

**基于立体巡检体系的无人机装备在智能巡检作业中的综合示范应用**

**无人机巡检工作规范**

架空输电线路无人直升机巡检系统

**国网天津检修公司**

**二零一八年五月**

**目录**

[1 范围 3](#_Toc514657575)

[2 规范性引用文件 3](#_Toc514657576)

[3 术语和定义 4](#_Toc514657577)

[4 系统分类 6](#_Toc514657578)

[6 功能要求 7](#_Toc514657579)

[7 技术指标要求 11](#_Toc514657580)

[8 其他要求 16](#_Toc514657581)

[9 检测试验内容 17](#_Toc514657582)

[附录A （规范性附录） 中型无人直升机巡检系统内部集成要求 23](#_Toc514657583)

[附录B （资料性附录） 无人直升机巡检系统移交资料 34](#_Toc514657584)

[编制说明 36](#_Toc514657585)

# 1 范围

本标准规定了中型和小型架空输电线路无人直升机巡检系统的系统组成，需要达到的功能要求、技术指标要求、其他要求以及所需进行的检测试验内容。

本标准适用于交、直流架空输电线路无人直升机巡检系统。

# 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 4208 外壳防护等级(IP代码)

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 25480 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法

GB/T 2423.1 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 2423.5 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击

GB/T 2423.8 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ed：自由跌落

GB/T 2423.10 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 2423.21 电工电子产品环境试验　第2部分：试验方法 试验M：低气压

GB/T 2423.22 电子电工产品环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化

GB/T 2423.38 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验R：水试验方法和导则

QCT 743 电动汽车用锂离子蓄电池

# 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 任务载荷 mission payload

搭载在无人直升机上，为完成检测、采集和记录架空输电线路信息等特定任务功能的设备或装置。

3.2 航行灯 na3viagation light

无人直升机巡检系统上用以表示自身位置和运动方向的信号灯。

3.3 机载追踪器 airborne tracker

不依赖于机载电源和数传电台工作，能通过定时自动或受控应答方式与工作人员取得联系，确定无人机所在位置信息的机载设备。

3.4 飞行数据记录仪 flight data recorder

安装在无人机上，用于记录系统工作状况和引擎工作参数等飞行数据的设备。

3.5 全自主起降 automatic takeoff and landing

无人直升机无需人工操作，能按照预先设置的指令自动完成起飞、着陆任务。

3.6 手动飞行模式 manual flight

无人直升机不依赖导航定位系统，不受飞控系统闭环控制的飞行模式。

3.7 增稳飞行模式 augmentation flight

导航定位系统不参与控制，飞行控制系统控制无人直升机飞行姿态，操作人员控制速度、航向、高度等的飞行模式。

3.8 全自主飞行模式 automatic flight

无人直升机完全由飞控系统闭环控制的飞行模式。

3.9 [红外热图 infrared thermography](http://xuewen.cnki.net/R2009010190003244.html)

将红外辐射能转换为相应的电讯号显示出的可见图象。

3.10 手动拍照 manual photo

需要人工操控地面站控制系统下达拍照指令完成的拍照任务。

3.11 自动程序拍照 automatic photo

无需人工操作，可按照预设程序（包括地理坐标、拍摄角度、时间间隔等）对巡检目标完成拍照。

3.12 步进拍照 stepping photo

无需人工操作，任务设备可按照预设程序对巡检目标完成扫描拍照的功能。

3.13 机头重定向 nose redirection

对无人机机头朝向进行重新指定，无论无人机机头指向何方，均能按手柄或按键的操控方向飞行。

3.14 一键返航 a key to return

不论无人机处于何种飞行状态，只要操作人员通过地面控制站或遥控手柄上的特定功能键（按钮）启动该功能，无人机应中止当前任务，按预先设定的策略返航。

# 4 系统分类

4.1 中型无人直升机指空机质量大于7kg且小于等于116kg的无人直升机，一般是单旋翼带尾桨式无人直升机，适用于中等距离的多任务精细化巡检。

4.2小型无人直升机指空机质量小于等于7kg的无人直升机，一般是电动多旋翼无人机，适用于短距离的多方位精细化巡检和故障巡检。

5 [系统组成](#_Toc355794024)

