

## 非洲锂矿成矿特征与勘查开发现状

王秋舒<sup>1</sup>, 李文<sup>2</sup>, 陈其慎<sup>3</sup>, 陈秀法<sup>1</sup>, 张艳飞<sup>3</sup>, 李玉洁<sup>4</sup>

(1. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 2. 北京市地热研究院, 北京 100012;  
3. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 4. 中国矿业联合会, 北京 100029)

**摘要:**【研究目的】在全球碳中和和绿色能源转型的大背景下, 锂作为关键矿产已成为全球共识, 非洲锂矿资源的勘查开发逐渐引起了各国重视, 本文的研究目的是分析非洲锂矿成矿特征与勘查开发潜力, 为服务非洲锂产业国际合作提供参考。【研究方法】本文通过跟踪研究非洲锂资源重大勘查发现和开发动态, 综述非洲主要国家的锂资源成矿特征, 分析开发潜力, 研判非洲锂产业发展前景。【研究结果】非洲已探明资源主要为 LCT 型伟晶岩矿床, 分布在刚果(金)、马里、津巴布韦、加纳和纳米比亚的富锂伟晶岩带中, 具有资源量大、品位高、开发条件优越等特点, 吸引了多国矿业公司的投资。【结论】本文认为非洲锂矿勘查起步晚, 开发进度缓慢, 但资源禀赋良好, 当前的优质资源已被各国提前锁定, 未来有望成为全球锂资源供应的新增长点。

**关键词:** 锂矿床; 伟晶岩型; 成矿特征; 勘查开发; 矿产勘查工程; 非洲

**创新点:** (1) 系统梳理了非洲锂矿成矿特征, 划分了 5 个锂矿成矿带; (2) 分析非洲锂矿勘查开发潜力, 提出非洲锂产业发展将成为下一轮锂产能扩张的新焦点

## Metallogenic characteristics and exploration and development status of lithium deposits in Africa

WANG Qiushu<sup>1</sup>, LI Wen<sup>2</sup>, Chen Qishen<sup>3</sup>, Chen Xiufa<sup>1</sup>, ZHANG Yanfei<sup>3</sup>, Li Yujie<sup>4</sup>

(1. Development Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China; 2. Beijing Geothermal Research Institute, Beijing 100012, China; 3. Institute of Mineral Resources and Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 4. China Mining Association, Beijing 100029, China )

**Abstract:** This paper is the result of mineral exploration engineering.

**[Objective]** Under the background of the global carbon neutral and the green energy transition, lithium has become a global consensus as a key mineral. The exploration and development of Lithium resources in Africa have put on the agenda. The paper's purpose is to analyze the metallogenic characteristics and exploration and development potential of Lithium deposits in Africa, and to provide reference for international cooperation of Lithium industry in Africa. **[Methods]** The paper summarizes the metallogenic characteristics of Lithium resources, and analyzes the development prospects of Lithium industry by tracking the exploration and development trends of lithium resources in Africa. **[Results]** Africa's proven resources are mainly LCT pegmatite deposits, distributed in the lithium rich pegmatite belt of Congo (DRC), Mali, Zimbabwe, Ghana and Namibia, which are characterized by large resources, high grade and favorable development conditions, so that it is attracting the investment of mining companies from Australia, China and the UK. **[Conclusions]** The paper considers that Africa has a late start in lithium exploration and slow development progress, but has good resource endowment. The current high-quality resources have been locked in advance, and it is expected to become a new growth point of global lithium resource supply in the future.

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目 (DD20211404) 资助。

作者简介: 王秋舒, 女, 1987 年生, 工程师, 硕士, 地质工程专业, 长期从事境外地质调查战略研究与全球矿业活动跟踪研究; E-mail: [285708666@qq.com](mailto:285708666@qq.com)。

通讯作者: 陈其慎, 男, 1979 年生, 研究员, 博士。主要从事矿产资源经济研究; E-mail: [chenqishen@126.com](mailto:chenqishen@126.com)。

**Key words:** lithium deposit; pegmatitic type; metallogenic characteristics; exploration and development; mineral exploration engineering; Africa

**Highlights:** 1) The characteristics of lithium mineralization in Africa were systematically sorted out, and five lithium metallogenic belts were divided; 2) The exploration and development potential of lithium in Africa is analyzed, and the development of lithium industry in Africa will become the new focus of the future capacity expansion.

**About the first author:** WANG Qiushu, female, born in 1987, engineer, master, majoring in geological engineering, engaged in strategic research of overseas geological survey and tracking research of global mining activities for a long time. E-mail: 285708666@qq.com

**About the corresponding author:** CHEN Qishen, male, 1979, Professor, PHD. He is mainly engaged in the economic research of mineral resources; E-mail: chenqishen@126.com.

**Fund support:** Supported by the Project of China Geological Survey (DD20211404).

## 1 引言

锂被称为“21 世纪绿色高能金属”和“白色石油”，在各国政府对碳中和概念的不断重视的背景下，动力电池、储能电池领域的高速发展带动了对上游锂资源的大量需求，锂资源的安全供应已经成为我国实现碳中和目标，以及绿色能源产业可持续发展的关键。

全球锂矿资源分布高度集中，主要在南美的“锂三角”地区、美国、澳大利亚、加拿大和中国，分别占全球探明资源量的 50%、16%、7.6%、7%和 4.3%（表 1）。近年来，全球各地掀起了锂矿勘查开发热潮，从 2018-2022 年全球探明锂资源量增加了 39%（表 1），其中德国、加拿大、美国、阿根廷的锂资源量均增加了一倍以上。与此同时，非洲锂矿也吸引了澳大利亚、中国和英国等各国企业的投资。前人聚焦刚果（金）、马里、津巴布韦、纳米比亚和加纳等非洲锂资源大国开展了锂矿地质背景和典型矿床成矿特征等的研究（杨远东等，2020；刘建权等，2021；宁福俊等，2018；施俊等，2012；姚德环，2020；曾瑞垠等，2020；Cryns 等，2013；Dittrich 等，2018；Grenholm 等，2011），本文在前人的基础上，对非洲锂矿成矿地质特征进行综述，分析非洲锂矿的资源禀赋和勘查开发格局，并对非洲在全球锂产业链中的地位作出了展望，为非洲锂产业发展提供参考。

表 1 全球主要国家锂资源量分布情况（单位：万吨）

Tab.1 The distribution of lithium resources in major countries

国家	2022 年	2021 年	2020 年	2019 年	2018 年
阿根廷	5041	4994	4028	3937	3008
玻利维亚	3900	3900	3900	3900	3900
美国	3882	3697	2557	2390	2302
智利	2734	2676	2325	2365	2165
澳大利亚	1779	1773	1715	1580	1493
加拿大	1872	1622	793	781	728
中国	1126	1024	1134	1134	1182
德国	704	704	704	597	42
刚果（金）	676	668	662	662	664
墨西哥	366	366	356	356	356
其他国家	1796	1714	1599	1540	1349
总计	23876	23138	19773	19242	17189

数据来源：S&P Global Market Intelligence（截至 2023 年 2 月）

## 2 非洲锂矿成矿特征

非洲已探明的锂矿储量为 275 万吨，占全球 5.1%，总资源量为 1179 万吨，占全球 4.9%（表 2），主要矿床类型为 LCT 型伟晶岩矿床，分布在刚果（金）中元古代基巴兰（Kibaran）稀有金属成矿带、马里中元古代比里姆（Birimian）绿岩带、津巴布韦新太古代克拉通伟晶岩带、加纳中元古代开普口斯特（Cape Coast）地区伟晶岩带和纳米比亚新元古代达马拉（Damara）穹隆带（图 1）。典型矿床包括刚果（金）马诺诺（Manono）矿床、马里贡拉米娜（Goulamina）矿床、津巴布韦比基塔（Bikita）矿床、加纳卡里比布（Karibib）矿床、纳米比亚伊瓦亚（Ewoyaa）矿床（表 3）。

表 2 非洲主要锂矿资源国家储量、资源量分布

Tab.2 Distribution of Lithium reserves and resources of in major Africa countries

