



2024

全球量子通信与安全 产业发展展望

2024/02

量子信息年度系列报告

序言

2023年，量子通信与安全领域收获了发展和创新。在全球主要量子参与国家和科技企业共同努力下，量子技术在信息安全通信方面有了更多前沿突破和应用创新，使得更多的项目从实验室走向商业化应用。谷歌浏览器应用PQC算法、IBM推出量子安全路线、欧盟EuroQCI项目开始建设等一系列事件、进展和成果都在彰显这一领域的兴盛。作为信息通信和网络安全领域的一类前沿技术，量子通信与安全不仅为全球数字社会的构建提供新的可能性，还引领着网络安全的未来。

本报告聚焦于量子通信与安全产业生态全面发展，考察了量子密钥分发（QKD）、后量子密码（PQC）、随机数发生器（QRNG）等多个技术领域的关键创新，并以此为基础探讨其产品商业化和在行业中的应用，旨在对2023年度量子通信与安全领域的重要进展进行回顾和分析，并提出短期未来发展趋势的思路与观点。

作为连年发布的报告，本报告不着重解释技术的基本原理，更专注于呈现这些技术与产品在商业环境中的实际应用，全球重要项目的实施情况，以及各方在研发、标准化、商业化等方面的工作及成果。通过对这些方面的深入分析，我们期望为读者呈现一个清晰的画面，展示量子通信与安全行业在当今科技时代的引领地位和潜力。

尽管全球宏观经济形式不容乐观，量子通信与安全领域的融资近三年连续下降，但2023年的发展仍然鼓舞我们，多条政策向产业链各环节发出了明确的发展信号，预示着量子通信与安全领域在未来一年仍有可期的发展机遇。我们认识到依然需要面对新的挑战，让我们共同期待，共同见证这一领域在未来的拓展与卓越，为数字时代的安全通信注入更多活力和可能性。

ICV 前沿科技咨询总监、高级副总裁：Jude Green



声明

- 01** 本报告体现的内容和阐明的观点力求独立、客观，本报告中的信息或所表述的观点均不构成投资建议，请谨慎参考。
- 02** 本报告旨在梳理和呈现2023年度内全球与量子细分技术和产业领域发生的重要事件，涉及数据及信息以公开资料为主，以及对公开数据的整理。并且，结合发布之时的全球经济发展状态，对短期未来可能产生的影响进行预判描述。
- 03** 本报告重点关注2023年1月1日至2023年12月31日间量子细分行业发生的相关内容，以当地时间报道为准，以事件初次发布之时为准。对同一内容或高度相似内容的再次报道，若跨年度，不视为2023年发生的重要事件。
- 04** 本报告版权归ICV TA&K和光子盒所有，其他任何形式的使用或传播，包括但不限于刊物、网站、公众号或个人使用本报告内容的，须注明来源（2024全球量子通信与安全产业发展展望 [R]. ICV TA&K & 光子盒.2024.02）。
本报告最终解释权归ICV TA&K和光子盒所有。
- 05** 任何个人和机构，使用本报告内容时，不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删减和篡改。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、印刷等。如征得同意进行引用、转载、刊发的，需在允许范围内。违规使用本报告者，承担相应的法律责任。
- 06** 本报告引用数据、事件及观点的目的在于收集和归纳信息，并不代表赞同其全部观点，不对其真实性负责。
- 07** 本报告涉及动态数据，呈现截至统计之时的情况，不代表未来情况，不够成投资建议，请谨慎参考。

致谢

本篇报告由全球前沿科技咨询机构ICV邀请中国量子科技服务平台光子盒联合撰写和发布。

感谢包括但不限于以下公司给予技术和素材的支持：

Contents

目录

1. 2023行业进展概览	5
2. 产业生态	25
3. 公司分析	36
4. 网络建设	45
5. 投融资	56
6. 政策分析	64
7. 产业预测	68
8. 展望观点	75
9. 附件	81



01

2023行业进展概览

目录

01 2023行业进展概览

01 QKD主要进展

02 QRNG主要进展

03 PQC主要进展

04 QT主要进展

05 应用及商业进展

06 标准化工作进展

01

QKD主要进展



基于光纤传输的QKD线路里程逐渐提升 为大规模量子网络建设奠定基础

中国研究团队在基于光纤传输的TF-QKD（双场量子密钥分发系统）线路距离方面，于2023年首次突破1000公里，达到1002公里，这一成果是迈向未来大规模量子网络的关键一步。此次突破通过实验证明了在长距离光纤上使用发送或不发送（SNS）协议的TF-QKD的可行性。

北京量子院研究团队利用光频梳技术开发的量子密钥分发开放式新架构，成功实现615公里光纤量子密钥分发通信实验。此次实验是基于相干边带稳相与异地激光源频率校准技术，研制的开放式架构、无需服务光纤的新型TF-QKD完成。达到低损耗光纤四百公里级、五百公里级、六百公里级的安全成码，并且打破无中继QKD的码率界限，成功演示了臂长差为百公里的量子密钥分发实验。

PHYSICAL REVIEW LETTERS



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China



清华大学
Tsinghua University

YOFC
Smart Link Better Life.



赋同量子
-PHOTEC-

nature communications

北京量子信息科学研究院
Beijing Academy of Quantum Information Sciences

传输速率



QKD密钥传输速率再次提升 助力实现更频繁的密钥交换

通过发展高保真度集成光子学量子态调控、高计数率超导单光子探测等关键技术，可实现百兆比特率（115.8 Mbs）的实时量子密钥分发，此实验结果将先前的成码率纪录提升一个数量级。

新的传输记录建立在QKD加密新理论之上，该理论解除了量子安全通信中先前对距离和数据传输速率的限制。利用传统光纤和光放大器的方法可实现在光纤电缆上发送了超过1032公里的量子安全通信，数据传输速率（密钥速率）明显高于之前的记录（以前：0.0034比特/秒；现在：34比特/秒）。

nature photonics



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China



济南量子技术研究院
Jinan Institute of Quantum Technology



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

arXiv





天地一体链路实现抗强背景噪声的QKD 为天地一体通信网络夯实根基

最新一项具有全天时工作和抗强背景噪声特性的混合链路QKD技术成功完成演示。这项技术采用了空间链路和光纤链路相结合的方法，以实现Hong-Ou-Mandel (HOM) 干涉。在传统的BB84协议无法正常工作的链路条件下，该技术仍能够有效进行多维干涉量子密钥分发 (MDI-QKD)。此外，研究人员还深入研究了基于卫星的HOM干涉的可行性，为构建天地一体的混合通信网络奠定了重要基础。

PHYSICAL REVIEW LETTERS



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China



清华大学
Tsinghua University



中国科学院
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

成码率



QKD实现远距离安全成码 有效降低协议实现难度

模式匹配量子密钥分发 (MP-QKD) 协议，利用极大似然估计的数据后处理方法精确地估算出两个独立激光器的频率差用于参数估计，实现了实验室标准光纤百公里级、两百公里级、三百公里级以及超低损光纤四百公里级的安全成码，相较于之前的原始MDI实验，成码率有明显提升，并且在三百公里和四百公里距离上较之前实验成码率提升了3个数量级。

PHYSICAL REVIEW LETTERS



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China



清华大学
Tsinghua University



国盾量子
QuantumCTek

PHYSICAL REVIEW LETTERS



北京量子信息科学研究院
Beijing Academy of Quantum Information Sciences



南京大学
NANJING UNIVERSITY

“异步匹配”技术应用于量子通信，可大大提高了密钥率，且集中了“双场”协议与“测量设备无关”协议的优势，以更简单的量子通信架构，实现了尽可能长的量子通信距离。使用异步配对符合的策略改进了测量设备无关 (MDI) 量子密钥分发方案，使之既具有双场协议打破成码率-传输损耗限制关系的特点，又具有结构简化的优点。在成码率方面成功实现57kbps@201km、5kbps@306km、590bps@413km、42.64bps@508km。

02

QRNG主要进展

安全性



结合量子非局域性、量子安全算法和零知识证明 提高非交互式零知识证明安全性

中国科学家通过将量子非局域性、量子安全算法和零知识证明三个领域相结合，首次实现了一套以器件无关量子随机数发生器作为熵源，以后量子密码作为身份认证的随机数信标公共服务，将其应用到零知识证明（ZKP）领域中，消除了非交互式零知识证明（NIZKP）中实现真随机数的困难所带来的安全隐患，提高了NIZKP的安全性。



随机性



提高原始随机序列输出速率 实现高随机性的量子随机数发生器

利用雪崩光电二极管电子隧穿效应实现的离散型QRNG在常温常压下能以100 Mbps的速率输出原始随机序列，8,000,000 bits统计最小熵达到0.9944 bits/bit，NIST SP 800-90B认证最小熵达到0.9872 bits/bit。使得实现长时间连续输出无任何后处理的高随机性随机数的量子随机数发生器成为可能。

此外，此次研究的QRNG输出的原始数据在长时间连续稳定保持高随机性方面也获得进展，系统11,744 s连续输出1,174 Gbits原始数据，以每8 Mbits作为基本单元得到统计最小熵分布，其平均值为0.9892 bits/bit。

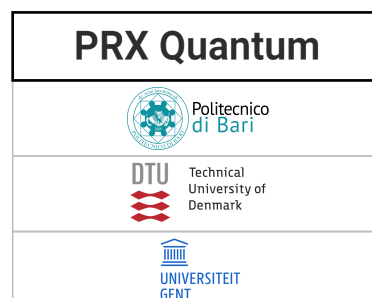


产生速率



利用粒子和反粒子 提高量子随机数产生速率

利用量子真空态生成随机数通常在速度上存在限制。因此，研究人员通过利用粒子和反粒子对的行为来创建量子随机数发生器，发现其速度比传统系统快200倍，在实验中达到了每秒100 Gbit的生成速率，将基于真空的量子随机数产生速度记录提高了一个数量级。



03

PQC主要进展

PQC算法领域当前主要关注于对算法的安全性评估，包括抗量子攻击、数学问题的难度、侧信道攻击抵抗等多方面。因此，多方主要在NIST标准框架下对不同的PQC算法进行评估，以确保PQC算法在商业应用中能够有效抵御量子计算的威胁。

Kyber密钥封装机制（KEM）是已被NIST提名的用来保护网络免受未来量子计算机攻击的加密标准。然而，KEM却在2023年接连爆出安全漏洞。12月，网络安全公司Cryspen的研究人员解释了此算法的两个漏洞，分别为KyberSlash 1和KyberSlash 2，均属于基于时间的攻击。攻击者可以通过观察Kyber在解封装过程中执行的特定除法操作的时间，推断每次尝试的时间，并进行逆向工程破解。这种攻击方式属于侧信道攻击的一种可用于破坏任何类型的加密，包括经典算法和PQC算法。

2023年年初，瑞典皇家理工学院仅利用神经网络变破解了NIST提名的Crystals-Kyber算法，这是PQC算法第四次被破解。

目前，公众对PQC算法的安全性问题逐渐从理论层面的数学漏洞拓展到了更加实际的考虑，即算法在真实世界中受到的潜在攻击。实际攻击的出现强调了在部署PQC算法时，及时检查并修复潜在漏洞的重要性，促使PQC算法的不断改进和演进，以提高真实应用场景中的安全性。

安全评估



PQC迁移虽在推进 但PQC算法安全性仍需严格评估

新的神经网络训练方法“递归学习”（Recursive Learning）可以通过周期性循环旋转信息，实现对NIST公布的四种PQC算法中Crystals-Kyber算法的最高5阶掩码的侧信道攻击，以高于99%的概率从中恢复了信息位（message bit）。这一发现表明使用神经网络即可破解NIST的PQC算法，突显了PQC算法安全性评估的重要性。



Cryptology ePrint Archive



04

QT主要进展



利用多路复用量子存储器 实现长距离量子隐形传态

量子隐形传态（QT）是量子网络的一项基本功能，允许在不直接交换量子信息的情况下传输量子比特。此次实验展示了远距离进行量子传输的方法，从波长为通信波段的光子比特到存储在固态量子存储器中的物质量子比特，多路复用量子存储器实现从光子到固态量子比特的量子隐形传态的传输距离超过1公里。这一系统采用主动前馈方案，通过对从存储器中检索的量子比特进行条件相移，满足了协议要求。其独特之处在于采用了时分复用的方法，不仅提高了传输速率，而且直接与已部署的电信网络兼容。这些关键特征使得这一技术在长距离量子通信的发展中具有潜在的可扩展性和实际实施的可能性。



通过无噪声线性放大 实现高保真度连续可变的量子隐形传态

为了克服连续可变量子隐形传态在保真度和传输距离上存在的限制，通过无噪声线性放大来克服这些限制的预测量子传输器，使用适度量子纠缠的相干态传输的高保真度达到了92%。我们的传输器原则上允许几乎完全消除由于在不完美的量子通道中传输的输入态而引起的损失。此外，还进一步演示了位移热态的纯化，这是传统确定性放大或传输方法无法实现的。高保真度的相干态传输与对热化输入态的纯化相结合，使得量子态能够在相当长的距离上进行传输。此次实验克服了通往高效连续变量量子传输的长期障碍，同时为将传输应用于从热噪声中纯化量子系统提供了新的启示。



05

应用及商业进展

▶ 量子通信已与量子计算、量子精密测量实现跨界融合

IBM、Quantinuum因其在量子计算领域取得的瞩目成就往往被视为专注于量子计算的公司。然而，这些公司当前研发和业务布局已不局限于量子计算领域，已发布量子通信与安全领域的发展路线图或者推出了相关产品和解决方案。

IBM于5月发布了量子安全路线图，该路线图包括组织/公司可以采取实施的量子通信与安全步骤。同时，IBM还发布了一套端到端的解决方案IBM Quantum Safe以支持量子安全路线的实施。IBM Quantum Safe包含IBM Quantum Safe Explorer、IBM Quantum Safe Advisor及IBM Quantum Safe Remediator。此技术由三个关键操作组成：发现（确定加密使用情况，分析依赖关系，并生成加密物料清单）、观察（分析漏洞的加密态势，并根据风险确定补救措施的优先级）、变换（通过加密敏捷性和内置自动化进行修复和缓解）。IBM在2022年就表示，将在2025年推出名为“Kookaburra”的量子处理器。Kookaburra是一个具有量子通信链路的1386量子比特多芯片处理器。IBM将三个Kookaburra芯片连接成一个通过量子通信连接的4158量子比特系统。

Quantinuum推出Quantum Origin Onboard是一个能够提供量子计算强化密钥增强的商用企业软件解决方案。它可以直接安装在设备上，并用于提供基础级保护，无需额外的硬件升级即可直接集成到连接的设备中。这种独特的方法确保了任何环境中的设备，无论是线上还是离线，都可以生成量子计算强化密钥，以不断最大限度地提高保护设备的加密措施的强度。

美国量子计算公司QCI在4月开始拓展其商业产品线，推出可重新编程和不可重复的QRNG。



企业开展合作推动关键基础设施实现量子加密

关键基础设施的安全保障对于提升网络防御能力，确保数据和系统的安全尤为重要。例如，Honeywell利用Quantinuum的Quantum Origin技术，通过量子计算增强的随机性生成密钥，使其真正不可预测，保护智能电表用户数据和关键基础设施免受高级网络安全威胁，帮助正在数字化转型中的公用事业部门提高可靠性和信任度。

中国国网武汉供电公司在武汉经开区供电环网内的配电自动化终端实现了量子加密通信——这是湖北首例电网量子加密技术的成功应用。新安装的量子加密通信线路，配电箱里添置了一个量子加密通信模块，加装在每个配电设备上，通过与电网通信链路连通实现量子加密通信。



软件可配置商用量子网络向量子开发人员开放

由美国宽带服务提供商EPB联合量子公司Qubitekk和Aliro Quantum推出的EPB Quantum Network已向顾客开放。EPB Quantum Network是美国首个可配置商用量子网络的，专为量子技术公司和研究人员而设计，为量子开发人员消除商业化的障碍。

EPB Quantum Network是一种量子即服务产品，为量子技术人员提供光纤基础设施和软件，以加快将量子技术和应用推向市场的进程。客户可以使用最新的基础量子设备通过EPB Quantum Network的专用光缆生成、分发和测量量子位。现已向客户开放，允许用户为他们需要的一系列网络配置指定参数，可以使用由Aliro Quantum设计和制造的AliroNet TM来构建、测试、验证、表征和运行其产品，进行控制和配置。



▶ 太空实时卫星量子弹性加密链路已完成

美国基于实时、端到端量子弹性加密通信卫星太空链路进行卫星数据传输。此卫星链路由QuSecure与埃森哲合作完成，使用PQC保护的多轨道数据通信，从地球到低地球轨道卫星的加密量子弹性通道，同时可以通过切换到地球同步卫星，并再次传回地球，以模拟在单个轨道中卫星受到威胁故障或遭受攻击时的冗余备份方案。整个传输使用传统网络安全和QuSecure的QuProtect™平台的量子弹性网络安全进行保护。



▶ 欧洲量子通信基础设施开始建设

欧盟委员会与27个欧盟成员国和欧洲航天局（ESA）合作，共同设计、开发和部署欧洲量子通信基础设施（EuroQCI）项目。EuroQCI项目由两部分组成，第一是连接国家和跨境战略站点的光纤通信网络的地面部分，第二个是基于卫星的空间部分。EuroQCI于2019年发布EuroQCI宣言，最初由七个成员国签署，随着2021年7月爱尔兰完成签署EuroQCI，所有27个欧盟国均已加入EuroQCI。EuroQCI计划在整个欧盟及其海外领土部署量子通信基础设施，到2027年投入使用。此项目由协调组织方PETRUS进行协作支持，PETRUS成员单位包括DT（德国电信）、Airbus（法国空客）、Thales（法国泰雷兹）和AIT（奥地利理工大学）。



在地面建设部分，EuroQCI的第一个实施阶段已于2023年1月开始，预计持续30个月，将于2025年6月完成。目前，马耳他、爱尔兰、西班牙、法国、丹麦、保加利亚等多个国家纷纷启动量子通信基础设施建设。

在太空领域，欧盟委员会目前正在与欧洲航天局（ESA）合作制定第一代EuroQCI卫星星座的规格。这颗卫星是由ESA和一个工业联盟在第一颗原型卫星Eagle-1的基础上开发的，预计于2025年底或2026年初发射。2023年11月，由欧洲卫星公司SES牵头负责开发量子安全天基EAGLE-1系统，并与ESA密切合作，TNO和Airbus加入为该任务设计和建造光学地面站。

▶ PQC商业化产品更加丰富

多个量子通信公司相继提出PQC解决方案，定制并不断优化PQC解决方案，以满足不同行业和组织的特定需求。目前，Google、Sandbox AQ、QuSecure、WiSeKey、Xiphra等公司均聚焦于PQC解决方案的研究，为企业及政府数据安全提供更高水平的保障。PQC产品仍处于初期发展和探索阶段，多为企业研发与测试。同时PQC产品应用也具有一定的局限性，主要为端到端的安全加密。

在美国方面，开始引领PQC移动通信应用，准备向PQC迁移。QuSecure公司推出的QuProtect软件，可以利用量子安全加密技术保证数据传输的安全性。并且在2023年7月，QuProtect软件可以通过亚马逊的品牌和生态系统平台进行分销工作。同月，美国电信公司沃达丰与Sandbox AQ合作，为智能手机测试基于量子安全的虚拟私人网络（VPN）。在该项目中，沃达丰利用新技术和定制的Sandbox AQ软件建立了首个量子安全VPN，用于量子安全的互联网协议和分析，通过调整标准智能手机进行测试，沃达丰及Sandbox AQ在现实电信场景中评估最新的NIST标准。此外，Chrome在其最新版本（版本116）中推出了一个量子混合密钥协商机制，该浏览器版本添加了抗量子攻击的X25519Kyber768算法。所使用的两个算法分别是X25519（已经在使用中的椭圆曲线算法）和Kyber-768。从组织安全的角度来看，谷歌的举措代表了用户首次有机会在HTTPS网页上使用PQC。

英国也同步采用PQC算法，启动量子安全VPN。11月，LTMindtree公司在伦敦启动了量子安全虚拟专用网（VPN）链接。该量子安全VPN由LTMindtree、Quantum Xchange、Fortinet合作实现，使用基于量子的密钥生成和带外密钥传输，并由PQC算法提供安全保护，以增强加密数据的安全性和完整性。

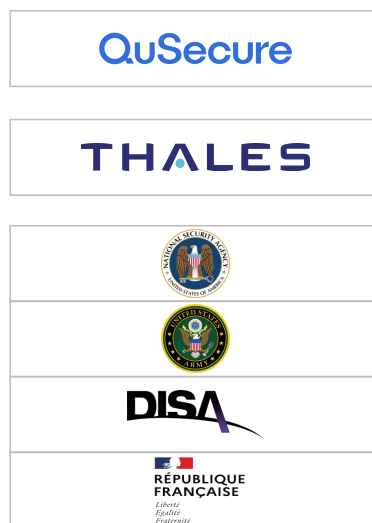
瑞士WiSeKey的子公司SEALSQ在2023年6月开发了基于人工智能的PQC量子解决方案，利用NIST公布的Kyber和Dilithium CRYSTAL算法保证通信安全，创建了第一个抗量子USB演示器。



▶ PQC下游应用场景逐渐增多

对于通信领域，目前已有多家企业开发具有量子弹性的加密卫星链路。如美国QuSecure推出首个具有量子弹性的实时端到端卫星加密通信链路，意味着美国卫星数据传输已采用PQC来抵御经典和量子解密攻击，以保护卫星数据通信的安全性。Thales在其旗舰移动安全应用“Cryptosmart”中创建了PQC的应用，利用5G SIM卡来实现PQC。混合密码（经典密码学与PQC的结合）被用于两个设备之间的电话通话中，以保护通话期间交换的信息。

此外，美国联邦政府、美国陆军、美国国防信息系统局、法国投资总秘书处等军事机构均开始寻求PQC服务，以确保敏感数据的安全性。并且在PQC领域，政府和军事机构开始倾向于与私营企业合作，私营企业通常拥有更快的创新速度和更灵活的研发能力，因此通过合作可以更快地获得最新的PQC解决方案。



▶ 利用QKD+PQC专线服务保障通信安全

2023年关于PQC+QKD融合研究的论文相对较少，但已经出现两者融合的商业应用。韩国互联网服务提供商SK Broadband推出韩国首个支持QKD和PQC在线安全方法的专线服务，客户可以根据具体情况选择和使用QKD或PQC，这一服务获得了韩国密码模块验证计划（KCMVP）的认证。在此专线服务中，客户可以自主选择QKD和PQC的使用。SK Broadband表明，专用的QKD线路在安全性上表现出色，适用于政府、公共机构、医疗中心和金融机构等大型客户。而对于中小型企业，则可以选择无需安装单独设备的PQC。当然，也可以灵活地将两种方法结合运用。以银行的生物特征认证安全性为例，可在银行内部数据中心采用QKD技术，同时在客户的智能手机和认证服务器之间采用PQC技术，以保护生物特征信息。这种综合运用的方式既发挥了QKD在专用场景的优势，又充分利用了PQC在中小型企业中的便捷性。



通信运营商作为最重要的参与者已有多家公司推出产品

目前通信运营商正在积极探索量子通信与安全技术的商业化途径，包括开发基于量子通信技术的加密通话产品、集成量子随机数发生器到云服务，以及开发量子安全通信解决方案。这些产品和服务的推出，标志着量子通信技术从实验室走向市场的重要步骤。然而，目前商业化渗透率还不高，使用人群主要面向一些特定领域，采购方对新产品新技术的认知认可度有待提升。运营商们正在努力，推动量子通信技术的商业化进程，一边与量子技术公司或研究机构合作，一边开发更加实用、成本效益更高的量子产品和服务。



图表 全球通信运营商2023年发布的量子通信与安全产品及服务情况

序号	国家	运营商	产品/服务
1	中国	中国电信	- 量子安全云 - 量子安全OTN - 量子密信 - 定制终端：华为Mate60 Pro量子密话定制终端；有量子密话功能的三星W24 W24 Flip手机终端；支持量子密话的天翼铂顿S9、天翼铂顿10手机终端 - 量子密码解决方案
2		中国联通	- 量子云盾产品 - 多场景量子安全通信解决方案
3	英国	British Telecommunications	量子安全虚拟专用网络（VPN）通信
4	韩国	SK Telecom	Galaxy Quantum 4手机

iCV TA&K | Version Feb 2024

适用于太空的QRNG已推出，助力实现量子通信卫星

英国Quantum Dice公司和新加坡量子通信技术公司SpeQtral推出使用Zenith的QRNG，此设备为专为太空设计的产品，可在为计划在SpeQtral-1卫星任务中实现安全量子通信技术提供支持。

Zenith QRNG是Quantum Dice的首款太空产品，提供高速率、稳健且低尺寸、重量和功耗 (SWaP) 解决方案，采用Quantum Dice专有的DISC™协议，拥有200至1000 Mbps数据速率。此前，Quantum Dice推出的DISC™ QRNG系列具有7.5 Gbps随机数生成速率。



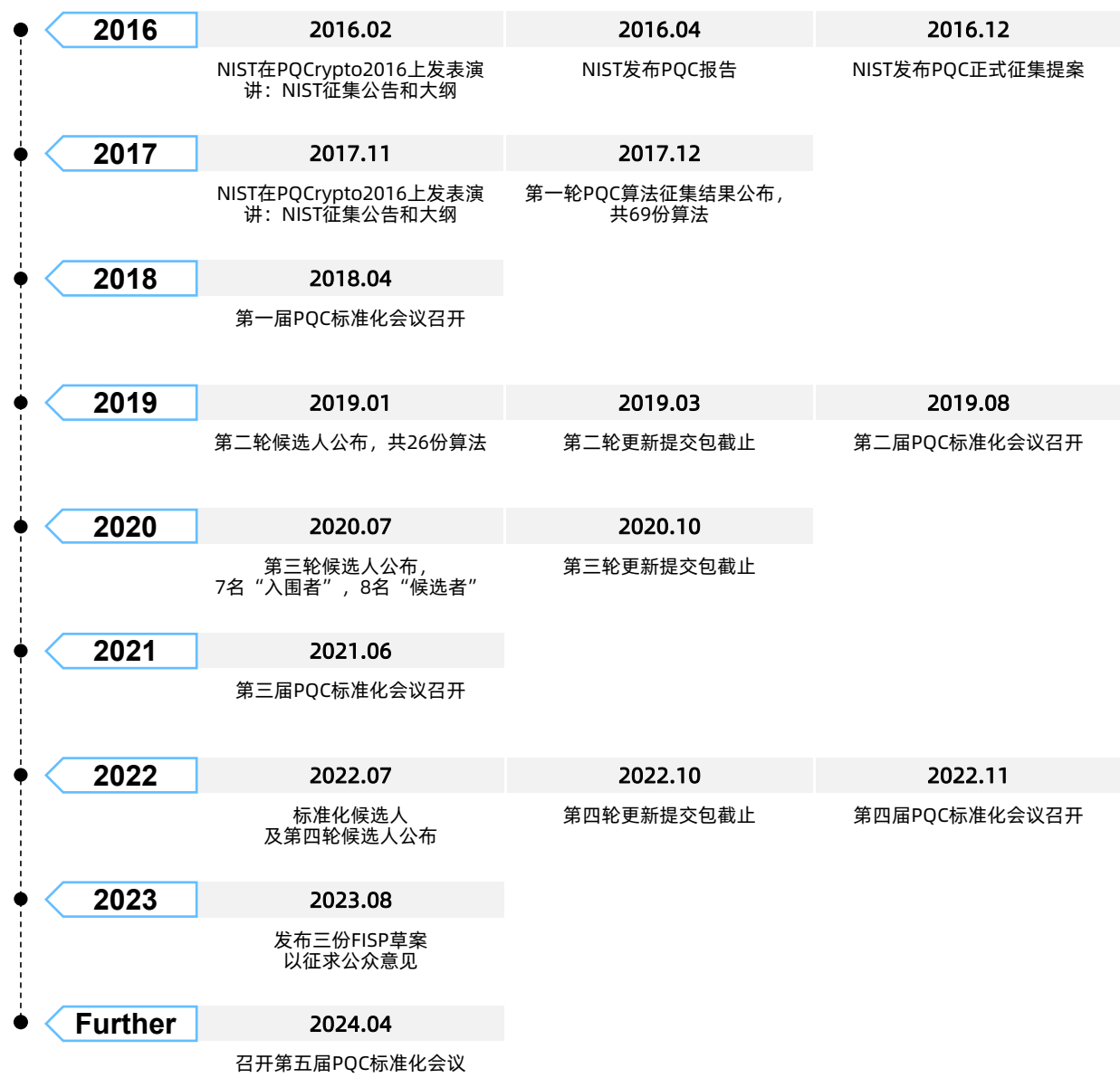
06

标准化工作进展

▶ PQC标准化进程稳步推进

PQC标准化工作全球影响力最大的，是由美国国家标准与技术研究所（NIST）主导的工作。NIST从2017年第一轮PQC算法征集至2022年第四轮候选人公布，经过四轮严格筛选，最终于2023年8月公布三种算法的标准草案，经过公众审查后预计于2024年正式批准三种算法草案。NIST的PQC标准草案的发布，标志着在应对未来量子计算将带来的威胁和风险已有初步应对方案。已发布的标准草案的三种算法是CRYSTALS-Kyber、CRYSTALS-Dilithium和SPHINCS+，第四份PQC标准草案FALCON预计将在2024年公布。

