

中国锂业 70 年：从可可托海走向世界

在“双碳”政策推动下，国内新能源汽车爆发式增长带动锂需求快速增长。我国锂企业贡献了全球超过 70% 的锂盐产量，不断提升我国锂资源供应保障能力，为新能源汽车弯道超车提供了坚实基础。

我国锂产业从 1950 年起步，到 2000 年以来突破成本和资源的重重难关，逐步奠定产业发展优势，再到不断形成新的技术突破引领全球产业发展，70 年发展史既反映了新矿种从起步到成熟的发展历程，也折射出我国矿业璀璨的成长史。

一、锂产业起点：115 厂与可可托海三号矿

中国锂业起始于新疆可可托海三号矿和新疆锂盐厂。

1950 年中苏联合开发可可托海，1955 年苏联移交可可托海矿区给我国独自经营。可可托海富含大量锂、钽、铍等有色金属，其中氧化锂资源量超过 6 万吨，平均品位 2%-5%，有的单个晶体可达十一二米，氧化锂品位高达 5%-7%，远高于全球目前正在开采的锂矿。

1958 年 11 月，经过中苏专家和工程师的共同努力，新疆锂盐厂（115 厂）在乌鲁木齐竣工，生产锂盐的全部原料来自于可可托海三号矿，采用石灰石烧结法生产碳酸锂、氯化锂和氢氧化锂等产品。自此，我国结束了锂盐全靠进口的历史。新疆锂盐厂采用石灰石烧结法，将锂辉石与石灰按照 1:3 左右的比例混合后置于回转窑中，在 800-900 摄氏度的温度下进行焙烧，烧结产品经过湿磨、浸出、过滤、洗涤后可以得到氢氧化锂溶液，再进行蒸发浓缩沉淀等操作获得碳酸锂和氢氧化锂。后续固体矿山提锂方法都延续了冶金段回转窑焙烧加化工段浸出提纯的过程。

锂的同位素锂 6 是生产氢弹的必需品，1963 年新疆锂盐厂立项开始生产核级碳酸锂，为 1967 年我国掌握氢弹技术立下汗马功劳。

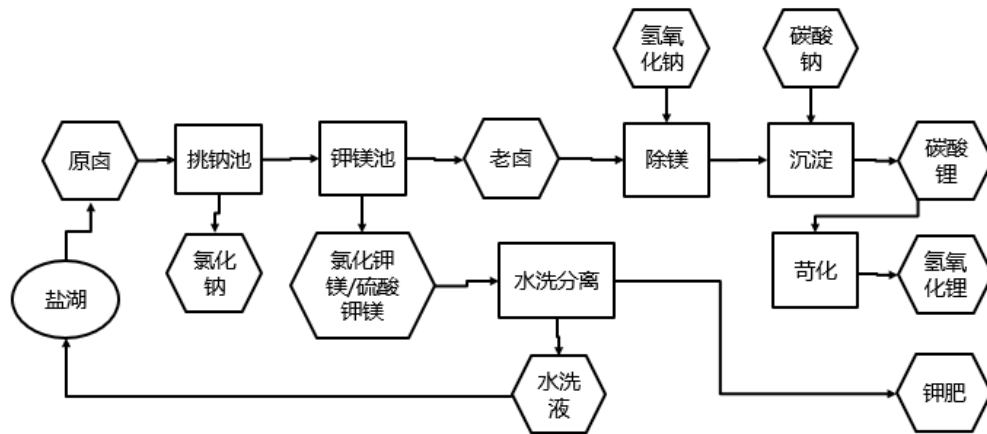
进入 80 年代，新疆锂盐厂技改升级为硫酸法生产锂盐，形成年产 8000 吨锂盐产能，达到当时国内第一、世界第三的地位，同时也为国内锂盐厂培育了众多人才。国内形成了新疆锂盐厂，江西锂厂和四川射洪锂盐厂三大锂盐厂的格局。