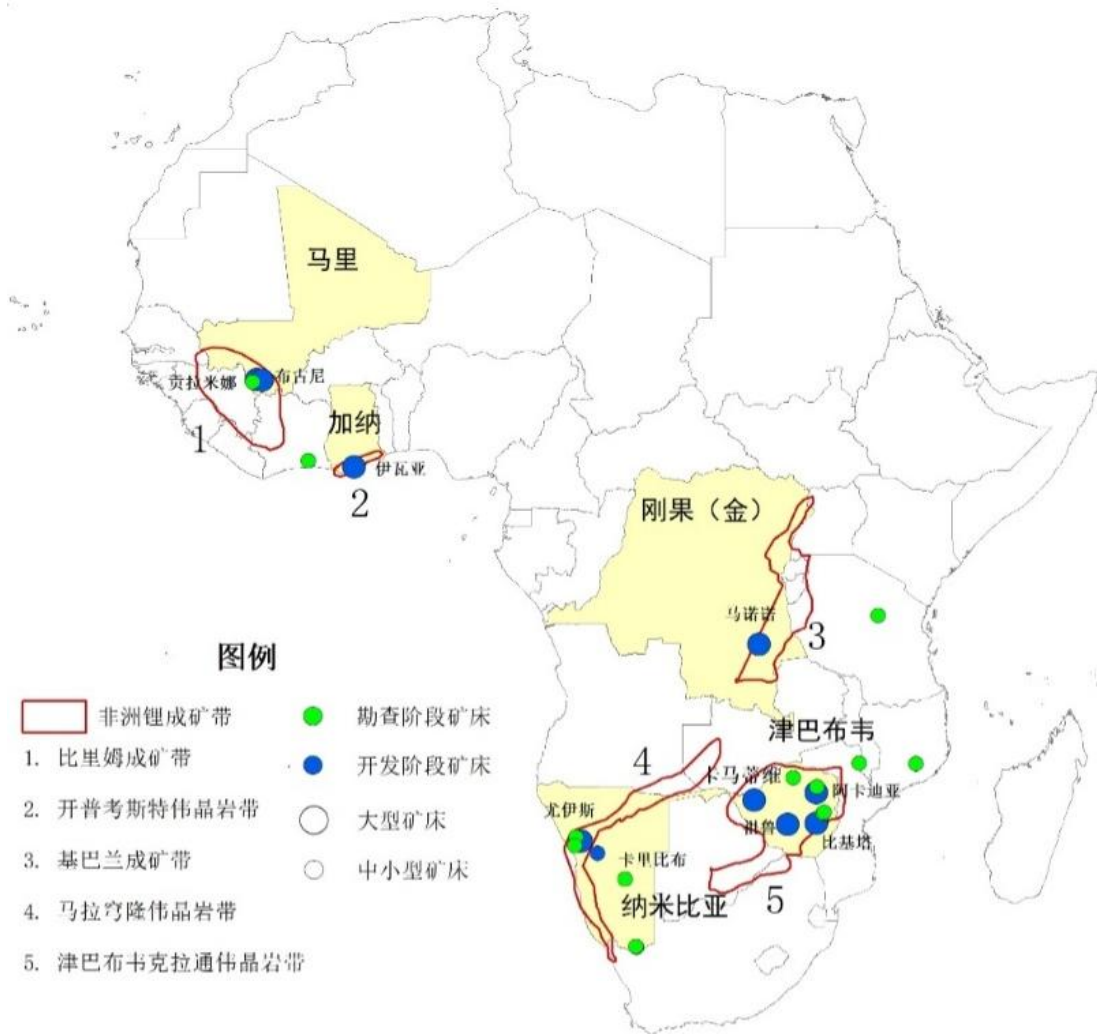
国家	储量/万吨	资源量/万吨	占非洲储量比例/%	占非洲资源量比例/%
刚果（金）	214	676	57.9	57.3
马里	78.5	222	21.2	18.8
津巴布韦	50.4	175	13.6	14.8
纳米比亚	3.3	68	0.9	5.8
加纳	23.5	38	6.4	3.2
合计	370	1179	5.1（占全球）	4.9（占全球）

数据来源：S&P Global Market Intelligence（截至 2023 年 2 月）

表 3 非洲典型锂矿床成矿特征

Tab.3 Metallogenic characteristics of typical Lithium deposits in Africa

矿床名称	赋矿地层	地层岩性	赋矿围岩	控矿主要构造	成矿时代	赋矿伟晶岩产状	文献来源
马诺诺（Manono）	基巴兰超群	绿片岩相-角闪岩相的变质泥岩和石英岩	后造山期 G4（最晚期）Lukushi 高钾过铝质花岗岩	基巴兰造山运动	18Ma~966±21Ma	2 个矿段，总长 15km，宽 800m，走向北东 40°~60°，倾向南东，倾角 30°~50°	杨远东等，2020；曾瑞垠等，2020；张学良等，2016；Dewaele 等，2016；Cryns，2013
贡拉米娜（Goulamina）	太古代基底地层（上覆盖红土风化层）	变质岩、杂砾岩和变砾岩	贡拉米娜过铝质花岗岩	伊布尼（Eburnean）造山运动	2.1Ga	5 个矿段，总长 1-1.5km，厚 10-80m	Andy W 等，2021；Otto A 等，2018
比基塔（Bikita）	上布拉瓦约群	绿泥岩、蛇纹岩、角闪石片岩和变质沉积岩	Chilimanzi 花岗岩	花林波波造山运动	2670Ma	长 1700m，宽 20-70m，厚约 30-40m，北北东走向，倾向为 30°~45° E	Melcher 等，2015；Gwavava 0 等，2009；Tomas D 等，2018
卡里比布（Karibib）	卡里比布组	云母片岩和碳酸盐岩	达马拉期花岗岩	达马拉造山运动	468~514Ma	2 个矿段，总长 25km，宽 2-6km，厚 9-25m，倾向北西，倾角 20°~60°	Napon 等，2016；Ashworth，2014；Melcher 等，2013；Jung 等，2002；Diehl 等，1990
伊瓦亚（Ewoyaa）	毕雷绵（Bitimian）岩系	千枚岩、拉斑玄武岩和安山质凝灰岩	开普口斯特富碱质 I 型花岗岩	伊布尼（Eburnian）造山作用	2.2Ga	走向北东，倾向南东，倾角 70°-90°	Emmanuel Mensah，1998；Grenholm M，2011



图例

- 非洲锂成矿带
- 1. 比里姆成矿带
- 2. 开普考斯特伟晶岩带
- 3. 基巴兰成矿带
- 4. 马拉穹隆伟晶岩带
- 5. 津巴布韦克拉通伟晶岩带
- 勘查阶段矿床
- 开发阶段矿床
- 大型矿床
- 中小型矿床

图 1 非洲锂矿床分布图

Fig.1 Distribution of Lithium deposits in Africa

### 2.1 刚果（金）锂矿成矿特征

刚果（金）目前探明的锂资源量为676万吨，储量为214万吨，主要分布在东部基巴兰中元古代稀有金属成矿带内（图1，成矿带3）（盛涛等，2021），该成矿带呈北东-南西向沿刚果（金）加丹加省穿过布隆迪、坦桑尼亚东北部、卢旺达，延伸至乌干达西南部，是世界上最大的伟晶岩型稀有矿产成矿带之一。该成矿带发生了完整的陆内裂谷演化旋回

（1400-1100Ma），受乌本迪安（Ubendia）造山作用影响，在坦桑尼亚克拉通、刚果克拉通和卡拉哈里克拉通之间形成了伸展沉积盆地，伴随着岩石圈减薄，镁铁质岩浆侵入形成了双峰式岩浆岩（G1），主要岩性为斑状黑云母花岗岩；在后期挤压过程中，受热熔融后形成了二云花岗岩（G2），通常位于G1花岗岩外围，其周围的沉积地层发生了韧性变形和中高温变质作用；随后，该区经历了横向剪切作用，形成了偏碱性花岗岩（G3）；最后，在罗马米安（Lomamian）造山作用下强过铝质岩浆侵入早期花岗岩与基巴拉带沉积岩接触带上，形成了高钾过铝质花岗岩（G4），该成矿带的稀有金属矿化与G4期花岗岩密切相关。

