



# 信息通告

中国民用航空局空管行业管理办公室

---

编 号：IB-TM-2022-001

下发日期：2022年1月25日

## 基于无人机的民用航空飞行校验 专用地空数据链系统通用技术应用 指导意见(试行)

---

## 目 录

### 前言

1 范围.....	1
2 规范性引用文件及参考文件.....	1
3 术语、定义、单位和缩略语.....	2
3.1 术语和定义.....	2
3.2 单位和缩略语.....	3
4 技术要求.....	4
4.1 概述.....	4
4.2 系统组成.....	5
4.3 一般要求.....	6
4.4 工作频段.....	7
4.5 视距链路.....	7
4.6 超视距卫星链路.....	9
4.7 供电特性.....	11
4.8 接口.....	11
4.9 环境条件.....	12
4.10 可靠性.....	13
4.11 自检与告警.....	13

## 前 言

为推进智慧民航自主创新技术应用提升安全运行保障能力，筑牢法规标准体系保障基础，促进无人机技术应用于民用航空飞行校验领域，提升飞行校验安全水平与运行效率，民航局空管行业管理办公室组织编制了《无人机飞行校验标准体系框架》。

基于《无人机飞行校验标准体系框架》，为标准化无人机飞行校验的技术实现，明确应用要求与技术指标，为无人机民用航空飞行校验实施所需专用任务数据链系统设计、制造、运行提供通用技术应用指导意见，现组织编制《基于无人机的民用航空飞行校验专用地空数据链系统通用技术应用指导意见（试行）》。

本文件由 4 部分组成：范围，规范性引用文件及参考文件，术语、定义、单位和缩略语，技术要求。

本文件主要起草人：朱衍波、郭静、史晓锋、张沁、周韵尧、王志鹏、王永超、王鹏飞、李小强、苏维、刘书明、宋曦彤、王成林、方继嗣、姬悦、荣毅、李强、董吉超

本文件主要审核人：范小敏，沈建中，董朝晖，张超，魏童，李家杰，叶家全，葛茂，赵亮

## 1 范围

本文件规定了基于无人机的民用航空飞行校验专用地空数据链系统通用技术要求，适用于基于无人机的民用航空飞行校验任务数据链系统设计、制造和运行。

## 2 规范性引用文件及参考文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的内容。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（包括所有修改单）适用于本文件。

[1] 《外壳防护等级（IP 代码）》（GB/T 4208-2017）

[2] 《无线电管理术语》（GB/T 13622-2012）

[3] 《民用无人驾驶航空器系统分类及分级》（GB/T 35018-2018）

[4] 《民用航空通信导航监视设备飞行校验管理规则》（CCAR-86-R1）

[5] 《民用航空陆基导航设备飞行校验规范》（AC-86-TM-2016-01）

[6] 《基于固定翼/混合翼无人机的民用航空飞行校验系统技术要求》（IB-TM-2020-005，2020年9月27日下发）

[7] 《工业和信息化部关于无人驾驶航空器系统频率使用事宜的通知》（工业和信息化部，2015年3月10日公布）

[8] 《Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment》（RTCA DO-160G）

[9] 《United States Standard Flight Inspection Manual》（FAA ORDER 8200.1D，2015年4月发布）

[10] 《Command and Control (C2) Data Link Minimum Operational Performance Standards (MOPS) (Terrestrial)》（RTCA DO-362，2016年9月22日发布）

### 3 术语、定义、单位和缩略语

#### 3.1 术语和定义

《民用无人驾驶航空器系统分类及分级》、《无线电管理术语》、《民用航空通信导航监视设备飞行校验管理规则》及《民用航空陆基导航设备飞行校验规范》中确立的下列术语和定义适用于本文件。

##### 1) 飞行校验

飞行校验，是指为了保证飞行安全，使用装有专门飞行校验设备的飞行校验航空器，按照飞行校验的有关标准、规范，检查、校准和分析通信、导航、监视设备的空间信号质量、容限及系统功能，并根据检查、校准和分析结果出具飞行校验报告的活动。

##### 2) 民用无人驾驶航空器系统

从事民用领域飞行活动的航空器（无机载驾驶员操纵）、控制单元、数据链、作业载荷、运行支持单元等组成的系统。本文件中简称为“无人机”。

### 3) 上行链路

将飞行校验任务指令从无人机飞行校验系统地面数据终端传输至无人机飞行校验系统机载数据终端的数据链路。

### 4) 下行链路

将飞行校验数据从无人机飞行校验系统机载数据终端传输至无人机飞行校验系统地面数据终端的数据链路。

### 5) 前向链路

超视距传输系统中前向链路指地-星-机链路，包括从无人机飞行校验系统地面数据终端至卫星转发器的地-星链路、从卫星转发器至无人机飞行校验系统机载数据终端的星-机链路两部分。

