



编 号：CTSO-2C610

日 期：

局长授权

批 准：

## 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。

### 面向航空器后舱互联网应用的 5G 空地宽带通信网络机载设备

---

#### 1. 目的

本技术标准规定（CTSO）适用于航空器后舱互联网应用的 5G 空地宽带通信网络（5G-ATG，Air To Ground）机载设备申请技术标准规定项目批准书（CTSOA）的制造人。本 CTSO 规定了航空器后舱互联网应用的 5G 空地宽带通信网络（5G-ATG）机载设备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-R4 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 标记进行标识的航空器后舱互联网应用的 5G 空地宽带通信网络（5G-ATG）

机载设备应满足本 CTSO 附录 1 至附录 4 中规定的最低性能标准。

a. 功能

本 CTSO 的标准适用于航空器基于 5G-ATG 系统, 依靠地面基站实现对空中在航飞行器的通信服务。具体来讲, 地面站通过对空覆盖形成满足需求的空中小区, 同时在航飞行器通过机载终端与地面站进行连接、数据传输, 实现航空器空中互联网接入的技术。该系统包括有机载空地宽带终端 CPE 和源阵列天线。

ATG 网络采用宽带无线通信技术, 具有覆盖范围大、高带宽、低延时等特点。第五代移动通信技术具有更低时延、更大带宽、支持 massive mimo 多用户空分复用等多种技术优势, 可以大幅提升 ATG 网络容量, 使得每个小区内的多架飞机可以同时获得较大的吞吐速率, 同时保障每架飞机的用户体验。

(1) 有源阵列天线

机载有源阵列天线用于空地通信, 实现飞行全程 CPE 与地面基站之间的高速数据传输。

(2) CPE

机载系统由机载 CPE+机载天线构成。CPE 除实现机载 CPE 功放前端所有软/硬件功能、CPE 天线侧收发通道工作状态控制及天线赋型控制外, 还需完成与机载服务器 (ACPU) 之间的业务数据及相关状态/控制信息传输。

b. 失效状态类别

(1) 本 CTSO 第 3.a 节定义的功能, 错误报告且没有通告的

失效为无安全影响失效状态。

(2) 本 CTSO 第 3.a 节定义的功能丧失为无安全影响失效状态。

(3) 设备的研制保证等级应至少与这种失效状态类别相对应。

c. 功能鉴定

对于 CPE 部分，应满足附录 1 和 3 中的最低性能标准要求。

对于有源阵列天线部分，应满足附录 2 中的最低性能标准要求。

d. 环境鉴定

应按本 CTSO 附录 4 中的试验条件，采用该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。除 RTCA/DO-160G 以外，申请人也可采用其它适用的标准环境条件和试验程序。

**注:附录 1 至附录 3 中的部分性能要求无需在 RTCA/DO-160G 中所含的所有条件下进行试验。如果经过判断和经验可以说明这些特定的性能参数不易受环境条件影响,且附录 1 至附录 3 中所规定的性能级别并不会因为暴露在此类特殊的环境条件下而发生明显削减,则此类试验可予以忽略。**

e. 软件鉴定如果设备包含软件，则软件应按照 RTCA/DO-178B 《机载系统和设备合格审定中的软件考虑》（1992.12.1）或 RTCA/DO-178C 《机载系统和设备合格审定中的软件考虑》（2011.12.13）的要求进行研制。软件的设计保证等级应与本 CTSO 第 3.b 节规定的失效状态类别一致。

f. 电子硬件鉴定如果设备中包含复杂电子硬件，则应按照

RTCA/DO-254《机载电子硬件设计保证指南》(2000.4.19)的要求进行研制。硬件的设计保证等级应与本CTSO第3.b节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中第1.6节的要求处理。

g. 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-R4第21.368条(一)款要求申请偏离。

#### 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-R4第21.423条(二)款规定的所有信息。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. 如果设备中包含软件和/或机载电子硬件,则件号必须能够表明软件和硬件的构型。件号编排时,在件号中可为硬件、软件和机载电子硬件各划分一个单独区域。

d. 可以使用电子标记标识软件和机载电子硬件,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,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-R4 第 21.353 条（一）款 1 项规定的符合性声明和以下资料副本。

a. 手册。包含以下内容：

（1）运行（使用）说明和设备限制，该内容应对设备运行能力（使用特性）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。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。限制必须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。如欲在飞机上安装此设备，必须获得单独的安装批准。”**

（4）对于所有软件和机载电子硬件构型，包括如下内容：

（i）软件件号，包括版本和设计保证等级；

（ii）机载电子硬件件号，包括版本和设计保证等级；

（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《机载设备环境条件和试验程序》附录 A 的表格方式描述。

（6）原理图、布线图，以及设备安装所必需的其它文件。

（7）按件号列出设备的主要部件清单（含可更换部件），例

如符合本 CTSO 标准的天线、收发器或双工器。如适用，还应包括供应商件号的交叉索引。如果设备只有在使用某些特殊部件时才满足本 CTSO 附录 1 至附录 2 中的要求，则应包含该部件（通过件号）的安装要求。如果设备安装使用了仅适用于某些单一运行环境的标准部件，则应在安装手册中将其作为限制内容包含在安装要求中。

b. 持续适航文件。

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. 如果设备包含简单的或复杂电子硬件，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. 铭牌图纸，规定设备如何标识本 CTSO 中第 4 节所要求的标记信息。

f. 确定设备中所包含而未按照本 CTSO 第 3 节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、硬件以及环境鉴定类别。还应包括一份确认非 CTSO 功能不会影响设备对本 CTSO 第 3 节要求符合性的声明。

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

（3）本 CTSO 第 5.f.(1) 节所描述非 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, 以确保对第 5.f.(1)节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 设备的性能不会受到非 CTSO 功能的影响。

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

g. 按 CCAR-21-R4 第 21.358 条要求提供质量系统方面的说明资料, 包括功能试验规范。质量系统应确保检测到可能会对 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。

h. 材料和工艺规范清单。

i. 定义设备设计的图纸和工艺清单(包括修订版次)。

j. 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 要求的功能鉴定规范;

b. 设备校准程序;

c. 原理图;

d. 布线图;

- e. 材料和工艺规范；
- f. 按本 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（例如运营人或修理站）提交一件或多件按本 CTSO 制造的设备，则应随设备提供本 CTSO 第 5.a 节和第 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，则还应包括第 5.f.(1) 节至第 5.f.(4) 节所规定资料的副本。

## 8. 引用文件

a. 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](http://www.rtca.org) 订购副本。

## 附录 1 机载空地宽带终端的最低性能标准

### 1.1 一般要求

#### 1.1.1 结构

机载空地宽带终端结构应有良好的工业性，应保证足够的机械强度，牢固、可靠、安全、便于安装。

#### 1.1.2 尺寸

机载空地宽带终端外形尺寸应能符合其使用场合的要求。

#### 1.1.3 重量

机载空地宽带终端重量应能符合其使用场合的要求。

#### 1.1.4 接口

机载空地宽带终端接口应满足下列要求：

- 1) 应至少具有 4 个 ARINC429 输入数据接口；
- 2) 机载空地宽带终端与智能卡接口协议应符合电信行业管理要求；
- 3) 应至少具有 3 路千兆以太网接口；
- 4) 应具备 1 路调试接口，用于本地调测。

