城市信息新基建规划：雄安实践与探索

刘晓青 何 睿

提 要 信息基础设施统领新型基础设施建设，是支撑未来智慧城市建设的重要底座。为解决传统城市基础设施规划无法响应信息新基建需求的问题，从解析信息新基建的变革出发，提出构建信息新基建规划的三类规划对象和“三类五层”系统架构。雄安新区作为国家新区战略实践的典范，肩负着数字智能城市建设的先锋使命，基于RD片区信息新基建的规划实践，归纳“全域泛在的数字采集设施、立体超高速的信息传输网络、超云边协同的数据处理设施”规划经验，总结探索信息新基建在理念、内容和标准3方面的规划创新要点。

关键词 信息新基建；雄安新区；空间规划；采集-传输-处理；人工智能；物联网

中图分类号 TU984 文献标志码 A
DOI 10.16361/j.upf.202205016
文章编号 1000-3363(2022)05-0112-07

Planning of Information Infrastructure: Research, Practice, and the Exploration in Xiong´an New Area

LIU Xiaoqing, HE Rui

Abstract: Information infrastructure leads the development of smart infrastructure and hence smart city development. In response to the gap in the provision of information infrastructure left by the conventional urban infrastructure planning system, the paper summarizes the transformation of information infrastructure planning at the conceptual level and proposes a new system architecture. As a model of national new areas, Xiongan New Area takes the lead the digital smart city development. Using RD district as an example, its planning experience and explores its key planning innovations in technology, content, and standards for the information infrastructure.

Keywords: information infrastructure; Xiong'an New Area; spatial planning; collection-transmission-processing; Artificial Intelligence; Internet of Things

新型基础设施建设首次在2018年中央经济工作会议提出，2020年4月国家发改委明确指出“新基建”是以新发展理念为引领，以技术创新为驱动，以信息网络为基础，面向高质量发展需要，提供数字转型、智能升级、融合创新等服务的基础设施体系，并归纳为三大类：信息基础设施、融合基础设施、创新基础设施。其中新一代信息基础设施统领新型基础设施的建设[1]。

放眼全球，各国也都开始了新一代信息基础设施的研究和应用[2]，例如美国大力推动工业互联网及人工智能等技术在城市空间的集成应用、欧盟发展战略数字基础设施、日本打造Society5.0超智能社会、新加坡“智慧国2025”建设高效安全的通信基础设施，积极探索并全力抢占信息新基建的技术实践前沿。

在新冠肺炎疫情、全球贸易危机等众多挑战与压力下，信息新基建承载着我国促进数字经济发展、拉动经济增长的重任。关于信息新基建的影响及重要作用的研究已从不同视角展开，对于经济的正向影响[3-4]以及经济增长的空间溢出效应[5-6]得到了广泛认证。2022年7月，住建部、发改委《“十四五”全国城市基础设施建设规划》最新发文指出构建信息通信基础设施、促进其他类型基础设施与之融合部署，推进城市智慧化转型发展。城市基础设施规划地位正呈现出由被动配套转向战略引导的转型趋势[7-8]，如何加快部署新型信息基础设施建设，因地制宜加强信息新基建的统筹规划，成为当前各城市制定总体发展战略，构建智慧城市的重中之重[9]。

作者简介

刘晓青，上海同济城市规划设计研究院有限公司总工程师、高级工程师，Liuxq26@163.com

何 睿，同济大学建筑与城市规划学院博士生，通信作者，herui_1253319@163.com

1　城市信息新基建规划的三大转变

传统基础设施是指为社会生产和居民生活提供公共服务的物质工程设施，新型基础设施则是由新一代信息技术（大数据、人工智能、移动互联网、云计算、区块链等）驱动的基础设施[2]。城市信息新基建的核心是数字化和智能化，较传统信息基础设施在物理硬件层、软件数据层、功能系统层都发生了结构性的深刻变化，尤其在信息环境、规划对象、空间布局等方面产生了重大转变。

1.1　信息环境：从“传统通信”到“万物互联”

