

T/SILA

上海浦东智能照明联合会团体标准

T/SILA 020—2025

工厂照明智能化规范

Intelligent Factory Lighting Specification

2025 - 01 - 10 发布

2025 - 01 - 10 实施

上海浦东智能照明联合会 发布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 3

5 工厂照明智能化系统要求 3

 5.1 一般要求 3

 5.2 系统构成和功能 3

 5.3 工厂照明智能化系统的组成 8

 5.4 工厂照明智能化系统安全 9

6 工厂照明应用场所要求、智能控制策略和系统工程设计 11

 6.1 一般规定 11

 6.2 工厂照明分区和照明质量 12

 6.3 工厂照明常用智能化策略 13

 6.4 工厂照明智能化系统设计内容和流程 13

7 安装与调式 15

 7.1 一般规定 15

 7.2 安装要求 15

 7.3 系统调式 16

8 验收 17

 8.1 一般规定 17

 8.2 现场检验 18

参考文献 19

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由上海浦东智能照明联合会提出并归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件起草单位：上海浦东智能照明联合会、深圳市洲明科技股份有限公司、惠州雷士光电科技有限公司、江苏英索纳通信科技有限公司、横店集团得邦照明股份有限公司、上海时代之光照明电器检测有限公司、上海三思电子工程有限公司、上海屹店智能科技有限公司、声光美（广东）创新应用研究院、苏州丰之玄数字科技有限公司、上海碧林威智能科技有限公司、青岛鼎鼎安全技术有限公司、上海顺舟智能科技有限公司、珠海市圣昌电子有限公司、深圳市晟瑞科技有限公司、永林电子（上海）有限公司、广东奥莱敏控技术有限公司、深圳市同一方光电技术有限公司、河南星如雨科技有限公司、深圳微自然创新科技有限公司、重庆南天智能设施有限公司、江苏新广联光电股份有限公司、广东科威腾智能照明有限公司、深圳市尚为照明有限公司、广东艾迪明电子有限公司。

本文件主要起草人：陆燕、陈智瑜、闫舒雅、安波、庄晓波、代照亮、王春林、陈欣平、俞孝军、郭宗根、李奕炜、蒋伟、徐东、陈云飞、赵显云、龚飞、马金花、罗望贤、冯朋、常虎、王燕超、谢毅、赵宗伯、张之久、邹汉强、张成良、卫建强、洪艳君。

引 言

本文件属于上海浦东智能照明联合会为推动智能照明的发展，所组织的重点行业标准之一。

基于当前国家重点设定的2030年碳达峰和2060年碳中和的时代背景，国家产业的战略转型，工厂智能化和数字化建设的推动，以及智能控制技术的成熟与变化，传感器技术的飞跃，智能化和绿色低碳工厂照明迅速发展。为满足经济社会高质量发展的需要，制定了本标准。

工厂照明是个非常广泛的领域，既有物流、钢铁、电子、新能源、医药等各个子行业；对于复杂的工业环境，对于照明灯具甚至还有防爆、防震、耐盐雾、耐腐蚀等多种要求。工厂里也包含园区、道路、仓库、车间、办公室等多种分区。该规范侧重于工厂室内照明的智能化系统，旨在通过对工厂照明智能化的定义，架构和策略实施，调试和维护，实现照明的场景化控制，带来更加节能、更加智能化、更加舒适的工厂智能化的照明环境。

由于智能化相关的法规发展很快，请各工程建设和设计单位同时参考国家、行业 and 地方的设计和建设标准，是否符合本规范要求，由相关责任主体判定。

本文件为首次发布，将为今后办公智能化的普及起到积极的推动作用，并给今后的国家和其它地方标准等提供参照。

工厂照明智能化规范

1 范围

本文件规定了工厂照明智能化的系统要求和设计，并涉及安装、调试和维护。
本文件适用于新建、扩建和改建的工厂建筑室内以及既有工厂建筑的改造工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 5700 照明测量方法
GB 5768—2009 道路交通标志和标线 第1部分：总则
GB 7000.1—2015 灯具 第1部分：一般要求与试验
GB 7000.201—2008 灯具 第2-1部分：特殊要求 固定式通用灯具
GB 7000.202 灯具 第2-2部分：特殊要求 嵌入式灯具
GB 7000.204 灯具 第2-4部分：特殊要求 可移式通用灯具
GB/T 13870.1 电流对人和家畜的效应 第1部分：通用部分
GB 17625.1 电磁兼容 限值 第1部分：谐波电流发射限值（设备每相输入电流≤16A）
GB/T 17743 电气照明和类似设备的无线电骚扰特性的限值和测量方法
GB 17945 消防应急照明和疏散指示系统
GB 20815—2006 视频安防监控数字录像设备
GB/T 20965 控制网络HBES技术规范 住宅和楼宇控制系统
GB/T 22239—2019 信息安全技术 信息系统安全等级保护基本要求
GB/T 28181—2022 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求
GB/T 28847 建筑自动化和控制系统
GB 35114—2017 公共安全视频监控联网信息安全技术要求
GB 37300—2018 公共安全重点区域视频图像信息采集规范
GB/T 40994—2021 智慧城市 智慧多功能杆 服务功能与运行管理规范
GB 50017—2017 钢结构设计标准
GB/T 50034—2024 建筑照明设计标准
GB 50052 供配电系统设计规范
GB 50174 电子信息系统机房设计规范
GB 50314 智能建筑设计标准
GB 50339 智能建筑工程质量验收规范
GB 50429—2007 铝合金结构设计规范
GB 51038—2015 城市道路交通标志和标线设置规范
GB 55015—2021 建筑节能与可再生能源利用通用规范
CJ/T 527 道路照明灯杆技术条件
T/CECS 612—2019 智能照明控制系统技术规程
T/CECS 1424—2023 健康照明设计标准
T/SILA 010—2022 办公照明智能化规范

3 术语和定义

GB/T 50034—2024，T/CECS 612—2019，GB/T 40994—2021界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

照明质量 lighting quality

用于表征照明特性符合用户需求和和其他应用要求的整体特性的度量。

3.2

平均照度 average illuminance

规定表面上各点的照度平均值。

3.3

色温 colour temperature

当某一种光源（热辐射光源）的色品与某一温度下的完全辐射体（黑体）的色品完全相同时，完全辐射体（黑体）的温度，简称色温。符号为 T_c ，单位为开（K）。

3.4

闪烁 flicker

静态环境中的静止观察者由亮度或光谱分布随时间波动的光刺激引起视觉不稳定的感知。

3.5

健康照明 healthful lighting

基于视觉和非视觉效应，改善光环境质量，有助于人们生理和心理健康的照明。

3.6

智能照明控制系统 smart lighting control system

利用计算机、网络通信、自动控制等技术，通过对环境信息和用户需求信息进行分析和处理，实施特定的控制策略，对照明系统进行整体控制和管理，以达到预期照明效果的控制系统。

3.7

控制管理设备 management equipment

利用计算机网络系统对照明控制进行自动化操作和可视化管理的设备，包括计算机、网络设备、管理软件、系统附件等。

通常包括中央控制管理设备，还可包括中间控制管理设备和现场控制管理设备。

3.8

输入设备 input device

将现场采集到的信息转化为系统信号的设备，包括传感器、控制面板、遥控器等。

3.9

输出设备 output device

接收系统信号并实现照明控制的设备，包括开关控制器、调光控制器等。

3.10

通信网络 communication network

以传输、交换、接入等通信设施和通信协议等相关工作程序有机建立的系统。

3.11

传感器 sensor

能感受到被测量的信息，并能将感受到的信息，按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求的检测装置。

3.12

红外线运动传感器 passive infrared sensor (PIR)