### 6) 反向链路

超视距传输系统中反向链路指机-星-地链路，包括从无人机飞行校验系统机载数据终端至卫星转发器的机-星链路、从卫星转发器到无人机飞行校验系统地面数据终端的星-地链路两部分。

## 3.2 单位和缩略语

本文件中包含的单位及其含义如表 1。

表 1 单位

符号	名称	符号	名称
dB	分贝	ms	毫秒
ft	英尺	ppm	百万分比

g	重力加速度	℃	摄氏度
Grms	总均方根加速度	%	百分比
Hz	赫兹	VDC	直流电压
kbps	千比特每秒	W	瓦
km	千米		

本文件中包含的缩略语及其含义如表 2。

表 2 缩略语

缩略语	名称
AES	高级加密标准 (Advanced Encryption Standard)
IP	防护等级 (Ingress Protection)
LDPC	低密度奇偶校验码 (Low Density Parity Check Code)
MSL	平均海平面 (Mean Sea Level)
MTBF	平均无故障工作时间 (Mean Time Between Failure)
MTTR	平均修复时间 (Mean Time To Repair)
RS	里德-所罗门 (Reed-Solomon)
RTCA	航空无线电技术委员会 (Radio Technical Commission for Aeronautics)
UAS	无人驾驶航空器系统 (Unmanned Aircraft System)

## 4 技术要求

### 4.1 概述

基于无人机的飞行校验是指在以民用无人驾驶航空器系统为平台，在无人机上加装机载任务载荷，与地面端任务载荷、无人

机遥控遥测模块以空地协同方式实现对民航通信导航监视助航设施的检查、校准和评估，并出具飞行校验报告的过程。

本文件所述基于无人机的飞行校验专用地空数据链系统（后文简称“专用数据链系统”）是指传输与飞行校验实施任务载荷有关信息的数据链系统，如飞行校验数据、机载任务载荷工作状态信息、机载任务载荷遥控指令等。此数据链系统不用于无人机系统控制和其他与飞行安全有关的地空通信，如无人机系统的遥控遥测、空中飞行器检测及防撞信息、其他与无人机系统飞行控制、状态监视有关的数据传输。

## 4.2 系统组成

专用数据链系统如图 1 所示，一般由机载数据终端和地面数据终端组成。机载数据终端包括机载无线通信设备、机载通信天线及线缆；地面数据终端包括地面无线电通信设备、地面通信天线及线缆。

