

量子信息技术进入加速期

——量子信息技术行业专题报告

行业动态

◆第二次量子科技革命爆发在即：

量子科学是 20 世纪最为重要的科学发现之一，自问世以来先后孕育出原子弹、激光、核磁共振等新技术。进入 21 世纪之后，人类对微观粒子系统的观测和调控技术不断突破和提升，使得从量子观察到量子调控成为可能，这为即将爆发的第二次量子科技革命提供了很好的基础，而这次第二次量子科技革命的主角就是以量子计算和量子通信为主的量子信息技术。为了抢占量子科技的国际话语权，各国竞相出台相关政策和提供资金支持量子信息发展，行业在政策和资金的推动下有望实现快速发展。

◆量子信息技术优势明显，我国在量子通信领域布局领先：

量子信息凭借其高并行速度和绝对安全性，被赋予了引领人类第四次科技革命的可能性。各国为了抢占量子科技领域未来的国际话语权，纷纷出台相关政策和提供资金来大力推进量子信息技术的发展。产业资本也纷纷加快在量子信息领域的布局，预计行业将进入一个从 0 到 1 的快速发展时期。

我国在量子计算领域目前还是以研究为主，产业应用刚刚起步。但是我国量子通信研究和技术应用方面全球领先，而且各地方量子通信网络建设和各行业量子通信试点应用正在加速推进。量子信息技术的发展进入加速期。

◆投资建议：

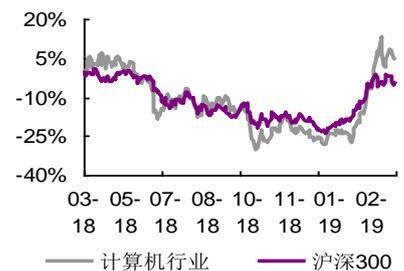
随着量子观测和量子调控技术的不断突破和提升，以量子调控为主的第二次量子科技革命具备良好的基础；与此同时，随着政策支持和产业资本的不断涌入，量子通信网络建设开始提速；而且受益于量子通信设备成本正在快速降低，量子通信产业化进程开始加速，应用领域正逐步从政府向商用扩展，行业应用的拐点正在临近。在该领域布局领先的且具备技术和产品优势有望优先受益行业发展，重点推荐量子通信保密干线京沪干线主建设方、具备丰富量子通信网络建设经验并开始发展量子通信应用领域的**神州信息**。建议关注**国盾量子**（科创板受理）、**浙江东方**和**银轮股份**。

◆风险分析：

量子技术发展不及预期，政策落地不及预期、量子通信应用开展不及预期、市场系统性风险。

买入（维持）

行业与上证指数对比图



资料来源：Wind

相关研报

- 聚焦金融科技，收入稳健增长——神州信息（000555.SZ）2018 年中报点评
..... 2018-08-31
- 新战略快速推进，业绩略超预期
..... 2018-03-29

证券代码	公司名称	股价 (元)	EPS (元)			PE (X)			投资评级
			18A	19E	20E	18A	19E	20E	
000555	神州信息	12.99	0.04	0.37	0.45	297	35	29	增持

资料来源：Wind，光大证券研究所预测，股价时间为 2019 年 04 月 23 日

目录

1、 第二次量子技术革命爆发在即	3
1.1、 量子信息科学概述	3
1.2、 各国政策支持助推量子信息科学快速发展	3
1.3、 量子信息底层基于量子特性	6
2、 量子计算机将重构未来计算	6
2.1、 量子计算机与传统计算机的区别	7
2.2、 国内外资金加速涌入量子计算机领域	8
2.3、 重构世界：量子计算机的未来	10
2.4、 量子计算市场潜力巨大	10
3、 中国量子通信产业化进程世界领先	11
3.1、 量子通信安全性好于传统通信	11
3.2、 全球量子通信产业化提速，中国产业化进程领先	13
3.3、 市场规模巨大，产业链基本形成	15
4、 投资建议	16
4.1、 神州信息：京沪干线的主建设方，发力量子通信应用领域	18
5、 风险分析	19

1、第二次量子技术革命爆发在即

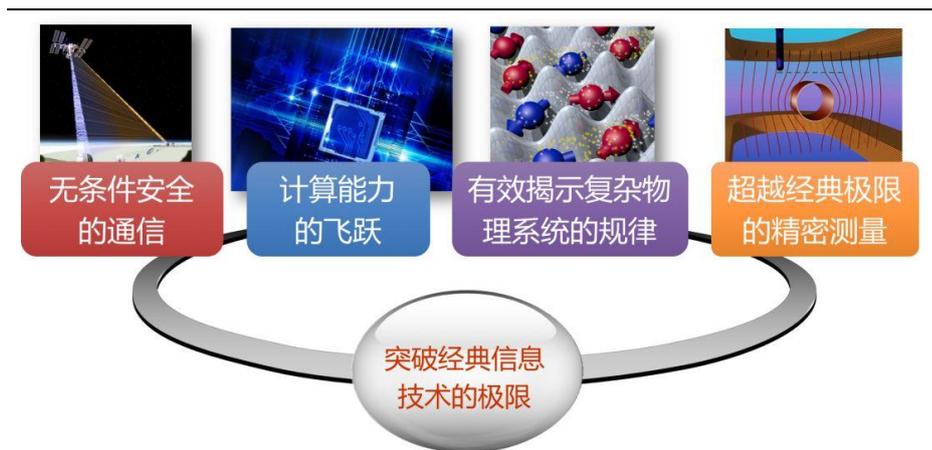
量子科学是 20 世纪最为重要的科学发现之一，自问世以来先后孕育出原子弹、激光、核磁共振等新技术。进入 21 世纪之后，人类对微观粒子系统的观测和调控技术不断突破和提升，使得从量子观察到量子调控成为可能，这为即将爆发的第二次量子科技革命提供了很好的基础，而这次第二次量子科技革命的主角就是以量子计算和量子通信为主的量子信息技术。为了抢占量子科技的国际话语权，各国竞相出台相关政策和提供资金支持量子信息发展，行业在政策和资金的推动下有望实现快速发展。

1.1、量子信息科学概述

量子信息技术是量子物理与信息科学交叉的新生学科，其物理基础是量子力学。基于量子特性，量子信息技术可以突破现有信息技术的物理极限，在信息处理速度、信息安全性、信息容量、信息检测精度等方面将会发挥极大的作用。量子信息技术主要的应用领域包括量子计算、量子通信和量子测量等。

量子科学是 20 世纪最为重要的科学发现之一，自问世以来先后孕育出原子弹、激光、核磁共振等新技术。进入 21 世纪之后，人类对微观粒子系统的观测和调控技术不断突破和提升（如激光原子冷却、单光子探测和单量子系统操控等技术），利用量子力学中的叠加态和纠缠态等独特物理特性进行信息的采集、处理和传输已经成为可能，量子科技革命的第二次浪潮即将来临。人类对量子世界的探索已从单纯的“探测时代”走向主动“调控时代”，第二次量子科技革命将催生量子计算、量子通信和量子测量等一批新兴技术，量子科技的革命性发展，将极大的改变和提升人类获取、传输和处理信息的方式和能力，为未来信息社会的演进和发展提供强劲动力。

