



咨 询 通 告

中国民用航空局空管行业管理办公室

编 号：AC-115-TM-2016-01

下发日期：2016 年 12 月 16 日

民用航空卫星导航地基增强系统 (I 类精密进近) 测试要求 (试行)

目录

1 概述	4
1.1 目的	4
1.2 适用范围	4
1.3 编写依据	4
1.4 术语、定义和缩略语.....	5
1.4.1 术语和定义.....	5
1.4.2 缩略语	6
2 一般要求	7
2.1 测试样机	7
2.2 设备缺陷定义和判定准则	7
2.2.1 缺陷定义	7
2.2.2 判定准则	8
2.3 测试中止与恢复.....	9
2.4 回归测试	9
2.5 测试仪器仪表要求.....	9
3 测试项目	10
3.1 功能性能测试	10
3.1.1 一般性测试	10
3.1.2 环境可靠性测试.....	10
3.1.3 精度测试	11
3.1.4 参考处理子系统参数测试.....	11

3.1.5 VDB 发射机测试.....	15
3.1.6 监测功能测试.....	17
3.1.7 可维护性测试.....	18
3.2 运行环境测试	19
3.2.1 运行可靠性测试.....	19
3.2.2 定位可靠性测试.....	21
3.2.3 连续性测试	21
3.3 飞行测试	22
3.3.1 场面滑行测试.....	22
3.3.2 大圆飞行测试.....	23
3.3.3 圆弧飞行测试.....	23
3.3.4 水平飞行测试.....	24
3.3.5 进近飞行测试.....	24
4 测试人员	25
5 测试时间	25
6 附则	25

民用航空卫星导航地基增强系统（I 类精密进近） 测试要求

1 概述

1.1 目的

根据《民用航空空中交通通信导航监视设备使用许可管理办法》（CCAR-87）和《民用航空通信导航监视工作规则》（CCAR-115）的有关规定，为强化通信导航监视运行安全水平，提高民用航空空中交通通信导航监视设备使用许可工作质量，规范地基增强系统地面设备测试总体要求，制定本通告。

1.2 适用范围

本通告适用于地基增强系统地面设备使用许可测试。

1.3 编写依据

本通告根据国际民航组织文件 8071《无线电导航设备测试手册第 2 卷：基于卫星的无线电导航系统的测试》、《国际民用航空公约：附件十：航空电信》（以下简称《附件十》）以及《民用航空地基增强系统(GBAS)地面设备技术要求——I 类精密进近》（以下简称《技术要求》）编写。

1.4 术语、定义和缩略语

1.4.1 术语和定义

(1) 告警 Alarm

系统未满足完好性/连续性要求，或服务不可用的指示。

(2) 可用性 Availability

在预期运行期间，导航系统提供所需功能和性能的能力。

(3) 连续性 Continuity

设备在 15s 周期内能够为 I 类精密进近服务提供水平、垂直引导，或对机载系统提供告警信息的平均概率。

(4) I 类精密进近 Category I Precision Approach

决断高不低于 60m，能见度不小于 800m 或跑道视程不小于 550m 的精密进近。

(5) 地基增强系统 Ground-Based Augmentation System

利用地面发射台播发差分修正、完好性信息及其它信息，以提高一定范围内卫星导航用户精度及其它性能的增强系统。

(6) 伪距 Pseudo-Range

接收机通过测量导航信号到达的本地时间与卫星发播信号的卫星时间之间的时间间隔所获得的距离，包含两者之间的几何距离和钟差等。

(7) B 值 B Value

扣除广播伪距修正量后基准接收机测量伪距的残余误差。

1.4.2 缩略语

- (1) DCP 基准交叉点 (Datum Crossing Point)
- (2) FAS 最后进近航段 (Final Approach Segment)
- (3) FTP 虚拟设定的跑道入口点 (Fictitious Threshold Point)
- (4) GNSS 全球卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System)
- (5) ILS 仪表着陆系统 (Instrument Landing System)
- (6) LTP 着陆跑道入口点 (Landing Threshold Point)
- (7) MT 电文类型 (Message Type)
- (8) MTBF 平均故障间隔时间 (Mean Time Between Failures)
- (9) MTTR 平均修复时间 (Mean Time To Repair)
- (10) TDMA 时分多址 (Time Division Multiple Access)
- (11) VAL 垂直告警门限 (Vertical Alert Limit)
- (12) VDB 甚高频数据广播 (VHF Data Broadcast)
- (13) WGS-84 1984 大地测量系统 (World Geodetic System 1984)

