ICS XX.XXX.XX

|  |  |
| --- | --- |
| CCS | X XX |

四川省地方标准

DB 51/T XXXX—XXXX

****

大型无人机人工增雨（雪）作业规程

Large unmanned aerial vehicle cloud-seeding(snow) operation process

**（征求意见稿）**

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

四川省市场监督管理局 发 布

|  |
| --- |
| **51** |

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。

本文件由四川省气象局提出、归口并解释。

本文件起草单位：四川省人工影响天气办公室、中国民用航空飞行学院、成都信息工程大学、中航（成都）无人机系统股份有限公司、天信空天探索（自贡）科技有限公司。

本文件主要起草人：张丰伟、何俊峰、陈蓓、唐克兵、马超、任超、罗仕、林丹、仕仁睿、郭晓梅、胡金蓉、张鹤、罗伟、刘凯、张征东、边巴扎西、钱学林。

大型无人机人工增雨（雪）作业规程

1 范围

本文件确立了大型无人机人工增雨（雪）作业的操作规则和程序。

本文件适用于最大起飞重量超过150kg的民用无人驾驶航空器的人工增雨（雪）作业的组织实施。

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，仅所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/T 35018 民用无人驾驶航空器系统分类及分级

GB/T 38152 无人驾驶航空器系统术语

GB/T 42989 人工影响天气术语

MH/T 2008 无人机围栏

QX/T 421 飞机人工增雨（雪）作业宏观记录规范

QX/T 556 飞机人工增雨（雪）作业流程

QX/T 602 人工影响天气飞机作业基本技术要求

3 术语和定义

QX/T 151-2012界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

QX/T 421-2018规定的宏观记录内容，部分适用于本文件。

3.1

无人机 unmanned aerial vehicle

无人驾驶航空器简称“无人机”，是指没有机载驾驶员、自备动力系统的航空器。

[来源：无人驾驶航空器飞行管理暂行条例—2024,1.2，有修改]

3.2

大型增雨（雪）无人机 large unmanned aerial vehicle of cloud-seeding(snow)

用于实施人工增雨（雪）作业的，有控制站（包括远程操纵或自主飞行）的，最大起飞重量超过150kg的，由动力装置产生推力或拉力，由机身固定机翼产生升力，在大气层内飞行的重于空气的无人机。

3.3

无人机人工增雨（雪）作业 unmanned aerial vehicle cloud-seeding(snow) operation

利用大型增雨（雪）无人机在云体的适当部位，选择适当的时机，播撒合适剂量的催化剂，以增加地面降水量的措施。

3.4

无人机地面控制站 unmanned aerial vehicle ground control station

具有对无人机飞行平台和任务载荷进行监控和操纵的能力，包含对无人机发射和回收控制的一组设备。

3.5

无人机增雨（雪）任务指令 task instruction of unmanned aerial vehicle cloud-seeding(snow)

由无人机地面控制站根据《无人机增雨（雪）作业方案》制定，用于指导无人机系统各专业人员制定用于申请作业空域的飞行计划、完成无人机任务演练（程序操作）以及完成无人机系统准备等工作之用。

3.6

无人机驾驶员 pilot

对无人机的操作负有必不可少职责并在飞行期间实施操纵飞行控件的人员（以下简称驾驶员）。

3.7

增雨（雪）任务载荷操作员 operator of cloud-seeding(snow) operation

与驾驶员相配合，在飞行期间适时操纵增雨（雪）任务载荷的人员（以下简称操作员）。

3.8

无人机增雨（雪）作业监控记录 monitoring record of unmanned aerial vehicle cloud-seeding(snow) operation

在无人机增雨（雪）作业过程中，对无人机的飞行、任务载荷的观测数据等作业信息的记录。

4 无人机增雨（雪）作业指挥体系构建

4.1 总体要求

规定省人工影响天气作业指挥中心（以下简称“人影作业指挥中心”）-无人机地面控制站的两级指挥体系，视情可增加建立省级指挥大厅-人影作业指挥中心-无人机地面控制站的三级指挥体系。明确指挥体系中各级部门的职责分工。

