

城市**一张网** 2.0 研究报告

(2024年)



编写委员会（排名不分先后）

主编：

单志广、危峰

编委：

刘殷、赵浩鸿、常苗苗、关乐宁、宋心荣、徐凌验、涂菲菲、
房毓菲、吴洁倩、王丹丹、戴彧、张岳、李春香、胡沐华

张威、张凯、侯方明、董继强、卢春辉、晋全福、张保辉、
曹凯、赵路松、刚伟、邓小川、谢乐权、陈叶、王涛、
刘灵芝、龚天安

特别鸣谢：

广东省政务服务和数据管理局 董伟敏、邓守毅

南京市城市数字治理中心 顾颖、陈晓冬

武汉市数据局 董波涛

深圳市龙岗区政务服务和数据管理局 陈思湛、韩晶

昆明市网络建设运营有限公司 王继浩、冉冉

主编单位：

国家信息中心

华为技术有限公司



序言

数字经济时代，算力已经成为推动数字经济持续健康发展的核心生产力，其重要性日益凸显。我国已经陆续出台系列举措，加快构建以算力和网络为核心的新型基础设施体系，“以网强算”，使算力走向泛在化，成为社会基础资源。

算力的发展，并不是简单的算力堆砌，一定是以应用为中心，实现网络、算力调度、产业链、数据要素治理等多方面的资源协同，利用网络吸纳全社会算力资源，组成泛在、立体的服务网络，利用网络形成算力、人工智能、区块链等多要素融合的一体化服务，实现智能调度和全局优化。特别是人工智能产业的发展带来的海量数据安全汇聚和流通的需求，面对千万个计算小任务和频繁地交换数据，大带宽、低时延的网络能力成为发挥算力性能的基础。我国已启动 400G 全光网和 IPv6+ 网络建设，旨在通过大带宽、低时延高性能网络，支撑海量数据的实时安全交互，通过全方位的网络能力建设和升级，为数据高效流动和算力有效协同保驾护航。

国家信息中心和华为技术有限公司共同研究的《城市一张网 2.0 研究报告（2024 年）》，基于当前数字化转型需求，提出了“一网通城”的城市网络发展理念，城市网络建设向“数联”“智联”“光联”转变的新特征，通过“城市一张网 2.0”建设，构建按需接入、算网筑底、安全共享、开放合作、可管可控的服务于数字经济发展的专业领域服务网络，满足连接、算力、安全、合规等方面的网络需求，推动数据要素流通基础设施和算力基础设施互联互通，赋能各方资源高效集合，形成集群效应，更高效地发挥数据和计算效果。

“一网通城”的发展理念将改变城市网络服务能力和供给、应用、服务方式，有效提升城市网络服务的灵活性和高效性，对支撑城市发展、国家战略、推动行业数字化转型都有重大意义。



中国工程院院士
清华大学计算机科学与技术系教授
高性能计算研究所所长

新一轮科技革命和产业变革正在孕育兴起，网络信息技术日益成为创新驱动发展的先导力量，多形态网络相互连接，已形成异构并存、融合发展的自然趋势，但目前深度融合受限、跨网资源调度困难，以及传统网络数据传输上的拥塞、延迟、抖动等痛点问题，造成网络利用率和传输效率低，阻碍先进应用场景的创新。国家数据局等部门也相继出台了一系列政策文件对网络性能提出了更高要求，比如千公里传输抖动不高于50微秒、传输效率大于90%、丢包率低于1/10万等。面对智慧医疗、智慧矿山、智慧港口、远程医疗、智能网联汽车等数字经济应用领域海量数字化场景的发展，其高质量发展迫切需要新型网络技术与架构的支撑。

在这个需要进行网络创新的新时代，我欣喜看到国家信息中心与华为技术有限公司持续在城市网络建设和发展上的深入研究与实践，先后发布了《城市一张网研究报告（2023年）》与《城市一张网2.0研究报告（2024年）》，科学系统地提出了“一网通城”理论体系和“城市一张网”的体系架构。网络体系作为整个网络建设的核心与基础，就好比一栋房子的钢架结构，其作用非常重要。在原来的网络体系中，用户只能被动地适应网络，即有什么样的网络就用什么样的网络，在新的网络体系下，相当于给原有网络增加了一个“大脑”，可以智能、统一地调度各种网络资源，让网络按需适应用户，用户有什么需求，网络就主动去满足什么需求，实现网络资源的按需分配。

当前，建设数字中国、网络强国持续走稳走强，随着数据成为新的生产要素、算力成为数字经济发展的新引擎，加快数据流通利用及算力资源的高效供需匹配，将进一步促进城市乃至国家经济高质量发展。《城市一张网2.0研究报告（2024年）》围绕着数联、智联与光联相关城市网络的投资、规划、建设、运营和管理进行了详细的阐述，对一些地方先行先试的实践做法进行了深入分析，最后对网络技术及网络智能化的发展演进趋势进行展望，对城市建设及行业发展具有重要的参考意义。

面向未来看，新一轮科技革命和产业变革加速演进，中国式现代化加快推进，城市作为国民经济的基本单元，强化城市数字基础设施，是面向未来构筑城市发展新优势、满足美好生活新需求的关键之举。城市网络的转型升级不是单纯的网络技术方案更新和演进，而是一项复杂的系统工程，涉及规划、投资、建设、运营、维护、机制、组织、管理等方方面面，需要有面向未来的前瞻性思考，各领域携手同行、分工协作，共同谋篇布局城市网络的顶层规划、机制创新、方案创新，高质量支撑城市全域数字化转型！



中国工程院院士
北京交通大学教授

序言

深化智慧城市发展、推进城市全域数字化转型，是面向未来构筑城市竞争新优势的关键之举，也是推动城市治理体系和治理能力现代化的必然要求。伴随人工智能等数字技术快速发展，数据要素价值日益凸显，与城市经济社会各领域深度融合渗透，驱动我国智慧城市建设迈向“体系重构、质效提升”的全域数字化转型新阶段。随着全域数字化转型的推进，数字经济、数字政府、数字社会等各领域多样、多元、多跨海量应用场景爆发式的出现，带来了数据来源的多样化、应用的多样化、通信手段的多样化和计算的多样化，大量远程全息、数字孪生、自动驾驶、XR应用、精准定位、智慧生产等应用场景层出不穷，进一步使万物的连接延伸至智慧层面，达到“人-自然-智慧”的连接与融合，实现城市的“信息泛在”“智能泛在”，使人类向泛在化、智能化的信息社会迈进。

2023年，国家信息中心和华为技术有限公司共同发布了《城市一张网研究报告（2023年）》，提出了城市“一张网”的概念和“1+3+N”的城市网络架构体系，并通过城市“一张网”建设构建由政府引导、政企合作、多方参与、专业运营的城市“一张网”价值生态，将新型城市通信网络建设融入到智慧城市规划、建设、管理和运营，助力智慧城市高质量发展。今年，国家信息中心与华为技术有限公司再次合作，通过对各地方城市网络建设实际和发展需求的跟踪调研，在《城市一张网研究报告（2023年）》基础上编制了《城市一张网 2.0 研究报告（2024年）》（以下简称《报告 2.0》）。《报告 2.0》创新性地提出了“一网通城”的发展理念和城市“一张网”的建设和运营模式，推动“一网通城”发展理念落地，旨在使新型城市通信网络的发展与城市发展同频共振，赋能城市数字化转型，助力中国式现代化建设。

城市通信网络是为经济社会数字化转型提供感知、传输、存储、计算等基础性数字公共服务的基础，以“一网通城”理念，面向城市数字化转型发展实际，统筹城市网联、物联、数联、智联与光联等基础设施，融合联接数据、算力、智能等资源，最大程度地发挥基础设施的乘数效应，推动城市网络互联互通、数据高效流通、业务融合互通，实现城市新型信息基础设施协调联动，各行业领域跨行业融合共享。城市“一张网”是“一网通城”理念落地实践的关键，通过城市“一张网”提供全覆盖、超智能、动态、按需的网络服务，实现智慧城市一网通办、一网统管、一网协同以及5G+、工业互联网、智能制造、个性化需求、一站式服务等各领域多跨应用场景从单向管理走向双向互动，从线下走向线上线下融合，从部门管理走向协同服务，实体空间和网络空间交叉映射。

根之茂者其实遂。新一代信息技术深刻改变着我们对世界的认知，未来将呈现出物联、数联、智联、人机物三元互联的高度智能化景象，具有无限的想象空间。“一网通城”理念以一体化的科学思维，

统筹推动数据、算力、智能等资源自由流动、灵活调度，破解城市数据互通难、算力获取难、运维管理难和重复投资等问题，释放城市向上生长空间，是落实网络强国、数字中国战略，推进城市全域数字化转型的关键抓手。

《报告 2.0》紧密结合“十五五”数字中国发展大势，充分调研各地方城市、重点行业网络建设和应用实践，提出“一网通城”的发展理念和“城市一张网”建设和运营的模式和实践案例，以期对参与城市数字化转型的相关政府部门、建设运营企业、研究机构等从业人员提供有益参考，为发展新质生产力和实现中国式现代化提供创新思想和实践指引。



国家信息中心信息化和产业发展部主任
国家信息中心智慧城市发展研究中心主任
国家信息中心未来产业和平台经济研究中心主任

目录 CONTENTS

01	一网通城是智慧城市网络基础设施高质量发展的核心理念 /1	
	1.1 一网通城的概念与内涵.....	4
	1.2 一网通城的关键特征.....	7
	1.3 一网通城加速城市数字化转型.....	9
02	城市一张网 2.0 实现一网通城 /11	
	2.1 城市一张网 1.0.....	13
	2.2 城市一张网 2.0 的新特征.....	16
03	城市一张网建设和运营模式 /23	
	3.1 投融资模式.....	26
	3.2 建设运营模式.....	29
	3.3 投建运管协同机制.....	31
04	城市光网 /33	
	4.1 概述.....	34
	4.2 城市光网建设要素.....	38
	4.3 投建运管模式及案例.....	41
05	电子政务外网 /44	
	5.1 概述.....	45
	5.2 建设运营模式.....	47



5.3 模式案例.....	50
---------------	----

06 城市算力专网 /57

6.1 概述.....	58
6.2 建设运营模式.....	61
6.2.1 建设模式.....	61
6.2.2 运营模式.....	62

07 物联承载网 /63

7.1 概述.....	64
7.2 建设运营模式.....	65
7.3 模式案例.....	66

08 城市一张网建设运营关键技术 /68

8.1 城市光网技术.....	69
8.2 数据通信网络技术.....	72
8.3 安全可信技术.....	77
8.4 网络智能化技术.....	80

09 结语 /83

附 缩略语 /84	
-----------	--



01

一网通城是智慧城市网络基础设施高质量发展的核心理念



当前，新一轮科技革命和产业变革加速演进，深化智慧城市发展、推进城市全域数字化转型，对于发展数字经济，构建数字社会具有重要的引领作用。数字政府“一网通办”“一网统管”“一网协同”“一屏统览”等应用场景层出不穷，以及不断丰富集成的套餐式服务，创新出“一码互联”“无感通办”“跨省通办”“服务找人”“无人值守”“远程指挥”“远程高清会议”等等应用在生产生活中的各类场景。

城市网络打通城市动脉联接体系，通过分布在城市的千百万甚至数亿的智能物联终端，汇聚、共享、交换数十亿条的数据，撑起城市智能体的躯干，使城市的智能中枢和智能交互，实现无缝覆盖、万物互联，以及应用的协同、数据的协同与组织的协同，释放数据和算力的潜能。

互联网经过二十多年的发展，经历了三次互联网大浪



潮，几乎彻底改变了我们每一个人的生活、消费、沟通、出行的方式，为人们建立起无所不在的联接关系。随着海量数据、设备、新兴应用等不断接入互联网，数十亿台设备（包括移动终端、计算机和传感器）可以轻松连接。有数据统计，截至 2024 年 7 月，我国物联网终端用户数达到了 25.65 亿，2025 年全球物联网活跃连接将达到 270 亿。此外，随着智能时代的到来，千行百业在人工智能技术突破中加快转型升级步伐，跨界协同创新的应用场景层出不穷，数据作为新的生产要素正在海量增加，算力成为新的核心生产力，据 IDC《数据时代 2025》报告，预计 2025 年全球数据量将达到 175ZB。在未来 15 年内，全球数据流量平均每年将增长 50%。大数据、大算力、大模型、大网络等相关基础设施持续建设，催生新的技术—经济范式，重塑产业发展方式，推动数字基础设施向互联互通、高效流转数据基础设施延伸和拓展。

互联网的不断发展和各行各业的数字化转型带来了远比传统网络更为复杂的网络业务环境，传统的为每个重要业务系统部署独立网络的建网模式使各个网络之

间协作困难，跨网络的业务功能实现困难。数字政府、工业互联网、车联网、虚拟现实等不同行业新兴业务对网络接入方式、传输速率、时延等网络性能具有差异化的要求，任何一个单一化的非智能网络都无法同时满足可靠、灵活、可扩展、安全和高收益等要求。

新一代信息技术作为驱动性的技术力量，与制造、医疗、教育、交通、农业等各领域的深度融合，不断创造出新的产品、服务和商业模式。面向城市数字化转型和社会经济结构变革的发展需求，将“一网通城”理念实践到社会经济发展全过程和各领域，通过“城市一张网”建设，构建智能化的网络体系，从网络层面打破各个网络之间协作困难以及跨网络业务系统功能协同困难的局面，真正使“一网通办、一网统管、一网协同、一网通服、一屏统览”等跨行业、跨网络业务场景在“一张网”上实现。“一网通城”理念是深入推进“一网通办、一网统管、一网协同、一网通服、一屏统览”等业务创新实践的重要基础，也是促进数据汇聚共享、推进城市各类新兴智能化的应用场景协同的重要前提。

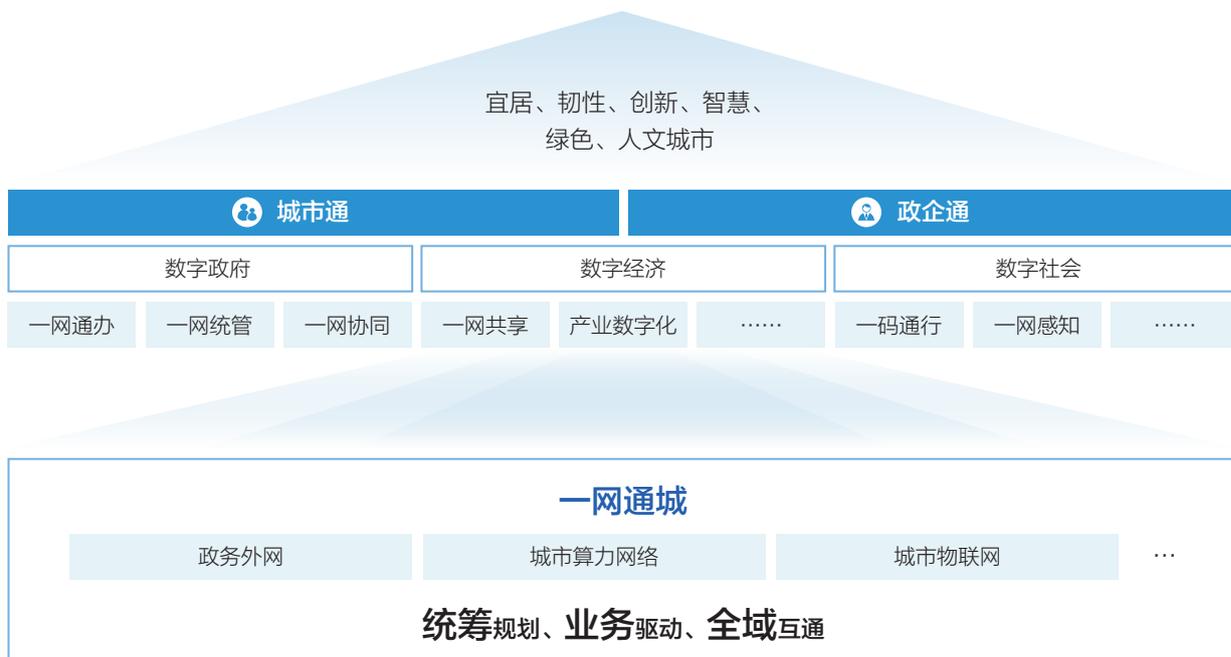


图 1-1 一网通城的价值

1.1 一网通城的概念 与内涵



“一网通城”作为城市网络发展的一种新理念，运用现代网络技术推动城市网络建设模式、运营模式、管理理念的创新发展，通过“城市一张网”建设，统筹规划新型城市信息基础设施，高效支撑“一网通办、

一网统管、一网协同、一网通服、一屏统览”等智慧城市数字政府、数字经济、数字社会各类业务应用场景。“一网通城”代表了数字时代城市数字化转型、基础设施升级、技术路线升维和商业模式的演进。

» 一网通城“一”是前提

“一网通城”坚持整体思维、统筹意识、系统观念，重点强调“一体化规划、一盘棋建设、一本账运营、一站式服务、一体安全”，实现一张网蓝图绘到底，使城市网络成为一个能够释放更大价值的完整“系统”。

一体化 规划

从整体出发，以系统科学的方法开展顶层设计和整体布局，根据城市发展战略及现实基础，以整体变革、自顶向下、面向全局，统筹规划出支撑智慧城市发展的网络基础设施顶层蓝图，真正指导城市网络的建设和可持续发展。

一盘棋 建设

以业务为驱动，通过转变现有组织方式、职责分工、机制流程、供给模式，以网络集约化建设，构建数据融合、系统互联、信息共享、业务协同、有机融合的跨域联动城市网络，打造“N网合一、一网通达、一网多用”的“城市一张网”，提升城市网络的整体性、系统性、协同性以及网络服务效能，打通部门间数据壁垒和信息孤岛，满足跨行政层级、跨行政区域、跨部门等新兴业务即插即用、跨地域无差异化体验、高效安全的需求。

一本账运营

坚持城市网络长效运营和共建共治共享原则，厘清运营与使用权责，定义标准化、菜单式的业务场景网络服务目录、体系化的智能运营平台，为用户提供灵活、便捷的网络服务采购，以及提供可管、可控、可视的全流程、全方位的资源管理、网络服务质量监控、运行监控等网络运营能力。创新运营体系、运营机制和运维方式，以长效运营推进城市网络长效可持续发展。

一站式服务

以用户为中心，通过构建标准化、可扩展、可衡量的网络服务化体系，将网络能力转变成网络服务能力，在优化网络建设的基础上，灵活适配用户网络需求，使用户可以像购买使用云服务一样，通过标准化的网络服务目录购买使用网络服务，最大程度的保障用户在任何地点、任何时间，都能获得满足业务场景需要的、标准化的高质量网络服务。

一体系安全

面向城市信息基础设施、数据汇聚、开放可能引发各类数据安全风险，联网智能终端安全、按照统筹规划、统一标准、纵深防御、协同一致、服务优先、面向未来的原则，对城市网络安全进行一体规划建设。以一张网的连通融合能力将“云网边端”的安全资源和能力集成，构建体系化的安全防护能力，确保所有安全策略的一致性和有效性，整体降低网络安全运维和管理成本。

» 一网通城“网”是基础

《关于深化智慧城市发展 推进城市全域数字化转型的指导意见》（发改数据〔2024〕660号）提出，整体性重塑智慧城市技术架构、系统性变革城市管理流程，全面提升城市全域数字化转型的整体性、系统性、协同性。到2027年，形成一批横向打通、纵向贯通、各具特色的宜居、韧性、智慧城市。

作为重要的改革举措，要求城市具备一张灵活、智能、敏捷的服务网络，为创新智慧城市数字经济、数字政府、数字社会等各领域线上线下融合多跨业务，提供互联互通、协同联动、数据赋能、安全可靠的网络服务和支撑能力，整体提升应用质效，以高水平应用促进经济高质量发展。

“网”重点是政府主导的公共服务基础网络，以提升

应用场景创新能力为驱动，通过“城市一张网”建设，联接整合城域范围内电子政务外网、物联承载网、行业专网、城市算力专网、城市光网等专用网络，向下屏蔽物理网络复杂性，向上提供基于智慧城市业务场景的标准化网络服务，向边缘侧连接城市移动端、无线端、物联感知端，构建面向未来、架构灵活、智能开放的城市服务网络。

» 一网通城“通”是核心

随着新一代信息通信技术演进发展，城市内新型信息基础设施的功能和类型更加多样，包含有5G网络、光纤宽带网络、移动物联网、骨干网络、国际通信网络、卫星互联网等网络基础设施，数据中心、通用算力中心、智能计算中心、超算中心等算力基础设施，人工智能基础设施、区块链基础设施、量子信息基础

设施等新技术设施，随着技术和应用的融合，各类基础设施的形态将更加丰富多样，网络体系结构也将更加复杂。新型信息基础设施与传统基础设施融合过程中难统筹、难融合、不协同、不平衡，设施之间跨区域、跨网络、跨行业层面发展不协调以及区域分化等

问题逐渐凸显。城市网络作为智慧城市物理世界与数字世界的联接桥梁，以“一网通城”理念，面向各类设施，统筹各方力量，推动城市内各行业领域、区域间网络互联互通、数据高效流通、业务融合贯通是实现城市智慧化发展的关键举措。

网络 互联互通

在“一网通城”通信、计算、控制、智能泛在化的理念下，城市网络连通融合构建无处不在、内生智能的连接能力，从服务于人、人与物拓展到支撑智能体的高效互联，从驱动万物互联到万物智联的跃迁，信息交互进一步从真实世界拓展到虚拟世界。

数据 高效流通

融通云、链、算、安等要素资源构建互联互通的数据基础设施，充分发挥通信网络的优势，无缝跨越多级网络，敏捷调整多元异构、超智融合的算力供给，全自动打通数据流路径，实现数据与算力弹性联接服务，以多源数据共享流通推动量变产生质变，提高各类要素协同效率，突破传统资源要素约束条件下的产出极限，释放数据新价值。

业务 融合贯通

打通底层网络，构建网络覆盖全、技术兼容好、业务能力强、无缝切换、无感切换的城市网络，通过技术融合、业务融合、数据融合以及数据流、控制流、业务流、决策流的协同联动，围绕数字孪生、未来社区、车路协同、沉浸式体验等多跨场景，推动场景间业务有机联动，实现跨层级业务的协同和跨部门业务联合调度，构建良好的数字社会生态环境，探索实现场景大联动、部门大协同、成果大共享。

» 一网通城“城”是载体

“城市”一词的本意是“城墙”（安全性）和“集市”（经济性）的综合体。城市承载着大量社会生产、生活和治理活动，承担着社会稳定运行和经济繁荣发展的双重任务，已成为新时期统筹推进数字中国建设的综合载体。党的二十届三中全会指出，要深化城市建设、运营、治理体制改革，加快转变城市发展方式。深化智慧城市发展、推进城市全域数字化转型，坚持以城市全域数字化转型统领数字经济、数字社会、数字政府建设，是加快转变城市发展方式的关键引擎和有效手段，是推动城市治理体系和治理能力现代化的

必然要求，也是促进数字经济创新发展、加快培育新质生产力的关键举措。

2024年5月，国家数据局等部委联合印发《关于深化智慧城市发展 推进城市全域数字化转型的指导意见》，标志着我国智慧城市、新型智慧城市建设迈向“体系重构、质效提升”的全域数字化转型新阶段。系统化布局、一体化推进“一网通城”，加快重塑技术架构，加速构建面向未来的城市数字底座，推进城市设施联通、数据融通、平台互通、业务贯通，全方位增强城市数字化转型支撑。

1.2 一网通城的关键特征



“一网通城”是城市网络基础设施的核心理念，为城市网络更好地支撑智慧城市高质量发展指明了方向和目标。其关键特征是：

» “1网”与“N网”统筹协同

“一网通城”通过对城市网络的统一规划、统一建设、统一管理，进行“N到1”与“1到N”的物理与逻辑重构，使城市网络走向集约化建设和服务化运营。

“从N到1”。传统的城市通信网络独立建网的模式，使各行业网络建设分散且独立，网络之间互通不畅，同时，重复性投资建设造成诸多资源的浪费和管理的困难，一定程度上阻碍了城市网络整体效能的释放，制约了新型信息基础设施间融合、协同以及均衡发展。

“一网通城”针对当前城市网络问题，从顶层设计层面对城市网络建设进行整体规划，引入新一代通信网络技术，创新网络架构体系和集约化、服务化的建设运营模式，将目前分散独立的N张“专用”网络纳入城市网络基础设施统筹考虑，构建业务即插即用、跨地域无差异化体验、一站式服务、高效安全的城市智能网络。

“从1到N”。数字孪生城市的CIM业务、一网通办的视频会议业务、一网统管的融合指挥业务、一网通办的专网整合业务，以及数字经济的算力网络业务等智慧城市核心业务场景不断丰富，不同业务对网络服

务质量、服务能力的需求愈发多元，特别是车路协同、实时云渲染、高清视频、远程手术等实时性业务的爆发，对网络带宽、时延、抖动等网络性能指标提出更高要求，“一网通城”可以根据业务需求，在物理网上实现不同业务平面的资源隔离，且每个业务平面都可以独享带宽资源，满足用户差异化的用网需求的同时，还充分高效的利用了网络资源，强化跨域网络协同，以及网络向末端移动端扩展覆盖能力。

“一网通城”通过“从N到1”和“1到N”协调统一与协同推进，实现城市网络基础设施的整体性与灵活性的统一，使城市网络在规划建设和管理运营上实现质的跨越，为未来城市网络支撑智慧城市的发展提供了完善的框架支持和拓展潜力。

» 从网联、物联走向数联和智联

随着人工智能、数字化和智能化的发展，“百模千态”已然成型，“千行万业智能化”快速成势，特别是当数据成为关键生产要素，数据中心成为数据基础设施的核心之一，为城市各领域提供算力资源，并承载着AI训练和推理，支撑各领域智能化应用。