一种采用被动式热释红外线探头，检测人体发出约9.65 μm 红外线成分来感知人员的运动的装置。

3.13

雷达/微波传感器 radar/microwave sensor

用无线电发射电磁波并接收其回波的方式，获得目标到发射点的距离、速度、相对位置等信息的装置。

3.14

光照度传感器 illuminance sensor

一种将环境光照度大小转换成相应的电信号的一种装置。

3.15

智慧多功能杆 intelligent multifunctional pole

由杆体、综合箱和综合管道组成，与系统平台联网，挂载各类设施设备，提供城市管理与智慧化服务的系统装置。

4 基本规定

4.1 工厂照明的照明质量应符合视觉要求，同时还应关注非视觉要求。

4.2 工厂照明智能化的要求应当因项目而决定最佳的方案，既考虑到照明质量，还应当考虑到项目预算和今后的运行、维护等。

4.3 灯具应符合下列要求：

- a) 固定式灯具应符合 GB 7000.1—2015、GB 7000.201—2008 的要求；
- b) 嵌入式灯具应符合 GB 7000.1—2015、GB 7000.202 的要求；
- c) 可移式灯具应符合 GB 7000.1—2015、GB 7000.204 的要求；
- d) 无线电骚扰特性应符合 GB/T 17743 的要求；
- e) 谐波电流应符合 GB 17625.1 的要求。

4.4 系统的设计和应满足 GB 55015—2021 的节能控制的管理要求。

4.5 建筑照明智能控制应符合现行国家标准 GB 50314、GB/T 20965、GB/T 28847 的规定。控制管理设备供配电系统应符合现行国家标准 GB 50052 和 GB 50174 的规定。

5 工厂照明智能化系统要求**5.1 一般要求**

5.1.1 生产安全：采用符合工人的生理节奏的照明效果，提高生产效率、提高生产安全性。

5.1.2 绿色节能：工厂智能照明可以分区域、分场景、分时段、分时空实现了智能无人化控制，达到降低成本，合理利用电能，节能减排的目的。宜采用适用的标准或规范对工厂照明产品进行碳足迹核算或核查，核查结果宜对外公布，并利用核算或核查结果对工厂照明产品的碳足迹进行改善。

5.1.3 能效优化：系统应能够实现照明能效的优化，通过智能调光、调色和定时控制等功能，有效降低能耗并提高能源利用效率。

5.1.4 自动化控制：系统应具备自动化控制功能，能够根据实际需求和环境条件自动调整照明亮度和色温，以提供最佳的照明效果。

5.1.5 智能感知：系统应能够感知环境中的光照、人员活动等信息，通过传感器和智能算法实现自动调光和节能控制。

5.1.6 联动与集成：系统应能够与其他工厂智能化系统进行联动和集成，例如与生产设备、安全系统等进行联动控制，实现协同工作和信息共享。

5.1.7 远程监控与管理：系统应具备远程监控和管理功能，通过云平台或移动应用，实现对照明系统的远程监控、设备状态检测和故障诊断等功能。

5.1.8 安全与可靠性：系统应具备安全保障措施，确保照明系统的安全性和可靠性，防止潜在的安全风险和故障发生。工厂照明中的消防应急照明产品应符合 GB 17945 要求。

5.1.9 数据分析与优化：系统应能够实时采集和分析照明系统的数据，提供数据报告和优化建议，帮助用户了解照明效果和能耗情况，并进行优化改进。

5.1.10 功能照明：挂载照明设备和智能照明管理设备，通过智能化设计与精细化管控，支持路灯照明的智慧远程集中控制、自动调节等功能。

5.1.11 视频采集设备：视频设备应符合 GB 20815—2006 中相关规定；视频编码应符合 GB/T 28181—2022 相关规定；设备接入安全应符合 GB 35114—2017 中相关规定。在公共安全重点区域的视频采集设备应同时要求满足 GB 37300—2018 中相关规定。

5.1.12 交通标志设备：设置于多功能智能杆的交通标志应符合 GB 5768—2009 和 GB 51038—2015 中相关规定，并符合当地法律法规要求。

5.2 系统构成和功能

5.2.1 系统的构成

5.2.1.1 硬件

硬件系统：照明灯具、驱动电源、智能控制器、光照传感器，红外传感器、雷达传感器、摄像机、通信网络设备、智能照明集中控制器、开关面板、触摸屏、PC电脑、智慧灯杆、显示屏、公共广播、喷淋雾森装置、充电桩模块、智能配电柜（含网关、数字动作断路器、智能断路器）、风光储系统设施等设备构成。保障照明设备的开关、调光、场景、感应、预设光输出、视频监控等功能的正常运行；由控制管理设备、输入设备、输出设备和通信网络构成；控制管理设备包括中央控制管理设备，还可包括中间控制管理设备和现场控制管理设备。

灯杆设计：采用碳素结构钢、低合金结构钢的杆体设计应符合GB 50017—2017的要求；采用高强铝合金等新型材料进行杆体设计时，其性能应符合GB 50429—2007的相关规定；杆体应严格控制使用非功能性反光、眩光的表面处理工艺。

交通标志设备：包括警告标志（警告车辆、行人注意危险地点）、禁令标志（禁止或限制车辆、行人交通行为）、指示标志（指示车辆、行人行进）、指路标志（传递道路方向、地点、距离信息）等。各类标识的颜色、形状和图案均有特定含义，需严格按照国家标准进行设置。

5.2.1.2 软件

软件系统：实现系统内设备的统一控制，及实现数据传输、信息交换；与其他系统协调适配的通用接口及协议，支持与其它符合软硬件接口标准的设备互连、系统联动；支持手机端APP、计算机端、控制面板和中控屏等的控制软件对灯具进行控制。有调试软件、监控控制管理软件、数据云平台等。通信协议包括有线通信协议，如DALI、KNX、PLC等；也包括无线通信协议，如ZigBee，蓝牙、Wi-Fi等。

5.2.1.3 智能照明系统

智慧照明系统监控中心通过4G/以太网与集中控制模块组建一级通信主网络，集中控制模块通过PLC电力载波、RS485有线通信或无线通讯系统组建二级通信子网络。两级的组网方式满足大空间下分散的设备应用需求。智能照明系统结构总分为三层，系统管理层，通信管理层，设备管理层，通过总三层又将一个复杂庞大的系统分为相对独立、分工明确、结构清晰的6个层次，层与层间的高内聚低耦合，提高系统开发和运行时的可靠性、安全性、可伸缩性、可扩展性和可维护性。

5.2.2 系统的功能

5.2.2.1 单灯控制（单灯控制器）

单灯控制功能满足下列功能要求：

- a) 应能够设置手动开自动关、自动开关控制模式；
- b) 应支持本地或远程开关、调光、调色控制；
- c) 应支持步进、级调、最大值、最小值快速调光、调色功能；
- d) 调光曲线应采用对数调光或线性调光，调光和调色过程应采用舒适的渐变过渡调节控制，调节过程应保持变化一致、无抖动、无视觉
- e) 应具备调光、调色值或场景记忆功能，通过场景一键调用预设值；
- f) 应能够按照照明需求实现时钟或定时调光控制功能；
- g) 宜支持时间、感应、声音等自动开关控制方式；
- h) 闪烁、无明显延迟，有条件可支持设置渐变过渡时间；
- i) 宜支持断电记忆功能，记忆灯具断电前的开关、调光、调色状态；
- j) 当发生通讯故障时，灯具或电气设备在离线时宜能按预设程序正常运行；
- k) 灯具可结合自身或外部传感器实现恒照度等自动调光控制功能；
- l) 宜能够按照照明需求实现生物节律功能，不同时间段输出不同的色温；
- m) 具有开关灯状态报告、灯具故障报警、过流报警、欠压报警、过压报警、通讯异常报警等功能；
- n) 具有自动运行能力，在无通讯网络时需按照储存的开关灯时间进行开关灯控制，具有 0-10V 或 PWM 调光方式输出，具有对灯具电压、电流、功率及用电量的测量的基本功能。

5.2.2.2 回路控制（智能断路器）

回路控制功能满足下列功能要求：

- a) 过流、过载保护/预警：具备过流保护，实时监控功率，超出保护值时可对线路进行保护及预警，保护值范围可调；
- b) 过压、欠压保护/预警：电压高于或低于保护值时可对电气设备进行保护及预警，防止用电设备的损坏，保护值范围可调；
- c) 过温保护/预警：实时监控线路温度，超出保护值时可对线路进行保护及预警，防止短路引起的火灾发生，保护值范围可调；
- d) 自动合闸：发生过压或欠压脱扣后，自动判断电压恢复正常可自动恢复供电；
- e) 定时开关：可设置定时任务控制断路器通断，实现不同场景的应用；
- f) 远程控制及监控：可通过软件客户端（手机、平板 app 及小程序、PC 端云平台）远程控制断路器通断，可远程监控电流、电压、温度、有功功率、无功功率、功率因素、用电量等数据；
- g) 漏电保护/预警：实时监控漏电流，超出保护值可对线路进行断电保护，防止泄漏电流对人的伤害及浪费能源，预警值可调；
- h) 相序保护：当监测到相序错误时进行跳闸保护，当监测到缺相时进行跳闸保护。

