ICS 33.060
CCS M 35

团 体 标 准

T/TAF 305—2025

基于无人机的空天地通信系统总体技术要求

General technical specifications for space-air-ground integrated communication system based on unmanned aircraft vehicle(UAV)

2025-07-21 发布 2025-07-21 实施

电信终端产业协会 发布

版权声明

邮箱：tafrb@taf.org.cn

电话：010-82052809

目　次

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。

本文件由电信终端产业协会（TAF）提出并归口。

本文件起草单位：中国联合网络通信有限公司、博鼎实华（北京）技术有限公司、中国卫通集团有限公司、中国电信集团卫星通信有限公司、芯无线（北京）通信技术有限公司、翱捷科技股份有限公司、西安通和电信设备检测有限公司。

本文件主要起草人：侯赛男、向兰华、季红妍、金舰、王彬、郑艺、谢小芳、席绪亚、刘少磊、杨俊、刘牧洲、张成岩、陈蛟、李莎、徐海洋、张健、王勇、徐韬、李维成、石杨。

基于无人机的空天地通信系统总体技术要求

1 范围

本文件规定了基于空天地通信的无人飞行系统的总体架构、无人机机载终端、机载中继通信设备、地面通信系统以及无人机管理平台的技术要求。

本文件适用于各种民用场景下的无人飞行系统，支持应急救援、低空物流、警用安防、巡检等应用场景。

2 规范性引用文件

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条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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—2018 民用无人驾驶航空器系统分类及分级

GB/T 38909—2020 民用轻小型无人机系统电磁兼容性要求与试验方法

GB/T 42590—2023 民用无人驾驶航空器系统安全要求

YD/T 0736—2022 基于蜂窝网络的民用无人驾驶航空器系统业务平台功能技术要求

YD/T 2407—2021 移动智能终端安全能力技术要求

YD/T 2571—2015 TD-LTE 数字蜂窝移动通信网 基站设备技术要求（第一阶段)

YD/T 2573—2013 LTE FDD 数字蜂窝移动通信网 终端设备技术要求（第一阶段）

YD/T 2573—2017 LTE FDD 数字蜂窝移动通信网 基站设备技术要求（第一阶段）

YD/T 2575—2016 TD-LTE 数字蜂窝移动通信网 终端设备技术要求（第一阶段）

YD/T 4721—2024 5G 数字蜂窝移动通信网 增强移动宽带 终端设备技术要求（第二阶段）

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

3GPP：第三代合作计划（3rd Generation Partnership Project）

AC：交流（Alternating Current）

APN：接入点（Access Point Name）

BBU：室内基带处理单元（Building Base band Unit）

FDD：频分双工复用（Frequency Division Duplex）

ICCID：集成电路卡识别码（Integrate circuit card identity）

IMEI：国际移动设备识别码（International Mobile Equipment Identity）

IMSI：国际移动用户识别码（International Mobile Subscriber Identification Number）
LAN：局域网（Local Area Network）
LTE：长期演进（Long Term Evolution）
MIMO：多输入多输出（Multiple-Input Multiple-Output）
NR：新无线（New Radio）
PCI：物理小区标识（Physical Cell Identifier）
PLMN：公共陆地移动网（Public Land Mobile Network）
RCS：感知目标雷达散射截面积（Radar Cross Section）
RRC：无线资源控制（Radio Resource Control）
RRU：射频拉远单元（Remote Radio Unit）
RSRP：参考信号接收功率（Reference Signal Receiving Power）
SINR：信号与干扰加噪声比（Signal to Interference plus Noise Ratio）
TDD：时分双工（Time Division Duplex）

