

量子计算硬件深度报告： 行业奇点将至，硬件破局当时

评级：推荐（首次覆盖）

张钰莹(证券分析师)

S0350524100004

zhangyy03@ghzq.com.cn

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

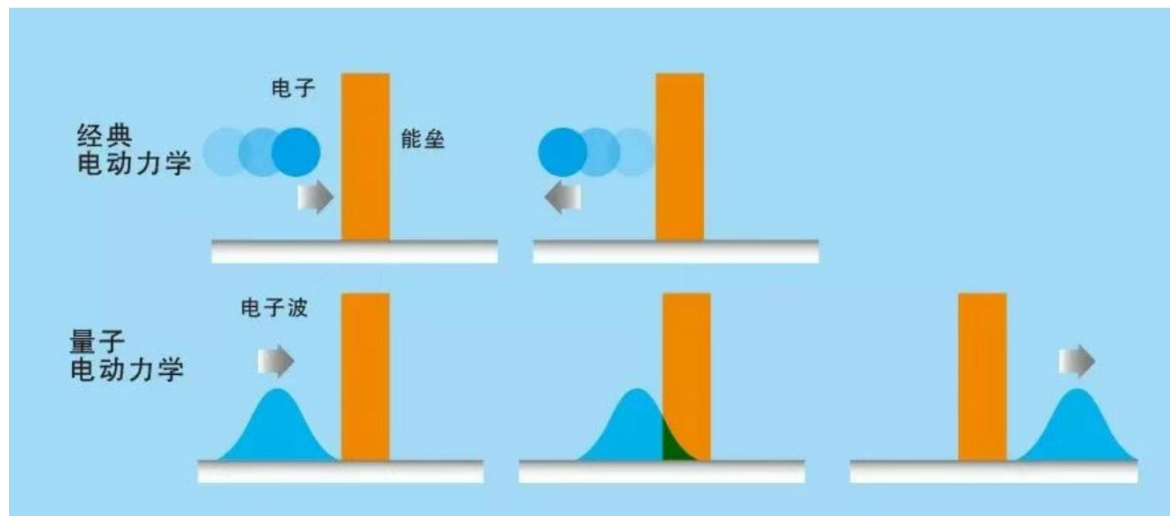
- ◆ 本篇报告解决了以下核心问题：
- ◆ 1、梳理传统计算在制程不断微缩后出现的问题，阐释量子计算的原理，并对比量子计算较传统计算的优势
 - 计算瓶颈：传统计算效率虽高却难应对指数级增长的问题，而量子比特的叠加态与纠缠态特性使其在特定问题上的计算效率远超经典计算机；
 - 量子隧穿现象：传统计算随着制程微缩会出现电子通过绝缘的薄层发生隧穿，因此量子隧穿将导致漏电，最终让系统失效的问题，但量子比特却可以借助隧穿现象实现量子计算；
 - 热耗散效应：传统芯片走向集成度越高，单位面积上产生的热量越多，容易损耗芯片寿命，但量子计算处理信息的方式是可逆的，因此可以解决热耗散效应的问题。
- ◆ 2、对比多种不同路径的量子计算方法：从可扩展性及保真性两大核心指标出发，确定了超导、离子阱、中性原子为三类最有可能落地的路线，其中超导进度快于离子阱快于中性原子。
- ◆ 3、从多个视角判断量子计算目前处于规模化应用前夜：通过梳理全球主要国家量子信息领域战略规划、产业链上下游公司战略方向及量子计算核心硬件订单、采购合同变动情况得出量子计算正处于从实验室走向产业化应用的关键拐点，行业极有可能2027-2029年迎来大规模应用
 - 政策端：梳理全球主要科技强国对于量子计算的支持政策与限制出口政策。特别的，白宫在其《2027财年政府研发预算优先事项及跨领域行动》指出“量子科技正处于从实验室走向产业化应用的关键拐点。”
 - 产业链端：梳理中美欧企业量子云与硬件布局情况。特别的，微软在其2025FY Q4宣布会继续以十年为周期对量子计算进行战略思考和投资布局；稀释制冷机巨头Bluefors与氦-3原材料供应商签订大额订单，履约周期横跨2028-2037年；IBM预计2029年实现大规模容错量子计算机。
- ◆ 4、确定QPU/稀释制冷机/测控系统为量子计算三大核心硬件，并对稀释制冷机/测控系统市场空间进行测算。
 - 梳理量子计算三大硬件分别为QPU/稀释制冷机/测控系统，并分析2030/2035年三大核心硬件价值量占比情况。
 - 确定稀释制冷机的市场空间及竞争格局，得出我国稀释制冷机在性能方面与国际龙头处于同一水平的结论，并分析了测控系统的市场空间。
- ◆ 行业评级与投资建议：量子计算产业化加速，路径方面重点看“可拓展性”及“保真性”两大指标，硬件端重点关注稀释制冷机/测控系统两大硬件，二者2030/2035年预计占量子计算硬件价值量的52.66%/66.51%。首次覆盖，我们给予量子计算硬件行业“推荐”评级，建议关注国盾量子、禾信仪器、本源量子（拟上市）、国仪量子（拟上市）等。
- ◆ 风险提示：量子计算进展不及预期、量子计算路线发生变化、量子计算关键设备发生变化、测算结果与产业实际发展不匹配的风险、研究报告使用的公开资料可能存在信息滞后或更新不及时的风险。

1、量子计算与经典计算对比

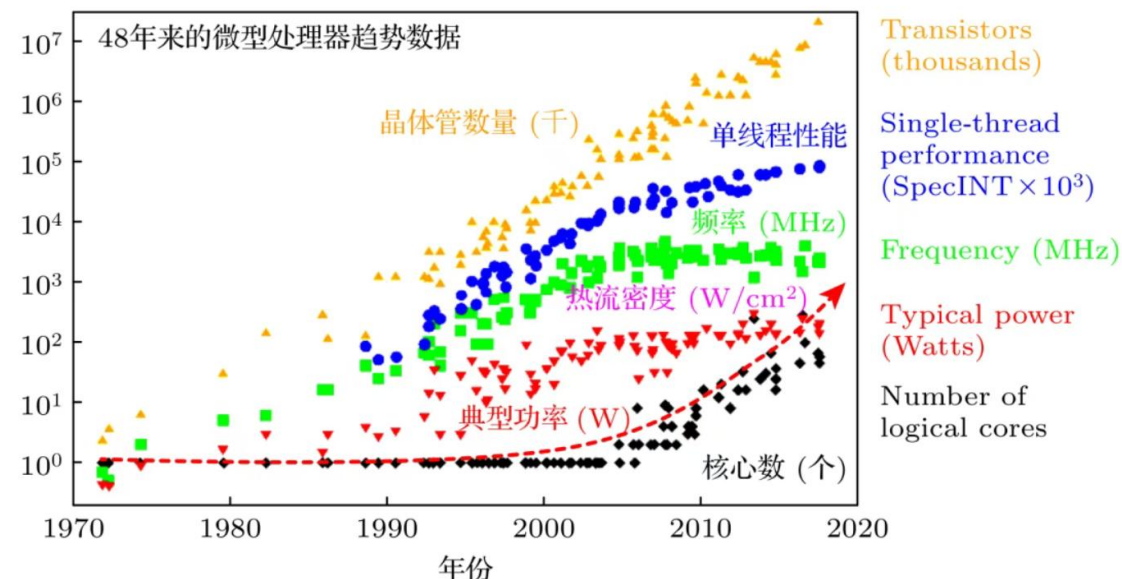
1.1 经典计算与其存在的问题

◆ **什么是经典计算？** 经典计算的基础是比特，其将所有信息转化为无数个确定的0和1的组合。伴随着制程不断微缩，传统计算出现三大问题：1) **计算瓶颈**：传统计算效率虽高却难应对指数级增长的问题。当问题复杂度爆炸（如药物分子模拟需计算所有原子组合），即使超级计算机也需要数亿年才能解决；2) **量子隧穿现象**：当电子元器件越做越小，进入量子力学主导的微观尺度后，电子有可能通过绝缘的薄层发生隧穿，因此量子隧穿将导致漏电，最终让系统失效，最终成为经典计算机发展的物理“天花板”；3) **散热问题**：根据Landauer擦除定理，在不可逆过程中，热量与不可逆操作的规模密切相关：集成度越高，单位面积上产生的热量越多，从而严重影响器件的可靠性和使用寿命。据洞见热管理公众号，按照Arrhenius方程，在半导体芯片的工作温度范围内，芯片温度每上升10℃，芯片寿命就会降低 50%。