5.2.2.3 集中控制（网关）

集中控制功能满足下列功能要求：

- a) 远程通信功能，可实现远程数据采集和控制，与监控中心之间有多种通信模式（如以太网、4G、5G）可选，有永久在线、时段在线和被动激活三种选择，用户可根据需求自由选择，节省通信费用；
- b) 单灯控制与管理功能：
 - 1) 灵活设置各种控制策略，系统可根据天气情况或突发事件生成临时控制策略；
 - 2) 自动和手动控制功能，可按预先设定的策略自动进行控制操作（如定时），或解析远程监控中心的命令或本地手动操作控制；
 - 3) 各单灯状态采集，采集单灯运行状态（开、关、亮度或故障等）；
 - 4) 出现告警可主动上报。
- c) 信息采集功能：精准路灯电参数数据测量采集功能，内置电表测量，可测量电压、电流、有功功率、功率因数、有功电能等数据，并可进行查询、分析统计。采集控制器测量的各单灯电力数据：采集各单灯的电压、电流、功率、电量等电参数及用电数量；
- d) 多类型智能设备管控功能：丰富接口及协议，方便对接各种设备和平台，支持 232、485 及开关量等丰富的物理接口和常见协议，支持常见的 MODBUS、MQTT、OPC、HTTP、SDK 各种标准协议和 API；支持多路强电总控、分控的智能断路器管控，实现每个回路的电流、电压、电量、温控、有功功率、无功功率、漏电监测、过流、过载、欠压、短路保护及远程控制等功能，实现智慧用电精细化管理；
- e) 异常日志及历史记录：自动进行系统自检，发现设备（包括通信）异常进行事件记录和报警；
- f) 远程调试与升级：支持远程升级程序，支持以太网、U 盘本地升级程序；支持远程对系统进行各种参数配置、调试。

5.2.2.4 群组控制

群组控制功能满足下列功能要求：

- a) 应能够对灯具进行分组、分区，同组、同区的设备可以设置开关、调光、调色等功能并保持一致性；
- b) 应能够设置手动开自动关、自动开关或一键全开全关等开关控制模式；
- c) 应支持本地或远程开关、调光、调色控制；
- d) 应支持步进、级调、最大值、最小值快速调光、调色功能；
- e) 调光曲线应采用对数调光或线性调光，调光和调色过程应采用舒适的渐变过渡调节控制，调节过程应保持变化一致、无抖动、无视觉；
- f) 应能够按照照明需求实现时钟或定时调光控制功能；
- g) 应具备调光、调色值或场景记忆功能，通过场景一键调用预设值；

- h) 闪烁、无明显延迟,有条件可支持设置渐变过渡时间;
- i) 宜支持断电记忆功能,记忆灯具断电前的开关、调光、调色状态;
- j) 当发生通讯故障时,灯具或电气设备在离线时宜能按预设程序正常运行;
- k) 宜支持时间、感应、声音等自动开关控制方式;
- l) 灯具可结合自身或外部传感器实现恒照度等自动调光控制功能;
- m) 宜能够按照照明需求实现生物节律功能,不同时间段输出不同的色温。

5.2.2.5 本地/远程控制

本地/远程控制功能满足下列功能要求:

- a) 应支持本地或远程对设备进行状态查看及控制等操作;
- b) 应本地控制支持按键、遥控器或语音等触发方式,本地控制状态与系统实时保持同步;
- c) 应支持远程控制配置类型切换,支持设备按钮展示与控制,支持仪表盘展示,支持设备状态展示,支持设备控制、群组控制、日程管理、场景执行等相应操作;
- d) 应支持场景模板配置、模板类型筛选、模板增删改查、分配空间筛选、模板批量下发;
- e) 应支持通过远程系统配置在线更新升级设备固件;
- f) 应支持异常信息推送,或根据使用方实际需求自定义事件并推送信息;
- g) 本地网关或云平台需提供 API 接口,可供第三方平台对接;
- h) 互联网断开时不应影响本地控制功能;
- i) 设备支持有线或无线通用物联网传输协议入网,可支持本地或远程对设备进行各类信息采集;
- j) 包括设备的状态、传感量、配置参数等信息进行采集;
- k) 宜支持汇总系统的运行数据,可本地或远程设定参数、控制逻辑。

5.2.2.6 场景控制

场景控制功能满足下列功能要求:

- a) 应能够按用户需求对预先设置的场景面板进行手动或自动切换控制,包括一键执行预设场景控制,如:预备上班模式、上班模式、休息模式、下班模式、清扫模式;
- b) 应保持场景内同一群组内的开关、调光、调色的一致性。

5.2.2.7 时钟控制

时钟控制功能满足下列功能要求:

- a) 应根据区域作息规律,对不同区域,不同位置的灯具实行定时执行,如上班、下班、休息、清洁等不同场景;
- b) 可增加时钟校准功能;
- c) 应根据不同地区经纬度对应的日出日落时间控制灯光场景,如日出后半小时关闭灯光。

5.2.2.8 传感联动控制

传感联动控制功能满足下列功能要求:

- a) 应在合适的公共区域采用人员动静传感器联动,灯具开关或调光,做到人来灯亮,人走灯灭;或者人来调高亮度,人走调低亮度;
- b) 在靠近天然采光的窗边,宜采用光敏传感器或恒照度传感器与灯具联动控制,将每一行平行于窗户的灯具都分为单独的回路,以便进行不同的光输出调节,保证整个工作空间内的照度平衡。

5.2.2.9 能耗统计

能耗统计功能满足下列功能要求:

- a) 系统应具备用电信息采集能力,用电信息数据至少包括:正向有功累积、电压、电流、有功功率、功率因数等,有功计量精度应不低于 1 级;
- b) 应支持对各类用电负荷电参量数据进行分类采集及存储;
- c) 应支持耗电量的数据统计,可形成以日、周、月、年或自定义周期的统计报表;
- d) 应支持能耗信息分区域、分类型统计及筛选;
- e) 应支持能耗数据可视化呈现,形成数据报表,报表支持导出;

- f) 宜支持能源使用定额分配统计、定额用电额度预警、定额用电超额报警、定额电费超额预警及报警；
- g) 宜支持数据的端边云组合式存储；
- h) 宜支持分时电价的计算。

5.2.2.10 故障报警

故障报警功能满足下列功能要求：

- a) 应支持控制模块和网关模块的离线告警及控制与状态不一致的反馈；
- b) 应支持实时监听报警信息，接收各设备上报的报警和故障信息，可提供故障报警级别分类，能够根据报警级别发送报警信息，可通过手机推送、短信通知等方式通知相关设备负责人；
- c) 应支持对所有报警及事件包括报警时间、报警原因、关联设备、场景模式等进行记录保存，并可按事件类型进行检索；
- d) 应支持策略配置，可对不同的报警及事件之间的关联性进行定义，实现报警及事件和设备之间的智能联动控制；
- e) 发生通信故障时，系统输入输出设备应能按预设程序正常运行；
- f) 应具有断电或发生故障时自动反馈、自锁和存储记忆功能；
- g) 当发生故障报警时，宜支持人工关闭故障提示功能；当故障排除时，应支持设备自动恢复运行功能。

5.2.2.11 设备管理

设备管理功能满足下列功能要求：

- a) 设备出厂信息管理，包括设备名称、通信地址、设备厂商、硬件版本号、软件版本号、设备类型、信道方式等；
- b) 支持手动或自动方式添加设备；手动添加方式包括手动录入或 APP 扫描设备二维码两种方式，自动方式是设备自动搜索网络加入到系统；
- c) 设备添加进入系统后，系统需支持配置相应设备的逻辑名称、安装位置、安装时间、分区、分群组等信息；
- d) 系统支持对设备的档案信息进行增删改查操作；
- e) 可通过远程查询设备总数、在线、离线、故障等相关信息；
- f) 宜具备防误触发控制面板物理开关复位功能，避免用户误操作影响灯具正常信号；
- g) 宜支持设备的批量添加、移除功能；
- h) 宜支持设备的远程在线升级功能；
- i) 可对系统设备进行资产管理。