新一代信息技术的迅速普及，从根本上改变了现有的信息环境。智能终端及传感设备的普及，将传统的人与人之间的信息交流扩展到了人与物、物与物之间，物联网将替代互联网、移动互联网成为新时代智慧城市建设的主流[10]。物联网层出不穷的应用场景，驱动数据流量爆发式增长，算力设施成为信息基础设施数字化服务的重要组成部分。不断提高的数字应用快速上线要求，促使无处不在的高速信息网络成为城市智慧化转型发展的关键环节。这些变化意味着信息基础设施规划发生了系统性改变，信息新基建规划体系需要完成从围绕信息传输的“传统通信”，向支撑“万物互联”的贯通数据产生、传输、存储、处理全流程的新型规划转变。

1.2　规划对象：从“通信行业”到“智能应用”

从单纯服务通信行业向为城市各类数字智能应用提供服务转变。规划业务由固定电话、移动语音、宽带接入、广播电视等传统业务向移动数据、智能应用等新兴业务拓展。提供服务的主体由传统的基础电信运营企业向非基础电信运营企业拓展，业务类型和运营主体越发多样化。运营商之间破除了传统的业务壁垒，向“全业务运营”转型，电信、移动、联通、广电等运营商均可同时开展语音、数据、视频等通信业务[11]。这些变化意味着运营商对信息基础设施的需求逐渐趋同，传统针对运营商需求的差异化规划模式有待调整，信息新基建规划需要建立服务于所有基础电信运营企业、非基础电信运营企业、城市智能应用用户统一共享的规划体系。

1.3　空间布局：从“集中统一”到“扁平联动”

新一代信息基础设施的空间配置发生了很大变化，容量规模变大、空间尺度变小、部署灵活度和融合度提高，空间配置逐渐从大体量集中式排布向高密度、扁平化、互联化演变。空间布局出现4个显著变化：①移动通信基站形态多样、总量增加，宏站规模相对平稳，新形态小微基站快速增加[12]；②末端承载方式多样，骨干通信管道规模基本平稳，末端接入管道需求大量涌现；③数据中心需求大，边缘化小型化的数据中心大量涌现并承担重要作用；④设施融合共享，信息设施之间、信息设施与城市设施之间可以更加灵活地整合在一起。这些变化意味着信息新基建的规划方法和规划标准面临调整，需要充实新型设施、更新传统设施的规划方法和规划标准。

2　城市信息新基建规划的内容与架构

2.1　城市信息新基建规划的内容组成

信息基础设施是指基于新一代信息技术演化生成的基础设施（图1）。根据国家发改委2020年4月对信息新基建作出的解读，其内容包括：①以5G、物联网、工业互联网、卫星互联网为代表的通信网络基础设施；②以数据中心、智能计算中心为代表的算力基础设施等；③以人工智能、云计算、区块链等为代表的新技术基础设施。

笔者在发改委提出的通信、算力、新技术三大类型的基础上，结合城市规划重点关注物理设施的空间部署这一特点，基于数据传导原理，从数据流角度梳理信息基础设施的逻辑关系，搭建城市信息新基建的内容组成（图2）。按照数据产生-传输-存储处理的流程，明确采集设施、传输设施、处理设施为城市信息新基建规划的主要对象。

2.1.1　采集设施

包括感知设备和智能网关（X-Hub）。感知设备感受被测量的物理信息，将信息转换为数字信号，形成感知数据；智能网关实现感知数据智能接入，是海量感知数据与信息基础设施连通的桥梁。采集设施规划内容应为城市全域感知智能终端的部署方案和网络接入方案。

2.1.2　传输设施

包括有线传输和无线传输。有线传输的规划内容包括确定网络结构，布局核心机房、汇聚机房、接入机房等通信机房，以及通信线路及其通道。无线通信的规划内容包括布局移动通信基站、

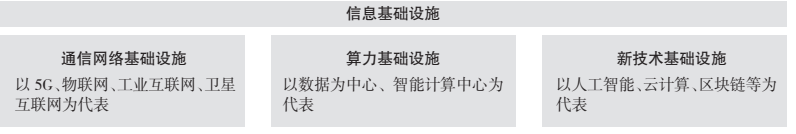

图1　国家新基建中信息基础设施总体框架

Fig.1　Main structure of information infrastructure in the national new infrastructure system

