

**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**

架空输电线路无人机巡检作业安全工作规程

**国网天津检修公司**

**二零一八年五月**

**目录**

[1 范围 3](#_Toc514415174)

[2 规范性引用文件 3](#_Toc514415175)

[3 术语和定义 3](#_Toc514415176)

[4 总则 5](#_Toc514415177)

[5 保证安全的组织措施 7](#_Toc514415178)

[6 保证安全的技术措施 15](#_Toc514415179)

[7 安全注意事项 18](#_Toc514415180)

[8 巡检作业异常处理 22](#_Toc514415181)

[9 设备及资料管理 23](#_Toc514415182)

[附录A (资料性附录) 架空输电线路无人机巡检作业现场勘察记录单格式 25](#_Toc514415183)

[附录B （资料性附录） 架空输电线路无人机巡检作业工作票格式 27](#_Toc514415184)

[附录C （资料性附录） 架空输电线路无人机巡检作业工作单格式 31](#_Toc514415185)

[附录D （资料性附录） 架空输电线路无人机巡检系统使用记录单格式 33](#_Toc514415186)

[附录E （规范性附录） 各岗位人员资质要求 35](#_Toc514415187)

[编制说明 37](#_Toc514415188)

# 1 范围

本规程规定了架空输电线路无人机巡检作业时应遵守的安全要求及注意事项等。

本规程适用于使用中小型无人直升机和固定翼无人机巡检系统对公司架空输电线路开展无人机巡检作业的工作人员。

# 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。

Q/GDW 1799.2 电力安全工作规程（线路部分）

MD-TM-2009-002 民用无人机空中交通管理办法

# 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1无人机巡检系统 unmanned aerial vehicle inspection system

一种用于对架空输电线路进行巡检作业的装备，由无人机（包括旋翼带尾桨、共轴反桨、多旋翼和固定翼等型式）分系统、任务载荷分系统和综合保障分系统组成。一般将无人机分系统为旋翼带尾桨或共轴反桨型式的称为中型无人直升机巡检系统；将多旋翼型式的称为小型无人直升机巡检系统；将固定翼型式的称为固定翼无人机巡检系统。

3.2无人机巡检作业 unmanned aerial vehicle inspection work

利用无人机巡检系统对架空输电线路本体和附属设施的运行状态、通道走廊环境等进行检查和检测的工作。根据所用无人机巡检系统的不同，分为中型无人直升机巡检作业、小型无人直升机巡检作业和固定翼无人机巡检作业。

3.3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飞行的人员。

3.4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飞行的人员。

3.5任务手 mission operator

操控任务载荷分系统对输电线路本体、附属设施和通道走廊环境等进行拍照、摄像的人员。

3.6巡检航线 inspection route

巡检作业时无人机巡检系统的飞行路线。路线周边不应存在影响无人机巡检系统安全起飞、飞行和降落的地形地貌、建筑以及其他障碍物等。

3.7巡检作业点 inspection point

中小型无人直升机巡检作业时，无人直升机巡检系统停留进行拍照、摄像等作业的位置。

3.8空中管制区 air traffic control area

为维护空中交通秩序、保障空中交通安全和国家安全，按照国家有关法规划设，对航空器在空间内活动应遵守的规则、方式和时间等进行了规定和限制的区域。民用航空的空中管制区包括塔台管制区、进近管制区和区域管制区等，此外还包括但不限于以下区域：

**空中禁区：**由国家划设的，未按照国家有关规则经特别批准，任何航空器不得飞入的空间。

**空中限制区：**由管制部门划设的，在规定时限内，未经管制部门许可的航空器禁止飞入的空间。

**空中危险区：**由管制部门划设，供对空射击或者发射使用的，在规定时限内，禁止无关航空器飞入的空间。

3.9目视可及 visually accessible

人员通过直接目视可看见无人机巡检系统的范围。

# 4 总则

4.1为加强架空输电线路无人机巡检作业现场管理，规范各类作业人员的行为，保证人身、电网和设备安全，依据国家有关法律、法规，结合电力生产的实际，制定本规程。

4.2作业现场的基本条件

4.2.1作业现场的生产条件和安全设施等应符合有关标准、规范的要求，作业人员的劳动防护用品应合格、齐备。现场使用的安全工器具和防护用品应合格并符合有关要求。

4.2.2经常有人工作的场所及作业车辆上宜配备急救箱，存放急救用品，并指定专人经常检查、补充或更换。

4.2.3作业人员应被告知其作业现场和工作岗位存在的危险因素、防范措施及事故紧急处理措施。

4.3人员配置

4.3.1使用中型无人直升机巡检系统进行的架空输电线路巡检作业，作业人员包括工作负责人（一名）和工作班成员。工作班成员至少包括程控手、操控手和任务手。

4.3.2使用小型无人直升机巡检系统进行的架空输电线路巡检作业，作业人员包括工作负责人（一名）和工作班成员，分别担任程控手和操控手，工作负责人可兼任程控手或操控手，但不得同时兼任。必要时，也可增设一名专职工作负责人，此时工作班成员至少包括程控手和操控手。