5.2.2.12 权限管理

权限管理功能满足下列功能要求：

- a) 系统应支持设定一个或多个用户，每个用户应设置不同的管理权限，用于系统的使用、管理和维护；
- b) 系统应支持设定同一用户属于一个或多个角色；
- c) 系统应支持一个超级管理员角色，具有系统的最高管理权限；
- d) 系统应支持用户分组。

5.2.2.13 监控管理

监控管理满足下列功能要求：

- a) 视频采集设备(即摄像机)的加载，通过智慧灯杆预留的安装插口实现摄像机的便捷安装，实现远程集中管理、控制，满足摄像机运行状态的监测，以及便捷的查询、定位等功能；
- b) 视频数据宜具备共享功能。

5.2.3 系统扩展功能

工厂照明智能控制系统还可与其他非照明系统进行对接和联动, 以实现整体工厂环境智能化和舒适性的需求。智能联动功能要求如下:

- a) 应支持与遮阳设施的联动控制;
- b) 智能联动功能应支持选择开启或关闭功能;
- c) 宜支持与新风系统、空调设备、净化设备的联动控制;
- d) 宜支持与视频监控系统、门禁设备的联动控制;
- e) 系统应具有开放性, 具有多种数据接口, 可通过 API、SDK 与 Modbus、KNX 等第三方系统对接, 以及云云对接;
- f) 宜实现与火灾自动报警系统、建筑设备管理系统、安全技术防范系统等智能化系统的通信联网、联动控制。

5.3 工厂照明智能化系统的组成

5.3.1 系统组成

系统组成: 由一个中心平台四套子系统组成, 子系统包含智能照明控制系统、网络通信系统、能源管理系统、运维管护系统。

5.3.2 智能照明控制系统

智能照明控制系统是工厂照明智能化系统的核心, 它通过网络、无线通信、电力载波、智能终端等技术手段实现对照明设备的智能控制、调度和管理。智能照明控制系统通常包括工厂照明控制终端、传感器、工厂照明灯控器等组成部分。工厂照明控制终端是智能照明控制系统的控制中心, 它负责对整个系统的管理和控制; 传感器是智能照明控制系统的信息采集设备, 它负责采集环境信息和设备状态信息; 工厂照明灯控器是智能照明控制系统的信息执行设备, 它负责执行工厂照明控制终端发出的控制指令。

智能照明控制系统可按功能分为5层: 感知, 数据采集层、数据管理层、综合应用层和照明设备。

5.3.2.1 感知层

感知层主要是工厂照明控制终端、工厂照明灯控器、感知设备组成, 工厂照明控制终端安装于低压变电室或配电箱(柜)中, 可通过电力线载波与所有工厂照明灯控器通信, 工厂照明灯控器可按拓扑结构对下级接入的照明设备进行数据采集。感知层工厂照明灯控器可基于电力载波方式与工厂照明控制终端进行通讯, 各设备只通过电力线连接即可达到数据上报目的。

5.3.2.2 数据采集层

数据采集层应支持多种通信方式接入工厂照明控制器及工厂照明控制终端, 应符合通信协议解析软件定义, 并对数据进行初步处理; 应支持监视通信质量, 管理通信资源。它应由通信前置、通信协议解析服务等构成。

5.3.2.3 数据管理层

数据管理层应支持对采集数据进行加工处理、分类存储, 应支持建立和管理工厂数据平台, 并应支持与其他系统接口交换数据。它应由数据库服务器、数据存储和备份设备、接口设备以及数据库管理软件等构成。

5.3.2.4 综合应用层

综合应用层应具有工厂照明控制策略、节能分析、防窃电分析、系统管理、故障处理告警、地理信息应用扩展功能等应用功能。它应由应用服务器、应用工作站Web服务器等构成。

5.3.2.5 照明设备

照明设备是工厂照明智能化系统的重要组成部分, 它包括照明灯具、照明开关、工厂照明控制终端、工厂照明灯控器等设备。照明灯具是工厂照明智能化系统的信息采集数据源设备; 照明开关是工厂照明智能化系统的执行设备, 在就地控制时可完成照明设备的调光、调色温, 通断控制; 工厂照明灯控器是工厂照明智能化系统的控制设备, 它负责调整照明设备的亮度。

5.3.3 网络通信系统

网络通信系统是工厂照明智能化系统的基础，它负责智能照明控制系统的数据传输和通信，包括局域网、广域网、无线通信、电力载波等通信方式。网络通信系统通常包括路由器、交换机、无线接入点等设备，它们负责实现网络的连接和通信。

5.3.4 能源管理系统

能源管理系统又分为能源管控、新能源应用及工业光伏储能系统功能。

a) 能源管控

可实现用能从照明系统的分设备、分区域、分回路、分楼层、分车间进行用能情况的统计及分析，风光发电新能源的发电量统计，储能系统的能源合理时段充放调配及实现峰谷套利的实时经济指标的统计核算，实现工厂能源合理利用的精细化管理。

b) 新能源应用

- 1) 光伏发电：分为灯杆分布式太阳能光伏发电和屋顶集中式发电，分布式太阳能光伏路灯优势在于安装简单，无需路灯布线，设备成本及安装成本比较低廉，劣势在于太阳能灯杆发电模块尺寸太小，灯具功率普遍较小，路灯亮度较低，连续阴雨天带着厂区到+道路照度不足。屋顶集中式发电优势在于发电量大、发电用途除了用于照明，还可用于工厂生产线，劣势在于项目前期投资大，需要专业公司来进行投资及运营管护；
- 2) 风能发电：垂直轴风电系统简介，采用开关磁阻低速发电机，系统优势，储能新一代 SR 发电机系统（低速、大扭矩），先进的控制技术，精准调控；效率优于直流电机驱动、交流异步变频驱动、永磁同步驱动。产品特性及优势：启动风速低（1.5 m/s 即可启动），不受风向限制，结构简单，运行稳定。开关磁阻低速发电机，无永磁体，无惧高温、严寒，无刷免维护，无转子导体，发电效率高，铝镁合金叶片，耐腐蚀，环保无污染。法兰安装设计，方便安装和维修，维护成本低。可形成分布式离并网风力发电系统。可形成分布式离并网风力发电系统。应用范围：10 kW—50 kW 中小功率垂直轴微风发电系统；可加装选配 6.6 kW—13.2 kW 光伏发电系统、液流储能系统；可实现风光储一体化解决方案。

c) 工业光伏储能系统功能

- 1) 综合监控：实现微电网光伏、储能、负荷等数据的采集、监测、可视化展示、异常告警、事件查询、报表统计等功能；
- 2) 智能控制：协同光伏、储能、负载等多种能源主体，动态规划智能策略，实现储能、光伏协调控制，比如计划曲线、削峰填谷、防逆流、新能源消纳、需量控制等；
- 3) 能源分析：具备微电网能耗及效益分析、微电网经济运行分析、多维度电量分析，并进行日、月、年能源报表统计；
- 4) 功率预测：以历史光伏输出功率和历史数值天气数据为基础，结合数值天气预报数据和光伏发电单元的地理位置，采用深度学习算法；
- 5) 建立预测模型库，实现光伏发电的短时和超短时功率预测，并经进行误差分析；同时对微电网内所有负荷，基于历史负荷数据，通过大数据分析算法，预测负荷功率曲线；
- 6) 优化调度：根据分布式能源发电、负荷用电曲线，并结合分时电价、电网交互功率及储能约束条件等因素，以用电成本最低为目标，实现对光伏、储能的经济优化控制。

5.3.5 运营维护系统

运维管护系统：可实现工厂从照明到机电设备的工作状态实时监控，结合工厂生产及运营场景，任何设备出现预定的异常场景，系统中心平台及时报警，并下发维护工单到相应维护人员及管理责任人员手机端，并对维护结果进行统计监管。对生产全安全场景实行实时监控，发生安全隐患提前预警，通知相应责任人及时到场排除安全隐患，并形成记录进行日后的数据分析及防范。