2 一般要求

2.1 测试样机

本要求所指地基增强系统地面设备主要由参考接收子系统、参考处理子系统、VDB 子系统、监控子系统组成。

2.2 设备缺陷定义和判定准则

2.2.1 缺陷定义

2.2.1.1 软件的等级类型

AL1: 设备功能失效将导致严重性等级运行风险的软件缺陷;

AL2: 设备功能失效将导致危险事件运行风险的软件缺陷;

AL3: 软件的异常行为将直接产生导致严重性等级 2 运行影响的设备功能故障, 或者产生可通过缓解措施降低发生概率为 2 的设备功能失效;

AL4: 软件的异常行为将直接产生导致严重性等级 3 运行影响的设备功能故障, 或者产生可通过缓解措施降低发生概率为 3 的设备功能失效;

AL5: 软件的异常行为将直接产生导致严重性等级 4 运行影响的设备功能故障, 或者产生可通过缓解措施降低发生概率为 4 的设备功能失效;

AL6: 软件的异常行为不会引起或作用于存在安全影响的系统功能。

2.2.1.2 硬件的等级类型

A: 硬件的异常行为将直接产生导致航空器处于灾难性失效条件的设备功能失效;

B: 硬件的异常行为将直接产生导致航空器处于危险/非常严重失效条件的设备功能失效;

C: 硬件的异常行为将直接产生导致航空器处于严重失效条件的设备功能失效;

D: 硬件的异常行为将直接产生导致航空器处于较小失效条件的设备功能失效;

E: 硬件的异常行为不影响航空器运行能力或机组工作负荷的设备功能失效。

2.2.2 判定准则

测试样机出现下列情况之一者即判定为测试不通过:

- (1) 出现等级 AL2、B 的缺陷;
- (2) 等级 AL4 和 D 的缺陷总数大于 3 项。

测试样机满足下列情况判定为测试通过:

- (1) 没有等级 AL2、B 的缺陷;
- (2) 等级 AL4 和 D 的缺陷总数不大于 3 项且回归测试后缺陷归零。

2.3 测试中止与恢复

测试样机出现下列情形之一的，可以中止测试：

- (1) 测试样机出现危及安全的质量问题；
- (2) 测试样机出现影响性能指标的重大技术问题；
- (3) 测试样机出现在现场难以排除的故障。

根据已有的测试结果判定，如果测试样机的主要技术指标和功能无法满足要求时应当中止测试。

经改进或排除故障并通过实验验证，证明问题已解决的，可以恢复测试或重新进行测试。

2.4 回归测试

未出现等级 AL2、B 的缺陷，等级 AL4 和 D 的缺陷总数不超过 3 项，可进行一次回归测试。

回归测试不仅对出现的缺陷予以测试，还应对可能影响到的其他项目再次测试。

2.5 测试仪器仪表要求

所有的测试仪表、设备应按国家有关计量检定规程或有关标准经检验或计量合格，并在有效期内。所有的测试仪表设备应具有足够的精度和稳定度，其精度高于被测试指标精度一个数量级或误差小于被测数允许误差的三分之一。

3 测试项目

3.1 功能性能测试

3.1.1 一般性测试

3.1.1.1 测试项目唯一标识符：YBCS

3.1.1.2 测试内容

对测试样机的完好程度、标牌、标志等进行检查。检查备件、附件和工具是否符合规定的品种、规格和数量要求。检查产品各类技术手册是否完整、内容和术语的含义前后是否一致、内容描述是否正确和准确。