大型增雨（雪）无人机必须搭载二次雷达应答机、广播式自动相关监视设备（ADS-B）、甚高频无线电中继通讯、激光雷达/雷达高度计（Radar Altimeter）与地形数据库、结冰告警及防除冰系统等设备设施，以便航空管制部门随时掌握无人机位置、高度、航向、速度等要素，并指挥完成规定动作或避让其他航空器。

4.2 省级指挥大厅

用于人影应急保障作业。

4.3 人影作业指挥中心

人影作业指挥中心职责包括以下内容：

a) 负责无人机人工增雨（雪）作业任务的提出；

b) 制定无人机人工增雨（雪）作业任务的相应作业计划、预案和方案；

c) 对无人机人工增雨（雪）作业条件进行实时分析与修订航线等。

4.4 无人机地面控制站

无人机地面控制站职责包括以下内容：

a) 根据人影作业指挥中心提出的作业任务性质，准备大型增雨（雪）无人机；

b) 根据作业计划制定无人机人工增雨（雪）作业任务指令和飞行计划，完成无人机任

务演练；

c) 与管制部门建立协同通报机制，负责空域与飞行计划申请、飞行信息通报、飞行调

配指令执行；

d) 直接控制大型增雨（雪）无人机执行人工增雨（雪）作业任务。

5 制订无人机人工增雨（雪）作业计划（预案、方案）

5.1 无人机人工增雨（雪）作业计划

人影作业指挥中心结合近期干旱监测结果和人影需求，根据短期天气预报结论，提前72小时制定《无人机人工增雨（雪）作业计划》，内容包括影响系统的天气类型、演变趋势，无人机作业时段、作业区域、作业需求、备用空域等。

5.2 无人机人工增雨（雪）作业潜力预报和作业预案

人影作业指挥中心根据卫星云图、天气雷达、常规气象观测等实况监测和短期天气预报结论，结合本省作业概念模型和指标，提前24小时制定《无人机人工增雨（雪）作业潜力预报和24小时作业预案》，内容包括影响云系的性质、结构、演变和潜力区分，无人机作业云系类型、作业区域、作业对象、作业时段、作业部位、催化方式等。

5.3 无人机人工增雨（雪）作业方案

人影作业指挥中心结合临近天气预报和实况监测资料，在拟实施无人机人工增雨（雪）作业3小时前，制定《无人机人工增雨（雪）作业方案》，内容包括无人机人工增雨（雪）作业云系性质和结构、作业时段、作业区域、作业对象、作业部位、催化方式、飞行航线等。

5.4 无人机人工增雨（雪）作业航线设计

无人机人工增雨（雪）作业航线设计包括以下内容：

a) 空间几何坐标系采用CGCS2000坐标系或WGS-84坐标系，时间系统采用世界协调

时（UTC）时间；

b) 结合电子围栏数据（应当每24小时自动同步更新电子围栏数据，并具备自动比对

与越界报警功能），首先要避开禁区、限制区；其次，考虑空域属性是否为协同管

理空域、四川省低空试点空域、管制空域还是开放空域；

c) 避开强对流等恶劣天气影响区域或时段；

d) 首次飞行的航线应适当增加安全裕度，确保安全后方可按照正常作业安全距离开展

作业。进行同类作业飞行时，应在保障安全的前提下，优先调用历史航线；

e) 无人机人工增雨（雪）作业航线设计应考虑可移动地面控制站的选址和固定地面控

制站的操控范围。

6 作业组织与实施

6.1 预先准备阶段

6.1.1 拟定无人机人工增雨（雪）作业任务指令

规定了在《无人机人工增雨（雪）作业方案》下达至无人机地面控制站后，根据作业任务要求拟定任务指令的内容，并且完成演练（程序操作）。

同时，人影作业人员完成机载催化作业设备和大气探测设备的飞行前检查准备，包括催化剂焰条装填、大气探测设备外观检查、窗口清洁、各设备通信测试等。无人机系统各专业人员根据任务指令完成无人机系统准备。

