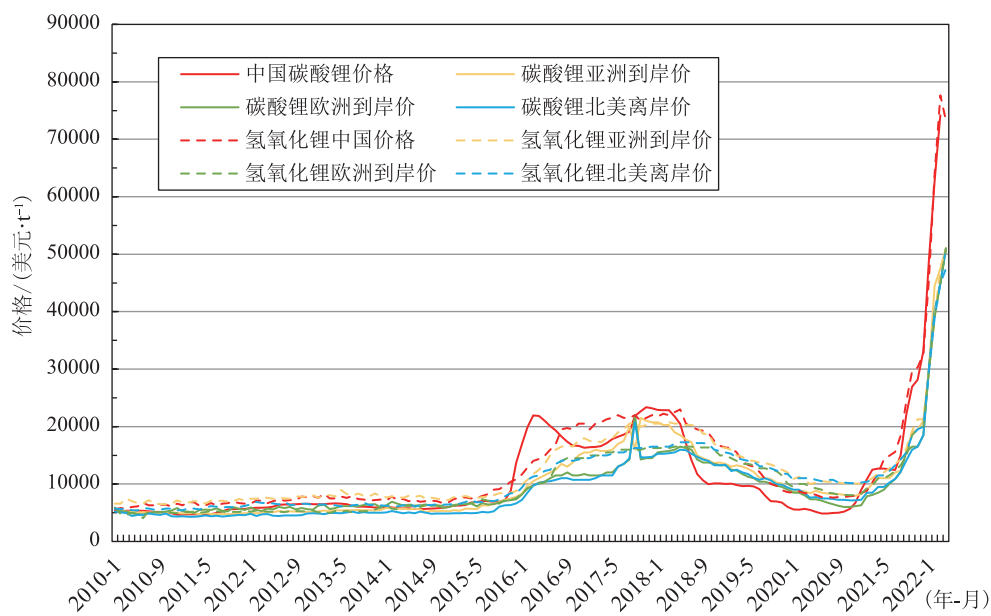


图 16 2010—2021 年各主要国家地区碳酸锂和氢氧化锂价格(据 S&amp;P Global Market Intelligence,2022)

Fig. 16 Prices of lithium carbonate and lithium hydroxide in major countries and regions from 2010 to 2021

价格达 3700 美元/t,涨幅达 861%(图 15)。2021 年以来,皮尔巴拉矿业通过 BMX 平台完成了多次锂精矿现货拍卖,前 4 次拍卖价格较当日长单定价分别溢价 70%、121%、83%、69%,对市场价格预期起到明显指引作用,快速推动了价格上行(图 15)。

除锂精矿外,碳酸锂、氢氧化锂等锂盐产品历史价格走势基本一致,且在中国、亚洲、欧洲和北美市场价格趋势基本一致。2020 年 10 月价格处于底部(约 1 万美元/t),之后快速增长,至 2022 年一季度突破 5 万美元/t(约 33 万元),其中中国市场价格领先,一度突破 7.5 万美元/t(约 50 万元),涨幅 7~8 倍(图 16)。

## (2) 锂资源未来价格趋势预测

当前高锂价刺激下供应端扩产不断加速,导致锂资源勘查投入大幅度增加,选冶加工和盐湖提锂技术突破和提升,二次回收利用产业快速发展。同时,未来 3~5 a,澳大利亚格林布什、沃吉纳、Mt. Holland 等锂矿山和南美 Tres Quebradas (3Q)、Cauchari、西翁布雷穆埃尔托等盐湖大型生产项目的投产或增产,将有效增加全球锂资源供给,全球锂资源供需格局或将得到大幅改善,有望从“供不应求”的供给不足转变为“供过于求”的供应过剩的格局,从而带动锂价格下行,逐步回归“理性”。

