

RTCA 公司

1828 L Street, NW Suite 805

Washington, DC 20036

## 机载设备的环境条件和测试程序

RTCA DO-160F

取代 DO-160E

2007年12月6日

编制：SC-135

@2007. RTCA, Inc.

可从以下途径获取本文件

RTCA 公司  
1828 L Street, NW, Suite 805  
Washington, DC 20036-5133, USA

电话：202-833-9339

传真：202-833-9434

网站：[www.rtca.org](http://www.rtca.org)

请致电 RTCA 公司咨询价格和订购说明。

## 前言

本文件由 135 ( SC-135 ) 特别委员会制备 , 2007 年 12 月 6 日由 RTCA 方案管理委员会批准发行。取代 2004 年 12 月 9 日发行的 RTCA DO-160E。

RTCA 公司是一个非赢利机构 , 是为公众利益推进航空技术和航空电子系统发展而成立的。该机构为联邦咨询委员会服务 , 并为现代航空面临的问题制定一致的解决方案。RTCA 的目标包括 , 但不限于下列内容 :

- 综合航空系统用户和供货商对技术的要求 , 帮助政府和相关行业达到双方的共同目的和责任。
- 分析航空系统在追求更优良的安全性、系统能力和效率时面临的技术问题 , 并就此提出建议。
- 就为满足用户和供货商的要求而采用的相关技术达成一致 , 包括编制用于支撑航空系统的电子系统和设备的基本操作性能标准。
- 协助编制以国际民用航空组织、国际电信联盟以及其它适当国际组织为基础的适当的技术资料。

通常将组织的建议用做政府和私营部门的决定以及很多联邦航空管理局技术标准令的基础。

由于 RTCA 并不属于美国政府的官方机构 , 所以 , 除非对建议有关的问题拥有法定管辖权的美国政府或机构有说明 , 否则其建议可能不会作为政府的官方政策声明。

这些标准由 RTCA SC-135 民用航空设备欧洲组织 ( EUROCAE ) 整编。ERUOCAE 和 RTCA 对环境条件或测试程序的要求一致。经 ERUOCAE 批准后 , 本文件应联合命名为 RTCA DO-160F/EUROCAE ED-14。

该页保留空白

## 目 录

第 1 节 目的和适用性.....	7
第 2 节 术语定义.....	7
第 3 节 测试条件.....	7
第 4 节 温度和高程.....	19
第 5 节 温度变化试验.....	40
第 6 节 湿度试验.....	47
第 7 节 运行振动和撞击安全.....	57
第 8 节 振动试验.....	66
第 9 节 爆炸性环境.....	92
第 10 节 防水性试验.....	105
第 11 节 体敏感性试验.....	112
第 12 节 沙尘试验.....	119
第 13 节 抗真菌性试验.....	124
第 14 节 盐雾试验.....	132
第 15 节 磁效应试验.....	141
第 16 节 输入功率.....	147
第 17 节 电压尖峰试验.....	206
第 18 节 音频传导敏感性--电源输入.....	212
第 19 节 感应信号敏感性.....	223
第 20 节 射频敏感性（辐射和传导）.....	236
第 21 节 无线电频率能量发射.....	283
第 22 节 闪电感应瞬变磁化率.....	300
第 23 节 闪电直接影响.....	336
第 24 节 结冰.....	368
附录 A 环境试验鉴定.....	393
附录 B 会员.....	404
附录 C 变更协调员.....	411

该页保留空白

RTCA.公司  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 1 节 目的和适用性

### 第 2 节 术语定义

### 第 3 节 测试条件

#### 重要提示

这些章节中所含的信息适用于本文件其它章节中的所有测试程序。另外，附录 A 可用来确定所进行的环境测试。

发行日期：2007 年 12 月 6 日  
被替代版本：RTCA/DO-160E  
编制：SC-135

# 目 录

段落	页码
1 目的和适用性.....	9
1.1 历史说明和用户一般指导.....	10
2 术语定义总则.....	12
2.1 设备温度稳定性.....	12
2.2 最大负载周期.....	12
2.3 未操作时.....	12
2.4 控制或部分控制的温度位置.....	12
2.5 总行程.....	12
2.6 设备.....	13
2.7 高程.....	13
2.8 测试类型和说明.....	13
2.9 测试结果的适用性.....	13
3 测试条件.....	15
3.1 设备连接和定位.....	15
3.2 测试顺序、多重测试部件.....	15
3.3 组合测试.....	15
3.4 实验室内空气温度的测试.....	16
3.5 环境条件.....	16
3.6 环境条件测试公差.....	16
3.7 测试设备.....	17
3.8 多元机组设备.....	17
3.9 用于敏感性试验的 EUT 结构.....	17



## 1 目的和适用性

本文件规定了空载设备的一系列最低标准环境测试条件分类和适用的测试程序。测试的目的是提供一种精确的方法，以确定代表设备空载操作中遇到的环境条件下的空载设备性能特征。

此处的标准环境测试条件和测试程序更多地用作环境条件下适用设备、性能标准的基本规范，能确保充分判断操作期间的性能。

注意： 在此处所含的每个测试程序中，会多次出现下列短语：

### 确定符合适用的设备性能标准。

“适用的设备性能标准”是指以下标准：

- 1 《EUROCAE 基本操作性能规范》(以前的要求) (MOPS/MOPR)。
- 2 《RTCA 基本性能标准 (MPS)》和/或《RTCA 基本操作性能标准 (MOPS)》。
- 3 适用的生产商设备规范。

此处所含的一些环境条件和测试程序并不适合所有空载设备。具体空载设备性能标准的作者(撰写者)应负责选择适用和/或额外的环境条件和测试程序。

注意：

1. 具体空载设备可能需要评估的额外环境条件(分类)有很多，但并未包含在本文件内。这些条件包括，但不限于下列内容：冰雹、加速和声振动。
2. 具体设备性能标准的作者(撰写者)应对通常和具体空载类型有关的特殊环境条件下的空载设备测试程序负责。
3. 本文件通篇的主要值使用了国际系统单位制(SI)。但是在某些情况下，主要值使用美国常用单位时，也可用做主要值。
4. 根据 3.2 小节中的条款，可使用多个测试样品。

本文件中使用的“空载设备”一词直接适用于多数空载设备。愿意使用本文件中的测试条件和程序的人应负责确定要安装的，或是具体或一般等级或分类的航空器的具体设备测试条件和程序的适用性。

基本操作性能标准(MOPS)是 RTCA 公司为要求设备必须确保实

际航空安装的可靠操作的空载设备而制备的。必须在一般环境和压力环境条件下核实该设备要求。MOPS 通常包括推荐的环境条件台架试验程序,请参考 RTCA 文件 DO-160,用于压力环境测试的《空载设备环境条件和测试程序》。DO-160 中规定的测试类型包括空载设备可能经历的(从良性条件逐渐恶化)各种环境条件。

此处的环境条件和测试程序仅用来确定该环境条件下的空载设备性能,不能用做测量所测试的空载设备使用寿命的一种方法。

只能是有关政府(管理)机构才能有权监管本文件的应用情况。

## 1.1 历史说明和用户一般指导

从 1958 年起,就已将 DO-160(或其原始文件,DO-138)用作环境评估测试标准。具体设备设计的基本操作性能规范(MOPS)中有参考,并且 FAA 民航通告中也将其用作 TO 授权环境品质验证的一种方法。随着航空业的新需求,测试技术的完善,以及对实际环境下设备操作的实现有了更好的了解,也不断地更新和修订了该文件。

环境应力会由自然力或人工力造成,也可通过设备安装减轻。过去制定的分类反应了对应力严重程度的成熟的合理的了解。设备设计中减轻的等级和为了在合成应力下操作而必须设计在设备内的性能。为了充分利用本文件的成熟优势,所安装设备的设计者和主要安装设计者应负责尽早将此处规定的分类视为其方案中可行的方案。各种环境测试程序中规定的分类已证实为真实世界安装要求和安装设备性能之间的一套可行边界条件。飞机机架和设备设计者之间的有效对话是确保使用了正确类型的基本条件。

该页保留空白

## 2 术语定义总则

本节包含本文件中使用的一般术语定义。可在相关章节中找到特定章节的术语定义。

### 2.1 设备温度稳定性

#### 1 未操作时

当被测功能部件温度的热惯性在规定的测试温度的 3 摄氏度以内最长时，设备温度是稳定的。如果内部最大面积的温度测量不符合实际时，适合温度稳定的最短时间应为 3 小时。

#### 2 操作时

被测功能部件的最长热惯性在每小时内的摄氏度变化不会超过两度时，设备温度是稳定的。如果内部最大面积的温度测量不符合实际时，适合温度稳定的最短时间应为 2 小时。

### 2.2 最大负载周期

当设备定期操作时，最大负载周期是设备在其额定能力时操作的最长时间和设备未操作时的最长时间，或操作能力在规定的最小值时的关系。最大负载周期因设备规定而定。

### 2.3 未操作时

未操作时是指除非单独设备规范中另有规定，设备不带电的情况。

### 2.4 控制或部分控制的温度位置

控制或部分控制的温度位置是指通过环境控制系统（见表 4-1 中的适用类型）保持空气温度的航空器内的空间。

### 2.5 总行程

总行程是指从正极大到负极大的总移位。

## 2.6 设备

“设备”一词是指设备执行其功能所需的测试部件和所有零件或组件（由设备生产商决定）。设备应代表在工作中会使用到的生产标准。

## 2.7 高程

高程表示设备在测试期间受到的相对于海平面的环境压力。

## 2.8 测试类型和说明

对于本文件中说明的各种环境条件，设备供应商应从特殊章节中规定的类型中，选择最能代表设备会在其工作寿命中经常接触的最严重环境。因此应根据附录 A 中的指南，将确定的种类列在环境质量评定表和/或设备标示牌上。

将环境质量评定表和/或和本文件中的环境测试程序有关的设备标示牌存放好，以便设备供应商能在，未在特殊程序规定的环境条件出示设备性能标准符合证书时，做出说明。

在测试程序中或测试程序结束时，有发现“确定符合适用设备的性能标准”时，应了解性能符合证书和证明是指容许在具体测试分类期间和/或过后，证明设备有能力完成其设计的功能。

## 2.9 测试结果的适用性

用这些程序的测试结果只对质量测试期间使用的测试配置（测试装备、外部配置和内部配置）有效。该配置的改动，不论内部或外部的(如 PCB 布置、机组内部零件改动、安装接线等)，都应进行评估，以确保测试结果仍然适用。如果评估表明结果不适用时，需要重新测试。

该页保留空白

### 3 测试条件

#### 3.1 设备连接和定位

除非有规定，否则应根据设备生产商对服务安装，包括冷却条款的建议，连接定位设备，以进行测试，并确定符合适用的设备标准。在未做规定的地方，连接电缆长度至少应为 1.50m 长，其结构应能放置一个 1.20 的共同维管束。应连接或充分模拟通常和测试设备有关的其它设备的输入或输出。

注意：如果适用，19.3、20.3 和 21.5 中的连接电缆长度应比这些最小值长。

#### 3.2 测试顺序、多重测试部件

设备生产商应负责确定累积或联合测试的要求，并在设备规范和测试计划中表明这些要求。一旦需要符合这些要求，可使用多重测试部件，可以任何顺序进行测试，可用单独的测试部件来证明符合单独测试。

注意：如果要求进行累积测试，或要在单个测试部件上进行多重测试，应遵守以下条款：

- a 不能在抗霉菌测试前进行盐雾测试。
- b 不能在抗霉菌测试、盐雾测试或湿度测试前进行铺砂和透尘测试。
- c 不能在其它 DO-160 测试前进行爆燃性空气测试。
- d 不能在其它 DO-160 测试前进行可燃性试验。

#### 3.3 组合测试

如果能证明和原程序中规定的所有适用环境条件完全相同，或者组合程序超过原程序时，可采用制定的备用程序作为此处所述的组合程序。如果采用备用程序，应提供适当的信息和环境质量评定表（见附录 A）。

### 3.4 实验室内空气温度的测试

实验室内空气温度的测量应在空气条件代表立即包围设备的空气的位置进行。由于其温度滞后和热传输，因此不适合测试实验室墙壁的温度。

应采用一种实验室内空气循环的方法来确保室内空气温度大概一致。如果采用这种方法时，不得在测试的设备上使空气运动，并且应以最低流速对设备进行测试，以保持室内温度均匀分布。不需要辅助冷却的、周围是环境空气速度的设备应和自然对流的空气速度进行比较。

对于如设备安装说明中规定，需要进行辅助冷却，以确保正确运行的设备，以下条件适用：

- a 如果空气是冷却介质，除非设备生产商有规定，否则提供的冷却空气特征应和规定的室内空气特征相同。
- b 如果冷却介质不是空气，介质和其供应温度应为设备生产商规定的。

注意：对于安装位置已知和规定了相关设备的设备，应在测试中模拟辐射热来源和/或正常对流。

### 3.5 环境条件

除非有规定，否则所有测试都应在以下环境条件下进行：

- a 温度：+15 到+35 摄氏度
- b 相对湿度：不超过 85%。
- c 环境压力：84 到 107kPa(相当于+5000 到-1500ft) (+1525 到-460m )

在不同于以上值的环境温度下进行测试时，应记录实际环境条件。

### 3.6 环境条件测试公差

除非有规定，否则在环境条件下，而不是介质条件下进行的测试应以下列公差为准：

- a 温度：+/- 3 摄氏度。
- b 高程：规定压力的+/-5%。



### 3.7 测试设备

应标注测试中使用的所有刺激设备和测量设备的结构、型号、序号、校准有效日期和/或适用的校准有效期。如果适用，所有测试设备的校准标准都应是国家标准和/或国际标准。

### 3.8 多元机组设备

如果需测试的设备由多个单独机组组成，假如能根据相关设备规范中规定维持其功能，可对这些机组进行单独测试。

### 3.9 用于敏感性试验的 EUT 结构

在进行本文件中规定那个的敏感性试验期间，所测试的设备应在现场正常运行中可能会遇到的最敏感的功能模式下配置。

典型例子就是不同的放大器。应通过适当的刺激，将其设置到最大值，进行测试。

另一个例子就是数字信号荷载。应将其设置到安装手册中批准的最大荷载。

这也适用于软件。特别是，设备内有基本和/或应用软件时，应在所有软件功能操作（或受到刺激）时对其进行测试，以展示伪造信号影响的最大敏感度。

应在测试表中报告功能配置（包括软件）的说明和证明。

该页保留空白

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 4 节 温度和高程

#### 重要提示

这些章节中所包含的说明适用于本文件中其它章节的所有测试程序。  
另外，附录 A 可用于鉴定所进行的环境测试。

## 目 录

4	温度和高程	20
4.1	测试目的	21
4.2	总则	21
4.3	设备分类	21
4.4	术语定义	24
4.5	温度测试	24
4.5.1	地面存活低温测试和短期操作低温测试	24
4.5.2	操作低温测试	25
4.5.3	地面存活高温测试和短期操作高温测试	25
4.5.4	操作高温测试	25
4.5.5	飞行中的冷却损失测试	26
4.6	高程、减压和过压测试	26
4.6.1	高程测试	26
4.6.2	减压测试	26
4.6.3	过压测试	27
<b>表 4-1</b>	<b>温度和高程标准</b>	<b>28</b>
<b>表 4-2</b>	<b>不同压力高程等级的压力值</b>	<b>30</b>
<b>图 4-1</b>	<b>地面存活低温测试和短期操作低温测试</b>	<b>31</b>
<b>图 4-2</b>	<b>操作低温测试</b>	<b>32</b>
<b>图 4-3</b>	<b>地面存活高温测试和短期操作高温测试</b>	<b>33</b>
<b>图 4-4</b>	<b>操作高温测试</b>	<b>34</b>
<b>图 4-5</b>	<b>飞行中的冷却损失测试</b>	<b>35</b>
<b>图 4-6</b>	<b>高程测试</b>	<b>36</b>
<b>图 4-7</b>	<b>减压测试</b>	<b>37</b>
<b>图 4-8</b>	<b>过压测试</b>	<b>38</b>

## 4 温度和高程

### 4.1 测试目的

这些测试确定了表 4-1 规定的温度和高程，以及表 4-2 中规定的压力中适当类型设备的性能特征。

### 4.2 总则

规定了多种温度和高程测试程序，应根据设备在安装到航空器时设计的类型来选择（见 4.3 小节和表 4-1）。

*注意：温度/高程类型的选择应视航空器内（或航空器上）的位置、航空器的最大操作高程，以及设备是否位于温度和/或压力控制区域内而定。设备设计者在评估由最终应用和设备使用确定的要求时，必须考虑上述情况。*

### 4.3 设备分类

以下分类包括了主要航空类型中存在的很多已知环境和安装条件。应意识到，该设备分类中并未包括所有可能的温度和高程限制。4.5.5 中规定了飞行中冷却损失的分类。

#### A1 类

安装在内部压力通常不低于 15000ft 的相同高程（4600m 的平均海平面（MSL））的航空器上的温度受控和增压位置的设备规定为 A1 类。该类型也适用于安装在操作高程不大于 15000ft（4,600m）MSL 的航空器上的温度受控但未加压的位置的设备。

#### A2 类

安装在内部压力通常不低于 15000ft 的相同高程（4600m）MSL 的航空器上的温度部分受控和增压位置的设备规定为 A2 类。该类型也适用于安装在操作高程不大于 15000ft（4600m）MSL 的航空器上的温度部分受控但未加压的位置的设备。

#### A3 类

安装在内部压力通常不低于 15000ft 的相同高程（4600m）MSL 的航空器上的温度部分受控，但会比 A1A2 类的温度更高，和增压位置的

设备，规定为 A3 类。

#### **A4 类**

安装在内部压力通常不低于 15000ft 的相同高程（4600m 的平均海平面（MSL））的航空器上的温度受控和增压的位置，但温度要求不同于设备生产商规定的 A1 类的设备，规定为 A4 类。该类型也适用于安装在操作高程不大于 15000ftm（4600）MSL 的航空器上的温度受控但未增压的位置，但温度要求不同于设备生产商规定的 A1 类的设备。

#### **B1 类**

安装在 25000ft（7620m）MSL 以下高程操作的航空器内的未增压但温度受控制的位置的设备确定为 B1 类。

#### **B2 类**

安装在 25000ft（7620m）MSL 以下高程操作的航空器内的未增压并且温度未受控制的位置的设备确定为 B2 类。

#### **B3 类**

安装在 25000ft（7620m）MSL 以下高程操作的航空器内发电站间隔间的设备确定为 B3 类。

#### **B4 类**

安装在 25000ft（7620m）MSL 以下高程操作的航空器内的未增压的位置，温度要求不同于 B1 和 B2 的设备确定为 B4 类。

#### **C1 类**

安装在 35000ft（10,700 m）MSL 以下高程操作的航空器内的未增压但温度受控制的位置的设备确定为 C1 类。

#### **C2 类**

安装在 35000ft（10,700 m）MSL 以下高程操作的航空器内的未增压并且温度未受控制的位置的设备确定为 C2 类。

#### **C3 类**

安装在 135000ft（10,700 m）MSL 以下高程操作的航空器内发电站间隔间的设备确定为 C3 类。

#### **C4 类**

安装在 35000ft ( 10, 700 m ) MSL 以下高程操作的航空器内的未加压的位置，温度要求不同于 C1 和 C2 的设备确定为 C4 类。

#### **D1 类**

安装在 50000ft ( 15, 200 m ) MSL 以下高程操作的航空器内的未加压但温度受控制的位置的设备确定为 D1 类。

#### **D2 类**

安装在 50000ft ( 15, 200 m ) MSL 以下高程操作的航空器内的未加压并且温度未受控制的位置的设备确定为 D2 类。

#### **D3 类**

安装在 50000ft ( 15, 200 m ) MSL 以下高程操作的航空器内发电站间隔间内的设备确定为 D3 类。

#### **E1 类**

安装在 70000ft ( 21, 300 m ) MSL 以下高程操作的航空器内的未加压并且温度未受控制的位置的设备确定为 E2 类。

#### **E2 类**

安装在 70000ft ( 21, 300 m ) MSL 以下高程操作的航空器内发电站间隔间内的设备确定为 E2 类。

#### **F1 类**

安装在 55000ft ( 16, 800 m ) MSL 以下高程操作的航空器内的未加压但温度受控制的位置的设备确定为 F1 类。

#### **F2 类**

安装在 55000ft ( 16, 800 m ) MSL 以下高程操作的航空器内的未加压并且温度未受控制的位置的设备确定为 F2 类。

## F3 类

安装在 55000ft (16,800 m) MSL 以下高程操作的航空器内发电站间隔间内的设备确定为 F3 类。

### 4.4 术语定义

#### 操作低温

操作低温通常是指要求设备在此温度下敞开并运行的最低温度。

#### 操作高温

表 4-1 中的操作高温值是指设备在正常操作条件下，在仪表盘后的封闭空间、设备机架、动力设备区域等特殊安装区域内，接触到的最大温度值。

#### 短期操作温度

这些是继设备在地面高温保温后工作的启动条件。由于能在设备运行的同时进行冷却或加热空气的循环，或采用其它控制温度的方法，所以这些温度情况不会经常发生，而且持续时间较短。

#### 地面存活温度

地面存活温度是指设备在航空器存放期间或接触到极端气候时的最低温度和最高温度。设备不会在这些温度的规格限制内操作，但不应受到损坏。

#### 飞行中的冷却损失

该情况代表通常为设备提供专门冷却的内部和外部系统发生故障。特定设备必须在没有冷却的情况下存活一段时间。应在设备性能规范中规定此类设备的测试要求。

### 4.5 温度测试

#### 4.5.1 地面存活低温测试和短期操作低温测试

在环境温度下，设备未操作时，在表 4-1 中规定的适当地面存活低温下稳定设备。至少保持该温度 3 小时。对于未操作的设备，以最低每分钟 2 °C 的比率，将温度增加到表 4-1 中规定的短期操作低温。一旦温度达到短期操作低温，将设备均热 30+5/-0 分钟，直到确定内部稳定。让设备处于操作状态，在表 4-1 中规定的适当短期操作



低温下维持实验室的空气温度。至少使设备操作 30 分钟。在此操作期间，根据注解 1 检查设备操作。图 4-1 为测试结果示意图。

- 注解：
- 1) 该测试模拟了航空器在地面上时，设备可能会遇到的温度情况。在该测试期间确定要求的性能等级时，应在测试程序和报告，或具体设备性能标准中说明特殊设备或系统的操作要求。
  - 2) 如果短期操作低温和操作低温相同，则不需要进行短期操作低温测试。即使短期操作低温和操作低温相同，也不能省掉地面存活温度测试。

#### 4.5.2 操作低温测试

在设备操作时，在环境温度下，将实验室空气温度调整到表 4-1 中规定的适当操作低温。在设备温度稳定后，至少使设备操作 2 小时，同时在操作低温下维持实验室中的空气温度。在该操作期间，确定符合适用的设备性能标准。图 4-2 为测试结果示意图。

#### 4.5.3 地面存活高温测试和短期操作高温测试

在环境温度下，设备未操作时，在表 4-1 中规定的适当地面存活高温下稳定设备。至少保持该温度 3 小时。对于未操作的设备，以最低每分钟  $2^{\circ}\text{C}$  的比率将温度降低到表 4-1 中规定的短期操作高温。一旦温度达到短期操作高温，将设备均热  $30+5/-0$  分钟，直到确定内部稳定。让设备处于操作状态，在表 4-1 中规定的适当短期操作高温下维持实验室的空气温度。至少使设备操作 30 分钟。在此操作期间，根据注解 1 检查设备操作。图 4-3 为测试结果示意图。

- 注解：
- 1) 该测试模拟了航空器在地面上时，设备可能会遇到的温度情况。在该测试期间确定要求的性能等级时，应在测试程序和报告，或具体设备性能标准中说明特殊设备或系统的操作要求。
  - 2) 如果短期操作高温和操作高温相同，则不需要进行短期操作高温测试。即使短期操作高温和操作高温相同，也不能省掉地面存活温度测试。

#### 4.5.4 操作高温测试

在设备操作时，在环境温度下，将实验室空气温度调整到表 4-1 中规定的适当操作高温。在设备温度稳定后，至少使设备操作 2 小时，同时在操作高温下维持实验室中的空气温度。在该操作期间，确定符合适用的设备性能标准。图 4-4 为测试结果示意图。

#### 4.5.5 飞行中的冷却损失测试

飞行中的冷却测试时间分类是根据冷却移动期间的时间确定的。

V类—最少 30 分钟

W类—最少 90 分钟

P类—最少 180 分钟

Y类—最少 300 分钟

Z类—如设备规范中确定的时间

设备在室内环境压力下操作时，根据 3.4 小节中规定条件提供冷却空气，将实验室空气温度调整到表 4-1 中规定的值，使设备温度稳定。关掉设备冷却空气供给，使设备运行适当分类中的时间，将实验室内的空气维持在表 4-1 中的规定值。在此期间，确定是否符合适当设备性能标准。图 4-5 为测试结果示意图。

*注解：该测试适用于在操作高温测试（4.5.4）期间，需要对适当的操作进行冷却，在飞行中的冷却损失后的故障会导致或造成安全飞行和飞机着陆受阻的故障条件，而且冷却由外部供给或启动。*

#### 4.6 高程、减压和过压测试

高程测试参见表 4-1，压力值参见表 4-2。

##### 4.6.1 高程测试

在环境温度下进行该测试。以最大负载周期操作设备。将实验室内的压力降低到表 4-1 中规定的适当的最高操作高程，使设备温度稳定。至少维持此压力 2 小时。在 2 个小时的时间内，或在最大负载周期下，确定符合适用的设备性能标准。取时间较长者。图 4-6 为测试结果示意图。

*注解：设备生产商要求对设备进行高程下的火花产生情况测试时，可采用 9.6a 和 9.6b。如果这样，应在最高测试高程下完成 9.7 中的程序，3.3（组合测试）可能会适用。*

##### 4.6.2 减压测试

在环境温度下进行该测试。在设备操作时，将绝对压力调整到 8000ft（2400m）MSL 的当量高程，使设备温度稳定。将要安装设备的航空器的绝对压力减少到当量最高操作高程（见表 4-1）。应在 15 秒内减少压力。至少维持该降低压力 10 分钟，或设备规范中规定的时间。

在最大操作高程期间，确定符合适用的设备性能标准。图 4-7 为测试结果示意图。

*注解：减压测试用于以下设备：*

- 1) 安装在需要在紧急降落期间或紧急降落后操作的航空器上的加压区域的设备。*
- 2) 使用高压电气/电子电路，也就是显示器等的设备。*

安装在部分加压区域内的设备测试应符合上述 4.6.1 的内容。

### 4.6.3 过压测试

在设备未操作时，除非设备规范中有规定，否则应将设备处于相当于-15000ft ( 170kPa ) 的绝对压力下。至少维持此情况 10 分钟。让设备回到环境大气压力，并确定是否符合使用的设备性能标准。图 4-8 为测试结果示意图。

*注解：1) 该测试是针对安装在加压区域内的设备。测试会确定设备是否能承受由于航空器增压系统的例行测试而造成的机舱过压。*

- 2) 安装在加压区域内，以及其内部与外部加压区域相连通的设备，其内部应在过压测试期间，承受设备规范中规定的压力。*

表 4-1 温度和高程标准

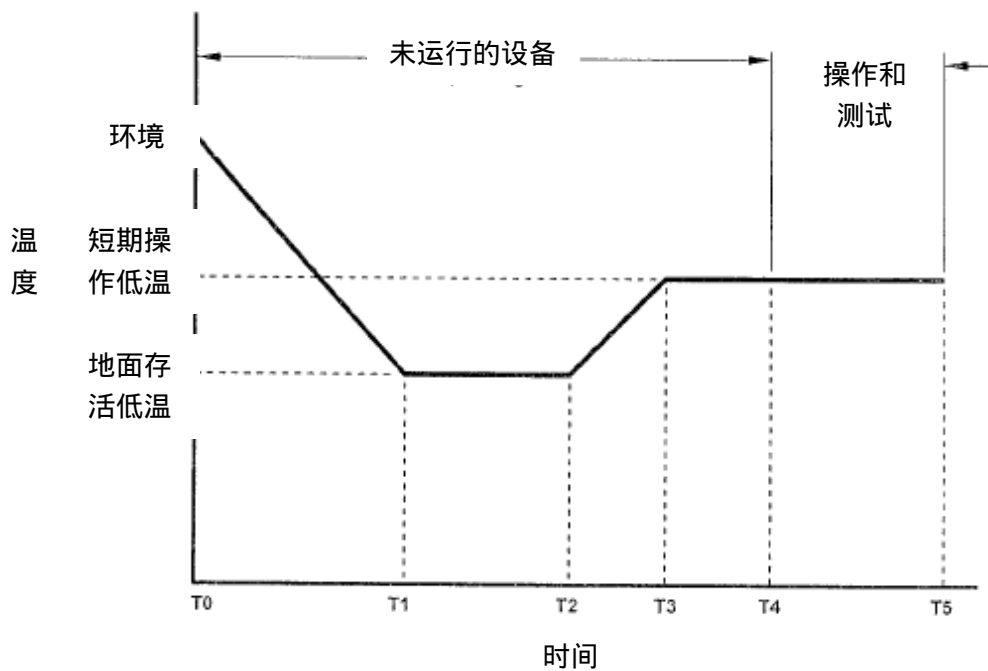
环境测试	4.3 小节分类																					
	A				B				C				D			E		F				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	1	2	3		
操作低温		-15	-15	-15	-20	-4	-45	注解 (4)	-20	-55	-55	注解 (4)	-20	-55	-33	03				-20	-33	-33
C 级 4.5.2 小节																						
操作高温	+55	+70	+70	注解 (3)	+55	+7	注解 (3)	注解 (4)	+55	+70	注解 (3)	注解 (4)				+70	注解 (3)	注解 (3)	注解 (3)	+55	+70	注解 (3)
C 级 4.5.4 小节																						
短期操作低温	-40	-40	-40	注解 (3)	-40	-4	注解 (3)	注解 (4)	-40	-55	注解 (3)	注解 (4)	-40	-55	-55	-55	-55			-40	-55	-55
C 级 4.5.1 小节																						
短期操作高温	+71 )	+70	+85	Not e (3)	+70	+7	注解 (3)	注解 (4)	+70	+70	注解 (3)	Not e (4.)	+70	+70	注解 (3)	注解 (3)	注解 (3)	注解 (3)	+70	+70	注解 (3)	
C 级 4.5.3 小节																						
冷却损失测试	+30	+40	-45	注解 (3)	+30	+4	注解 (3)	注解 (3)	+30	+40	注解 (3)	注解 (3)	+30	+40	注解 (3)	注解 (3)	注解 (3)	注解 (3)	+30	+40	注解 (3)	
C 级 4.5.5 小节																						
地面存活低温	-55	-55	-55	注解 (3)	-55	-5	注解 (3)		-55	-55	-55	注解 (3)	-55	-55	-55	-55	-55			-55	-55	-55
C 级																						

4.5.1 小节																				
地面存活高温	+85	+85	+85	注解 (3)	+85	+85	注解 (3)	+85	+85	+S5	Note (3)	+85	+85	+85	注解 (3)	+85	注解 (3)	+85	+85	注解 (3)
C 级																				
4.5.3 小节																				
高程	15 4.6	15 4.6	15 4.6	15 4.6	25 7.6	25 7.6	25 7.6	25 7.6	35 10.7	35 10.7	10. 7	10. 7	50 15.2	50 15.2	50 15.2	70 21.3	70 21.3	55 16.8	551 6.8	55 16.8
数千英尺																				
数千米																				
4.6.1 小节																				
减压测试	注解 (1) (4)	注解 (1) (4)	注解 (1) (4)	注解 (1) (4)	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用
4.6.2 小节																				
过压测试	注解 (2)	注解 (2)	注解 (2)	注解 (2)	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用
4.6.3 小节																				

注解： 1) 适用于减压测试的最低压力是安装设备的航空器在最大操作高程下的压力。  
2) 绝对压力为 170kPa ( 115000ft 或 4600m )  
3) 由温度极限的设备生产商说明。  
4) 由设备生产商说明，如果存在具体临界标准时，应在生产商安装手册中做出规定。

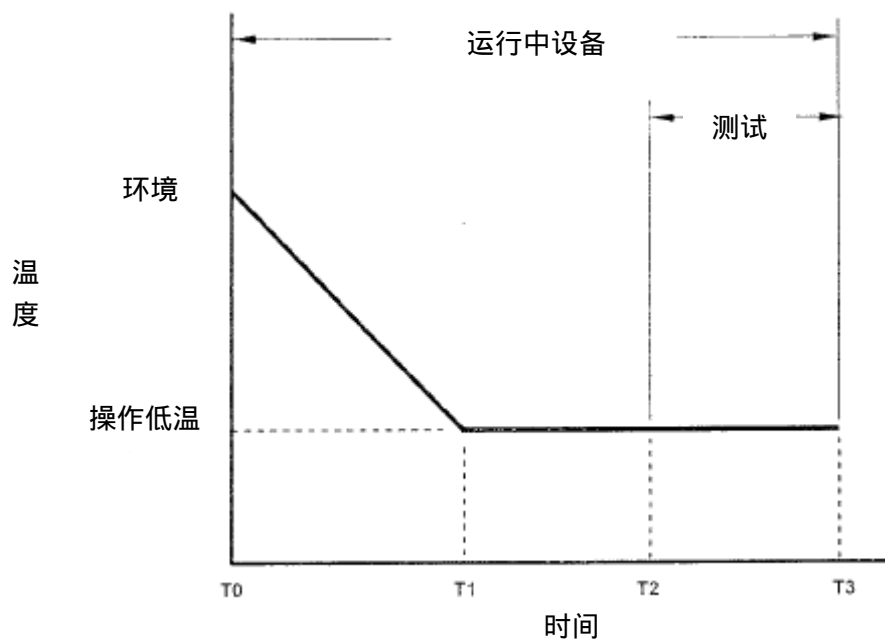
表 4-2 不同压力高程等级的压力值

压力高程	绝对压力			
	kPa	( mbars )	( in Hg )	mm Hg
-15000 ft ( -4.572 m )	169.73	1697.3	50.12	1273.0
-1500 ft ( -457 m )	106.94	1069.4	31.58	802.1
0 ft (0m)	101.32	1013.2	29.92	760.0
+8000 ft (2.438 m)	75.26	752.6	22.22	564.4
+ 15000 ft ( -4,572 m )	57.18	571.8	16.89	429.0
+25000 ft ( -7,620 m )	37.60	376.0	11.10	282.0
+35000 ft ( +10,668 m )	23.84	238.4	7.04	178.8
+50000 ft ( + 15,240 m )	11.60	116.0	3.42	87.0
+55,000 ft ( +16,764 m )	9.12	91.2	2.69	68.3
+70000 ft ( +21,336 m )	4.44	44.4	1.31	33.3



- 注解：
- 1) 从  $T_0$  到  $T_1$  的温度变化率未做说明。
  - 2)  $T_1$  到  $T_2$  是设备温度稳定的时间，最少 3 小时。
  - 3)  $T_2$  到  $T_3$  是每分钟 2 的最低比率。
  - 4)  $T_3$  到  $T_4$  是  $30+5/-0$  分钟，或内部稳定的时间。
  - 5)  $T_4$  到  $T_5$  为 0.5 小时（至少）。
  - 6) 如果短期低温和地面存活低温相同，则  $T_2$  到  $T_4$  的时间为 0。
  - 7) 如果短期操作低温和操作低温相同，请参考测试程序的注解 2。

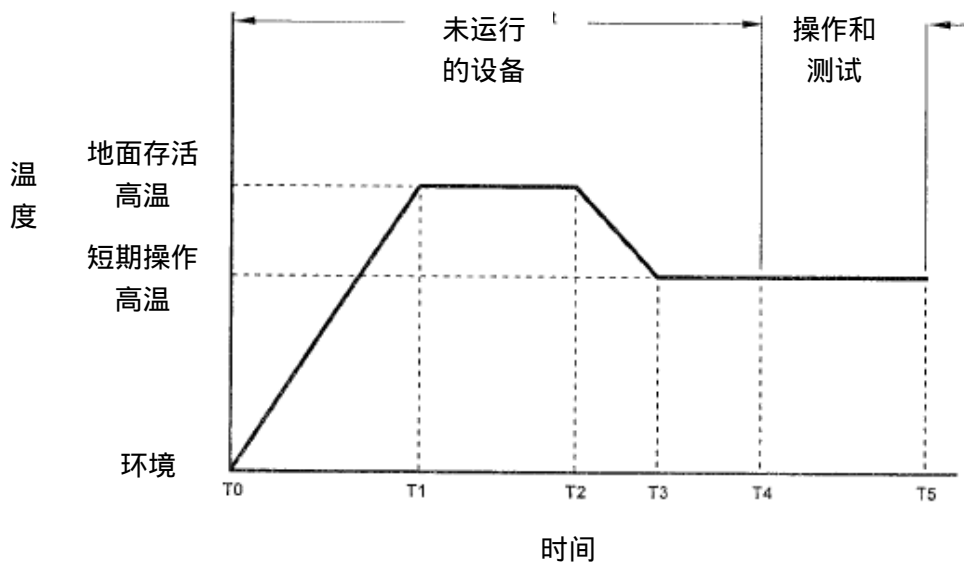
**图 4-1 地面存活低温测试和短期操作低温测试**



- 注解：
- 1) 从  $T_0$  到  $T_1$  的温度变化率未做说明。
  - 2)  $T_1$  到  $T_2$  为设备温度稳定的时间。
  - 3)  $T_2$  到  $T_3$  为 2.0 小时 (至少)

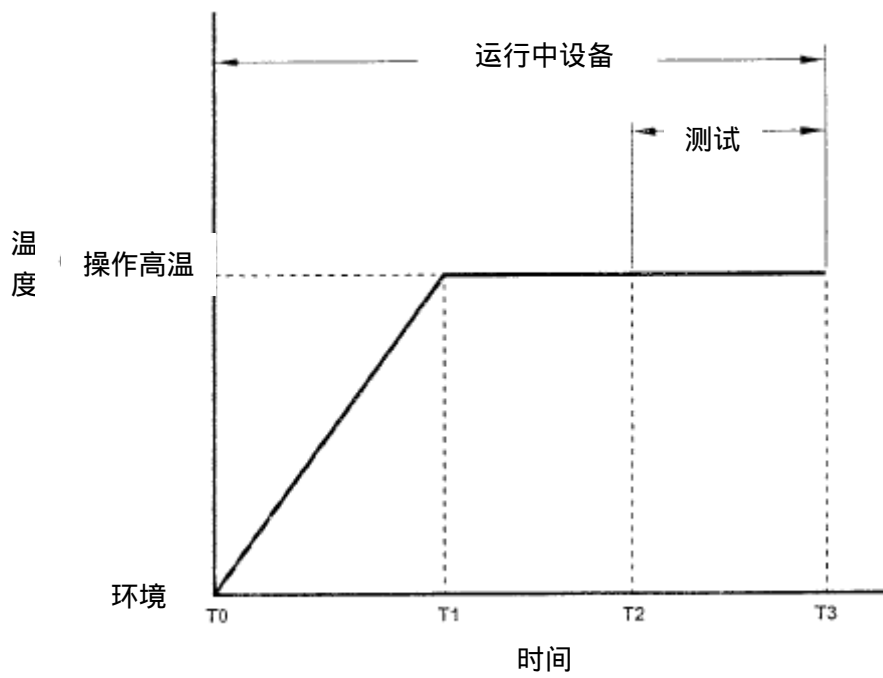
图 4-2 操作低温测试





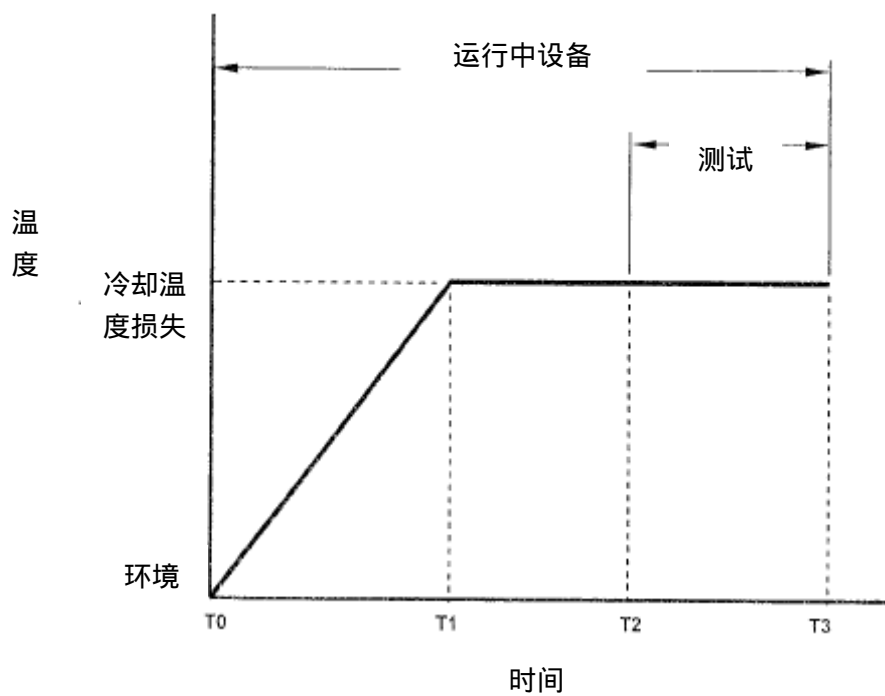
- 注解：
- 1) 从  $T_0$  到  $T_1$  的温度变化率未做说明。
  - 2)  $T_1$  到  $T_2$  是设备温度稳定的时间，加上最少 3 小时。
  - 3)  $T_2$  到  $T_3$  是每分钟 2 的最低比率。
  - 4)  $T_3$  到  $T_4$  是  $30+5/-0$  分钟，或内部稳定的时间。
  - 5)  $T_4$  到  $T_5$  为 0.5 小时（至少）。
  - 6) 如果短期高温和地面存活高温相同，则  $T_2$  到  $T_4$  的时间为 0。
  - 7) 如果短期操作高温和操作高温相同，请参考测试程序的注解 2。

图 4-3 地面存活高温测试和短期操作高温测试



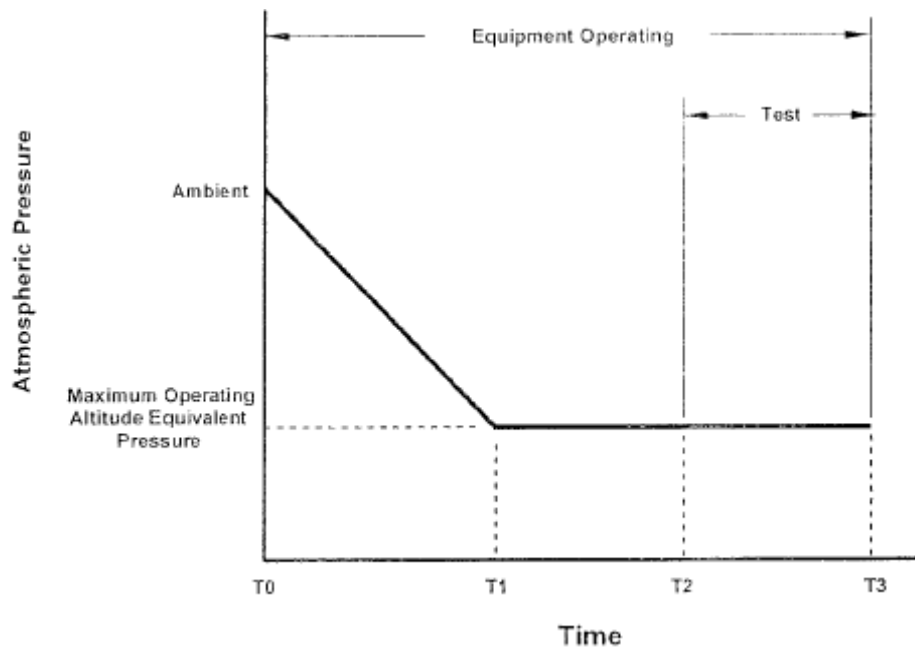
- 注解：
- 1) 从  $T_0$  到  $T_1$  的温度变化率未做说明。
  - 2)  $T_1$  到  $T_2$  为设备温度稳定的时间。
  - 3)  $T_2$  到  $T_3$  为 2.0 小时 (至少)。

图 4-4 操作高温测试



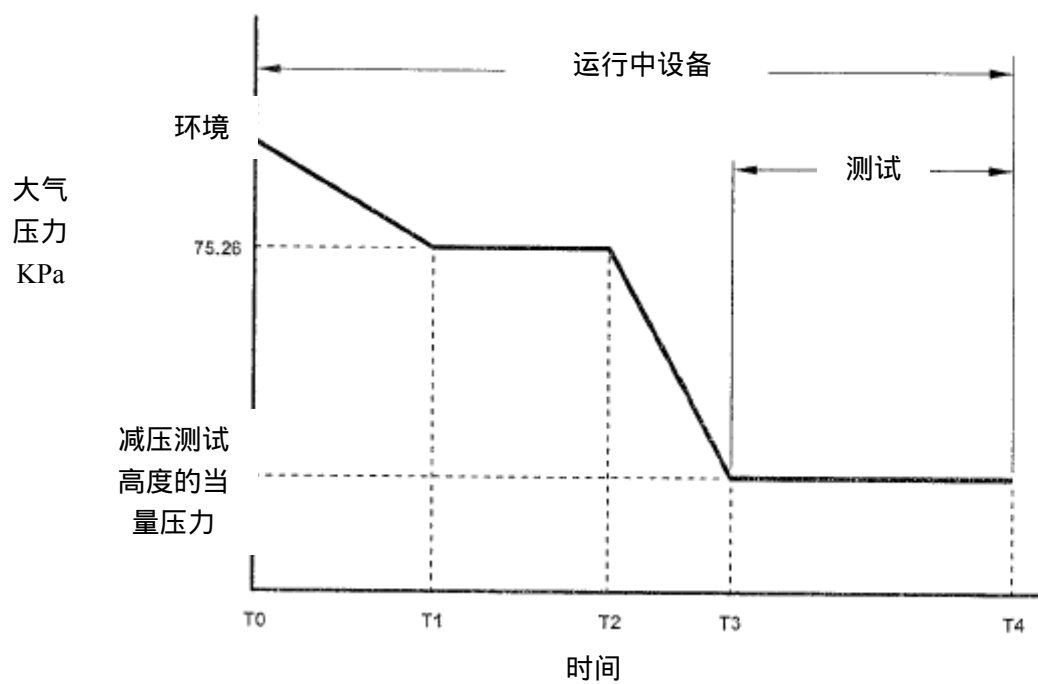
- 注解：
- 1) 从  $T_0$  到  $T_1$  的温度变化率未做说明。
  - 2)  $T_1$  到  $T_2$  为设备温度稳定的时间。
  - 3)  $T_2$  到  $T_3$  的时间请参见 4.5.4。

图 4-5 飞行中的冷却损失测试



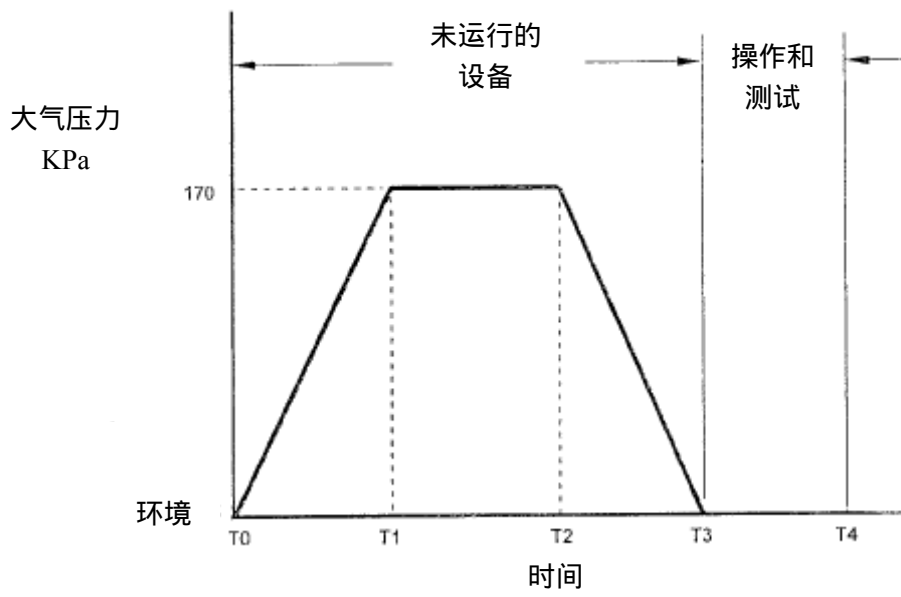
- 注解：
- 1) 从  $T_0$  到  $T_1$  的温度变化率未做说明。
  - 2)  $T_1$  到  $T_2$  为设备温度稳定的时间。
  - 3)  $T_2$  到  $T_3$  为 2.0 小时 (至少)。

图 4-6 高程测试



- 注解：
- 1) 从 T0 到 T1 的温度变化率未做说明。
  - 2) T1 到 T2 为设备温度稳定的时间。
  - 3) T2 到 T3 为 15 秒 (至少)。
  - 4) T4 到 T5 为 10 分钟 (至少)。

图 4-7 减压测试



- 注解：
- 1) 从  $T_0$  到  $T_1$  和从  $T_2$  到  $T_3$  的温度变化率未做说明。
  - 2)  $T_1$  到  $T_2$  为 10 分钟 (至少)。
  - 3)  $T_3$  到  $T_4$  是对设备进行操作和测试所需的最少时间。

图 4-8 过压测试

本页保留空白

RTCA 公司  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和试验程序

### 第 5 节 温度变化试验

#### 重要提示

这些章节中所包含的说明适用于本文件中其它章节的所有试验程序。

另外，附录 A 可用来鉴定所进行的环境试验。



## 目 录

5. 温度变化试验 .....	42
5.1 试验目的 .....	42
5.2 温度变化率 .....	42
5.3 试验程序 .....	42
5.3.1 试验程序 A、B 和 C .....	42
5.3.2 S1 类试验程序 .....	45
5.3.3 S2 类试验程序 .....	45
图 5-1 温度变化试验 .....	44

## 5. 温度变化试验

### 5.1 试验目的

该试验确定了操作高温极限和低温极限之间温度变化时设备的性能特性。表 4-1 中说明了飞行操作的适用分类。对于 A、B 和 C 类，在根据 4.5.1、4.5.2 和 4.5.3 小节中的程序对设备进行试验时，要求设备以 5.3.1 中的温度变化试验为准。对于 S1 和 S2 类，要求设备以 5.3.2 或 5.3.3 小节中的温度冲击试验为准。

### 5.2 温度变化率

5.3 小节中规定的适用于温度变化程序的比率如下：

A 类	航空器内部或外部设备： 最少 10 摄氏度每分钟。
B 类	航空器内温度未受控制，或部分控制区域的设备： 最少 5 摄氏度每分钟。
C 类	航空器内温度受控制区域的设备： 最少 2 摄氏度每分钟。
S1 类	航空器内部或外部设备： 已知变化率大于 10 摄氏度每分钟。应在评定表中注明表汇率。
S2 类	航空器内部或外部设备： 未知变化率大于 10 摄氏度每分钟。

注解：

- 1) 满足 B 类要求的设备同时视为满足 C 类要求。
- 2) 每分钟温度变化率大于 10 摄氏度的变化率是温度冲击。S1 和 S2 类是用来评估设备温度更快或突然变化所带来的影响。由于设备内部区域有相对较长的恒定时间来达到稳定，所以设备的外表面、区域或内表面可能会在温度冲击时最先受到影响。
- 3) 对于 S1、S2 类和温度冲击应采用 S2 类，除非已知温度变化，则可采用 S1 类。

### 5.3 试验程序

#### 5.3.1 试验程序 A、B 和 C

温度变化试验（除 S1 和 S2 类外）可进行合并，以涵盖地面存活低温试验和短期低温试验（4.5.1）、操作低温试验（4.5.2）、地面存活高温试验和短期操作高温试验（4.5.3）、以及操作高温试验

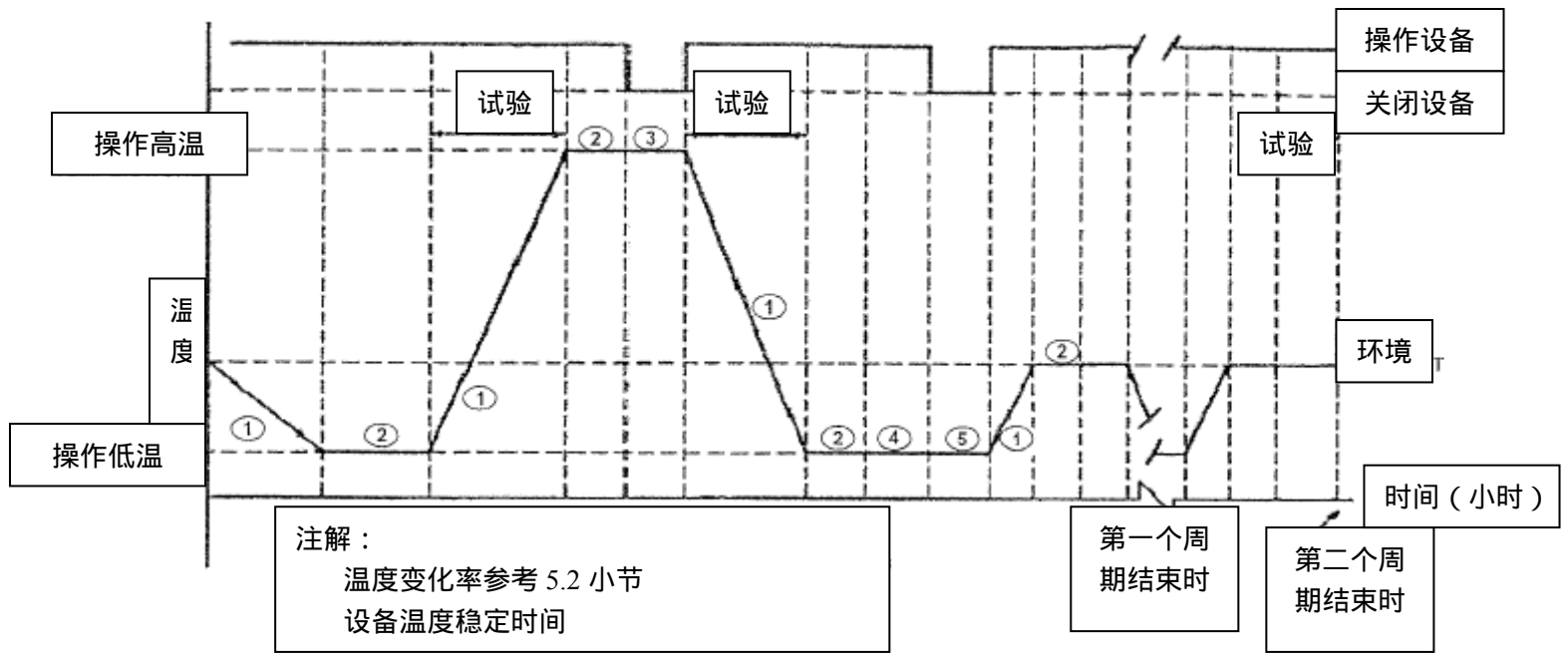
(4.5.4) 可采用以下程序：

- a 如果是组合试验，应根据 4.5.1 的地面存活低温试验和短期操作低温试验和 4.5.2 的操作低温试验进行。在完成 4.5.1 和 4.5.2 中的试验后，再进行 c 小节中的内容。如果不是组合试验，则应在设备操作时，在环境温度下将实验室温度降低到 5.2 小节中规定的适用比率的操作低温。
- b 在该操作低温水平将设备稳定在操作模式。
- c 将实验室温度上升到 5.2 小节中规定适用比率的操作高温。在温度变化时，确定是否符合适用的设备性能标准。
- d 使设备在操作高温下稳定。如果是组合试验，应根据 4.5.5 的地面存活高温试验和短期操作高温试验，以及后面 4.5.5 的操作高温试验进行。至少暂停使用设备 2 分钟。
- e 开启设备，将实验室温度降低到 5.2 小节中规定适用比率的操作低温。在温度变化时，确定是否符合适用的设备性能标准。
- f 在实验室处于操作低温时稳定设备，然后至少让设备运行 1 小时。停用设备 30 分钟，再重新启动设备，同时使实验室温度维持在操作低温。
- g 将实验室温度调整到 5.2 小节中规定适用比率的环境温度。
- h 在第二次和最后次合适的循环期内确定是否符合适用的设备性能标准。

至少应完成 2 个周期（上述 a 到 h）。如果能在一个周期的温度变化时间内确定符合适用的设备性能标准时，只需要在第二个周期内进行试验。如果在温度变化的时间内不能确定符合适用的设备性能标准时，应进行多个周期的试验，以完成对符合性的确定。温度上升导致设备在试验中有冷凝的潜在风险时，应对实验室内的空气湿度进行控制，以消除冷凝。图 5-1 为试验结果示意图。

可让无动力的设备在环境温度下、第一第二和后续试验期间，各周期时有额外的试验时间，以配置试验设备和制定人员方案。必须在 24 小时内恢复第二或后续周期试验。不得在两次周期试验的间隔时间内进行其它环境试验。

*注解：如果是组合试验，则不需要在第二个周期内重复进行上述 a 和 d 步骤中的地面存活低温试验、短期操作低温试验、地面存活高温试验和短期操作高温试验。*



- 2 分钟 (至少)
- 60 分钟 (至少)
- 30 分钟 (至少)

图 5-1 温度变化试验

### 5.3.2 S1 类试验程序

不得将 S1 类温度变化试验和其它温度试验合并进行。

应采用以下程序：

- a 在环境温度下，设备运行时，将实验室温度降低到 5.2 小节中规定适用比率的操作低温。
- b 如果有效，在该操作低温水平稳定设备。
- c 将实验室温度上升到 5.2 小节中规定适用比率的操作高温。在温度变化时，确定是否符合适用的设备性能标准。
- d 如果有效，在操作高温下稳定设备。至少使设备停用 2 分钟。
- e 开启设备，将实验室温度降低到 5.2 小节中规定适用比率的操作低温。在温度变化时，确定是否符合适用的设备性能标准。
- f 如果有效，在实验室处于操作低温时稳定设备，然后至少让设备持续运行 1 小时。停用设备 30 分钟，再重新启动设备，同时使实验室温度保持在操作低温。
- g 将实验室温度调整到 5.2 小节中规定适用比率的环境温度。
- h 在第二次和最后次合适的循环期内确定是否符合适用的设备性能标准。

至少应完成 2 个周期（上述 a 到 h）。如果能在一个周期的温度变化时间内确定符合适用的设备性能标准时，只需要在第二个周期内进行试验。如果在温度变化的时间内不能确定符合适用的设备性能标准时，应进行多个周期的试验，以完成对符合性的确定。温度上升导致设备在试验中有冷凝的潜在风险时，应对实验室内的空气湿度进行控制，以消除冷凝。

### 5.3.3 S2 类试验程序

不得将 S2 类温度变化试验和其它温度试验合并进行。

所需的试验装置应包括两个隔间的实验室或两个单独的实验室，实验室内确定并维持试验情况。实验室 1 内应设置为操作低温，实验室 2 内应设置为操作高温。在实验室内加入设备会改变起环境条件。这样，应在温度传送到试验部件后的 5 分钟内使其稳定。

应采用以下程序：

- a 将设备放入实验室 1 中，然后打开。

- b 如果有效，在该操作低温水平稳定设备。
- c 尽快（不得超过 5 分钟）将设备从实验室 1 转移到实验室 2。如果使用单独的实验室，设备可在转移后立即打开。如果需要的转移时间超过 5 分钟，应在鉴定表中注明。
- d 如果有效，在操作高温下稳定设备。在温度稳定期间，确定是否符合适用的设备性能标准。
- e 关闭设备，至少使设备停用 2 分钟。
- f 开启设备，并尽快（不得超过 5 分钟）将设备从实验室 2 转移到实验室 1（从高温转移到低温）。如果使用单独的实验室，设备可在转移后立即打开。如果需要的转移时间超过 5 分钟，应在鉴定表中注明。
- g. 如果有效，在操作低温时稳定设备，然后至少让设备继续运行 1 小时。在温度稳定期间，确定是否符合适用的设备性能标准。
- h 停用设备 30 分钟，再重新启动设备，同时使实验室温度保持在操作低温。
- i 在第二次和最后次合适的循环期内确定是否符合适用的设备性能标准。

至少应完成 2 个周期（上述 a 到 h）。如果能在一个周期的温度变化时间内确定符合适用的设备性能标准时，只需要在第二个周期内进行试验。如果在温度变化的时间内不能确定符合适用的设备性能标准时，应进行多个周期的试验，以完成对符合性的确定。温度上升导致设备在试验中有冷凝的潜在风险时，应对实验室内的空气湿度进行控制，以消除冷凝。

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 6 节 湿度试验

#### 重要提示

这些章节中所包含的说明适用于本文件中其它章节的所有测试程序。另外，附录 A 可用于鉴定所进行的环境测试。

## 目 录

6. 湿度试验	49
6.1 测试的目的	49
6.2 设备类别	49
6.3 测试程序	50
6.3.1 A类-标准湿度环境	50
6.3.2 B类-严重湿度环境	50
6.3.3 C类-外部湿度环境	51
6.3.4 执行抽样调查	52
6.3.5 规定的其他检查	52
<b>图 6-1 A类-标准湿度环境测试</b>	53
<b>图 6-2 B类-严重湿度环境测试</b>	54
<b>图 6-3 C类-外部湿度环境测试</b>	55



## 6. 湿度试验

### 6.1 测试的目的

该测试确定了设备可承受自然的或人为的潮湿大气环境的能力。  
可以预料到的不利影响主要有：

- a. 腐蚀
- b. 吸收湿气，导致改变设备性质  
例如：
  - 机械（金属）
  - 电气（导体和绝缘体）
  - 化学（吸湿元件）
  - 热（绝缘体）

### 6.2 设备类别

#### A类-标准湿度环境

通常情况下，标准湿度环境为民航机，非民用运输航空器和其他级别的航空器的安装设备提供了一个足够的测试环境，在航空器的环境控制机舱中，严重湿度环境的情况通常不会遇到。

#### B类-严重湿度环境

在没有进行环境控制的区域内安装的设备也许会要求在这些条件下操作，这样这个设备就处于严重大气湿度环境下，其时间超过了标准湿度环境规定的时间。

#### C类-外部湿度环境

设备也许会要求在这些条件下操作，这样该设备就处于直接与外部空气接触的环境下，其时间超过了标准湿度环境规定的时间。

## 6.3 测试程序

除非在下列步骤中另作规定，设备应置于相对湿度为  $95\pm 4\%$  的大气环境中。湿气应由水蒸气或 PH 值在 6.5 到 7.5 之间的水蒸发而来的，当在 25 摄氏度下测试时，水电阻率不应少于 250,000 欧姆/厘米。整个敞开区域的空气速度应在每秒 0.5 米到 1.7 米之间。试验室应该有一个朝向大气的排气口，防止压力聚集，同时应制定相应的条款防止水滴入到设备上。

### 6.3.1 A 类-标准湿度环境

图 6-1 显示了试验结果曲线示意图。测试程序应按照下列步骤来进行。

- 步骤 1：在试验室里安装测试物件，保证布局能够代表在实际运行中所使用的布局。
- 步骤 2：将测试物件稳定在  $38\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，RH 为  $85\pm 4\%$ 。
- 步骤 3：在两个小时内，误差在  $\pm 10$  分钟以内，将舱室的温度提高到  $50\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度提高到  $95\pm 4\%$  RH。
- 步骤 4：将舱室温度保持在  $50\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿气保持在  $95\pm 4\%$  RH 上至少 6 小时。
- 步骤 5：在下一个 16 小时期间，误差在  $\pm 15$  分钟以内，将温度逐渐降低到  $38\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  或更低的程度上。在这个期间，将湿气尽可能保持在较高的水平上，不让湿气值低于 85%RH 以下。
- 步骤 6：步骤 3、4 和 5 构成了一个循环。重复这些步骤，直到总共完成两个循环（敞开时间达 48 小时）
- 步骤 7：在敞开期的最后，将设备的从测试舱室中拆除，同时排出（不是擦掉）任何冷凝的湿气。在两个循环完成后的一个小时内，采用普通电源并开启设备。使用初始电源对设备加热，允许最大时间为 15 分钟。对于不要求电力操作的设备而言，通过应用加热的方式将设备最多加热到 15 分钟，不超过应用设备类别所规定的短期操作高温测试。在加热期结束后，立刻进行此类测试和测量，确定是否符合适用的设备性能标准。

### 6.3.2 B 类-严重湿度环境

图 6-2 显示了试验结果曲线示意图。测试程序应按照下列步骤来进行。

- 步骤 1：在试验室里安装测试物件，保证布局能够代表在实际运行中所使用的布局。

- 步骤 2：将测试物件稳定在  $38\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，RH 为  $85\pm 4\%$  上。
- 步骤 3：在两个小时内，误差在  $\pm 10$  分钟以内，将舱室的温度提高到  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度提高到  $95\pm 4\%$  RH 上。
- 步骤 4：将舱室温度保持在  $50\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿气保持在  $95\pm 4\%$  RH 上至少 6 小时。
- 步骤 5：在下一个 16 小时内，误差在  $\pm 15$  分钟内，将温度逐渐降低到  $38\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在这个期间，将湿度尽可能保持在较高的水平上，并且不让湿度低于  $85\%$  RH 以下。
- 步骤 6：步骤 3、4 和 5 构成了一个循环，重复这些步骤，直到总共完成 10 个循环（敞开时间达 240 小时）
- 步骤 7：在敞开期的最后，将设备的从测试舱室中拆除，同时排出（不是擦掉）任何冷凝的湿气。在两个循环完成后的一个小时内，采用普通电源并开启设备。使用初始电源对设备加热，允许最大时间为 15 分钟。对于不要求电力操作的设备而言，通过应用加热的方式将设备最多加热到 15 分钟，不超过应用设备类别所规定的短期操作高温测试。在加热期结束后，立刻进行此类测试和测量，确定是否符合适用的设备性能标准。

### 6.3.3 C 类-外部湿度环境

图 6-3 显示了试验结果曲线示意图。测试程序应按照下列步骤来进行。

- 步骤 1：在试验室里安装测试物件，保证布局能够代表在实际运行中所使用的布局。
- 步骤 2：将测试物件稳定在  $38\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，RH 为  $85\pm 4\%$  上。
- 步骤 3：在两个小时内，误差在  $\pm 10$  分钟以内，将舱室的温度提高到  $55\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度提高到  $95\pm 4\%$  RH 上。
- 步骤 4：将舱室温度保持在  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿气保持在  $95\pm 4\%$  RH 上至少 6 小时。
- 步骤 5：在下一个 16 小时内，误差在  $\pm 15$  分钟内，将温度逐渐降低到  $38\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在这个期间，将湿度尽可能保持在较高的水平上，并且不让湿度低于  $85\%$  RH 以下。
- 步骤 6：步骤 3、4 和 5 构成了一个循环，重复这些步骤，直到总共完成 6 个循环（敞开时间达 144 小时）
- 步骤 7：在敞开期的最后，将设备的从测试舱室中拆除，同时排出（不是擦掉）任何冷凝的湿气。在六个循环完成后的一个小时内，采用普通电源并开启设备。使用初始电源对设备加热，允许最大时间为 15 分钟。对于不要求电力操作的设备而言，通过应

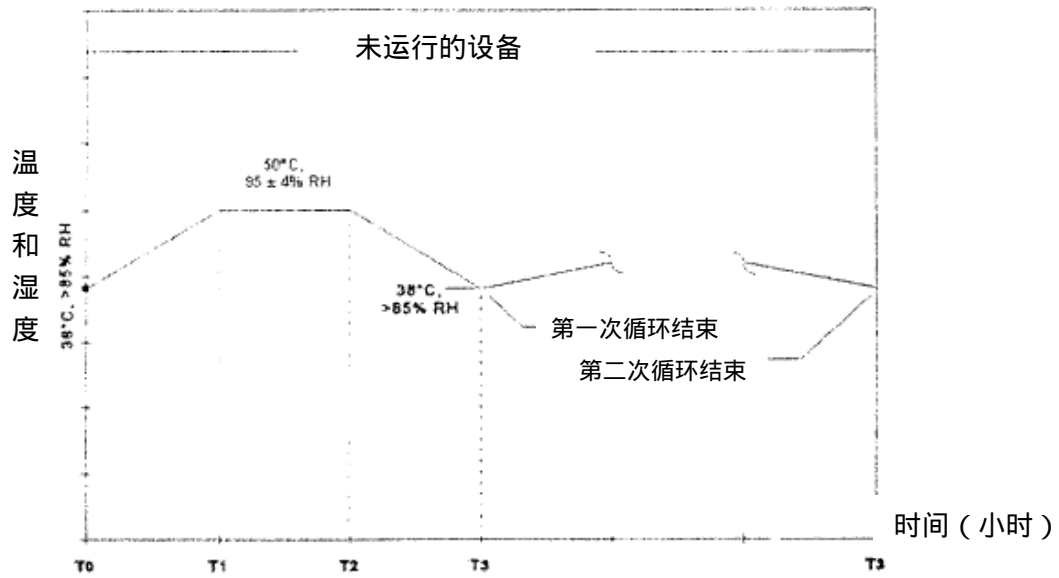
用加热的方式将设备最多加热到 15 分钟，不超过应用设备类别所规定的短期操作高温测试。在加热期结束后，立刻进行此类测试和测量，确定是否符合适用的设备性能标准。

#### **6.3.4 执行抽样调查**

对待测设备性能进行抽样检查，设备可以在不超过 15 分钟的合适时间内，如每 6 次或 10 次循环的最后进行操作。如果设备从测试舱室中拆卸下来进行抽样检查，拆卸的时间不应超过 20 分钟。在 20 分钟的时间范围内，设备操作时间不应超过 15 分钟。

