

市场洞察：真空泵如何撑起半导体“精密制造”的半边天？

Briefing Report: How Do Vacuum Pumps Prop Up Half the Sky of Semiconductor "Precision Manufacturing"?

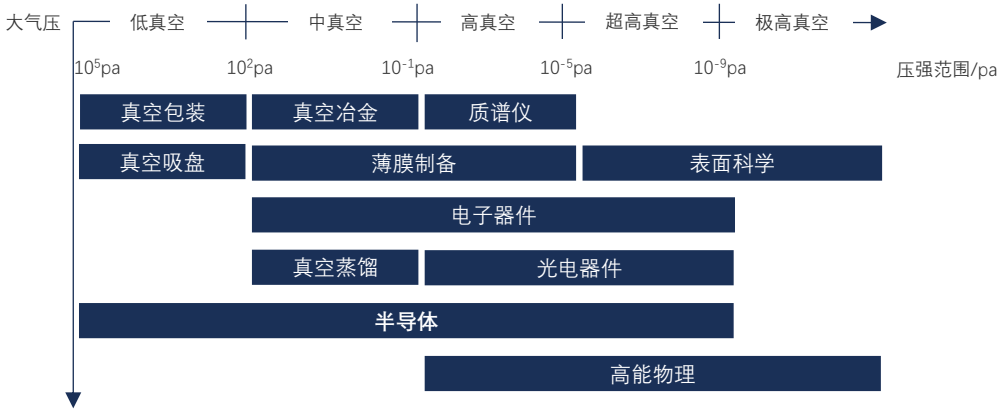
市場速報：真空ポンプは半導体「精密製造」の半分の天をどのように支えているのか？

报告标签：真空泵、精密制造、高端制造、半导体
2025年12月



Q1: 什么是半导体真空泵? 有什么用途?

图表1: 不同生产和科学研究场景所需的真空度区域举例



图表2: 干式真空泵在集成电路制造工艺流程中的应用环节示意

芯片生产环节	是否用到干式真空泵
拉晶	√
硅片研磨	×
湿法清洗	×
炉管氧化	√
薄膜沉积 CVD	√
刻蚀	√
量测 (线宽检测)	×
光刻	√
薄膜沉积 ALD	√
薄膜沉积 PVD	√
离子注入	√
量测 (缺陷检测)	×
物理平坦化 CMP	×
晶圆切割	×
芯片封装	×

■ 半导体真空泵半导体生产设备中的核心真空获得装置，主要用于为芯片制造的关键工序提供洁净、稳定且符合极高真空标准的真空环境。

半导体真空泵是专门适配半导体制造工艺需求的一类真空泵，根据中科科仪公司的招股说明书信息，半导体所需的真空环境可高达超高真空程度。在半导体产业链中，从晶圆制造到封装测试的多个环节都离不开真空泵。

在晶圆制造环节中，薄膜沉积需要高真空环境避免杂质混入薄膜，保证薄膜的均匀性和纯度；刻蚀工艺需要真空环境能让等离子体稳定存在，同时排出刻蚀产生的废料；离子注入需要超高真空环境来防止离子束与气体分子碰撞，确保注入精度；光刻与退火环节需要维持洁净真空，避免晶圆表面被污染。

而在封装测试环节中，真空泵可用于真空封装、真空焊接等工艺，保障封装件的气密性和可靠性。一个月产4万片的晶圆厂，大约需要上千台真空泵及尾气处理系统和500台分子泵，可见真空系统在半导体行业的重要性。

