

广东省照明学会团体标准

T/GIES XXX—XXXX

LED 户外景观照明控制系统技术规范

LED Outdoor Landscape Lighting Control System Technical Specification

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

广东省照明学会 发布

目 次

前言 4

1 范围 4

2 规范性引用文件 错误！未定义书签。

3 术语和定义 5

4 一般规定 5

5 系统架构各层技术要求 7

6 动态效果控制技术要求 8

7 配电系统技术要求 错误！未定义书签。

8 网络通信技术要求 错误！未定义书签。

9 网络安全与数据加密技术要求 12

10 安装调试与验收要求 错误！未定义书签。

11 运维保养与检测维护 错误！未定义书签。

参考文献 15

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。

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。

本文件由广东省照明学会提出并组织实施。

本文件由广东省照明学会归口。

本文件起草单位：XXXX

本文件主要起草人：XXXX

LED 户外景观照明控制系统技术规范

1 范围

本文件规定了LED户外景观照明控制系统的术语和定义、一般规定、系统架构各层技术要求、动态效果控制技术要求、配电系统技术要求、网络通信技术要求、网络安全与数字加密技术要求、安装调试与验收要求以及运维保养与检测维护。

本文件适用于城市建筑外立面、公园、广场、滨水空间、文旅夜游等户外景观照明控制系统的设计、实施、调试、验收和运行维护，不适用于以道路、隧道、交通及其他功能性照明为主的控制系统。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB 4943.1-2022 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分：安全要求

GB 17625.1 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值

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/T 19510.14 灯的控制装置 第14部分：LED模块用直流或交流电子控制装置的特殊要求

GB/T 35626 室外照明干扰光限制规范

GB/T 39021-2020 智能照明系统 通用要求

GB/T 39237-2020 LED夜景照明应用技术要求

JGJ/T 163-2008 城市夜景照明设计规范

DBJ/T 15-274-2024 景观照明工程技术标准

T/CSA 054-2022 景观照明控制系统技术规范

3 术语和定义

JGJ/T 163-2008界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

LED 户外景观照明控制系统

基于计算机技术、自动控制技术和通信技术构成的控制系统，用于实现对LED户外景观照明设备的集中监控、分组控制、场景控制和运行管理；系统通常由感知层、传输层、控制层和应用层组成。

3.2

动态效果控制

通过编程方式控制LED灯具的色彩、亮度变化，形成特定动态照明效果的控制技术；可实现追逐效果、渐变效果、跳变效果、或媒体视频播放等多种灯光场景，支持音乐同步、视频同步等应用。

3.3

控制响应时间

从控制指令发出到受控设备执行该指令并达到稳定状态所需的时间。

3.4

系统规模容量

控制系统在满足既定性能指标条件下能够同时接入、管理和控制的最大灯具节点数量。根据系统节点数量可分为小型系统（ ≤ 10000 节点）、中型系统（ $10000-100000$ 节点）和大型系统（ >100000 节点）。

3.5

控制器处理能力

控制器在单位时间内完成协议解析、逻辑运算、数据转发、场景调用和状态存储等任务的综合能力，宜通过CPU占用率、内存占用率、接口带宽占用率和场景存储余量等指标进行评价。

4 一般规定

4.1 系统架构

LED户外景观照明控制系统应采用分层架构设计，包括感知层、传输层、控制层和应用层。各层之间应通过标准化接口进行通信，保证系统的兼容性、扩展性和可维护性。

a) 感知层：由LED灯具、传感器（光敏、人体红外、各类传感器等）和执行器组成，负责采集数据和执行控制指令。灯具应具备单独寻址能力，支持RGB调色、亮度调节等基本控制功能。

b) 传输层：采用有线、无线或两者结合的方式提供可靠的数据传输通道。有线传输可采用DMX512、以太网、RS-485、电力线载波等通信方式；无线传输可采用无线DMX、ZigBee、Wi-Fi、蓝牙、蜂窝通信或其他适用于项目需求的无线通信方式。