图：量子隧穿现象



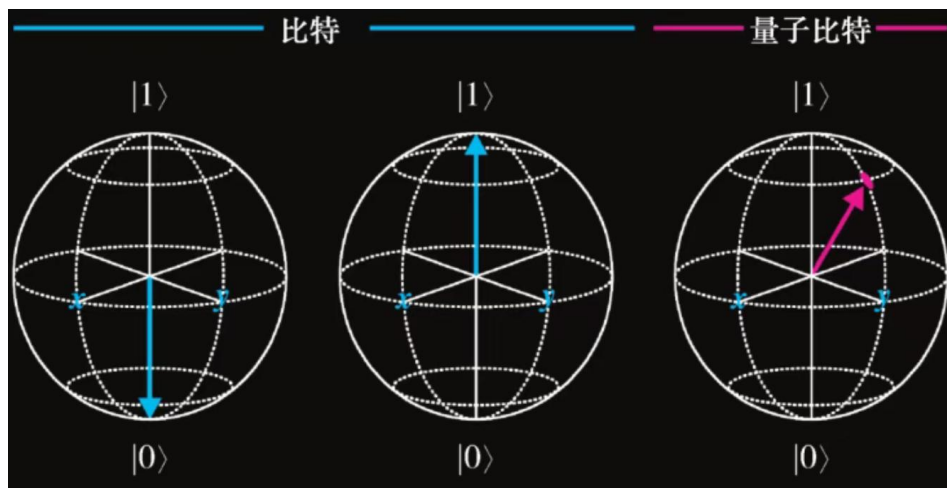
图：微处理器过去半个世纪的发展趋势（红线为热流密度）



1.2 何为量子计算？

- ◆ **区别于经典计算，量子计算利用量子比特（Qubit）的叠加性与纠缠性突破经典二进制限制。**量子计算的基础是量子比特（Qubit），它不仅能像经典比特那样表示0或1两种状态，还能以叠加态的形式同时兼具两者特性。
- 1) **对于传统计算的算力瓶颈：**由于量子比特可同时处于 $|0\rangle$ 和 $|1\rangle$ 的叠加态，同时纠缠态使多比特间形成非局域关联，使得量子计算机拥有**指数级并行计算能力**，使其在特定问题（如大数分解、复杂系统模拟等）上的**计算效率远超经典计算机**；
- 2) **对于量子隧穿现象：**量子计算主动拥抱量子效应。特别地，在超导量子计算方法中，结成库珀对的电子采取量子隧穿的方式通过约瑟夫森结，最终构建出超导量子比特以实现量子计算。
- 3) **对于散热问题：**量子计算处理信息的方式是可逆的，因此可以解决热耗散效应的问题。

图：量子比特不仅可以像经典比特一样处于0态或1态（左、中），还可以同时处于0态和1态的叠加态（右）



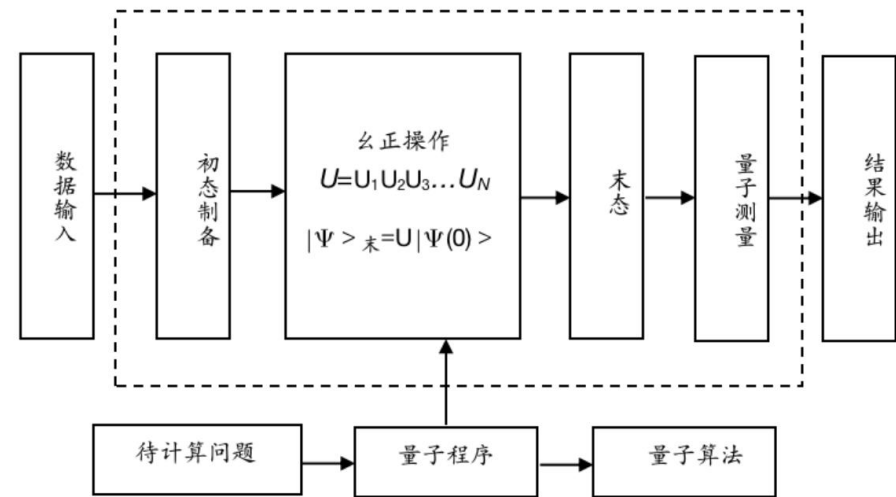
图：量子计算与经典计算对比

经典计算	量子计算
 - 以比特(bit)的形式处理数据 - CPU中主要为各种逻辑门电路	 - 以量子比特的形式处理数据，存在0、1叠加状态 - 能够实现比经典计算机更高的并行性和效率
 - 算力线性增长 - 逐个遍历所有路径，总能找到那条正确的路线，可能耗时非常长	 - 算力与量子比特数量成指数级增长 - 同时走所有路径，进而迅速筛选出正确路径
 - 只能单线执行任务 - 对于如密码破译等问题，经典计算机往往需要花上万年的时间	 - 适合线路优化、数据分析和各类模拟等任务 - 对于如密码破译等大数质因数分解问题，量子计算机(Shor算法)只需1秒

1.3 量子计算工作步骤及主要指标

- ◆ **量子计算核心四大工作步骤：**
 - 1) 量子态初始化：**通过激光或微波脉冲将量子比特重置到基准态。超导量子比特需在接近绝对零度的环境中“冻结”热噪声，离子阱则通过电磁场悬浮原子并初始化其能级；
 - 2) 量子门操作与纠缠构建：**应用微波/激光脉冲操控量子比特状态，并通过通过CNOT等受控门使量子比特间产生纠缠；
 - 3) 量子并行计算：**将计算问题映射到量子态的演化中；
 - 4) 量子态测量与结果输出：**对量子比特进行重复运行多次采样测量，通过统计高频结果获取最终解。
- ◆ **量子计算重点指标为保真度与易扩展性。**
 - 1) 保真度：**量子计算机进行基本运算时的正确率。由于量子系统的不稳定性，量子比特会不可避免地与环境（温度、电场、磁场甚至无处不在的宇宙射线）发生相互作用，进而导致计算过程的正确率降低，保真度下降。
 - 2) 易扩展性：**量子比特数量直接决定了量子计算机的算力上限。每增加一个量子比特，量子计算机的并行处理能力就翻一倍——10个量子比特能同时处理1024种可能性，而50个比特就能超越传统超级计算机的算力边界。

图：量子计算核心工作步骤



表：量子计算核心指标

指标	说明
保真性	决定量子计算机进行基本运算时的正确率
易扩展性	决定量子计算机的算力上限
运算速度	不同技术路线的速度差异可达四个数量级
连通性	决定量子比特之间传递信息，协作运算的能力

◆ 量子计算主要技术路线众多，但逐步收敛。量子计算可分为超导、离子阱、中性原子、光量子、硅半导体、拓扑量子等路线，前三项技术路线进展最快。具体说来，超导量子由于高保真、高比特数（即易扩展性）、高运算速度三大特性继续领跑量子计算技术路线；离子阱路线具备最高的保真度，但扩展性不佳，因此在进度上略逊于超导量子计算路线；中性原子路线近年迎来爆发期，虽然其具备最优秀的易扩展性，但在大规模原子阵列中实现高保真度的量子门操作的问题依旧无法攻克，因此进度落后于超导与离子阱路线。

表：三类主要量子计算技术对比

技术路线	原理	优点	保真性	易扩展性	代表厂商	核心设备
超导	利用约瑟夫森结的非线性电感效应，使得超导电路表现出宏观量子行为	约瑟夫森结及其他部件同半导体加工工艺相似，可以复用半导体芯片技术手段	√	√	IBM、Google、国盾量子、本源量子等	稀释制冷机、测控系统
离子阱	该技术利用电磁场稳定囚禁带电离子，通过激光或微波等外场调控实现量子信息处理。	1) 量子比特相干时间可达小时量级，远超其他技术路线； 2) 量子门操作保真度高达99.9%，超过容错计算阈值； 3) 系统具备全连通特性，为复杂量子算法的高效编译提供了得天独厚的条件	√	×	Quantinuum、IonQ、华翊量子、么正量子	精密光学系统、超高真空设备（ $<10^{-11}$ mbar）与激光冷却（ μ K级）设备
中性原子	通过发射激光脉冲使得中性原子进入里德堡态，从而实现相互纠缠。	1) 相干时间较长； 2) 可控的相互作用； 3) 良好的扩展性和构型灵活性	×	√	QuEra Computing、中科酷原	光镊阵列、里德堡激发激光

2、为什么在这个时间点上讨论量子计算？

2.1全球主要科技强国均将量子计算视为战略制高点，且近年来投入力度不断加大

◆ 截至2025年8月，全球主要科技强国均将量子计算视为战略制高点，且近年来投入力度不断加大。2025年9月23日，美国白宫管理与预算办公室（OMB）与科技政策办公室（OSTP）联合向各联邦部门与机构发布《2027财年政府研发预算优先事项及跨领域行动》备忘录，将人工智能与量子信息科学与技术置于2027年研发预算优先级首位。白宫备忘录指出，量子科技正处于从实验室走向产业化应用的关键拐点。

