



编 号：CTSO-2C610
日 期：2025 年 1 月 13 日
局长授权
批 准：徐峰

中国民用航空技术标准规定

本技术标准规定根据中国民用航空规章《民用航空材料、零部件和机载设备技术标准规定》(CCAR37) 颁发。中国民用航空技术标准规定是对用于民用航空器上的某些航空材料、零部件和机载设备接受适航审查时，必须遵守的准则。

航空 5G 机场场面宽带移动通信系统 (5G AeroMACS)

机载移动台 (AMS) 设备

1. 目的

本技术标准规定 (CTSO) 适用于为航空 5G 机场场面宽带移动通信系统 (5G AeroMACS) 机载移动台 (AMS) 设备申请技术标准规定项目批准书 (CTSOA) 的制造人。本 CTSO 规定了 5G AeroMACS AMS 设备申请为获得批准和使用适用的 CTSO 标记进行标识所必须满足的最低性能标准。

2. 适用范围

本 CTSO 适用于自其生效之日起提交的申请。按本 CTSO 批准的设备，其设计大改应按 CCAR-21 第 21.353 条要求重新申请 CTSOA。

3. 要求

在本 CTSO 生效之日或生效之后制造并欲使用本 CTSO 标记进行标识的 5G AeroMACS AMS 设备必须满足本 CTSO 附录 1 规定的最

低性能标准。

a. 功能

本 CTSO 的标准适用于在机场地面运行环境下提供数据链路通信业务的 5G AeroMACS AMS 设备。5G AeroMACS AMS 设备在机场环境下为以下一个或多个服务提供接口：空中交通服务（ATS）、含航空信息服务和气象（AIS/MET）信息的航空公司运行控制（AOC）、航空公司行政管理（AAC）和机场管理部门通讯，也包括飞机全系统信息管理（SWIM）接口服务。5G AeroMACS AMS 设备包括无线电单元（RU）和机载天线，预期在机场地面使用，乘客信息、娱乐服务和乘客拥有的设备不包含在本 CTSO 之内。

5G AeroMACS AMS 设备是运行法规要求的通信辅助设备。5G AeroMACS AMS 设备采用 5G AeroMACS 通信协议，只适用于机场地面运行。

b. 失效状态类别

本 CTSO 3.b(1)条至 3.b.(3)条定义的失效状态，是基于机场地面运行使用的数据通信、设备安装对自身航空器系统或附近运行的航空器的影响而制定的。

（1）本 CTSO 3.a 节定义的设备失效使得飞机控制域（ACD）外部的网络域未经授权或无意访问进入 ACD 属重大的失效状态（或者，等效为一种重大的网络安保威胁，具体定义参见《适航安保流程规范》RTCA DO-326A（2014.8）或 EUROCAE ED-202A（2014.6））。ACD

的描述参见《适航安保方法和考虑》RTCA DO-356A（2018.6）或 EUROCAE ED-203A（2018.6）附录 I 第一部分 1.1 节“ARINC 811 和 ARINC 664 定义的域”。

（2）本 CTSO 3.a 节定义的功能的失效、而非 3.b.(1)条定义的失效属于轻微的失效状态。定义为轻微的失效状态是因为 5G AeroMACS AMS 设备上层的网络协议和/或应用系统层具备探测和通告错误的能力，即使这些错误会误导或丢失 ATS 报文。

（3）除了导致 3.b（1）条定义的失效的网络安保分区功能丧失，本 CTSO3.a 节中定义的其他功能的丧失，属于轻微的失效状态。

（4）设备的研制保证等级或网络安保保证等级（如适用），至少应与上述失效状态类别或网络安保威胁类别相对应。

c. 功能鉴定

应按 RTCA DO-346A/EUROCAE ED-223A 第 2.4.1 条的试验条件及本文件附录 2 的测试程序，证明设备性能满足要求。申请人必须提出一种方法证明与局方批准的 5G AeroMACS 数据链路的互操作性。

d. 环境鉴定

应按 RTCA DO-346A/EUROCAE ED-223A 第 2.3.1 条的试验条件，采用设备适用的标准环境条件和试验程序，证明设备性能满足要求。申请人可使用不同于 RTCA DO-160G/EUROCAE ED-14G 的标准环境条件和试验程序，前提是该标准对于该 5G AeroMACS AMS 设备

是合适的。

注：通常情况下，《机载设备的环境条件和试验程序》RTCA/DO-160D/EUROCAE ED-14D（只包括 Change 1 和 Change 2，不包括 Change 3）或早期版本不再适用，如果使用该版本则需按照本 CTSO 第 3.h 节中的偏离要求进行证明。

e. 软件鉴定

如果设备包含软件，则软件应按照《机载系统和设备合格审定中的软件考虑》RTCA DO-178C（2011.12）/EUROCAE ED-12C（2012.1）及其参考附件（如果适用）的要求进行研制，软件等级至少应与本 CTSO 第 3.b 节规定的失效状态类别一致。如果采用 RTCA DO-178B（1992.12）/EUROCAE ED-12B（1992.12）作为软件研制的符合性方法，需与局方沟通确认，局方有权要求申请人在满足 RTCA DO178B/EUROCAE ED-12B 的同时还需要满足其他额外要求。

f. 电子硬件鉴定

如果设备包含机载电子硬件、并且适用于本 CTSO 3.b（1）条定义的失效状态类别，应按照《机载电子硬件设计保证指导》RTCA DO-254（2000.4）/EUROCAE ED-80（2000.4）的要求进行研制，硬件的研制保证等级至少应与本 CTSO 第 3.b（1）条规定的失效状态类别一致。对于确定为简单的机载电子硬件，可按 RTCA DO-254 第 1.6 节的要求进行处理。

g. 航空器信息安全和防护鉴定

如适用，按照《适航安保流程规范》RTCA DO-326A（2014.8）/EUROCAE ED-202A（2014.6）、《适航安保方法和考虑》RTCA DO-356A（2018.6）/EUROCAE ED-203A（2018.6）设计和研制 5G AeroMACS AMS 设备。