#### **6.3.5 规定的其他检查**

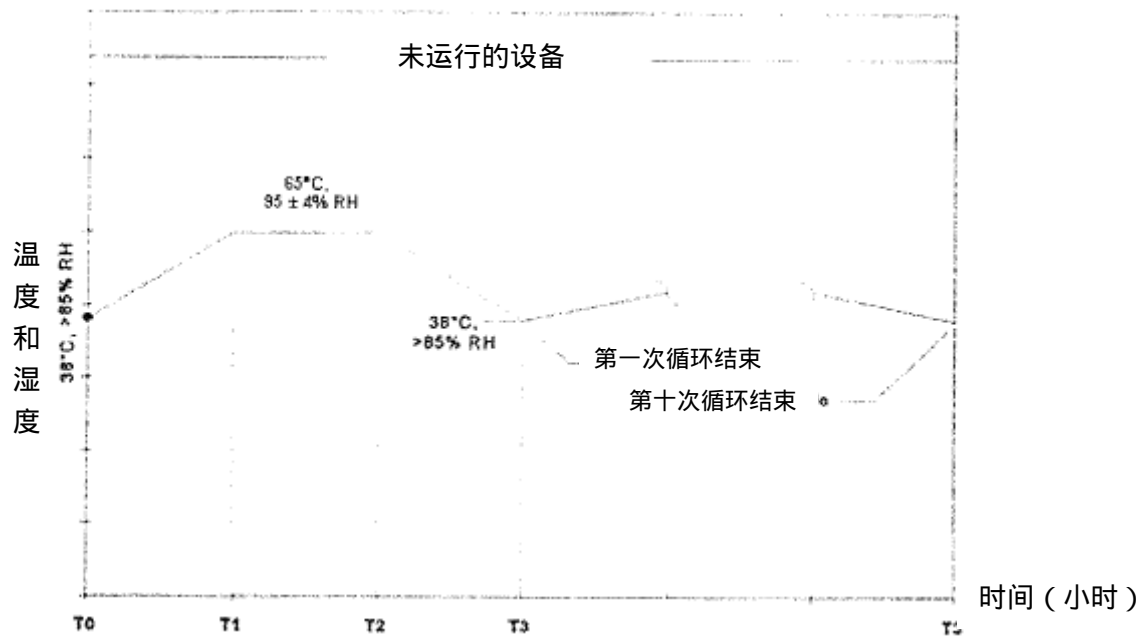
如果适用的性能标准要求采用其他检查来确定合格性，这些检查应在测试期间执行。



**图 6-1 A 类-标准湿度环境测试**

注：

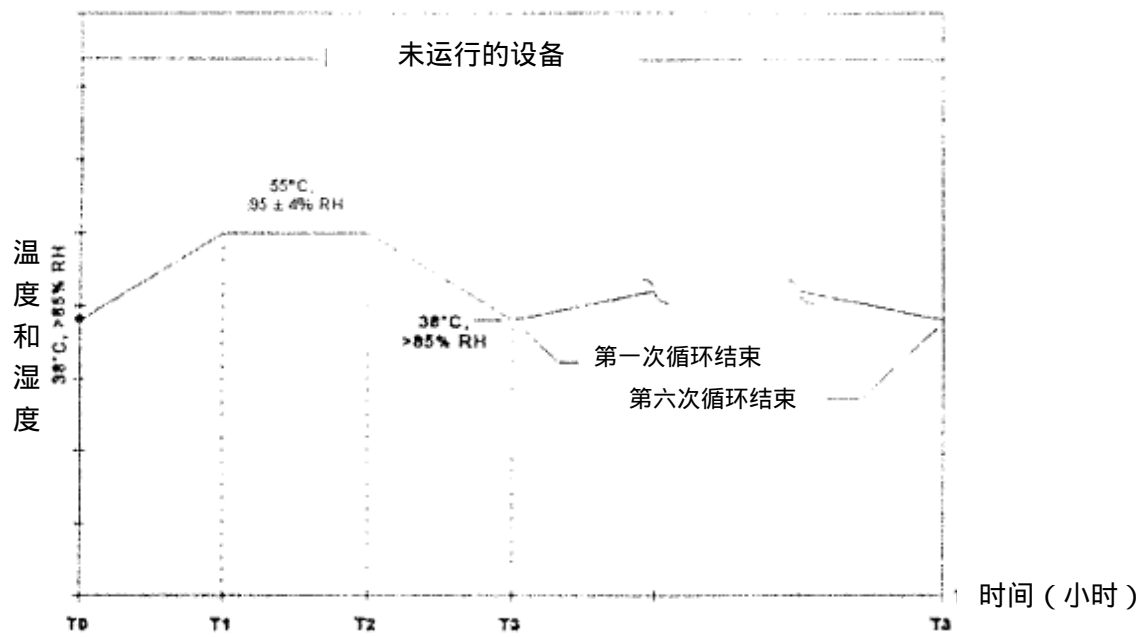
- 1) T0 到 T1 是 2 小时±10 分钟。
- 2) T1 到 T2 是最少 6 小时。
- 3) T2 到 T3 是 16 小时±15 分钟。在这个期间，相对湿度不应低于 85%。
- 4) 对于第二次循环结束后的测试，参见 6.3.1 小节步骤 7。
- 5) T0 代表随后循环的开始，而不是测试的起点。



**图 6-2B 类-严重湿度环境测试**

注：

- 1) T0 到 T1 是 2 小时±10 分钟。
- 2) T1 到 T2 最少为 6 小时。
- 3) T2 到 T3 是 16 小时±15 分钟。在这个期间，相对湿度不应低于 85%。
- 4) 对于第十次循环结束后的测试，参见 6.3.2 小节步骤 7。
- 5) T0 代表随后循环的开始，而不是测试的起点。



**图 6-3 C 类-外部湿度环境测试**

注：

- 1) T0 到 T1 是 2 小时 ±10 分钟。
- 2) T1 到 T2 最少为 6 小时。
- 3) T2 到 T3 是 16 小时±15 分钟。在这个期间，相对湿度不应低于 85%。
- 4) 对于第六次循环结束后的测试，参见 6.3.3 小节步骤 7。
- 5) T0 代表随后循环的开始，而不是测试的起点。

该页保留空白



RTCA 公司  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 7 节 运行振动和撞击安全

#### 重要提示

这些章节中所包含的说明适用于本文件中其它章节的所有测试程序。

另外，附录 A 可用于鉴定所进行的环境测试。

## 目 录

7. 运行振动和撞击安全.....	59
7.1 测试的目的.....	59
7.1.1 设备类别.....	59
7.2 运行振动.....	60
7.2.1 测试程序.....	60
7.2.2 交替测试程序.....	60
7.3 撞击安全.....	60
7.3.1 测试程序 1 (脉冲).....	61
7.3.2 交替测试程序 (脉冲).....	61
7.3.3 测试程序 2 (持续).....	61
<b>图 7-1 振动测量系统频率响应</b> .....	62
<b>图 7-2 终端锯齿振动脉冲布局 and 公差限度</b> .....	63
<b>图 7-3 撞击安全持续测试定义</b> .....	64

## 7. 运行振动和撞击安全

### 7.1 测试的目的

运行振动测试证实，航空器在正常运行期间遇到振动后，设备仍将在性能标准范围内持续运行。在滑行、着陆或当航空器在飞行中遭遇到突然的疾风时，这些振动就会发生。该测试适用于所有安装在固定翼航空器和直升航空器上的设备。提供两个运行振动测试曲线，一个标准 11 ms 脉冲和低频 20 ms 脉冲。发生在设备上更长的持续振动会有一个低于 100Hz 的最低共振频率(如第 8 节)。20ms 脉冲也许无法针对这个更长的持续振动效果进行测试。对于这样的设备，应考虑 100ms 持续脉冲。

撞击安全测试证实，在紧急着陆时，某些设备从安装装置上拆卸或分离不会带来危害。撞击安全测试适用于安装在舱室中的设备，同时，也适用于紧急着陆时会对乘坐人、燃油系统或紧急排气设备造成危害的位于航空器其他区域的分离的设备。这些测试无法满足所有设备，如座位和座位的固定装置的 FAR 要求。

*注：对于固定翼航空器而言：通过采用持续测试程序的“未知或随机”方向来完成一个完整的安装证明，即包括航空器加速负荷（如飞行操作、排气和着陆），再加上撞击安装负荷。*

在振动测试设备上采用等效负荷，对于保证记录的振动脉冲在图 7-2 所示的特定公差内是必要的。

#### 7.1.1 设备类别

A 类

测试标准运行振动的设备

B 类

测试标准运行振动和撞击安全的设备

D 类

测试低频运行振动的设备

E 类

测试低频运行振动和低频撞击安全的设备

## 7.2 运行振动

通常有性能合格要求，在下面的振动装置应用中予以了叙述。如果设备要求应用振动脉冲期间进行监测，监测要求必须列在相关的设备规范中。

### 7.2.1 测试程序

通过在运行安装使用中的刚性试验夹具和安装工具，将设备固定在振动台上。设备的安装应包括作为安装中一个普通部分的非结构连接。用来测量或控制振动脉冲的加速计应放置在尽可能靠近设备附件点的位置上。测量加速的测试系统准确性应在 10% 的标准读数范围内。在设备操作和设备温度稳定的条件下，在每个方向上对测试物件施加三次振动，该振动都具有一个终端锯齿波形，其加速峰值为 6g's。额定脉冲持续时间应为标准振动测试下 11ms，低频率振动测试 20ms。用来证明合格性以及振动脉冲工厂限制的设备特点，分别参考图 7.1 和图 7.2。同等振动响应谱可以替代终端锯齿波形。

在使用缓冲装置后，确定是否与适用的设备性能标准相符合。

当使用传统的掉落振动机器，设备应按照下列方向来进行振动测试：

- a. 普通直立方向
- b. 吊升颠倒方向
- c. 设备的第一个主要的正交轴相继形成与平台面成 +90 度和 -90 度角（两个方向）的方向上。
- d. 设备的第二个主要的正交轴相继形成与平台面成 +90 度和 -90 度角（两个方向）的方向上。

### 7.2.2 交替测试程序

如果三次振动都作用在三个正交轴的两个方向上，允许对正常安装方向（即航空器的习惯性安装方向）上的设备施加 7.2.1 小节中规定的振动。

## 7.3 撞击安全

如果撞击安全测试是可行的，应执行脉冲和持续测试程序。

在 7.3.1，7.3.2 或 7.3.3 小节的脉冲测试中，可以采用相同重量（仿真负载）来替代通常安装在设备柜套里或设备柜套上的电气-机械零部件。如此相同重量应与其替代的零部件重量相似，并且其安放的

位置应使得设备的中心在本质上不会发生改变。相同的重量不应增加设备柜套或安装紧固件的强度，使强度达到比替代的零部件更大的程度。

### 7.3.1 测试程序 1 (脉冲)

利用刚性测试夹具和用于运行安装的安装工具，将设备或仿真负载固定在振动平台上。

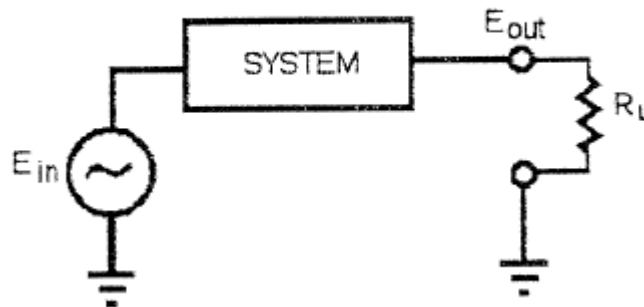
在 7.2.1 小节中列出的 6 个设备方向上，施加一个带有与图 7-1 和 7-2 所规定波形相同的 20g 振动。在进行 6 次振动后，应允许进行弯曲和变形测试。不应出现安装附件故障的情况，同时设备或仿真负载应依旧处于合适的位置上。

### 7.3.2 交替测试程序 (脉冲)

如果在三个正交轴的两个方向上施加这些振动，可以连同安装在普通操作方向上的设备来使用 7.3.1 小节中规定的振动装置。

### 7.3.3 测试程序 2 (持续)

采用离心机或滑车可以正常地执行下面的持续测试程序。但是，在某些情况下，假如可以确定设备内部的其他部件在挣脱的情况下还包含在设备的外壳内时，通过测试下的设备重心静态地施加力量，以产生惯性作用是可以接受的。



$R_L$  = 典型输出终端

$E_{in}$  = 电压输入

$E_{out}$  = 电压输出

SYSTEM = 系统

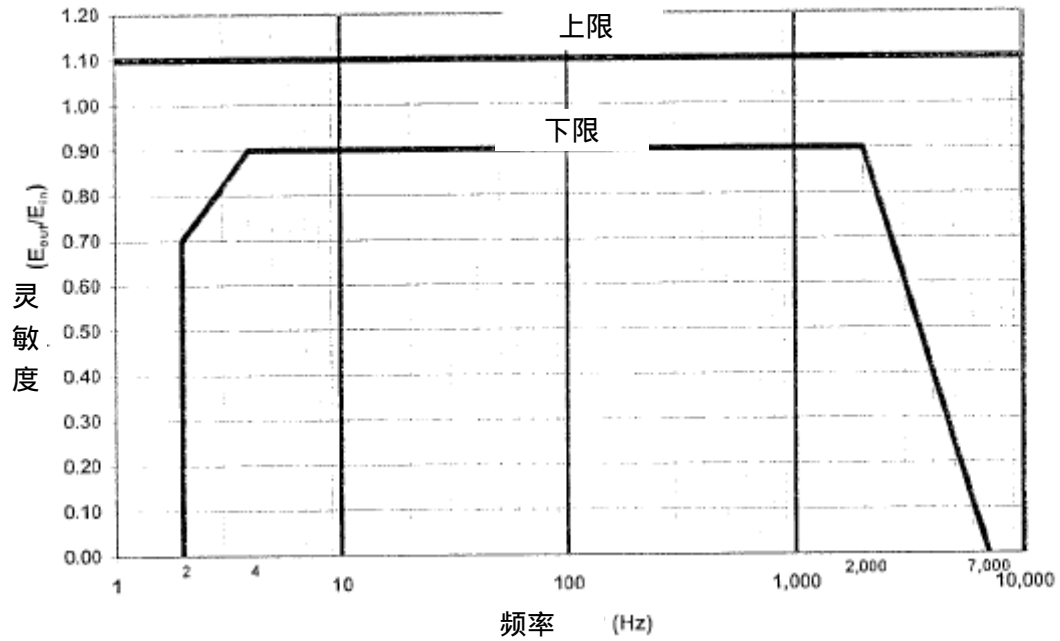
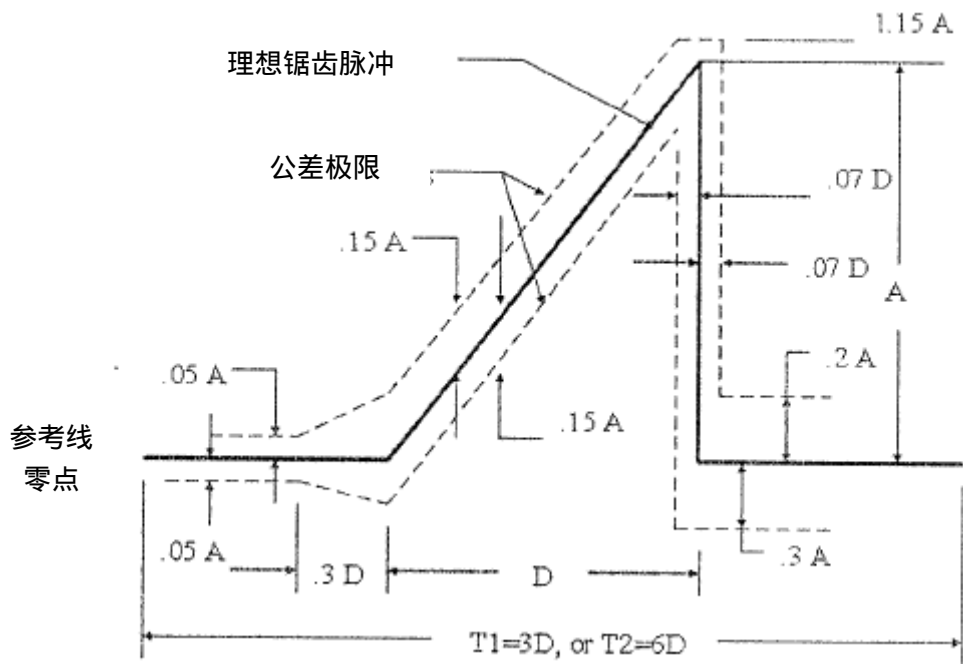


图 7-1 振动测量系统频率响应



D = 额定脉冲的持续时间

A = 额定脉冲的峰值加速度

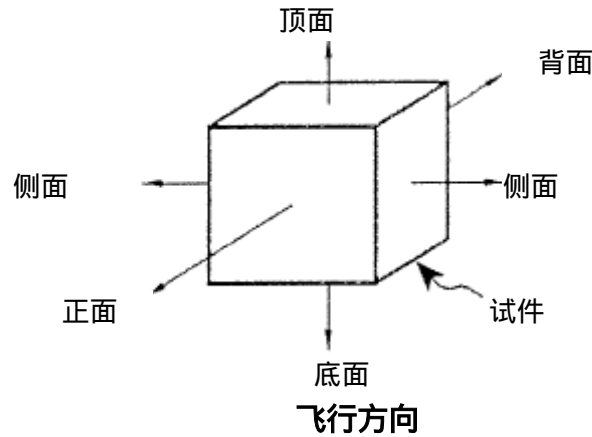
T1 = 对于产生的振动，采用传统振动测试机器来监测脉冲所花的最少时间。

T2 = 对于产生的振动，采用振动器来监测脉冲所花的最少时间。

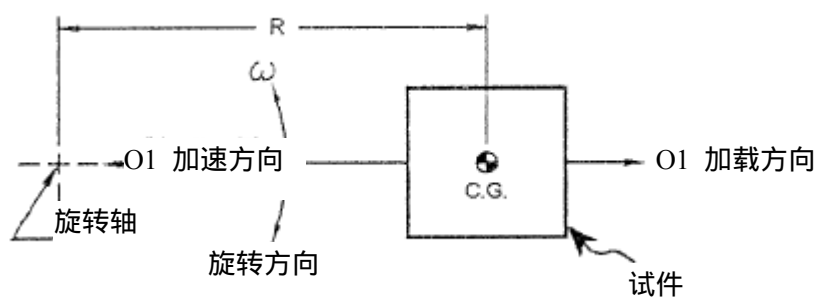
测试 (脉冲)	峰值 (A) (g)	额定持续时间 (D) (ms)
标准低频运行	6.6	11
运行	20	20
撞击安全	20	11
低频撞击安全		20

注：波形图应将持续时间  $T_1$  或  $T_2$  包括在大致处于中心位置的脉冲中。终端锯齿脉冲的加速幅度为 A，其持续时间为 D。测量的加速脉冲应包括在短划线边界内，并且测量的速度变化（可以通过合成加速脉冲来实现）应在  $V_i \pm 0.1 V_i$  限度内，这里的  $V_i$  是与等于  $0.5DA$  的理想脉冲相联系的速度变化。确定速度变化的合成应从脉冲之前的  $0.4D$  延伸到脉冲之后的  $0.1D$ 。

图 7-2 终端锯齿振动脉冲布局 and 公差限度



注：如果使用离心机，应考虑转动加速效果和样本上的加速率。



**转动平面的俯视图**

对齐测试物件，这样飞行方向可以与“荷载方向”对齐，同时使用飞行方向所规定的测试加速度。

$$\text{加速度(G's)} = \omega^2 R = 0.001118 \cdot R \cdot (\text{RPM})^2 \cdot 9.81$$

R=半径，米

$\omega$  =角旋转，弧度/秒

RPM =转/分

### 离心机定义

**图 7-3 撞击安全持续测试定义**



该页保留空白

RTCA.公司  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 8 节 振动试验

#### 重要提示

这些章节中所包含的说明适用于本文件中其它章节的所有测试程序。另外，附录 A 可用于鉴定所进行的环境测试。

## 目 录

8. 振动试验.....	70
8.1 测试的目的.....	70
8.2 适用性.....	70
8.2.1 振动测试类别定义.....	70
8.2.2 测试曲线/测试电平选择.....	71
8.3 振动测试要求.....	73
8.4 振动测试电平要求.....	73
8.4.1 控制电平公差要求.....	73
8.4.2 加速功率谱密度的测量.....	74
8.5 标准振动测试程序-固定翼航空器.....	74
8.5.1 正弦测试程序.....	75
8.5.2 随机测试程序.....	75
8.6 高级、短时持续振动测试程序.....	76
8.7 强烈振动测试程序-固定翼航空器.....	76
8.7.1 正弦测试程序.....	76
8.7.2 随机测试程序.....	77
8.8 直升航空器的振动测试.....	77
8.8.1 正弦随机测试程序-已知的直升航空器频率.....	78
8.8.2 U类的正弦随机测试程序-未知的直升航空器频率.....	79
8.8.3 U2类的随机测试程序-未知的直升航空器频率.....	79
<b>表 8-0 测试说明.....</b>	<b>72</b>
<b>表 8-1 航空器类型和设备位置的分类和振动测试.....</b>	<b>82</b>
<b>图 8-2a 直升航空器的正弦随机振动测试频率.....</b>	<b>83</b>
<b>表 8-2b 直升航空器的正弦随机振动测试电平.....</b>	<b>84</b>
<b>图 8-1 安装在带有涡轮喷气发动机或涡轮风扇发动机的固定翼航空器上的设备标准随机振动测试曲线.....</b>	<b>85</b>
<b>图 8-2 安装在带有涡轮喷气发动机或涡轮风扇发动机以及无导管风扇发动机的固定翼航空器上的设备标准和坚固正弦振动测试曲线.....</b>	<b>86</b>
<b>图 8-3 安装在带有循环或涡轮旋桨发动机的固定翼航空器上的设备标准正弦振动测试曲线.....</b>	<b>87</b>

<b>图 8-5 安装在带有涡轮喷气发动机或涡轮风扇发动机的固定翼航空器上的设备高级、短时持续正弦振动测试曲线</b> .....	89
<b>图 8-6 直升航空器的正弦随机振动测试曲线</b> .....	90
<b>图 8-7 直升机机身、仪表板和尾桁的随机测试曲线（未知频率）</b>	91

该页保留空白

## 8. 振动试验

### 8.1 测试的目的

这些测试证明，当处于合适安装所规定的振动级别情况下，设备符合适用设备性能标准（包括持续性要求）。

### 8.2 适用性

下面描述的振动测试适用于安装在固定翼螺旋桨航空器，固定翼涡轮喷气飞机、涡轮风扇以及改装涡轮风扇航空器和直升飞机上的设备。

为了显示与性能标准相符合而执行的特定振动测试在本段中予以了规定，并且取决于下列三个标志：(1) 航空器类型，(2) 测试类别，(3) 航空器区域定位。随后的章节中阐述了完成这些测试的要求和程序。

#### 8.2.1 振动测试类别定义

选自下列规定种类的合适种类应基于性能的设备证明所要求的保证水平。对于固定翼航空器上的设备，可以执行标准或强烈振动测试。完成高水平短持续时间测试的需要基于设备性能要求。对于直升航空器上的设备，只有坚固测试可以进行。

##### 8.2.1.1 标准振动测试（S类）

固定翼航空器的标准振动测试表明，设备将满足在航空器普通操作条件下发生的振动环境下的功能性能要求。

##### 8.2.1.2 强烈振动测试（R、U、U2类）

强烈振动测试证明，设备在处于振动条件下会平稳地进行操作，同时也证明设备在处于耐久性振动水平下仍然能够平稳地操作。该测试包括了设备功能性能和结构整体性的证明。测试应在所有设备上执行，对于抗击长期处于振动环境的效果必须予以证明。执行替代标准振动测试的该测试的必要性应由相关的设备规定来确定。U和U2类为安装在带有未知转子相关频率的直升机上的设备类型。坚固测试可以或不可以代表使用寿命测试。寿命测试取决于振动环境，设备处于与测试电平相关的环境下。如果振动环境是已知的，相关设备规范要求使用寿命测试，通过采用可接受的劳损比例关系来调整测试电平/测试次数，来使得坚固测试代表寿命测试。

### 8.2.1.3 高级、短时持续振动测试（H、Z类）

在发动机风扇叶片磨损期间发生的固定翼航空器反常振动情况中，会遇到高级的持续时间短的瞬时振动。该测试应该应用于性能的功能丧失会危及到航空器性能的设备上。H类测试是包括了所有应用的普通测试。Z类测试包括了限制性低风扇频率应用。这些测试不能取代标准测试或强烈振动测试。可以参见下列注意事项。

**警告：**有关一些特定发动机失调的振动级别的全面分析没有基于这些限度来进行评价。因此，在没有进行额外测试或分析的情况下，对于一些应用而言，单是这一个测试也许是不够的。

## 8.2.2 测试曲线/测试电平选择

### 8.2.2.1 测试说明

下表 8-0 中的数据对每个测试类别的测试进行了简要的说明。如果想了解更加详细的说明，请参见程序

**表 8-0 测试说明**

类别	航空器类型	标准振动	高级、短时持续振动	强烈振动
S	固定翼	在理想级下的 1 小时/轴向正弦或随机的	无	无
H 或 Z	固定翼	无	每个轴向的 高 g / 低 f 正弦扫描	无
R	固定翼	无	无	少于 30 分/停顿 (最大为 4 次停顿) 3 小时/轴向正弦或在理想级下随机(最少为 10 分钟)以及 3 小时持续级(在所有 3 个轴向上重复)
R 或 U	直升航空器	无	无	正弦随机;在持续水平下 2 小时加上停顿时间(最大为 4 个停顿,最大为 3 小时总测试时间)以及在测试的开头和结束(在所有 3 个轴向上重复)所进行性能测试(最少为 10 分钟)。对于 U 型可以将测试重复 3 次
U2	直升航空器	无	无	随机;在测试开始和结束时(最少 10 分钟)的性能测试,在持续级下 3 小时(在所有 3 个轴向上重复)

### 8.2.2.2 测试曲线

表 8-1 规定了用于适用类别的合适测试曲线,同时规定了每个航空器类型的航空器分区。固定翼航空器的图 S-1 到图 8-5 以及直升航空器的表 8-2a 和表 8-2b 显示了表 8-1 各类测试电平。

需要注意的是,“设备面板、控制台和支架”包括附加在内隔装置和驾驶舱地板的内部物件,并且与“机身”区域相隔离。“机身”区域适用于没有安装在多槽设备机架,但是附着在支架,纵梁,表面和其他机身结构或托架上的所有设备。

重量限额-对于重量超过 22.7kg (50 lbs)的设备物件,采用下列安排,可以减小频率高于 60Hz 的标准和坚固测试电平。在 22.7kg(50lb)之上每增加 0.454kg(1.0lb),随机和正弦标准以及坚固测试电平可以减少 0.10dB,直到减小总量达到 6.0dB。(需要注意的是,6.0dB 的减小量会将 APSP 级减小到 1/4 的水平上,将正弦水平减小到原来水平的 1/2 上。)



### 8.3 振动测试要求

下列常规要求适用于所有振动测试：

- a. 安装待测设备，确保输入振动与三个主要的正交轴之一相平行。使用的任何测试夹具应尽可能的坚固和对称。应利用设备规范中所规定的方法，将设备系在固件或振动台上。安装在外部防振器上的设备应通过隔振器来进行测试。
- b. 在适用的地方，加速计应维系在承受振动的设备物件上，从而测量并记录设备在振动轴向上的振动反应，确定共振频率和放大倍数。选择的位置可以包括主要结构、印刷电路板、较大的零部件和舱室。
- c. 控制加速计应附着在离安装于测试每个轴向位置上的设备尽可能近的测试夹具上。将一个以上的加速计用于测试电平控制时，正弦测试平均加速计控制信号或随机测试平均加速功率谱密度应当作测试电平控制来使用。对于所有振动输入类型，应有合适的光谱或 APSD 来证明控制水平满足测试电平的要求。
- d. 随机振动信号应呈现出高斯分布，并且控制信号的瞬时振动加速峰值可以限制在  $g_{rms}$  加速水平的三倍上。
- e. 测量正弦加速的设备系统精度应在加速度的 $\pm 10\%$ 以内，频率的 $\pm 2\%$ 以内。
- f. 如果随机振动测试要求超过振动测试系统的电源容量，测试可以在在 10 到 600Hz 以及 600 到 2000Hz 的频带上执行。规定的测试时间应该应用于每个频带上。

### 8.4 振动测试电平要求

#### 8.4.1 控制电平公差要求

##### 8.4.1.1 正弦控制输入

正如 8.3 c 所规定的那样，任何正弦输入曲线的加速测试电平控制都应在特定频率范围内特定水平的 $\pm 10\%$ 以内。

##### 8.4.1.2 随机控制输入

正如 8.3 c 规定的那样，测试控制信号的加速功率谱密度在 500Hz 以下不应偏离特定要求的+3 dB 或-1.5 dB，在 500Hz 到 2,000Hz 时不应偏离 $\pm 3.0$  dB。控制信号的全部  $g_{rms}$  级应在特定 APSD 曲线全部  $rms$  值+20 和 -5 的范围内。

## 8.4.2 加速功率谱密度的测量

分析和控制系统应使用大于或等于 50 的带宽-时间 (BT) 产品。  
特定分析器特性或它们的相等物应按照下列情况来予以规定。APSD 测量首选离散 FFT 分析方法。

### 8.4.2.1 模拟分析器要求

a. 联机邻接滤波器，具备一个 B 带宽的，少于或等于 50Hz 的平衡/分析系统。

b. 扫频分析系统的特性如下：

(1) 恒定带宽分析器

(a) 滤波器带宽

B = 10 Hz, 最大范围为 10 到 200Hz。 B = 50 Hz, 最大范围为 200 到 2,000Hz。

(b) 分析器平均时间= $T = 2\tau = 1$  s 最小时间，该式中，T=真实平均时间， $\tau$ =分析器时间常数

(c) 分析扫描速率= $R = B/4\tau$  或  $B/8$  Hz/s 最大值 (两者取最小值)。

(2) 恒定百分比带宽分析器

(a) 滤波器带宽= $Pf_c$ =倍频最大值的三分之一 (该式中，P=百分比 $\leq 0.23$ ，同时  $f_c$ =分析器中心频率)。

(b) 分析器平均时间= $T = 50/Pf_c$  最小值。

(c) 分析对数扫描率= $R$

$$R = \frac{Pf_c}{4\tau} \text{ or } \frac{(Pf_c)^2}{8}$$

Hz 的最大值，两者之中取更小者

### 8.4.2.2 数字分析器要求

采用离散频率分析技术的数字功率谱密度分析系统应该有一个最少为 400 线的频率分析 (即  $f$  等于或小于 5Hz) 带宽时间乘积等于用来包含 APSD 的记录数量 (即，当测量 APSD 时，总体均值数量应为 50 以上)。

## 8.5 标准振动测试程序-固定翼航空器

图 8-1 到 8-3 给出了用于特定类别和地区的表 8-1 中的标准振动

测试曲线。对于大部分的航空器类型/区域应用而言，可以确定正弦或随机测试振动曲线。对于 7 区 6 型航空器而言，用户可以在正弦和随机振动测试之间进行选择。下面规定了正弦和随机测试的程序，（注：只有适用的正弦或随机测试需要执行）

当进行和完成标准振动测试时，确定与适用设备性能标准是否符合。

### 8.5.1 正弦测试程序

在设备的三个正交轴中，应采用图 8-2 或图 8-3 中合适的测试曲线在每个正交轴上执行下列测试。

在设备运行的情况下，执行正弦频率扫描循环，该正弦频率扫描循环从最低到最高（升频扫描），再到带有不超过 1.0 倍频/分的最低（下向扫描）特定频率的合适频率范围内改变振动频率。起始升频扫描期间，在选择反应地点上记录加速计的标记点并且对临界频率进行鉴定。临界频率按照下列频率来确定：

- (1) 机械振动共振会有比输入加速振幅两倍还大的最高加速振幅。
- (2) 无论是否超过了性能标准，性能或运转上的变化都是值得注意的。

持续进行振动正弦频率扫描循环以及操作，时间为最少 1 小时，从而确定是否与适用设备性能标准相符合。测试期间发生的临界频率上的任何变化都应在环境评价表格中标注出来（见附录 A）。测试完成时，对设备应进行检查，并且设备不会显示出任何内部或外部零部件结构故障的迹象。

当施加的输入振动的总错位超过 0.5mm 时，测试物件的任何显示特性的识别困难都不应成为测试失败的理由。

### 8.5.2 随机测试程序

在设备的三个正交轴中，每个正交轴上执行下列测试顺序：

- a. 在设备没有运行的情况下，以不超过 1.0 倍频/分的扫描率执行 10Hz 到 2000Hz 的正弦扫描。记录设备选择位置上的反应加速计点，从而确定共振频率和放大倍数。共振频率被确定为反应峰值，比输入加速幅度两倍还大。
- b. 在设备操作的情况下，使用最少为一小时一轴的图 8-1 中的合适性能级测试 APSD，从而确定是否与适用设备性能标准相符合。在振动期间，在设备上执行振动反应测量 APSD 分析。
- c. 重复 8.5.2.a 小节中的正弦扫描。振动共振频率上的任何变化都应标注在环境评价表格中（见附录 A）。

测试完成时，对设备应进行检查，并且设备不会显示出任何内部或外部零部件结构故障的迹象。

## 8.6 高级、短时持续振动测试程序

在设备操作的情况下，以图 8-5 所示的级别，在合适的设备区域内应用正弦振动。对于一般的 H 类应用而言，在设备三个正交轴的每个正交轴上，从 10 到 250Hz，以不超过 0.167 Hz/秒的扫描率执行正弦线性频率扫描。对于受限的 Z 类应用，可以减少最大频率。对于该应用而言，最大频率应该等于或比最大风扇转子速度的两倍还大。对于 Z 类而言，环境评价表格中应报告测试的最大频率（见附录 A）。确定是否与适用设备性能标准相符合。在测试期间或测试后，操作性能要求应由设备规范来确定。

## 8.7 强烈振动测试程序-固定翼航空器

图 8-1 到 8-4 给出了用于特定类别和地区的表 8-1 中的强烈振动测试曲线。对于大部分的航空器类型/地区应用而言，可以确定正弦或随机测试振动曲线。对于 6 型航空器 7 地区而言，用户可以在正弦和随机振动测试之间进行选择。下面规定了正弦和随机测试的程序（注：只有适用的正弦或随机测试需要执行）

### 8.7.1 正弦测试程序

在设备的三个正交轴中，应采用图 8-2 中合适的正弦测试电平在每个正交轴上执行下列测试。

当进行和完成振动测试时，确定与适用设备性能标准是否相符合。

- a. 在设备运行的情况下，除非在设备规范中另作规定，执行正弦频率扫描循环，该正弦频率扫描循环从最低到最高（升频扫描），再到带有不超过 1.0 倍频/分的最低（下向扫描）特定频率的合适频率范围内改变振动频率。执行这些扫描所花费的时间包括在了 8.7.1.c 小节的总扫描时间中。起始升频扫描期间，在选择反应地点上记录加速计的标记点并且对临界频率进行鉴定。临界频率按照下列频率来确定：(1) 机械振动共振会有比输入加速振幅两倍还大的最高加速振幅。
- (2) 无论是否超过了性能标准、性能或运转上的变化都是值得注意的。
- b. 从 8.7.1a 中规定的临界频率中选择四个最严重的频率。在每个这些选择频率中停留 30 分钟。在每个共振驻留期间，如果有必要的话，可以应用的频率应该予以调整，从而在驻留的振动共振下保持最大加速反应。如果鉴定了不到四个临界频率，应在每个频率上留驻 30 分钟。如果没有一个临界频率通过鉴定，不需要执行任何留驻。
- c. 执行振动留驻测试，通过正弦频率扫描循环完成振动测试。频率循环的

时间应该用 3 小时减去 8.7.1.b 中规定的测试共振的时间。

测试期间发生的临界频率上的任何变化都应在环境评价表格中标注出来（见附录 A）。如果没有发生任何变化，代表该意思的声明应包括在宣告中。当施加的输入振动的总错位超过 0.5mm，测试物件的任何显示特性的识别困难都不应成为测试失败的理由。

- d. 测试完成时，对设备应进行检查，并且设备不会显示出任何内部或外部零部件结构故障的迹象。

### 8.7.2 随机测试程序

在设备的三个正交轴中，每个正交轴上执行下列测试顺序：

- a. 在设备没有运行的情况下，以不超过 1.0 倍频/分的扫描率执行 10Hz 到 2000Hz 的正弦扫描。记录设备选择位置上的反应加速计点，从而确定共振频率和放大倍数。共振频率被确定为反应峰值，比输入加速幅度两倍还大。
- b. 在设备操作的情况下，使用必要持续时间图 8-1 中的合适性能水平测试，从而确定是否与适用设备性能标准相符合。在振动期间，在设备上执行振动反应测量 APSP 分析。
- c. 将图 8-4 合适持续级测试 APSP 应用三个小时。除非在设备规范中另作规定，测试物件应在振动中进行操作。在临近开头，并且在临近振动结束的时候，在设备上执行振动反应测量的 APSP 分析，并且确定是否与适用设备性能标准相符合。

如果在持续级振动测试期间，测试物件不进行操作，在完成持续级振动测试后，显示与适用设备性能标准相符合的测试应按照 8.7.2b 的规定来执行。

- d. 重复 8.5.2.a 小节中的正弦扫描。振动共振频率上的任何变化都应标注在环境评价表格中（见附录 A）
- e. 测试完成时，对设备应进行检查，并且设备不会显示出任何内部或外部零部件结构故障的迹象。

### 8.8 直升航空器的振动测试

本文叙述的测试是默认测试，在无法获得测量振动数据直升航空器的设备上可以执行该类测试。对于已经测量过数据的直升航空器而言，采用直升航空器测试标准的可接受标准程序来使用“合适的”测试。测试程序包括已知和未知直升航空器频率的例子。对于未知直升航空器频率的例子，提供了两条可选择的程序。

在对 DZUS ©扣件或其他柔性安装设备进行测试的过程中发生的磨损/破坏上，应格外小心。

## 8.8.1 正弦随机测试程序-已知的直升航空器频率

下面规定了执行正弦随机振动测试的测试频率，测试级和测试程序。通过测试的设备能够安装在任何具有表 8-2a 中所规定的频率的直升航空器上。该频率包括在了 8.8.1.3 规定的正弦频率范围  $f_n \times 0.90$  to  $f_n \times 1.10$  内。

### 8.8.1.1 测试频率

下面规定了四个主要转动源每转一次的频率：

FM = 主要转子 一次/转 频率，Hz

FT = 尾部螺旋桨 一次/转 频率，Hz

FE = 发动机 一次/转 频率，Hz

FG = 主要变速器 一次/转 频率，Hz

采用主要转子和尾部转子的叶片数量来确定转子叶片的叶片流道频率。

NM = 主要转子上的叶片数量

NM\*FM = 第一叶片流道主要转子频率，Hz

NT = 尾部转子上的叶片数量

NT\*FT = 第一叶片流道尾部转子频率，Hz

每个直升航空器地区所使用的测试频率可以采用表 8-2a 中提供的公式来确定。

### 8.8.1.2 正弦和随机测试电平

采用 8.8.1.1. 中规定的合适的正弦测试频率，可以计算正弦测试级  $A_n$ ，给出表 8-2b 的公式中的每个频率。表 8-2b 中给出了随机级。合成正弦和随机曲线作为图 8-6 中总的测试曲线出现。

### 8.8.1.3 程序

应用控制输入振动水平具备一个正弦频率总的频率含量以及上面所确定的宽带随机测试电平。

在不超过 1 Oct/min 从  $f_n \times (0.9)$  到  $f_n \times (1.1)$  对数扫描率的情况下（ $f_n$  代表测试谱的正弦频率），正弦频率应该是有变化的。

采用下列规定的测试程序，性能和持续振动测试应在设备的三个正交轴的每个正交轴上执行。

- a. 在设备没有运行的情况下，以不超过 1.0 倍频/分的扫描率执行 10Hz 到 2000Hz 的正弦扫描。记录设备选择位置上的反应加速计点，从而确定共振频率和放大倍数。共振频率被确定为反应峰值，比输入加速幅度两

倍还大。

- b. 在设备操作的情况下，使用表 8-2a 和 8-2b 必要持续时间（最少 10 分钟）所规定的图 8-1 中的合适性能水平测试，从而确定是否与适用设备性能标准相符合。
- c. 在设备操作的情况下，除另作规定外，应使用表 8-2a 和 8-2b 最少两小时所规定的表 8-1 中合适的持续测试电平曲线。如果 8.8.1.3a 中确定的设备共振频率中的一个或多个频率在正弦测试频率贷款的 $\pm 10\%$ 以内，选择最严重的频率（最大为 4）。在这些频率的每个频率上执行正弦留驻长达 30 分钟。留驻测试也许包括多频。  
在每个共振留驻期间，如果有必要的话，可以应用的频率应该予以调整，从而在留驻的共振下保持最大加速反应。在持续级上所要求的最大测试时间为 3 小时。如果发现了两个以上的共振，2 个小时的标准最小测试时间可以予以相应的减少，从而保证整个持续测试时间不超过 3 小时。
- d. 在完成 8.8.1.3.c 后，重复 8.8.1.3.b 的测试。任何性能上的变化都应在环境评价表格中标注出来（见附录 A）。
- e. 重复小节 8.5.2.a 中的正弦扫描。振动共振频率上的任何变化都应标注在环境评价表格中（见附录 A）如果没有发生任何变化，代表该意思的声明应包括在宣告中。当应用输入振动的总错位超过 0.5mm，读出测试物件的任何显示特性上的困难都不应成为测试失败的理由。
- f. 测试完成时，对设备应进行检查，并且设备不会显示出任何内部或外部零部件结构故障的迹象。

### 8.8.2 U 类的正弦随机测试程序-未知的直升航空器频率

未知直升航空器频率测试程序采用下列规定测试频率，利用了 8.8.1 中的已知直升航空器频率正弦测试程序。下列测试顺序可以应用在表 8-2a 区域 1a 和区域 2 设备上。测试顺序包括机身，仪表盘，控制板和设备支架。

采用正弦测试频率的下列值，按照 8.8.1.3 的要求执行三个测试（这些测试可以通过应用第 1，第二或第三个设备来执行）。

测试 1:  $f_1=11$  Hz,  $J_2=19.9$ ,  $f_3=35.5$ ,  $f_4=63.9$

测试 2:  $f_1=13.4$  Hz,  $f_2=24$ ,  $f_3=43.4$ ,  $f_4=77.8$

测试 3:  $f_1=16.3$  Hz,  $f_2=29.2$ ,  $f_3=52.5$ ,  $f_4=94.9$

设备共振正弦留驻可以在任何一个上述测试/测试装置上进行。

### 8.8.3 U2 类的随机测试程序-未知的直升航空器频率

可以使用下列随机测试程序，以此来替代 8.8.2 正弦随机测试程序，从

而用于表区域 1a 和区域 2 设备。这个也可以用于区域 1b(尾桁)设备。

在设备的三个正交轴中，应采用图 8-7 中测试曲线和测试电平在每个正交轴上执行下列测试。

- a. 在设备操作的情况下，使用必要持续时间（最少 10 分钟）性能水平测试 APSD，从而确定是否与适用设备性能标准相符合。  
在这期间，也应在设备的选择区域上执行振动加速反应的 APSD 分析。
- b. 在设备操作的情况下，除非在适用设备规范中另作规定，应使用持续级测试 ASPD 长达 3 小时。
- c. 在三小时测试后，重复 8.8.3.a 的测试。振动共振性能上的任何变化都应标注在环境评价表格中（见附录 A）
- d. 测试完成时，对设备应进行检查，并且不会显示出任何内部或外部零部件结构故障的迹象。



航空器类型	测试类别	航空器区域						
		1	2	3	4	5	6	7
		机身	仪表板、控制台&设备台架	吊舱 & 塔架	发动机* 齿轮箱	机翼&轮舱	起落架	FMPENNAG F&直尾翅梢
1 直升航空器 (交替 & 涡轮喷 气发动机)	Roi 11(1)			振动测试曲线 (2)				
	G	C.	11	1				
2 固定翼涡轮捧 起航空器或涡轮 风扇发动机(次音 速 &超音速)	U2 (1)	F & F1	F & F1					
	S	C13)	E. B2 或 B3 (4)	I)	W	R		
	IT 或 Z	R	R	P	P	P		
3 固定翼往复 & 涡轮螺桨发动机 超过 5,700 KG (12,500 lbs)多发 发动机	R	C&C1 (3)	B & B1 或 B2 & B12. 或 B3 & B4 (4)	D & D1	W	E & F		
	S	1.(3)	M	T	U	T		
4 少于 5,700 KG 的多发动机 (12,500 lbs)	S	M(3)	M	I.	I.	L		
5 少于 5,700(1 KG (12,500 lbs) 的单个发动机	S	M	M	M	'■	M		
6 无导管固定 翼 涡轮风扇发动机 (风扇)	S	Y(3)	B, B2 或 B3(4)	D	W	E		
	11 或 Z	R	R	P	I'	P		
	R	Y(3)	B&B1 或B2&B12 或 B3 & B4 (4)	D& DI	w	E &		

- 注：
1. U 适用于区域 1a 并且仅仅适用于区域 2：(1a 是机身-1b 是尾桁)  
U2 是用来替代 U 的，并且只适用于 1a,1b 和 2
  2. 曲线 B 到曲线 E 都是随机的；曲线 G 到曲线 J 为正弦随机，所有其他曲线为正弦。
  3. 不包括安装在直接受到喷射气流影响结构上的设备。
  4. 曲线 B2 和 B12 与 EUROCAE ED-HC RTCA DO-160C 中发现的一样，并且与 B 和 B' 一样。 这些曲线都是在许多固定翼航空器所期望的级别代表，但是对于许多其他情况而言，这些曲线也是不够的。曲线 B 和 B1 包括了更高级并且反应了所有例子的期望环境。曲线 B3 和 B4 是较大航空器的代表。

表 8-1 航空器类型和设备位置的分类和振动测试

图 8-2a 直升航空器的正弦随机振动测试频率

直升航空器区域振动测试频率						
区域 / 测试曲线	la/G	lb/G	2/G	3/H	4/1	111
(1) 测试频率 $f_n$	机身	尾桁	仪表板 控制台 & 设备机架	吊舱 & 塔架	发动机 & 齿轮箱	尾翼, & 直尾 翘梢
$f_1$	NMxFM	NMxFM	NMxFM	NMxFM	NMxFM	NMxFM
$f_2$	2xNMxFM	2xNMxFM	2xNMxFM	2xNMxFM	2xNMxFM	2xNMxFM
$f_3$		NTxFT		FE	FE	NTxFT
$f_4$		2xNTxFT		FG	FG	2xNTxFT

(1) 注：8.8.1 小节中确定了  $F_{ill}$ ,  $FT$ ,  $FE$ ,  $FG$ ,  $NM$  和  $NT$

**表 8-2b 直升航空器的正弦随机振动测试电平**

直升航空器振动测试曲线测试电平（性能）				
测试 <sup>(1)</sup> 频率范围. Hz	正弦测试电平, An, (g-PK) <sup>(2)</sup>			
	G	H	I	J
$3 < f_n < 10$	$0.04 \times f_n$	$0.05 \times f_n$	$0.08 \times f_n$	$0.17 \times f_n$
$10 < f_n < 20$	$0.04 \times f_n$	$0.05 \times f_n$	$0.08 \times f_n$	4.2
$20 < f_n < 40$	$0.04 \times f_n$	$0.05 \times f_n$	$0.08 \times f_n$	4.2
$40 < f_n < 200$	1.6	2.5	$0.08 \times f_n$	4.2
$200 < f_n < 2000$			16.7	
PSD	随机曲线级(g7Hz (Grms))			
W <sub>0</sub>	0.01 (2.75)	0.01 (2.75)	0.01 (2.75)	0.01 (2.75)

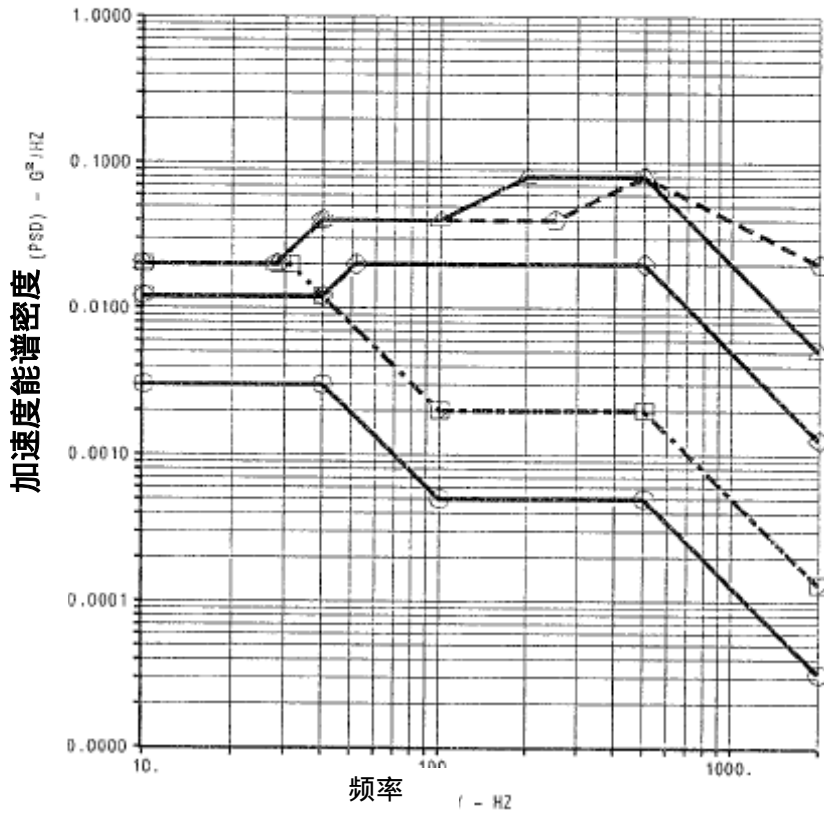
直升航空器振动测试曲线测试电平(持续)				
测试 <sup>(1)</sup> 频率范围. Hz	正弦测试电平, An, (g-PK) <sup>(2)</sup>			
	G	H	I	J
$3 < f_n < 10$	$0.05 \times f_n$	$0.07 \times f_n$	$0.1 \times f_n$	$0.2 \times f_n$
$10 < f_n < 20$	$(0.2 \times f_n) - 1.5$	$(0.28 \times f_n) - 2.1$	$(0.3 \times f_n) - 2$	$(0.3 \times f_n) - 1$
$20 < f_n < 40$	2.5	3.5	4.00	5.00
$40 < f_n < 200$	2.5	3.5	$(0.1 \times f_n)$	5.00
$200 < f_n < 2000$			20.00	
PSD	随机曲线级 (g"/Hz (Grms))			
W <sub>0</sub>	0.02(3.89)	0.02 (3.89)	0.02 (3.89)	0.02 (3.89)

<sup>(1)</sup>注 1： 在表 8.2a 中确定了每个区域的四个正弦频率  $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ 。图 8-6 正弦随机测试曲线。

<sup>(2)</sup>注： 对于安放在航空器机壳外部，并且敞开在外部空气流的设备而言，正弦级应乘上 1.5 倍的因数。

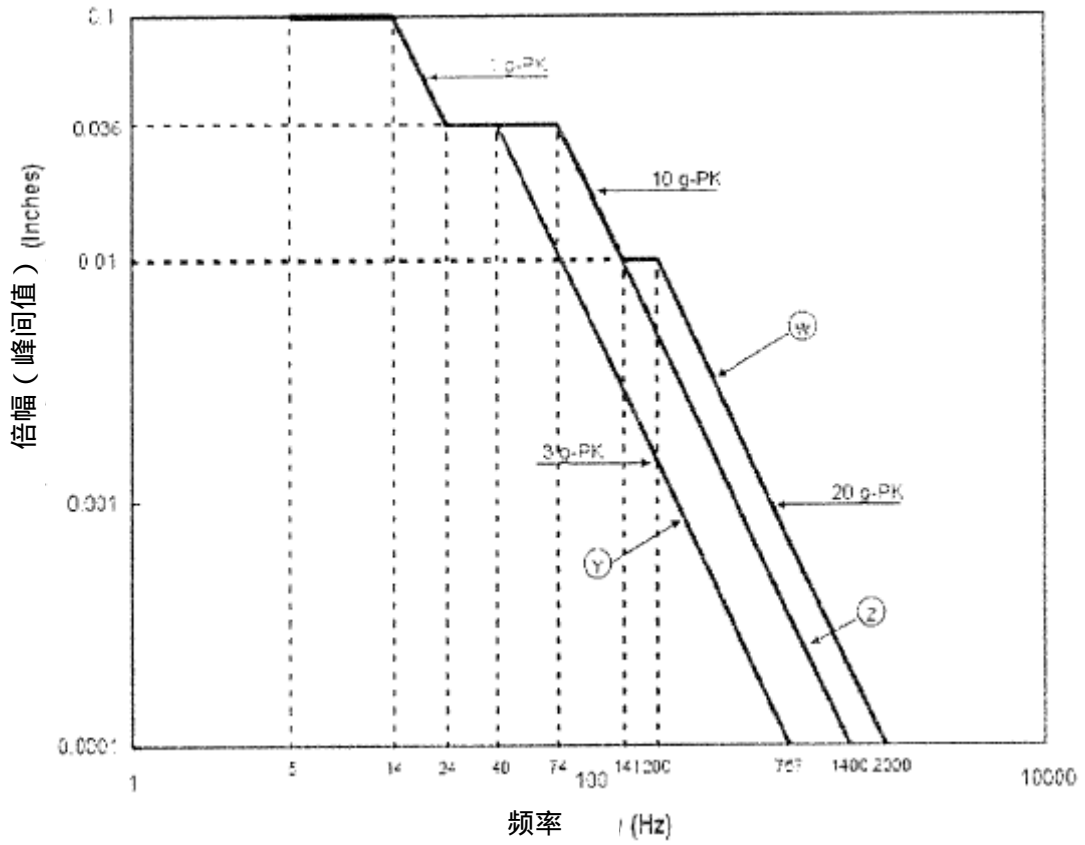
Curves	G <sub>RMS</sub>
B2	0.74
B	1.48
B3	1.55
C	4.12
D	8.92
E	7.94

B2	○
B	□
B3	◇
C	○
D	○
E	○



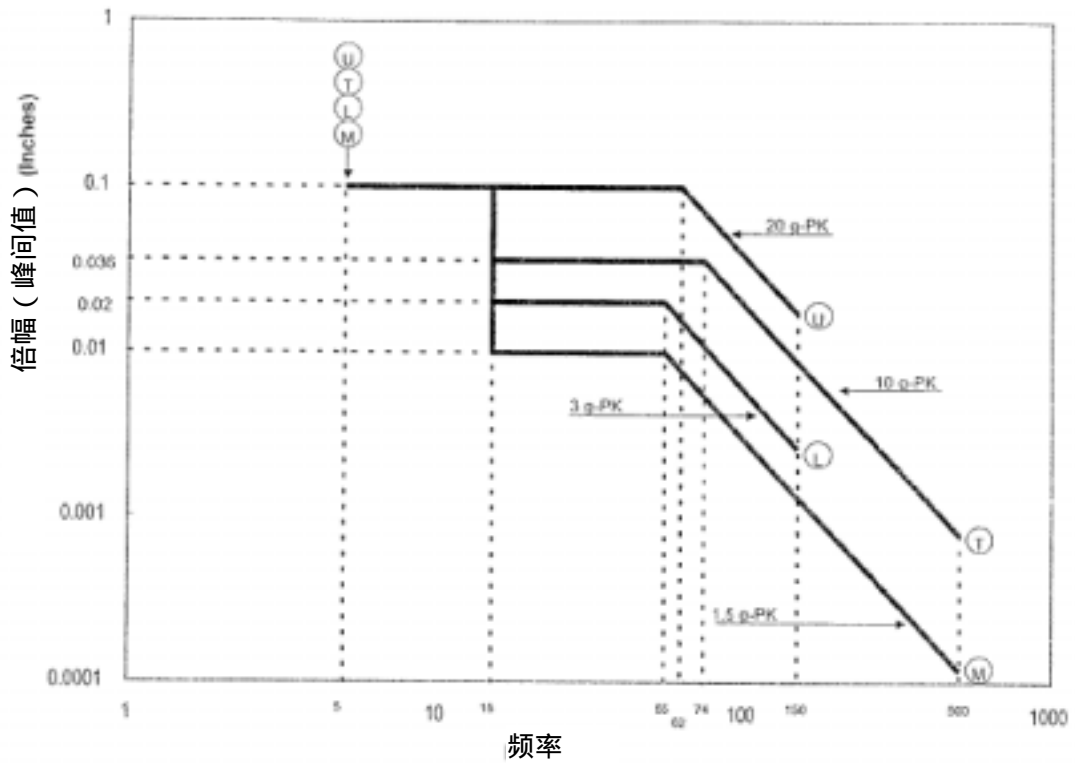
在测试曲线频率断点上的测试电平										
	10	28	31	40	51.7	100	200	250	500	2000
B2	0.003			0.003		0.0005			0.0005	0.000032
B	0.012			0.012		0.002			0.002	0.00013
B3	0.020		0.020			0.002			0.002	0.00013
C	0.012			0.012	0.020				0.020	0.00126
D	0.020	0.020		0.040				0.040	0.080	0.020
E	0.020	0.020		0.040		0.040	0.080		0.080	0.00505

图 8-1 安装在带有涡轮喷气发动机或涡轮风扇发动机的固定翼航空器上的设备标准随机振动测试曲线

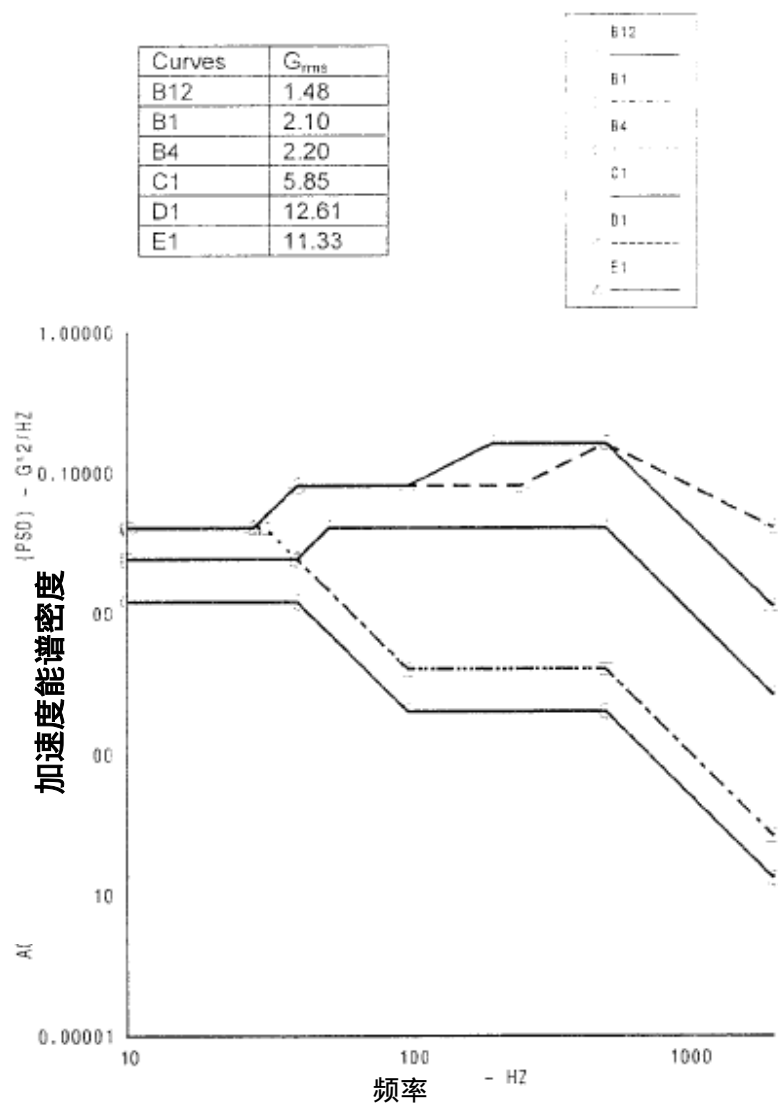


注：在该图中，保留使用英制单位，因为这些图片本来就来源于这些单位。

图 8-2 安装在带有涡轮喷气发动机或涡轮风扇发动机以及无导管风扇发动机的固定翼航空器上的设备标准和坚固正弦振动测试曲线



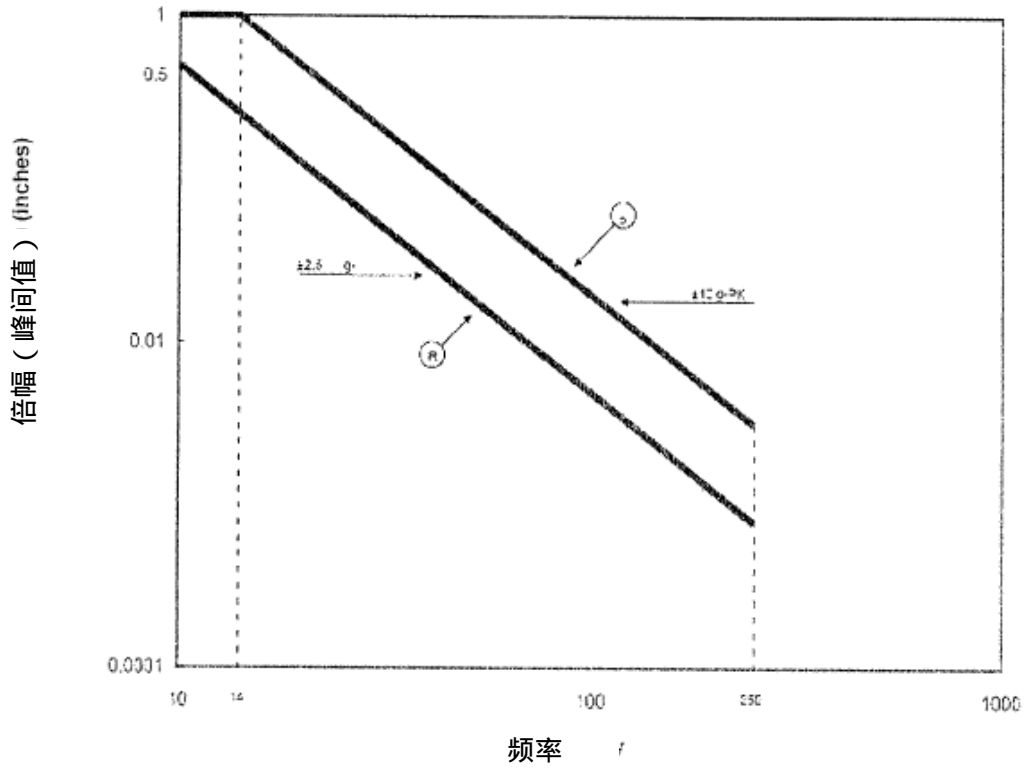
注：在该图中，保留使用英制单位，因为这些图片本来就来源于这些单位。  
**图 8-3 安装在带有循环或涡轮螺旋桨发动机的固定翼航空器上的设备标准正弦振动测试曲线**



在测试曲线频率断点上的测试电平										
	10	28	31	40	51.7	100	200	250	500	2000
B12	0.012			0.012		0.002			0.002	0.00013
B1	0.024			0.024		0.004			0.004	0.00026
B4	0.040		0.040			0.004			0.004	0.00026
C1	0.024			0.024	0.040				0.040	0.0026
D1	0.040	0.040		0.080				0.080	0.160	0.040
E1	0.040	0.040		0.080		0.080	0.160		0.160	0.011

图 8-4 安装在带有涡轮喷气发动机或涡轮风扇发动机的固定翼航空器上的坚固随机振动测试曲线





注：在该图中，保留使用英制单位，因为这些图片本来就来源于这些单位。

图 8-5 安装在带有涡轮喷气发动机或涡轮风扇发动机的固定翼航空器上的设备高级、短时持续正弦振动测试曲线

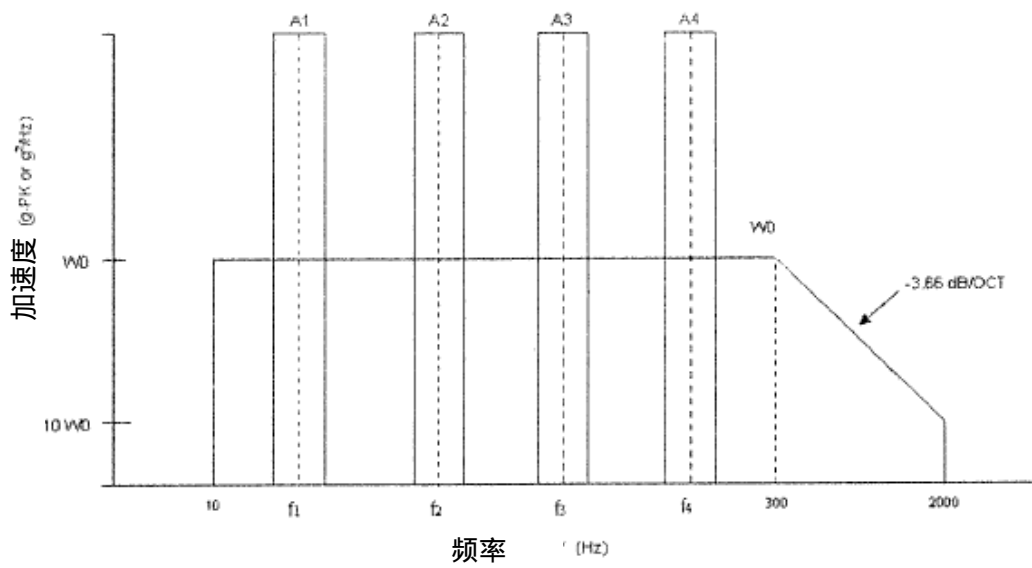


图 8-6 直升航空器的正弦随机振动测试曲线

注：W0 是随机 PSD 曲线， $g^2/\text{Hz}$ ；A1-A4 是正弦曲线， $g\text{-PK}$ 。采用表 8-2a 中的等式确定振动频率。采用这些频率，连同表 8-2b 中的等式确定振动级。

测试	测试曲线	$W_0$	Grms
性能	F	0.05	3.37
持续时间	F1	0.10	4.76

断点	
频率	$W/W_0$
5	0.126
40	1
200	1
300	0.199

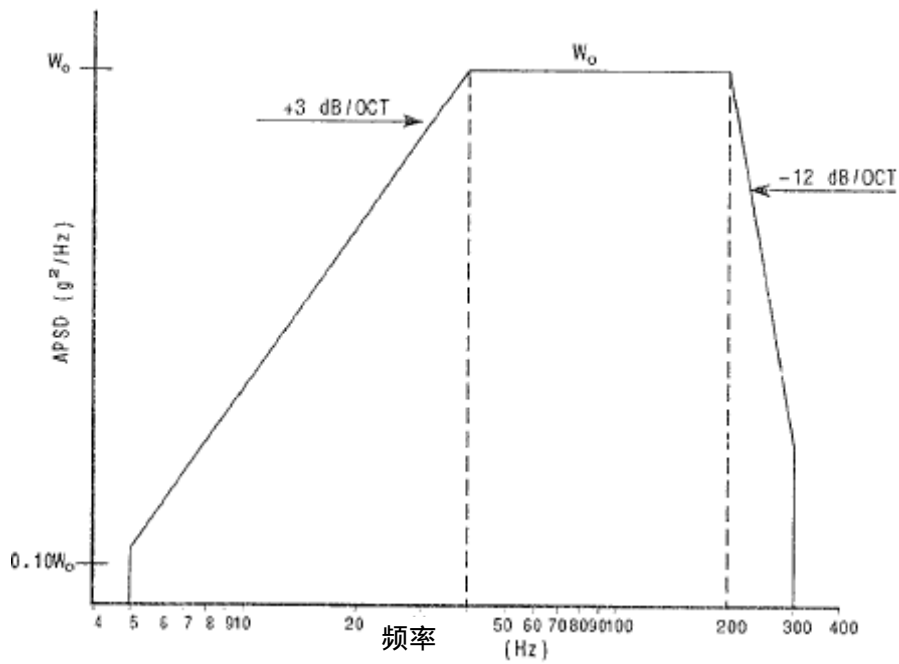


图 8-7 直升机机身、仪表板和尾桁的随机测试曲线（未知频率）

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 9 节 爆炸性环境

#### 重要须知

与本试验程序相关的信息包含在第 1、2、3 节中。另外，附录 A 可用来鉴定所进行的环境测试。

该页保留空白。

## 目 录

9	爆炸性环境	96
9.1	试验目的	96
9.2	防爆	96
9.3	环境定义和设备要求	96
9.3.1	环境 1	96
9.3.2	环境 2	96
9.3.3	环境 3	96
9.4	设备类型	96
9.4.1	A 类设备	96
9.4.2	E 类设备	97
9.4.3	H 类设备	97
9.5	一般试验要求	97
9.5.1	总则	97
9.5.2	试件	97
9.5.3	燃料	97
9.5.4	燃料混合物	97
9.6	设备设计和安装信息	98
9.7	试验程序	98
9.7.1	A 类设备	98
9.7.1.1	试验的准备	98
9.7.1.2	试验的执行	99
9.7.1.3	试验失败的标准	99
9.7.1.4	外表面温度试验	99
9.7.2	E 类试验	99
9.7.2.1	试验的准备	99
9.7.2.2	试验的执行	100
9.7.2.3	试验失败的标准	100
9.7.3	H 类试验	100
9.7.3.1	试验的准备	100
9.7.3.2	试验的执行	100
9.7.3.3	试验失败的标准	101
表 9-1	设备类型和试验要求	101
图 9 - 1	在爆炸环境下进行试验的仪器示例	102
图 9 - 2	正己烷的相对密度	103
图 9 - 3	充气的质量 vs 温度	104

该页保留空白。

## 9 爆炸性环境

### 9.1 试验目的

本试验规定了可能接触如文中规定的易燃液体和易燃蒸汽的飞机设备的要求和程序。也介绍了在飞行操作期间在受到或可能受到易燃液体和蒸汽影响的区域发生的正常和故障情况。

本节所指的易燃试验液体、蒸汽或气体模拟了普通飞机常用的和需要氧气进行燃烧的易燃液体、蒸汽或气体（如：不含单一燃料）。

这些标准不涉及导致飞机上装运的行李或货物等物品泄漏的潜在危险的环境。

*注：对已测部件进行本文件规定的其他环境试验后，才能进行爆炸性环境试验（见 3.2 节，“试验的顺序”）。*

### 9.2 防爆

当设备确定为存在微小的危险，而该危险将造成已声明的环境内的易燃气体或蒸汽爆炸时，该设备须防爆。

### 9.3 环境定义和设备要求

设备环境和相关要求如下（见表 9 - 1）：

#### 9.3.1 环境 1

环境 1 是指在裸露的易燃液体或蒸汽连续地或间歇地存在或能存在的空间的环境（如，在燃料箱或燃料系统内）。安装的设备须满足 A 类爆炸控制和故障情况要求。

#### 9.3.2 环境 2

环境 2 是指在预料存在的易燃混合物仅导致故障性的溢出或泄漏的环境。安装的设备须满足爆炸性环境类的任一种设备的标准和试验程序（见第 9.4.1、9.4.2 或 9.4.3 节）。

#### 9.3.3 环境 3

环境 3 是指在指定的火区内的环境。除了不必考虑 A 类设备的故障情况外，设备试验要求与环境 2 的设备要求相同。

### 9.4 设备类型

#### 9.4.1 A 类设备

A 类设备的设计满足：

- a. 在正常运行时，各表面的温度不会上升至能引起着火水平，也无任何运行部件引起着火。
- b. 爆炸性混合物的着火包含在周围没有引燃爆炸性环境的设备内，设备满足 9.7.1 节规定的 A 类试验。



- c. 在正常运行时,或任何故障时,各外表面的温度不会上升至能引起着火的水平(见9.7.1.4节)。

满足9.4.1b节的要求的密封设备须被当作是A类设备。

#### 9.4.2 E类设备

E类设备不是密封的并且不包含在设计为防止火焰和爆炸传播的设备中。E类设备不安装在环境1中。

此类设备需设计为在正常运行时,各外表面的温度不会上升至能引起着火的水平,也不会有任何运行中的部件引起着火。

#### 9.4.3 H类设备

H类设备,包括密封设备,含有热点表面(外表面或内表面)并且在正常运行条件下无火花产生(见4.6.1节)。

此类设备需设计为在正常运行时,各外表面的温度不会上升至能引起着火的水平。

### 9.5 一般试验要求

#### 9.5.1 总则

以下规定的试验要求对保证设备在按照适用的试验程序进行试验时,符合9.3节规定的标准所必要的。

#### 9.5.2 试件

所选试件须代表生产设备。

#### 9.5.3 燃料

除非另有规定,使用的燃料可能是丙烷、正己烷和相关类似物。

#### 9.5.4 燃料混合物

- a. 对于丙烷,一个1.05化学计量混合物中,含丙烷为3.85%~4.25%(按体积计),含空气为96.15%~95.75%(按体积计)。试验装置举例见图9-1。
- b. 对于己烷,一个正己烷的1.80化学计量组分应按照下列公式进行计算:

1. 95%正己烷的体积(ml)(公制单位) =

$$(4.27 \times 10^{-4}) \frac{[\text{燃烧室净容积(升)}][\text{燃烧室压力(Pa)}]}{[\text{燃烧室温度(K)}][\text{正己烷的相对密度}]}$$

2. 95%正己烷的体积(ml)(英制单位) =

$$(150.41) \frac{[\text{燃烧室净容积(ft}^3)][\text{燃烧室压力(psia)}]}{[\text{燃烧室温度(R)}][\text{正己烷的相对密度}]}$$
 注:

$K = \text{热力学温度并}^\circ\text{C} + 273.15$

$R = \text{热力学温度并}^\circ\text{F} + 459.67$

正己烷的相对密度可从图 9 - 2 中判定。

用于蒸发在爆炸性环境试验中使用的燃料的设备应设计为少量的空气和燃油蒸汽将一起被加热至燃油蒸汽从蒸发器送入燃烧室时不会冷凝的某一温度。

当试验设施是为爆发室内的燃料蒸发设计的，可在试验场地的环境温度下引进燃料。

## 9.6 设备设计和安装信息

设备说明书应详细说明适用于特定类别的设备外壳的各设计约束。该类设计约束应包括下列适当内容：

- a. 可能接触易燃液体或蒸汽的以及在正常运行时可产生电弧、火花或热表面的设备须考虑其安装可能用到的方式，设计为防爆型设备。
- b. 可能接触易燃液体或蒸汽，并且在故障情况时可产生电弧、电火花、摩擦火花或热表面的设备须按照将点燃易燃蒸汽的故障的总体风险降低至可接受的最低限度，进行设计和安装。
- c. 在为强制空气通风设备设计空气供给系统时，须考虑到空气被易燃蒸汽污染的可能性。如果设备及其管道，包括接头，处于可能受到该类污染的区域，他们（指设备及其管道等）应能达到适合于该环境的条件。
- d. 9.4.1 节所述的 A 类设备的说明书应考虑法兰和孔洞尺寸或其他同等工具，如用于在火焰传播时达到足够安全的防焰器的设计要求。该信息包含在国家文件中。

## 9.7 试验程序

### 9.7.1 A 类设备

#### 9.7.1.1 试验的准备

- a. **试验机箱或外壳的准备**——该步骤的目的是有意地将待测机箱或外壳装满挥发性气体混合物然后将其点燃。要求在机箱或外壳上钻孔和开孔，作为连接燃料 - 蒸汽 - 空气混合物循环系统软管的进口/出口和用于安装一个火花放电装置。在做任何修改以便于易于引入爆炸性蒸汽时，机箱体积改变不得超过 $\pm 5\%$ 。
- b. **软管安装**——在插入来自风机的软管时，应采取适当的预防措施，防止供气软管内的回火或压力释放点燃周围的混合物。
- c. **火花放电装置**——应配置用于点燃机箱内或外壳内爆炸性混合物的火花放电装置。可在机箱或外壳上钻孔或打孔用于安装火花放电装置，或可以将火花放电装置安装在内部。
- d. **机箱安装**——根据制造商对正常使用安装的建议，带有待测部件或带有

体积与结构都相同的待测部件模型的机箱或外壳,其安装应确保在爆发室内进行机械和电气连接和定向。同时,应符合所有冷却规定,以便进行此处描述的试验。

- e. **试验设施**——要求的装置由试验箱或柜连同能够确立、保持和监视规定的试验条件的辅助仪器构成。使用的试验箱须带有点燃燃料 - 空气混合物的工具,和测定混合物样本的爆炸性的工具,如火花放电器或电热塞点火源。测定蒸汽爆炸特性的另一方法为使用经过校准的爆炸气体测量仪来查证爆炸度和燃料 - 空气混合物的浓度。

下列试验顺序须按下列步骤执行 3 次：

- 步骤 1：**试验箱应进行密封,并且其内部压力应保持在现场压力水平。试验箱环境温度应至少为 25°C。试验箱内的爆炸混合物应通过使用 9.5.3 和 9.5.4 节中定义的混合物获得。使(通过风机或泵)燃料/空气混物流经试验装置,以确保试验装置内的爆炸混合物。
- 步骤 2：**给内箱点火源通电,以便引发箱内的爆炸。箱内是否发生爆炸可通过使用内置在箱内的并连接至试验箱外的适当温度记录仪的热电偶进行检测。如果混合物没有立即点燃,试验应被视为无效,并应用新的炸药进行重复。
- 步骤 3：**至少应在 5 个内箱进行爆炸试验。如果待测箱较小(不超过试验箱体积的 1/50)并且如果箱内点火的反应是爆炸性的,而没有混物流进箱内时的混合物的连续燃烧,是一个以上内箱爆炸,但不超过 5 个内箱的爆炸,可不对整个试验箱重新加药。应允许内箱爆炸间有充裕的时间,用于将箱内的燃烧过的气体更换为新鲜的爆炸混合物。如果产生的箱内爆炸没有引起主箱爆炸,那么应通过用火花塞或电热塞点燃混合物的样品来验证主箱内的燃料 - 空气混合物的爆炸性。如果发现主箱内的空气 - 蒸汽混合物没有爆炸,那么试验应视为无效并且应重复整个试验过程。

#### 9.7.1.3 试验失败的标准

如果内箱爆炸引起主箱爆炸,那么待测部件未通过试验,不必进行进一步试验。

#### 9.7.1.4 外表面温度试验

如有要求,试验过程应在单个设备说明书中作出规定(见 9.4.1 b 节)。

### 9.7.2 E 类试验

#### 9.7.2.1 试验的准备

- a. 待测部件应按照制造商建议的用于正常服务安装的要求进行机械和电气连接和定向。这包括进行此处所述的试验所必要的任何冷却规定,以便于电气操作是可能的以及机械控制可通过来自箱外的压力密封来操

作。应移除或松开待测部件的外盖，以便于渗入爆炸混合物。大型的待测部件可通过伸长电缆口至剩余的处于外部的相关设备的电气连接一次进行一个或多个装置的试验。

- b. 应操作待测部件来确定其工作正常。
- c. 如果采取适当的预防措施来复制扭矩、电压、电流、感应电阻等的正常负荷，驱动机组上的机械负荷和开关及继电器上的伺服机械负荷和电气负荷可以进行模拟。在所有情况下，最好操作待测部件确定其是否在安装环境下正常工作。

#### 9.7.2.2 试验的执行

试验在现场压力水平时进行。

- 步骤 1：** 试验箱应进行密封并且其内部的环境温度应上升至设备设计运行的运行高温（见表 4 - 1）。应运行试验箱和箱壁的温度上升，但不超过试验箱环境温度， $11^{\circ}$ ，防止爆炸介质在引入爆炸混合物之前凝结。
- 步骤 2：** 将要求数量的燃料（见 9.5.4 节）引入试验箱。将试验环境循环至少 3 分钟，使燃料完全汽化和形成均匀的混合物。
- 步骤 3：** 此时，驱动待测部件的所有电接点。待测部件的运行在此期间应为连续的，并且应尽可能频繁地开合所有的电接点。
- 步骤 4：** 如果操作待测部件无爆炸产生，那么应通过用火花塞或电热塞点燃混合物的样品来验证空气 - 蒸汽混合物的潜在爆炸性。如果没有发现空气 - 蒸汽混合物爆炸，那么试验应视为无效，并且应重复整个试验过程。

#### 9.7.2.3 试验失败的标准

如果项目导致爆炸，那么待测部件未通过试验，并且不必进行进一步试验。

### 9.7.3 H 类试验

#### 9.7.3.1 试验的准备

待测部件应按照 9.7.2.1 节的要求放在试验箱内。进行试验热引燃的可疑的部件或表面应安装上在  $65 \sim 260^{\circ}\text{C}$  范围操作的热电偶。

#### 9.7.3.2 试验的执行

试验如下：

- 步骤 1：** 试验箱应进行密封并且其内部的环境温度应上升至设备设计运行的运行高温（见表 4 - 1）。应允许试验箱和箱壁的温度上升，但不大于试验箱环境温度， $11^{\circ}\text{C}$ 。
- 步骤 2：** 打开设备并在其正常模式下运行直至达到设备的热稳定。记录可疑部件或表面上获得的最大温度。如果获得超过  $204^{\circ}\text{C}$  的温度，应终止试验。

### 9.7.3.3 试验失败的标准

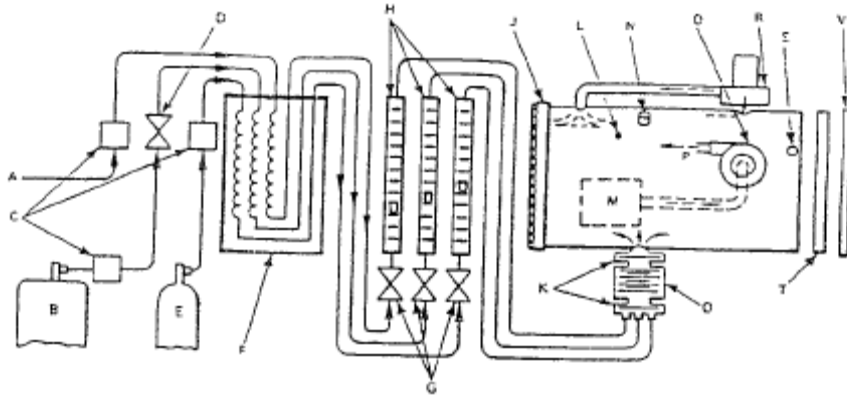
在上述的步骤 2 中，如果待测部件的温度超过 204°C，那么待测部件未通过试验，不必进行进一步试验。

**表 9-1 设备类型和试验要求**

环境	设备类型	要求及试验	备注
1	A A(密封的)	见 9.7.1 节 见 9.7.1.2 节	1
2	A E H	见 9.7.1 节 见 9.7.2 节 见 9.7.3 节	2
3	A E H	与环境 2 的相同,但是故障情况不适用。	3

注：

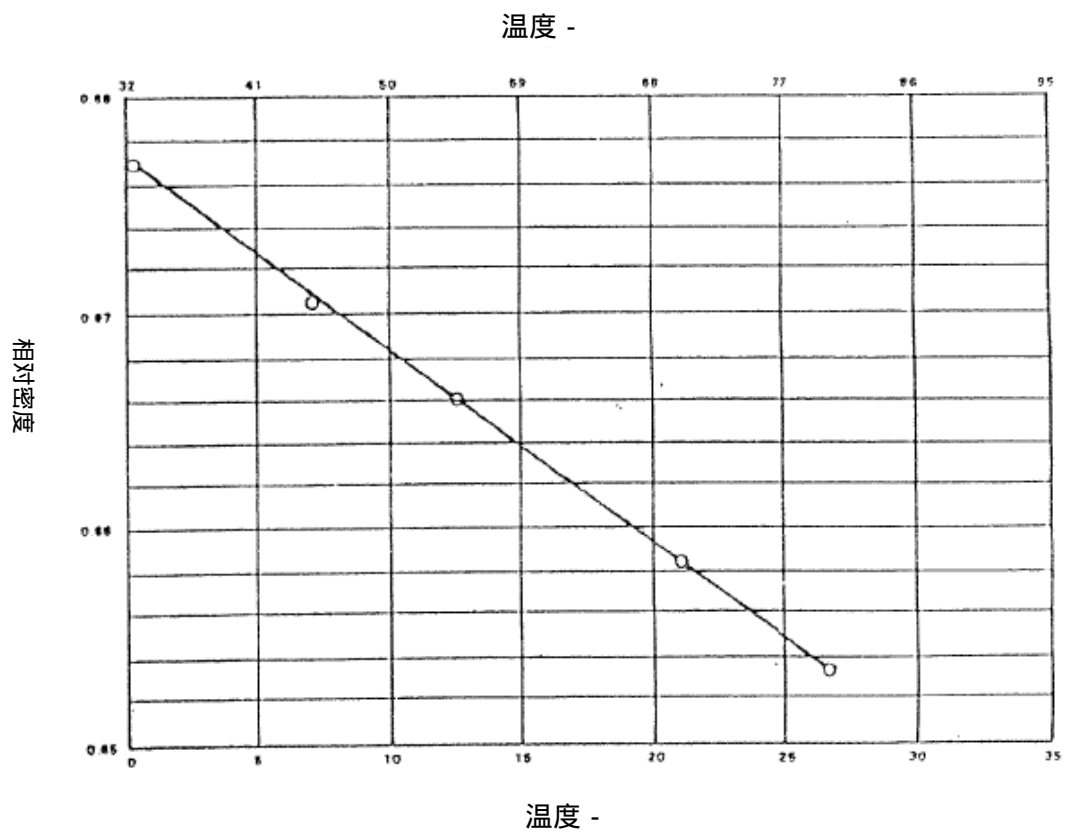
1. 第 9.3.1 节适用
2. 第 9.3.2 节适用
3. 第 9.3.3 节适用



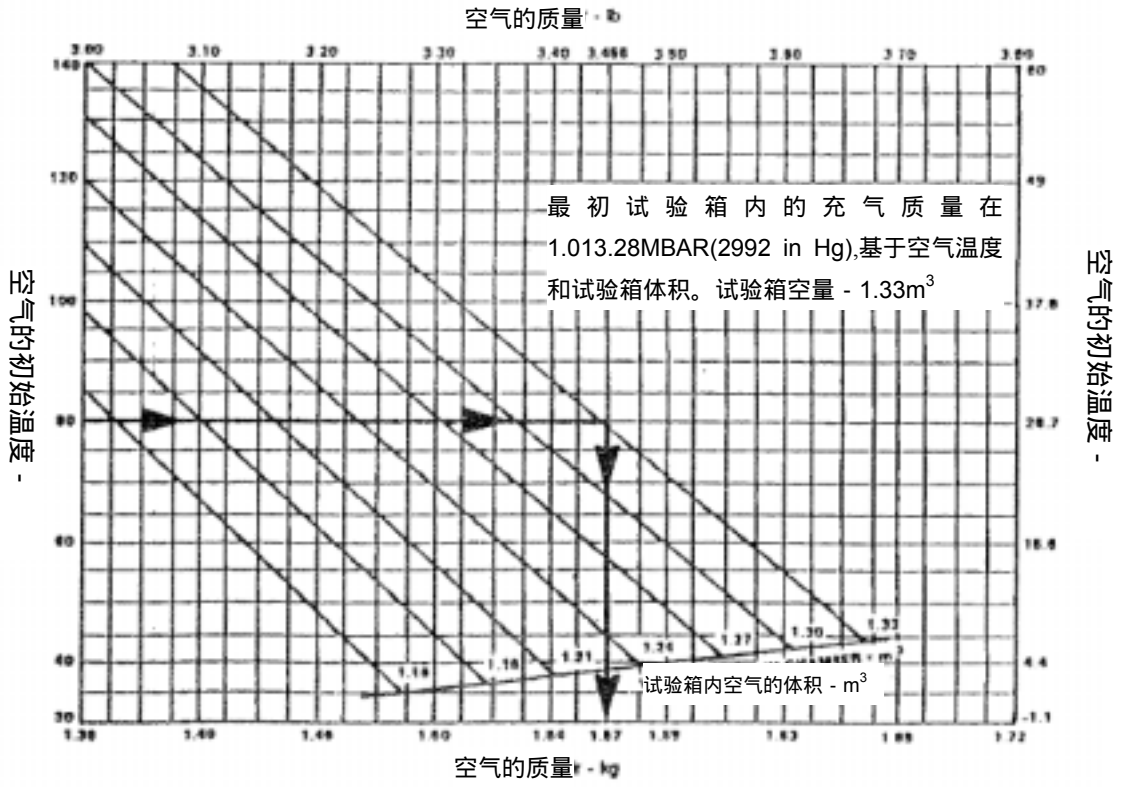
图例

A 空气	K 隔膜式止回阀
B 丙烷气容器	L 圆筒形爆发室
C 减压阀	M 待测装置
D 由爆发室上的微动开关操作的气体截止阀	N 排气
E 氧气瓶	O 混合室
F 使气体恢复至标准温度的换热器	P 通向大气的垃圾
G 针形阀	Q 用于待测加药装置的提取器
J 覆盖有隔膜(如纸, 聚乙烯)的由橡皮带绑住的两端	R 搅拌风机
	S 在 H 流量计橡皮带因爆炸发生位移时而释放开的微动开关(每端一个 T)。
	T 隔膜
	V 橡皮带

图 9 - 1 在爆炸环境下进行试验的仪器示例



**图 9 - 2 正己烷的相对密度**



**图 9 - 3 充气的质量 vs 温度**



RTCA 公司  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 10 节 防水性试验

#### 重要须知

与本试验程序相关的信息包含在第 1、2、3 节。另外，附录 A 可用来鉴定所进行的环境测试。

## 目 录

10.0	防水性试验.....	107
10.1	试验的目的.....	107
10.2	设备类型.....	107
10.3	试验程序.....	107
10.3.1	防冷凝水试验.....	107
10.3.2	防滴漏试验.....	108
10.3.3	防喷水试验.....	108
10.3.4	防连续水流试验.....	108
图 10-1	防滴漏试验大样图.....	109
图 10 - 2	淋浴喷头大样图.....	110

## 10.0 防水性试验

### 10.1 试验的目的

该试验确定设备是否能经受住喷在或落在设备上的液态水或冷凝水的影响。

该试验不用于检验密封设备的性能。因此，密封设备可以被视为已达到所有防水要求，不进行进一步试验。当密封是永久性的并且为不透气的，设备应被视为密封的。

### 10.2 设备类型

#### Y类

Y类设备是指安装在飞机正常运行期间遇到冷凝水的位置内的设备。对于将安装在此类位置的设备，应用冷凝水防水试验程序并且设备被确定为Y类设备。

#### W类

W类设备是指安装在飞机正常运行期间遇到落水（通常是由冷凝水产生的）的位置内的设备。对于将安装在此类位置的设备，应用防滴漏试验程序并且设备被确定为W类设备。

#### R类

R类设备是指安装在可能受到大雨的位置内或可能从任何角度进行喷水的位置内的设备。对于将安装在此类位置的设备，应用防喷水试验程序。已通过R类要求的设备可以视为满足W类设备的要求，不需进行进一步试验。

#### S类

S类设备是指安装在可能受到比如在飞机除冰、冲洗或清洗操作期间会遇到的集水射流强力的位置内的设备。对于将安装在此类位置的设备，应用防连续水流试验程序。在该试验中使用水来模拟实际的流体力。已通过S类要求的设备可以视为满足W类设备的要求，不需进行进一步试验。

### 10.3 试验程序

#### 10.3.1 防冷凝水试验

该试验中将使用2个温度箱。1号箱将设定在-10°C，而2号箱将设置在40°C以及85%RH（相对湿度）。将待测设备按照制造商说明书安装上1号箱的所有的连接器和配件。在设备停机的情况下，让设备稳定至少3小时。在同一时间内，2号箱应稳定在40°C和85%的湿度。在3小时的稳定后，将设备在5分钟的过渡时间内转移至2号箱。按照制造商说明书的要求，在最多5分钟的延期内，将设备安装上2号箱的包括通风在内的所有连接器和配件。打开设备电源，使其

运行 10 分钟 (+1 分, -0 分)。在 10 分钟的运行期间, 确定设备是否符合适用的设备性能标准。

### 10.3.2 防滴漏试验

在开始防滴漏试验之前,在待测设备停机的情况下,将设备温度稳定为至少比滴漏试验中使用的水的温度高 10 。按照制造商说明书的要求,将设备安装上使用的所有连接器和配件。在设备停机的情况下,使其受到至少 15 分钟的从待测设备顶面上的某一仪表的最低高度的均匀流率的落水冲击。试验设备应从带有 0.33mm 标称直径的滴水孔为 25mm 模式的分液器(见图 10 - 1)中发出大于 140L/m<sup>2</sup>/hr 水滴的水量。当安装在正位时,滴水孔的样式应足够大,以便达到或超过待测设备的水平横截面积。当试验完成时, 确定设备是否符合适用的设备性能标准。

### 10.3.3 防喷水试验

按照制造商说明书的要求,将设备安装上使用的所有连接器和配件。在设备运行的情况下,使其受到图 10 - 2 中所述的淋浴喷头的喷水。水应直接垂直于适用的设备性能标准中所述的设备的最脆弱区域。

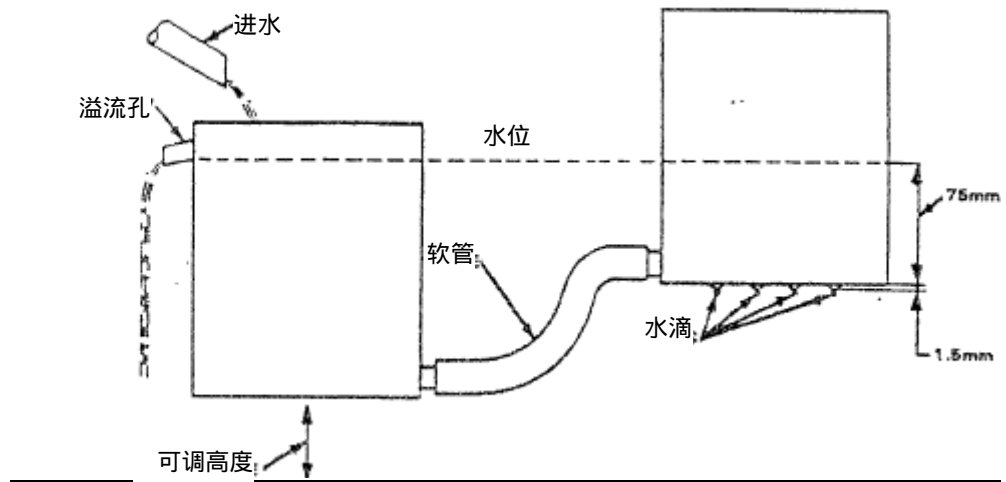
待测每个区域应受到至少 15 分钟的喷水。如有需要,通过使用适当数量的淋浴喷头,试验可一次同时应用于一个以上的区域。淋浴喷头应位于离待测区域不超过 2.5m 处,并应喷出大于 450L/H 的水量。当试验完成时, 确定设备是否符合适用的设备性能标准。

### 10.3.4. 防连续水流试验

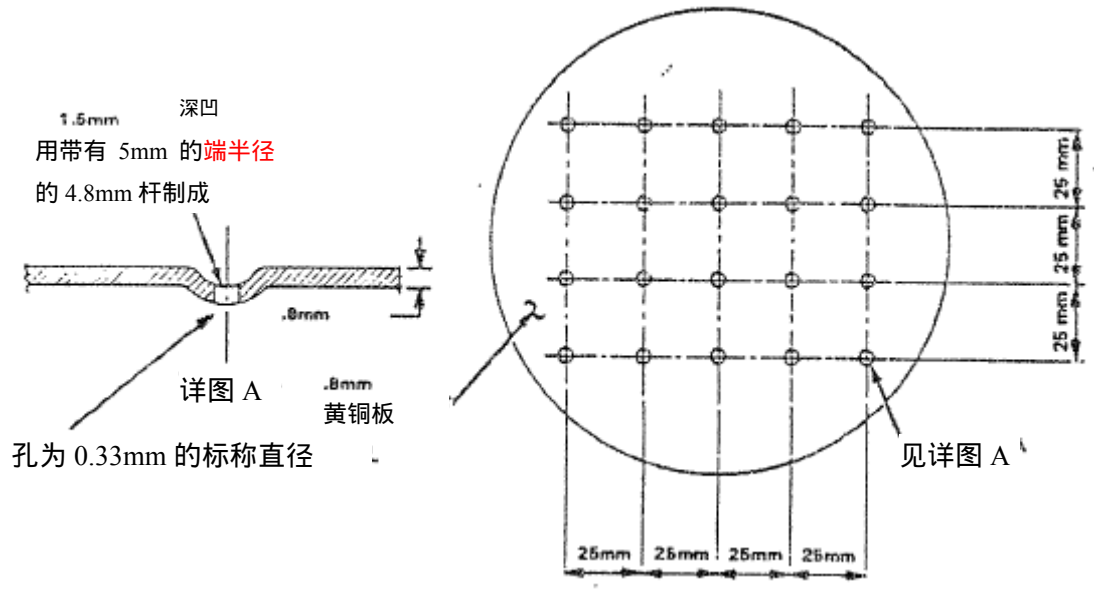
该试验是对 11.0 节中的液体敏感性试验的补充。在执行该试验之前,垫圈等敏感材料应受到 11.0 节中所述的适当试验。该试验须用温度在 50 的水进行。

按照制造商安装说明书的要求,以模拟飞机安装的方式安装设备。连接器或其他配件应以正常运行的方式进行连接。在该试验期间,设备不必运行。

使设备,特别是部件配有弹性垫圈的区域,在各面受到至少每面 5 分钟的连续水流。水流应具有足够的压力,以便通过一个直径为 6.4mm 的喷嘴产生至少 6 米的垂直水流。设备应在 1~2 米的距离受到该水流。当试验完成时, 确定设备是否符合适用的设备性能标准。



(A) 防水性能试验的试验装置



(B) 分液器大样图

注：要求的容器尺寸和孔数满足 10.3.1 节中的流速要求。

图 10-1 防滴漏试验大样图

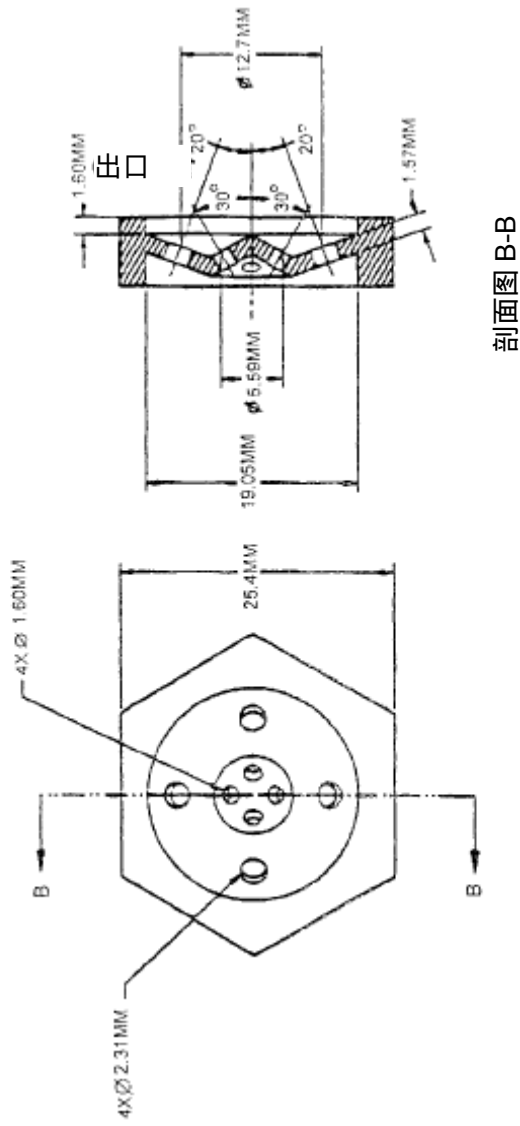


图 10 - 2 淋浴喷头大样图

该页保留空白。

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 11 节 体敏感性试验

#### 重要须知

与本试验程序相关的信息包含在第 1、2、3 节。另外，附录 A 可用来鉴定所进行的环境测试。



## 目 录

11.0 液体敏感性试验 .....	114
11.1 试验的目的 .....	114
11.2 注意事项 .....	114
11.3 设备类型 .....	114
11.4 试验程序 .....	114
11.4.1 喷雾试验 .....	114
11.4.2 浸没试验 .....	115
11.5 材料试样的使用 .....	115
表 11 - 1 试验液的种类和液体温度 .....	116

## 11.0 液体敏感性试验

### 11.1 试验的目的

该试验用于判定用于构造设备的材料是否能经受液体污染物的有害影响。液体敏感性试验只在设备将安装在能通常遇到液体污染的区域时进行。液体是指机载的和地面操作中遇到的常用液体。在本节中未列出的液体以及敏感性试验所指的液体包含在相关设备说明书中。

### 11.2 注意事项

由于许多污染物可能具有在试验温度范围内的闪点，因此应小心谨慎，确保采取适当的安全措施，防止发生火灾或爆炸。

一些污染物自身或与其他污染物结合或与试样结合可能有毒。在开始试验前应该适当考虑有毒的可能性。

### 11.3 设备类型

#### F 类

F 类设备是指已通过本节所述的试验的设备。涉及的试验液和使用的方法的详细内容，见环境鉴定表（见附录 A）。

注 本文件的 10.0 和 14.0 节的内容分别为防水性试验和盐雾试验。

第 11.0 节包含 7 种普通类的其他污染液。另外，有 23 种用于试验这些种类的特殊液体。表 11 - 1 包含了这些试验中要求的液体、特殊液体的种类以及温度等内容。

### 11.4 试验程序

#### 11.4.1 喷雾试验

按照相关设备说明书的要求，将设备进行机械和电气连接。在该试验期间，设备不需运行并应在室温下。

用适当的液体对设备每天进行喷雾 1 次或以上，以使湿润条件保持至少 24 小时。如果很难保持湿润条件并且设备说明书要求喷雾试验而不是浸没试验，那么可接受最多每隔 4 小时对设备进行彻底喷雾。喷雾应为保持在表 11 - 1 中的温度的细雾，并应直接朝向待测设备样品的各主要表面、密封处和连接器。24 小时后，运行设备至少 10 分钟。

在这一期间，在保留剩余液体的情况下，试件应放置于合适的箱内在至少 160 小时内保持+65 的恒温。这一期间结束后，试件应返回至室温下并运行至少 2 小时。

注：如果设备将用一种以上的污染液进行试验，那么设备应通常用每一种液体分别进行试验。但是，如果是同基液体（如：油基不应伴随水基液体），则允许同时进行试验。喷雾之前，液体不应预混，并且其应用顺序应符合设备说明书的规定。除非设备说明书中另有

说明，同时应用的液体的总接触时间应与单一液体的接触时间一致。应遵守本节中其他地方规定的注意事项。

在 2 小时的运行期间，确定设备是否符合适用的设备性能标准。

试验完成后，检查设备应无任何内外部件损坏迹象。

#### 11.4.2 浸没试验

按照相关设备说明书的要求，将设备进行机械和电气连接。在该试验期间，设备不需运行并应在环境温度下。请勿预混任何溶液。

将设备浸入适当的液体中至少 24 小时。液体温度应保持在表 11 - 1 中所示的温度，并且液体应完全覆盖住试件。

24 小时后，当设备完全浸没在液体中时，运行设备至少 10 分钟。

在这一期间，移除试件，放置于合适的箱内并受到+65 的恒温至少 160 小时。这一期间结束后，试件应返回至室温下并运行至少 2 小时。

在这 2 小时的运行期间，确定设备是否符合适用的设备性能标准。

试验完成后，检查设备应无任何内外部件损坏迹象。

#### 11.5 材料试样的使用

可以用材料试样的试验代替设备试验。这些试验的结果须保证材料能保护设备在以设备试验程序（见 11.4 节）中规定的方式接触相关液体后免受有害影响。

注： 如果设备随后将接受防连续流试验（见 10.3.3），则不允许进行材料试样试验。

**表 11 - 1 试验液的种类和液体温度**

污染液种类	试验液	液体温度
燃油	航空喷气机甲级燃油	40 <u>1</u> /
	航空活塞发动机燃油	40 <u>1</u> /
液压用液体	矿物基	80
	非矿物基	50
	磷酸盐酯 - 基(人工合成的).IV <u>2</u> / 类	70
	硅酸酯-基(人工合成的)	70
	硅-基(人工合成的)	70
	合成烃基	70
润滑油	矿物基	70
	酯-基(人工合成的)	150
	内燃机 15W40	70
溶剂及清洗液	异丙醇	50 <u>1</u> /
	工业酒精	23 <u>1</u> /
	用于飞机表面的清洁剂	23
除冰液	乙二醇	50
	丙二醇	50
	AEA 1 3/类	50
	AEA 2 3/ 类	50
	AEA 1 类	23
	SAE 2 类	23
	SAE 4 类	23
杀虫剂	敌敌畏(DDVP) (市场上有售 最小 0.92% 浓度按体积计)	23
	菊酯类杀虫剂(市场上有售 最小 0.92% 浓度按体积计)	23
污水	由设备说明书定义	23
消毒剂(重型酚)	澄清的,可溶性酚,如,溶于表面活性剂并用水稀释得出澄清液体的苯酚或其衍生物	23
	黑色液体,如,溶于基础油并用清洁剂进行乳化的精炼焦油制品。	23
	白色液体,如,水中的,通常含有少量表面活性剂的胶乳状精炼煤焦油制品。	23
冷却绝缘液	PAO 电介质	70
灭火剂	蛋白质灭火剂	23
	氟蛋白灭火剂	23

注：

- 1/ 该温度超过临界闪点温度。应确保在合适的压力容器中进行试验。
- 2/ 这些液体为导电液体。在接触液体后操作设备之前，应采取适当的预防措施。
- 3/ 欧洲航空业联盟。

该页保留空白。

RTCA 公司  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 12 节 沙尘试验

#### 重要通知

本节中包含的信息与本文件其他章节中说明的所有试验程序有关。另外，附录 A 用来鉴定所进行的环境测试。

12.0	沙尘试验.....	121
12.1	试验目的.....	121
12.2	设备类型.....	121
12.3	媒介物.....	121
12.3.1	粉尘.....	121
12.3.2	沙子.....	121
12.4	粉尘试验程序.....	122
12.4.1	一次循环.....	122
12.4.2	二次循环.....	122
12.5	沙子试验程序.....	123
12.5.1	一次循环.....	123
12.5.2	二次循环.....	123



## 12.0 沙尘试验

### 12.1 试验目的

本试验测定设备对由空气以平常速度运动时吹起的沙尘造成的影响的抵抗能力。预计主要不利影响是：

- a. 渗透入缝隙、缺口、轴承和接头，造成活动零件、继电器、过滤器等积垢和/或堵塞。
- b. 导电桥的形成。
- c. 作为收集水蒸汽的凝结核，包括可能产生的腐蚀的副效应。
- d. 流体污染。

*注意：在决定何时将本试验程序应用于环境试验时必须慎重，因为本实验程序残留的粉尘，以及其他环境协同效应会腐蚀或造成试验项目霉变，并且对后续试验程序的结果造成不利影响。沙子的磨蚀也可能影响盐雾、真菌或湿度试验的结果。*

### 12.2 设备类型

#### D 类设备

按照以下粉尘试验段落的建议，试验的设备被鉴定为 D 类。本类设备可安装于需要设备具有承受飞行器正常运行过程中吹动的粉尘的能力的地方。

#### S 类设备

按照以下沙尘试验段落的建议试验的设备被鉴定为 S 类。本类设备可安装于需要设备具有承受飞行器正常运行过程中吹动的沙尘的能力的地方，包括驾驶室或其他任何未进行特意保护以防止暴露于沙尘中的地方。

### 12.3 媒介物

#### 12.3.1 粉尘

在向大气排气的合适的实验室内使用的粉尘，应将浓度提升至并维持在  $3.5$  至  $8.8\text{g}/\text{m}^3$ ，并且应含有 97%至 99%的二氧化硅。

待使用的粉尘可以是红瓷土或石英粉，而且必须符合粒径分布，即按重量计算 100%小于  $150\mu\text{m}$ ，而中径（按重量计算  $50\pm 2\%$ ）为  $20\pm 5\mu\text{m}$ 。本粉尘通常是 140 网石英粉（大约 2%残留在 140 网（108 微米）筛上），并且其结果应符合之前的试验要求。国家文献中可能阐述了其他更详细的分布情况。

#### 12.3.2 沙子

- (1) 如果可以得到最恶劣的野外环境的含砂浓度数据，预计设备应在该含砂浓度等级的试验中运行良好。
- (2) 对于可能用于接近在未铺设表面运行的直升机的材料： $2.2\pm 0.5\text{g}/\text{m}^3$  ( $0.06\pm 0.015$  克/立方尺)。
- (3) 对于从未在运行飞行器周围使用过或敞开放置的，但可能会在运行中的表面飞行器周围使用，或者不采取任何保护措施的情况下存储的材料： $1.1\pm 0.3\text{g}/\text{m}^3$  ( $0.033\pm 0.0075$  克/立方尺)。
- (4) 对于只受自然条件影响的材料： $0.1\text{Sg}/\text{m}^3$  ,  $-0.0/+0.2\text{g}/\text{m}^3$  ( $0.005$  克/立方尺) (公差这么大是因为测量低等级的浓度很困难)。

沙子中应至少含有 95+2%的二氧化硅，并且应具有下列特征：

建议沙粒粒径分布是：

- a. 应通过 20 网筛保留  $1\pm 0.5\%$ ，即直径 0.85mm
- b. 应通过 30 网筛保留  $2.7\pm 0.5\%$ ，即直径 0.59mm
- c. 应通过 40 网筛保留  $17.5\pm 2\%$ ，即直径 0.42mm
- d. 应通过 50 网筛保留  $53.5\pm 2\%$ ，即直径 0.30mm
- e. 应通过 70 网筛保留  $82.1\pm 2\%$ ，即直径 0.21mm
- f. 应通过 100 网筛保留  $94.8\pm 2\%$ ，即直径 0.15mm
- g.  $5.2\pm 2\%$ 应通过 100 网筛。

#### 12.4 粉尘试验程序

本设备应沿各个主要正交坐标轴的每个方向依次进行粉尘实验。气流速度应维持在 0.5m/s 和 2.4m/s 之间。

*注意 1：除非相关规范中另有规定，暴露期间不要求运行设备。*

*注意 2：应遵守关于粉尘使用的健康和安全法规。*

##### 12.4.1 一次循环

实验室内的温度维持在  $+25\pm 2$ ，并且相对湿度维持在不超过 30%，将设备沿各个主要正交坐标轴的每个方向依次暴露至少一个小时。

##### 12.4.2 二次循环

实验室内的温度上升并稳定在  $+55\pm 2$ ，并且相对湿度不超过 30%，将设备沿各个主要正交坐标轴的每个方向依次暴露至少一个小时。

暴露过程结束后，应将设备移出实验室并在冷却至室温。要求正确处理仅仅在设备外表面积聚的粉尘（如显示器、连接器、键盘、试验端口等），应通过小心刷洗、擦拭或晃动去除，以避免多余粉尘进入设备。无论在任何情况下，都不应通过空气冲击或真空清洁除尘。在去除过量粉尘后，操作十次设备的机械活动特性，并且检查运动是否堵塞或受限。测定是否符合适用的设备性能标准。

## 12.5 沙子试验程序

试验项目应接受风速为 18-29m/s 的沙子试验，曝露面位于沙子注入口 3m 处——以便沙粒在冲击试验项目前达到最终风速。如果在正常使用寿命期间，试验项目不会直接接触到如此快速的风速（驾驶室显示屏），那么试验项目应承受 0.5 和 2.4m/s 的气流速度。使用立室保持沙子分布的一致性。

注意 1：除非相关规范中另有规定，暴露期间不要求运行设备。

### 12.5.1 一次循环

实验室内的温度维持在 $+25\pm 2$ ，并且相对湿度不超过 30%，将设备沿各个主要正交坐标轴的每个方向依次暴露至少一个小时。

### 12.5.2 二次循环

实验室内的温度上升并稳定在 $+55\pm 2$ ，并且相对湿度不超过 30%，将设备沿各个主要正交坐标轴的每个方向依次暴露至少一个小时。

暴露过程结束后，应将设备移出实验室并在冷却至室温。要求正确处理仅仅在设备外表面积聚的沙子（如显示器、连接器、键盘、试验端口等），应通过小心刷洗、擦拭或晃动去除，以避免多余沙子进入设备。无论在任何情况下，都不应通过空气冲击或真空清洁除沙。在去除过量沙子后，操作十次设备的机械活动特性，并且检查运动是否堵塞或受限。测定是否符合适用的设备性能标准。

RTCA 公司  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 13 节 抗真菌性试验

#### 重要通知

本章节中包含的信息与本文件其他章节中说明的所有试验程序有关。另外，附录 A 可用于鉴定所进行的环境测试。

13.0	抗真菌性试验.....	126
13.1	试验目的.....	126
13.2	常见影响.....	126
13.3	设备类型.....	127
13.4	仪器.....	127
13.5	试验程序.....	128
13.5.1	矿物盐溶液的配制.....	128
13.5.2	混合孢子悬液的配制.....	128
13.5.3	接种物控制的可行性.....	129
13.5.4	控制项目.....	129
13.5.5	试验控制接种.....	129
13.5.6	繁殖.....	130
13.5.7	检查.....	130

## 13.0 抗真菌性试验

### 13.1 试验目的

这些试验测定在适合真菌生长的条件下，即潮湿、温暖以及存在无机盐的条件，设备材料是否受真菌不利影响。

注意：

- A. 真菌与其他材料接触，在常规运行和维护期间暴露于日常易感染污染物，如流体，或者设备发生光化效应——可能破坏分子键并将分子分解成真菌的养料。
- B. 在盐雾试验或沙尘试验后不应进行本试验。高浓度的盐可能影响真菌生长，而沙尘将提供养料，这将影响本试验的有效性（参见第 3.2 段《测试顺序》）。

### 13.2 常见影响

由真菌在设备上生长造成的典型问题是：

- a. 微生物消化有机材料是正常的新陈代谢过程，以此损坏基底，降低表面张力并且增加水分渗透。
- b. 新陈代谢过程中产生的酶类和有机酸扩散出细胞，并扩散到基底上，然后造成金属腐蚀、玻璃蚀刻、油脂硬化以及基底的其他物理和化学变化。
- c. 存在于部件之间的微生物会形成导电介质，可能导致电气故障。
- d. 真菌的实际存在也造成了健康问题，并且造成环境不美观，而用户拒绝使用这种设备。

真菌生长的有害影响归纳如下：

- a. 对材料的直接攻击。无抗性材料易受直接攻击的影响，因为真菌会破坏这些材料并将其作为营养物使用。这将导致材料的物理性质退化。无抗性材料包括：
  - (1) 天然材料。自然来源的产品（碳基）最易受此类攻击的影响。
  - (a) 纤维素材料（如木材、纸、天然纤维纺织品以及纤维绳）。
  - (b) 动物性和植物性粘合剂。

- (c) 油脂、油和许多烃。
- (d) 皮革。
- (2) 合成材料。
  - (a) PVC 材料（如以脂肪酸酯塑化的材料）。
  - (b) 一些聚氨脂（如聚脂和一些聚醚）。
  - (c) 包含有机填料铝塑复合材料的塑料。
  - (d) 包含敏感成分的涂料和清漆。
- b. 对材料的间接攻击。间接攻击在以下情况中对抗菌材料造成损害：
  - (1) 在表面堆积物，如粉尘、油脂、汗水及其他污染物（在制造时进入材料或在服务期间积聚）上生长的真菌对基础材料造成损害，即使该材料可以抵抗直接攻击。
  - (2) 真菌排出的新陈代谢废物（即有机酸）将腐蚀金属、蚀刻玻璃或污染或损坏塑料和其他材料。
  - (3) 邻近材料上真菌的酸性废物容易受对耐腐蚀材料的直接攻击的影响。

### 13.3 设备类型

#### F 类设备

安装在真菌污染严重的环境中的设备标识为 F 类，并且应接受真菌抵抗试验。如果其成分或之前的试验显示设备建造中使用的所有材料都不是真菌生长的营养物，则不要求进行本试验。如果在本验证中使用了非营养材料证明，应在《环境品质验证表格》（见附录 A）中声明这一事实。

### 13.4 仪器

进行本试验所必需的仪器包括配置有能维持特定温度和湿度条件的辅助仪器的腔室或橱柜。应制订条款以防止待测部件上液滴冷凝。在待测部件周围，空气应可以自由流通，并且应尽量减少支撑待测部件的夹具的接触区域。如果强制通风，其在试验样品表面的流量不应超过 1 米/秒。

## 13.5 试验程序

### 13.5.1 矿物盐溶液的配制

溶液应包含下列成分：

正磷酸二氢钾.....	0.7g
正磷酸氢钾.....	0.7g
七水硫酸镁.....	0.7g
硝酸铵.....	1.0g
氯化钠.....	0.005g
七水硫酸亚铁.....	0.002g
七水硫酸锌.....	0.002g
一水硫酸亚锰.....	0.001g
蒸馏水.....	1000ml

通过在 121 °C 下高压灭菌 20 分钟消毒矿物盐溶液。通过添加 0.01 氢氧化钠当量溶液调整溶液 pH 值，消毒后，pH 水平在 6.0 和 6.5 之间。为必需实验配制足量的盐溶液。

#### 13.5.1.1 试剂纯度

所有试验都应使用试剂级别化学药品。除非另有规定，若可得到美国化学学会分析试剂委员会的规范，所有试剂都应符合本规范。

#### 13.5.1.2 水纯度

除非另有规定，否则在提到水时指的是蒸馏水或纯度相当的水。

### 13.5.2 混合孢子悬液的配制

应使用下列试验真菌：

真菌	ATCC <sup>1</sup>
黑曲菌	9642
黄曲菌	9643
杂色曲霉	11730
绿霉菌	11797
球毛壳菌	6205

美国标准菌库 ,12301Parklawn Drive ,Rockville ,Maryland ,20852。在合适的介质 ,如马铃薯葡萄糖琼脂上独立保存这些真菌的培养物。但是 ,球毛壳菌的培养物应在矿物盐琼脂表面的滤纸条上培养。(矿物盐琼脂与第 13.5.1 段中说明的矿物盐溶液完全相同,但是每升中另外包含 15.0g 的琼脂。)储存培养物可在 6±4 °C 下放置不超过 4 个月,4 个月应制造次培养基并从中选出新的储存培养物。如果发



生基因突变或生理变化，按上述规定制作新的培养基。配制新的备用培养物用的次培养基或孢子悬液应在 30℃ 下培养 7 至 10 天。将 10ml 含有 0.05 克/升无毒润湿剂，如琥珀酸二异辛酯磷酸钠或十二烷基硫酸钠的无菌溶液倒入一种真菌的次培养基，以此为五种真菌中的每一种配制一份孢子悬液。使用无菌铂或镍铬合金接种用具，轻刮试验有机物的培养物的表面生长物。将孢子溶液倒入装有 45ml 无菌水和 10 至 15 个直径为 5mm 的固体玻璃珠的无菌 125ml 玻璃塞爱伦美瓶中。剧烈摇晃烧瓶，使孢子从子实体上脱落，并且分散孢子块。使用玻璃漏斗中 6mm 厚的玻璃棉层将分散真菌孢子悬液过滤入无菌烧瓶中。本工艺应移除可能阻碍喷射工艺的大的菌丝碎片和琼脂块。用离心机无菌分离过滤孢子悬液，然后抛弃上清液。在 50ml 无菌水中重新打散残留物，然后使用离心机离心。冲洗使用本方法从每种真菌中获得的孢子三次。以无菌矿物盐溶液稀释最终冲洗残留物，而通过计数池测定，最终每毫升孢子悬液应包含  $1000000 \pm 200000$  个孢子。对试验中使用的每种有机物重复本操作，并且混合等量结果孢子悬液。可以每天现制孢子悬液，并且在  $6 \pm 4$ ℃ 下储存不超过 14 天。

#### 13.5.3 接种物控制的可行性

每组日常试验准备三张无菌滤纸。单独皮氏培养皿中的硬化的矿物盐琼脂上为  $2.54\text{cm}^2$ 。通过从无菌喷雾器中喷洒悬液接种，直至液滴开始聚结。在温度为 30℃ 以及相对湿度不低于 85% 时接种，在接种 7 天后进行检查。全部的三张滤纸控制样品上都应有大量生长。如果没有，要求重新进行试验。

#### 13.5.4 控制项目

除了接种物控制的可行性，应将已知敏感培养基和待测部件同时接种，以确保培养室内条件正确并可以促进真菌生长。控制项目应包括 3.2cm 宽的（原色）棉帆布 234g 条，布条已经浸入包含 10% 甘油、0.1% 正磷酸脱氢钾、0.1% 硝酸铵、0.025% 硫酸镁和 0.05% 酵母膏（pH 等级 5.3）的溶液中，并且已经移除过量液体。在进行接种前应悬挂风干布条，然后将布条放入室内。

#### 13.5.5 试验控制接种

- a. 将试验和控制项目安装在合适的夹具上或挂在挂架上。
- b. 在温度为 30℃ 和相对湿度为  $97 \pm 2\%$  的条件下，预先处理培养室及其室内物，至少 4 个小时。
- c. 使用预先灭菌的喷雾器将混合真菌孢子悬液以细雾或星云形式喷洒在试验和控制项目上，以此为试验和控制项目接种（第 13.5.2 段）。在喷洒试验和控制项目时，应注意喷洒所有表面。如果表面不润湿，则一直喷洒直至液滴开始聚结。接种后立即开始繁殖。

### 13.5.6 繁殖

- a. 试验期间，将实验室温度维持在 30℃，相对湿度维持在 97±2%（最低）。除非是检查或添加其他待测部件，在繁殖期间保持实验室关闭。
- b. 7 天后，检查控制项目上的生长，确定环境条件适宜生长。如果检查显示环境条件不适宜生长，应重新进行整个试验。
- c. 如果控制项目显示真菌生长符合要求，自接种时间起或按照设备规范中的规定继续进行试验 28 天。

### 13.5.7 检查

在繁殖期结束时，立即检查待测部件。若有可能，在实验室内检查项目。如果检查未在 8 个小时内完成，将待测部件恢复至潮湿环境至少 12 个小时。除了密封的设备，打开设备外壳，并检查设备内外是否有损伤。然后应测试设备以测定设备是否符合适用设备性能标准。

#### 13.5.7.1 结果分析

提供以下信息以协助评估试验结果。

- a. 必须分析待测部件上的所有真菌生长以测定种类，并且测定生长是在待测部件材料上进行或在污染物上进行。
- b. 在试验材料上进行的任何真菌生长，无论是来自于接种物还是其他来源，必须由适合人员评估下列几项：
  - (1) 在敏感部件或材料上生长的程度。必须完全描述任何生长。
  - (2) 生长对材料物理性质的瞬即效应。
  - (3) 生长对材料的长期效应。
  - (4) 支持生长的特定材料（营养物）。
- c. 评估人类因素效应（包括健康风险）。

### 13.5.8 预防措施

一般不认为本试验指定的真菌会对人类造成严重威胁。个人可能对其中一种过敏，因此在进行试验时应小心操作。可以穿戴医疗手套以保护双手，并且应注意不要将悬液溅到皮肤的其他地方或衣服上。另外，应在真菌接种前提供建议，指导可能靠近真菌喷洒接种或试验准备区域的人员穿戴医疗用口罩和手套，以防止接触真菌而产生有害健康的反应。

在实验室内繁殖期间，外来孢子也可能作为无意的入侵者成长；因此一些在试验场所生长的真菌可能对人类系统有害。因此，样品在暴露后可能有害，应小心处理。

如果一些有害外来孢子出现在暴露样品上，最大的危险就是微小、干燥、分离微粒可能由空气运输进肺里。这种情况只会在样品干燥后发生。如果在样品干燥前，将其从实验室快速送至标准化学烟熏柜，那么气流就不会接触操作员而分离碎片将无法进入呼吸道。

生长物的分离部分可能太小以致于即使佩戴口罩也无法提供保护，而只有针对亚微米微粒的特殊呼吸器才有效。但是，在进行试验时，如果按照上述建议使用烟熏柜也是有效的预防措施。

在可能包含此类有害真菌的试验场所，其残余物可能残留在实验室内，并且在清洗时造成相似危害。更适宜使用的清洁处理是高温蒸汽，这将完全清洗实验室至无害。但是，如果使用带环氧丙烷的熏烟，那么在清洗前熏烟可以确保从实验室内清除的所有残留物都是完全无害的。

RTCA 公司  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 14 节 盐雾试验

#### 重要须知

本章节中包含的信息与本文件其他章节中说明的所有试验程序有关。另外，附录 A 可用于鉴定所进行的环境测试。

14.0	盐雾试验.....	134
14.1	试验目的.....	134
14.2	设备类型.....	134
14.3	仪器.....	134
14.3.1	腔室.....	135
14.3.2	喷雾器.....	135
14.3.3	空气供应.....	135
14.3.4	盐溶液的配制.....	135
14.3.4.1	pH 调整.....	135
14.3.5	过滤器.....	136
14.3.6	试验程序.....	136
14.3.6.1	温度.....	136
14.3.6.2	雾化.....	136
14.3.6.3	盐雾收集容器的放置.....	136
14.3.6.4	盐溶液的测量.....	136
14.3.6.5	待测部件的配制.....	137
14.3.6.6	标准盐雾试验性能 (S 类设备).....	137
14.3.6.7	严重盐雾试验性能 (T 类设备).....	137
14.3.6.8	故障原因.....	138
图 14-1	盐溶液相对密度变化和温度的关系.....	139
图 14-2	盐溶液过滤器的位置.....	140

## 14.0 盐雾试验

### 14.1 试验目的

本试验测定在正常运行期间，长时间暴露于盐环境或盐雾中对设备的影响。

预计主要不利影响是：

- a. 腐蚀金属。
- b. 由于盐沉淀造成的活动零件堵塞或受限。
- c. 绝缘故障。
- d. 触点和无涂层线路造成损害。

注：不应在抗菌试验前进行盐雾实验（参见第 3.2 段《测试顺序》）。

### 14.2 设备类型

#### S 类设备

当设备安装于在正常飞行器运行期间需经受腐蚀性空气的地方时，设备被鉴定为 S 类设备，并且适用盐雾试验。

#### T 类设备

当设备安装在需要经受含盐度高的空气影响的地方时，比如在大海附近运行或停放的悬停飞行器上的设备直接暴露于外界未过滤空气中，这种设备被鉴定为 T 类设备，并且适用严重盐雾试验。

### 14.3 仪器

盐雾试验中使用的仪器应包括下列几项：

- a. 带支撑待测部件挂架的曝光室。
- b. 盐溶液储蓄池，能够储存足量溶液。
- c. 能够喷洒盐溶液的方法，包括合适的喷嘴和压缩空气供应。

- d. 加热和控制腔室温度的方法。
- e. 在高于腔室温度的条件下润湿空气的方法。

#### 14.3.1 腔室

腔室和所有配件都应由不受盐雾腐蚀影响的材料，如玻璃、硬橡胶、塑料或除了胶合板以外的在干燥炉干燥的木材制成。另外，与待测部件接触的所有零件应由不会造成电解腐蚀的材料制成。应按下述方法建造和安排腔室及配件，盐雾不直接冲击待测部件，并且冷凝物不滴在待测部件上，盐雾在所有待测部件周围以相同方式自由流通，并且接触到待测部件液体不返回至盐溶液池。腔室应正确通风，以防止压力增大，同时使盐雾均匀分布。应保护通风口的排放端免于受到强气流的影响，以防止腔室内出现强气流。

#### 14.3.2 喷雾器

应设计制造喷雾器以生成细微、湿润的浓雾。喷雾嘴应由不与盐溶液反应的材料制成。

#### 14.3.3 空气供应

进入喷雾器的压缩空气应完全无杂质，如油和污垢。应提供按要求湿润和加热压缩空气的方法以符合操作条件。空气压力应适合于使用喷雾器生产细微浓雾。为了避免盐沉淀物堵塞喷雾器，喷嘴处喷出的空气的相对湿度应至少是 85%。一种有效的方法是空气以非常细微的气泡形式通过含有自动维持在恒温的加热过的水的塔。水温应至少为 35℃。允许水温随着空气量的增加以及腔室和腔室周围绝热的降低而增加。但是，该温度不应超过一个值，如果超过，过量湿气将进入室内（例如 43℃ 时气压为 84kPa）或不可能达到运行温度要求。

#### 14.3.4 盐溶液的配制

盐应该是氯化钠，干燥时碘化钠含量不超过 0.1%，而总杂质含量不超过 0.5%。除非另有规定，应配制盐重 5%而蒸馏水或除盐水重 95%的  $5 \pm 1\%$  溶液。通过使用盐溶液测得的温度和密度，调整并维持溶液相对密度在图 14-1 显示的极限内。

##### 14.3.4.1 pH 调整

盐溶液的 pH 应保持稳定并每天测量，这样，在 35℃ 下雾化并通过第 14.3.6.3 段中指出的方法收集的溶液 pH 范围将在 6.5 至 7.2 之间。只能使用稀释的化学纯盐酸或化学纯氢氧化钠调整 pH。应使用带饱和氯化钾桥的玻璃电极，通过比色法，如溴百里酚蓝电测 pH，或通过其他测量仪器或石蕊试纸测量，只要其结果相当于电测法测得的结果。应在配制每批新的溶液时按照第 14.3.6.4 中的规定测量 pH。

### 14.3.5 过滤器

应在供应线上提供类似于图 14-2 所示的由抗腐蚀材料制成的过滤器，并且如图 14-2 所示，将过滤器浸泡在盐溶液池中。

### 14.3.6 试验程序

#### 14.3.6.1 温度

试验应在暴露区域温度在 35 时进行。精确控制温度的方法是将仪器放置在正确控制恒温室内，或彻底绝缘仪器并将空气预热至雾化前正确温度，或密封仪器并控制封套内使用的水的温度或空气温度。禁止为了维持暴露区域的温度而在腔室内使用浸没式加热器。

#### 14.3.6.2 雾化

在容积小于  $0.34\text{m}^3$  的腔室内进行正确雾化时条件如下：

- a. 喷嘴压力应尽实际可能的低，以便于生成要求比率的雾。
- b. 开口直径应在 0.5mm 和 0.8mm 之间。
- c. 每 24 小时雾化每  $0.28\text{m}^3$  腔室内大约 3 升的盐溶液。

当使用体积超过  $0.34\text{m}^3$  的大尺寸腔室时，可能要求修改规定条件以满足操作条件的要求。

#### 14.3.6.3 盐雾收集容器的放置

暴露区域内所有零件维持的盐雾条件应该是这样的，根据一项至少进行了 16 个小时的平均试验，放置在暴露区域任何一点的干净的盐雾收集容器应从每  $80\text{cm}^2$  水平收集区域（直径 10cm）中每小时收集 0.5 至 3ml 溶液。应至少使用两个容器，一个放在最接近喷嘴的实验项目的周围，另一个放在离喷嘴最远的实验项目的周围。容器不应被待测部件遮蔽，来自实验项目或其他来源的滴液不应进入容器。

#### 14.3.6.4 盐溶液的测量

在 35 的温度下测量时，按照第 14.3.6.3 段中规定的方法收集的溶液中的氯化钠含量和 pH 值应符合第 14.3.4 段中的规定。可以混合使用的所有收集容器中的盐溶液，以提供规定测量要求的量。

##### 14.3.6.4.1 氯化钠含量测量

可以在内径大约是 2.5cm 的量杯中测量维持在特定温度下的溶液。在本容积范围内进行测量需要一支小腔室类型比重计。

##### 14.3.6.4.2 pH 测量



应按照第 14.3.4.1 段中的规定测量 pH。

#### 14.3.6.4.3 测量时间

在以下时间应测量氯化钠和 pH：

- a. 连续使用的盐雾室，即在 5 天内使用，每次试验后都应进行测量。
- b. 对于很少使用的盐雾室，如果距上次使用时间超过 5 天或喷嘴堵塞，测量后应进行一次 24 小时试运行。试验过程中，不应暴露待测部件。

#### 14.3.6.5 待测部件的配制

待测部件应接受的必要处理，尤其是其重要表面，并且应在暴露前即时配制。除非另有规定，应彻底清洗未涂层的金属装置或金属镀层装置上的油、污垢和油脂，直至表面无水膜残迹。清洗方法不应包括使用腐蚀或保护膜，或使用研磨剂而非纯氧化镁糊。不应使用溶剂清洗具有有机涂层的待测部件。应使用合适的蜡涂层或类似防水材料保护待测部件接触到支架的部分以及，除非镀层装置或样品另有规定，不要求镀层的剪切边和表面。

#### 14.3.6.6 标准盐雾试验性能（S 类设备）

步骤 1：24 个小时持续雾化 4.4.1.1b 中给出的某一混合物的盐溶液，并使其进入腔室或按照试验计划中的规定雾化。在整个暴露期间，每隔至少 24 个小时测量一次盐雾降落率和降落溶液的 pH。确保降落是在 1 和 3ml/80cm<sup>2</sup>/hr 之间。

步骤 2：在标准环境温度和 50%左右的相对湿度中干燥待测部件 24 个小时。在干燥期间不要干扰待测部件或调整任何机械特征。

步骤 3：在干燥结束时，除非另有规定，在盐雾室内替换待测部件，然后重复步骤 1 和 2。

步骤 4：在干燥结束时，运行待测部件，然后测定是否符合适用的设备性能标准。

然后应检查待测部件是否腐蚀。若有必要，以温度不高于 28 的流水轻微冲洗。必须分析所有腐蚀对待测部件正确运行的瞬时效应和可能效应。

#### 14.3.6.7 严重盐雾试验性能（T 类设备）

待测部件应放置在腔室内，并暴露于盐雾中至少 96 个小时或按照设备试验规范的规定放置。

在将设备从腔室移除的 1 个小时之内，设备通电并干燥 24 个小时。然后测定是否符合适用的设备性能标准。

然后应检查待测部件是否腐蚀。在进行任何拆卸或清洗操作前，按照设备规范中的规定测量并记录绝缘或焊接值。若有必要，以温度不高于 28 的流水轻微冲洗。必须分析所有腐蚀对待测部件正确运行的瞬时效应和可能效应。

#### 14.3.6.8 故障原因

- a. 物理的。盐沉淀物可能堵塞或使机械部件和零件受限。本试验产生的任何沉淀的程度都可代表预期环境产生的沉淀程度。
- b. 电气的。24 个小时干燥时期后残留的湿气可能造成电气故障。如果发生电气故障，尝试将该故障与运行过程中出现的这种可能联系起来。
- c. 腐蚀。分析所有腐蚀对待测部件的正确运行和结构完整性的瞬时效应和可能长期效应。

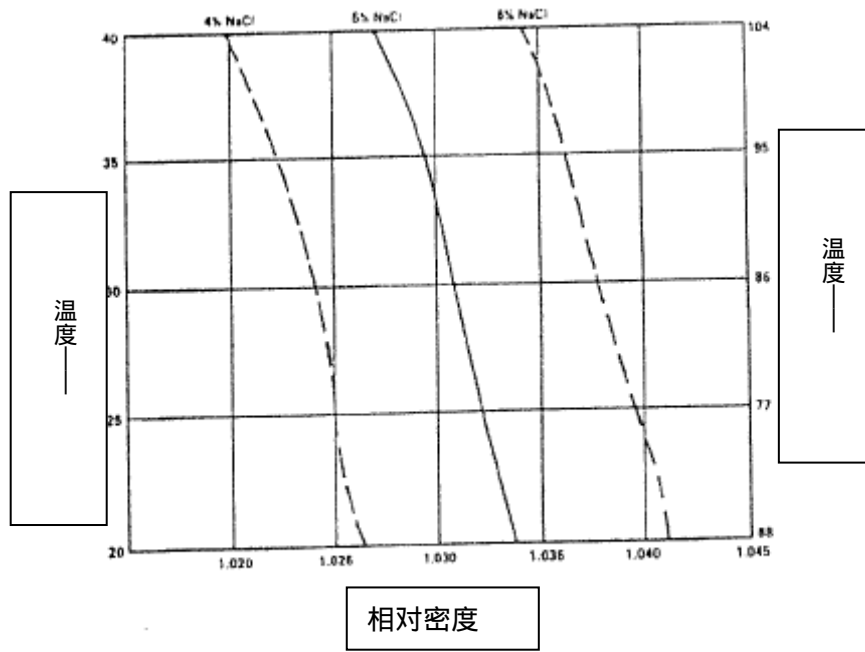


图 14-1 盐溶液相对密度变化和温度的关系

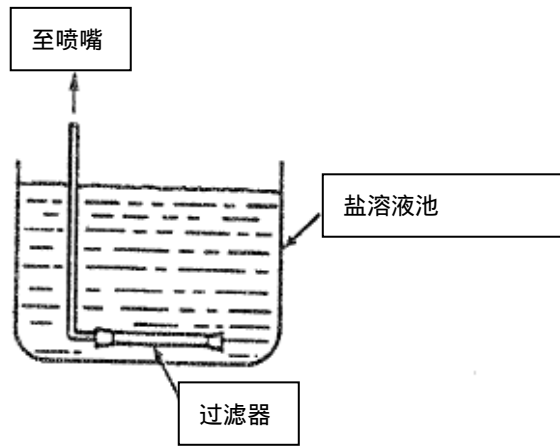
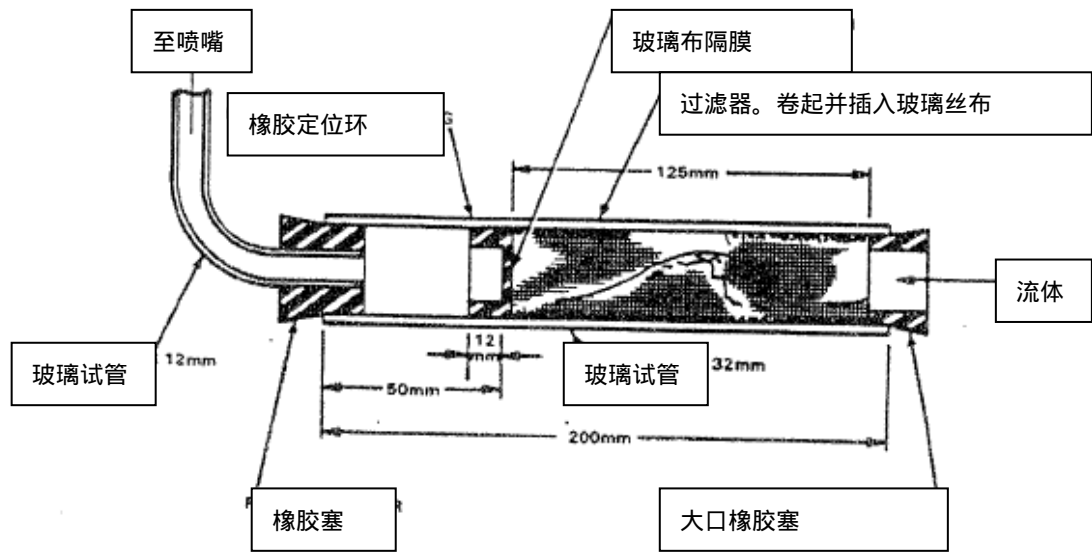


图 14-2 盐溶液过滤器的位置

RTCA 公司  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 15 节 磁效应试验

#### 重要须知

本节中包含的信息与本文件其他章节中说明的所有试验程序有关。另外，附录 A 可用来鉴定所进行的环境测试。

## 目录

15	磁效应试验.....	143
15.1	试验目的.....	143
15.2	试验说明.....	143
15.3	试验程序.....	144

## 图表列表

<b>图 15-1</b>	<b>试验安装和程序.....</b>	<b>146</b>
---------------	---------------------	------------

## 15 磁效应试验

### 15.1 试验目的

本试验测定设备的磁效应，主要是为了找出或证实允许安装的设备离罗盘或罗盘传感器（磁通门）最近的距离。本试验确保设备可以正常运行而不影响附近设备，测定设备是否符合适用的设备性能标准或辅助安装人员选择在飞行器中安装设备的正确位置。

D 表示观测到偏离 1 度（ $1^\circ$ ）的距离，设备分类如下：

- Y 类： $D=0.0\text{m}$ 。如果在紧挨设备的地方测量，罗盘偏离度小于或等于  $1^\circ$ 。本类设备应安装在距离磁罗盘或磁通门  $0.0\text{m}$  至  $0.3\text{m}$  的地方。
- Z 类： $0 < D \leq 0.3\text{m}$ 。如果在与设备之间的距离大于  $0.0\text{m}$  而小于或等于  $0.3\text{m}$  处测量，罗盘偏离度等于  $1^\circ$ 。本类设备应安装在距离磁罗盘或磁通门大于或等于  $0.3\text{m}$  的地方。
- A 类： $0.3 < D \leq 1\text{m}$ 。如果在与设备之间的距离大于  $0.3\text{m}$  而小于或等于  $1.0\text{m}$  处测量，罗盘偏离度等于  $1^\circ$ 。本类设备应安装在距离磁罗盘或磁通门大于或等于  $1\text{m}$  的地方。
- B 类： $1\text{m} < D \leq 3\text{m}$ 。如果在与设备之间的距离大于  $1.0\text{m}$  而小于或等于  $3.0\text{m}$  处测量，罗盘偏离度等于  $1^\circ$ 。本类设备应安装在距离磁罗盘或磁通门大于或等于  $3\text{m}$  的地方。
- C 类：如果在与设备之间的距离大于  $3.0\text{m}$  处测量，罗盘偏离度等于  $1^\circ$ 。本类设备应安装在距离磁罗盘或磁通门大于或等于  $3\text{m}$  的地方。偏离  $1^\circ$  时的最小距离应以试验形式报告；而相应地选出设备的机载位置。

### 15.2 试验说明

当待测设备位于经过磁体枢轴的东西线上时，应根据水平磁力强度为  $14.4\text{A/m} \pm 10\%$  的匀强磁场（如同地球产生的磁场）中自由磁体的当量偏离度测定设备的磁效应。操作人员可以使用无补偿罗盘或当量磁传感器进行本测量。

*注 1：* 如果地球在测试实验室位置产生的磁场的水平部分在上述公差范围内，第 15.3 段中用于测定设备类型的角度偏移应

是 1 度 (  $D_c=1$  )。

注 2 : 如果地球在测试实验室位置产生的磁场的水平部分超过上述公差范围, 应使用下列公式调整第 15.3 段中用于测定设备类型的角度偏移。

$$D_c = \frac{14.4 \text{ A/m}}{\text{环境磁场强度的水平部分}}$$

在此公式中,

$D_c$  是用于测定设备类型的当量偏角。

### 15.3 试验程序

使用与第 20 节试验中用到的线束同种或相同的线束为待测设备( EUT ) 通电。待测设备使用的所有电缆和延长电源线在试验时应捆成一束。本线束应沿罗盘东西轴向布线。

- 1) 如果不带待测设备的测试实验室位置上的 HCAFS ( HCAFS=地球产生的环境磁场强度的水平部分 ) 未知, 测量该强度 ( 例如, 使用磁力计 )。
- 2) 如果 HCAFS 在第 15.2 段中说明的公差范围内, 那么根据第 15.2 段, 注 1 的内容,  $D_c=1^\circ$ 。

如果 HCAFS 不在第 15.2 段中说明的公差范围内, 通过将测得的 HCAFS 套入第 15.2 段的注 2 给出公式中, 调整偏角 (  $D_c$  ) 的值。

- 3) 如图 15-1 所示, 将待测设备电缆放置在通过磁体枢轴的东西线上。
- 4) 运行待测设备, 选择生成最大磁体偏离度的稳定状态模式。
- 5) 将待测设备电缆保持在经过磁体枢轴的东西线上, 选择产生最大磁体偏离度的待测设备的方向。
- 6) 缩短待测设备和磁体之间的距离, 以获得  $D_c$ 。

如果通过将罗盘向待测设备方向移动, 而不是将待测设备向罗盘方向移动进行试验, 那么就需要进行磁场匀强试验。本试验按下列方法进行:

将待测设备从试验区域移除, 罗盘偏离度不应超过  $\pm 0.5$  度, 而罗盘沿至待测设备位置的计划路线线形移动。



7) 测量并记录为计算  $D_c$  而获得的磁体枢轴和待测设备的最近部分之间的最小距离。

8) 为计算步骤 7 中的  $D_c$  偏离度使用测得的距离  $D$ ，从下表中选择种类：

<b>设备类型</b>	<b><math>D_c</math> 偏离度的距离</b>
Y	$D=0.0m$
Z	$0<D\leq 0.3m$
A	$0.3<D\leq 1m$
B	$1m<D\leq 3m$
C	大于 3.0m