5.1 无人直升机巡检系统应包括无人直升机分系统、任务载荷分系统和综合保障分系统。

5.2 无人直升机分系统

5.2.1 无人直升机分系统包括无人直升机平台、通讯系统和地面站系统。

5.2.2 无人直升机平台包括无人机本体和飞行控制系统，无人直升机平台应装有航行灯、机载追踪器和飞行数据记录仪。

5.2.3 通讯系统包括数据传输系统和视频传输系统。

5.2.4 无人直升机巡检系统的地面站系统包括硬件设备、飞行控制软件和检测软件等。

5.3 任务载荷分系统

5.3.1 任务载荷分系统包括任务设备和地面显控单元。

5.3.2 中型无人直升机巡检系统的任务设备应为光电吊舱。

5.3.3 小型无人直升机巡检系统的任务设备可为光电吊舱，也可为云台搭载可见光、红外成像等设备。

5.4 综合保障分系统

5.4.1 综合保障分系统一般包括供电设备、动力供给（燃料或动力电池）、风速仪和频谱仪等专用工具、备品备件和车辆等。

5.4.2 中型无人直升机巡检系统需配备专用车辆，小型无人直升机巡检系统可根据具体需要配备储运车辆。

# 6 [功能要求](#_Toc355794025)

6.1 通用部分

6.1.1 飞行功能

飞行功能满足以下要求：

1. 应具备全自主起降功能。
2. 一般应具备手动、增稳和全自主三种飞行模式，三种飞行模式应能自由切换。
3. 飞行状态和任务模式可灵活设置，设置内容包括但不限于飞行航线、高度、速度，起飞和降落方式，安全策略等，且在地面站上应有参数设置界面。
4. 应具备任务规划功能，一般宜具备在飞行过程中实时修改航路点的功能。
5. 飞行任务可保存，支持重复调用和编辑。
6. 应具备一键返航功能。

6.1.2 通讯功能

通讯功能满足以下要求：

1. 应能实现无人直升机分系统测控数据的上传和下传。
2. 应能实现任务载荷分系统测控数据的上传和下传。
3. 在通讯链路不中断的情况下具有实时视频传输功能。

6.1.3 任务功能

任务功能满足以下要求：

1. 应能对电力设备进行高清可见光拍照和摄像。
2. 可见光检测设备应具备自动对焦功能，宜具备遥控变焦功能。
3. 红外检测设备应具备自动对焦功能，可获取热图数据，具备伪彩显示功能，应能实时显示影像中温度最高点位置及温度值。
4. 可见光图片、视频及红外热图数据应能在任务设备中存储。
5. 应能记录图像获取的时间和位置信息。

光电吊舱（云台）应具备水平和俯仰转动功能。

6.1.4 地面显示功能

地面显示功能满足以下要求：

1. 应具备地图导入及显示功能，且预设航线、飞行航迹和机头指向等应能在地图中显示。
2. 应能显示和记录飞行状态、发动机（电机）状态、通讯状态等遥测参数。
3. 应采用高亮显示屏，在户外阳光下应能清晰显示。
4. 飞行数据可在线记录，具备飞行日志数据下载和分析工具。
5. 人机交互界面应为中文界面。

6.1.5 安全保护功能

安全保护功能满足以下要求：

1. 应具有自检功能，自检项目应至少包括：飞行控制模块、电池电压值、发动机（电机）工况、遥控遥测信号等。以上任一部件故障，均能进行声、光报警，并且系统锁死，无法起飞。根据报警提示，应能确定故障部件。
2. 应具备飞行状态、通讯状态、发动机（电机）状态等参数越限告警功能，报警方式应为声、光报警。
3. 应具备安全控制策略，包括返航策略和应急降落策略。返航策略应至少包括原航线返航和直线返航。可对返航触发条件（通讯中断、油/电量不足等）、飞行速度、高度、航线等进行设置。

6.2 专用部分

6.2.1 中型无人直升机巡检系统

中型无人直升机巡检系统满足以下要求：

1. 中型无人直升机巡检系统宜具备可替换的可见光和红外机载吊舱，替换操作应简便，能在工作现场完成。
2. 宜具备巡检任务界面和飞行控制界面分屏显示的功能。
3. 光电吊舱应具有陀螺增稳和步进拍照功能。
4. 中型无人直升机巡检系统应装有左红、右绿、尾白的航行灯。
5. 巡检目标与图像、视频应建立对应关系，在可见光图像中可标识出杆塔号及线路名称等信息。
6. 应支持航路点信息的批量导入和导出。

6.2.2 小型无人直升机巡检系统

小型无人直升机巡检系统满足以下要求：

1. 应具有机头重定向功能。
2. 机载云台应具有陀螺增稳功能。
3. 无人机外壳宜选用绝缘材料。
4. 应装有航行灯，用于显示机头朝向，表示不同飞行状态或警示作用。机头应有明显标识。

# 7 技术指标要求

7.1 中型无人直升机巡检系统

7.1.1 环境适应性

环境适应性满足以下要求：

1. 存储温度范围：-20℃～+65℃。
2. 工作温度范围：-20℃～+55℃。
3. 相对湿度：≤95%(+25℃) 。
4. 抗风能力≥10m/s（距地面2m高，瞬时风速）。
5. 抗雨能力：能在小雨（12小时内降水量小于5mm的降雨）环境条件下短时飞行。

