

锂想系列 21:中国盐湖提锂, 走向成熟

报告要点

盐湖占全球探明锂资源近六成, 未来动力、储能 TWh 时代的供应基石。盐湖多形于高海拔、干旱或半干旱气候、湖相沉积的封闭盆地, 全球四大成矿区包括南美安第斯山脉、美国西部、西亚死海、中国青藏高原, 其中一部分为干盐湖。盐湖锂资源主要蕴藏在晶间卤水和地表卤水之中, 来源于远古海洋沉积、河流长期汇入或地下热泉带出, 常与钠、硼、钾、镁相伴生, 但并非所有盐湖都含锂。我们认为, 鉴于盐湖类型锂资源占全球探明锂资源的 58%, 其资源总量庞大且查明率依然较低、单体项目的储量规模通常可观、生产成本低, 因此适合作为 TWh 时代全球锂资源供应的基石, 但与静态的硬岩锂矿不同, 盐湖卤水具备一定的动态流动性, 因此可持续的抽卤开采需要详尽的水文模型。

技术进步将提高盐湖提锂的供应占比, 建议因地制宜、渐进采用。我们认为:

(1) 无论硬岩锂矿还是盐湖卤水锂, 均属于低品位矿种, 因此不简单等同于铁矿石的“品位即王道”, 可采性、提取工艺在很大程度上也将决定生产成本; (2) 锂尚是一个年轻的行业, 从西澳锂矿 50~75% 的选矿收率、全球盐湖约 40% 的整体一次收率即可看出, 提锂技术的提升空间广阔; (3) 目前盐湖提锂的经典路线是利用盐田系统, 先析钠、提钾、再从老卤中提锂, 镁锂分离+浓缩技术则“因湖而异”, 老卤提锂的优势在于可在锂的富集、部分除杂过程中充分利用矿区丰沃的太阳能和风能, 从而实现相对硬岩锂矿的低成本, 但关键掣肘在于需建设大面积的盐田、一次收率低、尤其晒卤周期长达 12~24 个月, 导致扩能进度难以跟上需求爆发; (4) 向前看, 伴随各类吸附、膜分离浓缩、萃取技术的成熟, 将逐步推动盐湖提锂转向“连续工业化生产”, 以锂为主产品的盐湖项目也将更加普遍; 未来“原卤提锂”等新一代技术成熟商业化, 将显著提升全球盐湖的生产效率及产量份额, 带来锂资源供应的革命。

青海盐湖走向成熟、西藏盐湖立标杆, 肩负保障中国锂资源供应安全之重任。

在中国本土的锂资源潜力中卤水锂占比高达 79%, 盐湖主要分布在青海和西藏, 四川达州和湖北潜江则拥有气田深部卤水。经过近二十年的技术迭代、工艺磨合和持续投入, 青海各主力盐湖均已突破高镁锂比卤水提锂, 察尔汗(吸附+膜)、东台(电渗析)、西台(煅烧转向膜法)、一里坪(膜法梯度耦合)的工艺路线基本定型, 并持续优化。我们认为, 受益于完备的电力、淡水、天然气、道路等基础设施保障, 成熟的建成盐田系统, 青海盐湖提锂不仅迎来长期耕耘的收获, 还将加快建设世界级盐湖产业基地、拥抱更大的发展机遇, 其中察尔汗和西台有望成为增量主体。同时, 西藏盐湖作为一块处女地, 其锂浓度普遍更高、开发潜力宏大, 尽管高海拔、条件艰苦, 且受到电力、生态环保的掣肘, 全面开发尚早, 但我们看好扎布耶作为标杆项目将取得积极进展, 而基于青海的技术和经验也在外溢, 助力打开西藏盐湖的聚宝盆。整体而言, 我们预计 2020-2025 年中国盐湖提锂的总产能有望从 10 万吨大增至 22 万吨。

投资于“硬资源”。锂行业正处于全球能源革命带来的超级需求周期之中, 我们继续看好锂板块整体的投资机会, 建议关注拥有“硬资源”的生产商, 标准为: 一线资源在手、产能在线-可享受即期的价值红利、具备长足扩能潜力。

风险提示: 1、若全球锂矿供给释放超预期、新能源汽车推广低预期, 将导致锂产品价格中枢下滑; 2、汽车芯片短缺、经济基本面风险拖累全球新能源汽车的销售。

有色金属

评级: 中性

日期: 2021.09.09

分析师 葛军

登记编码: S0950519050002

☎: 021-61097705

✉: gejun@wkzq.com.cn

分析师 孙景文

登记编码: S0950519050001

☎: 021-61097715

✉: sunjingwen@wkzq.com.cn

分析师 吴霜

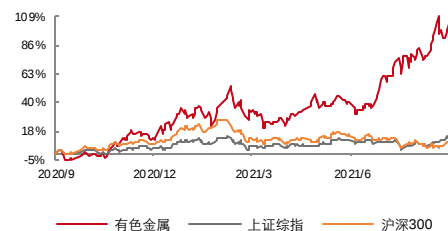
登记编码: S0950520070001

☎: 13807330926

✉: wushuang@wkzq.com.cn

行业表现

2021/9/9



资料来源: Wind, 聚源

相关研究

- 《Lithium Market Dynamics in China》(2021/8/30)
- 《锂想系列 20: 需求爆发倒逼产能扩张, 海外锂资源巨头中报前瞻》(2021/8/1)
- 《锂想系列 19: 西澳锂精矿电子竞价平台将改变游戏规则》(2021/7/29)
- 《锂想系列 18: 揭开西藏优势矿产、富锂盐湖资源的面纱》(2021/7/24)
- 《锂想系列 17: 备货前置效应极致演绎, 继续看好中国本土锂资源的战略重估》(2021/7/13)
- 《全球盐湖提锂的战略发展机遇——2021 年中国(青海)锂行业高峰论坛》(2021/7/8)
- 《新能源汽车产业链 6 月报: 重视国内锂资源开发加速的战略机遇、关注氢氧化锂》(2021/5/25)
- 《全球锂资源发展现状及前景展望--2021 (第六届) 中国国际镍钴锂高峰论坛》(2021/5/20)

目录

盐湖提锂：动力、储能 TWh 时代全球锂资源供应之基石	6
高原干旱封闭盆地中的沉睡宝藏	6
盐湖类型占全球锂资源构成近六成，整体资源规模及勘查潜力庞大	7
质变的拐点渐进，技术与资本的积聚将带来全球盐湖提锂加速放量	10
盐湖提锂的技术进步将带来更多可能性，建议因地制宜、渐进采用	11
走向未来：由粗放到精细，由漫长的自然摊晒到高效的连续工业化生产	13
盐田沉淀法：成熟的传统工艺，适用于理想气候环境下的优质富锂盐湖	14
吸附法：尤具发展前景，已有多个成功案例，掣肘在于淡水消耗偏高	16
膜分离法：高压过滤老卤实现低价锂离子分离	18
电渗析法：利用直流电场实现带电荷离子的定向迁移	21
溶剂萃取法：从湿法冶金领域引入，核心在于萃取剂选择	21
煅烧浸取法：青海最早一代实现商业化的高镁锂比盐湖提锂技术	22
基于中国本土锂资源构成，盐湖提锂将肩负保障供应安全的重任	23
保障锂资源供应安全、成本可控的战略意义重大	23
中国锂资源潜力中卤水类型占比近八成，加大开发力度具备必要性	24
青海盐湖提锂：走向成熟，加快建设世界级的盐湖产业基地	26
察尔汗盐湖：储量庞大的“超高镁锂比低锂含量”卤水，吸附+膜为标配	28
东台吉乃尔盐湖—东台锂资源：禀赋上佳，电渗析法 2 万吨碳酸锂产能成熟	32
西台吉乃尔盐湖—中信国安锂业：卤水充裕，从煅烧到膜法、有望迎来蜕变	33
西台吉乃尔盐湖—恒信融锂业：外购老卤生产，青海导入膜法的先行者	35
一里坪盐湖—五矿盐湖：年产 1 万吨碳酸锂高效达产，原卤吸附上线可期	36
大柴旦盐湖—大华化工：萃取生产氯化锂，后端配套金属锂，吸引亿纬入股	38
冷湖镇巴仑马海盐湖—锦泰钾肥：低钾高钠的中小盐湖资源	39
西藏盐湖提锂：锂浓度、镁锂比全球一流，标杆项目进展可期	40
扎布耶：全球罕见的高品质碳酸盐型盐湖，二期将转向膜分离+强制蒸发	41
龙木错与结则茶卡：资源禀赋优越，持续探索因地制宜的工艺方案	44
其他西藏富锂盐湖：开发过程艰苦，但远景潜力巨大、前景光明	46
基础设施：道路条件持续改善，摆脱电力掣肘需清洁能源的加持	47
从生产成本、产品品质、资本投入、环节足迹看盐湖提锂	48
盐湖生产碳酸锂、氯化锂等基础锂盐的现金成本优势显著	48
以动态和发展的视角看待盐湖提锂的品质优化	49
盐湖提锂绿地项目的资本投入较高，建设周期较长	50
走向更加绿色的盐湖提锂生产	52
抓住景气周期，投资于优质、稀缺、具备战略价值的“硬资源”	54
风险提示	54

图表目录

图表 1：从水系标准看，盐湖的含盐量高于 50g/L	6
图表 2：盐湖卤水矿的形成：封闭盆地地貌、干旱-半干旱的气候条件、钾锂跟随热泉等载体汇入并长期沉积	7
图表 3：智利 Atacama 盐湖，南美安第斯山脉中典型的高原封闭盆地盐湖卤水	7
图表 4：全球的盐湖锂资源主要集中在南美锂三角、中国青海与西藏、美国内华达和加州等地	8
图表 5：锂元素在自然界中的丰度较高，可支撑大规模的储能应用	9
图表 6：卤水除了封闭盆地盐湖卤水，还包括地热和油气田深部卤水	9
图表 7：全球探明储量中，智利占据全球 44% 份额	9

图表 8: 智利、澳洲、阿根廷的探明储量规模较高 (单位: 吨)	9
图表 9: 全球锂资源量方面, 南美锂三角地区占据全球 58% 份额.....	9
图表 10: 玻利维亚、阿根廷、智利的盐湖锂资源量庞大 (单位: 吨)	9
图表 11: 盐湖类型锂资源单个资源点及单体项目的资源规模通常可观 (万吨, LCE)	9
图表 12: 全球主要在产锂资源项目的资源及产能情况概览.....	10
图表 13: 2009-2025 年全球盐湖提锂的产能回溯及预测模型, 智利及阿根廷将积极扩能, 中国青海由边际走向主流	11
图表 14: 全球盐湖提锂产能占比在 2025 年有望达到 41%.....	11
图表 15: 全球盐湖提锂产量占比在 2025 年有望达到 45%.....	11
图表 16: 盐湖提锂的工艺选择需要因湖制宜、因地制宜, 本质在于实际的经济性和可操作性	12
图表 17: 海外从事新兴提锂技术产业化的企业及其工艺路径	13
图表 18: 未来盐湖有望一步直接生产电池级氢氧化锂.....	13
图表 19: 盐田系统可实现锂的富集, 先后提取钠、钾以及初步分离镁	14
图表 20: 卤水在盐田富集至一定浓度后, 将进入后端车间分离浓缩	14
图表 21: 主要沉淀法中, 碳酸盐沉淀法工艺成熟度高.....	15
图表 22: 硼锂共沉淀工艺流程.....	15
图表 23: 通过铝酸盐进行沉淀工艺流程示意.....	15
图表 24: SQM 在智利 Atacama 盐湖的盐田循环系统.....	15
图表 25: 美国雅保在智利 Atacama 盐湖的盐田循环系统及其淡水消耗指标.....	16
图表 26: Livent 在阿根廷 Hombre Muerto 盐湖采用铝系吸附剂进行吸附提锂, 全流程仅需 4~9 个月	17
图表 27: 铝基吸附剂和锰系离子筛均已经开始产业化, 但溶损率高的问题仍有待解决	17
图表 28: 锂离子筛吸附过程示意.....	18
图表 29: 锰系离子筛合成及提锂示意.....	18
图表 30: 直接提取技术 DLE 的原理.....	18
图表 31: 久吾高科的老卤/原卤吸附+膜分离, 生产碳酸锂/氢氧化锂	18
图表 32: 中信国安在新专利中利用高压纳滤膜提取电池级碳酸锂	19
图表 33: 有机膜是未来盐湖提锂的选择趋势, 能更好的将锂离子和其他离子、杂质进行分离	19
图表 34: 根据孔径范围分类可分为四类, 其中超滤膜、纳滤膜和反渗透膜是盐湖提锂主要材料	20
图表 35: 纳滤膜法可被用于医药、纯化、废水处理等领域.....	20
图表 36: 纳滤膜常用的制备方法.....	20
图表 37: LITAS 技术通过将无数 MOF 纳米颗粒筛先后组成混合基质膜 MMM、模块和设备, 来实现锂离子提取的功能	20
图表 38: EnergyX 的专利膜材可弥补其他工艺的缺点, 但尚需实际生产检验	21
图表 39: 电渗析技术通过直流电场作用下, 将离子定向吸引至两极	21
图表 40: LiEP 技术能具有闭环水回收系统, 并可直接提取氢氧化锂.....	21
图表 41: 普遍的萃取流程在于萃取剂的选择, 萃取出锂溶液后还需进行清洗、洗脱等环节	22
图表 42: TBP 萃取体系下有机相中金属离子的转换关系.....	22
图表 43: 中信国安自主研发的煅烧浸取法提锂.....	23
图表 44: 中国锂盐产出结构, 中国锂资源大部分来源于国外	24
图表 45: 中国锂精矿供给依赖于每年大量的进口, 主要源自澳大利亚	24
图表 46: 中国是碳酸锂净进口大国, 2021 年 1-7 月净进口量 5.2 万吨.....	24
图表 47: 中国也是氢氧化锂净出口大国, 同期净出口量达 4.1 万吨.....	24
图表 48: 中国锂资源潜力中约 79% 为卤水类型.....	25
图表 49: 中国本土的盐湖卤水锂资源主要集中在青海和西藏	25
图表 50: 在全球盐湖中, 智利、阿根廷、玻利维亚的一线盐湖项目兼具禀赋与规模	25
图表 51: 经过长期的工业化试验和持续的资本投入, 中国盐湖提锂已走向成熟	26
图表 52: 青海盐湖提锂的目前主要产能分布.....	26
图表 53: 从探明资源规模来看, 青海与西藏无疑是主力军 (金属吨)	27
图表 54: 青海盐湖中察尔汗的资源总量最大, 其次为西台和东台	27

图表 55: 中国本土盐湖提锂的产能回溯及预测 2009-2025 年 (吨/年)	27
图表 56: 中国本土盐湖提锂的产量回溯及预测 2009-2025 年 (吨/年)	27
图表 57: 青海盐湖的锂浓度、镁锂比等关键指标远不及南美锂三角的一二线盐湖理想, 倒逼提锂技术的突破和优化	27
图表 58: 察尔汗盐湖地处柴达木盆地南部, 是中国最大的可溶性钾镁盐矿床	28
图表 59: 察尔汗盐湖不同区段的卤水类型不尽相同	28
图表 60: 察尔汗盐湖分为多个区段, 且囊括了干盐湖和湿盐湖类型	28
图表 61: 察尔汗盐湖锂储量庞大, 但缺点是平均镁锂比高、锂浓度低	29
图表 62: 盐湖股份是蓝科锂业控股股东, 控股比例为 51.42%	30
图表 63: 蓝科锂业从成立到达产成功经历了漫长的产能爬坡, 提锂工艺趋于成熟	30
图表 64: 上半年蓝科锂业碳酸锂产量、销量分别录得 8466 吨、7435 吨	30
图表 65: 蓝科锂业采用吸附法提锂+膜分离浓缩的耦合技术	30
图表 66: 据测算, 上半年碳酸锂含所得税的全成本约为 3.52 万元/吨	31
图表 67: 量、价支撑蓝科锂业盈利如期走高, 上半年实现净利 2.1 亿	31
图表 68: 藏格锂业盐田位于青海察尔汗盐湖铁路以东	31
图表 69: 藏格锂业采用吸附法的一期 1 万吨碳酸锂产能已投产	31
图表 70: 东台吉乃尔盐湖的产业化锂资源开发始于 1998 年	33
图表 71: 青海锂业-东台吉乃尔提锂采用离子膜交换技术	33
图表 72: 东台吉乃尔盐湖盐田实景图	33
图表 73: 青海中信国安在 2005 年获得西台吉乃尔盐湖采矿权	34
图表 74: 西台吉乃尔盐湖距东台盐湖 35 公里, 中信国安持有盐湖采矿权	34
图表 75: 西台吉乃尔盐湖的综合开发工艺流程	34
图表 76: 西台吉乃尔具备丰富且多元的矿产资源, 其中氯化锂资源量约 263 万吨	34
图表 77: 中信国安目前提锂主要采用自主研发的煅烧法	35
图表 78: 中信国安在新专利中利用高压纳滤膜提取电池级碳酸锂	35
图表 79: 恒信融膜法 2 万吨碳酸锂产能已运行超过 3 年	35
图表 80: 恒信融 2 万吨碳酸锂项目的西南侧为青海中信国安, 相距仅 600 米	36
图表 81: 恒信融膜法产线生产的碳酸锂产品	36
图表 82: 恒信融旗下的年产 6000 吨磷酸锂生产线于 2019 年投产	36
图表 83: 五矿一里坪已实现 1 万吨“膜法梯度耦合”的稳定生产, 原卤提锂完成中试	37
图表 84: 一里坪与西台、东台盐湖为三湖同源	37
图表 85: 一里坪锂资源综合利用项目导览	37
图表 86: 大柴旦盐湖的氯化锂资源保有量达到 29 万吨	38
图表 87: 大柴旦平均锂浓度为 0.242%, 镁锂比约 125	38
图表 88: 柴达木盆地北部的大柴旦地区地质简图	39
图表 89: 大柴旦盐湖主要采用萃取法	39
图表 90: 柴达木经济循环新能源产业链已初具规模	39
图表 91: 通过离心萃取法提取盐湖老卤中氯化锂等产品	40
图表 93: 西藏被誉为世界第三极, 地处青藏高原, 各类资源丰富, 但地貌复杂、生态脆弱和地广人稀	41
图表 94: 西藏矿业新实际控制人已变更为宝钢钢铁集团	42
图表 95: 扎布耶盐湖的盐田、太阳池全貌	43
图表 96: 扎布耶盐湖卤水中富含锂、硼、钾等元素, 储量丰富	43
图表 97: 扎布耶盐湖的提锂和加工在不同地区进行	43
图表 98: 运用苛化-碳化法对扎布耶的粗碳酸锂进行提纯	43
图表 99: 2016 年以来, 扎布耶“锂精矿”产量在 4000~5000 吨区间	44
图表 100: 太阳池沉淀法析出的锂产品	44
图表 101: 工业级碳酸锂是甘肃白银扎布耶的主要产品	44
图表 102: 甘肃白银扎布耶还可生产氢氧化锂产品	44

图表 103: 西藏国能旗下两座盐湖的距离并不远, 曾探讨兑卤工艺	45
图表 104: 西藏国能在结则茶卡盐湖边建设的盐田	45
图表 105: 龙木错盐湖的控制资源量 (332) 为 217 万吨 LiCl, 平均锂浓度 794Mg/L	45
图表 106: 结则茶卡盐湖的控制资源量 (332) 为 231 万吨 LiCl, 平均锂浓度为 1173Mg/L	45
图表 107: 西藏拥有多处禀赋理想的富锂盐湖资源	46
图表 108: 西藏地区卤水中锂离子浓度等值线 (Mg/L)	46
图表 109: 西藏地区盐湖镁锂离子浓度比值分布	46
图表 110: 西藏盐湖具有锂浓度高的特点	47
图表 111: 除扎布耶外, 仍有多个禀赋优异的西藏盐湖 (Mg/L)	47
图表 114: 青海地区与西藏地区的盐湖锂生产环境对比	47
图表 115: 盐湖在碳酸锂成本曲线中具有绝对优势	48
图表 116: 但在氢氧化锂成本曲线中, 矿石的优势更大	48
图表 117: 盐湖提锂中, 试剂是沉淀法主成本, 新工艺的能源成本更高	49
图表 118: 用矿石提锂需考虑采矿端与冶炼端两环节成本	49
图表 119: 盐湖提锂在基础锂盐上的成本优势显著, 矿石提锂转而聚焦电池级氢氧化锂	49
图表 120: 电池级锂盐产品的主要工艺壁垒主要在于杂质控制和产品一致性	50
图表 121: 即便是智利盐湖的碳酸锂, 也具备多元的产品规格	50
图表 122: 智利的氢氧化锂规格不一	50
图表 123: 锂精矿项目的资本开支强度对比	51
图表 124: 锂辉石矿山采选建设周期, 新建的周期远长于复产	51
图表 125: 中国锂盐厂的资本开支强度低于海外	51
图表 126: 国内大部分锂盐厂建设周期低于海外项目	51
图表 127: 全球盐湖提锂的单吨资本开支对比	51
图表 128: 一般而言, 盐湖建设周期在 15-24 个月不等	51
图表 129: 一个资源项目从开发到投产, 历时漫长	52
图表 130: Orocobre 自 2008 年勘探, 2015 年投产	52
图表 131: Orocobre 投产后经历了漫长的产能爬坡期	52
图表 132: 锂是一个达产效率远低于理想水平的矿种	52
图表 133: 无论是盐湖还是矿石提锂, ESG 贯穿全生产流程已是必然趋势	53
图表 134: 盐田沉淀法的淡水消耗较低, 但需要建设大规模的盐田	53
图表 135: Livent 采用吸附法, 其盐田面积较小	53
图表 136: SQM 在 Atacama 矿区构建了完备的淡水、卤水监测系统	53
图表 137: Atacama 盐湖卤水中约 25% 为各种盐类, 含量远高于海水	53

盐湖提锂：动力、储能 TWh 时代全球锂资源供应之基石

我们正处于由化石燃料向清洁能源转型的全球大变革之中，在全球各主导型经济体的气候雄心之下，能源消耗的电气化、电力生产的清洁化成为时代的浪潮。与此同时，锂作为自然界中最轻、标准电极电势最低的金属元素，无疑是天生理想的电池金属，将具备需求刚性，被誉为未来的“白色石油”。鉴于全球动力、储能需求的爆发式增长，我们预计 2024 年全球锂电市场将迈入 TWh 时代，锂行业无疑正身处“超级周期”之中，但非线性加速增长的需求以及价格中枢的大幅上行，也为新能源产业中下游带来了显著的“资源焦虑”。

我们认为，鉴于盐湖卤水类型的锂资源在全球探明锂资源构成中的占比高达近六成、其单体项目的储量规模通常可观、现金生产成本低，加上未来技术进步的潜力广阔，盐湖提锂有望成为未来全球锂资源供应体系的基石。

高原干旱封闭盆地中的沉睡宝藏

盐湖属于全球湖泊的重要类型之一，含盐量高于 50g/L，是一种集无机盐、有机质和生物综合性的自然资源，是多层圈（水圈、大气圈、生物圈和岩石圈）的共同沉积产物，只出现在特定的自然和地质环境中。具备开采价值的盐湖通常为“古代盐类矿床”，拥有固液混合、储量大、面积广、品位高的特点，通过长期沉淀而富含钾、镁、锂、硼、溴、碘、铯、铷等盐类矿产，另一类属于“现代（第四纪）盐湖资源”，由于形成时间较短，资源不如前者丰裕。

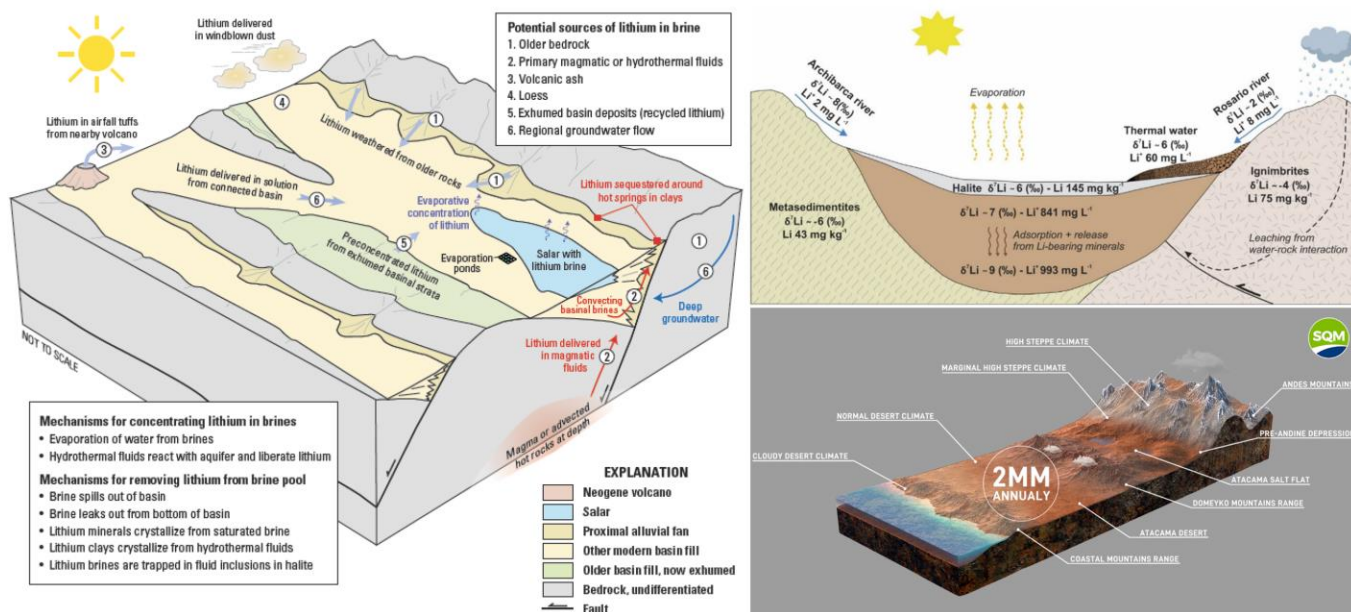
并非全部盐湖都拥有值得经济开采的锂资源，富锂盐湖属于一种特殊类型的盐湖，虽无明确的界定标准，但过去通常指锂离子浓度超过 24.5mg/L（氯化锂 150mg/L）的盐湖资源，但伴随盐湖提锂的技术进步，该经济性边界未来将持续降低。全球的富锂盐湖大多存在于湖相沉积的封闭盆地中，主要与硼、钾等元素相伴，基本形成条件需要“干旱-半干旱”的气候，适宜的洼地和水盐补给，需要经历蒸发浓缩、水混合和气体溢出、粘土和液体的变质作用等过程，引起盐类矿产沉积后形成卤水。全球地质学界认为，富锂盐湖中的锂物质/流体主要来自岩石重熔后的岩浆岩、深部热液和浅部地热泉及岩石发生的水岩反应、岩石风化、大气、地下水或是岩浆。正因如此，处于碰撞带的山间盆地、俯冲带的弧后盆地或是板块断裂带后的盆地等，容易形成富锂盐湖，但此类成矿条件也为资源开采作业带来了挑战。

图表 1：从水系标准看，盐湖的含盐量高于 50g/L

分类	含盐量 g/L	依据、形成条件和特征
淡水湖	0-1	1g/L 是人畜饮用的极限；可以用于农田灌溉；淡水流入量和流出量基本呈平衡状态。如扎陵湖、龙羊峡水库、太湖等。
半咸水湖	1-35	35g/L 大洋含盐量，不能饮用，海洋生物可以生存；不能用于灌溉，一般位于干旱荒漠的边缘地带。例如：青海湖、黑海、里海。
咸水湖	35-50	主要分布于干旱和半干旱地区。例如：小柴旦湖、班公湖等。
盐湖	> 50	50g/L 时随气温变化会有芒硝等盐类的自析出现象；位于干旱地区，有形成盐湖的气候条件；闭流盆地；有盐的来源；水是成盐元素形成盐湖过程中的重要溶剂，有利于成盐元素富集的水动力循环。

