

中国科技战略 China Technology Strategy

从诺贝尔物理学奖看量子技术如何改变世界

How Quantum Technology Can Change the World from the Nobel Prize in Physics

Barney Yao

barney.sq.yao@htisec.com

Oscar Wang

sy.wang@htisec.com

热点速评 Flash Analysis

(Please see APPENDIX 1 for English summary)

事件

10月4日，瑞典皇家科学院诺贝尔奖委员会公布了2022年物理学奖获得者：阿兰·阿斯佩（Alain Aspect）、约翰·克劳泽（John F. Clauser）和安东·塞林格（Anton Zeilinger），以表彰他们在“用纠缠光子实验，验证了量子力学违反贝尔不等式，开创了量子信息科学”方面的成就。瑞典皇家科学院在诺奖公报中表示，三位获奖者在量子纠缠实验的贡献“为当前量子技术领域正发生的革命奠定了基础”。这是量子信息科学研究者首次获得诺贝尔奖，其中安东·塞林格亦一直积极推动国际交流与合作，为中国量子科技发展保持关注和支持。

点评

量子信息的主要应用方向为量子通信和量子计算。根据科普中国介绍，量子信息，是量子力学（描述微观世界的基本物理规律）与信息科学结合产生的交叉学科。通信和计算是信息科学的两大研究主题，而量子信息的研究内容也相应地分为量子通信和量子计算。量子通信和量子计算各自又包括若干具体应用，如量子密码术和量子隐形传态隶属于量子通信，而量子搜索和量子因数分解隶属于量子计算。

量子通讯快速实用化，产业化进程有望启动。量子通信基于量子物理学的基本原理，克服经典加密技术内在的安全隐患，是迄今唯一被证明无条件安全的通信方式，完美解决国防、金融、政务、商业等领域的信息安全问题。作为信息学的一个重要分支，量子通信利用量子态作为信息载体来进行信息交互，根据国盾量子招股书介绍，目前量子通信的典型应用形式包括量子密钥分发（Quantum Key Distribution, QKD）和量子隐形传态（Quantum Teleportation, QT）。其中量子密钥分发是最先实用化的量子信息技术，可以提升加密通信体系的长期安全性，在国际上广受认可。基础研究方面，我国整体与美国、欧洲、日本处于国际最前沿水平。我们认为，现阶段量子通信市场规模依然较小，随着技术成熟度的突飞猛进，有望快速推动量子通信的产业化进程。

量子计算为突破经典计算算力极限的革命性技术，未来将与经典计算机相辅相成。量子计算经历了近半个世纪的积累和沉淀，提高量子比特数量和操作精度成为了科学与企业界实现大规模应用的关键。后摩尔时代，量子计算有望帮助传统芯片性能极限突围，并通过量子芯片重塑以芯片为核心的现代电子信息制造体系。此外，从人工智能、信息安全、加密通信领域，到基础科研、化工能源、太空探索等领域，量子计算机替代经典计算机更多的是需要超大算力解决的问题，而两者并非严格的替代关系，量子领域的发展应加深和传统技术领域的合作。我们认为，未来量子计算机和经典计算机将相辅相成，挖掘各自适合的商业模式和应用场景，应对不同的市场需求。

量子技术未来价值分析：量子技术的巨大价值潜力已经深入各行各业，根据BCG测算，未来15-30年有望创造4,500-8,500亿美元的市场价值，而未来3-5年内，其价值就有望达50-100亿美元。量子计算系统目前的研究重点是复杂应用，如密码学（400-800亿美元）、优化（1,000-2,200亿美元）、机器学习（1,500-2,200亿美元）和模拟（1,600-3,300亿美元）。量子计算系统未来将能处理各行各业的计算难题，对社会带来的潜在价值不可估量。

建议关注国盾量子（688027.CH）。公司是中国量子技术先驱企业，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，其量子保密通信行业应用布局广泛，并积极布局量子计算仪器设备，联合研究机构和大学进行前沿科技研发，搭建超导量子计算原型机的技术和业务能力逐步提升。

风险

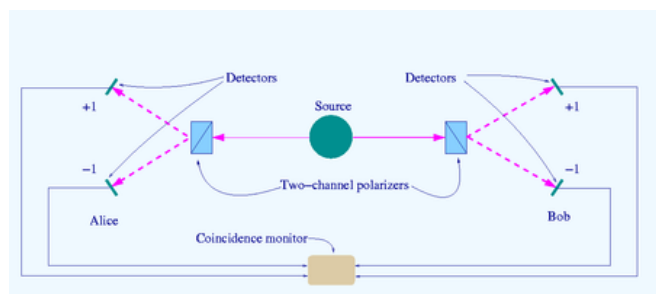
量子技术突破不及预期；量子技术应用扩展不及预期；量子技术产业链波动风险；国内外政策推动不及预期。

1. 量子信息技术将重塑信息时代秩序

量子力学的诞生和第一次量子革命：从上世纪 20 年代诞生以来，量子力学已催生了晶体管、激光等重大发明，科学界称之为第一次量子革命。其中，量子纠缠（quantum entanglement）长期是量子力学中最大的争议点之一。根据维基百科，量子纠缠是一种奇怪的量子力学现象，处于纠缠态的两个或多个量子不论相距多远都存在一种纠缠态，即其中纠缠中的一个量子状态改变，另一个的状态会瞬时发生相应改变，即便两者相距甚远。比如，一个光子的偏振态向上，则另一个光子的偏振态就必然是向下的，仿佛拥有“心灵感应”。

量子力学的争议：“远距离幽灵行动”。根据维基百科，以爱因斯坦为代表的一派物理学家对量子纠缠持怀疑态度，爱因斯坦称其为“远距离幽灵行动”，并认为纠缠的粒子之间存在着某种人类还没观察到隐藏变量，即局部因果关系，因此量子力学理论是不完整的；1935 年，爱因斯坦等物理学家提出了著名的 EPR 佯谬，更进一步地质疑量子力学没有提供对现实完整描述。20 世纪 60 年代物理学家约翰·贝尔提出了可用以验证量子力学的“贝尔不等式”，该不等式的核心观点是，如果存在隐藏变量，则大量粒子测试结果的相关性永远不会超过某个值。若实验测量结果违反了贝尔不等式，就意味着量子力学不能用局域隐变量理论来解释；反之，若贝尔不等式始终成立，量子力学就可能被其他理论所替代。

图表 1 贝尔定理实验示意



资料来源：维基百科，海通国际

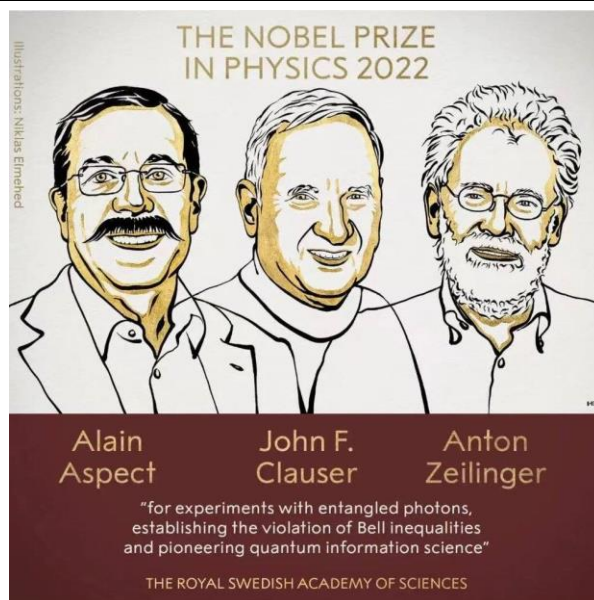
图表 2 贝尔不等式公式

$$|P_{xz} - P_{zy}| \leq 1 + P_{xy}$$

资料来源：维基百科，海通国际

量子力学的突破：验证量子力学违反贝尔不等式。本次三位诺贝尔物理学奖获得者先后成功对贝尔不等式进行验证。根据诺奖官网介绍，早在 1972 年，美国科学家约翰·克劳泽已设计并完成了相关实验观察，其中使用特殊的光照射钙原子，由此发射纠缠的光子，再使用滤光片来测量光子的偏振状态。测量结果证明实验结果违反了贝尔不等式，且与量子力学预测相符。1982 年，法国科学家阿兰·阿斯佩分析克劳泽实验的局限性，改良出新版本的实验并填补了克劳泽实验的明显漏洞，并取得了更加明确的结果：量子力学是正确的，没有隐藏变量，“幽灵真实存在”。2015 年，奥地利科学家安东·塞林格对贝尔不等式进行了更多的实验验证。其中一项实验使用了来自遥远星系的信号来控制滤波器，确保信号不会相互影响，进一步证实了量子力学的正确性。诺奖公报因此盛赞，这三位获奖者的研究成果“为基于量子信息的新技术扫清了道路”。

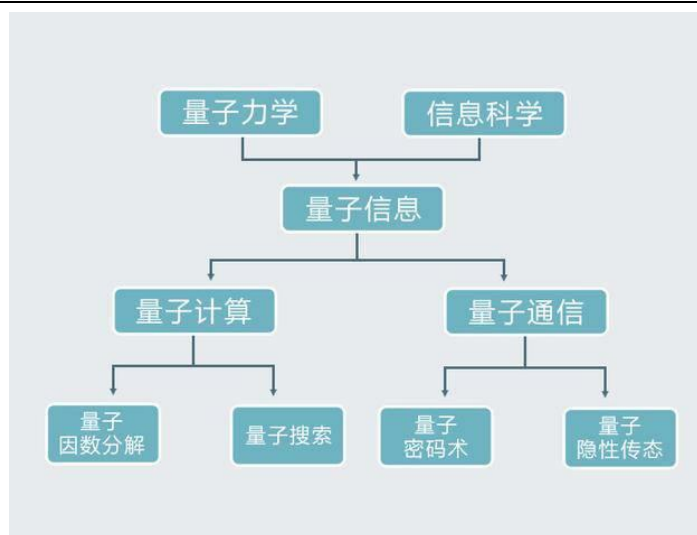
图表3 2022 诺贝尔物理学奖三位获得者



资料来源：The Nobel Prize in Physics 2022, NobelPrize.org, 海通国际

量子信息的主要应用方向为量子通信和量子计算。根据科普中国介绍，量子信息，是量子力学（描述微观世界的基本物理规律）与信息科学结合产生的交叉学科。通信和计算是信息科学的两大研究主题，而量子信息的研究内容也相应地分为量子通信和量子计算。量子通信和量子计算各自又包括若干具体应用，如量子密码术和量子隐形传态隶属于量子通信，而量子搜索和量子因数分解隶属于量子计算。

图表4 量子信息领域的逻辑结构



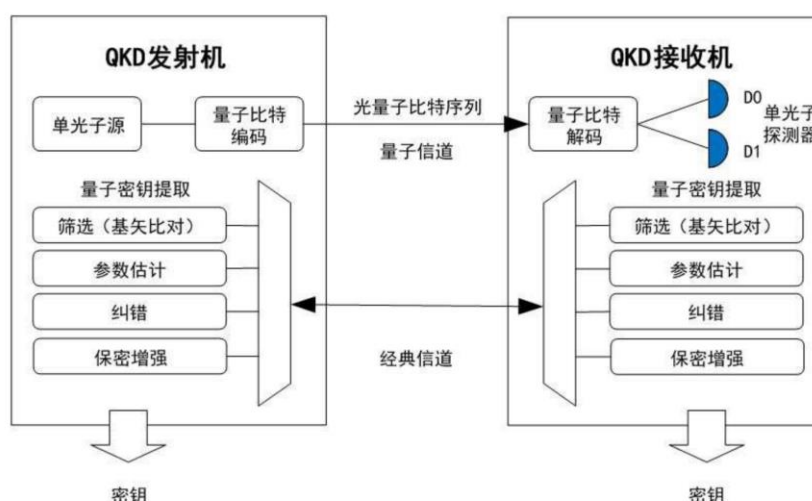
资料来源：科普中国，海通国际

什么是量子通信？量子通信基于量子物理学的基本原理，克服经典加密技术内在的安全隐患，是迄今唯一被证明无条件安全的通信方式，完美解决国防、金融、政务、商业等领域的信息安全问题。作为信息学的一个重要分支，量子通信利用量子态作为信息载体来进行信息交互，根据国盾量子招股书介绍，目前量子通信的典型应用形式包括量子密钥分发（Quantum Key Distribution, QKD）和量子隐形传态（Quantum

