

建筑智能配电系统的优化设计与应用

鲁俊健

中建三局上海有限公司，上海 20000

摘要：本文聚焦智能配电系统的优化设计与应用，阐述了智能配电系统的关键组成及技术原理，分析了当前系统存在的问题。提出从架构、设备、控制策略等方面进行优化设计的具体方案，并结合实际案例探讨其在不同场景中的应用效果，旨在为智能配电系统的高效运行和广泛应用提供参考。通过系统性的理论分析与工程实践相结合，论证了优化方案在提升供电可靠性、降低能耗以及增强系统灵活性等方面的显著价值，为行业技术升级提供了可借鉴的实施路径。

关键词：智能配电系统；优化设计；应用

引言

随着电力需求的持续增长和信息技术的飞速发展，智能配电系统在保障电力供应的稳定性、可靠性和高效性方面发挥着日益重要的作用。然而，当前智能配电系统在设计和应用中仍存在一些问題，如系统架构不合理、设备智能化程度低等。因此，对智能配电系统进行优化设计并探索其有效应用具有重要的现实意义。

1 智能配电系统概述

1.1 系统定义与组成

智能配电系统是一种融合了现代信息技术、自动化技术和电力工程技术的先进配电体系。它旨在实现对电力分配过程的智能化管理与控制，从而提高配电的效率、可靠性和安全性。从组成部分来看，如智能配电系统实物组成图 1：它包含多个关键元素^[1]。首先是智能电表，其具备精确计量、数据采集与双向通信功能，能够实时获取用户的用电数据并将其反馈至系统。这些数据涵盖了电压、电流、功率因数等多个关键电力参数，为系统全面了解电力使用情况提供了基础。其次是通信网络，这是整个智能配电系统的“神经网络”，负责在各个设备之间传输数据。在中国，常见的通信方式包括电力线载波通信、光纤通信以及无线通信等。电力线载波通信利用现有的电力线路

传输数据，具有成本低、覆盖范围广的优势；光纤通信则以其高带宽、低损耗和抗干扰能力强的特点，适用于长距离和对数据传输要求较高的场景；无线通信如 4G/5G 网络，灵活性高，便于快速部署。再者是智能断路器和开关设备，它们能够根据系统指令实现远程控制和自动保护功能^[2]。



图 1 智能配电系统实物组成

1.2 技术原理与特点

智能配电系统的技术原理基于先进的传感器技术、自动化控制技术和计算机信息处理技术^[3]。传感器分布在配电系统的各个关键节点，如线路、变压器等，用于实时采集电力运行数据。这些数据被传输到数据处理中心后，通过自动化控制算法进行分析和处理。其特点十分显著。其一，智能化程度高。系统能够自动对电力分配进行优化，根据不同用户的用电

需求和电网的运行状态，动态调整配电策略。这有助于提高电力资源的利用效率，减少能源浪费。其二，具备高度的可靠性。通过实时监测设备运行状态和电力参数，系统可以提前预测设备故障并采取相应的保护措施。其三，具有良好的兼容性。智能配电系统可以与其他电力系统，如发电系统、储能系统等进行无缝对接。在中国的电力体系中，随着可再生能源发电的大规模接入，智能配电系统能够很好地适应这种变化，协调不同能源之间的分配与调度。其四，实现了信息的高度集成与共享。不同设备之间的数据可以实时交互，运维人员能够在统一的一个平台上获取整个配电系统的全面信息，便于进行集中管理和决策^[4]。

2 智能配电系统现状分析

在中国，智能配电系统虽然取得了一定的发展，但仍然存在一些问题。在技术层面，部分智能设备的性能有待提高。例如，一些智能电表在复杂环境下的数据采集准确性可能会受到影响。在高温、高湿度或者强电磁干扰的环境中，智能电表的计量精度可能出现偏差，这会影响到电力计费的准确性以及系统对电力使用情况的准确判断。通信网络方面也存在不稳定的情况。由于中国地域广阔，不同地区的地理环境和基础设施建设水平差异较大，在一些偏远地区，通信网络覆盖不足或者信号质量较差，导致智能配电系统的数据传输出现中断或者延迟现象。这会影响到系统的实时监控和控制功能的有效发挥。在系统集成方面，不同厂商的设备之间存在兼容性问题。由于缺乏统一的标准，各个厂商的智能设备在数据格式、通信协议等方面存在差异，使得在构建大型智能配电系统时，设备之间的集成难度较大。这不仅增加了系统建设的成本，还可能导致系统运行过程中的故障排查和维护工作变得复杂^[5]。

