

量子科技：超越经典，面向未来

——量子科技行业深度报告

行业评级：看好

2025 年 6 月 23 日

分析师 刘雯蜀
邮箱 liuwenshu03@stocke.com.cn
证书编号 S1230523020002

分析师 童非
邮箱 tongfei01@stocke.com.cn
证书编号 S1230524050005

研究助理 张致远
邮箱 zhangzhiyuan@stocke.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

1、量子计算：面向未来的超级算力

- 量子计算是一种遵循量子力学规律调控量子信息单元进行计算的新型计算模式。量子计算的核心在于利用量子力学的基本原理（如叠加性、量子纠缠和量子干涉）来进行信息处理。人类发展量子计算的目的是至少在特定问题上实现超越传统计算机的处理速度，长期看则希望实现通用量子计算，在全方位超越传统计算机。量子计算是数学、计算机科学与物理学的交叉学科，在理论与应用中均仍存在大量空白有待探索，目前各大科技巨头均已制定量子计算路线图，并在部分领域实现初步应用。

2、量子通信：保障通信安全

- 量子通信是利用量子力学原理对量子态进行操控的一种通信形式，可以有效解决信息安全问题。量子通信是迄今唯一被严格证明无条件安全的通信方式，量子通信所依赖的信息载体是量子态，由于量子具备测量坍缩的特点，因此窃听者对量子通信进行的任何观测行为都会对量子态造成改变，从而通信的双方就能够迅速察觉到窃听行为，及时终止通信，并在之后根据需要更改信道。目前量子密钥分发技术已经迈过商用门槛，量子隐形传态则为我们提供了未来远距离传送的想象空间。

3、量子精密测量：测量进入量子时代

- 量子精密测量旨在利用量子资源和效应，实现超越经典方法的测量精度，是原子物理、物理光学、电子技术、控制技术等多学科交叉融合的综合技术。目前量子精密测量技术发展已取得突破进展，在量子传感器领域的应用也正在走向成熟，量子时钟、量子重力仪&梯度计、量子磁力计等细分市场规模预计将突破十亿美元。

4、投资机会

- 目前量子科技板块整体处在发展初期，量子计算领域可关注上游激光器、稀释制冷机等关键零部件；量子密钥、量子通信实现初步产业化，建议关注量子通信网络建设参与方及量子通信应用；伴随精密测量进入量子时代，建议关注量子测量设备对传统设备的替代。

建议关注

- 海外：**Quantum Computing Inc.、D-Wave Quantum Inc.、IonQ、Rigetti Computing
- 国内：**国盾量子、科大国创、华工科技、腾景科技、天信仪器、士兰微、格创微电

- 1、技术风险
- 2、市场风险
- 3、供应风险
- 4、商业落地不及预期风险

目录

CONTENTS

01 量子计算：面向未来的超级算力

02 量子通信：保障通信安全

03 量子精密测量：测量进入量子时代

04 相关标的

01

量子计算： 面向未来的超级算力

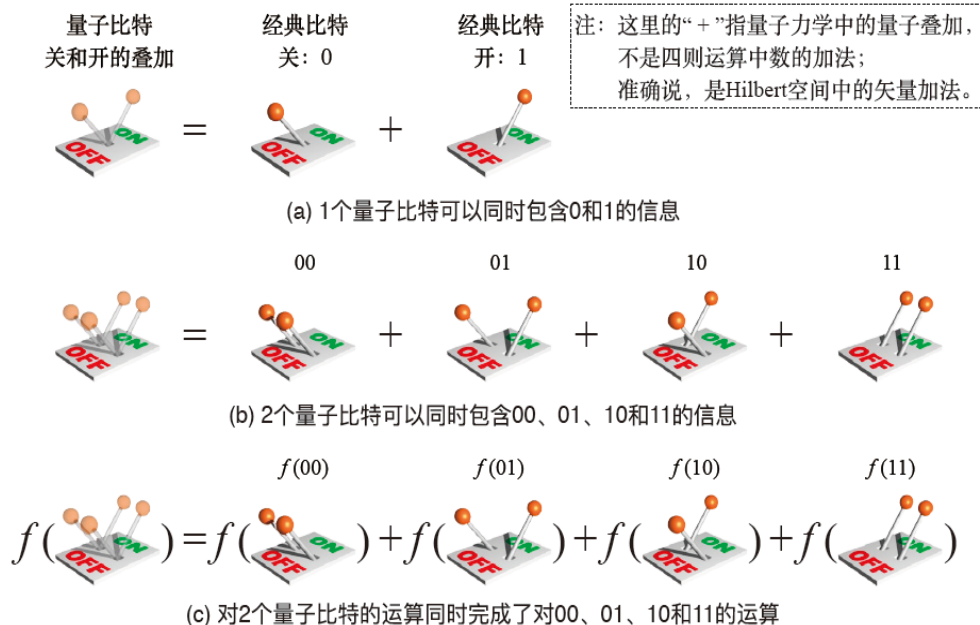
与经典计算机使用的比特 (bit) 不同，量子计算机使用量子比特 (qubit) 。它可以处于 $|0\rangle$ 和 $|1\rangle$ 的叠加态，而不仅是一个确定的0或1。量子比特是一种抽象的数学对象，通过这种抽象可帮助研究者依赖于特定实现系统的量子计算一般理论。

量子比特可以由捕获的离子、光子、人造原子或真实的原子等进行物理表示。例如可以通过电子的自旋表示，一个电子的自旋可以向上（对应于 $|0\rangle$ ）或向下（对应于 $|1\rangle$ ），但它也可以是两者的叠加。相较于经典图灵机，量子图灵机本质就是在于用自旋为1/2的量子叠加态来替代（0、1）的二进制逻辑。量子计算机的运算通过量子门（Quantum Gate）来操控量子比特的状态，并最终通过测量获得计算结果。

量子计算基本原理

叠加	叠加态很像经典物理学中的波，可以添加多个量子态，也可以将每个量子态表示为多个其他不同状态的总和。此种量子位的叠加赋予了量子计算机固有的并行性，使它们能够同时处理数百万个操作。
纠缠	当两个系统紧密联系在一起时，量子纠缠就会发生，可以通过一个系统的相关知识立即了解另一个系统（无论相距多远）。量子处理器可以通过测量一个粒子得出关于另一粒子的结论。
退相干	是量子位中量子态的损失。辐射等环境因素会导致量子位的量子态崩溃。构建量子计算机的一项重大工程挑战是设计各种试图延迟状态退相干的功能。

量子计算过程



利用量子比特和量子门，我们可以储存更多信息，在特定问题展现独特优势

量子比特与量子门的数学模型	
单个量子比特	一个量子比特的状态是一个 二维复数空间的矢量 ，因此就单个量子比特而言，我们可以从 $ 0\rangle$ 、 $ 1\rangle$ 两个基态出发，对应量子比特的两个极端可能状态，我们可以将其类比为传统计算机中的0和1，但却用二维复数列向量表示。由于量子比特呈现出叠加态的属性，所有可能的状态实际构成了一个二维复空间，我们可以用基态的线性组合来描述，即 $\alpha 0\rangle+\beta 1\rangle$ ，其中 α 和 β 是满足归一化条件的复数，即 $ \alpha ^2+ \beta ^2=1$ 。这两个参数实际构造出了单个量子比特在某个时间点下的概率权重和相位，我们可以用布洛赫球（Bloch Sphere）对其进行几何可视化。
多个量子比特	当出现多个量子比特时， 我们使用张量积描述多个量子系统组合成的更大系统 。复合物理系统的状态空间是其子系统状态空间的张量积。如果用两个经典比特表示信息，可以获取四个状态{00, 01, 10, 11}。但是如果拥有两个量子比特，或者拥有一个量子比特对，他们组成的不重复的量子比特对为 $ 00\rangle 01\rangle 10\rangle 11\rangle$ ，同样的，双量子比特的状态是计算基态的叠加态， $ \psi\rangle=\alpha_{00} 00\rangle+\alpha_{01} 01\rangle+\alpha_{10} 10\rangle+\alpha_{11} 11\rangle$ ，其中的参数是复数，满足归一化。拓展来看，n个量子比特的叠加态可以表示为 2^n 个基态的线性组合，即可以表示 2^n 种状态；作为对比，经典比特则需要 2^n 个存储单元才能存储同样量级的信息。
量子门	我们使用量子门来改变量子比特的状态 。量子门是作用于量子比特的酉操作，量子门通过对量子比特的状态进行线性变换，改变其叠加态中的幅度和相位，从而实现量子态的演化，在数学上对应一个酉矩阵U(满足 $U^H U=I$)。以最简单的单量子门为例，主要存在能够翻转基态的Pauli-X门（量子非门）、将基态转换为叠加态的Hadamard门（H门）和调控量子态的相对相位的相位门（S门）三种量子门，其中H门是创建量子并行性的关键。在实际操作中，不同的量子计算平台是通过不同的物理操作方式来实现酉变换，但均依赖量子力学效应（如干涉、纠缠等）。

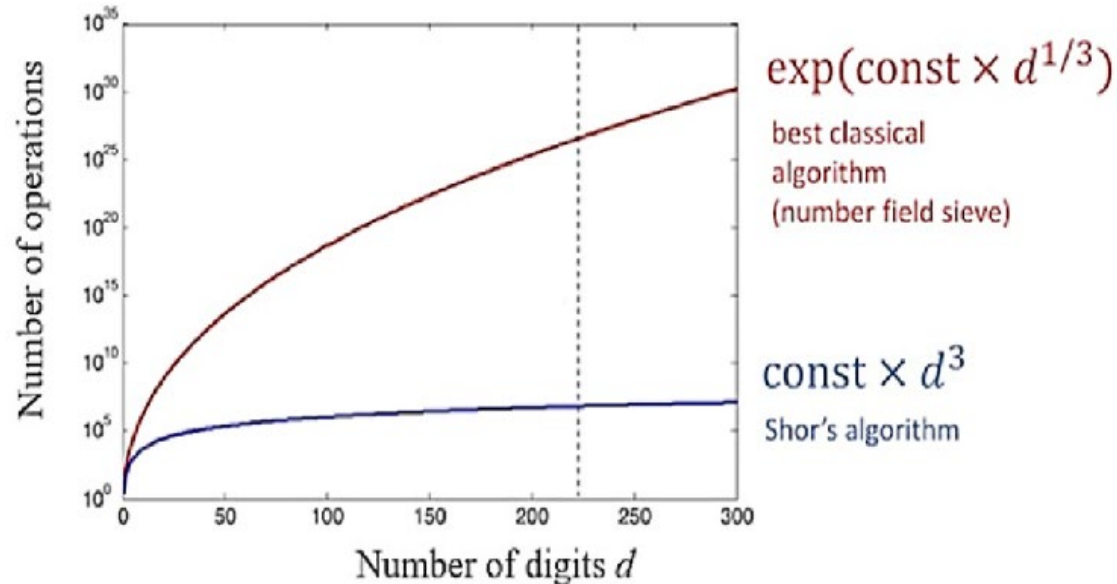
在经典计算中，N位比特的CPU在同一时刻只能存储一种状态，但在量子计算中，酉操作作用于量子态时，能够同时对所有基态进行变换，因此利用n个量子比特就可以同时对 2^n 个状态同时进行处理。如果想知道每一个值，则依然要做 2^n 测量，并不会加速，但如果只关心诸如分布规律等特定问题，就可以利用量子叠加态实现算法改进和计算的加速。

以质因数分解问题为例，该问题可通过经典算法约化为寻找待分解的合数N为模的函数 $f(x)=ax \pmod{N}$ 的周期。寻找周期时，利用量子门对量子寄存器进行操作，可以放大周期r的“概率”，从而可以在测量时以一个很高的概率得到周期r。相对于经典操作中的遍历寻找，由于不需要每一个量子比特的测量结果，在处理分布问题时量子并行性可以很好的将问题的复杂度降低，从而实现在多项式时间内实现对大数的质因数分解。

量子计算的速度优势来源

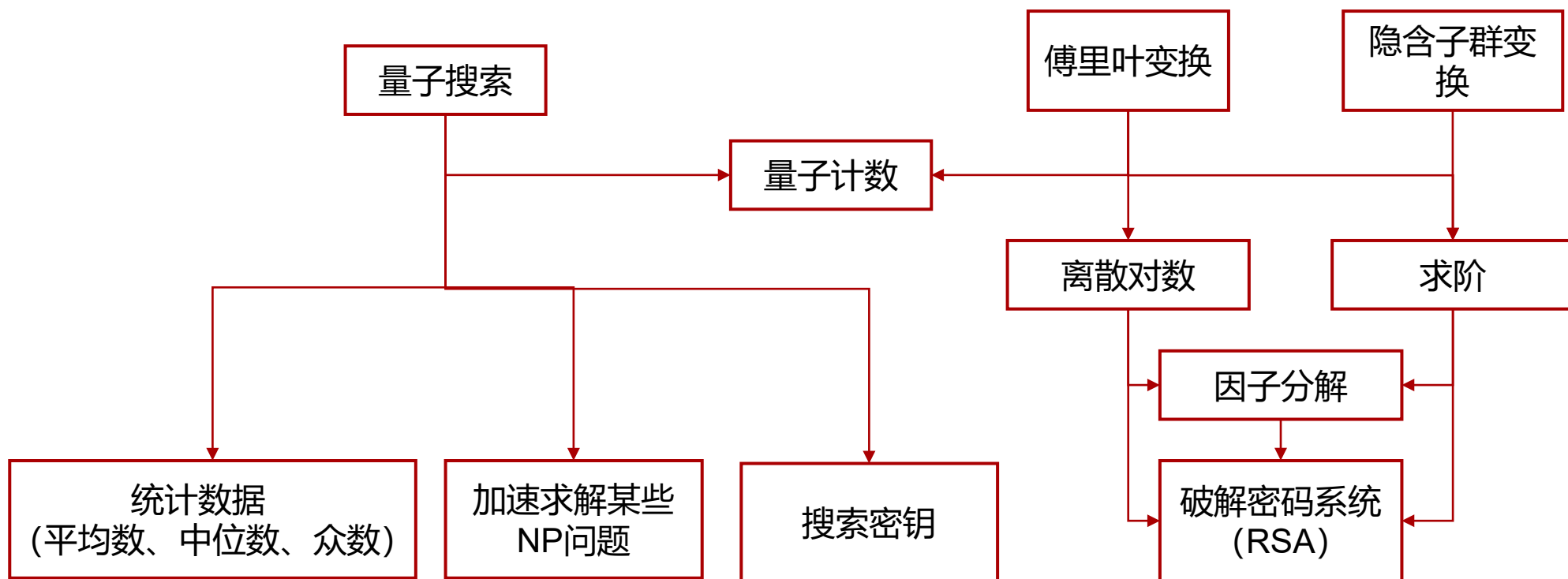
量子并行性	由于量子比特可以处于叠加态，量子计算机可以在一次计算过程中同时计算多个可能的结果。例如一个包含n个量子比特的系统可以同时表示 2^n 个状态，而经典计算机只能一次处理其中的一个。
量子纠缠	量子纠缠允许量子比特之间建立强相关性，使得对一个比特的操作可以影响到整个系统，从而加速计算。
量子干涉	通过调整量子门的操作，量子计算机可以利用干涉效应来增强正确答案的概率，削弱错误答案的概率，从而更快地找到最优解。