（1）必须提供信息安全防护措施，保证本 CTSO 规定的 ACD 通信服务的安全，以及航空器信息服务域（AISD）通信服务的安全。

（2）如果 5G AeroMACS AMS 设备与 ACD、和/或 AISD、和/或航空旅客通信域/旅客信息和娱乐服务域（APC/PIES）均有通信接口，研制的系统必须分区进行安全防护，以确保 5G AeroMACS AMS 设备能安全地与不同域进行共享通信。

h. 偏离

如果采用替代或等效的符合性方法来满足本 CTSO 规定的最低性能标准要求，则申请人必须表明设备保持了等效的安全水平。申请人应按照 CCAR-21 第 21.368 条（一）要求申请偏离。

4. 标记

a. 至少应为一个主要部件设置永久清晰的标记，标记应包括 CCAR-21 第 21.423 条（二）规定的所有信息，标记必须包含设备序列号。

b. 应为以下部件设置永久清晰的标记，标记至少包括制造人名称、组件件号和 CTSO 标准号、类别和子类标识：

(1) 所有容易拆卸（无需手持工具）的部件；

(2) 制造人确定的设备中可互换的所有组件。

c. 如果设备包含软件和/或机载电子硬件，则件号表必须能表明软件和机载电子硬件的构型。件号表中软件、硬件和机载电子硬件可使用独立、唯一的部件号。

d. 可以使用电子标记标识软件或机载电子硬件，此标记可通过软件写入硬件部件内部，而不用将其标识在设备铭牌中。如果使用电子标记，则其必须容易读取，读取无需使用特殊工具或设备。

5. 申请资料要求

申请人必须向负责该项目审查的人员提交相关技术资料以支持设计和生产批准。提交资料包括 CCAR-21 第 21.353 条（一）1 规定的符合性声明和以下资料副本。

a. 手册，包括以下内容：

(1) 运行说明和设备限制，该内容应对设备的运行服务能力进行充分描述。

(2) 对所有偏离的详细描述。

(3) 安装程序和限制条件。必须确保按照此安装程序安装设备后，设备仍符合本 CTSO 的要求。限制条件应确定任何特殊的安装要求，还必须以注释的方式包含以下声明：

“本设备满足技术标准规定中要求的最低性能标准和质量控制标

准。如欲安装此设备，必须获得单独的安装批准。”

(i) 对于提供 ACD, 和/或 AISD, 和/或 APC/PIES 通信服务的设备, 设备整体上机安装 (部分或全部) 后如果还要按照本 CTSO 3.a 节和 3.g 节规定对 ACD, AISD 与 APC/PIES 之间的通信进行网络安全, 则必须单独提供网络安保的安装程序和限制条件。

(4) 对于每个独立的软件和机载电子硬件构型, 参照以下内容:

- (i) 软件件号, 包括版本和研制保证等级;
- (ii) 机载电子硬件件号, 包括版本和研制保证等级;
- (iii) 功能描述。

(5) 设备中每个部件进行环境鉴定的试验条件总结 (例如, 可采用 RTCA DO-160G /EUROCAE ED-14G 附录 A 中的表格形式进行描述)。

(6) 原理图、布线图以及 5G AeroMACS AMS 设备安装所需的其它文件。对于支持 ACD/AISD 和 APC/PIES 共享通信的 5G AeroMACS AMS 设备, 还必须单独说明网络安保隔离措施是如何保证 ACD/AISD 与 APC/PIES 之间安全通信的。

(7) 5G AeroMACS AMS 设备的可更换部件清单 (注明件号)。如适用, 包括对供应商件号的交叉索引。

b. 持续适航文件, 包含设备周期性维护、校准和修理要求, 以保证设备的持续适航性。如适用, 应包括建议的检查间隔和使用寿命。

c. 如果设备需要进行软件鉴定，则还应提供：软件合格审定计划（PSAC），软件构型索引和软件完结综述。

d. 如果设备需要进行硬件鉴定，则还应提供：硬件合格审定计划（PHAC），硬件构型索引和硬件完结综述。

e. 如果设备的信息安保和防护要满足本 CTSO 第 3.a, 3.b. (1) 和 3.g 节的要求，则还应提供：网络安全合格审定计划（PSecAC），以及其他适用的支撑材料。

f. 铭牌图纸，规定设备如何标识本 CTSO 第 4 章所要求的标记信息。

g. 确定设备中所包含而未按照本 CTSO 第 3 章进行评估的功能或性能（即：非 CTSO 功能）。在获得 CTSOA 的同时，非 CTSO 功能也一同被接受。接受这些非 CTSO 功能，申请人必须声明这些功能，并在 CTSO 申请时提供以下信息：

（1）非 CTSO 功能的描述。如：性能规范、失效状态类别、软件、硬件和环境鉴定类别。还应包括一份确认申明以表明非 CTSO 功能不会影响设备对本 CTSO 第 3 章要求的符合性。

（2）安装程序和限制，能够确保非 CTSO 功能满足本 CTSO 中 5.g.(1)条所声明的功能和性能规范。

（3）本 CTSO 第 5.g.(1)条所描述的非 CTSO 功能的持续适航要求。

(4) 接口要求和适用的安装试验程序，应确保对本 CTSO 第 5.g.(1)条性能资料要求的符合性。

(5) (如适用) 试验大纲、试验分析和试验结果，以验证 CTSO 设备的性能不受到非 CTSO 功能影响。

(6) (如适用) 试验大纲、试验分析和试验结果，以验证本 CTSO 中 5.g.(1)条所描述的非 CTSO 功能的功能和性能。

h. 按 CCAR-21 第 21.358 条要求提供质量系统方面的说明，包括功能试验规范。质量系统应确保能检测到可能会对 CTSO 最低性能标准符合性有不利影响的任何更改，并相应地拒收该产品。

