

T/JSZX

江苏省照明电器协会团体标准

T/JSZX 001-2026

民用无人驾驶航空器与智慧灯杆多功能集成技术要求

Technical Requirements for the Multifunctional Integration of Civil Unmanned
Aerial Vehicles and Smart Light Poles

2026 - 03 - 16 发布

2026 - 04 - 17 实施

目 次

前 言	III
引 言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 民用无人驾驶航空器 Civil unmanned aerial vehicle	1
3.1.1 微型无人机 micro unmanned aircraft	1
3.1.2 轻型无人机 light unmanned aircraft	2
3.1.3 小型无人机 small unmanned aircraft	2
3.1.4 无人机机巢 unmanned aircraft dock	2
3.1.5 安全区 safety area	2
3.1.6 唯一产品识别码 unique product identification code	2
3.2 智慧多功能灯杆 Intelligent multifunctional lighting pole	2
3.2.1 杆体综合舱 integrated box of pole	2
3.2.2 综合机柜 integrated cabinet	2
3.3 使用单位 user	2
4 基本系统架构要求	3
4.1 设备模块功能定义	3
4.1.1 无人机机巢	3
4.1.2 无人机	4
4.1.3 智慧多功能灯杆	4
4.2 控制模块功能定义	4
4.3 通信模块功能定义	4
4.3.1 通信传输	4
4.3.2 通信协议	5
4.3.3 通信安全	5
4.4 能源模块功能定义	5
5 设计技术要求	5
5.1 结构设计	5
5.1.1 杆体及杆体综合舱	5
5.1.2 综合箱、综合配电箱、综合配网箱	6
5.2 配套管线	6
5.3 通信系统	6
5.4 供配电系统	7
5.5 安全控制	7
5.6 数据互通数据交互协议	7
5.7 照明系统	8

5.8 管理平台	8
6 安装与验收	8
6.1 施工	8
6.2 验收	9
7 运维管理	9
7.1 运行管理	9
7.2 维护要求	9
7.2.1 总体维护要求	9
7.2.2 杆体及杆体综合舱维护要求	9
7.3 供配电系统维护要求	10
7.4 通信系统维护要求	10
7.5 管理模块维护要求	10
7.6 定期巡检	10
7.7 故障告警	11
7.8 远程升级	11
8 安全要求	11
8.1 设备安全要求	11
8.1.1 无人机设备身份管理	11
8.1.2 路灯杆设备身份管理	11
8.2 人员管理	11
8.3 应急管理	12
附录 A	13
附录 B	14
参考文献	16

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。

本文件由江苏省照明电器协会提出。

本文件由江苏省照明电器协会归口。

本文件起草单位：无锡照明股份有限公司、无锡市照明和排水管理中心、龙腾照明集团股份有限公司、无锡市交通运输局、无锡市新吴区市容绿化管理中心、盐城市路灯管理处、盐城市市政设施管理处、上海交通大学、南京航空航天大学无锡研究院、江南大学、无锡低空产业发展服务有限公司、南京中电熊猫照明有限公司、深圳市大疆创新科技有限公司、中建八局第二建设有限公司、无锡市区块链高等研究中心、宏力照明集团有限公司、江苏泉润绿色能源科技有限公司、诺尔智能科技集团有限公司、扬州市华朗照明科技有限公司、无锡羲翎智航科技有限公司、扬州市法马智能设备有限公司、江苏泰锐格照明有限公司、江苏品正光电科技有限公司、江苏迪生建设集团有限公司、江苏美而泰智慧照明科技有限公司。

本文件主要起草人：沈茹、黄磊、徐威、王宇、蔡明、刘小煜、沈慧、夏学荣、赵华、骆源、姜魁、方伟、杜奕辰、陈世雄、吴辉、王静、杜智慧、应臣浩、吕文卿、张子杨、赵金银、蒋进伏、杨涛、杨朝友、孙斌、杨谟胜、焦译、陈平古。

引 言

随着城市化进程的加速推进与智能技术的不断融合，智慧多功能灯杆正逐步从传统单一照明设施转型升级为集通信基站、高清监控系统、环境监测传感器、公共 Wi-Fi 热点、充电桩以及信息发布平台等多重功能于一体的城市综合基础设施节点。这种演变不仅提升了城市服务的智能化水平，还优化了资源利用效率。与此同时，无人机技术在智慧城市管理中的应用呈现爆发式增长，广泛应用于交通流量监控、突发事件应急响应、灾害救援任务、公共安全巡查以及城市环境评估等领域，极大地提升了城市治理的精准性和响应速度。然而，在将无人机与灯杆进行集成时，行业面临着技术标准严重缺失、系统兼容性差、数据安全漏洞频发以及隐私侵犯风险等突出问题，例如不同厂商设备间难以互联互通、潜在黑客攻击可能导致敏感信息泄露或设备失控事故。因此，亟需通过制定统一的标准，推动相关产业链的规范化发展，确保技术融合的安全性、可靠性和可持续性，从而促进智慧城市生态的健康演进。