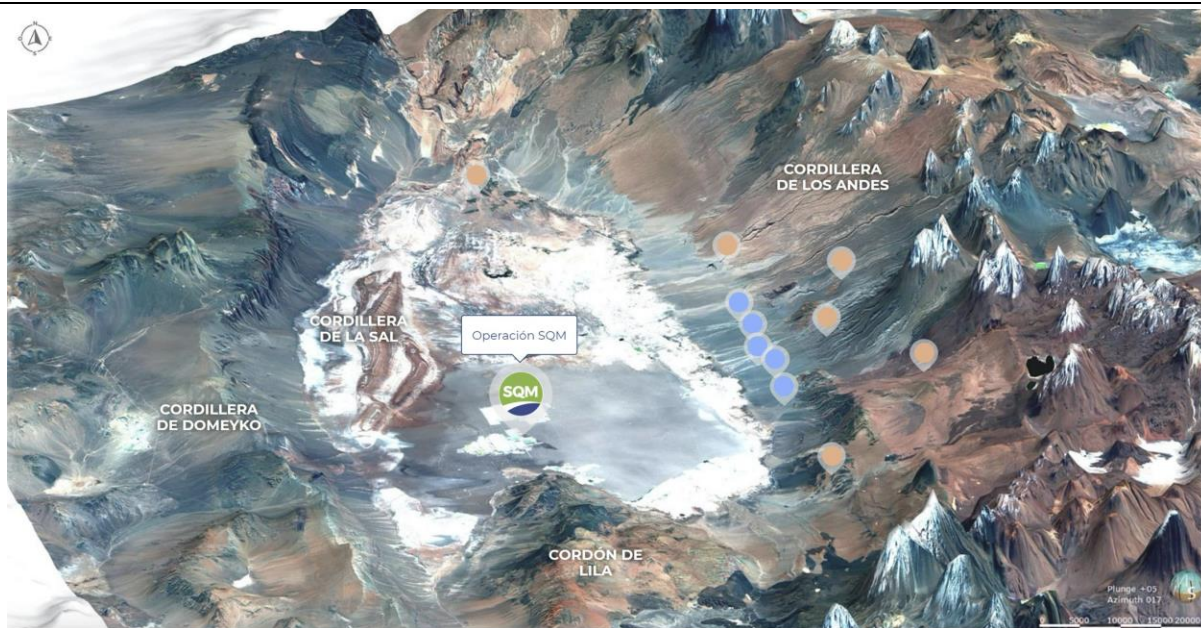
资料来源：《盐湖资源可持续利用与发展》，五矿证券研究所

图表 2：盐湖卤水矿的形成：封闭盆地地貌、干旱-半干旱的气候条件、钾锂跟随热泉等载体汇入并长期沉积



资料来源：U.S. Geological Survey, Chemical Geology, SQM 公司公告, 五矿证券研究所

图表 3：智利 Atacama 盐湖，南美安第斯山脉中典型的高原封闭盆地盐湖卤水



资料来源：SQM 公司网站, 五矿证券研究所

盐湖类型占全球锂资源构成近六成，整体资源规模及勘查潜力庞大

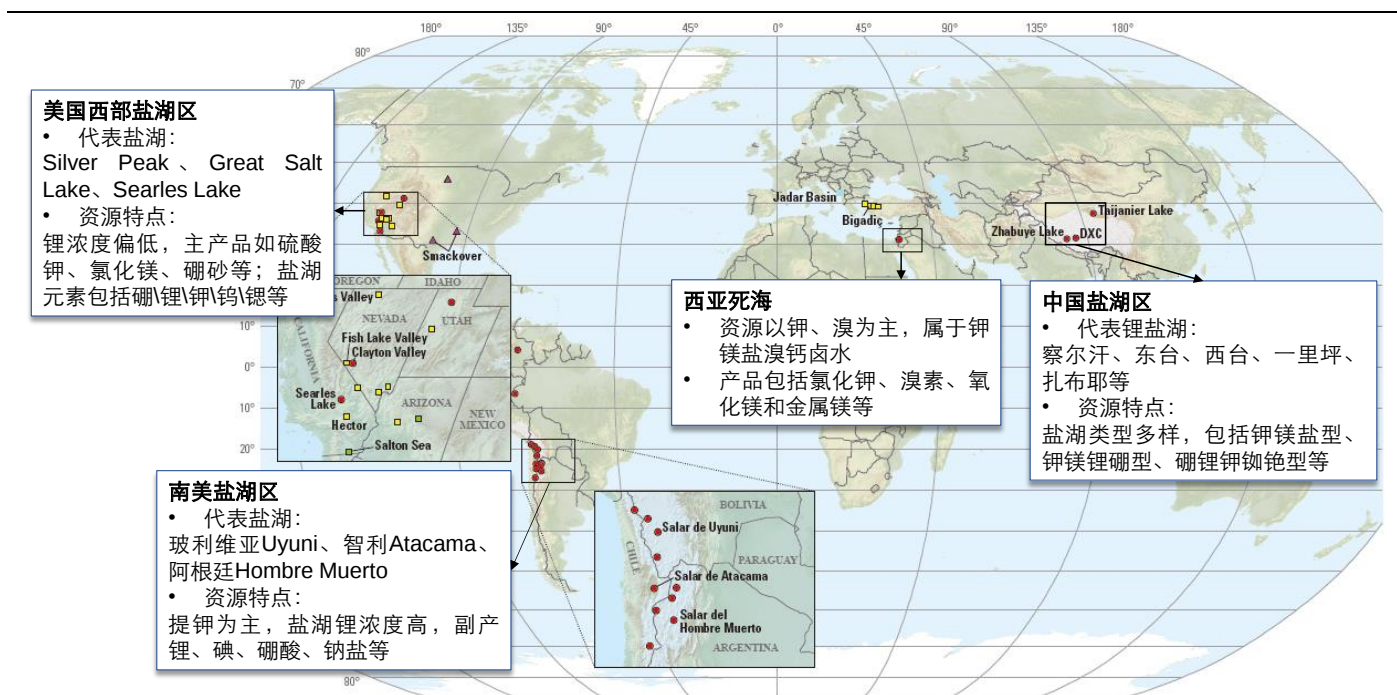
虽然地壳中的锂资源丰度较高，但兼具大规模、较高品位、具备经济开采价值的优质锂矿资源点有限，全球分布不均。据 USGS 口径，截止 2020 年全球锂资源的探明矿产储量 2106 万吨金属量、折合碳酸锂当量 1.12 亿吨，矿产资源量达到 8551 万吨金属量，折合碳酸锂当量 4.55 亿吨。从区域角度看锂资源量分布，南美锂三角区域（玻利维亚、智利、阿根廷）合计占比 58%，美国、澳洲分别占比 9% 和 7%，中国锂资源总量全球第六，占比约 6%。

➤ 全球锂资源的存在形式较为多样，其中三种类型占据主导：封闭盆地内的盐湖卤水锂矿、

伟晶岩型的硬岩锂矿（包括锂辉石、锂云母等）、沉积岩型的粘土锂矿，分别占全球锂资源总量的 58%、26%、7%，其余类型主要包括油井卤水、地热卤水锂等。虽然上述比例数字将伴随全球的资源勘查进程而动态变化，但基本展现了地壳中锂资源的分布特质。目前，实际得到商业开采的主要是盐湖卤水与硬岩锂矿，未来 3~5 年，全球部分高品位的粘土锂矿有望加入供给阵营，而针对油井卤水、地热卤水中副产锂资源的综合利用开发也正在进行中试。

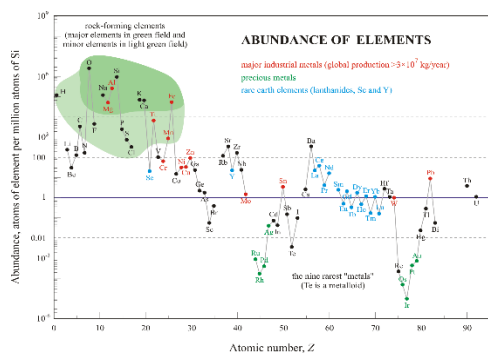
- 全球拥有四大盐湖成矿区，资源禀赋各有特点。（1）南美盐湖区：盐湖大多富含锂、钾、碘、硼等元素，玻利维亚、智利、阿根廷拥有禀赋优越的富锂盐湖资源（大规模、卤水充裕、矿层厚、高品位、化学组分理想）。（2）美国西部盐湖区：富含钾、硼、镁、锂，钾资源丰沃，已构建成熟产能，锂浓度偏低，但内华达银峰等盐湖卤水的镁锂比理想；整体而言，尽管美国西部盐湖对于锂资源的综合开发较早，但产能规模并未持续扩大，资源商更青睐于开发南美的富锂盐湖，未来美国若启动构建本土的锂电产业集群，银峰等美国西部的盐湖和粘土可带来充裕的资源保障。（3）西亚死海：为全球最大的盐湖水体，溴素产能全球第一。（4）中国盐湖区：汇聚在青藏高原，青海盐湖具有高镁锂比的特征，已建成大规模的钾肥产能，提锂产能处于成长期，西藏盐湖的锂浓度普遍更高，但由于基础设施薄弱、高海拔艰苦的条件以及严苛的环保要求，尚未全面开发。

图表 4：全球的盐湖锂资源主要集中在南美锂三角、中国青海与西藏、美国内华达和加州等地



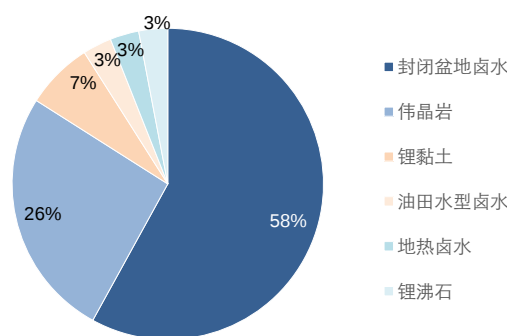
资料来源：USGS,《对建设世界级盐湖产业基地的思考》，五矿证券研究所

图表 5：锂元素在自然界中的丰度较高，可支撑大规模的储能应用



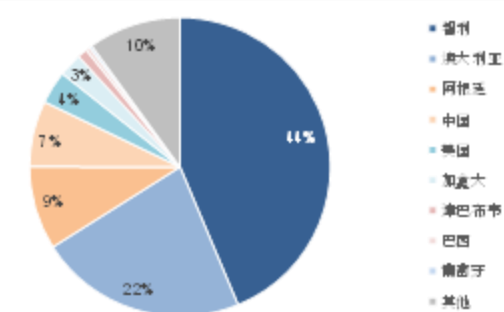
资料来源：USGS，五矿证券研究所

图表 6：卤水除了封闭盆地盐湖卤水，还包括地热和油气田深部卤水



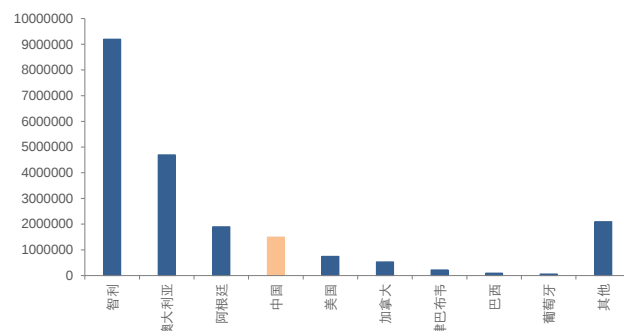
资料来源：USGS 2012，五矿证券研究所

图表 7：全球探明储量中，智利占据全球 44%份额



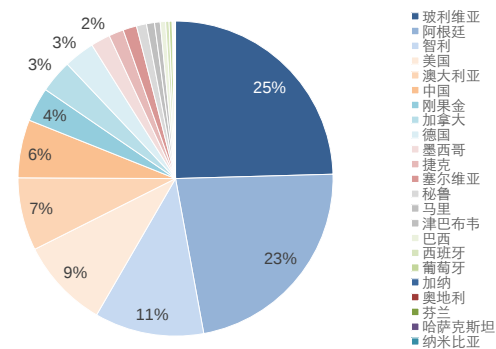
资料来源：USGS 2020，五矿证券研究所

图表 8：智利、澳洲、阿根廷的探明储量规模较高（单位：吨）



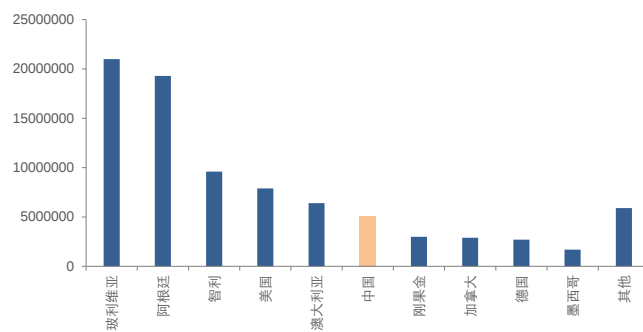
资料来源：USGS 2020，五矿证券研究所

图表 9：全球锂资源量方面，南美锂三角地区占据全球 58%份额



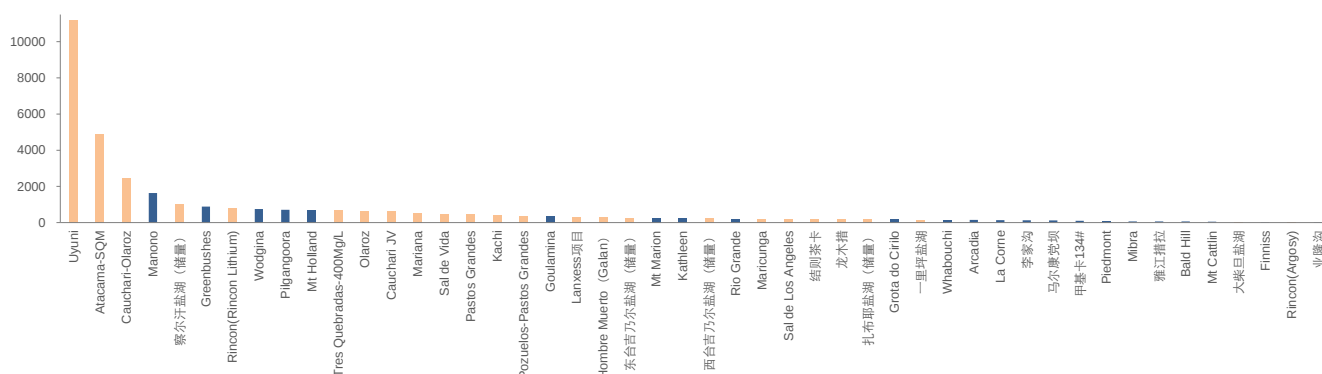
资料来源：USGS 2020，五矿证券研究所

图表 10：玻利维亚、阿根廷、智利的盐湖锂资源量庞大（单位：吨）



资料来源：USGS 2020，五矿证券研究所

图表 11：盐湖类型锂资源单个资源点及单体项目的资源规模通常可观（万吨，LCE）



资料来源：各公司公告，五矿证券研究所（注：锂盐湖已标黄，锂矿石已标蓝）

质变的拐点渐进，技术与资本的积聚将带来全球盐湖提锂加速放量

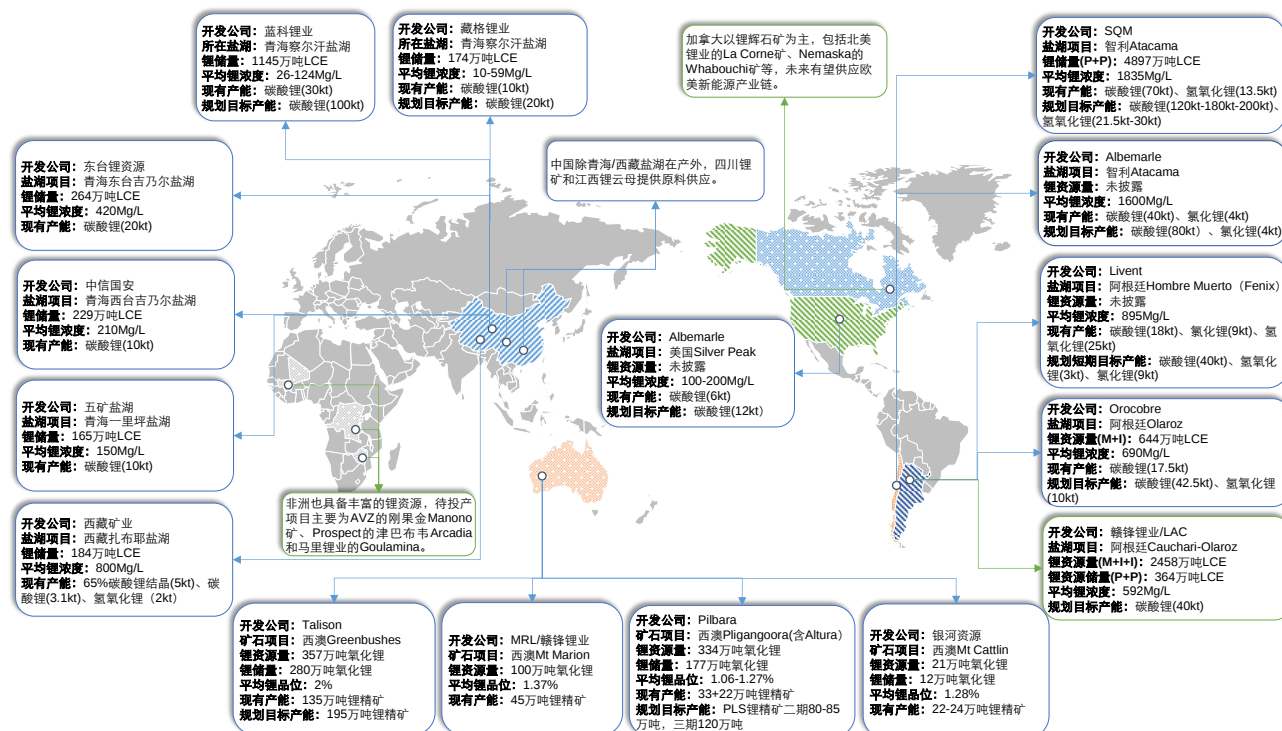
回顾全球盐湖资源的开发历程，最初主要开采石盐用于食用，19 世纪末转为以各类无机盐、石盐、碱、硼为主的规模化开发阶段，产能逐渐放大。在锂资源开发方面，美国钾肥公司于 1938 年在加州的 Seales Lake 利用 70mg/L 的低浓度卤水生产出了锂副产品，此后 Foote Minerals 在 1966 年启动了对于美国内华达州银峰盐湖的商业化开采，是全球最早将锂作为主产品的盐湖项目。进入 20 世纪 80 年代，南美盐湖锂资源的开发开始步入聚光灯之下，并导致多个北美矿石锂项目的关停。但当时锂依然是个小行业，直至 2013~2015 年以来新能源汽车的快速导入，才开始作为关键的电池金属成为矿业圈的焦点。

整体而言，盐湖类型锂资源虽然具备资源体量以及生产成本优势，但由于受到盐田晒卤周期的制约（智利需要 12~18 个月，青海部分长达 24 个月以上），难以像矿石提锂一般、高效的响应需求侧的边际变化，因此盐湖提锂更加需要逆周期的产能布局，考验矿商的战略决心及融资能力。此外，一部分的盐湖提锂还受到卤水充裕及品位波动、高原高寒地区薄弱基础设施的掣肘，难以充分发挥名义上的资源优势。

2021 年，全球锂资源的新增供应主体来自智利 SQM、国内蓝科锂业等，至 2022 年全球的矿石提锂产能将陆续开始响应需求的爆发，我们预计 2021-2025 年全球锂资源产量将从 54 万吨增长至 117 万吨 LCE，其中盐湖提锂的供应将从 2021 年的 23 万吨 LCE、增长至 2025 年的 53 万吨 LCE，占比从 42.8% 小幅走高至 45%，尽管盐湖提锂供给量的绝对值将大幅增长，但矿石侧的增量弹性同样显著。

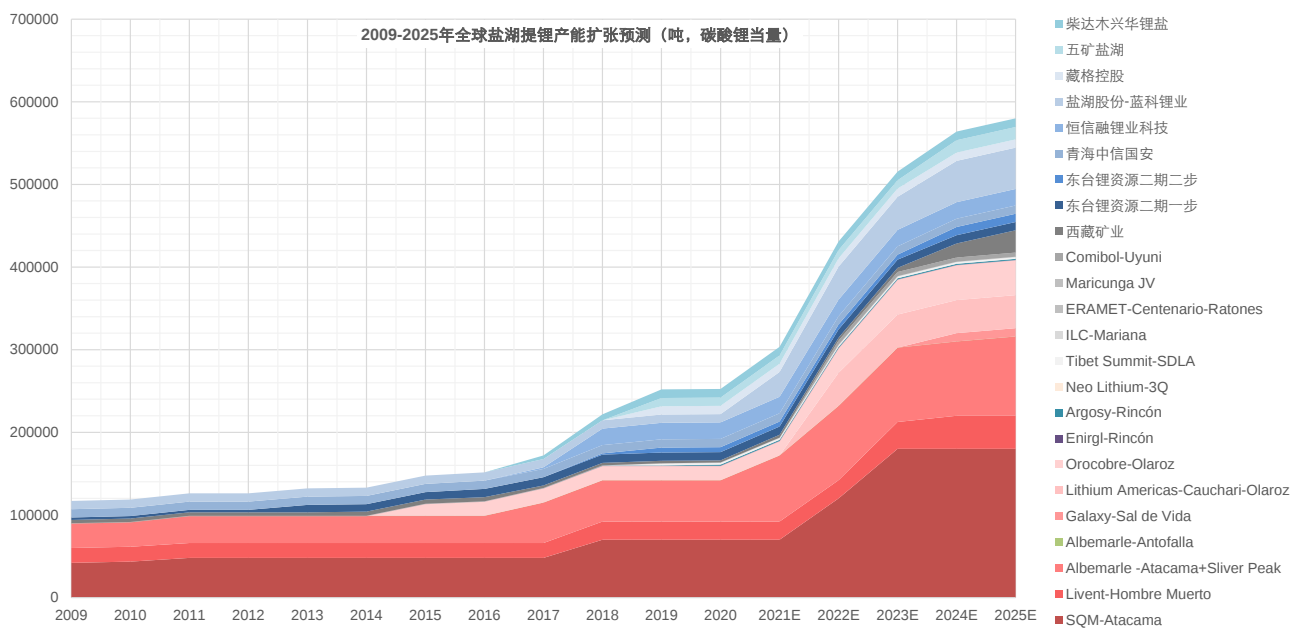
展望未来，我们认为，盐湖提锂的技术进步（量变到质变）、加上持续的大规模资本投入，带来盐湖提锂在全球锂资源供应占比的上行拐点只是时间问题，其核心在于高效盐湖提锂技术的产业化。与此同时，对于全球次优品位盐湖资源的开发，也正在倒逼加快创新提锂技术的商业化导入。若未来该技术拐点出现，将堪比红土镍矿生产镍生铁（NPI）技术突破对于全球镍行业格局的逆转。

图表 12：全球主要在产锂资源项目的资源及产能情况概览



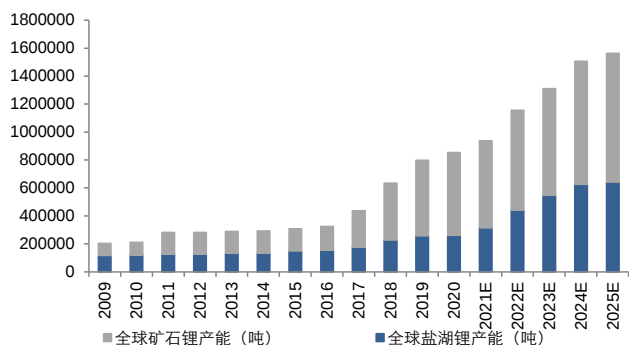
资料来源：各公司公告，青海盐湖所，五矿证券研究所

图表 13：2009-2025 年全球盐湖提锂的产能回溯及预测模型，智利及阿根廷将积极扩能，中国青海由边际走向主流



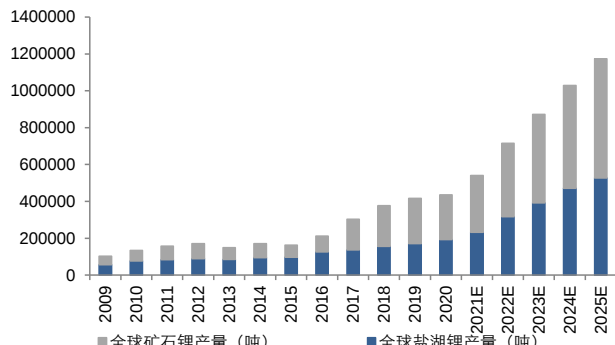
资料来源：各公司公告，五矿证券研究所预测

图表 14：全球盐湖提锂产能占比在 2025 年有望达到 41%



资料来源：各公司公告，五矿证券研究所预测

图表 15：全球盐湖提锂产量占比在 2025 年有望达到 45%



资料来源：各公司公告，五矿证券研究所预测

盐湖提锂的技术进步将带来更多可能性，建议因地制宜、渐进采用

我们认为，近年来全球盐湖提锂技术的快速发展和更加广泛的中试案例，将为全球盐湖锂资源的加速开发带来更多的可能性、可行性。整体而言：（1）盐湖提锂的技术路线通常需要因湖而异、因地制宜，最契合其卤水组分和基建条件的技术才是最理想的技术，但若着眼于对二线次优盐湖资源的开发，我们认为未来吸附提锂+膜分离浓缩的耦合具备广阔的发展前景，同时未来更加高效、更耐用的新型吸附剂还可降低对膜的使用。（2）通常，全新技术的成熟商业化均需必要的时间周期，尤其少不了在连续工业化生产中的磨合周期，因此在当前强劲的需求背景下，我们建议资源商采用渐进的方式，果断加大对于成熟路线的产能投入，同时保持开放的思路，将新技术纳入二期产能的选项（届时基建更完备，更易于上线新技术）。

- 盐湖提锂的技术多样，化繁为简，可分为提锂环节（富集、分离、浓缩）和沉锂环节，其中技术的核心主要在于提锂，最后的沉锂较为成熟和同质化。相应的，还可分为前端和后端，前端主要指提锂技术，后端则包括利用电解/双极膜一步生产氢氧化锂等。
- 盐湖提锂的经典流程是“老卤提锂”，在抽取原卤、先后经过钠、钾盐池后，再从层层富

集的老卤溶液中进行提锂，其优势在于低成本（从低品位至高品位的富集过程充分利用了矿区的高蒸发率），但弊端在于锂的一次收率低、晒卤周期漫长（12~24个月）、需要构建大规模的盐田系统、提锂产能往往受到钾肥生产规模的制约（尤其低锂含量的原卤）。

- 在新一代盐湖提锂技术中，“原卤提锂”开始获得重视，先提锂、再进入盐田提钾。其核心优势在于锂的一次收率高（着重精细利用卤水中的锂资源，同样的资源可支撑更大规模的产能）、提锂周期显著缩短至以天来计算（原卤仅需预处理）、对于盐田面积的需求大幅降低。但需重视，实现原卤提锂首先需要大吸附容量、低溶损的高性能吸附剂，不同于老卤提锂，吸附的主要难点将从镁锂分离、转为钠锂分离，且针对不同类型和不同浓度的原卤，也需开发不同的吸附剂；其次，原卤吸附的本质是将提锂流程从“自然摊晒”转向“连续工业化生产”，因此要求更加完备的电力、淡水等基础条件保障。
- 盐湖提锂始于美国、兴于南美，但目前中国青海已拥有全球领先的技术水平。美国钾肥公司早在1938年便在加州的 Seales Lake 利用 70mg/L 的低浓度卤水生产出锂副产品，此后 Foote Minerals 在 1966 年启动了对于美国内华达州银峰盐湖的商业化开采，是全球最早将锂作为主产品的盐湖项目。进入 20 世纪 80 年代，Foote、SQM、FMC 等锂资源商开始聚焦开发南美的富锂盐湖，随后 Foote 与 FMC 均将各自位于美国北卡的硬岩锂矿关停。着眼中国本土的盐湖提锂，青海盐湖均属于高镁锂比、低锂含量卤水，因此难以复制智利的沉淀法工艺，但恰因不具备理想的化学组分、反而倒逼了新兴提锂技术的工业化应用。通过长期的技术迭代、工艺磨合、持续投入，当前青海的盐湖提锂产能已走向成熟，技术水平全球领先，同时新一代技术和长期积累的工艺 know how 开始形成外溢，正在加速中国西藏盐湖以及海外次优卤水资源的开发。

图表 16：盐湖提锂的工艺选择需要因湖制宜、因地制宜，本质在于实际的经济性和可操作性

工艺路径	商业化盐湖	工艺简述	工艺优势	工艺劣势
碳酸盐沉淀法	Atacama, Silver Peak(SQM、ALB)	晒卤，老卤萃取除硼、硼萃后的卤水中加石灰，沉镁并去硫酸根，加碳酸钠常温去掉多余的钙，加氢氧化钠精制成不含钙镁的老卤，然后加温条件下，比如 90 度，加碳酸钠沉出碳酸锂	充分利用太阳能、盐湖的高蒸发率，方便生产钾等副产品	需要建设并维护大规模盐田，初始投资额较大；只适合低镁锂比盐湖；回收率较低
	Cauchari Olaroz (ORE、LAC)	盐田中先加生石灰降低硫酸根和镁，萃取除硼以及沉锂路径与 Atacama 类似		
吸附法	Hombre Muerto (Livent)	先用离子交换法直接吸附锂，再洗脱浓缩，富锂卤水用纯碱和石灰乳二次除镁，得到的碳酸钠沉淀工艺最终得到碳酸锂产品	较少的依赖盐田晒卤，未来或退役大型的盐池	淡水消耗大，综合利用钾肥需要额外投资
	青海察尔汗（蓝科锂业、藏格锂业）	利用对于离子有选择性吸附的有机或无机吸附剂从卤水中吸附锂离子，再用脱附剂进行洗脱，从而使锂离子与其他离子分离	成本低，效率高	无机吸附剂的流动性差，循环性差，溶损严重
电渗析 (ED)	青海东台吉乃尔（东台锂资源）	在外加直流电场的作用下，固态或液态离子交换膜对水中离子具有选择性，使水中的一部分离子透过交换膜转移到另一部分水中，从而达到分离镁、浓缩锂的目的	电渗析法分离镁锂的效率较高	膜易出现堵塞或损坏，且膜成本较高
膜法	青海一里坪（五矿盐湖）	超滤、纳滤膜、反渗透、电渗析相结合；超滤膜对于大分子截留，但可以透过溶解性离子，反渗透对于二者都进行截留，纳滤膜允许单价离子通过，但能截留多价离子及低分子量分子；纳滤膜克服了反渗透膜的无选择性以及高压造成的高投资与维护成本	绿色环保	膜污染/膜堵塞，膜的回收率较低
	青海西台吉乃尔除硼老卤(恒信融)	-		
煅烧法	青海西台吉乃尔（中信国安）	先将卤水脱硼，蒸发浓缩得到水氯镁石和氯化锂的固体混合物，高温煅烧该混合物，水氯镁石受热分解为氧化镁和盐酸，水浸取使得氯化锂与氧化镁分离，锂离子用纯碱沉淀除杂制得碳酸锂产品	技术成熟，镁、锂、硼、盐酸综合利用	能耗较高，水氯镁石难以完全分解，

萃取法	青海大柴旦盐湖 (大华化工)	采用对锂具备高选择性的有机溶剂萃取剂将锂从水相萃入有机相，且对其他杂质离子基本不存在萃取作用，之后将有机相中的锂洗脱下来，从而实现锂与其它杂质离子分离	分离效率高，回收率较高，可在常温常压下进行	氯化氢气体对设备
				腐蚀性较大
萃取法	青海大柴旦盐湖 (大华化工)	采用对锂具备高选择性的有机溶剂萃取剂将锂从水相萃入有机相，且对其他杂质离子基本不存在萃取作用，之后将有机相中的锂洗脱下来，从而实现锂与其它杂质离子分离	分离效率高，回收率较高，可在常温常压下进行	萃取剂价格较昂贵；萃取过程在
				酸性条件下进行，可能导致设备腐蚀，有机溶剂的环
萃取法	青海大柴旦盐湖 (大华化工)	采用对锂具备高选择性的有机溶剂萃取剂将锂从水相萃入有机相，且对其他杂质离子基本不存在萃取作用，之后将有机相中的锂洗脱下来，从而实现锂与其它杂质离子分离	分离效率高，回收率较高，可在常温常压下进行	保压力大

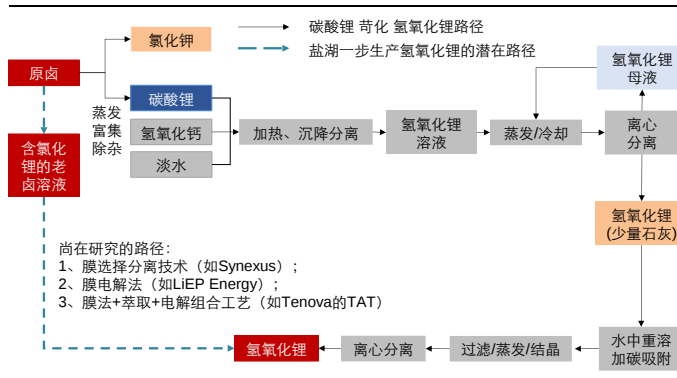
资料来源：各公司公告，五矿证券研究所整理

图表 17：海外从事新兴提锂技术产业化的企业及其工艺路径

工艺方	技术类型	直接提锂	收率/周期	合作公司	资源情况	工艺重点
E3 METALS CORP. (TSXV:ETAC) (OTC:ETAMF)	Ion-Exchange	☑	up to 99% ~in 1 hour	Livent	Self-Owned	Concentrates and Purifies in one step (up to 5.0Mg/L, with 99% recovery)
eramET (EPA:ERA)	Ion-Exchange/ Adsorbent	☑	~85% ~in a few days	IFP Energies SEPROSYS	Self-Owned	Minimizes consumption of fresh water by recycling water reaching over 60%
IBC Innovative Technologies	Molecular Recognition Technology	-	>99% ~in a few days	-	LITHIUM ENERGY (TSXV:LEI)	Produce up to 99.99% purity lithium
lithium (TSXV:LLI) (OTC:LLJF)	Ion-Exchange	☑	>90% ~in <1 day	Saltworks Technologies Inc.	LANXESS	Produce up to 99.99% purity lithium with Saltworks' Technology
lilac Lithium	Ion-Exchange	☑	~85-90% ~in 3 hours	-	LAKE (ASX:LEI)	Produce a lithium chloride for further refining to lithium products
ENERGYX	Membranes	☑	~90% ~in 1-2 days	MTR	In discussions to license technology	Does not require water for lithium extraction/ purification
LiEP Energy	Electro-chemical	-	Not Available ~in <6 hours	-	PRABHU LITHIUM	Does not require membrane or water softening

