ICS 49.140.51

CCS K70/79

团 体 标 准

T/CECS ×××××—202×



系留无人机照明装置

**Lighting equipment with tethered unmanned aerial vehicle**

20××-××-××发布 20××-××-××实施



中国工程建设标准化协会 发 布

T/CECS ×××××—20××

目 次

[前 言 II](#bookmark2)

[1 范围 3](#bookmark4)

[2 规范性引用文件 3](#bookmark6)

[3 术语和定义 4](#bookmark8)

[4 分类与型号 7](#bookmark10)

[5 技术要求 8](#bookmark12)

[6 试验方法 13](#bookmark14)

[7 检验规则 17](#bookmark16)

[8 标志、包装、运输、贮存 19](#bookmark18)

[附 录 A 21](#bookmark20)

T/CECS ×××××—20××

前 言

本标准按照 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》 的规则起草。

本标准按中国工程建设标准化协会《关于印发<2023 年第二批协会标准制订、修订计划> 的通知》（建标协字[2023]50 号）的要求制定。

请注意本标准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。 本标准由中国工程建设标准化协会提出。

本标准由中国工程建设标准化协会电气专业委员会归口。

本标准负责起草单位：国网湖北省电力有限公司、深圳市光明顶技术有限公司 本标准参编单位：。

本标准主要起草人： 本标准主要审查人：

T/CECS ×××××—20××

系留无人机照明装置

1 范围

本标准规定了系留无人机照明装置的术语和定义、分类与型号、技术要求、试验方法和 检验规则。

本文件适用于系留无人机照明装置的设计、制造、试验和使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件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 用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 17625.1-2012 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流≤16A)

GB 50582-2010 室外作业场地照明设计标准 GB/T 191-2008 包装储运图示标志

|  |  |
| --- | --- |
| 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/T 2423.3-2016 | 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿 |
| 热试验方法 |  |
| GB/T 2423.10-2019 | 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Fc：振动（正 |
| 弦） |  |

|  |  |
| --- | --- |
| GB/T 2829-2002 | 周期检查计数抽样程序及抽样表 |
| GB/T 4208-2017 | 外壳防护等级(IP 代码) |
| GB/T 5700-2023 | 照明测量方法 |
| GB/T 6543-2008 | 运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱 灯具瓦楞纸箱包装技术条件 |

GB/T 7000.1-2023 灯具 第 1 部分 一般要求与试验

GB/T 12123-2008 包装设计通用要求

GB/T 17626.2-2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.5-2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

T/CECS ×××××—20××

|  |  |
| --- | --- |
| GB/T 17743-2021 | 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 24825-2022 | LED 模块用直流或交流电子控制装置 性能规范 |
| GB/T 20145-2006 | 灯和灯系统的光生物安全性 |
| GB/T 36276-2023 | 电力储能用锂离子电池 |
| GB/T 38058-2019 | 民用多旋翼无人机系统试验方法 |
| GB/T 38905-2020 | 民用无人机系统型号命名 |
| GB/T 38930-2020 | 民用轻小型无人机系统抗风性要求及试验方法 |
| GB/T 38997-2020 | 轻小型多旋翼无人机飞行控制与导航系统通用要求 |
| GB/T 43695-2024 | 锂离子电池和电池组能源转换效率要求和测量方法 |
| JGJ/T 119-2008 | 建筑照明术语标准 |
| GJB 5433-2005 | 无人机系统通用要求 |
| GJB 5434-2005 | 无人机系统飞行试验通用要求 |

T/SZUAVIA 009.2-2019 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第 2 部分：抗风试

验

ISO 24356:2022 General requirements for tethered unmanned aircraft systems（系 留无人机系统通用要求）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 无人机 unmanned aerial vehicle（UAV）

利用有线/无线电遥控设备，和/或自备的程序控制装置操纵的不载人的飞机。 3.2

系留无人机 tethered unmanned aerial vehicle（tUAV） 通过系留线缆由地面基站供电的无人机。

3.3

系留无人机照明装置 tethered unmanned aerial vehicle lighting equipment

一种主要通过系留线缆提供电力和数据通讯的无人机系统，具备长时间滞空悬停照明的 能力，由无人机本体、遥控器、照明灯组、系留线缆、地面基站、机载主电源、机载电池、 机载应急电池等组成。

3.3.1 系留线缆 tethering cable

T/CECS ×××××—20××

为无人机提供电力和机械约束的电缆，能与无人机交换数据，并具备被动发光警示功能。

3.3.2 地面基站 ground base station

一种能将通用规格电压转化为系留无人机所需电压，为系留无人机提供电源，具有不间 断电源缓冲功能；能够操控无人机，实现空间位置变化的无人机自动跟随功能；显示和记录 运行过程中的关键信息；并且具备对无人机照明系统控制和系留线缆收放功能的地面设备。