#### 1.1.5 供电

机载空地宽带终端工作电源应符合飞机平台供电范围要求。

#### 1.1.6 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 功能要求

### 1.2.1 5G 网络通信功能

应具备 3GPP 协议规定的 5G 通信协议处理功能，实现与地面基站和核心网进行数据和控制信令通信，为用户数据的传输提供无线通信链路。

### 1.2.2 组网方式

应支持 5G 独立组网（SA）功能。

### 1.2.3 波束赋形

支持基于飞机姿态、航向、俯仰的波束赋形功能，并可基于 PMI、DOA 进行自适应切换。

### 1.2.4 支持 MIMO 功能

支持 MIMO 功能，提升单终端或多终端的峰值速率和频谱效率。

### 1.2.5 上行功率控制功能

应支持上行发射功率控制，通过调整 UE 上行信道的发射功率，使得 UE 保证上行发送数据的质量的同时，减少对系统其他用户的干扰。

### 1.2.6 工作频段

应支持 4.9G 频段，频率范围为：4840MHz-4940MHz。

### 1.2.7 收发通道数

应支持 TDD 工作制式，至少具备 2 个发射通道和 3 个接收通道。

### **1.2.8 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。

### **1.2.9 射频发射控制功能**

应支持根据高度信息和射频发射控制开关，来开启和禁用射频发射功能。

### **1.2.10 版本管理能力**

应具备软件版本管理能力，支持版本升级和回退功能。

### **1.2.11 工作状态指示功能**

应具备设备工作状态实时指示功能。

### **1.2.12 过温异常保护功能**

具有过温保护功能，保护功能发生异常时自动采取保护措施，异常消失时自动恢复工作。

### **1.2.13 自检功能**

应具备自检功能，可实现上电自检、周期自检和人工自检。

## **1.3 性能要求**

### **1.3.1 空地接入距离**

在飞行巡航高度时，终端最大接入距离不低于 270km。

### **1.3.2 地速**

支持 1200km/h 的飞机移动速度，系统能保持正常通信工作。

### 1.3.3 峰值吞吐量

60MHz 工作带宽峰值下行数据速率应不小于 400Mbit/s;

60MHz 工作带宽峰值上行数据速率应不小于 60Mbit/s。

100MHz 工作带宽峰值下行数据速率应不小于 700Mbit/s;

100MHz 工作带宽峰值上行数据速率应不小于 100Mbit/s。

### 1.3.4 小区切换时延

在 ATG 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 切换控制面时延不高于 150ms。

### 1.3.5 发射功率

发射功率不小于-6dBm。

### 1.3.6 发射 EVM ( 误差向量幅度 )

根据 DO-160G 中 A1 等级工作温度要求，在-15°C~55°C温度范围内，针对 64QAM 额定功率发射时，EVM<8%。

### 1.3.7 发射 ACLR ( 邻信道泄露比 )

额定功率-6dBm 下，根据 DO-160G 中 A1 等级工作温度要求，在-15°C~55°C温度范围内，ACLR<-33dBc。

### 1.3.8 发射机带外杂散

表 1-1 带外发射杂散要求

频带范围	最大电平	测试带宽 RBW
9 KHz~150KHz	-48dBm	1KHz
150KHz~30MHZ	-46dBm	10KHz
30MHz~1000MHz	-46dBm	100KHz

频带范围	最大电平	测试带宽 RBW
1000MHz~4330MHz	-30dBm	1MHz
4330MHz~4800MHz	-6dBm	1MHz
5000MHz~5900MHz	-6dBm	1MHz
5900MHz~8000MHz	-36dBm	1MHz
8000MHz~12.75GHz	-25dBm	1MHz

### 1.3.9 接收灵敏度

在 100MHz 带宽, 30kHz 子载波, 误码率小于 5% 的条件下:  $\leq -76\text{dBm}$ 。

### 1.3.10 接收动态范围

-76dBm~-35dBm。

### 1.3.11 接收口最大不损坏电平

接收口最大不损坏电平-20dBm。

## 附录 2 机载有源阵列天线的最低性能标准

机载有源阵列天线应满足如下最低性能标准要求。

ATG 系统机载有源阵列天线应满足 MH/T9010.3-2018《基于 LTE 技术的地空高速数据链技术规范第 3 部分：机载天线规范》标准的相关内容以及如下补充：

1、天线应具备制造商定义的预期功能，其合理使用不应该对空域其他用户造成危害。

2、设备应遵守《中华人民共和国无线电管理条例》。

3、可以通过 CCAR-25-R4 附录 F 来表明符合性。

4、工作频率

4840MHz ~ 4940MHz。

5、端口驻波

在工作频带范围内，天线输出电压驻波比应不大于 2.0，标称的特性阻抗应当为 50 欧姆。

6、天线增益

天线在整个覆盖空间内的增益范围为 5~16dBi。

7、工作电源

交流电源 115V 400Hz 或直流 28V，天线功耗不大于 300W。

8、极化方式

天线系统支持单极化或双极化方式。

9、双工模式

支持收发时分双工或频分双工工作模式。

## 10、EIRP

全向天线 EIRP 典型值： $33 \pm 3\text{dBm}$ ；

相控阵天线 EIRP 典型值： $40 \pm 3\text{dBm}$ 。

## 11、辐射杂散

天线辐射杂散要求见下表所示。

表 2-1 天线辐射杂散

频率范围	最大电平	测试带宽
$9\text{ kHz} \leq f < 150\text{kHz}$	-36dBm	1kHz
$150\text{kHz} \leq f < 30\text{MHz}$	-36dBm	10kHz
$30\text{MHz} \leq f < 1000\text{MHz}$	-36dBm	100kHz
$1\text{GHz} \leq f < 12.75\text{GHz}$	-30dBm	1MHz
	-25dBm	1MHz
12.75GHz $\leq f <$ UL 工作频段上 频沿的 5 次谐波频率	-30dBm	1MHz
$12.75\text{ GHz} < f < 26\text{ GHz}$	-30dBm	1MHz

天线频谱辐射模板要求见下表。

表 2-2 天线频谱辐射模板

$\Delta f_{\text{OOB}}$ (MHz)	通道带宽(MHz) / 频谱发射限制 (dBm)			测试带宽
	5	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45	50, 60, 70, 80, 90, 100	
$\pm 0-1$	-13	-13		1% of channel BW
$\pm 0-1$			-24	30 kHz
$\pm 1-5$	-10	-10		1 MHz
$\pm 5-6$	-13			
$\pm 6-10$	-25			
$\pm 5-BW_{\text{Channel}}$		-13		
$\pm BW_{\text{Channel}}-(BW_{\text{Channel}}+5)$		-25		

## 12、接收灵敏度

接收灵敏度在 100MHz 带宽，30kHz 子载波条件下，不小于

-84dBm<sub>o</sub>

### 附录 3 机载功放单元的最低性能标准

机载功放应满足如下最低性能标准要求。

#### 1、工作频率

4840MHz ~ 4940MHz。

#### 2、工作电源

机上电源 115V 400Hz，功耗小于 70W。

#### 3、发射功率

不小于-2dBm，全温范围功率输出精度 $\pm 3$ dB。

#### 4、发射 EVM

根据 DO-160G 中 A1 等级工作温度要求，在-15 $^{\circ}$ C~55 $^{\circ}$ C温度范围内，针对 64QAM 额定功率发射时，EVM<8%。

#### 5、发射 ACLR

额定功率-2dBm 下，根据 DO-160G 中 A1 等级工作温度要求，在-15 $^{\circ}$ C~55 $^{\circ}$ C温度范围内，ACLR<-33dBc。

#### 6、接收灵敏度

在 100MHz 带宽，30kHz 子载波条件下：接收灵敏度不小于-82.6dBm。

#### 7、接收口最大不损坏电平

最大不损坏电平-20dBm。

#### 8、发射机带外杂散

表 3-1 带外发射杂散要求

频带范围	最大电平	测试带宽 RBW
------	------	----------

频带范围	最大电平	测试带宽 RBW
9 KHz~150KHz	-36dBm	1KHz
150KHz~30MHz	-36dBm	10KHz
30MHz~1000MHz	-36dBm	100KHz
1000MHz~4200MHz	-36dBm	1MHz
4200MHz~4400MHz	-85dBm	1MHz
4400MHz~4800MHz	-36dBm	1MHz
5000MHz~12.75GHz	-30dBm	1MHz

### 9、接收动态范围

-82.6dBm~-35dBm。

### 10、接收阻塞

接收带外大功率信号时不应阻塞，带外接收阻塞要求如下表所示。

表 3-2 带外接收阻塞要求

频带范围	最大电平	带宽
1086~1094MHz	19dBm	8MHz
1042~1062MHz	22dBm	1MHz
1025~1035MHz	16dBm	10MHz
977.5~978.5MHz	14.6dBm	1MHz
108~137MHz	0dBm	8kHz