图表 美国NIST主导的PQC项目的时间线



▶ 国际机构发布多项量子通信与安全标准

欧洲电信标准化协会（ETSI）发布的QKD模块安全评估的安全保护框架（PP）（GS QKD 016 V1.1.1）为QKD物理系统实施提供指导。

国际标准化组织（ISO）主导的ISO/IEC 23837-1:2023及ISO/IEC 23837-2:2023历时五年编制，最终于8月发布。

国际电信联盟电信标准化局（ITU-T）批准通过5项QKD网络协议相关标准，包括QKD网络的协议框架（Q.4160）、Ak接口协议（Q.4161）、Kq-1接口协议（Q.4162）、Kx接口协议（Q.4163）、Ck接口协议（Q.4164），这5项标准由中日韩于2021年联合立项发起。作为首批QKD网络协议相关国际标准，5项标准对QKD网络的协议框架进行了整体梳理，对密钥输出、密钥获取、密钥中继、路由控制相关接口协议在协议流程、消息参数等方面进行了规范，给出了具体的消息格式参考，为QKD网络的互联互通提供了有力的技术支撑。此外，还有10余项有关QKD网络网关节点、互通节点等网络架构、信息技术的标准及其补充文件也已发布。

图表 2023年全球量子通信与安全行业标准制定情况

序号	发布时间	项目号	发布单位	标准名称	主要起草单位
1	2023.04	GS QKD 016 V1.1.1	ETSI	Quantum Key Distribution (QKD); Common Criteria Protection Profile - Pair of Prepare and Measure Quantum Key Distribution Modules	罗德与施瓦茨、NPL、Institut Mines-Telecom、Facultad de Informatica、NICT、INRIM、滑铁卢大学、IDQ、华为德国公司、东芝、IDQ Europe
2	2023.08	ISO/IEC 23837-1:2023	ISO	Security requirements, test and evaluation methods for quantum key distribution Part 1: Requirements	/
3	2023.08	ISO/IEC 23837-2:2023	ISO	Security requirements, test and evaluation methods for quantum key distribution Part 2: Evaluation and testing methods	/
4	2023.01	Y.3813	ITU-T	Quantum key distribution networks interworking - functional requirements	北京邮电大学、国科量子、国盾量子、中国工信部
5	2023.01	Y.3814	ITU-T	Quantum key distribution networks - functional requirements and architecture for machine learning enablement	北京邮电大学、国科量子、国盾量子、中国信通院、中国工信部、ETRI
6	2023.03	Suppl. 74 to ITU-T Y.3800-series	ITU-T	Standardization roadmap on Quantum Key Distribution Networks	英国、加拿大、韩国、KT、KAIST、SKT、国盾量子、国科量子

序号	发布时间	项目号	发布单位	标准名称	主要起草单位
7	2023.11	Supplement 79 to ITU-T Y.3800-series	ITU-T	Quantum key distribution networks - Role in end-to-end cryptographic services with non-quantum cryptography	KT、KAIST、ETRI
8	2023.11	Supplement 80 to ITU-T Y.3800-series	ITU-T	Quantum key distribution networks use cases	韩国、KT、ETRI、KAIST、Korea University、国科量子、国盾量子、北京邮电大学
9	2023.09	Y.3818	ITU-T	Quantum key distribution networks interworking - architecture	北京邮电大学、国科量子、国盾量子、中国工信部、SKT
10	2023.09	Y.3817	ITU-T	Quantum key distribution networks interworking - Requirements of quality of service assurance	韩国、ETRI、KT
11	2023.09	Y.3816	ITU-T	Quantum key distribution networks - Functional architecture enhancement of machine learning based quality of service assurance	ETRI、KT、Korea University、武汉瑞盈通
12	2023.09	Y.3815	ITU-T	Quantum key distribution networks - overview of resilience	北京邮电大学、国科量子、中国信通院、中国工信部、国盾量子
13	2023.11	Y.3814 (2023)Amd1 (ex Y.3814)	ITU-T	Quantum key distribution networks - Functional requirements and architecture for machine learning enablement	NICT、NEC、东芝、ETRI、国科量子、国盾量子、KT、SKT
14	2023.11	Y.3802 (2020) Amd1	ITU-T	Quantum key distribution networks - Functional architecture	NICT、NEC、东芝、ETRI、国科量子、国盾量子、KT、SKT
15	2023.11	Y.3803 (2020) Amd1	ITU-T	Quantum key distribution networks - Key management	NICT、NEC、东芝、ETRI、国科量子、国盾量子、KT、SKT
16	2023.11	Y.3804 (2020) Amd1	ITU-T	Quantum key distribution networks - Control and management	NICT、NEC、东芝、ETRI、国科量子、国盾量子、KT、SKT

序号	发布时间	项目号	发布单位	标准名称	主要起草单位
17	2023.11	Y.3805 (2021) Amd1	ITU-T	Quantum key distribution networks - Software-defined networking control	NICT、NEC、东芝、ETRI、国科量子、国盾量子、KT、SKT
18	2023.11	Y.3811 (2022) Amd1	ITU-T	Quantum key distribution networks - Functional architecture for quality of service assurance	NICT、NEC、东芝、ETRI、国科量子、国盾量子、KT、SKT
19	2023.12	Y.3819	ITU-T	Quantum key distribution networks_x005fRequirements and architectural model for autonomic management and control enablement	北京邮电大学、国科量子、国盾量子、中国信通院、中国工信部、ETRI、Korea University
20	2023.12	Q.4160	ITU-T	Quantum key distribution networks - Protocol framework	NICT、NEC、东芝、ETRI、NICT、NEC、东芝、国盾量子、国科量子、中国工信部、北京邮电大学
21	2023.12	Q.4161	ITU-T	Protocols for Ak interface for quantum key distribution network	国盾量子、国科量子、中国工信部、NICT、NEC、东芝
22	2023.12	Q.4162	ITU-T	Protocols for Kq-1 interface for quantum key distribution network	国盾量子、国科量子、中国工信部、NICT、NEC、东芝
23	2023.12	Q.4163	ITU-T	Protocols for Kx interface for quantum key distribution network	NICT、NEC、东芝、国盾量子、国科量子、中国工信部
24	2023.12	Q.4164	ITU-T	Protocols for Ck interface for quantum key distribution network	NICT、NEC、东芝、国盾量子、国科量子、中国工信部
25	2023.12	Q.4164	ITU-T	Protocols for Ck interface for quantum key distribution network	NICT、NEC、东芝、国盾量子、国科量子、中国工信部

中国发布多个量子通信与安全领域标准

2023年，中国发布了8项量子通信与安全领域的标准。其中，《量子保密通信应用基本要求》是中国发布的首个量子通信与安全领域的国家标准，其余7条为行业标准；5项标准在2023年内发布并实施，3项标准将于2024年实施。这些标准既有宏观、基本层面的，例如量子保密通信应用基本要求，也有具体技术细节的，例如，量子密钥分发（QKD）网络AK接口技术要求 第1部分：应用程序接口（API）。国科量子、国盾量子、中国电信、中国信通院、信通数智、循态量子等多家单位参与以下标准的制定工作。

图表 2023年中国量子通信与安全领域标准制定情况

序号	发布时间	实施时间	发布单位	标准名称	标准号
1	2023.05	2023.08	CCSA	量子保密通信网络架构	YD/T 4301-2023
2	2023.05	2023.08	CCSA	量子密钥分发（QKD）网络 网络管理技术要求 第1部分：网络管理系统（NMS）功能	YD/T 4302.1-2023
3	2023.05	2023.08	CCSA	基于IPSec协议的量子保密通信应用设备技术规范	YD/T 4303-2023
4	2023.07	2023.11	CCSA	量子密钥分发（QKD）网络AK接口技术要求 第1部分：应用程序接口（API）	YD/T 4410.1-2023
5	2023.07	2023.11	CCSA	量子密钥分发（QKD）系统技术要求 第2部分：基于高斯调制相干态协议的QKD系统	YD/T 3834.2-2023
6	2023.08	2024.03	SAC/TC485	量子保密通信应用基本要求	GB/T 42829-2023
7	2023.12	2024.04	CCSA	量子密钥分发与经典光通信共纤传输技术要求	YD/T 4632-2023
8	2023.12	2024.04	CCSA	量子密钥分发(QKD)系统测试方法 第2部分:基于高斯调制相干态协议的QKD系统	YD/T 3835.2-2023

注：CCSA指中国通信标准化协会，SAC/TC485指全国通信标准化技术委员会

仍有多项量子通信与安全标准在研

在量子随机数发生器方面，中国的《器件无关量子随机数产生器通用要求》国家标准立项，此标准将明确此类产品的术语定义、结构组成，规范功能要求和性能检验方法，对产品生产及使用提供指导。

在QKD网络标准方面，ITU-T在SG13、SG17和SG11研究组，开展十余项新标准项目研究，涉及QKD网络互联互通、网内和网间接口与协议定义、可信中继节点的安全框架等内容。

图表 2023年量子通信与安全领域在研标准

序号	立项时间	项目号	发布单位	标准名称	主要起草单位
1	2023.03	20230192-T-469	CCSA	器件无关量子随机数产生器通用要求	济南量子院、国科量子、山东国科量子、中国科学技术大学、清华大学、上海交通大学、南方科技大学、解放军信息工程大学、中国计量研究院、中国科学院软件研究所、中国科学院上海微系统与信息技术研究所、国盾量子
2	2023.01	Q.QKDNi_KM	ITU-T	Protocols for interfaces between key managers for quantum key distribution network interworking	NICT、NEC、东芝、国盾量子、ETRI
3	2023.03	Y.QKDN-qos-auto-rq	ITU-T	Quantum key distribution networks - Requirements for autonomic quality of service assurance	北京邮电大学、国科量子、中国信息通信研究院、中国工信部、北京科技大学
4	2023.03	Y.QKDN-rsrq	ITU-T	Requirements for quantum key distribution network resilience	北京邮电大学、国科量子、北京科技大学、中国信息通信研究院、中国工信部
5	2023.03	Y.QKDN-TSNfr	ITU-T	Framework for integration of quantum key distribution network and time sensitive network	北京科技大学、国科量子、北京邮电大学、国盾量子
6	2023.03	Y.supp.QKDN_sync	ITU-T	Analysis of Time Synchronization in Quantum Key Distribution Networks	中国工信部、中国科技大学、国科量子、国盾量子、北京邮电大学、中国信科
7	2023.03	X.sec_QKD_profr	ITU-T	Framework of quantum key distribution (QKD) protocols in QKD network	德国、新加坡、国科量子、IDQ、NICT、国盾量子、SKT、新加坡国立大学
8	2023.05	Q.QKDN_Mk	ITU-T	Protocols for interfaces on quantum key distribution network manager	NICT、NEC、东芝、ETRI、国盾量子

序号	立项时间	项目号	发布单位	标准名称	主要起草单位
9	2023.05	Q.QKDNi_profr	ITU-T	Quantum key distribution networks Interworking - Protocol framework	NICT、NEC、东芝、ETRI、国盾量子
10	2023.09	X.1715Amd1	ITU-T	Security requirements and measures for integration of quantum key distribution network and secure storage network	/
11	2023.11	Y.QKDNi-qos-fa	ITU-T	Quantum key distribution networks interworking - Functional architecture for quality of service assurance	韩国、ETRI、KT、KAIST、Korea University
12	2023.11	Y.QKDN-nq-qos-rf	ITU-T	Quantum key distribution networks - Requirements and framework of quality of service assurance for end-to-end QKDN and non-quantum cryptography services	ETRI、KT、Korea University、韩国、北京邮电大学、武汉瑞盈通
13	2023.11	Y.QKDN-da	ITU-T	Quantum key distribution networks – Dependability assessment	中国电信、ETRI、北京科技大学、中国工信部、国科量子
14	2023.11	Y.QKD-TLS	ITU-T	Quantum Key Distribution integration with Transport Layer Security 1.3	韩国、ETRI、KT、KAIST、Korea University



02

产业生态

目录

02 产业生态

- 01 量子通信与安全产业链上游
- 02 量子通信与安全产业链中游
- 03 量子通信与安全产业链下游

量子通信与安全产业链发展至今，已相对成熟，产业链分工更为细分。随着产业链结构进一步明晰，本次对产业链结构进行了调整，试图呈现出当前产业生态现状。

产业链上游的核心器件与材料划分为芯片、光源、单光子探测器、量子随机数发生器以及其他。产业链中游划分为设备层、网络建设层和运营层。此外，这一版还将PQC纳入产业生态图谱。产业链下游仍以主要应用行业进行划分。

图表 量子通信与安全产业链



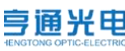
注：部分公司的LOGO出现多次，旨在显示该公司在不同的版块均有业务涉及。

01

量子通信与安全产业链上游

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。光源则成为量子通信不可或缺的关键组件，作为载体，经过对其量子状态的调制操作后，可携带量子信息在不同通信节点间中进行信息传输和共享。在通信接收端，单光子探测器发挥着至关重要的作用，确保对量子信息的精准检测。量子随机数发生器是保障通信不可预测性的关键工具。此外，其他核心器件如PPLN（周期极化铌酸锂）晶体、PPLN（周期极化铌酸锂）波导、光纤光缆等元件同样在上游产业链中发挥着关键作用。这些核心器件和材料为量子通信与安全产业链的上游提供了创新动力，为实现更安全、更高效的量子通信系统奠定了坚实基础。

图表 量子通信与安全上游

技术	基本情况	部分公司
芯片	数据处理芯片为FPGA（现场可编程门阵列）芯片通过编程，可以成为实现任意功能的器件。电子学芯片在量子通信中也有所使用，包括模拟信号处理芯片、数模/模数转换芯片（DAC/ADC）、射频芯片、存储芯片等。光学芯片通常指集成了光学功能的芯片，如光波导、光学传感器等。	   
光源	光源是产生光子的器件或设备，是实现基于量子物理的安全通信的基本元素。不同技术路线下对光源可能有不同的需求，激光器是一种常见的光源的设备。	   
单光子探测器	单光子探测器可以检测单个光子的信号强度，并将光信号转换放大为电信号。在量子通信中，主要探测可见光到近红外光波长范围的光信号，探测范围一般在400纳米到1310纳米之间。半导体探测器和超导探测器是两种常见的单光子探测器类型。	   
量子随机数发生器	量子随机数发生器（QRNG）已成为商业产品，是QKD设备中的核心部件。产品成熟度不断提升，从成本角度来看，已可具备了替代经典随机数产品的能力。	   
其他	晶体：主要用于生成和调制用于传输量子信息的光子。 光纤光缆：光纤光缆是量子通信中所使用的一种传输介质，低损耗光纤可有效提升量子通信的通信距离和通信速率。	   

注：本图表中行业参与者仅展示部分，更多行业参与者请参考量子通信与安全产业链以及实际情况。

02

量子通信与安全产业链中游

在量子通信与安全产业链中游，划分为核心设备、网络建设集成、保密网络运营以及PQC。核心设备涉及到关键的量子通信设备，如QKD设备、组网设备和网络管理软件平台，这些设备确保信息的安全传输。网络建设集成用于构建高效、安全的量子通信网络，例如中国的国家骨干网、省骨干网以及城域网。保密网络运营则包括各运营商参与其中，推动量子通信技术的日常运行与维护。同时，产业链中游还加入了PQC领域，包括新一代的加密算法、安全协议、芯片等。这部分的发展使得产业链更为全面，更加关注未来密码学的演进。整个中游通过设备、网络建设和运营的协同作用，为量子通信与安全的发展提供支撑，为实现更安全、高效的通信提供了关键保障。



图表 量子通信与安全中游

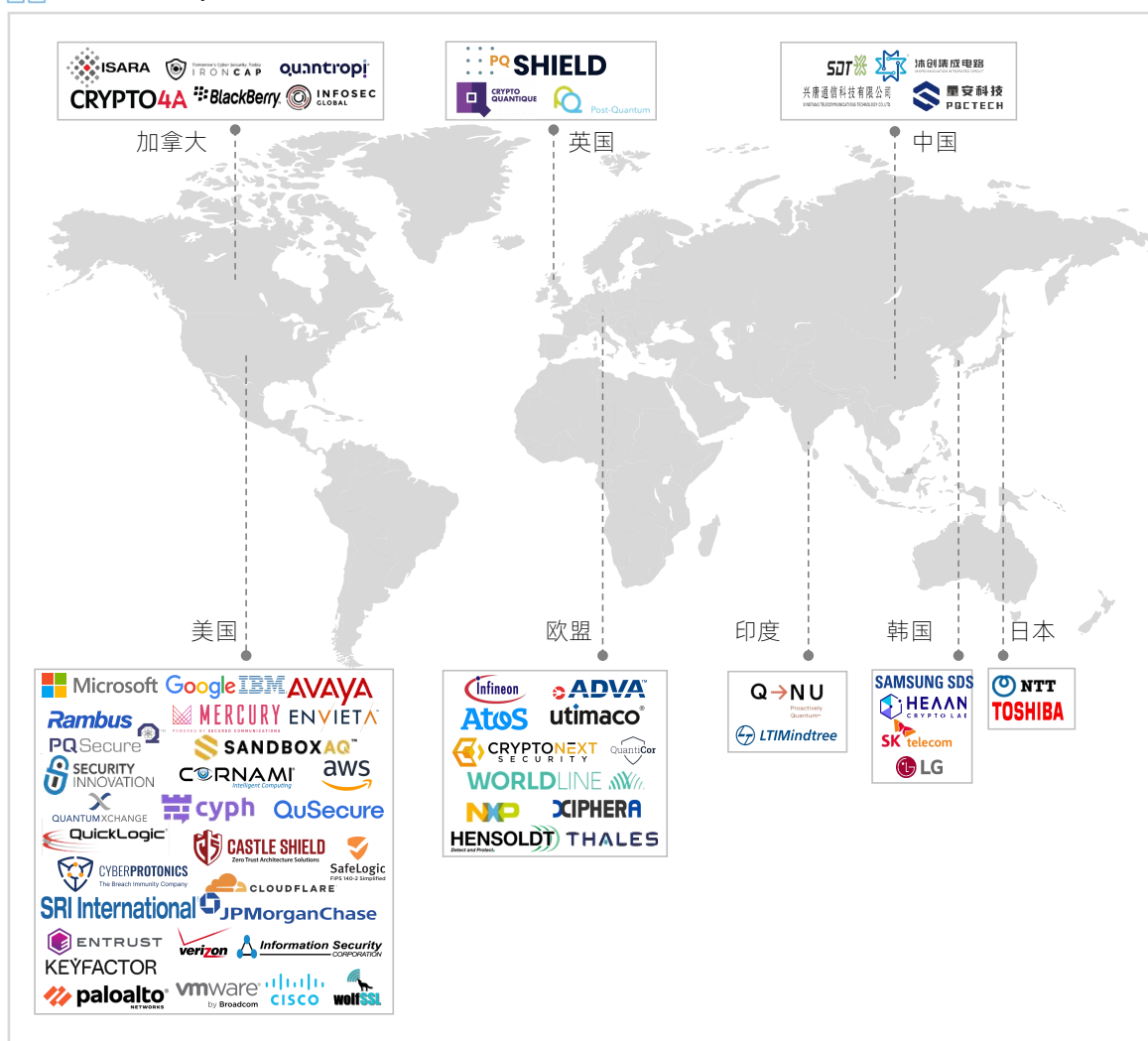
技术	基本情况	部分公司
核心设备	主要包括量子密钥分发（QKD）设备、组网设备和网络管理软件平台。QKD设备的商业化产品当前主要为DV-QKD（离散变量量子密钥分发）和CV-QKD（连续变量量子密钥分发）两大类。组网设备和网络管理软件平台包括信道交换类、数据处理类及网络管理软件平台。	     
网络建设集成	全球大部分QKD网络建设依托现有光纤通信网络，通过选择一些合适的点位，在机房中布设QKD发送端和接收端设备。	   
保密网络运营	运营层主要负责管理和协调整个量子网络的运作。这包括监控网络状态、调度量子信号的传输、维护网络安全性和稳定性。在运营层，重要的工作还包括处理密钥管理和分发、优化网络资源分配以及故障检测和响应。	     
PQC	一切可以抵抗量子计算攻击的新算法均可成为PQC，作为一种基于数学算法，通过芯片和配套软件系统实现的方案，在成本上和使用铺盖效率上较QKD有优势。	   

注：本图表中行业参与者仅展示部分，更多行业参与者请参考量子通信与安全产业链以及实际情况。

中游PQC参与者分布

从PQC公司总部地理分布来看，美国、欧盟、中国的公司分布较为密集。此外，加拿大、英国、日本、韩国、印度等国家也有公司参与PQC研究，并提供PQC产品或服务。从企业业务来看，美国IBM、Microsoft、Google等全球科技巨头将公司业务拓展至PQC领域，其中Google已应用PQC算法保护其旗下Chrome浏览器网络安全。印度QNu Labs公司以NIST的PQC标准工作为参考，开发基于格的PQC算法，提供Hodos产品服务。

图表 全球PQC研究公司分布



全球PQC科研机构以高校为主。中国参与PQC领域的科研机构较多，但实现商业化转型的机构仍然有限。主导PQC标准化的NIST机构位于美国，基于此优势，美国多个科研机构孵化出PQC初创公司，转型商业化。此外，欧盟、英国、加拿大、日本等国家也有较多PQC科研机构。

图表 全球PQC科研机构分布



▶ 全球PQC研究工作推进情况

PQC研究应用工作重要性在于要确保不同厂商PQC方案之间的互操作性和安全性，推动PQC技术的商业化应用和广泛采用，完成从经典密码体系向PQC的过渡。美国是诸国中，标准化进程走得最快的。除了美国，英国、德国、法国、中国、日本和韩国等国家在PQC领域也相当重视，开展了PQC相关工作。

在国际机构方面，互联网工程任务组（IETF）成立了后量子加密工作组（PQUIP），旨在协调加密协议的使用。IETF批准英国网络安全公司Post-Quantum提出和设计的量子安全虚拟专用网络（VPN）的新标准。此标准规定了VPN如何在量子时代安全地交换通信，VPN新标准将互操作性放在首位，允许使用不同公钥加密算法的各方相互通信，使多种PQC和经典加密算法被纳入VPN成为可能。9月，PQC技术人员、研究人员和专家从业者为推动美国NIST推行的PQC标准化算法理解及采用发起了PQC联盟（PQC Coalition）。创始联盟成员包括美国公司IBM Quantum、Microsoft、MITRE、SandboxAQ，英国PQShield以及加拿大滑铁卢大学。

美国

美国发布《2023年国家网络安全战略》，提出政府应增加对PQC迁移的有关投资，广泛更换容易被量子计算破坏的硬件、软件和服务。美国CISA、NSA与NIST于8月联合发布《量子准备：向后量子密码迁移》指南。9月，NIST下属的国家网络安全中心（NCCoE）发布《向后量子密码学迁移》项目情况说明书，概述了向PQC迁移项目的背景、目标、挑战、好处和工作流程。此外，NCCoE还列出了参与该项目的28家技术供应商名单，包括IBM、Amazon、Microsoft、SandboxAQ等量子主要参与公司。

英国

英国国家网络安全中心（NCSC）发布白皮书，帮助商业企业、公共部门组织和关键国家基础设施提供商的系统 and 风险所有者思考如何为向PQC迁移做好准备。

德国

德国联邦信息安全办公室（BSI）与罗德与施瓦茨网络安全有限公司开展了“通用密码库的安全实施”项目。该项目建设了Botan密码库，到2023年，Botan密码库已发展到3.0版本。

法国

第九届ETSI/IQC量子安全密码学活动于2023年2月在法国ETSI总部召开，此次会议汇聚了工业界、学术界和政府相关的量子密码学人才，并声明ETSI将继续向量子安全标准化历程努力。

中国

中国信息安全标准化技术委员会召开后量子密码技术与创新实践研讨会，围绕PQC领域前沿技术、研究动态及发展趋势等方面进行探讨，推动了PQC标准化设立以及应用实施。

清华大学丘成桐数学科学中心、北京雁栖湖应用数学研究院主办的第三届雁栖湖国际后量子密码标准化与应用研讨会暨后量子技术成果发布会在北京召开，共同商讨国际PQC标准化进展与面向行业领域的PQC迁移工作。

中国抗量子密码战略与政策法律工作组成立与专家聘任仪式在第十三届中国信息安全法律大会主论坛上举行。工作组将对抗量子密码技术、产业、业务的现状和相关国内外政策、法律法规进行研究，以公开或定向方式发表抗量子密码相关蓝皮书、要报、专题研究报告等成果，推动形成中国抗量子密码共识和行动方案。

日本

日本信息通信研究机构（NICT）发布消息称，NICT与日本凸版印刷株式会社正在合作研究PQC。双方在NICT运营的试验床——医疗保健长期完整性和保密性保护系统（H-LINCOS）中，建立了一个兼容PQC的私有证书颁发机构，通过增加电子签名和数字证书签发功能，以及与凸版印刷和NICT开发的“PQC CARD”联动，验证篡改检测功能的有效性。

韩国

韩国国家情报院和科学技术信息通信部发布一项总体规划指出，韩国将在2035年之前将国家密码系统转变为后量子密码学。这两个组织与国防部、内务安全部、国家安全技术研究院、韩国互联网振兴院、韩国地方信息振兴院等成立了工作委员会，并与韩国地方信息振兴院共同制定了总体规划。时间跨度长达十余年的总体规划路线图旨在保护韩国免受量子计算威胁，并加强韩国的国家网络安全。

04

量子通信与安全产业链下游

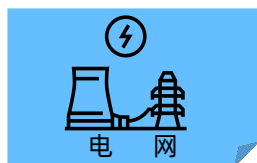
量子通信与安全产业链下游涵盖了广泛的应用领域，包括国防、金融、电网以及终端等。在国防领域，量子通信技术应用于高度机密的军事通信，确保敏感信息的安全传输，有效防范窃听和网络攻击。金融行业通过量子通信技术实现更安全可靠的数据传输，提高对金融交易和客户信息的保护水平。在电网领域，量子通信可应用于保障电力系统中实时数据的安全传输，预防网络攻击和数据篡改，确保电网运行的稳定性。



- 美国陆军授予QuSecure公司一份小型企业创新研究第二阶段合同，为陆军用户开发基于PQC的加密技术和解决方案，并确定如何在战术边缘使用量子技术。
- SandboxAQ企业获得美国国防信息系统局提供的合同，提供端到端的PQC管理解决方案。



- 汇丰银行与Quantinuum签署一系列探索性项目，此次合作的目标是利用量子计算的力量来增强加密密钥，同时将其与PQC算法相集成。
- 汇丰银行使用QKD的加密形式保护了其专有平台HSBC AI Markets上的一笔交易，将3000万欧元兑换成了美元。



- 中国国网武汉供电公司在武汉经开区供电环网内的配电自动化终端实现了量子加密通信。新安装的量子加密通信线路，配电箱里添置了一个量子加密通信模块，加装在每个配电设备上，通过与电网通信链路连通实现量子加密通信。
- 浙江省首座量子+变电站35千伏稽山变在绍兴老城区投运，该变电站由原35千伏城关变经过“无线公网+量子通信”技术改造，将变电站的有线通信变为无线通信，贯通了现有配网量子开关与主网量子+变电站之间的电力信息数据，具备主配网一键联动功能。此次“量子变电站”由国盾量子及参股公司浙江国盾量子电力提供设备及技术支持。



- 法国Thales在其移动安全应用和5G SIM卡中采用混合加密技术，引入了PQC算法通信。
- 美国QuSecure推出具有量子弹性的实时端到端卫星加密通信链路。
- 谷歌Chrome在其最新版本（版本116）中推出了一个量子混合密钥协商机制，添加了抗量子攻击的X25519Kyber768算法。
- 国盾量子推出安全邮件产品——国盾密邮，采用“一次一密”的密钥分发技术，结合高强度国密算法，为用户提供端到端的邮件安全收发服务。



- 中国电信与华为合作发布的Mate60 Pro手机终端提供量子密话定制功能。
- 中国电信与三星推出三星W24 | W24 Flip两款引入中国电信量子密话功能的手机。
- 中国电信发布支持量子密话的天翼铂顿10和天翼铂顿S9手机终端，其中天翼铂顿S9是搭载天通卫星通信芯片的5G卫星双模手机。
- 韩国SKT与IDQ、三星电子合作发布Galaxy Quantum 4量子通信手机，该手机搭载QRNG芯片。

An isometric illustration in a dark blue and black color scheme. It features a city skyline with several skyscrapers of varying heights. In the foreground, a laptop is open, its screen displaying various business-related graphics: a large pie chart, a smaller donut chart, a bar chart, and some text blocks. A pen is visible in the bottom right corner, resting on a surface with a grid pattern. The overall style is modern and professional, suggesting a focus on business analysis or data visualization.