民用无人驾驶航空器与智慧灯杆多功能集成技术要求

1 范围

本文件规定了民用无人驾驶航空器与智慧灯杆多功能集成技术要求、设计要求、施工与验收要求、运行管理与维护要求等内容。

本文件适用于城市道路、广场、景区、园区和社区等场景下的智慧多功能灯杆的建设和运行管理。高速公路等场景下的智慧多功能灯杆可参照执行。

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 40994-2021	智慧城市智慧多功能杆服务功能与运行管理规范
GB/T 43570-2023	民用无人驾驶航空器系统身份识别 总体要求
GB 7000.203-2013	灯具 第2-3部分：特殊要求道路与街路照明灯具安全要求
GB/T 4208-2017	外壳防护等级（IP代码）
GB/T 41300-2022	民用无人机唯一产品识别码
GB 42590-2023	民用无人驾驶航空器系统安全要求
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 50052-2009	供配电系统设计规范
GB 50053-2013	10kV及以下变电所设计规范
GB/T 20269-2006	信息安全技术 信息系统安全管理要求
GB/T 20282-2006	信息安全技术 信息系统安全工程管理要求
GB/T 20270-2006	信息安全技术 网络基础安全技术要求
GB 50373-2013	通信管道与通信通道设计规范
GB 50289-2016	城市工程管线综合规划规范
GB 51158-2015	通信线路工程设计规范
GB 50217-2018	电力工程电缆设计规范
GB 50838-2015	城市综合管廊工程技术规范
GB/T 38058-2019	民用无人机系统安全性要求

3 术语和定义

GB/T 40994—2021界定的以及下列术语和定义适用于本文件

3.1 民用无人驾驶航空器 Civil unmanned aerial vehicle

3.1.1 微型无人机 micro unmanned aircraft

空机重量小于 0.25kg，最大飞行真高不超过 50m，最大平飞速度不超过 40km/h，无线电发射设备符合微功率短距离技术要求，全程可随时人工介入操纵的无人机。

3.1.2 轻型无人机 light unmanned aircraft

空机重量不超过 4kg，最大起飞重量不超过 7kg，最大平飞速度不超过 100km/h，具备符合空域管理要求的空域保持能力和可靠被监视能力，全程可随时人工介入操控的无人机。

注：不含微型无人机。

3.1.3 小型无人机 small unmanned aircraft

空机重量不超过 15kg 且最大起飞重量不超过 25kg，具备符合空域管理要求的空域保持能力和可靠被监视能力，全程可随时人工介入操控的无人机。

注：不含微型、轻型无人机。

3.1.4 无人机机巢 unmanned aircraft dock

可为无人机提供存储环境、起降平台、数据通信、电能补给、载荷装卸、环境监测、视频监控等功能的装置，一般由主控系统、机电系统、通信系统和起降平台等组成。

3.1.5 安全区 safety area

用于减少无人机偶然偏离预定起降轨迹而可能造成危险的特定区域。

3.1.6 唯一产品识别码 unique product identification code

符合特定编码规则，用于唯一标识民用无人机整机产品身份的代码。

3.2 智慧多功能灯杆 Intelligent multifunctional lighting pole

由灯杆杆体、杆体综合舱、综合箱（综合配电箱、综合配网箱）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。

3.2.1 杆体综合舱 integrated box of pole

智慧多功能灯杆配套安装光缆终端盒、智能网关、监控单元及交、直流配电单元等一种或多种设备的场所。

注：杆体综合舱可设计为一体化综合舱和独立综合舱两种。

3.2.2 综合机柜 integrated cabinet

为智慧多功能灯杆杆体上各类民用无人驾驶航空器相关设备的配套设备提供安装舱位，并提供供电、供网、接地、布线等服务设置的机柜。

3.3 使用单位 user

实际使用无人机机巢和无人机机巢配备的无人机的个人或组织。无人机机巢可以是也可以不是使用单位的财产，例如使用单位可以租赁其他单位的无人机机巢为自己或第三方所用，也可以提供服务、实际操作属于其他单位的无人机机巢及无人机。