# 5 保障中国锂资源安全的建议

## 5.1 中国锂资源市场情况

(1) 中国锂资源相对丰富但禀赋较差,国内供给明显不足

中国锂储量和资源量均居世界前列(表 1、表 2),但缺乏优质的锂资源。中国高品位锂矿床较少,盐湖卤水中镁锂较大,锂含量低,且大多分布在青海、西藏等高原地区,基础设施较薄弱,开采条件较差,大量盐湖锂资源受制于技术产能未被释放。这些问题导致国内锂资源开发利用率不高,自供能力明显不足。同时,中国锂资源禀赋差导致开发成本高,一直以来国内锂资源现货价格明显高于国际水平(图 16)。

(2) 中国是全球第一大锂资源贸易国和消费国,但对锂资源国际定价权影响力有限

2019 年以来,中国锂资源消费全球占比一度超过 55%,成为全球最大的锂资源消费国,近年来碳酸锂和锂精矿进口量均居全球第一(图 17)。有关数据显示(自然资源部矿产勘查技术指导中心,2022),2021 年中国锂资源消费量约为  $39.3 \times 10^4$  t LCE,约占全球总产量的 72%,其中国内产量  $13.0 \times 10^4$  t,进口  $34.7 \times 10^4$  t,锂资源对外依存度高达 67%(对外依存度=(消费量-产量)/消费量)。

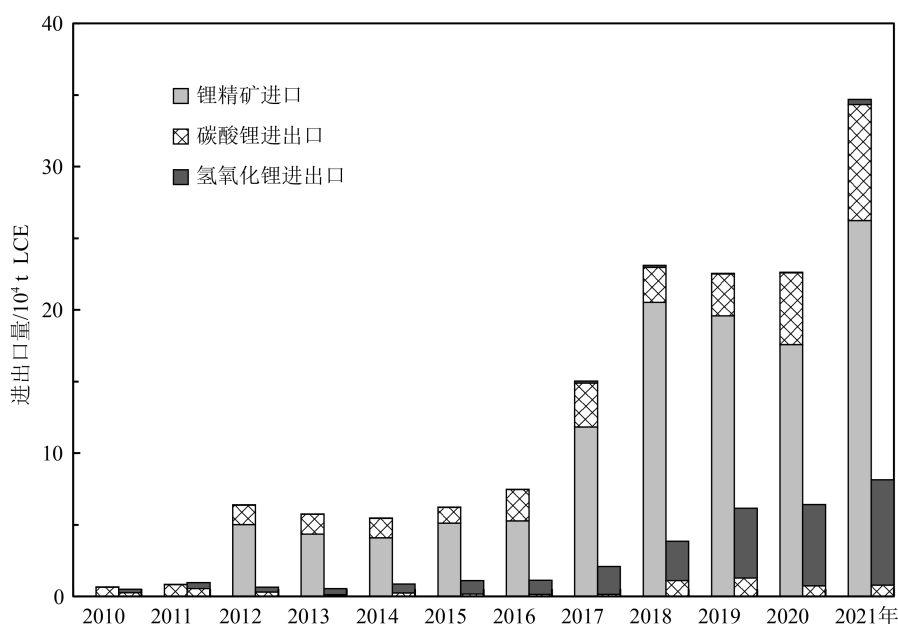


图 17 2010—2020 年中国碳酸锂和氢氧化锂进出口情况(据中国海关总署,左侧柱子为进口情况,右侧柱子为出口情况)

Fig. 17 Import and export of lithium carbonate and lithium hydroxide in China from 2010 to 2020