二、进击的海外盐湖：国内锂业依靠技术突破克服危机

面对来势汹汹的盐湖提锂，中国锂产业面临成本和资源的困难，但最终都一一克服。

南美盐湖提锂成本较低。2000 年以后，盐湖提锂技术逐渐成熟，南美盐湖的锂供应开始增加。南美盐湖本身锂含量高，镁锂比低，提取容易，产量增长很快。南美的盐湖提锂工艺是首先收集盐湖的原卤，泵入晒卤池进行滩晒，生产钾肥。在钾肥生产完成后剩余的卤水称为老卤，经过生产钾肥的过程就在不断浓缩，老卤中的锂含量远高于原卤。提锂时将老卤进行沉淀分离烘干等工艺过程制作为碳酸锂，在碳酸锂的基础上经过苛化等工艺再制造为氢氧化锂。

图 1：南美的盐湖提锂工艺



资料来源：盐湖股份公告，五矿证券研究所

由于南美盐湖提锂的原材料老卤是钾肥的副产品，因此原材料几乎无成本。上世纪 90 年代，SQM 增加了在南美的产量，1990 年碳酸锂的生产成本约 992 美元/吨，是当时世界上最低的锂盐生产成本，远低于矿石提锂成本。

在南美盐湖的冲击下，锂价自 1998 年开始下跌，并在 2001-2005 年处于较低位置，扣除通胀因素则一直处于下跌趋势中。大多数硬岩锂矿都在这一时期关停，只有澳大利亚的格林布什（Greenbushes）矿品位较高，一直维持生产。

国内优质锂资源较为稀缺。国内锂资源主要分为盐湖、硬岩锂矿和锂云母。国内盐湖主要分布在青海和西藏地区。盐湖本身是古代海洋蒸发后形成的厚盐盖以及盐盖上或中间的卤水。在封闭性汇水盆地中，富含成盐元素的水体在干旱为主的气候条件下长期演化和反复淡化浓缩为盐湖。我国青藏高原地区在两块大陆挤压中整体抬升，发育出的断陷盆地和宽展裂谷形成封闭性汇水盆地，青海与西藏因而成为我国盐湖分布的主要地区。

不同时期的海洋成分不同，因此青藏高原的卤水成分从南向北呈带状与喜马拉雅山脉平行分布。较高经济价值的硫酸镁亚型盐湖主要集中在青海省海西地区，主要包括东台吉乃尔盐湖、西台吉乃尔盐湖。氯化物型盐湖主要位于青藏高原北部青海地区。镁锂比最低的碳酸盐型盐湖主要分布在西藏地区，主要代表是位于西藏仲巴县的扎布耶盐湖。

虽然国内盐湖锂资源总量较大，但大多数盐湖的锂品位较低，镁锂比高，老卤中锂含量太低，无法直接使用南美盐湖的提锂工艺。西藏虽然有扎布耶、麻米错等优质盐湖，但自然条件和基础设施较差，以传统提锂工艺 1 万吨碳酸锂产能对应约 20 平方公里盐田面积，开发难度高。

表 1：全球主要盐湖品位情况

	锂离子浓度 mg/L	镁锂比
Atacama	1888	6.4
麻米错	926	4
扎布耶盐湖	800	0.003
Tres Quebradas	641	1.68
Olaroz	617.5	2
Cauchari-Olaroz	592	2.4
东台吉乃尔	494	35.2
Sal de Los Angeles	455.5	3.8
Uyuni	387	8
Rincon	367	8.6
大柴旦盐湖	240	65
西台吉乃尔	210	61
一里坪盐湖	150	91
察尔汗盐湖	100	512

