

2025

行业研究系列报告

量子信息行业研究

中美引领下一场信息革命，全球研发应用加速



2025年6月

深企投产业研究院

关于深企投产业研究院

深企投产业研究院是深企投集团旗下的高端智库，聚焦产业发展，服务区域经济，致力于为各地提供产业发展落地方案。研究院总部位于深圳，服务区域覆盖全国主要省市。研究院集聚一批经济研究和产业研究专家，以 985 院校研究生为主体，链接高校专家学者，为全国各地政府及机构提供智力支持。

基于自身的研究和咨询能力，同时借助集团的服务网络，深企投产业研究院为政府机构、国有平台、产业园区、金融机构等客户类型提供有针对性的服务。

——政府机构客户。研究院重点提供五类服务：一是五年规划，包含发改系统的国民经济和社会发展规划，工信、商务、投促、文旅等政府部门的专项五年规划；二是产业规划，包含地区、片区的产业定位和产业发展专项规划；三是招商专题研究，包括产业链招商策略、招商规划、招商专案、招商图谱等；四是项目策划，发掘和策划包装契合区域禀赋、产业趋势和投资方向的项目，助力宣传推介和精准招商对接，或策划申报超长期国债等地方重点投资项目；五是项目评估，涵盖地方重点投资项目的风险评估、招商引资项目背景调查、产业基金拟投资项目尽职调查等。

——国有平台客户。针对新时期全国各地国有城投、产投公司向国有资本投资运营转型发展的需要，聚焦国有平台投资布局的新质生产力和重点产业赛道，研究院提供产业情报、产业发展规划、企业投资标的尽职调查等服务。

——产业园区客户。为国有园区、工业地产客户提供园区产业规划定位、产品定价策略、产品设计方案、招商运营服务方案、渠道和品牌推广策略、产业培训等服务。

——金融机构客户。为机构投资者提供产业细分领域深度研究、投资分析、标的尽职调查等服务，减少投资过程中的信息不对称，提高投资决策准确率。

自 2020 年至今，深企投产业研究院团队已完成咨询服务项目近百个，完成研究报告数百份，服务的地区包括广东、江苏、浙江、福建、广西、云南、贵州、湖北、四川、陕西、宁夏等多个省市。

在产业研究领域，深企投产业研究院在新质生产力、战略性新兴产业、未来产业研究上具有深厚积累，每年发布原创深度报告近百份。有关低空经济、商业航天、卫星互联网、新型储能、人形机器人、生物制造、脑机接口、全球供应链等报告已获得广泛传播。

目 录

一、量子信息行业概况	1
(一) 量子信息定义及领域.....	1
(二) 量子信息基本原理.....	2
(三) 市场规模.....	6
(四) 全球企业分布.....	7
(五) 各领域发展阶段.....	10
二、量子计算行业现状	11
(一) 市场规模.....	11
(二) 技术路线进展.....	12
(三) 产业链构成.....	17
(四) 市场格局.....	19
三、量子通信行业现状	28
(一) 市场规模.....	28
(二) 技术路线进展.....	29
(三) 产业链构成.....	31
(四) 市场格局.....	32
四、量子精密测量行业现状	35
(一) 市场规模.....	35
(二) 技术路线进展.....	35
(三) 产业链构成.....	36
(四) 市场格局.....	37

图、表目录

图 1 经典计算 vs 量子计算	3
图 2 量子通信保证通信安全	4
图 3 量子测量的基本步骤	6
图 4 全球量子信息产业规模（亿美元）	7
图 5 量子信息企业数量按国家分布情况	7
图 6 全球量子计算产业规模（亿美元）	12
图 7 中国量子计算产业规模（亿美元）	12
图 8 2023 全球各主要科技国整机硬件企业各技术路线分布情况 .	17
图 9 量子计算产业链	18
图 10 量子计算系统	19
图 11 全球量子通信产业规模（亿美元）	29
图 12 量子通信产业链	32
图 13 2024-2035 年全球量子精密测量产业规模预测（亿美元） ..	35
图 14 量子测量产业链	37
表 1 量子信息领域概况	1
表 2 中国量子信息行业代表企业	8
表 3 量子计算主要技术路线	16
表 4 量子计算产业链重点企业	19
表 5 全球领先量子计算机信息	24
表 6 全球主要量子云平台	26

表 7 量子通信产业链重点企业	32
表 8 当前量子精密测量主要技术路径进展	36
表 9 量子测量产业链重点企业	37
表 10 中国量子测量设备代表性企业及产品	38

量子信息作为引领新一轮科技革命和产业变革的战略性前沿技术，正推动计算、通信、传感等领域实现革命性突破，是培育未来产业、构建新质生产力、推动高质量发展的重要方向之一。近年来全球主要国家在政策规划布局和资金投入力度不断加大，产业发展呈迅猛之势，有望在 2035 年达到近万亿美元的规模。

一、量子信息行业概况

（一）量子信息定义及领域

量子信息科学是量子力学与信息科学的交叉学科，核心是通过量子态（如叠加、纠缠）实现信息处理。量子信息就是用微观粒子的状态表示的信息，是以量子力学基本原理为基础，通过量子体系的各种相干方式，进行计算、编码和信息传输。量子信息是突破经典计算机芯片尺度极限的新途径，具有计算能力、通信安全性和测量精度上的巨大优势。量子信息的范畴主要包括量子计算、量子通信和量子测量三大领域。量子计算利用量子比特的叠加和纠缠特性，实现指数级的计算加速；量子通信基于量子纠缠和不可克隆定理，提供无条件安全的通信方式；量子测量则利用量子态的高灵敏度，实现超高精度的物理量测量。

表 1 量子信息领域概况

领域	概念释义	功能特点	应用场景	典型研发产品
量子计算	遵循量子力学规律来调控量子信息单元进行计算的新型	能够实现 0 和 1 同时存在的计算状态叠加，具有远超传统计算的强大	在生物制药、材料研发、分子化学、资源勘探等领域，通过量子处理器来模拟量子系统运行状	D-Wave 量子退火机、“悬铃木”量子计算机、光量子计算原型机“九章”与“九章二

领域	概念释义	功能特点	应用场景	典型研发产品
	计算模式	并行计算和模拟能力	态；在人工智能、量化金融、密码解析、交通优化等大规模计算领域，加速机器学习和大数据处理能力等	号”、超导量子计算原型机“祖冲之”与“祖冲之二号”
量子通信	利用量子力学原理,通过移动量子态来实现信号、信息和量子态的转移和传输	利用量子叠加态或量子纠缠效应等进行信息的编码或密钥的安全传输,具有安全性高、传输距离远、通信容量大的优点	主要是量子密钥分发和量子隐形传态技术的应用,提供军事国防、国家政务、金融交易互联网云服务,电力系统等领域的信息安全保障服务	美国量子通信网络、欧盟光纤-QT 实验网络、东京高速量子通信网络、中国科学实验卫星“墨子号”、微纳量子卫星“济南一号”、保密通信骨干线路“京沪干线”
量子测量	基于量子体系关联、压缩、高阶关联等特性,实现对量子态的操控和测量	量子测量的精度更高、探测距离更远、测量设备体积更小、测量手段和维度更丰富	集中于量子时频同步、量子重力测量、量子磁场测量、量子定位导航、量子目标识别等五大领域,覆盖军事国防、航空航天、生物医药、能源勘探、交通运输、灾害预警等行业	时钟源、原子干涉磁力仪、量子干涉器件磁力计、原子干涉加速度计、原子干涉陀螺仪、原子干涉重力仪、原子干涉重力梯度仪、量子雷达

资料来源：世界科技研究与发展，深企投产业研究院整理。

（二）量子信息基本原理

1、量子计算

量子计算是一种并行计算（同时求解各种问题），因此在特定任务（如大数分解、组合优化）上可实现指数级加速。量子计算之所以能够在某些问题上并行处理，本质上是利用了量子态独有的叠加、纠缠特性，信息处理模式有所不同。经典计算使用二进制的数字电子方式进行运算，而二进制总是处于 0 或 1 的确定状态。普通计算机中的 2 位寄存器在某一时间仅能存储 4 个二进制数（00、01、10、11）中的一个，而量子计算机中的 2 位量子位比特寄存器可同时存储这四种

状态的叠加态。推广到 n 位存储器的情况，理论上， n 位量子寄存器与 n 位经典寄存器分别能够存 2^n 个状态和 1 个数。

多个量子比特通过纠缠形成的叠加态，使量子计算机可以同时探索海量可能性，这是量子计算更快处理特定任务的关键。比如研发新药时，要模拟药物和靶点蛋白的相互作用，涉及成千上万个原子。传统超级计算机要模拟化学反应时，需逐个验证原子排列组合，像在迷宫里一条路一条路地试，做几十亿次计算；量子计算机能利用量子叠加态，类似于一次性“派分身探索所有岔路”，同时模拟所有可能的分子结构，再通过特定算法（如 VQE）让有效结构的“信号”越来越强，最终快速锁定有效化学结构，大幅节省时间和算力。

