

全光智慧城市发展报告

(2022)

国家信息中心
2022年11月

编写成员：单志广 刘 殷 常苗苗
 张延强 房毓菲 涂菲菲
 徐凌验 李春香 关乐宁 宋心荣

编制单位：国家信息中心信息化和产业发展部
 国家信息中心智慧城市发展研究中心



CONTENTS

目录

前 言	P4
全光智慧城市概述	P5-12
（一） 内涵	
（二） 关键能力	
（三） 重要意义	
全光智慧城市建设进展	P13-27
（一） 全光底座服务能力持续提升	
（二） 全光传送政策布局更加完善	
（三） 全光城市群效应逐步凸显	
（四） 典型应用场景呈现点多面广态势	
全光智慧城市能力指标	P28-30
（一） 全光智慧城市能力指标框架	
（二） 全光智慧城市能力指标	
展 望	P31



前言

党的二十大报告提出，加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。信息技术的智能引领和数字经济的蓬勃发展，加快了全社会各行业数字化转型升级进度。在国家“东数西算”战略背景下，网络传输技术的快速普及与应用，进一步推动了全光网向全光算力网络演进，算网融合、算网一体发展使运力、算力更加泛在普惠。随着我国新型智慧城市建设的不断深入，系统部署全光网络，增强网络内生能力，打造高品质的全光运力网络，将更好的促进区域协调、城乡融合发展，支撑国家“东数西算”战略实施。

2020年，国家信息中心发布了《全光智慧城市白皮书》，首次提出全光智慧城市发展理念。2021年，接续发布了《全光智慧城市发展报告2.0》，在全光智慧城市发展理念的基础上进一步提出了数字经济、算力经济、运力经济“三个经济”的关系，即数字经济的发展与算力经济和运力经济呈正相关，对应提出城市数字化强度、计算精度、OTN光节点密度“三个度”之间的关系，即城市数字化强度与计算精度和OTN光节点密度呈正相关。全光智慧城市通过算力和运力的广泛协同，将全面拉动数字经济的高质量增长。

全光智慧城市经过多年来的发展与实践，围绕全光智慧城市建设的城市超低时延圈、OTN光节点密度等概念深入人心，全光智慧城市得到各地高度认同并逐渐落地。电信运营商立足城市广覆盖的OTN光节点，积极打造全光城市超低时延圈，并逐步向全光城市群、全光都市圈扩展延伸。同时，全光智慧城市建设也得到了广东、安徽、陕西、湖北、广西、山东、云南等多地政府的高度认同，结合“十四五”期间省内城市群、都市圈、区域一体化发展布局，积极构筑了全光智慧城市群，构建差异化竞争力，高质量服务区域一体化发展。

本次《全光智慧城市发展报告（2022）》在总结全光智慧城市建设经验、建设热点与发展趋势的基础上，从全光网络基础建设、支撑智慧城市创新应用两个方面，研究构建了全光智慧城市能力指标体系，旨在为全光智慧城市下一步的建设发展与评价提供借鉴和参考。



全光智慧城市概述

（一）全光智慧城市内涵

智慧城市是以数字技术创新为核心驱动力，以现代信息网络为重要载体，深度融入经济社会各领域的现代城市发展模式。智慧城市建设是数字中国的重要内容，是智慧社会的发展基础，是城市能级和核心竞争力的重要体现，是推进城市治理体系和治理能力现代化的科学路径。近年来，党和国家高度重视数字中国、数字经济、智慧城市的建设与发展。党的二十大报告中提出“加强城市基础设施建设，打造宜居、韧性、智慧城市。”《“十四五”全国城市基础设施建设规划》提出，“加快新型城市基础设施建设，推进城市智慧化转型发展。”国家“十四五”规划和2035年远景目标中指出，“分级分类推进新型智慧城市建设”“建设智慧城市和数字乡村。”智慧城市已经成为推进新型城镇化、提升城市管理水平和运行效率、提高公共服务质量、增强城市安全韧性、发展数字经济的战略选择。

“十四五”时期，坚定不移推动新型智慧城市高质量发展，以数据融合、技术融合、业务融合为主线，统筹开展融合化、一体化顶层设计，将促进数据资源的共享汇通和开放利用作为新型智慧城市建设的核心，增强智慧城市规划、建设、管理、服务的系统性和协同度，实现跨层级、跨地域、跨系统、跨部门、跨业务的协同管理和服务。

信息通信技术正在深刻地影响并孕育我们的智慧生活，以千兆光网为代表的新一代光网络构筑了智慧城市的全光底座，与5G、物联网、云计算、大数据、AI等信息技术，全面支撑起立体感知、全域协同、精确判断和持续进化的智慧城市系统，满足智慧城市各类联接场景低时延的创新应用需求、提供端到端超高带宽的运力保障，助力智慧城市全场景感知、全场景联接和全场景智慧，赋能数字经济、数字政府、数字社会等城市数字化的高质量发展。

（二）全光智慧城市能力特征

以“千兆接入、超大带宽、超低时延、先进可靠”为主要特点的千兆光网，通过全光接入、全光锚点、全光交换、全光自动驾驶，打造全光智慧城市的“神经网络”，构筑全光智慧城市三大关键能力。

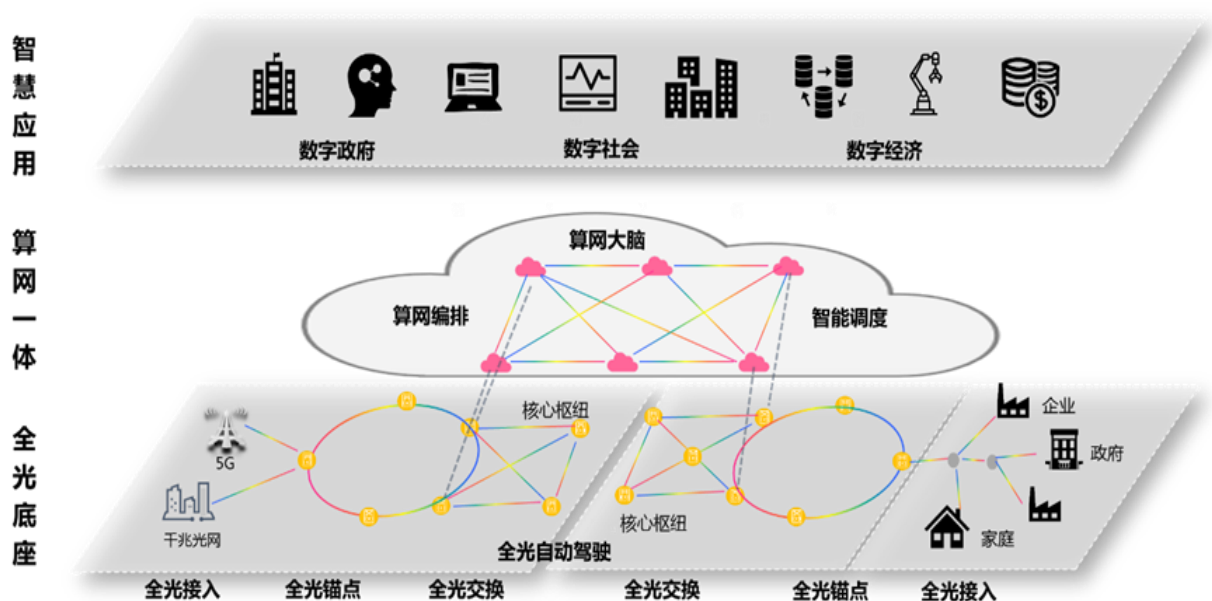


图 1 全光智慧城市关键能力

“1ms” 时延圈

全光底座构筑全光智慧城市边到云、云到云、边到边三个维度的“1ms时延圈”，实现算力“一点接入、即取即用”。全光智慧城市依托全光底座，实时感知智慧应用品质业务的时延需求，灵活支撑远程医疗、自动驾驶、工业控制、超高清直播、金融高频交易等时延敏感型品质应用联接，赋能千行百业数字化转型。

