

基于分级建设模式的智慧综合杆规划方法研究

杨 骞, 邵 锋

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 随着我国城市发展进入以存量更新和智慧化发展为主导的新阶段,智慧综合杆作为集成多种功能的新型基础设施,在美化城市环境、集约利用空间及提升城市治理效能方面展现出巨大的潜力。然而,当前建设实践中普遍存在的场景设计错位、规划统筹缺失等问题,导致智慧综合杆的投资效益不高、建成效果不及预期。为解决上述问题,在分析智慧综合杆发展现状与面临的挑战的基础上,以苏州工业园区为案例,提出一种基于分级建设模式的专项规划方法。该方法构建了以“行政区域类别、用地属性、道路等级”为核心的多因子决策体系,确立了全合杆、轻合杆、路口合杆3种差异化的建设模式及其适用场景与建设时序。研究结果表明,3种建设模式的占比分布合理、建设时序安排得当,可以有效提升建设资金的使用效率。该规划方法具有易用性、可量化、合理性与普适性的优点。

关键词: 智慧综合杆;城市更新;分级建设模式;专项规划

中图分类号: U491

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2026)08-0027-06

Study on Planning Method for Smart Integrated Poles Based on Hierarchical Construction Model

YANG Qian, SHAO Feng

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: As urban development in China enters a new phase dominated by stock renewal and smart development, the smart integrated poles, as a new type of infrastructure integrating multiple functions, demonstrate significant potential in beautifying the urban environment, intensively utilizing space and enhancing the efficiency of urban governance. However, the current construction practices are often plagued by issues such as mismatched scenario design and a lack of coordinated planning, which lead to low investment returns for the smart integrated poles and the completion effect falling short of expectations. To address these issues, on the basis of analyzing the current state and challenges of smart integrated pole development, and taking the Suzhou Industrial Park as an example, a specialized planning method based on a hierarchical construction model is proposed. This method constructs a multi-factor decision-making system centered on “administrative region category, land use attribute, and road grade”, which defines three differentiated construction modes of fully integrated pole, lightly integrated pole and intersection integrated pole, as well as their applicable scenarios and construction sequences. The research result shows that the proportion distribution of the three construction models is reasonable and the construction sequence arrangement is appropriate, which can effectively improve the utilization efficiency of construction funds. This planning method has the advantages of usability, quantifiability, rationality and universality.

Keywords: smart integrated poles; urban renewal; hierarchical construction model; specialized planning

0 引言

当前,我国许多城市已进入以存量发展为主的新阶段,新建城区发展速度明显放缓,而既有城区的

更新整治工作和智慧化建设日益成为城市发展的重要内容^[1]。随着城市化进程的深入,城市更新已逐步取代大规模新城建设,成为推动城市发展与提质增效的重要抓手。在城市发展转型过程中,传统“拆旧建新”的模式,正逐步让位于更加注重空间资源高效利用的精细化更新模式^[2]。

与此同时,城市治理的复杂性逐渐凸显。随着城市空间不断扩大、城市功能日趋复杂,城市治理的参与者越来越多元化^[3],治理难度显著增加。现代

收稿日期: 2025-12-23

作者简介: 杨骞(1990—),男,硕士,工程师,从事道路工程和智慧交通的设计、研究工作。

通信作者: 邵锋(1983—),男,硕士,高级工程师,智慧城市院副院长,从事自控工程和智慧交通的设计、研究和市场工作。

电子信箱: shaofeng@smedi.com

城市治理的关键在于平衡、整合并回应多元利益主体的诉求,而这需要依托更加精细化和智能化的管理手段来实现^[4]。城市治理模式已从单一主体管理,向多元主体协同治理转变^[5],治理重点也从解决基本功能需求向提升品质和效率转变。

城市更新工作的规模和范畴不断扩大,从过去零星的改造,逐步向规模化、系统化的更新转变^[6]。随着工作面的扩展,城市更新工作需要制定更加系统的规划方法和完善的配套实施方案^[1]。城市建设的主题已从单纯的物质环境改善,转向空间治理、人居环境的全面智能化升级,改造对象也从特定区域向更加多元化的城市空间拓展^[6]。

