

量子技术蓬勃发展，长期成长空间广阔

推荐|维持

——量子信息技术专题研究

报告要点：

● 量子科技蓬勃发展，有望突破经典技术的瓶颈

量子是数学概念，用来描述光子、质子、中子、电子、介子等基本粒子的能量特性，它是能表现出某物质或物理量特性的最小单元。量子科技包括量子通信、量子计算、量子精密测量三方面应用，在保障信息传输安全、提高运算速度、提升测量精度等方面，可以突破经典技术的瓶颈，将成为信息、能源、材料和生命等领域重大技术创新的源泉，为保障国家安全和支撑国民经济高质量发展提供核心战略力量。

● 量子通信是实用化进程最快的领域，产业链条逐步完善

量子通信是利用量子比特作为信息载体来进行信息交互的通信技术，可在确保信息安全等方面突破经典信息技术的极限。量子通信是最先走向实用化和产业化的量子信息技术，从产业链来看，量子通信上下游已基本形成。国内有国科量子、问天量子等专业从事量子通信业务的公司，中国电信、国家电网、日本东芝、韩国 SKT、华为、中国电科集团等通信及 ICT 巨头也成立了相关量子通信研发团队。

● 量子计算技术不断突破，应用空间十分广阔

量子计算机利用量子比特(qubit)来进行计算和存储数据，具有量子叠加态和量子纠缠态等特性，使得量子计算机可以在短时间内处理大规模的并行计算。谷歌最新发布的 Willow 芯片在 RCS（随机线路采样）基准测试中建立了史无前例的量子优势，5 分钟内即可完成当下最先进的超级计算机需要 10 亿亿年才能完成的计算，是量子计算机相对于传统计算机的优势的最新体现。根据 iCV TA&K，全球量子计算产业规模将从 2023 年的 47 亿美元增长至 2035 年的 8117 亿美元。

● 国内公司积极布局，长期成长空间逐步打开

国仪量子的核心技术是以量子精密测量为代表的先进测量技术，为全球范围内企业、政府、研究机构提供以增强型量子传感器为代表的的核心关键器件、用于分析测试的科学仪器装备、赋能行业应用的核心技术解决方案等优质的产品和服务。

本源量子聚焦量子计算产业生态建设，打造自主可控工程化量子计算机，围绕量子芯片、量子计算测控一体机、量子操作系统、量子软件、量子计算云平台和量子计算科普教育核心业务，全栈研制开发量子计算，积极推动量子计算产业落地。

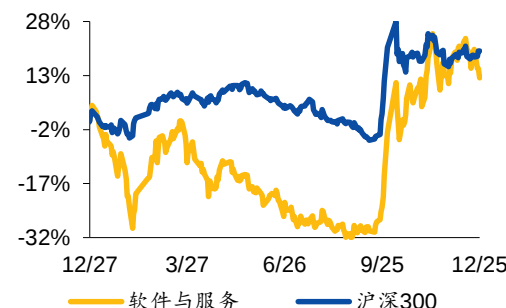
格尔软件在抗量子密码领域重点布局，发布了全量子一体化网络安全和数据安全解决方案，集成了量子随机数、量子密钥分发等先进的量子密码技术，并融合了抗量子密码技术，构成了方案的底层技术支撑。

吉大正元的研发团队围绕抗量子密码的设计、分析、实现、产品化开展工作，精通基于格、多变元、哈希等抗量子密码技术路线，已经为特定领域算法征集设计了多个原创抗量子算法。

● 风险提示

量子技术产业化进展低于预期的风险；行业竞争加剧的风险；宏观经济环境变动的风险。

过去一年市场行情



资料来源：Wind

相关研究报告

《国元证券行业研究-2025 年计算机行业策略报告：“AI+应用”百花齐放，新质生产力前景广阔》2024.12.20

《国元证券行业研究-国产操作系统行业专题报告：关键核心基础软件，国产替代空间广阔》2024.12.06

目 录

1. 量子科技蓬勃发展，政策驱动快速成长 3

 1.1 量子通信..... 4

 1.2 量子计算..... 5

 1.3 量子精密测量 7

 1.4 量子信息产业链及相关政策 9

2. 国内公司积极布局，打开全新成长空间 13

 2.1 国仪量子..... 13

 2.2 本源量子..... 14

 2.3 格尔软件..... 15

 2.4 吉大正元..... 17

3. 风险提示..... 19

图表目录

图 1：量子信息技术的（潜在）应用场景及领域 3

图 2：全球量子通信产业规模预测（2023-2035E，单位：十亿美元） 4

图 3：量子计算发展生命周期示意图 5

图 4：Willow 芯片的性能指标一览..... 6

图 5：Willow 芯片的退相干性能有了大幅提升 7

图 6：包含 105 个量子比特的 Willow 芯片 7

图 7：全球量子计算产业规模预测（2023-2035E，单位：十亿美元） 7

图 8：2023 年量子精密测量产业发展周期示意图 8

图 9：全球量子精密测量产业规模预测（2023-2035E，单位：十亿美元） 9

图 10：量子信息产业链全景图 10

图 11：宽场 NV 显微镜..... 13

图 12：CatLiD®近钻头随钻测量仪器 14

图 13：玄微 XW S2-200 15

图 14：格尔抗量子密码产品体系图 16

图 15：抗量子密码迁移路径设计..... 17

图 16：吉大正元“元安全”隐私计算产品概述..... 18

表 1：国家政策推动量子信息产业持续健康发展11

1. 量子科技蓬勃发展，政策驱动快速成长

量子(quantum)是现代物理学的重要概念。最早是由德国物理学家 M·普朗克在 1900 年提出的。量子一词来自拉丁语 quantus，意为“有多少”，代表“相当数量的某物质”。量子是数学概念，用来描述光子、质子、中子、电子、介子等基本粒子的能量特性。它是能表现出某物质或物理量特性的最小单元，一个物理量如果存在最小的不可分割的基本单位，则这个物理量是量子化的，并把最小单位称为量子。例如，“光的量子”（光子）是一定频率的光的基本能量单位。

