

量子科技专题系列一

2024年04月27日



中航证券有限公司

AVIC SECURITIES CO., LTD.

逐梦量子，星辰大海

行业评级：增持

分析师：刘牧野
证券执业证书号：S0640522040001

股市有风险 入市需谨慎

- **量子信息技术进入产业培育的关键阶段：**量子信息技术是量子信息技术包括量子通信、量子计算和量子精密测量三方面的应用，可以在确保信息安全、提高运算速度、提升测量精度等方面突破经典技术的瓶颈。
- **各国竞争发展量子信息技术发展：**2021年11月，美国将我国三家量子科技企业列入实体清单，。2023年8月，拜登签署对华投资限制行政令，聚焦半导体、量子计算、人工智能三大领域。
- **我国政府高度重视量子技术：**2024年1月，工业和信息化部等七部门发布关于推动未来产业创新发展的实施意见，提出以实施意见为指南，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年政府工作报告提出，要开辟量子技术、生命科学等新赛道，创建一批未来产业先导区。
- **量子计算即将进入快速成长期：**目前，量子计算正处于迅速发展的阶段，需要技术的持续突破。由于量子计算极易被环境热量或波动干扰致使计算结果出错，因此量子纠错算法对结果的准确性极其重要，而提升量子比特的测控精度是量子计算机实用化的关键问题。
- **量子安全产业化目前聚焦QKD和QRNG：**量子保密通信常见的三种技术分别是量子密钥分发（QKD）、量子随机数发生器（QRNG）和量子隐形传态（QT）。由于量子隐形传态技术还在实验室研究阶段，尚不具备产业化能力。目前产业化的焦点在QKD和QRNG。
- **产业链持续探索：**当前量子科技产业处于研发和产业探索阶段，对大部分相关公司的营收贡献度较少。国内上市公司参与到了产业链的各个环节。建议关注全方位布局量子信息技术的国盾量子，以及业务涉及量子科技领域的西部超导、福晶科技、神州信息等。
- **风险提示：**量子信息技术发展不及预期、量子技术市场需求不及预期、科技逆全球化的风险

一、量子信息技术备受全球关注

二、量子计算即将进入快速成长期

三、量子通信产品逐渐丰富

四、风险提示

量子信息技术是量子科技的重要组成部分



- 量子信息技术是量子科技重要组成部分，以量子力学原理为基础，通过对微观量子系统中物理状态的制备、调控和观测，实现信息感知、计算和传输。
- 量子信息技术是量子信技术息包括量子通信、量子计算和量子精密测量三方面的应用，可以在确保信息安全、提高运算速度、提升测量精度等方面突破经典技术的瓶颈。



量子信息技术进入产业培育的关键阶段



- 大部分量子信息技术处在产业的萌芽期，正逐步从基础研究走向应用研究，进入科技攻关、工程研发、应用探索和产业培育一体化推进的发展关键阶段。

	量子计算	量子通信	量子测量
原理特性	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，在某些计算困难问题上可能提供指数级加速。	利用叠加态及纠缠效应，在经典通信辅助下，进行量子态信息传输或密钥分配，协议具有无法被窃听的信息论安全性。	基于微观粒子系统调控和观烫检测各类物理量，精度、灵敏度和稳定性等方面较传统测量带来数量级提升。
目标定位	为计算困难问题提供高效解决方案，实现突破经典计算极限的算力飞跃。量子计算与经典计算长期并存，相辅相成。	连接量子处理器构建量子信息网络是终极目标，距离实用化尚远。量子保密通信技术水平需提升，应用场景待探索	“探针”更精细、灵敏、强大在各类测量和应用中带来优势，计量基准与测量传感的前子化发展是必然趋势。
发展阶段	5年:在实现量子优越性证明后探索“杀手级”应用。 远期:量子纠错实现逻辑比特迈向大规模通用量子计算。	5年:量子存储中继等研究探索，量子保密通信等应用拓展。 远期:量子通信与量子计算融合形成量子信息网络。	5年:在新一代定位/导航/授时高灵敏度探测与识别等领域，将有望率先应用。 远期:传感器集成化、芯片化。

各国高度重视量子技术



- 量子信息技术发展与应用已成为大国间开展科技、经济等领域综合国力竞争，维护国家技术主权与发展主动权的战略制高点之一。2021年11月，美国将我国三家量子科技企业列入实体清单，分别为合肥微尺度物质科学国家研究中心、科大国盾量子技术股份有限公司和上海国盾量子信息技术有限公司。2023年8月，拜登签署对华投资限制行政令，聚焦半导体、量子计算、人工智能三大领域。
- 截至2023年10月，29个国家和地区制定和推出了量子信息领域的发展战略规划或法案文件，据公开信息不完全统计的投资总额已超过280亿美元。

图：全球主要国家量子信息领域战略规划与投资概况

时间	战略规划/法案	国家/地区	投资规模(美元)
2014	国家量子技术计划	英国	10年投资约12.15亿
2018	光量子跃迁旗舰计划	日本	投资约1.2亿/年
2018	量子旗舰计划	欧盟	10年投资约11亿
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，实际投资已达37.38亿
2018	量子技术从科研到市场	德国	投资约7.1亿
2019	量子技术发展国家计划	荷兰	7年投资约7.4亿
2019	国家量子技术计划	以色列	5年投资约3.3亿
2019	国家量子行动计划	俄罗斯	5年投资约5.3亿
2020	国家量子技术投资计划	法国	投资约19.6亿
2021	量子系统研究计划	德国	5年投资约21.7亿
2022	国家量子计算平台	法国	投资约1.85亿
2022	芯片与科学法案	美国	4个量子项目1.53亿/年
2023	国家量子战略	加拿大	投资约2.7亿
2023	国家量子战略(NQS)	英国	10年投资31.8亿
2023	国家量子战略	澳大利亚	投资约6.4亿
2023	国家量子技术战略	丹麦	5年投资约11亿
2023	量子科技发展战略	韩国	2035年前投资17.9亿
2023	国家量子任务	印度	2030年前投资7.2亿