图 1：第二次量子革命的主要突破领域



资料来源：《走进新量子革命》，陆朝阳

1.2、各国政策支持助推量子信息科学快速发展

量子技术研究已成为当前世界科技研究的一大热点。国际社会纷纷加大研发力度和投入，力争抢占技术制高点。2013 年，日本成立量子信息和通

信研究促进会以及量子科学技术研究开发机构，计划未来 10 年投入 400 亿日元在量子信息技术的研发。2014 年，英国设立“国家量子技术计划”，每年投资 2.7 亿英镑用于建立量子通信、传感、成像和计算四大研发中心，在大学和企业之间形成紧密的合作关系。2016 年，欧盟宣布了 10 亿欧元的“量子技术旗舰计划”（为期 10 年），重点在通信、计算、传感和模拟 4 个量子技术领域加大投入。作为全球量子技术最领先的美国，近十年来也一直持续加大在量子技术的研发投入力度，已通过“量子信息科学与技术发展规划”等项目，每年投入月 2 亿美金在量子信息各领域的研究；2018 年 6 月推出《国家量子行动计划（NQI）》法案，计划在 10 年内拨给能源部、国家标准与技术研究所和国家科学基金 12.75 亿美元，全力推动量子科学发展。

为抢占第二次量子技术革命的制高点，我国近年来对量子信息技术的重视和支持力度也逐渐加大，先后推出“自然科学基金”、“863”计划和重大专项等来支持量子信息的研究和应用。2018 年 5 月的两院院士大会上，习总书记强调“以人工智能、量子信息、移动通信、物联网、区块链为代表的新一代信息技术加速突破应用”，量子信息的战略地位得到进一步肯定。

表 1：各国量子技术政策汇总

时间	国家	政策文件	主要内容
2015.12	中国	习近平对《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》做出说明	在航空发动机、量子通信、智能制造等领域再部署一批体现国家战略意图的重大科技项目。
2016.03		国务院中国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要	加强前瞻布局，着力构建量子通信和泛在安全物联网，打造未来发展新优势。
2016.05		中共中央、国务院印发《国家创新驱动发展战略纲要》	在量子通信、信息网络等领域，充分论证，把准方向，明确重点，再部署一批体现国家战略意图的重大科技项目和工程。
2016.07		国务院关于印发“十三五”国家科技创新规划的通知	力争在量子通信与量子计算等重点方向率先突破。
2016.08		中国科学院“十三五”发展规划纲要	加强核心器件的自主研发，加强与经典网络的融合（如云加密等），推动标准制定，开展城域量子通信、城际量子通信、卫星量子通信关键技术研发，初步形成构建空地一体广域量子通信网络体系的能力，并在全天时卫星量子通信技术上取得突破。
2016.11		国务院关于印发“十三五”国家战略性新兴产业发展规划的通知	加强关键技术和产品研发，持续推动量子密钥技术应用。
2017.05		科技部联合四部委印发《关于印发“十三五”国家基础研究专项规划的通知》	面向多用户联网的量子通信关键技术和成套设备，率先突破量子保密通信技术，建设超远距离光纤量子通信网，开展星地量子通信系统研究，构建完整的空地一体广域量子通信网络体系，与经典通信网络实现无缝链接。
2017.11		发改委关于组织实施 2018 年新一代信息基础设施建设工程的通知	提出国家广域量子保密通信骨干网络建设一期工程。
2018.03		政府工作报告肯定量子通信发展成果	将量子通信与载人航天、深海探测、大飞机并列为重大创新成果，认可量子通信行业地位和发展成果。
2018.06	美国	《国家量子行动计划（NQI）》	计划在 10 年内拨给能源部、国家标准与技术研究所和国家科学基金 12.75 亿美元，全力推动量子科学发展。
2018.09		《量子信息科学国家战略概述》	系统性地总结了量子信息科学带来的挑战、机遇，以及为维持和扩大美国在 QIS 领域的领导地位应做出的努力。
2010	欧盟	《量子信息处理和通信：欧洲研究现状、愿景与目标战略报告》	提出了欧洲未来 5 年和 10 年量子信息的发展目标，将重点发展量子中继和卫星量子通信，实现 1000

			公里量级的量子密钥分配。
2016.03		“量子宣言”旗舰计划	未来 10 年投资 10 亿欧元，成员国追加配套。并于 2018 年 10 月底启动约 2 亿欧元和 20 个研究项目。
2014	英国	设立“国家量子技术计划”	投资 2.7 亿英镑建立量子通信、传感、成像和计算极大研发中心，开展学术与应用研究。
2015		《量子技术国家战略》、《英国量子技术路线图》	将量子技术发展提升至影响未来国家创新力和国际竞争力的重要战略地位。“路线图”给出量子计算机、量子传感器和量子通信在内的每项量子技术可能的商业化时间和发展路线图。
2018.09		与新加坡合作开展“量子空间技术开发计划”	此项计划价值 1000 万英镑，将建立和发射卫星量子密钥分配 (QKD) 试验台，新加坡和英国将开发基于立方星标准的“QKD 立方星”，该卫星将使用先进的 QKD 技术测试加密密钥在全球范围内的安全分布。
2013	日本	文部科学省成立量子信息和通信研究促进会以及量子科学技术研究开发机构	计划未来十年内投资 400 亿日元 (约 24 亿人民币)，支持量子通信和量子信息领域发展。

资料来源：国务院、发改委等政府网站，光大证券研究所

图 2：世界主要国家支持量子技术发展



资料来源：国盾量子招股说明书

图 3：我国从国家战略、技术引领、工程建设等多角度支持量子技术产业化发展



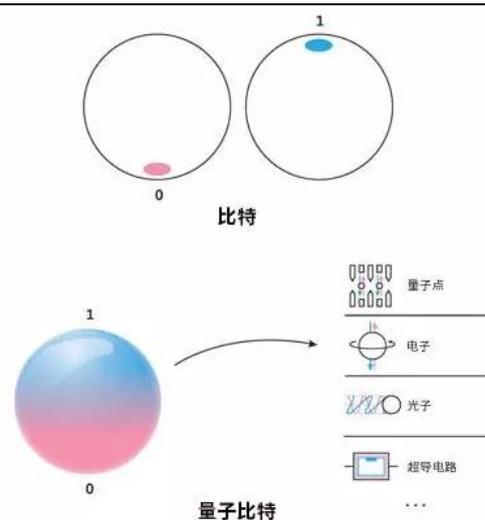
资料来源：国盾量子招股说明书

1.3、量子信息底层基于量子特性

量子信息的基本原理：量子比特、量子叠加和量子纠缠

量子比特：比特是经典计算机信息的基本单元，要么 0，要么 1。量子比特是量子计算机的最小储存信息单位，一个量子比特可以表示 0 也可以表示 1，更可以表示 0 和 1 的叠加，即可处在 0 和 1 两种状态按照任意比例的叠加（但是在运行过后才能中要保护好量子的叠加性和相干性），因此量子比特包含的信息量远超过只能表示 0 和 1 的经典比特。