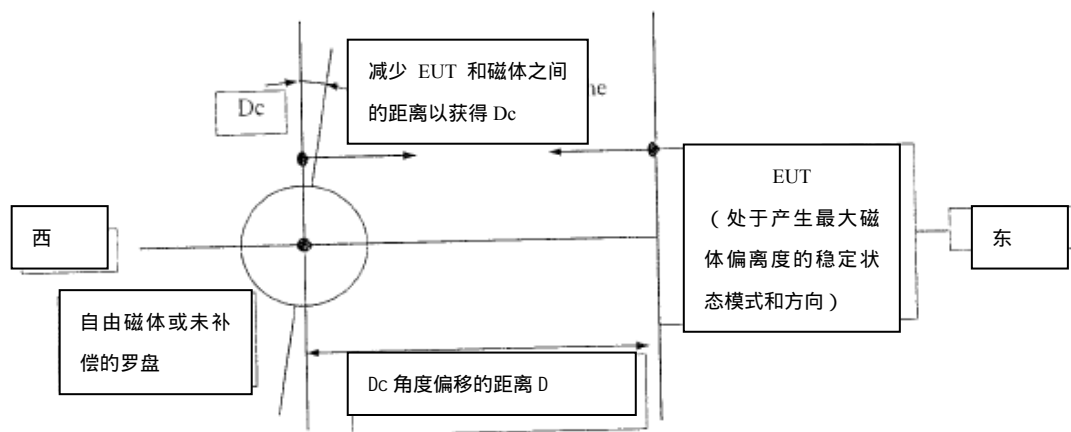


图 15-1 试验安装和程序

RTCA 公司  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 16 节 输入功率

#### 重要通知

本节中包含的信息与本文件其他章节中说明的所有试验程序有关。另外，附录 A 适用于鉴定所进行的环境试验。

## 目 录

16	输入功率	150
16.1	试验目的	150
16.2	设备类型	150
16.3	应急电气系统运行	152
16.4	标准电源输入参数（交流）	153
16.5	电源输入参数（交流）	154
16.5.1	正常运行条件（交流）	154
16.5.1.1	电压和频率（交流）	154
16.5.1.2	电压调节（交流）	157
16.5.1.3	频率调节（交流）	157
16.5.1.4	瞬时电源中断（交流）	158
16.5.1.5	正常瞬态（交流）	159
16.5.1.5.1	正常浪涌电压（交流）	160
16.5.1.5.2	正常频率瞬态（所有交流设备）	160
16.5.1.6	正常频率变化（仅用于 A（NF）类和 A（WF）类设备）	161
16.5.1.7	电压直流含量（交流）	162
16.5.1.8	电压失真（交流）	162
16.5.1.8.1	定义	162
16.5.1.8.2	要求	163
16.5.2	异常运行条件（交流）	164
16.5.2.1	稳定状态下的异常电压和频率极限（交流）	164
16.5.2.2	瞬时欠压运行（交流）	165
16.5.2.3	异常瞬态（交流）	166
16.5.2.3.1	异常浪涌电压（交流）	166
16.5.2.3.2	异常频率瞬态（交流）	166
16.5.2.3.3	异常频率变化（仅用于 A（NF）类和 A（WF）类设备）	167
16.5.2.4	相位输入损失（仅用于三相交流输入）	168
16.6	电源输入参数极限（直流）	169
16.6.1	正常运行条件（直流）	169
16.6.1.1	电压（平均值直流）	169
16.6.1.2	纹波电压（直流）	170
16.6.1.3	瞬时电源中断（直流）	170
16.6.1.4	正常浪涌电压（直流）	172
16.6.1.5	发动机启动欠压运行（直流）	173
16.6.1.6	裸露电压衰减时间（直流，仅适用于 D 类设备）	174
16.6.2	异常运行条件（直流）	174
16.6.2.1	电压稳定状态（直流）	174
16.6.2.2	低压条件（直流，仅适用于 B 类设备）	175
16.6.2.3	瞬时欠压运行（直流）	175
16.6.2.4	异常浪涌电压（直流）	176
16.7	负载设备对飞行器电源系统的影响（交流和直流）	177
16.7.1	来自负载的电流谐波放射物（交流），标识 H	177
16.7.1.1	定义	177

16.7.1.2	电流失真	177
16.7.1.3	电流失真验证要求	178
16.7.2	允许相位不平衡 (仅适用于三相交流输入)	180
16.7.2.1	定义	180
16.7.2.2	要求	180
16.7.3	稳定状态运行下的直流电流含量 (所有交流设备)	180
16.7.3.1	定义	181
16.7.3.2	要求	181
16.7.4	再生能量 (仅适用于直流 D 类设备)	181
16.7.4.1	定义	181
16.7.4.2	要求	181
16.7.5	浪涌电流要求 (交流和直流), 标识 I	182
16.7.5.1	定义	182
16.7.5.2	要求	182
16.7.6	稳定状态运行时的电流调制 (交流), 标识 L	183
16.7.6.1	定义	183
16.7.6.2	要求	184
16.7.7.1	定义	184
16.7.7.2	要求	184
16.7.8	功率因数 (所有交流设备), 标识 P	185
16.7.8.1	定义	185

\_Toc219889148

### 表格列表

<b>表 16-1</b>	<b>带数字电路的交流设备的试验条件</b>	<b>187</b>
<b>表 16-2</b>	<b>用于 A (NF) 类和 A (WF) 类设备的其他试验要求</b>	<b>189</b>
<b>表 16-3</b>	<b>带数字电路的直流设备的试验条件</b>	<b>190</b>
<b>表 16-4</b>	<b>单相电气设备的电流谐波极限</b>	<b>191</b>
<b>表 16-5</b>	<b>平衡三相电气设备的电流谐波极限</b>	<b>191</b>
<b>表 16-6</b>	<b>试验标识 H 试验条件 2 符合表</b>	<b>192</b>
<b>表 16-7</b>	<b>带数字和存储电路的直流设备的试验条件</b>	<b>192</b>

### 图表列表

<b>图 16-1</b>	<b>交流电压调制包线的频率特征</b>	<b>194</b>
<b>图 16-2</b>	<b>交流频率调制的特征</b>	<b>195</b>
<b>图 16-3</b>	<b>交流设备浪涌电压试验</b>	<b>196</b>
<b>图 16-4</b>	<b>直流设备浪涌电压试验</b>	<b>197</b>
<b>图 16-5</b>	<b>交流异常电压浪涌的包线</b>	<b>198</b>
<b>图 16-6</b>	<b>典型异常直流浪涌电压特征</b>	<b>199</b>
<b>图 16-7</b>	<b>典型电流谐波测量图</b>	<b>200</b>
<b>图 16-8</b>	<b>谐波试验的典型电压失真电路</b>	<b>201</b>
<b>图 16-9</b>	<b>交流单相设备直流偏移试验</b>	<b>202</b>
<b>图 16-10</b>	<b>交流三相设备直流偏移试验</b>	<b>204</b>
<b>图 16-11</b>	<b>三相交流负载的允许相位不平衡</b>	<b>204</b>
<b>图 16-12</b>	<b>270V 直流再生能量试验装置</b>	<b>205</b>

## 16 输入功率

### 16.1 试验目的

本节规定了将交流和直流电流应用于待测设备终端的试验条件和程序。包括下列电源：

- 14V 直流、28V 直流和 270V 直流
- 额定 400Hz 频率下或在包括 400Hz 的可调频率范围内的 115Vrms 交流和 230Vrms 交流。

适用设备性能标准中必须规定设备使用其他电源时的设备类型及频率等级、试验条件和程序。

### 16.2 设备类型

设备试验标识包括：类型参考：

- 交流设备：A (CF), A (NF) 或 A (WF)
- 直流设备：A、B、D 或 Z

所有的交流设备类型后都附有额外的字母，以说明设备是否需要满足：

- 交流谐波试验（字母 H）或反之（字母 X）。
- 交流调制试验（字母 L）或交替试验（字母 Z）。
- 交流功率因数试验（字母 P）或交替试验（字母 Z）。
- 交流浪涌试验（字母 I）或反之（字母 X）。

所有的直流设备类型后都附有额外的字母，以说明设备是否需要满足：

- 直流电流纹波试验（字母 R）或反之（字母 X）。
- 直流浪涌试验（字母 I）或反之（字母 X）。

直流设备类型（如 A、B、D 或 Z）后不会标记有仅交流设备试验标识（如字母 H）。交流设备类型（如 A (CF)、A (NF) 或 A (WF)）后不会标记有仅直流设备试验标识（如字母 H）。

设备应同时接通交流和直流电源，标记应首先列出交流设备类型，其后随附所有的交流试验标识，然后列出直流设备类型，其后随附所有的直流试验标识。

类型：A (CF)、A (NF)、A (WF) 和 A

基本电源来自于恒频或变频交流系统，并且直流系统由变压器-整流器装置供电的飞行器电气系统上使用的设备经鉴定分为：

- 交流设备：类型：A (CF)、A (NF) 或 A (WF)；

• 直流设备：A 类。

A (CF) 标明了基本电源来自于恒频 (400Hz) 交流系统的飞行器电气系统上使用的交流设备。

注：A (CF) 标明了与之前 DO-160/ED 14 发行物中 A 类标识的交流设备相同的设备。

A (NF) 标明了基本电源来自于窄变频 (360-650Hz) 交流系统的飞行器电气系统上使用的交流设备。

A (WF) 标明了基本电源来自于宽变频 (360-800Hz) 交流系统的飞行器电气系统上使用的交流设备。

“ A ”标明了由来自于恒频或变频交流系统的基本电源产生直流电流的飞行器电气系统上使用的 28V 直流设备。A 类直流设备的电池浮动在直流总线。

### B 类

由发动机驱动的交流驱动机/整流器，或由有大容量电池一直浮动在直流总线上的直流发电机供电的飞行器电气系统上使用的 14V 或 28V 直流设备被鉴定为 B 类。

### D 类

由来自于恒频或变频交流系统的基本电源产生直流电流的飞行器电气系统上使用的 270V 直流设备被鉴定为 D 类。

### Z 类

可用于符合这些标准的所有其他类型飞行器电气系统的 28V 直流设备被鉴定为 Z 类。Z 类应该可以与 A 类或 B 类一起使用。本类型包括由变速发电机供电的直流系统：

- a. 直流电源不具备浮动在直流总线上的电池，或
- b. 可以分离电池和直流总线的控制或保护设备，或
- c. 与直流发电机的容量相比，电池容量很小。

### 交流失真试验：标识 H

本试验标识用于个别最大功率消耗大于 35VA 的交流设备，或用于多动力装置(或相同设备类型)的混合功率消耗大于 150VA 的设备。对于这种设备，如果设备性能标准有要求，则必须进行第 16.7.1 节中提出的电流失真试验。

### 交流电流调制控制试验：标识 I

本试验标识用于控制了来自 EUT 的电流纹波(或电流调制)的交流设备。符合本试验标识要求的交流供电设备将标记上试验标识 L。不符合类型 L 的要求的设备仍将接受试验(只报告等级)，并且标记上

试验标识 Z ( 其他实验标准 )。

#### 交流功率因数试验：标识 P

本试验标识用于控制了来自 EUT 的交流电源因数的交流设备。符合本试验标识要求的交流供电设备将标记上试验标识 P。不符合类型 P 的要求的设备仍将接受试验( 只报告等级 ), 并且标记上试验标识 Z( 其他实验标准 )。

#### 直流电流纹波试验：标识 R

本试验标识用于个别最大功率消耗超过 400W 的 28V 或 35W 的 270V 的直流供电设备, 或用于多动力装置 ( 或相同设备类型 ) 的混合功率消耗大于 400W 的 28V 设备或大于 150W 的 270V 设备。对于这种设备, 如果设备性能标准有要求, 则必须进行第 16.7.7 节中提出的直流电流纹波试验。

#### 交流或直流浪涌电流控制：标识 I

本标识用于符合标识 I 中规定的浪涌电流要求的交流或直流设备。对于这种设备, 如果设备性能标准有要求, 则必须进行第 16.7.5 节中提出的浪涌电流试验。

#### 标准实验容差：

除非控制设备规范或 DO-160 试验程序中另有规定, 否则：

\* 对于额定电压大于或等于 100V 的交流或直流, 所有输入电源电压应高于试验电压 $\pm 1.0\%$ 或高于额定运行电压 $\pm 1.0\%$  ( 即 115V 系统上的 0V 交流是  $0V \pm 1.15V$  交流 )。

\* 对于额定电压小于 100V 的交流或直流。所有输入电源电压都应高于试验电压 $\pm 2.0\%$ 或高于额定运行电压 $\pm 2.0\%$ , ( 即 28V 直流系统上的 0V 直流是  $0V \pm 0.56V$  直流 )。

\* 所有持续时间都应维持在规定时间 $\pm 10\%$ 的范围内。

\* 10%和 90%点之间的实际电压转换的所有上升和下降时间都应少于 1.5msec。

\* 所有频率都应维持在规定值 $\pm 1.0\%$ 的范围内。

注：这些容差的目的是将标准试验程序用于待测设备, 而不反映飞行器电源的实际容差。

#### 手动重设：

手动重设是将所有功率从开到关再到开地循环回 EUT, 以清除 EUT 故障状态或 EUT 闭锁。试验后将数据输入 EUT, 例如电源中断, 这并不是手动重设, 除非适用设备性能标准汇总另有规定。



应急电气系统运行是在飞行期间，当基本电气系统无法供应足够或正确的电力时电气系统的状态，因此 要求使用功率输出能量有限的独立应急电源。

#### 16.4 标准电源输入参数（交流）

一些电气参数是标准的，即按照本节要求不会不同于额定限制。所有试验都应使用下列标准参数：

**注意：** 所有提到的电压值都用于 115Vrms 交流设备。若用于 230Vrms 交流设备，则乘以 2。

##### a. 相位序列

三相电源中各个相位的电压以 120 电度替换彼此；分别标识为 A、B 和 C，并且按此顺序分别到达各自的最高值。

##### b. 相位移

这是三个相位的波形的零电压点之间的相对位移。相位移应在下列限制范围内：

- A (CF) 和 A (NF) 类型设备： 120±4 电度

- A (WF) 类型设备： 120±6 电度

##### c. 相位电压不平衡

##### c.1. A (CF) 和 A (NF) 类型设备

对于正常电气系统运行，所有飞行器运行使用的最高电压相位和最低电压相位之间的相位电压最大差距范围不会超过 6 伏均方根 (rms)。如果电源是应急电源系统，本差距范围不会超过 8Vrms。

##### c.2. A (WF) 类型设备

对于正常电气系统运行，所有飞行器运行使用的最高电压相位和最低电压相位之间的相位电压最大差距范围不会超过 8 伏 rms。如果电源是应急电源系统，本差距范围不会超过 10Vrms。

##### d. 电压波形振幅因数和谐波含量

电压波形的振幅因数为 1.41~0.15，而谐波含量如下表所示。

设备类型	最大电压总谐波失真 (*)	最大电压个别谐波失真 (*)
A(CF)和 A(NF)	8%	6%
A(WF)	10%	8%

(\*) 相关定义请参考第 16.5.1.8.1 段。

##### e. 电压波形直流含量

对于正常电气系统运行，电压波形直流含量在下列限制范围内：  
0±0.20V 直流

f. 要求

符合本节随后提到的要求表明符合这些标准条件。

16.5 电源输入参数（交流）

下面从数量上规定了可变的电源输入参数和适用的相关试验条件，并且按照与正常和异常电气系统运行的关系分开。

A（WF）试验允许使用 A（WF）、A（NF）和 A（CF）输入功率。

A（NF）试验允许使用 A（NF）和 A（CF）输入功率。

A（CF）试验允许使用 A（CF）输入功率。

注：

1. 使用的电源应能够 EUT 要求的最大电流。
2. 如果由相同飞行器总线供应多重电源输入，应同时测试这些输入使用的所有连接。

16.5.1 正常运行条件（交流）

下列条件和试验适用于类型 A（CF）、A（NF）和 A（WF）设备。

注意：所有提到的电压值都用于 115Vrms 交流设备。若用于 230Vrms 设备，则乘以 2。

16.5.1.1 电压和频率（交流）

a. 定义

		设备类型	A(CF)	A(NF)	A(WF)
最大 值	电压（Vrms）	最高相位	122	122	122
		三个相位的平均值	120.5	120.5	120.5
	频率（Hz）	正常	410	650	800
		紧急	440	650	800
最小 值	电压（Vrms）	最低相位	100	100	100
		三个相位的平均值	101.5	101.5	101.5
	频率（Hz）	正常	390	360	360
		紧急	360	360	360

注：

1. 上面提到的电压值位于设备终端。
2. 对于交流网络：
  - 额定电压是 115Vrms。
  - 额定频率是 400Hz（仅用于 A（CF）类型）。

b. 对单相设备的要求

(1) 每次试验以最大负载循环运行设备至少 30 分钟。在 30 分钟的试验期间，测定是否符合适用设备性能标准。

将要应用于设备终端的频率和电压：

试验	电压 (Vrms)	频率 (Hz)		
		A(CF)	A(NF)	A(WF)
1	122	410	650	800
2	100	410	650	800
3	122	390	360	360
4	100	390	360	360

(2) 对于指定在应急电气系统状态下运行的 A (CF) 类设备，每次试验以最大负载循环运行设备至少 30 分钟。在 30 分钟的试验期间，测定是否符合适用设备性能标准。

将要应用于 A (CF) 类设备终端的频率和电压：

试验	电压 (Vrms)	频率 (Hz)
1	122	440
2	100	440
3	122	360
4	100	360

C 对三相设备的要求

C1 对 A (CF) 类和 A (NF) 类三相设备的要求

(1) 每次试验以最大负载循环运行设备至少 30 分钟，而基本电源首先调整为相位平衡，然后调整为相位不平衡。在 30 分钟的试验期间，测定是否符合适用设备性能标准。

将要应用于设备终端的频率和电压：

试验	相位 A/B/C 电压 (Vrms)			频率 (Hz)	
	相位 A	相位 B	相位 C	A(CF)	A(NF)
1	120.5	120.5	120.5	410	650
2	101.5	101.5	101.5	410	650
3	120.5	120.5	120.5	1 3%	360
4	101.5	101.5	101.5	390	360
5	122	122	116	410	650
6	100	100	106	410	650
7	122	122	116	390	360
8	100	100	106	390	360

(2) 对于指定在应急电气系统状态下运行的设备，每次试验以最大负载循环运行设备至少 30 分钟，而基本电源首先调整为相位平衡，然后调整为相位不平衡。在 30 分钟的试验期间，测定是否符合适用设备性能标准。

将要应用于设备终端的频率和电压：

试验	相位 A/B/C 电压 (Vrms)			频率 (Hz)	
	相位 A	相位 B	相位 C	A(CF)	A(NF)
1	120.5	120.5	120.5	440	N/A
2	101.5	101.5	101.5	440	N/A
3	120.5	120.5	120.5	360	N/A
4	101.5	101.5	101.5	360	N/A
5	122	122	114	440	650
6	100	100	108	440	650
7	122	122	114	360	360
8	100	100	108	360	360

### C.2 对 A (WF) 类型三相设备的要求

(1) 每次试验以最大负载循环运行设备至少 30 分钟，而基本电源首先调整为相位平衡，然后调整为相位不平衡。在 30 分钟的试验期间，测定是否符合适用设备性能标准。

将要应用于设备终端的频率和电压：

试验	相位 A/B/C 电压 (Vrms)			频率 (Hz)
	相位 A	相位 B	相位 C	
1	120.5	120.5	120.5	800
2	101.5	101.5	101.5	800
3	120.5	120.5	120.5	360
4	101.5	101.5	101.5	360
5	122	122	114	800
6	100	100	108	800
7	122	122	114	360
8	100	100	108	360

(2) 对于指定在应急电气系统状态下运行的设备，每次试验以最大负载循环运行设备至少 30 分钟，而基本电源调整为相位不平衡。在 30 分钟的试验期间，测定是否符合适用设备性能标准。

将要应用于设备终端的频率和电压：

试验	相位 A/B/C 电压 (Vrms)	频率 (Hz)
----	--------------------	---------

	相位 A	相位 B	相位 C	
1	122	122	112	800
2	100	100	110	800
3	122	122	112	360
4	100	100	110	360

### 16.5.1.2 电压调节（交流）

#### a. 定义

电压调节是交流峰值电压的平均水平发生周期性变化、无规则变化、或同时发生两种变化，可能在稳定状态电气系统运行期间发生，是由于电压调整变化和速度变化造成的。对于 115V 交流系统，电压调节是指在调制包线上达到的最低电压和最高电压之间的 5.0V 最大峰谷差，或如设备规范中指出的高于 5.0V 的值。对于 230V 交流系统，电压调节是 115V 交流系统的两倍。

115V 交流电压调节包线波形的频率部分不会超过图 16-1 的极限。

#### b. 要求

当设备处于本状态下时，应在适用的设备性能标准范围内运行。若适用，任何试验要求都应在单独设备性能标准中指定。进行本试验时的频率应是：

- A (CF) 类型设备使用 400Hz

- 频率可调设备使用 360Hz，然后 A (NF) 类型设备使用 650Hz，A (WF) 类型设备使用 800Hz。在将电压调节调整为适合图 16-1 中列举的最低试验水平后，在每个频率处保压至少 120s 或达到设备规范中指出的时间。频率步进规格应该是每十进位至少步进 4 个对数间隔，再加上每个转折点处的试验频率。

$$f_{n-1} = f_n * 10^{n/4}$$

在此公式中，

$f_n$  试验频率，并且  $n=1-4$ 。  
 $f_1$  初始频率，并且  
 $f_4$  十进位的截止频率

### 16.5.1.3 频率调节（交流）

#### a. 定义

频率调节是指关于稳定状态电气系统运行期间平均频率的瞬时频率的周期性变化或无规则变化，或同时发生的两种变化。通常频率调节在窄频限制范围内，并且是由发电机轴节的速度变化和/或驱动速度调整引起的。频率调节引起的基本系统频率的变化在图 16-2 规定的平均频率频带范围内。

## b. 要求

当设备处于本状态下时，应在适用的设备性能标准范围内运行。进行本试验时的平均频率应是：

- A (CF) 类型设备使用 400Hz
- 频率可调设备使用 360Hz，然后 A (NF) 类型设备使用 650Hz，A (WF) 类型设备使用 800Hz。

在将频偏宽度调整为匹配每个重复率试验点处图 16-2 中列举的最低试验水平后，停止 5 个重复率周期、30 秒或设备规范中指定的时间。

试验点的最小集应符合图 16-2 中的表格。

如果频偏作为离散频率步进值而不是正弦或三角频偏使用，重复率保压时间应在 $\pm 10\%$ 持续时间范围内，并且最大频偏步进规格应小于或等于 2.0Hz。对于小于或等于 2.0Hz 的峰至峰交流频率调节，方波频偏也是合适的。

### 16.5.1.4 瞬时电源中断（交流）

#### a. 定义

电源转变可能导致最长 200ms 的电源中断。

#### b. 对数字线路设备的要求

本试验仅适用于配备有数字线路和/或存储装置的设备，包括带延迟电路的设备。

本类型设备对可能造成性能故障的瞬时电源中断很敏感。这种瞬变电源中断可能是 V-瞬变或 T-瞬变，其中 V 可能是 V-稳定状态和零之间的任何值，而 T 可能是 0 至 200 毫秒之间的任何值。因为有大量这种组合，所以本试验程序选取对测定设备性能有效的离散值。

#### 试验程序

设备应可充分运行。

应在实施每次试验条件前使用额定电压。

关于频率：

• A (CF) 类型设备：应在实施每次试验条件前使用额定电压。

• A (NF) 类和 A (WF) 类设备：

首先，所有试验都应施加： $360\text{Hz} \pm 5/0\text{Hz}$ 。

然后，所有试验都应重新运行：

• A (NF) 类型设备： $650\text{Hz} \pm 0/-5\text{Hz}$

- A (WF) 类型设备： 800Hz+0/-5Hz。

应已经手动或自动输入了数据，并且在开始每次试验前，应显示相关数据。

根据设备的每个代表运行模式，或适用性能标准中的规定，至少实施两次表 16-1 中的每项试验条件。如果最大和最小稳定状态电流之间的差异小于最大稳定状态电流的 25%，那么只需要测试最大稳定状态电流运行模式。

在系统完全稳定后进行第二个试验。在每次试验进行期间和试验之后，监测设备性能（包括通常平行运行的任何设备/系统）。

在裸露后，测定是否符合适用的设备性能标准。除非单独设备规范中另有规定，不允许手动重设。

注：设备性能标准中将规定试验进行期间对设备性能的要求。

#### c. 对所有设备的要求

本试验适用于所有交流设备。

#### 试验程序

如果设备以其设计电压和额定频率运行，至少断电 5 次：每次断电应持续 50ms。然后在断电 200ms。测定是否符合适用的设备性能标准。除非单独设备规范中另有规定，不允许手动重设。

在系统完全稳定后进行后续试验。在每次试验进行期间和试验之后，监测设备性能（包括通常平行运行的任何设备/系统）。

注：设备性能标准中将规定试验进行期间对设备性能的要求。

#### d. 其他要求（仅用于 A (NF) 类和 A (WF) 类设备）

设备应可充分运行。

应在实施每次试验条件前使用额定电压。

根据设备的每个代表运行模式，或适用性能标准中的规定，至少实施两次表 16-2 中的每项试验条件。如果最大和最小稳定状态电流之间的差异小于最大稳定状态电流的 25%，那么只需要测试最大稳定状态电流运行模式。

在系统完全稳定后进行第二个试验。在每次试验进行期间和试验之后，监测设备性能（包括通常平行运行的任何设备/系统）。

在裸露后，测定是否符合适用的设备性能标准。除非单独设备规范中另有规定，不允许手动重设。

注：设备性能标准中将规定试验进行期间对设备性能的要求。

### 16.5.1.5 正常瞬态（交流）

#### 16.5.1.5.1 正常浪涌电压（交流）

##### a. 定义

正常的浪涌是受控稳定状态等级的变化，是由为响应正常系统运行造成的障碍而进行的电能系统的固有调节造成的，如通过调节器进行的负载切换和矫正措施。

##### b. 要求

(1) 以 115V<sub>rms</sub> 的设备终端电压运行设备 5 分钟。然后如下所述循环电压 3 次：

上升电压至：

- A (CF) 和 A (NF) 类型设备： 160±2V<sub>rms</sub>，持续 30ms。
- A (WF) 类型设备： 170±2V<sub>rms</sub>，持续 30ms。
- 回复电压至 115V<sub>rms</sub>±1V<sub>rms</sub>，持续 5 秒。
- 下降电压至 70V<sub>rms</sub>±1V<sub>rms</sub>，持续 30 秒。
- 回复电压至 115V<sub>rms</sub>±1V<sub>rms</sub>，持续 5 秒。

不考虑必需的浪涌电流，在 EUT 输入端测得的浪涌电压必须达到要求。

(2) 电源频率应如下所示：

- A (CF) 类型设备：400Hz±5Hz。
- A (NF) 类型设备：首先以 360Hz+5/-0Hz 进行试验，然后以 650Hz+0/-5Hz 重新进行试验。
- A (WF) 类型设备：首先以 360Hz+5/-0Hz 进行试验，然后以 800Hz+0/-5Hz 重新进行试验。

应按照类似于图 16-3 中的方法应用并监测电压浪涌。

(3) 在正常电气系统浪涌期间，测定是否符合适用的设备性能标准。

注：除非在设备性能标准中如此说明，在浪涌期间，设备性能可以降低，但是在恢复额定电压和频率时，必须符合规定的性能。

(4) 在应用电压浪涌后，测定是否符合适用的设备性能标准。

注：如果设备性能标准要求在进行第 16.5.2.3.1 段中的异常浪涌电压试验和第 16.5.2.2 段中的瞬时欠压试验期间符合该性能，那么没必要进行上述试验。

#### 16.5.1.5.2 正常频率瞬态（所有交流设备）



a. 定义

正常瞬态是受控稳定状态等级的瞬间变化，是由为响应正常系统运行造成的障碍而进行的电能系统的固有调节造成的，如通过调节器进行的发动机速度改变和矫正措施。本试验针对频率可调设备进行，以确保与恒频设备兼容。

b. 要求

(1) 以 115Vrms 的设备终端电压和 400Hz 的频率运行设备 5 分钟。

然后如下所述循环频率 3 次：

上升电压至	400Hz±5Hz	150ms
然后降低电压至	420Hz±5Hz	1.5s
回复电压至	420Hz±5Hz	5s
下降电压至	350Hz±5Hz	150ms
然后上升电压至	380Hz±5Hz	1.5s
回复电压至	420Hz±5Hz	5s

频率试验点之间的转变应在 1ms 内发生。

(2) 在正常频率瞬态期间，测定是否符合适用的设备性能标准。

注：除非在设备性能标准中如此说明，在瞬态期间，设备性能可以降低，但是在恢复额定电压和频率时，必须符合规定的性能。

(3) 在应用频率瞬态后，测定是否符合适用的设备性能标准。

注：如果设备性能标准要求在第 16.5.2.3.2 段中的异常频率瞬态试验中符合该性能，则不必进行上述试验。

#### 16.5.1.6 正常频率变化（仅用于 A（NF）类和 A（WF）类设备）

a. 定义：

除非适用的设备性能标准中另有规定，高达 200Hz/s 的频率变化可能会因为快速发动机速度变化而发生在正常运行状态中，尤其是在飞行器起飞和发动机停用顺序期间。

b. 要求：

(1) 以 115Vrms 的设备终端电压和 360Hz+5/-0Hz 的频率运行设备 5 分钟。

然后如下所述循环频率 3 次：

上升电压至：

• A（NF）类型设备：650Hz+0/-5Hz

• A (WF) 类型设备：800Hz+0/-5Hz

恒定频率变化率为 100Hz/s，然后以 200Hz/s 的频率变化率回复频率至 360Hz+5/-0Hz，并且维持该频率 5s。

(2) 在正常频率变化期间：测定是否符合适用的设备性能标准。

注：除非在适用的设备性能标准中如此说明，否则在正常频率变化期间，设备性能不应降级。

#### 16.5.1.7 电压直流含量（交流）

a. 定义：

在正常稳定状态电气系统运行期间，电压直流含量可能高达  $\pm 0.20V$ 。本直流电压对 115V 和 230V 系统都一样。

b. 要求：

以 115Vrms 的终端电压和下面注释中规定的频率，以最大负载循环运行设备。将  $-0.200+0/-0.040V$  的电压直流偏移应用于每条基本输入线。

本设备应在这些条件下运行至少 30 分钟。在 30 分钟的试验期间，测定是否符合适用设备性能标准。

如果设备是三相装置，分别测试每个相位，然后同时测试所有相位。

以  $+0.200+0.040/-0V$  的电压直流偏移重复测试。

图 16-9 显示单相设备如何产生电压直流偏移，而图 16-10 显示了三相设备如何产生电压直流偏移。

注：进行这些试验时的频率应是：

A (CF) 类型设备使用 400Hz

频率可调设备使用 360Hz，然后 A (NF) 类型设备使用 650Hz，A (WF) 类型设备使用 800Hz。

#### 16.5.1.8 电压失真（交流）

来自于非线性交流负载的电流将造成正常条件下交流电压波形的失真（详细定义请参考第 16.5.1.8.1 段）。预计所有交流设备在出现此类失真时可以正确运行。

##### 16.5.1.8.1 定义

###### 16.5.1.8.1.1 总谐波失真

交流波形的总谐波失真是从谐波的 rms 值比率变为基频的 rms 值。下面的公式定义了总谐波失真 (THD)。变化的“X”可以代表电压或电流，并且可以表示为 rms 值或峰值。

$$\text{THD}_x = 100 \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^m X_n^2}}{X_1}$$

$X_1$ =电流或电压的基础值；

$X_n$ =电流或电压的第  $n$  个谐波值。

注：第  $n$  个谐波 ( $F_n$ ) 的频率是基础频率的整数倍数  
 $F_1:F_n=nF_1$ 。

#### 16.5.1.8.1.2 单谐波含量

单谐波含量是指给定谐波频率处的电压或电流占基础频率的百分比，若适用。下面的公式定义了单谐波含量 ( $\text{IHC}_n$ )。变化的“ $X$ ”可以代表电压或电流，并且可以表示为 rms 值或峰值。分数表示了第  $n$  个谐波处的失真量。

$$\text{IHC}_n = 100 \frac{X_n}{X_1}$$

在此公式中：

$X_1$ =电流或电压的基础值；

$X_n$ =电流或电压的第  $n$  个谐波值。

#### 16.5.1.8.2 要求

以其最小终端电压（如第 16.5.1.1a.段中表格所示）和下面规定的频率，以最大负载循环运行设备。如图 16-8 所示，全波整流桥可以造成电压失真。电压失真的水平可以通过改变整流器上的负载和在线路中插入电源阻抗来控制。或者，可以通过改变电源电压来使至 EUT 的输入电压失真。本设备应在这些条件下运行至少 30 分钟。

在 30 分钟的试验期间，测定是否符合适用设备性能标准。

进行本试验时的频率应是：

- A (CF) 类型设备使用 400Hz
- 频率可调设备使用 360Hz，然后 A (NF) 类型设备使用 650Hz，A (WF) 类型设备使用 800Hz。

应以如下电压总失真水平 (THDV) 进行试验：

- 类型 A (CF) 和 A (NF) 设备使用 8%+2/-0%
- A 类 (WF) 设备使用 10%+2/-0%

## 16.5.2 异常运行条件（交流）

下列条件和试验适用于所有交流设备。

注意：所有提到的电压值都用于 115Vrms 交流设备。若用于 230Vrms 交流设备，则乘以 2。

### 16.5.2.1 稳定状态下的异常电压和频率极限（交流）

#### A 定义

	设备类型	A(CF)	A(NF)	A(WF)	
最大值	电压 (Vrms)	最高相位	134	134	134
		三个相位的平均值	132.5	132.5	132.5
	频率 (Hz)	430	N/A	N/A	
最小值	电压 (Vrms)	最低相位	97	97	97
		三个相位的平均值	98.5	98.5	98.5
	频率 (Hz)	370	N/A	N/A	

注：(1) 上面提到的电压值位于设备终端。

下列电源频率应用于下面段 b.和 c.中包含的要求：

- A (CF) 类型设备：400Hz
- A (NF) 类型设备：首先以 360Hz 进行试验，然后以 650Hz 进行试验。
- A (WF) 类型设备：首先以 360Hz 进行试验，然后以 800Hz 进行试验。

(2) 设备性能标准中将规定在应用异常电压和/或异常频率期间对设备性能的任何要求（参考下列段落 b.-e.）

#### b.对单相设备的要求

每次试验以最大负载循环运行设备至少 5 分钟，并且按照下表调整设备终端电压。在每次试验结束并且设备仍然通电时，调整电压至 115Vrms，并测定是否符合适用的设备性能标准。

试验	电压 (Vrms)
1	134
2	97

#### c.对三相设备的要求

每次试验以最大负载循环运行设备至少 5 分钟，而基本电源首先调整为相位平衡，然后调整为相位不平衡。在每次试验结束并且设备仍然通电时，调整设备终端平均电压至 115Vrms，并测定是否符合适用的设备性能标准。

将要应用于设备终端的电压：

试验	设备类型	相位 A/B/C 电压 (Vrms)		
		相位 A	相位 B	相位 C
1	所有	132.5	132.5	132.5
2	所有	98.5	98.5	98.5
3	A (CF) 和 A (NF)	134	134	128
3	A(WF)	134	134	126
4	A(CF)和 A(NF)	97	97	103
4	A(WF)	97	97	105

d. 对单相设备的其他要求 (仅用于 A (CF) 类型设备)

每次试验以最大负载循环运行设备至少 5 分钟。在 5 分钟的试验期间,测定是否符合适用设备性能标准。

将要应用于设备终端的频率和电压:

试验	电压 (Vrms)	频率 (Hz)
1	122	430
2	100	430
3	122	370
4	100	370

e. 对三相设备的其他要求 (仅用于 A (CF) 类型设备)

每次试验以最大负载循环运行设备至少 5 分钟,而基本电源首先调整为相位平衡,然后调整为相位不平衡。在 5 分钟的试验期间,测定是否符合适用设备性能标准。

将要应用于设备终端的频率和电压:

试验	相位 A/B/C 电压 (Vrms)			频率 (Hz)
	相位 A	相位 B	相位 C	
1	120.5	120.5	120.5	430
2	101.5	101.5	101.5	430
3	120.5	120.5	120.5	370
4	101.5	101.5	101.5	370
5	122	122	116	430
6	100	100	106	430
7	122	122	116	370
8	100	100	106	370

### 16.5.2.2 瞬时欠压运行 (交流)

a. 定义

在 0 至 97Vrms 范围内的瞬时电压可能发生于长达 7 秒的任何持续时间内。

b. 要求

如果设备处于这种条件下，当回复至正常运行电压范围内时，应在适用的设备性能标准范围内运行。

设备以 115Vrms 终端电压和下面注释中规定的频率运行时，降低输入交流电压至 60Vrms 或降低至设备规范中另外规定的电压值 7 秒。保持设备通电，调整输入交流电压至 115Vrms，并且测定是否符合适用的设备性能标准。

以 10Vrms 而不是 60Vrms 重复进行试验。

注：进行这些试验时的频率应是：

- A (CF) 类型设备使用 400Hz
- 频率可调设备使用 360Hz，然后 A (NF) 类型设备使用 650Hz，A (WF) 类型设备使用 800Hz。

### 16.5.2.3 异常瞬态（交流）

#### 16.5.2.3.1 异常浪涌电压（交流）

##### a. 定义

异常的浪涌是受控稳定状态等级的变化，是通过调节器进行的电能系统的固有调节和矫正措施造成的，比如在清除故障期间。异常交流浪涌电压的特征应在图 16-5 规定的极限范围内。

##### b. 要求

在设备以 115Vrms 终端电压和下面注释中规定的频率运行时，将 180Vrms 的电压浪涌应用于每条基本输入线 100ms，然后降低电压至 148Vrms 1 秒。电压从一个水平转变到另一个水平应在 1ms 内完成。本电压不会恢复至第一和第二浪涌电压之间的额定值。应按照类似于图 16-3 中的方法应用并监测电压浪涌。

不考虑必需的浪涌电流，在 EUT 输入端测得的浪涌电压必须达到要求。

每十秒应用浪涌三次。在应用电压浪涌后，测定是否符合适用的设备性能标准。

注：进行这些试验时的频率应是：

- A (CF) 类型设备使用 400Hz
- 频率可调设备使用 360Hz，然后 A (NF) 类型设备使用 650Hz，而 A (WF) 类型设备使用 800Hz。

#### 16.5.2.3.2 异常频率瞬态（交流）

##### a. 定义

异常频率瞬态是受控稳定状态等级的变化，是为响应故障状态，如异常发动机速度改变而通过调节器进行的电能系统的固有调节和矫正措施造成的。试验 1 和 2 针对频率可调设备进行，以确保与恒频设备兼容。

## b. 要求

### 试验 1, 所有交流设备:

以 115Vrms 的设备终端电压和 400Hz 的频率运行设备 5 分钟。然后进行下列试验。

下列顺序应重复三次。在每次试验顺序之间, 设备应完全稳定。

- 在 1ms 内将频率降低至  $350\text{Hz}\pm 5\text{Hz}$ , 并且运行设备 5s。
- 在 1ms 内将频率降低至  $350\text{Hz}\pm 5\text{Hz}$ , 并且运行设备 200s。
- 在 1ms 内将频率降低至 0Vrms, 并且维持在 0Vrms200-0/+20ms。
- 在 1ms 内将电压恢复至 115Vrms 并将频率恢复至 400Hz, 并且运行设备 10s。

### 试验 2, 所有交流设备:

以 115Vrms 的设备终端电压和 400Hz 的频率运行设备 5 分钟。然后进行下列试验。

下列顺序应重复三次。在每次试验顺序之间, 设备应完全稳定。

如下所述, 循环频率 3 次:

- 上升电压至  $480\text{Hz}\pm 5\text{Hz}$ , 持续 200ms。
- 在 1ms 内将频率降低至  $440\text{Hz}\pm 5\text{Hz}$ , 并且运行设备 5s。
- 在 1ms 内将电压降低至 0Vrms, 并且维持在 0Vrms200-0/+20ms。
- 在 1ms 内将电压恢复至 115Vrms 并将频率恢复至 400Hz, 并且运行设备 10s。

### 试验 3, 仅用于 A (NF) 和 A (WF) 交流设备

以 115Vrms 的设备终端电压和 400Hz 的频率运行设备 5 分钟。然后进行下列试验。

下列顺序应重复三次。在每次试验顺序之间, 设备应完全稳定。

- 在 1ms 内, 将频率上升至:
  - A (NF) 类型设备:  $680\text{Hz}\pm 5\text{Hz}$ , 持续 200ms
  - A (WF) 类型设备:  $900\text{Hz}\pm 5\text{Hz}$ , 持续 200ms
- 在 1ms 内将频率降低至 0Vrms, 并且维持在 0Vrms200-0/+20ms。
- 在 1ms 内将电压恢复至 115Vrms 并将频率恢复至 400Hz, 并且运行设备 10s。

在进行上述试验后, 测定是否符合适用的设备性能标准。

#### 16.5.2.3.3 异常频率变化 (仅用于 A (NF) 类和 A (WF) 类设备)

a. 定义：

除非适用的设备性能标准中另有规定，高达 400Hz/s（降低）和 200Hz/s（升高）的频率变化可能会因为快速发动机速度变化而发生在异常运行状态中，尤其是在发动机失控或故障模式期间。

b. 要求：

(1) 以 115Vrms 的设备终端电压和 360Hz+5/-0Hz 的频率运行设备 5 分钟。

然后如下所述循环频率 3 次：

上升电压至：

• A (NF) 类型设备：650Hz+0/-5Hz

• A (WF) 类型设备：800Hz+0/-5Hz

恒定频率变化率为 120Hz/s，然后以 400Hz/s 的频率变化率回复频率至 360Hz+5/-0Hz，并且维持该频率 5s。

(2) 在裸露后，测定是否符合适用的设备性能标准。

注：设备性能标准中将规定试验进行期间对设备性能的要求。

#### 16.5.2.4 相位输入损失（仅用于三相交流输入）

a. 定义：

所有的三相交流负载都应设计如下，在移除一个或多个输入相位连接期间或移除后，不应发生损坏或不安全状况。

b. 要求：

应由具有 115Vrms 电压和下述频率的电源为设备供电：

• A (CF) 类型设备使用 400Hz

• 频率可调设备使用 360Hz，然后 A (NF) 类型设备使用 650Hz，A (WF) 类型设备使用 800Hz。

a. 在向所有的三个相位供电时，运行设备 5 分钟。供电期间，移除相位 X，并且继续应用正常运行电压于剩余的两个相位至少 30 分钟。

b. 首先将电源与 EUT 断开，移除相位 X，然后应用正常运行电压于剩余的两个相位至少 30 分钟。

c. 在向所有的三个相位供电时，运行设备 5 分钟。在向三个相位供电期间，移除相位 Y 和 Z，并且继续应用正常运行电压于剩余的相位至少 30 分钟。

d. 首先将电源与 EUT 断开，移除相位 Y 和 Z，然后应用正常运行电压于剩余的相位至少 30 分钟。



应按照下列标准验证选定的相位，并在试验报告中记录。

- 相位 X 是对单相损失造成的损伤最敏感的相位。

- \* 相位 Y 和 Z 是对两相损失造成的损伤最敏感的相位。

除非适用的性能标准中另有规定，允许将最大容许断路器与 EUT 相连。

在裸露后，测定是否符合适用的设备性能标准。除非单独规范中不允许，否则可以进行手动重设。

注：设备性能标准中将规定试验进行期间对设备性能的要求。

## 16.6 电源输入参数极限（直流）

下面从数量上规定了可变的电源输入参数和适用的相关试验条件，并且按照与正常和异常电气系统运行的关系分开。

除非在适用的设备性能标准中另外规定：

在所有设备试验期间，机架的直流电位应与接地相同。本试验标准中列举的所有试验限制都考虑到了负接地系统。

在所有设备试验期间，所有 14V 和 28V 直流设备试验使用的回路线（负线）的直流电位应与接地相同。

可以将 270V 直流设备用于正接地、负接地或浮动接地。除非另有说明，在所有设备试验期间，应以具有与接地相同的直流电位的 270V 电源的负线进行所有的 270V 直流试验

注：

1. 使用的电源应能够 EUT 要求的最大电流。
2. 如果由相同飞行器总线供应多重电源输入，应同时测试这些输入使用的所有连接。

### 16.6.1 正常运行条件（直流）

下列条件和试验适用于 A 类、B 类、D 类和 Z 类设备。

注意：上述所有 28V 电压值用于 14V 直流设备时应除以 2。

#### 16.6.1.1 电压（平均值直流）

a. 定义：

设备终端电压	28V 直流	270V 直流
最大值	30.3V	285V
最小值	22.0V	235V
应急操作	18.0V	235V

注：额定直流网络电压应考虑：

A 类设备：28V

B 类设备：28V 或 14V

Z 类设备：28V

D 类设备：270V

b. 要求

(1) 将终端电压调整至适当的最大电压，然后以最大负载循环运行设备至少 30 分钟。在 30 分钟的试验期间，测定是否符合适用设备性能标准。可以以异常电压水平进行试验，以满足正常和异常运行条件。

(2) 以额定终端电压运行设备至少 1 分钟，然后将设备终端电压调整至适当的最低电压 $+0/-1\%$ ，并且以最大负载循环运行设备至少 30 分钟。在 30 分钟的试验期间，测定是否符合适用设备性能标准。可以以异常电压水平进行试验，以满足正常和异常运行条件。

(3) 对于指定在应急电气系统条件下运行的设备，将其终端电压调整至适当应急电压 $+0/-1\%$ ，以最大负载循环运行设备至少 30 分钟。在 30 分钟的试验期间，测定是否符合适用设备性能标准。

(4) 仅用于 D 类设备：电源正线接地，调整设备终端电压至适当最大电压，以最大负载循环运行设备至少 30 分钟。在 30 分钟的试验期间，测定是否符合适用设备性能标准。

在测定是否符合适用的设备性能标准后，关闭 270V 电源；验证电压是否已经降低至安全水平，然后恢复 270V 电源，使其负线接地。

#### 16.6.1.2 纹波电压(直流)

a. 定义和纹波最高水平：

纹波是稳定状态直流电气系统运行期间直流电压的平均水平的周期性改变。

• 在 28V 直流网络中，如果设备终端电压高于或等于 22V，那么周期性峰至峰直流纹波电压将低于 4V；反之，纹波电压将低于 2V。

• 在 270V 直流网络中，周期性峰至峰直流纹波电压将低于 16V。

b. 与纹波频率部分相关的要求：

参考第 18.3 节中的第 18.3.1 段。

注：第 18 节中定义的类型 R、B、Z 和 Z 分别与第 16 节中定义的类型 A、B、D 和 Z 相一致。

#### 16.6.1.3 瞬时电源中断（直流）

#### a. 定义

电源转变可能导致 A 类设备最长 200ms , B 类设备 50ms , 以及 D 类和 Z 类设备 1.0s 的电源中断。

#### b. 对数字线路设备的要求

本试验仅适用于配备有数字线路和/或存储装置的设备 , 包括带延迟电路的设备。

本类型设备对可能造成性能故障的瞬时电源中断很敏感。这种瞬变电源中断可能是 V-瞬变或 T-瞬变的任何功能 , 其中 V 可能是 V-稳定状态和零之间的任何值 , 而 T 可能是 0 至 1 秒之间的任何值。因为有大量这种组合 , 所以本试验程序选取对测定设备性能有效的离散值。

#### 试验程序

设备应可充分运行。

应在实施每次试验条件前使用额定电压。

应已经手动或自动输入了数据 , 并且 , 应在开始每次试验前显示相关数据。

根据设备的每个代表运行模式 , 或适用性能标准中的规定 , 至少实施两次表 16-3 中的每项试验条件。如果最大和最小稳定状态电流之间的差异小于最大稳定状态电流的 25% , 那么只需要测试最大稳定状态电流运行模式。

在系统完全稳定后进行第二个试验。在每次试验进行期间和试验之后 , 监测设备性能 ( 包括通常平行运行的任何设备/系统 ) 。

在裸露后 , 测定是否符合适用的设备性能标准。除非单独设备规范中另有规定 , 不允许手动重设。

注 : 设备性能标准中将规定试验进行期间对设备性能的要求。

#### c. 对所有设备的要求

本试验适用于所有直流设备。

#### 试验程序

如果设备以其设计电压运行 , 至少断电 5 次 : 无论是哪种设备 , 每次断电时间应持续 50ms。重复此程序 , A 类和 D 类设备断电 200ms , Z 类设备断电 1s。

在系统完全稳定后进行后续试验。在每次试验进行期间和试验之后 , 监测设备性能 ( 包括通常平行运行的任何设备/系统 ) 。

测定是否符合适用的设备性能标准。除非单独设备规范中另有规定 , 不允许手动重设。

注 : 设备性能标准中将规定试验期间对设备性能的要求。

d. 带数字或存储装置的直流设备的双重断电要求

本试验仅适用于配备有数字线路和/或存储装置的直流设备，包括带电气或机械延迟装置的设备。

本试验涉及所有可能发生重复切换现象的直流设备类型。

试验程序

设备应可充分运行。

应在实施每次试验条件前使用额定电压。

应已经手动或自动输入了数据，并且，应在开始每次试验前显示相关数据。

根据设备的每个代表运行模式，或适用性能标准中的规定，应用表 16-7 中的每个试验条件，同时  $T_2=10\text{ms}$ ，然后重复此操作，而  $T_2=50\text{ms}$ 。如果最大和最小稳定状态电流之间的差异小于最大稳定状态电流的 25%，那么只需要测试最大稳定状态电流运行模式。

在每次试验进行期间和试验之后，监测设备性能（包括通常平行运行的任何设备/系统）。在实施每个试验条件后，根据制造商建议验证设备运行。试验条件可以任意顺序应用。在系统完全稳定后进行下一个试验。除非单独设备规范中另有规定，否则不允许手动重设。

在完成所有试验条件后，测定是否符合适用的设备性能标准。

注：设备性能标准中将规定试验进行期间对设备性能的要求。

16.6.1.4 正常浪涌电压（直流）

a. 定义

正常的浪涌是受控稳定状态等级的变化。是由为响应正常系统运行造成的障碍而进行的电能系统的固有调节造成的，如通过调节器进行负载切换和矫正措施。

b. 要求（仅适用于类型 A、B 和 Z 设备）

(1) 以 28V 直流的终端电压运行设备 5 分钟，然后如下所述循环电压三次：

对于 A 类和 B 类设备，升高电压至 47V 直流 $\pm 0.5\text{V}$  直流，持续 5ms，然后降低电压至 40V 直流 $\pm 0.5\text{V}$  直流，持续 30ms。对于 Z 类设备，升高电压至 50V 直流 $\pm 0.5\text{V}$  直流，持续 50ms。回复电压至 28V 直流，持续 5s。电压从一个水平转变到另一个水平应在 1ms 内完成。对于 A 类和 B 类设备，电压不会回复至第一和第二浪涌电压之间的额定值。

对于 A 类和 B 类设备，降低电压至 17V 直流 $\pm 0.5\text{V}$  直流，对于 Z 类设备，降低至 12V 直流 $\pm 0.5\text{V}$  直流，持续 30ms。回复电压至 28V 直流，持续 5s。电压从一个水平转变到另一个水平应在 1ms 内完成。

不考虑必需的浪涌电流，在 EUT 输入端测得的浪涌电压必须达到要求。

(2) 应按照类似于图 16-4 中的方法应用并监测电压浪涌。

(3) 在正常电气系统浪涌期间，测定是否符合适用的设备性能标准。

注：除非在单独设备性能标准中如此说明，在浪涌期间，设备性能可以降低，但是在恢复额定电压时，必须符合规定的性能。

(4) 在应用电压浪涌后，测定是否符合适用的设备性能标准。

注：如果设备性能标准要求在进行第 16.6.2.4 段中的异常浪涌电压试验和第 16.6.2.3 段中的瞬时欠压试验期间符合该性能，那么没必要进行上述试验。

#### c. 对 270V 直流设备的要求（仅适用于 D 类设备）

(1) 以 270V 直流 $\pm$ 2V 直流的终端电压运行设备 5 分钟，然后如下所述循环电压三次：

升高电压至 400V 直流-0/+4V 直流，保持 30ms-0/+3ms。恢复电压至 270V 直流 $\pm$ 2V 直流，保持至少 5s。电压从一个水平转变到另一个水平应在 1ms 内完成。

降低电压至 160V 直流-2/+0V 直流，保持 30ms-0/+3ms。恢复电压至 270V 直流 $\pm$ 2V 直流，持续至少 5s。电压从一个水平转变到另一个水平应在 1ms 内完成。

不考虑必需的浪涌电流，在 EUT 输入端测得的浪涌电压必须达到要求。

(2) 应按照类似于图 16-4 中的方法应用并监测电压浪涌。

(3) 在正常电气系统浪涌期间，测定是否符合适用的设备性能标准。

注：除非在单独设备性能标准中如此说明，在浪涌期间，设备性能可以降低，但是在恢复额定电压时，必须符合规定的性能。

(4) 在应用电压浪涌后，测定是否符合适用的设备性能标准。

注：如果设备性能标准要求在进行第 16.6.2.4 段中的异常浪涌电压试验和第 16.6.2.3 段中的瞬时欠压试验期间符合该性能，那么没必要进行正常浪涌电压试验。

### 16.6.1.5 发动机启动欠压运行（直流）

#### a. 定义

本要求应用于 Z 类和 28VB 类设备。在发动机启动期间，10.0-20.5V 直流范围内的瞬态电压可能持续长达 35s 或设备规范中说明的时间。

b. 要求

当设备以额定比率的电压通电时，降低输入电压至 10.0V 直流，然后每秒上升 0.30V，持续 35s，然后回复至额定电压或设备规范中规定的电压。在此期间，设备性能可以下降至设备规范中规定的水平。将电压回复至其额定值，然后测定是否符合适用的设备性能标准。

16.6.1.6 裸露处电压衰减时间（直流，仅适用于 D 类设备）

a. 定义

在正常运行期间，EUT 裸露外表上的电压应维持在安全水平。当从 EUT 移除电源后，EUT 的所有外表面上的电压必须在合理时间内衰减至安全水平。

b. 要求

(1) 以飞行器中的典型安装方法安装 EUT，然后以额定终端电压运行设备至少 1 分钟。除内孔连接器插头外，这种情况下，所有裸露电压峰值应比机架电压峰值小 50V，而且，相互之间应有 50V 峰值差。

(2) 以  $10 \pm 20\% < 30\text{pF}$  探针监测 EUT 上的所有 270V 热和 270V 回路连接点，考虑到机架接地，包括内外孔连接器插头。以额定终端电压运行设备至少 1 分钟，然后突然断开所有 270 热和所有 270V 回线与 EUT 的连接。

从 270V 热至机架的电压，从 270V 回路至机架的电压和 270V 热至 270V 回路之间的电压应衰减至低于下表所列时间内的 50V 峰值。

a) 应在断电后对由于从安装在机身上的 EUT 上移除连接器而裸露的 EUT 上的 270V 连接点进行测试至少  $1 \pm 0/-0.1\text{s}$ 。

b) 应在断电后对由于从机身移除 EUT 而裸露出来的 EUT 上的 270V 连接点进行  $10 \pm 0/-1.0\text{s}$  的试验。

(3) 如果在 EUT 通电时，EUT 可以位于非运行状态，那么以 EUT 处于通电非运行状态重复步骤 (2)。

16.6.2 异常运行条件（直流）

下列条件和试验适用于 A 类、B 类、D 类和 Z 类设备。

注意：上述所有 28V 电压值用于 14V 直流设备时应除以 2。

16.6.2.1 电压稳定状态（直流）

a. 定义

可能遇到的异常电压极限是：

设备终端电压	28V 直 流	270V 直流
最大值	32.2V	320V

最小值	20.5V	220V
-----	-------	------

注：额定直流网络电压应考虑：

A 类设备：28V

B 类设备：28V 或 14VZ 类设备 28V

D 类设备：270V

b. 要求

(1) 将终端电压调整至适当的最大电压，然后运行设备至少 5 分钟。在设备运行期间，降低电压至额定电压，然后测定是否符合适用的设备性能标准。

(2) 以额定终端电压运行设备至少 1 分钟，然后将设备终端电压调整至适当最低电压+0/-1%，并且运行设备至少 5 分钟。在设备通电期间，升高其终端电压至额定电压，然后测定是否符合适用的设备性能标准。

注：设备性能标准中将规定异常电压应用期间对设备性能的要求。

#### 16.6.2.2 低压条件（直流，仅适用于 B 类设备）

a. 定义

长达 10 分钟的持续时间内可能引起的零至适当最低电压范围内的电压。

b. 要求

以额定终端电压运行设备至少 1 分钟，然后调整输入电源电压至其正常运行最低电压，并且运行设备至少 1 分钟。在设备仍然通电期间，在最短 10 分钟的时间内直线降低输入电源电压至 0。在设备仍然通电时，调整输入电源电压至设备适当额定电压，然后测定是否符合适用的设备性能标准。

如果分步直线衰减至 0，步进规格应小于 0.25V，并且每次步进的最短持续时间应该是 600 秒除以步进次数。

#### 16.6.2.3 瞬时欠压运行（直流）

a. 定义

电压可以在长达 7 秒的时间内瞬时变化为额定电压以下。

b. 要求（仅适用于类型 A、B 和 Z 设备）

如果设备处于这种条件下，当回复至正常运行电压范围内时，应在适用的设备性能标准范围内运行。

当以额定电压为设备通电时，降低输入直流电压至

12.0V $\pm$ 0.24V，并保持 7 秒。保持设备通电，调整输入直流电压至额定值，然后测定是否符合适用的设备性能标准。

c. 对 270V 直流设备的要求（仅适用于 D 类设备）

如果设备处于这种条件下，当回复至正常运行电压范围内时，应在适用的设备性能标准范围内运行。

在设备以 270V 直流终端电压运行期间，降低输入直流电压至 140 $\pm$ 2V，或降低至设备规范中另外规定的值，并且至少保持 7 秒。保持设备通电，调整输入直流电压至 270V，并且测定是否符合适用的设备性能标准。

以 20.0 $\pm$ 1V 取代 140V 重新进行试验。

#### 16.6.2.4 异常浪涌电压（直流）

a. 定义

异常的浪涌是受控稳定状态等级的变化，是通过调节器进行的电能系统的固有调节和矫正措施造成的，比如在清除故障期间。可能出现的瞬态浪涌电压如图 16-6 所示。

b. Z 类要求

当设备以其适当额定电压运行时，应用正（直流）输入线电压浪涌 80V 直流 100ms，然后降低电压至 48V 直流 1s。电压从一个水平转变到另一个水平应在 1ms 内完成。本电压不会恢复至第一和第二浪涌电压之间的额定值。应使用类似于图 16-4 中的方法施加并监测电压浪涌。每隔 10s 应用三次电压浪涌。在试验后，测定是否符合适用的设备性能标准。

不考虑必需的浪涌电流，在 EUT 输入端测得的浪涌电压必须达到要求。

c. A 类要求

当设备以其适当额定电压运行时，除非设备规范中另有规定，否则应用正（直流）输入线电压浪涌 46.3V 直流 100ms，然后降低电压至 37.8V 直流 1s。电压从一个水平转变到另一个水平应在 1ms 内完成。本电压不会恢复至第一和第二浪涌电压之间的额定值。应使用类似于图 16-4 中的方法应用并监测电压浪涌。每隔 10s 应用三次电压浪涌。在试验后，测定是否符合适用的设备性能标准。

不考虑必需的浪涌电流，在 EUT 输入端测得的浪涌电压必须达到要求。

d. B 类要求

当设备以其适当额定电压运行时，除非设备规范中另有规定，否则应用正（直流）输入线电压浪涌 60V 直流 100ms，然后降低电压至 40V 直流 1s。电压从一个水平转变到另一个水平应在 1ms 内完成。本



电压不会恢复至第一和第二浪涌电压之间的额定值。应使用类似于图 16-4 中的方法施加并监测电压浪涌。每隔 10s 应用三次电压浪涌。在试验后，测定是否符合适用的设备性能标准。

不考虑必需的浪涌电流，在 EUT 输入端测得的浪涌电压必须达到要求。

e. D 类要求

当设备以其适当额定电压运行时，应用 425-0/+4V 直流的正（直流）输入线电压浪涌 100ms-0/+10ms，并且应用 345-0/+4V 直流至少 1s。电压从一个水平转变到另一个水平应在 1ms 内完成。本电压不会恢复至第一和第二浪涌电压之间的额定值。应使用类似于图 16-4 中的方法应用并监测电压浪涌。每隔 10s 应用三次电压浪涌。在试验后，测定是否符合适用的设备性能标准。

不考虑必需的浪涌电流，在 EUT 输入端测得的浪涌电压必须达到要求。

16.7 负载设备对飞行器电源系统的影响（交流和直流）

16.7.1 来自负载的电流谐波放射物（交流），标识 H

16.7.1.1 定义

参考第 16.5.1.8.1 节。

16.7.1.2 电流失真

带试验标识 H（如第 16.2 节中的规定）的交流供电设备应符合下列要求。

1. 当以低总谐波失真的电压波形供电时（按照第 16.7.1.3 段中验证要求，试验条件 1 中的规定，EUT 输入端的  $THD_V$  小于 1.25%），设备不应要求谐波电流部分大于表 16-4 和 16-5 中为对应单独电压谐波每 1% 的失真规定的值的 1.25%。

注：

a. 如果 EUT 功率大于 2kVA， $THD_V$  可以大于 1.25%，但不应超过 4%。

b. 谐波电流部分极限的计算请参考表 16-6。

2. 当以失真电压波形（第 16.7.1.3 段，验证要求，试验条件 2）供电时，设备不应要求谐波电流大于表 16-4 和 16-5 中为对应单独电压谐波每 1% 的失真规定的值的 1.25%。

注：谐波电流部分极限的计算请参考表 16-6。

注释：要求遵守失真电压波形要求，以确保当裸露于实际功率系统条件下（参考第 16.5.1.8 节）时，EUT 是稳定的。

### 16.7.1.3 电流失真验证要求

注意：所有提到的电压值都用于 115Vrms 交流设备。若用于 230Vrms 设备，则乘以 2。

应将下列数据作为资格认证试验程序的一部分提供，以验证是否符合所有运行模式下设计要求中的失真要求。

1. 测量时，设备的运行模式；
2. 试验安排、试验程序的复印件和使用的试验设备及其设置；
3. 设备每个相位的电流和电压波形的图例，随附缩放比例信息；
4. 对于 A (CF) 类设备：
  - 设备每个相位 400Hz 和 16kHz 之间的整体频率的输入电流和电压谐波值和相位（可选）表格；
  - 设备输入电流（仅数值）的波谱分析图，其中设备每个相位的分辨率小于 20Hz。
5. 对于 A (NF) 类型设备：
  - 设备每个相位 360Hz 和 14.4kHz 之间以及 650Hz 和 26kHz 之间的整体频率的输入电流和电压谐波值和相位（可选）表格；
  - 设备输入电流（仅数值）的波谱分析图，其中设备每个相位的分辨率小于 20Hz。
6. 对于 A (WF) 类型设备：
  - 设备每个相位 360Hz 和 14.4kHz 之间以及 800Hz 和 32kHz 之间的整体频率的输入电流和电压谐波值和相位（可选）表格；
  - 设备输入电流（仅数值）的波谱分析图，其中设备每个相位的分辨率小于 20Hz。
7. 设备每个相位输入电流的实际 RMS；以及
8. 设备每个相位的输入电流和电压的总谐波失真。

应对采用电源最大稳定状态电流和最小稳定状态电流时的设备运行模式进行这些试验。如果最大和最小稳定状态电流之间的差异小于最大稳定状态电流的 25%，那么只需要测试最大稳定状态电流运行模式。

应按照图 16-7 的要求进行电流谐波测量。如果频率高达 50kHz，那么电流测量装置的振幅误差应小于 3%，相位误差（若上报）应小于 5 度。

应忽略小于 10mA 或小于基频的 0.25% 的电流谐波，两者相比取其较大者。

应选用波谱分析器或其他谐波分析设备，这样，谐波电流测量的误差将小于允许极限的 5%，并且结果频率波谱的分辨率小于或等于 20Hz。谐波分析设备应具有足够高的取样比率，足够长时间的窗口、适当的窗口功能和抗混淆过滤器。作为指导方针，应考虑下列试验特征：

- a. 应使用 100kHz 或更高的取样比率。
- b. 应使用 0.05s 或更长时间的计时窗口。
- c. 应使用转角频率在 25kHz 至 50kHz 范围内的抗混淆过滤器。
- d. 应使用矩形窗、汉宁窗、海明窗或布莱克曼-哈里斯窗。

如果使用波谱分析器或 EMI 接收器测量谐波，应使用下列带宽、探测和保压时间或最短测量时间。

频率范围	6dB 带宽	谐波最短停留时间 (1)	最短测量时间 (2)	探测设置 (3)
至 10 <sup>th</sup> 谐波的基频	10Hz	1s	0.1s/Hz	平均值
11 <sup>th</sup> 谐波至 40 <sup>th</sup> 谐波	10Hz	1s	0.1s/Hz	平均值

- (1) 对于离散频率测量
- (2) 对于模拟测量，使用接收器。
- (3) 分析器应保持最大值。

应测量输电线频率高达 40th 谐波的谐波。

本试验的目的是测量输电线谐波相关放射物；因此，非谐波相关放射物不受此要求限制。谐波的振幅和频率测量是基本输电线频率准确性的一个功能。确保准确测量基频，并以此为基础计算谐波。

试验期间使用的保压和测量时间应足以测量谐波振幅的任何变化。允许延长保压或测量时间。模拟扫描以至少低于试验频率带宽的 1/2 开始，并以至少大于试验频率带宽的 1/2 结束。

试验条件：

应在两种输入电压失真的条件下测试设备。在两种情况下，应由具有 115Vrms 电压和下述频率的电源为设备供电：

- A (CF) 类型设备：400Hz±1%。
- A (NF) 类型设备：360、400、500、600 和 650+/-1Hz。
- A (WF) 类型设备：360、400、500、600、650、700 和 800+/-1Hz。

在测量时，电源电压和频率应在极限范围内维持恒定。

试验条件 1：

对于第一个试验条件，在整个试验过程中，设备输入终端电压的 THD ( THD<sub>v</sub> ) 应小于 1.25%。

注：如果 EUT 功率大于 2kVA，电源的输出阻抗可能不够低，不能保持 EUT 输入端的 THDV 低于 1.25%。在这种情况下，THD<sub>v</sub> 可以大于 1.25%，但是不应超过 4%。

#### 试验条件 2：

对于第二个试验条件，在整个试验过程中，设备输入终端电压的 THD ( THD<sub>v</sub> ) 应大于或等于：

- 如果是 A ( CF ) 和 A ( NF ) 类型设备，8%
- 如果是 A ( WF ) 类型设备，10%

在整个试验期间。

如图 16-8 所示，全波整流桥可以造成电压失真。电压失真的水平可以通过改变整流器上的负载和在线路中插入电源阻抗来控制。或者，可以通过改变电源电压来使至 EUT 的输入电压失真。

### 16.7.2 允许相位不平衡（仅适用于三相交流输入）

#### 16.7.2.1 定义

所有三相交流设备都应符合下列要求。在正常运行模式下，三相负载的任何相位的表观（伏特-安培）实际（瓦特）和无功（瓦特）功率需求与任何其他相位的类似功率需求的差别都不应超过图 16-11 中的极限。

#### 16.7.2.2 要求

以平衡输入电压的额定值和下列频率运行设备：

- A ( CF ) 类型设备：400Hz±1%。
- A ( NF ) 类型设备：400Hz±1% ,然后 360Hz±1% ,然后 650Hz±1%。
- A ( WF ) 类型设备：400Hz±1% ,然后 360Hz±1% ,然后 800Hz±1%。

在测量时，电源电压和频率应在极限范围内维持恒定。

分别在最小和最大功率需求运行模式下测量三个输入相位的每个相位的负载实际功率（W）、表观功率（VA）和无功功率（VAR）。如果最小和最大功率需求运行条件之间的差异小于 25%，那么只要求进行一次最大功率需求条件下的试验。

如果负载的功率需求小于或等于 1kVA，那么相位不平衡应小于 200VA、W 或 VAR。如果负载的功率需求大于 20kVA，那么相位不平衡应超过 800VA、W 或 VAR。如果负载的功率需求在 1kVA 和 20kVA 之间，那么相位平衡应维持在图 16-11 的极限范围内。

### 16.7.3 稳定状态运行下的直流电流含量（所有交流设备）

### 16.7.3.1 定义

直流电流含量是 EUT 吸引的交流线电流中的直流部分。

### 16.7.3.2 要求

本要求应用于所有功率大于 10VA 的交流设备。功率小于或等于 10VA 的设备不受本要求限制。

(1) 以试验使用的电源的最大稳定状态电流模式运行设备，其中电压为 115V<sub>rms</sub>，终端直流部分为 0.00+/-0.10V 直流，而频率如下面注释中的规定所示。

在设备稳定后，测量设备输电线电流的直流含量。直流含量应不超过最大值 5mA 或设备电流的最大 RMS 值的 2%。

(2) 以试验使用的电源的最小稳定状态电流模式运行设备，其中电压为 115V<sub>rms</sub>，终端直流部分为 0.00+/-0.10V 直流，而频率如下面注释中的规定所示。

在设备稳定后，测量设备输电线电流的直流含量。直流含量应不超过最大值 5mA 或设备电流的最大 RMS 值的 2%。

如果最大和最小稳定状态电流之间的差异小于最大稳定状态电流的 25%，那么只需要测试最大稳定状态电流运行模式。

进行这些试验时的频率应是：

A (CF) 类型设备使用 400Hz

频率可调设备使用 360Hz 然后 A (NF) 类型设备使用 650Hz，  
A (WF) 类型设备使用 800Hz。

## 16.7.4 再生能量（仅适用于直流 D 类设备）

### 16.7.4.1 定义

再生能量是指从负载流回至电源的能量。本能量通常来自于电动机制动和负载需求的突然改变。本试验通过观察经过 10uF 电容器的电压变化来测量再生能量。

### 16.7.4.2 要求

在 EUT 终端电压为 270V 直流时，以采用本试验使用的 270V 直流电源的最大稳定状态电流和最小稳定状态电流的运行模式运行设备。如果最大和最小稳定状态电流之间的差异小于最大稳定状态电流的 25%，那么只需要测试最大稳定状态电流运行模式。

在运行期间，设备应在如图 16-12 所示的 10uF+/-10%电容器中产生低于 8.0V 零至正峰值。在试验期间，监测与 270V 电源串联的二极管两面。在试验期间，在串联二极管的阳极处测量时，270V 电源应具有低于 1.0V 零至正峰值纹波。电源和 EUT 之间的二极管应具有小于 1 毫秒的反向恢复时间。

### 注意：

1. 二极管的两边以及 10 $\mu$ F 电容器上都存在潜在致命电压。
2. 未通过本试验的 EUT 可能造成试验装置爆炸。试验前安装并使用适当的电气和机械安全设备。
3. 在测试 EUT 的再生能量前,向 EUT 制造商验证 EUT 可以通过本试验。

## 16.7.5 浪涌电流要求 (交流和直流), 标识 I

### 16.7.5.1 定义

带标识 I 的设备应满足下列要求。通过交替浪涌试验的设备具有标识 Z。未进行浪涌试验的设备上具有标记 X。

### 16.7.5.2 要求

如果突然应用额定输入电压,峰值浪涌电流应小于:

最初 3.0 毫秒期间,最大稳定状态负载的 9 倍,

长达 500 毫秒的时间内,最大稳定状态负载的 4 倍,以及

在 2 秒内,最大稳定状态负载的 2 倍,然后额定值。

注释:最大稳定状态负载电流消耗一般在向 EUT 输入低压线路电压时产生。

### 试验条件：

对交流而言,电压上升时间和下降时间应小于 1/4 个周期,对直流而言,应小于 300 豪秒。

无载实验将提供:

115 $\pm$ 1Vrms 交流,

230 $\pm$ 2Vrms 交流,

14V $\pm$ 0.13V 直流,

28.0 $\pm$ 0.25V 直流或

270V $\pm$ 2.7V 直流。

处于最大稳定状态负载电流下,且电源处于其无载电压容差范围内时,在电源和每个 EUT 电源输入热线之间添加电阻器,以便于如下调整电源和 EUT 之间的测得电压下降值:

对于 115V 交流设备,4.0V $\pm$ 0.3Vrms 交流

对于 230V 交流设备,8.0V $\pm$ 0.6Vrms 交流

对于 14V 直流设备,0.5V $\pm$ 0.1V 直流

对于 28V 直流设备，1.0V $\pm$ 0.1V 直流

对于 270V 直流设备，9.0V $\pm$ 0.9V 直流。

在电源调节点的 7 英尺内和 EUT 输入终端的 7 英尺内测量从电线至 EUT 的电压下降。

在浪涌试验期间，在 EUT 上安装正确串联电阻，实验室电源将提供：

105.5 至 122Vrms 交流，

211 至 244Vrms 交流，

11.5 至 15.2V 直流，

23.0 至 30.3V 直流或

244 至 285V 直流

正如在实验室电源调节点上测得的一样。

#### **试验条件 1：**

设备静止并断电至少 5 分钟后，应用额定输入电压，然后验证设备是否符合本节要求。

#### **试验条件 2：**

当设备稳定并处于最大输入电流运行模式下时，降低输入电压至小于额定值的 5%并保持 200 $\pm$ 20/0 毫秒，然后应用额定输入电压并验证设备是否符合本节要求。

注：

1. 进行本试验时的频率应是：

• A (CF) 类型设备使用 400 $\pm$ 5/-5Hz

• 频率可调设备使用 360 $\pm$ 5/0Hz，然后 A (NF) 类型设备使用 650 $\pm$ 0/-5Hz，A (WF) 类型设备使用 800 $\pm$ 0/-5Hz。

2. 在交流电压波形的零交叉处突然应用或移除交流电源符合上升时间要求。

### 16.7.6 稳定状态运行时的电流调制（交流），标识 L

#### 16.7.6.1 定义

带试验标识 L 的交流通电设备必须满足下列要求（如第 16.2 节中的规定）。满足替换试验条件的交流通电设备将具有标识 Z。

电流调节是在稳定状态设备运行期间，交流峰值电流的平均水平发生周期性变化、无规则变化或同时发生两种变化。任何负载电流可以调节的设备都可能促成交流电压调节。试验标识 L 用于最大功率消

耗大于 35VA 或飞机上所有相似设备类型的最大总功率消耗大于 150VA 的设备。

#### 16.7.6.2 要求

以试验使用的电源的最小和最大稳定状态电流模式运行设备，其中终端电压为 115Vrms (参见下面注释 1)，而频率如下面注释 2 中的规定所示。如果最大和最小稳定状态电流之间的差异小于最大稳定状态电流的 25%，那么只需要测试最大稳定状态电流运行模式。

在设备稳定后，无论何时，如果同种设备的最大稳定状态电流的 RMS 值 < 1kVA，那么设备电线电流调节的值都不应超过 0.28 峰至谷值乘以该值，如果设备最大稳定状态电流 ≥ 1kVA，那么不应超过 0.14 峰至谷值乘以 RMS 值。至少对负载电流进行三次 500 毫秒的扫描。

注：

1. 用于向 EUT 供电的交流电源应是这样的，当交流电源向电阻负载供应等于 EUT 最大稳定状态电流的电流时，电压调节的 RMS 值等于或小于 420mV 峰至谷值，任何调节频率都在 1Hz 和较高的 200Hz 和基线频率的一半之间。

2. 进行本试验时的频率应是：

- A (CF) 类型设备使用 400+5/-5Hz

- 频率可调设备使用 360+5/-0Hz，然后 A (NF) 类型设备使用 650+0/-5Hz，A (WF) 类型设备使用 800+0/-5Hz。

3. 下列负载要求变化不受本要求限制：

- 初始启动。
- 运行模式之间的转变。
- 响应输入电压和频率的改变。
- 最终停用。

4. 本试验不监测高于基线频率的电流变化。

5. 电流探针应是直流耦合。

#### 16.7.7.1 定义

电流纹波是在稳定状态设备运行期间，直流电流的平均水平发生周期性变化、无规则变化或同时发生两种变化。任何带负载电流调节的设备都可能促成直流电压纹波。

#### 16.7.7.2 要求

带试验标识 R (如第 16.2 节中的规定) 的直流供电设备应符合下



列要求。

以本试验使用的电源的最小和最大稳定状态电流模式运行设备，其中对于 28V 网络，电压为 28V 直流，对于 270V 网络，电压为 270V 直流(参见下面注释 1)。在设备稳定后，至少对负载电流进行三次 500 毫秒的扫描。如果最大和最小稳定状态电流之间的差异小于最大稳定状态电流的 25%，那么只需要测试最大稳定状态电流运行模式。

#### 28V 直流设备

对于组合总功率在 400W 和 1kW 之间的同种设备，单个设备线路电流纹波的峰至峰值不应超过单个设备最大负载直流电流的 0.140 倍。

对于组合总功率大于 1kW 的同种设备，单个设备线路电流纹波的峰至峰值不应超过单个设备最大负载直流电流的 0.070 倍。

#### 270V 直流设备

对于组合总功率小于 1kW 的同种设备，单个设备线路电流纹波的峰至峰值不应超过单个设备最大负载直流电流的 0.280 倍。

对于组合总功率在 1kW 和 10kW 之间的同种设备，单个设备线路电流纹波的峰至峰值不应超过单个设备最大负载直流电流的 0.140 倍。

对于组合总功率大于 10kW 的同种设备，单个设备线路电流纹波的峰至峰值不应超过单个设备最大负载直流电流的 0.070 倍。

注：

1 当本直流电源以等于 EUT 最大稳定状态电流的电流向电阻负载供电时，对于 28V 网络，向 EUT 供电的直流电源的电压纹波应等于或小于 100mV 峰至峰，对于 270V 网络，应等于或小于 1.00V，并且任何电压纹波频率都在 1Hz 和 200Hz 之间。

2. 下列负载要求变化不受本要求限制：

- 初始启动。
- 运行模式之间的转变。
- 响应输入电压的改变。
- 最终停用。

3. 本试验不监测高于 150kHz (-3dB 点) 的电流改变。

4. 电流探针应是直流耦合。

### 16.7.8 功率因数 (所有交流设备)，标识 P

#### 16.7.8.1 定义

带试验标识 P (如第 16.2 节中的规定) 的交流供电设备应符合下列要求。不符合类型 P 的要求的交流供电设备仍要接受测试 (仅上报

等级), 并且标记上标识 Z (其他试验标准)。

功率因数是实际功率的比率, P (瓦特), 表观功率, S (伏特-安培) 如下所示。

$$PF = \frac{P}{S}$$

$$P = 1/T \int_0^T V(t) * I(t) dt$$

$$S = V_{rms} * I_{rms}$$

本功率因数的定义包括输入电流和电压波形位移和失真的影响, 有时指实际功率因数。

### 16.7.8.2 要求

当以下列频率和两种试验电压测量设备功率因数时, EUT 应符合功率因数要求:

A (CF) 应是 400+/-1Hz

A (NF) 应是 360、400、500、600、650+/-1Hz

A (WF) 应是 360、400、500、600、650、700、800+/-1Hz

试验电压	电源电压 单相		电源电压 三相	
	115Vr	230VV	115Vr	230Vr
	ms	rms	ms	ms
1	100	200	101.5	203
2	122	244	120.5	241

a) 电动机负载的稳定状态满载功率因数应在下列给出的范围内:

- 超前功率因数应大于 0.980
- 如果频率大于 500Hz, 那么滞后功率因数应大于 0.700。
- 如果频率在 360Hz 和 500Hz 之间, 那么滞后功率因数应大于下值

$$PF = 2.8571E-3 * Hz - 0.72857$$

- 如果频率等于或小于 360Hz, 那么滞后功率因数应大于 0.300。

b) 对于所有其他交流负载设备, 功率因数应等于或大于下列值。对于飞机上所有类似设备的最大总功率消耗大于 150VA 的负载, 每个负载的稳定状态满载功率因数应在 0.800 滞后和 0.968 超前之间。

负载 (KVA)	功率因数——超前	功率因数——滞后
0.02	0.200	0.200
0.03	0.355	0.321
0.04	0.464	0.406
0.06	0.619	0.527
0.08	0.728	0.613
0.10	0.813	0.679
0.15	0.968	0.800
大于 0.15	0.968	0.800

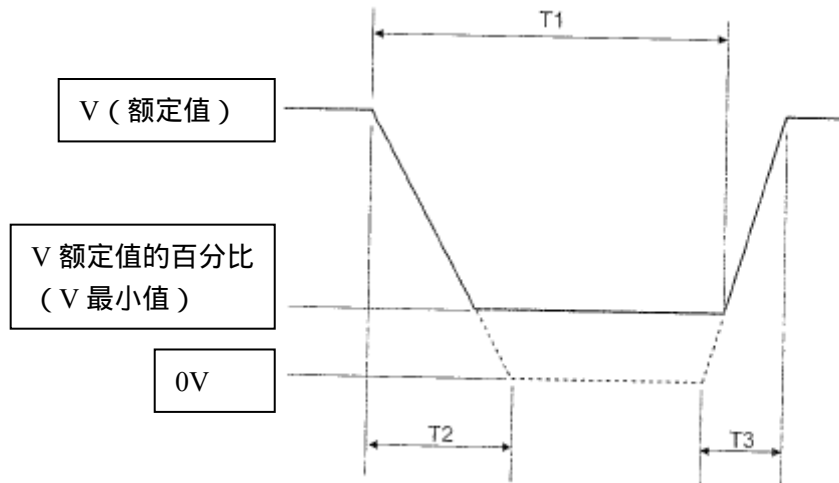
• 在 0.02kVA 和 0.15kVA 之间的超前功率因数 (PF)

$$PF=0.87765*\log(kVA)+1.69110$$

• 在 0.02kVA 和 0.15kVA 之间的滞后功率因数 (PF)

$$PF=0.68567*\log(kVA)+1.36493$$

**表 16-1 带数字电路的交流设备的试验条件**



注：

1 定义：

T1 供电中断时间。

T2 应用的电压从 V (额定值) 衰减至 0V 需要的时间。

T3 应用的电压从 0V 上升至 V (额定值) 需要的时间。

V 最小值 允许应用电压衰减到的最低水平 (表示为 V 额定值的百分比)

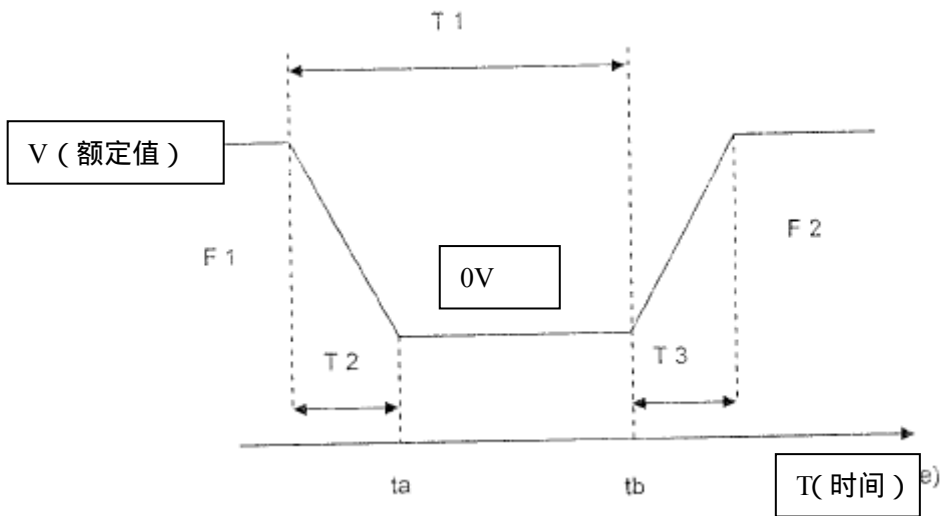
2 T1、T2、T3 的容差=±10%。

试验条件号	1	2*	3	4	5	6	7	8*	9*	10	11	12	13	14*	15*	16*	17
T1 (毫秒)	2	10	25	50	75	100	200	10	25	50	75	100	200	30	35	40	25
T2 (毫秒)	<1	20*	20	20	20	20	20	50*	50*	50	50	50	50	50*	50*	20*	5

T3 (毫秒)	<1	5	5	5	5	5	5	20	20	20	20	20	20	20	5	20	5
V 额定值的百分比 (V 最小值)	0	50	15	10	5	0	0	80	50	0	15	5	0	65	60	35	0

\*在本试验条件下，电压不会达到 0。

表 16-2 用于 A (NF) 类和 A (WF) 类设备的其他试验要求



注

T1=供电中断时间

T2=20ms 并且 T3=5ms

T1、T2、T3 的容差=±10%。

F1= $t \leq t_a$  时的设备电源电压频率

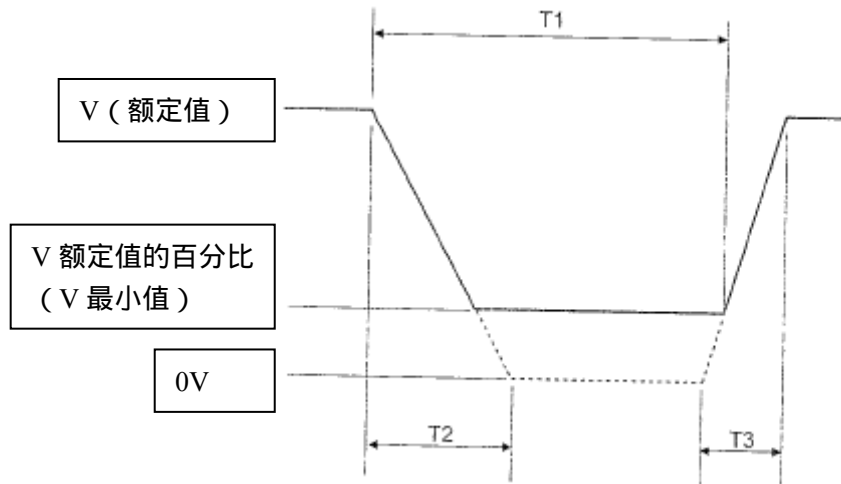
F2= $t \geq t_b$  时的设备电源电压频率

试验条件号				IV	V	VI
T1 (ms)	50	50	100	100	200	200
F1 (Hz)	360	F <sub>最大值</sub>	360	F <sub>最大值</sub>	360	F <sub>最大值</sub>
F2 (Hz)	F <sub>最大值</sub>	360	F <sub>最大值</sub>	360	F <sub>最大值</sub>	360

而 对于 A (NF) 类型设备, F<sub>最大值</sub>=650Hz

对于 A (WF) 类型设备, F<sub>最大值</sub>=800Hz

表 16-3 带数字电路的直流设备的试验条件



注：

1 定义：

T1 供电中断时间。

T2 应用的电压从 V (额定值) 衰减至 0V 需要的时间。

T3 应用的电压从 0V 上升至 V (额定值) 需要的时间。

V 最小值 允许应用电压衰减到的最低水平 (表示为 V 额定值的百分比)。

2 T1、T2、T3 的容差 = ±10%。

适用类型	A、B、D、Z				A、D、Z			D、Z	A、B、D、Z Z						D、Z	A、B、D、Z			
	1	2*	3	4	5	6	7	8	9*	10*	11	12	13	14	15	16*	17*	18*	19
T1 (Ms)	2	10	25	50	75	100	200	1000	10	25	50	75	100	200	1000	30	35	40	25
T2 (mS)	<1	20*	20	20	20	20	20	20	50*	50*	50	50	50	50	50	50*	50*	20*	5
T3 (mS)	<1	5	5	5	5	5	5	5	20	20	20	20	20	20	20	20	5	20	5
V 额定值的百分比 (V 最小值)	0	50	15	10	5	0	0	0	80	50	0	15	5	0	0	65	60	35	0

\*在本试验条件下，电压不会达到 0。

表 16-4 单相电气设备的电流谐波极限

谐波级次	极限
奇数非三次谐波 (h=5、7、11、13...37)	$I_h=0.3 I_1/h$
奇数三次谐波 (h=3、9、15、21...39)	$I_h=0.15 I_1/h$
偶数谐波 2 和 4	$I_h=0.01 I_1/h$
偶数谐波>4 (h=6、8、10...40)	$I_h=0.0025 I_1$

表 16-5 平衡三相电气设备的电流谐波极限

谐波级次	极限
第三、第五、第七	$I_3=I_5=I_7=0.02 I_1$
奇数三次谐波 (h=9、15、21...39)	$I_h=0.1 I_1/h$
第十一	$I_{11}=0.1 I_1$
第十三	$I_{13}=0.08 I_1$
奇数非三次谐波 17、19	$I_{17}=I_{19}=0.04 I_1$
奇数非三次谐波 23、25	$I_{23}=I_{25}=0.03 I_1$
奇数非三次谐波 29、31、35、37	$I_h=0.3 I_1/h$
偶数谐波 2 和 4	$I_h=0.01 I_1/h$
偶数谐波>4 (h=6、8、10...40)	$I_h=0.0025 I_1/h$

$I_1$  = 在最大稳定状态功率需求运行模式条件下以单一试验频率(\*)测得的设备的最大基频电流。应将最大电流用于计算所有运行模式中在该试验频率(\*)下的电流谐波极限。

(\*) 试验频率值请参考第 16.7.1.3 节。

H=谐波级次。

$I_h$  = 所有正常稳定状态运行模式下获得的级次 h 的最大谐波电流

**表 16-6 试验标识 H 试验条件 2 符合表**

A 谐波级次	B 电流谐波要求 (%)	C 电压波形中的谐波 (%)	D= (B+C*1.25) 10mA 极限谐波电 流修正要求 (%)	E 试验装置发出的 电流谐波 (%)	F 试验结果
2	0.50	0.04	0.55	0.51	合格
3	5.00	3.49	9.36	11.72	不合格
4	0.25	0.03	0.29->0.40	0.35	合格
5	6.00	2.99	9.73	7.53	合格
6	0.25	0.12	0.40	0.15	合格
7	4.29	1.67	6.37	13.20	不合格
8	0.25	0.02	0.28->0.40	0.10	合格
9	1.67	0.21	1.93	0.98	合格
10	0.25	0.01	0.26->0.40	0.05	合格
11	2.73	0.72	3.63	3.00	合格
12	0.25	0.03	0.29->0.40	0.12	合格
13	2.31	0.64	3.11	5.20	不合格
40	0.25	0.0017	0.252->0.40	0.0065	合格

A 列说明了谐波级次；例如，对于 A (CF) 类型设备，第 1 行与 800Hz 电压和电流 (2\*400Hz) 有关。(对于负载是否确实符合谐波要求，表格应包括等于或小于第 40 的谐波。)

B 列列举了表 16-4 中测定的单相负载的电流谐波要求。

C 列列举了总谐波失真大于 5% (试验条件 2 中的规定) 的应用电压中的电压谐波部分。注意，C 列只是举例，在实际应用中，本列是应用电压的实际谐波部分。

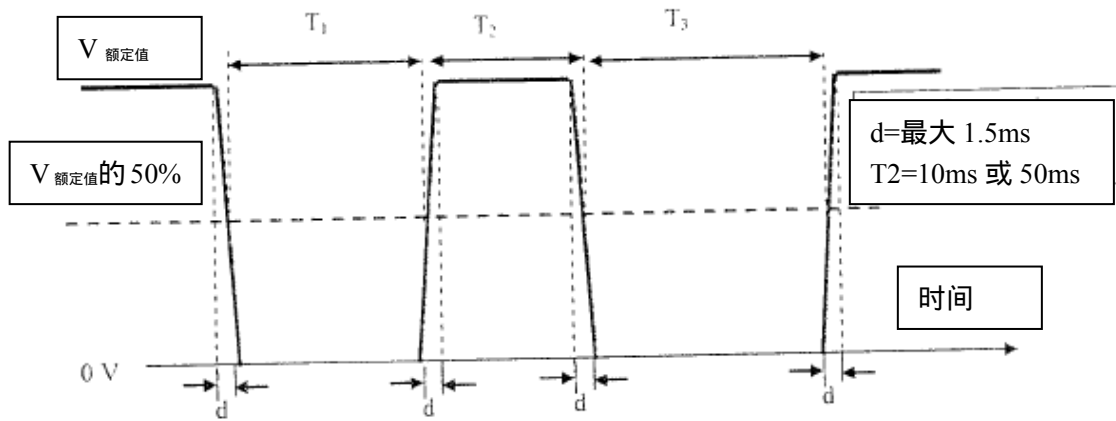
D 列是 EUT 的允许电流谐波。同时将 10mA 极限应用于此处，并且放松对第 4、8、10、12 和 40 谐波的试验限制。此处，10mA 是基频的 0.40%，并且将第 4 谐波的不合格改为合格。

E 列为在失真电压条件下测试的设备列举了电流谐波数据。

F 列说明了设备是否符合每个特殊谐波的要求。这点是由在设备输入 (E 列) 处测得的电流谐波和失真电压输入条件下的允许电流谐波 (D 列) 之间的关系测定的。

**表 16-7 带数字和存储电路的直流设备的试验条件**





注

1 定义：

V 最小值 额定电压

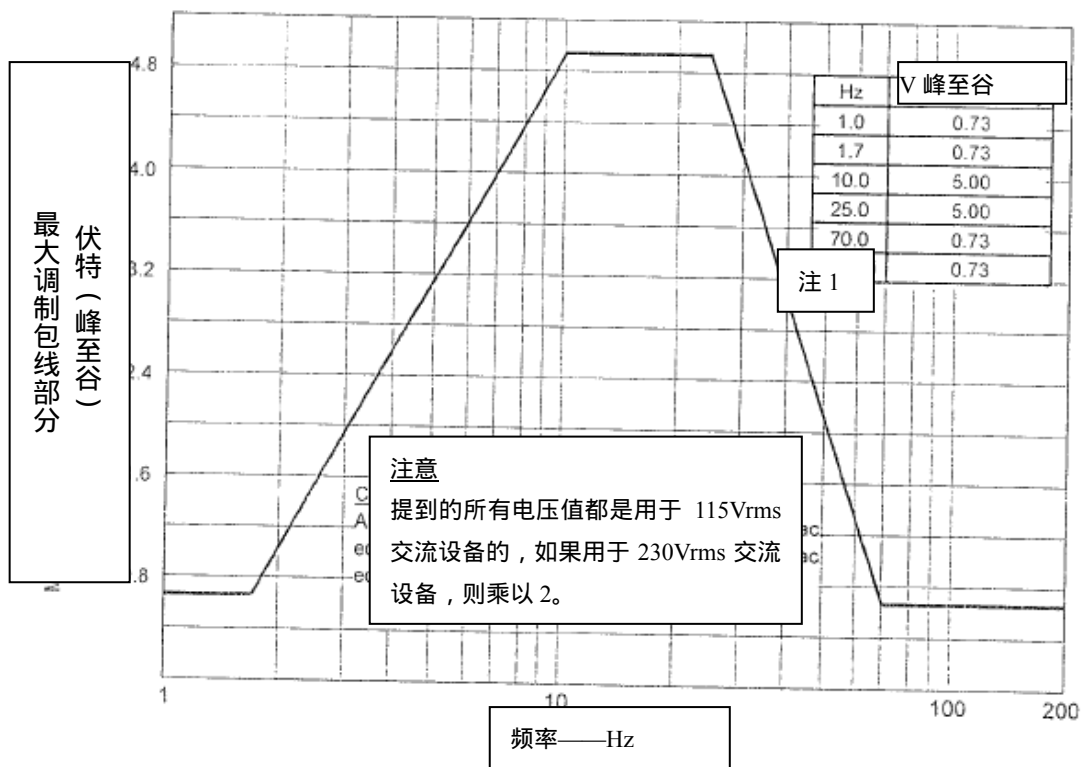
T1 第一次断电持续时间（当电压等于 V 额定值的 50% 时测得）

T3 第二次断电持续时间（当电压等于 V 额定值的 50% 时测得）

2. T1、T2、T3 的容差=±10%。

3. 上升和下降时间“d”在波形的 10% 和 90% 处测得。

试验	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
类型 A、D、Z	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
B 类	Y	Y	Y	Y	N/A	Y	N/A	N/A	N/A	Y	Y	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
T1 (mS)	9000	9000	10	10	10	20	20	20	20	50	50	50	50	100	100	150	150
T3 (mS)	20	50	10	50	100	10	50	100	170	10	50	100	140	50	90	10	40



注：A (CF) 系统最终测得的频率等于 200Hz。200Hz 以上的最终测得频率是 A (WF) 和 A (NF) 系统中应用的线频率的 1/2。

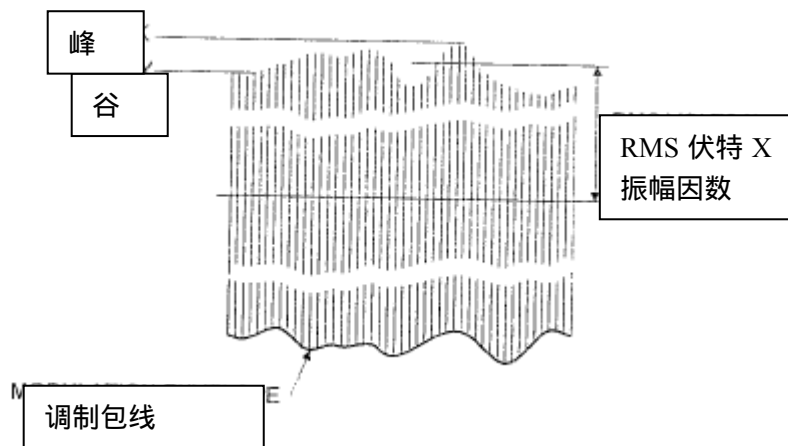


图 16-1 交流电压调制包线的频率特征

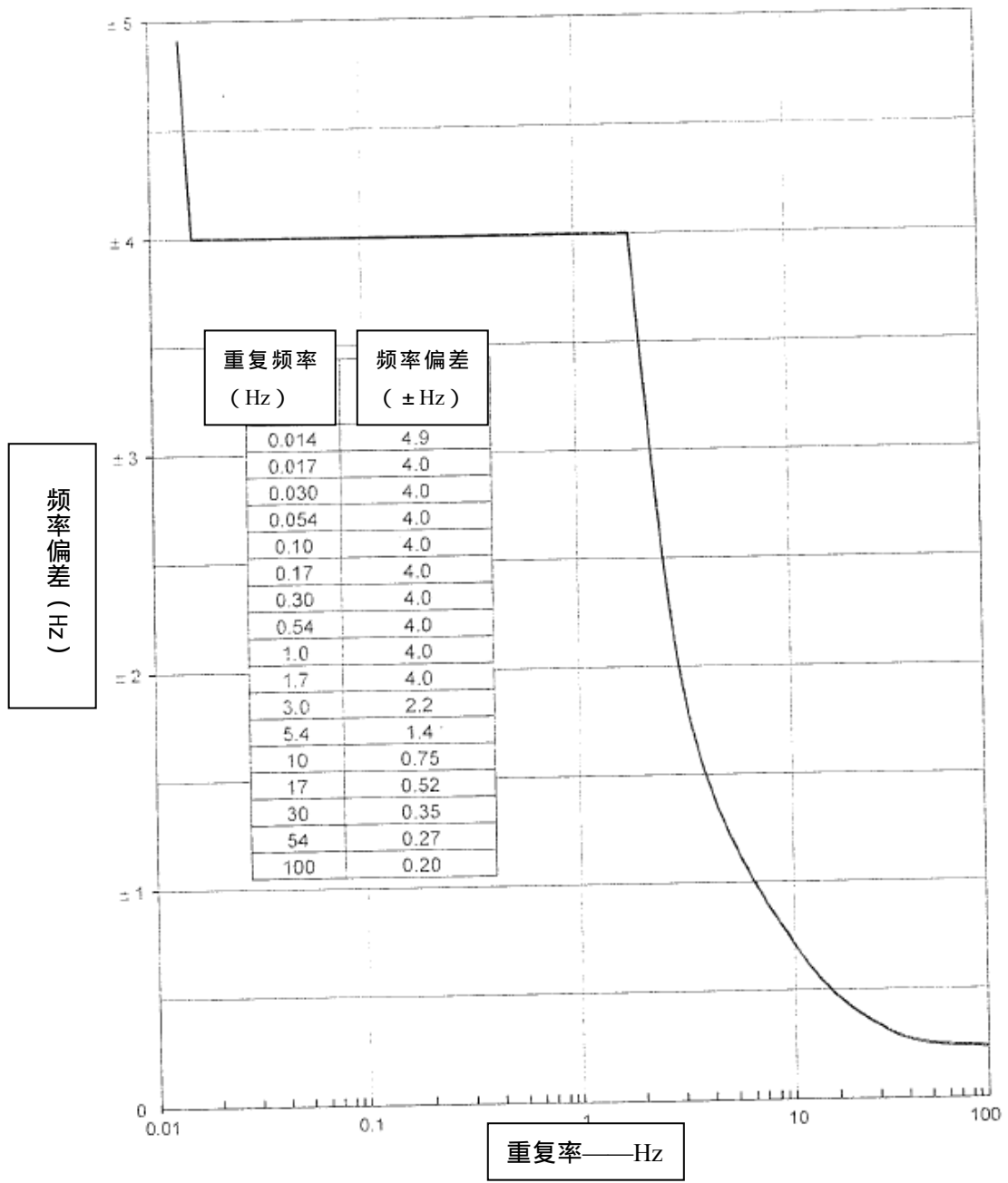
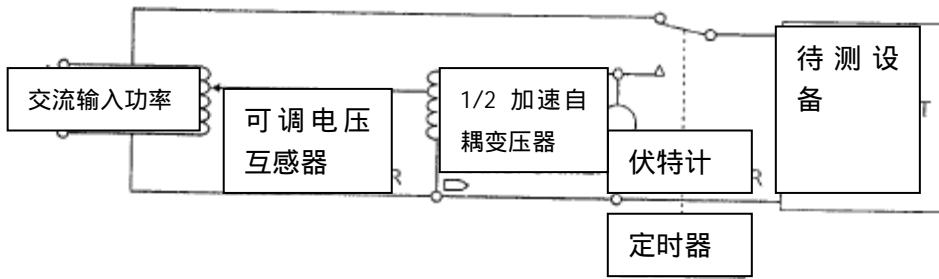


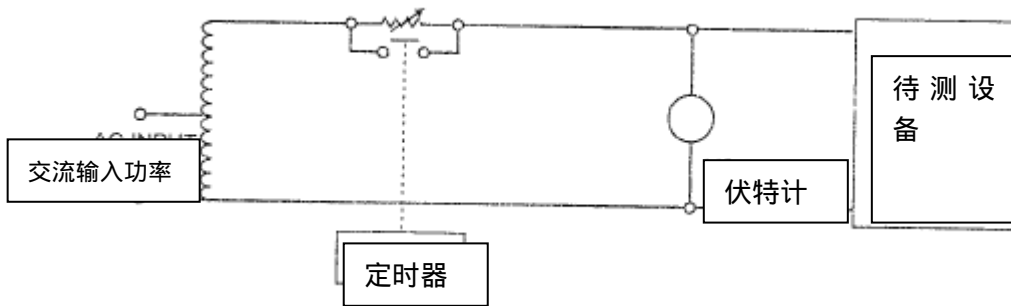
图 16-2 交流频率调制的特征



- 待测设备的伏特-安培容量必须充足。

#### 线路 A

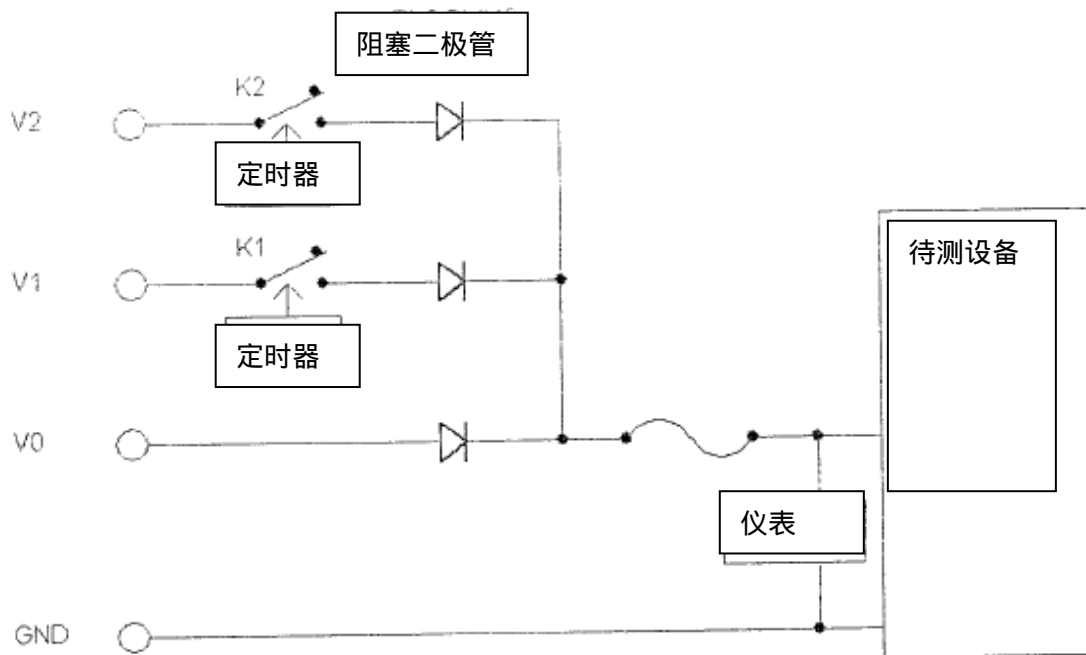
注：在定时器转换期间，待测设备将接收到 0 功率。



#### 线路 B

注：线路 B 可选，但仅用于电源阻抗对设备性能不重要时。

图 16-3 交流设备浪涌电压试验



		供给 EUT 的电压		
		电压 V0	电压 V1	电压 V2
K1 和 K2 状态	K1	开	关	开
	K2	开	开	关

注：

- 按照第 16.6.1.4 段（正常浪涌电压）或第 16.6.2.4 段（异常浪涌电压）的要求，调整 K1/K2 状态构造的时间以符合电压浪涌的持续时间。
- 激活 K1 和 K2，这样在开始 V1 和 V2 之间的转换时，K1 和 K2 都处于关闭状态。
- 电压电源应提供足够的电流，以达到在 EUT 输入处测得的要求试验电压。
- V0、V1 和 V2 相当于适用试验段落中的电压值。V0 总是比 V1 和 V2 低。
- 可选电阻器或有源器件可以存在于二极管的负极至接地之间，以在电压试验步进之间降低电压。
- 可以使用提供要求波形的替换试验设备。

图 16-4 直流设备浪涌电压试验

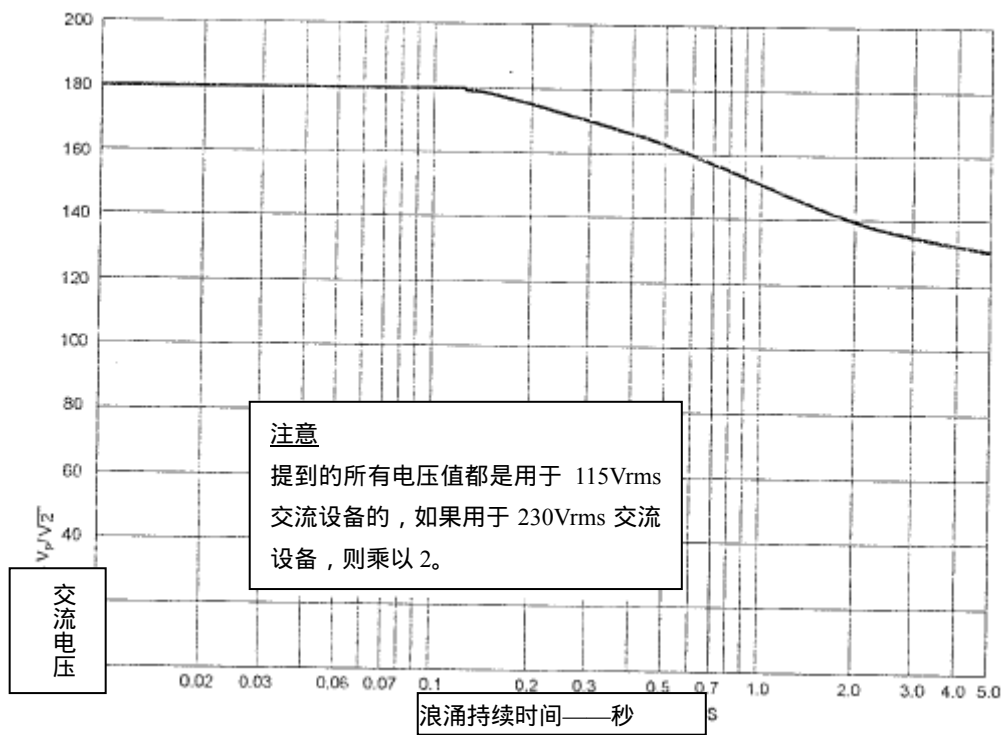
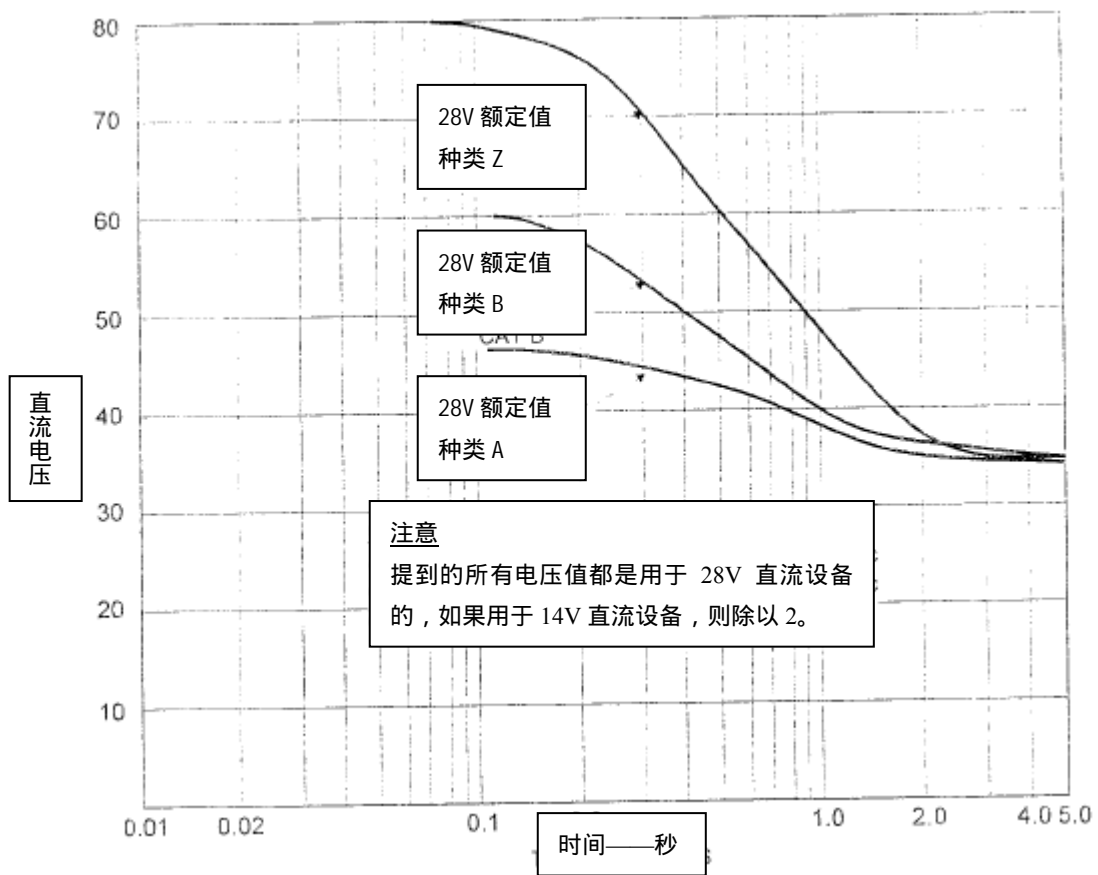


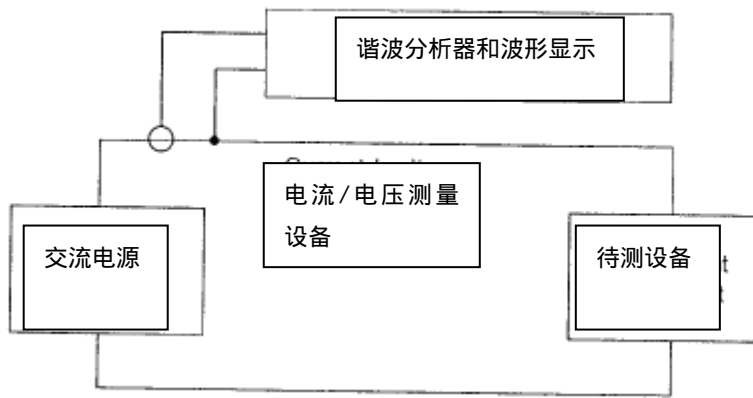
图 16-5 交流异常电压浪涌的包线



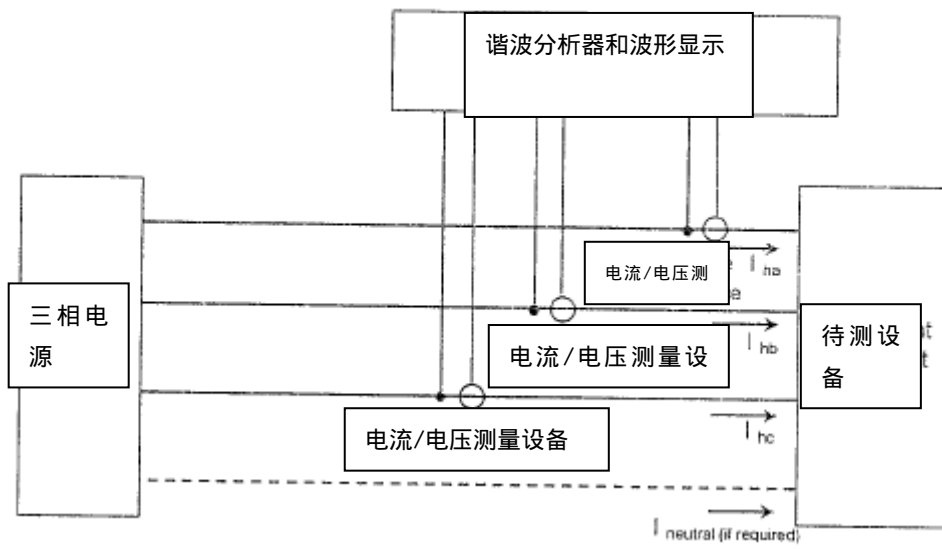
注： D 类和 A 类的基础波形相同。

秒	A 类	B 类	Z 类	D 类
5.0	32.2	32.2	32.2	315
1	37.8	40	48	345
0.5	42.5	47	60	385
0.1	46.3	60	80	425

图 16-6 典型异常直流浪涌电压特征



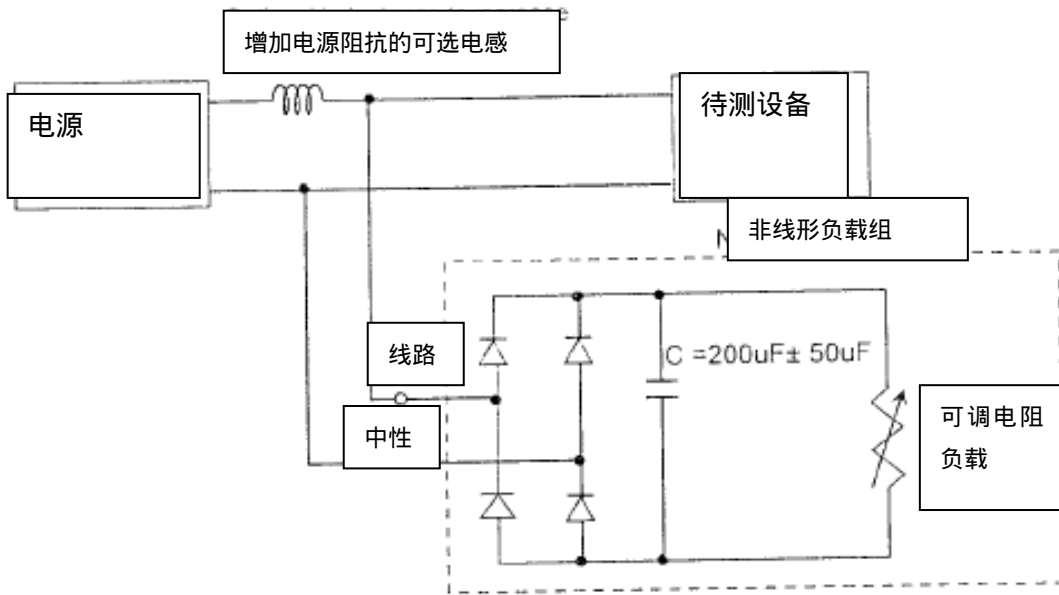
单相设备的电流谐波测量



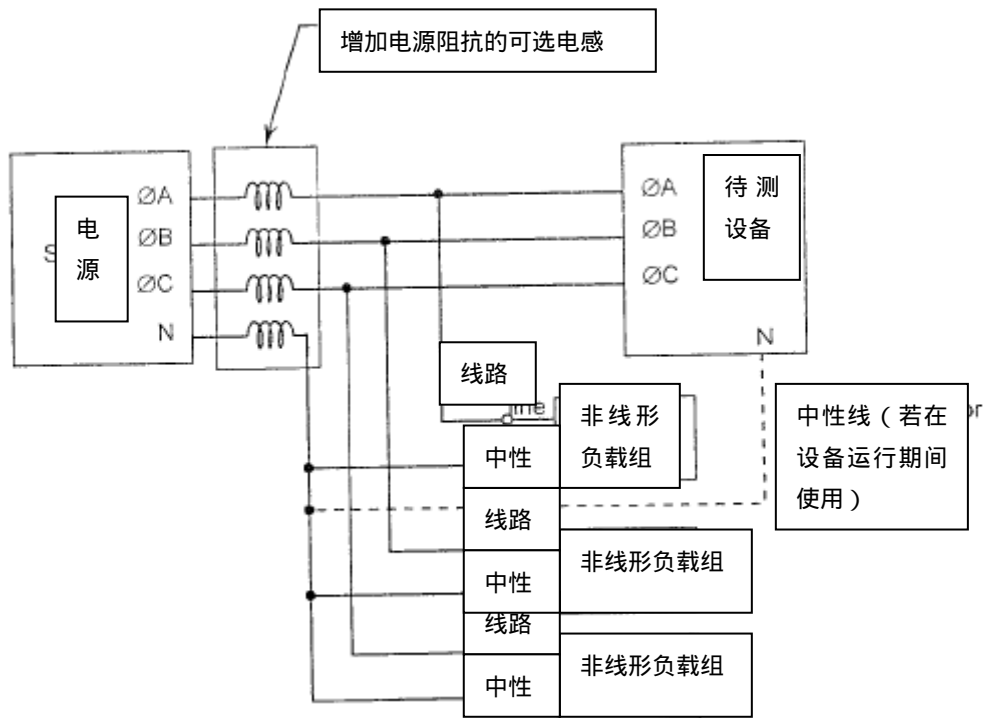
三相设备的电流谐波测量

图 16-7 典型电流谐波测量图



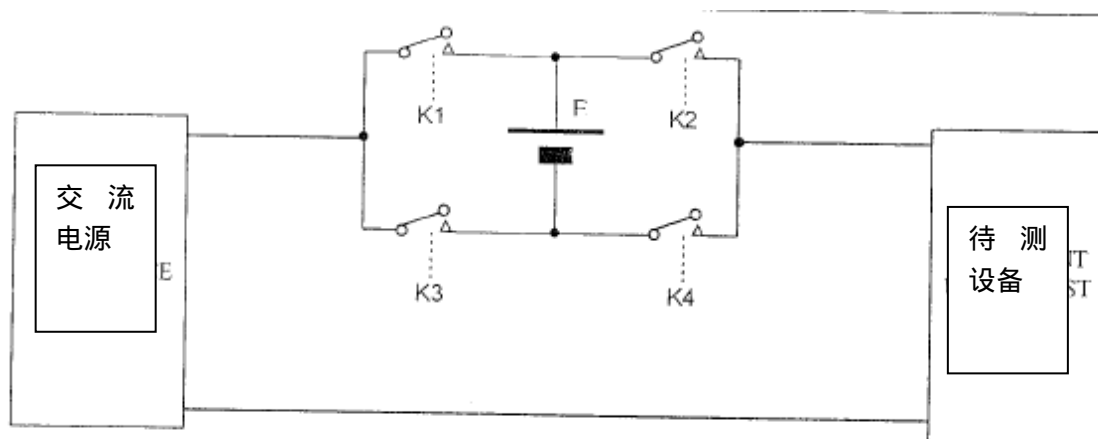


单相设备产生电压失真



三相设备产生电压失真

图 16-8 谐波试验的典型电压失真电路



### 单相设备产生直流电压偏移

“E”相当于可调直流电压电源。本电源：

- 应与从所有正常运行模式中获得的 EUT 最大稳定状态的 rms 电流相容。

- 应在交流电源上产生下列直流电压偏移：

对于 115V 交流设备：-0.200+0/-0.040V 直流和+0.200+0.040/-0V 直流。

对于 230V 交流设备：-0.200+0/-0.040V 直流和+0.200+0.040/-0V 直流。

开关 K1 至 K4 的状态

- EUT 初次通电：

合上 K1 和 K2 (或 K3 和 K4), 使 E 免于 EUT 浪涌电流。

- 试验条件：在交流电源上施加负直流含量

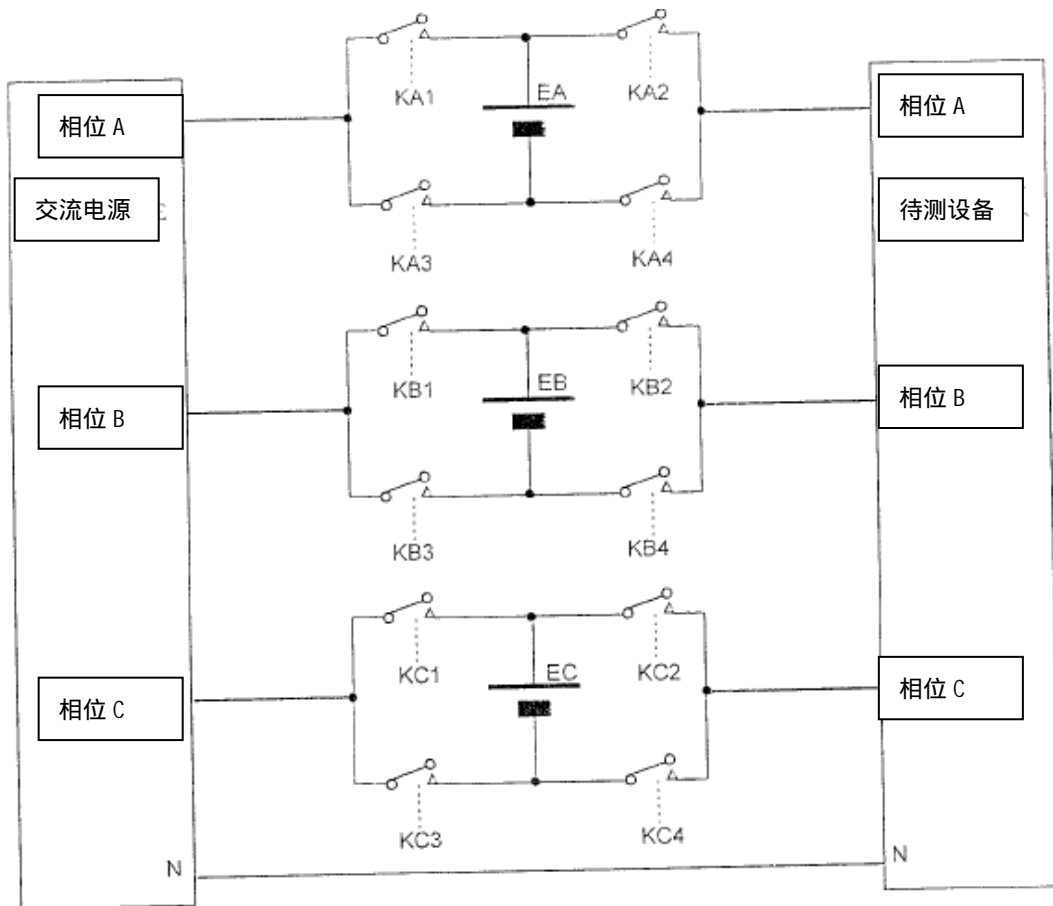
合上 K1 和 K4

打开 K2 和 K3

- 试验条件：在交流电源上施加负直流含量 打开 K1 和 K4

合上 K2 和 K3

图 16-9 交流单相设备直流偏移试验



### 三相设备产生直流电压失真

“EA”、“EB”和“EC”相当于可调直流电压电源。这些电源：

- 应与从所有正常运行模式中获得的 EUT 最大稳定状态的 rms 电流相容。

- 应在交流电源上产生下列直流电压偏移：

对于 115V 交流设备： $-0.200+0/-0.040V$  直流和  $+0.200+0.040/-0V$  直流。

对于 230V 交流设备： $-0.200+0/-0.040V$  直流和  $+0.200+0.040/-0V$  直流。

KA1 至 KA4、KB1 至 KB4 以及 KC1 至 KC4 的状态

- EUT 初次通电：

合上 KA1、KB1、KC1 和 KA2、KB2、KC2 (或 KA3、KB3、KC3 和 KA4、KB4、KC4)，使 EUT 浪涌电流免于 EA、EB 和 EC。

- 试验条件：在交流电源上施加负直流含量

合上 KA1、KB1、KC1 和 KA4、KB4、KC4

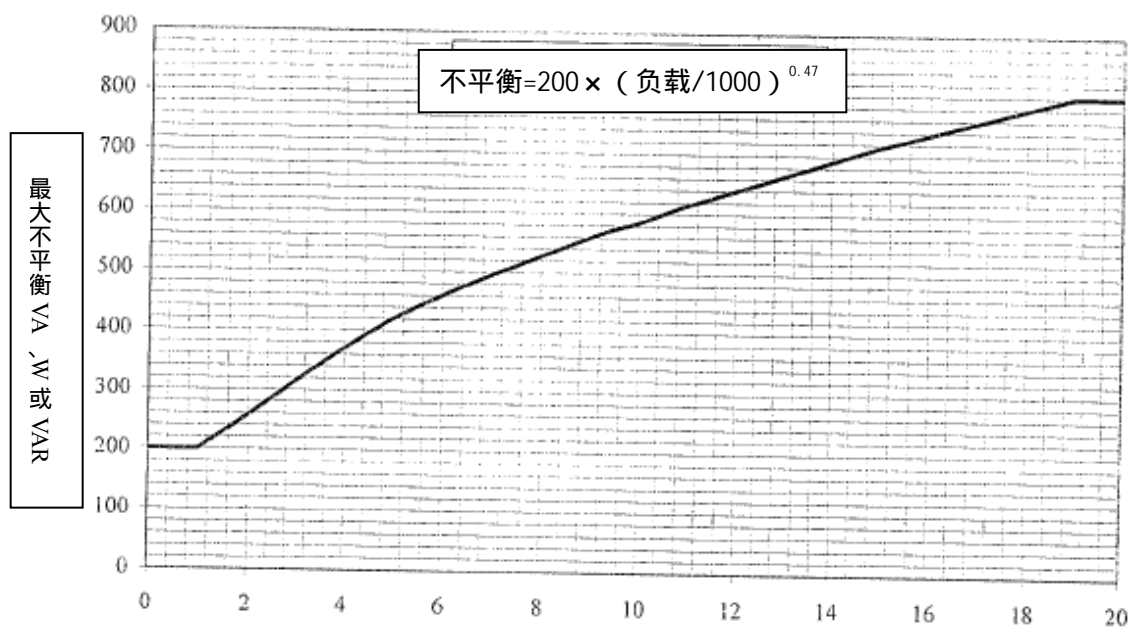
打开 KA2、KB2、KC2 和 KA3、KB3、KC3

• 试验条件：在交流电源上施加负直流含量

打开 KA1、KB1、KC1 和 KA4、KB4、KC4

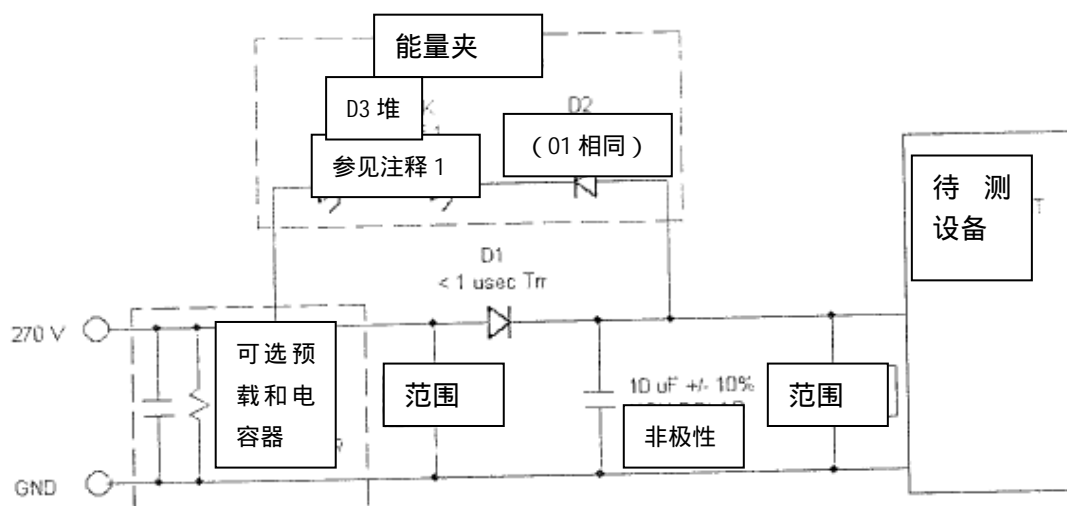
合上 KA2、KB2、KC2 和 KA3、KB3、KC3

图 16-10 交流三相设备直流偏移试验



115Vrms 和 230Vrms 设备的总三相负载 kVA、kW 或 kVAR。

图 16-11 三相交流负载的允许相位不平衡



**注：**

1. D3zener/transorb 堆应具有在 24V+/-1V 直流下小于 24mA 的反向击穿泄露电流，正如 EUT 试验前后测得的一样。可以在 D3 堆中使用单相和/或双向夹具。
2. D1 和 D2 的额定电流应大于最大 EUT 电流，并且反向恢复时间应小于 1.0 豪秒。
3. D3zener/transorb 堆的额定电流应是大于 EUT 最大电流的 1 毫秒脉冲电流。
4. 验证通过示波镜的潜在接地回路，该回路不会造成读数错误和/或损坏示波镜。

**注意：**

1. 二极管的两边以及 10uF 电容器上都存在潜在致命电压。
2. 未通过本试验的 EUT 可能造成试验装置爆炸。试验前安装并使用适当的电气和机械安全设备。
3. 在测试 EUT 的再生能量前，向 EUT 制造商验证 EUT 可以通过本试验。

**图 16-12 270V 直流再生能量试验装置**

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 17 节 电压尖峰试验

#### 重要须知

与本试验程序相关的信息包含在第 1、2、3 节。另外，附录 A 可用来鉴定所进行的环境测试。

17.0	电压尖峰试验.....	208
17.1	试验的目的.....	208
17.2	设备类型.....	208
17.3	试验设置和仪器.....	208
17.4	试验程序.....	208
图 17-1	电压尖峰波形.....	209
图 17 - 2	直流或单相交流电压尖峰试验设置.....	210
图 17 - 3	三相交流电压尖峰试验设置.....	211

## 17.0 电压尖峰试验

### 17.1 试验的目的

该试验用于确定设备是否能耐受其交流或直流电源线上的电压尖峰的影响。预期的主要不利影响有：

- a. 永久性损坏、部件故障、绝缘击穿。
- b. 敏感性退化、或设备性能改变。

### 17.2 设备类型

#### A 类设备

主要指要求进行高度保护以免受到电压尖峰破坏的地方进行安装的设备为 A 类设备。

#### B 类设备

主要指可接受进行较低标准保护以免受到电压尖峰破坏的地方进行安装的设备为 B 类设备。

### 17.3 试验设置和仪器

使用的暂态发电机产生的波形如图 17 - 1 所示。典型的试验设置如图 17 - 2 所示。如果波形与图 17 - 1 相符，则可以使用任何会产生尖峰的方法。

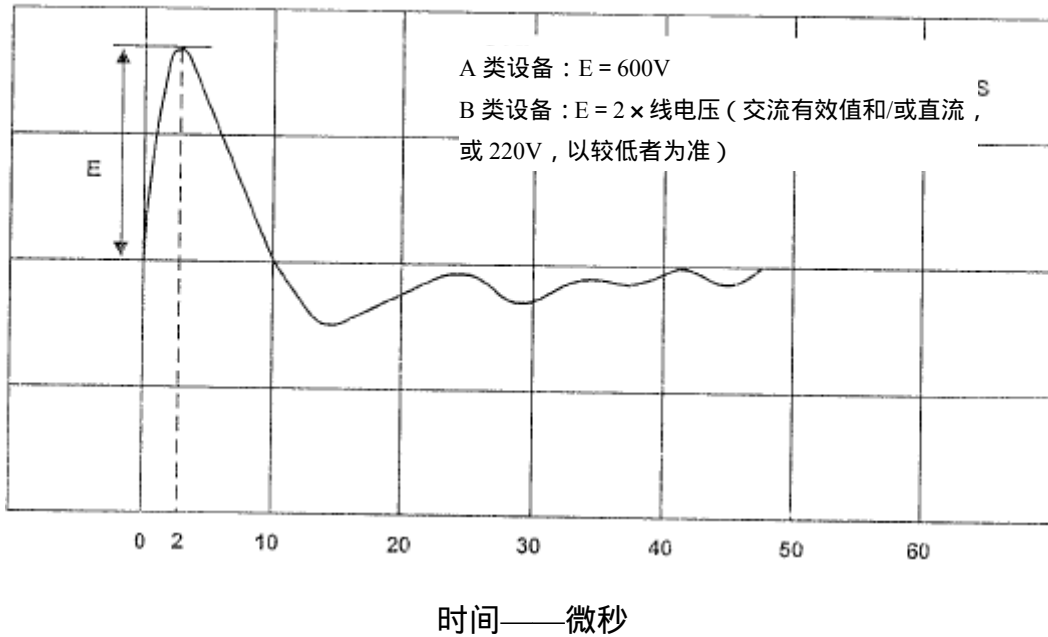
### 17.4 试验程序

在待测设备电源断开的情况下，应验证瞬态波的形状符合图 17 - 1。当设备在其设计电压下运行时，对每个主电源输入端施加一系列的如图 17 - 1 所述的正负极性尖峰信号。如果多重电源输入是由同一母线提供的，那么这些输入的所有连接应同时进行试验。在一分钟之内至少对每个电极施加 50 次瞬态信号。对设备的每一种运行模式或功能重复该试验。

施加尖峰结束后，确定设备是否符合适用的设备性能标准。

注：如果在该试验期间要检查待测设备的性能，则要采用适用的设备性能标准中规定的性能要求。

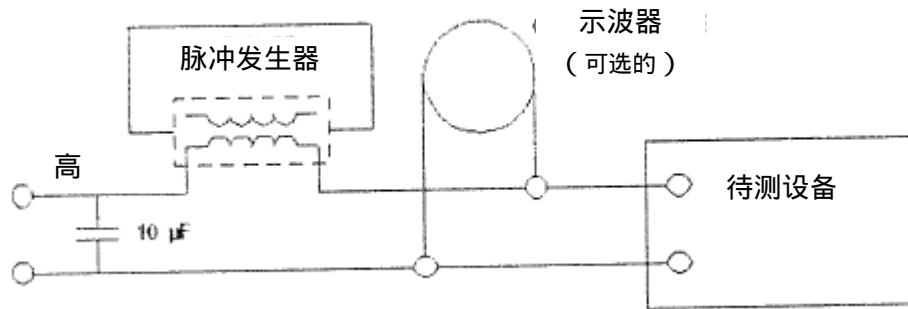




发电机电源阻抗应为  $50\Omega$  标称值。规定的电压和持续时间仅适用于开路状态。与设备连接的情况下，实际电压峰值会降低。发电机的电源阻抗应使用  $50\Omega \pm 10\%$  的负载电阻器进行试验验证，而且应能产生规定电压的  $50\% \pm 10\%$ 。

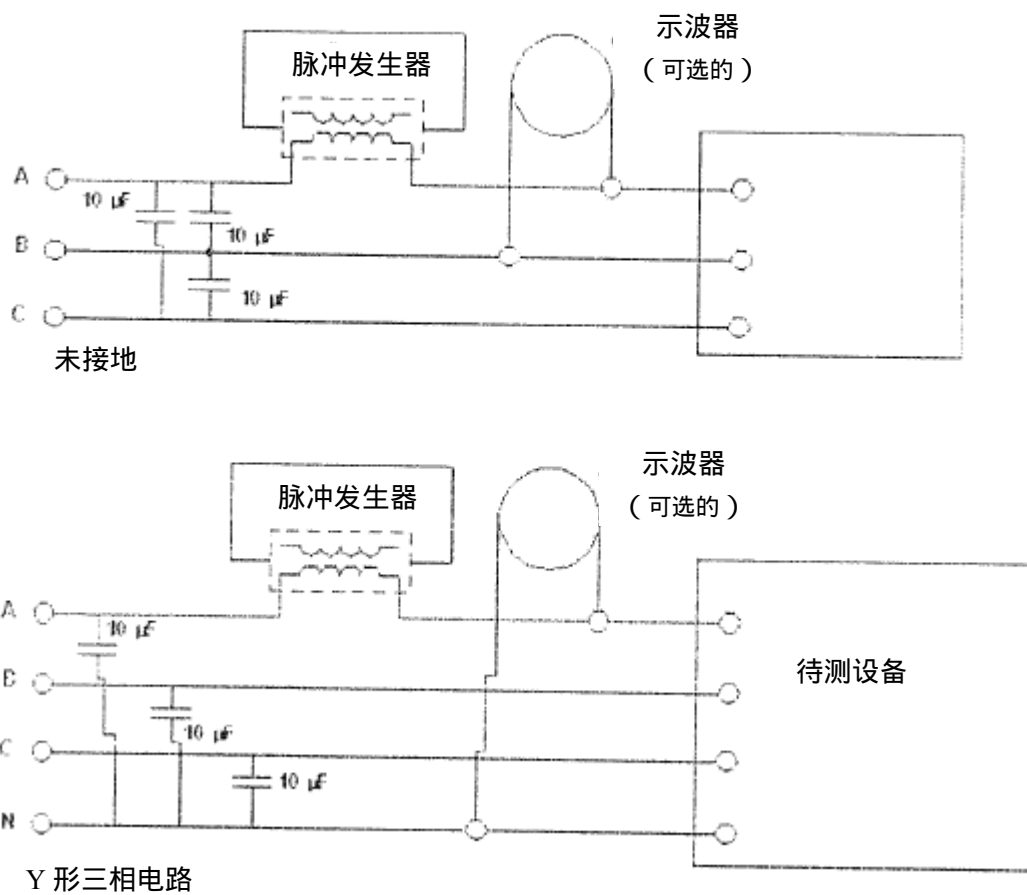
注：以上所示的波形为典型波形。如果脉冲上升时间小于或等于 2 微秒并且总脉冲持续时间至少为 10 微秒，那么满足波形要求。

**图 17-1 电压尖峰波形**



注 :由于设备图上的高电流。可能要求另外的试验方法(避免变压器等饱和)。

**图 17 - 2 直流或单相交流电压尖峰试验设置**



注：由于设备图上的高电流。可能要求另外的试验方法（避免变压器等饱和）。

**图 17 - 3 三相交流电压尖峰试验设置**

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 18 节 音频传导敏感性--电源输入

#### 重要须知

本节包含的信息与本文件其他章节中的所有试验程序有关。另外，  
附录 A 适用于鉴定所进行的环境试验。

该页保留空白。

## 目 录

18.0	音频传导敏感性--电源输入（闭路试验）	216
18.1	试验的目的	216
18.2	设备类型和频率等级	216
18.2.1	设备类型	216
18.3	试验程序	216
18.3.1	直流输入电源线	216
18.3.2	交流输入电源线	217
18.3.3	频率扫描速率	218
18.4	通用说明	218
图 18 - 1	音频传导敏感性试验的试验装置（交流和直流电源线，差模）	219
图 18 - 2	音频传导敏感性试验的试验装置（270V 直流电源线，共模）	220
图 18 - 3	28 & 270V 直流电力系统纹波的频率特性曲线——R、K、和 Z 类	220
图 18 - 4	28V 直流电力系统纹波的频率特性曲线——B 类	221

该页保留空白

## 18.0 音频传导敏感性--电源输入（闭路试验）

### 18.1 试验目的

该试验用于确定当设备安装在飞机内时，设备是否能承受预期的正常级别的频率分量。这些频率分量通常与电源基频构成谐波关系。

### 18.2 设备类型和频率等级

#### 18.2.1 设备类型

设备的试验设计包括如下：

类型参考：

- AC 设备：R (CF)、R(NF)或R(WF)类
  - DC 设备：R、B、或Z类
- R (CF)、R(NF)、R(WF)和R类。

将在主电源由恒频或变频交流系统供电，并且直流系统电源是由变压整流器机组提供的飞机电气系统上使用的设备确定为：

- AC 设备：R (CF)、R(NF)或R(WF)类。
- DC 设备：R类

B类设备

将用于由发动机驱动的交流发电机/整流器，或直流发电机供电，直流母线上始终并联大容量的蓄电池的飞机电气系统的Dc设备被确定为B类设备。除非另有规定，14 Vdc设备的试验水平是28 Vdc设备所示的试验水平的一半。

Z类设备

可能用在适用于这些标准的所有其他类型的飞机电气系统的Dc设备被确定为Z类设备。Z类设备应可以代替R类或B类设备使用。例如，该类设备是可由下述的变速发电机供电的直流系统：

- a. 直流电源没有一个并联在直流汇流条上的蓄电池。或者
- b. 控制或防护设备可以使蓄电池与直流汇流条断开。或者
- c. 蓄电池容量比直流发电机的容量小得多。

K类设备

是指由恒频或变频交流系统提供主电源的用于飞机电气系统的设备，并且其电压失真等级高于施加于R类设备上的交流电源的电压失真等级。

K类设备应能适合代替R类设备使用。

### 18.3 试验程序

#### 18.3.1 直流输入电源线

- a. 对于R、B和Z类设备，按照图18-1所示，连接待测设备。当设备运行时，对串联的各未接地的直流输入电源线连续施加一个正弦波音频信号。在改变施加音频信号时以及在该信号的峰间幅值达到图18-3或图18-4规定的值时，（视情况）并且当频率在18.3.3节中规定的速率进行扫描时，**确定设备是否符合适用的设备性能标准。**对18.3.3节规定的所有运行模式重复该试验。



- b. 对于 270V 的 Z 类设备,按照图 18 - 1 所示连接待测设备,将 270V 负极引线接地。当设备运行时,对串联的各正直流输入电源线连续施加一个正弦波音频信号。除非适用的性能标准中另有规定,该试验中负极引线须接地。在改变施加音频信号时以及在该信号的峰间幅值达到图 18 - 3 规定的值时,并且当频率在 18.3.3 节中规定的速率进行扫描时,确定设备是否符合适用的设备性能标准。对 18.3.3 节规定的所有运行模式重复该试验。
- c. 对于 270V 的 Z 类设备,按照图 18 - 2 所示连接待测设备。并在要求的频率范围内,重复试验所有 270V 直流设备施加的共模的电压纹波。(注意负极引线通过耦合变压器接地)。共模试验电平是差模试验电平的 2 倍(见图 18 - 3)。当频率在 18.3.3 节规定的速率进行扫描时,确定设备是否符合适用的设备性能标准。对 18.3.3 节规定的所有运行模式重复该试验。

### 18.3.2 交流输入电源线

#### a R(CF)和 K 类设备

按照图 18 - 1 所示连接待测设备。当设备运行时,对串联的各未接地的交流输入电源线连续施加一个正弦波音频信号。在 700 Hz ~ 16 kHz 之间改变施加信号频率时,确定设备是否符合适用的设备性能标准。对 18.3.3 节规定的所有运行模式重复该试验。