4 基本系统架构要求

系统结构内容包括设备模块、通信模块、控制模块、能源模块的功能定义。

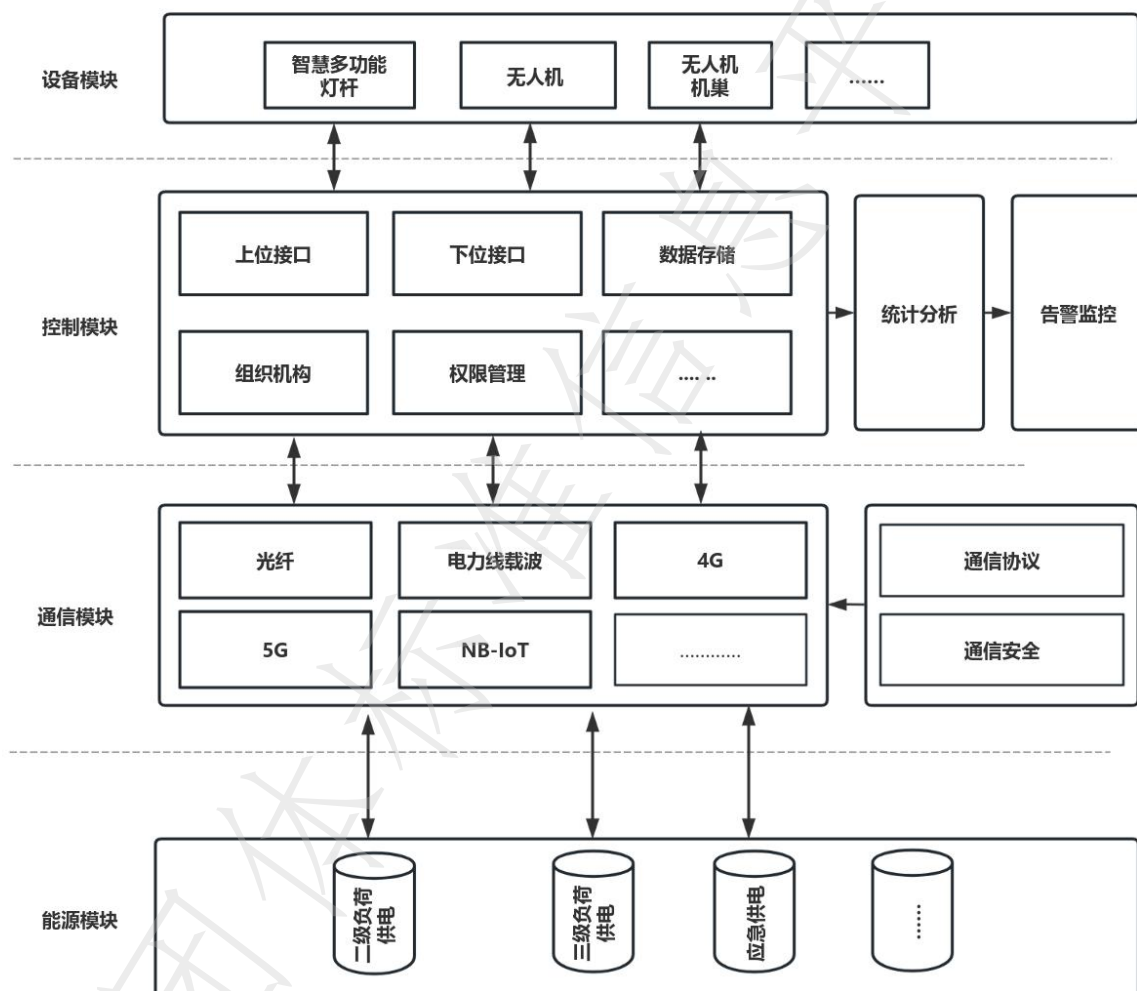


图1 基本系统架构

4.1 设备模块功能定义

设备模块是集成系统的物理载体与功能执行单元，主要包含无人机机巢、无人机、多功能灯杆及其附属设施。

4.1.1 无人机机巢

- 为无人机提供安全、稳固的存储空间及起降平台；
- 提供自动充电/换电接口，满足无人机能源补充需求；
- 支持无人机的自动收纳、释放及精准定位；
- 集成环境监测传感器（如温湿度、风速风向），为无人机起降提供安全保障；
- 具备物理锁闭与状态监测功能，确保设备安全；

- f) 杆体综合舱作为核心设备安装与管理的集中空间，应具备为无人机机巢控制器、通信网关、边缘计算单元、配电单元等核心设备提供物理安装空间与环境防护；
- g) 提供规范的设备供电接口、网络接入端口及接地端子；
- h) 保障内部设备在户外环境下的稳定运行（如温控、防潮）；
- i) 支持设备状态远程监控与管理。

4.1.2 无人机

民用无人驾驶航空器应满足 GB 42590-2023《民用无人驾驶航空器系统安全要求》及 GB/T 43570-2023《民用无人驾驶航空器系统身份识别 总体要求》中对应类别（微型、轻型、小型）无人机的安全、性能及身份识别要求，依照《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》第三十一条规定进行飞行活动与空域申报，并获得许可，同时依照《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》第十二条投保责任保险。

4.1.3 智慧多功能灯杆

- a) 感知设备：如摄像头（监控摄像头安装高度不低于 3.5m，避免遮挡）、环境传感器（空气质量、噪声、光照）、气象站等，负责采集环境与状态信息；
- b) 交互设备：如信息发布屏、紧急呼叫按钮、广播喇叭等，实现人机交互与信息发布；
- c) 照明设备：智能灯具，实现基础照明及按需调光；
- d) 附属设施：升降/维护机构，线缆管理系统；
- e) 警示标志：为保障无人机起降安全，并提醒其他低空飞行参与者，依照《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》第三十三条避让规则，在集成有无人机的智慧灯杆上应醒目标识此处有无人机起降的提示信息，并警示“为防止碰撞，以该灯杆为中心 5 米半径范围，300 米高度内禁止其他无人机飞行、起降作业”。

4.2 控制模块功能定义

控制管理模块应具备以下核心功能：

- a) 系统监控：实时监测各设备模块的工作状态，包括无人机机巢、多功能灯杆及其附属设施的运行情况，确保系统整体稳定可靠；
- b) 任务调度：根据预设规则或实时需求，智能调度无人机执行巡检、应急响应等任务，优化资源配置；
- c) 数据采集与处理：汇集来自无人机、多功能灯杆感知设备的数据，进行预处理与分析，为决策提供数据支持；
- d) 安全防护：实施数据加密、访问控制等安全措施，保障系统免受外部攻击与数据泄露风险；
- e) 远程管理：支持通过云平台进行远程监控、配置更新与故障排查，提高运维效率；
- f) 与其他模块的协同：与通信模块、能源模块紧密配合，实现信息的高效传输与能源的智能管理。

4.3 通信模块功能定义

4.3.1 通信传输

智慧多功能灯杆系统应具备为民用无人驾驶航空器相关设备提供统一传输接入服务的能力，在管线等配套完善的情况下，宜优先采用有线方式传输，确保传输信号的稳定性；对于管线敷设困难的区域，可采用无线传输方式，并确保无线信号的稳定性。