03

公司分析

目录

03 公司分析

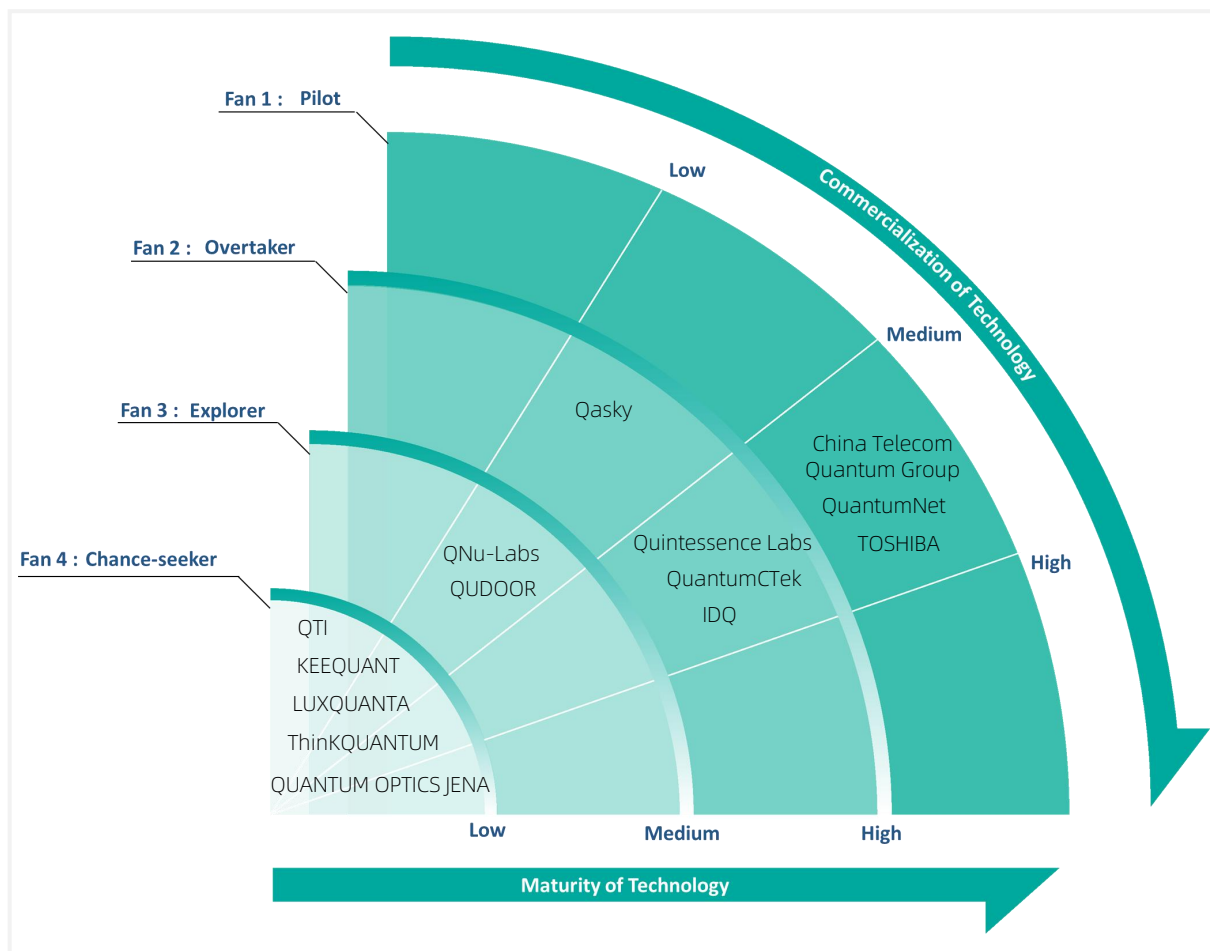
- 01 QKD供应商分析
- 02 QRNG供应商分析
- 03 PQC供应商分析
- 04 量子通信与安全公司概况

01

QKD供应商分析

当前，QKD技术已实现量子通信与安全领域产品商业化，已在较大范围内应用。因此，本次评估主要针对提供完整QKD系统解决方案能力的供应商，以对其在技术、商业实力和服务方面进行全面评价。首先，深入考察供应商的技术创新和QKD系统的性能。其次，审视供应商的商业实力。最后，关注供应商提供的服务质量。通过这次全面评价，将有助于更全面地了解各供应商在推动量子通信与安全领域发展方面的贡献。

图表 QKD供应商分析

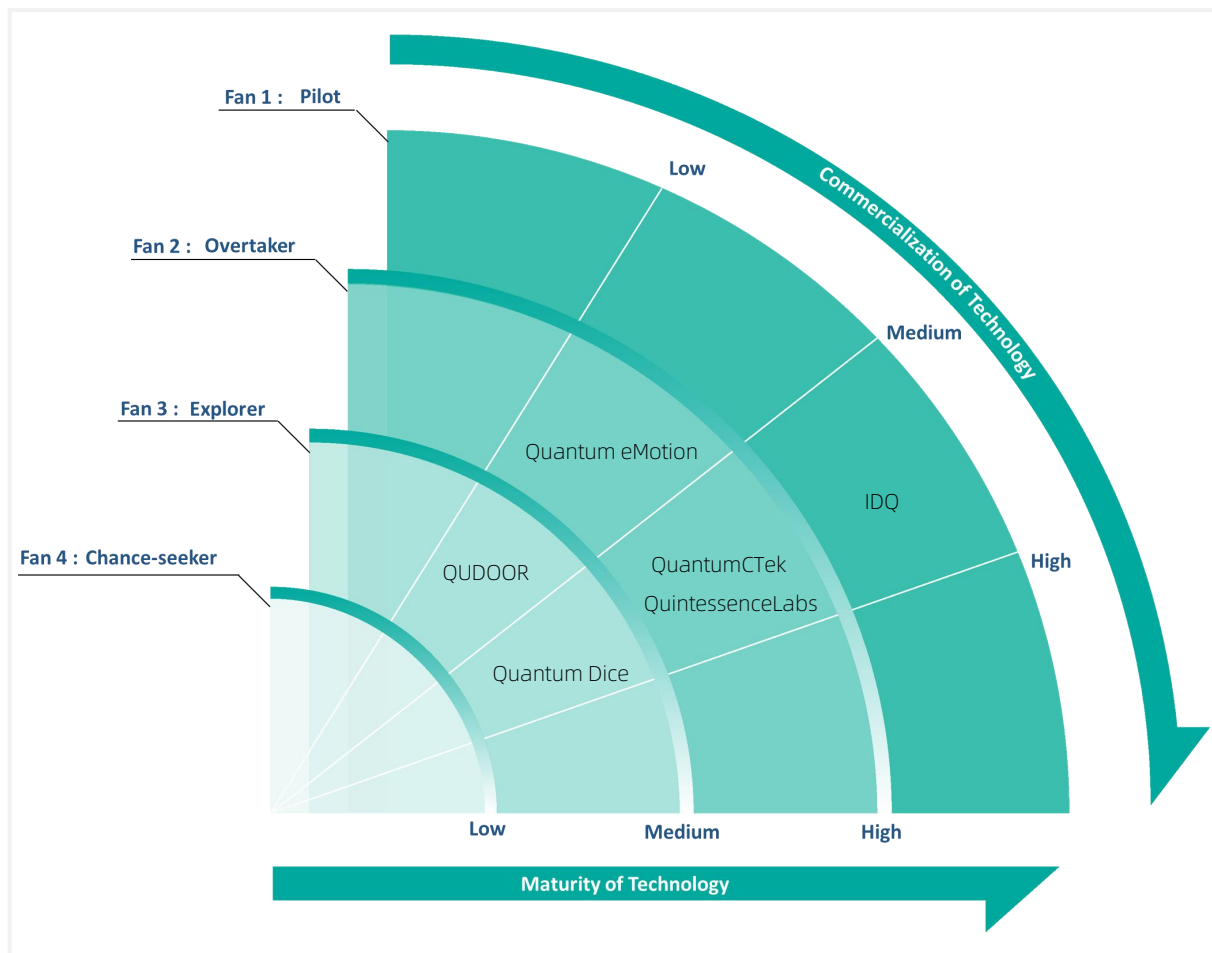


02

QRNG供应商分析

QRNG通过充分利用量子力学的随机性质，实现了真正的随机数生成，为量子通信系统提供了关键的安全基础。在量子通信中，随机数的生成对于QKD协议至关重要。QRNG通过基于量子态的测量，利用不可预测的量子性质，确保了生成的随机数无法被经典计算机所预测或推测。这种真正的随机性为量子密钥的生成提供了坚实的基础，防范了潜在的信息窃听和破解威胁。因此，本次评估将对QRNG主要供应商进行分析，以全面评价它们在技术、商业实力和服务方面的表现。

图表 QRNG供应商分析

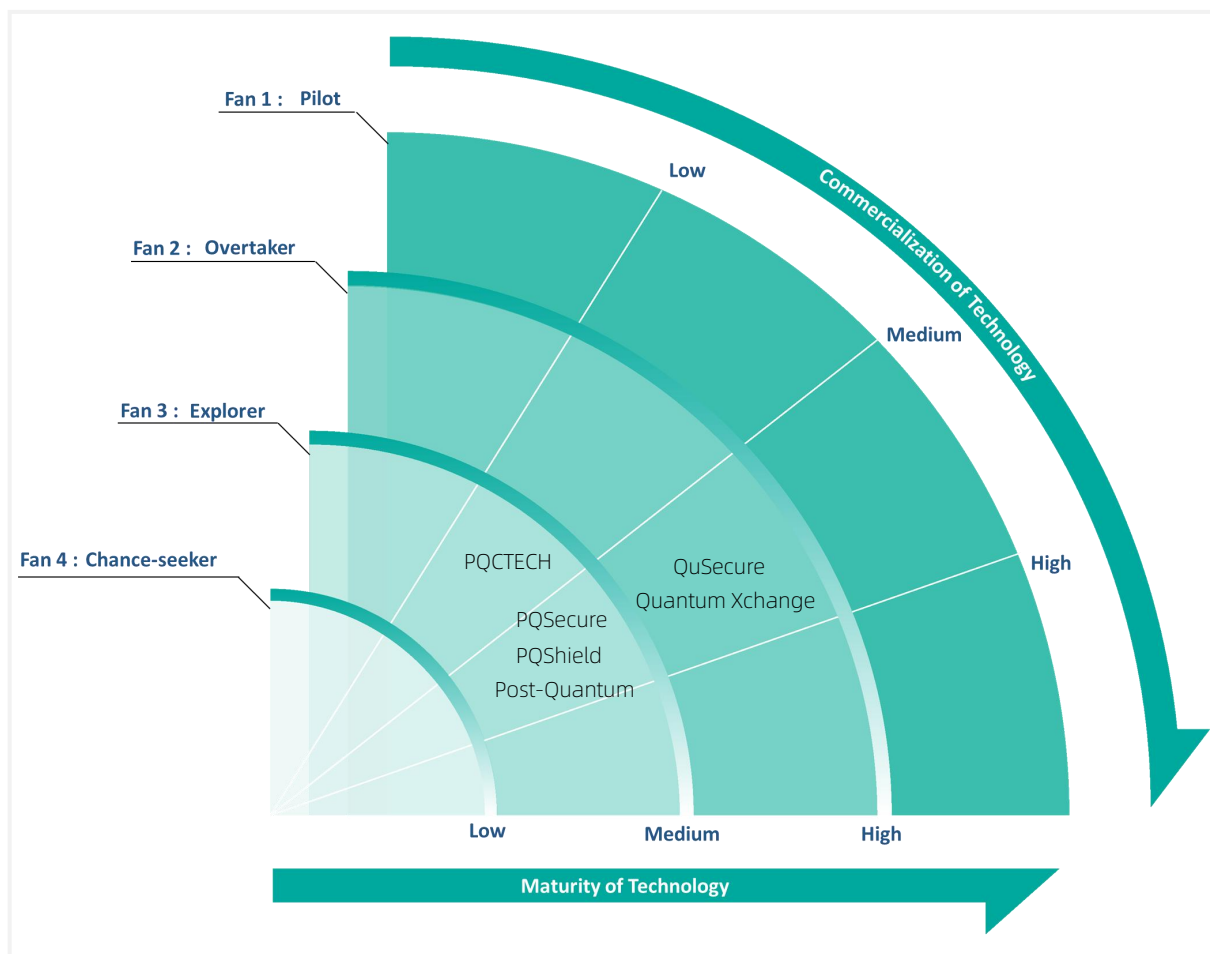


03

PQC供应商分析

PQC技术以数学方法为基础，涉及多种密码学原理和数学结构，包括基于格的密码学、多项式环的问题、哈希函数的设计等。通过这些数学方法，PQC技术可以实现安全的加密和签名操作，从而保护敏感信息免受“先存储，后解密”的威胁。随着美国NIST主导的PQC标准工作推进，越来越多的公司加入到PQC领域，共同探索PQC的实际应用以及技术改进，PQC技术逐渐从学术领域走向商业实践。PQC技术有望成为通信安全领域的未来发展方向之一，因此本次评估将针对提供PQC解决方案或软件的主要供应商进行综合分析。

图表 PQC供应商分析



04

量子通信与安全公司概况

► Toshiba Europe Limited

TOSHIBA

在产品研发与测试方面，开设东芝剑桥实验室，研发了QKD发射端使用的增益开关型激光器，标定了各种强度种子光注入对其发光功率、时延的影响；与Orange共同验证了在现有光纤网络上部署QKD的可行性，且功率（而不是信道数量）对效率的影响最大；和软银公司通过引入QKD系统以及QKD兼容VPN路由器，成功进行了基于互联网安全协议（IPsec）的QKD-VPN通信演示实验；同英国电信BT及汇丰银行完成在伦敦的商业城域网试用实验。在量子通信项目建设方面，东芝参与建设新加坡第一个全国性量子安全网络NQSN+项目，提供基于光纤的QKD和量子密钥管理系统（Q-KMS）产品套件。此外东芝于12月19号发布公告，从东京证券交易所退市被股权公司Japan Industrial Partners牵头的财团以110亿英镑的交易私有化。

► ID Quantique SA



IDQ自2020年推出IDQ首款QRNG芯片以来，该系列芯片现已扩展到六种版本，并嵌入到三星智能手机等终端设备及卫星中。在MWC23大会上发布了与KCS和SKT共同研发的QRNG芯片和具有密码通信功能的半导体合二为一的“量子密码单芯片”；嵌入IDQ QRNG芯片的DocuSign QSCD设备于2023年获得FIPS 140-2 3级批准；基于IDQ的QRNG芯片，与SKT、三星共同推出“Galaxy Quantum 4”量子智能手机。在量子通信建设方面，参与EAGLE-1计划，EAGLE-1是一个集成了空间和地面部分的QKD系统，由一颗近地轨道卫星和一个地面量子通信网络组成；与新加坡电信运营商Singtel合作作为新加坡首个全国性量子安全网络（NQSN+）提供QKD设备及量子安全密钥管理解决方案；同以色列光传输设备公司PacketLight提出将QKD解决方案与网络加密设备相结合，对现有的光纤通信基础设施进行改造和升级的解决方案。

► 科大国盾量子技术股份有限公司



国盾量子在通信与安全领域作为产业最早的开拓者，以量子核心设备研制为主，已涉足基础设施网络构建、行业应用、标准制定、科普教育等领域。

2023年，在产品、网络建设、技术应用、产业生态建设等方面取得了一些进展，包括：国盾量子的珣腾QKD-POL量子密钥分发设备（QKD-POL40A-S、QKD-POL40B-S）通过国家密码管理局商用密码检测中心检测；与中国电信研究院、华为等单位，实现了基于少模光纤的1Tbps经典通信数据容量与量子密钥分发业务，以及在百公里级链路距离的共纤传输；为杭州亚运会赛事的通信网络保障提供产品及技术支持；为合肥量子城域网提供设备及技术；与钉钉共同推进“量子安全应用门户系列产品”开发；与合肥工业大学签约并共同发布了“车联网量子通信系统典型应用场景”；参与并启动“长三角G60科创走廊量子密码应用创新联盟（中心）”；获得合肥市科普教育基地认定。

▶ 中电信量子信息科技集团有限公司



中电信量子集团于2023年5月在安徽合肥成立，注册资本30亿元，是中国电信股份有限公司全资设立的子公司。在量子关键技术攻关方面，中国电信主导编写了5项量子通信行业标准，具备量子密钥和国密算法的量子加密核心能力。在量子科技成果转化方面，建成国内规模最大、用户最多、应用最全的合肥量子保密通信城域网；推出量子密话密信产品，在网用户突破百万；研制的量子加密对讲已在杭州第19届亚运会中使用；发布“DICT+量子”全场景能力体系以及通话+量子、网+量子、云+量子、平台+量子等一系列应用产品。在推动量子信息产业创新发展方面，与合肥市政府于2021年、2022年、2023年联合举办量子产业大会，已成为行业标志性、专业性的年度盛会；中电信量子集团作为中国电信的主要载体，联合行业头部企业，成立“量子信息应用合作生态联盟”；以“量子科技 点量未来”为主题，开展2023量子科技中国行，在上海、江苏、浙江等地成功举办12站，通过多种形式展示量子科技产品，协同量子行业顶尖专家教授开展量子科普知识讲座，线下参会人员累计达3万余人，线上覆盖超30万人。

▶ 国科量子通信网络有限公司



国科量子成立于2016年，具备研发、建设和运营基于量子通信技术的星地一体、云网融合、应用牵引、自主可控的设施与业务，承担的“国家广域量子保密通信骨干网络”已全线贯通，并正在国家“东数西算”八大枢纽节点建设融合量子通信技术的云平台。国科量子在国际国内牵头成立量子信息标准组，推动并引领标准化工作。

2023年，国科量子在产品应用、生态共建、示范工程等方面均取得较好进展，其中“数据加密管理系统密码模块”通过国家密码局商用密码检测中心测评并在多个银行生产系统中成功应用，国科量子作为牵头单位与G60 科创走廊一廊九城共同发起成立“长三角 G60 科创走廊量子密码应用创新联盟（中心）”，在政务、金融等领域推动开展跨域一体化互联互通建设；参与制定《湖北省加快发展量子科技产业三年行动方案（2023—2025年）》并成为量子科技链主单位；牵手金华市政府共建“国家量子骨干网量子通信应用示范中心”，助力金华“量子城”建设。

▶ SpeQtral Pte Limited



在产品方面，与Quantum Dice推出量子太空产品Zenith QRNG，此产品采用Quantum Dice专有的DISC™协议，使得产品拥有200-1000 Mbps数据传输速率。在项目建设方面，与Archangel Lightworks合作开展英国研究与创新部旗下的创新英国（Innovate UK）和新加坡企业发展局（Enterprise Singapore）支持的量子激光通信光学地面站（QLOGS）项目；和SPTel联合建设新加坡全国性量子安全网络项目NQSN+。



▶ 国开启科量子技术（安徽）有限公司

启科量子为量子信息标准工作组成员、量子科技产学研创新联盟成员单位以及量子计算产业知识产权联盟创始成员，已参与量子信息领域的国家及行业标准制订30余项。在产品方面，其四款产品（量子密钥分发设备QCS-288、QCS-289，量子随机数发生器QRNG-G1、PCIE-QRNG，经专家评审、新技术新产品（服务）认定小组审核、公示等环节，获得北京市新技术新产品（服务）证书；量子密钥分发设备QCS-289及量子随机数发生器设备经中国信通院认证，通过了《量子密钥分发(QKD)系统技术要求 第1部分：基于诱骗态BB84协议的QKD系统》和《量子密钥分发(QKD)系统测试方法 第1部分：基于诱骗态BB84协议的QKD系统》标准检测；同时也在积极推动量子+电力技术突破。在企业合作方面，与中国移动通信有限公司研究院在珠海签署战略合作协议，在移动通信和算力网络等多个领域开展深入合作。



▶ LuxQuanta Technologies S.L.

在产品方面，LuxQuanta于2023年世界移动通信大会上发布LuxQuanta® NOVA LQ™产品，NOVA LQ™利用了CV-QKD技术的优势，可以部署在城域网络中，无需专用光链路。在项目建设方面，参与欧洲量子旗舰（European Quantum Flagship）下的新项目量子安全网络合作伙伴关系（Quantum Secure Networks Partnership, QSNP），该项目的目的是开发和实施量子密码技术。



▶ Quantum Telecommunications Italy S.R.L.

QTI是位于意大利的一家开发和生产QKD系统的量子通信公司，于2020年10月成立。该公司是国家研究委员会意大利国家光学研究所（CNR-INO）的衍生公司，提供QKD系统Quell-X、密钥管理实体QKME以及基于ETSI GS QKD 015标准的解决方案QSDN。QTI曾于2021年8月支持意大利、斯洛文尼亚和克罗地亚三个国家政府之间的量子通信建设，这也是三个节点之间的首次传输测试。



▶ QNU Labs Private Limited

2023年QNU Labs与印度海军合作采购和部署基于QKD的系统，印度海军成为该国第一个采购大规模基于量子的加密系统的机构；与Accops合作探索量子安全远程访问和强身份验证方面的先进解决方案。



▶ ThinkQuantum S.R.L.

在参与项目方面，ThinkQuantum参与欧洲太空通信量子设备和子系统（Quantum Devices and subsystems for Communications in Space, QUDICE）项目，QUDICE的主要目标是开发用于天基QKD的量子通信和光学系统的组件和子系统，从而实现以量子密钥分发为主要服务的欧洲卫星网络。

► Arqit Quantum INC.



在产品方面，2023年推出Arqit WalletSecure™、基于云的对称密钥协商平台QuantumCloud™应用产品，中东电子设备公司WLL（AIEE）已签署QuantumCloud™许可合同；与英国BT及美国Fortinet推出一款商用集成产品，用于使用对称密钥协议的量子安全虚拟专用网络（VPN）通信；与Babcock合作开发尖端通信和控制技术，将Babcock公司的SwarmCore技术和Arqit的对称密钥协议平台集成，以分散的方式接收和传输数据；与沙特阿拉伯DETASAD合作，并推出Arqit的主权对称密钥协议平台，并且在此合作基础上计划将Arqit技术集成到DETASAD的MadeinSaudi智能容量管理中，为每个端点（无论是卫星还是DETASAD边缘云中的任何其他平台）提供网络安全。

在业务合作方面，Arqit和Exclusive Networks宣布在美国建立Arqit的对称密钥协议平台分销合作伙伴关系；和英国SecureCloud+建立供应合作关系，利用Arqit的对称密钥协议平台以及SecureCloud+服务，为数据管理、通信、设备、传感器和网络基础设施提供弹性和保护；与英国Sierra Nevada Corporation Mission Systems UK（SNC MS UK）建立战略合作伙伴关系，共同创建弹性安全解决方案和服务。

► Quantum Optics Jena GmbH



Quantum Optics Jena与Adva Network Security完成基于纠缠的QKD技术联合演示。此次合作基于Quantum Optics Jena的量子密钥生成和验证技术，结合Adva Network Security的第1层加密解决方案，建立光通信通道进行试验。

► Quantum eMotion Corp.



成立于2017年的Quantum eMotion，专注于高吞吐量的QRNG2技术升级。在产品方面，2023年推出量子安全通信平台Sentry-Q，Sentry-Q包括QRNG2、QXCP、QGPs三个模块；推出基于高性能量子随机数发生器的熵即服务系统QxEAAS。在商业合作方面，与医疗保健公司Greybox Solutions签订合作协议，提供量子安全加密平台。



04

网络建设

目录

04 网络建设

- 01 陆地部分：QKD基础设施网络建设
- 02 太空部分：卫星通信建设

01

陆地部分：QKD基础设施网络建设

2023年，美国、中国、新加坡、加拿大、法国、爱尔兰、比利时、西班牙等国的陆地QKD基础设施网络建设均有进一步发展。相关发展情况如下：

美国 开展量子网络链路测试，推动量子通信发展



纽约大学量子信息物理学中心（CQIP）和量子安全网络技术公司Qunnect合作，使用Qunnect的量子安全网络技术，通过纽约市的标准电信光纤发送量子信息，成功测试了布鲁克林海军造船厂和纽约大学曼哈顿校区之间10英里（16公里）量子网络链路。在10英里的光纤中，Qunnect和CQIP实现了以每秒15000对的速度传输高度纠缠的量子比特通过光缆，测试过程中链路正常运行时间达到99%。此次实验打开了纽约都市区的金融服务、关键基础设施和电信公司试点量子网络技术的大门。

中国 长三角区域量子保密通信骨干网建设成果发布，全长2860公里



由国科量子建设和运营的长三角区域量子保密通信骨干网建设成果于2023年6月在第五届长三角一体化发展高层论坛上正式发布。长三角量子网络线路总里程约2860公里，形成了以合肥、上海为核心节点，链接南京、杭州、无锡、金华、芜湖等城市的环网，通过量子业务运营支撑系统及量子卫星调度系统，为星地一体量子保密通信网络提供全方位保障。

新加坡 首个全国性NQSN+量子安全网络开始建设，提供商业数据保护



新加坡首个国家量子安全网络（National Quantum-Safe Network Plus, NQSN+）开始建设，该项目由新加坡国家研究基金会支持，是一项为期三年的量子工程计划。NQSN+首先进行QKD技术的部署，并结合对PQC的探索，建立QKD/PQC混合体系架构、量子密钥即服务和面向服务的QKD网络，实现从“点对点”到“多点互联”的转变，建成后将成为一个具有量子加密功能的互操作网络。11月，新加坡信息通信媒体发展局任命新加坡数字服务提供商SPTel和新加坡量子通信公司SpeQtral联合建设NQSN+项目。SpeQtral表示将与日本东芝加强在量子通信方面的合作，利用东芝基于光纤的QKD和量子密钥管理系统产品套件，为“NQSN+”的建设提供支持。IDQ、EvolutionQ、Thales等公司均会参与此项目建设。

加拿大 加大投资，建设未来全国量子通信网络基石



加拿大政府与魁北克省政府分别提供360万加元和400万加元的资金用来建设加拿大第一个量子通信测试平台。该项目是测试量子通信技术的必要基础设施，并有可能成为加拿大未来量子通信网络的基石。目前，此测试平台的第一个节点已建设于加拿大舍布鲁克市。

欧盟

EuroQCI项目陆续开展，预计2027年投入使用



欧洲量子通信基础设施（EuroQCI）是一个覆盖整个欧盟及其海外领土的量子通信安全基础设施。欧盟委员会与所有27个欧盟成员国以及欧洲空间局（ESA）合作，设计、开发和部署由地面部分和空间部分组成的EuroQCI。地面部分依赖于连接国家和跨境战略站点的光纤通信网络，而太空部分基于卫星进行建设。EuroQCI于2019年6月发布EuroQCI宣言，最初有七个成员国（比利时、德国、意大利、卢森堡、马耳他、荷兰和西班牙）签署了EuroQCI宣言。2021年7月，随着第27个成员国爱尔兰的加入，所有成员国都加入了该倡议。

