

[照明]

工厂传统照明的智能化改造与应用

文/李二宾 张星芳
陕西未来能源化工有限公司

大型化工企业的工厂照明是保障设备运转，人员巡检的重要支撑，也正经历着从传统到智能的变革。以大型化工企业的生产、检修、巡检照明为背景，探讨传统照明智能化改造的必要性、实施步骤及可能遇到的问题，为相关企业的照明用电改造研究和实践提供可行性参考。

传统照明系统存在着许多问题，如能源浪费、舒适度不足和管理不便等。陕西未来能源化工有限公司为了响应环境保护、节能减排和安全生产工作，把锅炉框架的照明改造作为试点开展了工作。实现遥控控制、定时控制、光线感应调节等功能，还能根据人、物的移动自动调整光源，以自动控制为主，人工控制为辅，一般情况下不需要人工的参与，更好地服务于生产、检修和巡检的照明要求。

传统照明智能化改造的必要性

传统照明灯具在使用过程中用电能耗较高，已经无法满足公司对于节能降耗的要求。此外，照明灯具的发光效率较低，光衰现象严重，无法达到生产工艺所需的照明效果。在现场巡检过程中，由于照明条件不佳，巡检人员难以仔细查看设备的运行状况，从而影响了设备的状态检查以及人员的通行安全。

传统照明工作方式及能耗高不合理分析

1. 控制方式不合理

1) 锅炉框架内属于封闭状态，需要部分灯具长期亮灯，但是灯具的开启和关闭均需要使用空气断路器，而一个开关至少控制6~8盏灯，会造成灯具无法根据需求精准控制，一些不需要长期开启的灯具一直常亮。

2) 为了保证巡检通道亮度及摄像头监控亮度等，部分灯具也需要长期亮灯。

3) 灯具开关位置相对分散，巡检人员不能很好地按照巡检路线进行灯具开关控制，造成部分灯具工作时间延长。

2. 灯具型号陈旧

1) 根据公司执行的《节能节水专用设备企业所得税优惠目录》相关要求：LED 路灯、LED 隧道灯/工矿灯，初始光效不低于130 lm/W。对锅炉现场层照明灯具进行检查，功率 $P=100\text{ W}$ ，材质为金属卤化物灯，2014年生产，灯具光效在70 lm/W，照明亮度不足，已经是高耗能落后淘汰产品。

2) 咨询相关照明厂商并查阅相关资料得出调研结论，封闭厂房可选用的灯具技术参数如下。

型号：智能三防（防水、防尘、防腐）LED灯或智能防爆LED灯

额定电压为AC 220 V 50/60 Hz。

额定功率为30 W、50 W、70 W、100 W。

3. 现场环境制约

结合大型化工厂实际情况，65%的设备集中在封闭厂房内部，25%集中在集成框架内，10%为露天。设备区照明主要通道及重要设备白天关灯后会影影响人员视线、通行安全和设备巡检，必须白天开灯。时长在每天6:00—18:00，工作时间均超过10 h，灯具即使在白天也长期处于不关闭状态，导致能耗升

高。因此传统照明的智能化、节能化改造试点工作意义重大。

传统照明向智能化、节能化照明改造的技术要点

1. 更新现场照明设备

淘汰能耗高、发光效率低的照明设备，选用高光效、节能的智能化产品。锅炉房原100 W金属卤化物灯照明灯具改造为50 W智能三防LED灯具。

1) 智能三防LED灯具。灯具型号为户外LED型，WF2防腐，IP66防护；灯具功率为50 W；工作电压为AC 100~277 V；功率因数为0.95以上；电流谐波 $\leq 15\%$ ；射频发射能量 ≤ 20 dBm。

2) 安装方式。选用吸顶式(X)，壁挂式30度(b1)，护栏式(h)相结合。灯具包含配套光源、智能控制器和安装附件等，接线盒与电缆、穿线管需要进行适配，具有相应的锁紧装置。旧灯具拆除后具备快速安装、接线恢复功能。

3) 智能三防LED灯具整体光效 > 130 lm/W，寿命不低于50 000 h。

4) 智能三防LED灯具电源模块应为恒压、恒流输出，具有开路、短路保护功能。

5) 智能三防LED灯具控制器应具有ZigBee无线传感功能，满足自组织、低功耗和低数据速率的群体通信技术，可根据照明控制系统输入0~100%均匀无级调光。满足IEEE 802.15.4标准通信协议，能与控制接收设备、周边灯具相互进行数据传送。