网络设施、算力设施适应数据价值释放需要，向数据高速传输、算力高效供给方向升级发展。泛在灵活接入、高速可靠传输、动态弹性调度的数据高速传输网络，高效联接城市内边缘算力、通用算力、智能算力、超算算力等各类算力资源，高度融合算力和运力，促进算力资源之间的无缝对接与协同计算，提高整体计算效率与资源利用率，实现算力资源最优配置与动态调整。

数联和智联对城市的发展与繁荣有着深远影响，为智慧城市提供顺畅的数据流联接和澎湃的算力联接，使数据和算力象水电一样普惠、安全、易用，用户可以“一点接入、即取即用”，满足各行业数字化、智能化需求。

» 从物理域连接转向逻辑域连接

“一网通城”以业务需求和用户体验为驱动，通过网络虚拟化技术逻辑域联接的方式为用户提供端到端一站式网络服务，并以此反向驱动物理域联接的规划和建设。逻辑域连接采用虚拟专网技术在同一共用物理业务网络平台上逻辑划分出“N”个专用的虚拟网络，每个划分出的专用虚拟网络拥有独立的带宽资源，最大化保障关键业务网络质量，实现一网多用。

从物理域向逻辑域的转变，使得城市网络能够根据不同行业、业务场景的需求，不断扩展网络对业务的感知能力，通过逻辑域的建立，支持任意业务之间的互联，更好地服务智慧城市各类业务，为体验敏感业务提供有力保障。如电子政务外网专网整合，为满足不同类型业务的承载需要，各业务专网应用全量上云，原有物理专网以集约化建设方式向政务外网融合，基于现代网络技术，在电子政务外网物理基础承载网上根据原有物理专网业务需求，划分多个逻辑网络平面，

构建具有“强隔离”、“可定义”、“易管理”的差异化网络平面，破除原有“马路拉链”“空中蜘蛛网”式的专网建设方式，同时，利用政务外网的承载和拓展能力延伸“专网”能力，实现政务外网的“一线接入、按需访问”，数据在同一网络间传递共享。

推动城市网络架构由单纯的物理网架构，走向由基础物理承载网络和多个逻辑隔离的网络共同组成的业务网络架构，满足智慧城市多元化、多样化的复杂业务场景需求。同时，促进城市网络基础设施集约化建设，推动网络、算力、算法、数据、共性应用等资源共建共享，支撑各级政务部门快速灵活地调用资源，并有效降低各个单位利用各类资源的门槛和成本，避免多头重复建设，最大化地实现资源整合。



1.3 一网通城加速城市 数字化转型



智慧城市是系统打造数字中国建设综合载体，深化智慧城市发展、推进城市全域数字化转型，是数字中国整体建设布局的落地与实践。构建互联互通、协同联动、数据赋能、安全可靠的集约化网络基础设施支撑

体系，推动数字基础设施、数据资源体系以及数字技术和数字经济、数字政府、数字社会、数字文化、数字生态“五位一体”深度融合，加速推进城市数字化转型升级和社会经济的变革。

“一网通城”筑牢城市数字化转型基础设施

城市数字化转型所需的共性基础设施不仅仅是传统的网络传输、数据存储，而是向更高层次的网络和计算能力融合方向发展，迫切需要全面提升智能感知、敏捷计算、泛在互联、高效共享的共性技术能力。“一网通城”充分发挥“城市一张网”更智能、更便捷、更开放等特点，加强云原生、人工智能、大数据等关联设施同网络设施的融合，灵活调度和利用城市算力、算法、模型、工具等基础设施，打造开放兼容的共性能力支撑能力，满足城市治理、产业升级、民生服务和经济发展等各方的数字化转型需求。

“一网通城”高效支撑数据要素价值释放

“一网通城”连接综合性数据流通利用设施关联主体，涵盖数据供给方、数据需求方、数据交易所、数据服务商等，打通数据流动动脉，畅通数据资源循环，打造跨层级、跨地域、跨系统、跨部门、跨业务的规模化可信数据流通环境，满足数据要素流通所需的算力、连接、安全、合规等需求，促进数据多场景应用、跨主体复用，赋能工业制造、现代农业、跨境数字货币、数字金融、智慧医疗、智慧交通、跨境物流、航运贸易、绿色低碳等行业领域。

“一网通城”促进数字经济高质量发展

数字经济时代，传统产业数字化进程加速推进，以电商购物、网络直播、在线教育、远程医疗等为代表的新业态新模式不断涌现，如何满足快速、稳定的网络使用需求，有效连接供求双方，减少地理距离、交通成本等影响成为重点。随着网络的复杂度逐渐提升，网络频段增多、应用场景细分、性能要求提高，多种多样的消费与产业应用，都对网络提出了更高的技术要求。“一网通城”通过承载人工智能、大数据、区块链等信息技术，以数据、算法、算力为关键要素，产生多重聚变效应和辐射效应，全方位深层次地推动传统行业企业上云赋智，加快全行业数字化转型，大幅提高全要素生产效率，培育经济发展新动能。

“一网通城”加速驱动数字政府协同联动

数字政府建设打破传统政务系统界限，政务服务“一网通办”、城市治理“一网统管”、城市运行“一网协同”等多跨应用场景不断涌现。教育、卫健、环保、国土、农业等各领域各自组网、专线租赁的业务网络，既增加了建网成本，又阻碍了政务系统的打通与数据流动。“一网通城”通过集约化构建统一网络基础支撑体系，全量实时汇聚政务数据、物联数据、公共数据等，打通数据共享交换通道，为数字政府建设的应用服务、业务协同夯实网络基础，逐步打通以人、地、事、物、组织、城市部件等主题对象为核心的数据资源，支撑各级政府部门快速灵活“无缝切换”网络资源。

“一网通城”支撑普惠便捷的数字社会建设

以更智能的城市、更贴心的社会为导向，在城市管理、交通治理、生态环保、医疗健康、教育、养老等各领域提供丰富普惠的数字化公共服务，不断探索创新城市大脑、城市物联感知、政务数据可用不可见、数字采购等城市管理领域场景，智慧道路、智慧停车、智慧港口、智慧航道等交通领域场景，以及未来社区、无人配送、社区电商、数字餐厅等智慧社区场景和医用机器人、互联网医院、虚拟课堂、智慧校园等医疗教育各领域场景。通过有效统筹城市各类网络资源，打通数据壁垒、促进业务协同，有效推动各领域应用场景全时在线、跨时空共享，充分提升服务资源覆盖面和均衡普惠度。

“一网通城”促进数字文化蓬勃发展

随着数字文化不断发展，日益增长的用户流量、多元化的体验需求以及对高效管理的迫切追求，对于传统网络架构带来巨大挑战。“一网通城”作为更高质量、更高容量、更高效率的网络环境与组织模式，能够有效支撑 VR/AR、裸眼 3D、全息投影等技术在文旅中的应用，满足其大数据量、高安全性、可靠隔离、实时传输、泛在接入的连接要求，推动元宇宙旅游、虚拟展览、云阅读、数字演艺等新消费形态发展。

“一网通城”使能绿色生态城市建设

国务院印发《2030 年前碳达峰行动方案》聚焦 2030 年前碳达峰目标，要求“加强新型基础设施用能管理”。随着通信网络规模的扩大和数据传输速度的提升，通信基础设施的能耗问题日益突出，绿色低碳信息基础设施建设迫在眉睫。以通信网络设施共建共享为基本理念，通过全方位全过程的集约化布局、高效化设计和智能化运维，在最大化保障网络的可靠性、传输性能、自动化运维等性能的同时，减少网络建设的资源消耗，以更绿色的全光联接为城市的企业、家庭、个人提供泛在智能的连接服务。



02

城市一张网 2.0
实现一网通城



“城市一张网”是“一网通城”理念的实践与落地，面向数字化转型新发展阶段的新要求，“城市一张网”从城市网络体系、网络服务方式、组织方式、建设和运营模式等方面进行了改革与创新。

2023年，国家信息中心与华为联合发布了《城市一张网研究报告》，首次提出了“城市一张网”的概念和框架体系，提出面向智慧城市建设要统筹规划城市网络的顶层蓝图，实现业务驱动、统一架构、统一标准、一站式服务、一体化安全。从愿景、架构、业务、标准、机制、路径等多个维度统筹考虑城市网络的规划、

建设、运营和管理。通过“城市一张网”，实现“一网通城”从理念到落地和升级升维的正循环，持续推动城市网络基础设施的高质量发展。

在“一网通城”的理念指引下，通过不断升级和完善“城市一张网”架构体系，围绕智慧城市的关键业务诉求，解决实践中遇到的挑战和问题，形成可推广复制的模式和方案。以新发展理念为指引，引领转型发展实践，让城市网络能够在智慧城市建设和发展中发挥更大价值。



2.1 城市一张网 1.0



《城市一张网研究报告（2023年）》中提到：“科学技术的进步和数字经济的发展带来的城市治理、善政兴业惠民等方面的迫切需求，政府统筹的范围从数字政府逐步扩展到智慧城市全域，从而驱动政府统筹规划建设的信息网络基础设施，从支撑数字政府业务的电子政务外网，逐步向面向智慧城市发展提供公共性的服务网络扩展延伸。”强调运用“城市一张网”的思想统筹城市网络的顶层规划，以重点业务为牵引，统筹和协调好各部门、单位的职责分工，制定统一的城市网络基础设施架构和标准规范，推动“统筹规划、业务驱动、集约化建设，服务化运营”，以终为始，更好地指导全市维度的城市网络投资、建设和运营，发挥城市网络基础设施的“乘数效应”。

统筹 规划

城市网络规划建设要以城市数字政府、数字经济、数字社会业务发展目标为驱动，以新一代信息技术为支撑，系统科学的开展顶层设计，统筹规划，绘好发展蓝图，明确推进路线图。突出城市网络的技术可扩展性和系统开放性，能够灵活应变新应用的产生和新技术的应用，以插拔、松耦合等简单即可接入既有体系，无须对整体架构推倒重来或进行大型“手术”，以实现智慧城市有序、平稳的升级演化。

业务 驱动

城市通信网络是智慧城市的运力底座，服务于智慧城市经济社会各领域的发展，其业务也是千变万化，层出不穷，因此，城市通信网络的建设在需要分析识别智慧城市应用场景诉求基础上，匹配与之对应的网络关键业务场景，以智慧城市应用场景驱动城市网络高质量建设。

集约化 建设

面向城市数字化转型泛在性、赋能性、映射性等特点实现全面现代化和智慧化。因此，城市网络要一盘棋建设，通过集约化建设，统一标准、统一数据接口，打通部门间数据壁垒和信息孤岛，实现网络和业务系统间的横向连通、横向融合和资源的共建共享，促进跨层级、跨地域、跨系统、跨部门、跨业务的协同管理和服务。

服务化运营

基于长期以来“重建设、轻运营”的建设短板，城市网络的建设同样迫切需要走向服务化运营，通过运营来解决可持续发展问题。未来智慧城市的规划建设一定要以运营为主，具有内生的造血功能，才能够行稳致远。构建面向服务化运营的城市网络架构体系，释放数据与算力潜能，支撑智慧城市系统和应用的持续优化。

“城市一张网 1.0”系统化的定义了“1+3+N”的层次化网络架构，即“一个平台、三张虚拟网、N 张物理网”共同构成“三位一体”城市网络智能体。三者之间既具备独立性、相关性和整体性，又可以在各个功能层面分层解耦，协同配合，基于统一的标准和规范，既保证了架构的稳定性，又保持了网络架构的灵活性，从商业和技术双轮驱动网络架构功能模块的升级迭代。

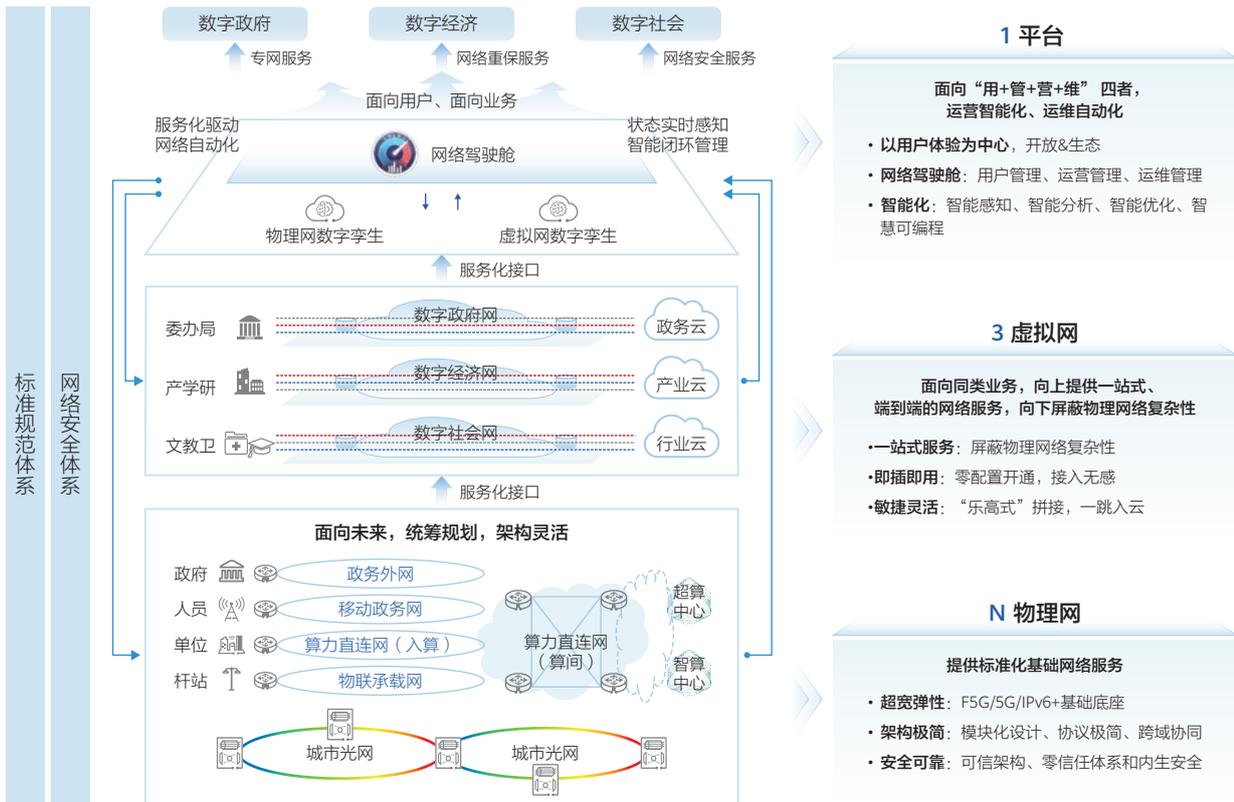


图 2-1 城市一张网 1.0 架构

1 平台：位于架构中最上层，即网络驾驶舱，赋予网络可视化、自动化、智能化的能力，以网络数字孪生为底座，通过数字化的手段构建数字网络，实现对逐渐复杂的物理网络的智能化管理、分析和优化，面向用户提供统一的服务入口、统一的网络服务目录，提供数字化实时、按需、全在线、自助、用户社交化参与的服务体验；面向管理者、运营者和运维者，实现资源可视化、运营智能化和运维自动化，构建数字化的闭环管理。

3 张虚拟网：位于架构中间层，即虚拟网络，为用户提供“N 网合一”的一张网服务，是网络服务供给模式的升级。虚拟网面向智慧城市数字经济、数字政府和数字社会等业务领域应用场景，根据用户应用场景跨越不同物理网络的业务需求，屏蔽底层物理网络的差异性和复杂性，为用户提供一张端到端的专用的虚拟网络，实现网络服务一站式受理、业务端到端开通和保障，确保业务的敏捷性和用户服务的便利性。虚拟网络层可以根据实际由不同的运营主体负责运营。

N 张物理网：位于架构最底层，即城市网络基础设施（各类物理网），包括城市光网、政府和企事业单位为支撑智慧城市投资建设的专网以及电子政务外网、算力直连网、物联承载网等物理网络。目标是实现公共资源利用效率的最大化，既完成网络基础设施的公共服务属性，同时兼顾合理的投资收益，实现商业正循环，持续创造更大的社会价值和经济价值。需要按照“城市一张网”顶层架构体系，定义物理网的层次关系、级联关系，对不同功能的多张物理网整体规划和部署，统一建设标准、统一安全管理，定义网络边界，明确多网协同机制等，让多张物理网的规划、建设、维护和协同趋于统一，筑牢城市网络基础设施底座。

2.2 城市一张网 2.0 的 新特征



习近平总书记指出，“数据是新的生产要素，是基础性资源和战略性资源，也是重要生产力”。国家数据局成立以来，围绕深化数据要素市场化配置改革，强化顶层设计与制度建设，研究起草了一系列关键制度和规则文件，旨在将我国海量数据优势转化为国家竞争新优势。在具体实施过程中，做出了加快推动数据基础设施布局，为数据要素的高效流通提供基础保障，统筹加快推进数字中国、数字经济、数字社会建设，深化智慧城市发展，推进城市全域数字化转型，推动

共享数字红利，提升数字社会获得感等一系列的工作部署。全国各地也积极探索促进数据合规高效流通使用的模式，建立数据利用的多应用场景和模式，以期更好释放数据要素价值。

在以大数据与人工智能驱动新经济发展的背景下，一系列的改革举措驱动城市网络从传统互联、物联向以全光连接为基础的数联、智联转变。

数联：即数据要素联通，目标是加速数据跨层级、跨地域、跨系统、跨部门、跨业务的规模化高效可信流通利用，让数据“供得出、流得动、用得好”。

2024 年国家数据局印发的《数据基础设施建设（试点试验）任务书》，在建设目标中明确，聚焦数据流通利用环节，围绕“低门槛接入、大规模流通、高效安全利用”等目标需求，推动数据汇聚、处理、流通、应用、交易等功能有序高效运转，形成开放兼容、可信共享、互联互通的数据流通利用网络；聚焦“数据流通利用全流程可信可控”目标，构建安全可控、互操作性强的数据空间数据流通利用基础设施。坚持目标导向推进建设，发挥政府指导作用，统筹数据基础

设施总体规划和加快推动构建协同联动、规模流通、高效利用、规范可信的数据基础设施服务体系。

数据作为第五大生产要素，是数字化、网络化、智能化的基础，已快速融入生产、分配、流通、消费和社会服务管理等各环节，深刻改变着生产方式、生活方式和社会治理方式。2024 年 5 月，国家发改委、国家数据局等联合印发《关于深化智慧城市发展 推进城市全域数字化转型的指导意见》中提出：“以数据融

通、开发利用贯穿城市全域数字化转型建设始终，更好服务城市高质量发展、高效能治理、高品质生活，支撑发展新质生产力，推进中国式现代化城市建设。”《“数据要素×”三年行动计划（2024-2026年）》

中提出：“要优化城市管理方式，推动城市人、地、事、物、情、组织等多维度数据融通，加强区域协同治理，推动城市群数据打通和业务协同，推动智慧城市群共建共治。”

智联：即智能和算力的连接，目标是构建海量数据、高效算力、泛在智能之间的互联网络，为每个人、每个家庭、每个组织带来智能。

数据经济的发展推动海量数据产生，海量数据的处理需要云、边、端协同的强大算力和广泛覆盖的网络连接。国家已经陆续出台系列举措，加快构建以算力和网络为核心的新型信息基础设施体系。2023年12月，国家发改委、国家数据局、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局联合印发《深入实施“东数西算”工程 加快构建全国一体化算力网的实施意见》中不仅提出“构建联网调度、普惠易用、绿色安全的全国一体化算力网”，还提出“探索开展城市算力网建设，实现国家枢纽节点算力资源与城市算力需求高效供需匹配，有效降低算力使用成本。”“连点成片”推动全国一体化算力网渐进式落地，最终形成全国算力“一张网”。

《实施意见》中还提出：“到2025年底，1ms时延城市算力网、5ms时延区域算力网、20ms时延跨国家枢纽节点算力网”的建设目标。一些地区和城市在城市

光网建设基础上，在不断提升网络带宽的同时，网络时延和使用资费也在逐渐降低，初步实现1ms时延城市算力网、5ms时延区域算力网，东西部枢纽节点间网络时延基本满足20毫秒时延要求，一些长距离传输的重点线路算力使用成本也在大幅下降。网络带宽和网络时延均极大的影响用户使用算力的成本和使用体验，尤其在一些人工智能模型训练场景中，极易出现高带宽用不起，低带宽等不起的局面，甚至是装满硬盘的卡车在高速上狂奔现象。因此，支撑城市数字经济发展需要建设一张满足算力资源互联互通和便捷访问的“智联”网络，通过弹性网络能力和标准化架构接口实现业务和数据流动互通，进而打造智能感知、高速弹性、安全绿色、先进普惠的算力互联网，面向政府、科研机构、高校、企业等算力需求方提供普惠、安全、高效的算力专用网络服务，实现城市算力“即取即用”，释放算力需求。

光联：城市光网是智慧城市的关键数字基础设施。无论“数联”还是“智联”，都离不开“光联”，城市光网与水网、电网、气网、路网等传统基础设施处于同等重要的地位，是智慧城市的第5张基础网（水、电、气、路、“光”），服务于数字经济、数字政府、数字社会各领域建设。作为智慧城市的第5张基础设施网，城市光网有以下特征：

超大带宽，超高安全，综合承载
(城市全光“地铁”)

城市光网的建设要满足多业务综合承载、超高安全、超大带宽特征。通过波分技术可以实现每个波长最多可承载 800G，一根光纤可以承载 100T 超高带宽。同时波分技术支持多层硬隔离技术，每个隔离的管道类似城市地铁，独享轨道，互不干扰，安全运行，在具备综合业务承载同时，也保障了业务超高安全。

超低时延，毫秒级城市时延圈
(城市全光“立交桥”)

伴随城市发展，城市治理、数字孪生、行业算力等应用在城市应用中将大规模普及，海量的数据分析，算力网络互联，对时延要求越来越高。城市光网一跳入云，提供毫秒级低时延，将助力政府进行城市治理和数字经济发展。

上述新特征驱动“城市一张网”架构体系从 1.0 升级到 2.0，引入新的网络建设内容，以及更加规范性、系统性和创新性的网络建设和运营模式，更好地实现“一网通城”的网络互联互通、数据高效流通、业务融合贯通。“城市一张网 2.0”架构体系较 1.0 架构体系变化如下：

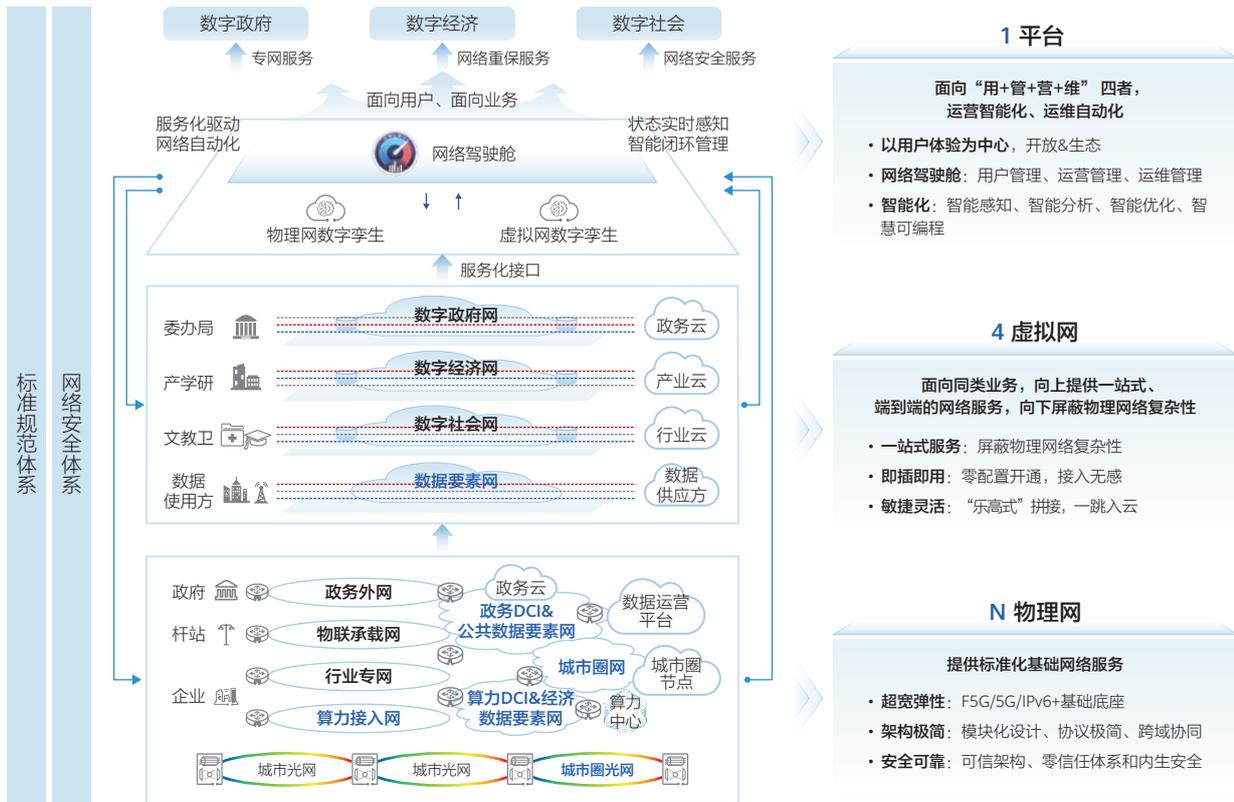


图 2-2 城市一张网 2.0 架构

» 1 平台

网络驾驶舱更智能、更开放：围绕“三零三自”（零等待、零接触、零故障、自配置、自修复、自优化），网络驾驶舱持续提升平台的智能化和自动化能力，基于各类业务运营平台多样化、多元化的对接需求，接口开放性进一步提升，最大程度上实现一体化协同运营。

面对“数联”“智联”“光联”等新特征带来的更加丰富的业务场景和更加高的用户体验诉求，网络驾驶舱在智能化和自动化能力提升基础上，提供了更加丰富的网络服务目录，用户能够更加便捷、简单、高效地获取网络服务。