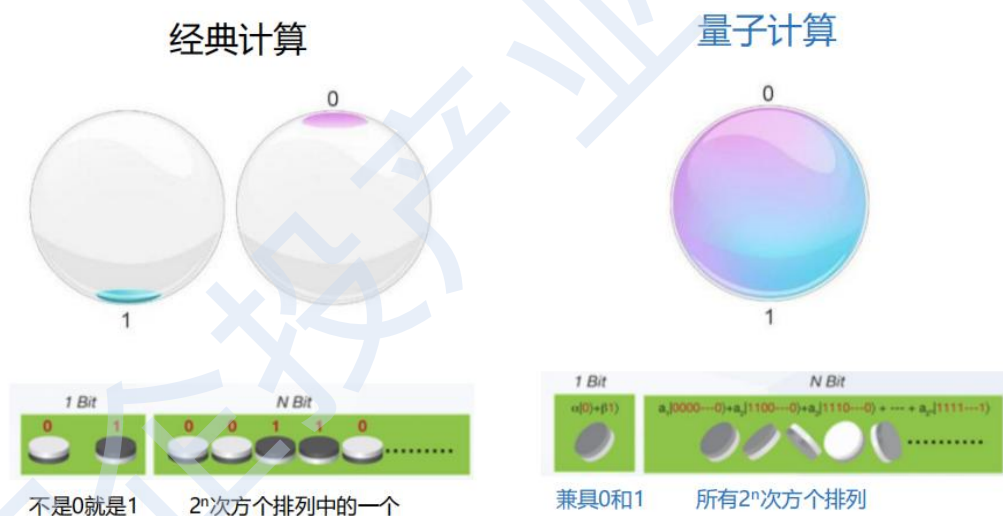


图 1 经典计算 vs 量子计算

资料来源：科普中国。

2、量子通信

量子通信原理主要为密钥分配、隐形传态、量子纠缠和量子不可克隆定理四部分。在微观世界中，一对纠缠粒子中的一方状态变化会

瞬时影响另一方。量子通信中，发送方将纠缠粒子对分开传输，接收方通过测量本地粒子状态，间接获取粒子携带的关联信息（如密钥），而非直接读取信息内容。接收方需与发送方共享纠缠粒子对，并配合经典信道传递的测量结果，才能还原量子态或生成密钥。由于无法对未知量子态进行精确复制，任何窃听均会瞬间扰动、破坏粒子的原始状态，让通信双方立刻发现异常，从而确保通信安全性。

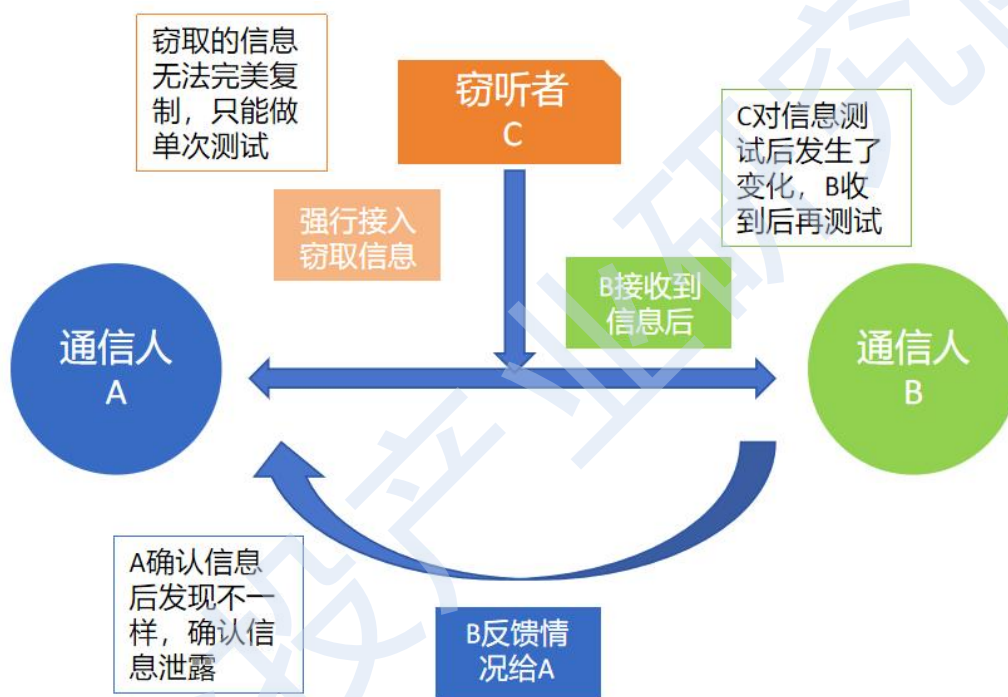


图 2 量子通信保证通信安全

资料来源：ofweek，中航证券研究所。

3、量子测量

量子测量技术利用特定的量子体系（如原子、离子、光子等）与待测物理量（如磁场、重力场等）相互作用，诱导量子态演化，通过对体系最终量子态的读取及数据后处理过程实现对物理量的超高精度探测。

用通俗的语言来说，量子测量好比是让粒子（原子、离子、光子等）充当感应探针（传感器），这些粒子的量子态对环境扰动极为敏感；测量前需将粒子制备到特定初始态（如基态或叠加态），相当于设定统一状态（初始化）；让粒子接触待测量目标环境（如磁场、重力场），粒子与环境相互作用时，其状态（量子态）会随着目标变化而发生确定性演化，这一过程就编码了被待测量物理量的信息；对于粒子最终的状态变化，通过算法（如傅里叶变换、机器学习）提取有效信息，同时抑制噪声（即环境干扰）并提高精度，就能精确测量出目标物理量的数值。

量子测量基本可以分为量子态初始化、量子体系在待测物理场中演化、量子态读取、结果处理转化等关键步骤。利用量子精密测量方法，可在时间、频率、加速度、电磁场等物理量上突破经典测量极限，应用于导航、医学检测、资源勘探、地质灾害监测及引力波探测等领域。

量子测量可实现超高精度的测量。比如原子钟的精度达到 37 亿年误差 1 秒；无液氦心磁图仪通过 64 通道量子磁探测器，可检测心脏跳动产生的微弱磁场（强度仅为地球磁场的十亿分之一），实现毫米级空间分辨率的心脏磁场成像，助力心血管疾病早期诊断；量子重力仪可测量相当于地球表面重力加速度十亿分之一的重力场变化，从而运用于矿产资源勘探；量子陀螺仪的角速度测量精度比传统陀螺仪高 1000 倍以上，可以为航天器、潜艇提供无卫星信号依赖的高精度惯性导航。

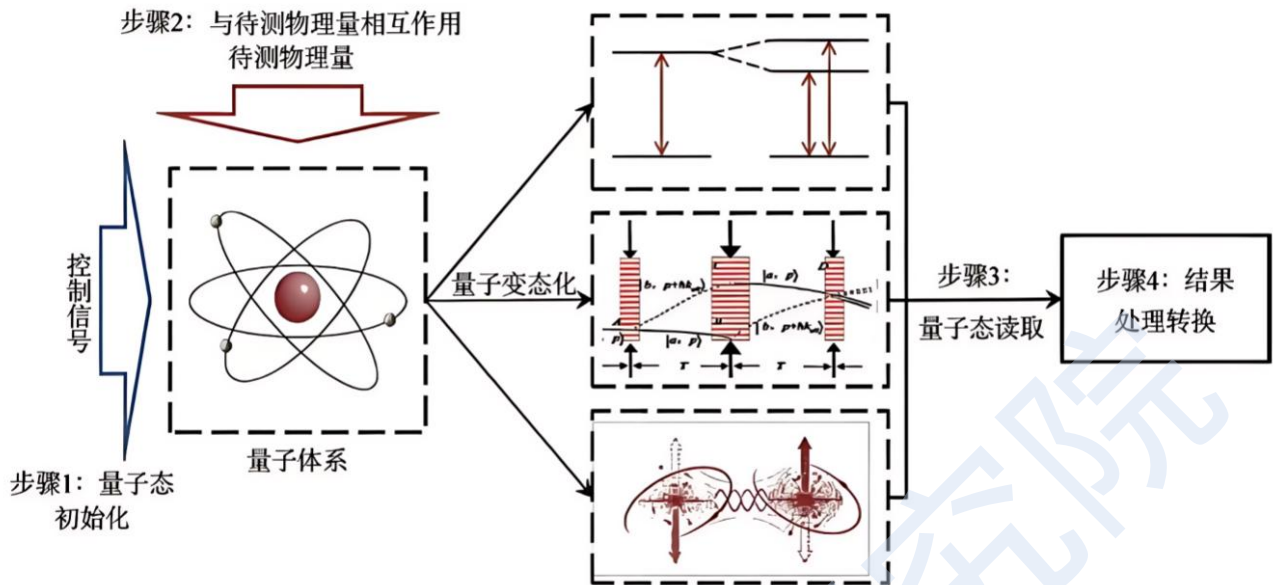


图3 量子测量的基本步骤

资料来源：信息通信技术与政策。

(三) 市场规模

全球量子信息产业发展呈迅猛之势。根据国际前沿科技咨询机构ICV以及光子盒研究院提供的数据显示，2024年，全球量子信息产业整体规模达到了80亿美元，预计2024至2030年的年复合增速（CAGR）将达到76.27%，到2035年量子总产业规模有望达到9089.1亿美元。中国方面，2024年量子信息产业规模为18.4亿美元，占全球比重为24.03%，预计2035年提升至2600.8亿美元，总量将超过欧洲。

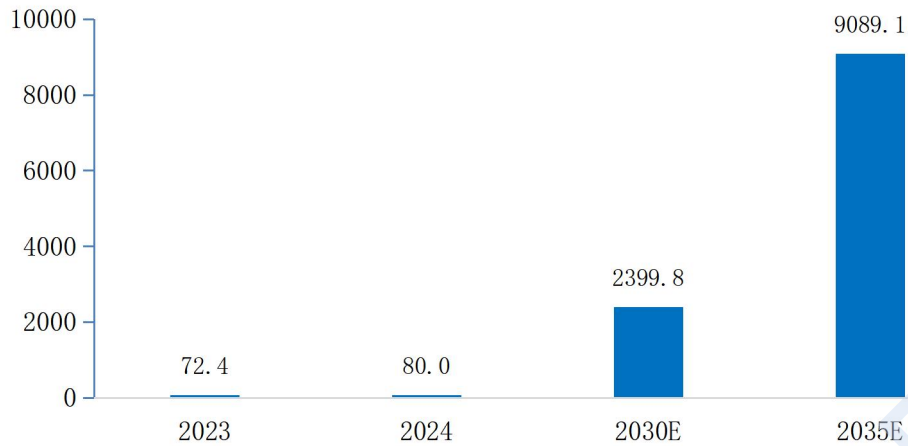


图 4 全球量子信息产业规模（亿美元）

资料来源：ICV TA&K，光子盒研究院。

（四）全球企业分布

企业数量方面，美国和中国走在前面。根据中国信通院数据，截至 2024 年 10 月，全球量子信息领域相关企业 626 家，量子计算企业数量超 331 家，占比超过一半，量子通信和量子精密测量企业数量相近，均超百家。全球接近一半的量子信息企业分布在美国和中国，分别为 176 家和 107 家，占比分别为 28.1%和 17.1%，如下图所示。