飞行校验专用地空数据链系统框图如下所示：



飞行校验专用地空数据链

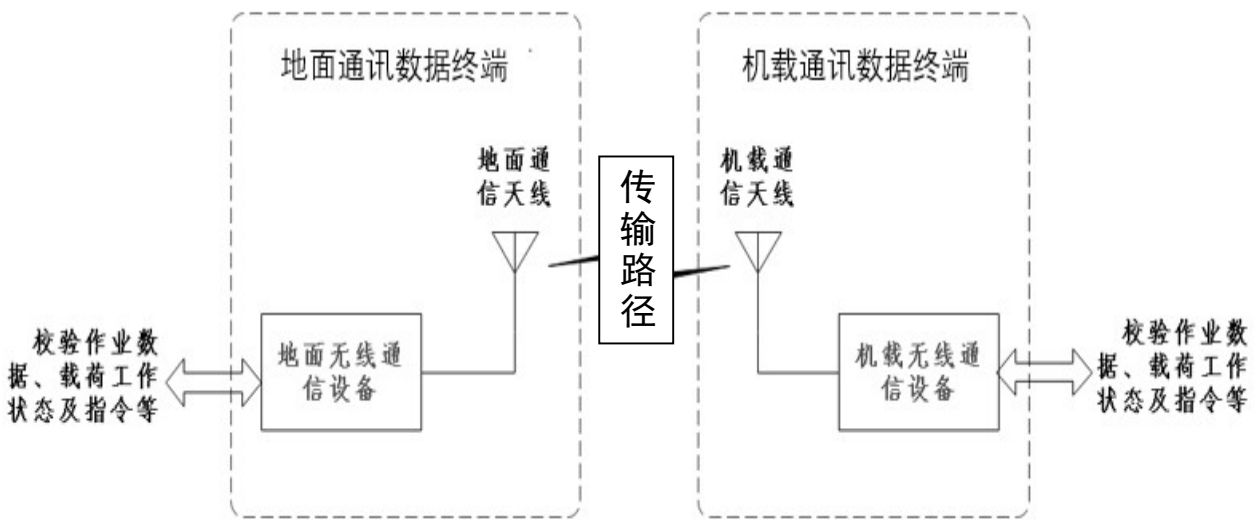


图 1 基于无人机的飞行校验专用地空数据链系统

### 4.3 一般要求

- 1) 数据链系统设备生产厂商除需满足本文件所述技术要求外，还需遵守国家有关部门关于无线电通信设备制造、销售的管理规定，如机载及地面终端制造商需取得无线电发射设备型号核准。
- 2) 数据链系统用户需按照规定取得无线电频率使用许可、无线电台（站）设置/使用许可等，并注意遵守实际应用环境所在地军地无线电管理部门的有关法律法规。
- 3) 使用数据链系统的单位或者个人需按照载明的许可事项和条件使用，不得故意收发载明事项之外的无线电信号，不得传播、公布或者利用无意接收的信息。
- 4) 其他本文件未列明的事项，参照国家有关规定的最新版及替

代文件。

#### 4.4 工作频段

专用数据链系统工作频段、工作方式（指定、直序扩频、跳频等）、中心频点、信道带宽、发射频率、频率容限、邻道泄漏比、带外发射功率、杂散发射、频段保护要求等技术指标和其他要求，如是否需具备“发射前搜寻”协议等参照国家有关文件、行业标准或无线电管理部门的专项批复。

专用数据链系统工作频率的选择需符合国家对无线电频率的管理要求，且需考虑与无人机机载航电设备、飞行校验系统机载设备、机场通信、导航及监视系统及其他运行保障系统工作频率的兼容性，不得对航空飞行安全和飞行校验实施造成有害干扰。

#### 4.5 视距链路

##### 4.5.1 作用距离

无人机飞行校验系统数据链系统作用距离与任务需求相对应，通视条件下的有效通信距离不小于 55km。根据需要，可采用多站接力方式扩展有效通信距离。

##### 4.5.2 数据速率

除另有规定，一般上行数据传输速率为 3.2kbps/6.4kbps，飞行校验任务非视频下行链路数据传输速率不小于 512kbps，飞行校验任务视频下行链路数据传输速率不小于 2.048Mbps。

##### 4.5.3 误码率

上行链路和下行链路误码率通常不大于  $1 \times 10^{-5}$ 。

#### 4.5.4 传输时延

数据链传输延迟（响应时间）不大于 400ms。

#### 4.5.5 射频要求

##### 4.5.5.1 载波频率稳定度

专用数据链系统载波频率稳定度不低于 $\pm 20\text{ppm}$ 。

##### 4.5.5.2 发射功率

发射功率根据不同传输距离的需求进行设计。输出功率具备大小功率可调功能，大功率为额定功率输出，小功率输出不大于 2W，以满足近场使用的需求。最大发射功率需满足国家无线电管理部门的相关要求。

##### 4.5.5.3 接收灵敏度

接收机灵敏度由信道编码、调制方式和数据速率确定，相比理论值恶化不大于 3dB。

#### 4.5.6 抗干扰设计

根据工作频段、传输码速率、信道特征等选用扩频、频域干扰抑制技术、智能天线等措施。

#### 4.5.7 抗多径措施

根据地空数据链系统采用的工作频段、传输码速率、信道特征等技术方式，具有抗多径、抗衰落能力的设计措施。

#### 4.5.8 加密性能

数据链系统具备通信安全保护功能，至少具备用户可配置的 128 位密钥 AES 加密通信能力。

#### 4.5.9 多普勒适应

上行链路和下行链路多普勒适应能力应满足飞行器最大飞行速度下，正常双向通信的要求。

#### 4.5.10 衰落裕度

衰落裕度的大小需考虑可能的电平衰落程度和允许的信道中断率（或可靠度），一般地 - 空链路衰落裕度不低于 10dB。

#### 4.5.11 天线要求

##### 4.5.11.1 极化方式

天线极化方式可采用垂直极化、圆极化等极化方式。

##### 4.5.11.2 方向图

机载天线方向图设计需具有减缓飞机壳体对机载天线方向图影响的措施，并满足飞机姿态变化要求。

地面天线方向图设计需具有减缓载体对天线方向图影响的措施。

##### 4.5.11.3 天线形式

天线宜与飞机或地面数据终端构型统一设计，可采用全向天线、定向天线或复合天线等形式。

机载天线外观采用流线性设计，且无论是制造的或采购的相同组件、分组件和可替换零件都符合互换性要求，功能上不可互换的零组件是结构上不可互换的。

### 4.6 超视距卫星链路

无人机飞行校验系统数据链系统的超视距链路主要是指通过

卫星传输的链路，卫星类型可根据数据链传输业务的需求选择。

#### 4.6.1 工作频段

由所租用的卫星转发器决定，机载数据终端和地面数据终端宜与此保持一致。

#### 4.6.2 频率控制

机载频率可通过视距链路设置，地面频率通过本地监控设置。地面与机载的频率符合对应关系。

#### 4.6.3 发射功率

额定发射功率根据传输数据速率、天线增益等因素设计。

#### 4.6.4 接收灵敏度

在满足误码率不大于  $1 \times 10^{-5}$  时，系统接收载噪比大于解调门限  $E_b/N_0$ 。

#### 4.6.5 数据速率

除另有规定，一般前向数据传输速率为 3.2kbps/6.4kbps，飞行校验任务非视频反向链路数据传输速率不小于 512kbps，飞行校验任务视频反向链路数据传输速率不小于 2.048Mbps。