4.3.3使用固定翼无人机巡检系统进行的架空输电线路巡检作业，作业人员包括工作负责人（一名）和工作班成员。工作班成员至少包括程控手和操控手。

4.4作业人员的基本条件

4.4.1经医师鉴定，无妨碍工作的病症（体格检查每两年至少一次）。

4.4.2具备必要的电气、机械、气象、航线规划等巡检飞行知识和相关业务技能，熟悉Q/GDW 1799.2和本规程，并经考试合格。

4.4.3具备必要的安全生产知识，学会紧急救护法。

4.5教育和培训

4.5.1作业人员应接受相应的安全生产教育和岗位技能培训，经考试合格上岗。

4.5.2作业人员对本规程应每年考试一次。因故间断无人机巡检作业连续三个月以上者，应重新学习本规程，程控手和操控手还应进行实操复训，经考试合格后，方能恢复工作。

4.5.3新参加无人机巡检工作的人员、实习人员和临时参加作业的人员等，应经过安全知识教育和培训后，方可参加指定工作，且不得单独工作。

4.6开展架空输电线路无人机巡检作业的各单位应规范化使用空域。

4.7任何人发现有违反本规程的情况，应立即制止，经纠正后才能恢复作业。各作业人员有权拒绝违章指挥和强令冒险作业。

4.8在试验和推广新技术、新工艺、新设备时，应制定相应的安全措施，确定无人机巡检系统状态良好，并履行相关审批手续后方可执行。

4.9各单位可根据现场情况制定本规程补充条款和实施细则，并履行相关审批手续后方可执行。

# 5 保证安全的组织措施

5.1开展架空输电线路无人机巡检作业，保证安全的组织措施包括：

5.1.1空域申报制度。

5.1.2现场勘察制度。

5.1.3工作票制度。

5.1.4工作许可制度。

5.1.5工作监护制度。

5.1.6工作间断制度。

5.1.7工作终结制度。

5.2空域申报制度

5.2.1无人机巡检作业应严格按国家相关政策法规、当地民航军管等要求规范化使用空域。

5.2.2工作许可人应根据无人机巡检作业计划，按相关要求办理空域审批手续，并密切跟踪当地空域变化情况。

5.2.3各单位应建立空域申报协调机制，满足无人机应急巡检作业时空域使用要求。

5.3现场勘察制度

5.3.1工作负责人和程控手应提前掌握巡检线路走向和走势、交叉跨越情况、杆塔坐标、周边地形地貌、空中管制区分布、交通运输条件及其它危险点等信息，并确认无误。宜提前确定并核实起飞和降落点环境。

5.3.2工作票签发人或工作负责人认为有必要进行现场勘察的作业场所，应根据工作任务组织现场勘察，并填写架空输电线路无人机巡检作业现场勘察记录单（见附录A）。现场勘察由工作票签发人或工作负责人组织。

5.3.3现场勘察应核实线路走向和走势、交叉跨越情况、杆塔坐标、巡检区域地形地貌、起飞和降落点环境、交通运输条件及其他危险点等，确认巡检航线规划条件。

5.3.4对复杂地形、复杂气象条件下或夜间开展的无人机巡检作业以及现场勘察认为危险性、复杂性和困难程度较大的无人机巡检作业，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后方可执行。

5.4工作票制度

5.4.1对架空输电线路进行无人机巡检作业，应按下列方式进行：

5.4.1.1填用架空输电线路无人机巡检作业工作票（见附录B）。

5.4.1.2填用架空输电线路无人机巡检作业工作单（见附录C）。

5.4.2填用架空输电线路无人机巡检作业工作票的工作为：

5.4.2.1使用中型无人直升机和固定翼无人机巡检系统按计划开展的线路设备巡检、通道环境巡视、线路勘察和灾情巡视等工作。

5.4.3填用架空输电线路无人机巡检作业工作单的工作为：

5.4.3.1使用小型无人直升机巡检系统开展的线路设备巡检、通道环境巡视、线路勘察和灾情巡视等工作。

5.4.3.2在突发自然灾害或线路故障等情况下需紧急使用无人机巡检系统开展的工作。

5.4.4工作票(单)的填写与签发

5.4.4.1工作票由工作负责人或工作票签发人填写。工作单由工作负责人填写。

5.4.4.2工作票（单）应用黑色或蓝色的钢（水）笔或圆珠笔填写与签发，内容应正确，填写应清楚，不得任意涂改。如有个别错、漏字需要修改时，应使用规范的符号，字迹应清楚。

5.4.4.3工作票一式两份，应提前分别交给工作负责人和工作许可人。

5.4.4.4用计算机生成或打印的工作票（单）应使用统一的票面格式。工作票应由工作票签发人审核无误，并手工或电子签名后方可执行。

5.4.4.5工作票由设备运维管理单位（部门）签发，也可由经设备运维管理单位（部门）审核合格且经批准的运行检修单位签发。

5.4.4.6运行检修单位的工作票签发人、工作许可人和工作负责人名单应事先送有关设备运维管理单位（部门）备案。

5.4.4.7一张工作票中，工作许可人和工作票签发人不得兼任工作负责人。一张工作单中，工作许可人不得兼任工作负责人。

5.4.5工作票（单）的使用

5.4.5.1一张工作票/（单）只能使用一种型号的无人机巡检系统。使用不同型号的无人机巡检系统进行作业，应分别填写工作票（单）。

5.4.5.2一个工作负责人不能同时执行多张工作票（单）。在巡检作业工作期间，工作票（单）应始终保留在工作负责人手中。

5.4.6工作票（单）所列人员的基本条件

5.4.6.1工作票签发人应由熟悉人员技术水平、熟悉线路情况、熟悉无人机巡检系统、熟悉本规程，并具有相关工作经验的生产领导人、技术人员或经本单位分管生产领导批准的人员担任。

5.4.6.2工作许可人应由熟悉空域使用相关管理规定和政策、熟悉地形地貌和环境条件、熟悉线路情况、熟悉无人机巡检系统、熟悉本规程，具有航线申请、空管报批相关工作经验，并经省（地、市）检修公司分管生产领导书面批准的人员担任。