5.4 工厂照明智能化系统安全

5.4.1 建设目标

工厂照明智能化系统安全防护体系总体建设目标是保证工厂照明控制管理系统的信息安全,应包括防止信息网络瘫痪、应用系统破坏、业务数据丢失、篡改网络数据、病毒感染、有害信息传播、恶意渗透攻击行为,保证数据传输的机密性、保证数据存储的安全性等

工厂照明智能化系统应综合采用虚拟交换网络、防火墙技术、加密技术、网络管理等技术保证系统安全、可靠、稳定运行,并且在操作系统、数据库系统、应用系统、网络系统等层面应采取防范措施,同时,在系统日常运行管理中,也应加强规范管理、严格执行安全管理制度。

工厂照明智能化系统与工厂照明控制终端、照明控制器之间应建立远程安全加密信道,采取身份认证、网络边界防护、隔离装置等安全措施。工厂照明智能化系统应具备数据源认证、抗回放、数据加密、数据完整性验证等安全功能。

5.4.2 设备安全

工厂照明智能化系统与控制网关/控制器或其他系统通信时,应当采用逻辑隔离防护措施,保障工厂照明智能化系统安全。

无论采用何种通信方式,系统纵向安全网关应当采用经国家指定部门认证的安全加固的操作系统,并采取严格的访问控制措施。

当纵向通信采用网络/传输层安全防护时,纵向安全网关与控制网关/控制器间应当进行双向身份

鉴别建立起VPN加密通道,确保工厂照明控制报文的机密性和完整性。当纵向通信采用业务层安全防护时,工厂照明控制管理服务器应当配置安全模块(或加密服务器),对控制命令和参数设置指令进行签名操作,实现控制网关/控制器对主站的单向身份鉴别与报文完整性保护;工厂照明控制管理服务器与重要控制网关/控制器间可以采用双向认证加密,实现两者间的双向身份鉴别,确保照明控制报文端到端的机密性和完整性。

横向安全网关与管理客户端设备间,应当进行双向身份鉴别建立起 VPN 加密通道,确保远程访问报文的机密性和完整性。工厂照明控制管理服务器设备应当采用具有访问控制功能的网络设备、防火墙或者相当功能的设施,实施严格的访问控制措施;用户身份鉴别应采用符合国家要求的非对称密码算法身份认证措施。

5.4.3 系统安全

系统需建立系统服务运行生命周期检测体系,进行安全监控,以便及时发现和处理安全问题、建立安全系统服务升级更新方法,确保系统运行稳定性和可靠性。建立系统运行告警机制,发生异常时可通过消息通知渠道及时发送系统异常信息通知管理运维人员进行处理排查,以便及时处理安全问题。

5.4.4 电气安全

工厂泄漏电流限制防火灾及保生产用电安全:在安全装置输出的供电系统中,两相220 V电压或380 V三相电压,任意一相火线直接接触、间接接触PE接地故障时,通过控制系统的阻抗(50 k Ω 以上)传感器及控制器,系统可实时监测线路的泄漏电流状态,当监测有泄漏电流发生时,通过限制泄漏电流控制在5mA以下,来实现配电箱回路不跳闸、不断电的方式维持工厂设备正常供电及照明灯具正常亮灯,保障工厂生产正常有序进行。同时系统检测报警信号、发送通知到软件平台及对应管理者进行维护处理;当人体意外触及安全用电配电输出的A/B/C任意相线的一相火线时,以及火线与PE接地线发生短路时不跳闸断电不影响工厂生产及照明用电,任意一相火线直接接触PE接地线也无明显火花产生,杜绝工厂火灾事故发生,系统平台并可检测有泄漏电流时区域的实现警报信息,告知相关人员进行维护维修。

工厂防触电安全控制:根据国标GB/T 13870.1-2022《电流对人和家畜的效应 第1部分:通用部分》的内容要求,人体触电的电流根据不同的持续时间及不同的电压电流等级造成对人不同的生理反应及是否受伤害程度规定及要求。在安全装置输出的供电系统中,两相220V电压或380V三相电压通过控制系统的阻抗(50k Ω 以上)传感器及控制器,当人体直接或间接接触任意一相火线,经人体流向大地或PE地线的电阻性泄露电流,智能控制器可限制泄漏电流控制在5 mA以下,实行当发生人体意外触电时的安全保护无触电伤害。

工厂安全用电缺相自恢复系统:针对工厂重要场所的照明及机电设备供电,加载安全用电缺相自恢复装置,实现三相供电系统缺相自恢复功能,不影响的照明灯具缺相灭灯及机电设备因为缺相被烧坏。

工厂地下管线的防漏电:在安全装置输出的供电系统中,两相220 V电压或380 V三相电压,任意一相火线直接接触、间接接触大地或PE接地故障时,通过控制系统的阻抗(50 k Ω 以上)传感器及控制器,

系统可实时监测线路的泄漏电流状态，当监测有泄漏电流发生时，通过限制泄漏电流控制在5 mA以下，来实现工厂地下管网用电线路的防漏电达到节能目的。

5.4.5 网络安全

本系统的安全策略主要有：内网和外网之间的安全策略、部门网的安全策略、数据链路的安全策略、服务器的安全策略。

内网和外网的安全策略：本系统建设后，需要同外部网络交换信息，但也给非法用户的人提供了可能。为保证网络系统的安全，指定如下安全策略：尽量减少内部网的出口设置，尤其是与 Internet 的互联，以提高网络安全的可防护性，内部网络采用私有地址；其中如普通网使用 A 类地址，涉密网使用 B 类地址；加强组织管理，建立各项规章制度，外网用户需要通过安全认证才能接入普通网 Internet 平台。

部门网的安全策略：每一个部门网内部可能包含多个子网，子网之间的连接方式有通过网络交换机、有通过交换式 HUB 的，对安全性要求比较高的子网在其入口处需设置防火墙或其他安全措施，防止非法用户的侵入。

数据链路的安全策略：系统中数据链路有运营商公网、内部专用线路、内部光纤，由于链路的复杂性，对不同的链路应有不同的安全策略。对于公网不安全的链路传输的信息，当这些信息需要保密时，则应采取链路加密传输；对内部专用线路或专用光纤的信息应根据具体要求采取加密或非加密传输。

服务器的安全策略：主要从用户定义、用户管理、服务器级别及用户访问权限等方面考虑，用户定义的同意策略：如用户名定义方式、口令字长度、口令使用时间、口令字控制方式、工作目录、电子邮件地址等均应统一；用户管理方式：所有平台统一实现用户管理，用户的增加、删除以及权限的更改在全系统内统一进行；服务器级别及用户访问权限的策略。

5.4.6 数据安全

通过数据加密技术，对工厂照明智能化系统中的数据进行加密，以防止数据被非法访问和窃取。通过数据备份技术，定期对系统中的数据进行备份，以防止数据丢失。通过数据备份恢复技术，当系统中的数据丢失或损坏时，可以及时恢复数据。

- a) 数据完整性：使用 XML 验证机制确保数据的正确性和完整性；传输过程中数据的完整性受到破坏则采取数据续传机制；对于存储的数据采取定时异地备份的方式，防止单一的数据损坏造成损失；
- b) 数据保密性：采用数据加密的形式传输和存储敏感数据，实现系统管理数据、鉴别信息和重要业务数据传输及存储的保密性；
- c) 备份与恢复：对重要信息进行定时异地备份，避免关键节点存在单点故障，当系统出现故障时可在短时间内实现衔接，保证系统的高可用性。

5.4.7 照明系统安全

照明系统的安全保护功能满足下列功能要求：

- a) 系统应具备安全监测能力，能监测照明回路的过载、短路、漏电等安全隐患；
- b) 系统应具备安全保护能力，超过设定的安全阈值时能自动断电保护；
- c) 系统应具备安全报警能力，超过设定的报警阈值时能自动预警和报警；
- d) 安全阈值、预警报警阈值应可设定；
- e) 支持应对各类安全隐患数据进行分类采集及存储；
- f) 支持安全预警报警的数据统计，可形成以日、周、月、年或自定义周期的统计报表；
- g) 安全保护设备宜采用物联网智能断路器，安装在照明回路和智能照明控制设备的供电侧。

