

量子通信何时能实现大规模应用

□ 唐世彪



近期，中国科研团队在国际上首次实现量子微纳卫星与小型可移动地面站之间的实时星地量子密钥分发（QKD），并在中国和南非之间相隔12900多公里的地面站之间成功建立量子密钥，演示了对图片的“一次一密”加密传输，该成果是验证全球量子保密通信网络技术可行性的又一里程碑，并在《自然》杂志发表后引发了关于量子通信发展进程的热议和畅想。那么，量子通信距离实现规模化应用，服务日常生活的愿景还有多远？作为量子信息产业化“从0到1”的见证者与推动者，接下来主要从基础技术攻关、网络工程建设、规范行业应用等方面进行分析。

量子通信需要走进日常生活

在讨论量子通信何时能实现大规模应用之前，我们不妨先思考一个问题：为什么它需要走进日常生活？随着信息技术的发展，社会生产力不断提升，生活方式持续变革，信息社会的内涵日益丰富。物联网等技术正不断拓展信息采集范围，信息处理的汇聚规模与关联模式不断增加。未来，智能系统或将根据个人生理状态、生活环境、基因数据、医疗记录和消费习惯，自动安排衣食住行；生产系统也可协助设计图纸，远程指挥工厂加工，并由无人机完成配送。然而，这些技术只有在安全可控的前提下才不会成为“双刃剑”。面对信息应用向生产生活的深度渗透，我们需要前所未有的强大安全体系，而量子通信正是构建这一体系的关键支撑技术。

比如量子通信能够对信息采集实施传输保护、信息处理实施存储保护、信息应用实施访问保护，部署形态上实现个人终端到应用系统再到基

础设施的全域覆盖，管理调度上适应动态—长期与定点—跨域等机制。但要实现上述安全能力，量子通信需具备小型化设备，便于部署在生产生活一线，以贴身保护信息的源头发送与末端接收安全；建设覆盖全国、跨域连通、高带宽的量子网络，支撑随时随地接入和足量保障的密钥供应需求；建立标准合规的应用服务与管理系统，确保各类业务中的密钥调度与更新、数据分级保护等操作有序进行。当这些设施能够以较低成本实现时，泛在化、普惠性的量子通信时代才真正到来。

从可用到好用，走向大规模应用的创新密码

之所以说超万公里星地量子通信成果是证明全球性量子保密通信网络技术可行性的又一个里程碑，是因为此前我国已经取得了其他里程碑式成果。例如，我国量子保密通信“京沪干线”和“墨子号”量子科学实验卫星率先实现“天地一体”；中国科研团队基于双场协议实现百公里光纤的无中继量子密钥分发；基于2.5GHz调制频率的芯片和多通道超导探测系统，实现每秒100Mb带宽的量子密钥分发等世界纪录。这些成果展示了“天地一体”“千里”“百兆带宽”“芯片”等关键技术突破，现在又见证了“万公里”“微纳卫星”“小型地面站”的实现。当距离、速度和小型化都具备了，距离最终愿景还差哪股“东风”呢？

答案是：还需要一些重要的技术迭代升级。当前的量子通信仍属于由科研人员精心调试组合的前沿科学试验系统，虽技术先进，但在稳定性、健壮性和集成度等方面距离工程化、实用化仍有差距。在实际应用中，量子通信终端只能在机房部署，卫星一次也只能保障单个地面站，无法满足随时随地接入的实际要求。同时，相关试验系统与设备的成本也较高昂。因此，未来需要将量子通信各种部件转化成自主可控、高性能、可量

产的集成芯片。通过丰富集成芯片功能，或完善芯片工艺能力与设计适配的工艺方案等，提升量子设备可用性并大幅降低成本，从而形成技术与应用之间的良性循环。

滚动式网络建设，构建大规模应用的现实基础

如果说技术创新是实现量子通信大规模应用的前提，规模化网络建设则是其落地的现实基础。要实现随时随地接入并满足足量的密钥供应，必须依托一个覆盖全国、跨区域连通、具备高带宽能力的量子网络。目前，我国已建成约12000公里的量子保密通信骨干网，覆盖粤港澳、京津冀、长三角、成渝等重点区域；同时建有多个城域网，其中规模最大的合肥量子城域网已服务市区两级500多家党政机关；此外还有2颗在轨量子卫星。未来还需进一步织密城域网、扩展骨干网络，扩大用户接入规模；对已有网络扩容升级，保障大量用户接入后的带宽需求；构建量子卫星星座，全时保障偏远地区和移动平台等光纤不可达的场景。