» 虚拟网

新增数据要素虚拟网：为更好地促进数据要素流通，聚焦“数据流通利用全流程可信可控”，在架构中间层虚拟网络中新增了数据要素虚拟网，在数据流通的授权管理、制度保障、运营机制、可信安全等基础上，为数据使用方和数据供应方之间搭建高速数据通道，打破数据跨网协同难、数据互联互通的堵点和断点，确保数据传输的安全性和效率，实现多网的按需调度和协同，使数据流通更加便捷高效，赋能千行百业的数字化进程。

基于数据要素虚拟网建设，目前各城市数据局作为数据要素的主管部门，针对数据要素整体及数据要素网的相关环节发布要制订更详尽的规章制度，以指导相关工作的有序开展。

01 配套政策保障：根据全流程处理、各环节分类的思路，对全流程、全环节网络基础设施进行梳理，明确所亟需的配套政策，确定责任主体和时间窗口，形成相应的配套政策，包括运营机构的资质要求和资金配套政策、建设资质等要求。

02 制度体系保障：考虑数据基础设施建设主体责任制度、数据基础设施运营主体责任制度、数据基础设施建设标准规范及遵从制度、数据基础设施合规及安全责任制度等各种和基础设施建设、运营、管理等相关的制度。

03 发布制定标准：数据基础设施的相关标准，如高性能可靠网络标准、基础设施安全标准；数据流通及基础设施运营活动标准，包括数据基础设施的运行、运维、运营、安全等；数据流通活动监管过程标准，针对各类数据流通活动的监管过程中合规性标准，数据流通安全监管标准等。

04 运营主体保障：考虑公共及市场环节运营主体和运营内容，明确所需要的相应软硬基础设施和相关的运营配套。针对各个环节、各种类型网络清晰定义运营主体、运营机制等。

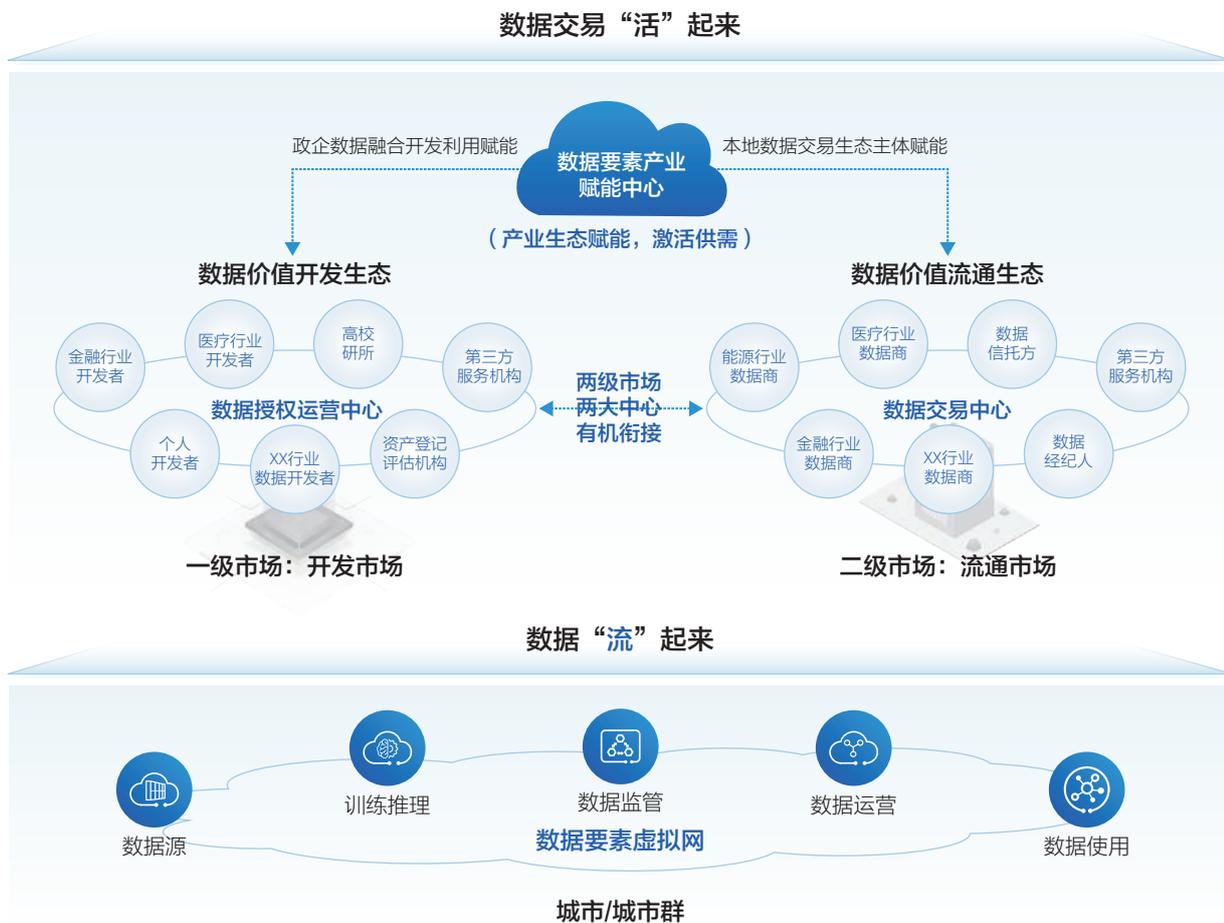


图 2-3 数据要素虚拟网

建设数据要素虚拟网，各地数据局需要在对网络进行统筹规划，指导建设分布式互联、跨域互通、安全可信的数据流通利用的城市光网络基础上，从数据供需层面，通过数据要素虚拟网实现端到端、一致性的网络流通体验，即数据要素“一张网”；落实到网络建设层面，即从全市维度按照“一网双域”的原则来指导建设。

政府公共数据域：由数据局直接投资建设，可与政务外网合建，满足数据不出域的要求，确保政务域数据和公共数据要素的数据流通安全、可信、可管、可追踪，并可访问算力中心的政务专区资源，实现对公共数据的加工和利用。

科创经济数据域：主要为服务于科研创新和数字经济发展提供网络联接服务，可与城市算力专网合建，为数字经济发展提供数据通和算力通的网络基础设施。

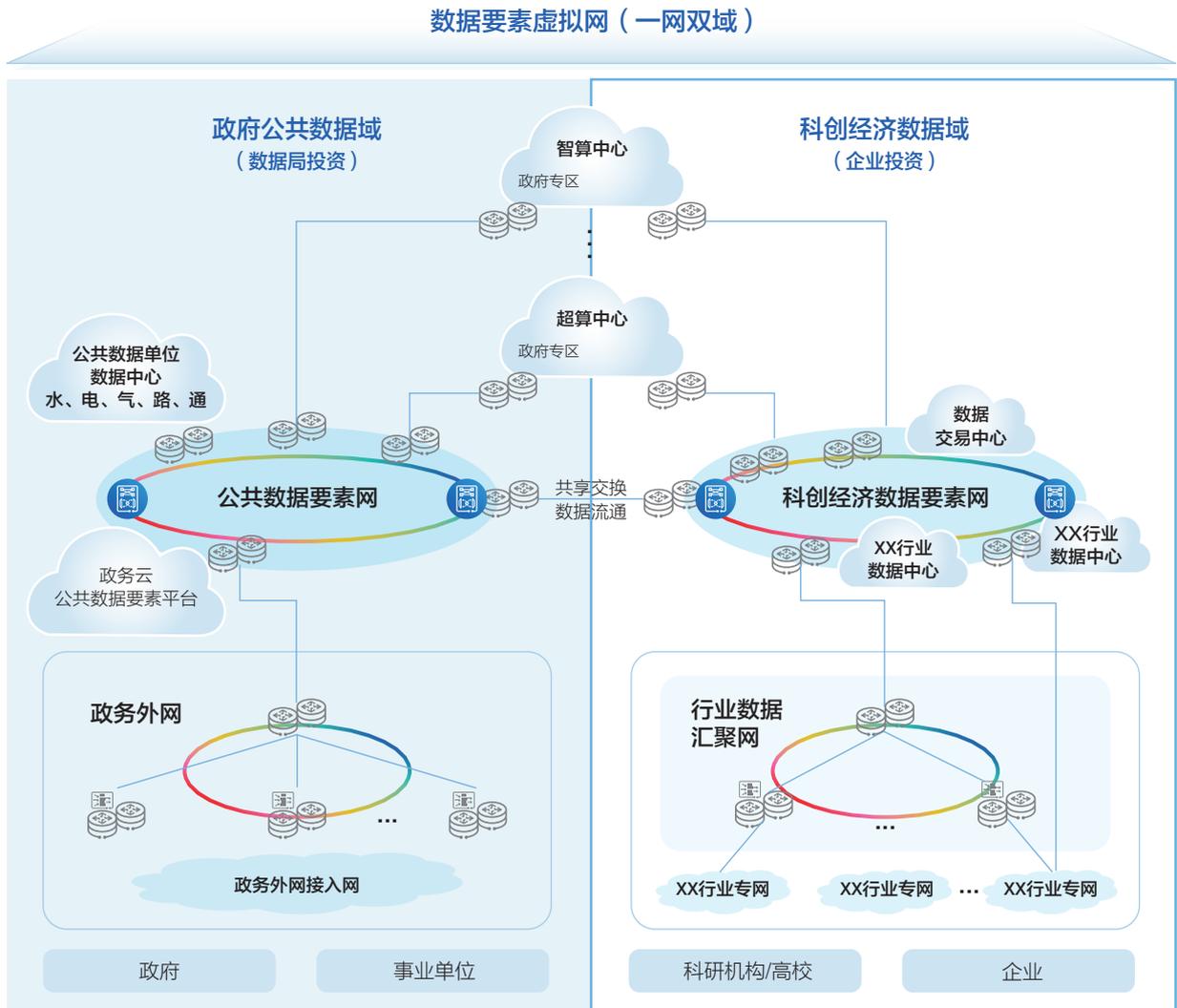


图 2-4 数据要素网的一网双域建设模式

» 物理网

新增政务 DCI & 公共数据要素网

面向加快公共数据资源开发利用，着力释放用数活力，全国多地在电子政务外网改造中新增政务 DCI & 公共数据要素网，打通数据在多个政务云、数据交易中心、存力中心、智算中心、超算中心等数据中心之间流动通道，通过数据中心、算力中心的直连互通，构建更安全、可靠、韧性的高速网络通路，实现公共数据要素和算力之间的高效协同，也为政务大模型、城市数字孪生、公共数据要素流通等提供了无阻塞的网络支撑。

新增算力 DCI & 经济数据要素网

各行各业数字化进程持续加速，人工智能、数字孪生等技术迅速发展，对算力，尤其是高性能算力的需求呈爆发式增长，很多城市投资建设了智算中心、超算中心等算力资源，目的是算力成网和算力并网，避免形成算力孤岛。通过 DCI 网络改变传统的点（算力中心）和线（专线）的算力间点到点联接模式，解除单算力中心受机房环境、用电等限制，高效整合利用多算力资源，减少重复投资，为行业云、产业云和算力中心间搭建超宽低时延互联互通专网，通过高速互联的网络，应对算力需求的快速增长。

新增算力接入网

随着人工智能带来的算力需求的大爆发，仅仅依赖运营商的公共通信网，已经全面无法满足用户的需求，甚至限制和压抑了用户对算力资源的使用。因此，政府牵头，就像修路和修地铁一样，建设“市政化”的算力接入网，提供普惠、便捷、安全的公共网络服务成为必然选择，让用户用得起和放心用，实现“一点接入、即取即用”。

新增城市圈网

智慧城市由城市一体化向区域一体化发展演进，以深圳为代表的深圳都市圈，已经率先推动由中心城市深圳牵头，统筹推进城市圈网络基础设施一体化建设，促进各类要素自由流动，实现区域间数据资源共享流通、公共服务便利共享。

城市光网从可选变成必选

数联和智联带来超大流量、超低时延、弹性无损、高安全等网络诉求，城市光网的普惠价值和光纤传输效率的放大效应更加凸显，成为城市网络建设的必选项。同时为满足业务发展需要，从市级向区级下沉、从市域向城市圈延伸、新建无阻塞全光交叉的 DCI 光网正在成为新的发展趋势。



03

城市一张网 建设和运营模式



网络基础设施作为基础性数字公共服务基础设施关系国计民生，其公共属性强、社会效益大，同时建设资金投入也较大，需要根据项目建设需求进行投资方式和建设运营模式的选择。特别是不同城市发展实际、建设基础均存在较大差异性，处于不同地域的城市以及城市规模的大小等因素，使得城市内部不同网络的覆盖范围、网络边界、实施主体、标准规范、投资运营等也存在很大差异。因此，选择合适的投资建设运营模式至关重要。

结合城市网络的属性和特征，城市网络在建设中存在以下核心诉求和关键变化：

01

具有公共服务属性的基础设施

《关于推动新型信息基础设施协调发展有关事项的通知》（工信部联通信〔2024〕165号）文件中将新型信息基础设施定义为基础性数字公共服务的基础设施。城市网络作为城市内基础性的数字公共服务的基础设施，具备同其他类基础设施同样支撑国民经济与社会发展的属性和组织、系统、机构、网络等体系属性。鉴于基础设施建设中存在的问题，城市网络建设需要注重创新规划、设计、建设、运营、维护、更新等各环节发展模式。

02

鼓励政府和社会资本合作

《国务院关于创新重点领域投融资机制鼓励社会投资的指导意见》中指出，要“吸引民间资本加大信息基础设施投资力度”“通过投资补助、基金注资、担保补贴、贷款贴息等方式，支持社会资本参与重点领域建设”。国家《算力基础设施高质量发展行动计划》《深入实施“东数西算”工程 加快构建全国一体化算力网的实施意见》《关于深化智慧城市发展 推进城市全域数字化转型的指导意见》《关于推动新型信息基础设施协调发展有关事项的通知》等一系列涉及新型信息基础设施建设的文件中均提到“政府和社会资本合作”。近几年，国务院、国家发展改革委、财政部连续发文，进一步规范政府和社会资本合作项目投融资操作，鼓励和吸引社会资本，特别是民间投资，以合资、独资、特许经营等方式参与建设及运营，为智慧城市建设优化投融资环境、规范资金使用、提高资金利用效率、解决建设资金问题提供政策指引。

03

持续提升网络服务能力和探索服务化供给模式

《关于深化智慧城市发展 推进城市全域数字化转型的指导意见》，明确要求“推进适数化制度创新”。城市网络作为城市内基础性的数字公共服务的基础设施，要从服务城市数字化转型方面考虑，在服务主体理念、知识、能力以及服务供给方式、管理运营模式等方面进行制度创新，适应数字化变革要求。

因此，城市网络的建设不仅仅涉及技术层面，还需要结合城市网络作为城市内基础性的数字公共服务的基础设施一些特征和属性，从投资、建设、运营、管理模式以及机制创新等方面系统性规划，明确价值、目标架构、责任界面、商业模式、协同关系、标准规范等等，从而实现网络全生命周期的健康有序可持续经营和运转。



图 3-1 城市网络投资、建设、运营、管理的关系



投资模式：明确立项目标和各方责权利关系，确定投融资方式，支撑科学决策。



建设模式：明确建网的基本原则，确定技术方案，定义标准规范，确保可持续演进和领先性。



运营模式：提升网络服务能力，并面向用户提供网络服务，支撑智慧城市业务发展和最佳体验。



管理协调机制：政府统筹，制订相关政策、机制、规范等，全生命周期监控网络基础设施的运行情况。

3.1 投融资模式



近年来，国家一直在不断深化基础设施投融资体制改革，陆续出台了一系列相关政策文件，推动创新投融资模式，激发民间投资活力，在改善公共服务、拉动有效投资方面起到了一定作用。特别是在：

《关于规范实施政府和社会资本合作新机制的指导意见》（国办函〔2023〕115号）中对与社会资本合作的项目应采取的模式和经营方式的做了指导，明确提出：“政府和社会资本合作应全部采取特许经营模式实施，在合同中明确约定建设和运营期间的资产权属，清晰界定各方权责利关系。”“政府和社会资本合作项目应聚焦使用者付费项目，明确收费渠道和方式，

项目经营收入能够覆盖建设投资和运营成本、具备一定投资回报，在项目建设期对使用者付费项目给予政府投资支持；政府付费只能按规定补贴运营、不能补贴建设成本。”

城市内网络除运营商建设和运营的公共通信网络外，还有政府、企事业单位等政府和企事业单位为支撑智慧城市投资建设的专业服务网络，如电子政务外网、算力直连网、物联承载网等等物理网络，这些网络根据用途和性质大致分为两类，服务于政府企事业单位日常生产经营的网络和面向全社会数字经济发展提供普惠服务的网络。

服务于政府企事业单位日常生产经营的网络非经营性项目

01

主要是服务政府企事业单位日常办公业务，如电子政务外网，政府部门日常办公和服务数字政府业务的没有收益的专有网络。由财政全额投资，政务外网是典型的非经营性项目。

面向全社会数字经济发展提供普惠服务的网络准经营性项目

02

服务于城市数字经济发展和数字孪生城市建设，为数字化转型提供专业服务的公共性网络，如城市算力网、数据要素网、城市物联网等等。这类网络具有一定的公益性和可持续开发运营的特性，便于企业花费较低的成本即可享受到专业的网络服务。未来通过可持续的运营，逐渐形成成熟应用场景和运营模式，为运营企业带来可持续发展的运营收益。

当前，投融资模式多样化。《关于进一步做好社会资本投融资合作对接有关工作的通知》（发改办投资〔2022〕233号）文件中提出：“要结合当地实际，在依法合规的前提下创新性地开展工作，积极探索新的投融资模式。”“支持企业创新投资方式方法。”“认真学习借鉴先进地区创新投融资模式的有效做法。”通过创新投融资模式，充分调动各类社会资本的积极

性，合理扩大有效投资。

结合社会资本投融资合作文件精神，从政府行政单位参与深度的角度，即政府公共产品和服务供给市场化程度，大致将由政府投资或主导参与项目的投融资模式大致分为三类：

政府主导投融资模式

01

根据资金来源大致分为政府直接投资的模式和政府债券模式，均是由本地政府行政部门主导作为建设单位。

政府直接投资的模式。政府行政主管部门全过程控制主导，使用上级专项资金和本级财政配套资金投资，通过传统承包方式选择施工单位建设，在建设管理阶段委托专业单位进行代建管理。如电子政务外网网络建设、升级等。

政府债券模式。使用一般债或专项债券资金和本级财政配套资金全额投资，招标施工单位建设公益性强或有一定政府基金或专项收入的政府投资的基础设施公共服务项目，如数据要素网、城市算力网、城市物联网等网络建设。

政企合作投融资模式

02

《关于规范实施政府和社会资本合作新机制的指导意见》（国办函〔2023〕115号）文件中提出：“政府和社会资本合作应全部采取特许经营模式实施，在合同中明确约定建设和运营期间的资产权属，清晰界定各方权责利关系。”特许经营模式资金来源十分多元，重点是发挥社会投资的资金优势，以及建设运营管理优势。

国企主导投融资模式

03

大致分为经过政府授权投资实施或企业自主投资实施两类。国企直接投资模式主要投资到非基础设施公共服务领域。

国企授权投资模式。政府直接授权或招标授权国企单位，使用企业自有资金或融资金投资建设的公益性固定资产投资项目，实质上属于“名企实政”项目。如某市正在规划建设的城市算力专网，市政府授权市属国资企业负责网络的建设和市场化运营，政府给予政策支持的同时，向重点扶持的本地科技创新企业提供网络服务补贴和政策倾斜。

表 3-2 专项债与银行融资对比表

比较条件	专项债融资	银行贷款融资
借款人	政府	企业
融资规模	较大 单个债券融资规模不低于 2000 万， 大部分过亿	不限
资金期限	1-30 年	20 年以内，一般 10 年左右
融资周期	6 个月 -1 年 项目立项到发债完成	6-9 个月
资金成本	3.5% 左右	4%-4.5%
还款来源	项目自身收入 + 土地出让收入 + 政府补贴收入	项目自身收入 不能包含政府补贴等涉及隐性债资金
抵押担保条件	不涉及	母公司担保，土地设备抵质押
财务测算要求	1.2 倍 项目可用于还本付息的净收益与项目总融资 本息之间原则上满足覆盖倍数的要求	1.3 倍 偿债备付率（当年项目还款现金流合计 / 当 年项目还本付息 *100%）
特别要求	申请有时间窗要求	条件满足随时可以申请

3.2 建设运营模式



建设运营模式结合重点项目建设的基础现状和运营条件的成熟程度，分为“委托建运”和“授权建设 + 市场运营”两种模式。

» （1）委托建运模式

“委托建运”模式主要面向政府主导投融资模式的电子政务外网项目，各部门结合自身需求通过购买服务、委托代建、建设—移交—运营、委托运营等方式向运营公司购买城市网络服务、网络基础设施的委托建设与维护。

如武汉市政务外网委托运营商代为建设和运营，政数局按年向运营商购买网络服务，从而实现管运分离，政府单位做好服务评估和管理，运营单位指派专业的建设和运营团队，提供专业化的网络服务。

» （2）授权建设 + 市场运营机制

“授权建设 + 市场运营”模式主要面向政企合作、国企授权投资模式的服务于经济社会发展的专业性公共服务网络项目，通过多种方式开发市场化运营，具体运作方式可根据项目实际运作情况灵活开展。运营单位按照市场化运营机制运作，在实现了可持续运营，同时不断提升服务水平，满足了普惠、安全、高效的网络诉求。运营收益主要来自使用者付费。

结合智慧城市新基建项目建设运营过程中的藩篱堵点、相关城市经验借鉴，建设过程中还应遵循以下原则：

01 顶层规划设计

以“一网通城”理念为指导原则，基于智慧城市的顶层设计和业务诉求，制订城市网络的顶层规划，各建设单位应遵循统筹约束设计，集中部署、分工推进，实现目标一致、功能协调、架构统一、资源共享和业务协同的目标，保障城市网络一体化与高效化建设。

02 网络分层建设

在技术层面，城市网络包括光纤网络、光传输网、数据通信网等多层网络，不同层网络因为资源获取、网络建设和运维能力的不同，一般会由不同的建设主体承担，层与层之间分层解耦，同时上下层之间也要满足承载要求。

03 网络分级建设

由于分级财政是国家预算管理体制的基本内容，因此城市网络的建设也是在分级财政的框架下，一般是按照行政区划范围来分级建设，满足各级公共服务承载诉求。但也存在统分结合，统筹推进的“能统尽统”“应统尽统”等大一统建设原则，从而最大程度实现资源的共建共享，满足业务的端到端服务要求。

04 模块化、标准化建设

城市网络接入的用户场景、业务类型多样化，为了实现资源效率的最大化，建设架构的标准化和模块化非常重要，乐高式模块化建网，可以有效提升网络建设和升级演进效率；通过标准化建网，提升单域和跨域协同效率，实现一站式端到端服务，以及一致性用户体验。

05 多网协同机制

网络建设是分层分级的，而城市网络业务需求却是端到端的，必须在建设时就要考虑到多网协同机制，避免形成堵点、断点，实现数据的畅通和业务的拉通，提升运维效率和用户体验。

3.3 投建运管协同机制



城市网络的投资、建设、运营是一项系统工程，需要建构一整套完善的全流程机制，涉及政府主管单位、网络运营单位、网络建设单位和用户之间的协同机制，确保公共价值和商业价值的共赢和可持续良性运转。

同时，不同的城市网络，由于定位不同，决定了其投资、建设、运营和管理模式存在差异性，需要通过不同模式的组合，形成匹配不同网络可持续发展的投建运管机制。

强化管理部门“体系”合力

构建“大生态”

“一网通城”落地实施涉及投资、建设、运营、管理等多个环节，目前尚未形成统一的、跨行业的管理制度、标准，部分管理制度空白，各环节责任划分不明确、信息共享不畅等问题。各地政府主管单位如数据局、工信局等从智慧城市建设整体角度出发，将“一网通城”纳入全域数字化转型发展全局，从横向、纵向梳理事权，制定行动计划、年度工作要点，界定政府定位、职责、权力等，明确企业责任、鼓励措施、考核办法等，形成时间表、路线图，确保各项工作落地见效。注重开放协作，持续优化城市网络发展生态，围绕“城市一张网”建设，建立规划设计、建设实施、运营管理一体化体系，并不断完善“一网通城”发展生态，形成更大发展合力。

发挥投资资金“活水”作用

灌溉“试验田”

对城市网络项目投融资模式、建设方案、运营机制等的全面设计，创新投建运管的融资模式，拓展融资渠道，充分激发政企合作机制的潜能。建立政企合作机制，引入社会资金，包括政府和社会资本合作（PPP）、债券发行、银行贷款等融资机制，改善供需关系，积极利用投、贷、债等组合，通过中央预算内投资、超长期特别国债等手段，将“城市一张网”建设作为加强城市全域数字化转型“两重”项目储备，探索城市网络共建共享机制。

发挥试点示范“头雁”作用

激活“大雁阵”

“一网通城”作为全域数字化转型的重要支撑和典型应用场景，统筹组织实施“一张网”建设，综合形成“一本规划”、“一张蓝图”、“一套指标体系”、“一个平台”、“一套考核机制”等“五个一”工作机制，确保“一张网”建设“可落地、可决策、可实施、可评估、可考核、可监督”，凝练形成切实可行、真实有效、可复制可推广的具体做法，有利于创新数字化改革配套机制，激发数字化变革动力，推动数据共享、流程再造、制度重塑。

