

**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技术规程

**国网天津检修公司**

**二零一八年五月**

**目录**

[1 范围 3](#_Toc514409155)

[2 规范性引用文件 3](#_Toc514409156)

[3 术语和定义 3](#_Toc514409157)

[4 巡检类别 5](#_Toc514409158)

[5 巡检内容 6](#_Toc514409159)

[6 一般要求 7](#_Toc514409160)

[7 安全要求 9](#_Toc514409161)

[8 作业要求 11](#_Toc514409162)

[9 维护保养 14](#_Toc514409163)

[10 异常处置 15](#_Toc514409164)

[附录A （资料性附录） 巡检飞行前检查工作单 17](#_Toc514409165)

# 1 范围

本规程规定了中、小型无人直升机巡检作业的巡检类别、巡检内容、一般要求、安全要求、作业要求、维护保养和异常处置等。

本规程适用于采用中、小型无人直升机在110kV（66kV）及以上电压等级架空输电线路所进行的巡检作业，35kV架空输电线路参照执行。

# 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规程的引用而成为本规程的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规程，然而，鼓励根据本规程达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规程。

DL/T 741 架空输电线路运行规程

CCAR-91-R2 一般运行和飞行规则

Q/GDW 1909-2013 直升机巡检技术规范

AC-61-FS-2013-20 咨询通告《民用无人驾驶航空器系统驾驶员管理暂行规定》

Q/GDW 1799.2-2013 国家电网公司电力安全工作规程线路部分

# 3 术语和定义

规范性引用文件界定的术语和定义适用于本文件。

3.1 无人直升机巡检 unmanned helicopter inspection

使用无人直升机及其挂载的任务设备（可见光照相机、摄像机、红外热成像仪等）对输电线路本体设备及通道走廊等进行巡视检测，根据所用无人直升机巡检系统的不同，分为中型无人直升机巡检和小型无人直升机巡检。

3.2 无人直升机巡检系统 unmanned helicopter inspection system

利用无人直升机搭载可见光、红外等检测设备，完成架空输电线路巡检任务的作业系统。一般由无人直升机（包括单旋翼、多旋翼、共轴双旋翼等）分系统、任务设备分系统和综合保障分系统组成。

3.3 视距内范围 visual line of sight range

操控手或任务手与无人直升机保持直接目视视觉接触的操作方式。

3.4 无人直升机数据链范围 unmanned helicopter data link range

无人直升机在巡检过程中，通讯链路保持畅通的范围。通讯链路包括图像传输链路和遥控遥测信号传输链路。

3.5 中型无人直升机 medium-sized unmanned helicopter

中型无人直升机巡检系统指空机质量达到大于7kg且不大于116kg的无人直升机巡检系统。中型无人直升机适用于数据链范围内架空输电线路的巡检作业，通常应提前制定巡检计划。

3.6 小型无人直升机 small unmanned helicopter

小型无人直升机巡检系统指空机质量小于7kg的无人直升人机巡检系统，一般指电动多旋翼无人机。小型无人直升机通常适用于视距内范围架空输电线路正常巡检、故障巡检和特殊巡检等。