4.3.2 通信协议

单元或各单元模块宜采用 TCP/IP 协议进行通讯，具体可采用业界通用的设备管理协议，智慧灯杆单元或各单元模块的通讯地址应进行统一规划。

4.3.3 通信安全

a) 物理安全防护：设备应满足 GB/T 4208-2017 规定的 IP54 及以上防护等级，关键设备舱门需配置电子锁具，支持远程授权开启与操作日志记录；

b) 网络安全机制：通信接口应关闭非必要端口，实施访问控制白名单策略。

c) 数据安全要求：身份鉴权采用双向认证机制，设备间通信需通过数字证书验证，关键指令传输需附加时间戳与防重放攻击校验码，建立通信设备固件安全更新流程，通信安全事件触发实时告警并启动应急隔离预案。

4.4 能源模块功能定义

应符合现行国家标准 GB 50052、GB 50053 的规定，并应满足以下要求：

a) 中断供电将在经济上造成较大损失，或对公共交通、社会秩序造成较大影响的智慧灯杆及设施，应按不低于二级负荷供电；

b) 其余场所可按三级负荷供电。

c) 应急供电：备用发电装置，在主电源中断时，确保核心设备（如无人机机巢控制器、通信网关、安全监控设备）维持运行不少于 30 分钟，支持无人机安全返航或完成紧急任务。

5 设计技术要求

5.1 结构设计

5.1.1 杆体及杆体综合舱

a) 智慧多功能灯杆的结构设计需开展强度、刚度和稳定性验算工作。杆体应当符合 GB 50017 和 CJ/T 527 的相关规定，基础应符合 GB 50007 和 DB33/T 1136 的规定。对于利旧杆件，需依据无人机设备对杆体和基础进行复核。

b) 智慧多功能灯杆的结构安全等级通常为二级。对于有特殊使用要求的智慧多功能灯杆，可根据使用要求以及 GB 50068 的规定予以确定。

c) 杆体高度 2.5m 以下部分宜实施防粘贴处理，防粘贴层宜选用无色透明材料或与杆体颜色一致的涂料。

d) 智慧多功能灯杆内部线缆应采用分仓布设方式，杆内分仓数量不少于 2 个，分仓设置应按照杆体搭载设备的实际情况进行。

e) 杆体检修门下沿与杆体底法兰之间的距离以 650mm 为宜，杆体安装完毕后，检修门下沿距地面的高度不应小于 400mm。主检修孔的净尺寸以 150mm×500mm 为宜，副检修孔的净尺寸以 140mm×220mm 为宜。主检修孔与副检修孔不应处于同一平面，检修门板应设置防脱落及防盗措施。

f) 智慧多功能灯杆所使用的结构材料中，碳素结构钢应符合 GB/T 700 的相关规定，低合金高强度结构钢应符合 GB/T 1591 的相关规定，铝合金应符合 GB/T 6892 的相关规定。

g) 智慧多功能灯杆应为民用无人驾驶航空器相关设备及配套设施预留物理接口和安装空间。

- h) 智慧多功能灯杆的设备物理接口宜采用滑槽式，特殊设备可采用预留接口式（如法兰、孔洞、连接件）或抱箍式。
- i) 设备连接件的强度、刚度和稳定性应符合相关国家标准的规定。
- j) 智慧多功能灯杆结构所承受的风荷载计算应按照 GB 50009 的规定执行。
- k) 智慧多功能灯杆结构所承受的雪荷载计算应按照 GB 50009 中的规定执行，基本雪压按 50 年一遇的标准执行。
- l) 智慧多功能灯杆杆身及横臂体型系数 μ_s 、挂载设施体型系数 μ_{s1} 以及杆结构的水平位移限值详见附录 B。
- m) 集成有无人机的智慧多功能灯杆，不宜对无人机机巢过度包围和装饰，防止干扰无人机机巢的环境监测设备。

5.1.2 综合箱、综合配电箱、综合配网箱

- a) 智慧多功能灯杆建设若采用综合箱方案，应符合 GB/T 40994 的规定。
- b) 智慧多功能灯杆建设若采用综合配电箱和综合配网箱方案，应符合 DB 33/T 1238 的规定。
- c) 综合箱、综合配电箱、综合配网箱应满足安全性、功能性和景观性要求，保障箱体内部设备安全稳定运行。
- d) 综合箱、综合配电箱、综合配网箱的尺寸大小应与智慧多功能灯杆所安装设备的系统构成相匹配，并预留一定空间。
- e) 防护等级不应低于 IP55，箱体设计使用寿命宜在 20 年以上。
- f) 箱体混凝土基础顶面应高出地坪 200mm。
- g) 箱体表面应进行防腐处理与防粘贴处理，涂层表面应光洁、色泽应均匀，箱体外部应设置箱体编码。
- h) 箱体宜采用自然通风方式，在机箱侧面底部、正面顶部设置进风口。
- i) 应支持智能联动，宜具备远程启闭控制、烟感报警、自动灭火、温湿度检测、摄像头监控、积水报警、开门报警、电涌保护、漏电电流检测监测、相线温度检测监测、智能门锁、远程通信等功能。
- j) 箱体内部应设置走线装置，强电、弱电、信号应分区走线，线缆固定件的设置应合理且便于操作。仓内电源线、信号线、光缆应设有独立的进线孔。
- k) 箱体的防雷接地应符合 GB 50057 的规定。
- l) 箱内宜配备智能监控管理系统，以实时监测箱体运行状态。
- m) 箱体外表面材料宜采用厚度不小于 1.2 mm 的不锈钢或镀锌钢板，确保机械强度和热力性能满足功能和技术要求。