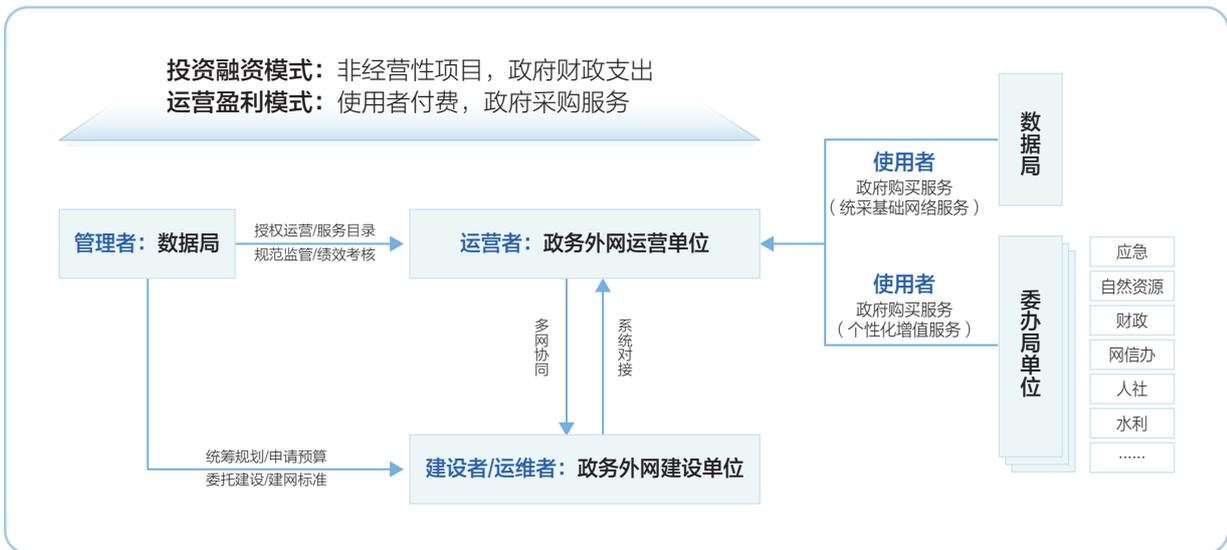


图 3-3 典型的政务外网投建运管协同机制

以电子政务外网建设为例，由于政务外网是支撑数字政府建设的基础网络，属于非经营性项目，主要依靠政府财政投资建设。在建立投建运管协同机制的时候，各地数据局作为数字基础设施的主管单位和责任主体，负责统一管理和统筹规划建设并统一采购政务外网服务。目前各地陆续成立负责政务外网的运营单位，统一负责全网的端到端运营，并基于服务目录开展运营工作。为了更好地服务于各个政府单位，除了满足统采的基础网络服务，也鼓励运营者积极开发增值服务，从而更好满足各个委办局个性化的需求，提升用户体验，加速专网整合进程，提升资源利用效率和服务能力。



04

城市光网

4.1 概述

城市光网以光纤传输为核心，与传统的城市通信网络不同，城市光网具有超宽带、大容量、低时延、高可靠等特性，是新型信息基础设施的联接底座，满足上层应用海量数据传输多样化的需求。城市光网作为基础性数字公共服务基础设施，是城市的第 5 张基础公共

服务网，与城市水网、电网、气网、路网等传统基础设施处于同等重要的地位（简称：水电气路“光”），是智慧城市的关键数字基础设施，支撑从服务数字政务到服务智慧城市，并具备政府统筹基础性、公共服务性、可持续运营性、适当超前性等四大特征。

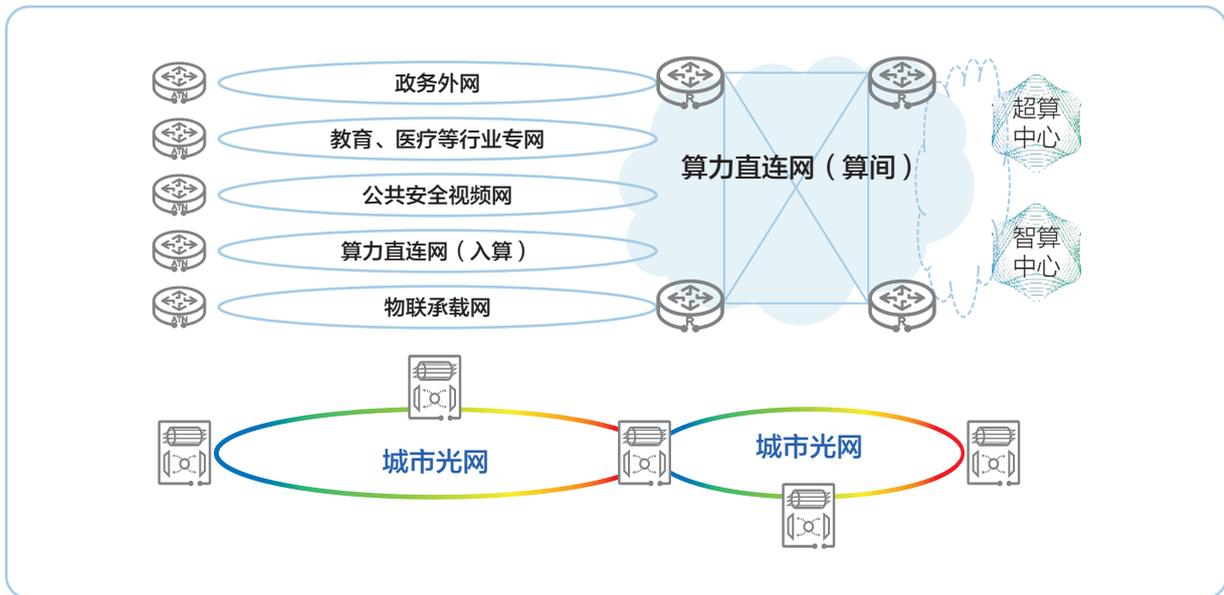


图 4-1 一张城市光网底座 + N 张业务网

» 城市光网建设由“可选”变成“必选”

随着数字中国建设的深入开展，数据已成为新的生产要素，驱动以智慧城市为载体的城市全域数字化转型，加速城市业务从数字政务、数字治理等基础数字化业务，走向以数据要素、城市算力为主体的新型智慧化业务。“数联”“智联”业务的发展，正推动以城市光网为基础的“光联”由可选变成必选。

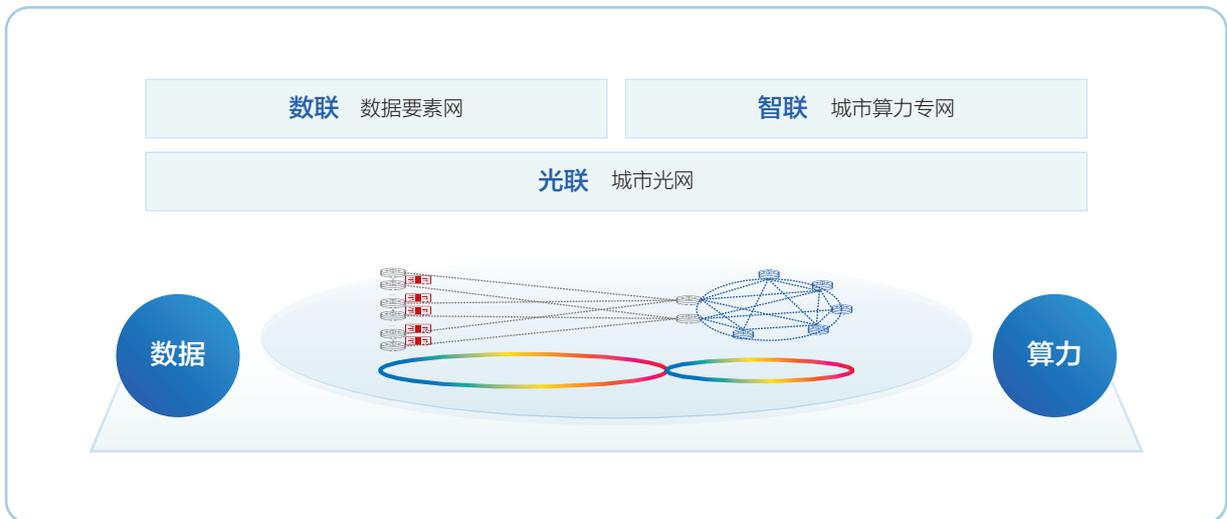


图 4-2 “光联”助力“数联”和“智联”

以数据要素为基础的“数联”

需要光网底座支撑数据安全可信流通

数据要素的价值释放，需要数据源端能够被准确收集、数据管道能够安全可信流通、数据平台能够高效存储 / 分析 / 应用，实现数据要素的“供得出、流得动、用得好”。其中，在“流得动”部分，具备安全可信、超大带宽、持续演进的光网底座是其价值释放的关键。

安全可信：数据要素中包含了大量的敏感信息和商业机密，这些数据的泄露可能会给个人、企业和社会带来严重的损失。因此，需要高安全的网络确保数据的安全可信流通，最终实现“数据可用不可得”“数据可用不可见”。基于硬管道技术的城市光网，可保障不同类型的业务数据物理隔离，同时，采用国密或量子加密技术，可实现明文数据和密文数据分开流通，有效保障数据安全。

超大带宽：数据要素的数据类型多样，不仅包括结构化数据，如数据库中的表格数据，还包括半结构化和非结构化数据，如文本、图像、音频、视频等。特别是非结构化数据，需要网络具备更高的带宽能力。同时，随着物联网、5G 通信技术的普及，各种设备和传感器将不断产生大量的数据；基于大模型的企业业务数据、科研机构实验数据也将不断增加。可以预见，在数据要素时代，各类数据量将持续保持高速增长态势。基于 OTN 高速光网络技术，城市光网可以提供超大带宽能力，保障数据的高效流通。

助力数据流通安全可靠、可控、可证

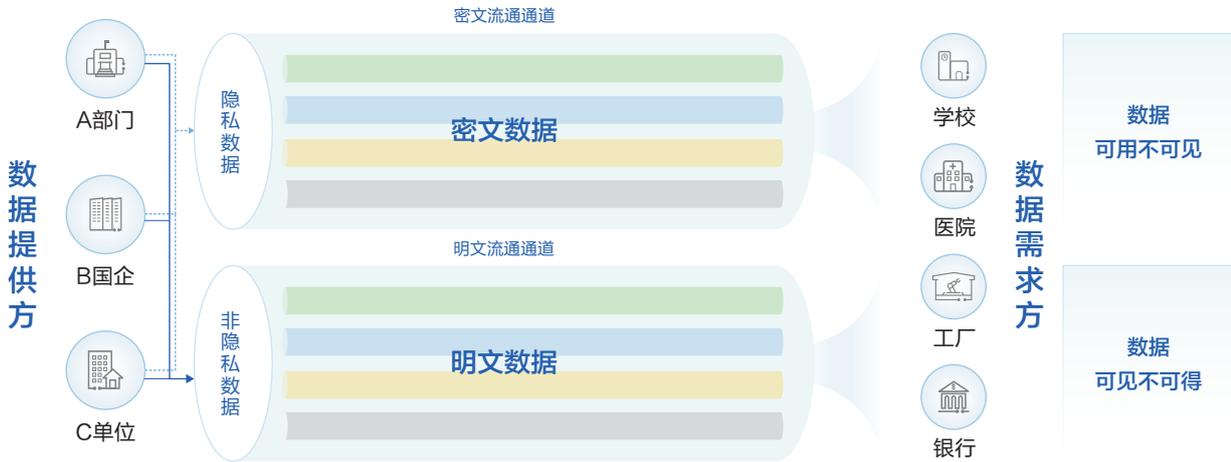


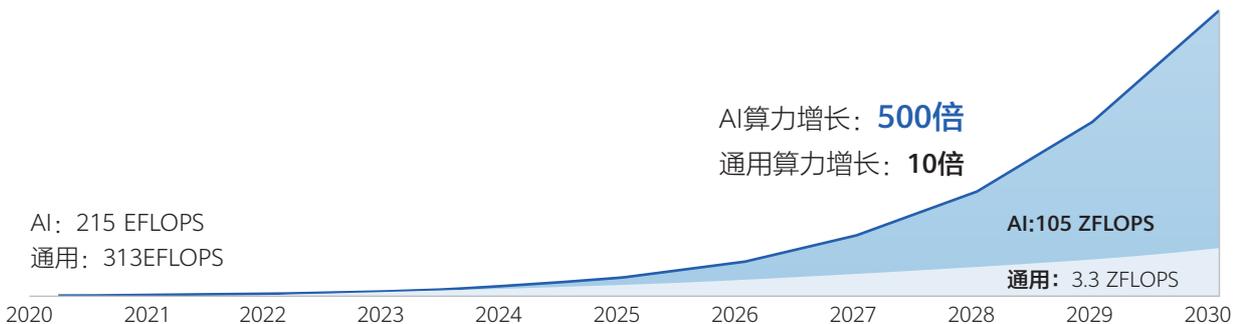
图 4-3 数据要素网络传输

以算力为基础的“智联”

需要光网底座实现算间协同、高效入算（1ms 时延圈）

各类基于算力应用的业务场景，包括 AI 多模态交互、智算训练、端云协同等高速发展，需要一张面向未来的高品质网络支撑算力发挥价值。当前许多城市建设了超算、智算中心，这些高端的算力中心好比电厂，网络好比电网，有了好的电网，才能发挥电厂的真正价值。通过城市光网的大带宽、低时延、高可靠能力，支撑算力的高效互联，实现“以网强算、以网促智”。

大带宽： AI 和通用算力未来将快速增长，预计至 2030 年，AI 算力将增长 500 倍，通用算力将增长 10 倍，需要城市网络具备至少每秒数十吉比特（Gbps）甚至更高的带宽，以满足大规模算力互联需求。通过城市光网建设，可以实现在一根光纤中提供百 T 级别带宽，满足算力长期发展需要。



Source: 华为《智能世界2030》报告

图 4-4 算力增长图

低时延： 在一些对实时性要求极高的应用场景中，如智能交通的车辆自动驾驶、工业自动化的实时控制等，时延是关键因素。算力需要快速响应输入数据并及时输出结果，高延迟的网络会导致系统响应迟缓，影响应用的安全性和可靠性。城市光网可提供 1ms 的城市内时延圈，给算力提供超低时延的光底座。

高可靠： 大模型训练推理、存算拉远、算力协同等应用场景对数据的准确性和连续性要求很高，如果网络出现故障或中断，会导致算力性能下降或业务受损。城市光网具备极高的可靠性，包括多层次冗余保护、网络实时监测等，确保网络在任何情况下都能提供可靠的连接，保证长时间稳定运行。

综上所述，“智联”“数联”的快速发展，离不开光网络基础设施。以城市光网为基础的“光联”由可选变成必选，政府需统筹规划、集中建设一张具备“超大带宽、超高可靠、超低时延、安全可信，灵活可扩展”的网络底座。通过打造一张 F5G 的城市光网底座基础设施，打通全市数据流通、算力连接的大动脉，保障城市网络安全可靠、高效运行以及持续演进。



图 4-5 城市光网是打通全市数据流通、算力连接的大动脉

4.2 城市光网建设要素



通过调研统计，全国约有 25+ 城市和区域已经建设或者启动建设城市光网。建设城市光网关键要素涉及资源可获取性、商业模式、建网原则、长期运营四个方面。

一 资源可获取性

城市光网的规划建设有两个重要资源，一个是通信设备资源，一个是光纤资源。通信设备资源可以通过方案设计后采购获得，光纤资源的获取是关键。光纤资源获取途径有三种，租赁获取，自建获取，通过和有光纤资源的公司开展合作获取，如下表：

分类	说明	典型案例
租赁获取光纤	租赁运营商， 以及交通、电力和光纤租赁公司	武汉市城市光网租赁光纤为主
自建获取光纤	政府部委 / 城投 / 平台公司自建管孔 / 光纤	深圳市城市光网使用自建光纤
开展合作获取光纤	城投 / 平台公司和 光纤资源方成立合资公司	昆明市城市光网和 广电成立合资公司获取光纤

01 租赁获取光纤

租赁有光纤资源的公司，譬如运营商，电力、交通、以及专业的光纤租赁公司，租赁光纤获取资源。

02 自建获取光纤

政府部委或者政府主管的城投 / 平台公司自建光纤。当地负责基建的城投 / 平台公司，在新城新区规划时候，规划部署光纤或者管孔；在老城区开展市政改造时候也同步规划和铺设光纤。

03 开展合作获取光纤

在部分城市和区域，城投 / 平台公司和有光纤资源的公司通过成立合资公司方式，快速整合光纤资源。

二 商业模式

城市光网的商业模式分成两种，一种是非营利模式，一种是市场化模式，如下表：

分类	说明	典型案例
非营利模式	以政务业务为主，具备公共服务的普惠性	深圳城市光网，政府专网专用，非营利
市场化模式	除了政务业务外，向企业开展服务	昆明城市光网，昆明网建公司进行市场化运作

非营利模式：主要目的是服务政府，以政务服务和城市治理为主。主要包含电子政务外网、教育、医疗健康、公共服务、视频专网等。基于城市数字化、智慧化发展角度，统筹建网，具备公共服务的普惠性。

市场化模式：大部分是企业（主要是平台/城投公司）参与投资或者运营城市光网，除了为政府服务，还向社会企业开放，引导算力、车路协同、和基于数字要素的企业等在当地的落地和发展。市场化模式需要有相应的网络运营牌照资质。

三 建网原则：网络架构、站点规划、覆盖范围

整体城市光网整体架构如下，通信设备可以选择放在公安局、派出所、街道办、社区、医院、学校和各部委的机房中。市级光网和区级光网可统筹建设，也可独立建设。

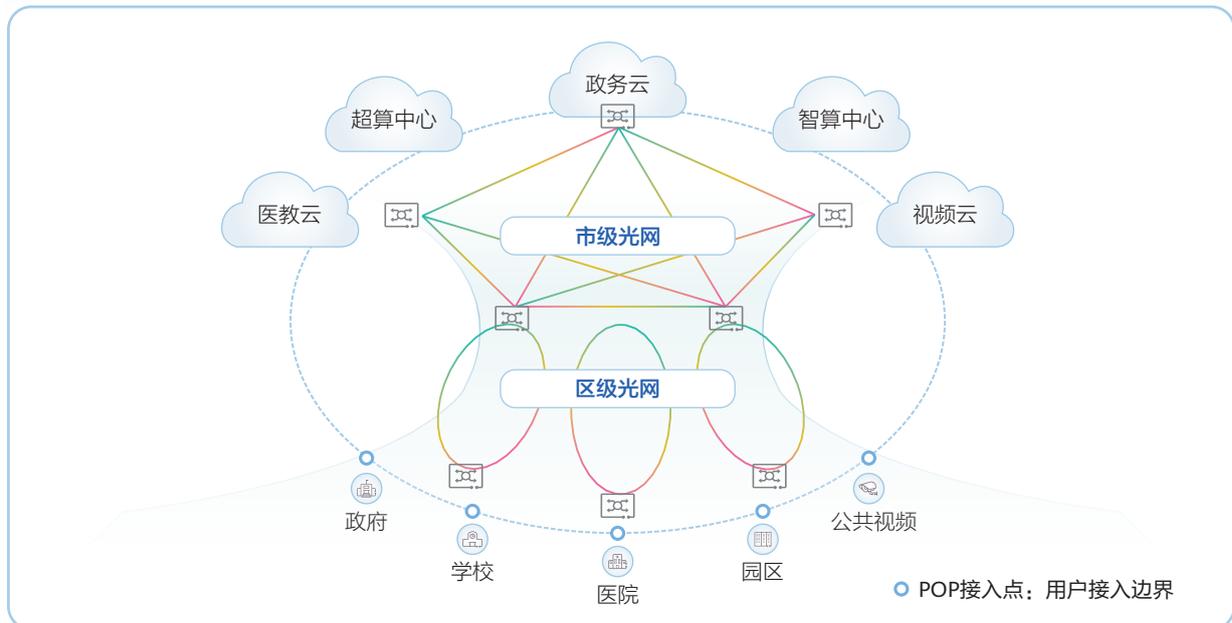


图 4-6 城市光网总体架构

市级光网覆盖：覆盖到市直属单位，市直属区县，关键节点，和数据中心、政务云、算力调度节点、AI 智算中心，包括政务 + 公安两网融合的市公安局，以及各区分局等。一般一个省会城市是 20+ 个节点。

区级光网覆盖：覆盖每个区的街道办乡镇 / 派出所节点。一般每个区 30+ 个节点，每个街道办网格化设计。

四 持续运营运行

城市光网建设后要发挥价值，长期提供服务，要求网络长期稳定运营。长期运营需要从建设能力，以及运维能力考虑，对团队人员专业技能和经验有一定要求。一般有三种方式，自建自运维、代建代维，合资运营。

自建自运维

政府自己建设，自己运维。一般出现在城市光网为政务业务服务，无社会化业务，对人员和团队的技术要求度低。可以由政府下属的事业单位，通过社会招聘专业人员，或者通过购买相关的服务课程进行学习提升团队的整体技术能力。深圳市城市光网和深圳市龙岗区城市光网采取该模式。

代建代维

政府投资，委托企业代建设，委托企业代运维，大部分城市采取这个模式。委托代建设的企业可以是城投 / 平台公司下属的科技公司，也可以是运营商。这些企业的技术能力强，能够保障网络的长期运行。武汉市城市光网采取该模式。

合资运营

由城投 / 平台公司或者下属的公司和技术能力强的公司成立合资公司进行运营。一般出现在企业投资的城市光网中，通过合资公司迅速提升团队的技术能力。昆明市城市光网采取该模式。

4.3 投建运管模式及案例



城市光网主要为政府服务，政府统筹规划网络建设，助力城市高质量发展。通过 25 个城市 / 区域的实践，根据建网要素，城市光网的投建运管分为三类，**政府投资，政府建设，政府运营**；**政府投资，企业代建，企业代运营**；**政府引导，企业投资，市场化运作**。

政府投资，政府建设，政府运营

为政务服务，政府专网专用，无其他社会业务干扰，为非营利性质，业务复杂度低，对团队的技术要求低。光纤获取可以利用公安、和城投 / 平台公司的自建光纤以及租赁光纤解决；设备资产属于政府。政府制定运营规则 and 标准，政府自己组建团队进行运营。

政府投资，企业代建，企业代运营

主要为政府服务，助力城市数字化、智慧化发展、为非营利性质。部分城市也承载了政府引导的产业譬如车路协同和算力等业务，对团队技术能力有一定的要求。政府通过购买服务的形式让企业代建代运营，服务费包含光纤租赁，设备资产最终属于政府。政府制定运营规则 and 标准，企业执行。

政府引导，企业投资，市场化运作

进行市场化运作，除了政务业务外，还服务算力、车路协同、数据要素等相关业务，辅助政府进行产业引导，业务复杂度高，团队技术要求高。企业自己提供光纤资源，企业可以自建，也可以租用光纤，设备资产属于企业。政府提需求和服务标准，企业提供服务。

» 模式一案例：深圳龙岗区城市光网

近年来，龙岗区坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻落实国家、省、市数字政府、智慧城市、新型基础设施建设系列工作部署，围绕“打造全国领先的数字化转型先行示范区”总目标，“数字先锋，智慧龙岗”建设卓有成效，多项建设成果成为全市率先、全国首创，惠及党政部门、企业组织和广大群众。

龙岗区政务服务和数据管理局作为数字基础设施的主管单位 and 责任主体，负责统筹规划建设和统一管理。现有的龙岗智慧中心集中展现智慧龙岗建设成果，是集数据存储、运行管理、体验展示、指挥调度于一体的“城市大脑”，是龙岗区智慧化水平最高、市民参与度最好的公共基础设施。

城市光网作为水、电、燃气、交通路网之外的智慧城市第五张基础设施网，以政务为主要承载业务，其中包含政务网络、教育网、视频网等。同时，推动建成全区“一云一网多业务”的网络架构，统筹规划、统一运维，实现资源集约、保障数据安全，为深圳乃至全国全光智慧城市建设提供新范本，让龙岗区城市管理变得更加智能精细，城市整体运营效率更加高效，居民生活品质更加智慧，全面赋能龙岗经济社会高质量发展。

» 模式二案例：武汉城市光网

为落实《武汉市数字政府和智慧城市建设三年行动方案（2023-2025年）》总体部署，按照《湖北省电子政务外网升级整合建设指南》相关要求，遵循共享、开放、集约的建设原则，武汉市信息中心通过整合现有网络资源，统筹规划全市骨干传输网和市级电子政务外网建设，打造了全市统一的高速光传输网络底座（城市光网），统一承载市政务外网、公安信息网、公安视频网及其他部门业务专网。

武汉市电子政务外网由运营商负责投资建设和运营，政府集中采购网络服务、安全服务和运营服务。通过构建覆盖全市的政府专用光传输网络，大幅提升了市政务外网、公安信息网和公安视频专网的网络承载能力和安全性，在整合各部门业务专网和节省财政资金方面发挥了重要作用。

武汉市电子政务外网（含光传输网）由武汉市信息中心负责统一管理，运营商负责日常网络运营。通过制定标准化、规范、制度化的网络运维运营流程，有效降低了网络运维运营工作量，提升了运维运营人员工作效率。

» 模式三案例：昆明城市光网

昆明市原有信息基础设施不完善、信息资源分散等问题，严重制约昆明新型数字城市的建设；并且各委办局专线租赁标准不同，分散租赁成本居高不下，政府对财政投入资金发挥作用无法评估。按照“政府引导、市场化运作”的原则，政府统筹协调，企业积极参与，投资建设城市光网，用于昆明智慧城市基础设施。实现网络的统一规划、统一实施、统一管理、信息共享、集约汇聚，保障昆明市数字城市基础网络安全、可靠和高效运行。

在昆明市政府相关委办局的统筹和指导下，由昆明智投公司牵头组建成立了昆明市网络建设运营有限公司（昆明网建公司），主要负责昆明市智慧城市基础设施建设，政府采用购买服务方式满足各委办局网络需求，企业进行社会化运营。昆明市网络建设运营有限公司通过整合各方资源优势，以共享共用为目标、集约化整合为手段，按照“全域覆盖、全网共享、全时可用、全程可控”的思路，为昆明市数字城市建设提供“一张网”的规划、建设和运营等服务。采取分期建设，在当期盈利基础上进行下一期的规划建设，目前已经建设了三期。

昆明是典型的企业自主投资建，企业自己运营的模式，属于全新的网络建设运营模式，在建设初期光纤资源、运维保障等方面都存在巨大的困难。昆明网建公司基于该情况，与各运营商合作，一是通过租用光纤资源完成了城域网的建设；二是快速获取了技术能力，解决了运维保障困难。

