

量子通信技术在未来信息传输中的应用分析

曾志宇

中国电信股份有限公司南宁分公司 广西 南宁 530000

摘要: 量子通信技术基于量子力学原理,具备绝对安全、高效、抗干扰强等特性。本文分析了其在金融、工业互联网与物联网、医疗民生、6G等未来信息传输场景的应用潜力,指出技术层面存在远距离传输、芯片小型化等难题,成本与产业化面临核心设备成本高、产业链不完善等挑战,标准与管理有缺失。提出从技术研发、产业化推进、标准与管理保障等方面优化路径,以推动量子通信技术落地与产业发展。

关键词: 量子通信;信息传输;安全通信;应用场景

引言:在数字化时代,信息传输安全与效率至关重要。传统通信技术在安全性和传输能力上逐渐面临瓶颈,难以满足日益增长的需求。量子通信技术凭借其基于量子力学的独特原理,展现出高安全性、高效性等显著优势,成为未来信息传输领域的关键技术方向。深入分析其在未来信息传输中的应用,探讨应用落地挑战与优化路径,对推动通信技术变革和产业发展具有重要意义。

1 量子通信技术核心原理与关键特性

1.1 核心理论基础

量子通信技术的核心理论基础源于量子力学的基本原理,主要包括量子叠加态、量子纠缠和量子不可克隆定理三大核心。量子叠加态表明微观量子可以同时处于多个状态的叠加,打破了经典物理的确定性规律,为量子信号的并行传输提供了理论支撑;量子纠缠则是指两个或多个量子系统形成相互关联的状态,无论空间距离多远,一个量子的状态变化会瞬间影响另一个,这是量子通信实现远距离保密传输的核心前提。量子不可克隆定理明确,任何未知的量子态都无法被精确复制,从根本上杜绝了量子信号被窃听后复制的可能,为通信安全提供了底层保障^[1]。量子测量理论也是核心支撑,量子信号的测量会改变其原有状态,一旦存在窃听行为,接收方就能通过状态异常及时察觉,这三大理论相互结合,构成了量子通信技术区别于经典通信的核心理论体系,奠定了其高安全性、高保密性的基础。

1.2 技术关键特性

量子通信技术凭借其独特的理论基础,具备三大关键特性,显著优于传统经典通信技术。其一,绝对安全性,基于量子不可克隆定理和量子测量扰动效应,任何窃听行为都会导致量子态发生改变,接收方可通过校验立即发现窃听痕迹,从原理上杜绝了信息泄露的可能,这是量子通信最突出的核心特性。其二,高效性,量子

叠加态允许单个量子携带多个比特的信息,实现多通道并行传输,大幅提升信息传输速率,尤其适用于海量数据的高速传输场景,解决了经典通信速率瓶颈问题。其三,抗干扰性强,量子信号的传输不受电磁干扰、噪声干扰等外部环境影响,即使在复杂的工业环境、偏远地区等恶劣传输条件下,也能保持稳定的通信质量,不易出现信号衰减或失真。另外,量子通信还具备远距离传输潜力,随着技术迭代,逐步突破传输距离限制,为跨区域、跨领域的通信应用提供了可能,这些特性使其成为未来信息传输的核心技术选择。

2 量子通信技术在未来信息传输中的核心应用场景

2.1 金融行业信息传输

金融行业是量子通信技术应用最具潜力的场景之一,核心聚焦于高安全等级的信息传输需求,解决传统金融通信中的信息泄露、窃听等安全隐患。金融行业的核心业务如银行转账、证券交易、基金托管、征信数据传输等,均涉及大量敏感信息和资金往来,一旦出现信息泄露或被窃听,将造成巨大的经济损失和信任危机。量子通信技术凭借其绝对安全性,可实现金融敏感信息的加密传输,通过量子密钥分发技术,为金融交易、数据交互提供不可破解的加密保障,杜绝窃听、篡改等恶意行为^[2]。目前,部分银行已试点应用量子通信技术实现核心数据传输,未来将逐步推广至全行业,涵盖跨银行、跨区域的资金清算、征信信息共享、金融监管数据传输等场景。同时,量子通信还可与金融科技深度融合,优化支付安全、反欺诈体系,提升金融信息系统的抗攻击能力,为金融行业的数字化转型提供安全支撑,保障金融市场的稳定运行。

