

智慧园区分项电力需求自动统计与能耗管控策略研究

梁泽华 肖健飞

天津天大求实电力新技术股份有限公司 天津 300000

摘要：针对当前智慧园区电力能耗统计粗放、分项边界模糊、管控手段单一、能耗浪费突出等实际问题，本文结合园区复合型用能场景，明确暖通空调、办公设备、公共配套、动力设备四类电力能耗分项标准。依托精细化管控理论，搭建分层式分项电力需求自动统计体系，构建多源数据采集、算法优化、数据校验全流程技术方案。在此基础上，建立分级管控、负荷错峰调节、重点设备治理、异常预警闭环的多维能耗管控策略。

关键词：智慧园区；分项电力统计；自动统计体系；能耗管控；精细化节能

引言：随着智慧园区建设规模化推进，园区用电设备类型持续增多，用能场景愈发复杂，电力负荷动态波动特征显著。传统园区多采用整体能耗统计与统一管控模式，无法精准区分各类分项用电差异，难以定位能耗浪费节点，存在统计误差大、管控针对性弱、节能效率低等现实问题。为实现园区电力能耗精细化、智能化管理，亟需建立标准化分项能耗统计体系与适配性管控方案。本文围绕分项电力自动统计与能耗管控核心问题开展研究，结合现场用能特征搭建技术体系与管控策略，为园区电力能耗精细化治理提供可行技术参考。

1 智慧园区能耗分类与精细化管控理论基础

1.1 智慧园区分项电力能耗界定与分类标准

分项电力能耗的标准化界定是实现智慧园区电力需求自动统计与精准能耗管控的重要前提。结合智慧园区办公、公共服务、产业配套的复合型用能特征，同时依据设备用电属性与行业能耗规范，本文将园区电力能耗划分为四大核心分项，包括建筑暖通空调能耗、日常办公设备能耗、公共配套设施能耗与专项动力设备能耗。其中，暖通空调属于典型季节性高耗能模块，办公设备构成园区日间基础用电负荷，公共配套包含照明、安防、给排水等保障性用电，专项动力能耗主要涵盖产业生产设备、充电桩等功能性用电。该分类方式摒弃了传统整体统计的粗放模式，严格遵循场景独立、设备归类、数据可测的划分原则，清晰界定各用电模块负荷边界，统一能耗统计口径，有效解决了园区用能混杂、分项模糊、数据难以量化的问题，为电力数据采集、分项统计及精准节能管控提供标准化依据。

1.2 精细化能耗管控核心理论

精细化能耗管控是适配智慧园区多元复杂用能场景

的核心指导理论，相较于传统粗放式整体管控模式，该理论以数据精准化、管控颗粒化、运维智能化为核心特征。其核心思路是以分项能耗数据为驱动，打破单一整体管控模式，建立按区域、设备、时段、用途划分的多维能耗管控体系。依托标准化分项统计数据，可精准识别园区高耗能模块、能耗浪费节点与负荷波动规律，为节能优化提供数据支撑。同时，该理论融合负荷调控与节能优化思想，在保障园区用电稳定运行的前提下，动态匹配电力供需关系，完成峰谷负荷合理调配与异常能耗精准治理，实现园区用电安全性、稳定性与经济性的协同优化，为智慧园区智能化能耗管控体系构建提供坚实理论支撑^[1]。

2 智慧园区分项电力需求自动统计体系构建

2.1 自动统计体系总体设计目标与架构

结合智慧园区用电设备杂、用能场景多、负荷动态波动大的实际工况，本次构建的分项电力需求自动统计体系，核心设计目标为实现园区电力数据全场景采集、标准化分项归类、自动化统计运算与精准化数据输出，解决传统人工统计口径混乱、数据滞后、分项模糊、误差偏大的行业痛点。体系采用分层式拓扑架构，自上而下分为三层结构，层级分工明确、数据传输链路清晰。（1）数据采集层，作为体系底层基础，主要依托智能电表、电流电压传感器、终端采集器等硬件设备，覆盖园区所有用电终端与分支回路，实现电力原始数据的实时采集与初步汇总；（2）数据处理与统计层，为体系核心层级，负责完成原始数据的清洗、筛选、分项归类、算法运算，自动生成各用电分项的负荷数据、耗电量数据、时段用电数据；（3）数据输出与交互层，主要对接园区能耗管理系统，完成统计数据的可视化展