2010—2021年,中国碳酸锂进口量快速增长,从2010年的 $0.64 \times 10^4$  t增加至2021年的 $8.1 \times 10^4$  t,涨幅达1165%(图17)。中国碳酸锂出口量一直维持在较低水平,2018年之前每年出口量均低于 $0.5 \times 10^4$  t,2018年之后略有增加。全球95%以上的锂精矿被中国进口,从2012年的 $5.0 \times 10^4$  t增长至2021年 $26.3 \times 10^4$  t,涨幅达426%,其中2021年95.4%的锂精矿来自澳大利亚,剩余4.6%来自巴西。中国氢氧化锂进口量一直处于较低水平,2010—2021年平均进口量仅 $0.07 \times 10^4$  t,每年占全球进口比重不足1%(图17)。作为全球最重要的锂盐生产基地,中国氢氧化锂的出口量位居世界第一。近年来,中国氢氧化锂的出口量持续增加,从2010年的 $0.25 \times 10^4$  t增加至2021年的 $7.36 \times 10^4$  t,增长了约28倍(图17),当前供应了全球80%以上的氢氧化锂。造成这一现象的主要原因为:氢氧化锂主要由锂辉石制备,而盐湖工艺通常为先生成碳酸锂再生成氢氧化锂。中国盐湖卤水锂资源的开采受制于技术、开发条件、成本等因素制约发展缓慢,其产出的碳酸锂缺口较大,而伟晶岩型锂矿床生产的氢氧化锂具有成本优势,造成了氢氧化锂进口少、出口多的局面(图17)。

(3)中国锂资源市场产业链结构仍不完善,一体化程度有待提高

当前中国具有上游锂资源开发利用率低、中游锂电池企业同质化严重、下游产业集中度低、产业链延伸不足、各环节发展不均衡等问题。从产业链角度观察,无论是加工/电池企业向资源端延伸,还是矿山自建加工产能或与下游企业合作建厂,业内各方均试图打造自身业务的一体化协同,以提升行业竞争力。从国家角度观察,欧美具备明显的资源优势 and 广阔的终端汽车市场,目前正发力提升加工产能并尝试构建自身供应链闭环。

(4)中国锂资源国际产能合作金融支持有待加强,期货市场发展后期空间较大

中国当前推进国际产能合作金融支撑普遍不足,金融市场存在发展不充分、融资成本高、渠道单一、股权基金门槛高、金融基础设施不完善、金融服务发展滞后、缺乏有效区域金融市场等问题。支撑中小企业融资及进一步参与国际产能合作有待进一步加强。

2021年,英美两国已先后上线锂期货市场,持

续加大对锂定价的影响力,尽管中国也开始谋划自己的锂定价和交易方式,但发展步伐相对落后。2021年7月,无锡电子盘上市了碳酸锂远期合约,但是该碳酸锂合约并非传统意义上的期货;2021年11月,广州期货交易所相关负责人表示,广期所锂期货已获得证监会批准,但上线交易仍需谋划准备。

(5)中国锂资源企业国际化能力和企业间相互协调不足

当前,中国天齐锂业、赣锋锂业等大型矿业企业已相对成熟,正逐步加大国际合作力度,但较多的锂资源企业在开展国际产能合作过程中仍存在风险管控能力不足、不熟悉国外商业习惯、法律环境,缺乏国际项目运营经验、国际化视野人才队伍等问题。同时部分矿业企业间仍存在恶性竞争、盲目投资等,难以形成规模优势。

## 5.2 保障中国锂资源供应安全建议

(1)从全产业链统筹推进全球锂资源开发

建议在上游设立锂资源整装勘查区并加大投入,全面摸清锂资源家底,做好锂资源储备计划;在中游加快改革供给侧结构、提倡创新发展、提升矿业服务业水平等。针对中国盐湖卤水型锂资源镁锂比值高、伴生元素多等特点,加大对盐湖提锂科技的跟踪分析和创新突破,尽快实现青藏高原等艰苦条件地区盐湖锂资源的规模化生产和锂资源深加工技术研发突破;在下游制定锂资源开采、选冶、电池生产、新能源汽车产业化、锂电池二次回收的全产业链发展方案,在锂资源集中区,如青海、四川、江西等地设立产业园区,同时加大园区配套的基础设施建设。

(2)加快筹备国内锂期货市场,培育期货市场定价能力

当前英美两国已经在锂资源国际贸易期货市场建设中走在前列,中国需加快广期所锂期货上线进程或投资入股权威锂期货交易平台。锂期货的成功上市,或可弱化寡头企业对价格的控制,更多地转为市场化定价,有助于中国及全球锂资源市场持续健康发展。