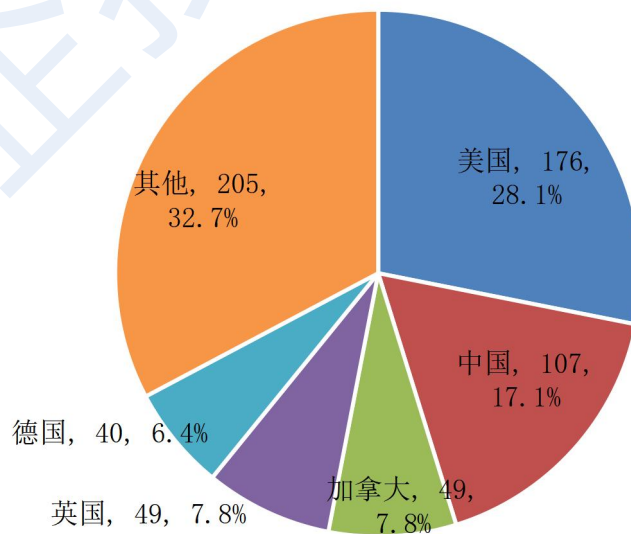


图 5 量子信息企业数量按国家分布情况

资料来源：中国信通院。统计截至 2024 年 10 月。

我国量子信息领域代表性企业如下表所示。

表 2 中国量子信息行业代表企业

企业名称	成立时间	行业领域	核心技术/产品	企业概况
中电信量子集团	2023 年	量子计算、量子通信	“天衍”量子计算云平台、“天衍-504”超导量子计算机、合肥量子城域网	中国电信全资设立的子公司，入选国务院国资委首批启航企业，2024 年出资 19 亿元控股国盾量子
国盾量子	2009 年	量子计算、量子精密测量、量子通信	超导量子计算机“祖冲之”系列、稀释制冷机 ez-Q Fridge、量子精密测量产品	中国量子信息产业化的开拓者、实践者和引领者，同时开展量子计算、量子模拟和量子通信多项业务，已上市，2024 年营收 2.53 亿
本源量子	2017 年	量子计算	72 位超导量子计算机“本源悟空”、量子芯片设计软件 Q-EDA、半导体量子芯片	国内量子计算龙头企业，累计完成 5 轮融资，2022 年获近 10 亿元 B 轮融资
量旋科技	2018 年	量子计算	产业级超导量子计算机、教育级核磁量子计算机、量子计算云平台	累计完成 4 轮融资，2022 年获近亿元 Pre-B 轮融资
华翎量子	2022 年	量子计算	离子阱量子计算机 HYQ-A37/HYQ-B100	2024 年完成过亿元的 Pre-A 轮融资
么正量子	2022 年	量子计算	高通光离子阱量子计算工程机、四光子纠缠源系统	2023 年获近亿元天使投资
中科酷原	2020 年	量子计算、量子精密测量	中性原子量子计算机“汉原 1 号”、量子重力仪	在原子干涉法精密测量、中性原子量子计算等研究领域处于国际同类研究第一梯队，2022 年获数千万元 A 轮融资
启科量子	2019 年	量子计算、量子通信	离子阱量子计算机“天算 1 号”、量子-经典混合算力云平台 <Qu Cloud>	2021 年获 5000 万元天使轮融资
硅臻	2020 年	量子计算、量子通信	集成光量子芯片、32 模式光量子计算网络芯片	累计完成 5 轮融资，2025 年获数千万元 B 轮融资

企业名称	成立时间	行业领域	核心技术/产品	企业概况
国盛量子	2019年	量子精密测量	量子磁力仪、量子电流测量装置、量子无损检测装置	核心团队来自中科院量子信息重点实验室，拥有发明专利30余件
昆迈医疗	2019年	量子精密测量	无液氦量子脑磁图系统	2022年获数千万元Pre-A轮融资
科微量子	2024年	量子精密测量	里德堡原子频谱监测系统、微型原子钟	首批入驻北京市量子信息产业孵化器的企业，现有研发团队50%具有博士及以上学历
天奥电子	2004年	量子精密测量	铷钟、铯钟、CPT钟、原子磁强计	中国领先的时间频率企业，已上市
未磁科技	2020年	量子精密测量	128通道量子脑磁图仪	量子精密测量行业的独角兽企业，完成4轮融资，2024年获超亿元A+轮融资
微伽量子	2018年	量子精密测量	商用高精度绝对重力仪、大气多参数光量子雷达	率先实现商用高精度绝对重力仪的国产化
九州量子	2012年	量子通信	量子通信核心产品系列、量子通信终端应用产品系列、量子加密安全解决方案	量子通信“实用化”的标杆企业，已上市，2023年营收5278.20万元，2024年营收1375.06万元
问天量子	2009年	量子通信	量子随机数芯片、量子密码产品、“量子+”安防系统	依托中科院量子信息重点实验室，拥有多项行业级专利，是行业标准制订牵头单位
国科量子	2016年	量子通信	国家广域量子骨干网	2021年获逾15亿人民币股权融资
循态量子	2017年	量子通信	连续变量量子密钥分发（QKD）设备、信源密信（量子版）	中国连续变量量子保密通信技术的先驱企业
三未信安	2008年	量子通信	抗量子密码芯片、板卡、密码机、密钥管理系统	2022年获15.1亿元IPO融资
格尔软件	1998年	量子通信	抗量子密码安全认证网关、PKI身份治理解决方案	中国商用密码领域的骨干企业

资料来源：光子盒研究院，36氪等，深企投产业研究院整理。

（五）各领域发展阶段

量子计算目前处于基础攻关和实验阶段。目前，超导、光量子、离子阱、中性原子等主要技术路线仍未收敛，全球量子计算机都未达到实用化阶段，该领域尚处于科研突破、产业链发展和早期应用探索阶段。全球已有 30 余个国家开展了以量子计算为重点的量子信息领域规划布局，仅中美加 3 国少数量子计算研究团队在特定问题上实现了“量子计算优越性”，达到了量子计算发展的第一个里程碑阶段，并正向第二阶段迈进，但在实用复杂问题上都还没有展现“量子计算优越性”。

量子通信及相关信息安全领域是目前实用化进程最快的领域。得益于量子通信技术从实验室到市场的衍化，全球已超 30 个国家正在部署或已经实施量子通信基础设施建设，如中国、欧盟成员国、加拿大、英国、韩国、新加坡等，量子通信的基建工作与应用场景得到不同程度的拓展。以我国为例，在量子通信领域，我国从基础研究到产业应用都处于国际领先地位，国家量子保密通信骨干网络地面总里程已超 12000 公里，并成功实现四节点间 300 公里级量子直接通信网络，在大数据服务、政务信息保护、金融业务加密、电力安全保障、移动通信等领域形成示范应用和试商用项目。

量子精密测量正在加速走向规模化商用。量子精密测量涉及的方向和领域相对较多，具有应用场景丰富、产业化前景明确等优势，但不同物理量测量的发展成熟度也有差异。目前该领域初创企业及相关配套及应用企业已超百家，尤其是在时频、磁场和重力等领域技术相

对成熟，产业生态初具雏形。但要实现大规模商业化应用和产业化发展，还需提升技术成熟度，实现成本控制，拓展应用场景，增强用户和市场接受度。

二、量子计算行业现状

（一）市场规模

量子计算市场增长潜力巨大。根据 ICV TA&K 及光子盒研究院数据显示，2024 年全球量子计算产业规模为 50.4 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，而后进入通用容错量子计算（指能够执行任意量子算法，且在硬件存在噪声和错误的情况下仍能可靠运行的量子计算系统）前的一段过渡期，此期间内的增速相对平缓，并在 2035 年左右进入通用容错阶段，届时量子计算产业将再次实现飞跃，全球量子计算产业规模有望达到 8077.50 亿美元，2024-2035 年 CAGR 为 58.65%。2024 年中国量子计算产业规模约为 12.7 亿美元，占比约为 25.3%，2035 年有望提升至 2382.1 亿美元。