我国陆续出台支持政策



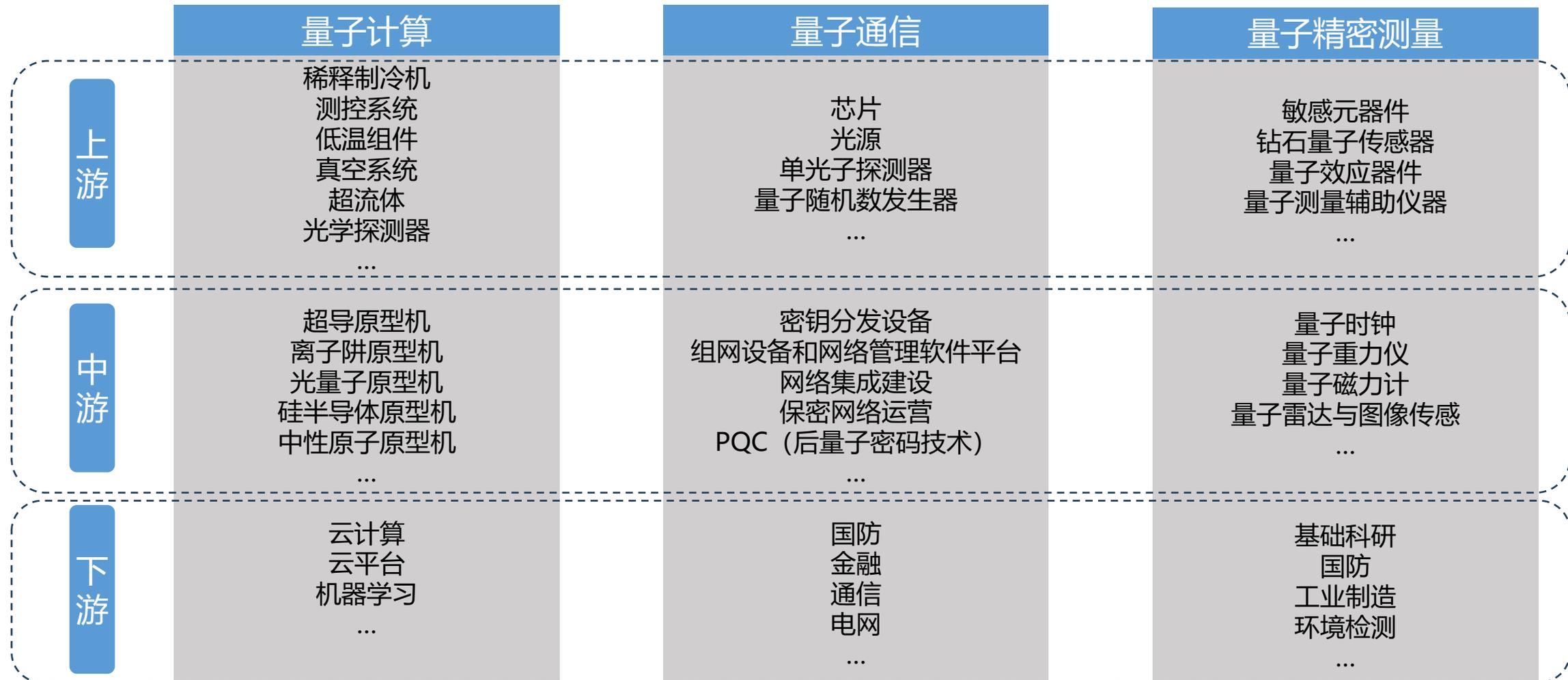
- 近年来，中国量子信息行业受到各级政府的高度重视和国家产业政策的重点支持。国家陆续出台了多项政策，鼓励量子信息行业发展与创。
- 2024年1月，工业和信息化部等七部门发布关于推动未来产业创新发展的实施意见，提出以实施意见为指南，围绕脑机接口、量子信息等专业领域制定专项政策文件，形成完备的未来产业政策体系。2024年政府工作报告提出，要开辟量子技术、生命科学等新赛道，创建一批未来产业先导区。

图：我国量子信息相关政策

发布时间	政策名称	主要内容
2024年1月	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	建设标志性场景，聚焦元宇宙、脑机接口、量子信息等重点领域，制定标准化路线图，研制基础通用、关键技术、试验方法、重点产品、典型应用以及安全伦理等标准，适时推动相关标准制定。
2023年3月	《横琴鲁澳深度合作区鼓励类产业目录》	在科技研发与高端制造产业中，包括：量子通信技术等新机理计算机系统开发等。
2023年2月	《质量强国建设纲要》	实施质量基础设施能力提升行动，突破量子化计量及扁平化量值传递关键技术。
2022年12月	《扩大内需战略规划纲要(2022-2035年)》	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。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。
2022年8月	《“十四五”国家科学技术普及发展规划》	面向关键核心技术攻关，聚焦国家科技发展的重点方向，强化脑科学、量子计算等战略导向基础研究领域的科普，引导科研人员从实践中提炼重大科学问题，为科学家潜心研究创造良好氛围。
2022年4月	《气象高质量发展纲要(2022-2035年)》	加强人工智能、大数据、量子计算与气象深度融合应用。推动国际气象科技深度合作，探索牵头组织地球系统、气候变化等领域国际大科学计划和大科学工程。
2021年12月	《“十四五”国家信息化规划》	加强人工智能、量子信息、集成电路、空天信息、类脑计算、神经芯片、DHA存储脑机接口、数字孪生、新型非易失性存储、硅基光电子、非硅基半导体等关键前沿领域的战略研究布局和技术融通创新。
2021年10月	《国家标准化发展纲要》	在人工智能、量子信息、生物技术等领域，开展标准化研究。
2021年3月	《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》	加快布局量子计算、量子通信、神经芯片、DNA 存储等前沿技术

■ 量子信息技术产业链覆盖范围广，技术路线尚未收敛，但也面临一些共性关键技术和核心问题瓶颈需要进一步攻关突破。

图：量子信息技术产业链



- 当前量子科技产业处于研发和产业探索阶段，对大部分相关公司的营收贡献度较少。国内上市公司参与到了产业链的各个环节。建议关注全方位布局量子信息技术的国盾量子，以及业务涉及量子科技领域的西部超导、福晶科技、神州信息等。

图：A股量子科技相关标的

公司名称	量子技术/产品	PE(TTM)	流通市值(亿元)	2023年收入同比
中兴通讯	QKD量子设备、量子虚拟机、量子储存	14.59	1157	1.05%
天奥电子	量子雷达	70.09	60	-8.42%
国盾量子	超导量子计算、量子通信、科研仪器	-118.54	177	15.87%
福晶科技	非线性光学晶体、精密光学元件、激光器件	55.97	114	1.73%
西部超导	NbTi超导线缆	33.11	249	-1.62%
格尔软件	抗量子密码领域技术	113.23	31	-14.89%
神州信息	与国盾量子合作推进量子通信技术	86.54	120	0.47%
国芯科技	与合肥硅臻合作成功研发量子密码产品	-39.01	58	-9.65%
吉大正元	抗量子密码算法	-26.54	41	-16.94%

一、量子信息技术备受全球关注

二、量子计算即将进入快速成长期

三、量子通信产品逐渐丰富

四、风险提示

- 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。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位量子比特寄存器可同时存储这四种状态的叠加状态。推广到n个二进制存储器的情况，理论上，n个量子存储器与n个经典存储器分别能够存 2^n 个数和1个数。