Teleportation, QT)。以具备信息理论安全性证明的 QKD 技术作为密钥分发功能组件，结合适当的密钥管理、安全的密码算法和协议而形成的加密通信安全解决方案，被称为“量子保密通信”。

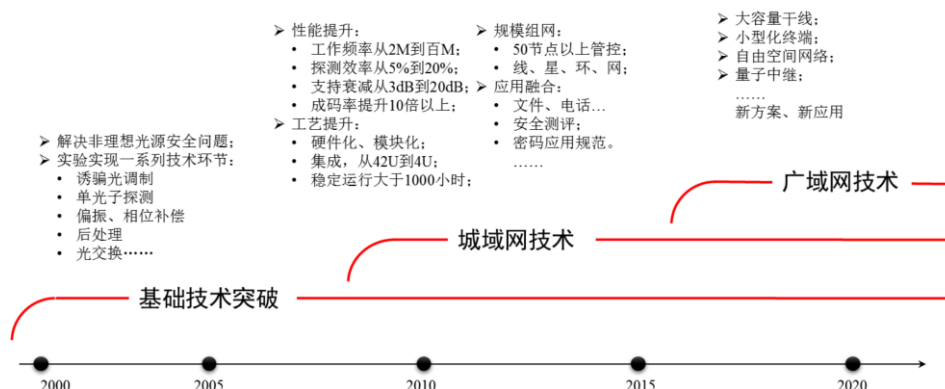
量子密钥分发安全性突出。量子密钥分发利用量子物理原理实现远程密钥交换或协商并保障密钥交换的安全性，是最先实用化的量子信息技术，可以提升加密通信体系的长期安全性，在国际上广受认可。量子密钥分发相比公钥密码技术主要优势在于安全性，无论攻击者的计算分析能力有多高，量子密钥分发都能确保安全。经过从理论到实验的 30 余年的发展，支持 BB84 协议的量子密钥分发技术逐步达到了实用水平，相关技术、设备的支撑能力从城域发展到城际以及星-地。基础研究方面，我国整体与美国、欧洲、日本处于国际最前沿水平。

图表 5 点对点 QKD 系统模型及其工作机制



资料来源：国盾量子招股说明书，海通国际

图表 6 量子密钥分发技术发展趋势



资料来源：国盾量子招股说明书，海通国际

以“墨子号”为代表的中国量子通信发展助力量子信息获奖。早在上世纪 80 年代，上述量子纠缠实验已经完成，之所以诺奖直到今天才奖励量子力学，重要原因之一是源自中国的重要应用场景的推动：2016 年 8 月 16 日 1 时 40 分，中国在酒泉卫星发射中心，用长征二号运载火箭成功发射了世界首颗量子科学实验卫星“墨子号”，标志着未来人类通信有望实现绝对安全性，量子通信将在国防、金融、商业、民生等领域应用广泛。而“墨子号”团队的总工程师、中国科学院院士潘建伟先生则是本次获诺奖的塞林格教授的学生及重要合作伙伴，带领中国科学家团队为本次诺奖获奖做出了杰出贡献。

本次诺贝尔奖的官方介绍大量引用了中国科大潘建伟团队的成果与贡献。塞林格教授早从 1983 年开始就与中国科学院、中国工程院等机构定期交流与合作。根据国盾量子公众号统计，1997 年，塞林格首次实现量子隐形传态并在 Nature 上发表论文，被公认为是量子信息实验研究的“开山之作”，第二作者正是当时留学奥地利的潘建伟。此次塞林格教授获奖所列的四篇量子通信实验论文中都有着潘建伟的名字，并且均为第一作者或第二作者。另外三篇论文是在“墨子号”发射之后中国科学家做出的相关工作，“中国团队的工作共提到了 7 项”。

根据国盾量子公众号介绍，塞林格团队合作参与中国科学院主导的洲际量子通信实验，利用“墨子号”量子科学实验卫星实现距离达 7600 公里的洲际量子密钥分发，成功举行了 75 分钟的中国科学院和奥地利科学院洲际量子保密视频会议，并利用共享密钥实现加密数据传输和视频通信。该成果显示“墨子号”已具备实现洲际量子保密通信的能力。

图表 7 诺奖颁奖现场展示的中国“墨子号”卫星



资料来源：The Nobel Prize in Physics 2022, NobelPrize.org, 海通国际

图表 8 “墨子号”在酒泉卫星发射中心升空



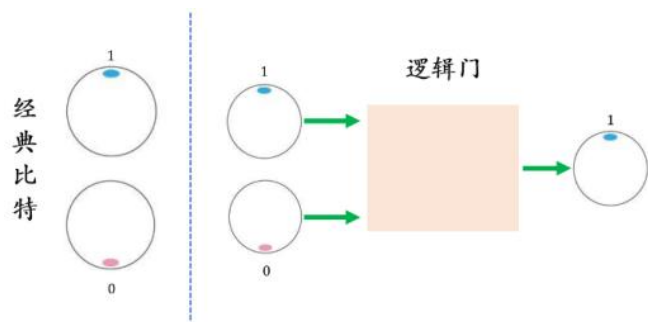
资料来源：BBC, 海通国际

什么是量子计算？ 近来，以量子计算和量子通信为代表的第二次量子革命又在兴起。根据维基百科，量子计算的定义为一种遵循量子力学规律调控量子信息单元进行计算的革命性计算模式。云脑智库将所有计算系统的本质解读为操控一个物理系统去完成计算。而计算的广义定义，凡是按照需求完成输入、运算和输出的均为计算。传统计算机的电子计算利用的是经典电磁规律操控物理系统，而量子计算是利用量子力学规律操控物理系统，操纵的是量子比特（quantum bit，简写：qubit/qbit）。

经典比特和量子比特的区别：根据云脑智库介绍，比特（bit）是信息量的最小单位，而经典计算机的经典比特有 0 和 1 两种状态，就像一枚硬币两面的关系，经过逻辑门运算后的结果是 0 或 1 间的某一种情况，不会出现既是 0 又是 1 的情况。而量子比特却不同，量子比特可以既是 0 又是 1，两种状态同时存在，这种状态在量子力学中称作“量子叠加态”，可以同时呈现多种状态的特性可指数级提高信息处理的速度。

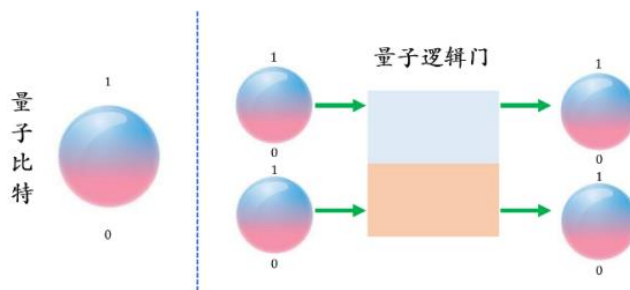
且0和1不仅能同时存在，还可以在初始化时调节量子比特叠加态中0和1的占比（如0:1 = 20%:80%/30%:70%）。量子计算即操控量子比特，进行量子比特叠加态的演化过程。著名的物理实验“薛定谔的猫”就完美诠释了量子叠加态，实验可理解为一量子猫可以同时既处于生又处于死的状态，而这只猫可以被看做一个量子比特。

图表9 经典计算中的经典比特



资料来源：信息安全与通信保密杂志社，云脑智库，海通国际

图表10 量子计算中的量子比特



资料来源：信息安全与通信保密杂志社，云脑智库，海通国际

量子计算为突破经典计算算力极限的革命性技术。从计算的本质来看，提升计算能力的核心在于提升信息容量，即计算机的信息存储能力。根据云脑智库解读，经典比特提升信息容量空间的方法有两种，1）追加物理资源，靠资源交换计算能力；2）将元器件体积做小，用更小的芯片存储更多的比特数量。而时至今日，代表半导体行业金科玉律的摩尔定律已经出现失效的前兆，且线性增长计算能力已无法应对指数规模增长的现实需求，经典计算机的算力发展面临着显著的瓶颈期。

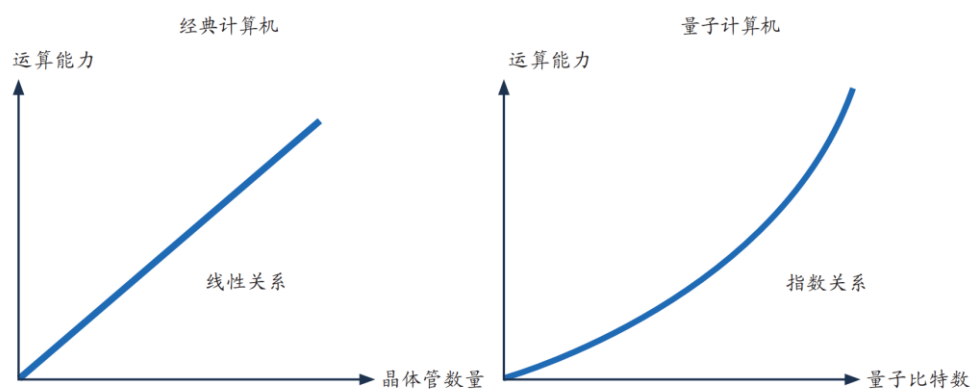
量子比特采用全新的编码方式来扩充信息容量。量子叠加态的特性可实现更加高级的编码方式，即“量子二进制编码”。由于量子的可叠加性，每一个量子比特同一时刻可以处在两个不同的状态上，因此量子计算机的算力将以量子比特的指数级规模拓展和爆发式增长。根据赛迪顾问人工智能产业研究中心计算，量子态叠加使得1台N位的量子计算机算力在理论上等同于 2^N 台N位的经典计算机算力，因此量子计算机相较经典计算机拥有“量子优越性”，当量子计算机发展至可完成经典计算机无法执行的计算时，量子计算将在需要超算解决的场景下实现对经典计算机的替代。

图表11 量子计算机与经典计算机的区别

基本单位	经典计算机信息的基本单元是比特，比特是一种有两个状态的物理系统，用0与1表示。 在量子计算机中，基本信息单位是量子比特（qubit），用两个量子态 $ 0\rangle$ 和 $ 1\rangle$ 代替经典比特状态0和1，每个量子比特的状态是0或1的线性组合（通常称为叠加态）。
运算模式	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。 量子计算为并行计算，因此量子计算机可以同时处理 2^n 个数进行数学运算，相当于经典计算机重复实施 2^n 次操作。
计算能力	在经典计算中，计算能力与晶体管数量成正比例线性关系； 量子计算机中算力将以量子比特的指数级规模拓展和爆发式增长。

资料来源：赛迪顾问人工智能产业研究中心，海通国际

图表 12 经典计算机与量子计算机运算能力影响因素



资料来源：赛迪顾问人工智能产业研究中心，海通国际

2. 量子计算技术方兴未艾，未来将与经典计算相辅相成

量子计算方兴未艾，通用量子计算机 2050 年有望问世。量子计算经历了近半个世纪的积累和沉淀，提高量子比特数量和操作精度成为了科学与企业界实现大规模应用的关键。后摩尔时代，量子计算有望帮助传统芯片性能极限突围，并通过量子芯片重塑以芯片为核心的现代电子信息制造体系。此外，从人工智能、信息安全、加密通信领域，到基础科研、化工能源、太空探索等领域，未来向实验室外拓展量子计算将成为重点方向，预计 2050 年有望实现通用量子计算机，面向更多元的商业化应用场景。

