

# 电力主网线路方向设计与城市发展规划的协同研究

罗 秧 周世霞 章程萍

杭州交联电力设计股份有限公司 浙江杭州 310011

**摘要:** 随着城市化进程加速, 电力主网线路方向设计与城市发展规划的协同愈发重要。本文深入探讨两者协同发展的必要性与可行性, 阐述基于大数据、地理信息系统等技术实现协同设计的路径, 分析协同发展在提升供电可靠性、优化城市空间、促进绿色发展等方面的价值, 并展望与智慧城市建设、新能源发展融合的趋势, 旨在为实现电力基础设施与城市可持续发展的深度融合提供理论参考。

**关键词:** 电力主网线路; 城市发展规划; 协同设计

## 引言

城市的快速发展对电力供应提出更高要求, 电力主网线路作为关键基础设施, 其方向设计与城市发展规划紧密相连。传统各自独立的设计模式, 易导致线路与城市建设冲突、资源浪费等问题。研究电力主网线路方向设计与城市发展规划的协同, 探索两者融合发展的有效途径, 对保障城市电力供应、优化城市空间布局、推动城市可持续发展具有重要意义。

## 一、电力主网线路方向设计与城市发展规划协同的背景与意义

### 1. 城市发展对电力需求的新挑战

在城镇化加速与产业革新的双重作用下, 城市电力消费格局正经历深刻变革。一方面, 人口的高度集聚带动大型商业中心、高层住宅等用电集中区域不断涌现, 新兴产业园区与数据中心的建设更使得电力负荷在时间与空间分布上呈现出复杂多变的态势; 另一方面, 城市空间的外延拓展、地下空间的综合开发以及生态保护区域的规划, 对电力线路的铺设形式、占地规模以及与城市景观的融合度都提出了更高标准。传统依赖经验判断与静态规划的电力线路设计方式, 已难以匹配动态变化的用电需求曲线与精细化的城市空间管理要求, 进而引发线路承载能力不足、通道资源紧张等一系列问题, 迫切需要创新设计理念来满足城市发展的电力供给需求。

### 2. 协同发展的必要性

电力主网线路规划与城市建设规划的割裂, 已然成为阻碍城市高效发展的关键因素。从空间维度看, 电力线路走廊与城市建设用地、交通线路之间的矛盾, 致使线路频繁迁移改造, 造成土地资源的极大浪费; 在安全

层面, 线路穿越人员密集区域、危险化学品场所带来的安全隐患, 以及地下电缆与市政管网的交错冲突, 显著增加了电网运维管理的难度; 在经济角度, 重复建设与被动改造大幅推高工程成本, 严重影响城市基础设施建设的投资效益。

### 3. 协同发展的战略意义

电力主网线路与城市规划的协同推进, 是驱动城市可持续发展的关键动力。在供电保障领域, 通过精准对接电力需求与线路布局, 能够增强电网抵御灾害的能力, 提升供电稳定性, 有效减少因线路故障造成的经济损失; 在城市空间优化方面, 将电力设施有机融入城市功能分区, 既能缓解架空线路对城市景观的破坏, 又能借助地下综合管廊等集约式建设释放土地资源; 在绿色发展层面, 协同设计有助于促进分布式能源接入与储能设施布局, 推动城市能源结构向低碳化转型, 助力实现“双碳”目标。

### 4. 智慧城市与新型基础设施的融合需求

伴随5G基站、智慧交通等新型基础设施的大规模部署, 电网的输电线路需要与“数字化神经末梢”实现协同共生。新一代基础设施用电密度高、时延低等特征, 单台5G基站能耗比4G基站提高3倍, 大数据中心PUE(能量利用效率)要小于1.3, 对主干网的容量规划、拓扑结构等提出了更高的要求。比如, 杭州未来科技城在规划AI产业园区时, 预先铺设了一条环形高可靠的供电线路, 并结合储能、微网等技术, 使数据中心的供电可靠性达到99.99%。另外, 智慧城市中的智能路灯、物联网传感器等设备, 也要求其与传统物理空间和逻辑结构的深度融合, 如深圳前海合作区就将5G光缆与线缆引入综合管廊中, 以统一规划的方式, 降低了每公里