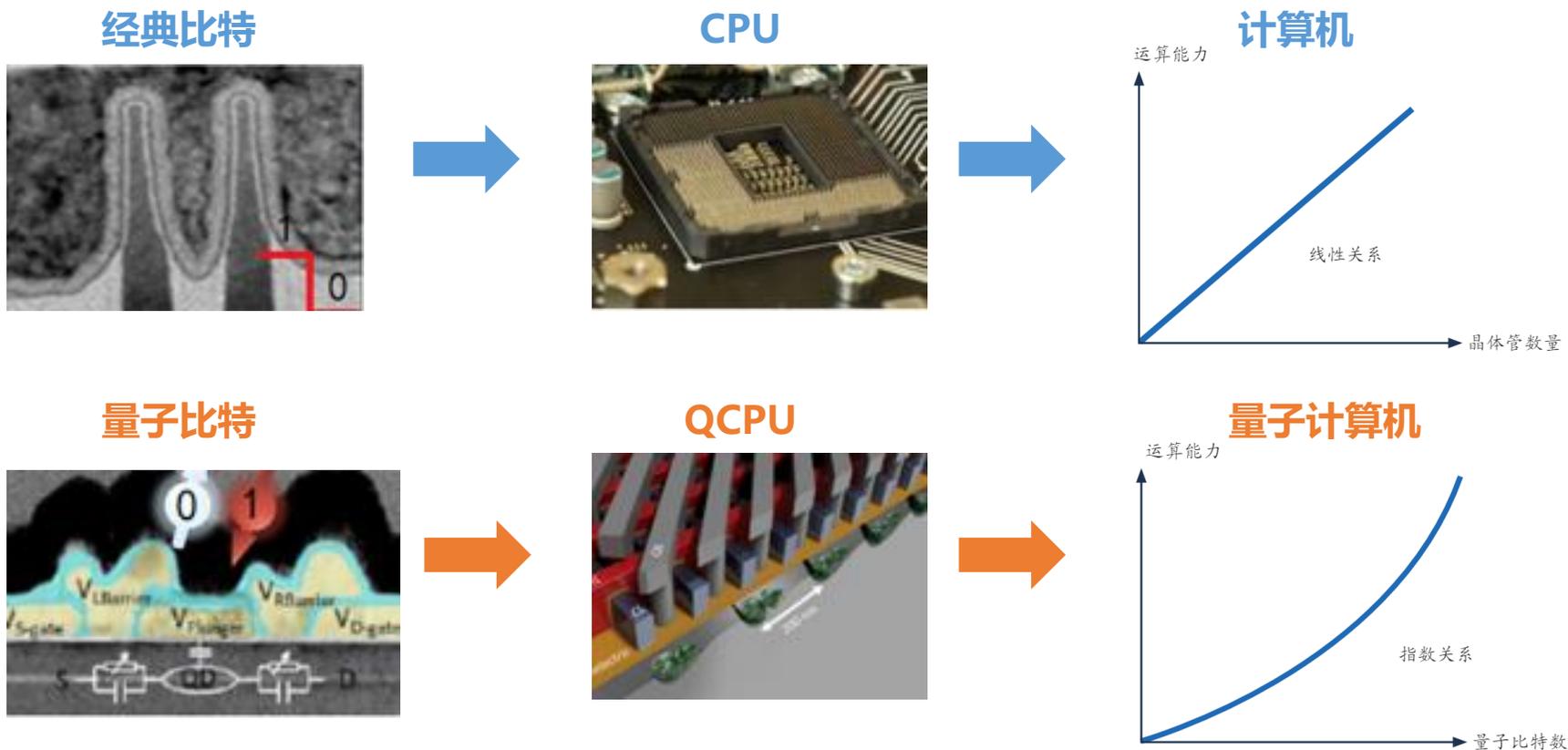
图：经典计算vs量子计算



从比特到量子比特

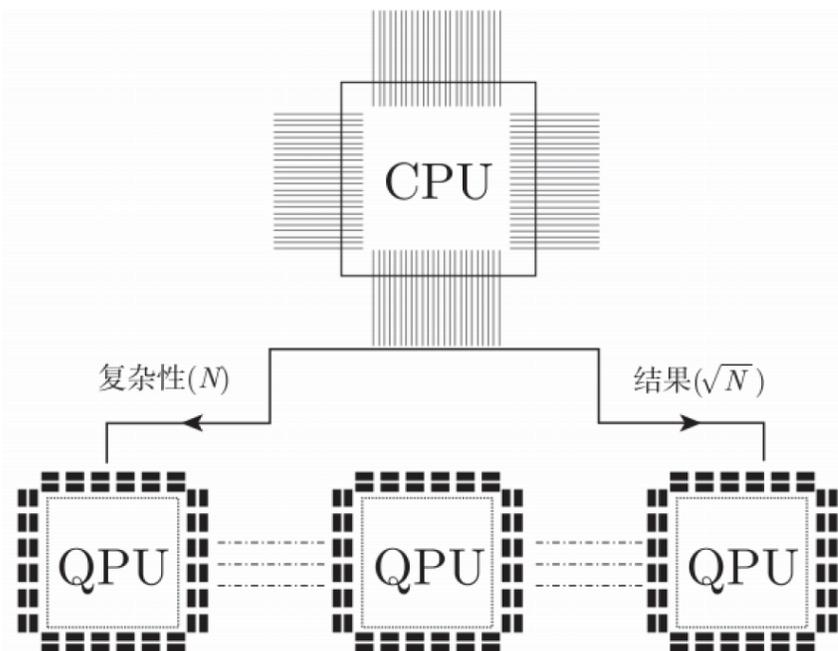


- 随着经典计算的芯片尺度不断减小，而量子隧穿效应是不可忽略的。在未来的计算机发展过程中，经典计算机需要克服量子特性，量子计算机直接利用量子效应进行信息的处理。因此，相较经典计算机，量子计算机具备“量子优越性”，一旦量子计算机强大到可以完成经典计算机无法执行的计算时，“量子霸权”由此实现。



- 目前所说的量子计算，本质上来说是一种异构运算，即在经典计算机执行计算任务的同时，将需要加速的程序在量子芯片上执行。因此，量子计算的程序代码实际执行中分为两种，一种是运行在CPU上的宿主代码主要用于执行不需要加速的任务，并为需要加速的任务提供需要的数据；一种是运行在量子芯片上的设备代码主要用于描述量子线路，控制量子程序在量子芯片上的执行顺序，以及数据的传输。不同类型的代码由于其运行的物理位置不同，编译方式和访问的资源均不同，这跟英伟达公司推出的用GPU解决复杂的计算问题的并行计算架构CUDA非常类似。

图：量子计算流程图



图：CUDA与量子计算架构的对比

区别	量子计算架构	CUDA并行运算架构
加速的问题	QAOA, 质数分解	大规模并行计算
描述语言	C+量子高级语言	C/MATLAB+ CUDA
执行设备	量子芯片	GPU

多路线并行发展，量子计算未见技术收敛



- 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。目前，多条技术路线仍未收敛。

图：量子计算主要技术路线

技术路线	超导	离子阱	硅基半导体	光子	中性原子
原理	超导约瑟夫森结形成二能级系统	利用电荷与磁场间所产生的交互作用力约束带电离子	硅同位素量子点电子自旋作为二能级系统	使用光子多种自由度构建量子位	利用光镊或光晶格囚禁原子悬浮在超高真空中
优势	保真度较高、门操控速度快、集成电路兼容、可设计性较高	保真度高、相干时间长、制备读取效率高	半导体兼容性、门操作速度快	环境友好性、保真度高、相干时间长	保真度高、相干时间长、构建多维阵列潜力
进展	中科院: 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。 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;H1-1量子系统量子体积达到524288	Intel: 12位硅基自旋量子芯片Tunnel Falls 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	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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 降低测控信号、量子位噪声影响 提纯材料以延长相干寿命 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 提升精确测控能力 降低原子所受碰撞影响 研究多维阵列连接方式

多路线并行发展，量子计算未见技术收敛



- 近年来国外科技企业、初创企业与研究机构加速布局，为争夺产业生态地位，抢占未来发展先机展开激烈竞争，目前全球已有数十家公司和研究机构推出了不同类型的数十个量子计算云平台。

图：国内外量子云计算平台发展概况

硬件类型	超导			离子阱	光子	半导体/超导	退火	云平台服务		
平台提供者	IBM	rigetti	Google	IONQ	XANADU	QuTech	D:WAVE	aws		STRANGEWORKS
平台名称	IBM Quantum	Quantum Cloud Services	Google Cloud	IonQ Quantum Cloud	Xanadu Quantum Cloud	Quantum Inspire	Leap	Amazon Braket	Azure Quantum	strangeworks QC
最新处理器	sprey	Ankaa-1	Sycamore	Forte	Borealis	Spin-2 Starmon-5	Advantage	D-Wave、IonQ、OQC、Rigetti、QuEra、Xanadu	IonQ、QCI Rigetti、Quantinuum、Pasqal	IBM、Xanadu、Quantinuum、Rigetti、.....
量子比特数	433	84	72	32	216	2; 5	5000+	QPU family	QPU family	QPU family
硬件类型	超导				光子	中性原子	模拟器	云平台服务		
平台提供者	中科大 & 国盾量子	北京量子院 & 物理所	本源量子	中国电信	图灵	武汉量子院	华为	中国移动	弧光量子	
平台名称	量子计算云平台	quafu	本源量子云	天衍量子计算云平台	量擎	酷原量子云	HiQ	“五岳”量子计算云平台	弧光量子云平台	
量子处理器	骁鸿176	ScQ-P136 ScQ-P21 ScQ-P18 ScQ-P10	本源悟空 本源悟源1号 本源悟源2号	超导176比特量子芯片	—	—	—	波色-相干伊辛机 量子科技长三角创新中心-超导量子计算机(待上线) 华翎量子-离子阱量子计算机(待上线)	超导66比特量子芯片 离子阱111比特量子芯片	
量子比特数	176 (66计算比特)	136; 21; 18; 10	12; 6	176 (66计算比特)	—	—	—	100专用光子比特	66; 11	