表：全球主要国家量子信息领域战略规划和投资情况（截至2025年9月）

时间	战略/规划/法案	国家/地区	投资规模（美元）
2014	国家量子技术计划	英国	10年投资约12.15亿美元
2018	量子旗舰计划	欧盟	10年投资约11亿美元
2018	国家量子倡议法案	美国	7年累计投资达60.78亿美元
2019	量子技术发展国家计划	荷兰	7年投资约7.4亿美元
2019	国家量子技术计划	以色列	5年投资约3.3亿美元
2019	国家量子行动计划	俄罗斯	5年投资约5.3亿美元
2020	国家量子技术投资计划	法国	5年投资约19.6亿美元
2020	量子计算机研发计划	日本	10年投资约17.5亿美元
2021	量子系统研究计划	德国	5年投资约21.7亿美元
2022	国家量子计算平台	法国	投资约1.85亿美元
2022	芯片与科学法案	美国	4量子项目5年投资7.65亿美元
2023	国家量子战略	加拿大	7年投资约3.6亿美元
2023	国家量子战略	英国	未来10年投资31.8亿美元
2023	国家量子战略	澳大利亚	2030年前投资6.4亿美元
2023	国家量子技术战略	丹麦	5年投资约1亿美元
2023	量子科技发展战略	韩国	2035年前投资17.9亿美元
2023	量子2030	爱尔兰	已投资0.24亿美元
2024	国家量子任务	印度	2030年前投资7.26亿美元
2024	国家量子战略	新加坡	5年投资约2.19亿美元
2024	能源部量子领导法案	美国	5年计划投资约25亿美元
2025	国家量子技术战略	芬兰	10年投资4.69亿美元
2025	量子技术战略	西班牙	5年投资9.17亿美元
2025	量子欧洲战略	欧盟	投资规模未公布
2025	《2027财年政府研发预算优先事项及跨领域行动》	美国	备忘录为量子设备的先进制造提供资金

2.2 量子技术进口受到限制，我国量子计算产业必须自立自强

◆ **量子技术进口受到限制，我国量子计算产业必须自立自强。** 欧美及日本等发达国家均已经在近两年发布对量子技术的限制措施，我国量子计算**关键零部件/设备受阻**。以量子计算核心设备稀释制冷机为例，自2022年美国宣布禁止对中国出口系列用于量子计算的稀释制冷机及其相关零配件后，行业龙头Bluefors和Leiden Cryogenics公司设备已不对中国出售，我国量子计算产业必须自立自强。

表：全球主要国家对量子技术的限制措施

国家	文件	出口管制要求	发布时间
西班牙	皇家法令679/2014号附件III.5	某些半导体（生产）设备，特别是用于对半导体器件或集成电路进行成像的扫描电子显微镜设备以及某些用于干法蚀刻的设备； 某些半导体技术，特别是使用栅极封装场效应晶体管（GAAFET）结构的集成电路或器件的开发或生产技术；量子计算技术； 某些设计或改装用于利用高能材料生产爆炸物、烟火或推进剂装置或形状的增材制造设备。	2023年6月7日
荷兰	《先进半导体生产设备条例》	开发、生产或使用本方案标题 3B001.l、3B001.m、3B001.f.4、3B001.d.12、3B001.a.4或 3B001.d.19下规定的商品所需的技术	2023年6月23日
欧盟	出口管制白皮书	半导体技术、量子计算以及其他新兴技术领域	2024年1月
法国	《2024年2月2日关于向第三国出口与量子计算机及其使能技术和设计设备相关的货物和技术的命令》	与量子计算机和量子技术以及先进技术设备相关的货物和技术的出口	2024年2月
日本	/	要求量子计算机和低温CMOS电路（用于控制量子计算机中量子比特的输入和输出信号）的运输许可证	2024年3月
英国	修订《Export Control Order 2008》	新增量子技术、低温技术、半导体技术、增材制造设备和先进材料相关的条目，如果需要出口上述技术领域的相关物品，必须获得出口许可证。	2024年3月
美国	一项暂行最终规则（IFR）	半导体制造项目的出口管制（中小企业国际财务报告准则）；实施额外出口管制：某些先进计算项目；超级计算机和半导体最终用途；更新和更正。	2024年4月
美国	《出口管理条例》	将22家参与中国量子技术研究领域的公司和机构列入实体清单	2024年5月9日
加拿大	出口管制清单(ECL)法规修订	量子计算和先进半导体相关的商品和技术	2024年6月19日

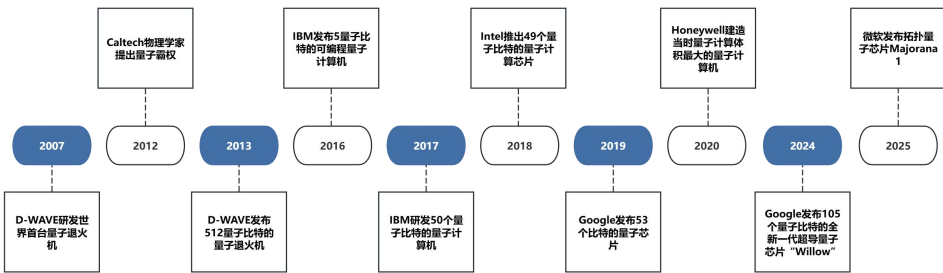
2.3 产业化不断推进，量子计算云平台不断接入&扩大投入

- ◆ 产业化不断推进，巨头企业相继取得成果。自2007年D-WAVE研发首台量子退火机以优化特定问题，量子硬件从实验室走向工程化以来，Intel、IBM、Google、Microsoft等一系列巨头企业相继对量子计算进行研发并取得一定成果。
- ◆ 量子计算云平台不断接入&扩大投入，中美欧三足鼎立。云平台布局方面，中美欧数十余家云服务商通过自主研发的量子计算机或基于经典计算资源的量子模拟器以及集成外部量子系统的方式向用户量子计算接入与算力服务用以满足不同用户的需求。扩大投入方面，以微软为例，公司2025FY Q4 云收入467亿美元，YOY+ 27%，公司在业绩会上宣布量子计算将成为云技术的下一个大型加速器，会继续以十年为周期进行战略思考和投资布局。

表：全球量子计算云平台比较

平台	机构	时间	国家	技术提供方	硬件	量子比特数
IBM Q Experience	IBM	2016	美国	IBM's own cloud service	超导	433、127、65、27、16、7、5
Google Cloud	Google	2018	美国	Google, Rigetti, AQT, IonQ, Pasqal	超导、离子阱、中性原子	53、80、40、20、100
Rigetti QCS	Rigetti	2018	美国	Rigetti	超导	84
Amazon Braket	Amazon	2019	美国	OQC, Rigetti, IonQ, Xanadu, QuEra	超导、离子阱、光子量子、中性原子	40、80、8、25、216、256
Microsoft Azure Quantum	Microsoft	2019	美国	IonQ, Quantinuum, QCI, Rigetti, Pasqal	离子阱、超导、中性原子	23、40、100
D-Wave Leap	D-Wave	2018	加拿大	D-Wave	量子退火	5000+
Strangeworks QC™	Strangeworks	2021	美国	IBM, Rigetti, IonQ, QuEra, D-Wave, Amazon Braket, Azure Quantum	超导、离子阱、中性原子、量子退火	-
Xanadu Cloud	Xanadu	2020	加拿大	Xanadu	光子量子	216
QuTech Quantum Inspire	Qutech	2018	荷兰	Qutech	硅自旋、超导	2、5
Alpha	QM Ware	2022	瑞士	QM Ware	-	-
Computing-as-a-Service	Oxford Quantum Circuits	2021	英国	Oxford Quantum Circuits	超导	4
Pasqal Cloud Services	Pasqal	2022	法国	Pasqal	中性原子	100
Quandela Cloud	Quandela	2022	法国	Quandela	光子量子	6
中电信“天衍”量子计算云平台	中电信量子	2023	中国	国盾量子、中国科学院量子信息与量子科技创新研究院	超导	504、66、66、24
量子计算云平台	国盾量子	2023	中国	中国科学院量子信息与量子科技创新研究院	超导	66、66、24
Quafu量子云平台	北京量子院、中科院物理所、清华大学	2023	中国	北京量子院、中科院物理所、清华大学	超导	156、136、119、105、105、11、10、3
弧光量子云平台	弧光量子	2022	中国	中电信量子、国盾量子、亚马逊	超导、离子阱	66、11
本源量子 cloud	本源量子	2017	中国	本源量子	超导	72
量子云	华翊量子	2023	中国	华翊量子	离子阱	11
量旋云	量旋科技	2022	中国	量旋科技	核磁共振、超导	核磁2、3、5；超导8
中移动“五岳”量子云	中国移动云能力中心	2023	中国	长三角产业创新中心、中科院物理所、北京量子院、启科量子	超导、超导、超导、离子阱	20、21、429 (4台总和)、20
华为HiQ量子云	华为	2018	中国	华为	模拟器	全振幅42、单振幅低深度169
量子云	中科酷原	2022	中国	中科酷原	中性原子	全振幅15