3.1.1.3 测试方法

采用目检方式。

3.1.1.4 缺陷等级：E

3.1.2 环境可靠性测试

3.1.2.1 测试项目唯一标识符：HJCS

3.1.2.2 测试内容

此测试针对《技术要求》4.2.7 条规定的室内、室外设备工作环境要求，评价环境条件对设备可靠性、可用性的影响。

3.1.2.3 测试方法

使用测试舱对极限温湿度进行测试。

3.1.2.4 缺陷等级描述：D

3.1.3 精度测试

3.1.3.1 测试项目唯一标识符：JDCS

3.1.3.2 测试内容

测试水平位置误差及垂直位置误差。要求 95%情况下水平位置误差不大于 16m，垂直位置误差不大于 4m。

3.1.3.3 测试方法

精确勘测一个位置点（厘米级），并把 GBAS 监测系统的 GNSS 接收天线安装到精确勘测点位置。

(1) 精确勘测点位置包括 WGS-84 为坐标的水平和垂直高度；

(2) 在 GBAS 设备和 GBAS 监测系统正常运行后，持续采集超过 24 小时的数据；

(3) 使用 GBAS 监测系统的应用软件比较分析测量值与勘测值的差异，判断误差是否满足 95%情况下水平位置误差不大于 16m、垂直位置误差不大于 4m 的要求。

3.1.3.4 缺陷等级：AL2、B

3.1.4 参考处理子系统参数测试

3.1.4.1 地面伪距不确定性测试

3.1.4.1.1 测试项目唯一标识符：WJQX

3.1.4.1.2 测试内容

测试提供 I 类精密进近服务的 GBAS 设备连续性应不低

于 $1-8.0 \times 10^{-6}/15\text{sec}$ 。

3.1.4.1.3 测试方法

安装 GBAS 监测系统并接收 GBAS 设备发出的 VDB 数据。

(1) 通过 GBAS 监测系统持续记录 14 天 GBAS 设备广播的类型 1 电文；

(2) 分析类型 1 电文中 DCP 产生的 Sigma 监测数据；

(3) 将记录的文件进行 B 值超过 3.0-Sigma 事件发生率分析，绘制每部参考接收机的不同 Sigma 事件的分布情况；

(4) 将结果与厂家设定的设备性能基线值进行比较，判断实际设备是否能够达到标称性能；

(5) 对记录文件中 B 值小于 1.0-Sigma 事件发生率进行分析，与厂家设定的标准配置参数进行比较，判断实际设备是否能够达到标称性能。

3.1.4.1.4 缺陷等级：AL2、B

3.1.4.2 类型 1 电文

3.1.4.2.1 测试项目唯一标识符：T1DW

3.1.4.2.2 测试内容

类型 1 电文参数与 ICAO 8071 表格 II-4-3 规定格式的符合性。

3.1.4.2.3 测试方法

安装 GBAS 监测系统并接收 GBAS 设备的 VDB 广播数

据。

(1) GBAS 设备处于稳定工作状态,设备设置到通道 1;

(2) 利用 GBAS 监测系统接收 GBAS 设备的 VDB 广播数据;

(3) 解析类型 1 电文的各项字段是否满足规定格式。

(4) 接收多条类型 1 电文,检查分析相关可变字段的数据是否发生了变化,数据是否准确;

(5) 切换到通道 2,按 (3) (4) 步骤进行测量分析。

3.1.4.2.4 缺陷等级: AL2

3.1.4.3 类型 2 电文

3.1.4.3.1 测试项目唯一标识符: T2DW

3.1.4.3.2 测试内容

类型 2 电文参数与 ICAO 8071 表格 II-4-3 规定格式的符合性。

3.1.4.3.3 测试方法:

安装 GBAS 监测系统并接收 GBAS 设备的 VDB 广播数据。

(1) GBAS 设备处于稳定工作状态,设备设置到通道 1;

(2) 利用 GBAS 监测系统接收 GBAS 设备的 VDB 广播数据;