c) 控制层：包括现场控制器、网关和服务器，负责处理控制逻辑、存储场景数据和协调系统运行，应支持离线运行能力，在网络中断时仍能执行预设场景。

d) 应用层：提供人机交互界面（Web、移动APP、桌面软件），实现场景设置、定时编程、能耗监控和故障报警等功能。应支持多用户访问和权限分级管理。

4.2 系统架构模式

根据系统规模和需求特点，可选择以下系统架构模式，并宜结合网络拓扑结构图进行说明：

a) 集中式架构：所有灯具由中央控制器统一控制，适用于小型系统。优点是结构简单、成本较低；缺点是单点故障风险较高。

b) 分布式架构：由多个本地控制器分别控制区域内的灯具，通过网络互联，适用于中型系统。优点是可靠性高、扩展性较好；缺点是系统复杂度较高。

c) 混合式架构：结合集中式和分布式的优点，中央控制器负责整体协调，本地控制器负责具体执行，适用于大型系统。优点是灵活性强、可靠性高；缺点是系统复杂、成本较高。

4.3 基本功能要求

LED户外景观照明控制系统应具备以下基本功能：

a) 开关控制：支持手动、自动和远程开关操作，宜明确包含电源启停和控制设备启停等功能，开关切换时间宜不大于100 ms。

b) 调光控制：支持0%-100%调光控制，调光精度应不低于8 bit（256级），线性误差宜小于5%。

c) 场景调用：支持预设场景的存储和即时调用，场景切换时间应小于500ms。

d) 分组控制：支持按区域、类型、功能对灯具进行分组，支持多组同步控制。

e) 定时控制：支持基于时间表的自动控制，支持天文时钟功能（根据日出日落时间自动调整）。

4.4 其他功能要求

LED户外景观照明控制系统除基本控制功能外，宜具备以下辅助功能：

- a) 自动控制：根据环境光照、人员活动等传感器数据自动调整照明状态。
- b) 策略控制：支持设置多种开关灯条件触发执行，达到无人值守，自动化运行目标。
- c) 能耗监测：实时监测各灯具/区域的能耗数据，生成能耗统计报表。
- d) 故障诊断：自动检测灯具故障、线路故障和通信故障，并定位故障位置。
- e) 远程监控：通过互联网远程监控系统状态，接收故障报警信息。
- f) 系统日志：记录系统操作、报警事件和运行状态，支持历史数据查询与分析。

控制系统其它功能要求的性能指标见表1。

表 1 控制系统其他功能性能指标

功能类型	性能指标	要求	检测方法
自动控制	环境响应时间	≤5s	从环境变化到系统响应的的时间
能耗监测	监测精度	≤5%	与标准电能表对比
故障诊断	定位精度	≤5m	故障点与实际位置距离
远程监控	数据传输延迟	≤2s	从数据生成到上位机显示的时间
系统日志	存储容量	≥180 天	支持不少于 180 天的数据存储

5 系统架构各层技术要求

5.1 感知层技术要求

感知层是控制系统的基础，由LED灯具、传感器和执行器组成，负责数据采集和指令执行。

a) 灯具要求：户外景观照明LED灯具应具备独立地址码，支持DMX512、RDM或其他适用于项目需求的控制协议。灯具的防护等级不低于IP65，环境温度适应性宜为-40℃~+70℃。灯具宜支持AC 100 V-240 V（50/60 Hz）或DC 5 V-48 V供电，功率因数宜不低于0.8。

b) 传感器要求：环境光传感器测量范围应为0-200000lx，精度±5%；人体红外传感器检测距离不低于10m，检测角度≥120°；温度传感器测量范围-40℃~+85℃，精度±0.5℃；电压、电流传感器精度误差不超过±0.5%。

5.2 传输层技术要求

传输层负责控制系统中的数据通信，分为有线传输和无线传输。

a) 有线传输：DMX512线路最大长度宜不超过300 m，并采用阻抗为120 Ω 的屏蔽双绞线；以太网传输距离宜不超过100 m（超5类及以上线缆）；光纤传输距离应根据光纤类型和收发模块能力确定；在符合项目条件时，可采用电力线载波等补充通信方式。

b) 无线传输：无线控制方式应根据项目对时延、带宽、覆盖范围、组网规模和运维条件的要求进行选型。用于实时动态效果控制的无线通信，其传输时延和丢包率应满足系统性能要求；用于状态采集或低频控制的无线通信，应保证连接稳定性和可恢复性。

5.3 控制层技术要求

控制层是系统的核心，负责数据处理和控制逻辑执行。

a) 硬件要求：现场控制器应采用工业级设计，防护等级不低于IP54，支持-40℃~+70℃工作温度。应提供多种通信接口，包括DMX512输入/输出、以太网、RS-485、Wi-Fi/4G等。

b) 软件要求：控制器应支持嵌入式操作系统，提供协议转换、场景存储、定时控制、日志记录和故障告警等基本功能。应支持离线运行，在网络中断时仍能执行预设程序。固件应支持安全升级，升级过程中不应影响必要的基础照明功能。

