

城市地下综合管廊电力管线布局优化研究

马骁腾

天津市城市规划设计研究总院有限公司 天津 300190

摘要：随着城市化进程的加速，城市地下综合管廊作为城市基础设施的重要组成部分，其电力管线的合理布局对于保障城市电力供应的稳定性、安全性以及提高管廊空间利用率具有重要意义。本文深入分析了当前城市地下综合管廊电力管线布局存在的问题，探讨了影响电力管线布局的主要因素，并提出了相应的布局优化策略。旨在为城市地下综合管廊电力管线的科学布局提供理论支持和实践指导。

关键词：城市地下综合管廊；电力管线；布局优化

引言

随着城市化进程的迅猛推进，城市规模持续扩张，人口高度聚集，对城市基础设施的承载能力与运行效率提出了更高要求。城市地下综合管廊作为城市“生命线”工程的关键构成，承担着电力、通信、给水等多种管线的敷设任务。其中，电力管线布局的合理性直接关系到城市电力供应的稳定与安全，也影响着管廊空间的有效利用。然而，当前电力管线布局存在诸多问题，亟待优化。本文聚焦于此，深入剖析现状，探寻影响因素，并提出针对性的优化策略，为城市地下综合管廊电力管线科学布局提供参考。

1 城市地下综合管廊电力管线布局现状及问题

1.1 布局现状

当下，我国城市地下综合管廊建设正步入快速发展的轨道，然而电力管线布局在不同地区呈现出显著差异。部分城市在推进管廊建设时，电力管线布局缺乏系统性和规范性，显得较为随意。这主要是由于在规划阶段，未能充分考虑到电力管线布局的合理性和长远性，没有制定统一的规划和标准。在一些老旧管廊中，电力管线布局混乱的问题尤为突出。不同电压等级的电力管线被随意混杂在一起，缺乏清晰的区分和规划。这种混乱的布局给电力供应带来了极大的不稳定因素。由于不同电压等级的电力管线对安全距离、防护措施等要求各不相同，混杂在一起容易引发安全事故，如短路、漏电等。同时，也给安全管理带来了巨大挑战，增加了日常巡检和维护的难度，一旦发生故障，难以快速准确地定位和排除，严重影响了城市电力供应的可靠性。

1.2 存在问题

1.2.1 空间利用不充分

部分管廊在设计时对电力管线的预留空间不足，导致后期新增电力管线时难以安装，只能采取临时措施，

影响了管廊的整体美观和安全性。同时，也存在空间浪费的情况，如某些区域电力管线布置稀疏，未能充分利用管廊空间。

1.2.2 管线交叉干扰

由于缺乏合理的规划，电力管线与其他管线（如通信、给水等）之间存在较多的交叉现象，这不仅增加了施工难度，还可能在运行过程中相互干扰，引发安全事故。例如，电力管线与通信管线交叉时，可能会产生电磁干扰，影响通信信号的传输。

1.2.3 维护管理不便

不合理的电力管线布局使得管线的标识不清，维护人员难以快速准确地找到故障点，增加了维护时间和成本。此外，一些管廊内的电力管线布局过于紧凑，不利于维护人员进行检修和更换设备^[1]。

2 影响城市地下综合管廊电力管线布局的因素

2.1 城市规划与用电需求

城市规划对电力管线布局起决定性作用，不同功能区域用电需求差异是关键影响因素。商业区是经济核心，商场、写字楼等设施用电负荷大，高峰期电力需求迫切。布局时需多设高压电力管线和配电设备，如大型商场用电集中，需稳定高压供电。同时要预留扩容空间，以适应商业区未来扩张和新设施建设带来的用电增长。住宅区用电相对稳定，但有季节和时段变化，夏季、冬季空调使用使负荷增加。布局要根据居民用电习惯和设备数量规划，老旧小区和新建小区用电需求不同，需区别规划。还要兼顾安全与美观，将管线布置在合适位置，避免影响居民生活，可采取隐蔽敷设。工业区是生产制造基地，用电负荷大且特殊。不同企业需求不同，重工业需高压大容量供电，电子等企业对电力稳定性和可靠性要求高。布局要个性化设计，如为电子企业提供双回路供电。同时要考虑工业区发展和产业升