2.2 工业互联网与物联网通信

工业互联网与物联网的快速发展,带来了海量设备互联和数据传输需求,同时也面临着严重的安全隐患,

量子通信技术可有效解决这一痛点,成为未来工业通信的核心支撑。工业互联网中,工业控制系统、设备终端、生产数据等均需要高速、安全的通信保障,传统通信技术易受电磁干扰、恶意攻击,可能导致生产中断、设备损坏、核心生产数据泄露等问题。量子通信技术具备抗干扰性强、绝对安全的特性,可实现工业设备之间的加密通信,保障生产数据、控制指令的安全传输,尤其适用于智能制造、化工、电力等对通信安全要求极高的行业。在物联网领域,随着物联网设备的普及,终端设备的安全防护能力薄弱,易被入侵控制,量子通信可为物联网终端提供加密认证服务,实现设备身份的安全校验和数据的加密传输,覆盖智能家居、智能交通、工业物联网终端等场景。未来,量子通信将与5G、工业互联网平台深度融合,构建安全、高效的工业通信网络,推动智能制造的高质量发展。

2.3 医疗与民生信息传输

在当今数字化浪潮席卷的时代,医疗与民生领域的信息传输意义非凡,它紧密关联着人们的生命健康以及个人隐私安全。然而,传统通信方式在保障信息安全方面逐渐力不从心,而量子通信技术的出现,为解决这一难题带来了曙光。在医疗领域,电子病历、基因数据、诊疗记录以及远程医疗传输等信息,皆属于高度敏感范畴,不仅涉及个人隐私,更关乎医疗安全。传统通信方式在面对复杂网络环境时,极易出现信息泄露、篡改等问题,这不仅严重侵犯了个人隐私,还可能因信息失真而影响诊疗的准确性。量子通信技术凭借其独特的优势,能够实现医疗敏感信息的加密传输,为电子病历、基因数据等构筑起坚固的安全防线,确保其安全性和完整性。同时它还能有力支撑远程手术、远程会诊等高端医疗服务的安全开展,有效解决远程医疗中的通信安全瓶颈问题。在民生领域,随着数字化进程的加快,个人身份信息、社保数据、医保结算数据以及政务民生服务数据等传输的安全性需求与日俱增。量子通信技术可为这些民生数据传输提供可靠的安全保障,杜绝个人隐私泄露,提升政务民生服务的安全性和可靠性。在公共卫生应急防控中,量子通信技术也能保障疫情数据、防控指令的快速、安全传输,为民生保障和公共卫生安全提供坚实有力的支撑。

2.4 下一代通信网络(6G)融合应用

量子通信技术与下一代通信网络(6G)的深度融合,将重构未来通信的安全体系,打造“高速率、高安全、广连接、低时延”的新型通信网络,成为6G发展的核心支撑之一。6G网络致力于实现全域覆盖、万物智联,将

广泛应用于自动驾驶、空天通信、远程医疗、元宇宙等高端场景,这些场景对通信安全和传输性能的要求极高,传统通信技术难以满足。量子通信技术可与6G网络的核心技术深度融合,将量子密钥分发、量子加密等技术融入6G网络的接入层、传输层、核心层,构建端到端的量子安全通信体系,杜绝信息泄露、窃听、篡改等问题,保障6G场景下的敏感信息传输安全。量子通信的高效性可弥补6G网络在海量数据传输中的性能短板,提升网络传输效率,实现量子通信与6G广连接、低时延特性的互补^[1]。未来,随着6G技术的迭代升级,量子通信将逐步实现规模化融合应用,推动6G网络从“可信任”向“绝对安全”升级,赋能各类高端数字场景,引领下一代通信产业的发展方向。

3 量子通信技术应用落地的核心挑战

3.1 技术层面挑战

量子通信应用落地面临诸多技术难题,制约规模化推广。一是远距离传输瓶颈未突破,量子信号在光纤传输中衰减,虽量子中继器可缓解,但技术不成熟,存在体积大、能耗高、稳定性差等问题,难以实现跨洲际长距离传输。二是量子芯片小型化技术不足,当前核心芯片体积大、集成度低,难以适配个人终端、物联网设备等小型化场景,限制民用领域应用。三是量子信号稳定性待提升,量子态对环境敏感,轻微变化就可能导致失真,影响通信质量与安全,提升环境适应性是关键。此外,量子通信与传统通信网络兼容难,现有基础设施需大规模改造,增加技术落地难度。

3.2 成本与产业化挑战

成本过高与产业化不足,阻碍量子通信规模化、市场化推广。核心设备成本高昂,量子探测器等组件处于研发和小批量生产阶段,工艺复杂、投入大,企业与政府大规模部署成本压力大,中小企业难承担。产业链不完善,处于初级阶段,上下游协同不足,核心零部件依赖进口,国内企业生产和技术水平待提升,产品性价比低。市场化应用不足,集中在政府、金融等高端领域,民用场景未充分挖掘,市场需求有限,形成“成本高一应用少—成本难降低”的恶性循环,制约产业化推进。