马诺诺（Manono）锂矿床是目前已发现的全球储量最大、品位最高的硬岩锂矿床之一，锂探明储量为214万吨，资源量668万吨，品位1.63%；锡探明储量为13万吨，资源量31.44万吨，品位0.076%；钽资源量1.741万吨，品位0.004%。矿区分为2个矿段Manono矿段和

Kitotolo矿段，共6条伟晶岩脉（表4、图2），矿脉走向长度超过15km，宽800m，走向北东40°~60°，倾向南东，倾角30°~50°。矿区地层主要由基巴兰超群、新近系和第四系组成（图2），矿区构造主要为北东向背斜和断裂，以及北西向断裂，伟晶岩主要沿北东向断裂产出，矿区内在977±18Ma~966±21Ma形成的G4花岗岩（Dewaele等，2016）被认为是锂矿成矿的母岩之一（杨远东等，2020；张学良等，2016）。马诺诺矿床属于LCT型伟晶岩矿床，具有典型的分带特征，由外向内依次发育花岗细晶岩带、白云母长石石英带、石英钠长石带、锂辉石带和石英内核，锂辉石带占整个伟晶岩的40-70%，带内锂辉石、石英、钠长石、白云母、铌钽铁矿和锡石共生，一般钾长石的含量较少，因此高钠长石和低钾长石的伟晶岩可以作为马诺诺地区锂矿的找矿标志（Cryns，2013；曾瑞垠等，2020）。

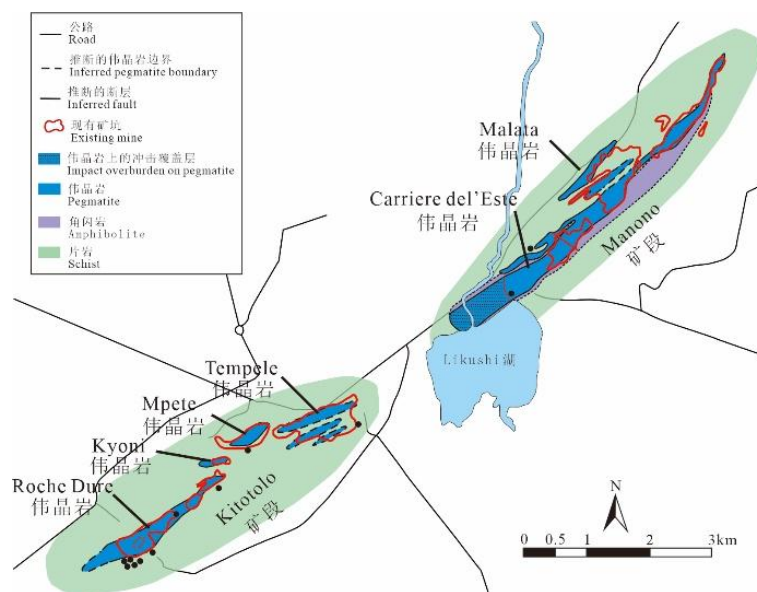


图2 马诺诺矿区地质简图（据 AVZ Minerals 公司 2019 年 2 月勘查报告修编）

Fig.2 Geological map of Manonoarea (after AVZ Minerals Survey Report Feb 2019)

表 4 马诺诺矿区伟晶岩脉特征

Tab.4 Characteristics of pegmatite dikes in Manonoarea

伟晶岩	长度 (m)	厚度 (m)	一般倾角, SE
Roche Dure	2700	220	40°
Kyoni	400	20	26°
Mpete	1000	60	26°
Tampete	1700	60	26°
Carriere	5400	230	20-40°
Malata	1300	20	10-15°

资料来源：据 AVZ Minerals 公司 2022 年 2 月勘查报告修编

## 2.2 马里锂矿成矿特征

马里目前探明的锂资源量为 222 万吨，储量为 79 万吨，主要分布在南部布古尼（Bougouni）地区，勘查发现了 2 座大型的伟晶岩型锂矿床，贡拉米娜（Goulamina）锂矿床和布古尼（Bougouni）锂矿床，产在马恩-莱奥地盾的伟晶岩内。

马恩-莱奥地盾（图 1，成矿带 1）是西非铁、铝和金等矿产资源的重要产地，马里西南部主要为莱奥域，主要岩性为花岗岩岩基、火山弧岩石系列和变质沉积岩，整体红土化较

为严重，出露的地层为比利姆超群（Birimian），岩性为弱变质火山-沉积序列，在伊布尼（Eburnean）造山期（2.27 ~ 2.05 Ga）被大量花岗岩和伟晶岩侵入（Grenholm et al., 2011）。该地区的赋矿伟晶岩与花岗岩被证实为同源（Andy W et al., 2021），因此伟晶岩未呈现分带性，但后期该地区发生了北西-南东向的韧性剪切作用以及持续的碰撞环境，致使赋矿伟晶岩发生了一定程度的拉伸和在热液作用下的钠长石化。

贡拉米娜锂矿床是已发现的全球第三大伟晶岩型锂矿床，锂探明储量为 78.5 万吨，资源量 198.1 万吨，品位 1.38%。由 5 个平行锂辉石伟晶岩岩脉（Main、West、West I、Sangar I、Sangar II）和一个网状伟晶岩岩脉群（Danaya）组成（表 5），这些岩脉侵入高钾过铝质贡拉米娜花岗岩，该岩体在伊布尼造山运动的峰值期（约 2.1Ga）侵入马恩-莱奥地质，岩体南北长超过 20km，东西宽约 8km（Andy W 等, 2021）。矿区内单个伟晶岩脉厚度在 10-80m 之间，沿北西-南东向延伸超过 1-1.5km。该矿床的伟晶岩体是单相均质岩体，并无分带结构，90%为锂辉石伟晶岩，由钠长石、微斜长石、石英、白云母和锂辉石组成，及少量的绿柱石、锡石和钽铌矿物，锂辉石分布均匀，其含量可占岩体总量的 25%（OttoA 等, 2018）。

表 5 贡拉米娜矿区伟晶岩脉特征

Tab.5 Characteristics of pegmatite dikes in Goulaminaarea

伟晶岩	矿石资源量/万 t	品位/%	锂资源量/万 t	伟晶岩长度/km	伟晶岩宽度/m
Main	1410	1.28	18.1	>1.8	10 - 45
West I	2000	1.48	30	>1.0	20 - 70
West II	540	1.3	7		
Sangar I	3120	1.57	49	>1.0	25 - 80
Sangar II	1550	1.55	24	>0.8	25 - 70
Danaya	5610	1.24	70	>1.5	400
总计	14230	1.4	198.1		

资料来源：据 LeoLithium 公司 2023 年 1 月勘查报告修编

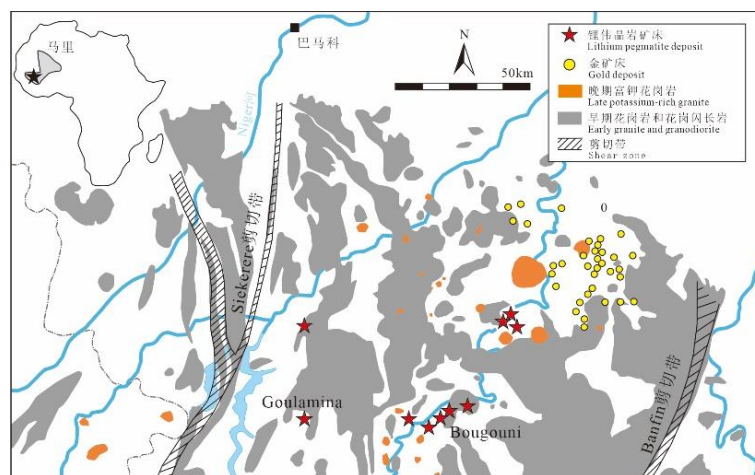


图 3 贡拉米娜和布古尼锂矿床地质背景简图（据 AndyW 等, 2021 修编）

Fig.2 Geological setting map of the Goulamina and Bougouni pegmatite fields. (after AndyW, et al, 2021)

