

中国经济高质量发展系列研究

数字经济：把握数字化机遇，赋能跨越式发展



化工组分析师：任文坡、孙思源

研究助理：翟启迪

数字经济：把握数字化机遇，赋能跨越式发展

核心观点：

- **数字化转型是石化化工行业高质量发展的新引擎** 数字经济引领新质生产力，是拉动我国经济发展的新动能。石化化工行业作为国民经济重要支柱产业，是数字经济时代数字产业化和产业数字化的重要参与者，迎来发展新机遇。数字产业化层面，高端化工新材料可为通信设备、电子元器件等提供底层关键原材料支撑，数字产业化驱动其需求加速增长，同时自主可控国产替代进程有望加快。产业数字化层面，数字化转型是石化化工行业筑牢绿色安全底线的重要手段，也是提高全要素生产率、打造竞争新优势的必然选择。同时政策积极推进，产业数字化转型势在必行。
- **数字产业化催生高端化工新材料发展新机遇** 1) 半导体材料：半导体是信息产业的基石，数字经济时代，终端新兴产业的强劲需求有望驱动半导体产业持续扩张。光刻胶、湿电子化学品、电子特气等核心“卡脖子”原材料在保持需求稳步增长的同时，有望加速实现国产替代。2) PI 薄膜：PI 薄膜理化性能优异、应用领域广泛，消费电子、汽车电子、5G/6G 高频高速通信、AI 应用、柔性显示等产业快速发展，有望驱动 PI 薄膜需求稳健增长，并引领 PI 薄膜向高端化、多元化发展。3) 冷却液：浸没式液冷散热、节能效果更佳，更能够满足数字经济时代高速增长的计算需求。随着浸没式液冷渗透率加速提升，以及海外巨头退出，本土冷却液迎来发展机遇。4) PEEK：PEEK 比强度、介电常数、耐化学性优异，有望成为人形机器人轻量化关键解决方案。随着人形机器人逐步开启量产，PEEK 潜在需求空间广阔。5) COC/COP：COC/COP 是光学镜片的首选材料，随着 AR/VR 的发展和渗透，需求将迎来新动能。6) PPO：普通服务器升级和 AI 服务器应用强化高频通信趋势，PCB 材料面临升级，PPO 作为目前高频高速覆铜板主流树脂之一，需求弹性可期。
- **产业数字化赋能石化化工企业全新生命力** 近年来，人工智能技术正逐步融入传统石化化工行业的研发、生产、运营等环节，引导行业加速向数字化、智能化方向转型，助力行业实现安全生产、降本增效、节能减排。具体场景来看，轮胎龙头企业搭建的智能工厂提质增效成果显著；以“三桶油”为代表的油气企业积极践行数智化转型，为油气产业变革发展起到引领作用；钾肥企业积极打造智慧矿山可以有效提升资源利用率和劳动生产率；氟化工企业开发的数智化建模技术有效缩短了高端氟材料的研发周期，成功开发出多款高端产品，填补国内行业空白。长远来看，人工智能技术在石油化工行业应用前景广阔，二者深度融合将有助于石油化工行业实现绿色低碳高质量发展。
- **投资建议** 我们认为，数字经济时代高端化工新材料生产企业有望享受终端需求增长和国产替代进程加速双重利好，以及产业数字化转型走在前列的企业也将率先受益。建议关注半导体材料中光刻胶、湿电子化学品、电子特气，汽车电子、消费电子领域高性能 PI 薄膜，数据中心冷却系统冷却液，人形机器人轻量化材料 PEEK，VR/AR 光学镜片材料 COC/COP，高频 PCB 基材材料 PPO 等高端化工新材料相关企业。

分析师

化工首席分析师：任文坡 S0130520080001

化工分析师：孙思源 S0130523070004

研究助理：翟启迪

风险提示

1. 在研项目进展不及预期的风险；
2. 在建产能投产进度不及预期的风险；
3. 下游需求不及预期的风险。

● 相关标的

领域	上游相关材料	重点公司
半导体	光刻胶	上海新阳（300236.SZ）、彤程新材（603650.SH）、华懋科技（603306.SH）、晶瑞电材（300655.SZ）、南大光电（300346.SZ）等
	湿电子化学品 电子特气	江化微（603078.SH）、中巨芯（688549.SH）、晶瑞电材（300655.SZ）、格林达（603931.SH）等 南大光电（300346.SZ）、华特气体（688268.SH）、金宏气体（688106.SH）、中船特气（688146.SH）、中巨芯（688549.SH）等
消费电子、汽车电子等	PI	瑞华泰（688323.SH）等
数据中心冷却系统	冷却液	巨化股份（600160.SH）、新宙邦（300037.SZ）、永和股份（605020.SH）、永太科技（002326.SZ）、润禾材料（300727.SZ）等
人形机器人	PEEK	中研股份（688716.SH）等
AR/VR 头显设备	COC/COP	阿科力（603722.SH）、金发科技（600143.SH）等
PCB	PPO	圣泉集团（605589.SH）等

资料来源：中国银河证券研究院

目 录

一、数字化转型是石化化工高质量发展的新引擎	5
(一) 数字经济引领新质生产力，石化化工迎来发展新机遇.....	5
(二) 数字产业化催生需求新动能，高端化工新材料加速国产替代.....	6
(三) 产业数字化赋能高质量发展，行业数字化转型势在必行.....	7
二、数字产业化催生高端化工新材料发展新机遇	8
(一) 海外企业高度垄断，核心半导体材料国产化进程亟待提速.....	8
(二) 新兴终端产业兴起，引领PI薄膜高端化、多元化发展.....	20
(三) 算力是数字经济增长核心生产力，本土冷却液迎来发展机遇.....	23
(四) 人形机器人轻量化之路，PEEK 或成关键解决方案.....	28
(五) VR/AR 光学镜片首选材料，COC/COP 国产突破放量在即.....	33
(六) 高频通信已成趋势，PPO 需求弹性可期.....	37
三、产业数字化赋能石化化工企业全新生命力	41
(一) 应用场景一：打造智能化工厂，助力企业提质增效.....	42
(二) 应用场景二：践行数智化转型，引领油气产业变革发展.....	43
(三) 应用场景三：打造智慧矿山，促进矿产资源综合利用.....	45
(四) 应用场景四：数智化建模赋能，高附加值化工品有望加速突破.....	46
四、投资建议	47
五、风险提示	48

一、数字化转型是石化化工高质量发展新引擎

(一) 数字经济引领新质生产力，石化化工迎来发展新机遇

数字经济是以数字化的知识和信息作为关键生产要素，以数字技术为核心驱动力量，以现代信息网络为重要载体，通过数字技术与实体经济深度融合，不断提高经济社会的数字化、网络化、智能化水平，加速重构经济发展与治理模式的新型经济形态。具体包括数字产业化、产业数字化、数字化治理和数据价值化四部分。从生产力角度来看，数字经济聚焦于数字产业化和产业数字化。

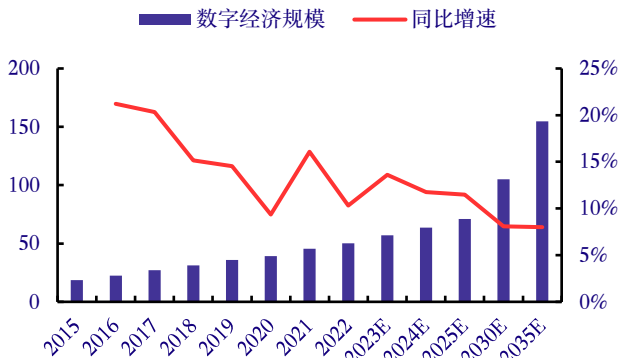
图1：数字经济的“四化框架”



资料来源：中国信息通信研究院，中国银河证券研究院

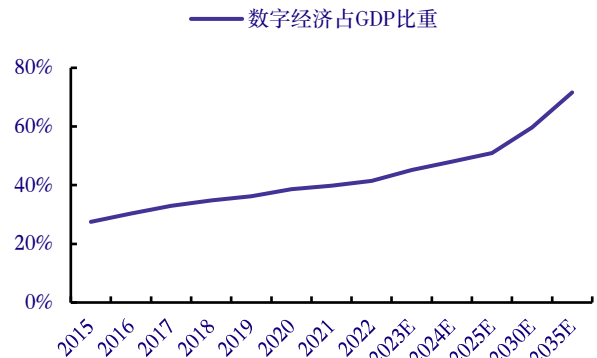
数字经济引领新质生产力，打造经济增长新动能。中国银河证券《数字经济：引领新质生产力，打造经济新动能》报告指出，数字经济通过数字产业化和产业数字化形成新的增长点，以弥补房地产行业转型所导致的增长“缺口”，同时赋能和改造传统行业，既“保持制造业比重基本稳定”，也能持续提升服务业生产率，缓解“鲍莫尔病”，最终提升国民经济整体技术进步率与潜在增长率。我国作为“大国经济”体系，在发展数字经济方面，更具相对优势。首先是人口基数与市场空间的规模优势，其次是基础设施的优势，再次是体制与政策的优势，最后是数据资源禀赋的优势。2022年我国数字经济规模50.2万亿元，同比增长10.3%，2015-2022年年均复合增长率达15.2%；2022年我国数字经济规模占GDP比重41.5%，较2015年增加14.0个百分点。据中国银河证券《数字经济：引领新质生产力，打造经济新动能》报告测算，2035年我国数字经济规模将达到154.6万亿元，占GDP比重71.6%，数字经济将成为拉动我国经济发展的最主要新动能。

图2：我国数字经济规模（万亿元）及同比增速（右轴）



资料来源：中国信息通信研究院，中国银河证券研究院

图3：我国数字经济规模占GDP比重



资料来源：中国信息通信研究院，中国银河证券研究院

数字经济时代，石化化工行业迎来发展新机遇。石化化工行业是数字经济时代下数字产业化和产业数字化极为重要的参与者。一方面，许多化工产品特别是高端化工新材料将参与到数字产业化蓬勃发展进程中，推动需求加速增长，同时自主可控下国产替代进程加快。另一方面，我国是世界石化和化工第一大国，而非强国；多数大宗商品供给过剩，盈利压力大，亟需降本增效；同时我国石化化工行业数字化水平和转型还处于相对初级的阶段，其中以石化能源为主的大宗化工品制造企业处于相对领先的行列，而对于特种精细化工品的中小规模的生产企业，目前仍处于数字化平台建设的初级阶段。通过产业数字化将有效实现化工行业绿色低碳、集约集聚、安全清洁发展等，以提升生产效率、实现降本增效。

（二）数字产业化催生需求新动能，高端化工新材料加速国产替代

数字产业化规模持续增长，产业链自主可控至关重要。数字化产业是指以数字化技术为核心，以数据为生产要素，以云计算、大数据、人工智能等为手段，从事信息传输、信息安全、软硬件开发、数字创意等领域的新兴产业，具体包括电子信息制造业、电信业、软件和信息技术服务业、互联网行业等。据中国银河证券《数字经济：引领新质生产力，打造经济新动能》报告测算，预计 2035 年我国数字产业化规模将达到 35.61 万亿元，对应 2022-2035 年年均复合增长率为 10.6%。我国经济运行外部环境依然复杂多变，产业链安全与自主可控已成为我国数字经济时代亟待解决的关键问题。聚焦 5G、人工智能、高端芯片、高端工业软件等关键领域，解决一批“卡脖子”的关键核心技术，加速自主可控数字产业化发展，确保数字技术产业链供应链安全。

表1：分拆法测算数字产业化占 GDP 比重预测（万亿元）

	2020	2021	2022	2023E	2024E	2025E	2030E	2035E
电子行业核心产业	3	3.56	3.54	3.65	4.06	4.39	6.23	8.93
通信行业核心产业	1.24	1.39	1.52	1.75	2.07	2.44	3.93	6.93
互联网行业核心产业	0.51	0.65	0.79	1.03	1.3	1.54	2.54	4.01
软件行业核心产业	3.17	3.45	3.8	4.26	4.89	5.77	9.83	15.73
合计	7.93	9.05	9.66	10.69	12.32	14.14	22.53	35.61
GDP	101.36	114.92	120.47	126.06	132.68	139.44	175.94	215.91
占比	7.83%	7.88%	7.98%	8.47%	9.28%	10.14%	12.81%	16.49%

资料来源：中国信息通信研究院、IDC、WTST、CANALYS、SIA、IBS、Gartner，中国银河证券研究院

石化化工行业提供底层关键原材料，高端化工新材料国产替代有望加速。尽管石化化工行业并非数字产业化的执行主体，但高端化工新材料公司可为通信设备、电子元器件等提供关键原材料支撑。如，应用于晶圆制造的上游核心材料、应用在 FPC 及柔性显示等诸多领域的高性能 PI 薄膜、应用在液冷数据中心冷却系统的冷却液、应用在 AR/VR 头显设备光学镜片的 COC/COP、应用在人形机器人的 PEEK 材料，以及应用在高温 PCB 覆铜板中的 PPO 等。整体来看，近些年我国化工新材料需求稳健增长，但高端化工新材料仍大量依赖进口。2021 年我国化工新材料消费量 3834 万吨，预计 2025 年我国化工新材料消费量将超 5700 万吨，对应 2021-2025 年年均复合增长率 10% 左右；我国化工新材料自给率为 77.3%，高端化工新材料如高端聚烯烃、专用树脂、特种工程塑料、高端膜材料等产品仍然以进口为主，特别是上述用于通信设备、电子元器件的一些材料更是严重依赖进口。我们认为，数字经济时代高端化工新材料有望享受终端需求增长和国产替代进程加速双重利好。

表2：2021 年我国化工新材料供需情况

产品类别	产量（万吨）	产量占比	产值（亿元）	产值占比	消费量（万吨）	自给率
工程塑料	340	11.5%	741	7.7%	550	61.8%
高端聚烯烃塑料	750	25.3%	975	10.1%	1300	57.7%
聚氨酯	823.7	27.8%	2000	20.8%	821.8	100.2%

氟硅材料	90.6	3.1%	600	6.2%	72.3	125.3%
高性能橡胶	494	16.7%	1600	16.6%	557	88.7%
高性能纤维	7.4	0.2%	200	2.1%	12.7	58.3%
功能性膜材料	60	2.0%	600	6.2%	90	66.7%
电子化学品	60	2.0%	300	3.1%	80	75.0%
锂电池材料	270	9.1%	2400	25.0%	270	100.0%
其他	69	2.3%	200	2.1%	80	86.3%
合计	2964.7	100.0%	9616	100.0%	3833.8	77.3%

资料来源:《中国化工新材料产业发展报告(2022)》(中国石油和化学工业联合会化工新材料专委会),中国银河证券研究院

(三) 产业数字化赋能高质量发展, 行业数字化转型势在必行

产业数字化是将传统的产业与数字化技术相结合,通过数字化手段来提升产业效率、降低成本、优化资源配置、提高市场竞争力等。中国工业互联网研究院《石化化工行业数字化转型路径蓝皮书(2022)》指出,石化化工行业数字化转型是产业顺应第四次信息科技革命趋势,不断深化云计算、大数据、人工智能、物联网、区块链等新一代技术融合应用,盘活并发挥炼化、煤化工、化肥等行业多年来所沉淀数据的基础资源作用和引擎作用,打造基于数据要素驱动的生存能力、发展能力和创新能力,催生炼化及煤化工等智能化制造、轮胎等网络化协同、特种化学品等个性化定制、化工新材料等平台化设计、化肥及涂料等服务化延伸等发展新模式,推动产业加速质量变革、效率变革、动力变革,释放数字化对行业发展的放大、叠加和倍增作用。

政策积极推进,石化化工数字化转型势在必行。石化化工是我国国民经济重要支柱产业,属于典型的流程制造过程,其原料来源广泛、产品种类繁多、工艺流程长、反应条件苛刻,且多涉及重点监管的危险化工工艺、重点监管的危险化学品和重大危险源,在5G、人工智能、大数据等新技术加速渗透,资源环境约束不断增强,绿色安全发展任务愈加紧迫的新形势下,数字化转型是筑牢绿色安全底线的重要手段,也是提高全要素生产率、打造竞争新优势的必然选择。近年来,工业和信息化部等部门陆续出台了《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》、《石化行业智能制造标准体系建设指南(2022版)》、《原材料工业数字化转型工作方案(2024-2026年)》、《石化化工行业数字化转型实施指南》等文件,积极推动石化化工行业加速数字化转型。

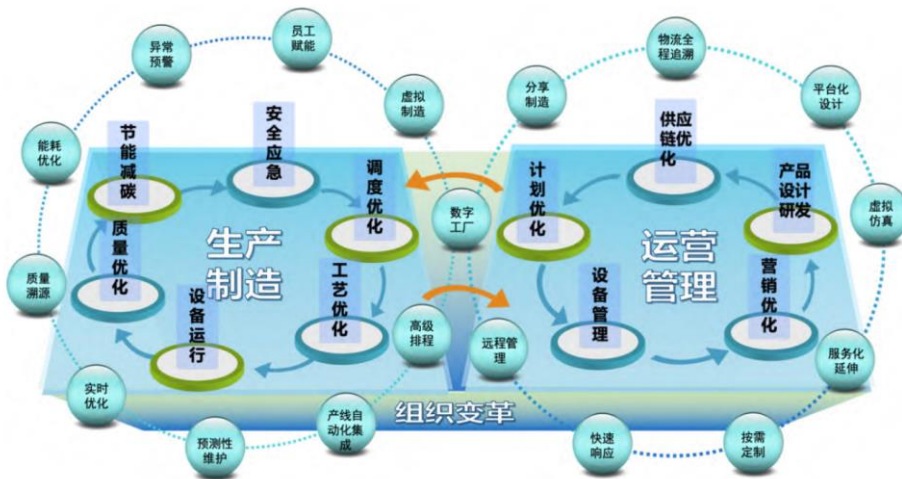
表3:石化化工政策数字化发展相关内容

日期	部门	文件名称	相关内容
2022/3/28	工业和信息化部等六部门	《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》	加快5G、大数据、人工智能等新一代信息技术与石化化工行业融合,不断增强化工过程数据获取能力,丰富企业生产管理、工艺控制、产品流向等方面数据,畅联生产运行信息数据“孤岛”,构建生产经营、市场和供应链等分析模型,强化全过程一体化管控,推进数字孪生创新应用,加快数字化转型。到2025年,建立较为完善的石化行业智能制造标准体系,累计制修订30项以上石化行业重点标准,基本覆盖基础共性、石化关键数据及模型技术、石化关键应用技术等标准;对于原油加工等石化细分行业,优先制定新一代信息技术在生产、管理、服务等特有场景应用的标准,推动智能制造标准在石化行业的广泛应用。
2022/11/4	工业和信息化部办公厅	《石化行业智能制造标准体系建设指南(2022版)》	主要目标包括原材料工业数字化转型取得重要进展,重点企业完成数字化转型诊断评估,数字技术在研发设计、生产制造、经营管理、市场服务等环节实现深度应用等。
2024/1/16	工业和信息化部等九部门	《原材料工业数字化转型工作方案(2024-2026年)》	到2026年,石化化工行业数字化网络化水平显著提升,数实融合持续深化,企业智能制造能力明显增强,基于工业互联网的平台服务取得积极进展,面向细分行业的人工智能引擎初步成型,逐步由“深化应用”迈向“变革引领”,持续巩固流程工业领先地位。
2024/1/16	工业和信息化部等九部门	《石化化工行业数字化转型实施指南》	

资料来源:政府官网,中国银河证券研究院

石化化工细分行业众多,产业数字化发展各有侧重。石化化工行业以流程工业为主,进行批量、连续生产,以工艺优化等智能生产、生产计划调度等运营为核心需求,但不同细分行业的工艺流程、核心装置大不相同,数字化转型的实施重点有所区别。首先,石化化工行业数字化转型过程中,组织保障是一切的前提,数字化设计、安全管理、能耗管理等为通用场景。其次,生产制造追求优化一体化,细分行业侧重有所不同。炼化等流程行业以 APC 先进控制、RTO 实时优化等应用追求“安稳长满优”,轮胎等兼具流程和离散特点的行业应用智能化装备以贯通各生产环节。最后,在运营管理方面,不同细分行业对新模式新业态的探索呈现多样化,炼化等上下游关联广泛的行业侧重推动产业链现代化建设以提升整体链式竞争力,轮胎等终端产品行业侧重服务化转型,化肥等行业侧重贯通农业、工业、交通运输业、服务业等。

图4: 石化化工行业数字化转型的典型落地场景



资料来源:《石化化工行业数字化转型路径研究与探索》(尚舵等), 中国银河证券研究院

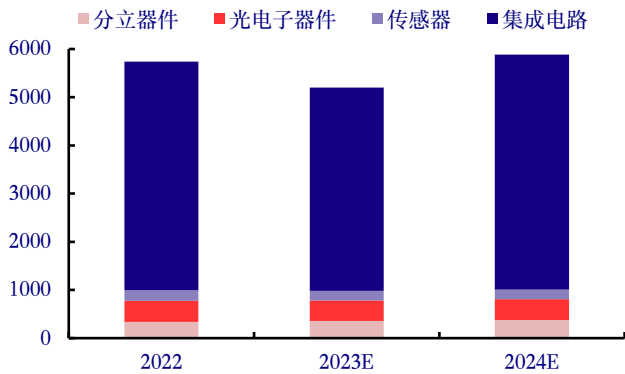
二、数字产业化催生高端化工新材料发展新机遇

(一) 海外企业高度垄断, 核心半导体材料国产化进程亟待提速

数字经济时代, 半导体产业增长空间广阔。半导体是信息产业的基石, 数字经济时代, 物联网、AI、汽车电子、消费电子、云计算等新兴领域的强劲需求有望驱动半导体产业规模持续扩张。世界半导体贸易统计协会(WSTS)数据显示, 受下游需求及宏观经济疲软影响, 预计2023年全球半导体市场营收为5201.3亿美元, 同比下滑约9.4%。分季度来看, 受部分终端市场需求逐步改善带动, 2023年下半年以来全球半导体市场已开始呈现复苏态势, 23Q4全球半导体市场营收环比增长8.4%。预计2024年全球半导体市场将进一步复苏, 2024年全球半导体市场销售额有望同比增长13.1%, 达到5883.6亿美元。据SEMI、麦肯锡、DIGITIMES Research等多方预测, 2030年全球半导体市场规模有望突破1万亿美元。

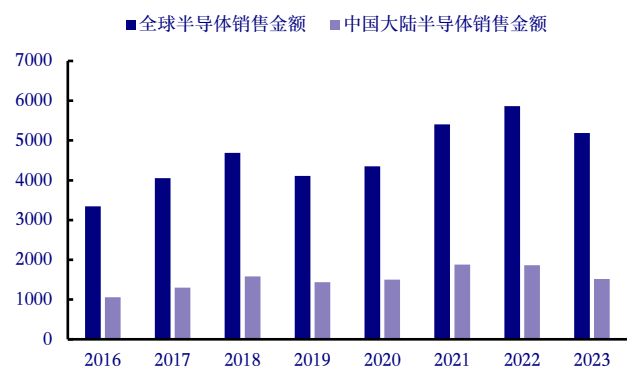
受益于庞大的终端市场需求, 我国已成为全球最重要的半导体应用和消费市场之一。从销售额来看, 2023年我国大陆地区半导体销售额为1515.9亿美元, 占全球半导体总销售额的近30%。从产能来看, 2023年国内晶圆产能为760万片/月, 约占全球晶圆总产能的25.7%。2024年我国预计新增运营18个晶圆项目, 产能将增长至860万片/月。随着我国晶圆产能持续释放, 未来我国在全球半导体产业中的市场份额将进一步增加。