3.3 标准与管理挑战

量子通信应用落地面临标准缺失与管理体系不完善问题,影响规范化发展。一是行业标准未统一,全球尚未形成统一的技术、接口、安全和测试标准,各国企业技术路线和产品规格有差异,设备难兼容,网络难互联互通,制约规模化应用。二是安全管理体系不完善,虽量子通信具备绝对安全性,但实际应用中存在设备运维

等环节安全风险,缺乏完善体系和应急机制,难应对隐患。三是监管体系不健全,作为新兴技术,发展速度快于监管完善速度,监管政策、法律法规不完善,缺乏明确监管主体和标准,难规范行业,还可能出现技术滥用等问题。

4 量子通信技术应用优化路径与保障措施

4.1 技术研发优化

针对量子通信技术落地的技术瓶颈,需聚焦核心技术研发,优化技术路径,推动技术不断突破,为应用落地提供支撑。重点突破远距离传输技术,加大量子中继器的研发投入,优化量子中继器的结构设计,降低能耗、缩小体积、提升稳定性,同时探索星地一体量子通信的优化方案,突破跨洲际长距离传输瓶颈,实现全球范围内的量子通信覆盖。推进量子芯片小型化与集成化研发,加大对量子芯片制造工艺的投入,提升芯片集成度,缩小芯片体积,降低芯片成本,推动量子通信设备向小型化、便携式方向发展,适配民用、物联网等多元化应用场景。提升量子信号的稳定性,加强量子态保护技术研发,优化设备的环境适应性设计,降低温度、湿度、电磁干扰等外部因素对量子态的影响,提升通信质量和可靠性。加强量子通信与传统通信网络的兼容技术研发,减少现有通信基础设施的改造成本,推动两者深度融合,加速技术落地。

4.2 产业化推进策略

推动量子通信技术产业化,需完善产业链布局,优化产业化推进策略,破解成本高、应用少的困境,实现规模化发展。其一,完善上下游产业链协同,加大对核心零部件企业的扶持力度,推动量子探测器、量子光源、量子芯片等核心组件的国产化替代,提升国内企业的生产能力和技术水平,降低核心设备成本,形成“研发—生产—应用”的完整产业链。其二,拓展多元化应用场景,在巩固政府、金融等高端领域应用的基础上,加大对工业、医疗、民生、6G等领域的推广力度,挖掘民用领域的应用需求,打造典型应用案例,形成规模化效应,通过批量应用降低设备和运维成本。其三,加强政企协同与国际合作,政府加大政策扶持和资金投入,出台相关优惠政策,引导企业参与量子通信产业发展;同时加强国际

合作,借鉴国际先进技术和经验,推动技术交流与成果共享,提升我国量子通信产业的国际竞争力,加速产业化进程。

4.3 标准与管理保障

完善标准体系与管理机制,是推动量子通信技术规范化、有序化应用落地的重要保障,需加快标准制定,健全管理体系。加快行业标准制定,联合政府、企业、科研机构,推动建立统一的量子通信技术标准、接口标准、安全标准和测试标准,规范产品规格和技术路线,实现不同厂商设备的兼容互通,为跨区域、跨领域的规模化应用奠定基础^[4]。健全安全管理体系,建立完善的量子通信设备运维、密钥管理、人员操作等环节的安全管理制度,加强安全风险排查和应急处置能力建设,应对各类潜在的安全隐患,保障量子通信网络的安全稳定运行。完善监管体系与法律法规,明确量子通信行业的监管主体和监管标准,出台相关法律法规,规范行业发展,遏制技术滥用,同时加强行业自律,引导企业规范经营,推动量子通信产业健康有序发展,为技术应用落地提供坚实的标准与管理保障。

结束语

量子通信技术作为未来信息传输的关键力量,虽面临技术、成本与产业化、标准与管理等诸多挑战,但通过技术研发优化、产业化推进策略实施以及标准与管理保障体系建设等路径,有望逐步克服困难,实现广泛应用。随着各方的共同努力,量子通信技术将不断成熟,为金融、工业、医疗等众多领域的信息传输提供更安全、高效的解决方案,推动各行业数字化、智能化发展迈向新高度。

参考文献

- [1]徐智坚,戈铭,黄晶晶.量子通信技术在未来信息传输中的应用分析[J].通信电源技术,2025,42(8):167-169.
- [2]蒋正凤.量子通信技术在电力信息系统保密传输中的应用研究[J].通信电源技术,2025,42(10):206-209.
- [3]张一辰,樊璐,王恒,等.欧盟连续变量量子保密通信技术研究及应用[J].国防科技,2025,46(4):46-54.
- [4]李拓.量子保密通信技术融合车联网的应用研究[J].信息安全与通信保密,2024(3):77-90.