资料来源：笔者根据发改委新基建释义整理

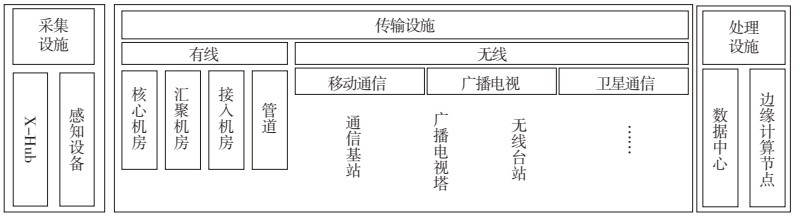

图2　信息新基建规划内容框架

Fig.2　Data-based information infrastructure planning

广播电视发射塔、无线电监测站、卫星地面站、微波站等无线通信台/站，以及无线收发信区、微波通道、机场导航净空保护区等无线控制区。

2.1.3 处理设施

包括数据中心和边缘计算节点。规划内容为按照城市层级布局城市数据处理主中心和灾备恢复中心、各级数据处理分中心、边缘计算节点等。

2.2 城市信息新基建规划的系统架构

按照国土空间规划层级，提取城市、分区、社区、小区、建筑/设施，作为信息新基建在国土空间部署的映射，拟合信息新基建规划的内容组成，建构信息新基建规划的三类五层系统架构（图3）。

层级结构。城市层级部署主/备/容数据处理中心、传输核心机房；分区层级部署区级数据处理中心、传输核心机房；社区层级部署社区/行业数据处理中心、传输汇聚机房；小区层级部署边缘计算节点、传输接入机房；建筑/设施层级部署边缘计算节点、传输接入机房、智能网关和感知设备。

空间布局。主/备数据处理中心可以与传输核心机房合设，间距不小于100 km，除同城容灾备份中心外，远距离容灾备份中心应于异地建设。社区/行业数据处理中心可以与传输汇聚机房合设。边缘计算节点可以与传输接入机房合设，微型边缘计算节点优先附建于城市家具上。

3 实践探索：雄安新区RD片区信息新基建规划

雄安新区是继深圳经济特区和上海浦东新区之后又一具有全国意义的新区，2019年1月，中央出台文件支持雄安新区构建世界先进的城市信息基础设施，明确指示打造全球领先的数字智能城市。RD片区是雄安新区开发建设的首个先行区，肩负着探索建设经验、创新开发模式的重要使命。片区占地面积12.7 km^2，规划人口约17万人，是以生活居住功能为主的综合性功能区。

作为先行区，RD片区瞄准未来城市发展目标，突出新一代信息技术与城市建设、社会治理、经济发展、居民生活深度融合，结合地上地下空间规划，以块数据和边缘计算为中心，面向城市全要素和全空间，构建覆盖地上地下各类智能应用场景的采集设施、传输设施和处理设施，以全域泛在数字采集、立体信息网络互通、城市中枢数据大脑承载全景智能应用服务为目标打造信息新基建，形成与城市空间融合共生的智能化数字网络体系，以此落实新区全域基础设施智能化和全球领先数字智能城市的总体要求，形成示范带动效应。

3.1 建立全域泛在的数字采集设施

RD片区的采集设施规划围绕智能网关（X-Hub）展开。规划按照疏密有致和集约共享的原则，采用集中和分散相结合、地上和地下相结合的方式全域布设，实现数字城市与现实城市同步发展。规划明确提出智能网关在地上、地下设置的具体要求：①地上布置在道路、交通场站、广场、绿地、水域等公共空间，结合服务亭、信筒、贩卖机、桌椅等城市家具，照明灯杆、信号灯杆、电子监控杆、导视标识杆、充电桩、水域岸桩、站台标识等公共杆柱，废物箱、弱点机箱、广播音箱、灯箱广告等公用设备箱/公共设施布设，设备间距不超过100 m；②地下布置在地下道路、地下轨交场站、地下公交场站、地下公共停车场、综合管廊、地下人防、地下应急避难场所等公共地下空间，结合公共配套设施布设，设备间距不超过50 m。

片区规划充分考虑利用城市道路照明灯杆挂载采集设施，将传统的照明灯杆转变为新型的多功能智能综合杆柱（图4）。在实际建设过程中，发现由于多种采集设备的低压用电和信息传输的需求，使得灯杆缆线大幅增加，完全颠覆了传统路灯缆线的敷设方式，对于缆线通道规划提出了全新的空间要求。与传统规划相比，信息新基建规划要考虑路灯和智能设备接入低压电缆（6孔）和智能设备进出信息光缆（6孔）需要的通道。为了避免相互干扰且保证树穴所需空间，电缆通道和光缆通道需分开布置，检查井尽量采用小尺寸的手孔井，以减少对绿化景观的影响（图5）。