在这一背景下,智慧综合杆作为一类集成型基础设施应运而生^[7]。智慧综合杆通过“多杆合一”的集约化建设模式,将路灯杆、交通信号杆、监控杆、标志标牌杆等多种街道设施杆件整合于一体,有效美化城市环境,提升城市空间利用效率^[8]。同时,智慧综合杆也是城市数字化转型的重要载体之一,它通过挂载5G基站、环境监测、智能照明、信息发布等多种智能设备^[9-10],成为智慧城市感知网络的神经末梢,为城市精细化管理和智能化服务提供基础设施支持^[11-12]。

智慧综合杆的设计初衷是为美化城市环境和提高空间利用效率,但在实际建设过程中,暴露出模式错配、计划混乱等问题,对建成效果产生了一些负面影响。本文旨在系统研究智慧综合杆的规划方法,为具体城市的智慧综合杆建设,提供一套合理、可行的顶层设计方法。

1 智慧综合杆发展存在的问题

本文通过对全国多个已开展智慧综合杆建设的城市和区域的调研发现,智慧综合杆在实际建设过程中存在一些突出问题。正是这些问题导致智慧综合杆系统的建设效果与设计初衷存在偏差,难以达到预期效果。主要问题体现在以下2个方面。

1.1 场景设计不到位,建设模式未因地制宜,存在照搬、照抄的现象

智慧综合杆的建设,需要与区域功能、经济水平和发展需求精准匹配,但当前许多项目存在照搬、照抄的现象。部分中小城市或大城市郊区盲目照搬中心城区的设计标准,导致资源浪费或功能冗余。例如,交通枢纽区域需要密集的引导标识,智慧化试点区域需要预留大量的设备接口,但普通道路或人口

密度较低的区域若过度配置设备功能,反而会导致杆体冗余和管道空置。调研显示,西南地区某市一段600 m路段密集安装了53根智慧综合杆,但这些综合杆上的电子屏、充电接口等功能因需求不足被长期闲置。

此外,智慧综合杆设计使用年限长、初期投资成本高^[13],而城市智慧化需求尚不明确,进一步加剧了建设成本与实际效果的反差。部分项目为追求“超前性”,在智慧综合杆上堆砌充电桩、环境监测、广告屏等非必要功能,但因后期运维跟不上,这些功能最终沦为摆设^[14]。这种脱离实际需求的场景设计,不仅造成建设成本与实际效益失衡,还影响公众对智慧城市项目的信任度。

1.2 统筹规划缺位,建设时序与标准不统一

智慧综合杆的建设涉及市政、交通、通信、环保等多部门,但大多数地区缺乏顶层统筹机制,导致其建设工作零散化、建设标准混乱^[14]。由于缺乏统一规划,部分地区将智慧综合杆简单地视为传统路灯的升级版,忽视其作为城市感知节点的核心价值。这种认知偏差导致2种极端现象出现:一是“重杆件、轻管线”,即注重物理集成,而忽视通信管网、电力配套及数据平台的整体协同,难以形成规模效应;二是“重建设、轻运营”,即项目前期投入大,但后期维护资金不足、技术支撑薄弱,造成设备故障率高、功能失效。

为解决上述问题,当一个城市或区域决定建设智慧综合杆前,应从宏观层面对其进行全面考量。应根据实际需求,对智慧综合杆的建设模式和建设时序进行详细规划,因地制宜地提出符合城市发展诉求、分级建设的模式,以达到优化建设效果、提升投资回报的目的。

2 具体案例分析

本文以苏州工业园区的智慧综合杆建设为实证案例展开分析。

2.1 区域概况

苏州工业园(简称“园区”)区位于江苏省苏州市城东,行政区域面积为278 km²,常住人口约为110万人,市政道路总长度约为900 km。根据《苏州工业园区国土空间总体规划(2021—2035年)》的要求,园区以高科技和宜居为发展目标,具体包括高效利用空间、打造高品质空间和智慧化发展。园区被规划为4个片区,分别为金鸡湖商务区、阳澄湖半岛度假区、独

墅湖科教创新区及高端制造与国际贸易区。4个片区的定位分别为商业功能区、旅游功能区、科研功能区和工业功能区。园区的持续健康发展需要新技术、新方法的支撑保障^[15]。

2.2 智慧综合杆建设情况

根据调研结果,园区目前已有约30 km市政道路设有智慧综合杆,初步形成一定规模。但由于已建杆件分别归属不同项目,项目的建设时间、建设主体等均存在差别,因此,智慧综合杆建设出现一些较为明显的问题。

