下载日志已记录，仅供内部参考

产业研究报告

新质生产力之重点产业链系列（二）：量子计算

核心观点

量子计算以量子比特为基本单元，利用量子叠加和干涉等原理实现并行计算，可提供指数级加速，实现突破经典计算极限的算力飞跃。量子计算以其兼具更高运算速度和更低功耗的潜质得到越来越多国家和研究机构的关注，被视为下一个算力时代的星辰大海。目前，量子计算有多种技术路线并行发展，主要可分为两大类：一是以超导和硅半导体等为代表的人造粒子路线，二是以离子阱、光量子和中性原子为代表的天然粒子路线。

量子计算产业链可以分为上中下游三大部分，随着量子计算原型机研制、软件研发、应用探索和云平台建设的发展，产业生态初步形成，上中下游企业不断涌现，为量子计算产业发展注入了充沛动力。量子计算产业链上游主要包括环境支撑系统、测控系统、关键设备组件以及元器件等，这些是构建量子计算机的基础硬件设施和关键技术支撑；中游是量子计算的核心环节，包括量子计算机硬件和软件的研发与生产；下游则聚焦于量子计算在各行业的应用拓展以及相关服务的提供，包括量子计算云平台、量子计算行业应用解决方案等。

量子计算已成为全球主要国家之间开展综合国力竞争、维护国家技术主权的关注焦点之一。美国是全球最早开展量子计算研究的国家之一，注重依托政府指导推进量子计算发展，国家战略部署围绕顶层设计、组织机制、专项计划、生态建设等多个维度展开。欧洲大力推动量子技术和产业发展，布局并出台了一系列量子信息相关战略和专项计划，系统规划欧洲量子技术和产业发展，大力推进量子技术应用。中国高度重视以量子计算为代表的量子信息领域发展，通过组建国家实验室和实施重大科技专项等措施推动形成全面科研布局。

中国目前已初步形成科技巨头、初创公司、中央企业、科研院所协同发展的格局，并在芯片设计、架构及编译、应用开发等方面不断取得进展。近年来，国内科技巨头腾讯、华为、中兴通讯等先后布局量子计算领域。同时，本源量子、国盾量子、华翊量子、启科量子、玻色量子、图灵量子、量旋科技、弧光量子等初创企业积极推进技术研究与应用探索，纷纷推出软硬件产品和云平台，发展进程持续加快。此外，中国电信、中国移动、中国电科等中央企业以及一批科研院所加快对量子计算的布局。

预计随着今后量子计算机硬件的不断升级和算法的持续优化，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，2030 年后有望进入商用化时期。同时，量子计算产业链上的合作与竞争也将更加激烈，投融资、技术创新以及庞大的市场需求将成为推动量子计算前进的关键驱动力。

风险提示：海外市场风险波动；政策效果不及预期。报告列举的公司/个股仅为案例介绍，不作为投资推荐的依据。

发展研究·产业研究

证券分析师：张立超
0755-81982881
zhanglichao@guosen.com.cn
S0980519050002

相关研究报告

《新质生产力之重点产业链系列（一）：DeepSeek》——2026-08-06

下载日志已记录，仅供内部参考

内容目录

1. 量子计算发展概述 4
1.1 基本情况 4
1.2 主要技术发展路线 5
2. 量子计算产业链构成 8
2.1 产业链上游 8
2.2 产业链中游 9
2.3 产业链下游 11
3. 量子计算竞争格局 14
3.1 全球发展综述 14
3.2 美国 15
3.3 欧洲 15
3.4 中国 16
4. 量子计算领域代表性公司梳理 18
4.1 硬件企业 18
4.2 软件平台和解决方案企业 23
5. 量子计算发展面临的挑战及趋势 26
5.1 相关挑战 26
5.2 趋势展望 28
参考文献 30
风险提示 31

下载日志已记录，仅供内部参考

图表目录

图1： 经典比特与量子比特对比 4
图2： 量子计算产业链 8
图3： 2021-2035 年全球量子计算市场规模 12
图4： 2030 年全球量子计算应用占比 12
图5： 2035 年全球量子计算应用占比 12
图6： 量子计算产业链相关企业概览 14
图7： Rigetti 多核架构示意图 20
图8： 国盾量子主要提供的产品及服务 22
图9： 量旋科技推出的桌面型核磁量子计算机 23
图10： Braket 量子计算平台界面 24
图11： 中国移动量子计算研究与合作现状 26

表1： 量子计算领域的主要技术路线 6
表2： 全球主要国家量子信息领域战略规划和投资情况 14

下载日志已记录，仅供内部参考

1. 量子计算发展概述

1.1 基本情况

面对“后摩尔时代”的算力危机挑战，如何提升单点计算性能与高效利用算力系统已成为迎接新一轮产业变革的重要课题。在当前各类算力相关的技术研究中，量子计算以其兼具更高运算速度和更低功耗的潜质得到越来越多国家和研究机构的关注，被视为下一个算力时代的星辰大海。事实上，量子力学自 20 世纪初诞生以来，催生了晶体管、激光等重大发明，这被科学界称为第一次量子革命。而量子计算是第二次量子革命的重要标志，可以带动计算能力实现跨越式发展，有望颠覆和重塑传统技术体系对于信息处理的模式，能够为经济社会发展带来广阔的机遇，已成为全球未来产业布局的重要关注点，也是发展新质生产力的关键引擎。

量子计算是一种遵循量子力学规律，进行高速运算、存储、处理信息的新型计算方式。量子计算基于量子力学的原理，通过量子门控制量子态概率干涉实现高效计算，其并行处理能力远超经典计算机，被认为是重构人工智能基础架构、实现指数级提升的核心技术之一。与经典计算不同的是，量子计算的算力比特的数目不是线性增加，而是指数增加，每增加一个量子比特，算力就会增加 1 倍。量子计算具有超高算力、并行计算、可逆计算等特点，有望满足量子模拟、量化金融、组合优化、人工智能等领域日渐增长的算力需求。目前，量子计算的应用方法包括量子模拟、量子优化、量子机器学习、量子密码学、量子仿真和量子通信等，它们均基于量子计算的特性，如量子叠加态、量子纠缠和量子并行性等，来实现更加高效和复杂的计算任务。

图1：经典比特与量子比特对比

	传统二进制比特	量子比特
操作性质	确定性	非确定性
运行方式	进位制	针对整个系统进行大量并行运算
状态	二进制码“0”和“1”	“0”和“1”两个状态的叠加态
运算效率	较慢	极快
涉及领域	大数据、人工智能、金融、信息安全、互联网等	

资料来源：量子信息网络产业联盟，国信证券经济研究所整理

量子计算以量子比特为基本单元，利用量子叠加和干涉等原理实现并行计算，可提供指数级加速，实现突破经典计算极限的算力飞跃。经典计算机的基本信息单位是比特（bit），用 0 或 1 来表示和存储，二者只能取其一。而量子比特（qubit）是量子计算机的最小信息储存单位，通常以量子态 | 0〉和 | 1〉，或二者的叠加态来表示。与传统的经典比特不同，一个量子比特能够以叠加态的形式存在，一次运算就能同时处理两个状态的信息，从而让一个量子比特具有更强大的信息表

下载日志已记录，仅供内部参考

示和存储能力。进一步推广，经典计算机对 2^n 比特的数据执行相同计算过程需要 2^n 次操作，而量子计算机只需要对 n 个量子比特进行一次操作即可，其在数据存储能力和数据处理能力上都超越了经典计算机。

从发展历程上看，量子计算起源于 20 世纪 80 年代，从理论构想到逐步走向实际应用，其发展经历了三个时期：理论探索、初步实现和工程化时期。

量子计算机理论探索时期（20 世纪 80-90 年代初）：美国物理学家理查德•费曼（Richard Feynman）于 1981 年提出量子计算机相比经典计算机更适合用来模拟量子物理系统的特性。1982 年，美国物理学家保罗•贝尼奥夫（Paul Benioff）提出了基于图灵机制造微量子力学系统计算机模型的可能性。同年，理查德•费曼对保罗•贝尼奥夫的理论进行了丰富完善，提出采用量子系统进行信息处理的概念，被看作是量子计算机的早期思想。1985 年，戴维·德意志（David Deutsch）提出“通用量子计算机”概念，详细阐述了量子理论与通用量子计算机的相容关系，同时验证了量子算法的并行性，为量子计算的理论奠定了基础。

量子计算机初步实现时期（20 世纪 90 年代-21 世纪初）：在前人对量子计算机基础理论的积极探索基础上，量子计算在 20 世纪 90 年代迎来了新的突破，一系列具有重要意义的量子算法被提出。1994 年，贝尔实验室的彼得·肖尔（Peter Shor）开发了首个量子算法（即 Grover 算法），这种量子算法可以高效地解决大数分解问题，并用于破解当时广泛使用的 RSA 公共密钥体系，引发了当时全球的广泛关注。1996 年，洛夫·格罗弗（Lov Grover）提出了能够对无结构数据进行二次加速的量子搜索算法，这个算法能够对一些特定问题具有平方根级别的加速比。上述一系列算法展示了量子计算在某些问题上相对于经典计算的优势和潜力。在应用研究方面，1999 年，日本 NEC 公司展示了超导电路控制量子比特的方法，为目前主流的量子计算技术即超导量子计算奠定了基础。2001 年，IBM 利用量子计算机成功实现了 Shor 算法，分解出 15 这个大数，这是量子计算首次在现实世界中展示其独特的计算能力，标志着从理论迈向实际应用的重大一步。

量子计算机工程化时期（21 世纪初-至今）：在这一阶段，可操作的工程化量子计算机被制造出来并被逐步应用于各个领域中。2011 年，加拿大公司 D-Wave 发布了首款商用量子计算机，虽非通用型，但吸引了众多企业和资本的关注。2012 年，加州理工学院 John Preskill 团队成功演示了量子纠错码的有效性，为未来构建容错的量子计算机铺平了道路。2016 年，IBM 推出云端量子计算服务，首次向公众开放其五量子比特处理器，数千人能够亲身体验量子计算，降低了量子计算的使用门槛，推动了量子计算的普及和应用探索。2019 年谷歌宣称实现“量子霸权”，首次在实验中证明了量子计算机对于传统架构计算机的优越性。此后，量子计算技术不断取得进展，量子比特数目显著增加，硬件性能不断提升，多种技术路线并行发展。2020 年 IBM 公司公布量子计算机发展路线图，2021 年实现 127 量子比特，2022 年 433 量子比特，2023 年建造 1121 量子比特芯片。2023 年，中国科学家成功实现 51 个超导量子比特簇态制备和验证，刷新了所有量子系统中真纠缠比特数目的世界纪录。2024 年，中国电信发布国内比特数最多的超导量子计算机“天衍-504”，拥有 504 个量子比特，极大地提升了计算能力。2025 年，中国科学技术大学发布“祖冲之三号”超导量子计算机，相较经典超算提速 15 个数量级，刷新超导体系量子优越性纪录。2026 年，中国科学技术大学团队成功研制“九章四号”光量子原型机，实现 3050 个光子量子态操控，算力相对经典超算优势达 10 的 54 次方量级，刷新光量子信息技术世界纪录。

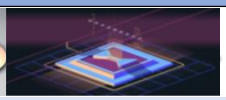
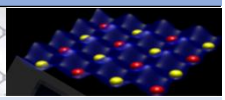
1.2 主要技术发展路线

目前，量子计算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

下载日志已记录，仅供内部参考

半导体等为代表的人造粒子路线，二是以离子阱、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。近年来，各种主要技术路线均有研究成果不断涌现，呈现开放竞争态势，尚无某种技术路线体现出明显综合优势。