确定性体验

全光底座通过全光锚点打造智慧城市运力的“地铁站”，以确定性的网络联接打通向终端用户延伸的“最后一公里”，并通过OXC全光交换，实现网络的高可靠性，为全光智慧城市打造数字化业务不中断、AI训练推理不中断、企业生产不中断的确定性体验。

全光绿色低碳

全光底座引入全光调度能力，大幅降低站点空间占用和系统能耗，极大降低建网与能耗成本，并推动架构扁平化，打造绿色算网新型基础设施。同时，全光底座运用AI、大数据等技术动态优化网络能效，多层次、全方位提升全光智慧城市的绿色低碳能力。

（三）全光智慧城市建设意义

1

助力“东数西算”战略布局

“东数西算”作为国家级算力资源跨域调配战略工程，既要能“算”、也要能“传”，智慧城市无处不在的光网络以超强的网络运力对全国算力资源进行调整配置，支撑东部算力需求，带动西部产业发展，解决数据中心能耗高、资源利用效率不足、区域发展不协调等问题，支撑数字化转型和社会民生。

智慧城市全光底座构建了“东数西算”传输“大动脉”

京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝地区、内蒙古、贵州、甘肃、宁夏“4+4”个国家算力枢纽节点，10个国家数据中心集群，形成了以东西不同定位相互配合的8大算力节点为枢纽、以数据流为导向的新型算力网络格局。按照国家8大枢纽节点的定位，京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝等用户规模较大、应用需求强烈的节点，以服务本地和周边需求为主。贵州、内蒙古、甘肃、宁夏西部4省区重点是夯实网络等基础保障，积极承接全国范围需后台加工、离线分析、存储备份等非实时算力需求，打造面向全国的非实时性算力保障基地。从数据中心集群规划机架数来看，据中国联通统计，西部规划机架数达200万架以上，东部规划机架数达400万架以上，如按规划完成机架数时，预计骨干网带宽将增加3000T以上，是目前运营商骨干带宽的3倍左右。从枢纽节点的定位和机架规模整体看，西部4省区枢纽节点出省带宽将大幅增长。智慧城市通过构建稳定的网络架构和高品质的强大运力，进一步打通国家枢纽节点城市之间的网络传输通道，优化东西部间互联网络和枢纽节点间直连网络。

《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》提出：建设数据中心集群之间，以及集群和主要城市之间的高速数据传输网络，优化通信网络结构，扩展网络通信带宽，减少数据绕转时延。枢纽间数据中心端到端单向网络时延原则上在20 毫秒范围内。城市内部数据中心端到端单向网络时延原则上在10 毫秒范围内。智慧城市全光底座为泛在算力资源提供覆盖广泛、灵活高效的超强运力保障，并构建带宽资源池，实现光层一跳入云并降低绕转时延。

智慧城市全光运力网络成为将算力和存力输送到终端的关键链条

未来城市发展，在靠近用户的不同距离将遍布不同规模的算力，网络 and 计算相互感知、相互协同，实现实时准确的算力发现、灵活动态的计算和连接服务的调度，提供无处不在的计算和服务，实现算力资源的统一协同调度，使海量的应用能够按需、实时调用泛在分布的计算资源，实现算力、网络、站址、能源等多要素协同联动和动态全局优化。算力网络作为“东数西算”未来的神经中枢，集中化调度是重中之重，有利于将所有的网络资源和云资源进行统一调度，实现算力网络的云网协同。以超算、智算为代表的多样化算力、以大数据存储为代表的海量存储能力和以全光网络为代表的高品质运力，共同构成算力网络底座，而无处不在的全光运力网络是将分散部署的算力和存力资源互联并输送到终端的关键链条。



2

促进区域协调发展

“要深入实施区域协调发展战略、新型城镇化战略。以城市群、都市圈为依托构建大中小城市协调发展格局，推进以县城为重要载体的城镇化建设。”

——党的二十大报告

“提升城市群一体化发展和都市圈同城化发展水平，促进大中小城市和小城镇协调发展。”

——《“十四五”新型城镇化实施方案》

随着新型城镇化格局进入重塑优化期，人口、经济要素向优势地区集聚成为不可逆转的发展趋势，中心城市和都市圈承载的人口和经济比重仍将不断提升，资源要素将进一步向中心城市和县城两端集聚。我国中心城市和城市群逐渐成为承载发展要素的主要空间形式，依托发达的交通、通信等基础设施网络形成的空间组织紧凑、经济联系紧密、并最终实现高度同城化和高度一体化的城市群体，推动我国经济社会不断向更加均衡、更高质量的方向迈进。

“1ms”时延圈成为联通的“城市纽带”

区域一体化发展使城市间时空联系、要素流通日趋密切，城市联动发展态势更趋明显，城市群、都市圈、城市带日益成为城镇化发展的主体形态，城市间在产业链、供应链、生态链建设等方面开展大协作、大配套、大融合的需求将更加强烈。智慧城市全光底座作为联接城市与城市、感知末梢与云之间的“城市纽带”，有助于区域基础设施联动发展，引导资源高效率集聚和扩散，促进信息、技术、人口、资金等生产要素在城市间的流动与重组，提高城市综合承载力和韧性，促进城市群高质量发展。

县域是我国推进新型城镇化建设、实施乡村振兴战略的组成单元，是城市与乡村的交会点和要素交换的中转站。县域经济衔接农村与城市市场，是实现双循环的重要载体。《“十四五”信息通信行业发展规划》提出：“引导100G光传输系统向中小城市城域网下沉。”建设全光智慧城市，有助于发挥县城对县域经济和乡村发展的辐射带动作用，链接城市、服务乡村，构建城乡经济共同体，加快各类要素向县域流动和集中，激发县域经济活力。

3

赋能数字经济高质量发展

5G、工业互联网、物联网、云计算、车联网、大数据、人工智能、区块链等新一代信息技术加速集成创新与突破，推动经济社会各领域数字化、网络化、智能化转型不断深化，数字经济规模不断扩张、经济贡献不断增强。据测算，到2025年我国数字经济规模有望突破80万亿，2030年破百万亿。

全光智慧城市建设催生消费新业态

信息技术引发的新科技革命带来VR/AR、超高清视频、云游戏、直播网购、媒体融合、远程办公、元宇宙等为代表的数字消费新业态、新模式的迅猛发展，特别是新冠肺炎疫情发生以来，传统接触式线下消费受到影响，新型消费发挥了重要作用，有效保障了居民日常生活需要，推动

了社会经济的发展。同时，信息通信基础设施是新型消费的发展基础，直接决定了消费供给水平和服务能力。如元宇宙全真场景打造，超高清视频传输、VR场景应用需要超低时延实现更高的视网膜分辨率、更广的观察视角、更精准的位置感应（如3D音频动态跟踪、手势位置动态追踪、眼球追踪等），保障人机交互的舒适性，达到理想的沉浸式体验效果。国务院《关于以新业态新模式引领新型消费加快发展的意见》提出“加快新型消费基础设施和服务保障能力建设，打造低时延、高可靠、广覆盖的新一代通信网络。”全光智慧城市依托超低时延、超高带宽，加速各行业线上线下融合，催生各类消费新业态新模式，赋能数字经济发展。