3.2 构建立体超高速的信息传输网络

RD片区的传输网络规划按照“全覆盖、全联通”的原则，构建由有线光纤宽带接入网和宽带无线移动网组成的超

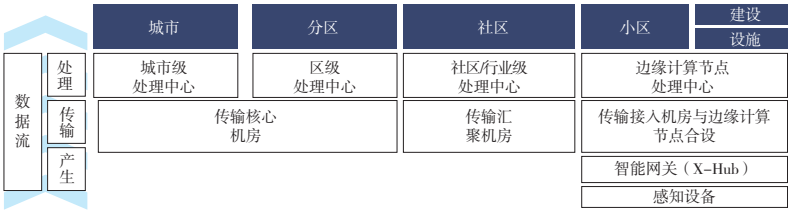

图3 信息新基建规划系统架构

Fig.3 Overall framework of information infrastructure planning

图4 RD片区建成的智能综合杆

Fig.4 Smart lamp-post in an RD district

高速立体信息传输网络，支撑互联网向物联网拓展。

光纤宽带接入网基于10G PON技术的FTTH/O接入方式，实现千兆到户、万兆入企，未来向NG-PON2/NG EPON平滑演进。片区规划2座汇聚机房、6座接入机房（图6），其中2座接入机房与汇聚机房合设。网络结构按照汇聚机房双路由上联新区核心机房，汇聚机房之间、汇聚机房与接入机房之间、接入机房之间采用环形光网、接入机房前采用星型光网进行规划。

宽带无线移动网按照“宏微协同+室分系统”的原则，根据覆盖场景的不同，室外采用宏基站+微基站覆盖，室内采用室内分布系统、分布式微基站和微微蜂窝等方式覆盖，形成宏站广域覆盖、微站深度覆盖、室分精准覆盖的无线网格局。针对2G、3G、4G、5G等不同制式在一定时期内同时运行的情况，规划分别计算覆盖半径，按照集约共建共享站址的原则，以站址密度最大的210个5G宏基站（图6）为基准，其他制式网络及各类授权或非授权物联网基站与5G共址建设。

3.3　部署超云边协同的数据处理设施

RD片区处理设施规划按照“存储与计算一体、云计算与边缘计算协同”的原则，采用“一超一云多边”的“超云边”协同部署，建构新区之脑。

片区规划1座城市级数据（超算云）中心（图7），作为新区全域海量数据处理的城市中枢数据大脑，满足新区高性能计算、高可靠存储要求。数据中心规模为3600机柜，用地3 hm²，建筑面积37 000 m²。通过数据中心的云化建设，极大提升新区数据支撑能力。

作为云计算的补充和优化，结合接入机房、小区机房、公用设施、城市家具等分散部署边缘计算节点。边缘计算采用分布式计算架构，将运算分散在靠近数据源的近端设备处理，通过算法按需加载、数据按需汇聚、场景分级处理等功能，形成边、云的协同计算，实现片区就近信息处理和应用。布置在机房的边缘计算节点，每处预留建筑面积50 m²；微型边缘计算节点结合综合杆柱、公交台站、市政和公共服务设施、