5　系统架构

本章描述了基于空天地通信的无人飞行系统的总体架构，包括太空层、低空层和地面层三个主要组成部分，见图1。

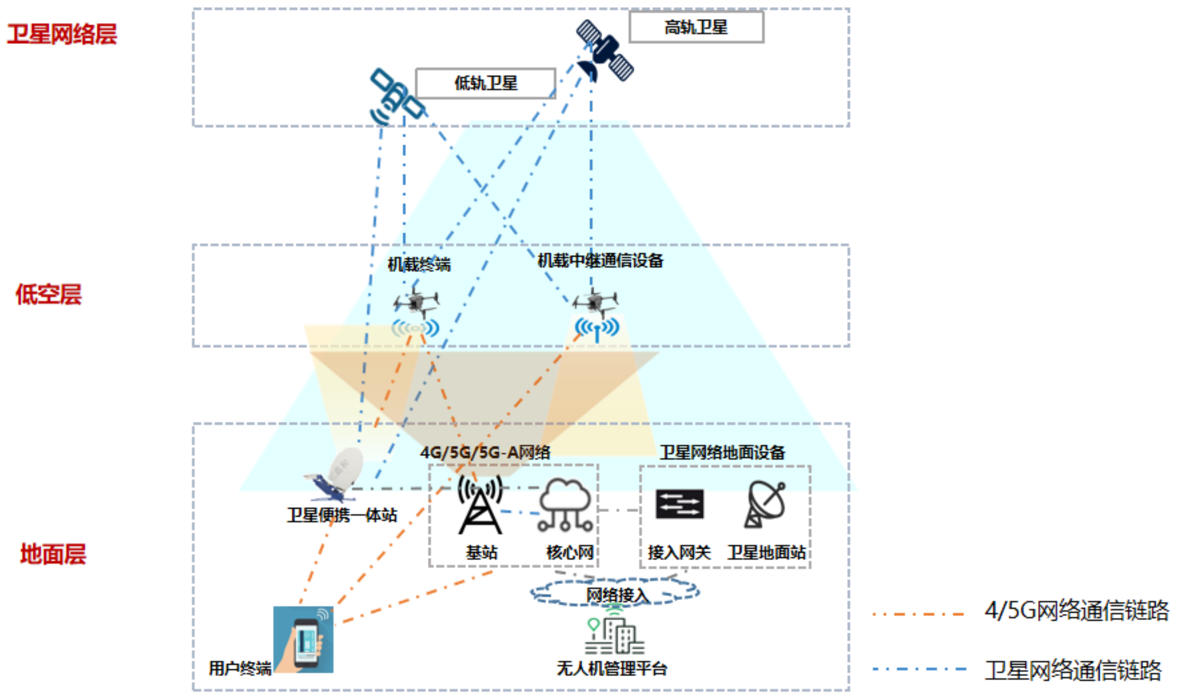

图1　基于空天地通信的无人飞行系统总体架构

基于空天技术的无人飞行系统架构由以下三个层次组成：太空层包括低轨卫星和高轨卫星，负责提供全球覆盖的通信、导航和遥感服务；低空层由各种类型的无人机组成，包含携带机载终端的无人机，执行低空巡检、快速物流和警用安防等任务，以及携带机载中继通信设备的无人机，满足应急通信需求；地面层包括4G/5G/5G-A网络、卫星网络地面设备、地面数传保障站和无人机管理平台，负责地面通信

和感知、数据传输和无人机的监控与管理，通过引入5G-A通感特性，可以同时实现通信传输与环境感知（如定位、成像、监测），利用网络资源动态优化数据传输与实时环境信息获取。

6 机载终端通信技术要求

6.1 与地面蜂窝网络的通信能力

6.1.1 射频

机载终端使用的工作频段应符合国家无线电管理部门的相关规定。终端的基带调制解调性能、信道配置、接收机性能指标、发射机性能指标应符合YD/T 2575—2016、YD/T 2573—2013、YD/T 4721—2024要求。

6.1.2 多模多频

机载终端多频多模的要求如下：

a) 工作模式：
   机载终端应支持 4G/5G双模。
b) 工作频段：
   终端应支持TD-LTE、LTE-FDD、5G NR(sub6G)蜂窝制式。
   终端可支持的NR工作频段同YD/T 4721—2024 章节 8.1.1 NR 工作频段要求，见表1。

表1 机载终端可支持的 5G 工作频段

工作频段	上行工作频段	下行工作频段	双工方式
n1	1920 MHz ～ 1965 MHz	2110 MHz ～ 2155 MHz	FDD
n8	904 MHz ～ 915 MHz	949 MHz ～ 960 MHz	FDD
n28	703 MHz ～ 733 MHz	758 MHz ～ 788 MHz	FDD
n41	2515 MHz ～ 2675 MHz	2515 MHz ～ 2675 MHz	TDD
n78	3300 MHz ～ 3600 MHz	3300 MHz ～ 3600 MHz	TDD
n79	4800 MHz ～ 4960 MHz	4800 MHz ～ 4960 MHz	TDD
n80	1710 MHz ～ 1785 MHz	—	SUL
n81	880 MHz ～ 915 MHz	—	SUL
n82	832 MHz ～ 862 MHz	—	SUL
n83	703 MHz ～ 748 MHz	—	SUL
n84	1920 MHz ～ 1980 MHz	—	SUL
n86	1710 MHz ～ 1780 MHz	—	SUL
n89	824 MHz ～ 849 MHz	—	SUL
n95	2010 MHz ～ 2025 MHz	—	SUL

