

久吾高科 (300631.SZ)

陶瓷膜龙头，平台化扩张空间可期

肩负陶瓷膜国产化使命，打造国内领先膜集成技术平台。我国陶瓷膜发展起步较晚，长期被欧美企业技术垄断，90年代“九五”科技攻关项目成功实现突破，以徐南平院士、时钧院士为首的技术团队联合创办了公司前身，肩负陶瓷膜产业化历史使命。经过二十余载深耕，公司发展成为国内领先的膜集成技术整体解决方案商，产品覆盖陶瓷膜、有机膜、锂吸附剂及下游系统，承担国家“973”、“863”计划项目，是国内多项陶瓷膜标准制定者。公司是膜分离高端应用开拓者，实现全膜法盐湖提锂等多领域国内首套项目应用，未来将持续向高附加值膜分离应用领域拓展。

陶瓷膜市场空间广阔，“一带一路”背景下海水淡化国内外需求共振。高性能膜材料是国家重点发展战略新兴产业，预计2025年我国膜产业总值达5000亿元。陶瓷膜具有优异的机械性、耐化学性、过滤精度，上世纪40年代由颇尔博士于曼哈顿计划发明，经过70余年发展，应用领域由核电、军用、航空航天逐渐向半导体、新能源、生物医药等民用领域，2023年全球市场规模达68.3亿美元。中东地区水资源紧缺，2023年计划或已在进行的海水淡化项目支出总计高达393亿美元，未来有望迎来长期高速扩张期。传统热法海水淡化单位立方米耗能约5 kWh，而膜法耗能仅为2.5-3 kWh，“一带一路”背景下膜法替代热法有望持续打开国内分离膜出口需求空间。

借鉴巨头PALL发展历程，聚焦膜分离高端化应用场景。PALL由陶瓷膜发明者颇尔博士于1946年创立，目前成为全球过滤解决方案龙头，2014年营收达27.9亿美元。国内分离膜产品主要集中于低端水处理下游，高端化渗透空间广阔：半导体：先进制程对洁净度要求大幅提升，刻蚀、抛光、特气过滤等环节过滤需求增长；医药&食品：陶瓷膜可用于抗生素、氨基酸、疫苗、酒类、果汁、牛奶过滤提纯；新能源：下游辐射锂电、光伏、风电。

吸附剂助力藏区盐湖资源开发，订单落地打开第二成长曲线。锂资源是保障我国新能源产业链稳定发展的重要基石，目前“吸附+膜”已成为国内盐湖提锂工艺主导路线，更适用于我国高镁锂比盐湖，高选择性、低溶损的吸附剂是产线高效低成本运行的核心环节。公司自2013年开始盐湖提锂技术研发，公司同时掌握铝系、钛系吸附剂生产工艺，可全面覆盖国内西藏碳酸型、青海硫酸型盐湖资源，已建成吸附剂产能6000吨。2023年公司盐湖提锂项目订单集中落地，合同金额超过7亿元，有望带来新的业绩增长点。

盈利预测与估值建议。我们预计公司2023-2025年营业收入分别为6.90/11.46/16.43亿元；归母净利润0.39/1.99/2.87亿元；对应PE分别为87.6/17.1/11.9倍。首次覆盖，给予“买入”评级。

风险提示：产品价格不及预期、项目建设进展不及预期、测算存在误差。

财务指标	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入(百万元)	540	741	690	1,146	1,643
增长率 yoy (%)	1.6	37.3	-6.9	66.0	43.4
归母净利润(百万元)	70	43	39	199	287
增长率 yoy (%)	-15.2	-38.3	-10.0	411.4	44.1
EPS 最新摊薄(元/股)	0.57	0.35	0.32	1.62	2.34
净资产收益率(%)	7.7	3.6	3.5	15.4	18.1
P/E(倍)	48.6	78.8	87.6	17.1	11.9
P/B(倍)	3.2	2.8	2.8	2.4	2.0

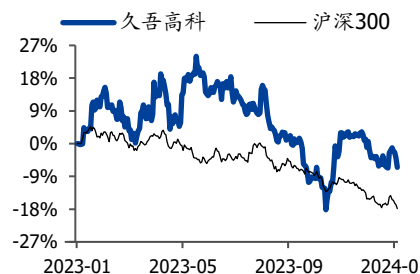
资料来源: Wind, 国盛证券研究所 注: 股价为2024年1月8日收盘价

买入(首次)

股票信息

行业	环保设备
1月8日收盘价(元)	27.80
总市值(百万元)	3,409.45
总股本(百万股)	122.64
其中自由流通股(%)	98.77
30日日均成交量(百万股)	0.94

股价走势



作者

分析师 尹乐川

执业证书编号: S0680523110002

邮箱: yinlechuan@gszq.com

分析师 杨心成

执业证书编号: S0680518020001

邮箱: yangxincheng@gszq.com

分析师 杨义韬

执业证书编号: S0680522080002

邮箱: yangyitao@gszq.com

分析师 王席鑫

执业证书编号: S0680518020002

邮箱: wangxixin@gszq.com

相关研究



财务报表和主要财务比率
资产负债表 (百万元)

会计年度	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
流动资产	1079	1330	1236	2411	2341
现金	86	196	501	548	786
应收票据及应收账款	295	457	243	918	747
其他应收款	16	26	13	53	42
预付账款	49	59	41	125	113
存货	160	242	88	418	303
其他流动资产	474	350	350	350	350
非流动资产	444	493	423	559	700
长期投资	108	79	48	18	-13
固定资产	243	280	245	395	561
无形资产	49	50	52	51	50
其他非流动资产	43	85	78	95	102
资产总计	1523	1824	1660	2970	3041
流动负债	363	532	340	1424	1175
短期借款	0	0	0	615	492
应付票据及应付账款	264	344	155	610	481
其他流动负债	99	188	185	199	203
非流动负债	79	87	80	100	119
长期借款	10	8	1	21	41
其他非流动负债	69	79	79	79	79
负债合计	443	619	420	1524	1295
少数股东权益	0	0	5	29	59
股本	120	123	123	123	123
资本公积	425	522	522	522	522
留存收益	535	560	593	764	1007
归属母公司股东权益	1080	1204	1235	1417	1687
负债和股东权益	1523	1824	1660	2970	3041

现金流量表 (百万元)

会计年度	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
经营活动现金流	26	-49	254	-419	541
净利润	83	43	44	223	316
折旧摊销	25	26	23	30	45
财务费用	5	-2	-7	6	20
投资损失	-38	0	-10	-13	-15
营运资金变动	-101	-118	206	-665	176
其他经营现金流	52	1	-1	-1	-1
投资活动现金流	-56	49	58	-151	-169
资本支出	23	73	-40	166	171
长期投资	-39	90	30	30	31
其他投资现金流	-72	211	49	45	33
筹资活动现金流	-24	79	-7	2	-11
短期借款	-22	0	0	0	0
长期借款	-190	-2	-7	20	20
普通股增加	11	3	0	0	0
资本公积增加	192	97	0	0	0
其他筹资现金流	-14	-19	0	-18	-30
现金净增加额	-54	78	305	-569	361

利润表 (百万元)

会计年度	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入	540	741	690	1146	1643
营业成本	340	574	471	722	1029
营业税金及附加	6	7	7	12	17
营业费用	49	45	66	64	96
管理费用	44	41	67	64	89
研发费用	43	42	53	52	75
财务费用	5	-2	-7	6	20
资产减值损失	0	0	0	0	0
其他收益	10	12	0	0	0
公允价值变动收益	2	1	1	1	1
投资净收益	38	0	10	13	15
资产处置收益	0	0	0	0	0
营业利润	87	41	46	239	333
营业外收入	1	3	3	3	2
营业外支出	0	0	1	1	0
利润总额	88	43	48	241	335
所得税	5	0	4	18	19
净利润	83	43	44	223	316
少数股东损益	13	0	5	24	30
归属母公司净利润	70	43	39	199	287
EBITDA	111	64	61	274	394
EPS (元/股)	0.57	0.35	0.32	1.62	2.34

主要财务比率

会计年度	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
成长能力					
营业收入 (%)	1.6	37.3	-6.9	66.0	43.4
营业利润 (%)	-22.5	-53.0	12.1	419.7	39.6
归属母公司净利润 (%)	-15.2	-38.3	-10.0	411.4	44.1
获利能力					
毛利率 (%)	37.0	22.5	31.8	37.0	37.4
净利率 (%)	13.0	5.8	5.6	17.4	17.5
ROE (%)	7.7	3.6	3.5	15.4	18.1
ROIC (%)	7.1	3.0	2.6	10.7	14.4
偿债能力					
资产负债率 (%)	29.1	33.9	25.3	51.3	42.6
净负债比率 (%)	-1.5	-10.3	-35.1	11.0	-10.1
流动比率	3.0	2.5	3.6	1.7	2.0
速动比率	1.5	1.4	2.4	1.1	1.4
营运能力					
总资产周转率	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
应收账款周转率	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
应付账款周转率	1.5	1.9	1.9	1.9	1.9
每股指标 (元)					
每股收益 (最新摊薄)	0.57	0.35	0.32	1.62	2.34
每股经营现金流 (最新摊薄)	0.22	-0.40	2.07	-3.42	4.41
每股净资产 (最新摊薄)	8.81	9.82	10.07	11.55	13.76
估值比率					
P/E	48.6	78.8	87.6	17.1	11.9
P/B	3.2	2.8	2.8	2.4	2.0
EV/EBITDA	29.0	49.9	47.7	12.9	8.2

资料来源: Wind, 国盛证券研究所 注: 股价为 2024 年 1 月 8 日收盘价

内容目录

1. 陶瓷膜国产化破局者，持续探索高端应用领域	6
1.1. 公司是国内领先膜集成技术整体解决方案商	6
1.2. 业绩短期承压，订单兑现打开盈利成长空间	7
2. 无机陶瓷膜市场空间广阔	9
2.1. 陶瓷膜是我国膜产业重点发展品类	9
2.1.1. 高性能膜材料是国家重点发展战略新兴产业，2035年国内产值达万亿级	9
2.1.2. 陶瓷膜性能优异，军转民后应用领域持续拓展	12
2.2. 水处理“万金油”，海水淡化国内外需求共振	17
2.2.1. 废水处理：工业+市政	17
2.2.2. 海水淡化：“一带一路”背景下国内外需求共振	19
2.2.3. 化工过程分离：陶瓷膜应用场景丰富	23
3. 借鉴巨头 PALL 发展历程，分离膜龙头展翅翱翔	25
3.1. 他山之石：全球过滤解决方案“领跑者” PALL	25
3.2. 对标 PALL，聚焦高附加值精细过滤星辰大海	26
3.2.1. 半导体：先进制程下各环节洁净度要求大幅提升	26
3.2.2. 生物与医药：陶瓷膜已实现成熟产业化应用	28
3.2.3. 食品饮料：分离性能优异且保留饮品营养成分	30
3.2.4. 新能源：应用领域涵盖锂电、光伏、风电	30
3.3. “九五”陶瓷膜项目国产化破局者，打造一站式膜集成技术方案解决商	32
3.3.1. 公司是陶瓷膜研发“国家队”，起源于“九五”项目攻关团队	32
3.3.2. 国内陶瓷膜龙头，全品类布局辐射诸多高附加值领域	32
4. 吸附剂助力藏区盐湖资源开发，提升国内锂资源保障能力	36
5. 盈利预测与估值建议	40
5.1. 关键假设	40
5.2. 盈利预测	40
5.3. 估值分析与投资建议	41
6. 风险提示	42

图表目录

图表 1: 公司发展历程	6
图表 2: 公司股权结构图 (截至 2023Q3)	7
图表 3: 公司营业总收入 (百万元)	7
图表 4: 公司归母净利润 (百万元)	7
图表 5: 公司毛利率、净利率	8
图表 6: 公司费用率	8
图表 7: 公司各业务营收体量 (百万元)	8
图表 8: 公司各业务毛利率	8
图表 9: 膜产业链及分类	9
图表 10: 我国膜产业总产值 (亿元)	10
图表 11: 我国膜产业市场分布 (截至 2020 年 6 月)	10
图表 12: 我国膜产业市场前景预测 (部分)	10
图表 13: 不同孔径分离膜在水处理中性能	11

图表 14: 不同孔径分离膜应用过滤范围	12
图表 15: 中国分离膜市场结构 (2021 年)	12
图表 16: 陶瓷膜最早在核电领域用于富集铀-235	12
图表 17: 陶瓷膜错流过滤原理	13
图表 18: 非对称陶瓷膜结构分解 (SiC 膜为例)	14
图表 19: 陶瓷膜渗透示意图 (SiC 膜为例)	14
图表 20: 不同陶瓷膜产品结构及特点	14
图表 21: 不同膜材质对应陶瓷膜产品性能 (以久吾高科产品为例)	15
图表 22: 陶瓷膜相比传统过滤分离技术优势	15
图表 23: 有机膜、陶瓷膜建设及运行成本拆分	16
图表 24: 有机膜、陶瓷膜成本/价格曲线	16
图表 25: 全球陶瓷膜产量 (万平方米)	17
图表 26: 陶瓷膜市场规模预测 (亿美元)	17
图表 27: 2016-2020 年陶瓷膜安装领域分布 (预计值)	17
图表 28: 全球陶瓷膜产量份额分布 (2016 年)	17
图表 29: 膜法水处理工艺	18
图表 30: 陶瓷膜水处理工艺及过滤效果	18
图表 31: 我国城市污水、工业废水排放量 (亿立方米/吨)	19
图表 32: 我国 MBR 系统累计处理能力 (万吨/天)	19
图表 33: 海水淡化主流技术路线	19
图表 34: 中国海水淡化工程规模 (万吨/日)	20
图表 35: 2022 年我国海水淡化工程技术结构	20
图表 36: 中东和北非地区水资源压力情况 (2020 年)	20
图表 37: 2022 年全球海水淡化份额占比	21
图表 38: 全球海水淡化项目分布 (2009 年)	21
图表 39: 2023 年中东各国海水淡化投资规模 (亿美元)	21
图表 40: 中东地区海水淡化项目分布	21
图表 41: 阿联酋主要海水淡化项目 (部分)	22
图表 42: 陶瓷膜盐水精制出水质量统计	23
图表 43: 公司 MCM 钛石膏与钛石膏与传统钛石膏对比优势	24
图表 44: 陶瓷膜用于磷酸精制处理	24
图表 45: PALL 由陶瓷膜发明者颇尔博士创立, 深耕 70 余年	25
图表 46: 公司产品布局 (部分)	25
图表 47: PALL 公司发展历程	25
图表 48: 2009-2014 年 PALL 公司营收、净利润 (亿美元)	26
图表 49: 2015Q3 PALL 公司营收拆分 (百万美元)	26
图表 50: 精细过滤产品广泛应用于半导体制程	27
图表 51: PALL 半导体气体过滤系统	28
图表 52: PALL 半导体气体过滤产品	28
图表 53: 膜过滤材料在半导体制程领域应用场景	28
图表 54: 陶瓷膜过滤在生物医药领域应用优势	29
图表 55: 超滤技术在医药领域的工艺应用 (以 PALL 300KD SPTFF 系统为例)	29
图表 56: 膜分离技术在食品饮料领域作用 (以 PALL SUPRAdisc™ II 为例)	30
图表 57: Pall Profile II 滤芯可用于电池正负极浆料、隔膜浆料过滤	31
图表 58: PALL Schumalith® Filter 陶瓷膜用于光伏领域	31
图表 59: Schumalith® Filter 陶瓷膜性能指标	31
图表 60: 过滤器在风电中的应用场景	32

图表 61: PALL 风电滤芯及系统	32
图表 62: 公司是国内领先膜集成技术整体解决方案商	33
图表 63: 公司承接国家及省级科研项目 (部分)	33
图表 64: 公司膜产品 (部分)	34
图表 65: 公司膜系统 (部分)	34
图表 66: 公司陶瓷膜产能、产量情况	34
图表 67: 公司陶瓷膜产品具备优良性能	35
图表 68: 公司下游产品及客户情况 (部分)	35
图表 69: 全球锂资源产量占比 (2022 年)	36
图表 70: 全球锂资源储量占比 (2022 年)	36
图表 71: 我国目前拥有盐湖提锂产能约 13 万吨, 规划建设 43 万吨以上产能	37
图表 72: 吸附法+膜法为目前国内盐湖提锂主流工艺	38
图表 73: 吸附法提锂工艺流程	38
图表 74: 钛系吸附剂吸附原理示意图	39
图表 75: 铝系吸附剂吸附原理示意图	39
图表 76: 公司盐湖提锂项目合同	39
图表 77: 公司板块收入拆分表 (百万元)	41
图表 78: 可比估值分析 (使用 Wind 一致预期)	42

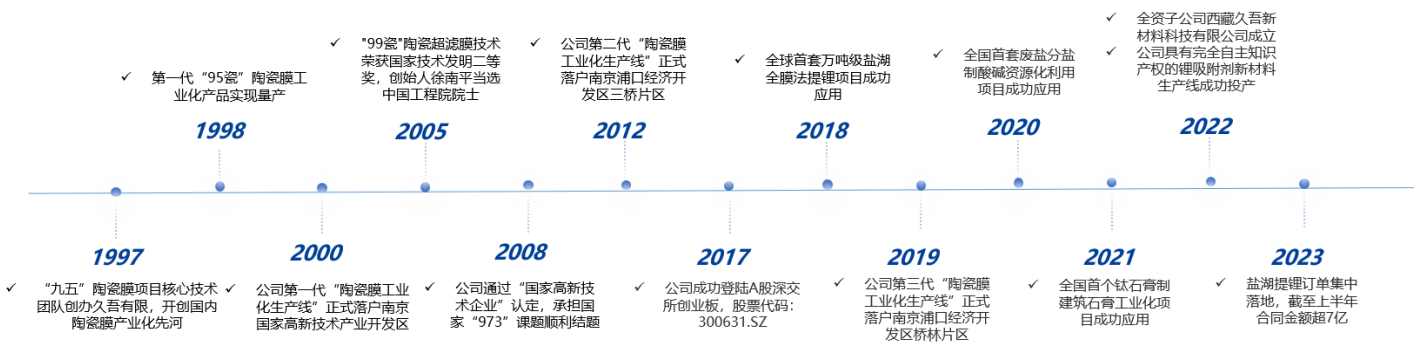
1. 陶瓷膜国产化破局者，持续探索高端应用领域

1.1. 公司是国内领先膜集成技术整体解决方案商

诞生于“九五”项目技术团队，公司是我国领先膜集成技术整体解决方案商。公司专注于陶瓷膜、有机膜、锂吸附剂等分离材料和分离技术的研发与应用，是国内具有自主知识产权的陶瓷膜龙头企业。陶瓷膜最早被欧美企业技术垄断，90年代我国“九五”陶瓷膜技术重点科技攻关项目成功实现突破，徐南平、时钧院士及其他南京工业大学技术专家于1997年正式成立公司前身久吾有限公司，名称取自“九五”谐音。经过二十余载深耕，公司发展成为我国领先膜集成技术整体解决方案商，产品覆盖无机陶瓷膜/有机膜及下游组件、系统，承担国家“973”、“863”计划项目，是国内多项陶瓷膜标准制定者。

膜分离高端应用开拓者，实现多领域国内首套项目应用。1999-2022年，公司先后实现含油废水、苏氨酸提取、抗生素提取、盐水精制、保健酒过滤、自来水处理、油田回注水处理、船舶尾气脱硝、工业尾气制乙醇、全膜法盐湖提锂、钛石膏综合利用、磷酸铁废水沉淀反应耦合等多项领域国内首套陶瓷膜项目应用。