2022 年 10 月 4 日，瑞典皇家科学院宣布，将 2022 年诺贝尔物理学奖授予法国物理学家阿兰·阿斯佩(Alain Aspect)、美国理论和实验物理学家约翰·弗朗西斯·克劳泽(John F. Clauser)和奥地利物理学家安东·塞林格(Anton Zeilinger)，以表彰他们在量子信息科学研究方面做出的贡献。他们通过光子纠缠实验，确定贝尔不等式在量子世界中不成立，并开创了量子信息这一学科，量子力学正开始得到应用。

量子计算机、量子网络 and 安全的量子加密通信是量子技术的重要研究领域，关键问题在于量子力学如何允许两个或多个粒子以纠缠态存在。纠缠粒子对中的一个粒子的状态，决定了另一个粒子的状态，即使这两个粒子相距很远。Alain Aspect、John Clauser 和 Anton Zeilinger 各自使用“两个粒子即使在分离时也表现的像一个单元”的纠缠量子态，进行了开创性实验，实验结果为基于量子信息的新技术扫清了障碍。以量子信息科学为代表的量子科技正在不断形成新的科学前沿，激发革命性的科技创新，孕育对人类社会产生巨大影响的颠覆性技术。

图 1：量子信息技术的（潜在）应用场景及领域



资料来源：前瞻经济学人官网，国元证券研究所

目前，量子科技主要分为量子通信、量子计算、量子精密测量三大领域。量子科技在保障信息传输安全、提高运算速度、提升测量精度等方面，可以突破经典技术的瓶颈，将成为信息、能源、材料和生命等领域重大技术创新的源泉，为保障国家安全和支撑国民经济高质量发展提供核心战略力量。

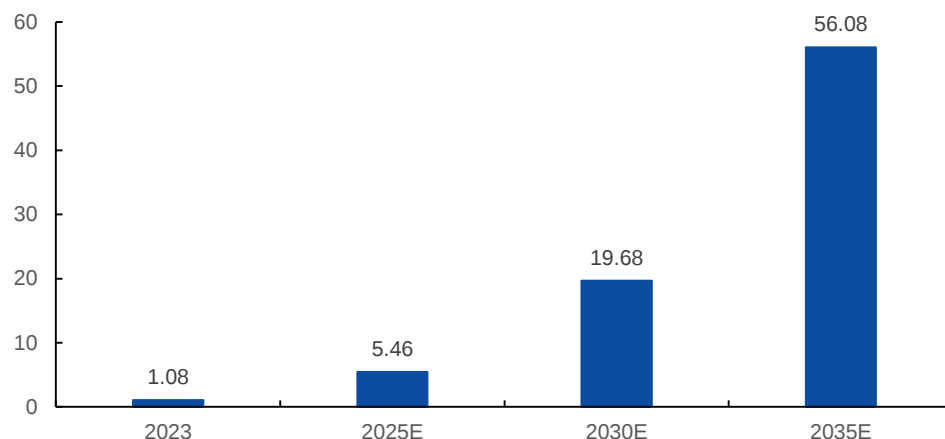
1.1 量子通信

量子通信是量子信息学的一个重要分支。量子通信是利用量子比特作为信息载体来进行信息交互的通信技术，可在确保信息安全等方面突破经典信息技术的极限。

根据中国科学院量子信息与量子科技创新研究院的介绍，量子通信有两种最典型的应用，分别是量子密钥分发和量子隐形传态。量子密钥分发(QKD)是指利用量子态来加载信息，通过一定的协议产生密钥。量子力学基本原理保证了密钥的不可窃听，从而实现原理上无条件安全的量子保密通信。量子隐形传态是指利用量子纠缠来直接传输微观粒子的量子状态（即量子信息），而不用传输这个微观粒子本身。量子隐形传态可以连接量子信息处理单元来构建量子信息处理网络（例如分布式量子计算、分布式量子传感），同时也是量子中继的重要环节，而量子中继是实现远距离量子密钥分发的重要途径，因此国际学术界将量子密钥分发和量子隐形传态统称为量子通信。量子密钥分发是最先走向实用化和产业化的量子信息技术。此外，量子通信技术研究中发展出来的很多技术，比如高精度单光子探测器、远距离单光子、多光子干涉技术等也会应用到量子计算和量子精密测量领域。

量子通信是目前实用化进程最快的领域。国内有国科量子、问天量子等专业从事量子通信业务的科技公司，中国电信、国家电网、日本东芝、韩国 SKT、华为、中国电科集团等通信及 ICT 巨头也成立了相关量子通信研发团队。从产业链来看，量子通信上下游已基本形成，上游主要包括芯片、光源、探测器、量子随机数发生器和其他材料器件；中游主要包括设备研发制造、网络建设、网络运营及服务；下游主要为行业应用。量子通信与安全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（例如 QKD）、PQC、QRNG 等带来的产业价值。

图 2：全球量子通信产业规模预测（2023-2035E，单位：十亿美元）



根据 iCV TA&K 的数据，2023 年全球量子通信与安全产业规模达到 10.8 亿美元，2035 年将达到 560.8 亿美元。一方面，预计 PQC 将于 2025 年实现突破，同时 QRNG 也将逐渐应用至更多设备，从而带动整体市场快速发展。另一方面，根据现有 QKD 市场发展状况判断，QKD 市场发展速度相对缓慢，并且欧美国家对 QKD 的热情相对较低。综合这两方面，预计到 2030 年，总产业规模有望达到 196.8 亿美元；到