i. 材料和工艺规范清单。

j. 定义该设备设计的图纸和工艺清单（包括修订版次）。

k. 制造人的 CTSO 鉴定报告，表明按本 CTSO 第 3.c 节完成的试验结果。

6. 制造人资料要求

除直接提交给局方的资料外，还应准备如下技术资料供局方评审：

a. 功能鉴定规范，用于鉴定每件设备是否符合本 CTSO 要求；

b. 设备校准程序；

c. 原理图；

- d. 布线图；
- e. 材料和工艺规范；
- f. 根据本 CTSO 第 3.d 节要求进行的环境鉴定试验结果；
- g. 如果设备包含软件，还应提供本 CTSO 3.e 节所要求的 RTCA DO-178/EUROCAE ED-12 中规定的相关文档，包括所有支持 RTCA DO-178/EUROCAE ED-12 附录 A“软件等级的过程目标和输出”中适用目标的资料；
- h. 如果设备包含机载电子硬件、并且符合本 CTSO 第 3.b.(1)条对失效状态的规定，还应提供 RTCA DO-254/EUROCAE ED-80 附录 A 表 A-1 中定义的与研制保证等级和硬件生命周期相关的数据。
- i. 如果设备包含非 CTSO 功能，必须提供第 6.a 节至第 6.h 节与非 CTSO 功能相关的资料。

7. 随设备提交给用户的资料要求

- a. 如欲向一个机构（如运营人或修理站）提供一件或多件按本 CTSO 制造的设备，则应随设备提供本 CTSO 第 5.a 和 5.b 节的资料副本，以及设备正确安装、审定、使用和持续适航所必需的资料。
- b. 如果设备包含已声明的非 CTSO 功能，则还应包括本 CTSO 第 5.g.(1)至 5.g.(4)条所规定资料的副本。
- c. 如果设备包含软件和复杂机载电子硬件，还包括提供给型号合格证持有人、补充型号合格证持有人或型号合格证更改持有人的开

口问题报告摘要的副本。

8. 引用文件

RTCA 文件可从以下地址订购：

Radio Technical Commission for Aeronautics, Inc.

1150 18th Street NW, Suite 910, Washington D.C. 20036

也可通过网站 www.rtca.org 订购副本。

EUROCAE 文件可以通过网站 www.eurocae.net 订购副本。

附录 1 5G AeroMACS AMS 设备最低性能标准

本附录规定了 5G AeroMACS AMS 设备的最低性能标准。

1 RU 最低性能要求

1.1 一般要求

1.1.1 接口

RU 接口应满足下列要求：

- 1) 至少具有 4 路 ARINC 429 输入接口、2 路 ARINC 429 输出接口；
- 2) 至少具有 2 路双工千兆以太网接口；
- 3) 至少具有 3 路离散数字输入口、3 路离散数字输出口；
- 4) 至少具有 1 路天线接口。

1.1.2 供电

交流 115VAC 或直流 28V 电源。

1.1.3 安装

设备安装位置应符合适航所需的检查和更换要求。

1.2 RU 功能要求

1.2.1 5G AeroMACS 网络通信功能

应具备 5G AeroMACS 通信协议（兼容 3GPP Release15 版本）处理功能，与 5G AeroMACS 地面站进行数据和控制信令通信，提供无线通信传输链路。

1.2.2 支持 MIMO 功能

应支持 MIMO 功能，5G AeroMACS 下行应支持双发射通道、双接收通道的工作模式。

1.2.3 工作频段

工作频率范围为：5091-5150MHz，信道带宽可配置 20MHz、30MHz、40MHz、50MHz。

1.2.4 收发通道数

应支持 TDD 工作制式，至少具备 2 个发射通道和 2 个接收通道。

1.2.5 设备工作模式

应至少支持 2 种模式，正常工作模式和维护测试模式。

1.2.6 射频发射控制

应根据飞机落地信息，来启动或关闭 RU 射频发射机。“开/关”控制逻辑应在 RU 内实现，以便根据离散输入信号所指示的飞机状态向 RU 射频发射机供电。

应提供两路飞机接地感应的离散输入信号（轮毂空地信号开关，或其他航空电子系统输入信号，或驾驶舱开关）进行启动或关闭控制，两路信号均指示飞机落地时，RU 射频发射机开启。任一离散输入处于开路状态时，RU 的射频发射机就应断电。只要 RU 的射频发射处于关闭状态，RU 的自检、健康监测/报告等功能在飞机飞行过程中也可以正常开启。

1.2.7 软件版本管理

应具备软件版本管理功能，支持版本升级和回退功能。

应具备软件和数据文件的电子加载、更新功能。数据加载时，设备应中断与 ACD、AISD 的数据通信。

1.2.8 工作状态指示

应具备工作状态实时指示功能。

1.2.9 自检功能

应具备自检功能，显示和报告故障信息及自检信息。可实现上电自检、周期自检和人工自检。

1.3 RU 性能要求

1.3.1 RU 接收机邻道选择（ACS）

对于最大-25dBm 的邻道干扰信号，RU 接收机的 ACS 应不低于 33dB。

1.3.2 RU 接收机最大不损坏电平

RU 接收机天线端口接收的最大不损坏电平为-21dBm。

1.3.3 RU 接收机参考灵敏度

在 50MHz 带宽、30kHz 子载波、误码率小于 5%的条件下：RU 接收机参考灵敏度 $\leq$ -88dBm。

1.3.4 RU 发射机发射功率动态范围

RU 发射机输出功率不超过 30dBm。RU 发射机的最小输出功率要求见表 1。

表 1 RU 发射机最小输出功率要求

信道带宽 (MHz)	最小输出功率 (dBm)	测量带宽 (MHz)
20	-40	19.095
30	-38.2	28.815
40	-37	38.895
50	-36	48.615