量子计算即将进入快速成长期



■ 目前，量子计算正处于迅速发展的阶段，需要技术的持续突破。由于量子计算极易被环境热量或波动干扰致使计算结果出错，因此量子纠错算法对结果的准确性极其重要，而提升量子比特的测控精度是量子计算机实用化的关键问题。

■ 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：量子计算产业成长曲线

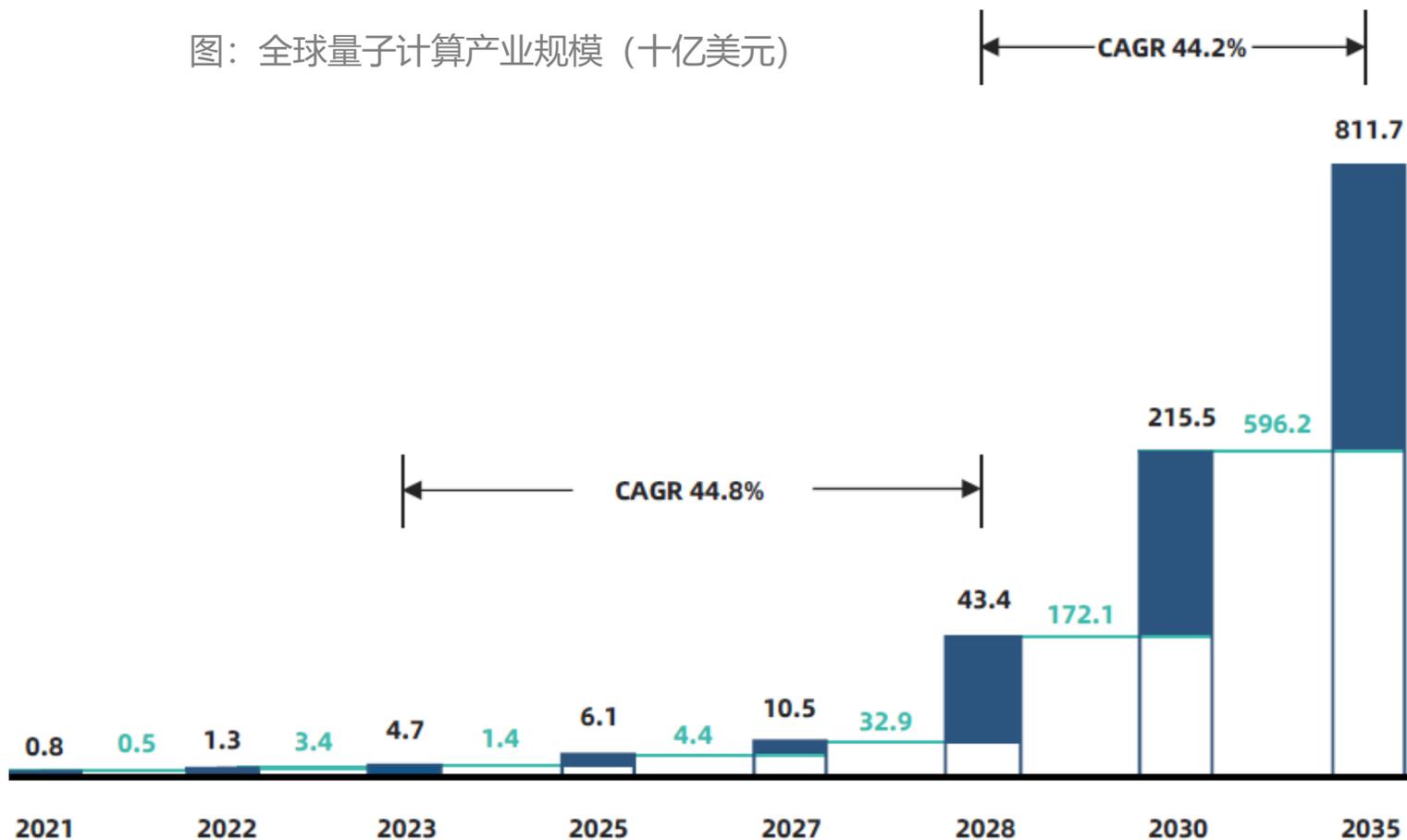


量子计算即将进入快速成长期



- 随着量子计算技术的不断演进，以及人工智能（AI）技术等领域的快速发展，量子计算的应用边界被不断拓展，从而使量子计算的商业潜力更加广泛和深远。据ICV预测，2023年，全球量子产业规模达到47亿美元，2023至2028年的年平均增长率达44.8%。在2028年至2035年，市场规模将继续迅速扩大，2035年总市场规模有望达到811.7亿美元。

图：全球量子计算产业规模（十亿美元）



量子计算机对芯片和运行环境产生新增需求



- 量子计算机硬件主要包含量子芯片、环境系统、测控系统。目前国际主流量子计算研发团队主要聚焦超导量子芯片与半导体量子芯片这两种体系，它们的量子计算机硬件具备共性。

图：量子计算机系统构成

量子芯片

超导量子芯片：超导量子芯片的量子比特是通过瑟夫森结电路实现，约瑟夫森结是由超导体-绝缘介质薄层-超导体组成的结构，绝缘层厚度通常在纳米量级。

半导体量子芯片：现在的主要方法是在硅或者砷化镓等半导体材料上制备门控量子点来编码量子比特。编码量子比特的方案多种多样，在半导体系统中主要是通过对电子的电荷或者自旋量子态的控制实现。

量子计算环境系统

稀释制冷机、超流体：超导量子芯片和半导体量子芯片对运行环境的需求类似，最基本的需求均为接近绝对零度的极低温环境。稀释制冷机和超流体能够提供量子芯片所需的工作温度和环境。

无氧紫铜材料、红外辐射屏蔽技术、低温滤波器：分别用于抑制热噪声、环境电磁辐射噪声以及控制线路带来的噪声。

量子计算测控系统

第二代量子测控硬件系统：量子计算测控系统的发展目标是辅助实现容错量子计算，即能够确保在含噪量子体系中执行量子算法。已有的超导量子测控系统可分为两代。第一代系统易于实现，但因缺乏反馈控制而使可扩展性和编程能力受限。主流厂商已推出第二代基于定制数字逻辑（尤其是使用指令集）的测控系统。。

激光器：在量子计算光学测控系统中的激光器一般具有高稳定性、高精度的调谐能力以及较低的漂移，以保证量子信息的精确性和可靠性。未来针对激光器的研发将聚焦于集成光子器件（硅光集成芯片）上，即在一个芯片上创建不同波长频率的激光。