质因数分解：量子计算vs经典计算



进一步来看，目前发现有三类量子算法优于已有的经典算法。第一类是基于傅里叶变换的量子算法，它是广泛运用于经典算法的工具。Deutsoh-Jozsa 算法是这类算法的一个例子，Shor 的素因子分解算法和离散对数算法也是如此。第二类算法是量子搜索算法。第三类算法是量子模拟，它利用量子计算机模拟量子系统，这些算法在解决特定问题时均展现出优于经典计算机的表现

量子计算的原理与应用方向



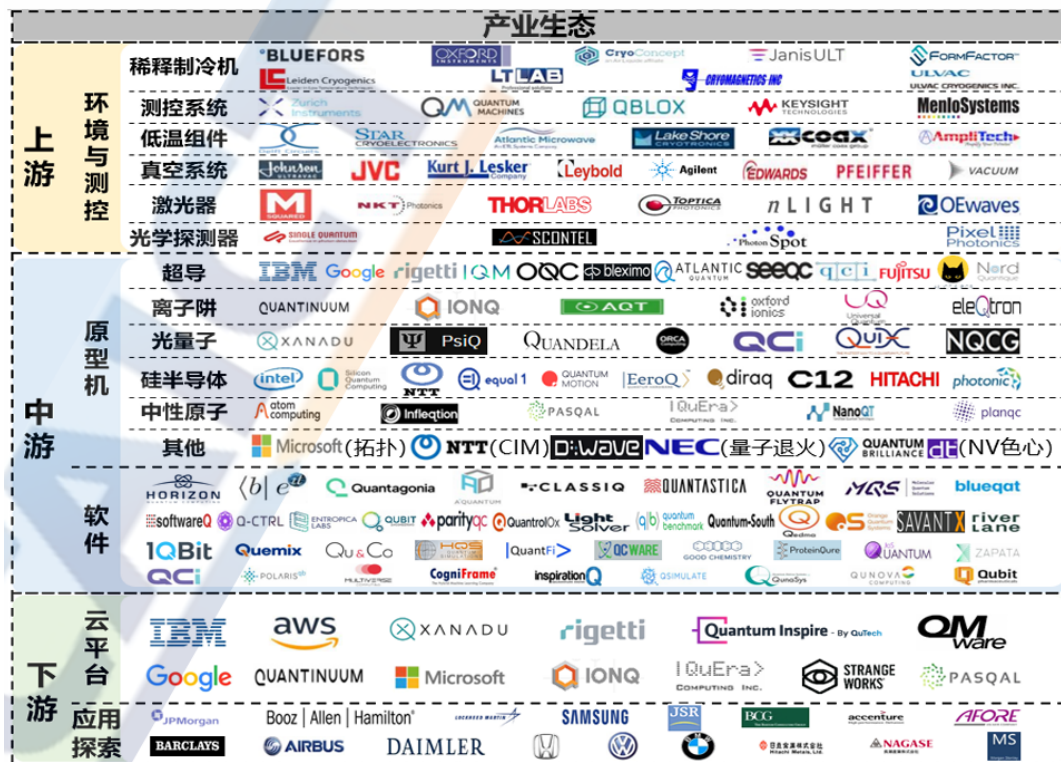
量子计算机一般包括**量子寄存器、量子门电路、量子存储器**，通过量子算法实现计算。迪文森佐准则由理论物理学家戴维·狄文森佐在2000年首次提出，为量子计算机的设计提供了理论先导。

量子计算机的核心在于量子比特的物理实现，目前主流的三大技术路线为**离子阱、超导电路和光子**，三者各有优劣。具体而言，离子阱技术是当下相对成熟的技术，准确性高，但是难以扩容；超导量子比特是目前较为受到青睐的技术路线，保真度高、运算速度快、扩展性好、可控性强，且工艺与半导体兼容，但受限于退相干时间短（通常为微秒级）和布线密度问题；光子量子比特以光子的偏振或路径态编码信息，其优势在于室温运行、理论上无限长的退相干时间以及光信号的高速传输，但在光子损耗和非线性操作难度上面临挑战。

量子计算机主要技术路线								
技术路径	原子		电子				光子	
应用领域	离子阱	冷原子	超导体	硅(量子点)	金刚石杂质(氮空位中心)	拓扑	光子	离子阱
量子比特本质	计量学、计算、通信(中继器、光子耦合)	计量学、计算、通信(光子耦合)	计量学、计算	计量学、计算	计量学、通信、计算	计算	计量学、通信、计算	计量学、计算、通信(中继器、光子耦合)
量子比特量子态	被电磁俘获的离子	被激光镊子俘获的原子	超导回路	被半导体俘获的电子	被俘获在靠近氮原子的金刚石晶体腔中的电子	超导体纳米线中的任意子	在波导中循环的光子	被电磁俘获的离子

在量子计算领域，美国领先，中国位列第一梯队。美国在量子计算产业链上游稍有短板，中游与下游领先。中国在中游取得各项技术突破，但在下游应用生态方面略有逊色。

量子计算全球产业生态



量子计算生态发展

	美国	中国
上游	本土供应商数量众多，但存在一定“偏科”现象，在全球低温领域中的竞争力弱于测控系统	曾在较长时期依赖进口，但随着欧美对禁运力度不断加大，不得不走上独立自主的道路，已在多项技术打破垄断。
中游	在超导、离子阱、中性原子、半导体等多条量子计算技术路线上处于领先地位。	主要以高校院所及其孵化的量子初创企业为主体，科技巨头对量子计算投入热情相对较小。
下游	在金融、医疗、国防等不同领域深入开展了量子计算的应用探索。	应用案例主要集中在科研机构，商业化合作较少。

IBM、谷歌等公司已经绘制了量子计算路线图，规划了未来时间节点上量子处理器所包含的量子比特数量。

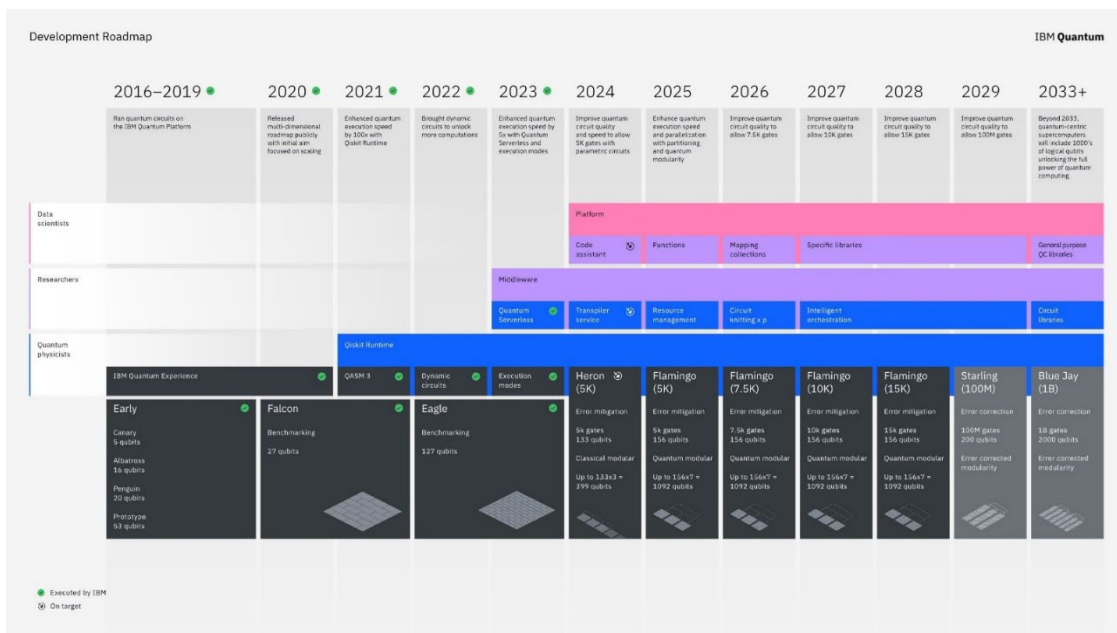
主流量子计算公司路线图

Company	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Farther
 IBM	65	127	433	1121	-	-	-	-	-	-	1m	-
 Google	54	100	-	1000	-	10k	-	100k	-	1m	-	-
 本源量子 ORIGIN QUANTUM	6	24/64	144	-	-	1024	-	-	10k	-	-	1m
 PsiQuantum	0	0	0	0	0	1m	-	-	-	-	-	-
 rigetti	32	80	-	-	1000	-	4000	-	-	-	-	-
 ColdQuanta	0	100	300	-	1000	-	-	-	-	-	-	-
 XANADU	24	40	-	80	-	-	-	-	-	-	1m	-
 IQM	0	5	20	-	50	-	-	-	-	-	-	-
 SiCon Quantum Computing	0	0	0	10	-	-	-	-	-	-	100	FTQC

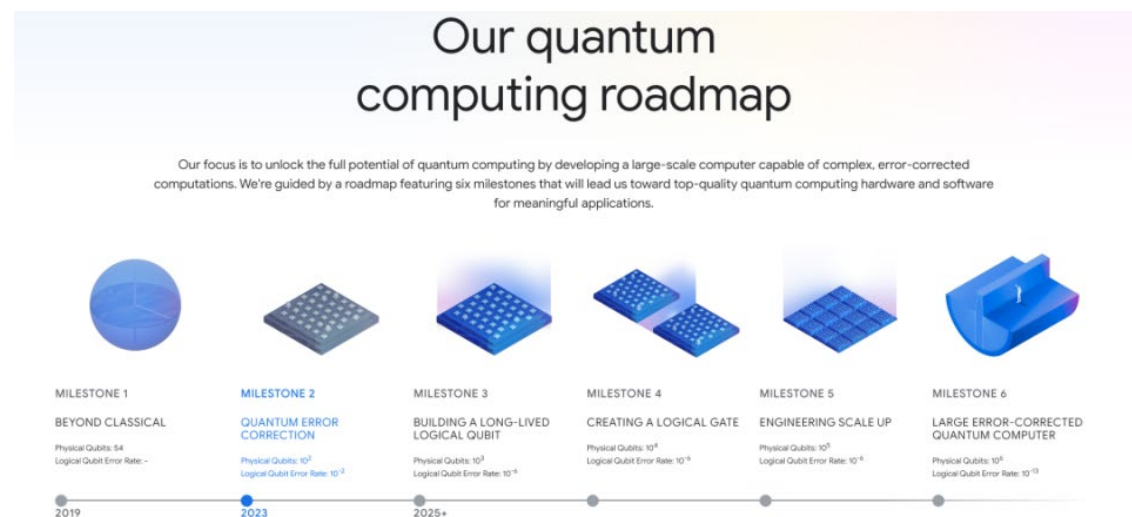
IBM的量子计算路线图是业界较为关注的路线图，其思路清晰、严谨可行。自公开发布投入量子计算领域研发计划后的几年里，IBM一直在按计划执行并如期交付既定目标。

谷歌的量子计算路线图则致力于达成一个个里程碑，最终实现大规模有纠错量子计算机。2019年谷歌发布“Sycamore”，基于该芯片，100万次量子随机线路采样耗时约200秒，而当时世界排名第一的超级计算机则需要1万年左右，谷歌公司宣称实现了量子优越性，这被视为量子计算发展史上的重要时刻。

IBM量子计算路线图

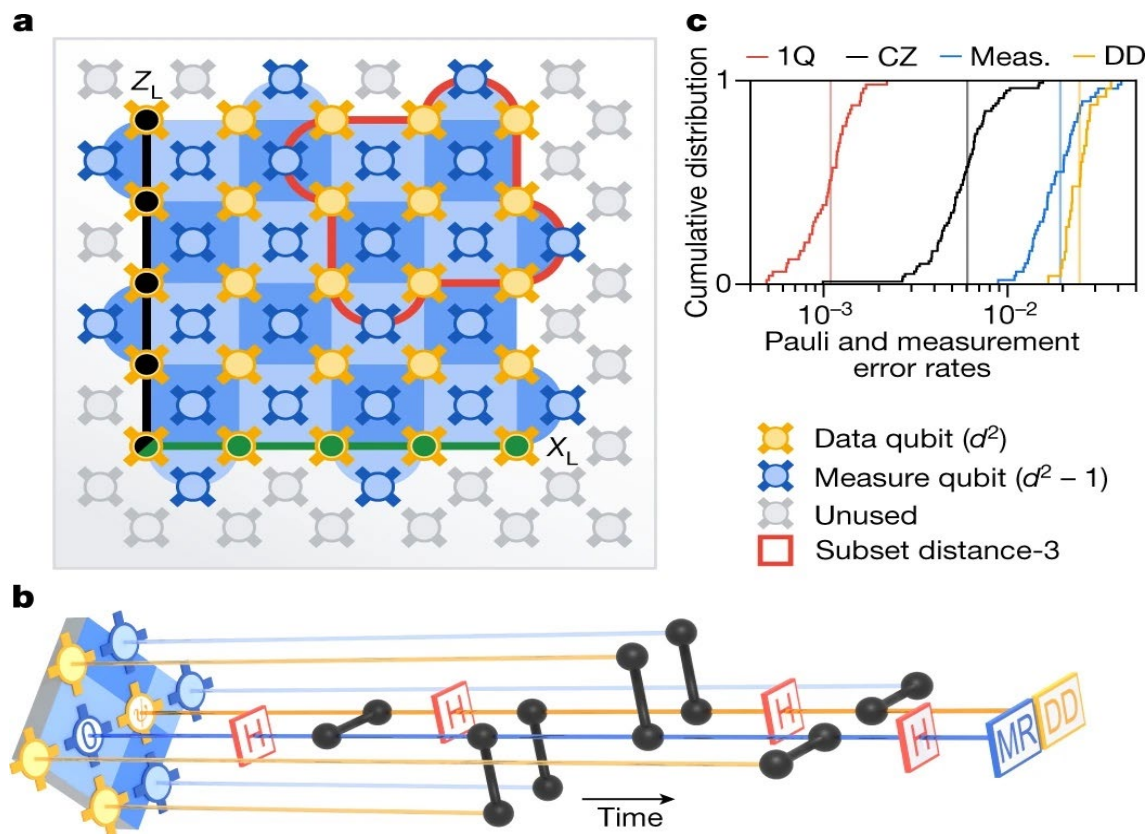


谷歌量子计算路线图



2024年，谷歌发布“Willow”，共有105个量子比特，在随机电路采样问题上仅用5分钟的时间内完成了目前世界上最快超算需要1025年才能完成的计算。最重要的是，它解决了量子纠错问题：通过引入一种新颖的纠错机制，使得芯片在扩展量子比特数量的同时，大幅度降低了出错率。