(3) 解析类型 2 电文的各项字段是否满足规定格式。

(4) 接收多条类型 2 电文,检查分析相关可变字段的

数据是否发生了变化，数据是否准确。

(5) 切换到通道 2，按 (3) (4) 步骤进行测量分析。

3.1.4.3.4 缺陷等级：AL2

3.1.4.4 类型 4 电文

3.1.4.4.1 测试项目唯一标识符：T4DW

3.1.4.4.2 测试内容

类型 4 电文参数与 ICAO 8071 表格 II-4-3 规定格式的符合性。

3.1.4.4.3 测试方法：

安装 GBAS 监测系统并接收 GBAS 设备广播的 VDB 数据。

(1) GBAS 系统处于稳定工作状态，设备设置到通道 1；

(2) 利用 GBAS 监测系统接收 GBAS 设备的 VDB 发出的数据；

(3) 解析类型 4 电文的各项字段是否满足规定格式。

(4) 检查接收到的类型 4 电文的相关字段数据是否与 GBAS 设备中设置的一致；

(5) 在 GBAS 设备中改变改变进近路径；

(6) 检查接收到的类型 4 电文的相关字段数据是否与改变后期望进近路径一致；

(7) 切换到通道 2，按 (3) (4) (5) (6) 步骤进行测量分析。

3.1.4.4.4 缺陷等级：AL2

3.1.5 VDB 发射机测试

3.1.5.1 发射频率及稳定性测试

3.1.5.1.1 测试项目唯一标识符：FSPL

3.1.5.1.2 测试内容

VDB 的工作频率范围及 RF 载波频率稳定性。VDB 的工作频率范围应为 108~117.975MHz；RF 载波频率应在所选频率 $\pm 2\text{ppm}$ 范围内。

3.1.5.1.3 测试方法

(1) 用频率计通过发射机“RF 测试端口”的连续波输出模块测量发射机工作频率；

(2) 设置发射频率偏差在所选工作频率的 $\pm 2\text{ppm}$ ，设备能够正常工作。

3.1.5.1.4 缺陷等级：D

3.1.5.2 无用发射测试

3.1.5.2.1 测试项目唯一标识符：WYFS

3.1.5.2.2 测试内容

无用发射应满足 ICAO 附件十 3.7.3.5.4.6 规定的值，任何 VDB 谐波或离散信号的总功率不大于-53dBm。

3.1.5.2.3 测试方法

(1) 将设备设置为维护模式，在已分配时隙产生连续

的发射；

(2) 调整频谱分析仪参考电平，产生最大动态范围显示，设置输入衰减器确保分析仪输入端无信号超过最大允许电平；

(3) 按附件十 3.7.3.5.4.6 规定带宽观测功率电平；

(4) 检查测量结果未超过 DOC.8071 表 II-4-2B 规定限值。

3.1.5.2.4 缺陷等级：D

3.1.5.3 相邻通道功率测试

3.1.5.3.1 测试项目唯一标识符：LDFS

3.1.5.3.2 测试内容

无用发射应满足 ICAO 附件十 3.7.3.5.4.6 规定的值；任何 VDB 谐波或离散信号的总功率不大于-53dBm。

3.1.5.3.3 测试方法

(1) 将设备设置为维护模式，在已分配时隙产生连续的发射；

(2) 调整衰减器到最小值，确保输入端信号不过载；使用 125kHz 量程观测信号包络；使用分析仪 IF 信号作为显示触发源；使用分析仪功率带标记功能测量第一、第二邻信道的 25kHz 带宽内功率；

(3) 按带宽观测功率电平；

(4) 检查测量结果未超过附件十 3.7.3.5.4.5 规定限值；

- (5) 调整分析仪的中心频率为发射频率 $\pm 50\text{kHz}$;
- (6) 测量第四邻信道功率;
- (7) 检查测量结果未超过附件十 3.7.3.5.4.5 规定限值;
- (8) 使用分析仪功率带标记功能测量第八、第十六、第三十二、第七十六邻信道;
- (9) 检查测量结果未超过 DOC.8071 表 II-4-2B 规定限值。

3.1.5.3.4 缺陷等级：D

3.1.6 监测功能测试

3.1.6.1 GNSS 监测功能测试

3.1.6.1.1 测试项目唯一标识符：GJC

3.1.6.1.2 测试内容

GNSS 测距源完好性监测, 是否能够排除无效的测距源、监测 GNSS 测距源、星历、地面伪距标准差、B 值、GNSS 导航数据。

3.1.6.1.3 测试方法

- (1) 将维护终端连接到设备, 启动应用软件;
- (2) 按规定的用户级别登录;
- (3) 观察状态/模式显示、告警显示是否表明设备能够排除无效的测距源, 能够监测 GNSS 测距源、星历、地面伪距标准差、B 值、GNSS 导航数据。