确定性网络打造高层次的数字化生产生活

智慧教育、智慧医疗、智慧交通以及智慧园区、智慧楼宇、智慧工厂等智慧城市生产生活各个领域的快速发展，加大了对大带宽、低时延的高品质传输与互联强烈需求。目前已有工业设备制造企业在全力推进打造全光园区，通过千兆光网应用，形成对工业生产、办公、安防等子网的统一高效承载能力。基于千兆光纤网络的工业光网可以促进工业互联网能力提升，在复杂的工厂环境下，实现高带宽、抗电磁干扰的稳定绿色节能网络，打通各环节信息通道，推动工业生产数字化。实践表明，联接是智能工厂的关键，10分钟的中断就会带来一周的损失，全光网络的“光纤到厂房”“光纤到机器”，正在成为智能工厂的新标配。

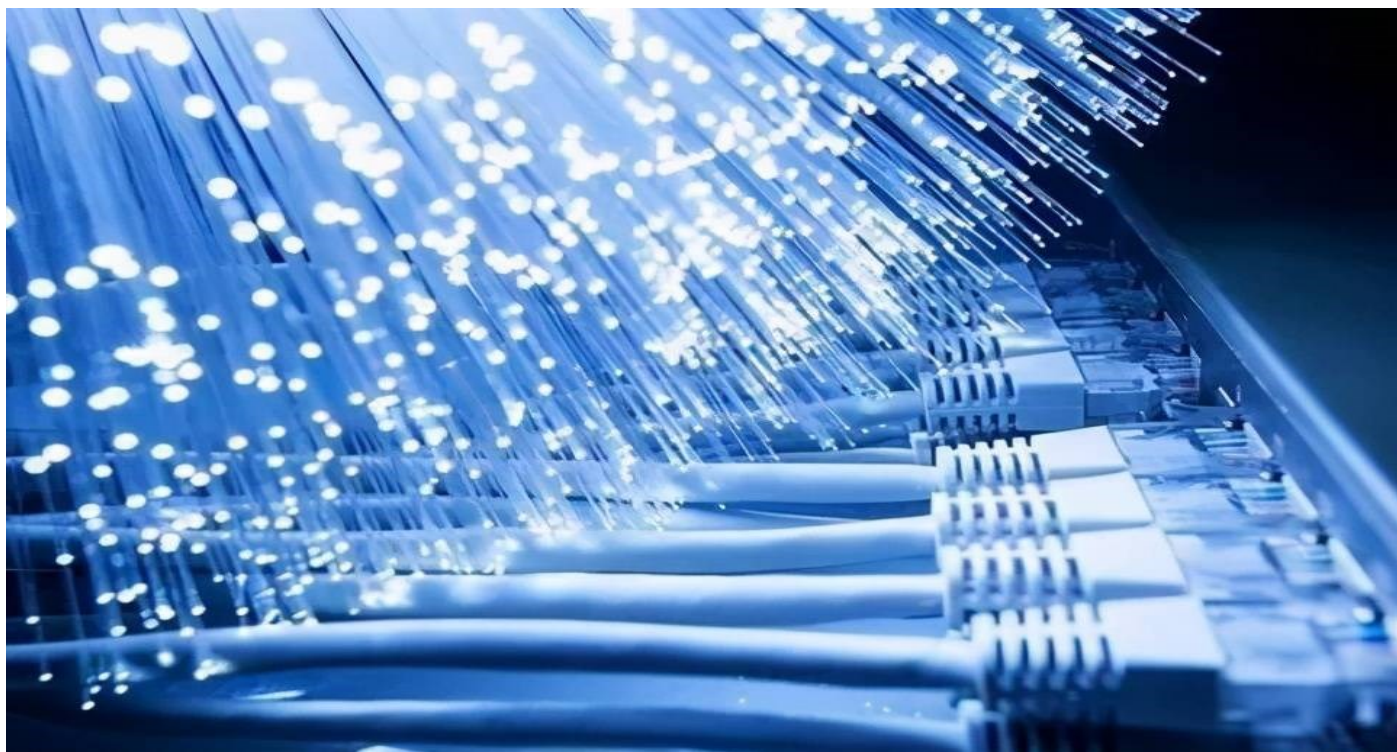
4

促进绿色低碳发展

5G、高清视频、政企专线等各种新型业务需求不断爆发，大规模互联网流量和连接数量的增长带来网络能耗的增加以及城市内城域机房空间和接入站点资源的紧张。《信息通信行业绿色低碳发展行动计划（2022-2025年）》提出：打造绿色低碳信息基础设施。稳步推进网络全光化，鼓励采用新型超低损耗光纤，规模部署200G/400G光传输系统和1T以上大容量低功耗网络设备，引导100G及以上光传输系统向城域网下沉，减少光电转换能耗。

全光网为智慧城市建设提供了更大的带宽、更低的时延、更高的可靠性，以及更加绿色低碳的新型数字底座。光纤本身就是一种绿色的通信介质，相比于传统的各种高能耗的铜线技术，光

纤通信在带宽、时延、抗干扰、可靠性方面有无可比拟的优势。有数据显示，光纤带宽至少领先10倍，时延仅为铜线的1/10，且可节省60%~75%的能耗。应用光电融合技术可以节省70%的机房空间，并降低30%的设备能耗，最大化发挥城域机房的空間利用率，降低整个机房的电量消耗。广东移动在大湾区建设了全球规模最大的绿色全光交换枢纽，部署了110套全光交换设备，按照传统方案，一个站点需要5~8个机柜，采用全光交叉技术（OXC）方案，一个站点只需要1个机柜，机房空间平均节省约70%，功耗降低约30%，实现当地通信网络每年节电超过1000万度，降低碳排放6400多吨。





全光智慧城市建设进展

（一）全光底座服务能力持续提升

基础电信企业加强云网融合建设和部署，建设泛在融合、云边协同的算力网络。全光网建设深入推进，基于千兆光网的全光底座能力不断夯实，将进一步直接提供面向连接的网络服务，满足云时代不同带宽、性能、安全、业务等级等需求的综合业务承载。

千兆光网覆盖和服务能力迅速提升。截至2021年底，全国新建光缆线路长度319万公里，光缆线路总长度达5488万公里。其中，长途光缆线路、本地网中继光缆线路和接入网光缆线路长度分别达112.6万、1874万和3502万公里。我国固定宽带网络已经实现“全光化”，所有城市均成为光纤网络全部覆盖的“光网城市”。超300个城市启动千兆光网建设，10G PON端口数达1268万个，具备覆盖超过3亿户家庭的能力。

基于OTN的政企专网覆盖范围逐步扩大。目前，三大运营商OTN政企专网拥有10000个站点，覆盖近300地市，并已形成城市内1ms、全省5ms、全国20-30ms三级延时圈，全面服务于政务、金融、医疗等行业数字化转型以及城市群、都市圈一体化发展。