5.4 应用层技术要求

应用层应提供人机交互界面，实现系统监控和管理功能。

a) 功能要求：应提供Web或本地客户端软件，支持实时监控、场景编辑、定时编程、报警管理和能效分析等功能。支持多级用户权限管理，至少包括系统管理员、操作员、维护员和查看员。界面应支持多语言切换，至少包括中文和英文。

b) 数据管理：应提供数据库存储系统配置、场景数据、历史记录和能耗数据。历史数据存储时间不低于180天，支持数据导出（CSV、Excel）以及打印功能。应提供API接口，支持与BMS、智慧城市平台等第三方系统集成。

6 动态效果控制技术要求

6.1 动态效果实现方式

动态效果控制是景观照明的拓展功能，通过精确控制灯具的色彩、亮度变化，形成各种动态视觉效果。

- a) 集中控制方式：由中央控制器生成效果数据，通过 DMX512 或网络协议发送到灯具。
- b) 分布式控制方式：中央控制器发送效果指令和参数，由分控生成效果数据。

c) 混合式控制方式：中央控制器负责全局调度、内容下发和多区域协同，本地控制器或终端设备负责区域级执行与局部逻辑处理。该方式兼顾同步性能、网络负载和系统扩展性，适用于规模较大且对可靠性有较高要求的项目。

6.2 动态效果性能指标

动态效果控制系统应满足以下性能指标：

- a) 刷新频率：应根据应用场景分级设置。基础景观动态效果宜不低于15 fps，常规动态演绎宜不低于25 fps，媒体立面或视频型高品质应用宜不低于50 fps。
- b) 同步误差：同一网段内灯具间同步误差不超过10ms。
- c) 渐变平滑度：应不低于256级灰阶，渐变过程不应出现明显跳变；对高品质显示场景，宜达到1024级灰阶及以上。

6.3 动态效果编程接口

动态效果控制系统应提供灵活的编程接口，支持以下编程方式：

- a) 时间线编辑：基于时间线的效果编辑，支持关键帧设置和曲线调整。
- b) 脚本编程：支持Python、JavaScript等脚本语言，提供API接口。
- c) 图形化编程：宜提供图形化编程界面，通过模块化拖拽、参数配置和可视化预览等方式降低编程难度。

6.4 视频解码格式

当系统具备视频映射、媒体立面或内容播放功能时，应明确支持的视频编码格式、封装格式、分辨率、码率和帧率范围。宜支持至少一种主流视频编码格式（如H.264或H.265）及常用封装格式（如MP4、TS），并明确音视频同步、解码时延和异常恢复机制。具体性能指标要求见表2。

表 2 动态效果控制性能指标要求

性能指标	初级	中级	高级	检测方法
刷新频率	≥15 fps	≥25 fps	≥50 fps	高速摄像机采集分析
同步误差	≤50ms	≤20ms	≤10ms	多通道示波器测量
效果容量	≥32 场景	≥64 场景	≥128 场景	控制器存储容量检查

7 配电系统技术要求

7.1 配电方案

LED户外景观照明控制系统配电方案应根据项目规模和特点设计，满足安全性、可靠性和经济性要求。

a) 集中配电：适用于小型系统，所有灯具由中央配电箱供电。优点是成本较低、管理方便；缺点是故障影响范围较大、电缆损耗较大。

b) 分布式配电：适用于中大型系统，分区域设置配电箱为灯具供电。优点是可靠性高、电缆损耗较小；缺点是成本较高、管理较复杂。

c) 混合配电：结合集中式和分布式的优点，重要区域采用分布式配电，一般区域采用集中配电。

7.2 电源质量要求

配电系统应提供稳定的电源，保证控制系统正常运行，并符合现行供配电及电能质量相关标准要求。

a) 电压偏差：宜不超过额定电压的 $\pm 10\%$ ，纹波宜不超过100 mV。

b) 频率偏差：不超过额定频率的 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

c) 谐波失真：在控制设备接入点，总谐波畸变（THD）宜不大于10%，单次谐波宜不大于5%。

d) 电压波动：波动范围不超过额定电压的 $\pm 5\%$ ，波动频率不超过10次/分钟。

7.3 电缆选型与敷设

电缆选型与敷设应符合户外环境和照明控制系统的特殊要求。

a) 电缆选型：电力电缆应采用铜芯电缆，截面应满足载流量和压降要求（线路压降宜不超过5%）。控制信号线宜采用屏蔽双绞线（如CAT5e、CAT6），并满足阻抗匹配要求（DMX512线路宜为120 Ω ）。电缆护套材料应适合户外使用，具备耐紫外线、耐高低温等性能。