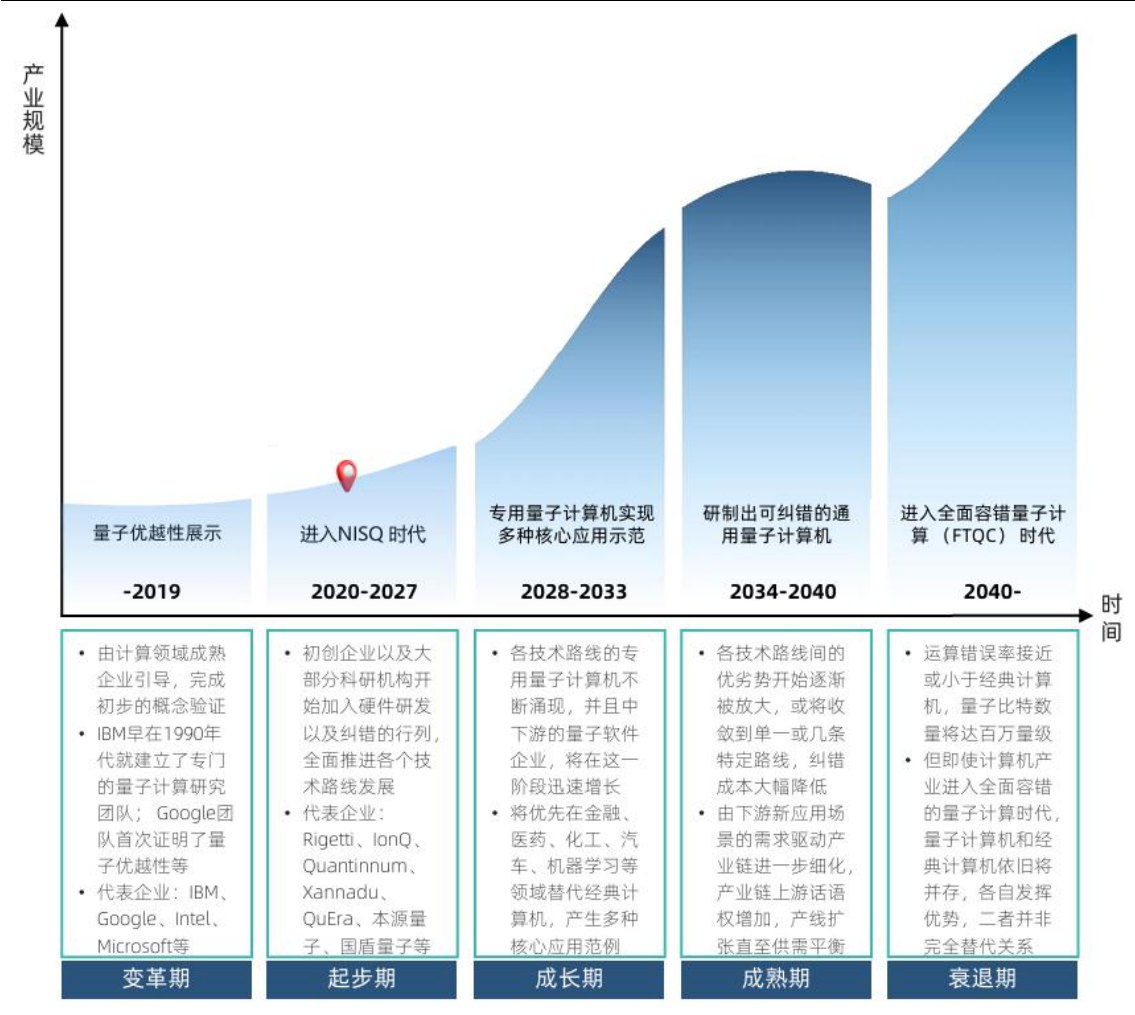
2035 年，总产业规模有望达到 560.8 亿美元。随着量子通信与安全的发展，未来将会有更多电信运营商的加入，这将反过来推动量子通信与安全的发展。

1.2 量子计算

量子计算是一种全新的计算模式，利用量子力学原理来实现超越传统计算机的计算能力。传统计算机使用二进制位来进行计算和存储数据，而量子计算机则利用量子比特(qubit)来进行计算和存储数据。量子比特具有量子叠加态和量子纠缠态等特性，这使得量子计算机可以在短时间内处理大规模的并行计算，从而实现超越传统计算机的计算能力，这使得它在加密、优化问题求解、药物研发等领域具有巨大的潜力。

目前，量子计算正处于迅速发展的阶段。虽然当前仍然存在一些挑战，如测控系统优化、量子比特数量与质量、量子比特间的相互干扰等，但在各自的技术路线上，已经有了不少可观的突破，为产业的进一步发展奠定了基础。例如，IBM 推出的可扩展 Quantum System 2 架构以及对应的 Heron 芯片，使得超导技术路线继续领跑全球；“九章三号”的成功构建则标志着量子比特的稳定性和纠缠性质的控制已经取得了显著的进展，使得量子计算机在解决某些特定问题上表现出色等。

图 3：量子计算发展生命周期示意图



2024 年 12 月 9 日，谷歌研究人员宣布制造出了一款具有 105 个物理量子比特的量子芯片 Willow，使他们能够展示首个“低于阈值”的量子计算——这是构建足够精确的量子计算机的关键里程碑。实验发表在《自然》杂志上，表明采用正确的纠错技术，量子计算机在规模扩大后能够以越来越高的准确度执行计算，而且这种改进的速度超过了一个关键阈值。

图 4: Willow 芯片的性能指标一览

Willow Chip		
Number of qubits: 105 Average connectivity: 3.47		
Specifications	Quantum Error Correction (QEC, chip 1)	Random Circuit Sampling (RCS, chip 2)
Single-qubit gate error (mean, simultaneous)	0.035%	0.036%
Two-qubit gate error (mean, simultaneous)	0.33% (CZ)	0.14% (iswap-like)
Measurement error (mean, simultaneous)	0.77% (repetitive, measure qubits)	0.67% (terminal, all qubits)
T ₁ time (mean)	68 μs	98 μs
Measurement rate (per second)	909,000 (surface code cycle = 1.1 μs)	63,000
Application performance	$\Lambda_{3,5,7} = 2.14$	XEB fidelity depth 40 = 0.1%

目前的量子计算机对于大多数商业或科学应用来说太小且易出错，而 Willow 芯片在 RCS（随机线路采样）基准测试中建立了史无前例的量子优势，5 分钟内即可完成当下最先进的超级计算机需要 10²⁵（10 亿亿亿）年才能完成的计算，这是量子计算机相对于传统计算机的优势的最新体现。此外，这款芯片还首次实现了表面码纠错的历史性突破：纠错后的逻辑量子比特错误率低于所有参与纠错的物理量子比特。