5.4.6.3工作负责人（监护人）应由熟悉线路情况、熟悉无人机巡检系统、熟悉本规程，具有相关工作经验，并经省（地、市）检修公司分管生产领导书面批准的人员担任。

5.4.6.4工作班成员应由熟悉线路情况、熟悉无人机巡检系统、熟悉本规程，取得无人机巡检系统培训合格证，并具有相关工作经验的人员担任。

5.4.7工作票（单）所列人员的安全责任

5.4.7.1工作票签发人：

a）负责审查工作必要性和安全性。

b）负责审查工作内容和安全措施等是否正确完备。

c）负责审查所派工作负责人和工作班成员是否适当和充足。

5.4.7.2工作许可人：

a）负责审查飞行空域是否已获批准。

b）负责审查航线规划是否满足安全飞行要求。

c）负责审查安全措施等是否正确完备。

d）负责审查安全策略设置等是否正确完备。

e）负责审查异常处理措施是否正确完备。

f）负责按相关要求向当地民航军管部门办理作业申请。

5.4.7.3工作负责人（监护人）：

a）正确安全地组织开展巡检作业工作，按国家相关法律法规规定正确使用空域，及时纠正不安全行为。

b）负责检查航线规划、安全策略设置和作业方案等是否正确完备，必要时予以补充。

c）负责检查所列安全措施是否正确完备，是否符合现场实际条件，必要时予以补充。

d）工作前对工作班成员进行危险点告知、交待安全措施和技术措施，并确认每一个工作班成员都已知晓。

e）严格执行所列安全措施。

f）督促、监护工作班成员遵守本规程，正确使用劳动防护用品和执行现场安全措施，及时纠正不安全行为。

g）确认工作班成员精神状态是否良好，必要时予以调整。

5.4.7.4工作班成员：

a）熟悉工作内容、工作流程，掌握安全措施，明确工作中的危险点，并履行确认手续。

b）严格遵守安全规章制度、技术规程和劳动纪律，对自己在工作中的行为负责，互相关心工作安全，并监督本规程的执行和现场安全措施的实施。

ｃ）正确使用安全工器具和劳动防护用品。

5.5工作许可制度

5.5.1工作负责人应在工作开始前向工作许可人申请办理工作许可手续，在得到工作许可人的许可后，方可开始工作。工作许可人及办理人应分别逐一记录、核对工作时间、作业范围和许可空域，并确认无误。

5.5.2工作负责人应在当天工作前和结束后向工作许可人汇报当天工作情况。

5.5.3已办理许可手续但尚未终结的工作，当空域许可情况发生变化时，工作许可人应及时通知工作负责人视空域变化情况调整工作计划。

5.5.4办理工作许可手续方法可采用：当面办理、电话办理或派人办理。当面办理和派人办理时，工作许可人和办理人在两份工作票上均应签名。电话办理时，工作许可人及工作负责人应复诵核对无误。

5.6工作监护制度

5.6.1工作许可手续完成后，工作负责人应向工作班成员交待工作内容、人员分工、技术要求和现场安全措施等，进行危险点告知。在工作班成员全部履行确认手续后，方可开始工作。

5.6.2工作负责人应始终在工作现场，对工作班成员的安全进行认真监护，及时纠正不安全的行为。

5.6.3工作负责人应对工作班成员的操作进行认真监督，确保无人机巡检系统状态正常、航线和安全策略等设置正确。

5.6.4工作负责人应核实确认作业范围地形地貌、气象条件、许可空域、现场环境以及无人机巡检系统状态等满足安全作业要求。任意一项不满足安全作业要求或未得到确认，工作负责人不得下令放飞。

5.6.5工作期间，工作负责人若因故暂时离开工作现场时，应指定能胜任的人员临时代替，离开前应将工作现场交待清楚，并告知工作班全体成员。原工作负责人返回工作现场时，也应履行同样的交接手续。

5.6.6若工作负责人必须长时间离开工作现场时，应履行变更手续，并告知工作班全体成员及工作许可人。原、现工作负责人应做好必要的交接。填用架空输电线路无人机巡检作业工作票的应由原工作票签发人履行变更手续。

5.7工作间断制度

5.7.1在工作过程中，如遇雷、雨、大风以及其他任何情况威胁到作业人员或无人机巡检系统的安全，但可在工作票（单）有效期内恢复正常，工作负责人可根据情况间断工作，否则应终结本次工作。若无人机巡检系统已经放飞，工作负责人应立即采取措施，作业人员在保证安全条件下，控制无人机巡检系统返航或就近降落，或采取其他安全策略及应急方案保证无人机巡检系统安全。

5.7.2在工作过程中，如无人机巡检系统状态不满足安全作业要求，且在工作票（单）有效期内无法修复并确保安全可靠，工作负责人应终结本次工作。

5.7.3已办理许可手续但尚未终结的工作，当空域许可情况发生变化不满足要求，但可在工作票（单）有效期内恢复正常，工作负责人可根据情况间断工作，否则应终结本次工作。若无人机巡检系统已经放飞，工作负责人应立即采取措施，控制无人机巡检系统返航或就近降落。

5.7.4白天工作间断时，应将发动机处于停运状态、电机下电，并采取其他必要的安全措施，必要时派人看守。恢复工作时，应对无人机巡检系统进行检查，确认其状态正常。即使工作间断前已经完成系统自检，也必须重新进行自检。