图表 1: 公司发展历程



资料来源：公司官网，公司公告，国盛证券研究所

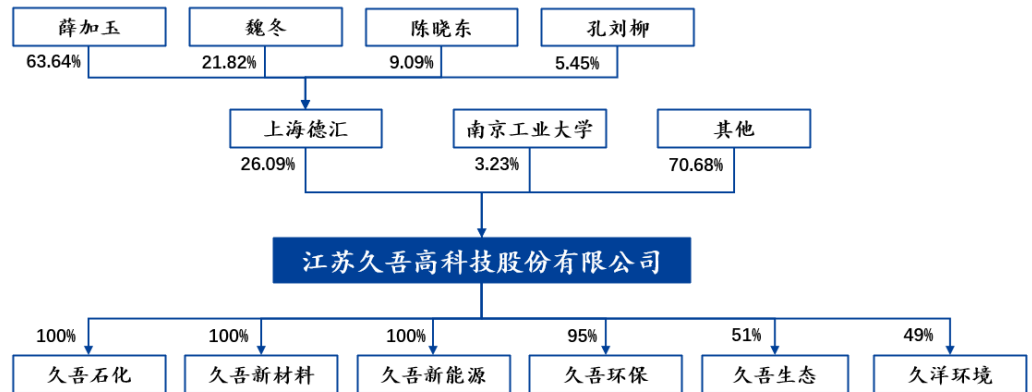
公司具备膜材料制备到组件及成套设备开发能力，掌握完整膜分离工艺技术：

- ✓ **膜材料制备技术：**公司拥有陶瓷膜产品制造的关键基础技术，陶瓷膜的单位膜面积、通量、稳定性、膜层孔径分布均一性等主要技术指标达到或接近了国际领先水平，同时公司已通过技术研发掌握了有机膜生产技术；
- ✓ **膜组件与成套设备开发技术：**在高性能陶瓷膜材料制备的基础上，公司已实现膜组件的大型化和构型多样化以及膜成套装备材质和选型的系列化，可针对不同物料体系、应用环境的特点提供高效膜分离成套设备；
- ✓ **膜分离工艺应用技术：**公司膜分离技术工艺已在生物与医药、发酵液提取、氯碱化工、石油化工、工业废水处理、酿酒等行业中得到成功应用。由于不同应用领域下的物料体系特点、分离需求、工况环境等均存在差异，公司针对不同应用环境，通过工艺设计、实验装置验证以及设备调试等掌握了相关已应用领域膜分离应用工艺技术，并不断开发针对新应用领域的膜分离应用工艺技术。

公司股权结构合理。上海德汇为公司控股股东，截至2023Q3持股比例26.09%，南京工业大学持股3.23%。薛加玉持有上海德汇63.64%股权，为公司实际控制人。公司控

股子公司包括久吾石化、久吾新材料、久吾新能源、久吾环保、久吾生态环境、久洋环境，其中西藏久吾新材料主要承担提锂及吸附剂相关生产销售，久洋环境主要负责连云港徐圩新区的工业园区水处理业务。

图表 2: 公司股权结构图 (截至 2023Q3)

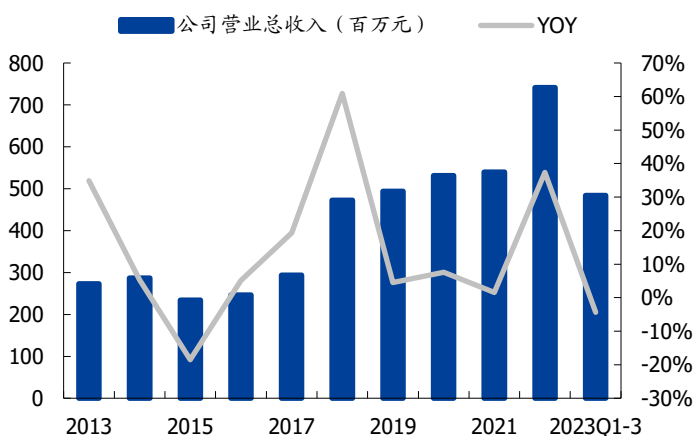


资料来源: wind, 国盛证券研究所

1.2. 业绩短期承压，订单兑现打开盈利成长空间

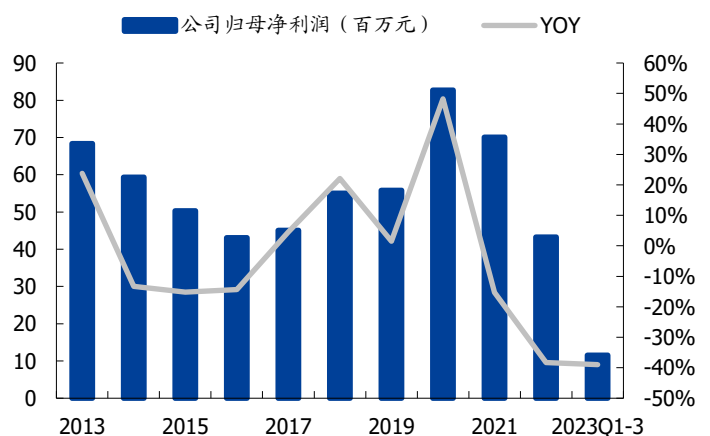
2022 年公司实现营收 7.41 亿元，同比增长 37.3%；实现归母净利润 0.43 亿元，同比下滑 38.3%。公司营收增长主要系盐湖提锂、磷酸铁清洁生产、钛白酸性废水资源化利用等项目需求增长拉动，净利润下滑主要系市场竞争加剧、原材料成本上升、工程施工成本上升、人力成本上涨，以及市政水处理、水环境治理类业务市场需求下滑影响。2023 年前三季度，公司实现营收 4.84 亿元，同比下滑 4.4%；实现归母净利润 0.12 亿元，同比下滑 39.0%，公司净利润下滑主要系账龄计提的信用减值损失增加较多以及传统水处理下游需求波动影响。

图表 3: 公司营业总收入 (百万元)



资料来源: wind, 国盛证券研究所

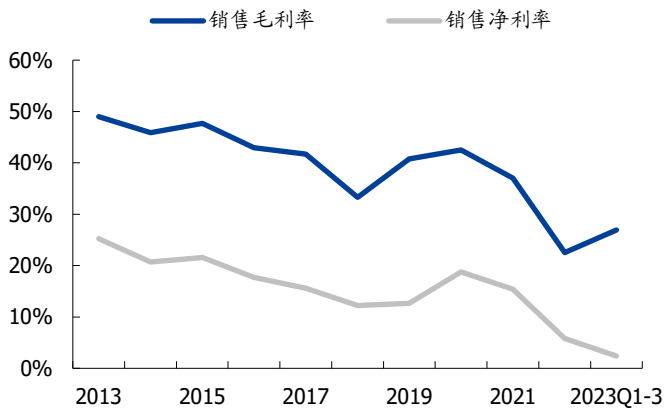
图表 4: 公司归母净利润 (百万元)



资料来源: wind, 国盛证券研究所

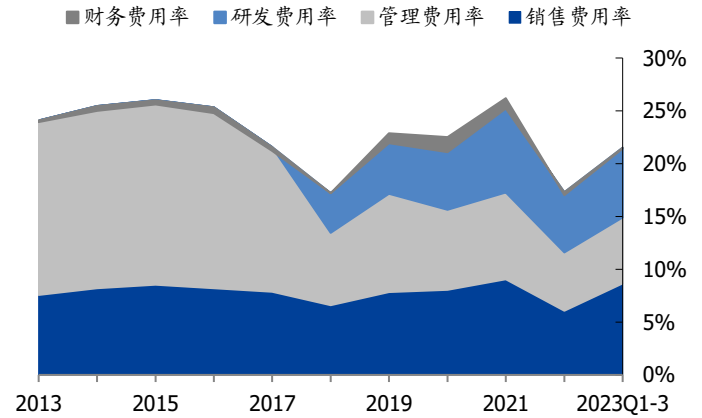
2023 年前三季度，公司毛利率、净利率分别为 26.95%、2.39%，净利率下滑主要系公司账龄计提的信用减值损失增加较多、研发投入提升所致。2023 年前三季度，公司销售费用率、管理费用率、研发费用率、财务费用率分别为 8.66%、6.25%、6.61%、-0.09%，其中公司研发投入 3195 万元，同比提升 21.11%，新兴领域产品布局持续加码。

图表 5: 公司毛利率、净利率



资料来源: wind, 国盛证券研究所

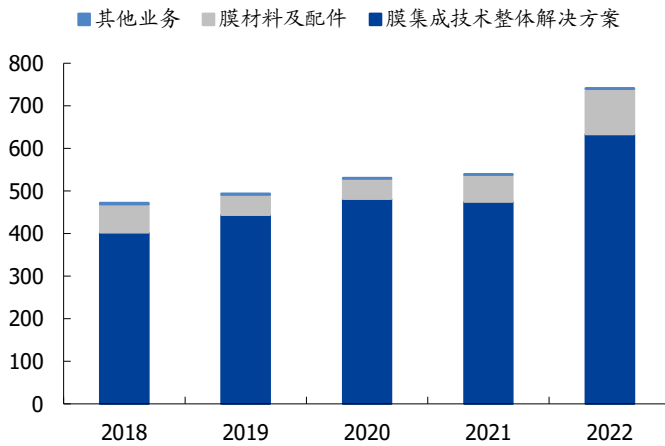
图表 6: 公司费用率



资料来源: wind, 国盛证券研究所

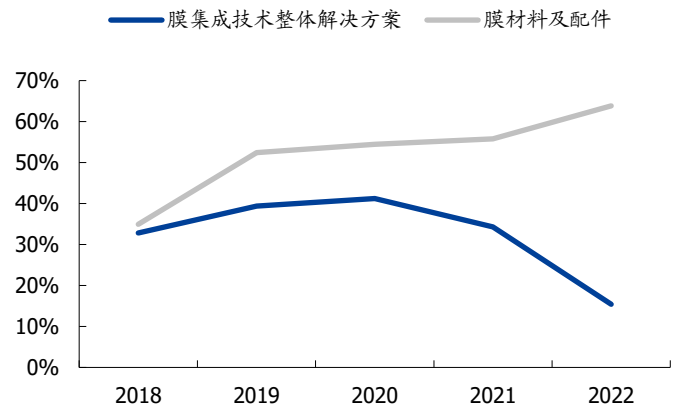
2022 年公司膜集成技术整体解决方案、膜材料及配件营收分别为 6.33、1.07 亿元，占比分别为 85.4%、14.4%，其中膜材料及配件业务增速较快，份额同比提升 2.83pct。从盈利能力来看，膜集成技术整体解决方案业务受宏观经济波动影响较大，利润率有所下滑，2022 年毛利率为 15.42%；膜材料及配件业务随着公司产品结构高端化转变，盈利能力持续提升，2022 年毛利率为 63.84%，同比提升 8.06pct。

图表 7: 公司各业务营收体量 (百万元)



资料来源: wind, 国盛证券研究所

图表 8: 公司各业务毛利率



资料来源: wind, 国盛证券研究所

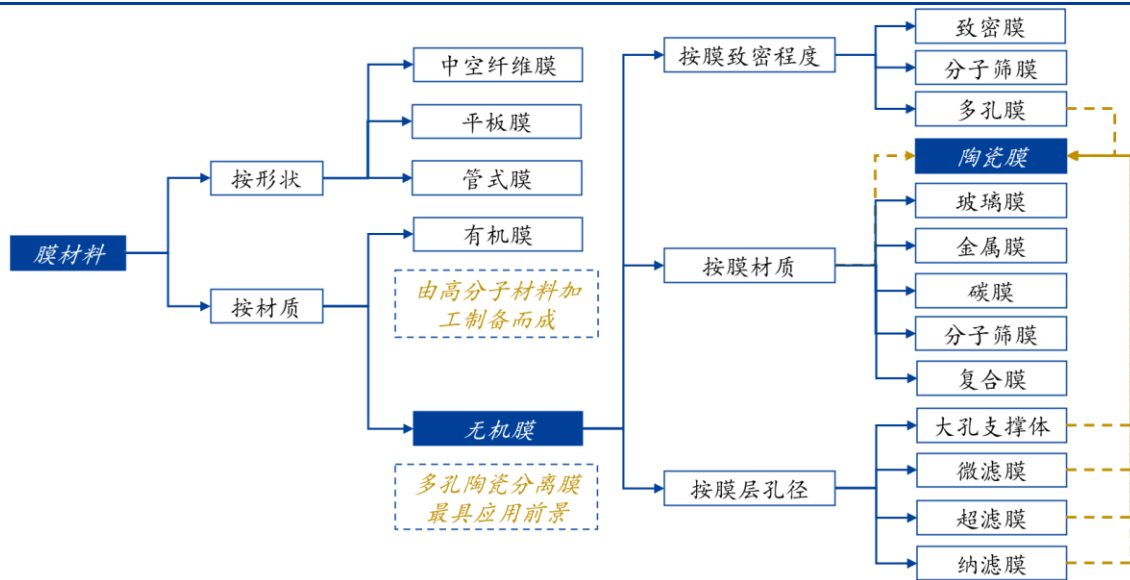
2. 无机陶瓷膜市场空间广阔

2.1. 陶瓷膜是我国膜产业重点发展品类

2.1.1. 高性能膜材料是国家重点发展战略新兴产业，2035年国内产值达万亿级

膜材料广泛应用于液体、气体的选择性分离，无机膜材料具有性能优势。膜是具有选择性分离功能的材料，当膜两侧存在压力差、浓度差、电位差等推动力时，原料组分选择性地透过膜，实现不同液体或气体组分的分离、分级、浓缩与提纯。从材质上看，膜材料分为有机膜与无机膜，其中无机膜具有分离精度高、化学稳定性好、耐酸碱、耐高温、耐有机溶剂、机械强度高优异性能。无机膜在高温、溶剂反应体系等苛刻环境下的过程工业分离和强腐蚀性、高温、高盐、含油、高悬浮物等特种水处理领域体现了良好的适用性，成为膜材料中极具发展前景的重要品种，应用端也从传统水处理向半导体、食品、医药、新能源等高附加值下游不断延伸。

图表 9: 膜产业链及分类

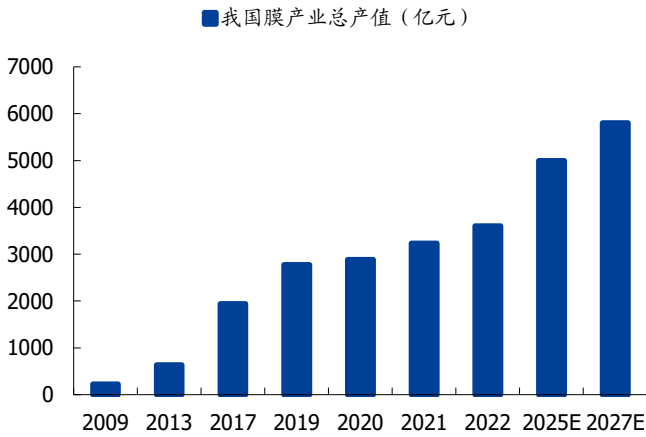


资料来源：中国粉体网，国盛证券研究所

中国膜技术研究始于上世纪六十年代初，21世纪以来进入快速发展阶段：1) 上世纪80年代：研究起步阶段。我国在微滤膜技术、超滤膜技术、气体分离膜技术等领域开始探索性研究；2) 上世纪90年代：应用研究阶段。我国开展膜技术在电力、电子、石化、化工、医药等工业领域的应用研究，形成了一批成熟先进的应用技术，膜产业雏形基本形成；3) 21世纪以来：快速发展阶段。国内研究范围基本与国外先进国家同步，反渗透、纳滤、超滤、微滤、MBR、陶瓷膜等高端膜材料陆续实现产业化。

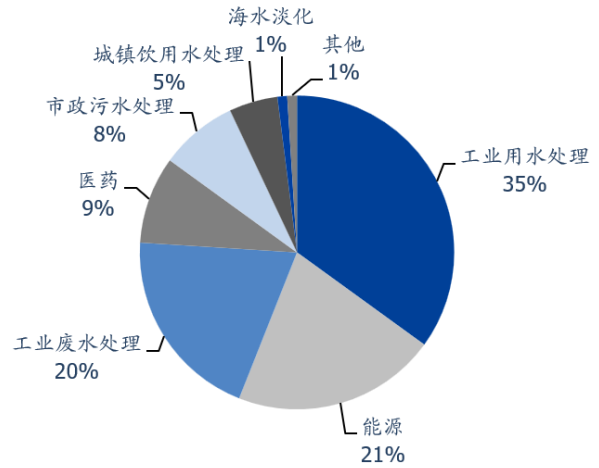
我国膜产业复合增速超 20%，高端应用领域渗透空间广阔。据中国膜工业协会数据，2009年我国膜产业总值仅 227 亿元，2021 年增长至 3230 亿元，12 年复合增长率高达 24.77%，预计 2025 年、2027 年我国膜产业产值分别增长至 5000、5800 亿元。目前我国膜产业应用领域以传统工业水处理为主，其中工业用水/废水处理占比较高，分别为 35%、20%，能源、医药、市政污水处理、城镇饮用水处理占比分别为 21%、9%、8%、5%。随着高端材料产业化技术的进步，我国膜产品在半导体、食品、医药、新能源等高附加值领域迎来黄金发展机遇。

图表 10: 我国膜产业总产值 (亿元)



资料来源: 华经产业研究院, 国盛证券研究所

图表 11: 我国膜产业市场分布 (截至 2020 年 6 月)



资料来源: 《中国膜产业发展状况与展望》(郑根江), 国盛证券研究所

高性能膜材料是国家重点发展战略新兴产业, 2035 年国内产值达万亿级。《中国制造 2025》中把膜产品作为关键材料的发展重点, 提出到 2025 年水处理膜材料的成本下降 20% 以上, 特种分离膜和气体分离膜能耗下降 20%, 以分离膜材料为核心的分离装备成为石油化工、煤化工等行业的主要分离手段, 分离效率提高 30%。预计到 2035 年, 我国膜产业总值将达到 8000-10000 亿元。

图表 12: 我国膜产业市场前景预测 (部分)

市场领域	市场前景分析	2025 市场规模预测 (亿元)
海水淡化	预计“十四五”新增海水、苦咸水淡化 150 万吨, 每年 30 万吨。	15
工业纯水、超纯水	预计工业用纯水、超纯水新增产量 1000 万吨/日, 每年 200 万吨/日。	85
工业废水资源化	2020 年功能工业废水排放量降至 130 亿吨左右。预计“十四五”下降 30 个百分点, 则需零排放处理量 50 亿吨, 每年 10 亿吨, 每天 300 万吨。	200 ~ 250
城镇污水再生回用	2025 年全国城镇污水排放量 545 亿吨, 按再生利用率 10% 计, 预计 2020 年, 城镇污水排放量约 500 亿吨。预计“十四五”期间再生利用率提高 20 个百分点, 每年污水再生回用量约 20 亿吨, 每天 300 万吨, 再生回用量将达到 1000 万吨/日。	350 ~ 450
城镇自来水提质改造	2017 年我国供水总量 594 亿吨, 并逐年增加, 很多自来水厂都面临着膜法提质改造, 预计达总供水量的 20%, 需总处理量 120 亿吨, 每年 25 亿吨, 每天 800 万吨, 如包括农村微污水处理, 预计每天处理总量达 1200 万吨以上。	400 ~ 500
医用膜	2019 年全球接受血液透析达 350 万人, 销售额 800 亿美元, 预计至 2025 年达 1000 亿美元。如透析率从目前的 14% 达到 37% 国际水平, 我国市场需求巨大。	600 ~ 700
新能源用膜	预计至 2025 年, 包括其它燃料电池隔膜的销售达 60 亿平方米, 全球光伏背板膜需求量约 8.4 亿平方米, 我国市场需求约 2.1 亿平方米。	150 ~ 180
特种分离市场	纳滤膜、扩散渗析膜等膜技术在医药、生物、化工等行业的物料浓缩、分离和纯化应用发展, 预计“十四五”期间的特种分离市场有较大突破。	100 ~ 120
家用净水器市场	家用净水器市场发展迅速, 年增长率在 10% 以上。	600 ~ 700
气体分离膜	气体分离膜市场保持高速增长。	50 ~ 100
配套产品	膜配套产品市场保持高速增长。	800 ~ 1000
出口	预计 2025 年, 出口额占总产值的 15% 左右。	500 ~ 600

资料来源: 《中国膜产业发展概况及市场分析》(郑思伟等), 国盛证券研究所

分离膜国内千亿级市场，孔径越小分离精度越高。分离膜是膜产业中重要组成部分，依托膜的选择性透过来实现料液不同组分的分离、纯化和浓缩，与传统分离技术相比具有耗能低、无二次污染、操作简单、分离效率高优势。分离膜按孔径由大到小包括微滤（MF）、超滤（UF）、纳滤（NF）、反渗透（RO），分离膜孔径越小则分离精度越高，例如：微滤膜孔径 $>0.1\mu\text{m}$ ，在水处理领域只能过滤大体积的悬浮颗粒，而纳滤膜孔径 $<0.01\mu\text{m}$ ，在水处理中可用于分离小分子有机物。根据《现代化工》，2018年我国分离膜产值约2348亿元，预计2025年分离膜市场规模达3853亿元。