表面码逻辑量子位的实现图示



在量子计算进入 “Transformer” 时刻之前，量子计算的部分成果已经在多个领域得到应用。

量子计算早期应用		
应用领域	应用原理	技术进展
生物学	由于所有生物系统实际上都是由离子、原子和（或）分子构成，其平衡特性由量子理论精确确定，因此量子计算可以对生物系统进行量子层面的模拟，从而帮助研究人员在纳米及更大尺度上表征生物体内子系统功能。	2020年，ProteinQure和阿斯利康就宣布在量子生物学领域进行合作，利用量子算法+机器学习+化学分子模拟、组合优化的方法，研发基于蛋白质组合模型的多肽类药物并且构建应用于治疗的肽库。
材料学	量子计算可原生地表达并行叠加态，支持指数级的态空间探索，尤其适合模拟强关联电子系统，如高温超导体、拓扑绝缘体等复杂材料。	今年3月D-Wave在 Science 期刊发表突破性成果，通过量子退火装置在20 分钟内完成一项磁性材料模拟，这一过程利用经典超算模拟则需要近百万年。
AI	针对机器学习与AI培训，量子硬件可以潜在地为人工智能算法提供更准确的建模数据；同时，利用量子特性，量子处理器可以对信息进行多态并行处理，从而显著提高算法探索效率。	Inflection 与 NVIDIA 开发 CML 方法，可让模型同时从多个信息源中提取模式，为机器学习模型提供更高维度的并行搜索空间，在实时决策中提供更高精度。

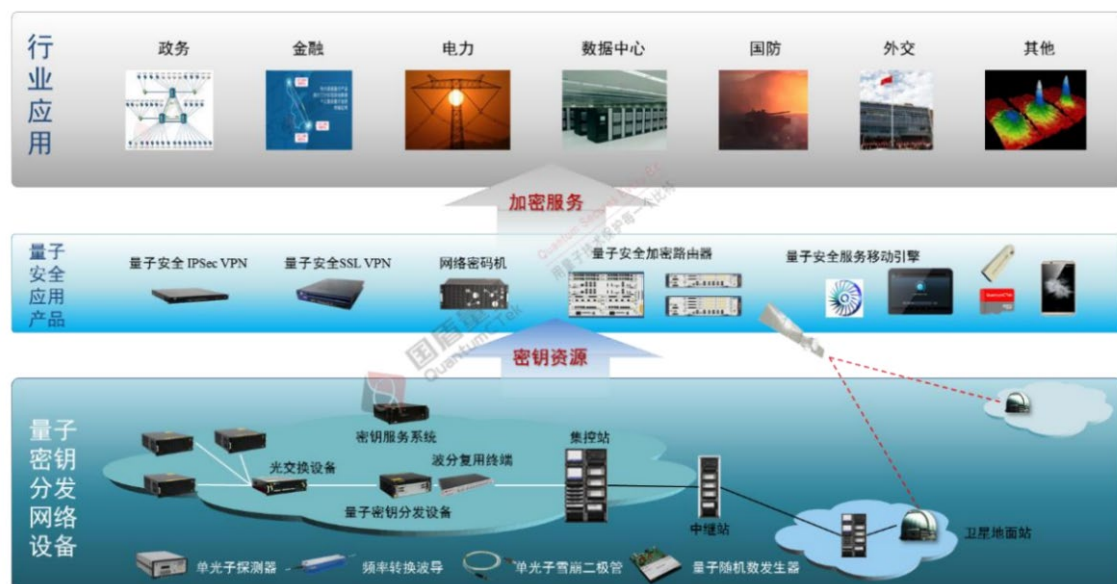
02

量子通信： 保障通信安全

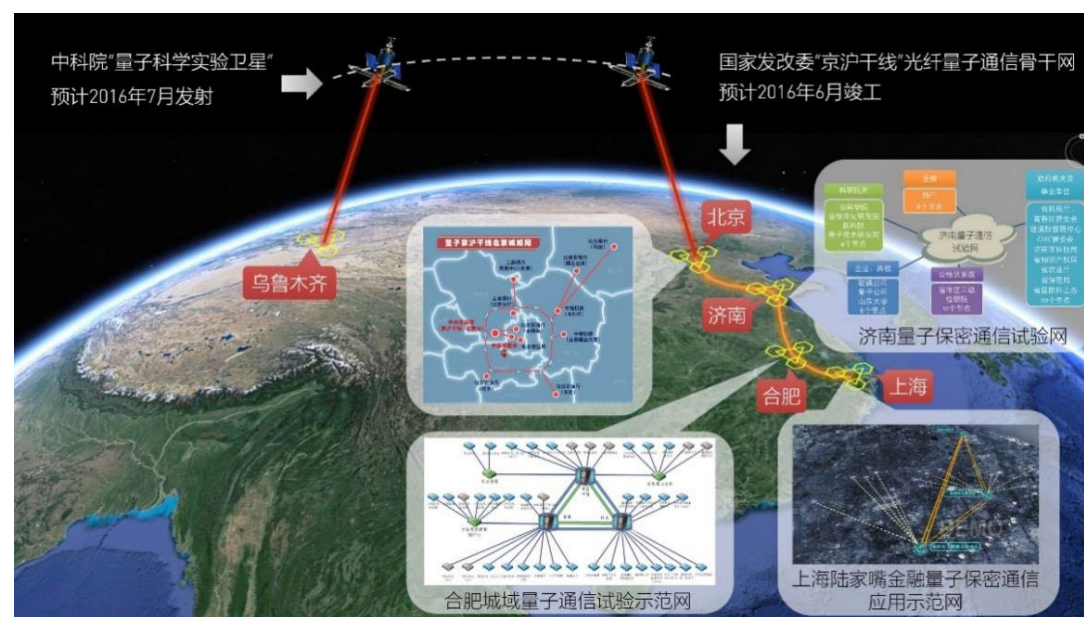
量子密钥分发本质是利用量子的不可复制性以及测量的随机性来生成量子密钥，当双方确认密钥安全性后，可基于经过密钥加密后的数据在网络上进行常规传输。随着量子计算技术的快速发展，RSA等传统加密方法面临被强算力破解的风险。我们认为出于安全考虑，量子密钥分发技术有望先于量子计算率先布局。目前，量子密钥分发（QKD）技术已经实现初步商用。

针对加密量子通信，国家已经构建了量子通信骨干网络。量子通信骨干网络是一种基于量子通信技术构建的，连接多个重要节点城市或地区的大型通信网络，我国建设的这一骨干网络是全球首个大规模广域量子网络。

量子通信组网及安全应用产品



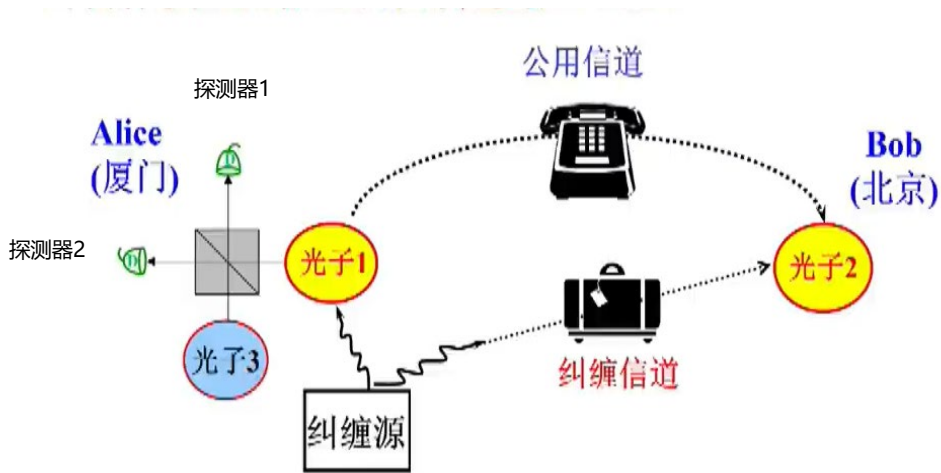
京沪干线



量子隐形传态是一种可实现量子态完全传输的技术，它可将量子A的量子态传输给远处与其纠缠的量子B，使其量子态与原来的A完全一致，代价是A原本的量子态被改变。量子隐形传态利用了量子纠缠原理，可实现超距作用，但由于传态过程中要借助常规信息传输，因此实际无法超越光速。

从长期看，量子隐形传态提供了远距离传输的想象空间：如果能够将一处物体的量子态全部复制传输到另一处，那么就相当于远距离实现了物体的传递。但目前的量子隐形传态传输能力有限，要真正实现复杂量子物理系统的完整态传输，并把它应用于可扩展的量子信息技术，量子隐形传态就需要走向多体、多终端、多自由度、高维度和远距离。

量子隐形传态图示



量子隐形传态重要科学进展

时间	研究者	成果
1997	塞林格团队	单一自由度量子隐形传态
2006	潘建伟团队	两光子复合系统的量子隐形传态
2009	潘建伟团队	证实了量子隐形传态过程穿越大气层的可行性
2015	潘建伟团队	单光子多自由度量子隐形传态
2019	潘建伟团队	实现高维度量子隐形传态

03

量子精密测量： 测量进入量子时代

量子精密测量旨在利用量子资源和效应，实现超越经典方法的测量精度，是原子物理、物理光学、电子技术等多学科交叉融合的综合技术。

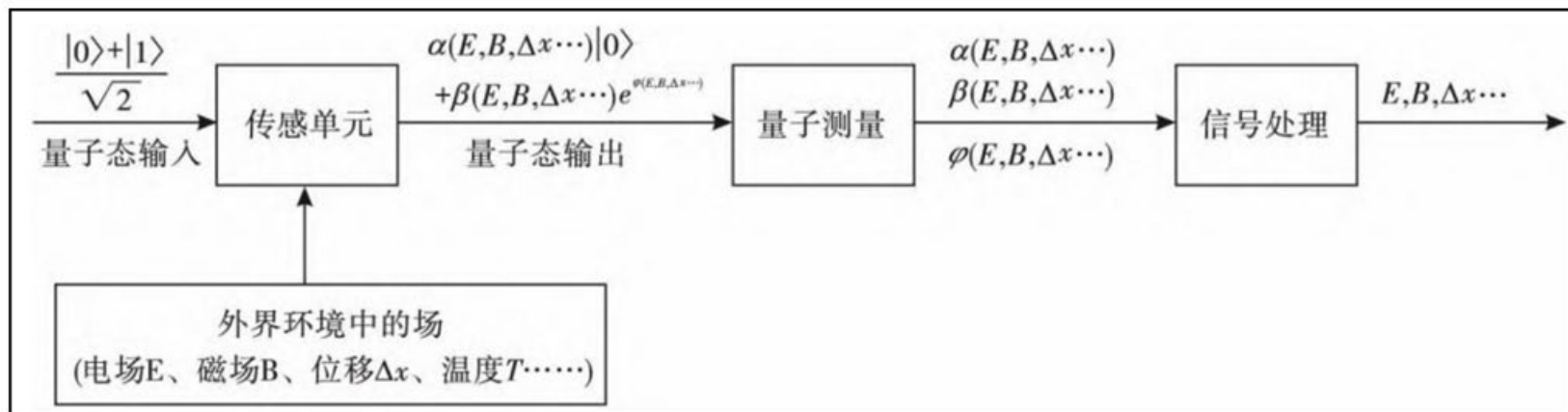
量子精密测量的基本原理是：外界的电磁场、温度、压力等物理量因素会改变电子、光子、声子等微观粒子的量子态，对这些变化后的量子态进行测量，从而实现对外界物理量的测量。

量子精密测量概述	
特征	介绍
基本方法	利用量子特性，电磁场、温度、压力等外界环境直接与电子、光子、声子等体系发生相互作用并改变它们的量子状态，对这些变化后的量子态进行检测
量子特性	能级跃迁、相干叠加、量子纠缠
技术优势	与经典力学测量技术相比，达到海森堡极限，达到精度高、效率高、准确性高、抵抗一些特定噪声的干扰等
理论依据	经典测量精度极限为散粒噪声极限，量子测量精度可高于散粒噪声极限，达到海森堡极限(正比于1/N,N为单次测量所使用的光子或原子等的数目，而经典极限仅正比与1/√N)
测量工具	原子、分子、离子、光子(单光子、纠缠光子对)
常见指标	灵敏度、动态范围、采样率、工作温度等
待测量	磁场、电场、旋转、时间、力、温度、光子计数等

量子精密测量技术要求拥有对量子态进行操控和测量的能力，利用量子态进行信息处理、传递和传感。

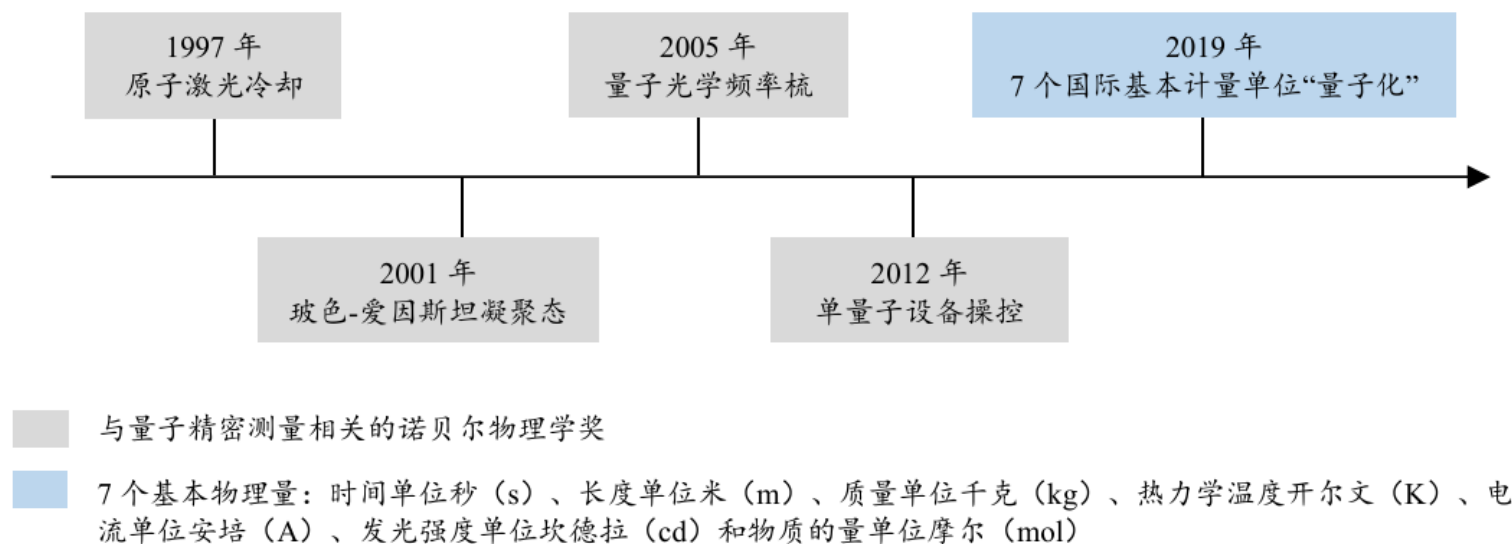
测量过程中的几个重要环节是：通过控制信号将量子体系调控到特定的初始化状态,与待测物理量相互作用后会导致量子体系的量子态发生变化，直接或间接测量最终的量子态，再将测量结果处理转换成传统信号输出，获取测量值。