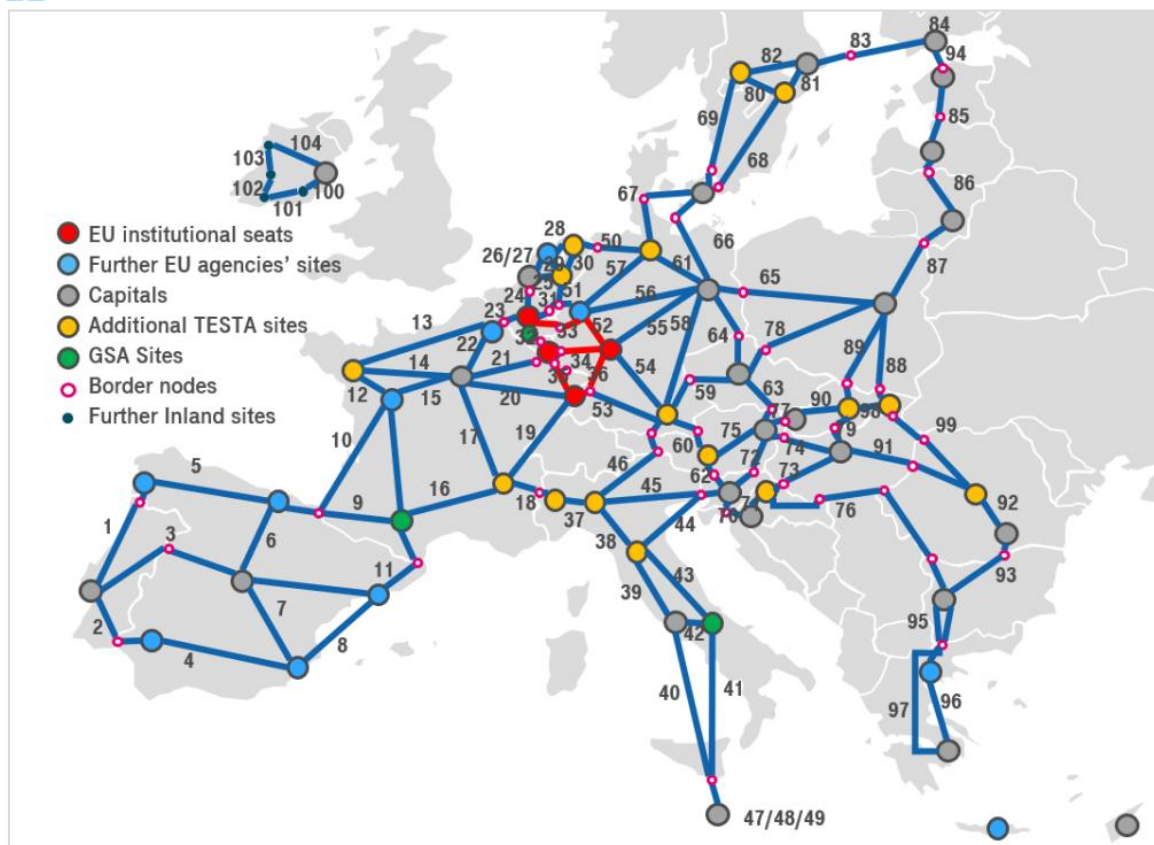
EuroQCI项目的陆地部分由欧盟成员国实施，太空部分由ESA实施。EuroQCI的第一个实施阶段于2023年1月开始，项目预计持续30个月，将于2025年6月完成。EuroQCI地面部分重点关注以下领域：

- 一系列工业项目，旨在开发EuroQCI的关键技术构建块，以发展欧洲的量子通信生态系统和产业。
- 国家项目允许成员国设计和建设国家量子通信网络，该网络将构成地面部分的基础，通过测试不同的技术和协议使其适应每个国家的具体需求。
- PETRUS作为所有项目之间的纽带，负责协调和支持此行动，并确定标准化需求。

EuroQCI空间部分主要为欧盟委员会与ESA合作，基于已有的第一颗原型卫星Eagle-1的基础上制定EuroQCI第一代卫星星座的规格，预计该卫星于2025年底或2026年初发射。



图表 欧盟EuroQCI项目地面部分潜在选址



来源：Jean-François Buggenhout “EU Quantum Technologies Flagship and the quantum internet” ENISA TELECOM SECURITY FORUM, 29 June 2022

EuroQCI项目的规划和建设涵盖了多个关键方面，从EuroQCI项目参与国已公开的信息显示，项目建设主要围绕四大方面：

- 第一，战略层面，欧洲技术主权建设，为此后发展技术做储备和铺垫。通过该项目，欧洲国家将建立起对量子通信技术的独立掌控力，确保欧洲在量子领域的技术竞争力；
- 第二，基建层面，建设各国自己的地面QKD线路建设，部分国家涉及空间QKD线路建设，以及跨国线路建设。
- 第三，用例示范，产业生态建设，标准建设。通过展示量子通信技术在实际应用中的效能，推动产业链的发展。同时，标准的建设将为整个欧洲的量子通信生态系统提供一致性和可比性，促进技术的广泛应用。
- 第四，培训层面，对政府、应用方等利益相关者进行技术教育，教育学生，向公众传播量子技术知识。不仅包括量子技术专业人员的培训，还涵盖了对政策制定者和决策者的培养。此外，项目还注重教育学生，培养下一代量子通信领域的专业人才。



图表 欧盟EuroQCI项目开展情况

序号	国家	项目名称	建设内容
1	比利时	BeQCI	基建内容：在全国各地的不同节点（布鲁塞尔地区、鲁汶、根特、哈瑟尔特、雷杜）之间和不同的拓扑中实现沿专用光纤的多个量子链路，并选择不同的QKD系统。探索与空间量子通信网络的潜在接口以及与邻近成员国卢森堡和荷兰建立（长距离）QCI链接的可能性。 实现三个主题：确保整个通信链的安全、降低QKD系统的成本、增加链路长度。在硬件方面，目标是开发和集成接收器（用于CV-QKD）、芯片级发射器（用于MDI-QKD）和频率转换器（用于与金刚石中的固体自旋量子位态连接）等组件。在软件方面，目标是设计用于身份验证的新型QKD协议和经典（后量子）加密协议，并改进安全分析。培训和传播：对行政、工业和政府部门的潜在用户进行QKD教育。对学生进行量子技术（包括QKD）教育。开展几项外展活动，向广大公众介绍量子世界的奇迹。
2	保加利亚	BG QCI	协调单位为国家量子通信中心（QUASAR），该中心是保加利亚科学院机器人研究所的一部分基建内容：建造两条试点量子轨道。第一条线路位于索非亚市境内，将包括内政部、国防部和交通部的信息阵列；第二条线路长280公里，通过将量子网络带到库拉塔过境点，连接索非亚与希腊。
3	克罗地亚	CroQCI	建设基于光纤的QKD地面网络；准备好与邻近欧盟成员国的量子通信基础设施连接。
4	塞浦路斯	CYQCI	拟建的量子通信网络跨越塞浦路斯的三个城市，利用当前部署的光通信网络，部署至少6个用例和11个终端用户，用于保护公共组织、关键基础设施、学术机构和工业服务。此外，将采用光学地面站与近地轨道卫星进行通信，连接塞浦路斯与欧盟其他国家。最后，建立一个量子通信能力中心，提供研究、教育和培训课程。
5	捷克	CZQCI	量子通信网络基础设施建设包括：(1)建设第一个长距离量子通信网络连接布拉格、布尔诺和俄斯特拉发等城市的骨干网；(2)连接公共机构并测试场景用例和场景的大都市分支；(3)提供包含多种代表性QKD技术的实验室，以测试和研究基础设施技术。

序号	国家	项目名称	建设内容
6	爱沙尼亚	EstQCI	(1)为未来QKD网络和服务部署建立相关的知识和能力；(2)测试欧盟27国量子通信基础设施设备情况，了解是否适合爱沙尼亚的条件和需求；(3)在长途量子网络之间进行网络测试；(4)与邻国合作，准备与芬兰、拉脱维亚和瑞典建立跨境连接。
7	西班牙	EuroQCI-SPAIN	(1)设计EuroQCI在西班牙的初步国家架构，从西班牙最大城市马德里（MAD）和巴塞罗那（BCN）节点开始，逐步扩展到更多地点。部署QKD加密系统，并在马德里和巴塞罗那节点现场演示QKD系统功能。(2)向公共机构提供量子网络并展示用例，开发基于国家的量子通信生态系统，未来扩展到私营部门。(3)评估与EuroQCI架构、城内和城际兼容的自由空间和长距离量子通信网络（包括可信节点和量子中继器演示器）的可行性，研究QCI空间和地面段之间的接口。
8	法国	FranceQCI	地面部分：利用巴黎（ParisRegionQCI）和尼斯（Quantum@UCA/Nice）地区的现有基础设施，推进QKD服务的运营。 空间部分：量子网络将在图卢兹（DGAC/DSNA/DTI实验室）实施，为法国民航局测试真实的最终用户服务，包括交换由QKD保护的模拟运行空中交通管制数据。
9	希腊	HellasQCI	利用QKD、地面光纤和卫星技术将希腊的战略地点（雅典、塞萨洛尼基和伊拉克利翁、克里特岛）与三个光学地面站（切尔莫斯、霍洛蒙塔和斯金卡）连接起来。
10	爱尔兰	IrelandQCI	(1)使用与现有经典光纤系统集成的暗光纤，沿着从都柏林经沃特福德到科克的主要网络骨干建立QKD基础设施。此外，还包括2个城市网络将连接公共、行业和学术组织；(2)与主要相关方一起测试16个量子安全技术高级用例，收集提供支持40多个爱尔兰用例的服务的要求；（3）打造创新的量子技术生态系统。包括为公共、工业界和学术界建立测试和工程设施，开发和测试量子网络中的设备，并与欧洲集成光子学试验线连接；(4)为主要相关方、公众提供量子通信教育，并培育量子劳动力。
11	拉脱维亚	LATQN	开发国家级实验性QKD网络，并与项目合作伙伴现有通信网络集成。实验性QKD网络将由基础设施QKD主干（公共部分和封闭部分）组成，其中将集成量子加密解决方案。
12	卢森堡	Lux4QCI	设计、开发、采购和部署第一个实验性量子通信基础设施网络，专注于政府通信和安全数据中心连接。
13	芬兰	NaQCI.fi	测试芬兰城域和长途链路的QKD技术；部署与邻国爱沙尼亚和瑞典的跨境链接以及未来可能实施的卫星链接。
14	瑞典	NQCIS	部署和测试适合瑞典特定需求的QKD系统，测试不同的实施方案，确定安全通信的最有效解决方案。包括城域网络、长途网络、地面到卫星链路和海底链路等符合瑞典地理特征的实施方案。
15	波兰	PIONIER-Q	开发并与现有光和数据传输技术集成的量子通信网络设施；部署国家、骨干和城域量子网络；与公共用户一起部署和测试用例；提供量子培训环境。

序号	国家	项目名称	建设内容
16	马耳他	PRISM	在横跨马耳他的Melita光纤网络上建立一个约20个链接组成的网络，并通过Melita海底光缆直达西西里岛。在2025年启动的欧盟范围计划的第二阶段中，马耳他网络将连接到邻近欧盟国家的类似量子网络。第三阶段涉及覆盖所有欧盟国家的量子卫星。
17	葡萄牙	PTQCI	在现有的光纤基础设施中部署一个弹性网络，连接里斯本的不同公共机构，以及涉及学术和私营相关方的测试网络，并准备扩展网络至葡萄牙更远的地域，评估地面到空间部分的基础设施。
18	德国	Q-net-Q	提供柏林和法兰克福之间的长途QKD链路，通过可信中继配置中的QKD点对点连接链实现。每个单独链路生成的QKD密钥由密钥管理系统层以加密方式组合，并在柏林和法兰克福的远程端点之间生成最终密钥。QKD节点将安装在光纤路线沿线的安全位置，相距约80公里。
19	奥地利	QCI-CAT	利用维也纳市和格拉茨市的现有光纤基础设施部署QKD测试设施，将易于适应和实施的方式将最先进的现代加密技术（例如PQC）与QKD协议相结合，保护奥地利不同机构、医院和大学之间传播敏感信息。利用格拉茨和维也纳之间的链路，实施可信节点等顶级安全功能，并测试量子中继器。
20	丹麦	QCI.DK	在5个丹麦公共机构和哥本哈根地区的2个相关数据中心之间建立一个量子安全网络，该基础设施还包括一条200公里长的长途链路，通过城域网络连接三所参与的大学合作伙伴。此外，还将在一个网络中结合三种不同的QKD技术，进行测试和应用。
21	匈牙利	QCIHungary	将首都布达佩斯与三个不同方向的三个城市（杰尔、瑙吉考尼撒、塞格德）连接起来，未来还可能与奥地利、斯洛伐克、斯洛文尼亚、克罗地亚和罗马尼亚进行跨境连接。在现有研究基础上，开发连续变量以及基于光纤纠缠的QKD系统。除了地面光纤QKD系统外，还计划通过开发自由空间量子链路和安装具有量子能力的地面站，为未来基于卫星的QKD链路做准备。
22	荷兰	QCI Ned	部署量子系统和网络以测试量子通信技术并将其与现有通信网络集成；分别在3个地区（乌得勒支地区、阿姆斯特丹-海牙地区、埃因霍温地区）部署三个不同的先进实验QKD网络。
23	意大利	QUID	开发城域量子通信网络（QMAN）中的节点，并通过意大利量子骨干网互连，该基础设施使用商用光纤分发时间和频率标准信号并将覆盖意大利领土；此外，还将连接重要站点，以接通光纤通信与欧洲QCI的空间部分；开发密钥速率更高的QKD技术以及新型光纤。
24	罗马尼亚	RoNaQCI	部署1500公里以上的QCI网络，包括布加勒斯特、雅西、克卢日纳波卡、蒂米什瓦拉、克拉约瓦和康斯坦察等城市的6个都市网络，其中36条QKD链路横跨罗马尼亚，连接10所大学、5个研究机构、5个公共机构、3个国家和地区。
25	斯洛文尼亚	SiQUID	在节点之间建立QKD链路，并基于纠缠分配协议在卢布尔雅那的研究机构测试量子网络，以实现量子通信协议；此外，还将测试设备无关的QKD和远程纠缠等先进的量子通信协议，以进一步提高QKD实施的安全性。
26	斯洛伐克	skQCI	使用相同的硬件和技术来实施各种基于纠缠的QKD协议，以便在第一阶段填充斯洛伐克各地的6-12个节点，从而创建一个国家量子网络。

以下为EuroQCI项目中部分参与国家在量子通信基础设施建设方面的最新进展。由于各国在规划、设计、建设目标以及开展时间等方面存在差异，因此各国的建设进度呈现有所不同。

拉脱维亚 集成量子通信基础设施，连接关键合作机构



拉脱维亚国家广播电视中心正在与互联网服务提供商Tet、拉脱维亚电子通信办公室以及拉脱维亚大学数学和计算机科学研究所合作，于10月开始组建国家量子通信基础设施系统和网络。该项目打算在三个合作伙伴之间创建一个有效的量子密钥分发网络，使用这些技术及其在现有基础设施中的集成，同时还可以升级技能并开发新服务。

法国 开展量子通信基础设施项目，保护用户数据



法国于4月开展FranceQCI项目，测试量子通信技术并将其集成到法国现有的通信网络中。利用巴黎和尼斯地区的现有基础设施，推进QKD服务的运营。量子网络还将在图卢兹实施，为法国民航局测试真实的最终用户服务，包括交换由 QKD 保护的模拟运行空中交通管制数据。该项目由空中客车公司、CNRS、Cryptonext Security、Direction Générale de l'Aviation Civile、Orange、索邦大学、巴黎电信、泰雷兹、泰雷兹阿莱尼亚航天公司、蔚蓝海岸大学、Verigloud 和 Welingq 等共同推进。

丹麦 启动量子通信基础设施项目，测试不同QKD技术



丹麦在3月正式启动建设量子通信基础设施项目（QCI.DK），该项目在5个丹麦公共机构和哥本哈根地区的2个相关数据中心之间建立一个量子安全网络。此外，该基础设施还包括一条200公里长的长途链路，通过城域网络连接三所参与的大学合作伙伴。QCI.DK将在一个网络中结合三种不同的 QKD 技术，从而实现广泛的测试和应用。

马耳他 利用海底光缆量子通信，组建安全网络



马耳他公共基础设施物理安全（PRISM）项目于4月启动，PRISM将在横跨马耳他的 Melita 光纤网络上建立一个由约20个安全连接组成的网络，并通过Melita海底光缆直达西西里岛。在计划于2025年启动的欧盟范围计划的第二阶段中，马耳他网络将连接到邻近欧盟国家的类似量子网络。第三阶段将涉及覆盖所有欧盟国家的量子卫星。

爱尔兰 开展量子通信基础设施建设，升级现有网络



爱尔兰量子通信基础设施计划（IrelandQCI）计划创建一个量子技术生态系统，研究人员共同将量子设备和系统集成到爱尔兰的通信基础设施中。IrelandQCI团队使用与现有经典光纤系统集成的量子通道，从都柏林经沃特福德（Waterford）到科克的主要网络主干线建立QKD基础设施。

比利时 引入量子通信，部署量子通信网络



比利时量子通信基础设施（BeQCI）项目已于2023年1月启动，在比利时各地的不同节点（布鲁塞尔地区、鲁汶、根特、哈瑟尔特、Redu）之间和不同的拓扑中实现沿专用光纤的多个量子链路，并选择不同的QKD系统。此外，BeQCI还将探索与空间量子通信网络的潜在接口以及与邻近成员国卢森堡和荷兰进行（长距离）QCI链接的可能性。

保加利亚 建设第一个量子通信基础设施，保护敏感数据和关键基础设施



保加利亚第一个量子通信网络的建设于2月正式启动，基础设施的建设将由国家量子通信中心QUASAR协调，该中心是保加利亚科学院机器人研究所的一部分。在接下来的三十个月内，该中心的专家将建造两条试点量子轨道。其中之一位于索非亚市境内，将包括内政部、国防部和交通部的信息阵列。第二条路线将是一条长280公里的线路，通过将量子网络带到库拉塔过境点，将索非亚与希腊连接起来。

02

太空部分：卫星通信建设

2023年，在卫星通信建设方面，美国、中国、新加坡、加拿大等国家均有进一步发展。相关发展情况如下：

美国

嵌入PQC技术确保卫星通信安全



QuSecure推出首个具有量子弹性的实时端到端卫星加密通信链路，这一里程碑标志着美国卫星数据传输首次采用PQC来抵御经典和量子解密攻击，以保护卫星数据通信的安全性。QuSecure的量子弹性加密通信链路可以使任何联邦政府和商业组织都能够通过太空进行实时、安全、经典和量子安全的通信和数据传输。在星链网络上的安全卫星通信测试中，QuSecure成功地将量子弹性数据从Quark服务器通过科罗拉多州Rearden Logic的实验室发送到星链终端。然后通过上行链路将信号发送到Starlink卫星，再通过下行链路传回地球。所有这些通信均受到QuSecure的量子安全层（Quantum Secure Layer, QSL）的保护，通过PQC网络安全保护传输中的所有数据。

同月，QuSecure宣布已与爱尔兰埃森哲（Accenture）公司合作开发并测试PQC保护的多轨道量子弹性卫星通信能力，这有效地结合了低地球轨道卫星和地球同步赤道轨道卫星的优势，实现了数据在太空和地球之间的传输。

美国纳米卫星服务提供商Sky and Space（SAS）宣布与CyberProtonics建立合作伙伴关系。CyberProtonics将为SAS公司的纳米卫星和地面终端机群嵌入PQC技术，为2024年初的发射做准备。这一合作将确保卫星通信的安全性，为未来的卫星网络提供了更强的数据保护。

中国

布局高轨和近地轨道相结合的广域量子通信网络



中国科学院科学家、第十四届全国政协委员潘建伟在接受媒体采访时表示：“我们正在与国家航天科学中心合作研制一颗中高地球轨道卫星。未来，高轨卫星与近地轨道卫星相结合，将构建广域量子通信网络。将有3-5颗专注于QKD的小卫星，产生纠缠粒子用作量子密钥，且质量在100公斤以下。低地球轨道卫星将提供城市之间的联系，而更高轨道的卫星将允许创建一个全球性、全天的量子通信网络。该网络将使用量子力学的元素来加密和安全传输信息。中国还一直在为该网络建设地面站，目前，已经实现了“墨子号”卫星与北京、济南、威海、丽江和漠河等城市之间的量子通信演示。

新加坡 建设QKD卫星，打造未来商用QKD服务



新加坡量子通信公司SpeQtral宣布与纳米航空电子公司NanoAvionics和卫星光子学公司Mbryonics合作建造SpeQtral-1卫星。SpeQtral-1是SpeQtral项目的第二颗QKD卫星，将作为商业探路者来定义未来的QKD服务。该任务还将与SpeQtre项目一起作为欧洲航天局INT-UQKD计划的一部分，探索QKD的国际用例。

加拿大 准备卫星任务架构，布局量子通信网络



HyperSpace是加拿大和欧洲启动的一项为期三年的合作项目，此次合作的目标是证明跨大西洋量子卫星链路的可行性，该链路能够在加拿大和欧洲的量子地面站之间分配以多种方式纠缠的光子。团队将重点研究集成量子光子学和光空间通信，包括新颖的协议和量子链路技术。HyperSpace卫星的用例之一是通过QKD在两个量子地面站之间创建加密链路。

以色列 发射第一颗纳米卫星，向量子通信迈进



纳米卫星TAU-SAT3卫星从佛罗里达州卡纳维拉尔角太空部队站SpaceX猎鹰9号火箭发射升空，此卫星由以色列特拉维夫大学（TAU）研究人员开发。TAU-SAT3卫星将在550公里的高空，预计绕地球运行约五年，执行多项科学任务。TAU-SAT3是一颗20厘米的纳米卫星，是以色列第一颗为推进太空光学和量子通信研究而建造的卫星。

印度 完成量子通信链路演示实验，为基于卫星的量子通信铺路



拉曼研究所（RRI）发现了一种安全的量子通信链路，该链路将帮助印度设计和开发安全的通信通道，特别是用于国防和战略目的。RRI使用QKD成功在固定源和移动接收器之间建立了安全通信，可以为未来基于地面到卫星的安全量子通信铺平道路，该研究所表示这是印度的首次此类演示。这项研究是利用卫星技术进行量子实验（QuEST）项目的一部分，自2017年以来，RRI一直与印度空间研究组织（ISRO）的UR Rao卫星中心合作。

The background of the slide is dark with faint, glowing financial charts and data lines. A prominent purple line graph is visible in the upper right, and a bar chart is in the lower left. At the bottom, there are several intersecting lines in red and blue, creating a grid-like pattern.

05

投融资

目录

05
投融资

01

融资总额

02

融资分布

03

融资轮次

04

融资领域

05

融资次数

目前，量子通信与安全领域仍是未来技术，本章较多地关注因此成立的初创企业。很多传统的网络及信息安全公司已涉足量子通信与安全研发或开展业务，但这类公司经过长期的持续经营，有较好的资本积累，几乎不需要风险资本注入。量子初创公司，尤其是以研发硬件为主的公司，在创立初期，少有抵押物，且研发存在风险，因此通过银行贷款的方式较为少见，主要是通过风险资金及政府资金支持其初期发展。

关于统计金额的范畴，除了来自风险机构的资金（本章不深究风险资本是否为政府产业指导基金的情况），初创企业也通过政府组织的项目获得来自政府的投资（例如，英国UKRI提供资金/奖金等），这两大类资金来源有时在企业的单轮中均有存在，无法详细拆分，因此，来自风险机构的投资和政府直接投向企业的资金均纳入此次计算。本次融资数据统计源于公开信息，一些公司未将投资情况公开或未将投资金额公开，这将不在计算范围内。一些公司的技术与业务不仅涉及量子通信与安全，还可能涉及量子计算或量子精密测量，而公开的投资金额往往不会拆分至确切的研发方向。资金的币种以美元为主，还有欧元、英镑、澳元、人民币、韩币、卢比，计算金额不考虑通货膨胀和汇率变动。综上，量子通信与安全领域行业实际收到的投资金额可能存在偏差，使用数据时需考虑上述情况。

2023年度融资呈现的主要特点如下：

融资总额：2023年量子通信与安全领域融资较2022年下降；

融资分布：资金投向英国企业最多，其次为美国、法国；

融资轮次：融资轮次以A轮和其他战略性投资为主，无B轮之后投资；

融资领域：量子网络领域融资总额最高；

交易次数：融资次数自2021年后逐年下降。

01

融资总额
2023年量子通信与安全领域融资较2022年下降

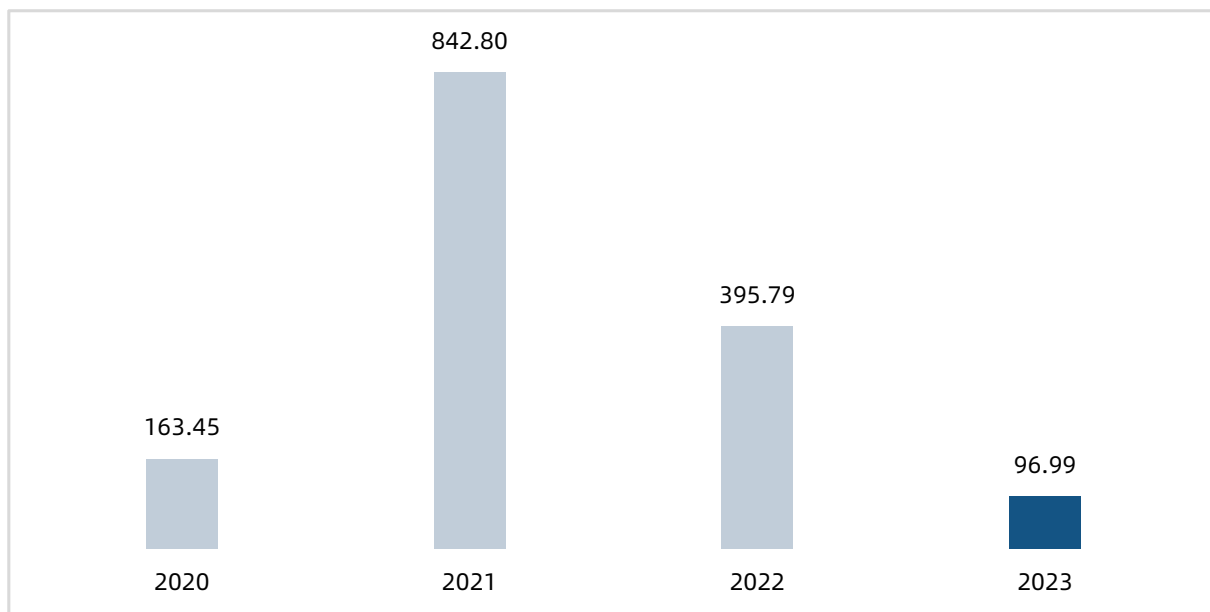
量子通信与安全领域2023年共有14家公司获得约9698.96万美元融资，约36%公司未披露融资金额。本次统计对美国Aliro Quantum、英国Crypto Quantique、西班牙Quside、中国量安科技以及瑞士Terra Quantum的统计金额进行预估，从0-2000万美元不等。

需要说明的是，美国Sandbox AQ公司业务涉及安全套件、量子传感，量子计算、量子通信等多个领域，于2023年2月披露5亿美元融资，但此次融资未说明用途，因此将其归为量子计算领域，本次量子通信与安全领域的统计分析未纳入Sandbox AQ公司。

与2022年（约3.96亿美元）相比，2023年融资总规模有所降低。全球经济状况的不稳定性和可能存在的政策法规变化也可能使投资者在新兴技术领域持保守态度，从而影响了投融资的规模。其次，数据统计过程依据公司公告，可能与公司实际融资节点存在滞后现象。



