

城市综合管廊供配电系统设计与优化

周旭良

深圳市市政设计研究院有限公司

摘要：随着城市化进程的加速，城市综合管廊作为一种集约化基础设施得到了广泛应用。本文针对城市综合管廊供配电系统的设计与优化展开研究。首先，分析了综合管廊供配电系统的基本需求。其次，对供配电系统的设计参数进行优化，以提高系统的可靠性和能源效率。通过建立模型，仿真分析不同设计方案的性能表现，结果表明，优化后的供配电系统在降低能耗、提高供电稳定性方面具有显著优势。最后，结合具体案例，验证了所提出优化方案的实用性和可行性。研究成果对提升城市基础设施的智能化和高效化具有重要意义。

关键词：城市综合管廊；供配电系统；设计优化；多目标优化；能源效率

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.24.103

引言

随着世界上越来越多的人住进城市，我们需要建设更好的城市基础设施以适应这种变化。城市综合管廊是一种很重要的基础设施，它像一个隐形的“地下城”，集中了很多重要的管线，比如电缆和水管。通过优化这些管道中的供电系统，我们可以让城市运作得更加顺畅，节省空间，还能减少修路时对生活的影响。为此，我们使用了一种叫作多目标优化的方法，对供配电系统的设计进行了改进，使其更节能并提高了电源的稳定性。通过模拟分析，我们发现新的设计能够减少能源浪费，也使得电力供应更加可靠。最后，通过实际案例，验证了这种新设计方法的有效性。这项研究不仅帮助提高了城市管理和居民的生活质量，也为未来城市基础设施的发展提供了有力的支持。

一、城市综合管廊供配电系统的需求

（一）城市化进程中的基础设施需求

随着全球城市化进程的快速推进，现代城市面临着日益复杂的基础设施需求。人口的迅速增加和城市规模的不断扩张，使得城市空间和资源的利用面临巨大挑战。在此背景下，传统的城市基础设施布局逐渐难以满足高密度人群和多样化功能需求。有效解决城市基础设施集约化和高效化成为当务之急。

城市综合管廊作为一种集约化、智能化的基础设施建设方案，应运而生。综合管廊集中了电力、通信、燃气、供水、排水等多种管线设施，是应对城市空间资源紧张、管线铺设杂乱无序等问题的有效手段。通过将各种管线集中敷设在一个地下空间内，不仅能够提高城市土地利用效率，还能大幅减少反复开挖对地面交通和市容市貌的破坏。管廊内部环境可控，维护和运营管理相对便利，有助于提升基础设施的总体运行效益。

供配电系统作为综合管廊的重要组成部分，具有确

保各类市政设施正常运行的关键功能。在城市化进程中，供配电系统的需求主要体现在两个方面：一是电力需求的不断增长。随着城市人口增加与经济活动的多样化，城市电力消耗量显著提升；对供配电系统的容量、稳定性和效率提出了更高要求。二是可靠供电的必要性。现代城市中的许多公共服务和设施，如交通、医疗、通信等，均依赖于稳定的电力供应，一旦出现电力中断，将会对城市运行和居民生活带来严重影响。

智能化和可持续发展也是现代城市化对供配电系统提出的重要需求。通过引入先进的监控、自动化和管理技术，供配电系统能够实现实时监控和动态调度，提高运行效率和响应速度。优化能源利用、减少碳排放，推动清洁能源的使用，对于建设绿色、低碳城市具有重要意义。

总体而言，城市化进程中的基础设施需求驱动了综合管廊和供配电系统的发展与创新。通过综合管廊形式集约化铺设供配电系统，既能够满足城市发展的多重需求，又促进了城市基础设施朝着智能化、高效化、可持续发展的方向迈进。

（二）综合管廊的定义与作用

综合管廊，亦称综合地下管廊，是一种将市政、电力、通信、燃气、给水、排水、热力等各种管线集中设置在一体化廊道中的城市基础设施。其主要功能是通过统一规划与建设，减少城市地下空间的占用，改善市容市貌，提高城市管线的集约化管理水平。在城市化进程中，综合管廊的建设显得尤为重要，因为它能够有效解决传统地面开挖管线施工造成的交通干扰和环境破坏问题。