7.1.2 飞行性能

飞行性能满足以下要求：

1. 巡检实用升限（满载，一般地区）≥2000m（海拔）。
2. 巡检实用升限（满载，高海拔地区）≥3500m（海拔）。
3. 续航时间（满载，经济巡航速度）≥50min。
4. 悬停时间≥30min。
5. 最大爬升率≥3m/s。
6. 最大下降率≥3m/s。

7.1.3 重量指标

重量指标满足以下要求：

1. 空机质量：7～116kg，正常任务载重（满油）一般大于10kg。

7.1.4 航迹控制精度

航迹控制精度满足以下要求：

1. 水平航迹与预设航线误差≤5m。
2. 垂直航迹与预设航线误差≤5m。

7.1.5 通讯

通讯满足以下要求：

1. 数传延时≤80ms，误码率≤1×10-6。
2. 传输带宽≥2M，图传延时≤300ms。
3. 距地面高度60米时最小数传通讯距离≥5km。
4. 距地面高度60米时最小图传通讯距离≥5km。

7.1.6 任务载荷

任务载荷满足以下要求：

1. 可见光图像检测效果要求：在距离目标50m处获取的可见光图像中可清晰辨识3mm的销钉级目标。
2. 高清可见光摄像机帧率不小于24Hz；支持数字及模拟信号输出，支持高清及标清格式；连续可变视场。
3. 红外热像仪分辨率不小于640×480像素；热灵敏度不大于100mK；输出信号制式PAL；在距离目标50m处，可清晰分辨出发热点。
4. 吊舱回转范围方位：n×360°；俯仰：+20°～-90°。
5. 吊舱回转方位和俯仰角速度：≥60°/s。
6. 吊舱稳定精度 ≤100μrad（RMS）。
7. 机载存储应采用插拔式存储设备，存储空间不小于64GB。

7.1.7 地面展开时间、撤收时间

地面展开时间、撤收时间满足以下要求：

1. 地面展开时间≤30min。
2. 撤收时间≤15min。

7.1.8 平均无故障间隔时间MTBF≥50h。

7.1.9 整机寿命≥500h。

7.1.10 编辑飞行航点≥200个。

7.2 小型无人直升机巡检系统

7.2.1 环境适应性

环境适应性满足以下要求：

1. 存储温度范围：-20℃～+65℃。
2. 工作温度范围：-20℃～+55℃。
3. 相对湿度：≤95%(+25℃)。
4. 抗风能力≥10m/s（距地面2m高，瞬时风速）。
5. 抗雨能力：能在小雨（12小时内降水量小于5mm的降雨）环境条件下短时飞行。

7.2.2 飞行性能

飞行性能满足以下要求：

1. 巡检实用升限（满载，一般地区）≥3000m（海拔高度）。
2. 巡检实用升限（满载，高海拔地区）≥4500m（海拔高度）。
3. 悬停时间≥20min（满载）。
4. 最大爬升率≥3m/s。
5. 最大下降率≥3m/s。

7.2.3 重量指标

重量指标满足以下要求：

1. 不含电池、任务设备、云台的空机质量≤7kg。

7.2.4 飞行控制精度

飞行控制精度满足以下要求：

1. 地理坐标水平精度小于1.5m。
2. 地理坐标垂直精度小于3m。
3. 正常飞行状态下，小型无人直升机巡检系统飞行控制精度水平小于3m。
4. 正常飞行状态下，小型无人直升机巡检系统飞行控制精度垂直小于5m。

7.2.5 通讯

通讯满足以下要求：

1. 数传延时≤20ms，误码率≤1×10-6。
2. 传输带宽≥2M（标清），图传延时≤300ms。
3. 距地面高度40m时数传距离不小于2km。
4. 距地面高度40m时图传距离不小于2km。

7.2.6 任务载荷

任务载荷满足以下要求：

1. 可见光传感器的成像照片应满足在距离不小于10m处清晰分辨销钉级目标的要求。有效像素不少于1200万像素。
2. 红外传感器的影像应满足在距离10m处清晰分辨发热故障。分辨率不低于640×480；热灵敏度不低于50mK；测温精度不低于2K；测温范围-20℃～+150℃。
3. 可视范围应保证水平-180°～+180°，同时俯仰角度范围-60°～+30°。
4. 机载存储应采用插拔式存储设备，存储空间不小于32GB。

7.2.7 地面展开时间、撤收时间

地面展开时间、撤收时间满足以下要求：

1. 地面展开时间≤5min。
2. 撤收时间≤5min。

7.2.8 平均无故障工作间隔时间MTBF≥50h。

7.2.9 整机寿命≥500飞行小时或1000个架次（以先到者为准）。

7.2.10 可编辑飞行航点≥50个。

# 8 其他要求

8.1 中型无人直升机巡检系统最小起降场地面积应不超过5m×5m，小型无人直升机巡检系统最小起降场地面积应不超过2m×2m，起降场地周边净空环境满足安全起降要求。