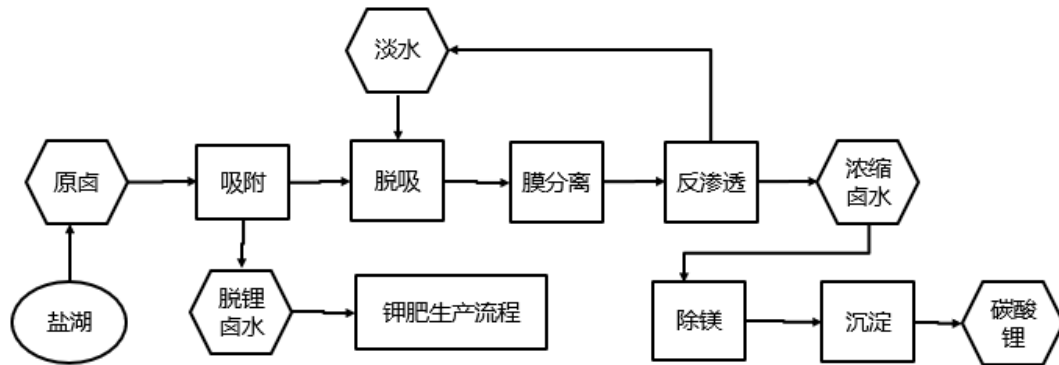
数据来源：公司公告，五矿证券研究所

中国盐湖提锂技术优势化贫瘠为富土。为了开发国内盐湖锂资源，以郑绵平院士为首的盐湖专家们经过长期努力，研发出适合国内低品位高镁锂比盐湖的生产工艺，采用**吸附剂法**，先将生产钾肥的副产品老卤稀释，然后通过吸附塔吸附，再将淡水灌入吸附塔进行脱吸，脱吸后用纳滤膜和反渗透膜进行浓缩得到富锂卤水，后续工艺与南美盐湖提锂工艺相同。对于锂离子含量超过 100mg/L 的卤水都可以使用该工艺生产，盐湖股份、藏格矿业都采用这种方法进行生产碳酸锂，生产成本在 3-3.5 万元/吨。锂含量稍高的盐湖采用**电渗析法**。将老卤稀释后，通过电渗析膜实现一二价离子分离，从而将一价锂离子和二价镁离子分开，从而得到高锂离子浓度的溶液，后续工艺与南美盐湖提锂工艺相同。东台吉乃尔湖锂资源公司采用电渗析膜进行生产碳酸锂，其生产成本在 2-3 万元/吨。

五矿盐湖实现原卤提锂技术突破，引领全球盐湖提锂技术变革。经过技术人员的不断努力，2021 年 5 月 26 日，五矿盐湖“盐湖原卤高效提锂技术研究”科技成果获青海省科技厅组织的国内盐湖行业专家组一致评审通过，成为世界首个实现原卤提锂工业化应用的盐湖。传统老卤提锂技术下，盐湖提锂扩产周期长达 4-5 年，包括晒卤周期长达 12-24 个月、盐田建设周期 12 个月、提锂产线建设周期 12 个月以及调试周期。同时，由于传统老卤提锂先生产钾肥，原卤中约有 30-50%的锂被沉淀在氯化钠和钾肥中，实际的综合锂回收率只有 30%-40%左右。改用原卤提锂后，可以直接用原卤生产碳酸锂，建设周期可以缩短为 12 个月，

生产周期也由原来的两年缩短为两个月。虽然总体投资增加，但项目回收期大大缩短。原卤中锂的回收率也能提高到 70%以上。该项技术对于原本采用老卤提锂的盐湖也具有相当的技术吸引力。国内锂业公司在其投资的西藏及南美盐湖应用原卤提锂技术。