## 附录 4 机载 CPE、UPA 和有源阵列天线的测试方法

## 1 机载 CPE 测试方法

机载 CPE 测试章节与技术要求对应如下表所示：

要求章节号	标题名称	测试章节号
1.2.1	5G 网络通信功能	4.1.2.1
1.2.2	组网方式	4.1.2.2
1.2.3	波束赋形	4.1.2.3
1.2.4	支持 MIMO 功能	4.1.2.4
1.2.5	上行功率控制功能	4.1.2.5
1.2.6	工作频段	4.1.2.6
1.2.7	收发通道数	4.1.2.7
1.2.8	设备工作模式	4.1.2.8
1.2.9	射频发射控制功能	4.1.2.9
1.2.10	版本管理能力	4.1.2.10
1.2.11	工作状态指示功能	4.1.2.11
1.2.12	过温异常保护功能	4.1.2.12
1.2.13	自检功能	4.1.2.13
1.3.1	空地接入距离	4.1.3.1
1.3.2	地速	4.1.3.2
1.3.3	峰值吞吐量	4.1.3.3
1.3.4	小区切换时延	4.1.3.4
1.3.5	发射功率	4.1.3.5
1.3.6	发射 EVM (误差向量幅度)	4.1.3.6
1.3.7	发射 ACLR (邻信道泄露比)	4.1.3.7
1.3.8	发射机带外杂散	4.1.3.8
1.3.9	接收灵敏度	4.1.3.9
1.3.10	接收动态范围	4.1.3.10
1.3.11	接收口最大不损坏电平	4.1.3.11