资料来源：E3 Metals 公司公告，五矿证券研究所整理

图表 18：未来盐湖有望一步直接生产电池级氢氧化锂



资料来源：Lectures, Monographs and Reports，各公司公告，五矿证券研究所

走向未来：由粗放到精细，由漫长的自然摊晒到高效的连续工业化生产

我们认为，盐湖提锂的技术和工艺设计方向正在发生如下的变化：

(1) 从粗放式到精细化：主要体现在从盐田至车间整体一次收率的提升，对于产线沉锂母液的充分利用（例如新增磷酸锂产线），通过高效吸附等技术实现过去不具备经济性的低浓度盐湖卤水的开发利用，以及对于产品品质的持续优化。

(2) 提锂周期更短、生产更加高效：充分利用矿区的高蒸发率（充裕的太阳能和风能）在盐田系统中进行逐级摊晒，实现锂的富集和部分除杂，是盐湖提锂低成本的原因，但也带来了扩能晒卤周期漫长、采卤区和盐田中的锂浓度容易受到季节性降雨及山洪的影响等弊端。未来的提锂技术将在富集、分离和浓缩环节新增装置，利用连续工业化生产来提高效率。

(3) 从副产品到主产品：过去的盐湖提锂更多是作为提完钾之后的副产品，但在当前的南美盐湖以及未来中国青海和西藏盐湖的设计上，锂作为主产品将更加普遍。

(4) 从单一产品到多元化和更高附加值：过去的思路更多是追求低成本生产工业级碳酸锂，未来的设计思路将转向直接一步生产电池级碳酸锂，突破一步生产电池级的氢氧化锂，或者生产电池级氯化锂、并在后端配套打造电池级的金属锂生产线。

(5) 追求更低的环境足迹：盐湖提锂的工艺需要因湖而异、因地制宜，但无论具体采用何种工艺，努力减少环境足迹、降低碳排放及能耗水平、降低淡水消耗量以及卤水抽取量，未来将成为关键的考量因素。

盐田沉淀法：成熟的传统工艺，适用于理想气候环境下的优质富锂盐湖

沉淀法是研究最早、最为成熟、在“实战中”广泛采用的盐湖提锂工艺。本质上，沉淀法充分利用了盐湖矿区天然的丰富太阳能、风能（高蒸发率）进行锂的逐级富集和部分除杂，装置相对简单，因而可以实现低廉的碳酸锂生产成本，此外沉淀法在卤水之外所需要消耗的淡水较少，且碳排放较低。但沉淀法要求原卤品质优良（锂含量高、镁锂比低），矿区气候极度干燥为佳、罕有降雨降雪，同时要求建造大规模的盐田，否则难以蒸发浓缩得到理想浓度的老卤，若老卤品质不稳定则将影响后端的碳酸锂生产效率、产品品质以及成本。正因如此，采用沉淀法的成功案例主要是南美锂三角的一线优质盐湖，其生产也不免受到气候、山洪等不可抗力因素的影响，同时扩产周期较长（智利需要晒卤 12~18 个月）。虽然原理清晰，但不宜低估沉淀法背后实践 know how，盐田工艺无疑是核心，后端的精细化生产也同样重要。

根据加入的试剂不同，沉淀法分为碳酸盐沉淀法、铝酸盐沉淀法、硼镁与硼锂共沉淀法等，其中成熟商业化的主要是碳酸盐沉淀法，其关键试剂是石灰（氢氧化钙）和纯碱（碳酸钠），前者能将镁离子分离，而后者能让锂离子以碳酸锂形式沉淀出来。尽管工艺成熟、原理简单、直接生产成本低，但锂整体的一次回收率整体较低。

在具体流程上：（1）在智利 Atacama 盐湖，SQM 和 ALB 首先将约含锂 2000ppm 的原卤，通过蒸发浓缩约 30 倍至品位 6% 的老卤（其中 97.4% 的能量消耗为太阳能），再将其运输至后端配套的锂盐厂进行萃取脱硼、除镁、除钙，将盐析剂或沉淀剂加入形成碳酸锂浆料、最后干燥从而获得碳酸锂产品；（2）在阿根廷等硫酸根偏高的盐湖，如 Orocobre 旗下的 Olaroz 盐湖以及赣锋控股的 Cauchari 盐湖，则不仅通过盐田蒸发，还直接在盐田中加入大量的生石灰以降低硫酸根和镁，再将富集后老卤输送至矿区的车间进行萃取除硼，最后沉锂。

图表 19：盐田系统可实现锂的富集，先后提取钠、钾以及初步分离镁



资料来源：Lithium Americas 公司公告，五矿证券研究所

图表 20：卤水在盐田富集至一定浓度后，将进入后端车间分离浓缩



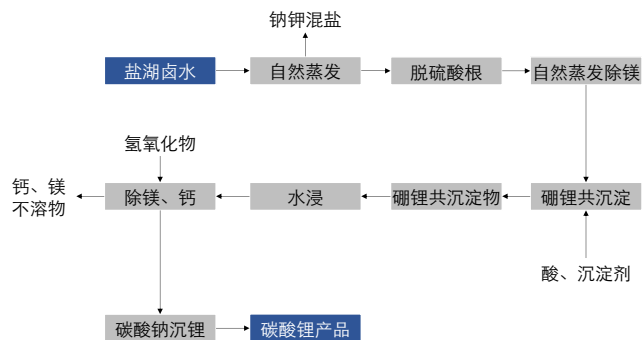
资料来源：Lithium Americas 公司公告，五矿证券研究所

图表 21：主要沉淀法中，碳酸盐沉淀法工艺成熟度高

沉淀工艺名	代表性沉淀剂	应用现状	优势	劣势	代表性应用
碳酸盐沉淀法	碳酸钠和氢氧化钙	工业化应用	易操作，能耗低，工艺成熟，成本低	仅适用低镁锂比的优质盐湖，锂一次回收率低（<40%）	智利 Atacama、美国 Silver Peak 等主流盐湖
铝酸盐沉淀法	铝酸钠 氯酸钙	未工业化应用	锂收率高、镁分离率高、产品纯度较好	淡水和碳酸钠消耗大、能耗高、工序多且周期长	暂无
硼锂共沉淀法	氢氧化钠和纯碱	-	适用于高镁锂比盐湖，操作简单且分离效率高	尚在研究	暂无
硼镁共沉淀法	-	可工业化应用	工艺流程短，成本低，锂回收率高		2002 年中信国安提出专利
太阳池沉淀法	-	工业化应用	工艺简单、成本低，针对高浓度碳酸盐型盐湖设计	要求极低镁锂比、生产靠天吃饭、淡水消耗偏高	西藏扎布耶一期

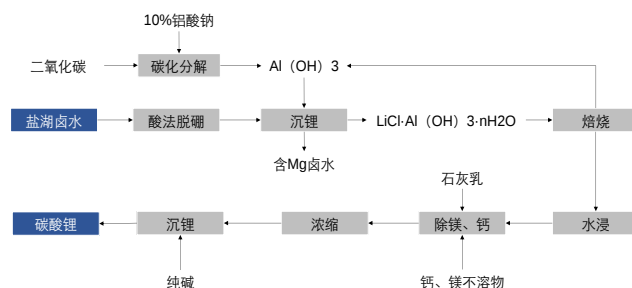
资料来源：《TBP 萃取体系从盐湖卤水中分离提取锂的机制及关键因素研究》，《吸附法从盐湖卤水中提锂工艺研究》等，五矿证券研究所整理

图表 22：硼锂共沉淀工艺流程



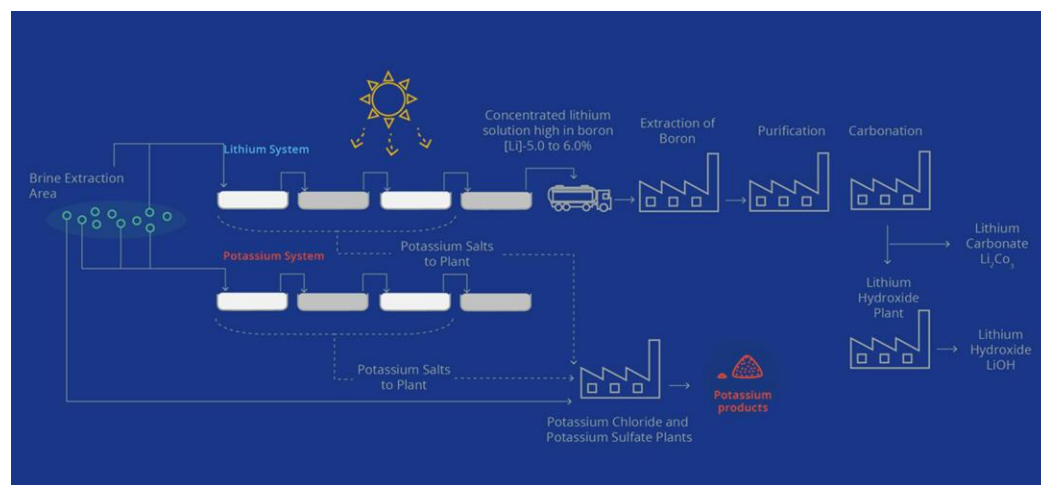
资料来源：《吸附法从盐湖卤水中提锂工艺研究》，五矿证券研究所

图表 23：通过铝酸盐进行沉淀工艺流程示意



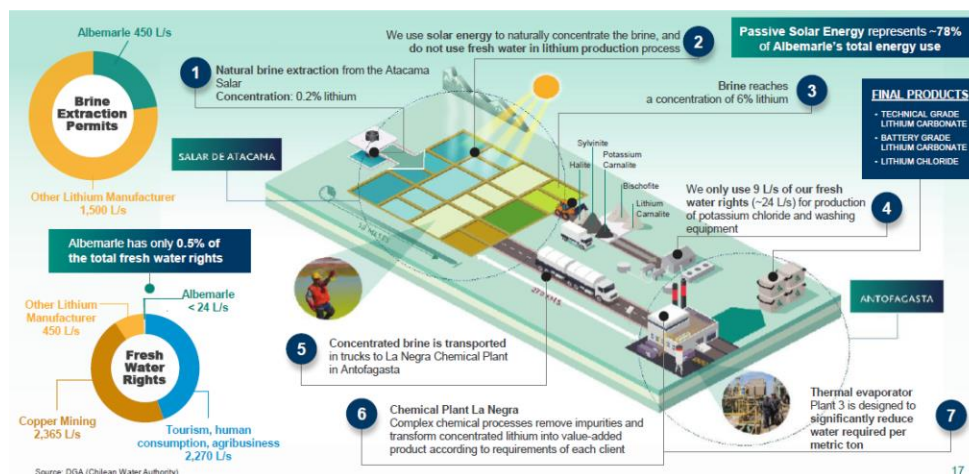
资料来源：《吸附法从盐湖卤水中提锂工艺研究》，五矿证券研究所

图表 24：SQM 在智利 Atacama 盐湖的盐田循环系统



资料来源：SQM 公司公告，五矿证券研究所

图表 25：美国雅保在智利 Atacama 盐湖的盐田循环系统及其淡水消耗指标



资料来源：Albemarle 公司公告，五矿证券研究所

吸附法：尤具发展前景，已有多个成功案例，掣肘在于淡水消耗偏高

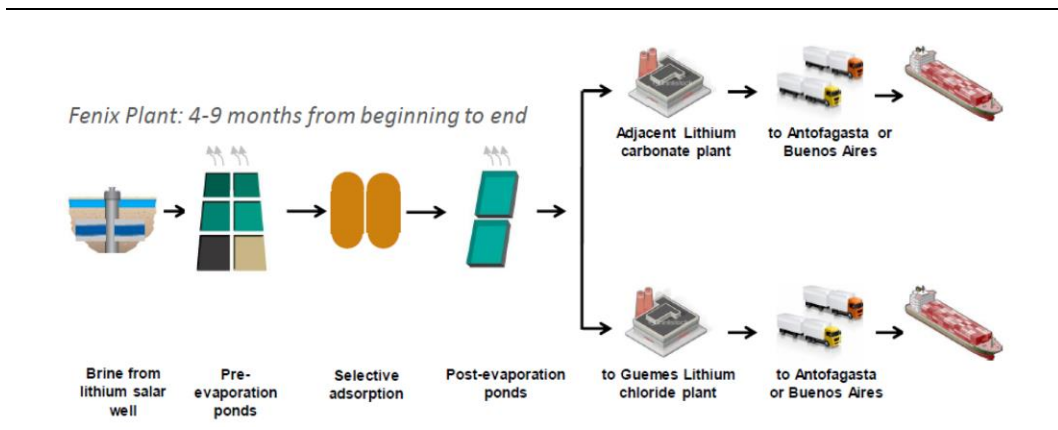
吸附法是当前盐湖提锂中应用较为广泛且最具有实用前景的工艺之一。吸附法适用于锂浓度较低的盐湖，鉴于全球对于次优品位盐湖资源的开发已被提上日程，吸附法具有较大的发展和推广潜力。但过去的吸附剂也存在循环性差、溶损严重、选择性弱等弊端，如何制备出经济性高、吸附容量大、使用周期长的吸附剂是未来的重点。

- 吸附法主要依靠对锂离子具有特定吸附能力的吸附剂来实现锂离子的分离，之后用洗脱剂将锂离子洗脱而形成锂离子溶液，再加入碳酸钠后沉淀形成碳酸锂，由此可见其核心在于吸附剂的选择。从分类看，存在有机吸附剂（如人工合成树脂）、无机吸附剂两类，但由于实际经济性，无机吸附剂更受关注。无机吸附剂又可进一步分为铈酸盐性吸附剂、层状吸附剂、铝基吸附剂、离子筛吸附剂（钛系、锰系），以及有机+无机的结合材料。
- 铝基吸附剂目前较为成熟，以氢氧化铝基锂吸附剂为主要产业化材料，在嵌入吸附锂后需要通过水洗脱锂。该方法能实现较好的锂选择性、吸附结构稳定制备成本低，但需要消耗大量的淡水。在实际应用中，已在 Livent、蓝科锂业进行了产业化。其中 FMC Lithium（Livent 前身）早在 1990 年代即在阿根廷 Hombre Muerto 盐湖开发上采用了选择性净化吸附法（专利工艺），不仅让碳酸锂的生产周期缩短至 4-9 个月（经典的沉淀法即便在智利，晒卤周期也长达 12-18 个月），还通过先晒卤、后吸附，大幅缩减了所需要的盐田面积，同时锂的回收率较高（可达 80%，传统仅为 30-50%）。但由于大量消耗淡水，脱附尾液回注盐湖后存在卤水浓度被短期稀释的困扰。当前，Livent 正在持续推进吸附法的技改，将重点降低淡水用量，且未来计划退役大型的预蒸发池，在直接提锂（DLE）的道路上更进一步。
- 离子筛型吸附剂有望得到重点发展，其中钛系和锰系是关注的焦点。离子筛是指将无机化合物和锂离子生成的复合氧化物在不改变晶体结构的情况下，将锂离子抽除，从而得到有规则空隙结构的多孔前驱体。这种针对锂离子的离子筛能在多种离子共存的情况下对锂离子有记忆性，实现选择吸附分离。（1）锰系离子筛得益于锰系氧化物的独特尖晶石结构和三维网络通道能对锂具有良好的选择性和吸附性，且具有化学性质稳定。但锰系离子筛的问题在于使用过程中锰的损失会让结构坍塌（锰溶损）进而导致容量锐减，二是洗脱剂需要采用 HCL 或者硫酸钠作为洗脱剂，经过循环洗脱，废液存在环保问题，当下尚未出现规模产业化应用。（2）钛系离子筛是为了攻克锰系溶损率高而制备的新型离子筛，钛系离子筛在酸洗脱后溶损率降低，锂洗脱率高、性质稳定、安全绿色且容量

大，但这类吸附剂也需要酸洗脱，且多为粉末状，需要攻克渗透率差、吸附周期长，造粒后出现容量减小等挑战，当前已有资源项目尝试小规模生产试验，或是与膜法相结合形成原卤提锂技术。

- 离子筛吸附剂急需被攻克的问题主要集中在溶损和难循环问题上，当前学界主要通过造粒、成膜和掺杂等方式对离子筛改性，但同样存在研究难点，如造粒时的添加剂会导致离子通道堵塞，降低吸附量和吸附速率；成膜则由于出现团聚现象导致成膜不均，且成本高。掺杂是被认为能从根本解决问题的方式之一，如增大锂离子配比或是加入钴、镍、铁、铝等离子来提高锰的平均价态，形成元素协同作用，但仍需进一步研究配比等。

图表 26：Livent 在阿根廷 Hombre Muerto 盐湖采用铝系吸附剂进行吸附提锂，全流程仅需 4~9 个月



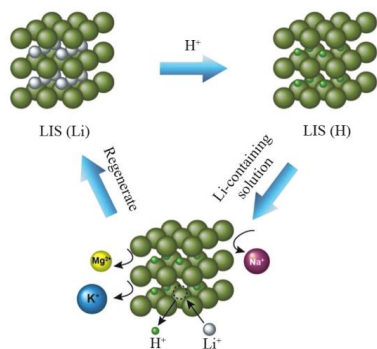
资料来源：Livent 公司公告，五矿证券研究所

图表 27：铝基吸附剂和锰系离子筛均已经开始产业化，但溶损率高的问题仍有待解决

吸附剂分类	代表产品	优点	缺点
有机离子吸附剂	人工合成树脂	-	选择性效果差、工艺成本高（利用率低）、应用前景小
无机离子吸附剂	铈酸盐型吸附剂	对锂有记忆性，仅需改变析液酸度即可回收锂	铈具有一定毒性
	层状吸附剂	磷酸盐 砷酸盐（砷酸钽）	-- 有毒，不适合大规模生产
	铝基吸附剂	氢氧化铝基	已产业化，锂沉淀率高、污染小
		铝盐吸附剂	吸附性好、寿命长、污染小
	离子筛型吸附剂	锰系离子筛	锂离子理论吸附容量高，化学结构稳定、锂选择性好、环保
		钛系离子筛	化学稳定性好、机械强度大、吸附容量多，有望后续取代锰系
		掺杂型离子筛 (如掺杂铁离子、双阳离子、阴阳离子等)	溶损率降低、提高稳定性、循环优异
有机&无机复合材料		选择性高、吸附容量大	研究较少，合成难度高

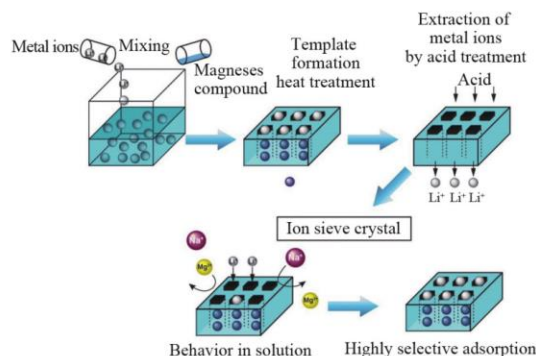
资料来源：《锂离子筛符合材料的制备及性能研究》，《卤水提锂吸附剂应用研究进展》，《盐湖提锂工艺高镁锂比盐湖锂盐吸附剂研发进展》等，五矿证券研究所整理

图表 28：锂离子筛吸附过程示意



资料来源：《高镁锂比盐湖锂盐吸附剂研发进展》，五矿证券研究所

图表 29：锰系离子筛合成及提锂示意



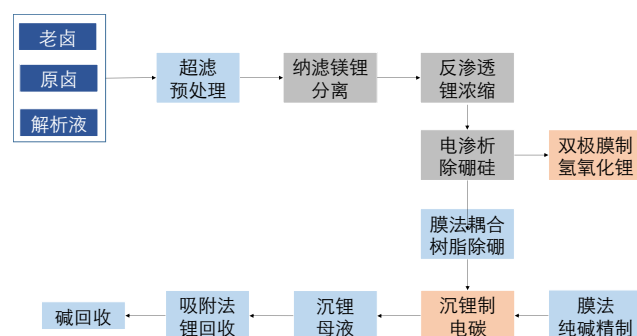
资料来源：《高镁锂比盐湖锂盐吸附剂研发进展》，五矿证券研究所

图表 30：直接提取技术 DLE 的原理



资料来源：E3 Metals 官网，五矿证券研究所

图表 31：久吾高科的老卤/原卤吸附+膜分离，生产碳酸锂/氢氧化锂



资料来源：久吾高科公开资料，五矿证券研究所

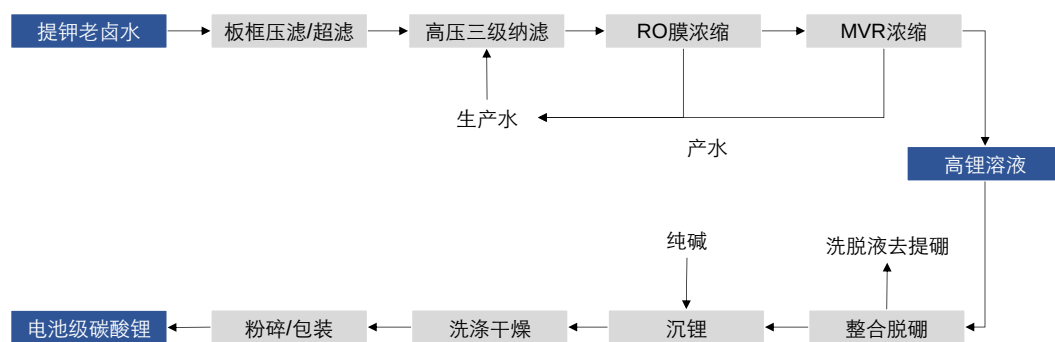
膜分离法：高压过滤老卤实现低价锂离子分离

膜分离法是当下产业化应用最积极的工艺之一。膜分离法的本质在于通过压力，利用膜的选择性分离功能将料液不同成分进行分离，核心是膜材料选择。通常，膜分离法是一种或多种膜材料进行梯度耦合，以实现提取低价锂离子，分离二价和多价离子（分离镁离子、硫酸根、锂离子等），而且具备环保和资本开支相对较低的优势。过去，膜分离主要应用于工业废水处理、食品等领域，目前盐湖提锂的商业化案例包括恒信融、五矿一里坪盐湖。但电耗较高、膜损耗、膜污染、稳定性、以及高低价离子截留率优化等问题仍需优化。

- 盐湖提锂的膜材选择落脚于有机膜。膜材料分为以陶瓷膜为代表的无机膜和以超滤膜、纳滤膜和反渗透膜为代表的有机膜。其中，陶瓷膜主要应用于工业过程分离的固液、纯化分离领域，有机膜则能有效去除水中微粒、高分子有机物质等，应用于水处理领域。
- 膜材料通过微孔结构的孔径大小决定截留物质范围，因此膜材料分离精度和分离效率的关键在于孔径分布和孔隙率。在实际应用中，膜分离法往往会基于不同膜的特点将其分别应用在不同工序环节。主要应用于盐湖的膜材料根据孔径范围可主要分为：（1）**超滤膜（UF）**，孔径范围约为 0.01-0.1 微米，适用于固液或者大分子有机物分离，因此大多被应用在已经完成吸附解析的合格液中，通过过滤悬浮物粒等来降低后续纳滤膜的污染和损耗可能性；（2）**纳滤膜（NF）**，孔径范围缩小至 0.001-0.01 微米，可以实现小分子有机物的浓缩（如锂离子），且纳滤膜是荷电膜，能对不同物质选择性提纯，此外根据电荷、粗糙度、孔径结构参数等还有如 NF90、NF270、NF-1 之类的不同类型的纳滤膜；（3）**反渗透膜（RO）**，孔径小于 0.001 微米，利用压力差为推动力可以截留几乎所有离子或分子量 100 以上的有机物，当压力超过渗透压则溶剂会反向渗透，高压得到浓缩液而低压出水为去离子的纯水，在盐湖提锂环节中用于工艺后端进行锂溶液的浓缩。

- 中国的有机膜处于逐步实现进口替代阶段，膜材损耗仍需优化。现阶段下中国的超滤膜经过自主创新已基本与国外水平相当，但纳滤与反渗透膜仍大部分依靠国外进口，前者的攻关点在于提高渗透量、抗污染、耐氧化和降低成本，而后者除了成本优化外还包括产水量、降低能耗和运营稳定等方面。此外在实际应用中，膜材料还普遍存在消耗较快的情况，如何降低损耗率、提升膜材强度或是抗污染性仍是研发方向。
- 膜法的商业化案例包括五矿一里坪的梯度耦合膜分离，从外西台盐湖也有望采用膜法工艺（中信国安已申请膜法专利，结合三级纳滤膜装置+反渗透膜+MVR 蒸发得到碳酸锂），在阿根廷，Orocobre 与 EnergyX 开展合作，后者拥有专利技术 LITAS 纳米膜材料。

图表 32：中信国安在新专利中利用高压纳滤膜提取电池级碳酸锂



资料来源：国家专利网，五矿证券研究所

图表 33：有机膜是未来盐湖提锂的选择趋势，能更好的将锂离子和其他离子、杂质进行分离

	陶瓷膜	有机膜
过滤精度	一般处于超微滤级别，少量可达到纳滤级别	孔径细、可达到纳滤和反渗透级别，过滤精度高
适用环境温度	5-300°C	20-45°C
适用环境 PH 值	耐强酸、强碱、PH 值可超 0-14	2-11
使用寿命	较长	较短
作用	固液分离、澄清、纯化	脱盐、分盐、浓缩、纯化、可有效去除水中微粒、胶体、细菌、热源及高分子有机物质
填装精度	较低	较高
稳定性	较高	较低
抗氧化性	较高	较低
生产成本	较高	较低
销售价格	较高	较低

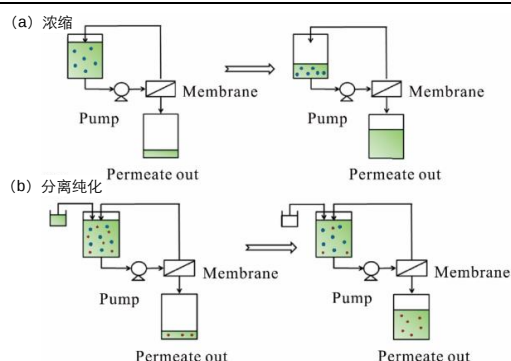
资料来源：久吾高科公司公告，五矿证券研究所

图表 34：根据孔径范围分类可分为四类，其中超滤膜、纳滤膜和反渗透膜是盐湖提锂主要材料

孔径范围		过滤效果及应用领域
微滤膜	>0.1μm	截留 0.1 微米以上颗粒，能对悬浮固体、细菌、大分子量胶体等物质进行分离，可作为一般料液的澄清、保安过滤以及空气除菌等。主要应用于污水、废水处理以及工业特种分离领域。
超滤膜	0.01-0.1μm	截留分子量在 1000-300000，能对细菌、胶体、悬浮固体及大分子有机物等进行分离，广泛应用于干料液的澄清、大分子有机物的分离纯化、污水、废水处理及回用、给水精华、海水淡化预处理等领域
纳滤膜	0.001-0.01μm	截留分子量在 150-1000 的范围内，能对小分子有机物、二价离子等与水、无机盐进行分离，可实现水的软化、小分子有机物的浓缩等目的
反渗透膜	<0.001μm	可截留几乎所有的离子、分子量 100 以上的有机物，对氯化钠的截留率在 98%以上，出水为去离子水，能够去除可溶性的金属盐、有机物、细菌、胶体粒子、热原物质。主要应用于纯净水、软化水、无离子水、海水淡化和产品浓缩等方面。

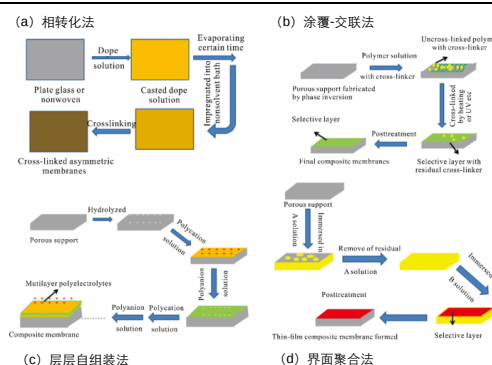
资料来源：久吾高科公司公告，五矿证券研究所

图表 35：纳滤膜法可被用于医药、纯化、废水处理等领域



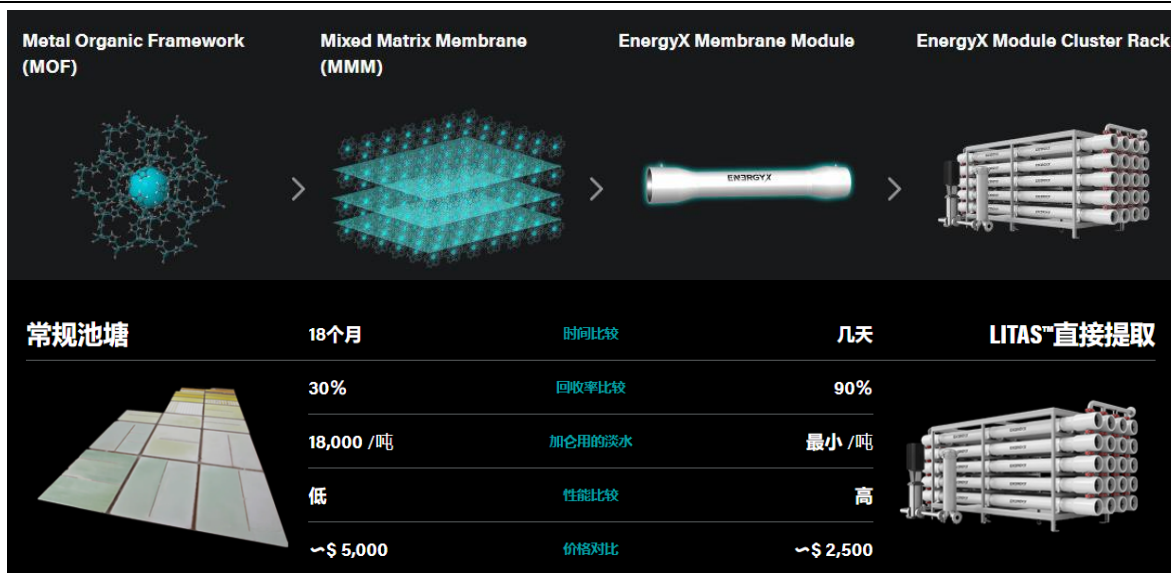
资料来源：《盐湖卤水镁锂分离的纳滤技术研究进展》，五矿证券研究所

图表 36：纳滤膜常用的制备方法



资料来源：《盐湖卤水镁锂分离的纳滤技术研究进展》，五矿证券研究所

图表 37：LITAS 技术通过将无数 MOF 纳米颗粒筛先后组成混合基质膜 MMM、模块和设备，来实现锂离子提取的功能



资料来源：Energy X 官网，五矿证券研究所

图表 38: EnergyX 的专利膜材可弥补其他工艺的缺点, 但尚需实际生产检验

	Energy X 膜专利	离子吸附技术	离子交换技术	传统纳滤技术	反渗透技术	正向渗透技术
分离锂和钠	√	√	√			
分离锂和镁	√	√	√	√		
高盐度运行	√	√				√
持续运行	√			√	√	√
平台可调整性	√	√	√			
环境友好	√			√	√	√
低能耗	√					√
非再生	√			√	√	
无需淡水	√			√	√	√

