

## 量子计算：人工智能与新质生产力的“未来引擎”

2024年03月22日

量子计算有望成为解决 AI 算力瓶颈的颠覆性力量。与传统计算相比，量子计算能够带来更强的并行计算能力和更低的能耗，同时量子计算的运算能力根据量子比特数量指数级增长，在 AI 领域具有较大潜力。海外科技巨头带动量子计算产业发展，IBM、微软、谷歌等公司先后发布量子计算路线图，与此同时，国内量子计算产业与海外科技巨头差距不断缩小，2024年1月16日我国第三代自主超导量子计算机“本源悟空”上线运行可以一次性下发、执行200个量子线路的计算任务，比国际同类量子计算机具有更大的速度优势。

量子计算软硬件基础设施不断成熟，为商业化落地打下良好基础。当前全球范围内针对量子计算机，已经形成超导、离子阱、光量子、中性原子、半导体量子等主要技术路线，以及以量子门数量、量子体积、量子比特数量等核心指标构成的性能评价体系。量子计算云平台将量子计算机硬件或量子计算模拟器与经典云计算软件工具、通信设备及IT基础设施相结合，为用户提供直观化及实例化的量子计算接入访问与算力服务。软件方面，量子算法不断发展中，在当前硬件条件下重点是综合考虑NISQ算法的容错代价与算法性能之间的平衡，量子软件体系处于开放研发和生态建设早期阶段，正在不断成熟。

量子计算有望赋能千行百业，开启8000亿美元蓝海市场。据ICV数据，2023年全球量子计算市场规模约47亿美元，预计2035年有望超过8000亿美元；其中，金融、化工、生命科学领域有望更加受益量子计算产业发展：

- 1) 金融领域：量子计算应用有望在优化预测分析、精准定价和资产配置等问题中产生优势；
- 2) 化工领域：量子计算应用探索主要通过模拟化学反应，达到提高效率、降低资源消耗等目的；
- 3) 生命科学：量子计算可以用于评估药物研发的成本、时间、性能等实验值；
- 4) 密码学：量子加密理论上是不可被破解的；
- 5) 交通物流：量子计算应用主要聚焦组合优化问题，以更优方案实现路线规划和物流装配，提升效率降低成本。

**投资建议：**量子计算有望颠覆经典计算架构，成为解决 AI 算力瓶颈的颠覆性力量，或成为发展新质生产力的重要抓手，建议关注国盾量子、科大国创、神州信息、科华数据、中国长城、光迅科技等量子计算相关标的，以及电科网安、吉大正元、格尔软件、国芯科技、浙江东方、亨通光电等量子加密通信标的。

**风险提示：**量子计算技术发展不及预期，行业竞争加剧。

推荐

维持评级



分析师 吕伟

执业证书：S0100521110003

邮箱：lvwei\_yj@mszq.com

## 相关研究

- 1.计算机周报 20240316：公共数据运营迎来政策“破冰期”-2024/03/16
- 2.计算机周报 20240309：两会 AI 与信创重要机遇信号-2024/03/09
- 3.计算机周报 20240303：计算机行业 2024年一季度业绩前瞻-2024/03/03
- 4.计算机行业动态报告：全球算力狂潮下的 AI 硬件“超级行情”-2024/03/02
- 5.计算机行业事件点评：重视央企“国家队”在国产 AI 算力与新型举国体制下的机遇-2024/02/26

# 目录

<b>1 量子计算或成为解决 AI 算力瓶颈的颠覆性力量</b> .....	<b>3</b>
1.1 量子力学颠覆经典计算体系，带来空前加速.....	3
1.2 巨头争先入场，开启量子计算商业化进程.....	5
1.3 量子计算机：多种技术路线并行 .....	8
1.4 量子云计算平台：定义云计算 Q-XaaS 新范式.....	14
1.5 软件：量子算法与软件体系逐渐成熟 .....	15
<b>2 量子计算有望赋能千行百业</b> .....	<b>17</b>
2.1 量子计算有望开启 8000 亿美元蓝海市场 .....	17
<b>3 投资建议</b> .....	<b>19</b>
<b>4 风险提示</b> .....	<b>19</b>

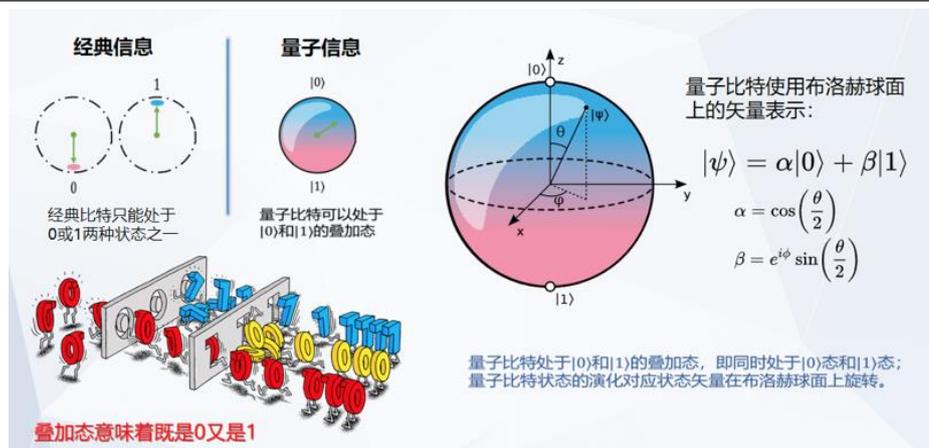
# 1 量子计算或成为解决 AI 算力瓶颈的颠覆性力量

## 1.1 量子力学颠覆经典计算体系，带来空前加速

量子计算是基于量子力学的独特行为（如叠加、纠缠和量子干扰）的计算模式，基本信息单位为量子比特。据微软，在物理学中量子是所有物理特性的最小离散单元，通常指原子或亚原子粒子（如电子、中微子和光子）的属性。量子比特是量子计算中的基本信息单位，在量子计算中发挥的作用与比特在传统计算中发挥的作用相似，但经典比特是二进制、只能存放 0 或 1 位，但量子比特可以存放所有可能状态的叠加。量子计算所运用的物理特性主要包括：