图表 13 量子计算发展历程

年份	时期	里程碑事件
1982-1993	理论概念构想期	<ul style="list-style-type: none"> 1982 年，Richard Feynman 提出利用量子体系实现通用计算的想法，即量子计算的早期概念构想 1985 年，David Deutsch 提出了量子图灵机模型，使得通用量子计算机的构建更加清晰 1992 年，Deutsch Jozsa 提出了 D-J 量子算法，这是量子并行计算理论的基石
1994-2006	实践成果初探期	<ul style="list-style-type: none"> 1994 年，Peter Shor 提出 Shor 算法，对 RSA 等在内的加密算法和系统造成了威胁，成为量子计算的核心突破 1995 年，Benjamin Schumacher 第一次提出了量子比特信息学上的概念，并创造了“量子比特”（qubit）的说法 1996 年，Lov Grover 提出了 Grover 量子搜索算法，该算法被公认为继 shor 算法后的第二大算法 1998 年，Bernhard Omer 提出量子计算编程语言，拉开了量子计算机可编程的序章
2007-2013	研究开发活跃期	<ul style="list-style-type: none"> 2007 年，D-wave Systems 实现了历史上第一台商用量子计算机。宣布研制成功 16 量子比特的量子计算机——“猎户座”（Orion） 2009 年，Harrow、Hassidim、Lloyd 提出 HHL 量子算法。该算法在特定条件下实现了相较于经典算法的指数加速效果，将在机器学习、数值计算等场景有优势体现
2014-2019	商业价值孵化期	<ul style="list-style-type: none"> 2014 年，Google 建设“Google 量子人工智能实验室”，自此专营量子计算的创业公司开始出现 2016 年 8 月 16 号，墨子号量子科学实验卫星成功发射升空 2019 年 1 月，IBM 公司发布世界上首个商用集成量子计算系统：IBM Q System One，这一新系统对于在实验室外扩展量子计算至关重要 2019 年，谷歌发布论文称已经利用一台 53 量子比特的量子计算机，证实了量子计算机性能超越经典计算机，成为量子计算领域发展的标志性事件，刺激了全球科技巨头和初创企业的进一步投入与竞争
2020 以后	技术应用跃升期	<ul style="list-style-type: none"> 未来，随着量子物理比特数量和质量的提升，预计到 2030 年，基于百位量级量子物理比特，在含有噪声，即未实现量子纠错的条件下，探索开发相关应用和解决特定计算困难问题。到 2050 年，有望实现通用量子计算机，提高量子比特的操纵精度使之达到能超越量子计算苛刻的容错阈值（>99.999%），并进一步面向更广泛的应用场景

资料来源：赛迪顾问人工智能产业研究中心，海通国际

图表 14 量子计算主要应用领域

应用领域	简介
基因定位和太空探索	从基因定位到太空探索，人类活动产生的海量数据与日俱增，经典计算机并不擅长从海量图片和视频资料中迅速完成识别任务，迫切需要比经典计算机更快筛选海量数据的计算能力
生物分子运动	人类需要模拟更为复杂的分子的方法来取得更好的药物治疗、研究生物，必须借助具有革命性的运算方法，提供更强的算力
密码分析破译	现有密码算法安全性均基于数学，比如 RSA 公钥密码算法基于大数质因数分解，即使使用未来速度最快的经典计算机也无法完成这样的复杂解密任务，原因是计算一个数的质因数的复杂度呈指数式增长。因此，破译现有密码算法迫切需要超强的的大数分解、复杂路径搜索等计算能力，这背后的价值无以衡量

资料来源：信息安全与通信保密杂志社，云脑智库，海通国际

量子计算当前尚处原型机研发阶段，未来将与经典计算相辅相成。根据赛迪顾问人工智能产业研究中心，相较于量子通信，量子计算的技术突破难度较高，量子计算极易被环境热量或波动干扰致使计算结果出错，而如何提升量子比特的测控精度尚待解决。量子计算当前还处于原型机研发阶段，尚无专利壁垒，抢占技术入口无疑将获得量子信息时代的主要议价权。量子计算有望成为中国在全球科技产业中“换道超车”的重要发展领域。量子计算与经典计算并非严格的替代关系，量子领域的发展应加深和传统技术领域的合作。我们认为，未来量子计算和经典计算将相辅相成，挖掘各自适合的商业模式和应用场景，应对不同的市场需求。

图表 15 量子计算五大发展趋势

发展趋势	简介
我国实现“换道超车”	量子计算作为量子科技的重要应用之一，在面向“十四五”乃至更长远的未来，有望成为中国在全球科技产业中“换道超车”、掌握尖端技术话语权的重要核心技术
抢占技术入口将获议价权	量子计算尚无专利壁垒，当前抢占技术入口将获得至关重要的议价权。在经典计算机体系内，计算芯片设计与制造的核心技术掌握在科技巨头公司手中，并处于垄断地位；而在量子计算领域尚未形成垄断性巨头公司或者较高的技术专利壁垒
提升量子比特的测控精度	相较于量子通信，量子计算的技术突破难度较高，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
破除技术交流壁垒	量子计算当前还处于原型机研发阶段，商业化前景仍然存在不确定性，但气象、金融、石油化工、材料、生物医药、汽车交通等众多行业已开始关注和重视到“量子计算”的巨大发展潜力，并开始与量子计算科技企业和初创企业进行合作探索。量子计算企业在量子计算技术的研究及落地应用中的地位不可或缺，应当进一步与科研院所合作交流，破除技术交流壁垒
量子计算与经典计算相辅相成	量子计算与经典计算并非竞争关系，量子领域的发展应加深和传统技术领域的合作，利用现有技术成果加速自身发展。未来，量子计算机和经典计算机将相辅相成、并行存在，分别面对不同的市场需求，从中找到适合的商业模式和应用模式，占据相应市场份额

资料来源：赛迪顾问人工智能产业研究中心，海通国际

量子计算技术路线繁多，尚无完美解决方案。量子计算存在多种技术路线以制作出最基本的物理实现粒子。根据赛迪顾问人工智能产业研究中心介绍，主流技术路线包括超导、离子阱、半导体量子点、量子光学以及拓扑量子等，研发均集中于制作出纠缠态的最基本粒子。其中，超导和离子阱技术路线当前处于领先地位，受到关注程度最高，半导体量子点和光量子路线发展迅速；以上四种路线均已制作出物理原型机，而拓扑量子尚未实现物理层面的突破。目前，尚无一种路线可完全满足实用化条件要求从而推动技术方案等融合收敛。赛迪顾问预测，距离实现对规模化多体量子体系的精确制备、操控及探测还需至少 10 年。

图表 16 量子计算技术路线对比

技术路线	代表公司和研究机构	技术路线的优劣势
超导量子计算路线	谷歌、IBM、英特尔等国际巨头积极开展超导量子比特实验研究； 我国中科大、南方科大、中电科、阿里巴巴、本源量子等开展该线路的研究和布局	优势： 利用超低温“冻结”粒子的运动实现粒子状态的控制。由于超导量子电路的能级结构可通过外加电磁信号进行调控，电路的设计定制的可控性强。得益于基于现有的成熟集成电路工艺，超导量子电路具有多数量子物理体系难以比拟的可扩展性； 劣势： 超导路线在逻辑门保真度和相干时间方面存在一定短板，比特见连接的物理布线工艺难度要求将对着比特数增加而加大
离子阱量子计算路线	2020 年 Honeywell 发布了 6 量子比特离子阱计算机，先后实现了 64 和 128 量子体积；IonQ 宣布在 32 量子比特离子阱量子计算机上，实现超过 400 万量子体积； 我国清华大学、中山大学和启科量子等开展离子阱线路的研究和布局	优势： 离子阱量子计算路线在物理比特质量和逻辑门保真度等方面具有一定优势，同时具备室温条件工作的优点； 劣势： 在真空工作环境要求，门操作时间指标和激光读写操控复杂度等方面存在短板，单平台实现物理比特数量的大规模扩展也存在瓶颈
半导体量子计算路线	2020 年英特尔与代尔夫特 QuTech 共同发表论文，证明了在高于 1 开氏度下能够成功控制“高温”量子比特；澳大利亚硅量子计算公司（SQC）刷新了有史以来的半导体量子比特的最低噪声水平； 我国中科大和本源量子等开展半导体线路的研究和布局	优势： 半导体量子计算路线与现代半导体集成电路工艺兼容，在可拓展性和可集成性等方面具备优势； 劣势： 半导体路线物理比特易受环境噪声影响且物理机制复杂，近年来在物理比特数量等指标方面暂无突破性成果
量子光学路线	我国中科大在光量子计算研究方面处于领先地位，2020 年 9 月完成了对 50 个光子的玻色取样，12 月构建了 76 个光子的量子计算原型机“九章”	优势： 量子光学路线在相干时间、室温工作、高维纠缠操纵、实现量子信息系统互联等方面具有优势； 劣势： 基于离散器件平台等光量子计算探索在比特数量大规模方面将面临困难，上海交大在基于光子集成的光量子芯片领域开展了研究
拓扑量子计算路线	微软为该实现路径的主要研发企业，2020 年微软宣布与哥本哈根大学合作成功实现了一种重要的、有希望用于拓扑量子计算机的材料。这种新材料有可能在没有磁场的情况下实现拓扑状态，可用于实现真正的拓扑量子计算机	优势： 拓扑量子计算路线无需纠错算法，相干时间长，保真度高； 劣势： 拓扑量子位硬件构建难度大，目前尚无物理层面的实现

资料来源：赛迪顾问人工智能产业研究中心，海通国际

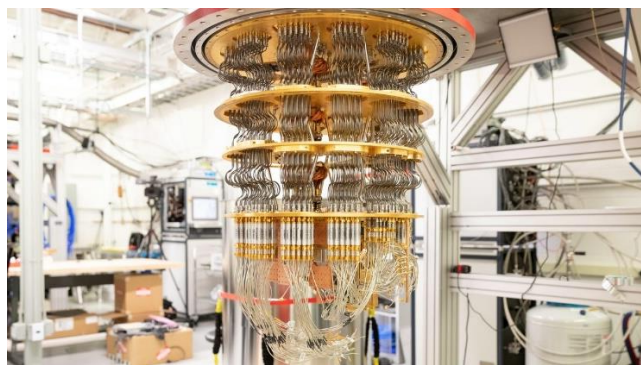
海外巨头拥有较大技术优势。目前量子计算行业中多以海外巨头标准作为业内基准，以 IBM、谷歌、英特尔为首的国际巨头占据技术主导地位，国内本土量子计算厂商相比海外厂商依然存在较大的技术差距。

图表 17 海外厂商量子计算布局及发展情况

企业名称	商业模式	硬件路线	量子比特数量	量子软件	量子云平台
IBM	全栈式：硬件、软件、云服务	超导量子计算机	最高 65 位、53 位量子体积 64，计划 2023 年 1000+qbit	开源 Qiskit 软件	自由云平台 IBM Q Experience、用户可访问 IBM 和 AQT
谷歌	全栈式：硬件、软件、云服务	超导量子计算机	最高 72 位，53 位证明量子优势	TensorFlow-Quantum、FermiNet	OpenFermion 量子化学专用服务
英特尔	硬件	硅量子点、超导量子计算机	硅量子点 2-4 位，超导 49 位	--	--
微软	全栈式：硬件、软件、云服务	拓扑、光量子计算机（PsiQ）	计划 2023 年 100 拓扑量子位，最高相当于 1000 逻辑比特	QDK 开源工具包（Q#语言、Toffoli 模拟器等）	自由云平台 Azure Quantum，提供 IonQ+QCI+Honeywell 的量子云服务
霍尼韦尔	全栈式：硬件、软件、量子云服务	离子阱量子计算机	10 位全连接量子比特体积达到 128	开发优化、机器学习、化工材料等领域的应用程序	与微软云平台合作提供量子计算云接入服务
亚马逊	硬件、量子云服务	超导量子计算机、与 D-Wave、IonQ、Rigetti 合作	量子体积 16，近期目标量子体积 64，计划未来 5 年每年提高一个数量级	--	自由云平台 AWS，提供 IonQ、Rigetti、D-Wave 的量子云服务