这意味着我们能够在兼具低成本与高可用性的设备支持下，逐步推进量子网络建设：从优先保障关键信息基础设施领域，扩大到生产生活各个层面，实现泛在普惠的量子安全保障。这一过程也离不开关键网络技术的攻关试验。例如，高性能的“量子—经典共纤传输技术”可用于节约宝贵的光纤资源；拓展移动应用技术用于支持“最后一公里”的灵活应用；异构组网技术用于打通不同服务区域、管控层级、设备规格的网络等。

运营商将在其中起关键作用。目前，中国电信已根据业务需要首批选择15座重点城市开展量子城域网建设。此外，还需要加快“量子星座”的建设。一方面，要突破星间/高轨量子通信距离，以及白天量子通信噪声等关键技术难题。另一方面，若量

子卫星、气象卫星等其他航天工程协同开展，将能有效节约成本，提高建设效率。

标准化发展，夯实大规模应用的安全底座

实现量子通信的规模化应用，未来还需要标准合规的应用服务管理系统，以保障各类业务中的密钥调度更新、数据分级保护等环节能够严密且有序的进行。目前，量子通信领域已发布一系列通信行业标准，涵盖从网络架构到设备、器件等多个层面的技术要求。但由于密码技术标准要求安全严密且慎之又慎，目前仅有1类量子设备的技术规范被纳入密码行业标准。要支撑大规模协同环境下的安全密码系统构建与服务保障，未来需要研究制定既简约可控，又能极大兼容技术发展与多元应用的标准。例如，可借鉴传统密码基础设施的标准建设经验，广泛联合设备厂商、网络运营方和应用单位，在密码标准委员会的指导下，共同研究制定量子密码基础设施的标准框架。同时，构建攻防靶场与测评平台，对量子安全系统及其标准进行充分验证，实现量子安全技术

在理论、工程与应用之间的严密闭环。我国在量子通信领域取得了一系列令世界瞩目的创新成果，完成了从跟跑到领跑的历史性飞跃。这些技术与产业的先发优势，为实现大规模实用化的目标筑牢了根基。在此基础上，未来仍需以芯片化为主线，综合多项基础能力，结合技术发展和需求程度滚动式建设网络，打造量子密码基础设施标准体系。

路线和任务蓝图已基本清晰。未来，在国家“量子技术战略”“未来产业新赛道”等规划牵引下，将有更多力量加入。在产学研用管各方协同努力下，我国有望在日趋激烈的量子通信国际竞争中保持和扩大领先优势，让量子通信成为科技强国征程中的一张闪亮名片。

（作者系安徽省量子信息工程技术研究中心主任）

一段时间以来，AI换脸的话题引发广泛关注。全国人大代表、中国工程院院士张伯礼在2025年全国两会发言时提到，“过去一年，至少有几十个视频，冒用我的声音、形象讲述虚假内容”。随着深度合成技术的开源，AI换脸技术的门槛不断降低，利用人工智能生成虚假内容的违法犯罪事件日益增多。有些APP甚至提供一键式的换脸操作，这大大增加了技术滥用的风险，其带来的诸多负面效应不容忽视，亟须深入剖析并寻求有效的应对之策。

AI换脸的技术逻辑

AI换脸是一种基于深度学习的人脸图像识别伪造技术，其起源可追溯到利用Photoshop等工具对人脸图像的编辑。后来，借助生成对抗网络（GAN），该技术通过识别和提取目标面部特征，并借助算法将其合成到另一人的面部图像上，实现了对人物肖像的超逼真模拟与场景重构，使图像与视频合成达到前所未有的高度，能够实现以假乱真的效果。