来源: 康沃真空网、中国科学院沈阳科学仪器股份有限公司、头豹研究院

Q2：半导体真空泵相比于普通工业真空泵有什么特点？半导体和泛半导体领域的主流用泵是哪一种真空泵？

- 相较于普通工业真空泵，半导体真空泵有着多方面的特点，包括超高洁净度，宽真空范围适配等。

首先是**超高洁净度**，泵体内部需做到**无油、无粉尘污染**，以此避免对晶圆造成微粒或化学污染，因此多采用螺杆式、涡旋式、爪式等**干式真空泵**或**涡轮分子泵**，而非传统的油润滑真空泵；其次是**宽真空范围适配**，它能覆盖从低真空到超高真空的全区间，可根据不同工序需求进行切换或组合使用，比如“机械泵+分子泵”的真空机组；同时还需具备**高稳定性与低振动的性能**，因为半导体工艺对真空度的波动极为敏感，泵需要长时间稳定运行，且振动幅度要极小，防止影响晶圆的精密对位和加工精度。

另外，考虑到部分工艺会产生氟基、氯基刻蚀气体等腐蚀性气体，它还得有良好的**耐腐蚀性**，泵体需采用铝合金阳极氧化、不锈钢、特种涂层等耐腐蚀材质，同时具备尾气处理能力。

- 干式真空泵是当前半导体及泛半导体领域的主流用泵。

干式真空泵具备前文提到的清洁环保、运行安全、振动微弱、噪声水平低、性能稳定等优势，无需借助油或其他液体实现密封，能有效避免油体或腐蚀性蒸汽在泵腔中发生逆流、扩散，消除了此类物质对生产环节产生的负面影响与安全隐患，可充分契合半导体及泛半导体领域对生产洁净环境的严苛标准。此外，干式真空泵的应用范围十分广泛，除半导体领域外，还可**适配光伏、锂电、制药**等多个行业的生产需求。

图表3：干式真空泵的四大分类

类型	工作原理	代表厂商
爪式真空泵	由多级反向旋转的转子组成，通过改变泵腔的容积大小，完成气体吸排	Busch、Ebara
螺杆式真空泵	借助泵壳内一对同步高速反向转动的螺杆，实现气体的吸入与排出	Atlas Copco、中科仪
涡旋式真空泵	利用涡旋运动的方式完成气体的吸排操作，运行过程中稳定性较强	Ulvac、Pfeiffer
罗茨式真空泵	依靠两个转子的转动，将气体从吸入端输送至排出端	Leybold、KNKE

- 深厚的技术壁垒和供应链优势是支撑技术革新的必要条件，干式真空泵的技术壁垒隔绝了很多新厂商入局。

材质与可靠性要求严苛：干式真空泵需在腐蚀性气体、粉尘等恶劣工况下长期运转，对材质的强度、耐磨性和耐腐蚀性要求极高。Y₂O₃等离子喷涂等关键涂层工艺是提升耐腐蚀性的核心，但相关设备被日本TOCALO垄断。

核心部件与加工精度存在瓶颈：转子、高精度传感器等核心部件的加工精度直接决定设备性能。如转子动平衡需达G1.0级（振动<1μm），但国内磨床精度不足，仍依赖德国DMG、日本马扎克设备；MFC芯片等高精度传感器**90%依赖日美供应**。

冷却系统与温度管控难题：干式真空泵运转中会产生大量热能，高效冷却系统是稳定运行的关键。国内企业在此领域存在短板，尤其转子内冷却技术突破难度大，散热性能落后于国际水平。

市场验证与供应链壁垒：干式真空泵在Fab厂的**验证周期长达1-2年**，国内厂商因缺乏长期可靠性数据，市场化进程缓慢。同时，国际巨头优先采用自有供应链，排斥第三方及国产配件，进一步加剧了国产设备的市场准入难度。

来源：化工仪器网、马德宝真空设备集团、中关村集成电路产业联盟、头豹研究院

Q3: 薄膜沉积环节为什么是半导体工艺中对真空泵需求最大的环节?