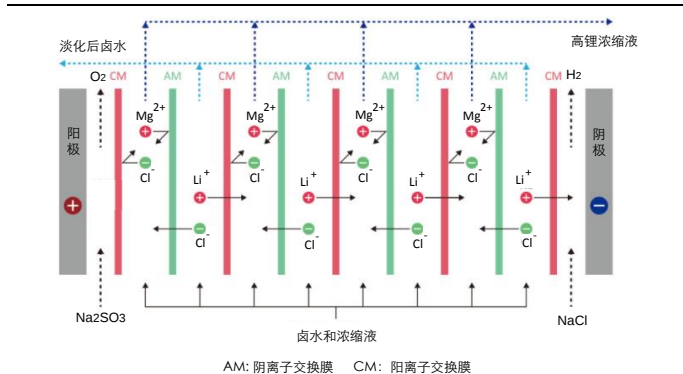
资料来源: Energy X 官网, 五矿证券研究所

电渗析法: 利用直流电场实现带电荷离子的定向迁移

电渗析法也属于膜分离的一种, 离子交换膜 (IEMS) 是核心耗材, 其分离原理主要是在外加直流电场作用下, 让卤水进入电渗析器的淡化室, 通过一价离子选择性实现带电荷离子定向向电极迁移, 离子富集则形成浓缩室、得到浓缩的富锂卤水浓缩液, 而镁、硼酸根、硫酸根则滞留在淡化室, 基本脱除硫酸根、硼酸根和镁离子等杂质, 锂回收率可在 80% 以上, 得到纯度 99.6% 的碳酸锂产品。根据电渗析专利, 该工艺可将初始卤水中锂浓度 0.02-20g/L、镁锂比 300:1~1:1 通过电渗析过程形成富锂浓缩液, 锂浓度可达到 200g/L、镁锂比降至 10~0.1, 适合高镁锂比盐湖, 镁离子、硼离子、硫酸根的脱除率在 93%~99% 以上。

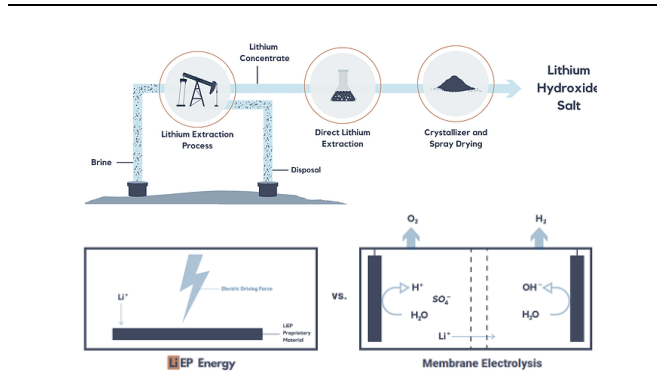
但作为膜分离技术的分支, 同样面临膜堵塞、耗材膜成本较高等困扰。当下研究攻关主要集中在操作环境参数、交换膜材质等方向, 从而衍生出选择性电渗析法、双极膜电渗析法、液膜电渗析法等工艺。当前应用电渗析法工艺的主要是位于青海东台盐湖的东台锂资源公司。在海外, Prairie Lithium 与 LiEP Energy 合作, 利用 LiEP 专利尝试在加拿大萨斯克彻温省进行油田直接提锂, 并生产氢氧化锂, 技术特色为低能耗与高锂离子选择性。

图表 39: 电渗析技术通过直流电场作用下, 将离子定向吸引至两极



资料来源: Rebon-tech, 泰丰先行锂能, 五矿证券研究所

图表 40: LiEP 技术能具有闭环水回收系统, 并可直接提取氢氧化锂



资料来源: LiEP Energy 官网, 五矿证券研究所

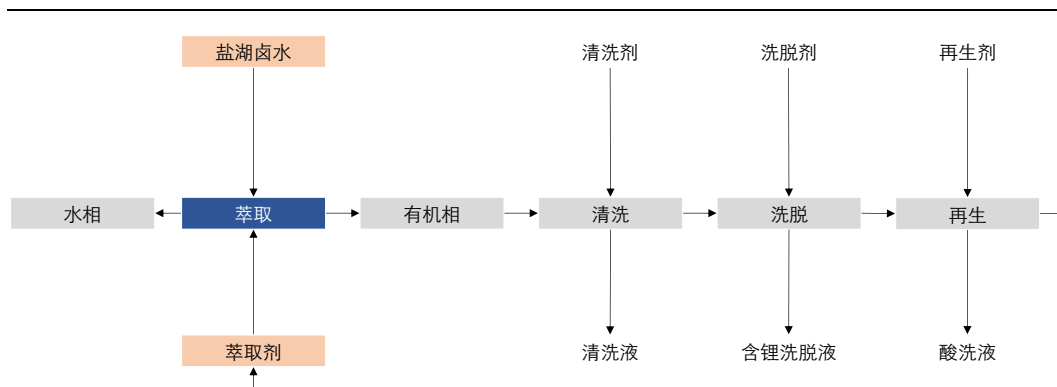
溶剂萃取法: 从湿法冶金领域引入, 核心在于萃取剂选择

经过青海大柴旦盐湖的验证, 溶剂萃取法是从老卤中进行提锂的高效技术路径之一。但鉴于盐湖矿区多坐落在生态脆弱的偏远高原地区, 尤其需重视萃取过程中有机物对于环境的负面影响, 进行完备的环保处理。萃取法一般采用对锂具有高选择性的有机溶剂萃取剂, 将锂从

老卤中萃取入有机相中，之后再将锂洗脱，选择合适的萃取剂是工艺的关键。

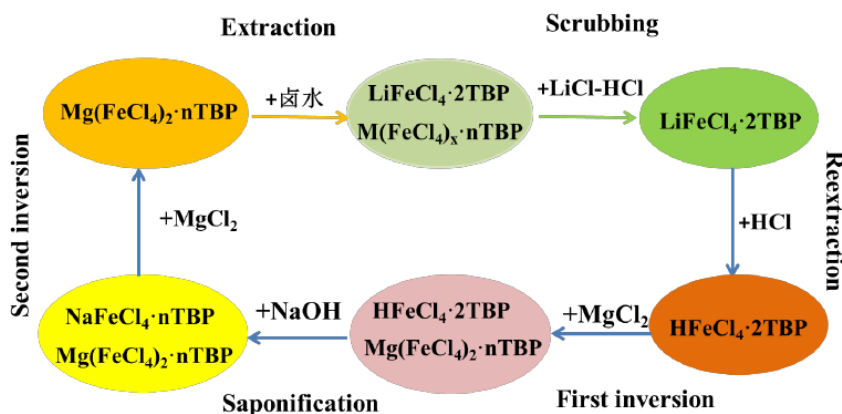
在实际应用中，萃取剂往往非单独使用，而是与协萃剂和溶剂搭配形成混合萃取体系。尽管萃取剂种类繁多，但中性磷类萃取剂是研究最多且更适用高镁锂比盐湖的试剂，而具体到萃取剂来看，磷酸三丁酯（TBP）体系的萃取效果更得到认可，并成为当前主要应用的萃取剂。该工艺具有设备简单、分离效率高、时间短且锂回收率高（理想达到 90%以上）的特点，可生产高品质的氯化锂产品。但过去在实践中的主要不足在于，对于老卤品质有一定要求、产线难以长时间运行、萃取剂消耗较大、设备易腐蚀（需要加酸来抑制 FeCl_3 的水解反应）、萃取剂易挥发会造成生态污染。未来膜萃取技术、离心萃取技术、新的有机磷类萃取体系或成为主要的研究方向。

图表 41：普遍的萃取流程在于萃取剂的选择，萃取出锂溶液后还需进行清洗、洗脱等环节



资料来源：《可回收锰系锂离子筛的掺杂改性制备及其吸附性能研究》，五矿证券研究所

图表 42：TBP 萃取体系下有机相中金属离子的转换关系



资料来源：《TBP 萃取体系从盐湖卤水中分离提取锂的机制及关键因素研究》，五矿证券研究所

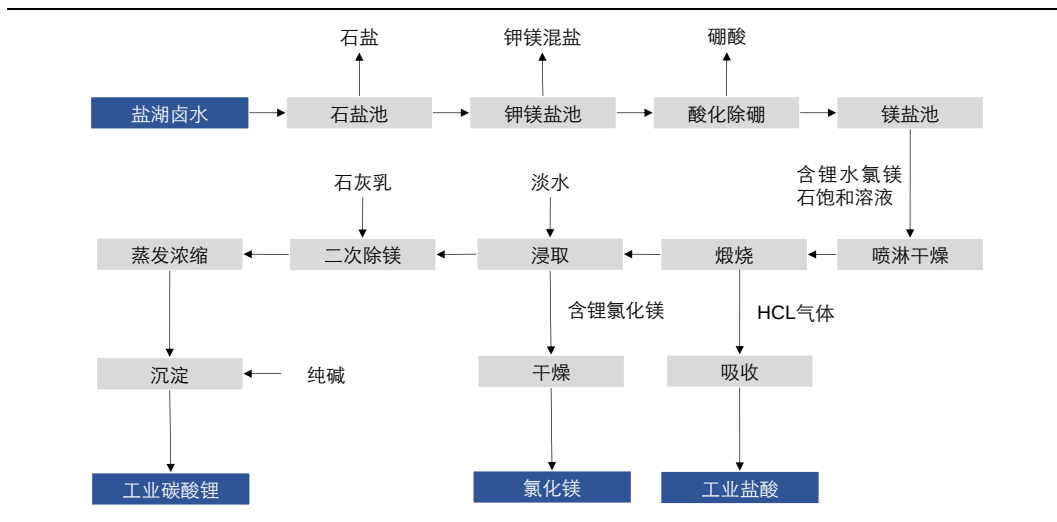
煅烧浸取法：青海最早一代实现商业化的高镁锂比盐湖提锂技术

煅烧浸取法是青海最早一批得到工业化应用的高镁锂比盐湖提锂工艺，2005 年由中信国安针对西台盐湖卤水的特性自主研发，部分主要环节的流程在一定程度与矿石法类似。具体的，首先通过将脱硼的卤水蒸发得到水氯镁石和氯化锂的固体混盐，再进行高温煅烧（450-900℃）、水浸分解氧化镁、纯碱沉淀分离获得碳酸锂。

煅烧法克服了镁锂分离的难题，理想之处在于可在同条产线上实现锂、硼、镁产品的同时生产，以及原料消耗较少、工艺简单等，但也存在流程复杂、水耗能耗偏大、煅烧所需稀盐酸

易腐蚀设备等弊端,以及存在 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 分解不完全等情况,排放问题经过技改已达标。围绕煅烧浸取法的不足,相继有改进措施提出,例如在高温煅烧前,即在脱硼老卤中加入沉淀剂,使镁锂以氢氧化物等多种形态沉淀,之后再煅烧即可避免产生氯化氢气体。整体而言,煅烧法可生产出高品质的电池级碳酸锂,但鉴于较高的天然气消耗以及新一代盐湖提锂技术的成熟,未来煅烧法将逐步淡出舞台。

图表 43: 中信国安自主研发的煅烧浸取法提锂



资料来源：《盐湖卤水锂资源及其开发进展》，五矿证券研究所

基于中国本土锂资源构成，盐湖提锂将肩负保障供应安全的重任

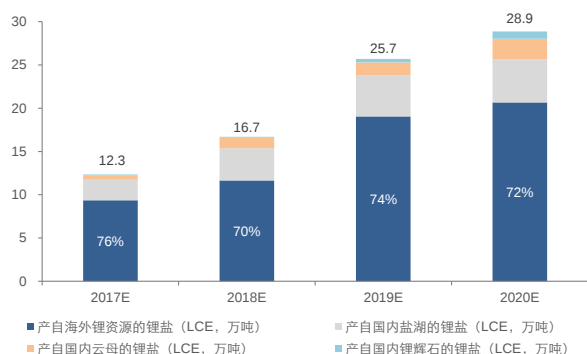
在全球电气化时代，锂被誉为未来的“白色石油”，根据我们测算目前中国锂原料的对外依存度高达 72%，保障锂资源的供应安全（供应量充足、成本可控）一方面是中国作为全球主要汽车终端消费市场之一、确保能源安全的需要；另一方面，也是中国新能源汽车供应链（供全球）夯实全球核心竞争力的需要。看中国本土的锂资源潜力，其中 79%为卤水类型，未来青海、西藏盐湖提锂将肩负资源保供的重任，其资源价值也将随之迎来战略重估。

保障锂资源供应安全、成本可控的战略意义重大

在全球新能源汽车迎来大发展之际，锂作为未来的“白色石油”，其战略重要性已基本成为全球共识。此前国内锂盐厂主要依赖进口西澳锂精矿作为原料，同时中国还是碳酸锂产品的主要净进口国，据我们测算 2020 年中国的锂原料对外依存度高达 72%，基于保障中国新能源汽车上游关键资源安全（本土之需）、夯实中国新能源汽车供应链全球核心竞争力（不仅供本土、还供全球）的战略考量，我们认为中国锂行业有必要构建“双循环”的资源保障体系。一方面，有必要在风控前提下加大对于全球优质锂资源的投资开发力度，打造大规模、低成本、地域多元的资源基地，这也是 Albemarle、SQM、Livent 等全球锂资源巨头的成功经验；另一方面，国内的盐湖、矿石资源将获得价值重估，综合开采条件、资源禀赋等因素，我们认为青海的主力盐湖（察尔汗、东西台、一里坪）、川西部分的优质锂辉石矿（如甲基卡等）将挑起大梁，云母等将形成补充。

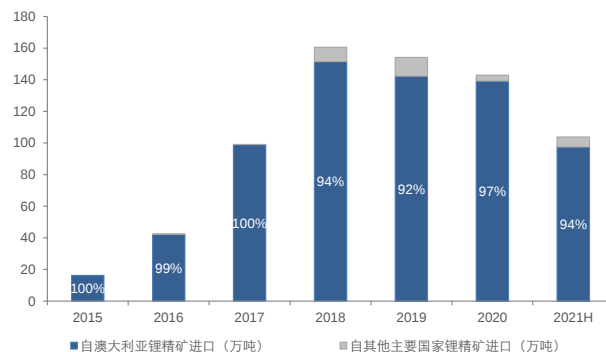
在强调中国锂资源保障的同时，我们也提醒产业实体、资本市场投资者高度重视海外锂资源所面临的政策风险和国家风险：（1）根据历史经验，在高商品价格时代，大部分的资源国均拥有提高矿产权益金、提高利润分成的动力；（2）锂在电气化时代的关键角色已被充分认识，资源商韬光养晦的时间窗口已过，需要为海外投资、产业政策的趋于复杂性做好预案（例如被要求在当地投资构建价值链等）。

图表 44：中国锂盐产出结构，中国锂资源大部分来源于国外



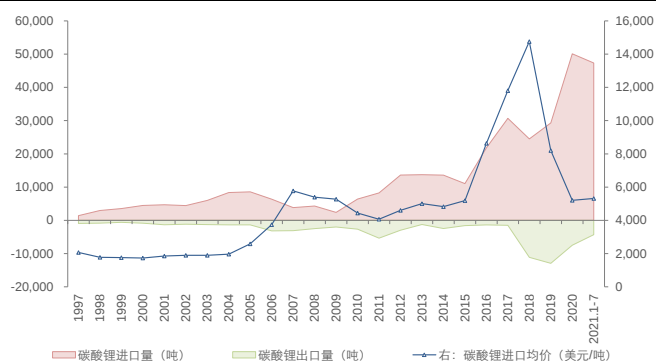
资料来源：中国海关，五矿证券研究所

图表 45：中国锂精矿供给依赖于每年大量的进口，主要源自澳大利亚



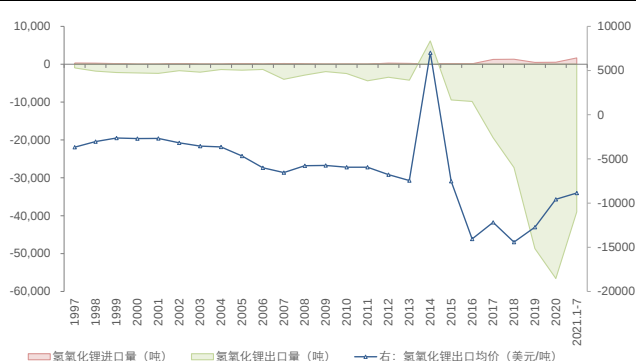
资料来源：中国海关，五矿证券研究所

图表 46：中国是碳酸锂净进口大国，2021 年 1-7 月净进口量 5.2 万吨



资料来源：中国海关，Wind，五矿证券研究所

图表 47：中国也是氢氧化锂净出口大国，同期净出口量达 4.1 万吨



资料来源：中国海关，Wind，五矿证券研究所

中国锂资源潜力中卤水类型占比近八成，加大开发力度具备必要性

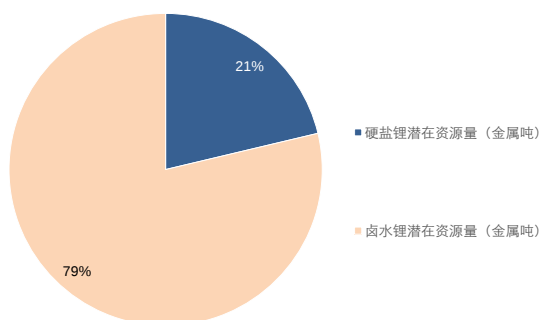
根据美国地质调查局，中国的探明锂资源量紧随南美锂三角地区（盐湖）、澳洲（硬岩）、美国（盐湖、硬岩、粘土兼具），位列全球第六。根据自然资源部统计，截至 2019 年的数据，中国本土拥有硬岩锂资源潜力 878 万吨、查明率 25.51%，拥有卤水锂资源潜力 9250 万吨氯化锂、查明率 19%，统一折算至 LCE 口径、卤水锂资源潜力占比高达 78.8%。

分地区看，中国的硬岩锂矿主要分布在四川甘孜和阿坝两州、新疆大红柳滩、江西宜春（锂云母），卤水锂资源主要分布在青海（盐湖）、西藏（盐湖）、四川达州（地下油井卤水）、湖北潜江（地下油井卤水）等地。在卤水锂资源中，若考虑开采经济性以及工艺成熟度，青海和西藏的盐湖卤水无疑是主力军。

- 中国本土的盐湖卤水：我们认为青海盐湖提锂经过工艺层面的十年磨一剑，未来有望成为保障中国锂资源供应安全的主力军，2021-2025 年我们预计青海盐湖提锂的总产能有望 11.4 万吨扩大至 19.5 万吨，其中最主要的增量将来自察尔汗盐湖（盐湖股份）、西台盐湖（中信集团下属国安锂业）；与此同时，基于青海的技术和工艺积淀也正在外溢至西藏，逐步打开西藏优质盐湖资源的聚宝盆；此外，青海的深层卤水、四川达州及湖北潜江的油井卤水也具备中长期的综合开发价值，但短期内实现商业化存在一定难度。
- 中国本土锂辉石矿：中国本土的优质锂辉石矿产资源主要集中在川西以及新疆地区，尤其川西甘孜、阿坝的资源潜力较大，目前在产/在建矿山包括甲基卡 134 号脉（在产）、业隆沟（在产）、李家沟（在建），未来新 3 号脉以及马尔康的动态值得重点关注。整体而言，未来川西锂辉石矿的开发需要综合评估资源价值以及生态环保。

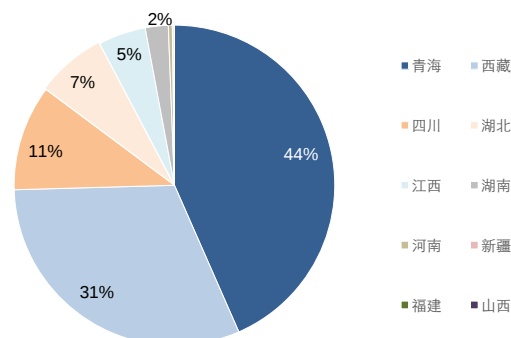
- 中国本土云母资源：作为一种低品位的固体锂矿资源，云母提锂的工艺流程经过迭代演进，已得到显著的优化，硫酸盐焙烧法被认为是目前最为理想的工艺路线，云母提锂已经成为有效供给以及重要的补充，在国内锂辉石产量释放低预期的背景下已成为一种高效的原料来源。未来如何实现资源的有效整合开发，如何实现前端大量长石粉的消化以及后端提锂尾渣的有效处理，将决定未来云母提锂的中长期上限。

图表 48：中国锂资源潜力中约 79%为卤水类型



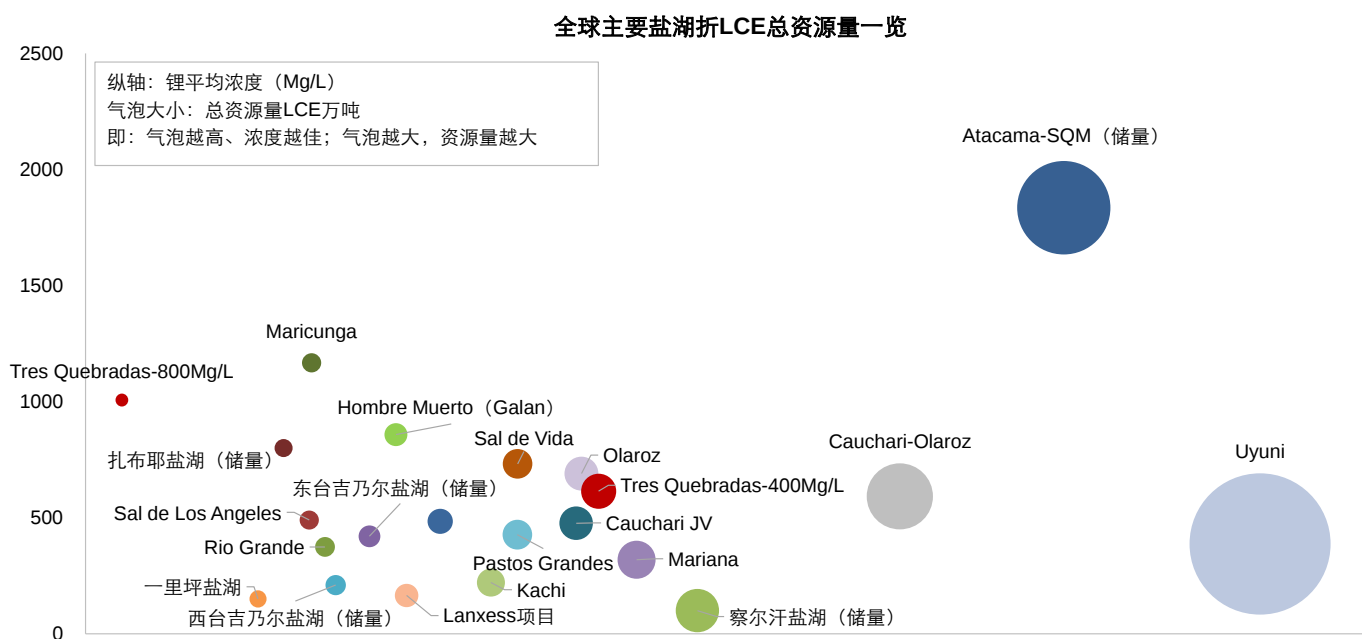
资料来源：2019 年中国矿产资源报告，五矿证券研究所

图表 49：中国本土的盐湖卤水锂资源主要集中在青海和西藏



资料来源：锂业分会，五矿证券研究所

图表 50：在全球盐湖中，智利、阿根廷、玻利维亚的一线盐湖项目兼具禀赋与规模



资料来源：各公司公告，五矿证券研究所

图表 51：经过长期的工业化试验和持续的资本投入，中国盐湖提锂已走向成熟

锂矿/盐湖名称	运营商	投产时间	产能情况（吨/年）	状态	备注
察尔汗盐湖	蓝科锂业	2017	老线碳酸锂年产能 1 万吨、 新线新增 2 万吨碳酸锂	在产	采用吸附法+膜分离浓缩耦合， 2020 年产量 13602 吨
察尔汗盐湖	藏格锂业	2019	投产碳酸锂年产能 1 万吨，	在产	采用连续吸附+膜法提锂
东台吉乃尔盐湖	东台锂资源	2007	设计碳酸锂年产能 2 万吨	在产	采用电渗析法
西台吉乃尔盐湖	中信国安	2007	设计碳酸锂年产能 1 万吨	在产	老线煅烧法，扩产将采用膜法
一里坪盐湖	五矿盐湖	2019	设计碳酸锂年产能 1 万吨	在产	采用梯度耦合膜分离技术
外购西台老卤	恒信融	2017	设计碳酸锂年产能 2 万吨	在产	采用膜法提锂
巴伦马海盐湖	锦泰锂业	2017	老线碳酸锂年产能 0.3 万吨 设计新线碳酸锂年产能 0.7 万吨	在产	新线采用吸附法提锂
扎布耶盐湖	西藏矿业	2006	65%碳酸锂结晶体年产能 7000 吨	在产	拟利用盐田蒸发+膜分离技术+结 晶蒸发技术建设扎布耶二期：(电 碳 0.96 万吨，工碳 0.24 万吨等)

资料来源：各公司公告，五矿证券研究所整理

青海盐湖提锂：走向成熟，加快建设世界级的盐湖产业基地

我们认为，青海盐湖提锂的建设已完成从 0 到 1 的产能导入、技术摸索及工艺磨合阶段，进入从 1 到 N 的快速发展期。青海的盐湖卤水普遍属于高镁锂比的类型，且锂浓度远低于南美的一线、二线盐湖，同时矿化度较高，因此难以复制南美经典的沉淀法工艺，但历经长期的探索和持续优化，目前察尔汗、东台、西台、一里坪等青海主力盐湖均已找到了契合自身卤水组分的提锂路线、开始走向成熟。恰恰因为不具备全球最佳的卤水禀赋，青海盐湖的提锂技术反而走在了全球前列，且有机会得到商业化应用。此外，青海盐湖虽然位于高海拔高寒地区，但海拔的高度相对理想，道路、电力、天然气等基础设施条件较为完备，同时前期已构建了成熟的钠钾盐田系统，因此增添和扩大提锂装置可享受多方面的协同效应。

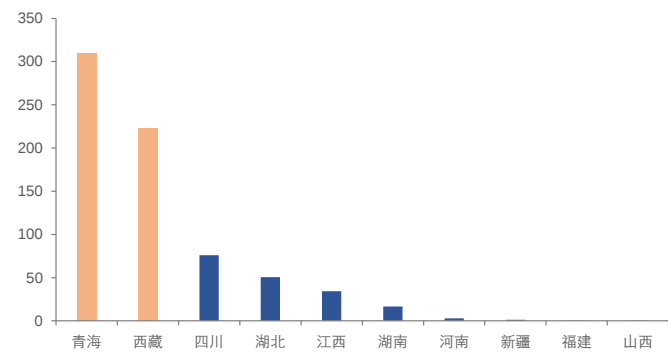
2021 年习总书记两次指示青海要“加快建设世界级盐湖产业基地”，青海盐湖经过前期积淀、已具备大规模的扩能的基础，在供给阵营中开始从边缘走向主流，肩负起保障中国本土“未来白色石油”——锂资源供应安全的重任。我们预计，2021-2025 年青海盐湖提锂产能有望从 11.4 万吨扩大至 19.5 万吨，其中察尔汗盐湖、西台盐湖将构成增量主体。

图表 52：青海盐湖提锂的目前主要产能分布



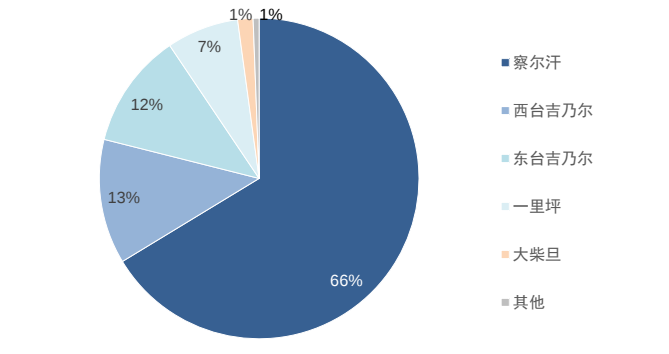
资料来源：Google Maps，各公司公告，《建设世界级盐湖产业基地》，五矿证券研究所

图表 53：从探明资源规模来看，青海与西藏无疑是主力军（金属吨）



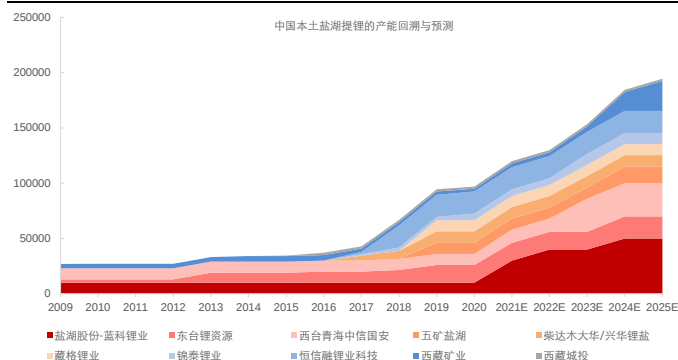
资料来源：锂业分会，五矿证券研究所

图表 54：青海盐湖中察尔汗的资源总量最大，其次为西台和东台



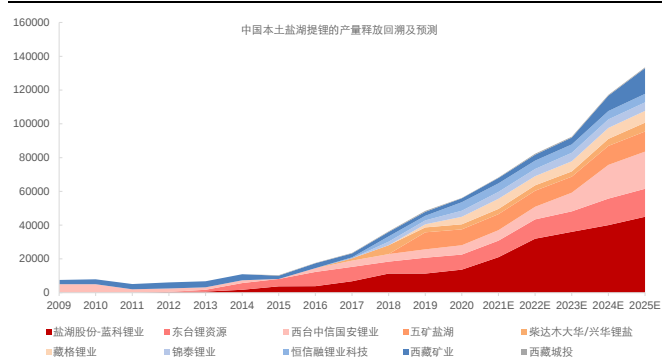
资料来源：《青海锂矿资源可持续开发路径研究》，五矿证券研究所

图表 55：中国本土盐湖提锂的产能回溯及预测 2009-2025 年（吨/年）



资料来源：各公司公告，五矿证券研究所预测

图表 56：中国本土盐湖提锂的产量回溯及预测 2009-2025 年（吨/年）



资料来源：各公司公告，五矿证券研究所预测

图表 57：青海盐湖的锂浓度、镁锂比等关键指标远不及南美锂三角的一二线盐湖理想，倒逼提锂技术的突破和优化

盐湖项目	地区	化学组成 %								Mg/Li	锂资源量 (万吨 LCE)	平均海拔 (m)
		Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Li ⁺	B ³⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻			
察尔汗盐湖	中国青海	5.95	1.09	2.39	0.001	0.006	0.085	16.8	0.53	2390	1049	2683
东台吉乃尔盐湖	中国青海	8.04	0.93	1.42	0.042	0.056	-	16.25	1.57	33.81	183-264	2683
西台吉乃尔盐湖	中国青海	8.43	0.7	1.31	0.021	0.032	0.016	15.29	2.94	62.38	229	2681
一里坪盐湖	中国青海	6.63	0.82	1.45	0.015	0.016	0.06	16.07	0.54	96.67	165	2683
大柴旦盐湖	中国青海	5.49	0.74	3	0.024	0.29	0.02	15.42	3.22	125	26	3148
扎布耶盐湖	中国西藏	9.81	2.05	0.002	0.08	0.2	-	11.78	4.67	0.015	184	4422
结则茶卡盐湖	中国西藏	4.09	0.242	0.033	0.117	0.024	-	6.19	0.292	1.94	201	4600
龙木错盐湖	中国西藏	2.92	0.338	1.123	0.079	0.018	0.006	7.85	0.528	93.58	189	5100
Atacama	智利	1.6	1.79	1	0.16	0.07	0.024	15.7	1.9	6.4	4897	2300
Maricunga	智利	7.1	0.69	0.61	0.09	0.05	1.124	15.91	0.06	6.55	207	3700
Hombre Muerto	阿根廷	9.79	1.37	0.09	0.06	0.04	0.05	15.8	0.85	1.37	-	4200
Cauchari-Olaroz	阿根廷	9.55	0.47	0.131	0.05	0.08	0.03	14.86	1.62	2.52	2458	4000
Uyuni	玻利维亚	8.86	1.39	1.62	0.04	0.258	-	17.19	3.23	40.5	11178	3663
Silver Peak	美国	6.2	0.8	0.04	0.04	-	0.05	10.06	0.71	1	-	1300