3.3.3 机载主电源 airborne main power supply

装载在系留无人机上，接收地面基站通过系留线缆传输的电力或机载电池的电力并进行 电压转换，为系留无人机照明装置和附加模块供应电力的设备。

3.3.4 机载电池 airborne standby battery supply

装载在系留无人机上的电池，能在系留线缆供电异常时，为系留无人机提供返航电力。

3.3.5 机载应急电池 airborne standby emergency power supply

装载在系留无人机上，能在被动脱离系留电缆后，为作业现场应急照明和无人机返航提 供电力的电池。

3.3.6 LED 泛光照明灯组 LED lighting module

装载在系留无人机上， 由机载主电源进行供电，实现泛光照明功能的LED 模块。

3.3.7 云台投光灯 gimbal floodlight

装载在系留无人机云台上，用于辅助投光照明和指向性光电警示。 3.4

允许最大起飞重量 allowable maximum takeoff weight

依据设计或运行限制，系留无人机起飞至最大悬停高度所能容许的最大重量。应取下列 条件所决定的重量中的最小者：

a）按正常提供的机体空间和动力能源容积，任务载荷及动力能源时的重量与系留线缆 重量为系留无人机满载的重量，但不超过支撑结构所能承受的载荷限制；

b）系留子系统以最大功率工作所允许起飞的最大重量：

c）传动装置的扭矩限制所允许起飞的最大重量；

d）按规定的起飞方式所允许的最大重量； e）其他使用限制所允许的最大重量。

3.5

有效载荷 available pay load

系留无人机升空至最大悬停高度所能携带的最大载荷重量。 3.6

最低安全抗风能力 minimum security capability of wind resistance

系留无人机依靠自身飞行控制系统在持续风、阵风、风切变等不大于一定等级下可保证 作业安全的能力。

注：作业安全一般指无人机系统在工作状态下不坠机。

T/CECS ×××××—20××

3.7

摄像模块 photo module

搭载在系留无人机上，提供摄影功能的模块，由机载主电源或机载电池供电，并可图传 画面到无人机遥控器，实现远距离监控。

3.8

喊话模块 shouting module

搭载在系留无人机上，由机载主电源或机载电池供电，可以播放声源，进行实时广播功 能的模块。

3.9

连续照明时间 continuously lighting time

系留无人机照明装置在正常使用情况下，可提供不间断照明的最长时间。 3.10

应急照明时间 emergency lighting time

系留无人机照明装置在被动脱离系留线缆，换装应急机载电池后，可提供照明的最长时 间。

3.11

照度 illuminance

规定表面上一点处的光照度是入射在包含该点的面元上的光通量 dΦ除以该面元面积 dA 之商，即

E=  （1）

该量的符号为 E，单位为 lx。

[来源：JGJ/T 119—2008，2.1.19] 3.12

平均照度 average illuminance 规定表面上各点的照度平均值。

[来源：JGJ/T 119—2008，3.2.1] 3.13

照度均匀度 illuminance uniformity 指规定表面上最小照度与平均照度之比。

[来源：JGJ/T 119—2008，3.2.10] 3.14

显色指数 color rendering index

T/CECS ×××××—20××

光源显色性的度量。以被测光源下物体颜色和参考标准光源下物体颜色和参考标准光源 下物体颜色的相符合程度来表示。

[来源：JGJ/T 119—2008 ，2.3.28]

4 分类与型号

4.1 分类 依据系留无人机平台重量级别、最大系留飞行高度、灯具额定功率进行分类。

a) 根据无人机平台重量级别进行分类

系留照明无人机按照无人机的空机重量级别分为轻型、小型、中型和大型，如表 1 所示。 表 1 按照无人机平台分类

|  |  |
| --- | --- |
| 产品类型 | 无人机重量 |
| 轻型(Q) | ≤15kg |
| 小型(S) | >15kg 且≤25kg |
| 中型(M) | >25kg 且≤150kg |
| 大型(L) | >150kg |

b) 根据最大系留飞行高度可分为低空系留、中空系留、高空系留，如表 2 所示。 表 2 按照系留高度分类

|  |  |
| --- | --- |
| 产品类型 | 最大系留高度 |
| 低空系留(L) | ＜50 米 |
| 中空系留(M) | ≥50 米且≤100 米 |
| 高空系留(H) | >100 米 |

c) 根据搭载灯具额定功率分类

系留无人机所搭载的灯具额定功率分为低功率、小功率、中功率、大功率，如表 3 所示。 表 3 按照灯具额定功率分类

|  |  |
| --- | --- |
| 产品类型 | 灯具额定功率 |
| 低功率 | ＜800W |
| 小功率 | ≥800W 且＜1200W |
| 中功率 | ≥1200W 且＜1600W |
| 大功率 | ≥1600W |