5.7.5隔天工作间断时，应撤收所有设备并清理工作现场。恢复工作时，应重新报告工作许可人，对无人机巡检系统进行检查，确认其状态正常，重新自检。

5.8工作票的有效期与延期

5.8.1工作票的有效截止时间，以工作票签发人批准的工作结束时间为限。

5.8.2工作票只允许延期一次。若需办理延期手续，应在有效截止时间前2小时由工作负责人向工作票签发人提出申请，经同意后由工作负责人报告工作许可人予以办理。

5.9工作终结制度

5.9.1工作终结后，工作负责人应及时报告工作许可人，报告方法可采用：当面报告、电话报告。

5.9.2工作终结报告应简明扼要，并包括下列内容：工作负责人姓名、工作班组名称、工作任务（说明线路名称、巡检飞行的起止杆塔号等）已经结束，无人机巡检系统已经回收，工作终结。

5.9.3已终结的工作票（单）应保存一年。

# 6 保证安全的技术措施

6.1航线规划

6.1.1应严格按照批复后的空域进行航线规划。

6.1.2应根据巡检作业要求和所用无人机巡检系统技术性能进行航线规划。

6.1.3航线规划应避开空中管制区、重要建筑和设施，尽量避开人员活动密集区、通讯阻隔区、无线电干扰区、大风或切变风多发区和森林防火区等地区。对首次进行无人机巡检作业的线段，航线规划时应留有充足裕量，与以上区域保持足够的安全距离。

6.1.4航线规划时，无人机巡检系统飞行航时应留有裕度。对已经飞行过的巡检作业航线，每架次任务的飞行航时应不超过无人机巡检系统作业航时，并留有一定裕量。对首次实际飞行的巡检作业航线，每架次任务的飞行航时应充分考虑无人机巡检系统作业航时，留有充足裕量。

6.1.5除必要的跨越外，无人机巡检系统不得在公路、铁路两侧路基外各100m之间飞行、距油气管线边缘距离不得小于100m。

6.1.6除必要外，航线不得跨越高速铁路，尽量避免跨越高速公路。

6.1.7选定的无人机巡检系统起飞和降落区应远离公路、铁路、重要建筑和设施，尽量避开周边军事禁区、军事管理区、森林防火区和人员活动密集区等，且满足对应机型的技术指标要求。

6.1.8不得在无人机巡检系统飞行过程中更改巡检航线。

6.2安全策略设置

6.2.1应充分考虑无人机巡检系统在飞行过程中出现偏离航线、导航卫星颗数无法定位、通讯链路中断、动力失效等故障的可能性，合理设置安全策略。

6.2.2应充分考虑巡检过程中气象条件和空域许可等情况发生变化的可能性，合理制订安全策略。

6.3航前检查

6.3.1应确认当地气象条件是否满足所用无人机巡检系统起飞、飞行和降落的技术指标要求；掌握航线所经地区气象条件，判断是否对无人机巡检系统的安全飞行构成威胁。若不满足要求或存在较大安全风险，工作负责人可根据情况间断工作、临时中断工作或终结本次工作。

6.3.2应检查起飞和降落点周围环境，确认满足所用无人机巡检系统的技术指标要求。

6.3.3每次放飞前，应对无人机巡检系统的动力系统、导航定位系统、飞控系统、通讯链路、任务系统等进行检查。当发现任一系统出现不适航状态，应认真排查原因、修复，在确保安全可靠后方可放飞。

6.3.4每次放飞前，应进行无人机巡检系统的自检。若自检结果中有告警或故障信息，应认真排查原因、修复，在确保安全可靠后方可放飞。

6.4航巡监控

6.4.1各型无人机巡检系统的飞行高度、速度等应满足该机型技术指标要求，且满足巡检质量要求。

6.4.2无人机巡检系统放飞后，宜在起飞点附近进行悬停或盘旋飞行，作业人员确认系统工作正常后方可继续执行巡检任务。否则，应及时降落，排查原因、修复，在确保安全可靠后方可再次放飞。

6.4.3程控手应始终注意观察无人机巡检系统发动机或电机转速、电池电压、航向、飞行姿态等遥测参数，判断系统工作是否正常。如有异常，应及时判断原因，采取应对措施。

6.4.4操控手应始终注意观察无人机巡检系统飞行姿态，发动机或电机运转声音等信息，判断系统工作是否正常。如有异常，应及时判断原因，采取应对措施。

6.4.5采用自主飞行模式时，操控手应始终掌控遥控手柄，且处于备用状态，注意按程控手指令进行操作，操作完毕后向程控手汇报操作结果。在目视可及范围内，操控手应密切观察无人机巡检系统飞行姿态及周围环境变化，突发情况下，操控手可通过遥控手柄立即接管控制无人机巡检系统的飞行，并向程控手汇报。

6.4.6采用增稳或手动飞行模式时，程控手应及时向操控手通报无人机巡检系统发动机或电机转速、电池电压、航迹、飞行姿态、速度及高度等遥测信息。

6.4.7无人机巡检系统飞行时，程控手应密切观察无人机巡检系统飞行航迹是否符合预设航线。当飞行航迹偏离预设航线时，应立即采取措施控制无人机巡检系统按预设航线飞行，并再次确认无人机巡检系统飞行状态正常可控。否则，应立即采取措施控制无人机巡检系统返航或就近降落，待查明原因，排除故障并确认安全可靠后，方可重新放飞执行巡检作业。