谷歌用了 5 年时间，终于从 Sycamore 进化到 Willow，退相干时间取得了 5 倍的提升，对于这种高连通度、高调控自由度的芯片而言，这是一个巨大的进步。作为谷歌量子硬件部门负责人 Julian Kelly 表示，研究结果表明这种改进速度是可持续的，它将使未来的量子芯片达到每 1000 万步出现一次错误的概率。研究人员普遍认为，这是使量子计算机具有商业用途的关键准确度。

图 5: Willow 芯片的退相干性能有了大幅提升

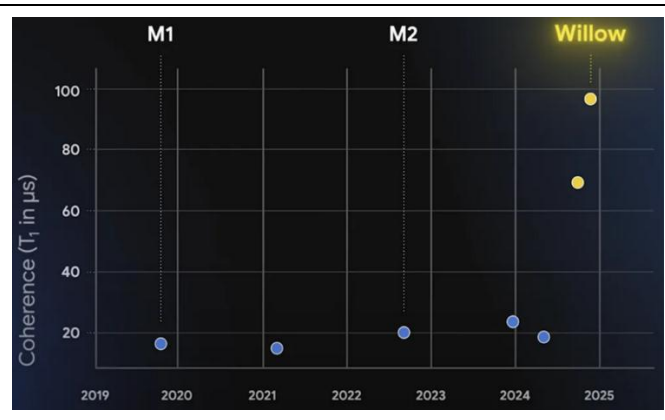
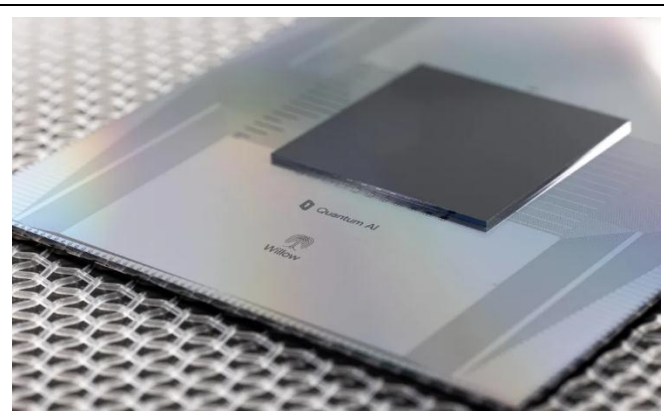
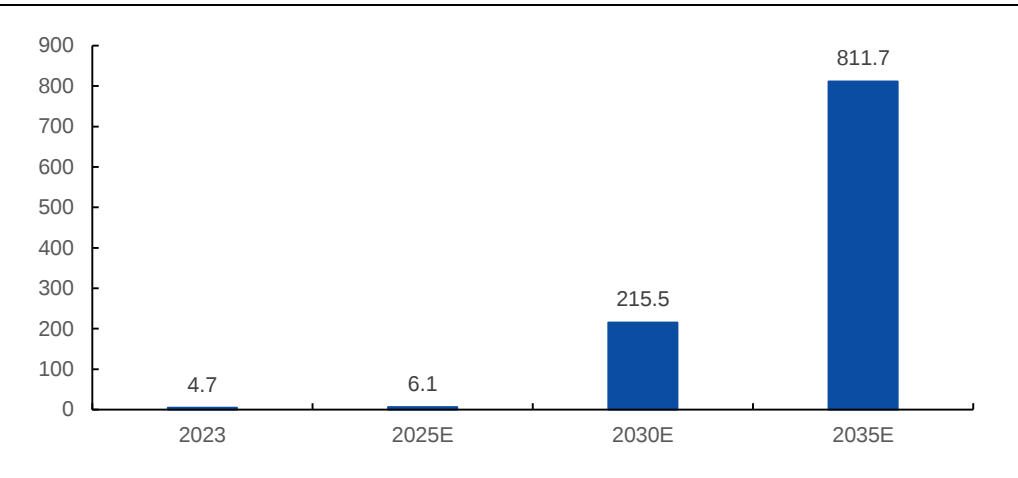


图 6: 包含 105 个量子比特的 Willow 芯片



量子计算产业将进入快速成长周期。随着量子计算机硬件的不断升级和算法的不断优化,更多的软硬件企业将投身于量子计算领域,并推动量子计算在不同行业的广泛应用。量子计算将在金融、医疗、材料科学等领域最先发挥作用,为下游行业带来颠覆性的创新。与此同时,产业链上的合作与竞争也将更加激烈,投资和创新以及庞大的市场需求将成为推动产业前进的关键驱动力。政府和企业也将共同合作,加大研发投入,以争取在全球量子计算领域的竞争优势。

图 7: 全球量子计算产业规模预测 (2023-2035E, 单位: 十亿美元)



根据 iCV TA&K 的数据,2023 年全球量子计算产业规模达到 47 亿美元,2035 年的规模将达到 8117 亿美元。2027 年,专用量子计算机预计将实现性能突破,带动整体产业规模快速发展。在 2028 年至 2035 年,受益于通用量子计算机的技术进步和专用量子计算机在特定领域的广泛应用,产业规模将继续迅速扩大,标志着量子计算会在此进入全面成熟和商业化的关键阶段,预示着未来量子计算将在各个领域带来深远而持久的影响。

