

工业园区 LED 灯具的节能应用效果评价

夏 飞

新疆众和股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830013

【摘 要】：工业园区照明运行时段长、负荷分布离散，传统灯具在车间、仓储、道路和装卸区容易形成照度冗余与电量浪费。本文分析 LED 灯具替换后的回路负荷布设、功率照度测定和电量核算方法，梳理照明电量变化、时段耦合和光衰维护风险，提出以分区计量、照度维持和巡检周期共同约束节能评价的判断。LED 灯具节能效果不能只看装机功率下降，还应结合生产班次、驱动电源温升和粉尘遮光条件判断持续节能能力。

【关键词】：工业园区；LED 灯具；节能应用；效果评价；照明电量

DOI:10.12417/2811-0528.26.20.046

工业园区照明覆盖生产车间、仓储通道、厂区道路、装卸平台和安全疏散区域，既承担作业视觉条件，也影响夜间用电负荷。传统金卤灯、高压钠灯或老旧荧光灯在启动时间、光效、维护频次和局部眩光方面存在差异，替换为 LED 灯具后，功率下降并不自动等同于稳定节能。若灯位间距、回路控制、班次时段和照度要求没有同步核对，部分区域可能出现照度过剩、局部暗区或回路混接，电量变化也难以准确归因。工业园区 LED 灯具节能应用评价需要把替换、计量、照度维持和运行维护放在同一对象中分析。

1 LED 灯具节能应用的测定基础

(1) 工业园区照明回路负荷分区布设：LED 照明改造前应先拆分照明对象，生产车间主通道、设备操作面、仓储货架区、道路照明和装卸平台的照度要求、开启时段和检修条件并不相同。回路负荷分区以配电箱出线、分回路电表和灯具组位置为基础，车间高顶灯宜按生产线或跨距形成独立计量单元，仓储区宜按货架通道形成条带回路，道路和装卸区则按安全通行与车辆作业边界设置控制点^[1]。园区总配电室、照明配电箱、分回路电表和照度测点构成节能评价的基础链条。若只在设备清单中替换型号，却没有把 L1—L4 回路与厂房、仓储、道路、装卸区对应起来，电量下降很难准确归因。园区照明回路与测点布设见图 1。

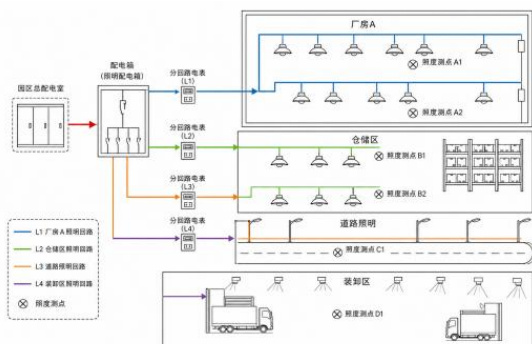


图 1 工业园区 LED 照明回路负荷分区布设

图 1 中，L1—L4 回路把厂房、仓储、道路和装卸区分开，分回路电表为电量核算提供边界，照度测点则把节电结果与作业面亮度维持联系起来。

(2) LED 灯具运行功率照度测定方法：LED 灯具测定对象包括输入功率、功率因数、照度和驱动电源工作温度。功率测定宜在稳定点亮后读取回路有功电量和瞬时功率，并同步核对同一回路的启停记录、巡检记录和班次状态，避免把启动阶段、临时检修或试灯操作计入正常班次；照度测点应落在操作面、通道中心线和安全出口附近，测量高度与作业面保持一致^[2]。高顶厂房的安装高度、反射面污染和设备遮挡会改变照度分布，单点合格不能代表整条生产线满足要求。采用分区测量后，LED 灯具的节能评价才可以同时回答两个问题：同一照度维持条件下是否减少电量，以及同一电量投入下是否改善暗区和频闪风险。

(3) 节能应用电量效果核算方法：生产车间原灯具 120 盏、单灯 250W，LED 单灯功率为 110W，日运行时长为 16h；仓储区原灯具 86 盏、单灯 150W，LED 单灯功率为 70W，日运行时长为 12h，这两类区域构成园区照明主负荷。节能应用效果核算以更换前后的照明回路电量为主线，同时扣除产量班次、季节日照和临时检修对开灯时长的影响。可比期选择应覆盖工作日、夜班和周末低负荷状态，车间生产高峰不宜与停产检修日直接相减^[3]。分区核算参数按生产车间、仓储区、厂区道路、装卸平台、办公辅助区和应急疏散区划分，灯具数量、单灯功率、日运行时长和维持照度共同决定节能判断。生产车间 LED 单灯功率较原单灯功率减少 140W，仓储区 LED 单灯功率较原单灯功率减少 80W；相比生产车间，仓储区单灯功率差值少 60W，说明分区核算不能用统一节电系数替代。各分区照明电量核算参数见表 1。

表1 工厂园区LED照明分区核算参数

照明分区	原灯具数量(盏)	原单灯功率(W)	LED单灯功率(W)	日运行时长(h)	维持照度(lx)
生产车间	120	250	110	16	300
仓储区	86	150	70	12	150
厂区道路	64	120	55	11	50
装卸平台	42	180	90	10	200
办公辅助区	58	80	36	9	300
应急疏散区	36	60	28	24	30