### 1.1 验证测试框图

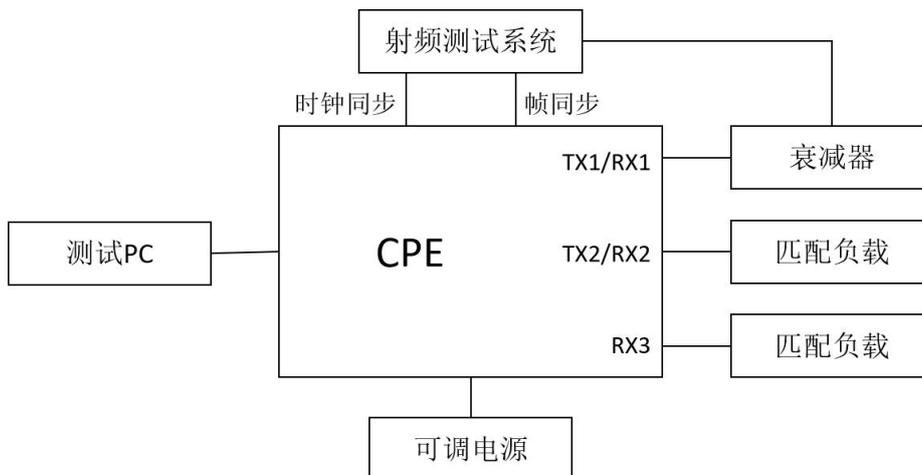


图 1-1 测试框图

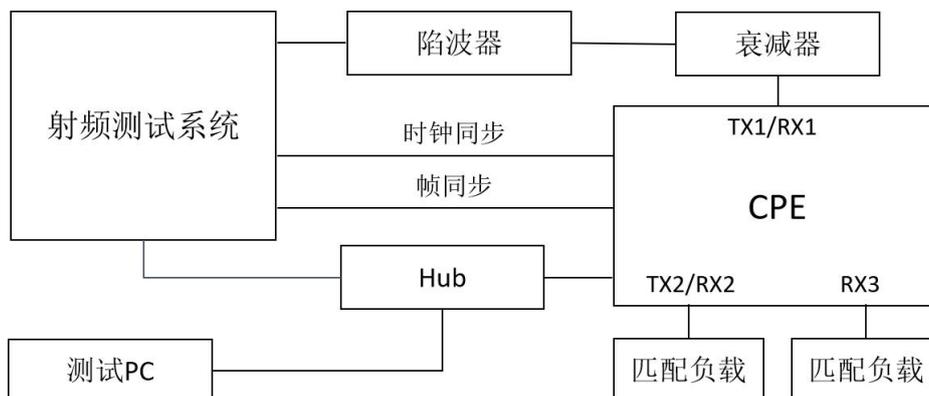


图 1-2 测试框图

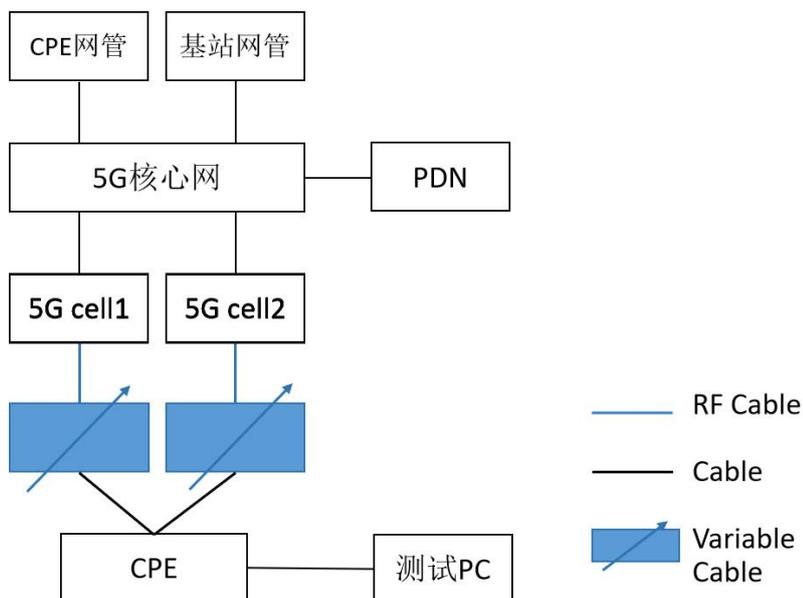


图 1-3 切换测试框图

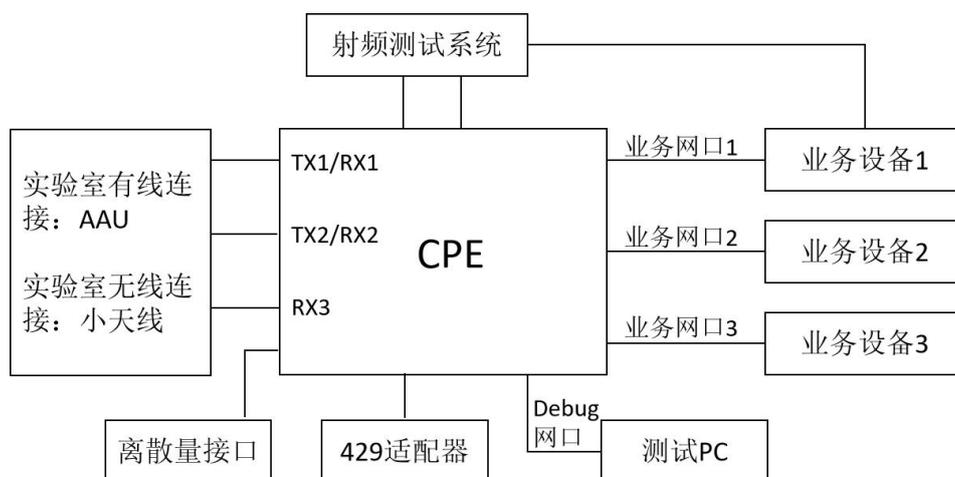


图 1-4 CPE 外围连接框图

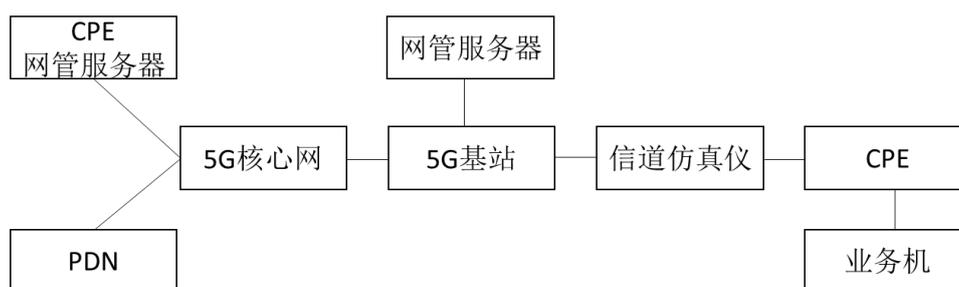


图 1-5 业务测试框图

## 1.2 功能测试

### 1.2.1 5G 网络通信功能

测试条件：

- 1) 按照图 1-5 所示搭建测试环境；
- 2) CPE 设备上电初始化及自检完成。

测试步骤：

- 1) 操作信道仿真仪,加载飞机距离基站距离为“高度 3150 米、水平 0 米”的信道模型,配置对应 1200km/h 的多普勒频偏及各端口适配的输入/输出功率;
- 2) 操作 429 总线适配软件,加载对应“高度 3150 米、水平 0 米”的航空参数模拟数据;
- 3) CPE 接入,确认 CPE 处于基站近点覆盖,RSRP 在-85dBm 左右;
- 4) CPE 做 ping 包业务;
- 5) 触发上下行 UDP 业务测试;
- 6) 重复上述操作,遍历 CPE 处于基站中点覆盖(高度 10km、水平 10km,RSRP=-100dBm 左右)及 CPE 处于基站远点覆盖(高度 10km、水平 270km,RSRP=-115dBm 左右)。

#### 合格判据:

CPE 均正常接入;

ping 包时延满足:平均时延低于 50ms;

上下行流量满足:下行峰值流量不小于 400 Mbps @60MHz、700Mbps @100MHz;上行峰值流量不小于 60Mbps @60MHz、100 Mbps @100MHz。

### 1.2.2 组网方式

#### 测试条件:

- 1) 按照图 1-5 所示搭建测试环境;
- 2) CPE 设备上电初始化及自检完成。

**测试步骤：**

- 1) 操作信道仿真仪,加载飞机距离基站距离为“高度 3150 米、水平 0 米”的信道模型,配置对应 1200km/h 的多普勒频偏及各端口适配的输入/输出功率;
- 2) 操作 429 总线适配软件,加载对应“高度 3150 米、水平 0 米”的航空参数模拟数据;
- 3) CPE 接入,确认 CPE 处于基站近点覆盖;
- 4) CPE 做 ping 包业务;
- 5) 触发上下行 UDP 业务测试。

**合格判据：**

CPE 均正常接入;

ping 包时延满足:平均时延低于 50ms;

上下行流量满足:下行峰值流量不小于 400 Mbps @60MHz、700Mbps @100MHz;上行峰值流量不小于 60Mbps @60MHz、100 Mbps @100MHz。

**1.2.3 波束赋形****测试条件：**

- 1) 按照图 1-5 所示搭建测试环境;
- 2) CPE 设备上电初始化及自检完成。

**测试步骤：**

- 1) CPE 连接 GPS 或模拟经度、纬度、高度等 GPS 位置信息;

2) 使用 CPE 整机进行全网元接入，并进行 ping/灌包业务测试，在基站侧查看赋形方式；

3) CPE 断开 GPS，在基站侧查看赋形方式。

#### 合格判据：

CPE 整机可以基于飞机姿态、航向、俯仰输出相控阵天线的水平角度和俯仰角度，并给基站上报 CPE 位置信息，基站可观测：

获取 GPS 位置信息，确认传输模式为 DOA+PMI 模式；

未获取 GPS 位置信息，确认传输模式为 PMI 模式。

### 1.2.4 支持 MIMO 功能

#### 测试条件：

1) 按照图 1-5 所示搭建测试环境；

2) CPE 设备上电初始化及自检完成。

#### 测试步骤：

1) 操作信道仿真仪，加载近场信道模型（如飞机距离基站距离为“高度 3150 米、水平 0 米”的），配置对应 1200km/h 的多普勒频偏及各端口适配的输入/输出功率；

2) 操作 429 总线适配软件，加载对应“高度 3150 米、水平 0 米”的航空参数模拟数据；

3) CPE 接入后，触发上下行 UDP 业务测试。

#### 合格判据：

CPE 接入正常，下行峰值流量不小于 400 Mbps @60MHz、700Mbps @100MHz；上行峰值流量不小于 60Mbps @60MHz、100

Mbps @100MHz。同时打印相关 log，确认上下行调度均为两流。

### 1.2.5 上行功率控制功能

#### 测试条件：

- 1) 按照图 1-5 所示搭建测试环境；
- 2) CPE 设备上电初始化及自检完成。

#### 测试步骤：

- 1) 操作信道仿真仪，加载近场信道模型（如飞机距离基站距离为“高度 3150 米、水平 0 米”的），配置对应 1200km/h 的多普勒频偏及各端口适配的输入/输出功率（保证 CPE 接入后处于近点）；
- 2) 操作 429 总线适配软件，加载对应“高度 3150 米、水平 0 米”的航空参数模拟数据；
- 3) CPE 接入后，触发上下行 UDP 业务测试；
- 4) 打开 log 记录开关；
- 5) 操作信道仿真仪的慢衰落仿真业务，逐步拉远 CPE 与基站之间的路损（如 5s 拉远 1dB），直到 RSRP 到达目标值或 CPE 失步；
- 6) 停止 log 记录；
- 7) 基站侧修改配置关闭 PUSCH 闭环功控（即打开 PUSCH 开环功控）；
- 8) CPE 重新接入，重复 3~6 的测试步骤。

#### 合格判据：

分析测试 log，观察上行流量、上行 MCS、上行 RB 数、误码统计及上行 PUSCH 发射功率各指标曲线与各项指标设计曲线趋势相

符。

### 1.2.6 工作频段

#### 测试条件:

- 1) 上电初始化和自检完成;
- 2) 各种线损等均已补偿。

#### 测试步骤:

- 1) 按照图 1-1 搭建测试环境;
- 2) 配置上下行中心频点、工作带宽等参数, 下发测试源;
- 3) 设置射频测试系统, 通过射频测试系统读取载波功率值;
- 4) 遍历高、中、低频点, 分别重复 2~3 步;
- 5) 遍历其他发射通道, 分别重复 2~4 步;
- 6) 按照图 1-5 连接测试系统, 选用一个天线端口接收下行有用信号, 在其它天线端口处加匹配负载;
- 7) 配置上下行中心频点、工作带宽、单天线接收等参数;
- 8) 选择低待测载波频点, 配置射频测试系统发送下行有用信号;
- 9) 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;
- 10) 分别选择中、高待测载波频点, 重复 6~9 步进行测量;
- 11) 换用其他天线端口重复 6~10 步。

#### 合格判据:

在 4840-4940MHz 内所有通道:

64QAM 额定功率发射时 EVM<8%，且所有端口和频点的接收灵敏度在 100MHz 带宽，30kHz 子载波条件下： $\leq -76\text{dBm}$ ，则为通过。

### 1.2.7 收发通道数

#### 测试条件：

- 1) 按照图 1-1 搭建测试环境；
- 2) 上电初始化和自检完成；
- 3) 各种线损等均已补偿。

#### 测试步骤：

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽等参数，下发测试源；
- 2) 设置射频测试系统，通过射频测试系统读取载波功率值，观察此时 EVM 的值；
- 3) 遍历高、中、低频点，分别重复 1~2 步；
- 4) 遍历其他发射通道，分别重复 1~3 步；
- 5) 按照图 1-1 连接测试系统，选用一个天线端口接收下行有用信号，在其它天线端口处加匹配负载；
- 6) 配置上下行中心频点、工作带宽、接收天线等参数；
- 7) 选择低待测载波频点，配置射频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) 分别选择中、高待测载波频点，重复 6~8 步进行测量；
- 10) 换用其他天线端口重复 6~9 步。