8.2 无人直升机巡检系统所有部件均应能够满足GB/T 25480的要求。

8.3 任务设备、电池及配套使用工具等均应装箱储运，便于携带运输。

8.4 连接接头应具有良好的外绝缘强度、各触点间导通性良好，接头连接牢固、可靠，应具备防误插功能，满足长时间连续使用的需要。

8.5 电池循环寿命应不小于300次，0℃～﹢45℃应能正常充电，在充电及储运状态下应有防爆、阻燃等安全措施。电池宜有固定卡槽，固定于机身上，电源接口宜采用防火花接头。电池（包括飞控电池、舵机电池、任务设备电池以及地面站电池等）单次使用时间应大于相应机型的续航时间。

8.6 中型无人直升机油箱应具备一定的抗冲击性和防腐蚀性，宜有油量指示。

8.7 中型无人直升机分系统应能与任务载荷分系统集成。中型无人直升机巡检系统集成要求见附录A。

8.8 无人直升机巡检系统应配备飞行模拟仿真培训系统以及培训教材等，所用语言应采用中文。

8.9 无人直升机巡检系统的移交资料参见附录B。

# 9 检测试验内容

表1和表2分别列出了中、小型无人直升机巡检系统型式试验和出厂检验的检测内容和试验方法参照标准。

表1　中型无人直升机巡检系统检测试验内容

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 型式试验 | 出厂检验 | 检测对象 | 试验方法参考标准 |
| 1 | 外观及尺寸测量 | ● | ● | 无人直升机分系统、  任务载荷分系统 |  |
| 2 | 重量测量 | ● | ● | 无人直升机分系统、  任务载荷分系统 |  |
| 3 | 输出电压稳定性测试 | ● | ● | 无人直升机分系统 | ※ |
| 4 | 电压适应性测试 | ● | ● | 任务载荷分系统 | ※ |
| 5 | 输出功耗测试 | ● | ● | 无人直升机分系统 | ※ |
| 6 | 功耗测试 | ● | ● | 任务载荷分系统 | ※ |
| 7 | 高低温贮存试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统、  任务载荷分系统 | GB/T 2423.1 |
| 8 | 高低温工作试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统、  任务载荷分系统 | GB/T 2423.1 |
| 9 | 湿热试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统、  任务载荷分系统 | GB/T 2423.1 |
| 10 | 冲击试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统、  任务载荷分系统 | GB/T 2423.5 |
| 11 | 跌落试验（带包装） | ● | ○ | 无人直升机分系统、  任务载荷分系统 | GB/T 2423.8 |
| 12 | 振动试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统、  任务载荷分系统 | GB/T 2423.10 |
| 13 | 低气压试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统、  任务载荷分系统 | GB/T2423.21 |
| 14 | 淋雨试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统 | GB 4208 |
| 15 | 温度变化试验 | ● | ○ | 任务载荷分系统 | GB/T2423.22 |
| 16 | 电磁兼容测试试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统、任务载荷分系统、整套系统 | GB/T 17626.03 |
| 17 | 任务编辑试验 | ● | ● | 无人直升机分系统 | ※ |
| 18 | 自检试验 | ● | ● | 无人直升机分系统 | ※ |
| 19 | 全自主起降试验 | ● | ● | 无人直升机分系统 | ※ |
| 20 | 飞行模式验证及切换试验 | ● | ● | 无人直升机分系统 | ※ |
| 21 | 三维程控飞行试验 | ● | ● | 无人直升机分系统 | ※ |
| 22 | 安全策略试验 | ● | ● | 无人直升机分系统 | ※ |
| 23 | 巡航速度测试试验 | ● | ● | 无人直升机分系统 | ※ |
| 24 | 抗风能力试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统 | ※ |
| 25 | 淋雨试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统 | GB/T 2423.38 |
| 26 | 巡航时间测试试验 | ● | ● | 无人直升机分系统 | ※ |
| 27 | 测控距离测试试验 | ● | ● | 无人直升机分系统 | ※ |
| 28 | 最大起飞重量测试试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统 | ※ |
| 29 | 任务载重测试试验 | ● | ● | 无人直升机分系统 | ※ |
| 30 | 软件测试试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统 | ※ |
| 31 | 可见光检测效果试验 | ● | ● | 任务载荷分系统 | ※ |
| 32 | 红外光检测效果试验 | ● | ● | 任务载荷分系统 | ※ |
| 33 | 吊舱旋转角度范围  测试试验 | ● | ● | 任务载荷分系统 | ※ |
| 34 | 吊舱回转速率  测试试验 | ● | ● | 任务载荷分系统 | ※ |
| 35 | 稳定精度测试试验 | ● | ● | 任务载荷分系统 | ※ |
| 36 | 跟踪精度测试试验 | ● | ● | 任务载荷分系统 | ※ |
| 37 | 电池充放电次数试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统、  任务载荷分系统 | QCT 743 |
| 38 | 电池放电特性试验  （-20℃～+60℃） | ● | ○ | 无人直升机分系统、  任务载荷分系统 | QCT 743 |
| 39 | 电池安全试验 | ● | ○ | 无人直升机分系统、  任务载荷分系统 | QCT 743 |
| 备注 | ● 表示规定必须做的项目；○表示规定可不做的项目；※表示相关标准，另行规定。 | | | | |