2.2.1 外观造型不统一

在已建杆件中,隶属不同项目的杆件,在颜色、造型、灯具样式等外观上存在一定差异,视觉效果不统一。

2.2.2 技术细节不统一

隶属不同项目的杆件,由于横臂样式、法兰连接形式、滑槽形式、管孔数量等技术细节的不统一,在外观、使用功能、配件的通用性等方面存在一定差异。

2.2.3 建设位置分散、模式混杂

已建杆件分布于园区内多个区域不同的道路上,由于杆件间的距离较远、管道不连通,无法形成网络。部分项目中的智慧综合杆采用全路段综合杆模式,部分项目仅在路口范围建设智慧综合杆,因此,智慧综合杆的建设模式未作统一规划。

从以上问题可以看出,园区智慧综合杆系统的建设管理方式和技术体系,尚未形成成熟的模式。这导致智慧综合杆建成后,无法形成规模效应,也无法充分发挥其设计作用。本文基于对园区智慧综合杆建设的分析,根据地方特色,提出一种基于分级建设模式的智慧综合杆规划方法。

3 分级建设模式

本文提出3种差异化的建设模式,以适配不同场景下智慧综合杆的建设需求。

3.1 全合杆模式

该模式对全路段实施全功能规格的综合杆建设。路口和路段采用普通综合杆杆件或杆箱一体杆件;同时根据规范要求,评估设备加装需求,在杆件上预留横臂或外接法兰,为公安、交警、基站、环境监测、车路协同等各类设备的远期加装预留空间。

管道配置规模要求:环路口段采用不少于8孔的管线布局;路段采用不少于6孔的管线布局。杆件

基础设计应根据杆件荷载的远期需求留有富余承载力。箱体设计应落实“多箱合一”整合要求。

3.2 轻合杆模式

该模式对全路段实施综合杆建设。路口采用全功能规格的普通综合杆,路段采用轻量化综合杆。仅主杆和副杆能够挂载长度在1 m以内的挑臂和小型设备,杆件设计仅满足当前设备挂载的需求,不预留外接法兰,不对远期大型设备(如标志标牌、长挑臂等)的安装预留挂载条件。

管道配置规模要求:环路口段采用8孔管线布局;路段采用4孔管线布局。路段基础适配轻量化杆件,实施小型化设计。箱体设计落实“多箱合一”整合要求。

3.3 路口合杆模式

该模式仅在路口设置普通综合杆,路段采用普通路灯,路段上各类设施安装需另立杆件。

管道配置规模要求:环路口段采用8孔管线布局;路段既不埋设综合管道,也不落实“多箱合一”整合要求。

3种智慧综合杆建设模式的使用场景和建设投资成本存在明显差异,下文展开具体分析。

3.4 全合杆模式

优点:一是功能齐全,全路段支持多设备挂载,远期功能扩展性优异;二是景观统一,全路段杆体风格一致。

缺点:一是投资成本高。全功能规格杆体和高孔数管道,使得其建设成本在3种模式中最高。二是冗余风险。低流量路段存在设备挂载率不足的问题,会导致杆体长期处于低利用率的状态。

典型适用场景:高人流量、高车流量的商务区,交通枢纽区,以及无人驾驶灯杆新技术应用的创新区域等。

建设费用:750万元/km。

3.5 轻合杆模式

优点:一是成本可优化控制。该模式可降低杆体和基础的建设成本,总投资可节省约30%。二是可灵活适配不同路段的需求,可兼顾路口高负荷挂载和路段基础挂载的需求,且景观统一。

缺点:一是预留有限。路段不对远期设备挂载条件进行预留,无挑臂、不预留大型设备挂载的扩展能力。二是路段管孔配置数量少,容量有限。

典型适用场景:住宅区、社区商业区、工业区等人流或车流量适中的区域。

建设费用:500万元/km。

3.6 路口合杆模式

优点:一是直击重点。该模式可有针对性地改造“杆件林立”问题较为严重的路口区域。二是改造规模小。普通路段可与路口的综合杆分批次建设。

缺点:一是整合不彻底。路段仍存在各类杆件林立的问题,且随着城市的发展,未进行综合杆建设的路段,无法对新建杆件进行约束,杆件会逐渐增多。二是管理不统一。路口与路段杆件可能归属不同单位运营管理,对后期运维管理造成较大阻碍。且由于未进行彻底合杆,路口合杆的要求无法彻底执行,导致路口出现设备附挂原有杆件或另立新杆件的情况。