### 2.3 津巴布韦锂矿成矿特征

津巴布韦目前探明的锂资源量为 129 万吨，储量为 46 万吨，主要分布在津巴布韦克拉通的伟晶岩带中，在已发现的 12 个伟晶岩带中（图 4），只有比基塔（Bikita）、卡马蒂维（Kamativi）、阿卡迪亚（Arcadia）和祖鲁（Zulu）的伟晶岩对锂、钽、锡、铌和铯的开采



具有重要意义。

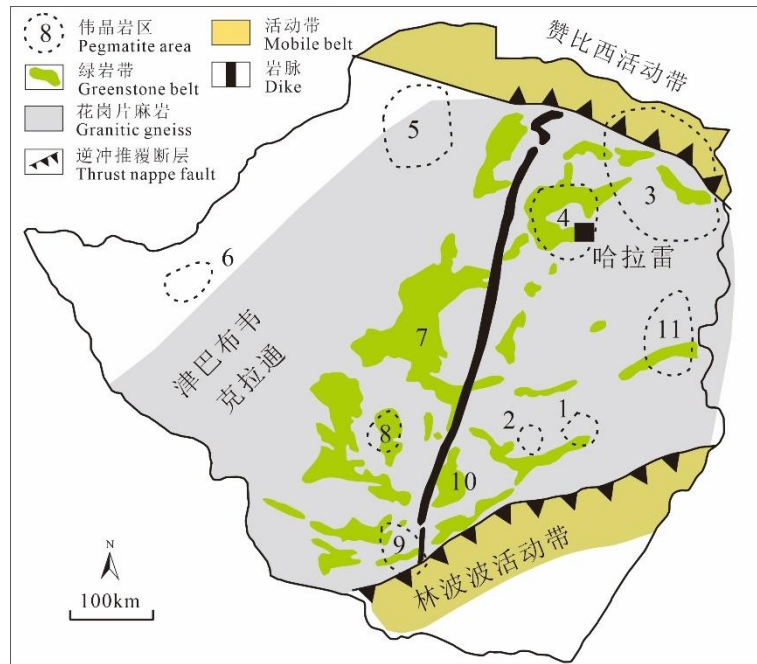


图 4 津巴布韦克拉通和马斯温戈绿岩带中的 LCT 伟晶岩分布 (据 Tomas 等, 2018 修编)

Fig.3 LCT pegmatites occurrence in the Zimbabwe Craton with the Masvingo greenstone belt (after Tomas et al, 2018)

1-Bikita; 2-Masvingo; 3-Mutoko; 4-Arcadia; 5-Karoi; 6-Kamativi; 7-Que; 8-Zulu; 9-Bulawayo; 10-Mweza; 11-W of Mutare; 12-Hwedza

马斯温戈绿岩带内主要出露由上布拉瓦约群 (Bulawayan) 和下布拉瓦约群组成 (刘建权等, 2021; Dodson M H 等, 2001), 上布拉瓦约群主要岩性为绿泥岩、蛇纹岩、角闪石片岩和变质沉积岩, 下布拉瓦约群主要岩性为石英云母片岩、变质泥岩和长英岩 (图 5a)。在 2700Ma, 林波波带沿西北向逆冲于津巴布韦克拉通, 形成了背斜构造 (图 4), 随后在 2670Ma 斯温戈绿岩带内形成了北西-南东向的 Gono 断层 (姚德环, 2020), 在伸展环境下 Chilimanzi 花岗岩侵入, 伟晶岩熔体沿该断层上涌, 后结晶成矿 (图 5b)。

比基塔(Bikita)锂矿床锂资源量为 60.8 万吨, 品位 1.13%, 位于津巴布韦马斯温戈 (Masvingo)省东约 60km, 伟晶岩脉长 1700m, 宽 20-70m, 厚约 30-40m, 北北东走向, 倾向为 30~45°E (图 5c), 主要分布在马斯温戈绿岩带内。伟晶岩中的富锂矿物是与附近的 Chilimanzi 花岗侵入体相互作用, 经交代变质而形成 (Melcher 等, 2015; Gwavava O 等, 2009)。Gono 断层将比基塔矿区分为上盘比基塔伟晶岩和下盘里弗顿 (Riverton) 伟晶岩, 分别由数十个独立的伟晶岩脉组成。其中里弗顿伟晶岩主要富集铍和锡, 西部发现有少量的锂矿。比基塔伟晶岩带北部主要为绿柱石伟晶岩, 锂矿主要富集在南部的 AlHayat 和 Bikita 伟晶岩中 (图 5c), 主要为 LCT 型伟晶岩, 岩体有明显的分带性, 边界带主要由长石和白云母组成, 中间带主要有其次是由锂辉石、铈榴石和少量的透锂长石组成, 核心带主要由透锂长石、锂辉石和铈榴石矿物组合, 以及石英、锂云母和长石矿物组合组成 (TomasD 等, 2018)。

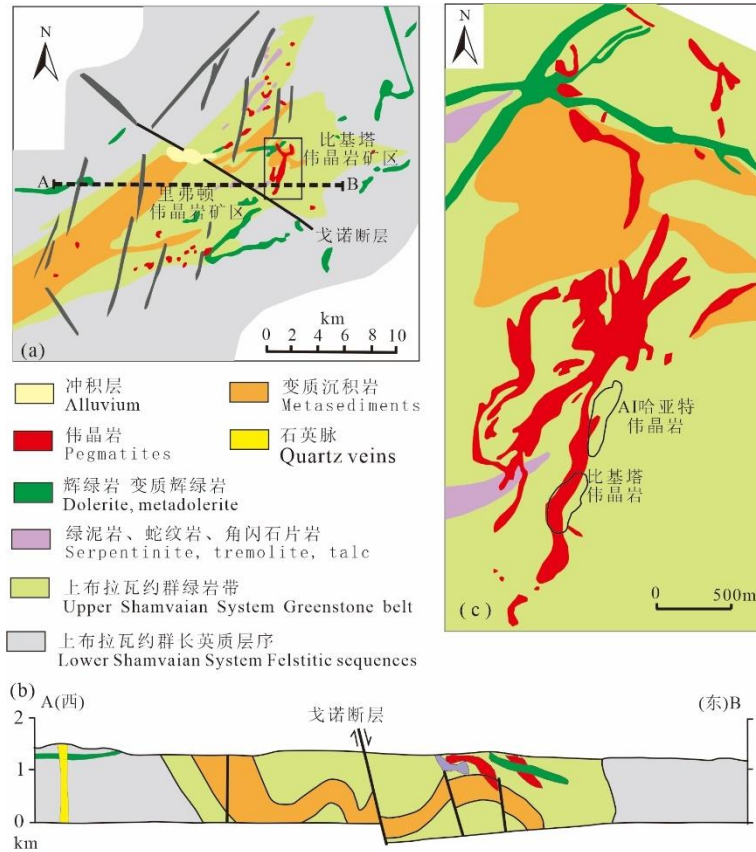


图 5 比基塔矿区地质简图（据 Tomas D 等，2018 修编）

a) 马斯温戈绿岩带东部地质简图；b) 马斯温戈绿岩带东部剖面地质简图；c) 比基塔矿区地质简图

Fig.5 Geological map of the Bikita area (after Tomas D 等，2018)

a) Geological map of the eastern portion of the Masvingo greenstone belt; b) Section through the eastern portion of the Masvingo greenstone belt; c) Geological map of Bikita Mining area

#### 2.4 纳米比亚锂矿成矿特征

纳米比亚目前探明的锂资源量为 55 万吨，储量为 3 万吨，主要分布在纳米比亚中部新元古代达马拉（Damara）穹隆带（图 1，成矿带 4）的卡里比布伟晶岩带中，主要包括卡里比布（Karibib）矿床和尤伊斯（Uis）矿床。