1.3.5 RU 发射机误差矢量幅度 (EVM)

不同调制方式下 RU 发射机的最大误差矢量幅度见表 2。

表 2 误差矢量幅度要求

调制方式	EVM
QPSK	17.5%
16QAM	12.5%
64QAM	8%

1.3.6 RU 开关时间模板

RU 发射机的开关时间模板应不超过 10us。

1.3.7 RU 发射机杂散

RU 发射机的杂散要求见表 3。

表 3 RU 发射机杂散要求

频率范围	测量带宽	最大电平
$9\text{kHz} \leq f < 150\text{kHz}$	1kHz	-36 dBm
$150\text{kHz} \leq f < 30\text{MHz}$	10kHz	-36 dBm
$30\text{MHz} \leq f < 1\text{GHz}$	1MHz	-36dBm
$1\text{GHz} \leq f < 12.75\text{GHz}$	1MHz	-30dBm
$12.75\text{GHz} \leq f < 25.75\text{GHz}$	1MHz	-30dBm

1.3.8 接入距离

RU 最大接入距离应不低于 1.7km。

1.3.9 移动速度

在 300km/h 的移动速度下，RU 应能保持正常通信。

1.3.10 峰值速率

50MHz 通道带宽条件下，上行峰值速率应不小于 60Mbps，下行峰值速率应不小于 115Mbps。

1.3.11 切换时延

在 5G AeroMACS 小区之间切换时应能保持正常通信，近点无误

包的场景下，Xn 切换控制面时延应不高于 120ms。

2 机载天线性能要求

2.1 天线增益

机载天线增益应不大于 6dBi。

2.2 有效全向辐射功率（EIRP）

5G AeroMACS AMS 设备的 EIRP 值应不超过 30dBm，并满足 RTCA DO-346A 《AeroMACS 最低操作性能标准》（2022.6）3.2.3 条的要求。

2.3 接收灵敏度

在 50MHz 通道带宽、30KHz 子载波条件下，接收灵敏度 $\leq$ -87 dBm。

2.4 电压驻波比

5091 ~ 5150MHz 频率范围内，电压驻波比 $\leq$ 2:1。

附录 2 5G AeroMACS AMS 设备测试程序

1 总体说明

RU 和机载天线测试程序与技术要求的对应关系如表 4 所示。测试时使用的 5G AeroMACS 地面站设备应获得局方的批准，但地面站设备的测试要求不在本文件的规定范围之内。

表 4 最低性能标准和测试程序对应表

附录 1 要求章节	标题名称	附录 2 测试章节
1.2.1	5G AeroMACS 网络通信功能	2.2.1
1.2.2	支持 MIMO 功能	2.2.2
1.2.3	工作频段	2.2.3
1.2.4	收发通道数	2.2.4
1.2.5	设备工作模式	2.2.5
1.2.6	射频发射控制	2.2.6
1.2.7	软件版本管理	2.2.7
1.2.8	工作状态指示	2.2.8
1.2.9	自检功能	2.2.9
1.3.1	RU 接收机 ACS	2.3.1
1.3.2	RU 接收机最大不损坏电平	2.3.2
1.3.3	RU 接收机参考灵敏度	2.3.3
1.3.4	RU 发射机发射功率动态范围	2.3.4
1.3.5	RU 发射机 EVM	2.3.5
1.3.6	RU 开关时间模板	2.3.6
1.3.7	RU 发射机杂散	2.3.7
1.3.8	接入距离	2.3.8
1.3.9	移动速度	2.3.9

1.3.10	峰值速率	2.3.10
1.3.11	切换时延	2.3.11
2.2.1	天线增益	3.2.1
2.2.2	EIRP	3.2.2
2.2.3	接收灵敏度	3.2.3
2.2.4	电压驻波比	3.2.4

在测试开展前应满足：

- 1) 被测设备已完成单元测试，软件版本已稳定；
- 2) 被测设备上电初始化及自检完成；
- 3) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量有效期之内；
- 4) 测试人员采取了辐射防护和防静电措施；
- 5) 线损和空间损耗已计算补偿。