图表 2020-2023年全球量子通信与安全领域融资总额（单位：百万美元）



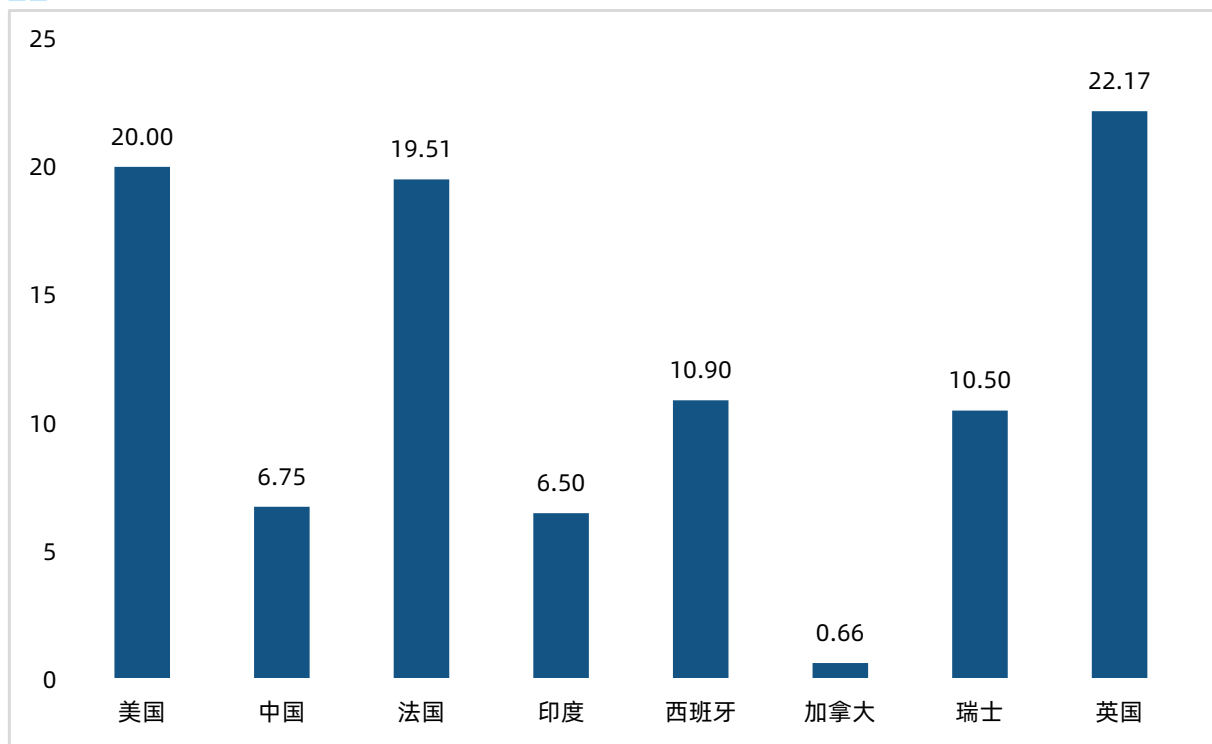
02

融资分布
资金投向英国企业最多，其次为美国、法国

2023年被投企业来自8个国家（美国、中国、法国、印度、西班牙、加拿大、瑞士、英国）。从已披露的融资金额来看（美国Aliro Quantum、英国Crypto Quantique、西班牙Quside、中国量安科技、瑞士Terra Quantum未披露金额），资金投向英国的金额最高（约2217万美元，3家公司），其次为美国公司（约2000万美元，1家公司）、法国（约1951万美元，3家公司）、西班牙（约1090万美元，1家公司）。



图表 2023年全球量子通信与安全领域融资额（单位：百万美元）



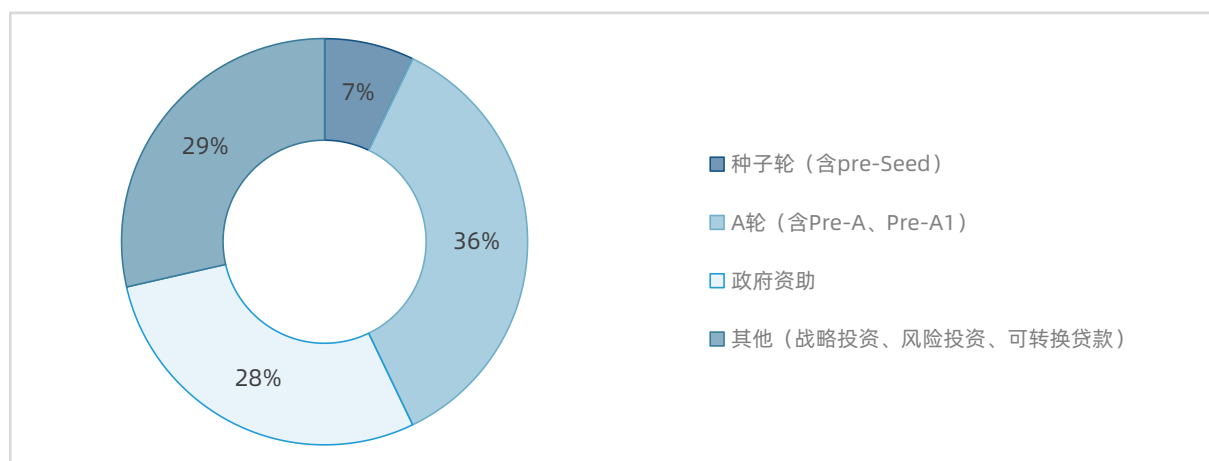
03

融资轮次
融资类型以A轮和其他战略性投资为主，无B轮之后投资

本次融资统计按融资类型分为种子轮（含Pre-seed）、A轮(含Pre-A、Pre-A1)、政府资助、其他（战略投资、风险投资、可转换贷款）。从融资类型来看，A轮融资最多（5次，占比41.67%），说明目前量子通信领域公司仍处于发展初期，需要早期融资以及政府投资等。

值得注意的是，2023年未有量子通信公司完成B轮及之后的融资。这可能受到市场处于发展早期的影响，使得投资者更为谨慎。此外，全球经济和政治不确定性、技术风险以及激烈的竞争格局可能使投资者更倾向于观望，等待更多市场证明和明确的领导者崭露头角。这种保守态势可能导致资本市场对于量子通信领域的投资相对有所减少。

图表 2023年全球量子通信与安全领域公司融资综合情况



全球量子通信与安全公司的融资轮次情况

融资轮次	QKD	QRNG	PQC	量子网络（量子中继器、量子存储器）
种子轮				
A			 	
Grant		 		
Others				

04

融资领域
量子网络领域融资总额最高

2023年量子通信与安全领域企业主要分为四大类：QKD、QRNG、PQC、量子网络。

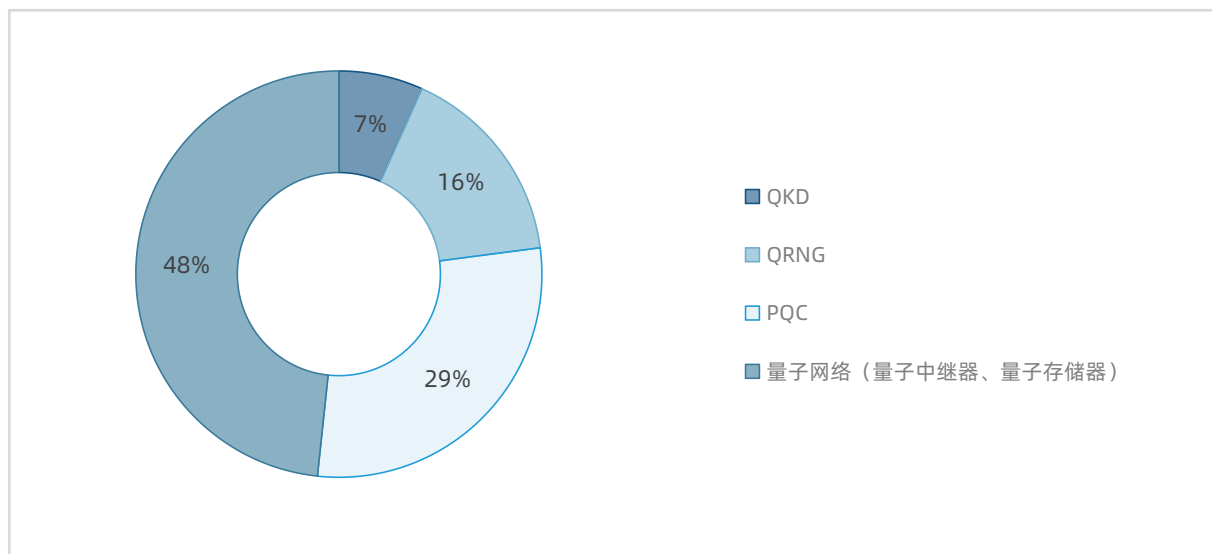
从已整理数据来看，2023年有1家企业获得融资以推动量子通信与安全中QKD发展，为QNU Labs（印度），共融资650万美元。

有3家QRNG企业获得投资，分别为合肥硅臻（中国）、Quside（西班牙）、Quantum Dice（英国），共1574万美元。

PQC产业领域的有4家企业获得融资，包括Cryptonext Security（法国）、量安科技（中国）、QRCrypto（瑞士）、Crypto Quantique（英国），共融资2789万美元。

有6家企业获得量子网络细分领域投资，分别为VeriQloud（法国）、Aliro Quantum（美国）、Nu Quantum（英国）、Terra Quantum（瑞士）、WelinQ（法国）、Quantum Bridge（加拿大），获得4685.96万美元。

图表 2023年量子通信与安全融资领域分布



05

交易次数
融资次数自2021年后逐年下降

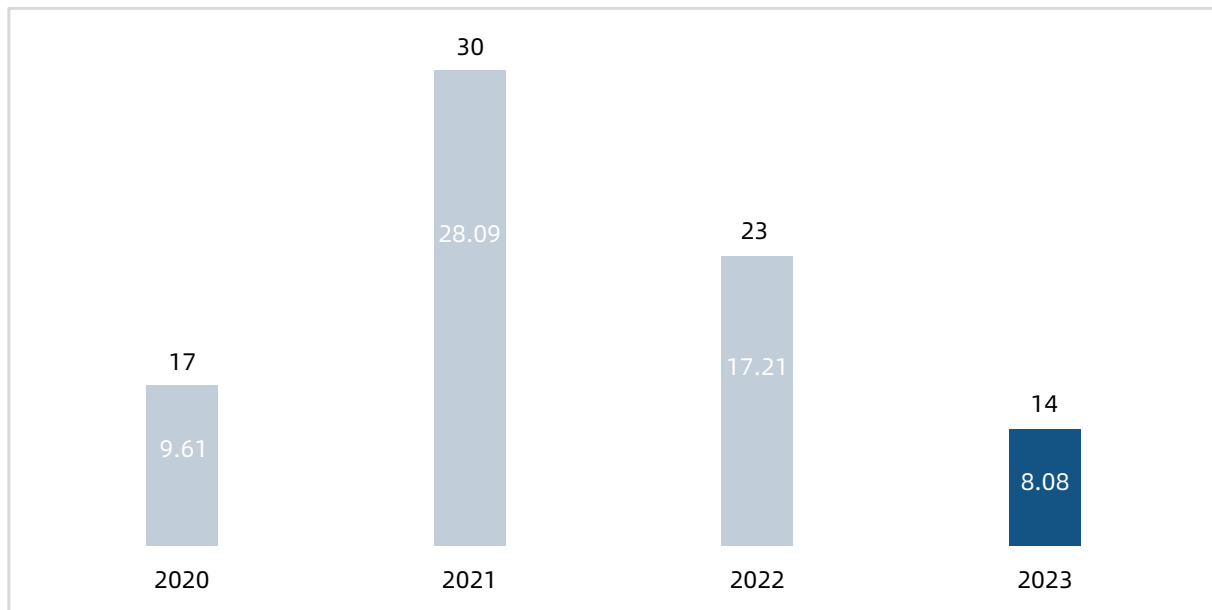
2023年度总计发生融资事件14件，较2022融资事件数有所降低。并且，2023年平均融资额为808万美元，较2022年大幅下降。

量子通信与安全领域自2021年之后融资次数及平均融资金额逐年降低。从技术方面，量子通信与安全领域属于新兴技术领域，目前技术成熟度还不足以满足大规模商业化应用的需求。虽然已有中国的合肥量子城域网、欧盟的EuroQCI项目逐步建设运营，但在技术成熟度、应用落地等方面均有提升空间。因此投资者需要在多方面承担高风险，从而导致投资热情的降低。其次，量子通信与安全领域的发展与市场竞争日趋激烈，投资者的风险意识也在提高，会直接影响到投资者的投资意愿和资金投入。

尽管近两年量子通信与安全领域的融资出现下滑，但全球政府正积极布局量子通信与安全领域，并出台了一系列政策措施，以推动量子通信的研发和应用，为该领域的发展提供政策支持。例如，加拿大于2023年1月发布《国家量子战略》中明确表示要通过量子通信网络和后量子密码学计划，确保加拿大人在量子世界中的隐私和网络安全。此外，中国、欧盟等均发布相关政策支持量子通信与安全领域的发展。因此，随着政策支持力度的加大和技术的不断成熟，量子通信与安全领域的投资会逐渐有所回升。



图表 2020-2023年全球量子通信投融资事件数及平均事件金额（单位：百万美元）



06

政策分析



目录

06
政策分析

- 01 美国
- 02 欧盟
- 03 韩国

本章聚焦于政府在量子通信与安全领域的政策制定和实施，包括对量子通信安全性的关注、相关技术的发展以及国家战略中的位置。这一章节总结了各国在推动量子通信与安全方面所采取的政策措施。请注意，概括类政策（如量子信息科技政策）不在本章节进行分析总结，2023年支持量子发展的相关政策见附录。

► 美国

量子准备：迁移到后量子密码学（Migration to Post-Quantum Cryptography）

美国国家网络安全中心（NCCoE）发布的《量子准备：迁移到后量子密码学》制定量子就绪路线图的建议、准备加密清单的步骤、了解和评估供应链的注意事项、组织应如何与其技术供应商讨论后量子密码，并明确了技术供应商的责任。此外，NCCoE还列出了参与该项目的最新28家技术供应商名单，其中包含IBM、微软、亚马逊等头部企业。

此政策指南首先鼓励组织通过建立一个项目管理团队来计划和确定组织向PQC迁移的范围，从而创建一个量子准备路线图。其次，准备一份密码清单。具有易受量子攻击的系统和资产的组织可以开始量子风险评估过程，确定迁移的优先级。然后，可以与PQC供应商就PQC迁移路线进行合作。最后，为供应链中合作商做PQC准备。组织应该了解其供应商是如何处理量子准备和PQC迁移的。在这过程中，应优先考虑高影响系统、控制系统和具有长期保密需求的系统。

迁移到后量子密码学量子准备：密码学发现（Migration to Post-Quantum Cryptography Quantum Readiness: Cryptographic Discovery）草案

NIST发布的《迁移到后量子密码学量子准备：密码学发现》概述了功能测试计划，要求使用加密工具查找数字网络中的错误安全配置。并且描述了用例场景，为演示成功的后量子系统迁移提供了使用场景。此草案表明支持PQC迁移第一步是确定在企业中使用公钥加密的位置和目的，然后识别并准备可迁移的资产（如硬件和软件）清单，这一部分网络安全框架的核心功能，也是任何组织有效管理网络安全风险的基本先决条件。

迁移到后量子密码学量子准备：测试标准草案（Migration to Post-Quantum Cryptography Quantum Readiness: Testing Draft Standards）草案

NIST发布的《迁移到后量子密码学量子准备：测试标准草案》强调了如何协调量子弹性算法与现有网络基础设施，并提供了受控的非生产环境中兼容性问题的解决方案，以及PQC算法与现有基础设施的协调融合问题并提供了兼容性的解决方案。该草案提出了两个专注于PQC迁移工作挑战的具体方面：识别易受量子攻击的系统和测试PQC算法的互操作性和性能。

▶ 欧盟

欧洲量子通信基础设施倡议（The European Quantum Communication Infrastructure (EuroQCI) Initiative）

EuroQCI项目将基于量子的系统集成到现有通信基础设施中来保护敏感数据和关键基础设施，提供基于量子物理学的额外安全层。它将加强对欧洲政府机构、数据中心、医院、能源网络等的保护，成为欧盟未来几十年网络安全战略的主要支柱之一。EuroQCI的第一个实施阶段于2023年1月开始。

EuroQCI项目将利用创新的量子通信技术，例如由欧盟资助的量子技术旗舰研究人员开发的技术，特别是在地平线2020 OPENQKD项目的活动之上建设此次设施。欧洲行业合作伙伴和中小企业的参与对于确保EuroQCI的关键组成部分基于欧洲技术，并最终提高欧洲在网络安全和量子技术方面的科学、技术和工业能力也至关重要。因此，该倡议将有助于欧洲数字主权和工业竞争力，帮助实现欧洲数字十年计划，即到2030年欧洲在量子能力方面处于领先地位。

▶ 韩国

为量子转型时代做准备（양자 대전환 시대 대비）

韩国国家情报局和科学技术信息通信部发布的PQC密码学总体规划《为量子转型时代做准备》表明，将在2035年之前将其国家密码系统转变为PQC。此规划包含三个总体目标：第一，在技术获取、制度完善、程序制定等六个方面制定详细的行动计划，为2024年向国家中长期密码系统过渡确立政策方向；第二，成立“泛国家密码系统过渡推进小组”，为到2030年实现向PQC系统过渡奠定基础；第三，到2035年建立向PQC过渡的技术和政策支持体系，并实施安全密码系统。



07

产业分析预测

目录

07
产业分析预测

- 01 QKD产业规模预测
- 02 QRNG产业规模预测
- 03 PQC产业规模预测

量子信息与安全领域的产品及技术服务主要归属于网络安全领域，是庞大的网络安全产业中的一个较为核心和根本的子产业，可向下扩展至涉及多个行业的安全产品。

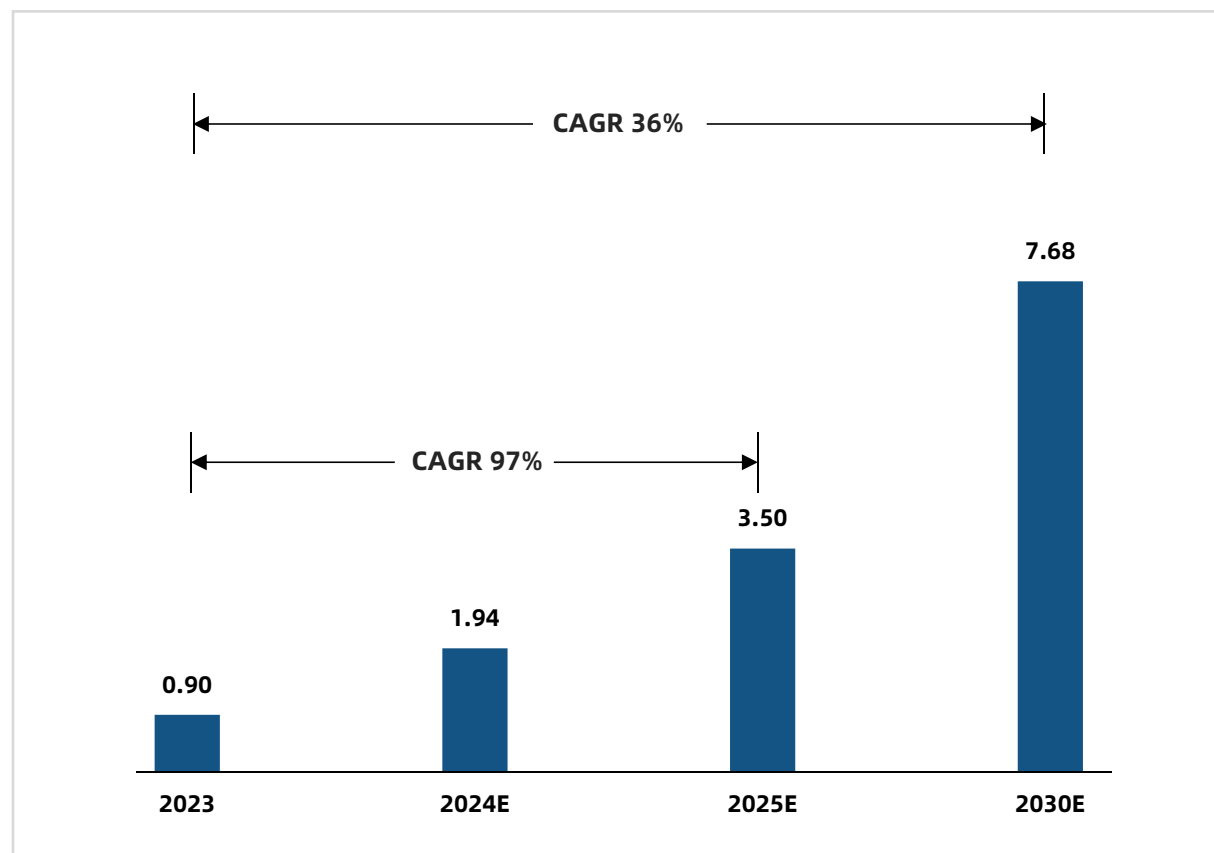
量子信息与安全产业从目前已经发展的形态来看，主要是由量子物理加密产品与技术（例如QKD）、PQC、QRNG等带来的产业价值。

► QKD产业规模预测

QKD产品技术发展已较为成熟，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。

2023年全球QKD产业规模约为9亿美元。随着全球经济的逐步恢复，QKD的应用场景逐渐清晰与增多等驱动因素，未来几年将是QKD行业快速增长阶段，到2030年，预计产业规模将达到76.8亿美元。

图表 全球QKD产业规模（2023-2030E, 单位：十亿美元）



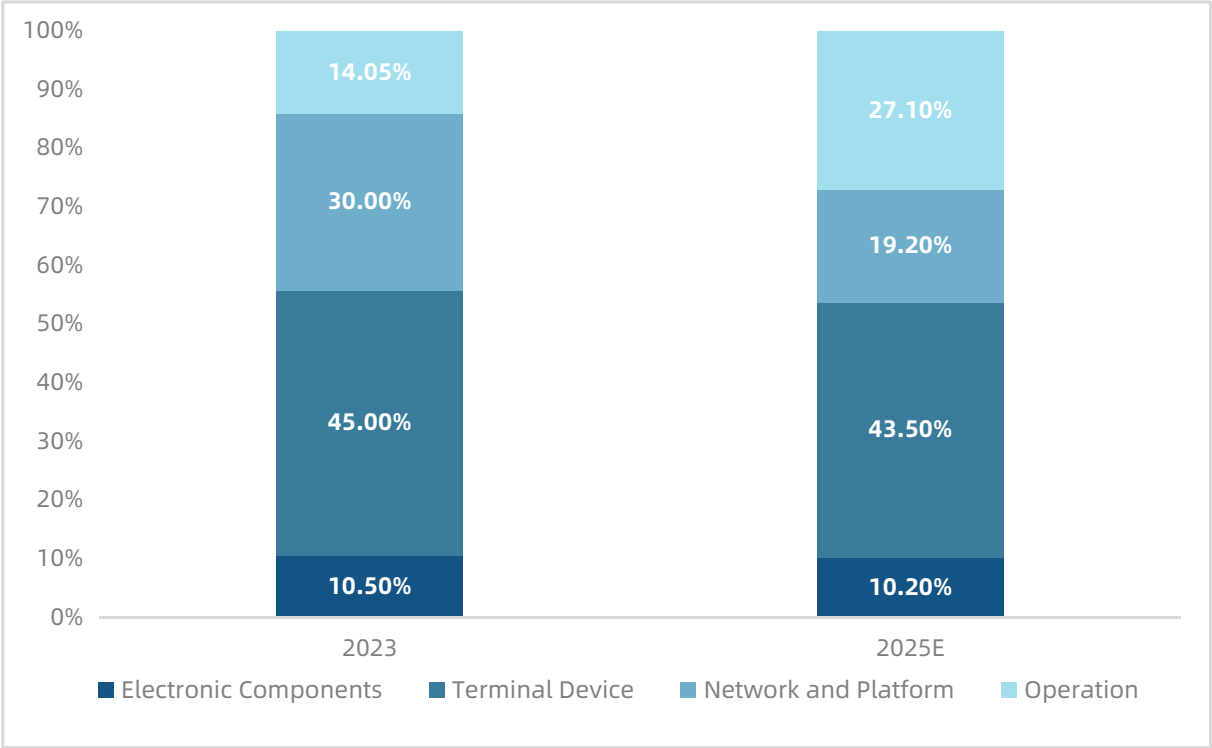
国防军事领域是QKD当前最主要的应用市场，未来，随着QKD技术的提升和市场对QKD技术的认可，其他行业应用规模的增加。

图表 全球QKD下游应用预测（2023-2025E）

Segment Share	2023	2024E	2025E
Defense & Military	25.65%	25.85%	26.11%
Telecommunications	10.05%	10.42%	10.53%
Government Affairs	10.05%	10.22%	11.70%
Power Grid	22.53%	21.36%	16.41%
Finance	15.94%	16.41%	17.55%
Rail	12.31%	12.64%	15.41%
Others	3.47%	3.10%	2.28%

从产业链主要环节的结构占比来看，随着技术进步，大规模应用将带来使用QKD的成本被摊薄，以及核心元器件供应稳定等因素，预计到2025年元器件在整个产业结构中的占比将下降。在QKD市场趋向成熟之时，终端设备及应用市场将是产业中最主要的增长领域。预计到2025年，QKD网络平台搭建的规模占比将降低，这主要是由于QKD初期建设的这批国家已进行了大规模的网络基础设施建设，使得网络 and 平台搭建的需求相对减弱。

图表 全球QKD产业结构预测（2023, 2025E）



▶ QRNG产业规模预测

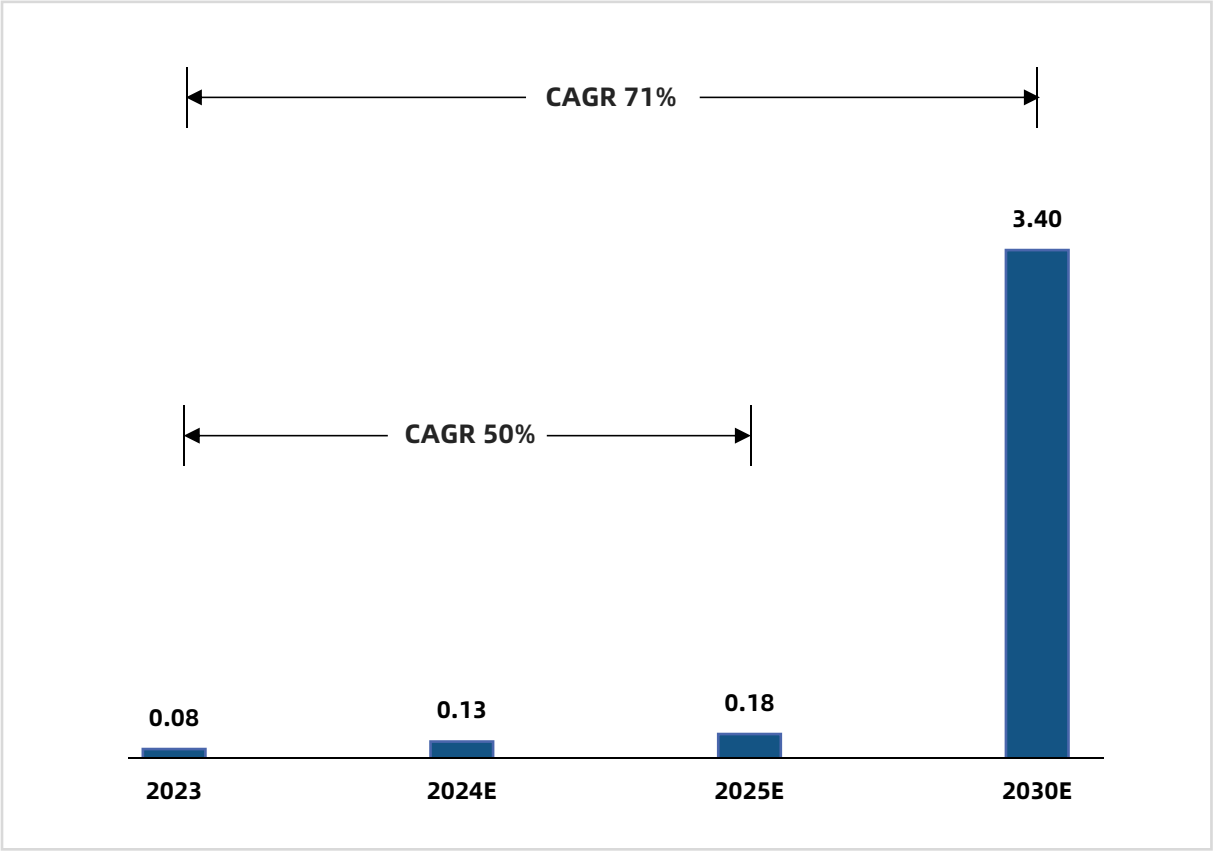
由于对安全通信和数据保护的需求不断增加，QRNG应用场景也在不断增加。目前，QRNG在各个领域都有应用，包括汽车、手机、物联网以及其他市场。在汽车行业，QRNG芯片用于安全通信和加密，增强车辆网络安全。手机也受益于QRNG芯片，可确保安全交易并保护用户敏感数据。在物联网和边缘设备领域，QRNG为通过互连设备传输的关键信息提供安全保障。

未来，QRNG将会在金融服务、医疗保健和国防等多个行业中不断整合，在这些领域中对安全通信、数据存储和数字交易的需求将为QRNG产业发展创造丰富的机会，推动QRNG市场规模增长。

2023年，全球QRNG产业规模约为8,000万美元。随着QRNG芯片技术趋于成熟，以及各方对其认知度的提高和下游应用普及，预计到2030年，QRNG产业规模将达到34亿美元。