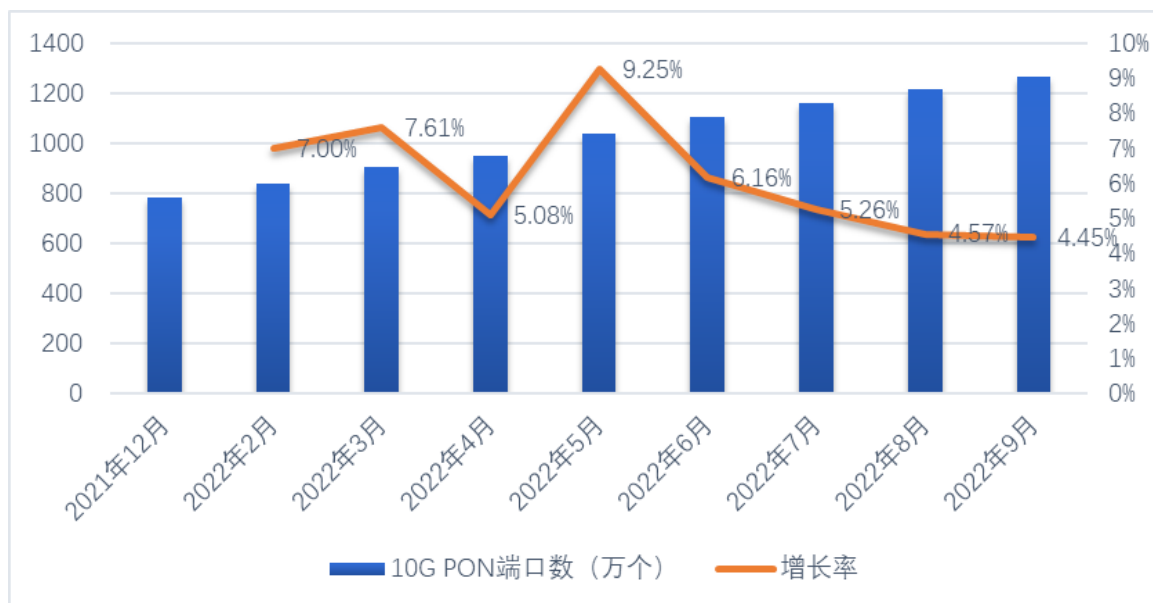


图 2 2021年12月-2022年9月10G PON端口数发展情况

（二）全光传送政策布局更加完善

“十四五”以来，国家密集出台多项政策规划，布局光传送基础设施发展，全光网的战略价值及作为新型信息基础设施的战略地位持续提升。《“十四五”数字经济发展规划》提出，持续推进新一代超大容量、超长距离、智能调度的光传输网建设。《“十四五”信息通信行业发展规划》提出，加快光传送网（OTN）设备向综合接入节点和用户侧延伸部署，推进全光交叉（OXC）等设备规模化应用。《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》提出，建设数据中心集群之间，以及集群和主要城市之间的高速数据传输网络，优化通信网络结构，扩展网络通信带宽。同时，多个省也发布了相关规划，全面推广部署100G OTN设备，打通数字经济发展的信息“大动脉”，助推全光智慧城市高质量发展。

表 1 全国多地政策规划相关内容

序号	文件名称	文件内容
1	广西“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023年）	推广部署全光交叉(OXC)、IPv6分段路由(SRv6)等新技术新设备，提升网络资源灵活调度和服务效能。加速100Gbps及以上超高速光传输系统向城域网下沉，光传送节点进一步向网络边缘延伸，与光接入网无缝衔接构筑端到端千兆光网，到2023年，每万人拥有0.85个光传送节点。
2	江苏省“十四五”信息通信业发展规划	以广覆盖、低时延、高质量、大容量为目标，扩大光传送网（OTN）覆盖，省干网络采用全光交叉MESH型组网方式，建设多套全节点覆盖组网，各地市核心节点3个以上路由，实现80%以上网络流量一跳直达。
3	山东一体化算力网络建设行动方案(2022—2025年)	持续夯实运力联接底座，到2025年，全面构建省会经济圈、胶东经济圈、鲁南经济圈3毫秒时延圈，16个地市1毫秒时延圈，全省数据中心、核心传输站点实现SRv6核心路由器、全光交换（OXC）传输设备全覆盖，商务楼宇和产业园区实现OTN光接入终端全覆盖。
4	陕西省“十四五”信息通信业发展规划	加快推动灵活全光交叉、智能管控等技术发展应用，提升网络调度能力和服务效能。
5	福建省“十四五”数字福建专项规划	纵深推进新时代“数字福建 宽带工程”，建设新一代超大容量、智能调度的光传输网，加速千兆光网提速改造升级，推进千兆城市建设。
6	广东省信息通信业“十四五”规划	支持全光交叉（OXC）设备规模部署，显著提升骨干网络智能化资源调度水平和用户访问体验。
7	海南省信息基础设施建设“十四五”规划	在高等级客户集中区域、流量大的区域，适度下沉部署PeOTN（分组加强型光传送网络），实现综合承载，精简网络，满足业务流量快速增长需求。 匹配海南-香港海缆工程建设，同步建成文昌海缆登陆站及配套机房，部署大容量OTN系统，联接至中国移动海口区域性国际通信业务出入口。
8	江西省信息通信业促进数字经济发展三年行动计划（2022-2024年）	按需部署骨干网200/400Gbps超高速、超大容量传输系统，加快推动灵活全光交叉、智能管控等技术发展应用，提升骨干传输网络承载能力。加快完善省内中小城市网络基础设施，有序推进区域内千兆光网、光传送网（OTN）、5G承载网、云专网等建设。
9	四川省“十四五”信息通信业发展规划	推动骨干传输网络逐步开展超高速、超大容量光传输系统部署，引导系统向城域网下沉，全面提升通信网络综合承载能力。
10	河南省信息通信行业“十四五”发展规划	推动基础电信企业持续扩容骨干传输网络，按需部署骨干网200G/400G超高速、超大容量光传输系统，提高骨干传输网络综合承载能力。
11	吉林省信息通信行业“十四五”发展规划	按需扩容升级骨干网和网间带宽，推广部署200/400Gbps等超高速率超大容量传输系统，持续推进骨干网扁平化、智能化演进。

（三）全光城市群效应逐步凸显

全国多省市积极打造全光智慧城市群、城市超低时延圈，构筑数字经济蓬勃发展的信息大动脉，以城市群间的超低时延圈提升泛在算力的高效连接调度，搭建“一点接入、即取即用”的社会级算力服务体系，大大激发了区域经济活力，有力支撑了核心城市都市圈、城市群协同等战略发展。

表 2 全国部分全光城市群时延

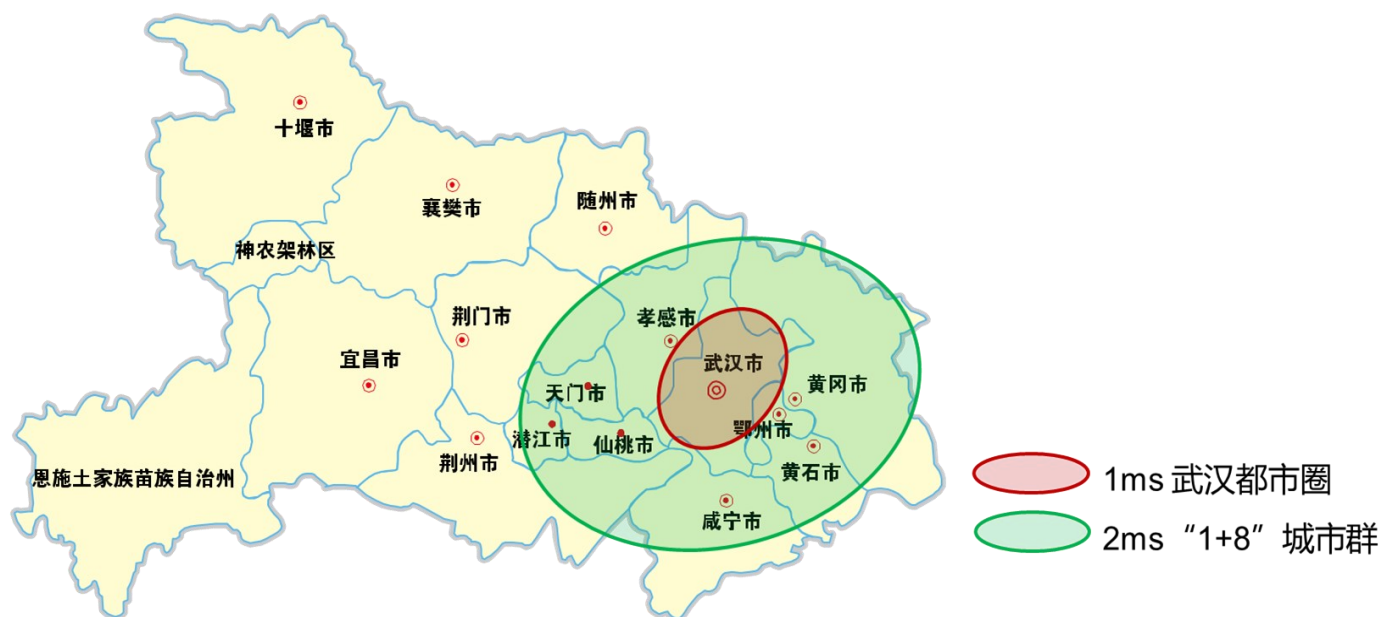
城市	时延（ms）		
	城市内	省内	城市圈
北京	0.1（核心商务金融区） 1（全市）	/	20（算力枢纽节点）
天津	0.5（主城区+滨海新区） 1（城区） 2（全市）	/	/
上海	0.5（金融湾） 1（城区） 1.5（外环） 2（全市）	/	20（算力枢纽）
青岛	1	3 （胶东半岛）	/
呼和浩特	0.5（城区） 1（全市）	2 （呼包鄂乌）	5（京津冀） 10（长三角）
武汉	1	2 （“襄十随神”“宜荆荆恩”）	/
昆明	1	3（滇中）	9（南亚东南亚经济群）
合肥	1	3（全省）	5（武汉都市圈、长株潭都市圈、 南京都市圈、郑州都市圈等）
福州	1	3（福厦泉） 5（全省）	10（长三角及大湾区全光城市 群）
廊坊	1	3（京津冀） 5（全省）	/