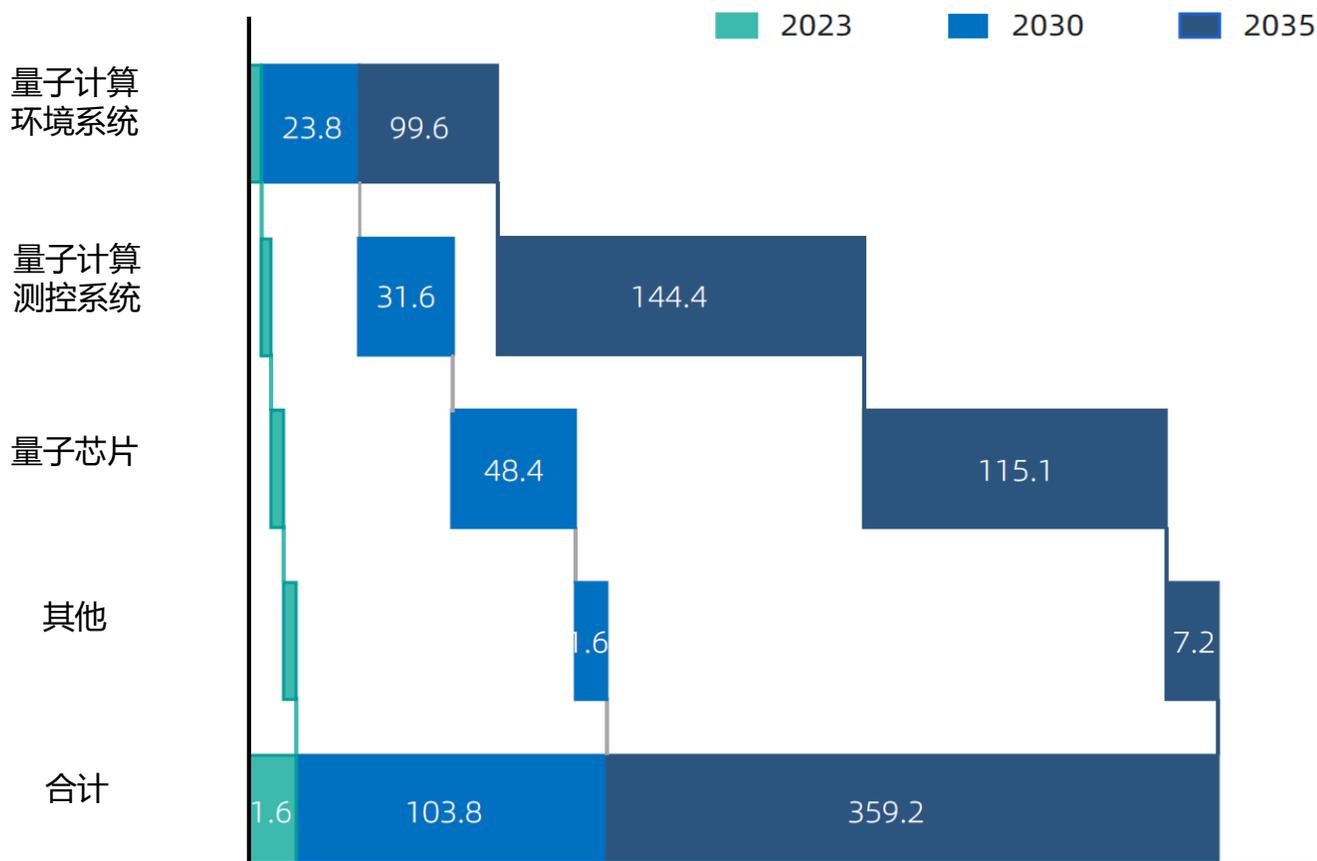
探测器：硅氮化物光子学、超导宽条带光子探测器（SWSPD）成为新的研究方向。

量子计算机对芯片和运行环境产生新增需求



■ 据ICV咨询，从2023年到2035年，量子计算机上游市场规模呈现出显著的增长趋势，市场总规模由2023年不到20亿美元增长到2035年千亿美元。

图：量子计算机上游市场规模预测（十亿美元）



国内量子计算产业链呈追赶态势



■ 美国在量子计算产业链上具有明显优势，政府对量子计算的高度重视和大力支持推动了企业数量的增长，其中涵盖了各类型的企业，包括IBM、谷歌、微软、亚马逊等代表性企业。美国在超导、离子阱、光量子等多个领域都保持领先地位。

■ 中国在量子计算领域崛起迅猛，其中包括腾讯、华为等具有代表性的大型互联网企业，在光量子计算机等方面取得了显著优势，技术水平和挑战能力迅速提升。然而在中美竞争日益加剧的背景下，尤其是在量子芯片和超低温设备等方面，中国与美国相比仍存在较大差距。

图：量子计算机产业链



资料来源：ICV咨询，中航证券研究所

一、量子信息技术备受全球关注

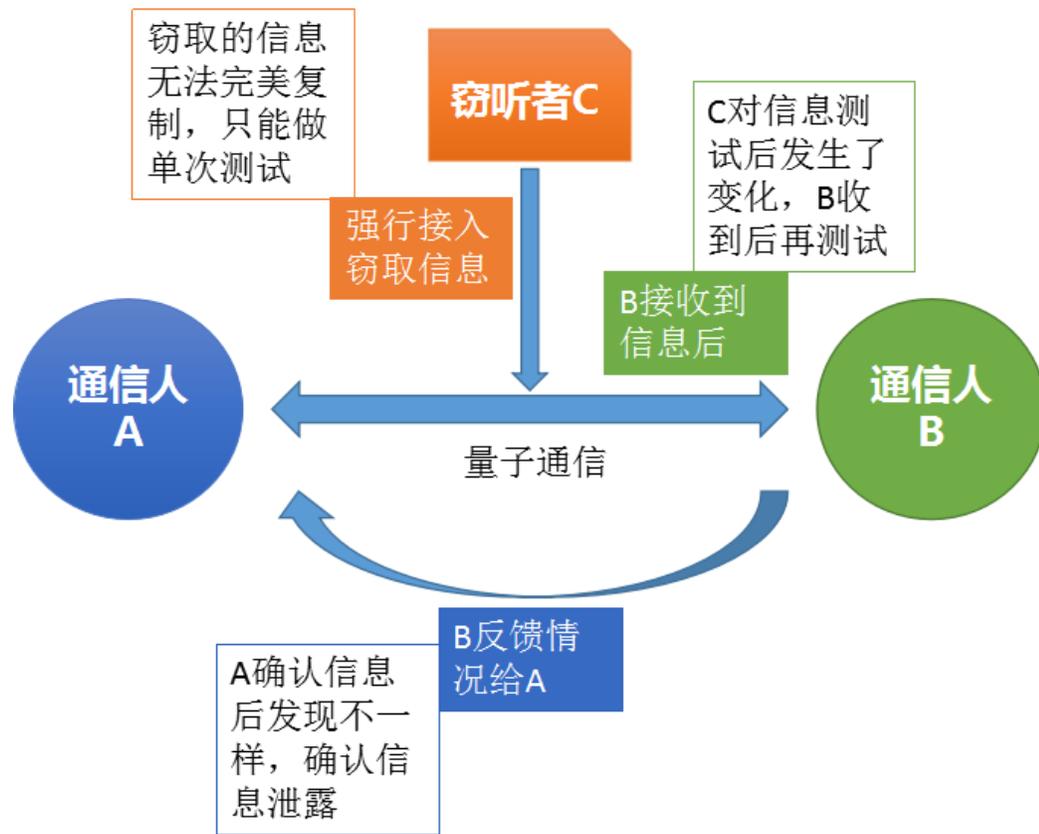
二、量子计算即将进入快速成长期

三、量子通信产品逐渐丰富

四、风险提示

- 随着量子计算硬件、软件与量子算法研究的不断进展，量子计算机将对现有的通信安全机制造成威胁，以RSA、ECC 算法为基础的现代密码体系在理论上已不再安全。因此，如何应对量子计算机对通信网络安全带来的影响，加强抗量子密码等安全技术研究，是需要深入研究和解决的问题。**量子通信不是要替代经典通信方式，而是通过在经典通信中使用量子密钥以提升通信安全性，同时量子通信的规模化应用也需要与经典通信技术相融合。**
- 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复制定理四部分。在微观世界中，一对粒子中一个粒子发生变化会影响另一个粒子。量子通信的过程是将携带信息纠缠粒子分开，将其中一个粒子远距离传输到指定位置，从粒子的状态就能准确获取到携带的信息内容。接收方想要获取信息，需要让密钥粒子和传输信息的粒子再次形成纠缠态时才能破译，即完成通信。由于无法对量子态进行整体拷贝，量子通信可有效确保通信过程的安全性。