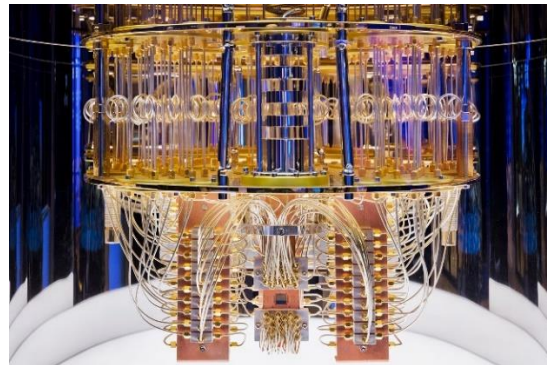
资料来源：中国信息通信研究院，头豹研究院，各公司官网，海通国际

图表 18 谷歌量子计算机



资料来源：CNET，海通国际

图表 19 IBM 量子计算机



资料来源：CNET，海通国际

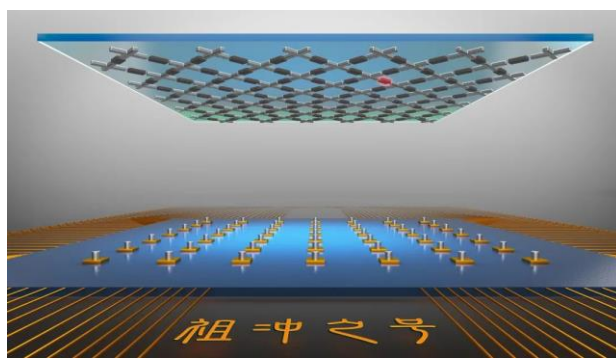
“九章”和“祖冲之”系列问世彰显我国“量子优越性”领先地位。2020 年 12 月 4 日，中国科学技术大学宣布该校潘建伟院士团队成功构建 76 个光子的量子计算原型机“九章”。同日，国际学术期刊《科学》发表了该成果，并将称之为“一个最先进的实验”“一个重大成就”。“九章”通过实验证明量子计算的加速能力，处理高斯玻色取样的速度比超级计算机“富岳”快 100 万亿倍。同时，“九章”克服了谷歌超导量子比特计算机“悬铃木”的一个漏洞。2021 年 10 月，“九章二号”问世，再次刷新国际光量子操纵的技术水平，其处理特定问题比目前全球最快的超级计算机快达亿亿亿倍级。另外 2021 年 10 月，中国科大发布 66 比特可编程超导量子计算机“祖冲之二号”，实现了对“量子随机线路取样”任务的快速求解，比目前最快的超级计算机快一千万倍，计算复杂度比谷歌的超导量子计算原型机“悬铃木”高一百万倍。两大量子计算原型机的突破标志着我国已成为世界上唯一一个在超导和光量子两个“赛道”上达到“量子优越性”里程碑的国家。

图表 20 “九章”光子量子计算原型机



资料来源：新浪财经，海通国际

图表 21 “祖冲之”系列超导量子计算原型机



资料来源：国盾量子官网，海通国际

量子技术未来价值分析：量子技术的巨大价值潜力已经深入各行各业，根据 BCG 测算，未来 15-30 年有望创造 4,500-8,500 亿美元的市场价值，而未来 3-5 年内，其价值就有望达 50-100 亿美元。量子计算系统目前的研究重点是复杂应用，如密码学（400-800 亿美元）、优化（1,000-2,200 亿美元）、机器学习（1,500-2,200 亿美元）和模拟（1,600-3,300 亿美元）。量子计算系统未来将能处理各行各业的计算难题，对社会带来的潜在价值不可估量。

图表 22 量子计算各行业创造的潜在价值

行业	应用	创造的潜在价值 (亿美元)
密码学 (400-800 亿美元)	加密/解密	400-800
	航空航天: 飞行路线优化	200-500
优化 (1,000-2,200 亿美元)	金融: 投资组合优化	200-500
	金融: 风险管理	100-200
	物流: 车辆路线/网络优化	500-1000
机器学习 (1,500-2,200 亿美元)	汽车: 自动驾驶、人工智能算法	0-100
	金融: 欺诈和反洗钱	200-300
	高科技: 搜索和广告优化	500-1000
	其他: 各种人工智能应用	800+
	航空航天: 计算流体动力学	100-200
模拟 (1,600-3,300 亿美元)	航空航天: 材料开发	100-200
	汽车: 计算流体动力学	0-100
	汽车: 材料和结构设计	100-150
	化学: 催化剂和酶设计	200-500
	能源: 太阳能转换	100-300
	金融: 市场模拟 (如衍生品定价)	200-350
	高科技: 电池设计	200-400
	制造: 材料设计	200-300
	制药: 新药发现和开发	400-800

资料来源: BCG, 海通国际

3. 国盾量子（688027.CH）：中国量子技术先驱者

国盾量子：中国量子技术先驱者。国盾量子是我国率先从事量子通信技术产业化的企业，技术起源于中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家研究中心的量子信息研究团队。公司成立于 2009 年，根据招股说明书介绍，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，与经典通信设备、应用终端、光纤信道共同组成量子保密通信网络，为用户提供信息安全服务。

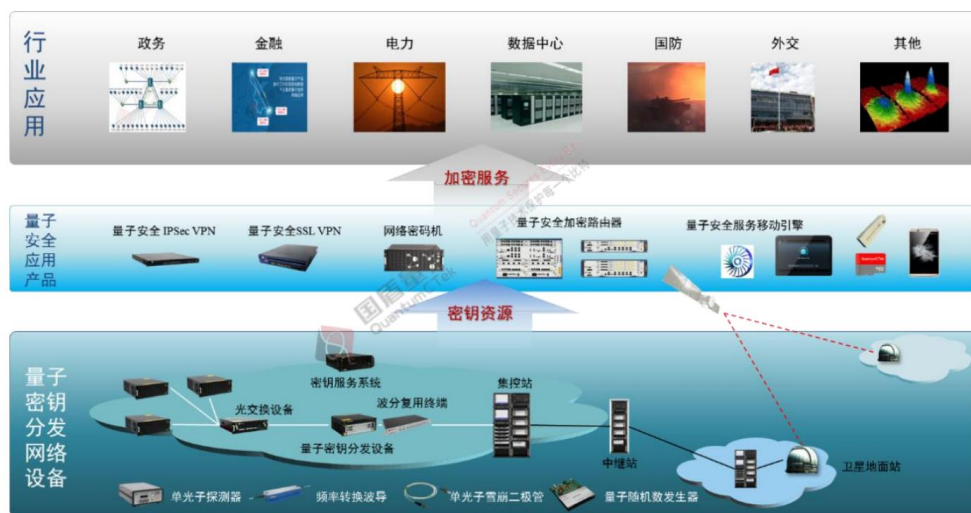
图表 23 国盾量子主要产品

产品分类	产品	示例图	主要用途
量子保密通信网络核心设备			
城域 QKD 产品	偏振编码 QKD 产品		偏振编码 QKD 和 QKDM 均可用于构建城域、局域量子密钥链路，偏振编码 QKD 类型分为发射端、接收端或收发双工，偏振编码 QKDM 类型分为发射端、接收端，附带密钥管理功能。二者均具有高成码率和灵活组网等优势。城域 QKD 集控站整合了量子密钥分发、光纤信道交换和密钥中继交换等功能，用于实现网络区域管理、网络拓展和信道交换。
	偏振编码 QKDM 产品		
	城域 QKD 集控站		
骨干网 QKD 产品	高速偏振编码 QKD 产品		高速偏振编码 QKD 产品和时间-相位编码 QKD 产品均可用于构建骨干量子密钥链路，二者类型上均分为发射端、接收端。时间-相位编码产品具备抗光纤信道扰动等优势，可用于架空光缆等线路场景。骨干可信中继站在骨干网可信节点间完成量子密钥分发，再利用“一次一密”方式对量子密钥进行加密传输，以实现更远距离的密钥分发。
	时间-相位编码 QKD 产品		
	骨干可信中继站		
信道与密钥组网交换产品	量子密钥管理机		量子密钥管理机用于存储、调度和使用量子密钥分发设备所生成的密钥。光量子交换机用于切换光纤量子信道，用于局域网和城域网的多终端组网和扩展。量子-经典波分复用终端使 QKD 设备和经典光通信设备在单纤上同时工作；量子波分复用终端使多对 QKD 设备在单纤上同时工作。
	光量子交换机		
	波分复用终端		
量子安全应用产品			
固网加密应用产品	量子安全加密路由器		量子安全加密路由器使用量子密钥实现高强度加密，满足各种业务弹性部署需求。量子安全 IPSec VPN 产品使用量子密钥实现高强度加密，国密局商密型号 SJJ1529。量子密钥分发网络密码机是结合量子密钥分发功能的网络密码机，国密局商密型号 SJJ1411。
	量子安全 IPSec VPN		
	量子密钥分发网络密码机		
移动加密应用产品	量子安全服务移动引擎 QSS-ME		QSS-ME 及 SSL VPN 系为移动终端提供加密通信、身份认证、安全存储等安全服务的成套产品。
核心组件			
单光子探测器	频率转换单光子探测器		频率转换单光子探测器通过 PPLN 将近红外单光子高效转换为可见光波段后进行探测。
	近红外单光子探测器		近红外单光子探测器利用雪崩二极管直接探测近红外单光子。
量子随机数源	高速量子随机数发生器		高速量子随机数发生器通过测量量子不确定性行为得到真随机数。
管控软件			
网络/网元管理与控制软件	国盾量子网络管理软件等		管理和控制量子保密通信网络及设备的软件产品

资料来源：国盾量子招股说明书，海通国际

国盾量子的量子保密通信行业应用布局广泛。根据国盾量子招股书，目前公司经营发展主要依托于国家和地方政府推进的众多量子保密通信网络建设项目，提供量子保密通信设备及相关技术服务。公司已陆续在政务、金融、电力、国防等行业和领域推出示范性应用，为下一步的产品推广应用奠定坚实基础。

图表 24 国盾量子主要产品应用体系

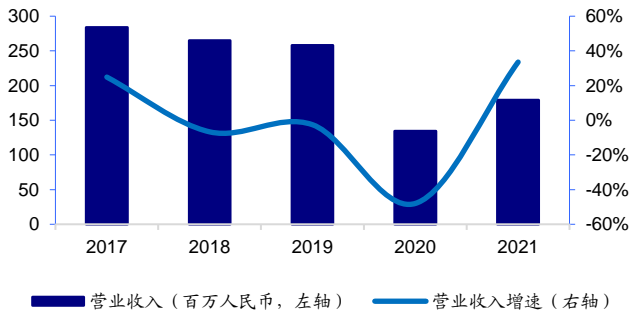


资料来源：国盾量子招股说明书，海通国际

紧抓机遇，布局量子计算仪器设备。2021 年，国盾量子不断扩大量子计算相关仪器设备的研发、生产和服务，根据 2021 年年报，公司针对多比特超导量子计算需求推出了优化版本的室温超导量子计算操控系统“ez-Q Engine”2021 版，产品性能、集成度、使用便利性和外观等进一步升级；国内超导量子计算产业链中部分环节仍较薄弱，公司通过自主研发及与外部合作，开始向低温信号传输系统（如低温电子器件、低温线缆）等相关组件类产品延伸。2021 年公司营业收入 1.79 亿元，同比上升 33.55%，其中量子计算营业收入增加至 4,117.72 万元，同比增长 710.37%。