达马拉穹隆带记录了新元古代裂谷作用，以及刚果克拉通和卡拉哈里克拉通之间的增生事件，达马拉穹隆的变形发生在 500~530Ma 之间（宁福俊等，2018；施俊等，2012），根据构造演化该穹隆带可分为三个构造单元：（1）北部区为变质程度较低的褶皱前陆盆地；（2）中心区为被动大陆边缘的弧后地区，钙质、泥质沉积物和少量的火山岩覆盖在基底岩石上；（3）南部区为构造缝合带，主要岩性为泥质沉积物（Martin 等，1986）。达马拉穹隆发现 200 多出侵入体，主要为构造后期花岗岩和伟晶岩，大部分沿构造线成北东向走向。

达马拉穹隆带内主要分布 5 个大型伟晶岩带（图 6），其中南部地区的卡里比布伟晶岩带中发现了大量的锂富集（Cerny 等，2005；Ashworth，2014）。卡里比布矿床锂探明储量为 4 万吨，资源量 6 万吨，品位 0.43%；钽探明储量 481 吨，资源量 659 吨，品位 0.005%。该伟晶岩带赋存于卡里比布组的黑云母片岩和碳酸盐岩、Chuosis 组石英岩、Abbabis 组基底片麻岩和达马拉期花岗岩中，主要包括 Rubicon 伟晶岩和 Helikon 伟晶岩，形成时代在 468~514Ma（Jung 等，2002；Melcher 等，2013），岩体呈典型的 LCT 伟晶岩的分带特征，最外侧为钠长石、条纹长石、石英、白云母组合，向内为过渡为粗粒长石-锂云母组合，在



向内为锂云母-透锂长石赋矿段，核部主要为石英（Diehl 等，1990）。Rubicon 伟晶岩呈一个突出的山脊状，倾向北西，倾角 20°~65°，地表露头长约 10km，宽约 4km，厚约 1-3m（Napon 等，2016）；Helikon 伟晶岩向北距离 Rubicon 伟晶岩 7km 处，可细分为 7 个矿段，地表露头长约 15km，宽 2-6km，厚约 9-25m（Ashworth，2014）。主要含锂矿物为锂云母、透锂长石，伴生矿物为金、锡、绿柱石、钽铁矿、铀矿等。

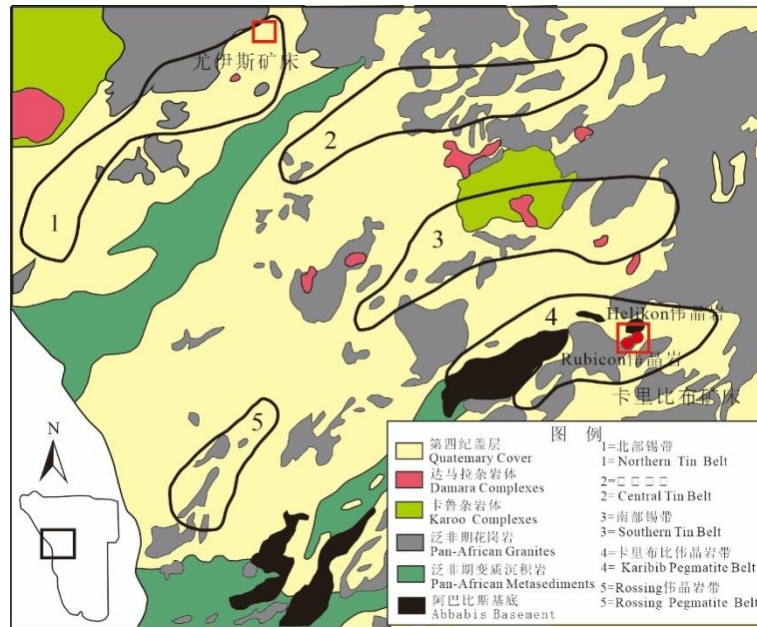


图 6 达马拉穹隆伟晶岩带分布图（据 Ashworth, 2014 修编）

Fig.6 Geographic extent of pegmatite belts in the Damara Belt (after Ashworth, 2014)

注：R-Rubicon, H-Helikon, Ui-Uis, K-Karlowa, Us-Usakos, O-Omapyu, V-Valencia

### 2.5 加纳锂矿成矿特征

加纳目前探明的锂资源量为 19 万吨，主要分布在加纳西南部开普口斯特（Cape Coast）地区的伟晶岩中（图 1，成矿带 2），沿着大西洋海岸线从开普口斯特市经索尔特旁德（Saltpond）市到门凯德兹（Mankwadzi）市最后到温尼巴（Winneba）市，延伸上百千米，已发现具有经济价值的富锂伟晶岩包括伊瓦亚（Ewoyaa）、阿波卡（Abonko）和坎帕科诺（Kaanpakrom）矿床。

开普口斯特地区的伟晶岩主要产于毕雷绵（Bitimian）岩系，主要岩性是千枚岩、拉斑玄武岩和安山质凝灰岩（Grenholm M, 2011），形成于伊布尼（Eburnian）造山作用（约 2.0Ga）的减弱期，与开普口斯特花岗质杂岩（岩性为过铝质富碱性二云母花岗闪长岩）密切相关，产于花岗岩体岩基中。成矿伟晶岩多以粗粒的岩脉形式产出，宽度可达数米，走向北东，倾向南东，倾角 70°-90°；成矿岩体也表现为伟晶岩型锂矿床的典型分带特征，最外侧的边缘带由细粒长石、石英和白云母组成，向内一层的外墙带中以上矿物表现为更粗粒，还常见白云母和绿柱石，再向内的中间带出现了锂云母和白云母，内核带由不含矿的块状长石、电气石自形晶和石英晶体组成（Emmanuel Mensah, 1998）。

### 3 非洲锂资源勘查开发潜力

#### 3.1 非洲锂矿勘查进展

近年来，新能源产业蓬勃发展，从 2016 年起全球进入“锂矿找矿热”，勘查投入增加了 3.2 倍。非洲的锂矿勘查热度较全球滞后 1 年，2017 年勘查投入较上一年激增 10 倍，2018 年较 2017 年激增 3 倍，随后三年略有降低，2022 年勘查投资额激增至 4440 万美元，占全球比例 9.5%（图 7）。勘查投入主要集中在刚果（金）、纳米比亚、加纳、马里和津巴布韦这 5 个国家，全部由小型勘查公司完成，在 2017 年以前以草根勘查阶段为主，2018-2022 年 70% 以上的勘查投入集中到了详查阶段，2022 年矿山勘查比例由历年来的个位占比明显上升到了 23%。随着勘查投入的增加，非洲新增资源量也大幅上升，尤其是 2017-2019 年，共发现资源量 827 万吨，占非洲锂矿总资源量的 73%。

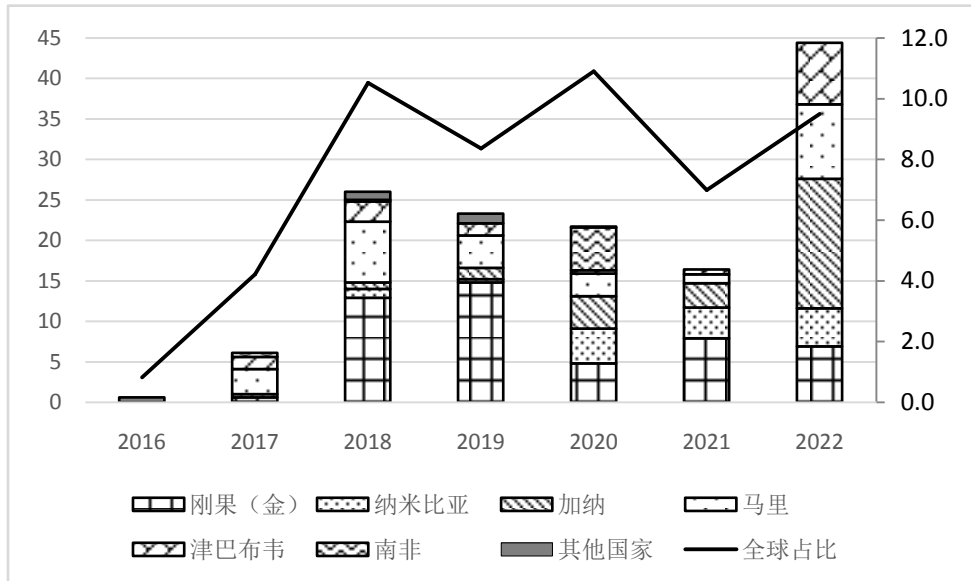


图 7 近年来全球及非洲勘查投入变化情况

Fig.7 Changes in global and African exploration investment in recent years

数据来源：S&P Global Market Intelligence（截至 2023 年 2 月）

#### 3.2 非洲锂矿开发动态

当前非洲已进入开发状态的项目主要包括刚果（金）马诺诺锂锡矿，马里贡拉米娜锂矿和布古尼锂矿，津巴布韦阿卡迪亚锂矿、祖鲁锂钽矿和卡马蒂维锂锡矿和比基塔锂锡矿，加纳伊瓦亚锂矿，以及纳米比亚尤伊斯锂矿和卡里比布锂云母矿（表 5）。