6) 智能三防LED灯具应具备通风、散热能力，设置检修接线盖，方便光源及线路检修、维护。应具有自排水功能，防止由穿线管、电缆口进水，降低使用寿命、绝缘防护。

7) 智能三防LED灯具应有唯一的地址编码，能够在控制软件输入灯具编码后进行自动组网、适配，出现故障时亦能快速识别定位。

8) 智能三防LED灯具与控制系统进行自动对时。进行在线状态、电压、功率、亮度、电流、灯具开关状态和能耗等数据自动同步功能，用于监测灯具的工作状态。

9) 智能三防LED灯具按照智能化的设置无需人为过多控制，能实现单灯控制、群组控制、分组控制和定时控制等，满足现场个性化使用需求。

10) 灯具发生故障时，应及时在系统中进行提示，以便于运行人员及时通知维修人员处理，灯具故障排除后可自动恢复正常。

11) 智能LED灯具附加人体感应功能，在感应到人员或物体移动时，以100%亮度点亮所在区域的智能灯具，人员或物体远离后以20%~50%亮度工作（根据需要自行设置），用于进一步降低电能消耗。

2. 照明系统控制要求

1) 单灯控制。对任意一盏智能灯具进行开灯、关灯、调光等动作操作，如图1所示。

2) 群组控制。可对一个网关下的智能灯具进行开灯、关灯和调光等操作，如图2所示。



图1 单灯调光控制



图2 照明系统控制

3) 分组控制。可对系统联网下的灯具进行任意分组, 执行开灯、关灯和调光等操作。

4) 定时控制。按照设置时间策略, 控制单灯、群组、分组的智能灯具开灯、关灯和调光等操作。

5) 手动应急控制。当控制系统出现故障或现场临时管理时, 在照明箱中可进行现场手动控制灯具开关。

3. 照明系统组成

(1) 智能照明控制系统

至少包含服务器、管理软件、操作计算机、网络交换机和现场智控箱。安装地点为控制室, 管理软件可以免费无上限扩容, 免费升级。

(2) 现场智控箱

用于信号的中转、传输, 基本工作原理为: 现场照明灯具通过智能控制器与智控箱内的网关以无线WiFi、4G和5G等网络组网的方式完成实时数据采集、汇总、传输和下发; 智控箱网关与服务器通

过光纤、网线等进行有线数据通信; 服务器与操作计算机通过交换机、管理软件进行操作控制。

1) 智控箱要求。户外型, WF2防腐, IP65防护, 采用工程塑料或铸铝合金材质, 工作电压220 V AC/50 Hz, 配安装支架、防雨罩。

2) 带无线网关功能。每个网关可至少控制200套智能灯具, 具有自动组网, 自恢复功能, 有加密设计, 且可以在满足通信协议的要求下向第三方智能灯具无偿开放。

(3) 操作计算机的管理软件

1) 管控权限分级。有管理层、操作层和维护层, 分别设立不同账户与密码, 加强信息保密管理。

2) 控制软件功能分类。基本信息: 灯具编号、位置名称、所属网关。

实时监控: 在线状态、亮度、电压、电流、有功无功功率、功率因数和电能能耗, 如图3所示。



☐	灯具名称	灯控器地址	在线状态	设备状态	报警查看	一键处理	高度	电压(V)	电流(A)	有功功率(W)	无功功率(Var)	功率因数
☐	B3-121	03071755	在线	正常	-	-	100	225.34	0.223	49.6	9.2	0.983
☐	B3-122	03071762	在线	正常	-	-	100	226.7	0.226	49.9	9.5	0.982
☐	B3-123	03079245	在线	正常	-	-	100	226.76	0.221	49.1	9.2	0.983
☐	B3-124	03071775	在线	正常	-	-	100	227.44	0.226	50.2	9.1	0.984
☐	B3-125	03079247	在线	正常	-	-	100	225.41	0.228	50.3	9.2	0.984
☐	B3-126	03027583	在线	正常	-	-	100	226.15	0.232	51.3	9.4	0.984
☐	B3-127	03027582	在线	正常	-	-	100	226.38	0.235	52.2	9.2	0.985
☐	B3-128	03027270	在线	正常	-	-	100	226.52	0.227	50.2	9.4	0.983
☐	B3-129	03071802	在线	正常	-	-	100	226.43	0.232	51.5	9.2	0.984
☐	B3-130	03027599	在线	正常	-	-	100	225.89	0.228	50.3	9.4	0.983