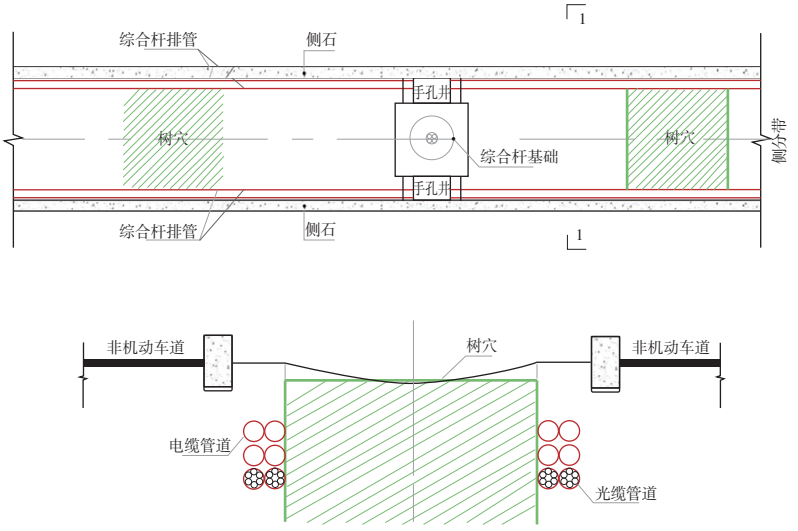

图5　智能综合杆道路侧分带排管布置示意图

Fig.5　Diagram of smart lamp posts in side strip

资料来源：笔者根据《智慧路灯方案设计》整理

图6　RD片区信息传输设施规划示意图

Fig.6　Planning plot for information transmission facilities in an RD district

资料来源：笔者根据《RD片区通信专项规划》整理

图7　雄安新区超算中心效果图（左）和施工现场（右）

Fig.7　Renderings and construction site of the supercomputing center in Xiong´an New Area

资料来源：笔者根据《城市计算（超算云）中心方案设计》和现场拍摄整理

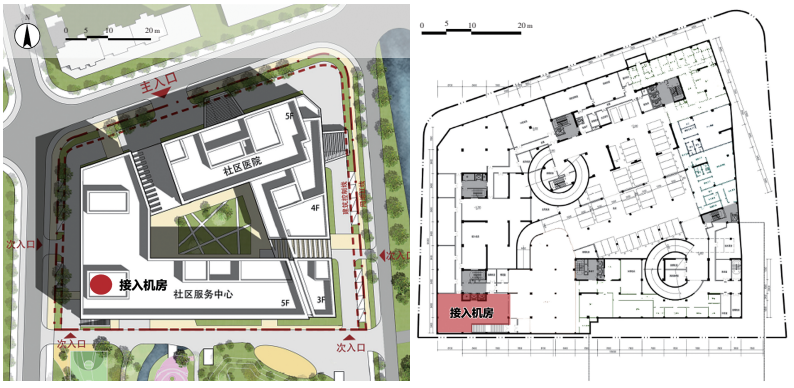

图8 附建的接入机房空间位置示意图（左）地下空间平面图（右）
Fig.8 Illustration of ancillary access network computer room (left) and floor plan of underground spaces
资料来源：笔者根据片区方案设计整理

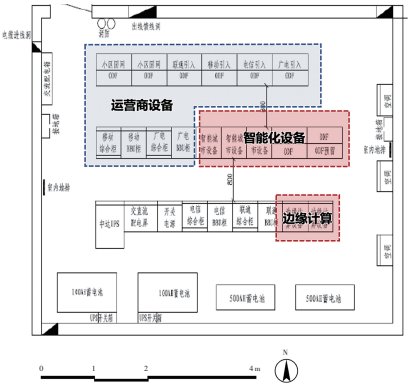

图9 共建共享的小区机房平面图
Fig.9 Floor plan of co-constructed and shared equipment room in communities
资料来源：笔者根据片区方案设计整理

城市家具等布设。

3.4 RD片区信息新基建空间规划创新

RD片区信息新基建规划围绕采集设施、传输设施、处理设施，按照“融合共享、空间集成”的理念，对信息基础设施之间、信息基础设施与城市物质空间之间的跨系统联动进行了创新性空间规划实践。

以“一张网、大共享”为基本原则，规划实现机房设施、基站设施、传输通道等所有基础资源共建共享。容东片区的空间资源对所有信息服务运营主体开放，所有运营主体的网络基于“一张网”共址共建设施和设备。通过这种方式实现新区最大限度减少重复建设，共享配套设施。

规划中机房与公共建筑、基站与城市建筑、通信光缆与电力电缆等缆线工程深度融合。片区所有机房全部采用附建的方式，汇聚机房附建于商务办公建筑的地下空间，接入机房附建于社区服务中心的地下空间（图8），小区机房附建于小区地下空间（图9）。基站全部依托建筑设置，天线布置在屋顶（图10），实行“一站一设计”，确保与城市风貌相协调，机房布置在地下空间，实现了片区无通信专用塔杆。同时采用综合管廊、浅埋缆线沟、组合排管相结合的方式（图11），实现了80%以上的通信线路与电力以及其他管线的组合布置，极大地节省了地上地下空间资源。