2 RU 测试方法

2.1 测试框图

RU 测试原理图及切换时延测试原理图见图 1-2。

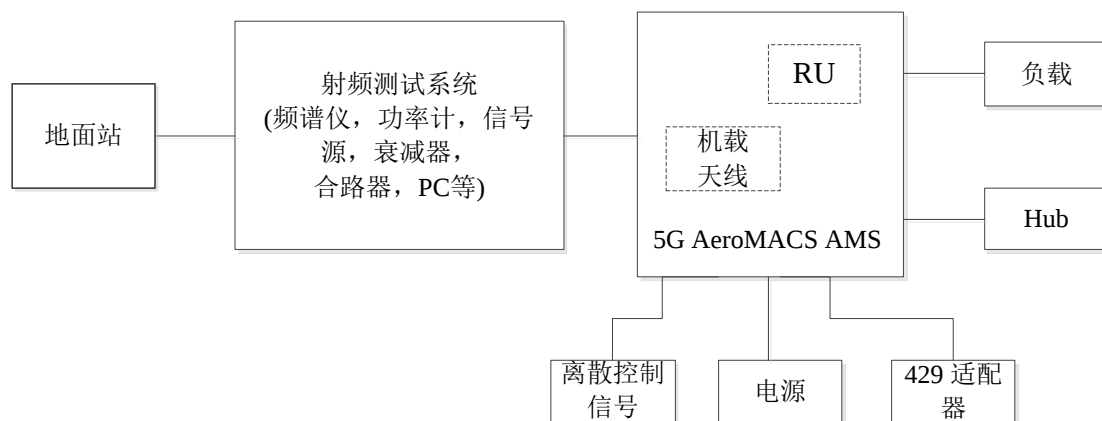


图 1 RU 测试图

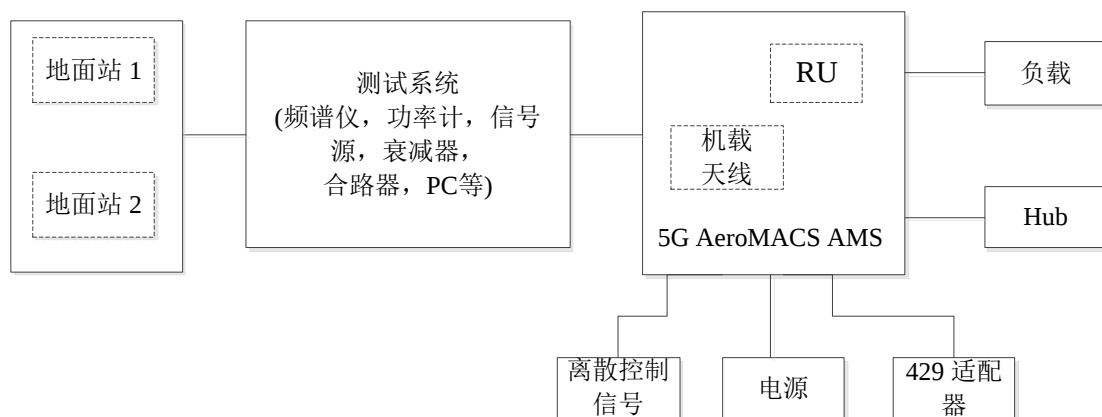


图 2 切换时延测试图

2.2 功能测试

2.2.1 5G AeroMACS 网络通信功能

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

1) 操作信道仿真仪，加载飞机距离地面站为“高度 0 米、水平 0 米”的信道模型，配置对应 0km/h、300km/h 的多普勒频偏及各端口适配的输入/输出功率；

2) 操作软件加载对应“高度 0 米”的航空参数模拟数据；

3) RU 接入，确认 RU 处于地面站近点覆盖（水平 0km）；

4) RU 做 ping 包业务；

5) 触发上下行 UDP 测试；

6) 重复上述操作，遍历 RU 处于地面站远点覆盖（水平 1.7km）。

合格判据：

RU 均正常接入；

ping 包时延满足：平均时延低于 120ms；

上下行流量满足：50MHz 信道带宽条件下，地面站近点覆盖上行峰值速率不小于 60Mbps、下行峰值速率不小于 115Mbps。

2.2.2 支持 MIMO 功能

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境；

测试步骤：

1) 操作信道仿真仪，加载近场信道模型（飞机距离地面站距离为“高度 0 米、水平 0 米”），配置对应 300km/h 的多普勒频偏及各端口适配的输入/输出功率；

- 2) 通过软件加载对应“高度 0 米、水平 0 米”的航空参数模拟数据；
- 3) RU 接入后，触发上下行 UDP 测试。

合格判据：

RU 接入正常，上下行流量满足：50MHz 信道带宽条件下，上行峰值速率不小于 60Mbps，下行峰值速率不小于 115Mbps。相关日志表明：上行调度为两流，下行调度为两流。

2.2.3 工作频段

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境；

测试步骤：

- 1) 配置上行中心频点、信道带宽、天线发射参数，下发测试信号；
- 2) 设置测试系统，通过测试系统读取载波功率值；
- 3) 遍历高、中、低待测频点，重复 1~2 步测量；
- 4) 遍历所有支持的信道带宽，重复 1~3 步测量；
- 5) 遍历发射通道，重复 1~4 步测量；
- 6) 配置下行中心频点、信道带宽、天线接收参数；
- 7) 配置测试系统发送下行有用信号；
- 8) 调低有用信号功率并查看吞吐量，直到吞吐量不低于最大吞吐量的 95%，记录有用信号功率；
- 9) 遍历高、中、低待测频点，重复 6~8 步测量；
- 10) 遍历所有支持的信道带宽，重复 6~9 步测量；

11) 遍历接收通道，重复 6~10 步测量。

合格判据：

在 5091-5150MHz 内所有通道：额定功率发射 EVM 满足表 2 要求，在 50MHz 带宽、30kHz 子载波条件下，所有频点处端口的接收参考灵敏度 $\leq -88\text{dBm}$ 。

2.2.4 收发通道数

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

- 1) 配置上行中心频点、信道带宽、天线发射参数，下发测试信号；
- 2) 设置测试系统，通过测试系统读取载波功率值；
- 3) 遍历高、中、低待测频点，重复 1~2 步测量；
- 4) 遍历所有支持的信道带宽，重复 1~3 步测量；
- 5) 遍历发射通道，重复 1~4 步测量；
- 6) 配置下行中心频点、信道带宽、天线接收参数；
- 7) 配置测试系统发送下行有用信号；
- 8) 调低有用信号功率并查看吞吐量，直到吞吐量不低于最大吞吐量的 95%，记录有用信号功率；
- 9) 遍历高、中、低待测频点，重复 6~8 步测量；
- 10) 遍历所有支持的信道带宽，重复 6~9 步测量；
- 11) 遍历接收通道，重复 6~10 步测量。

合格判据：

2 个发射通道的额定功率发射 EVM 满足表 2 要求；2 个接收通道接收参考灵敏度在 50MHz 带宽、30kHz 子载波条件下： $\leq -88\text{dBm}$ 。

2.2.5 设备工作模式

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

- 1) 根据测试条件配置相关的开关和参数；
- 2) RU 接入，观察 RU 模式；
- 3) RU 连接维护工具进行维护/测试时，观察 RU 模式。

合格判据：

RU 接入后，能进入正常工作模式；

RU 连接维护工具进行维护/测试时，能够进入维护测试模式。

2.2.6 射频发射控制

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

- 1) 将射频发射控制信号置于关闭状态，通过离散数字接口输入两路高电平离散信号，观察 RU 射频发射机是否开启；
- 2) 将射频发射控制信号置于打开状态，通过离散数字接口依次输