1.3 量子精密测量

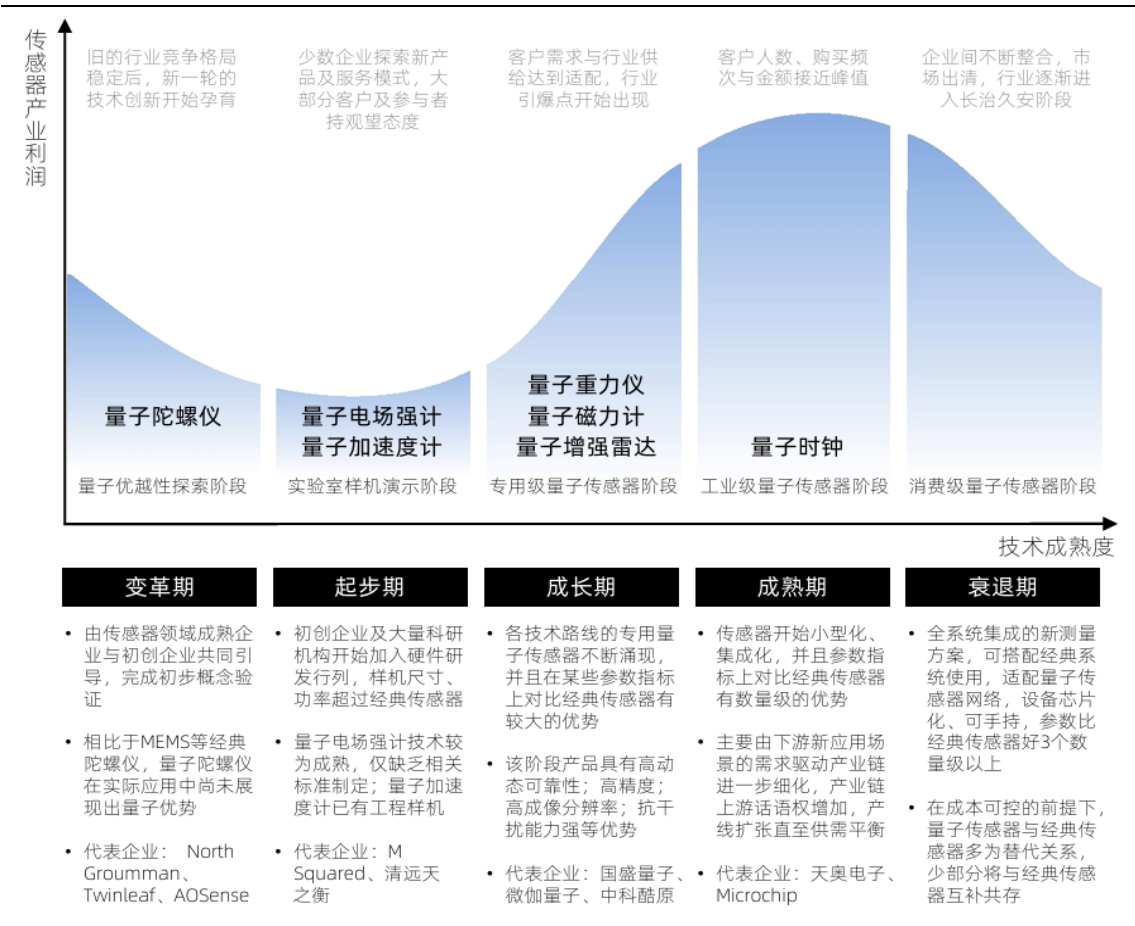
量子精密测量是利用量子力学规律,特别是基本量子体系的一致性,对一些关键物理

量进行高精度与高灵敏度的测量。利用量子精密测量方法，人们在时间、频率、加速度、电磁场等物理量上可以获得前所未有的测量精度。

量子精密测量的主要应用包括高精度光频标与时间频率传递、量子陀螺仪、原子重力仪等量子导航技术，量子雷达、痕量原子示踪、弱磁场探测等量子灵敏探测技术等。这些技术的应用价值已比较明朗，将在惯性导航、下一代时间基准、隐身目标识别、全球地形测绘、医学检验、物理学基本问题等广泛领域发挥重要作用。2018年第26届国际计量大会正式通过决议，从2019年开始实施新的国际单位定义，从实物计量标准转向量子计量标准，标志着精密测量开始进入量子时代。

2023年，量子精密测量领域呈现多样性和分散性。各领域发展路线多元，从量子陀螺仪到量子电场强计、再到量子加速度计，各自处于不同阶段，反映了科研进展和应用需求的多元化。不同物理量的量子传感器成熟度存在差异，量子陀螺仪尚未展现优势，量子电场强计相对成熟，差距反映了技术挑战和商业应用的不同情况。

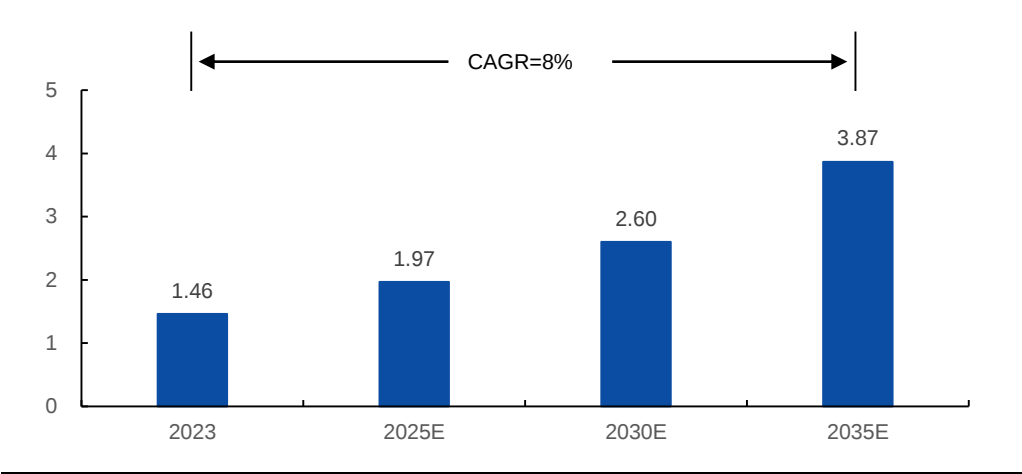
图 8：2023 年量子精密测量产业发展周期示意图



未来，不同量子传感器之间的成熟度差异将逐步缩小，技术创新将成为推动产业发展的主要动力，跨领域合作进一步加强，解决特定领域的技术难题，推动整个产业向成熟和商业化迈进。未来量子精密测量将进一步以技术创新、标准完善和市场扩展为主导，合作推动技术实用化，标准制定提高可比性，量子传感器逐渐小型化和集成化推

动产业链向前发展。各领域发展趋向协同，形成更完善的生态系统。技术突破将主导整体趋势，跨领域合作解决技术难题，推动产业向成熟和商业化迈进，取得显著成果。

图 9：全球量子精密测量产业规模预测（2023-2035E，单位：十亿美元）



根据 iCV TA&K 的数据，2023-2035 年全球量子精密测量产业呈现出稳步增长趋势，产业规模从 2023 年的 14.6 亿美元增长到 2035 年的 38.7 亿美元，CAGR 约为 8%。