图表 13: 不同孔径分离膜在水处理中性能

分离膜类型	孔径范围	推动力	透过物	截留物	过滤效果及应用领域
微滤 (MF)	$>0.1\mu\text{m}$	压力差	水、溶剂溶解物	悬浮物颗粒	截留 0.1 微米以上的颗粒，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 (UF)	0.01-0.1 μm	压力差	水、溶剂小分子	胶体和超过截留分子量的分子	截留分子量在 1000-300000 范围内，能对细菌、胶体、悬浮固体、大分子有机物等进行分离，广泛应用于料液澄清、污水处理、海水淡化预处理等领域。
纳滤 (NF)	$<0.01\mu\text{m}$	浓度差、压力差	水、一价离子、多价离子	有机物、多价离子	截留分子量在 150-1000 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。
反渗透 (RO)	可达 0.0001 μm	浓度差、压力差	水、溶剂	溶剂、溶质、溶解盐	反渗透技术已成为制备高纯水、海水淡化、制药、电子行业制备精纯溶液的重要方法之一。同时反渗透膜还可以去除水中的细菌、病毒和重金属等有害物质。

资料来源:《中国水处理膜产业分析》(吴湘),招股说明书,爱采购,国盛证券研究所

根据分离孔隙的不同，分离膜过滤应用范围不断拓展：

- ✓ 一般过滤— $1\mu\text{m}$ 以上孔径: 可用于沙砾、煤粒、头发、花粉、面粉、酵母分离；
- ✓ 微滤— $>0.1\mu\text{m}$ 孔径: 可用于颜料色素、细菌、脂肪球、油乳剂分离；
- ✓ 超滤— $>0.01\mu\text{m}$ 孔径: 可用于碳黑、病毒、胶体硅、酪蛋白胶束、乳清蛋白分离；
- ✓ 纳滤— $>0.001\mu\text{m}$ 孔径: 可用于热源、糖、合成染料、维生素分离；
- ✓ 反渗透— $>0.0001\mu\text{m}$ 孔径: 可用于盐分、金属离子、蔗糖分离。

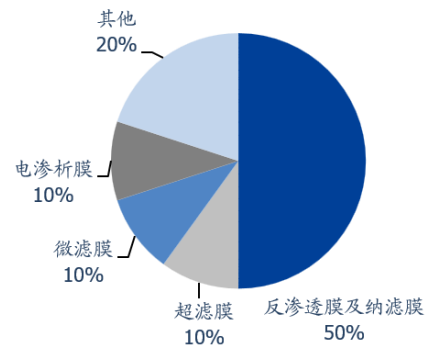
2021年我国膜产品市场中反渗透及纳滤膜占比约50%，超滤、微滤、电渗析膜占比分别为10%。

图表 14: 不同孔径分离膜应用过滤范围

	μm	0.0001	0.001	0.01	0.1	1	10	100	1000
	A	1	10	100	1000	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷
过滤对象		离子	合成染料	维生素	酪蛋白胶束	Azbestos	酵母	沙砾	
		盐	糖	乳清蛋白	脂肪球	花粉	细菌	头发	煤粒
过滤方法		反渗透	纳滤		微滤			一般过滤	

资料来源: LIQTECH, 国盛证券研究所

图表 15: 中国分离膜市场结构 (2021年)

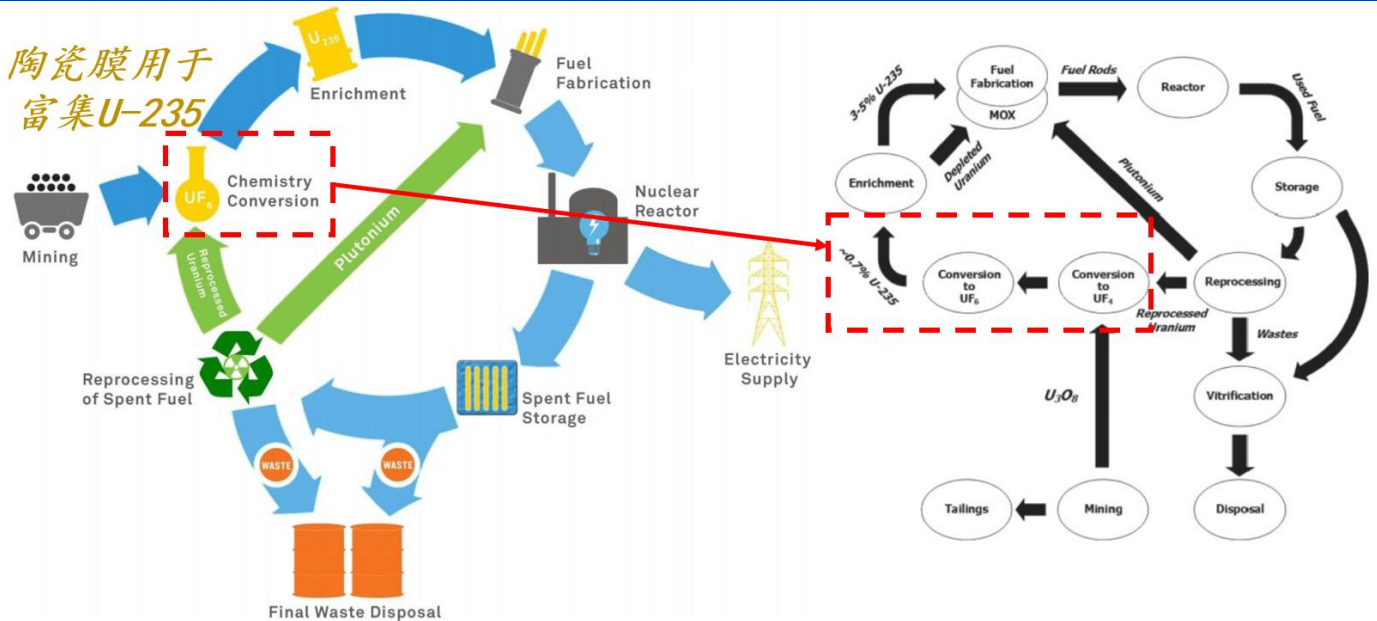


资料来源: 《中国膜产业发展概况及市场分析》(郑思伟等), 国盛证券研究所

2.1.2. 陶瓷膜性能优异, 军转民后应用领域持续拓展

陶瓷膜起步于上世纪 40 年代, 军转民后应用领域持续拓展。陶瓷膜是一种无机膜, 具有优异的分选精度以及耐化学性、热稳定性、机械强度。第二次世界大战期间, 为了实施曼哈顿原子弹计划, 欧美等国家采用气体扩散分离技术, 利用多孔陶瓷膜材料从天然铀矿中分离 UF₆, 以用于制备核裂变原料 235U, 可将铀矿中的铀 235 富集到 3%。由于 UF₆ 具有腐蚀性, 因此陶瓷材料过滤膜具备良好的适配性。美国橡树岭国家研究实验中心和法国原子能研究中心建造了微孔无机膜多级分离 238U 和 235U 的气体扩散工厂, 同时前苏联也建成类似工厂以满足核工业需要。80 年代欧洲国家联合在法国建立了大型气体扩散分离工厂, 可为 90 座 90 兆瓦核反应堆提供浓缩铀。自上世纪 80 年代以来, 美国、德国、法国、日本等发达国家陆续实现了陶瓷过滤膜的规模化生产, 在酸碱、溶剂、高温高压环境等领域取得了商业化应用, 解决了传统有机膜在以上领域应用不理想的问题, 同时应用端由传统军用不断转向水处理、能源、医药食品、半导体等民用领域。

图表 16: 陶瓷膜最早在核电领域用于富集铀-235

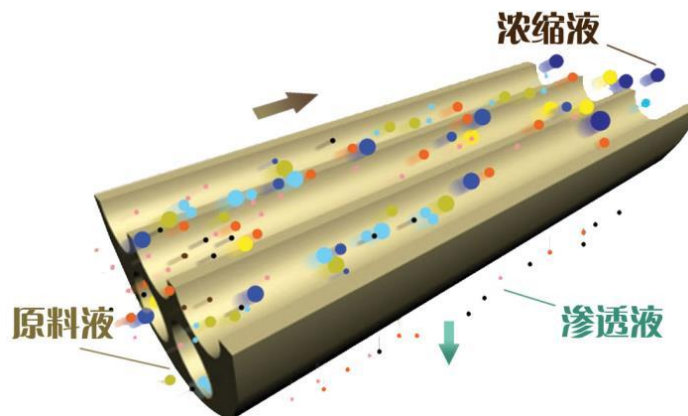


资料来源: SCIELO, Nuclear Industry Association, 国盛证券研究所

国内陶瓷膜起步较晚，90年代由徐南平院士团队打破海外技术封锁。徐南平院士是中国陶瓷膜产业和材料化学工程学科的开拓者之一，先后担任国家863领域专家、国家973项目首席科学家、国家基金委重大项目负责人；获得国家技术发明二等奖1项、国家科技进步二等奖2项、国家科技进步三等奖1项和省部级科技奖励20项；出版著作5部，发表SCI论文300余篇；授权中国发明专利150余项，国际发明专利10项；兼任《Advanced Membranes》、《高校化学工程学报》、《化工学报》、《膜科学与技术》等学术期刊编委。徐院士团队从上世纪80年代就开展了低温烧结管式陶瓷膜的研究开发工作，于90年代实现自有技术国产化，并将研究成果转化培育了久吾高科等国内领先企业，目前产品及技术在水处理、氯碱、造纸、饮料、酿酒等多种特种分离领域广泛应用。

陶瓷膜管壁密布微孔，通过错流过滤实现良好分离效果。陶瓷膜是以氧化铝（ Al_2O_3 ）、氧化锆（ ZrO_2 ）、氧化钛（ TiO_2 ）等粉体原料经烧结工艺制备而成的膜。陶瓷膜管壁密布微孔，膜两侧的静压差作为过滤时的推动力，小分子物质（或液体）透过膜，大分子物质（或固体颗粒、液体液滴）被膜截留从而达到料液不同成分的分、浓缩和纯化目的。陶瓷膜过滤机制包括错流过滤与死端过滤，其中错流过滤具有性能优势，公司产品主要以错流过滤为主：错流过滤：原料液流体以切线流过膜表面的方式高速循环流动，过滤液（或称渗透液）在压力作用下透过膜表面滤出，通过原料液的循环冲刷有效抑制了传统终端过滤方式中过滤介质易被阻塞的问题，保障分离过程的连续运行，提高了分离效率与分离精度，并有效降低了分离过程的能耗；死端过滤：在过滤浓度较高的料液时，容易使料液的大颗粒被截留在膜的表面形成膜污染，造成分离效率的快速下降，只适合处理固体含量非常低的液体。

图表 17: 陶瓷膜错流过滤原理

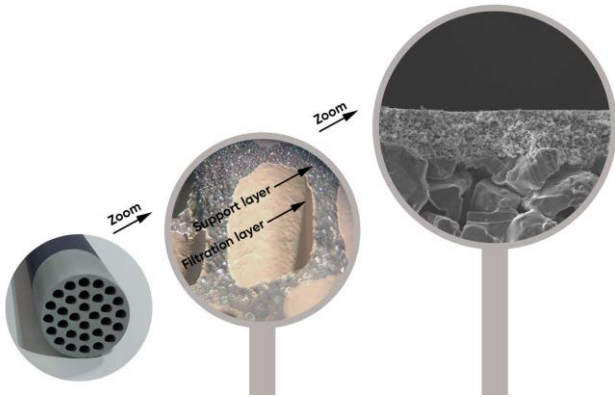


资料来源：招股说明书，国盛证券研究所

非对称陶瓷膜结构具有优异过滤效果，是目前主流技术路线。陶瓷膜按结构可分为对称和非对称型，其中非对称陶瓷膜具备更优异的过滤、渗透性能：对称陶瓷膜：一般为单层结构，使用的原料粒径相近，可直接应用于工业过滤、除尘、汽车尾气处理等；非对称陶瓷膜：一般为三层结构，包含支撑体层、过渡层、分离膜层，分离膜层要求具有良好的分离效率，非对称陶瓷膜具有过滤、渗透性能优势，是目前主流路线：

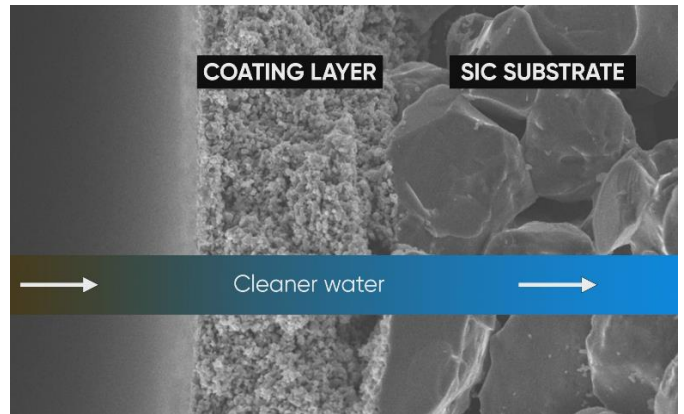
- ✓ **支撑体层**：支撑体层是构成陶瓷膜的主体结构，为膜层提供必要的机械强度，孔隙率较高、平均孔径较大，是陶瓷膜机械强度、化学稳定性等性能的主要决定因素，孔径一般为 1~20um；
- ✓ **过渡层**：过渡层是膜层与支撑体层之间的一层过渡结构，其作用在于防止膜层内的陶瓷粉体渗入支撑体层，帮助膜层与支撑体层更好的结合，孔径一般为 1~5 um；
- ✓ **分离膜层**：膜层是涂于过渡层表面经烧结而成的一层致密陶瓷薄膜，通过对膜层的孔径大小、孔径分布等进行调节，从而控制陶瓷膜的过滤范围、分离精度等功能指标，孔径一般为 0.8 nm~ 1um。

图表 18: 非对称陶瓷膜结构分解 (SiC 膜为例)



资料来源: LIQTECH, 国盛证券研究所

图表 19: 陶瓷膜渗透示意图 (SiC 膜为例)



资料来源: LIQTECH, 国盛证券研究所

多通道管式膜具有膜层面积大、强度高等优点，是陶瓷膜主流应用构型。陶瓷膜按构型通常分为管式膜、板式膜、中空纤维膜，管式膜具有安装方便，易于物理和化学清洗等优势，其中多通道管式膜因其单位体积内的膜层面积大、机械强度高以及安装方便等优点，适合于大规模应用，而成为工业应用的主要品种。

图表 20: 不同陶瓷膜产品结构及特点

膜组件类型	优点	缺点	水处理适用范围	产品图
管式	安装方便，易于物理和化学清洗	装填密度小，压力损失大	中小型水厂，水源水质要求较低	
板式	操作灵活，组装简单，可靠性高，可通过增加层数增大处理量	成本高，装填密度小	实验室规模、小型水厂	
卷式	结构简单，造价低廉，装填密度较高，产水量大	不易清洗	中大型水厂	
中空纤维	装填密度高	不易清洗，更换困难，压力损失大	中大型水厂	

资料来源: 粉体网, 公司官网, 全球塑胶网, 国盛证券研究所

从材料构成来看，目前最主流的陶瓷膜成分包括氧化铝 (Al_2O_3)、氧化锆 (ZrO_2)、氧化钛 (TiO_2)、氧化硅 (Si_2O_3)。具体来看，氧化铝优势在于工艺简单，氧化钛优势在于耐化学性强，氧化锆优势在于易获得特定膜表面电荷，氧化硅优势在于成本较低。新型陶瓷膜材料包括碳化硅、石墨烯、粉煤灰等，其中碳化硅具有优异的强度、耐腐蚀、抗氧化性，在高温高压气体分离领域应用前景广阔；石墨烯具有优异的导热性能、力学性能，然而成本较高；粉煤灰在高温烧结后可形成化学稳定性高、热稳定性强的莫来石，

作为陶瓷膜材料成本优势显著。以久吾高科产品为例，目前4-8nm小孔径超滤膜主要采用TiO₂，50nm孔径超滤膜采用ZrO₂，200-5000nm孔径微滤膜采用Al₂O₃。

图表 21: 不同膜材质对应陶瓷膜产品性能 (以久吾高科产品为例)

陶瓷膜类型	常用膜孔径 (nm)	膜材质	纯水通量 (L·h ⁻¹ ·m ⁻²)	截留分子量 (kDa)	跨膜压差 (bar)
小孔径超滤	4	TiO ₂	≥ 100	10	3-10
	8	TiO ₂	≥ 300	40	3-10
超滤	50	ZrO ₂	≥ 600	300	1-5
微滤	200	Al ₂ O ₃	≥ 800	-	≤ 3
	500	Al ₂ O ₃	≥ 1000	-	≤ 3
	1200	Al ₂ O ₃	≥ 1200	-	≤ 2
	1400	Al ₂ O ₃	≥ 1500	-	≤ 2
	5000	Al ₂ O ₃	≥ 3500	-	≤ 2

资料来源: 公司官网, 国盛证券研究所

对比传统过滤分离技术: 陶瓷膜性能优异, 易于运行维护:

- 1) 机械性能强:** 无机陶瓷膜机械强度高, 可耐压 3Mpa 以上, 在高压条件下不会变形, 且耐高速冲刷、耐磨, 便于反冲和清洗, 长期运行产水水质稳定;
- 2) 化学稳定性高:** 陶瓷膜耐酸碱, 耐强氧化剂, 耐高温, 耐有机溶剂, 耐清洗, 在 800℃ 以下的工作环境中可稳定使用, 适用于高温、高粘度流体;
- 3) 亲水性高:** 陶瓷膜单只组件产水量大, 有效降低投资和运行成本;
- 4) 过滤精度高:** 陶瓷膜可实现纳米级过滤, 能有效去除水中颗粒物、胶体、微生物、微量有机物等污染物质;
- 5) 寿命长:** 陶瓷膜全生命周期内综合投资成本低;
- 6) 抗污性能强:** 无机陶瓷膜抗污染性能好, 长期运行通量稳定, 清洗频率低;
- 7) 过滤效率高:** 陶瓷膜采用大直径蜂窝状一体式设计, 水力分布均匀, 运行效率高;
- 8) 支撑层孔隙率高:** 过滤和反洗通量高, 过滤、反洗效率高;
- 9) 运行成本低:** 陶瓷膜系统预处理要求低, 降低系统总投资和运行成本;
- 10) 安装简易:** 标准模块化设计, 降低系统管路投资成本;
- 11) 可用于食品级:** 陶瓷膜安全性能强, 具有饮用水卫生安全产品卫生许可批件。

图表 22: 陶瓷膜相比传统过滤分离技术优势

应用领域	陶瓷膜相比传统过滤分离技术优势	
医药提取	1) 分离精度高, 滤液质量好, 通量高且稳定; 2) 产品收率高, 废水量小。	3) 无需添加助剂, 浓缩物 (菌丝体、蛋白) 可回收; 4) 可保证发酵菌体细胞 95% 以上的完整和活性。
化工废水	1) 流程简短, 加入两碱反应后可直接过滤; 2) 采用错流过滤技术, 适用钙镁比例挂的原盐; 3) 膜材料寿命长, 过滤精度高。	4) 降低电解电耗, 延长离子膜寿命; 5) 无需絮凝剂, 避免管道设备腐蚀和离子膜污染; 6) 节省投资和占地, 易于扩建和改造。
生物提取	1) 降低基础建设和生产线投资费用; 2) 减少工序, 缩短生产周期; 3) 节省溶媒, 降低原料成本和治污成本。	4) 有效成分降解和流失少, 色素不增加; 5) 能同时去除悬浮颗粒、菌体、鞣质、淀粉、胶体、蛋白、部分色素等大分子, 澄清度高。
含油废水	1) 占地面积小, 工艺流程短; 2) 陶瓷膜除油效果好, 膜容易再生。	3) 陶瓷膜寿命长, 维护成本低。
印染废水	1) 退浆废水回用于生产过程, 出水浊度低于 0.5NTU, 水回收率高于 95%; 2) 碱、精炼剂和整合分散剂均得到回用。	3) 陶瓷膜设备运行稳定, 污染易于清洗; 4) 难降解的浆料等成分不进入生化系统; 5) PLC 全自动控制, 减轻人工成本支出。
油田回注水	1) 油截留率高, 耐污染, 长时间维持高通量; 2) 出水水质满足回注水 A1 标准; 3) 工艺相容性强, 易与相关技术集成。	4) 耐酸碱及氧化性物质, 耐微生物侵蚀; 5) 占地空间小, 组装方便, 易操作维护; 6) PLC 全自动控制, 劳动强度低。