(3)积极参与锂资源国际贸易规则和公约的制定

中国是全球最大的锂资源消费和贸易国,应积极参与锂资源国际贸易规则和公约的制定。例如,中日韩作为全球锂资源消费最大的区域,可以在中

日韩自贸区基础上,向澳大利亚、智利等重要锂资源供应国提出相关合理双边贸易协定,在相应自贸区谈判中,就锂进出口问题进行贸易谈判,提升议价能力。

(4)加强金融体系建设,提高锂资源企业国际竞争力

锂作为新兴关键矿产,当前对其价格影响最大的因素为掌握优质矿产的资源端。最便捷、有效的办法是选择具有资源优势的、勘查阶段相对靠后的海外成熟项目,利用投资、并购等手段加强国际矿业投资合作。中国应加大金融支持力度,通过政策引导鼓励金融机构完善金融服务、扩展海外业务范围、创新金融产品、开辟绿色通道,降低和消除准入壁垒、提升矿业企业国际合作融资能力。同时,针对全球优质锂资源储量丰富且尚未大规模开发利用的资源潜力区,提前规划布局并加强国际矿业投资合作。

(5)加强锂矿开发技术创新

盐湖提锂技术创新或将改变锂资源供应格局,中国盐湖产能释放或将成为未来的主要增长极,降低锂资源对外依存度。中国的盐湖锂资源约占全国总储量的80%,但2020年中国盐湖提锂产能占比仅为21.5%,大量的盐湖资源并未开发利用,盐湖提锂技术的突破或将大幅提升中国盐湖锂资源供给。

## 6 结 论

(1)全球锂资源主要的成矿类型为盐湖卤水型、伟晶岩型和沉积岩型,占全球锂资源90%以上,其中盐湖锂资源主要集中在南美“锂三角”区域,伟晶岩型锂资源主要集中在澳大利亚,沉积岩型主要集中在美国和墨西哥,中国、加拿大、秘鲁、刚果(金)、津巴布韦、塞尔维亚等国也有部分锂资源分布。

(2)锂矿床在太古宙以来各个时代均有分布,其中Amasian超大陆演化时期的新生代成矿数量和类型最多,且盐湖卤水型和沉积岩型锂资源仅发育在这一演化时期新生代。

(3)近年来,全球锂资源供给和需求快速增长,澳大利亚、智利、阿根廷和中国是全球主要的供给端,四国占全球比重95%以上;中国、日本、韩国是最主要的需求端,三国占比超70%。

(4)2015年以来,在政策和市场双轮驱动下,全

球新能源产业蓬勃发展,锂矿项目市场和勘查市场活跃,勘查资金投入持续增长。

(5)近年来锂期货和拍卖定价模式逐渐兴起,对传统主流的长协定价模式造成冲击,新定价模式叠加供需紧张,持续推高锂资源价格。

(6)中国已成为全球最大的锂资源消费国和贸易国,但国内锂资源供应不足,对外依存度高达67%。锂资源市场仍存在产业链结构不完善、期货市场等金融体系建设滞后、企业国际竞争力不强等问题。