5.2 配套管线

智慧多功能灯杆配套管线含强电、弱电和通信管线，管线设计应符合 GB 50373、GB 50289、GB 51158、GB 50217、GB 50838 的规定；

5.3 通信系统

- a) 通信系统的安全性需满足 GB/T 20269、GB/T 20282、GB/T 20270 以及《互联网安全保护技术措施规定》的相关规定。

- b) 通信系统的信息安全等级保护应当符合 GB/T 22239 的规定，且安全等级不得低于二级。
- c) 可在网络边界处部署访问控制设备，并启用访问控制功能。对于民用无人驾驶航空器相关设备，必须实行身份认证与绑定，以确保操作的安全性。
- d) 通信系统应具备在数据传输过程中对数据完整性进行监测的功能。
- e) 宜采用加密或其他保护措施来保障数据的保密性，数据加密方式宜选用国家密码局认定的国产加密算法。
- f) 若需满足高清视频实时传输要求，通信系统数据传输带宽宜不低于 10Mbps。

5.4 供配电系统

- a) 智慧多功能灯杆及民用无人驾驶航空器相关设备的供配电系统设计应符合 GB 50052、GB 50053 和 CJJ 45 的规定。
- b) 智慧多功能灯杆的供电负荷等级宜依据杆体用电设备的最高负荷等级来确定，不同等级负荷的供电要求应符合 GB 50052 的规定。
- c) 智慧多功能灯杆供电容量设计应综合考量近期和远期各民用无人驾驶航空器相关设备的用电总负荷。单个智慧多功能灯杆的用电负荷不宜低于 2.5kW，在进行变压器侧负荷计算时应考虑同时系数。
- d) 照明供电线路应与其他设备的供电线路相互分开。
- e) 每根智慧多功能灯杆宜配备远程可控安全用电模块，该模块应支持远程控制和断电保护，并具备单路计量、单路开关控制等功能。
- f) 智慧多功能灯杆配电系统应具备短路保护、过负荷保护以及接地故障保护功能，并应符合 GB 50054 的规定。各单相回路应单独进行控制和保护，各类民用无人驾驶航空器相关设备均应设置单独的保护装置。
- g) 根据民用无人驾驶航空器相关设备的供电续航要求，可设置备用电源。备用电源可进行集中设置，也可在杆体信息舱中分散设置。备用电源宜结合当地实际情况，采用太阳能、风能、梯次电池等多种备用电源相结合的方式。

5.5 安全控制

安全控制是设备系统中至关重要的一环，其设计与实施需严格遵循相关安全标准与规范，确保系统的稳定运行与数据的绝对安全。在安全控制方面，系统需具备以下核心功能：

- a) 网络安全机制：系统应部署先进的防火墙与入侵检测系统，实时监控网络流量，及时发现并阻止潜在的网络攻击。此外，所有通信接口均需实施严格的访问控制策略，仅允许经过认证的设备接入网络，确保网络层面的安全性。
- b) 数据安全要求：系统应采用先进的加密技术，如 AES-256，对传输与存储的数据进行加密处理，以防止数据泄露。同时，系统应实施双向身份认证机制，确保设备间通信的安全性。此外，系统还需建立完善的数据备份与恢复机制，以应对可能的数据丢失或损坏情况。
- c) 应急响应机制：系统应具备完善的应急响应机制，包括紧急断电、设备隔离、数据保护等措施。在发生安全事件时，系统应能够迅速启动应急响应流程，将损失降至最低。
- d) 远程监控与管理：系统应支持通过云平台进行远程监控与管理，运维人员可以实时查看设备状态、网络流量、数据安全等信息。同时，系统还应支持远程配置更新与故障排查功能，提高运维效率与响应速度。

5.6 数据互通数据交互协议

为确保设备系统之间的数据互通与交互高效、安全，数据交互协议应遵循以下原则：

- a) 标准化：数据格式与传输协议应遵循国家及行业标准，确保不同厂商设备间的兼容性与互操作性。
- b) 高效性：采用高效的数据压缩与传输技术，减少数据传输延迟，数据传输延迟不超过 500ms，提升系统响应速度，有线局域网丢包率 0.1% 以下，无线局域网丢包率 1% 以下，广域网丢包率 2% 以下。
- c) 可扩展性：协议设计应预留扩展接口，支持未来新增设备与功能的无缝接入。
- d) 容错与恢复：协议应具备错误检测与恢复机制，确保数据传输的完整性与可靠性。
- e) 安全性：数据传输过程中应采用加密技术，防止数据泄露与篡改。同时，实施严格的访问控制策略，确保仅授权设备能够接入系统。

5.7 照明系统

在照明系统设计中，还需考虑以下关键因素以确保其高效运行与节能环保：

- a) 智能调光：根据环境光照强度与时间自动调节灯具亮度，实现按需照明，有效节约电能。
- b) 光污染控制：合理选用灯具类型与配光曲线，避免光线溢出造成光污染，同时确保照明区域的均匀亮度。
- c) 灯具选择与布局：根据照明需求与场景特点，选用高效节能的 LED 灯具，并通过合理布局实现最佳照明效果。
- d) 照明控制系统：集成智能照明控制系统，支持定时开关、场景设置、远程控制等功能，提高照明管理的便捷性与灵活性。
- e) 节能评估与优化：定期对照明系统进行节能评估，根据实际运行数据调整照明策略，持续优化照明效果与能耗表现。