从定义来看，综合管廊是基于统一设计、统一施工、统一管理的原则建设的地下管廊系统，能够容纳多种管线设施，实现线路的集约化、模块化布局。综合管廊的作用主要体现在以下几个方面：

综合管廊能够大幅提升城市的管线保护与管理水平。通过将各种管线集中在一个独立的廊道空间内，可以有效避免因地面施工、道路拓宽等造成的反复开挖和管线破坏。利用廊道内部的检修走道与设备间，管线维护与检修的便利性显著提高。

综合管廊在城市防灾减灾方面也具有重要作用。例如，综合管廊可以有效降低城市内涝的发生概率，减少电力和通信设施在自然灾害中的损坏风险。综合管廊的建设还能增强城市的环境保护能力，通过减少地面线路的铺设与维护，降低噪声污染和交通阻碍。

综合管廊还在节省土地资源和降低建设成本方面具有突出优势。地下管廊的集中设置不仅节省了城市地面空间，使得地上土地资源得到更为高效的利用，也减少

了重复建设带来的多余开支，长期来看有助于实现城市基础设施的可持续发展。

综合管廊的定义与作用不仅限于以上方面，其在现代城市中的广泛应用进一步凸显了这种集约化基础设施的重要性和不可替代性。通过合理规划与建设综合管廊，城市可以更高效地管理和运营其地下管线系统，实现智慧化、现代化的城市建设目标。

二、供配电系统设计的优化方法

（一）设计参数的确定与分析

供配电设备的设计参数的确定与分析在城市综合管廊供配电系统中至关重要。合理确定和分析设计参数，不仅能有效提升系统的能效表现和稳定性，还能显著降低运行成本。为了实现这些目标，需要对设计参数进行全面的调查和评估，以便为后续的优化设计奠定坚实基础。

城市综合管廊供配电系统的设计参数主要包括负荷需求、电压等级、设备选型和布线方式等。负荷需求方面，必须准确预测综合管廊中的实际用电量。这需要考虑到管廊中各类设备的功率需求，包括照明、风机、水泵、监控和通信等基础设施。通过对现有综合管廊的用电数据进行统计分析，结合未来发展的需求预测模型，得出一个科学的负荷需求评估。

电压等级的选择直接关系到供电系统的安全和效率。一般来说，电压等级的选择需要平衡供电距离、设备成本以及系统损耗等因素。不同的电压等级对设备的要求和投资成本相差较大，在实际设计中需进行多方案比较，择优而定。还需考虑电磁干扰和电压波动对系统的潜在影响，制定相应的防护措施和应对策略^[4]。

设备选型是另一个关键参数。综合管廊中的供电设备不仅包括常规的变压器、开关柜等，还涉及紧急供电设备和智能监控系统。设备选型要充分考虑设备的性能参数、工作环境、可靠性以及经济性。现代供配电系统中，智能设备的应用越来越广泛，这些设备能够实时监测电力参数，提供故障预警，提高供电系统的智能化水平。

关于布线方式，综合管廊供电系统的布线方式必须满足安全、稳定和易维护的要求。常见的布线方式包括桥架线槽和管道电缆等。每种布线方式都有其优缺点，选择时需综合考虑管廊的空间布局、线缆的敷设难度、施工成本等因素。为了达到最佳的布线效果，采用辅助手段如三维建模和仿真分析，对不同布线方案进行对比评估，从中筛选出最优的方案。

除上述主要设计参数外，还需要考虑环境适应性和可扩展性。一方面，供配电系统的设计必须适应复杂的地下管廊环境，包括温度、湿度和腐蚀性等条件，这对材料的选择和设备的耐久性提出更高的要求。另一方面，城市综合管廊具有长期发展的需要，供配电系统设计需具备一定的扩展弹性，以应对未来的负荷增长和技术升级。

通过对负荷需求、电压等级、设备选型和布线方式

等设计参数的科学确定与详细分析，可以为后续的优化设计提供坚实的基础。这不仅能保障综合管廊供配电系统的高效运行，还能显著提升其可靠性和适应性。在实际操作中，通过应用多目标优化方法和先进的仿真技术，可进一步优化设计参数，确保供配电系统达到预期的设计目标。