3.7 航线规划 route planning

根据空域情况、线路通道环境和无人直升机性能等信息，规划巡检飞行航线，满足工作任务要求。

3.8 程控手 program operator

利用地面控制站以增稳或全自主模式控制无人机巡检系统的作业人员。

3.9操控手 manual operator

利用遥控器以手动或增稳模式控制无人机巡检系统的作业人员。

3.10 任务手 mission operator

利用机载任务设备对巡检目标进行拍照、摄像的作业人员。

# 4 巡检类别

4.1 正常巡检

4.1.1 主要对输电线路导地线、绝缘子、金具、杆塔、基础、附属设施、线路通道等进行巡检。

4.1.2 根据线路运行情况、检查要求，选择搭载相应的任务设备开展可见光、红外巡检作业。巡检项目可单独开展，也可根据需要组合开展。

4.2 故障巡检

4.2.1 根据故障情况选择适用机型开展故障查找，巡检图像质量应满足故障分析需要。

4.2.2 根据故障测距范围，合理规划航线开展故障点查找。

4.2.3 故障查找应先在测距区段内检查设备和线路通道异常情况；若未发现故障点，再扩大巡检范围。

4.3 特殊巡检

4.3.1 根据季节特点、设备状况及特殊需要，选择适用机型开展加强性、防范性及针对性巡检。如：防山火巡检、外破巡检、灾后巡检等。

4.3.2 特殊巡视根据需要确定巡视范围和任务及时开展，一般巡视全线、某区段或某部件。

# 5 巡检内容

5.1 使用高清照相机（摄像机）检查导地线、绝缘子、金具、杆塔、基础、附属设施、线路通道等异常情况和缺陷隐患，详见表1。

5.2 使用红外热成像仪检查导线接续金具及绝缘子等设备发热异常情况，详见表1。

表1 无人直升机进行输电线路巡检的主要巡检内容

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **分类** | **设备** | **可见光检测** | **红外光检测** |
| **线路本体** | 导地线 | 导地线断股、锈蚀、异物、覆冰等 | 发热点 |
| 杆塔 | 杆塔倾斜、塔材弯曲、螺栓丢失、锈蚀等 | \ |
| 金具 | 金具损伤、移位、脱落、锈蚀等 | 发热点 |
| 绝缘子 | 伞裙破损、严重污秽、放电痕迹等 | 发热点 |
| 基础 | 塌方、护坡受损、回填土沉降等 | \ |
| **附属设施** | | 防鸟、防雷装置、标识牌、各种监测装置等损坏、变形、松脱等 | \ |
| **线路通道** | | 超高树竹、违章建筑、施工作业、沿线交跨、地质灾害等 | \ |

# 6 一般要求

6.1 人员要求

6.1.1 作业人员应具有2年及以上架空输电线路运行维护工作经验，了解航空、气象、地理等相关知识，掌握无人直升机理论及技能，并考试合格。

6.1.2 具备必要的安全生产知识，学会紧急救护法。

6.1.3 作业人员应身体健康、精神状态良好，无妨碍作业的生理和心理障碍。作业前8小时及作业过程中严禁饮用任何酒精类饮品。

6.1.4 无人直升机飞行巡检作业人员配备应至少满足表2要求。

表2 无人直升机飞行巡检作业人员配备

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 机型 | 角色 | **人数** | **作业人员分工** |
| 中型机 | 工作负责人 | 1名 | 全面组织巡检工作开展，负责现场飞行安全 |
| 操控手 | 1名 | 负责无人直升机人工起降操控、设备准备、检查、撤收 |
| 程控手 | 1名 | 负责程控无人直升机飞行、遥测信息监测、设备准备、检查、航线规划、撤收 |
| 任务手 | 1名 | 负责任务设备操作、现场环境观察、图传信息监测、设备准备、检查、撤收 |
| 小型机 | 工作负责人 | 1名 | 负责组织巡检工作开展及现场飞行安全。可兼任操控手或程控手 |
| 操控手 | 1名 | 负责无人直升机操控 |
| 程控手（任务手） | 1名 | 负责任务设备操作、遥测信息监测 |

6.2 设备要求

6.2.1 无人直升机巡检系统和备品备件应满足无人直升机巡检相关功能和技术要求，定期保养并经检测合格，确保其状态正常。

6.2.2 中型无人直升机应储备不少于2架次正常巡检所需油料，小型无人直升机应配备不少于6组电池。

6.2.3 中型无人直升机巡检系统应配置运输和测控车辆，小型无人直升机巡检系统可根据实际需要选配运输车辆。作业车辆应采用通过性能良好的车型，满足储运及现场作业保障要求。