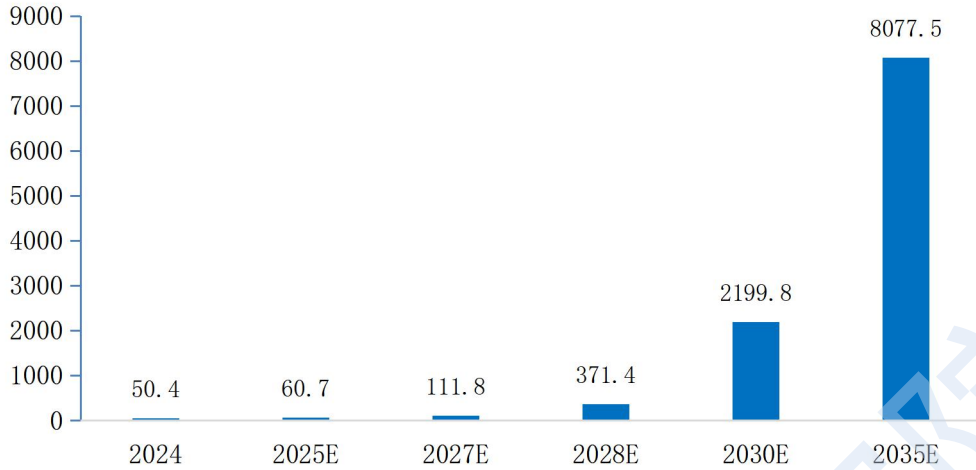


图 6 全球量子计算产业规模（亿美元）

资料来源：ICV TA&K，光子盒研究院。

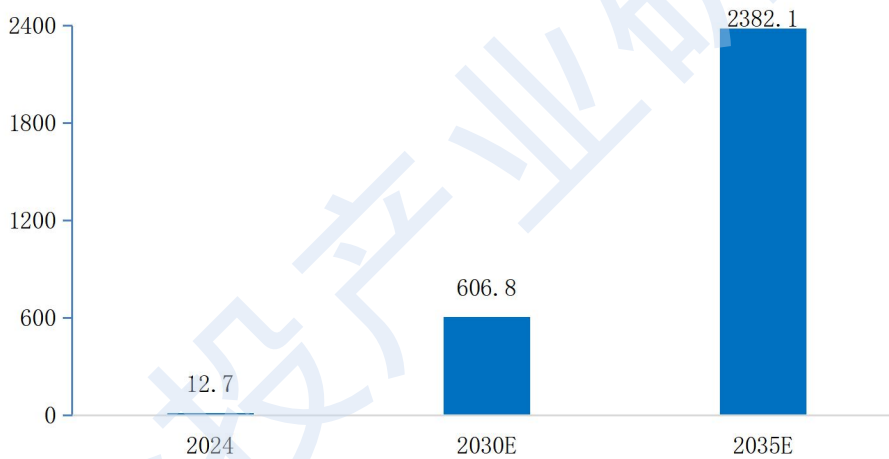


图 7 中国量子计算产业规模（亿美元）

资料来源：ICV TA&K，光子盒研究院。

（二）技术路线进展

量子计算硬件有多种技术路线并行发展，主要可分为两大类：一是以超导和硅基半导体等为代表的人造粒子路线，二是以离子、光量子和中性原子为代表的天然粒子路线。人造粒子路线可重用半导体集成电路制造工艺，在比特数量扩展方面具有一定优势，但在提升逻辑

门精度等指标方面受到基础材料和加工工艺等限制。天然粒子路线具有长相干时间和高逻辑门精度等优势，但在比特数量扩展等方面面临挑战。

当前主流硬件技术路线包括超导、中性原子和离子阱。近年来，各种技术路线不断取得突破，比特数和量子体积持续增长。考虑到系统可扩展性和操控精度等因素，超导、离子阱和中性原子仍是当前工程化程度最高的路线，光量子路线近年来加速突破。此外，半导体路线依赖 3D 集成技术解决扩展瓶颈；拓扑、分子、磁子等新兴路线已从实验室原理验证迈向原型机开发，其中磁子芯片的室温低能耗特性有望成为混合量子系统的核心组件。

超导路线是当前量子计算工程化标杆。超导量子计算是基于电子的量子特性，利用超导约瑟夫森结构造二能级系统，具有扩展性好、易操控和集成电路工艺兼容等优势，在比特数量扩展和产业化应用上持续领先。IBM 于 2023 年 12 月发布 1121 比特量子处理器 Condor，并推出首款模块化量子计算机 IBM Quantum System Two，通过低温测控优化实现量子比特错误率降至 10^{-3} 量级。2024 年末，谷歌公布了最新的超导量子计算芯片 Willow，在量子纠错领域实现了关键突破。中国科大“祖冲之三号”实现 105 个可读取比特和 182 个耦合比特的协同架构，在随机线路采样任务中计算速度比最强超算快 15 个数量级（10 的 15 次方倍），为目前超导体系最强量子计算优越性。根据 2025 年 6 月报道，本源量子的“本源悟空”（72 工作量子比特）自 2024 年 1 月上线后，累计为全球 143 个国家完成超 50 万个计算任务，访

问量破 2900 万次，覆盖流体力学、金融、生物医药等领域。

超导量子计算当前挑战仍在于高运维成本，以及大规模比特下的纠错效率优化。目前，超导量子计算需在接近绝对零度的极低温环境下运行，比外太空温度还低得多，必须依赖复杂的低温制冷系统，如稀释制冷机，其设备成本高昂，一套稀释制冷机的价格可达数百万美元，低温系统还需要消耗大量的电力来维持极低温环境。随着超导量子计算规模的扩大和量子比特数量的增加，对低温环境的稳定性和精度要求会更高，运维成本也将相应上升。此外，超导量子计算的纠错效率较低，量子比特易受外界环境干扰而发生退相干，导致量子信息丢失或出错。当前技术仅能支持数十比特规模的纠错实验，难以满足大规模量子计算的需求。

中性原子路线具有可扩展性和操作便利性。中性原子量子计算采用单个原子作为量子比特，通过激光光镊进行排列，并利用原子固有特性实现量子信息的存储和处理。和其他技术路线相比，中性原子路线具有按需交互、完全相同的量子比特、室温操作、可扩展性和可重构性的特点，逐渐成为主流的技术路线之一。美国 QuEra 公司推出 256 物理量子比特系统，通过光镊阵列实现原子按需排布，量子门保真度超 99.9%，并完成全球首个 48 个逻辑量子比特的容错实验。当前 QuEra 联合英伟达开发 AI 驱动量子纠错解码器，并接入 AWS Braket 云平台开放商用。中国方面，2024 年中科酷原推出首台商用中性原子量子计算机汉原 1 号，打破了欧美的垄断。在技术瓶颈方面，如何在大规模原子阵列中实现高保真度的量子门操作，仍然是现阶段

中性原子量子计算领域亟待攻克的难题，直接关系到该技术能否从实验室走向实际应用。

离子阱路线在规模化方面实现突破。离子阱路线以囚禁在射频电场中离子的超精细或塞曼能级作为量子比特载体，通过激光或微波进行相干操控，具有操控精度、相干时间等方面的优势。离子阱系统被认为是最有希望实现大规模量子模拟和量子计算的物理系统之一，已有多个实验验证了离子量子比特的高精密相干操控。离子阱路线当前存在 3 种不同的技术方案，代表企业及机构包括 Quantinuum、IonQ、清华大学与华翊量子等，各机构在物理量子比特数量与保真度方面均取得进展，并加速推进离子阱量子纠错研究。在应用层面，2025 年 5 月，Quantinuum 宣布其 H2 系统的量子体积（QV）达到 838 万，进一步刷新世界纪录，与其每年将量子体积提升十倍的目标相匹配。目前，输运效率与多模块互联是离子阱路线工程化的核心挑战。

光量子计算加速突破，中国技术领先。光量子计算依托量子叠加态与纠缠态原理，借助非线性光学效应生成纠缠光子对，再利用线性光学元件操控光子以完成量子逻辑运算。相比其他技术路线，光量子能在室温环境下运行，相干时间较长，且光子可实现长距离纠缠，适宜构建分布式量子计算网络。此外，光量子计算可与现有光纤通信基础设施兼容，无需进行信号转换便能实现扩展。2025 年以来，国内外头部机构如中国科大、Xanadu、PsiQuantum 等在光量子技术路线上的进展显著。中国科大潘建伟、陆朝阳团队推出的量子计算原型机“九章四号”，实现全球首个千比特级光量子系统，在量子比特规模、

算力、产业化进程方面全球领先。Xanadu 在 2025 年 1 月推出模块化量子计算机 Aurora，由模块化的光子芯片与光纤网络构成，包含 35 个光子芯片和 13 公里长的光纤，并计划于 2029 年建立包含百万个量子比特的数据中心。PsiQuantum 在 2025 年 2 月宣布推出专光量子计算芯片组 Omega。

表 3 量子计算主要技术路线

类别	技术路线	原理	优势	进展	发展趋势
人造粒子	超导	超导约瑟夫森结形成二能级系统	保真度较高、门操控速度快、集成电路兼容、可设计性较高	中科院：41 位“庄子”芯片模拟世界数据蝶拓扑物态； 中科大：“祖冲之三号”105 个可读取比特(物理比特)， “祖冲之二号”为 66 个可读取比特； Rigetti：84 位量子处理器 Ankaa-1	增加比特规模、探索可扩展性机制； 提升保真度；延长相干时间
	硅基半导体	硅同位素量子点电子自旋作为二能级系统	半导体兼容性、门操作速度快	Intel：12 位硅基自旋量子芯片 TunnelFalls； 中科院：实现硅自旋翻转速率超过 1.2GHz 的自旋量子比特超快操控	降低测控信号、量子点噪声影响； 提纯材料以延长相干寿命
天然粒子	离子阱	利用电荷与磁场所产生的交互作用力约束带电离子	保真度高、相干时间长、制备读取效率高	华翊量子：37 位离子阱量子计算原型机 HYQ-A37； Quantinuum：H2 系统实现 32 位全连接量子比特； H1-1 量子系统体积达到 524288	更高性能离子阱； 扩展单离子阱计算架构下的比特数量； 研制稳定激光系统
	光量子	使用光子多种自由度构建量子位	环境友好性、保真度高、相干时间长	中国科大：光子量子计算原型机“九章三号”、“九章四号”； 玻色量子：100 比特相干光量子计算机“天工量子大脑”	研制高性能的光源与光子探测器； 改进光子集成芯片； 研制光子纠缠的方案
	中性原子	利用光镊或光晶格囚禁	保真度高、相干时间长、构	微尺度国家研究中心：实现光晶格中基于自旋交换的	提升精确测控能力； 降低原子所受

类别	技术路线	原理	优势	进展	发展趋势
		原子悬浮在超高真空中	建多维列阵潜力大	量子纠缠； Atomcomputing: 1180 量子比特的中性原子量子计算原型机	碰撞影响；研究多维列阵连接方式