图5：全球半导体市场规模预测（亿美元）



资料来源：WSTS, 中国银河证券研究院

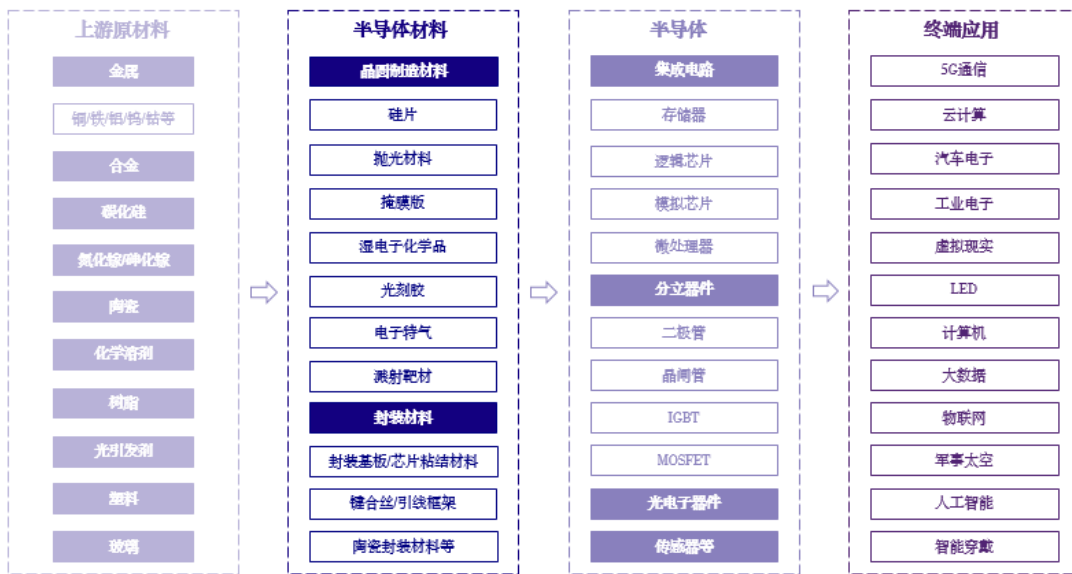
图6：全球及中国大陆半导体销售金额（亿美元）



资料来源：iFind、SIA, 中国银河证券研究院

半导体材料是半导体产业链的物质基础，贯穿于半导体生产制造的全流程。按环节划分，半导体材料主要包括晶圆制造材料和封装材料两大类。其中，晶圆制造材料为将硅晶圆、化合物半导体加工成芯片时所用到的材料，包括硅片、电子特气、掩模版、湿电子化学品、光刻胶、抛光材料、溅射靶材等；封装材料为封装、切割芯片时所用到的材料，包括封装基板、芯片粘结材料、引线框架、陶瓷材料、键合丝等。

图7：半导体材料产业链



资料来源：中商产业研究院、盛美上海招股说明书, 中国银河证券研究院

表4：半导体制造主要工艺流程及所需半导体材料梳理

阶段	生产区域	工艺	所需材料
晶圆制造	扩散	氧化	硅片、电子特气
		RTP、激光退火	电子特气
	光刻	涂胶	光刻胶
		光刻	掩模版、电子特气
		显影	显影液（湿电子化学品）
		干刻	电子特气
	刻蚀	湿刻	刻蚀液（湿电子化学品）
		去胶	电子特气
		清洗	清洗液（湿电子化学品）
		离子注入	离子注入、去胶
	薄膜沉积	清洗	清洗液（湿电子化学品）
		CVD	电子特气

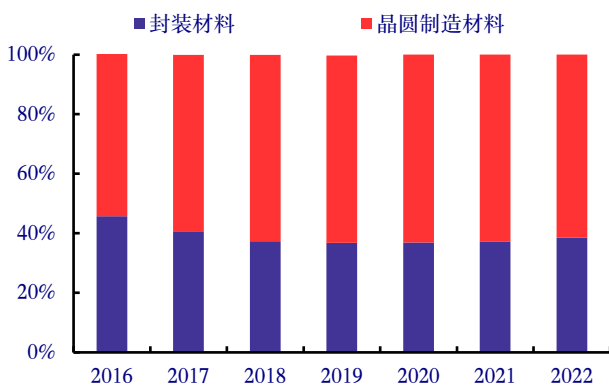
请务必阅读正文最后的中国银河证券股份有限公司免责声明。

封装	抛光	PVD	靶材
		RTP、ALD	电子特气
		清洗	清洗液（湿电子化学品）、电子特气
		CMP	抛光液、抛光垫、电子特气
		清洗	清洗液（湿电子化学品）、电子特气
		清洗	清洗液（湿电子化学品）、电子特气
	金属化	PVD	靶材
		CVD	电子特气
		电镀	电镀液（湿电子化学品）
		清洗	清洗液（湿电子化学品）
		贴片	引线框架、陶瓷基板
		贴片	环氧树脂、焊料
封装	固化	电子特气	
	引线键合	键合丝	
	横塑	电子特气	
	电镀	电镀液（湿电子化学品）	
	电镀	电镀液（湿电子化学品）	
	退火	电子特气	

资料来源：ittbank，中国银河证券研究院

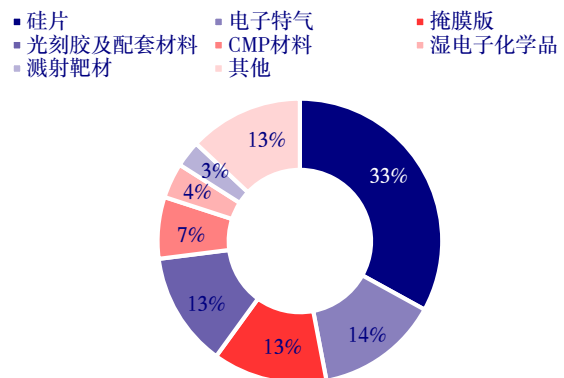
从市场规模来看，半导体材料以晶圆制造材料为主。SEMI 数据显示，2022 年全球半导体材料销售金额为 726.9 亿美元，同比增长 8.9%。其中，晶圆制造材料和封装材料销售金额分别占比 61.5%、38.5%，分别同比增长约 10.5%、6.3%。晶圆制造材料细分品类中，硅片占比最高（33%），电子特气、掩膜版、光刻胶及配套材料等占比居前。

图8：全球封装材料、晶圆制造材料市场分布



资料来源：SEMI，中国银河证券研究院

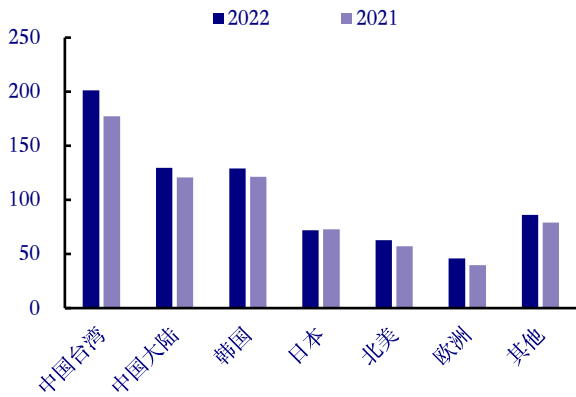
图9：2022 年晶圆制造材料市场分布



资料来源：SEMI，中国银河证券研究院

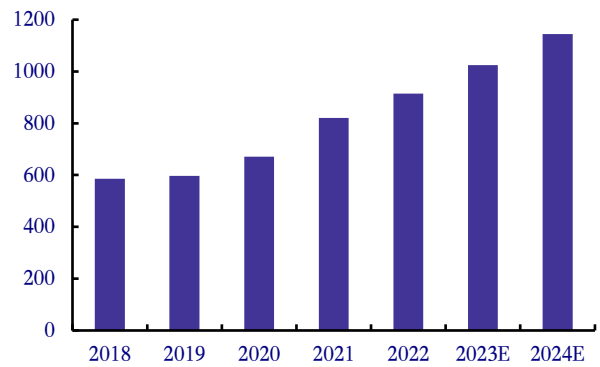
我国大陆地区是全球第二大半导体材料消费市场，但核心材料仍待国产替代。分地区来看，我国大陆地区是全球第二大半导体材料消费市场。2022 年我国大陆地区半导体材料销售金额为 129.7 亿美元，同比增长约 7.3%。据 SEMI 预测，到 2024 年我国大陆地区半导体材料市场规模将达到 1145.0 亿元，2022-2024 年年均复合增速约 11.9%。但从生产能力来看，核心半导体材料普遍技术壁垒较高，经过多年发展，我国半导体材料虽已实现在部分细分领域的规模化生产，但整体来看我国半导体材料仍需大量依赖进口，国产化率大约只有 15%；国内产能仍以中低端为主，高端产能主要被欧美日韩等所垄断。近年来，国际贸易争端加剧、国内晶圆厂商积极扩产、终端产业高速发展等诸多因素正驱动我国半导体材料厂商不断加大研发投入、加速突破核心技术，未来我国半导体材料国产替代进程有望逐步提速。

图10: 全球半导体材料市场销售分布 (亿美元)



资料来源: SEMI, 中国银河证券研究院

图11: 我国大陆地区半导体材料市场规模 (亿元)



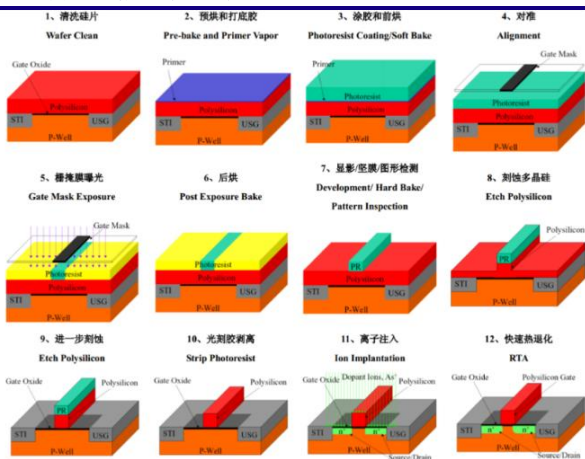
资料来源: SEMI, 中商产业研究院, 中国银河证券研究院

1. 光刻胶: 光刻工艺核心材料, 半导体领域国产替代任重道远

光刻工艺是推进半导体集成电路产业发展的关键技术。光刻工艺是利用光化学反应原理和物理、化学蚀刻方法, 以特定波长光源为图形信息载体, 以光致抗蚀剂为图形记录的中间媒介, 将特定图形由掩膜版转移至单晶表面或介质层上的工艺技术, 是一种精密的微细加工技术。光刻工艺是推动集成电路及相关产业发展的重要技术, 随着光刻工艺的升级迭代, 集成电路制程逐步缩小, 计算能力和存储量不断提升。

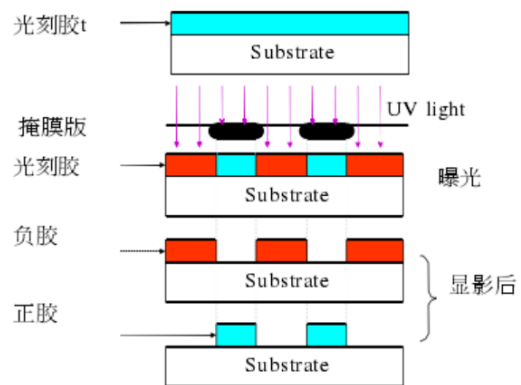
光刻胶是光刻工艺的核心材料。光刻胶是光刻工艺中所用到的光致抗蚀剂, 是由高分子光敏树脂、抗蚀性树脂、增感剂、防光晕剂和溶剂等材料组成的光敏感混合胶态液体, 是光刻工艺中的核心材料。在光刻工艺中, 将光刻胶均匀涂布在衬底上, 经曝光、显影、蚀刻等工序, 即可得到与掩膜版对应的图形。根据显影效果不同, 光刻胶可划分为正性光刻胶和负性光刻胶。正性光刻胶得到的图形与掩膜版图形一致, 负性光刻胶得到的图形与掩膜版图形相反。

图12: 集成电路光刻工艺流程



资料来源: 晶瑞电材招股说明书, 中国银河证券研究院

图13: 正性光刻胶和负性光刻胶显影效果对比

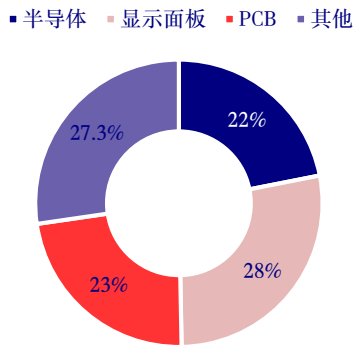


资料来源: 中国科学院半导体研究所, 中国银河证券研究院

全球光刻胶市场规模有望持续扩张, 我国需求增速有望高于全球平均水平。根据应用领域不同, 光刻胶可划分为半导体光刻胶、显示面板光刻胶和 PCB 光刻胶等。全球光刻胶市场中半导体光刻胶、显示面板光刻胶、PCB 光刻胶占比较为均衡。受益于电子信息产业发展及新兴终端应用领域拓展, 全球光刻胶市场规模稳健扩张。中商产业研究院数据显示, 2016-2021 年全球光刻胶市场规模年均复合增速约 5.8%, 同期我国增速约 11.7%、高于全球增速。Maximize Market Research 数据显示, 2022 年全球光刻胶市场规模约为 92.3 亿美元, 预计到 2029 年将增长至 140.7 亿美元, 2022-2029 年年均复合增速

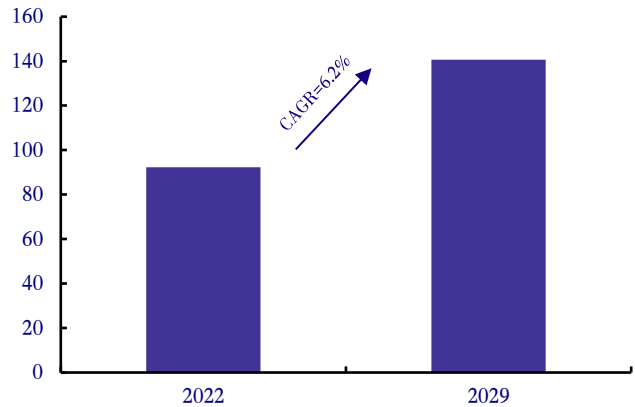
约 6.2%。未来随着国内晶圆产能持续释放，半导体、显示面板及 PCB 等下游产业逐步向我国转移，我国光刻胶市场规模将不断扩大，增速有望持续高于全球平均增速。

图14：2021 年全球光刻胶应用分布



资料来源：华经产业研究院，中国银河证券研究院

图15：全球光刻胶市场规模发展趋势（亿美元）



资料来源：Maximize Market Research，中国银河证券研究院

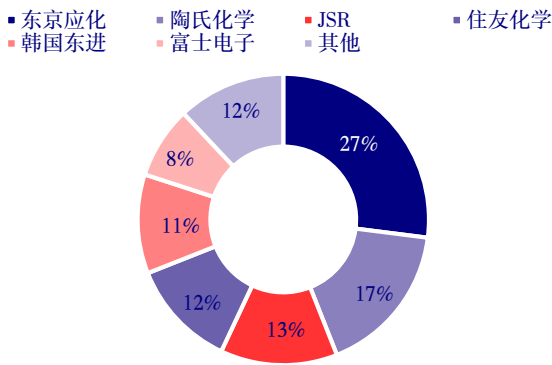
光刻胶行业壁垒较高，我国半导体光刻胶国产化率低。光刻胶在原材料、配方、设备以及下游客户认证等方面均具有较高壁垒，目前全球光刻胶市场主要被少数美日韩企业高度垄断，2021 年行业 CR6 高达 88%。我国光刻胶发展起步较晚，现正处于由中低端向中高端过渡阶段。与海外先进光刻胶技术相比，我国现有光刻胶技术水平整体相对落后，光刻胶国产化率偏低。分品类来看，PCB 光刻胶和显示面板光刻胶技术壁垒相对较低，我国已逐步在湿膜光刻胶、TFT 光刻胶等细分领域初步实现国产替代；半导体光刻胶技术壁垒最高，尤其 KrF 光刻胶、ArF 光刻胶、EUV 光刻胶等高端产品严重依赖进口，其中 ArF 光刻胶国产化率不足 2%，EUV 光刻胶则几乎全部依赖进口。从细分市场来看，目前全球主要半导体光刻胶需求集中在浸没式 ArF 光刻胶和 KrF 光刻胶等高端产品，随半导体制程不断升级，半导体光刻胶需求占比仍将进一步提升。整体来看，我国光刻胶生产能力主要集中在 PCB 光刻胶，半导体光刻胶仅占 2%；半导体光刻胶自给率仍有很大提升空间。

表5：光刻胶分类（按应用领域划分）

应用领域	细分品类及曝光波长	作用/适用 IC 制程及晶圆尺寸	技术壁垒	国产化率
PCB 光刻胶	干膜光刻胶	精细铜线路加工	低	5%
	湿膜光刻胶			约 50%
	光成像阻焊油墨	预防焊锡搭线短路		-
显示面板光刻胶	薄膜场效应晶体管（TFT）光刻胶	制备 TFT 阵列	中	26%
	彩色光刻胶	制备彩色滤光片		6%
	黑色光刻胶			13%
	触摸屏用光刻胶	沉积氧化锡锡以制备触摸电极		-
半导体光刻胶	g 线光刻胶（436nm）	> 500nm（6 寸）	高	30%
	i 线光刻胶（365nm）	500-350nm（6 寸）		30%
	KrF 光刻胶（248nm）	250-130nm（8 寸）		10%
	ArF 光刻胶（干式）（193nm）	130-65nm（12 寸）		<2%
	ArF 光刻胶（浸没式）（193nm）	65-14nm 配合双重及多重显影技术可达 7nm（12 寸）		<2%
	EUV 光刻胶（13.5nm）	7nm 以下（12 寸）		研发阶段

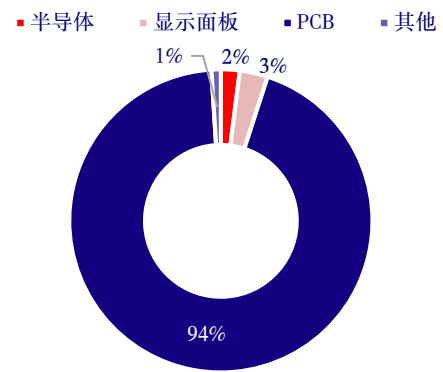
资料来源：《全球光刻胶产业现状及布局》（陈颖等）、南大光电公告、智研咨询，中国银河证券研究院

图16: 2021 年全球光刻胶市场格局



资料来源: 华经产业研究院, 中国银河证券研究院

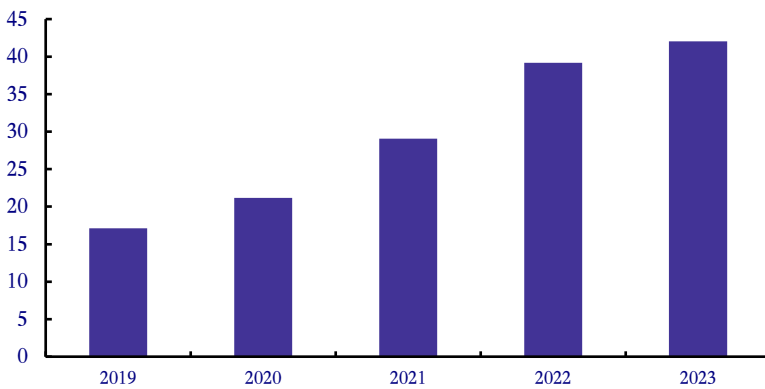
图17: 2021 年我国光刻胶产量分布



资料来源: 华经产业研究院, 中国银河证券研究院

进口不确定性风险加剧, 半导体光刻胶国产替代进程正提速。TrendBank 数据显示, 预计 2023 年中国大陆地区光刻胶半导体市场规模为 42.0 亿元, 同比增长约 7.2%, 2019-2023 年年均复合增速约 25.2%。考虑到目前我国半导体产业仍处于高速发展期, 半导体光刻胶市场扩容趋势有望延续。若半导体光刻胶长期高度依赖进口, 一旦遭遇贸易争端或自然灾害等不可抗力, 国内半导体生产企业或将面临停产或减产的严重风险, 因此加速实现半导体光刻胶自主化生产具有十分重要的战略意义和经济价值。随着国内光刻胶厂商研发投入力度不断加大, 当前已有部分企业在半导体光刻胶领域取得关键性突破, 未来半导体光刻胶国产化进程有望逐步提速。建议关注已具备半导体光刻胶量产能力, 产品品类齐全、技术储备丰富, 且具备一定下游客户积累的国产光刻胶领先企业上海新阳(300236.SZ)、彤程新材(603650.SH)、华懋科技(603306.SH)、晶瑞电材(300655.SZ)、南大光电(300346.SZ)等。

图18: 中国大陆半导体光刻胶市场规模(亿元)



资料来源: TrendBank, 中国银河证券研究院

表6: 海内外主要光刻胶厂商半导体光刻胶细分品类布局情况

国家/地区	企业名称	g 线/i 线	KrF	ArF (干式)	ArF (浸没式)	EUV
日本	JSR	√	√	√	√	√
	东京应化	√	√	√	√	√
	信越化学	√	√	√	√	√
	富士胶片	√	√	√	√	√
	住友化学	√	√	√	√	√
美国	陶氏杜邦	√	√	√	√	√
德国	默克	√	√	√	√	-
韩国	东进世美肯	√	√	-	√	-
中国大陆	上海新阳	√	√	下游验证中	下游验证中	-
	彤程新材	√	√	下游验证中	下游验证中	-

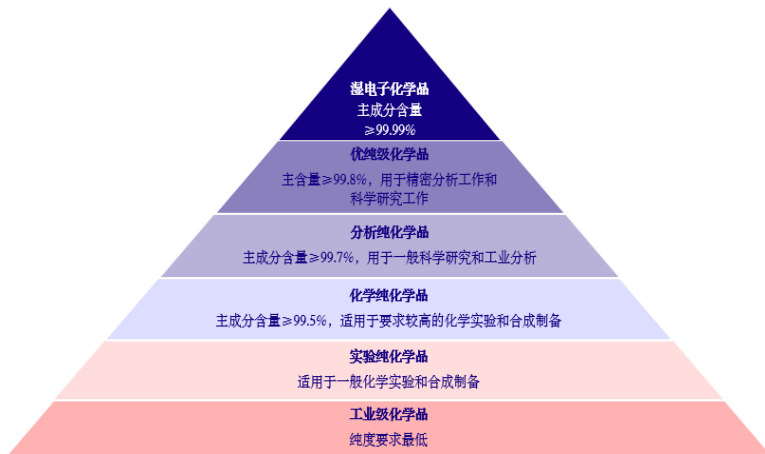
华懋科技 (徐州博康)	√	√	√	√	-
晶瑞电材	√	√	研发中	研发中	-
南大光电	-	-	少量出货	少量出货	-
容大感光	√	-	-	-	-

资料来源：智研咨询、各公司公告、投资者问答，中国银河证券研究院

2. 湿电子化学品：集成电路对品质要求最高，国内中高端领域仍待突破

湿电子化学品主要包括通用湿电子化学品和功能湿电子化学品。湿电子化学品也称超纯电子化学品，是对颗粒控制、金属和非金属等杂质含量要求最高的化学试剂，通常要求主体成分纯度大于 99.99%、杂质颗粒粒径小于 0.5μm、杂质含量低于 ppm 级。湿电子化学品主要可分为通用湿电子化学品和功能湿电子化学品两类。其中，通用湿电子化学品为在下游产品制造工艺中大量使用的超净高纯试剂，一般为单成分、单功能化学品，包括酸类、碱类、有机溶剂类以及其他类产品，常用于湿法工艺中的清洗、蚀刻等工序；功能湿电子化学品指通过复配手段达到特殊功能，以满足特殊工艺要求的复配类化学品，包括清洗液、显影液、蚀刻液、剥离液、再生剂等。

图19：化学品纯度等级划分



资料来源：江化微招股说明书，中国银河证券研究院

表7：主要湿电子化学品分类及应用

类别	细分产品	用途
通用湿电子化学品	过氧化氢	清洗、蚀刻
	氢氟酸	强酸性清洗、蚀刻、玻璃减薄
	硫酸	强酸性清洗、蚀刻
	硝酸	酸性清洗、蚀刻
	磷酸	酸性蚀刻
	盐酸	酸性清洗、蚀刻
	氢氧化钾	用于氧化物蚀刻
	异丙酮	清洗
	氨水	碱性清洗、氟化铵原料
	氟化铵	缓冲氧化物刻蚀液原料
功能湿电子化学品	清洗液	硅晶圆非金属膜清洗或去除
	显影液	光刻胶曝光后显影
	蚀刻液	蚀刻硅、金属层
	剥离液	蚀刻工艺完成后用于去除光刻胶和残留物质
	缓冲蚀刻液	缓释蚀刻
	再生剂	特殊工序制作不达标时返工工艺