6.1.2 空域与飞行计划申请

空域与飞行计划申请包括以下内容：

a) 常备计划申请。由实施飞行的单位向空军航空管制部门直接申请，或通过民航空管

部门向空军航空管制部门申请。内容应包括全年实施无人机人工增雨（雪）作业的

实施单位、计划起止时间、作业无人机机型、无人机编号、飞行任务等。

b) 飞行计划申请。实施作业前，根据《无人机人工增雨（雪）作业方案》中作业任务

的性质和要求，向相关管制部门提交飞行计划申请，内容包括作业无人机机型、无

人机编号、无人机系统的机长姓名、飞行任务（目的）、机组天气标准、无人机系

统驾驶员情况、作业目标区范围（水平范围以某某区号或者经纬度范围给出，高度

范围在终端区内以修正海平面气压给出，超出终端区以标准海平面气压给出）、进

出作业区的航线、高度、作业区内飞行航线、飞行高度范围、预计起飞时间、预计

返回主降机场时间、拟定的备降机场和应急返场航线、高度等内容。飞行前取得军

民航相关空域批复。

6.1.3 飞行计划变更

因空域限制等原因原定飞行计划不能实施时，应及时撤销，重新根据无人机人工增雨（雪）作业天气形势制订无人机人工增雨（雪）作业计划（预案、方案），修订飞行计划，并在得到航空管制部门许可后执行。

6.1.4 应急处置预案

驾驶员应对无人机人工增雨（雪）作业制定应急处置预案，并固定应急处置预案的内容，以及一旦发生异常情况的处置方法等。

应急处置预案内容须包括且不局限于无人机性能参数、无人机操作与控制安全评估、无人机飞行的气象限制条件、危及无人机安全的天气条件下应急处置、起落架系统故障应急处置、电气系统故障应急处置、遥测系统故障应急处置、导航与定位系统故障应急处置、动力系统故障应急处置、信息安全、迫降及冲出跑道的应急处置、无人机空中飞行安全距离、无人机防撞分析与应急处置等，明确无人机与地面站连续失联进入自动保持航向高度并执行返航或悬停等待、自动切入预设安全航线返场等“失联程序模式”的超时条件。