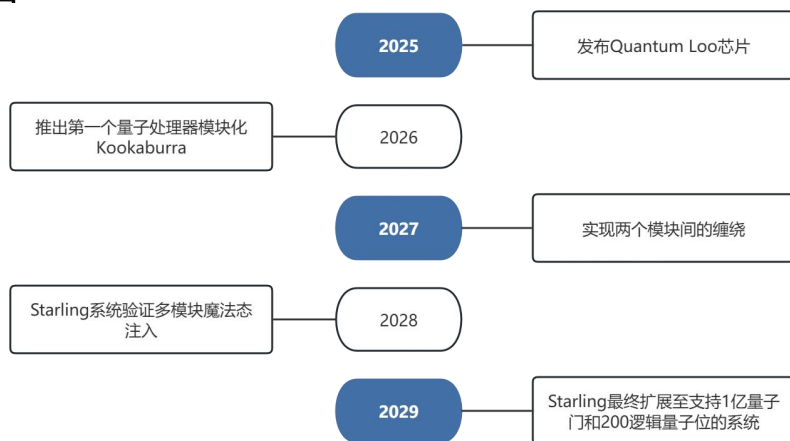
图：量子计算硬件发展历程



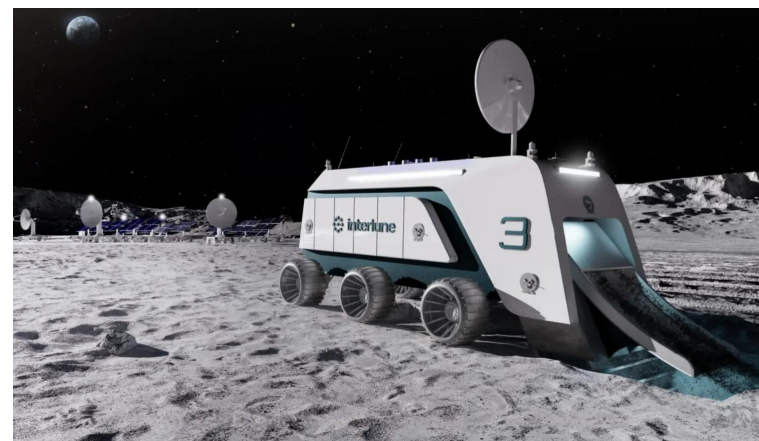
2.4 产业化不断推进，2027-2029年或为关键节点

- ◆ **据IBM量子计算Roadmap，预计2029年实现大规模容错量子计算机。**据IBM官网（2025/6），公司计划在2025年推出一款量子芯片——Quantum Loon，其具有更强连接能力和相应架构；预计于2026年推出第一个量子处理器模块化Kookaburra，将容错系统扩展到单个芯片之外；预计于2027年实现两个Kookaburra模块间的缠绕，从而像连接大型系统中的节点一样将量子芯片连接在一起；预计于2028年，Starling系统将验证多模块魔法态注入。最终预计于**2029年，将Starling扩展至支持1亿量子门和200逻辑量子位的系统，成为全球首个大规模容错量子计算机。**
- ◆ **Bluefors 签署历史最大氦-3采购协议：**2025年9月16日，稀释制冷机龙头企业Bluefors在其官网上宣布与Interlune达成采购协议，据特气快讯公众号，协议规定Interlune**将在2028年至2037年期间每年向Bluefors提供10,000升氦-3。**氦-3可提供低于10毫开尔文的超低温，是稀释制冷机实现制冷的关键原材料。按中科富海公众号统计，稀释制冷机单位设备对氦-3年需求为20-100L，则**该采购协议预计可支撑每年100-500台新设备需求。**
- ◆ **英伟达连续参投3家不同路线量子计算企业：**英伟达于2025年9月4日、9月9日、9月10日，先后投资霍尼韦尔旗下Quantinuum、QuEra Computing、PsiQuantum，覆盖离子阱、中性原子、光量子三大路线。

图：IBM 2025 ROADMAP



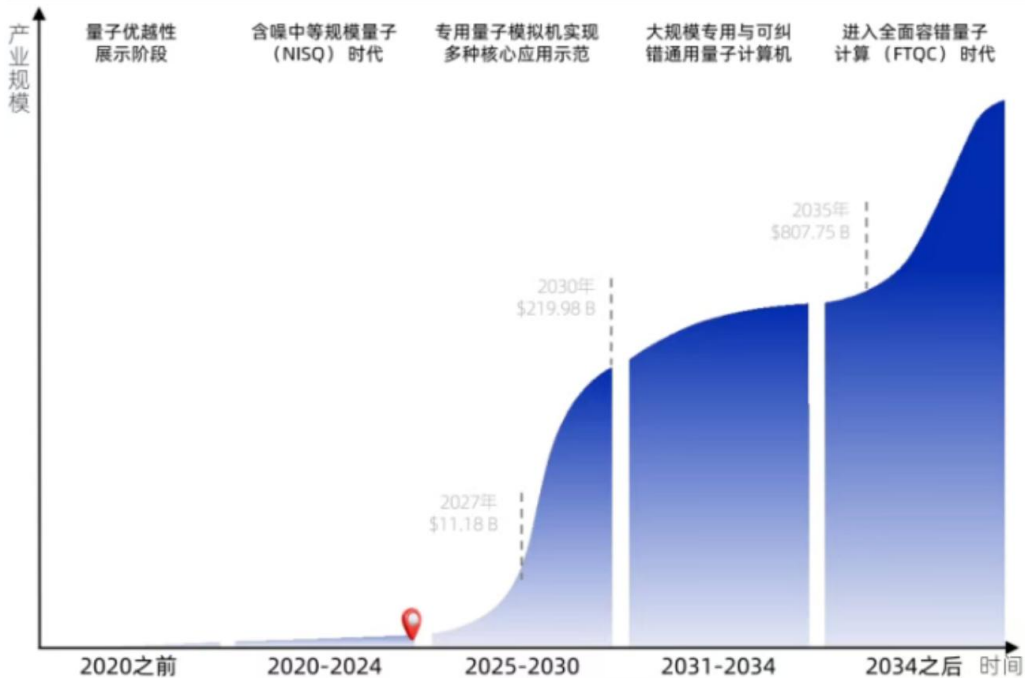
图：Interlune 月球采矿



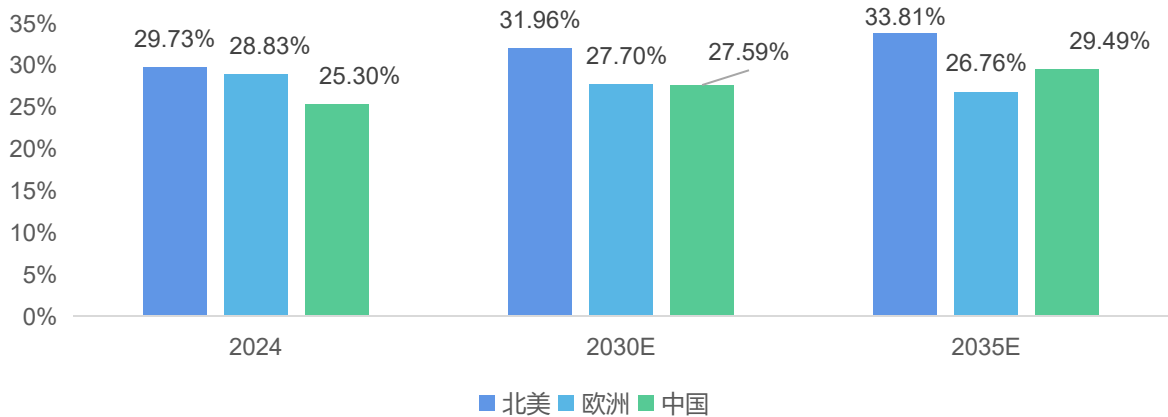
2.5 量子计算产业或将迎来第一轮快速增长，2024-2030年产业规模CAGR达87.66%