b) 敷设要求：电力电缆与控制电缆分开敷设，平行间距不小于0.3m，交叉时垂直交叉。

c) 电缆穿管敷设时，穿管填充率不超过40%。电缆沟敷设时，应采取排水措施。

7.4 配电箱保护要求

配电箱应提供完善的保护功能，确保系统安全运行。

a) 过流保护：配备断路器或熔断器，短路分断能力不低于6kA。

- b) 漏电保护：额定漏电动作电流不超过30mA，动作时间不超过0.1s。
- c) 防雷保护：配备浪涌保护器（SPD），冲击电流容量不低于20kA（8/20 μ s）。
- d) 过压保护：配备过电压保护器，动作电压不超过额定电压的1.2倍。

8 网络通信技术要求

8.1 通信协议

LED户外景观照明控制系统应采用标准化、开放式通信机制，保证系统互联互通，并便于不同厂商设备之间的兼容与集成。

a) 照明控制协议：宜支持DMX512、RDM、DALI等照明行业常用协议，具体选型应结合项目规模、时延要求、寻址方式和维护需求确定。

b) 通用网络协议：宜支持TCP/IP、HTTP、MQTT等通用协议，用于与上层管理平台、运维平台或第三方系统集成。基于消息机制的协议应具备必要的可靠传输与异常重发能力。

c) 无线通信方式：宜根据时延、带宽、覆盖范围、供电条件和运维要求选用ZigBee、Wi-Fi、蓝牙、蜂窝通信、无线DMX或其他无线通信方式，并明确其适用场景、网络规模及互操作要求。

8.2 接口要求

控制系统应提供标准物理接口和逻辑接口，便于设备互联和系统集成。

a) 物理接口：应提供适用于系统集成标准物理接口。DMX512接口宜采用XLR-5或RJ45连接器；以太网接口宜采用RJ45连接器；串行接口宜采用RS-485；光纤接口可采用LC或SC连接器。

b) 逻辑接口：应用层接口宜支持RESTful API或Web Service，并采用JSON、XML或其他约定的数据格式。数据模型宜统一建模，设备描述信息应包括制造商、型号、版本及功能描述等。

8.3 无线通信可靠性

无线通信应采取多种技术措施保证传输可靠性，满足户外环境应用需求。

- a) 抗干扰能力：采用跳频、扩频等技术避免干扰，支持自动信道选择。
- b) 差错控制：采用前向纠错（FEC）、自动重传（ARQ）等机制保证数据完整性。
- c) 信号增强：采用中继、Mesh网络等技术扩展覆盖范围。

- d) 链路冗余：支持多路径传输，主路径故障时自动切换备用路径。

9 网络安全与数据加密技术要求

9.1 网络安全防护

LED户外景观照明控制系统应构建多层次安全防护体系，兼顾网络安全、电气安全和运行安全，防止未授权访问、数据泄露和外部环境干扰。

a) 边界防护：网络出口宜部署防火墙或等效防护机制，控制内外网数据流。可根据项目安全等级配置状态检测、入侵检测/防御、访问控制和异常流量防护等功能。

b) 访问控制：应实行最小权限原则，用户只能访问其授权资源。宜采用基于角色的访问控制（RBAC），角色可分为系统管理员、操作员、维护员和查看员。关键账户应采用复杂密码、定期更换及必要的双因素认证措施。关键设备在电源端和信号端宜具备电气隔离、浪涌防护、防雷及EMC抗扰度设计。

9.2 数据加密传输

控制系统中的数据传输应采取加密措施，防止数据泄露和篡改。

a) 传输加密：采用TLS 1.2及以上协议加密Web通信；采用DTLS加密UDP通信；采用IPsec加密IP层通信。加密算法采用国密算法（SM2/SM3/SM4）或国际标准算法（AES、RSA、SHA-2），密钥长度不低于128位。