图 4：量子比特包含的信息量远高于传统比特



资料来源：Visure Science¹

量子叠加：就是指一个量子系统可以处在不同量子态的叠加态上。著名的“薛定谔的猫”理论曾经形象地表述为“一只猫可以同时既是活的又是死的”。

量子纠缠：这是指两个量子纠缠在一起时，其中一个会影响另一个，并且这种与距离等没有关系。操控一个量子的时候，另外一个量子也会受到相应的影响。简而言之，两个量子无论离得有多远，都能产生一种关联性的互动。比如两个人脑建立纠缠关系，一个人想家的时候，另一个人立刻就能感应到想家，这种纠缠的速度，已经超越了光速。

2、量子计算机将重构未来计算

量子计算机相比传统计算机在并行计算和量子模拟上具备天然优势，未来将逐步应用于需要进行大数据分析和质因数分析等领域，如加密通信、药物设计、交通治理、天气预测、人工智能、太空探索等领域。目前量子计算的研究和应用还是以美国主导为主，我国还停留在研究阶段。但由于高端计算方面具备天然优势，整体市场潜力巨大。

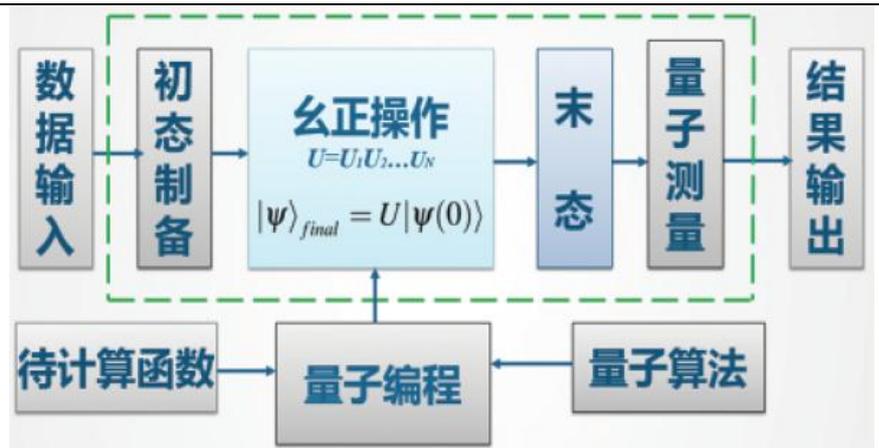
¹ <https://mp.weixin.qq.com/s/TZnjFvJPELxRVksDFASSUQ>

2.1、量子计算机与传统计算机的区别

量子计算机 (quantum computer) 是一类遵循量子力学规律进行高速数学和逻辑运算、存储及处理量子信息的物理装置。当某个装置处理和计算的是量子信息，运行的是量子算法时，它就是量子计算机。

量子计算机的一般工作原理分为数据输入、制备初态、么正操作、量子测算、输出结果等几个步骤，其中么正操作需要使用量子算法进行量子编程，具体工作流程如下图。

图 5：量子计算机工作原理流程图



资料来源：《量子信息技术发展概况》，郭光灿

量子计算机并不是传统计算机的加强版，他们使用的是不同的技术原理，主要区别有以下几方面：

1、最大的不同点是运算方式不同，传统计算机的运算单位是比特，即我们常说的二进制中的 0 和 1。而量子计算机的运算单位是量子比特，是叠加状态，可能是 0，可能是 1。

2、基于量子纠缠的原理，量子计算机可以同时进行多条线路的并行运算，这意味着它可以同时分析所有可能性，这也是量子计算机超强信息处理能力的源泉。如同在一堆名片里面寻找出某个名字，传统计算机是通过一张张分析的方式，而量子计算机（有一种 Grover 算法）是同时进行扫描多张名片，给出每张名片为“正确”的概率。迭代几次之后，目标名片的累计概率会比别的名片都高。即使运行多次，这种算法也比经典搜索快很多。数据库越大，其优势越大。

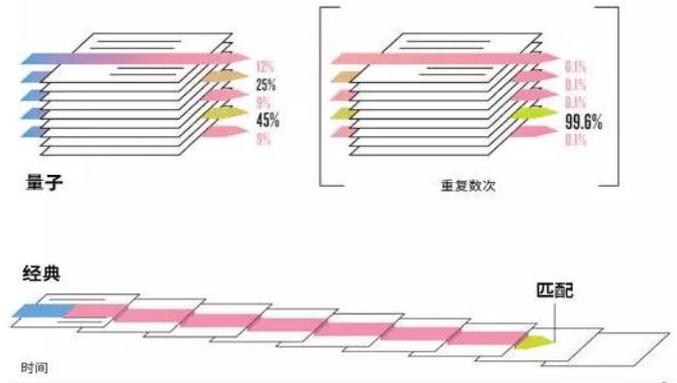
3、量子计算可以通过么正变换实现可逆计算。

图 6：量子计算的逻辑门路



资料来源：Visure Science

图 7：量子计算可以实现并行计算



资料来源：Visure Science

2.2、国内外资金加速涌入量子计算机领域

1920 年，爱因斯坦等人首次创立量子力学。1981 年，诺贝尔物理学家费曼首次提出量子计算机的概念，指出通过应用量子力学效应，能大幅提高计算机的运算速度，经典计算机需要几十亿年才能破译的密码，量子计算机在 20 分钟内即可破译，从首次提出到现在量子计算理论已经发展了 30 多年。1994 年，贝尔实验室证明了量子计算机能完成对数运算，而且速度远胜于传统计算机，这也是量子计算理论提出后第一次成功实验。

自此，各界发现量子计算机的可行性，往后的十几年，大量资本开始进入量子计算研究领域，量子计算机逐步由“实验室阶段”向“工程应用阶段”迈进。2007 年，初创公司加拿大 D-WAVE 系统公司宣布研制成功 16 位量子比特的超导量子计算机；之后，微软、谷歌、IBM、英特尔等巨头纷纷宣布进军量子计算机科研和应用领域。

而在各个国家中，美国在量子计算的综合实力全球领跑，目前已形成了政府、科研机构、产业和投资力量多方协同的良好局面。其他国家基本上以紧密跟随为主。

表 2：国外量子计算机发展历程

阶段	时间	事件
理论和实验室探究阶段	1920 年	爱因斯坦等人创立量子力学。
	1981 年	费曼提出量子计算机的技术概念。
	1994 年	贝尔实验室的专家彼得·秀尔证明量子计算机能完成对数运算，而且速度远胜于传统计算机。
	1999 年	MIT、IBM 和 stanford 武汉物理教学所、清华大学等研究组实现了 7 个量子比特的量子算法演示。
商业投入和工程应用阶段	2007 年	加拿大 D-wave 系统公司宣布研制成功 16 位量子比特的超导量子计算机。
	2009 年	世界首台可编程的通用量子计算机正式在美国诞生。
	2012 年	微软研究院成立量子体系结构与计算机研究组。
	2013 年	谷歌与 NASA 联合成立量子人工智能实验室，加拿大 D-wave 系统公司宣称 NASA 和 Google 共同预定了一台采用 512 量子比特的 D-Wave Two 量子计算机。
	2015 年	英特尔与代尔夫特理工大学研发基于硅量子点的量子计算机。
	2016 年	D-wave 为谷歌提供了一台 9 量子比特的量子计算机，售价为 1500 万美元。