资料来源：锂业分会会议资料整理，各公司公告，五矿证券研究所（注：察尔汗、西台、东台和扎布耶为资源储量；Cauchari-Olaroz 数据采用 Salar de Cauchari）

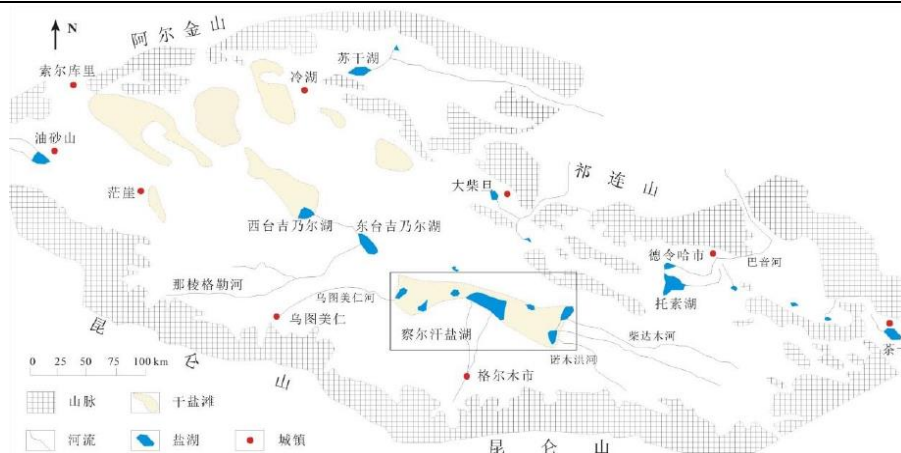
察尔汗盐湖：储量庞大的“超高镁锂比低锂含量”卤水，吸附+膜为标配

柴达木盆地处于昆仑山和祁连山之间，以青藏高原资源“聚宝盆”之誉蜚声海内外，而柴达木盆地的核心则是赫赫有名的察尔汗大盐湖，自西向东分别由别勒滩、达布逊、察尔汗、霍布逊四个连续的区段组成，具体包括十余个常年性卤水湖、季节性卤水湖以及大片干盐滩，统称为察尔汗大盐湖。其中蕴藏的各类矿产资源“异源同汇”、来源不尽相同，因此各个区段的盐湖卤水组分各有特点。

察尔汗大盐湖在柴达木四大盐湖中面积最大、资源最丰厚。盐湖面积约 5856 平方公里，东西长 168 公里，南北宽 20-40 公里，盐层厚约为 2-20 米，海拔 2670 米。察尔汗盐湖是中国最大的钾盐生产基地，湖中储藏 600 多亿吨可溶盐类资源，伴生有镁、锂、钠、碘等数十种矿物质，其中钾资源储量 5.4 亿吨，占中国探明资源储量的 90%以上，氯化镁储量近 40 多亿吨，占中国储量的 99.9%、全球储量 40%，氯化锂储量 1204.2 万吨，均居中国首位。

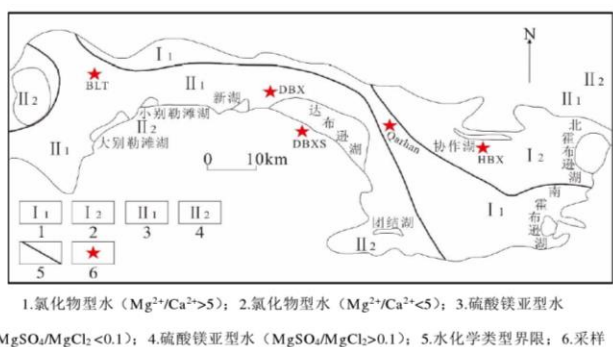
在察尔汗盐湖上进行钾锂资源开发的，主要是盐湖股份（控股在产锂业平台—蓝科锂业）与藏格控股（藏格锂业），二者均采用吸附+膜分离浓缩进行提锂，但卤水禀赋差异较大。

图表 58：察尔汗盐湖地处柴达木盆地南部，是中国最大的可溶性钾镁盐矿床



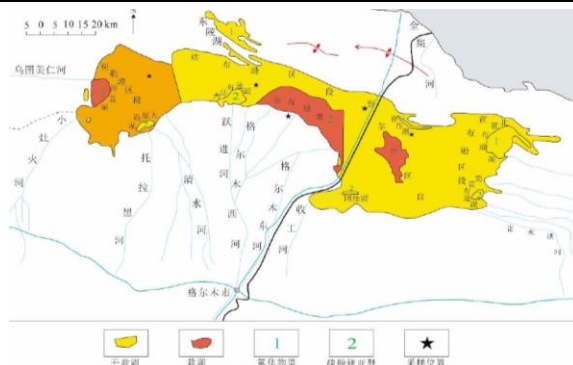
资料来源：《察尔汗盐湖矿物组合特征及其成因指示》，五矿证券研究所

图表 59：察尔汗盐湖不同区段的卤水类型不尽相同



资料来源：《察尔汗盐湖矿物组合特征及其成因指示》，五矿证券研究所

图表 60：察尔汗盐湖分为多个区段，且囊括了干盐湖和湿盐湖类型



资料来源：《察尔汗盐湖矿物组合特征及其成因指示》，五矿证券研究所

图表 61：察尔汗盐湖锂储量庞大，但缺点是平均镁锂比高、锂浓度低

盐湖名称	类型	晶间卤水锂含量 (g/L)	老卤锂含量 (g/L)	老卤镁锂比	保有储量 (LiCl, 万吨)
察尔汗盐湖部分矿区	氯化物型	0.016	0.21	512:1	1204
东台吉乃尔	硫酸镁亚型	0.44	6.12	18:01	284.78
西台吉乃尔	硫酸镁亚型	0.264	4.57	26:1	308
一里坪	硫酸镁亚型	0.252	2.29	56:1	178.39
大柴旦盐湖	硫酸镁亚型	0.192	1.34	92:1	38.02

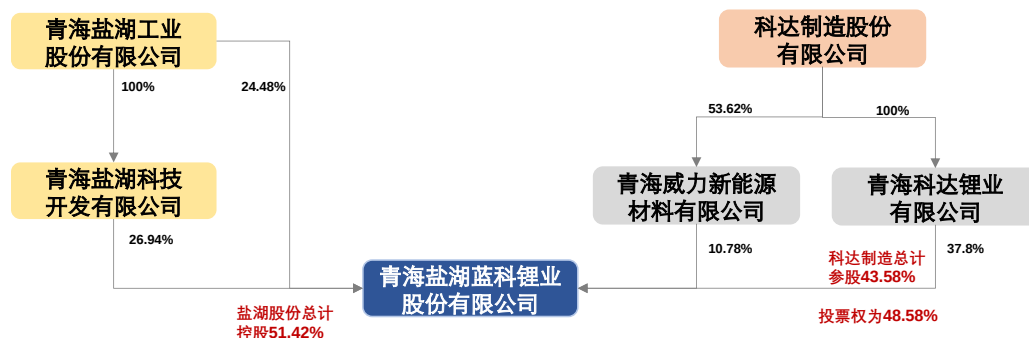
资料来源：《青海盐湖锂资源及提锂技术概述》，公司公告，五矿证券研究所（注：察尔汗盐湖部分矿区储量数据包括察尔汗矿区、别勒滩矿区和达布逊矿区）

蓝科锂业：十余年的持续投入和耕耘终迎收获期，已具备年产 3 万吨碳酸锂产能

蓝科锂业主要利用盐湖股份在察尔汗盐湖提完钾肥后的老卤尾液进行提锂，是青海盐湖提锂的领军企业，由盐湖股份控股 51.42%，科达制造参股 43.58%（投票权 48.58%）。通过采用吸附提锂+膜分离浓缩的耦合技术，公司已具备合计年产 3 万吨的碳酸锂产能（老线 1 万吨、新线 2 万吨），未来通过填平补齐，其有效产能有望进一步扩大。

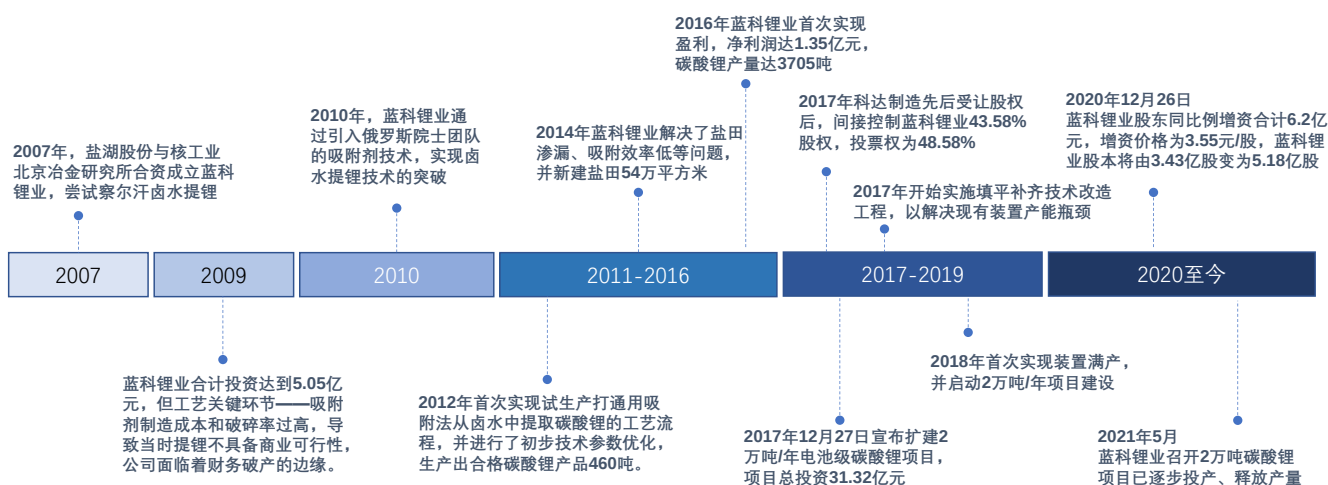
- 盐湖股份的采矿权集中在察尔汗盐湖铁路以西，总共拥有察尔汗盐湖约 3700 平方公里的采矿权。按氯化钾年产 500 万吨测算，每年可产生老卤量约有 2 亿立方米，其中含锂资源折氯化锂达到 20~30 万吨，具备建设大规模提锂产能的资源基础。
- 通过十余年的耕耘和打磨，吸附提锂（铝系吸附剂）+膜分离浓缩的耦合技术已突破从“超高镁锂比、低锂卤水”进行提锂（实现镁锂比从 500:1 到 4:1 的关键分离，耦合多种深度除镁和纯化技术、浓缩、合成，得到碳酸锂产品），走向成熟。（1）2007 年盐湖股份与核工业北京冶金研究所合资成立蓝科锂业，尝试采用吸附法提锂，但工艺关键环节一吸附剂制造成本和破碎率过高，导致进展不顺；（2）2010 年青海佛照锂和青海威力通过技术入股、老股受让和现金增资，向蓝科锂业引入俄罗斯的吸附剂技术，实现提锂关键技术的初步突破；（3）此后，蓝科锂业仍然经历了近 8 年的优化升级，经过填平补齐工程，2018 年首次实现年产 1 万吨碳酸锂装置满产、并启动年产 2 万吨/年电池级碳酸锂的扩能建设。蓝科锂业 2018 年、2019 年、2020 年碳酸锂产量分别达到 1.1 万吨、1.13 万吨、1.36 万吨，销量分别达 1.13 万吨、1.13 万吨、1.38 万吨。
- 据盐湖股份的报表披露测算，自 2015 年来其提锂成本稳定在 3 万元/吨附近，其中蓝科锂业一期成熟产能在 2020 年的碳酸锂营业成本已降低至约 2.65 万元/吨，支付所得税后的全成本低至约 3.1 万元/吨，较 2019 年的 3.25 和 3.94 万元/吨大幅下降。二期新增产能投产后，预期在爬坡和磨合期的税后全成本将小幅走高，但在完全达产、实现规模效应后，未来有望逐步回归至约 3 万元/吨。
- 在资本开支方面，蓝科锂业二期 2 万吨/年电池级碳酸锂项目的预算总投资为 31.32 亿元，经优化后总投资下降至 25.47 亿元，相比于膜法、电渗析等工艺，吸附技术整体的资本开支较高。

图表 62：盐湖股份是蓝科锂业控股股东，控股比例为 51.42%



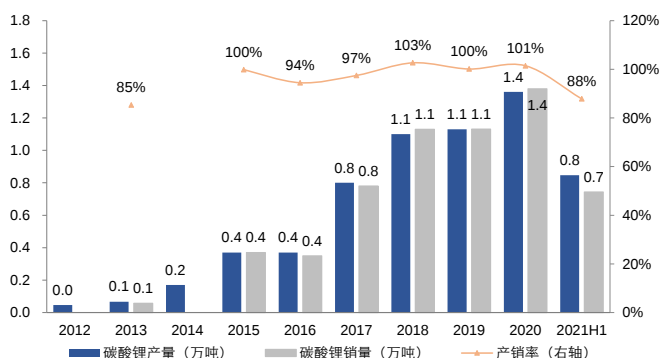
资料来源：科达制造公司公告，五矿证券研究所

图表 63：蓝科锂业从成立到达产成功经历了漫长的产能爬坡，提锂工艺趋于成熟



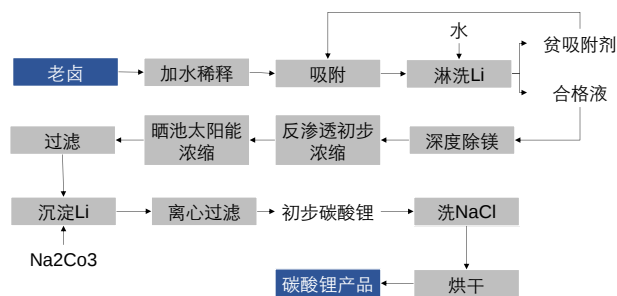
资料来源：科达制造公司公告，盐湖股份公司公告，五矿证券研究所

图表 64：上半年蓝科锂业碳酸锂产量、销量分别录得 8466 吨、7435 吨



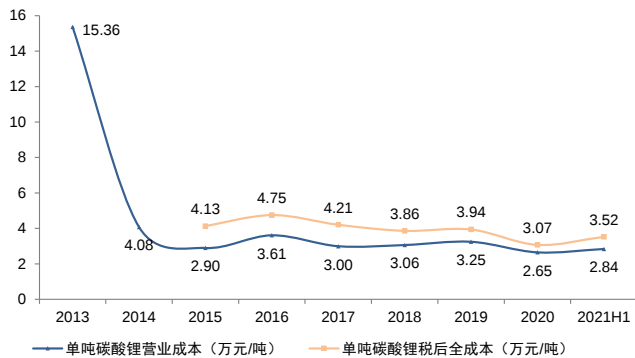
资料来源：科达制造公司公告，五矿证券研究所

图表 65：蓝科锂业采用吸附法提锂+膜分离浓缩的耦合技术



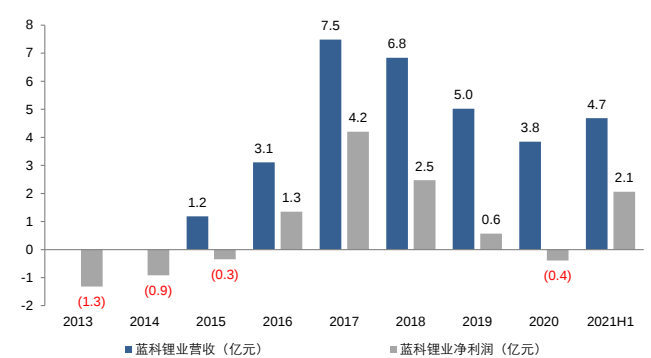
资料来源：盐湖股份公司公告，五矿证券研究所

图表 66：据测算，上半年碳酸锂含税的全成本约为 3.52 万元/吨



资料来源：科达制造公司公告，盐湖股份公司公告，五矿证券研究所

图表 67：量、价支撑蓝科锂业盈利如期走高，上半年实现净利 2.1 亿



资料来源：科达制造公司公告，盐湖股份公司公告，五矿证券研究所

藏格锂业：采用模拟连续吸附，建成年产 1 万吨碳酸锂产能

藏格控股成立于 2002 年，于 2007 年实现对于察尔汗铁路以东 13 家钾肥企业及青海昆仑矿业的整合、开启钾肥资源开发的历程。藏格控股拥有青海察尔汗盐湖铁路以东矿区的钾盐采矿权证，采矿权面积 724.3493 平方公里（2029 年 12 月到期），占察尔汗大盐湖总面积的近 2/5，氯化钾评估利用储量约 6700 万吨，氯化锂资源储量约 200 多万吨，此外公司还持有柴达木盆地以西的大浪滩矿区探矿权，面积 492.56 平方公里，将为后续生产提供资源储备。藏格控股目前钾肥年产能 200 万吨，产量约 100 万吨。由于察尔汗大盐湖的锂浓度自西向东递减，相比毗邻的盐湖股份，公司卤水的锂浓度更低，需要更加高效的吸附装置，从 60mg/L 的提钾老卤中进行锂资源提取。

藏格锂业于 2017 年成立，采用“精滤-连续吸附除杂（吸附剂）-钠滤除杂-反渗透浓缩-离子交换除杂-MVP 浓缩等工艺实现高镁锂比卤水中的镁锂分离，以获得锂含量大于等于 30g/L 的高纯氯化锂溶液（公司披露上述环节回收率在 80%以上），提锂后的老卤水返回注入察尔汗，形成循环。公司规划 2 万吨碳酸锂中的一期年产 1 万吨（10 条产线）已于 2018 年底投产，2020 年实际产销分别为 4430 吨、2013 吨，至 2021 年 7 月，公司日产可达 30 吨碳酸锂。根据藏格锂业公告披露，2021 年销售量目标有望近 1 万吨，后续该生产强度的连续性将取决于其老卤的充裕度。

图表 68：藏格锂业盐田位于青海察尔汗盐湖铁路以东



资料来源：GoogleMaps，五矿证券研究所

图表 69：藏格锂业采用吸附法的一期 1 万吨碳酸锂产能已投产



资料来源：藏格控股公司官网，五矿证券研究所

东台吉乃尔盐湖—东台锂资源：禀赋上佳，电渗析法 2 万吨碳酸锂产能成熟

东台吉乃尔盐湖位于青海柴达木盆地西部，属于硫酸镁亚型盐湖，海拔 2683 米，是一座特大型硼矿、超大型锂矿以及中型规模钾矿，其卤水组分对于提锂较为理想。

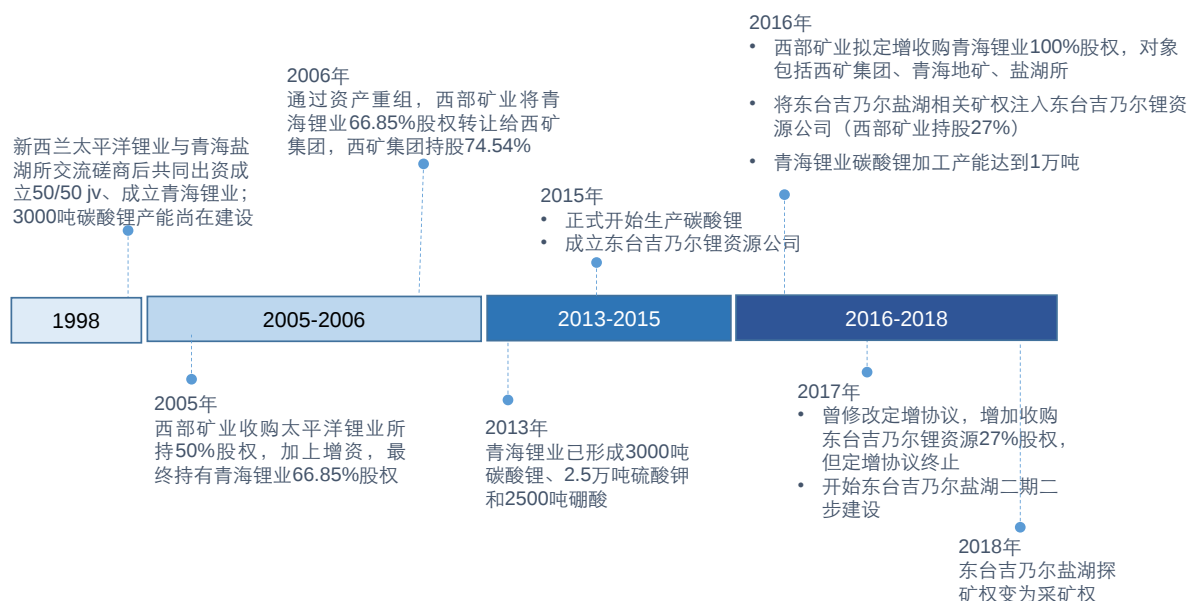
据青海盐湖所，东台盐湖的锂资源储量约 303 万吨氯化锂、折约 264 万吨碳酸锂当量（另有数据口径：在 314 平方公里的评估面积内，探获氯化钾资源约 1265 万吨、三氧化二硼约 130 万吨、氯化锂 210.06 万吨，折合 183.08 万吨碳酸锂当量），锂浓度 420mg/L，镁锂比约 34:1，在青海盐湖中最低。

东台盐湖初期的产业化开发由青海锂业主导，之后并入新成立的东台锂资源公司统一规划实施，目前具备硫酸钾产能约 10 万吨（钾镁肥 15 万吨、氯化钾 7 万吨）、碳酸锂年产能 2 万吨以及少量硼酸，未来规划将钾肥产能扩大至 30 万吨，并形成 3 万吨硼酸。我们认为，在卤水充裕、品位稳定、可持续开采的前提下（取决于洪水、气候等综合因素），未来东台盐湖的提锂产能仍具备一定的潜力。

- 青海锂业主导时期：于 1998 年成立，通过青海盐湖所研发的电渗析技术授权，2006 年实现工业化生产，建设年产 3000 吨碳酸锂、25000 吨硫酸钾和 2500 吨硼酸产能，建成盐湖资源综合利用国家级产业化示范工程。2009 年收到“东台吉乃尔盐湖锂、钾、硼矿产资源开发利用项目二期 1.7 万吨碳酸锂”的环评批复，2013 年收到安全验收备案通知，2015 年二期一步年产 0.7 万吨碳酸锂转固。
- 青海锂业与东台锂资源并存：2013-2016 年，由青海省国资委、青海省经委牵头，联合西部矿业、中信国安、北大先行等组建“东台吉乃尔锂资源公司”（2015 年正式成立），对东台吉乃尔盐湖锂资源进行统一规划、开采、管理，并将青海锂业持有的探矿权转让至其中。此外，东台锂资源与青海锂业签订加工协议，提供卤水和加工费，由青海锂业加工碳酸锂，至 2015 年底青海锂业拥有实际年产能 1 万吨碳酸锂。
- 东台锂资源主导时期：基于在青海锂业已磨合成熟的电渗析技术路线，2017 年东台锂资源公司年产 1 万吨碳酸锂项目开工建设（二期二步），随后 2018 年青海锂业也正式并入东台锂资源，围绕东台盐湖整体形成了 2 万吨的碳酸锂产能，同年东台盐湖的探矿权也正式转为采矿权，矿权问题得到完全平息。

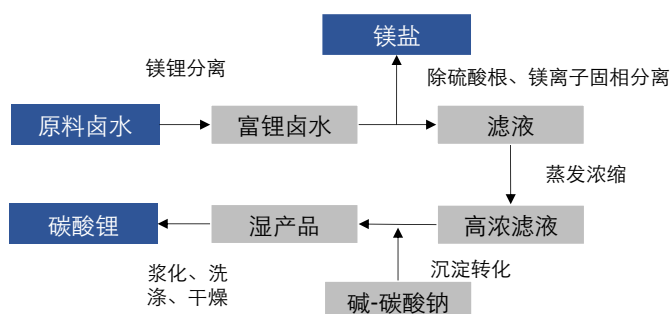
东台锂资源采用电渗析工艺提锂，品质达到“盐湖电池级”标准。电渗析本质上属于膜法的一种，利用一价阳离子选择性离子交换膜与一价阴离子选择性交换膜组成对膜，并进一步组成膜堆乃至电渗析系统，经过电渗析进行连续循环，从而分离镁锂并将锂浓缩，最后进行沉锂。相比青海其他技术路线，电渗析的优势在于淡水消耗量低，经过长期磨合后技术成熟，但其对于卤水品质有一定要求。前期东台盐湖未能满产，主要受制于权证原因导致采卤量受限（探矿权需转为采矿权），2018 年采矿权落地后，采卤区又遭遇降雨、洪水的稀释，主要依靠老卤库存维持生产，目前采卤已恢复、并正在扩大卤水渠道系统，未来 1~3 年有望迎来钾、锂的产量提升。

图表 70：东台吉乃尔盐湖的产业化锂资源开发始于 1998 年



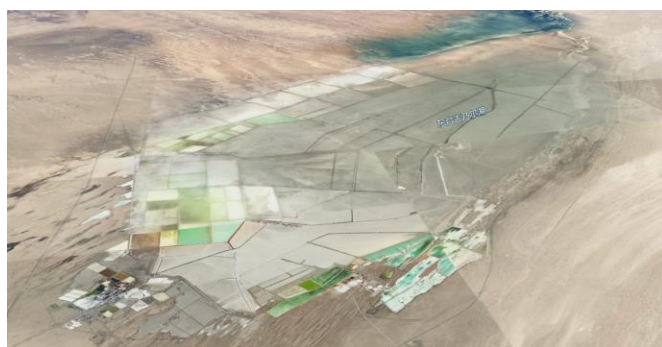
资料来源：西部矿业公司公告，五矿证券研究所

图表 71：青海锂业-东台吉乃尔提锂采用离子膜交换技术



资料来源：青海盐湖所，五矿证券研究所

图表 72：东台吉乃尔盐湖盐田实景图



资料来源：谷歌地球，五矿证券研究所

西台吉乃尔盐湖—中信国安锂业：卤水充裕，从煅烧到膜法、有望迎来蜕变

西台吉乃尔盐湖位于柴达木盆地中部，毗邻东台吉乃尔盐湖，总面积约 570 平方公里，海拔约 2681 米。据公告披露，西台吉乃尔盐湖具备主要资源的资源储量（固体保有+液体孔隙度）：氯化钠 49 亿吨、氯化镁 1.53 亿吨、氯化钾 4199 万吨、氯化锂 263 万吨（229 万吨碳酸锂当量），其中锂卤水浓度约为 210Mg/L，镁锂比约 62。青海国安（中信国安锂业母公司）拥有西台吉乃尔盐湖主体的采矿权，面积约 493 平方公里，矿区内地形开阔、平坦，周边道路交通与天然气等基建完备，同时也具备配套的采输卤及盐田系统。

中信国安早在 2007 年便通过自主研发的煅烧法技术实现了从高镁锂比盐湖进行锂资源的提取，也是青海最早一批实现锂资源商业化开发的生产商。煅烧法是一个具有争议、利弊兼具的路径，在早期的商业化尝试和技改过程中消耗了大量的 Capex，但近年来通过持续优化，环保排放已达标、产品品质显著提升，中信国安锂业成为目前青海盐湖中唯一可生产“国标级”电池级碳酸锂的生产商。

中信国安锂业目前具备年产 40 万吨优质硫酸钾的能力，并具备年产 1 万吨碳酸锂的煅烧法设计产能，当前的有效产能规模虽然有限，但成功进入至主流三元正极材料企业的供应链。

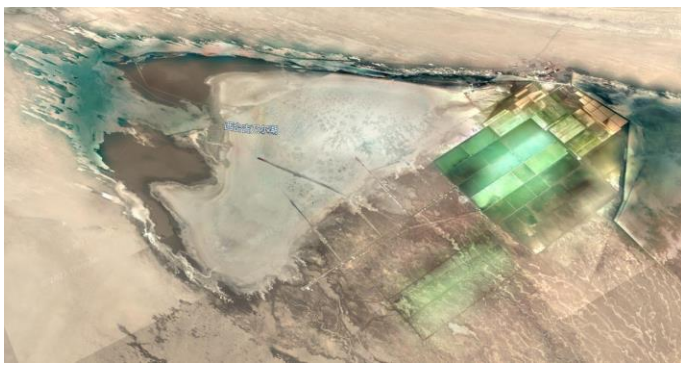
展望未来, 西台有望采用全新的膜法工艺体系、构建总计年产 3 万吨的锂电材料(锂化合物)产能, 其中我们预计膜法中试碳酸锂产线有望在 2021 年内上线。我们认为, 基于西台盐湖的卤水充裕度、完备的抽卤和盐田循环体系、以及近年来吸附和膜分离工艺的快速进步, 西台有望成为未来 3~5 年青海盐湖提锂的主要增量之一。