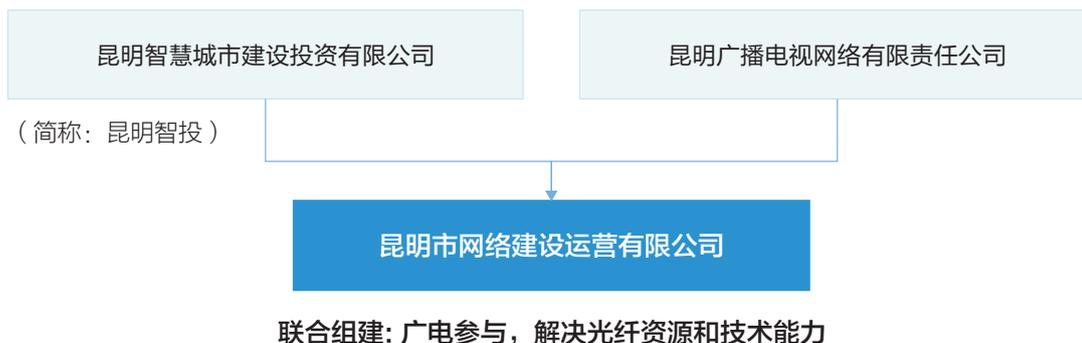


图 4-7 昆明市网络建设运营公司架构图

昆明市网络建设运营有限公司，作为“城市运营商”，主要围绕昆明市网络基础设施规划、建设、运营的主体经营思路，根据职能定位，充分发挥介于政府和运营商之间的桥梁作用，与各运营商全面建立合作伙伴关系，充分整合运营商的网络资源，以市场化运作方式建设专为昆明市委市政府提供政务服务的“一张网”。



05

电子政务外网

5.1 概述



数字政府业务内容（数字孪生 CIM、视频会议、专网整合、一网通办、一网统管、市区协同等）爆炸式增长，对电子政务外网提出跨网协同质量、业务体验保障、网络安全等多样化诉求，需要从全市层面提升电子政务外网的网络服务能力，打造全市统一的“政务一张网”，提供一站式服务和运营，提升用户服务体验。

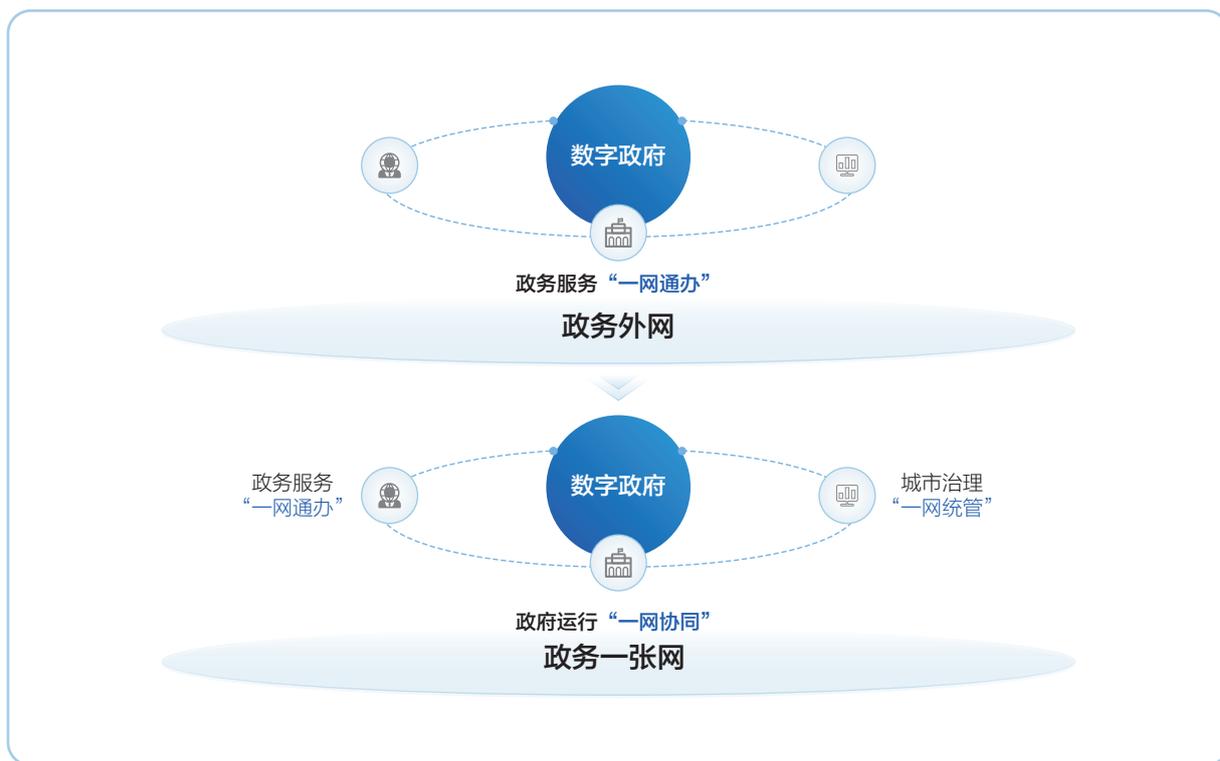


图 5-1 政务外网走向政务一张网

电子政务外网集约化建设 + 服务化运营双管齐下：

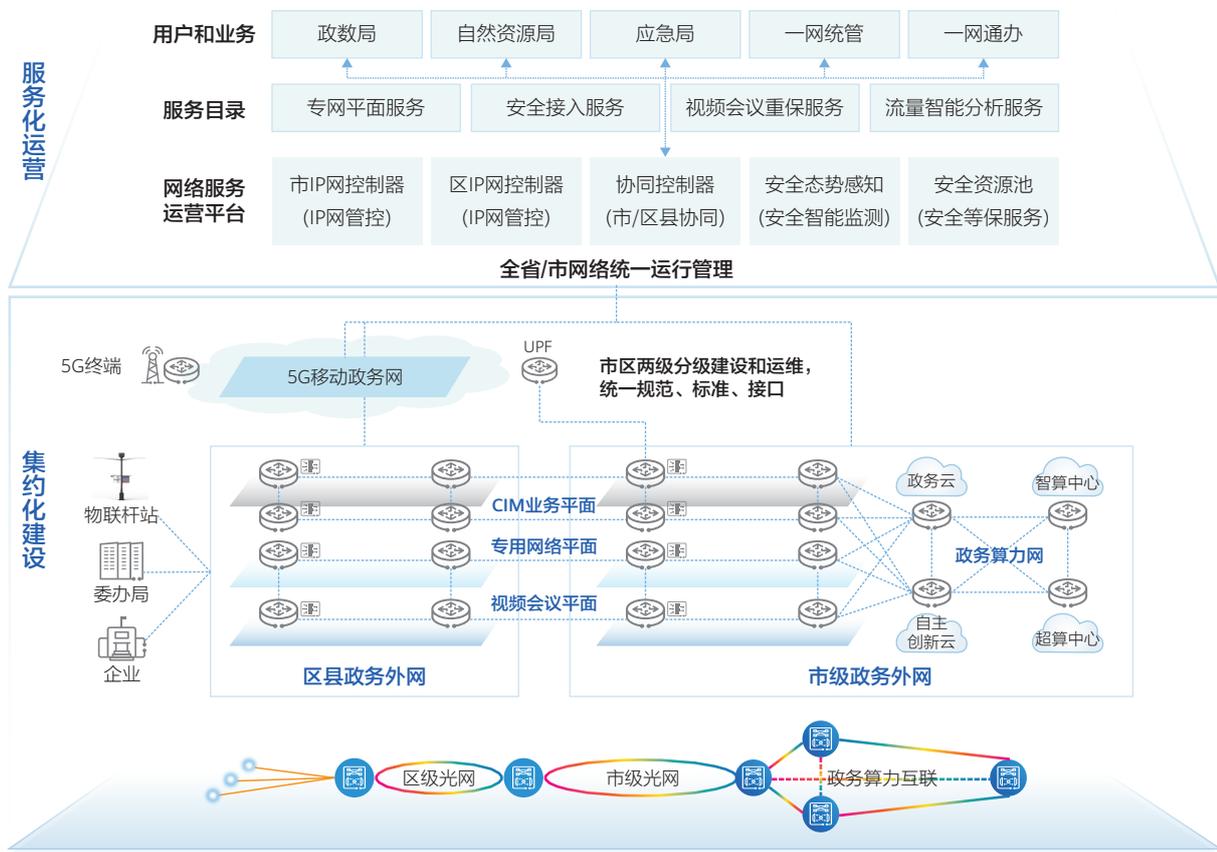


图 5-2 政务一张网目标网架构

- 集约化建设：**基于业务诉求进行政务外网目标网顶层规划，确保网络架构灵活、智能、开放、可扩展性，快速满足上层网络服务上线，为用户提供一站式、端到端的网络服务。无论是否全市统一运营，市、区都要按照管理者制定的网络建设标准进行建设，为上层服务提供一致性的网络能力，逐步向横向和纵向网络进行拓展，实现全市建设统一。
- 服务化运营：**以用户为中心，以业务为驱动，构建服务定义、服务运营、服务优化全生命周期的能力，政府管理部门作为管理者制定相关的管理考核机制，运营单位在机制的框架下通过需求建模、服务设计等形成对应的运营服务目录，将服务目录、服务运营流程及服务考核标准固化到数

字化运营平台上，实现可管、可视、可控、量化的运营管理。同时，市级运营先行，明确服务接口标准规范，通过服务化运营进行市、区及多网协同，屏蔽底层技术的复杂性，高效横向拉通多业务部门，纵向拉通市区、多网等，快速满足持续增长的业务对网络的需求，实现全市统一运营。

电子政务外网无论在投资模式、建设方案、服务运营模式还是管理模式，都应匹配对应新的建设需要，为政务“一网承载”、政府治理“一网统管”以及公共数据要素资源汇聚、高效共享、安全流通赋能，使其在支撑政务服务、政府治理、公共数据资源价值加速释放，赋能经济社会高质量发展等方面发挥关键作用，为数字城市建设提供坚实的网络支撑。

5.2 建设运营模式



» 政府主导投资建设

电子政务外网是数字政府建设的重要基础设施，主要面向当地各政府部门开展数字政府业务提供网络服务，结合业务诉求，政府相关单位进行网络基础设施规划、立项，并按照相应流程申报市政府、政数局等，由财政拨款进行投资建设时，在建设管理阶段，多采用委托下属单位部门或外部专业的公司进行运维、运营等。建设完成后由政府持有相关资产。网络建设初期会有较大的资金压力，但是政府也有更大的控制权，由政府相关单位全程负责规划、立项、投资。实际建设中根据情况各有所侧重，如：

政府委托运维

为了保障政务外网稳定运行，政府一般会成立下属信息中心专门负责网络运维，部分地市也会交由专业的公司进行运维，主要负责政务外网的日常运维工作，同时响应委办局用户的业务需求，最终保障政务外网建设与运维思路的一致性和连贯性。

政府委托运营

为了更好的满足政务外网业务（数字孪生 CIM、视频会议、专网整合、一网通办、一网统管、市区协同等）的差异化诉求，一部分地市开始探索政务外网服务化运营模式，政府单位或委托下属单位、外部机构进行运营，均需配备专门的管理、运营、运维人才，负责承载网络的服务管理、运营、日常运维等职责，对相关单位的管理水平、技术水平、运营能力、运维能力等都有较高的要求。

» 政企合作投资建设

一部分地市政府内部提供网络服务，建立以市属国企为主体，联合相关区域国企、通信运营商和网络服务商的服务保障队伍，为全市政务外网建设、管理及运营运维提供保障支撑能力。

企业投资建设

企业投资并持有资产，有经营压力，减轻政府财政压力；企业运营公司能够充分发挥其建设、运营管理的自主性及能力，同时可利用已有网络、客户资源、运营经验、人才及资金优势，在基于服务目录和提升服务水平的意愿强，不再一味的控制成本，主动性增强，走向商业正循环。例如在某省的政务外网中，网络的建设投资由企业和运营商共同完成，企业负责网络的核心汇聚部分，运营商负责各单位的最后一公里接入部分。网络建设完成后，由企业持有网络资产。企业投资建设网络，可以减少政府的网络建设资金压力。

企业运营

企业根据政府制定的服务目录、服务要求等，对网络进行相应的运营运维，并针对使用网络的单位按照使用量、次数、资源规模等进行相应的收费。企业和政府之间有一定的网络使用和服务购买的协议框架，这样能保证企业不用担心网络无人使用的情况，同时通过政府制定的管理、标准、考核等也约束企业提供服务内容和服务质量，企业通过提供更好更优质的服务内容，也能逐渐增加其运营收入，双轮驱动，逐渐走向商业的正循环。

政府统一购买服务，并对服务全生命周期进行管理

在传统的购买服务的基础上，通过采购服务和监管，加强政府在网络基础设施中的绝对管理控制权限，以保证网络服务内容是用户、需求单位真正需要的，也能更好保证网络合理规划以及服务质量。但是政府与企业分别处于体制内外，政府需要建立政府主导的政企合作机制，政府强有力的参与网络的管理、标准制定、服务目录制定等，并对网络服务进行评价与考核，从而驱动企业不断地提升服务水平，增加对企业的管理力度。

序号	典型模式	特征描述	优劣势分析	
			优势	劣势
1	政府自建自运维自管理： 政府投资 政府运维	政府投资并持有资产，财政压力大，同时要承担建设和运维职责 政府有绝对控制权，全程负责网络规划、立项、投资、建设、运维 一般由政府下属事业单位负责运维维护，对项目管理、技术水平、运维等能力要求高	政府作为运维公司的需求方，对运维公司的核心业务有 完全的自主权 可以保证政务外网建设与运维思路的一致性与连贯性 政府可以培养人才队伍， 建立核心竞争力	政府需要 投入大量的资金 用于前期建设 前期需要政府部门 配备专门的管理人才
2	政府自建自运营自管理： 政府投资 政府运营	政府投资并持有资产，财政压力大，同时要承担建设和运营职责 管运分离，政府作为产权方，控制力大，对运营者的约束力强 一般由政府下属事业单位负责建设和运营，服从性好，运营能力普遍需加强	政府作为运营公司的需求方，对运营公司的核心业务有 完全的自主权 引入专业下属公司，提供专业能力 保持对政府业务的理解不脱钩，确保公司业务方向的把握 补充政府技术能力短板	政府需要 投入大量的资金 用于前期建设 模式长期可持续性有挑战 业务方向和需求会受到运营方的挑战，全面市场化难度较大
3	企业建企业运营政府管理： 企业投资 企业运营 + 政府强管控	企业投资并持有资产，有经营压力，减轻政府财政压力 建立政府主导的政企合作机制，政府强有力地制订服务目录、管理、评价考核机制和标准，驱动企业不断提升服务水平 企业在基于服务数量和质量收取费用的驱动下，扩展服务项和提升服务水平增收的意愿强，不再一味控制成本，主动性增强，走向商业正循环	政府不承担投资和风险 运营公司能够充分发挥其建设、运营管理的自主性及能力 运营公司可利用已有网络、客户资源、运营经验、人才以及资金优势 政府通过采购服务和监管， 保持对业务及公司的管理权	政府与企业分别处于体制内外 ，政府需通过标准规范、评价体系增加对企业的 管理力度 运营公司人员能力和运营能力有挑战 政府只负责管理职责，公司对于业务理解和业务深入持续受到挑战

5.3 模式案例



» 案例 1：南京市电子政务外网

南京市为贯彻落实《江苏省政府关于加快统筹推进数字政府高质量建设的实施意见》《南京市城市运行“一网统管”工作三年行动计划》等省市文件精神，积极响应江苏省大数据中心关于电子政务外网和政务云有关规划，满足市政府有关“一网统管”工作的部署要求，自管自投自建了全国首个超宽传输、智能融合、安全可靠的“城市一张网”，包括一张灵活泛在的 5G 网络、一张智能调度全城覆盖的 IPv6+ 承载网以及一张高速可扩展的 OTN 骨干传输网，共同构成了一个数字化智能化运营级的网络，成为数字南京的重要基础设施。

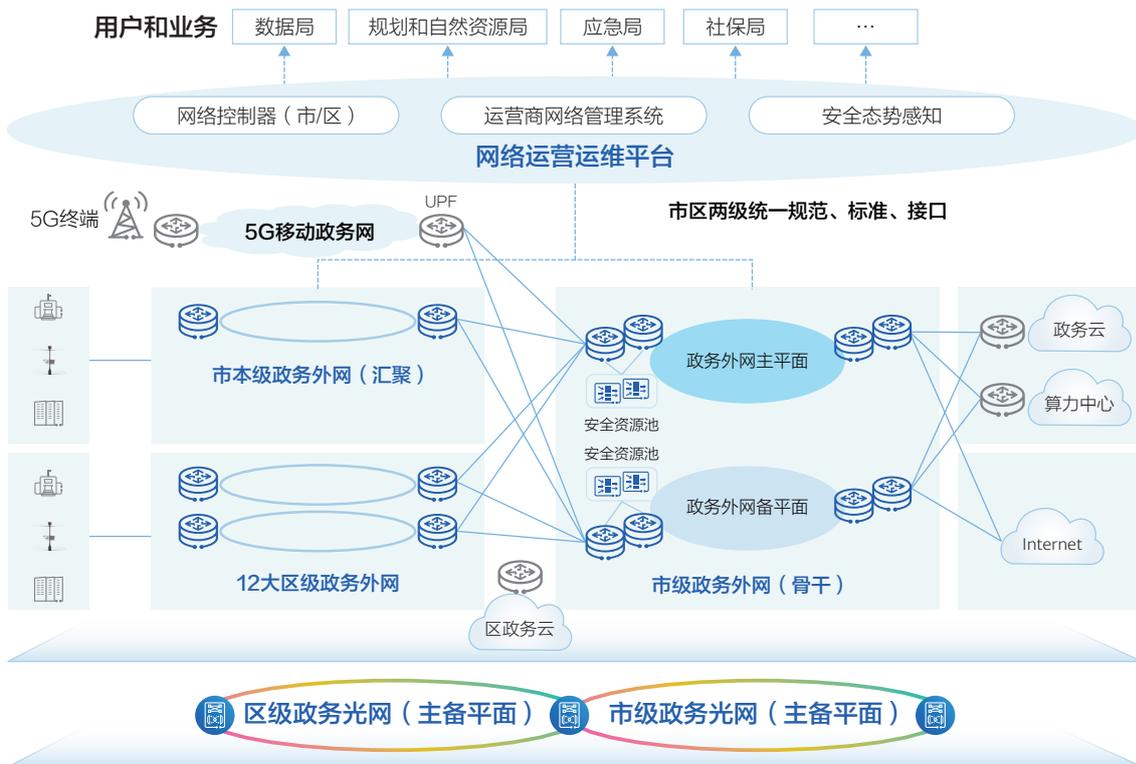


图 5-3 南京市城市一张网目标网架构图

一、投资建设模式

南京“城市一张网”的投资，按照市和区的行政划分，在全市统筹和统一管理的基础上，由市和区分别投资建设。市级骨干网和汇聚网络由南京市市政府使用专项资金投资，南京数据局统筹、管理和协调各部门，经过南京市城市数字治理中心（市政府直属副局级事业单位）落实网络基础和服务建设。区政务外网由区政府投资使用专项资金投资，区数据局统筹和管理各部门，经过区城市数字治理中心落实网络基础和服务建设。这种统一管理和分级投资模式，根据实际用户需求进行评估和投资，有助于打造高效能、一体化的数字政府。

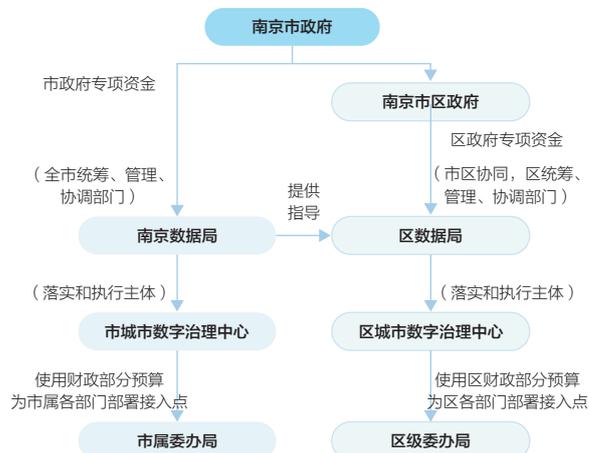


图 5-4 南京市电子政务外网投资模式

二、管理模式

在《南京市整体推进城市数字化转型“十四五”规划》中提出，南京市强化统筹管理，整体性推进数据资源采集、存储、交换、共享和开放，一体化做好数字基础设施规划、建设、运维，深化政务信息化应用项目全过程管理。南京“城市一张网”的管理和建设，依照行政管理模式分为市级和区级，采用全市统筹规划、统一管理、市区分级建设运维的模式，全市遵循统一的建网标准和架构。

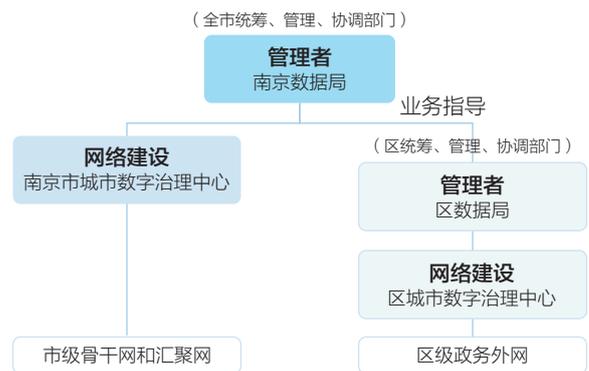


图 5-5 南京市电子政务外网管理模式和建设模式



统一建网标准：南京市制定统一的网络管理办法、技术规范和安全要求，在 2021 年编制了《南京市政务外网技术规范》、《南京市电子政务外网管理办法》等。各区在接入市政务外网骨干时，遵循统一的接口、接入规范和安全措施。



统一 IPv6 部署：2024 年南京市入选“全国优秀 IPv6 试点城市”，可以为其他城市的 IPv6 网络建设提供参考。南京市在 21 年开展 IPv6+ 技术在政务云网的可行性研究，并制定《南京市电子政务外网 IPv6 建设指南》。目前已基于 IPv6+ 建成基于市—区—街镇—社区四级覆盖的南京市电子政务外网，具备端到端 IPv6 能力，接入单位高达 3000 多个，为南京市“一网统管”和数字化治理等业务提供了高水平数字底座支撑能力。



统一光底座：为满足未来数联、智联业务发展对网络带宽、成本和安全可靠的需求，南京市构建统一光底座，覆盖市和区 2 级光网。采用自建和购买服务 2 种方式分别建设了 2 个独立的主备光网平面，增加了网络的韧性。自建光网采用了业务双发选收、光电混合 ASON 双层保护技术方案，提升网络可靠性，保障业务稳定。



统一 5G 固移融合部署：南京市作为省内 5G 固移融合的创新示范，已建成全省首个基于 IPv6 的 5G 政务专网。该 5G 政务专网多网分域，和有线固网 1:1 部署完成固移对接，保障业务的 SLA 和体验。采用独立的 UPF，保证业务的独立性。5G 基站覆盖南京市和南京都市圈，为市内和周边人群带来更多便利。

三、运营模式

南京市采用管运分离自运营的方式，城市数字治理中心作为网络的服务运营者，为各委办局提供网络服务。为快速响应委办局用网需求，南京市的网络运营采用市、区两级联动机制，面向不同业务涉及的网络范围，提供 2 种市区协同的运营模式，提高运营效率，形成全市层面推进城市数字化转型的合力。



统一运营模式：市本级业务和市区协同的业务，如一网统管、视频会议等，由南京市城市数字治理中心统一运营，为接入单位和业务提供网络服务，实现多网协同。



分级运营模式：对于区级业务，业务终结在区域内，由区城市数字治理中心负责运营。

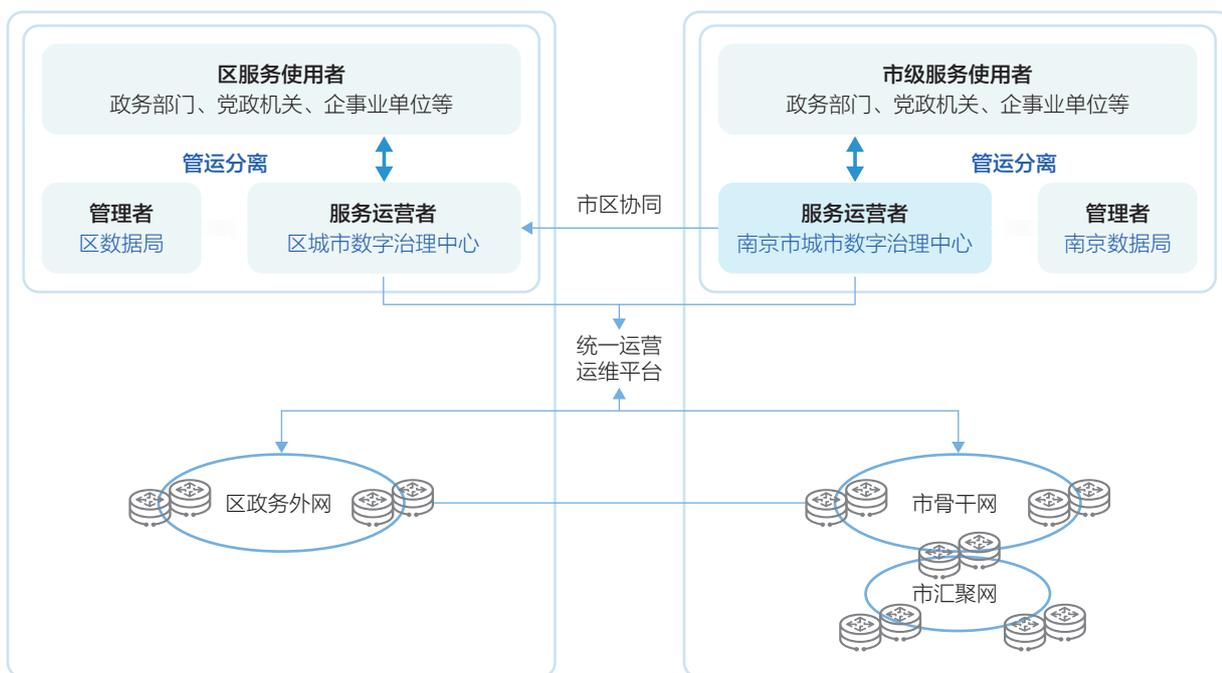


图 5-6 南京市城市一张网运营模式

同时，南京市打造了全新的统一运营运维平台和综合监控大屏，实时呈现全市政务外网的运行状态、资源使用率和安全数据，实现了对政务外网更加高效、实时的运营运维管理。未来，南京市希望利用大数据分析和网络数字地图等技术，实现更加精细化的网络管理和运营调度，充分释放网络的价值。