# 7 安全要求

7.1 人员安全

7.1.1 作业现场应设专人进行安全监护，注意保持与无关人员的安全距离，必要时设置安全警示区；受到无关人员干扰时可终止巡检任务。

7.1.2 巡检过程中，作业人员之间应保持联络畅通，确保每项操作均知会相关人员，禁止擅自违规操作。

7.1.3 起飞和降落时，作业人员应与无人直升机始终保持足够安全距离，避开起降航线。无人直升机桨叶转动时，严禁任何人接近。

7.1.4 作业人员应穿戴个人防护用品，正确使用安全工器具。

7.2 设备安全

7.2.1 无人直升机应在数据链范围内开展巡检作业。

7.2.2 无人直升机应设置失控保护、自动返航等必要的安全策略。

7.2.3 作业现场油料应单独存放，严禁吸烟和使用明火，做好消防安全措施。

7.2.4 加油和放油操作应在良好天气下进行。在雨、雪、风沙天气条件时，应采取必要的遮蔽措施后方可进行；雷电天气不得进行加油和放油操作。

7.2.5 巡检过程中，不得操纵无人直升机进行与巡检作业无关的活动。

7.2.6 现场禁止使用可能对无人直升机造成干扰的电子设备。作业过程中，操控手和程控手严禁接打电话。

7.3 线路安全

7.3.1 在检查杆塔本体及金具时，应悬停检查，中型无人直升机单次悬停不宜超过5min，与线路设备净空距离不小于30m、水平距离不小于25m。

7.3.2 巡检作业时，严禁中型无人直升机在线路正上方飞行。确有必要跨越线路，应采用上跨方式，与最上层线路的净空距离不小于30m。

7.3.3 相邻两回线路边线之间的距离小于100m时，严禁中型无人直升机在两回线路之间飞行。

7.3.4 小型无人直升机不能长时间在线路设备正上方悬停，应始终与带电设备保持不小于5m的净空距离。

7.4 其他

7.4.1 无人直升机严禁在变电站（所）、电厂上空穿越飞行。

7.4.2 中型无人直升机不应在重要设施、建筑、公路和铁路等上方悬停。

# 8 作业要求

8.1 现场勘查

8.1.1 应制定无人直升机巡检计划，确定巡检作业任务，选择合适机型，并开展巡检线路的现场勘查。

8.1.2勘查内容包括地形地貌、线路走向、气象条件、空域条件、交跨情况、杆塔坐标、起降环境、交通条件及其他危险点等。

8.1.3根据现场地形条件合理布置无人直升机起降点。起降点四周净空条件应良好，满足安全起降要求。

8.1.4对现场勘查认为危险性、复杂性较大的无人直升机巡检作业，应专门编制组织措施、技术措施、安全措施，并履行相关审批手续。

8.2 航线规划

8.2.1 航线规划前应根据作业实际需要，向线路所在区域的空管部门履行空域审批手续。

8.2.2应根据无人直升机的性能合理规划航线。

8.2.3航线规划应避开军事禁区、军事管理区、空中危险区和空中限制区，远离人口稠密区、重要建筑和设施、通讯阻隔区、无线电干扰区、大风或切变风多发区，尽量避免跨越高速公路和铁路飞行。