图 2：原卤提锂工艺

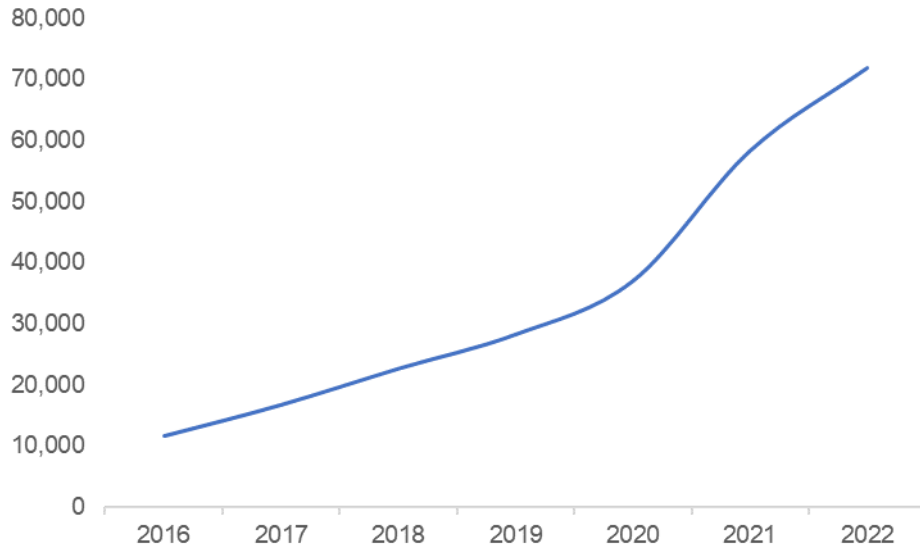


资料来源：五矿证券研究所

扎布耶盐湖是全球唯一一个实现工业生产的碳酸型盐湖，盐湖中几乎没有镁离子，实现**太阳池法技术突破**。拥有扎布耶盐湖的独家开采权的西藏矿业使用“太阳池结晶法”进行盐湖提锂。先以扎布耶卤水为原料，利用自然界太阳能及冷源在预晒池、晒池中进行冷凝、蒸发，析出各种副产品，并提高卤水中 Li⁺浓度，所得富锂卤水在结晶池吸收太阳能使卤水增温后，逐渐使 Li₂CO₃ 结晶析出，结晶产物经干燥、包装即得到碳酸锂含量 60-70%以上的锂精矿，成本低于 1 万元/吨。后续再进行化工提纯得到碳酸锂。

国内先进的盐湖提锂技术，最终实现了盐湖低成本制造碳酸锂。国内盐湖提锂产量逐年提高，2022 年国内盐湖提锂产量已经超过 10 万吨碳酸锂当量（LCE），成本控制在 3 万元左右。而由于原材料成本和税率上升等原因，SQM 的碳酸锂成本在 2020 年已经上升到 4567 美元/吨。国内盐湖的锂盐成本已经与南美盐湖相差无几。

图 3：国内盐湖提锂产量（吨）



数据来源：公司公告，五矿证券研究搜

国内硬岩锂矿主要分布在四川和新疆，品位多在 1-1.5%，远低于可可托海三号矿和澳大利亚的格林布什矿。锂云母的品位则更低，生产成本还高于硬岩锂矿。国内的矿石提锂企业走出一条与盐湖截然不同的道路。

表 2：国内硬岩锂矿的分布和品位

项目	权益	所属公司	氧化锂品位	证载品位
甲基卡矿田				
甘孜-甲基卡 134#	采矿权	融捷-融达	1.4%	1.4%
甘孜-雅江县措拉	采矿权	天齐 盛和	1.2%	1.2%
甘孜-雅江县德扯弄巴	探矿权	斯诺威	1.3%	
甘孜-雅江县烧炭沟	探矿权	天齐集团-润丰矿业		
甘孜-麦基坦矿区 X03	无	四川省地质调查院		1.5%
甘孜-雅江县木绒	探矿权	惠绒矿业	1.6%	1.6%
可尔因矿田				
阿坝-李家沟	采矿权	川能投/雅化	1.3%	1.3%
阿坝-马尔康党坝	采矿权	众和-金鑫矿业	1.4%	>1.3%
阿坝-业隆沟	采矿权	盛新-奥依诺	1.3%	1.3%
阿坝-观音桥	采矿权	雅化	1.1%	
马尔康地拉秋	探矿权	浩普瑞	1.1%	
太阳河口锂多金属矿	探矿权	盛新-奥依诺		
金川县龙古锂辉石矿	探矿权	中国国际能源控股	1.2%	
金川县热达们锂辉石矿	探矿权	中国国际能源控股	1.3%	
江西地区				
宁都河源	采矿权	赣锋锂业	1.0%	
广昌县头陂里坑	采矿权	西部资源	1.0%	
新疆地区				
可可托海 3 号矿	关闭			
和田县大红柳滩锂铍多金属矿	探矿权	新疆昆仑蓝钻矿业	1.3%	
和田县阿克塔斯稀有金属矿	探矿权	新疆东力矿业	1.5%	
富蕴县别也萨麻斯锂矿	探矿权	新疆富蕴县信鑫矿业		
哈密市镜儿泉锂辉石矿	探矿权			