2017 年	IBM 宣布，今年将推出全球第一个商业化量子计算云服务——IBM Q。这是全球第一个收费的量子计算云服务系统。
2018 年	谷歌公布 72 比特的量子芯片 Bristlecone，并表示已经开始了 72 量子计算机的测试。
2019 年	IBM 发布全球首台专为科学和商业用途设计的独立量子计算机 Q System One，该计算机的计算能力 20 量子比特（即一步可运算 2 的 20 次方）。
2019 年	D-WAVE 公司推出其 5000 量子比特计算机的发展蓝图，预计 2020 年进入市场。

资料来源：新京报、中国科技报等²，光大证券研究所

图 8：IBM Q System One



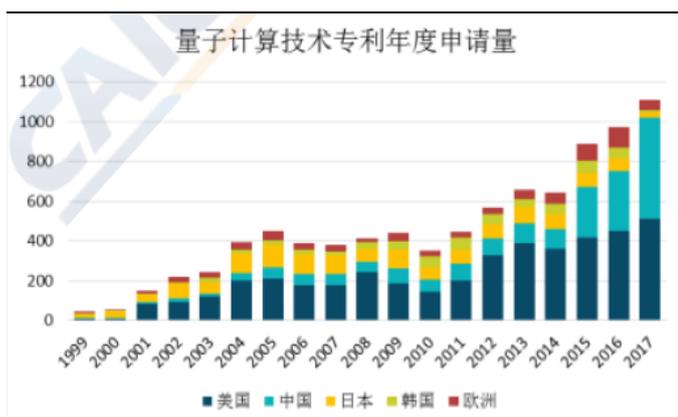
资料来源：IBM Q 官网

图 9：D-wave 2000Q



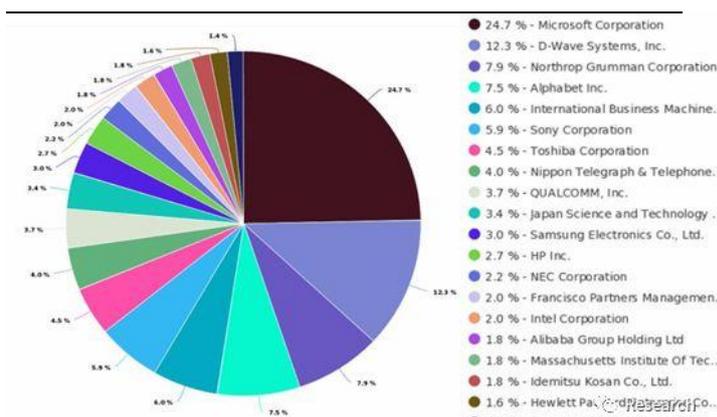
资料来源：D-wave 官网

图 10：历年各国量子计算技术专利申请情况



资料来源：中国信息通信研究院

图 11：各公司在量子计算的专利申请情况



资料来源：中国信息通信研究院

我国量子计算目前还是以理论研究为主，参与者主要是以科研机构、高校为主，但是近年来我国量子计算的研究发展迅速，我国在高水平 SCI 论文数量总量上已经仅次于美国。我国量子计算刚刚从基础研究迈入技术积存和

² https://www.sohu.com/a/138541172_479846

集中攻关的阶段，在产品工程化及应用推动方面与美国科技巨头存在明显的差距，国内仅一家初创企业，但是这两年阿里巴巴、百度和华为等科技巨头先后关注和加大量子计算领域的投入。

表 3：我国量子计算领域的发展历程

时间	事件
2013 年	中国科学技术大学潘建伟院士领衔的量子光学和量子信息团队首次成功实现了用量子计算机求解线性方程组的实验。
2015 年	由中科院牵头，联合中科大、科大国盾、中国铁路网络有限公司、中兴通讯等，成立了“中国量子通信产业联盟”。
2017 年	中科大、中国科学院-阿里巴巴量子计算实验室、浙江大学、中科院物理所等协同完成参与研发世界上第一台超越早期经典计算机的光量子计算机（5 量子比特）。
2017 年 4 月	中国科学院院长白春礼院士透露，中科院正在研制中国首台量子计算机，预计在最近几年内有望研制成功。
2018 年 3 月	百度宣布成立量子计算研究所，计划在五年内组建世界一流的量子计算研究所，逐步将量子计算融入到业务中。
2018 年 10 月	阿里巴巴达摩院在云栖大会宣布着手超导量子芯片和量子计算系统的研发。华为在全联接大会期间正式发布量子计算模拟器 HiQ 云服务平台。
2018 年 12 月	中国科学技术大学郭光灿院士团队宣布，成功研制出一套精简、高效的量子计算机控制系统。

资料来源：中国信通研究院，光大证券研究所

2.3、重构世界：量子计算机的未来

量子计算机不会取代经典计算机，但将会在执行对现有计算机来说太过复杂的任务方面表现出众，特别是那些需要在大数据里面展开搜索和对大数进行质因数分解的任务。这是因为基于量子叠加和量子纠缠的内在特性，量子计算机可以实现快速的并行计算和量子行为模拟，从而重新定义程序和算法，这就使得它能够在一些特定的应用场景有很好的优势，如加密通信、药物设计、交通治理、天气预测、人工智能、太空探索等领域。

具体而言，在加密通信领域，一切现有的密码学全都要被重新改写，因为用量子计算机能轻易破译所有密码。如经典的 RSA 算法，若用 400 位数的整数来做一个 RSA 密钥，依托现有的经典计算机需要 60 万年才能完成破译，但是对于量子计算机只要 3 个小时就能够破译。

在药物设计领域，开发一种新药需要开展无数不同分子组合方式的试验，从而能够找到有效治愈某种疾病的药物特性。这个过程需要持续数年。量子计算机能在短期内绘制数以万计的分子组合模式，并迅速确定最有可能生效的组合，加大的节省药物的研发成本和周期。