入一路低电平离散信号、两路低电平离散信号，观察 RU 射频发射机是否均关闭；

3) 将射频发射控制信号置于关闭状态，观察 RU 射频发射机是否关闭；

4) 将射频发射控制信号置于关闭状态，通过离散数字接口输入一路高电平离散信号，观察 RU 射频发射机是否打开。

合格判据：

执行 1 步骤后，RU 射频发射机打开；且

执行 2 步骤后，RU 射频发射机关闭；且

执行 3 步骤后，RU 射频发射机关闭；且

执行 4 步骤后，RU 射频发射机关闭。

2.2.7 软件版本管理

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

1) 通过有线局域网使用数据加载工具加载 A 版本软件；

2) 加载成功后，重启 RU，查询软件版本；

3) 通过有线局域网使用数据加载工具加载 B 版本软件；

4) 加载失败后，重启 RU，查询软件版本；

5) 通过有线局域网使用数据加载工具加载 C 版本软件；

6) 加载成功后，重启 RU，查询软件版本。

合格判据：

步骤 2 中，查询软件版本为 A；且

步骤 4 中，查询软件版本为 A；且

步骤 6 中，查询软件版本为 C。

2.2.8 工作状态指示

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

1) 观察状态指示灯点亮和熄灭状态；

2) 进行不同操作观察状态指示灯是否与方案一致。

合格判据：

电源正常工作，电源灯长亮；

初始化完成，运行灯长亮；

设备工作正常，运行灯长亮。

2.2.9 自检功能

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤:

- 1) 读取自检文件，查看结果；
- 2) 设备运行中，触发人工自检，读取自检文件，查看结果；
- 3) 在设备连续运行过程中，触发 RU 设备异常接口，查看告警。

恢复 RU 设备异常接口，查看告警。

合格判据:

可查看自检结果；有告警上报和恢复。

2.3 性能测试**2.3.1 RU 接收机 ACS****测试条件:**

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤:

- 1) 在下行频率范围内取中频点作为待测频点；
- 2) 配置中心频点、信道带宽、天线接收参数；
- 3) 配置信号源发送固定参考测量信道下行有用信号，下行有用信号功率设置为-56.5dBm；
- 4) 按照表 5 给定功率配置信号源发送邻道干扰信号，干扰信号功率设置为-25dBm，调整干扰信号频率直到吞吐量不低于参考测量信道最大吞吐量的 95%，记录该频点的 ACS；

5) 遍历所有支持的信道带宽，重复 1~4 步测量。

6) 遍历接收通道，重复 1~5 步测量。

合格判据：

RU 接收机的 ACS 不低于 33dB。

表 5 RU 接收机的 ACS 要求

接收机参数	单位	信道带宽		
		20MHz	40MHz	50MHz
有用信号功率	dBm	-56.5		
干扰信号功率	dBm	-25		
干扰信号带宽	MHz	20	40	50
干扰信号频偏范围	MHz	20/-20	40/-40	50/-50

2.3.2 RU 接收机最大不损坏电平

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

- 1) 在下行频率范围内取中频点作为待测频点；
- 2) 配置中心频点、信道带宽、天线接收参数；
- 3) 配置信号源发送固定参考测量信道下行有用信号；
- 4) 调低有用信号功率，功率输出-21dBm 状态下拷机 2 小时；
- 5) 停止大信号输入，查看灵敏度是否正常；

6) 遍历所有支持的信道带宽，重复 1~5 步测量；

7) 遍历接收通道，重复 1~6 步测量。

合格判据：

所有通道在有用信号功率输出-21dBm、拷机 2 小时后，灵敏度结果正常。

2.3.3 RU 接收机参考灵敏度

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

1) 配置下行中心频点、信道带宽、天线接收参数；

2) 配置测试系统发送固定参考测量信道下行有用信号；

3) 调整有用信号功率，直到吞吐量不低于参考测量信道最大吞吐最大吞吐量的 95%，记录有用信号功率；

4) 遍历高、中、低待测频点，重复 1~3 步测量；

5) 遍历所有支持的信道带宽，重复 1~4 步测量；

6) 遍历接收通道，重复 1~5 步测量。

合格判据：

测试频点所有端口的灵敏度： $\leq -88\text{dBm}$ 。

2.3.4 RU 发射机发射功率动态范围

测试条件:

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤:

- 1) 配置上行中心频点、信道带宽、天线发射参数;
- 2) 将 RU 的功率调整至额定输出功率, 发送测试数据;
- 3) 通过频谱分析仪测量 RU 发射周期的输出功率;
- 4) 遍历高、中、低待测频点, 重复 1~3 步测量;
- 5) 遍历所有支持的信道带宽, 重复 1~4 步测量;
- 6) 遍历发射通道, 重复 1~5 步测量;
- 7) 配置上行中心频点、信道带宽、天线发射参数;
- 8) 将发射功率调至最小发射功率, 发送测试数据;
- 9) 通过频谱分析仪测量 RU 发射周期的输出功率;
- 10) 遍历高、中、低待测频点, 重复 7~9 步测量;
- 11) 遍历所有支持的信道带宽, 重复 7~10 步测量;
- 12) 遍历发射通道, 重复 7~11 步测量。

合格判据

RU 发射机输出功率不超过 30dBm; RU 发射机的最小输出功率

符合表 1 要求。

2.3.5 RU 发射机 EVM

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

- 1) 配置上行中心频点，信道带宽、天线发射参数；
- 2) 发送定制调制方式的测试数据，并将 RU 的功率调整至额定输出功率；
- 3) 通过频谱分析仪测量 RU 发射周期的误差矢量幅度；
- 4) 遍历高、中、低待测频点，重复 1~3 步测量；
- 5) 遍历所有支持的信道带宽，重复 1~4 步测量；
- 6) 遍历发射通道，重复 1~5 步测量。