图表 73: 青海中信国安在 2005 年获得西台吉乃尔盐湖采矿权



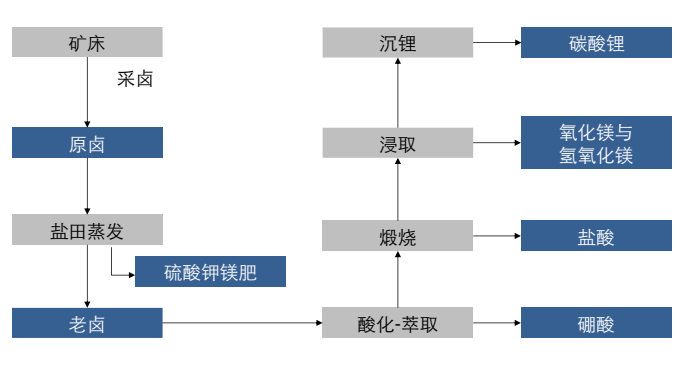
资料来源: 中信国安公司公告, 中葡股份公司公告, 五矿证券研究所

图表 74: 西台吉乃尔盐湖距东台盐湖 35 公里, 中信国安持有盐湖采矿权



资料来源: Google Maps, 五矿证券研究所

图表 75: 西台吉乃尔盐湖的综合开发工艺流程



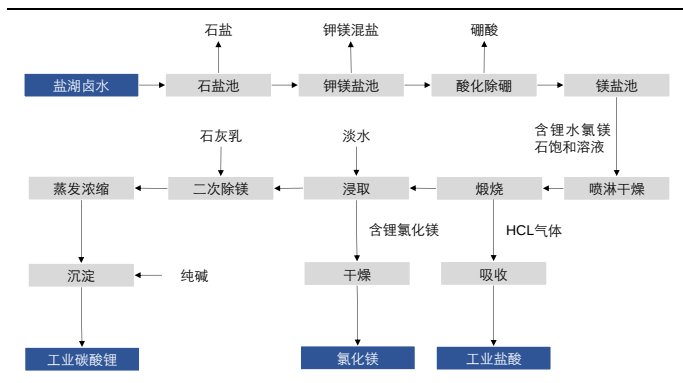
资料来源: 《西台吉乃尔盐湖开发工艺及工业化现状 (2012) 》, 五矿证券研究所

图表 76: 西台吉乃尔具备丰富且多元的矿产资源, 其中氯化锂资源量约 263 万吨

资源类型	资源类型	资源量 (万吨)
固体矿保有资源量	NaCl	466,806.89
	KCl	2,125.97
	MgCl ₂	2,325.32
液体矿孔隙度资源量	LiCl	262.83
	KCl	2,073.10
	B ₂ O ₃	154.58
	MgCl ₂	12,933.99
	NaCl	22,884.43
总资源量		
NaCl (亿吨)	48.97	
KCl (万吨)	4199.07	
MgCl ₂ (亿吨)	1.53	
LiCl (万吨)	262.83	
B ₂ O ₃ (万吨)	154.58	

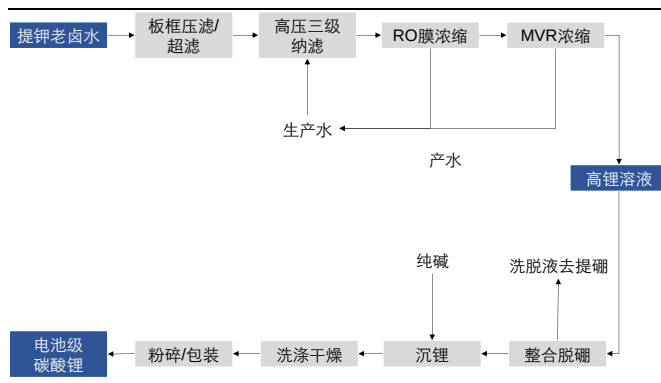
资料来源: 中葡股份公司公告, 五矿证券研究所

图表 77：中信国安目前提锂主要采用自主研发的煅烧法



资料来源：《盐湖卤水锂资源及其开发进展》，五矿证券研究所

图表 78：中信国安在新专利中利用高压纳滤膜提取电池级碳酸锂



资料来源：国家专利网，五矿证券研究所

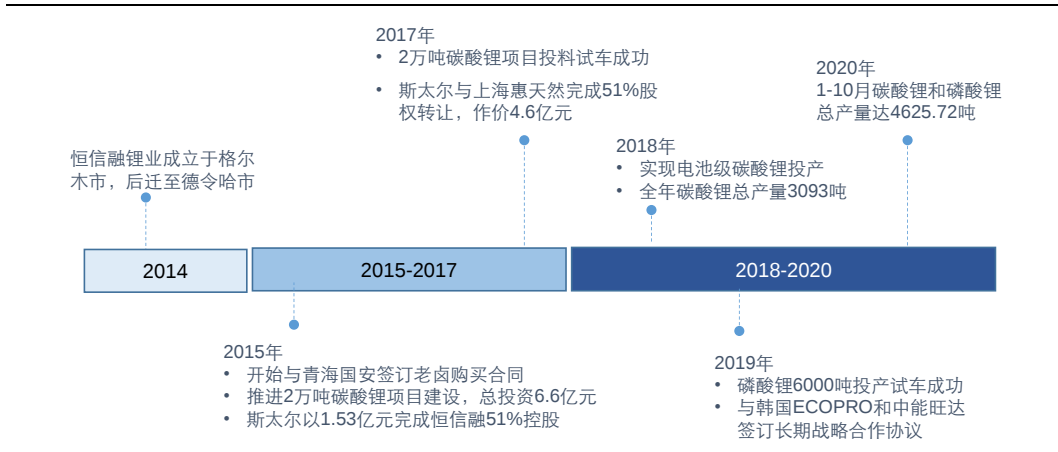
西台吉乃尔盐湖—恒信融锂业：外购老卤生产，青海导入膜法的先行者

青海恒信融锂业科技于 2014 年成立，在青海首次商业化引进在水处理领域拥有广泛应用的膜工艺，低污染、高回收率提取碳酸锂，每年可综合利用卤水 100 万方，2015 年在西台园区年产 2 万吨膜法碳酸锂项目开始建设，配套公辅工程，占地 380 亩，总投资 66476.68 万元，2017 年 10 月底投料试车成功，2018 年验收通过，在青海成功开辟了技术新路径。

恒信融锂业主要的生产原料为外购毗邻的中信国安的脱硼卤水，通过专用的锂镁分离膜得到大于 550ppm 的低镁液侧锂卤水，之后陆续通过浓缩、沉锂、干燥形成碳酸锂成品，副产氢氧化镁。2019 年公司还利用产线剩余的沉锂母液构建了年产 6000 吨的磷酸锂产能（直接用于磷酸铁锂材料领域），公司 2018 年碳酸锂实际产量 3093 吨，2019 年碳酸锂和磷酸锂总产量 2755 吨，2020 年总产量预计接近 5000 吨（当年 1-10 月总产量 4625.72 吨），2019 年与韩国 ECOPRO、中能旺达国际贸易公司签订长期战略合作协议。

制约恒信融锂业产量释放的核心瓶颈在于资源保障，围绕资源储备，公司 2019 年获得面积 394.26 平方公里的西台吉乃尔盐湖东北深层卤水钾矿的探矿权，并积极进行采矿权申请准备，但抽取深层卤水需深度打井、并进行增压，还需确保抽卤的持续性，开采所需资本投入较大，未来的经济性开采有待观察和验证。

图表 79：恒信融膜法 2 万吨碳酸锂产能已运行超过 3 年



资料来源：恒信融公司官网，各公司公告，五矿证券研究所

图表 80：恒信融 2 万吨碳酸锂项目的西南侧为青海中信国安，相距仅 600 米



资料来源：《恒信融锂业 2 万吨碳酸锂产能验收报告》，五矿证券研究所

图表 81：恒信融膜法产线生产的碳酸锂产品



资料来源：恒信融公司网站，五矿证券研究所

图表 82：恒信融旗下的年产 6000 吨磷酸锂生产线于 2019 年投产



资料来源：恒信融公司网站，五矿证券研究所

一里坪盐湖—五矿盐湖：年产 1 万吨碳酸锂高效达产，原卤吸附上线可期

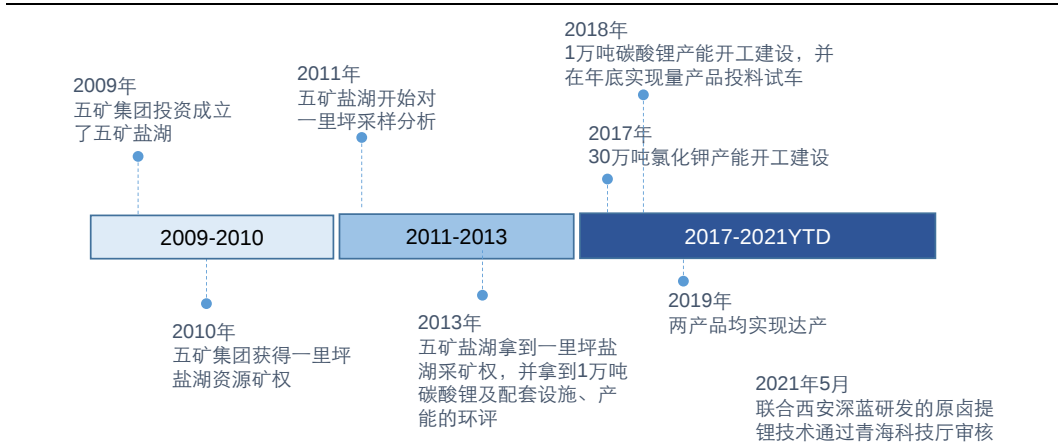
一里坪盐湖坐落在西台盐湖的西侧，其形成与东台盐湖、西台盐湖同源，也是海西最后一块得到整装开发的大型盐滩。一里坪盐湖由五矿集团 51% 控股，采用“膜法梯度耦合”提锂技术，2019 年 1 万吨碳酸锂产能已经投产。整体而言，一里坪盐湖的锂浓度、储量低于东西台盐湖，同时卤水中的镁锂比较高（97:1），但我们认为其依然属于一个稀缺的优质资产，资源数据详实，且应用或尝试了膜法、吸附等各项先进技术，未来一里坪的产能上限将主要由原卤充裕度决定。

- 一里坪盐湖位于青海省海西州柴达木盆地中的西部区域，为硫酸镁亚型盐湖，卤水富含钾、锂、硼、镁等元素，钾含量高，平均锂浓度约 150Mg/L。据赣锋锂业披露，一里坪盐湖总孔隙度资源量约 98480 万方卤水，含氯化锂 189.7 万吨、氯化钾 1865.87 万吨；总给水度资源储量 46920 万方卤水，含氯化锂 92.074 万吨、氯化钾 900.36 万吨。截至 2020 年 4 月，盐湖历年已使用消耗的资源量为氯化锂 2.379 万吨、氯化钾 84.9 万吨，库存资源量及盐田在线量情况为氯化锂 6.982 万吨、氯化钾 71.36 万吨。
- 五矿盐湖是青海一里坪盐湖上唯一的资源商，具备 30 万吨氯化钾和 1 万吨碳酸锂产能。
 - （1）五矿盐湖是中国五矿集团旗下的三级子公司，成立于 2009 年，五矿有色金属控股有限公司持股 51%；
 - （2）五矿盐湖持有一里坪盐湖项目采矿许可证，矿区面积约 423 平方公里；
 - （3）公司 2011 年对盐湖开始采样分析，2013 年获取采矿权，2018 年投资约 34 亿元，启动建设年产 30 万吨氯化钾、1 万吨碳酸锂、1 万吨硼酸和 20 万吨纯碱产

能，继钾肥投产后，2019年碳酸锂产能正式投产。其中，针对碳酸锂产能，久吾高科作为技术及膜法总包商为其设计、提供镁锂分离成套装置。此外，公司2019年9月还与蓝晓科技签订卤水预处理车间吸附成套装置采购合同，完成建成产线的升级改造。

- 具体来看，一里坪盐湖所采用的提锂工艺是将中科院盐湖所的“梯度耦合膜分离技术”和德国弗莱贝格工业大学“多级锂离子浓缩高镁锂比卤水提锂技术”相结合。前期通过分段结晶滩晒得到老卤，在提钾后，将氯化镁卤水进行多级蒸发结晶和脱镁后再进一步浓缩、分离、沉淀、蒸发、等步骤得到碳酸锂成品。
- 值得重点关注的是，2021年5月五矿盐湖的“盐湖原卤高效提锂技术研究项目”通过科技成果评价。原卤高效吸附的核心亮点在于，一改“先经过盐田滩晒析出钠、钾得到老卤，再进入车间进行镁锂分离并浓缩提锂”的经典流程，转变为“提锂前置”，实现钠、镁、钾与锂的同时分离及浓缩脱硼提锂，从而大幅减少了锂在盐田系统中的损失，显著提高锂的一次收率（理想情形可从原来的约35%提升至70%），同时应用连续离交设备提高了装置效率和自动化，提完锂之后的尾液可再进行钾肥的提取和生产。我们认为，该原卤提锂技术若得到商业化、并在连续生产中得到充分验证和磨合，将为全球盐湖提锂行业带来革命性的影响，可将晒卤-提锂生产周期从2年缩短至约20天。

图表 83：五矿一里坪已实现 1 万吨“膜法梯度耦合”的稳定生产，原卤提锂完成中试



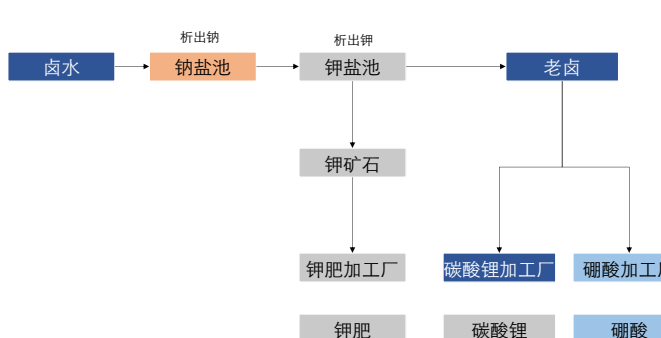
资料来源：《一里坪提锂记》，《一里坪环评报告》，《五矿盐湖一里坪盐湖开发情况及展望》等，五矿证券研究所

图表 84：一里坪与西台、东台盐湖为三湖同源



资料来源：谷歌地球，五矿证券研究所

图表 85：一里坪锂资源综合利用项目导览



资料来源：《五矿盐湖一里坪盐湖开发情况及展望》，五矿证券研究所

大柴旦盐湖—大华化工：萃取生产氯化锂，后端配套金属锂，吸引亿纬入股

青海大柴旦盐湖坐落于柴达木盆地的北部区域，是一个典型的青藏高原硫酸盐型盐湖，矿床面积约 240 平方公里。大华化工持有大柴旦盐湖为 89.75059 平方公里的采矿权，截至 2020 年底，保有液体矿控制及推断资源量为氯化钾 324.21 万吨，氧化硼 51.41 万吨，氯化锂 29.392 万吨，氯化钠 4989.97 万吨，硫酸镁 889.757 万吨，氯化镁 1841.149 万吨，溴 1.177 万吨，保有固体矿控制及推断资源量为硫酸钠 12594.05 万吨，氯化钠 56149.55 万吨。

大华化工下属兴华锂盐是依托大柴旦盐湖进行提锂的主要企业，于 2016 年成立，由大华化工公司控股、与柴达木建设投资有限公司合资成立。当前建成产能为萃取年产氯化锂 1 万吨、氢氧化锂 2000 吨、碳酸锂 3000 吨和硼酸 2.5 万吨。整体来看，在上游，大华化工通过多个平台拥有钾肥、镁肥、氯化锂产能，而在下游，大华控股的金昆仑在格尔木市建设了年产 1000 吨的金属锂产能（规划产能 3000 吨），围绕大柴旦盐湖构建了盐湖资源循环产业链。

在工艺方面，兴华锂盐与青海盐湖所、上海有机所等科研单位联合，采用萃取法进行提锂，可生产高品质的氯化锂，作为后端金属锂等深加工产品的原料。其主要以磷酸三丁酯为萃取剂、氯化铁为络合剂、盐酸为反萃取剂，经过萃取、蒸发、除杂和沉淀后获得氯化锂或碳酸锂产品。

2020 年 7 月，亿纬锂能公告披露拟收购大华化工 5% 股权、其控股股东—西藏亿纬控股拟收购大华化工 29% 股权，成为大华的第二大股东，在本次交易中，核心资产大柴旦湖（A 区）硼钾矿采矿权评估价值约 28.46 亿元。与此同时，亿纬锂能拟收购大华化工下属的金昆仑锂业 28.125% 股权，此外双方计划在青海成立新的合资公司，由亿纬控股 80%、金昆仑参股 20%，分期投资 18 亿元建设年产 3 万吨的碳酸锂/氢氧化锂项目，其中第一期项目将建设年产 1 万吨碳酸锂/氢氧化锂。

图表 86：大柴旦盐湖的氯化锂资源保有量达到 29 万吨

单位：万吨	保有液体矿控制及推断资源量							保有固体矿控制及推断资源量	
	氯化锂	氯化钾	氧化硼	氯化钠	硫酸镁	氯化镁	溴	硫酸钠	氯化钠
大柴旦盐湖 (大华化工)	29.392	324.21	51.41	4989.97	889.757	1841.149	1.177	12594.05	56149.55

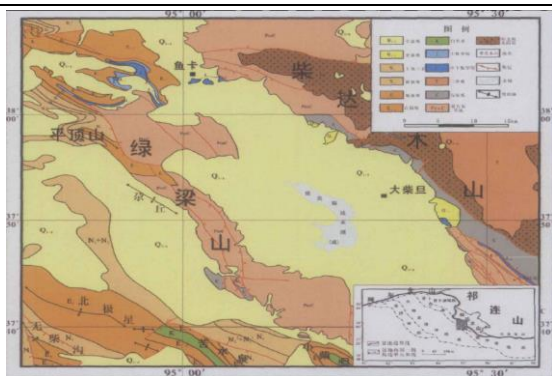
资料来源：亿纬锂能公司公告，五矿证券研究所

图表 87：大柴旦平均锂浓度为 0.242%，镁锂比约 125

密度	温度	主要化学组成 (%)							
g·mL ⁻¹	°C	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	B ₂ O ₃	Li ⁺
1.2367	23	5.49	0.0185	3.04	0.741	15.40	3.24	0.235	0.0242

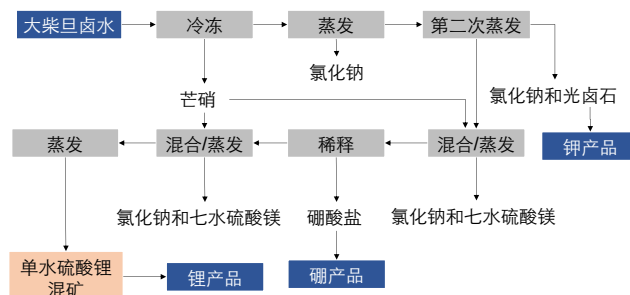
资料来源：《大柴旦盐湖卤水中结晶 高品位钾/硼/锂矿》，五矿证券研究所

图表 88: 柴达木盆地北部的大柴旦地区地质简图



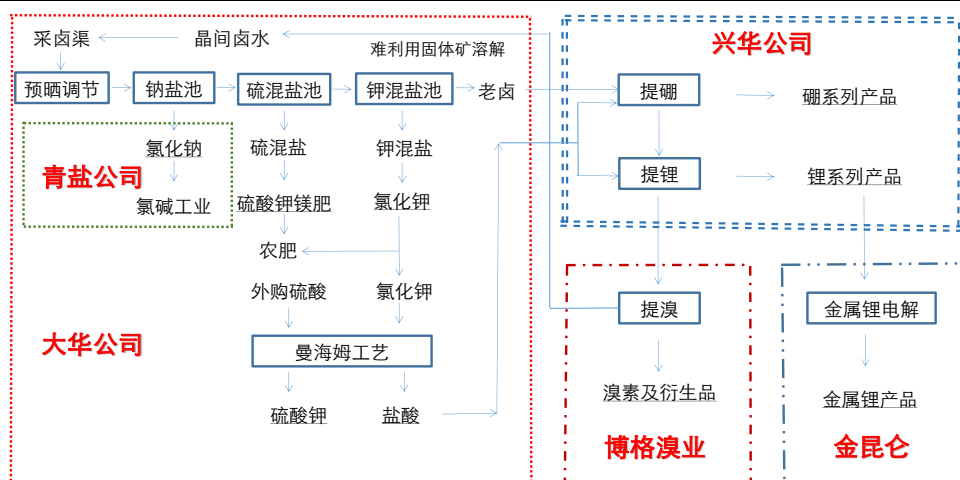
资料来源:《柴达木盆地北缘中生代的盆地结构分析》, 五矿证券研究所

图表 89：大柴旦盐湖主要采用萃取法



资料来源:《大柴旦盐湖卤水中结晶高品位钾/硼/锂矿》,五矿证券研究所

图表 90：柴达木经济循环新能源产业链已初具规模



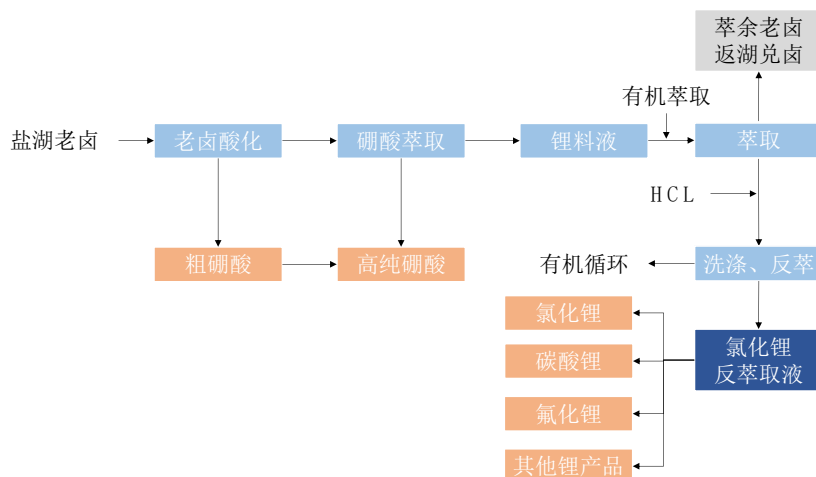
资料来源：金昆仑公开研究材料，五矿证券研究所

冷湖镇巴仑马海盐湖—锦泰钾肥：低钾高钠的中小盐湖资源

巴仑马海盐湖矿区位于青海省冷湖镇，坐落在柴达木盆地的北部边缘，属于高钾低钠盐湖。锦泰钾肥是巴仑马海矿区的主要生产商，公司于 2004 年成立，已开采钾肥多年，主要股东为青海富康矿业资产管理有限公司（约 44.58%）、李世文（38.75%）和深圳兆新能源（约 16.67%）。锦泰钾肥拥有马海卤水钾矿采矿面积约 197.96 平方公里，以及矿产资源勘查许可面积约 275 平方公里，最大生产规模 6 万吨/年。

在锂资源开发方面，锦泰钾肥通过全资子公司锦泰锂业（2016 年成立）进行碳酸锂生产，规划总投资 9.63 亿元、年产 1 万吨碳酸锂，于 2017 年月中旬获得环评批复。其中，一期年产 3000 吨碳酸锂，最初采用萃取法，由锦泰钾肥自建，2016 年 6 月开工、2017 年 7 月投产，通过盐田蒸发剔除钠盐、钾盐、光卤石和部分镁，浓缩形成老卤，再进行离心萃取进一步剔除硫酸根等杂质；二期年产 7000 吨则与蓝晓科技签约，换用吸附法，蓝晓为锦泰提供完整的产线建设和运营服务，二期的 7000 吨又细分为 3000 吨、4000 吨两套生产线实施，其中 3000 吨已建成投产，4000 吨建设运营协议已在 2019 年 2 月签署。2020 年，公司针对应用工艺、系统集成等多环节对产线进行了优化，在后续建设过程中新增了包含除硼、母液回收在内的诸多新型技术单元，并对吸附材料进行了改良。我们认为，未来锦泰含锂老卤供给的可持续性和充裕度有待进一步观察和验证。

图表 91：通过离心萃取法提取盐湖老卤中氯化锂等产品



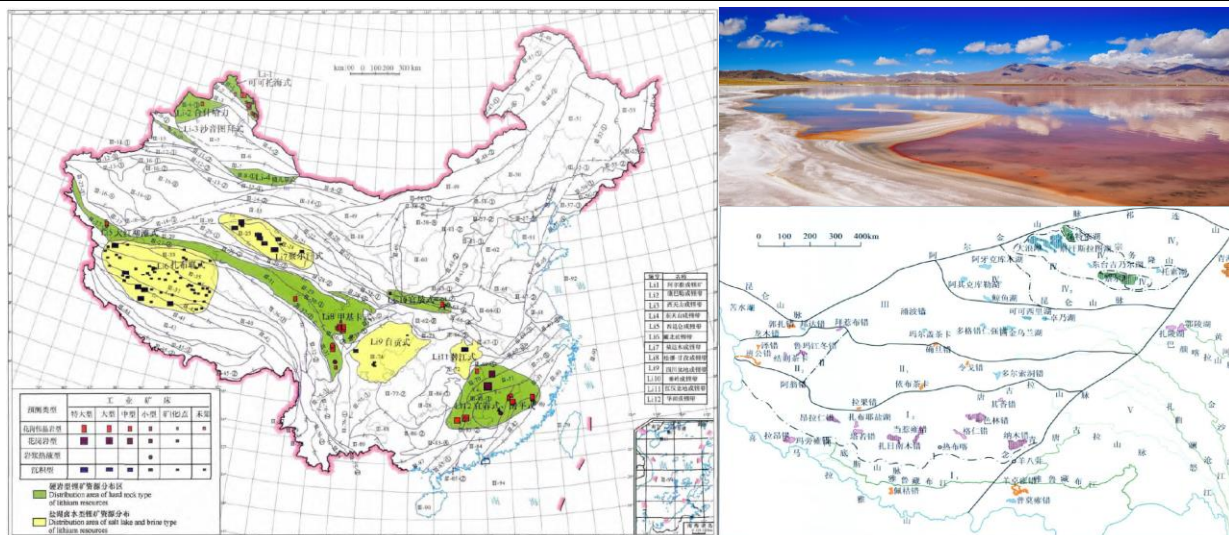
资料来源：锦泰锂业公开资料，五矿证券研究所

西藏盐湖提锂：锂浓度、镁锂比全球一流，标杆项目进展可期

青海与西藏是中国最主要的富锂盐湖集中地，在青海各主力盐湖的工艺基本定型、进入棕地扩能阶段后，西藏盐湖由于其远景潜力，开始成为产业链关注的焦点。西藏盐湖矿产中含有丰富的锂、硼、钾、铷、铯资源，是高原上的“沉默宝藏”。西藏盐湖约有 500 多个，面积超过 8225 平方公里，占西藏湖泊总面积约 30%，主要分布在阿里地区、那曲地区和日喀则地区西北部等，海拔大多在 4400 米以上。西藏盐湖大多为富锂盐湖，据不完全统计，平均锂浓度超过 224mg/L，约 20 个盐湖达到工业品位要求。从类型看，西藏盐湖带由南自北大致可分为碳酸盐型、硫酸钠亚型和硫酸镁亚型盐湖带，其中碳酸盐型盐湖卤水全球罕见，呈现出高锂浓度、低镁锂比的特征，可采用较为简单的工艺提取粗碳酸锂，其中具备代表性、目前在产的主要是扎布耶茶卡。全球比较而言，西藏拥有数个锂浓度、镁锂比堪称一流的盐湖资源，但单体的资源规模不及南美锂三角区域的一、二线盐湖以及青海察尔汗盐湖。

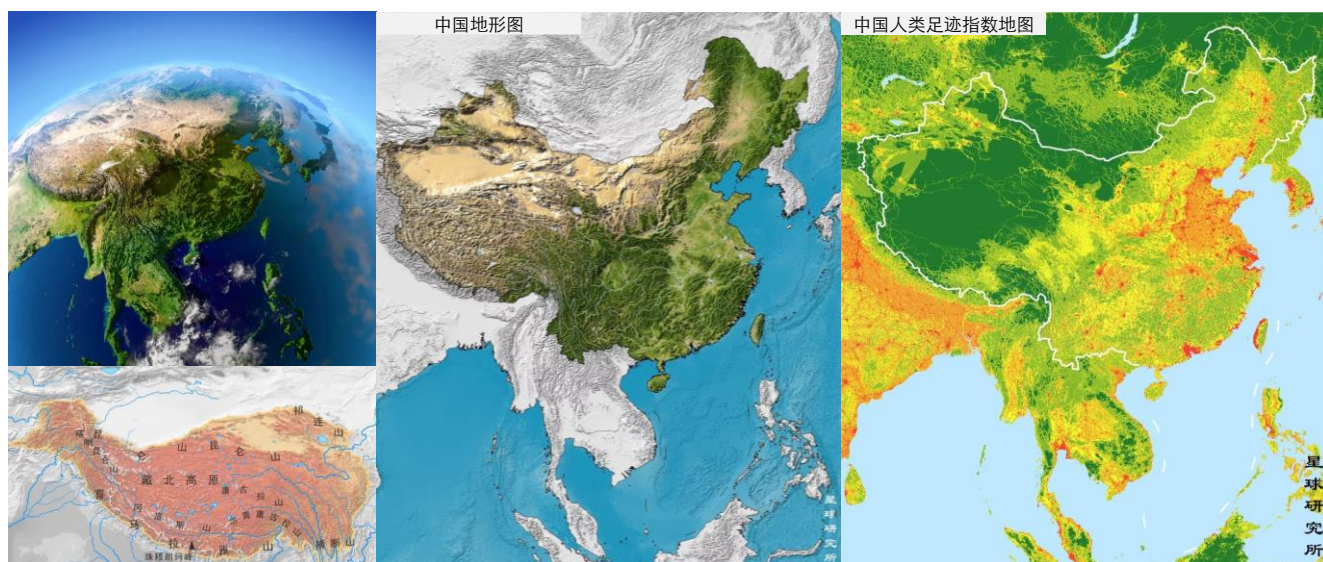
尽管西藏盐湖资源的远景巨大，但实际的开发过程挑战重重，一方面在于地势高寒（尤其高海拔）、地貌复杂、电力供应匮乏、交通不便以及缺乏熟练调试工人所带来的困扰，另一方面，西藏生态脆弱、且是重要的优质淡水资源地（被誉为“亚洲水塔”），要求环保第一，因此工艺方案的选择、化学试剂的使用慎之又慎。近年来，得益于道路设施的改善，以及青海地区盐湖提锂工艺的成熟和创新（技术的外溢），西藏的富锂盐湖开发迎来了新的契机，尽管全面的放量为时尚早，但我们看好例如扎布耶等标杆项目有望取得积极进展。

图表 92：青藏高原之上，富锂盐湖星罗棋布



资料来源：《青藏高原盐湖湖水化学及其矿物组合特征》，《中国锂矿成矿规律概要》等，五矿证券研究所

图表 93：西藏被誉为世界第三极，地处青藏高原，各类资源丰富，但地貌复杂、生态脆弱和地广人稀



资料来源：星球研究所，五矿证券研究所

扎布耶：全球罕见的高品质碳酸盐型盐湖，二期将转向膜分离+强制蒸发

扎布耶盐湖位于青藏高原腹地的日喀则仲巴县西北端，海拔 4422 米，由北部的地表卤水湖和南部的半干盐湖组成，湖区总面积达 247 平方千米。

作为一座碳酸型盐湖，其锂浓度之高、镁锂比之低均为全球罕见，并富含硼、钾、铷等多种资源。上表数据方面，扎布耶目前具备碳酸锂储量 184 万吨，为超大型规模，锂浓度在 420~1610mg/L 之间（部分文献采用 800mg/L 的平均口径），北部地表卤水和南部晶间卤水的锂离子浓度均较高，且镁锂比低至 0.015。此外，扎布耶拥有氯化钾总储量 1618 万吨，达到中型规模，以及氧化硼总储量 1148 万吨，达到超大型规模。