图表 全球QRNG产业规模预测（2023-2030E, 单位: 十亿美元）



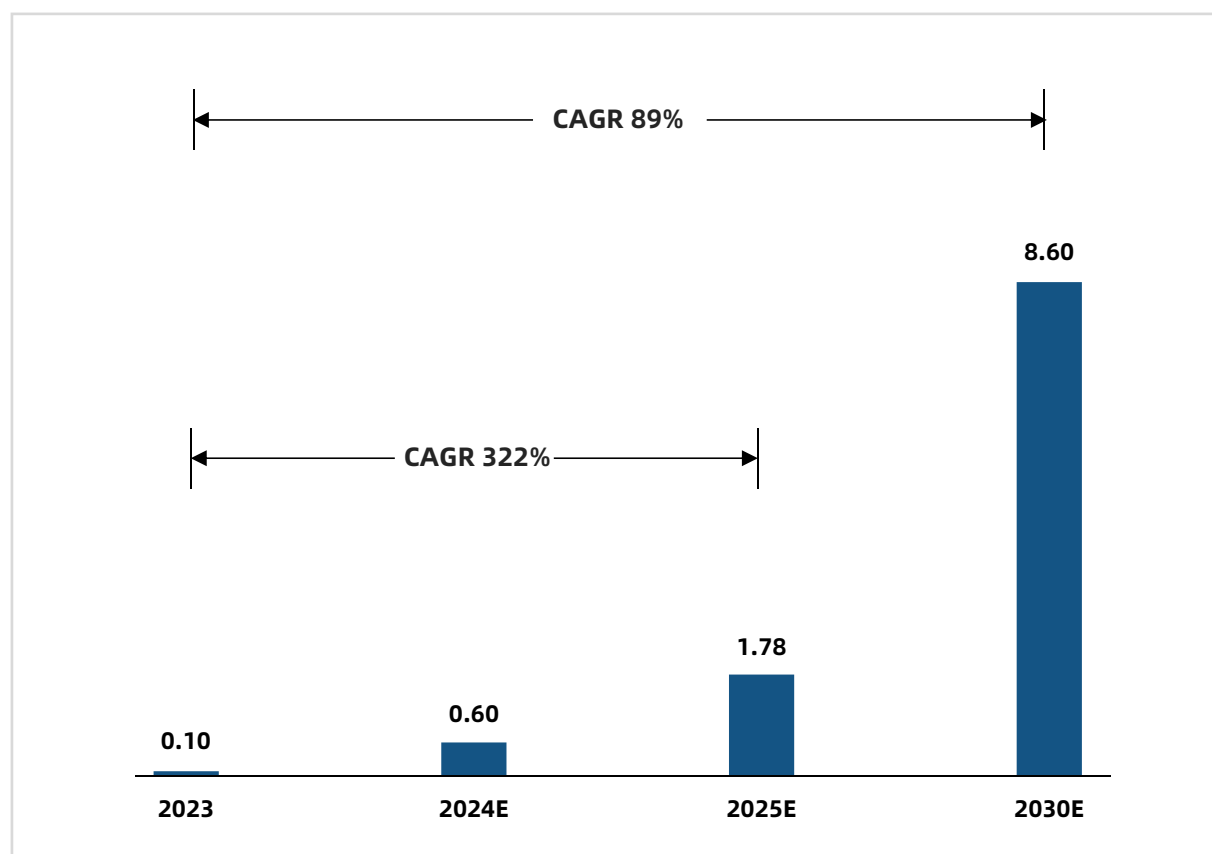
► PQC产业规模预测

PQC是对当前密码体系进行升级和强化的一项措施。在量子计算技术尚未成熟时，对现有安全产业的影响有限。随着量子计算能力以及数据安全需求的不断提升，未来必然会出现新的安全软件或安全芯片。随着PQC技术的成熟和市场认知的提高，PQC将逐渐渗透到各个领域。

PQC产品的两大主要形式，即软件和硬件，为应对不同领域和应用场景的安全需求提供了多样化的选择。软件类产品，包括先进的PQC算法，将能够在各种软件系统中实现更高层次的安全性，尤其是在浏览器等网络通信环境中发挥关键作用。硬件类产品，如模块化设备和嵌入芯片，将为下游行业的硬件系统提供更加可靠和强大的安全解决方案。

PQC市场增长与PQC标准化进程及量子计算机的实用化有较大关联。2023年，PQC产业规模仍处在初期成长阶段，约为1亿美元。根据NIST的PQC标准化工作预计完成的时间点（2024年），预计2024年后，行业将迎来小幅加速发展；预计到2030年，全球PQC产业规模将达到86亿美元。

图表 全球PQC产业规模预测（2023-2030E, 单位：十亿美元）





08

展望观点

目录

08 展望观点

- 01 QKD布局范围不断扩大
- 02 QKD等技术的基础研究仍是未来发力点
- 03 PQC发展即将迎来成长期
- 04 PQC迁移计划与商业化逐步开启
- 05 全球量子政策利好将继续保障行业向好发展
- 06 跨国合作虽有增多但仍有阻碍和壁垒
- 07 量子通信与量子计算、量子精密测量相互促进催生新机遇
- 08 PQC与QKD的未来发展将呈现并驾齐驱之势

01

QKD布局范围不断扩大

全球范围内已有超过30个国家正在部署或已经实施QKD基础设施建设，包括中国、欧盟成员国、加拿大、英国、韩国、新加坡等。在这些国家的推动下，QKD在地面和空间的基建工作和应用场景均有不同程度拓展。

在地面和空间网络布局方面，2023年1月起，欧盟EuroQCI项目已有大多数个国家进入动工阶段，政策、资金方面的不断支持正积极推动量子通信基础设施的建设。欧盟全部成员国（共26个国家）在QKD基础设施建设方面还展开了跨国合作，通过合作，整合各国的资源，加速QKD网络的布局建设，促进标准的制定和互操作性的提高。此外，中国在QKD基础设施建设方面也在不断扩大骨干网络覆盖范围，2023年已完成长三角区域量子保密通信骨干网的建设工作。

在应用领域布局方面，金融、政务、国防、通信、电网等不同行业的应用布局，推动了QKD的行业应用，促使QKD基础设施网络在更广泛的范围内有更多的业务尝试。例如，汇丰银行测试QKD技术应用到外汇交易系统的安全性，并成功完成了一笔3000万欧元兑换成美元的交易。在QKD卫星建设方面，新加坡SpeQtral公司将与NanoAvionics和Mbryonics合作建设QKD卫星，探索未来的应用方案。

02

QKD等技术的基础研究仍是未来发力点

QKD的核心在于确保信息传输过程的安全性，当前在从“0到1”的应用研究已取得诸多成绩，而从“1到0”的基础研究可以为设计更加安全和高效的QKD系统提供理论支持。在0到1和1到0之间反复促进提升，推进协议研究、调控技术、芯片化技术等基础研究，可以发现新的量子通信安全性方案，提高QKD系统的抗攻击能力。

一方面，基础研究对于解决QKD技术面临的实际问题至关重要，如光子损耗、噪声干扰、传输速率以及应用经济性等一系列实际挑战。例如，调控技术涉及到对量子比特的精确控制，包括对光子和其他量子信息载体的操作，以确保在传输和处理过程中的稳定性和准确性。在QKD系统中，调控技术的进步可以降低误差率，提高通信的安全性。通过深入研究这些基础科学问题，可以为解决实用性、经济性等工程难题提供有效的方法和技术支持，推动QKD技术向实际应用迈进。值得一提的是，虽然欧洲EuroQCI项目已经启动建设，但在建设过程中，该项目也将逐步完善QKD基础技术研究，完成技术的测试与评估工作，以提升量子通信网络基础设施的性能。

另一方面，量子保密通信协议作为保障量子通信安全性的关键机制，需要不断优化和改进，协议研究也很重要。为适应不同通信环境和需求，深入研究协议，可以带来更加灵活、高效的保密系统设计，从而增强保密系统在实际应用中的适用性和鲁棒性。

03

PQC发展即将迎来成长期

随着美国NIST在PQC领域的标准化工作推进，以及美国、加拿大及韩国多项有关PQC文件的发布，PQC技术即将走出起步期，迎来成长期。标准化工作的推进及各类政策文件的发布将为PQC技术发展扫清政策门槛，使得对PQC的认知可以得到更大范围的扩散，对这一新技术的发展起到促进作用。

首先，以美国NIST主导的PQC标准化工作历时八年即将完成第一阶段PQC标准草案的制定，意味着PQC技术也将迎来商业化与潜在应用探索阶段。虽然已获NIST提名的PQC算法仍存在安全性漏洞，但对网络信息的安全需求和对量子计算破译能力的担忧是PQC技术不断升级的动力源。随着PQC算法的迭代与升级，PQC技术将逐步优化，有望应对不同领域、不同规模的实际应用场景。

其次，未来将有更多公司在PQC技术领域试水或崭露头角，争相研发和提供PQC解决方案，以应对量子计算带来的“先存储，后解密”的挑战。PQC公司的涌现将深入推动PQC领域的业务发展，PQC领域产业链也将趋于完善。

最后，PQC领域的投融资规模有望提升。在全球经济下行的大背景下，以往较受关注的QKD、QRNG等细分领域较前两年有所下降，但PQC领域的投资却呈现逐年上升的趋势。随着PQC技术研究与应用的不断探索，已经逐渐在实际应用中嵌入，展现其商业潜力，未来或将有更多的资金流入这一领域，迎来更大的投融资规模推动PQC领域发展。

04

PQC迁移计划与商业化逐步开启

PQC商业化的推进使得更多企业和组织寻求将现有加密算法迁移到PQC体系。而PQC的迁移也会带动商业化发展，更加关注PQC技术的商业实际性、成本效益等。美国陆军与QuSecure公司、美国国防信息系统局与SandboxAQ公司均于2023年6月签署合同，要求科技公司提供PQC加密技术与解决方案。政府单位在PQC应用方面的参与起到示范带头作用，推动了PQC研究的商业化应用以及迁移计划。

在PQC迁移方面，美国NIST在2023年12月发布《迁移到后量子密码学 量子准备：密码学发现》以及《迁移到后量子密码学 量子准备：测试标准草案》，概述了迁移到PQC时可能出现的问题以及可能的解决方案。前者描述了PQC功能测试计划以及用例场景，后者则强调了PQC与现有网络的协调问题，并提供解决方案。此前，美国国家网络安全中心还发布了《向后量子密码学迁移》，针对PQC迁移的背景、目标、挑战、好处和 workflows 进行了说明。一系列文件的发布，使PQC迁移进入了更为系统和标准的阶段，也展示出PQC时代来临的确定性。

在商业化方面，多家企业发布和迭代PQC软硬件及解决方案，如WiSeKey、QuSecure、Quantum Xchange等，支撑着这种新的方式来保证通信安全与数据安全。随着PQC的商业化与迁移计划的推进，越来越多的企业能够利用PQC技术建立安全防线，保护企业及个人重要信息免受当前算法被破解所带来的威胁。

05

全球量子政策利好将继续保障行业向好发展

在项目科研支持层面，很多国家都在量子通信与安全领域的科研资金支持。例如，加拿大政府与魁北克省政府投资超过1000万加元，在魁北克省蒙特利尔市、魁北克市和舍布鲁克市的DistriQ量子创新区提供量子通信实验平台；德国联邦教育和研究部资助基于芯片的量子随机数器件（CBQD）项目，研究量子安全高速通信。

在更高的国家政策层级，2023年，有一些国家首次发布国家量子战略，也有英国这样第二次发布新十年的国家计划，这些文件为量子通信的持续发展提供有力支持。例如，英国、加拿大、澳大利亚在2023年发布国家量子战略，政策中包括支持量子通信发展；日本发布的量子未来产业创新战略表示未来将推动量子技术在通信等产业领域的应用；印度提出的国家量子任务中提到将在未来8年内建设印度境内2000公里范围内的地面站之间的卫星安全量子通信、与其他国家的远距离安全量子通信、2000公里以上的城市间量子密钥分发以及具有量子存储器的多节点量子网络；韩国发布量子科技和量子产业促进法案，确立了促进量子通信等多领域的产业发展综合规划及技术体系构建规划；美国则就PQC迁移制定相应指南与行动路线。

06

跨国合作虽有增多但仍有阻碍和壁垒

目前，已经可以看到多国间就量子通信与安全这一领域已展开一些合作，例如，美国与新加坡在10月启动的关键和新兴技术（CET）对话中提到，双方将加强在PQC迁移方面的信息共享。2023年，美国与荷兰也发布关于量子信息科学与技术合作的联合声明（QIST）共同推动两国在量子网络等细分领域的发展。加拿大与英国签署合作备忘录（MOC）将加强在量子信息科技方面的合作，相互支持开发市场并完善量子产品供应链，同时建立量子劳动力所需的人才库。

但是，由于相关技术有可能关系到信息安全乃至国家安全，各国之间技术水平有所差异，主要参与国家间仍存在竞争关系，这使得信息共享仅可能在一定范围内，国与国之间的合作始终存在博弈。

此外，受国际关系影响，商业层面的合作也面临国家相关规定的制约。例如，美国在8月发布了限制美国对部分国家先进技术产业投资的新规定，限制美国私募股权和风险投资公司及合资企业在部分国家的人工智能、量子信息技术和半导体领域的投资；欧盟在10月公布了一份包含10项技术的敏感技术清单，指出最为关键的是量子技术、生物技术、半导体以及人工智能这4种技术。12月，美国、韩国和其他盟国正在就建立一个新的出口管制机制进行初步谈判，以防止包括半导体和量子计算在内的尖端技术被转移给潜在对手。

07

量子通信与量子计算、量子精密测量相互促进催生新机遇

在信息技术领域，计算、通信、传感等产生的数据和运算，在一定层面上会有交叉，这就促使一些具有实力的公司或者欲将打通交汇层的公司，在适当的时刻将有跨领域的研究和业务布局。在2023年，这种情况有了较为明确的显现。例如，IBM Quantum此前主要专注于量子计算，在量子计算商业化方面是引领的，其在2023年首次发布量子安全路线图，还与沃达丰等公司在量子安全方面开展合作，这一路线图不仅拓展了IBM的技术领域，还包含了可应用于实际场景的量子通信步骤。此外，IBM计划于2025年推出通过量子通信连接的量子比特系统，推动量子计算和通信领域实现更紧密的结合。

此外，技术层面的融合已经在利用量子计算加强量子通信的安全性方面取得初步成功。Quantinuum公司通过应用量子计算技术强化密钥的安全性，为数据传输提供了基础的保护。

未来，在计算、通信与安全、精密测量三大领域间的跨领域合作将更加普遍，更多公司将利用量子计算、量子精密测量的独特性质来增强量子通信的安全性，三大领域的相互促进将形成一个更加完善的量子生态系统。

08

PQC与QKD的未来发展将呈现并驾齐驱之势

QKD和PQC是当前量子通信与安全领域的两大关键且实用的技术分支，早些年QKD的发展进程和社会认知度明显高于PQC，近两年，PQC的关注度迅速上升。当前QKD与PQC从投融资情况、相关政策、研究热度和商业期待度等方面发展来看，两者发展劲头基本相当。

从投资金额方面看，2023年QKD和PQC都吸引了大量的资金投入。发展较早的QKD技术由于其基础牢固，一直备受青睐，得到了一定资金支持。而随着对PQC认识的不断深入，PQC也逐渐成为投资者关注的焦点。2023年的融资数据显示，QKD和PQC在融资金额上存在一定的竞争，PQC融资金额约为2700万美元，而QKD约为1260万美元。

从政策层面看，多个国家在2023年发布了支持量子技术发展的政策，虽然不同国家对QKD与PQC的侧重点有所不同，但大部分国家对两类技术都秉持支持其发展的态度，这两方面均获得了政策利好带来的技术研发和商业化的助力。

最后，不同国家层面对QKD与PQC的发展侧重点不同。例如，美国更加关注PQC技术的发展与迁移，而中国和欧盟则将更多资源放到QKD技术，实施基础设施建设。未来这两大技术谁将占据主到地位，或者是相互支持、融合，当前还是未知的。在技术和市场格局定型的这些年，QKD和PQC将在全球范围内存在一定的竞争关系，各自发挥特长，促进技术的不断进步，迎接量子时代的全面来临。



09

附件

目录

09
附件

- 01 供应商评价模型（CTF模型）
- 02 2023年政府主导的量子资助项目
- 03 2023年量子领域国际合作事件
- 04 2023年中国支持量子发展相关政策
- 05 2023年国际支持量子发展相关政策

01

供应商评价模型（CTF模型）

CTF模型是一个未来产业参与者的评价分析模型。ICV TA&K TAnK 的CTF模型是帮助公众了解前沿技术领域及对应公司的发展情况，前沿科技具有技术路线未收敛、技术发展存在高度不确定性、商业化推进处于早期等诸多特点，随着技术的不断发展，对公司的评价需要一套合理的模型，对特定时期前沿技术供应商的综合评估形成“共识”。

CTF模型由4层不同大小的扇形区域纵深呈现，以及3维坐标共同构成。横向坐标Maturity of Technology(技术层面，即供应商的技术、研发、团队等)、侧向坐标Commercialization of Technology(商业层面，即供应商的营收、客户、用例等)以及隐含变量Implicit Variable(底蕴层面，即供应商长期经营所积淀的能够助推企业发展的要素)。CTF模型根据供应商在不同维度的综合表现，将其划分入如下四个扇面中：Pilot(领航员)、Overtaker(超越者)、Explorer(探索者)和Chance-seeker(寻机者)。

由于新兴技术处在高速成长期，也存在高度不确定性，因此，各细分领域的CTF图需要不定期进行更新。

Fan1—Pilot：这一板块的公司特点是企业规模较大，在前一次技术发展周期中积累了诸多经验，为它们进入新的前沿技术领域打下坚实基础。这些公司有能力和资源成为新一轮前沿技术的领航者，并有可能对行业未来的发展方向产生深远的影响。

Fan2—Overtaker：这一板块的公司经过一段时间的发展已经初具规模，它们的一大优势是强大的新技术研发实力。基于它们在特定技术领域已取得的积累，这些公司将来有望“超车”成为行业领军者。

Fan3—Explorer：这一板块的公司体量较小，但是它们较早地走上了新兴技术发展轨道。特定技术的开发仍处于早期阶段，与Pilot和Overtaker相比，它们通常在整体技术实力方面有所差距。

Fan4—Chance-seeker：这一板块的公司商业嗅觉敏锐，是新进入行业的新兴公司，它们的规模不大，但创始团队成员拥有一定的资源，能够让公司在新的赛道上获得发展机会。这些公司目前少有产品的工程原型，市场展现机会较少。

使用CTF模型，可以帮助前沿科技领域的客户评估对于某个技术供应商的采购与投资。特别需要留意的是，处于领航员扇面的供应商并不一定总是最佳选择，在企业的实际需求情况下，处于超越者或探索者扇面的企业可能是更好的选择。

02

2023年政府主导的量子资助项目

2023年度，全球（除中国外）共有9个国家/组织发布了政府主导的量子信息科技资助计划/项目。其中欧盟启动了12个计划/项目，约26600万欧元（约29000千万美元）。美国启动了9个计划/项目，约46700万美元。英国启动4个计划/项目，约23000万英镑（约29000万美元）。

 图表 2023年政府主导的量子资助项目

序号	发布时间	国家/机构	发布机构/提出机构	政策/项目名称	投资额
1	2023.01	美国	能源部	Quantum Horizons: Qis Research And Innovation For Nuclear Science	910万美元
2	2023.02	美国	国家科学基金会 、能源部	Expanding Capacity in Quantum Information Science and Engineering (ExpandQISE)	500万美元
3	2023.01	荷兰	荷兰量子三角洲	Quantum Delta NL SME programme	500万欧元
4	2023.03	荷兰	荷兰量子三角洲	Accelerate Early-Stage Quantum Technology Startups In NL	1500万欧元
5	2023.01	欧盟	量子旗舰计划	Quantum Communication Technologies for space systems	500万欧元
6	2023.01	欧盟	量子旗舰计划	Quantum Space Gravimetry Phase-A Study	300万欧元
7	2023.01	欧盟	量子旗舰计划	Quantum Photonic Integrated Circuit technologies	1200万欧元
8	2023.01	欧盟	量子旗舰计划	Investing in alternative quantum computation and simulation platform technologies	2000万欧元
9	2023.01	欧盟	量子旗舰计划	Next generation quantum sensing and metrology technologies	1000万欧元
10	2023.01	欧盟	量子旗舰计划	Framework Partnership Agreement for developing large-scale quantum Computing platform technologies	/
11	2023.01	欧盟	量子旗舰计划	Hop on Facility	4000万欧元
12	2023.01	欧盟	量子旗舰计划	Quantum Space Gravimetry Phase-B study & Technology Maturation	1420万欧元
13	2023.01	欧盟	量子旗舰计划	Quantum sensing and metrology for market uptake	1500万欧元

序号	发布时间	国家/机构	发布机构/提出机构	政策/项目名称	投资额
14	2023.01	欧盟	量子旗舰计划	Stimulating transnational research and development of next generation quantum technologies, including basic theories and components (Cascading grant with FSTP)	1500万欧元
15	2023.01	欧盟	欧洲创新委员会	EIC Accelerator	11.3亿欧元
16	2023.04	欧盟	欧盟委员会	Experimental production capabilities for quantum technologies in Europe (Qu-Pilot)	1900万欧元
17	2023.05	美国	国家科学基金会	NSF Engines Development Award	100万美元
18	2023.05	美国	国家科学基金会	NSF Engines Development Award	100万美元
19	2023.05	英国	科学、创新和技术部、英国创新组织	Small Business Research Initiative (SBRI)	1500万英镑
20	2023.06	英国	英国科学部	/	4500万英镑
21	2023.06	英国	英国国家量子计算中心	/	3000万英镑
22	2023.06	加拿大	艾伯塔省政府	Quantum Horizons Alberta (QHA)	2500万美元
23	2023.06	丹麦	丹麦政府	Læs del 1 af Strategi for Kvanteteknologi: Forskning og innovation i verdensklasse	10亿克朗
24	2023.07	荷兰	国家量子创新生态系统	Trilateral Agreement	6020万欧元
25	2023.07	美国	能源部	Quantum Testbed Pathfinder	1170万美元
26	2023.08	美国	能源部	/	2400万美元
27	2023.08	美国	国家科学基金会	/	2900万美元
28	2023.08	美国	参议院国防	Quantum Computing Programs	4400万美元
29	2023.08	英国	英国创新署	Small Business Research Initiative (SBRI)	3000万英镑
30	2023.09	美国	国家科学基金会	/	7600万美元
31	2023.09	新西兰	新西兰商业、创新与就业部	The Quantum Technologies Research Programme	1200万新西兰元（5年）

序号	发布时间	国家/机构	发布机构/提出机构	政策/项目名称	投资额
32	2023.10	德国	德国联邦教育和研究部	Chip Based Quantum Random Number Devices	/
33	2023.10	加拿大	加拿大政府、魁北克省政府	/	760万加元
34	2023.12	澳大利亚	阿尔巴尼斯政府	Australian Centre for Quantum Growth grant	1850万澳元

03

2023年量子领域国际合作事件

 图表 2023年美国与他国签订的量子相关合作声明

时间	合作方	事项
2023.01	美国、印度	签署Critical and Emerging Technology (iCET)(美印关键和新兴技术倡议)
2023.02	美国、欧洲、加拿大、日本	签署Memorandum Of Understanding (MoU) (谅解备忘录)
2023.02	美国、荷兰	签署Joint Statement on Cooperation in Quantum Information Science and Technology (QIST) (关于量子信息科学与技术合作的联合声明)
2023.03	美国、加拿大	签署Joint Statement(联合声明)
2023.04	美国、荷兰	签署Joint Statement of the United States of America and the Netherlands on Cooperation in Quantum Information Science and Technology(美荷两国关于量子信息科技合作的联合声明)
2023.04	美国、韩国	签署Joint Statement on Cooperation in Quantum Information Science and Technology (QIST) (量子信息科学与技术合作联合声明)
2023.06	美国、印度	签署Joint Statement from the United States and India (美国和印度的联合声明)
2023.09	美国、印度	签署Joint Statement from India and the United States (印度和美国的联合声明)
2023.10	美国、新加坡	签署The U.S.-Singapore Critical and Emerging Technology (CET) Dialogue(美国-新加坡关键和新兴技术对话)

图表 2023年量子领域国际合作事件

时间	合作方	事项
2023.04	法国、荷兰	围绕数字和可持续双转型以及欧盟战略自主的关键经济领域，围绕具体项目开展结构性对话并加强公私合作。其中包括：关键使能技术（半导体、量子技术、光子学）、可持续工业（工业过程脱碳、可再生能源和低碳能源，包括核能和氢能、关键和生物基原材料、循环经济、脱碳储能）、农业和农业食品，以及可持续流动性。
2023.06	加拿大、英国	加强在量子科学和技术方面的合作。促进量子科学技术知识产权的保护和执法。两国将相互支持开发市场和加强量子产品的供应链，同时建立强大的量子劳动力所需的人才库。联合声明将通过增加专业知识的共享和加速变革性量子技术的发展来支持加拿大的国家量子战略，如新型计算机、安全通信网络以及精确和准确的传感器。通过学术界、工业界和志同道合的国家之间的合作，加拿大将巩固其领导地位，并进一步加强和重申其作为量子科学和技术世界舞台上关键参与者的作用。
2023.11	韩国、英国	利用人工智能、量子和半导体等关键技术的潜力来创造就业机会并释放经济增长，同时设立一项新的450万英镑基金，以建立联合研究和创新伙伴关系。
2023.11	韩国、日本	发起一项量子技术研发合作框架，两国的国家研究机构——日本国立产业技术综合研究所和韩国标准科学研究院，将签署一份谅解备忘录。

04

2023年中国支持量子发展相关政策

中央

质量强国建设纲要、横琴粤澳深度合作区、普通高等学校本科专业备案和审批、第二代量子体系的构筑和操控重大研究计划、自贸试验区、河套深港科技创新合作区发展规划、关键数字技术专利分类、国自然科学基金、“十四五”发展规划、前海深港现代服务业合作区发展规划

西南

四川：产业建圈强链、元宇宙产业发展计划、开发区发展规划

重庆：成渝地区双城经济圈建设、渝地区双城经济圈网络安全

云南：质量提升方案

西北

陕西：政府报告

宁夏：人工智能创新发展

华北

北京：标杆孵化器培育方案、高质量发展方案、未来产业创新发展、信创产业

河北：数字政府建设

山西：政府报告

东北

辽宁：计量发展

吉林：数字经济发展

华中

湖北：重点研发计划、“世界光谷”建设计划、制造业创新中心建设、量子科技产业三年方案、独角兽企业培育

湖南：现代化产业体系、自然科学基金项目申报

河南：数字政府建设、重大新型基础设施建设、打造设计之都中长期规划

华南

广东：金融科技、计量发展规划、质量强省、数字湾区、信息通信业发展、都市圈发展、珠江口西岸都市圈发展

海南：政府工作报告

香港：2023-24财政预算

华东

山东：“工赋泉城”行动计划、青岛都市圈、数字基础设施、信息技术产业发展

江苏：南通市重点研发计划、促进经济持续回升向好的若干政策措施、加快培育发展未来产业

上海：数字经济、未来产业创新高地

浙江：计量发展规划

安徽：长三角一体化发展、数字基础设施建设发展三年行动方案、自贸试验区重点工作清单

福建：电动福建、新型基础设施建设、未来产业、支撑碳达峰碳中和实施方案

江西：未来产业发展

台湾：科学委员会前瞻科技平台记者会

表示2022年与2023年发布量子相关政策的省市

表示仅2023年发布量子相关政策的省市

2023年度，全国（大陆）共有22个省及直辖市发布了支持量子发展的相关政策。其中，广东省发布政策最多，为9条。相比之下，黑龙江、贵州、甘肃、青海、内蒙古自治区、广西壮族自治区、西藏自治区和新疆维吾尔自治区在2023年度并未发布与量子相关的政策。