对于 R(CF)类设备,保持该信号的有效值幅度不小于最大正常交流输入电压的 6%,并且当频率在 18.3.3 节规定的速率进行扫描时,确定设备是否符合适用的设备性能标准。对 18.3.3 节规定的所有运行模式重复该试验。

对于 K 类设备,保持该信号的有效值幅度不小于最大正常交流输入电压达 7.6kHz 的 8%,不超过 7.6kHz 的 6%。并且当频率在 18.3.3 节规定的速率进行扫描时,确定设备是否符合适用的设备性能标准。对 18.3.3 节规定的所有运行模式重复该试验。

#### b. R(NF)和 K 类设备:

1. 按照图 18 - 1 所示连接待测设备。当设备在 360 Hz +5/-0Hz 的电源频率下运行时,对串联的各未接地的交流输入电源线连续施加一个正弦波音频信号,在 700 Hz ~ 26 kHz 之间改变施加信号频率。

对于 R(NF)类设备,保持该信号的有效值幅度不小于最大正常交流输入电压的 6%,并且当频率在 18.3.3 节规定的速率进行扫描时,确定设备是否符合适用的设备性能标准。对 18.3.3 节规定的所有运行模式重复该试验。

对于 K 类设备,保持该信号的有效值幅度不小于最大正常交流输入电压达 12.4kHz 的 8%,并不超过 12.4kHz 的 6%。并且当频率在 18.3.3 节规定的速率进行扫描时,确定设备是否符合适用的设备性能标准。对 18.3.3 节规定的所有运行模式重复该试验。

2. 在 650 Hz +0/-5 Hz 的电源频率下重复试验(1),同时在 1100Hz ~ 32 kHz 之间改变施加信号频率。

#### c. R(WF)和 K 类设备:

1. 按照图 18 - 1 所示连接待测设备。当设备在 360 Hz +5/-0Hz 的电源频率下运行时,对串联的各未接地的交流输入电源线连续施加一个正弦波音频信号,在 700 Hz ~ 32 kHz 之间改变施加信号频率。

对于 R(WF)和 K 类设备,保持该信号的有效值幅度不小于最大正常交流输入电压达 15.2kHz 的 8%,并不超过 15.2kHz 的 6%。并且当频率在 18.3.3 节规定的速率进行扫描时,确定设备是否符合适用的设备性能标准。对 18.3.3 节规定的所有运行模式重复该试验。

2. 在 800 Hz +0/-5 Hz 的电源频率下重复试验(1),同时在 1400Hz ~ 32 kHz 之间改变施加信号频率。

### 18.3.3 频率扫描速率

对于产生不连续频率的试验设备,最小试验频率应为每十进制 30 次。试验频率应成对数性地排列。例如下列公式,能用于计算按升序排列的每十进制 30 次的这些频率:

$$f_{n+1} = f_1 * 10^{(n/30)} \pm 1\%$$

此公式中:

$f_n$  为试验频率,并且  $n = 1 \sim m$

$f_1$  为起始频率

$f_m$  为结束频率

$$m = 1 + 30 * \log(f_m / f_1)。$$

在各试验频率的停留时间应至少为 1 分钟,不包括试验设备的校正时间。如果上一试验步骤的  $f_{n+1}$  产生的频率大于  $f_m$ ,则调低为  $f_m$ 。

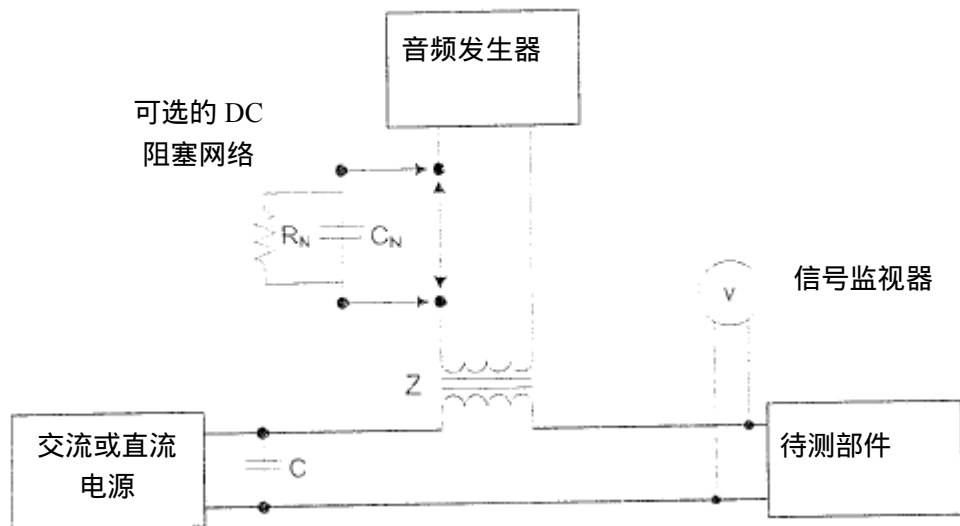
对于产生连续线性频率扫描的试验设备,最小(即最快)扫描速率应等于每十进制的不连续频率数( $m$ )乘以 2 倍停留时间,即为每十进制的 30 次不连续频率乘以 2 倍 1 分钟的停留时间等于 60 分钟每十进制的扫描速率。

对根据最初的电源系统绘制出最大稳态电流和最小稳态电流的设备运行模式进行这些试验。当最大稳态电流和最小稳态电流之间的比为 2:1 或更小时,那么只要求对最大稳态电流进行一个试验。

### 18.4 通用说明

- a. 如果试验电源线的阻抗为需要过量功率产生规定的音频信号电压电平,通过使用最大输出为 100W 的音频放大器来充分满足试验条件。变压器的输出阻抗为  $0.6 \pm 50\%$ 。
- b. 对于 18.3.1 节中所述的直流输入电源线,一个大电容器(100 微法拉或更大)应与直流电源串联连接。对于交流输入电源线,一个 10 微法拉的电容器应与电源串联连接。
- c. 当一个变压器用于将音频能量引入电源线时,在待测设备引起的交流或直流负载电流流经变压器的次级绕组时,该变压器必须能正常工作。

- d. 在交流线上，可采用一个相位移网络，消除信号监视器上的电源频率分量。
- e. 必须小心谨慎，防止输入电源电流产生的反射电压损坏音频信号发生器系统。
- f. 音频发生器供给变压器的直流偏移能导致音频发生器和/或变压器过热和故障。和插入在音频发生器和变压器之间的一个  $1\ \Omega$  的电阻器并联的电容器将防止这种问题的发生。必须保证流经电容器和电阻器的电流是额定的。电容器的阻抗必须足够低，以便达到要求的试验电平。
- g. 应同时测试与 UUT 外部并联的主电源输入并联连接器。



注：

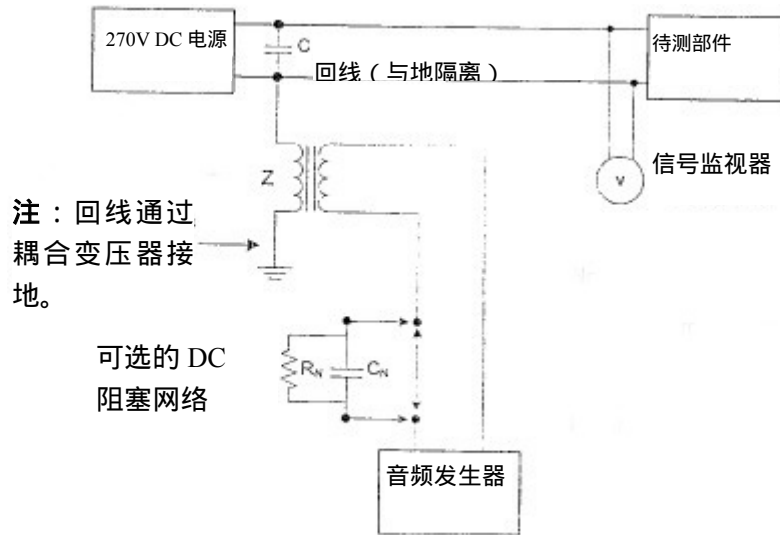
$C = 100$  微法拉，仅用于直流电源

$C = 8$  微法拉，仅用于交流电源

$Z = 0.6 \pm 50\%$

可选的 DC 阻塞网络 ( $C_N$  和  $R_N$ ) 不得影响达到的试验电平。

图 18 - 1 音频传导敏感性试验的试验装置（交流和直流电源线，差模）



注：电源的回线应与地面隔开。

注：

C 100 微法拉 仅用于直流电源

Z = 0.6 ± 50%

可选的 DC 阻塞网络 (C<sub>N</sub> 和 R<sub>N</sub>) 不得影响达到的试验电平。

图 18 - 2 音频传导敏感性试验的试验装置 (270V 直流电源线, 共模)

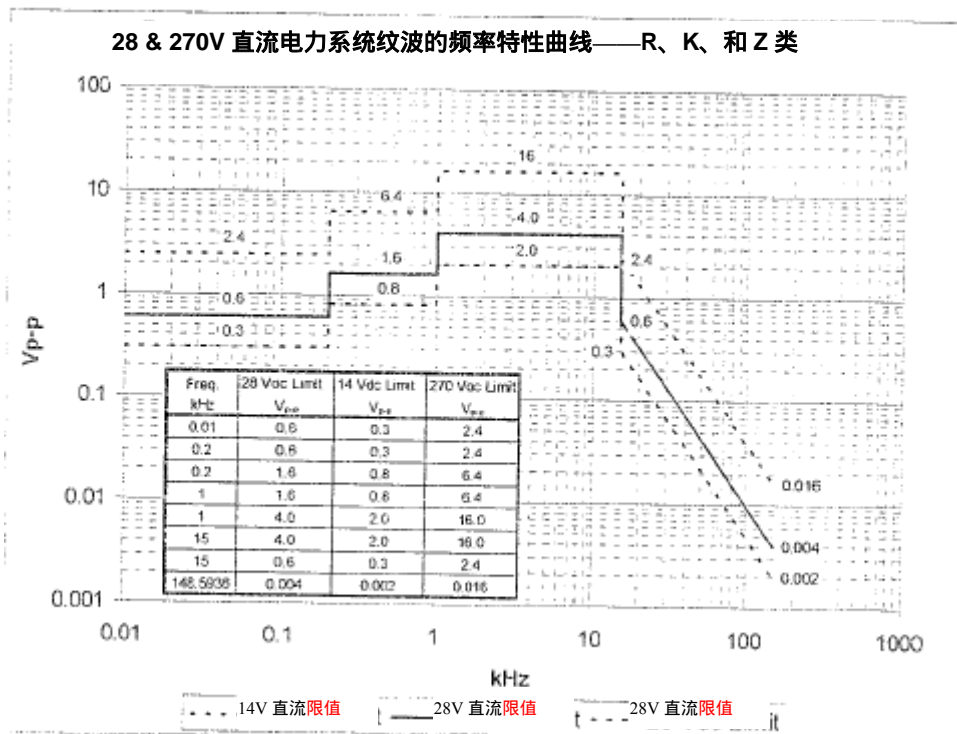


图 18 - 3 28 & 270V 直流电力系统纹波的频率特性曲线——R、K、和 Z 类

28V 直流电力系统纹波的频率特性曲线——B 类

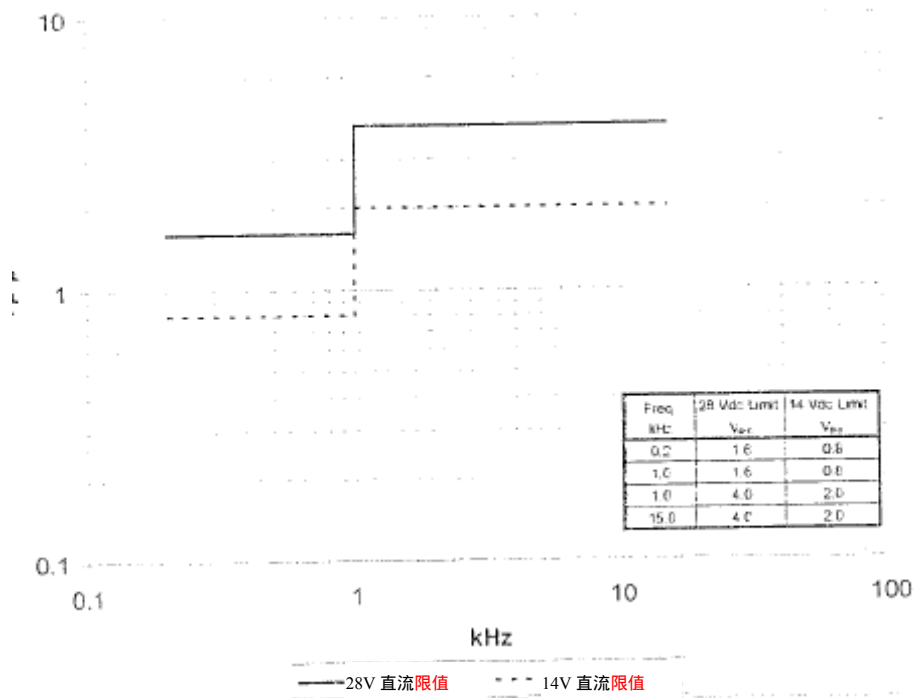


图 18 - 4 28V 直流电力系统纹波的频率特性曲线——B 类

该页保留空白。

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 19 节 感应信号敏感性

#### 重要须知

本节包含的信息与本文件其他章节中的所有试验程序有关。另外，附录 A 用来鉴定所进行的环境试验。

19.0	感应信号敏感性 .....	225
19.1	试验的目的 .....	225
19.2	设备类型 .....	225
19.3	试验程序 .....	226
19.3.1	设备中的感应磁场 .....	226
19.3.2	互连电缆中的感应磁场 .....	226
19.3.3	互连电缆中的感应电场 .....	226
19.3.4	互连电缆中的感应尖峰 .....	227
19.3.5	频率扫描速率 .....	227
表 19 - 1	感应信号敏感性试验在各类设备下的应用 .....	228
表 19 - 1	感应信号敏感性试验在各类设备下的应用 (续) .....	229
图 19 - 1 (a)	音频磁场敏感性测试等级——恒频 .....	230
图 19 - 1 (b)	音频磁场敏感性测试等级——窄频 .....	230
图 19 - 1 (c)	音频磁场敏感性测试等级——宽频 .....	231
图 19 - 1 (d)	音频磁场敏感性测试等级——恒频 .....	231
图 19 - 1 (e)	音频磁场敏感性测试等级——窄频 .....	232
图 19 - 1 (f)	音频磁场敏感性测试等级——宽频 .....	232
图 19-2	音频磁场敏感性试验 .....	233
图 19-3	音频电场敏感性试验 .....	233
图 19-4	互连电缆尖峰试验设置 .....	234
图 19-5	感应转换瞬变 .....	235



## 19.0 感应信号敏感性

### 19.1 试验的目的

该试验用于确定设备的互连电路结构是否能承受由安装环境导致的一定电平的感应电压。本章特别说明了关于由其他已安装的设备或系统产生的和通过其互连电线与待测设备内的敏感电路连接的电源频率和其谐波、音频信号和电气瞬变的干扰信号。

### 19.2 设备类型

感应信号敏感性试验类型由 2 个字母表示。第一个字母 (C, Z, A 或 B) 指测试等级, 第二个字母 (C, N 或 W) 指主电源安装的类型。

#### C\_类

主要用于在要求无干扰系统中或由于长线运转或最短电线隔离而产生严重耦合的系统中运行的设备被确定为 C\_类设备。

CC 类: 是指安装在其主要电源为恒频 (如 400Hz) 或直流的飞机上的设备。

CN 类: 是指安装在其主要电源在一个窄频率范围内 (如 350 Hz ~ 650 Hz) 变化的飞机上的设备。

CW 类: 是指安装在其主要电源在一个宽频率范围内 (如 350 Hz ~ 800 Hz) 变化的飞机上的设备。

#### Z\_类

主要在要求无干扰系统中运行的设备被确定为 Z\_类设备。

ZC 类: 是指安装在其主要电源为恒频 (如 400Hz) 或直流的飞机上的设备。

ZN 类: 是指安装在其主要电源在一个窄频率范围内 (如 350 Hz ~ 650 Hz) 变化的飞机上的设备。

ZW 类: 是指安装在其主要电源在一个宽频率范围内 (如 350 Hz ~ 800 Hz) 变化的飞机上的设备。

#### A\_类

希望在无干扰系统中运行的设备为 A\_类设备。

AC 类: 是指安装在其主要电源为恒频 (如 400Hz) 或直流的飞机上的设备。

AN 类: 是指安装在其主要电源在一个窄频率范围内 (如 350 Hz ~ 650 Hz) 变化的飞机上的设备。

AW 类: 是指安装在其主要电源在一个宽频率范围内 (如

350 Hz ~ 800 Hz ) 变化的飞机上的设备。

## B\_类

主要在干扰电平能控制在容许范围内的系统中运行的设备为 B\_类设备。

BC 类：是指安装在其主要电源为恒频（如 400Hz）或直流的飞机上的设备。

BN 类：是指安装在其主要电源在一个窄频率范围内（如 350 Hz ~ 650 Hz）变化的飞机上的设备。

BW 类：是指安装在其主要电源在一个宽频率范围内（如 350 Hz ~ 800 Hz）变化的飞机上的设备。

### 19.3 试验程序

#### 19.3.1 设备中的感应磁场

将待测的设备置于由一根直导线辐射体中的电源所产生的音频磁场中，施加的电流按表 19 - 1 规定。直导线辐射体应位于待测的设备的部件周围 0.15m 内。确定是否符合适用的设备性能标准。

在该试验期间，辐射体应定位在引起最大干扰的各部件的各外表面。辐射体的长度应伸出待测部件的各端，每端至少伸出 0.6m（横向地）。向辐射体输入电流的引线应放置在离待测部件的任何部分和辐射体本身至少 0.6m 处。待测设备的所有部件均应单独进行试验。磁场电源不得与设备电源同步。

#### 19.3.2 互连电缆中的感应磁场

将待测设备的互连导线束置于图 19 - 2 所示的音频磁场中。当磁场的值为表 19 - 1 规定的值时，确定是否符合适用的设备性能标准。

在该试验期间，设备的所有互连电缆均应按照相关的安装和界面控制图进行安装。应适当地模拟与待测设备相关的设备的输入或输出情况。磁场电源不得与设备电源同步。频率扫描速率和停留时间应符合 19.3.5 节的规定。

#### 19.3.3 互连电缆中的感应电场

将待测设备的互连导线束置于图 19 - 3 所示的音频电场中。当电场的值为表 19 - 1 规定的值时，确定是否符合适用的设备性能标准。

在该试验期间，设备的所有互连电缆均应按照相关的安装和界面控制图进行安装。仅在设备制造商规定之处才使用屏蔽线或绞和线。应适当地模拟与待测设备相关的设备的输入或输出情况。电场电源不得与设备电源同步。频率扫描速率和停留时间应符合 19.3.5 节的规定。

#### 19.3.4 互连电缆中的感应尖峰

在该试验期间，设备的所有互连电缆均应按照相关的安装和界面控制图进行安装。仅在设备制造商规定之处才使用屏蔽线或绞和线。应适当地模拟与待测设备相关的设备的输入或输出情况。

将待测设备的互连导线束置于图 19 - 4 所示的使用试验装置的正瞬变场和负瞬变场。表 19 - 1 中规定了 19.2 节中的设备类型所需的电缆长度。图 19 - 4 中所示的定时器用调整至产生每秒 8 ~ 10 次脉冲的脉冲重复率。图 19 - 4 中 A 点处出现的波形应与图 19 - 5 中的描述相似。对于瞬变的正极和负极，每极的脉冲须保持至少 2 分钟或更长时间（如果相关设备说明书有规定）。暴露后，确定是否符合适用的设备性能标准。该试验期间，设备性能的任何要求在设备性能标准中做出规定。

在图 19 - 4 的 A 点处监视时，触点断开时产生的感应转换瞬变应与图 19 - 5 所示极其相似。当触点断开时，A 点的电压，大约在 2 微秒的时间内，从 +28 V 直流变为一个大负压。此时线圈绕组之间的电容（典型情况下为 250 ~ 3000 微微法拉）充负电。当电压达到电离电势时，则触点处出现电弧放电，通过触点处的电离通道，电压很快升向 28V 直流。由于 A 点和线圈之间的导线电感，A 点的电压通常超过 +28V 直流。此时，灭弧和循环反复进行。在典型情况下，重复时间为 0.2 ~ 10 微秒，重复次数通常为 5 ~ 1000 次，直到电感性负载的能量（ $E = 1/2LI^2$ ）消耗掉为止。

#### 19.3.5 频率扫描速率

对于产生不连续频率的试验设备，最小量的试验频率应为每十进位 30 次频率。试验频率应成对数性地排列。例如下列公式，能用于计算按升序排列的每十进位 30 次的这些频率：

$$f_{n+1} = f_n * 10^{(1/30)}$$

此公式中：  
 $f_n$  为试验频率，并且  $n = 1 \sim m$   
 $f_1$  为起始频率  
 $f_m$  为结束频率  
 $m = 1 + 30 * \log (f_m / f_1)$

在各试验频率的停留时间应至少为 10 秒，不包括试验设备的校正时间。如果上一试验步骤的  $f_{n+1}$  产生的频率大于  $f_m$ ，则调低为  $f_m$ 。

对于产生连续频率扫描的试验设备，最小（即最快）扫描速率应等于每十进位的不连续频率数（ $m$ ）乘以停留时间，即为每十进位的 30 次不连续频率乘以 10 秒的停留时间等于 5 分钟。

**表 19 - 1 感应信号敏感性试验在各类设备下的应用**

章节	试验	ZC 类	AC 类	BC 类	CC 类
19.3.1	设备中的感应磁场	400Hz 20A 有效值	400Hz 20A 有效值	400Hz 20A 有效值	400Hz 20A 有效值
19.3.2	互连电缆中的感应 磁场	$I \times L$ = 在 400 Hz 时 30 A-m 降到 15kHz 时 0.8 A-m	$I \times L$ = 18A-m ( 在 380 ~ 420 Hz )	不适用	$I \times L$ = 在 380 ~ 420 Hz 时 120 A-m 和 400 Hz 时的 60 A-m 降到 15kHz 时的 1.6 A-m
19.3.3	互连电缆中的感应 电场	$V \times L$ = 1800 V-m ( 在 380 ~ 420 Hz )	$V \times L$ = 360 V-m ( 在 380 ~ 420 Hz )	不适用	$V \times L$ = 在 380 ~ 420 Hz 时 5400 V-m 和在 400Hz 时的 5400 V-m 降 到 15 kHz 的 135 V-m
19.3.4	互连电缆中的感应 尖峰	图 19-4 L=3.0 m	图 19-4 L=3.0 m	图 19-4 L= 1.2 m	图 19-4 L=3.0 m
19.3.1	设备中的感应磁场	在 350Hz 和 650Hz 的 20 A 有效值	在 350Hz 和 650Hz 的 20 A 有效值	在 350Hz 和 650Hz 的 20 A 有效值	在 350Hz 和 650Hz 的 20 A 有效值
19.3.2	互连电缆中的感应 磁场	$I \times L$ = 在 350 ~ 650Hz 时 30A-m 降到 26kHz 的 0.8 A-m	$I \times L$ = 18 A-m ( 在 350 ~ 650 Hz )	不适用	$I \times L$ = 在 350 ~ 650Hz 时 120A-m 降 到 26kHz 的 1.6 A-m
19.3.3	互连电缆中的感应 电场	$V \times L$ = 1800 V-m ( 在 350 ~ 650 Hz )	$V \times L$ = 360 V-m ( 在 350 ~ 650 Hz )	不适用	$V \times L$ = 在 350 ~ 650Hz 时 5400 V-m 降 到 26 kHz 的 135 V-m
19.3.4	互连电缆中的感应 尖峰	图 19-4 L=3.0 m	图 19-4 L=3.0m	图 19-4 L=1.2 m	图 19-4 L=3.0 m

**表 19 - 1 感应信号敏感性试验在各类设备下的应用 (续)**

章节	试验	ZW 类	AW 类	BW 类	CW 类
19.3.1	设备中的感应磁场	在 350Hz 和 800Hz 的 20 A 有效值	在 350 Hz 和 800 Hz 的 20 A 有效值	在 350 Hz 和 800 Hz 的 20 A 有效值	在 350 Hz 和 800 Hz 的 20 A 有效值
19.3.2	互连电缆中的感应磁场	$I \times L$ = 在 350 ~ 800 Hz 时 30 A-m 降到 32 kHz 的 0.8 A-m	$I \times L$ = 18 A-m ( 350 ~ 800 Hz )	不适用	$I \times L$ = 在 350 ~ 800Hz 时 120A-m 降到 32 kHz 的 1.6 A-m
19.3.3	互连电缆中的感应电场	$V \times L$ = 1800 V-m ( 在 350 ~ 800 Hz )	$V \times L$ = 360 V-m ( 在 350 ~ 800 Hz )	不适用	$V \times L$ = 在 350 ~ 800Hz 时 5400 V-m 降到 32 kHz 的 135 V-m
19.3.4	互连电缆中的感应尖峰	图 19-4 $L=3.0$ m	图 19-4 $L=3.0$ m	图 19-4 $L=1.2$ m	图 19-4 $L=3.0$ m

注：当制造商的安装和界面控制图规定电缆的固定长度小于 3.3m 则应适当缩短场源导线的耦合长度(L),以保持每端最小距离为 0.15m。测试等级可按照缩短的耦合长度和规定的耦合长度之间的比 ( $L = 3.3 - (2 \times 0.15) = 3$  m) 向下调整。例如,若制造商规定最大电缆长度为 1.8m,那么  $L = 1.5$ m。调整等级则为  $(1.5/3.0) = 0.5$  倍上述电压或电流的限值。当制造商的安装和界面控制图中规定的电缆的固定长度小于 1.5m ( $L < 1.2$  m)时,则不需要进行该试验。

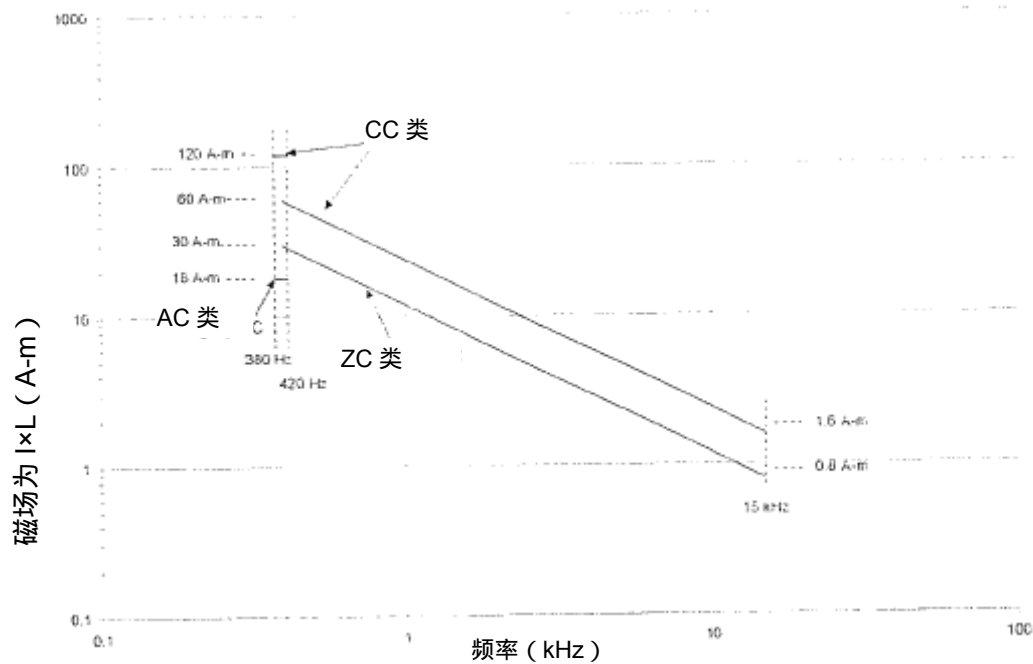


图 19 - 1 (a) 音频磁场敏感性测试等级——恒频

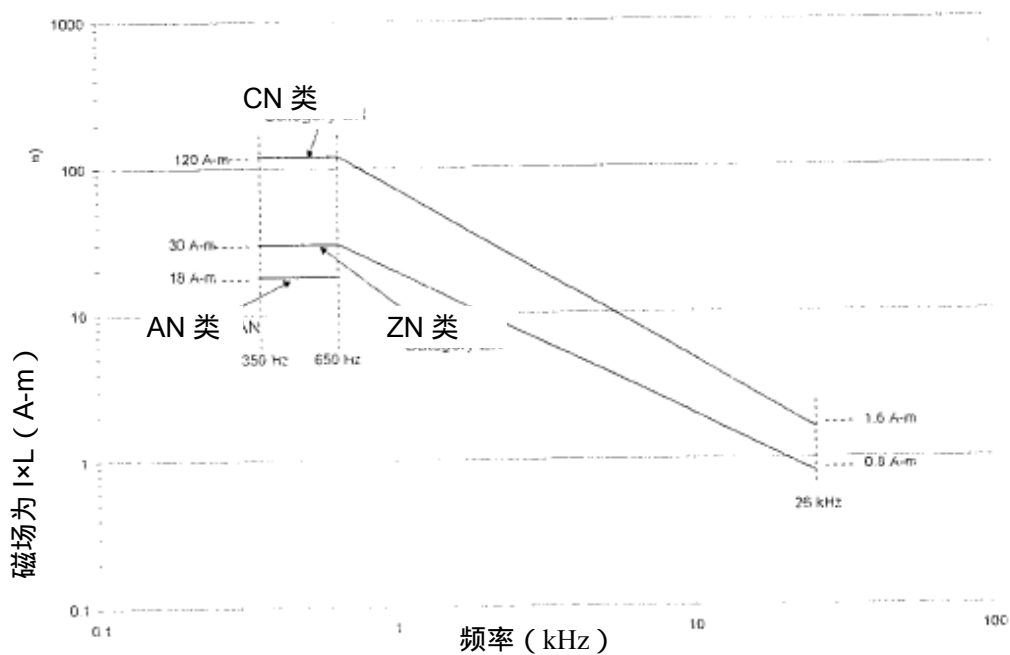


图 19 - 1 (b) 音频磁场敏感性测试等级——窄频

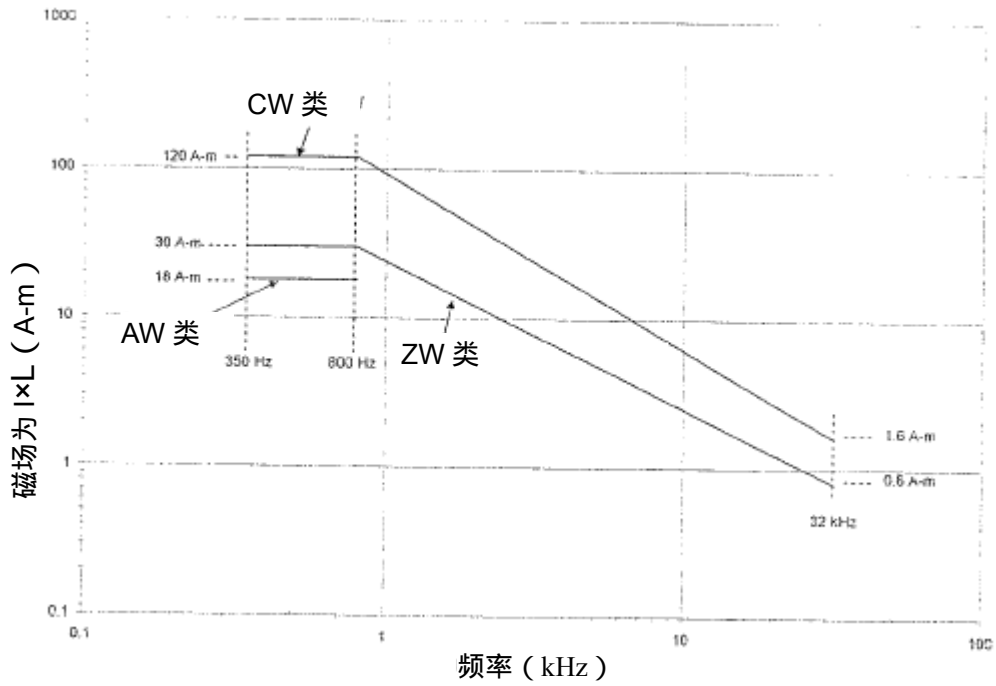


图 19 - 1 (c) 音频磁场敏感性测试等级——宽频

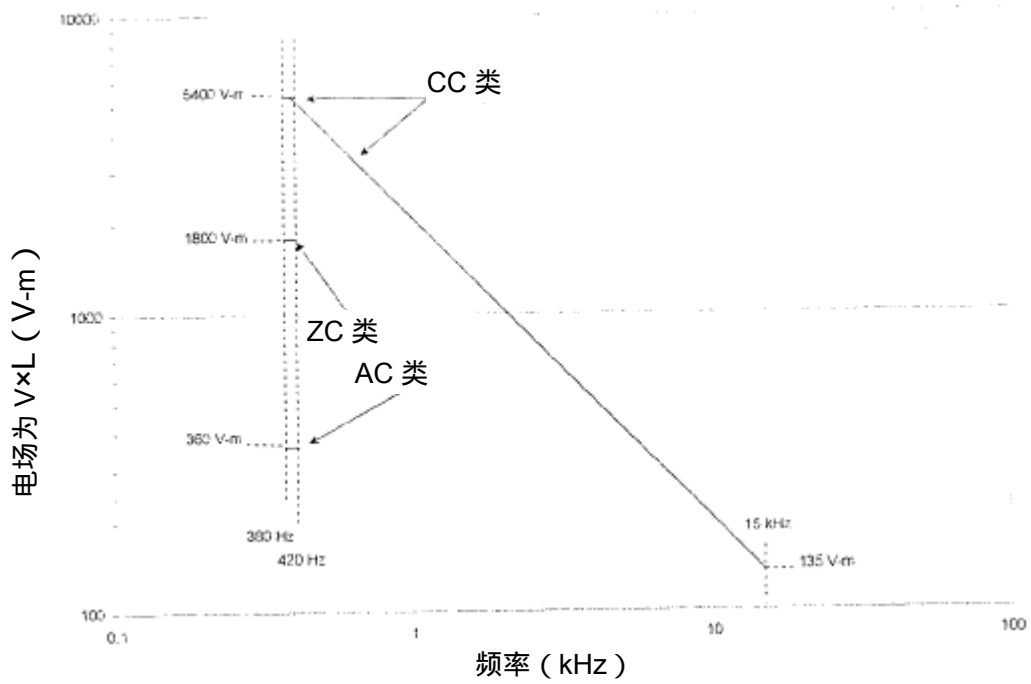


图 19 - 1 (d) 音频磁场敏感性测试等级——恒频

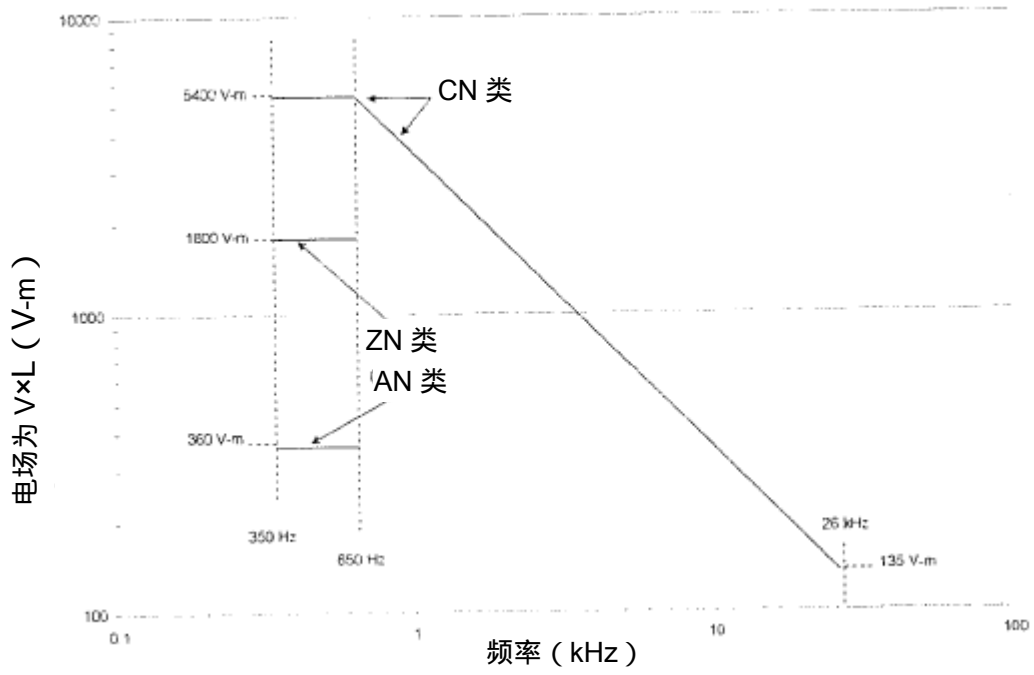


图 19 - 1 (e) 音频磁场敏感性测试等级——窄频

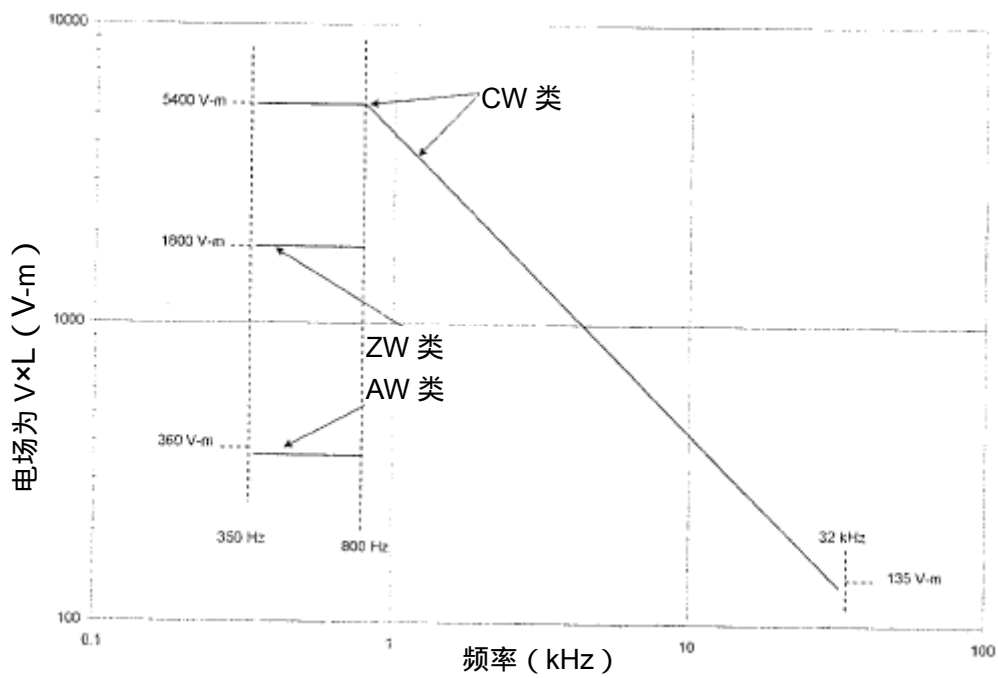
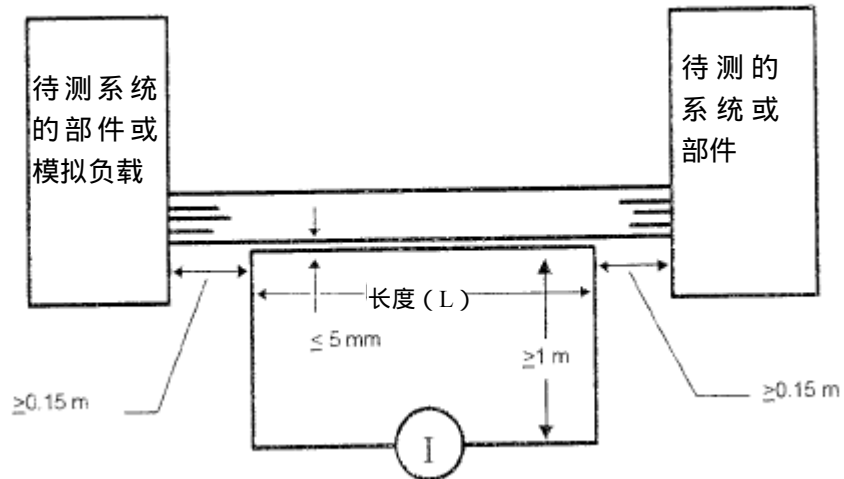


图 19 - 1 (f) 音频磁场敏感性测试等级——宽频

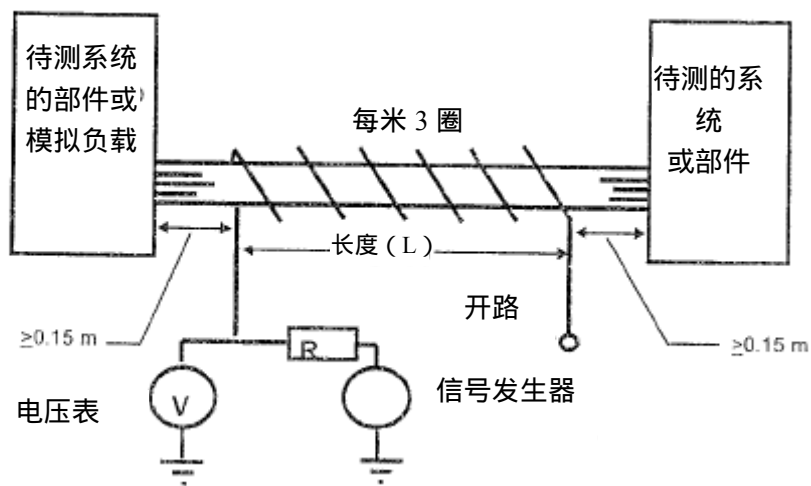




注 1：互连导线束应离接地平板之上至少 50mm。

注 2：磁场为电流 I(安培有效值)乘以长度 L (m)。

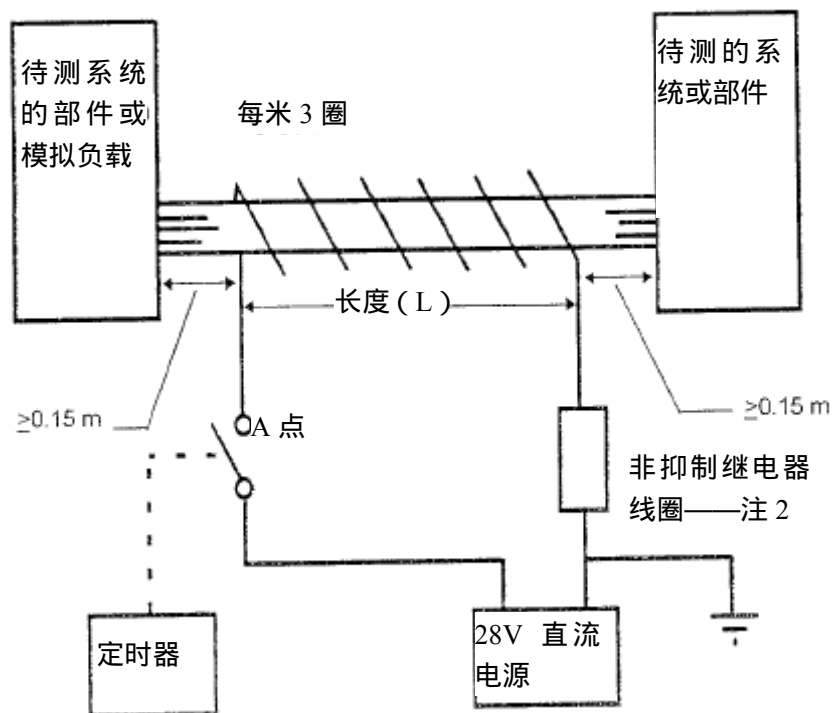
**图 19-2 音频磁场敏感性试验**



注 1：互连导线束应离接地平板之上至少 50mm。

注 2：电场为电压 V (有效值) × 长度 L (m)。注 3：选择的 R 的大小用于人员高压防护。

**图 19-3 音频电场敏感性试验**



注 1：互连导线束应离接地平板之上至少 50mm。

注 2：非抑制继电器线圈的特性如下：

电压 = 28V 直流

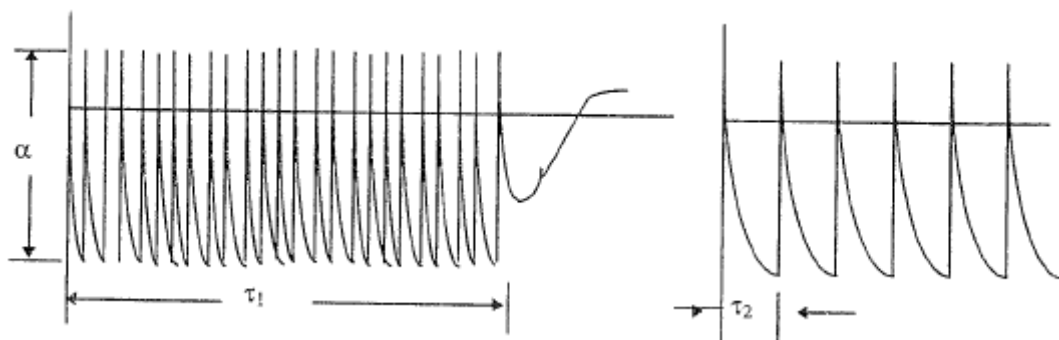
电流 = 160 mA

电阻 =  $175\Omega \pm 10\%$

电感 =  $1.5\text{H} \pm 10\%$  (在供电状态)

注 3：由带极性互换开关的不接地电源供给的 28V 直流。

**图 19-4 互连电缆尖峰试验设置**



$\alpha$  幅度 $\geq 600\text{v p-p}$

$\tau_1$  总持续时间 50 ~ 1000 微秒

$\tau_2$  重复周期 0.2 ~ 10 微秒

注： 图 19 - 4 中的 A 点间测得的电压波形和接地平板

**图 19-5 感应转换瞬变**

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 20 节 射频敏感性（辐射和传导）

#### 重要须知

该章包含的信息与本文件其他章节中的所有试验程序有关。此外，附录 A 适用于鉴定进行的环境试验。

20.0	射频敏感性（辐射和传导）	239
20.1	试验目的	239
20.2	设备类型	239
20.3	一般试验要求	240
20.4	传导敏感性（CS）试验	246
20.5	辐射敏感性（RS）试验	248
20.6	辐射敏感性（RS）试验；替代程序——混响室	251
20.6.1	适用范围/目的	251
20.6.2	程序概述	251
20.6.3	校准：混响室场均匀性和载荷确认	252
20.6.3.1	场均匀性的确认	253
20.6.3.2	接收天线的校准	259
20.6.3.3	电场校准的标准平均数的绝对值的平方	259
20.6.3.4	混响室的最大载荷确认	260
20.6.4	设备的试验	261
20.6.4.1	试验设置	261
20.6.4.2	混响室载荷的测定	261
20.6.4.3	Q 和时间常数的校准	264
20.6.4.4	转动模式的 RS 试验程序	265

该页保留空白。

## 20.0 射频敏感性（辐射和传导）

### 20.1 试验的目的

当设备及其内部连接线暴露在 RF 调制功率，无论是辐射的 RF 场或电线及接口线路上的注入探头感应时，该试验可确定设备能否在性能规范内运行。

将使用 2 种试验程序：1) 在 10 kHz~ 400 MHz 时，待测设备受到通过注入探头至其电缆束耦合的 RF 信号 2) 频率在 100 MHz ~ 频率上限时，待测设备受到辐射的 RF 场。在 100~ 400 MHz 时，有一个试验的有意重叠。

辐射敏感性试验可使用 20.5 节所述的方法和材料进行，或使用 20.6 节所述的方法和材料交替进行。方法的选择由申请人决定。

带专用信号、频率、调制或带通特性的设备可按照相关的性能标准的规定要求变更试验。

允许根据试验的结果，对设备的传导和辐射 RF 的试验级别进行分类。这些试验足够获得设备的射频敏感性的环境鉴定。可能需要进行另外的试验，证明飞机内的系统安装是依据所进行的功能而定的。

### 20.2 设备类型

类型指定了 RF 试验等级和确定待测设备最小 RF 抗扰度的水平。可以在相关的设备性能标准中给出类型。

经常用于某一系统或设备的类型必须在知道飞机的内部 RF 环境之前选定。此外，许多系统或设备根据他们将安装在几个不同类型的飞机中的目的进行设计。因此，如果在设备说明书中没有标识类型，设备制造商应设计、试验和使用设备类型符合预期的位置、暴露和使用。

设备的类型指定包括 2 个字符。传导敏感性试验等级为第一个字符，辐射敏感性试验等级为第二个字符。

为了帮助设备制造商选择合适的试验限制用于设备及其互连电线，类型按照下列内容进行定义。说明仅供指导。设备位置、互连电线的预期的暴露/位置、以及飞机尺寸和结构确定试验等级。

B, D, F, G, L, M 和 O 类：, 为带最高临界性（按照 HIRF 规定）系统提供直接与高强度辐射场外部场环境相关的试验等级。

R 类当允许试验台上试验以便满足带最高临界性（按照 HIRF 规定）系统的 HIRF 时，为设备提供试验等级。

S 类：在飞机受到外部电磁环境的影响极小时以及希望但不要求在飞机上进行无干扰运行时，提供最小试验等级的设备类型。该类可以代表飞机设备的内部 EMI 环境。

T 类：当允许试验台上试验以便满足带适度临界性（按照 HIRF 规定）系统的 HIRF 时，为设备提供试验等级的设备类型。该类型也可代表飞机设备的内部 EMI 环境。

W 和 Y 类：为表示符合暂时的 HIRF 规则的试验台上的试验提供试验等级。

Q 类：指在试验限制或带调制的进行的试验（而不是这些程序中规定的）。

## 20.3 一般试验要求

### a. 待测设备

待测设备（EUT）按下列准则布置在接地平板（试验台）上：

- (1) 接地平板——材料为铜、黄铜或铝的接地平板，铜和铝板厚度至少为 0.25mm，黄铜板厚度至少为 0.5mm，接地平板的面积为 2.5m<sup>2</sup>或更大，最小高度（由前至后）为 0.75m。在采用屏蔽室的情况下，接地平板的两端应与屏蔽室连接，其间距不大于 1 米。建议直流搭接电阻应为 2.5 毫欧或更小。
- (2) 冲击和振动隔离装置——如果设备制造商有规定，待测设备应固定在装有冲击或振动隔离装置的安装座上。若安装座上备有搭接条时，应与接地平板连接。当搭接条没有与安装座连接时，搭接条不得用于试验装置中。
- (3) 电气搭接——电气搭接，仅按照待测设备设计或安装说明书的规定进行，如外壳、安装座和接地平板的搭接，须用于搭接。

设备 ,接头和线束的电气搭接应代表适用的安装和界面控制图规定的飞机安装。在试验报告中，应对所使用的搭接方法进行说明。



- (4) 外部接线柱——当外部接线柱用于待测设备的接地时，接线柱应与接地平板连接，确保试验期间的安全操作条件。应使用安装说明书中规定的连接长度。如果未规定长度，使用大约 30m 的典型导线。
- (5) 互连导线/电缆——待测设备的所有互连导线（如：屏蔽线，绞和线等）。电缆束和 RE 传输线应符合相关安装和界面控制图的要求。

电缆束应以类似于飞机安装的方式捆绑在一起，并至少以 50mm 的高度支承在接地平板之上（除非已规定了更能代表飞机安装的更大的高度）并记录在试验报告中。支承材料必须为非吸收性的，非导电的和非反射的材料。对于复杂的电缆束结构，所有电缆束和互连负载应尽可能地互相保持隔离，以便减少电缆间的耦合效应。

除非另有规定，电缆长度应至少为 3.3m。当互连电缆束的长度大于试验台时，应将过剩长度的电缆成“之字”形地排列在高于试验台大约 50mm 的试验台的背面。来自待测设备的至少 1 米的电缆必须离试验台前 10cm 并按照图 20 - 2 和图 20 - 9 所示与试验台前面平行。对于复杂的电缆束，第一根隔离的线束的边缘应离边缘 10cm 远。弯曲在待测设备上的电缆不得超出接地平板的边缘。待测设备可从边缘移开，以适应最小的电缆弯曲半径。与待测设备的天线间距应保持在如图 20 - 2 所示的距离。综上所述，建议用于这些试验的互连电缆束的最大长度为 15m。

超出该限制的情况为电缆束长度匹配会规定为某一特殊长度以便满足相位匹配或类似原因。与待测设备相关的其他设备或负载的输入或输出应由实际在用的装置提供，或应模拟线 - 至 - 线和线 - 至 - 地的频变阻抗。

- (6) 电源线——对于电缆束的试验，通常带有控制/信号线的电源线和回线应处于电缆束中，并将从试验区导出的电缆束的线束分开。然后这些线应连接至线路阻抗稳定网络（LISN）。

当不知道实际的飞机电缆束结构时，或者当电源线和/或回线通常是与控制/信号线隔开时，电源线和回线应脱离出待测设备的连接器附近的电缆束，并单独连接至线路阻抗稳定网络。除非相关设备说明书中另有规定，这些条件下的电源线到线路阻抗稳定网络的长度应为 1.0 m +/- 10cm。

当回线为本地接地（小于 1m 的长度），该电源线可按照相关安装和界面控制图的规定直接接地至试验台。

- (7) 模拟天线或负载——该试验中，天线电缆可以加载相当于电缆特性阻抗或模拟天线的负载。使用的模拟天线应加以屏蔽并设计为具有能充分模拟正常在用天线的电气特性。模拟天线也应包括在正常天线中使用的各种电气部件，如滤波器、晶体二极管、同步器和电动机。

#### b. 屏蔽室和试验设备

外壳、试验设备和仪器应按照下列准则进行布置，并使其工作：

- (1) 搭接试验设备——试验设备应搭接并接地，以减少接地回路和保证人身安全。
- (2) 线路阻抗稳定网络 (LISN)——待测设备的每一个主电源线中，应接入一个线路阻抗稳定网络。飞机安装中的本地接地的电源回线不需线路阻抗稳定网络。线路阻抗稳定网络的外壳应与接地平板搭接。当使用带 10 kHz 以上的自谐振的线路阻抗稳定网络时（如标准 5  $\mu$ H 的 LISN），整个试验中，应在每个 LISN 电源输入端和接地平板之间接入一个 10 微法拉的电容器。所有试验中的 LISN 的 RF 测量端口应稳定在 50  $\Omega$ 。输入阻抗特性如图 20 - 1 所示。

(3) 天线在屏蔽室内的定向和定位——偶极天线、双锥形天线或喇叭天线用在离接地平板之上 0.3m 的中心并按图 20 - 2 所示与接地平板平行。如果使用中的发射天线是角锥形喇叭天线，如标准增益喇叭或相似类型的辐射体，当天线尺寸变小并且相关频率变得更高时，允许移动天线更接近待测设备 1 米（见图 20 - 2）。这只能在天线的远场边界在该 1 米的距离内进行。发射天线相对于待测设备的位置必须保持在等于或大于发射喇叭天线的远场边界。如果天线的远场边界伸出 1 米，那么应使用标准的 1 米分隔。

如果发射天线的远场边界小于或等于 1 米，允许移动天线远于离待测设备的 1m。必须保持待测设备的适当场强。将发射天线移得更远将增大受辐射区域，减少大型待测设备配置所需的天线位置的数量。

注：天线的远场边界按下列公式计算：

$$x = \frac{2 * D^2}{\lambda}$$

其中：

X 为远场边界距离，单位：米

D 为发射孔的最大尺寸，单位：米

$\lambda$  为相关频率的波长，单位：米。

注：对于典型的标准增益喇叭天线，天线的远场边界小于 1 米的情况仅在频率高于大约 8 GHz 时存在。

当天线的波束宽度没有完全覆盖待测系统时，应进行多区域扫描。但要求系统中的每个待测设备和待测设备配线的至少一半波长应在试验期间整体暴露。在屏蔽室试验时，天线应离屏蔽室壁或吸收器至少 0.3m。如果获得要求的场强，可以使用替换天线。

注：如果使用 20.6 节的替换的辐射敏感性试验程序，那么以上所述不适用。

(4) 电流注入探头——探头应具有必要的电源和范围。电流注入探头的插入损耗极限如图 20 - 3 所示。测量电流注入探头的插入损耗的建议试验设置请参见图 20 - 4。将探头支撑和固定在设备的中央。

(5) 屏蔽室——最大限度地缩小影响设备和试验设备的屏蔽室。在屏蔽室内进行辐射试验期间，应使用 RF 吸收器材料以减少电磁能的反射以及提高准确度和重复性。RF 吸收器应至少如图 20 - 2 所示放置在待测设备的上方、后面以及两侧，和辐射天线的后面。材料的最低性能应如表 20 - 3 的规定。可接受 RF 吸收器材料（仅限基本材料，不安装）的制造商说明书。

注：如果使用 20.6 节的替换的辐射敏感性试验程序，那么以上所述不适用。

可为试验设备和传感器提供光纤接口，有助于提供无敏感性的监视。试验设备、监视器和负载激励装置的设计和保护应确保试验设备接口电路到 RF 电流的适当模拟、隔离和抗干扰。

(6) 放大器系统的谐波——功率放大器内的非线性效应产生的正弦敏感性信号的失真能导致对结果的错误理解。当出现失真时，待测设备实际上可以对预期的敏感性频率的谐波作出响应，要求的限制可能较低。当使用选频接收机监视注入的电平时，失真本身不会防止预期的频率验证的有效敏感性信号级别。但是，在敏感性出现时，应检查谐波水平，确定他们是否会影响结果。当正在使用宽带传

传感器时，失真能导致传感器错误显示预期频率上所需的信号电平。在这种情况下，需要控制失真，以便测得正确的电平。

### C 幅度测量

幅度的类型是基于涵盖全部的调制期间的有效值的峰值（见图 20 - 5）。对幅度进行测量，以清楚地确立调制波形的峰值幅度。该仪器必须具有足够快的时间反应对（特别是 20.6 节所述的）信号幅度变化作出响应。可使用频谱分析仪。测量仪器的探测度、分辨率和视频带宽必须大于调制频率。测量带宽应增加直至被测信号的幅度改变不超过带宽中的 3 个增长的 1 dB。然后该带宽应用于试验中。在正确设置时，不决定个别调制的边频带。在进行 20.4 节所述的传导敏感性试验时，可使用一个示波器作为幅度测量装置。示波器必须具有能与试验的频率上限兼容的模拟带宽，并且必须具有适当的 50 Ω 的终端。

### D. 试验频率的排除

敏感性试验期间，RF 接收设备可以对带内的接收频率表现出敏感。根据接收机 MOPS，该敏感对要求敏感的设备是正常的。因此该敏感是正常的，并且该频率需要排除或者在试验期间，降低这些频率上的电平。

除非相关接收机最低性能标准中另有规定，下列排除的频带应适用于无线电接收机。10%以下的频带的最低工作频率至 10%以上的最高工作频率的频带应进行 S 类电平的试验。要求的接收机性能应在试验程序和报告中，或在特殊的接收机性能标准中进行说明。1%以下的无线电接收机的调谐频率至 1%以上的调谐频率的频率应进行 S 类电平的试验，以获得损坏情况估计。

该试验不是评估接收机的正常 MOPS RF 性能特性，也不是评估接收机的 RF 输入口存在感应的或耦合的干扰信号时的接收机的性能。由于电源线和/或控制/信号线的耦合，或穿过接收机外壳的直接耦合，应评估其他响应是否通过/不通过特殊的接收机说明书或性能要求规定的标准。

#### e. 频率扫描速率

结合待测设备（EUT）的响应时间、待测设备的敏感性带宽和监视试验设备的响应时间，选定扫描速率或步速。选定的扫描速率应由该准则进行证实，并记录在试验报告中。对于产生不连续频率的试验设备，试验频率的最小数量应为每十进制 100 次在 100 kHz 以上的频率和每十进制

10 次在 100 kHz 以下的频率。 试验频率应成对数性地排列。 例如下列公式 (100kHz 以上), 能用于计算按升序排列的频率 :

$$f_{n+1} = f_n * 10^{(1/100)}$$

其中 :  $f_n$  为试验频率, 并且  $n = 1 \sim m$ ,  
 $f_1$  为起始频率  $f_m$  为结束频率  $m = 1 +$   
 $100 * \log(f_m/f_1)$  四舍五入至最接近的整数

如果上一试验步骤的  $f_{n+1}$  产生的频率大于  $f_m$ , 则将上一次的频率设为  $f_m$ 。

在各试验频率的停留时间应至少为 1 秒钟, 不包括试验设备的置位时间。 在各试验频率的另外的停留时间可能是有必要的, 以便使待测设备在适当的运行模式中练习运行, 并且容许低频调制期间的“关机时间”。 必须进行至少 2 个完整周期的调制。 例如, 如果应用的调制是 1Hz 的方波调制 (SW), 那么停留时间不得少于 2 秒。 选定的停留时间应由待测设备和试验设备的响应时间、以及应用的调制进行证实, 并记录在试验报告中。

对于产生连续频率扫描的试验设备, 最小 (即最快) 扫描速率应等于十进制的不连续频率数乘以停留时间, 即为十进制的 100 次不连续频率乘以 1 秒的停留时间等于 100 秒十进制的扫描速率。 仅在待测设备及相关试验设备能对试验刺激做出完全响应时使用最快的扫描速率。 一般地, 如以上所述, 要求较慢的速率。

注 : 已知设备响应频率应包括另外的试验频率, 如图像频率 ( $nL0 \pm IF$ ; 此处的  $n$  为 2 ~ 10 的所有整数,  $L0$  为本振频率,  $IF$  为中频)  $IF$  和时钟频率等。

#### f. 试验报告中要求的资料

试验报告应包括（直接的或引用的）下列试验设置和资料项目：

1. 电缆结构——各电缆束的长度、布线类型。屏蔽终端（包括单个的和全部屏蔽），以及试验线束的布线图。
2. 试验设置——示意性框图或各试验设置如电缆束布置、电流注入和测量探头的位置和待测设备的搭接等的图片。
3. 待测设备运行模式——在试验期间使用的运行模式。
4. 负载——所有负载，不管是实际的或模拟的负载的说明。模拟负载应鉴定线 - 至线和线 - 至 - 机匣的阻抗模拟的大小。
5. 合格/不合格准则——说明合格/不合格准则。
6. 试验结果

### 20.4 传导敏感性（CS）试验

#### a. 适用范围/目的

监视感应电缆束的电流时，确保待测设备和互连电缆或电路与图 20 - 6 中的适当的类型相符。将待测设备连接至飞机系统中的其他设备或接口部件的所有电缆束和适当支路都要进行该试验。

对于所有类型的设备，待测电线束上的感应电流用于确立试验等级，同时电流注入探头的正向电源为试验限制值。

互连电线可以进行整体或单个电线的试验。用单独的探头同时注入几个电缆束是可以采用的，并且可能要求对带有内部冗余的设备进行。如 20.3.a.(6) 中的要求的直接接地至试验台的电源回线或接地引线不应包括在待测电缆束中，并且不需要进行试验。

#### b. 探头校准

布置好信号发生器、功率放大器、定向耦合器、衰减器、幅度测量仪器，并将电流注入探头按图 20 - 7 安装在校准设备内。将探头支撑并固定在设备内的中央。将信号发生器设定至 10 kHz 未调制的频率。将通过定向耦合器进入电流注入探头的放大器的功率提高到 10 kHz，直至幅度测量仪器#1 上测得的电流或功率表明进入校准设备内的结果电流或功率为图 20 - 6 中的选定的类型。

**警告：** 由于受到校准夹具的再辐射，RF 场可能有害。请遵循适当的 RF 暴露极限。

记录信号发生器/功率放大器施加给幅度测量仪器#2 上的电流注

入探头的正向功率。

在记录幅度测量仪器#2 上时，扫描频带（未调制的），同时按照表 20 - 4 和/或图 20 - 6 保持幅度测量仪器#1 上的功率大小在 10 kHz ~ 400 MHz 的适当探头。按照 20.4.d 的说明，正向功率图将用来确定传导敏感性试验要求的试验极限。

衰减器和负载的 VSWR（电压驻波比）应小于 1.2:1。未安装探头的校准夹具 VSWR（电压驻波比）不得超过图 20 - 8 中的值。

#### c. CS 试验设置

按图 20 - 9 布置待测设备、电线、相关接口线路和试验设备。对于带包括嵌入式连接器（如飞机安装支柱或舱壁隔离开关）在内的屏蔽电缆的试验设置，嵌入式屏蔽终端必须从地面抬起，以便使 CS 电流流过屏蔽至少 3m 的距离。将感应电流监视器探头安装在离待测设备 5cm 处。如果待测设备的接头加上底壳长度超过 5cm，探头应放置在尽可能接近接头底壳的地方和已注明的位置。支撑探头并将其固定在中心。将电流注入探头安装在离监视器探头表面 5cm 处。

#### d. CS 试验程序

设定好适当探头的位置、软件安装、待测设备的运行模式和稳定性、试验设备和所有监视电路和负载。

警告：由于待测电缆束的再辐射，RF 场可能有害。请遵循适当的 RF 暴露极限。

将信号发生器设定至 10 kHz。调整和控制正向功率达到表 20 - 4 和/或图 20 - 6 中的所选电平类型的电缆束上的感应电流。必要时将正向功率限制至不超过 6 dB 以上的在 20.4.b 节的探头校准程序期间确定的校准值。在适当的电缆束的电流水平扫描频率范围，不超过正向功率的限制值。将感应电流和施加的正向功率记录在试验报告中。

按照要求，在内调制、资料、时钟频率和其他临界频率进行停留。进行调制时，确保峰值幅度符合 20.3.c 节和图 20 - 5 中的定义。

扫描时，评估待测设备的运行并确定是否符合适用的设备性能标准。

#### e. CS 的调制

进行 CW 和方波调制。用 1 kHz 的方波在大于 90% 的深度调制 RF 载波。

也要考虑应用与试验设备相关的其他调制。如时钟、资料、IF、

内部处理或调制频率。特别要考虑待测设备的任何可能的低频响应特性，比如，飞行控制设备在 2 ~ 30MHz 的 HF 范围内对 1Hz 调制的响应。另一选择是运用仅对最敏感的待测设备的调制进行试验。

## 20.5 辐射敏感性 (RS) 试验

### a. 适用范围/目的

将待测设备和互连电缆放入表 20 - 2和图 20 - 10中的适当类型的场。

### b. 辐射场的校准

在将待测设备放入试验箱之前，在该试验箱中进行场校准，以便为所选类型确定正确的场强。

**警告：** RF 场可能是有害的。 请遵循适当的 RF 暴露极限。

使用三轴全向电场天线（各向同性探头）或具有适当频率响应的同等物进行 CW 类的场校准。各向同性探头应放在大约与接地平板上的待测设备相同位置的中心，离接地平板之上 30cm。或者，探头可以放在屏蔽室内不同的位置，探头离类似接地平板之上 30cm，并带有相似的吸收器结构。在要求的试验频率对各向同性探头放射未调制的频率。调整施加给发射天线的正向功率达到用于所选类型的各向同性探头上有总场强的指示。总场强是指矩形元件的数量的和的平方根（RSS）。记录正向功率，并在待测设备的辐射场试验中使用该功率设定值。在要求的频率范围重复该校准。

**注：** 在进行各试验之前必须完成该校准。除非从进行校准以来，试验设备没有断电，不允许将一个试验的校准数据使用到下一个试验中。如果校准回路中的任一设备断电了（包括同轴电缆、电缆、天线、导波器等），则要求在进行/继续试验之前，证实校准仍然有效。

对带有 CW 信号的各向同性探头产生所需类型的场强的正向功率为基准正向功率。方波（SW）和脉冲调制（PM）信号应进行研发，以便产生与校准电平相同的输入给发射天线的正向功率。（请注意所有电平为 20.3.c 和图 20 - 5中规定的“峰值有效值”）。如果在不同的电平而不是所需的方波或脉冲类场强进行 CW 类校准，那么可以使用合适的比例因数。

用满足 20.3.c 节的要求的幅度测量仪器对施加给发射天线的正



向功率进行监视和记录。

要求进行水平和垂直极化的场暴露。不允许使用圆极化发射天线。

#### c. RS 试验设置

按图 20 - 2 布置待测设备、电线、相关接口线路和试验设备。

信号发生器、功率放大器、天线和探头应保持要求的 RF 场电平，以便适当辐射待测设备和互连电线。对天线进行定位和定向，以便确立在待测设备和互连电线上的 RF 场强。使用天线波束宽度规格，或通过画出待测设备放置的区域，确定辐射场的 3dB 点。试验中使用的天线波束宽度应在试验报告中说明。当天线的 3dB 波束宽度没有完全覆盖住待测设备和电线时，进行多区域扫描。直接将待测设备内的敞开处（如显示器、CRT、连接器）暴露至发射天线，可能要求另外的 LRU 定向。要求进行垂直的和水平的发射天线定向。

#### D. RS 试验程序

设定好适当天线和各向同性探头的位置、软件安装、待测设备的运行模式和稳定性、试验设备和所有监视电路和负载。各向同性探头用于验证发射路径的运行是正确的。施加的场强来自 20.5.b 节中的正向功率的校准。

**警告：** RF 场可能是有害的。请遵循适当的 RF 暴露极限。

使用在辐射场校准中确定的正向功率设定值。进行调制时，确保峰值幅度符合 20.3.c 节和图 20 - 5 中的定义。

使用合适的调制将频率范围扫描至频率上限。按照要求，在内调制、资料 and 时钟频率进行停留。扫描时，评估待测设备的运行并确定是否符合适用的设备性能标准。

#### e. RS 的调制

P 类使用下列电平和调制：

在 100 MHz ~ 400 MHz 时，使用 20 V/m CW。也使用带 1 kHz 的在至少 90% 深度的方波调制的 20 V/m。

在 400 MHz ~ 8 GHz 时，使用 150 V/m 的在 4% 的负载周期的脉冲调制和 1 kHz 的脉冲重复频率。在 1 Hz 的速率和 50% 的负载周期打开和关掉信号，模拟转动雷达的效果。

S、T、W 和 Y 类使用下列调制：

在 100 MHz 至图 20 - 10 中的频率上限时，使用 CW 和 1 kHz 的至少在 90%深度的方波调制。也要考虑使用另外的与待测设备相关的调制，如时钟、资料、IF、内部处理或调制频率。

B、D、F、G 和 L 类使用下列调制：

当在表 20 - 5 中的适当的 SW/CW 电平进行试验时，在 100 MHz~18 GHz 时使用 CW 和一个 1kHz 的至少在 90%的深度的方波调制。也要考虑使用另外的与待测设备相关的调制，如时钟、资料、IF、内部处理或调制频率。

在 400 MHz ~ 4 GHz 时，使用适当的带 4  $\mu$ s 脉冲宽度（或更大）的脉冲调制(PM)试验等级和 1 kHz 的脉冲重复频率。在 4 GHz ~ 18 GHz 时，使用适当的带 1  $\mu$ s 脉冲宽度（或更大）的脉冲调制（PM）试验等级和 1 kHz 的脉冲重复频率。特别要考虑在 1 Hz 的速率和 50%的负载周期，对可能具有低频响应的待测设备（如飞行控制设备）打开和关掉信号。

对于所有类型：在 1 GHz 时，允许使用是 CW 场强要求的 1.42 倍的 SW 调制，以同时满足 CW 和 SW 的要求（如：142 V/m SW、在 50%负载周期的 100 V/m CW 和 SW）。

## 20.6 辐射敏感性 (RS) 试验；替代程序——混响室

### 20.6.1 适用范围/目的

将待测设备和互连电缆放入表 20 - 5 和/或图 20 - 10 中的适当类型的 RF 场。

### 20.6.2 程序概述

该程序说明了一种替代的使用混响室的辐射敏感性试验。在混响室试验中，通过以固定步骤转动金属调谐器来改变待测设备的场的极化角度和照明角度。在调谐器的每一步骤，将调谐器暂停一段要求的停留时间并施加 RF 场。试验要求的调谐器步骤的数量为：