图：量子通信保证通信安全

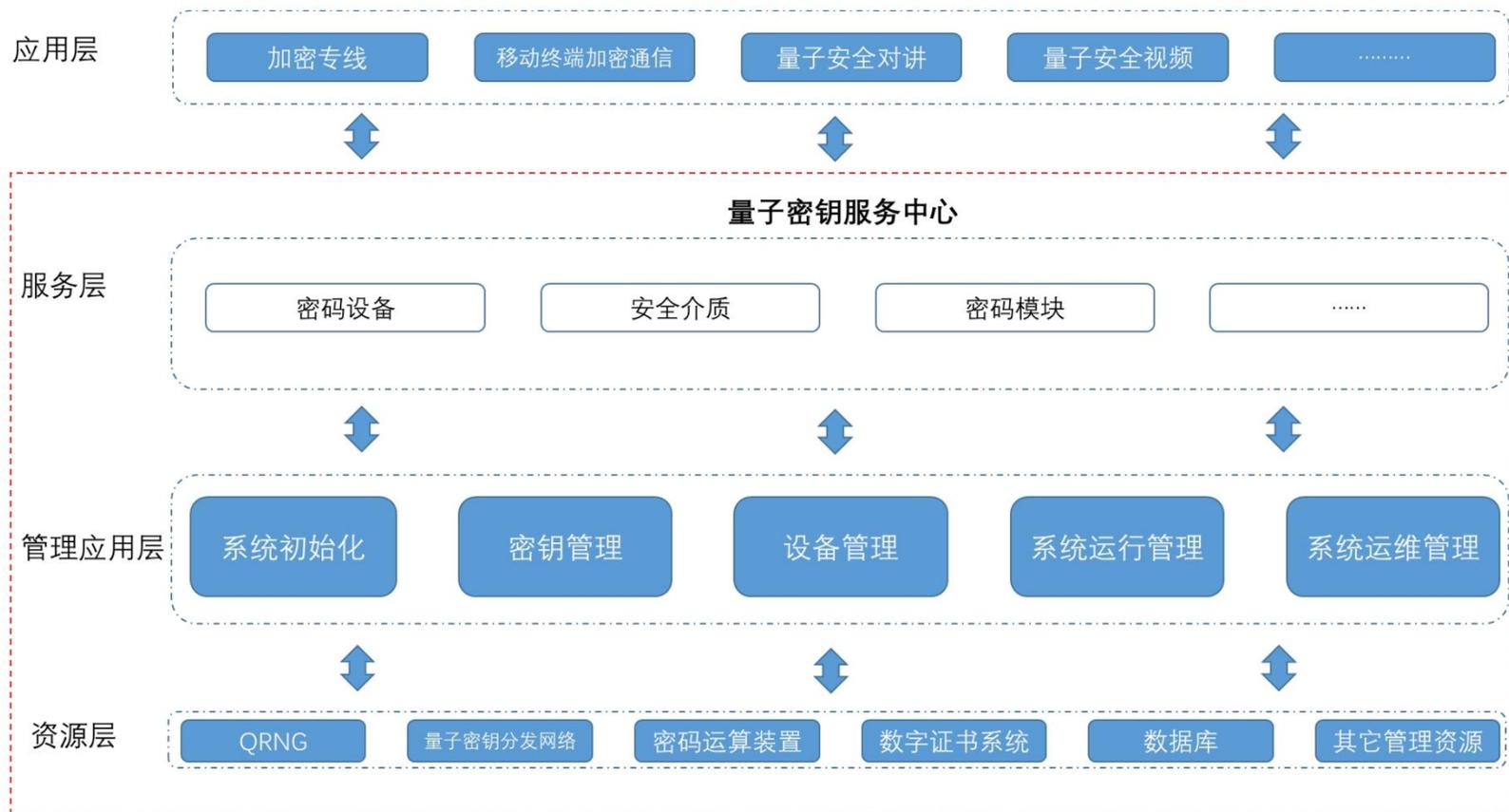


量子密钥服务中心是量子密钥服务体系的核心



- 量子密钥服务中心系统架构主要分为三层：资源层、管理应用层和服务层，通过密码设备、安全介质等对应用层提供量子密钥和量子密码服务能力。量子通信的加密过程体现在资源层，包括量子随机数发生器（QRNG）、量子密钥分发（QKD）、密码运算、数字证书等环节。

图：量子密钥服务中心系统架构



- 量子保密通信常见的三种技术分别是量子密钥分发（QKD）、量子随机数发生器（QRNG）和量子隐形传态（QT）。由于量子隐形传态技术还在实验室研究阶段，尚不具备产业化能力。**目前产业化的焦点在QKD和QRNG。**
- QKD 技术从物理学原理上，具备无条件安全性。而在实际使用 QKD 设备的过程中，QKD 收发两端设备在公开信道进行认证的流程目前使用的较多的仍是预存密钥与传统的加密方式，缺少抗量子攻击的安全保证，这是 QKD 技术在实用化过程中遇到的挑战之一。为了提升 QKD 设备认证流程的安全性，可选择使用后量子加密（PQC）算法进行认证，或者使用QKD 协议密钥进行认证。

QKD（量子密钥分发）

在现有的密码体制中，“一次一密”的对称密钥被证明可以做到“无条件安全”，即使遭受的攻击来自量子计算机。以往这种保密方式需要大量密钥，密钥更新是个大问题，而QKD填补了该缺口。同时，它基于量子力学基本原理——单光子的不可分割性和量子态的不可复制性，从原理上保证了信息的不可窃听和不可破解。

QRNG（量子随机数发生器）

QRNG基于量子“不确定性”原理，通过测量量子态的随机塌缩获得“真随机数”。与通过算法产生的“伪随机数”相比，QRNG产生的随机数具有不可预测性；与通过“掷骰子”等无序行为产生的物理随机数相比，QRNG产生的随机数具有更严格清晰的随机性度量。因此QRNG是一种理想的密钥资源，非常适用于本地信息加密。