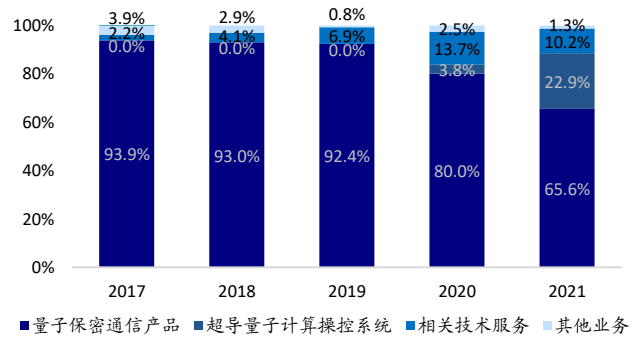
前沿科技研发成果斐然。2021 年，国盾量子积极参与前沿科技攻关，联手中国科学技术大学、中科院上海技术物理研究所等联合研究团队成功开发了超导量子计算原型机“祖冲之 1 号”和“祖冲之 2 号”并实现了“量子计算优越性”。公司作为联合研究团队中唯一的企业参与主体，在室温电子学系统搭建和维护方面提供主要支持，公司多位研发人员署名撰写相关研究论文。此外，公司基于中科院量子信息与量子科技创新研究院全新升级的“量子计算云平台”部署了“QCIS”“isQ-Core”“青果(Quingo)”等编译语言，实现在线运行量子算法。在参与以上科研活动过程中，公司也逐步部署搭建超导量子计算原型机的技术和业务能力。

图表 25 公司营业收入走势



资料来源: WIND, 海通国际

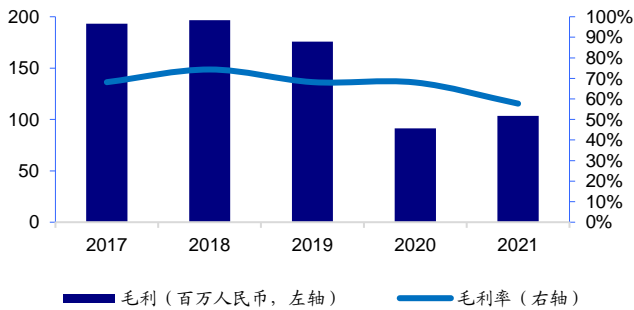
图表 26 公司分业务营收拆分



资料来源: WIND, 海通国际

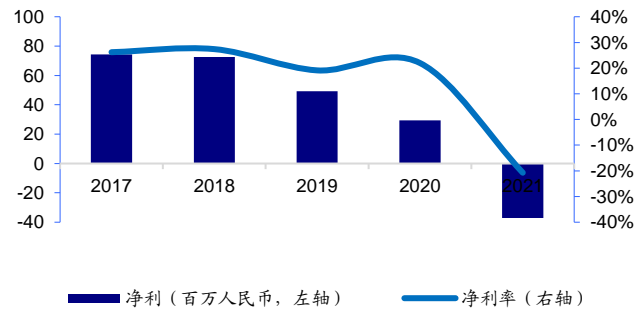
国盾量子 2021 年归母净利润同比减少 225.93%，为净亏损 3713.62 万元，扣非后净利润同比减少 178.96%，主要原因是销售产品结构变化致毛利率下降、股权激励计划致股份支付费用增加、客户回款不及致信用减值损失增加、参股企业经营亏损及政府补助减少等所致。

图表 27 公司毛利及毛利率走势



资料来源: WIND, 海通国际

图表 28 公司净利及净利率走势



资料来源: WIND, 海通国际

4. 风险提示

量子技术突破不及预期；量子计算和通讯应用扩展不及预期；量子技术产业链波动风险；国内外政策推动不及预期。

APPENDIX 1

Summary

Event

On 4 October, the Nobel Committee of the Royal Swedish Academy of Sciences announced the winners of the 2022 Nobel Prize in Physics: Alain Aspect, John F. Clauser, and Anton Zeilinger, for their achievements in “for experiments with entangled photons, establishing the violation of Bell inequalities and pioneering quantum information science.” The Royal Swedish Academy of Sciences said in its Nobel Prize communique that the three laureates' contributions to quantum entanglement experiments “laid the foundation for a new era of quantum technology.”. This is the first time a Nobel Prize has been awarded to researchers in quantum information science. Anton Salinger has also been active in promoting international exchange and cooperation, staying tuned and supporting the development of quantum science and technology in China.

Comments

The main application of quantum information is quantum communication and quantum computing. According to China Science Communication, quantum information is an interdisciplinary discipline that combines quantum mechanics (description of the fundamental physical laws in the microscopic world) and information science. Communication and computing are the two major research themes in information science, and the research content of quantum information is divided into quantum communication and quantum computing. Quantum communication and quantum computing each encompasses several specific applications. For example, Quantum Cryptography and Quantum Teleportation are part of Quantum Communication, while Quantum Search and Quantum Factorization are part of quantum computing.

Quantum communication is rapidly becoming practical, and industrialization is expected to start. Quantum Communication is based on the basic principles of quantum physics, overcoming the security risks inherent in classical encryption technology, and is the only communication method that has so far been proven to be unconditionally secure, perfectly solving the problem of information security in the fields of defense, finance, government, and commerce. As an essential branch of informatics, Quantum Communication uses quantum states as information carriers to interact with each other. According to the prospectus of QuantumCTek Co., Ltd., the typical applications of quantum communication include Quantum Key Distribution (QKD) and Quantum Teleportation (QT). Among them, Quantum Key Distribution is the first practical quantum information technology that can enhance the long-term security of encrypted communication systems and is widely recognized in the international arena. Regarding basic research, China is at the forefront of the international level with the United States, Europe, and Japan. We believe that the quantum communication market is still at its infant stage. With the sudden advancement of technology maturity, we expect that the industrialization process of quantum communication will accelerate.

Quantum Computing is a revolutionary technology that breaks through the arithmetic limits of classical computing and will complement classical computers in the future. Quantum Computing has undergone nearly half a century of accumulation and precipitation. Increasing the number of quantum bits and the precision of operation has become key to achieving large-scale applications in the scientific and corporate world. In the post-Moore’s-Law era, quantum computing is expected to help break through the performance limits of traditional chips and reshape the modern electronic information manufacturing system with chips as its core through quantum chips. In addition, from artificial intelligence, information security, and encrypted communication to basic scientific research, chemical energy, space exploration, and other fields, quantum computers possibly replace classical computers when we are short of super arithmetic power to solve problems. The two are not a strict substitution relationship; the development of the Quantum field should deepen the cooperation with the traditional technology field. We believe that in the future, quantum computers and classical computers will complement each other, exploring their suitable business models and application scenarios and responding to different market demands.

Analysis of the future value of quantum technology: The tremendous potential of Quantum technology has penetrated various industries. According to BCG's forecast, it is expected to create a market value of US\$450-850 billion in the next 15-30 years, and its value is expected to reach US\$5-10 billion in the next 3-5 years. Current research in Quantum Computing Systems is focused on complex applications such as cryptography (US\$40-80 billion), optimization (US\$100-200 billion), machine learning (US\$150-200 billion), and simulation (US\$160-330 billion). Quantum computing systems will be able to handle computing challenges in all industries in the future, bringing immeasurable potential value to society.

Quantum Information Watchlist: QuantumCTek Co., Ltd. (688027. SH). The company is a pioneer in quantum technology in China, with four main product categories: core equipment for quantum underground communication networks, quantum security application products, core components, and management and control software. Its quantum confidential communication industry applications are widely laid out, and it is actively laying out quantum computing equipment, joining with research institutions and universities to conduct cutting-edge technology R&D. The technology and business capabilities of the company in building superconducting quantum computing prototypes have been gradually enhanced.

Risks

Quantum technology breakthrough is not as expected; Quantum Technology application expansion is not as expected; Quantum Technology industry chain fluctuation risk; domestic and international policy promotion is not as expected.

附录 APPENDIX

重要信息披露

本研究报告由海通国际分销，海通国际是由海通国际研究有限公司 (HTIRL)，Haitong Securities India Private Limited (HSIPL)，Haitong International Japan K.K. (HTIJKK) 和海通国际证券有限公司 (HTISCL) 的证券研究团队所组成的全球品牌，海通国际证券集团 (HTISG) 各成员分别在其许可的司法管辖区内从事证券活动。

IMPORTANT DISCLOSURES

This research report is distributed by Haitong International, a global brand name for the equity research teams of Haitong International Research Limited ("HTIRL"), Haitong Securities India Private Limited ("HSIPL"), Haitong International Japan K.K. ("HTIJKK"), Haitong International Securities Company Limited ("HTISCL"), and any other members within the Haitong International Securities Group of Companies ("HTISG"), each authorized to engage in securities activities in its respective jurisdiction.

HTIRL 分析师认证 Analyst Certification:

我，Barney Yao，在此保证 (i) 本研究报告中的意见准确反映了我们对本研究中提及的任何或所有目标公司或上市公司的个人观点，并且 (ii) 我的报酬中没有任何部分与本研究报告中表达的具体建议或观点直接或间接相关；及就此报告中所讨论目标公司的证券，我们（包括我们的家属）在其中均不持有任何财务利益。I, Barney Yao, certify that (i) the views expressed in this research report accurately reflect my personal views about any or all of the subject companies or issuers referred to in this research and (ii) no part of my compensation was, is or will be directly or indirectly related to the specific recommendations or views expressed in this research report; and that I (including members of my household) have no financial interest in the security or securities of the subject companies discussed.

我，Oscar Wang，在此保证 (i) 本研究报告中的意见准确反映了我们对本研究中提及的任何或所有目标公司或上市公司的个人观点，并且 (ii) 我的报酬中没有任何部分与本研究报告中表达的具体建议或观点直接或间接相关；及就此报告中所讨论目标公司的证券，我们（包括我们的家属）在其中均不持有任何财务利益。I, Oscar Wang, certify that (i) the views expressed in this research report accurately reflect my personal views about any or all of the subject companies or issuers referred to in this research and (ii) no part of my compensation was, is or will be directly or indirectly related to the specific recommendations or views expressed in this research report; and that I (including members of my household) have no financial interest in the security or securities of the subject companies discussed.

利益冲突披露 Conflict of Interest Disclosures

海通国际及其某些关联公司可从事投资银行业务和/或对本研究中的特定股票或公司进行做市或持有自营头寸。就本研究报告而言，以下是有关该等关系的披露事项（以下披露不能保证及时无遗漏，如需了解及时全面信息，请发邮件至 ERD-Disclosure@htisec.com）

HTI and some of its affiliates may engage in investment banking and / or serve as a market maker or hold proprietary trading positions of certain stocks or companies in this research report. As far as this research report is concerned, the following are the disclosure matters related to such relationship (As the following disclosure does not ensure timeliness and completeness, please send an email to ERD-Disclosure@htisec.com if timely and comprehensive information is needed).

海通证券股份有限公司和/或其子公司（统称“海通”）在过去 12 个月内参与了 BABA.US 的投资银行项目。投资银行项目包括：1、海通担任上市前辅导机构、保荐人或主承销商的首次公开发行项目；2、海通作为保荐人、主承销商或财务顾问的股权或债务再融资项目；3、海通作为主经纪商的新三板上市、目标配售和并购项目。

Haitong Securities Co., Ltd. and/or its subsidiaries (collectively, the "Haitong") have a role in investment banking projects of BABA.US within the past 12 months. The investment banking projects include 1. IPO projects in which Haitong acted as pre-listing tutor, sponsor, or lead-underwriter; 2. equity or debt refinancing projects of BABA.US for which Haitong acted as sponsor, lead-underwriter or financial advisor; 3. listing by introduction in the new three board, target placement, M&A projects in which Haitong acted as lead-brokerage firm.

英特尔半导体（大连）有限公司，英特尔产品（成都）有限公司，阿里巴巴（北京）软件服务有限公司，阿里巴巴（成都）软件技术有限公司，阿里巴巴（中国）网络技术有限公司，杭州阿里巴巴创业投资管理有限公司及杭州阿里巴巴泽泰信息技术有限公司目前或过去 12 个月内是海通的客户。海通向客户提供非投资银行业务的证券相关业务服务。

英特尔半导体（大连）有限公司，英特尔产品（成都）有限公司，阿里巴巴（北京）软件服务有限公司，阿里巴巴（成都）软件技术有限公司，阿里巴巴（中国）网络技术有限公司，杭州阿里巴巴创业投资管理有限公司 and 杭州阿里巴巴泽泰信息技术有限公司 are/were a client of Haitong currently or within the past 12 months. The client has been provided for non-investment-banking securities-related services.