资料来源：中巨芯招股说明书、兴福电子招股说明书、华经产业研究院，中国银河证券研究院

请务必阅读正文最后的中国银河证券股份有限公司免责声明。

湿电子化学品是电子工业关键化工材料之一，集成电路领域对湿电子化学品的品质要求最高。湿电子化学品主要应用于集成电路、显示面板以及光伏等领域，其品质直接影响下游产品的成品率、电性能及可靠性等指标，是电子工业的关键化工材料。在下游产业不断发展的过程中，对湿电子化学品的各项指标要求也在不断提高。SEMI 结合全球湿电子化学品实际发展情况制定了国际统一标准等级，将其由低到高划分为 G1-G5 五个等级。光伏主要用 G1 级湿电子化学品，分立器件主要用 G2 级湿电子化学品，LED 制造及显示面板主要用 G2、G3 级湿电子化学品，集成电路对湿电子化学品品质要求最高，主要集中在 G3 级及以上水平。

表8：湿电子化学品国际技术标准

SEMI 等级	G1	G2	G3	G4	G5
金属杂质 (μg/L)	≤1000.00 (1ppm)	≤10.00 (10ppb)	≤1.00 (1ppb)	≤0.10 (0.1ppb)	≤0.01 (10ppt)
控制粒径 (μm)	≤1.00	≤0.50	≤0.50	≤0.20	*
颗粒个数 (个/ML)	≤25.00	≤25.00	≤5.00	*	*
适应 IC 制程范围 (μm)	>1.20	0.80-1.20	0.20-0.60	0.09-0.20	<0.09
主要下游应用	光伏	分立器件、显示 面板、LED	显示面板、 LED、集成电路	集成电路	集成电路

资料来源：SEMI，中国银河证券研究院

晶圆尺寸越大对湿电子化学品的品质要求越高，晶圆制造过程中湿电子化学品的消耗量也更大。晶圆尺寸越大对湿电子化学品纯度要求越高，12 英寸晶圆制造一般用 G4、G5 级，制造过程中湿电子化学品消耗量约为 239.82 吨/万片，是 8 英寸晶圆消耗量的 4.62 倍、6 英寸晶圆消耗量的 7.86 倍。现阶段集成电路生产技术仍在延续摩尔定律路径持续发展，随制造工艺越来越复杂，对湿法工艺技术要求及对应湿电子化学品的品质也将不断提出更高要求。为满足集成电路领域配套需求，坚持进行技术创新、提高产品纯度、降低杂质含量、确保产品批次稳定性与一致性、满足市场个性化需求将成为未来湿电子化学品行业未来的主要发展方向。从技术等级来看，未来集成电路产业对于 G4、G5 级湿电子化学品的需求量及占比或将持续增长。

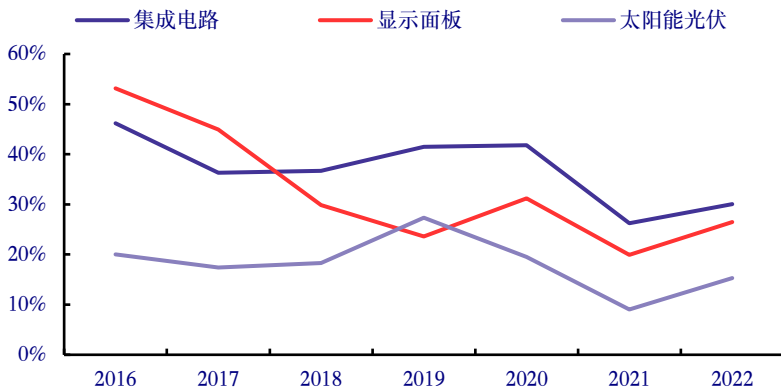
表9：不同尺寸晶圆湿电子化学品消耗量对照表（吨/万片）

湿电子化学品	12 英寸	8 英寸	6 英寸
双氧水	78.35	8.67	5.62
硫酸	75.47	15.78	9.47
显影液	22.56	6.76	3.80
氨水	20.50	3.54	2.12
蚀刻液	15.85	1.35	
氢氟酸	12.85	3.06	1.84
硝酸	12.59		
盐酸	1.65	0.13	0.08
异丙醇		5.36	3.22
剥离液		3.35	2.01
缓冲蚀刻液		2.55	1.53
磷酸		1.38	0.83
合计	239.82	51.93	30.52

资料来源：无锡石油和化学工业协会，中国银河证券研究院

湿电子化学品技术等级越高，则盈利能力越强、附加值越高。技术等级、应用领域以及所用工艺环节对湿电子化学品的盈利能力具有较大影响。功能性越强、技术等级越高的湿电子化学品议价能力越强、附加值越高。技术等级低的产品同质化较为严重，议价能力及盈利能力相对较弱。分应用场景来看，集成电路用湿电子化学品普遍技术等级更高，产品盈利能力也相对更强。

图20: 江化微各领域湿电子化学品毛利率走势

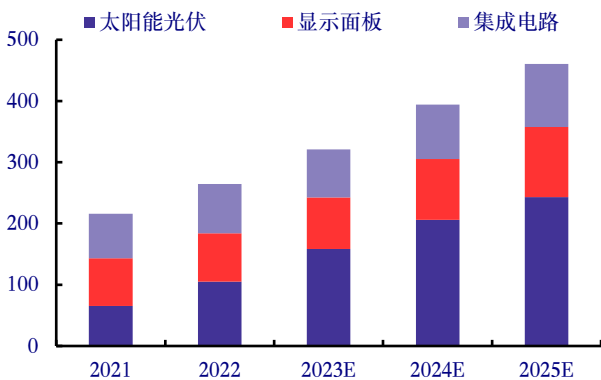


资料来源: iFind, 中国银河证券研究院

终端产业发展带动湿电子化学品市场持续增长。受益于电子工业高速发展,全球湿电子化学品市场规模稳步扩张。中国电子材料行业协会数据显示,2022年全球湿电子化学品市场规模约为639.1亿元,预计到2025年增长至825.2亿元,2022-2025年年均复合增速为8.9%,其中集成电路用湿电子化学品在全球市场所占比重最大;2022年我国湿电子化学品市场规模约为176.7亿元,预计到2025年增长至274.7亿元,2022-2025年年均复合增速约为15.8%,我国湿电子化学品预期市场增速显著高于世界整体水平。

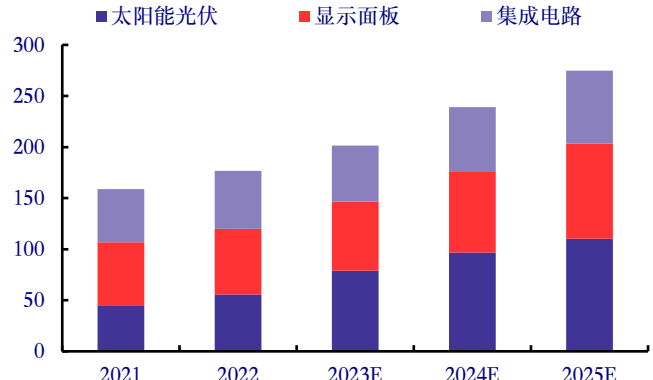
我国湿电子化学品技术发展不均衡,高端湿电子化学品国产化率偏低。湿电子化学品生产工艺复杂、技术壁垒高、品类繁多,行业投资成本较大,且产品获下游认证周期较长,对生产企业的资金实力和研发实力均有较高要求。我国湿电子化学品起步较晚,近年来经过不断创新,已在部分细分领域取得技术突破、海内外市场规模逐步提升。中国电子材料行业协会数据显示,2022年我国大陆地区湿电子化学品生产企业在全球市场份额约为13%。但相较于海外龙头企业,国内湿电子化学品生产企业仍存在规模较小、技术研发和产品迭代能力较弱、优势产品单一等问题,在多个品种均拥有较高市场占有率的龙头企业较为缺乏。尤其在集成电路先进制程用湿电子化学品领域,国内企业生产研发能力仍较海外龙头企业存在较大差距。从技术等级来看,国内湿电子化学品主流产能仍停留在G2、G3级,仅少数企业在部分产品实现G4、G5级别量产。2022年,国内集成电路用湿电子化学品整体国产化率达到约38%,仍有较大提升空间。

图21: 我国湿电子化学品需求量(万吨)



资料来源: 中国电子材料行业协会, 中国银河证券研究院

图22: 我国湿电子化学品市场规模(亿元)



资料来源: 中国电子材料行业协会, 中国银河证券研究院

基于供应链安全考虑,现阶段国内下游生产企业正积极导入本土湿电子化学品供应商,国内湿电子化学品生产企业迎来发展契机,具备高端湿电子化学品量产能力的企业有望优先受益。建议关注产品种类多样化、具备G4、G5级湿电子化学品量产能力或相关技术储备的国产湿电子化学品领先企业江化微(603078.SH)、中巨芯(688549.SH)、晶瑞电材(300655.SZ)、格林达(603931.SH)等。

表10：国内主要湿电子化学品相关上市公司及技术实力

企业名称	湿电子化学品技术实力
江化微	公司及子公司具备 G2-G5 级湿电子化学品的规模化生产能力，半导体高等级 G4/G5 硫酸、氨水、盐酸、蚀刻液、清洗剂等产品已成功导入多家 8-12 英寸半导体客户、大硅片客户
兴福电子（申报阶段）	公司主要产品包括电子级磷酸、电子级硫酸、蚀刻液、清洗剂、显影液、剥膜液、再生剂等。电子级磷酸主要、电子级硫酸主要应用于 8 英寸、12 英寸晶圆制造，相关成果整体技术达到国际先进水平
中巨芯	G3 产品：硅蚀刻液；G4 产品：电子级盐酸、电子级氨水、电子级氯化铵、缓冲氧化物蚀刻液；G5 产品：电子级氢氟酸、电子级硝酸、电子级硫酸
晶瑞电材	双氧水、氨水及在建的高纯硫酸等已达到或者可达到 G5 级，其他超净高纯试剂如 BOE、硝酸、盐酸、氢氟酸等达到 G3、G4 级
格林达	TMAH 显影液（G5）、CF 显影液、铝蚀刻液、含氟类缓冲氧化蚀刻液（BOE 蚀刻液）、稀释液、清洗液等
润玛股份（申报阶段）	G4 产品：硅蚀刻液、清洗液、稀释液、显影液、双氧水、硝酸、氢氟酸；G5 产品：BOE 蚀刻液、氨水

资料来源：中巨芯招股说明书、兴福电子招股说明书，中国银河证券研究院

3. 电子特气：电子工业的“血液”，本土企业大有可为

电子特气是电子工业不可或缺的原材料。电子特气全称为电子特种气体，是电子气体重要细分品类，广泛应用于化学气相沉积、离子注入、蚀刻、掺杂等工艺环节，是电子工业不可或缺的原材料，且其品质对电子器件的成品率和性能有直接影响，因此电子特气也有电子工业的“血液”之称。电子特气种类繁多，按成分划分主要包括惰性气体、硅族气体、卤化物或卤化物气体、含硼/磷/砷等原子的的气体以及氟碳气体等。

表11：电子气体分类

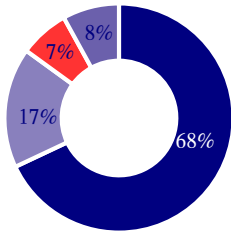
类别	用途	主要产品
电子特种气体	化学气相沉积（CVD）	氨气、氮气、氧化亚氮、TEOS（正硅酸乙酯）、TEB（硼酸三乙酯）、TEPO（磷酸三乙酯）、磷化氢、三氟化氯、二氯硅烷、氟化氮、硅烷、六氟化钨、六氟乙烷、四氯化钛、甲烷等
	离子注入	氟化砷、三氟化磷、磷化氢、三氟化硼、三氯化硼、四氟化硅、六氟化硫、氙气等
	光刻胶印刷	氟气、氮气、氦气、氖气等
	扩散	氢气、三氯氧磷等
	蚀刻	氨气、四氟化碳、八氟环丁烷、八氟环戊烯、三氟甲烷、二氟甲烷、氯气、溴化氢、三氯化硼、六氟化硫、一氧化碳等
	掺杂	含硼、磷、砷等三族及五族原子的的气体，如三氯化硼、乙硼烷、三氟化硼、磷化氢、砷化氢等
电子大宗气体	环境气、保护气、载体	氮气、氧气、氩气、二氧化碳等

资料来源：金宏气体招股说明书，中国银河证券研究院

集成电路是电子特气下游最大消费市场。电子特气上游原料主要为空气、工业废气以及基础化学原料等。下游主要应用于集成电路、显示面板、LED 以及光伏等行业。其中，集成电路是电子特气最大的消费市场，在全球市场占比约 7 成，在我国市场占比约 4 成。

图23：2022 年全球电子特气下游市场需求分布

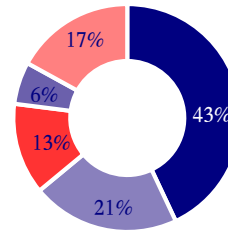
■ 集成电路 ■ 显示面板 ■ LED ■ 光伏



资料来源：观研天下，中国银河证券研究院

图24：2021 年我国电子特气下游市场需求分布

■ 集成电路 ■ 显示面板 ■ LED ■ 光伏 ■ 其他



资料来源：智研咨询，中国银河证券研究院

纯度是电子特气的核心指标，先进制程集成电路对纯度要求更高。在先进制造领域，即使是痕量的杂质也可能导致产品缺陷。另外，电子特气在与精密设备直接接触过程中，杂质可能导致关键工艺参数偏移甚至损坏仪器。因此，下游领域通常对电子特气的产品纯度和质量稳定性提出较高要求，尤其是集成电路制造领域，随着制程节点不断缩小，对电子特气的纯度要求也在持续提高。集成电路制造对不同气体的纯度要求不一，通常需要纯度在5N及以上，其中先进制程集成电路制造对电子特气的纯度要求一般在6N以上，且对于质量稳定性的要求也在不断提高。从28nm到7nm，电子特气的金属杂质要求下降100倍、污染粒子体积要求缩小4倍。

表12：气体纯度分类

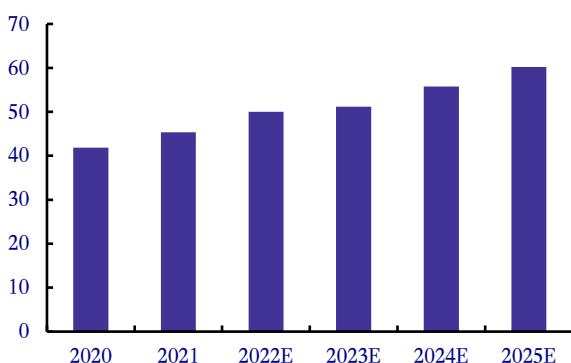
工业气体	气体纯度		应用领域
	普通气体	≥99.9% (3N)	普通器件
电子气体	纯气体	≥99.99% (4N)	晶体管、晶闸管等
	高纯气体	≥99.999% (5N)	大规模集成电路、特殊器件
	超纯气体	≥99.9999% (6N)	超大规模集成电路/特大规模集成电路
		≥99.99999% (7N)	
		≥99.999999% (8N)	
≥99.9999999% (9N)			

资料来源：气体汇，中国银河证券研究院

注：N为Nine的简写，N的数目代表纯度百分数中9的个数

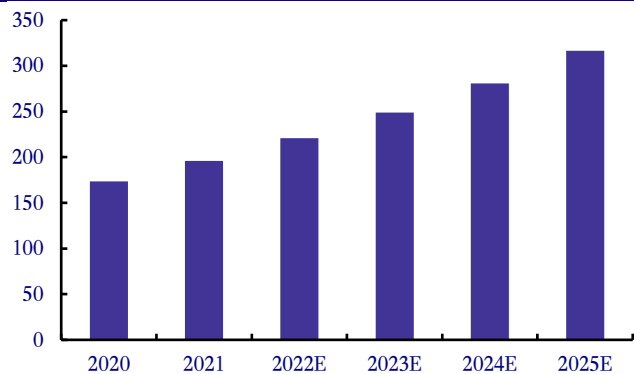
全球电子特气市场规模稳步扩张。在集成电路、新型显示等下游产业快速发展带动下，近年来海内外电子特气市场稳步增长。TECHCET数据显示，2022年全球电子特气市场规模预计约为50.0亿美元，同比增长10.2%，创下历史新高，2025年全球电子特气市场规模将达到60.2亿美元，2022-2025年年均复合增速约6.4%。中国半导体行业协会和SEMI数据显示，2022年我国电子特气市场规模预计约为220.8亿元，2025年将达到316.6亿元，2022-2025年年均复合增速约12.8%。

图25：全球电子特气市场规模（亿美元）



资料来源：TECHCET，中国银河证券研究院

图26：我国电子特气市场规模（亿元）

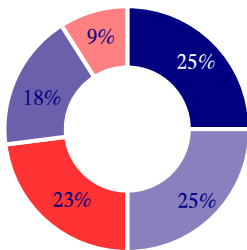


资料来源：中国半导体行业协会、SEMI，中国银河证券研究院

我国电子特气市场被海外龙头企业高度垄断。电子特气深度提纯的难度较高，纯度每提升一个等级，都会对纯化技术提出更高要求，技术难度将显著上升，且电子特气生产过程中需经过合成、纯化、混合气配置、充装、分析检测、气瓶处理等多项工艺技术，具有极高技术壁垒。经过多年发展和兼并，目前全球电子特气市场主要被美国空气化工、德国林德集团、法国液化空气集团以及日本酸素（原大阳日酸）四家气体供应商高度垄断，2021年行业CR4超90%。上述海外气体龙头企业早在20世纪80年代起便已陆续进入国内市场，其产业发展相对更成熟、专利布局较为全面。而我国对于电子特气的研发生产起步较晚，相比于海外气体龙头而言，仍存在规模小、产品品种少、纯度级别不高等差距。现阶段我国电子特气市场仍主要由上述海外龙头企业占据主导地位。

图27：2021年全球电子特气市场格局

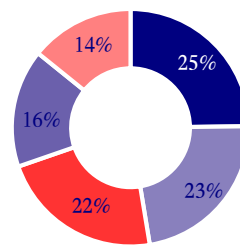
■美国空气化工 ■德国林德集团 ■法国液化空气 ■日本酸素 ■其他



资料来源：智研咨询，中国银河证券研究院

图28：我国电子特气市场竞争格局

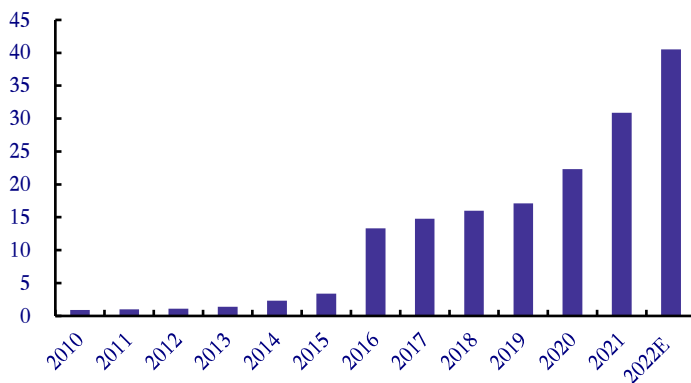
■美国空气化工 ■德国林德集团 ■法国液化空气 ■日本酸素 ■其他



资料来源：观研天下，中国银河证券研究院

我国集成电路用电子特气产业处于高速增长阶段。近年来在国家政策支持以及下游产业发展推动下，我国电子特气企业研发投入力度不断加大，现已实现部分产品的国产替代，部分国产产品品质达到国际先进水平。以电子特气最重要的下游市场集成电路为例，集成电路材料产业技术创新联盟（ICMtia）数据显示，2022年我国厂商集成电路用电子特气销售收入预计为40.5亿元，2016-2022年年均复合增速高达20.4%。

图29：我国厂商集成电路用电子特气产值（亿元）



资料来源：ICMtia，中国银河证券研究院

产业链配套完善必要性和紧迫性凸显，电子特气本土化进程有望提速。虽然国内电子特气产业发展已初见成效，但考虑到电子特气是第二大晶圆制造材料，在终端新兴产业驱动国内半导体产业持续高端化发展以及国际贸易不确定风险日益加剧的背景下，加速实现电子特气自主化供应、完善产业链配套的必要性和紧迫性日益凸显。国内电子特气产业在产品种类丰富度、产品品质以及供应能力等方面仍有较大向上发展空间。未来自主研发实力领先、产品品质过关，且能够满足下游客户多样化需求的国产电子特气领先企业有望迎来发展契机，建议关注南大光电（300346.SZ）、华特气体（688268.SH）、金宏气体（688106.SH）、中船特气（688146.SH）、中巨芯（688549.SH）等。

表13：国内主要电子特气相关上市公司的主要产品及等级

企业名称	主要产品及等级
南大光电	六氟化硫(5N)、三氟化氮(4N6)、磷烷安全源(5N7)、砷化氢(6N5)、三氟化硼安全源(3N)、磷化氢(6N5)、砷烷安全源(5N5)
华特气体	高纯六氟乙烷(5N3)、高纯四氟化碳(5N7)、高纯一氧化碳(4N7)、光刻气包括 Ar/F/Ne、Kr/Ne、Ar/Ne 和 Kr/F/Ne 混合气等
金宏气体	超纯氨(7N8)、高纯氢(6N)、高纯氧化亚氮(6N)、高纯二氧化碳(5N8)、八氟环丁烷(5N)、高纯氩(6N)、高纯氮(6N)、硅烷混合气等
中船特气	三氟化氮(5N)、六氟化钨(6N)、氯化氢(5N)、氟化氢(5N)、四氯化硅(5N)、氖气(5N)、氮氢混气(6N)、氩氢混气(6N)、氧氮混气(6N)、氮氢混气(6N)、氩氢混气(6N)、六氟丁二烯(4N)、八氟环丁烷(5N)、八氟丙烷(5N5)、六氟乙烷(5N)
中巨芯	高纯氯气(6N)、高纯氯化氢(6N)、高纯氟化氢(5N)、高纯六氟化钨(5N5)、高纯一氟甲烷(5N)、高纯三氟甲烷(5N)、高纯八氟环丁烷(5N)、高纯六氟丁二烯(4N5)、高纯八氟环戊烯(4N)

资料来源：中巨芯招股说明书、科利德招股说明书，中国银河证券研究院

(二) 新兴终端产业兴起，引领 PI 薄膜高端化、多元化发展

1. 新型终端产业高速发展，驱动 PI 薄膜稳健增长

PI 薄膜性能优良，下游应用广泛。PI 薄膜是现阶段理化性能最突出的高分子薄膜，其力学性能、介电性能、化学稳定性优良，且高度耐辐照、耐腐蚀、耐高低温，也被誉为“黄金薄膜”，是制约我国发展高技术产业的三大瓶颈性关键高分子材料之一。根据应用类别划分，PI 薄膜可划分为热控 PI 薄膜、电子 PI 薄膜、电工 PI 薄膜、航天航空 PI 薄膜以及柔性显示 PI 薄膜等，终端广泛应用于消费电子、汽车电子、高速轨道交通、风力发电、航天航空、5G 通信、柔性显示等诸多领域。

表14：PI 薄膜细分品类及应用领域

	电工 PI 薄膜	电子 PI 薄膜	热控 PI 薄膜	航天航空 PI 薄膜	柔性显示 CPI 薄膜
应用领域	高铁牵引电机、风电电机等 电机、变压器等	消费电子、汽车电子、5G 通信技术 通信技术等高端电子制造	消费电子产品石墨散热片 基材、高导热材料等	火箭热控材料等	柔性 OLED 显示盖板等
图例					