## 参考文献

- Bacanora Lithium Ltd.Sonora Lithium Bacanora Lithium[EB/OL].(2022-06).<http://www.Bacanoralithium.com/projects/sonora-lithium>.2018.
- Dewaele S,Hulsbosch N,Cryns Y,et al.Geological setting and timing of the world-class Sn,Nb-Ta and Li mineralization of Manono-Kitotolo (Katanga,Democratic Republic of Congo)[J].Ore Geology Reviews,2016,72: 373-390.
- Erickson G E,Salas R.Geology and resources of salars in the central Andes[R].United States Geological Survey,open-file report,1987: 88-210,51.
- Evans R K.An abundance of lithium[R].America: Lithium Corporation of America,2008.
- Garrett D. Handbook of lithium and natural calcium chloride: Their deposits,processing,uses and properties[M].Elsevier Academic Press,2004: 651.
- Grew E S,Bosi F,Gunter M E,et al.Fluor-elbaite,lepidolite and Ta-Nb oxides from a pegmatite of the 3000 Ma Sinceni pluton,Swaziland: Evidence for lithium-cesium-tantalum (LCT) pegmatites in the Mesoproterozoic[J].European Journal of Mineralogy,2018,30(2): 25-39.
- Harris P D,Robb L J,Tomkinson M J.The nature and structural setting of rare-element pegmatites along the northern flank of the Barberton greenstone belt, South Africa[J].South African Journal of Geology,1995,98(1): 82-94.
- Iltis A,Risacher F,Servant-Vildary S. Contribution à l'étude hydrobiologique des lacs salés du Sud de l'Altiplanolien[J].Revue d'Hydrobiologie Tropicale,1984,17(3): 259-273.
- Kesler S E,Gruber P W,Medina P A,et al.Global lithium resources: Relative importance of pegmatite,brine and other deposits[J].Ore Geology Review,2012,48: 55-69.
- Kudryavtsev P. Lithium in nature, application, methods of extraction (review)[J].Scientific Israel: Technological Advantages,2016,18(3): 63-83.
- Lowenstein T,Risacher F.Closed basin brine evolution and the influence of Ca-Cl inflow waters.Death Valley and Bristol Dry Lake,California, Qaidam Basin, China, and Salar de Atacama, Chile [J]. Aquatic Geochemistry,2009,15(1/2): 71-94.
- Mariana K, Milan R. Exsolution in niobian rutile from the pegmatite deposit at Greenbushes, Australia [J]. Canadian Mineralogist, 2005, 42 (6): 1859-1870.