资料来源: 招股说明书, 国盛证券研究所

对比有机膜：陶瓷膜具备核心竞争优势，未来有望持续替代。分离膜材料主要包括有机膜与无机膜，其中有机膜中常用的材料包括聚丙烯、聚四氟乙烯、聚偏二氟乙烯等。有机膜开发应用较早，且孔径更细、过滤精度更高，成本相对较低，目前渗透率远高于无机陶瓷膜。然而我们认为，未来趋势下陶瓷膜将持续替代传统有机膜，主要原因包括：

- ✓ **高分子膜易腐蚀，膜材料更换成本占比高达 61%：**在严苛的环境中，高分子膜材料表面易被料液腐蚀污染、被冲击易发生形变，因此造成分离性能降低、需要频繁更换等问题。根据 SPRINGER 杂志 2023 年研究，膜材料替换费用占有机膜运行成本高达 61%。而陶瓷膜克服了有机膜在耐高温、耐酸碱、耐有机溶剂、机械强度等方面的不足，适用于各种苛刻环境或复杂条件下的膜分离应用；
- ✓ **陶瓷膜结构更优，运行中清洗便利，流量衰减慢：**无机陶瓷膜组件一般是由多根或者多片单通道或者多通道单件膜组合而成，与有机高分子膜相比不易引起膜堵塞，因此陶瓷膜在提纯或浓缩时可以获得较高的浓度比例。陶瓷膜流量衰减速度慢，同时清洗简单且效率高、成本低，膜组件内积存物较少；
- ✓ **适用于北方低温环境：**有机膜在低温下通量会显著降低，温度每降低 1 摄氏度，通量会降低 2/100。而陶瓷膜具有优异的耐高低温性，在北方地区极具渗透前景。

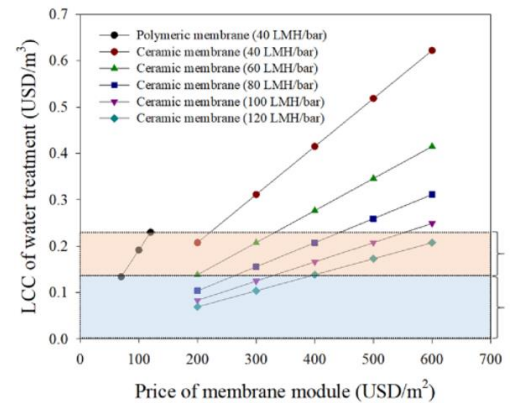
降本叠加先进技术研发，陶瓷膜核心制约因素持续解除。成本、工艺壁垒是目前限制陶瓷膜大规模渗透的核心因素，**成本上来看：**根据 SPRINGER 研究，40 LHM/bar 的有机膜组件价格约 100 美元/平米，而 40-120 LHM/bar 的陶瓷膜组件价格超 200 美元/平米。陶瓷膜组件价格虽高于有机膜，但后期运行过程膜清洗、替换等费用较低，同时目前国内各大陶瓷膜厂商持续推进降本，陶瓷膜综合性价比有望持续提升；**工艺上来看：**陶瓷本身脆性大且制备工艺相较高分子膜较难，同时其结构孔径也难以控制，目前国内南京工业大学、久吾高科等院校、厂商已实现较为成熟的设计、生产能力，陶瓷膜工艺及技术壁垒持续弱化。

图表 23：有机膜、陶瓷膜建设及运行成本拆分

膜成本拆分						
建设成本						
成本明细	膜组件	人工	设备及调控	建设费用	电费	其他
陶瓷膜	24%	30%	17%	9%	7%	13%
有机膜	13%	28%	16%	17%	8%	18%
运行成本						
成本明细	电费	化学品	维护费用	膜替换费用		
陶瓷膜	42%	25%	33%			
有机膜	18%	6%	15%	61%		

资料来源：SPRINGER，国盛证券研究所

图表 24：有机膜、陶瓷膜成本/价格曲线

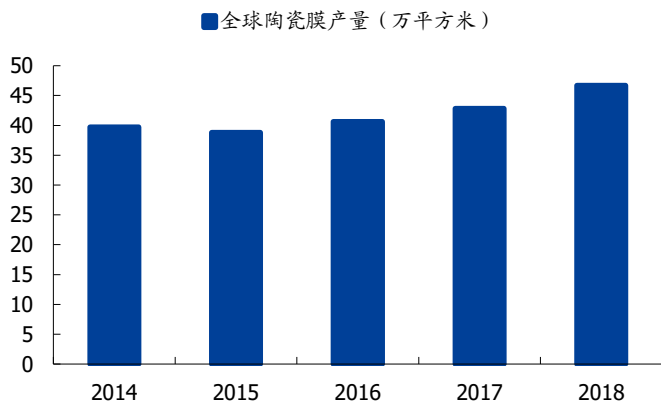


资料来源：SPRINGER，国盛证券研究所

五年百亿美元市场，国产化+高端化渗透空间广阔。2018 年全球陶瓷膜产量约 46.7 万平方米，随着新兴高附加值领域需求拉动，陶瓷膜市场规模快速提升，根据 Mordor Intelligence，2023 年全球陶瓷膜市场规模约 68.3 亿美元，预计 2028 年增长至 104.6 亿美元，复合增速约 9%：

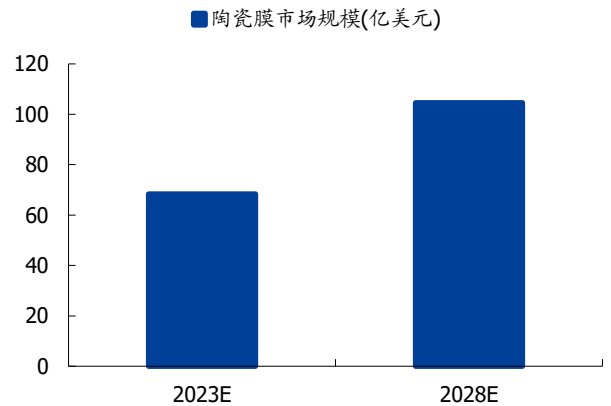
- ✓ **从产品应用领域来看：**目前陶瓷膜应用领域以中低端水处理为主，2016-2020 年水处理占陶瓷膜安装量比例约 58%，生物发酵、化工、食品饮料占比分别为 21%、16%、5%，未来半导体、医药食品、新能源等高端化应用有望加速渗透。

图表 25: 全球陶瓷膜产量 (万平方米)



资料来源: 华经产业研究院, 国盛证券研究所

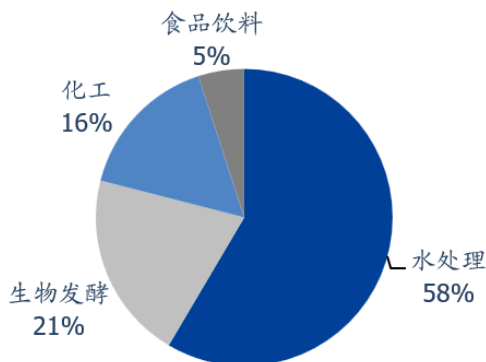
图表 26: 陶瓷膜市场规模预测 (亿美元)



资料来源: Mordor Intelligence, 国盛证券研究所

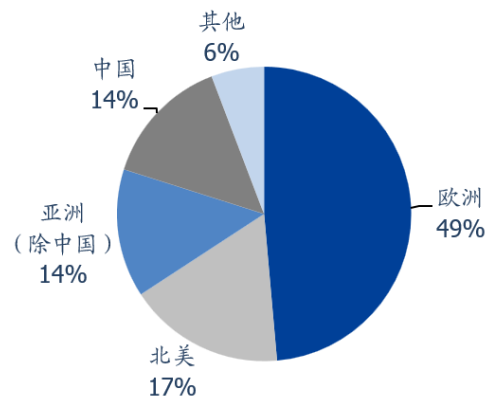
- ✓ 从供给结构来看:根据 QYResearch, 2016 年中国陶瓷膜产量仅占全球 14%, 欧洲、北美等发达国家地区占据产能主导, 份额分别为 49%、17%, 陶瓷膜国产化空间广阔。

图表 27: 2016-2020 年陶瓷膜安装领域分布 (预计值)



资料来源: 粉体网, 国盛证券研究所

图表 28: 全球陶瓷膜产量份额分布 (2016 年)



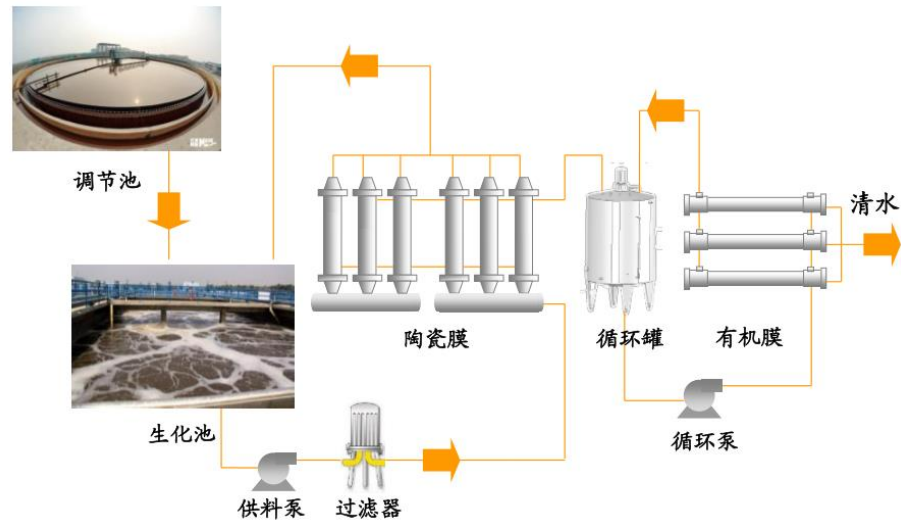
资料来源: QYResearch, 国盛证券研究所

2.2. 水处理“万金油”，海水淡化国内外需求共振

2.2.1. 废水处理：工业+市政

膜法水处理方案具备技术先进性，广泛应用于工业污水处理、工业污水回用、生活污水深度处理、纯水超纯水制备、海水淡化等领域。自上世纪九十年代开始，膜分离技术因为其具有选择性高、分离效率好、节能、环保等优点，已被广泛应用于水处理领域。早在 20 世纪 90 年代，美国和日本陶瓷公司已经开发出低成本的无机陶瓷膜生产线，在各个工厂进行了初步的废水处理推广，我国陶瓷膜水处理市场也在持续增长。

图表 29: 膜法水处理工艺



资料来源: 招股说明书, 国盛证券研究所

陶瓷膜在废水处理中主要应用于工业废水、生活废水（市政废水）。陶瓷膜处理废水主要包括生活废水和工业废水两类，工业废水对于环境的污染尤为严重，主要包括了纺织印染废水、造纸废水、含油废水、放射性废水等，其在工业生产过程中排放量大、成分复杂、污染程度恶劣。利用陶瓷膜的小孔径优势可除去这些工业废水中的染色剂、大分子污染物、小分子有机物、重金属污染物等，对烃类、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等成分去除率高于90%。

图表 30: 陶瓷膜水处理工艺及过滤效果

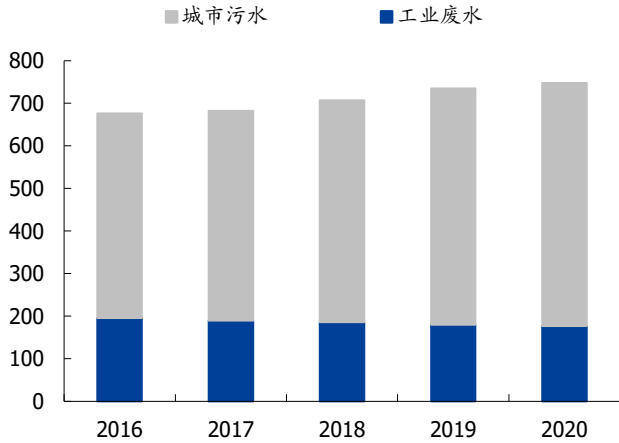
污水种类	处理工艺	去除率
污水厂出水	臭氧氧化-陶瓷膜过滤	UV ₂₄₅ 63%、色度 97%
工业园污水	纳米陶瓷膜 MBR	COD _{Cr} 92%、氨氮 93.9%、TP 78.1%
污水厂出水	电氧化耦合陶瓷膜处理	COD _{Cr} 64.1%、总磷 37.7%
医院污水	电氧化耦合陶瓷膜处理	悬浮物 99.94%、TP 57.6%、抗生素 98.1%

资料来源: 《陶瓷膜水处理技术应用与膜污染缓解研究进展》(黄晓帆等), 国盛证券研究所

水处理膜材料千亿级市场，国产化率有望持续提升。据《中国水处理膜产业分析》(吴湘)，2020 年全球水处理膜材料市场规模达 297 亿美元，其中中国市场规模 85 亿美元，约占全球的 28.53%。预计 2027 年全球水处理膜市场规模将增长至 390 亿美元，国内市场增长至 128 亿美元，全球占比提升至 32.78%。从广义水处理膜工业的总产值角度来看，2019 年底我国水处理膜工业总产值高达 1641 亿元，已形成千亿级别的庞大市场。

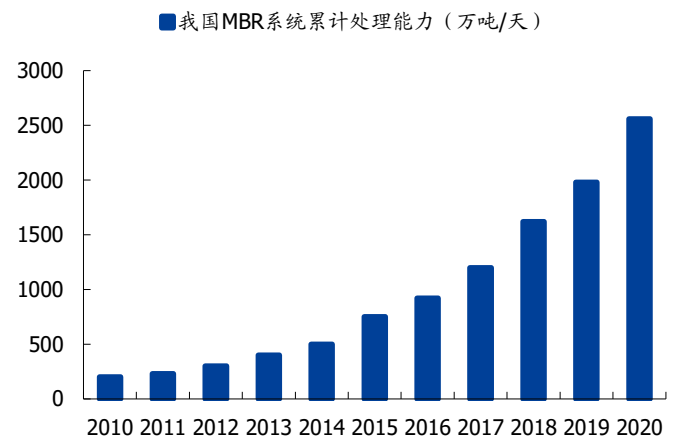
- ✓ 排放端来看——基本盘稳定增长: 2020 年中国工业废水排放量约 177 万立方米，城市污水排放量约 571 万立方米，合计排放量呈现复合增速 2.6% 的小幅增长趋势；
- ✓ 处理端来看——处理能力快速提升: 我国污水处理能力近 10 年来持续快速增长，2020 年我国 MBR 系统（膜生物反应器，即一种膜分离与生化技术结合的新型污水处理技术，久吾高科亦有相关产品）累计处理能力由 2010 年的 200 万吨/天大幅提升至 2020 年的 2560 万吨/天，目前投入运行或在建的 MBR 系统已达 200 多个。

图表 31: 我国城市污水、工业废水排放量 (亿立方米/吨)



资料来源: 观研报告网, 观知海内信息网, 国盛证券研究所

图表 32: 我国 MBR 系统累计处理能力 (万吨/天)

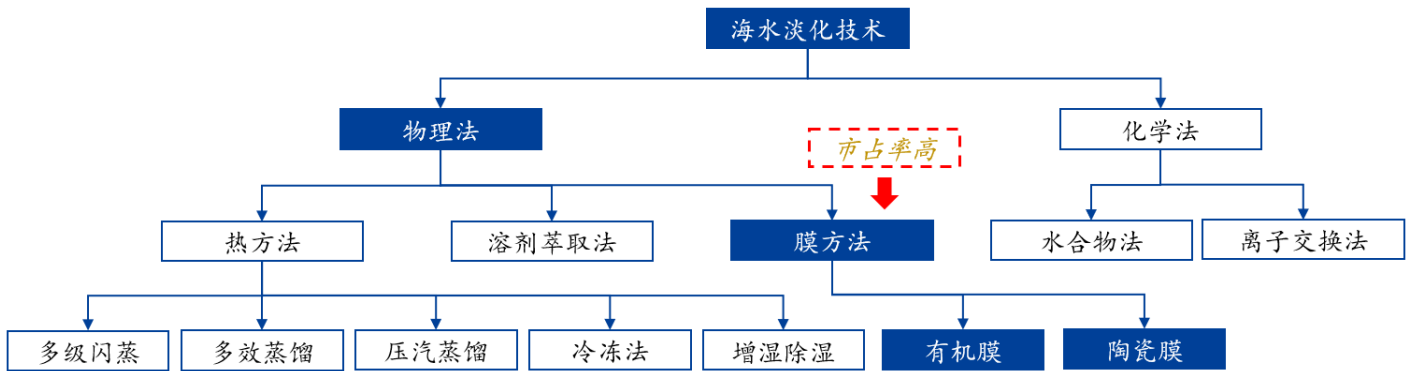


资料来源: 易普咨询, 国盛证券研究所

2.2.2. 海水淡化: “一带一路”背景下国内外需求共振

海水淡化技术路线以膜法为主。海水淡化也称海水化淡、海水脱盐, 是指将海水中多余的盐分和矿物质去除得到淡水的工序, 使海水可以达到使用标准的生产活动。海水淡化技术路线包括物理法与化学法, 其中物理法包括热法、萃取法、膜法, 化学法包括水合物法、离子交换法。其中膜法具有能耗低、流程简易等优点, 是我国最主流的海水淡化路线, 主要采用反渗透 (RO), 材质上以有机膜为主, 陶瓷膜作为新兴方案可用于海水淡化预处理环节, 替代反渗透膜及砂滤婚戒。多级闪蒸能源成本较高, 主要为中东等低能源成本地区采用。

图表 33: 海水淡化主流技术路线



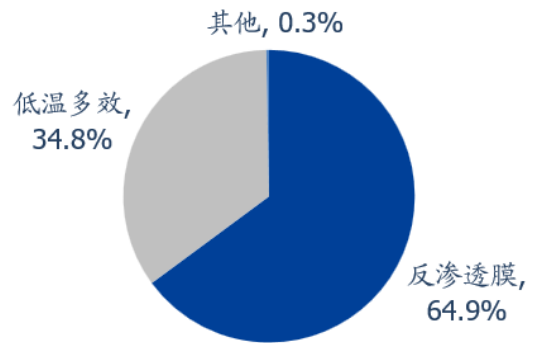
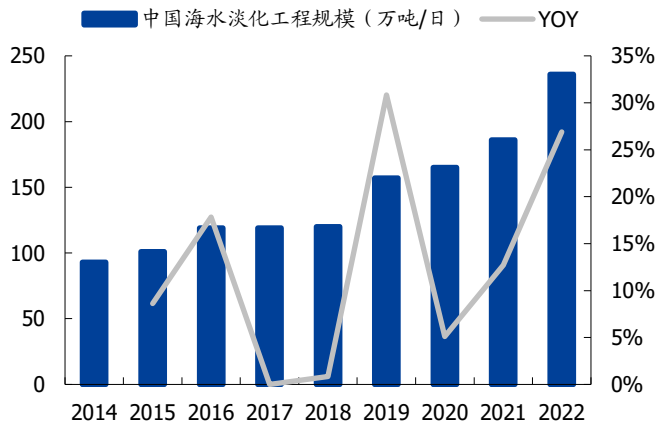
资料来源: 《一种新型陶瓷膜改性方法研究及水处理的应用》(钱若婵), 国盛证券研究所

全球海水淡化市场超亿立方米/日, 我国仍处于起步阶段。全球来看: 根据 GWI (Global Water Intelligence) 统计数据, 截至 2022 年 10 月全球海水淡化工程规模每日可生产淡水 10795 万立方米, 海水淡化厂数量达 22757 家; 国内来看: 2022 年我国存量海水淡化工程 150 个, 工程规模 235.7 万吨/日, 占全球海水淡化规模仅 2%。其中万吨级及以上海水淡化工程 50 个, 工程规模 214.5 万吨/日; 千吨级及以上、万吨级以下海水淡化工程 52 个, 工程规模 19.8 万吨/日; 千吨级以下海水淡化工程 48 个, 工程规模 1.3 万吨/日。根据国家发展改革委联合自然资源部印发《海水淡化利用发展行动计划 (2021-2025 年)》, 2025 年全国海水淡化总规模计划达到 290 万吨/日以上, 新增海水淡化规模 125 万吨/日以上。同时海水淡化关键核心技术装备自主可控, 产业链供应链现