8.2.4 应根据巡检线路的杆塔坐标、塔高、塔型等技术参数，结合线路途经区域地图和现场勘查情况绘制航线，制定巡检方式、起降位置及安全策略。

8.2.5 规划的航线遇有线路交叉跨越、临近边坡等情况，应保持足够的安全距离。

8.2.6 首次飞行的航线应适当增加净空距离，确保航线安全后方可按照正常巡检距离开展巡检作业。若飞行航线、悬停点与杆塔坐标偏差较大，应及时修正航线库。

8.2.7 已经实际飞行的航线应及时存档，并标注特殊区段信息（线路施工、工程建设及其它影响飞行安全的区段），建立巡检作业航线库。

8.2.8 相同巡检作业时，航线规划应优先调用已经实际飞行的历史航线。航线库应根据作业实际情况及时更新。

8.3 作业许可

8.3.1 抵达现场，应报告空管部门，履行工作许可手续，获得许可后方可开展作业。

8.3.2 巡检作业前，根据相应机型和巡检任务编制无人直升机巡检作业指导书。

8.3.3 故障巡检、特殊巡检等非计划巡检也应办理工作许可手续。

8.4 现场作业

8.4.1 起飞前准备

8.4.1.1 应检查起降点周围地理环境、电磁环境和气象条件，确认满足安全起降要求。

8.4.1.2 应核对航线规划是否满足安全飞行要求。

8.4.1.3 应检查无人直升机动力系统的燃油或电能储备，确认满足飞行巡检航程要求。

8.4.1.4 应按照无人直升机巡检飞行前检查工作单（附录A）对无人直升机各分系统进行逐项检查，确保系统正常。

8.4.2 巡检飞行

8.4.2.1 中型无人直升机启动后应在地面充分预热发动机。

8.4.2.2 无人直升机可采用全自主或手动增稳模式起飞，离地后应先保持低空悬停，确定各项状态正常后方可执行巡检作业。

8.4.2.3 无人直升机飞行过程中应避免进行超出其性能指标的飞行。

8.4.2.4 中型无人直升机巡检飞行速度不宜大于15m/s，小型无人直升机巡检飞行速度不宜大于10m/s。

8.4.2.5 单旋翼带尾桨的中型无人直升机悬停时应顶风悬停。

8.4.2.6 在目视范围内，操控手应密切观察无人直升机飞行姿态及周围环境变化，异常情况下，操控手可手动接管控制无人直升机。

8.4.2.7 程控手应密切观察飞行巡检过程中的遥测信息，综合评估无人直升机所处的气象和电磁环境，异常情况下应及时响应，必要时中止飞行，并做好飞行的异常情况记录。

8.4.2.8 作业过程中，作业人员之间应保持呼唱，及时调整飞行状态，确保无人直升机满足巡检拍摄角度和时间要求。

8.4.2.9 在巡检过程中，若发现异常情况时应对可疑部位进行重点检查核实，并记录详细信息。

8.4.2.10 作业过程中，任务手如发现飞行航线、悬停点与预设航线偏差较大，应及时告知程控手（操控手）调整飞行航线。

8.4.2.11 小型无人直升机可采用自主或增稳飞行模式控制无人直升机到巡检作业点，以增稳飞行模式进行作业。

8.4.2.12 无人直升机降落前，应确认降落场地无异常。

8.4.3 飞行后检查及撤收

8.4.3.1 作业结束后，应及时向空管部门汇报，履行工作终结手续。

8.4.3.2 降落后，应进行外观及零部件检查，并做好无人直升机巡检系统使用记录。

8.4.3.3 撤收前，油动无人直升机应将油箱内剩余油料回收并妥善储存；电动无人直升机应将电池取出。

8.4.3.4 人员撤离前，应清理现场，核对设备和工器具清单，确认现场无遗漏。

8.5 资料归档

8.5.1每次巡检结束后，应及时将任务设备的巡检数据导出，汇总整理巡检结果并提交。

8.5.2 应及时做好空域审批文件、工作票（单）、航线信息库等资料的归档。

# 9 维护保养

9.1 无人直升机巡检系统应定置存放，并专人管理。

9.2 无人直升机巡检系统应按要求定期保养、维修和试验，确保状态良好。

9.3 无人直升机巡检系统主要部件（如电机、飞控系统、通讯链路、任务设备以及操作系统等）更换或升级后，应进行检测，确保满足技术要求。

9.4 中型无人直升机应定期启动，检查发动机工况，如有异常应及时调试和维修。

9.5 无人直升机巡检系统所需电池应指定专人定期检查保养。

# 10 异常处置

10.1 无人直升机巡检作业应编制异常处置应急预案（或现场处置方案），并开展现场演练。

10.2 飞行巡检过程中，发生危及飞行安全的异常情况时，应根据具体情况及时采取避让、返航或就近迫降等应急措施。

10.2.1 巡检作业区域出现其他飞行器或飘浮物时，应立即评估巡检作业安全性，在确保安全后方可继续执行巡检作业，否则应采取避让措施。

10.2.2 巡检作业区域出现雷雨、大风等突变天气或空域许可情况发生变化时，应采取措施控制无人直升机返航或就近降落。

10.2.3 无人直升机飞行过程中，若作业成员身体出现不适或巡检作业受外界严重干扰时，应迅速采取措施保证无人直升机安全。情况紧急时，可立即控制无人直升机返航或就近降落。