资料来源：自然资源部，公司公告，五矿证券研究所

自动化、专业化国内矿石提锂技术独步全球。国内矿石提锂企业虽然在 90 年代以后就改用了成本更低、回收率更高的硫酸法生产碳酸锂等产品，但仍然依靠人力，自动化程度低。2010 年，银河资源张家港项目开始建设，该项目是当时全球自动化程度最高的矿石提锂生产线，虽然因为种种原因失败，最后被天齐锂业收购，但其展示出的自动化可能性带给国内工程师很多启发，国内锂加工企业的自动化进入快车道。2010 年天齐锂业上市时，员工平均碳酸锂产量不到 10 吨，而几年以后，这一数字就达到 20 吨以上。

伴随着国内碳酸锂企业的发展，矿石提锂产线供应商也越来越专业，配套越来越完备，提锂产线的投资成本不断下降，国内矿石提锂冶金段的成本约 4000 万元每万吨 LCE，制造+安装周期约 8 个月；化工段成本约 1-1.2 亿元每万吨 LCE，加上土建和流动资金等每万吨锂盐的总成本在 2 亿元左右，建设调试周期约 12-18 个月。赣锋锂业过去 10 年的提锂产线投资成本逐年下降，最低仅为 1.75 亿元/万吨。海外同样建设 1 万吨锂盐产能的投资则在 2.4 亿美元左右。

一步法氢氧化锂技术成本与盐湖相仿。国内矿石提锂企业的技术人员还研发出一部法氢氧化锂生产工艺，在冶金段浸出硫酸锂溶液后，苛化冷冻的工艺制造氢氧

化锂。相比于盐湖先制造碳酸锂再苛化为氢氧化锂的工艺，加工成本可以节省0.8-1万元。而按照格林布什的成本计算，在氢氧化锂领域，我国矿石提锂企业的成本可以做到与海外盐湖齐平。

矿石提锂最终形成澳洲资源+国内加工的模式。由于国内矿石提锂技术优势不断积累，在天齐奎纳纳项目和雅宝 Kemerton 项目（雅宝通过收购江锂科技获得矿石提锂技术）建设完成前，中国已经成为全球唯一可以进行矿石提锂的国家。最终形成了西澳生产资源，国内加工的格局，在很长一段时间里，国内锂盐厂和西澳矿山都是以平等共享的方式分配产品涨价带来的利润。