资料来源：中国信通院等，深企投产业研究院整理。

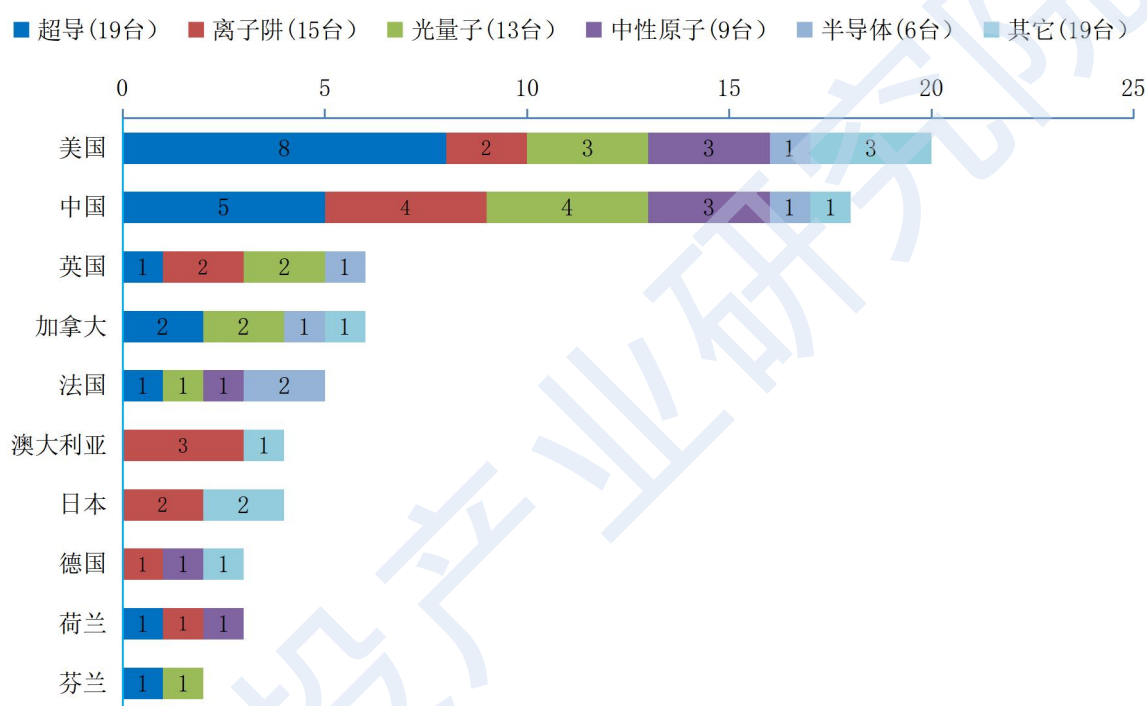


图 8 2023 全球各主要科技国整机硬件企业各技术路线分布情况

资料来源：ICV，深企投产业研究院整理。

(三) 产业链构成

量子计算行业产业链上游为环境与测控部分，是研制量子计算原型机的必要保障，主要包括量子比特环境（稀释制冷机、真空系统）、量子比特测控系统（测控系统整机、低温微波器件、线缆、激光器和探测器）、芯片（设备与加工制造）。产业链中游为硬件整机制造与软件，主要包含整机制造（超导、离子阱、光量子、中性原子、半导体

和其他) 和系统与应用软件开发; 产业链下游为运营和应用环节, 主要包含云平台以及行业应用。量子计算产业链如下图所示。



图 9 量子计算产业链

资料来源: 深企投产业研究院整理。

量子计算机对于芯片制程需求相对较低, 对运行环境有较强需求。对于不同路径的量子计算机, 芯片设计均为其核心之一, 其对制程工艺相较于当前消费电子级芯片并无较大要求, 但对于芯片运行环境要求较高。为了实现对量子比特的精确控制, 就需要精确控制量子芯片周围的温度、震动、噪声、电磁波等环境因素, 如超导量子计算机分为高温、低温及室温三种, 室温超导当前尚未研制成功, 而低温超导及高温超导方案均需要较严苛的温度环境, 以保障超导量子计算机的稳定运行。

以超导量子计算机为例, 量子芯片、稀释制冷机、测控系统是三大核心部件。具体来看, 1) 稀释制冷机外形呈桶状, 用于产生极低温、低噪声的环境, 是超导量子计算机正常运行的必要基础; 2) 量

子芯片是量子比特和外围电路的物理载体，其沿用了现有的半导体生产工艺，主要由超导量子计算机厂商自研；3）室温测控系统用于量子比特状态的控制和读取，其由 AWG（任意波形发生器）、微波源等电子测量仪器构成，产业成熟度相对较高。此外，超导量子计算机还包括了软件系统、低温线缆、低温器件等。价值量方面，根据合肥超量融合计算中心项目招标文件，一台 200 量子比特的超导量子计算机单价约为 4500 万元。

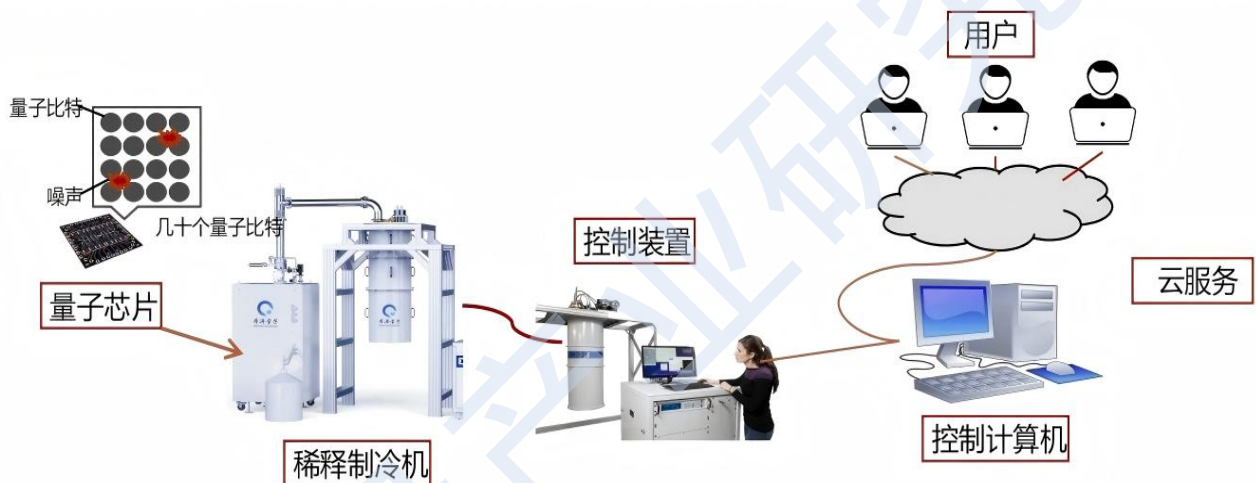


图 10 量子计算系统

资料来源：《图解量子计算机》[日]宇津木健。

（四）市场格局

量子计算产业链重点企业如下表所示。

表 4 量子计算产业链重点企业

环节		细分领域	中国	海外
上游	环境与测控	芯片设计制造	上海图灵智算量子、硅臻、国盾量子、本源量子、联合微电子中心、晶合集成	Intel 、 Quantum Semiconductor、IMEC

环节	细分领域	中国	海外	
	测控系统	国盾量子、中微达信、本源量子、量旋科技、普源精电（耐数电子）、相干科技	Zurich Instruments 、 Keysight 、 Quantum Machines、Qblox、IBM、Google、IonQ 、 Pasqal	
	稀释制冷机（超导/硅半导）	中船鹏力超低温、北京飞斯科、中国电科 16 所、量羲技术、知冷低温、中科量仪、国盾量子、集焯仪器	BLUEFORCS 、 Oxford Instruments、JanisULT、FormFactor、Cryoconcepts	
	低温组件（超导 / 硅半导）	赋同量子、中微达信、费勉仪器、莱尔微波、泰莱微波	Deft Circuits 、 STAR Cryoelectronics 、 Lake Shore、Atlantic Microwave	
	真空系统（离子阱、中性原子）	费勉仪器、力美特	Johnson UltraVac 、 Kurt J.Lesker、Leybold	
	激光器（光量子）	上海频准、华工科技、光迅科技、量子激光	Coherent 、 Toptica Photonics 、 M Squared Lasers、NKT Photonics、Thorlabs	
	光学探测器（光量子）	赋同量子、星秒科技	Single Quantum 、 SCONTEL、Photon Spot、Pixel Photonics	
中游	原型机	超导	本源量子、国盾量子、中电信量子、量旋科技、百度	IBM、Google、Rigetti、IQM
		离子阱	华翊量子、启科量子、玄正量子、国仪量子、华为	IonQ、AQT
		中性原子	中科酷原、天之衡科技	Atom Computing 、 ClodQuanta 、 Pasqal 、 NanoQT
		光量子	正则量子、图灵量子、玻色量子	Quandela 、 Xanadu 、 Psi Quantum、QuiX Quantum
		硅半导体	本源量子	Intel、Equal1 、 Quantum Motion、NTT
软件	系统软件	百度、华为、本源量子、弧光量子、腾讯量子实验室	Quantagonia 、 Classiq 、 blueqat、Nvidia	

环节	细分领域	中国	海外
	应用软件	微观纪元、京东探索研究院、瀚海量子	ProteinQure、CogniFrame、First Quantum、Quantum-South
下游	云平台	弧光量子、国盾量子、本源量子、中国移动、中电信量子、中科酷原、量旋科技、华翊量子、华为、阿里巴巴	IBM、Rigetti、Google、IonQ Amazon AWS、Microsoft、Strangeworks
	应用探索	建信金科、中国移动、民生银行、光大银行	JPMorgan、Barclays、Samsung、BMW