海通在过去的 12 个月中从阿里巴巴（北京）软件服务有限公司，阿里巴巴（成都）软件技术有限公司，阿里巴巴（中国）网络技术有限公司，杭州阿里巴巴创业投资管理有限公司及杭州阿里巴巴泽泰信息技术有限公司获得除投资银行服务以外之产品或服务的报酬。

Haitong has received compensation in the past 12 months for products or services other than investment banking from 阿里巴巴（北京）软件服务有限公司，阿里巴巴（成都）软件技术有限公司，阿里巴巴（中国）网络技术有限公司，杭州阿里巴巴创业投资管理有限公司 and 杭州阿里巴巴泽泰信息技术有限公司。

评级定义 (从 2020 年 7 月 1 日开始执行):

海通国际 (以下简称“HTI”) 采用相对评级系统来为投资者推荐我们覆盖的公司: 优于大市、中性或弱于大市。投资者应仔细阅读 HTI 的评级定义。并且 HTI 发布分析师观点的完整信息, 投资者应仔细阅读全文而非仅看评级。在任何情况下, 分析师的评级和研究都不能作为投资建议。投资者的买卖股票的决策应基于各自情况 (比如投资者的现有持仓) 以及其他因素。

分析师股票评级

优于大市, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数涨幅在 10%以上, 基准定义如下

中性, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数变化不大, 基准定义如下。根据 FINRA/NYSE 的评级分布规则, 我们会将中性评级划入持有这一类别。

弱于大市, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数跌幅在 10%以上, 基准定义如下

各地股票基准指数: 日本 – TOPIX, 韩国 – KOSPI, 台湾 – TAIEX, 印度 – Nifty100, 美国 – SP500; 其他所有中国概念股 – MSCI China.

Ratings Definitions (from 1 Jul 2020):

Haitong International uses a relative rating system using Outperform, Neutral, or Underperform for recommending the stocks we cover to investors. Investors should carefully read the definitions of all ratings used in Haitong International Research. In addition, since Haitong International Research contains more complete information concerning the analyst's views, investors should carefully read Haitong International Research, in its entirety, and not infer the contents from the rating alone. In any case, ratings (or research) should not be used or relied upon as investment advice. An investor's decision to buy or sell a stock should depend on individual circumstances (such as the investor's existing holdings) and other considerations.

Analyst Stock Ratings

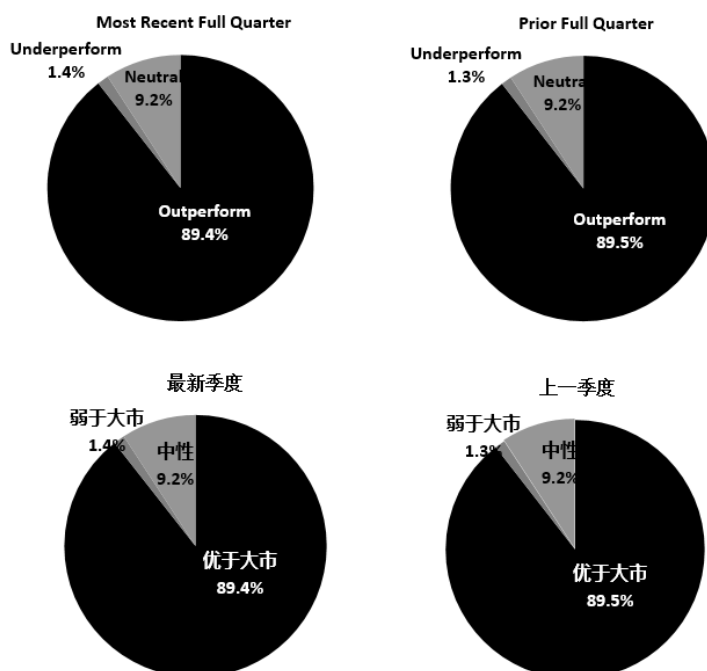
Outperform: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to exceed the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Neutral: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be in line with the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below. For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category.

Underperform: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be below the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Benchmarks for each stock's listed region are as follows: Japan – TOPIX, Korea – KOSPI, Taiwan – TAIEX, India – Nifty100, US – SP500; for all other China-concept stocks – MSCI China.

评级分布 Rating Distribution



截至 2022 年 9 月 30 日海通国际股票研究评级分布

	优于大市	中性 (持有)	弱于大市
海通国际股票研究覆盖率	89.4%	9.2%	1.4%
投资银行客户*	5.5%	6.8%	4.5%

*在每个评级类别里投资银行客户所占的百分比。

上述分布中的买入、中性和卖出分别对应我们当前优于大市、中性和落后大市评级。

只有根据 FINRA/NYSE 的评级分布规则, 我们才将中性评级划入持有这一类别。请注意在上表中不包含非评级的股票。

此前的评级系统定义 (直至 2020 年 6 月 30 日):

买入, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数涨幅在 10%以上, 基准定义如下

中性, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数变化不大, 基准定义如下。根据 FINRA/NYSE 的评级分布规则, 我们会将中性评级划入持有这一类别。

卖出, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数跌幅在 10%以上, 基准定义如下

各地股票基准指数: 日本 – TOPIX, 韩国 – KOSPI, 台湾 – TAIEX, 印度 – Nifty100; 其他所有中国概念股 – MSCI China.

Haitong International Equity Research Ratings Distribution, as of Sep 30, 2022

	Outperform	Neutral (hold)	Underperform
HTI Equity Research Coverage	89.4%	9.2%	1.4%
IB clients*	5.5%	6.8%	4.5%

*Percentage of investment banking clients in each rating category.

BUY, Neutral, and SELL in the above distribution correspond to our current ratings of Outperform, Neutral, and Underperform.

For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category. Please note that stocks with an NR designation are not included in the table above.

Previous rating system definitions (until 30 Jun 2020):

BUY: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to exceed the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

NEUTRAL: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be in line with the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below. For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category.

SELL: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be below the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Benchmarks for each stock's listed region are as follows: Japan – TOPIX, Korea – KOSPI, Taiwan – TAIEX, India – Nifty100; for all other China-concept stocks – MSCI China.

海通国际非评级研究: 海通国际发布计量、筛选或短篇报告，并在报告中根据估值和其他指标对股票进行排名，或者基于可能的估值倍数提出建议价格。这种排名或建议价格并非为了进行股票评级、提出目标价格或进行基本面估值，而仅供参考使用。

Haitong International Non-Rated Research: Haitong International publishes quantitative, screening or short reports which may rank stocks according to valuation and other metrics or may suggest prices based on possible valuation multiples. Such rankings or suggested prices do not purport to be stock ratings or target prices or fundamental values and are for information only.

海通国际 A 股覆盖: 海通国际可能会对沪港通及深港通的中国 A 股进行覆盖及评级。海通证券 (600837.CH)，海通国际于上海的母公司，也会于中国发布中国 A 股的研究报告。但是，海通国际使用与海通证券不同的评级系统，所以海通国际与海通证券的中国 A 股评级可能有所不同。

Haitong International Coverage of A-Shares: Haitong International may cover and rate A-Shares that are subject to the Hong Kong Stock Connect scheme with Shanghai and Shenzhen. Haitong Securities (HS; 600837 CH), the ultimate parent company of HTISG based in Shanghai, covers and publishes research on these same A-Shares for distribution in mainland China. However, the rating system employed by HS differs from that used by HTI and as a result there may be a difference in the HTI and HS ratings for the same A-share stocks.

海通国际优质 100 A 股 (Q100) 指数: 海通国际 Q100 指数是一个包括 100 支由海通证券覆盖的优质中国 A 股的计量产品。这些股票是通过基于质量的筛选过程，并结合对海通证券 A 股团队自下而上的研究。海通国际每季对 Q100 指数成分作出复审。

Haitong International Quality 100 A-share (Q100) Index: HTI's Q100 Index is a quant product that consists of 100 of the highest-quality A-shares under coverage at HS in Shanghai. These stocks are carefully selected through a quality-based screening process in combination with a review of the HS A-share team's bottom-up research. The Q100 constituent companies are reviewed quarterly.

MSCI ESG 评级免责声明条款: 尽管海通国际的信息供货商 (包括但不限于 MSCI ESG Research LLC 及其附属公司 (「ESG 方」)) 从其认为可靠的来源获取信息 (「信息」), ESG 方均不担保或保证此处任何数据的原创性、准确性和/或完整性, 并明确表示不作出任何明示或默示的担保, 包括可商售性和针对特定目的的适用性。该信息只能供阁下内部使用, 不得以任何形式复制或重新传播, 并不得用作任何金融工具、产品或指数的基础或组成部分。此外, 信息本质上不能用于判断购买或出售何种证券, 或何时购买或出售该证券。即使已被告知可能造成的损害, ESG 方均不承担与此处任何资料有关的任何错误或遗漏所引起的任何责任, 也不对任何直接、间接、特殊、惩罚性、附带性或任何其他损害赔偿 (包括利润损失) 承担任何责任。

MSCI ESG Disclaimer: Although Haitong International's information providers, including without limitation, MSCI ESG Research LLC and its affiliates (the "ESG Parties"), obtain information (the "Information") from sources they consider reliable, none of the ESG Parties warrants or guarantees the originality, accuracy and/or completeness, of any data herein and expressly disclaim all express or implied warranties, including those of merchantability and fitness for a particular purpose. The Information may only be used for your internal use, may not be reproduced or disseminated in any form and may not be used as a basis for, or a component of, any financial instruments or products or indices. Further, none of the Information can in and of itself be used to determine which securities to buy or sell or when to buy or sell them. None of the ESG Parties shall have any liability for any errors or omissions in connection with any data herein, or any liability for any direct, indirect, special, punitive, consequential or any other damages (including lost profits) even if notified of the possibility of such damages.

盟浪义利 (FIN-ESG) 数据通免责声明条款: 在使用盟浪义利 (FIN-ESG) 数据之前, 请务必仔细阅读本条款并同意本声明:

第一条 义利 (FIN-ESG) 数据系由盟浪可持续数字科技有限责任公司 (以下简称“本公司”) 基于合法取得的公开信息评估而成, 本公司对信息的准确性及完整性不作任何保证。对公司的评估结果仅供参考, 并不构成对任何个人或机构投资建议, 也不能作为任何个人或机构购买、出售或持有相关金融产品的依据。本公司不对任何个人或机构投资者因使用本数据表述的评估结果造成的任何直接或间接损失负责。

第二条 盟浪并不因此收到此评估数据而将收件人视为客户, 收件人使用此数据时应根据自身实际情况作出自我独立判断。本数据所载内容反映的是盟浪在最初发布本数据日期当日的判断, 盟浪有权在不发出通知的情况下更新、修订与发出其他与本数据所载内容不一致或有不同结论的数据。除非另行说明, 本数据 (如财务业绩数据等) 仅代表过往表现, 过往的业绩表现不作为日后回报的预测。

第三条 本数据版权归本公司所有, 本公司依法保留各项权利。未经本公司事先书面许可授权, 任何个人或机构不得将本数据中的评估结果用于任何营利性目的, 不得对本数据进行修改、复制、编译、汇编、再次编辑、改编、删减、缩写、节选、发行、出租、展览、表演、放映、广播、信息网络传播、摄制、增加图标及说明等, 否则因此给盟浪或其他第三方造成损失的, 由用户承担相应的赔偿责任, 盟浪不承担责任。

第四条 如本免责声明未约定, 而盟浪网站平台载明的其他协议内容 (如《盟浪网站用户注册协议》《盟浪网用户服务 (含认证) 协议》《盟浪网隐私政策》等) 有约定的, 则按其他协议的约定执行; 若本免责声明与其他协议约定存在冲突或不一致的, 则以本免责声明约定为准。

SusallWave FIN-ESG Data Service Disclaimer: Please read these terms and conditions below carefully and confirm your agreement and acceptance with these terms before using SusallWave FIN-

1. FIN-ESG Data is produced by SusallWave Digital Technology Co., Ltd. (In short, SusallWave)'s assessment based on legal publicly accessible information. SusallWave shall not be responsible for any accuracy and completeness of the information. The assessment result is for reference only. It is not for any investment advice for any individual or institution and not for basis of purchasing, selling or holding any relative financial products. We will not be liable for any direct or indirect loss of any individual or institution as a result of using SusallWave FIN-ESG Data.
2. SusallWave do not consider recipients as customers for receiving these data. When using the data, recipients shall make your own independent judgment according to your practical individual status. The contents of the data reflect the judgment of us only on the release day. We have right to update and amend the data and release other data that contains inconsistent contents or different conclusions without notification. Unless expressly stated, the data (e.g., financial performance data) represents past performance only and the past performance cannot be viewed as the prediction of future return.
3. The copyright of this data belongs to SusallWave, and we reserve all rights in accordance with the law. Without the prior written permission of our company, none of individual or institution can use these data for any profitable purpose. Besides, none of individual or institution can take actions such as amendment, replication, translation, compilation, re-editing, adaption, deletion, abbreviation, excerpts, issuance, rent, exhibition, performance, projection, broadcast, information network transmission, shooting, adding icons and instructions. If any loss of SusallWave or any third-party is caused by those actions, users shall bear the corresponding compensation liability. SusallWave shall not be responsible for any loss.
4. If any term is not contained in this disclaimer but written in other agreements on our website (e.g. *User Registration Protocol of SusallWave Website*, *User Service (including authentication) Agreement of SusallWave Website*, *Privacy Policy of SusallWave Website*), it should be executed according to other agreements. If there is any difference between this disclaimer and other agreements, this disclaimer shall be applied.