6 工厂照明应用场所要求、智能控制策略和系统工程设计

6.1 一般规定

6.1.1 工厂照明应根据场所的使用功能、环境、应用需求、能源管理以及与外部设备的接口等要求，确定照明控制方案。

6.1.2 工厂照明宜采用一般照明，部分场所可采用混合照明，对照度有特别要求的生产或测试场地宜设置局部照明。生产区宜设置备用照明，且备用照明宜作为正常照明的一部分，照度不应低于该场所一般照明照度值的 20%。特别重要的工艺场所其备用照明照度应与一般照明照度值相同。

6.1.3 在同一场所内的不同区域有不同照度要求时，应采用分区一般照明。

6.1.4 在控制室、配电室、仓库和有夜间工作的操作区及疏散通道应设置应急照明。应急照明宜采用集中控制型的应急照明和疏散指示标志系统，由火灾报警控制器或消防联动控制器启动消防应急照明控制器实现。

6.1.5 在主要车间或工作场所，应采取有效措施限制工作面上的光幕反射或反射眩光。

6.1.6 作业照度较高的生产场所应适当提高柱面、墙面和顶棚的维持照度。

6.1.7 作业照度较高的生产场所应控制眩光，宜设置局部照明，并宜适当提高作业面背景区域的照明水平。在一个工作场所内，不应只装设局部照明。

6.1.8 作业照度较低的生产车间，宜在非工作区域设置采光口或导光装置，提高工人的日光照射水平；

6.1.9 针对轮班作业的工人，应设置专门的光疗愈场所，为有唤醒照明和情绪调节需求的工人制定不同时段、强度的光照模式。

6.1.10 对于工厂户外道路照明应满足户外道路照明要求，宜增加照明灯杆作为照明工具，具备智慧管理控制等功能。

6.2 工厂照明分区和照明质量

6.2.1 场所分类

工厂照明场所主要包括室内照明场所和室外园区道路照明场所，室内照明场所根据不同的功能用途通常分类为车间、办公室、计量室、检验室、控制室、更衣室、宿舍、仓库、走廊、通道等。

6.2.2 照明质量要求

室内照明主要场所的视觉健康照明标准值应符合表1的规定，节律与情绪健康照明标准值宜符合 T/CECS 1424—2023 的规定。在保障生产安全的前提下，夜班作业照明宜降低生理等效照度。

表1 工厂室内照明主要场所照明标准值

场所	分类	参考平面及其水平高度	维持平均照度 lx	U_0	UGR	R_a	柱面维持照度 E_{m_z}/lx	墙面维持照明 E_{m_wall}/lx	顶棚维持照度 $E_{m_ceiling}/lx$
							$U_0 \geq 0.10$		
车间	精密车间	0.75 m水平面	≥ 750	≥ 0.7	≤ 19	≥ 90	≥ 150	≥ 150	≥ 100
	普通车间	0.75 m水平面	≥ 300	≥ 0.6	≤ 22	≥ 80	≥ 100	≥ 100	≥ 50
办公室	-	0.75 m水平面	≥ 300	≥ 0.6	≤ 19	≥ 80	≥ 100	≥ 100	≥ 50
计量室	-	0.75 m水平面	≥ 500	≥ 0.7	≤ 19	≥ 80	≥ 100	≥ 100	≥ 50
检测室	-	0.75 m水平面	≥ 500	≥ 0.7	≤ 19	≥ 80	≥ 100	≥ 100	≥ 50
控制室	-	0.75 m水平面	≥ 300	≥ 0.7	≤ 22	≥ 80	≥ 100	≥ 100	≥ 50
更衣室	-	地面	≥ 200	≥ 0.4	≤ 19	≥ 80	≥ 75	≥ 75	≥ 50
宿舍	-	地面	≥ 300	≥ 0.6	≤ 19	≥ 80	≥ 75	≥ 75	≥ 50
仓库	-	1.0 m水平面	≥ 100	≥ 0.6	-	≥ 80	≥ 50	≥ 50	≥ 30
走廊、通道等	-	地面	≥ 75	≥ 0.4	-	≥ 60	-	-	-

室外园区主要道路照明场所照明标准值应符合表2的规定。

表2 工厂室外园区主要道路照明场所照明标准值

场所	分类	参考平面及其水平高度	路面平均照度 lx	U_0	R_a
道路	主要道路	地面	≥ 15	≥ 0.4	≥ 60
	次要道路	地面	≥ 5	≥ 0.25	≥ 60
	人行道路	地面	≥ 20	≥ 0.4	≥ 60

6.3 工厂照明常用智能化策略

工厂主要场所常用的智能化策略如下：

- 单灯控制策略：根据应用场景及工厂实际需求，可对部分灯具安装调光控制器，完成单个灯具的亮度、色温、通断控制；
- 分区控制策略：应该支持对指定灯具、供电回路进行分组管理，针对指定设备分组完成统一的控制；
- 场景控制策略：应支持一键控制切换场景功能。场景控制应采用舒适的渐变过渡调节，切换过程中灯光不应有明显的时间延迟；
- 时钟控制策略：根据区域作息规律，对不同区域、不同位置的灯具实行定时控制策略；时钟控制策略可根据不同日期如工作日、节假日等，为不同区域设置可自动执行的场景；
- 人感控制策略：在合适的区域（如走廊、通道、仓库等）采用人员动静传感器联动灯具开关或调光，做到人来灯亮，人走灯灭；或者人来调高亮度，人走调低亮度；
- 光感控制策略：光感控制策略的核心是最大限度利用自然光。在靠近天然采光的窗边，宜采用光敏传感器或恒照度传感器与灯具联动控制，将每一行平行于窗户的灯具都分为单独的回路，以便进行不同的光输出调节，保证整个工作空间内的照度平衡；
- 节律控制策略：在无法接触到足够日光的情况下，利用照度和色温的变化所带来的照明非视觉效应，来模拟日光的活力。工厂环境下的节律曲线可以根据专业模板或是用户自定义来设定；
- 联动控制策略：应支持照度传感器、人体存在传感器、遮阳设施等的联动控制功能；
- 远程控制策略：宜支持远程开关、调光、调色、场景控制功能。系统宜支持远程设置系统参数、控制逻辑。系统宜实现与火灾自动报警系统、建筑设备管理系统、安全技术防范系统等智能化系统的通信联网、联动控制。远程控制异常情况下应自动切换至本地控制，并且本地控制应在控制系统中具有最高优先级；
- 节能控制策略：应支持在不影响照明品质的前提下的节能控制模式；
- 多系统联动控制：网关应具有多种通信接口，可与工业电视系统、消防报警系统、门禁、设备管理系统、保安系统等第三方相关系统进行灯光的联动控制；
- 可视化动态控制：可通过平台软件查看每盏灯具的开关状态、运行时间等，平台能实时查看和控制每盏灯具。各类照明设备信息能在区域平面地图上进行实时查看，并可直接进行监控操作比如开关灯控制、调光控制、场景控制等等；
- 故障检测和报告：实时监控照明设备的运行状态，快速响应故障并进行维护；
- 集中管理策略：通过中央控制平台对工厂的照明进行集中管理，便于维护和操作，提高管理效率；
- 天文控制策略：根据不同地区经纬度对应的日出日落时间对厂区户外灯光进行控制。

6.4 工厂照明智能化系统设计内容和流程

6.4.1 一般规定

- 系统设计应符合照明工程项目的要求和相应的国家及地方规范。
- 系统设计应满足项目基本控制功能需求，并根据项目实际需求配置附加或者扩展功能。
- 应根据项目情况来决定灯具的供电回路、分区、控制分区、控制策略和控制系统。
- 工厂照明智能化系统设计内容和流程应符合 T/SILA 010—2022 第 6.4 的规定。

6.4.2 设计内容

6.4.2.1 工厂照明需求

工作任务方面,根据不同的工作任务和工作区域的特点,确定所需的光照度和照明均匀度。例如,对于细密工作,需要较高的光照强度和均匀度,而对于简单操作的区域则可以适当降低要求。