级,预留足够电力供应能力。

2.2 管廊空间结构

管廊空间结构影响电力管线安装和运行,断面形状、尺寸和内部支撑结构是重要因素。

管廊断面常见圆形和矩形。圆形管廊受力好,适合地质差地区,但空间利用率低,管线布置受限。矩形管廊空间利用好,但要考虑抗弯、抗扭性能,设计和施工要采取措施保证安全,如增厚壁、设加强筋。管廊尺寸是关键,宽度、高度和长度要根据管线数量、规格和安装要求确定。尺寸小,管线安装难,无法满足供电;尺寸大,增加建设成本,浪费资源。确定尺寸要科学计算分析,达到最优空间利用。管廊内部支撑结构影响管线布局。合理支撑结构能稳定支撑管线,保证运行安全。设计布置要考虑管线重量、受力及安装维护需求。重管线要设足够支撑点,防下垂变形;需经常维护的管线,支撑结构要便于操作,不影响人员通行和工作,如设可调节支架。

2.3 电力管线特性

不同电压等级、不同材质的电力管线具有不同的特性和安装要求,这些特性直接影响着电力管线在管廊内的布局。高压电力管线由于输送的电压较高,对安全距离和防护措施的要求也更为严格。在管廊内布置高压电力管线时,需要保证其与其他管线、构筑物之间有足够的安全距离,以防止发生触电、短路等安全事故。同时,还需要采取相应的防护措施,如设置防护栏、绝缘层等,提高高压电力管线的安全性。相比之下,低压电力管线的电压较低,对安全距离和防护措施的要求相对较低,布局相对较为灵活。电力管线的材质也会影响其布局。不同材质的电力管线在弯曲半径、耐腐蚀性、使用寿命等方面存在差异。例如,铜质电力管线的导电性能好,但价格较高;铝质电力管线价格相对较低,但导电性能稍差,且耐腐蚀性不如铜质管线^[2]。在布置电力管线时,需要根据管线的材质特性,合理选择管线的敷设方式和弯曲半径,以保证管线的正常运行。同时,还需要考虑到管线的耐腐蚀性,对于在潮湿、腐蚀性较强的环境中使用的电力管线,应选择耐腐蚀性能好的材质,并采取相应的防腐措施。

2.4 施工与维护条件

施工技术和维护水平深刻影响着电力管线的布局规划。施工时,合理的安装顺序是提升效率的关键。一般先安装大型重要、直线段的管线,再处理小型次要、弯曲段管线,以此减少施工交叉干扰。连接方式的选择同样重要,像焊接、压接、螺栓连接等,要依据管线材质

与规格,综合考量连接的强度、密封性及耐腐蚀性,保证连接稳固。在地质复杂、空间有限区域,施工难度大增,设计布置需充分考量,可采用预制管件、模块化施工等手段降低难度、加快进度,并降低对周边环境的影响。维护工作也不容忽视。要为维护人员预留充足的操作空间与安全通道,合理设置检修口、通道和平台,并对电力管线进行清晰标识,方便快速定位故障。同时,要构建完善的维护管理制度,定期开展检查与维护工作,及时排查并处理潜在安全隐患,确保电力管线始终处于安全稳定的运行状态。

3 城市地下综合管廊电力管线布局优化策略

3.1 合理选择电力管线材质和敷设方式

电力管线材质选择要考虑使用环境和要求。在潮湿、腐蚀性强的环境中,如沿海地区或化工园区附近,应选用耐腐蚀性能好的材质,如不锈钢和玻璃钢。不锈钢强度高、耐腐蚀性好但成本高;玻璃钢重量轻、安装方便且耐腐蚀,适用于对重量有要求的场合。在防火性能要求高的区域,如商业中心、医院等,应选择防火性能好的阻燃型电缆,延缓火势蔓延,减少损失。此外,还要考虑管线的机械性能,如抗拉强度、抗压强度等。电力管线的敷设方式要根据管廊空间结构和施工条件选择。直埋敷设适用于空间大、管线少的区域,施工成本低,但不便于维护和更换,出现故障需大面积开挖。支架敷设和电缆桥架敷设能更好利用空间,便于安装和维护。支架敷设灵活性高,电缆桥架敷设结构简单、安装方便且可扩展调整,但成本相对较高。

3.2 三维空间分层优化

三维空间分层是提升管廊空间利用率的核心手段。垂直方向上,通常按“高压-中压-低压”自上而下分层布置。高压电缆因电压等级高、电磁干扰强,需独立设置防火隔断,并采用金属桥架固定以增强机械强度;中压电缆可与低压电缆同层布置,但需通过颜色标识或物理隔离区分电压等级。水平方向上,强电(电力)与弱电(通信)管线分侧布置,中间预留检修通道,通道宽度一般不小于1米,以满足人员通行与设备搬运需求。管线交叉处理是分层设计的难点,传统方式采用直接叠压,易导致检修困难与安全隐患。优化方案包括:一是采用桥架跨越,在交叉区域上方设置独立桥架,通过垂直弯头实现管线避让;二是穿管保护,将低压电缆穿入钢管或PVC管,从高压电缆下方穿越,并填充防火材料封堵管口。例如,深圳前海综合管廊项目通过“高压柜-中压柜-低压柜”垂直分层布局,结合桥架跨越技术,使空间利用率提升25%,检修效率提高40%。