3 智能配电系统优化设计

3.1 架构优化

智能配电系统的架构优化对于提高系统的整体性能至关重要。在优化架构时，首先要考虑分层分布式的设计原则。这种架构将整个智能配电系统分为不同的层次，如设备层、通信层、平台层（数据处理层）和应用层，见智能配电系统架构优化图2。设备层包含各种智能配电设备，如智能电表、智能开关等，它们负责采集和执行操作。通信层则负责在设备之间传输数据，确保数据的可靠、高效传输。数据处理层对采集到的数据进行分析、处理和存储，为上层应用提供数据支持。应用层则是面向用户的各种应用，如电力监控、负荷管理等。分层分布式架构的优点在于提高了系统的可扩展性和灵活性。当系统需要扩展功能或者接入新的设备时，可以在相应的层次进行操作，而不会对整个系统造成较大的影响。同时，还需要考虑冗余设计。在中国的电力供应中，可靠性是至关重要的。通过在关键设备和线路上设置冗余，如备用通信线路、备用电源等，可以有效提高系统的抗故障能力。电力部门还会加强人员培训，提高运维人员处理突发故障的能力。在设备选型上，优先选用高质量、高可靠性的产品。再者，建立完善的应急预警机制，能提前感知潜在风险并做出应对。多方面的保障措施共同作用，从而确保电力供应稳定、可靠地满足社会需求。

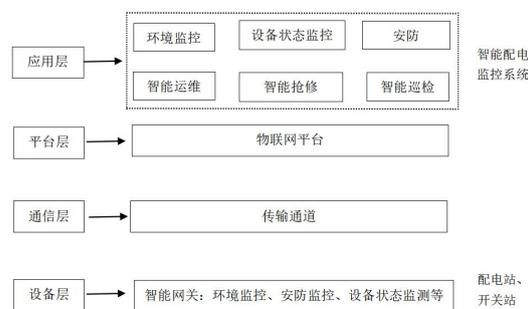


图2 智能配电系统架构优化

3.2 设备选型与升级

在智能配电系统中，设备选型与升级是优化设计的重要环节。在选型方面，要充分考虑设备的性能、可靠性和兼容性等因素。对于智能电表，应选择计量精度高、适应多种环境条件、具备强大通信功能的产品。在中国不同的地区，环境条件差异较大，从寒冷的北方到炎热潮湿的南方，智能电表需要能够稳定工作。例如，一些采用了高精度传感器和先进通信芯片的智能电表，能够在复杂环境下准确采集数据并及时传输。对于智能开关设备，要注重其开断能力、响应速度和保护功能。高开断能力的智能开关可以在短路等故障情况下迅速切断电路，保护系统安全；快速的响应速度能够及时执行系统的控制指令，提高系统的运行效率。在设备升级方面，要紧跟技术发展的步伐。随着电力系统的发展，对智能配电设备的要求也在不断提高。例如，为了适应高比例可再生能源接入的需求，智能开关设备需要升级其控制算法，以更好地应对电力潮流的频繁变化。同时，设备的软件升级也不容忽视。在电力供应体系里，软件升级是提升设备综合效能的关键环节。通过软件升级，能够增加设备诸多功能，全方位提高设备的性能和安全性。以智能电表为例，对其软件升级意义重大。可以优化数据采集算法，让计量精度得到提高。还能够增加如远程固件升级、电能质量监测等新功能。这不仅让电力企业能更好地管理电力资源，也能为用户提供更准确的用电信息，提升整个电力供应系统的智能化水平和服务质量。

3.3 控制策略优化

智能配电系统的控制策略优化是实现高效配电的关键。传统的配电控制策略主要基于固定的规则和经验，而智能配电系统的控制策略则更多地依赖于实时数据和先进的算法。首先，要优化负荷控制策略。在中国，电力负荷的峰谷差较大，通过优化负荷控制策略可以有效调节电力需求。例如，采用分时电价政策结合智能电表的实时数据反馈，对用户的用电行

为进行引导。在用电高峰时段，提高电价，促使用户减少用电；在用电低谷时段，降低电价，鼓励用户增加用电。这不仅可以平衡电力负荷，还可以提高电力系统的整体运行效率。其次，要优化电压和无功功率控制策略。通过实时监测系统的电压和无功功率情况，利用智能设备自动调整变压器分接头和无功补偿设备的投切。例如，当系统电压偏低时，智能设备可以自动升高变压器分接头，提高电压；当无功功率不足时，自动投入无功补偿设备，提高功率因数。此外，还需要优化故障处理控制策略。在电力供应系统运行过程中，故障的发生难以完全避免，此时高效的故障处理控制策略就显得尤为关键。当系统出现故障时，必须迅速定位故障点，这需要借助先进的监测技术和智能算法。然后采取有效的隔离措施，如利用智能开关设备的故障检测和通信功能，在故障瞬间，智能开关可快速切断故障线路，防止故障蔓延。同时，将故障信息即时发送给运维人员，运维人员能依据这些信息快速响应，及时修复故障，从而最大限度地减少故障停电时间，保障电力供应的稳定性和可靠性。