◆ 量子计算产业或将迎来第一轮快速增长，2024-2030期间CAGR达87.66%。根据光子盒公众号，2024年全球量子计算产业规模为50.37亿美元，较2023年增长7.46%，预计2027年产业规模将达111.75亿美元，2030年将陡增到2199.78亿美元，后续在2034年之后进入第二轮增长。下游驱动方面，量子计算产业目前最大下游为科研领域，预计2035年量子计算主要受金融、化工、国防、医药等下游应用拉动。分地区来看，2024年北美为量子计算产业规模最大市场，占全球比重约在30%左右，并将持续领跑至2035年。中国2024年量子计算市场规模约12.7亿美元，占全球比重25.30%，预计2035年将达到2382.1亿美元，占全球比重29.49%。

图：量子计算产业规模将迎来快速增长



图：2024&2035E 量子计算分地区产业规模

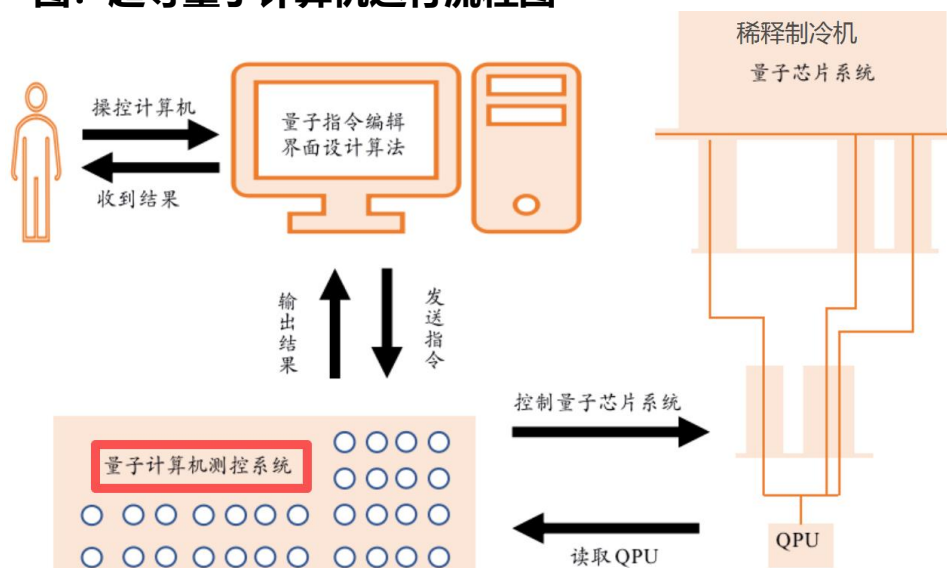


3、量子计算硬件看什么？

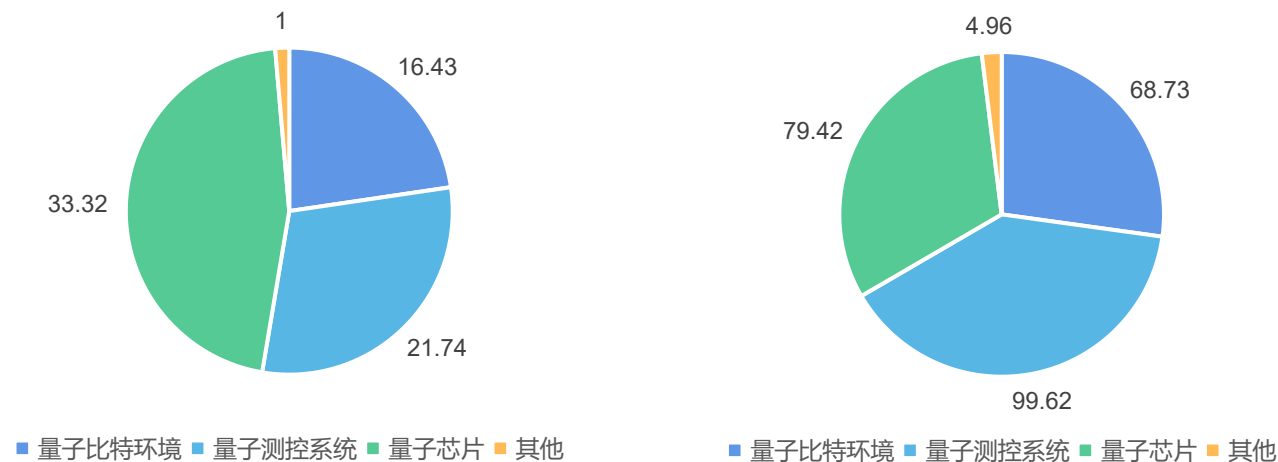
3.1 QPU、稀释制冷机及测控系统为量子计算核心设备

- ◆ **超导量子计算机工作流程**：用户通过经典计算机设计量子指令并提交任务，指令经云端后发送至**量子测控系统**；系统将指令转换为特定频率/相位/持续时间的控制微波脉冲，通过同轴电缆传入**稀释制冷机（即量子比特环境）**，最终传入**QPU**。控制脉冲操控**QPU**上的量子比特执行任务后，反射脉冲经**稀释制冷机**传回**测控系统**，最终由经典计算机解码为0/1结果并通过云端返回用户。
- ◆ **QPU、稀释制冷机及测控系统为量子计算核心设备**。根据光子盒公众号预测，量子芯片2030年全球规模预计达333.2亿美元，占比45.96%，其次分别为量子测控系统（217.4亿美元，29.99%）和量子比特环境（164.3亿美元，22.67%）；到2035年，由于系统控制与集成愈发复杂，量子测控系统以996.2亿美元的规模跃居首位，占比提升至39.42%，成为价值最高的环节，量子比特环境需求则大幅增长至687.3亿美元，占比27.20%，而量子芯片规模虽增长至794.2亿美元，但占比降至31.42%。

图：超导量子计算机运行流程图



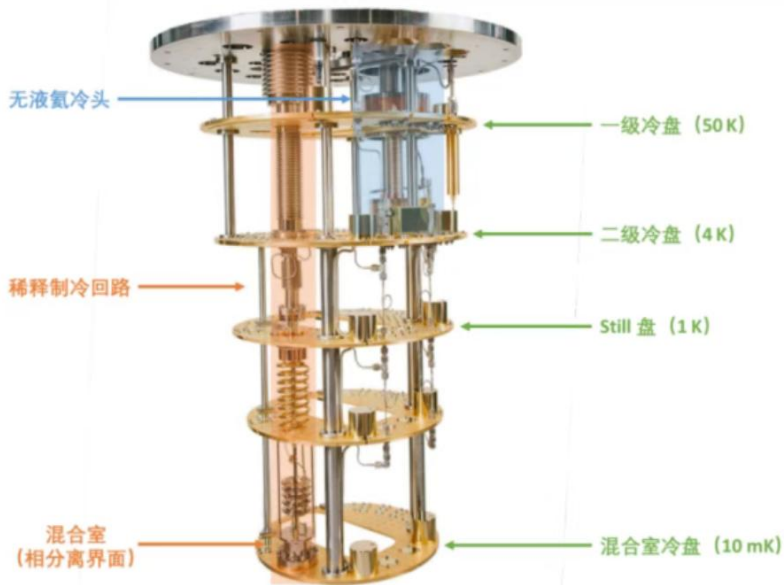
图：2030(左)/2035（右）全球量子计算上游市场规模（单位：十亿美元）



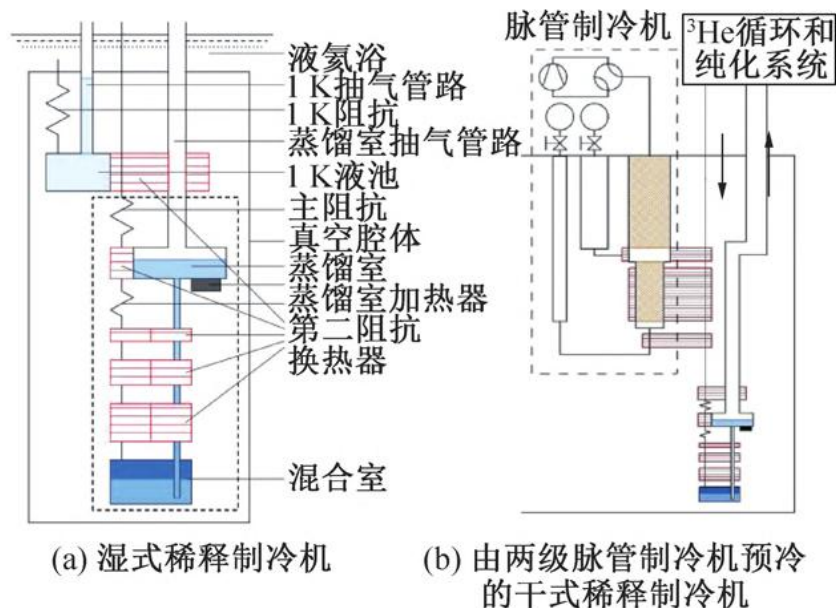
3.2 稀释制冷机用于保护量子比特

- ◆ **稀释制冷机用于保护量子比特的脆弱量子态。**由于量子比特利用了量子态的叠加和纠缠等特性，导致其对环境中的噪声极其敏感，哪怕是微小的热扰动，都可能导致量子态坍塌，最终破坏计算结果。因此为了保护量子比特的脆弱量子态，量子计算全过程需要在一个极致纯净、极致低温的环境中进行，稀释制冷机能将环境温度降低到10毫开尔文（mK）甚至更低，使得原子的振动几乎停止，保证量子比特进行复杂运算。