1

构筑全光智慧城市群，助力新型都市圈建设

湖北省“一主两翼”全光智慧城市群

湖北省《新型城镇化规划（2021-2035年）》《“十四五”推进新型城镇化建设实施方案》提出“构建一主两翼、两横两纵、多点支撑的城镇化新格局”。以武汉、襄阳、宜昌为核心，引领武汉城市圈、襄十随神、宜荆荆恩等省内三大城市圈（群），构建以中心城市为龙头、区域中心城市为纽带、县城为重要载体、重点镇为节点的城镇体系，形成规划衔接、产业对接、优势互补和布局优化，实现联动发展。

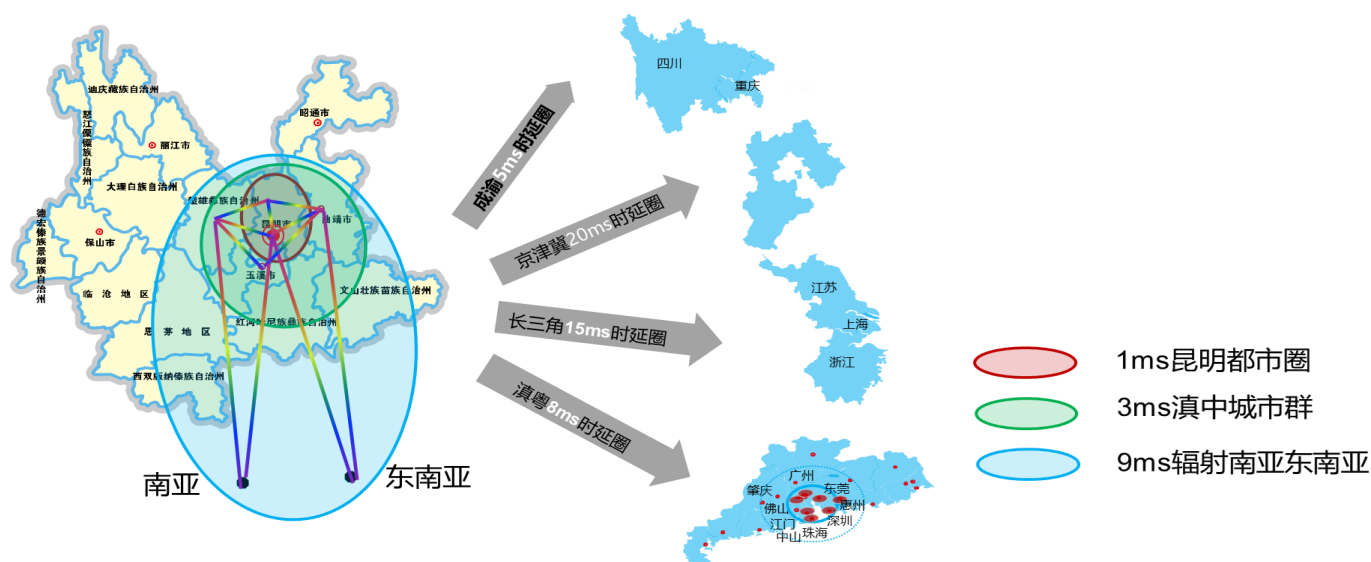


湖北省围绕“一主两翼”的城市发展格局，打造全光运力底座和全光算网底座，构筑了四通八达的算力时延圈，即武汉核心城市圈1毫秒、武汉“1+8”城市圈2毫秒、全省5毫秒、长江经济带7毫秒、全国算力枢纽10毫秒，从而实现算力无处不在、以确定性运力释放无限算力。全光底座的省干节点采用400G超宽端口、创新的Super C+L技术以及全光OXC，实现T级容量超高速互联，可满足车联网等场景的超大带宽需求。采用全光OXC立体骨干方案，实现了省内各算力节点直联、算力一体化调度，同时采用MESH化立体式的网络架构，优化业务路径，时延可降

低30%，满足金融证券、VR/元宇宙、生产制造中云端质检等场景超低时延的算力需求。通过ASON技术中OTN光层和电层协同保护，在网络发生故障时，实现毫秒级别寻找新路径，保障算力联接永远在线。

云南省“1-3-9”全光智慧城市群

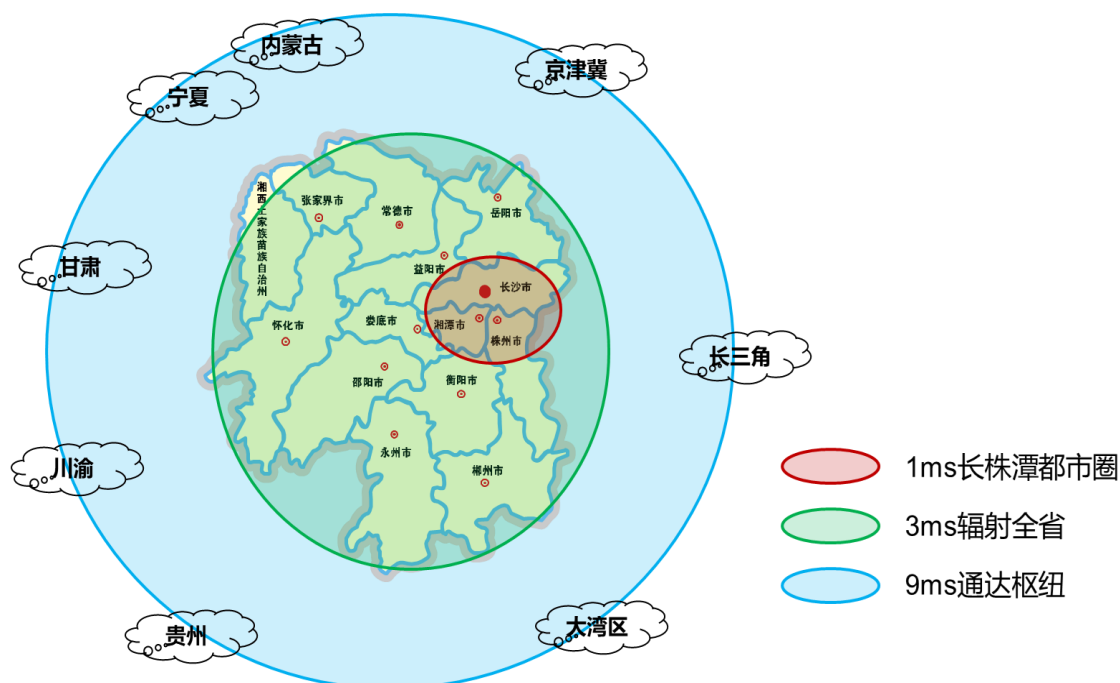
云南省《“十四五”区域协调发展规划》提出“以昆明都市圈为核心，推动滇中城市群一体化发展，努力将滇中地区建设成为面向南亚东南亚辐射中心的核心区、通达南亚东南亚和环印度洋地区的大通道枢纽”。