资料来源：瑞华泰官网，中国银河证券研究院

新兴应用领域驱动 PI 薄膜高端化、多元化发展。作为功能性材料，PI 薄膜具有生命周期长、功能多样化的特点。随产品丰富度提升，PI 薄膜下游应用领域不断拓宽。下游领域的发展也在不断引导 PI 薄膜开发新特性、新功能。数字经济产业兴起，5G 通信、人工智能等领域驱动 PI 薄膜迎来全新发展机遇，热控 PI 薄膜、电子 PI 薄膜、电工 PI 薄膜以及柔性显示 CPI 薄膜等产品均有望从中受益。

(1) 热控 PI 薄膜：主要用于电器热管控系统领域，经碳化、石墨化等加工工序后，可制成高导热石墨膜，进而用于智能手机等电子产品的散热和导热。在电子产品代际更迭过程中，功耗增加、结构设计升级、对散热性能要求升级。与此同时，汽车电子、智能穿戴设备、柔性显示等新兴应用加速渗透。高导热石墨膜需求增长的同时，也在从单层石墨膜向复合型、超厚型石墨膜发展，随着应用场景的多样化，下游柔性显示也对石墨膜的耐弯折性能等方面提出了更高要求。

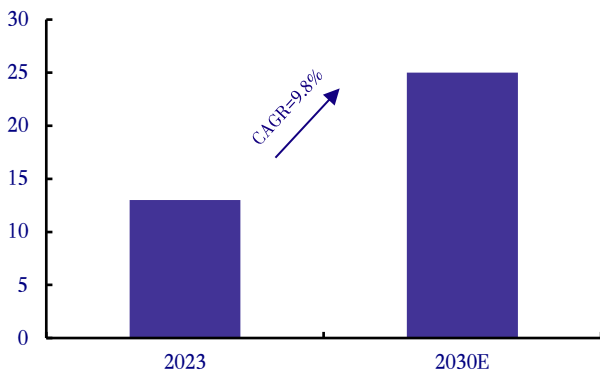
(2) 电子 PI 薄膜：PI 薄膜最大的细分市场，主要应用于 FPC(柔性电路板)领域。电子 PI 薄膜可作为绝缘基膜与铜箔贴构成 FCCL(柔性覆铜板)，进而用作 FPC 基板，也可以用作 FPC 覆盖膜，用于保护线路免受破坏与氧化。随着电子产品智能化、轻薄化、

柔性可穿戴化以及 5G/6G 高频高速通信技术、AI 应用等发展，FPC 及电子 PI 薄膜需求有望持续扩张，同时也驱动电子 PI 薄膜向高尺寸稳定性、高模量、低介电常数、TPI-PI 多层复合、低吸湿性等方面高端化发展。此外，电视高清化、手机全面屏趋势为在减少屏幕边框方面具有明显技术优势的 COF 工艺提供了良好发展契机，带动了 COF 用 PI 薄膜等高附加值电子 PI 薄膜需求增长。

(3) 电工 PI 薄膜：凭借耐电晕、高绝缘等特性主要应用于电气绝缘领域，主要用于高速轨道交通应用的牵引变频电机耐电晕绕包扁线、大功率风力发电机长寿命绕包扁线。数字经济产业爆发，有望释放大量绿电需求进而驱动风电新增装机增加，带动电工 PI 薄膜在风电领域需求增长。

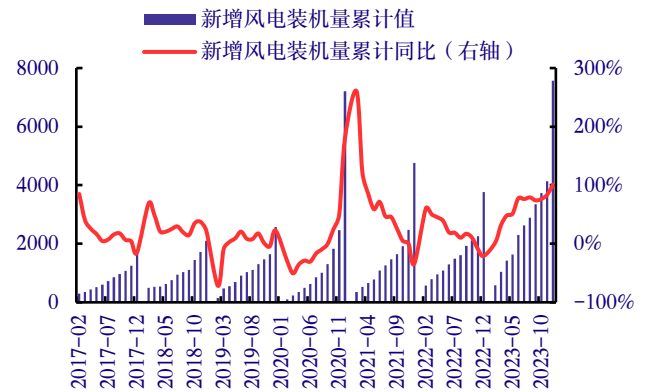
(4) 柔性显示 CPI 薄膜：具备透光率高、耐弯折、耐刮擦等特性，主要应用于器件光学盖板等领域，用作 OLED 盖板、触控传感器盖板等。在可折叠智能手机及笔记本电脑渗透率逐步提升、柔性显示面板应用多样化并从可折叠逐步向可卷曲方向发展的趋势下，柔性显示用 CPI 薄膜的市场需求和渗透率有望大幅提升。

图30：全球 FPC 用 PI 薄膜市场规模（亿美元）



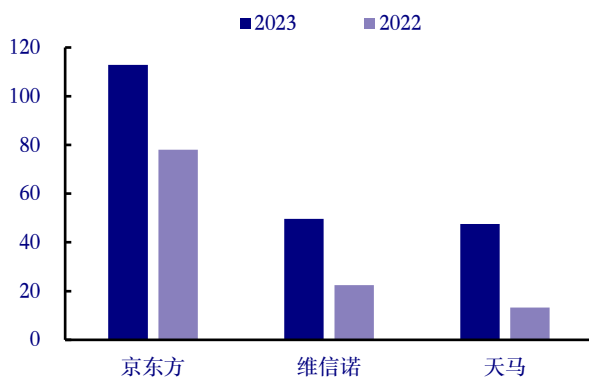
资料来源：QY Research，中国银河证券研究院

图31：国内新增风电装机量（万千瓦）及同比增速



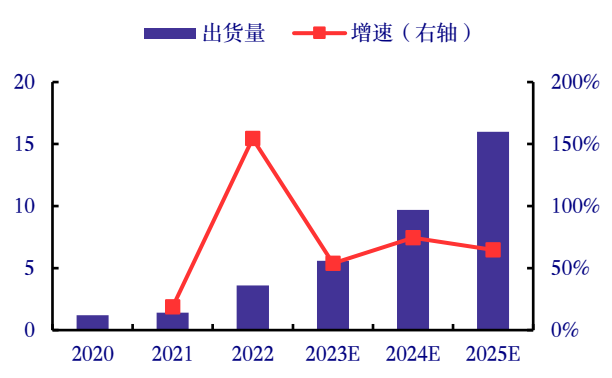
资料来源：iFind，中国银河证券研究院

图32：国内主流面板厂商柔性 OLED 智能机面板出货量（百万片）



资料来源：CINNO Research，中国银河证券研究院

图33：2020-2025 年中国折叠手机出货量（百万台）及同比增速



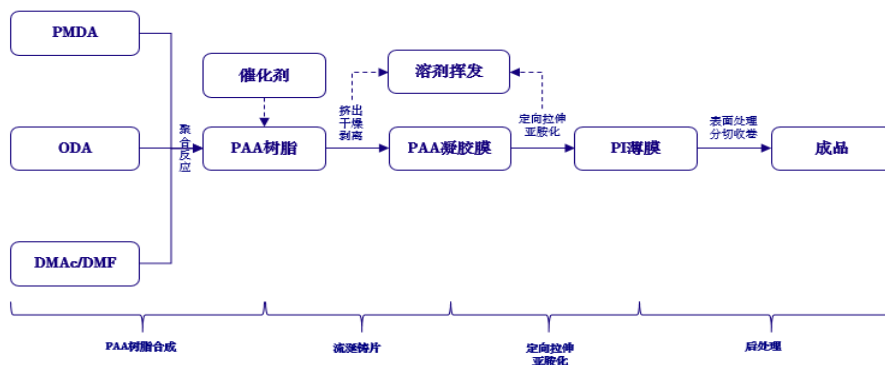
资料来源：艾瑞咨询，中国银河证券研究院

PI 薄膜市场规模有望稳健增长。数字经济时代，消费电子、汽车电子、5G/6G 高频高速通信技术、AI 应用、柔性显示等产业快速发展为 PI 薄膜带来需求增长，同时更多的应用场景也在不断驱动高性能 PI 薄膜向高端化、多元化发展。未来 PI 薄膜市场规模有望保持稳健增长态势。Global Market Insights 数据显示，2022 年全球 PI 薄膜市场规模约为 24 亿美元，预计 2032 年将达到 45 亿美元，2023-2032 年年均复合增速约 6.6%。

2. 本土企业打破海外垄断，高性能 PI 薄膜国产替代正当时

高性能 PI 薄膜生产工艺复杂，准入门槛高。高性能 PI 薄膜制备流程较为复杂，通常以 PMDA（均苯四甲酸二酐）和 ODA（二氨基二苯醚）为单体，在极性溶剂中进行聚合反应合成 PAA（聚酰胺酸）树脂溶液，流涎成 PAA 凝胶膜后进行定向拉伸和亚胺化，最后经过高温处理、表面处理 and 分切收卷等后处理工序而制成。其中，对于 PAA 树脂配方设计、流涎所得 PAA 凝胶膜均匀度的精准把控，以及全程自动控制系统的生产控制水平均有较高要求，因此高性能 PI 薄膜新产品的研发周期较长，通常在 2 年以上，对生产企业的技术储备和研发实力具有较高要求。

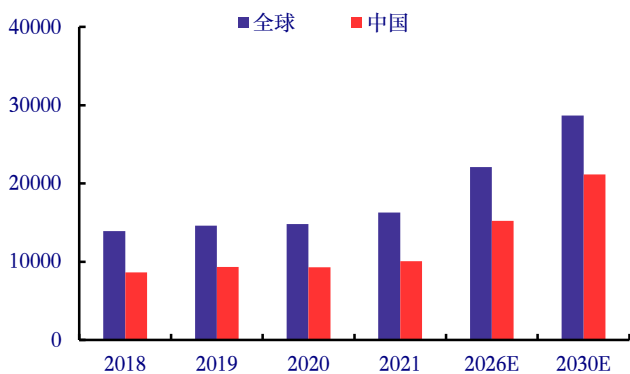
图34：PI 薄膜制备流程



资料来源：瑞华泰公告，中国银河证券研究院

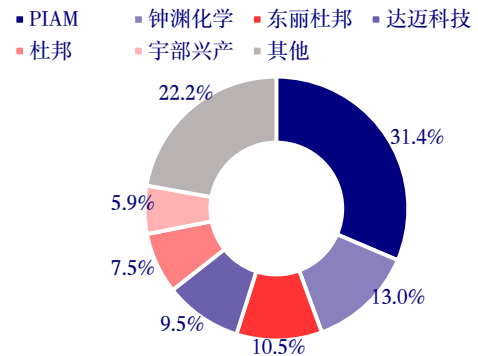
海外企业高度垄断，我国进口替代空间广阔。基于较高的入行门槛，目前全球高性能 PI 薄膜市场主要被杜邦、钟渊化学、PIAM 等少数美日韩企业高度垄断。PIAM 数据显示，2022 年全球 PI 薄膜市场 CR5 约 70.9%。我国是全球 PI 薄膜主要消费国，IHS、CNCIC 数据显示，2021 年我国 PI 薄膜需求量约 1.01 万吨，全球需求量约 1.63 万吨，我国 PI 薄膜需求量全球占比超 60%。预计到 2030 年，我国 PI 薄膜需求量将突破 2 万吨，2021-2030 年均复合增速 8.6%，在全球消费占比也将进一步提升至 70% 以上。我国 PI 薄膜产业化进程相对缓慢，且海外龙头企业对我国高性能 PI 薄膜领域实施了严格的技术封锁。现阶段，依靠本土企业自主研发，我国已在传统电工绝缘领域实现高度自主供应，但在高端电工绝缘、电子等高端应用领域的产业化水平依然较弱，高性能 PI 薄膜仍存在产品品类不足、产品性能不稳定等问题。我国绝大部分高性能 PI 薄膜需求仍需依赖进口，进口依赖度达到 80% 以上，甚至柔性显示用 CPI 薄膜等超高附加值细分品类 100% 依赖进口，国产替代空间非常广阔。

图35：全球及我国 PI 薄膜需求量（吨）



资料来源：IHS Market, CNCIC, 中国银河证券研究院

图36：2022 年全球 PI 薄膜市场分布



资料来源：PIAM 公告，中国银河证券研究院

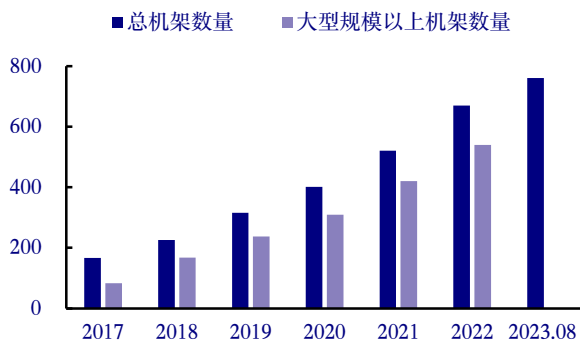
本土企业逐步打破海外垄断，未来发展前景良好。高性能 PI 薄膜是对我国诸多新兴产业发展有重要影响的关键配套材料，为顺应产业发展需求，我国已将高性能 PI 薄膜纳入国家加快培育和重点发展的战略性新兴产业。在国家重点支持下，国内已有少数企业实现高性能 PI 薄膜自主核心技术突破，在多项细分领域逐步打破国外厂商市场垄断。随着本土高性能 PI 薄膜生产企业的产品稳定性及批量供应能力不断优化，以及终端企业逐渐将核心上游原材料采购重心向国内转移，国产高性能 PI 薄膜在下游客户的供应地位有望逐步提升。建议关注国产高性能 PI 薄膜领军者瑞华泰（688323.SH）等。

（三）算力是数字经济增长核心生产力，本土冷却液迎来发展机遇

1. “双碳”背景下，浸没式液冷数据中心渗透率有望快速攀升

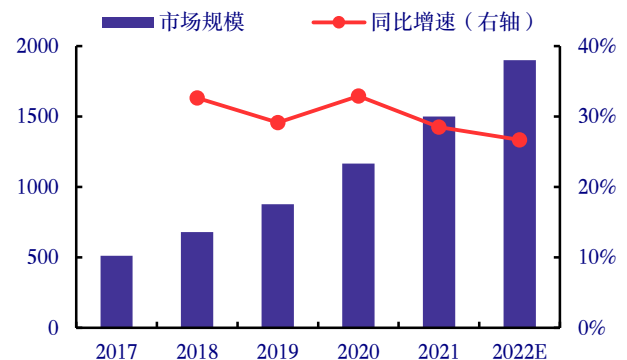
数字经济驱动算力升级，数据中心规模高速扩张。算力是数字经济发展的底座，在数字经济发展及 AI 大模型的带动下，传统通用算力越来越无法满足高速增长的算力需求，提升算力能级愈发迫切。我国高度重视算力基础设施的高质量发展，数据中心规模高速扩张。根据《数字中国发展报告（2022 年）》，截至 2022 年末，我国数据中心机架总规模超 670 万标准机架，近五年年均增速超过 30%；在用数据中心算力总规模超 180EFLOPS，位居世界第二。随着“新基建”、“东数西算”工程持续推进，未来我国数据中心规模有望维持高速增长。据工信部等部门联合发布的《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》和《算力基础设施高质量发展行动计划》，我国将在京津冀、长三角、粤港澳大湾区等八大枢纽节点打造数据中心集群，到 2025 年我国算力总规模将超过 300EFLOPS，数据中心规模也有望随之保持高速增长。

图37：我国数据中心机架规模（万架）



资料来源：工信部信息通信发展司，中国银河证券研究院

图38：我国数据中心市场规模（亿元）及同比增速



资料来源：中国信息通信研究院，中国银河证券研究院

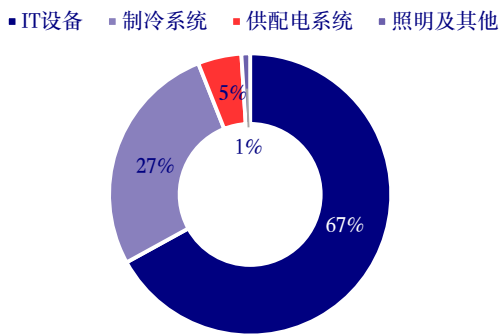
节能增效是数据中心的必然发展趋势。为满足下游日益增长的计算需求，数据中心正逐步向“高性能、高密度、高能耗”方向发展。IEA 数据显示，2022 年全球数据中心耗电量约为 460 太瓦时，约占全球总耗电量的 2%，预计到 2026 年可能膨胀至 620-1050 太瓦时，最大约为 2022 年的 2.3 倍。国家能源局数据显示，2022 年我国数据中心耗电量约 2700 亿千瓦时，约占全社会总耗电量的 3%。电费占到数据中心运维成本的七成，在“双碳”背景下，高耗能的数据中心成为我国节能减排的重点环节之一，各级政府部门积极引导数据中心产业向绿色高质量发展。长远来看，绿色低碳、集约高效、安全可靠将成为数据中心产业的必然发展趋势。

政策层面对我国数据中心能效及碳排放要求趋严。电能利用效率（Power Usage Effectiveness, PUE）是数据中心的重要能效考核指标，为数据中心总能耗与 IT 设备总能耗的比值，比值越接近于 1 则表示数据中心绿色节能效果越好。《Uptime Institute 全球数据中心调查报告 2022》调查显示，2022 年全球数据中心平均 PUE 约为 1.55。《东数西算下新型算力基础设施发展白皮书》数据显示，2021 年我国数据中心 PUE 均值为 1.49。发

改委发布的《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求推动数据中心和 5G 等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》中明确提出，到 2025 年我国新建大型、超大型数据中心 PUE 降到 1.3 以下，国家枢纽节点 PUE 降至 1.25 以下。可见未来政策层面对于数据中心的能效及碳排放要求将愈发严格。

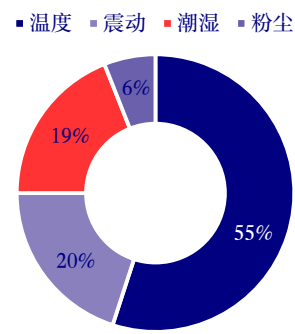
减少制冷能耗是降低 PUE 的主要途径，液冷将成为未来数据中心主流制冷技术。数据中心的耗能部分主要包括 IT 设备、制冷系统、供配电系统以及照明等。其中，制冷系统耗能占比仅次于 IT 设备，降低制冷系统能耗是降低数据中心 PUE 值的重要途径。此外，电子元器件故障有半数以上是温度过高所导致的，随着数据中心计算密度提升，在对关键电子元器件精准散热方面的要求也随之提升。与传统风冷技术相比，液冷技术取代大部分空调系统、风扇等高能耗设备，可节能 20%-30%以上、使数据中心 PUE 降至 1.1 以下。在同样外电容量条件下，液冷技术允许配置更多 IT 设备；在 IT 设备负载功率确定的情况下，总供电容量需求大幅减少，可有效降低供电系统建设投资和运营成本。另外，液冷技术对于关键电子部件的冷却效果相较于传统风冷更好，并且可以显著降低机房噪音。随着大型、超大型数据中心逐步占据市场主流，液冷数据中心市场需求有望持续扩大。

图39: PUE 为 1.5 的数据中心能耗分布



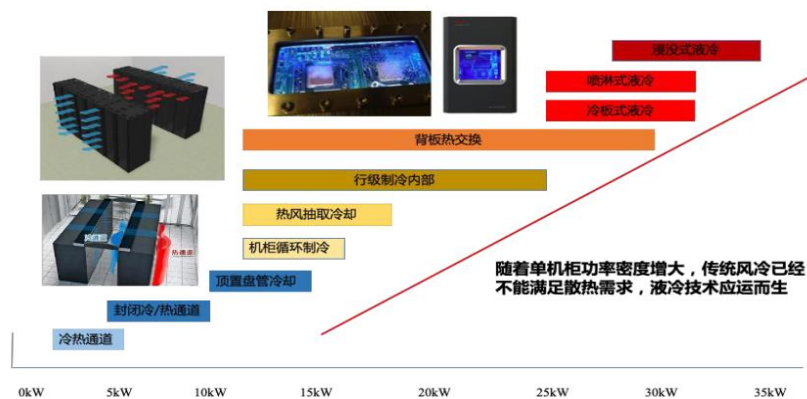
资料来源:《中国绿色算力发展研究报告(2023年)》(中国信通院等), 中国银河证券研究院

图40: 电子元器件故障原因统计



资料来源:《绿色节能液冷数据中心白皮书》(国家互联网数据中心产业技术创新战略联盟等), 中国银河证券研究院

图41: 单机柜功率密度提升趋势下数据中心制冷技术演变

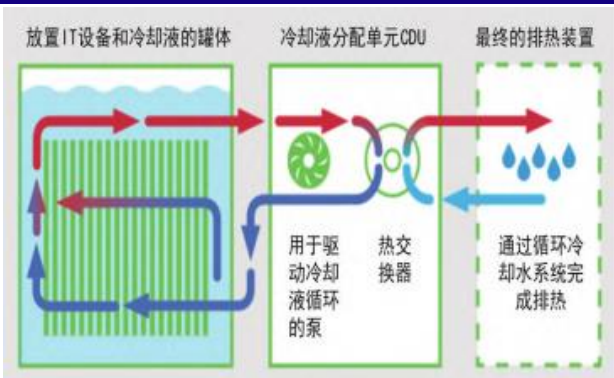


资料来源: 曙光数创招股说明书, 中国银河证券研究院

浸没式液冷技术散热效果最好，可将数据中心 PUE 值降至 1.2 以下。冷却液是液冷系统中的主要换热介质，按照冷却液与发热器件（含散热器）是否接触，可将液冷技术可分为间接式液冷技术和直接式液冷技术。间接式液冷技术中，冷却液与发热器件（含散热器）为非接触式换热，主要是以热传导的方式进行热量传递；直接式液冷技术中，冷却液与发热器件（含散热器）为接触式换热，发热器件将热量传递给冷却液，进而通过冷却液的循环将热量释放到大气环境中。间接式液冷技术以冷板式液冷为主，直接式

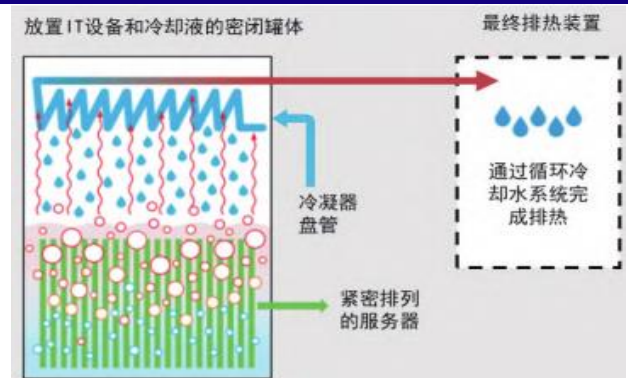
液冷技术则可进一步划分为浸没式液冷和喷淋式液冷。目前喷淋式液冷技术仍以小范围应用验证为主，尚无大规模部署案例；浸没式液冷技术根据冷却液在循环散热过程中是否发生相变，可进一步划分为单项浸没式液冷和相变浸没式液冷。单项浸没式液冷技术利用冷却液良好的热力学显热传热性能，通过冷却液的流动性带走热量；相变浸没式液冷技术则利用冷却液相变潜热特性，通过冷却液汽化吸热实现冷却。相比于浸没式液冷技术，冷板式液冷技术成熟度更高，产业链最为成熟，更易于建设和维护，目前液冷数据中心仍以冷板式液冷技术为主，但其节能效果不及浸没式液冷技术；浸没式液冷技术节能效果相对最优，可使数据中心 PUE 值降至 1.2 以下，且能够让数据中心 IT 设备运行稳定性更高，但其应用成本相对较高，现阶段仍处于成长期，未来产业链仍有较大发展、优化空间。