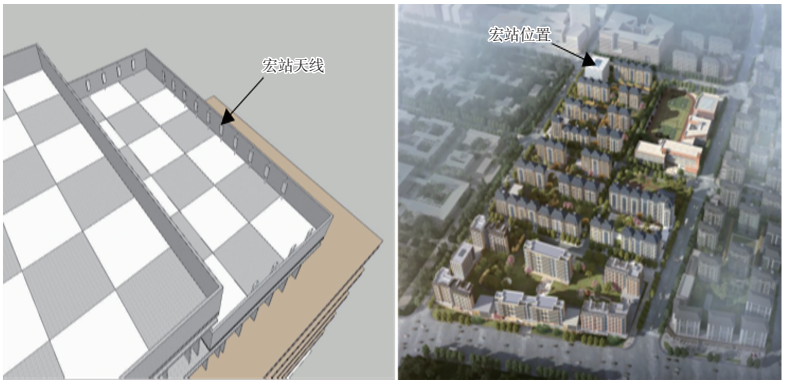

图10 移动宏基站布置示意图
Fig.10 Schematic plan of macro station
资料来源：笔者根据片区方案设计整理

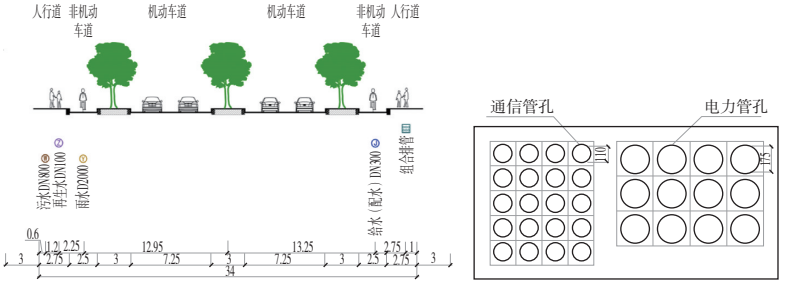

图11 组合排管布置示意图
Fig.11 Layout of combination channels
资料来源：笔者根据《RD片区管线综合专项规划》整理

4 信息新基建规划实践探索的三点创新总结

4.1 理念创新

作为面向未来城市发展的信息新基建规划，必须以新一代技术为引领，加强顶层设计、统筹协调推进，研究融合部署[13]。

一是注重新技术的牵引作用，面向未来城市，保障其预见性[14]，支撑新一代技术与城市经济社会各层面深度融

合，充分预备向下一代平滑演进的兼容和预留，避免更新改造带来的大拆大建。

二是注重供需的精准匹配，针对各类智能应用场景信息需求的复杂性和海量计算，通过扁平化、互联化、高密度的空间部署，全覆盖、均等化、精准服务智能应用各环节，提高信息新基建的综合服务效能[15]。

三是注重设施的融合共享，针对全业务运营转型和新兴业务拓展，调整规划模式，本着“一张网、大共享”的核心原则，推进信息基础设施的融合部署，实现信息基础资源的共建共享，提高空间资源利用效率。

4.2　内容创新

针对信息新基建结构性变革引发的系统性变化，笔者通过在RD片区的实践探索，提出规划范畴、网络组织、机房和管道在规划内容方面的创新建议。

规划范畴从传统的信息传输规划拓展为贯通信息采集、传输、处理全过程规划，形成自下而上由智能接入设备、边缘计算节点、接入机房、社区/行业处理中心、汇聚机房、城市/区级处理中心、核心机房及其传输通道等组成的新型信息基础设施体系。

网络架构突出空间全覆盖、系统互联互通、结构分层分布、连接智能弹性，按照从下到上逐步汇聚、分层分布处理构建网络层级体系，支撑互联网向物联网拓展。

通信机房要充分考虑多运营主体的需求，统一功能、集约设置，共建共享。核心机房按照“全业务、大容量、少局址”的原则布局；考虑到通信技术快速发展以及业务类型、业务增长的不确定性，建议在每个小区内至少规划一处小区机房。

通信管道针对末端接入管道涌现的大量需求，建议按馈线光缆每800线对占用1孔、配线光缆每400线对占用1孔规划通信管道容量。

4.3　标准创新

新技术条件下信息新基建的设施种类、配置标准和建设方式均发生了很大变化，笔者通过对RD片区规划实践的总结，针对传统设施滞后的规划标准和新型设施新增的规划标准，提出调整和补充建议。