主流量子计算公司路线图



量子精密测量的发展受到原子激光冷却（1997年）、玻色爱因斯坦凝聚（2001年）、量子光频梳（2005年）、单量设备操控（2012年）等几次诺贝尔物理学奖的推动。2019年起代表精密测量最高水平的7个基本物理量的计量基准已经全部实现量子化，精密测量已经进入量子时代。

量子精密测量的重要发展节点

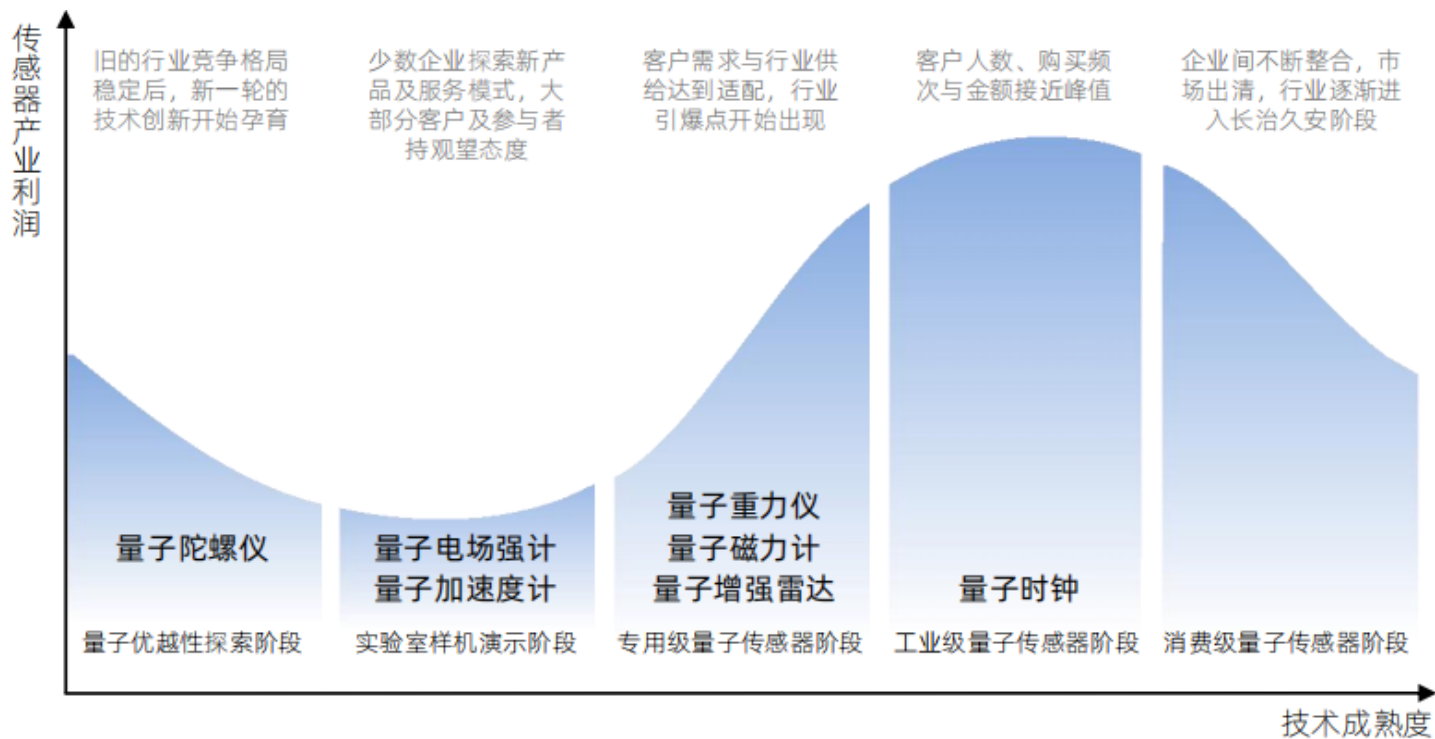


量子精密测量的实用化产品是量子传感器。目前主要的量子传感器技术体系包括冷原子干涉、离子阱、金刚石氮空位（NV）色心、超导电路、原子蒸汽。

主要的量子传感器技术体系			
量子系统	原理	待测量	应用举例
冷原子干涉	在极低温环境下的原子表现出类似波的行为，并对所有与其质量相互作用的力都很敏感	磁场、惯性、时间	在重力测量中，可以非常详细地绘制地球表面和地下的地图，分辨率为厘米级
离子阱	控制良好的离子阱形成具有量子化运动模式的晶体，任何干扰都可以通过这些模式之间的转换来测量	电场、磁场、惯性、时间	对于惯性导航，在一、二、三维阵列中捕获的冷原子的光学晶格技术可能提供亚厘米级的大小
金刚石氮空位（NV）色心	NV色心作为电子自旋量子比特与外部磁场耦合；使用Berry相位带负电荷的NV色心可以测量旋转	电场、磁场、旋转、温度、压力	在空间分辨率和灵敏度上具有优势；可在室温或更高温度下工作，成本低；允许同时测量磁力、加速度、速度、旋转或重力的三个待测量
超导电路	基于约瑟夫森效应的超导电路技术描述了两个超导体之间的量子隧穿效应	电场、磁场	需要低温环境；允许在宏观尺度上制造量子系统，并且可通过微波信号进行有效控制
原子蒸汽	自旋极化高密度原子蒸汽在外部磁场下经历状态转变，可通过光学方式测量	磁场、旋转、时间	可在室温部署；基于原子集合的原子蒸汽电池磁力计有可能优于SQUID磁力计并在室温下工作

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，量子时钟相对成熟。

2023年量子精密测量产业发展周期

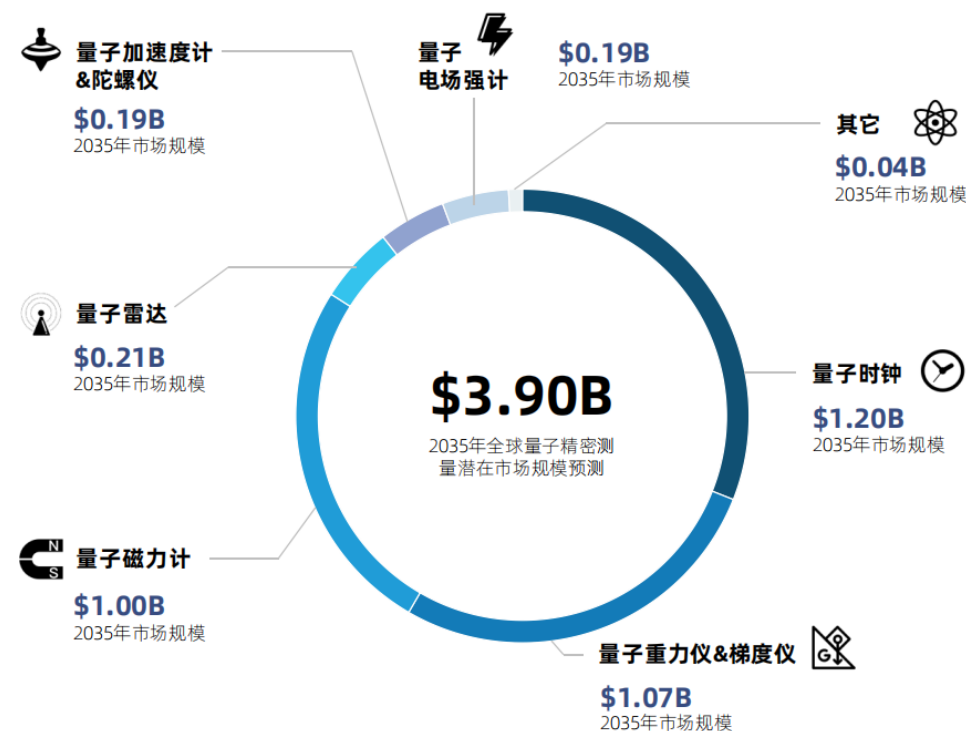


量子时钟、量子重力仪&梯度计、量子磁力计有望成为2035年市场规模最大的3个应用，预计市场规模可达到12.0、10.7、10.0亿美元。

量子设备市场前景

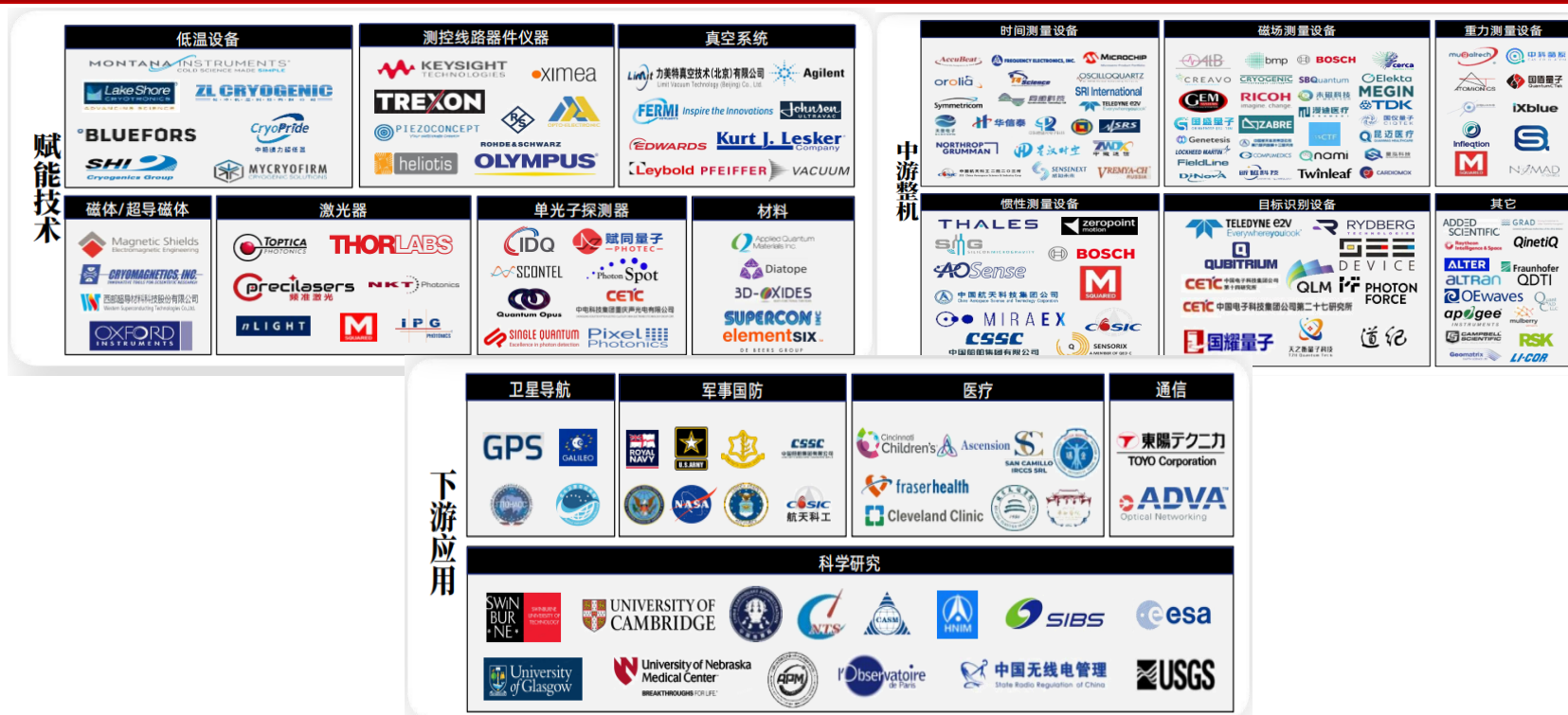
设备名称	描述	年平均增长率 (2023 - 2035)
量子磁力计	整体技术发展较为成熟，市场稳步增长	5.80%
量子重力仪&梯度仪	有望加快对经典重力仪的替代，预计2024年为重要节点	15.21%
量子时钟	量子时钟整体技术成熟稳定，市场规模逐年上升	5.77%*
量子雷达	量子发射技术未成熟，大规模商业化或在2033年	3.96%
量子加速度计&陀螺仪	对比经典设备尚未体现明显优势，但应用前景较为广阔	6.77%

量子精密测量全球市场规模预测（美元）



量子精密测量的上游基本为美国、英国、德国、日本企业，提供可为量子系统使用的激光、低温系统、磁体环境、真空系统、电子元器件、线缆、材料(特殊金属金刚石、稀土等)等。产业链中游企业通过对上游产品集成，以及开发与产品配套的软件或系统，提供整体解决方案，产品包括原子钟、量子磁力计、冷原子干涉重力仪、陀螺仪、加速度计、原子力显微镜、电子顺磁共振波谱仪、量子雷达等。产业链下游应用场景包括卫星导航、国防军工、医疗、通信等场景。

量子精密测量产业生态



04

相关标的

Quantum Computing Inc. (QCI) 创立于2018年，总部位于美国新泽西，是一家专注量子信息技术商业化的高科技公司。公司以“软件平台 + 光子芯片 + 系统集成”为核心，产品涵盖Qatalyst量子优化平台、室温运行的光子芯片系统，以及定制化量子服务。通过并购QPhoton，QCI已具备从芯片设计到系统部署的完整能力，并拓展至AI计算、网络安全、遥感等多个场景。

QCI是少数实现“量子软件 + 光子硬件”融合的公司之一。其Qatalyst平台支持多种主流量子硬件，提升资源调度效率；硬件方面，公司采用TFLN（薄膜铌酸锂）材料推进室温量子计算方案，降低部署门槛。QCI致力于构建低门槛、可扩展的量子平台，定位为美国量子中游技术代表。