云南省围绕滇中城市群一体化发展，打造了以昆明中心城区为中心，覆盖昆明、滇中、南亚东南亚的“1-3-9全光智慧城市”，支撑云南城市数字化转型。“1-3-9时延圈”能够实现昆明都市圈时延<1毫秒、滇中城市群时延<3毫秒、南亚东南亚时延<9毫秒。自2021年“1-3-9全光智慧城市”发布以来，云南省先后部署了30+台OXC和2500+个OTN结点，实现云池资源和综合业务接入区全覆盖，完成各州市、县及乡镇100%覆盖，打造企业的“两公里接入圈”。“1-3-9全光智慧城市”已成功服务于亚洲象生态保护创新应用，以高品质专线保障了高清监测视频等实时回传，打造了从西双版纳亚洲象监测预警中心到昆明研究中心的超低时延光传输链路，助力双中心共同开展亚洲象的生物科学研究工作。丽江市大研古镇和玉龙雪山部署全新一代F5G全光锚点，将进一步推动波分节点下沉，加速丽江全光智慧城市建设，为游客提供高品质网络体验。

湖南省长株潭全光城市群

《湖南省“十四五”新型城镇化规划》提出，优化形成“一圈一群三带多点”新型城镇格局，长株潭都市圈区域竞争实力、辐射带动能力显著增强，融城融合发展格局全面形成，辐射带动“3+5”城市群发展，岳阳市、衡阳市两大省域副中心城市的带动能力增强，区域性中心城市提质增效，培育形成一批特色强县、小城市和特色小（城）镇，乡村振兴大力推进，形成功能互补、结构合理、大中小城市协调发展的城镇体系。



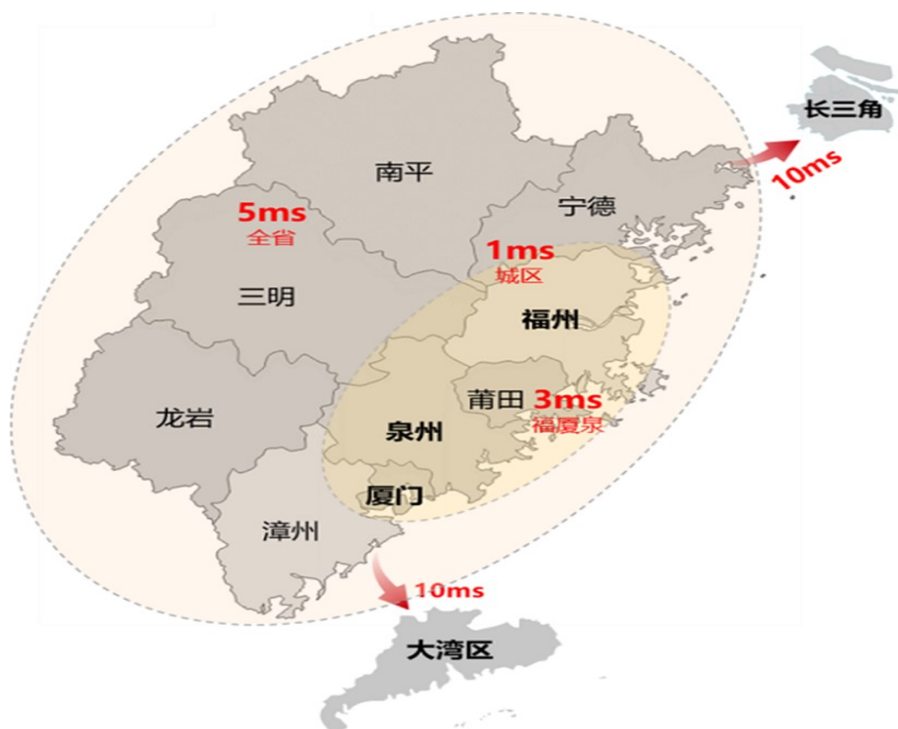
湖南省围绕长株潭城市群，打造了“135通信时延圈”，即1毫秒辐射长株潭城市群，3毫秒辐射“3+5”城市群，5毫秒通达全省。面向党政军、金融、企业等政企客户的带宽提速、低时延、多连接、跨地市等需求，引入全光交叉OXC、ROADM、OTN集群、PeOTN和网络云化引擎NCE-T等产品，构建了覆盖全省14个市州的政企精品网，全面支撑各类高品质业务的综合承载需求。政企精品网通过城域波分、本地网波分和县乡波分向市、县、乡延伸，实现广度覆盖和深度覆盖。采用MESH化架构，并启用ASON多路由保护，抗多次断纤。通过国-省-市-县-乡一体化，扁平化网络架构和直达波道的方式，实现超低时延圈，满足金融、医疗等行业的时延需求。

福州“1-3-5-10ms”超低时延圈

《福州都市圈发展规划》提出“以环三都澳湾区、闽江口湾区、湄洲湾湾区三大湾区作为未来都市圈主要增长地区，打造粤闽浙沿海城市群核心增长极。”“推动距离福州较远且条件成熟的外围县开展县改市工作，培育都市圈次级节点城市，推动都市圈大中小城市和小城镇协调发展。”“加快智慧城市建设，全面拓展城市规划、城市管理、交通组织、地下空间、公共安全、医疗教育等重点领域智慧应用体系。”

福建省结合全省现网流量整体分布冷热不均，福州、厦门、泉州三地流量占全网87%，传统环状组网局部拥塞，网络资源未发挥最大价值，以及山区地市业务绕行严重，端到端时延较大等情况，规划全省“2+9+X”数据中心布局，打造“1-3-5-10ms”超低时延圈，通过架构升级、调度升级、带宽升级和运维升级，构建了省内一体的端到端高品质全光底座。

- **架构升级：**通过在全省建设广覆盖基础平面并叠加高质量精品平面，实现省干网络架构的立体化和MESH化，打造出“1-3-5-10ms”超低时延圈，即城区1ms、福厦泉3ms、全省5ms、长三角及大湾区10ms，满足政务、远程医疗、工业互联网、智能制造等业务海量数据快速发放需求。



- **调度升级：**采用OXC+OTN集群构建全省光电融合业务的大容量资源池，实现多子架间的资源共享，多个线路方向间的业务灵活调度与快速疏导，配合全网升级至ASON，保障故障快速定位与路由恢复，业务可靠性可达99.999%。
- **带宽升级：**通过200G+ Super C等技术，实现高达24T的单纤传输容量，可满足医疗影像上云、8K超高清视频、云端视频渲染、AI模型训练等场景的超大带宽需求。
- **运维升级：**部署统一的智慧管控系统，实现端到端可视化业务发放、网络质量监控、网络可视化运维等。基于运力地图可管可视可自动调度，打造灵活高效的运维自动化、信息数字化、服务智慧化的维护体系，快速适配各种突发网络需求。