10.2.4 无人直升机机体发生异常时，应按照预先设定的应急程序迅速处理，尽可能控制无人直升机在安全区域紧急降落，确保地面人员和线路设备安全。

10.2.5 无人直升机通讯链路长时间中断且未按预定安全策略返航时，应及时做出故障判断并上报相关部门，同时根据掌握的最后地理坐标或机载追踪器发送的位置信息就地组织搜寻。

10.3 无人直升机因意外或失控撞向杆塔、导地线等造成线路设备损坏时，应立即启动应急预案，开展故障巡查，并将现场情况及时报告相关部门。

10.4 无人直升机发生坠机事故引发次生灾害时，应立即启动应急预案，就地组织事故抢险，对现场情况进行拍照取证，及时进行民事协调，做好舆情监控，并将现场情况及时报告相关部门。

10.5 无人直升机发生事故后，应及时分析事故原因，编写事故分析报告。

# 附录A （资料性附录） 巡检飞行前检查工作单

表A.1 小型无人直升机巡检飞行前检查工作单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. 现场环境及地面站检查 | | | |
| 序号 | 检查内容 | | 检查确认 |
| 1.1 | 使用风速仪检查风速是否超过限值。 | |  |
| 1.2 | 使用测频仪检查起降点四周是否存在同频率信号干扰 | |  |
| 1.3 | 评估微地形（垭口、山区、连续上下坡）是否存在上升、下降气流等对飞行安全存在隐患的情况 | |  |
| 1.4 | 架设遥控、遥测天线，并检查连接可靠 | |  |
| 1.5 | 其它 | |  |
| **检查人签名** | | |  |
| 2.无人直升机系统检查 | | | |
| 2.1 | 机体检查 | |  |
| 2.2 | 发动机检查 | |  |
| 2.3 | 电气检查 | |  |
| 2.4 | 其它 | |  |
| **检查人签名** | | |  |
| 3.任务载荷系统检查 | | | |
| 3.1 | 任务设备中相机、摄相机红外热成像仪等设备正常，电池电量充足 | |  |
| 3.2 | 任务设备与无人直升机电气连接检查 | |  |
| 3.3 | 开机后任务设备操控是否正常 | |  |
| 3.4 | 其它 | |  |
| **检查人签名** | | |  |
| 4.测控系统检查 | | | |
| 4.1 | 地面测控设备检查 | |  |
| 4.2 | 开机后测控系统上、下行数据检查 | |  |
| 4.3 | 其它 | |  |
| **检查人签名** | | |  |
| **以上地面站架设及各系统检查完毕，确认无误，工作负责人签名后方可起飞作业** | | 工作负责人 |  |

表A.2 中型无人直升机巡检飞行前检查工作单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1.现场环境及地面站检查 | | | |
| 序号 | 检查内容 | | 检查确认 |
| 1.1 | 检查风速是否超过限值 | |  |
| 1.2 | 检查起降点四周是否存在同频率信号干扰 | |  |
| 1.3 | 评估微地形（垭口、山区、连续上下坡）是否存在上升、下降气流等对飞行安全存在隐患的情况 | |  |
| 1.4 | 根据地形特点摆放测控地面站及无人直升机，确保起飞点四周净空条件良好，符合起飞要求 | |  |
| 1.5 | 架设遥控、遥测天线，并检查连接可靠 | |  |
| 1.6 | 检查车上电源系统（或另配发电机系统）、地面站系统备用电源状态良好 | |  |
| 1.7 | 其它 | |  |
| **检查人签名** | | |  |
| 2.无人直升机系统检查 | | | |
| 2.1 | 旋翼安装无误，牢靠 | |  |
| 2.2 | 机体检查 | |  |
| 2.3 | 发动机检查 | |  |
| 2.4 | 电气检查 | |  |
| 2.5 | 开机自检是否通过 | |  |
| 2.6 | 其它 | |  |
| **检查人签名** | | |  |
| 3.任务载荷系统检查 | | | |
| 3.1 | 任务设备中相机、摄相机红外热成像仪等设备正常，电池电量充足 | |  |
| 3.2 | 任务设备与无人直升机电气连接检查 | |  |
| 3.3 | 车载任务设备操作、显示设备检查 | |  |
| 3.4 | 开机后任务设备操控是否正常 | |  |
| 3.5 | 其它 | |  |
| **检查人签名** | | |  |
| 4.综合保障系统检查 | | | |
| 4.1 | 车载测控设备检查 | |  |
| 4.2 | 开机后测控系统上、下行数据检查 | |  |
| 4.3 | 其它 | |  |
| **检查人签名** | | |  |
| **以上地面站架设及各系统检查完毕，确认无误，工作负责人签名后方可起飞作业** | | 工作负责人 |  |