表2　小型无人直升机巡检系统的检测试验内容

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 型式试验 | 出厂检验 | 试验方法参考标准 |
| 1 | 外观及尺寸测量 | ● | ● |  |
| 2 | 重量测量 | ● | ● |  |
| 3 | 高低温贮存试验 | ● | ○ | GB/T 2423.1 |
| 4 | 高低温工作试验 | ● | ○ | GB/T 2423.1 |
| 5 | 湿热试验 | ● | ○ | GB/T 2423.1 |
| 6 | 跌落试验（带包装） | ● | ○ | GB/T 2423.8 |
| 7 | 振动试验 | ● | ○ | GB/T 2423.10 |
| 8 | 低气压试验 | ● | ○ | GB\_T2423.21 |
| 9 | 温度变化试验 | ● | ○ | GB/T2423.22 |
| 10 | 淋雨试验 | ● | ○ | GB 4208  GB/T 2423.38 |
| 11 | 抗风能力试验 | ● | ○ | ※ |
| 12 | 电磁兼容测试试验 | ● | ○ | GB/T 17626.03 |
| 13 | 任务编辑试验 | ● | ● | ※ |
| 14 | 自检试验 | ● | ● | ※ |
| 15 | 全自主起降试验 | ● | ● | ※ |
| 16 | 飞行模式验证及切换试验 | ● | ● | ※ |
| 17 | 三维程控飞行试验 | ● | ● | ※ |
| 18 | 安全策略试验 | ● | ● | ※ |
| 19 | 最大平飞速度测试试验 | ● | ○ | ※ |
| 20 | 最大巡航时间测试试验 | ● | ● | ※ |
| 21 | 测控距离测试试验 | ● | ● | ※ |
| 22 | 最大起飞重量测试试验 | ● | ○ | ※ |
| 23 | 任务载重测试试验 | ● | ○ | ※ |
| 24 | 软件测试试验 | ● | ○ | ※ |
| 25 | 可见光检测效果试验 | ● | ● | ※ |
| 26 | 红外光检测效果试验 | ● | ● | ※ |
| 27 | 任务设备旋转角度范围测试试验 | ● | ● | ※ |
| 28 | 吊舱回转速率测试试验 | ● | ● | ※ |
| 29 | 电池充放电次数试验 | ● | ○ | QCT 743 |
| 30 | 电池放电特性试验  （-20℃～+60℃） | ● | ○ | QCT 743 |
| 31 | 电池安全试验 | ● | ○ | QCT 743 |
| 32 | ● 表示规定必须做的项目；○表示规定可不做的项目；※表示相关标准，另行规定。 | | | |
| 33 |  | | | |

# 附录A （规范性附录） 中型无人直升机巡检系统内部集成要求

1 总则

本规约适用于国家电网公司输电线路巡检用中型无人直升机和任务吊舱的适配。本规约对中型无人直升机和任务吊舱配装所涉及的机械、电气和通讯等接口进行了规定，在保证各项性能指标的基础上，充分考虑了规范化、通用性、可靠性。中型无人直升机厂商和任务吊舱厂商均须按照本规约规定的适配接口协议执行。

2 术语及定义

2.1中型无人直升机系统：具有垂直起降、自主飞行和通讯功能的无人机系统，由中型无人直升机和地面控制站组成。

2.2任务吊舱：可固定安装于无人直升机且具备图像获取、陀螺增稳等功能的检测装置，由机载吊舱和地面显控单元组成。

2.3载机：可搭载任务吊舱的中型无人直升机。

2.4安装支架：用于紧固连接载机和任务吊舱的结构架。

2.5安装面：吊舱安装支架与载机紧固连接点形成的平面。

2.6上行报文：吊舱地面显控单元通过无人机系统提供的透明串口传输至机载吊舱的报文。

2.7下行报文：机载吊舱通过无人机系统提供的透明串口传输至吊舱地面显控单元的报文。。

2.8地理信息报文：载机向机载吊舱发送的包含地理位置信息的报文。

3 机械接口规约

3.1 安装空间适配

3.1.1载机应提供足够的安装空间，安装面距离地面不小于520mm（确保吊舱在载机上安装后最下端离地面高度不得小于140mm），安装支架的安装空间不小于250mm×250mm，允许转塔回转空间直径不小于270mm。