资料来源：深企投产业研究院整理。

1、核心设备与器件

目前由于技术路线尚未统一、硬件研制个性化需求多等原因，量子计算上游供应链存在碎片化问题，逐一突破攻关存在难度，一定程度上限制了上游企业的发展。国内外情况对比而言，上游企业以欧美居多，部分头部企业占据较大市场份额，我国部分关键设备和元器件对外依赖程度较高。

——稀释制冷机

欧美禁运倒逼中国产业突围，国产化水平显著提升。在量子计算领域，稀释制冷机能够为超导、半导体、拓扑量子计算机提供 10mK 左右的极低温极低噪环境，因此占据着极其重要的地位。**全球量子计算专用稀释制冷机市场主要由 Bluefors 和牛津仪器两家公司占据**，其中 Bluefors 由于在量子计算领域起步较早，市场份额长期占据第一，且与量子计算领域头部公司 IBM 保持着深度合作。牛津仪器则在近年来推出了一系列新品，发展较快。国产方面，自 2022 年欧美国家

对华禁运稀释制冷机以来，中国面临稀释制冷机供应不足、性能不够等难题。但是，在 2022 至 2024 这几年里，**中国电科 16 所、量羲技术、知冷低温、中船鹏力超低温、中科量仪、国盾量子及集焯仪器**等中国企业通过自主研发，突破技术封锁，实现了从“0 到 1”的跨越。2024 年，是中国稀释制冷机的国产化元年，中国稀释制冷机的产能、性能均有大幅提升，基本满足了中国量子计算企业的需求，并且目前主流产品的大部分参数，已接近国际领先水平。

——测控系统

瑞士苏黎世仪器以及美国 Keysight 占据主导地位。量子计算测控系统是实现量子比特操控、读取和纠错的核心设备。量子测控系统的主要供应商可分为测量仪器公司和量子计算机公司两大类。1) 测量仪器厂商：全球的典型代表为瑞士苏黎世仪器(Zurich Instruments)、美国 Keysight、美国 IonQ、法国 Pasqal 等，国内厂商包括普源精电(耐数电子)、中电科 41 所、中微达信等。2) 量子计算机厂商：典型代表包括了 Google、IBM、国盾量子、本源量子、国仪量子等。竞争格局方面，由于起步较早，罗德施瓦茨旗下的苏黎世仪器以及 Keysight 占据全球测控系统的绝大部分市场份额，但技术上看国内外公司基本处于同一起跑线。

——激光器

美国 Coherent、德国 TOPTICA 等国际厂商领先，中国厂商加速追赶。激光器在量子计算领域应用广泛，主要用于操控离子阱、中

性原子的量子比特，以及在部分光量子计算系统中发挥作用，涉及的激光器类型包括单频光纤激光器、飞秒激光器、半导体激光器、钛宝石激光器等等。为了满足这些应用场景对激光的不同要求，还需要交叉声光偏转器、电光调制器、空间光调制器等设备对激光进行调制。美国 Coherent、德国 TOPTICA 等国际厂商在激光器领域占据领先地位，同时中国上海频准等企业也逐渐在全球量子计算用激光器市场中崭露头角，并且在关键性能指标方面较为领先。

2、硬件整机

中美领跑全球量子计算机整机市场。在整机方面，美国和中国处于领先地位。全球整机企业可划分为三个梯队。第一梯队公司有 IBM、谷歌等全球大型科技企业，主要采用超导路线，不仅在技术成熟度上处于领先地位，而且在生态参与度上也非常高。这些公司在量子计算领域有着深厚的技术积累和广泛的合作网络，是该领域的领军企业。第二梯队公司有本源量子、国盾量子、中科院团队（关联企业：中科大、中电信量子）等中国本土科技企业，该梯队企业已经开发出包括“悟空”、“祖冲之”、“九章”等系列产品，在拓展下游应用和提高量子比特方面不断努力，主要也采用超导路线。第三梯队为欧美及中国的科创企业，如 IonQ（离子阱）、Rigetti（超导）、Quandela（光子）、华翊量子等，采用的技术路线多样化。全球领先量子计算机如下表所示。

表 5 全球领先量子计算机信息

路线	机构	型号	发布日期	量子比特数/ 模式数
超导	IBM	Condor	2023.12	1121
超导	Google	Heron R2	2024.11	156
超导	Google	Willow	2024.12	105
超导	Rigetti Computing	Ankaa-3	2024.12	84
超导	Quantware	Tenor	2023.02	64
超导	IQM	IQM Radiance	2023.11	20 或 54
超导	OQC	OQC Toshiba Gen 1	2023.11	32
超导	Alice & Bob	Helium 1	2023.12	16
超导	Alice & Bob	Boson 4	2024.05	2
超导	日本理化研究所	-	2023.03	64
超导	中科大、国盾量子、 中电信量子	祖冲之三号	2024.12	105
超导	中科大、国盾量子、 中电信量子	天衍 504（骁 鸿）	2024.04	504
超导	北京量子院	Yunmeng（云 蒙）	2024.04	156
超导	本源量子	本源悟空	2024.01	72
超导	物理所、北京量子院	庄子号	2023.08	43
超导	量旋科技	大熊座	2023.04	20
离子阱	Quantinuum	System Model H2-1	2023.05/202 4.06	32/56
离子阱	IonQ	Forte	2022.05	36
离子阱	AQT	PINE	2023.02	30
离子阱	华翊量子	HYQ-A37	2023.07	37
离子阱	华翊量子	HYQ-B100	2024	-
离子阱	玄正量子	UOM1	2024.09	30
中性原子	QuEra Computing	Aquila	2022.11	256
中性原子	Atom Computing	Phoenix	2021.07	100

路线	机构	型号	发布日期	量子比特数/ 模式数
中性原子	Pasqal	Orion Alpha	2023	200
中性原子	中科酷原	汉原一号	2024.06	100+
光量子	中国科大	九章 3 号	2023.1	255
光量子	中国科大&中科院	九章 4 号	2025.03	1000
光量子	Xanadu	Borealis	2022.06	216
光量子	QCi	Ditac-3	2024.03	949 (变量数)
光量子	QCB2	-	2021	40
光量子	硅臻	-	2024.02	32

资料来源：光子盒研究院，深企投产业研究院整理。

3、量子云平台

量子计算产业下游主要涵盖量子计算云平台以及行业应用，处在早期发展阶段，近年来全球已有数十家公司和研究机构推出了不同类型的量子计算云平台积极争夺产业生态地位，目前量子计算领域应用探索已在金融、化工、人工智能、医药、汽车、能源等领域广泛开展，国外量子计算云平台的优势体现在后端硬件性能、软硬件协同程度、商业服务模式等方面。

量子计算云平台后端硬件的接入模式主要可分为三类。第一类是硬件厂商自研设备接入模式，云平台服务商具备硬件自研能力，通过云平台直接提供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，代表企业包括 IBM、Google、Rigetti、IonQ、Xanadu、中电信量子/国盾量子、本源量子、北京量子院、量旋科技等。第二类是云服务接入模式，云服务商在云平台上接入其他供应商的软硬件，代

代表性企业或机构包括微软、亚马逊、Strangeworks、弧光量子、中国移动、中国电信等。第三类是融合型接入模式，在接入自研硬件的同时也支持调用其他供应商硬件资源，形成了跨技术路线的量子算力资源池，比如IBM云平台可以接入自研量子处理器以及Rigetti、Xanadu、AQT、IonQ等供应商的硬件资源。

云平台布局中美欧呈三足鼎立之势。从云平台数量的维度分析，中国、美国和欧洲的差距并不显著，表明在量子云平台的布局广度上，三方处于较为相近的水平。然而，深入到用户及社区活跃度层面，中国与美国相比，仍然存在较大差距。这与美国在量子计算领域起步较早，拥有更成熟的市场推广策略和用户培养体系有关，也反映出中国在提升量子云平台用户参与度和社区建设方面还有很大的发展空间。

表 6 全球主要量子云平台

地区	平台	机构	时间	技术提供方	硬件	量子比特数
中国	中电信“天衍”量子计算云平台	中电信量子	2023	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	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	本源量子	超导	72

地区	平台	机构	时间	技术提供方	硬件	量子比特数
	量子云	华翊量子	2023	华翊量子	离子阱	11
	量旋云	量旋科技	2022	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	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、离子阱	20、21、429（4台总和）
	华为 HiQ 量子云	华为	2018	华为	全振幅模拟器、单振幅低深度	全振幅 42，单振幅低深度 169
	量子云	中科酷原	2022	中科酷原	中性原子	全振幅 15
北美	IBM Q Experience	IBM	2016	IBM's own cloud service	超导	433、127、65、27、16、7、5
	Google Cloud	Google	2018	Google, Rigetti, AQT, IonQ, Pasqal	超导、离子阱、中性原子	53、80、40、20、100
	Rigetti QCS	Rigetti	2018	Rigetti	超导	84
	Amazon Braket	Amazon	2019	OQC, Rigetti, IonQ, Xanadu, QuEra	超导、离子阱、光量子、中性原子	40、80、8、25、216、256
	Microsoft Azure Quantum	Microsoft	2019	IonQ, Quantinuum, QCI, Rigetti, Pasqal	离子阱、超导、中性原子	23、40、100
	Strangeworks QCM	Strangeworks	2021	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	Xanadu	光量子	216
	D-Wave Leap	D-Wave	2018	D-Wave	量子退火	5000+

地区	平台	机构	时间	技术提供方	硬件	量子比特数
欧洲	QuTech Quantum Inspire	Qutech	2018	Qutech	硅自旋、超导	2、5
	Alpha	QM Ware	2022	QM Ware	-	-
	Computing-as-a-Service	Oxford Quantum Circuits	2021	Oxford Quantum Circuits	超导	4
	Pasqal Cloud Services	Pasqal	2022	Pasqal	中性原子	100
	Quandela Cloud	Quandela	2022	Quandela	光子量子	6