表1：量子计算领域的主要技术路线

技术路线	超导	离子阱	硅半导体	光量子	中性原子
示意图					
原理与优势	• 基于超导约瑟夫森结构造扩展二能级系统，具有可扩展、易操控和集成电路工艺兼容等优势，受到众多科研机构、科技巨头和初创企业重视。	• 利用电荷与磁场间所产生的交互作用力约束带电离子，通过激光或微波进行相干操控，具有比特天然全同、操控精度高和相干时间长等优点。	• 利用量子点中囚禁单电子或空穴构造量子比特，通过电脉冲实现对量子比特的驱动和耦合，具有制造和测控与集成电路工艺兼容等优势。	• 使用光子多种自由度构建量子位，具有环境友好性、保真度高、相干时间长等特点，近年来以玻色采样和相干伊辛等为代表的研发成果较多。	• 利用光镊或光晶格囚禁原子悬浮在超高真空中，拥有保真度高、相干时间长、构建多维列阵潜力，在规模化扩展方面更具优势。
典型成就	• 中国科学院：41位“庄子”芯片模拟“侯世达蝴蝶”拓扑物态； • 中国科大：“祖冲之二号”可操纵量子比特数达176位； • Rigetti：84位量子处理器Ankaa-1。	• 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，量子体积指标达到524288。	• Intel：12位硅基自旋量子芯片Tunnel Falls； • 中国科学院：实现硅自旋翻转速率超过1.2GHz的自旋量子比特超快操控。	• 中国科大：255光子量子计算原型机“九章三号”； • 玻色量子：100比特相干光量子伊辛机“天工量子大脑”。	• 微尺度国家研究中心：实现光晶格中基于自旋交换的量子纠缠； • Atom Computing：1180量子比特的中性原子量子计算原型机。
发展趋势	• 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。	• 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。	• 降低测控信号、量子位噪声影响； • 提纯材料以延长相干寿命。	• 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间纠缠的方案。	• 提升精确测控能力； • 降低原子所受碰撞影响； • 研究多维列阵连接方式。

资料来源：中国信息通信研究院，国信证券经济研究所整理

从路线布局上看，全球量子计算原型机研制企业在路线选择方面呈现多样化。其中，超导路线受到最多企业关注，科技企业和初创企业均有布局；布局离子阱路线的企业数量仅次于超导，且大部分为初创企业；中性原子量子计算企业数量较为有限，基本为初创企业，但企业活力普遍较高，近些年发展迅猛并推出大量成果；布局光量子路线与硅半导体路线的企业数量较少，前者受到初创企业关注，后者的主要参与者既有传统半导体制造企业，也有初创企业。

（1）超导技术路线

超导量子计算是目前国际上发展相对迅速的一种固态量子计算的实现方法，具有可扩展、易操控和集成电路工艺兼容等优势，受到众多科研机构、科技巨头和初创企业重视，科研进展成果丰富。超导效应作为一种宏观量子效应，为量子态相干操控提供了无损耗环境。超导量子电路的能级可以通过外加电磁场进行干预，电路更容易实现定制化开发。由于集成电路工艺已经比较成熟，超导量子电路的可扩展性优势更加明显。目前，基于超导量子电路的量子计算技术已经在退相干时间、量子态操控和读取、量子比特间可控耦合、中大规模扩展等关键技术上取得了大量突破，是量子计算领域业界高度关注的发展方向之一。然而，超导量子也存在一些局限性。它对环境要求极为苛刻，需要在极低温环境下运行，以保持超导特性。这不仅增加了设备的制冷成本和技术难度，还对设备的稳定性和维护提出了更高要求。此外，超导量子的量子态寿命相对较短，即退相干时间较短，这限制了量子比特能够保持量子信息的时间，从而影响量子计算的精度和可靠性。在实际应用中，如何延长超导量子比特的退相干时间，提高量子比特的稳定性，是当前要突破的重点和难点之一。

下载日志已记录，仅供内部参考

（2）离子阱路线

离子阱路线利用电荷与磁场间所产生的交互作用力约束带电离子，通过激光或微波进行相干操控，具有比特天然全同、操控精度高和相干时间长等优点。离子阱，又称离子囚禁，其技术原理是利用电荷与电磁场间的交互作用力牵制带电粒子运动，并利用受限离子的基态和激发态组成的两个能级作为量子比特，利用微波激光照射操纵量子态，通过连续泵浦光和态相关荧光，实现量子比特的初始化和探测。当前，离子阱量子计算机在量子比特连接性和相干时间方面领先其他技术路线，但扩展性较差的问题是离子阱体系亟待解决的主要问题。离子阱路线未来发展需要突破比特规模扩展、高集成度测控和模块化互联等技术瓶颈，能否在量子计算技术路线竞争中占据优势仍有待进一步检验。

（3）硅半导体路线

硅半导体路线利用量子点中囚禁单电子或空穴构造量子比特，通过电脉冲实现对量子比特的驱动和耦合，具有制造和测控与集成电路工艺兼容等优势。这一技术路线的优势表现在：大部分工艺与传统的金属-氧化物-半导体（MOS）工艺兼容，具有大规模扩展的潜力，在商业化阶段易于和半导体行业对接；比特相干时间长，门操作精度高，可进行全电学操控。目前，硅基量子点的实现方式分为两种：一是通过在门电极上加载电压来囚禁单个电子或空穴，利用电极对其量子态进行操控。这种方式可实现比特间耦合的可灵活调节，但集成的门电极密度高，需要采用公共和悬浮电极等才能大规模生产。二是通过扫描隧道显微镜（STM）或离子束注入方式在硅衬底中掺杂原子并作为比特载体，然后利用 MOS 电极或 STM 直写电极对掺杂原子的电子自旋进行操控。整体上看，硅半导体路线具有比特全同性高、易于扩展、电极密度低、相干时间长等优点，但由于同位素材料加工和介电层噪声影响等瓶颈限制，比特数量和操控精度等指标提升缓慢。

（4）光量子路线

光量子计算路径利用光子作为信息的载体，通过量子光学元件实现量子计算过程。光量子计算的关键优势在于光子具有很好的相干性和较低的相互作用，这使得光子在传输过程中不易丢失信息。事实上，光子是量子通信的良好信息载体，因此光量子计算机与量子通信完全兼容。此外，光量子计算在室温下即可进行，而超导量子计算需要极低温环境。但是，光量子路线在实际应用中也面临一些挑战。光子之间的相互作用较弱，实现高效的多比特门操作较为困难，这限制了光量子计算的复杂性和计算能力；此外，光子的制备和检测技术仍有待进一步提高，以实现更高的量子比特生成效率和检测精度。为克服这些挑战，研究人员正在积极探索新的材料和技术，如利用非线性光学材料增强光子之间的相互作用，开发新型的光子探测器提高检测效率等。

（5）中性原子路线

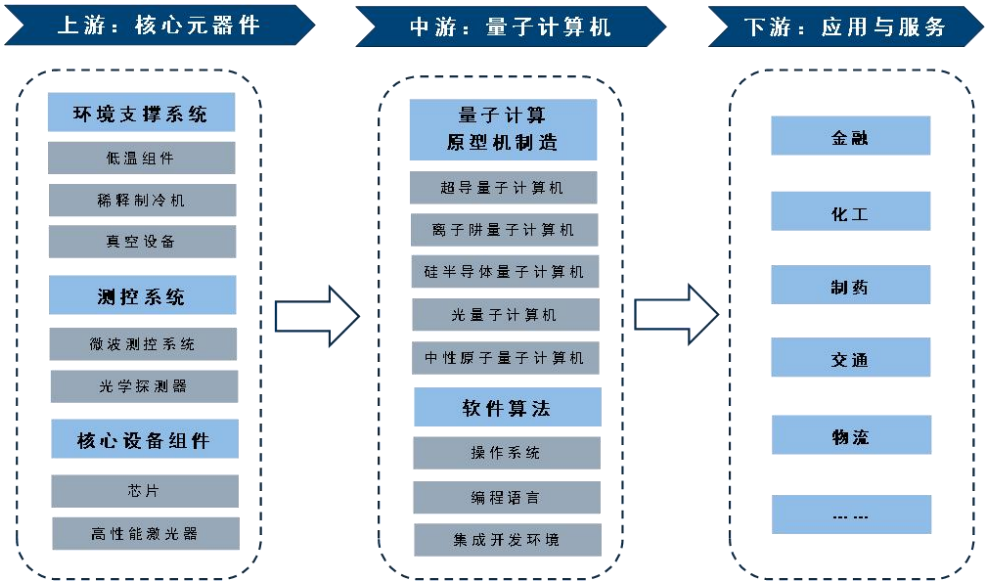
中性原子路线利用光镊或光晶格囚禁原子，激光激发原子里德堡态进行逻辑门操作或量子模拟演化，相干时间和操控精度等特性与离子阱路线相似，但在规模化扩展方面更具优势，未来有望在量子模拟等方面率先突破应用。中性原子路线是一种以确定性制备的单原子分辨的中性原子（如铷、铯等）作为量子比特的先进计算技术，其核心概念是通过激光操控原子内部能态（如基态、超精细能级或高激发里德伯态）编码量子信息，并利用光镊阵列将原子精确排布为二维或三维结构以实现可扩展的量子比特系统。中性原子路线近年来在比特数目扩展和量子纠错等方面进展迅速，成为技术路线竞争中的后起之秀。

下载日志已记录，仅供内部参考

2. 量子计算产业链构成

量子计算产业链可以分为上中下游三大部分。随着量子计算原型机研制、软件研发、应用探索和云平台建设的发展，产业生态初步形成，上中下游企业不断涌现，为量子计算产业发展注入了充沛动力。量子计算产业链上游主要包括环境支撑系统、测控系统、关键设备组件以及元器件等，这些是构建量子计算机的基础硬件设施和关键技术支撑；中游是量子计算的核心环节，包括量子计算机硬件和软件的研发与生产；下游则聚焦于量子计算在各行业的应用拓展以及相关服务的提供，包括量子计算云平台、量子计算行业应用解决方案等。

图2：量子计算产业链



资料来源：赛迪智库，国信证券经济研究所整理

2.1 产业链上游

产业链上游包括环境支撑系统、测控系统以及核心设备组件等，具体涉及稀释制冷机、真空系统、低温组件、光学器件等众多方面，是整个量子计算产业生态的基础底座。由于量子计算技术复杂性、多路线并行推进和发展方向存在不确定性等原因，目前产业生态上游呈现分散化和多样化的特点。一方面分散化导致供应商集中开展技术攻关的难度提升，但另一方面多样化则可能有助于减少单一供应商可能造成的供应垄断等风险。从国内外对比来看，欧美国家处于量子计算产业生态上游的企业数量更多且发展水平更高，在产品研制、技术创新以及市场需求等方面积累了良好的条件和资源；中国上游企业近几年发展迅速，相继推出各类自研产品，但在部分关键设备组件的性能指标、制造成本和市场认可度等方面仍有较大提升空间，未来需要通过自主研发进一步提高产品技术水平。

（1）环境支撑系统

环境支撑系统对于量子计算的稳定运行至关重要，其中稀释制冷机是核心设备之一。它的主要功能是为量子计算机提供接近绝对零度的超低温环境，因为在这样的极低温条件下，量子比特才能保持稳定的量子态，减少环境噪声的干扰，确保量子计算的准确性。国际市场上，先进的 1000 型稀释制冷机长期被欧美国家垄断，

下载日志已记录，仅供内部参考

并对中国实施限制出口。不过，近年来中国在该领域取得了重大突破。例如，本源量子计算科技（合肥）股份有限公司自研的稀释制冷机从 SL400 升级到 SL1000，成功下线并打破了国外的技术封锁，标志着中国在稀释制冷领域达到了国际先进水平，实现了从跟跑者到并跑者的角色转变。本源 SL1000 稀释制冷机可提供 10mK 以下的极低温环境及不低于 1000μW@100mK 的制冷量，具备人机交互功能，能够实现设备的全自动化操作，为国产超导量子计算机的发展提供了有力的支持。

（2）测控系统

测控系统负责实现对量子比特状态的精确控制和测量，是保障量子计算准确性和稳定性的关键。其中，微波测控系统用于产生和控制微波信号，实现对超导量子比特的操控；光学测控系统主要用于离子阱量子比特和光量子比特的操控和测量。近年来，相干（北京）科技等初创公司在微波测控系统领域崭露头角，不断推动技术创新和产品研发。在光学设备及其它领域，九章量子等新成立的初创公司也在积极探索，致力于为量子计算提供更先进的光学测控解决方案。

（3）核心设备组件

量子比特作为量子计算的核心组件，其性能和质量直接决定了量子计算机的计算能力。不同类型的量子比特，如超导量子比特、离子阱量子比特、光量子比特等，具有各自独特的优劣势，研究人员不断努力提升其性能，包括增加量子比特的数量、提高量子比特的相干时间、降低错误率等。量子门是实现量子比特操作的基本单元，类似于传统计算机中的逻辑门，对量子门的研究主要集中在提高其操作精度和保真度，以及实现多比特量子门的高效操作。在元器件方面，芯片加工制造是关键环节之一。随着量子计算技术的发展，对芯片设计和制造的要求也越来越高，CUMEC、imec、Intel 等企业在芯片加工制造领域发挥着重要作用，它们不断投入研发，推动芯片制造工艺的进步，以满足量子计算对芯片性能的需求。此外，还有众多企业提供各种用于量子计算设备制造的元器件，共同构成了量子计算产业链上游的关键支撑。