6.2 作业实施

6.2.1 起飞

起飞包括以下内容：

a) 无人机系统各岗位人员按程序进行无人机机库外检查、起飞点检查，驾驶员听从航

空管制安排按计划完成起飞、爬升等动作，起飞过程中，通过数据链实时下传机头

广角云宏观成像仪视频等遥测数据；

b) 起飞后，机载大气探测和催化作业系统各设备上电，人影作业人员详细记录各机载

设备的状态情况。

6.2.2 作业飞行

作业飞行包括以下内容：

a) 进入作业区前，操作员启动机载气象雷达或相关遥感探测设备，根据《无人机人工

增雨（雪）作业方案》进行针对性的气象探测，确认合适的目标区。根据实际气象

探测情况与人影指挥人员进行在线任务规划修正，前往修正后的作业区；

b) 操作员择机关闭合成孔径雷达（SAR，在人影作业中主要用于云团的气象探测）或

相关遥感探测设备，并且在进入作业区云层前启动电加热防除冰装置、大气探测设

备；

c) 进入作业区后，将画面由机头广角云宏观成像仪切至监控摄像机，操作员开始对该

区域云层的宏微观特征量等进行探测，通过数据链实时下传大气探测信息，入云期

间严格监控无人机结冰情况；

d) 人影指挥人员根据实时下传的大气探测信息确认作业云层满足人工增雨（雪）作业

条件时，通知操作员启动机载催化作业系统，按规划好的作业航线进行催化剂的播

撒作业，同时关注高空风探测设备数据，视情调整作业航线；

e) 在探测和播撒作业过程中，通过监控摄像机随时观察无人机结冰探测装置，在结冰

速率超出规定指标后，立即通知航空管制部门并尽快改变飞行高度，脱离空中结冰

区域；

f) 无人机系统各岗位人员应按照无人机作业飞行相关技术规范时刻关注无人机及任

务载荷的工作状态，并关注作业区域无人机围栏相关限制信息，做好应急干预准备；

g) 全过程中，人影作业人员详细记录监控画面内的云雨等宏观信息和各机载设备的启

动/关闭时间，以及工作状态等信息。

h) 无人机地面控制站向航空管制部门通报此次作业对相关地区可能造成的天气变化

情况。

6.2.3　返航、降落

返航、降落包括以下内容：

a) 根据无人机燃料剩余情况和催化剂剩余情况，灵活安排执行任务或返航；

b) 无人机返航，脱离作业云区后，电加热防除冰装置、探测设备和播撒设备关机停止

工作，无人机摄像机画面由后视输入切回至前视输入机头广角云宏观成像仪；

c) 无人机系统各岗位人员应按照无人机作业飞行相关技术规范时刻关注无人机及任

务载荷的工作状态，并关注作业区域无人机围栏相关限制信息，做好应急干预准备；

d) 降落期间，无人机系统各岗位人员应密切关注无人机飞行状态，做好人工接管准备，

必要时切换手动降落；

e) 全过程中，人影作业人员详细记录监控画面内的云雨等宏观信息和各机载设备的启

动/关闭时间，以及工作状态等信息。

7 作业信息管理与评估

7.1 总体要求

飞机着陆后，机务人员下载任务数据提供相关专业进行数据分析，按要求进行常规机务维护；作业人员检查机载催化作业设备和大气探测设备外观，拆卸催化焰条，清洁大气探测设备窗口。

7.2 作业信息收集

作业结束后3小时内，人影作业指挥中心收集汇总本次无人机增雨（雪）作业信息存档并上报。

7.3 作业效果评估

作业结束后48小时内，分析作业的合理性、目标区和对比区作业前后降水宏微观特征量的动态变化，得出基于多物理参量区域动态对比变化率，结合区域对比分析和区域历史回归等方法对本次无人机人工增雨（雪）作业效果进行评估。对效果评估进行月度、季度和年度评估总结，按要求逐级汇报相关部门。

7.4 作业资料档案的整理与移交

对无人机人工增雨（雪）作业所涉及的空域审批文件、飞机检查记录、飞机监控记录、作业宏观记录、航线信息等进行整理并归档。

8 无人机增雨（雪）作业监控记录

8.1 总体要求

对无人机人工增雨（雪）作业监控记录的内容、记录方法和记录形式等进行规定，无人机人工增雨（雪）作业规程流程图参见图1。

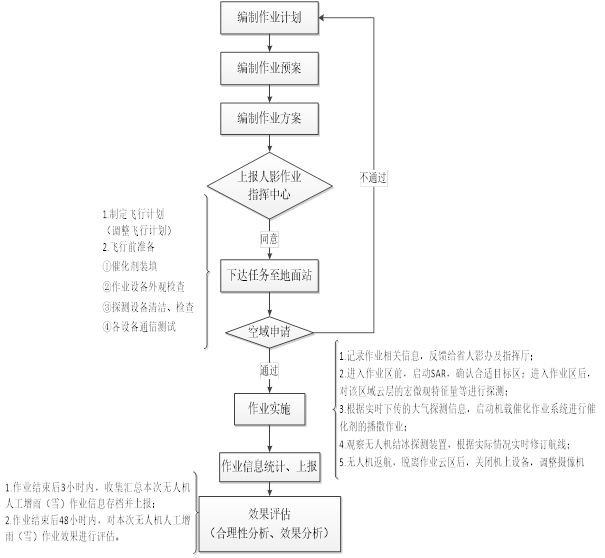


图1 大型无人机人工增雨（雪）作业流程图

8.2 基础信息记录内容

包括空域申请与批复时间、起降机场和备降机场的名称、本场天气实况、作业飞行区域代码、无人机机型、机号、飞行操作人员、载荷操作人员、作业记录人员、指挥人员、作业人员、无人机机载设备的开机和关机时间、运行情况等工作状态等各类信息。