步骤越多，给定的输入功率获得的场强越高，但试验时间也越长。

步骤越少，试验时间越短。

但是必须进行足够的步骤，以便达到 20.6.3 节中的场均匀性要求。

试验程序包括下列基本步骤：

*在安装试验台和/或待测设备之前：*

- a) 在场均匀性校准技术的基础上进行性能试验，以便证实适当的混响室性能符合初期建设或后来对混响室做的较大规模的修改。实行混响室校准技术，以便证实混响室满足该程序中规定的场均匀性要求。另外，确定使用的混响室的最低可用频率 (LUF) 是很重要的。所述的混响室场均匀性校准在试验/工作区域中进行，该容积包括混响室内传导试验台的位置。混响室的校准只涉及混响室的转动模式 (步进调谐器转动) 的运行：不允许搅拌模式操作 (连续调谐器转动)。在传导试验台从混响室中移开的条件下，进行场均匀性的测量。该试验在 3 个单独的轴 (x、y、z) 的 9 个位置上进行，即总共有 27 个测量点 (见 20.6.3.1)。如果标准偏差在 400 MHz 以上的 3dB 内，并在 100 MHz ~ 400 MHz 时的 6 ~ 3dB 之间成线性地倾斜 (在半对数图上)，则认为混响室内的场是均匀的。
- b) 在待测设备试验期间使用的线性场/场监视天线的校准技术。线性场/场监视天线的校准是对一个三轴电场传感器进行校准 (在自由空间进行校准)。该试验的目的是在试验期间，用天线和具有快速响应时间的相关监视设备对场进行连续监视。在移去试验台后再次进行该试验，并与上述 a) 节中的场均匀性

试验同时进行(见 20.6.3.2 节)。

- c) 检查场均匀性的影响和混响室载荷符合初期建设或后来对混响室做的较大的修改的一种方法。进行该试验是为了确定用于以后的试验的混响室的最大可接受载荷(见 20.6.3.4 节)。

*在试验台和待测设备安装在混响室内的情况下开始试验之前：*

- d) 当被试验的设备和试验台安装在混响室内时，进行“快速检查”混响室性能的测量。该试验的目的是确定混响室的载荷小于最初混响室校准(c)期间模拟的载荷(见 20.6.4.2)。
- e) 一种测量用于脉冲调制试验(见 20.6.4.3 节)的混响室能维持的最小脉冲宽度的方法。如果混响室的时间常数大于 10% 以上的试验频率所需的脉冲宽度的 0.4 倍，必须增添吸收器或增加脉冲宽度(不超过 100  $\mu$ s)。

*待测设备的试验：*

- f) 试验程序本身使用转动模式程序(见 20.6.4.4 节)。不允许搅拌模式试验。
- g) 有两种方法计算所需的输入功率得出  $E_{Testo}$

- i) 运用电场探头测量(见 20.6.4.4.1 节)计算输入功率  
最大总矢量场强， $E_{Total}$ ，以及标准的电场。

$\langle \vec{E} \rangle_{27}$  (见 20.6.3.1.v 节)，需要运用电场探头的测量计算出输入功率。

- ii) 运用接收天线的校准测量(见 20.6.4.4.2 节)计算输入功率

需要确定电场的标准平均数的绝对值的平方， $|E_{r1}^2|_{max}$  (见 20.6.3.3 节)，运用接收天线的校准测量计算出输入功率。

一些可用的场探头会在探头头部至频率小于 400MHz 的处理器装置的引线上遇到接收问题。如果特殊的试验设施遇到这种情况，那么必须使用方法 ii。但是在探头可靠时的频率(通常大于 400MHz)要求两种方法之间的关联。这些检查应在每第 10 个试验频率时进行。

### 20.6.3 校准：混响室场均匀性和载荷确认

作为对混响室性能和输入功率要求的初步指导，运用 20.6.3.1 节的

程序进行“一次性”的空混响室校准（室内无待测设备）。建议每年或对混响室进行较大的修改之后进行空混响室的校准。

标称运行的最低试验频率（ $f_s$ ）为 100 MHz。场均匀性在第一个十进制的运行期间进行了验证。如果选择了起始频率而不是 100 MHz 的频率，例如用于产生高场强的小混响室，混响室的场均匀性必须在第一个十进制的运行期间进行验证。用于进行测量的混响室的频率为混响室满足图 20 - 11 中的场均匀性要求的频率。

### 20.6.3.1 场均匀性的确认

- i. 清理好工作区域（如移除试验台）并将接收天线放入图 20 - 12 中的注释所述的混响室的工作区域内。设定好幅度测量仪器用于监视接收天线的正确频率。
- ii. 将电场探头如图 20 - 12 所示放在混响室工作区域周围的某一位置。
- iii. 在最低试验频率（ $f_s$ ）开始时，调整 RF 源将适当的输入功率。 $P_{input}$  注入发射天线。发射天线不得直接辐射工作区域或接收天线和探头。将源天线指向混响室的一角为最佳布局。发射天线和线性极化的接收天线的频率都应为合规频率。
- iv. 将调谐器以不连续的步骤（转动模式运行）转动  $360^\circ$ ，在每一步时必须小心谨慎，以确保停留时间足够长以便幅度测量仪器和电场探头有时间做出正确的响应。建议试验程序的这一部分使用调谐器的大量步幅。这样能从一个测量中用较少的调谐器位置确定场均匀性。这样，无论是需要最高可能的场（较多位置）或最快试验时间（较少位置），都能选择适当数量的调谐器位置用于该试验。比如，如果在 180 步位进行场均匀性测量，则能确定 180 步位、90 步位、60 步位、45 步位、30 步位、15 步位等的场均匀性。每个步位必须为相等角度的移动。对天线叶片的位置的最小数量的限制为必须满足场均匀性要求。位置最大数量的限制是每个步位应改变混响室内的足够在统计上有效的场的模式，如独立样式。
- v. 记录接收信号最大幅度和平均幅度（ $P_{MaxRec}$ ,  $P_{AveRec}$ ）（线性平均值：如瓦特、而非 dBm），电场探头各轴上的最大场强（ $E_{Max\ x,y,z}$ ），最大总矢量的场强（ $E_{Total}$ ）以及调谐器转动期间的输入功率的平均值（ $P_{Input}$ ）。

注：*输入功率的值， $P_{input}$ ，为调谐器转动期间的正向功率平均值，最大总电场为调谐器某一位置的矩形元件的和的平方根（RSS）的绝对值。用于确定平均值的样品的数量应至少与用于混响室校准的样品的数相同。所有校*

准为指定的天线。改变天线可能使校准无效。所有功率测量是相对于天线终端的。该程序为对数周期天线和喇叭天线提供了天线效率的一般值。如果已知其他类型的天线效率，则可以使用其他类型的天线。天线效率是指天线接受到的功率与测量点的总功率之比。测量需要天线的球形扫描。天线制造商提供的典型增益和天线系数不能用于得出天线效率。

- vi 在表 20 - 6 所列举的对数间隔的频率步位重复上述试验程序直至频率为至少  $10f_s$ 。
- vii 为图 20 - 12 所示的 9 个探头位置的每个位置进行重复，并在 9 个接收天线的位置进行重复( 其中一个位置必须在工作区域的中心 ) 直至频率为  $10f_s$ 。
- viii  $10f_s$  以上时，仅需要对 3 个探头和接受天线位置进行评估。探头和天线应互相和与混响室设备之间保持要求的间隙。探头和天线的一个位置应在工作区域的中心。重复步骤(i.v.) 和(v.)，得出表 20 - 6 所列的校准频率的差数。

注：接收天线应移动至混响室工作区域内的一个新位置，以便探头位置调整，天线也应放在相对于每一个位置的混响室轴的新方向（每轴至少  $20^\circ$ ）。为了参照，设  $x$  为混响室的长（最长尺寸）。 $y$  为混响室的宽， $z$  为混响室的高。校准期间，探头没有必要需要沿着混响室的轴进行定向。

应谨慎小心，确保天线和探头保持适当的分隔距离，在任一之前的位置的每个位置应至少为  $0.75m$ (或  $\lambda/4$  最低试验频率)。如果在常规测试期间，接收天线将安装在一个固定位置，则建议其中一个位置应为接收天线的指定固定位置。

- i.x. 使用步骤 v. 的数据。将每个最大电场探头的测量值规范至平均输入功率的平方根：

$$\bar{E}_{x,y,z} = \frac{E_{Max,x,y,z}}{\sqrt{P_{input}}}$$

其中：

$E_{Max,x,y,z}$  为各探头轴的最大测量（即在  $10f_s$  以下的 27 次测量，以及在  $10f_s$  以上时的 9 次测量），

$\bar{E}_{x,y,z}$  为各探头轴的标准最大测量

$P_{Input}$  为调谐器转动期间记录  $E_{Max\ x,y,z}$  时的输入给混响室的平均输入功率。

以及

$$\bar{E}_{Total} = \frac{E_{MaxTotal}}{\sqrt{P_{Input}}}$$

其中：

$E_{MaxTotal}$  为各位置的探头总电场的最大测量（即在  $10f_s$  以下的 9 次测量和在  $10f_s$  以上时的 3 次测量）

$\bar{E}_{Total}$  为各探头位置的标准最大总测量

$P_{Input}$  为调谐器转动期间记录  $E_{MaxTotal}$  时的输入给混响室的平均输入功率。

x 计算电场探头测量的各轴的标准最大的平均值，求出各校准频率。  $\langle \bar{E}_{x,y,z} \rangle$ ：

(a) 在  $10f_s$  以下的各频率

$$\langle \bar{E}_x \rangle_9 = (\sum \bar{E}_x) / 9$$

$$\langle \bar{E}_y \rangle_9 = (\sum \bar{E}_y) / 9$$

$$\langle \bar{E}_z \rangle_9 = (\sum \bar{E}_z) / 9$$

也要计算给出各轴均等权重的所有电场探头测量的标准最大的平均值（即每个矩形元件），

$$\langle \bar{E} \rangle_{27} = (\sum \bar{E}_{x,y,z}) / 27$$

注：  $\langle \rangle$  表示算术平均，即

$$\langle \bar{E} \rangle_{27} = (\sum \bar{E}_{x,y,z}) / 27$$

表示 27 个矩形电场最大值（标准的）的和除以测量次数。

(b) 重复(a)计算出在  $10f_s$  以上的各频率。将 9 换成 3，27 换成 9。

xi. 对于在  $10f_s$  以下的各频率，确定混响室是否满足以下所述的场均匀性要求：

(a) 场均匀性是指在调谐器的一个转动期间，在 9 个位置的每一个位置获得的最大值的平均值的标准偏差。

运用各个独立的探头轴的数据（如： $\sigma_x$ ）和总数据

组（如： $\sigma_{27}$ ）计算标准偏差。警告：请勿将“总数据组”和总电场混淆了。

标准偏差由下列公式得出：

$$\sigma = \alpha * \sqrt{\frac{\sum (\bar{E}_i - \langle \bar{E} \rangle)^2}{n-1}}$$

其中：

n 测量次数

$\bar{E}_i$  为单个的标准电场测量，

$\langle \bar{E} \rangle$  标准电场测量的算术平均。以及

$\alpha$  在 n = 20 时为 1.06，在 n > 20 时为 1。

例如，x 矢量为：

$$\sigma_x = 1.06 * \sqrt{\frac{\sum (\bar{E}_{ix} - \langle \bar{E}_x \rangle_9)^2}{9-1}}$$

其中：

$\bar{E}_{ix}$  为 x 矢量的单个测量，

$\langle \bar{E}_x \rangle$  表示来自所有 9 个测量位置的标准  $E_{Max x}$  矢量的算术平均。

对于所有矢量：



$\vec{E}_{x,y,z}$  为所有矢量 (x、y 和 z) 的个别测量。

$\langle \vec{E} \rangle_{27}$  为来自所有 27 次测量的标准  $E_{Max,x,y,z}$  矢量的算术平均，

$\sigma_{27}$  为所有矢量 (x、y 和 z) 的标准偏差。

标准偏差用相对于平均值的 dB 表示：

$$\sigma(dB) = 20 * \log \left( \frac{\sigma + \langle \vec{E} \rangle}{\langle \vec{E} \rangle} \right)$$

(b) 如果个别场分量 (如:  $\sigma_{x,y,z}$ ) 的标准偏差不超过图 20 - 11 中规定的标准偏差的 2 倍, 并且所有矢量 (如:  $\sigma_{27}$ ) 的标准偏差不超过规定的标准偏差, 那么混响室满足场均匀性要求。如果混响室不满足场均匀性要求, 那么混响室不可能在要求的较低频率时工作。如果不满足场均匀性要求的混响室的边缘太小, 那么可能通过下列方法获得要求的均匀性:

- 1) 增加 10% ~ 50% 的样品数量 (即 调谐器步位),
- 2) 将数据规范至净混响室输入功率

$$P_{Net} = P_{Input} - P_{Reflected}, \text{ 或者}$$

- 3) 减少工作区域的尺寸。

如果混响室超过要求的场均匀性, 则可以减少要求的样品数量, 但是不低于至少 12 个调谐器步位。这样做可以优化各混响室至最少的样品数量, 因此将试验时间减少到最少。

注: 如果调谐器不能提供要求的均匀性, 那么可以通过增加调谐器的数量, 使调谐器更大, 或添加吸收器来降低 Q 从而提高均匀性。也应对混响室特性 (大小、构造方法、混响室壁的材料) 进行评估, 从而确定混响室是否可能通过要求。带有在最低试验频率或极高 Q (例如在全部为焊接铝的混响室内遇到的) 的不超过 60 ~ 100 模式的混响室可能难以满足均匀性要求。

**重要须知:** 一旦混响室进行了改造 (如: 增加了吸收器等) 或者校准程序进行了修改 (如: 调谐器步位的数量的改变, 等) 以便获得所需的特性, 结构和/或程序必须保持相同的试验时间以便保证校准的有效性。

### 20.6.3.2 接收天线的校准

确定用于空混响室的接收天线的校准因数 (ACF), 以便提供一个与有负载的混响室进行比较的基准线。(见)

运用下列公式, 计算出各频率的接收天线的校准因数 (ACF):

$$ACF = \left\langle \frac{P_{Ave Rec}}{P_{Input}} \right\rangle_{9\bar{p} \leq 10, \quad \text{or} \quad 3\bar{p} \geq 10}$$

其中,  $P_{Input}$  为来自上述步骤 ( ) 的平均接收功率 ( $P_{Ave Rec}$ ) 已测得的相应位置的平均输入功率。校准因数有必要纠正天线测量, 该天线测量用于包括天线效率的几个结果。

注:  $\langle \rangle$  表示算术平均, 即  $\langle P_{Ave Rec} \rangle = (\sum P_{Ave Rec})/9$

### 20.6.3.3 电场校准的标准平均数的绝对值的平方

注: 如果按照 20.6.4.4.2 节的规定进行试验, 那么有必要确定  $|E_T|^2_{max}$ 。

已给定数量的调谐器步位的总电场的标准平均数的绝对值的平方可以通过天线的平均接收功率, 运用下列公式计算出来:

$$|E_T|^2_{max} = \left\langle \frac{P_{Ave Rec}}{P_{Input} * \eta_{rec}} \right\rangle * \frac{8\pi\eta}{\lambda^2} * R$$

其中:

R 为电场的绝对值的平方的最大值和平均值之比, 请参见表 20-7。R 的值随着调谐器步位数的变化而变化。见 20.6.3.1.iv 节。

$P_{aveRec}$	为一个调谐器在上述 20.6.3.1 (v.) 节中的天线位置转动期间的平均接收功率。 $10f_s$ 以下为 9 个天线位置, $10f_s$ 以上为 3 个天线位置。 (单位: 瓦特)
$P_{input}$	为 20.6.3.1(v.) 节中的混响室的平均输入功率。 (单位: 瓦特)
$\eta_{rx}$	为接收天线的天线效率系数, 对数周期天线的假定为 0.75, 喇叭天线的为 0.9。
$\eta$	为自由空间的波阻抗 ( $120 \pi$ )
$\lambda$	为波长 (m)

#### 20.6.3.4 混响室的最大载荷确认

为了确定混响室是否受到安装在混响室内的待测设备的不利影响, 需要对模拟负载条件下的混响室的场均匀性进行“一次性”检查。建议仅对使用中的混响室或对混响室进行较大的修改之后进行“有负载的”混响室的校准。在各试验之前, 运用 20.6.4.2 和 20.6.4.3 节中的程序进行校准。

- i. 在混响室的工作区域内, 安装足够数量的吸收器将混响室装载至至少为正常试验期间预期的水平 (应考虑 ACF(12 dB) 的 16 个变化的因数作为装载的标称量)。
- ii. 使用电场探头的八个外部位置, 重复 20.6.3.1 节中的校准。应谨慎小心, 确保电场探头和接收天线离任一吸收器保持大于  $\lambda/4$  的距离。
- iii. 通过将空混响室的天线校准因数 (ACF) 与“有负载的”混响室的天线校准因数 (ACF) 相比, 得出混响室的载荷:

$$Loading = \frac{ACF_{Empty Chamber}}{ACF_{Loaded Chamber}}$$

- iv. 使用来自仅八个位置的数据, 重复场均匀性的校准。

如果场的矩形元件的混响室的载荷结果超过容许的标准偏差

大于 2 频率每八度，或者如果所有矢量（如： $\sigma_{27}$ ）的标准偏差超过容许的标准偏差，那么混响室已经被装载至场均匀性受到影响的位置。在此情况下，必须减少混响室的装载量并且必须重复装载影响评估。

$10f_s$  以上不需要进行载荷确认。

## 20.6.4 设备的试验

### 20.6.4.1 试验设置

除非本节特别说明，20.3 节的要求适用于混响室试验。

典型试验设置见图 20 - 13。设备的布置应代表 20.3 a. (5). 节中规定的实际安装。待测设备应按照 20.6.3.1 节规定的放在工作区域内。此外，待测设备的容积不得占用混响室容积的超过 8%。

发射和接收天线应与 20.6.3.1 节中使用的天线相同。

发射天线应位于与用于校准的相同位置。设置好软件安装、待测设备的运行模式和稳定性、试验设备和所有监视电路和负载。

### 20.6.4.2 混响室载荷的测定

进行每个试验前，在待测设备和支持设备在混响室内的情况下，按照下列程序测定待测设备是否对混响室有加载。

- i. 将接收天线放在混响室工作区域内的一个位置并保持离待测设备、支持设备等  $0.75\text{m}$ （或最低试验频率的  $\lambda/4$ ）（见图 20 - 13）。设置好幅度测量仪器，以便监视接收天线的正确频率。
- ii. 在最低试验频率（ $f_s$ ）开始时，调整 RF 源以便将适当的输入功率（ $P_{input}$ ），注入到发射天线。
- iii. 考虑到 20.6.3.1 .xi. (b) 节中所述的满足均匀性标准所要求的可能的另外特征，运行混响室和调谐器。调谐器步位数必须与将用于试验的步位数相同。通过求得频率的平均数（在最多 4 次频率中求平均值（允许每个受评估频率）），可以达到减少测量的不确定性。必须谨慎小心，确保有足够的停留时间，用于保证幅度测量有时间做出正确的响应。

在进行试验之前，必须确定并从表 20.6 中选择调谐器步位数（见 20.6.4.4 节）。调谐器应以均匀分隔的步位旋转，以便获得每个频率的一个完整的旋转。

- i v. 记录接收信号的平均幅度 ( $P_{AveRec}$ )，以及输入功率的平均值  $P_{Input}$ 。测量仪器应拥有在最大接收功率 ( $P_{MaxRec}$ ) 以下至少 20 dB 的噪声基底，便于收集准确的平均数据。
- v. 在 20.3(e) 节所述的各试验频率重复上述程序。
- vi 运用下列公式，计算出各频率的混响室的校准因数 (CCF)：

$$CCF = \left\langle \frac{P_{AveRec}}{P_{Input}} \right\rangle_{n,f}$$

其中：

CCF 为混响室有待测设备和支持设备时，在调谐器的一个转动期间的标准平均接收功率，

$P_{AveRec}$  来自步骤(iv.)的调谐器的一个转动期间的平均接收功率，

- 为来自步骤(iv.)的调谐器的一个转动期间的正向功率的平均值，

n 为 CCF 被评估的天线位置的数量。只要求一个位置，但是可以对多位置进行评估并取得位置数的平均数， $n_0$ 。

/  $f$  为数据进行平均化期间的频率的数。在最多 4 个频率间求平均值，允许每个受评估频率。

vii 运用下列公式，计算出各频率的混响室的载荷因数 (CLF)：

$$CLF = \frac{CCF}{ACF}$$

其中：

CCF 为平均接收功率与在上述步骤(vi.)中获得的输入功率之比，

ACF 为平均接收功率与 20.6.3.2 节的天线校准中获得的输入功率之比。

如果混响室载荷因数的大小超过了 20.6.3.4.iii 节中测得的值超过试验频率的 10%，那么混响室可能可以装载至场均匀性受影响的位置。在这种情况下，必须在待测设备放入混响室或有与待测设备相等的模拟负载的情况下重复 20.6.3.1 节所述的场均匀性测量。

注：如果在步骤 20.6.4.2.iv 中测得的  $P_{AveRec}$  的值在 (即不大于或小于) 20.6.3.1.v 节的所有 9 个位置的记录的值的范围内，则不需要计算 CLF，并且 CLF 的值可以假定为 1。与 4 个频率相比的数据组间求平均值，允许每

个受评估频率。

### 20.6.4.3 Q 和时间常数的校准

为了保证混响室的时间响应足够快，以便适应脉冲波形的试验，必须运用下列程序确定混响室的时间常数：

- i. 运用混响室校准 (20.6.4.2.vi 节) 中的  $CCF$ ，计算出质量系数， $Q$ ，在 400 MHz 以上的每个试验频率使用以下公式：

$$Q = \left( \frac{16\pi^2 V}{\eta_{Tx} \eta_{Rx} \lambda^3} \right) (CCF)$$

其中：

$\eta_{Tx}, \eta_{Rx}$  为发射和接收天线的各自的效率系数，对数周期天线的假定为 0.75，喇叭天线的为 0.9。

$V$  为混响室的容积 ( $m^3$ )，

$\lambda$  为在具体的频率的自由空间的波长 (m)，以及

$CCF$  为混响室的校准因数。

- ii. 计算出混响室的时间常数， $\tau$ ，在 400 MHz 以上的每个试验频率使用以下公式：

$$\tau = \frac{Q}{2\pi f}$$

其中：

- 为时间常数 (秒)
- $Q$  为在上述步骤(i.)中计算出的值，并且

$f$  为试验频率 (Hz)。

- iii. 如果混响室的时间常数大于超过 10% 的试验频率的任何调制试验波形的脉冲宽度的 0.4，必须在混响室内增添吸收器或增加脉冲宽度。如果增加了吸收器，重复  $Q$  的测量和计算直至时间常数要求满足最少可能的吸收器。如果要求吸收器的材料，则必须规定一个新 CLF。



#### 20.6.4.4 转动模式的 RS 试验程序

警告：RF 场可能是有害的。请遵循适当的 RF 暴露极限。

运用 20.6.4.4.1 或 20.6.4.4.2 节中的公式，确定在表 20-5 的电平类型的电场强度中，每个试验频率的混响室的输入功率，依据接收天线或场探头是否为校准数据的来源而定。

确定试验中使用的调谐器步位数。提供可接受的场均匀性的最少步位数将导致最短的试验时间和获得要求的试验环境中的所需的最大功率。如果不能满足场均匀性要求或者所需的 RF 功率不可用，那么将要求增加调谐器的步位数。根据试验要求，允许使用不同的调谐器步位数获得不同的频率。

施加的场强来自下节中计算出的  $P_{Input}$ 。将输入功率设定为  $P_{Input}$  并记录其值。接收天线用来确认发射路径是正确的工作的。频率范围至频率上限的步骤使用适当的调制。按照 20.5 的规定，调制载波。当进行调制时，确保峰值幅度符合图 20 - 15 的规定。该程序的停留时间应符合 20.3.e 节的规定。按照要求，在内部调制、资料和时钟频率停留。

在各频率停留时，评估待测设备的运行并确定是否符合适用的设备性能标准。

##### 20.6.4.4.1 运用电场探头测量计算输入功率

$$P_{Input} = \left[ \frac{E_{Test}}{\langle \vec{E}_{Total} \rangle_n * \sqrt{CLF}} \right]^2$$

其中：

$E_{Test}$  为图 20-10 和/或表 20 - 5 中的所需的场强 (V/m)，

$CLF$  为 20.6.4.2.vii 中的混响室的载荷因数，

$\langle \vec{E}_{Total} \rangle_n$  20.6.3.1 .ix 节规定的标准最大总电场的平均值。

有必要在校准频率点之间进行插补，以便获得试验频率的标准电场的校准 ( $E$ )。

#### 20.6.4.4.2 运用接收天线的校准测量计算输入功率

在使用该方法之前，使用 20.6.4.4.1 节中的方法，必须将从该方法计算而得的“一次性检查”  $P_{input}$  与  $4f_s$  以上的频率的  $P_{input}$  进行比较。在用于试验的调谐器的步位数的情况下，确定试验中使用的调谐器进行该检查。必须解决探头和天线测量之间的任何大于  $\pm 3$  dB 的差。可能是由下列原因造成的：

- 场探头的问题和公差
- 接收天线电缆的接收问题。
- 接收天线太靠近试验台或室壁
- 接收天线不经意间指向了发射天线。
- 其他原因

如果没有差异，那么接收天线的公式能用于代替场探头的信息确定试验的所有频率范围的试验期间所需的输入功率。这种情况适用于场探头结果的正确性在低频至探头头部和光纤连接发射机之间的引线的电缆接收时受到质疑时。

$$P_{input} = \frac{E_{TEST}^2}{|E_T|_{max}^2 * CLF}$$

其中：

$E_{TEST}$  为图 20-10 和/或表 20-5 中的所需的场强 (V/m)，

$CLF$  为 20.6.4.2.vii 中的混响室的载荷因数，

$|E_T|_{max}^2$  20.6.3.3. 节规定的总电场的最大值的绝对值的平方。

注：20.6.3.1.ix 节中获得的场均匀性必须计算出用于 20.6.3.1.iv 节中所述的试验的调谐器步位数。

有必要在校准频率点之间进行插补，以便获得试验频率的  $|E_T|_{max}^2$ 。

**表 20 - 1 传导敏感性试验的类型选择**

已删除

**表 20 - 2 : 辐射敏感性试验的类型选择**

已删除

**表 20 - 3 : 正常发射的 RF 的吸收**

频率	最小吸收
100 ~ 250 MHz	6dB
250 MHz 以上	10dB

表 20 - 4 : 传导敏感性试验等级和类型

频率 (MHz)	电平类型(mA)						
	M	O	R	S	T	W	Y
0.01	0.6	3	0.6	0.03	0.15	3	6
0.5	30	150	30	1.5	7.5	150	300
1	70	250	30	1.5	7.5	150	300
30	70	250	30	1.5	7.5	150	300
40	#	*	30	1.5	7.5	150	300
100	*	*	#	*	*	+	300
400	32	50	3	0.15	0.75	32	100

\*按照图 20-6 的插补

表 20 - 5 : 辐射敏感性试验等级和类型

环境 频率	B类 (V/m)		D类 (V/m)		F类 (V/m)		G类 (V/m)		L类 (V/m)		R类 (V/m)		S类 (V/m)	T类	W类	Y类
	SW/ CW	PM	SW/ CW	PM	SW/ CW	PM	SW/ CW	PM	SW/ CW	PM	SW/ CW	PM	SW CW	SW/ CW	SW/ CW	SW/ CW
100-200 MHz	20		25		50		100		200		20		1	5	100	200
200-400 MHz	20		25		50		100		200		20		1	5	100	200
400-700 MHz	20	150	20	175	25	350	50	700	200	730		150	1	5	100	200
700 MHz-1 GHz	20	150	25	175	50	350	100	700	240	1400		150	1	5	100	200
1-2 GHz	25	250	50	500	100	1000	200	2000	250	5000		150	1	5	100	200
2-4 GHz	25	375	50	750	100	1500	200	3000	490	6000		150		5	100	200
4-6 GHz	25	375	50	750	100	1500	200	3000	400	7200		150		5	100	200

---

6-8 GHz	25	150	50	250	100	500	200	1000	200	1100		150		5	100	200
8-12 GHz	38	375	75	750	150	1500	300	3000	330	5000					100	200
12-18 GHz	25	250	50	500	100	1000	200	2000	330	2000					100	200

表 20 - 6 混响室的试验准则

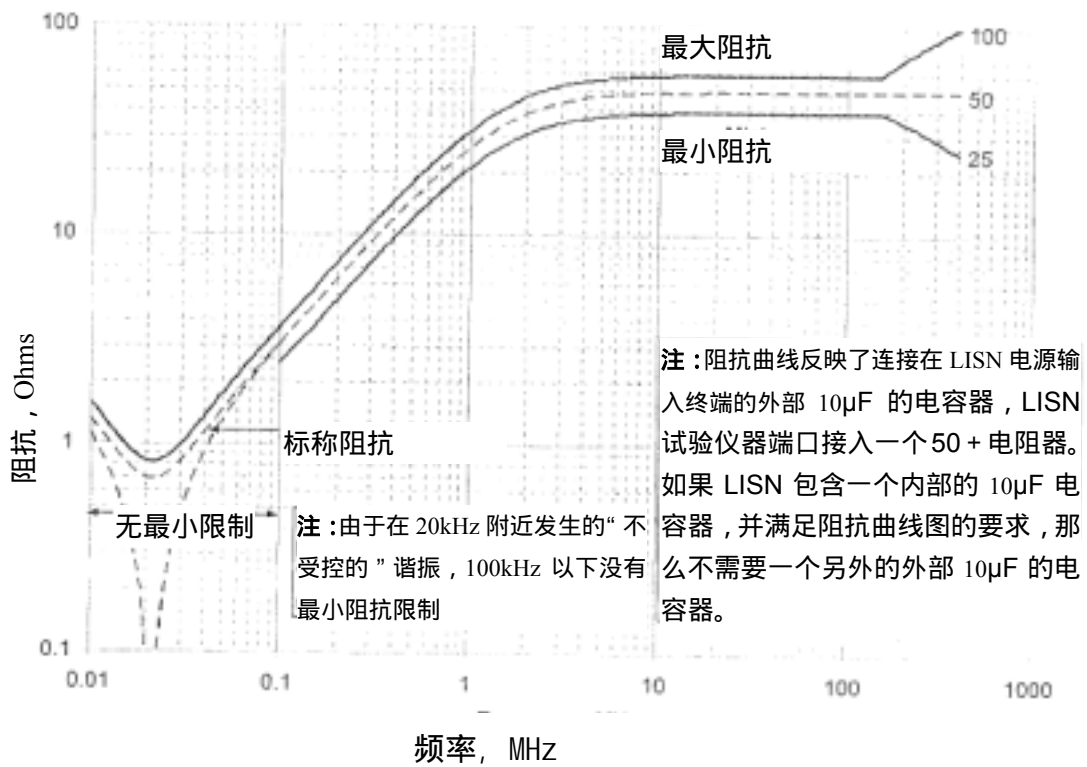
频率范围 <sup>1</sup>	混响室载荷因数 (CLF) 测量所需的频率数 <sup>2</sup>
$f_s \sim 4f_s$	50/10 年
$4f_s \sim 8f_s$	50/10 年
$8f_s$ 以上	20/10 年

1  $f_s$  为起始频率

2 对数性的间隔

表 20 - 7 : 电场绝对值的平方的最大值和平均值之比

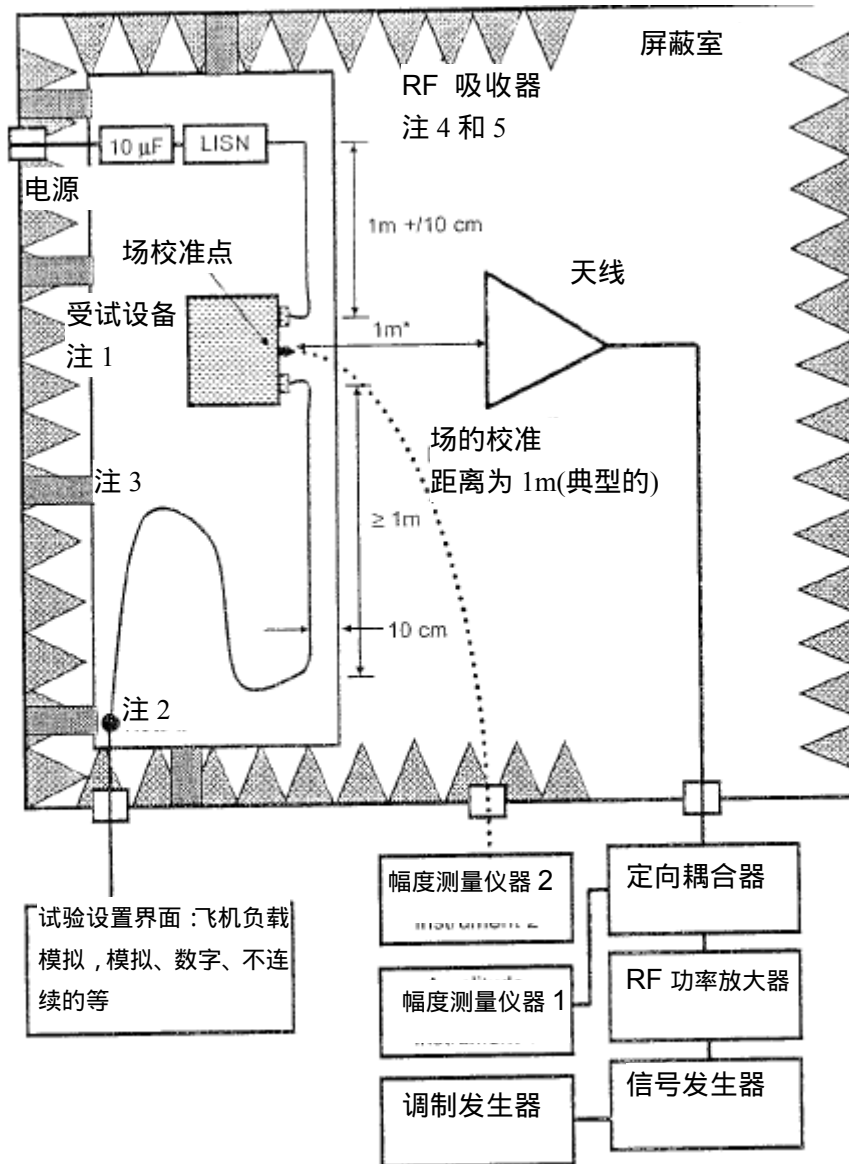
调谐器步位	比值
9	1.957
10	2
12	2.08
18	2.25
20	2.3
24	2.38
30	2.47
36	2.54
40	2.59
45	2.64
60	2.76
90	2.92
120	3.04
180	3.2



**图 20 - 1 : LISN 阻抗稳定网络的输入阻抗**

注：阻抗曲线反映了连接在 LISN 电源输入终端的外部  $10\ \mu\text{F}$  的电容器，LISN 试验仪器端口接入一个  $50\ \Omega$  电阻器。如果 LISN 包含一个内部的  $10\ \mu\text{F}$  电容器，并满足阻抗曲线图的要求，那么不需要一个另外的外部  $10\ \mu\text{F}$  的电容器。

注：由于在 20kHz 附近发生的“不受控制的”谐振，100kHz 以下没有最小阻抗限制。



注 1 待测设备一般要求见 20.3 节。

注 2：暴露电缆的末端。未屏蔽的电缆可以从此处至墙壁进行屏蔽。

注 3：搭接条

注 4：RF 吸收器应放在从天花板至接地平板的试验布置边界的上方、后面和两侧。吸收器应在接地平板前延伸 50cm。

注 5：RF 吸收器应放在从天花板至地板的试验天线的后面。吸收器和天线之间的距离应大于或等于 30cm。

图 20-2 辐射敏感性试验布置



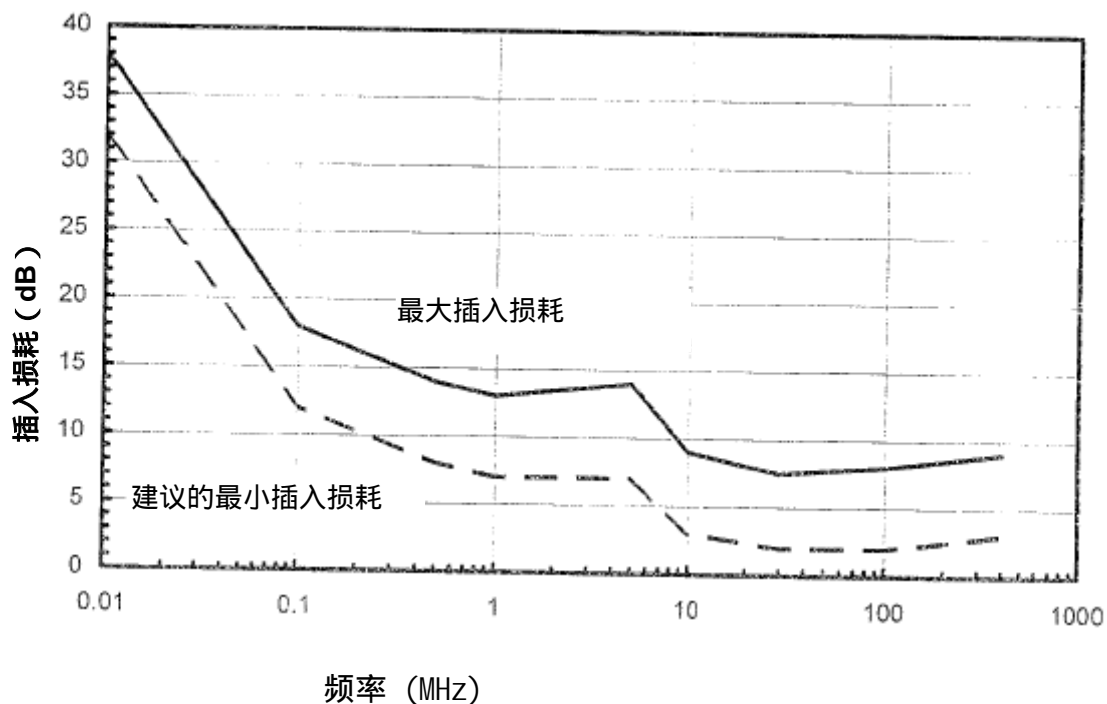


图 20 - 3 : 电流注入探头的插入损耗的限制

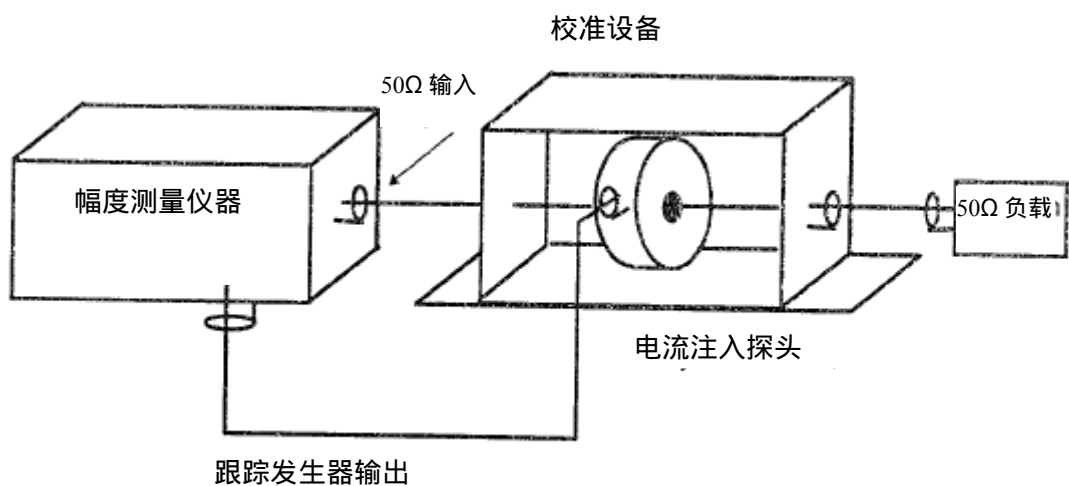
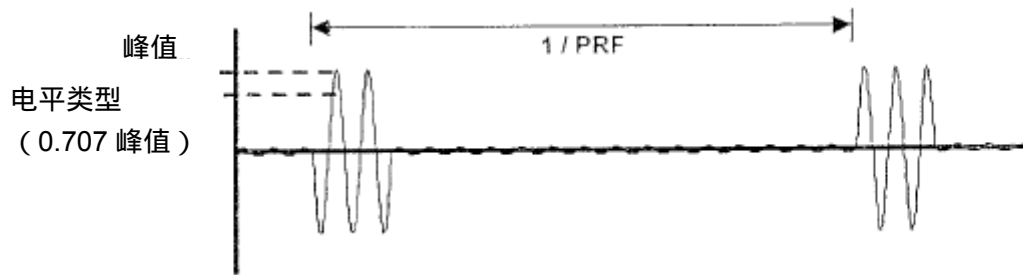
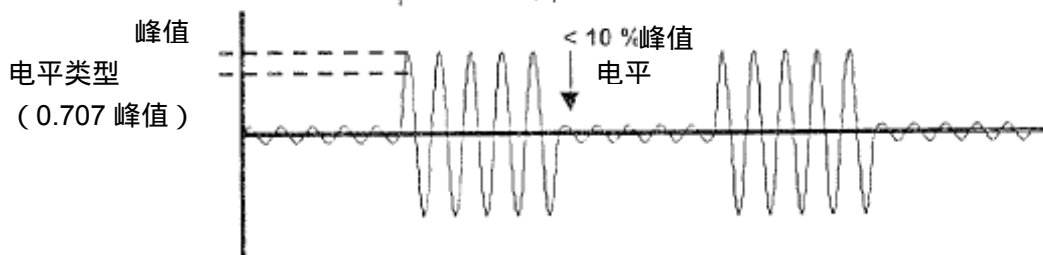


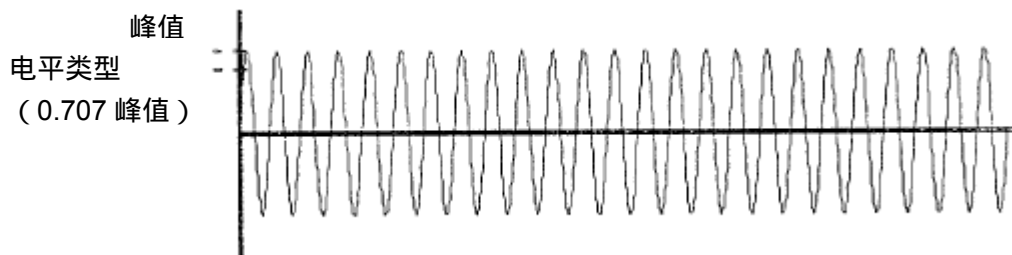
图 20 - 4 : 电流注入探头的插入损耗试验布置



脉冲宽度  
脉冲调制波形  
50 %负载因数



方波(SW) 调制波形



未调制的(CW)波形

图 20-5 : 幅度测量

### 传导敏感性试验等级 M、O、R、S、T、W & Y 类

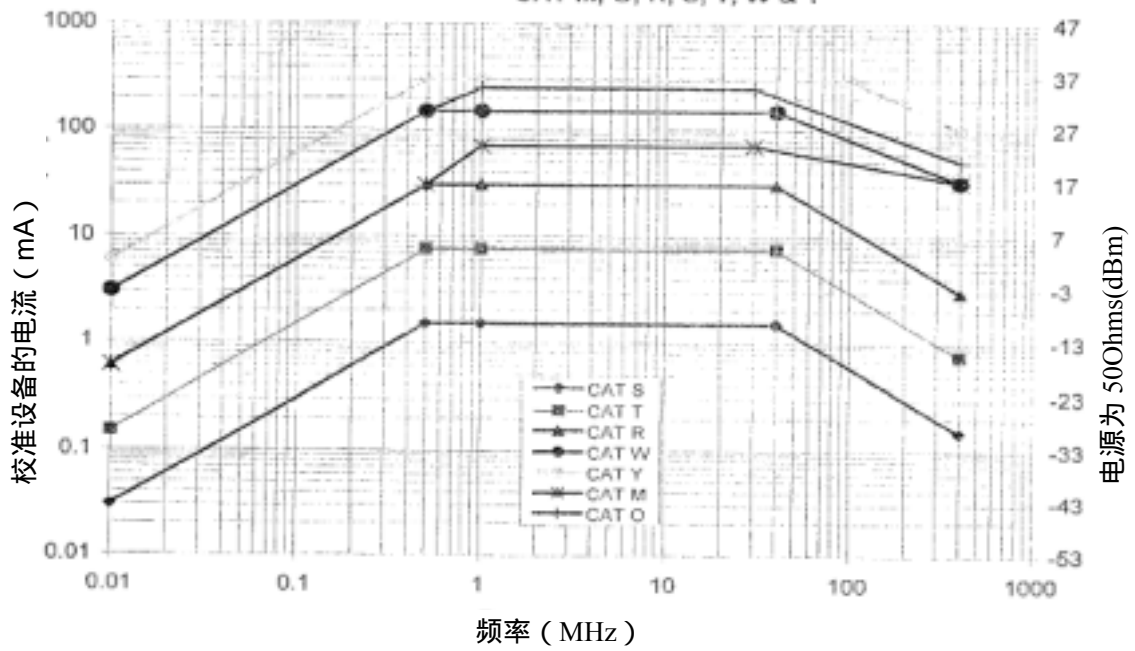


图 20-6 : 传导敏感性试验等级

同轴 50 Ohm 负载  
 >5 W  
 VSWR < 1.2:1

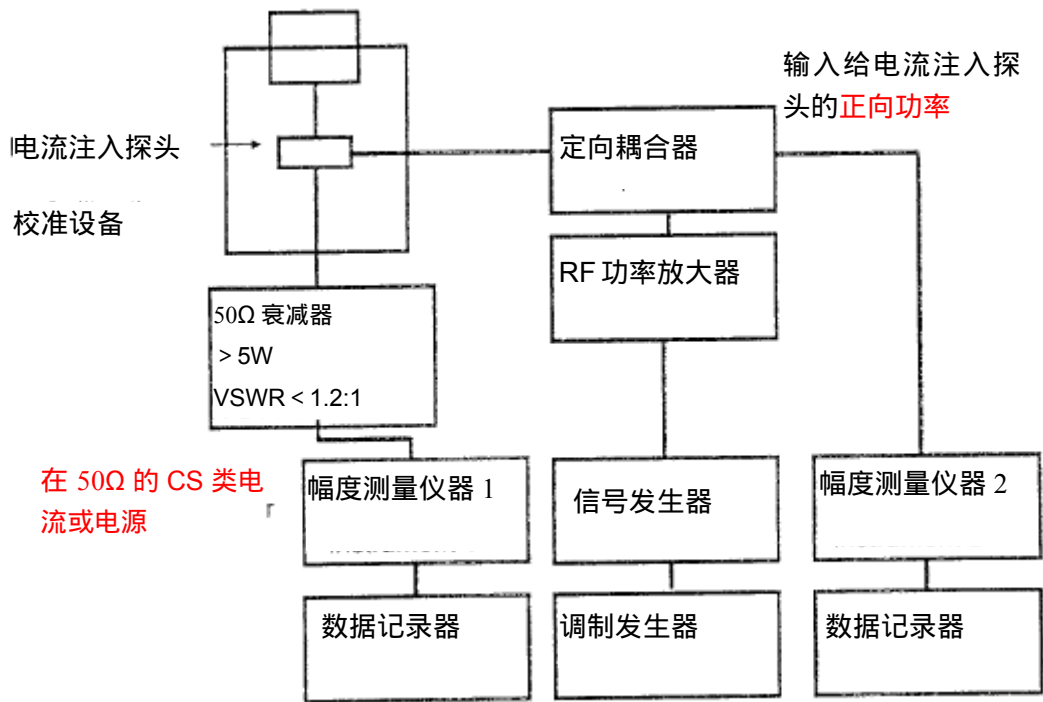
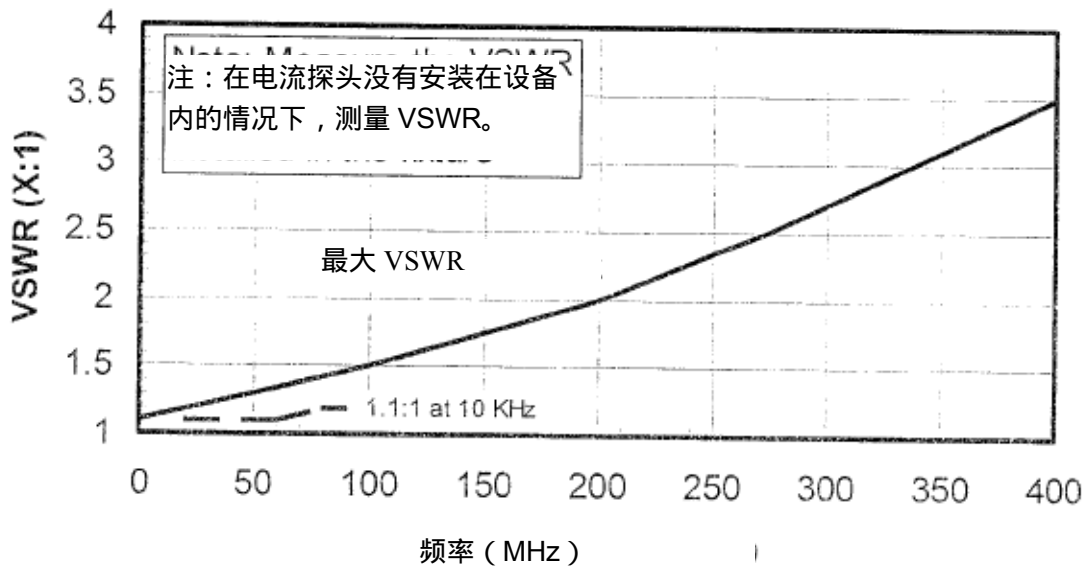
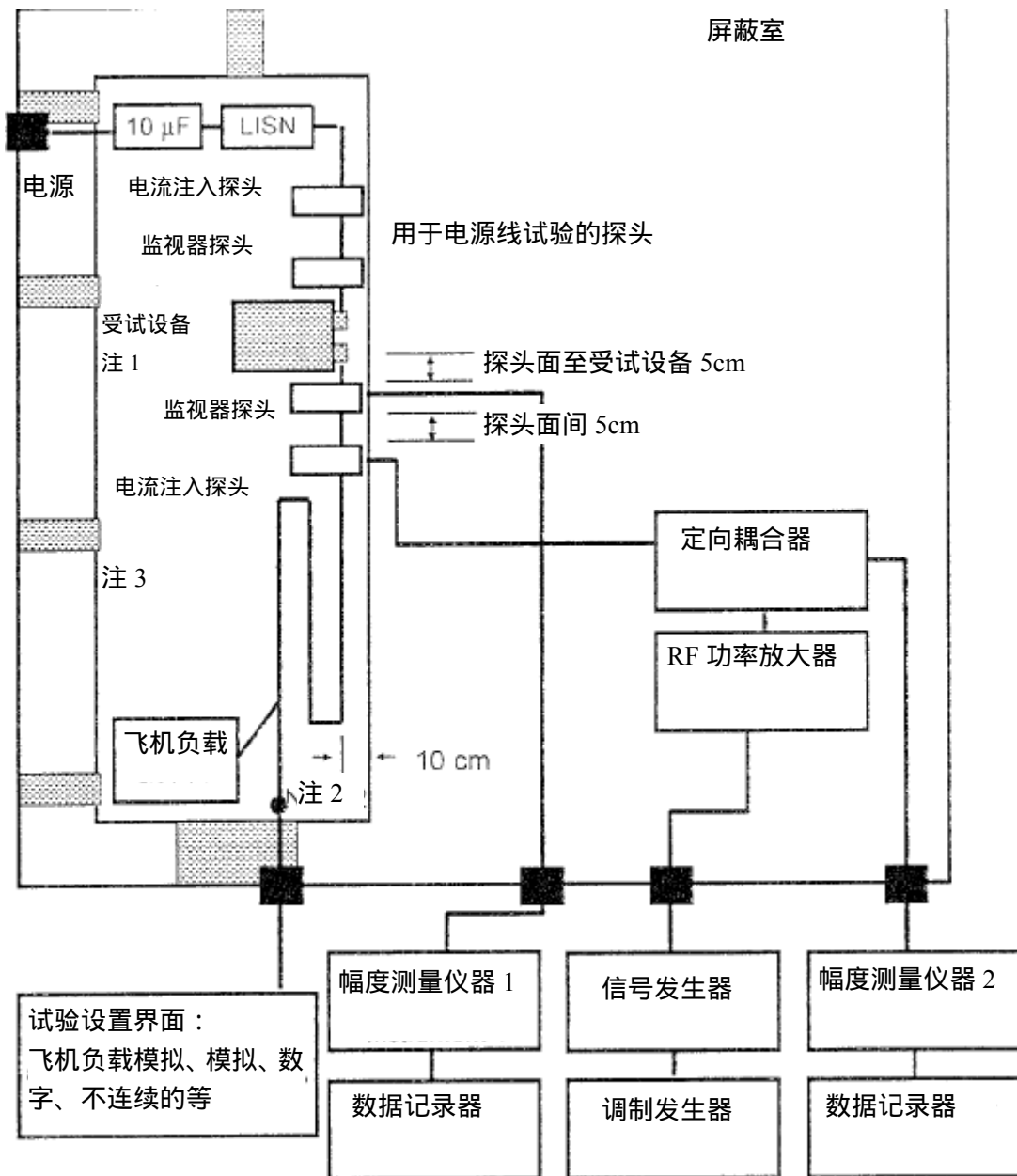


图 20-7：传导敏感性校准布置



注：在电流探头没有安装在设备内的情况下，测量 VSWR。

图 20-8：校准设备的最大 VSWR 限制



注 1: 受试设备的一般要求见 20.3 节。

注 2: 暴露电缆的末端。无屏蔽电缆可以从此处至墙壁进行屏蔽

注 3: 搭接条

图 20-9 : 传导敏感性试验布置

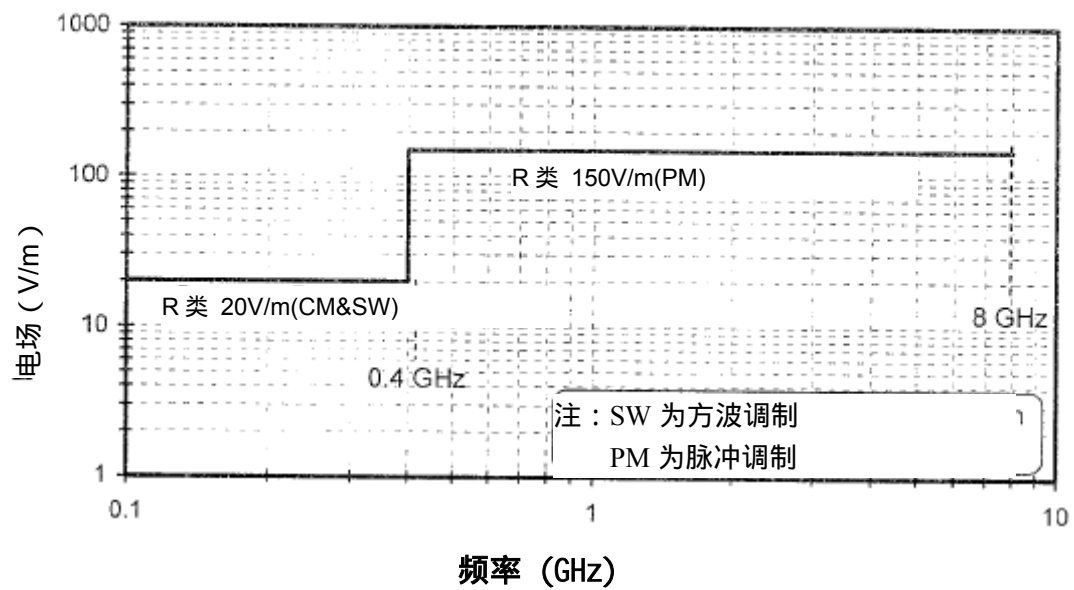
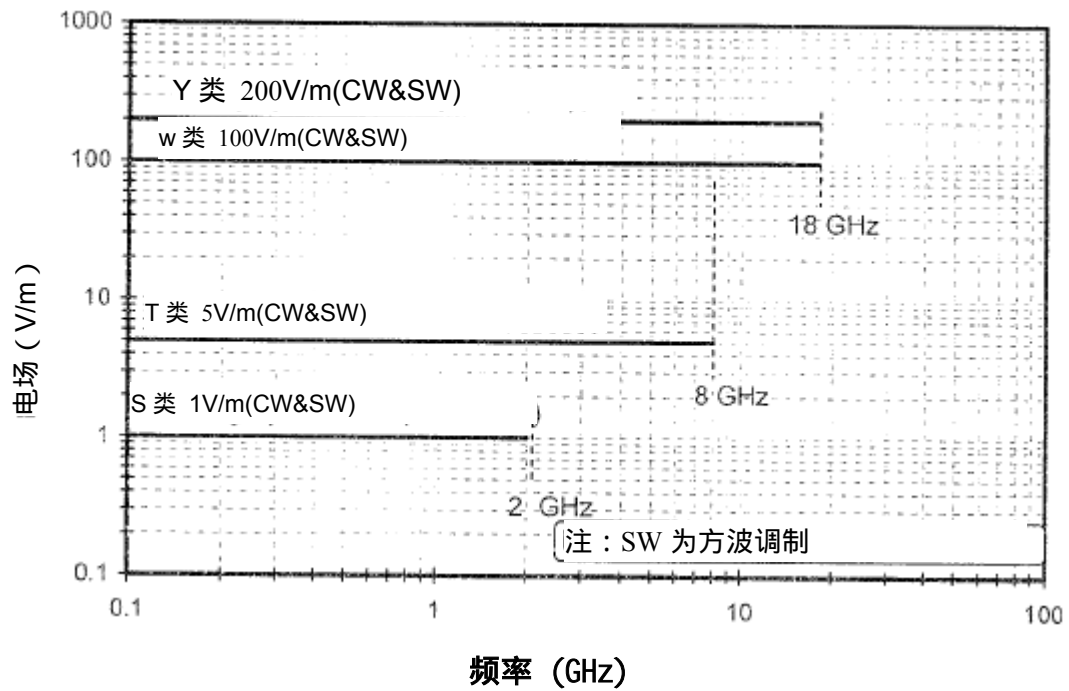


图 20-10(a&b) 辐射敏感性试验等级

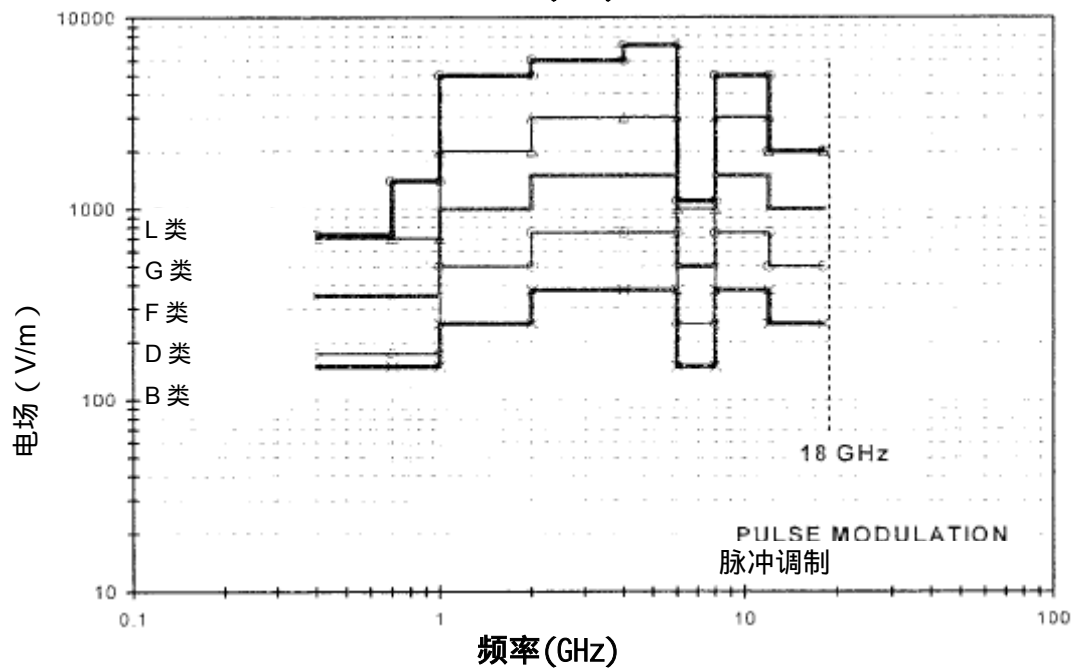
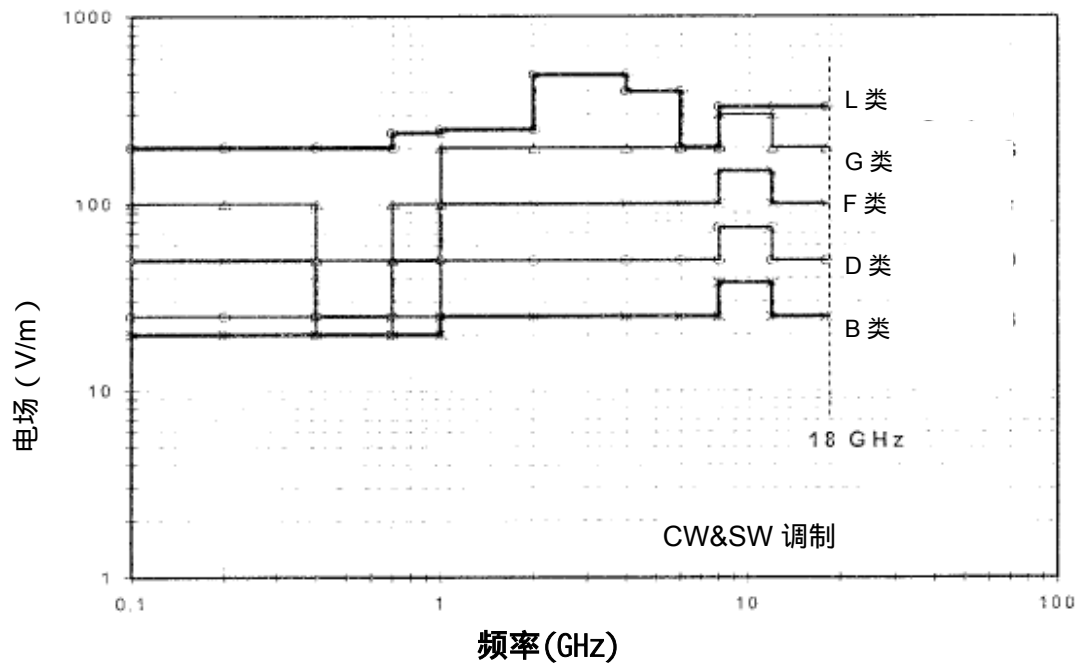


图 20-10 (c&d) : 辐射敏感性试验等级

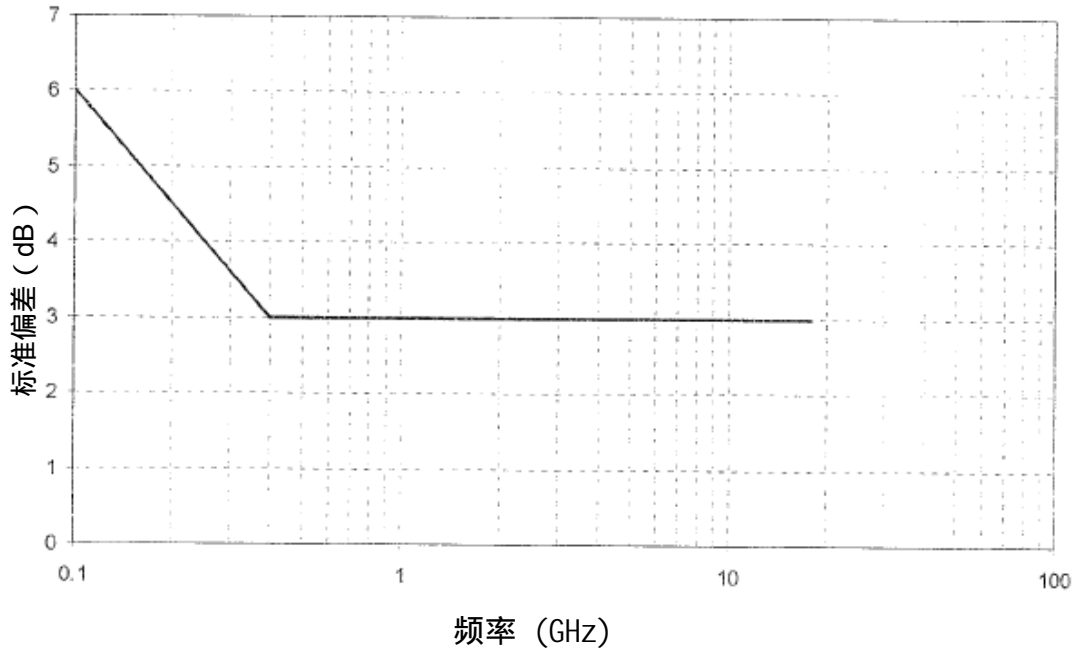
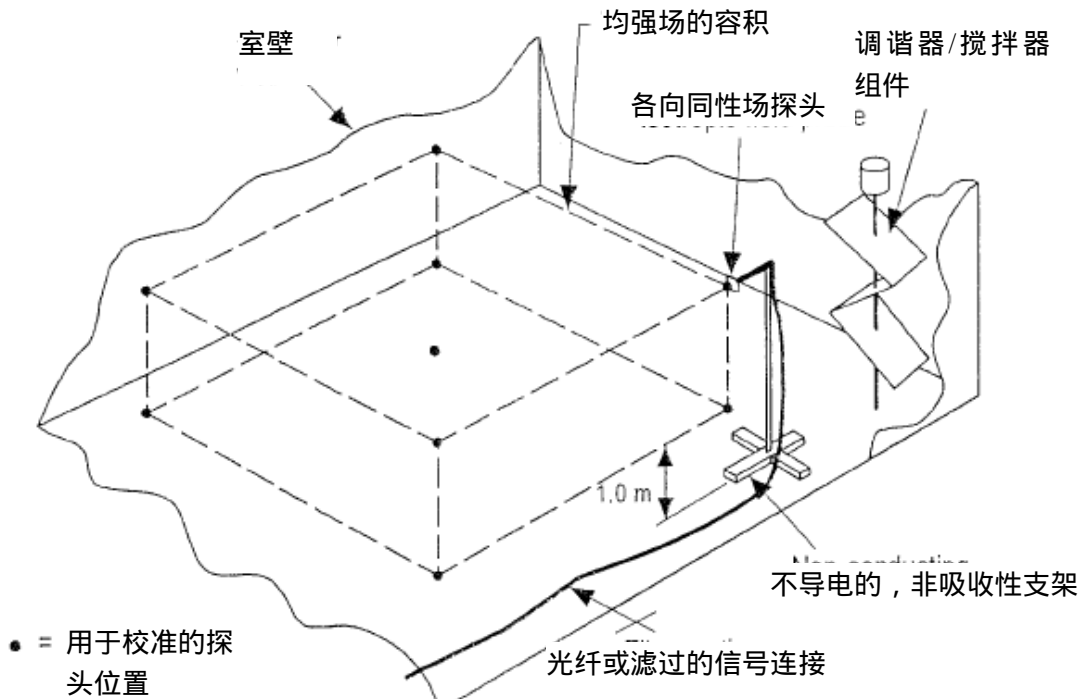


图 20-11 : 场均匀性试验的容许标准偏差



注 1: 混响室内的场的校准应包括 9 个探头位置。

注 2: 位置应包含在上述的容积中。该容积为混响室的“工作区域”。工作区域的被覆盖的表面不应位于离任何混响室表面、场发生天线或调谐器

组件的接近 0.75m( 或最低试验频率的  $\lambda/4$  )。为了校准和监视,接收天线可以位于工作区域内的任何位置。如有可能,发射天线应直接指向混响室的某一角。将天线指进调谐器也是可接受的。校准和试验期间,发射天线的位置应保持固定。用于校准和试验的发射天线的位置应相同。

注 3: 工作区域可以调整尺寸以便适合混响室的最大工作区域或适合待测项

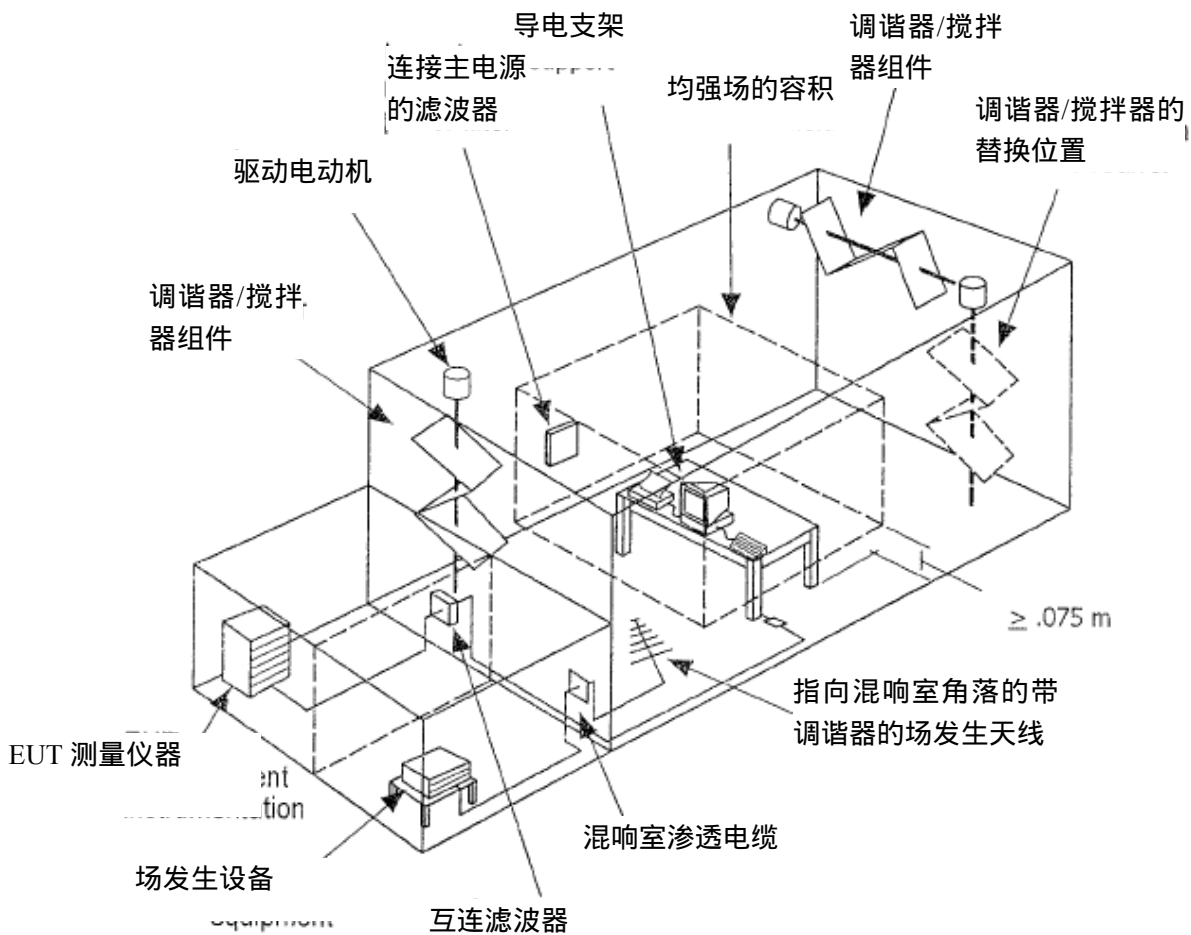


目。如果较大的项目将进行试验，将要求第二次校准，因此建议将工作区域的尺寸调整至适合最大的工作区域。

注 4: 能够接近 3 轴的每一轴的各向同性探头应用于进行校准。如果偶极天线放置在用于每个测量位置的 3 个互相垂直的方向，那么可以取代一个经过校准的电的短偶极天线（如：小于 0.1 m）。必须谨慎小心，确保偶极不受其连接电缆的影响。建议使用一个在光学上隔离的测量系统（各向同性探头或偶极）