3.1.6.1.4 缺陷等级：AL2

3.1.6.2 VDB 监测功能测试

3.1.6.2.1 测试项目唯一标识符：VJC

3.1.6.2.2 测试内容

测试设备是否能监测发射功率以及显示 VDB 状态信息。

3.1.6.2.3 测试方法

- (1) 将维护终端连接到设备，启动应用软件；
- (2) 按规定的用户级别登录；
- (3) 观察状态/模式显示、告警显示、VDB 显示是否表明设备能够在发射功率下降-3dB 应在 3s 内检测，VDB 状态信息。

3.1.6.2.4 缺陷等级：AL4

3.1.7 可维护性测试

3.1.7.1 测试项目唯一标识符：KWHX

3.1.7.2 测试内容

设备的能够在现场更换备件，并重新正常运行。

3.1.7.3 测试方法

现场对可更换单元进行更换，验证设备是否可正常工作。

3.1.7.4 缺陷等级：D

3.2 运行环境测试

运行环境测试指在设备预期使用环境下开展的可用性、可靠性、稳定性、安全性、空间信号（针对收发信机类设备）等测试，其目的是确认设备是否满足民用航空空中交通的使用要求或预期用途。

3.2.1 运行可靠性测试

3.2.1.1 测试项目唯一标识符：YKKX

3.2.1.2 测试内容

让设备长期不间断运行，测试GBAS设备的运行可靠性。

3.2.1.3 测试方法

(1) 设备处于不停机运行状态。

(2) 选择VDB覆盖范围内的一个勘测点，架设GNSS、VDB接收天线，利用GBAS监测系统定位数据记录，对记录的数据进行可用性分析。

(3) 定期记录设备运行期间的日志和告警、设备运行状况，天线状态，监控器、控制器、主配电板、充电器、防雷器等的维护情况；定期记录卫星状态、本地维护终端检查情况；每6个月进行发射机功率、频率、参考接收机时隙的检测；以14天为一个周期记录提取设备的记录数据。

1) 记录14天的RR和VDB完整数据；

2) 系统日志，包括4个差分数据处理器日志；

- 3) **Sigma** 监测数据；
- 4) 测试期间的 NANU 信息；
- 5) 适应性数据文件：GPS 卫星、对流层等参数；

其他日常监测：

- 1) 所有 RR 的告警信息；
- 2) 记录每日天气数据（温度、湿度、降水、风）；
- 3) GPS 天线 100 米范围内的任何活动；

对记录的数据采用专用软件进行分析：

- 1) 评估伪距地面广播 **sigma** ；
- 2) 系统稳定性分析：星座报警、日志分析、卫星排除分析；
- 3) **Sigma** 事件分析：**sigma** 发生率监视、Chi-Squared 监视；
- 4) 系统可用性分析；
- 5) 长期可用性：RTCA/DO-229D 附录的历书，在 VAL=10.0m、无电离层筛选的条件下预测长期可用性；
- 6) 当前可用性：使用当前的历书，在 $\sigma_{\text{vig}}=6.4 \times 10^{-6} \text{m/m}$ 、VAL=10.0m 的情况下，估计当前可用性；
- 7) **Actual** 可用性，使用已安装系统中的实际广播的 **Sigma** ($\sigma_{\text{pr_gnd}}, \sigma_{\text{vig}}$)记录的 VDB 数据；

3.2.1.4 缺陷等级：AL2、B

3.2.2 定位可靠性测试

3.2.2.1 测试项目唯一标识符：DKKX

3.2.2.2 测试内容

让设备长期不间断运行，测试设备的定位可靠性，其中水平位置误差不大于 16m，垂直位置误差不大于 4m。

3.2.2.3 测试方法

选择 VDB 覆盖范围内的一个勘测点，架设 GNSS、VDB 接收天线，利用 GBAS 监测系统定位数据记录，对记录的数据进行定位精度、误差分布等分析。

3.2.2.4 缺陷等级：AL2

3.2.3 连续性测试

3.2.3.1 测试项目唯一标识符：DWJD

3.2.3.2 测试内容

测试提供 I 类精密进近服务的 GBAS 设备连续性应不低于 $1-8.0 \times 10^{-6}/15\text{sec}$ 。

3.2.3.3 测试方法

该测试项结合 GBAS 设备可靠性测试周期，进行长期 GBAS 设备的运行状态及 VDB 输出数据记录，并进行分析系统连续性指标。

(1) 通过 GBAS 设备数据记录功能，以 14 天为一个记录周期进行连续的数据记录（14 天为系统设计数据保存周

期);