» 案例 2：广东省省级电子政务外网

一、投资模式

广东省电子政务外网省本级由专业的公司进行运营，既可以有效降低政府在政务网络领域的投入又可以提升政务网络的运行效能，同时有助于政府相关职能部门进行人员结构优化，提升管理精细化水平，并在支撑数据安全体系构建方面具有重要的支撑作用。

二、管理模式

广东省政数局建立与“数字政府”改革相适应的“管运分离”、“建运分离”模式，由数字广东进行政务外网的投资、建设；政数局牵头总体规划、统筹指挥、协调组织，负责服务目录编写、评价、与财政厅确定结算办法等，并采购服务；同时建立政务外网运营中心，统筹需求、承担建设 / 运营工作；最后政数局健全管理机制，形成协同、联动的工作合力。广东省电子政务外网管理和运营角色关系图如下：

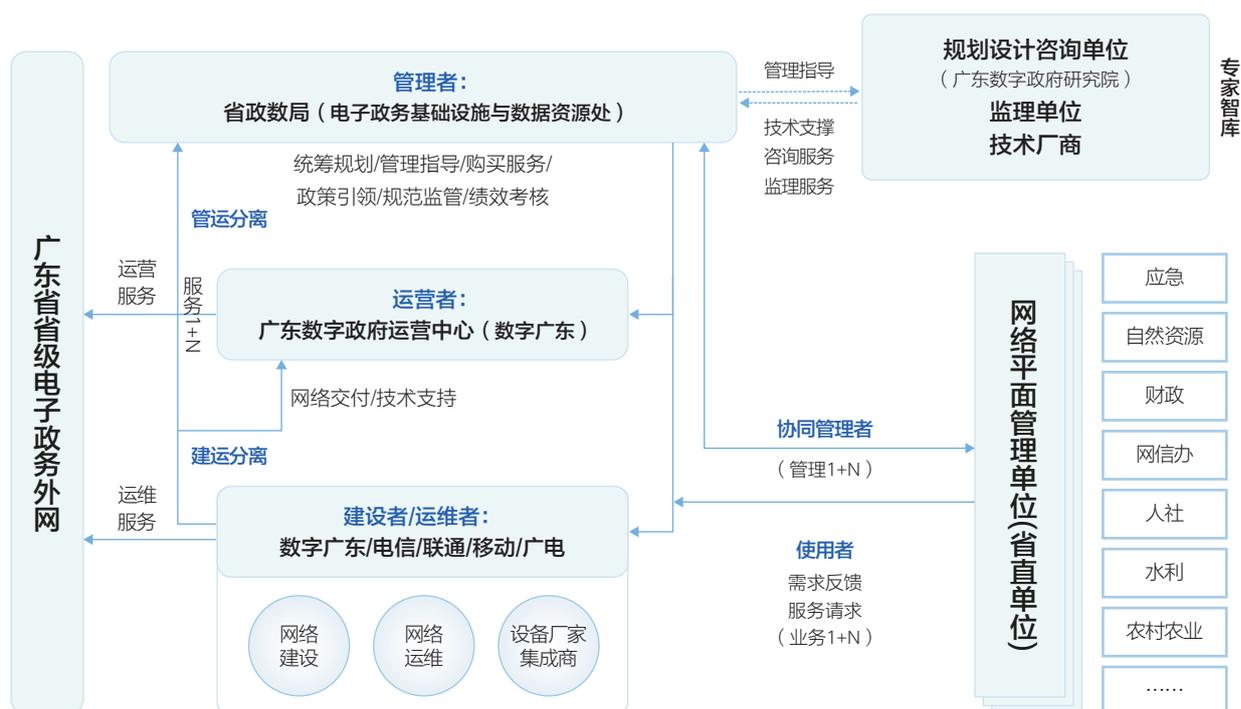


图 5-7 广东省电子政务外网管理模式

广东省政数局制定了一整套完善的三个“1+N”管理运作架构支撑体系，主要从制度保障、流程保障、技术保障、安全保障、资金保障、组织保障六个维度制定政务外网三个“1+N”管理运作架构落地的解决方案：

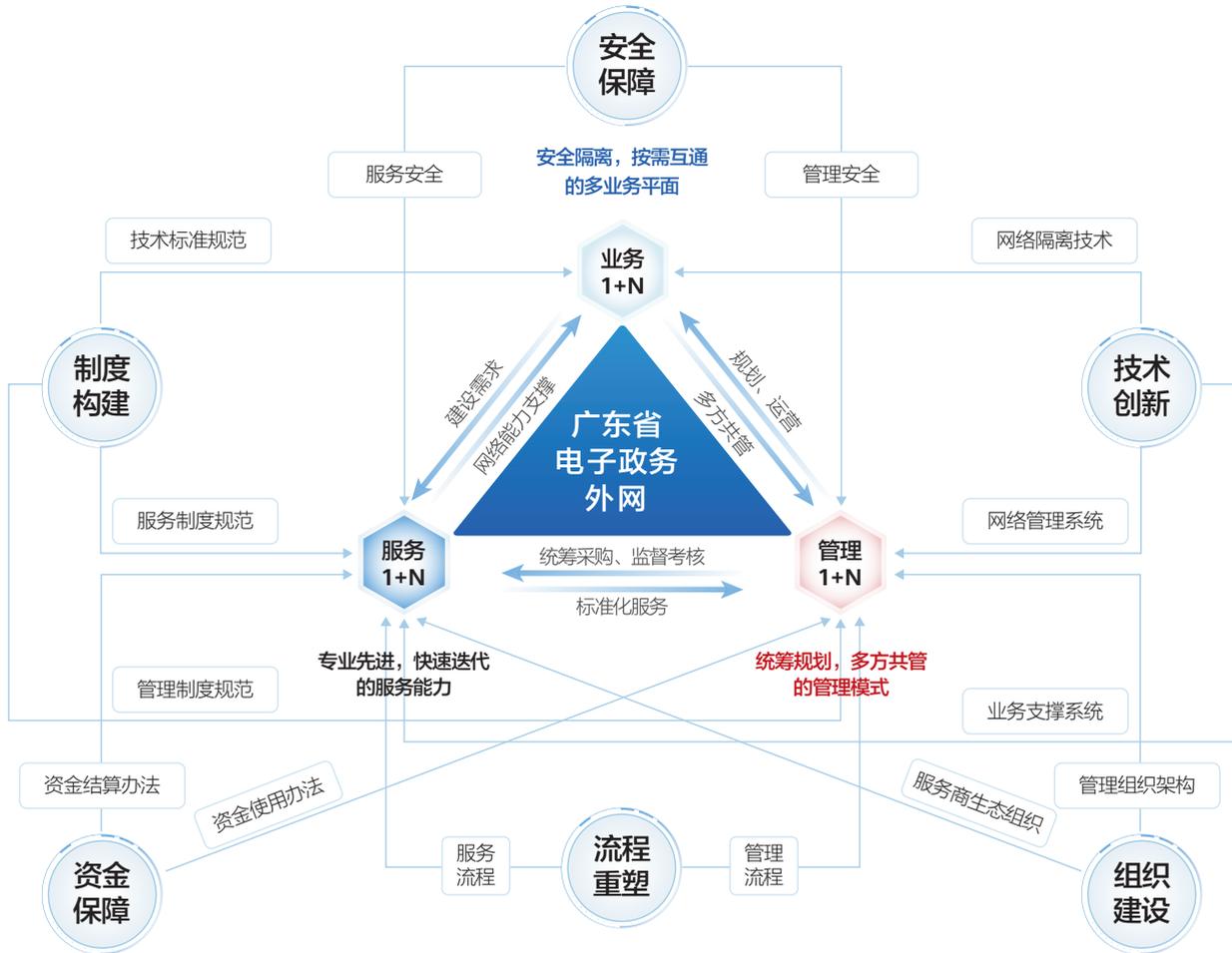


图 5-8 广东省电子政务外网“管理 1+N”标准体系架构

三、运营模式

目前很多非密专网都普遍存在着对专业化运营重视不够或缺少专业化运营的问题，网络的可靠性、稳定性、安全性得不到专业保障，通过购买服务引入外部优秀技术力量参与网络建设，可以为政务信息承载提供更加高效可靠专业的网络运行支撑服务，提升网络运营的效率和质量，同时提升网络精细化管理水平。

广东省电子政务外网采取“门店化”服务的新思路。基于广东省电子政务外网服务运营平台，为网络建设

者提供虚拟“门店”，按照统一服务标准上线各类网络服务。除基础网络服务保障基本连接，让网络可用能用，也需要上线各类增值网络服务（例如视频会议网络服务等），各委办局用户和业务基于统一的政务外网服务运营平台“购买”所需网络服务。通过构建从网络开通至网络计费结算全生命周期业务流程，完善网络服务运营系统，形成更加便捷的电子政务外网网络服务产品线，持续为各委办局单位提供创新、优化的网络服务支撑。

政务外网网络服务化体系的部署架构在政务外网 3 个

1+N 的总体运作模式下，构建具备标准化、可扩展、可衡量的网络服务架构。总体服务架构分为三层，运营服务层、管理控制层和基础架构层。



图 5-9 网络服务运营平台架构

运营服务层



构建政务外网服务运营平台，以自服务、全监管、智运营、精指挥为目标，实现管理可视，用量可查，业务可流转。为接入单位提供网络自助服务门户，提升用户对政务外网的使用获得感；为网络平面主管单位提供可视化页面管理专用业务网络平面，减少平面用户对基础设施的运维管理，丰富“轻量化”管理抓手；为政务外网管理单位提供网络服务的全生命周期监管能力和精细化网络发展趋势，助力网络发展方向的决策。

管理控制层



构建跨域网络控制器，省域网络基础资源分级管理，省市跨域业务协同，为政务外网提供业务灵活编排和调度、网络基础资源分层可视、网络服务质量监控、网络智能诊断快速定位等网络管理能力。



基于 IPv6 全网部署，以 SRv6、Slice-ID 切片等技术构建一网多平面架构，多专业网络融合，实现用户一线接入，业务按需开通。构建 5G+ 二次国密鉴权的政务无线专网，满足 TO B（专用移动终端）、TO C（通用个人移动终端）的 5G 无线接入要求。

四、广东省政务外网购买服务模式成效（源自：《广东省新一代电子政务外网网络服务化理论与实践白皮书》）

广东省电子政务外网省级平台完成服务化重构升级，覆盖 21 地市，具备有线、无线的多元化网络接入能力并持续研究新功能、新服务，不断夯实广东数字政府基础设施支撑底座。

资金节约——省级电子政务外网从 2020 年开始重构，直至 2022 年为止，线路服务商已经增加到 4 个，服务单价逐年减少，创新了“按需下单、按量付费、按质结算”的带宽资源池采购模式，较前更加灵活弹性，资源利用率平均处于 50-70% 左右，较前提高 30%，按质按量结算，充分使用财政资金。

01

覆盖扩大——接入单位数从以往 314 家提升至 1252 家，预算单位接入率为 97.53%，接入率较前提升了 70% 以上，业务专网融合数已达 17 个，较前增加了 7 个以上。

02

标准统一——运营流程制定条目 8 条，运维流程制定条目 5 条，发布标准 9 篇。

03

质量提升——整网全年可用率大于 99.99%，时延小于 10ms，丢包率小于 0.004%。

04



06

城市算力专网

6.1 概述



城市算力网通常包括算力资源、直连网络及调度机制。算力直连网络负责连通城市各种类型的算力，让算力使用者以极低成本、极低门槛、极高通量使用城市算力，解决不同算力规模建设后的算力资源供需平衡、资源共享、算力普惠等难题，助力城市数字化转型，为城市数字经济高质量发展提供普惠、优质、经济、安全的算力保障。

» 城市算力专网成为刚需

城市算力直连网络主要有三种网络：运营商公网、行业专网和算力专网：

- 运营商公网是由运营商负责投资建设的商业网络，包括 Internet 连接与专线两种方式，满足企业及个人日常的网络连接需求，通常按照月度、半年度、年度租金计费，价格相对较高。
- 行业专网是针对特定行业或领域的专用网络，如

政务外网、金融专网、教育专网等。行业专网优点是特定行业服务、安全性好；缺点是专用性强，不具备普适性。

- 在面向算力业务的 T/P 比特级流量传输、潮汐流量弹性按需调度、全场景无损等要求时，无论是运营商公网还是行业专网，都不能很好的匹配算力业务的传输需要。城市需要建设算力专网，将重要的算力资源互联互通，对政府、科研机构、高校、企业等算力需求方提供专用的网络服务，实现城市算力“即取即用”、“随时、随地、按需”获取。



图 6-1 网络直连的三种方式

» 城市算力专网需要政府牵头，统筹规划

算力作为新质生产力，面向城市产业、科创、政务等场景，给全社会提供普惠、易用、低价、绿色、安全的公共计算服务和创新环境，需要政府牵头，基于需求侧定价提供普惠的公共服务，通过低门槛、低成本、高体验的算力，加速城市从工业经济向数字经济的升级转型，作为算力承载的网络，就像是管廊一样，也需要政府牵头，统筹规划，遵循全市“一盘棋”思想，构建全市算力网，促进规模化、集约化、绿色化发展。

» 城市算力专网与全国一体化算力网的关系

城市算力专网应该是“东数西算”的最后一公里，实现城市内算力按需调用，全市类似一个大的主机，在城市范围内进行纵向扩展，满足科教、政务、金融、交通、医疗等行业算力对网络的需求；同时，依托城市算力专网的建设，带动城市圈、省域和区域性算力网横向延伸，最终实现全国一体化算力网。



图 6-2 城市算力专网和全国一体化算力网的关系

» 城市算力专网架构

从网络连接的对象来看，城市算力专网的架构包括入算网络和算间网络：

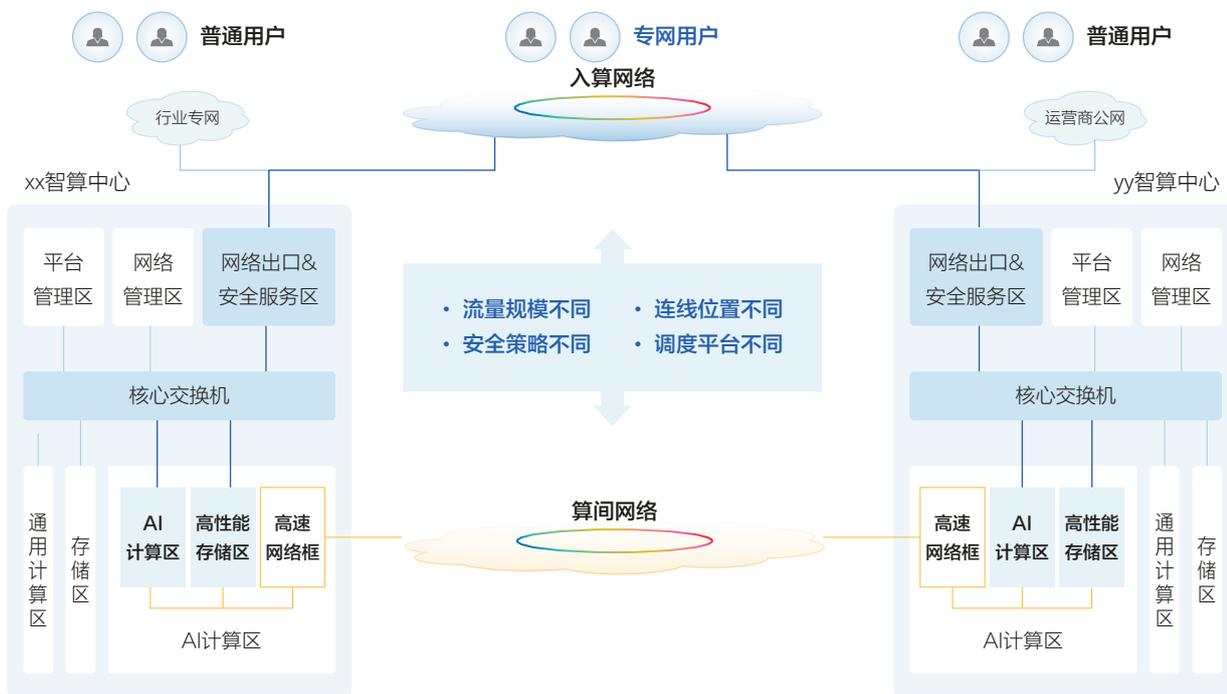
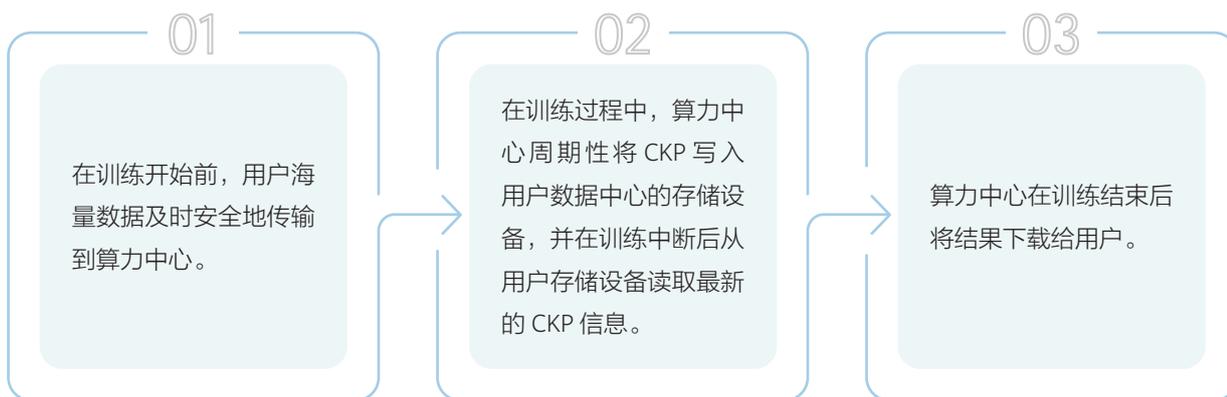


图 6-3 城市算力专网的连接架构

一、城市算力专网的入算场景需要一张用户入算网络，连接用户（包括用户的数据中心、用户站点和用户园区）和算力中心，来完成 3 大业务流：



二、城市算力专网的算间场景需要一张算间网络，连接多个算力中心（包括智算和超算中心等），通过网络连接形成一个城市的算力资源池，完成大量算力卡的算间协同调度。

6.2 建设运营模式

» 6.2.1 建设模式

不同城市建设城市算力专网，根据不同的业务需要，普遍从科创算力、政务算力、产业算力切入，不同的切入点，牵头的主管部门也不同，比如科创算力有科创委（局）牵头，政务算力有政数局牵头，产业算力有工信局 / 经信局牵头。对应的建设模式也存在差异。以科创为例说明：

科技基础设施产生的科研数据爆发式增长，打通科研机构、科技基础设施的数据壁垒，建立安全可靠、高速流通的网络需求日益迫切。通过推动以算力为代表的科研资源安全共享，实现科技创新数据的可管可控，对人工智能、生物医药与健康、电子信息等产业，提供通信、算力等基础支持，可以有效推进城市科技创新和产业发展的深度融合。

从科创算力专网切入，建设城市算力专网，有如下几个优势：



这种模式下，建运单位的资金除了企业自筹资金外，基于算力专网的社会公共服务属性，政府会限定相关网络服务价格，在保障普惠网络服务的同时，也会给建运单位提供相应政府补助资金，比如补助管道机柜租赁费用和网络运维等费用，降低建运单位相关负担。



图 6-4 建设费用及资金来源

政府的补助资金，在这种模式下，通常是通过如下两种方式提供：

序号	对比内容	来源一：科技研发资金“事后补助”	来源二：财政资金购买“网络运营服务”
1	模式	由科技研发资金保障，通过“事后补助”的方式，补助建运单位的专网运营费用。	由财政资金保障，申请专项经费，向建运单位采购专网运营费用。
2	审批	由主管部门统筹，报市政府审议，通过后和建运单位签署协议，委托建运单位启动实施。	报市财政审批并下预算。向建运单位购买服务合同签订后启动实施。
3	风险	通过专项资金“事后补助”的方式，项目全流程由第三方单位监督项目进度，评估造价，据实补助。	采购服务金额固定，如果使用单位需求存在变化，可能存在通过服务费补贴金额与实际不相符的风险。
4	路径	依据《科技研发资金管理办法》，需市政府同意使用科技研发资金。	依据财政部《政府购买服务管理办法》及《政府购买服务指导性目录》 1. 关于政府购买服务定义：政府机关按照政府采购方式和程序，交由符合条件的服务供应商承担，并根据服务数量和质量等因素向其支付费用的行为。 2. 购买服务目录：网络接入相关服务。 如果存在其他服务目录，需与财政局沟通并同意将“网络运营服务”纳入购买服务目录清单。

表 6-5 政府补助资金的两种模式

产业算力专网建设模式和科创算力专网类似（主管部门不同），不单独展开。

» 6.2.2 运营模式

算力是 AI 技术的核心资源，然而，算力基础设施的建设和维护需要巨额的资金及人才、物力资源，这对于许多中小企业来说是一个不小的挑战。城市算力专网作为面向全社会提供普惠网络服务的公共基础设施，政府会约束算力相关网络服务的总体定价（普遍要求是比市场价格便宜 50%~70%），帮助算力使用单位降低使用成本，支持相关科研单位、企业、委办局等开展人工智能大模型应用探索和落地实践。同时会给建运单位提供部分补贴资金，来支持建运单位的长期稳定运营。当前普遍做法如下：

- 对于算力相关的基础网络服务，不以商业化成功为目的，是微盈利、不盈利，甚至是微亏。
- 对于部分用户超出基础网络服务以外的诉求，网络建运单位可以参考自行定价。

政府的财政补贴资金，当前普遍采用“算力券”的形式发放，可以有效地化解这一矛盾，比如北京《人工智能算力券实施方案（2023-2025 年）》中，针对智能算力供给方签订智能算力服务合同的企业，可向市经济和信息化局申领算力券，单次申领算力券金额最高不超过智能算力合同额的 20%，同一企业每个自然年度累计申领和兑付算力券金额不超过 200 万元，同一合同仅能申领一次算力券。未来建议政府提供“运力券”，操作方式类似“算力券”。



07

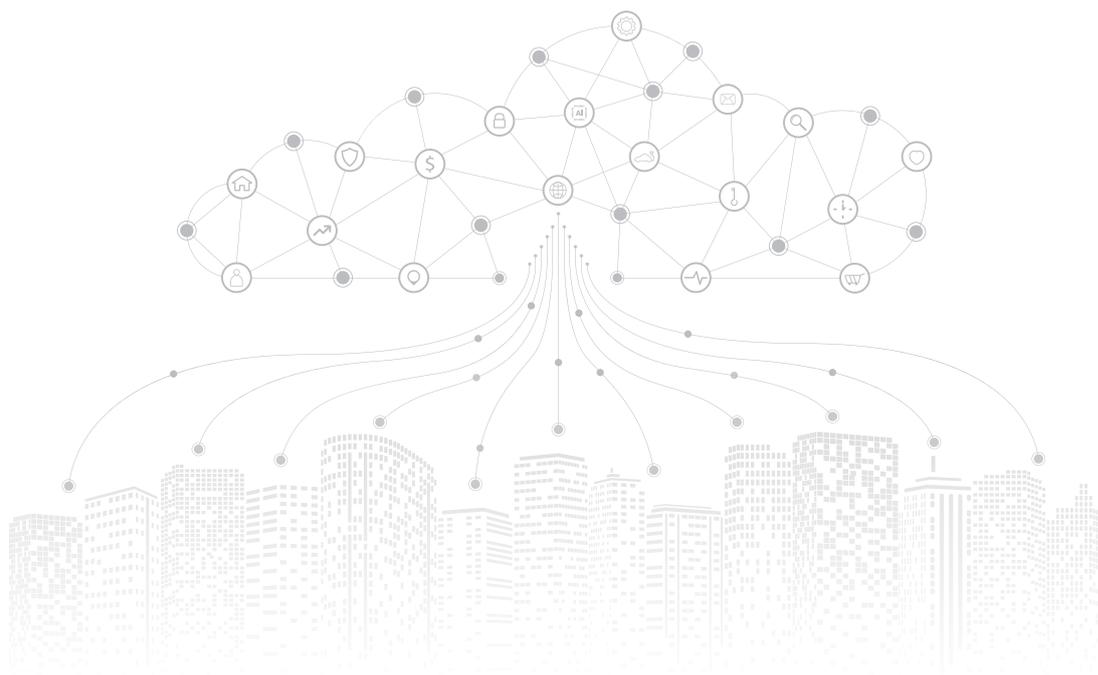
物联承载网

7.1 概述



物联感知体系一般包括物联感知平台、物联承载网、物联接入网、物联感知终端等多个部分。物联承载网作为各物联终端与物联感知平台互通的骨干网络，是物联感知体系的重要基础。通过统筹规划、合理布局建设、持续服务运营物联承载网，可以实现各城市物联感知的统一管控、节约建网成本、加速数据汇聚共享、保障数据安全可靠，以及支撑物联感知可持续发展演进等，促进各城市向智慧城市、数字城市进一步发展。