2.2 产业链中游

产业链中游包括量子计算原型机制造商和软件供应商，是量子计算产业生态的核心环节，同时也是企业数量较为集中的部分。原型机方面，全球从事量子计算原型机研制的企业中，专注于超导路线的企业数量最多，超过总量的三分之一，其次是离子阱、中性原子、光量子和硅半导体等技术路线。软件方面，众多企业致力于打造各自的量子计算软件，同时构建开源软件社区，为量子计算技术发展和应用探索提供推动力。国内外对比来看，大部分国家并行布局多种技术路线，欧美企业在数量、原型机研制能力、软件研发、开源社区建设等方面占据一定优势；中国在上述主流技术路线均有布局，近些年也出现一批量子计算软件企业，但总体而言在企业投入力度、输出成果、创新能力等方面与欧美相比仍存在差距。

（1）原型机制造

超导量子计算领域：IBM、谷歌等公司处于领先地位。IBM 不断推出新的量子处理器，其研发的超导量子处理器量子比特数量持续增加，2023 年 12 月发布的 Condor 芯片拥有 1121 量子比特，展现了强大的计算潜力。谷歌也在超导量子比特技术上取得了重要突破，其开发的量子处理器在特定任务上实现了超越经典计算机的计算速度，如 2019 年利用 53 个量子比特的超导量子处理器实现“量子霸权”，完成了传统超级计算机需一万年才能完成的计算，展示了超导量子计算在计算能力上的巨大优势。2024 年谷歌推出携带 105 个物理量子比特的 Willow 芯片，该芯片在随机电路采样基准测试中用时不到 5 分钟完成计算任务，而同等任务需要当

下载日志已记录，仅供内部参考

今最快超级计算机运行 10 的 25 次方年，实现了逻辑量子比特错误率的指数级下降。

离子阱量子计算领域：IonQ、Quantinuum 等公司取得了显著进展。IonQ 致力于离子阱量子计算机的研发和商业化，其量子计算机以高保真度的量子门操作和出色的计算精度著称；Quantinuum 则在提升离子阱量子计算机的性能和稳定性方面取得了重要成果，宣布其商用量子计算机实现了 99.914%的双量子比特门保真度，2025 年 11 月发布的 Helios 系统则将物理量子比特数扩展至 98 个，并实现了 99.921%双量子比特门保真度，为量子计算在实际应用中的可靠性提供了有力保障。

光量子计算领域：中国科学技术大学的研究团队取得了重要进展，“九章”系列光量子计算机的问世，展示了光量子计算在特定问题求解上的强大能力；“九章三号”光量子计算机拥有 255 个量子比特，在解决高斯玻色子采样（GBS）问题上的计算速度比世界上最快的超级计算机快了 10 万亿倍，推动了光量子计算技术的发展和应用。目前，“九章四号”光量子原型机实现 3050 个光子量子态操控，在解决高斯玻色子采样（GBS）问题上的计算速度比世界上最快的超级计算机快 10 的 54 次方倍，进一步巩固了中国在光量子计算领域的国际领先地位。

除了上述主流技术路线，量子点、冷原子等量子计算技术也在不断发展。量子点量子计算利用半导体量子点中的电子或空穴的量子态进行计算，具有与现有半导体工艺兼容的优势，有望实现大规模集成；冷原子量子计算则利用超冷原子的量子特性，在量子模拟和量子计量等领域展现出独特的应用潜力。不同技术路线相互竞争、相互促进，共同推动量子计算机硬件向更高性能、更大规模、更稳定可靠的方向发展。

（2）软件算法

量子计算软件是连接量子计算机硬件和用户应用的桥梁，对于实现量子计算的功能和应用至关重要。量子计算操作系统是管理量子计算机硬件资源、提供基本服务和运行环境的核心软件。它负责调度量子比特、量子门等硬件资源，保障量子计算任务的高效执行。目前，各个量子计算研究机构和企业都在积极研发量子计算操作系统。如 IBM 的 Qiskit Runtime、微软的 Azure Quantum 等，这些操作系统为用户提供了便捷的编程接口和开发环境，支持用户编写和运行量子算法。

量子编程语言是用户开发量子应用程序的工具，它需要满足量子计算的特殊需求，如量子比特的操作、量子态的叠加和纠缠等。常见的量子编程语言包括 Q#、OpenQASM、Cirq 等。Q#是微软开发的一种专门用于量子计算的编程语言，它与微软的 Azure Quantum 平台紧密集成，提供了丰富的量子算法库和工具，方便用户进行量子计算编程。OpenQASM 是一种开源的量子汇编语言，被广泛应用于量子电路的描述和传输，许多量子计算软件和硬件平台均支持 OpenQASM 格式的量子程序。Cirq 是谷歌开源的量子编程框架，提供了丰富的量子操作原语和工具，用于编写、操作和优化量子电路，并支持在量子计算机和模拟器上运行量子程序。

量子算法库是量子计算软件的重要组成部分，它包含了各种经过验证的量子算法，为用户解决实际问题提供了便利。常见的量子算法如 Shor 算法用于大数质因数分解、Grover 算法用于无序数据库搜索、量子近似优化算法（QAOA）用于组合优化问题等，都被集成到量子算法库中。此外，还有针对量子化学、机器学习、金融等领域的专用量子算法库不断涌现，以满足不同行业的应用需求。例如，在量子化学领域，量子算法库可以帮助科学家模拟分子的电子结构和化学反应过程，加速药物研发和材料设计；在机器学习领域，量子算法库可以提供量子机器学习算法，用于数据分类、聚类和预测等任务。

下载日志已记录，仅供内部参考

2.3 产业链下游

产业链下游包括量子计算云平台供应商和行业应用企业，是最接近用户的环节，在产业生态中扮演着至关重要的角色。云平台方面，依托互联网为各类用户提供云端接入，共享量子计算资源，促进量子计算产业提前布局与生态良性培养。行业应用方面，金融、化工、医药、交通等行业用户关注量子计算应用潜力，开放应用场景并开展应用探索，致力于寻找针对行业特定难题的解决方案。国内外对比来看，IBM、亚马逊、微软等国外科技巨头的量子计算云平台在资源共享性、硬件多样性、应用案例丰富性、服务模式商用化等方面走在全球前列，量子计算企业与不同领域行业企业积极合作，联合探索量子计算在重点行业领域的应用；中国量子计算云平台供应商在平台间协同合作、后端硬件水平、商业模式探索等方面仍有待提升，传统行业企业在量子计算方面的投入力度、关注程度以及与量子计算企业之间的合作机制等方面仍有待进一步加强和完善，未来需要前瞻开展应用探索，提升应用协同创新能力。

（1）量子计算云平台

量子计算云平台通过互联网将量子计算资源以服务的形式提供给用户，打破地域和设备的限制，降低用户使用量子计算的门槛，使得更多的科研机构、企业和个人能够便捷地访问和使用量子计算技术。目前，全球范围内已经涌现出多个知名的量子计算云平台，如 IBM 的 IBM Quantum、谷歌的 Cirq、微软的 Azure Quantum、亚马逊的 Amazon Braket、中国电信的“天衍”等，这些云平台提供了丰富的服务内容，包括量子计算模拟器、量子算法开发工具、量子计算任务执行等。用户可以通过云平台的网页界面或软件开发工具包（SDK），使用量子编程语言编写量子算法，并在量子模拟器上进行调试和验证，再将任务提交到实际的量子计算机上运行，获取计算结果。

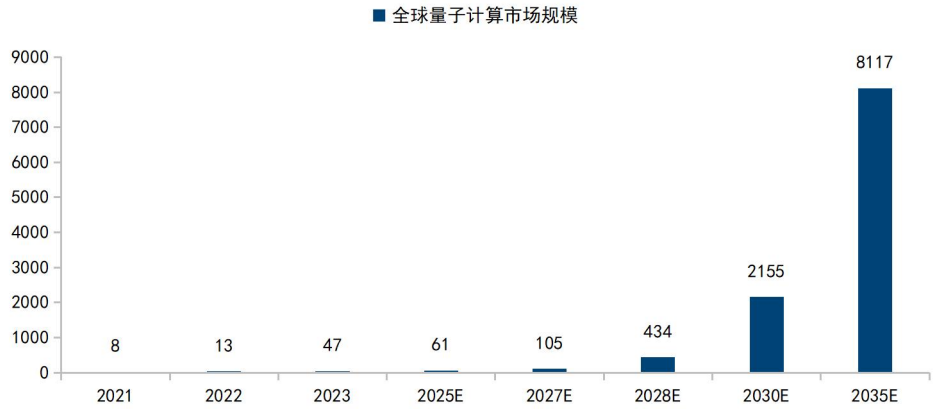
具体来看，IBM 的 IBM Quantum 是较早推出的量子计算云平台之一，拥有丰富的量子处理器资源和完善的软件开发工具，吸引了众多科研机构和企业用户。谷歌的 Cirq 云平台与谷歌的量子硬件研发紧密结合，提供了高性能的量子计算服务和创新的量子编程框架。微软的 Azure Quantum 依托其强大的云计算基础设施和全球客户网络，为用户提供一站式的量子计算解决方案，涵盖量子算法开发、优化和应用等多个环节。亚马逊的 Amazon Braket 为用户提供多种量子硬件提供商的选择，以及灵活的量子计算服务模式，满足不同用户的需求。中国电信的“天衍”是全球首个同时提供光量子与超导双技术路线“量子优越性”服务能力的量子计算云平台，提供量子云操作系统、量子计算编译、量子计算模拟、图形化编程等核心能力。

（2）量子计算行业应用解决方案

受益于通用量子计算机技术进步和专用量子计算机在特定领域的广泛应用，全球量子计算市场规模快速增长。根据 ICV 的测算，2027 年专用量子计算机有望在性能上实现突破，推动整体市场规模达到 105 亿美元；在 2028 年至 2035 年期间，市场规模持续快速扩张，年均复合增长率将达到 44.8%；到 2035 年市场规模有望达到 8117 亿美元，量子计算预计在此时进入全面成熟和商业化的关键阶段。

下载日志已记录，仅供内部参考

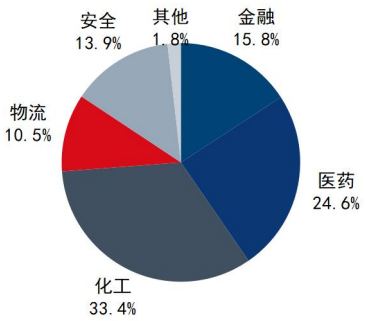
图3：2021-2035 年全球量子计算市场规模



资料来源：ICV，国信证券经济研究所整理；注：单位为亿美元

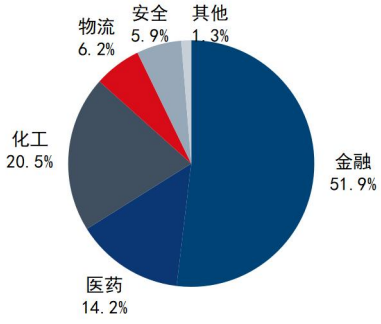
目前量子计算处于从前沿研究向应用落地突破的关键阶段，广泛而活跃的多方应用探索是推动量子计算技术走向应用的关键。作为一种新兴的计算技术，目前量子计算在金融、医药、化工等多个领域都显示出了突破性的应用潜力。根据 ICV 的预测，2035 年全球量子计算下游应用占比中，金融领域的市场份额最高，将达到 51.9%，较 2030 年的 15.8%实现显著提升；其次为医药和化工领域，分别为 20.5%和 14.2%。