表 3：国内锂企业与锂矿包销协议

冶炼厂	合作公司	项目名	目前包销权益和时间情况（锂精矿）
赣锋锂业		Mount Marion	公司包销Mount Marion锂精矿总产量的49% 每年向公司提供16万吨锂精矿；在上述供应的基础上，2024年将会向公司提供额外15万吨的锂精矿，2025年至2026年将向公司提供额外10-15万吨的锂精矿。
	Pilbara	Pilbara Pilgangoora	签署合作框架协议成立合资公司，如果批准最终投资决定，pilbara供应合资公司30万吨锂精矿，15年期限。 如果协议未被批准，2027~2030年额外向赣锋供应10万吨，同时豁免二期扩建包销义务
	Core Lithium	Finniss	公司每年至少包销7.5万吨锂精矿
	Leo Lithium	Goulamina	一期规划年产50.6万吨锂辉石精矿，预计2024年投产（最高100%包销权）；二期产能年产50万吨（70%包销权）；一期二期合计100万吨，赣锋每年35万吨锂辉石精矿包销权。三期公司将享有55%包销权
		Cauchari-Olaroz	公司已获得一期项目规划年产4万吨电池级碳酸锂中76%的产品包销权
		Mariana	对产出产品按照项目权益比例100%包销
瑞福锂业	Galaxy Resources	Mt Cattlin	
	Mineral Resources	Wodgina	
	Core Lithium	Finniss	18年签订合同，预付3500万美元
雅化集团	Galaxy Resources	Mt Cattlin	2016开始，续签至25年，每年12万吨
	Core Lithium	Finniss	每年供应7.5万吨，23年3月又获得额外1.85万吨
	ABY	Kenticha	2023Q3开始交付，至2025年，每年不低于12万吨
	Trigg Hill Lithium	Trigg Hill	2024年2~8万吨，2025~26年10~16万吨
	Pilbara Minerals		
	DMCC		2023年开始，每年至少50万吨锂辉石DSO产品，4年合计200万吨； 2024年与DMCC签订5年精矿协议，2025~2028年不少于12.5万吨锂辉石精矿
盛新锂能	Pilgangoora		2024年与Pilgangoora签订4年；供应期限最多可延长2次，每次延长时间为2年。2024年供应2~8万吨，2025~2026年每年10~16万吨
	Talison Lithium	Greenbushes	
	Galaxy Resources	Mt Cattlin	总量大概18万吨
	金鑫矿业	马尔康党坝	
容汇锂业	AVZ	Manono	2021年起供应3年，每年不少于16万吨
	Talison Lithium	Greenbushes	
	Pilbara Minerals	Pilgangoora	2018年起，6年承购权+4年未来承购权
江特电机	AMG	Mibra	2018年起，总共9万吨
	Alita	Bald Hill	2019-2022年分别8-10万吨、10-14万吨、10-14万吨、10-14万吨
天华超净	Pilbara Minerals	Pilgangoora	2021-2023年的包销权
	AMG	Mibra	
	AVZ	Manono	

资料来源：公司公告，五矿证券研究所

三、新能源汽车叠加“双碳”政策：锂产业迎来爆发式发展

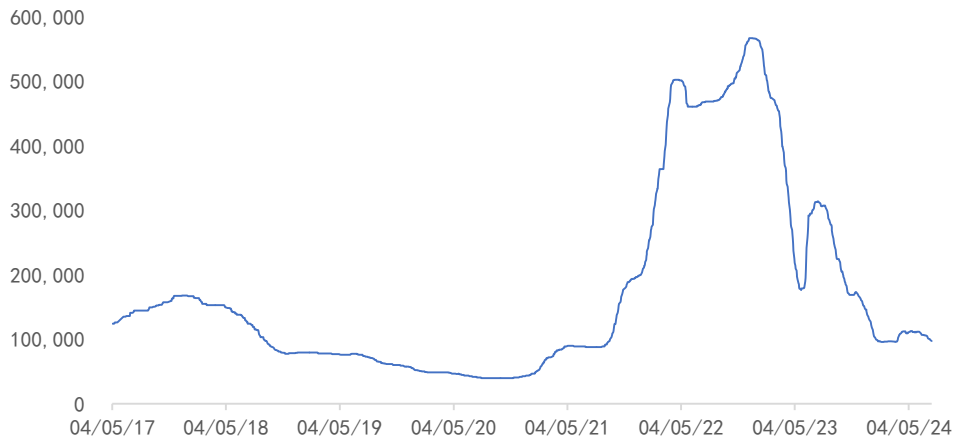
新能源汽车政策利好不断。2009年，国家开始对新能源汽车推广应用予以补助。

在国家新能源汽车政策的带动下，国内新能源汽车产量屡创新高，从 2009 年的 259 万辆增长至 2023 年的 980 万辆，复合增长率 212.32%。

“双碳”政策发布，新能源产业迎来爆发式增长。2020 年，习近平主席宣布“碳达峰”和“碳中和”目标，提出在 2030 年前实现碳达峰、2060 年实现碳中和。2021 年 10 月，中共中央、国务院印发《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》和《2030 年前碳达峰行动方案》。2022 年 8 月，科技部、国家发改委、工业和信息化部等 9 部门印发《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022-2030）》。随着光伏、风电装机容量不断扩大，储能需求也不断增长。