3.1.2吊舱体回转直径不大于250mm，总高度不大于400mm，吊舱高出安装面以上部分不得大于20mm。

参见图1。



图1 单光源吊舱外形图

3.2 重量适配

3.2.1 载机的飞行有效载荷应不小于10Kg。

3.2.2单光源吊舱重量不大于7Kg（包括安装支架、无角位移减震器、紧固金具、数据存储设备、电缆等）。

3.3 连接方式

安装支架采用4个M5螺钉、弹簧垫片（或螺纹锁止胶）与载机连接安装，4个M5螺钉等安装。参见示意图2。

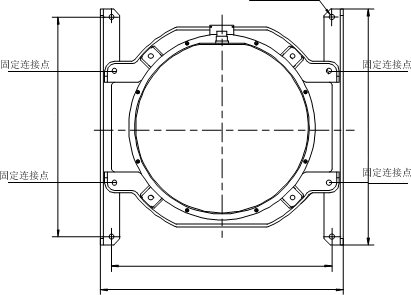


图2 单光源吊舱安装及支架外形尺寸图

3.4 电缆安装

电缆走线应充分考虑安装及检查的易操作性，布置于吊舱的侧边。为保护电缆不发生折断和安装的便捷性，电缆安装不应与安装支架、载机等干涉。

3.5 装卸时间

载机与任务吊舱的安装对接应方便、快捷，吊舱挂载或卸载时间不大于0.5小时。

4 电源接口规约

4.1电压适配

4.1.1 载机供电电压为直流28伏±15%，纹波系数小于3%。

4.1.2 吊舱适应电压范围为直流28伏±20% ，允许纹波系数3%。

4.2功率适配

4.2.1载机供电峰值功率应不小于80瓦，持续功率不小于60瓦。

4.2.2任务吊舱的峰值功率应不大于70瓦，持续功率不大于55瓦。

5 通讯接口规约

5.1 控制接口

5.1.1 控制接口采用RS422全双工串口，用于接收控制命令和发送遥测信息。接插件形式见第六部分。

5.1.2无人机地面控制站与吊舱显控单元控制接口采用9600bps通讯波特率。字节定义为每字节8个数据位，1个起始位，1个停止位、无奇偶校验，具体报文规约见5.1.4.1和5.1.4.2。

5.1.3机载飞控需向机载吊舱提供地理信息报文，控制接口采用9600bps通讯波特率。字节定义为每字节8个数据位，1个起始位，1个停止位、无奇偶校验，具体报文规约见5.1.4.3。

5.1.4报文规约

本规约规定的报文中每个字节的发送顺序为：高位先发。

5.1.4.1上行报文

a)周期：事件发送（操控杆控制有效状态下T = 80ms）。

b)上行报文长度：1帧报文由32字节组成。

c)上行字节定义如图3所示。



图3 上行报文字节示意图

d)上行报文内容定义如表1所示。

表1 上行报文格式定义

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Byte | 数据格式 | 描述 |
| 0 | 十六进制 | 53H(帧头标识符) |
| 1 | 十六进制 | 47H(帧头标识符) |
| 2-29 | 自定 | 自用 |
| 30 | 十六进制 | 00H(帧尾结束符) |
| 31 | 十六进制 | 校验和=∑iByte（i =0～30） |

（注：如在数据帧中出现了和帧头或帧尾相同的字符，必须进行转译）。

5.1.4.2 下行报文

a)周期： T = 80ms。

b)下行报文长度：1帧报文由20字节组成。

c)下行报文字节定义如图4所示。



图4 下行报文字节示意图

d)下行报文内容定义如表2所示。

表2 下行报文内容定义

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Byte | 数据格式 | 描述 |
| 0 | 十六进制 | 53H（帧头） |
| 1 | 十六进制 | 47H （帧头） |
| 2-16 | 自定 | 自用 |
| 17 | 自定 | 备用 |
| 18 | 十六进制 | 00H（帧尾结束符） |
| 19 | 十六进制 | 校验和=∑i Byte（i =0～18） |

(注：如在数据帧中出现了和帧头或帧尾相同的字符，必须进行转译。)