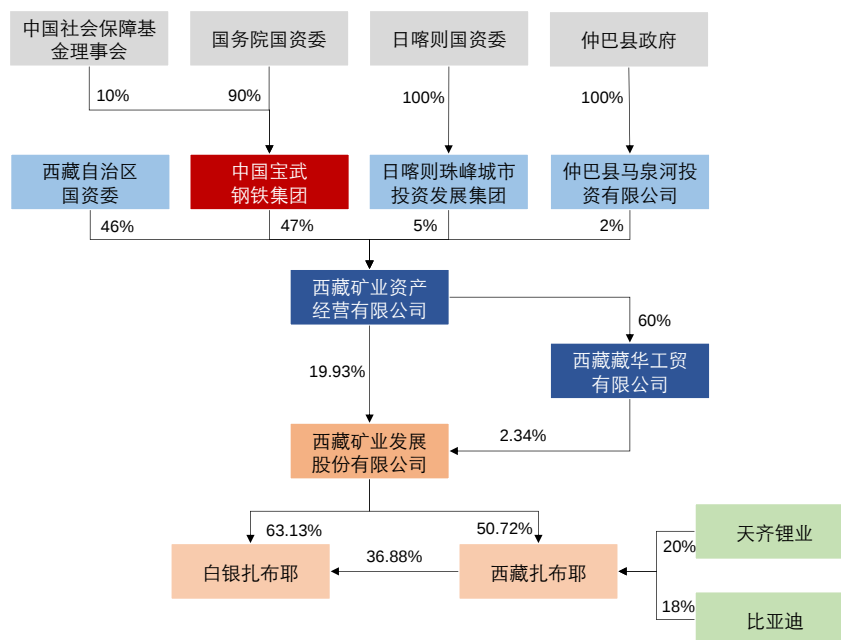
西藏矿业持有扎布耶的独家开采权，截至 2020 年报披露，持有西藏扎布耶 50.72% 股权，而中国宝武钢铁集团已成为西藏矿业的实控人，目前持股 22.27%。扎布耶一期产能 2006 年完成项目产业化验收，采用盐梯度太阳池进行提锂，设计年产 5000 吨碳酸锂结晶体，2021 年

有效产能有望优化至 7000 吨，未来将通过动态兑卤、铺膜等方式进行技改，规划至 2023 年进一步提升至 10000 吨/年（折合约 5000 吨 LCE）。

扎布耶作为高浓度、低镁锂比的碳酸盐型盐湖，可通过较简易的流程产出粗碳酸锂，但卤水组分也导致其锂含量不容易进一步富集，在蒸发各阶段容易分散析出。基于该卤水特性，经过自 1980 年代初开始的长期摸索，扎布耶一期最终采用了太阳池结晶工艺，先在盐田进行冻硝-蒸发浓缩，再进入梯度太阳池（9 层不同浓度卤水），日照让卤水升温，利用碳酸锂伴随温度升高溶解度下降的原理将碳酸锂结晶而出，产出品位约 65% 的碳酸锂结晶体（公司称之为“锂精矿”，生产中的实际品位约 50%）。之后，再将碳酸锂结晶体运输至后端的白银扎布耶锂盐厂（已在 2020 年停产），经调浆等流程后形成精矿料浆，最后利用苛化-碳化法进行提纯生产碳酸锂和氢氧化锂产品。盐梯度太阳池的巧妙之处在于充分利用了卤水特性，以及矿区充裕的太阳能、高蒸发率和较大的温度变化，无需添加化学试剂，但弊端在于生产“靠天吃饭”，容易受到天气的影响，此外需要持续解决盐田渗漏等问题。

2021 年 8 月，西藏矿业公告将投资约 20 亿元实施“扎布耶盐湖绿色综合利用万吨电池级碳酸锂项目”（新二期项目），基于青海盐湖的技术经验，将采用盐田蒸发+膜分离+结晶蒸发提锂的技术路线，构建年产电碳 9600 吨、工碳 2400 吨、氯化钾 15.6 万吨、铷铯混盐 200 吨产能，计划 2021 年 9 月底开工、力争 2023 年 7 月底建成、9 月底投产。二期碳酸锂的全成本设计约 4.25 万元/吨，抵扣副产品后约 2.41 万元/吨。资金来源方面，公司规划定增募资 7-12 亿元，同时利用 4.5-9.5 亿元的银行低息贷款。针对矿区薄弱的能源供应，公司将采购由供应商配套投资建设的光电+光热联产服务模块（投资 23.64 亿元），通过光伏光热、电化学储能和熔盐储能形式，自备电厂解决用电问题。

图表 94：西藏矿业新实际控制人已变更为宝武钢铁集团



资料来源：西藏矿业公司公告，企查查，五矿证券研究所

图表 95：扎布耶盐湖的盐田、太阳池全貌



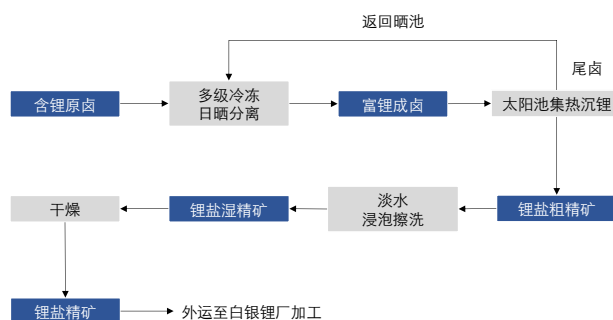
资料来源：《扎布耶盐湖的开发》，五矿证券研究所

图表 96：扎布耶盐湖卤水中富含锂、硼、钾等元素，储量丰富

单位：万吨	总储量（液体+固体）	液体矿储量	固体矿储量
碳酸锂	184.10	81.88	102.22
氯化钾	1618.46	768.93	849.53
氧化硼	1147.78	81.9	1065.88
氯化钠	5049.86	3199.13	1850.73
硫酸钠	3148.68	699.63	2449.05
碳酸钠+碳酸氢钠	739.84	654.72	85.12
铷	0.53	0.53	-
铯	0.16	0.16	-
溴	4.15	4.15	-

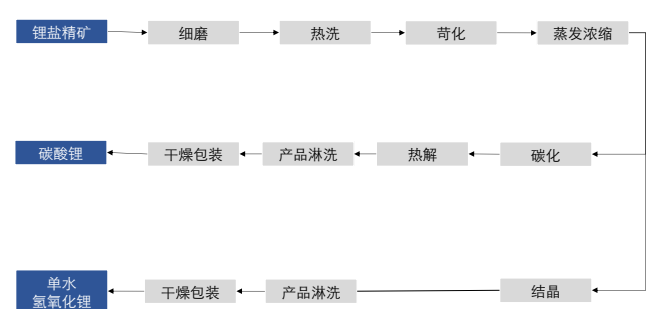
资料来源：西藏矿业公司公告，五矿证券研究所

图表 97：扎布耶盐湖的提锂和加工在不同地区进行



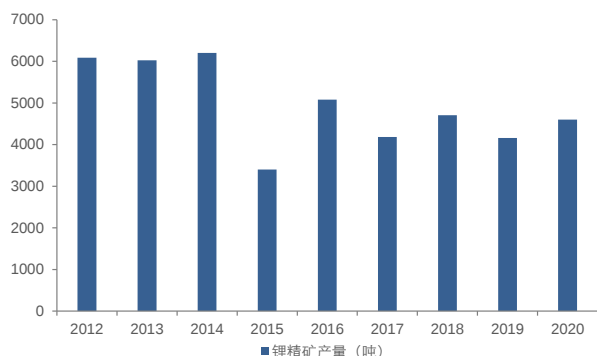
资料来源：《扎布耶盐湖的开发》，五矿证券研究所

图表 98：运用苛化－碳化法对扎布耶的粗碳酸锂进行提纯



资料来源：《扎布耶盐湖的开发》，五矿证券研究所

图表 99：2016 年以来，扎布耶“锂精矿”产量在 4000-5000 吨区间



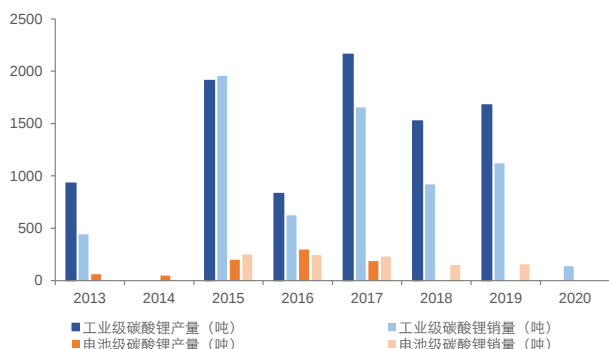
资料来源：西藏矿业公司公告，五矿证券研究所

图表 100：太阳池沉淀法析出的锂产品



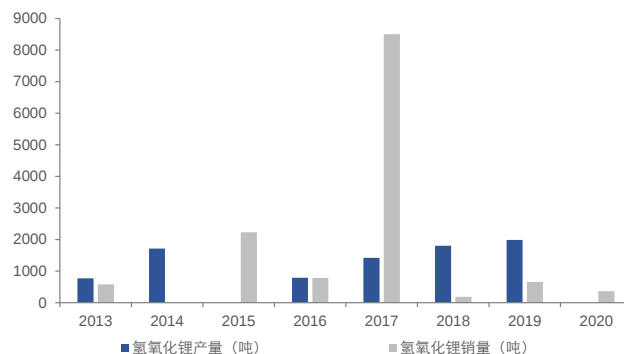
资料来源：《扎布耶盐湖的开发》，五矿证券研究所

图表 101：工业级碳酸锂是甘肃白银扎布耶的主要产品



资料来源：西藏矿业公司公告,五矿证券研究所 (注：产量=自产+委托)

图表 102：甘肃白银扎布耶还可生产氢氧化锂产品



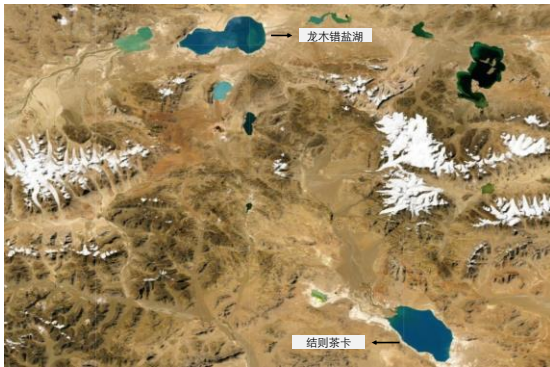
资料来源：西藏矿业公司公告,五矿证券研究所 (注：产量=自产+委托)

龙木错与结则茶卡：资源禀赋优越，持续探索因地制宜的工艺方案

龙木错盐湖与结则茶卡盐湖均位于西藏阿里地区，相距约 100 多公里，蕴藏着丰富的锂、钾和硼等资源。2010 年西藏城投与西藏金泰工贸有限公司、孙建义达成合作意向，在资源整合后共同合作开发龙木错盐湖和结则茶卡盐湖。两个盐湖的采矿权当前归属于西藏国能矿业（西藏城投对其持股 41%），两大盐湖合计碳酸锂储量 390 万吨（储量大型），氯化钾 2800 万吨（储量中型），硼（以三氧化二硼）330 万吨（储量中型），其中碳酸锂储量居世界前列。同时，公司正在推动结则茶卡盐湖预浓缩卤水萃取提锂工艺及龙木错铝系粉体吸附工艺的工艺流程的中试工作，并继续深化原卤萃取、锰系吸附工艺的研究。据 2020 年报披露，龙木错采矿权的延期相关权证尚在办理中，而结则茶卡盐湖的采矿许可证已在 2021 年 4 月获得。

- 龙木错盐湖位于西藏阿里地区日土县东北方向，海拔 5100 米，属于氯化物型盐湖，地表卤水面积 100.91 平方公里，地表卤水体积约 27.34 亿立方米。根据公告，龙木错盐湖的地表卤水的矿物组分以硼为主，共生矿物包括锂、钠和钾。其中 332 控制资源量中：氯化锂约 217 万吨，对应平均锂浓度为 794Mg/L；氧化硼为 170 万吨，对应硼浓度为 620mg/L；氯化钾为 1859 万吨，对应钾浓度为 6802mg/L。
- 结则茶卡盐湖位于西藏阿里地区日土县的东汝乡，海拔 4600 米，属于碳酸型盐湖，地表卤水面积 99.6 平方公里。根据储量核实报告，结则茶卡的 332 控制资源量：氯化锂约 231 万吨，平均锂浓度 1173.38mg/L，规模较大且禀赋优异；氧化硼 161 万吨，平均硼浓度 821mg/L；氯化钾 980 万吨，平均钾浓度 4984Mg/L。

图表 103: 西藏国能旗下两座盐湖的距离并不远, 曾探讨兑卤工艺



资料来源: GoogleMaps, 五矿证券研究所

图表 104: 西藏国能在结则茶卡盐湖边建设的盐田



资料来源: GoogleMaps, 五矿证券研究所

图表 105: 龙木错盐湖的控制资源量 (332) 为 217 万吨 LiCl, 平均锂浓度 794Mg/L

龙木错盐湖矿业权证书		
矿山名称	日土县松西区龙木错盐湖矿区	
采矿权人	西藏阿里圣拓矿业有限责任公司	
采矿矿种	硼矿、及其伴生矿	
生产规模	1 万吨/年	
矿区面积	100.9605 平方公里	
有效期限	2007.06-2012.06	
矿物	平均品味	控制内蕴资源量 (332)
B ₂ O ₃	620.23Mg/L	169.545 万吨
LiCl	793.6Mg/L	216.954 万吨
KCl	6802.16Mg/L	1859.432 万吨

资料来源: 西藏城投公司公告, 五矿证券研究所

图表 106: 结则茶卡盐湖的控制资源量 (332) 为 231 万吨 LiCl, 平均锂浓度为 1173Mg/L

结则茶卡盐湖矿业权证书		
矿山名称	日土县多玛结则茶卡盐湖矿区	
采矿权人	西藏阿里圣拓矿业有限责任公司 (拟更名为西藏国能矿业发展有限公司)	
采矿矿种	硼矿、及其伴生矿	
生产规模	1 万吨/年	
矿区面积	99.5555 平方公里	
有效期限	2021.04-2031.04	
矿物	平均品味	控制内蕴资源量 (332)
B ₂ O ₃	820.95Mg/L	161.40 万吨
LiCl	1173.38Mg/L	230.69 万吨
KCl	4984.44Mg/L	979.94 万吨

资料来源: 西藏城投公司公告, 五矿证券研究所

其他西藏富锂盐湖：开发过程艰苦，但远景潜力巨大、前景光明

根据西藏自治区的地质勘查规划，西藏北部盐湖盐类沉积矿床，以固液并存的盐湖矿床分布广泛、数量众多，在考虑到对于藏北自然保护区的规避后，工作重点主要围绕在两个区域：

(1) 班公错—怒江断裂带及其次一级断裂附近：该带发育有规模巨大的地热异常区，湖盆众多，成矿条件良好，目前已经评价较好的盐湖有扎仓茶卡、麻米错、拉果错。具有较高找矿前景。(2) 冈底斯—念青唐古拉板片以北地段：该带目前评价的具有代表性的盐湖有扎布耶茶卡、当雄错等，成矿背景良好，工作程度较高。

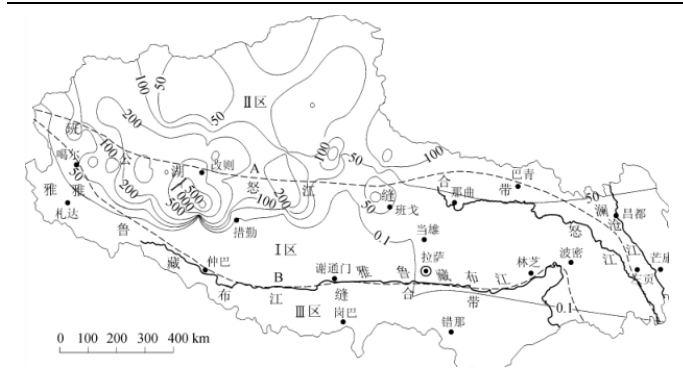
展望未来，我们认为基于青海盐湖提锂的经验积淀、技术创新以及技术外溢，加上道路和电力基础设施的逐步完善（工业用电短缺在短期内难以彻底解决，但可建设光伏、光热），西藏盐湖的资源潜力有望得到持续的挖掘。尤其盐湖提锂的技术突破，例如膜法、原卤吸附等，有望在不大规模建设盐田、不带入化学试剂的前提下，为绿色开发带来更多的可行性。虽然在西藏开展盐湖提锂的过程无疑是艰苦的，挑战巨大，但前景光明，战略意义深远。其中，值得高度关注的盐湖项目包括当琼错、麻米错、拉果错、捌干错等。

图表 107：西藏拥有多处禀赋理想的富锂盐湖资源

盐湖名	面积	开发情况	所属公司
扎布耶	247	开发	西藏矿业
龙木错	101	开发	西藏城投
结则茶卡	100	开发	西藏城投
当琼错	55	探矿权	西藏同泰矿业、西藏旭升矿业
扎仓茶卡	128	采矿权	西藏阿里朋成矿业
麻米错	86.79	探矿权	西藏阿里华峰矿业、西藏地勘局第五地质大队
拉果错	90	探矿权	杭州盾安公司、西藏地勘局第五地质大队
班戈错	135.4	采矿权	西藏中鑫投资有限公司（博纳泽沈达）
鄂雅错	58.7	探矿权	中化集团、西藏地勘局第五地质大队
聂耳错	22	采矿权	西藏矿业、西藏旭升矿业
查波错	32	采矿权	西藏金泰工贸集团

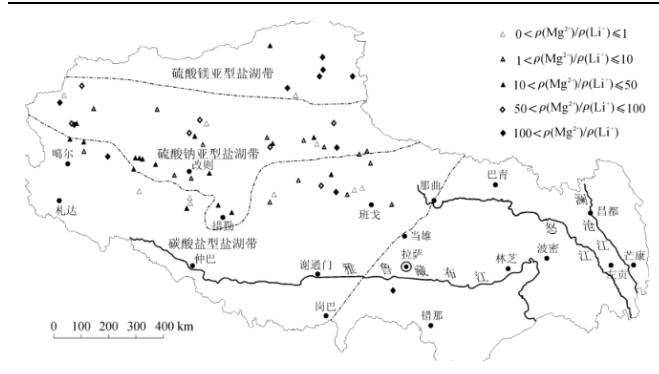
资料来源：中国地质科学院矿产资源研究所，五矿证券研究所

图表 108：西藏地区卤水中锂离子浓度等值线 (Mg/L)



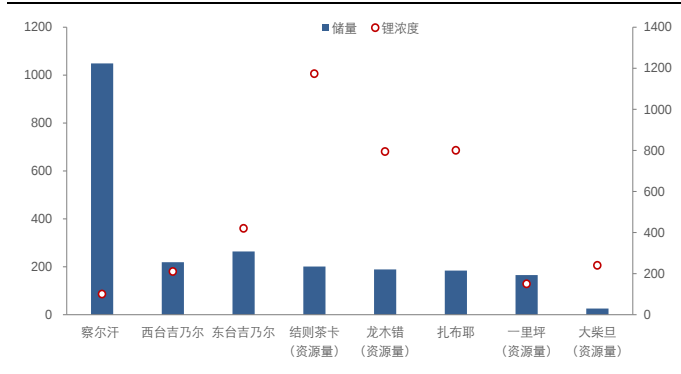
资料来源：《西藏地区盐湖锂的地球化学分布规律》，五矿证券研究所

图表 109：西藏地区盐湖镁锂离子浓度比值分布



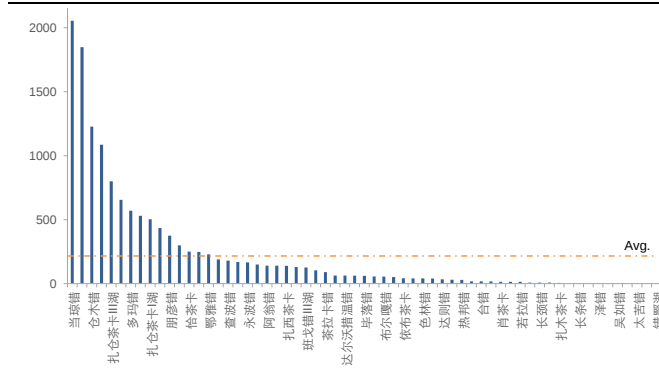
资料来源：《西藏地区盐湖锂的地球化学分布规律》，五矿证券研究所

图表 110: 西藏盐湖具有锂浓度高的特点



资料来源: 各公司公告, 五矿证券研究所

图表 111: 除扎布耶外, 仍有多个禀赋优异的西藏盐湖(Mg/L)



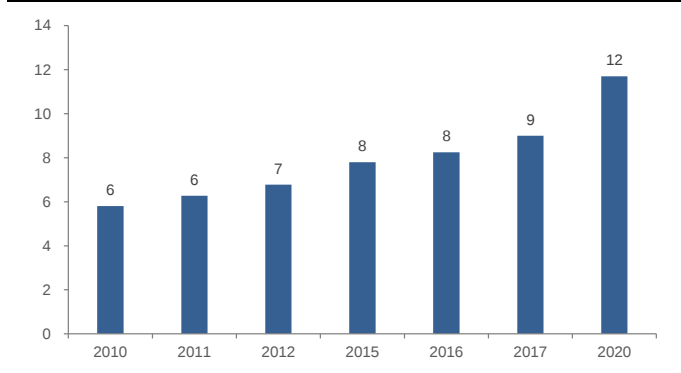
资料来源：《西藏地区盐湖锂的地球化学分布规律》，五矿证券研究所

基础设施：道路条件持续改善，摆脱电力掣肘需清洁能源的加持

西藏地区正积极推进基础设施的建设，包括加快改善交通运输体系与能源保障体系。向前看，我们认为道路条件对于西藏矿产资源开发的制约将逐步缓解，主要问题在于电力等能源供应，在电网供应体系之外，我们认为光伏、光热等清洁能源未来将扮演愈发重要的角色。

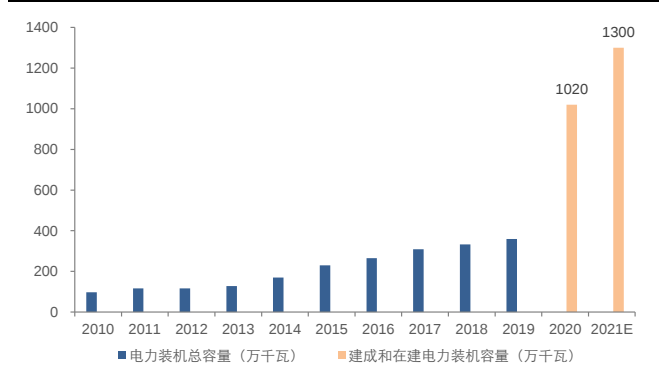
根据西藏自治区政府工作报告统计,截至 2020 年底,西藏自治区公路通车里程 11.7 万公里,较 2011 年同比增长 102%,铁路运营里程 954 公里,较“十二五”末增加 253 公里;区内电网已联为一体,并大力发展清洁能源,已建成和在建电力装机 1020 万千瓦,2025 年规划建成和在建水电总装机 1500 万千瓦以上。

图表 112: 西藏自治区 10 年公路通车总里程增长 102% (万公里)



资料来源：政府工作报告，五矿证券研究所

图表 113: 西藏自治区的能源保障日益改善, 在建电力装机储备项目大



资料来源：政府工作报告，五矿证券研究所

图表 114：青海地区与西藏地区的盐湖锂生产环境对比

核心对比指标	青海省盐湖	西藏自治区盐湖
日照时间	青海冷湖地区年日照时数冠绝中国	西藏平均年日照时数较青、蒙、陇等逊色
海拔与气温	青海平均海拔 3,500 米	西藏平均海拔 4,000 米，西藏地区平均气温较青海低 3℃
卤水类型	晶间卤水：由于日照时间长、气温高，青海盐湖作业需挖掘人工盐田引水	天然卤水：由于日照时间短、海拔高，西藏盐湖一般水量充沛，可直接作业
资源特征	一般锂含量较低、镁锂比较高	一般锂含量较高、镁锂比较低
基础设施	多是钾肥生产基地，基础设施情况良好	一般基础设施薄弱
工艺	由于镁锂比较高，工艺一般较为复杂	一般采取太阳池结晶法，较为直接、简单

资料来源：锦泰锂业公开资料，五矿证券研究所

从生产成本、产品品质、资本投入、环节足迹看盐湖提锂

盐湖生产碳酸锂、氯化锂等基础锂盐的现金成本优势显著

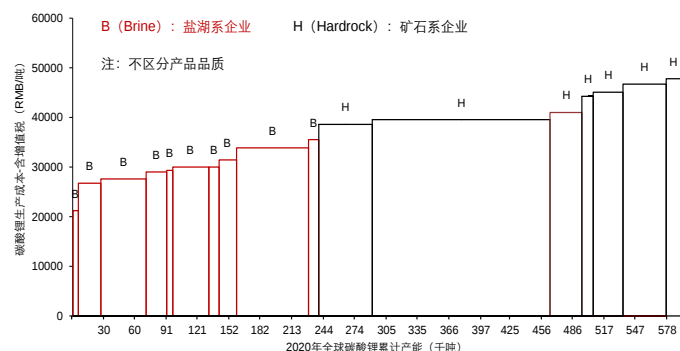
在碳酸锂及氯化锂产品线上，盐湖提锂具备明确的生产成本优势，我们预计智利盐湖（SQM、ALB）生产碳酸锂的 C1 现金成本普遍在 3000 美元/吨，过去以工业级为主要产品的时期最低甚至低至 2000 美元/吨，阿根廷盐湖的现金成本稍高，普遍在 3000~4000 美元/吨，同时在青海，根据报表推算蓝科锂业在 2020 年涵盖所得税的全成本也仅 3.07 万元人民币/吨（4705 美元/吨，按照 6.52 的年度汇率）。与此同时，我们预计锂资源+锂化工一体化的矿石提锂厂商的现金成本至少需要 5000 美元/吨（西澳锂矿+中国锂盐厂的经典高效组合），外购锂精矿作为原料的锂盐厂则远不止这一成本水平。

在氢氧化锂产品线上，当前全球范围，盐湖提锂的成熟工艺是需要首先生产碳酸锂，再苛化生产氢氧化锂（苛化成本中国预计低于 1000 美元/吨，在海外需要约 1500 美元/吨），相比之下，矿石提锂则可一步直接生产氢氧化锂，且制造成本反而较生产碳酸锂产品更低，因此拥有自有资源的矿石系锂盐厂在氢氧化锂产品线上至少不面临成本劣势，且拥有品质优势。

此外，我们需要以动态的视角来看生产成本：（1）尽管智利盐湖的 C1 现金成本低廉，但客户对于产品品质要求的提升、Corfo 权益金的大幅提高将显著抬高其完全销售成本；（2）全球领军电池、车企对于 ESG（尤其碳排放）的要求正在逐年严苛，例如将迫使矿石提锂企业从烧煤转向天然气，从而抬高成本曲线；（3）未来盐湖提锂利用电解/双极膜直接生产电池级氢氧化锂若突破产业化，将威胁矿石提锂在氢氧化锂产品线上的比较优势；（4）未来若在海外建设矿石系锂盐产能（例如澳洲、加拿大、欧洲、美国），鉴于高昂的资本投入及折旧摊销、尾渣处理的难度，我们预计将大幅抬高矿石提锂整体的成本中枢。

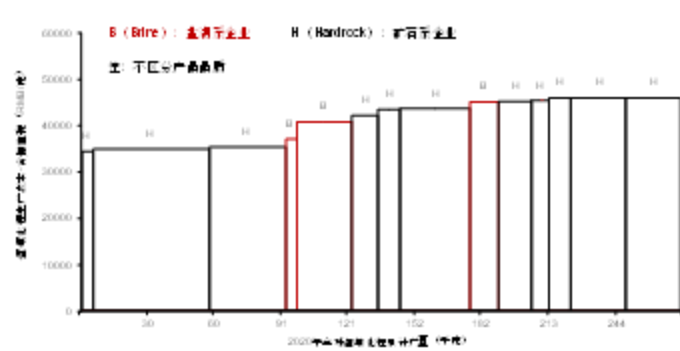
成本结构上：（1）矿石提锂需同时考虑采选、锂化工两个环节的成本，其中采选成本很大程度上由成矿（开采方式、剥采比、杂质分离难度、运输费用）决定，同时重选、浮选的设计选择也会对产品质量、资本开支、调试难度和回收率等造成影响，通常采矿与选矿成本占据矿端成本的约 65%；而锂化工精炼环节主要成本为锂精矿原料的采购，占比高达 69%，因此对于锂盐厂的成本而言，原料保障构成了主要矛盾、而加工环节的精细化控制为次要矛盾。（2）盐湖提锂厂商通常为资源至锂盐一体化，若采用传统沉淀法（先利用矿区天然的高蒸发率实现富集，再加入试剂进行除杂），生产成本构成主要来自试剂，占比约 51%，部分高锂低杂盐湖的试剂成本在理论上可低至 27%，若采用新工艺如膜法等，能源电力消耗是主要成本项，据不完全统计在 30%~40% 左右。