表1中,生产车间和仓储区同时具有较大的灯具数量和较长的日运行时长,是节能评价的主负荷区域;应急疏散区单灯功率较小但运行时长为24h,评价时更适合关注可靠性和照度维持,而不是把它与生产照明合并比较。

2 LED灯具节能效果与应用分析

(1) 更换前后照明电量变化测定结果:照明电量变化应按运行时段展开,避免用全天总量掩盖峰谷差异。以传统灯具12h时段230kWh作为归一化基准,LED灯具对应118kWh,归一化值为0.51;16h时段传统灯具210kWh、LED灯具110kWh,归一化值分别为0.91和0.48,差值0.43^[4]。相比时段索引1,时段索引3的两条曲线差值由0.30扩大到0.49,说明连续生产时段比夜间保安照明更能体现LED替换效果。时段曲线还表明,开灯时长、分区控制和班次安排会改变实际电量曲线,评价时应优先核对高峰回路读数,并把低负荷照明从连续生产区中分离。时段电量变化关系见图2。

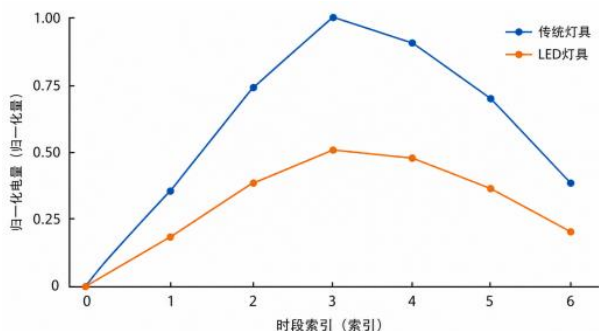


图2 更换前后归一化照明电量时段变化

图2中,时段索引3和4两个高负荷节点的两条曲线差距最大,说明LED灯具的节电贡献集中在连续生产和仓储作业时段;低负荷时段差距缩小,分区控制和夜间保安照明占比会

影响全天节能评价。

(2) 照明负荷运行时段相关性分析:照明负荷和运行时段的耦合关系体现为生产班次越集中,LED灯具替换带来的电量差越容易被稳定观测;非生产时段若仍保持大范围常亮,节能结果会被管理方式抵消。车间两班制运行下,照明回路在8h—20h之间形成主负荷区,LED灯具低功率和分区控制可降低峰值电量;仓储区和装卸平台的负荷更依赖出入库频次,人体感应、分组开关和延时关闭会影响LED节能曲线^[5]。耦合关系分析不能把照明负荷简单归入生产总电量,原因是空压机、动力设备和温控系统的波动远大于照明负荷。将照明回路独立计量后,时段曲线与班次记录、门禁作业和巡检记录相互校验,才能判断节能结果是否来自LED灯具本身。

(3) LED节能应用光衰风险评价:LED灯具长期运行后的光衰、驱动电源温升和粉尘遮光会改变节能应用效果。0—1年低风险区域对应照度维持率较高、巡检周期较短的状态,1—2年出现粉尘遮光后,仓储高架通道和装卸平台的局部照度可能先下降;2—3年阶段若叠加频繁启停和驱动电源温升,光通量衰减会使部分操作面低于维持值。节能评价不能把初装阶段的照度和电量视为全寿命结果,尤其在金属粉尘、油雾或高温车间内,灯罩污染会使照度下降快于电量下降。维护策略宜按上述风险分区安排,高风险单元优先清洁灯罩、抽测驱动温度并复核照度,低风险单元维持常规巡检,避免为了保持照度而额外增加灯具数量。光衰风险分区关系见图3。



图3 LED节能应用光衰风险矩阵

图3中,粉尘遮光和驱动电源温升位于中风险单元,频繁启停和照度低于维持值进入高风险单元,说明节能评价需要把照度维持率、巡检周期和更换优先级同时纳入运行阶段。

3 结语

工厂园区LED灯具的节能应用效果评价应从回路分区、功率照度测定、电量核算和运行衰减四个方面同时展开。分区计量能够把生产车间、仓储、道路、装卸和疏散照明从总电量中分离,功率照度测定能够确认节电没有牺牲作业面亮度,时段电量曲线能够识别高峰班次中的真实节能贡献。LED灯具

替换后的初期节电效果较容易形成，但粉尘遮光、驱动温升、回路电表、照度复测和维护优先级联动使用，在满足作业安全频繁启停和光通量衰减会削弱长期表现。园区后续管理宜把分

和照度维持的前提下评价节能结果。

参考文献:

- [1] 杨草田,卢苏.工业企业照明节能措施[J].光源与照明,2026,(5):25-27.
- [2] 肖树平.电力施工场景 LED 照明节能改造方案[J].灯与照明,2026,50(4):25-27.
- [3] 龚俊平.“双碳”目标下城市道路照明 LED 节能改造技术体系构建与工程应用研究[J].光源与照明,2026,(5):12-15.
- [4] 孟昭旭.高速公路隧道 LED 照明的复合控制方案及其节能效果[J].运输经理世界,2026,(13):148-150.
- [5] 王志斌.工业车间 LED 照明系统智能调光与节能优化[J].灯与照明,2026,50(2):91-93.