图3 照明实时监控

场景策略: 按时间调节灯具亮度, 按时间开、关编组的灯具。

历史记录: 记录灯具的总运行时间, 每天、每月、每年的电能消耗统计, 可以用于班组执行操作的分析, 如图4所示。

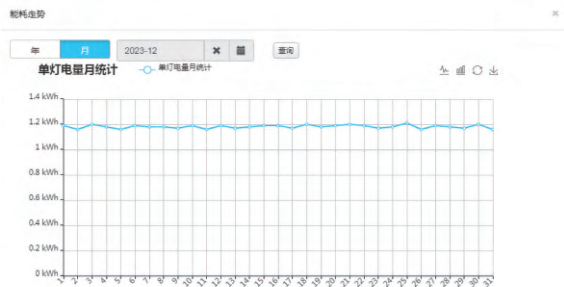


图4 灯具用电统计

告警记录: 灯具发生故障时能及时通知, 修复后与服务器进行网络通信自恢复, 并对故障信息进行统计。

4. 延长照明设备寿命

智能化照明系统能够实时监测设备的运行状态, 及时发现并解决问题, 延长设备寿命。配置可视化平台管理, 可通过平台软件查看每盏灯具的开关状态、电流、电压、功率、运行时间和灯具能耗等, 平台能实时监控每盏灯具, 实现故障报警, 并直观地展示灯具亮灯率、故障率等。

5. 照明灯具控制方案

1) 可以通过优化灯具调光进一步降低能耗。例如白天执行灯具的70%亮度, 夜间执行100%亮度, 如图5所示。

基本信息		实时监控	场景策略	历史数据	故障告警
分组		+ 添加 删除			
设备		搜索			
陕西米米能源化工					
陕西米米能源化工					
陕西米米能源					
1号炉网关					
2号炉网关					
3号炉网关					

策略名称	生效时间	失效时间	修改时间	上次执行时间	已执行次数	修改人	是否启动
晚上8点调光	2023-01-12 09:52:38	2035-02-01 09:52:40	2023-01-12 09:51:00	2024-03-28 20:00:00	442	swlmyhgyxgs	是
早上8点半调光	2023-01-12 09:52:38	2035-02-01 09:52:40	2023-01-12 09:52:09	2024-03-29 06:30:00	442	swlmyhgyxgs	是

图5 灯具调光策略

2) 结合公司3台锅炉实行2开1备原则，对现场实际照明使用规律进行调研，可以对主通道走廊、不运行的区域减少照明灯具开启数量。

3) 根据实际运行工况对灯具进行梳理，在白天对光照条件好的灯具在9:00—16:00进行优化关闭。

4) 新灯具亮度是原灯具的两倍，通过配置灯具编码实行远程控制，隔两盏灯关闭一盏，保障厂房光照的前提下，统一分组管理。

6. 经济效益与社会效益核算

(1) 经济效益

本次锅炉界区照明单灯灯具能耗由100 W降到了50 W，共改造了260盏灯具。根据用电节能能耗统计，预计41个月可以收回成本。

(2) 社会效益

1) 通过预设场景实现按需照明、定时照明等功能，达到节能减排、节约能耗和延长灯具寿命的目的。

2) 照明亮度高，对巡检通道及重要机组进行了灯具合理化布置及群组控制，减少人员对灯具开闭的操作时间，提高了职工的巡检安全。

3) 控制软件的投入还为智能视频监控、智能传感器探测、气体探测和配电管理等提供开放式的服务接口，实现跨平台应用，减少人力、财力和物力的投入，用于智慧化工厂的进一步建设。

传统照明智能化改造可能遇到的问题及解决方案

(1) 成本问题

智能化照明系统的成本较高，对于一些小型企业或个人可能难以承受。解决方案是选择性价比高

的设备，同时考虑分期投入。

(2) 兼容性问题

不同品牌的智能化照明设备可能存在兼容性问题，影响用户体验。解决方案是选择具有良好口碑和兼容性的品牌和设备。

(3) 安装难度问题

由于传统照明系统的布线方式和灯具固定安装结构较为复杂，因此智能化改造的安装难度会较大，需要现场进行临时用电、动火和登高等特殊作业。解决方案是选择经验丰富的专业团队及专业人员进行安装和调试。

(4) 数据安全问题

智能化照明系统涉及用户的个人信息和隐私，因此数据安全问题不容忽视。解决方案是接入公司内部服务器，数据不上传、不联网，同时加强自身的数据安全管理，经常进行漏洞扫描。

(5) 现场设备安全管理

对现场照明设备进行定期检查，发现问题及时整改，提高设备的安全性能。同时，加强现场安全培训，增强员工的安全意识，确保人员安全。

结束语

传统照明智能化改造是未来照明的必然趋势，它能够带来更加高效、节能、智能和舒适的照明体验。虽然改造过程中可能会遇到一些问题，但只要采取合适的解决方案，就能够顺利实现从传统到智能化的转型。随着智能灯具及控制系统技术的不断进步和应用场景的不断拓展，相信智能化照明系统将在更多的领域得到应用和推广。 EA

(收稿日期：2024-02-15)