图4：2030 年全球量子计算应用占比



资料来源：ICV，国信证券经济研究所整理

图5：2035 年全球量子计算应用占比



资料来源：ICV，国信证券经济研究所整理

金融领域：金融数据具有高复杂度、高时效性等特点，经典计算机的算力已无法满足金融领域的算力需求。量子计算凭借其超强的并行计算能力及建模能力，已经在投资组合优化、风险分析、精准定价、信贷评估、高频交易及资产配置等场景中展现出应用价值。例如，金融科技公司利用量子算法对投资组合进行优化，通过量子计算机的并行计算，能够在短时间内分析大量历史数据和市场信息，识别出影响投资组合表现的关键因素。该公司开发的基于量子随机游走原理的投资组合优化算法，能够模拟股票、债券等金融资产的价格波动，通过量子干涉和叠加，评估不同资产组合的潜在风险和收益，帮助客户实现了超过传统投资组合的收益，同时降低了市场波动带来的风险。在风险管理方面，量子计算可以更准确地评估金融风险，提前预测市场变化，为金融机构提供更有效的风险预警和应对策略。

下载日志已记录，仅供内部参考

化工领域：量子计算在化学合成、材料设计、能源开发等方面前景广阔，能够助力化工行业研发加速及降本增效。具体来看，在化学合成方面，量子计算应用探索主要通过模拟化学反应，加速大分子的结构优化、量子涨落、量子场论的计算等任务，以实现提高效率、降低资源消耗等效果；在材料设计方面，量子计算可以通过精确模拟材料的电子结构和量子力学性质，预测材料的性能，指导新型材料的设计；在能源开发方面，量子计算技术能够有效提升能源的智能化开发与管理效率，以油气行业为例，基于量子计算强大的并行处理能力，能够在短时间内分析油气勘探中的海量数据，提高建模的准确度，驱使地质勘探、油藏模拟等领域效率提高。此外，在催化剂设计、电池材料优化等方面，量子计算也能发挥重要作用，为解决能源和环境问题提供新的材料解决方案。

生物医药领域：在药物研发中，量子计算能够加速药物分子的研发过程。药物研发需要对大量的分子结构进行筛选和模拟，以寻找具有特定药理活性的分子。传统计算方法在处理复杂的分子模拟时，计算量极大且效率较低。量子计算可以利用量子力学原理，更为准确地模拟分子的电子结构和化学反应过程，快速筛选出潜在的药物分子，大幅缩短药物研发周期。例如，加拿大的 D-Wave 系统公司与加拿大量子公司合作，利用量子计算来加速药物分子的模拟，通过量子计算可以更精确地计算分子间的相互作用和能量变化，从而预测药物分子与靶点的结合能力，帮助研究人员更快地找到有效的药物分子，降低研发成本。此外，在疾病诊断方面，量子计算可以通过对大量医疗数据的分析，提高疾病诊断的准确性和效率，为患者提供更及时的治疗方案。

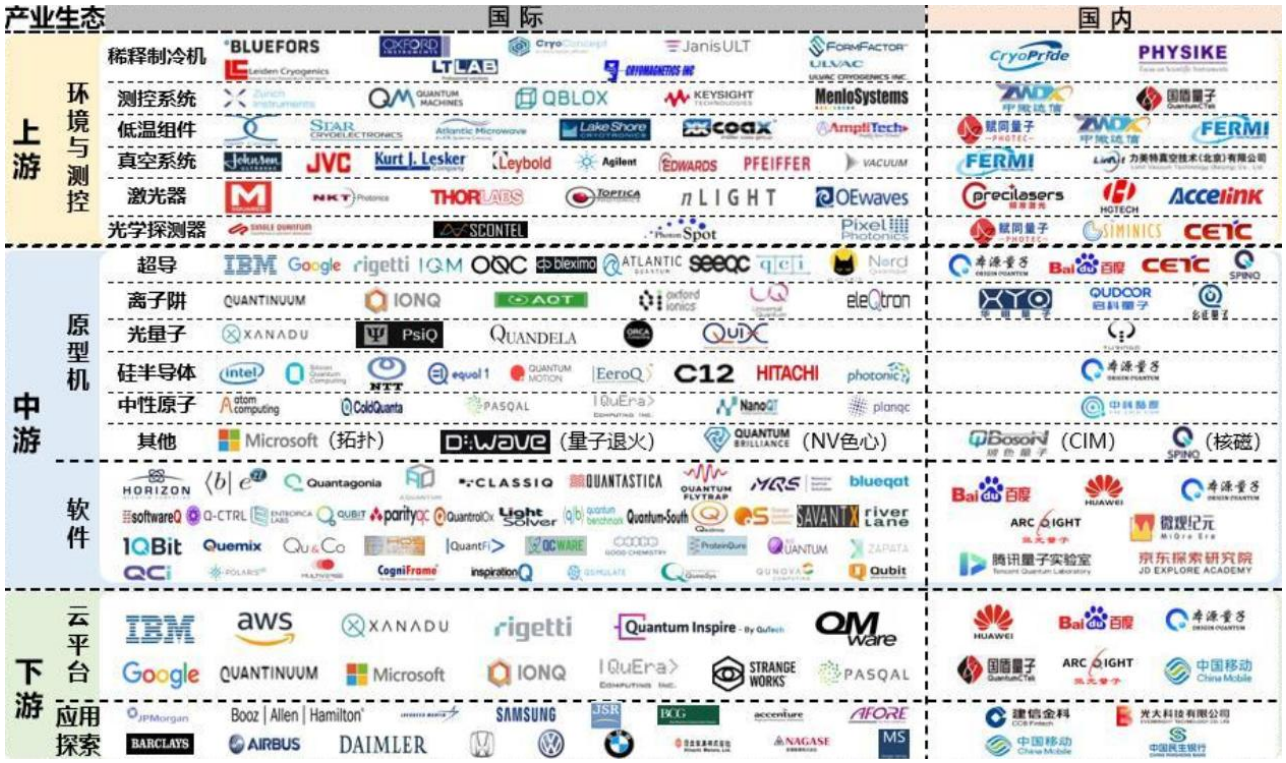
交通物流领域：量子计算凭借其高速计算能力，可有效加速人工智能模型的训练和推理过程。一方面，可以解决拥堵预测、交通流量管理、路径规划和车辆调度等问题，提高交通系统的通行效率与安全性；另一方面，可以进一步细化库存存储位置、规划包裹装载策略与配送路线，实现物流运输的降本增效。

信息安全领域：量子计算具有强大的并行处理能力，能够解决经典计算难以解决的问题，或将对信息安全构成新的冲击。例如，Shor 算法能在多项式时间内解决整数分解的问题，将对 RSA 等公钥密码体系构成威胁；但另一方面，也能够为信息安全领域的挑战提供新的思路和解决方案。例如，QKD 量子密钥分发能够提供理论上无法被破解的密钥交换方法。

电力领域：电网是支撑现代社会运作的核心基础建设，受到网络攻击和实体攻击等多重挑战，这些危机可能引发大规模的电力中断，从而对经济和社会造成深远的负面影响。随着电力系统向智能化、复杂化的发展，其安全性的提升显得尤为迫切。量子技术的运用，特别是将量子通信技术应用在电力行业中，可以保障电力系统实时数据安全传输，防止网络攻击和数据篡改，从而保障电网稳定运行。

下载日志已记录，仅供内部参考

图6：量子计算产业链相关企业概览



资料来源：中国信息通信研究院，国信证券经济研究所整理

3. 量子计算竞争格局

3.1 全球发展综述

量子计算已成为全球主要国家之间开展综合国力竞争、维护国家技术主权的关注焦点之一。近年来，全球多个国家与地区持续加强量子计算领域的规划布局，不断加大资金支持力度，量子计算领域热度持续升高，科研创新日趋活跃，实用化应用探索多方展开，产业生态逐步构建，全方位多元化的发展格局正在形成。美国、欧洲和日本等发达国家政府以及国际知名科技公司如 Google、Intel、Microsoft 和 IBM 等都发起研究计划，斥资研发量子计算机。

表2：全球主要国家量子信息领域战略规划和投资情况

时间	战略规划/法案	国家/地区	投资规模
2014	国家量子技术计划	英国	10 年投资 12.15 亿美元
2018	光量子跃迁旗舰计划	日本	投资 1.2 亿美元/年
2018	量子旗舰计划	欧盟	10 年投资 11 亿美元
2018	国家量子信息科学战略 国家量子倡议（NQI）法案	美国	计划 5 年投资 12.75 亿美元，实际投资已达 37.38 亿美元
2018	量子技术从科研到市场	德国	投资 7.1 亿美元
2019	量子技术发展国家计划	荷兰	7 年投资 7.4 亿美元
2019	国家量子技术计划	以色列	5 年投资 3.3 亿美元
2019	国家量子行动计划	俄罗斯	5 年投资 5.3 亿美元
2020	国家量子技术投资计划	法国	投资 19.6 亿美元
2021	量子系统研究计划	德国	5 年投资 21.7 亿美元
2022	国家量子计算平台	法国	投资 1.85 亿美元

下载日志已记录，仅供内部参考

2022	芯片与科学法案	美国	4 个量子项目 1.53 亿美元/年
2023	国家量子战略	加拿大	投资 2.7 亿美元
2023	国家量子战略	英国	10 年投资 31.8 亿美元
2023	国家量子战略	澳大利亚	投资 6.4 亿美元
2023	国家量子技术战略	丹麦	5 年投资 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	国家量子任务	印度	2030 年前投资 7.2 亿美元
2023	量子 2030	爱尔兰	已投资 0.24 亿美元
2023	国家量子倡议法（二期）	美国	2024 年 9.68 亿美元
2024	国家量子战略	新加坡	5 年投资 2.19 亿美元
2025	量子技术战略	西班牙	5 年投资 8.08 亿欧元

资料来源：中国信息通信研究院，国信证券经济研究所整理

3.2 美国

美国是全球最早开展量子计算研究的国家之一，注重依托政府指导推进量子计算发展，国家战略部署围绕顶层设计、组织机制、专项计划、生态建设等多个维度展开。1999 年，美国发布了有关“量子信息科学”的科学技术报告，在全球范围内率先投资量子计算领域。2002 年，美国国防部高级研究计划局（DARPA）发布《量子信息科学与技术规划》。此后，美国国家科学技术委员会、国防部、白宫科技政策办公室等相继发布文件，支持量子科技发展。2018 年，美国出台《国家量子计划法案（NQI）》，从标准制定、人才培养、科研中心建设等方面，确立为期 10 年的国家量子计划，明确首个五年投入 12.75 亿美元用于落实计划。2020 年，美国白宫发布《关键与新兴技术国家战略》，把量子信息技术列入保持美国全球领导力且强调发展的 20 项“关键与新兴技术”之一。2023 年 12 月，美国国家科学技术委员会发布《NQI 2024 年年报》，报告表明美国在量子信息领域实际投资较 NQI 法案原计划五年投资 12.75 亿美元超出两倍有余，2019-2023 年累计投资 39.39 亿美元，2024 年投资 9.68 亿美元，其中量子计算投资占比最高，五年共计投资 14 亿美元。2025 年，美国国家量子倡议协调办公室发布的《国家量子倡议-2025 财年总统预算补充报告》显示，联邦机构对量子信息科学的总预算请求约为 10 亿美元，持续保持高强度投入。同年，美国能源部宣布投入 6.25 亿美元用于续期五个国家量子信息科学研究中心，推进量子计算、通信、设备、传感和材料等关键领域研究。2026 年 6 月，特朗普签署行政令，推出“Quantum Genesis”计划，目标是 2028 年实现容错量子计算。

美国通过政府引导、企业和大学全力融入、国际盟友积极参与，形成多方共建的量子信息科学生态体系。美国政府通过制定全面系统的产业技术政策形成合力，引导企业、大学攻坚量子信息科学前沿技术；企业、大学融入形成产学研转化合力，实现前沿技术突破与成果转化联动；积极联合英国、欧盟、日本等盟友，通过学术研究与合作在新产业标准制定、“破坏式”技术创新等多个关键领域方面开展深入合作，搭建量子信息科学研究国际联盟。目前，IBM、谷歌、Intel、微软、亚马逊等大型科技企业凭借其技术先进、经验丰富、商业能力强等优势，在量子计算行业的第一梯队中占据一席之地。Quantinuum、Rigetti、IonQ、Infleqtion、PsiQuantum、Quantum Computing Inc 等初创企业在各自技术路线上稳步发展，经过数年运营已初具规模，推出各具特色的产品，并积极探索公司产品的应用方向，行业影响力日渐增强。