在交通治理方面，量子计算机能迅速对复杂的交通状况进行研判，调度综合交通系统，最大限度避免道路拥堵。

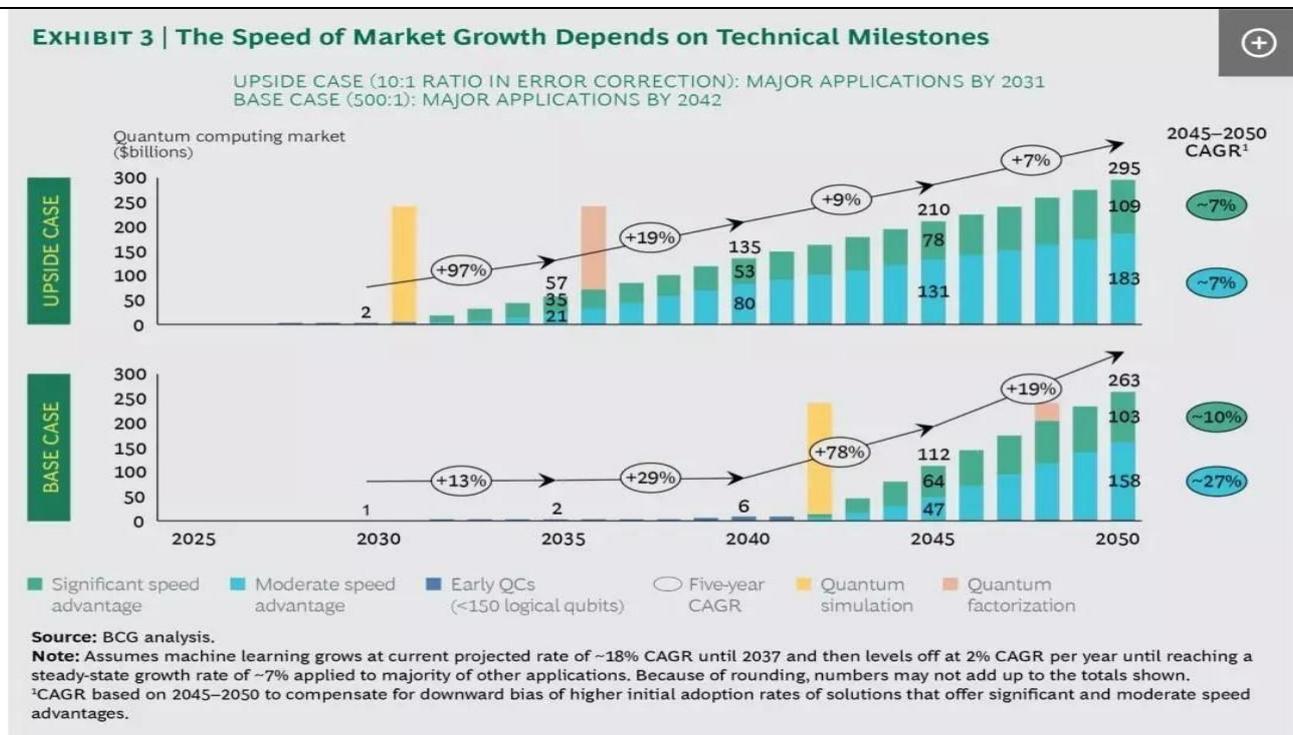
2.4、量子计算市场潜力巨大

根据波士顿咨询的预测，保守看来，到 2035 年，量子计算市场将达到 20 亿美金体量。随着采纳率的提高，到 2050 年，市场规模将飙升至 2600 亿美元。

若当前桎梏量子计算发展的主要因素——物理量子位的错误率——能够显著降低，那么到 2035 年，量子计算市场规模将达到 600 亿美元，并在

2050 年增加到 2950 亿美元。与之相比，当今全球商业及消费市场总规模为 8000 亿美元。

图 12：量子计算市场爆发情况预测



资料来源：波士顿咨询

3、中国量子通信产业化进程世界领先

量子通信相对于传统通信具备绝对安全性，在对信息安全要求比较高的领域有望率先推开，目前整体还处在试点应用阶段，未来随着技术的升级和成本的降低，量子通信有望向商业领域拓展，市场空间巨大。虽然我国量子通信领域发力较晚，但是凭借政策支持和巨大的资金投入，我们在量子通信领域成功实现了弯道超车，在试点应用数量和网络建设规模方面全球领先，并且多项建设记录领跑全球。

3.1、量子通信安全性好于传统通信

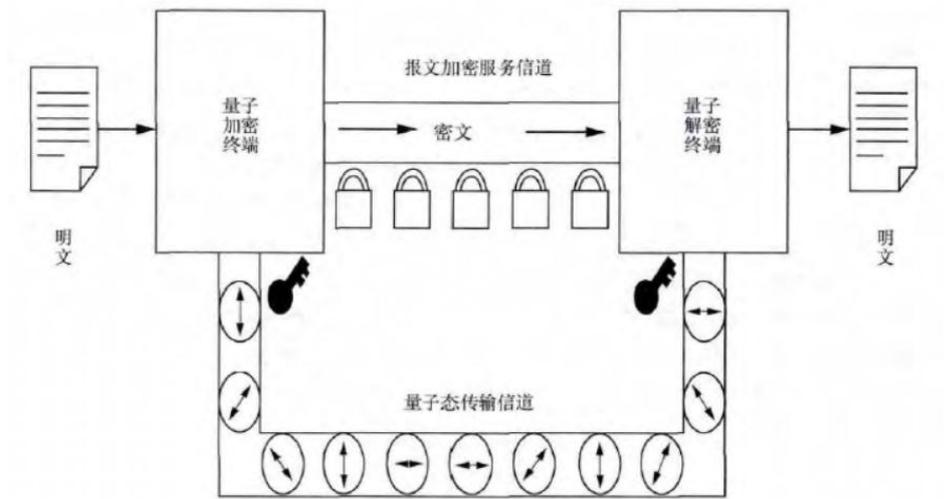
量子通信是使用量子态携带所要传送的信息，并把量子纠缠作为信道，将该量子态从 A 地传送到 B 地的一种通信方式，量子通信按其所传输的信息是经典还是量子而分为两类：量子密钥分发和量子态隐形传输。

量子密钥分发 (QKD)：在信息收发双方进行安全的密钥共享，借助一次一密的加密方式实现双方的安全通信。利用量子的不可测性和不可克隆性，从而实现信息的不可窃听，首先在收发双方实现无法被窃听的安全密钥共享，之后再与传统保密通信技术相结合完成经典信息的加解密和安全传输。这是目前市场上主流也是产业化较为成熟的技术路线。

量子态隐形传输 (QT)：基于量子纠缠态的分发与量子联合测量实现量子态信息的直接传输,在量子信息的转移过程中不移动信息载体本身。同经典通信相类似,远距离量子通信会出现纠缠减弱。因此需要建立量子中继以保证量子通信通畅。目前处于前沿研究阶段,落地仍有困难。

与传统通信方式相比,量子通信在确保信息安全,增大信息传输量,传输信息高效,抗干扰能力强等方面具有绝对优势,是迄今为止是唯一通过数学方式被严格证明的绝对安全的通信方式。不但在国家安全、金融等信息安全领域有着重大的应用价值和前景,而且逐渐走进人们的日常生活。

图 13: 量子密钥分发基本架构



资料来源：《量子通信应用现状及发展分析》，赖俊森

图 14: 量子通信技术研究与应用发展历程



资料来源：中国信息通信研究院

3.2、全球量子通信产业化提速，中国产业化进程领先

量子保密通信是量子信息领域中率先进入实用化的技术方向。近年来，各国逐步开展量子通信试点应用。上世纪 90 年代，美国是世界上第一个将量子技术列入国家战略的国家。2003 年，美国哈佛大学建立了世界首个量子保密通信实验网。而欧盟在也是从上世纪 90 年代第五研发框架计划开始就重点支持量子通信研究，而后多国又通过 SECCOQC 和瑞士量子等项目进行了 QKD 组网验证。进入 21 世纪后，日本、韩国、新加坡等国开始发力——日本于 2000 年将量子通信列为国家级高技术开发项目，并制定长达 10 年的中长期研究计划。韩国等国也纷纷大力投入科研资源，通过设立量子通信实验中心和专项机构，希望可以在此领域取得突破。