5.1.4.3地理信息通讯报文

a)周期：发送地理信息（T=0.5s）。

b)报文长度：1帧报文由40字节组成。

c)字节定义如图5所示。



图5 报文字节示意图

d)地理信息报文内容定义如表3。

表3 地理信息报文格式定义

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Byte | 数据格式 | 描述 |
| 0 | 十六进制 | 53H（帧头） |
| 1 | 十六进制 | 67H（帧头） |
| 2-5 | 有符号整型数 | 经度，比例系数1.00E-07，单位：度 |
| 6-9 | 有符号整型数 | 纬度，比例系数1.00E-07，单位：度 |
| 10-11 | 无符号整型数 | 速度，单位：毫米/秒 |
| 12-14 | 有符号整型数 | 海拔高度，单位：毫米 |
| 15-17 | 有符号整型数 | 载机滚转角度：向右滚转为正，向左滚转为负，单位：微弧度 |
| 18-20 | 有符号整型数 | 载机俯仰角度：向后俯仰为正，向前俯仰为负，单位：微弧度 |
| 21-23 | 有符号整型数 | 载机航角度：正北为0，向东为正，向西为负，单位：微弧度 |
| 24 | 无符号整型数 | 年（YY） |
| 25 | 无符号整型数 | 月（MM） |
| 26 | 无符号整型数 | 日（DD） |
| 27 | 无符号整型数 | 小时（24时） |
| 28 | 无符号整型数 | 分 |
| 29 | 无符号整型数 | 秒 |
| 30-37 | 自定 | 备用 |
| 38 | 十六进制 | 00H(帧尾结束符) |
| 39 | 十六进制 | 校验和=∑iByte（i =0～38） |

（注：如在数据帧中出现了和帧头或帧尾相同的字符，必须进行转译)。

5.2 视频接口

5.2.1 标清视频制式：PAL。

5.2.2红外视频制式：PAL。

5.3 图像数据接口

图像数据接口主要用于下载已采集的图像数据的，考虑可靠性和使用寿命等条件，可采用插拔存储介质（如SD卡等）用于存储可见光相机、红外热像仪存储的热图数据。

6 电气接插件规格

6.1吊舱与飞机之间连接电缆由吊舱厂家提供，采用J599系列航空电连接器。吊舱端采用J599/24FC35PN，电缆端采用J599/26FC35SN。

6.2 吊舱供电电源由飞机提供，且能保证吊舱连续工作1小时以上。

6.3 接插芯功能定义见表4。

表4 接插芯功能定义

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 芯号 | 定义 | 备注 |
| 1 | 视频1芯线 | 可见光视频 |
| 2 | 视频1地 | 可见光视频 |
| 3 | 视频2芯线 | 红外视频 |
| 4 | 视频2地 | 红外视频 |
| 5 | 数字地 |  |
| 6 | RS422吊舱发送+ |  |
| 7 | RS422吊舱发送- |  |
| 8 | RS422吊舱接收+ |  |
| 9 | RS422吊舱接收- |  |
| 10 | 数字地 |  |
| 11 | 备用 |  |
| 12 | 备用 |  |
| 13 | 备用 |  |
| 14 | +28V电源 |  |
| 15 | +28V电源 |  |
| 16 | +28V电源 |  |
| 17 | +28V电源 |  |
| 18 | 电源地 |  |
| 19 | 电源地 |  |
| 20 | 电源地 |  |
| 21 | 电源地 |  |
| 22 | 备用 |  |

# 附录B （资料性附录） 无人直升机巡检系统移交资料

无人直升机巡检系统的移交资料包括但不限于下表1中规定的内容。

表1 移交资料目录列表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 数量 | 备注 |
| 1 | 装箱清单表 | 1份 |  |
| 2 | 技术规格书 | 2份 | 包括但不限于型号、结构、技术参数、执行标准等 |
| 3 | 操作手册 | 2份 |  |
| 4 | 维护手册 | 2份 |  |
| 5 | 备品备件清单 | 1份 |  |
| 6 | 随机工具和仪器清单 | 1份 |  |
| 7 | 出厂检验报告 | 1份 |  |
| 8 | 出厂合格证 | 1份 |  |
| 9 | 系统软硬件版本信息表 | 1份 |  |
| 10 | 故障记录表 | 1份 |  |
| 11 | 维护记录表 | 1份 |  |

架空输电线路无人直升机巡检系统

# 编制说明

**目录**

[一、编制背景 38](#_Toc514406229)

[二、编制主要原则 38](#_Toc514406230)

[三、与其他标准的关系 38](#_Toc514406231)

[四、主要工作过程 39](#_Toc514406232)

[五、标准结构和内容 41](#_Toc514406233)

[六、条文说明 41](#_Toc514406234)

# 一、编制背景

本标准依据《国家电网公司关于下达2014年度公司技术标准制修订计划的通知》（国家电网科[2014]64号文）的要求编写。

架空输电线路无人直升机巡检系统分为中型和小型，其系统组成、功能要求、技术指标要求、其他要求以及所需进行的检测试验内容等均有区别，有必要制定一部关于无人直升机巡检系统的规范，用以指导无人直升机巡检系统的研发、制造、安全巡检及规范检测。