表 5 非洲主要锂矿项目勘查开发进展情况

Tab.4 Progress of exploration and development of major lithium ore projects in Africa

国家	名称	运营商	地理位置	基础设施	资源量/ 万吨	品位/%	重大勘查发 现时间	矿山产品	设计年产能 /万吨	所处 阶段	投产时间	开发进展
刚果 (金)	马诺诺	AVZ Minerals	位于南部第二大城市卢本巴希 北约 500km 处	出资 2.85 亿美元恢复了 Piana Mwanga 水电站和翻修通往 Lubumbashi 的公路	668	1.615	2019 年	锂辉石精矿 初级硫酸锂	70 4.6	申请 采矿 权	2022 年 Q4 2023 年 Q1	全球最大的硬岩锂矿，2022 年 6 月 AVZ 矿业公司完 成了锂矿开发的可行性研究，预计矿山寿命 30 年
马里	贡拉 米娜	Firefinch	位于南部锡加索省布古尼市西 南 50km 处	已获得马里政府用水许可，允许 从附近萨林谷（Selingue）大坝 抽水	157	1.45	2019 年	锂辉石精矿	43.6	详查	待定	全球可供低成本开采的优质锂矿，2016 年 Firefinch Ltd.公司获得探矿权，预计建设投资 2 亿美元，矿 山寿命 23 年
	布古 尼	Kodal Minerals	位于南部锡加索省布古尼市西 南 15km 处	拥有便利的公路、铁路设施	23.65	1.11	2019 年	锂辉石精矿	2	申请 采矿 权	待定	全球第 15 大锂矿山，2016 年 11 月，西非最大锂矿 商 Kodal Minerals 公司收购了该项目 90% 股权
	比基 塔	Bikita Minerals	位于马斯温戈省的比基塔市	在产矿山，基础设施完备	11.2	1.4		透锂长石精矿 锂辉石精矿	8 8.6	生产	已投产	已有 100 多年的活跃开采历史，50 多年来，Bikita Minerals 的业务一直以锂矿物的开采和提取为中心 2016 年中旬澳大利亚矿业公司 Prospect Resources Limited 收购了该项目 70%（计划增持至 87%）的 股权，已经与中矿资源签订了为期 7 年的承销协议， 每年提供 4 万吨品位 6% 的锂辉石精矿和 11.2 万吨 品位 4% 的透锂长石。与 Sibelco 签订了 7 年的承销 协议，每年提供 10 万吨品位 4% 的透锂长石。
津巴布 韦	阿卡 迪亚	Prospect Resources	位于首都哈拉雷以东约 38km 处	矿产品可沿公路跨境运输至 580km 外莫桑比克的贝拉港以 供出口	80.8	1.11	2018 年	透锂长石精矿	11.8	预生 产	2022 年	津巴布韦最大的未开发硬岩锂矿床，Premier African 公司在 2016 年 9 月至 2017 年 2 月期间成功 进行初次钻探，已探明的矿脉面积仅占已知地表裸 露矿脉的 35%，勘探目标为 1.2-1.6 亿吨 2018 年由 Chimata Gold（CAT Strategic Metals 公司 的前身）开展了锂矿勘查工作，并发布了 NI 43-101 技术报告，设计可采年限为 11 年
	祖鲁	Premier African	位于第二大城市布拉瓦约以东 80km 处	矿产品可沿铁路运往南非德班 港	21.3	1.06	2018 年	锂辉石精矿 透锂长石精矿	8 3.25	勘查	待定	2017 年 5 月，IronRidge Resources 获得了地区的无 条件勘探协议，2021 年 1 月初步经济评估结果显示 项目净现值（NPV）为 34.48 亿美元，内部收益率 （IRR）为 125%
	卡马 蒂维	CAT Strategic Metals	位于西北部北马塔贝莱省万 盖（Hwange）市 55km 处	拥有水电和道路等基础设施， 45km 外与铁路相连，通到莫桑 比克的贝拉港	15.5	0.58	2019 年	锂辉石精矿	16.35	详查	待定	2019 年，Lepidico 收购了 Desert Lion Energy 公司， 进而拥有 Karibib 项目 80% 的股权，当前已获得采 矿许可证
加纳	伊瓦 亚	IronRidge Resources	位于西部海岸 Cape Coast 地区	已经接入当地的高压输电系统， 与最近的塔科拉迪深水港通过 沥青公路连接，运输距离约 110km	18.9	1.31	2021 年	锂辉石精矿	4.3	可研	待定	2019 年，Lepidico 收购了 Desert Lion Energy 公司， 进而拥有 Karibib 项目 80% 的股权，当前已获得采 矿许可证
纳米比 亚	卡里 比布	Lepidico	位于中部埃戈戈省，距离首都 温得和克西北 180km	向西南经过公路 210km 可到达 沃尔维斯深水港	11.24	0.43	2019 年	氢氧化锂	4900	详查	2023 年	2019 年，Lepidico 收购了 Desert Lion Energy 公司， 进而拥有 Karibib 项目 80% 的股权，当前已获得采 矿许可证
	尤伊 斯	Montero	位于海滨城市斯瓦科普蒙德东 北约 165 公里	在产矿山，基础设施完备	45.03	0.52	2019 年	锂辉石精矿	10	尾矿 选矿 试验	待定	有 100 的锡矿开采历史，Montero 矿业与勘探公司 于 2018 年收购该项目尾矿开采权，2019 年在尾矿 中发现了锂矿

资料来源：矿业资本市场发布的技术报告（截至 2023 年 2 月）

## 4 讨论

### 4.1 锂作为关键矿产的长期价值已成为共识

全球碳中和背景之下，新能源产业的蓬勃发展催生了全球对锂需求的不断增长。2021年6月，美国先进电池联盟（FCAB）发布了“国家锂电蓝图 2021-2030”，提出与合作伙伴/同盟国建立上游原材料供应体系。2020年12月，欧洲电池联盟发布了欧洲电池战略行动计划，拟在欧洲建立一个具有竞争力的动力电池产业链。从2018年起，日本陆续出台了“面向2030年能源环境创新战略”等战略计划，提出了能源保障、环境、经济效益和安全并举的方针。2021年3月，澳洲政府发布“资源、技术和关键矿物加工路线图”十年计划，谋求从资源到加工的产业链延伸，计划到2030年在国内形成50万吨的锂盐加工产能。中国2020年11月发布《新能源汽车产业发展规划（2021-2035年）》，明确到新能源汽车渗透率要从2020年的5%提高到2025年的25%

### 4.2 全球锂矿资源供应格局基本形成

全球97%的锂盐产量集中在澳大利亚、智利、中国和阿根廷4个国家，2020年，澳大利亚固体矿山产量为17.7万吨，智利卤水矿山产量为11.2万吨，中国矿山总产量为4.2万吨，阿根廷卤水矿山产量为3.2万吨，分别占全球总产量的46.9%、29.6%、11.1%和8.4%。