AI换脸有着一套严谨且复杂的技术流程。首先通过人脸识别获取人脸图像的核心特征，如五官和表情，再对人脸特征进行精准测量。例如，对鼻子的宽度、眼睛的长度、面部骨骼的轮廓等进行细致扫描，得到人脸模板并以数据集形式储存。接着利用深度学习训练确定人脸变换矩阵，最终在原图像上应用转换，生成伪造的“换脸”图像或视频。AI换脸技术涉及的人脸生物特征属于个人生物识别信息，该技术运行的底层逻辑是围绕人脸生物识别信息的采集、存储与使用等全链条生产模式展开的。

从本质上讲，AI换脸对人脸信息进行了三重伪造。第一重体现在技术处理后的人脸图像与原始视频中的主体不一致；第二重在由于人工智能生成的图像真实性难以判断；第三重则在于这些图像可能并不反映操作者的真实意图。普通公众往往难以辨别AI换脸的真伪。伴随着大量开源算法、预训练模型以及用户友好型应用程序的出现，深度伪造技术使用门槛越来越低。其易得性、高逼真度和检测溯源难，构成了侵权风险的主要技术源头。这些伪造内容在细节、纹理、光照等方面与真实影像难以区分，具有极强的欺骗性，这也为后续诸多风险的产生留下了隐患。

AI换脸技术带来的社会风险

维权困境。目前，AI换脸技术引发的侵权案件普遍面临着维权难题。换脸视频往往由匿名者制作，并且能够在社交媒体上以很快的速度广泛传播，这使得侵权主体难以溯源。加之，许多参与其中的当事人由于并不知晓分享的信息系伪造，在这种复杂的情况下，往往导致案件难以追责，受害者的权益难以得到有效的维护。

侵害肖像权。AI换脸很容易侵害他人的肖像权。民法典第一千零一十九条第一款明确规定，任何组织或者个人不得以丑化、污损，或者利用信息技术手段伪造等方式侵害他人的肖像权。AI换脸正是利用信息技术手段编造或者捏造他人肖像，以假乱真，将他人肖像非法合成至特定场景或他人身上的行为，这无疑构成了对肖像权的侵害。肖像权是公民所享有的专有权，未经肖像权人同意而使用，破坏了肖像权的专属性，具有明显的违法性。即便获得授权，也不得对肖像进行丑化、污损或伪造。在司法实践中，已有多起相关案例。例如，重庆某电子商务有限公司未经授权，将张某的抖音肖像视频用于快手平台“AI换脸猫”小程序供用户付费匹配替换以进行商业引流，法院最终认定该公司侵犯了张某的肖像权。

侵害个人信息。个人信息保护法规定，生物识别信息属于敏感个人信息，一旦泄露或被非法使用，会对个人的人格权益或财产安全造成严重侵害。由于人脸生物识别信息具有高度敏感性，一旦被不当发布将很难消除或修改，导致个人信息长期处于风险之中，引发严重的安全问题。例如，某科技公司未经廖某授权同意，使用廖某出境的系列视频制作换脸模板并上传至其运营的软件供用户付费使用，法院虽认定该行为不构成对廖某肖像权的侵害，但因涉及对廖某面部特征等个人信息的处理且未经同意，构成了对廖某个人信息权益的侵害。

助力违法犯罪活动。AI换脸技术还可能被滥用于各类违法犯罪活动。不法分子利用AI换脸和拟声技术实施诈骗、伪造不雅视频等行为，不仅严

AI换脸技术滥用的风险与应对

□ 林爱裙

重侵犯个人隐私，还会对公众的信息安全和生命财产安全构成巨大威胁。比如，在山东淄博，一名82岁老人被“AI外孙”骗走30余万元。

造成虚假信息传播。通过AI换脸恶意伪造社会或政治信息，并利用病毒式传播规律，极易煽动公众情绪、激化群体矛盾，甚至可能挑起战争，尤其在重大社会或政治事件中，会严重影响公众认知和社会秩序。例如，2025年初西藏日喀则地震的戴帽小孩图片被证实为AI伪造，引发社会担忧。在国际层面，2022年乌克兰危机期间伪造普京与泽连斯基的视频，严重扰乱国际舆论和秩序。“眼见不为实”的状况会加重公众的认知负担，削弱社会信任基础，进而危及社会稳定、国家安全和国际秩序。