产品

Dirac-3: 第三代 QUDIT 熵量子计算机

EmuCore: 第一代储备式计算系统

纠缠光源: 全电信波段量子纠缠光源

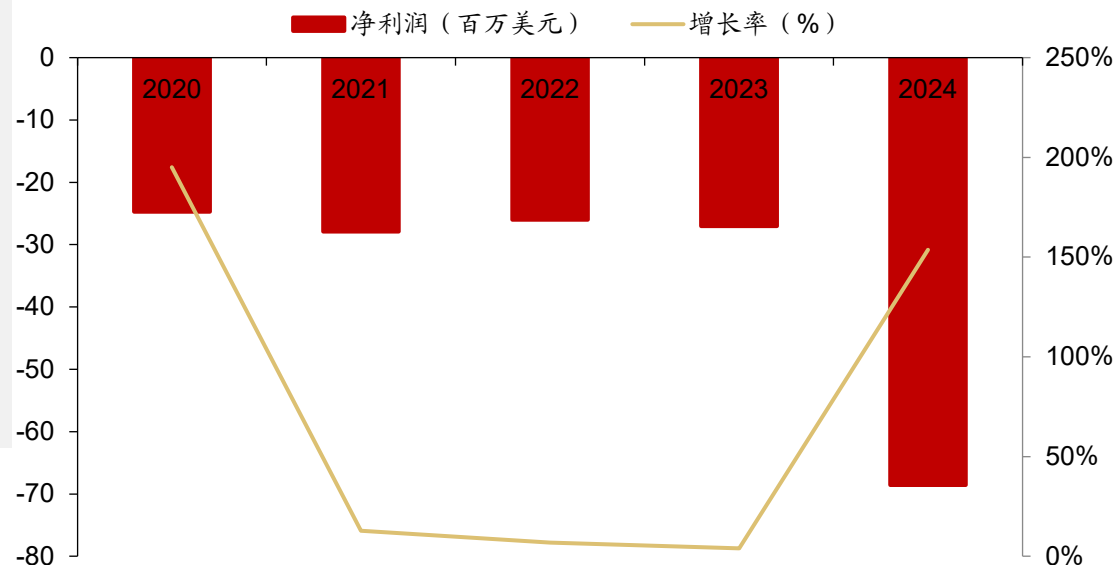
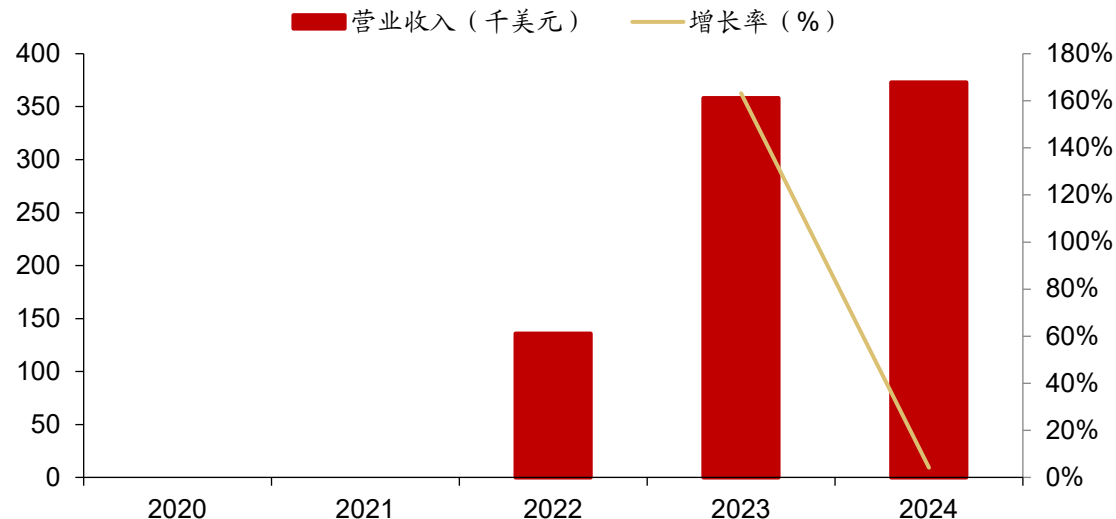
频率转换器: 量子光频率转换器

uQRNG: 均匀量子随机数生成器



研究方向

量子遥感、量子安全、单光子三维成像、光子振动检测等多场景探索



D-Wave Quantum Inc. 成立于 1999 年，总部位于美国加州帕洛阿尔托，是全球首家将量子计算商业化的平台。公司围绕 量子退火（Quantum Annealing）架构构建完整生态——包括 Advantage 系列量子计算机、云平台 Leap、开发者工具包 Ocean 及 Launch 企业部署和咨询服务——面向制造、物流、金融与国防等行业客户提供实用解决方案。

D-Wave 是唯一一家同时开发退火式与门模型量子技术的企业，致力于将量子优化能力推向实际工业应用。其第六代 Advantage2 系统拥有 4,400+ 量子比特，采用多层超导制造工艺与 20 路耦合拓扑，一举提升了系统稳定性、连接性与算力。公司正积极拓展 AI、HPC 与国防等高阶计算场景，加速量子优势落地进程。

产品

Advantage2™：第六代退火量子计算机，拥有 4,400+ 超导量子比特，20 路耦合，支持百万级变量混合求解

Leap™：云平台 + 混合求解器，实时访问 Advantage2，99.9% 可用性，支持大型工业优化

Ocean™：开源 Python SDK，集成于 Leap，用于快速开发量子/混合算法应用

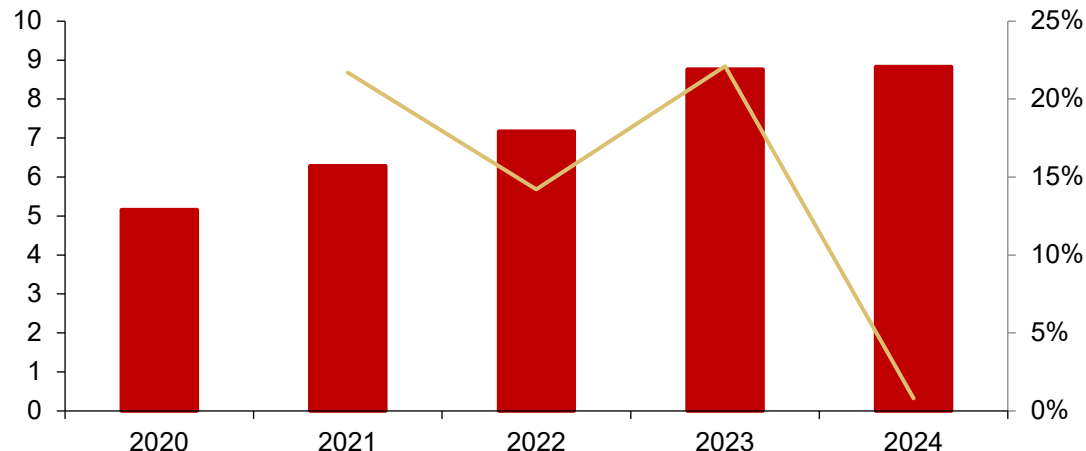
Launch™：企业级专业服务，包含问题识别、概念验证 & 正式部署的全流程支持

研发方向

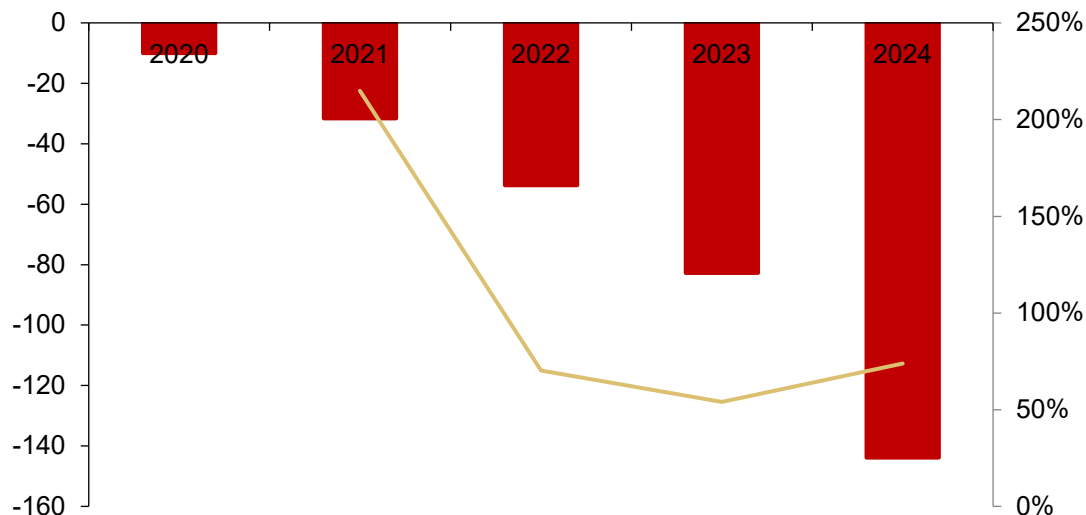
Gate-model 量子体系并行研发，打造可兼容退火与门模型的跨平台通用量子架构



■ 营业收入（百万美元） — 收入增长率



■ 净利润（百万美元） — 净利润增长率



IonQ 成立于 2015 年，总部位于美国马里兰州，是全球领先的离子阱量子计算公司，已构建涵盖量子硬件、云平台与系统软件的全栈能力。其核心产品包括 Harmony、Aria、Forte 系列量子计算机，以及支持多平台接入的 Quantum Cloud 与 Quantum OS，广泛应用于金融、科研、物流与国防等领域。

IonQ 是首家实现离子阱量子比特大规模商业部署的公司，当前旗舰系统 Forte 拥有 36 个全连接比特，并推出适用于数据中心的 Forte Enterprise 机架版本。公司正并行推进容错量子计算与量子互联网络布局，构建开放兼容的开发生态，致力于打造下一代商业量子基础设施。

产品

Harmony: 首款商用离子阱量子计算机, #AQ 9 / 11 qubit (已于 2024 年退役)

Aria: 高性能离子阱量子系统, #AQ 25 全连接, 面向复杂量子任务

Forte: 最新旗舰系统, #AQ 36 全连接, 性能指标行业领先

Forte Enterprise: 机架式部署版本, 支持企业级混合工作负载

IonQ Quantum Cloud: 灵活的云访问平台, 支持 Qiskit、Cirq 等 SDK & 本地 API

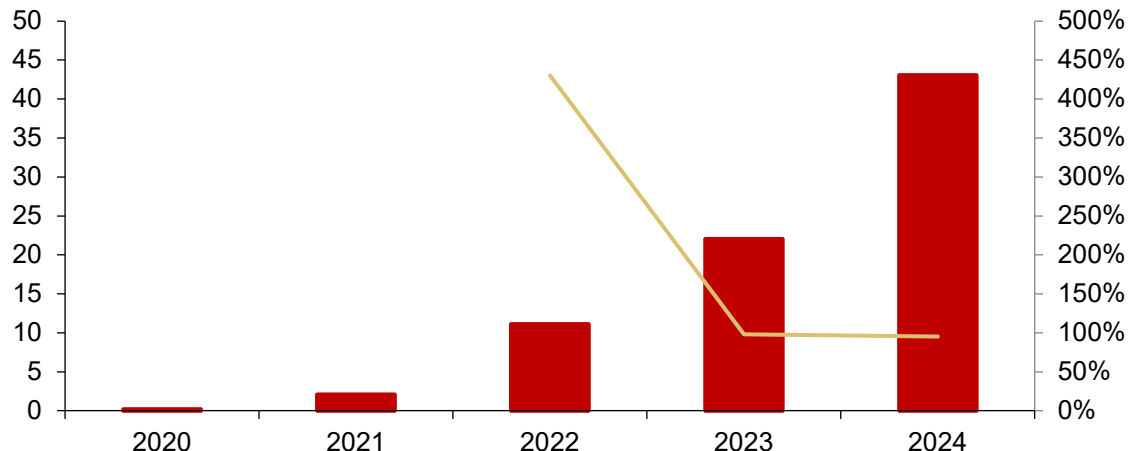
Quantum OS: 模块化量子操作系统, 面向 Forte 及未来系统

研究方向

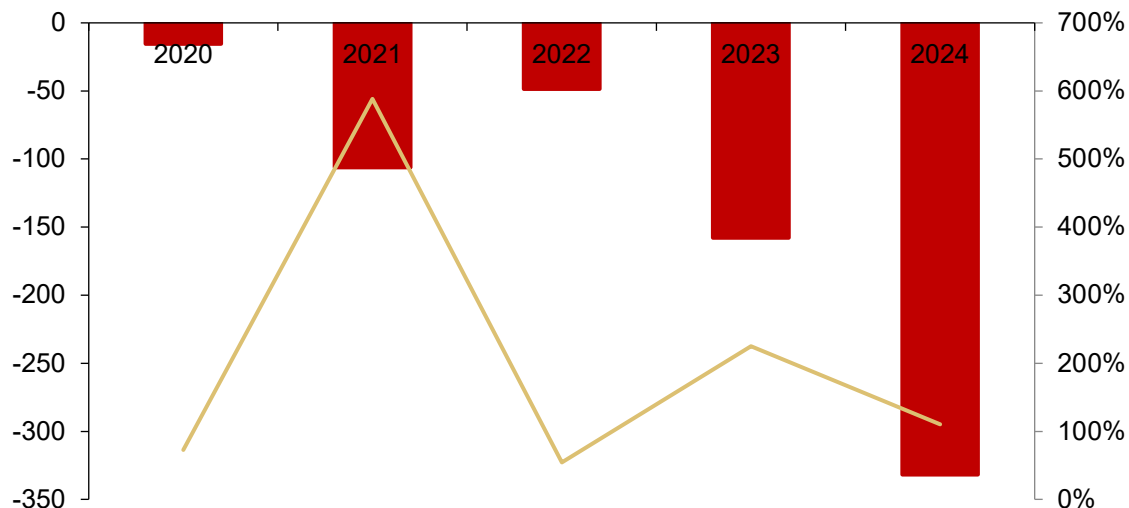
并行发展离子阱全连接体系结构, 布局容错量子与网络互联方案



营业收入 (百万美元) 收入增长率



净利润 (百万美元) 净利润增长率



Rigetti Computing 成立于 2013 年，总部位于美国加州伯克利，是一家全栈超导量子计算系统提供商。公司设计并制造量子集成电路，搭配稀释制冷系统和自研 Quantum Cloud Services (QCS) 平台，实现从硬件到云平台的完备能力。其产品适用于科研机构、高性能计算、优化和模拟场景，客户涵盖政府与企业。

Rigetti 率先推出业内规模化超导 QPU，截至 2024 年底实现 82 个量子比特 (Ankaa-3)，并持续推动量子门模型与低延迟混合架构 (<1 ms 延迟)。公司正在全面布局容错量子与量子互联技术，通过 Fab-1 工厂打造自研芯片，并通过 Forest 和 Quil 构建开发生态，坚定走向商用量子基础设施。