架空输电线路无人直升机巡检技术规程

# 编 制 说 明

**目录**

[1 编制背景 24](#_Toc514409194)

[2 编制主要原则 24](#_Toc514409195)

[3 与其他标准文件的关系 25](#_Toc514409196)

[4 主要工作过程 25](#_Toc514409197)

[5 标准结构和内容 26](#_Toc514409198)

[6 条文说明 27](#_Toc514409199)

# 1 编制背景

本规程依据国家电网公司运检部《关于开展无人机巡检标准编制工作的通知》及运检技术〔2014〕20号《国网运检部关于做好2014年运维检修技术标准编制工作的通知》文的要求编写。

采用无人直升机开展架空输电线路巡检，建立研究其与直升机及人工巡检三者相互协同的输电线路新型运检模式提高运检质量、效率和效益，是当前面临的重要课题。目前国内外均没有无人机输电线路巡检相关经验及技术标准，为了给无人直升机巡检正常开展提供技术依据，编制了本规程。

# 2 编制主要原则

为使无人直升机巡检工作达到安全运行、技术先进、确保质量的目的，在编制过程中遵循以下原则：

a) 总结国内无人直升机巡检技术理论与实际应用效果，建立一套适用于国网无人直升机巡检作业的技术规程；

b) 技术规程中的机型选用及技术要求，应能符合无人直升机巡检技术理论的发展趋势；

c) 技术规程中所借鉴采用的国内无人直升机巡检技术以及其他相关行业的技术标准规范，应能符合无人直升机巡检实际应用的条件；

本规程制定过程中，编制工作组进行了广泛的调查，充分收集了电力行业试点应用的成果，在国家电网公司试点应用无人机巡检工作中大量实践经验的基础上编写，因此，本规程的相应数据资料依托各试点单位试点应用反馈及相关的科研论证。