同时，福建省积极响应国家双碳战略，以绿色推动发展。通过OTN设备快速低成本收编全省数千套核心汇聚SDH设备退网，可释放近千个标准机柜，每年可节省近千万度用电，减少碳排放万吨，相当于种植7000亩森林。

目前，福建省依托全光底座，结合双千兆网络、智慧中台等优势，积极面向智慧乡村、智慧海洋、智慧码头、智能制造等领域开展创新应用。



2

建设全光智慧城市，助力城市数字化转型

北京 移动围绕首都“两区四中心”的定位，加快千兆光网等新型基础设施建设，打造“全光智慧城市”的首都样板。于2021年11月建成“千站”OTN全光城域底座，依托OXC全光调度系统，结合1000多个OTN节点打造了最高品质的时延圈：核心区0.1毫秒，中心城区0.25毫秒，核心区到城市副中心0.5毫秒，全市2毫秒。覆盖近万个商业楼宇和社区，服务百万家庭用户和千万移动用户，全面助力首都数字经济发展。北京移动全光城域网依托极简架构、超大带宽、调度灵活、智慧管控四大优势，实现全城超低时延、超广覆盖的OTN快速光接入，低时延接入能力领先全国一线城市。目前北京移动全光城域网在城区和郊区主城区的骨干汇聚层全面实现200G的规模部署，满足各类超大带宽传输业务的需求。北京移动还引入AI、大数据等新技术用于光网络智能管控分析平台，智能化程度全国领先，全面满足用户差异化服务需求。

上海 移动以F5G千兆光网为底座，构建城市“1毫秒”时延圈，全面提升上海城市的运力水平，并实现运力与算力的广泛协同，目前，上海市拥有全球最大规模的OXC全光城域网、超大规模的OTN光传送网，包括35个OXC城域全光节点和上千个OTN光传送节点，具有“三极三智”的创新亮点和优势，即极低时延，极快接入，极高能效，智慧云光，智慧运营，智慧驾驶。全光智慧城市已广泛服务于金融、政务、医疗、大企业等行业，为企业提供OTN高品质专网服务，助力上海城市数字化转型。上海移动全面落实A/B类商业楼宇和综合业务接入区100%资源和OTN节点预覆盖，争取2025年实现2个OTN节点/万人，市区企业接入缩短到100米，支持企业用户专线快速开通，秒级带宽提速。

（四）典型应用场景呈现点多面广态势

全光网与数字乡村、智慧家庭、智慧交通、智慧养老、数字文旅、智慧港口、智慧电竞、远程办公、远程医疗、智能矿山、智慧剧院等智慧城市多样化应用场景加速融合，智慧服务品质不断提升。作为数字经济发展不可或缺的“底座”，智慧城市全光底座不仅有效打通了经济社会发展的信息“大动脉”，更将各类智慧应用融入生活，日益满足人民群众对于数字生活的美好向往。

Smart Link智慧专线助力2022冬奥会4K/8K超高清直播

北京联通在2022冬奥会期间，全面采用4K(2160P)超高清直播，在开闭幕式及部分比赛项目中全球首次采用8K(4320P)制作，超高清的8K像素总量达到3300万，冬奥会各比赛场馆内8K摄像机产生的原始视频信号传输需要48Gb/s的超大带宽。北京联通借助PeOTN先进的网络架构、强大的网络能力，以及智能管控引擎iMaster NCE打造全光基座，提供“Smart”特性（Security高安全高可靠；self-Management用户自服务；Agility灵活智能运维；Rapid低时延大带宽；Transparency状态透明可视）的高品质专线服务。

- **安全可靠：**采用全光网络架构和自动交换光网络(ASON)技术，实现网络故障后毫秒级恢复。
- **灵活带宽：**PeOTN网络可提供从2M到100G的专线带宽，可满足8K超高清大带宽的诉求。
- **超低时延：**基于扁平化、全光调度的网络，可提供京津冀ms级时延圈，让张家口、延庆等区域的视频信号快速直达IBC总部。
- **快捷开通：**基于智能管控系统iMaster NCE，可以实现专线的快速开通并支持带宽自助可调。



- **用户自管理：**通过iMaster NCE的北向开放与BSS/OSS系统集成，可为用户提供自服务APP，转播中心可对所有专线实时可视。

依赖高品质的OTN网络，北京联通为冬奥会打造了大带宽、高可靠、0丢包、低时延的8K超高清承载网，保障全球观众可以通过8K超高清来欣赏这场盛宴。北京联通创新性地打造AR（增强现实）运维模式，现场工程师只需要通过手机扫一扫，就可以在设备面板上显示出主设备配置参数、故障告警、性能等数据，通过与远程专家团队信息实时共享，实现单人分钟级业务开通和快速排障。

低时延金融智网 助力经济金融结构转型

上海联通围绕1个中心+N点辐射SD-OTN网络架构，以三大交易所和金桥IDC为核心，打造微秒级低时延圈，并且凸显平台“FLASH LINK”五大特性，Flexible（灵活可调）、Low-latency（超低时延）、Agility（智慧敏捷）、Security（安全可靠）、High-bandwidth（超大带宽），与已有的深度覆盖的政企精品网形成双平面立体架构，通过OXC化的全光组网以及光电多层嵌套技术保护实现网络可用性99.999%，可抗9次断纤不影响业务，将低时延、高可靠、高安全的千兆光网能力延伸至全市、全国乃至全球，释放金融数据资源，助力实现经济金融结构转型。网络能力的提升帮助平台金融精品网用户的平均利润水平提升了15%，用户业务规模近年复合增长率达到4.99%。低时延金融智网已覆盖全市1200个、全国2.13万个综合业务接入点，为99家金融行业客户提供服务。

“双极”全光政企专网助力银行智慧转型升级

天津智慧城市建设进入全面实施阶段，金融服务的网络化、数字化成为银行网点的重要发力点。天津某银行就在天津的营业网点累计布放了948台自主研发的人机智能化自助终端——智慧柜员机，覆盖传统柜面近50%的交易量。天津移动创新的采用NG-OTN技术，打造“双极”全光政企专网（DoubleS-OTN），实现天津市内0.5ms低时延圈，为该银行提供一张高品质的数据传输网络，为客户提供Speed（超快开通、超低时延、超大带宽）、Smart（智能可靠、性能可视、智能升速）的高品质精品专线服务，支撑智慧网点数字化转型。

双千兆光云融合赋能智慧水务

山东联通围绕生态环境保护、水资源节约集约利用、黄河安澜、文化传承，基于先进的OTN技术，构建“1+N+X”黄河流域高质量发展专网，具备灵活组网、智能运维、高效部署、安全可靠等四大特征，可以满足供水保障网、防洪减灾网、绿色生态水网、智慧监管服务网、水利监测网等“N”个多样化服务，并能提供智慧工业、智慧文旅、智慧医疗、智慧农业、智慧教育等“X”种民生应用，惠民惠企，全方位一体化赋能黄河流域经济高质量发展。

基于OTN多级组网的智慧消防

湖北电信针对消防救援工作中遇到的未知隐患、拥堵路段、复杂灾情等情况，通过OTN多级组网的超大带宽、超低时延、超高可靠等特性，对接智能接处警系统和智慧交通系统，打造基于OTN技术的指挥调度网，助力精确预警、高效救援、精准指挥和事故调查，积极构建数字孪生安全城市。

海洋渔业空天地海一体化宽带通信网络

南通移动海洋渔业空天地海一体化宽带通信网络，以全光基础网为底座，将OTN节点延伸至近海70km，结合无线宽带、动态波束覆盖、边缘计算等技术，实现空天地海一体化宽带通信网络，推动海上风电、渔场船舶互联互通、船载监视高清视频及业务数据回传等应用发展，充分发挥异构多网融合价值。