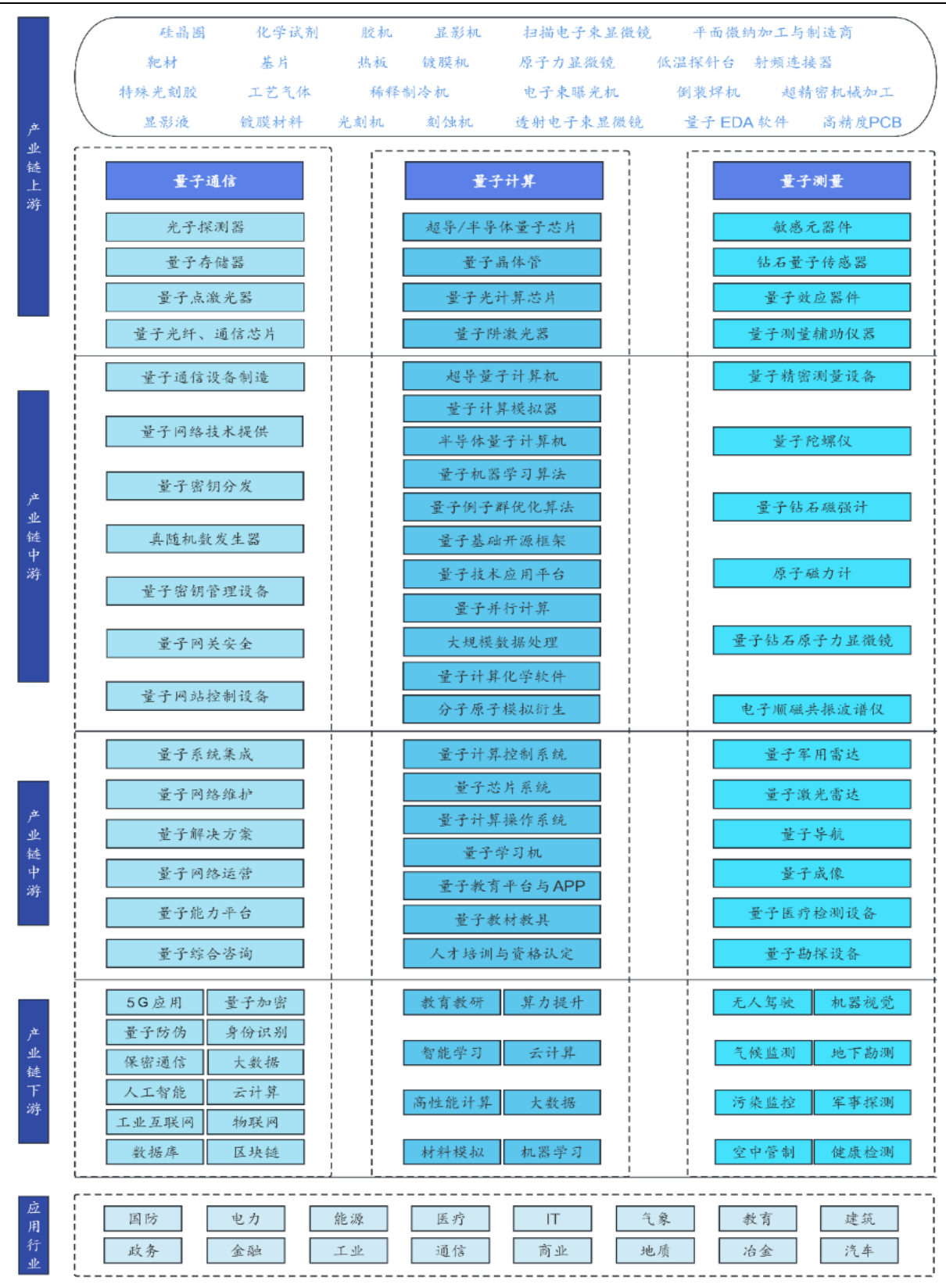
量子精密测量作为高精度测量时间、重力、电场、磁场等的重要工具，在各个领域的应用需求正在不断增加。

- 随着通信技术，尤其是 5G 等新兴技术的发展，对高精度同步和时间标准的需求也在逐渐增强。量子时钟在通信领域为数据传输和网络同步提供了关键支持。全球卫星导航系统等导航和定位系统对高精度时间测量的依赖性也在增加，量子时钟的稳定性和准确性使其成为这些系统中的关键组件。
- 量子重力仪和量子重力梯度仪具有更高的灵敏度和抗干扰能力，使其在复杂地质环境中更具优势。
- 量子磁力计的高精度和灵敏度使其成为新材料研发领域的重要工具。在新能源材料、磁性材料等领域，科学家们需要准确测量磁场特性，以促进新材料的创新和开发。而随着新材料需求的增加，量子磁力计将在这一领域获得更多关注。
- 未来，随着全球产业链的不断完善，量子传感器有望在更广泛的领域得到应用。随着市场认知的提高和成本的降低，量子传感器将在未来几年内持续发挥其不可替代的作用，为全球科技进步和产业升级做出积极贡献。

1.4 量子信息产业链及相关政策

量子信息产业链从上游到下游主要包含基础光电元器件、量子通信核心元器件、量子通信传输干线、量子系统平台、以及应用层五个环节。其中基础光电元器件和核心设备是支撑起量子通信的技术和硬件基础；量子传输干线是实现远程量子通信及量子网络的传输渠道；量子系统平台主要负责对信息进行整合处理并根据需求做出相关指令，是维护整个系统健康运转的软件基础；应用层则为量子信息产业化的下游，主要为军事国防、政务、金融、互联网云服务、电力等领域的应用。

图 10：量子信息产业链全景图



近年来，我国政府不断出台政策，中央和地方加大投入力度，加快量子信息产业发展。我国量子信息政策演进分为三个阶段，第一阶段重点在于推动量子信息关键技术研发，第二阶段在于推动产业化试水，第三阶段国家政策层面更加注重产业化发展。