代化水平进一步提高。工艺路线看：2022年我国海水淡化工程中反渗透膜、低温多效路线占主导地位，份额分别为64.9%、34.8%。

图表 34: 中国海水淡化工程规模 (万吨/日)

图表 35: 2022年我国海水淡化工程技术结构

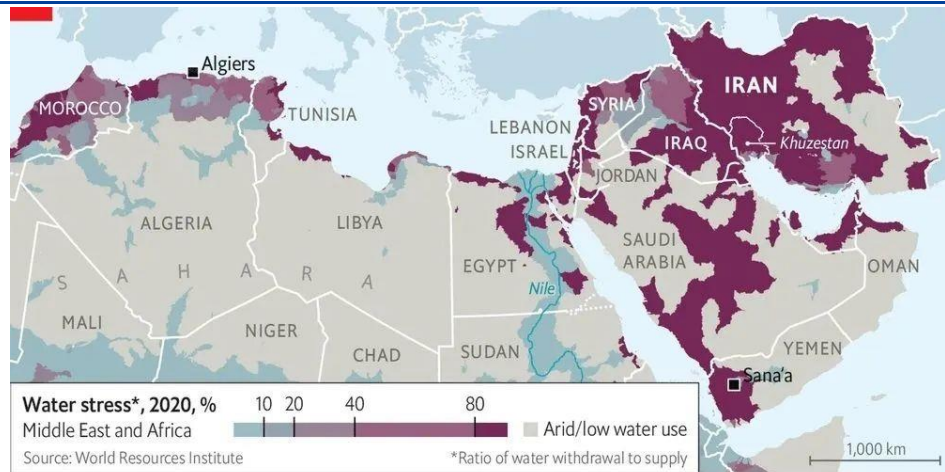


资料来源: 前瞻产业研究院, 中国膜工业协会, 国盛证券研究所

资料来源: 中国膜工业协会, 国盛证券研究所

中东地区水资源高度短缺，海水淡化依赖度高。中东是全球重点水资源短缺地区，淡水地表水和可再生地下水等常规水资源极其有限，超过60%人口生活在高水资源压力 (stress hydrique) 地区。受资源分布影响，中东地区淡水资源对海水淡化路线依赖较大，其中阿联酋、科威特、阿曼、沙特阿拉伯国内饮用水来自海水淡化的比例分别为42%、90%、86%、70%。

图表 36: 中东和北非地区水资源压力情况 (2020年)

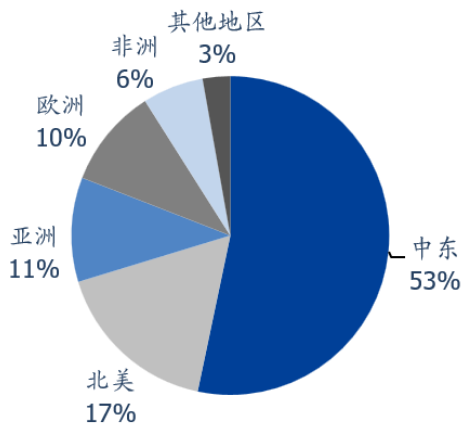


The Economist
资料来源: *essra, Economist*, 国盛证券研究所

中东占全球海水淡化53%市场份额，膜法路线持续替代传统热法。根据 Statista，2022年中东占全球海水淡化市场约53%。据 utilities 数据，仅沙特阿拉伯的海水淡化能力就达到每天900万立方米，预计2026年沙特阿拉伯和阿联酋的反渗透海水淡化项目装机容量将增长700万立方米/日。中东的海水淡化厂很大程度上受益于基于化石燃料的能源结构，可以实现廉价的海水淡化。从技术路线上来看，中东地区过去主要以多级闪蒸为主，该方法属于热法，对于能源消耗较大。由于中东地区能源成本较低，因此应用普遍。2005年至2020年期间，沙特阿拉伯海水淡化用电量增加了三倍，2020年达到该国总用电量的约6%，即17TWh。热法海水淡化单位立方米耗能约5kWh，而膜法耗能仅为

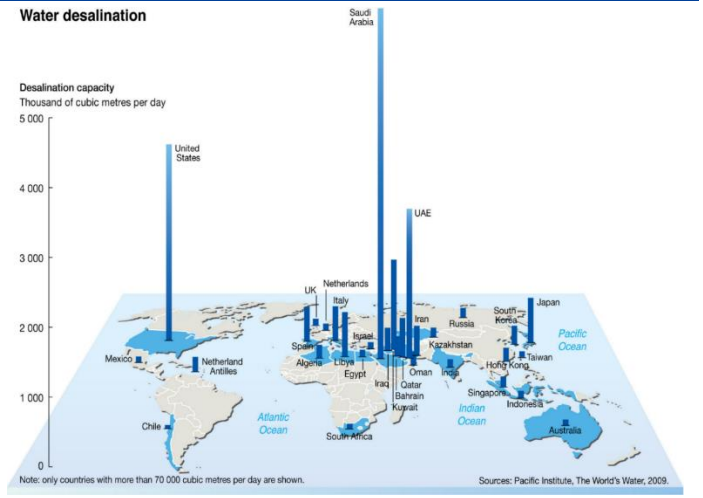
2.5-3kWh，能源成本大幅削减。在海水淡化规模不断提升的趋势下，传统热法工艺占比持续下降，以反渗透为主的膜法将为新增产能的主要技术选择。

图表 37: 2022 年全球海水淡化份额占比



资料来源: Statista, 国盛证券研究所

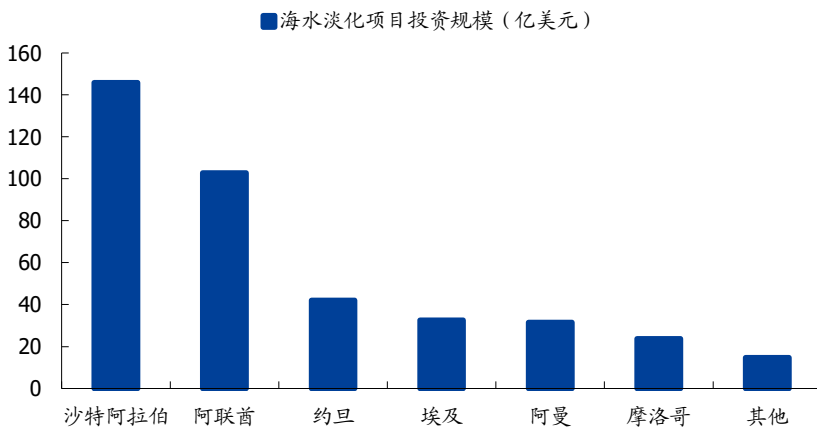
图表 38: 全球海水淡化项目分布 (2009 年)



资料来源: watermanaustralia, 国盛证券研究所

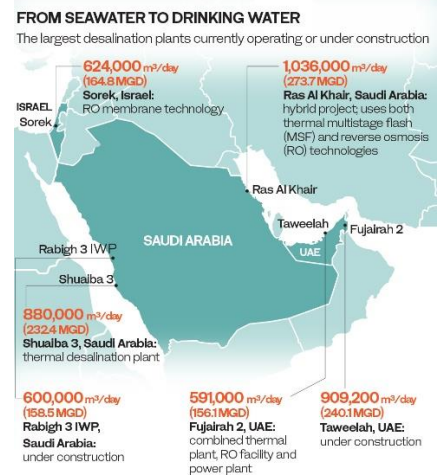
投资总额近 400 亿美元，中东海水淡化项目有望迎来高速扩张期。据中国水业统计，阿联酋各地区在运行海水淡化装置规模合计达 2225.5 百万加仑/日。根据 2023 年第四次中东和北非海水淡化项目报告统计，中东地区目前计划或已在进行的海水淡化项目支出总计高达 393 亿美元，其中沙特、阿联酋、约旦支出总额最高，分别为 145.8、102.8、42.0 亿美元。预计未来中东海水淡化市场将迎来快速增长，从而拉动上游膜材料需求。

图表 39: 2023 年中东各国海水淡化投资规模 (亿美元)



资料来源: Statista, 国盛证券研究所

图表 40: 中东地区海水淡化项目分布



资料来源: arabnews, 国盛证券研究所

图表 41: 阿联酋主要海水淡化项目 (部分)

阿联酋地区	海水淡化装置	工艺路线	水处理量 (百万加仑/日)	运行时间
阿布扎比	Shuweihat S1	多级闪蒸	100	2004
	Shuweihat S2	多级闪蒸	100	2012
	Jebel Dhanna	多效蒸馏	4	1996
	Umm Al Nar IWPP	多级闪蒸/多效蒸馏	145	2007
	Mirfa IWPP	反渗透膜	53	2017
	Al Taweelah A1	多级闪蒸/多效蒸馏	84	2003
	Al Taweelah A2	多级闪蒸	50	2001
	Al Taweelah B	多级闪蒸	75	1995
	Al Taweelah B Extension	多级闪蒸	98	2008
	Al Taweelah IWP	反渗透膜	200	2003
迪拜	"Hassyan Power and Desalination Plant"	反渗透膜	120	-
	Jebel Ali RO Plant	反渗透膜	40	-
	Jebel Ali	多级闪蒸	27	-
	Jebel Ali D-Station	多级闪蒸	35	-
	Jebel Ali E-Station	多级闪蒸	25	-
	Jebel Ali G-Station	多级闪蒸	60	-
	Jebel Ali K-Station, Phase 1	多级闪蒸	60	-
	Jebel Ali K-Station, Phase 2	多级闪蒸	40	-
	Jebel Ali L-Station, Phase 1	多级闪蒸	70	2005
	Jebel Ali L-Station, Phase 2	多级闪蒸	55	-
	Jebel Ali M-Station	多级闪蒸	140	2013
富查伊拉	Fujairah F1 IWPPF	多级闪蒸/反渗透膜	130	2015
	Fujairah F2 Plant	多效蒸馏/反渗透膜	130	2011
沙迦	Layyah Desalination Plant	多级闪蒸/多效蒸馏/反渗透膜	63.5	2007
	Kalba Desalination Plant	反渗透膜	6	持续扩产
	Khor Fakkan Desalination Plant	反渗透膜	3	2008
	Al Rahmanlya(Sajaa)	反渗透膜	5	2009
	Hamriyah	反渗透膜	20	2014
乌姆盖万	Umm Al Quwain IWP	-	150	2021
阿治曼	Ajman Power and Desalination Plant Phase 1	反渗透膜	30	2011
	Ajman Desalination Plant	反渗透膜	10	2011
	Al Zawra IWP	反渗透膜	30	-
哈伊马角	Ras Al Khaimah IWP	反渗透膜	22	2020
	Ghalilah	反渗透膜	15	2015
	Ras Al Khaimah Desalination Plant	反渗透膜	30	-
合计			2225.5	

资料来源: 中国水业, 国盛证券研究所

2.2.3. 化工过程分离：陶瓷膜应用场景丰富

陶瓷膜广泛应用于化工行业过程分离环节。过程分离是指过程工业生产中涉及的物料分离、浓缩、提纯、净化除杂等工艺环节。其中化工生产过程中存在大量的液体分离工艺，而化工料液体系性质苛刻，呈强腐蚀性或强酸性、需在高温或高压下进行分离等情况，多数过滤分离技术适用性较差。陶瓷膜具有分离效率高、分离精度高、耐高温、耐有机溶剂、耐腐蚀等优势，在化工生产的苛刻环境和复杂条件下的过程分离工艺中体现了极佳的适用性。目前陶瓷膜在化工过程分离环节主要应用场景包括：

氯碱化工盐水精制：盐水精制的目的是去除盐水中所含的钙、镁离子、硫酸根离子以及其他杂质，生产满足离子膜电解槽运行要求的精制盐水。陶瓷膜盐水精制工艺首先采用化学反应的方式使钙离子、镁离子、硫酸根离子及其它重金属离子形成沉淀物，再通过陶瓷膜过滤将全部沉淀悬浮物去除，获得合格的一次精制盐水。应用陶瓷膜技术使一次盐水精制的工艺流程大幅缩短，无需预处理器及分步反应，也无需加入三氯化铁、次氯酸钠、絮凝剂、预涂纤维素等辅助化学药剂，具有优异的经济性。

图表 42: 陶瓷膜盐水精制出水质量统计

样本	NaOH 过碱量 /(g/L)	Na ₂ CO ₃ 过碱量 /(g/L)	ρ (NaCl) /(g/L)	ρ (Ca ²⁺) /(mg/L)	ρ (Mg ²⁺) /(mg/L)
1	1.07	1.16	305.60	0.49	0.0028
2	0.95	0.97	301.65	0.34	0.0036
3	0.82	0.86	301.22	0.38	0.0019
4	0.79	0.84	301.57	0.57	0.0043
5	0.75	0.76	303.31	0.35	0.0024
6	0.82	0.79	305.32	0.47	0.0034
7	0.68	0.83	308.59	0.57	0.0015
8	0.78	0.72	302.88	0.46	0.0038
9	0.81	0.84	303.09	0.55	0.0021
10	0.82	0.88	300.28	0.41	0.0036
11	0.71	0.66	303.39	0.57	0.0049
12	0.69	0.60	301.77	0.47	0.0012
平均值	0.80	0.82	303.22	0.47	0.0029

资料来源：《陶瓷膜过滤技术在盐水精制中的应用》（张伟等），国盛证券研究所

煤化工、石油化工油水分离：含油废水中所含的油类物质，包括天然石油、石油产品、焦油及其分馏物，以及食用动植物油和脂肪类。亲水性陶瓷膜应用于油水分离领域，可有效分离水中的乳化油及悬浮颗粒物，乳化油脱除率达 90% 以上，悬浮颗粒物脱除率高达 99%，解决了乳化油和悬浮颗粒物对水系统中设备的堵塞问题以及降低后续生化系统的处理难度。

膜法脱硝：离子膜烧碱系统中，硫酸根主要源于原盐（或卤水）向盐水系统的带入，以及淡盐水脱氯时与亚硫酸钠反应生成的带入。膜法脱硝装置是利用纳滤膜分离的原理，将淡盐水分离成高硝盐水和低硝盐水，低硝盐水返回配水罐，高硝盐水送入冷冻处理单元分离出芒硝。采用膜法脱硝装置除去淡盐水中的部分硫酸根，可以使整个系统中的硫酸根保持平衡，防止硫酸根在烧碱系统中积累。

钛白废水及工业废石膏利用：钛白粉生产工艺分为硫酸法和氯化法，我国钛白粉主要以

硫酸法生产工艺为主。硫酸法在生产过程中会产生多种废酸废水，通过陶瓷膜对废酸废水进行处理，可实现偏钛酸或钛白粉回收，以及废酸净化石膏等多种工艺。膜法处理不仅使得钛白粉资源回用，同时解决了红石膏堆放问题。

图表 43: 公司 MCM 钛石膏与钛石膏与传统钛石膏对比优势

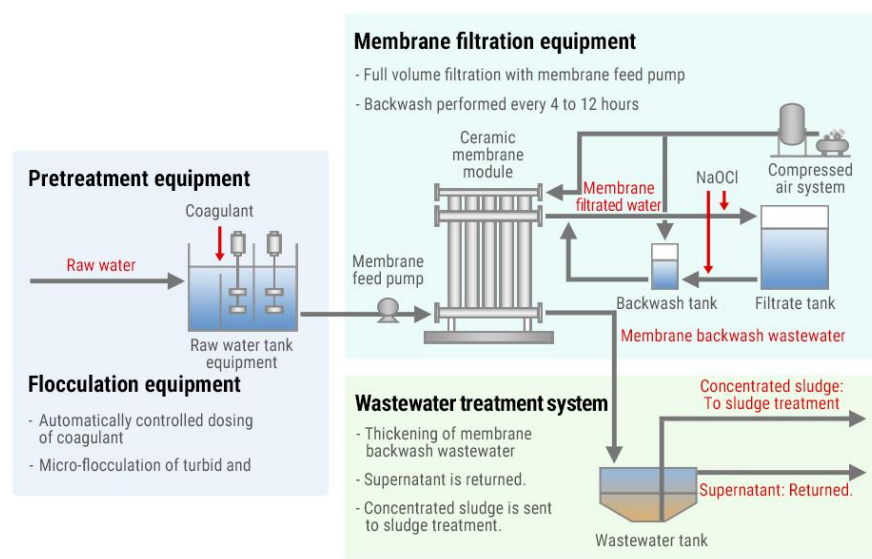
指标	红石膏	MCM 钛石膏	工艺优势
游离水	35%-50%	8%-15%	低含水率不仅有利于石膏储运，且在制备建筑粉时可大幅度降低烘干、煅烧成本。
白度	≤ 20%	≥ 80%	MCM 钛石膏粉白度高，应用领域广，产品利润率高。
品位	65%-85%	≥ 90%	经净化除杂后的 MCM 钛石膏杂质含量少，品质高，可弥天然石膏原料紧缺的短板。
氯离子含量	≥ 200ppm	≤ 100ppm	MCM 钛石膏氯离子含量可控制在 100ppm 以内符合国家一级标准。
粒度 晶型	5-20um 呈针、片状	60-100um 呈粗块状	MCM 钛石膏具有颗粒大、晶型粗壮的优势，更有利于石膏脱除游离水，降低高额的脱水成本。
做水泥添加剂	添加量少	大量添加	MCM 钛石膏既可以大量用于水泥添加剂，也可以直接煅烧成熟石膏粉，减少储运填埋的成本，产品质量远高于国家或行业标准，可广泛应用于建筑、建材、轻工、化工、电工、机械、装饰等诸多领域。
制备 β 石膏粉	强度低	2h 抗折 ≥ 3.5Mpa	
制备 α 石膏粉	白度差强度低	2h 抗折 ≥ 6.0Mpa	

资料来源: 公司官网, 国盛证券研究所

工业尾气制备燃料乙醇: 工业尾气中含有大量的一氧化碳和氢气，特有的微生物菌种在生物反应器内不断繁殖和发酵，可采用膜分离技术有选择性的将一氧化碳和氢气代谢生成乙醇滤液（含有醇类、无机盐等），去往蒸馏工序。生物菌体被截留、浓缩，随着发酵液回流到生物反应器中再次参与发酵过程，形成循环往复的模式。

磷酸精制处理: 磷酸下游应用包括食品级以及磷酸铁锂电池，对于产品纯度要求较高，需对磷酸中二氧化硅、砷、硫等杂质进行去除。传统叶式过滤器存在仪器磨损、堵塞问题，通过陶瓷膜可实现磷酸纯化，有效去除二氧化硅等杂质。

图表 44: 陶瓷膜用于磷酸精制处理



资料来源: Metawater, 国盛证券研究所

3. 借鉴巨头 PALL 发展历程，分离膜龙头展翅翱翔

3.1. 他山之石：全球过滤解决方案“领跑者” PALL

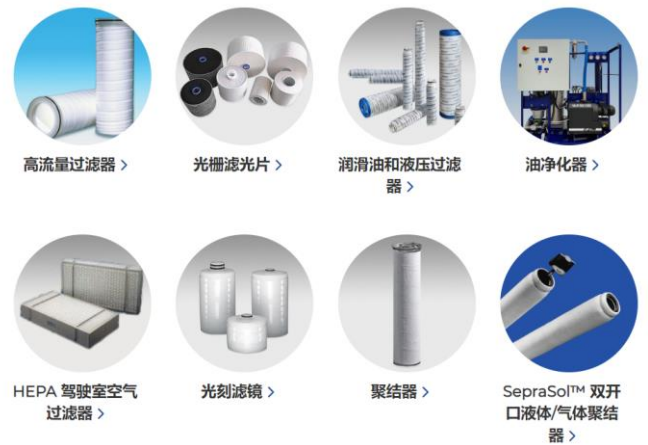
PALL 深耕精细过滤 70 余年，“军转民”背景下发展成为全球过滤分离技术平台化龙头企业。颇尔（PALL）是全球过滤解决方案龙头，由曼哈顿计划中陶瓷膜发明者颇尔博士于 1946 年创立，上世纪 50-60 年代早期发展阶段产品主要应用于 Jupiter C/阿波罗 11 号等航天火箭以及波音 707 等航空飞机中燃料、液压过滤系统；70-90 年代逐步拓展至生物科学、军用直升机等领域；21 世纪起不断在水处理、医药、半导体、新能源等高附加值民用领域加大产品研发投入。目前 PALL 已发展成为全球过滤、分离和纯化龙头一站式供应商，形成生命科学、工业两大业务板块，下游涵盖生物技术、制药、输血医学、能源、电子、市政和工业水净化、航空航天、运输等领域。