8.3　飞行内容记录

包括无人机起飞、爬升、平飞、转弯、下降、着陆信息及对应的时间、经纬度和高度等,播撒作业的起止时间，催化剂用量，空中限制区、电子围栏信息，其他异常情况等。

8.4　记录方法

通常情况下，每隔10分钟记录一次飞机所在位置对应的气温、气压、云内外位置、云的性质、云雨情况、飞机结冰、机载探测设备的运行情况；遇特殊情况，应随时记录。

8.5　记录形式

具体记录形式如下：

a) 图形图像记录，通过无人机操控人员采集并保存飞行过程中相关的图形图像资料；

b) 音频视频资料可以作为记录的补充方式等；

c) 无人机人工增雨（雪）作业所使用的图、表等内容的设计进行规定；

d) 表格记录，使用表格参见表1、表2。

表1 大型无人机人工增雨（雪）作业监控记录（航前、航后）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位信息： | | | | | | | | | | 飞行架次：第 架次 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 飞行日期 |  | | 飞行任务 | | |  | | 轮动时间 | |  | | | 起飞时间 | |  | | 起降机场 | |  | | 空域申请时间 | | | |  | |
| 飞机型号 |  | | 飞机编号 | | |  | | 轮停时间 | |  | | | 降落时间 | |  | | 备降机场 | |  | | 空域批复时间 | | | |  | |
| 作业指挥人员 | |  | | | | 设备操作人员 | |  | | | 系统驾驶人员 | | | |  | | | | 作业人员 | | | |  | | | |
| 载荷操作人员 | |  | | | | 作业记录人员 | |  | | | 地面保障人员 | | | |  | | | | 宏观记录人员 | | | |  | | | |
| 机组人员 | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 起降  机场  天气 | 时间 云状 云量 云高（底/顶） 气压 温度 风向 风速 能见度 天气现象 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 起飞： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 降落 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 作业  信息 | 作业时间 | | | | | | | | | | | | | | | | | 作业高度 | | 作业温度 | | 催化剂种类 | | | | |
| 开始播撒时间 | | |  | 开始播撒时间 | |  | | 开始播撒时间 | | |  | | 开始播撒时间 | |  | |  | |  | | 型号 | |  | |  |
| 结束播撒时间 | | |  | 结束播撒时间 | |  | | 结束播撒时间 | | |  | | 结束播撒时间 | |  | |  | |  | | 用量 | |  | |  |
| 作业区域 | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表2 大型无人机人工增雨（雪）作业监控记录（飞行过程）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时间 | 地理位置 | 飞行高度 | 设备状态 | 飞行状态 | | | | | 观测信息 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 爬升 | 转弯 | 平飞 | 盘旋 | 下降 | 穿云信息 | | | | 云状 | 云的宏观特征 | 积冰程度 | | | 雨线程度 | | | 颠簸程度 | | | 其他 |
| 入云 | 出云 | 云底 | 云顶 | 轻度 | 中度 | 重度 | 轻度 | 中度 | 重度 | 轻度 | 中度 | 重度 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

参考文献

[1] MH/T 1069-2018 无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范

[2] MH/T 1075-2020 飞机增雨作业安全规范

[3] QX/T 151-2012 人工影响天气作业术语

[4] 中国气象局科技教育司.飞机人工增雨作业业务规范（试行）.2000

[5] 中国气象局科技发展司.人工影响天气岗位培训教材.北京：气象出版社.2003

[6] 尹宪志，张丰伟，等.大型无人机人工增雨试验[M].北京：气象出版社.2023

[7] 中华人民共和国国务院、中华人民共和国中央军事委员会.无人驾驶航空器飞行管理暂行条例.2024

[8] 中国民用航空局.民用无人机驾驶航空器系统适航审定管理程序.2022