示、台账自动生成、数据存储与同步传输,为后续能耗管控、负荷分析、节能优化提供精准数据支撑。

2.2 电力能耗多源数据采集与分项筛选机制

智慧园区电力能耗数据来源具备多源性特征,涵盖高低压配电柜、楼层配电回路、独立用电设备、公共照明回路、充电桩集群、中央空调系统等多终端数据源,不同数据源的采集频率、数据格式、传输协议存在差异,需建立标准化采集与筛选机制,保障数据统一性与完整性。(1)多源数据采集机制。统一设定数据采集频率,常规办公、公共配套用电数据采用5分钟间隔采集,高耗能生产设备、空调系统、充电桩动态负荷采用1分钟高频采集,精准捕捉瞬时负荷波动。采集内容包含实时功率、有功耗电量、无功耗电量、设备运行时长、回路电流电压等核心电力参数,同时兼容Modbus、TCP/IP等主流传输协议,实现多设备、多回路数据的同步采集与稳定传输。(2)分项数据筛选机制。基于前文园区电力能耗分类标准,建立标签化筛选规则,通过设备编号、回路归属、场景属性对采集数据进行自动归类,区分暖通空调用电、办公设备用电、公共配套用电、专项动力用电四大分项。同时设置数据筛选阈值,自动剔除采集故障、设备启停干扰、信号波动产生的异常数据,保留有效能耗数据,保障分项统计的基础准确性。

2.3 电力需求自动统计算法设计与优化

为实现园区分项电力需求的自动化、精准化统计,结合园区用电负荷动态变化特征,设计适配多场景的电力需求自动统计算法,同时针对园区用电随机性强的特点完成算法优化。(1)基础分项统计算法。以实时采集的电力参数为核心,采用积分运算方式统计各分项时段耗电量,通过负荷叠加算法汇总同一分类下多设备、多回路用电数据,精准统计日、周、月、季度各分项总用电量、平均负荷、峰值负荷。依托时间戳匹配技术,实现用电数据与时段、区域、设备的精准绑定,完成分区域、分时段、分设备的多维电力需求统计。(2)算法优化策略。针对园区设备间歇性启停、负荷突变导致的统计偏差问题,引入滑动平均滤波算法,平滑瞬时负荷波动带来的数据误差,规避单一数据异常对整体统计结果的影响。同时增设负荷识别模型,区分设备正常运行用电与待机损耗用电,细化用电统计颗粒度。

2.4 统计数据校验与精准度保障机制

为规避设备故障、信号延迟、算法偏差带来的数据

误差,建立全流程数据校验与精准度保障机制,实现统计数据从采集、运算到输出的全链条质控。多层级数据校验。采用三级校验模式,一级为终端原始数据校验,核对采集数据的完整性、合规性,剔除缺失、乱序、异常数据;二级为分项统计校验,对比同一回路、同一设备的实时负荷与累计耗电量的匹配性,修正算法运算偏差;三级为台账交叉校验,每日自动汇总分项统计数据,与园区总计量电表数据进行比对,控制整体数据误差范围。(2)常态化精准度保障。建立设备定期校准机制,对智能电表、采集传感器按月开展精度校验与调试,避免硬件设备老化产生计量偏差;同时搭建数据异常溯源机制,针对校验超差的数据,自动标记异常节点,追溯采集、传输、运算各环节问题并完成修正。通过全流程质控体系,可将园区分项电力统计数据误差控制在合理范围内,满足智慧园区能耗分析与精细化管控的实际应用需求^[2]。

3 基于分项电力数据的智慧园区能耗管控策略

3.1 基于用能分项的精细化分级管控策略

依托前文分项电力自动统计体系输出的精准用能数据,结合园区空调、办公、公共配套、动力设备四大用电分项的用能规律与负荷特征,建立分级分类的精细化管控模式,改变传统园区统一化、粗放化的能耗管理方式,针对性匹配不同用电模块的管控标准与运维方案。(1)分项分级管控标准划分。根据各分项能耗占比、能耗弹性、运行属性,将园区用电划分为核心保障型、可调优化型、低效浪费型三类管控等级。办公设备用电属于核心保障型能耗,以保障正常办公运转为前提,仅规范设备待机、闲置等低效用电行为;空调系统与动力设备用电为可调优化型能耗,是园区节能管控的核心模块,可根据负荷时段、环境条件动态调整运行参数;公共配套零星耗电、设备长期待机耗电归为低效浪费型能耗,实行严格管控约束。(2)差异化分项管控措施。针对不同等级用电分项制定独立管控细则,对高占比的空调与动力设备分项设置能耗限额标准,按月、按区域核定用电指标;对办公用电实行规范化管理,明确设备启停、闲置断电标准;对公共照明、给排水等配套用电,结合自然光条件、园区人流车流实现按需启停,从分项维度压缩无效能耗。