图表 45: PALL 由陶瓷膜发明者颇尔博士创立，深耕 70 余年



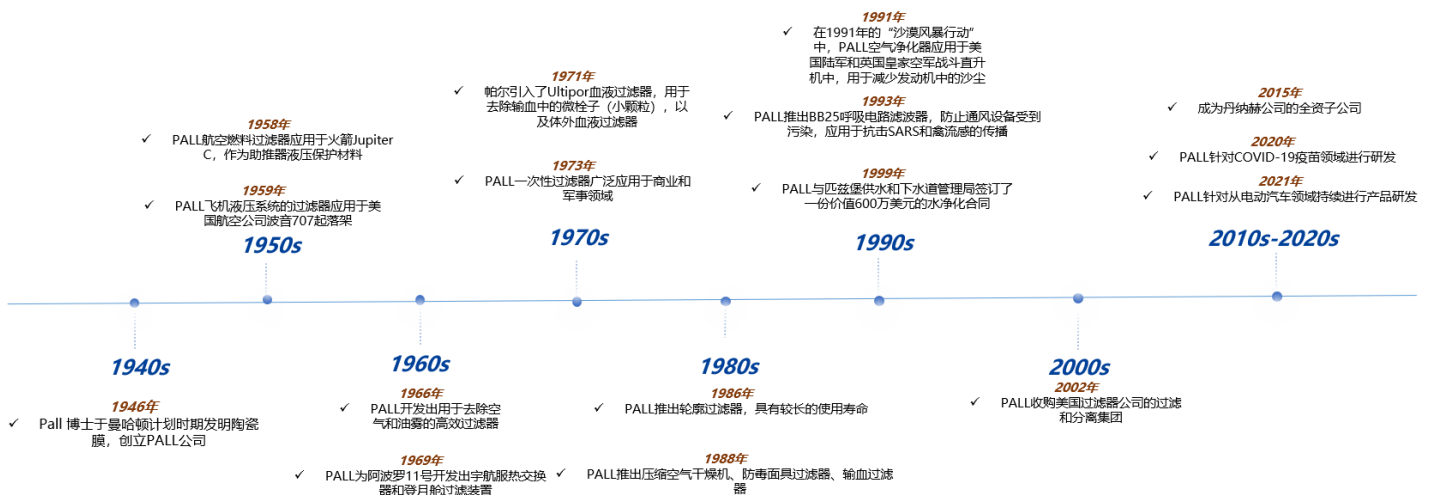
资料来源: PALL, 国盛证券研究所

图表 46: 公司产品布局 (部分)



资料来源: PALL, 国盛证券研究所

图表 47: PALL 公司发展历程

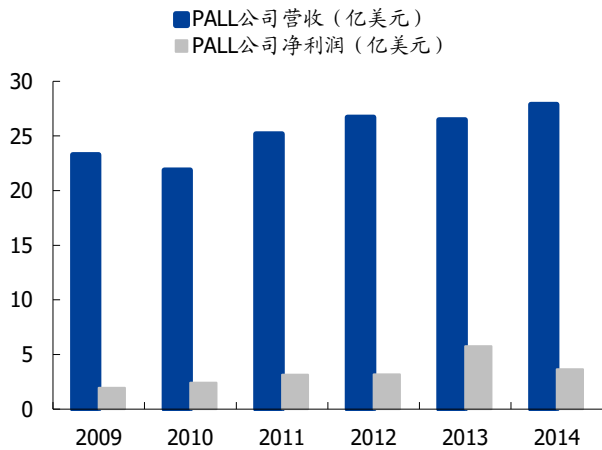


资料来源: PALL, 国盛证券研究所

PALL 之于国内精细过滤企业的启发: 高端化应用领域渗透空间、营收体量成长空间大。由于 PALL 于 2015 年被 Danaher 整合，我们整理 2009-2015Q3 经营数据进行分析:

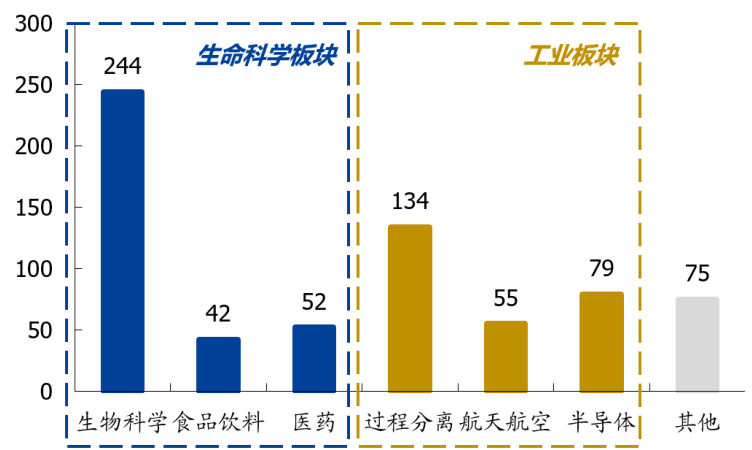
- ✓ **从营收及盈利能力角度看:** 2014年PALL营收27.89亿美元,折合人民币近200亿元,2013年实现净利润5.75亿美元,折合人民币约40亿元。对比国内过滤解决方案厂商,营收、利润体量普遍偏小,产品布局深化后成长空间巨大;
- ✓ **从业务拆分角度看:** 2015年Q3,PALL公司实现营收6.8亿美元,其中生命科学板块营收3.64亿美元,工业板块营收3.17亿美元。具体来看,生物科学、食品饮料、医药占比分别为35.8%、6.2%、7.6%;过程分离、航天航空、半导体及微电子占比分别为19.7%、8.1%、11.6%。对比国内厂商,主要以中低端水处理项目为主,半导体、生物医药、食品饮料、航空航天等高端应用领域渗透空间广阔。

图表 48: 2009-2014 年 PALL 公司营收、净利润 (亿美元)



资料来源: macrotrends, 国盛证券研究所

图表 49: 2015Q3 PALL 公司营收拆分 (百万美元)



资料来源: PALL, 国盛证券研究所

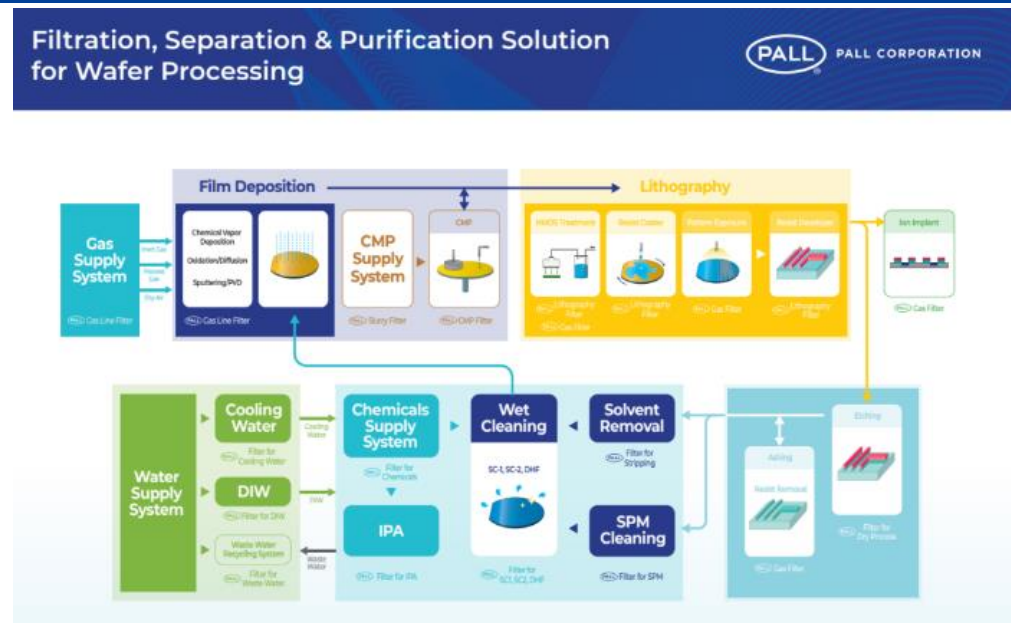
3.2. 对标 PALL, 聚焦高附加值精细过滤星辰大海

3.2.1. 半导体: 先进制程下各环节洁净度要求大幅提升

先进制程下, 半导体生产中洁净度要求持续提升。芯片是高度集成的精密工业产品, 其对于杂质的控制要求随着制程的演进持续提升。纳米级的先进制程中混入衬底的几颗离子就能影响掺杂, 从而改变芯片的电学特性, 降低芯片的生产良率。具体来看, 从 28nm 到 7nm 制程, 产品的金属杂质要求须下降 100 倍, 污染粒子的体积也要缩小 4 倍。例如 28nm 晶圆可以有 10 个污染粒子, 而 7nm 晶圆上只能有 1 个。先进制程下, 半导体制程材料精细过滤、纯化需求大幅提升。

过滤分离广泛应用于半导体制程环节。化学品的洁净度对于半导体芯片品质以及工艺利用效率、性能和运行成本有着重要作用, 光刻、刻蚀、CMP 抛光、气体过滤等诸多环节需要采用过滤、分离、纯化技术以降低污染物。具体来看:

图表 50: 精细过滤产品广泛应用于半导体制程



资料来源: PALL, 国盛证券研究所

清洗: 清洗是半导体制程中重要环节, 几乎所有制程的前后都需要搭配清洗环节, 包括成膜前/成膜后清洗、等离子刻蚀后清洗、离子注入后清洗、化学机械抛光后的清洗、金属沉积后清洗等。清洗可以将晶圆表面颗粒、有机物、自然氧化层、金属杂质等污染物去除, 以获得所需的洁净表面。PTFE 薄膜作为过滤材料可满足先进半导体制程中的严格化学过滤要求, 可控制关键颗粒尺寸以及保持关键流体纯度, 过滤精度高达 2nm。

光刻: 半导体光刻工艺是将光刻胶涂在半导体晶片表面, 通过光刻机将芯片上的图案转移到光刻胶上, 最后通过化学腐蚀或离子注入等工艺将图案转移到芯片表面的一种技术。采用尼龙 66 或 HDPE 作为过滤材料, 可有效去除晶圆表面有害颗粒物、凝胶微桥缺陷、微孔缺陷、金属污染物, 具有可润湿性强、微泡产生少、冲洗时间短等优点。

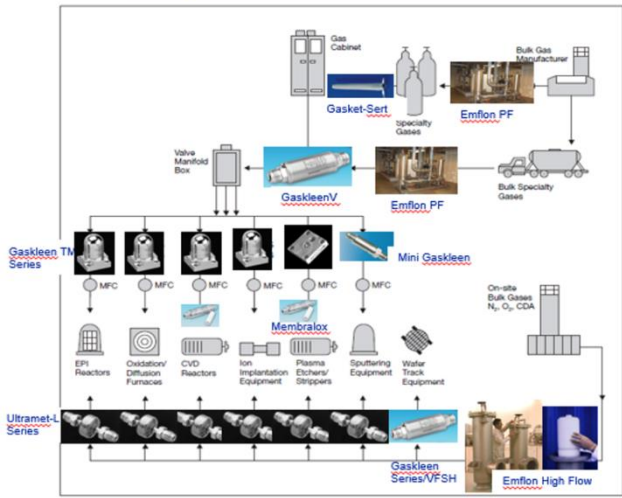
涂胶显影: 涂胶显影应用于晶圆制造前道工艺及封装测试后道工艺, 其中在前道工艺中涂胶显影环节主要应用于光刻环节, 作为光刻机的输入与输出, 与光刻机配合在曝光前进行光刻胶涂覆, 在曝光后进行图形的显影; 在后道工艺中用于封装技术的涂胶、显影等工序。涂胶显影需搭配性能优异的过滤设备, 需满足以下要求: 颗粒滤除精度高、光化学废弃物滞留体积小、滤膜润湿性高、防止光化学品脱气、防止颗粒和金属污染。颇尔 HDPE 薄膜作为过滤材料拥有高精度、高洁净度等优势, 过滤精度可达 sub 1nm; 尼龙 66 过滤材料具有非对称性强、流量大、可吸附凝胶等优势, 过滤精度达 2nm。

刻蚀: 刻蚀工艺用于在硅片上无光刻胶保护处留下永久的图形, 使用材料包括硅及硅化物、氧化硅、氮化硅、金属及合金、光刻胶等。刻蚀环节可采用 PTFE、聚芳砜、尼龙、PVDE、HDPE 等材料作为过滤膜实现污染物过滤, 具备高精度、高流量、高清洁度、低金属离子、低有机物析出等优势。

电子特气过滤: 电子气体是半导体制造的“血液”, 广泛应用于光刻、刻蚀、气相沉积等环节。气体纯度对半导体器件性能品质和良率有着重要影响, 其中最高纯度要求可以达到 9N。一旦电子气体中出现了杂质和颗粒物, 则会影响到半导体器件的性能和质量, 甚至造成整个产品线的污染和报废, 因此需搭配过滤材料用于去除气体中杂质、提高纯度。PALL 公司 PTFE 膜、聚芳砜膜、陶瓷膜可作为过滤材料用于惰性气体、稀有气体、氯化物气体、含氟特气中水分、氧气、二氧化碳、一氧化碳、烃和金属碳化物等杂质的清除, 过滤精度达 $\geq 3\text{nm}$ (0.003 μm)。

图表 51: PALL 半导体气体过滤系统

Comprehensive Product Portfolio



资料来源: PALL, 国盛证券研究所

图表 52: PALL 半导体气体过滤产品



资料来源: PALL, 国盛证券研究所

CMP 抛光: CMP 抛光是半导体制造中重要工艺步骤, 主要用于平整化硅片表面。在 CMP 过程中, 研磨液被喷洒在旋转的硅片表面上, 同时通过磨料颗粒的研磨和化学反应的作用, 将表面不平坦的区域削平, 使整个表面变得均匀光滑。然而 CMP 研磨液中的颗粒和杂质如果未经过滤处理, 会对研磨过程和产品质量产生严重影响。因此 CMP 环节必须搭配高效的研磨液过滤器, 以去除颗粒、悬浮物和杂质, 确保研磨液的纯净度和稳定性。目前主流 CMP 过滤材料为 PP 熔喷纤维。

图表 53: 膜过滤材料在半导体制程领域应用场景

应用环节	膜材料	主要作用
清洗	PTFE	控制关键颗粒尺寸以及保持关键流体纯度
光刻及涂胶显影	HDPE、尼龙 66	去除晶圆表面有害颗粒物、凝胶微桥缺陷、微孔缺陷、金属污染物
刻蚀	PTFE、聚芳砜、尼龙、PVDE、HDPE	实现刻蚀环节污染物过滤
CMP 抛光	PP 熔喷纤维	过滤 CMP 研磨液中的颗粒和杂质
电子特气过滤	PTFE、聚芳砜、陶瓷膜	清除水分、氧气、二氧化碳、一氧化碳、烃和金属羰基化合物等杂质
超纯水	聚芳砜	具有 2nm 精度, 实现超纯水过滤

资料来源: PALL, 国盛证券研究所

3.2.2. 生物与医药: 陶瓷膜已实现成熟产业化应用

无机陶瓷膜广泛应用于生物与医药领域分离过滤环节。膜分离技术已成为生物与医药行业优先选择的高效分离技术, 可广泛应用于氨基酸(如谷氨酸、赖氨酸等)、抗生素(如青霉素、红霉素)、维生素、有机酸(如柠檬酸、乳酸)等的纯化、浓缩、过滤工序。无机陶瓷膜在生物医药领域应用具有过滤精度高、不破坏有效成分、操作简单、无需助剂等工艺优势。具体来看, 陶瓷膜在生物医药领域应用包括:

图表 54: 陶瓷膜过滤在生物医药领域应用优势

陶瓷膜优势	具体情况
物理过滤	纯物理过滤，无相变、质变，不破坏有效成分
常温操作	条件温和无成分破坏，特别适宜对热敏感的物质
过滤精度高	孔径分布均匀，可实现发酵液有效成分的纯化和浓缩
操作简单	系统操作简单、流程短、易清洗和维护
无需助剂	浓缩物质（菌丝体、蛋白等）可作为饲料回收
细胞完整性高	可保证发酵的菌体细胞 95% 以上的完整和活性
降低生产负荷	减少溶媒萃取、离交、蒸发浓缩等后续工艺的生产负荷
自动化	可实现连续化和自动化操作，满足中药现代化生产的要求

资料来源：公司官网，国盛证券研究所

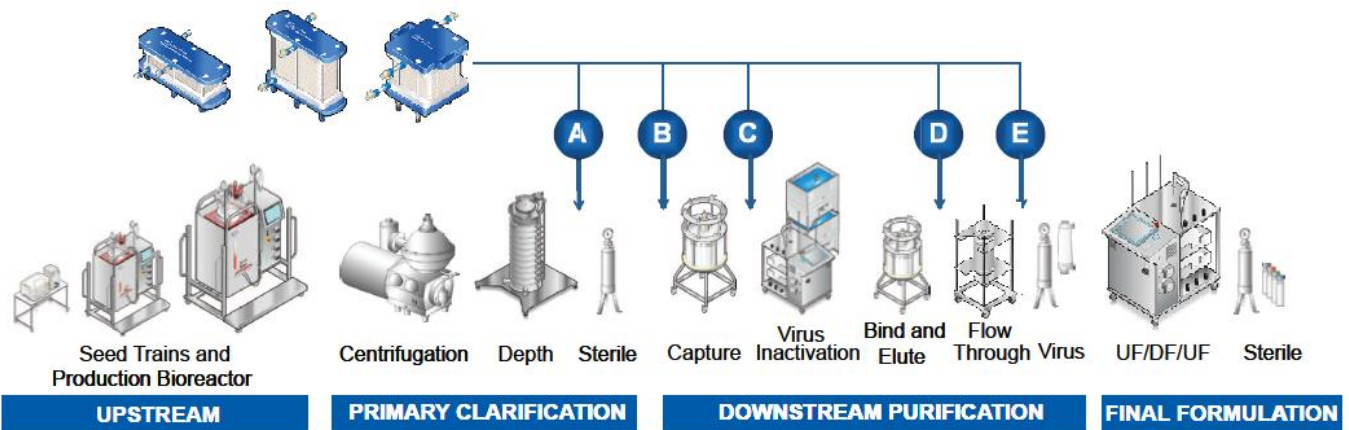
抗生素分离纯化: 膜分离技术适用于采用微生物合成法的现代抗生素工业生产，可替代传统精制技术如吸附、沉淀、溶媒萃取、离子交换等。分离过程无任何化学反应、无相变、不破坏生物活性，环境友好等，已成功应用于头孢菌素、红霉素、万古霉素等抗生素生产企业和酶制剂、医药中间体以及其他食品添加剂生产企业。

氨基酸/有机酸分离纯化: 陶瓷膜+有机膜集成膜分离工艺系统与传统工艺相比，具有分离精度高、滤液质量有保证、可维持高通量过滤、产品收率高、废水量少、清洗频率少、无需添加助剂等独特优势，可实现目标产品的脱盐和预浓缩，已成功应用于谷氨酸(钠)、赖氨酸、苏氨酸、色氨酸、柠檬酸、二元酸、衣康酸、维生素 C 等生物发酵企业。

中药提取: 中药复杂的化学成分导致中药生产过程中提取和分离工艺繁杂、分离效率低、成本高、环境污染严重以及劳动强度大等，膜分离技术应用于中药生产，具有许多传统方法无法比拟的优点：分离过程简便，且不需加热，适用于热敏性物质的分离；分离效率高；不消耗有机溶剂，可以缩短生产周期，降低成本，降低环境污染；分离选择性高；可实现连续化和自动化操作，满足中药现代化生产的要求。

疫苗生产: 单向流超滤在大分子病毒的浓缩应用中优势显著，对于有囊膜或有刺突的敏感病毒，工艺中囊膜受损或刺突脱落会导致免疫原性大大降低。传统的超滤膜长时间运行会对病毒的活性造成不利影响。PALL 单向流的超滤装置可以大幅降低剪切力对目标抗原的损伤，同时多级设计还可以满足高浓缩倍数的需求。PALL 300KD SPTFF 系统可以轻松实现对于狂犬病毒高倍浓缩的生产，而且可有效降低 HCP 及 DNA 含量。

图表 55: 超滤技术在医药领域的工艺应用 (以 PALL 300KD SPTFF 系统为例)