5.8 管理平台

管理平台应具备数据处理与分析能力，能够实时收集、整合并展示来自智慧灯杆及无人机各单元模块的数据信息。通过直观的图表和报告，管理人员可以迅速掌握设备运行状态、能耗情况以及故障预警等信息，为决策提供有力支持。同时，管理平台还应支持远程配置与升级功能，确保系统始终处于最佳运行状态。此外，考虑到未来可能的扩展需求，管理平台的设计应具备良好的灵活性和可扩展性，以便轻松接入新增的设备或功能，内置人工智能应通过合规检测，不得在投入商业运行的灯杆集成无人机上应用不成熟的人工智能算法。

6 安装与验收

6.1 施工

- a) 智慧多功能灯杆项目的施工应符合国家现行工程建设相关法律法规、技术标准和规范的规定。
- b) 参与智慧多功能灯杆建设的各方应具备相应资质条件，施工单位应建立健全质量管理体系。
- c) 施工单位在进场施工前应编制施工组织设计，报经批准后方可实施。施工组织设计的编制应符合 GB/T 50502、GB/T 50903 和 DB33/ 1116 的规定。
- d) 施工单位在进场施工前，应依据设计图纸收集工程建设范围内地上与地下设施现状及规划的相关资料。
- e) 施工中涉及影响地下管线或其他设施的，施工单位应依据设计图纸和物探资料编制专项施工方案，专项施工方案应按程序报批。施工前，施工单位应做好书面安全技术交底工作，经设施产权单位确认后实施。

f) 施工中需迁移现有道路设施的，施工单位应编制迁移方案，经设施产权单位确认后方可实施，施工过程中及完成后应避免占压燃气、水务和城建弱电等管道。

g) 施工中需临时停断电的，应与设施产权单位以及可能受影响的单位确认后方可实施。

6.2 验收

工程质量验收应按照 GB 50300 的规定执行。

7 运维管理

7.1 运行管理

a) 智慧多功能灯杆的管理与维护须契合国家及地方法针对智慧多功能灯杆运行和维护的相关规定。

b) 运行单位应构建项目组织，明确组织结构模式、组织分工以及工作流程组织。厘清组织关系、管理职能分工、工作任务分工和工作流程。编制项目结构图、组织结构图、合同结构图、工作流程图、工作任务分工表、管理职能分工表等图表。

c) 单位应制定相应的管理制度，涵盖但不限于 GB/T 40994—2021 第 7.1.2 条所列举的制度。

d) 运行单位应制定专项图表，以保障各项管理制度和工作流程得以有效执行。

e) 数据管理、档案管理、应急管理、故障诊断与处理、交接管理等应符合 GB/T 40994—2021 的要求。

f) 该标准的管理与维护划分为公共部分和无人机设备部分，公共部分包含杆体系统、综合箱、通信系统、供配电系统、管理平台等，其余则为无人机设备部分。

7.2 维护要求

7.2.1 总体维护要求

a) 应配备经相关专业培训且考试合格的专人负责相关管理、操作及维护工作。所配备人员需满足 GB/T 40994—2021 第 7.3 条的要求，同时如实填写系统运维记录。

b) 需定期检查智慧多功能灯杆系统设备及管理平台的完整性与运行状态。每年台风季节来临前，应提前开展检查与检修工作；每年雷雨季前，应对系统各类接地器（极）的接地电阻进行检查与测试，并定期检查防雷与防电涌保护器，确保其处于在线有效状态。

c) 每季度至少对管理平台进行一次功能检查，按照国家规定或生产厂家设定的检定周期对现场设备进行检定，并依据生产厂家规定的产品设计寿命年限进行更换。

d) 要做好备品、备件的使用登记工作，确保备品、备件使用的技术参数符合相关设计要求。

e) 禁止单位或个人擅自架设通讯线缆，或随意接入、拆除、迁移、改动智慧多功能灯杆设备。若需在智慧多功能灯杆上添加民用无人驾驶航空器相关设备，应向管理单位提出申请，经审核通过后方可添加。

f) 定期检查智慧多功能灯杆的运行环境是否符合 GB/T 40994—2021 第 7.2 条的要求。

g) 应建立健全的文档管理制度，对技术档案和资料进行有效管理。

7.2.2 杆体及杆体综合舱维护要求

a) 基础应坚实稳固，无裂纹、无损坏、无钢筋外露、无上拔或下沉现象，紧固件齐全且未外露、无松动情况；

b) 杆体应保持垂直，无倾斜、无变形、无锈蚀、无刮蹭痕迹，防腐蚀涂层完整（碳素结构钢杆体防腐涂层厚度不小于 $80\ \mu\text{m}$ ），无脱落现象，接地及防雷措施应符合相关规范要求，接地线无松脱、无开焊、无锈蚀等问题；

c) 综合箱体安装应牢固，无松动、无变形、无锈蚀，接地应可靠；箱内环境应保持整洁，无明显积灰、无杂物；电气设备应齐全且无破损，安装牢固，接线应符合规范，连接可靠且排列整齐；箱门应平整，无变形，防腐层无损伤，门锁应牢固可靠、转动灵活，箱门与箱体的接地连接应保持良好；