的建设成本，同时也为未来的智能城市功能拓展预留了接口。

### 5. 针对极端气候的反应和城市韧性建设需要

在全球变暖的大背景下，台风和高温等极端天气的频繁出现，给城市供电的韧性带来了极大的挑战。城市主干线路的设计需要与城市防洪排涝等恢复能力规划相结合，防止线路失效造成城市功能瘫痪。比如，2021年郑州特大暴雨期间，由于地下电缆隧道积水造成局部地区大范围断电事件，暴露出市政管网与市政管网之间的协调不够。随后，济南在新旧动能转换先行区规划中，将主干输电线路标高与城区防洪水位进行联动，在线缆隧道内设置不透水密闭舱，并与燃气电站、储能站等城市应急能源节点构成环形供电网络，实现对极端气候条件下重要基础设施的供电支持能力提高40%。在成都东区，将高压走廊设计成集输电和防灾避灾于一体的复合型空间，并在其下部设置应急物资储存点和防火通道，达到多功能多用途，提高城市综合恢复能力。

## 二、电力主网线路方向设计与城市发展规划协同的实现路径

### 1. 数据共享与整合机制

打造跨领域数据融通体系是推动协同设计的核心支撑。该体系需汇聚城市规划层面的土地用途、建筑容积率、交通网络布局等空间信息，以及电力系统侧的负荷预估数据、线路拓扑参数、设备运行状态等专业信息，通过标准化数据格式与开放式接口架构，实现多源数据的实时交互与动态联动。以建筑信息模型（BIM）与电力数字孪生技术的融合应用为例，可构建虚实映射的三维可视化场景，清晰展现电力设施与城市空间的空间关联，为线路路径规划、变电站区位选择提供直观决策依据。此外，建立数据动态更新与智能维护机制，借助物联网感知设备与自动化采集技术，确保城市规划调整信息与电力负荷变化数据同步刷新，有效规避因数据时滞引发的设计失准问题，进而为电力主网线路与城市规划的协同设计筑牢精准、可靠的数据基石。

### 2. 技术融合应用

空间信息技术、海量数据处理与智能决策算法的交叉整合，为协同设计筑牢技术根基。空间建模技术依托三维地理信息系统，能够立体化呈现地形起伏、生态红线等地理要素，通过空间分析功能量化评估线路敷设的可行性，辅助规划人员规避复杂地形与环境敏感区域，实现线路路径的科学化布局。数据驱动技术则深度挖掘历史用电数据与城市发展指标，运用时间序列分析、回

归建模等方法，构建高精度的电力负荷预测模型，为线路容量规划、变电站选址提供量化依据。智能优化算法（如差分进化算法、蚁群算法）具备强大的多目标寻优能力，可在地形约束、建设成本、运维难度等多维条件下，快速生成候选线路方案，并通过强化学习机制，持续优化线路规划策略。以城市功能区演变为例，借助卷积神经网络分析用地性质变化与电力需求增长的非线性关系，能够精准预测未来线路扩容节点，推动电力规划从被动响应向主动前瞻转变，显著提升规划方案的精准度与适应性。

### 3. 协同规划设计流程

构建全程联动的协同设计体系，需覆盖规划筹备、方案制定与动态优化全周期。在规划筹备期，电力规划与城市建设部门组建联合工作组，通过实地勘察、数据建模等方式，系统分析城市电力负荷分布特征与空间资源承载能力，明确电力设施建设与城市土地利用的适配准则。方案设计阶段推行“跨领域协作”模式，双方技术团队联合构思多套线路布局方案，综合运用成本效益分析、工程可行性评估等手段，并引入公众意见征询机制，经多轮比选确定最优设计方案。进入建设运营阶段后，借助物联网传感器与智能监测系统，实时捕捉城市发展动态与电网运行参数，一旦遭遇城市功能区调整、用电负荷剧烈波动等情况，即刻启动线路方案的动态优化程序。这种循环优化的协同设计机制，能确保电力线路规划与城市发展节奏精准契合，实现资源利用效率最大化与长期可持续发展目标。

### 4. 标准化体系建设与政策保障机制

建立跨界标准化协作机制，是打破规划壁垒的制度性依据。需要编制《电力主网与城市规划协同技术标准》，对线路走廊宽度、变电站保护间距等技术参数与城镇土地属性之间的匹配规律进行研究。比如，由自然资源部和国家能源局共同印发的《城市电力设施规划规范（2023版）》，将输电线路廊道的控制指标列入控制性详细规划的硬性规定，其中，规定220 kV输电线路廊道的宽度要根据周围土地的发展强度确定，其中，住宅用地为30~40 m，工业用地为25~35 m。构建“用电规划—用地预审—施工许可”的全过程联动机制，如在上海浦东新区用地前，国土资源部和电力公司联合出具《电力设施建设条件意见书》，确定各宗地的供电能力和线路接入方式，保证各项目的施工方案与城市主干规划的无缝对接。同时，推进“多规合一”信息平台的建设，将电网规划数据与国土空间规划等进行实时对比和冲突探测，