在新能源汽车和储能需求爆发式增长的带动下，碳酸锂价格从 2020 年 4.0 万元/吨开始出现爆发式上涨，最高上涨至 56.76 万元/吨，涨幅高达 1420.5%。

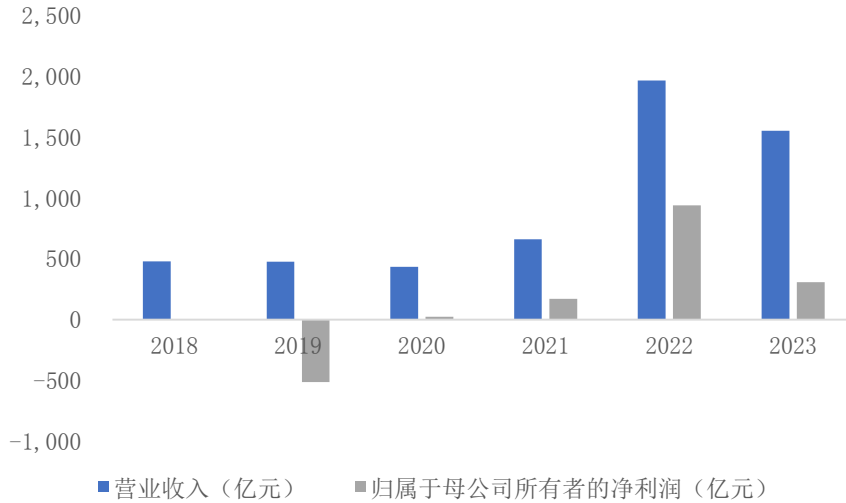
图 4：电池级碳酸锂价格(元/吨)



数据来源：Wind，五矿证券研究所

国内盐湖提锂工艺成熟，用贫瘠的资源低成本实现锂产量稳定增长；矿石提锂企业借助其技术优势，形成澳洲资源-国内加工公平分配利润的格局；国内成本较高的云母提锂也开始大量生产碳酸锂。赣锋锂业、天齐锂业、盐湖股份、雅化集团、永兴材料、盛鑫锂能、西藏矿业、科达制造、天华新能、融捷股份、中矿资源共 11 家锂产业相关上市公司在 2022 年实现锂相关营业收入 1884.83 亿元，归属于母公司所有者的净利润 906.75 亿元，为国家新能源战略打下了坚实基础。

图 5：11 家锂产业上市公司营收和归母净利润



数据来源：公司公告，五矿证券研究所

表 4：国内锂产业海外收购资源情况

日期	收购方	地区	项目类型	项目名称
2024年5月7日	赣锋锂业	马里	锂辉石	马里矿业
2022年10月13日	赣锋锂业	阿根廷	盐湖	Pozuelos 和 Pastos Grandes
2022年4月18日	雅化集团	加拿大	锂辉石	福根湖
2022年3月7日	天华超净	津巴布韦	锂辉石	Zulu
2022年2月8日	中矿资源	津巴布韦	锂辉石	Bikita
2021年12月22日	华友钴业	津巴布韦	透锂长石	Arcadia
2021年12月15日	雅化集团	澳大利亚、塞尔维亚、奥地利等国家	锂辉石	多处锂资源
2021年11月3日	盛新锂能	津巴布韦	锂辉石	萨比星锂钽矿
2021年10月9日	紫金矿业	阿根廷	盐湖	Neo Lithium
2021年9月29日	宁德时代	阿根廷	盐湖	Millennial Lithium
2021年9月27日	天华时代	刚果金	锂矿山	AVZ
2021年9月23日	盛新锂能	阿根廷	盐湖	SESA
2021年6月14日	赣锋锂业	马里	锂矿山	Goulamina
2020年2月7日	赣锋锂业	阿根廷	盐湖	Cauchari-Olaroz

资料来源：公司公告，五矿证券研究所

作者 | 孙亮 王何梦雅 白紫薇 五矿证券研究所新材料研究团队