资料来源：PALL，国盛证券研究所

3.2.3. 食品饮料：分离性能优异且保留饮品营养成分

陶瓷膜在食品饮料领域作为膜分离材料极具渗透前景。在果汁、茶饮料、调味料、保健酒、果酒等领域，膜分离技术能很好地提高产品澄明度以及透光度，且产品久置不返浑，彻底改变了传统板框过滤、硅藻土、活性炭吸附等方式带来的植物胶体、纤维等杂质去除不彻底而引起的二次沉淀，显著提高了产品的市场竞争力。膜分离技术虽然一次投入相对较高，但其单位能耗更低，并可自动化运行，显著降低了产品的劳动力成本和长期成本，目前以陶瓷膜为核心的膜分离技术正逐步在食品饮料行业中的乳制品、果蔬汁饮料、酿酒、调味料等生产环节替代传统过滤分离技术。具体来看：

图表 56：膜分离技术在食品饮料领域作用（以 PALL SUPRADisc™ II 为例）

应用领域	主要作用
啤酒	颗粒滤除、精滤、终过滤
白酒	颗粒滤除、冷混浊滤除、装瓶前过滤
葡萄酒	颗粒滤除、精滤、稳定化后过滤、终端膜过滤前的预过滤
气泡酒	颗粒滤除、精滤、稳定化后过滤、终端膜过滤前的预过滤
果汁	颗粒滤除、精滤、稳定化后过滤、终端膜过滤前的预过滤、减少 TAB 菌
甜味剂和明胶	颗粒滤除、精滤、终过滤

资料来源：PALL，国盛证券研究所

啤酒过滤：使用陶瓷膜过滤工艺可有效去除生啤中的酵母菌、酒花树脂、丹宁、蛋白质等混浊漂浮物以及微生物等影响啤酒品质的不良元素，节省对硅藻土过滤设备、精滤设备和巴氏杀菌机等设备的投资，具有良好的经济效益。

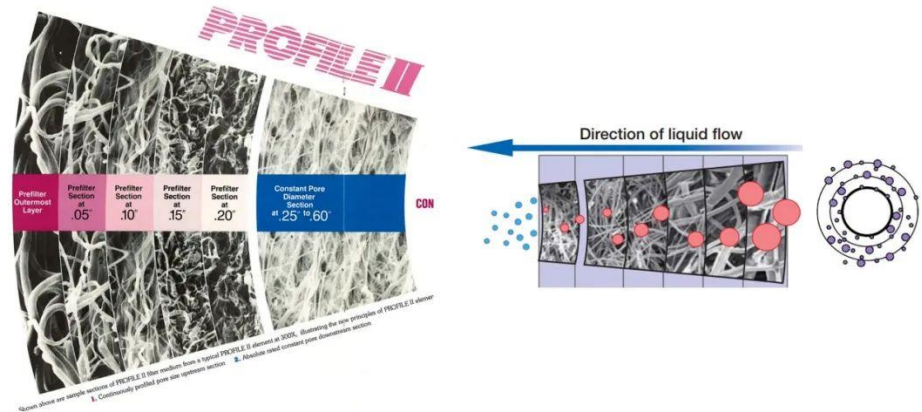
牛奶过滤：牛奶含有钙、磷、铁、锌、铜、锰、钼等丰富的矿物质，从除菌方式来看，传统超高温除菌工艺在高温杀菌的同时，也破坏了牛奶中众多的活性营养成分；而低温陶瓷膜过滤技术在低温状态下让天然的鲜乳通过微米孔径的陶瓷膜过滤，在保证安全的同时，避免了蛋白质的热变性，PALL 产品可保留鲜奶中 99% 的活性免疫球蛋白、95% 的乳铁蛋白和多种天然维生素、乳钙、矿物质和微量元素等营养成分。

醋、料酒、酱油提标：高品质酱油生产过程中，传统过滤方式普遍具有澄清度不高、过滤后还需高温灭菌、易返浑等缺点。陶瓷膜与传统过滤方式对比，具有过滤精度高、过滤过程零添加、不影响产品风味、滤芯符合食品安全、节能等优点。使用陶瓷膜技术过滤醋、料酒、酱油，能有效改善沉淀问题，同时有效去除产品中的微生物等杂质，提高产品品质，简化工艺。

3.2.4. 新能源：应用领域涵盖锂电、光伏、风电

锂电：应用于电池正负极浆料、隔膜浆料过滤。纯度和杂质含量对锂电池浆料性能影响较大，PALL Profile II 滤芯采用 PP 熔喷纤维材料，可实现对于电池正负极浆料、隔膜浆料过滤。该膜法工艺具有析出率低、过滤精度高、寿命长、化学相容性高、无介质迁移、降低生产成本等优势，过滤精度覆盖 0.3um-120um，可实现 99.98% 过滤效率。

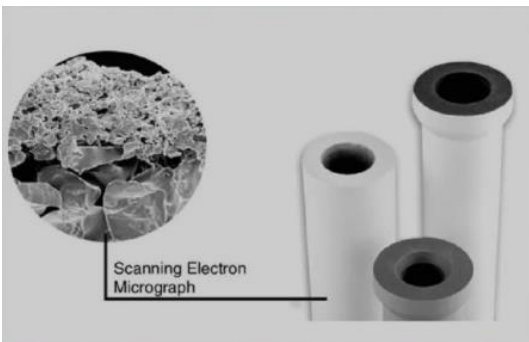
图表 57: Pall Profile II 滤芯可用于电池正负极浆料、隔膜浆料过滤



资料来源: PALL, 国盛证券研究所

光伏: 陶瓷膜可用于硅粉过滤环节。分离膜作为低运行成本的过滤分离纯化解决方案广泛应用于硅料、硅片、组件等光伏产业链环节,用于提升精度、纯度、可靠性。例如多晶硅制造中 PALL 采用 BlowBack 全自动在线低压反吹系统,搭配金属、陶瓷膜、PTFE 膜滤芯用于 TCS 与 STC 反应器硅粉过滤, CVD 反应器硅粉回收,同时可实现工艺气体、吹扫气、空气过滤等作用,从而提升多晶硅以及下游光伏组件产品质量。

图表 58: PALL Schumalith® Filter 陶瓷膜用于光伏领域



资料来源: PALL, 国盛证券研究所

图表 59: Schumalith® Filter 陶瓷膜性能指标

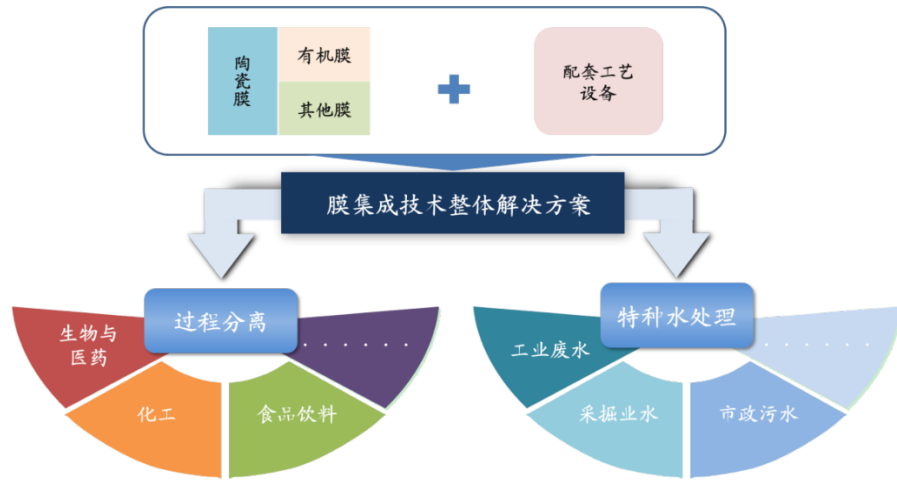
Schumalith (SL)	5	10	20	30	40
Filtration Grade of Liquids	1 μm	5 μm	20 μm	30 μm	40 μm
Filtration Grade of Gases	0.1 μm	2 μm	3 μm	6 μm	10 μm
Porosity	35 %	37 %	38 %	35 %	35 %
Material Density	1.9 g/cm ³	1.9 g/cm ³	1.85 g/cm ³	1.9 g/cm ³	1.8 g/cm ³
Specific Permeability ¹	6.10 ⁻¹³ m ²	30.10 ⁻¹³ m ²	105.10 ⁻¹³ m ²	235.10 ⁻¹³ m ²	375.10 ⁻¹³ m ²
Bending Strength ²	>25 MPa	>30 MPa	>20 MPa	>15 MPa	>8 MPa
Maximum Temperature Resistance ³	1000 °C	1000 °C	1000 °C	1000 °C	1000 °C
Thermal Expansion Co-efficient (25 - 1000 °C)	5.0.10 ⁻⁶ /K	5.0.10 ⁻⁶ /K	5.0.10 ⁻⁶ /K	5.2.10 ⁻⁶ /K	5.2.10 ⁻⁶ /K
Dimensions (Do / Di)	70 / 40 mm	70 / 40 mm	70 / 40 mm	70 / 40 mm	60 / 30 mm

资料来源: PALL, 国盛证券研究所

风电: 过滤系统广泛应用于过滤器、液压系统等领域,提升风机运行效率以及使用寿命。风电风机结构复杂,轴承、齿轮、液压装置较多,同时风机运行地理环境较为恶劣且维护费用高,因此需搭配多种过滤系统用于提升风机运行效率以及运行寿命。根据 PALL, 风机中过滤系统采用非金属材料(有机膜、无机膜),主要包括变桨液压控制系统过滤器(控制阀)、偏航驱动液压系统(泵体、电机、气缸、控制阀)、轮毂轴承润滑系统、液压制动系统(泵体、电机、控制阀)、齿轮箱润滑系统过滤器(齿轮、轴承、泵体)、空气污染物过滤器等应用。过滤系统在风机中的主要作用包括: 1) 可有效减少风机各零部件磨损、静摩擦、堵塞情况; 2) 防止潮湿空气、盐分腐蚀机组; 3) 有效去除机舱内部零部件内的游离水和溶解水; 4) 增强极端苛刻环境下性能一致性和耐久性; 5) 提升变桨、失速控制灵敏度。

决方案、材料及配件。膜集成技术整体解决方案主要应用在新能源、化工、生物医药等工业过程分离领域及工业污水、市政污水、水环境治理等环保水处理领域。

图表 62: 公司是国内领先膜集成技术整体解决方案商



资料来源: 招股说明书, 国盛证券研究所

承担国家“863”计划项目, 公司是行业标准制定者。公司是国家“863”计划“高性能陶瓷纳滤膜规模制备技术及膜反应器”项目的课题依托单位, 并经国家发改委认定, 设立了无机膜国家地方联合工程研究中心等专项科研平台。公司先后主持起草了国家海洋局发布的“管式陶瓷微孔滤膜元件”(HY/T063-2002)、“管式陶瓷微孔滤膜测试方法”(HY/T064-2002)、“陶瓷微孔滤膜组件”(HY/T104-2008)以及工信部发布的“全自动连续微/超滤净水装置”(HG/T4111-2009)等相关行业标准。主持了1项国家标准:“陶瓷滤膜装置”(GB/T37795-2019)和1项团体标准:“领跑者”标准评价要求陶瓷膜元件(T/ZGM 008-2021 T/CSSTE0056-2021)的编制, 并参与了10项国家标准的制定。

图表 63: 公司承接国家及省级科研项目(部分)

项目名称	项目类别
高性能陶瓷纳滤膜规模制备技术及膜反应器	国家“863”计划
5000平方米/年陶瓷微滤膜及成套设	国家级火炬计划项目
多通道ZrO ₂ 陶瓷微滤膜及成套装备	国家重点新产品
针状结构多孔莫来石材料微结构形成机制与控制	江苏省自然科学基金
低成本陶瓷滤膜制备及应用技术的开发	江苏省科技型企业创新资金-科技型企业家项目
江苏省膜分离环境工程技术研究中心项目	江苏省科技基础设施建设计划
农村饮用水安全处理新技术	江苏省科技支撑计划(工业)项目
一种分离纯化熊果酸、齐墩果酸的方法	江苏省专利实施计划项目
离子型稀土矿冶炼工艺中膜分离技术应用开发	江苏省科技支撑计划(工业)项目
甘蔗糖厂膜物理澄清工艺研发及产业化示范	广西科技计划项目
食品组分高效分离关键技术及装备开发	国家重点研发计划项目

资料来源: 可转债募集说明书, 国盛证券研究所

产品品类丰富, 覆盖多种膜材料及膜系统。公司依托陶瓷膜研发生产经验, 深耕膜分离材料与系统二十余年, 形成了丰富的膜集成方案产品体系: 材料类型方面: 同时具备无机陶瓷膜、有机膜技术; 膜结构方面: 具备传统柱式、高装填柱式、卷式、中空纤维结

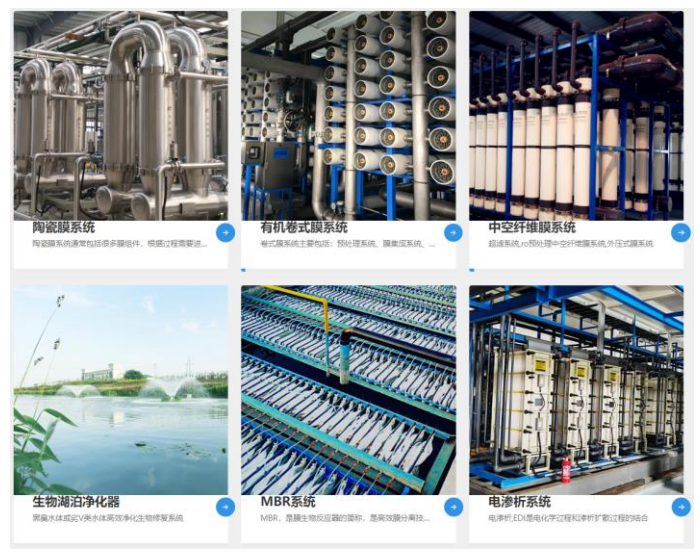
构产品生产能力；膜系统方面：产品涵盖 MBR 系统、电渗析系统、陶瓷膜/有机膜/中空纤维膜等系统集成能力。

图表 64: 公司膜产品 (部分)



资料来源: 公司官网, 国盛证券研究所

图表 65: 公司膜系统 (部分)



资料来源: 公司官网, 国盛证券研究所

公司陶瓷膜全球市占率仅 7%，份额渗透空间广阔。截至 2019 年 1-9 月，公司陶瓷膜年化产能约 3.5 万平米，年化产量 3.12 万吨，产能利用率约 89.14%。2018 年全球陶瓷膜产量约 46.7 万吨，公司全球市占率约 6.7%，市占率渗透空间广阔。

图表 66: 公司陶瓷膜产能、产量情况

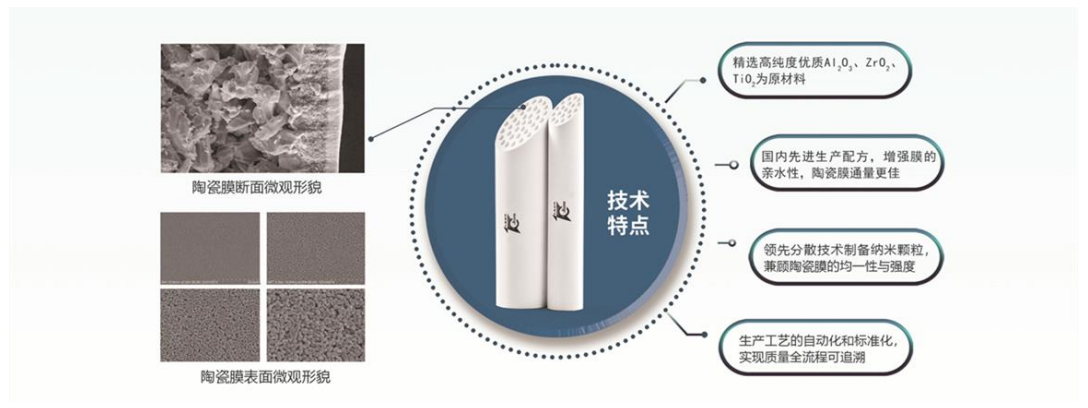
项目	2016	2017	2018	2019 年 1-9 月
产能 (万平米)	3.50	3.50	3.50	2.63
产量 (万平米)	2.90	3.10	3.00	2.34
效率 (万平米)	1.90	3.60	2.50	1.90
产能利用率	82.86%	88.57%	85.71%	89.14%

资料来源: 可转债募集说明书, 国盛证券研究所

公司具备从膜材料制备到组件及成套设备开发能力，掌握完整膜分离工艺技术：

1) 膜材料制备技术。陶瓷膜：公司拥有陶瓷膜产品制造的关键基础技术，在陶瓷膜支撑体制备、材质与孔径膜层的制备、支撑体与膜层的连接、陶瓷膜连续稳定生产等方面积累并掌握了多项关键核心技术，所生产陶瓷膜的单位膜面积、通量、稳定性、膜层孔径分布均一性等主要技术指标达到或接近了国际领先水平。陶瓷膜表面微观结构有序，同时亲水性强、通量高，并且采用领先分散技术制备纳米颗粒，产品均一性和强度水平高；有机膜：公司已通过技术研发掌握了有机膜元件生产所产工艺、配方技术，为公司有机膜产品质量、性能提供了有力保障。

图表 67: 公司陶瓷膜产品具备优良性能



资料来源: 公司官网, 国盛证券研究所

2) 膜组件与成套设备开发技术。在高性能陶瓷膜材料制备的基础上, 公司通过长期业务积累和技术创新, 已实现了膜组件的大型化和构型多样化以及膜成套装备材质和选型的系列化。公司现已全面掌握适用于恒压过滤与恒流过滤两种工况环境下的成套设备开发技术, 并成功开发了汽液两相流、微错流等创新膜过滤技术, 可针对不同物料体系、应用环境的特点提供高效膜分离成套设备。

3) 膜分离工艺应用技术。经过多年的业务开拓与市场培育, 公司膜分离技术工艺已在生物与医药、发酵液提取、氯碱化工、石油化工、工业废水处理、酿酒等行业中得到成功应用。由于不同应用领域下的物料体系特点、分离需求、工况环境等均存在一定差异, 公司针对不同应用环境, 通过工艺设计、实验装置验证以及设备调试等掌握了相关已应用领域膜分离应用工艺技术, 并不断开发针对新应用领域的膜分离应用工艺技术。

图表 68: 公司下游产品及客户情况 (部分)

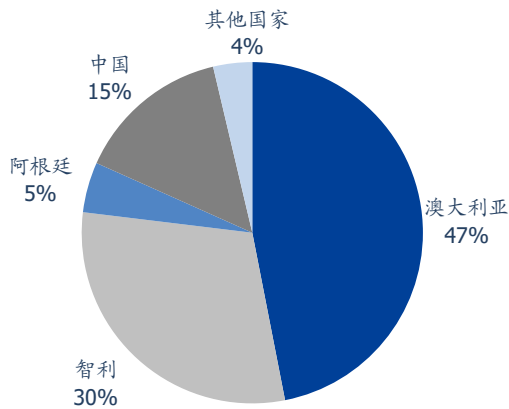


资料来源: 招股说明书, 公司官网, 国盛证券研究所

4. 吸附剂助力藏区盐湖资源开发，提升国内锂资源保障能力

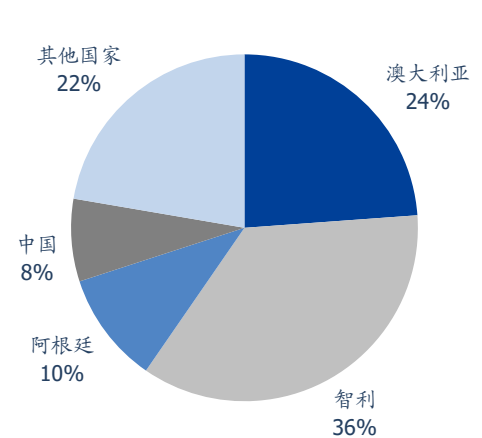
南美“锂三角”、澳大利亚为全球优质盐湖、锂辉石资源聚集地，中国锂资源对外依存度高。锂资源主要分布于南美智利、阿根廷、澳大利亚与中国，根据 USGS，2022 年全球锂资源量为 1.4 亿吨 LCE（碳酸锂当量），中国为 1057 万吨 LCE，前三大国家占比高达 70%，中国占比仅为 8%；全球锂资源产量分布则更加集中，2022 年全球碳酸锂产量 68.7 万吨，其中澳大利亚、智利两国锂供应量占全球的 77%，中国占比为 15%。考虑我国锂电池占据全球供应量的 69%，国内锂资源保供是保障我国新能源产业链发展的重要基石，青海、西藏地区盐湖资源开发刻不容缓。