#### 4.6.6 误码率

卫星中继（超视距）链路误码率不大于  $1 \times 10^{-5}$ 。

#### 4.6.7 纠错编码方式

用户终端一般采用卷积、卷积与 RS 级联编码或 LDPC 码等纠错编码方式。

#### 4.6.8 加密性能

超视距数据链具备通信安全保护功能，至少具备用户可配置的 128 位密钥 AES 加密通信能力。

#### 4.6.9 扩频方式

通信卫星系统中，用户终端前向链路一般采用直接序列扩频方式。反向链路速率较低时，可采用直接序列扩频方式；速率较高时，不作扩频处理。

#### 4.6.10 天线

卫星通信天线宜根据无人机装载条件进行设计，多卫星资源时可采用共天线设计。

机载天线外观应采用流线性设计，且无论是制造的或采购的相同组件、分组件和可替换零件都需符合互换性要求，功能上不可互换的零组件是结构上不可互换的。

### 4.7 供电特性

机载数据终端设备供电通常按如下要求选择：

- a) 电源种类一般为直流；
- b) 机载无线通信子系统能在 5/12/28VDC 机载供电条件下正常工作，变化范围 $\pm 10\% \sim \pm 20\%$ ；
- c) 设备功耗不大于 100W。

### 4.8 接口

机载数据终端外部接口包括与飞控计算机和载荷设备的接口，通常按如下要求选择：

- a) 与飞控计算机接口一般采用 RS-422 同步或异步串行接口，

且读取数据接口需具有保护措施，防止向飞行数据总线写入数据；

b) 与载荷设备的接口一般采用同步数据接口或网口。

## 4.9 环境条件

### 4.9.1 机载数据终端

a) 工作温度：-40°C ~ 60°C（安装在机舱内设备）

-45°C ~ 60°C（安装在机舱外设备）；

b) 储存温度：-50°C ~ 70°C；

c) 海拔高度：至少满足 25000ft MSL 高度以下正常运行；

d) 湿度：机载设备在贮存、运输和使用过程中能承受湿热环境。

安装在机舱内的设备湿度试验条件按照 RTCA DO-160G 6.3.1 节（A 类设备，标准湿度环境）规定实施。安装在机舱外的设备湿度试验条件按照 RTCA DO-160G 6.3.3 节（C 类设备，极限湿度环境）规定实施；

e) 防水等级：机载设备具有抗雨防水能力。安装在机舱内的设备防水试验按照 RTCA DO-160G 10.3.2 节（W 类设备，防滴水测试）规定实施。安装在机舱外的设备防水试验按照 RTCA DO-160G 10.3.3 节（R 类设备，防喷溅测试）规定实施；

f) 防尘等级：机载设备具有防尘能力。设备防尘能力试验按照 RTCA DO-160G 12.4 节规定实施；

g) 抗冲击（带隔振器）：15g, 10ms，后峰锯齿波；

h) 抗振动：15-500Hz, 0.3Grms；

- i) 电磁兼容性：机载设备电源线传导发射和电场辐射发射满足 RTCA DO-160G M 类设备的测试要求（电源线传导发射：RTCA DO-160G 21.4 节；电场辐射发射：RTCA DO-160G 21.5 节）。

#### 4.9.2 地面数据终端

- a) 工作温度：-40°C ~ 60°C（户外部署）  
-10°C ~ 50°C（有环境控制的空间）；
- b) 储存温度：-50°C ~ 70°C；
- c) 海拔高度：至少满足 15000ft MSL 高度以下正常运行；
- d) 最大相对湿度：100%，冷凝（户外部署）  
80%（有环境控制的空间）；
- e) 防尘防水等级：IP56（户外部署）  
IP53（有环境控制的空间）；
- f) 抗冲击：可抗击自不大于 1 米高度自由落体至硬表面的冲击力。

#### 4.10 可靠性

- a) 平均故障间隔时间（MTBF）不小于 2000 小时；
- b) 平均修复时间（MTTR）不大于 0.5 小时。

#### 4.11 自检与告警

- a) 设备具备检测接口；
- b) 设备具备自检能力和工作状态指示；
- c) 设备具备故障诊断和告警功能。