表 4：21 世纪后国外量子通信发展历程

国家	时间	事件
美国	2000	美国 Los Alamos 国家实验室在全日照条件下实现 1.6km 自由空间量子密钥分发。
	2003	美国哈佛大学建立世界首个量子保密通信实验网。
	2004	美国国防部高级研究署自主 BBN 公司建成全球第一个量子通信试验网络。
	2005	美国学者 Lo 等人提出了多强度诱骗态调制方案，解决了量子密钥分发系统中的弱相干光源多光子的安全漏洞，拉开了量子通信的实用化的序幕。
	2006	美国 Los Alamos 国家实验室基于诱骗态方案，实现能够确保绝对安全的 107km 光纤量子通信实验。
	2010	美国洛斯阿拉莫斯国家实验室构建城域量子通信网络。
	2013	环美量子通信骨干网络项目公布，计划为谷歌、亚马逊、微软等互联网巨头的数据中心之间的通信提供安全保障服务。
	2015	NASA 计划在其总部与 JPL 之间建立一个远距离光纤量子通信干线，该干线的直线距离 600 千米，并计划将其拓展到星地量子通信。
	2018	美国 Quantum XChange 公司公布连接华盛顿特区和波士顿的 800 公里商用 QKD 线路建设计划。
欧盟	2002	欧洲小组在自由空间中量子密钥分发的举例达到 23km，证实了通过近地卫星传送量子密钥的可能性。
	2007	欧洲研究小组在自由空间实现了 144km 的基于纠缠的 QKD。
	2008	欧洲联合小组简历了 SECOQC 量子安全通信网络。
	2009	英国启动连接剑桥、布里斯托和南安普顿的量子保密通信测试网络建设。
	2013	发布了量子信息技术专项计划，准备投入 2.7 亿英镑在量子通信和量子计算等方面用于促进新应用和新产业的形成。
	2016	欧盟“量子宣言”旗舰计划公布泛欧量子安全互联网规划。
	2017	发布《量子通信十年发展规划》：三年内完成 QRNG 和 QKD 设备及系统的研发及认证，量子中继器的系统和协议的发展等；六年内为城际与市内网络打造的具有成本效益和可拓展性的设备和系统，以及连接设备和系统的量子网络的可扩展性解决方案；十年内开发自主城域、长距离 (>1000km) 量子互联网。
日本	2010	日本与欧洲联合建立东京量子密钥分发网络。
韩国	2015	SKT 宣布计划建设总长约 256 公里的量子保密通信网络。

资料来源：国防部网³，光大证券研究所

我国量子通信领域世界领先，多项建设记录领跑全球。我国量子通信虽然起步较晚，但是凭巨大的资金投入和政策支持，我们在量子通信领域成功实现了直道超车，在试点应用数量和网络建设规模方面全球领先，并且多项建设记录领跑全球。2004 年中科大完成从北京到天津的 125 公里光纤线路，完成了首次量子密码现网传输，并创下了最长的传输记录。2008 年，潘建伟团队在合肥市实现了国际上首个全通型量子通信网络。之后，我国也在城

³ http://www.mod.gov.cn/shouye/2016-08/16/content_4713034.htm

域网量子通信网络、量子商用干线和量子卫星等方面的建设创造多项世界记录。2016年，我国发射世界首颗量子通信卫星“墨子号”；2017年，我国建成全球首条商用量子保密通信线路——“京沪干线”，长达2000多公里，这标志着我国量子通信技术产业化已经成熟，处于世界领先水平，这也将为未来政府、金融机构等客户在量子通信上开展技术验证和行业应用打在坚实的基础。

现有的量子通信网络建设方面，2017年，“宁苏干线”、“沪杭干线”、“武合干线”、“齐鲁干线”和“武汉城域网”等项目开始建设。2018年，国家广域量子保密通信骨干网络建设一期工程开始实施，在“京沪干线”基础上，增加武汉和广州两个骨干节点，新建北京-武汉-广州线路和武汉-合肥-上海线路，并接入若干已有和新建城域网络。

图 15：“墨子号”量子实验卫星



资料来源：北京市科协网站图

表 5：国内量子通信发展历程

时间	事件
2004	北京-天津 125 公里光纤线路，完成量子密码首次现网传输。
2005	潘建伟院士的团队在世界上第一次实现 13 公里自由空间量子通信实验，证实了星-地量子通信的可行性。
2007	4 节点北京网通现网量子密码路由器组网测试。
2008	潘建伟团队在合肥市实现了国际上首个全通型量子通信网络，并为国庆 60 周年阅兵关键节点间构建了“量子通信热线”。 建成首个合肥 3 节点全通型量子保密电话网络。
2009	潘建伟、陈增兵、彭承志等人所组成的团队针对量子通信实用化展开了攻关研究，研制成功量子电话样机，在商业光纤网络的基础上，组建了可自由扩充的光量子电话网，节点间距达到了 20 公里，实现了“一次一密”加密方式的实时网络通话和 3 方对讲机功能，真正做到了“电话一拨即通、语音实时加密、安全牢不可破”的量子保密电话。同年，国内首个“量子政务网”在安徽芜湖建成，标志着量子密码保密通信已经进入工程化阶段。
2011	合肥和芜湖建成城域量子保密通信实验示范网和量子政务网。
2012	潘建伟的团队在合肥市建成了国际上首个规模化的城域量子通信网络，节点数达到了 46 个，远远超过此前国际上已有的同类网络，投入资金 6000 多万元。使用光纤约 1700 公里，通过 6 个接入交换和集控站，连接 40 组“量子电话”用户和 16 组“量子视频”用户。同年，新华社和中国科大合作建设的金融信息量子通信验证网在北京开通，在世界上首次实现利用量子通信网络对金融信息的安全传输。
2013	潘建伟团队在济南建成了 50 节点城域量子通信试验网，进一步提升了器件性能；同年该团队在核心量子通信器件研究上取得重要突破，成功开发了国际上迄今为止最先进的室温通信波段单光子探测器，并利用该单光子探测器成功解决了现实环境中单光子探测系统易被黑客攻击的安全隐患，大大提高了现实量子通信系统的安全性。

2014	济南市建设的“济南量子通信试验网”正式投入使用。这是我国第一个以承载实际应用为目标的大型量子通信网，也是世界上已知的 规模最大、功能最全 的量子通信试验网；同年实现了 200 公里测量器件无关量子密钥分发。
2015.12	由中国科学院、中国科学技术大学和科大国盾量子等机构共同发起组建的“中国量子通信产业联盟”在北京成立。
2016.08	世界首颗 量子科学实验卫星——墨子号发射成功，我国成为世界上首个实现卫星和地面之间量子通信的国家。此外，墨子号量子卫星顺利完成三大科考任务。
2016.11	相关各方签订协议将开建量子保密通信“武合干线”和武汉量子保密通信城域网。
2017.03	全球首条 量子通信商用干线——沪杭干线正式全线接通，标志着量子通信产业化时代的到来。
2017.09	我国第一个商用量子保密通信专网“济南党政机关量子通信专网”于在济南完成全网验收并正式投入使用。
2017	量子保密通信“宁苏干线”、“沪杭干线”、“武合干线”、“齐鲁干线”和“武汉城域网”等项目开始建设。
2018.01	我国与奥地利科学院塞林格研究组合作，利用“墨子号”量子科学实验卫星，在中国和奥地利之间首次实现距离达 7600 公里的洲际量子密钥分发，并利用共享密钥实现加密数据传输和视频通信。
2018	国家广域网量子保密通信骨干网络建设一期工程开始实施。