**合格判据：**

2 个发射通道在 64QAM 额定功率发射时 EVM<8%；

3 个接收通道，接收灵敏度在 100MHz 带宽，30kHz 子载波条件下： $\leq -76\text{dBm}$ 。

**1.2.8 设备工作模式****测试条件：**

- 1) 按照图 1-5 所示搭建测试环境；
- 2) CPE 设备上电初始化及自检完成。

**测试步骤：**

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

**合格判据：**

CPE 接入后，能进入正常工作模式；

CPE 连接维护工具进行维护/测试时，能够进入维护测试模式。

**1.2.9 射频发射控制功能****测试条件：**

- 1) 按照图 1-4 连接测试系统；
- 2) 上电初始化和上电自检完成。

**测试步骤：**

1) 将发射控制信号置于打开射频状态，通过 ARINC429 总线输入模拟飞行高度到门限值以下，观测 ATG 射频发射通道是否关闭；

2) 将发射控制信号置于打开射频状态, 通过 ARINC429 总线输入模拟飞行高度到门限值以上, 观测 ATG 发射通道是否开启;

3) 将发射控制信号置于关闭射频状态, 观测 ATG 射频发射通道是否关闭。

**合格判据:**

执行 1 步骤后, ATG 发射通道关闭, 则验证通过;

执行 2 步骤后, ATG 发射通道开启, 则验证通过;

执行 3 步骤后, ATG 发射通道关闭, 则验证通过。

### 1.2.10 版本管理能力

**测试条件:**

1) 按照图 1-4 所示搭建测试环境;

2) CPE 设备上电初始化及自检完成。

**测试步骤:**

1) 使用软件版本加载工具进行版本 A 加载;

2) 加载成功后, 重启 CPE 设备, 查询软件版本;

3) 使用软件版本加载工具进行版本 B 加载;

4) 加载失败后, 重启 CPE 设备, 查询软件版本;

5) 使用软件版本加载工具进行版本 B 加载;

6) 加载成功后, 重启 CPE 设备, 查询软件版本;

**合格判据:**

步骤 2 中, 查询软件版本为 A;

步骤 4 中, 查询软件版本为 A;

步骤 6 中，查询软件版本为 B。

### 1.2.11 工作状态指示功能

**测试条件：**

- 1) 按照图 1-1 搭建测试环境；
- 2) 上电初始化和自检完成。

**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能与方案一致。

**合格判据：**

设备电源正常工作，PWR 绿灯长亮；

基带板程序加载完成，RUN 黄灯长亮；

基带板获取 IP，开始正常业务，RUN 绿灯长亮；

设备工作正常，ALM 绿灯长亮，RAD 绿灯长亮。

### 1.2.12 过温异常保护功能

**测试条件：**

CPE 各部件已完成单元测试，CPE 版本已基本稳定。

**测试步骤：**

- 1) 按照图 1-1 搭建测试环境，CPE 放在温箱中；
- 2) 配置上下行中心频点、工作带宽等参数，下发测试源；
- 3) 将温箱温度升高，查看 CPE 温度，达到门限之后是否触发

过温保护，将温度降下来，看是否正常启动。

**合格判据：**

过温保护能正常触发和消除。

### 1.2.13 自检功能

**测试条件：**

按照图 1-5 所示搭建测试环境；

**测试步骤：**

1) 设备完成上电初始化，上电自检完成后，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 CPE 接口和设备异常，查看告警。恢复 CPE 接口和设备异常，查看告警。

**合格判据：**

可查看自检结果。

有告警上报和恢复。

## 1.3 性能测试

### 1.3.1 空地接入距离

**测试条件：**

1) 按照图 1-5 所示搭建测试环境；

2) CPE 设备上电初始化及自检完成。

**测试步骤：**

1) 操作信道仿真仪，加载飞机距离基站距离为“高度 10km、水平 270km”的信道模型，配置对应 1200km/h 的多普勒频偏及各端口适配的输入/输出功率；

2) 操作 ARINC429 总线适配软件，加载对应“高度 10km、水平 270km”的航空参数模拟数据；

3) 观察 CPE 接入情况。

**合格判据：**

CPE 正常接入。

### 1.3.2 地速

**测试条件：**

1) 按照图 1-5 所示搭建测试环境；

2) CPE 设备上电初始化及自检完成。

**测试步骤：**

1) 操作信道仿真仪，加载近场信道模型（如飞机距离基站距离为“高度 10km、水平 10km”的），配置对应 1200km/h 的多普勒频偏及各端口适配的输入/输出功率；

2) 操作 ARINC429 总线适配软件，加载对应“高度 10km、水平 10km”的航空参数模拟数据；

3) CPE 接入后，触发上下行 UDP 业务测试。

**合格判据：**

CPE 接入正常，上下行 UDP 业务表现符合当前信道条件，观察下行频偏值符合对应 1200km/h 对应的多普勒频偏。

### 1.3.3 峰值吞吐量

**测试条件：**

1) 按照图 1-5 所示搭建测试环境；

2) CPE 设备上电初始化及自检完成。

**测试步骤:**

1) 操作信道仿真仪，加载近场信道模型（如飞机距离基站距离为“高度 3.15km、水平 0km”的），配置对应 1200km/h 的多普勒频偏及各端口适配的输入/输出功率；

2) 操作 ARINC429 总线适配软件，加载对应“高度 3150 米、水平 0 米”的航空参数模拟数据；

3) CPE 接入后，触发上下行 UDP 业务测试。

**合格判据:**

CPE 接入正常，下行峰值流量不小于 400 Mbps @60MHz、700Mbps @100MHz；上行峰值流量不小于 60Mbps @60MHz、100 Mbps @100MHz。

### 1.3.4 小区切换时延

**测试条件:**

- 1) 按照图 1-3、图 1-4 连接测试系统；
- 2) 根据测试条件配置相关的开关和参数；
- 3) gNB1 配置 cell1，gNB2 配置 cell2；
- 4) cell1 和 cell2 互配邻区，gNB1 和 gNB2 之间配置 Xn 链路；
- 5) cell1 和 cell2 衰减相同；
- 6) CPE 上电成功、自检完成。

**测试步骤:**

- 1) CPE 接入 cell1；

- 2) 调节信号衰减,使 CPE 发生切换,从 cell1 切换到 cell2;
- 3)重复步骤 2),使 CPE 切换次数达到 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小于 150ms。

### 1.3.5 发射功率

**测试条件:**

- 1) 按照图 1-1 搭建测试环境;
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线,测试仪器在计量时间要求之内;
- 3) 各种线损等均已补偿。

**测试步骤:**

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽,并下发测试源;
- 2) 设置射频测试系统,通过者射频测试系统读取载波平均功率值;
- 3) 遍历高、中、低频点,分别重复 1~2 步;
- 4) 换用其他天线端口重复 1~3 步。

**合格判据:**

CPE 射频口最大发射功率为-6dBm 则通过。

### 1.3.6 发射 EVM

**测试条件:**

- 1) 按照图 1-1 搭建测试环境；
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量时间要求之内；
- 3) 各种线损等均已补偿。

**测试步骤：**

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽，下发 64QAM 测试源；
- 2) 设置射频测试系统，观察此时 EVM 的值；
- 3) 遍历高、中、低频点，分别重复 1~2 步；
- 4) 遍历所有支持的载波带宽，重复 1~3 步；
- 5) 换用其他天线端口重复 1~4 步。

**合格判据：**

当 64QAM 额定功率发射时  $EVM < 8\%$  则通过。

### 1.3.7 发射 ACLR

**测试条件：**

- 1) 按照图 1-1 搭建测试环境；
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量时间要求之内；
- 3) 各种线损等均已补偿。

**测试步骤：**

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽，下发满 RB 测试源；
- 2) 设置射频测试系统，观察此时 ACLR 的值；
- 3) 遍历高、中、低频点，分别重复 1~2 步；

- 4) 遍历所有支持的载波带宽，重复 1~3 步；
- 5) 换用其他天线端口重复 1~4 步。

**合格判据：**

当额定功率下全温范围内，ACLR<-33dBc 时则通过。

### 1.3.8 发射机带外杂散

**测试条件：**

- 1) 按照图 1-2 搭建测试环境；
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量时间要求之内；
- 3) 各种线损等均已补偿。