通过对一些城市的实践调研发现，单独基于物联承载网做规划运营并不是仅有的方式，结合物联终端、接入网、甚至平台及应用一起打包共同规划运营，拥有更多的生命力和市场空间。无论通过哪种方式，基于城市业务需求和发展的角度出发，针对物联承载网或者物联体系进行规划，都可以更好的服务于城市安全、城市治理、城市数据需求，支撑城市向智慧化、数字化的转型。





7.2 建设运营模式

从各城市建设情况来看，当前物联承载网主要面向公安、交通、环保、城管、燃气、水务、桥隧、管廊等各委办局、事业单位、国资国企单位的业务诉求，让城市物联感知数据“供得出、流的动、运的安”，服务于城市一网统管、城市治理、城市安全、数字孪生等业务以及数据资产变现等新兴领域。从当前来看，服务于数字政府、城市数字孪生、城市治理等方面，

无论是物联承载网还是城市物联感知体系，一般都以政府主导，由政府主导投资或是授权国资类企业投资建设。

物联承载建设运营分为以下三种模式，每种模式都有对应的特征、优劣势，各城市可以结合自身的实际需求选择参考。如下表 7-1 所示：

序号	典型模式	特征描述	优势	劣势
1	政府投资、企业运营 提供承载网服务	政府投资并持有资产财政压力大 政府作为产权方，以管理者身份，管理物联基础设施的建设运营，控制力大，对运营者的约束力强 一般由国资企业负责建设和运营，服从性好，运营能力普遍需加强	引入专业公司，进行运营，为政府提供更好的网络服务，企业可以补充政府技术短板 更关注承载网的基础设施性，有效促进物联终端、接入网、应用等企业的百花齐放	政府经济压力大 政企之间的配合受到一定的挑战，模式长期持续性存在挑战 用户需要拉通网络及其它资源，从而实现物联感知业务，对用户要求高
2	政府投资、政府运营 提供终端、接入、承载、平台等端到端服务	政府投资并持有资产财政压力大 政府范围具有绝对控制权，整体把控度更高 政府要端到端承担建设和运营职责	政府拥有对业务的完全自主权 可以保证建设、运营、服务内容的一致性，利于长期演进 政府培养人才队伍，利于提高政府的市场化水平能力 端到端服务简化客户部署难度	政府需要承担出资压力及投资回报风险 政府部门需要具备专门的物联体系管理运营人才，端到端整体运营复杂度高，挑战大 后续的市场化存在政策、能力等风险及难度
3	企业投资、企业运营，政府管理 提供混合服务	企业投资并持有资产，减轻政府财政压力 政府制订服务管理、评价考核机制和标准，驱动企业不断提升服务水平 企业主动扩展服务项和提升服务水平，走向商业正循环 提供承载网服务 & 端到端服务	政府投资压力小、投资风险小 企业具备更强的物联运营服务能力，发挥自己的资源、人才等优势，保证服务体验 政府通过购买服务的方式，对企业进行管理和约束 服务类型灵活，满足客户的不同诉求	政府购买服务需要通过标准、评价体系等增强对企业的管理力度 运营单位对政府业务的理解和实现程度存在挑战 对企业服务运营能力及获取用户能力存在挑战

表 7-1 物联承载网投建运管模式

7.3 模式案例



» 模式 1 案例：政府投资、企业运营、单独提供承载网络服务

某新区基于物联感知对象、业务功能、接入用户数、数据量和网络流量等特征，将城市各区县划分成城市、小镇、社区、水域、森林等不同类型、不同层次、疏密度不同的“数字网格”。基于数字网格，新区规划建设一张“安全可靠、智能承载、高速互联、融合泛在”的城市级物联承载网络，用于全区视频、物联感知及智能公共服务的业务承载。通过物联承载网的建设，更好的实现各单位安全、隔离、业务快速接入的诉求，满足智能城市、智慧政府、数字经济、融合创新和信息安全的高质量发展。当前，新区已经完成部分区域物联承载网络的建设，正在向整个新区覆盖演进。

新区管委会某下设办公室作为基础设施的规划者，秉承统一规划、统一管理、规范标准、政企合作、制度创新的原则，从发展目标、业务诉求、未来演进、技术先进性等多维度进行调研分析，科学制定整体规划演进策略，保证城市物联网基础设施有效推进，促进城市物联感知体系的持续发展。物联承载网项目规划由新区管委会进行资金审批，最终由新区财政进行拨款建设。

某当地国资公司，定位为城市数字基础设施建设者、数据资源汇聚者、数字城市运营者，代表政府进行物联承载网络的招标建设、维护以及持续运营等。公司聚焦承载网络范围，为相关委办单位、企事业单位提供视频终端、物联感知、市政设施、灯杆等业务的接

入、数据上传服务。各单位的物联终端部署、边缘网络覆盖等需要由各单位根据业务诉求自行建设或者购买其他公司的服务。

为了更好的提供物联承载网服务，新区正在不断的通过增加承载网 POP 点覆盖范围、提高网络服务 SLA、增加可视可管等服务体验等方式，增加网络业务范围、拓展受众用户，进一步释放物联承载网的基础设施价值。新区通过做强网络基础设施，打造城市数字底座，极大促进了新区物联相关行业企业的百花齐放，激活了数字经济新活力。

» 模式 2 案例：政府投资、政府运营，提供端到端服务

以某地级市为例，城市的物联感知体系以全面感知为主线，依托先进的软硬件、技术，汇聚各类实时动态的感知数据，为城市提供全域的感知能力。城市主官从全市整体规划出发，面向智慧交通、智慧治理、智慧安全等多元应用场景，建设城市统一物联感知能力，覆盖杆站、感知端、接入网、承载网、物联感知平台等，减少重复建设，实现城市数据互联互通、业务协同与敏捷创新，打造“可感知、有思维、泛连接、云统筹”的物联感知体系，力争成为智慧城市全球样板。

面向数字政府各领域业务应用，采用政府投资、政府运营的方式建设基础设施在各城市中占据更高的比例。一些地级市采用政府自有资金 + 发行专项债结合的方

式筹集资金，并指定由政务服务和大数据管理局作为城市物联感知体系责任主体。政数局为了项目建设后能更好的支撑智慧城市的效果，在项目前期就优先主抓标准化工作，将物联感知标准化贯穿于整个工程建设阶段和系统运维运营的全过程，组建研究团队，发布总体规范、系统规范、数据规范、接口规范、应用规范、安全规范、测试规范等七大类标准内容。通过系统性的标准管理，保障项目建设的效果和生存周期可持续。

在项目建设前，各单位将物联感知覆盖点位、终端类型、数据要求等指标提给政数局，政数局进行统筹规划建设，并通过全市统一物联平台收取全量数据，并为各单位提供数据及基础统计呈现服务。在此基础上政数局并没有大包大揽，由各单位在数据基础上按需建设定制化业务能力。

为了保证整体建设效果，项目通过 EPC 模式，选择具备丰富物联网建设、运营经验的本地科技公司作为承建方，做项目整体设计、采购、施工、以及试运行，保证项目能满足各单位诉求。项目完成建设之后移交给政务服务和大数据管理局进行整体的运营和维护。一期项目建设交付后，通过部署的 17 款算法，实现高效管理“包环境卫生、包市政设施、包市容秩序、包绿化维护”的“门前四包”问题，有效推进智慧城市试点建设。当前城市正在规划二级建设，实现更多单位的物联感知业务承载。

未来，基于获取的城市全量物联数据，结合大数据、AI 大模型等技术能力的加持，可以挖掘更多物联感知体系价值及物联数据价值，从而更好的支撑智慧城市样板建设。

» 模式 3 案例：企业投资、企业运营，提供混合服务

某省会城市为切实做好体系构建，高效、高质量支撑城运体系运转，早在“十四五”智慧城市建设规划中就制定了城市物联感知体系顶层规划，明确目标路径、统一思想步调、指导物联感知体系工作开展和项目实

施。城市优先聚焦公共管理、公共服务、公共安全领域，打造智慧应用场景体系，推动智慧城市与数字经济互促发展，提升大型城市科学治理水平，促进城市治理体系和治理能力现代化，为建设践行新发展理念的公园城市示范区提供重要支撑。

整个城市物联感知体系架构包含平台、网络、终端、基建、安全、运营体系、标准规范、产业生态等多个维度。物联感知体系建设是一个综合的、统一的、面向全市范围的系统性工程，涉及业务种类多、部门多，初期有部分项目是采用的政府投资，企业代建或 EPC（工程总承包）模式，之后通过政府招投标由企业运营的方式来实现，也有采用 BOT（特许经营权）的模式。

随着政企合作模式的完善，本地物联感知产业生态圈的逐步建立，物联感知体系项目也逐渐向政府管理、企业投资、企业建设、企业运营，政府各单位购买服务的方式演进。比如终端设备、接入网、物联承载网络、物联感知平台等，就是由城投公司统一投资、建设、运营，各单位按需从其购买物联感知数据，也可以购买数据监测、预警、统计呈现等增值服务内容。在提供 E2E 服务的同时，各业务单位如果已经具备终端和平台、应用等设施，城投也提供物联数据承载传输服务。城投公司积极通过多种方式扩展客户，通过提供网络服务、物联端到端服务等多种服务内容，满足不同客户诉求，实现更多的商业闭环。

通过将更多权限开放给企业，加深政企合作模式，政府方可以把更多的精力聚焦在投建运营全生命周期的管理、标准规范的制定、产业生态构建、人才培养等维度上，促进企业聚焦物联感知服务能力建设，发挥其专业优势，实现更多的商业价值。某省会物联感知体系的快速推进，得力于政府管理者、城投公司、物联行业上下游企业共同努力的结果，在城市管理者的统一领导及多方的共同努力下，正向着打造成为全球物联感知新名片逐步迈进。



08

城市一张网 建设运营关键技术

8.1 城市光网技术



城市光网是城市网络的底座，在此之上可以叠加多张业务网，通过光网络技术的持续演进，满足城市网络未来持续发展的要求。

（一）单波 100G/200G/400G/800G 技术

随着政务，教育，医疗，计算业务的发展和接入点的增加，对网络带宽提出更高的要求，城市光网提供单波 400G 的技术，满足城市网络的长期的发展，保护网络投资。通过 WDM/OTN 技术的不断演进，单波的能力达到 400G 及以上，结合 C+L 的技术，一根光纤上可以传输高达 120 波的 400G 信号，使得光纤的线路带宽高达 48T(可升级到单波 800G，线路带宽高达

96T)；且业务通过时隙 / 波道物理隔离，保证各类业务“0 丢包”的高质量传输。

（二）fgOTN 技术

随着城市的建设发展，更多的中小规模政府单位，中小企业，物联杆站，需要灵活、高效、可靠的接入到城市网络中，通过 fgOTN 技术来满足此类场景的要求。fgOTN 技术基于 OTN 标准发展而来，通过时隙物理隔离提供 10M 的承载管道，满足小带宽业务的高效，可靠承载；并且 fgOTN 能够进行带宽无损平滑的调整，可以根据业务需要灵活调整业务带宽。使得城市光网满足未来城市网络的持续发展。

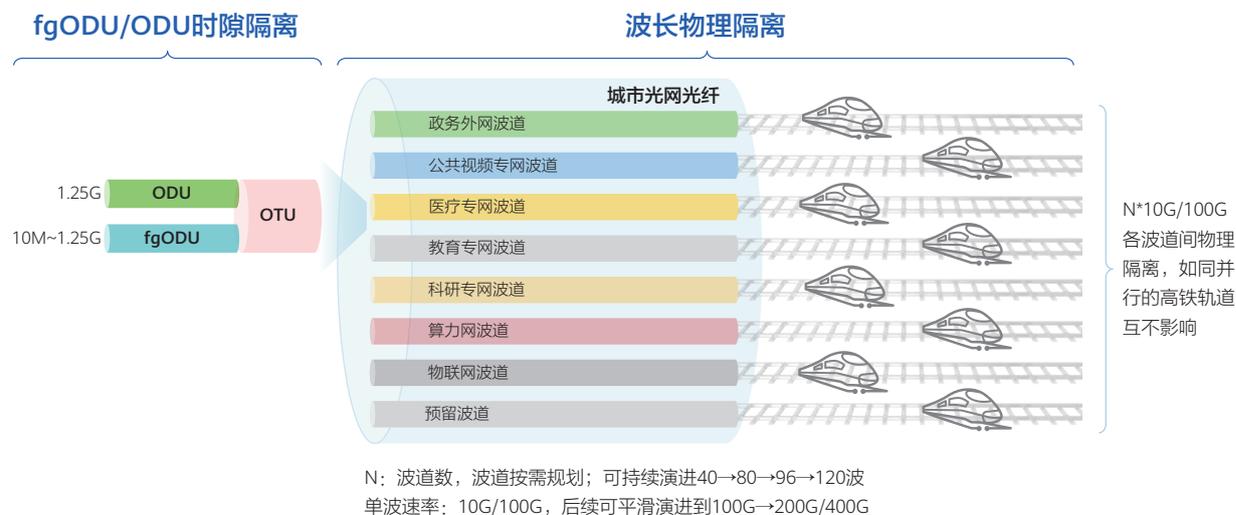


图 8-1 OTN/WDM 能力说明

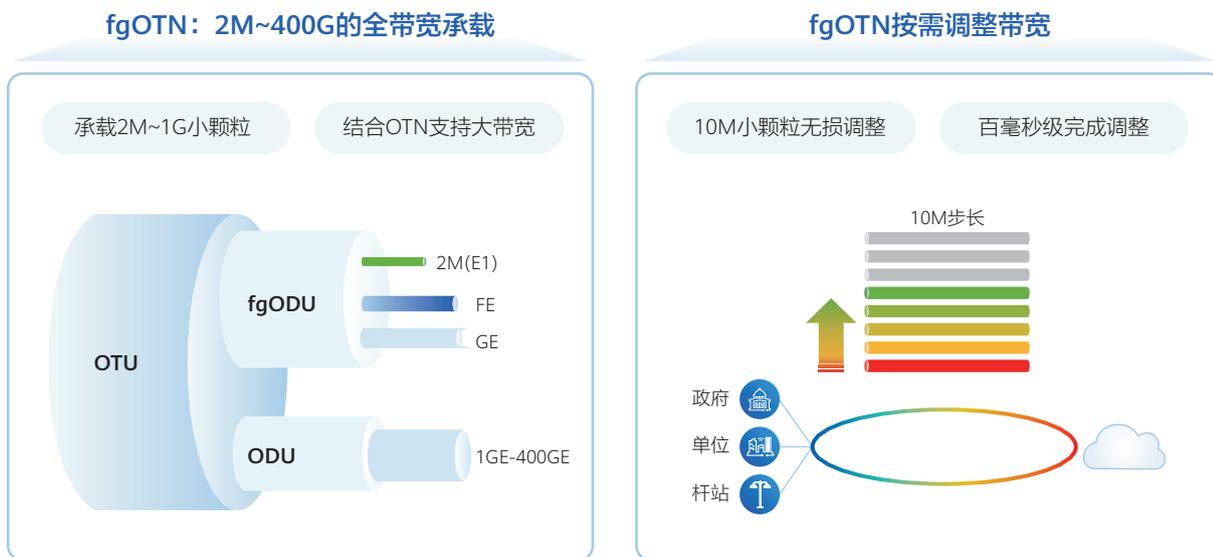


图 8-2 fgOTN 能力说明

(三) 全光交叉 OXC 技术

全光交叉能够将光的波长信号像电子信号一样直接进行路由调度，从而使得源宿站点之间光层直达，就如同将算力中心通过光纤直接连接在一起，以接近光速进行通信，并且结合时延可视能力，满足算力调用、联算场景超低时延的可达、可控要求。为保证高效入算，单跳设备转发时延不高于 50us，通过光层直达 + 时延可视，提供超低时延的城市光网络。

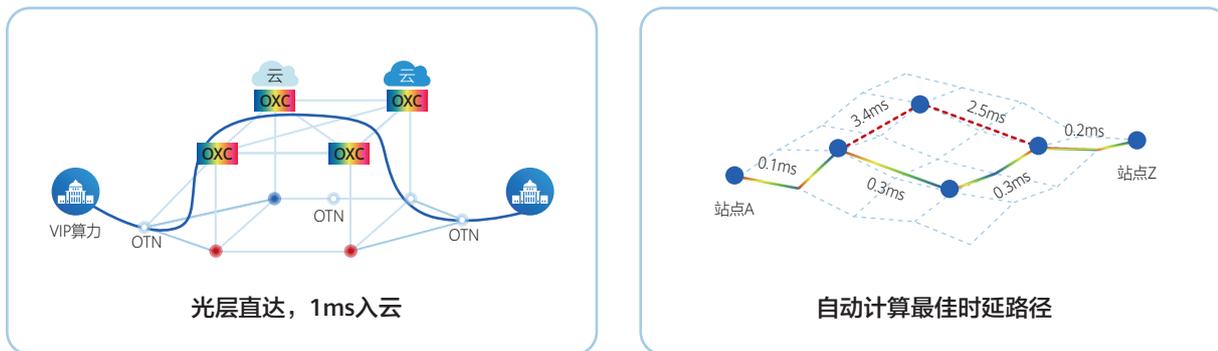


图 8-3 光层直达 + 时延可视

(四) OTN 量子加密通信技术

政务，教育，医疗，算力是重要的国民信息，网络安全至关重要，通过量子通信技术和国密 SM4 加密技术保证城市网络的绝对安全。OTN 量子加密通信技术，因单量子不可分割、量子态叠加、量子不可克隆，使量子通信无法预测、无法窃听、无法复制。OTN 通过提供独立波段完成量子密钥分发功能，配合国密 SM4 加密算法，保证业务传输的安全性。

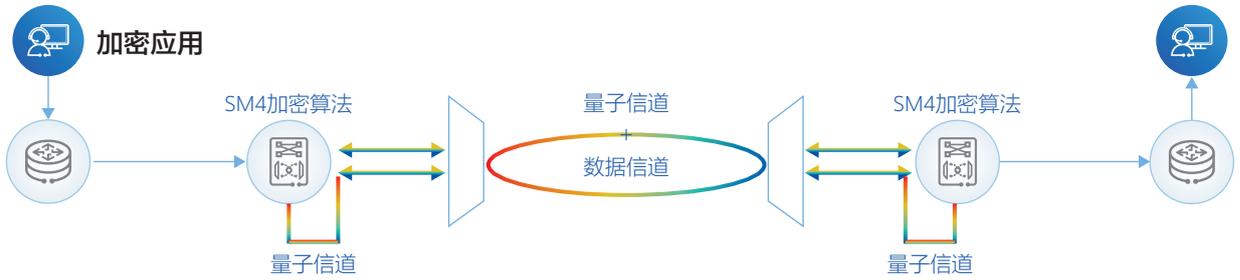


图 8-4 量子通信和 SM4 加密

(五) 智简运维技术

随着城市光网的不断发展，网络的规模和复杂度会逐步提升，给网络的管理和运维带来了很大的挑战。通过智简运维技术，帮助运维人员管理和维护网络，降低网络的后期维护成本。

a) 光纤状态可视化，光纤质量可监控，结合物理位置信息，可显示劣化位置，提前进行排查，避免光纤中断影响业务。

b) 业务时延可视化，保证业务质量可承诺。

c) 业务发放自动化，节省业务规划开通时间。

d) 网络运维智能化，网络亚健康检测通过网络光路拓扑信息、带宽利用率、告警信息等，进行分析处理，显示网络的健壮性，可用性，可靠性等信息，并提供改进建议，直观的了解网络的健康状态。



图 8-5 智简运维

8.2 数据通信网络技术



“城市一张网”需满足城市物联感知、高清视频、数字孪生及重要业务保障等方面的长远需求，支持各级政府在社会治理、信息共享和信息安全等方面的需求，

同时降低各机构使用资源的成本和门槛，积极推动数据与业务的深度融合。

» 1. 城市业务一网综合承载，驱动网络切片、SRv6、应用感知等技术应用

城市网络集约化驱动在单一物理网络基础上构建了多张逻辑上的虚拟网络。这些业务对网络性能的要求各不相同，例如，数字孪生 CIM 业务需要大带宽支持，单用户的高精度渲染至少需要 200Mbps 的网络带宽以确保流畅体验；而视频类业务则对网络传输的延迟和抖动十分敏感，较高的延迟会影响视频播放的流畅性。因此，城市网络必须确保关键业务的带宽和延迟等性能指标的稳定性，从而保障优质的用户体验。

为满足多种业务的带宽硬隔离需求，网络切片技术成为了一种理想的选择

以政务外网为例，需为视频会议、数字孪生 CIM 等应用提供带宽保障和安全隔离能力，以实现“类专网”的服务体验。作为新一代通信网络的核心技术之一，网络切片通过网络虚拟化技术将单一的物理网络划分为多个逻辑上独立的切片网络。每个切片可根据特定的应用场景和服务需求进行定制，配备独立的带宽资源，实现彼此间的隔离，互不干扰。不仅提高了网络资源的使用效率，同时也为满足不同业务的多样化需求提供了灵活的支持方案。

为满足业务对网络指标稳定性的要求，需要应用 SRv6 结合 SDN（软件定义网络）技术

视频类业务要求网络时延小于 400ms 和抖动小于 50ms（参考 GB/T 28181），对网络提出了明确的性能指标。SRv6（Segment Routing over IPv6）技术通过精确控制报文传输路径，实现稳定网络指标。

SRv6 是一种基于 IPv6 的数据转发技术，通过在 IPv6 报头中嵌入一系列 IPv6 地址（称为 Segment List）来指导数据包在网络中的行进路径。这种方法简化了传统路由协议配置的复杂性，使网络能够直接编写和动态修改数据包的转发路径，实现了对网络流量的精准控制。

将 SRv6 与 SDN 技术相融合，可以通过 SDN 控制器来规划和控制 SRv6 路径，实现高级别的网络自动化和灵活性，从而为业务提供一个确定性的网络环境。例如，对于那些对时延敏感的业务，SDN 控制器可以实时感知整个网络的时延、带宽和负载状况，为业务选择时延最低且不会造成堵塞的路径，并能够在检测到链路时延恶化时，及时调整路径，以确保满足业务的延迟要求。

为满足视频会议等关键业务的高保障要求，网络感知应用技术成为关键

关键业务的重点保障工作主要包括三个方面的需求：

- 首先，为关键业务提供专用且充足的网络资源。
- 其次，全面监控关键业务在网络中的表现。
- 最后，在业务感知出现劣化时能够迅速定位故障原因。

通过应用感知、APN6、iFIT 等技术，使得网络能够直接感知业务状态，构建终端、网络与应用的一体化协同保障能力，从而为最终用户提供全方位的体验保障。

以视频会议业务的重点保障为例：

- 会前，通过网络切片技术对重要视频会议部署端到端重保切片，随用随切，并基于 APN6 感知会议应用的多种信息，将音视频流量引流到专属重保切片中。
- 会中，通过应用感知技术，实时提取视频会议应用层信息，生成视频会议业务 KQI，结合网络 KPI 数据，综合生成视网一张图，实现网络状态和会议状态的全息可视，如图 8-6 所示。通过视频应用质差分析 AI 识别算法，在网络侧精准识别视频卡顿，根据应用质差信息快速定界端侧、网侧、平台侧问题。网络侧问题时，联动 iFIT 逐跳检测业务流，迅速定位到具体故障链路和设备。
- 会后，会议管理系统和网络控制器保存会议全程的相关信息，自动生成会议保障报告，同时识别会议保障关键改进点，为会议系统、网络的优化提供依据，持续提高会议保障工作效果。

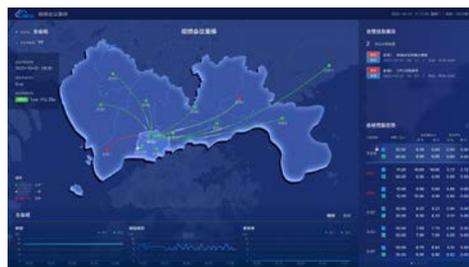


图 8-6 视网一张图视频会议和网络态势呈现

2. 为了助力城市算力的高效利用，需要构建超宽、弹性、无损的网络

城市算力专网是“城市一张网”的有机组成单元，需要关注算间和入算两个算力使用场景。在算间场景中，网络需实现多算力中心之间的高速互联，突破地域限制，支持高吞吐量和长距离无损协同，从而有效提高计算资源的利用效率；而在入算场景中，网络作为连接众多企业和科研机构与算力中心的通道，必须具备差异化的调度和优化能力，以满足海量数据高效接入计算中心的需求。

为了实现海量数据的高效传输，网络需要具备超宽的单端口速率

随着算力规模和算力业务的持续快速增长，以及对更高数据传输体验的需求，城市算力专网的带宽必须不断扩展。

- 网络设备的单端口带宽已经从 10GE 提升到 100GE、400GE，使网络承载能力分别提升了 10 倍和 40 倍。展望未来，800GE 将成为城市算力专网的主要组网端口。
- 电层带宽将从 112Gbps 向 224Gbps 演进，而光层则通过 200G PAM4 和低功耗相干调制技术，支持不同距离的组网需求。

目前，IEEE802.3 正在制定 800GE 和 1.6TE 以太网接口规范，以进一步推动网络技术的发展。这些技术进步不仅提升了网络的传输速率和容量，还为未来的海量数据传输提供了坚实的技术基础，确保城市算力资源能够被高效、可靠地应用。

用算场景的流量潮汐性特点要求网络具备弹性带宽

海量企业数据上传至算力中心时，传统的固定带宽专线模式导致带宽资源利用率低下。通过基于智能化控制的任务式数据传输服务，可以实现从 Mbps 到 100Gbps 的弹性无损扩缩容。有数据传输时，自动扩大切片带宽，确保数据传输的高效性和及时性，保障数据传输效率；无数据传输时，自动缩小切片带宽，将释放的带宽资源重新分配给其他关键业务，提高整体网络资源的利用率。如图 8-7 所示。这种弹性带宽管理机制能够有效应对流量的波动，确保 TB 级数据在小时级内实现低成本传输，同时最大化网络资源的利用效率。

