

# 智慧园区低压供配电监控与能源协同管理研究

杜辉凤

中国电子系统工程第四建设有限公司 河北 石家庄 050051

**【摘要】**：文章以智慧园区低电压供配电系统为研究对象，针对其智能化管控不足、能耗协同效率低、系统接口适应性弱等难点问题，从系统架构、核心部件功能设计、智能接口设计以及能量协同元件优化等方面开展研究。对四层低电压供、配电网的典型结构进行梳理，对各种监测、控制和传输元件的核心职能进行界定，对智慧园区的多种接口进行设计，并对其进行预留，并对其进行优化。本项目的研究将有助于提高我国城市中低压供配电系统的运行可靠程度和能源使用效益，并将其与园区智能化及能源管理系统进行深度融合

**【关键词】**：智慧园区；低压供配电；监控；能源协同

DOI:10.12417/3083-5526.26.02.020

在“双碳”和“智慧园区”的发展趋势下，低压供配电系统的智能化和协作程度，将直接影响到整个园区的运行效能和节能效果。现有的城市供电与供电监控系统结构层次不明确、功能单一、系统界面不兼容、用电监控与用能分离等问题，很难适应城市电网的精细调控要求。围绕低压供配电监控技术落地与能源协同管控，以实现供电全程安全、能源高效运用、运维智能化需求。

## 1 智慧园区核心内涵与技术体系

### 1.1 智慧园区的内涵

智慧园区是利用物联网、大数据、人工智能、通信技术等先进的技术，对园区内的建筑体、能源应用、安防布置、交通规划、办公任务等各种资源实行一体化整合、智能化管控和协作运作的一种新的园区形式<sup>[1]</sup>。

### 1.2 智慧园区低压供配电系统的核心需求

对于低压供配电系统来说，安全性和可靠性是第一位的，因为在园区中，各种智能设备、办公设施、生产负载都对用电有着很高的稳定度，因此，对于低压供配电系统来说，需要具有很好的故障保护功能，可以对过载、短路、过压、欠压、漏电等各种类型的故障进行有效的保护，从而可以迅速地发生故障进行隔离，防止故障蔓延，保证园区用电的持续，防止人身伤害和设备受损，符合工商业园区高可靠性供电的设计要求<sup>[2]</sup>。智能监测是智能化升级的主要要求，需要利用各种监测终端和智能装置来对低压供配电系统的各种参数进行实时采集、精确监测和远程控制。这样可以对设备的操作进行实时的检测，并对其进行早期的警告和处理，从而降低人力维护的负担，提高运营的效率，从而达到对配电网的现代化运营管理。

## 2 智慧园区低压供配电监控典型架构

### 2.1 数据传送流程

以数据流转为中心的低压供、配电网监测体系结构，按照“收集-传递-处理-运用”的闭环过程，保证数据流转的效率和准确性，为系统监测和协作管理提供支持。其中，感知层的各种监控设备和探测设备对低压供电及配电网的功率参数和设备状态等进行了实时的采集，并通过传输层的通讯模块向传输层传送数据<sup>[3]</sup>。感知层设置有很多的监测设备和检测设备，其中有低压配电柜上的智能电表、电流互感器、电压互感器、温度传感器、漏电检测器，也有配电线路上的负荷监测装置、绝缘监测装置等。在传输层，采用“光缆骨干+无线支线”的混联网络方式，对所收集到的数据进行汇总和加密，然后再传送到系统级。光缆骨干网是一种适用于园区主干配电线路和核心配电房的高速传输设备，它具有带宽，抗干扰能力强，传输距离长等优点，能够保证海量的实时数据的有效流通；无线分支网络（如 WiFi、窄带物联网等）是面向分布式传感设备（如：园区外围区域配电设备、移动监控设备）进行的，具有不需要布线、灵活部署等特点，能够高效地实现光纤无法触及的区域。平台层负责清理、整理和存储收到的数据，并利用智能化的分析模型对数据进行深入分析，产生故障预警、能耗分析和操作建议等。平台层把经过加工的决策数据和原始数据推送到应用层面。应用层配置了各种能够满足智慧公园各种用户需要的各种功能部件和应用系统，其中有：供配电监控中心大屏，运维管理平台，移动端 APP，能耗管理系统，故障应急处理系统等。利用各种不同的功能组件来展示、应用和处置数据，并把应用中生成的控制命令和操作记录等数据逆向传送到平台层面，从而构成一个闭环的数据流动机理。

### 2.2 协同运行流程

监测体系结构的协调运作的逻辑中心，就是要将其与园区

智能化系统和能源管理系统进行无缝连接，建立“供、配监测-园区智能-能源管理”三者的协作运作方式，达到数据共享和指令互通，为整个园区的智能化运作提供支持。其中，低压供配网监测体系与园区智能体系的协作，重点在于实现了信息的共享和联动的控制。监测体系将收集到的电力参数和设备状态等信息传输到园区的智慧管理平台上，为智慧园区各项智能化工作提供电力支持。例如，该智能照明系统可以依据整个园区的用电量来进行灯光强度的调整，从而减少能源消耗。