图表 69: 全球锂资源产量占比 (2022 年)



资料来源: USGS, 国盛证券研究所

图表 70: 全球锂资源储量占比 (2022 年)



资料来源: USGS, 国盛证券研究所

国内盐湖资源战略重视程度提高，产业资本加速布局。开发国内锂资源是建立供应链安全体系、帮助中国企业保持市场竞争力的关键，2021 年 6 月，习近平总书记在青海考察时提出“打造国家清洁能源产业高地”，2021 年 12 月，青海省发布《建设世界级盐湖产业基地规划及行动方案》，伴随“吸附+膜法”等工艺技术逐步成熟、国内资源开发重视程度提升，未来国内盐湖资源综合利用开发将步入新的发展阶段。

青海盐湖资源承载能力趋于饱和，西藏盐湖资源开发有望加速。我国现有盐湖提锂产能约 13 万吨 LCE，目前青海地区盐湖开发相对成熟，而西藏地区仍蕴含超 1000 万吨 LCE 待开发资源，宝武、紫金国资主导、藏青基金、金圆股份、天铁股份等民营资本逐步入局，未来规划总产能达 32.8 万吨。

图表 71: 我国目前拥有盐湖提锂产能约 13 万吨, 规划建设 43 万吨以上产能

	盐湖	资源量 (万吨)		盐湖类型	运营商	股权 (%)	工艺	锂盐产能 (万吨LCE)			矿证
		LCE	KCl					现有	规划	总产能	
青海	一里坪	245	2766	硫酸镁亚型	五矿盐湖	五矿51/赣锋49	吸附+膜	1		1	采矿证
	察尔汗-西区	1048	54000	氯化物型	蓝科锂业	盐湖51/科达44	吸附+膜	3		3	采矿证
					盐湖比亚迪	盐湖49.5/比亚迪49	吸附+膜		3		
	察尔汗-东区	174	6700		盐湖股份		吸附+膜		4	4	
					藏格锂业	藏格矿业100	吸附+膜	1.2		1.2	采矿证
	东台吉乃尔	262	1818	硫酸镁亚型	青海锂资源	泰丰先行49.5/西部矿业27	电渗析膜	1.6	1	2.6	采矿证
	西台吉乃尔	205	3884	硫酸镁亚型	中信国安	中信集团32	吸附+膜	2	0.5	2.5	采矿证
		-	-		恒信融	陕煤45/富临精工9	吸附+膜	2	-	2	探转采
	大柴旦	256	13242	硫酸镁亚型	大华化工	亿纬控股29/亿纬锂能5	吸附+膜	1	2	3	采矿权
	巴伦马海	42		硫酸镁亚型	锦泰锂业	富康矿业44.6	吸附+膜	0.7	0.3	1	
	小计	2232	82410				小计	13	11	23.3	
西藏	扎布耶	179	850	碳酸型	西藏扎布耶	西藏矿业51/天齐锂业20/比亚迪18	膜法	0.6	3.2	3.8	采矿证
	拉果错	214	744	硫酸钠亚型	拉果资源公司	紫金矿业70/盛源矿业30	吸附+膜	5	5	5	采矿证 (电子)
	麻米错	218	603	硫酸镁亚型	麻米错矿业	藏青基金51	吸附+膜	10	10	10	采矿证
	结则茶卡	201	980	碳酸型	国能矿业	西藏城投41/金泰工贸34	吸附+膜	6	6	6	采矿证
	龙木错	189	1859	硫酸型	国能矿业	西藏城投41/金泰工贸34		7	7	7	探矿证
	捌千错	14	26	碳酸型	锂源矿业	金圆股份100 (待)	电化学脱嵌	0.2	0.8	1	采矿证 (电子)
	班嘎错	91	1905	硫酸型	西藏中鑫	贾立新61/天铁股份21.7 (拟转让)	吸附+膜	0.2	0.2	0.2	采矿证
		小计	1106	6967				小计	0.75	32	32.8
新疆	罗布泊	183	25000	硫酸型	国投罗钾	国投矿业63/冠衣股份20	吸附+膜		0.5	0.5	
	合计	3520	114377				合计	13	43	57	

资料来源: 各公司公告, 各公司官网, 各项目环评, 中国科学报, Ifind, 新华网, 脱盐中心, 长沙有色院, 大柴旦行政委员会, 自然资源部, 海西州生态管理局, 大柴旦翡翠湖, 华声在线, 黄金科学技术, 《巴仑马海盐湖低品位卤水自然蒸发试验研究》, 雷廷智, 新疆有色金属, 《罗布泊盐湖成钾规律研究与找矿进展》(刘成林等), 国盛证券研究所

经历数十年研发与产业选择, 我国盐湖开发摸索出了一些有别于国外的盐湖提锂路线, 吸附+膜法逐渐成为主流工艺。1) 吸附+膜法: “吸附法+膜法”为目前国内盐湖提锂主流工艺, 吸附法通常作为前段工序, 可利用高选择性吸附剂将镁锂比大幅降低, 后结合膜法等工艺进一步分离、富集锂离子; 2) 膜法: 纳滤膜利用离子选择透过性分离杂质离子, 电渗析膜利用电场作用和选择性离子交换膜实现单价、二价离子分离, 二者通常需要多级过滤, 且前端应有除杂工序。

原卤提锂技术突破进一步提升提锂效率, 收率与生产周期可大幅优化。目前青海盐湖普遍采用的吸附工艺路径为首先盐田摊晒析出钠、钾后的老卤, 再由车间进行镁、锂分离, 并浓缩后进入后道沉锂工序, 原卤提锂则是从原始卤水直接实现钠、镁、钾与锂的同时分离及浓缩脱硼提锂, 省去了盐田滩晒工序, 避免了大量锂离子浓缩损耗, 将原来 2 年的生产周期缩短到 20 天, 总的提锂收率提高至原来的 2 倍, 达 70% 以上, 延长了资源服务年限, 降低了生产成本; 目前已有成功项目案例如五矿盐湖有限公司的一里坪盐湖项目、青海中信国安锂业发展有限公司的西台吉乃尔盐湖项目等。

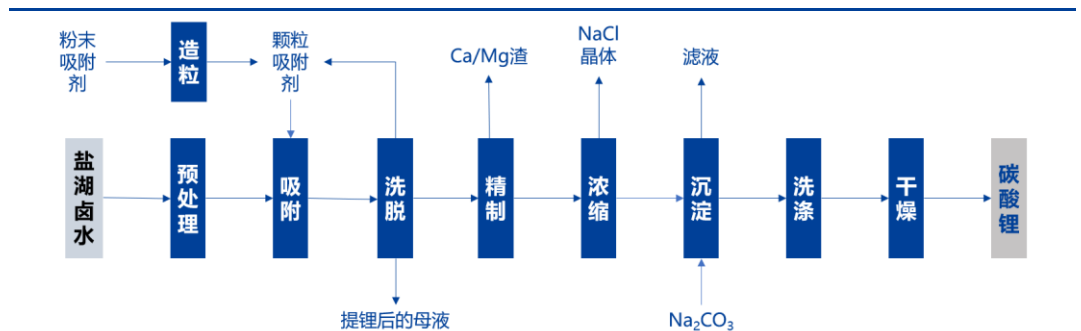
图表 72: 吸附法+膜法为目前国内盐湖提锂主流工艺

方法	工艺简介	优点	缺点
吸附法	利用对锂离子有选择性吸附的吸附剂来吸附锂离子，再将锂离子洗脱下来，达到锂离子与其它杂质离子分离的目的。	工艺简单，回收率高，选择性好	吸附剂多为粉末状，其流动性、渗透性差，工业应用时常需将粉末制成粒状，但同时会导致其吸附性能下降。
沉淀法	将工业纯碱加入浓缩的盐湖卤水中使锂以碳酸锂形式析出。	工艺技术成熟，可靠性高	工艺流程长，物料消耗大，需多次煅烧过滤，操作步骤繁杂，仅适用于低镁锂比盐湖。
纳滤膜	高压驱动，利用纳滤膜 Donnan 效应和尺寸筛选效应选择性通过单价离子实现分离。	选择性好	分离过程易出现膜污染现象，分离效率降低，成本高。
电渗析膜	利用电场作用和选择性离子交换膜实现单价、二价离子分离。	能耗低，提取率高，	难以有效分离单价阳离子，易污染，成本高。
萃取法	利用锂离子在不同溶剂中溶解度的差异，将锂离子从卤水相萃入到有机相，再通过反萃取使锂得到浓缩。	操作条件易于控制，成本较低，萃取效率和选择性好	工艺流程长，设备腐蚀严重，以及萃取剂具有水溶性、易燃、易挥发等物理性质。
太阳池+碳化	利用太阳池将卤水温度升高后析出碳酸锂，溶解后加二氧化碳形成可溶性氢氧化锂提纯。	工艺简单，能量消耗低，成本低（理论）	可复制性低，实际太阳池产出锂精矿品位较低。
煅烧浸取法	浓缩后卤水加沉淀剂得到固体混合沉淀，高温煅烧镁以 MgO 形式存在于煅烧物中，后利用酸浸或水浸工艺提取煅烧物中的 Li。	原料消耗少	流程复杂，设备腐蚀严重，能量消耗大。

资料来源：粉体网，国盛证券研究所

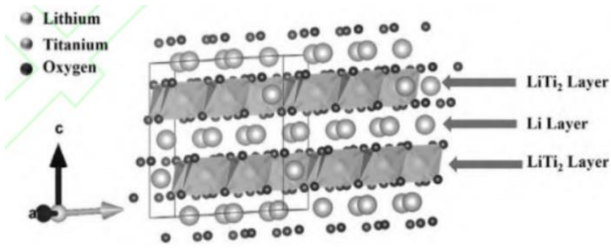
吸附法关键是研制性能优良的吸附剂。吸附法的原理是利用对锂离子有选择性吸附的吸附剂来吸附锂离子，再将锂离子洗脱下来，达到锂离子与其它杂质离子分离的目的。要求吸附剂对锂有优良的选择吸附性，杂质离子的干扰；此外要求吸附剂吸附的洗脱性能稳定，适合较大规模操作使用，制法简便，价格便宜，对环境无污染等。青海盐湖多属于硫酸型盐湖，其主要需要铝系吸附剂，西藏盐湖属于碳酸型盐湖，则需要钛系吸附剂。

图表 73: 吸附法提锂工艺流程



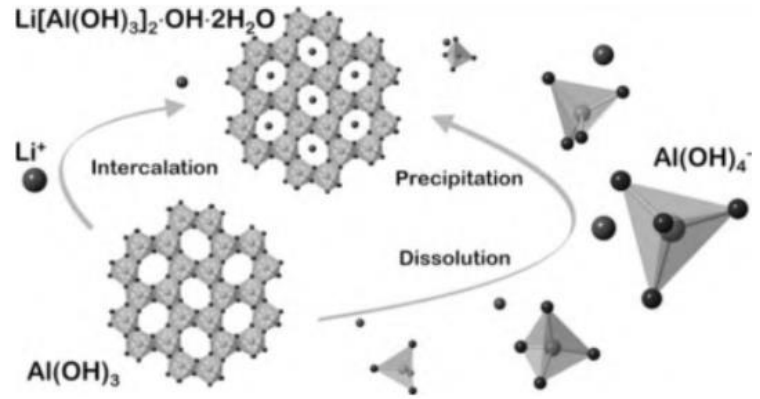
资料来源：粉体网，国盛证券研究所

图表 74: 钛系吸附剂吸附原理示意图



资料来源:《高镁锂比盐湖镁锂分离与锂提取技术研究进展》,王琪,国盛证券研究所

图表 75: 铝系吸附剂吸附原理示意图



资料来源:《高镁锂比盐湖镁锂分离与锂提取技术研究进展》,王琪,国盛证券研究所

公司同时掌握铝系、钛系吸附剂生产工艺,已建成吸附剂产能**6000吨**。公司自2013年开始盐湖提锂技术研发,全资子公司西藏久吾自2022年成立以来,已完成**6000吨**吸附剂产能建设,为盐湖提锂业务拓展打好产能基础。公司第三代铝系、钛系锂吸附剂材料正式向市场发布,吸附剂及公司自主研发的吸附耦合膜法集成盐湖提锂工艺于2023年8月通过了科技成果评价,被评价委员会认定为达到国内领先水平。

公司盐湖提锂项目订单集中落地,有望带来新的业绩增长点。2023年以来,公司先后签订了盛新锂能阿根廷SDLA盐湖2500t/a氯化锂膜段精制项目、新疆国投罗钾罗布泊盐湖5000t/a老卤提锂膜处理系统项目、吉布茶卡盐湖年产2000吨氯化锂中试生产线BOT项目、西藏班戈错盐湖2000t/a氯化锂中试生产线BOT项目、麻米措矿业铝系锂吸附剂供货合同,合同金额共计超过7亿元,成为公司当下发展最快的下游应用领域。

图表 76: 公司盐湖提锂项目合同

合作方	盐湖	合同金额 (万元)	签订日期	吸附剂 类型	合作模 式	合作内容
盛新锂能	SDLA 盐湖	2,375			EPC	阿根廷 SDLA 盐湖 2500t/a 氯化锂膜段精制项目。
国投罗钾	罗布泊盐湖	8,625	2023/3/17		EPC	罗布泊盐湖老卤提锂(5,000吨/年)综合利用工程-膜处理系统项目。
麻米措矿业	麻米措盐湖	8,792	2023/5/23	铝系	外售吸附剂	麻米措矿业拟向西藏久吾采购铝系锂吸附剂材料,第一批次采购总价为8792万元。 吉布茶卡盐湖年产2000吨氯化锂中试生产线项目,项目建设期约为6个月,运营期限5年(不含建设期)。项目预计总投资金额2.93亿元人民币,其中设备投资1.93亿元,土建及配套工程投资1亿元。
辰宇矿业	吉布茶卡盐湖		2023/4/6	钛系	BOT	每年向业主交付2000吨折百的氯化锂,久吾在五年运营期获得项目收益的53%、53%、60%、60%、60%。
西藏中鑫	班戈错盐湖		2023/9/15	钛系	BOT	班嘎错盐湖吸附耦合膜法原卤提锂技术开发合作项目。项目前期已完成小试工艺验证,中试产线规划建设规模为氯化锂产量2000吨,项目建设期6个月,替搜时期7.5个月,运营期60个月,久吾对项目所产氯化锂每吨收取3.785万元的运营服务费。

资料来源:公司公告,国盛证券研究所

5. 盈利预测与估值建议

5.1. 关键假设

传统主业：公司 2023 年传统主业下游需求波动，预计 2024 年后随着传统水处理以及过程分离需求提升，以及公司高附加值产品放量，主业营收、毛利率有望持续提升。

钛石膏：公司持续推进钛石膏板块业务，目前基数较小，预计 2025 年订单持续落地，带来板块营收提升。

吸附剂：随着公司藏格等项目持续推进，吸附剂产品营收有望持续增长。同时公司高附加值钛系吸附剂出货比例提升，有望拉动毛利率提升。

EPC&BOT 膜段：随着公司在手 EPC&BOT 订单释放，膜段作为前段收益将提前形成释放，从而拉动板块营收提升。

BOT 运维：根据公司目前在售 BOT 订单，预计 2024-2025 年将持续实现业绩贡献，毛利率变化主要来自不同 BOT 项目的不同结算方式。

5.2. 盈利预测

我们预计公司 2023-2025 年营业收入分别为 6.90/11.46/16.43 亿元；归母净利润 0.39/1.99/2.87 亿元；对应 PE 分别为 87.6/17.1/11.9 倍。

图表 77: 公司板块收入拆分表 (百万元)

报告期	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
专用设备制造业					
(2021-2022 年总口径)					
收入	540	741			
YOY	1.6%	37.3%			
毛利率	37.0%	22.5%			
传统主业					
收入			580	696	835
YOY				20.0%	20.0%
毛利率			30.7%	31.6%	32.8%
钛石膏					
收入			11	14	40
YOY				27.3%	185.7%
毛利率			40.0%	40.0%	40.0%
吸附剂					
收入			35	297	393
YOY				740%	32%
毛利率			50.0%	51.8%	52.0%
EPC&BOT 膜段					
收入			64	120	280
YOY				87.5%	133.3%
毛利率			30.0%	30.0%	30.0%
BOT 运维					
收入				18	95
YOY					417.4%
毛利率				47.0%	37.8%
营业总收入	540	741	690	1146	1643
YOY	1.6%	37.3%	-6.9%	66.0%	43.4%
毛利率	37.0%	22.5%	31.8%	37.0%	37.4%

资料来源: Wind, 国盛证券研究所

5.3. 估值分析与投资建议

久吾高科是国内龙头膜方案解决商以及提锂关键技术商, 我们选取提锂材料及技术商蓝晓科技以及水处理膜厂商碧水源作为可比公司。可比公司 2023-2025 年平均 PE 分别为 25.79/20.05/16.41 倍。而久吾高科作为国内陶瓷膜技术领军企业, 产品辐射多种膜材料及系统, 未来持续向高端化领域以及海水淡化、饮用水处理等大市场拓展, 2023-2025 年 PE 分别为 87.6/17.1/11.9 倍。排除 2023 年短期下游波动因素, 2024-2025 年公司 PE 均低于可比公司水平, 首次覆盖, 给予“买入”评级。

图表 78: 可比估值分析 (使用 Wind 一致预期)

公司	市值 (亿元)	归母净利润 (亿元)			PE (倍)		
		2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E
久吾高科	34	0.39	1.99	2.87	87.59	17.13	11.89
蓝晓科技	242	7.67	10.18	12.76	31.57	23.75	18.96
碧水源	179	8.88	10.87	12.83	20.00	16.34	13.85
		可比公司平均			25.79	20.05	16.41

资料来源: Wind, 国盛证券研究所

*选取 2024 年 1 月 8 日收盘数据

6. 风险提示

产品价格不及预期: 公司营收体量及毛利率水平与产品价格呈正相关, 若产品价格走低, 将对公司业绩造成影响。

项目建设进展不及预期: 公司新增产能项目数量较多, 若设备建设或调试过程中进展不顺利, 可能无法及时投产, 对公司的业务发展造成阻碍。

测算存在误差: 由于模型测算涉及数据来源较广, 若数据存在偏差, 可能导致测算偏差。

免责声明

国盛证券有限责任公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本公司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。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，但本公司及其研究人员对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，可能会随时调整。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及资料保持在最新状态，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。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的资料、工具、意见、信息及推测只提供给客户作参考之用，不构成任何投资、法律、会计或税务的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有本报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司正在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。

本报告版权归“国盛证券有限责任公司”所有。未经事先本公司书面授权，任何机构或个人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。任何机构或个人如引用、刊发本报告，需注明出处为“国盛证券研究所”，且不得对本报告进行有悖原意的删节或修改。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的任何观点均精准地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法，结论不受任何第三方的授意或影响。我们所得报酬的任何部分无论是在过去、现在及将来均不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
评级标准为报告发布日后的6个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的相对市场表现。其中A股市场以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准，美股市场以标普500指数或纳斯达克综合指数为基准。	股票评级	买入	相对同期基准指数涨幅在15%以上
		增持	相对同期基准指数涨幅在5%~15%之间
		持有	相对同期基准指数涨幅在-5%~+5%之间
		减持	相对同期基准指数跌幅在5%以上
	行业评级	增持	相对同期基准指数涨幅在10%以上
		中性	相对同期基准指数涨幅在-10%~+10%之间
减持		相对同期基准指数跌幅在10%以上	

国盛证券研究所

北京

地址：北京市东城区永定门西滨河路8号院7楼中海地产广场东塔7层

邮编：100077

邮箱：gsresearch@gszq.com

南昌

地址：南昌市红谷滩新区凤凰中大道1115号北京银行大厦

邮编：330038

传真：0791-86281485

邮箱：gsresearch@gszq.com

上海

地址：上海市浦明路868号保利One56 1号楼10层

邮编：200120

电话：021-38124100

邮箱：gsresearch@gszq.com

深圳

地址：深圳市福田区福华三路100号鼎和大厦24楼

邮编：518033

邮箱：gsresearch@gszq.com