4.2 型号

系留无人机照明的型号编制应符合下列图 1 规定：

T/CECS ×××××—20××

XL - □ - □ - □ - □ - □



型号代号 企业代号

光源功率（单位 W）

系留飞行高度

无人机平台类型

系留无人机照明装置

图 1 型号编制方法

示例 ：

型号 XL-Q-M-1200W-GMD-XL300 代表系留无人机照明系统，轻型无人机平台，系留 高度中等，企业代号 GMD ，功率 1200W，

5 技术要求

5.1 基本组成

系留无人机照明装置，由无人机本体、线控/无线遥控器、LED照明灯组、地面基站、系 留线缆、机载主电源、机载电池等组成，可参见下图：







无人机

系留线缆

地面基站

机载主电源



机载电池



遥控器



LED 照明灯组

图2 系留无人机照明装置组成示意图

T/CECS ×××××—20××

5.2 外观及装配质量

a) 无人机与照明模组、地面基站外观应清洁、光滑，无污迹、无裂纹、无划痕，光学 件无裂痕及黑点。

b) 所有零件应安装牢固可靠，结合紧密，不能有松动现象，操作稳定可靠。

c) 喷涂件表面色泽应均匀一致、涂膜光滑、厚度均匀、无流挂、堆积、露底、皱纹等 影响外观的 缺陷。

5.3 功能要求

5.3.1 自检功能

系留无人机照明装置应具有对遥控遥测、卫星定位等状态，及系留线缆的通、断，进行

自动检查并提示状态情况的功能，具有故障报警及预警信息反馈功能。

5.3.2 强制返航功能

机载主电源工作异常，或系留线缆非正常脱线、断线时，应在5s内触发强制返航，机载 电池应可满足系留无人机紧急降落需要，供电时间应不小于2.5min。

5.3.3 视频传输功能

系留无人机照明装置应具有无线图传功能，将现场拍摄画面实时传送至视频接收端。

5.3.4 自主避障功能

a) 最小测量距离不大于 1m，最大测量距离不小于 20m。

b) 无人机遇到障碍物悬停停稳后，桨叶尖与障碍物距离应不小于 1.5m。

5.3.5 跟随功能

系统应具有跟随功能，当地面基站移动时，可切换到跟随模式。系留无人机以地面基站 为中心按设定的相对空间位置跟随移动且不影响连续照明，地面基站的移动速度不能超过 10m/s,水平跟随精度不大于5m，垂直高差正偏差不超过2m，负偏差不超过5m。

5.3.6 其它辅助功能

在有效载荷允许的条件下，无人机可以搭载喊话模块、云台投光照明模块、机载通讯模

块等选配功能模块，实现摄像拍照功能、喊话功能、投光照明、无线通讯功能等辅助功能。

a) 搭载喊话模块，实现作业现场/远程喊话指挥功能；

b) 搭载云台投光照明模块，对泛光照明区的重点区域进行投光/补光；结合喊话模块， 实现作业现场/远程指挥功能。

c) 无线通讯模块，可以支持实现多台无人机联动控制和远程指挥功能。

5.3.7 飞行性能要求

<5.3.7.1> 被动脱离系留线缆时，飞行性能要求

a) 无人机最大上升速度，不小于 2 m/s

b) 无人机最大下降速度，垂直不小于 2 m/s

c) 最大水平飞行速度不小于 20 m/s

<5.3.7.2> 固定系留线缆后，限速飞行性能要求

T/CECS ×××××—20××

a) 无人机最大上升速度，不大于 4 m/s

b) 无人机最大下降速度，垂直不大于 6 m/s

c) 最大水平飞行速度不大于 10 m/s

5.3.8 系留线缆性能要求

a) 系留线缆收放装置应具有防误插、耐老化、耐腐蚀、耐磨、绝缘等功能。

b) 当系留无人机系统运行功率超过 1kw 时，系留线缆的线功率损耗应不超过 5%。

c) 系留线缆内部是复合电缆或光纤，除为无人机提供电力外，还可以通过系留线缆对 无人机水平、垂直运动进行有线控制。

d) 系留线缆应具备被动发光警示功能。

5.3.9 地面基站性能要求

a) 具备收、放、储系留线缆功能，能自动或手动对系留线缆进行收线、排线和放线的 收纳控制。

b) 系留线缆收放装置最大收放线速度应不小于 2m/s。

c) 具备系留线缆收放次数统计及显示功能，在将要达到预期使用寿命时，进行声、光 报警提示更换。

d) 更换系留线缆应由生产厂授权人员进行，具备系留线缆更换后计数清零功能。

e) 对地面基站关键控制数据（输出的电压、电流，抽出或留存系留线缆的长度，系留 线缆的收放动作等），进行滚动式存储，实现系留无人机控制的黑匣子功能。

f) 地面基站应内置不间断电源缓冲功能，确保在外接发电机或不间断电异常断开时行 进行声、光报警；同时能够为系留无人机照明装置正常工作提供不少于 10min 的电 能。

g) 地面基站应具备遥控模式、线控模式、跟随模式、系留限速模式等工作模式切换功 能。

5.3.10 连续照明时间

a) 系统应另外配置能够满足地面基站持续供电的通用规格电压供电装置（如大功率不 间断电源 UPS 或发电机）；

b) 由发电机供电时，应保证系统能够持续不间断工作，连续照明时间≥4 小时；

c) 使用不间断电源 UPS 电池组供电时，应保证系统能够持续不间断工作，连续照明时 间≥40min。

5.3.11 应急照明时间

在现场照明作业时，若预判将有雷雨发生，无人机需提前降落且被动脱离系留线缆。换 装机载应急电池后，能够为作业现场提供功率不小于100W、光效不低于15000lm、时间不小 于10min的应急照明。