- 1) **量子叠加**：处于叠加态时，量子粒子是有可能状态的组合，它们会不断波动，直到被观察和测量；以抛硬币为例，经典比特可以通过正面和反面来度量，而量子比特能够代表硬币的正反面以及正反交替时的每个状态；
- 2) **量子纠缠**：纠缠是量子粒子将其测量结果相互关联的能力，当量子比特相互纠缠时，它们构成一个系统并相互影响，人们可以使用一个量子比特的度量来作出关于其他量子比特的结论，通过在系统中添加和纠缠更多的量子比特，量子计算机可计算指数级的更多信息并解决更复杂的问题；
- 3) **量子干扰**：量子干扰是量子比特固有的行为，由于叠加而影响其坍缩方式的可能性，量子计算机旨在尽可能减少干扰，确保提供最准确的结果。

图1：经典比特与量子比特对比

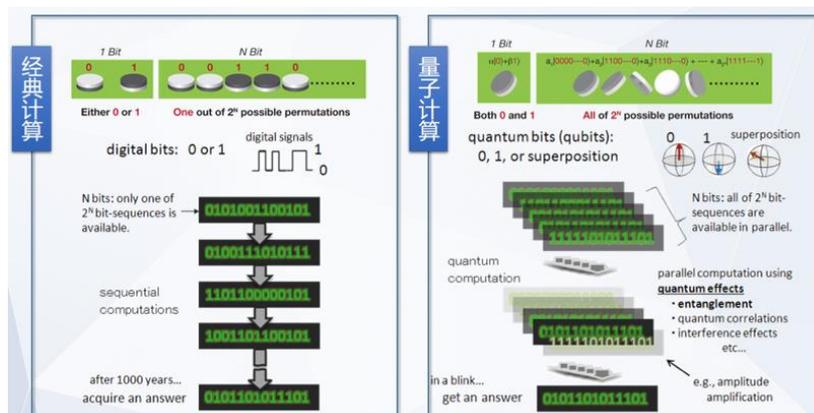


资料来源：爱集微，本源量子，民生证券研究院

与传统计算相比，量子计算能够带来更强的并行计算能力和更低的能耗。据赛迪智库，量子计算通过量子态的受控演化实现数据的存储计算，可以分为数据输入、初态制备、量子逻辑门操作、量子测算和数据输出等步骤，其中量子逻辑门操作是一个幺正变换，这是一个可以人为控制的量子物理演化过程；经典计算机的运算模式为逐步计算，一次运算只能处理一次计算任务，而量子计算为并行计算，可以同时对其  $2^n$  个数进行数学运算，相当于经典计算重复实施  $2^n$  次操作；同时，传统

芯片的特征尺寸很小(数纳米)时,量子隧穿效应开始显著,电子受到的束缚减小,使得芯片功能降低、能耗提高,将不可逆操作改造为可逆操作才能提高芯片的集成度,量子计算中的么正变换属于可逆操作,有利于提升芯片的集成度,进而降低信息处理过程中的能耗。

图2: 量子计算与经典计算体系对比



资料来源: 爱集微, 本源量子, 民生证券研究院

量子计算的运算能力根据量子比特数量指数级增长,在 AI 领域具有较大潜力。在经典计算中,计算能力与晶体管数量成正比例线性关系,而量子计算机中算力将以量子比特的指数级规模增长,据中国计算机学会微信公众号,2012年“量子优势”(同样的计算任务,量子计算速度高于传统计算)的概念被提出,并在2019年由谷歌团队实现了实验验证,2020年,潘建伟院士团队基于高斯玻色采样模型成功构建了76个光子的量子计算原型机“九章”进一步验证了量子优势。量子计算机所能拥有的量子比特数由最初的2量子比特增长到了数百量子比特,并正以可观的速度继续增长,这为实现更可靠、更大规模的量子计算,以及挖掘基于量子计算的人工智能应用带来更多可能性。

图3: 经典计算机与量子计算机运算能力对比



资料来源: 中国计算机学会微信公众号, 民生证券研究院

## 1.2 巨头争先入场，开启量子计算商业化进程

海外科技巨头带动量子计算产业发展，国内量子计算产业与海外科技巨头差距不断缩小。据量子信息网络产业联盟、ICV 等数据，国外巨头引领量子计算产业发展：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，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；与此同时，国内量子计算产业也在政策的支持下快速发展、缩小与海外巨头的差距：2020 年，中国科学技术大学潘建伟等人构建出 76 个光子 100 个模式的高斯玻色取样量子计算原型机“九章”，实现了“高斯玻色取样”任务的快速求解；2021 年，中国科学技术大学潘建伟等人构建了 66 比特可编程超导量子计算原型机“祖冲之二号”，实现了对“量子随机线路取样”任务的快速求解，“祖冲之二号”的计算复杂度比谷歌的“悬铃木”提高了 6 个数量级；2023 年本源量子交付 24 比特超导量子计算机；2024 年 1 月 16 日我国第三代自主超导量子计算机“本源悟空”上线运行可以一次性下发、执行 200 个量子线路的计算任务，比国际同类量子计算机具有更大的速度优势。

图4：全球量子计算发展历程



资料来源：ICV，民生证券研究院

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/416052204043010104>