4 应用效果评估

4.1 可靠性评估

智能配电系统的可靠性评估是衡量其性能的重要指标。可靠性体现在多个方面，首先是设备的可靠性。智能配电系统中的设备，如智能电表、智能开关等，其本身的质量和性能直接影响系统的可靠性。在中国的电力供应环境下，设备需要能够在长期运行过程中保持稳定。例如，智能电表需要连续准确地计量电能，并且在各种环境条件下都能够正常工作。从系统整体角度来看，其架构设计对可靠性也有着重要影响。分层分布式的架构，加上冗余设计，可以提高系统的抗故障能力。当部分设备或者线路出现故障时，系统能够通过备用设备或者线路继续正常运行。例如，在通信网络中，如果某条通信线路出现故障，系统可以切换到冗余线路上，保证数据的传输不受影响。另外，

系统的故障诊断和恢复能力也是可靠性的重要体现。智能配电系统能够实时监测设备和线路的运行状态，一旦发现故障，可以快速定位故障点并采取有效的恢复措施。例如，通过智能开关设备的故障检测功能，能够及时发现短路故障点，然后通过远程控制或者本地操作迅速隔离故障，恢复非故障区域的供电，减少停电范围和时间，从而提高系统的整体可靠性。

4.2 经济性评估

对智能配电系统进行经济性评估具有重要意义。从建设成本来看，虽然智能配电系统的初期建设成本相对较高，包括智能设备的采购、通信网络的建设、系统集成等方面的费用，但从长期来看，它能够带来显著的经济效益。在设备采购方面，虽然智能设备的价格可能高于传统设备，但它们具有更高的性能和功能。例如，智能电表不仅能够准确计量电能，还能够提供丰富的电力数据，为电力企业的运营管理提供支持。在运行成本方面，智能配电系统可以通过优化配电策略降低电力损耗。例如，通过实时监测和控制无功功率，提高功率因数，减少无功电流在电网中的流动，从而降低线路损耗。这对于中国庞大的电力网络来说，可以节约大量的能源成本。另外，智能配电系统的故障诊断和预测功能可以减少设备的维修成本。通过提前发现设备故障隐患并及时进行维护，可以避免设备故障导致的更大损失。同时，智能配电系统还可以提高电力企业的运营效率，例如通过自动化的负荷管理和电费计量，减少人工操作成本。

4.3 环保性评估

智能配电系统的环保性评估是其可持续发展的重要考量因素。在中国，随着对环境保护的重视程度不断提高，智能配电系统在环保方面的优势逐渐显现。首先，智能配电系统通过优化配电策略，可以提高电力资源的利用效率。例如，通过负荷控制策略引导用户合理用电，减少不必要的电力浪费。这意味着在满足相同电力需求的情况下，可以减少发电站的发电量，从而减少化石燃料的燃烧，降低二氧化碳等温室气体的排放。其次，智能配电系统有助于可再生能源的接入和消纳。在中国，可再生能源发电，如太阳能、风能等，具有间歇性和波动性的特点。智能配电系统可以通过其先进的控制策略和技术手段，对可再生能源进行有效的整合和调度。例如，当太阳能发电充足时，智能配电系统可以调整负荷分配，优先使用太阳能发电，减少对传统化石能源发电的依赖，进一步降低碳排放。此外，智能配电系统中的一些设备，如智能变压器等，在设计和制造过程中注重环保材料的使用和低能耗设计，这也在一定程度上体现了其环保性。

结语

综上所述，通过对智能配电系统进行优化设计并将其应用于不同场景，能够有效提升系统的性能和效益。未来，应进一步加强技术创新和实践探索，推动智能配电系统的不断发展和完善，为电力行业的可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]袁耀. 智能配电系统在港口工程中的应用[J]. 中国水运, 2023, (01): 36-38.
- [2]陶仁海. 电气工程及其自动化供配电系统节能控制分析[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(36): 189-192.
- [3]刘浩东. 智能建筑电气供配电系统的负荷设计及优化[J]. 光源与照明, 2022, (11): 176-178.
- [4]孙严伟. 建筑智能化供配电系统集成与故障诊断技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (28): 1-3.
- [5]张佳年. 医院建筑中智能优化节能系统的应用——评《医院建筑设计指南》[J]. 应用化工, 2024, 53(05): 12-62.