5.4 气候环境耐受性能

5.4.1 耐低温性能

系统应能耐受住表4所规定的低温条件下的试验。试验后，系统应能正常进行开、关， 无人机正常工作、照明灯能正常照明。

5.4.2 耐高温性能

T/CECS ×××××—20××

系统应能耐受住表4所规定的高温条件下的试验。试验后，系统应能正常进行开、关， 无人机正常工作、照明灯能正常照明。

5.4.3 恒定湿热性能

系统应能耐受住表4所规定的恒定湿热条件下的试验。试验后，系统应能正常进行开、 关，无人机正常工作、照明灯能正常照明。

5.4.4 抗风性能

系统应能耐受住表4所规定的抗风试验条件下的性能。试验后，系统应能正常进行开、 关，无人机正常工作、照明灯能正常照明。

表 4 气候环境参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 性能名称 | 性能参数/项目名称 | 使用时间/使用次数 | 装备状态 |
| 低温性能 | 工作 | -20℃±2℃ | 2h | 工作状态 |
| 存储 | -40℃±2℃ | 4h | 非工作状态 |
| 高温性能 | 工作 | 40℃±2℃ | 2h | 工作状态 |
| 存储 | 50℃±2℃ | 4h | 非工作状态 |
| 恒定湿热性能 | 温度 | 40℃±2℃ | 非工作状态 |
| 相对湿度 | 90%～96% |
| 持续时间 | 48h |
| 抗风性能 | 起飞 | 风等级 | 6 级（约 12m/s) | 工作状态 |
| 起飞次数 | 5 |
| 悬停 | 风等级 | 6 级（约 12m/s ) | 工作状态 |
| 悬停高度 | 30m |
| 持续时间 | 2h |

5.5 机械环境耐受性能

5.5.1 耐振动性能

系留无人机照明系统应能耐受住表5所规定的振动条件下的试验。试验后，各组成部分 应无机械损伤和紧固件松动现象，且能正常工作。

表 5 机械环境参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验名称 | 试验参数 | 试验余件 | 试样状态 |
| 振动（正弦）试 验 | 频率循环范围 | (10～15～10)Hz | 非工作状 态 |
| 加速幅值 | 1g |
| 扫频速率 | 1 倍频程/min |
| 振动方向 | X、Y、Z |
| 每轴线扫描循环次数 | 10 |

5.5.2 跌落试验

T/CECS ×××××—20××

无人机照明装置各组成部分，按GB/T 4857.5的规定， 以带包装形式按一点、三棱、六 面，自由跌落到硬质地面，试验后，无人机照明装置各组成部分应无机械损伤和紧固件松动 现象，且能正常工作。

5.6 电气安全性能

5.6.1 绝缘性能

系统内各设备的主电源输入端与壳体之间的绝缘电阻不应小于50MΩ,有绝缘要求的外 部带电端子与壳体间的绝缘电阻不应小于20MΩ。

5.6.2 电气强度性能

地面基站应能耐受频率为50Hz±0.5Hz，交流电压为2U+1000V，历时60±5s的电气强度 试验。试验过程中，系统不应出现表面飞弧和击穿现象。试验结束后，系统应能正常进行开、 关，无人机正常工作、照明灯能正常照明。

5.7 电磁兼容性能

5.7.1 静电放电抗扰度性能

静电放电抗扰度应满足 GB/T 17626.2中第5章验等级3的±6kV 接触放电、 ±8kV 空气 放电试验要求。

5.7.2 浪涌试验

应符合 GB/T 17626.5中第5章试验等级3的规定规定。

5.8 使用可靠性

5.8.1 灯具耐久性试验

LED照明灯组和云台投光灯应符合 GB/T 7000.1中第 12.3条规定。

5.8.2 IP 防护等级试验

应符合 GB 4208 中表 1 和表 2 中的规定，系留无人机照明装置各组成部分的外壳防护 等级不低于 IP55（遥控器防护等级可不低于 IP54）。

5.8.3 系统可靠性要求

a) 无人机照明系统在外接电源供电情况下，在空中悬停不少于 2 h ，再进行 10 次起 降测试，试验后系留照明无人机系统的无人机应能正常工作。

b) 无人机照明系统在外接电源供电情况下，在空中悬停不少于 2 h，再循环 10 次照 明开关测试，试验后无人机照明系统的照明灯组应能正常工作。

5.9 照明灯组性能要求

5.9.1 LED 照明灯组性能要求

LED照明灯组开启后，作业面的照明标准值应符合表6的规定，具体要求和测量方法见附 录A。

T/CECS ×××××—20××

表 6 照明标准值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参考平面及其高度 | 水平照度标准值(lx) | 水平照度均匀度 | 显色指数Ra |
| 作业面 | 15 | 0.25 | 20 |