重要免责声明:

非印度证券的研究报告: 本报告由海通国际证券集团有限公司 (“HTISGL”) 的全资附属公司海通国际研究有限公司 (“HTIRL”) 发行, 该公司是根据香港证券及期货条例 (第 571 章) 持有第 4 类受规管活动 (就证券提供意见) 的持牌法团。该研究报告在 HTISGL 的全资附属公司 Haitong International (Japan) K.K. (“HTIJKK”) 的协助下发行, HTIJKK 是由日本关东财务局监管为投资顾问。

印度证券的研究报告: 本报告由从事证券交易、投资银行及证券分析及受 Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) 监管的 Haitong Securities India Private Limited (“HTSIPL”) 所发行, 包括制作及发布涵盖 BSE Limited (“BSE”) 和 National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) 上市公司 (统称为「印度交易所」) 的研究报告。HTSIPL 于 2016 年 12 月 22 日被收购并成为海通国际证券集团有限公司 (“HTISG”) 的一部分。

所有研究报告均以海通国际为名作为全球品牌, 经许可由海通国际证券股份有限公司及/或海通国际证券集团的其他成员在其司法管辖区发布。

本文件所载信息和观点已被编译或源自可靠来源, 但 HTIRL、HTISGL 或任何其他属于海通国际证券集团有限公司 (“HTISG”) 的成员对其准确性、完整性和正确性不做任何明示或暗示的声明或保证。本文件中所有观点均截至本报告日期, 如有更改, 恕不另行通知。本文件仅供参考使用。文件中提及的任何公司或其股票的说明并非意图展示完整的内容, 本文件并非/不应被解释为对证券买卖的明示或暗示地出价或征价。在某些司法管辖区, 本文件中提及的证券可能无法进行买卖。如果投资产品以投资者本国货币以外的币种进行计价, 则汇率变化可能会对投资产生不利影响。过去的表现并不一定代表将来的结果。某些特定交易, 包括设计金融衍生工具的, 有产生重大风险的可能性, 因此并不适合所有的投资者。您还应认识到本文件中的建议并非为您量身定制。分析师并未考虑到您自身的财务情况, 如您的财务状况和风险偏好。因此您必须自行分析并在适用的情况下咨询自己的法律、税收、会计、金融和其他方面的专业顾问, 以期在投资之前评估该项建议是否适合于您。若由于使用本文件所载的材料而产生任何直接或间接的损失, HTISG 及其董事、雇员或代理人对此均不承担任何责任。

除对本文内容承担责任的分析师外, HTISG 及我们的关联公司、高级管理人员、董事和雇员, 均可不时作为主事人就本文件所述的任何证券或衍生品持有长仓或短仓以及进行买卖。HTISG 的销售员、交易员和其他专业人士均可向 HTISG 的相关客户和公司提供与本文件所述意见相反的口头或书面市场评论意见或交易策略。HTISG 可做出与本文件所述建议或意见不一致的投资决策。但 HTIRL 没有义务来确保本文件的收件人了解到该等交易决定、思路或建议。

请访问海通国际网站 www.equities.htisec.com, 查阅更多有关海通国际为预防和避免利益冲突设立的组织 and 行政安排的内容信息。

非美国分析师披露信息: 本项研究首页上列明的海通国际分析师并未在 FINRA 进行注册或者取得相应的资格, 并且不受美国 FINRA 有关与本项研究目标公司进行沟通、公开露面和自营证券交易的第 2241 条规则之限制。

IMPORTANT DISCLAIMER

For research reports on non-Indian securities: The research report is issued by Haitong International Research Limited (“HTIRL”), a wholly owned subsidiary of Haitong International Securities Group Limited (“HTISGL”) and a licensed corporation to carry on Type 4 regulated activity (advising on securities) for the purpose of the Securities and Futures Ordinance (Cap. 571) of Hong Kong, with the assistance of Haitong International (Japan) K.K. (“HTIJKK”), a wholly owned subsidiary of HTISGL and which is regulated as an Investment Adviser by the Kanto Finance Bureau of Japan.

For research reports on Indian securities: The research report is issued by Haitong Securities India Private Limited (“HTSIPL”), an Indian company and a Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) registered Stock Broker, Merchant Banker and Research Analyst that, inter alia, produces and distributes research reports covering listed entities on the BSE Limited (“BSE”) and the National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) (collectively referred to as “Indian Exchanges”). HTSIPL was acquired and became part of the Haitong International Securities Group of Companies (“HTISG”) on 22 December 2016.

All the research reports are globally branded under the name Haitong International and approved for distribution by Haitong International Securities Company Limited (“HTISCL”) and/or any other members within HTISG in their respective jurisdictions.

The information and opinions contained in this research report have been compiled or arrived at from sources believed to be reliable and in good faith but no representation or warranty, express or implied, is made by HTIRL, HTISCL, HTSIPL, HTIJKK or any other members within HTISG from which this research report may be received, as to their accuracy, completeness or correctness. All opinions expressed herein are as of the date of this research report and are subject to change without notice. This research report is for information purpose only. Descriptions of any companies or their securities mentioned herein are not intended to be complete and this research report is not, and should not be construed expressly or impliedly as, an offer to buy or sell securities. The securities referred to in this research report may not be eligible for purchase or sale in some jurisdictions. If an investment product is denominated in a currency other than an investor's home currency, a change in exchange rates may adversely affect the investment. Past performance is not necessarily indicative of future results. Certain transactions, including those involving derivatives, give rise to

substantial risk and are not suitable for all investors. You should also bear in mind that recommendations in this research report are not tailor-made for you. The analyst has not taken into account your unique financial circumstances, such as your financial situation and risk appetite. You must, therefore, analyze and should, where applicable, consult your own legal, tax, accounting, financial and other professional advisers to evaluate whether the recommendations suits you before investment. Neither HTISG nor any of its directors, employees or agents accepts any liability whatsoever for any direct or consequential loss arising from any use of the materials contained in this research report.

HTISG and our affiliates, officers, directors, and employees, excluding the analysts responsible for the content of this document, will from time to time have long or short positions in, act as principal in, and buy or sell, the securities or derivatives, if any, referred to in this research report. Sales, traders, and other professionals of HTISG may provide oral or written market commentary or trading strategies to the relevant clients and the companies within HTISG that reflect opinions that are contrary to the opinions expressed in this research report. HTISG may make investment decisions that are inconsistent with the recommendations or views expressed in this research report. HTI is under no obligation to ensure that such other trading decisions, ideas or recommendations are brought to the attention of any recipient of this research report.

Please refer to HTI's website www.equities.htisec.com for further information on HTI's organizational and administrative arrangements set up for the prevention and avoidance of conflicts of interest with respect to Research.

Non U.S. Analyst Disclosure: The HTI analyst(s) listed on the cover of this Research is (are) not registered or qualified as a research analyst with FINRA and are not subject to U.S. FINRA Rule 2241 restrictions on communications with companies that are the subject of the Research; public appearances; and trading securities by a research analyst.

分发和地区通知:

除非下文另有规定, 否则任何希望讨论本报告或者就本项研究中讨论的任何证券进行任何交易的收件人均应联系其所在国家或地区的海通国际销售人员。

香港投资者的通知事项: 海通国际证券股份有限公司("HTISCL")负责分发该研究报告, HTISCL 是在香港有权实施第 1 类受规管活动(从事证券交易)的持牌公司。该研究报告并不构成《证券及期货条例》(香港法例第 571 章)(以下简称"SFO")所界定的要约邀请, 证券要约或公众要约。本研究报告仅提供给 SFO 所界定的"专业投资者"。本研究报告未经过证券及期货事务监察委员会的审查。您不应仅根据本研究报告中所载的信息做出投资决定。本研究报告的收件人就研究报告中产生或与之相关的任何事宜请联系 HTISCL 销售人员。

美国投资者的通知事项: 本研究报告由 HTIRL, HSIPL 或 HTIJKK 编写。HTIRL, HSIPL, HTIJKK 以及任何非 HTISG 美国联营公司, 均未在美国注册, 因此不受美国关于研究报告编制和研究分析人员独立性规定的约束。本研究报告提供给依照 1934 年"美国证券交易法"第 15a-6 条规定的豁免注册的「美国主要机构投资者」("Major U.S. Institutional Investor")和「机构投资者」("U.S. Institutional Investors")。在向美国机构投资者分发研究报告时, Haitong International Securities (USA) Inc. ("HTI USA")将对报告的内容负责。任何收到本研究报告的美国投资者, 希望根据本研究报告提供的信息进行任何证券或相关金融工具买卖的交易, 只能通过 HTI USA。HTI USA 位于 340 Madison Avenue, 12th Floor, New York, NY 10173, 电话 (212) 351-6050。HTI USA 是在美国于 U.S. Securities and Exchange Commission ("SEC") 注册的经纪商, 也是 Financial Industry Regulatory Authority, Inc. ("FINRA") 的成员。HTIUSA 不负责编写本研究报告, 也不负责其中包含的分析。在任何情况下, 收到本研究报告的任何美国投资者, 不得直接与分析师直接联系, 也不得通过 HSIPL, HTIRL 或 HTIJKK 直接进行买卖证券或相关金融工具的交易。本研究报告中出现的 HSIPL, HTIRL 或 HTIJKK 分析师没有注册或具备 FINRA 的研究分析师资格, 因此可能不受 FINRA 第 2241 条规定的与目标公司的交流, 公开露面和分析师账户持有的交易证券等限制。投资本研究报告中讨论的任何非美国证券或相关金融工具(包括 ADR)可能存在一定风险。非美国发行的证券可能没有注册, 或不受美国法规的约束。有关非美国证券或相关金融工具的信息可能有限制。外国公司可能不受审计和汇报的标准以及与美国境内生效相符的监管要求。本研究报告中以美元以外的其他货币计价的任何证券或相关金融工具的投资或收益的价值受汇率波动的影响, 可能对该等证券或相关金融工具的价值或收入产生正面或负面影响。美国收件人的所有问询请联系:

Haitong International Securities (USA) Inc.

340 Madison Avenue, 12th Floor

New York, NY 10173

联系人电话: (212) 351 6050

DISTRIBUTION AND REGIONAL NOTICES

Except as otherwise indicated below, any Recipient wishing to discuss this research report or effect any transaction in any security discussed in HTI's research should contact the Haitong International salesperson in their own country or region.