6.4.8各相关作业人员之间应保持信息畅通。

6.5航后检查

6.5.1当天巡检作业结束后，应按所用无人机巡检系统要求进行检查和维护工作，对外观及关键零部件进行检查。

6.5.2当天巡检作业结束后，应清理现场，核对设备和工器具清单，确认现场无遗漏。

6.5.3对于油动力无人机巡检系统，应将油箱内剩余油品抽出，对于电动力无人机巡检系统，应将电池取出。取出的油品和电池应按要求保管。

# 7 安全注意事项

7.1一般注意事项

7.1.1使用的无人机巡检系统应通过试验检测。作业时，应严格遵守相关技术规程要求，严格按照所用机型要求进行操作。

7.1.2现场应携带所用无人机巡检系统飞行履历表、操作手册、简单故障排查和维修手册。

7.1.3工作地点、起降点及起降航线上应避免无关人员干扰，必要时可设置安全警示区。

7.1.4现场禁止使用可能对无人机巡检系统通讯链路造成干扰的电子设备。

7.1.5带至现场的油料应单独存放，并派专人看守。作业现场严禁吸烟和出现明火，并做好灭火等安全防护措施。

7.1.6加油及放油应在无人机巡检系统下电、发动机熄火、旋翼或螺旋桨停止旋转以后进行，操作人员应使用防静电手套，作业点附近应准备灭火器。

7.1.7加油时，如出现油料溢出或泼洒，应擦拭干净并检查无人机巡检系统表面及附近地面确无油料时，方可进行系统上电以及发动机点火等操作。

7.1.8雷电天气不得进行加油和放油操作。在雨、雪、风沙天气条件时，应采取必要的遮蔽措施后才能进行加油和放油操作。

7.1.9起飞和降落时，现场所有人员应与无人机巡检系统始终保持足够的安全距离，作业人员不得位于起飞和降落航线下。

7.1.10巡检作业现场所有人员均应正确佩戴安全帽和穿戴个人防护用品，正确使用安全工器具和劳动防护用品。

7.1.11现场作业人员均应穿戴长袖棉质服装。

7.1.12工作前8h及工作过程中严禁饮用任何酒精类饮品。

7.1.13工作时，工作班成员禁止使用手机。除必要的对外联系外，工作负责人不得使用手机。

7.1.14现场不得进行与作业无关的活动。

7.2使用中型无人直升机巡检系统的巡检作业

7.2.1操控手应在巡检作业前一个工作日完成所用中型无人直升机巡检系统的检查，确认状态正常，准备好现场作业工器具以及备品备件等物资，并向工作负责人汇报检查和准备结果。

7.2.2程控手应在巡检作业前一个工作日完成航线规划工作，编辑生成飞行航线、各巡检作业点作业方案和安全策略，并交工作负责人检查无误。

7.2.3应在通信链路畅通范围内进行巡检作业。

7.2.4宜采用自主起飞，增稳降落模式。

7.2.5起飞和降落点宜相同。

7.2.6巡检航线应位于被巡线路的侧方，且宜在对线路的一侧设备全部巡检完后再巡另一侧。

7.2.7沿巡检航线飞行宜采用自主飞行模式。即使在目视可及范围内，也不宜采用增稳飞行模式。

7.2.8不得在重要建筑和设施的上空穿越飞行。

7.2.9沿巡检航线飞行过程中，在确保安全时，可根据巡检作业需要临时悬停或解除预设的程控悬停。

7.2.10无人直升机巡检系统悬停时应顶风悬停，且不应在设备、建筑、设施、公路和铁路等的上方悬停。

7.2.11无人直升机巡检系统到达巡检作业点后，程控手应及时通报任务手，由任务手操控任务设备进行拍照、摄像等作业，任务手完成作业后应及时向程控手汇报。任务手与程控手之间应保持信息畅通。

7.2.12若无人直升机巡检系统在巡检作业点处的位置、姿态以及悬停时间等需要调整以满足拍照和摄像作业的要求，任务手应及时告知程控手具体要求，由程控手根据现场情况和无人直升机状态决定是否实施。实施操作应由程控手通过地面站进行。

7.2.13巡检作业时，无人直升机巡检系统距线路设备距离不小于30m、水平距离不小于25m，距周边障碍物距离不小于50m。

7.2.14巡检飞行速度不宜大于15m/s。

7.3使用小型无人直升机巡检系统的巡检作业

7.3.1操控手应在巡检作业前一个工作日完成所用无人直升机巡检系统的检查，确认状态正常，准备好现场作业工器具以及备品备件等物资。

7.3.2应在通信链路畅通范围内进行巡检作业。在飞至巡检作业点的过程中，通常应在目视可及范围内；在巡检作业点进行拍照、摄像等作业时，应保持目视可及。

7.3.3可采用自主或增稳飞行模式控制无人直升机巡检系统飞至巡检作业点，然后以增稳飞行模式进行拍照、摄像等作业。不应采用手动飞行模式。

7.3.4无人直升机巡检系统到达巡检作业点后，宜由程控手进行拍照、摄像等作业。

7.3.5程控手与操控手之间应保持信息畅通。若需要对无人直升机巡检系统的位置、姿态等进行调整，程控手应及时告知操控手具体要求，由操控手根据现场情况和无人直升机状态决定是否实施。实施操作应由操控手通过遥控器进行。

7.3.6无人直升机巡检系统不应长时间在设备上方悬停，不应在重要建筑及设施、公路和铁路等的上方悬停。

7.3.7巡检作业时，无人直升机巡检系统距线路设备距离不小于5m，距周边障碍物距离不小于10m。

7.3.8巡检飞行速度不宜大于10m/s。

7.4使用固定翼无人机巡检系统的巡检作业

7.4.1操控手应在巡检作业前一个工作日完成所用固定翼无人机巡检系统的检查，确认状态正常，准备好现场作业工器具以及备品备件等物资，并向工作负责人汇报检查和准备结果。