b) 证书管理：采用X.509数字证书进行身份认证，证书由权威CA颁发或采用私有CA。证书有效期不超过一年，到期前必须更新。

9.3 安全审计与监控

控制系统应具备安全审计和监控功能，及时发现和处理安全事件。

a) 安全审计：记录所有用户操作（登录、注销、配置修改等），审计日志包括时间、用户名、操作类型、操作对象和结果。审计记录应防止篡改，保存时间不少于180天。

b) 安全监控：实时监控系统安全状态，包括网络流量、用户活动、系统资源等。检测到异常行为（如多次登录失败、大量数据上传）时发出警报。

10 安装调试与验收要求

10.1 安装要求

LED户外景观照明控制系统的安装应保证系统可靠性。

a) 环境要求：控制设备安装场所应满足防水防尘要求（IP等级匹配环境），环境温度在设备允许范围内。有爆炸危险的场所应选用防爆设备。设备安装位置应便于维护操作。

b) 机械安装：控制器、配电箱应安装牢固，抗震防抖。室外安装时应有防雷接地措施。电缆敷设应整齐固定，有必要的防护措施（如穿管、盖板等）。

10.2 调试流程

控制系统调试应按照规范流程进行，保证系统性能达到设计要求。

a) 调试准备：检查线路连接是否正确可靠；检查设备供电是否正常；准备调试工具（万用表、示波器、光强计等）和调试软件。

b) 单点调试：逐点检查灯具地址设置、通信状态、控制功能（开关、调光、调色）；逐点测量灯具的光参数（光强、色温、色坐标）。

c) 系统调试：测试分组控制、场景控制、定时控制功能；测试传感器联动功能；测试远程监控功能；测量系统性能指标（响应时间、同步精度等）。

10.3 验收标准与程序

控制系统验收应按照规定标准和程序进行，确保系统符合设计要求。

a) 验收标准：系统功能全部实现，性能指标达到设计要求（见附表）；技术资料齐全（系统图纸、程序源码、设备清单、操作手册等）；培训完成（操作人员能独立操作）。

b) 验收程序：编制验收计划和方法；组织验收团队；执行验收测试；记录测试结果；出具验收报告。

10.4 检测要求

控制系统检测应在设备安装完成、供配电正常、通信链路连通且基础参数配置完成后进行。检测宜明确检测环境、测试仪器、抽样原则、测试步骤、判定规则和复检要求。对关键性能指标，应采用具备相应精度的计量器具进行测试并形成检测记录。具体检测指标见表3。

表 3 控制系统验收主要性能指标

性能指标	合格标准	良好标准	优秀标准	检测方法
控制响应时间	≤1000ms	≤500ms	≤100ms	从指令发出到灯具响应时间
控制精度	≥256 级	≥1024 级	≥4096 级	阶跃测试、线性度测试
通信可靠性	≥99%	≥99.9%	≥99.99%	长期运行统计丢包率
能耗监测精度	≤5%	≤3%	≤1%	与标准电表对比

11 维护保养要求

11.1 日常维护

LED户外景观照明控制系统应建立日常维护制度，保证系统稳定运行。

a) 巡检要求：每周进行一次远程巡检，检查系统状态、通信状态、设备状态；每月进行一次现场巡检，检查设备物理状态、连接状态、环境状态。

b) 记录要求：应详细记录巡检结果（正常/异常），并对异常情况记录处理过程和结果。巡检记录保存时间应不少于180天。

11.2 定期保养

控制系统应进行定期保养，延长设备寿命，减少故障发生。

a) 保养周期：每半年进行一次全面保养，包括清洁设备、紧固连接、检查接地、测试备用电源等。

b) 软件维护：每半年进行一次数据备份（系统配置、场景数据、历史记录）；每年进行一次软件更新（修复已知问题、提升性能）。

11.3 故障诊断与处理

控制系统应具备完善的故障诊断和处理机制，快速恢复系统正常运行。

a) 故障诊断：采用分层诊断策略，先定位故障点（灯具、控制器、线路、电源），再分析故障原因。支持远程诊断和现场诊断相结合。

b) 故障处理：根据故障类型采取不同处理措施：灯具故障直接更换；控制器故障先尝试重启，无效则更换；线路故障查找断点或短路点修复。

11.4 系统升级与扩展

控制系统应支持平滑升级和扩展，适应未来需求变化。

a) 硬件升级：应预留足够的接口容量和安装空间，支持增加控制器、扩展模块等。控制器处理能力宜预留不少于30%的余量，宜从CPU、内存、接口带宽、场景容量和存储空间等维度综合评估。

b) 软件升级（系统更新）：应支持在线升级和离线升级两种方式。在线升级应具备回滚机制；离线升级应选择在非工作时段进行，并做好配置备份。