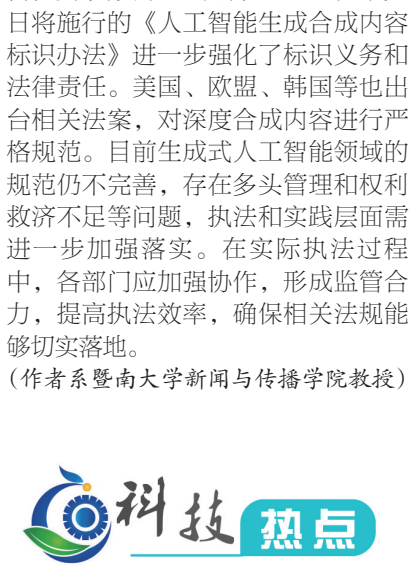
应对举措

提升公众素养。深度伪造技术生成的图像和视频高度逼真，无疑加大了对用户辨别真伪的难度。并且，用户对技术的认知和风险感知因年龄、接触频率等因素而存在差异。因此，强化公众的技术风险感知和媒介素养迫在眉睫，这有助于提升其辨别信息真伪、感知风险和采取防范措施的能力。可以通过开展线上线下相结合的科普活动、在学校和社区开设相关课程等方式，向公众普及AI换脸技术的原理、风险以及辨别方法。

创新平台监管。国家网信办和公安部要求互联网企业对深度伪造涉事应用进行安全评估与风险防控。《互联网信息服务深度合成管理规定》明确要求，深度合成服务提供者和技术支持者提供人脸、人声等生物识别信息编辑功能的，应当提示深度合成服务使用者依法告知被编辑的个人，并取得其单独同意。平台收集敏感信息应基于特定目的和必要性，且需获得当事人明确同意。同时，平台应建立便捷高效的侵权举报渠道和快速响应机制，及时删除侵权内容并惩戒恶意用户。例如，某短视频平台划定AI创作“禁区”，对生成知名人士虚拟人设、利用多种手段低质吸粉甚至引流到站外卖课、入群等行为进行严格管控。

加强执法力度。我国通过《互联网信息服务深度合成管理规定》《生成式人工智能服务管理暂行办法》等法规，对深度合成技术实施分类分级监管，要求标识生成内容。2025年9月1日将施行的《人工智能生成合成内容标识办法》进一步强化了标识义务和法律责任。美国、欧盟、韩国等也出台相关法案，对深度合成内容进行严格规范。目前生成式人工智能领域的规范仍不完善，存在多头管理和权利救济不足等问题，执法和实践层面需进一步加强落实。在实际执法过程中，各部门应加强协作，形成监管合力，提高执法效率，确保相关法规能够切实落地。

（作者系暨南大学新闻与传播学院教授）



（上接1版）人口高质量发展不是自然实现和必然实现的，需要在实践中强劲推动。随着人口发展进入新常态，传统的人口数量红利减弱，人口发展质量的重要性更加凸显，以人口高质量发展支撑中国式现代化成为重大战略抉择。

人口高质量发展是党的人民思想的重大创新和中国式现代化的基础命题

从学理层面看，人口高质量发展是中国共产党人民思想新的标识性概念，是马克思主义人口理论中国化的最新成果。人口问题在党的革命、建设和改革的百年进程中始终具有基础性、全局性、战略性地位。1944年，毛泽东在中央宣传委员会召开的宣传工作会议上提出“我们希望人口发展，科学进步”，这是我们党首次提出“人口发展”概念。新时期以来，我们党又提出“人口长期均衡发展”等理念。2023年5月5日，习近平总书记二十届中央财经委员会第一次会议上提出“以人口高质量发展支撑中国式现代化”，这是我们党关于人口发展理念的重大创新，集中反映了我们党在新的历史条件下，基于人口新常态的科学判断，着眼于实现人口规模巨大的现代化的战略决策，是马克思主义关于生产力和生产关系理论在人口发展领域新的运用发展。