（二）多目标优化方法的应用

在供配电系统的设计过程中，多目标优化方法的应用对于实现高效、稳定和可靠的供电至关重要。多目标优化方法是一种旨在优化多个相互冲突目标的技术，可以在提供最佳方案的同时，兼顾系统的各项性能需求。这种方法在城市综合管廊供配电系统中的应用显得尤为重要，因为这一系统需要平衡能耗、可靠性、安全性等多个方面。

进行多目标优化之前，需要明确供配电系统的主要优化目标。一般情况下，供配电系统的优化目标包括降低能耗、提高供电稳定性和确保供电安全性。这三个目标彼此之间存在一定的矛盾关系，例如，提高供电稳定性可能会增加能耗，必须采用多目标优化方法进行综合考虑。

在多目标优化中，常用的方法有加权求和法、Pareto前沿法和多目标遗传算法等。加权求和法通过为各个优化目标分配不同的权重，将多个目标合并为一个综合目标函数。Pareto前沿法则通过寻找在所有目标上均没有劣于其他方案的非劣解，得到一组满足不同优化需求的解集。而多目标遗传算法则通过模拟自然选择和遗传机制，逐步进化出多个高质量解。

在实际应用中，需要建立供配电系统的数学模型，将能耗、稳定性和安全性等目标量化为具体的数学表达式。在建立模型的过程中，需要收集相关参数数据，如供电设备的功率损耗、故障率以及环境因素等。根据不同优化目标的需求，选取适当的优化方法，例如，对于要求较高的供电稳定性，可以优先使用Pareto前沿法，而对于能耗和安全性较为关注的系统，则可以采用多目标遗传算法。

应用多目标优化方法时，需要对每个优化目标进行仿真分析和性能评估。通过仿真，可以直观地观察不同设计方案在各种运行条件下的表现，并以此评估优化方法的有效性和优越性。例如，通过仿真可以验证优化方案在降低能耗的确保供电稳定性，提高系统的综合性能。

在所有优化方案中，通过优化后的供配电系统，可以显著降低能源消耗，提高供电的可靠性和安全性，减少故障和维护成本，从而提升整体系统的运行效率和寿命。这不仅有助于提升城市综合管廊的供电质量和服务水平，也为城市基础设施的智能化和高效化发展提供了坚实的技术支持。多目标优化方法是供配电系统设计中不可或缺的重要工具。

三、优化结果的实际应用与效益

（一）优化设计方案的能效表现

在城市综合管廊供配电系统的优化设计方案中，优化设计方案的能效表现成为评估系统优化成效的一个重要维度。为了提高城市综合管廊供配电系统的能效，具体设计从多个角度进行了改进，包括改进供电设备的效率、优化电力传输路径以及采用先进的能源管理策略。

优化设计方案在供电设备的选型和运行参数上进行了深入分析，通过选择高效的变电设备和开关设备，减少了电能的传输损耗。在具体的供电设备运行过程中，应用智能化控制技术，实时监控设备的运行状态，在平衡供电安全性和系统能效方面取得了显著的提升。其结果表现在有效降低了设备的能量损耗，提高了系统的整体运行效率。

在电力传输路径的优化方面，利用数值模拟和仿真技术，对多种电力传输路径进行了比较和评估。优化后的设计充分考虑了电力传输的距离、负荷分布以及线路阻抗等因素，通过合理配置传输线路，减少了传输过程中的能量损耗。仿真结果显示，优化后的传输路径方案能够显著降低系统的电力损耗，提高了供电效率。

在能源管理策略的优化上，采用了多目标优化算法，综合考虑了能效、可靠性以及成本等因素。通过智能化的能源管理系统，对供配电设备的运行状态进行实时监控和调整，实现了能源的最优分配和利用。这不仅提高了系统的能效，还在一定程度上延长了供电设备的使用寿命，降低了系统的运营成本。

总的来说，优化设计方案通过在供电设备选型、传输路径以及能源管理方面的全面优化，有效提升了城市综合管廊供配电系统的能效。仿真分析与实际测试结果均表明，优化设计方案在降低能耗、提高经济效益和供电稳定性方面具有显著优势。这些结果为城市综合管廊供配电系统的智能化和高效化提供了坚实的技术支持，具有重要的实际应用价值和推广意义。