资料来源：中国信通产业研究院，光大证券研究所

从专利申请来看，中国量子通信专利申请数逐年递增，在全球量子通信专利数中所占比例遥遥领先。

图 16：量子通信技术专利年申请量



资料来源：中国信息通信研究院知识产权中心

3.3、市场规模巨大，产业链基本形成

据前瞻产业研究院发布的《量子通信行业发展前景与投资战略规划分析报告》数据显示，2017 年，我国量子通信行业市场规模达到了 180 亿元，到 2018 年将达到 320 亿元左右，同比增长 77.78%，预计到 2024 年，我国量子通信行业建设及运营服务市场规模达 912 亿元，同比增长 13.57%。根据预测，国内量子通信短期市场规模在 100-130 亿元左右，长期市场规模将超过千亿。而在下游应用领域方面，目前还是以政府应用为主，但是面向商用的金融板块的应用正在加速推进，根据前瞻网的预测，到 2021 年，量子通信在政府服务领域应用占比将达到 30%；金融领域应用其次，占比为 22%；商业领域、国防军事紧随其后，占比分别为 20%、16%。

随着近年来我国在量子通信试点应用和网络建设的不断推进，我国量子通信产业链已初步形成，从基础研究、设备研发、建设运维到安全应用都有

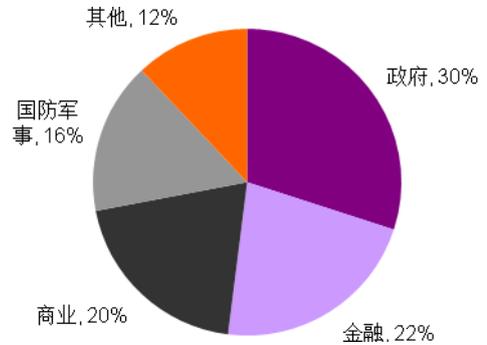
涉及。在国内，中科大在量子通信产业化方面表现突出，其衍生与合作建立了科大国盾、安徽问天量子等公司，进行量子保密通信前沿研究成果向应用技术和商用化产品的转化。

图 17：我国量子通信市场规模及其预测



资料来源：前瞻产业研究院

图 18：2021 年量子通信下游应用领域分布



资料来源：前瞻产业研究院

图 19：我国量子保密通信产业总体视图



资料来源：中国信息通信研究院

4、投资建议

量子科学是 20 世纪最为重要的科学发现之一，自问世以来先后孕育出原子弹、激光、核磁共振等新技术。进入 21 世纪之后，人类对微观粒子系统的观测和调控技术不断突破和提升，使得从量子观察到量子调控成为可能，这为即将爆发的第二次量子科技革命提供了很好的基础，而这次第二次量子科技革命的主角就是以量子计算和量子通信为主的量子信息技术。

量子信息凭借其高并行速度和绝对安全性，被赋予了引领人类第四次科技革命的可能性。各国为了抢占量子科技领域未来的国际话语权，纷纷出台

相关政策和提供资金来大力推进量子信息技术的发展。产业资本也纷纷加快在量子信息领域的布局，预计行业将进入一个从 0 到 1 的快速发展时期。

我国在量子计算领域目前还是以研究为主，产业应用较少；但是我国量子通信研究和技术应用方面全球领先，而且各地方量子通信网络建设和各行业量子通信试点应用正在加速推进，量子信息技术的发展进入加速期。我们认为在该领域布局领先的且具备技术和产品优势有望优先受益行业发展，重点推荐量子通信保密干线京沪干线主建设方、具备丰富量子通信网络建设经验并开始发展量子通信应用领域的**神州信息**。建议关注已经申报科创板的**国盾量子**，持有量子通信产业龙头公司科大国盾部分股权的**浙江东方**和**银轮股份**；同时建议关注量子通信产业链上下游布局相对领先的**科华恒盛**、**中科曙光**和**亨通光电**。

表 6：国内上市企业量子信息技术布局

公司名称	上市情况	布局情况
神州信息	A 股	公司参与多个国家级量子项目，通过与国盾量子、国科量子深度合作涉足量子通信运维服务，已有 20 余家金融机构基于神州信息承建的国家骨干网、城域网等，实现了量子技术和业务系统的结合。与国盾量子、国翔辰瑞共同出资成立“神州国信量子科技有限公司”，形成“技术+产品+市场”模式，加速量子技术产业化进程。承建了量子通信保密干线“京沪干线”工程，实现了与“墨子号”量子科学实验卫星兴隆地面站的连接，并于 2017 年年底中标量子保密通信“武合干线”项目。另外，公司间接持有科大国盾 1% 股权。
国盾量子	科创板受理	量子通信龙头。发源于中国科学技术大学，是全球领先的量子通讯设备制造商和量子安全解决方案提供商，能够提供从方案设计到设备生产，从网络实施到网络运维全套量子通信网络解决方案，是国内拥有最多量子通信领域专利的公司。先后承建了全球首个规模化城域量子保密通信网络——合肥城域量子通信试验示范网、我国首个金融应用量子通信试验网——新华社金融信息量子通信验证网、国家某重大活动通信保障量子安全网络以及济南量子通信试验网等，公司的产品和解决方案还支撑了全球首条广域量子保密通信干线——“京沪干线”的建设；同时，国盾量子正在全国十余个重点城市和地区建设不同规模的量子保密通信网络和骨干线路。2018 年营收为 2.65 亿元。
浙江东方	A 股	控股子公司浙江国贸东方投资管理公司与中科大潘建伟教授团队战略合作，设立“浙江神州东方量子网络技术有限公司”，作为浙江省量子技术产业化平台。另外，公司参股的杭州兆富和杭州云鸿投资分别持有科大国盾 4.34% 和 4.90% 的股权。
银轮股份	A 股	参股量子独角兽科大国盾，直接或间接参股的杭州兆富和杭州云鸿投资分别持有科大国盾 4.34% 和 4.90% 的股权。
科华恒盛	A 股	与科大国盾签署《合作备忘录》，共同开发量子技术应用市；研发成功量子通信微模块数据中心实验平台、智慧能源运维管理解决方案等技术成果。
中科曙光	A 股	与量子网络合作共同打造量子通信产业生态圈，同时双方合作研发了全球首款基于量子通信的云安全一体机 QC Server。
亨通光电	A 股	与中科大安徽问天量子合作成立“江苏亨通问天量子信息研究院有限公司”，与北京邮电大学联合建立“量子光电子学与弥聚子论实验室”；亨通光电承担的全球首个长距离相位编码的广域量子通信商用干线“江苏省宁苏量子干线建设工程”正式开通，公司成为 A 股上市公司第一家承担量子通信干线建设的企业；与中国联通合作探索量子通信在现网业务承载的可能。
蓝盾股份	A 股	与华南师范大学信息光电子科技学院共同筹建量子密码技术联合实验室。
华工科技	A 股	华工科技子公司华工正源的首席科学家王肇中教授正在研制的量子点激光器正是服务于国家的量子通信系统，属于量子通信中所需要的量子点激光器。能在高速光通信、量子通信、图像显示、导航、高功率激光武器等领域发挥巨大的应用。公司将量子通信技术作为其战略发展的储备项目。
天海防务	A 股	与深圳中科创客学院有限公司等拟合作成立“深圳中科佳豪量子工程研究院”。
三力士	A 股	与山西省太原市民营经济开发区就山西省量子保密通信网络建设项目进行合作。
凯乐科技	A 股	牵手北京中创为量子通信技术有限公司。
光迅科技	A 股	2016 年开始进行量子通信领域布局，在量子通信领域处于技术积累和产品开发阶段；2017 年 11 月宣布将与科大国盾合作成立“国讯量子芯科技有限公司”。
中兴通讯	A 股	与中科院、中科大、科大国盾量子技术股份有限公司、阿里巴巴(中国)有限公司、中国铁路网络有