从实践层面看，人口高质量发展体现了以人民为中心的发展思想，是中国式现代化的重大课题和基础支撑。马克思主义认为，“人是全部人类活动和全部人类关系的本质、基础”。人是现代化建设的承担者和推动者，人民是推动中国式现代化的主体力量。习近平总书记指出，做好新时代人口工作，要顺应人民群众对美好生活的期待，坚持人民主体地位，把人口高质量发展同人民高品质生活紧密结合起来。因此，人口高质量发

展既是中国式现代化的基础支撑力量，又是中国式现代化的根本目标，是目标和方式的统一，是中国式现代化的价值所在。以人民为中心的发展思想，以人的自由而全面的发展为最终目标，决定了人口高质量发展是中国式现代化的内在要求；人民在中国式现代化中的主体地位，决定了人口高质量发展是中国式现代化的基础支撑。

认识、适应、引领人口发展新常态

习近平总书记强调，我国总体上已由人口增量发展转向减量发展阶段，人口发展呈现少子化、老龄化、区域人口增减分化等明显的趋势性特征。推进中国式现代化面临新的人口环境和条件。但需要注意的是，人口减少对经济社会发展影响利弊兼有，不能只看一面，有些问题要长期看，不能急于下结论，既要反对“人口决定论”，又要反对“人口无关论”，趋利避害做好工作。综合分析，我国人口发展的基本面是好的，能够支撑经济社会高质量发展。从供给侧看，未来10—15年我国处于人口数量红利持续存在、人口红利不断增强的“双重”人口红利期。基于包含劳动参与率、教育水平、预期寿命等多种影响因素的人力资源预测，虽然我国劳动年龄人口数量下降，但有效人力资源总量仍长期处于高位态势，在主要人口大国中保持优势。以有效人力资源测算的真实抚养负担明显小于仅考虑人口年龄结构衡量的抚养负担，2035年后将止升趋稳，体现了我国教育和健康因素带来的人力资源质量优势，有利于实现现代化第二步目标。从需求侧看，人口新常态不会导致消费总量萎缩。一是人口城镇化率还有10个百分点左右的提升空间，其拉动效应大于城乡人口总量减少对消费的收缩效应。二是受益于本世纪前十几年的经济高速增长，相对于年轻一代，目前中老年一代的财富积累和消费能

力仍具优势，为应对老龄社会的财政压力、保持较强的消费需求提供了空间。

但也要看到，人口减量发展和高龄少子化也对经济社会发展带来了风险和挑战。一是出生人口和总人口减少对经济社会资源配置造成冲击，家庭子女养育、医疗、养老负担较重，消费潜能被抑制。二是区域人口增减分化和经济分化同步发生，人口从中西部、边境地区流向东部地区的趋势增强，可能加剧区域人口和经济发展失衡。三是随着低生育成为全球趋势，我国面临西方国家的人口资源竞争，以及以人口少子化、老龄化为由炮制中国“人口崩溃论”“产能过剩论”“经济侵略论”等意识形态挑战。四是从财政和公共服务角度看，人口老龄化等因素带来财政收入增长放缓，在家庭养老抚幼功能不断弱化的情况下，老年健康和家庭教育儿支持的财政支出将快速增长。

建立健全覆盖全人群、全生命周期的人口服务体系

习近平总书记强调，要建立健全覆盖全人群、全生命周期的人口服务体系，将婚嫁、生育、养育、教育、就业、就医、住房、养老等一体考虑，有力促进人的全面发展、全体人民共同富裕。健全人口发展支持和服务体系是中国式现代化建设的重要内容。物质资料再生产和人口再生产的平衡是保障人类社会可持续发展的必要条件。在传统社会中，家庭是人口再生产的主体，承担生育、养育、教育、养老等主要责任。在现代化进程中，物质资料再生产趋强、人口再生产趋弱，两种生产失衡。人口服务体系是对家庭养老抚育功能的有力支持，以人口服务、家庭保障为主体的公共服务体系是现代化国家的重要标志。

当前，我国正经历经济发展动能转换，需要推动更多资金资源“投资