- 薄膜沉积是晶圆制造流程中真空泵需求的核心环节，该环节对真空泵的需求集中在气体分压的精准控制上。

气体分压直接决定了薄膜沉积的均匀性，是保障晶圆芯片性能一致性的关键前提。由于不同化学气相沉积（CVD）技术的工艺原理存在差异，其对真空度的要求也呈现出显著分化。

低压化学气相沉积（LPCVD）为实现高质量薄膜的均匀覆盖，需维持 10^{-3} Pa的高真空环境，因此普遍采用罗茨泵与分子泵的组合系统，借助分子泵的高真空抽气能力和罗茨泵的增压特性，满足工艺对真空梯度的要求；而等离子体增强化学气相沉积（PECVD）则通常在 10^{-1} Pa的中真空条件下运行，干式罗茨泵成为该工艺的主流适配设备，这类真空泵在PECVD整机设备中的成本占比可达12.7%，国内典型案例如捷佳伟创的PECVD设备，便将干式罗茨泵作为核心真空组件。

在这一细分领域，国际厂商凭借技术先发优势占据了一定市场份额，其中Pfeiffer推出的A4H系列CVD专用真空泵，凭借稳定的真空控制精度和适配性，成为众多头部晶圆厂的主流选择。与此同时，国产真空泵厂商也在加速突破，例如汉钟精机研发的iPH系列干式真空泵，已成功进入北方华创等国内核心CVD设备厂商的供应链体系，实现了国产真空泵在高端薄膜沉积设备领域的供应链渗透，为国内半导体设备供应链的自主化奠定了基础。

薄膜沉积环节对真空泵的需求占比高达整体市场的

30%

Pfeiffer推出的A4H系列CVD真空泵的中国市占率为

15%

Q4: 封装测试环节对半导体真空泵的需求有什么差异?

- 封装测试是晶圆制造后道工序的核心环节，整体以中低真空工况为主。

在封装工艺中，模塑成型环节的核心诉求是利用真空泵抽取封装材料内的气泡，以此保障封装体的致密性和封装可靠性，该环节通常会为单台设备配套1-2台旋片泵，普旭（Busch）旗下的Cobra系列旋片泵在这一细分场景的市占率超过30%。

键合工艺对真空环境要求严苛，需要高真空条件来保障键合面的洁净度与键合强度，尤其是倒装焊设备，还需配备磁悬浮分子泵以满足高精度、低振动的工艺需求，Pfeiffer推出的ATH-M系列磁悬浮分子泵成为该领域的核心标配产品。

探针台测试时，需依靠涡旋泵实现晶圆的稳定固定，该类设备对涡旋泵的抽速要求集中在20-50m³/h区间；在可靠性测试环节，需维持至少10Pa级的低真空环境，罗茨泵是该场景的核心适配设备。

封装测试对真空泵的需求占半导体真空设备总市场的

15%

来源：华芯资本、取实资本、头豹研究院

Q5: 月产4万片晶圆的工厂的真空泵配置情况如何?

- 月产4万片12英寸晶圆的晶圆厂在真空泵配置上以干式真空泵为基础、以分子泵为核心高真空组件、以低温泵为高端工艺补充。

由于干泵抽取真空的能力有限，需要配上涡轮分子泵将环境抽至更程度的真空环境，以满足刻蚀和薄膜沉积环节对高真空度的要求。

在月产4万片12英寸晶圆的晶圆厂中，干泵是用量最大的品类，总数达2000台，且高度集中于核心制程环节。刻蚀环节的干泵占比达到40%，薄膜沉积环节占比30%，二者合计占据了干泵总量的七成，凸显了这两大工艺对中低真空设备的强依赖。

分子泵作为高真空工艺的关键设备，配置数量为500台，主要服务于离子注入、高精度镀膜等对真空度要求严苛的环节。

低温泵则仅配置50台，仅适配EUV等顶尖制程设备，体现了其高端化、小众化的应用属性。在投资层面，该规模晶圆厂的真空泵及配套系统总投资在1.5-2亿元区间，在整体设备投资中占比3%-4%，不过目前供应链仍高度依赖进口，进口设备占比超85%，国产真空泵在晶圆厂核心供应链中的渗透仍有较大提升空间。

Q6: 半导体真空泵的市场需求有何独特性?