- Memoria YLB [R]. [https://www.ylb.gob.bo/resources/memorias/memoria\\_ylb\\_2019.pdf](https://www.ylb.gob.bo/resources/memorias/memoria_ylb_2019.pdf). 2019.
- Mohr S H, Mudd G M, Giurco D. Lithium resources and production: critical assessment and global projections[J]. *Minerals*, 2012, 2: 65–84.
- Ngulube A D. La pegmatite de Manono (Zaire) et sa place dans la métallogénie kibarienne[D]. Unpublished PhD thesis of Laboratoire de Pétrologie, Université de Nancy I, 1994.
- Partington G A, McNaughton N J, Williams I S. A review of the geology, mineralization and geochronology of the Greenbushes pegmatite, Western Australia[J]. *Economic Geology*, 1995, 90: 616–635.
- Risacher F, Fritz B. Quaternary geochemical evolution of the salars of Uyuni and Coipasa, central Altiplano, Bolivia[J]. *Chemical Geology*, 1991, 90: 211–231.
- Schulz K J, DeYoung J H, Jr, Seal R R II, et al. Critical mineral resources of the United States—Economic and environmental geology and prospects for future supply[R]. U.S. Geological Survey Professional Paper, 2017, 1802: 1–21.
- Solomon M, Groes D I. The Geology and Origin of Australia's Mineral Deposits[M]. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, 1994.
- S&P Global Market Intelligence. S&P Global Market Intelligence (2022) [EB/OL]. (2022–06). <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/>.
- Tkachev A V. Evolution of metallogeny of granitic pegmatites associated with orogens throughout geological time, Granite-Related Ore Systems[J]. Geological Society, London, Special Publications, 2011, 350: 7–23.
- Tkachev A V, Rundqvist D V, Vishnevskaya N A. Metallogeny of lithium through geological time[J]. *Russian Journal of Earth Sciences*, 2018, 18: 1–13.
- Trumbull R B. A petrological and Rb/Sr isotopic study of an early Archean fertile granite pegmatite system: the Sinceni pluton in Swaziland [J]. *Precambrian Research*, 1993, 61: 89–116.
- USGS. Mineral Commodity Summaries (2011–2022) [EB/OL]. (2022). <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2011–2022.pdf>.
- Vikström H, Davidsson S, Höök M. Lithium availability and future production outlooks[J]. *Applied Energy*, 2013, 110(10): 252–266.
- 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.
- Zhang B, Qi F Y, Gao X Z, et al. The geological characteristics, metallogenic regularity, and research progress of lithium deposits in China[J]. *China Geology*, 2022, 5(1): 1–34.
- 澳大利亚 IGO Limited 公司. 2021 年矿产资源量和储量声明[R]. 2021.
- 蔡艳龙, 李建武. 全球锂资源开发利用形势分析及启示[J]. *地球学报*, 2017, 38(1): 25–29.
- 曹庭语. 日本稀有金属保障战略[J]. *国土资源情报*, 2011, (4): 42–46.
- 陈甲斌, 余良晖. 中美欧矿产资源形势对比分析[M]. 北京: 地质出版社, 2020.
- 陈其慎, 张艳飞, 邢佳韵, 等. 国内外战略性矿产厘定理论与方法[J]. *地球学报*, 2021, 42(2): 137–144.
- 陈衍景, 薛莅治, 王孝磊, 等. 世界伟晶岩型锂矿床地质研究进展[J]. *地质学报*, 2021, 95(10): 2971–2995.
- 陈玉明, 邓小林. 阿根廷锂资源潜力及开发利用[J]. *盐湖研究*, 2013, 4: 67–72.
- 邓小川, 朱朝梁, 史一飞, 等. 青海盐湖锂资源开发现状及对提锂产业发展建议[J]. *盐湖研究*, 2018, 26(4): 11–18.
- 丁涛, 郑绵平, 张雪飞, 等. 盐湖卤水提锂技术及产业化发展[J]. *科技导报*, 2020, 38(15): 16–23.
- 何金祥, 崔荣国, 刘伟, 等. 世界锂矿业发展与展望[J]. *国土资源情报*, 2020, 4(10): 21–26.
- 何胜飞, 刘晓阳, 王杰, 等. 非洲中部基巴拉造山带地质特征与资源潜力分析[J]. *地质调查与研究*, 2014, 37(3): 161–168.
- 官云龙, 柴文帅. 全球碳中和背景下的锂市场发展趋势[J]. *中国资源综合利用*, 2021, 39(7): 92–96.
- 国泰君安证券. 锂—从全球供应链看锂行业供需格局[R]. 国泰君安证券研报, 2020.
- 马哲, 李建武. 中国锂资源供应体系研究: 现状、问题与建议[J]. *中国矿业*, 2018, 27(10): 1–7.
- 刘丽君, 王登红, 刘喜方, 等. 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*, 2017, 44(2): 263–278.
- 刘源骏, 黎家祥, Wan H. 西澳大利亚卡尔古里金锂超大型金矿地质特征及成矿机理[J]. *资源环境与工程*, 2016, 30(A1): 153–158.
- 强海洋, 高兵, 郭冬艳, 等. 碳中和背景下矿业可持续发展路径选择[J]. *中国国土资源经济*, 2021, 34(4): 4–11.
- 屈金芝, 张艳松, 张艳, 等. 新形势下中国锂矿资源供应安全评价[J]. *中国矿业*, 2021, 30(12): 1–7.
- 曲一华. 智利北部阿塔卡马富锂干盐湖地质[J]. *化工矿产地质*, 1994, 2: 112–116.
- 施毅. 锂业风云——全球 88 个锂资源全梳理[R]. 海通国际, 2022.
- 舒良树, 王德滋. 北美西部与中国东南部盆岭构造对比研究[J]. *高校地质学报*, 2006, 12(1): 1–13.
- 宋彭生, 项仁杰. 盐湖锂资源开发利用及对中国锂产业发展的建议[J]. *矿床地质*, 2014, 33(5): 977–992.
- 苏慧, 朱兆武, 王丽娜, 等. 矿石资源中锂的提取与回收研究进展[J]. *化工学报*, 2019, 70(1): 10–23.
- 孙宏伟, 王杰, 任军平, 等. 南部非洲花岗岩型与伟晶岩型锂矿床地质特征[J]. *地质论评*, 2021, 67(1): 265–278.
- 王安建, 王高尚, 邓祥征, 等. 新时代中国战略性关键矿产资源安全与管理[J]. *中国科学基金*, 2019, 33(2): 133–140.
- 王登红, 刘丽君, 代鸿章, 等. 试论国内外大型超大型锂辉石矿床的特殊性与找矿方向[J]. *地球科学*, 2017, 42(12): 2243–2257.
- 王登红. 关键矿产的研究意义、矿种厘定、资源属性、找矿进展、存在问题及主攻方向[J]. *地质学报*, 2019, 93(6): 1189–1209.
- 王高尚, 李建星. 全球锂、钴、镍、锡、钾盐矿产资源储量评估报告 (2021)[R]. 中国地质调查局全球矿产资源战略研究中心, 2021.
- 王秋舒. 全球锂矿资源勘查开发及供需形势分析[J]. *中国矿业*, 2016, 3: 11–15, 24.
- 王秋舒, 元春华. 全球锂矿供应形势及我国资源安全保障建议[J]. *中国矿业*, 2019, 28(5): 1–6.
- 王学评, 柴新夏, 崔文娟. 全球锂资源开发利用的现状与思考[J]. *中国矿业*, 2014, 23(6): 10–13.
- 吴西顺, 孙艳, 王登红, 等. 国际锂矿开发的技术现状、革新及展望[J]. *矿产综合利用*, 2020, 6: 110–120.
- 五矿证券. 全球锂资源现状及发展前景[R]. 五矿证券研究所研报, 2021.