3.3 基于BIM的参数化设计

BIM技术通过构建包含电缆规格、弯曲半径、支架间距等参数的数字化模型,实现了电力管线排布的可视化仿真与冲突检测。设计阶段,BIM模型可自动计算管线最小弯曲半径,避免因过度弯曲导致电缆损伤;通过碰撞检查功能,识别管线交叉、间距不足等问题,并生成优化方案^[3]。例如,上海世博园区管廊项目在BIM模型中发现高压电缆与通信管线存在3处交叉冲突,通过调整桥架高度与走向,成功避免施工返工。施工阶段,BIM模型可导出精确的材料清单与施工图纸,减少现场加工量;结合RFID技术,实现管线全生命周期追溯。运维阶段,BIM模型与智能监测系统集成,可实时显示电缆温度、负荷等数据,为预防性维护提供依据。据统计,该项目应用BIM技术后,设计变更率降低60%,施工周期缩短15%。

3.4 模块化与标准化设计

模块化与标准化设计是提升施工效率、降低运维成本的关键。支架系统标准化方面,传统固定式支架难以适应不同规格电缆敷设需求,优化方案采用可调节式支架,通过螺栓孔位调整支架高度与间距,减少现场加工量。例如,广州大学城管廊项目采用标准化支架后,单位长度支架安装时间从2小时缩短至0.5小时。接头预置化方面,传统电缆接头需现场制作,耗时长且质量不稳定。优化方案在关键节点(如管廊转弯处、分支处)预埋电缆接头盒,内部集成接头制作工具与备用材料,检修时仅需打开盒盖即可完成接头更换,停电时间从4小时缩短至1小时。标识系统规范化方面,传统标识采用手写或贴纸,易脱落或模糊。优化方案采用激光雕刻或蚀刻技术,在电缆外护套上永久标注电压等级、回路编号等信息,并结合电子标签实现智能化管理。通过模块化与标准化设计,该项目单位长度建设成本降低18%,运维效率提升30%。

3.5 安全冗余度提升策略

安全冗余度是保障管廊电力管线长期稳定运行的核

心。防火分隔方面,传统管廊每100米设置一道防火隔板,但火灾蔓延风险仍较高。优化方案采用“分段+局部”防火设计,每60米设置防火隔板,并在电缆穿墙处采用防火包封处理,形成封闭防火分区。例如,杭州钱江新城管廊项目应用该方案后,火灾蔓延速度降低70%。应急通道方面,传统管廊应急通道宽度仅0.8米,难以满足大型设备通行需求。优化方案将通道宽度扩展至1.2米,并配置防爆照明与通风设备,确保火灾时人员安全撤离。智能监测方面,传统温度监测采用点式传感器,覆盖范围有限。优化方案部署分布式光纤测温系统,沿电缆全长敷设感温光纤,实时监测温度异常,预警火灾风险。该项目应用智能监测系统后,火灾响应时间从30分钟缩短至5分钟,有效避免了重大损失。

结束语

城市地下综合管廊电力管线布局优化是一个系统工程,需要综合考虑城市规划、用电需求、管廊空间结构、电力管线特性以及施工与维护条件等多种因素。通过合理选择电力管线材质和敷设方式、三维空间分层优化、基于BIM的参数化设计、模块化与标准化设计和安全冗余度提升等措施,可以有效解决当前电力管线布局存在的问题,提高管廊的空间利用率和电力供应的可靠性。未来,随着城市地下综合管廊建设的不断推进,应进一步加强相关研究,不断完善电力管线布局优化理论和方法,为城市基础设施的可持续发展提供有力支持。

参考文献

- [1]任子华,李林.城市地下综合管廊结构设计与施工解析[J].中国建筑金属结构,2022(02):30-31.
- [2]刘义彬.广花一级公路地下综合管廊及道路快捷化改造结合建设的总体设计解析[J].绿色环保建材,2019(05):127-128.
- [3]包晓琴,杨肖杭,石建义,付彩虹.综合管廊一体化监控管理平台的总体设计[J].山西建筑,2018,44(17):244-246.