典型适用场景:旅游风景区、历史文化街区等少数存在特殊情况的道路或区域。

建设费用:485万元/km(含路段普通杆件建设)。

4 基于分级模式的规划方法

智慧综合杆建设是一项系统性工程,需要以片区为单位进行开发,才能发挥其应有的作用。因覆盖范围广、涉及道路多,仅依靠分级模式难以支撑系统建设,应有一套可量化、可评判的规划原则,对具体城市道路进行建设模式选择和建设时序安排。

在制定规划原则时,选取的参数应具有较强的代表性,能够覆盖智慧综合杆的核心使用需求。杆件的核心需求为挂载监控设备、智能设备、交通标志标牌,以及满足各类管线的管孔布设要求等。而决定核心需求的基础因素,包括道路交通流量、出行需求和人数、城市管理强度等。因此,决策项需选取既能充分反映核心需求,又相对容易获取和使用的代表性参数。可选择的决策项包括行政区域规划类别、用地属性规划类别、规划道路等级、公共安全等级、重要场所影响力等。

为确保规划原则简单、易行,本文最终选取3个相对独立的决策项:行政区域规划类别、用地属性规划类别和规划道路等级,并赋予三者相等的权重。等权重的方式可以有效降低规划方法的应用门槛,使非专业背景的决策者(如行政管理人员)也能够快速理解并执行。等权重方式的主要局限性在于无法精准响应特定场景。这可以在深化设计的过程中进行细化调整,规划层面的方法仍应注重普适性和易用性。

选择目标道路的建设模式和建设时序时,可先

参照表1,分别确定3个决策项对应的优先级;然后在此基础上参照表2和表3,对建设模式和建设时序进行综合评定。

表1 优先级判定原则表

优先级		高	中	低
1	行政区域规划类别	科技、商业	旅游	制造
2	用地属性规划类别	办公、商业、文体、交通枢纽	住宅	工业及其他
3	规划道路等级	快速路、主干路	次干路	支路

表2 建设模式评定表

序号	建设模式	评定条件
1	全合杆模式	规划道路等级的优先级为高;或行政区域规划类别和用地属性规划类别的优先级均为高
2	轻合杆模式	除全合杆、路口合杆模式外的其他道路
3	路口合杆模式	旅游风景区、历史文化街区等少数存在特殊情况的道路或区域

表3 建设时序评定表

序号	建设时序	评定条件
1	近期建设	具有2项高优先级
2	中期建设	除第一、第三阶段外的道路
3	远期建设	具有2项低优先级

为更好第理解评定原则,本文对以下2个案例展开具体分析。

4.1 案例一

项目是1条支路,位于金鸡湖中央商务区,周边用地以商业功能为主。根据规划原则,虽然规划道路等级为支路,但该道路的行政区域规划类别和用地属性规划类别优先级均为高级。因此,智慧综合杆建设模式仍应采用全合杆模式,并在近期建设。这与道路的现实建设需求一致。作为金鸡湖中央商务区商业楼间的支路,虽然规划道路等级低,但一方面,人流、车流密集,是治安、交警、城市管理的重点监督管理对象;另一方面,通信和网络覆盖集中,设备安装需求大,且位于城市核心区,是展示城市形象的窗口,因此采用全合杆模式并优先建设是合理的。

4.2 案例二

项目是1条主干路,位于高端制造与国际贸易区,周边用地主要为工业厂房。根据规划原则,该道路应采用全合杆模式,并在远期建设。虽然该道路的规划等级高,但作为工业区工厂附近的主要干道,一方面,人流以早晚高峰的通勤为主,车流以货运为主,呈现地广人稀的状态,设备挂载需求以治安、交警部门的监督设备,以及未来无人货运、无人公交的

智能设备为主;另一方面,城市设备的巡检任务适宜采用无人机执行,有较多设备预留的需求,但当前智慧综合杆的使用场景不明确、使用需求不强,需待周边产业发展后视需求再决定何时建设综合杆,因此采用全合杆模式但在远期建设是合理的。