产品

9-qubit QPU：商用可发货的超导处理器，即 “Puck” 设备

Ankaa-3：82 个量子比特的全连接超导 QPU，固件 T1≈33 μs，门保真度单量子门 99.9%、双量子门 98.6%

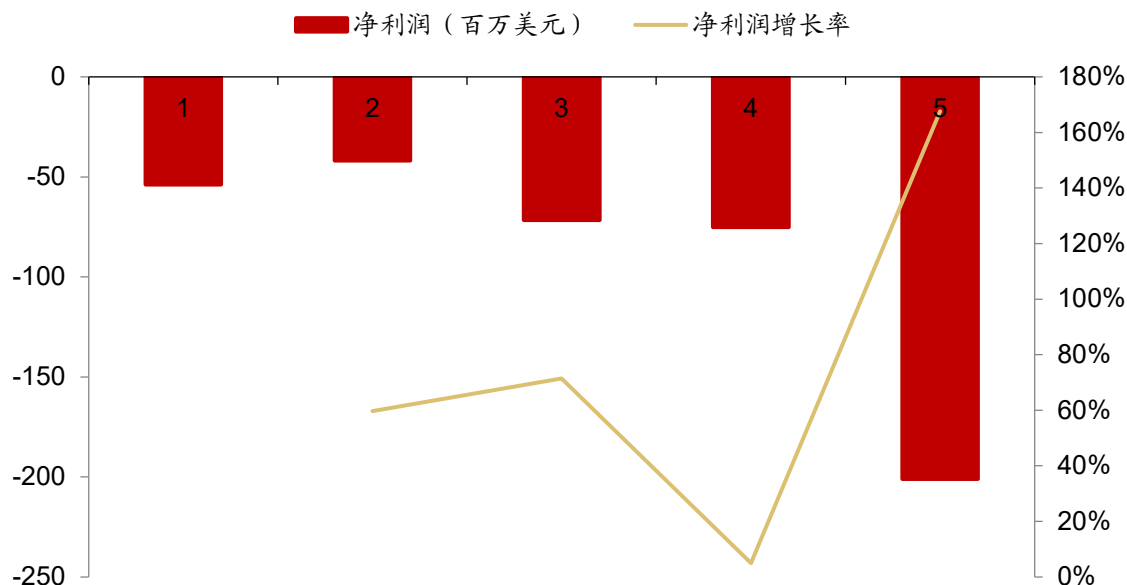
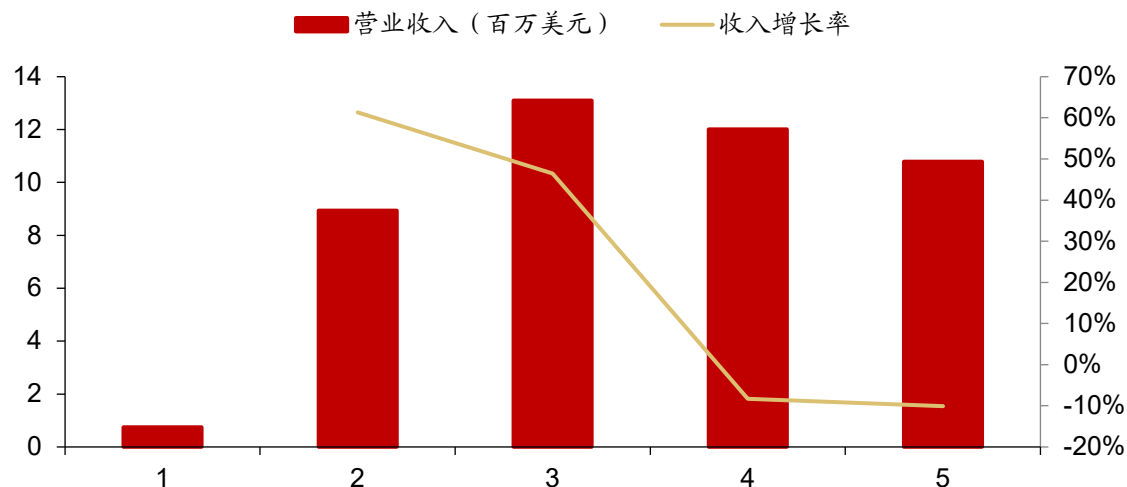
Quantum Cloud Services：低延迟混合架构平台，支持私有/公有云与 QPU 的紧耦合集成

支撑工具 & 服务

Forest+Quil：在 QCS 上使用的 Python 开源 SDK 与指令集，提高混合量子/经典开发效率

研究方向

推进容错量子计算与多芯片互联架构
支持高性能量子网络 and 大规模算法执行



国盾量子成立于 2009 年，2020 年在科创板上市，是中国首家“纯量子”上市企业，聚焦量子通信、计算与精密测量三大方向，服务政务、金融、能源等关键行业。公司核心产品包括量子密钥分发设备、加密通信终端、超导量子计算平台及精密测量仪器，构建了从器件到系统的全链条能力。

2024 年，公司实现营业收入 2.53 亿元，其中量子通信收入占比 57.8%，量子计算收入占比 22.3%，合计超过八成。依托中国科大技术源流，国盾量子自研 ez-Q Fridge 稀释制冷机与 ez-Q Engine 测控系统，打通量子通信与计算工具链，持续推进关键系统国产替代与广域组网部署。

产品

QKD-PHA300 系列：时分/相位编码量子密钥分发终端，适用于复杂信道场景。

QKD-POL40-S 系列：极化编码终端，适配城域网和接入网，具备自主知识产权。

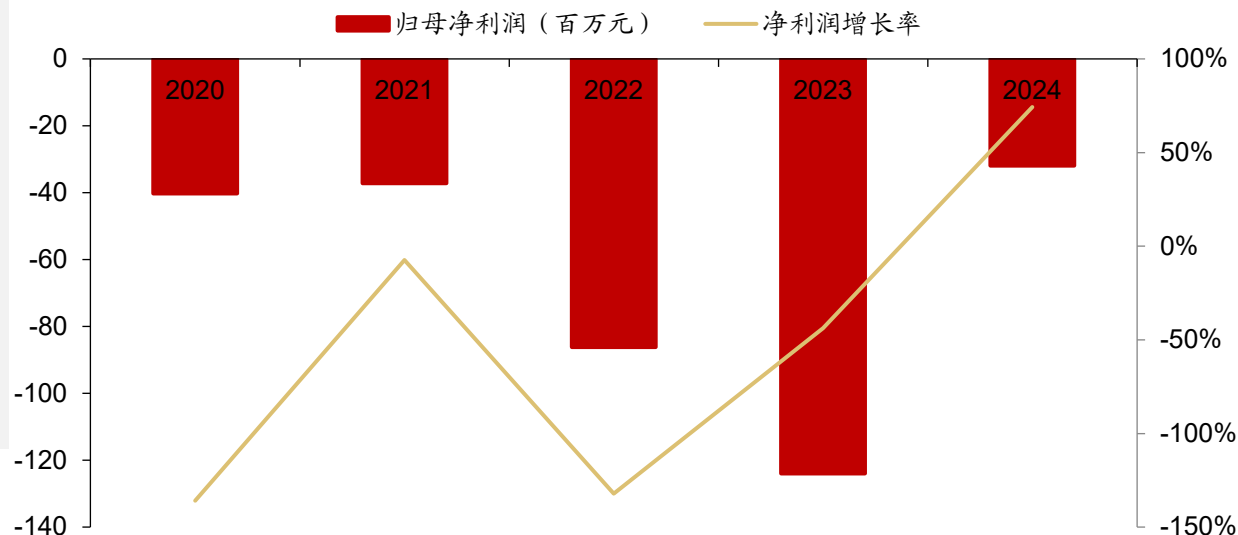
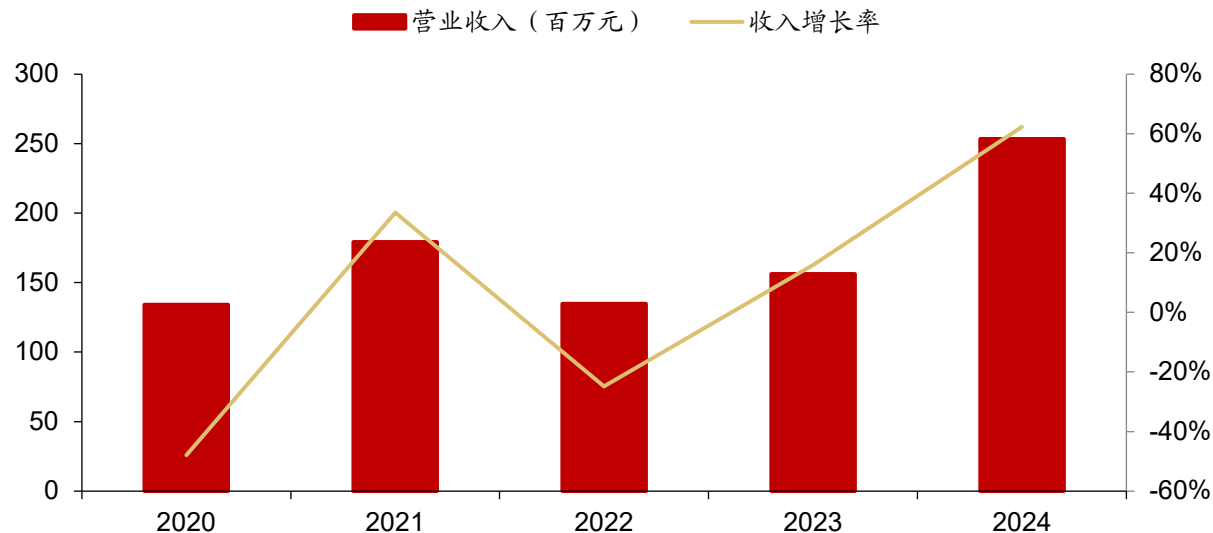
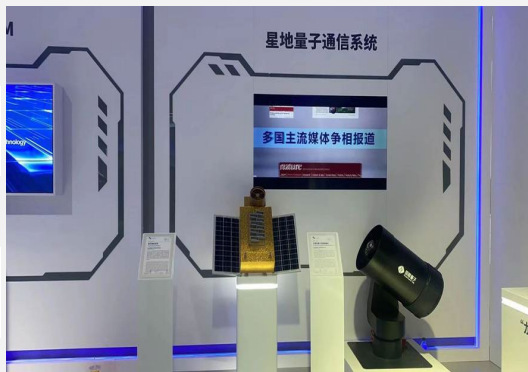
卫星地面站：便携部署型设备，实现与卫星的量子链路连接。

密钥管理与交换设备：含密钥管理机、光交换机等，支持密钥路由、复用。

加密路由器与安全防火墙：融合 QKD 密钥与传统加密协议，用于网络边界安全。

研究方向

构建多层次 QKD 网络体系，实现城域、跨城与星地通信一体化部署。



科大国创成立于2002年，是较早布局量子通信应用平台与系统集成解决方案的企业，并通过参股国仪量子探索量子科学仪器领域，服务政务、电力、轨道交通等行业。公司的核心产品包括量子密钥分发网络的组网软件、量子云管平台、量子安全网关等系统级产品以及量子自旋磁力仪、单光子探测器等高端量子传感设备，参与了量子通信执法系统的建设以及“固态量子材料自旋信息测量仪”研发项目。

2024年，公司实现营业收入约19亿元，与国仪量子围绕量子科技的应用开展交流与合作，积极参与了中电信量子云管平台等相关软件业务合作。随着量子计算技术的不断突破，公司有望在这一新兴领域发挥更大的作用。

产品

量子自旋磁力仪：通过泵浦激光操控碱金属原子自旋极化，利用拉莫尔进动改变检测激光吸收，实现高灵敏度磁场测量

单光子探测器：具备高灵敏度单光子探测能力和非视域成像技术

量子云管平台：结合量子计算和云计算技术的平台，为用户提供量子计算资源的访问和管理服务。

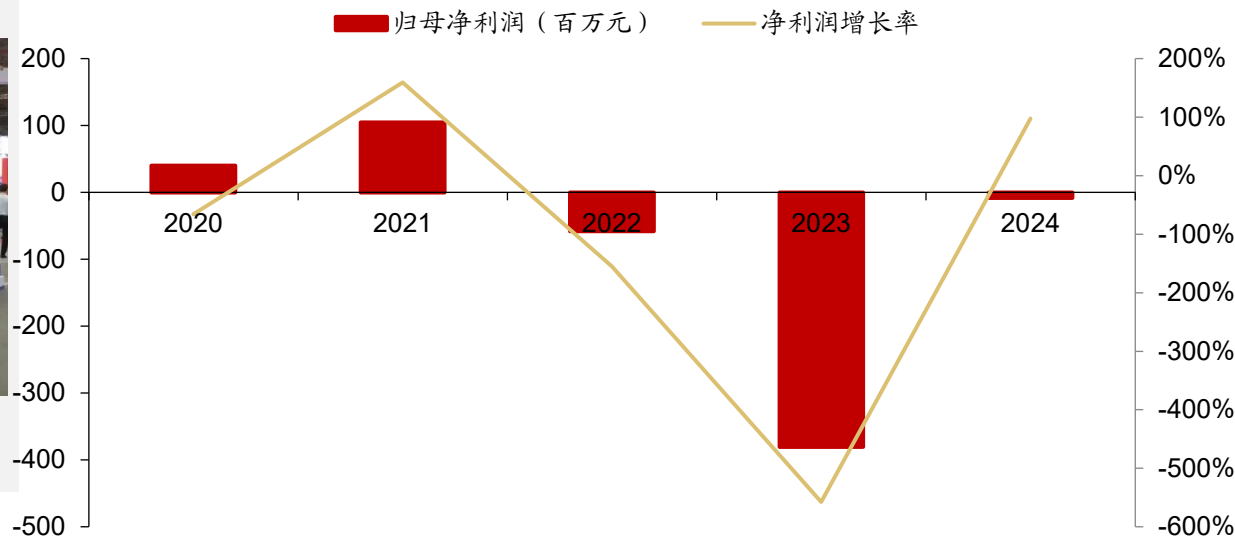
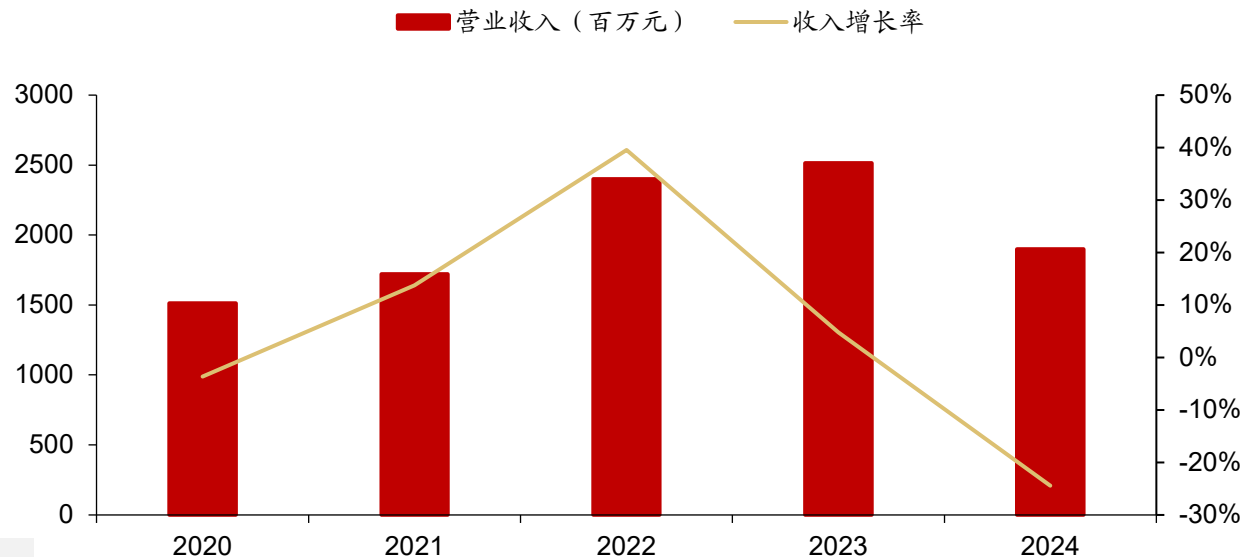
量子密钥分发组网平台与安全网关：提供基于量子密钥的组网安全方案