### 3 智慧园区低压供配电监控主要元器件的功能和作用

#### 3.1 核心监测类元器件

作为感知层的核心部件，它的主要功能是对低压供配电系统各种工作参数进行精确的收集，为监视系统的基本资料，它的工作质量对资料收集的精度和完整性有很大的影响。有关元件的详细功能和功能，见下表1。

表1 监测类元器件功能

元器件名称	具体规格/类型	核心功能	核心作用
智能电表	多功能智能电表（如PM1200系列）	精准监测三相电压、电流、功率、功率因数、谐波等电力参数；实现电能计量，精度满足行业标准；支持远程抄表与数据实时传输；部分型号可实现能耗分项计量	为园区能耗统计、节能分析提供精准基础数据；支撑电力参数实时监控与远程管控；实现电能精准计量，为电费核算提供依据；为能源协同管理提供数据支撑
电流互感器（CT）与电压互感器（VT）	电磁式互感器，CT二次电流标准值为5A或1A，VT二次电压标准值为100V	采集高电压、大电流信号，按比例转换为标准低电压、小电流信号；实现电气隔离，分离一次与二次系统；为监测仪表、保护装置提供标准信号输入	解决高电压大电流直接监测难题，保障监测仪表与保护装置正常工作；提升监测数据准确性，为故障保护与智能分析提供可靠信号；防范高压触电风险，保障系统运行安全
传感器	温度传感器、剩余电流检测器、功率因数传感器等	温度传感器采集配电柜、变压器等设备运行温度；剩余电流检测器采集回路漏电电流；功率因数传感器监测回路功率因数；支持实时数据采集传输及异常报警	及时发现设备过热、漏电等异常，防范火灾、触电事故；为设备健康管理提供数据支撑，实现故障提前预警；监测功率因数，为无功补偿、节能优化提供依据

#### 3.2 控制与保护类元器件

在智慧园区中，控制和保护类元件是保证其安全、可靠地工作的重要支柱，主要部署于感知层。它与传输层和平台层相结合，可以对设备进行状态监测，对故障进行预警和精确的控制，从而保证了整个电网的可靠运转。下面是各种部件的作用和与电能监测的联动逻辑。

##### (1) 智能断路器

作为控制和保护设备的关键部件，它可以分为三种类型，即框架式、塑壳式和微型断路器，用于各种低电压电路和负荷场合，起到了控制和保护的作用。该系统的主要功能有：对低压断路器进行人工和远程控制；对低压回路分合闸动作的控制；能对过压，短路，欠压等各种故障进行检测，并按其类别和轻重迅速进行分断；一些智能化机型具有故障记录、参数设置和遥控等功能，这些功能可以通过传感级通信模块和平台级进行连接，将操作参数和故障信息进行在线传输，并从平台中接受相应的控制命令，从而达到对系统进行远程监控和状态追踪的目的<sup>[4]</sup>。

##### (2) 接触器和继电保护装置

接触器和保护装置是两个重要的控制部件，作为感知层的控制器，并与电能监测系统紧密相连，实现对电能设备的自动化控制。接触器主要是对水泵、风机和空调等电气装置进行远程启动和关闭，可以承受大的电流负载，同时还具有欠压和过载保护的功能，其工作状态由传感层收集并传输到控制系统的上层。继电器负责对控制信号进行传输、放大和转换，并和触点一起完成多环联动、延时控制等。设备接受平台层的命令，并调整控制逻辑，对运行状态进行实时的反馈。

##### (3) 电涌保护器和漏电流保护装置

电涌保护器（SPD）和漏电保护（RCD）是感知层的安全防护元件，其主要功能是提高电网的安全性，并与供电监测系统进行连接，达到对危险的早期预警和迅速处理的目的。SPD主要用于抵御雷击和电网波动引起的暂态过电压，并有效地控制电网的过电压，并将其运行状况及时地传输到站台层面，当出现故障时，系统会发出报警信号。RCD对线路的漏电流进行实时检测，一旦电流超出设定的阈值，就会立刻开断，并把故障信息上传到平台层面，由联动平台对故障信息进行记录，通知操作人员，防止人员受伤和设备受损。

### 4 电力监控给园区智能化做接口预留

#### 4.1 硬件介面保留

预留硬件接口其主要目的是为了适应未来的园区智能升级和新的设备需要，从而减少后续的建设困难和费用。其中，对配电柜，监控主机，通讯设备等进行了接口保留。其具体的保留方法是：在设计和安装开关柜时，要保留充足的接口终端，其中包括电源接口和通信接口等，保留的数目不少于目前需要