7.4.2程控手应在巡检作业前一个工作日完成航线规划工作，编辑生成飞行航线、各巡检作业点作业方案和安全策略，并交工作负责人检查无误。

7.4.3巡检航线任一点应高出巡检线路包络线100m以上。

7.4.4起飞和降落宜在同一场地。

7.4.5使用弹射起飞方式时，应防止橡皮筋断裂伤人。弹射架应固定牢靠，且有防误触发装置。

7.4.6巡检飞行速度不宜大于30m/s。

# 8 巡检作业异常处理

8.1设备异常处理

8.1.1无人机巡检系统在空中飞行时发生故障或遇紧急意外情况等，应尽可能控制无人机巡检系统在安全区域紧急降落。

8.1.2无人机巡检系统飞行时，若通讯链路长时间中断，且在预计时间内仍未返航，应根据掌握的无人机巡检系统最后地理坐标位置或机载追踪器发送的报文等信息及时寻找。

8.2特殊工况应急处理

8.2.1巡检作业区域出现雷雨、大风等可能影响作业的突变天气时，应及时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，否则应采取措施控制无人机巡检系统避让、返航或就近降落。

8.2.2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。

8.2.3无人机巡检系统飞行过程中，若班组成员身体出现不适或受其它干扰影响作业，应迅速采取措施保证无人机巡检系统安全，情况紧急时，可立即控制无人机巡检系统返航或就近降落。

8.3其他

8.3.1应采取有效措施防止无人机巡检系统故障或事故后引发火灾等次生灾害。

8.3.2无人机巡检系统发生坠机等故障或事故时，应妥善处理次生灾害并立即上报，及时进行民事协调，做好舆情监控。

# 9 设备及资料管理

9.1无人机巡检系统应有专用库房进行存放和维护保养。

9.2维护保养人员应按维护保养手册要求按时开展日常维护、零件维修更换、大修保养和试验等工作。

9.3当无人机巡检系统主要组成部件，如电机、飞控系统、通讯链路、任务设备以及操作系统等进行了更换或升级后，运维单位应组织试验检测，确保无人机巡检系统满足相关标准要求。

9.4无人机巡检系统所用电池应按要求进行充（放）电、性能检测等维护保养工作，确保电池性能良好。

9.5每次巡检作业结束后，工作负责人应填写无人机巡检系统使用记录单（见附录D），记录无人机巡检系统作业表现及当前状态等信息，并于第二个工作日内前交维护保养人员。

9.6设备运维单位应建立线路资料信息，包括：线路走向和走势、交叉跨越情况、杆塔坐标、周边地形地貌等，并核实无误。

9.7设备运维单位应提前掌握线路周边重要建筑和设施、人员活动密集区、空中管制区、无线电干扰区、通讯阻隔区、大风或切变风多发区、森林防火区和无人区等的分布情况，提前建立各型无人机巡检系统正常以及备选起飞和降落区档案，由工作许可人在地图上进行标注，并及时更新。工作负责人应在每次巡检作业结束后的第二个工作日内前将相关变化情况报送工作许可人。

**附录A** **(资料性附录)** **架空输电线路无人机巡检作业现场勘察记录单格式**

**架空输电线路无人机巡检作业现场勘察记录**

勘察单位 编号

勘察负责人 勘察人员

勘察的线路或线段的双重名称及起止杆塔号：

勘察地点或地段：

巡检内容：

现场勘察内容

|  |
| --- |
| 1.作业现场条件： |
| 2.地形地貌以及巡检航线规划要求： |
| 3.空中管制情况： |
| 4.特殊区域分布情况： |
| 5.起降场地： |
| 6.巡检航线示意图： |
| 8.应采取的安全措施： |

记录人：

勘察日期： 年 月 日 时 分至 年 月 日 时 分

**附录B** **（资料性附录）** **架空输电线路无人机巡检作业工作票格式**

**架空输电线路无人机巡检作业工作票**

单位 编号

1.工作负责人 工作许可人

2.工作班

工作班成员（不包括工作负责人）：

3.无人机巡检系统型号及组成：

4.起飞地点、降落地点及巡检线路：

5.工作任务：

|  |  |
| --- | --- |
| 巡检线段及杆号 | 工作内容 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

6.审批的空域范围：

8.计划工作时间：

自 年 月 日 时 分

至 年 月 日 时 分

8.安全措施（必要时可附页绘图说明）：

8.1飞行巡检安全措施：

8.2安全策略：

8.3其它安全措施和注意事项：

工作票签发人签名 年 月 日 时 分

工作负责人签名 年 月 日 时 分

9.确认本工作票1~8项，许可工作开始

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 许可方式 | 许可人 | 工作负责人 | 许可工作的时间 |
|  |  |  | 年 月 日 时 分 |