5 规划成果分析

根据规划原则,本文对苏州工业园区全区范围内的市政道路进行智慧综合杆建设模式和建设时序规划,具体规划情况如表 4、表 5、图 1 和图 2 所示。

表 4 3 种建设模式数量统计表

序号	建设模式	道路里程/km	里程占比/%
1	全合杆模式	350	38.89
2	轻合杆模式	510	56.67
3	路口合杆模式	40	4.44
合计		900	

表 5 3 种建设时序数量统计表

序号	计划时序	道路里程/km	里程占比/%
1	近期建设	210	23.33
2	中期建设	400	44.44
3	远期建设	290	32.23
合计		900	

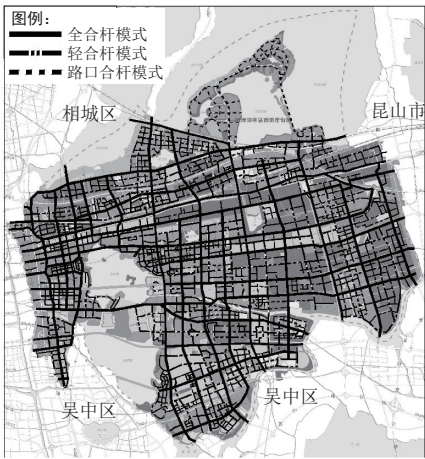


图 1 建设模式分布图

根据规划结果,在 3 种建设模式中,轻合杆模式占比最高,适用场景最广,且可以较好地实现工程投资成本控制;路口合杆模式占比最低,适用于特殊路段;全合杆模式占比适中,总体上看,3 种建设模式的占比分布是合理的。从 3 种建设模式的分布看,全合杆模式和轻合杆模式分布相对均衡,可以有效覆盖整个园区,不存在显著失衡的情况;路口合杆模式集中于阳澄湖半岛区域,主要服务于旅游度假区,这与其场景设计初衷相符合;全合杆模式较为集中地分布于金鸡湖周边,符合该地区当前人流量大、出行

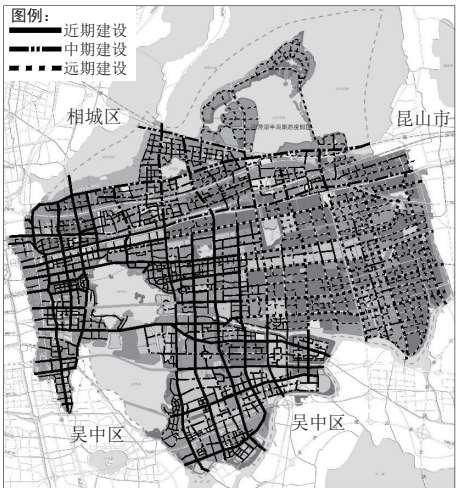


图 2 建设时序分布图

需求多的情况。

3 种建设时序的项目数量占比相对均衡,近期建设项目数量占比最少,以重点区域和试点区域为主;中期建设项目数量占比最高,相关工程全面铺开建设;远期建设项目数量占比居中,3 种建设时序的项目数量占比分布是合理的。总体来看,建设模式选择和建设时序安排,符合园区规划的空间结构特征,与园区总体规划相契合。

结合前述 3 种模式的造价,本文对 3 种建设时序的项目投资进行估算。按照平均建设投资为 597 万元/km 估算,近期建设投资约为 15 亿元,中期建设投资约为 22 亿元,远期建设投资约为 15 亿元,每千米建设投资费用合理,因此,各阶段的建设投资费用相对均衡且合理。

6 总 结

智慧综合杆是城市更新与新型智慧城市建设的重要载体之一,其集约化、智能化的特性,对于提升城市空间品质与治理效能具有显著优势。然而,当前智慧综合杆的发展仍处于初步推广阶段,普遍面临建设模式与实际场景错配、统筹规划缺位、投资效益不高等问题,亟须一套科学、系统的顶层规划方法作为指导,以实现从“单点建设”到“系统成网”的跨越。

本文以苏州工业园区的实践为例,深入剖析当前智慧综合杆建设面临的共性挑战,并有针对性地提出一种基于分级建设模式的专项规划方法。该方法的核心在于通过建立清晰的决策体系,完成智慧综合杆的总体规划。其优点主要体现在以下 4 个方面。