图42：单相浸没式液冷的工作原理



资料来源：《数据中心浸没式液冷技术研究》（朱佳佳等），中国银河证券研究院

图43：相变浸没式液冷的工作原理



资料来源：《数据中心浸没式液冷技术研究》（朱佳佳等），中国银河证券研究院

表15：数据中心液冷技术对比

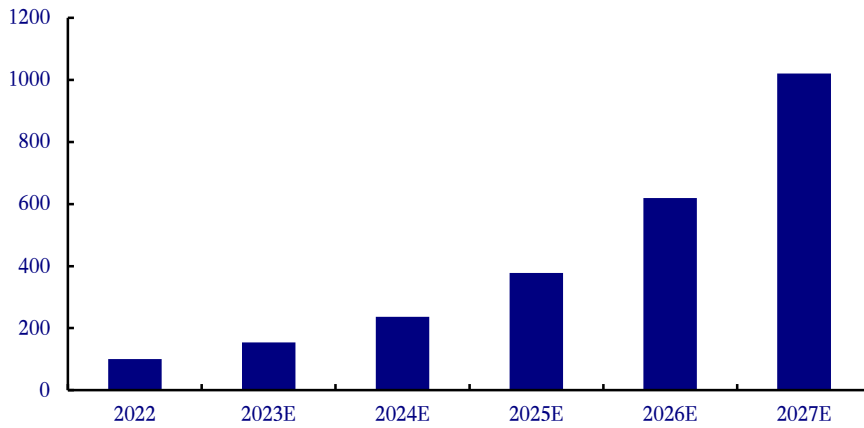
	风冷（水冷冷水系统）	冷板式液冷	单相浸没式液冷	相变浸没式液冷
解热能力 (供液温度 40℃)	★ 0~10W/cm ²	★★★★ 0~100W/cm ²	★★ 0~40W/cm ²	★★★★★ 0~150W/cm ²
易维护性	★★★★★	★★★★☆	★★★	★★★
节能效果	★☆☆	★★★	★★★★☆	★★★★★
建设成本	★★★★	★★★★★	★★	★
产业链成熟度	★★★★★	★★★★	★★	★★

资料来源：《绿色节能液冷数据中心白皮书》（国家互联网数据中心产业技术创新战略联盟等），中国银河证券研究院

注：对比程度用“★”数量示意，其中1星表示最差，5星表示最优

浸没式液冷数据中心市场份额有望快速攀升。目前液冷使用比例大概 5%-8%，市场替代空间非常大，预计未来 3-5 年内渗透率有望达到 30%，行业将迎来爆发性增长。科智咨询和中国信息通信研究院发布《中国液冷数据中心市场深度研究报告》显示，2022 年我国液冷数据中心市场规模约为 100.5 亿元，预计到 2027 年将达到 1020.0 亿元，2022-2027 年年均复合增速高达 59.0%。从应用方向来看，冷板式液冷主要用于一般高密度的数据中心领域，浸没式液冷则主要集中于超高密度数据中心领域。目前液冷数据中心仍以冷板式液冷为主。从投资规模占比来看，2022 年冷板式占比 65.0%、浸没式及其他占比 35.0%，近些年浸没式占比逐渐提升。考虑到浸没式液冷散热、节能效果更佳，更能够满足数字经济时代高速增长的算力需求，未来浸没式液冷数据中心或将占据更大市场份额，其市场规模增速有望高于液冷行业平均水平。

图44：中国液冷数据中心市场规模预测（亿元）



资料来源：《中国液冷数据中心市场深度研究报告》（科智咨询、中国信息通信研究院产业与规划研究所），中国银河证券研究院

注：液冷数据中心市场规模统计维度包括液冷服务器和液冷数据中心配套基础设施市场规模

2. 海外巨头宣布退出，国产冷却液前景广阔

浸没式液冷技术对冷却液性能要求较高，冷却液主要包括碳氢及有机硅类和碳氟化合物类。无论是单相浸没式液冷还是相变浸没式液冷，均需要将电子器件在带电的情况下完全浸没在冷却液中，因而对于冷却液的化学稳定性、热稳定性、绝缘性、电气特性等指标均有较高要求，并要求冷却液尽可能的安全、环保、无毒。目前浸没式冷却液主要包括碳氢及有机硅类和碳氟化合物类。碳氢化合物冷却液和有机硅类冷却液均在常温下呈粘稠状，统称为“油类冷却液”，这类冷却液普遍具有沸点高不易挥发、不腐蚀金属、环境友好、毒性低、成本低等共性。但由于其具有闪点，在使用过程中有可燃、助燃的风险。其中，有机硅类冷却液主要依靠人工合成，可以设计出高闪点产品，但同时也可能导致流动困难，因此在设计过程中需要尽可能在闪点和流动性二者之间达成平衡。碳氟化合物普遍综合传热性能良好，无闪点、不可燃，且惰性强，不易与其他物质反应，是良好的兼容材料。根据分子结构不同，目前碳氟化合物类冷却液（简称“氟化液”）可主要划分为氢氟烃、氢氟醚、全氟碳化合物（包含全氟烷烃、全氟胺、全氟聚醚等）等。其中，氢氟烃主要作空调制冷等用途，并且会造成一定温室效应；全氟碳化合物在沸点、介电常数等方面性能更适用于半导体设备冷却，但也会造成一定的温室效应；氢氟醚温室效应较小，但介电常数偏高，和 PCB 微带线或连接件直接接触时可能对信号传输造成影响。

表16：浸没式液冷冷却液性能对比

对比项	碳氢及有机硅类冷却液			碳氟类冷却液					
	天然矿物油	合成油	有机硅油	氢氟烃 (HFC)	全氟碳化合物 (PFC)	氢氟醚 (HFE)	超低温室效应碳氟化合物	3M FC-40	全氟三丁胺, XP68 电子冷却氟化液
臭氧层破坏		无					无		
温室效应		无		会造成温室效应	温室效应较小		超低温室效应		影响小
液体粘度		高				低		2.2	2.2
沸点		高，不易挥发				较高		170	165
腐蚀性		不腐蚀金属					不腐蚀金属		
毒性		低					低		
成本		低				较高			高
闪点及可燃性	存在闪点，有可燃助燃风险	可设计高闪点，但可能导致流动困难					无闪电，不可燃		
老化变质性	易分解、老化，会变色氧化产生酸，需要定期检查						不易分解变质		
可靠性及寿命		低，3-5年					高，超过10年		
兼容性		兼容性差，杂质对元器件损害大					兼容性好		

导热率	高	低				
惰性	低	高				
维护性	粘性高, 不便于维护, 需要清洗剂	粘性低, 易挥发, 便于维护				
密度	低	高				
比热容	高	低				
挥发性	不易挥发	易挥发				
综合传热性能	低	高				
介电强度 (绝缘性)	>30KV	>24KV				
介电常数	低	低	对高速信号传输有一定影响	低	1.9	1.9

资料来源:《电信运营商液冷技术白皮书》(中国移动、中国电信、中国联通), 中国银河证券研究院

氟化液综合性能更为理想, 市场规模有望持续扩张。从应用场景来看, 氟化液既可用于单相浸没式液冷系统, 也可以用于相变浸没式液冷系统; 碳氢及有机硅类冷却液由于大多具有闪点、可燃或易燃, 不适用于相变浸没式液冷系统, 仅用于单相浸没式液冷系统。从购置成本来看, 天然矿物油类冷却液单价最低, 合成油、有机硅油类冷却液单价约为天然矿物油的 2 倍; 氟化液单价则可高达合成油类冷却液的 5-10 倍。但从使用寿命来看, 天然矿物油类冷却液的保质寿命通常在 5 年以下; 而在维护良好、不考虑其他风险因素的情况下, 合成油类冷却液的使用寿命最高可达到 10 年, 氟化液使用寿命则可以远超 20 年。综合来看, 以全氟碳化合物为主的氟化液是现阶段相对更为理想的浸没式液冷系统冷却液, 未来随着浸没式液冷数据中心加速建设, 有望带动氟化液需求高速增长。

海外巨头 3M 将全面退出 PFAs 生产, 本土冷却液企业迎发展机遇。从市场竞争格局来看, 目前全球氟化液市场主要由 3M、索尔维、旭硝子等少数海外企业占据绝大部分份额, 其中 3M 占据绝对主导地位; 国内厂家已实现低沸点电子氟化液的国产自主可控, 完成各项参数的长周期测试, 并在国内多个大型和超大型液冷数据中心实现规模应用。2022 年 12 月, 3M 宣布将在 2025 年底以前全面退出全氟和多氟烷基物质 (PFAS) 生产。届时, 一方面全球氟化液市场有望向其他具备规模化生产氟化液的企业转移; 另一方面, 随着有机硅油类冷却液技术不断突破, 部分单相浸没式液冷系统冷却液市场份额有望转移至有机硅油类冷却液。未来国产冷却液发展空间广阔, 重点推荐已具备氟化液量产能力并已投入运营的巨化股份 (600160.SH)、新宙邦 (300037.SZ), 氟化液产能即将释放的永和股份 (605020.SH); 建议关注拥有氟化液系列产品制备技术的永太科技 (002326.SZ), 以及将有机硅类冷却液作为重点研发和生产的方向的润禾材料 (300727.SZ) 等。

表17: 冷却液相关主要 A 股上市公司

公司名称	氟化液产能规划/技术储备情况
巨化股份	公司已开发出氢氟醚 D 系列、全氟聚醚 JHT 系列氟化液产品, 子公司创氟高科的巨芯冷却液项目规划产能 5000 吨/年, 一期 1000 吨/年已投入运营。
新宙邦	公司全氟聚醚冷却液相关产品已通过海外客户认证, 现有数千吨冷却液产能。
永和股份	内蒙永和“0.8 万 t/a 偏氟乙烯、1 万 t/a 全氟己酮、6 万 t/a 废盐综合利用项目”中规划 5000 吨/年六氟丙烯三聚体可用于冷却液领域, 项目建设中。
永太科技	子公司永太氟乐科技受让中科院上海有机所全氟冷却介质 (氟化液) 系列产品的制备技术, 目前氟化液产品在中试线基础上进行产品开发和工艺验证。
润禾材料	公司在低粘度硅油与改性硅油方面拥有多项专利与保密技术, 冷却液作为硅油和改性硅油的一个重要分支, 是公司研发和生产的方向之一。

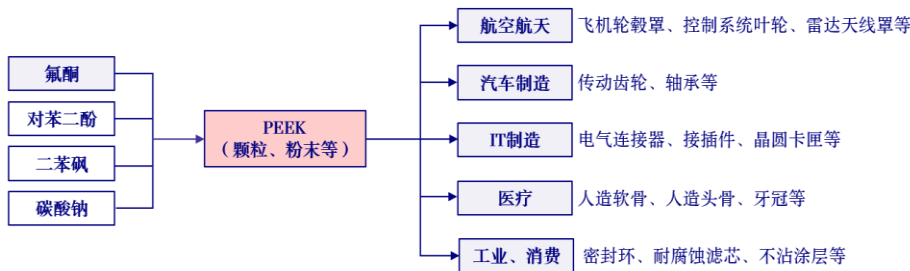
资料来源: 各公司公告、项目环评、互动问答, 中国银河证券研究院

（四）人形机器人轻量化之路，PEEK 或成关键解决方案

1. PEEK：特种工程塑料行业明珠

聚醚醚酮（Poly ether ether Ketone, PEEK）是在主链结构中含有两个醚键和一个酮键的重复单元所构成的高聚物，属特种高分子材料，是聚芳醚酮的一个材料系列，拥有半结晶态的特点，具有非常优异的物理、力学性能。与主要特种工程塑料、工程塑料相比，PEEK 刚性、韧性、耐热、耐磨、耐腐蚀等指标表现优异。从产业链构成来看，PEEK 的主要原材料为氟酮和对苯二酚，通常采用碳酸钠作为催化剂，在二苯砜溶剂环境中聚合合成，下游对应航空航天、汽车制造、IT 制造、医疗、工业、消费等领域。

图45：PEEK 产业链概况



资料来源：中研股份公告，中国银河证券研究院

表18：PEEK 与主要工程塑料、特种工程塑料性能对比

特性	性能指标	单位	特种工程塑料					工程塑料	
			PEEK	PTFE	PI	PPSU	PPS	POM	PA66
刚性	拉伸模量	Mpa	4300	1750	3700	2450	4000	2800	1700
韧性	缺口冲击强度	KJ/mm ²	3.5	4.5	4.5	12	2	8	4.5
耐热	长期使用温度	°C	250	260	240	180	220	115	95
耐磨	摩擦系数	-	0.4	0.15	0.4	0.45	0.5	0.52	0.5
耐腐蚀	耐化学性能	-	9.27	9.9	8.4	7.78	9.33	7.58	7.25
电性能	介电强度	KV/mm	24	11	28	26	18	20	27

资料来源：中研股份招股说明书、恩欣格（Ensinger）产品手册、跨骏（Quadrant）工程塑料产品手册，中国银河证券研究院

2. 国内企业突破海外技术封锁，不断缩小与国外产品差距

PEEK 生产技术长期被海外封锁，吉林大学率先打破垄断。PEEK 最初由英国帝国化学工业公司于 20 世纪 70 年代末开发，随后该公司此业务被英国威格斯公司收购。PEEK 作为性能优异的特种工程塑料，国际厂商对其技术、配方、设备等相关知识产权和技术秘密的保护和封锁十分严格，国内厂商完全需要自主研发。我国 PEEK 技术研发起步于 20 世纪 80 年代，90 年代初期开始小批量商品化生产，长春吉大高新材料公司于“九五”期间完成了中试生产。经过多年的不断研发，吉林大学特种工程塑料研究中心开发出了具有自主知识产权的 PEEK 树脂合成工艺，产品主要性能指标达到了国外同类产品水平，且原料及设备全部立足于国内，有效地降低了生产成本。

全球 PEEK 呈现“一超多强”生产竞争格局。由于较高的技术壁垒，长期以来真正掌握 PEEK 高性能聚合物大规模工业稳产技术的企业很少，英国威格斯、比利时索尔维和德国赢创三家公司几乎占据了全球绝大部分的市场份额，国内主要产能集中在中研股份和浙江鹏孚隆等少数企业。其中，英国威格斯是全球最大的 PEEK 生产商，产能达到

7150 吨/年，约占全球总产能的 60%。比利时索尔维现有 PEEK 产能 2500 吨/年，其生产基地主要集中在印度，产品主要出口欧洲和日本。德国赢创 PEEK 产能达 1800 吨/年，主要生产基地位于中国，目前产品主要出口欧洲。

表19：国内外厂商 PEEK 现有产能及在建产能分布情况

国家	公司名称	产能（吨/年）	在建产能（吨/年）	备注
英国	威格斯 Victrex	7150	1500	能够使用 5000L 反应釜进行 PEEK 聚合生产；在建 1500 吨/年产能系与营口兴福化工合资投建，计划 2024 年实现销售
比利时	索尔维 Solvay	2500		
德国	赢创 Evonik	1800		
中国	吉林中研高分子材料股份有限公司	1000		能够使用 5000L 反应釜进行 PEEK 聚合生产
	盘锦中润特塑有限公司	1000		
	长春吉大特塑工程研究有限公司	500		
	浙江鹏孚隆新材料有限公司	300		
	山东浩然特塑股份有限公司	300		
	珠海万通特种工程塑料有限公司	300	千吨级	
	吉林省聚科高新材料有限公司	200		
	山东君昊高性能聚合物有限公司		2800	年产 2500 吨工业级 PEEK、300 吨医用级 PEEK
	沃特股份		聚芳醚酮产能 1000 吨/年，其中包括 PEEK 生产线	PEEK 材料有望于 2024 年 Q2 投产

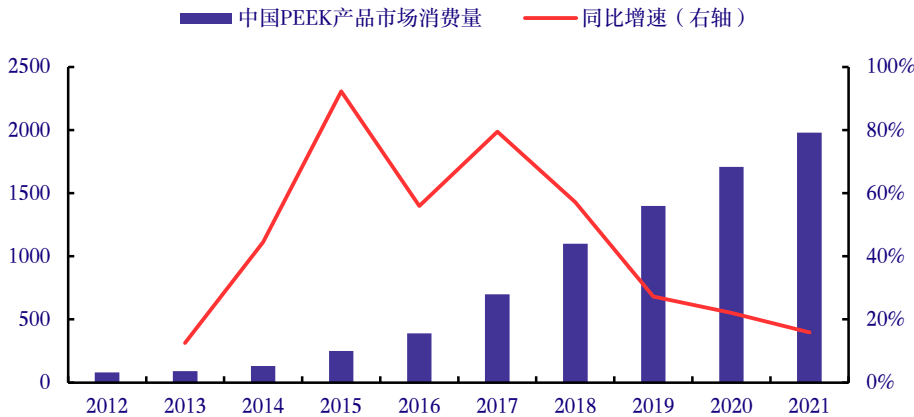
资料来源：材料汇、石化联合会化工新材料专委会公众号、威格斯公告、沃特股份公告，中国银河证券研究院

国内企业积极布局，不断缩小与国外水平差距。PEEK 树脂的合成工艺难度较大，在 PEEK 树脂研发成功后的近 50 年中，全球范围内仅有英国威格斯、比利时索尔维、德国赢创、中研股份 4 家产能达到千吨级的企业。由于形成高质量、批次稳定的 PEEK 树脂生产能力对技术、研发投入、工艺细节积累要求较高，因此在实现了新增产能后，PEEK 材料厂商要实现有效的新增产量仍需较长的时间。以中研股份产量爬坡周期参考，公司产量从约 100 吨/年爬升至 2021 年的 549.98 吨/年（产能利用率 55.00%）大约经历了 7 年时间。国内企业积极布局 PEEK 产能，产品质量不断提升，逐步缩小了与国外产品的差距，同时在价格上国产 PEEK 具有较强的竞争力。

3. 传统领域需求相对稳健，人形机器人激发潜在需求

下游多领域需求跟进，国内 PEEK 需求有望持续增长。随着全球电子信息、汽车、航空航天产能不断向亚太地区转移，亚太地区的 PEEK 消费增长速度远超欧洲，尤其是中国 PEEK 市场增长迅猛。2012-2021 年，中国 PEEK 产品需求量持续增加，从 2012 年的 80 吨增长至 2021 年的 1980 吨，2012-2021 年年均复合增长率达 42.8%。沙利文预测，假设我国 PEEK 材料主要终端应用产品基本维持不变，随着新能源汽车、电子信息、工业机械、医疗健康、航空航天等领域需求持续跟进，2027 年我国 PEEK 市场消费量预计为 5079 吨，2022-2027 年年均复合增长率有望至 16.8%。

图46：我国 PEEK 产品市场消费量（吨）及同比增速



资料来源：《聚醚醚酮市场分析及发展趋势》（张丽），前瞻产业研究院、中研股份招股说明书，中国银河证券研究院

表20：国内 PEEK 产品市场需求空间测算（吨）

应用领域	典型终端产品	2022	2027E	复合增长率
汽车	轴承——传统燃油车主动力轴承	128.26	90.65	-6.70%
	轴承——新能源车主动力轴承	58.05	220.24	30.56%
	密封件——传统燃油车变速箱密封环、发动机气缸垫	99.75	70.51	-6.70%
	密封件——新能源车电动机密封垫、热管理系统密封件	104.00	382.51	29.76%
	新能源汽车漆包线	55.63	440.47	51.26%
	合计（包含其他终端产品）	526.87	1360.59	20.89%
电子信息	手机内置天线	115.72	160.48	6.76%
	工装夹具	58.90	93.60	9.71%
	CMP 保持环	36.83	122.40	27.15%
	晶圆载具、晶圆吸盘	35.15	133.70	30.63%
	合计（包含其他终端产品）	720.48	1376.25	13.82%
工业机械及能源	石油天然气管道用密封圈	160.21	284.36	12.16%
	工业用阀门	129.20	238.96	13.09%
	风电轴承、光伏卡匣	86.51	210.43	19.46%
	合计（包含其他终端产品）	537.03	1048.20	14.31%
医疗健康	人工骨骼、人工牙齿等产品	157.66	338.70	16.52%
航空航天	高压电缆导管、电线卡箍	5.12	35.70	47.46%
	平尾前缘、轮胎轮毂罩	2.20	32.00	70.82%
	合计（包含其他终端产品）	21.01	173.08	52.46%
其他领域		371.13	782.16	16.08%
市场需求合计		2334.17	5078.98	16.82%

资料来源：沙利文、中研股份招股说明书，中国银河证券研究院

政策推动人形机器人加速发展，轻量化助推持续升级。2021年以来，国家多部门陆续出台了机器人产业相关政策，助力扩大机器人产业规模、丰富其应用场景、加速机器人商业化进程。未来在政策支持下，人形机器人技术迭代和实际场景落地有望提速。头豹研究院预测，2024年人形机器人行业预计仍以研发为主；随着机器人厂商将量产订单需求上报给上游供应商，部分零件有望实现降本，市场需求将逐步打开，预计2025年人形机器人量产能力达20-30万台、2030年量产能力达500-600万台。从性能角度来看，人形机器人腿足动作复杂，对于自重、平稳移动要求更高，轻量化有助于提高人形机器人动态响应能力、负载和动作灵活性。从能效角度来看，不同于电动汽车，人形机器人的电池既要保证体积小，又要追求长续航，电池问题一直是行业发展的一大痛点。在电池技术暂无显著突破的情况下，轻量化可以减少机器人在运动过程中的能量损耗。从高

请务必阅读正文最后的中国银河证券股份有限公司免责声明。

端进阶角度来看，机器人往往需要借助更多工具实现功能化，轻量化设计使得机器人有更大空间加入各类传感器，从而实现动作优化，提高动作准确性。2023年12月13日，特斯拉CEO埃隆·马斯克发布了第二代人形机器人OptimusGen2的最新视频，资料显示OptimusGen2实现了重量减轻10kg、行走速度提高30%、控制能力提升等重大改进。

表21：人形机器人相关政策

时间	发布机关	文件	相关内容
2021/10/20	工业和信息化部、民政部、国家卫生健康委	《智慧健康养老产业发展行动计划（2021-2025年）》	攻关适用于家庭服务机器人的环境感知、脑机接口、自主学习等关键技术。支持发展能够提高老年人生活质量的家庭服务机器人。重点发展具有情感陪护、娱乐休闲、家居作业等功能的智能服务型机器人。
2021/12/21	工业和信息化部等八部门	《“十四五”智能制造发展规划》	研发融合数字孪生、大数据、人工智能、边缘计算、虚拟现实/增强现实（VR/AR）、5G、北斗、卫星互联网等新技术的智能工控系统、智能工作母机、协作机器人、自适应机器人等新型装备。
2021/12/21	工业和信息化部等十五部门	《“十四五”机器人产业发展规划》	到2025年，我国成为全球机器人技术创新策源地、高端制造集聚地和集成应用新高地。机器人产业营业收入年均增速超过20%。到2035年，我国机器人产业综合实力达到国际领先水平，机器人成为经济发展、人民生活、社会治理的重要组成。
2022/6/8	工业和信息化部等五部门	《关于推动轻工业高质量发展的指导意见》	升级创新扫地机器人等新兴小家电，推进白酒酿造机器人。
2023/1/18	工业和信息化部等十七部门	《“机器人+”应用行动实施方案》	到2025年，制造业机器人密度较2020年实现翻番，服务机器人、特种机器人行业应用深度和广度显著提升，机器人促进经济社会高质量发展的能力明显增强。
2023/8/28	工业和信息化部办公厅	《关于组织开展2023年未来产业创新任务揭榜挂帅工作的通知》	到2025年，建立人形机器人高动态行走控制算法，可支持具有双足、双臂、腰、髋、膝、踝等不少于28个自由度的人形仿生机构。支撑人形机器人实现平地、斜坡、台阶、非平整路面、松软路面等环境的高动态行走，平地最大行走速度 $\geq 4\text{km/h}$ ，最大奔跑速度 $\geq 9\text{km/h}$ 。
2023/10/20	工业和信息化部	《人形机器人创新发展指导意见》	到2025年，人形机器人创新体系初步建立，“大脑、小脑、肢体”等一批关键技术取得突破，确保核心部件安全有效供给。整机产品达到国际先进水平，并实现批量生产，在特种、制造、民生服务等场景得到示范应用，探索形成有效的治理机制和手段。到2027年，人形机器人技术创新能力显著提升，形成安全可靠的产业链供应链体系，构建具有国际竞争力的产业生态，综合实力达到世界先进水平。产业加速实现规模化发展，应用场景更加丰富，相关产品深度融入实体经济，成为重要的经济增长新引擎。