合格判据：

RU 发射机的误差矢量幅度不超过表 2 的限值。

2.3.6 RU 开关时间模板

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

- 1) 配置上行中心频点、信道带宽、天线发射参数；
- 2) 将 RU 的功率调整至额定输出功率，发送制定调制方式的测试数据；
- 3) 通过频谱分析仪测量 RU 发射机的开关时间模板；
- 4) 遍历高、中、低待测频点，重复 1~3 步测量；
- 5) 遍历所有支持的信道带宽，重复 1~4 步测量；
- 6) 遍历发射通道，重复 1~5 步测量。

合格判据：

RU 发射机开关时间模板不超过 10us。

2.3.7 RU 发射机杂散

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

- 1) 配置上行中心频点、信道带宽、天线发射参数，下发满 Resource Block (RB) 测试信号；
- 2) 设置功率计和频谱仪等测试设备，测试各频段的杂散值；
- 3) 遍历高、中、低频点，重复 1~2 步测量；
- 4) 遍历所有支持的信道带宽，重复 1~3 步测量。

5) 遍历发射通道，重复 1~4 步测量。

合格判据：

RU 发射机杂散满足表 3 的要求。

2.3.8 接入距离

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

1) 操作信道仿真仪，加载飞机距离地面站距离为“高度 0km、水平 1.7km”的信道模型，配置对应 300km/h 的多普勒频偏及各端口适配的输入/输出功率；

2) 通过软件加载对应“高度 0km、水平 1.7km”的航空参数模拟数据；

3) 观察 RU 接入情况。

合格判据：

RU 正常接入。

2.3.9 移动速度

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

1) 操作信道仿真仪，加载信道模型（飞机距离地面站距离为“高度 0km、水平 1km”），配置对应 300km/h 的多普勒频偏及各端口适配的输入/输出功率；

2) 通过软件加载对应“高度 0km、水平 1km”的航空模拟数据；

3) RU 接入后，触发上下行 UDP 测试。

合格判据：

RU 接入正常，上下行 UDP 测试表现符合当前信道条件，观察下行频偏值符合 300km/h 对应的多普勒频偏。

2.3.10 峰值速率

测试条件：

按照图 1 所示搭建测试环境。

测试步骤：

1) 操作信道仿真仪，加载近场信道模型（飞机距离地面站距离为“高度 0km、水平 0km”），配置对应 0km/h、300km/h 的多普勒频偏及各端口适配的输入/输出功率；