(1)易用性:该规划方法选取的决策项数量少、定义清晰,且相关数据易于获取和理解,极大地降低了规划编制的技术门槛与时间成本,便于不同规模、不同层级的城市快速应用。

(2)可量化:该规划方法构建了明确的优先级判定规则与建设模式评定矩阵,将原本依赖主观经验的决策过程,转化为客观、可量化的评估流程。这种方法有效避免了规划决策的随意性,增强了规划成果的科学性与公信力。

(3)合理性:通过对苏州工业园区900 km道路的实证规划,结果显示,全合杆、轻合杆与路口合杆3种建设模式的占比,以及近期、中期和远期3种建设时序的安排,均呈现均衡、合理的特征。这表明,该规划方法能够精准地响应不同区域的实际需求,既保证了重点区域的高标准建设,又实现了投资效益的最大化,保障了建设计划的执行性与落地性。

(4)普适性:该规划方法主要适用于大中城市的新城区、功能区,以及正在实施系统性更新的建成区。这些区域的财政具有韧性,规划体系完整,数据相对完善,且发展目标较高,苏州工业园区就是其中一个具有代表性的案例。且该规划方法旨在提出一套“可调适的”规划工具包,而非“一刀切”的固定标准,基础数据获取简单,参数易于调适,对其他城市的应用具有良好的迁移性。

当前智慧城市建设普遍面临“愿景宏大”但“落地困难”的挑战,其根源在于缺乏衔接顶层设计与具体项目的高效规划工具。本文基于苏州工业园区的实践,提出智慧综合杆分级规划方法,正是对这一关键空白的积极回应。这一方法可为当前行业中“重建设、轻规划”的现象提供一个参考框架。若能在具体实践中为其他城市或区域的智慧综合杆编制建设蓝图提供参考,并对项目的规范化水平提升和投资

效率优化有所助益,便初步达成本文的研究目的。当然,这项研究的有效性与普适性仍有待更多实践案例的检验与完善。我们恳切地希望该研究能够起到抛砖引玉的作用,为促进我国智慧综合杆的健康推广,进而助力城市更新与智慧化发展,贡献一份力量。

参考文献:

- [1] 董昕.我国城市更新的现存问题与政策建议[J].建筑经济,2022,43(1):27-31.
- [2] 王嘉,白韵溪,宋聚生.我国城市更新演进历程、挑战与建议[J].规划师,2021,37(24):21-27.
- [3] 华霞虹,庄慎.以设计促进公共日常生活空间的更新:上海城市微更新实践综述[J].建筑学报,2022(3):1-11.
- [4] 戴雯,高登.城市更新与城市治理协同发展的地方实践:以福州市苍霞新城社区为例[J].城市管理与科技,2025,26(3):18-20.
- [5] 刘欢.国土空间规划中城市更新与土地资源优化利用[J].城市建设理论研究(电子版),2025(36):16-18.
- [6] 阳建强,马晨曦.城市更新背景下的治理路径创新与优化[J/OL].风景园林,2026-01-10.<https://link.cnki.net/urlid/11.5366.S.20251225.1508.002>.
- [7] 陈挺,刘慧洋.智慧灯杆规划建设的思考[J].信息与电脑(理论版),2022,34(15):15-17.
- [8] 孙阳.景区步道智慧综合杆关键技术研究[J].中国市政工程,2025(6):59-63;138.
- [9] 黄明顺.城市更新中智能照明系统的应用与研究[J].中国照明电器,2025(12):139-141.
- [10] 王文江.融合5G技术的智慧综合杆在高速公路沿线部署的应用分析[J].中国宽带,2025,21(11):193-195.
- [11] 吕俊杰,肖全钦,赵波.新基建与“双碳”背景下的智慧灯杆发展分析[J].光源与照明,2022(增刊1):104-106.
- [12] 殷骏.智慧综合杆的设计与应用[J].信息技术与标准化,2023(增刊1):79-84.
- [13] 贾婷.城市综合杆工程造价控制探析[J].城市道桥与防洪,2023(6):295-297;32.
- [14] 李怡冰.探索智慧综合杆为载体在智慧城市中的应用[J].建材世界,2024,45(6):131-135.
- [15] 苏州市自然资源和规划局.一图读懂|《苏州市国土空间总体规划(2021—2035年)》[EB/OL].(2025-01-07)[2025-12-23].https://zrzy.jiangsu.gov.cn/sz/gtzz/gzdt/202501/t20250117_1711453.htm.