研究方向

推进量子传感器产品标准化与平台化，深化量子通信与量子计算平台的融合协同研发。

产品

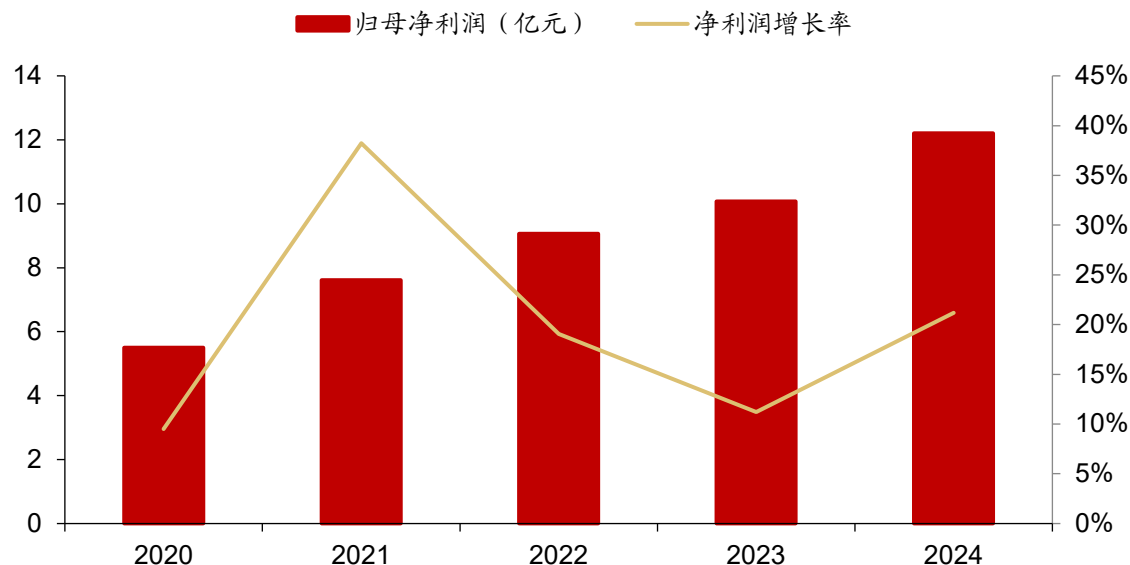
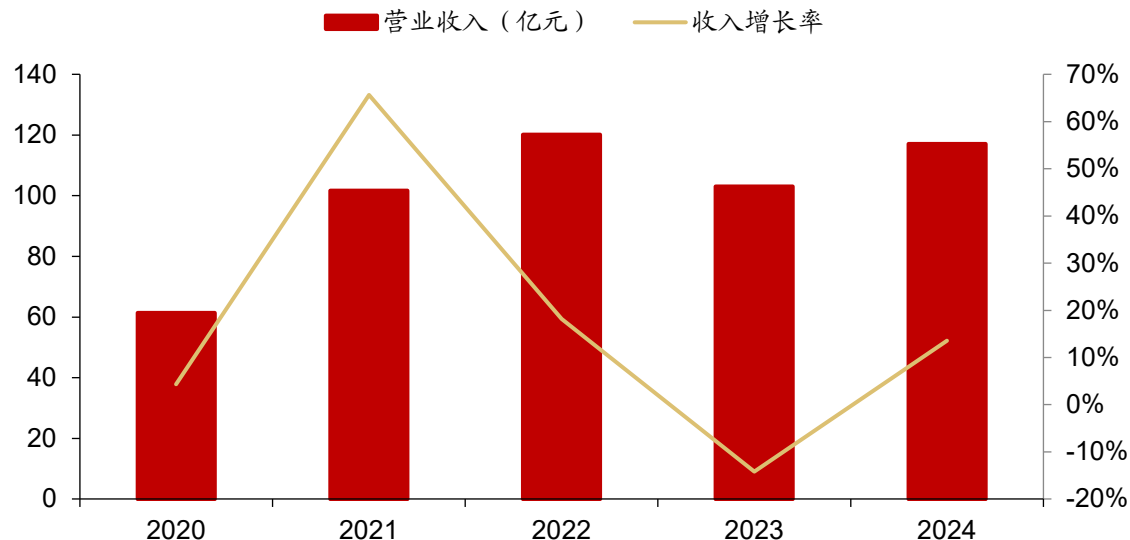
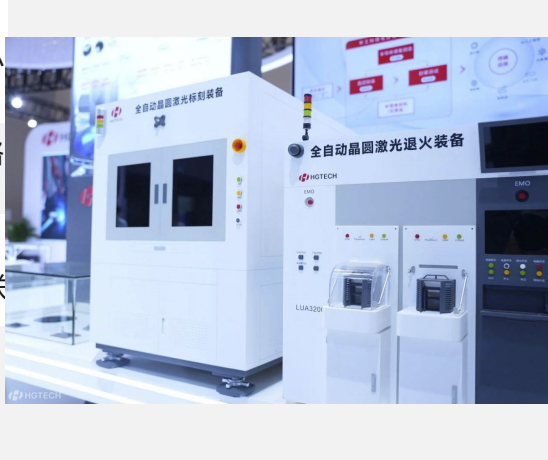
量子自旋磁力仪：通过泵浦激光操控碱金属原子自旋极化，利用拉莫尔进动改变检测激光吸收，实现高灵敏度磁场测量



华工科技成立于1999年，源自华中科技大学，是国内激光与光电子领域的龙头企业。公司围绕“感知传感、光联接、智能制造”三大主线，构建了从硅光芯片、高端光模块到量子点激光器的完整自研体系。光电器件板块聚焦量子点激光芯片、硅光模块、磷化铟和铌酸锂材料，支撑公司在量子通信、高速互联和6G领域的拓展。

公司主力产品涵盖1.6T/800G/400G硅光模块、量子点激光器芯片及高速光互联器件。量子点激光器芯片为国内唯一量产产品，集成于1.6T-DR8光模块，广泛应用于量子通信和数据中心。2025年，公司迭代无隔离器量子点激光方案，并与华为共建量子通信实验室，持续完善从芯片到系统的全链条布局。自2021年起，光电器件营收占比一度超过50%，量子技术已成为公司光通信业务的重要支撑。

光通信模块	1.6T-200G/λ 硅光模块、800G/400G 光模块，兼容量子点激光器，面向数据中心 AI 算力、量子通信等高速互联场景
硅光产品线	自研多频段硅光模块，支持 CPO/LPO 路线，布局 6G 与低功耗通信
智能终端与传感	激光加工设备、车载/家庭光模块、AOC/IoT 网关，服务工业制造与智能互联
激光装备	激光切割、焊接、3D 打印系统，应用于汽车、新能源等行业
研究方向	聚焦 CPO/LPO 与 3.2T+光模块迭代，推进量子点激光芯片产业生态构建



腾景科技成立于2013年，2021年在科创板上市，是国内领先的精密光学元组件制造商，专注于为量子计算和量子通信系统提供高性能光学基础器件，服务于“九章二号”等量子科研项目。公司的核心产品包括为光量子计算平台提供核心的非线性晶体、偏振器、反射镜、滤光片等高端定制光学器件，其产品已广泛应用于中科院等单位牵头的科研工程中。

2024年，公司实现营业收入4.45亿元，在光学制造工艺、镀膜技术与定制化设计方面具备自主优势，形成覆盖“研制—加工—封装”的全流程能力。同时，公司正由科研配套型供应商逐步向量子产业链中高端精密元件平台化提供商转型。

产品

二向色镜：用于分离和合并不同波长的光束，在光量子干涉实验中实现光子路径控制。

半波片：用于精确调整光的偏振态，在量子比特的编码与调控中起到关键作用。

滤光片：用于选择性透过特定波长的光，是量子探测系统中不可或缺的光学组件。

偏振分束器：可将光束按偏振方向分离，是构建量子干涉和纠缠态实验的核心器件。

光纤镀膜线与声光器件：用于增强光纤传输性能和信号调制控制，确保量子通信过程中信号传输的稳定性与保真度。

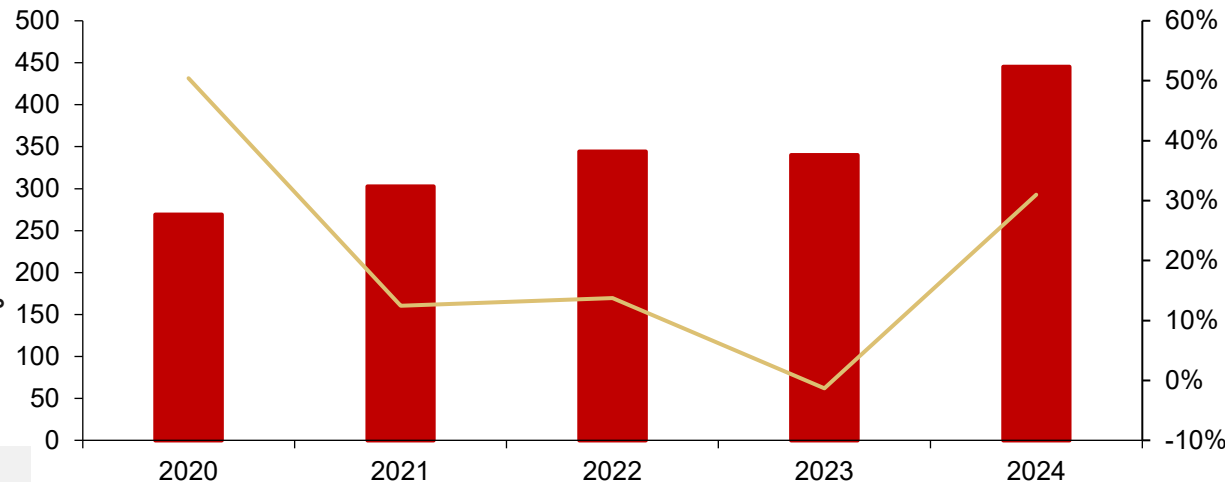
准直器与YVO₄晶体光学元件：通过高精度准直与偏振控制，提升量子实验装置的系统稳定性和精度。

研究方向

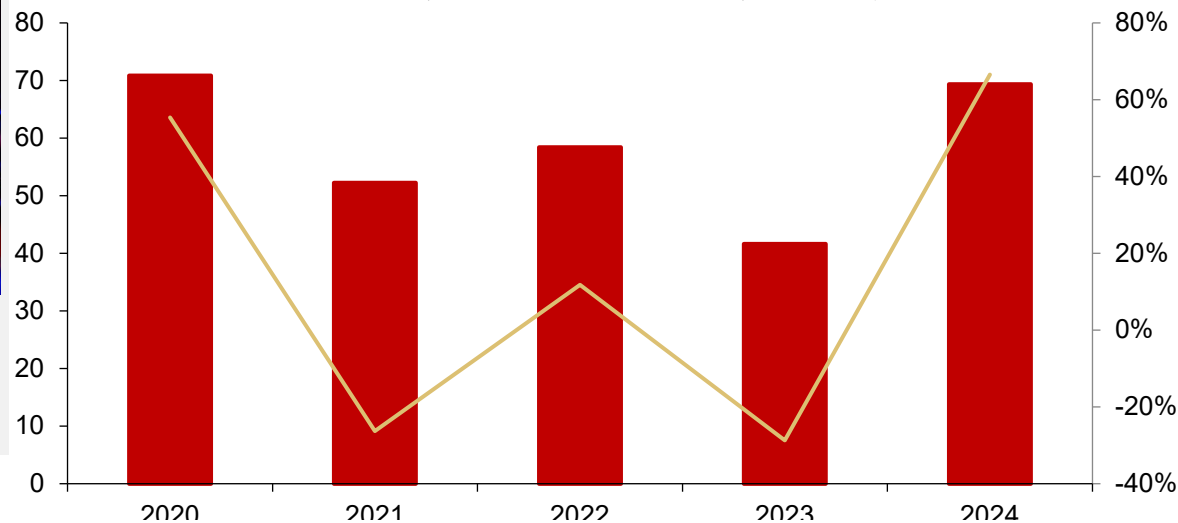
续聚焦高端精密光学元件研发，服务光量子科研与产业化应用。



营业收入（百万元） 收入增长率



归母净利润（百万元） 净利润增长率



禾信仪器成立于2004年，总部位于广州，是国内高端质谱与分析检测仪器领域的代表性企业，主营质谱仪、色谱仪、气体分析仪及环境监测设备，服务于科研、环保、工业、医疗等行业。公司长期专注于高分辨率质谱与精密测量仪器的自主研发，具备离子阱质谱、飞行时间质谱、在线环境监测等多条产品线，并多次承担国家重大专项课题。

近年来，禾信仪器在量子领域的布局已从传统质谱设备扩展至稀释制冷机和高精度离子控制工具，最新专利和技术成果已直接服务于量子计算与量子传感实验环境，为未来量子产业链应用打下基础。目前，禾信核心产品在高灵敏度信号捕捉、低噪声检测等方面为量子精密测量和量子传感应用提供了有力支撑。