表1　有线传输设施规划标准的更新建议

Tab.1　Proposed planning standards for wired transmission facilities

设施类别		用地面积/m²		建筑面积/m²		配置要求		建设方式	
通信规范	更新建议	通信规范	更新建议	通信规范	更新建议	通信规范	更新建议	通信规范	更新建议
二类局站	核心机房	2000—12 000	4000—10 000	—	5000—20 000	覆盖半径3—5 km	2—3个/城市	独立占地	独立占地
	汇聚机房		—		500—1000		1—2个/组团		附建城市公共建筑
一类局站	接入机房	—	—	100—260	50—200	—	1—2个/社区	附建建筑	附建城市公共建筑
	小区机房		—		20—50		不少于1个		附建小区公共建筑

《城市通信工程规划规范》GB/T 50853—2013

表2　无线传输设施规划标准的补充建议

Tab.2　Proposed planning standards for wireless transmission facilities

设施类别	覆盖范围	天线高度	机房面积	建设方式
5G移动宏基站	200—300 m	25—40 m	10—20 m²	1. 优先结合城市建筑，天线靠近街角建筑屋顶布置，机房优先布置地下空间 2. 地面杆塔优先结合城市景观塔、灯杆塔布置 3. 尽量少用专用通信杆塔
移动微基站	50 m左右	6—20 m	3—5 m²	1. 优先结合城市建筑布置 2. 地面杆柱结合灯杆、监控杆、标识杆等布置

表3　处理设施规划标准的补充建议

Tab.3　Proposed planning standards for processing facilities

设施类别	建筑面积/m²	配置标准	建设方式
城市级数据中心	不少于18 000	2—3个	与传输核心机房合设
区级数据中心	不少于500	1—2个/组团	与传输核心机房合设
社区/行业级数据中心	不少于200	1—2个/社区	与汇聚机房合设
边缘计算节点	20—50	按需布设	与小区机房、接入机房合设
微型计算节点	–	按需布设	与街道家具结合

传输设施：有线网结构按照汇聚机房与核心机房之间双路由，汇聚机房之间、汇聚机房与接入机房之间、接入机房之间环形，接入机房前星型进行规划，机房的规划标准更新建议如表1所示；无线网按照“宏微协同+室分系统”进行规划，宏站广域覆盖，微站深度覆盖，室分精准覆盖，宏站应基本稳定，新制式产生的覆盖不足区域通过微站补盲，其中新型5G基站和微基站的规划标准补充如表2所示。

处理设施：按照“存算一体、云边协同”进行规划。数据中心以小型或中型承载本地算力为主，优先与通信机房合建，位置靠近中继光缆密集处，靠近能源供应设施，机架每柜建筑面积约10 m²左右；边缘计算节点按照贴近数据产生源头的程度部署在接入机房和小区机房，微型边缘计算节点优先结合城市家具布设。处理设施规划标准补充如表3所示。

采集设施：按照“疏密有致、集约共享”的原则进行规划。智能网关重点结合城市家具、公共杆柱、公用设备箱等公共设施和地下交通场站、综合管廊、地下应急避难等公共地下空间布设，设备间距地上不超过100 m，地下不超过50 m。

5　结语

新基建是推进产业转型升级、推动经济由高速发展转向高质量发展的重要引擎，是抢占全球新一轮科技发展制高点的长远战略部署。信息新基建作为新一轮技术革命浪潮催生出的、服务数字经济时代最重要的新型基础设施，今后也必将伴随时代的进步持续演变和迭代升级。信息新基建的规划仍在探索中，但明确的是需要始终坚持向新意识，及时更新规划理念、更新规划内容和规划方法，支撑新产业、服务新城镇、创造新生活。

参考文献（References）

[1] 邬贺铨. 新一代信息基础设施引领“新基建”[J]. 中国科技奖励, 2020(4): 6−7. (WU Hequan. Next−generation information infrastructure leads the “new infrastructure” [J]. China Awards for Science and Technology. 2020(04): 6−7.)

[2] 吴志强, 何睿, 徐浩文, 等. 论新型基础设施建设的迭代规律[J]. 城市规划, 2021, 45(3): 9−14. (WU Zhiqiang, HE Rui, XU Haowen, et al. The iterative law of new infrastructure construction[J]. City Planning Review. 2021(03): 9−14.)