- 干式真空泵的替换需求更大；半导体真空泵对应的设备后续服务市场比普通工业设备的服务市场更大。

在真空泵品类的结构分布中，干式真空泵占据了绝对主导地位，市场占比超过70%，其余不足30%的市场份额则由分子泵、低温泵、罗茨真空泵等专用设备占据，主要应用于EUV光刻、离子注入等对真空度要求极高的特殊工艺场景。因此，干式真空泵的存量替换需求，将大于其他半导体用泵。

与普通工业设备不同，半导体真空泵作为半导体制造流程中的关键辅助设备，其运行稳定性直接影响芯片生产的连续性和良率，因此对后续服务的需求呈现出高频化、刚需化的特征，这也使得服务市场成为支撑行业发展的重要“第二增长曲线”。

半导体真空泵的服务需求主要涵盖定期维护、故障维修、再制造等核心内容，其中定期维护的频率通常为每3-6个月一次，需对泵体密封性、抽气性能、过滤系统等关键部件进行全面检测与保养；而设备再制造则根据使用强度和工艺场景的不同，每10年需进行4-10次，通过核心部件更换、性能校准等方式，使设备恢复至接近新设备的运行状态。

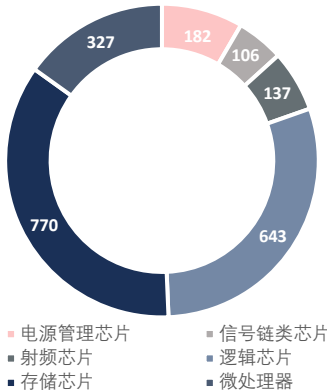
稳定的服务需求推动市场规模持续扩大，更为突出的是，服务板块的盈利能力显著高于设备销售——由于服务业务无需承担设备生产过程中的原材料采购、产能建设等成本，且客户粘性较高，其毛利率较设备销售高出10-15个百分点，部分头部企业的服务毛利率甚至可达40%以上，成为企业提升盈利水平的核心抓手。

来源：华芯资本、新浪科技、中国电子信息博览会资讯平台、头豹研究院

Q7: 未来半导体真空泵的需求趋势如何?

图表4: 2024年中国集成电路各细分领域市场规模

单位: 亿美元



■ 中国集成电路产业细分市场规模的扩张, 对应着晶圆产能的扩张, 将直接驱动真空泵的配置量增加。

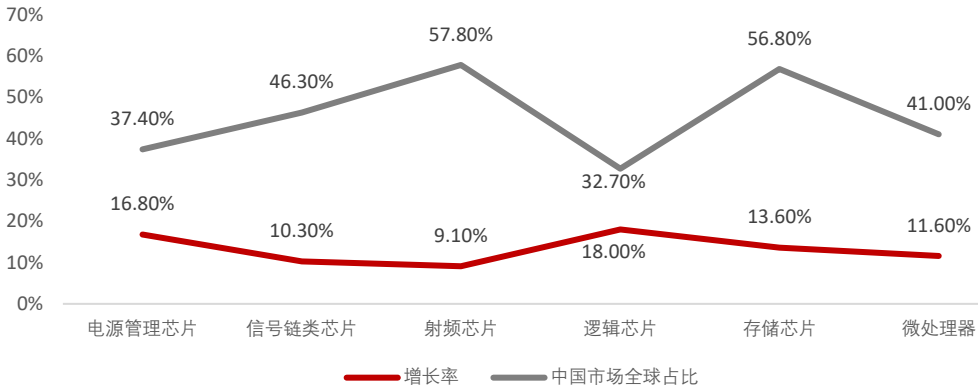
中国半导体真空泵的需求增长动力来源有两方面, 一方面是国内晶圆厂的扩产潮直接托举需求。2021年到2025年全球新增的晶圆产能里, 中国占了近四成的份额。