雄安新区及时发现线路与地下通道的空间矛盾，为后续改造减少了损失。

### 5. 引入市场机制和商业模式创新

以市场为导向，激发多元主体的合作动力，是提高规划效能的创新途径。在投资方式方面，推进“政府主导+社会资本”PPP模式，如广州开发区以PPP方式将主干管线和地下综合管廊进行PPP，交由专业化投资企业进行建设和运营，以管廊租金等方式实现收入均衡，比政府投入方式缩短建设周期30%。在资源配置层面，构建“输电通道资源交易市场”，允许开发商以购置或出租的形式取得输电线路走廊用地，以深圳前海合作区为例，对输电线路进行分层确权，开发商可以通过竞价取得输电线路上的土地使用权，将电网建设费用的30%纳入土地增值收益中。创新性地提出“电网计划柔性选择权”概念，即杭州“城西科创大道”在500 kV输电线路中预留了长期的扩容通道，第一期工程按照70%的容量进行，当该地区发展到一定程度时，再完成后续30%的工程，可以减少初期的投资4.2亿元，同时避免资源闲置。以市场机制和业务模式的创新为手段，使主干网由“行政主导”转变为“价值驱动”，提高系统的可持续发展能力。

## 三、电力主网线路方向设计与城市发展规划协同的发展趋势

### 1. 与智慧城市建设的深度融合

智慧城市发展浪潮为电力与城市规划协同创新带来新契机。未来，电力基础设施将深度嵌入城市智能感知网络，借助智能量测终端与物联网设备，实现用电数据的实时采集与动态监测。通过搭建跨系统数据交互平台，电力系统可与城市交通疏导、环境监测预警等功能模块实现数据互通与业务协同。例如，依据交通流量变化智能调配充电设施布局，或基于建筑能耗数据优化电网负荷调控策略。同时，依托数字孪生技术构建电力-城市一体化管理体系，通过虚拟仿真模拟不同场景下的协同管理方案，实现电力设施与城市公共设施的协同运维与统筹管控，全面提升城市智能化治理效能。

### 2. 适应新能源发展需求

新能源的广泛应用对电力主网线路规划提出全新挑战。随着分布式光伏、分散式风电等新能源项目在城市空间的普及，电力线路设计需从传统单向供电模式向双向互动模式转型。协同设计需着重解决新能源并网引发的功率波动、电压失衡等问题，通过优化线路网络架构、部署储能调节装置与智能输配电设备，打造具备高消纳

能力的新型智能配电网。此外，结合城市生态保护规划与建筑空间资源评估，科学规划分布式能源站点布局，既能满足城市绿色电力消费需求，又能降低对传统电网的依赖程度，推动城市能源结构向清洁化、多元化方向演进。

### 3. 全生命周期协同管理

实施全生命周期协同管理成为未来发展的重要方向。在规划设计阶段，建立电力设施与城市建设项目的协同规划机制，确保电力线路布局与城市基础设施建设进度相匹配；运营维护阶段，运用区块链技术搭建安全可信的数据共享平台，实现电力系统与城市规划数据的全程追溯与协同更新，为线路改造升级提供数据支撑；退役处置阶段，结合城市更新计划，对老旧电力线路进行有序拆除与改造升级，促进资源循环利用。这种全流程协同管理模式能够有效避免重复建设与规划冲突，保障电力系统与城市发展的长期协同适配，助力城市基础设施建设的可持续发展。

### 结束语

电力主网线路方向设计与城市发展规划的协同联动，是驱动城市可持续发展的关键路径。在实践过程中，依赖数据互通共享体系的搭建、前沿技术的交叉应用以及全流程协同机制的完善，能够有效打破传统规划设计中的信息壁垒与技术瓶颈，实现电力基础设施与城市空间布局的深度契合。面向未来，伴随智慧城市建设进程的加速推进，以及新能源在城市能源结构中占比的持续提升，二者的协同模式将不断创新升级，在应用场景、技术融合维度实现更广泛拓展。这不仅有助于提升城市电力供应的可靠性与稳定性，还将为城市经济发展、生态优化和民生改善筑牢根基，成为推动城市高质量发展的重要支撑力量。

### 参考文献

- [1] 王晨. 电力主网生产技改项目全过程综合评价方法研究[J]. 电气技术与经济, 2024, (12): 312-314.
- [2] 余光海, 李鹏. 新能源互补电力主网谐波补偿孤岛检测方法研究[J]. 能源与环保, 2022, 44(03): 242-247+254.
- [3] 李阔, 王毅, 潘海毅. 基于潮流线性化的电力主网选址协同规划方法[J]. 中国新技术新产品, 2021, (13): 21-23.