# 二、编制主要原则

（1）本标准以现有各类型无人直升机巡检系统的功能和性能为基础，结合国家电网公司协同巡检应用，考虑5年内无人机巡检系统的技术发展和应用需求进行编制；

（2）本标准适用于国家电网公司架空输电线路无人直升机巡检工作，保障无人直升机巡检系统工作的效率、效果和安全；

（3）标准编制工作以理论结合实际为原则，广泛征求生产厂家建议，调研应用需求，以工程实践和试验测试数据为基础，提出科学合理的技术指标。

# 三、与其他标准的关系

本标准的制定过程主要依据和参考文献如下：

GB 4208 外壳防护等级(IP代码)

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 25480 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法

GB/T 2423.1 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 2423.5 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击

GB/T 2423.8 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ed：自由跌落

GB/T 2423.10 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 2423.21 电工电子产品环境试验　第2部分：试验方法 试验M：低气压

GB/T 2423.22 电子电工产品环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化

GB/T 2423.38 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验R：水试验方法和导则

QCT 743 电动汽车用锂离子蓄电池

# 四、主要工作过程

2013年3月，国家电网公司下达关于印发输电线路直升机、无人机和人工协同巡检模式试点工作方案的通知(国家电网运检〔2013〕415号)，根据通知中编制无人机巡检系统设备类标准的要求，成立了标准编写小组。

2013年5月至10月，收集各生产厂家的产品技术资料，并进行技术调研，同时吸取了有关专家的意见，编制《架空输电线路无人直升机巡检系统》的初稿。

2013年11月，邀请国网冀北电力、国网山东电力、国网浙江电力、国网福建电力、国网四川电力和中国电科院等单位有关专家，在山东莱芜召开了标准初稿审查会，讨论了无人机巡检系统的分类、设备和人员等配置要求，并提出了修改意见。

2014年1月，国家电网公司下达2014年技术标准制修订计划的通知〔国家电网科〔2014〕64号)。

2014年2月，邀请中国电科院、国网冀北电力、国网山东电力、国网浙江电力、国网福建电力和国网四川电力等单位有关专家，对该标准的框架及各分项具体内容进行了集中讨论。

2014年3月，根据讨论会专家意见修改标准，形成征求意见稿。

2014年4月，公司运检部发文对标准进行征求意见。

2014年6月，收集、整理回函意见，提出征求意见汇总处理表，根据反馈意见完成标准修改，形成标准送审稿。

2014年12月，国家电网公司在北京主持召开了标准送审稿审查会，邀请了国网北京、天津、山西、安徽、湖北、江西、黑龙江、浙江、四川电力和中国电科院等相关专家，对国网山东省电力公司牵头编写的《架空输电线路无人直升机巡检系统》送审稿进行了评审。

2015年1月，根据专家提出的意见对标准送审稿进行修改，形成报批稿上报主管部门批准。

# 五、标准结构和内容

本标准依据DL/T 800—2012《电力企业标准编制规则》的编写要求进行了编制。本标准主要结构及内容如下：

(1) 目次。

(2) 前言。

(3) 标准正文共设9章：范围、规范性引用文件、术语和定义、系统分类、系统组成、功能要求、技术指标要求、其他要求和检测试验内容。

# 六、条文说明

1. 6.1.1 d) 中所述“一般宜具备在飞行过程中实时修改航路点的功能”是为了让无人直升机具备应对特殊情况或执行紧急任务的能力。
2. 6.2.1 e) 中所述“巡检目标与图像、视频应建立对应关系，在可见光图像中可标识出杆塔号及线路名称等信息”是为了方便无人直升机巡检系统使用人员在后期分析巡检结果时，查找所发现缺陷的具体位置。
3. 6.2.2 a) 中所述“应具有机头重定向功能”是为了解决小型无人直升机巡检系统机头指向不易察觉的问题，便于操作人员进行正确操控。
4. 7.1.1、7.2.1中“存储温度范围”、“工作温度范围”、“相对湿度”环境适应性指标要求适用于无人直升机巡检系统的所有电池。
5. 7.1.6 a) 中所述“在距离目标50m处”的要求是编写组在大量实践基础上得出的，只是对可见光拍照能力的要求，并不是要求中型无人直升机巡检系统必须距离目标50m处工作。2010至2013年，编写组所在的科研团队开展了中型无人直升机巡检系统的巡检工作，巡检里程约600km，作业时一般距离输电导线50m处进行巡检作业。
6. 7.1.6 g)、7.2.6 d) 中所述“机载存储应采用插拔式存储设备”是因为中型无人直升机巡检系统续航时间长，数据量大，插拔式存储设备能够避免在数据导出时中型无人直升机巡检系统长时间上电待机。
7. 7.2.6 a)、b) 中所述“在距离不小于10m”的要求是根据协同巡检试点工作组织的相关测试得出的，只是对可见光拍照能力的要求，并不是要求小型无人直升机巡检系统必须距离目标10m处工作。
8. 第9章表1、2中“试验方法参考标准”部分内容仅指采用该标准中所述试验方法，具体参数指标另行规定。