（二）供电稳定性的提升

提高供电稳定性是城市综合管廊供配电系统优化过程中关键的目标之一。经过多目标优化方法的应用，稳定性方面的改进主要体现在多个层面。

优化设计方案通过引入更多冗余设计，减少单点故障带来的影响。冗余设计不仅能够在一供电线路故障时提供替代路径，还能够各个节点之间实现负载的均衡分配，确保在故障情况下仍能保障核心设备的稳定运行。仿真结果显示，在优化后的系统中，故障发生的概率明显降低，供电稳定性得到了显著提升。

采用智能监控与预测维护系统，使得供配电系统能够实时监测各个节点的运行状态。通过大数据分析机器学习算法，对潜在故障进行预测，可以提前采取预防性措施。这种面向未来的维护策略不仅减少了突发故障的发生，还能提升系统的整体稳定性。优化后的系统在实际应用中，通过实时监控与预测维护大幅降低了故障率，从而提高了稳定性。

双电源自动切换装置（ATS）和不间断电源（UPS）的集成应用对提高供电稳定性起到了重要作用。在电网

发生异常时，ATS能够快速切换到备用电源，确保连续供电。而UPS则在短时间内提供电力，保障敏感设备的正常运行。在优化设计中，双电源系统和UPS进行了精确配置和布局，确保了不同负载需求的供电稳定性。

通过上述措施的综合应用，优化后的供配电系统在电力供应的连续性和稳定性方面表现出优异的性能。结合实际案例验证，优化设计实现了降低故障率、提高供电可靠性的目标，对城市综合管廊的发展和运维带来了显著的经济和社会效益。优化后的供配电系统不仅满足了当前需求，还为未来扩展提供了可靠保障。

（三）实用性与可行性验证

为了验证所提出的供配电系统优化方案的实用性与可行性，选取了某城市综合管廊项目作为实际应用场景。该项目在优化前后进行了详细的数据对比与分析。优化后的系统显著降低了运行能耗，供电稳定性也得到了明显提升。项目运行中，反馈结果显示设备故障率显著降低，维护成本减少。应用后的供配电系统能够适应多种复杂工况，表现出良好的适应性与稳定性。研究的结果表明，优化方案在实际工程中具有很高的应用价值。

四、结束语

本研究主要关注城市地下管道中的供电和配电系统怎样设计才能更好。我们先分析了这个系统需要做什么，然后用一种特殊的方法来改进设计，使得系统更加可靠，电能使用更加有效。我们还建立了一个模型来测试不同的设计方案，发现改进后的系统可以更好地节约电能，供电也更稳定。通过具体的例子，我们证实了这些改进方案不仅可以实际使用，而且效果很好。但是，这项研究还有一些不足，比如主要依靠模拟测试，在真实的应用中可能会遇到一些未知的问题。未来，我们可以通过加入更多的实际数据和分析，不断改进这个系统，使其更加完善。同时，也可以利用现代技术如人工智能帮助管理和检测系统，以适应不同城市的需求。我们希望这项研究能帮助城市基础设施变得更智能和高效。

参考文献

- [1] 马飞. 综合管廊供配电系统设计[J]. 装备维修技术, 2020, (14): 0088-0088.
- [2] 邵伟. 城镇综合管廊供配电系统的优化方案[J]. 电世界, 2019, 60(09): 36-39.
- [3] 单秉仁. 综合管廊供配电系统设计优化分析[J]. 建筑电气, 2019, 38(06): 29-35.
- [4] 邓姗姗. 综合管廊供配电系统运行及优化设计[J]. 电气技术与经济, 2022, (05): 110-113.
- [5] 袁中权, 黄开, 武状. 市政综合管廊的供配电系统探讨[J]. 华东科技: 综合, 2021, (02): 0276-0276.

作者简介: 周旭良(1992年6月—), 男, 汉族, 广东汕头人, 大学本科, 电气设计师, 电气中级工程师, 研究方向: 市政与交通电气设计。