3.3 欧洲

欧洲大力推动量子技术和产业发展，欧盟各国积极响应。自 20 世纪 90 年代开始，欧洲关注并持续支持量子计算发展。近年来，欧洲国家布局并出台了一系列量子

下载日志已记录，仅供内部参考

信息相关战略和专项计划，先后发布《欧洲量子科学技术》、《量子信息处理与通信战略报告》、《量子宣言（草案）》、“量子技术旗舰计划”、“量子通信基础设施计划”、“2030 数字罗盘计划”等文件，系统规划欧洲量子技术和产业发展，大力推进量子技术应用，目标是在全球量子科技竞争中赢得主动。2024 年，欧盟发布新版量子旗舰计划《战略研究和产业议程》，在量子计算等四大领域分别提出短期（2027 年）和中期（2030 年）发展目标及建议，通过开展基础科研、促进产业化以及加强基础设施建设等方式，使欧洲在量子技术、产业生态和关键驱动力等方面实现领先。2025 年，欧盟发布“量子欧洲战略：变化世界中的量子欧洲”，旨在通过研发创新、基础设施建设和产业转化，力争到 2030 年使欧洲成为量子领域的全球领导者。欧洲量子计算企业以初创企业为主，代表性企业包括 Pasqal、IQM、OQC、AQT、Oxford Ionics、ORCA Computing、Quandela、Alice & Bob 等。上述企业主要从事超导、离子阱、中性原子、光量子、硅半导体等多条技术路线的硬件研制、软件开发、云平台建设和应用探索，具有较大的发展潜力。

3.4 中国

中国高度重视以量子计算为代表的量子信息领域发展，通过组建国家实验室和实施重大科技专项等措施推动形成全面科研布局。2006 年，《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》将量子调控列入四个重大基础研究计划。2015 年，“十三五”规划进一步加强了对量子通信和量子计算领域的布局。2017 年，国务院印发《新一代人工智能发展规划》，正式提出“布局量子智能计算”的发展思路。2021 年，《“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要》将量子信息确立为具有前瞻性和战略性的国家重大科技项目，并提出了“加快布局量子计算、量子通信、神经芯片、DNA 存储等前沿技术”的要求，为中国量子计算机的研发和应用指明了方向，强调了其在国家科技发展中的重要战略地位。2023 年 8 月，工业和信息化部、科技部、国家能源局和国家标准化管理委员会联合印发《新产业标准化领航工程实施方案（2023-2035 年）》提出聚焦量子计算领域，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。2024 年全国两会《政府工作报告》中提到积极培育新兴产业和未来产业领域，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。2025 年，工业和信息化部发布《关于组织开展 2025 年未来产业创新任务揭榜挂帅工作的通知》，将量子科技作为重点领域之一，围绕量子计算、量子通信、量子精密测量三大方向部署 17 项揭榜任务，推进量子领域核心器件研制与多行业示范应用。2026 年 3 月《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》明确提出构建未来产业全链条培育体系，推动量子科技成为新的经济增长点，并在“前沿科技攻关”专栏中部署研制可容错的通用量子计算机和可扩展的专用量子计算机等攻关目标任务。2026 年《政府工作报告》进一步提出培育壮大量子科技等未来产业，落实“十五五”规划纲要相关部署，完善前沿技术产业培育制度环境。近年来，中国已有 20 余个省市在地方“十四五”科技与信息技术产业发展规划中，针对量子计算基础科研、应用探索和产业培育等方面提出规划部署，采取措施主要聚焦在量子计算技术研发、应用探索和产业培育等方向。进入“十五五”时期，北京、上海、广东、安徽、浙江等十余个省市在本级“十五五”规划纲要及相关产业专项政策中前瞻布局量子科技，进一步突出核心器件自主攻关、量子与人工智能融合创新、应用场景示范与未来产业先导区建设等重点方向。整体上看，中国在量子计算领域已经形成了一个颇具发展潜力的研究队伍，在主要的物理平台上完成了全面布局，并在部分方向实现了突破。

中国目前已初步形成科技巨头、初创公司、中央企业、科研院所协同发展的格局，

下载日志已记录，仅供内部参考

并在芯片设计、架构及编译、应用开发等方面不断取得进展。国内科技巨头腾讯、华为、中兴通讯等近年来先后布局量子计算领域，如：腾讯早在 2017 年就正式布局量子计算领域，提出利用人工智能、机器人和量子计算，构建面向未来的基础设施，探索推动以技术服务 B 端实体产业。华为推出“昆仑”量子计算模拟一体机，并自主研发了量子芯片，采用基于超导材料的电路结构，可以实现对多个量子比特的并行控制和测量。中兴通讯致力于探索量子计算在 AI 算法优化、加密通信等方面的应用，提供量子安全服务系统、量子可信云等技术和应用产品，满足对信息安全要求极高的诸如金融、政务等领域场景需求。

本源量子、国盾量子、华翊量子、启科量子、玻色量子、图灵量子、量旋科技、弧光量子、中科酷源、幺正量子等初创企业积极推进技术研究与应用探索，纷纷推出软硬件产品和云平台，发展进程持续加快。其中，**本源量子** 2017 年成立，进行超导和半导体两条技术路线的全栈布局，先后发布量子计算机操作系统“本源司南”、量子计算机“本源悟源”及“本源悟空”、首个国产量子芯片生产线、量子芯片设计工业软件“本源坤元”、自主超导量子芯片“悟空芯”等。**国盾量子** 2009 年成立，是中国目前唯一的量子信息上市企业，联合中国科学技术大学、中国科学院上海技术物理研究所等合作完成了超导量子计算原型机“祖冲之 1 号”和“祖冲之 2 号”的研发。**华翊量子** 2022 年成立，公司研发的离子阱量子计算系统，为用户提供了多种国际领先的离子阱架构。**启科量子** 2019 年成立，公司拥有具有自主知识产权的模块化离子阱量子计算工程机 ARTIO、量子计算测控系统 Qusoil、离子阱低温真空系统<Aba|Qu|Cryovac>、离子阱环境控制系统<AbaIQuENV>。**玻色量子** 2020 年成立，聚焦光量子计算技术路线，致力于可扩展、可编程光量子计算的各类型软硬件全平台研发与产业落地。**图灵量子** 2021 年成立，致力于以光子芯片为核心，推动量子信息与智能技术的产业化，提供量子安全通信服务和物联网远程保密控制的全栈式解决方案。**量旋科技** 2018 年成立，已完成集成超导量子芯片、射频测控系统、稀释制冷机、量子云平台、量子操作系统及应用软件在内的产业级超导量子计算机。**弧光量子** 2020 年成立，由中国科学院软件研究所及其量子软件研究团队共同出资设立，研发了国内首个量子程序设计与验证平台 isQ，对量子程序的正确性验证具有积极作用。**中科酷源** 2020 年成立，为中国中性原子量子计算路线中的头部企业，目前公司完成了包括光学系统中的激光器、光放大器以及桌面磁光阱等产品的研制。**幺正量子** 2022 年成立，致力于分布式离子阱量子计算技术的研发和产业化。

此外，中国电信、中国移动、中国电科等中央企业以及一批科研院所加快对量子计算的布局。如中国电信于 2023 年 11 月发布“天衍”量子计算云平台，是全球首个具备量子优越性能力的超量融合云平台，通过“天翼云”超算算力和 176 个超导量子比特算力的融合，为各类用户提供简单便捷的量子计算服务。中国移动与中国电科合作于 2023 年 8 月发布量子计算云平台，首次实现业界量子与通用算力统一纳管、混合调度。中国科学技术大学、中国科学院等相关单位于 2023 年 10 月发布“九章三号”光量子计算原型机，可以在百万分之一秒时间内完成经典计算机 200 亿年的计算量。北京量子信息科学研究院联合中国科学院物理研究所、清华大学于 2024 年 4 月发布大规模量子云算力集群，该平台提供五块百比特规模的量子芯片资源，并融合了经典算力资源。2025 年 3 月，中国科学技术大学团队构建 105 比特超导量子计算原型机“祖冲之三号”，处理随机线路采样任务的速度比最快超算快千万亿倍。2026 年 5 月，中国科学技术大学研究团队成功研制出“九章四号”光量子计算原型机，首次操纵和探测高达 3050 个光子的量子态，求解高斯玻色取样问题比目前全球最快超级计算机快 10 的 54 次方倍，刷新光量子信息技术世界纪录。

下载日志已记录，仅供内部参考

4. 量子计算领域代表性公司梳理

4.1 硬件企业

（1）IBM

IBM 在量子计算领域长期处于领先地位，拥有全面的技术布局和丰富的研究成果。在技术研发方面，IBM 不断推出高性能的量子处理器，其研发的超导量子处理器量子比特数量持续增加，2023 年 12 月发布的 Condor 芯片拥有 1121 量子比特，展现了强大的计算潜力，IBM 还在量子软件和算法方面取得了显著进展，开发了量子计算操作系统 QisKit，为用户提供便捷的量子编程环境和丰富的量子算法库，支持用户进行量子计算实验和应用开发。此外，IBM 在量子纠错技术方面也开展了深入研究，致力于提高量子计算的可靠性和稳定性。2025 年 IBM 成功研发 Relay-BP 高速实时译码算法，相较于传统算法准确率提升约 10 倍，为大规模容错量子计算机的实现提供关键技术支撑。在市场布局上，IBM 积极推广量子计算云服务，通过 IBM Quantum 平台向全球用户提供量子计算资源，降低用户使用量子计算的门槛，吸引了大量科研机构、企业和个人用户。IBM 还与众多行业企业开展合作，探索量子计算在金融、医疗、能源等领域的应用，推动量子计算技术的商业化落地。例如，IBM 与克利夫兰诊所达成一项为期 10 年的合作计划，共同建设“探索加速器”，利用混合高性能云计算、人工智能和量子计算技术，加快医疗保健和生命科学领域的发现速度；与德国意易集团开展合作，共同探索量子计算在优化能源基础设施方面的潜力，推动能源行业的转型。

（2）谷歌

谷歌在量子计算领域以技术创新著称，尤其在量子计算硬件方面取得了多项重大突破。2019 年，谷歌利用 53 个量子比特的超导量子处理器实现“量子霸权”，完成了传统超级计算机需一万年才能完成的计算，展示了谷歌在超导量子计算领域的领先技术实力。此后，谷歌不断推进量子芯片的研发，2024 年发布的新一代量子芯片 Willow 取得了重要技术突破，该芯片内建了 105 个量子位元，在“随机电路取样”（RCS）基准测试中表现出色，能够在不到 5 分钟内完成全球最快的超级计算机需要耗时 10 的 39 次方年才能完成的计算，极大地提升了量子计算的速度和效率。谷歌还在量子纠错技术上取得了进展，通过开发新型的纠错机制，有效地克服了量子比特在计算中的错误率问题，为实现可靠的量子计算奠定了基础。

在发展规划方面，谷歌计划在 2029 年前打造出一台商用量子计算机，该计算机可以进行大规模计算而不出错，以加速解决世界上最紧迫的一些问题，包括可持续能源发展、开发更有用的人工智能等。谷歌还积极与科研机构和企业合作，推动量子计算在药物研发、人工智能等领域的应用探索。例如，谷歌与勃林格殷格翰达成合作协议，专注于研究与实现药物研发领域量子计算的前沿应用案例，特别是在分子动力学模拟领域，利用量子计算加速药物分子的研发过程，提高研发效率。

（3）微软

微软在量子计算领域的研究方向主要集中在量子软件和量子算法的开发，以及量子计算与云计算的融合。微软开发了专门用于量子计算的编程语言 Q#，并将其集成到 Azure Quantum 云平台中，为用户提供便捷的量子编程和计算环境。Q#语言具有丰富的量子操作原语和工具，支持用户编写高效的量子算法，降低了量子编程的难度，使得更多的开发者能够参与到量子计算的研究和应用开发中。微软还在量子纠错、量子模拟等领域进行了深入研究，致力于提高量子计算的性能和可

下载日志已记录，仅供内部参考

靠性。

在产业合作方面，微软与众多科研机构、企业和高校建立了广泛的合作关系，共同推动量子计算技术的发展和应用。例如，微软与加拿大的 D-Wave 系统公司合作，利用 D-Wave 的量子计算机进行量子算法的验证和优化；与美国能源部阿贡国家实验室合作，开展量子计算在科学研究和能源领域的应用研究。通过这些合作，微软能够整合各方资源，加速量子计算技术的研发和应用推广，推动量子计算产业的发展。