图：稀释制冷机结构示意图



图：稀释制冷机结构示意图



3.3 市场规模：受量子计算快速拉动，2030年稀释制冷机全球市场规模预计可达百亿美元

- ◆ **10mK稀释制冷机2024年全球出货3.54亿美元，预计未来受量子计算快速拉动。**根据《 2025全球量子计算产业发展展望 》光子盒研究院，按实际出货量标准，2024年10mK级稀释制冷机的全球市场规模为3.54亿美元。伴随量子计算快速增长，稀释制冷机需求收到快速拉动。**我们预计2030年全球/中国稀释制冷机市场空间可达194/54亿美元**，核心假设如下：
- 量子计算全球市场空间：根据光子盒公众号，2024年全球量子计算市场空间50.4亿美元，根据iCV TA&K预测，2027/2030年量子计算全球市场空间105/2155亿美元。
 - 中国量子计算市场占全球比重：根据光子盒公众号，2024/2030年中国量子计算市场占全球比重为25.30%/27.59%，我们假设2027年中国量子计算市场占全球比重为26.45%；
 - 硬件占比：根据中研网，2025年中国量子计算硬件市场规模占比为45%，我们认为随下游市场逐渐打开后，硬件占比逐渐减少，我们假设2024/2027/2030硬件占比为45%,35%,30%；
 - 稀释制冷机占比：根据中研网，稀释制冷机及QPU占硬件比重为60%，我们2024/2027/2030假设稀释制冷机占硬件成本比重为30%/30%/30%。

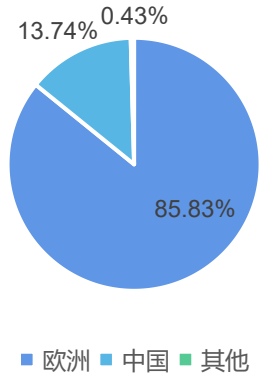
表：稀释制冷机市场空间测算

	2024	2027E	2030E
量子计算全球市场空间（十亿美元）	5.04	10.5	215.5
中国量子计算市场占全球比重	25.30%	26.45%	27.59%
中国量子计算市场空间(十亿美元）	1.28	2.78	59.46
硬件占比	45%	35%	30%
稀释制冷机占比	30%	30%	30%
全球量子计算硬件市场空间（十亿美元）	2.27	3.68	64.65
中国量子计算硬件市场空间（十亿美元）	0.57	0.97	17.84
全球稀释制冷机市场空间（十亿美元）	0.68	1.10	19.40
中国稀释制冷机市场空间（十亿美元）	0.17	0.29	5.35

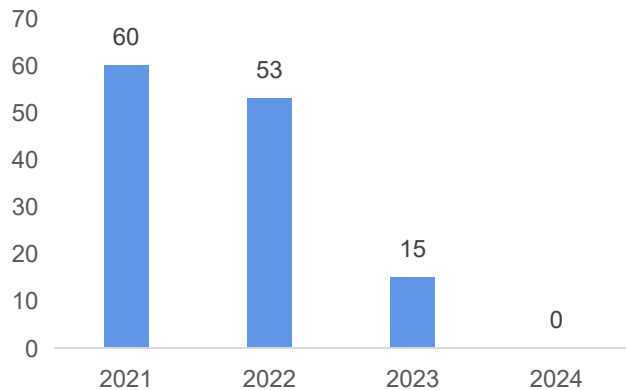
3.4 竞争格局：欧资厂商份额近9成，国内企业已实现国产替代

- ◆ **欧资厂商占据市场绝大多数份额。**芬兰Bluefors、英国Oxford Instruments、荷兰Leiden Cryogenics等欧资厂商由于成立时间较早，技术积淀深厚，产品丰富成熟，占据稀释制冷机主要市场份额。根据iCV，2024年欧洲企业合计占据稀释制冷机市场的85.83%，**国内企业仅占据全球13.74%的市场份额。**
- ◆ **我国稀释制冷机已实现国产替代，最低温度指标比肩海外龙头。**自2022年，欧美陆续发布涉及量子计算的出口管制后，我国稀释制冷机进口数量从2021/2022年的60/53台下降至2024年的0台。后续经科研院所及企业共同努力下，我国于2024年实现了稀释制冷机的国产化替代。具体参数方面，**国产设备在最低温度方面已经比肩海外龙头，但在制冷功率方面仍存在差距。**

图：2024年全球稀释制冷机竞争格局



图：2021-2024我国稀释制冷机进口数量（台）



表：国内外稀释制冷机关键参数对比

公司/院校	稀释制冷机型号	最低温度/mK	制冷功率
Bluefors	BF-LD250	10	250 μ W @ 100 mK, 10 μ W @ 20 mK
	BF-XLD400	10	400 μ W @ 100 mK, 15 μ W @ 20 mK
	BF-XLD1000	10	1000 μ W @ 100 mK, 30 μ W @ 20 mK
	KIDE	10	3 mW @ 100 mK (3个模块)
Oxford	Proteox MX	10	450 μ W @ 100 mK, 12 μ W @ 20 mK
	Proteox LX	7	850 μ W @ 100 mK, 25 μ W @ 20 mK
	Proteox 5 mK	5	850 μ W @ 100 mK, 25 μ W @ 20 mK
Janis	JDry-500	10	400 μ W @ 100 mK
	JDry-750	9	400 μ W @ 100 mK, 14 μ W @ 20 mK
Cryoconcept	HEXA-DRY L	10	450 μ W @ 100 mK
中国科学院物理研究所	/	< 7.6	> 450 μ W @ 100 mK
中国科学院理化技术研究所	/	~ 15	> 400 μ W @ 100 mK
中国电子科技集团公司第十六研究所	/	7.9	> 450 μ W @ 100 mK
安徽大学/合肥知冷低温科技有限公司	/	8.5	550 μ W @ 100 mK
中船鹏力超低温	/	12	> 450 μ W @ 100 mK
本源量子	/	< 10	> 450 μ W @ 100 mK
北京飞斯科科技有限公司	/	< 10	> 300 μ W @ 100 mK
集烱科学仪器有限公司	/	6.8	> 400 μ W @ 100 mK

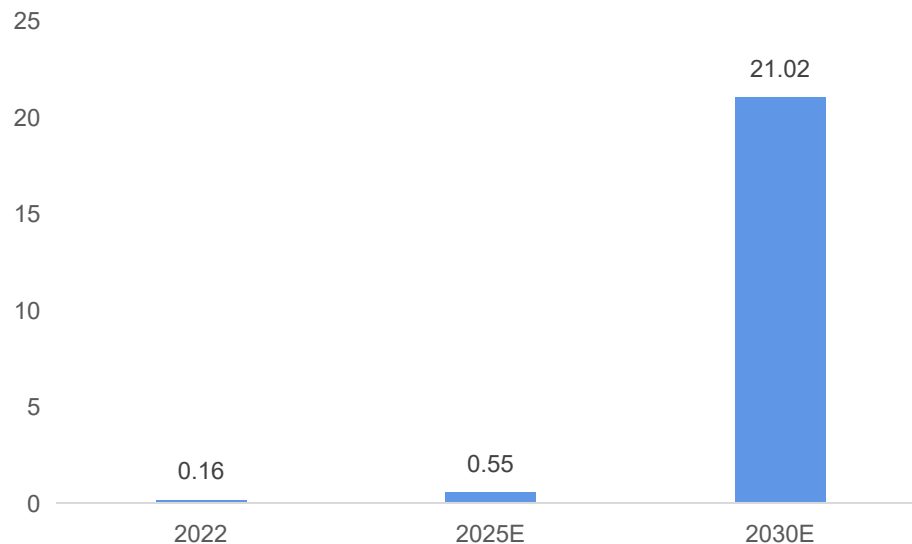
3.5 市场规模：受量子计算快速拉动，2030年测控系统全球市场空间预计可达百亿美元