的30%，以适应今后增加的监控设备和控制设备的访问。在监控主机和通信网关等装置中，为将来增加LoRa、5G等通讯模组，增加通讯模组，扩充资料传送途径。在园区内的电力分配线路的时候，要预先准备好电缆管线和界面，方便以后再有更多的线路和装置进入，通过柔性的插接方式来实现。

#### 4.2 软件接口预留

软件界面保留是关键是为了在未来能够与新的园区智能体系和能量管理体系相连接，而不需要对原有的电能监测系统进行大的改造。该系统基于模块化的思想，保留了一个接口扩充模块。其具体的保留方法是：在供电监测平台上保留一个标准化的界面扩充模块，并在以后增加一些界面（例如增加一个与园区智能交通的连接界面）；保留数据界面扩充能力，在以后增加新的数据上载种类和上载次数，以适应园区的智慧更新需要；保留控制界面扩充功能，以支援日后加入的智能装置，以达到更多情景的联动操控；通过开放的软件体系结构，实现了对软件的更新和功能的扩充，保证了在未来可以更好地适应新的技术和要求。

### 5 与能源管理协同的主要元器件改进

#### 5.1 监测类元件的改进

在功能方面，将谐波精确监测、能量分项计量、负荷趋势分析等基本计量手段加入到基本计量中，并按照GB/T17215.302-2024等相关规范，涵盖2-41个谐波计量，实现园区办公、生产、照明等多个场景下的各场景的能量消耗分项统计和负荷演化规律分析，为优化节能分配方案提供数据支持<sup>[5]</sup>。为了提高通信的兼容性，采用了多种通信方式，如Modbus-RTU/TCP, DL/T645等多种通信方式，使其能够与能量管理平台进行无缝连接；增加光储网多源能量的收集模型，为源网荷储协调控制提供支持。

部署规划方面，需要根据园区负荷密度和能耗节点分布情况，对关键回路、光伏逆变器、储能柜等进行准确定位，确保监控没有死角。在数据抗冲击能力上，配备行业标准的局部非

易失内存（FRAM）和断电续发技术，可实现72个小时的高速缓存，当通讯中断、停电等情况下，按照时间戳顺序保存，修复完成后会自动修复，保证了数据的连续。

#### 5.2 控制类元件改进

对控制部件进行改造，着重提高其智能程度和协调联动性能，支持遥控、自动调整等功能，根据能量负载进行动态调控，为能量协调优化提供控制支持，符合灵活微网控制的要求<sup>[6]</sup>。对智能开关的改良：提升了智能化程度，支持远程控制和自动调整功能，可以按照能量管理系统发出的负荷调整命令，对低压线路进行自动开关、分闸和负荷分布。在现有的体系结构中，各种保护、计量和控制设备大都是通过专用的通信方式或者单独的线路连接，造成了“信息孤岛”的局面。未来的发展趋势是：充分利用工业以太网，Modbus TCP, MQTT等开源通信技术，使其能够与站控层、云计算平台和能量管理平台进行无缝连接。最优的故障探测和保护，可以对能源消耗中的异常失效进行辨识，并对其进行预先警告和迅速处理；如在综合继电保护器中增加负荷监测和告警信息，实时通讯到管理平台。

推动控制器从单个执行器发展到边缘执行器的发展。通过在配电网中配置具有现场计算和控制功能的智能控制器，通过预先设定的策略或者云计算的协作方式，实现对电网负荷的自动切换、无功补偿和需求响应等操作，降低对主站的依赖性，提高对分布式光伏、储能、充电桩等柔性能源的响应速度。

### 6 结语

对智慧园区的低电压供、配网监测和能耗协调进行了系统的研究，阐明了四级监测体系的运行逻辑、元件的作用边界、接口设计规范和能量协调的关键点，并提出相应的实现方法。研究符合项目的具体情况，可以将其推广到整个园区给配电系统的设计、改造和运行管理中，从而可以很好地解决系统间的协作不畅和管控不够精细的问题。未来还需要进一步结合人工智能、边缘计算等技术，深入开展供、配电网的动态调度和能耗预测等研究，不断提高整个系统的智能化程度，促进智慧园区的安全高效的发展。

#### 参考文献：

- [1] 王琮之.智慧物联网技术在智慧园区的应用及实现[J].绿色建造与智能建筑,2026,(01):162-166.
- [2] 邢娜,张建宇.智慧园区能源管理系统构建与应用研究[J].节能,2025,44(12):132-135.
- [3] 赵伟,沈晓龙,马龙,等.浅析智能运检系统在供电领域的应用与效果评估[J].中国设备工程,2025,(17):8-11.
- [4] 杨猛猛.探讨未来智慧园区全光网络的建设方式[J].通讯世界,2025,32(06):7-9.
- [5] 鲍平.智慧园区弱电智能化系统设计与应用研究[J].城市管理与科技,2025,26(01):80-83.
- [6] 陈晨.基于POL的智慧园区全光网络建设研究[J].科技创新与应用,2024,14(23):132-136.