视觉及节能需求方面,考虑工人的视觉需求,比如对颜色判断、清晰度和细节的识别能力。根据不同的应用场景,选择合适的色温和显指,以满足工人的视觉需求。需选择高光效灯具满足节能需求。

安全性要求方面,根据工业厂房的安全规范和标准,确保照明方案满足安全性要求。例如,对于易燃、易爆场所,需要选择防爆照明设备确保照明设备的防护等级符合要求。

6.4.2.2 工厂照明布局

均匀照明:为了提供良好的工作环境,照明布局设计需要保证充足的光照强度和均匀度。根据不同工作区域的要求,合理布置照明设备以达到所需光照强度和均匀度。

局部照明:参考标准GB/T 50034《建筑照明设计标准》,对一些照度要求较高工厂作业场所,如精密加工车间、精密装配车间、精密修理车间等,应另加局部重点照明。

防止眩光:工业厂房照明设计中需要注意避免产生过强的光照以防止眩光的出现,保护用眼安全。可以采用遮光设计或选用具备抗眩光功能的照明设备来解决眩光问题。

应用环境:不同的应用环境需要采用不同的照明布局。例如,对于高温工作区域或噪音较大的工作区域,可以采用悬挂式或壁挂式照明设备,以提供光线和工作空间的安全。

6.4.2.3 工厂道路照明要求

灯杆类型:传统路灯、传统庭院灯、传统支臂灯,太阳能路灯、太阳能庭院灯、智慧路灯、智慧庭院灯。智慧路灯及智慧庭院灯,智能照明单灯控制器属于基本配置,其他智能模块可选择可根据不同类型工厂的应用场景需求,可选择视频监控模块、网络广播模块、LED灯杆显示屏模块、雷达传感器模块、对讲呼叫模块、环境传感器模块、5G基站模块、充电桩面板模块、雾森喷淋模块等。

灯具类型:根据道路的类型和功能,选择合适的灯具。主干道应采用截光型或半截光型灯具,而次干路、支路则应采用半截光型灯具。截光型灯具的最大光强方向与灯具向下垂直轴夹角在 $0^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 之间,而半截光型灯具的最大光强方向与灯具向下垂直轴夹角在 $0^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 之间。

布置方式:灯具的布置方式包括单侧布置、双侧交错布置、双侧对称布置、中心对称布置以及横向悬索布置等,以提供均衡的照明效果。

运行维护管理:户外道路照明设备要进行必要的运行维护,包括确保灯具的正常运行、定期检查和维护、以及应急抢修措施等。

6.4.2.4 照明控制系统

节能控制:智能照明系统可以根据光线传感器和人体感应器等设备的信号,通过自动调节照明亮度和灯光开启时间,实现节能和环境保护,进一步提升照明效果和能源利用效率。

集中管理:智能照明系统可以通过中央管理平台对各个照明设备进行集中管理,包括远程开关、亮度调节、故障监测等。这样可以提高照明设备的管理效率和便捷性。

场景联动:智能照明系统可以通过设定不同的场景,实现照明设备的智能联动。例如,在不同的工作阶段场景下,自动调整照明亮度保持照度相对恒定,以提供更适宜的工作环境。

6.4.2.5 系统特点及选择

工厂照明应做到灵活组合。单灯控制,平台端及智能交互面板可按需调整灯具分组,保障灯具控制可根据厂房功能布局任意组合。

6.4.2.6 工厂照明应具有成本优势

工厂面积较大,改造项目可仅更换灯具电源,新建项目相比传统有线节省一整套弱电线/管,成本及施工优势显著。

工厂照明应具有节能管理功能。设备自带能耗统计,提供单灯/回路级用电精确计量与统计展示,无需额外增加计量设备。

6.4.2.7 工厂照明施工要求

工厂照明应当施工便捷。工厂环境多为高棚顶，改造或安装时单灯控制模组可利用原电路，无需在天花内部重新布线或在室外重新挖沟布线/管，保障施工便捷性、安全性。

工厂照明应充分利用自然光，自动调节照明回路亮度，保持照度相对恒定，保证生产安全。并结合人体感应联动，有、无人情况下自动调整照明回路亮度/开关，在满足照明需求的同时，兼顾节能、安全。

6.4.2.8 智能照明管控平台

远程控制：单灯/回路级亮度远程控制，一键开关；群开群关。

用电计量：单灯/回路级用电精确计量与统计展示。

故障反馈：故障、负载异常实时报警，灯具状态自动同步。

生命周期管理：灯具剩余使用寿命管理。

人工智能：结合传感器、算法模型，对照明亮度进行自动调节。

情景模式：情景模式配置完全自定义，本地一键切换。

定时控制：基于时间表和工厂情景，适应各时段各场景对照明的需求。

照明组态展示：通过可视化手段，直观查看与控制照明。

6.4.3 流程

工厂照明智能化系统设计流程如下：

- 通过沟通，明确客户需求：照明功能和控制要求，预算需求和施工周期需求；
- 收集到必须的资料，包含设计概念说明/平面图/立面图/布灯图等；
- 进行现场勘察；
- 根据各空间内的灯具的数量、类型、空间布局、功能效果来决定灯具的供电回路和分区；
- 根据项目空间分布、应用功能要求、环境特点、节能要求、舒适性要求、灯光效果要求和客户需求等来决定控制分区、控制策略，选择合适的控制系统；
- 交付设计图纸和清单；
- 现场调试；
- 使用培训。

7 安装与调试

7.1 一般规定

- 7.1.1 系统的安装调试应符合国家现行相关标准的规定。
- 7.1.2 安装的全部设备和系统功能和性能应符合设计的要求。
- 7.1.3 施工前设计人员需要按照施工图纸对项目相关人员进行施工交底。
- 7.1.4 施工及调试人员应了解项目对设备、功能等方面的要求，熟知产品的技术性能和安装调试方法。
- 7.1.5 施工完成后应进行施工质量验收，并进行系统调试。
- 7.1.6 交付后可根据使用方的需求进行系统培训。
- 7.1.7 无线通信或有线通信的照明灯具安装时避免金属管道、吊顶等。因通信距离限制的区域，应增加无线中继功能的设备，确保无线通信的可靠。

7.2 安装要求

7.2.1 灯具的安装要求

灯具的安装要求符合下列要求：

- a) 灯具安装应牢固，固定件的承载能力应与电气照明灯具的重量相匹配，安装前应查看设备的安装说明及安装附件，符合相应的标准；
- b) 当灯具距地面高度小于 2.4 m 时，灯具的金属外壳需要接地或接零，应采用单独的接地线（黄绿双色）接到保护接地（接零）线上；
- c) 根据灯具的安装场所及用途，每个灯具的导线线芯最小截面应符合有关规程规范的规定；
- d) 安装前应手动切断照明系统电源，严禁带电操作。

7.2.2 控制设备的安装要求

控制设备的安装要求符合下列要求：

- a) 一般智能控制面板均为普通 86 盒安装，无需另外加装任何设备；
- b) 面板的安装高度，如设计师无特殊要求，建议距地面 1300 mm，以面板边框下缘据地高度为准；
- c) 面板控制底盒内需预留零火线；
- d) 无线通信设备应远离强电、强磁和强腐蚀性设备，安装环境应满足设备正常工作的环境要求。

7.2.3 传感器的安装要求

传感器的安装要求符合下列要求：

- a) 安装后感应面不可歪斜，避免各方向感应范围不一致；
- b) 应远离金属板、混凝土墙、横梁、障碍物等，以避免影响微波及红外信号；
- c) 应远离排风口、暖风口/出风口、下水管道，以免引起误触发；
- d) 应避开线条灯、吊装面板灯等灯具安装区域，以避免影响微波及红外信号；
- e) 传感器宜远离交换机、路由器等无线设备，安装间隔至少 0.5 m，以避免无线电干扰；
- f) 推荐室温环境安装，温度过高或过低将降低感应灵敏度；
- g) 户外灯杆选用的毫米波雷达需，需搭载二维角度可调并有刻度盘的雷达专用外壳，可实现根据不同道路宽度及雷达安装高度精准调整雷达匹配的二维角度；
- h) 微波传感器不适合安装在比如有传送带移动，楼层有震动等场景；
- i) 微波传感器不适合应用在户外，户外更适合采用红外运动感应装置。道路照明路灯杆推荐使用带 MCU 边缘计算功能的毫米波雷达，雷达可通过科学软件算法，滤除非行人及车辆的误报信息，或采用带图像传感器，再配合带 MCU 边缘计算功能单灯控制器，实现动态按需照明控制，达到节能减排的目的；
- j) 红外线运动传感器不适合在环境温度较高的场景使用；
- k) 在空调出风口附近不适合安装红外线运动传感器；
- l) 办公室等人员较少活动的区域，宜使用雷达存在或微动传感器；
- m) 走道等公共区域，可采用红外线运动传感器或运动检测雷达传感器；
- n) 有摇头风扇，吊扇的场合不适合使用雷达传感器，建议采用红外线运动传感器。