d) 标志标识应齐全、牢固、完好、清晰且符合规范；

e) 挂载设备安装应牢固，接线应可靠，联合接地应保持良好状态。

7.3 供配电系统维护要求

a) 供配电电缆的绝缘性能良好，连接稳固可靠，电缆接头不存在异常发热现象，金属线管与槽盒接地可靠。

b) 需定期对供配电电缆开展绝缘电阻测试工作。

c) 应防范树木生长、道路施工、化学腐蚀、外力破坏等因素以及自然灾害因素对供配电电缆管线安全运行产生影响，对于所发现的缺陷、隐患等应及时予以修复。

7.4 通信系统维护要求

a) 通信管线应避免因树木、道路施工、化学腐蚀、外力破坏等因素以及自然灾害因素而影响其安全运行。

b) 通信管线设施应保持完好、齐全，对于所发现的缺陷、隐患等应及时予以修复。

c) 应对服务器、路由器、防火墙等通信部件的系统安全运行状态、信息（包括有害内容）开展

d) 有效的监控与检查，针对发现的系统运行中的安全问题和隐患，提出相应的解决对策与方法。

7.5 管理模块维护要求

a) 管理模块应按周期更换系统密码，周期不超过 3 个月，定期审核用户权限，以防范系统出现越权访问情况。同时，需定期开展 IP 地址测试工作，排查非法用户，防止非法用户入侵系统。

b) 管理模块需强化配置文件管理，涵盖服务器的系统配置及服务设定的配置文件管理。要定期对系统安全性进行有效性评估与检查，及时察觉系统新增的缺陷或漏洞，定期进行漏洞扫描，扫描周期不超过 3 个月。

c) 管理模块要构建网络安全管理制度，明确网络安全配置、日志保存时长、安全策略、升级与打补丁、口令更新周期等方面的要求。

7.6 定期巡检

巡检周期应根据智慧多功能灯杆的实际运行情况和设备老化程度进行合理安排，但不应低于每半年一次。巡检内容应包括但不限于接口连接情况、设备强度与稳定性、防雷接地状况、箱体防护等级与运行环境、管线布局与安全性、通信系统运行状态、供配电系统性能、管理模块安全性等方面。巡检过程中，应详细记录各项检查结果，对于发现的问题和隐患，应及时采取措施予以修复，确保系统设备的正常运行和安全性。

7.7 故障告警

当设备系统发生故障时，应能够及时发出告警信息。告警信息应包含故障类型、故障位置、故障时间等关键信息，以便运维人员快速定位并处理故障。系统应支持多种告警方式，如声光告警、短信告警、邮件告警等，确保告警信息能够及时传达给相关人员。同时，系统应具备故障历史记录功能，方便运维人员对故障进行统计分析和预防措施的制定。

7.8 远程升级

远程升级功能应确保在不影响设备正常运行的前提下进行。升级过程应支持断点续传，避免因网络中断等意外情况导致升级失败。同时，升级包应经过严格的测试和验证，确保其稳定性和兼容性。在升级前，系统应自动检测设备的当前版本和配置信息，确保升级包的匹配性。升级过程中，系统应提供实时的升级进度反馈，以便运维人员了解升级状态。升级完成后，系统应自动进行功能测试和校验，确保升级后的设备能够正常运行。此外，远程升级功能还应支持回滚机制，当升级后出现问题时，可以迅速恢复到升级前的状态。

8 安全要求

8.1 设备安全要求

8.1.1 无人机设备身份管理

系统满足 GB/T 41300-2022 规定的无人机应通过其唯一产品识别码管理、记录，无人机机巢及存量不满足该标准的无人机应使用设备的生产编号等唯一、不可更改的身份信息管理、记录，无人机身份信息存储期限不低于设备使用年限。

8.1.2 路灯杆设备身份管理

纳入监管平台统一管理，灯杆设备的生产编号等唯一、不可更改的身份信息管理、记录。

8.2 人员管理

a) 人员的精神状态和身体条件应满足相关要求，确保其适合从事相关工作。

b) 使用民用无人驾驶航空器与智慧灯杆多功能系统的人员应按国家相关规定取得与被操纵无人机等级对应的驾驶执照且执照应在有效期内。

c) 管理人员应熟悉相关操作人员的水平、资质和经验，合理分配不同类型、难度和风险等级的任务。操作人员和管理人员均应掌握当地空域的批准流程及动态。

d) 系统的运用、维护和管理人员应实名登记并根据其工作职能合理设定、分配权限，建立相应的约束机制和考核标准。

e) 操作无人机机巢控制台或通过计算机、手机、平板电脑等终端设备操纵、监视、控制无人机机巢及无人机的人员应使用与其身份一致的专用账号登录、操作，登录密码应满足复杂性要求并定期更换，登录状态应有超时限制和自动锁定功能，登录后操作人员应保持在岗，操作期间应目视监控屏幕；登入、退出及详细操作过程应留有日志记录，记录不得删除。

f) 人员受到酒精类饮料、麻醉剂或者其他药物影响时，不得操控民用无人驾驶航空器与智慧灯杆多功能集成系统、执行（含计划执行）飞行任务。

8.3 应急管理

a) 使用单位应任命紧急负责人并在无人机机巢所在场地和控制台、客户端等操作界面公示其姓名和24小时联系方式，外部人员无需进入场地应可清晰看见公示内容。

b) 民用无人驾驶航空器与智慧灯杆多功能集成系统的使用、管理单位应全面评估和分析设备设施、环境气象、内部人员、任务现场人群、突发事件等可能发生的紧急情况，根据严重程度和影响范围，明确不同的应急响应级别，事先制定相应的应对措施和流程等应急预案。

c) 应组织应急预案的培训和定期演练，观察记录应急预案的响应、执行情况和有效性，提前发现问题、及时整改并持续完善。

d) 灯杆集成无人机应具备完善的备降计划，及备降后的报警机制，集成有无人机的智慧多功能灯杆50米范围内应设置备降点，并在备降点安放警示牌或其他警示措施。

e) 灯杆集成无人机具有运输功能的，应在飞行航线上设置紧急抛弃或迫降区域，在遭遇极端天气或运输货品发生意外时，可在不影响公共安全的情况下进行货物的紧急抛弃或整机迫降作业。