**测试步骤：**

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽，下发满 RB 测试源；
- 2) 设置射频测试系统，测试各个频段的杂散值；
- 3) 遍历高、中、低频点，分别重复 1~2 步；
- 4) 遍历所有支持的载波带宽，重复 1~3 步。
- 5) 换用其他天线端口重复 1~4 步。

**合格判据：**

发射机带外杂散满足下表中要求则通过。

表 1-1 杂散发射限值

频带范围	最大电平	测试带宽 RBW
9 kHz~150kHz	-48dBm	1kHz
150Khz~30MHZ	-46dBm	10kHz
30MHz~1000MHz	-46dBm	100kHz

频带范围	最大电平	测试带宽 RBW
1000MHz~4330MHz	-30dBm	1MHz
4330MHz~4800MHz	-6dBm	1MHz
5000MHz~5900MHz	-6dBm	1MHz
5900MHz~8000MHz	-36dBm	1MHz
8000MHz~12.75GHz	-25dBm	1MHz

### 1.3.9 接收灵敏度

#### 测试条件：

- 1) 按照图 1-1 连接测试系统，选用一个天线端口接收上行有用信号，在其它天线端口处加匹配负载；
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量时间要求之内；
- 3) 各种线损等均已补偿。

#### 测试步骤：

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽、接收天线；
- 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，配置射频测试系统发送灵敏度测试用的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 步进行测量；
- 6) 换用其他天线端口重复 1~5 步。

#### 合格判据：

所有端口和频点的灵敏度都小于-76dBm 时则通过。

### 1.3.10 接收动态范围

**测试条件：**

- 1) 按照图 1-1 连接测试系统；
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试

仪器在计量时间要求之内；

- 3) 各种线损等均已补偿。

**测试步骤：**

- 1) 选用一个天线端口接收上行有用信号，在其它天线端口处加匹配负载；

- 2) 在下行频率范围内取中频点作为待测载波频率；

- 3) 配置上下行中心频点、工作带宽、接收天线；

- 4) 选择待测载波频点，配置射频测试系统发送灵敏度测试用的固定参考测量信道下行有用信号；

- 5) 调整有用信号功率使输出功率逐渐增大，直到吞吐量不低于最大吞吐量的 95%，记录有用信号功率；

- 6) 换用分集天线端口重复 1~5 步。

**合格判据：**

所有端口的功率都在-76dBm~-35dBm 之间则通过。

### 1.3.11 接收口最大不损坏电平

**测试条件：**

- 1) 按照图 1-1 连接测试系统；

2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量时间要求之内；

3) 各种线损等均已补偿。

#### 测试步骤：

1) 选用一个天线端口接收上行有用信号，在其它天线端口处加匹配负载；

2) 在下行频率范围内取中频点点作为待测载波频率；

3) 配置上下行中心频点、工作带宽、接收天线；

4) 选择待测载波频点，配置射频测试系统发送单音信号；

5) 调整有用信号功率使功率输出-20dBm 功率拷机 2 小时；

6) 停止大信号输入，查看灵敏度是否正常；

7) 换用其他天线端口重复 1~6 步。

#### 合格判据：

当所有通道有用信号功率使功率输出-20dBm 功率拷机 2 小时后，灵敏度结果正常则通过。

## 2 机载有源阵列天线测试方法

机载有源阵列天线测试章节与主要技术要求对应如下表所示：

要求章节号	标题名称	测试章节号
附录 2 第 6 小节	天线增益	4.2.2
附录 2 第 10 小节	EIRP	4.2.3
附录 2 第 12 小节	灵敏度	4.2.4

## 2.1 验证测试框图

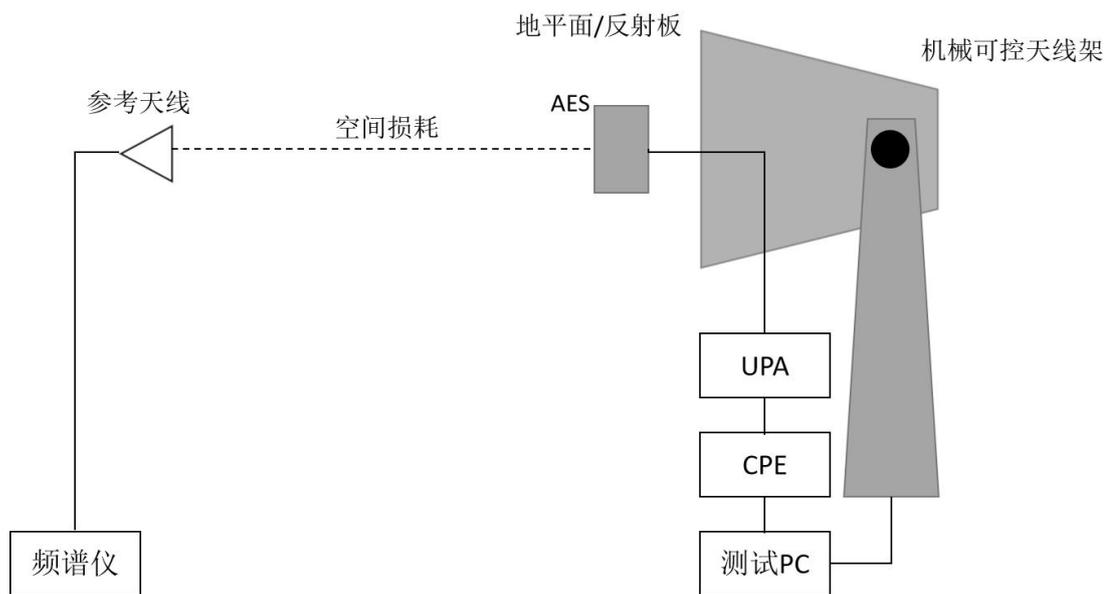


图 2-1 测试框图 1

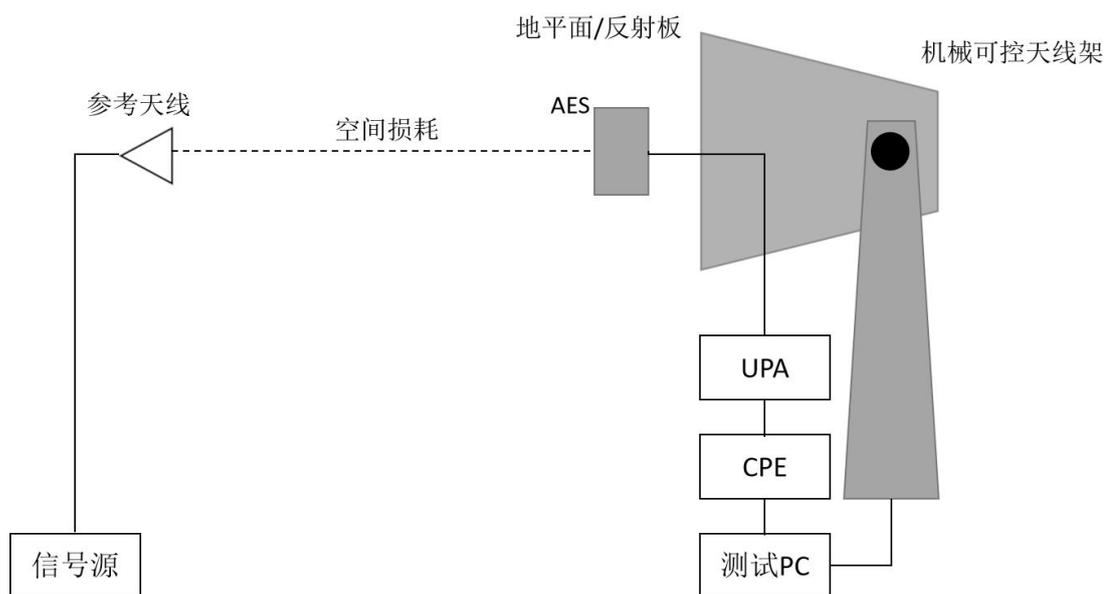


图 2-2 测试框图 2

## 2.2 天线增益

测试条件:

- 1) 按照图 2-1 搭建测试环境;
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线, 测试

仪器在计量时间要求之内；

- 3) 各种线损等均已补偿；
- 4) 空间损耗已计算补偿。

**测试步骤：**

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽，并下发测试源；
- 2) 设置频谱仪，通过频谱仪读取载波功率值；
- 3) 方位面步进  $30^\circ$ ，俯仰面步进  $5^\circ$ ，读取频谱仪功率值；
- 4) 计算天线增益。

**合格判据：**

天线增益范围为 5~16dBi。

## 2.3 EIRP

**测试条件：**

- 1) 按照图 2-1 搭建测试环境；
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试

仪器在计量时间要求之内；

- 3) 各种线损等均已补偿；
- 4) 空间损耗已计算补偿。

**测试步骤：**

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽，并下发测试源；
- 2) 设置频谱仪通过频谱仪读取载波功率值；
- 3) 遍历高、中、低频点，分别重复 1~2 步。

**合格判据：**

EIRP 为  $40 \pm 3\text{dBm}$  则通过。

## 2.4 灵敏度

**测试条件：**

- 1) 按照图 2-2 连接测试系统；
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量时间要求之内；
- 3) 各种线损等均已补偿；
- 4) 空间损耗已计算补偿。

**测试步骤：**

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽、单天线接收等参数；
- 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灵敏度测试用的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 步进行测量。

**合格判据：**

接收灵敏度在 100MHz 带宽，30kHz 子载波条件下：不小于 -84dBm。

## 3 机载 UPA 测试方法

机载 UPA 测试章节与主要技术要求对应如下表所示：

要求章节号	标题名称	测试章节号
-------	------	-------

附录 3 第 1 小节	工作频段	4.3.1
附录 3 第 2 小节	工作频段	4.3.2
附录 3 第 3 小节	发射功率	4.3.3
附录 3 第 4 小节	发射 EVM 要求	4.3.4
附录 3 第 5 小节	发射 ACLR 要求	4.3.5
附录 3 第 6 小节	接收灵敏度	4.3.6
附录 3 第 7 小节	接收口最大不损坏电平	4.3.7
附录 3 第 8 小节	发射机带外杂散	4.3.8
附录 3 第 9 小节	接收动态范围	4.3.9
附录 3 第 10 小节	接收机带外接收阻塞	4.3.10

### 3.1 验证测试框图

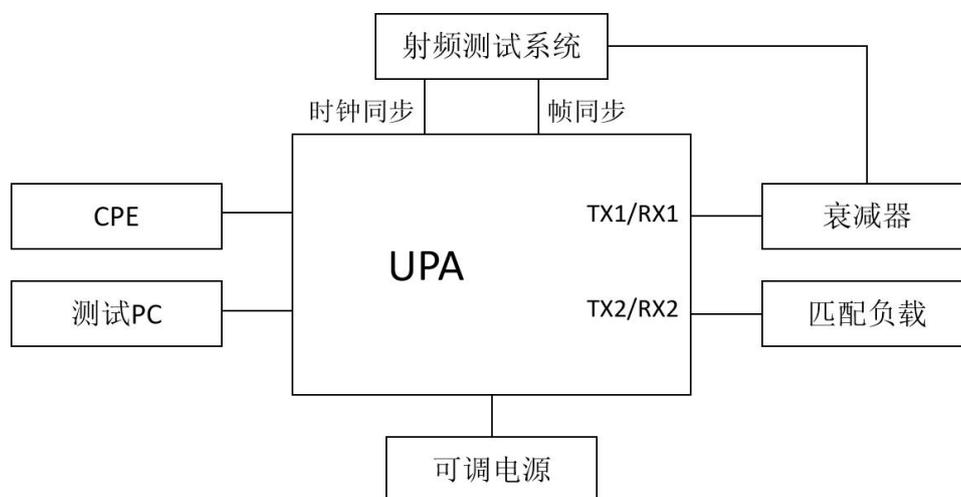


图 3-1 测试框图 1

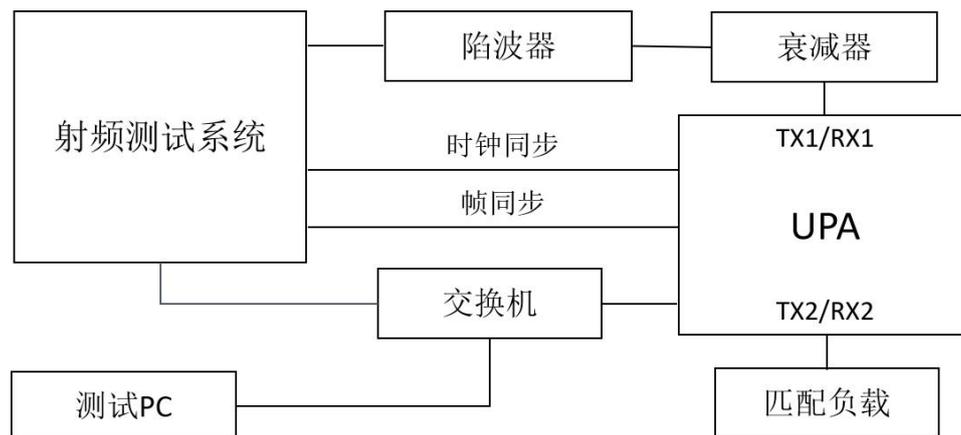


图 3-2 测试框图 2

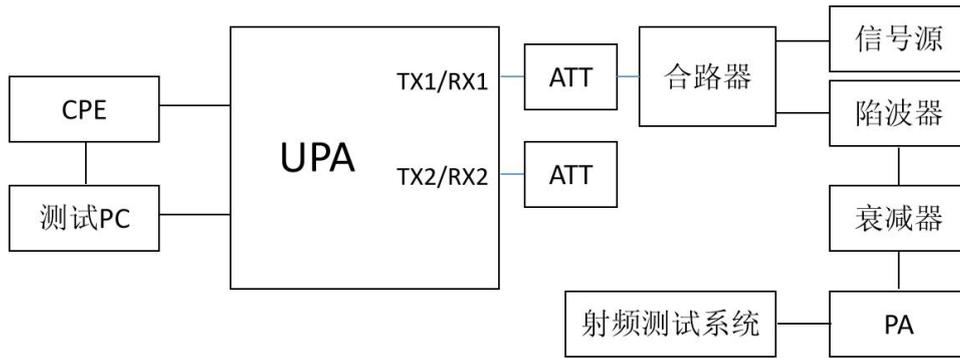


图 3-3 测试框图 3

### 3.2 工作频段

#### 测试条件：

- 1) 按照图 3-1 搭建测试环境；
- 2) 上电初始化和自检完成；
- 3) 各种线损等均已补偿。

#### 测试步骤：

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽等参数，下发测试源；
- 2) 设置射频测试系统，通过射频测试系统读取载波功率值，

观察 EVM 值；

- 3) 遍历高、中、低频点，分别重复 1~2 步；
- 4) 遍历其他发射通道，分别重复 1~3 步；
- 5) 按照图 3-1 连接测试系统，选用一个天线端口接收下行有用信号，在其它天线端口处加匹配负载；
- 6) 配置上下行中心频点、工作带宽、单天线接收等参数；
- 7) 选择低待测载波频点，配置射频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) 分别选择中、高待测载波频点，重复 5~8 步进行测量；

10) 换用其他天线端口重复 5~9 步。

#### 合格判据：

在 4840-4940MHz 内所有通道：当 64QAM 额定功率发射时， $EVM < 8\%$ ，所有端口和频点的接收灵敏度在 100MHz 带宽，30kHz 子载波条件下： $\leq -82.6\text{dBm}$ 。

### 3.3 发射功率

#### 测试条件：

1) 按照图 3-1 搭建测试环境；

2) UPA 各部件已完成单元测试，版本已基本稳定；

3) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量时间要求之内；

4) 各种线损等均已补偿。

#### 测试步骤：

1) 配置上下行中心频点、工作带宽等参数，下发测试源；

2) 设置射频测试系统,读取载波功率值；

3) 遍历高、中、低频点，分别重复 1~2 步。

#### 合格判据：

UPA 射频口最大发射功率为-2dBm 则通过。

### 3.4 发射 EVM 要求

#### 测试条件：

- 1) 按照图 3-1 搭建测试环境；
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量时间要求之内；
- 3) 各种线损等均已补偿。