2) 通过软件加载对应“高度 0km、水平 0km”的航空参数模拟数据；

3) RU 接入后，触发上下行 UDP 测试。

合格判据：

RU 接入正常，50MHz 信道带宽条件下，上行峰值速率不小于 60Mbps，下行峰值速率不小于 115Mbps。

2.3.11 切换时延

测试条件：

按照图 2 图所示搭建测试环境。

测试步骤：

1) 配置地面站参数，地面站 1 和地面站 2 之间配置 Xn 链路；地面站 1 和地面站 2 的接入衰减相同；

1) RU 接入地面站站 1；

2) 调节信号衰减，使 RU 发生切换，从地面站 1 切换到地面站 2；

3) 重复步骤 2，使 RU 切换次数达 10 次以上。

合格判据：

接入成功；切换次数大于等于 10 次，切换无失败，控制面平均切换时延不超过 120ms。

3 机载天线测试方法

3.1 测试框图

机载天线性能测试原理框图见图 3-4。

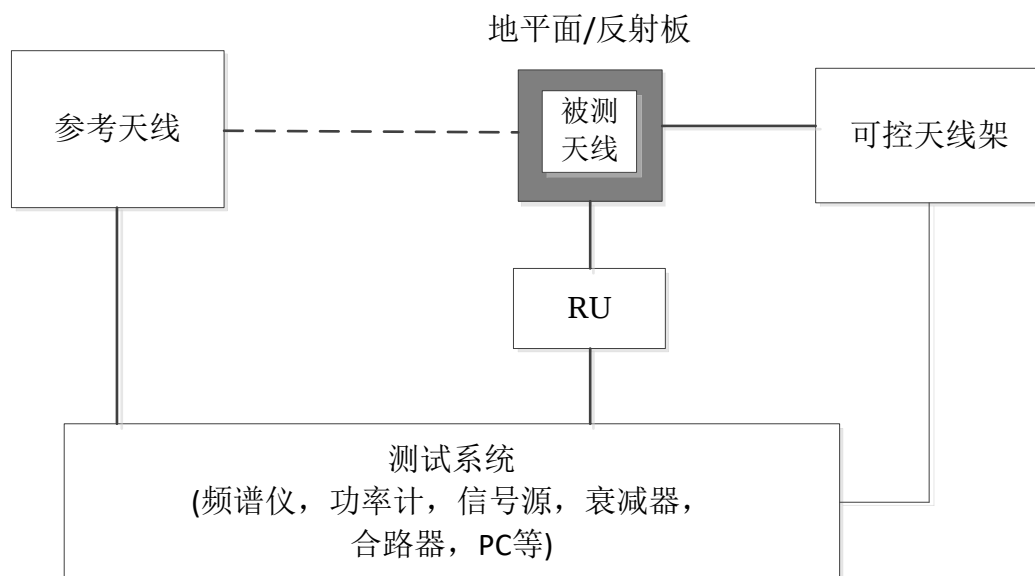


图3 机载天线测试图

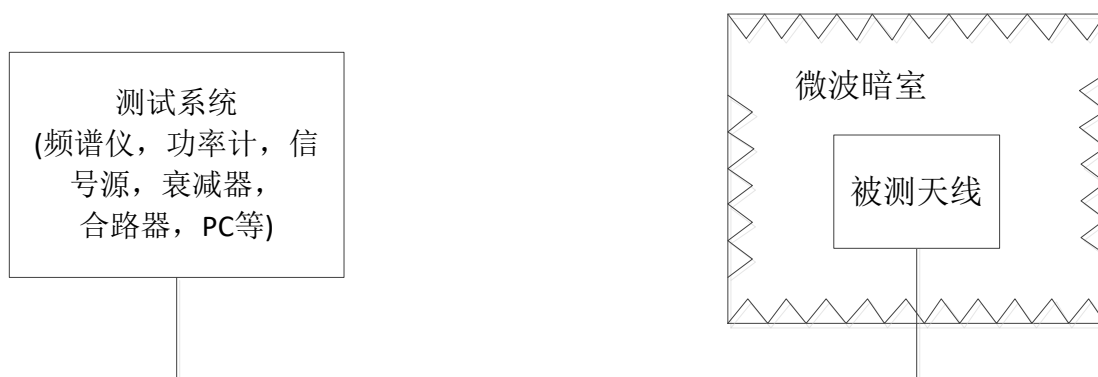


图4 机载天线驻波比测试图

3.2 性能测试

3.2.1 天线增益

测试条件：

按照图3搭建测试环境。

测试步骤：

- 1) 配置 RU 上行中心频点、信道带宽、天线发射参数，并下发测试信号；

- 2) 设置频谱分析仪，通过频谱分析仪读取载波功率值；
- 3) 天线方位面步进 30°、俯仰面步进 5°，读取频谱分析仪功率值；
- 4) 计算天线增益；
- 5) 遍历高、中、低频点，重复 1~4 步测量。

合格判据：

天线增益不大于 6dBi。

3.2.2 有效全向辐射功率（EIRP）

测试条件：

按照图 3 搭建测试环境。

测试步骤：

- 1) 配置 RU 上行中心频点、信道带宽、天线发射参数，并下发测试信号；
- 2) 设置频谱分析仪并读取载波功率值；
- 3) 遍历高、中、低频点，重复 1~2 步测量。

合格判据：

5G AeroMACS AMS 设备的 EIRP 最大值不超过 30dBm,并满足 RTCA DO-346A 3.2.3 条的要求。

3.2.3 接收灵敏度

测试条件：

- 1) 按照图 3 搭建测试环境。

测试步骤:

- 1) 配置 RU 下行中心频点、信道带宽、天线接收参数;
- 2) 在下行频率范围内取低频点作为待测载波频率;
- 3) 选择低待测载波频点, 配置矢量信号源发送固定参考测量信道下行有用信号;
- 4) 调整有用信号功率, 直到吞吐量不低于固定参考测量信道最大吞吐量的 95%, 记录有用信号功率;
- 5) 分别选择中、高待测载波频点, 重复 3~4 步测量。

合格判据:

在 50MHz 带宽、30kHz 子载波条件下天线接收灵敏度 ≤ -87 dBm。

3.2.4 电压驻波比

测试条件:

- 1) 按照图 4 搭建测试环境;
- 2) 将机载天线安装在一个相对没有反射, 并且离测量设备和测量人员相当远的自由空间或无回波暗室中。测试场地合格的判定条件是: 机载天线(含支撑结构)在四个相隔 90°的水平方向上至少移动半个波长, 向上、向下各移动半个波长时, 电压驻波比的变化小于 10%。

测试步骤:

- 1) 匹配测试仪器测试端与机载天线端的接口;
- 2) 将测量系统与机载天线相连接, 在工作频率范围内进行电压驻波比测量, 测得的电压驻波比读数即为机载天线端口的电压驻波比;
- 3) 遍历高、中、低频点, 重复 1~2 步测量。

合格判据:

5091~5150MHz 频率范围内, 电压驻波比 $\leq 2:1$ 。

附录 3 缩略语表

缩略语	英文全称	中文全称
5G	5th Generation Mobile Communication Technology	第五代移动通信技术
ARINC	Aeronautical Radio INCorporated	航空无线电通信公司
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics	航空无线电技术委员会
EUROCAE	European Organization for Civil Aviation Electronics	欧洲民用航空设备组织
AeroMACS	Aeronautical Mobile Airport Communication System	航空机场场面移动通信系统
RU	Radio Unit	无线电单元
dB	decibel	分贝
dBm	decibels relative to 1 mW	分贝毫瓦
dB _i	Decibel isotropic	各向同性分贝
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power	有效全向辐射功率
EVM	Error Vector Magnitudes	误差矢量幅度
ACS	Adjacent Channel Selectivity	邻道选择
ATS	Air Traffic Services	空中交通服务
SWIM	System Wide Information Management	全系统信息管理
AIS	Aeronautical Information Services	航空信息服务
MET	Meteorology	航空气象
AAC	Airline Administrative Communication	航空行政通信
AOC	Aeronautical Operational Communication	航空运行通信
AMS	Airborne Mobile Station	机载移动台
ACD	Aircraft Control Domain	航空器控制域

缩略语	英文全称	中文全称
AISD	Aircraft Information Services Domain	航空器信息服务域
APC	Aeronautical Passenger Communication	航空旅客通信
PIES	Passenger Information and Entertainment Services	旅客信息娱乐服务
Mbps	Megabits per second	兆比特每秒
MIMO	Multiple Input Multiple Output	多输入多输出
MCS	Modulation and Coding Scheme	调制编码方案
ms	Millisecond	毫秒
PC	Personal Computer	计算机
PING	Packet Internet Grope	因特网包探索器
PHAC	Plan for Hardware Aspects of Certification	硬件审定计划
PSAC	Plan for Software Aspects of Certification	软件审定计划
PSecAC	Plan for Security Aspects of Certification	安保审定计划
PUSCH	Physical Uplink Shared Channel	物理上行链路共享信道
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	正交相移键控
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	正交振幅调制
RB	Resource Block	资源块
TDD	Time Division Duplex	时分双工
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作伙伴计划
UDP	User Datagram Protocol	用户数据报协议
Xn	Xn interface	一种接口，连接不同基站

附录 4 定义

TDD	一种双工方式，其中上行链路和下行链路传输在不同时间进行，但可以共享相同的频率
AeroMACS 下行	数据由 AeroMACS 地面站向 AeroMACS 机载移动台传输
AeroMACS 上行	数据由 AeroMACS 机载移动台向 AeroMACS 地面站传输