基于双千兆网络的未来医院全场景

立足瑞金医院与瑞金北部院区、远洋院区、卢湾分院、瑞康分院、无锡分院、舟山分院、海南分院、太仓分院、东台分院、新发展医院（奉贤）等医疗机构间的远程医疗服务关系，借助5G和千兆光网，构建集影像远程诊断、超声远程诊断、病理远程诊断、康复远程评估、放疗远程治疗于一体的未来医院开放性智慧医技诊疗中心。同时引入人工智能、大数据、云计算、物联网等先进技术赋能

医疗，让瑞金医院先进的医学诊疗技术走出瑞金、立足长三角、辐射全中国。同步打造集慢病、重病的“筛查、诊疗、监护”等于一体的医技诊疗闭环，持续推动5G和千兆光网下的智慧医疗数字化转型和创新突破，与基层医疗机构在影像、超声、病理、放疗、康复评估等方面进行业务协同，为更多的偏远地区的病患提供医学诊疗服务。

千兆光网赋能新一代智慧手术室

南通移动基于全光交换网络设计，搭建智慧数字化手术室管理平台，通过毫秒级响应，实现与PACS（影像归档和通信系统）、LIS（实验室信息管理系统）等各系统在手术过程中进行超低延时多数据交互，突破传统诊疗手术的局限，满足医护人员通过8K+VR超高清全景进行手术指导及直播的需求，提升医院智慧医疗水平。

千兆光网+云VR教育助力教育信息化转型

广东移动将千兆光网与优质云VR教育相结合，通过千兆光网稳定的大带宽、低时延的传输特性保证云VR的优质体验。结合云VR本身的优点，结合云平台的强大算力，能够保证云VR的优质体验。借助云VR教育具有沉浸式、互动性、部署简单的优点，能够推动优质教育资源共享、节省VR方案成本、提高学生学习效率。目前，湛江市已开展了“千兆光网+云VR教育”项目的商用部署，内容包括传统文化、艺术、历史等知识类课程以及理化生模拟实验等实操类课程。

OTN全光底座为智慧交通夯实网络基础

山东联通采用先进的OTN全光底座，为山东高速组建了一张千兆数据网和两张万兆数据网，满足收费、视频监控、综合业务承载等多种场景，实现从接入层（收费站/服务区）到汇聚层（分公司）再到核心层（管理中心）的大带宽、高可靠、低时延的高品质连接，为智慧交通夯实网络基础，助力山东高速公路的行业数字化演进。



构建中航商发智能制造新模式

上海移动联合中航商发，将新一代航空制造技术和千兆光网、5G、人工智能等信息技术深度融合，搭建千兆光网+5G+MEC企业专网，实现了机器视觉检测、AR辅助、远程多轴机器人控制/高清视频回传等能力，在材料力学实验室建设一条数据高速传输通道，实现工业设备测试、安全保障、温度监控等场景的机器视觉采集上云、智能环境监测平台、基于云边结合的数据建模和实验分析，设备和环境状态可视化呈现，助力中国航发实现材料试验、大部件智能装配，对试车过程实现了全过程监控，提升大型发动机装配和试车的质量效率。

打造中山数字政府坚实基座

中山市政数局提出了政务服务“一网通办”、区域治理“一网统管”、政府运行“一网协同”、“纵向到底，横向到边”的发展理念，以OTN全光网为基础打造智慧中山一张网。广东移动基于粤港澳大湾区OTN全光网延伸扩展，引入全光交叉OXC，实现网络无阻塞、低时延高效调度，提供千兆光网PON/OTN等多样化连接，实现市-镇-村三级全覆盖、1403个政务部门100%全接入，打造智慧中山一张网，实现政务各部门的“网”通、“数”通、应用融通。基于智慧中山一张网，中山市政数局开创了一照通行、粤智助“上山下乡”、远程异地评标等多项政务服务应用。



全光智慧城市能力指标

（一）全光智慧城市能力指标框架

全光智慧城市作为数字经济时代城市数字化转型发展的新范式，加快构建全光底座、提升算网融合水平、以全光智慧城市发展持续赋能数字经济，已成为很多地方政府的共同选择。

结合目前全国各省市全光智慧城市建设情况、特点以及规划目标，构建了全光智慧城市指标框架。指标围绕运力赋能全光智慧城市应用，从设施类、应用类两个维度构建，旨在为各地加快全光智慧城市建设提供参考。

表 3 全光智慧城市能力指标框架

一级指标	二级指标	关键指标
全光智慧城市设施类指标	全光网建设水平	重点场所算力网络（OTN）通达率
		OTN光节点密度
		企业楼宇到城市核心数据中心算力节点小于1ms的链路占比
	算力基础设施建设水平	算力全光调度（OXC）节点占比
		高性能算力占比
全光智慧城市应用类指标	基于全光底座开展的智慧城市应用发展情况	全光算力网络应用创新个数

（二）全光智慧城市能力指标

• 全光智慧城市设施类指标

全光智慧城市设施类指标主要基于全光网、算力基础设施建设水平来衡量。目前，全国已经有多个省和直辖市积极开展了全光智慧城市建设，并布局了高品质全光运力网络和智算中心、超算中心等全光智慧城市的关键基础设施。指标从重点场所算力网络（OTN）通达率、OTN光节点密度、企业楼宇到城市核心数据中心算力节点小于1ms的链路占比、全光调度（OXC）节点占比、高性能算力占比等方面考察各地算网协同、业务按需接入、灵活调度能力。

重点场所算力网络（OTN）通达率

指标计算方法：重点场所算力网络（OTN）通达率=城市地区已有OTN光接入终端覆盖的楼宇和园区（政务、工业、制造、金融、汽车、科研院所等行业）总数/上述场所总数×100%

目标值：100%

OTN光节点密度

指标计算方法：OTN光节点密度=光传送网（OTN）站点数/常住人口数

目标值：>1站点数/万人

企业楼宇到城市核心数据中心算力节点时延小于1ms的链路占比

指标计算方法：企业楼宇到城市核心数据中心算力节点小于1ms时延链路数/总链路数

目标值：>50%

全光调度（OXC）节点占比

指标计算方法：全光调度（OXC）节点占比=所有数据中心站点和城市核心传输站点已部署全光交换（OXC）传输设备的占比

目标值：100%

高性能算力占比

指标计算方法：高性能算力占比=（超算算力规模+智算中心规模）/总算力规模

目标值：>10%

• 全光智慧城市应用类指标

全光算力网络应用创新个数主要聚焦算力网络应用，反映了算力网络在工业互联网、智能制造、两化融合、平台经济、金融等领域的应用情况。

全光算力网络应用创新个数

指标计算方法：全光算力网络应用创新个数=基于全光底座开展的大带宽、超低时延（时延小于1ms）、高可靠的智慧城市应用。





展 望

党的二十大报告和国家“十四五”规划均提出“加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。”全光智慧城市的建设不仅符合国家建设“网络强国、数字中国”的战略目标，也是对政府工作报告“加大千兆光网建设力度”整体要求，工信部“双千兆行动计划”中“承载能力提升行动”的高度响应。

未来，随着国家一体化大数据中心体系建设和“东数西算”工程的实施，网络和算力的发展日益呈现一体共生之势，全光网内生能力增强，网络更加开放、智能，并逐步从云网融合向算网融合演进，网络从支持连接算力，演进为感知算力、承载算力，实现网在算中、算在网中。

全光网作为智慧城市的数字底座，将加速全光基础设施的部署升级，从尽力而为的联接走向确定性体验的联接，以高质量联接构筑城市智慧，推动基于智慧城市的创新应用场景。全光智慧城市建设也将逐渐走向标准化、规范化，从单一应用向行业应用拓展，从单个城市向城市群、城市带、都市圈延伸，助力网络强国、数字中国建设。