5.9.2 云台投光照明要求

云台投光灯开启后，当飞行高度≥20m时，在之前LED照明灯组在地面形成的有效照明范 围S内，形成一个直径不小于1m，水平照度值增加不小于20lx的一个光斑区域S1 ，且随云台 控制可以水平移动。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 试验的大气条件

a) 除特殊要求外，室内外试验环境的温度应为-20℃至 40℃ , 相对湿度应为 20%至95% ;

b) 室外试验环境的海拔高度应为 0m 至 800m，环境平均风速应为 0m/s 至 3m/s，最大 风速应不超过 5.4m/s；

c) 室外试验应选取空旷的露天场地，场地面积应满足系留无人机日常作业要求。

6.1.2 试验样机的组成

目视检查试验样机的基本组成结构，逐条检查，判断是否符合5. 1的要求。

6.1.3 试验样机状态

试验样机应按使用说明书的规定，进行安装和调试，达到正常状态后，方可进行试验。

6.2 外观及装配质量

通过感官观察、触摸，或普通量具或仪器测量，进行外观及装配检查。

6.3 功能试验

6.3.1 自检功能验证

试验样机达到正常状态后，按 5.3.1 进行无人机状态自检、系留线缆状态自检逐条验证， 判断试验结果是否符合。

6.3.2 断电强制返航功能验证

模拟试验样机机载主电源工作异常，或系留线非正常脱线、断线时，能否在 5s 内触发

强制返航；机载电池供电时无人机飞行的时间是否大于 2.5min；判断试验结果是否符合。

6.3.3 视频传输功能验证

按 5.3.3 进行验证，判断试验结果是否符合。

6.3.4 自主避障功能验证

T/CECS ×××××—20××

a) 在无人机避障系统正常工作状态下，分别在无人机周身 1m 处和 20m 处布置障碍物， 通过检查避障系统是否成功检测出障碍物，判断是否满足 5.3.4 a)的要求。

b) 采用模拟试验法，在无人机搭载避障系统正常作业时，控制无人机向障碍物移动， 在触发自主避障，无人机自动刹车停稳后，通过读取安装在无人机机体中心位置的 避障系统反馈数据，获得其与障碍物的水平距离 S1 ，基于该距离 S1 及避障系统与 桨叶尖最远到达位置的水平距离 S2 ，计算桨叶尖与障碍物的距离（S1- S2 ）是否不 小于 1.5m，判断是否满足 5.3.4 b）的要求。

6.3.5 跟随功能验证

按 5.3.5 进行验证，判断试验结果是否符合。

6.3.6 其它辅助功能

按 5.3.6 进行逐条验证，确定试验产品具有的具体辅助功能。

6.3.7 飞行性能验证

<6.3.7.1> 被动脱离系留线缆时，飞行性能验证。

a) 在垂直距离 100 m 的测区中测定,使用机载测速传感器和计时设备记录其最大动 力下的上升速度和时间，测量 3 次，计算其平均值，判断是否符合 5.3.7.1 a） 的要求。

b) 在垂直距离 100 m 的测区中测定,使用机载测速传感器和计时设备记录其最大动 力下的下降速度和时间，测量 3 次，计算其平均值，判断是否符合 5.3.7.1 b） 的要求。

c) 以地面基站为圆心，在垂直距离 50 m 的测区中测定,使用机载测速传感器和计时 设备记录其最大动力下的水平速度和时间，测量 3 次，计算其平均值，判断是否 符合 5.3.7.1 c）的要求。

<6.3.7.2> 固定系留线缆后，限速飞行性能验证。

a) 在垂直距离最大系留飞行高度的测区中测定,使用机载测速传感器和计时设备记录 其最大动力下的上升速度和时间，测量 3 次，计算其平均值，判断是否符合

<5.3.7.2> a）的要求。

b) 在垂直距离最大系留飞行高度的测区中测定,使用机载测速传感器和计时设备记录 其最大动力下的下降速度和时间，测量 3 次，计算其平均值，判断是否符合

<5.3.7.2> b）的要求。

c) 以地面基站为圆心，在垂直距离 50 m 的测区中测定,使用机载测速传感器和计时 设备记录其最大动力下的水平速度和时间，测量 3 次，计算其平均值，判断是否 符合 5.3.7.2 c）的要求。

6.3.8 系留线缆性能验证

d) 检查系留线缆收放装置的防误插、耐老化、耐腐蚀、耐磨、绝缘等性能，结合 6.6、

6.8 的测试项目，判断是否符合 5.3.8 a）的要求。

a) 采用模拟实验法试验，系留无人机以最大起飞重量起飞，在一定高度稳定飞行且系 留无人机系统运行功率大于 1kw 时，分别读取地面和机载测量设备记录的以下功耗 并计算系留线缆功率损耗 ε :