资料来源：政府官网，中国银河证券研究院

PEEK 或成人形机器人轻量化关键解决方案。早前机器人行业减重主要有两方面，一是材料层面，降低用量或者更换密度更小的材料，比如将铝合金换成更轻的镁铝合金。二是结构层面，如在某些非必要关节，减少材料的用量，把外观结构件做薄，传动结构优化等，或者直接减少不必要的外观结构件。从材料层面来看，与目前机器人主流采用的合金件相比，PEEK材料比强度、介电常数、耐化学性全面胜出。尤其是比强度指标，PEEK材料约是铝合金的8倍，这意味着在满足强度要求的前提下，PEEK材料可大幅减轻材料自身重量，是“轻量化”的极佳解决方案。

表22：PEEK与通用金属钢、铝合金性能指标对比

性能指标	指标含义说明	单位	PEEK	钢	铝合金
比强度	拉伸强度与密度的比值，值越大说明材料在相同密度情况下强度越好	N·m/kg	1500	70	190
介电常数	反映绝缘能力特性的一个系数	-	优	差	差
耐化学性	物体对酸液、碱水、有机溶剂浸泡的耐力	-	优	良	良

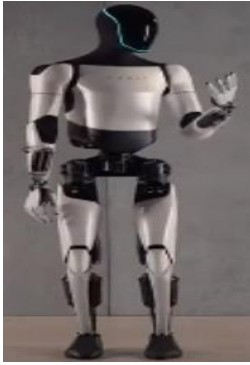


资料来源：中研股份招股说明书、GB/T20878-2007 不锈钢和耐热钢、GB24511-2009 承压设备用不锈钢钢板及钢带、铝合金及其加工手册，中国银河证券研究院

机器人对 PEEK 潜在需求空间较大。特斯拉的人形机器人单台 PEEK 材料用量虽然无确切数字，但根据公开披露数据对比可以发现，特斯拉、优必选、智元等机器人平均

请务必阅读正文最后的中国银河证券股份有限公司免责声明。

重量在 58Kg，假设进一步从产业信息层面、材料性能比以及产业链成本上考虑，PEEK 材料成为人形机器人齿轮、关节、肢体等部位轻量化的较好选择，其中齿轮和关节用 1kg 纯 PEEK 材料，肢体中用 8kgCF/PEEK，预计单台机器人对 PEEK 消耗量为 6.6kg。如果机器人机身整体用铝合金密度测算体积，后用 PEEK 材料替代 25%的体积，则 PEEK 材料的单台机器人消耗约 6.9kg。保守估计，假设单台人形机器人消耗 PEEK 材料 4.5kg，结合前述人形机器人量产能力，中性情况下假设开工率 70%，预计 2025 年、2030 年我国人形机器人对 PEEK 材料潜在需求空间分别为 630-945、15750-18900 吨。

表23：人形机器人基本参数对比

产品名称	OptimusGen2	WalkerX	远征 A1
公司	特斯拉	优必选	智元
年度	2023	2021	2023
身高 (cm)	172	130	175
体重 (kg)	63	63	53
自由度	39	41	49
用途	制造业、家务、医疗、护理	家庭、办公	工业制造、家庭
图片展示			

资料来源：MIR 睿工业、优必选官网、智元官网、环球网，中国银河证券研究院

表24：我国人形机器人对 PEEK 材料潜在需求测算

时间	2025E	2030E
人形机器人产能 (万台/年)	20-30	500-600
单台人形机器人消耗 PEEK 材料 (kg)	4.5	4.5
开工率-乐观情况	100%	100%
人形机器人对 PEEK 材料潜在需求-乐观情况 (吨)	900-1350	22500-27000
开工率-中性情况	70%	70%
人形机器人对 PEEK 材料潜在需求-中性情况 (吨)	630-945	15750-18900
开工率-悲观情况	40%	40%
人形机器人对 PEEK 材料潜在需求-悲观情况 (吨)	360-540	9000-10800

资料来源：头豹研究院、MIR 睿工业，中国银河证券研究院

我们认为，PEEK 材料性能优异，有望成为人形机器人轻量化关键解决方案，随着人形机器人产销量的提升，需求前景广阔。目前全球 PEEK 行业呈现“一超多强”的竞争格局，近年来国内企业已突破海外技术封锁，多个国产 PEEK 产品主要性能指标已达国际先进水平，且得益于较低的原料、人工等成本，高性价比优势明显，PEEK 国产替代步伐有望加快。建议关注国内 PEEK 行业龙头中研股份（688716.SH）等。

(五) VR/AR 光学镜片首选材料，COC/COP 国产突破放量在即

1. COC/COP：光学镜片的首选材料

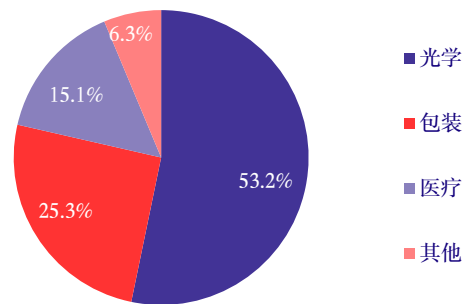
环烯烃聚合物（COC/COP）是由烯烃与环烯烃共聚或环烯烃单聚形成的具有一系列优良性能的光学级材料。其中，COC 是由烯烃与环烯烃单体共聚而成，COP 是由环烯烃单体单聚而成。COC/COP 具有透明性高、双折射率小、生物相容性好、绝缘性强以及可以提高乙烯的耐热性等优良特性，被广泛应用于光学、包装、医疗等领域。2021 年我国 COC/COP 下游需求中，光学、包装、医疗、其他领域占比分别为 53.2%、25.3%、15.1%、6.3%。

图47：COC 材料



资料来源：石化联合会化工新材料专委会公众号，中国银河证券研究院

图48：2021 年我国 COC/COP 消费结构



资料来源：CNCIC，中国银河证券研究院

表25：COC/COP 特性、应用领域及对应产品

应用领域	产品特性	具体产品
光学领域	COC/COP 拥有热变形温度高、透明性高、双折射率低、介质损耗小、介电常数小等优良特性，是制备光学元件的首选材料。	各类镜头、显示屏薄膜（替代 TAC 膜）、5G 天线接收罩。
医疗领域	COC/COP 具有水汽阻隔性高、生物相容性好、耐热和耐化学等优异性能，可帮助药品延长存储时间，而且和玻璃相比，COC/COP 密度小得多，可进行蒸汽及伽玛射线的消毒。	微量滴定板、血液储存器、试管、预充针和吸液管等。
包装领域	COC/COP 具有高收缩性、低收缩力、低密度以及高气体阻隔性等特征，可增加食品和医疗包装模量、提高包装薄膜的气体阻隔性和耐穿刺性并降低薄膜耐撕强度。COC 还可以提高聚乙烯的防潮性、耐热性等。	食品、医疗、保健品、化妆品等对包装要求较高的领域。

资料来源：阿科力公告，中国银河证券研究院

COC/COP 光学性能优异，是光学镜片首选材料。以往基于透光率考虑，光学透镜多采用玻璃透镜来提高透光率，降低图像伪影。在薄型化、轻量化和小型化趋势下，光学塑料开始逐渐取代玻璃。光学透镜对塑料提出的要求包括透光率、折射率、阿贝数、双折射、耐热性、耐腐蚀及加工工艺等，对表面耐磨性、抗冲击强度亦有要求。与玻璃相比，塑料镜片在加工工艺、一致性等方面具有优势。COC/COP 在光学领域展现出了无可比拟的优势，COC/COP 密度较玻璃低一半，便于实现轻量化；与其他光学透明树脂（如 PMMA、PC 等）相比，COC/COP 具有低双折、优良的耐热性和超低的吸水性等显著优势，是光学镜片的首选材料。特别是作为 AR/VR（增强现实/虚拟现实）光学镜片，能有效实现 AR/VR 设备的轻薄化并提供有益的光学性能。

表26: COC 与其他光学材料性能参数对比

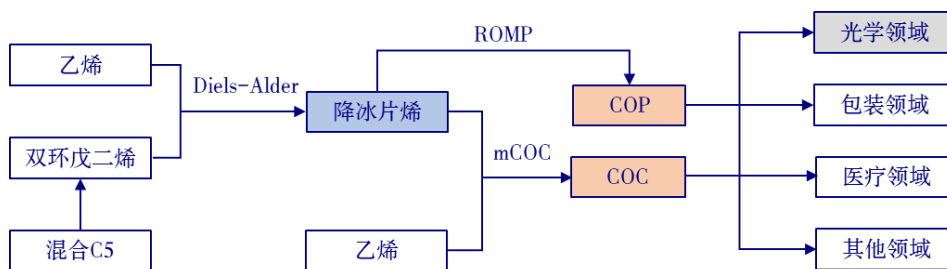
特性	玻璃	COC	PMMA	PC	PS	CR-39	AS 树脂	TPX	PVC
透光率 (%)	90-91	91	92-93	87-89	88-90	89-91	90	> 90	88
折射率 (nd)	1.42-1.92	1.53	1.49	1.59	1.59	1.5	1.57	1.47	1.55
阿贝数 (Vd)	21-83	40-60	57-58	31	31	58	35	61.1	-
热变形温度 (°C)	500-700	100-180	100	138-142	70-100	140	80-95	40.5	75-80
吸水率 (%)	-	<0.01	2	0.4	0.1	-	0.2-0.3	0.01	0.05
密度 (g/m3)	2.4-5.3	1.01	1.19	1.12	1.06	1.32	1.07	0.87	1.4

资料来源: 中国化工报, 中国银河证券研究院

2. COC/COP 技术壁垒高, 海外企业高度垄断

COC/COP 结构特殊, 存在较高技术壁垒高。COC/COP 是由乙烯和降冰片烯分别通过 mCOC 生产工艺和 ROMP 生产工艺获得的, 其中降冰片烯通常由双环戊二烯与乙烯发生 Diels-Alder 反应制备而成。COC/COP 技术开发难点主要包括以下几点: 一是环烯烃单体 (降冰片烯) 的制备, 二是茂金属催化剂的筛选开发, 三是环烯烃聚合物的制备。

图49: COC/COP 产业链概况



资料来源: 阿科力公告, 中国银河证券研究院

(1) 环烯烃单体制备。环烯烃单体主要指降冰片烯及其衍生物, 是环烯烃聚合物量产的前提, 目前国际龙头不会单独外售单体, 国内企业需进行自主研发。降冰片烯生产技术壁垒主要有以下三方面。一是, 反应条件苛刻。热分解过程和反应过程需要较高的温度和压力, 而且反应过程会放出大量热, 温度难以控制。二是, 原料需要高效混合。双环戊二烯和乙烯在反应器中均匀混合, 提高生成降冰片烯反应的选择性, 同时最大程度地减少环戊二烯多聚物及聚合物的生成。三是, 体系复杂及分离困难。制备工艺流程结束后, 产品中混有未反应的原料、溶剂及副反应产物等, 如双环戊二烯、甲苯、四环十二碳烯以及原料中带来的微量杂质等, 纯化体系复杂, 分离提纯难度高。

(2) 茂金属催化剂的筛选与开发。催化剂的研究与开发是聚合反应发展的关键, 其反应活性和选择性直接影响聚合产物的结构与性能。现已有大量用于 COP/COC 聚合反应的催化剂报道, 但是仍然存在反应活性低、聚合物相对分子质量低等问题。茂金属催化剂作为聚合反应的关键催化剂, 需要与环烯烃单体具有较高的适配性, 其供应链国产化是环烯烃聚合物国产化的前提。

(3) 聚合及后处理工艺难度较大。因催化剂体系的特殊性, 聚合过程需要严格控制水氧及各种杂质的含量, 其浓度要求达到 ppm 甚至 ppb 级别。其次, 为保证环烯烃单体均匀插入聚合反应链中, 反应的进料速度、比例、温度、压力等参数有严格要求。此外, 下游光学和医药领域对环烯烃聚合物残留单体、金属离子和杂质含量有极高要求。因此, 环烯烃聚合物生产的工艺流程、生产装置选择、过程控制均有较高的技术壁垒。

表27：降冰片烯制备的气相工艺、液相工艺及超临界工艺比较

	气相工艺	液相工艺	超临界工艺
特点	使 DCPD/CPD 汽化，与乙烯混合进行反应	DCPD/CPD 在反应过程中呈液态，乙烯气体溶于液相后进行加成反应	反应物处于超临界状态
温度	220~340℃	150~320℃	180~300℃
压力	1.22~6.9MPa	1.2~68.9MPa	5~30MPa
停留时间	4s~30min	6min~10h	-
优点	物料混合充分，选择性高	相对安全，易于实现规模化生产	强化传质、传热效率，减少副反应发生
缺点	物料摩尔体积大，高温带来更多安全隐患	副反应多，容易产生多聚物堵塞设备，加入惰性溶剂可以有效抑制副反应	-
稀释剂	H ₂ 等	高沸点惰性烷烃溶剂、卤代烃溶剂	-

资料来源：《降冰片烯制备工艺进展》（李传奎等），中国银河证券研究院

海外龙头起步较早，全球 COC/COP 产能高度集中。从海外市场来看，目前 COC/COP 产能集中在日本厂商手中，包括瑞翁、宝理塑料、三井化学、合成橡胶。COC/COP 龙头普遍起步较早，日本瑞翁、三井化学、合成橡胶基本在 90 年代进入相关领域，且对技术严格垄断。2022 年日本瑞翁 COC/COP 产能为 4.16 万吨/年，排名第一，约占海外产能的 47.3%。从下游市场开发情况来看，目前主要龙头实行差异化竞争，如瑞翁、三井化学主要聚焦于光学领域，宝理塑料主要聚焦于医用耗材、包装领域。

表28：2022 年海外主要 COC/COP 产能分布情况

企业简称	国家	产能（万吨/年）	产能占比	生产工艺	主要专注领域	开始时间
瑞翁	日本	4.16	47.3%	ROMP	光学	1990 年建设 COC 装置、1998 年推出 COC 产品
宝理塑料	日本	3.50	39.8%	mCOC	医用耗材、包装	2005 年收购德国赫斯特集团 Topas 业务进入 COC 领域
三井化学	日本	0.64	7.3%	mCOC	光学	1995 年生产 COC 产品
合成橡胶	日本	0.50	5.7%	ROMP		1997 年量产 COC
合计		8.80				

资料来源：阿科力公告、《环烯烃聚合物及共聚物技术进展》（董海鹏等）、聚烯烃人公众号、艾邦智造，中国银河证券研究院

国内 COC/COP 产业化进程加快，国产替代有望逐步开启。一方面，国内部分企业经过多年研发积累已实现了一定的产业化突破；另一方面，随着光学领域中消费电子、新能源车等下游产业链明显转移至国内，COC/COP 材料被日本“卡脖子”问题日益突出，供应链安全担忧下，下游厂商的国产替代意愿加强，从而促使上下游产业化开发进程加快。近些年来，国内企业阿科力、拓烯科技、金发科技、鲁华泓锦等持续对 COC/COP 材料进行研究开发，目前在产业化方面陆续取得突破。其中，2023 年 11 月拓烯科技 3000 吨/年特种环烯烃共聚物正式投产，标志着其在国内率先实现环烯烃共聚物全链条自主可控工业化生产。

表29：国内企业 COC/COP 项目进展

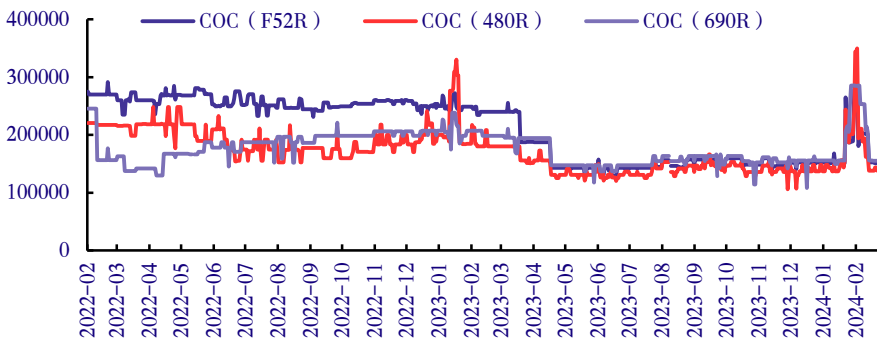
公司简称	规划 COC/COP 产能（万吨/年）	项目进度
阿科力	0.5	一期项目（0.5 万吨光学级环烯烃单体）2023 年 9 月完成工艺优化，二期项目（0.5 万吨环烯烃共聚物）在建
	千吨级生产线	2023 年 9 月处于建设阶段
拓烯科技	2	2023 年 1 月开工建设，项目将分两期建设，合计 1 万吨环烯烃单体、2 万吨聚合物。一期 1 万吨/年光学材料（环烯烃单体及聚合物）项目（0.7 万吨环烯烃单体+0.3 万吨环烯烃共聚物）建设期约 18 个月；二期项目建设期约 12 个月。
	0.3	2023 年 11 月投产
金发科技	0.7	4.8 万吨高端光学新材料项目（0.7 万吨环烯烃共聚物+4.1 万吨光学树脂）2023 年 11 月开工建设，预计 2025 年竣工投产
	0.008	中试，2023 年 9 月投产运行
鲁华泓锦	0.1	2024 年 1 月投产
	1	2023 年 8 月环境影响报告书拟批复公示

资料来源：阿科力公告、拓烯科技公众号、金发科技公告、石化联合会化工新材料专委会公众号、盘锦市生态环境局，中国银河证券研究

3. VR/AR 有望加速渗透，COC/COP 发展前景广阔

COC/COP 价格有望高位回落，下游需求空间将逐步打开。在本土企业实现商业化生产之前，国内市场的 COC/COP 均源于进口。根据应用领域及相关参数的不同，日本厂家部分产品价格一般在 10-35 万元/吨之间。COC/COP 价格昂贵，主要运用在价格敏感度较低的领域，如光学领域。我们认为，随着国内 COC/COP 商业化逐步开启，产品价格重心有望下降，下游需求空间将逐步打开。一方面，国内企业逐步开启商业化量产后，COC/COP 行业供应量有望增多。另一方面，国内部分企业在人力成本、生产制造成本、运输成本等方面具有一定优势，有望在满足产品性能指标下，以更低的价格实现批量供应。

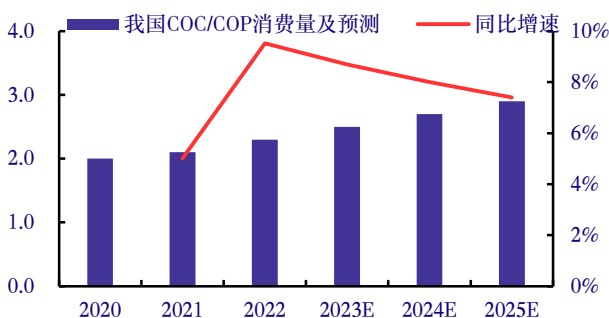
图50: COC/COP 市场部分细分产品价格走势 (元/吨)



资料来源: iFind, 中国银河证券研究院

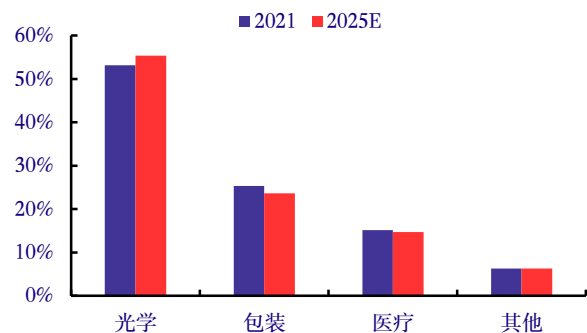
传统领域需求有望维持增长，AR/VR 注入需求新动能。我国是全球 COC/COP 主要消费市场，2021 年消费量约 2.1 万吨。CNCIC 预测，2025 年我国 COC/COP 消费量将提高到 2.9 万吨，对应 2021-2025 年年均复合增长率约 8.9%。从消费结构来看，2025 年国内光学、医疗、包装和其他领域消费占比预计分别为 55.4%、23.6%、14.7%、6.3%，较 2021 年分别变化 2.2、-1.7、-0.4 和 0 个百分点；光学、医疗、包装领域消费量预计仍保持增长，其中光学领域的需求增长要更快一些，因此占比有所提升。我们认为，除传统领域 COC/COP 需求增长外，随着 AR/VR 的发展和渗透，头显设备对 COC/COP 材料需求将跟进，COC/COP 材料将迎来需求新动能。目前实现 AR/VR 技术的主要平台设备是近眼显示 (Near-eyedisplay, NED)。NED 是玻璃或护目镜式可穿戴显示设备，即头显设备，由微型显示面板和成像光学器件组成，靠近眼睛的微显示面板发出的光通过成像光学器件进行准直，从而在眼睛可以舒适聚焦的远距离处形成虚像。IDC 数据显示，2023 年全球 AR/VR 头显设备合计出货量预计 8.1 百万台，2027 年出货量有望至 28.6 百万台，2023-2027 年年均复合增长率预计为 37.2%。其中，2027 年 AR/VR 头显设备出货量预计分别为 6.8、21.9 百万台，对应 2023-2027 年年均复合增长率分别为 96.5%、30.1%。

图51: 我国 COC/COP 消费量 (万吨) 及同比增速



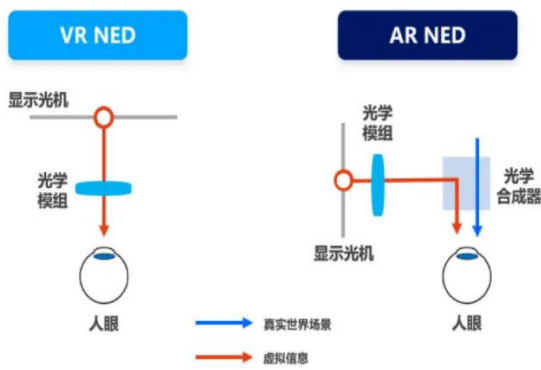
资料来源: CNCIC、中商产业研究院, 中国银河证券研究院

图52: 2021 年和 2025 年我国 COC/COP 材料消费结构



资料来源: CNCIC, 中国银河证券研究院

图53: VR/AR/RED 原理介绍图



资料来源: 化工解化公众号, 中国银河证券研究院

图54: 头部显示设备光学透镜



资料来源: 三井化学官网, 中国银河证券研究院

表30: 全球 AR/VR 头显设备出货量 (百万台) 及复合增长率预测

类型	2023E	2023/2022YOY	2027E	2027/2026YOY	2023-2027CAGR
AR 头显设备	0.5	63.5%	6.8	85.5%	96.5%
VR 头显设备	7.6	-10.7%	21.9	26.7%	30.1%
合计	8.1	-8.3%	28.6	37.0%	37.2%

资料来源: IDC, 中国银河证券研究院

COC/COP 材料已在 AR/VR 展开运用, 未来有望加速渗透。AR/VR 与传统影像最大的区别就在于超高清、沉浸式、交互。AR/VR 头戴式显示器显示效果的实现, 对提供视觉体验的光学透镜也提出了高要求。在 VR 领域, VR 头显的沉浸感、佩戴舒适度、光学显示效果等对于产品体验尤为重要, 而采用 Pancake 短焦折叠光学技术的 VR 光学模组, 其重量和体积较传统方案更低, 尤为符合 VR 头显轻量化发展趋势, 目前已成为业内 VR 光学显示解决方案的主流选择。2024 年 1 月, 哥尔光学推出高性能 Pancake 显示模组星际 M41, 联合 3M 公司首次采用基于 COC 材料的模内注塑技术, 并将 FOV 提升至 105°, VR 显示效果显著提升。此外, 三井化学、宝理塑料的 COC 目前均已应用于 AR 头显。随着 AR/VR 的进一步发展及相关设备升级换代, COC/COP 有望凭借优异的性能加速渗透。