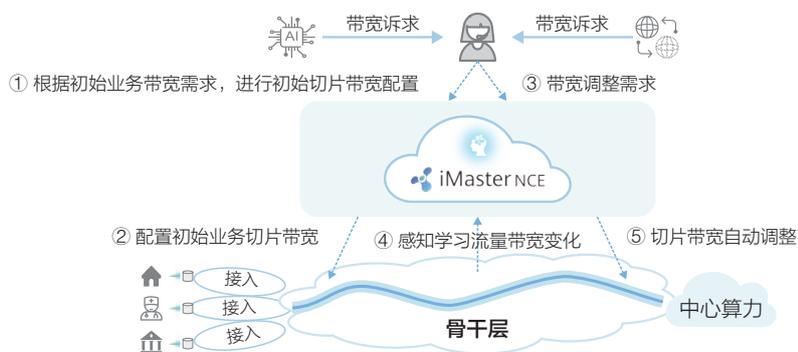


图 8-7 网络弹性带宽调整

跨算力中心的分布式 AI 训练要求网络具备广域无损传输能力

要实现广域无损传输能力，需应用以下关键技术：

- 通过广域流量测量技术，实时监测网络流量，获取详细的流量统计数据。
- 通过自适应均衡调度技术，根据流量测量结果，动态调整数据流的路径，确保网络负载均衡。
- 通过广域精准流控技术，利用 IPv6 地址列表编程能力，对智算 RDMA 大象流进行智能识别和深度负载均衡，并精确指定拥塞反压路径。

这些技术能够有效避免传统 PFC (Priority Flow Control) 中存在的头阻塞、死锁和风暴等问题。在实现 90% 以上的网络带宽利用率的同时，确保千公里长距传输业务零丢包，从而保证跨广域分布式 AI 训练的计算效率不下降。

提升网络传输效率的一个有效方法是通过数据消冗来减少数据传输量

网络设备可以利用数据压缩技术对数据进行无损压缩，显著降低所需传输的数据量，从而节省带宽资源。如图 8-8 所示。具体而言，数据压缩面向数据报文，采用无损的数据压缩算法。这些算法通过检测有效载荷中的重复信息，并将其替换为较短的编码，从而减小有效载荷的大小，提高数据传输效率。每个报文的压缩和解压缩过程都是独立的，不依赖于其他报文，确保每个报文压缩后单独封装，数据不失真。这种方法不仅能够有效减少数据传输量，还能保持数据的完整性和准确性，从而显著提升网络传输的整体效率。

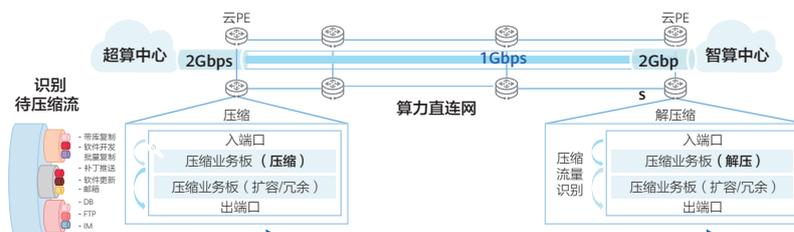


图 8-8 数据压缩降低传输数据量

3. 加速数据要素的安全流转利用，需要采用网络加密和可信流转等技术

“城市一张网”整合城市数据要素网络，覆盖了数据汇聚、数据处理、数据流通和数据应用的全生命周期，是城市数据要素流通利用的基础承载网络。数据要素在流通和处理过程中面临多种安全风险，这些风险不仅影响数据要素的流通效率和价值实现，还可能给数据供需双方带来损失和风险。

具体的安全风险包括：

- 数据在传输过程中可能被外部黑客非法侦听、篡改或重定向，导致数据传输泄密和完整性受损。
- 敏感数据在传输和处理过程中可能被不当访问，导致个人隐私泄露。
- 数据在传输和处理过程中可能被恶意篡改，影响数据的准确性和可信度。

为了应对这些安全风险，“城市一张网”需要采取有效的安全措施，如网络加密、可信流转技术和设备自身防护等，确保数据在各个环节的安全性和完整性，从而保障数据要素的高效、安全流通和利用。

数据防泄密防篡改要求网络具备强大的加密能力

网络可以通过运用 IPSec 技术构建端到端的线速加密安全传输通道，利用 MACsec 技术建立设备间的安全连接，确保数据在传输过程中的私密性和完整性。同时，从传统加密算法向抗量子计算攻击的密钥协商和分发算法演进，确保数据在未来量子计算环境中依然安全，做到数据零泄露。

针对高安全级别的用户及其数据，引入抗量子数据加密传输技术，通过实施后量子密码学（PQC）技术，加固网络管理层和设备控制层的抗量子能力。在量子安全网络方面，通过量子密钥分发（QKD）技术与设备数据转发层的深度融合，实现数据传输的 T 级抗量子加密保护。

这些技术的综合应用，能够全面提高网络的安全性，确保数据在传输和处理过程中的保密性和完整性，有效防止数据泄密和篡改。

数据不出信任域的要求需要采用可信流转技术

构筑数据可识、可视、可管的能力，确保数据标识明确、不出信任区域，并实现有效监管。

- 在数据可识方面，利用先进的语言模型（LLM）进行语义理解 and 数据标注，明确识别数据的安全等级要求，确保每条数据都有清晰的安全标签。
- 在数据可视方面，运用多层数字孪生技术，实现对数据流路径的100%全面可视监管。通过基于安全因子的集中或分布式路由算法，在计算路径时规避敏感地区和低安全设备，确保数据传输路径的安全性。
- 在数据可管方面，基于 IPv6+ 的网络策略，精确控制数据流路径，并依托随路验证算法确保路径一致性管理，做到异常传输秒级阻断，保证重要数据不出信任区域边界。

这些措施的综合应用，能够全面提高数据的安全性和可控性，确保数据在信任域内高效、安全地流转。

数据要素传输的稳定性要求设备自保护能力和韧性防护能力

网元内生安全包括设备自保护能力和设备韧性防护能力。

①在设备自保护方面，通过构建防入侵、防驻留、防破坏能力来抵御 APT 攻击。

- 防入侵通过实时检测业务系统的异常行为，发现潜在的入侵行为并采取防御措施。
- 防破坏通过对内部关键组件进行加密保护、限制修改和隔离等机制，防止被恶意篡改。
- 防驻留通过实时监控系统资源占用和可疑进程，防止恶意代码在设备内部长期潜伏，发现异常立即进行隔离和清除。

②在设备韧性防护方面，确保在网络遭受攻击或其他扰动时仍能保持功能性和服务连续性。

- 通过保护硬件、软件和网络连接，实现备份、容错和冗余设计，确保在主设备故障时能够无缝切换到备份设备，维持业务运行。
- 在攻击发生时，能够快速响应和恢复服务，以最小化潜在损害并保障业务的连续性。

这些措施的综合应用，能够全面提升网络设备的安全性和韧性，确保在网络面临各种威胁时仍能稳定运行，保护业务的正常运作。

8.3 安全可信技术

随着以《网络安全法》、《数据安全法》、《个人信息保护法》等为代表的一系列法律法规的颁布，网络空间成为我国陆海空天之外的第五空间，网络安全也随之升格成了国家战略。“城市一张网”作为智慧城市的“脉络”，是整个数字城市的根基，“城市一张网”最关键的三个元素为“设备”、“连接”和“运营”。因此“城市一张网”安全主要包括设备自身安全、终端授权准入、网络传输安全和运营管控安全四个层次，简称设备可信，接入可信、传输可信，管控可信四层可信技术。如下图 8-9 所示。

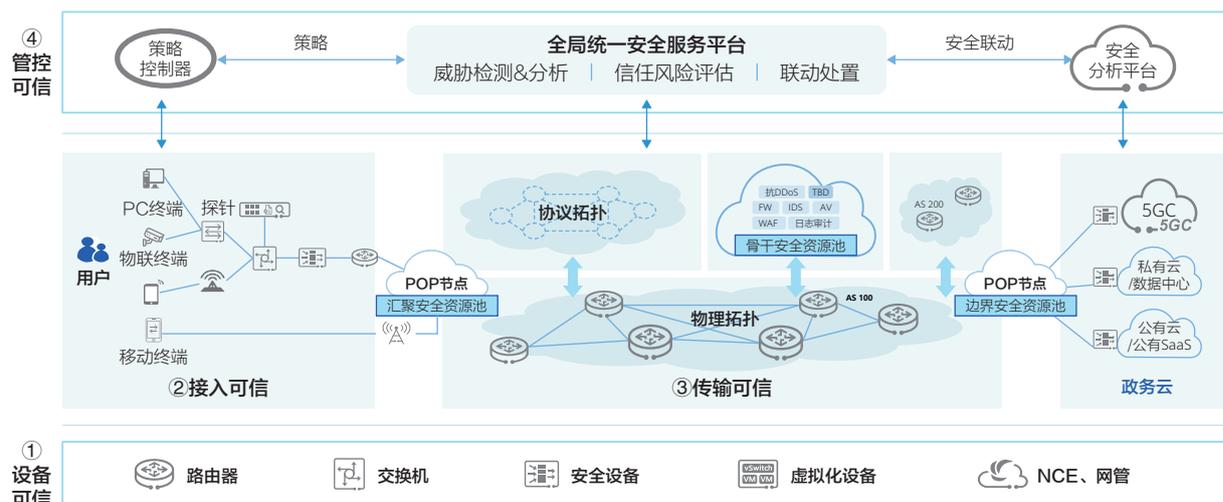


图 8-9 安全可信四层技术架构

» 1. 设备自身可信技术是安全防护的基础

在 2022 年国西北工业大学遭境外网络攻击事件和 2023 年武汉市地震监测中心遭受网络攻击事件中，网络设备都成为国家级网络攻击的新目标和重要跳板。网络设备的操作系统是设备运行的环境基础，安全可信的操作系统环境是保证业务安全可靠运行的关键基础：

系统安全防护技术确保“城市一张网”部署的各类网络设备自身安全

主要用于对设备的操作系统进行安全防护，通过内核防护、系统加固等关键技术，构建安全可信的操作系统环境。通过多种内核保护技术，提升漏洞利用的难度，保护网络设备操作系统不受黑客攻击。

系统安全加固技术应对不安全的配置成为数字政府攻击的入口

为提高系统的安全性，系统安装应遵循最小化安装、最小范围授权等原则，减少攻击面，防止攻击者利用系统漏洞实施攻击，为网络传输提供安全稳定的环境。

关键文件审计和防护技术助力政府识别深度隐藏的 APT 攻击

完整性度量框架（Integrity Measurement Architecture, IMA）用于在应用程序运行、动态链接库加载、内核模块加载时，对文关键文件进行度量。实现关键运行文件的层层逐级校验，建立从芯片可信根到产品应用软件的完整信任链，实现安全启动，保证软、硬件不被篡改，出现任何错误都必须记录日志并重启。

» 2. 终端可信接入技术是安全防护的前提

终端是威胁攻击的主要作用点之一，大部分攻击都发生在各类端点计算设备上。以终端为锚点，可以达到撬动整个安全防御体系的效果：

零信任接入实现以“身份”为中心灵活接入政务外网

建设端到端的实体（用户 / 应用）鉴别、授权、访问控制框架，根据终端环境与用户行为感知结果等，不断调整信任评估结果，以实现实体间的“持续可信”与“自适应安全”，提高安全性。应对各级政务部门终端“一机两用”情况下安全访问政务外网的业务诉求，部署终端准入控制技术，确保终端获得准入授权后通过安全隧道访问政务外网，不能同时访问其他网络，对于敏感的业务数据访问，采用沙箱等技术实现政务外网终端数据隔离，防止终端数据泄露。实现政务外网终端一体化安全防护，有效保护政务外网的整体安全。

移动终端采用五重安全防护技术满足政务移动办公安全要求

集成运营商定制网安全、AAA 网络准入、无线零信任访问、边界安全防护、国密技术的五重安全防护能力，针对人连、物连两种场景下的访问数据流，形成针对业务场景的多重认证、授权、检测、防护、身份管理，保障 5G 政务网络安全。

» 3. 边界安全和流量安全技术是传输安全的重点

网络边界防护和流量安全是确保网络中的流量仅按预期规划的路径进行流转，流量的行为可预期；拒绝不符合预期的流量移动，尤其是不符合预期的跨边界横向流动。通过这种“可信传输”的方式，最大程度减少威胁的扩散：

跨地域、跨部门、跨层级网络通信依赖合理的边界安全防护技术

“城市一张网”不同网络区域内信息进行跨域交互，需根据访问主体和访问客体的安全等级设计访问控制策略。在网络边界进行访问控制之外，还需要通过 DDoS 攻击防护、网络隔离交换、网络入侵防御、应用识别、病毒防御等技术实现纵深防御能力。实现网络边界安全隔离，保障安全事件影响最小化和受控化，增强汇聚层安全隔离及管控能力，缩小病毒横向扩展蔓延范围。

转发面协议和流量技术确保不同安全等级政务数据可信传输

网络协议是网络中各网元相互连接的基础。当安全事件发生时，会出现网络流量中断、用户数据泄漏等威胁。因此，需要保障协议的防仿冒、防泄漏、防劫持等。流量安全重点关注网络流量传输过程的安全性。主要是通过传输加密，防 DDoS 攻击、可信路由路径和流量监测等技术。当网络中部署多种业务时，可构建可信拓扑和不同加密能力，用于敏感业务的传输。

» 4. 管控可信技术是简化运营的重要手段

Gartner 提出一种持续自适应风险与信任评估理论（Continuous Adaptive Risk and Trust Assessment, CARTA）。其核心观点是从过度依赖一次性安全防护控制，转变为针对有风险行为的持续检测和响应。构建 ICT 全栈风险可视化基础设施，监测所有操作、交互、事务和行为，实现用户、设备及其行为的态势感知。以主动和积极反应的方式持续发现、监控和评估风险：

统一收集端边网云安的资产 / 状态 / 日志 / 流量信息，关联分析技术进行统一研判和呈现

终端（含服务器）信息、流量信息、安全日志信息等散落在不同的网络位置，把端、网、云、安进行统一纳管并收集，通过统一的安全大脑，以获得更精准的分析结果。在信息收集之后，还需要有精准的智能算法对信息进行综合分析和研判，最终实现威胁告警准确率的提升。并在完成分析之后，将全网的态势信息统一进行呈现。

提升跨部门安全威胁事件处置速度，实现威胁判定后分钟级的阻断，自动化威胁处置

当识别到严重威胁时，需要立即自动或者手动确认后对威胁进行遏制，以避免威胁进一步扩散到其他位置。进行遏制的位置会有多种选择，如果位置选择过高，威胁会继续扩散同区域内的其他资产，因此必须选择尽可能接近攻击源且在可控制范围内的设备。可通过在安全大脑，终端 / 网络 / 安全 / 云的控制器的联动，终端 / 网络 / 安全 / 云设备之间进行信息协同，实现自动识别，达到分钟级地查找和阻断。

政务局域网无法全面部署安全设备，通过网安联动技术速溯源和遏制，节省成本同时安全不打折

在对威胁进行遏制后，需要继续找到真正的攻击源或者感染源。政务外网部门众多，无法确保每一个单位每一个网络边界都部署安全设备。因此，可通过在安全大脑和网络控制器的信息协同下，可以快速找到感染的主体，依托网络设备的 ACL 能力进行快速攻击处置，彻底消除当前的威胁。

8.4 网络智能化技术



随着云计算、物联网、5G 和边缘计算等技术的不断演进，IP 网络作为数字化基础设施的关键组成部分，正面临数据流量激增和网络复杂性上升的挑战。传统的网络管理方法逐渐显露出局限性，急需新一代技术介入以提升网络智能化程度和服务质量。

电信管理论坛 TMF（TeleManagement Forum，简称 TM Forum 或 TFM）定义的自智网络成为数智化转型的必经之路，成为行业共识：三零三自为目标的自智网络转型。

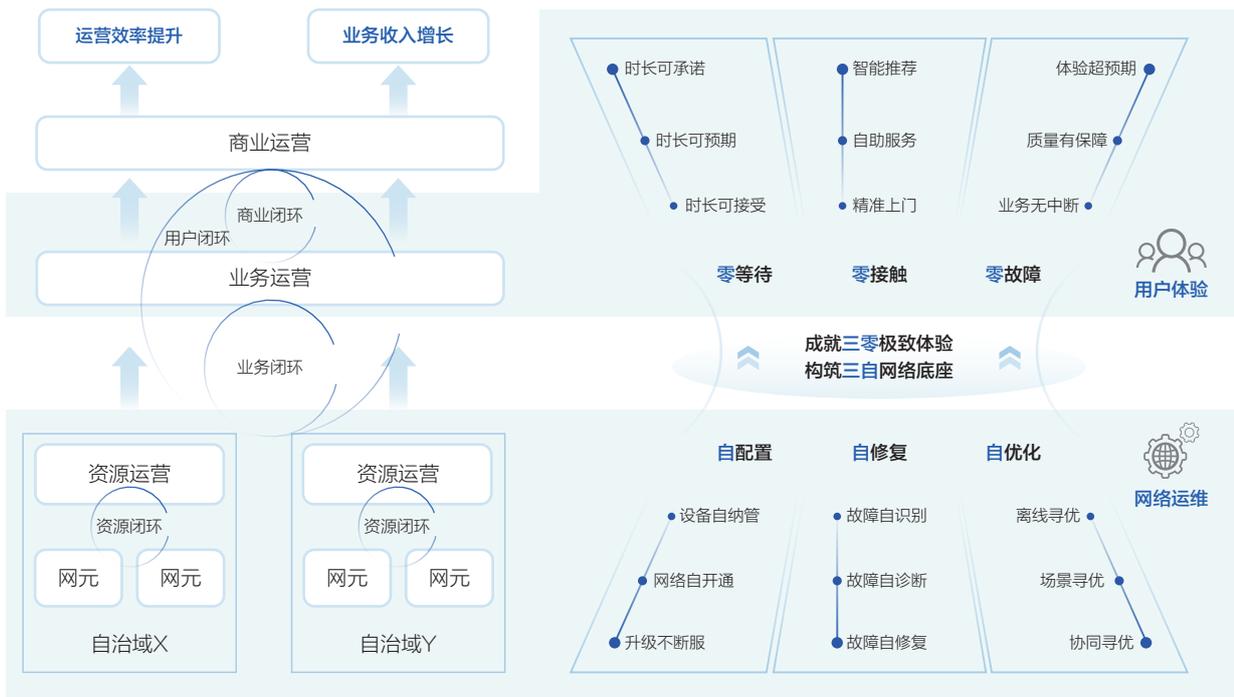


图 8-10 三零三自自智网络

二零

通过智能化基础设施、敏捷运营与全场景服务，成就用户极致体验

零等待：通过提前进行极致网络的覆盖，形成如弹性带宽，超低时延，超高可靠性的网络，完成厚覆盖，短接入，极速开通等极致运营体验；达成时长可承诺、时长可预期、时长可接受。

零接触：通过形成售前产品推荐、质量可预知；售中硬装即通、软调自动；售后千人千面、自助提速。使能网络服务也能像电商化的服务体验。达成智能推荐，自助服务，精准上门等零接触式的服务体验。

零故障：因为网络问题的定位复杂性，故障发生后往往引发被动投诉，通过差异化的保障手段，变被动客诉为主动关怀，满足不同层次的零故障体验诉求，旨在提供不断，不慢，不卡的用户体验；达成体验超预期、质量有保障、业务无中断。

三自

面向网络规、建、维、优全生命周期保障构建三自能力，提升网络运维效率

自配置：随着网络配置的复杂性，人工操作往往存在错误操作，导致网络事故发生，智能化要求需要达成设备自纳管、网络自开通、升级不断服等网络运维指标。

自修复：故障自识别、可预测，提前规避故障，主动修复，业务永在线。故障自诊断：通过 AI 聚合问题日志，分析问题根源，并找到解决方案以修复故障。

自优化：网络因突发流量、断纤、洪水火灾等原因导致流量、时延、抖动、断流等事件发生，利用 AI 着重解决离线寻优、场景寻优、协同寻优，从单目标到多目标协同寻优，实现网络性能与业务体验协同优化。

二零三自典型业务场景及技术方案：

视频会议故障优化

场景：视频会议频繁出现丢包和卡顿问题。

技术方案：通过网络地图可视化结合智能故障处理技术，利用 FlexE 切片、iFit 随流检测和智能故障分析，实现多厂商数据的实时采集和多维指标展示。利用云图多因子算法优化网络性能，确保零故障、零丢包，提升会议质量。

城市活动网络保障

场景：大型活动如大运会期间，网络承载压力巨大，运维人力紧张。

技术方案：通过网络地图监控重点区域基站质量，特别关注 VIP 专线流。利用 AI 预测技术和仿真技术预测流量趋势，支撑城市安全演练与快速定位和排除故障。最终达成故障自动收敛，流量拥塞自动疏导，节省大量人工汇报成本，提升跨部门业务联动的工作效率。

设备高频故障处理

场景：越来越多的设备被部署，现网高频故障，单次报障与排查时间长，业务需要大量的人力投入。

技术方案：使用 AI 数字人补充人力缺口，进行简单工单处理与自动问题回复。AI 数字员工集成电信领域语料，实现领域内知识问答场景的全面覆盖，具备出色的意图理解能力和故障自诊断能力，加速迈向高阶自智网络。通过 AI 进行检测与维护，达成故障处理全省覆盖。

智能协作

场景：用户对网络服务的期望通常是简洁的、以客户化的方式表达，而映射到网络实现技术则是复杂的流程实现。

技术方案：边缘接入设备能够实现快速、高效、无错的网络基础配置，完成 IP 基础网络协议的打通，使得发货的空配置设备能够即插即用接入 IP 承载网。为满足企业的不同上云诉求，应对政务行业数字化转型，保障企业侧与云侧的 IP 网络连接自动化。例如，网元设备间的智能协作通过实时或近实时的智能化协议和语义化接口共享状态、语义或知识，多系统和多领域共同完成复杂任务，如分布式协同防御 DDoS 攻击、流量控制等。自治域间的智能协作则涉及多领域、多厂商的业务开通和网络级质量保障，通过自治域的横向驱动共同完成端到端的任务设置。

仿真与验证

场景：面对 IP 网络变化的高可靠性要求。

技术方案：通过在线的仿真平台，以网络设备的变更配置、互联路由与流量作为输入，模拟网络协议、流量的状态和行为，仿真网络设备的路由表与转发表项，实现多厂商联合仿真、增量配置仿真、路由协议仿真和流仿真，为网络变更风险评估提供真实、客观的基础数据。并通过网络数字人辅助网络运维人员执行网络变更、网络优化等操作场景，通过事先验证，事中监管，事后回顾来解决配置焦虑问题。

总之，网络通信大模型的出现使得网络运营与运维人员能够处理和分析海量的网络数据，用户通过大模型技术解决网络中出现的故障，快速识别并定位众多故障中的根因故障点；并预测未来可能出现的网络拥塞和隐患情况，从而提高网络的稳定性和服务质量。

通过自动化与智能化手段逐步减少和消除人工操作，逐步向自服务、自维护、自优化的自动驾驶网络演进。

自服务

自动抽取业务对网络可靠性、资源、SLA 等需求，将复杂的网络能力封装成用户更容易理解的网络服务，通过一站式的“订购、开通、使用、管理”的服务化流程，提供更便捷、优质的业务体验；结合资源预测、安全策略推荐、网络模型推荐等关键算法实现网络方案的自动化设计，提供免规划、免设计的自服务网络体验。

自维护

通过网络数字孪生、知识图谱等技术实现对网络状态、变化的实时感知；通过持续的网络行为学习与训练，主动识别网络风险与异常；通过根因溯源、模糊推理等技术实现故障根因智能分析；结合故障发生位置、时间、业务影响等因素给出异常修复建议；最终实现风险主动规避、故障自动闭环的自维护系统以提升业务连续性与体验。

自优化

通过智能监控、健康度分析预测、仿真验证，业务意图比对应手段，基于实时的端到端数字地图进行全局算路，识别出最优路径，完成网络参数的持续优化，最大限度提升业务运行效率，提升算力。同时通过多模态表征算法、知识图谱等技术结合历史统计数据完成基于用户业务视角的网络资源开销衡量，辅助用户商业决策，优化网络资源开销。

09 结语

工业化时代，城市的“先进”构建在汽车、铁路的车轮上，是速度推动城市社会经济的发展融合，从而让城市有了智慧。过去的进步与明天的进步都是速度的对比，在智能时代，比的是信息传递速度、算力的使用速度。无处不在，无处不宽，无处不快的城市网络将是一个城市领先的关键。智慧城市经过十年的发展，正在向“宜居、韧性、创新、智慧、绿色、人文城市”发展，我们提出“一网通城”的理念，正是为了更好的支撑“一网通办”“一网统管”“一网协同”“一码通行”等越来越多“一”的创新应用，推进城市向数字化、智慧化发展。

以“一网通城”的理念进行城市网络基础设施规划建

设，是系统推进城市全域数字化的关键举措。围绕智慧城市的关键业务诉求及发展方向，基于业务驱动、不断升级和完善“城市一张网”顶层架构，持续解决实践中遇到的挑战和问题，形成可推广复制的模式和方案，让城市网络能够在智慧城市建设和发展中发挥更大价值。

“站在后天看明天”，从“城市一张网”的维度做好整体顶层蓝图规划，实现各个物理网络间的高度联动和高效协作，畅通数据流通、便捷算力调用。“建一张网、慧一座城”，一张蓝图绘到底，筑牢智慧城市之基。



附 缩略语

缩略语	英文全称	中文全称
AI	Artificial Intelligence	人工智能
APN	Application-aware Network	应用感知网络
ASON	Automatically Switched Optical Network	自动交换光网络
CIM	City Information Modeling	城市信息模型
DCI	Data Center Interconnect	数据中心互联
IFIT	In-situ Flow Information Telemetry	随流检测
IGP	Interior Gateway Protocol	内部网关协议
OTN	Optical Transport Network	光传送网
OXC	Optical Cross-connect	光交叉连接
RDMA	Remote Direct Memory Access	远程直接数据存取
SLA	Service-Level Agreement	服务等级协议
UPF	User Plane Function	用户面功能