图表 2023年中国支持量子发展相关政策

序号	发布时间	发布机构	政策名称
1	2023.01	安徽省人民政府	《2023年安徽省人民政府工作报告》
2	2023.01	四川省人民政府	《2023年四川省人民政府工作报告》
3	2023.01	福建省人民政府	《2023年福建省人民政府工作报告》
4	2023.01	江苏省人民政府	《2023年江苏省人民政府工作报告》
5	2023.01	山西省人民政府	《2023年山西省人民政府工作报告》
6	2023.01	北京市人民政府	《2023年北京市政府工作报告重点任务清单》
7	2023.01	河南省人民政府	《2023年河南省人民政府工作报告》
8	2023.01	湖北省人民政府	《2023年湖北省人民政府工作报告》
9	2023.01	合肥市人民政府	《合肥市2023年政府工作报告》
10	2023.01	北京市科学技术委员会、中关村科技园区管理委员会	《标杆孵化器培育行动方案（2022-2025年）》
11	2023.01	江西省人民政府	《江西省未来产业发展中长期规划（2023-2035年）》
12	2023.01	中国（上海）自由贸易试验区临港新片区管理委员会	《临港新片区国际数据产业专项规划（2023-2025年）》
13	2023.01	浙江省人民政府	《计量发展规划（2021—2035年）》
14	2023.01	海南省人民政府	《2023年海南省政府工作报告》
15	2023.02	中共中央、国务院	《质量强国建设纲要》
16	2023.02	深圳市地方金融监督管理局	《深圳市金融科技专项发展规划（2023-2025）》
17	2023.02	广东省人民政府	《广东省计量发展规划（2022—2035年）》
18	2023.02	成都市人民政府	《2023年成都市人民政府工作报告》
19	2023.03	国务院	《十四届全国人大一次会议作政府工作报告》
20	2023.03	重庆市人民政府	《重庆市推动成渝地区双城经济圈建设行动方案（2023—2027年）》
21	2023.03	云南省人民政府	《云南省深化质量提升三年行动方案（2023—2025年）》
22	2023.04	国家发展与改革委员会	《横琴粤澳深度合作区鼓励类产业目录》
23	2023.04	教育部	《2022年度普通高等学校本科专业备案和审批结果》
24	2023.04	成都市人民政府	《成都市产业建圈强链2023年工作要点》
25	2023.04	武汉市科学技术局	2023年度武汉市重点研发计划项目实施有关事项通知

序号	发布时间	发布机构	政策名称
26	2023.04	长春市人民政府	《长春市数字经济发展行动计划》
27	2023.05	国家自然科学基金委员会	《第二代量子体系的构筑和操控重大研究计划2023年度项目指南》
28	2023.05	河南省人民政府	《河南省加强数字政府建设实施方案（2023—2025年）》
29	2023.05	中共陕西省委、陕西省人民政府	《陕西省关于贯彻落实〈质量强国建设纲要〉的实施意见》
30	2023.06	中共广东省委、广东省人民政府	《广东省质量强省建设纲要》
31	2023.06	济南市人民政府	《济南市加快工业互联网创新发展实施“工赋泉城”行动计划（2023-2025年）》
32	2023.06	商务部	自贸试验区重点工作清单（2023—2025年）》
33	2023.06	福建省工业和信息化厅、福建省发展和改革委员会、福建省科学技术厅、福建省公安厅、福建省财政厅、福建省住房和城乡建设厅、福建省交通运输厅、福建省文化和旅游厅、福建省人民政府国有资产监督管理委员会、福建省机关事务管理局	《全面推进“电动福建”建设的实施意见（2023-2025年）》
34	2023.07	福建省人民政府	《福建省新型基础设施建设三年行动计划（2023—2025年）》
35	2023.07	辽宁省人民政府	《计量发展规划（2021—2035年）》
36	2023.08	工业和信息化部、科技部、国家能源局、国家标准委	《新产业标准化领航工程实施方案（2023—2035年）》
37	2023.08	河南省人民政府	《河南省重大新型基础设施建设提速行动方案（2023—2025年）》
38	2023.08	上海市人民政府	《立足数字经济新赛道推动数据要素产业创新发展行动方案（2023-2025年）》
39	2023.08	国务院	《河套深港科技创新合作区深圳园区发展规划》
40	2023.08	北京市委、市政府	《关于进一步推动首都高质量发展取得新突破的行动方案（2023-2025年）》
41	2023.08	安徽省委、省政府	《关于深度融入长三角一体化发展国家战略推动高质量发展的指导意见》
42	2023.08	宁夏回族自治区人民政府	《促进人工智能创新发展政策措施》
43	2023.09	中共江苏省委、江苏省人民政府	《关于促进经济持续回升向好的若干政策措施》
44	2023.09	广州市发展和改革委员会	《广州市新兴产业发展引导基金管理暂行办法》
45	2023.09	北京市人民政府	《北京市促进未来产业创新发展实施方案》

序号	发布时间	发布机构	政策名称
46	2023.09	四川省经济和信息化厅、中共四川省委宣传部、中共四川省委网信办、四川省密码管理局、四川省发展和改革委员会、四川省教育厅、四川省科学技术厅、四川省交通运输厅、四川省商务厅、四川省文化和旅游厅、四川省卫生健康委员会、四川省政府国有资产监督管理委员会、四川省经济合作局、四川省广播电视局、四川省大数据中心、四川省通信管理局	《四川省元宇宙产业发展行动计划（2023—2025年）》
47	2023.09	工业和信息化部办公厅、教育部办公厅文化和旅游部办公厅、国务院国资委办公厅、广电总局办公厅	《元宇宙产业创新发展三年行动计划（2023 - 2025年）》
48	2023.09	湖北省人民政府	《加快“世界光谷”建设行动计划》
49	2023.09	上海市科学技术委员会	《2023年度“科技创新行动计划”区块链关键技术攻关专项项目指南的通知》
50	2023.10	国家知识产权局	《关键数字技术专利分类体系（2023）》
51	2023.10	湖北省经济和信息化厅	《湖北省制造业创新中心建设管理办法（2023年修订）》
52	2023.10	山东省人民政府	《青岛都市圈发展规划》
53	2023.10	湖南省科学技术厅	《2024年度湖南省自然科学基金项目申报指南》
54	2023.10	福州市鼓楼区人民政府	《鼓楼区关于加快培育发展未来产业的实施意见》
55	2023.10	四川省经济和信息化厅、重庆市经济和信息化委员会等12部门	《成渝地区双城经济圈网络安全产业高质量协同发展行动计划（2023—2025年）》
56	2023.11	驻马店经济开发区管委会	《驻马店经济开发区加强数字政府建设实施方案（2023—2025年）》
57	2023.11	广东省人民政府	《“数字湾区”建设三年行动方案的通知》
58	2023.11	山东数字强省建设领导小组办公室	《山东省数字基础设施建设行动方案（2024—2025年）》
59	2023.11	山东省市场监督管理局	《山东知识产权公共服务普惠工程实施方案》
60	2023.11	湖北省人民政府	《湖北省加快发展量子科技产业三年行动方案（2023-2025）》
61	2023.11	广东省人民政府	《“数字湾区”建设三年行动方案》
62	2023.11	郑州市人民政府	《郑州市打造设计之都中长期规划（2023—2035年）》
63	2023.11	江苏省人民政府	《关于加快培育发展未来产业的指导意见》
64	2023.11	四川省人民政府	《四川省开发区发展规划（2023—2027年）》
65	2023.11	武汉市人民政府	《加快独角兽企业培育三年行动计划（2023-2025年）》

序号	发布时间	发布机构	政策名称
66	2023.11	国家自然科学基金委员会	《国家自然科学基金“十四五”发展规划》
67	2023.12	安徽省数据资源局、省委网信办、 省发展改革委、省科技厅、省经济 和信息化厅、省通信管理局	《安徽省数字基础设施建设发展三年行动方案 (2023—2025年)》
68	2023.12	广东省通信管理局	《关于推动广东省信息通信业高质量发展的指 导意见》
69	2023.12	安徽省数据资源管理局	《安徽省数字基础设施建设发展三年行动方案 (2023—2025年)》
70	2023.12	北京市经济和信息化局、北京经济 技术开发区管理委员会	《关于打造国家信创产业高地三年行动方案 (2023-2025年)》
71	2023.12	山东省人民政府	《关于加快实施“十大工程”推动新一代信息 技术产业高质量发展的指导意见》
72	2023.12	湖南省人民政府办公厅	《湖南省现代化产业体系建设实施方案》
73	2023.12	厦门市科学技术局	《厦门市科技支撑碳达峰碳中和实施方案》
74	2023.12	南通市科学技术局	《2023年度南通市重点研发计划（前瞻性技术 创新专项）项目指南》
75	2023.12	国家发展与改革委员会	《前海深港现代服务业合作区总体发展规划》
76	2023.12	广东省人民政府	《广州都市圈发展规划》
77	2023.12	广东省通信管理局	《珠江口西岸都市圈发展规划》
78	2023.02	中华人民共和国香港特别行政区	《2023-24财政预算》
79	2023.02	台湾	《国家科学委员会新春记者会》

05

2023年国际支持量子发展相关政策

2023年度，全球（除中国外）共有13个国家/组织发布了支持量子发展的相关政策。其中欧盟发布政策最多，为8条。其次，美国发布7条政策，英国发布5条政策。

图表 2023年全球主要支持量子通信发展的相关政策

序号	发布时间	国家/组织	发布机构	政策名称	中文翻译
1	2023.01	加拿大	创新、科学和经济发展部	Canada's National Quantum Strategy	国家量子战略
2	2023.01	美国	国家科技委员会	National quantum initiative Supplement to the president's FY 2023 budget	国家量子倡议补充到总统的FY2023年预算
3	2023.01	德国	国家计量局	Aufgaben und Ziele der Themenbereiche für 2023-2025	2023-2025年专题领域的任务和目标
4	2023.01	欧盟	欧盟委员会	2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade	2030年数字指南针：数字十年的欧洲方式
5	2023.01	加拿大	联邦政府	The World's First Photonic-based, Fault-tolerant Quantum Computer	世界上第一台基于光子的容错量子计算机
6	2023.01	丹麦	工业、商业和金融事务部、外交部、国防部和国防部高等教育和科学	Danish Quantum Communication Infrastructure project (QCI.DK)	丹麦量子通信基础设施项目 (QCI.DK)
7	2023.02	英国	创新部	Innovate UK Transformative Technologies Funding	创新英国变革性技术基金
8	2023.03	英国	科学、创新与技术部	National Quantum Strategy	国家量子战略
9	2023.03	加拿大	加拿大国防部、武装部队	Quantum 2030	量子2023
10	2023.03	瑞典	创新局	Swedish Quantum Agenda	瑞典量子议程
11	2023.03	英国	科学、创新与技术部	Science and Technology Framework	科学与技术框架
12	2023.03	英国	科学、创新与技术部	The UK's International Technology Strategy	英国国际技术战略

序号	发布时间	国家/组织	发布机构	政策名称	中文翻译
13	2023.03	欧盟	欧盟委员会	The European Quantum Communication Infrastructure (EuroQCI) Initiative	欧洲量子通信基础设施 (EuroQCI) 倡议
14	2023.03	欧盟	欧盟委员会	EuroHPC Joint Undertaking Decision Of The Governing Board Of The Eurohpc JOINT Undertaking No 03/2023 Amending the Joint Undertaking's Work Programme and Budget for the year 2023 (Work Programme and Budget Amendment no. 1)	EuroHPC联合承诺第03/2023号修改2023年工作计划和预算（工作计划和预算修正案第1号）
15	2023.03	加拿大	国防部和武装部队	Quantum 2030-Quantum Science & Technology Strategy Implementation Plan	量子2030-量子科学和技术战略实施计划
16	2023.03	欧盟	欧盟委员会	Digital Europe Work Programme 2023-2024	数字欧洲工作计划2023-2024
17	2023.03	欧盟	欧洲标准化委员会和欧洲电工标准化委员会	Standardization Roadmap on Quantum Technologies	量子技术的标准化路线图
18	2023.04	日本	内阁府 综合创新战略推进会	量子未来産業創出戦略	量子未来产业创新战略
19	2023.04	印度	内阁	National Quantum Mission (NQM)	国家量子任务
20	2023.04	德国	联邦政府	Quantum Technology Action Plan	量子技术行动计划
21	2023.04	日本	经济产业省	クラウドプログラムの安定供給の確保	确保云程序的稳定供应
22	2023.04	澳大利亚	政府/工业和科学部	Training Australia's world class quantum technology graduates	培养澳大利亚世界级的量子技术毕业生
23	2023.04	欧盟	欧洲委员会	The European Competence Framework for Quantum Technologies	欧洲量子技术能力框架
24	2023.05	澳大利亚	政府	National Quantum Strategy	国家量子战略

序号	发布时间	国家/组织	发布机构	政策名称	中文翻译
25	2023.05	英国	科学、创新和 技术部	National semiconductor strategy	国家半导体战略
26	2023.06	丹麦	政府	National Strategy for Quantum Technology	国家量子技术战略
27	2023.06	韩国	科学和信息通 信技术部	South Korea's Quantum Science and Technology Strategy	量子科学技术战略
28	2023.06	美国	白宫	National Standards Strategy for Critical and Emerging Technology	美国政府的关键和新兴技术国 家标准战略(CET)
29	2023.08	美国	美国网络安全 与基础设施安 全局、美国国 家安全局、美 国国家标准与 技术研究院	Migration to Post-Quantum Cryptography	量子准备：迁移到后量子 密码学
30	2023.08	美国	美国国家科学 基金会	Expanding Capacity in Quantum Information Science and Engineering (ExpandQISE) program	量子信息科学与工程能力扩展 (ExpandQISE) 计划
31	2023.09	欧盟	欧盟委员会	European Chips Act	欧洲芯片法案
32	2023.09	美国	美国商务部	the CHIPS Act	芯片和科学法案 (CHIPS法案)
33	2023.10	澳大利亚	澳大利亚昆士 兰州政府	The Queensland Quantum and Advanced Technologies Strategy	量子和先进技术战略
34	2023.10	韩国	韩国科学和信 息通信技术部	양자과학기술 및 양자산업 육 성에 관한 법	量子科技和量子产业促进法案
35	2023.11	爱尔兰	继续教育和高 等教育、研究、 创新和科学部	Quantum 2030	量子2030
36	2023.11	美国	美国众议院科 学、空间与技 术委员会	The National Quantum Initiative Reauthorization Act	国家量子倡议再授权法案
37	2023.12	欧洲	欧洲创新委 员会	European Innovation Council (EIC) 2024 work programme	2024工作方案
38	2023.12	欧盟	欧盟轮值主席 国西班牙	European Declaration on Quantum Technologies	欧洲量子技术宣言

序号	发布时间	国家/组织	发布机构	政策名称	中文翻译
39	2023.12	美国	国家科技委员会	The National Quantum Initiative Supplement to the President's FY 2024 Budget Released	国家量子倡议（NQI）总统2024财年预算补编
40	2023.12	印度	印度量子生态系统和技术委员会、电子和信息技术部	The Quantum Value Chain Report	量子价值链报告

06

参考链接

<https://arxiv.org/abs/2303.15795>
<https://www.nature.com/articles/s41566-023-01166-4>
<https://terraquantum.swiss/news/terra-quantum-breaks-records-in-quantum-key-distribution-paving-way-to-offering-unprecedented-security-over-existing-fiber-optic-networks-globally>
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.130.030801>
<https://www.nature.com/articles/s41534-023-00754-0> <https://journals.aps.org/prapplied/abstract/10.1103/PhysRevApplied.20.024048>
<https://www.quantum-dice.com/quantum-dice-and-spectral-unveil-quantum-communication-developments-with-zenith-qrng-for-spectral-1-mission/>
<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2205463120>
<https://eprint.iacr.org/2022/1713>
<https://szzyj.ah.gov.cn/szjh/zxdt/40654579.html>
<https://www.qusecure.com/qusecure-uses-starlink-for-post-quantum-cryptography-in-satellite-to-earth-communication-s/>
https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/group/press_release/thales-pioneers-post-quantum-cryptography-successful-world-first
<https://www.hsbc.com/news-and-views/news/media-releases/2023/hsbc-pioneers-quantum-protection-for-ai-powered-fx-trading>
<https://newsroom.accenture.com/news/2023/qusecure-and-accenture-team-in-first-successful-multi-orbit-communications-link-showcasing-post-quantum-crypto-modernization>
<https://pqshield.com/pqshield-partners-with-tata-consultancy-services-and-eshard/>
<https://www.honeywell.com/us/en/press/2023/09/honeywell-leverages-quantum-computing-encryption-keys-to-bolster-utilities-data-security-against-cyber-threats>
https://www.cpn.cn/qiye/jishu2023/202307/t20230712_1617341.html
<https://www.aliroquantum.com/blog/real-world-quantum-network-deployments>
<https://www.hpcwire.com/off-the-wire/qrypt-partners-with-lanl-to-advance-quantum-random-number-generation-tech/>
https://www.softbank.jp/en/corp/news/press/sbkk/2023/20230228_01/
https://uploads-ssl.webflow.com/637deec5b8a2a6508d3d1159/6409fce19d51fcd809735ede_20230309-PR-Cryptonext%20Quandela-VDef.pdf
<https://newsroom.ibm.com/2023-05-10-IBM-Unveils-End-to-End-Quantum-Safe-Technology-to-Safeguard-Governments-and-Businesses-Most-Valuable-Data>
<https://www.wisekey.com/press/wisekey-and-sealsq-develop-ai-based-quantum-solutions-demonstrator-for-post-quantum-cryptography/>
<https://ir.quicklogic.com/press-releases/detail/672/securing-the-future-quicklogic-and-xiphera-partner-to>
<https://www.qusecure.com/qusecure-earns-validation-in-amazon-web-services-partner-network-apn-qprotect-award-ed-aws-qualified-software-certification/>
http://www.chinatelecom.com.cn/news/06/5G/zxdt/202311/t20231121_78632.html
http://www.chinatelecom.com.cn/news/03/202311/t20231130_78883.html
http://www.chinatelecom.com.cn/news/03/202311/t20231114_78015.html
http://www.chinatelecom.com.cn/news/06/5G/zxdt/202311/t20231121_78637.html
<https://www.zdxx.com/newsDetail.html?id=23>
<https://mp.weixin.qq.com/s/W2Zo-VwWElJLf38oylz2Q>
http://www.10086.cn/aboutus/news/groupnews/index_detail_46753.html
<https://arqit.uk/press-releases/arqit-bt-and-fortinet-launch-quantum-safe-vpn-to-protect-against-evolving-cyberthreats>
<https://www.idquantique.com/sk-telecom-and-samsung-unveil-the-galaxy-quantum-4/>
<https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/deutsche-telekom-leads-build-of-high-security-communications-network-for-the-eu-1026404>
<https://newsroom.orange.com/frances-industry-quantum-startups-academic-and-institutional-players-join-forces-to-build-the-future-of-the-french-quantum-internet-communication-system/?lang=en>
https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17863
https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17873
https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17875
https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17874
https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17876
<https://www.itu.int/en/ITU-T/about/groups/2022-2024/Pages/sg13.aspx>
<https://www.ccsa.org.cn/standardDetail/?standardNum=GB%2FT%2042829-2023>
<https://www.iso.org/standard/77097.html>
<https://www.iso.org/standard/77309.html>
https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/QKD/001_099/016/01.01.01_60/gs_QKD016v010101p.pdf
https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=19143
<https://www.ietf.org/blog/pquip/>
<https://post-quantum.com/index.html> <https://www.mitre.org/news-insights/news-release/post-quantum-cryptography-coalition-launches>
https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18760
https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18902
https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18903
https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=19049

<https://www.ncsc.gov.uk/whitepaper/next-steps-preparing-for-post-quantum-cryptography>
https://www.bsi.bund.de/EN/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Informationen-und-Empfehlungen/Kryptografie/Kryptobibliothek-Botan/kryptobibliothek-botan_node.html
<https://www.etsi.org/events/2117-2023-02-9th-etsi-igc-quantum-safe-cryptography-workshop>
<https://www.tc260.org.cn/front/postDetail.html?id=20230616154140>
<https://www.ding-lab.com/archives/3rd-pqc-asia-forum>
<https://www.nict.go.jp/press/2023/03/14-1.html>
<https://www.koit.co.kr/news/articleView.html?idxno=114989>
<https://www.global.toshiba/www/news/digitalsolution/2023/11/news-20231124-01.html>
<https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.20.044005>
<https://www.toshiba.eu/quantum/news/toshiba-europe-and-orange-demonstrate-viability-of-deploying-quantum-key-distribution-with-existing-networks-and-services/>
<https://www.global.toshiba/jp/news/digitalsolution/2023/09/news-20230920-01.html>
<https://www.global.toshiba/jp/company/digitalsolution/news/2023/0705.html>
https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/www/ir/corporate/news/20231219_1.pdf
<https://www.idquantique.com/docu/sign-qscd-appliance-embedding-idq-qrng-chip-fips-140-2-level-3-approved/>
<https://www.idquantique.com/id-quantique-kcs-and-sk-telecom-release-a-new-quantum-enhanced-cryptographic-chip-at-mwc23/>
<https://www.idquantique.com/sk-telecom-and-samsung-unveil-the-galaxy-quantum-4/>
<http://www.itnewsonline.com/PRNewswire/ID-Quantique-joins-EAGLE-1-Europes-pioneering-quantum-key-distribution-initiative/923595>
<https://www.idquantique.com/packetlight-and-id-quantique-announce-successful-integration-of-quantum-key-distribution-in-packetlight-devices/>
<https://www.idquantique.com/singtel-quantum-safe-network/>
<http://www.quantum-info.com/News/qy/News/qy/2023/2023/1123/770.html>
<http://www.quantum-info.com/News/qy/News/qy/2023/2023/0317/746.html>
<http://www.quantum-info.com/News/qy/News/qy/2023/2023/1122/764.html>
<http://www.quantum-info.com/News/qy/News/qy/2023/2023/1122/766.html>
<http://www.quantum-info.com/News/qy/News/qy/2023/2023/1123/771.html>
<http://www.quantum-info.com/News/qy/News/qy/2023/2023/1123/772.html>
https://cs.com.cn/cj2020/202312/t20231213_6380372.html?bsh_bid=5976552742
<https://www.newindianexpress.com/business/2023/dec/15/quantum-cybersecuritystartup-raises-usd-65-mn-in-pre-series-a-1-funding-round-2641784.html>
<https://economictimes.indiatimes.com/news/defence/qnu-labs-bags-contract-from-indian-navy-for-quantum-encryption-systems/articleshow/100796060.cms>
<https://www.indianeconomicobserver.com/news/accops-qnu-labs-unite-to-harness-quantum-advancements-for-enhanced-cybersecurity20231127124701/>
<https://speqtralquantum.com/newsroom/speqtral-collaborates-with-archangel-lightworks-to-develop-quantum-enabled-optical-ground-station>
<https://speqtralquantum.com/newsroom/speqtral-and-sptel-appointed-to-build-nqsn-singapores-first-nationwide-quantum-safe-network>
<https://speqtralquantum.com/newsroom/speqtral-and-toshiba-forge-deeper-partnership-amidst-landmark-national-quantum-safe-network-plus-nqsn-project>
<https://speqtralquantum.com/newsroom/quantum-dice-and-speqtral-unveil-quantum-communication-developments-with-zenith-qrng-for-speqtral-1-mission>
<http://www.qudoor.com/index.php?c=show&id=165>
<http://www.qudoor.com/index.php?c=show&id=162>
<http://www.qudoor.com/index.php?c=show&id=151>
<http://www.qudoor.com/index.php?c=show&id=137>
<http://www.qudoor.com/index.php?c=show&id=129>
<http://www.qudoor.com/index.php?c=show&id=128>
<http://www.qudoor.com/index.php?c=show&id=122>
<http://www.qudoor.com/index.php?c=show&id=125>
<http://www.qudoor.com/index.php?c=show&id=139>
<https://qudice.eu/developing-quantum-communications-in-space-for-the-future-euroqci/>
<https://www.luxquanta.com/quantum-secure-networks-partnership-25m-project-with-more-than-40-partners-n-33-en>
<https://www.luxquanta.com/luxquanta-nova-lq-to-be-announced-at-the-mobile-world-congress-2023-n-26-en>
<https://qtict.com/frontier/detail?id=86>
<https://arqit.uk/press-releases/new-product-launch-and-business-update>
<https://arqit.uk/press-releases/arqit-launches-the-worlds-first-integrated-solution-for-quantum-safe-vpn-connectivity-using-symmetric-key-agreement>
<https://arqit.uk/press-releases/aiee-sign-licence-contract-for-arqit-quantumcloud>
<https://arqit.uk/press-releases/arqit-bt-and-fortinet-launch-quantum-safe-vpn-to-protect-against-evolving-cyberthreats>
<https://arqit.uk/press-releases/babcock-develops-cutting-edge-communications-and-control-technology-in-partnership-with-arqit>
<https://arqit.uk/press-releases/consortium-wins-uk-government-funding-to-further-development-carrier-grade-testing-and-standards-in-open-ran-rics>
<https://arqit.uk/press-releases/arqit-and-exclusive-networks-announce-us-distribution-partnership>
<https://arqit.uk/press-releases/arqit-and-securecloud-partner-to-deliver-cyber-resilience-using-symmetric-key-agreement>
<https://arqit.uk/press-releases/arqit-and-snc-ms-uk-announce-strategic-teaming-agreement>
https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=19146