Notice to Hong Kong investors: The research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited ("HTISCL"), which is a licensed corporation to carry on Type 1 regulated activity (dealing in securities) in Hong Kong. This research report does not constitute a solicitation or an offer of securities or an invitation to the public within the meaning of the SFO. This research report is only to be circulated to "Professional Investors" as defined in the SFO. This research report has not been reviewed by the Securities and Futures Commission. You should not make investment decisions solely on the basis of the information contained in this research report. Recipients of this research report are to contact HTISCL salespersons in respect of any matters arising from, or in connection with, the research report.

Notice to U.S. investors: As described above, this research report was prepared by HTIRL, HSIPL or HTIJKK. Neither HTIRL, HSIPL, HTIJKK, nor any of the non U.S. HTISG affiliates is registered in the United States and, therefore, is not subject to U.S. rules regarding the preparation of research reports and the independence of research analysts. This research report is provided for distribution to "major U.S. institutional investors" and "U.S. institutional investors" in reliance on the exemption from registration provided by Rule 15a-6 of the U.S. Securities Exchange Act of 1934, as amended. When distributing research reports to "U.S. institutional investors," HTI USA will accept the responsibilities for the content of the reports. Any U.S. recipient of this research report wishing to effect any transaction to buy or sell securities or related financial instruments based on the information provided in this research report should do so only through Haitong International Securities (USA) Inc. ("HTI USA"), located at 340 Madison Avenue, 12th Floor, New York, NY 10173, USA; telephone (212) 351 6050. HTI USA is a broker-dealer registered in the U.S. with the U.S. Securities and Exchange Commission (the "SEC") and a member of the Financial Industry Regulatory Authority, Inc. ("FINRA"). HTI USA is not responsible for the preparation of this research report nor for the analysis contained therein. Under no circumstances should any U.S. recipient of this research report contact the analyst directly or effect any transaction to buy or sell securities or related financial instruments directly through HSIPL, HTIRL or HTIJKK. The HSIPL, HTIRL or HTIJKK analyst(s) whose name appears in this research report is not registered or qualified as a research analyst with FINRA and, therefore, may not be subject to FINRA Rule 2241 restrictions on communications with a subject company, public appearances and trading securities held by a research analyst account. Investing in any non-U.S. securities or related financial instruments (including ADRs) discussed in this research report may present certain risks. The securities of non-U.S. issuers may not be registered with, or be subject to U.S. regulations. Information on such non-U.S. securities or related financial instruments may be limited. Foreign companies may not be subject to audit and reporting standards and regulatory requirements comparable to those in effect within the U.S. The value of any investment or income from any securities or related financial instruments discussed in this research report denominated in a currency other than U.S. dollars is subject to exchange rate fluctuations that may have a positive or adverse effect on the value of or income from such securities or related

financial instruments. All inquiries by U.S. recipients should be directed to:

Haitong International Securities (USA) Inc.
340 Madison Avenue, 12th Floor
New York, NY 10173
Attn: Sales Desk at (212) 351 6050

中华人民共和国的通知事项: 在中华人民共和国（下称“中国”，就本报告目的而言，不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾）只有根据适用的中国法律法规而收到该材料的人员方可使用该材料。并且根据相关法律法规，该材料中的信息并不构成“在中国从事生产、经营活动”。本文件在中国并不构成相关证券的公共发售或认购。无论根据法律规定或其他任何规定，在取得中国政府所有的批准或许可之前，任何法人或自然人均不得直接或间接地购买本材料中的任何证券或任何实益权益。接收本文件的人员须遵守上述限制性规定。

加拿大投资者的通知事项: 在任何情况下该等材料均不得被解释为在任何加拿大的司法管辖区内出售证券的要约或认购证券的要约邀请。本材料中所述证券在加拿大的任何要约或出售行为均只能在豁免向有关加拿大证券监管机构提交招股说明书的前提下由 Haitong International Securities (USA) Inc. (“HTI USA”) 予以实施，该公司是一家根据 National Instrument 31-103 Registration Requirements, Exemptions and Ongoing Registrant Obligations (“NI 31-103”) 的规定得到「国际交易商豁免」(“International Dealer Exemption”) 的交易商，位于艾伯塔省、不列颠哥伦比亚省、安大略省和魁北克省。在加拿大，该等材料在任何情况下均不得被解释为任何证券的招股说明书、发行备忘录、广告或公开发行。加拿大的任何证券委员会或类似的监管机构均未审查或以任何方式批准该等材料、其中所载的信息或所述证券的优点，任何与此相反的声明即属违法。在收到该等材料时，每个加拿大的收件人均将被视为属于 National Instrument 45-106 Prospectus Exemptions 第 1.1 节或者 Securities Act (Ontario) 第 73.3(1) 节所规定的「认可投资者」(“Accredited Investor”)，或者在适用情况下 National Instrument 31-103 第 1.1 节所规定的「许可投资者」(“Permitted Investor”)。

新加坡投资者的通知事项: 本研究报告由 Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd (“HTISSPL”) [公司注册编号 201311400G] 于新加坡提供。HTISSPL 是符合《财务顾问法》(第 110 章) (“FAA”) 定义的豁免财务顾问，可 (a) 提供关于证券、集体投资计划的部分，交易所衍生品合约和场外衍生品合约的建议 (b) 发行或公布有关证券、交易所衍生品合约和场外衍生品合约的研究分析或研究报告。本研究报告仅提供给符合《证券及期货法》(第 289 章) 第 4A 条项下规定的机构投资者。对于因本研究报告而产生的或与之相关的任何问题，本研究报告的收件人应通过以下信息与 HTISSPL 联系：

Haitong International Securities (Singapore) Pte. Ltd
50 Raffles Place, #33-03 Singapore Land Tower, Singapore 048623
电话: (65) 6536 1920

日本投资者的通知事项: 本研究报告由海通国际证券有限公司所发布，旨在分发给从事投资管理的金融服务提供商或注册金融机构（根据日本金融机构和交易法（“FIEL”））第 61（1）条，第 17-11（1）条的执行及相关条款）。

英国及欧盟投资者的通知事项: 本报告由从事投资顾问的 Haitong International Securities Company Limited 所发布，本报告只面向有投资相关经验的专业客户发布。任何投资或与本报告相关的投资行为只面对此类专业客户。没有投资经验或相关投资经验的客户不得依赖本报告。Haitong International Securities Company Limited 的分支机构的净长期或短期金融权益可能超过本研究报告中提及的实体已发行股本总额的 0.5%。特别提醒有些英文报告有可能此前已经通过中文或其它语言完成发布。

澳大利亚投资者的通知事项: Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited 和 Haitong International Securities (UK) Limited 分别根据澳大利亚证券和投资委员会（以下简称“ASIC”）公司（废除及过度性）文书第 2016/396 号规章在澳大利亚分发本项研究，该等规章免除了根据 2001 年《公司法》在澳大利亚为批发客户提供金融服务时海通国际需持有澳大利亚金融服务许可的要求。ASIC 的规章副本可在以下网站获取：www.legislation.gov.au。海通国际提供的金融服务受外国法律法规规定的管制，该等法律与在澳大利亚所适用的法律存在差异。

印度投资者的通知事项: 本报告由从事证券交易、投资银行及证券分析及受 Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) 监管的 Haitong Securities India Private Limited (“HTSIPL”) 所发布，包括制作及发布涵盖 BSE Limited (“BSE”) 和 National Stock Exchange of India Limited (“NSE”)（统称为「印度交易所」）研究报告。

本项研究仅供收件人使用，未经海通国际的书面同意不得予以复制和再次分发。

版权所有：海通国际证券集团有限公司 2019 年。保留所有权利。

People's Republic of China (PRC): In the PRC, the research report is directed for the sole use of those who receive the research report in accordance with the applicable PRC laws and regulations. Further, the information on the research report does not constitute "production and business activities in the PRC" under relevant PRC laws. This research report does not constitute a public offer of the security, whether by sale or subscription, in the PRC. Further, no legal or natural persons of the PRC may directly or indirectly purchase any of the security or any beneficial interest therein without obtaining all prior PRC government approvals or licenses that are required, whether statutorily or otherwise. Persons who come into possession of this research are required to observe these restrictions.

Notice to Canadian Investors: Under no circumstances is this research report to be construed as an offer to sell securities or as a solicitation of an offer to buy securities in any jurisdiction of Canada. Any offer or sale of the securities described herein in Canada will be made only under an exemption from the requirements to file a prospectus with the relevant Canadian securities regulators and only by Haitong International Securities (USA) Inc., a dealer relying on the "international dealer exemption" under National Instrument 31-103 Registration Requirements, Exemptions and Ongoing Registrant Obligations ("NI 31-103") in Alberta, British Columbia, Ontario and Quebec. This research report is not, and under no circumstances should be construed as, a prospectus, an offering memorandum, an advertisement or a public offering of any securities in Canada. No securities commission or similar regulatory authority in Canada has reviewed or in any way passed upon this research report, the information contained herein or the merits of the securities described herein and any representation to the contrary is an offence. Upon receipt of this research report, each Canadian recipient will be deemed to have represented that the investor is an "accredited investor" as such term is defined in section 1.1 of National Instrument 45-106 Prospectus Exemptions or, in Ontario, in section 73.3(1) of the Securities Act (Ontario), as applicable, and a "permitted client" as such term is defined in section 1.1 of NI 31-103, respectively.

Notice to Singapore investors: This research report is provided in Singapore by or through Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd ("HTISSPL") [Co Reg No 201311400G]. HTISSPL is an Exempt Financial Adviser under the Financial Advisers Act (Cap. 110) ("FAA") to (a) advise on securities, units in a collective investment scheme, exchange-traded derivatives contracts and over-the-counter derivatives contracts and (b) issue or promulgate research analyses or research reports on securities, exchange-traded derivatives contracts and over-the-counter derivatives contracts. This research report is only provided to institutional investors, within the meaning of Section 4A of the Securities and Futures Act (Cap. 289). Recipients of this research report are to contact HTISSPL via

the details below in respect of any matters arising from, or in connection with, the research report:

Haitong International Securities (Singapore) Pte. Ltd.

10 Collyer Quay, #19-01 - #19-05 Ocean Financial Centre, Singapore 049315

Telephone: (65) 6536 1920

Notice to Japanese investors: This research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited and intended to be distributed to Financial Services Providers or Registered Financial Institutions engaged in investment management (as defined in the Japan Financial Instruments and Exchange Act ("FIEL") Art. 61(1), Order for Enforcement of FIEL Art. 17-11(1), and related articles).

Notice to UK and European Union investors: This research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited. This research is directed at persons having professional experience in matters relating to investments. Any investment or investment activity to which this research relates is available only to such persons or will be engaged in only with such persons. Persons who do not have professional experience in matters relating to investments should not rely on this research. Haitong International Securities Company Limited's affiliates may have a net long or short financial interest in excess of 0.5% of the total issued share capital of the entities mentioned in this research report. Please be aware that any report in English may have been published previously in Chinese or another language.

Notice to Australian investors: The research report is distributed in Australia by Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited, and Haitong International Securities (UK) Limited in reliance on ASIC Corporations (Repeal and Transitional) Instrument 2016/396, which exempts those HTISG entities from the requirement to hold an Australian financial services license under the Corporations Act 2001 in respect of the financial services it provides to wholesale clients in Australia. A copy of the ASIC Class Orders may be obtained at the following website, www.legislation.gov.au. Financial services provided by Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited, and Haitong International Securities (UK) Limited are regulated under foreign laws and regulatory requirements, which are different from the laws applying in Australia.

Notice to Indian investors: The research report is distributed by Haitong Securities India Private Limited ("HSIPL"), an Indian company and a Securities and Exchange Board of India ("SEBI") registered Stock Broker, Merchant Banker and Research Analyst that, inter alia, produces and distributes research reports covering listed entities on the BSE Limited ("BSE") and the National Stock Exchange of India Limited ("NSE") (collectively referred to as "Indian Exchanges").

This research report is intended for the recipients only and may not be reproduced or redistributed without the written consent of an authorized signatory of HTISG.

Copyright: Haitong International Securities Group Limited 2019. All rights reserved.

<http://equities.htisec.com/x/legal.html>