PQC（后量子加密）

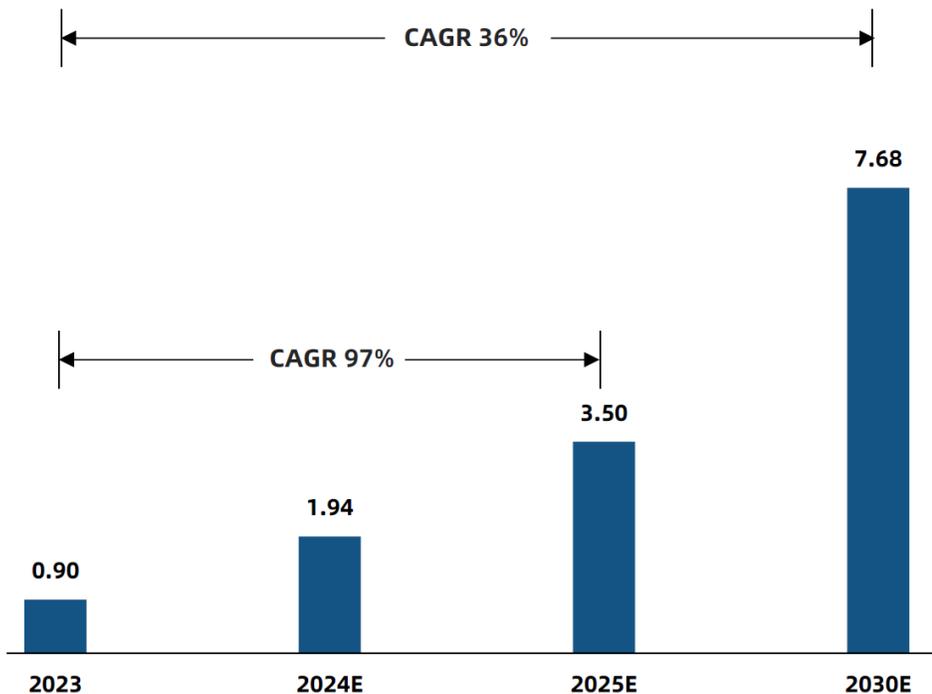
PQC是对当前密码体系进行升级和强化的一项措施，是为了对抗目前已知的量子解密算法而进行开发的新一代加密算法。使用后量子算法进行QKD收发设备的认证可以为该过程提供抗量子攻击的安全保证。

QKD产品技术发展已较为成熟

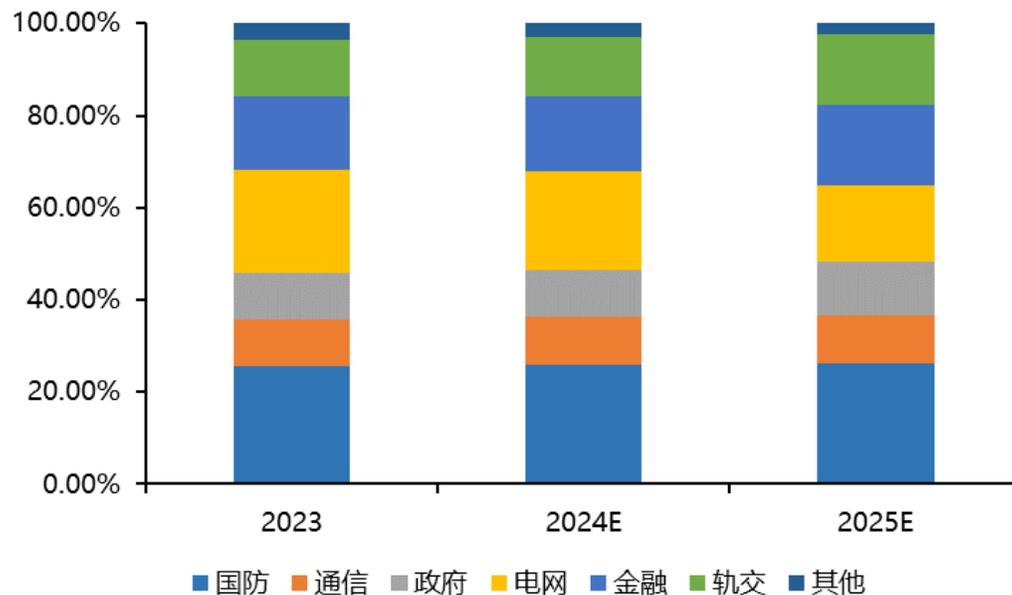


- QKD目前主要集中在产品的升级迭代，以提升性能、优化价格应用竞争力、缩小整机尺寸、用户友好性和产品的可扩展性等方面。
- QKD产品是网络安全领域中一种补充和增强的手段。QKD产品的发展方向将更多地关注于不同领域的深度融合，为安全通信提供更为全面和创新的解决方案。随着技术的不断成熟和市场对高度安全性的需求增加，QKD作为一种补充手段将在网络安全领域发挥越来越重要的作用。

图：全球QKD产业规模（十亿美元）



图：QKD下游应用预测



- QKD技术初步实用化，但商用QKD系统的性能仍有明显瓶颈，例如，单跨段现网光纤传输距离通常在数十 km 范围，密钥成码率通常为数 kbps 至数十 kbps 量级。进一步提升QKD系统的传输距离和密钥成码率，对于远距离传输、组网和高带宽加密业务应用等具有重要意义。TF（双光场）-QKD已经成为业界公认的下一代远距离、高安全性 QKD 技术方案，也是提升系统极限传输能力的研究热点。

图：QKD传输距离提升趋势

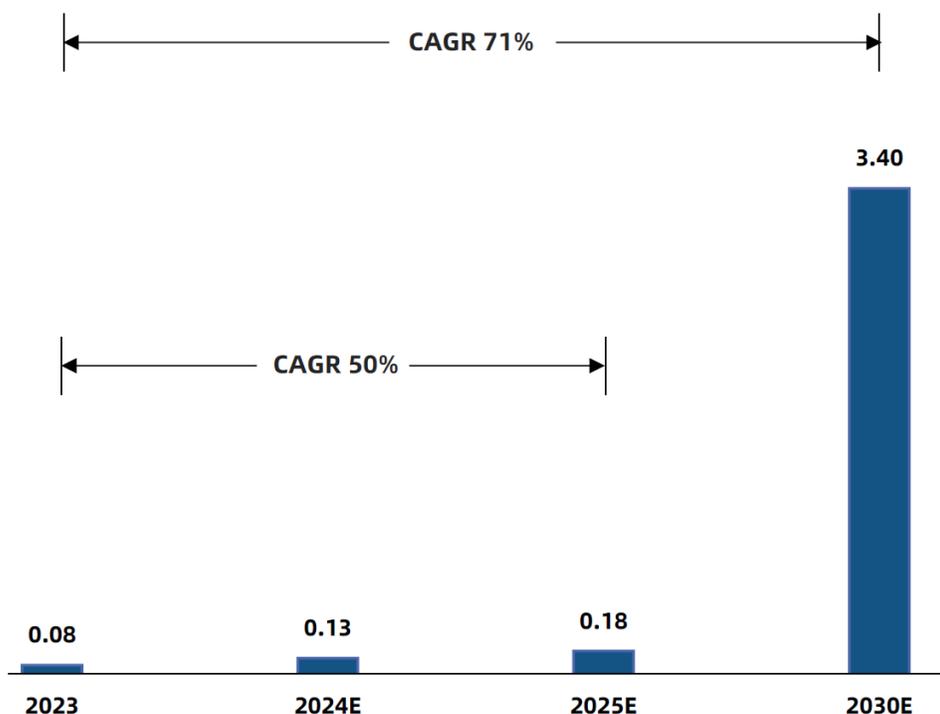
协议	类型	距离/损耗	密钥成码率 (bps)	时间	机构
BB84	实验室	421 km	6.5	2018	日内瓦大学
TF	实验室	90.8 dB	0.045	2019	东芝欧研
TF	实验室	502 km	0.118	2020	中科大
TF	实验室	509 km	0.269	2020	中科大
TF	实验室	605 km	0.97	2021	东芝欧研
TF	现网	511 km	3.45	2021	中科大
TF	实验室	658 km	0.092	2022	中科大
TF	实验室	830km	0.014	2022	中科大
TF	实验室	508 km	42.64	2023	北京量子院
PMP	实验室	615km	0.32	2023	北京量子院
TF	实验室	1002 km	0.0034	2023	中科大
TF	实验室	499 km	47.9	2023	中科大