[3] 孙伟增, 郭冬梅. 信息基础设施建设对企业劳动力需求的影响: 需求规模、结构变化及影响路径[J]. 中国工业经济, 2021(11): 78−96. (SUN Weizeng, GUO Dongmei. The impact of information infrastructure on enterprise labor demand: change of labor demand scale and structure, and its influence channel[J]. China Industrial Economics, 2021(11): 78−96.)

[4] CZERNICH N, FALCK O, KRETSCHMER T, et al. Broadband infrastructure and economic growth[J]. The Economic Journal, 2011, 121(552): 505−532.

[5] 丁黄艳. 长江经济带基础设施发展与经济增长的空间特征: 基于空间计量与面板门槛模型的实证研究[J]. 统计与信息论坛, 2016, 31(1): 24−32. (DING Huangyan. Spatial patterns between infrastructure development and economic growth in Yangtze River Economic Belt: based on empirical analysis of spatial econometrics and panel threshold model[J]. Statistics & Information Forum. 2016(01): 24−32.)

[6] YILMAZ S, HAYNES K E, DINC M. Geographic and network neighbors: spillover effects of telecommunications infrastructure[J]. Journal of Regional Science, 2002, 42(2): 339−360.

[7] 刘婷婷, 戴慎志, 宋海瑜. 智慧社会基础设施新类型拓展与数据基础设施规划编制探索[J]. 城市规划学刊, 2019(4): 95−101. (LIU Tingting, DAI Shenzhi, SONG Haiyu. Exploration on new types of infrastructure and data infrastructure planning in smart society[J]. Urban Planning Forum. 2019(04): 95−101.)

[8] 戴慎志, 刘婷婷. 新一轮大城市总体规划的市政基础设施规划编制转型策略[J]. 城市规划学刊, 2018(1): 58−65. (DAI Shenzhi, LIU Tingting. Strategies of infrastructure planning in the new round of comprehensive planning of large cities[J]. Urban Planning Forum. 2018(01): 58−65.)

[9] 吴志强, 柏昜. 欧洲智慧城市的最新实践[J]. 城市规划学刊, 2014(5): 15−22. (WU Zhiqiang, BO Yang. A review of recent practices of smart cities in the EU[J]. Urban Planning Forum. 2014(05): 15−22.)

[10] 张涌, 王茜硕, 杨鸿宾. 5G行业专网设计与商业模式研究[J]. 邮电设计技术, 2021, (6): 67−72. (ZHANG Yong, WANG Xishuo, YANG Hongbin. Study on 5G private network design and business model[J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications. 2021(06): 67−72.)

[11] 魏力. 落地双5G, 构筑信息化业务底座 广州移动加速“新基建”[J]. 通信世界, 2020(31): 18−19. (WEI Li. Guangzhou mobile accelerates “new infrastructure” by landing dual 5G and building an information service base[J]. Communications World. 2020(31): 18−19.)

[12] 陈捷. 基于城乡规划的5G移动通信基站部署研究[J]. 信息技术与信息化, 2019(7): 117−119. (CHEN Jie. Research on 5G mobile communication base station deployment based on urban and rural planning[J]. Information Technology and Informatization. 2019(07): 117−119.)

[13] 张尚武, 潘鑫. 新时期我国跨区域重大基础设施规划建设的战略思考[J]. 城市规划学刊, 2021(2): 38−44. (ZHANG Shangwu, PAN Xin. Strategic thinking on the planning and development of large trans−regional infrastructure in the new era[J]. Urban Planning Forum. 2021(02): 38−44.)

[14] 段进. 国家大型基础设施建设与城市空间发展应对: 以高铁与城际综合交通枢纽为例[J]. 城市规划学刊, 2009(1): 33−37. (DUAN Jin. National grand infrastructure construction and urban spatial development: a case study on high speed railway and urban comprehensive transport hub[J]. Urban Planning Forum. 2009(01): 33−37.)

[15] 徐雨. 智能时代信息基础设施发展趋势分析[J]. 电子技术与软件工程, 2019(14): 257−258. (XU Yu. Analysis of the development trend of information infrastructure in the age of intelligence[J]. Electronic Technology & Software Engineering. 2019(14): 257−258.)

修回：2022−09