例如长江存储的3D NAND产线、中芯国际的12英寸先进制程产线、上海临港新片区与江丰电子联合投资了同创先导半导体材料及装备产业集群等项目密集落地, 这些产线从建设到投产的全周期里, 对半导体真空泵的设备、材料等配套的需求是持续且大规模的, 直接拉动了市场规模的扩容。

另一方面是国产替代的“补位式增长”贡献了增量, 2019年国内市场的半导体真空泵本土供给占比还不到5%, 基本依赖进口; 而到2025年这一国产化率有望提升到15%, 意味着原本被海外厂商占据的市场份额, 正逐步被国内企业填补, 这部分替代空间成了增长的重要新来源。

图表5: 2024年中国集成电路各细分领域市场规模增长率及中国市场全球占比

单位: 亿美元



来源: 中国电子信息博览会资讯平台、头豹研究院

方法论

- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究19大行业，持续跟踪532个垂直行业的市场变化，已沉淀超过100万行业研究价值数据元素，完成超过1万个独立的研究咨询项目。
- ◆ 研究院依托中国活跃的经济环境，研究内容覆盖整个行业的发展周期，伴随着行业中企业的创立，发展，扩张，到企业走向上市及上市后的成熟期，研究院的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。
- ◆ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ◆ 研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。
- ◆ 研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。

法律声明

- ◆ 本报告著作权归头豹所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。若征得头豹同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“头豹研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节或修改。
- ◆ 本报告分析师具有专业研究能力，保证报告数据均来自合法合规渠道，观点产出及数据分析基于分析师对行业的客观理解，本报告不受任何第三方授意或影响。
- ◆ 本报告所涉及的观点或信息仅供参考，不构成任何投资建议。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在法律许可的情况下，头豹可能会为报告中提及的企业提供或争取提供投融资或咨询等相关服务。本报告所指的公司或投资标的的价值、价格及投资收入可升可跌。
- ◆ 本报告的部分信息来源于公开资料，头豹对该等信息的准确性、完整性或可靠性不做任何保证。本文所载的资料、意见及推测仅反映头豹于发布本报告当日的判断，过往报告中的描述不应作为日后的表现依据。在不同时期，头豹可发出与本文所载资料、意见及推测不一致的报告和文章。头豹不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，头豹对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者应当自行关注相应的更新或修改。任何机构或个人应对其利用本报告的数据、分析、研究、部分或者全部内容所进行的一切活动负责并承担该等活动所导致的任何损失或伤害。

头豹业务合作

数据库/会员账号

可阅读全部原创报告和
百万数据，提供数据库
API接口服务

定制报告

行企研究多模态搜索引
擎及数据库，募投可研、
尽调、IRPR等研究咨询

定制白皮书

对产业及细分行业进行
现状梳理和趋势洞察，
输出全局观深度研究报
告

招股书引用

研究覆盖国民经济19+
核心产业，内容可授权
引用至上市文件、年报

市场地位确认

对客户竞争优势进行评
估和调研确认，助力企
业品牌影响力传播

行研训练营

依托完善行业研究体系，
帮助学生掌握行业研究
能力，丰富简历履历

报告作者



陈夏琳

首席分析师

sharlin.chen@leadleo.com



郑梓涛

行业分析师

zheng.zitao@leadleo.com

业务咨询

- 客服电话：400-072-5588
- 官方网站：www.leadleo.com



商务咨询与深度合作

深圳办公室

广东省深圳市南山区粤海街
道华润置地大厦E座4105室

邮编：518057

上海办公室

上海市静安区南京西1717号
会德丰国际广场2701室

邮编：200040

南京办公室

江苏省南京市栖霞区经济
开发区兴智科技园B栋401

邮编：210046