ε=（W1-W2 ）/W1 （2）

T/CECS ×××××—20××

式中：

W1——总功耗（系留无人机系统和系留子系统的功耗之和），单位为千瓦（kw）； W2——运行功率（系留无人机系统的功耗），单位为千瓦（kw）。

测量 3 次，计算其平均值，判断线功率损耗 ε是否满足 5.3.8 b）的要求。

b) 检查系留线缆内部结构，验证是否可以通过系留线缆对无人机水平、垂直运动进行 有线控制，以满足 5.3.8 c）的要求

c) 目测并验证系留线缆是否具备被动发光功能。

6.3.9 地面基站性能验证

a) 目测地面基站的系留线缆存储收纳情况，启动地面基站的系留线缆收放装置，检查收 放线功能，判断是否符合 5.3.9 a）的规定。

b) 采用模拟试验法，标记系留线缆的初始位置，以步进电机驱动的卷盘模拟系留无人机 起降，启动步进电机、计时器和系留缆收放装置，卷盘以系留无人机最大上升速度卷 收系留线缆，同时系留缆收放装置开始放缆，放缆长度不少于 80m 后关闭步进电机， 读取计时器数值、同时标记系留线缆放线位置；同样的，同时启动步进电机驱动卷盘、 计时器和系留缆收放装置，使卷盘以系留无人机最高下降速度放缆，系留缆收放装置 收缆，收缆长度不少于 80m 后关闭步进电机。测量两次标记位置之间的长度，计算最 大放、收线缆速度。重复试验 3 次，计算其平均值，判断是否符合 5.3.9 b）的要求。

c) 目测地面基站的系留线缆收放次数累计显示功能，并模拟在达到预期寿命的 90%时，是 否开始进行声、光报警提示。

d) 在获取生产厂授权的情况下，模拟系留线缆更换，验证计时器是否有清零功能。

e) 在获取生产厂授权的情况下，读取地面基站中储存的关键数据，确认是否具备系留无 人机控制的黑匣子功能。

f) 目测地面基站是否内置 UPS，并验证在外接发电机或 UPS 异常断开时，提供的电能是否 能够满足系留无人机照明装置正常工作不少于 10min，且同时进行进行声、光报警。

g) 目测地面基站是否具有对外接提供能量的发电机油量或不间断电源（UPS）电池的电量 进行监控的功能，并在低于预设值时是否进行声、光报警。

h) 验证地面基站是否具备遥控模式、线控模式、跟随模式、系留限速模式等工作模式切 换功能。

i) 验证地面基站能接收后台的指挥信号，可否实现多机 (≥2 台）联动，能否将数据回传 到后台系统。

6.3.10 连续照明时间验证

a) 目测系统配置的持续供电的通用规格电压供电装置，为大功率 UPS 或发电机

b) 验证由发电机供电时，在保证系统持续不间断正常工作（无人机在一定高度悬停， LED 照明灯组、云台辅助照明额定功率输出），从起飞开启照明灯组开始计时，到 低电压报警时结束，记录正常工作时间，连续照明时间不少于 4 小时。

c) 验证由 UPS 电池组供电时，在保证系统持续不间断正常工作（无人机在一定高度悬 停，LED 照明灯组、云台辅助照明额定功率输出），从起飞开启照明灯组开始计时， 到低电压报警时结束，记录正常工作时间，连续照明时间不少于40min。

6.3.11 应急照明时间验证

T/CECS ×××××—20××

a) 采用模拟试验法，换装机载应急电池后，测试系统在应急工作模式（无人机在一定高 度悬停，LED 照明灯组为应急低功率输出），验证照明灯组的实际消耗功率是否大于 100W；

b) 从起飞开启照明灯组开始计时，到低电压报警时结束，记录应急工作时间，应急照 明时间不少于 10min；

c) 测量灯组在应急照明工作时，实际消耗功率值对应的光效值，是否不低于 15000lm。

6.4 气候环境耐受性能测试

6.4.1 耐低温性能测试

按5.4.1进行测试，应符合 GB/T 2423.1中第6章要求，判断试验结果是否符合。

6.4.2 耐高温性能测试

按5.4.2进行测试，应符合 GB/T 2423.2中第6章要求，判断试验结果是否符合。

6.4.3 恒定湿热性能测试

按5.4.3进行测试，应符合 GB/T 2423.3中第5章要求，判断试验结果是否符合。

6.4.4 抗风性能测试

按5.4.4进行测试，应符合GB/T 38930或T/SZUAVIA 009.2中相关内容，判断试验结果是 否符合。

6.5 机械环境耐受性能测试

6.5.1 耐振动性能测试

按5.5.1进行测试，应符合 GB/T 2423.10中附录 C 中的规定，判断试验结果是否符合。

6.5.2 跌落试验

按 5.5.2 进行测试，应符合 GB/T 4857.5 的规定，判断试验结果是否符合。

6.6 电气安全试验

6.6.1 绝缘性能试验

按5.6.1进行测试，应符合 GB 7000.1中第10.2.1 条规定，判断试验结果是否符合。

6.6.2 电气强度试验

按5.6.2进行测试，应符合 GB 7000.1中第10.2.2 条规定，判断试验结果是否符合。

6.7 电磁兼容性能试验

6.7.1 静电放电抗扰度试验

按5.7.1进行测试，应符合 GB/T 17626.2中第5章试验等级3的规定，判断试验结果是否 符合。

6.7.2 浪涌试验

T/CECS ×××××—20××

按5.7.2进行测试，应符合 GB/T 17626.5中第5章试验等级3的规定，电压保护水平应不 低于 2KV（线-线）和 4KV（线-地），判断试验结果是否符合。