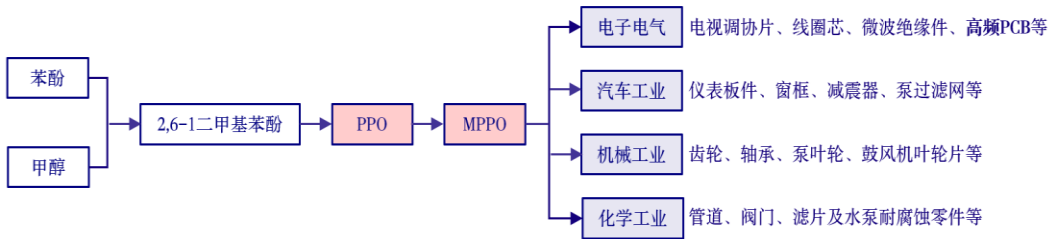
我们认为, 随着 AR/VR 的逐步发展, 头显设备中光学镜片需求将跟随增加, COC/COP 材料凭借优异的光学性能, 有望加速其在相关光学镜片中的渗透。同时国内企业陆续打破海外技术封锁, COC/COP 工业化生产正逐步展开, 且国产 COC/COP 价格较海外龙头具有优势, 国产替代有望同步进行, 未来发展空间广阔。建议关注国内 COC/COP 相关企业阿科力 (603722.SH)、金发科技 (600143.SH) 等。

(六) 高频通信已成趋势, PPO 需求弹性可期

1. PPO: 高频 PCB 理想基材

聚苯醚 (PolyphenyleneOxide, PPO) 是世界五大通用工程塑料之一, 具有优异的耐高低温性、电绝缘性、耐蒸汽性能、尺寸稳定性和抗蠕变性。聚苯醚工业化生产包括单体 2,6-二甲基苯酚合成和聚苯醚合成两大部分。首先, 在金属氧化物催化剂的作用下, 苯酚与甲醇在高温下发生甲基化反应, 生产 2,6-二甲基苯酚, 单体纯度可达 99.5% 以上; 再通过 2,6-二甲基苯酚为单体进行氧化偶合缩聚反应, 得到 PPO。鉴于 PPO 本身的加工性能差、耐冲击性能差等缺点, 市售的 PPO 产品均为经过高抗冲击聚苯乙烯 (HIPS)、玻璃纤维 (GF)、聚酰胺 (PA) 等辅助料改性过的共混物。改性 PPO 被广泛用于电子电气、汽车、机械、化工等领域。其中, 电子电气是国内改性 PPO 主要消费领域, 约占 2021 年总需求的 72%。

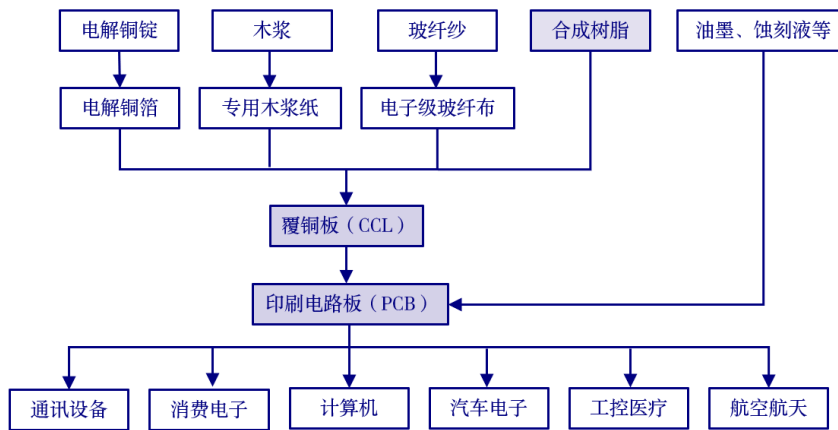
图55: 聚苯醚产业链



资料来源: 华经产业研究院, 中国银河证券研究院

合成树脂是 PCB 重要组成部分。印制电路板 (PCB) 是搭载电子元器件及实现电信号传输的重要载体, 覆铜板 (CCL) 是制作印制电路板的核心材料, 担负着印制电路板导电、绝缘、支撑三大功能, 主要以高分子树脂涂布 (或浸渍) 玻璃纤维布再与铜箔热压而成。其中, 玻璃纤维布在 PCB 制造中作为增强材料起到增加强度和绝缘的作用, 合成树脂则主要作为粘合剂将玻璃纤维布粘合到一起。

图56: PCB 产业链示意图



资料来源: 华经产业研究院, 中国银河证券研究院

PPO 综合性能优异, 是高频 PCB 理想基材。常见的 CCL 基体树脂包括环氧树脂 (EP)、氰酸酯树脂 (CE)、苯并噁嗪树脂、聚酰亚胺 (PI)、聚四氟乙烯 (PTFE)、双马来酰亚胺树脂 (BMI) 以及聚苯醚树脂 (PPO) 等, 其中 PTFE 和 PPO 的介电性能极佳, 是最热门的高频高速覆铜板树脂基材。但 PTFE 薄膜弹性模量小、线性膨胀系数大, 与金属导体和其他元件附着力较弱, 较难在较小厚度下加工, 因此不宜应用于超薄 PCB 中, 限制了其在覆铜板领域大量使用。PPO 分子结构中无强极性基团的特性为其带来低的介电常数和介电损耗, 且在一个宽的温度和频率的变化范围内其介电性几乎不受影响, 同时 PPO 分子链中含有大量苯环结构致使分子具有较强的刚性, 是具有超高频应用潜力的覆铜板基体树脂。

表31: 覆铜板常用基体树脂性能

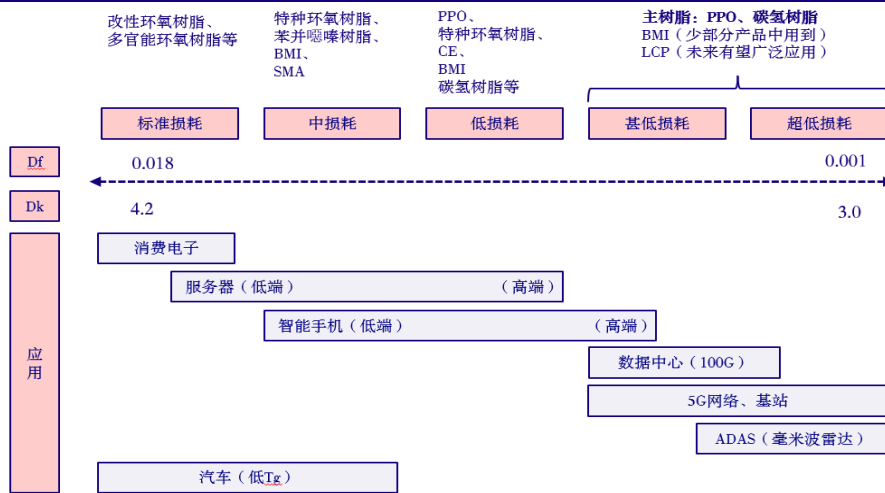
树脂种类	热变形温度 (°C)	收缩率 (%)	介电常数 (1MHz)	介电损耗 (1MHz)
聚苯醚	190	0.1-0.5	2.4	0.001
聚酰亚胺	300	0.1-1	3.4	0.002
双马树脂	240-260	0.7	3.7-4.1	0.008
氰酸酯树脂	240	0.4	2.7-3.2	0.006
聚四氟乙烯	113	1-3	2.1	0.0003
环氧树脂	120	0.1-1	3.8-4.5	0.02

资料来源: 《高速高频覆铜板用改性聚苯醚的合成与性能表征》(闫沁宇), 中国银河证券研究院

PPO 改性之后方可用于覆铜板, 是高频高速 PCB 主流树脂之一。商品化的 PPO 由于分子量高, 存在着较低的熔融黏度、较差的流动性、缺口抗冲击低、加工成型困难等缺

点，导致其不能直接用于覆铜板基体树脂，需要对其进行改性以满足更高的要求。根据应用不同，覆铜板对树脂的性能要求也不同。目前低损耗等级以上的高频高速电路用覆铜板，所用的主流树脂组成工艺路线有两条。一条是以 PTFE 为代表的热塑性树脂体系构成的工艺路线；另一条是以碳氢树脂或者改性 PPO 树脂为代表的热固性树脂体系构成的工艺路线。在热固性树脂体系工艺路线中，目前是以“PPO 为主体+交联剂”为主流路线。其中，交联剂可为双马酰亚胺树脂、三烯丙基三异氰酸酯（TAIC）、碳氢树脂等，而 PPO 作为高速覆铜板的主要原材料，在低信号传输损耗性等级以上的高端服务器领域中具有不可替代性。

图57：不同传输损耗等级高频高速覆铜板对应终端硬件及采用的树脂种类

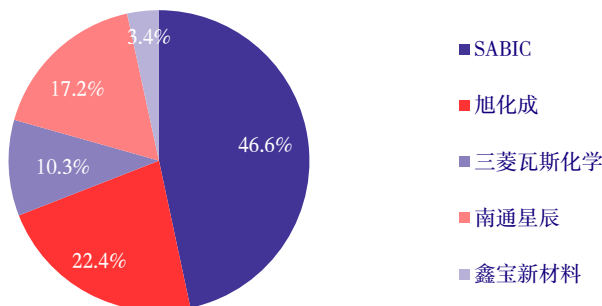


资料来源：中国玻璃纤维工业协会、联瑞新材公告，中国银河证券研究院

2. 国内 PPO 自给率偏低，国产替代空间可期

全球 PPO 产能主要集中在海外企业。目前 PPO 改性企业较多，但 PPO 生产企业较为稀缺。全球仅有 SABIC、旭化成、三菱瓦斯化学、中国蓝星集团旗下南通星辰等少数几家企业掌握了工业化生产 PPO 的能力。其中，SABIC 于 2007 年收购美国通用电气的工程塑料业务，是世界上最大的聚苯醚生产商，2022 年 PPO 产能约为 13.5 万吨/年，约占全球产能的 46.6%。此外，SABIC 作为全球主流电子级 PPO 供应商，2022 年销量 1000 余吨。

图58：2022 年全球聚苯醚产能分布情况



资料来源：华经产业研究院，中国银河证券研究院

国内已实现 PPO 工业化生产，但产能自给仍待提升。经过多年的技术发展，目前我国已实现 PPO 工业化生产。但一方面，目前国内 PPO 产能无法完全满足国内对 PPO 的需求；另一方面，相较于国外企业主要采用溶液法，国内企业采用的沉淀聚合法存在较

多技术问题，尚待解决。目前国内已工业化的装置有 4 套，其中有 2 套采用沉淀法，有 2 套采用均相溶液法，总计生产规模 10 万吨/年，分别归属中国蓝星集团和鑫宝新材料。其中，中国蓝星集团是国内 PPO 最大的生产企业，产能 5 万吨/年。

3. 高频通信已成趋势，驱动高性能树脂基材需求增长

高频高速覆铜板对介电性能要求较高。随着世界新一轮科技革命和产业变革的深入推进，尤其是 5G、AI、物联网等新兴领域的发展，高密度、高频率、高可靠性的 PCB 产品需求大增，市场潜力巨大。由于频率越高，传输损耗越大，而且信号传输损耗与材料介电常数（Dk）的平方根及介质损耗因数（Df）成正比，覆铜板基体树脂必须具有优异的介电性能，即低 Dk 和低 Df。此外，要使得 PCB 板更好地传输高频高速信号，对线性膨胀系数、吸水性、耐热性、抗化学性等物理性能也有较高要求。

表32：高频高速覆铜板代表性指标

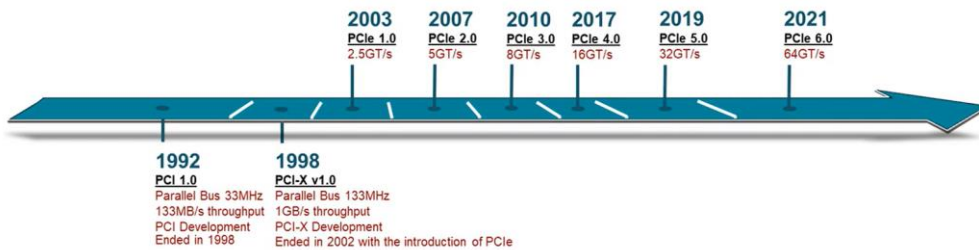
指标	高速覆铜板	高频覆铜板	用途
	要求		
介电常数 (Dk)	低	稳定	保证传输速率
介质损耗 (Df)	低	更低	保证传输损耗
线性膨胀系数	低	更低	保证尺寸稳定性
吸水性	低	更低	保证介电常数和介质损耗稳定
其他物理指标	良好的耐热性、抗化学性、抗冲击性等特点		-

资料来源：联瑞新材公告，中国银河证券研究院

PCIe5.0 催生高频高速，普通服务器升级带动 PPO 需求增长。PCIe 全称为 Peripheral Component Interconnect Express，是一种高速串行计算机扩展总线标准，自 2003 年推出以来，已经成为服务器和 PC 上的重要接口。2019 年 5 月，PCIe5.0 正式发布。与 PCIe4.0 相比，PCIe5.0 信号速率达到 32GT/s，x16 带宽（双向）提升到了 128GB/s，能够更好地满足吞吐量要求高的高性能设备，如数据中心、边缘计算、机器学习、AI、5G 网络等场景日益增长的需求。我们认为，PCIe 升级或将主要从以下几方面提振普通服务器对高性能树脂的要求。一是，材料层面，为提高传输效率，需要更低信号损耗的板材来制作 PCB，PCIe 升级后服务器对覆铜板的材料要求将达到高频/超低损耗/极低损耗级别。二是，为了降低信号间的干扰，PCB 需要更多层数来走线。目前 PCB 主流板材为 8-16 层，对应 PCIe3.0 一般为 8-12 层，PCIe4.0 为 12-16 层，而 PCIe5.0 平台则在 16 层以上。PCB 层数的增多将带动树脂需求增加。

图59：PCIe 不断升级带动数据传输速率提升

Peripheral Component Interconnect Express

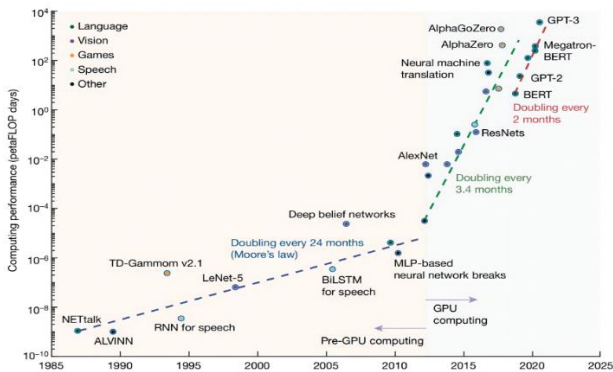


资料来源：TexasInstruments，中国银河证券研究院

算力需求有望爆发，AI 服务器有望带动 PPO 需求增长。OpenAI 研究显示，2012 年之前，开发突破性模型所需的计算能力的增长速度与摩尔定律大致相同，单个微芯片的计算能力往往每两年翻一番。2012 年随着图像识别系统 AlexNet 的引进，顶级模型的计

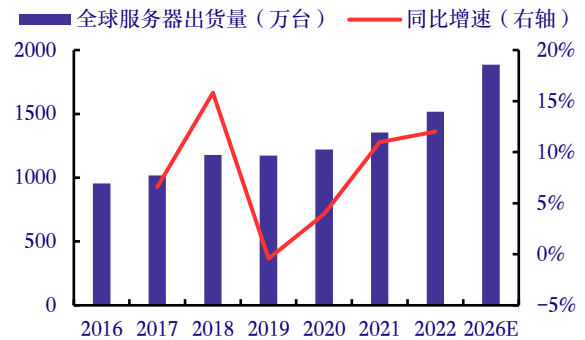
算需求急剧增加，2012-2018年算力需求每3-4个月翻一番。随着AI的持续发展，预计未来每2个月算力需求将翻一番。服务器是算力的基础设施。我们认为，随着算力需求的快速发展，全球AI服务器出货量有望跟随增加。AI服务器通常具有更强大的计算能力和更高效的数据传输能力，较普通服务器增加配置GPU加速卡，将增加高频PCB使用量，进而提振树脂需求。

图60：1985-2025E 算力需求趋势



资料来源：《The Latest Advances, Challenges and Future》(Shiqiang Zhu 等)，中国银河证券研究院

图61：全球服务器出货量及同比增速



资料来源：IDC，中国银河证券研究院

PCIe5.0 升级叠加 AI 算力爆发，驱动高频 PCB 需求增加，进而提升对高性能树脂的需求，PPO 作为目前高频高速覆铜板主流树脂之一，有望充分受益，建议关注国内电子级 PPO 生产商圣泉集团（605589.SH）等。圣泉集团是国内第一家规模化供应电子级 PPO 的企业，公司现有 PPO 产能 300 吨/年，处于满产状态，已在 M6+ 及以上级别覆铜板上批量应用。公司另有 1000 吨/年 PPO 产能在建，预计 2024 年 3-4 月建成并进行试生产。

三、产业数字化赋能石化化工企业全新生命力

人工智能是现代社会的新质生产力，是推动各行各业高质量发展的“新引擎”。算法、算力、数据是人工智能的三大关键要素，也是推动人工智能发展的核心，三者相互依存、互相促进。计算机、大数据、云计算、互联网等产业高速发展下，人工智能算法、算力以及数据处理能力实现快速升级，并展现出了强大发展潜力。人工智能作为推动产业创新和升级的新质生产力，现正逐步渗透至各个领域。我国现已将“人工智能+”写入政府工作报告，把握人工智能发展机遇，加速推动产业数字化、智能化转型升级将成为我国实现高质量发展的重要抓手。

石化化工行业所涉及的专业领域广泛、产品品类众多，且普遍具有生产流程复杂、对生产工艺及设备要求条件严苛等特点。此外，石化化工品生产过程中也存在高耗能、高污染，以及产成品存在一定危险性等问题。近年来，人工智能技术已逐步融入石化化工行业的研发、生产、运营等各个环节，引导行业加速向数字化、智能化方向转型升级，助力行业实现安全生产、降本增效、节能减排。长远来看，人工智能技术在石化化工行业应用前景广阔，二者深度融合将有助于石化化工行业实现绿色低碳高质量发展。

图62：化工过程智能化及化学品智能制造核心要素



资料来源：《化学品智能制造的科学基础》(王凯等)，中国银河证券研究院

（一）应用场景一：打造智能化工厂，助力企业提质增效

石化化工生产厂通常体系庞大、工作流程繁琐，且关键设备的运行效果以及操作人员的技术水平将直接影响产品产出效率。引入人工智能技术，搭建智能化工厂现已逐渐成为海内外化工企业优化资源配置、提高生产效率和运行能力的重要途径。现有企业可在生产控制、安全环保等重点环节加快新型工业网络、智能装备、关键软件和系统等智能化改造升级，提升全要素生产管理水平，助力企业提质增效。智能化工厂的“智能”主要体现在智能控制、智能生产以及智能运营三个维度。

（1）智能控制：将生产自动控制系统与人工智能技术融合，实现对生产全过程的监管控制，实时采集数据并做好备份。通过对数据进行智能化分析与控制，可以有效提升自动化控制的精准性和稳定性。此外，传统自动化控制系统通常需要数名人工操控，与人工智能技术融合后，一方面可以降低在自动化控制系统环节的人员配置数量，降低人力资源成本，另一方面也可以降低因人为主观判断偏差或操作失误引发系统失控的概率。

（2）智能生产：智能化生产系统可结合生产工艺、设备状态、设备利用率、订单优先级、原材料供应等因素以及历史数据，自动优化排产顺序，并根据实时数据进行动态调整，最大化地缩短生产周期、提高生产效率，确保产品交付的准时性。在生产过程中，人工智能技术还可以根据监测到的数据变化识别、预判潜在质量问题，进而自动或提醒工作人员及时调试，以减少出现产品质量问题的可能性，有助于提升产品质量的稳定性和一致性。

（3）智能运营：智能运营是在实现智能控制、智能生产的基础上，借助工业物联网平台、数据中台以及运营决策中心等功能模块，对订单、生产、物流、仓储以及人工调度等各维度数据进行采集和处理，实现端到端的数据打通、数字资产集中化治理、数据指标可视化呈现，进而形成完整的设备管理指标体系与决策体系。智能运营可以有效降低人工调度与决策强度和压力，在决策层、管理层、执行层等多维度助力企业提升效益，最终实现经济效益最大化。

图63：基于 AI 的化工生产应用结构



资料来源：《浅谈人工智能技术在化工生产自动化控制系统中的应用》（刘科均），中国银河证券研究院

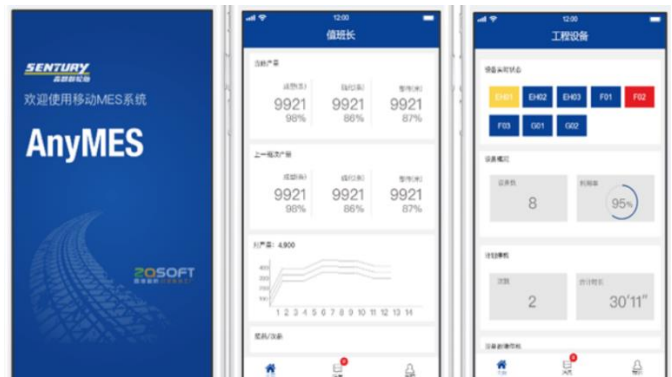
以轮胎行业为例，龙头企业积极打造智能轮胎工厂，降本增效成果显著。轮胎行业属于较为典型的重资产、劳动密集型工业制造行业，特别是国内胎企对成本较为敏感，因此运营管理水平对公司经营效益具有直接影响。森麒麟是我国较早推行智能制造的轮胎生产企业，公司于 2012 年开始探索智能化模式在轮胎行业的应用，并成功打造了以智能中央控制系统、智能生产执行系统、智能仓储物流系统、智能检测扫描系统、智能调度预警系统五个模块为主体的，覆盖研发及设计、生产制造及检测、仓储及信息化管理的智慧工厂物联网体系。2014 年，森麒麟在青岛开创国内首个轮胎工业物联网智慧工厂，整条产线相比传统产线用地面积降低 50%、单台设备产出率提升 50%，仅用 230 多名员工便可以实现年产 500 万条半钢胎，用工效率是传统轮胎产线的 4 倍，产品合格率高达 99.8%。基于青岛工厂的成功经验，森麒麟已成功在泰国建成两个轮胎智能工厂，摩洛哥智能工厂现正在稳步建设中。其中，泰国二期智能工厂依托公司自主研发的“森麒麟智能制造系统”，成功使得产品质量稳定性和一致性提高约 30%、生产效率提高约 20%、产品次品率降低约 30%、设备利用率提高约 15%、设备维护成本降低约 20%、采购成本降低约 10%、库存成本降低约 10%。公司未来将持续完善智能制造模式，对生产制造过程进行数字化升级，进一步打造“无人工厂”，在保证产品高品质、降低生产成本、提高生产效率的同时，公司也将不断开拓海内外市场，进一步提升在全球范围内的竞争力和品牌知名度。

图64：森麒麟轮胎智能工厂实景图



资料来源：森麒麟官网，中国银河证券研究院

图65：森麒麟工业 APP 示意图



资料来源：麒麟信刊，中国银河证券研究院

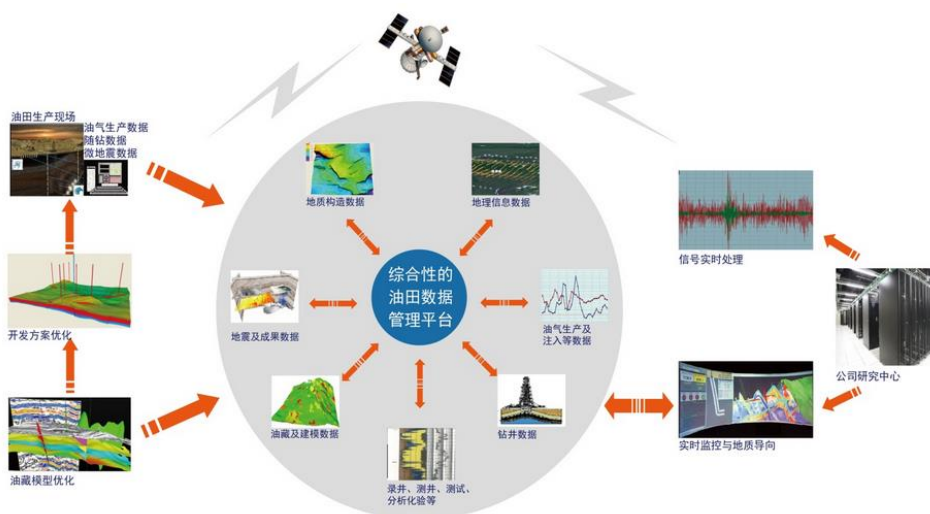
（二）应用场景二：践行数智化转型，引领油气产业变革发展

我国油气资源对外依存度高。石油、天然气等能源品是保障国家经济、政治、军事安全的重要战略物资，在国际地缘政治不确定性风险频发的当下，世界各国对于油气资源安全供应均予以了高度重视。我国是全球最大的能源消费国，随着国民经济发展，对于能源的需求仍保持增长趋势。但我国的能源结构特点是“富煤、贫油、少气”，当前对