表 1：国家政策推动量子信息产业持续健康发展

日期	政策名称	颁布单位	政策内容
2024.11	《推动数字金融高质量发展行动方案》	中国人民银行、国家发展改革委、工业和信息化部、金融监管总局、中国证监会、国家数据局、国家外汇局	布局先进高效的算力体系，加快云计算、人工智能等技术规范应用，探索运用边缘计算和量子技术突破现有算力瓶颈，为金融数字化转型提供精准高效的算力支持。
2024.05	《信息化标准建设行动计划（2024-2027 年）》	中央网信办、市场监管总局、工业和信息化部	加快量子信息标准布局，推动术语、功能模型、参考架构等基础通用标准研制，开展量子计算、量子通信、量子测量等关键技术标准研究。
2024.03	《2024 年国务院政府工作报告》	国务院	制定未来产业发展规划，开辟量子技术、生命科学等新赛道，创建一批未来产业先导区。
2024.01	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	工业和信息化部、教育部、科学技术部、交通运输部、文化和旅游部、国务院国有资产监督管理委员会、中国科学院	以实施意见为指导，围绕脑机接口、量子信息等专业领域制定专项政策文件，形成完备的未来产业政策体系。加快量子、光子等计算技术创新突破。加强可容错通用量子计算技术研发，提升物理硬件指标和算法纠错性能，推动量子软件、量子云平台协同布置。
2023.08	《新产业标准化领航工程实施方案（2023-2035）》	工业和信息化部、科技部、国家能源局、国家标准化管理委员会	开展量子信息技术标准化路线图研究。加快研制量子信息术语定义、功能模型、参考架构、基准测评等基础共性标准。聚焦量子计算领域，研制量子计算处理器、量子编译器、量子计算机操作系统、量子云平台、量子人工智能、量子优化、量子仿真等标准。聚焦量子通信领域，研制量子通信器件、系统、网络、协议、运维、服务、测试等标准。聚焦量子测量领域，研制量子超高精度定位、量子导航和授时、量子高灵敏度探测与目标识别等标准。
2022.12	《扩大内需战略规划纲要（2022-2035 年）》	中共中央、国务院	在人工智能、量子信息、脑科学等前沿领域实施一批前瞻性、战略性国家重大科技项目。以需求为导向，增强国家广域量子保密通信骨干网络服务能力。
2021.12	《“十四五”数字经济发展规划》	国务院	瞄准量子信息等战略性前瞻性领域，发挥我国社会主义制度优势、新型举国体制优势、超大规模市场优势，提高数字技术基础研发能力。
2021.03	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》	第十三届全国人大四次会议	聚焦量子信息、光子与微纳电子、网络通信、人工智能、生物医药、现代能源系统等重大创新领域组建一批国家实验室，重组国家重点实验室，形成结构合理、运行高效的实验室体系。瞄准人工智能、量子信息、集成电路、生命健康、脑科学、生物育种、空天科技、深地深海等前沿领域，实施一批具有前瞻性、战略性的国家重大科技项目。

2021 年作为“十四五”开局之年，无论是作为顶层设计的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，还是进一步细化的《“十四五”数字经济发展规划》，均提到量子信息，致力于推进这一具备战略性、前瞻性

的高新技术，并提高数字技术基础研发能力。根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，“十四五”期间，我国量子信息领域的科技攻关任务围绕量子通信技术研发、量子测量技术突破和量子计算的产品研制。2024 年 1 月由工业和信息化部等七部门联合发布的《关于推动未来产业创新发展的实施意见》以实施意见为指南，围绕脑机接口、量子信息等专业领域制定专项政策文件，形成完备的未来产业政策体系。《2024 年国务院政府工作报告》提出了要积极培育新兴产业和未来产业，制定未来产业发展规划，开辟量子技术、生命科学等新赛道，创建一批未来产业先导区。这些政策文件体现了我国政府对量子技术的高度重视和大力支持。

2. 国内公司积极布局，打开全新成长空间

近年来，中国量子科技产业取得了长足进步，从量子计算原型机、量子通信网络建设到量子精密测量仪，一系列重大成果不断涌现，产业规模不断壮大，产业链日益完善，展现出强大的创新活力和发展潜力。

2.1 国仪量子

国仪量子技术（合肥）股份有限公司源于具有国际知名度的中国科学技术大学，实验室在高端科学仪器、关键核心器件的研制领域深耕十余年，多项技术、研究成果突破国际封锁和禁运，并获得“中国科学十大进展”、“国家自然科学基金二等奖”、“中国分析测试协会科学技术奖特等奖”等诸多奖项。公司传承实验室的创新基因与探索精神，为全世界的科技工作者提供探知微观世界的一把尺子，获得“2021年安徽省科学技术奖一等奖”、“朱良漪分析仪器创新奖”、“安徽省新型研发机构”、“安徽省量子精密测量创新中心”、“安徽省专精特新冠军企业”等奖项。公司面向量子科技、材料科学、化学化工、生物医学、工业领域、科学教育、能源勘探等领域，致力于帮助客户更高效地推动技术的发展，探索并创造人类的未来。

公司的核心技术是以量子精密测量为代表的先进测量技术，为全球范围内企业、政府、研究机构提供以增强型量子传感器为代表的核心关键器件、用于分析测试的科学仪器装备、赋能行业应用的核心技术解决方案等优质的产品和服务。

公司的产品可以分为7个系列，分别为：量子传感系列、磁共振系列、电子显微镜系列、油气勘探系列、微弱信号测量系列、气体吸附分析系列、教学产品系列。

图 11：宽场 NV 显微镜



CatLiD 近钻头随钻测量仪器，连续测量近钻头处方位伽马（16 扇区），在钻头接近目的地层边界的时候及时反应，提高水平井着陆成功率与储层钻遇率，有效降低钻井

地质风险和工程风险，广泛应用于煤层气、页岩气和致密气等非常规油气藏开发。

图 12: CatLiD®近钻头随钻测量仪器



2023 年 12 月 28 日，公司向上海大学理学院正式交付 X 波段连续波电子顺磁共振波谱仪 EPR200-Plus，标志着国仪量子自主研发的电子顺磁共振波谱仪实现了全球交付 100 台的重要里程碑。