附录 A
(资料性)

《民用无人驾驶航空器与智慧灯杆多功能集成技术要求》使用场景

应用场景	功能描述	效率提升/减少	适用范围
基础设施巡检-电力设施维护	检测照明、输电线故障	减少人工攀爬风险，高效检测	电力设施
基础设施巡检-桥梁与建筑监测	搭载激光传感器检测桥梁裂缝、振动频率	精度超人工巡检	桥梁、建筑
基础设施巡检-工程管理	构建工地三维模型，监控施工进度与质量	实时监控，确保工程质量	工程建设
环保与能源-环境监测	检测 PM2.5、臭氧污染；热成像巡查非法采矿	全面监测，及时发现	环境监测、非法采矿巡查
环保与能源-能源、管网设施运维	能源、管网设施巡检	效率提升 80%	海上风电设施、城市管网巡检
商业与消费应用-影视与广告	高空视角拍摄电影、广告；挂载 LED 屏进行空中广告投放	高空视角，独特广告形式	影视拍摄、广告投放
物流运输-末端配送	实现快速送达	快速配送，覆盖偏远地区	偏远山区、校园、海岛
物流运输-医疗物资运输	向灾区、偏远地区投递急救药品	快速响应，紧急配送	灾区、偏远地区
应急与公共安全-森林消防与救援	吊运水袋灭火，热成像定位被困人员	巡查效率提升 15 倍	森林火灾救援
应急与公共安全-灾害响应	搭建临时通信网络	快速响应，提供临时通信	洪涝灾害
应急与公共安全-警务安防	空中巡逻监控人群聚集、追踪嫌疑人	实时监控，高效安防	人群聚集场所、追踪嫌疑人
商业与消费应用-科普教育	用于 STEM 教育，培养空间思维与创新能力	寓教于乐，提升创新能力	学校教育、科普活动
农业领域-作物监测与灾害评估	监测病虫害、洪涝旱情，实时生成农田健康报告	实时监测，精准评估	农田

附录 B

(资料性)

《民用无人驾驶航空器与智慧灯杆多功能集成技术要求》应用要求

智慧多功能灯杆杆身及横臂体型系数 μ_s ，挂载设施体型系数 μ_s ，杆结构的水平位移限值B.1 智慧多功能灯杆的杆身及横臂体型系数 μ_s 见表 B.1。表 B.1 智慧多功能灯杆的杆身及横臂体型系数 μ_s

截面形式	体型系数 μ_s
圆形	0.6
十六边形及以上	0.8
十二边形	1.0
六边形及八边形	1.2
四边形	1.3
不规则截面	1.3

注：带 U 型滑槽的截面按照不规则截面取值。

B.2 智慧多功能灯杆各类设备设施的体型系数 μ_s 见表 B.2。表 B.2 设备设施的体型系数 μ_s

设施设备形状	体型系数 μ_s
圆柱体	0.9
其它形状	1.3

B.3 在以风荷载为主的荷载标准组合作用下，智慧多功能灯杆杆结构的水平位移限值见表 B.3。

表 B.3 智慧多功能灯杆身任意点的水平位移

以风或多遇地震作用为主的荷载标准组合作用下	水平位移限值	
按线性分析	u/H_i	1/75
按非线性分析	u/H_i	1/33

注 1：表中 u ——任意点水平位移（与 H_i 高度对应）；
 H_i ——任意点高度；
注 2：智慧多功能灯杆任意点水平位移 u 应为非线性分析结果，同时应考虑基础变形。

B.4 在以风荷载或地震作用为主的荷载标准组合作用下，智慧多功能灯杆杆结构的水平位移限值见表

表 B.4 智慧多功能灯杆横臂任意点的水平位移

以风或多遇地震作用为主的荷载标准组合作用下	水平位移限值	
按线性分析	u/H_i	1/75
按非线性分析	u/H_i	1/50

注：表中 u ——任意点水平位移（与 H_i 长度对应）；
 H_i ——任意点至挑臂根部（与主杆连接处）的长度。

- B.5 智慧多功能灯杆杆身在横臂自重及横臂上搭载的设备自重为主的荷载标准组合作用下，横臂自身任意点的竖向位移不宜大于 $1/50$ ；不应大于 $1/20$ ；立柱任意点的水平位移不得大于 $1/75$ 。
- B.6 智慧多功能灯杆结构的各构件位移，需结合所挂载的设备对振动敏感度的要求进行控制或适当放宽要求。

参 考 文 献

- [1]GB/T 20269 信息安全技术 信息系统安全管理要求
- [2]GB/T 20282 信息安全技术 信息系统安全工程管理要求
- [3]GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- [4]GB/T 22240 信息安全技术 网络安全等级保护定级指南
- [5]GB/T 25000.1 系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价 (SQuaRE) 第 1 部分
- [6]GB/T 38930 民用轻小型无人机系统试验方法
- [7]CJJ 45 城市道路照明设计标准
- [8]CJJ 89 城市道路照明工程施工及验收规程
- [9]CJ/T 527 道路照明灯杆技术条件
- [10]SJ/T 11666 民用无人机系统通用要求
- [11]ISO 21384-3 无人机系统-第 3 部分：操作程序