- ◆ **测控系统负责生成、传输和接收控制量子比特的微波信号，同时还要读取量子比特的最终状态。**测控系统整个工作流程可分为控制和测量两个部分：
1) 控制：首先在超导量子电路中，通过传输信号作用于量子态，信号施加给LC谐振器，来完成对量子比特的各种操作；2) 测量脉冲信号输入至量子系统后，通过观测有多少信号通过了传输线状的谐振器来测量量子态，最后测传出的信号以完成测量工作。
- ◆ **美德主导市场份额，2030年市场份额有望超200亿美元：**全球主要供应商有罗德施瓦茨(德国，收购瑞士苏黎世仪器)、是德科技(美国)、Qblox(荷兰)、中微达信(中国)、本源量子(中国)及国盾量子(中国)等。其中以罗德施瓦茨以及是德科技占据全球测控系统的绝大部分市场份额。根据光子盒公众号、iCV Tank预测，**预计到2025/2030年，量子计算测控系统全球市场总规模将达到5.45/210.2亿美元。**

图：超导量子计算测控系统



图：2022-2030E量子计算测控系统全球市场空间（单位：十亿美元）

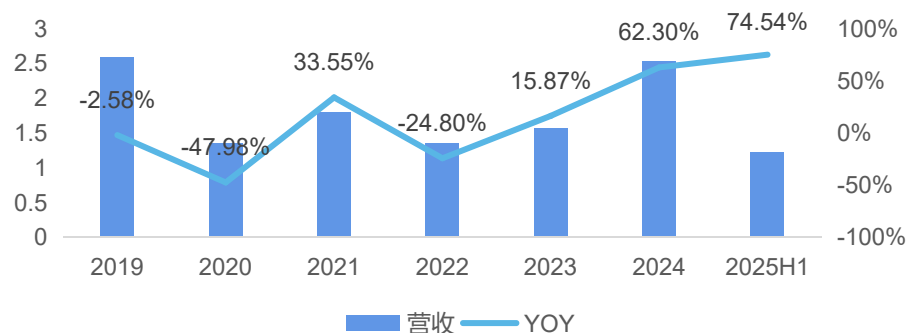


4、相关标的

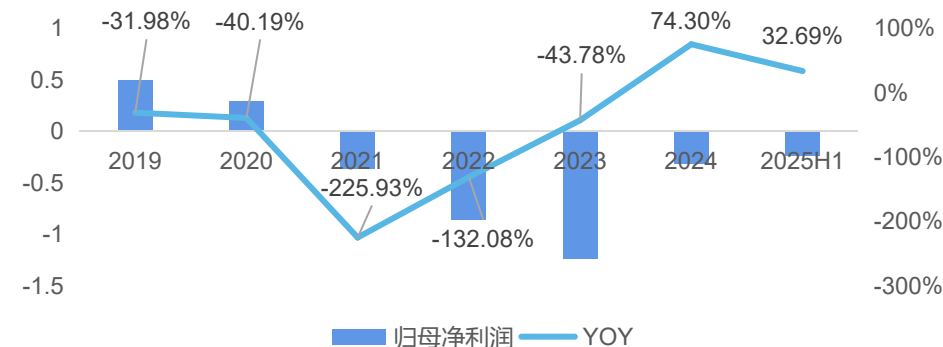
4.1 国盾量子：布局多环节，深度绑定“祖冲之三号”

- ◆ **经营指标回升，前瞻指标向好。**公司主要从事量子通信、量子计算、量子精密测量产品的研发、生产和销售，并提供相关的技术服务。2025H1，公司实现营收1.21亿元，YOY+74.54%，实现归母净利润-0.24亿元，同比减亏。前瞻指标方面，公司2025H1期末存货2.6亿元，合同负债0.69亿元，较2024年底实现上升。
- ◆ **公司布局超导量子计算多环节，深度绑定“祖冲之三号”。**公司量子计算产品主要包括超导量子计算机整机以及操控系统、稀释制冷机等核心组件。公司是“祖冲之三号”项目唯一企业参与主体，向“祖冲之三号”提供包括测控系统和稀释制冷机在内的超导量子计算机核心组件，充分展现技术水平。
- ◆ **风险提示：**宏观经济环境变动风险、经营业绩波动风险、技术开发及核心技术人员流失风险

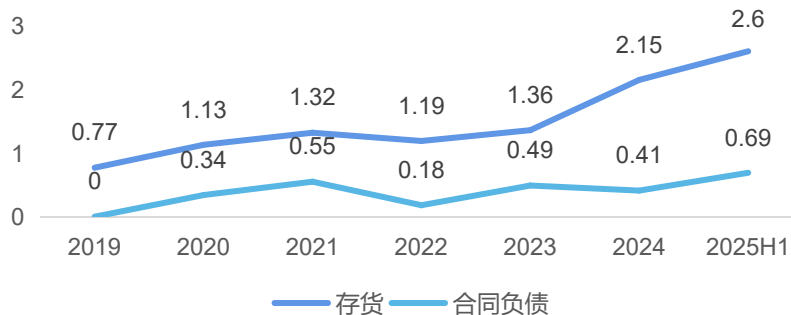
图：2019-2025H1公司营收变化情况（单位：亿元，%）



图：2019-2025H1公司归母净利润变化情况（单位：亿元，%）



图：2019-2025H1公司存货/合同负债变化情况（单位：亿元）



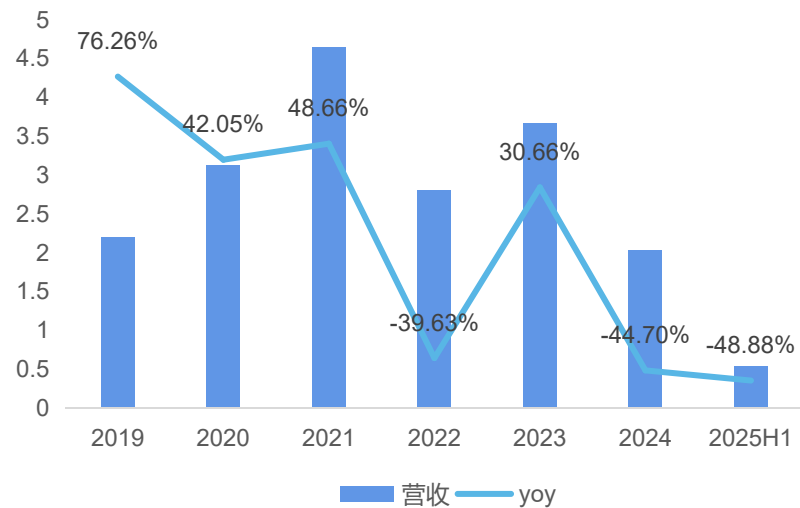
图：公司量子计算产品



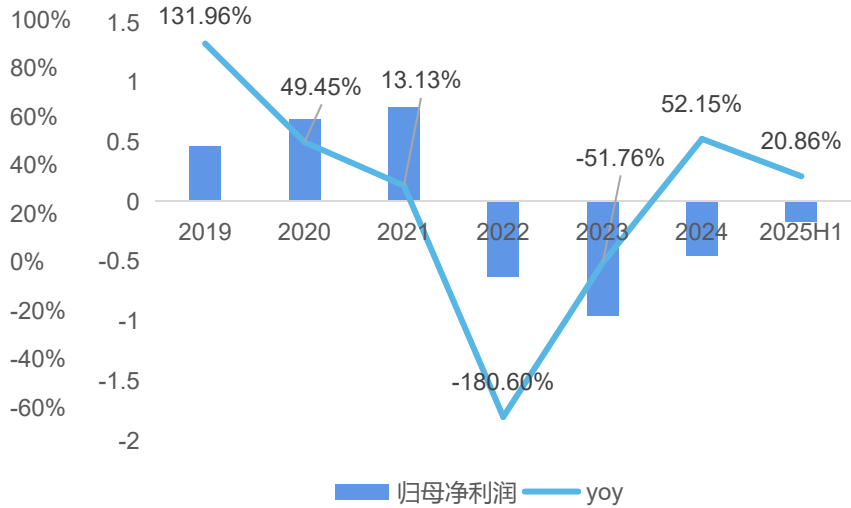
4.2 禾信仪器：拟收购量羲技术，后者稀释制冷机2024年国内市占率第一

- ◆ 公司主营业务是质谱仪及相关技术的研发、生产、销售。公司的主要产品是环保在线监测仪器、实验室分析仪器、医疗仪器、其他自制仪器、技术服务。2025H1 公司实现营收0.53亿元，同比-48.88%，实现归母净利润-0.17亿元，同比减亏。
- ◆ **拟收购量羲技术，获得优质量子计算基因。**公司拟以发行股份及支付现金方式收购量羲技术56.00%的股权，2025/9/27处于审核问询函的延期回复阶段。量羲技术专注于极低温极微弱信号测量调控设备的研发、生产与销售，公司产品可应用于超导量子计算等相关领域。根据观研天下公众号，2024年量羲技术占我国稀释制冷机份额第一（31%）。
- ◆ **风险提示：**业绩亏损风险、研发失败风险、产业化失败风险、并购不能如期完成的风险