# 3 与其他标准文件的关系

《架空输电线路无人直升机巡检技术规程》作为在无人机标准体系的一部分，是国网公司系统各单位开展输电线路无人直升机巡检相关工作的指导性文件。

本规程的制定过程主要依据和参考文献如下：

DL/T 741 架空输电线路运行规程

CCAR-91-R2 一般运行和飞行规则

Q/GDW 1909-2013 直升机巡检技术规范

AC-61-FS-2013-20 咨询通告《民用无人驾驶航空器系统驾驶员管理暂行规定》

Q／GDW 1799.2-2013 国家电网公司电力安全工作规程线路部分

# 4 主要工作过程

a) 2013年4月，确立编研工作总体目标，构建组织机构，确定参编单位及其人员，开展课题调研、收资工作。

b) 2013年5-10月，开展第一次集中编研。在广泛开展调研收资和技术交流的基础上，拟定了标准体系的框架，确定了标准大纲和主要内容，完成规程初稿。

c) 2013年11月，在山东开展规程初稿的讨论会，由国网有关专家共同集中讨论，提出修改意见和建议。

d) 2013年11月-2014年2月，完成了对标准文本的章、节、条、款内容进行深化修改完善。

e) 2014年2月，在山东开展规程第二次讨论会，国网有关专家进一步研究讨论，提出相关的修改意见和建议。

f) 2014年2-4月，根据讨论会形成的修改意见和建议，对规程进行全面深入的修改完善，征求试点单位意见，形成征求意见稿。

g) 2014年4-9月，征求各网省公司意见，并根据汇总意见修改形成送审稿。

h) 2014年10月，在福州进行规程送审稿的讨论会，国网有关专家集中进行讨论，针对每一条规程进行仔细推敲，提出更深入完善的修改意见和建议。

i) 2014年10-11月，根据讨论会形成的修改意见和建议，对规程的送审讨论稿进行全面深入的修改完善，形成报批稿。

# 5 标准结构和内容

本规程依据《电力企业标准编制规则》DL/T800-2001的编写要求进行了编制。规范主要结构及内容如下：

1.目录；

2.前言

3.规范正文共设10章：第1章是本规程的规范性引用文件；第3章是术语和定义；第4章是巡检类别；第5章是巡检内容；第6章是一般要求；第7章是安全要求；第8章是作业要求；第9章是维护保养；第10章是异常处置。

# 6 条文说明

本规程第3.3条中，根据咨询通告《民用无人驾驶航空器系统驾驶员管理暂行规定》，通常情况下，无人直升机可处于操控手或任务手目视视距内半径500m，相对高度低于120m的区域内作业。

本规程第3.5和3.6条中，为提高无人机巡检的效率及安全可靠性，对不同机型的无人直升机进行相应的作业分工。中型无人机续航时间较长，巡检前准备工序较多，宜用于年、月度计划中安排好的正常巡检。综合考虑当前中型无人直升机发展的技术水平，以AF-25B机型为例做测试飞行，平均飞行巡检航速7m/s,飞行航时50min,理论巡检范围可达10km，但是受现场飞行环境和通讯链路所限，充分考虑安全裕度，一般中型机宜应用于数据链范围内的飞行巡检作业。

本规程第5.1、5.2条中，无人机巡检内容参考DL/T 741 《架空输电线路运行规程》，受限于当前无人机系统的巡检技术发展水平，删除部分使用无人机巡检无法实现的巡检内容。

本规程第6.2.2条中，目的为无人直升机巡检常备一个工作日的动力储备，考虑到飞行小组一个工作日内执行任务的强度，中型无人直升机满负荷工作一般飞行2架次；小型机满负荷状态一般飞行6个架次。

本规程第7.3.1条中，中型无人直升机悬停时油耗较大，抗风能力较弱，风险性较高，为提高飞行安全，悬停时间应尽量缩短。根据试点期间积累的飞行经验，5min悬停检查已能保证精细化巡检质量要求。导航级GPS误差一般介于10-15m之间，并综合考虑阵风扰动等因素，为保证足够的安全裕度，距离线路设备净空距离不宜小于30m，水平作业距离不宜小于25m。

本规程第7.3.2条中，为避免中型无人机意外坠落时危及线路安全，严禁中型无人机在线路正上方飞行；如果确有跨越线路，为保证线路和设备安全，只允许采用上跨飞行，且距离导线净空距离不低于30m。

本规程第7.3.4条中，小型无人直升机一般在目视范围内飞行，通讯质量良好，操控性能良好，可实现抵近巡检。但为避免近距离飞行受带电导线电磁场干扰，飞行巡检时应与带电设备保持不小于5m的净空距离。

本规程第8.4.2.4条中，中型无人直升机巡检飞行速度不宜大于15m/s，由于输电线路档距一般介于300~500m之间，无人直升机飞到每一基杆塔处均需要有一个巡航、悬停、再加速的过程。因中型无人直升机的飞行惯性较大，如果巡航速度太快将使得飞机启停距离和油耗增加，减小飞行巡检的效率和安全性。公司系统近年来中型无人直升机的大量巡检实践数据表明，中型无人直升机的合理巡航速度应取5-15m/s区间，小型无人直升机巡检飞行速度不宜大于10m/s。