资料来源：光子盒研究院，深企投产业研究院整理。

三、量子通信行业现状

（一）市场规模

全球量子通信产业规模高速增长。据光子盒研究院数据，2024年全球量子通信市场规模为12.9亿美元，较2023年增长2.1亿美元，同比增长19.4%；中国量子通信产业规模为2.8亿美元，占比21.7%。根据ICV TA&K和光子盒研究院预计，全球通信市场规模到2025年为27.3亿美元，到2030年为172.7亿美元，2024-2030年CAGR高达54.09%。

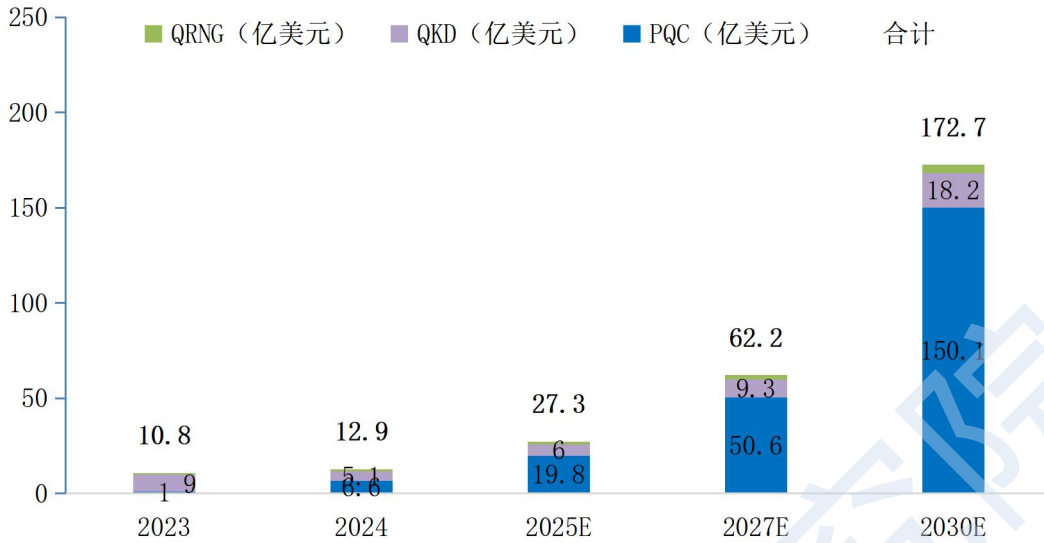


图 11 全球量子通信产业规模（亿美元）

资料来源：ICV TA&K，光子盒研究院。

（二）技术路线进展

量子通信的产品及服务主要归属于网络安全领域，向下可延伸至多个行业涉及的安全产品。量子通信产业从目前已经发展的形态来看，主要是由量子物理加密产品与技术（如 QKD）、PQC、QRNG 等带来的产业价值。

量子密钥分发（Quantum Key Distribution, QKD）：是一种密钥的安全传输方式，可在两个相距遥远的通信端之间进行密钥的发送。在保密通信过程中，需用密钥加密解密信息，密钥的安全性保证了信息安全性。量子密钥分发产品技术历经发展已趋于成熟，目前中国、欧盟、日本、印度和俄罗斯等都在重点布局，我国最具优势。量子密钥分发 2024 年规模为 5.09 亿美元，作为保障信息传输安全的关键技术，量子密钥分发产品未来的发展方向将深度融入不同领域，为安全

通信构建更为全面且创新的解决方案。预计到 2030 年将增长至 18.21 亿美元，2024-2030 期间 CAGR 约为 24.22%。

量子随机数生成器（Quantum Random Numeral Generator，QRNG）：是随着量子物理技术的发展而出现的一种新型的随机数生成方案，利用 CMOS 图像传感器捕获的光源散粒噪声产生高熵随机数据，主要用于身份验证和加密应用程序的密钥。同时由于量子密码利用光粒子传递密码信息，一旦发现有收信方和发信方之外的第三方从外部介入，密码会立刻发生改变，因此可以从源头上防止黑客的入侵。近年来，量子随机数发生器芯片技术取得了显著进展，通过不断创新的制造工艺和材料优化，其尺寸不断缩小，成本大幅降低，这使得芯片得以在多个关键领域广泛应用。量子随机数发生器 2024 年规模为 1.16 亿美元，虽在整体产业中占比相对较小，但也在稳步发展。预计到 2030 年将增长至 4.42 亿美元，2024-2030 期间 CAGR 约为 25.23%。随着量子随机数在密码学、模拟等更多新兴领域的应用被挖掘，其市场规模有望逐步提升。

后量子密码（Post Quantum Cryptography，PQC）：或称为抗量子密码（Quantum-Resistant Cryptography，QRC），可以抵抗量子计算攻击的新算法均可称为 PQC，作为一种基于数学算法，通过芯片和配套软件系统实现的方案，在成本上和使用铺盖效率上较 QKD 有优势。抗量子密码 2024 年产业规模增长迅速，为 6.56 亿美元，随着美国 NIST 首批抗量子加密正式标准的发布，抗量子密码全行业发展驶入快车道。预计到 2030 年将飙升至 150.08 亿美元，2024-2030 期间 CAGR

约为 72.64%。未来，随着量子计算威胁的临近，各行业对抗量子密码技术的需求将呈爆发式增长，成为推动全球量子通信产业规模快速扩张的核心力量。

从全球产业趋势来看，量子安全的技术选择与国家的战略目标、产业基础以及技术发展阶段密切关联。中国的战略定位明确，正处于从量子密钥分发向抗量子密码过渡的关键时期，致力于逐步在量子密钥分发技术上取得领先的同时，开始在后量子密码学领域加大研发投入，形成技术体系的双轮驱动。而美国的技术路线则更加侧重于后量子密码学的直接部署，其基于抗量子密码的技术架构，在全球范围内已逐步商用化，为应对量子计算带来的安全威胁提供前瞻性的解决方案。欧盟则采取了一种折中的方式，主张量子密钥分发与抗量子密码并行发展，力求在量子通信的基础设施建设与抗量子密码算法的应用上同步推进，确保在全球量子安全格局中的竞争力。

（三）产业链构成

量子通信产业链发展较为成熟，产业链上游为核心器件与材料，包括芯片、光源、单光子探测器、量子随机数发生器以及其他。产业链中游划分为设备层、网络建设层和运营层，此外还包括 PQC 生态。核心设备确保信息的安全传输，如 QKD 设备、组网设备和网络管理软件平台。网络建设集成用于构建高效、安全的国家骨干网、省骨干网以及城域网等量子通信网络。保密网络运营推动量子通信技术的日常运行与维护。量子通信产业链下游覆盖应用领域广泛，包括国防、金融、通信、电网以及终端等。

量子通信产业链如下图所示。



图 12 量子通信产业链

资料来源：深企投产业研究院整理。

(四) 市场格局

量子通信产业链重点企业如下表所示。

表 7 量子通信产业链重点企业

环节	细分领域	中国	海外
上游	芯片	硅臻、国盾量子、光迅科技、循态量子、芯谷微电子、中国电科、紫光国微、复旦微电子集团、圣邦微电子、上海贝岭、上海安路	Intel 、 Altera 、 Lattice、 TI
	光子源	极量科技、国盾量子、九州量子	NKT Photonics 、 Aurea、 Qurmeq
	单光子探测器	国盾量子、启科量子、问天量子、赋同科技、朗研光电、光韵达、国腾量子	Single Quantum、日本 Hamamatsu、Photek
	量子随机数发生器 (QRNG)	国盾量子、启科量子、循态量子、问天量子、硅臻、中网国安、赋同科技、正则量子、国光量子	ID Quantique、Crypt、Quantum Motion
	其他(晶体、光纤光缆等)	亨通光电、中天科技、极量科技、NKT Photonics、光库科技	iXblue 、 Coming 、 Opitzone
中游	量子密钥分发设备	国盾量子、问天量子、循态量子、启科量子、国腾量子、国光量子、中电信量	ID Quantique 、 Toshiba 、 Q*Bird 、

环节	细分领域	中国	海外
	(QKD)	子集团、信通量子、九州量子、中创为量子	Quantum Xchange、KETS
	组网设备和网络管理软件平台	九州量子、国盾量子、中电信量子集团、国科量子、问天量子、易科腾	Toshiba、ARQIT
	网络建设集成	国家电网、中电信量子集团、神州信息、国腾量子、中国通信服务、中国卫星通信集团、国科量子、国舜	Amazon、Spectral、QNu Labs
	加密网络运营	国科量子、中国电信、中国移动、信通量子、中国联通、中国有线	韩国 SK Telecom、NTT、KPN
	后量子密码学 (PQC)	三未信安、苏州国芯、格尔软件、沐创集成电路、量安科技、兴唐通信	Sandbox AQ、Crypto4A、Cornami
下游	安防	-	美国陆军、美国空军、美国国家安全局
	金融	中国银行、交通银行、建设银行、华夏银行	汇丰银行、Danske Bank、NOMURA
	通信	中国电信、中国移动、中国联通	日本软银、韩国 SK Telecom、KT
	电网	国家电网、中国南方电网、华为	美国能源局
	终端	科大讯飞	韩国三星、日本 Hitachi、OCTATCO

资料来源：深企投产业研究院整理。

——核心器件

量子芯片是整个产业链的核心，包括数据处理芯片、电子芯片和光学芯片等，相关公司包括硅臻、国盾量子、光迅科技等。

光子源是量子通信中不可缺少的关键部件，它作为载体，通过自身量子态的调制，携带量子信息在不同的通信节点之间进行传输和共享，相关公司包括极量科技、国盾量子、九州量子、NKT Photonics 等。