**南美盐湖锂矿产能集中在四家龙头企业，行业集中度较高。**南美锂盐的全部产能来自于4家公司和4座在产矿山，美国雅宝（Albemarle）集团、智利SQM公司合作开发的智利Atacama盐湖，美国里温特（Livent）公司开发的阿根廷的Hombre Muerto盐湖和澳大利亚奥诺科比（Orocobre）公司（2021年12月与加拿大Galaxy公司合并为奥克姆（Allkem）公司）开发的Cauchari-Olaroz盐湖。上述锂盐产能65.3%被长期包销协议锁定，其中，天齐锂业虽是SQM第二大股东，持股25.86%，但并未拿到Atacama项目锂盐的包销权，赣锋锂业拥有Cauchari-Olaroz项目在建的4万吨锂盐产能76%的包销权，其余长协包销产能归属于日本和韩国的锂电公司。

**澳大利亚固体锂矿产能均被长协锁定，且短期产能增量有限。**目前澳大利亚在产共4座矿山，其产能基本被长协锁定，Greenbushes由天齐锂业、雅保各包销50%，Marion主要由赣锋锂业包销，Pilbara-Pilgangoora与赣锋、天宜、容汇等签订承购协议，超额包销现有产能，Cattlin由雅化集团、盛新锂能分别承购现有产能的55%和27%。整体来看，澳大利亚已基本完成上下游一体化整合，未来现货零单供给有限。

**我国锂资源供给占全球比例较低，但开发积极性正在提升。**预计未来5年我国锂资源需求增长率高达16%，当前我国锂盐对外依存度为75%（姜贞贞等，2021；周园园等，2019）。为保障我国锂产业链安全发展，政府大力支持境内锂矿资源开发和技术研发。我国在盐湖提锂和云母提锂等技术上纷纷取得突破（赵展一等，2021）。我国固体锂矿资源主要集中于四川省，2017年以来四川锂矿在建设开发方面存在的一些历史遗留问题得到突破，基础设施逐渐完备，同时当地政府予以大力支持，区域内优质锂矿资源的开发利用正在提速，目前有甲基卡、李家沟、业隆沟3座在产矿山。我国盐湖锂资源分布在青海、西藏盐湖区，恒信融、兴华锂盐、五矿盐湖、藏格控股等企业纷纷入局开始在建设碳酸锂项目，但均未达产。此外，江西宜春的锂云母矿山也随着近2-3年的云母提锂工艺的突破，开始建设电池级碳酸锂产能，涉及到的企业包括永兴材料、江特电机、南氏锂电以及飞宇新能源等，其中永兴材料的第一条生产线已经建成投产。

**短期内非洲锂矿资源开发不会冲击全球供需格局。**非洲锂矿资源禀赋良好，但由于前期勘探不足以及缺乏融资，项目建设进度缓慢，当前在产的锂矿项目仅有Bikita锂矿，且

锂矿产能建设周期一般为 3-5 年，短期内不会对全球锂资源供需格局产生冲击。

#### 4.3 非洲将成为未来锂产能扩张的新增长点

非洲锂矿资源具有较好的成矿条件和开发潜力（任军平等，2021），在当前全球锂矿资源供应的垄断格局和需求前景越来越广阔的背景下，非洲的锂矿资源开发已经进入了大众视野。

**非洲优质的锂矿资源已被提前锁定，未来产能客观。**当前非洲已探明锂资源量 61% 由澳大利亚矿业公司所有，其次是刚果（金）政府通过控制 Manono 项目 25% 的股权占有非洲探明锂资源量的 16%，而中国企业通过参股和长协包销等方式参与非洲锂资源开发，拥有 12% 的探明资源，英国拥有 9%。同时，已有明确规划的非洲锂精矿产能超过 200 万吨，折合碳酸锂当量超过 30 万吨，未来将成为全球锂供应的重要组成部分。

**非洲锂矿资源开发环境友好，具有一定的竞争优势。**从全球主要绿地锂矿项目的资源量和品位对比可以看出（图 8），Manono、Goulamina 和 Arcadia 三座锂矿的资源量和品位有显著优势，尤其是 Manono 项目是目前全球已发现的储量最大的锂矿，除部分云母矿（Karibib）和尾矿（Uis）资源量和品位较低外，非洲锂矿整体的资源量和品位不逊色于全球其他地区。从全球锂矿开发的现金成本而言，非洲的现金成本是六大洲中最低的（表 6）。

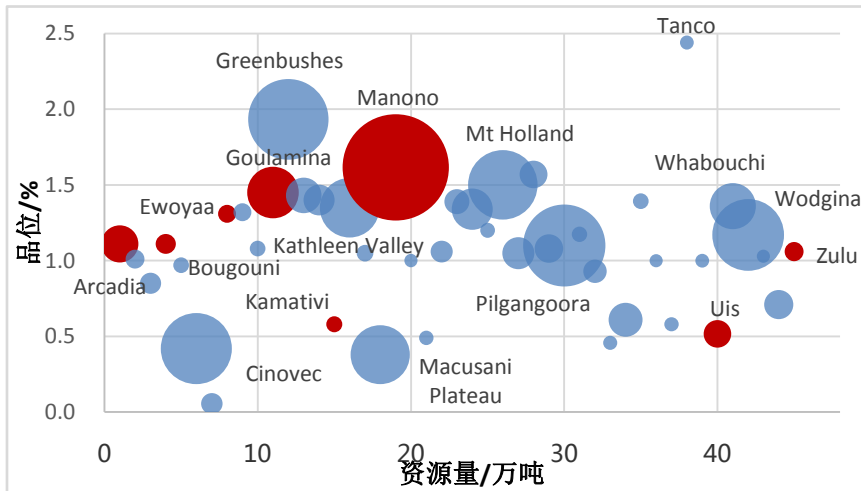


图 8 全球待开发锂矿项目资源量与品位对比图（深色为非洲项目，浅色为其他地区项目）

Fig.8 Comparison of resource and grade of global lithium ore projects to be developed (red are Africa projects, blue are other regions projects)

数据来源：S&P Global Market Intelligence（截至 2023 年 2 月）

表 6 全球锂矿开发现金成本对比情况

Tab.4 Cash cost comparison of global lithium mine development

区域	现金成本（\$/tLCE）
北美洲	6798
大洋洲	5467
亚洲	4009
南美洲	3917
欧洲	2294
非洲	1475

数据来源：S&P Global Market Intelligence（截至 2023 年 2 月）



## 5 结论

(1) 非洲锂矿主要分布在克拉通内的断裂带或地块间的活动带,成矿条件良好,已探明的刚果(金)马诺诺锂矿、马里贡拉米娜锂矿和津巴布韦阿卡迪亚锂矿等项目均为世界级的锂矿资源,整体储量规模较大,品位较高,且地理位置有利于大规模开发。

(2) 非洲锂矿勘查起步晚,资源储量情况尚未完全探明,具有良好的找矿前景。开发进展缓慢,但优质资源已经被澳大利亚、中国和英国等国家通过矿权收购、长协报销等方式提前锁定。因大部分项目尚未投产,仍有较大的投资空间。

(3) 非洲锂矿凭借资源优势和较好开发条件对国际锂产业的吸引力不断增强,将成为下一轮锂产能扩张的新焦点。例如,津巴布韦已经形成明显的锂矿产业集聚,加纳开采黄金的悠久历史为锂矿的开发奠定基础,未来可能是继刚果(金)和马里之后的增长点,也可作为布局非洲锂矿投资的重点方向。