(2) 通过 GBAS 分析工具, 对收集的数据进行分析;

(3) 分析是否出现特告警事件或超出设定参数值的情况, 并统计系统连续性指标。

3.2.3.4 缺陷等级: AL2、B

3.3 飞行测试

3.3.1 场面滑行测试

3.3.1.1 测试项目唯一标识符: CMHX

3.3.1.2 测试内容

校验飞机在跑道上进行滑行试验, 以验证 VDB 信号在跑道上的覆盖情况是否达到 -99 dBW/m^2 至 -35 dBW/m^2 , 并验证地面站提供的机场数据和 FAS 数据是否与机载数据库 FAS 数据一致。

3.3.1.3 测试方法

(1) 跑道往返滑行测试: 验证信号接收是否正常; 并记录场强数据;

(2) 跑道中心线滑行测试: 验证仪表输出航向偏置, 测试地面站提供的机场数据是否准确;

(3) 沿跑道中心线 S 形滑行: 验证跑道场面的 VDB 信号覆盖。

3.3.1.4 缺陷等级: AL2 /B (FAS 完整性: AL2, 信号强度:

B)

3.3.2 大圆飞行测试

3.3.2.1 测试项目唯一标识符：DYFX

3.3.2.2 测试内容

验证机场区域内 VDB 空间信号覆盖情况是否达到 -99 dBW/m² 至 -35 dBW/m²，并查看是否存在干扰信号。

3.3.2.3 测试方法

以 FTP/LTP（着陆入口点）为圆心，高度 1500 米、3000 米，半径 20 海里，分别进行大圆飞行。

3.3.2.4 缺陷等级：B

3.3.3 圆弧飞行测试

3.3.3.1 测试项目唯一标识符：YHFX

3.3.3.2 测试内容

在进近方向，进行弧度飞行，以评估在所需水平区域内的 GBAS 信号覆盖是否达到 -99 dBW/m² 至 -35 dBW/m²。

3.3.3.3 测试方法

以 FTP/LTP 为圆心，高度 600 米，半径 15/20 海里，左右 35 度圆弧。（根据程序要求设定）

3.3.3.4 缺陷等级：B

3.3.4 水平飞行测试

3.3.4.1 测试项目唯一标识符：SPFX

3.3.4.2 测试内容

测试进近及复飞区域 VDB 信号覆盖是否满足 -99 dBW/m² 至 -35 dBW/m²。

3.3.4.3 测试方法：

分别以高度 600 米、900 米、1200 米，距入口 10、15、20 海里处沿跑道中心线飞行至跑道另一侧 2.5 海里处结束（根据程序要求设定）。

3.3.4.4 缺陷等级：B

3.3.5 进近飞行测试

3.3.5.1 测试项目唯一标识符：JJFX

3.3.5.2 测试内容

进近方向 VDB 信号覆盖和差分定位精度，要求定位精度误差：垂直误差不大于 4m，水平不大于 16m；VDB 信号强度： -99 dBW/m² 至 -35 dBW/m²。测试类 ILS 航向及下滑的准确性和可用性。

3.3.5.3 测试方法

从距离入口 20 海里、15 海里、10 海里处进行进近飞行，飞至决断高度 60 米处拉平，衔接复飞程序。

3.3.5.4 缺陷等级：AL2 /B（定位精度：AL2，信号强度：B）

4 测试人员

(1) 测试人员应具备以下条件：

- 1) 从事导航专业相关工作，具有较高的设备维护水平，持有导航专业航空电信执照。
- 2) 或从事导航设备使用许可的人员。
- 3) 能熟练地掌握导航专业英语。

(2) 进行使用许可测试的，测试人员不少于六名，其中 $2/3$ 人员应具备工程师以上（含）资格，高级工程师应不少于人员总数的 $1/2$ 。

5 测试时间

- (1) 进行功能性能测试的，测试时间不少于十个工作日。
- (2) 进行运行环境测试的，测试时间不少于八个月。
- (3) 进行飞行测试的，测试次数不少于两次。

6 附则

本通告自发布之日起生效。