- 隰弯弯,赵宇浩,倪培,等.锂矿主要类型、特征、时空分布及找矿潜力分析[J].沉积与特提斯地质,2023,1: 21-37.
- 夏鹏,朱清,姚磊,等.全球矿业市场发展态势与展望[M].北京:地质出版社,2020.
- 夏鹏,任收麦,邹谢华,等.全球矿业发展报告 2020-2021[M].北京:地质出版社,2022.
- 信达证券.锂行业专题报告:碳资产扩张推动需求超级周期[R].信达证券研究所研报,2021.
- 许康康,刘晓阳,何胜飞,等.非洲中部基巴拉带的地质及构造演化特征[J].地质论评,2019,65(4): 993-1006.
- 许志琴,王汝成,赵中宝.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.
- 许志琴,朱文斌,郑碧海,等.新能源锂矿战略与大陆动力学研究[J].地质学报,2021,10: 5-22.
- 杨卉芃,柳林,丁国峰.全球锂矿资源现状及发展趋势[J].矿产保护与利用,2019,39(5): 26-40.
- 于泓,王登红,于扬,等.国内外主要沉积型锂矿分布及勘查开发现状[J].岩矿测试,2019,38(3): 354-364.
- 赵元艺,符家骏,李运.塞尔维亚贾达尔盆地超大型锂硼矿床[J].地质论评,2015,1: 34-44.
- 郑绵平.青藏高原盐湖资源研究的新进展[J].地球学报,2001,4(2): 97-102.
- 郑绵平,刘喜方.中国的锂资源[J].新材料产业,2007,8: 13-16.
- 战略性矿产重大问题研究(2021)[R].自然资源部矿产勘查技术指导中心,2022: 152-159.
- 朱清,牛茂林,邹谢华.基于行业差异的矿业企业减碳策略研究[J].中国国土资源经济,2022,35(4): 1-10.
- 自然资源部.全国矿产资源规划(2016-2020 年)[EB/OL].(2022-04-06).  
[https://www.mnr.gov.cn/gk/ghjh/201811/t20181101\\_2324927.html](https://www.mnr.gov.cn/gk/ghjh/201811/t20181101_2324927.html).