终端可支持的4G工作频段如表2所示。

表2 机载终端可支持的4G工作频段

网络模式	工作频段	上行工作频段	下行工作频段
TD-LTE	Band 34	2010MHz-2025MHz	2010MHz-2025MHz

表2　机载终端可支持的4G工作频段（续）

网络模式	工作频段	上行工作频段	下行工作频段
TD-LTE	Band 39	1880MHz-1920MHz	1880MHz-1920MHz
	Band 40	2300MHz-2400MHz	2300MHz-2400MHZ
	Band 41	2496MHz-2690MHZ	2496MHz-2690MHz
LTE FDD	Band 1	1920MHz-1980MHz	2110MHz-2170MHZ
	Band 3	1710MHz-1785MHz	1805MHz-1880MHz
	Band 5	824MHz-849MHz	869MHz-894MHz
	Band 8	880MHz-915MHz	925MHz-960MHz
	Band 4	1710MHz-1755MHZ	2110MHz-2155MHz
	Band 7	2500MHz-2570MMHz	2620MHz-2690MMHz
	Band 12	699MHz-716MHz	729MHz-746MHz
	Band 17	704MHz-716MHz	734MHz-746MHz
	Band 20	832MHz-862MHz	791MHz-831MHz

6.1.3　MIMO 及调制模式

终端MIMO及调制模式要求见YD/T 4721—2024第5章能力要求、YD/T 2575—2016第7.2章节物理层功能、YD/T 2573—2013第5章功能要求。

6.1.4　功率等级

机载终端的功率等级要求见YD/T 4721—2024第4.3章节中UE的功率等级。

6.2　与卫星的通信能力

6.2.1　卫星星座

无人机机载终端应支持高轨或低轨卫星链路连接。

无人机机载终端应至少支持北斗或GPS卫星导航系统中的一种。

6.2.2　定位功能

无人机应支持高精度定位功能，控制其飞行路径和姿态，并能够对业务场景中的目标进行定位，以保障相关业务的高效开展，终端可支持北斗B1I/B1C/B2a/B3I、GPS L1/L2/L5等频点。

无人机室外轨迹定位精度宜满足水平0.1m，垂直0.1m，无人机室外飞控水平应满足水平0.5m，垂直0.3m。

6.2.3　链路切换

卫星信号遮挡或链路质量下降时，无人机机载终端宜支持自动切换至其他卫星。

6.2.4　动态功率调整

无人机机载终端应根据链路衰减实时调整发射功率。

6.2.5　应急通信

终端使用中卫星链路中断时，宜自动触发其他卫星通信链路短报文通信，传输精简状态信息，如位置、电量等。

6.3　业务和管理能力

机载终端应能够提供数据传输功能，实现与无人机管控平台的对接，完成包括配置信息、视频流等类型数据的传输。

机载终端应支持设备管理功能，包括实现设备信息的采集、查看及设备信息的上报，其中设备信息包含以下内容：入网信息、卡信息、网络状态数据（必选IMSI/IMEI/RSRP/SINR/PCI）、定位信息、设备版本信息等。

机载终端与地面网络连接具备一定的设置功能，在使用过程中随时根据使用情况实时配置相关功能的选项或参数等。网络设置功能要求在设置中可选支持LAN口IP地址、子网掩码的设置，以及移动网络APN的设置，在设置界面建议支持进行频段、频点、PLMN、PCI锁定操作。设备更新要求在设置中具备软重启、设备重置等功能。平台对接设置功能要求满足平台地址、连接端口的设置。可选蓝牙设置，功能要求在设置中可控制蓝牙的打开与关闭，以及蓝牙连接过程中能够展示可配对蓝牙列表，并能够选择指定蓝牙进行配对，连接成功并能够给出提示。

6.4　安全能力

安全能力应遵循GB 42590—2023相关规定。

7　机载中继通信设备技术要求

7.1　三网通基站

三网通基站设备的要求如下：

a) 宜采用BBU和RRU一体化功能设计，产品应小体积和轻量化设计，同时宽压供电，以满足不同无人机的挂载要求，具体要求为：
   - 设备安装在无人机机舱内时：尺寸宜≤450mm*300mm*130mm，重量≤8Kg；
   - 设备安装在无人机机舱外时：尺寸和重量应满足符合无人机的要求。