<https://www.nyu.edu/about/news-publications/news/2023/september/nyu-takes-quantum-step-in-establishing-cutting-edge-tech-hub-in-.html>
http://www.ahnnews.com.cn/yaowen1/pc/con/2023-06/07/496_860981.html
<https://labsoflatvia.com/en/news/formation-of-a-national-quantum-communications-infrastructure-begins>
<https://marketing.idquantique.com/acton/attachment/11868/f-0cca1474-5f49-4e62-9372-2135c42395d3/1/-/-/-/Pres%20release%3A%20Numana%20Oct%2023%202023.pdf>
<https://newsroom.orange.com/frances-industry-quantum-startups-academic-and-institutional-players-join-forces-to-build-the-future-of-the-french-quantum-internet-communication-system/>
<https://qci.dk/>
<https://irelandqci.ie/2023/04/24/quantum-technology-experts-gather-in-waterford-for-irelandqci-opening-meeting/>
<https://beqci.eu/project/>
<https://euroqci-spain.eu/>
<https://euroqci.bg/2023/02/10/bulgarian-national-plan-kick-off-meeting-in-sofia/>
<https://prism-euroqci.eu/one-of-the-worlds-most-ambitious-quantum-networks-to-be-built-in-malta/>
<https://www.qusecure.com/qusecure-uses-starlink-for-post-quantum-cryptography-in-satellite-to-earth-communications/>
<https://www.qusecure.com/qusecure-accenture-team-up-on-satcom-security-test-using-pqc/>
<https://www.einpresswire.com/article/621893832/sky-and-space-sas-to-embed-world-s-first-quantum-resistant-encryption-solution-for-its-satellites-and-ground-terminals>
<https://spacenews.com/china-is-developing-a-quantum-communications-satellite-network/>
<https://speqtral.space/speqtral-announces-kongsberg-nano-avionics-and-mbryonics-as-key-partners-for-speqtral-1-mission/>
https://uwaterloo.ca/news/science/connecting-canada-and-europe-through-quantum-satellite?utm_source=miragenews&utm_medium=miragenews&utm_campaign=news
<https://www.vodafone.com/news/technology/vodafone-tests-quantum-safe-business-network-upgraded-smartphones>
http://www.chinatelecom.com.cn/news/02/202309/t20230915_76791.html
<https://www.kedglobal.com/tech,-media-telecom/newsView/ked202309060009>
<https://www.kedglobal.com/tech,-media-telecom/newsView/ked202309060009>
<https://www.ltimindtree.com/news-event/ltimindtree-with-quantum-xchange-fortinet/>
<https://www.nccoe.nist.gov/crypto-agility-considerations-migrating-post-quantum-cryptographic-algorithms>
<https://www.nccoe.nist.gov/sites/default/files/2023-12/pqc-migration-nist-sp-1800-38b-preliminary-draft.pdf>
<https://www.nccoe.nist.gov/sites/default/files/2023-12/pqc-migration-nist-sp-1800-38c-preliminary-draft.pdf>
<https://ised-isde.canada.ca/site/national-quantum-strategy/en/canadas-national-quantum-strategy>
<https://www.datanet.co.kr/news/articleView.html?idxno=185202>
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2023/08/09/executive-order-on-addressing-united-states-investments-in-certain-national-security-technologies-and-products-in-countries-of-concern/>
<https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy1686>
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_4735
<https://m-en.yna.co.kr/view/AEN20231213000500315>
<https://www.quantum-dice.com/quantum-dice-launches-the-new-generation-of-apex-the-worlds-fastest-quantum-random-number-generator-enabling-trusted-cybersecurity-for-enterprise-applications/>
<https://www.ses.com/press-release/ses-led-eagle-1-onboards-tno-and-airbus-deliver-ground-station-quantum-key>
<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-quantum-communication-infrastructure-euroqci>
<https://petrus-euroqci.eu/industrial-qkd-projects/>
<https://petrus-euroqci.eu/national-euroqci/>
<https://petrus-euroqci.eu/>
<https://beqci.eu/>
<https://euroqci.bg/2023/02/10/bulgarian-national-plan-kick-off-meeting-in-sofia/>
<https://www.carnet.hr/projekt/croqci/>
<https://cyqci.eu/events--training.html>
<https://www.isibрно.cz/en/czech-national-quantum-communication-infrastructure>
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/21d3c71c-bdb0-4686-bea2-d46dc756e4b6>
<https://www.developmentaid.org/organizations/awards/view/433391/estonian-quantum-communication-infrastructure-estqci>
<https://newsroom.orange.com/frances-industry-quantum-startups-academic-and-institutional-players-join-forces-to-build-the-future-of-the-french-quantum-internet-communication-system/>
<https://hellasqci.eu/project-overview/>
<https://irelandqci.ie/project-overview/>
<https://www.lrvtc.lv/en/quantum/>
<https://lux4qci.eu/>
<https://www.naqci.fi/>
<https://nqci.eu/>
<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43152860/101091710/DIGITAL>
<https://prism-euroqci.eu/one-of-the-worlds-most-ambitious-quantum-networks-to-be-built-in-malta/>
<https://ptqci.av.it.pt/About.html>
<https://www.hhi.fraunhofer.de/abteilungen/pn/projekte/q-net-q.html>
<https://qci-cat.at/kick-off-meeting/>
<https://qci.dk/>
https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=19145
https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=19143

https://www.dmu.gov.hu/documents/prod/Nemzeti-Strategiai-Utemterv_Digitalis-Evtized-Szakpolitikai-Program-2030_Tervezet.pdf
<https://qcihungary.hu/en/home/>
<https://quantumdelta.nl/qcined>
https://www.inrim.it/sites/default/files/2023-06/Press%20Release%20QUID_DEF_ENG_20230606_2.pdf
<https://www.ronaqci.upb.ro/media/>
<https://siquid.fmf.uni-lj.si/>
<https://skqci.qute.sk/news/>
<https://www.nature.com/articles/s41467-023-36573-2>
<https://www.rrl.res.in/news/quic-lab-achieves-next-step-towards-realising-secure-satellite-based-quantum-communication>
<https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=F77AFB62AF85406CE05397BE0A0A57C1>
https://www.cpn.cn/qiye/dianwangPD2023/202312/t20231222_1663087.html
http://www.jinhua.gov.cn/art/2023/11/27/art_1229159979_60256434.html
<https://www.shanghai.gov.cn/nw4411/20231109/6fa353cb87f8423fa4a2a7a3cfa3f260.html>
<https://www.hsbc.com/news-and-views/news/media-releases/2023/hsbc-pioneers-quantum-protection-for-ai-powered-fx-trading>
<https://www.quantumcomputinginc.com/press-releases/quantum-computing-inc-to-launch-reprogrammable-and-non-repeatable-quantum-random-number-generator/>
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.131.100802>
<https://www.nature.com/articles/s41467-023-37518-5>
<https://doi.org/10.1103/physrevapplied.20.024051>
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/10/12/fact-sheet-upgrading-the-u-s-singapore-strategic-technology-partnership/>
<https://ufm.dk/publikationer/2023/strategi-for-quantumteknologi-del-1-forskning-og-innovation-i-verdensklasse>
<https://science.des.qld.gov.au/research/key-areas/quantum>
<https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=238&pageIndex=7&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3183541>
<https://www.hfss.gov.cn/zqdh/zfjj/tzjj/gzdt/11272251.html>
<https://www.sc.gov.cn/10462/c105962/2023/1/20/00ade04b7fa54c5f81e1e9b895eb7f3e.shtml>
<http://quantumcas.ac.cn/2023/0202/c24874a590992/page.htm>
<http://www.jiangsu.gov.cn/col/col88024/index.html>
http://www.shanxi.gov.cn/zttj/2023sxh/2023sxhbg/202301/t20230119_7823686.shtml
https://www.beijing.gov.cn/zhengce/gfxwj/202301/t20230131_2909785.html
<https://www.henan.gov.cn/2023/01-14/2673451.html>
http://www.whwx.gov.cn/szyw/202302/t20230201_2142904.shtml
<https://www.hefei.gov.cn/public/1741/108461202.html>
https://www.beijing.gov.cn/zhengce/gfxwj/sj/202302/t20230203_2911253.html
http://www.jiangxi.gov.cn/art/2023/1/30/art_4968_4342426.html
<https://www.lingang.gov.cn/html/website/lg/index/government/file/1611426124711104514.html>
https://www.zj.gov.cn/art/2023/1/6/art_1229716391_2458831.html
<https://www.hainan.gov.cn/hainan/szfldhd/202301/281dfcda31f54daa9eba6886cdc17833.shtml>
http://www.gov.cn/zhengce/2023-02/06/content_5740407.htm
http://jr.sz.gov.cn/gkmlpt/content/10/10409/post_10409782.html#2814
http://www.gd.gov.cn/zwgk/zcjd/mtjd/content/post_4092646.html
http://district.ce.cn/newarea/roll/202304/06/t20230406_38483816.shtml
http://www.gov.cn/guowuyuan/zfgzbg.htm?ivk_sa=1025845k
https://www.cq.gov.cn/zwgk/zfxgkml/szfwj/qtgw/202303/t20230323_11803613.html?eqid=ebdfcd5f000dba1a00000003642e2686
https://www.yn.gov.cn/zwgk/zfxgkpt/fdzdgknr/zcwj/zfxgkptyzbf/202303/t20230307_255865.html
https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202304/t20230403_1353195.html
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_1034/s4930/202304/t20230419_1056224.html
<https://epaper.scdaily.cn/shtml/scr/20230417/292841.shtml>
http://kj.wuhan.gov.cn/zwgk_8/fdzdnrgk/sjczxj/sbtzsbzn/202304/t20230407_2182908.shtml
http://zwgk.changchun.gov.cn/szf_3410/bgtxxgkml/202304/t20230418_3130749.html
<https://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab442/info89245.htm>
<https://www.henan.gov.cn/2023/05-09/2739949.html>
http://www.shaanxi.gov.cn/zfxgk/fdzdgknr/zcwj/nszfwj/qt/202307/t20230727_2295257.html
http://www.gd.gov.cn/gdywdt/gdyw/content/post_4199552.html
http://www.jinan.gov.cn/art/2023/6/21/art_2613_4952807.html
<http://zmqgs.mofcom.gov.cn/article/zgdwjjmywg/zhl/202306/20230603417508.shtml>
https://gxt.fujian.gov.cn/jdhy/zcjd/bmzcwj/202306/t20230610_6185161.htm
https://www.fujian.gov.cn/zwgk/zfxgk/szfwj/jgzz/fzggwjzc/202307/t20230707_6201736.htm
https://www.ln.gov.cn/web/zwgkx/lnsrnzfgb/2023n/qk/2023n_desq/szfwj/2023091808590782469/index.shtml
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202308/content_6899527.htm
<https://www.henan.gov.cn/2023/08-04/2791853.html>
<https://www.shanghai.gov.cn/gwk/search/content/e946902bdcaf40e292602ac6e8818f61>
https://www.gov.cn/gongbao/2023/issue_10686/202309/content_6902573.html
https://fgw.beijing.gov.cn/gzdt/fgzs/mtbdx/bzwlxw/202308/t20230825_3230769.htm
<https://www.ah.gov.cn/zmhd/xwfbhx/564258681.html>
https://www.nx.gov.cn/zwgk/gfxwj/202308/t20230818_4227239.html
https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=19159

https://www.js.gov.cn/art/2023/9/3/art_37384_11002980.html
http://fgw.gz.gov.cn/gkmlpt/content/9/9217/post_9217431.html#480
https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefaui/202309/t20230908_3255227.html
<https://jxt.sc.gov.cn//scjxt/jxtzwcw/2023/9/15/1119dc76f8c948ba93c416d6e3a8607b.shtml>
https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2023/art_e715a9d4611742d5a5f7a4f36ea74974.html
http://www.hubei.gov.cn/zfwj/ezf/202309/t20230925_4867070.shtml
<https://www.shanghai.gov.cn/jcsfbsbtz/20230927/1442c4a927024e7eaa1a1afa3c18dd9.html>
https://www.cnipa.gov.cn/art/2023/9/25/art_75_187769.html
http://jxt.hubei.gov.cn/fbjd/zc/qtzdgkwj/gwfb/202310/t20231027_4917118.shtml
http://www.shandong.gov.cn/art/2023/10/13/art_267492_59942.html
https://kjt.hunan.gov.cn/kjt/xmxx/xmsb/202310/t20231008_31620081.html
http://www.gl.gov.cn/xjwz/zfxgk/qzbmptlj/qrmzfjzfgzbm/glqzfb/fdzdgknr/yfxz/202310/t20231009_4694111.htm
https://www.hys.gov.cn/hysrmzfw/c116484/2023-10/30/content_240dbb24c6984d328c71f404ed8ce5da.shtml
<https://www.zmdkf.gov.cn/newsdetail/54/6022.html>
https://www.gd.gov.cn/zwgk/wjk/qbwj/ybh/content/post_4287596.html
http://bdb.shandong.gov.cn/art/2023/11/14/art_76147_10321709.html
http://amr.shandong.gov.cn/art/2023/11/24/art_92482_10305045.html
http://www.hubei.gov.cn/zwgk/hbyw/hbywqb/202311/t20231116_4947889.shtml
http://gdyjzx.gd.gov.cn/gkmlpt/content/4/4287/post_4287849.html#542
<https://public.zhengzhou.gov.cn/D0104X/8049895.jhtml>
https://www.jiangsu.gov.cn/art/2023/11/9/art_46143_11066954.html
<https://www.sc.gov.cn/10462/zfwjts/2023/11/25/5c7b0dec3e864647aa0f50739afa4f63.shtml>
https://www.wuhan.gov.cn/zwgk/xxgk/zfwj/bgtwj/202311/t20231108_2297022.shtml
<https://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab1392/>
<https://sjzyj.ah.gov.cn/public/7061/40684913.html>
https://gdca.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/art/2023/art_e86eab3c8daf4d87aabdceac26e6791b.html
<https://sjzyj.ah.gov.cn/public/7061/40684913.html>
https://jxj.beijing.gov.cn/zwgk/zcwj/bjszc/202312/t20231221_3507294.html
http://www.shandong.gov.cn/art/2023/12/29/art_267492_62983.html
https://gxt.hunan.gov.cn/gxt/xxgk_71033/tzgg/202312/t20231230_32615653.html
https://sti.xm.gov.cn/xxgk/tzgg/202312/t20231205_2801944.htm
<http://kjj.nantong.gov.cn/ntskjj/gggs/content/5c01e3fe-b0f3-4d2a-a158-43305faf1267.htm>
https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202312/t20231221_1362836.html
<https://www.gd.gov.cn/attachment/0/538/538477/4303566.pdf>
<https://www.gd.gov.cn/attachment/0/538/538481/4303566.pdf>
<https://www.canada.ca/en/innovation-science-economic-development/news/2023/01/government-of-canada-launches-national-quantum-strategy-to-create-jobs-and-advance-quantum-technologies.html>
<https://www.gov.uk/government/publications/national-quantum-strategy/national-quantum-strategy-accessible-webpage>
<https://www.canada.ca/en/department-national-defence/corporate/reports-publications/overview-quantum-2030.html>
https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/230414_mirai.pdf
https://www.pmiindia.gov.in/en/news_updates/cabinet-approves-national-quantum-mission-to-scale-up-scientific-industrial-rd-for-quantum-technologies/
<https://www.bmbf.de/bmbf/shreddocs/kurzmeldungen/de/2023/04/230425-handlungskonzept-quantentechnologien.html#searchFacets>
<https://www.industry.gov.au/publications/national-quantum-strategy>
<https://ufm.dk/publikationer/2023/strategi-for-kvanteteknologi-del-1-forskning-og-innovation-i-verdensklasse>
<https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mPid=2&mId=4&bbsSeqNo=42&ntSeqNo=828>
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_4518
<https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=238&pageIndex=7&bbsSeqNo=94&ntSeqNo=3183541>
<https://www.gov.ie/en/press-release/af23b-minister-harris-launches-quantum-2030-irelands-first-national-strategy-for-quantum-technologies/>
https://eic.ec.europa.eu/eic-2024-work-programme_en
<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-declaration-quantum-technologies>
<https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2023/01/NQI-Annual-Report-FY2023.pdf>
<https://www.ptb.de/cms/forschung-entwicklung/arbeits-und-forschungsprogramm.html>
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_en
<https://pm.gc.ca/en/news/news-releases/2023/01/23/supporting-canadas-leadership-quantum-computing-grow-economy-and>
<https://www.dtu.dk/english/newsarchive/2023/03/fremtidens-kvantesikre-netvaerk-etableres-mellem-danske-ministerier>
<https://apply-for-innovation-funding.service.gov.uk/competition/1492/overview/15b16995-e60c-49e7-81cc-f47d0dc62af2#summary>
<https://www.vinnova.se/globalassets/bilder/publikationer/the-swedish-quantum-agenda.pdf?cb=20230328130156>
<https://www.gov.uk/government/news/plan-to-forge-a-better-britain-through-science-and-technology-unveiled>
<https://www.gov.uk/government/publications/uk-international-technology-strategy/the-uks-international-technology-strategy>
<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-quantum-communication-infrastructure-euroqci>
<https://eurohpc-ju.europa.eu/system/files/2023-03/Decision%203.2023.-%201st%20Amendment%20WP%202023.pdf>
https://www.meti.go.jp/policy/economy/economic_security/cloud/index.html

<https://www.canada.ca/en/department-national-defence/corporate/reports-publications/overview-quantum-2030.html>
<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/work-programmes-digital>
https://www.cencenelec.eu/media/CEN-CENELEC/AreasOfWork/CEN-CENELEC_Topics/Quantum%20technologies/Documentation%20and%20Materials/fgqt_q04_standardizationroadmapquantumtechnologies_release1.pdf?url=https%3A%2F%2Fwww.cencenelec.eu%2Fmedia%2FCEN-CENELEC%2FAreasOfWork%2FCEN-CENELEC_Topics%2FQuantum%2520technologies%2FDocumentation%2520and%2520Materials%2Ffgqt_q04_standardizationroadmapquantumtechnologies_release1.pdf&data=05%7C01%7CGCollot%40cencenelec.eu%7Cd74863d5043f4d0d392908db2a2ab760%7Cccf5775126f1429c87578729c8e9e995%7C0%7C0%7C638150135170232012%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWlloiMC4wLjAwMDAilCjQljoiv2luMzIiLjBjBTil6k1haWwLiCjXVCI6Mn0%3D%7C3000%7C%7C%7C&sdata=g83CZjUyXNTEiKCo9tnEfiXoL5M6ZcmBlr1zS%2BDinE0%3D&reserved=0
<https://www.minister.industry.gov.au/ministers/husic/media-releases/training-australias-world-class-quantum-technology-graduates>
<https://qtedu.eu/european-competence-framework-quantum-technologies>
<https://www.gov.uk/government/publications/national-semiconductor-strategy/national-semiconductor-strategy>
<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/05/US-Gov-National-Standards-Strategy-2023.pdf>
<https://www.nccoe.nist.gov/crypto-agility-considerations-migrating-post-quantum-cryptographic-algorithms>
<https://new.nsf.gov/news/more-institutions-participate-quantum-science>
<https://www.nist.gov/news-events/news/2023/09/biden-harris-administration-announces-final-national-security-guard-rails>
<https://science.des.qld.gov.au/research/key-areas/quantum>
<https://science.house.gov/2023/11/the-national-quantum-initiative-reauthorization-act>
<https://www.quantum.gov/the-national-quantum-initiative-supplement-to-the-presidents-fy-2024-budget-released/>
<https://qetci.org/agenda-nqsts-2023/>
<https://www.state.gov/joint-statement-on-u-s-italy-science-and-technology-cooperation/>
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/01/31/fact-sheet-united-states-and-india-elevate-strategic-partnership-with-the-initiative-on-critical-and-emerging-technology-icet/>
<https://www.businesswire.com/news/home/20230131005218/en/Quantum-Consortia-QIC-QED-C-Q-STAR-and-QuIC-Form-International-Council-to-Enable-and-Grow-the-Global-Quantum-Industry>
<https://www.quantum.gov/the-united-states-and-the-netherlands-sign-joint-statement-to-enhance-cooperation-on-quantum/>
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/03/24/joint-statement-by-president-biden-and-prime-minister-trudeau/>
<https://www.state.gov/joint-statement-of-the-united-states-of-america-and-the-netherlands-on-cooperation-in-quantum-information-science-and-technology/>
<https://presse.economie.gouv.fr/13042023-france-and-the-netherlands-sign-a-pact-for-innovation-and-sustainable-growth/>
<https://www.quantum.gov/the-united-states-and-republic-of-korea-sign-joint-statement-to-boost-quantum-cooperation/>
<https://www.canada.ca/en/innovation-science-economic-development/news/2023/06/governments-of-canada-and-the-united-kingdom-advance-partnership-in-biomanufacturing-and-quantum-science.html>
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/06/22/joint-statement-from-the-united-states-and-india/>
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/09/08/joint-statement-from-india-and-the-united-states/>
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/10/12/fact-sheet-upgrading-the-u-s-singapore-strategic-technology-partnership/>
<https://www.gov.uk/government/news/landmark-sci-tech-deal-with-the-republic-of-korea-to-boost-cooperation-in-critical-technologies-such-as-ai-and-semiconductors>
<https://asia.nikkei.com/Politics/International-relations/APEC/Kishida-and-Yoon-agree-on-new-quantum-tech-framework>
https://science.osti.gov/Funding-Opportunities/-/media/grants/pdf/foas/2021/SC_FOA_0002514.pdf
<https://www.nsf.gov/pubs/2023/nsf23551/nsf23551.htm>
<https://quantumdelta.nl/sme-programme>
<https://quantumdelta.nl/news/e15-million-fund-launches-to-accelerate-early-stage-quantum-technology-startups-in-the-netherlands>
<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-cl4-2023-space-01-62;callCode=null;freeTextSearchKeyword=quantum;matchWholeText=true;typeCodes=0,1,2,8;statusCodes=31094501,31094502;programmePeriod=2021%20-%202027;programCcm2Id=43108390;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destinationGroup=null;missionGroup=null;geographicalZonesCode=null;programmeDivisionProspect=null;startDateLte=null;startDateGte=null;crossCuttingPriorityCode=null;cpvCode=null;performanceOfDelivery=null;sortQuery=startDate;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicListKey=topicSearchTablePageState>
<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-cl4-2023-space-01-63;callCode=null;freeTextSearchKeyword=quantum;matchWholeText=true;typeCodes=0,1,2,8;statusCodes=31094501,31094502;programmePeriod=2021%20-%202027;programCcm2Id=43108390;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destinationGroup=null;missionGroup=null;geographicalZonesCode=null;programmeDivisionProspect=null;startDateLte=null;startDateGte=null;crossCuttingPriorityCode=null;cpvCode=null;performanceOfDelivery=null;sortQuery=startDate;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicListKey=topicSearchTablePageState>
https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=2302908&HistoricalAwards=false
https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=2304014&HistoricalAwards=false
<https://apply-for-innovation-funding.service.gov.uk/competition/1596/overview/52a420f3-3536-416b-882b-87b23c19064c#scope>
<https://www.mbie.govt.nz/about/news/government-invests-in-tiny-tech-with-global-potential/>

<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-cl4-2023-digital-emerging-01-40;callCode=null;freeTextSearchKeyword=quantum;matchWholeText=true;typeCodes=0,1,2,8;statusCodes=31094501,31094502;programmePeriod=2021%20-%202027;programCcm2Id=43108390;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destinationGroup=null;missionGroup=null;geographicalZonesCode=null;programmeDivisionProspect=null;startDateLte=null;startDateGte=null;crossCuttingPriorityCode=null;cpvCode=null;performanceOfDelivery=null;sortQuery=startDate;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicListKey=topicSearchTablePageState>

<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-cl4-2023-digital-emerging-01-41;callCode=null;freeTextSearchKeyword=quantum;matchWholeText=true;typeCodes=0,1,2,8;statusCodes=31094501,31094502;programmePeriod=2021%20-%202027;programCcm2Id=43108390;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destinationGroup=null;missionGroup=null;geographicalZonesCode=null;programmeDivisionProspect=null;startDateLte=null;startDateGte=null;crossCuttingPriorityCode=null;cpvCode=null;performanceOfDelivery=null;sortQuery=startDate;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicListKey=topicSearchTablePageState>

<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-cl4-2023-digital-emerging-01-50;callCode=null;freeTextSearchKeyword=quantum;matchWholeText=true;typeCodes=0,1,2,8;statusCodes=31094501,31094502;programmePeriod=2021%20-%202027;programCcm2Id=43108390;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destinationGroup=null;missionGroup=null;geographicalZonesCode=null;programmeDivisionProspect=null;startDateLte=null;startDateGte=null;crossCuttingPriorityCode=null;cpvCode=null;performanceOfDelivery=null;sortQuery=startDate;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicListKey=topicSearchTablePageState>

<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-cl4-2023-digital-emerging-01-43;callCode=null;freeTextSearchKeyword=quantum;matchWholeText=true;typeCodes=0,1,2,8;statusCodes=31094501,31094502;programmePeriod=2021%20-%202027;programCcm2Id=43108390;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destinationGroup=null;missionGroup=null;geographicalZonesCode=null;programmeDivisionProspect=null;startDateLte=null;startDateGte=null;crossCuttingPriorityCode=null;cpvCode=null;performanceOfDelivery=null;sortQuery=startDate;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicListKey=topicSearchTablePageState>

<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-widera-2023-access-06-01;callCode=null;freeTextSearchKeyword=hop%20on%20facility;matchWholeText=true;typeCodes=1;statusCodes=31094501,31094502;programmePeriod=2021%20-%202027;programCcm2Id=null;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destinationGroup=null;missionGroup=null;geographicalZonesCode=null;programmeDivisionProspect=null;startDateLte=null;startDateGte=null;crossCuttingPriorityCode=null;cpvCode=null;performanceOfDelivery=null;sortQuery=sortStatus;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicListKey=callTopicSearchTableState>

<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-cl4-2024-space-01-64;callCode=null;freeTextSearchKeyword=quantum;matchWholeText=true;typeCodes=0,1,2,8;statusCodes=31094501,31094502;programmePeriod=2021%20-%202027;programCcm2Id=43108390;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destinationGroup=null;missionGroup=null;geographicalZonesCode=null;programmeDivisionProspect=null;startDateLte=null;startDateGte=null;crossCuttingPriorityCode=null;cpvCode=null;performanceOfDelivery=null;sortQuery=startDate;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicListKey=topicSearchTablePageState>

<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-cl4-2024-digital-emerging-01-45;callCode=null;freeTextSearchKeyword=quantum;matchWholeText=true;typeCodes=0,1,2,8;statusCodes=31094501,31094502;programmePeriod=2021%20-%202027;programCcm2Id=43108390;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destinationGroup=null;missionGroup=null;geographicalZonesCode=null;programmeDivisionProspect=null;startDateLte=null;startDateGte=null;crossCuttingPriorityCode=null;cpvCode=null;performanceOfDelivery=null;sortQuery=startDate;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicListKey=topicSearchTablePageState>

<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-cl4-2024-digital-emerging-01-42;callCode=null;freeTextSearchKeyword=quantum;matchWholeText=true;typeCodes=0,1,2,8;statusCodes=31094501,31094502;programmePeriod=2021%20-%202027;programCcm2Id=43108390;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destinationGroup=null;missionGroup=null;geographicalZonesCode=null;programmeDivisionProspect=null;startDateLte=null;startDateGte=null;crossCuttingPriorityCode=null;cpvCode=null;performanceOfDelivery=null;sortQuery=startDate;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicListKey=topicSearchTablePageState>

https://eic.ec.europa.eu/eic-funding-opportunities/eic-accelerator-0_en

<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/how-to-participate/org-details/897837918/project/101113983/program/43108390/details>

<https://www.ukri.org/news/ukri-awards-45-million-to-develop-quantum-technologies/>

<https://www.nqcc.ac.uk/updates-article/the-nqcc-is-playing-a-crucial-role-in-driving-forward-the-uks-quantum-computing-mission/>

<https://www.ualberta.ca/news/news-releases-and-statements/news-releases/2023/06-june/25-million-for-new-quantum-horizons-alberta-research-network.html>

<https://ufm.dk/aktuelt/pressemeddelelser/2023/regeringen-klar-til-milliardinvestering-som-led-i-ny-strategi-for-quantumteknologi>

<https://quantumdelta.nl/news/quantum-delta-nl-awarded-eur60-million-by-the-national-growth-fund-for-an-additional-international-programme>

<https://ngphehpfehdmjellohmlojklpilekadg/pages/pdf/web/viewer.html?file=https%3A%2F%2Fscience.osti.gov%2F-media%2Ffunding%2Fpdf%2FAwards-Lists%2F3005-ASCR-Quantum-Testbed-Pathfinder-Award-List.pdf>

<https://science.osti.gov/-/media/funding/pdf/Awards-Lists/3040-ASCR-Quantum-Networks-Awards-List.pdf>

<https://new.nsf.gov/news/quantum-scale-sensors-yield-human-scale-benefits>

<https://www.afrl.af.mil/News/Article-Display/Article/3491698/afri-opens-state-of-the-art-extreme-computing-facility-announces-44-million-in/>

<https://apply-for-innovation-funding.service.gov.uk/competition/1700/overview/974d27b0-9ab4-4060-82e7-e1d9cfaaf263>

<https://new.nsf.gov/news/4-physics-research-centers-set-their-sights>

<https://www.ipms.fraunhofer.de/en/press-media/press/2023/Photonic-quantum-chip.html>

<https://www.canada.ca/en/economic-development-quebec-regions/news/2023/10/government-of-canada-invests-in-the-quantum-sector-with-funding-for-numana.html>

<https://www.minister.industry.gov.au/ministers/husic/media-releases/australian-centre-quantum-growth-grant-openin>

<https://std.samr.gov.cn/hb/search/stdHBDetailed?id=FE86C10A0D533123E05397BE0A0A2FC5>

<https://www.ccsa.org.cn/standardDetail/?standardNum=YD%2FT%204302.1-2023>

<https://www.ccsa.org.cn/standardDetail/?standardNum=YD%2FT%204303-2023>

<https://www.ccsa.org.cn/standardDetail/?standardNum=YD%2FT%204410.1-2023>

<https://std.samr.gov.cn/hb/search/stdHBDetailed?id=07911622B0C77E8CE06397BE0A0ACE21>

<https://www.ccsa.org.cn/standardDetail/?standardNum=GB%2FT%2042829-2023>

<https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=F77AFB62AF85406CE05397BE0A0A57C1>

https://portal.etsi.org/webapp/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=68536

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=15002

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=15004

<https://www.iso.org/standard/77097.html>

<https://www.iso.org/standard/77309.html>

<https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.3800-201910-I/en>

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=16334

<https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.3804-202009-I/en>

<https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.3802-202012-I/en>

<https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.3803-202012-I/en>

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=15200

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18066

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18145

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18166

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18146

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18148

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18831

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18658

https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=18422

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18149

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18676

https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=18147

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18980

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18975

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18976

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18977

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18978

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18979

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18659

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=14824

https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17863

https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17873

https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17875

https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17874

https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17876

https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17188

https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17876

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=16332

https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=18167

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=16351

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=16350

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18086

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18087

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18006

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=17310

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=17313

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=17312

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=17311

<https://standards.ieee.org/ieee/1913/11105/>

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=19125

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18806

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18834

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18833

https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=18832



在ICV，我们对新技术充满好奇，我们努力提供最强大的市场数据和洞察力，以帮助我们的客户做出正确的战略决策。

我们在最广泛的资本密集型行业 and 市场中汇集了最深入的情报。通过连接不同变量的数据，我们的分析师和行业专家为我们的客户提供了一个更丰富、高度整合的世界观。



光子盒创立于2020年2月，作为一家量子产业服务平台，光子盒通过推送前沿量子科技新闻、科普量子知识、解读量子技术、发布年度和专题报告等形式，致力成为中国量子科技产业最值得信赖的服务机构。

光子盒不断扩充自有量子科技产业数据库的广度与深度，建立多维量子产业数据信息，提供客观、专业、深入及具有时效性的量子行业报道与咨询服务。

未来，光子盒将继续联合量子产业科技公司、金融行业投资公司、国家/省级量子相关科研院所、政策战略研究单位等共同促进量子产业持续向好发展。

Contact Us

ICV TA&K
Technology Advisory
& Knowledgebase



Canada

5250 Fairwind Dr.
Mississauga, Ontario,
L5R 3H4,
Canada



infer@icvtank.com



<https://www.icvtank.com/>



光子盒
— QUANTUMCHINA —



北京市东城区朝阳门SOHO 1507



wangxin@quantumchina.com



<https://www.quantumchina.com/>



Singapore

101 Upper Cross Street,
#04-17,
People's Park Centre,
Singapore