		限公司、北方信息技术研究所等单位签署战略合作框架协议，成立“中国量子通信产业联盟”；推出了基于 OTN（光传送网）设备实现量子加密传送方案，成功实现了将量子通道与经典通道共纤传输；采用标准化的量子密钥服务接口，实现开放型的量子通信架构；在无需改造现网业务系统的条件下获得量子加密通信技术带来的安全增值，有利于量子加密光传送网设备的商用部署。
宁波建工	A 股	公司持有融美科技 20% 股份，融美科技持有中经云 60% 股份，中经云和安徽量子公司合作建设基于量子通信技术的国家大数据中心。
全新好	A 股	涉足钽铌矿产品采选，铌是制作量子计算机处理器电路的原材料。
冰轮环境	A 股	量子计算机冷却系统需应用超低温段氦气制冷技术。
科大国创	A 股	2018 年对国仪量子进行增资，增资完成后持有国仪量子 1.89% 的股权。
中电广通	A 股	以中船重工-中国科大量子导航联合实验室、量子通信联合实验室、量子探测联合实验室为依托，分别设立量子导航、量子通信、量子探测技术研究项目，项目总投资 3 亿。
九州量子	新三板	公司副总裁赵义博为中科大量子物理博士；与清华大学合作成立量子网络联合实验室；与世界著名量子通信公司 IDQ 设立浙江科易理想量子信息技术有限公司；具有从量子通信研发生产及销售到量子加密信息安全服务及整体方案提供的全产业链。子公司浙江神州量子是沪杭量子通信干线的核心建设和运营方。

资料来源：神州信息、国盾量子等公司公告，光大证券研究所

4.1、神州信息：京沪干线的主建设方，发力量子通信应用领域

公司 2018 年实现收入 90.77 亿元，同比增长 10.87%；受终止 ATM 业务影响，公司针对金信科技计提长期投资减值损失 1.94 亿元，受其影响，公司 2018 年归母净利润为 0.42 亿元，若剔除 ATM 机业务及其他一次性事项影响后，公司实现净利润 3.31 元，同比增长 9.24%。

◆量子通信布局领先，量子保密通信基础设施建设经验丰富

公司 2012 年就切入量子通信产业，公司参与多个国家级量子项目，通过与国盾量子、国科量子深度合作涉足量子通信运维服务，已有 20 余家金融机构基于神州信息承建的国家骨干网、城域网等，实现了量子技术和业务系统的结合。承建了量子通信保密干线“京沪干线”工程，实现了与“墨子号”量子科学实验卫星兴隆地面站的连接，并于 2017 年年底中标量子保密通信“武合干线”项目，后又于 2018 年连续中标“汉广干线”和“沪合干线”。2017 年公司量子通信贡献收入 1.16 亿元。

◆依托量子通信技术实力，发力量子通信应用领域

依托公司多年积累的量子通信网络的建设经验，公司积极开拓量子通信在行业应用的需求，目前已经在量子密钥服务方面取得了突破式进展，该服务除应用于 RCPMIS 系统，还实现了央行两地三中心数据报送应用、商业银行向央行的数据报送应用，为银行参与量子应用提供更多示范与可能。同时与国盾量子、国翔辰瑞共同出资成立“神州国信量子科技有限公司”，形成“技术+产品+市场”模式，加速量子技术产业化进程。截至目前，神州信息与国盾量子携手帮助近 20 家金融机构实现量子技术和业务系统的结合，如上海银行、上海农商行、中国银行、工商银行、光大银行等，积极推进国家命脉行业安全可控。

◆股权激励充分彰显公司发展信心

4 月 23 日，公司公告拟对包括公司董事、高级管理人员和核心骨干人员在内的 127 名激励对象实施股权激励，授予股票权益合计不超过 3,000 万份，

占总股本的 3.11%。这是公司上市以来第一次实施股权激励，而且覆盖了主要管理人员和核心骨干，股权激励充分，公司有充足动力再创佳绩。同时，授予的激励的限售股的业绩考核指标是 2019-2020 年公司归属于母公司的净利润分别不低于 3.6 和 4.35 亿元，业绩考核目标充分彰显了公司对未来的发展信心。

◆投资建议：

因受终止 ATM 业务影响，下调公司 19-20 年收入预测分别为 97 亿和 105 亿，同时预测 21 年公司收入为 112 亿元。因终止高毛利率的 ATM 业务，整体毛利率有所下滑，下调 19-20 年归属于上市公司股东净利润预测分别为 3.60 和 4.35 亿元，同时预测公司 21 年归属于上市公司股东净利润预测为 4.99 亿元。预计 19-21 年公司 EPS 分别为 0.37、0.45 和 0.52 元/股，对应市盈率分别为 35、29 和 25X。看好分布式核心业务和量子通信业务快速发展给公司带来的业绩弹性，维持“增持”评级。

◆风险提示：

量子通信业务发展不及预期；金融科技业务拓展不及预期；产品创新不能及时跟进市场需求；市场整体估值水平下降。

表 7：神州信息业绩预测和估值指标

指标	2017	2018	2019E	2020E	2021E
营业收入（百万元）	8,187	9,077	9,741	10,459	11,236
营业收入增长率	2.16%	10.87%	7.31%	7.37%	7.43%
净利润（百万元）	303	42	360	435	499
净利润增长率	25.06%	-86.09%	755.57%	20.77%	14.83%
EPS（元）	0.31	0.04	0.37	0.45	0.52
ROE（归属母公司）（摊薄）	6.19%	0.85%	6.83%	7.67%	8.16%
P/E	41	297	35	29	25
P/B	2.6	2.5	2.4	2.2	2.0

资料来源：wind，光大证券研究所预测，股价时间为 2019 年 04 月 23 日收盘价

5、风险分析

量子技术发展不及预期：量子信息技术是一个技术和智力密集型行业，技术的发展存在诸多不确定性。

政策落地不及预期：量子信息技术的初期发展还是以政策驱动为主，政策落地不及预期对行业发展影响比较大。

量子通信应用开展不及预期：我国目前量子通信还处在网络建设阶段，相关应用还处在试验阶段，未来有试验效果不及预期的风险。

市场系统性风险：外围扰动等因素导致市场系统性调整，计算机板块受情绪影响较明显，存在同步调整风险。