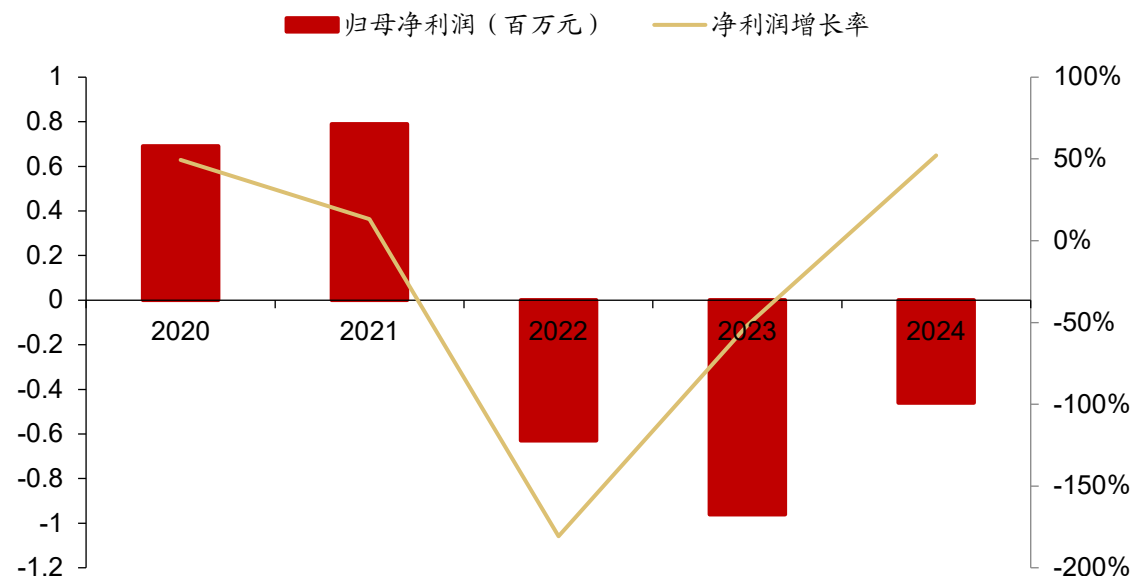
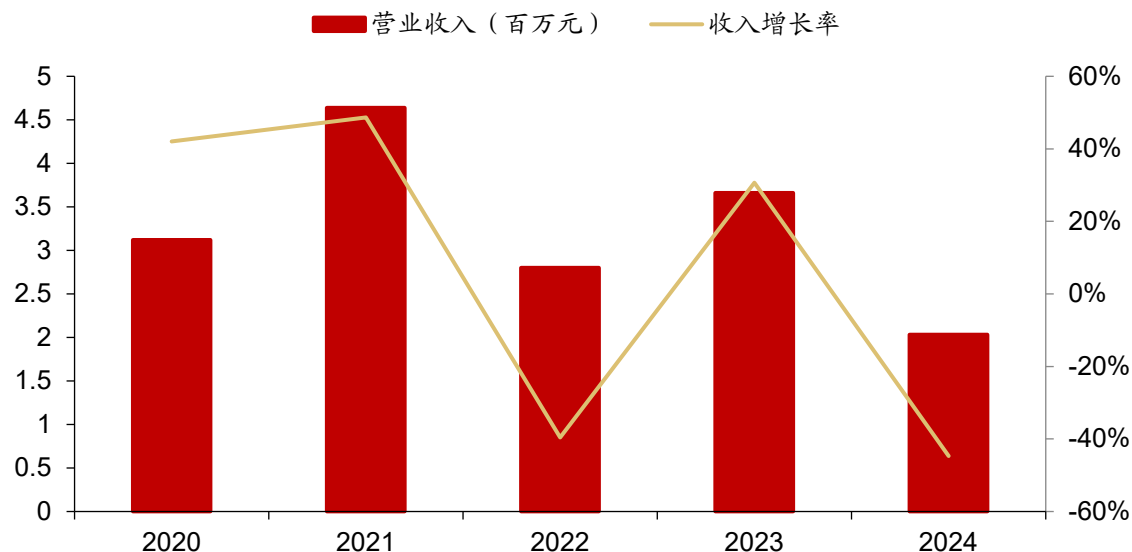
用于超导量子计算系统的mK级超低温稀释制冷机，具备冷头下置减振技术，支持量子比特冷却和稳定运行。

离子阱冷头减振系统 专为离子阱量子计算和高精度实验平台设计，提升系统低温减振性能，保障量子比特操作稳定性。

高灵敏度质谱/信号检测 包括API-TOFMS、DT-100等高灵敏度质谱和微弱信号捕捉设备，为量子传感与精密测量应用提供技术基础。

其他精密检测产品 环境监测、食品安全、临床微生物检测等与质谱产高端质谱和检测平台，服务于多行业实验与监控需求。

研究方向 量子精密测量、低噪声检测、量子传感仪器等前沿交叉技术研发。



吉大正元成立于国资背景浓厚的军工体系，主营密码安全产品与服务，涵盖密码机、网关、数字证书、PKI 系统等。近年来，公司积极响应量子威胁，聚焦抗量子密码与量子密钥融合技术，在“元密一体机”中集成量子密钥与后量子算法双重防护，面向政务、金融、电信等关键领域提供量子安全整体解决方案。

公司已成为国内后量子密码（PQC）全栈厂商代表，拥有算法、PKI 组件、硬件设备与系统集成的完整技术链。其后量子 PKI 系统符合国际标准 X.509v3，已入选多项行业示范项目。“元密一体机”集成量子随机数芯片与抗量子算法，支持混合密钥协商、数字签名等功能，已在金融与政务系统实现规模化部署，并与产业链企业开展协同应用。

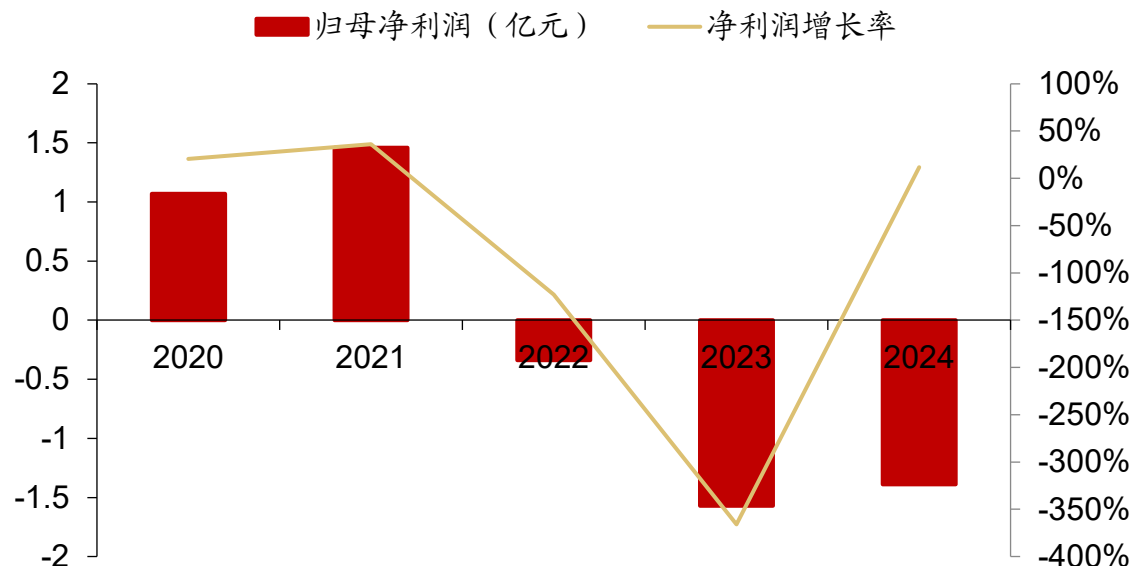
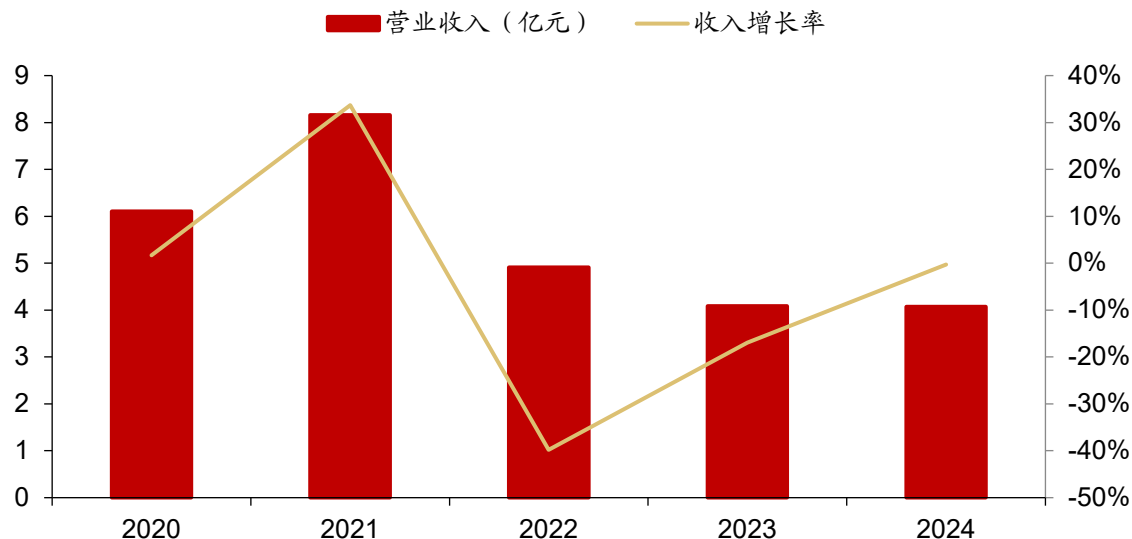
元密一体机：集成量子随机数芯片与抗量子安全融合算法，支持混合密钥协商、数字签名、机密传输等安全服务，部署于政务、金融、电信网络

后量子 PKI 系统：兼容现有 X.509 标准，实现量子安全证书生成、密钥管理与认证服务，支持抗量子算法接入与国产密码算法

安全设备：硬件密码机、安全网关、签名验签服务器等，部分型号已接入量子随机源，用于构建高强度抗量子安全边界

安全中间件：支持量子算法库加载、国密与国际算法双栈并行，嵌入电子政务平台、金融交易系统与工业控制终端

研究方向：抗量子算法与量子密钥分发融合应用、高速量子加密通道建设、信创场景下的混合密码体系演进



格尔软件成立于1999年，是国内较早布局量子加密通信与量子算法平台的企业，聚焦量子安全应用软件领域，在量子应用层具备先发优势，服务公安、政务、电信等关键行业。公司核心产品包括量子密钥应用接口、加密传输系统与算法模拟平台，并参与多地量子政务网络与安全系统建设。

2024年，公司实现营业收入5.29亿元，依托与复旦大学、上海交通大学等机构的协同研发，格尔软件正在构建量子通信协议栈与应用接口体系，拓展其在信创与量子安全融合方向的核心能力。

产品

数字证书助手：支持后量子与SM2/RSA算法的证书申请、签名验签和加密，配套智能密码模块使用。

协同签名服务：实现后量子与SM2联合签名和密钥分发，兼容多算法调用。

证书生命周期管理系统：支持后量子与混合证书的申请、更新、吊销等自动化管理。

证书注册系统：提供后量子与SM2证书的申请、模板配置和载体适配。

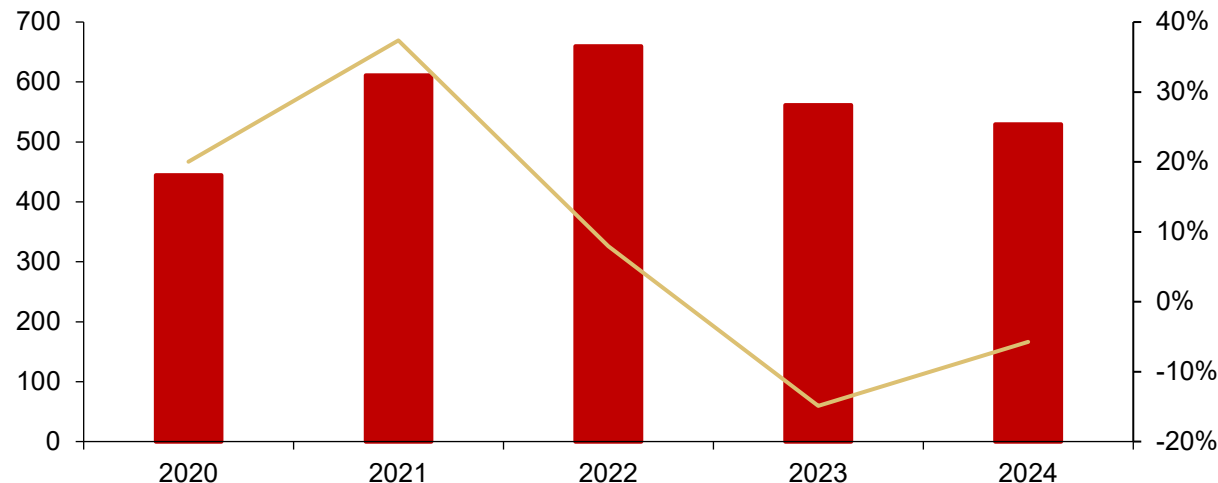
密钥管理系统：实现后量子与SM2密钥的生成、存储与生命周期管理。



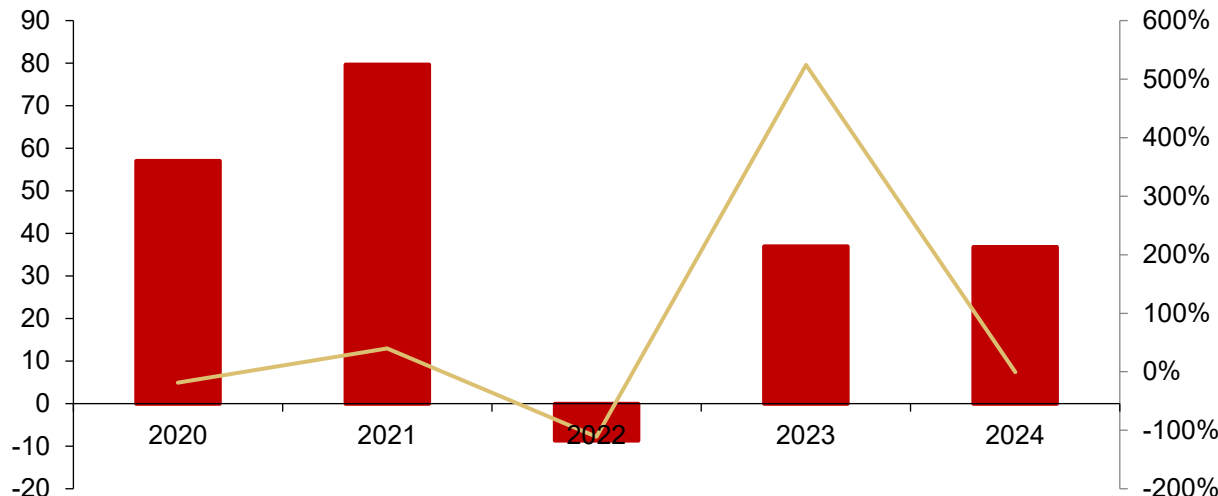
研究方向

聚焦抗量子密码体系研发，推动量子安全技术多行业应用落地

营业收入（百万元） 收入增长率



归母净利润（百万元） 净利润增长率



- 1、**技术风险**：量子科技技术发展不及预期。
- 2、**市场风险**：量子科技产品市场空间不足。
- 3、**供应风险**：量子计算商上游关键零部件供应不足。
- 4、**商业落地不及预期风险**：目前量子科技处在商业化早期阶段，如果找不到具备优势的落地场景可能影响商业化。

行业的投资评级

以报告日后的6个月内，行业指数相对于沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

- 1、看好：行业指数相对于沪深300指数表现 + 10%以上；
- 2、中性：行业指数相对于沪深300指数表现 - 10% ~ + 10%以上；
- 3、看淡：行业指数相对于沪深300指数表现 - 10%以下。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重。

建议：投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论

法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本公司的客户作参考之用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，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，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本公司的交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理公司、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权均归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

浙商证券研究所

上海总部地址：杨高南路729号陆家嘴世纪金融广场1号楼25层

北京地址：北京市东城区朝阳门北大街8号富华大厦E座4层

深圳地址：广东省深圳市福田区广电金融中心33层

邮政编码：200127

电话：(8621)80108518

传真：(8621)80106010

浙商证券研究所：<http://research.stocke.com.cn>