## References

- Andy W, Alex O, Simon M. 2021. Geology of the Goulamina spodumene pegmatite field, Mali [J]. *Ore Geology Reviews*, 134: 104-162
- Ashworth L. 2014. Mineralised Pegmatites of the Damara Belt, Namibia: Fluid inclusion and geochemical characteristics with implications for post collisional mineralization [D]. University of the Witwatersrand: 201, 299.
- Černý P, Ercit T S. 2005. The classification of granitic pegmatites revisited [J]. *The Canadian Mineralogist*, 43(6): 2005-2026.
- Cryns Y. 2013. Petrographical, mineralogical and geochemical study of the Sn, Nb-Ta, Li-mineralised pegmatites of Manono-Kitotolo, Katanga (D.R.Congo) [D]. Unpublished MSc thesis KU Leuven.
- Dewaelea S, Hulsbosch N, Cryns Y, et al. 2016. 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*, 72:373-390
- Diehl B J M, Schneider G I C. 1990. Geology and mineralization of the Rubicon Pegmatite, Namibia [R]. Geological Survey of Namibia Open File Report: 20
- Dittrich T, Seifert T, Schulz B, et al. 2018. Archean Rare-Metal Pegmatites in Zimbabwe and Western Australia Geology and Metallogeny of Pollucite Mineralisations [M]. *SpringerBriefs in World Mineral Deposits (eBook)*: 23-30. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-10943-1>
- Dodson M H, Williams I S, Kramers J D. 2001. The Mushandike Granite; further evidence for 3.4 Ga magmatism in the Zimbabwe Craton [J]. *Geol Mag*, 138: 31-38
- Grenholm M. 2011. Petrology of Birimian granitoids in southern Ghana – petrography and petrogenesis [D]. Lund University: 41.
- Gwavava O, Ranganai RT. 2009. The geology and structure of the Masvingo greenstone belt and adjacent granite plutons from geophysical data, Zimbabwe Craton [J]. *South African J Geol*, 112: 277-290
- Jiang Zhenzhen, Liu Gaoling, ZhuoMaquxi, et al. 2021. Lithium industry status and countermeasures in Xizang Salt lake under current lithium resource supply and demand in China [J]. *Salt Lake Research*, 29(03):104-110.]
- Jung S, Hoernes S, Mezger K. 2002. Synorogenic melting of mafic lower crust: constraints from geochronology, petrology and Sr, Nd, Pb and O isotope geochemistry of quartz diorites (Damara orogen, Namibia) [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 143: 551-566.
- Liu Jianquan, Wang Jikun, Yin Guoqing et al. 2021. Geological characteristics and prospecting criteria of The Kativitin lithium polymetallic deposit in Zimbabwe [J]. *Xinjiang Nonferrous Metals*, 44(02): 65-67 (in Chinese with English abstract).
- Liu Lijun, Wang Denghong, Liu Xifang et al. 2017. Main types, distribution characteristics and exploration and development status of lithium ore deposits at home and abroad [J]. *Geology in China*, 44(02): 263-278 (in Chinese with English abstract).
- Martin H, Eder F W, Wang Yuesheng. 1986. Intercontinental folding belt: a study of the Wallissian Belt in Europe and the Damara Belt in Namibia, Africa [J]. *Basic Geology Translation*, (04): 99 (in Chinese with English abstract).
- Melcher F, Graupner T, Gäbler H E, et al. 2015. Tantalum-(niobium-tin) mineralisation in African pegmatites and rare metal

- granites:constraints from Ta–Nb oxide mineralogy,geochemistry and U–Pb geochronology[J]. Ore Geology Reviews,64:667-719.
- Napon S, Morelli C. 2016. NI 43-101 Technical Report on the Rubicon Exploration Project, Namibia, Benzu Minerals [R]. South Africa: MAS Group.
- Ning Fujun, Wang Jie, Ren Junping. 2018. Geological Characteristics and Prospecting Potential of The Damara Tectonic Belt, Namibia [J]. Geological Survey and Research, 41(02): 113-120(in Chinese with English abstract).
- Otto A, LeGras M. 2018. Mineralogical Characterisation of the Goulamina Lithium Deposit[R]. CSIRO Mineral Resources Report: 49.
- Ren Junping, Hu Peng, Wang Jie, et al.2021. Overview of Mining development in Africa [J]. Acta GeologicaSinica (in Chinese), 95(04): 945-961(in Chinese with English abstract).
- Sheng Tao, Chen Dewen, Ma Linxiao et al. 2021. Geological characteristics and genesis of kibari gold deposit in northeastern Congo [J]. Mineral Exploration, 12(01): 11-18(in Chinese with English abstract).
- Shi Jun, Zhou Jian, LvGuohai et al. 2012. Tectonic characteristics and several important deposit types in northwestern Namibia [J]. China Nonferrous Metals, (S1): 350-355(in Chinese with English abstract).
- Wilde A, Otto A, McCracken S. 2021. Geology of the Goulamina spodumene pegmatite field, Mali [J]. Ore Ore Geology Reviews, 134:104-162.
- Yang Yuandong, Li Jiye, Zhu Yongping et al.. 2020. Geological characteristics of a pegmatite-type niobium-tantalite deposit in eastern Manono, DRC [J]. Journal of Mineral Exploration, 11(07): 1428-1435(in Chinese with English abstract).
- Yao Dehuan. 2020. Geological characteristics and genesis analysis of gold deposits in Bulawayobbi greenstone belt, Zimbabwe [J]. World Nonferrous Metals, (02): 83+85(in Chinese with English abstract).
- Zeng Ruiyin, Zhu Xinyou, Wang Rong et al. 2020. Geology and mineralization characteristics of Manono-Kitotolo pegmatite containing lithium cesium and tantalum in the Democratic Republic of Congo [J]. China's geological: 1-15. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20201010.0903.002.html>(in Chinese with English abstract).
- Zhang Xueliang, Yao Jinqi, Deng Guian et al. 2016. Geological characteristics and main mineral resources in the Democratic Republic of Congo [J]. Mineral Resources and Geology, 30(04): 555-560(in Chinese with English abstract).
- Zhao Zhanyi, Zhong Yongheng, Liu Jia, et al.2021, research on patent layout and development strategy of global lithium industry [J/OL]. Inorganic salt industry: 1-9 [2021-11-30]. HTTP: // <https://doi.org/10.19964/j.issn.1006-4990.2021-0506>.
- Zhou Yuanyuan .2019. Analysis on supply and demand situation and external dependence of Lithium resources in China [J]. Resources and Industry, 21(03):46-50.

## 附中文参考文献

- 姜贞贞,刘高令,卓玛曲西等.2021. 我国锂资源供需现状下西藏盐湖锂产业现状及对策建议[J].盐湖研究,29(03):104-110.
- 刘建权, 王纪昆, 尹国庆等. 2021. 津巴布韦卡马蒂维锡锂多金属矿地质特征与找矿标志[J]. 新疆有色金属, 44(02): 65-67.
- 刘丽君, 王登红, 刘喜方等. 2017.国内外锂矿主要类型、分布特点及勘查开发现状[J].中国地质, 44(02): 263-278
- 宁福俊, 王杰, 任军平. 2018.纳比亚达马拉构造带演化和成矿研究综述[J]. 地质调查与研究, 41(02): 113-120.
- Martin H, Eder F W, 王月升. 1986. 《大陆之间的褶皱带》——对欧洲华力西带和非洲纳比亚达马拉带的研究[J]. 基础地质译丛, (04): 99
- 任军平, 胡鹏, 王杰等. 2021. 非洲矿业发展概况[J]. 地质学报, 95(04): 945-961
- 盛涛, 陈德稳, 马林霄等. 2021. 刚果(金)东北部基巴里金矿地质特征及成因[J]. 矿产勘查, 12(01): 11-18.
- 施俊,周建,吕国海等. 2012. 纳比亚西北部构造特征与重要的几个矿床类型[J]. 中国有色金属, (S1): 350-355
- 杨远东, 李继业, 祝永平等. 2020. 刚果(金)马诺诺(Manono)东部某伟晶岩型铌钽矿地质特征[J]. 矿产勘查, 11(07): 1428-1435
- 姚德环. 2020. 津巴布韦布拉瓦约布比绿岩带金矿地质特征及成因分析[J]. 世界有色金属, (02): 83+85.
- 曾瑞垠, 祝新友, 王蓉等. 2020. 刚果(金) Manono-Kitotolo 含锂-铯-钽伟晶岩地质与矿化特征研究[J/OL]. 中国地质: 1-15. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20201010.0903.002.html>
- 张学良,姚锦其,邓贵安等. 2016. 刚果(金)地质特征与主要矿产资源概况[J]. 矿产与地质, 30(04): 555-560
- 赵展一, 钟永恒, 刘佳等. 2021, 全球锂产业专利布局及发展对策研究 [J/OL]. 无机盐工

业:1-9[2021-11-30].<https://doi.org/10.19964/j.issn.1006-4990.2021-0506>.

周园园. 2019. 中国锂资源供需形势及对外依存度分析[J].资源与产业, 21(03):46-50.