7.2.4 智慧多功能杆安装建议

智慧多功能杆安装建议如下：

- a) 杆体底部舱体宜设置检修门；
- b) 杆体设备挂载宜采用卡槽或连接件安装，预留接口；
- c) 杆体顶部宜预留移动基站设备安装接口，移动基站设备应安装在杆体顶部上端或顶部侧面，顶部上端安装通过安装件应直接固定在杆体顶部预留的安装接口上；侧面安装应采用抱箍式或卡槽式安装，杆体应保障一定的空间用于移动基站设备的安装；
- d) 杆体应按需布置出线孔，出线孔应考虑设备线的直径，应配置相应防水设计，预留的移动基站设备出线孔直径应不小于 20 mm；
- e) 杆体内宜按需进行垂直分舱；
- f) 杆体应进行内外防腐处理，并符合 CJ/T 527 的要求；
- g) 杆体应保证足够的强度、刚度和稳定性，材质选择应能满足安全和服务功能要求，并设置承载富余，杆体厚度应根据材质和总体荷载等因素进行测算；
- h) 挂载服务功能所需挂载设备应根据功能配置加载于杆体的不同部位，应避免设备之间相互干扰；
- i) 工厂内露天停车场安装带充电桩面板的智慧路灯或庭院灯，建议采用双充电面板，安装位置选择在停车位的后方的两个车位中间位置，方便一根带双充电面板的智慧灯杆可实现两个车位的充电。

7.3 系统调式

7.3.1 系统设备检查

系统设备检查参考如下步骤进行：

- 按图纸和设备配置资料，核对、检查设备数量，部件结构及缺损情况；
- 按安装要求，产品技术要求和设计要求检查设备的安装情况；
- 检查设备供应电源的电压，并记录在案；
- 检测网络环境（如无线网络、运营商网络等）不同区域的通信情况，并记录在案。

7.3.2 单体控制模块调试

单体控制模块调试可按照如下步骤进行：

- 设备初始加电前，应根据安装要求检查设备的相关连接以及系统参数设置正确无误；
- 设备初始加电后，应运行设备自检程序测试。当存在故障时，应排除故障后方可使用；
- 识别各单体控制模块设备连接灯具的地址码和参数；
- 调试确保各单体控制模块设备和其连接的灯具运行正常。

7.3.3 系统联合调试

系统联合调试可按照如下步骤进行：

- 智能照明各个支线调试完成，本地各控制功能正常；
- 智能照明各 IP 接口已经正式开通；
- 检查灯光控制系统的各个部分在协同运行中的工作的协调性，检查工作状态下相互间的影响和干扰。

7.3.4 应用软件调试

应用软件调试可按照如下步骤进行：

- 根据区域的不同，按照实际的需求进行该区域照明控制程序的设置和编写，定义各照明场景；
- 对设备其它功能进行调试：故障报警功能、能耗设置、环境参数设置等；
- 设置与第三方系统的联接和功能设置；
- 设置用户权限。

7.3.5 系统试运行阶段

系统试运行可分为如下的阶段：

- 分步启动整个系统内所有设备

通过智能照明监控软件对现场的灯具进行按组、按模式及单路控制，分步开启整个系统的所有设备。也可以通过设在现场的智能面板、触摸屏和手机APP等对就近区域进行现场控制。

- 检测系统运行情况

系统试运行期间要求技术人员全程跟踪，对相关问题现场检测及修正，保智能照明系统的正常运行。

- 对系统功能和场景进行优化

通过系统的试运行，综合现场有关使用方的意见，对部分控制功能进行进一步的优化、编程调试，以满足最终呈现给用户最好的极致体验。

- 交付

调试完成后，应当将设备清单、功能说明文档交付使用方，并给予使用的培训指导。

8 验收

8.1 一般规定

8.1.1 建筑智能照明控制系统的验收应符合现行国家标准 GB 50339 的规定。

8.1.2 控制系统设备进场时应核查产品合格证和检验报告，并应进行现场抽检。

8.1.3 系统调试合格后，施工单位应向建设单位提出申请验收，申请验收应提供下列文件资料：

- a) 竣工验收申请报告；
- b) 各组件检验报告和出厂合格证；

- c) 系统及主要组件的使用维护说明书;
- d) 系统调试报告。

8.1.4 系统各组件的安装位置、施工质量、系统功能应符合设计要求。

8.2 现场检验

8.2.1 系统的检验应符合下列规定:

- a) 应检查系统功能与设计的符合性,并应按监测、安全保护、远程控制、自动启停、自动调节和管理功能等类别分别检验;
- b) 应检查网络和数据库的设计符合性、系统的冗余配置情况、软件的开放性、稳定性和节能等控制功能;
- c) 应检测不同控制模式下的照度、均匀度、色温、显色指数等照明指标;
- d) 应检验能耗系统的可靠性和准确性;
- e) 宜检查安装的设备、材料及其随带文件与设计的符合性;
- f) 宜检查管线和现场设备的安装质量和安装位置;
- g) 系统检验过程中,不间断运行的软件应始终处于运行状态;
- h) 系统运行时,启动或停止系统终端,不应出现数据错误或产生干扰。

8.2.2 照明控制效果的检验应符合下列规定:

- a) 应按照照明设计要求进行照明控制效果的检验;
- b) 检测方法应符合现行国家标准 GB/T 5700《照明测量方法》的规定。

8.2.3 对于接入公共网络的检验应符合下列规定:

- a) 检测宜包括结构安全、访问控制、安全审计、边界完整性检查、入侵防范、恶意代码防范和网络设备防护等安全保护能力的检测;
- b) 检测方法应依据设计确定的信息系统安全防护等级进行制定,检测内容应按现行国家标准 GB/T 22239《信息安全技术 信息系统安全等级保护基本要求》执行。

参 考 文 献

- [1] GB/T 5699 采光测量方法
- [2] GB/T 17626 (所有部分) 电磁兼容试验和测量技术
- [3] GB/T 20965—2013 控制网络 HBES 技术规范——住宅和楼宇控制系统
- [4] GB/T 33589—2017 微电网接入电力系统技术规定
- [5] GB/T 35136—2017 智能家居自动控制设备通用技术要求
- [6] GB/T 36270—2018 微电网监控系统技术规范
- [7] GB/T 36274—2018 微电网能量管理系统技术规范
- [8] GB/T 51315—2018 射频识别应用工程技术标准
- [9] GB/T 51341—2018 微电网工程设计标准
- [10] GB 55016—2021 建筑环境通用规范
- [11] DL/T 1864—2018 独立型微电网监控系统技术规范
- [12] NB/T 10148—2019 微电网 第 1 部分：微电网规划设计导则
- [13] NB/T 10149—2019 微电网 第 2 部分：微电网运行导则
- [14] DBJ/T 13—231—2016 建筑智能照明系统工程技术规范
- [15] T/CEC 150—2018 低压微电网并网一体化装置技术规范
- [16] T/CEC 151—2018 并网型交直流混合微电网运行与控制技术规范
- [17] T/CEC 152—2018 并网型微电网需求响应技术要求
- [18] T/CEC 153—2018 并网型微电网负荷管理技术导则
- [19] T/CEC 182—2018 微电网并网调度运行规范
- [20] T/CEC 5005—2018 微电网工程设计规范
- [21] T/SILA 001—2022 电力线载波通信(PLC)全屋互联规范
- [22] T/SILA 002—2021 电力线载波通信(PLC)工业照明互联规范
- [23] EN12464—1—2021 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places