石油、天然气的进口依赖度分别超过 70%、40%。为保障国家能源安全和社会可持续发展，我国仍需加大油气勘探开发力度，推动油气增储上产。

人工智能技术为油气产业注入新活力。面对油气产业的复杂性和挑战性，数字化、智能化转型正逐步成为全球油气企业实现增储上产、降本增效的重要手段，有望在油气勘探开发、生产等诸多环节为油气企业注入新活力。油气资源勘探方面，人工智能主要是进行数据处理和分析，借助人工智能的机器学习和深度学习等技术，可以从海量数据中提取关键特征，进而实现准确地对油气藏进行评估、预测油气产量、优化勘探开发策略、识别难以察觉的地震信号等。在钻井方面，人工智能可以预测钻头磨损、井涌井漏等潜在问题并给出优化建议，有助于避免高昂的成本费用。油气生产环节，人工智能技术可以根据历史数据及地层特性优化油井产量，延长油田的生产寿命、提高资源开采效率。此外，人工智能技术还可以在资源勘探、钻井、生产过程中对潜在风险进行评估和预判，有助于企业及时采取预防措施，确保作业的安全性。

图66：智能油田架构



资料来源：潜能恒信官网，中国银河证券研究院

以“三桶油”为代表的油气企业积极践行数智化转型。IEA 发布的《数字化和能源》报告预测，数字技术的大规模应用将使油气生产成本降低 10%-20%、全球油气技术可采储量提高 5%。另据《展望》杂志预测，到 2050 年油气行业将有 25% 的增量和三分之一的成本削减将通过数字化实现。近年来，我国以“三桶油”为代表的油气企业正积极践行数智化转型。中国石油下属公司东方物探利用人工智能技术自主研发的低信噪比海量数据智能初至拾取软件“Timer”，相比于传统人工拾取，平均效率可提高 10 倍以上，最高可提效 37.5 倍，拾取精度达 95% 以上，可以为后续快速近地表建模提供高质量基础数据，有效提高勘探效率。中国海油于 2021 年成功建成我国首个海上智能油田——秦皇岛 32-6 智能油田，该油田采用云计算、大数据、物联网、人工智能等信息技术，与油气生产核心业务深度融合，实现了油藏、注采和设备设施的智能化管理以及远程操控管理，成功降低操作维护成本 5%-10%、提高生产效率 30%、减少用工 20%。中国石化顺北油气田联合站是中国石化首座国产化数字孪生工厂和实体工程同步建设、同时交付的数字化联合站。在数字场景中，工作人员可以远程对联合站进行实时监控、优化调度、智能模拟、前瞻预演等，从而更好地支撑生产运行和管理决策。

除油气开采领域外，在油品终端销售环节也已引入人工智能方案。中国石化江苏石油与华为、云化科技达成合作，合力推出了“AI 无感加油解决方案”，一方面实现了油机、管控、站级、支付等核心系统的统一集成；另一方面也借助人工智能技术实现了对加油站人、机、车辆特征及行为进行精准识别和智能化分析。应用了该方案的智能加油站可以对车辆驶入加油站后的轨迹进行跟踪、精准判断车辆的停靠位置 and 对应油枪，并在

加油机显示中自动显示车辆信息，自动计量、结算、扣款、开票，成功将单辆车加油的时间从十分钟压缩到两分钟，显著提升了加油站的经营效率。

图67：AI 无感加油业务流程



资料来源：华为中国政企业务公众号，中国银河证券研究院

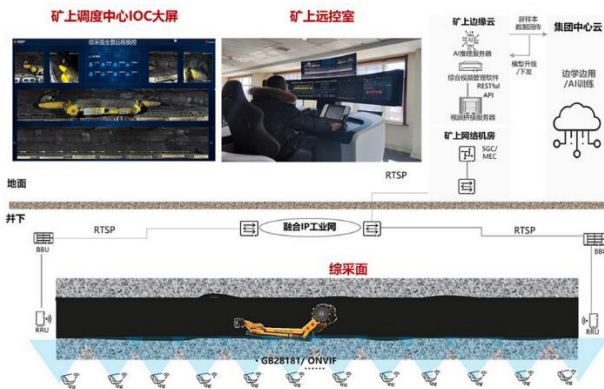
（三）应用场景三：打造智慧矿山，促进矿产资源综合利用

矿产资源是重要的不可再生自然资源，是国家经济建设的重要物质基础。我国矿产资源种类齐全、储量丰富。但我国矿产资源存在贫矿多、富矿少，中小型矿床多、大型超大型矿床少，共生矿床多、单一矿种矿床少等问题。从人均角度来看，我国矿产资源人均保有量远低于世界人均保有量，现有矿产资源储备或难以满足我国长期经济建设的巨大需求。此外，随着矿产资源的不断开发，我国主要矿山的开采品位逐步下降、矿体形态愈发复杂，开采难度随之提升。为提升矿产资源长期保障能力，我国亟需推进矿产资源节约与综合利用、提高矿产资源开发利用效率。

智慧矿山可有效提升开采效率、降低安全风险及生产成本。“智慧矿山”即通过引入人工智能、工业互联网以及自动控制等技术，实现矿山的数字化、智能化、可视化。智慧矿山的建设涵盖矿山生产、管理及智能控制等多个方面。通过在矿山现场布局传感器及监测设备并接入互联网，可实现对矿山各项数据的实时监控和采集；借助人工智能、大数据等技术则可以实现对数据的深度挖掘和分析，一方面可以提高选矿的精度和效率，另一方面也可以对现场环境及设备运行状态进行实时监控，并及时排除设备故障风险和安全隐患；借助 3D 仿真技术和虚拟现实技术，构建涵盖设备、人员、矿产资源等信息的完整矿山模型，可以帮助技术人员远程制定并优化生产计划及控制方案，有效提高工作效率和安全性。综上，借助先进技术手段建设智慧矿山，可以有效提升矿山开采效率、降低安全风险及生产成本，进而推动矿山现代化、可持续发展。

政策大力扶持智慧矿山建设。现阶段我国矿山智能化建设总体水平还不够高，存在部分地区和部分企业认识不够到位、建设进展不够平衡、相关标准规范不够健全、部分技术装备适应性不够强等问题。近年来，有关部门已先后在《关于进一步加强矿山安全生产工作的意见》《原材料工业数字化转型工作方案（2024—2026 年）》等政策文件中多次对智慧矿山建设做出部署，并拟研究出台《加快推进矿山数字化智能化高质量发展的指导意见》。在政策的大力扶持下，未来我国智慧矿山建设进程有望提速。

图68：华为综采面全景视频拼接架构图



资料来源：华为官网，中国银河证券研究院

图69：华为井工矿掘进面作业序列智能监测架构图



资料来源：华为官网，中国银河证券研究院

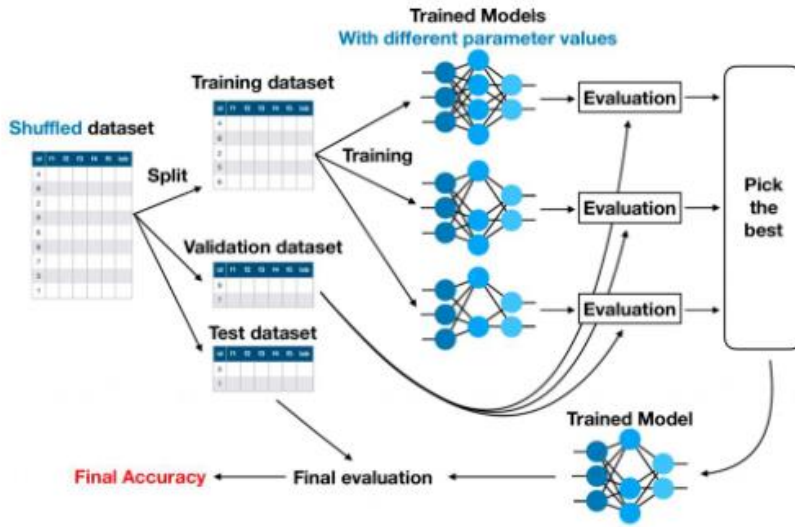
以亚钾国际为例，携手华为打造智慧矿山，提升资源利用率和劳动生产率。以我国境外钾盐开拓领军企业亚钾国际为例，公司于2022年10月与华为签署《战略合作协议》，双方将充分利用华为4G/5G通信技术、万兆工业承载网、矿鸿操作系统、人工智能、3D数字孪生等先进技术和研发实力，助力亚钾国际实现钾盐矿开采过程的智能感知、智能分析、智能调度、智能远程控制和智能决策，进而提升矿山资源综合利用率和劳动生产率，最大化提升经济效益。目前亚钾国际已完成矿区无线专网井上、井下全覆盖，可对井下生产状态实现实时监控和精细化管理。远期来看，公司将依托华为智慧矿山项目达成无人化开采的最终目标，届时公司远期人工支出成本预计可减少110元/吨。

（四）应用场景四：数智化建模赋能，高附加值化工品有望加速突破

精细化工是石化化工产业重要细分领域之一，是典型的技术密集型产业。精细化工产品品类多、用途广、产业关联度大，下游可应用于诸多行业。随着下游产业的快速发展，精细化工品也在不断更新换代。近年来全球多个国家已将发展精细化工作为调整化学工业结构、推动化学工业产能升级、扩大经济效益的战略重点。精细化工品普遍具有更新换代快、产能规模小、产品附加值高、工艺技术复杂等特点，因此要求生产企业具有较强的技术创新实力和较为深厚的技术储备。我国精细化工产业起步较晚，尽管近些年来已实现较快发展，但仍然存在整体技术水平及精细化率偏低、核心技术与国际先进水平存在差距、部分高端精细化工品高度依赖进口的问题。

人工智能技术可以有效缩短精细化工品研发周期。精细化工品生产工艺复杂，涉及较多化学反应环节。生产过程中，反应时间、温度、原料配比以及催化剂的选择等任一细微变化都可能对产品品质造成直接影响，因此精细化工品在“实验室研发-小试-中试-规模化生产”全过程中需要经过大量的实验和试错。借助人工智能的逆合成分析、机器学习、神经网络等技术，可以对大量实验数据进行分析，总结实验数据的规律和趋势，搭建分子合成路径预测模型，并对产成品性能进行预判，进而快速、精准地筛选最优合成路径、分子结构。人工智能技术的融入，可以有效缩短精细化工品及其他高附加值化工品的研发周期、降低研发成本，助力生产企业更好、更快地把握市场发展方向，加快产品更新换代速度。

图70：算法模型训练过程



资料来源：腾信智慧，中国银河证券研究院

以高端氟材料为例，数字化建模赋能，技术壁垒加速突破。巨圣氟化学公司技术团队经过多年攻关，借助数智化建模手段，成功建立了反应动力学和一整套“三传一反”数学模型，并在模型指导下成功开发出多个高品质特种单体和树脂新品以及一系列提质增效与连续化、自动化、数字化的新技术，在聚合物生产数字化建设理论上取得突破并实现工业应用。该项目成功开发出3种高品质特种单体和5类高端氟材料，其中有2种氟单体和2种氟聚物成功填补了国内行业空白，有望有效实现进口替代。现阶段，我国在多种高端氟材料方面仍高度依赖进口，数智化建模的深化发展将有助于国内氟化工企业加速实现核心技术突破，打造“氟原料-氟单体-氟聚合物”高端制造产业链，引领氟化工产业向高附加值环节进行转型升级，进而提升在全球范围内的竞争力。

四、投资建议

数字经济时代已然到来，产业数字化转型离不开以电子、通信、计算机等为代表的行业来提供数字技术、产品、服务、基础设施和解决方案等数字产业化的支持。石化化工行业是数字经济时代下数字产业化和产业数字化极为重要的参与者。一方面，多种高端化工新材料将参与到数字产业化蓬勃发展进程中，推动需求加速增长，同时自主可控国产替代进程加快。另一方面，我国石化化工行业属于典型的流程制造过程，工艺流程长、反应条件苛刻、涉及危险化学品等，通过产业数字化转型将有效实现化工行业绿色低碳、集约集聚、安全清洁发展等，以提升生产效率、实现降本增效。

我们认为，数字经济时代高端化工新材料生产企业有望享受终端需求增长和国产替代进程加速双重利好，以及产业数字化转型走在前列的企业也将率先受益。建议重点关注半导体材料中光刻胶、湿电子化学品、电子特气，汽车电子、消费电子领域高性能PI薄膜，数据中心冷却系统冷却液，人形机器人轻量化材料PEEK，VR/AR光学镜片材料COC/COP，高频PCB基材材料PPO等高端化工新材料相关企业。

表33：数字经济时代高端化工新材料相关企业

硬件	上游相关材料	重点公司
半导体	光刻胶	上海新阳（300236.SZ）、彤程新材（603650.SH）、华懋科技（603306.SH）、晶瑞电材（300655.SZ）、南大光电（300346.SZ）等
	湿电子化学品	江化微（603078.SH）、中巨芯（688549.SH）、晶瑞电材（300655.SZ）、格林达（603931.SH）等
	电子特气	南大光电（300346.SZ）、华特气体（688268.SH）、金宏气体（688106.SH）、中船特气（688146.SH）、中巨芯（688549.SH）等
消费电子、汽车电子等	PI	瑞华泰（688323.SH）等
数据中心冷却系统	冷却液	巨化股份（600160.SH）、新宙邦（300037.SZ）、永和股份（605020.SH）、永太科技（002326.SZ）、润和材料（300727.SZ）等
人形机器人	PEEK	中研股份（688716.SH）等
AR/VR 头显设备	COC/COP	阿科力（603722.SH）、金发科技（600143.SH）等
PCB	PPO	圣泉集团（605589.SH）等

资料来源：中国银河证券研究院

五、风险提示

在研项目进展不及预期的风险，在建产能投产进度不及预期的风险，下游需求不及预期的风险等。

图表目录

图 1: 数字经济的“四化框架”	5
图 2: 我国数字经济规模(万亿元)及同比增速(右轴)	5
图 3: 我国数字经济规模占 GDP 比重	5
图 4: 石化化工行业数字化转型的典型落地场景	8
图 5: 全球半导体市场规模预测(亿美元)	9
图 6: 全球及中国大陆半导体销售金额(亿美元)	9
图 7: 半导体材料产业链	9
图 8: 全球封装材料、晶圆制造材料市场分布	10
图 9: 2022 年晶圆制造材料市场分布	10
图 10: 全球半导体材料市场销售分布(亿美元)	11
图 11: 我国大陆地区半导体材料市场规模(亿元)	11
图 12: 集成电路光刻工艺流程	11
图 13: 正性光刻胶和负性光刻胶显影效果对比	11
图 14: 2021 年全球光刻胶应用分布	12
图 15: 全球光刻胶市场规模发展趋势(亿美元)	12
图 16: 2021 年全球光刻胶市场格局	13
图 17: 2021 年我国光刻胶产量分布	13
图 18: 中国大陆半导体光刻胶市场规模(亿元)	13
图 19: 化学品纯度等级划分	14
图 20: 江化微各领域湿电子化学品毛利率走势	16
图 21: 我国湿电子化学品需求量(万吨)	16
图 22: 我国湿电子化学品市场规模(亿元)	16
图 23: 2022 年全球电子特气下游市场需求分布	18
图 24: 2021 年我国电子特气下游市场需求分布	18
图 25: 全球电子特气市场规模(亿美元)	18
图 26: 我国电子特气市场规模(亿元)	18
图 27: 2021 年全球电子特气市场格局	19
图 28: 我国电子特气市场竞争格局	19
图 29: 我国厂商集成电路用电子特气产值(亿元)	19
图 30: 全球 FPC 用 PI 薄膜市场规模(亿美元)	21
图 31: 国内新增风电装机量(万千瓦)及同比增速	21
图 32: 国内主流面板厂商柔性 OLED 智能机面板出货量(百万片)	21
图 33: 2020-2025 年中国折叠手机出货量(百万台)及同比增速	21
图 34: PI 薄膜制备流程	22
图 35: 全球及我国 PI 薄膜需求量(吨)	22
图 36: 2022 年全球 PI 薄膜市场分布	22
图 37: 我国数据中心机架规模(万架)	23
图 38: 我国数据中心市场规模(亿元)及同比增速	23
图 39: PUE 为 1.5 的数据中心能耗分布	24
图 40: 电子元器件故障原因统计	24
图 41: 单机柜功率密度提升趋势下数据中心制冷技术演变	24
图 42: 单相浸没式液冷的工作原理	25
图 43: 相变浸没式液冷的工作原理	25
图 44: 中国液冷数据中心市场规模预测(亿元)	26
图 45: PEEK 产业链概况	28
图 46: 我国 PEEK 产品市场消费量(吨)及同比增速	30
图 47: COC 材料	33
图 48: 2021 年我国 COC/COP 消费结构	33
图 49: COC/COP 产业链概况	34
图 50: COC/COP 市场部分细分产品价格走势(元/吨)	36
图 51: 我国 COC/COP 消费量(万吨)及同比增速	36
图 52: 2021 年和 2025 年我国 COC/COP 材料消费结构	36
图 53: VR/AR/NEAR 原理介绍图	37
图 54: 头部显示设备光学透镜	37
图 55: 聚苯醚产业链	38
图 56: PCB 产业链示意图	38

图 57: 不同传输损耗等级高频高速覆铜板对应终端硬件及采用的树脂种类	39
图 58: 2022 年全球聚苯醚产能分布情况	39
图 59: PCIe 不断升级带动数据传输速率提升	40
图 60: 1985-2025E 算力需求趋势	41
图 61: 全球服务器出货量及同比增速	41
图 62: 化工过程智能化及化学品智能制造核心要素	42
图 63: 基于 AI 的化工生产应用结构	43
图 64: 森麒麟轮胎智能工厂实景图	43
图 65: 森麒麟工业 APP 示意图	43
图 66: 智能油田架构	44
图 67: AI 无感加油业务流程	45
图 68: 华为综采面全景视频拼接架构图	46
图 69: 华为井工矿掘进面作业序列智能监测架构图	46
图 70: 算法模型训练过程	47

表格目录

表 1: 分拆法测算数字产业化占 GDP 比重预测 (万亿元)	6
表 2: 2021 年我国化工新材料供需情况	6
表 3: 石化化工政策数字化发展相关内容	7
表 4: 半导体制造主要工艺流程及所需半导体材料梳理	9
表 5: 光刻胶分类 (按应用领域划分)	12
表 6: 海内外主要光刻胶厂商半导体光刻胶细分品类布局情况	13
表 7: 主要湿电子化学品分类及应用	14
表 8: 湿电子化学品国际技术标准	15
表 9: 不同尺寸晶圆湿电子化学品消耗量对照表 (吨/万片)	15
表 10: 国内主要湿电子化学品相关上市公司及技术实力	17
表 11: 电子气体分类	17
表 12: 气体纯度分类	18
表 13: 国内主要电子特气相关上市公司的主要产品及等级	20
表 14: PI 薄膜细分品类及应用领域	20
表 15: 数据中心液冷技术对比	25
表 16: 浸没式液冷冷却液性能对比	26
表 17: 冷却液相关主要 A 股上市公司	27
表 18: PEEK 与主要工程塑料、特种工程塑料性能对比	28
表 19: 国内外厂商 PEEK 现有产能及在建产能分布情况	29
表 20: 国内 PEEK 产品市场需求空间测算 (吨)	30
表 21: 人形机器人相关政策	31
表 22: PEEK 与通用金属钢、铝合金性能指标对比	31
表 23: 人形机器人基本参数对比	32
表 24: 我国人形机器人对 PEEK 材料潜在需求测算	32
表 25: COC/COP 特性、应用领域及对应产品	33
表 26: COC 与其他光学材料性能参数对比	34
表 27: 降冰片烯制备的气相工艺、液相工艺及超临界工艺比较	35
表 28: 2022 年海外主要 COC/COP 产能分布情况	35
表 29: 国内企业 COC/COP 项目进展	35
表 30: 全球 AR/VR 头显设备出货量 (百万台) 及复合增长率预测	37
表 31: 覆铜板常用基体树脂性能	38
表 32: 高频高速覆铜板代表性指标	40
表 33: 数字经济时代高端化工新材料相关企业	48

分析师承诺及简介

本人承诺以勤勉的执业态度，独立、客观地出具本报告，本报告清晰准确地反映本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告的具体推荐或观点直接或间接相关。

任文坡，中国石油大学（华东）化学工程博士。曾任职中国石油，高级工程师，8年实业工作经验。2018年加入中国银河证券研究院，主要从事化工行业研究。

孙思源，华南理工大学工学学士、金融学硕士。2年化工行业研究经验，2023年加入中国银河证券研究院。

免责声明

本报告由中国银河证券股份有限公司（以下简称银河证券）向其客户提供。银河证券无需因接收人收到本报告而视其为客户。若您并非银河证券客户中的专业投资者，为保证服务质量、控制投资风险、应首先联系银河证券机构销售部门或客户经理，完成投资者适当性匹配，并充分了解该项服务的性质、特点、使用的注意事项以及若不当使用可能带来的风险或损失。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户投资咨询建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。客户不应单纯依靠本报告而取代自我独立判断。银河证券认为本报告资料来源是可靠的，所载内容及观点客观公正，但不担保其准确性或完整性。本报告所载内容反映的是银河证券在最初发表本报告日期当日的判断，银河证券可发出其它与本报告所载内容不一致或有不同结论的报告，但银河证券没有义务和责任去及时更新本报告涉及的内容并通知客户。银河证券不对因客户使用本报告而导致的损失负任何责任。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的银河证券网站以外的地址或超级链接，银河证券不对其内容负责。链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

银河证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。银河证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

银河证券已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。除非另有说明，所有本报告的版权属于银河证券。未经银河证券书面授权许可，任何机构或个人不得以任何形式转发、转载、翻版或传播本报告。特提醒公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告。

本报告版权归银河证券所有并保留最终解释权。

评级标准

评级标准	评级	说明
评级标准为报告发布日后的6到12个月行业指数（或公司股价）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，北交所市场以北证50指数为基准，香港市场以摩根士丹利中国指数为基准。	行业评级	推荐：相对基准指数涨幅10%以上
		中性：相对基准指数涨幅在-5%~10%之间
		回避：相对基准指数跌幅5%以上
公司评级	公司评级	推荐：相对基准指数涨幅20%以上
		谨慎推荐：相对基准指数涨幅在5%~20%之间
		中性：相对基准指数涨幅在-5%~5%之间
	回避：相对基准指数跌幅5%以上	

联系

中国银河证券股份有限公司 研究院

深圳市福田区金田路3088号中洲大厦20层

上海浦东新区富城路99号震旦大厦31层

北京市丰台区西营街8号院1号楼青海金融大厦

公司网址：www.chinastock.com.cn

机构请致电：

深广地区：程曦 0755-83471683 chengxi_yj@chinastock.com.cn

苏一耘 0755-83479312 suyiyun_yj@chinastock.com.cn

上海地区：陆韵如 021-60387901 luyunru_yj@chinastock.com.cn

李洋洋 021-20252671 liyangyang_yj@chinastock.com.cn

北京地区：田薇 010-80927721 tianwei@chinastock.com.cn

唐嫚羚 010-80927722 tangmanling_bj@chinastock.com.cn