6.8 使用可靠性试验

6.8.1 灯具耐久性试验

按5.8.1进行测试，应符合 GB/T 7000.1中第12.3条规定，判断试验结果是否符合。

6.8.2 防护等级试验

按 5.8.2 进行系留无人机照明装置各组成部分逐项验证，应符合 GB 4208 中表 1 和表 2

中的规定，判断试验结果是否符合。

6.8.3 系统可靠性试验

按 5.8.3 a）和 5.8.3 b）进行逐项验证，判断试验结果是否符合。

6.9 照明灯组性能试验

6.9.1 LED 照明灯组性能要求

具体测量方法见附录 A。

6.9.2 云台投光照明要求

按 5.9.2 进行测试，判断试验结果是否符合。

7 检验规则

产品检验分型式试验和出厂检验。

7.1 型式试验

7.1.1 产品在下列情况之一时，应进行型式试验：

a） 新产品定型鉴定或老产品转厂生产时；

b） 当产品在材料、结构或工艺等有重大改变，可能影响产品性能时；

c） 已停产三年以上再生产时；

d） 上级质量监督检验部门提出要求时。

7.1.2 型式试验项目应按照表 7 的规定执行

表 7 试验项目、技术要求试验类别

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 试验项目 | 技术要求 | 试验方法 | 试验类别 |
| 出厂试验 | 型式试验 |
| 1 | 外观及装配质量检验 | 5.2 | 6.2 | √ | √ |
| 2 | 自检功能 | 5.3.1 | 6.3.1 | √ | √ |

T/CECS ×××××—20××

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3 | 断电保护功能 | 5.3.2 | 6.3.2 | √ | √ |
| 4 | 视频传输功能 | 5.3.3 | 6.3.3 | √ | √ |
| 5 | 自主避障功能 | 5.3.4 | 6.3.4 |  | √ |
| 6 | 跟随功能 | 5.3.5 | 6.3.5 |  |  |
| 7 | 其它辅助功能 | 5.3.6 | 6.3.6 |  | √ |
| 8 | 飞行性能 | 5.3.7 | 6.3.7 |  | √ |
| 9 | 系留线缆性能要求 | 5.3.8 | 6.3.8 |  | √ |
| 10 | 地面基站性能要求 | 5.3.9 | 6.3.9 |  | √ |
| 11 | 连续照明时间 | 5.3.10 | 6.3.10 |  |  |
| 12 | 耐低温性能 | 5.4.1 | 6.4.1 |  | √ |
| 13 | 耐高温性能 | 5.4.2 | 6.4.2 |  | √ |
| 14 | 核定湿热性能 | 5.4.3 | 6.4.3 |  | √ |
| 15 | 抗风性能 | 5.4.4 | 6.4.4 |  | √ |
| 16 | 耐振动性能 | 5.5.1 | 6.5.1 |  | √ |
| 17 | 跌落试验 | 5.5.2 | 6.5.2 |  | √ |
| 18 | 绝缘性能 | 5.6.1 | 6.2.1 | √ | √ |
| 19 | 电气强度性能 | 5.6.2 | 6.2.2 | √ | √ |
| 20 | 静电抗扰度性能 | 5.7.1 | 6.7.1 |  | √ |
| 21 | 浪涌试验 | 5.7.2 | 6.7.2 |  | √ |
| 22 | 灯具耐久性和热试验 | 5.8.1 | 6.8.1 |  | √ |
| 23 | IP 防护等级试验 | 5.8.2 | 6.8.2 |  | √ |
| 24 | 系统可靠性要求 | 5.8.3 | 6.8.3 |  | √ |
| 25 | LED 照明灯组性能要求 | 5.9.1 | 6.9.1 |  | √ |
| 26 | 云台投光照明要求 | 5.9.2 | 6.9.2 |  | √ |

7.1.3 样品数量和试验方案

型式试验应从出厂检验合格的样品中随机抽取 1 套进行检验。

7.1.4 判定规则

a) 产品出厂检验项目和型式检验项目，需要全部指标合格，才能判定产品合格 ;