10.确认工作负责人布置的工作任务和安全措施

班组成员签名：

11.工作负责人变动情况

原工作负责人 离去，变更 为工作负责人。

工作票签发人签名 年 月 日 时 分

12.工作人员变动情况（变动人员姓名、日期及时间）

13.工作票延期

有效期延长到 年 月 日 时 分

工作负责人签名 年 月 日 时 分

工作许可人签名 年 月 日 时 分

14.工作间断

工作间断时间 年 月 日 时 分

工作负责人签名 年 月 日 时 分

工作许可人签名 年 月 日 时 分

工作恢复时间 年 月 日 时 分

工作负责人签名 年 月 日 时 分

工作许可人签名 年 月 日 时 分

15.工作终结

无人机巡检系统撤收完毕，现场清理完毕，工作于 年 月 日 时 分结束。

工作负责人于 年 月 日 时 分向工作许可人 用 方式汇报。

无人机巡检系统状况：

16.备注

（1）指定专责监护人 负责监护

（人员、地点及具体工作）

（2）其他事项

**附录C** **（资料性附录）** **架空输电线路无人机巡检作业工作单格式**

**架空输电线路无人机巡检作业工作单**

单位 编号

1.工作负责人 工作许可人

2.工作班

工作班成员（不包括工作负责人）：

3.作业性质：小型无人直升机巡检作业（ ） 应急巡检作业（ ）

4.无人机巡检系统型号及组成：

5.使用空域范围

6.工作任务

8.安全措施（必要时可附页绘图说明）：

8.1飞行巡检安全措施：

8.2安全策略：

8.3其它安全措施和注意事项：

8.上述1~7项由工作负责人 根据工作任务布置人 的布置填写。

9.许可方式及时间

许可方式：

许可时间： 年 月 日 时 分至 年 月 日 时 分。

10.作业情况

作业自 年 月 日 时 分开始，至 年 月 日 时 分，无人机巡检系统撤收完毕，现场清理完毕，作业结束。

工作负责人于 年 月 日 时 分向工作许可人 用 方式汇报。

无人机巡检系统状况：

工作负责人（签名） 工作许可人

填写时间 年 月 日 时 分

**附录D** **（资料性附录）** **架空输电线路无人机巡检系统使用记录单格式**

**架空输电线路无人机巡检系统使用记录单**

编号： 巡检时间： 年 月 日

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 使用机型 |  | | | | | | |
| 巡检线路 |  | 天气 |  | 风速 |  | 气温 |  |
| 工作负责人 |  | | | 工作许可人 |  | | |
| 操控手 |  | 程控手 |  | 任务手 |  | 机务 |  |
| 架次 |  | | | 飞行时长 |  | | |
| 1.系统状态 | 记录无人机巡检系统航前、航后检查情况，飞行过程中的状态等。 | | | | | | |
|
|
| 2.航线信息 | 如为首次巡检的航线，记录巡检航线周边环境信息，否则记录周边环境信息的变化情况。周边环境信息包括：空中管制区、重要建筑和设施、人员活动密集区、通讯阻隔区、无线电干扰区、大风或切变风多发区和森林防火区等的位置和分布。 | | | | | | |
| 3.其他 | 记录巡检过程中无人机巡检系统出现的其他异常情况。 | | | | | | |

记录人（ 签名）： 工作负责人（签名）：

**附录E** **（规范性附录）** **各岗位人员资质要求**

**E.**1工作票签发人

工作票签发人应通过考试并合格，工作票签发人员名单应书面公布。

**E.**2工作许可人

工作许可人应通过考试并合格，工作许可人员名单应书面公布。

**E.**3 工作负责人（监护人）

工作负责人应具有3年及以上的架空输电线路巡检实际工作经验，具有10次及以上的无人机巡检实际工作经验，具有一定组织能力和事故处理能力，经专门培训，考试合格并具有上岗证。

**E.**4 操控手

**E.**4.1小型无人直升机巡检系统操控手应累计具有20小时及以上的小型无人直升机实际飞行小时数，且本机型实际飞行小时数不少于10小时。

**E.**4.2中大型无人直升机巡检系统操控手应累计具有30小时及以上的中大型无人直升机实际飞行小时数，且本机型实际飞行小时数不少于15小时。

**E.**4.3固定翼无人机巡检系统操控手应累计具有20小时及以上的固定翼无人机实际飞行小时数，且本机型实际飞行小时数不少于15小时。

**E.**5 程控手

**E.**6.1小型无人直升机巡检系统程控手应具有10次及以上的小型无人直升机巡检工作经验，且本机型巡检工作经验不少于6次。

**E.**6.2中大型无人直升机巡检系统程控手应具有20次及以上的中大型无人直升机巡检工作经验，且本机型巡检工作经验不少于10次。

**E.**6.3固定翼无人机巡检系统程控手应具有10次及以上的固定翼或中大型无人直升机巡检工作经验，且本机型巡检工作经验不少于5次。

**E.7** 任务手

**E.**8.1小型无人直升机巡检系统任务手应具有5次及以上的小型无人直升机巡检工作经验，且本机型巡检工作经验不少于3次.

**E.**8.2中大型无人直升机巡检系统任务手应具有10次及以上的中大型无人直升机巡检工作经验，且本机型巡检工作经验不少于5次。

E.8 机务

E.8.1小型无人直升机巡检系统机务应具有10次及以上的小型旋翼无人机巡检工作经验，且本机型巡检工作经验不少于6次。

E.8.2中大型无人直升机巡检系统机务应具有20次及以上的中大型无人直升机巡检工作经验，且本机型巡检工作经验不少于10次。

E.8.3固定翼无人机巡检系统机务应具有10次及以上的固定翼巡检工作经验，且本机型巡检工作经验不少于5次。

架空输电线路无人机巡检作业安全

工作规程

# 编制说明

**目 次**

[一、编制背景 39](#_Toc514415264)

[二、编制主要原则和思路 39](#_Toc514415265)

[三、与其他标准的关系 39](#_Toc514415266)

[四、主要工作过程 40](#_Toc514415267)

[五、标准机构及内容 41](#_Toc514415268)

[六、条文说明 42](#_Toc514415269)