（4）英特尔

英特尔是量子计算机的组件制造商，旨在借助量子计算芯片继续保持其在硅处理器市场的长期领先地位。英特尔进军量子计算领域始于 2015 年，当时它投资 5000 万美元与荷兰量子研究机构 QuTech 建立为期 10 年的合作伙伴关系。此次合作旨在通过将英特尔的制造、电子和架构专业知识与 QuTech 领先的量子研究能力相结合，加速量子计算的发展。此次合作取得了多项里程碑式的成果，包括开发基于硅的自旋量子比特芯片和 17 量子比特超导测试芯片。

2020 年，英特尔实验室开发了“Horse Ridge”，这是首创的一种低温控制芯片，能够控制多个量子比特。Horse Ridge 将量子比特控制带入了量子制冷机——尽可能接近量子比特本身，并将量子控制工程的复杂性从数百条进出制冷机的电缆降低到在量子设备附近运行的单个统一封装。英特尔的研究合作伙伴是代尔夫特理工大学的 QuTech。最近，英特尔宣布能够使用 Horse Ridge 控制多个量子比特。2023 年 6 月，英特尔发布硅自旋量子比特芯片 Tunnel Falls，证明了硅自旋量子比特可以利用英特尔现有芯片工厂进行规模化生产，并于 2024 年起开始向美国多所高校和研究机构提供该芯片，用于量子算法、纠错和器件物理研究。

（5）英伟达

作为一家人工智能企业，英伟达一直在积极探索和布局量子科技。2021 年，英伟达推出了名为 cuQuantum 的量子电路模拟 SDK。cuQuantum 的目标是提高所有电路模拟框架的运算速度，并且已经被整合到 Cirq、Qiskit Pennylane、Orquestra 等平台中。2023 年，英伟达 DGX Quantum 正式发布，这是世界上首个 GPU 加速的量子计算系统。在英伟达 Grace Hopper 超级芯片和开源的 CUDA 量子编程模型的支持下，NVIDIA DGX Quantum 将强大的加速计算平台与 Quantum Machines 的 OPX 量子控制平台相结合。对于运行 TB 级数据的应用程序，DGX Quantum 可以提供高达 10 倍的性能，为量子级研究人员提供了解决复杂问题的能力。2026 年 4 月，英伟达宣布推出全球首个开源量子 AI 模型系列 NVIDIA Ising，实现全球领先的量子处理器校准能力，同时在量子纠错所需的解码过程中，可实现最高 2.5 倍的速度提升和 3 倍的准确率提升，从而使研究人员能够处理更大规模、更复杂的问题。

（6）D-Wave

D-Wave 成立于 1999 年，总部位于加拿大，是首家提供实时的全堆栈量子系统的公司，也是世界上唯一同时制造基于退火和门的量子计算机的公司，主要提供硬件工程、后处理软件和芯片制造，其产品在物流、人工智能、金融建模和网络安全等领域都有应用。量子退火技术主要用于解决组合优化问题，如路径优化（如物流配送和交通调度）、财务建模（投资组合优化、风险分析）以及医疗研究（分子建模和药物开发）。与传统量子计算架构相比，退火技术更适合解决某些实际应用问题，计算效率更高。

下载日志已记录，仅供内部参考

此外，D-Wave 还提供了一个基于云的量子计算平台 Leap，允许企业和开发者通过 API 直接使用其量子计算能力。Leap 的功能包括量子混合解决方案，结合经典计算和量子计算，优化复杂问题的求解过程，以及开发者工具，支持常用编程语言如 Python 和开放式开发环境。

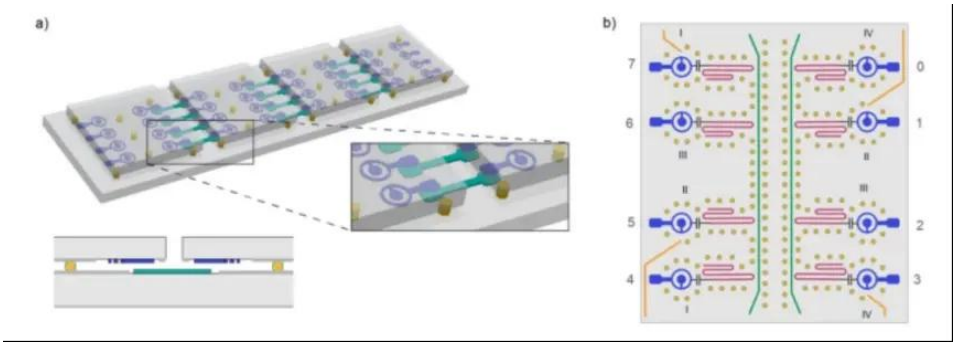
（7）IonQ

IonQ 成立于 2015 年，总部位于美国马里兰州，是全球首家离子阱量子计算上市公司，也是通用量子计算的领导者。IonQ 基于离子阱技术路线开发量子计算产品，其 Forte 系统是目前行业内领先的量子计算机之一，拥有高保真离子阱量子比特和业界唯一的全对全连接架构。2022 年，IonQ 通过与美国能源部太平洋西北国家实验室（PNNL）合作，确保了 IonQ 量子计算量子位的国内供应链，这是量子计算实现大规模商业化的重要一步。2023 年 9 月，IonQ 与美国空军研究实验室（AFRL）签订了 1.86 亿美元的合同。2024 年 1 月，IonQ 宣布成功实现了 35 个算法量子比特的技术里程碑目标，提前一年完成既定目标。2026 年，IonQ 利用光子互连技术，成功实现了两台远程离子阱量子计算机的量子纠缠连接，标志着从单一处理器向分布式、网络化量子架构的关键跨越。

（8）Rigetti

Rigetti 成立于 2013 年，是一家混合经典-量子计算领域的美国企业。公司通过 Rigetti 量子云服务平台为全球企业、政府等客户提供量子计算机的访问服务，并为量子计算系统开发了首个多芯片量子处理器。Rigetti 拥有业界第一个专用集成的量子设备制造厂 Fab-1，用于设计和制造其芯片。目前，公司依靠超导电路来实现其量子比特的功能，并在硅芯片上进行制造，其工作环境温度接近绝对零度。2021 年，公司宣布“Aspen-M”80 量子比特量子计算机进入私人测试阶段。这是一款由两个 40 量子比特芯片组装而成的超导量子计算系统，利用 Rigetti 专有的多芯片技术，解决了容错量子计算竞赛中的关键扩展挑战。2024 年，公司推出了配备 84 量子比特处理器的第三代量子计算机 Ankaa-3，重新设计的量子计算机实现了 99%的双量子比特门保真度，将以前的错误率降低了一半。2025 年，Rigetti 宣布推出 Cepheus-1-36Q 系统，该系统实现了 99.5%的中值双量子比特门保真度，与之前的 Ankaa-3 系统相比，错误率降低了 2 倍。2026 年 4 月，Rigetti 发布 Cepheus-1-108Q 系统，该系统在比特数量上实现了跨越式增长，解决了大规模集成的结构性障碍。

图7：Rigetti 多核架构示意图



资料来源：Rigetti 官网，国信证券经济研究所整理

（9）Xanadu

Xanadu 是一家加拿大量子初创企业，成立于 2016 年，资金来源于风投机构和由

下载日志已记录，仅供内部参考

美国国防高级研究计划局（DARPA）和加拿大可持续发展技术（SDTC）机构的拨款资助。Xanadu 认为光子学为实现通用容错量子计算提供了最可行的方法。公司是第一家对光量子计算机提供云访问的公司，目前可以访问其 8、12 和 24 量子模式处理器，其目标是每六个月将可用的量子模式数量增加一倍。公司的早期客户包括创新颠覆实验室（CDL）、丰业银行、蒙特利尔银行和美国橡树岭国家实验室。

（10）NEC

日本电气股份有限公司（NEC）成立于 1898 年，是日本的一家跨国信息技术公司，总部位于日本东京港区，主要为商业企业、通信服务以及政府提供信息技术和网络产品。NEC 在经典大型主机和超级计算机方面具有悠久的历史，在日本政府的资助下开发特化型量子计算机。这种计算机也被称为量子退火型，可高速解答组合优化的问题，比如从多条候选路径中选出最高效的物流路线等。早在 1999 年公司就开发了用于门型量子计算机的超导量子比特，并运用该技术及可高速、高效地解决组合优化问题的超导参数，进行量子退火机的研发。2020 年，公司设立“量子计算机推进室”，用于与客户共同推进量子计算机的运用、应用程序开发、技术开发和人才培养工作。2022 年 3 月，NEC 开发出全球首个基于 LHZ 方案的可扩展到全连接量子退火架构的基本单元（4 量子比特），并成功进行量子退火操作。2023 年 6 月，公司与日本东北大学合作开发出 8 量子比特量子退火机，成为日本首台可通过互联网对外提供访问的国产量子退火机。2024 年 3 月，NEC 与富士通、日立等 14 家企业和机构联合成立新量子计算公司，旨在全球率先实现“冷原子方式”量子计算机的商用化。NEC 同时还参与了日本内阁府主导的“MOONSHOT”量子计算机研发项目，目标是到 2050 年实现容错性量子计算机的研制。

（11）SQC

硅量子计算公司（SQC）是澳大利亚的一家初创公司，于 2017 年从悉尼新南威尔士大学（UNSW）拆分出来，其量子计算以硅为基础。SOC 获得了联邦政府、州政府、澳大利亚联邦银行（CBA）、澳大利亚电信公司（Telstra）的资助。目前 SQC 致力于建立一个基于施主（donor）自旋量子比特技术的量子计算机。施主量子比特的潜在优势是高保真度（超过 99%），电子自旋态的相干时间长（以秒为单位）。2025 年，SQC 构建了由两个多核自旋寄存器组成的 11 量子比特原子处理器，并在 3.5K 温度下实现了高保真单次电子自旋读出，大幅降低了制冷要求和系统复杂度。

（12）国盾量子

科大国盾量子技术股份有限公司成立于 2009 年，是中国率先从事量子通信技术产业化的企业。公司主要从事量子通信产品的研发、生产、销售及技术服务，为各类光纤量子保密通信网络以及星地一体广域量子保密通信地面站的建设系统地提供软硬件产品，为政务、金融、电力等行业和领域提供组网及量子安全应用解决方案。公司主要产品包括量子保密通信网络核心设备、量子安全应用产品、核心组件以及管理与控制软件四大门类。

作为“量子科技第一股”，国盾量子在量子通信领域占据领先地位，并积极拓展量子计算业务。在量子计算方面，公司完成了超导量子计算机整机和稀释制冷机交付，标志着其在量子计算硬件制造能力上的提升。国盾量子面向社会开放量子计算云平台，接入自研的“祖冲之二号”同等规模 176 比特量子计算机，为用户提供量子计算服务，降低了用户使用量子计算的门槛，促进了量子计算技术的普及和应用。公司还协助中电信量子集团“天衍”量子计算云平台和“天翼云”超算平台对接，前瞻布局“超量融合”，致力于打造量子计算与超级计算融合的新型计算模式，为用户提供更为强大的计算能力和解决方案。

下载日志已记录，仅供内部参考

图8：国盾量子主要提供的产品及服务



资料来源：公司公告，国信证券经济研究所整理

（13）本源量子

本源量子计算科技（合肥）股份有限公司成立于 2017 年，总部位于安徽合肥高新区，并在北京、上海、成都、深圳等地设有分支机构。公司专注于量子计算领域，在量子计算硬件和软件方面均取得了显著成果。公司自主研发的稀释制冷机从 SL400 升级到 SL1000 并成功下线，打破了国外的技术封锁，达到国际先进水平，可提供 10mK 以下的极低温环境及不低于 1000μW@100mK 的制冷量，具备人机交互功能，能够实现设备的全自动化操作，为国产超导量子计算机的发展提供了关键的环境支撑设备。本源量子还积极开展量子计算软件的研发，开发了量子计算操作系统、量子编程语言等，为用户提供了完整的量子计算解决方案。公司不断推进量子计算技术的应用拓展，与多个行业的企业合作，探索量子计算在金融、医疗、材料科学等领域的应用，推动量子计算技术的商业化进程。