单光子探测器在通信接收端对于保证量子信息的精确探测起着至关重要的作用，主要企业包括国盾量子、赋同科技、启科量子、循

态量子等。

量子随机数生成器是保证通信不可预测性的关键工具，主要参与者有国盾量子、循态量子、ID Quantique 等。

此外，PPLN（铌酸锂）晶体、PPLN 波导、光纤电缆等其他核心元件也在上游产业链中发挥着关键作用，主要公司有亨通光电、中天科技、iXblue 等。

——核心设备

核心设备包括量子密钥分发（QKD）设备、组网设备、网管软件平台等，保证信息的安全传输。提供量子通信核心设备的厂商主要有 ID Quantique、Toshiba、KET Suantum Security、Quantum Xchange 和 Terra Quantum。其中，ID Quantique 已经满足了欧洲、美国等大多数国家的核心设备供应。中国厂商主要包括国盾量子、易科腾、问天量子 and 启科量子等。目前，中国在量子保密通信技术的产业化方面已经走在了世界前列，并且已经基本全面实现了核心设备全链生产。

——网络建设集成与运营

网络建设集成用于构建高效、安全的量子通信网络，如中国的国家骨干网、省级骨干网、城域网等。主要企业为国家电网、中电信量子集团、亚马逊等。加密网络运营涉及各种运营商的参与，驱动着量子通信技术的日常运维，主要企业为国科量子、中国电信、中国移动、SKTelecom 等。

四、量子精密测量行业现状

（一）市场规模

全球量子精密测量产业规模平稳增长。据 ICV TA&K 及光子盒研究院数据，全球量子精密测量产业规模预计从 2024 年的 16.74 亿美元增长至 2035 年的 44.97 亿美元，CAGR 为 9.40%，呈现出持续增长的态势。中国量子精密测量产业规模预计从 2024 年的 3 亿美元增长至 2035 年的 9.8 亿美元，占全球市场份额比重预计从 17.95% 提升至 23.48%。

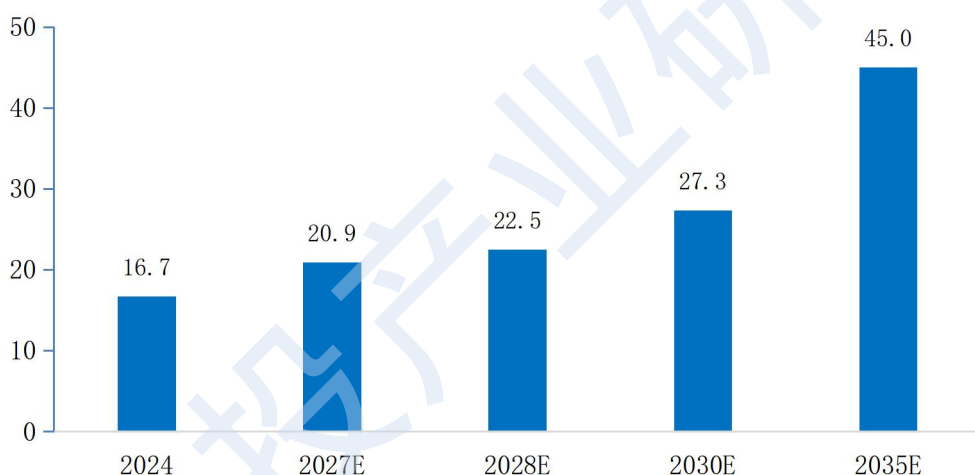


图 13 2024-2035 年全球量子精密测量产业规模预测（亿美元）

资料来源：ICV TA&K，光子盒研究院。

（二）技术路线进展

量子测量具有技术方向多元、应用场景丰富、产业化前景明确的特点。量子测量各技术方向的发展成熟度有较大差异，既有原子钟、原子重力仪等已成熟商用产品，也有量子磁力计、光量子雷达和量子陀螺等处于工程化研发和应用探索阶段的样机产品，还有量子关联成

像、里德堡原子天线等尚处于系统技术攻关的原型机。当前量子测量技术产品已经成为传统传感测量领域的有效补充和增强技术方案，未来随着样机产品性能指标、工程化水平和体积成本的进一步优化，有望成为超越现有传感测量手段的下一代技术方案演进方向。

表 8 当前量子精密测量主要技术路径进展

应用领域	传感器	阶段	落地时长
时间测量	原子钟、分子钟	商业化	现有/短期
磁力测量	磁力计	工程样机向商业化过渡	短期
重力测量	重力仪、梯度仪	工程样机向商业化过渡	短期
惯性测量	加速度计、陀螺仪	工程样机	中期
目标识别	原子天线	工程样机向商业化过渡	短期
目标识别	量子雷达	光量子雷达为工程样机； 量子纠缠雷达为理论研究	长期

数据来源：ICV Ta&k，光子盒研究院。

（三）产业链构成

量子测量产业链上游主要是系统研发所需的基础材料、元器件和支撑系统提供商。量子测量产业链中游包含各种技术方向的系统设备提供商，包括时间测量、磁场测量、重力测量、惯性测量、目标识别等。量子测量产业下游涉及卫星导航、军事国防、生物医药、能源开发、工业制造、资源勘探、环境监测等诸多领域。量子测量产业链如下图所示。



图 14 量子测量产业链

资料来源：深企投产业研究院整理。

（四）市场格局

量子测量产业链重点企业如下表所示。

表 9 量子测量产业链重点企业

环节	细分领域	中国	海外
上游	低温设备	中船鹏力超低温	Bluefors、LakeShore
	测控线路器件仪器	飞时科技	OLYMPUS、TREXON、Keysight
	真空系统	力美特	Agilent、FERMI、VACUUM
	磁体/超导磁体	维意真空、西部超导	IMEDCO、Johnson UltraVac
	激光器	富泰科技、频准激光、优立光太	Photodigm、Vivar
	单光子探测器	赋同量子、中电科技集团	Single Quantum、IDQ、Phonton Spot
	材料	山东超晶、佛山曜世新材料、苏州长友气体、武汉纽瑞德、同创普润	Alia Aesar、ISOFLEX USA、SAES Group (SGMI)
中游	时间测量设备	天奥电子、科微量子、同相科技、中微达信、华信泰、星汉时空、感知未来	ColdQuanta、Teledyne e2v、Oscilloquartz

环节	细分领域	中国	海外
	重力测量设备	国盾量子、中科酷原、威纳格、微伽量子	ColdQuanta、iXblue、AOSense
	磁场测量设备	国仪量子、未磁科技、昆迈医疗、国盛量子、量泓科技、漫迪医疗、昕磁科技	QuSpin、BOSCH、Cryogenio
	目标识别设备	国耀量子、天之衡量子科技	QLM Tech、Gigajot、Photon Force
	惯性测量设备	中国航天科技集团、中国船舶集团	BOSCH、MIRAEX
下游	应用领域	国防军工、航空航天、环境监测、工业制造、生物医药、交通运输、能源开发	

资料来源：深企投产业研究院整理。

——测量设备

测量设备主要包括原子钟、原子重力仪等已经成熟商用的产品，以及量子磁力仪、光量子雷达等处于工程化研发和应用阶段的样机。原子钟厂商包括科微量子、天奥电子、同相科技、ColdQuanta 等；量子磁力仪厂商包括国盛量子、未磁科技、昆迈医疗、QuSpin 等；原子重力仪厂商包括国盾量子、中科酷原、ColdQuanta 等；光量子雷达厂商包括国耀量子、天之衡量子科技、QLMTech 等。中国量子测量设备代表性企业及产品如下表所示。

表 10 中国量子测量设备代表性企业及产品

领域	代表公司	产品参数	应用领域	产品样图
原子钟	科微量子	型号：QA45 稳定度： $3E-10@1s$	水下导航 仪表仪器 卫星通信 无人系统设备	
	天奥电子	型号：XHTF1045 稳定度： $3X10^{-11}$	航空航天 卫星导航 军民用通信	

领域	代表公司	产品参数	应用领域	产品样图
	同相科技	型号: STM-Rb-N 稳定度 :2E-12/s	导航定位 轨道交通 基站通信	
量子磁力仪	未磁科技	型号: Marvel MEG 灵敏度: 10fT	脑科学 脑机接口 脑疾病研究	
	昆迈医疗	型号: PyraMag Epoch 系列 灵敏度: 10-20fT	脑疾病临床诊断 和脑科学研究	
	国盛量子	型号: QDM-100 测磁灵敏度: 百 pt 量级 采样率: 100pT/√Hz	地面、海洋、航空和空间矢量磁场探测	
量子重力仪	中科酷原	型号: WAG-H5-2 灵敏度: 15μGal/√Hz 长期稳定性: <1μGal 准确度:<10μGal	惯性导航 地震研究 大地测量学	
	国盾量子	型号: A-Grav 短期灵敏度: <20μGal/√ Hz 准确度: <5μGal 精度: <5μGal	重力基准值 无漂移的连续重力监测 无漂移的流动重力勘测	
	微伽量子	型号: MGAG-LH 灵敏度: 优于 25μGal/√ Hz 准确度: 5- 10μGal	重力计量 重力测绘 地球物理研究	
量子雷达	国耀量子	型号: 颗粒物光量子雷达 探测距离: 6-15km 距离分辨率: <30m, 可调 时间分辨率: 1s, 可调	大气环保检测	
	天之衡量子科技	型号: 原子无线电接收机 响应频率: 100kHz~40GHz 分辨率: 0.1~1mm	无线电计量 长波、短波、微波通信 微波雷达 微弱电磁信号侦测等	

资料来源: 深企投产业研究院整理。

深企投产业研究院



电话: 王女士 13168781866



座机: 0755-82790019



邮箱: sqtcf@sqtcf.cn



网址: <http://www.sqtcf.cn/>



地址: 深圳市福田区深南大道本元大厦 7B1



深企投公众号



深企投研究公众号

©深企投产业研究院版权所有。如需引用，请注明出处。