2.2 本源量子

本源量子计算科技（合肥）股份有限公司是国内量子计算龙头企业，2017 年成立于合肥市高新区，团队技术起源于中科院量子信息重点实验室。本源量子聚焦量子计算产业生态建设，打造自主可控工程化量子计算机，围绕量子芯片、量子计算测控一体机、量子操作系统、量子软件、量子计算云平台和量子计算科普教育核心业务，全栈研制开发量子计算，积极推动量子计算产业落地，聚焦生物科技、化学材料、金融分析、轮船制造、大数据等多行业领域，探索量子计算产业应用，争抢量子计算核心专利。公司已先后推出第一代 6 比特超导量子芯片夸父 KF-C6-130、第一代 24 比特超导量子芯片夸父 KF-C24-100、第二代硅基自旋 2 比特量子芯片玄微 XW-S2-200 等。2024 年 1 月 6 日，我国第三代自主超导量子计算机“本源悟空”上线运行，并向全球用户限时免费开放。数据显示，截至 2024 年 5 月 7 日，“本源悟空”已吸引全球范围内超 800 万人次访问，为 120 个国家和地区的用户成功完成逾 17.8 万个运算任务。

图 13： 玄微 XW S2-200

本源第二代半导体二比特量子处理器

半导体量子点系统可以很好的结合和利用现代半导体微电子制造工艺，通过纯电控的方式制备、操控与读取量子比特更具稳定性。

与现代大规模集成电路类似，半导体量子点系统具有良好的可扩展、可集成特性，被认为是未来实现大规模实用化量子计算的最佳候选体系之一。

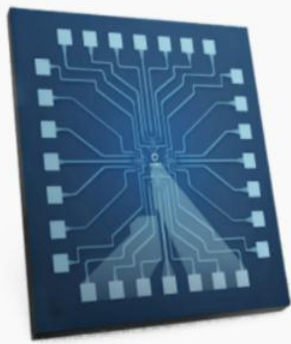
产品特点：

1.超快精确控制

通过调节栅电极上的超快电脉冲，成功实现皮秒量级半导体量子比特超快普适逻辑门操控。进一步地，通过精确控制多路高频脉冲，成功实现半导体两量子比特超快受控非门操控。

2.长相干快操控编码

利用半导体量子点钟多电子态的轨道非对称性，成功实现长相干、快操控兼容的新型杂化量子比特编码。



2.3 格尔软件

格尔软件股份有限公司是中国商用密码领域的骨干企业，是国内较早研制和推出公钥密码基础设施(PKI)产品的厂商，是国家科技支撑计划商用密码基础设施项目的牵头单位公司。公司致力提供以身份治理为中心的数字资产安全整体解决方案，拥有大批政务、金融、军工等领域核心客户，面向社会数字化转型的新形势，完成了云计算、大数据环境下大规模复杂场景的安全体系建设，并为工业互联网、物联网、车联网等新型应用保驾护航，全力打造成为国内全栈全域的信息安全服务提供商。

当前，量子计算的飞速发展带来算力的指数级增长，这对现役密码体制下的信息安全带来了不容忽视的威胁，密码技术一旦被攻破，将对网络空间安全带来颠覆性影响，因此，围绕抗量子计算的新一代密码技术标准和产业迁移已成为大国博弈的战略抓手。所谓抗量子密码（Post-Quantum Cryptography, PQC, 亦称后量子密码），是指能够抵抗量子计算攻击的新一代密码算法，抗量子密码的技术路线包括基于格、基于编码、基于哈希、基于多变量以及基于同源的多种，可实现公钥加密、数字签名、密钥封装、同态加密等应用。

格尔软件在抗量子密码领域重点布局，并发布了全量子一体化网络安全和数据安全解决方案。该方案集成了量子随机数、量子密钥分发等先进的量子密码技术，并融合了抗量子密码技术，共同构成了方案的底层技术支撑。公司还设计了统一的密钥管理服务，为上层密码应用产品提供了全量子安全的密钥服务，为业务系统筑起了抗量子计算攻击的安全屏障。

图 14：格尔抗量子密码产品体系图



从工程化角度来看，格尔软件提出了一个分为三个阶段的抗量子密码迁移路径设计，包括安全接入层面、公钥基础设施(PKI)的改造以及应用和数据层面的迁移，并研发了抗量子密码卡并发布了基于抗量子密码算法的多种产品，具备提供全套抗量子密码服务的能力。此外，格尔软件还积极与部分行业头部客户达成应用试点的意向。

图 15：抗量子密码迁移路径设计



2024 年 11 月，格尔软件的抗量子密码(PQC)安全认证网关通过了中国信息通信研究院技术与标准研究所、唯亚威通讯技术有限公司的 PQC 应用系统升级验证测试。本次测试基于唯亚威通讯技术有限公司研制的抗量子密码测试平台，完成了格尔抗量子密码(PQC)安全认证网关基于传统加密算法和抗量子密码(PQC)混合加密算法的协议一致性、功能和性能测试，测试表明抗量子密码(PQC)安全认证网关具备了实用化的条件。

2.4 吉大正元

吉大正元以密码技术为核心，开展信息安全软件的研发、生产和销售及服务，面向政府、军工、金融、能源、电信等重点行业和领域提供基于密码的可信身份认证及可信数据保障等多层次、全方位的综合性安全解决方案，近年来聚焦于量子计算、抗量子密码方面的前沿探索且多有建树。

公司研发团队围绕抗量子密码的设计、分析、实现、产品化开展工作，多次参与密标委密码算法标准研究与制定课题工作，精通基于格、多变元、哈希等抗量子密码技术路线，已经为特定领域算法征集设计了多个原创抗量子算法。吉大正元在抗量子混合证书、多层安全抗量子认证技术、高性能抗量子隐私计算等方面进行了深入研究与探索，已经实现了与传统证书格式兼容的抗量子混合证书签发与认证功能，实现了多算法多签名的高安全证书认证机制，在自研“元安全”隐私计算平台上实现了抗量子隐

私求交、隐私查询等自研算法协议。

在抗量子电子认证体系迁移替换方面，吉大正元拥有成型产品，已经在抗量子混合证书设计、根 CA-运营 CA 分层安全架构、电子认证统一监控等方面设计和开发出了原型系统。

图 16：吉大正元“元安全”隐私计算产品概述