（14）图灵量子

上海图灵智算量子科技有限公司成立于 2021 年，是中国光量子芯片及光量子计算产业化引领者，以光子芯片和量子计算为底层基础，致力于光量子芯片、光量子计算机、光子计算机、人工智能光子处理器以及量子云的研发和产业化。公司创始团队拥有自主知识产权的三维和超高速光量子计算芯片核心技术和工艺，可以完成从芯片设计、流片、封装、测试，到系统集成和量子算法实现的全链条研发能力。近年来，公司打造了软硬一体的产品体系，并在全行业推出了全栈自主可控的解决方案，驱动算力变革，量子硬件产品包括：光量子计算机、片上光量子教学机、量子人工智能教研一体机等。

（15）启科量子

国开启科量子技术（北京）有限公司成立于 2019 年，总部位于北京，在量子通信、量子计算领域均拥有自主核心技术与产品开发能力。公司围绕国家通信网、能源网、交通物流网等领域融合发展量子通信、量子计算和量子网络，致力于解决海量数据处理和信息安全中的核心问题。近些年，公司大力发展基于离子阱的千比特分布式量子计算机，帮助用户推动计算能力、运营成本和速度的改进并从中受益，量子计算产品包括：分布式离子阱量子计算机和 Traq-T1 量子教学机。

下载日志已记录，仅供内部参考

（16）量旋科技

深圳量旋科技有限公司成立于 2018 年，是一家致力于量子计算产业化和普惠化的一站式解决方案服务商，专注于桌面型核磁共振（NMR）量子计算机、量子计算测控系统，以及量子计算相关软件的自主研发，推动量子计算的普及化和商业化。在技术研发和商业落地“双轮驱动”的战略下，公司依托教育级核磁量子计算机、产业级超导量子计算机、量子计算云平台和应用软件进行产业布局，赋能科研教学、药物研发、金融科技、人工智能等诸多前沿领域。公司桌面型核磁共振量子计算机体积小、重量轻，具有量子计算的所有元素，且操控简单。

图9：量旋科技推出的桌面型核磁量子计算机



资料来源：量旋科技官网，国信证券经济研究所整理

（17）玻色量子

北京玻色量子科技有限公司成立于 2020 年，是一家专注于光量子计算的硬科技公司，核心团队来自斯坦福、清华、中国科学院等。玻色量子是北京市唯一一家光量子计算代表企业，已自主建造数千平超净光量子实验室并完成了产品发布。公司聚焦于相干量子计算技术路线，致力于量子计算的软硬件全平台研发，旨在实现“用量子重新定义 AI”，对人工智能计算进行指数级加速，进而应用和服务于各个行业，解决未来人工智能+大数据+物联网时代的算力需求。目前，玻色量子在专用量子计算机的整机制造、光量子芯片、量子计算操作系统、量子计算测控设备、量子计算云平台等领域均实现突破，并完成了两代专用量子计算机—相干光量子计算机的产品研发和初步市场应用。

4.2 软件平台和解决方案企业

（1）1Qbit

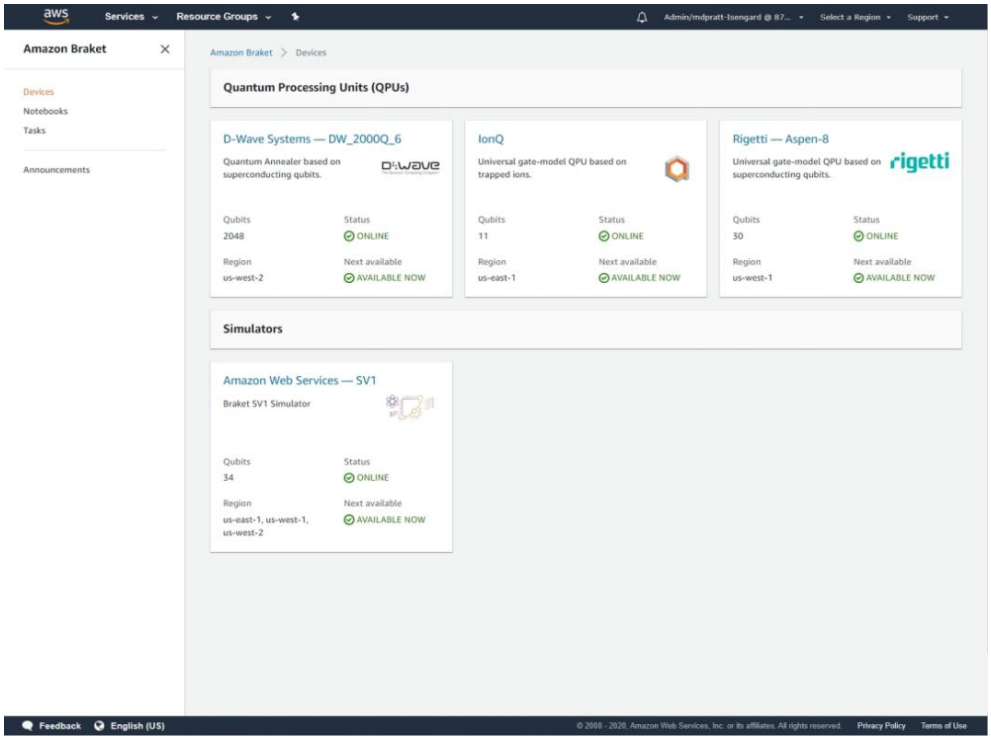
1Qbit 成立于 2012 年，总部位于加拿大温哥华，是全球第一家专注于量子计算的软件公司。作为一家量子计算软件公司，1QBit 已经与微软、IBM、富士通、D-Wave、IonQ 等公司建立硬件合作伙伴关系，公司不仅为量子计算硬件开发通用算法，也涉猎计算金融、材料科学、量子化学和生命科学。目前，1QBit 将自己定位为一家软件和咨询公司，开发复杂的算法和软件开发工具，利用经典方法和量子计算机来解决大型和困难的问题。公司的核心产品是 1Qloud 平台，可以将棘手的行业问题与硬件的新型量子启发优化解决方案连接起来，利用量子启发计算方法解决路由、安排、计划、分配、打包和复杂的优化问题。

（2）亚马逊 Braket

下载日志已记录，仅供内部参考

亚马逊的量子计算云服务 Amazon Braket 于 2020 年全面上市，是一种完全托管的基于云（通过 AWS）的量子计算服务，可提供对来自 D-Wave、IonQ 和 Rigetti 的量子计算硬件的访问，旨在帮助加快量子计算的科学研究和软件开发。亚马逊专注于三个主要应用领域：分子模拟、优化和量子机器学习。通过亚马逊量子解决方案实验室促进与其他组织的协作。Braket 提供对其他公司的多种量子计算机的访问，包括 Rigetti 的基于超导量子比特的硬件、来自 IonQ 的离子阱量子计算机，以及 D-Wave 的基于超导量子比特的量子退火技术。

图10：Braket 量子计算平台界面



资料来源：AWS 官网，国信证券经济研究所整理

（3）CogniFrame

CogniFrame 成立于 2016 年，总部位于加拿大多伦多，是一家混合机器学习公司。它的解决方案使用经典的机器学习和量子优化、采样和模拟来帮助机构改善结果。通过与东芝和 D-Wave 合作，公司提供了从量子启发到混合到纯量子的优化和模拟解决方案。

（4）Quantinuum

Quantinuum 成立于 2021 年，是由英国的剑桥量子计算公司（CQC）和美国的霍尼韦尔量子解决方案公司（HQS）合作成立的。Quantinuum 将离子量子硬件和软件有机结合，构建了一家全栈量子计算公司，其 H 系列离子阱量子计算机支持所有量子比特间的全连接，能够在所有量子比特之间创建纠缠态，并实现高保真的量子态。目前，Quantinuum 已经开发出了可在离子阱及其他量子计算平台上运行的中间件和软件产品，应用于量子化学、量子机器学习以及量子人工智能领域。

（5）Multiverse Computing

Multiverse Computing 成立于 2019 年，是一家西班牙金融量子计算技术研发商，

下载日志已记录，仅供内部参考

致力于为金融业提供量子计算软件解决方案，例如投资组合优化和欺诈检测等。此外，Multiverse Computing 还提供量子启发的解决方案，例如张量网络、数字退火、量子启发优化和人工智能。

（6）QC Ware

QC Ware 成立于 2014 年，总部位于美国旧金山，是一家量子计算软件开发商。公司拥有庞大的量子算法专家团队，旨在提供可在近期量子硬件上运行的解决方案。它与硬件供应商 D-Wave、IBM、IonQ 和 Rigetti 是合作伙伴。QC Ware 通过运行在不同 QC 体系结构上的基于云的平台交付其功能，其软件栈包括支持优化、机器学习和量子模拟的即插即用功能库。

（7）Zapata Computing

Zapata Computing 成立于 2017 年，是一家主攻量子计算操作系统的初创公司。该公司创建了量子计算赋能的企业级软件，可以允许行业和用户建立量子工作流，并在一系列量子和经典设备上自由执行。公司拥有量子计算驱动的工作流解决方案 Orquestra，自动执行供应链优化、材料发现和资产分配优化的工作流管理。该软件解决方案与硬件无关，以便其可以与其他主要的量子计算机合作。

（8）昆峰量子

上海昆峰量子科技有限公司成立于 2018 年，主要布局量子计算领域，在工程技术能力和系统集成能力方面优势显著。公司基于网络部署的量子计算云平台为大型企业提供 to B 的量子计算和量子算法服务，帮助企业基于量子计算和经典量子混合人工智能解决实际业务问题。2019 年，昆峰量子发布了“昆冈”量子计算（模拟）云平台 1.0 版本。昆峰量子以此为基础，和国内外多家科研机构与企业积极合作，探索量子计算在多个行业领域的实际应用，目前已发布了云平台 2.0 版本。2021 年，昆峰量子发布了全球首款“云原生”量子芯片设计服务云平台“昆昇”，为量子计算和量子器件领域的从业人员提供即开即用、基于云端的量子芯片设计服务。

（9）中国移动

中国移动在量子计算领域发展迅速，主要产品涉及“混沌”与“五岳”两大量子计算成果。其中，“混沌”量子计算科学装置旨在构建一个集通、智、超、量“四算”于一体的试验平台，推动量子软硬件的协同创新，进而推动量子计算产业的发展。该装置专注于软硬件技术的突破，主要面向高校和科研机构，前期围绕 20 比特超导量子计算机、100 比特相干光量子计算机、20 比特离子阱量子计算机以及 10 比特中性原子量子计算机，打造一个完善的量子计算科研环境。“五岳”量子计算云平台则致力于成为国内量子算力规模最大、制式最全面、软件工具体系最完备的量子公有云平台，引领并加速量子技术产业的发展。目前，该平台已成功并网 1 台相干光量子计算机、6 台超导量子计算机、1 台离子阱量子计算机，累计并网 590 比特，位列国内前列。同时，它提供了多种量子计算模拟器，包括全振幅、单振幅、部分振幅和含噪声模拟器，为用户提供稳定、非间断的量子计算接入访问与算力服务。

目前，中国移动积极布局量子计算产业与学术合作，主要包括：一是积极加入量子科技产学研创新联盟、量子信息网络产业联盟和量子计算产业知识产权联盟，成为副理事长单位，在量子计算标准化、应用生态等领域发挥作用；二是战略投资玻色量子、华翊量子等初创公司，支持多种量子计算技术路线；三是与玻色量子在多小区网络覆盖优化、MIMO 预编码等领域展开项目合作，与启科量子在分布

下载日志已记录，仅供内部参考

式离子阱计算现网实验，以及分布式量子算法等领域开展项目合作，与本源量子在大规模天线权值优化等领域开展项目合作；四是与北京邮电大学等高校在量子机器学习、量子优化算法等领域开展学术合作与创新。

图11：中国移动量子计算研究与合作现状



资料来源：中移智库，国信证券经济研究所整理

5. 量子计算发展面临的挑战及趋势

5.1 相关挑战

量子计算有望推动未来数字经济产业升级、信息社会发展演进等领域产生重要变革，已成为全球科技竞争的关注焦点。当前，量子计算的诸多优势已经得到验证，超导、离子阱、中性原子、光量子、硅半导体等的基础科研与工程实验成果不断涌现，整体上处于从前沿研究向应用落地突破的关键阶段。例如，IBM 推出的可扩展 Quantum System Two 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。但也要看到，量子计算技术虽取得了一定进展，但距离实用化和产业化还有很长的路要走，仍需克服误差校正、编程等技术难题。一方面，大规模通用量子计算机存在发展瓶颈，量子计算的物理实现存在多种可选技术路线，但目前尚没有任何一种体系能够实现量子计算机实用化。另一方面，现有量子算法性能需要进一步改善，增强实用性，同时亟需开发新的量子算法，以促进量子计算技术成熟化，为量子计算产业化发展提供理论基础。