QRNG市场将快速成长

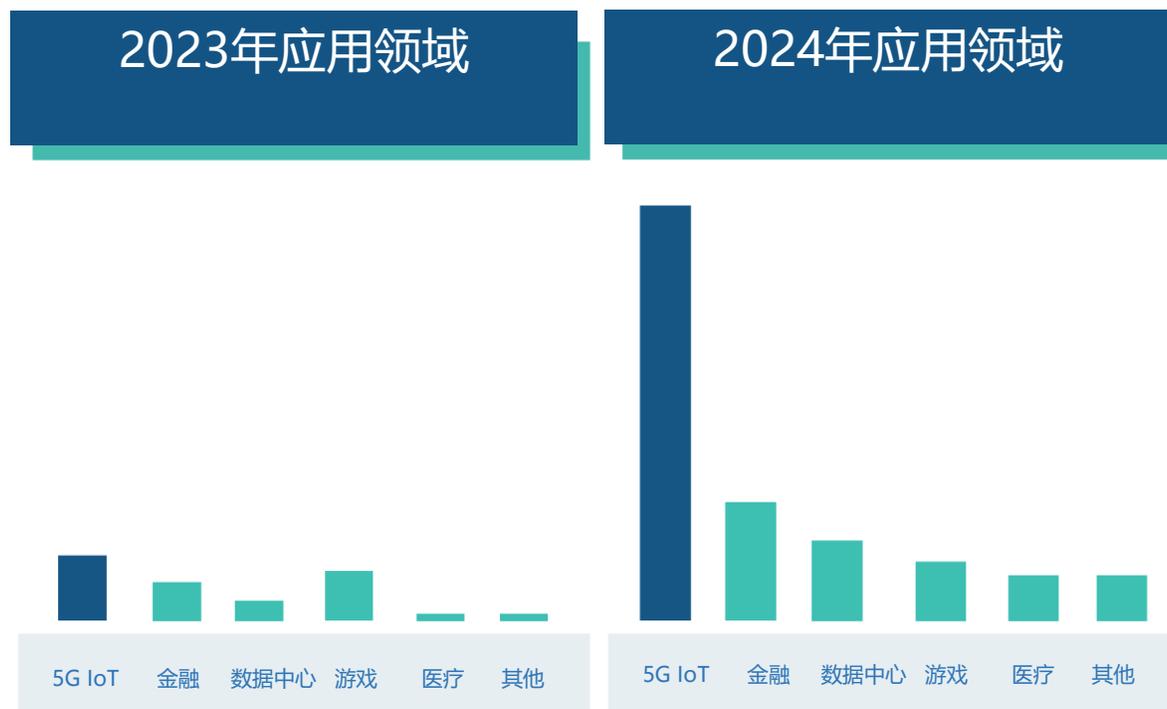


- 目前，博彩业是 QRNG 的下游市场之一。这是因为黑客在2014年通过锁定和入侵老虎机成功获利数百万美元，给美国、罗马尼亚和澳门的赌场造成损失。美国和澳门的赌场已经使用 QRNG 为游戏参与者提供公平的环境。
- QRNG将应用于各个领域，在5G/6G时代，大量的移动设备都可以使用QRNG来增加安全性。三星公司已经连续三年推出带有QRNG芯片的量子5G手机；LG公司、360公司已经开始了QRNG智能驾驶的应用测试研究。在汽车行业，QRNG芯片用于安全通信和加密，增强车辆网络安全。在物联网和边缘设备领域，QRNG为通过互连设备传输的关键信息提供安全保障。

图：全球QRNG产业规模预测（十亿美元）



图：QRNG下游应用预测



国内厂商全面布局量子通信产业链



- 在量子通信与安全产业链上游，核心器件与材料的涵盖囊括了关键的技术组成部分。首要的是先进的量子芯片技术，作为整个产业链的基础，包括数据处理类芯片、电学芯片和光学芯片。

图：量子通信上游元器件



国内厂商全面布局量子通信产业链



- 提供量子通信核心设备的厂商主要有ID Quantique、TOSHIBA、KETS Quantum Security、Quantum Xchange、Quintessence Labs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、问天量子和启科量子等。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。

图：量子通信产业链



资料来源：ICV咨询，中航证券研究所

一、量子信息技术备受全球关注

二、量子计算即将进入快速成长期

三、量子通信产品逐渐丰富

四、风险提示

- 量子信息技术发展不及预期。大部分量子技术处于工程实验验证和原型样机研发的技术攻坚期，未来技术产品化存较大不确定性。
- 市场需求不及预期。目前主导量子产业发展的主要动力为国家政府行为，如果后续没有政府持续支持，或者未出现广泛的下游应用，量子科技的市场空间将受限。
- 科技逆全球化的风险。美国、日本等国已经对中国实施量子技术的封锁，如果国内技术不能实现自身突破，产业将受限于国外的科技封锁。

我们设定的上市公司投资评级如下：

买入：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅10%以上。
持有：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅-10%-10%之间
卖出：未来六个月的投资收益相对沪深300指数跌幅10%以上。

我们设定的行业投资评级如下：

增持：未来六个月行业增长水平高于同期沪深300指数。
中性：未来六个月行业增长水平与同期沪深300指数相若。
减持：未来六个月行业增长水平低于同期沪深300指数。

中航科技电子团队介绍：

首席：赵晓琨 SAC执业证书：S0640122030028
十六年消费电子及通讯行业工作经验，曾在华为、阿里巴巴、摩托罗拉、富士康等多家国际级头部品牌终端企业，负责过研发、工程、供应链采购等多岗位工作。曾任职华为终端半导体芯片采购总监，阿里巴巴人工智能实验室供应链采购总监。

分析师：刘牧野 SAC执业证书：S0640522040001
约翰霍普金斯大学机械系硕士，2022年1月加入中航证券。拥有高端制造、硬科技领域的投研经验，从事科技、电子行业研究。

研究助理 刘一楠 SAC执业证书：S0640122080006
西南财经大学金融硕士，2022年7月加入中航证券，覆盖半导体设备、半导体材料板块。

研究助理 苏弘宇 SAC执业证书：S0640122040021
俄亥俄州立大学金融数学学士，约翰霍普金斯大学金融学硕士。2022年加入中航证券。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，再次申明，本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示：投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

免责声明

本报告由中航证券有限公司（已具备中国证券监督管理委员会批准的证券投资咨询业务资格）制作。本报告并非针对意图送发或为任何就送发、发布、可得到或使用本报告而使中航证券有限公司及其关联公司违反当地的法律或法规或可致使中航证券受制于法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有显示，否则此报告中的材料的版权属于中航证券。未经中航证券事先书面授权，不得更改或以任何方式发送、复印本报告的材料、内容或其复印本给予任何其他人。未经授权的转载，本公司不承担任何转载责任。

本报告所载的资料、工具及材料只提供给阁下作参考之用，并非作为或被视为出售或购买或认购证券或其他金融票据的邀请或向他人作出邀请。中航证券未有采取行动以确保于本报告中所指的证券适合个别的投资者。本报告的内容并不构成对任何人的投资建议，而中航证券不会因接受本报告而视他们为客户。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被中航证券认为可靠，但中航证券并不能担保其准确性或完整性。中航证券不对因使用本报告的材料而引致的损失负任何责任，除非该等损失因明确的法律或法规而引致。投资者不能仅依靠本报告以取代替行使独立判断。在不同时期，中航证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告仅反映报告撰写日分析师个人的不同设想、见解及分析方法。为免生疑，本报告所载的观点并不代表中航证券及关联公司的立场。

中航证券在法律许可的情况下可参与或投资本报告所提及的发行人的金融交易，向该等发行人提供服务或向他们要求给予生意，及或持有其证券或进行证券交易。中航证券于法律容许下可于发送材料前使用此报告中所载资料或意见或他们所依据的研究或分析。