T/CECS ×××××—20××

b) 型式检验如出现不合格项，可加倍抽样对该项进行复验，如仍不合格，则判定型式 检验不合格。

7.2 出厂检验

7.2.1 产品应由制造厂质量检验部门逐台检验，所有项目全部合格方能出厂，并附产品合格 证；

7.2.2 出厂检验项目按表 7 的规定执行。

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

8.1.1 产品外壳上应有下列标志：

a) 产品型号名称 ;

b) 外壳防护等级；

c) 产品编号；

d) 制造厂名；

e) 公司标志；

f) 基本参数；

g) 光源类型及规格。

8.2 包装、运输、贮存

8.2.1 包装

产品的包装应符合 GB/T 12123 的规定。产品出厂时应予装箱， 以防止运输过程遭受损 坏，并有防潮、防尘措施。 产品的包装要适合于陆路、水路运输的要求。包装箱外壁应有 明显、耐久的文字标志，其内容应包括：

a) 产品型号名称 ;

b) 收货单位名称及地址；

c) 产品型号及名称；

d) 产品数量；

e) 包装箱的尺寸“长×宽×高 ”及毛重；

f) 向上、怕湿、小心轻放等文字 或符号。 随同产品供应的文件有：

a) 产品合格证 ;

b) 产品使用说明书。

8.2.2 运输

装备在运输过程中应有防雨雪侵袭的措施。

T/CECS ×××××—20××

8.2.3 贮存

装备应存放在空气流通、无滴水和液体侵袭， 温度-20～40℃, 相对湿度≤90%的仓库 中。在存放产品的周围环境中，不应含有破坏金属部件的腐蚀性气体。

T/CECS ×××××—20××

附 录 A

（规范性附录）

LED 照明灯组性能要求和测试

A.1 通则

A.1.1 测试作业面

测试作业面以50m半径为水平面做测试作业面，无人机位于中间位置进行起飞测试，高 度每10m一个测试点，水平面每10m一个测试点。

A.1.2 测量条件

a) 测试样机充满电，并运转 30min 后再进行测试；

b) 照明测量应在没有天然光和其他非被测光源影响下进行；

c) 测试过程中应排除杂散光射入光接收器，并应防止各类人员和物体对光接收器造成 遮挡；

A.1.3 作业面照明标准值的规定

作业面的照明标准值应符合 GB 50582第5.7.1条中表5.7.1“断路器的操作箱 ”的规定， 具体见表6。

A.1.4 测试点布置

按照A.1.1测试作业面要求， 按中心布点法布置测试点，应满足下列要求：

a) 测试现场以 50m 为半径中心， 以中心为基准起点，作业面水平方向每距离 10m 为 一个测试点，最大水平距离为 50m；

b) 垂直作业面按照垂直距离来选定，从 10m 开始，每升 10m 为 1 个测试点，最大垂直 作业面为该款系留无人机的最大系留飞行高度。

A.2 LED 照明灯组性能要求

A.2.1 水平照度要求

取对应作业面水平照度值为15 lx的位置和光源中心点直线距离为最大距离Rn ，测算此 时的有效覆盖面积S ，即为有效照明范围，如图3。

S = πR2 （3）

T/CECS ×××××—20××

图3 无人机照明灯组照度测试位置示意图

A.2.2 水平照度均匀度的要求

水平照度均匀度为作业面的最小照度和平均照度之比，要求不低于0.25。

图4 无人机照明灯组水平照度均匀度测试位置示意图

T/CECS ×××××—20××

A.2.3 显色指数要求

有要求识别安全色的场所，其照明光源的显色指数Ra不应低于20。

A.3 LED 照明灯具性能试验

A.3.1 测量条件

a) 测试样机充满电，并运转 10min 后再进行测试；

b) 照明测量应在没有天然光和其他非被测光源影响下进行；

c) 测试过程中应排除杂散光射入光接收器，并应防止各类人员和物体对光接收器造成 遮挡；

A.3.2 LED 照明灯组水平照度试验

依据 A.2.1 试验要求，实测相应垂直高度作业面的水平照度值，并计算相应的有效照明 范围 S。

A.3.3 平均照度的测量和计算

a) 测试现场以 50m 为半径中心，以中心为基准起点，工作面水平方向每距离 10m 为一个测 试点，最大水平距离为 50m ;

b) 垂直工作面按照垂直距离来选定，从 10m 开始，每升高 10m 为 1 个测试点，最大垂直工 作面距离为 50m 或 100m ;

c) 如图 3，以 50m 为半径，测试点围绕圆心进行顺时针移动，每 10m 一个测试点，测试同 一垂直 照度下，有效面积内的照明均匀度。

d) 根据图 2 的测点布置 ，使用照度测试仪进行逐点测量工作面照度 ，并记录为 Ei （i=1,2，...，n）

e) 测量时，照度计先用大量程档数，然后根据指示值的大小逐渐找到合适的档数，原则上 不允许 指示值在最大量程 1/10 范围内读数。照度示值稳定后再读数。要防止测试人员或 其他因素对照明 接收器的影响，数字式照度计显示的读数，最后一位有时不稳定，应该记 录出限次数较多的数字。 根据图 3 计算平均照度 Eav：



（4）

A.3.4 照明灯组水平照度均匀度计算

依据 A.2.1 要求，根据实测和计算出的垂直高度作业面平均照度值，及该垂直高度作业 面测量的最小照度，计算出相应垂直高度作业面的水平照度均匀度，判断试验结果是否符合。

A.3.5 显色指数测量

依据 A.2.2 要求，测量光源的显色指数值，判断试验结果是否符合。