（1）技术挑战

量子计算在技术层面面临着诸多关键挑战，这些挑战制约着量子计算技术的进一步发展和广泛应用。量子比特作为量子计算的核心单元，其稳定性是首要难题。量子比特极易受到环境噪声的干扰，如热噪声、电磁噪声等，导致量子态的退相干，使得量子比特难以长时间保持其量子特性，从而影响量子计算的准确性和可靠性。例如，超导量子比特需要在接近绝对零度的极低温环境下运行，以减少热噪声的影响，但即使在这样的低温条件下，仍然存在一定的热涨落，可能导致量子比特的状态发生错误。

量子纠缠的控制也是一项极具挑战性的任务。量子纠缠是量子计算的重要基础。

下载日志已记录，仅供内部参考

但是，实现和维持多个量子比特之间的纠缠状态非常困难。随着量子比特数量的增加，纠缠的复杂性呈指数级增长，使得对纠缠态的精确控制变得十分艰难。目前，在实验中实现大规模的量子纠缠仍然面临着诸多技术障碍，这进一步限制了量子计算机的计算能力和应用范围。

量子门操作的精确性同样至关重要。量子门是实现量子比特状态转换的基本操作单元，量子门操作的误差会直接影响量子计算的结果。由于量子比特的量子特性，对量子门操作的精度要求极高，任何微小的误差都可能在量子计算过程中被放大，导致计算结果的偏差。目前，虽然在量子门操作精度方面取得了一定进展，但仍需要进一步提高，以满足量子计算对高精度的要求。

（2）工程化挑战

量子计算机的规模化生产是一个重要挑战。目前，量子计算机的制造工艺还不够成熟，量子比特的制备和集成过程复杂且成本高昂，难以实现大规模的工业化生产。这使得量子计算机的数量有限，价格昂贵，限制了其在市场上的普及和应用。例如，超导量子比特的制备需要高精度的微纳加工技术和复杂的工艺流程，导致其生产成本居高不下。

量子计算机的系统集成也是一个难题。量子计算系统包含多个复杂的子系统，如量子比特系统、量子门控制系统、测量系统等，这些子系统之间的协同工作和集成需要高度的技术水平和精确的控制。目前，不同子系统之间的兼容性和协同性还存在一定问题，需要进一步优化和改进系统集成技术，以提高量子计算机的整体性能和稳定性。

此外，量子计算机的可靠性同样是工程化过程中需要关注的重点。由于量子计算系统的复杂性和量子比特的脆弱性，量子计算机在运行过程中容易出现故障和错误。提高量子计算机的可靠性，需要从硬件设计、软件算法、纠错机制等多个方面入手，确保量子计算机能够稳定可靠地运行。

（3）产业化挑战

在实际应用领域，量子计算面临着成本、人才和市场接受度等多方面的挑战。量子计算的成本过高是阻碍其广泛应用的主要因素之一。量子计算机的硬件设备昂贵，如超导量子计算机需要配备极其昂贵的稀释制冷机来维持极低温环境，这使得量子计算的使用成本大幅增加。此外，量子计算的软件开发和维护也需要大量的人力和物力投入，进一步提高了使用成本。对于许多企业和科研机构来说，高昂的成本在一定程度上限制了他们对量子计算技术的应用和探索。

量子计算领域的专业人才短缺也是一个突出问题。量子计算涉及量子力学、计算机科学、数学等多个学科的知识，对人才的综合素质要求极高。目前，全球范围内量子计算专业人才的数量相对较少，难以满足市场对量子计算人才的需求。人才的短缺不仅限制了量子计算技术的研发和创新，也影响了量子计算在各个领域的应用推广。

市场对量子计算的接受度依然是一个需要关注的问题。虽然量子计算具有巨大的潜力，但目前市场对量子计算的认知和理解还相对有限。许多企业和用户对量子计算的优势和应用场景了解不足，对量子计算技术的可靠性和稳定性存在疑虑，这使得他们在考虑采用量子计算技术时往往持谨慎态度。此外，量子计算与现有计算技术的兼容性也是影响市场接受度的一个因素，如何实现量子计算与传统计算的无缝对接，是推动量子计算应用的关键之一。

下载日志已记录，仅供内部参考

5.2 趋势展望

（1）技术发展趋势

量子比特作为量子计算的核心，其数量和质量的提升将是关键发展方向。随着技术的不断进步，量子比特的数量预计将持续快速增加。谷歌的 Willow 芯片已具备 105 个量子比特，而中国科学院研发的 504 量子比特超导量子计算芯片“骁鸿”更是在量子比特规模上实现了重大突破。未来，各大科研机构和企业将继续加大研发投入，推动量子比特数量迈向更高的台阶，如千比特级别甚至更多。同时，提升量子比特的质量也至关重要。科研人员将致力于降低量子比特的错误率，延长其相干时间，以提高量子计算机的稳定性和可靠性。通过改进量子比特的材料和制造工艺，优化量子比特的设计和布局，有望实现量子比特质量的显著提升。

量子纠错技术的成熟将成为量子计算发展的重要里程碑。量子比特极易受到环境干扰而出现错误，量子纠错技术是解决这一问题的关键。目前，科研人员已经提出了多种量子纠错码，如表面码、颜色码等，并在实验中取得了一定的进展。谷歌通过改进表面码技术，实现了量子比特阵列规模提升的同时，错误率呈指数级下降。未来，量子纠错技术将不断完善，纠错码的性能将进一步提高，能够纠正更多类型和更复杂的错误。同时，量子纠错技术与量子计算硬件的集成将更加紧密，实现更高效的错误检测和纠正，为今后量子计算机的大规模应用提供坚实保障。

量子算法的创新也将为量子计算带来新的活力。随着量子计算技术的发展，现有的量子算法将不断优化，以提高计算效率和准确性。同时，新的量子算法将不断涌现，以解决更多复杂的实际问题，在人工智能领域，量子机器学习算法将得到更深入的研究和应用，以实现对大规模数据集的更高效处理和分析，提升机器学习模型的性能和泛化能力。在组合优化问题中，新的量子算法能够更快速地找到最优解，为物流配送、资源分配等领域提供更高效的解决方案。此外，量子算法还将与其他领域的技术相结合，如量子通信、量子模拟等，实现更多创新应用。

（2）产业发展趋势

量子计算产业在未来将呈现出蓬勃发展的态势，产业规模将不断扩大。随着量子计算技术的逐渐成熟和应用领域的不断拓展，市场对量子计算产品和服务的需求将持续增长。预计未来几年，全球量子计算市场规模将保持高速增长，吸引更多的企业和资本进入该领域。各大科技巨头将继续加大在量子计算领域的投入，不断推出新的量子计算产品和服务，巩固其在市场中的地位。与此同时，大量的初创企业也将涌现，在量子计算的细分领域进行创新和突破，为产业发展注入新的活力。

量子计算产业链将不断完善，各环节之间的协同合作将更加紧密。在产业链上游，环境支撑系统、测控系统、关键设备组件以及元器件等领域将不断创新和发展，为量子计算提供更先进、更可靠的硬件设备和技术支持。中游的量子计算机硬件和软件研发将取得更大进展，量子计算机的性能将不断提升，软件功能将更加丰富和完善。下游的行业应用和服务将更加多样化，量子计算将与金融、医疗、能源、交通等多个行业深度融合，为各行业的发展提供新的解决方案和动力。产业链各环节的企业将加强合作，形成产业联盟，共同推动量子计算技术的研发和应用，实现互利共赢。

市场竞争将日益激烈，企业将通过技术创新、产品差异化和优质服务来提升竞争力。在量子计算硬件市场，企业将不断推出更高性能、更低成本的量子计算机，争夺市场份额。在量子计算软件市场，企业将致力于开发更易用、更高效的量子

下载日志已记录，仅供内部参考

计算软件和算法，满足不同用户的需求。在量子计算云平台市场，企业将提供更稳定、更安全的云服务，吸引更多用户使用量子计算资源。同时，企业还将加强品牌建设和市场推广，提高企业的知名度和美誉度。

预计随着今后量子计算机硬件的不断升级和算法的持续优化，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，2030 年后有望进入商用化时期，结合大数据、机器学习、人工智能等科技手段，在各类数据处理及分子研究相关应用领域产生实际价值。与此同时，量子计算产业链上的合作与竞争也将更加激烈，投融资、技术创新以及庞大的市场需求将成为推动量子计算前进的关键驱动力。根据麦肯锡 2026 年发布的《量子技术监测》研究报告，2025 年全球量子计算企业营收突破 10 亿美元，预计 2028 年将飙升至 32 亿-44 亿美元，年复合增长率高达 47%。预计到 2035 年，量子技术有望撬动 1.3 万亿-2.7 万亿美元的产业价值。可以预见，量子计算不仅是一场科技变革，更代表着未来无限可能，一个充满希望与奇迹的新纪元即将开启。

下载日志已记录，仅供内部参考

参考文献

[1]常凯.量子计算如何从理论走向应用[J].人民论坛·学术前沿,2026,(13):68-75.

[2]光子盒.金融中的量子计算：我们的现状与未来[R].2021.

[3]李鸣书,蔡小成.全球量子计算发展现状与展望[J].互联网周刊,2026,(12):14-22.

[4]量子信息网络产业联盟.量子计算金融应用白皮书[R].2023.

[5]刘静岩,绵珊珊.量子计算发展现状及应用前景探索分析[J].中国电子科学研究院学报,2023,18(04):372-377.

[6]刘轶男,杨巍,魏凡.量子计算发展与应用动向研究[J].中国电子科学研究院学报,2022,17(02):141-148.

[7]任维娟,刘静,范琼,等.量子计算上下游产业链发展现状与建议[J].前瞻科技,2025,4(4):83-91.

[8]赛迪智库电子信息研究所.量子产业发展分析[J].软件和集成电路,2024,(10):66-72+74-76.

[9]王敬,张萌,李芳.量子计算技术产业发展趋势研究[J].信息通信技术与政策,2024,50(07):39-47.

[10]徐凯玥,刘云,尤宇.中国量子计算国际科技合作态势研究[J].世界科技研究与发展,2025,47(3):312-325.

[11]许龙,沈晶晶.中美量子计算领域专利对比分析及发展预测[J].中国发明与专利,2024,21(12):54-62.

[12]张威.拥抱量子科技时代：量子计算的现状与前景[J].人民论坛·学术前沿,2021,(07):64-75.

[13]张有光,武曾空,李雪霓.量子计算离产业化还有多远？[J].互联网周刊,2026,(8): 7-24.

[14]中国信息通信研究院.量子计算发展态势研究报告（2024年）[R].2024.

下载日志已记录，仅供内部参考

风险提示

海外市场风险波动；政策效果不及预期。报告列举的公司/个股仅为案例介绍，不作为投资推荐的依据。

下载日志已记录，仅供内部参考

免责声明

分析师声明

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

国信证券投资评级

投资评级标准	类别	级别	说明
报告中投资建议所涉及的评级（如有）分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后 6 到 12 个月内的相对市场表现，也即报告发布日后的 6 到 12 个月内公司股价(或行业指数)相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。A 股市场以沪深 300 指数（000300.SH）作为基准；新三板市场以三板成指（899001.CSI）为基准；香港市场以恒生指数(HSI.HI)作为基准；美国市场以标普 500 指数(SPX.GI)或纳斯达克指数（IXIC.GI）为基准。	股票投资评级	优于大市	股价表现优于市场代表性指数 10%以上
		中性	股价表现介于市场代表性指数±10%之间
		弱于大市	股价表现弱于市场代表性指数 10%以上
		无评级	股价与市场代表性指数相比无明确观点
	行业投资评级	优于大市	行业指数表现优于市场代表性指数 10%以上
		中性	行业指数表现介于市场代表性指数±10%之间
		弱于大市	行业指数表现弱于市场代表性指数 10%以上

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司

关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、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意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。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。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

下载日志已记录，仅供内部参考

国信证券经济研究所

深圳
深圳市福田区福华一路 125 号国信金融大厦 36 层
邮编：518046　总机：0755-82130833

上海
上海浦东民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 12 层
邮编：200135

北京
北京西城区金融大街兴盛街 6 号国信证券 9 层
邮编：100032