b) 使用频段应符合国家无线电委员会核准要求，首选支持Band3/Band5/Band8频段；

c) 基站功能、性能应满足YD/T 2573—2017和YD/T 2571—2015；

d) 基站应支持同时广播移动、联通和电信三家运营商的PLMN，实现三网通功能；

e) 基站应支持不少于32个并发用户。

7.2　卫星链路

7.2.1　性能要求

7.2.1.1　建链时间

建链时间应小于5min。

7.2.1.2　连续工作时长

连续工作时长应≥6小时。

7.2.1.3　管理要求

满足工信部印发的《对地静止轨道卫星动中通地球站管理办法》规定。

7.2.2　功能要求

机载中继通信设备卫星通信链路的功能要求如下：

a)　应同时支持二层和三层业务传输；

b)　应支持卫星资源统一管理、灵活调配。

7.2.3　传输信道要求

7.2.3.1　最大上下行传输速率

a)　抗旋翼系统：应不低于6Mbps/6Mbps；

b)　非抗旋翼系统：常态下应不低于6Mbps/40Mbps；紧急情况下应不低于10Mbps/60Mbps。

7.2.3.2　链路延时

在链路不发生拥塞情况下，单跳端到端链路延时应不超过700ms。

注：此处单跳指信号从地面源端发送到卫星，再由该卫星直接转发到地面目的端的一次完整传输过程。

7.2.3.3　误码率

误码率应不超过$1x10^{-6}$。

7.2.3.4　移动稳定性

可支持在不低于150km/h快速移动场景中稳定传输业务数据。

8　地面通信系统技术要求

8.1　通感基站

8.1.1　感知能力

面向无人机广域入侵检测与重点区域监测跟踪场景，通感基站应满足目标感知范围、感知精度与分辨率、感知性能、目标跟踪、运动速度感知等能力指标。具体如下：

a)　目标感知范围能力要求：

- RCS感知范围：系统应具备感知RCS大于0.01平方米之间目标的能力，以适应不同型号无人机的检测需求；
- 单站感知距离：单个基站设备在10米～1000米的距离内应能有效感知目标，满足不同场景下的监测距离要求；
- 覆盖高度：在机械0 °下，系统覆盖高度应不低于300米，确保对低空目标的有效监测。

b)　感知精度要求：

- 位置精度：

  在距离基站10米到500米范围内，系统对目标位置的定位误差在水平和垂直方向均应不超过10米；

  在距离基站500米到1000米范围内，系统对目标位置的定位误差在水平和垂直方向均应不超过20米，以满足远距离目标的监测需求。

- 位置分辨率：系统应能区分两个目标在位置上的最小距离为10米，以在密集目标环境中准确区分不同目标；
- 运动速度精度：系统对目标运动速度的测量误差在水平和垂直方向均应不超过2m/s，以准确获取目标的运动速度信息；
- 运动速度分辨率：系统应能区分两个目标运动速度的最小差异为5m/s，以更精细地分析目标的运动状态。

c) 感知性能要求：
- 最大感知漏检率：在监测过程中，系统最多允许5%的目标因各种原因未被检测到，以保证系统较高的检测可靠性；
- 最大感知虚警率：系统最多允许产生5%的虚假警报，即不存在目标时误报有目标的概率应较低，以确保监测结果的真实性；
- 最大感知刷新率：系统每秒至少应更新一次感知结果，以保证监测信息的实时性；
- 感知置信度：系统对感知结果的可信度应至少为95%，以反映感知结果的可靠程度较高；
- 最大感知业务时延：从目标出现到系统输出感知结果的最长时间应不超过1秒，以确保系统响应的及时性。

d) 跟踪能力要求：
单小区跟踪目标数：在单个监测区域（小区）内，系统同时能够稳定跟踪的目标数量应不少于32个，以满足多目标同时出现时的监测需求。

e) 运动速度感知要求：
感知运动速度范围：系统应能感知的目标运动速度范围在5km/h到120km/h之间，以涵盖从低速到高速飞行的无人机，确保对不同速度目标的有效监测。

8.1.2 信号处理方法

地面通感基站信号处理方法的要求如下。

a) 距离测量
基站通过发射电磁波并分析回波信号的时延来计算目标距离。

b) 多普勒测量
基站的多普勒测量利用目标与基站之间的相对运动引起的回波频率变化（多普勒效应）来提取速度信息。

c) 恒虚警处理
在背景噪声或杂波强度未知或变化时，自适应调整检测阈值，使虚警概率保持恒定。通过动目标显示等手段滤除静止杂波。

d) 点迹处理
点迹处理将原始回波信号转化为目标的有效位置和运动信息，并滤除噪声和虚假信号，包含参数估计，去噪、滤波，采样，特征提取等。

e) 航迹处理
航迹处理将基站探测到的离散目标点迹关联成连续的运动轨迹，并预测目标未来的位置和状态。在小区重叠区进行轨迹的去重和关联处理。

f) 目标识别
AI目标识别对感知的目标类型基于AI模型进行学习和识别，提高感知目标类型识别的置信度。对基站接收到的回波信号多种特征进行学习和模型训练，并通过优化调整模型的参数提高预测或决策准确性；将训练好的模型部署到实际应用场景中，进行实时推理。