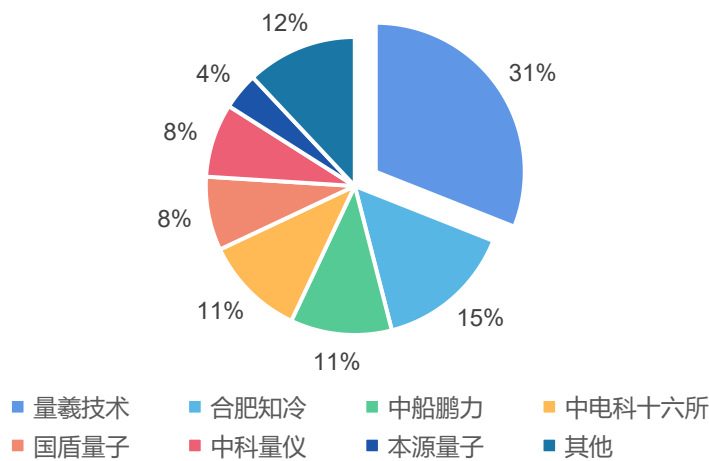
图：2019-2025H1公司营收变化情况（单位：亿元）



图：2019-2025H1公司归母净利润变化情况（单位：亿元）



图：2024 国内稀释制冷机市场份额



4.3 拟上市标的：本源量子& 国仪量子，技术起源专业院校

◆ **本源量子技术起源于中科院量子信息重点实验室。**公司核心产品包括第三代自主超导量子计算机“本源悟空”、量子计算云平台、量子计算机操作系统“本源司南”等。

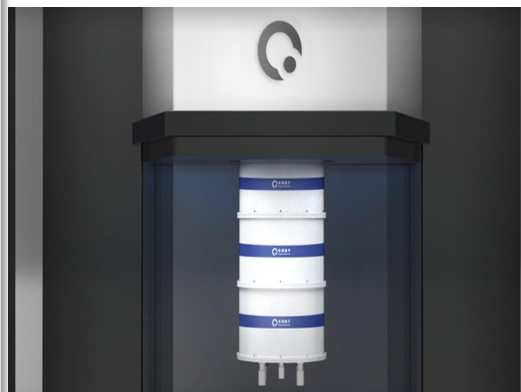
◆ **云服务全球访问量超3000万，测控、稀释制冷机两手抓。**根据创投日报，公司量子计算云服务全球访问量已超3000万，已完成全球163个国家和地区用户的69万个量子计算任务，并与国内500多家单位进行100多项量子计算应用合作，覆盖国防、金融、医药、电力、通信、航空等多个领域。硬件方面，公司2025M5推出可支持500+量子比特的中国第四代自主量子计算测控系统“本源天机4.0”；研发的SL400稀释制冷机于2025M7获得国际大额订单。

◆ **风险提示：**上市进度慢于预期的风险、公司全球化不及预期的风险

◆ **国仪量子技术起源于中科大，实现国内首台商业化交付的离子阱量子计算平台。**公司于2023年12月向国内某高校用户交付离子阱量子计算平台，为国内离子阱量子计算平台商业化交付首例。该平台在比特数目、单/双比特门保真度、相干时间、可稳定囚禁离子数目等多项核心技术指标达到国际一流水准。

◆ **风险提示：**上市进度慢于预期的风险、离子阱无法大规模拓展的风险

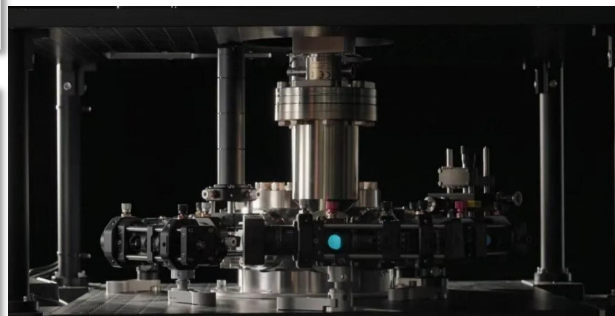
图：本源量子”本源悟空 “ - 中国第三代超导量子计算机



图：本源量子稀释制冷机

图：本源量子测控系统

图：国仪量子离子阱计算平台



图：国仪量子离子阱计算平台



5、行业评级与风险提示

- ◆ 行业评级：量子计算产业化加速，路径方面重点看“可拓展性”及“保真性”两大指标，硬件端重点关注稀释制冷机/测控系统两大硬件，二者2030/2035年预计占量子计算硬件价值量的52.66%/66.51%。首次覆盖，我们给予量子计算硬件行业“推荐”评级。
- ◆ 风险提示：
 - ◆ 1) 量子计算进展不及预期：目前量子计算技术尚不成熟，仍无任何一种路线能够完全满足实用化条件要求，处于工程实验验证和原型样机研发的技术攻坚期，商业化时间存在较大不确定性。
 - ◆ 2) 量子计算路线发生变化：量子信息技术是近年来发展较快的新兴技术，国内外多条技术路线并行发展，存在新技术路线代替原有技术路线，最终导致有关设备需求下降的风险。
 - ◆ 3) 量子计算关键设备发生变化：目前量子计算技术尚不成熟，可能存在新的设备取代原有设备，最终导致现有关键设备需求下降的风险。
 - ◆ 4) 测算结果与产业实际发展不匹配的风险：本报告所载的量子硬件市场预测数据，是我们根据截至发布日的行业信息所作的前瞻性研判，鉴于技术迭代与市场环境的快速变化，相关预测存在不确定性，仅供参考。
 - ◆ 5) 研究报告使用的公开资料可能存在信息滞后或更新不及时的风险：研究报告中公司及行业信息均使用公开资料进行整理归纳分析，相关数据存在更新滞后的风险。

机械小组介绍

张钰莹，机械行业首席分析师，致力于前瞻研究及深度研究，擅长自上而下与自下而上相结合挖掘机械板块投资机会。

分析师承诺

张钰莹，本报告中的分析师均具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立，客观的出具本报告。本报告清晰准确的反映了分析师本人的研究观点。分析师本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收取到任何形式的补偿。

国海证券投资评级标准

行业投资评级

推荐：行业基本面向好，行业指数领先沪深300指数；
中性：行业基本面稳定，行业指数跟随沪深300指数；
回避：行业基本面向淡，行业指数落后沪深300指数。

股票投资评级

买入：相对沪深300 指数涨幅20%以上；
增持：相对沪深300 指数涨幅介于10%～20%之间；
中性：相对沪深300 指数涨幅介于-10%～10%之间；
卖出：相对沪深300 指数跌幅10%以上。

免责声明

本报告的风险等级定级为R3，仅供符合国海证券股份有限公司（简称“本公司”）投资者适当性管理要求的客户（简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。客户及/或投资者应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。

本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于公开资料及合法获得的相关内部外部报告资料，本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，也不保证其中的信息已做最新变更，也不保证相关的建议不会发生任何变更。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。报告中的内容和意见仅供参考，在任何情况下，本报告中所表达的意见并不构成对所述证券买卖的出价和征价。本公司及其本公司员工对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。

风险提示

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向本公司或其他专业人士咨询并谨慎决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议。

任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

郑重声明

本报告版权归国海证券所有。未经本公司的明确书面特别授权或协议约定，除法律规定的情况外，任何人不得对本报告的任何内容进行发布、复制、编辑、改编、转载、播放、展示或以其他方式非法使用本报告的部分或者全部内容，否则均构成对本公司版权的侵害，本公司有权依法追究其法律责任。

国海证券 · 研究所 · 机械研究团队

心怀家国，洞悉四海



国海研究上海

上海市黄浦区绿地外滩中心C1栋
国海证券大厦

邮编：200023

电话：021-61981300

国海研究深圳

深圳市福田区竹子林四路光大银
行大厦28F

邮编：518041

电话：0755-83706353

国海研究北京

北京市海淀区西直门外大街168
号腾达大厦25F

邮编：100044

电话：010-88576597