图表 115：盐湖在碳酸锂成本曲线中具有绝对优势



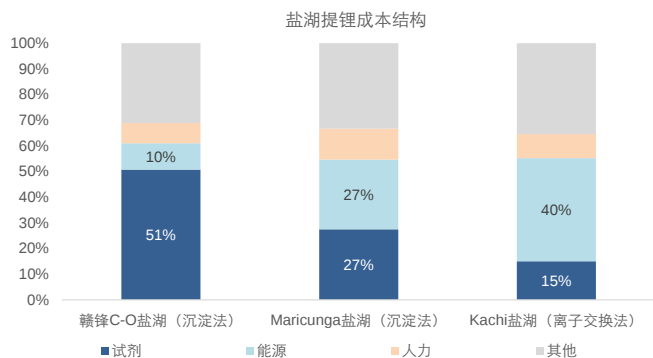
资料来源：各公司公告，五矿证券研究所测算

图表 116：但在氢氧化锂成本曲线中，矿石的优势更大



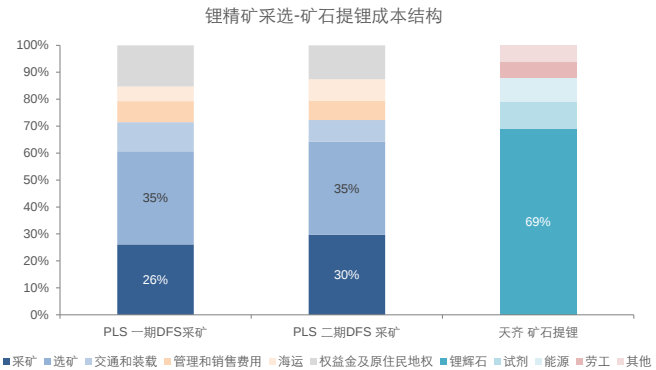
资料来源：各公司公告，五矿证券研究所测算

图表 117：盐湖提锂中，试剂是沉淀法主成本，新工艺的能源成本更高



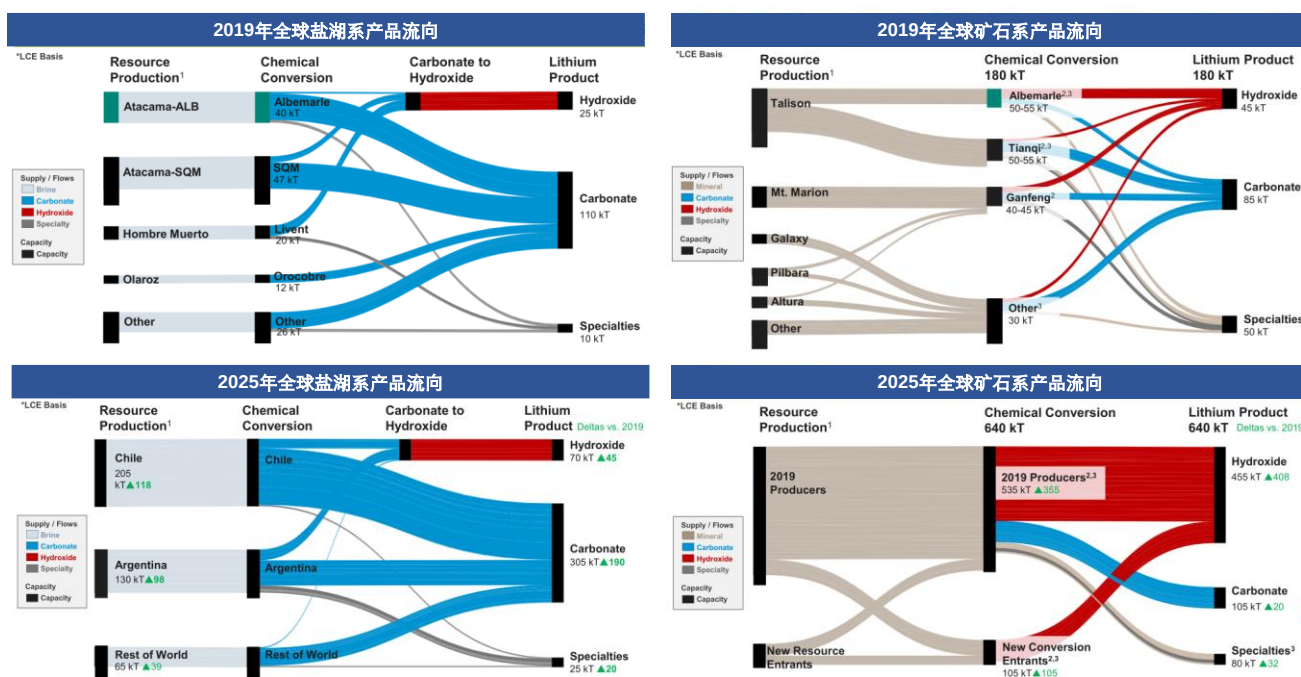
资料来源：各公司公告，五矿证券研究所

图表 118：用矿石提锂需考虑采矿端与冶炼端两环节成本



资料来源：天齐锂业公司公告，PLS 公司公告，五矿证券研究所

图表 119：盐湖提锂在基础锂盐上的成本优势显著，矿石提锂转而聚焦电池级氢氧化锂



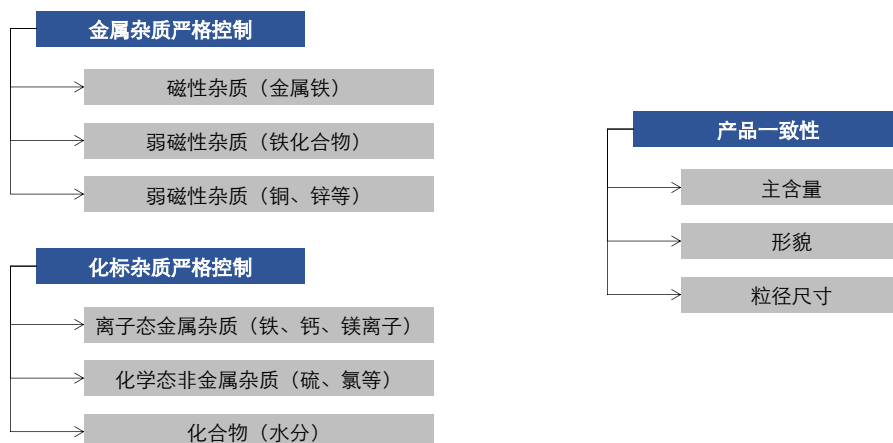
资料来源：Albemarle 公司公告，五矿证券研究所

以动态和发展的视角看待盐湖提锂的品质优化

由于原料组分和生产流程（所带入化学元素）的差异，盐湖提锂产品与矿石提锂产品呈现不一样的杂质特点。例如盐湖系的锂化合物主要在氯根、钠、钾、硼等指标上容易超标（镁作为重点指标，已得到显著改进），而矿石系的锂化合物在硫酸根、金属元素等指标上含量较高。

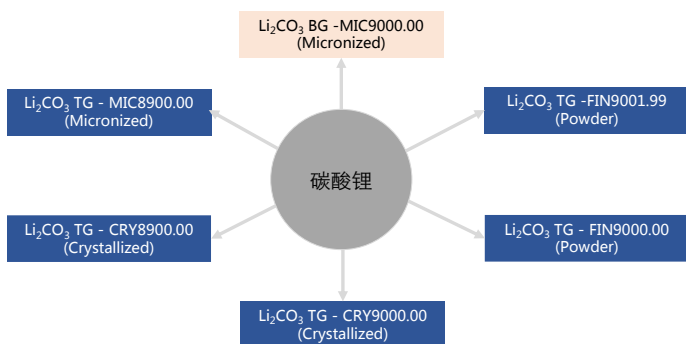
盐湖提锂大多位于偏僻的高海拔、高寒矿区，因此过去的生产流程较为粗放，而矿石系则大多位于内地，贴近下游客户，且大部分的锂盐厂也具备稳定的上游锂精矿来源，此外技术人才团队也相对充裕，因此更容易实现精细化生产，其产品品质更优、更加稳定。但我们应该以发展的眼光来看待盐湖提锂的产品品质优化：（1）全球盐湖提锂的产品设计未来将更加聚焦于直接生产电池级，本身品质正在持续优化；（2）品质标准并非绝对的一成不变，主要还看下游客户的实际需要；（3）作为优秀案例，Livent（原 FMC Lithium）旗下阿根廷盐湖所产的碳酸锂、氢氧化锂产品一直是日系领军电池、全球车企（Tesla、BMW 等）的优选锂源。

图表 120：电池级锂盐产品的主要工艺壁垒主要在于杂质控制和产品一致性



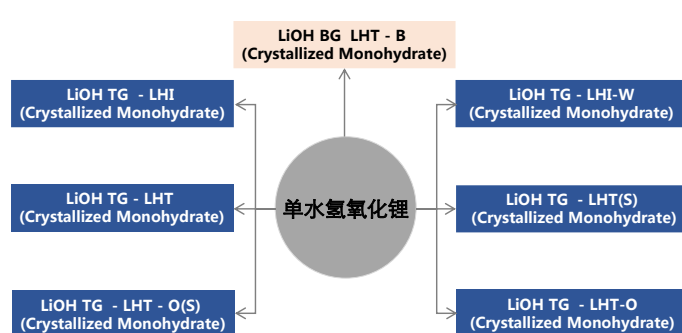
资料来源：五矿证券研究所整理

图表 121：即便是智利盐湖的碳酸锂，也具备多元的产品规格



资料来源：CORFO，五矿证券研究所

图表 122：智利的氢氧化锂规格不一



资料来源：CORFO，五矿证券研究所

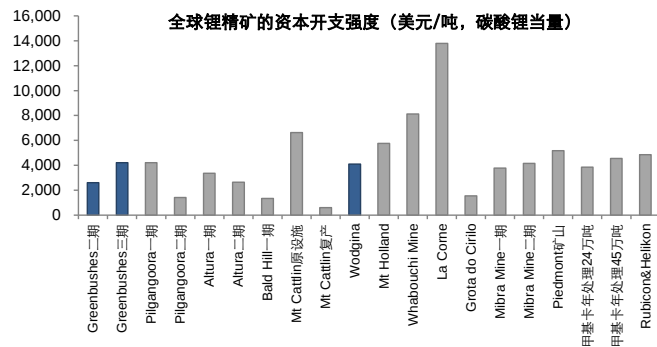
盐湖提锂绿地项目的资本投入较高，建设周期较长

资本投入规模：（1）全球锂精矿的单吨资本投入平均在 4333 美元/吨 LCE，西澳锂辉石矿山得益于理想的开发条件、完备的基建和良好的资源禀赋，单吨资本投入平均在 3351 美元/吨 LCE；全球锂盐厂的单吨资本投入均值在 8300 美元/吨 LCE，其中中国锂盐厂投产生产高效，平均单吨资本投入约 3800 美元/吨 LCE；因此西澳锂矿+中国锂盐厂的高效资产组合单吨平均资本投入约 7151 美元/吨 LCE。（2）对于盐湖提锂来说，全球单吨资本开支在 1.7 万美元/吨 LCE 左右，但中国盐湖需要额外考虑吸附，平均资本开支在 2.4 万美元/吨 LCE（主要是吸附装置的投资额较高）。

产能建设周期：一般来说，盐湖提锂项目从“勘探至完全投产”需历经十年左右，全球盐湖提锂“绿地项目”的建设周期普遍约 24 个月，但另外需要 1~2 年甚至更长的时间周期以实现达产，而“棕地扩能”的效率则因矿商和具体情况而异。例如 Orocobre 的阿根廷 Olaroz 项目自 2008 年开始勘探、2015 年首次投产，共历时 8 年；投产后又先后面临设备调试、盐田设计优化、卤水库存下降和卤水浓度优化等不及预期的情况，进入了漫长的调试期。在成熟项目中，SQM 在智利 Atacama 盐湖的产能扩张由于不需要再扩大盐田面积，仅需增添配套工厂的装置，因此可实现高效、低投入的产能扩张，而雅保在智利 Atacama 的盐湖扩能需要扩大盐田面积、再扩大晒卤，因此建设周期更长。相比之下，西澳矿石采选（露天开采）、中国锂化合物工厂的建设周期普遍约为 12 个月（部分仅采用重选的矿山产能上线仅需约 6 个月），另外需要 6 个月以上的时间周期实现达产，整体而言，全球矿石提锂的产能建设更加

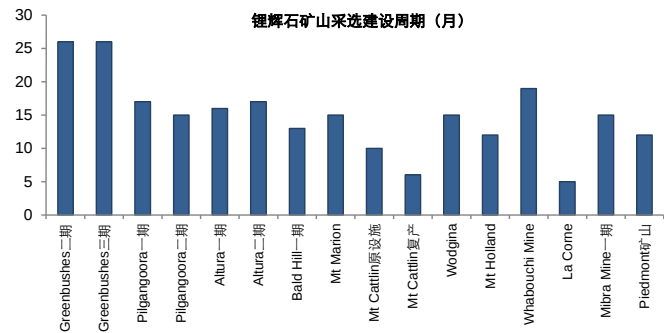
高效。长期来看，我们认为未来伴随价格高涨、需求爆发，盐湖的勘探至可研的进度大概率缩短。

图表 123：锂精矿项目的资本开支强度对比



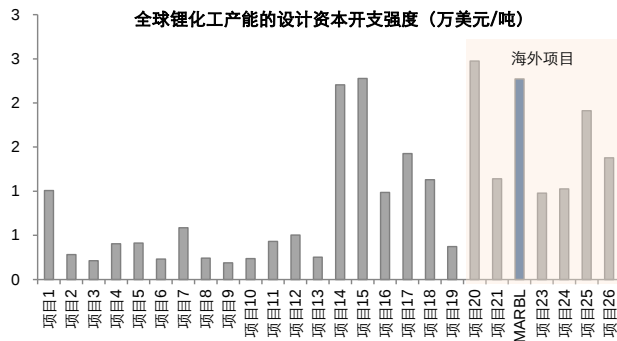
资料来源：各公司公告，五矿证券研究所

图表 124：锂辉石矿山采选建设周期，新建的周期远长于复产



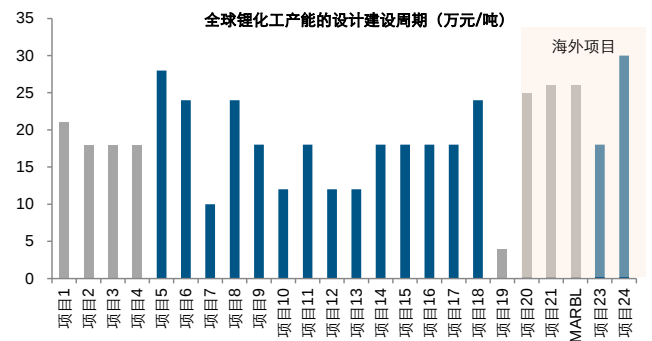
资料来源：各公司公告，五矿证券研究所

图表 125：中国锂盐厂的资本开支强度低于海外



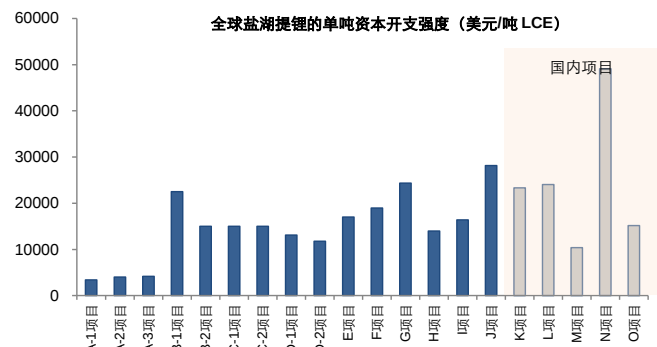
资料来源：各公司公告，五矿证券研究所

图表 126：国内大部分锂盐厂建设周期低于海外项目



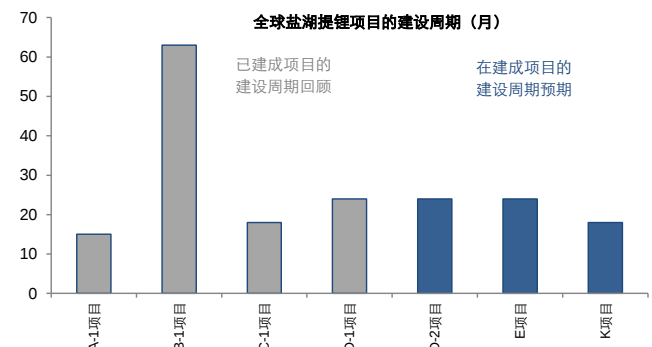
资料来源：各公司公告，五矿证券研究所

图表 127：全球盐湖提锂的单吨资本开支对比



资料来源：各公司公告，五矿证券研究所

图表 128：一般而言，盐湖建设周期在 15-24 个月不等



资料来源：各公司公告，五矿证券研究所

图表 129：一个资源项目从开发到投产，历时漫长



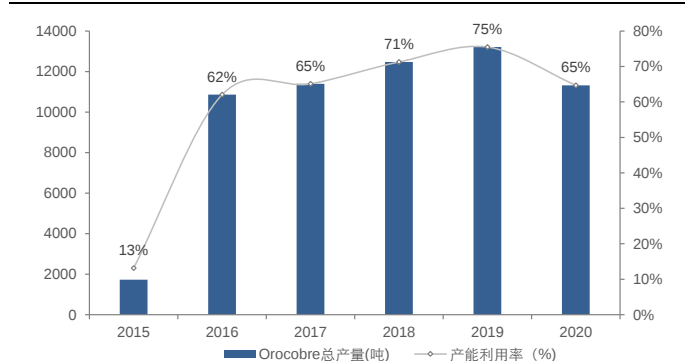
资料来源：Albemarle 公司公告，五矿证券研究所

图表 130：Orocobre 自 2008 年勘探，2015 年投产



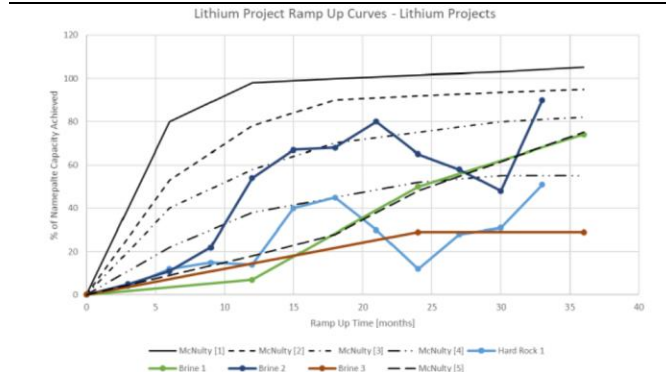
资料来源：Orocobre 公司公告，五矿证券研究所

图表 131：Orocobre 投产后经历了漫长的产能爬坡期



资料来源：Orocobre 公司公告，五矿证券研究所

图表 132：锂是一个达产效率远低于理想水平的矿种



资料来源：Wave International 公司公告，五矿证券研究所

走向更加绿色的盐湖提锂生产

首先需要明确，尽管存在争议，但我们认为盐湖卤水属于一种矿产物（例如 Atacama 盐湖卤水的含盐量高达 25%），而与陆地淡水或者盐水（例如海水的含盐量仅 3%）显著不同。尽管矿产开发难以做到 100% 的环境友好，但鉴于发展新能源汽车产业的“绿色初心”，强调 ESG、降低环境足迹开始成为锂资源开发过程中的重要考量因素。

根据 SQM 与美国阿贡实验室的联合研究，采用沉淀法进行盐湖提锂的淡水消耗、生产碳酸锂和氢氧化锂产品的能耗及碳排放均低于矿石提锂。但无疑，铺设大规模盐田的环境足迹不容忽视，盐湖矿区多位于生态环境脆弱的干旱或半干旱的高原地区，生态环境脆弱，过度的卤水抽取不排除将导致周边地表、地下淡水水位的降低，因此可持续开采需要做好水文勘查。若采用吸附、膜法等新工艺，转向连续工业化生产，可大幅降低对于盐田面积的依赖，但淡水消耗、能耗等指标将明显走高，难以两全其美，需要综合考量和设计，尤其在原则上不向盐湖中新增带入化学元素。

着眼海外头部生产商：SQM 致力于提高回收率，未来将在大规模减少卤水抽取量、陆地淡水消耗量、二氧化碳排放的前提下，实现大幅扩能；Livent 则计划转向更彻底的 DLE（直接提锂），未来争取逐步退役全部的盐田，并持续压低吸附装置的淡水消耗。

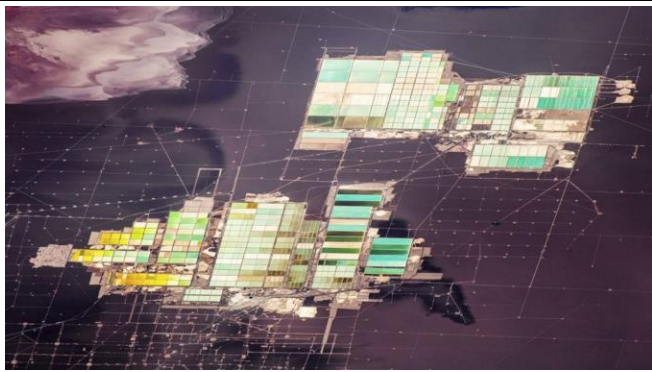
图表 133：无论是盐湖还是矿石提锂，ESG 贯穿全生产流程已是必然趋势

	浓缩	生产碳酸锂	生产氢氧化锂
盐湖类型 锂资源	0.08-0.18g CO ₂ /t	2.7-3.1t CO ₂ /t	6.9-7.3t CO ₂ /t
	1300-2800 MJ/t	30000-36000 MJ/t	76600-82900 MJ/t
	2.95-7.30 m ³ /t	15.5-32.8 m ³ /t	31-50 m ³ /t
锂辉石类型 锂资源	~0.42g CO ₂ /t	20.4t CO ₂ /t	15.7t CO ₂ /t
	5500 MJ/t	218000 MJ/t	187200 MJ/t
	3.4 m ³ /t	77 m ³ /t	69 m ³ /t

示例 温室气体排放 能源消耗 淡水消耗

资料来源：《Resources, Conservation & Recycling》，五矿证券研究所整理

图表 134：盐田沉淀法的淡水消耗较低，但需要建设大规模的盐田



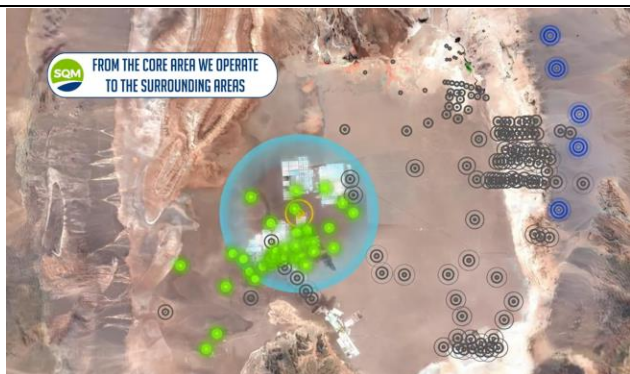
资料来源：Actualidad，五矿证券研究所

图表 135：Livent 采用吸附法，其盐田面积较小



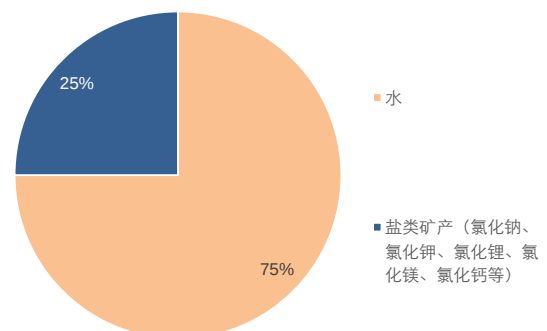
资料来源：Livent 公司公告，五矿证券研究所

图表 136：SQM 在 Atacama 矿区构建了完备的淡水、卤水监测系统



资料来源：SQM 公司公告，五矿证券研究所

图表 137：Atacama 盐湖卤水中约 25%为各种盐类，含量远高于海水



资料来源：《Is lithium brine water?》，五矿证券研究所

抓住景气周期，投资于优质、稀缺、具备战略价值的“硬资源”

锂行业无疑正处于“由化石燃料转向清洁能源”所带来的超级需求之中，将为全球的锂资源标的带来持续性的投资机会，对此我们有两点建议：

1、在长周期需求机遇中踩准短周期的节点。

首先，新能源汽车供应链是一个具备纵深的产业链条，要求较长的备货周期，从资源开采到电池装机，我们预计需6个月以上的时间周期，因此将形成较大量级的在途库存；其次，与成熟行业不同，锂一个从小基数快速成长的市场，需求体量、各环节产能规模的扩张将显著放大上述备货效应；第三，在商务谈判和博弈中，产业链自下而上，存在逐个环节放大需求订单的情形。上述客观因素，再加上产业链各环节的主观合意库存，终将形成较高的总库存水位。若终端需求增量如期兑现，该隐性库存将得到健康的消化，并促成产业链对于需求预期进一步的自我强化，如若终端需求在某一时段开始出现低预期，则将引发较为剧烈的去库，此时若叠加供给释放高峰的到来，将加剧行业价格回撤的幅度。但整体而言，在2020下半年至2022年，在疫情的阴霾下，我们预计全球锂资源供给侧出现超预期放量的概率较小，全球需求终端的增长趋势反而更加确定，我们建议抓住景气周期的良好投资窗口。

2、投资于锂行业的“硬资源”。

我们认为，拥有“硬资源”的锂行业企业将成为需求超级周期与时代红利的最大受益者。在锂行业中，兼具资源优势与加工工艺优势是最理想的产业格局，即“不仅坐拥金山，还可将金山在景气周期充分变现、为股东创造价值”，但若区分主要矛盾和次要矛盾，我们认为在供需紧张之际、具备“硬资源”无疑更为关键。

我们对于锂行业的“硬资源”主要有如下标准：（1）在手的一线资源：高资源储量、低生产成本，且控制权安全稳固；（2）拥有即战力：可真正享受到价量所带来的业绩弹性；（3）具备成长性：资源端具备长足的扩能潜力。

综上所述，我们继续看好锂行业整体板块性的投资机会，建议关注赣锋锂业（行业龙头）、盐湖股份（中国盐湖钾锂资源的战略性标的）、西藏矿业（宝武控股，西藏盐湖开发的标杆）、科达制造（参股蓝科锂业43.58%）。

风险提示

- 1、若全球锂矿供给释放超预期、新能源汽车推广低预期，将导致锂产品价格中枢下滑；
- 2、汽车芯片短缺、经济基本面风险拖累全球新能源汽车的销售。

分析师声明

作者在中国证券业协会登记为证券投资咨询(分析师)，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。作者保证：(i) 本报告所采用的数据均来自合规渠道；(ii) 本报告分析逻辑基于作者的职业理解，并清晰准确地反映了作者的研究观点；(iii) 本报告结论不受任何第三方的授意或影响；(iv) 不存在任何利益冲突；(v) 英文版翻译与中文版有所歧义，以中文版报告为准；特此声明。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后 6 到 12 个月内的相对市场表现，也即以报告发布日后的 6 到 12 个月内的公司股价(或行业指数)相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A 股市场以沪深 300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在 20%及以上；
		增持	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于 5%~20%之间；
		持有	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于-10%~5%之间；
		卖出	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在-10%及以下；
		无评级	预期对于个股未来 6 个月市场表现与基准指数相比无明确观点。
	行业评级	看好	预期行业整体回报高于基准指数整体水平 10%以上；
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10%~10%之间；
		看淡	预期行业整体回报低于基准指数整体水平-10%以下。

一般声明

五矿证券有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本公司不会因接收人收到本报告即视其为客户，本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。本报告的版权仅为本公司所有，未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式对本研究报告的任何部分以任何方式制作任何形式的翻版、复制或再次分发给任何其他人。如引用须联络五矿证券研究所获得许可后，再注明出处为五矿证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。在刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的同时，也应注明本报告的发布人和发布日期及提示使用证券研究报告的风险。若未经授权刊载或者转发本报告的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入或将产生波动；在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告；本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。在任何情况下，报告中的信息或意见不构成对任何人的投资建议，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。本公司及作者在自身所知知情范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

五矿证券版权所有。保留一切权利。

特别声明

在法律许可的情况下，五矿证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到五矿证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

本报告中，五矿盐湖与五矿证券同受中国五矿集团有限公司实际控制。

联系我们

上海	深圳	北京
地址：上海市浦东新区东方路 69 号裕景国际商务广场 A 座 2208 室 邮编：200120	地址：深圳市南山区滨海大道 3165 号五矿金融大厦 23 层 邮编：518035	地址：北京市海淀区首体南路 9 号 4 楼 603 室 邮编：100037

Analyst Certification

The research analyst is primarily responsible for the content of this report, in whole or in part. The analyst has the Securities Investment Advisory Certification granted by the Securities Association of China. Besides, the analyst independently and objectively issues this report holding a diligent attitude. We hereby declare that (1) all the data used herein is gathered from legitimate sources; (2) the research is based on analyst's professional understanding, and accurately reflects his/her views; (3) the analyst has not been placed under any undue influence or intervention from a third party in compiling this report; (4) there is no conflict of interest; (5) in case of ambiguity due to the translation of the report, the original version in Chinese shall prevail.

Investment Rating Definitions

The rating criteria of investment recommendations The ratings contained herein are classified into company ratings and sector ratings (unless otherwise stated). The rating criteria is the relative market performance between 6 and 12 months after the report's date of issue, i.e. based on the range of rise and fall of the company's stock price (or industry index) compared to the benchmark index. Specifically, the CSI 300 Index is the benchmark index of the A-share market. The Hang Seng Index is the benchmark index of the HK market. The NASDAQ Composite Index or the S&P 500 Index is the benchmark index of the U.S. market.	Ratings		Definitions
	Company Ratings	BUY	Stock return is expected to outperform the benchmark index by more than 20%;
		ACCUMULATE	Stock relative performance is expected to range between 5% and 20%;
		HOLD	Stock relative performance is expected to range between -10% and 5%;
		SELL	Stock return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%;
		NOT RATED	No clear view of the stock relative performance over the next 6 months.
	Sector Ratings	POSITIVE	Overall sector return is expected to outperform the benchmark index by more than 10%;
		NEUTRAL	Overall sector expected relative performance ranges between -10% and 10%;
		CAUTIOUS	Overall sector return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%.

General Disclaimer

Minmetals Securities Co., Ltd. (or "the company") is licensed to carry on securities investment advisory business by the China Securities Regulatory Commission. The Company will not deem any person as its client notwithstanding his/her receipt of this report. The report is issued only under permit of relevant laws and regulations, solely for the purpose of providing information. The report should not be used or considered as an offer or the solicitation of an offer to sell, buy or subscribe for securities or other financial instruments. The information presented in the report is under the copyright of the company. Without the written permission of the company, none of the institutions or individuals shall duplicate, copy, or redistribute any part of this report, in any form, to any other institutions or individuals. The party who quotes the report should contact the company directly to request permission, specify the source as Equity Research Department of Minmetals Securities, and should not make any change to the information in a manner contrary to the original intention. The party who re-publishes or forwards the research report or part of the report shall indicate the issuer, the date of issue, and the risk of using the report. Otherwise, the company will reserve its right to taking legal action. If any other institution (or "this institution") redistributes this report, this institution will be solely responsible for its redistribution. The information, opinions, and inferences herein only reflect the judgment of the company on the date of issue. Prices, values as well as the returns of securities or the underlying assets herein may fluctuate. At different periods, the company may issue reports with inconsistent information, opinions, and inferences, and does not guarantee the information contained herein is kept up to date. Meanwhile, the information contained herein is subject to change without any prior notice. Investors should pay attention to the updates or modifications. The analyst wrote the report based on principles of independence, objectivity, fairness, and prudence. Information contained herein was obtained from publicly available sources. However, the company makes no warranty of accuracy or completeness of information, and does not guarantee the information and recommendations contained do not change. The company strives to be objective and fair in the report's content. However, opinions, conclusions, and recommendations herein are only for reference, and do not contain any certain judgments about the changes in the stock price or the market. Under no circumstance shall the information contained or opinions expressed herein form investment recommendations to anyone. The company or analysts have no responsibility for any investment decision based on this report. Neither the company, nor its employees, or affiliates shall guarantee any certain return, share any profits with investors, and be liable to any investors for any losses caused by use of the content herein. The company and its analysts, to the extent of their awareness, have no conflict of interest which is required to be disclosed, or taken restrictive or silent measures by the laws with the stock evaluated or recommended in this report.

Minmetals Securities Co. Ltd. 2019. All rights reserved.

Special Disclaimer

Permitted by laws, Minmetals Securities Co., Ltd. may hold and trade the securities of companies mentioned herein, and may provide or seek to provide investment banking, financial consulting, financial products, and other financial services for these companies. Therefore, investors should be aware that Minmetals Securities Co., Ltd. or other related parties may have potential conflicts of interest which may affect the objectivity of the report. Investors should not make investment decisions solely based on this report.

Contact us

Shanghai

Address: Room 2208, 22F, Block A, Eton Place, No.69 Dongfang Road, Pudong New District, Shanghai
 Postcode: 200120

Shenzhen

Address: 23F, Minmetals Financial Center, 3165 Binhai Avenue, Nanshan District, Shenzhen
 Postcode: 518035

Beijing

Address: Room 603, 4F, No.9 Shoutinan Road, Haidian District, Beijing
 Postcode: 100037