《架空输电线路无人机巡检作业安全工作规程》是为加强无人机巡检作业管理，规范各岗位人员行为，保障电网和无人机巡检系统设备安全而制定的。编制工作说明如下：

# 一、编制背景

随着智能电网的建设，常态化人工巡检已不能满足架空输电线路运行维护的要求，无人机在线路巡检中的优势越来越突出。我国已开展无人机巡视相关研究工作，但目前行业内无人机巡视作业尚不规范。2008年起，公司系统内部分单位开始将无人机用于架空输电线路巡检。公司于2013年开展直升机、无人机和人工协同巡检模式试点工程，选取10家省公司开展协同巡检，推进无人机巡检技术。但无人机升空受民航、军航等部门管制，巡检作业具有较高的技术难度，如果作业流程不规范，会导致无人机坠毁，影响已有线路的安全运行，甚至威胁国家公共财产安全。

为进一步推进国家电网公司规程标准化工作，将《架空输电线路无人机巡检作业安全工作规程》标准统一纳入协同巡检试点工作。

# 二、编制主要原则和思路

规范公司系统内架空输电线路无人机巡检作业流程和人员的行为准则，有效降低使用无人机巡检作业的人员和设备事故的发生。

提出防止人身伤亡及无人机巡检系统设备事故的管理规定以及技术措施及要求。

# 三、与其他标准的关系

本部分符合电力安全工作规程（线路部分）要求，并结合国家电网公司无人机巡检作业的实际开展给出了细化安全工作规定。

# 四、主要工作过程

2013年3月，国家电网公司运维检修部下发了“架空输电线路直升机、无人机和人工协同巡检模式试点工作方案”（国家电网运检[2013]415号），明确中国电力科学研究院全面负责编制工作，国网通航和国网山东、冀北电力等10家试点单位配合。

2013年3月，组织成立了标准领导小组和编制小组，编制了标准项目建议书，明确了标准编制提纲。

2013年4月19日，国家电网公司运维检修部组织召开标准编制工作讨论会，明确标准编制框架。

2013年5月至7月，收集生产使用技术资料，并进行技术调研，同时吸取了有关专家的意见，编制了标准初稿。

2013年8月至10月，编写组着重对巡检作业流程及人员要求等进行了研讨，并修改初稿。

2013年11月19日至24日，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、中国电科院及中船重工717所、中航工业611所等系统内外有关专家，在山东莱芜召开了标准初稿审查会，讨论了组织措施、技术措施及安全注意事项等问题，并提出了修改意见。

2013年11月至2014年1月根据审查会专家意见修改标准初稿。

2014年2月18日，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，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1日，根据讨论会专家意见修改标准，形成征求意见稿。

2014年xx月1，公司生技部发文对标准进行征求意见（国网公司便函〔201\*〕\*\*号）。

2014年6月15日，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6月30日，标准的送审稿上报。

2014年8月28日-29日，国家电网公司在北京主持召开了标准送审稿审查会，邀请了相关领域专家，对送审稿进行了评审。评审顺利通过。

2014年11月20日，根据专家提出的意见对标准送审稿进行修改，形成了报批稿。

# 五、标准机构及内容

本部分依据DL/T800-2001《电力企业标准编制规则》的编写要求进行了编制。本部分主要结构及内容如下：

5.1目次；

5.2前言；

5.3标准正文共设7章：范围、规范性引用文件、总则、保证安全的组织措施、保证安全的技术措施、安全注意事项、设备及资料管理。

5.4标准共设4个资料性附录：现场勘察记录、无人机巡检作业工作票、无人机巡检作业工作单、无人机巡检系统使用记录。

5.5标准共设1个规范性附录：各岗位人员资质要求。

# 六、条文说明

6.1条文中用“应”的条款，表示强制执行，用“宜”或“可”的条款为推荐使用。

6.2各单位可根据现场情况制定本部分补充条款和实施细则，经本单位分管生产领导（总工程师）批准后执行。

6.3同一张工作票中，工作票签发人、工作许可人、工作负责人（监护人）不得兼任，且以上均不能为工作班成员。同一张工作单上，工作许可人、工作负责人（监护人）不得兼任。

6.4对多个巡检飞行架次，但作业类型相同的连续工作，可共用一张工作票，但需遵守条文4.4.6.1，一张工作票（单）仅适用于一种机型。例如：使用无人直升机巡检系统分别进行通道巡视、设备巡检、故障巡视应分别使用一张工作票。

6.5工作票上记录的“工作时间”不等于“许可时间”。

6.6 关于条文5.1.1，实际飞行巡检范围不能超过批复的空域。且在办理空域审批手续时，应按实际飞行空域申报，不应扩大许可范围。

6.7作业时，当无人直升机巡检系统飞行中出现链路中断故障，巡检系统可原地悬停等候1～5min，待链路恢复正常后继续执行巡检任务。若链路仍未恢复正常，可采取沿原飞行轨迹返航或升高至安全高度后返航的安全策略。

6.8作业时，当无人直升机巡检系统飞行中导航定位系统接收到的导航定位卫星数量低于该巡检系统允许值时，巡检系统可原地悬停等候1～5min，待连接的卫星颗数恢复正常后继续执行巡检任务。若卫星颗数仍未恢复正常，应升高至安全高度后返航。

6.9应无人机起飞设置巡检航线，起飞后不能更改航线；直至无人机降落后，可重新设定航线。

6.10关于条文7.2.8，中型无人直升机巡检作业时，不能更改航线；在无人直升机悬停时，根据巡检作业需要解除程控，以增稳模式小范围调整无人机，临时完成后，需再次返回程控模式，不能临时修改航线。