g) 杂波抑制

当强杂波形成横纹状虚警淹没弱目标时会造成漏警，地面动目标杂波会造成虚警，反射径造成伴飞轨迹，造成虚警。基站通过空域、时域、频域抑制杂波，通过 AI 目标识别辅助杂波抑制。

h) 低空场景抓黑飞能力

基站感知黑飞无人机轨迹，通过比对合法无人机携带的通信模组的定位轨迹，实现抓黑飞的能力，轨迹拟合成功，则通过查询通信模组的注册信息判断是否是合法无人机；若没有可比对的轨迹，则判定为黑飞无人机。通感基站接收无人机广播的Remote ID，管理平台查询其注册信息，有注册信息的判定为合法无人机，没有注册信息的判定为黑飞无人机。

8.2 卫星便携一体站

卫星便携一体站的具体要求如下。

a) 宜采用卫星便携站和基站一体化设计，产品应小体积和轻量化设计，便于移动及运输，具体要求为：设备主机净重量不超过15kg；背负全重：包含背包、配件、电池、天线和设备主机不超过20kg；背负尺寸宜不超过510(±10mm)*310(±10mm)*320mm(±10mm)。

注：此背负尺寸适用于抛物面天线形态。

b) 应具有内置电池、外接电池和AC 220V供电方式，无外供电情况可连续工作2h。

c) 卫星通信功能、性能应满足GB/T 31263—2014。

d) 内置基站应采用LTE单模基站，使用频段应符合国家无线电委员会核准要求，首选Band3频段。

e) 基站功能、性能应满足YD/T 2573—2017和YD/T 2571—2015。

f) 基站应实现移动、联通和电信三网通功能。

g) 基站应支持不少于32个并发用户。

h) 基站宜具备关闭上网功能，只保留电话及短信功能。

8.3 地面通信系统通信性能获取方法

应使用符合行业规范的无人机、支持对应通信频段的机载终端及专业测试仪表等设备，在指定范围空域内进行多高度（如300、400、500、600米等）飞行测试，通过自由态飞行和锁频飞行等模式验证地面网络全向覆盖能力及抗干扰性能等。飞行测试所获取的通信性能核心要求涵盖网络覆盖质量、连接稳定性、上下行传输速率及高度适应性等维度，测试过程应完整记录网络、物理层和业务层数据。

9 无人机管理平台技术要求

9.1 基本能力

平台为系统用户提供通用的能力支撑，包括开放的组件能力及管理能力，形成业务统计、业务监控等业务公共功能，任务调度、任务分析、飞行计划等业务流程功能以及系统管理、设备管理等业务管理功能。具体要求参照YD/T 0736—2022。

9.2 监管能力

无人机监管功能为政府及其他管理机构，提供对飞行活动安全性、合规性进行监管的能力，涉及到空域查询、计划审批、低空感知和飞行监控等多个方面。

平台应具备空域管理能力。管理员能够编辑、删除及发布当前空域的适飞区、限制区、禁飞区域、临时禁飞区等数据。支持地图上手动绘制范围或者导入KML文件的方式编辑、新增空域范围。对于设定临时禁飞区，管理员将会在公告发布通知，供飞行用户及时查询空域情况。

平台应具备空域查询能力。管理员能够查看本地空域的无人机飞行情况，包括所有无人机位置、无人机基础信息（机型、时速、飞手等）、本日计划数、放飞申请数、正在执行任务数、黑飞情况、违规飞行情况等。

平台应提供身份认证能力。个人用户、企业用户提交用户身份信息，包含用户真实姓名、身份证、企业全称、企业运营执照等信息内容，管理员基于以上信息给予认证同意、或者驳回。管理员应对企业提交的飞手资源进行身份核实，包括姓名、身份证、飞手证据等。

平台应支持通感任务的启动和态势查看。管理员根据目标地域选择感知空域，并启动感知任务，则该空域绑定的检测事件开启，能够展示入侵目标的实时数据（速度、高度、经纬度、方向等）以及以往的入侵数据。

电信终端产业协会团体标准

基于无人机的空天地通信系统总体技术要求

T/TAF 305—2025

*

电信终端产业协会发布
地址：北京市西城区新街口外大街 28 号
电话：010-82052809
电子版发行网址：www.taf.org.cn