3.2 电力负荷动态优化与错峰调控策略

基于分项电力时序数据,可精准定位各分项负荷高峰时段,实施动态负荷优化与错峰调控,平衡园区用电供需结构。(1)负荷时序数据分析。通过自动统计体系积累的分时用电数据,梳理各用电分项的日负荷、周

负荷、季节负荷变化规律,明确空调启停高峰、动力设备运行集中时段、办公用电稳定时段等关键节点,为负荷调控提供数据依据。(2)错峰分区调控实施。对园区可调节负荷进行时序优化,将部分大功率动力设备、集中制冷制热设备的运行时段,由日间用电高峰转移至夜间、午间等用电低谷时段,削减园区峰值负荷。同时采用分区管控模式,对不同楼栋、不同功能区域负荷进行动态监测,实时调配区域用电负荷,避免单区域负荷过载。(3)季节动态适配调控。结合冬夏空调高耗能季节与春秋平稳用能季节的负荷差异,动态调整调控力度,夏季优先优化中央空调负荷,冬季重点调控供暖设备运行功率,平抑季节性用电波动,稳定园区整体用电负荷^[3]。

3.3 重点耗电设备专项节能管控策略

针对重点耗电设备建立专项管控机制,从设备运行、参数调试、维护保养多维度实现精准节能。(1)设备运行参数优化。依托分项实时用电数据,监测高耗能设备运行工况,修正设备不合理运行参数。针对中央空调系统,根据室内外温差、园区人员密度动态调节出水温度、风机转速,杜绝满负荷常态化运行;针对工业动力设备,规范设备启停流程,避免频繁启停造成的额外能耗损耗。(2)设备分类运维管控。建立重点设备能耗台账,记录设备每日耗电量、运行时长、负荷变化数据,对能耗异常升高、运行效率下降的设备及时排查故障。区分连续运行设备与间歇运行设备,制定差异化运维周期,保障设备始终处于高效运行状态,降低设备自身能耗损耗。(3)充电桩集群有序管控。针对园区新能源充电桩随机用电特征,建立有序充电机制,引导错峰充电,避免大量充电桩同时启停造成的瞬时负荷冲击,降低配电系统能耗损耗。

3.4 能耗异常识别预警与闭环管控策略

基于分项电力实时统计数据,构建异常识别、实时预警、问题排查、整改复盘的闭环管控体系,实现能耗

问题的动态化、常态化治理。(1)异常能耗阈值设定。结合各用电分项的常态能耗数据,设置固定阈值与动态阈值双重标准,固定阈值限定设备最大耗电负荷,动态阈值根据季节、工作日、节假日自动微调,适配园区差异化用能场景。(2)智能识别与预警推送。系统实时比对分项能耗数据与预设阈值,自动识别超限额用电、无故能耗攀升、设备待机能耗过高等异常问题,同步推送预警信息至园区运维终端,明确异常区域、异常设备与异常能耗数值。(3)闭环排查整改机制。建立预警台账,运维人员根据预警信息开展定点排查,整改完成后实时更新能耗数据,系统复核能耗是否恢复正常,对反复出现的异常能耗节点开展专项分析,梳理根源问题并优化管控方案,形成数据监测、预警、排查、整改、优化的完整闭环,持续提升园区能耗管控规范化水平^[4]。

结束语: 本文完成智慧园区电力能耗分项界定、精细化管控理论梳理,搭建了稳定可行的分项电力需求自动统计体系,形成适配园区多场景的能耗管控策略体系。通过分层数据处理、算法优化与多级校验,有效解决了传统统计模式数据滞后、精度不足的问题,实现电力能耗数据精细化统计。配套的分级管控、负荷调控及异常闭环治理策略,可针对性改善园区无效能耗偏高、负荷分配不均等问题,能够切实提升园区电力运维管理水平与节能效益。

参考文献

- [1] 王成围,李沛,杨至元,等.基于电力数据的能耗及碳排放测算模型构建与应用[J].南方电网技术,2026,20(5):37-46.
- [2] 刘子菡,朱丽萍.电能计量中的自动化技术应用[J].集成电路应用,2023,40(8):410-411.
- [3] 段中平,付阳,度勇.计量技术在电力负荷需求侧响应中的应用[J].光源与照明,2025,(5):254-256.
- [4] 韩彦廷.基于自动化技术的火电厂集控运行节能降耗系统设计探析[J].模具制造,2025,25(8):210-212+215.