#### 测试步骤：

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽，下发 64QAM 测试源；
- 2) 设置射频测试系统，观察此时 EVM 的值；
- 3) 遍历高、中、低频点，分别重复 1~2 步；
- 4) 遍历所有支持的载波带宽，重复 1~3 步；
- 5) 遍历其它通道，分别重复 1~4 步。

#### 合格判据：

当 64QAM 额定功率发射时  $EVM < 8\%$  则通过。

### 3.5 发射 ACLR 要求

#### 测试条件：

- 1) 按照图 3-1 搭建测试环境；
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量时间要求之内；
- 3) 各种线损等均已补偿。

#### 测试步骤：

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽，下发满 RB 测试源；

- 2) 设置射频测试系统，观察此时 ACLR 的值；
- 3) 遍历高、中、低频点，分别重复 1~2 步；
- 4) 遍历其它通道，分别重复 1~3 步。

**合格判据：**

当额定功率下全温范围内  $ACLR < -33\text{dBc}$  时则通过。

### 3.6 接收灵敏度

**测试条件：**

- 1) 按照图 3-1 连接测试系统；
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量时间要求之内；

- 3) 各种线损等均已补偿。

**测试步骤：**

- 1) 选用一个天线端口接收上行有用信号，在其它天线端口处加匹配负载；

- 2) 配置上下行中心频点、工作带宽、单天线接收等参数；

- 3) 在下行频率范围内取低频点作为待测载波频率；

- 4) 选择低待测载波频点，配置射频测试系统发送灵敏度测试用的固定参考测量信道下行有用信号；

- 5) 调整有用信号功率，直到吞吐量不低于最大吞吐量的 95%，记录有用信号功率；

- 6) 分别选择中、高待测载波频点，重复 4~5 步进行测量；

- 7) 换用其他天线端口重复 2~6 步。

**合格判据：**

所有端口和频点的接收灵敏度在 100MHz 带宽, 30kHz 子载波条件下： $\leq -82.6\text{dBm}$ 。

**3.7 接收口最大不损坏电平****测试条件：**

- 1) 按照图 3-1 连接测试系统；
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量时间要求之内；
- 3) 各种线损等均已补偿。

**测试步骤：**

- 1) 选用一个天线端口接收上行有用信号，在其它天线端口处加匹配负载；
- 2) 在下行频率范围内取中频点点作为待测载波频率；
- 3) 配置上下行中心频点、工作带宽、单天线接收等参数；
- 4) 选择待测载波频点，配置射频测试系统发送单音信号；
- 5) 调整有用信号功率使功率输出 $-20\text{dBm}$  功率拷机 2 小时；
- 6) 停止大信号输入，查看灵敏度是否正常；
- 7) 换用其他天线端口重复 1~6 步。

**合格判据：**

当所有通道有用信号功率输出 $-20\text{dBm}$ ，拷机 2 小时后，灵敏度结果正常则通过。

### 3.8 发射机带外杂散

#### 测试条件：

- 1) 按照图 3-2 搭建测试环境；
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线，测试仪器在计量时间要求之内；
- 3) 各种线损等均已补偿。

#### 测试步骤：

- 1) 配置上下行中心频点、工作带宽，下发满 RB 测试源；
- 2) 设置射频测试系统，测试各个频段的杂散值；
- 3) 遍历高、中、低频点，分别重复 1~2 步；
- 4) 遍历所有支持的载波带宽，重复 1~3 步；
- 5) 换用其他天线端口重复 1~4 步。

#### 合格判据：

发射机带外杂散满足下表中要求则通过。

表 3-1 杂散发射限值

频带范围	最大电平	测试带宽 RBW
9 kHz~150kHz	-36dBm	1kHz
150Khz~30MHZ	-36dBm	10kHz
30MHz~1000MHz	-36dBm	100kHz
1000MHz~4200MHz	-36dBm	1MHz
4200MHz~4400MHz	-85dBm	1MHz
4400MHz~4800MHz	-36dBm	1MHz
5000MHz~12.75GHz	-30dBm	1MHz

### 3.9 接收动态范围

#### 测试条件:

- 1) 按照图 3-1 连接测试系统;
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线, 测试仪器在计量时间要求之内;
- 3) 各种线损等均已补偿。

#### 测试步骤:

- 1) 选用一个天线端口接收上行有用信号, 在其它天线端口处加匹配负载;
- 2) 在下行频率范围内取中频点点作为待测载波频率;
- 3) 配置上下行中心频点、工作带宽、单天线接收等参数;
- 4) 选择待测载波频点, 配置射频测试系统发送灵敏度测试用的固定参考测量信道下行有用信号;
- 5) 调整有用信号功率使输出功率逐渐增大, 直到吞吐量不低于最大吞吐量的 95%, 记录有用信号功率;
- 6) 换用其他天线端口重复 1~5 步。

#### 合格判据:

所有端口的功率都在-82.6dBm~-35dBm 之间则通过。

### 3.10 接收机带外接收阻塞

#### 测试条件:

- 1) 按照图 3-3 连接测试系统;
- 2) 测试仪器经过充分预热、工作正常、连接保护地线, 测试

仪器在计量时间要求之内；

3) 各种线损等均已补偿。

#### 测试步骤：

1) 选用一个天线端口接收上行有用信号，在其它天线端口处加匹配负载；

2) 在下行频率范围内取中频点点作为待测载波频率；

3) 配置上下行中心频点、工作带宽、单天线接收等参数；

4) 选择低待测载波频点，配置射频测试系统发送灵敏度测试用的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要求的值；

5) 分别按照阻塞特性要求，配置射频测试系统发送干扰信号，调整干扰信号功率，直到吞吐量不低于最大吞吐量的 95%，记录干扰信号功率。

#### 合格判据：

符合下表要求则为通过。

表 3-2 带外接收阻塞

频带范围	最大电平	带宽
1086~1094MHz	19dBm	8MHz
1042~1062MHz	22dBm	1MHz
1025~1035MHz	16dBm	10MHz
977.5~978.5MHz	14.6dBm	1MHz
108~137MHz	0dBm	8kHz

缩略语	英文全称	中文全称
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作伙伴计划
5G	5th Generation Mobile Communication Technology	第五代移动通信技术
ACLR	Adjacent Channel Leakage Ratio	相邻频道泄漏比
ARINC	Aeronautical Radio INCorporated	航空无线电通信公司
ATG	Air to Ground	空对地
CPE	Customer Premises Equipment	用户终端设备
dB	decibel	分贝
dBm	decibels relative to 1 mW	分贝毫瓦
DOA	Direction-of-Arrival	到达方向
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power	有效各向辐射功率
EVM	Error Vector Magnitudes	误差向量幅度
gNB	next Generation Node B	5G 基站
GPS	Global Positioning System	全球定位系统
IP	Internet Protocol	网际互连协议
LTE	Long Term Evolution	长期演进
Mbps	Megabits per second	兆比特每秒
MIMO	Multiple Input Multiple Output	多进多出
MCS	Modulation and Coding Scheme	调制编码方案
ms	Millisecond	毫秒

缩略语	英文全称	中文全称
OOB	Out Of Band	带外
PING	Packet Internet Grope	因特网包探索器
PMI	Precoding Matrix Indicator	预编码矩阵指示符
PUSCH	Physical Uplink Shared Channel	物理上行链路共享信道
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	正交振幅调制
RSRP	Reference Signal Received Power	参考信号接收功率
RB	Resource Block	资源块
SA	Standalone	独立组网
TDD	Time Division Duplex	时分双工
UDP	User Datagram Protocol	用户数据报协议
UE	User Equipment	用户终端设备
UL	Uplink	上行链路
UPA	User Power Amplifiers	用户功率放大器
Xn	Xn interface	一种接口，连接不同基站