注 5: 如果间隔大于最低试验频率的  $\lambda/4$ ，最小的间隔距离可以减少至小于 0.75m。在任何情况下，都不推荐小于  $1/4\lambda$  的间隔距离。

**图 20-12：混响室校准的探头位置**



注释:

- (1): 工作区域必须离混响室任何表面、场发生天线或调谐器组件的至少 0.75m
- (2): 混响室应没有任何不必要的吸收材料。不应使用木桌、地毯、铺地物、铺墙物或天花板瓷砖。暴露的灯具也是潜在负载的来源。对于新的混响室，建议在安装任何支持设备（除了门、通风口和盖板）之前，进行混响室评估。

**图 20-13：合适的混响室试验设施举例**

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 21 节 无线电频率能量发射

#### 重要提示

这些章节中所包含的说明适用于本文件中其它章节的所有测试程序。 另外，附录 A 可用于鉴定所进行的环境测试。

## 目 录

21.0	无线电频率能量发射.....	285
21.1	测试目的.....	285
21.2	设备类型.....	285
21.3	一般要求.....	285
<b>表 1</b>	<b>频宽和测试时间.....</b>	<b>288</b>
21.4	传导射频发射.....	288
21.5	辐射射频发射.....	288
21.6	辐射射频发射；混响室程序.....	289
图 21-1	传导射频干扰的最高等级—电线.....	293
图 21-2	传导射频干扰的最高等级—互连捆束.....	293
图 21-3	传导射频干扰的最高等级—P 类互连捆束和电线.....	294
图 21-4	传导射频干扰测试的典型设置.....	295
图 21-5	辐射射频干扰的最高等级—B 类和 L 类.....	296
图 21-7	辐射射频干扰的最高等级—H 类.....	297
图 21-8	辐射射频干扰的最高等级—P 类.....	297
图 21-9	辐射发射测试设置.....	298
图 21-10	混响辐射发射的插入损耗测量设置.....	299
图 21-11	混响辐射发射的测试设置.....	299

## 21.0 无线电频率能量发射

### 21.1 测试目的

这些测试确定设备不会释放超过以下规定等级的 RF 干扰噪音。航空器的传感器操作频率保护中包括了辐射发射限制中规定的标记。

### 21.2 设备类型

根据设备和飞机无线电天线之间的位置和间隔对设备进行了分类。由于这些参数和飞机类型和大小有关，因此各类定义都举了一些例子。

#### B 类

该类型主要用于应将干扰控制在容许水平内的设备。

#### L 类

该类设备是指位于远离飞机的孔口（如窗口）和无线电接收机天线区域的设备和互联接线。该类型可能适用于位于飞机电子舱的设备和相关互联接线。

#### M 类

该类设备是指位于孔口的电磁性很强，并且不会和无线电接收机天线直接相关的位置的设备和互联接线。该类型可能适用于位于运输飞机的客舱或驾驶室外的设备和相关互联接线。

#### H 类

该类设备是指位于和无线电接收机天线直接相关的位置的设备。该类型非常适用于飞机外部设备。

#### P 类

该类设备是指位于高频率、VHF 或 GPS 无线电接收机天线，或是飞机结构有保护屏的附近位置的设备和相关接线。

### 21.3 一般要求

本节并不会对在接收机或发射机的天线终端外产生的干扰信号进行测试或控制。应在接收机或发射机的设备性能标准中规定该控制。无线电发射机或接收机/发射机在非发射状态或接收模式时，必须满足规定的发生要求（包括相邻频道的频带所选的  $\pm 50\%$  的频率）。

注释：不得测试天线发出的辐射，或如果是发射机，不得在发射机

锁定，以及为荷载提供 RF 时，测试相邻频道之间的频带所选的  $\pm 50\%$  的频率。

将测试设备放在接地层上，并根据 20.3 小节的 a 小段和第一、二和五部分的 b 小段，在以下限制范围和附加条件下进行操作。

- a 对于如 21.5 小节中的辐射发射测试，天线到地面层边缘的距离和 EUT 到地面层的距离应如图 21-9 所示。
- b 通过使用干扰测试设备的峰值检波器功能，对干扰进行测试。可使用 1F 可选频带宽度 (BW) 的干扰测试仪器，所选的 BW 必须为表 1 中给定的值。
- c 应如图 21-4 所示，使用线路阻抗稳定网络 (LISNs)。图 20-1 提供了线路阻抗稳定网络的技术数据。
- d 未对 20.3 节的 a(6) 中注明的局部连接到地面层的电力回线进行测试。
- e 峰值检波器的时间常数必须低于或等于  $1/BW$ 。在适用的地方，应选择大于或等于解析频宽的视带宽。
- f 可能会需要使用表 1 以外的较长闭锁时间、扫描时间和测试时间来探测不同时间的发射。表 1 中的闭锁时间和约 60Hz 的潜在变化速率有关。
- g 对于发射测量，应扫描各适用测试的整个频率范围。模拟测量接收机在发射测试期间的最短测量时间应为表 1 中规定的时间。合成测量接收机应增加半个或更少频宽，测试闭锁时间因为表 1 中规定的时间。可使用较大的接收机频宽，但可能会使测得的发射等级较高。由于使用了较大的宽频，所以不得在测试数据中使用宽频校正系数。
- h 记录的资料中最小的频率分辨率应为 1% 或 2 倍测试接收机频宽 (取不是很严格者)，以及最小的振幅分辨率为 1dB。
- i 发射资料的振幅和频率示意图应自动开启，并为连续的。
- j 测试报告中所需的资料—测试报告应包括以下测试设置和资料：
  1. 电缆结构—每个电缆捆束的长度、接线类型。屏蔽和屏蔽终端 (包括总屏蔽)，以及测试用接线的线路图。
  2. 测试设置—电缆捆束布置、暂时摄入轨道和测量探针的放置，以及 EUT 接合方法等测试设置的原理图、分块图或图片。
  3. EUT 操作模式—EUT 操作模式是指在发射测试期间使用的操作模式。

4. 负荷一对所有不论是实际还是模拟负荷的描述。模拟负荷应在两线间或线与盒子（地面）之间注明阻抗模拟范围。

**表 1 频宽和测试时间**

频带	6dB 频宽 (BW)	21.4 节和 21.5 节的最短闭锁时间 (秒)	21.6 节中频带的最短扫描时间 (秒)	模拟测量接收机的最短测量时间
150 到 30 MHz	1 KHz	0.015	不适用	0.015 秒/KHz
30 到 100 MHz	10 KHz	0.015	不适用	1.5 秒/MHz
100 到 400 MHz	10 KHz	0.015	9	1.5 秒/MHz
.400 到 1 GHz	100 KHz	0.015	1	0.15 秒/MHz
1 GHz 到 6 GHz	1 MHz	0.015	1	15 秒/GHz

**注释 1：** 在辐射发射测试期间，上述频宽可能不会提供足够低的本底噪音来进行 M 和 H 类规定的标记中的正确测试。在这种情况下，应在不使用校正系数的前提下，用 10kHz 的 IF BW 进行测量。如表 1 所注，应在 IF BW 对 P 类进行扫描。

**注释 2：** 对于在对超过给定范围的频率进行多重扫描后，能维持最大值的“维持最大值”特征的测量接收机或光谱分析仪，可以进行重复快速扫描，扫描的最短测试时间和表 1 所示的相同。

#### 21.4 传导射频发射

对 150 KHz 到 152 MHz 的传导发射进行测试。用钳式干扰测试装置对设备产生的干扰电流进行测试。

- a 正常连接到机场母线的电网上不能出现频率范围内的 EUT 发射和超过图 21-1 或图 21-3 中的值的 EUT 发射。
- b 互连电缆捆束上不能出现频率范围内的 EUT 发射和超过图 21-2 或图 21-3 中的值的 EUT 发射。主要电线不属于互连电缆捆束。天线馈电电缆在处于非发射或接收模式时属于互连电缆。
- c 图 21-4 为使用电流探针的简化测试布置。
- d 将电流探针安装在 EUT 的 5 厘米处。如果 EUT 连接器加上背面机壳的长度超过 5 厘米，应将探针放在离连接器最近的地方，并注明其位置。
- e 测量并记录 EUT 发射，根据所选类型，使用图 21-1、21-2、或 21-3 中的适当限制。

#### 21.5 辐射射频发射

对 100 MHz 到 6000 MHz 的辐射发射进行测试。

- a 任何在频率范围内的或者超过相应章节中图 21-5、21-6、21-7



和 21-8 的值的机组、电缆或互连接线都不能产生辐射干扰场。

- b 图 21-9 为辐射 RF 发射测试的典型设备布置。
- c 使用适当的天线，并将适当的天线系数添加到 dB 微伏中的所测电压，可获得场强设备。必须使用匹配网络，并通过适当的校正系数来弥补电缆损失。
- d 辐射测试需要使用线性极化天线。通过垂直和水平极化方向测量辐射发射。
- e 直接将 EUT（如显示器、阴极射线管、连接器）中的孔口连接到接收天线，可能需要附加 EUT 定位或接收天线位置。如果所有 EUT 孔口未连接到接收天线，必须在测试报告中对做出调整记录。
- f 考虑能产生最大发射的 EUT 实际操作模式。
- g 如果 EUT 发射大于所选的类型限制中的 3dB 时才需要环境辐射资料（关闭 EUT，打开测试支持设备）。
- h 在辐射发射测试前检查环境辐射发射是良好的工程行为，而且环境发射至少应为所选限制栏内的 6dB。
- i 测量并记录 EUT 发射，根据所选类型，使用图 21-5、21-6、21-7 或 21-8 中的适当限制。

## 21.6 辐射射频发射；混响室程序

可使用本节中定义的混响室辐射射频发射测试代替 21.5 节中的辐射射频发射测量。

### 21.6.1 混响室要求

混响室必须使用连续转动的高频头（模式搅拌）。混响室必须满足 20.6.3 节中的场一致性要求，或必须在 100MHz 以上。

### 21.6.2 混响室插入损耗

- a 在混响室内安装试验台架、EUT 和接线。EUT 应为无动力 EUT。所有支持设备都应为无动力设备。设备和接线布置应满足 20.3.a(5) 中规定的要求。EUT 和相关接线应在图 20-13 的工作容积内。图 21-10 为简化图。
- b 接收天线应在 EUT 测试频带内。接收天线必须满足 20.6.3 的一致性要求。如果在例行测试时将接收天线安装在一个固定位置，要求在确认统一性时使用的其中一个位置必须位于接收天线的指定永久位置。

**注意：减少接收天线和 EUT 间的直接耦合效应，这点非常关键。**

- c 选择光谱分析仪或 EMI 接收机峰值检波器模式，并为峰值保持设置显示器。
- d 安装信号发生器，扫描表 1 中的频率。将信号发生器的扫描时间除以 100，将光谱分析仪的扫描时间设置为 1MHz IF BW。用信号发生器的扫描时间乘以 100，得到一个高频头旋转的最短时间。
- e 用扫描 21.6.2(d)中所选的频率范围的射频信号发生器来调整射频源，将已知输入功率  $P_{\text{输入}}$  输入发射天线。发射天线不会直接显示工作容积或接收天线。扫描的频率范围应在线性极化发射天线内的频带内。应注意确保测量值大于测量装置的本底噪音。
- f 用 dBm 记录射频信号发生器的输出功率 ( $P_{\text{输入}}$ )。
- g 将高频头完全旋转，使光谱分析仪或 EMI 接收机从接收天线到所选的频率范围获得峰值功率。进行 21.6.3(e)中规定的光谱分析仪扫描。
- h 通过以下公式计算混响室的插入损耗：

$$IL = (P_{mpm} - L_{loss}) + (10 \log(\eta)) - P_{rec}$$

式中：

IL=给定频率的负荷插入损耗 (dB)

$P_{mpm}$ =射频信号发生器的输出功率 (dBm)

$L_{loss}$ =发射天线的线路损耗 (dB)

$\eta$  =发射天线的效率 对数周期天线的天线效率可假设为 0.75，而号角天线的天线效率则假设为 0.9。

$P_{rec}$ =接收到的功率 (dBm)

**注意：** 插入损耗测量和辐射射频发射测量必须使用相同的接收天线和接收天线传输线。

### 21.6.3 辐射射频发射测试

混响室的射频发射测试测量了 RUT 发出的功率。混响室的插入损耗 (dB) 加上在各测量频率测得的 EUT 射频发射功率 (dBm), 得到 EUT 射频发射总功率。

将功率使用到 EUT 中, 并检查操作是否正确。应启动必要的支持设备, 并使其稳定。设备和接线布置应满足 20.3.a(5) 中规定的要求。EUT 和相关接线应在图 20-13 的工作容积内。

- a 选择能产生最大发射的 EUT 操作模式。
- b 拆除屏蔽室外信号发生器的发射天线传输线, 如图 21-11 所示, 将该传输线用 50 ohm 的负荷端接到天线。
- c 接收天线必须满足 21.6.2 (b) 中的要求。
- d 设置光谱分析仪或 EMI 接收机, 监视 21.3.a 表 1 中频宽的接收天线。
- e 选择光谱分析仪或 EMI 接收机峰值检波器模式, 并为峰值保持设置显示器。
- f 根据 21.3 的表 1 中的规定, 选择光谱分析仪或 EMI 接收机的扫描时间。用分析仪或 EMI 接收机的扫描时间乘以 200, 得到高频头旋转一次的时间。
- g 将高频头完全旋转, 使光谱分析仪或 EMI 接收机从接收天线到所选的频率范围获得峰值功率。每次高频头旋转至少需要 200 次扫描。
- h 通过下面的公式计算 EUT 的射频发射功率:

$$P_t = \frac{(10^{(P_{rec} + IL)/10})}{1000}$$

式中:

$P_t$  = EUT 在给定频率发射的总功率 (瓦特)

$P_{rec}$  = 接收天线的最大功率 (dBm)

$IL$  = 21.6.2 (h) 中算出的插入损耗 (dB)

- i 计算电场强度  $E$

$$E = \sqrt{\frac{D * P_t * 377}{4 * \pi}}$$

式中：

E—每米场强度（伏特）

$P_t=21.6.3(h)$  的最大功率（瓦特）。

$D=1.64$ ，EUT 的当量方向性。

**注意：** 假设 EUT 的方向性和一个半波偶极天线的方向性相当。

j 计算电场强度发射（dBuV/m）

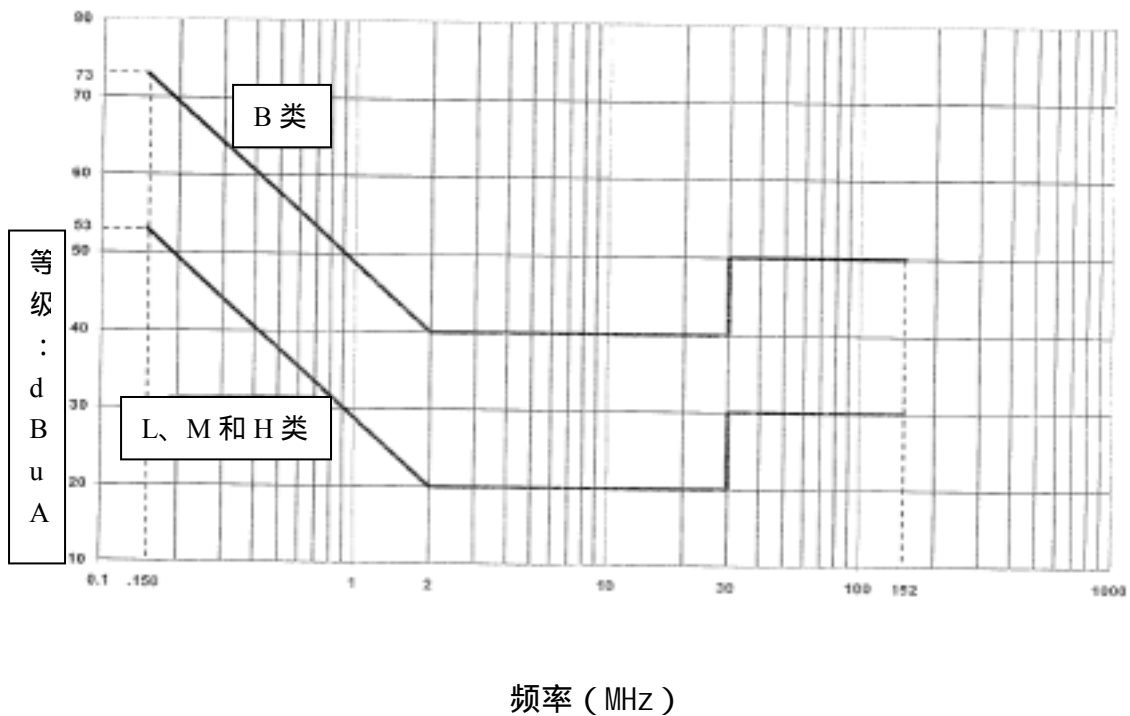
$$dBuV/m = (20 \log(E)) + 120$$

式中：

E=21.6.3(i) 中的每米场强度（伏特）。

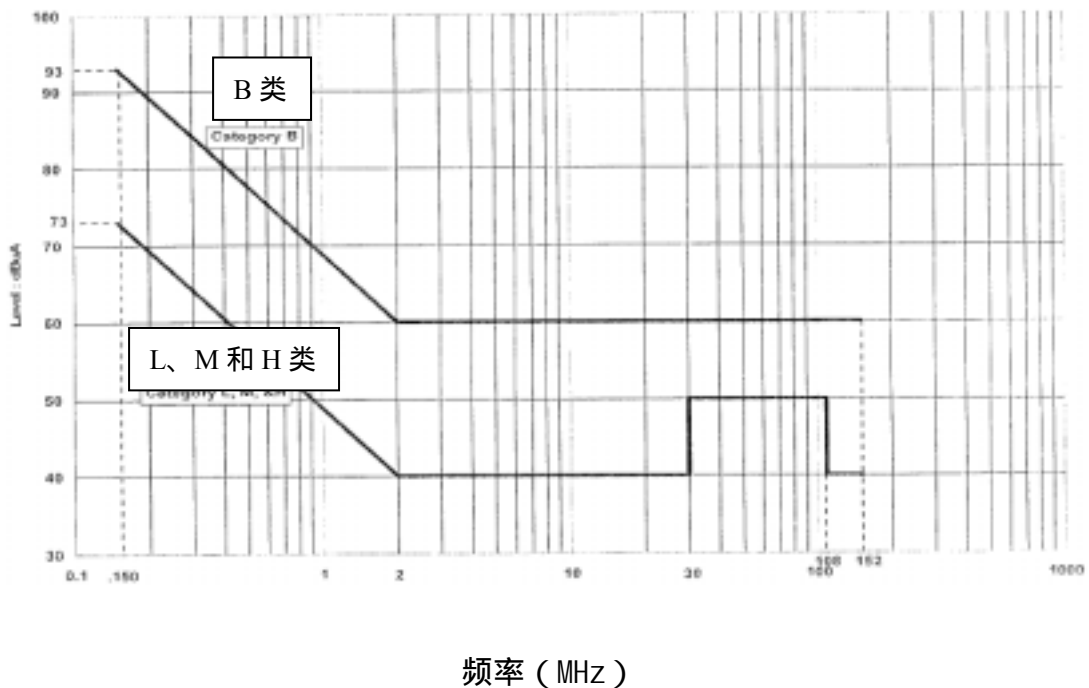
k 记录 EUT 的电场发射，根据所选类型，使用图 21-5、21-6、21-7 或 21-8 中的适当限制。

i 如果 EUT 发射大于所选的类型限制中的 3dB 时，对环境辐射射频（关闭 EUT，打开测试支持设备）进行测量。在辐射发射测试前检查环境辐射发射是良好的工程行为，而且环境发射至少应为所选类型显示的 6dB。



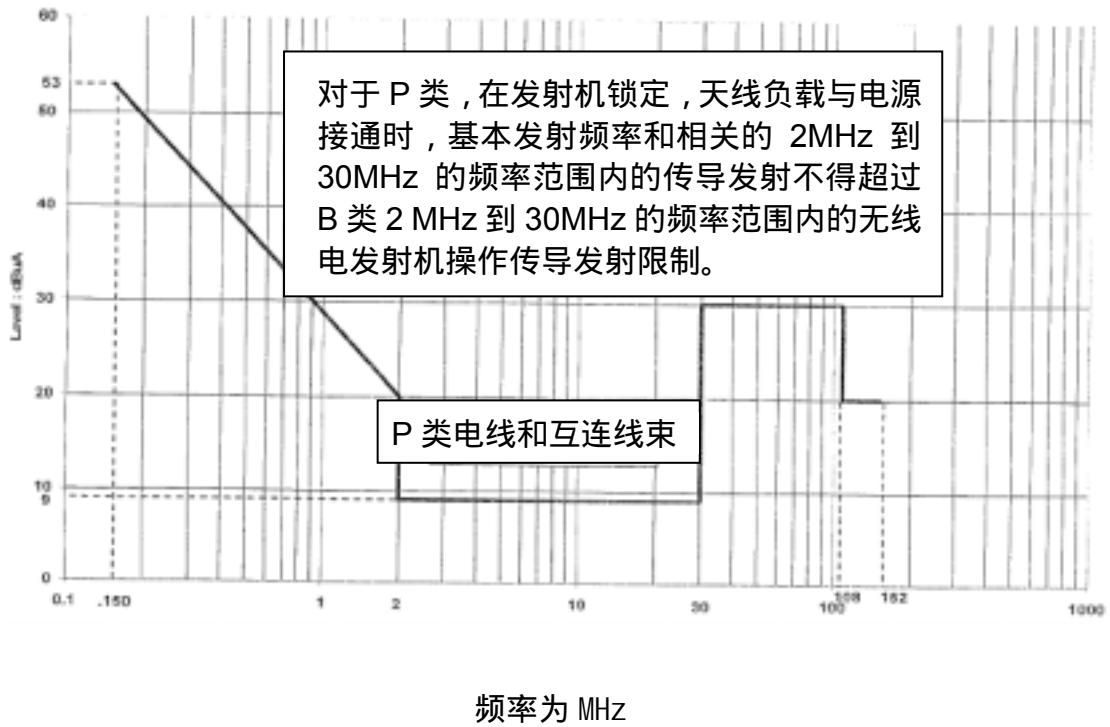
曲线定义：限制等级=比降\*对数（频率为 MHz）+高度差  
 B类：F < 2MHz=-29.335，高度差=48.83  
 L、M和H类：F < 2MHz，比降=-29.335，高度差=28.83

图 21-1 传导射频干扰的最高等级—电线



曲线定义：限制等级=比降\*对数（频率为 MHz）+高度差  
 B类：F < 2MHz，比降=-29.335，高度差=68.83  
 L、M和H类：F < 2MHz，比降=-29.335，高度差=48.83

图 21-2 传导射频干扰的最高等级—互连捆束



曲线定义：限制等级=比降\*对数（频率为 MHz）+高度差  
 P 类：F < 2MHz, 比降=-29.335，高度差=48.83

图 21-3 传导射频干扰的最高等级—P 类互连捆束和电线

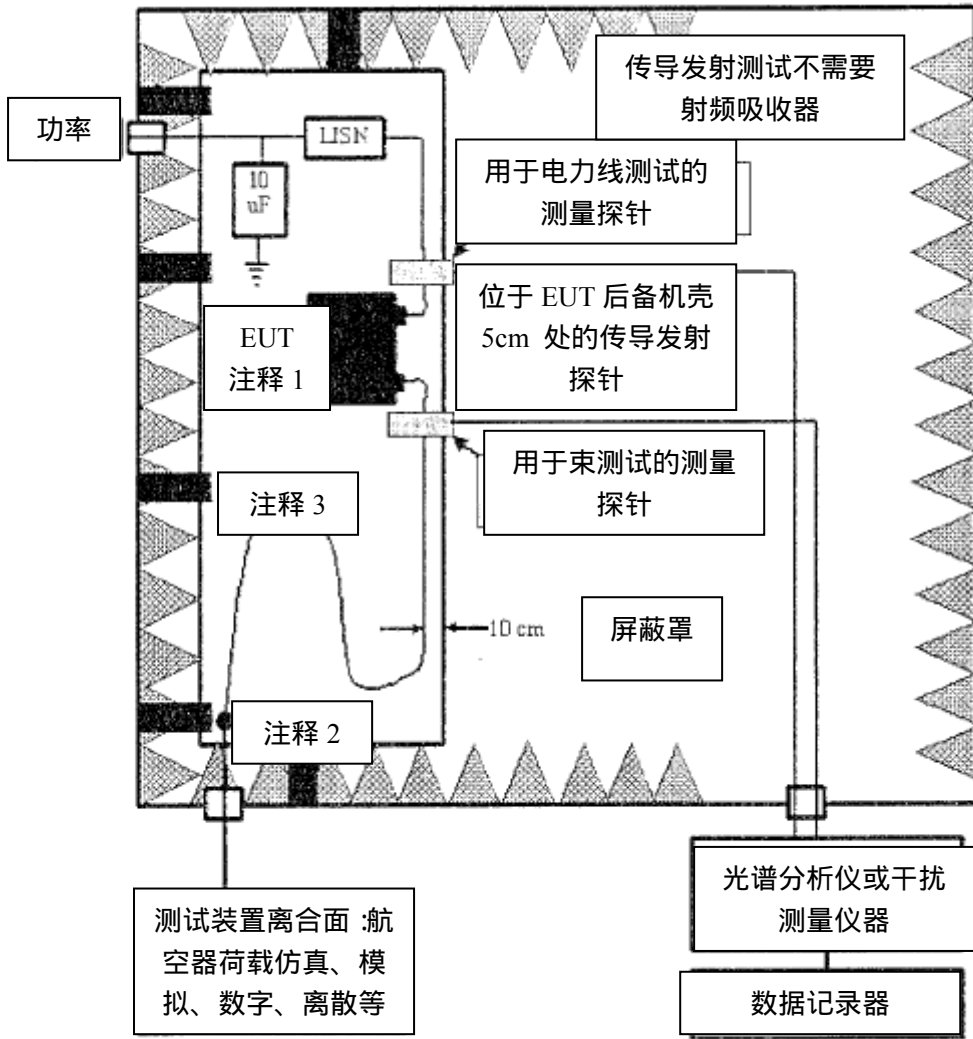
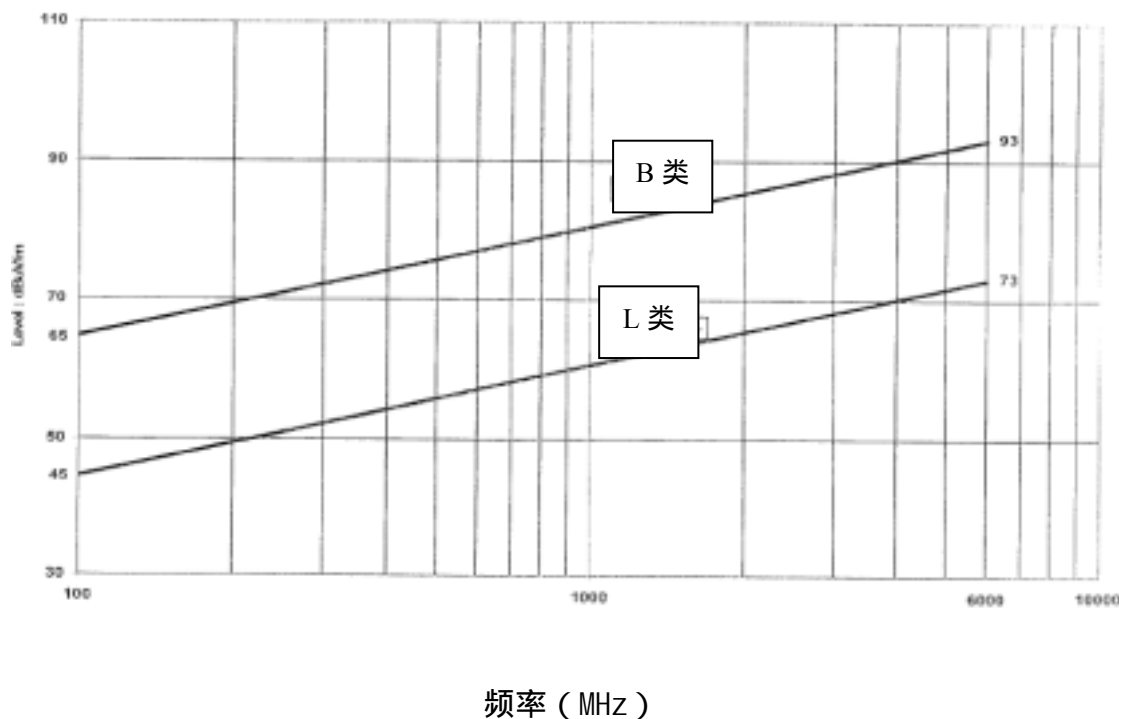


图 21-4 传导射频干扰测试的典型设置

注释 1 EUT 要求请见 20.3 节。

注释 2 外露电缆的末端。未屏蔽电缆可从此处屏蔽到墙面。

注释 3 结合带。

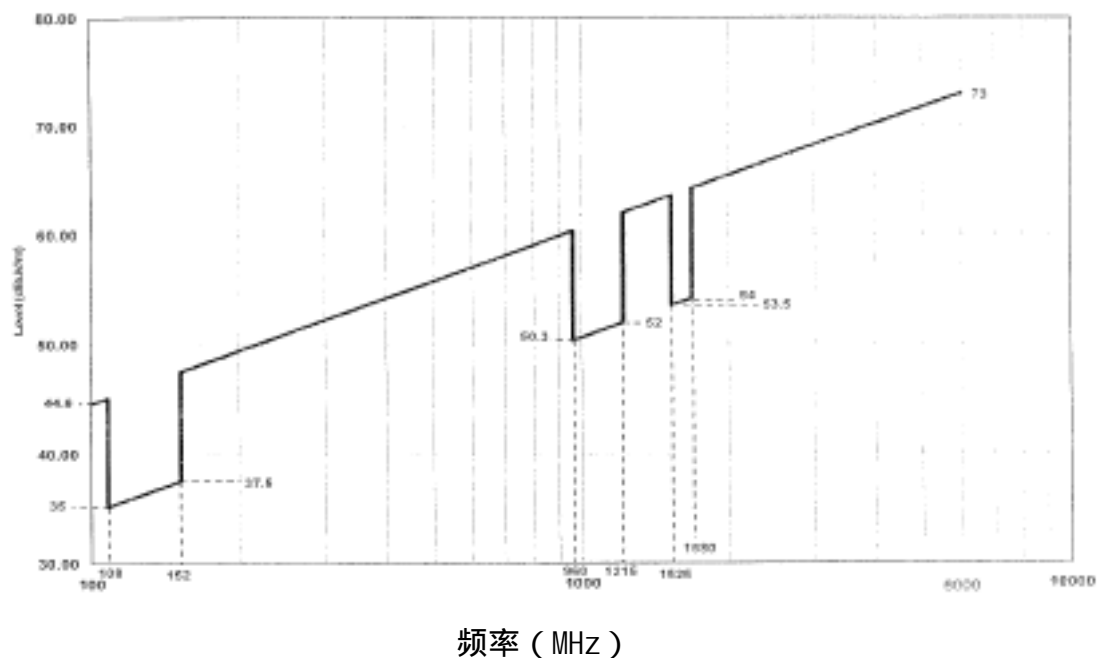


曲线定义：限制等级=比降\*对数（频率为 MHz）+高度差

B 类：F>100MHz，比降=15.965，高度差=32.682

L 类：F>100MHz，比降=15.965，高度差=12.682

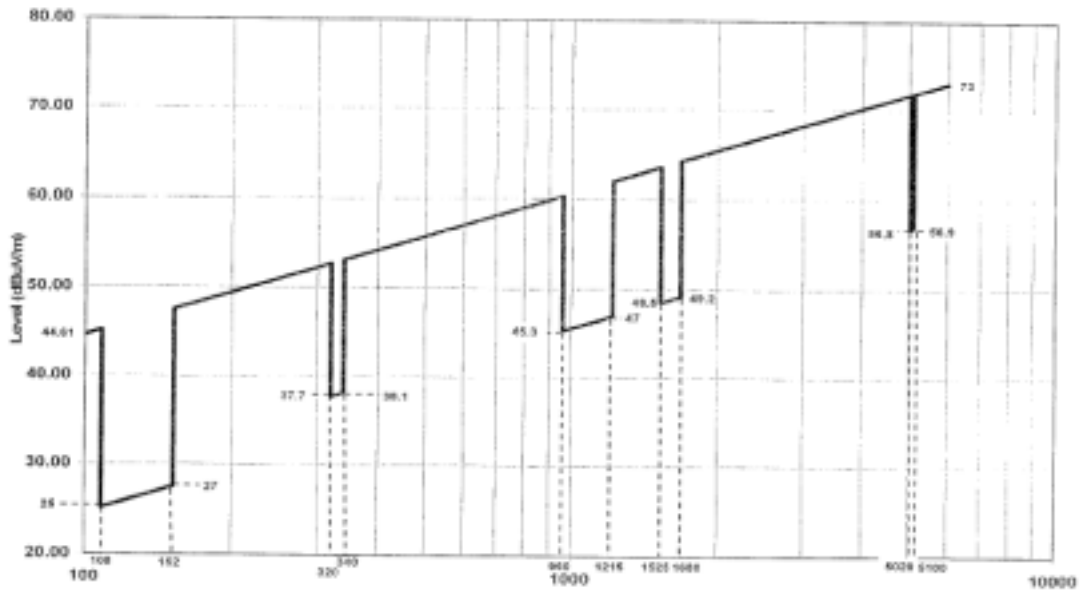
图 21-5 辐射射频干扰的最高等级—B 类和 L 类



凹口外的曲线定义：限制等级=比降\*对数（频率为 MHz）+高度差 M 类：F>100MHz，比降=15.965，高度差=12.682

图 21-6 辐射射频干扰的最高等级—M 类

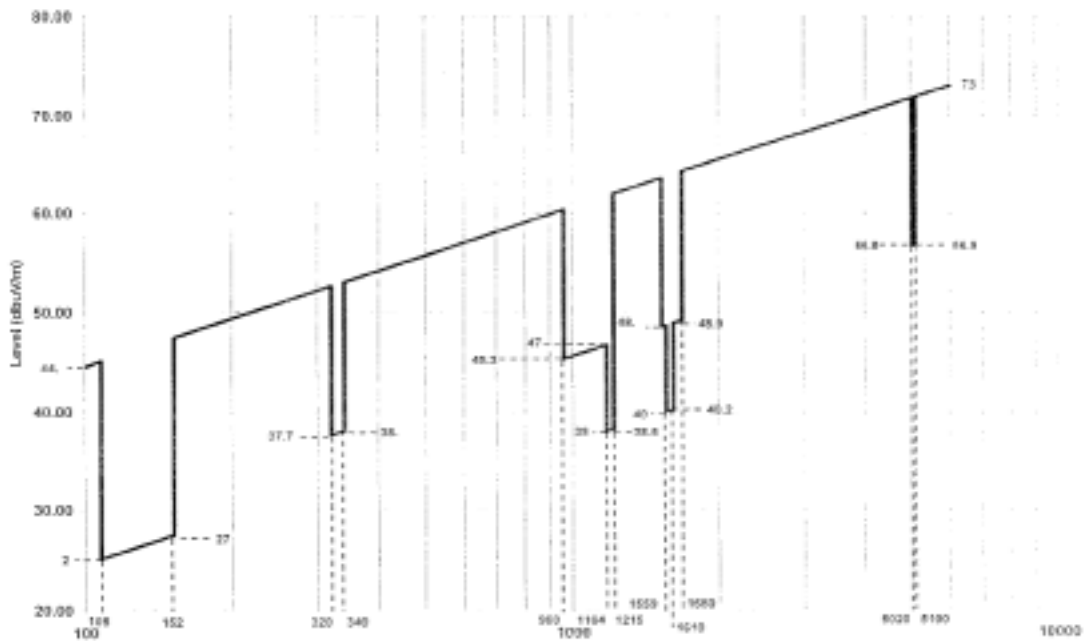




频率 (MHz)

凹口外的曲线定义：限制等级=比降\*对数(频率为 MHz)+高度差 H 类：F>100MHz，比降=15.965，高度差=12.682

图 21-7 辐射射频干扰的最高等级—H 类



频率 (MHz)

凹口外的曲线定义：限制等级=比降\*对数(频率为 MHz)+高度差 P 类：F>100MHz，比降=15.965，高度差=12.682

图 21-8 辐射射频干扰的最高等级—P 类

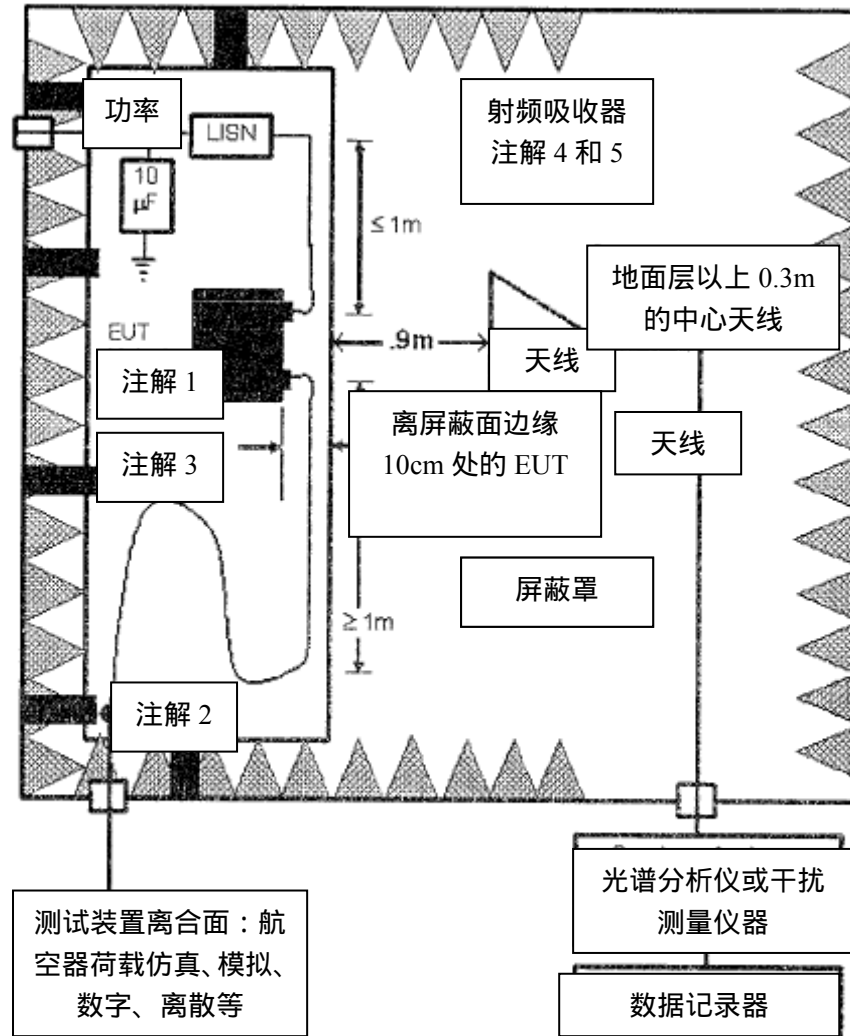
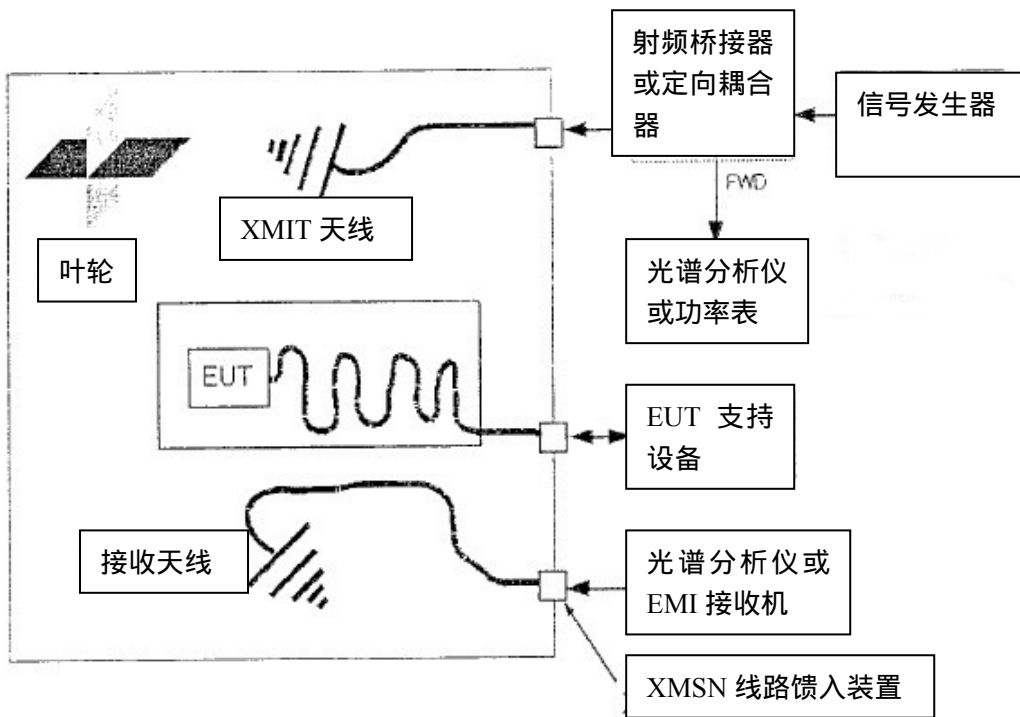


图 21-9 辐射发射测试设置

- 注释 1 EUT 的一般要求请见 20.3 节。
- 注释 2 外露电缆的末端。未屏蔽电缆可从此处屏蔽到墙面。
- 注释 3 结合带。
- 注释 4 应在顶舱带到地面层的测试设置的边界上面、后面以及两侧放置射频吸收器。吸收器应在地面前边大于或等于 50cm 处的地方。
- 注释 5 射频吸收器应放置在顶舱到地面的测试天线后面。吸收器和天线间的距离应大于或等于 30cm。



注意 射频桥接器或定向耦合器只是一种监视 FWD 功率的建议方法，而不是必须的，因此在必要的时候可以省略。

图 21-10 混响辐射发射的插入损耗测量设置

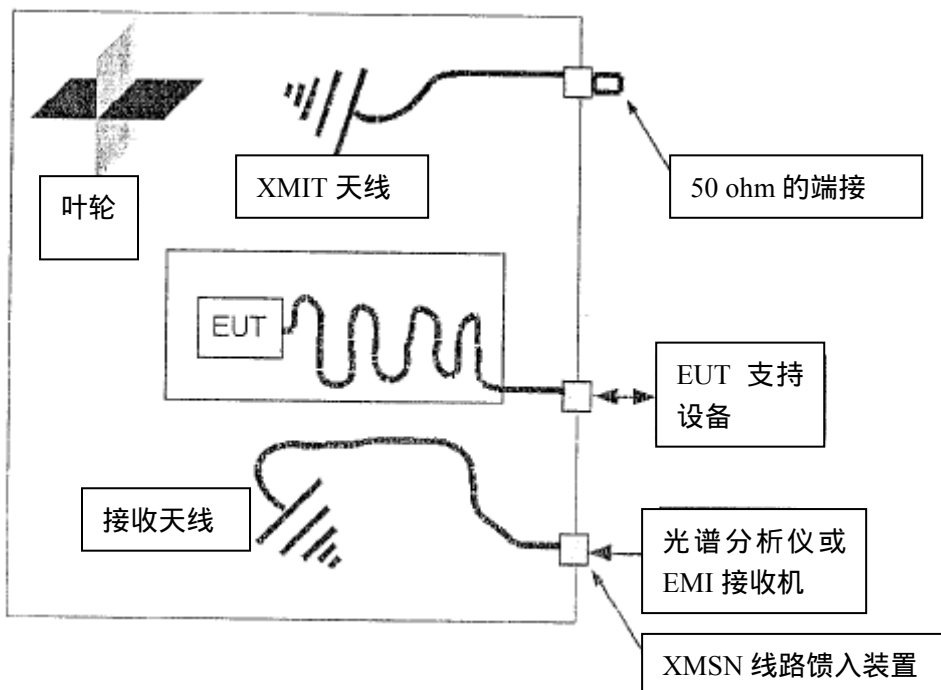


图 21-11 混响辐射发射的测试设置

RTCA 公司  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 22 节 闪电感应瞬变磁化率

#### 重要提示

本测试程序的说明包含在 1、2、3 节中。另外，附录 A 可用来鉴定所进行的环境测试。

目录 .....	页码
22.0 闪电感应瞬变磁化率.....	303
22.1 测试目的.....	303
22.2 定义.....	303
22.3 分类.....	304
22.3.1 波形设置命名符（第一和第三个特征）.....	305
22.3.2 测等级命名符（第二、第四和第五个特征）.....	305
22.4 一般测试要求.....	306
22.5 测试程序.....	308
22.5.1 插脚插入测试.....	309
22.5.1.1 程序——发电机校准.....	310
22.5.1.2 程序——测试顺序.....	310
22.5.2 电缆束测试.....	311
22.5.2.1 电缆感应测试.....	313
22.5.2.1.1 程序——发电机性能验证.....	314
22.5.2.1.2 程序——测试顺序.....	314
22.5.2.2 地面注入测试.....	315
22.5.2.2.1 程序——发电机性能验证.....	315
22.5.2.2.2 程序——测试顺序.....	315
<b>表格目录</b>	
表 22-1.1 插脚注入测试要求.....	316
表 22-1.2 电缆束测试要求.....	318
表 22-2 插脚注入的发电机设置等级.....	319
表 22-3 电缆束单冲程测试的测试和限制等级.....	319
表 22-4 电缆束多冲程测试的测试和限制等级.....	320
表 22-5 电缆束多突变测试的测试等级.....	321
<b>图片目录</b>	
图 22-1 产生短时间的波峰和 HF 噪音时的电压测定示例.....	321
图 22-2 电流波形 1.....	322
图 22-3 电流波形 2.....	322
图 22-4 电压/电流波形 3.....	323
图 22-5 电压波形 4.....	323
图 22-6 电流/电压波形 5.....	324
图 22-7 多冲程应用.....	324
图 22-8 多突变应用.....	325
图 22-9 LINS 输入电阻的特性.....	326
图 22-10 信号插脚的插脚注入校准设置.....	327
图 22-11 电源插脚的插脚注入校准设置——电缆感应方法.....	328
图 22-12 电源插脚的插脚注入校准设置——地面注入方法.....	329
图 22-13 信号插脚的插脚注入测试设置.....	330
图 22-14 电源插脚的插脚注入测试设置——电缆感应方法.....	331
图 22-15 电源插脚的插脚注入测试设置——地面注入方法.....	332
图 22-16 电缆感应测试的典型发电机性能验证设置.....	332
图 22-17 典型电缆感应测试设置.....	333

图 22-18	地面注入测试的典型发电机性能验证设置 .....	334
图 22-19	典型地面注入测试设置 .....	335

## 22.0 闪电感应瞬变磁化率

### 22.1 测试目的

这些测试是用来检查设备承受本节中规定的，代表闪电感应效应的瞬变测试的能力。设备在测试期间的波形和等级，以及合格标准/不合格标准应在适用的设备规范中列出。

可通过两组测试来鉴定设备。一是如 22.5.1 段中描述的，通过插入插脚而进行的容损测试。而是 22.5.2 段中描述的，在互连电缆束产生瞬变时，对设备的功能设置容耐性进行评估。电缆束测试包括单冲程、多冲程、多突变、反应测试（此处指单冲程、多冲程和多重冲击）。电缆束测试也能显示容损性。

注意：这些测试可能并未包括闪电对设备造成的感应交互作用和影响的所有方面。视功能而定，完整系统中可能还需要如设备测试等其它测试，以证明具体安装。安装在外部的设备也可能需要进行直接效应测试，这些测试包括在本文件的 23 节中。

### 22.2 定义

#### 电缆束

接合或放在一起的，然后将一个设备连接到测试系统的一个或多个设备的一组线丝或电缆。

#### 刻度环

穿过注入变压器，形成一个次级绝缘绕组的重型、低自感、低阻力、单匝线圈。刻度环的电阻抗应尽量地低，以达到测试等级和波形。

#### 芯线

芯线是指屏蔽内部的一条单独线路。单独线路产生的电压/电流由于屏蔽（即通过屏蔽转换阻抗）而在驱动环电压/电流处降低。

#### 发生器

通过直接或间接耦合，将电压或电流波形传送到测试设备（EUT）的一套设备（波形合成器、增幅器、耦合器等）。

#### 本地接地

连接到设备和要安装设备的相同飞机机架结构盘的长度小于 1 米的接地母线或导线。因此接地母线或导线会连接到安装设备的相同地面层，而且在遇到闪电时，其结构电压会和设备的结构电压相同。

#### 监测回路

穿过注入变压器，形成一个次级绝缘绕组的封闭单匝线圈。可用它来监测感应电缆束或刻度环电压。

#### 多突变应用

代表航空器接线内的外部闪电多突变波形装置的感应效应的瞬变波形。

多突变应用包括和外部环境中的各电流脉冲相应的感应瞬变。每个感应瞬变值都是外部环境做出的反应。多突变应用中有 3 组 20 个瞬变值。

### 多冲程应用

代表航空器接线内的外部闪电多突发波形装置的感应效应的瞬变波形。多冲程应用包括和外部多冲程环境中的各冲程相应的感应瞬变波形。多冲程应用中 14 个瞬变值。第一个感应瞬变是外部环境的第一次反冲程的反应，后面的 13 个瞬变是外部闪电环境的后续或多次反冲程的反应。

### 屏蔽

为了作为本节的目的所用，屏蔽是指放在设备柜或航空器结构两端的导体，并且平行放置，和电缆束连接在一起。它通常为电缆束内的电缆或金属丝周围的一个金属丝编织层，也可能是电缆束内的金属管、导线槽或连接到两端的金属线丝。屏蔽的作用是在连接的设备间提供一个低电阻通道。

### 屏蔽电缆束

屏蔽电缆束是指含有一个或多个屏蔽的电缆束。这种电缆束可能会含有一些未屏蔽线丝。

### 单冲程反应

单冲程反应是指代表雷击对航空器的外部零件造成最严重效果的接线反应。

### 传输阻抗

传输阻抗是指芯线开路 and 屏蔽电流之间的比率。

### 未屏蔽电缆束

未屏蔽电缆束是指不含屏蔽的电缆束。

## 22.3 分类

设备生产商必须对设备进行测试，使其达到测试等级和与其预计使用和航空器安装一致的波形。

设备分类名称应具有下列 5 个特征：

- a 表 22-1.1, Z 或 X 中指定的插脚测试波形设置字母 (A 或 B)。
- b 表 22-2, Z 或 X 中指定的插脚测试等级 (1 到 5 级)。
- c 表 22-1.2、Z 或 X 中指定的电缆束测试波形设置字母 (C 到 K)。
- d 表 22-3 和表 22-4、Z 或 X 中指定的电缆束单冲程和多冲程测试等级 (1 到 5 级)。
- e 表 22-5, Z 或 X 中指定的电缆束多突变测试等级 (1 到 5 级)。因此分类名称应如下：

B	3	G	4	3
插脚测试波形设置	插脚测试等级	电缆束测试波形设置	电缆束单冲程和多冲程测试等级	电缆束多突变测试等级



在上述例子中，B3G43 类型通过用波形设置 B(表 22-1.1)，3 级(表 22-2) 和电缆束测试，带有波形设置 G，包括表 22-3 中的 4 级单冲程测试，表 22-4 中的 4 级多冲程测试，以及表 22-5 中的 3 级多突变测试，对设备进行辨认。在另外一个例子中，BXXX 会通过表 22-2 中的 3 级波形设置 B 确定设备的插脚测试。未进行测试时，分类名称应为 XXXXX。如上述例子所述，插脚到设备柜的测试可能会和电缆束测试等级不同。

图 22-2 到 22-8 描述了波形设置 A 到 K 有关的单独波形。

使用波形设置命名符位置的 Z 表明波形设置或测试配置(即屏蔽、接地)和表 22-1.1 或表 22-1.2 中指定的不同。类似地，测试等级位置的 Z 表明，所用的测试等级和表 22-2 到表 22-5 中指定的等级不同。例如，AZZ33 表明所做的是插脚测试，而不是指定的其它测试。采用备用波形设置或 3 级备用配置进行单冲程、多冲程和多突变测试。具体测试情况和测试等级应在测试报告中说明。

#### 22.3.1 波形设置命名符(第一和第三个特征)

波形设置 A、C、E、G 和 J 适用于和安装在飞机机架内的接线互连的设备，或其孔口，而不是结构阻力是感应瞬变的主要来源的全金属飞机机架部分。基于相同的原因，这些波形设置也适用于由金属机架和复合蒙皮板组成的飞机机架内的设备，和主要表面区域已采用金属丝网或薄片进行保护的碳纤维复合材料(CFC)制成的飞机机架内的设备。

波形设置 B、D、F、H 和 K 适用于和安装在飞机机架内的接线互连的设备，或结构阻力是感应瞬变的主要来源(即碳纤维复合材料结构)时，适用于飞机机架部分。在这些情况下，接线会接触高结构电压，并重新分配由波形 5A 代表的闪电流。

A 和 B 是针对插脚插入测试。

C 到 F 是针对电缆束单冲程测试。

G 到 K 是针对电缆束单冲程测试、多冲程和多突变测试。

Z 说明所做的测试是表 22-1.1 或表 22-1.2 中规定以外的其它测试，如使用有屏蔽电缆的波形设置 C、D、G 或 H。

#### 22.3.2 测等级命名符(第二、第四和第五个特征)

通过表 22-5 到表 22-5 中所列的测试波形的具体等级，提供了内部航空环境的测试等级。1 级到 5 级容许设备保护有灵活性。以下描述仅作参考指导之用。互连接线的预计暴露和设备位置确定测试等级。

1 级是针对安装在保护良好环境内的设备和互连接线。

2 级是针对安装在受部分保护环境内的设备和互连接线。

3 级是针对安装在适度暴露环境内的设备和互连接线。

4 级和 5 级是针对安装在严重电磁环境内的设备和互连接线。

Z 表明在表 22-2 到 22-5 中规定以外的其它电压和/或电流等级下进行的测试。

#### 22.4 一般测试要求

a 测试设备—除非个别设备规范有规定,否则应在地面层安装测试设备,并根据以下标准进行配置。

(1) 地面层—应使用一个红铜、黄铜或铝地面层,红铜和铝至少 0.25mm 厚,黄铜至少 0.5mm 厚,面积为 2.5 平方米或 2.5 平方米以上,最低深度(从前面到后面)为 0.75m。采用屏蔽罩时,地面层应以不大于 1 米的间隔连接到屏蔽罩和地面层的两端。建议 dc 接合阻力为 2.5 毫欧姆或更少。(2) 冲击和震动隔离器—如果设备生产商有规定,应将测试设备固定到有冲击和震动隔离器的安装基座。将安装基座上的结合带连接到地面层。如果安装基座没有结合带时,则不得在测试装置中使用。

(3) 电气结合——只能使用测试设备的设计或安装手册中规定的条款(即机壳结合、安装基座和地面层)来进行结合。设备、连接器和线束的电气结合应代表航空器安装,并符合设备生产商对设备的基本性能要求。

要通过安装方法中规定的其它结合方式接地的设备应放置在绝缘垫上。测试报告中应说明所采用的结合方法。

(4) 外部接地端子—除非对测试有规定,否则测试设备上的接地连接可采用外部端子时,应将端子连接到地面层,以确保测试期间的安全操作。应采用安装手册中规定的连接长度,如果未规定长度时,应使用越 30cm 长的典型线丝或带子。

除非设备安装手册中有规定,否则这些地线不应包括在测试电缆束的平行通道内。如果在地线插入测试时出现在测试设备上,应将这些地线连接到测试设备的底盘,或必须在远端使用插入设备。

(5) 互连接线/电缆束——对于电缆束测试,所有测试设备的互连接线(如屏蔽线、绞合线等)、电缆束和射频传输线都应符合适用的安装和接口控制图纸或线路。除非将更高的高度规定为航空器的更典型代表(而且从测试报告中有记录),电缆的捆束方式应和航空器安装和支撑在地面层以上 50mm 处的电缆束的最低点的电缆束方式类似。支撑材料必须为非吸附性的、不导电的、非反光材料。对于复合电缆束配置,应尽量将所有电缆束和互连荷载分开,以降低电缆间的耦合效应。

除非有规定,否则电缆束至少应为 3.3m 长。互连电缆束的长度

大于试验台架的长度时，电缆束应以超额弯曲长度安排在地面层以上约 50mm 的试验台架后面。

有些特殊安装可能需要很长的电缆束，而这个长度试验台架是不能放置的，因此，这些测试的互连电缆束的推荐最大长度应不超过 15m。由于匹配度和类似原因，不对特殊长度的匹配或规定的电缆束长度进行限制。

- (6) 电源线——对于电缆束测试，和控制/信号引入线正常连接的电源线和回线应保留在电缆束内，只能在电缆束离开测试区域前将其从捆束分开。然后将这些线路连接到线路阻抗稳定网络 ( LISNs )。 见 22. 4b ( 2 )。

航空器的实际电缆束结构未知，或电源线/回线单独从控制/信号引入线布置时，应从测试设备连接器附近的电缆束中取出电源线和回线，并将其单独连接到线路阻抗稳定网络。在这些情况下，除非适用的设备规范中有规定，否则连接到线路阻抗稳定网络的引线长度不得超过 1. 0m。

回路引线为局部地线（长度小于 1 米）时，该引线可能会根据适用的安装和接口控制图纸或图解，直接接地到试验台架。

- (7) 接口负荷和支持设备——理想的电缆束测试应在功能完全的设备上进行。应为测试设备适当配置实际接口设备。

在必须模拟接口设备的地方，负荷的模拟电气、电子和/或机电特征应代表航空器安装的特征。为了避免改变电缆束中的电压和电流分配，电气/电子负荷应模拟闪电情况下实际线线之间和线地面之间的阻抗（包括杂散电容和非线性设备）。

应注意，任何测试配置、模拟负荷或监控设备都不会改变测试设备的敏感性或不敏感性。可能需要通过所用瞬变效应对支持设备进行保护，以避免产生干扰或破坏。

- (8) 仿真天线或负荷——为了进行该测试，天线电缆可终止在和电缆特征阻抗或仿真天线相当的负荷内。如果使用仿真天线，应将其屏蔽，并设计有和工作天线非常接近的电气特征。仿真天线还应含有天线中通常使用的电气部件，如过滤器、晶体二极管、同步器和电动机。

b 测试设备——测试设备应根据以下标准进行设置和安装：

- (1) 连接——应将测试设备连接并接地，以减少接地环路，确保人员安全。电缆束要使用高等级电流时，应注意确保将电流从屏蔽安全传输到屏蔽罩的墙面，或者屏蔽罩外面已充分连接和屏蔽，以降低人员危险。

- (2) 线路阻抗稳定网络——应在每个初级功率输入和返回线路

中插入一个线路阻抗稳定网络。航空器安装中本地接地的功率返回线路不需要线路阻抗稳定网络。线路阻抗稳定网络的外壳应连接到地面层。采用自振大于 10kHz 的线路阻抗稳定网络(如标准的 5 $\mu$ H 线路阻抗稳定网络)时,应如图 22-17 或 22-19 所示,在每个线路阻抗稳定网络功率输入的终端插入电容器,以进行完全测试。所用测试的线路阻抗的射频测量端口应为 50ohm。图 22-9 为线路阻抗稳定网络的输入阻抗特征。

- (3) \_\_测量和注入探针——探针有具有必要的功率铜带和动态范围能力,以再生测试波形。波形测试 3 应使用有静电屏蔽的探针。
- c 测试报告中所需的资料—测试报告应包括以下测试设置和资料:
- (1) 电缆配置——各电缆束的长度、接线类型、屏蔽和屏蔽终端(包括单个屏蔽和总屏蔽),以及测试用接线的线路图。
  - (2) 测试设置——电缆束的布置、瞬变插入和测量探针的放置和测试设备的连接方法等测试设置的原理图、分块图或图片。
  - (3) 测试设备的操作模式—测试设备的操作模式是指在电缆束测试期间使用的操作模式。
  - (4) 负荷—对所有不论是实际还是模拟负荷的描述。模拟负荷应在两线间或线与盒子(地面)之间注明阻抗模拟范围。
  - (5) 测试波形和等级——各测试波形和等级的校准/核对波形图。
  - (6) 应用瞬变——应用瞬变是指在注入点使用、记录电压和电流波形的波形和极性。
  - (7) 通过/失败标准——对通过/失败标准的描述。
  - (8) 测试结果——测试结果和不符合通过/测试标准的反应。

## 22.5 测试程序

插脚注入测试主要用来评估损坏,并将瞬变插入测试设备的接口电路。

电缆束测试确定功能设备是否会在设备及其互连接线接触到所用的瞬变时受到干扰或损坏。测试方法和程序适用于由测试设备、互连电缆束和负荷组成的设备配置。

不同电缆束接触到不同环境的复杂系统中的测试设备可能需要在不同的电缆束上使用不同的测试等级,并需要使用 Z 类命名符(见 22.3)。

**警告**

这些测试中使用的瞬变发电机会产生致命电压和电流等级。采取安全操作预防措施，以防止伤害或测试失败，并支撑人员。

#### 22.5.1 插脚插入测试

插脚插入测试是将所选的瞬变波形直接应用到测试设备连接器，通常是各插脚和外壳接地之间的指定插脚的一种方法。这种方法是用来评定设备接口电路的绝缘强度电压或损伤容忍度。

- a 可用绝缘强度电压或高电压试验代替插脚插入测试，以检查简单电气设备，如促动器、线性差动变压器 (LVDTs) 和速度传感器，证明符合插脚测试要求。这些简单的电气设备必须为被动的，并且没有 EMI 过滤器或瞬变电压消除器( 或从机壳接地连接到航空器结构的其它类似电气电路部件)。另外，高电压试验还适用于从机壳和局部飞机机架接地电气隔离的电气设备。在这些情况下，接口信号和回路接线( 如双芯绞合线) 必须一起安排在指定的安装设备内，避免产生线线之间的电压。高电压测试等级至少应为表 22-2 中一个等级的峰值振幅( 注意：测试插脚通常具有线路输入或其它来源的偏压时，必须将该电压添加到表 22-2 中的峰值测试电压中。) 该测试电压可从各插脚应用到机壳，或同时从所有插脚应用到机壳。
- b 测试设备只有无源设备( 如机电装置、温度传感器、液压阀等)，而且操作电压和相关电压并不是导致设备故障的原因时除外，其余情况下，测试设备可使用电源。。
- c 在测试使用电源的机组时，必须采取适当的方法确保暂态发电机不会产生过度电源负载或信号线负载。另外，在机组用电时测试输入电力线时，可能需要一些类型的闭锁装置，以确保将所用的瞬变会连接到设备接口，而不是连接到电源或其它负荷。
- d 对于插脚插入测试，应在 1.0MHz ( ± 20% ) 使用波形 3。
- e 为了减轻可能的测试困难，也可通过使用合适的插脚测试波形和等级进行电缆感应测试，以此来完成输入电源励磁情况下的插脚测试( 根据图 22-11 校准，根据图 22-14 测试)。采用此方法进行测试的初级电力线上的屏蔽应拆掉。
- f 可通过对各组的 3 个典型插脚进行测试，来鉴定保护和操作具有相同设计的测试设备电路组( 插脚)( 4 个或 4 个以上)。各组剩下的插脚由其相似性进行鉴定。
- g 如果所用的测试电压振幅和波形在校准开式电路电压振幅和波形容差范围内，可同时对多个插脚进行测试。这种情况只适用于即使是在闪电情况下( 和测试期间) 也具有高阻抗的输入/输出。
- h 端点处远程插脚和飞机机架底材之间的远程装入阻抗特征( 包括远程装入的绝缘强度特征能容忍暂态发电机的开路电压) 为设备安装

要求中规定的特征时，如果荷载不会使负荷阻抗短路的保护装置时，则可将阻抗和发电机一起串联插入。为了说明电缆的特性阻抗效，在 3 个波形测试期间，插入的最大串联阻抗应限制在 75ohm，因此，最大源阻抗为 100ohm。飞机机架底层的远程负荷阻抗进入测试电路时，分类明明符应为 Z。应在测试评定表和测试报告中注明测试方法、远程负荷阻抗和绝缘强度。

- i 信号用接地连接到真实安装内设备外的结构上时，应在实验室测试期间使其接地。见图 22-13 的注释 4。警告：在一些设计中，可采用单个保护装置来保护多个接口。在此类设计中，案例测试使用的单个插脚可能不会说明同时出现在多个接口的瞬变。可能需要对保护装置额定性能和/或测试方法进行评定。

#### 22.5.1.1 程序——发电机校准

图 22-10 为校准设置。对于通电的插脚插入测试，为了避免发电机低源阻抗产生测试设备短路电流，应在插脚测发电机的输入处设置一个暂时的闭锁零件。如图 22-10 所示，该暂时闭锁零件应作为校准设置的一部分。

在测试有外部电源的电源接插脚，图 22-11 或图 22-12 的校准设置适用。在这些设置中，必须采取一种方法来为电源阻抗设置旁路，确保能在校准点达到瞬变波形。该旁路电路也能保护电源。注意不能在进行以下校准程序时使用电源。

- a 调整暂态发电机，使其能在图 22-10、图 22-11 或图 22-12 中的适用校准点达到图 22-4 到图 22-6 中的适用开路电压（Voc）波形参数和表 22-2 中的等级。b 记录电压，并确认符合适用的波形参数。请注意波形的极性。
- c 记录下发电机的设置，以便能在测试期间重复使用测试等级。
- d 如图 22-10、图 22-11 或图 22-12 所示，将一个值相等的无感电阻器连接到测试波形的源阻抗。
- e 根据发电机之间确定的设置，记录下通过无感电阻器的电压，并确认电压波形参数，振幅降低到电压（±10%）的一半。这表明发电机的源阻抗正确。作为选择，也可以功过记录先前确定的发电机设置的短路电流（Isc）来确认发电机的短路电流波形和振幅。在任何情况下，都应保留一般波形。
- f 拆除在步骤 d 中添加的无感电阻器。

#### 22.5.1.2 程序——测试顺序

- a 如图 22-13，或针对电源插脚、图 22-14 或图 22-15 所示，用短的低电感导线将校准点连接到 EUT 的指定插脚上。

- b 如果适用，接通 EUT 电源。
- c 在之前 22.5.1.1 段中确定的发电机设置处，将 10 个单独瞬变值用在所选插脚上。监控各使用瞬变的波形是否有发生意外的变化的迹象。各瞬变应用之间的最长时间不应超过 1 分钟。
- d 在 EUT 的每个连接器中的指定插脚处重复步骤 c。
- e 倒转暂态发电机的配极；重复发电机校准，再重复步骤 a 到 d。
- f 在每个测试波形处重复发电机校准和测试程序。
- g 确定符合适用的设备性能标准。

## 22.5.2 电缆束测试

电缆束测试是在电缆感应和地面注入使用瞬变时的一种方法。电缆束测试方法用来确认航空器设备在没有收到功能干扰或零件损坏时，能承受由外部闪电环境产生的内部电磁效应。使用任何一种方法时，都必须在含有互连电缆束和接口负荷的，配置完整的功能设备上进行测试。可单独或同时在互连电缆束上使用规定的波形和限制来满足该测试要求。

- a 如果对单个导体进行单独测试，那么芯线电流不需要超过表 22-2 中相应的插脚测试短路电流等级。“相应的插脚测试短路电流等级”应和电缆束测试等级中使用的相同。对于波形 1 和 2，应使用波形 4/1 的短路电流值。例如：对于 A2J33 类型，芯线上波形 1 的短路电流为 60 安培（不是 25 安培）。
- b 为了进行多冲程和多突变测试，可通过对瞬变中的单独脉冲和突变应用进行计时，达到随意间距效应。见图 22-7 和 22-8。
- c 通常将电缆束中的所有屏蔽连接到两端，再进行电缆束测试。如果要求的测试等级（IT）大于 5 级，而该电缆中测试的电缆太长而不能达到要求的测试等级，或者如果系统安装人员要求，容许在拆掉屏蔽，直接对芯线进行脉冲的情况下进行测试。作为该测试的选择，应拆掉所有终端上的，在测试期间功能性方面不需要的屏蔽（EUT 支持设备、模拟航空器安装支柱或隔框拆解的线路连接器）。测试期间，应保持功能性方面所需的电缆和屏蔽（如数据母线、同轴电缆），通过断线盒对芯线进行脉冲，或根据系统安装人员的规定，对其进行单独测试。在任何情况下，必须通过传输阻抗评估确定屏蔽电流和芯线瞬变等级之间的关系。从表 22-3 到表 22-5 中选择测试等级，从图 22-2 到图 22-8 中选择最能代表芯线实际瞬变的波形，并根据图 22-16 和图 22-18 校准。如果采用了该测试方法，电缆束测试波形设置的类型命名符应为 Z。测试等级的命名符应反应芯线上的实际等级。应在评定测试表中注明测试方法和传输阻抗。
- d 电缆束的单冲程测试可以和多冲程测试一起进行。这样的话，多冲程测试应用的第一个瞬变测试等级会被表 22-3 中的单冲程测试等

级取代。

- e 对于电缆束测试，应在 1.0MHz ( ± 20% ) 和 10MHz ( +20% ) 使用波形 3。
- f 通过采用 22.5.2.1 ( 电缆感应测试 ) 或 22.5.2.2 ( 地面插入测试 ) 中的测试方法，使用波形 1。
- g 在每个波形中， $V_T$  代表单位为伏特的测试电压等级， $I_T$  代表单位为安培的测试电流等级。 $V_L$  ( 伏特 ) 和  $I_L$  ( 安培 ) 代表用来防止 ETU 产生要求以外的过应力的限制条件。如果在限制等级之前达到测试等级，那么测试通常是合格的。在测试等级之前达到限制等级时，下列标准适用：
  - h 波形 2、3 和 4 作为电压波形。测试电压等级， $V_T$  规定为波形 2、3 或 4 时，该波形应为电缆束上应该存在的，但必须在发电机性能验证，如图 22-16 或图 22-18 中所示进行测量时，发出的波形。如果在测试期间达到规定的测试电压波形，并且波形在图 22-3、22-4 或 22-5 所示的容差范围之内时，不再需要对发电机性能进行验证。如图 22-17 或图 22-19 所示，测试电缆束上的最大电压等级。监测和波形 2、3 或 4 测试等级 (  $V_T$  ) 相关的电流限制 (  $I_L$  ) 时，电流波形应如下：

(1) 对于电压波形 2 的测试：

如果在达到测试等级之前达到电流测试限制，而且发电机在性能验证期间产生波形 1 时，测试合格。这是波形 1 和波形 2 之间的预期关系。如果发电机不能在性能验证期间产生适当的波形 1 时，则需要对波形 1 的电流测试。

(2) 对于电压波形 3 的测试：

如果达到测试等级或测试限制，电压和电流波形相同，因此，测试合格。

(3) 对于电压波形 4 的测试：

如果在达到测试等级之前达到电流测试限制，而且发电机在性能验证期间产生与电压测试波形相等或更长的上升时间 (  $T_1$  ) 和衰变时间 (  $T_2$  ) 的电流波形，测试合格。性能验证期间，不得产生较短时间的电流波形。如果发电机不能在验证期间产生适当的电流波形，则需要对波形 5A 电流测试。

(4) 波形 5A 可作为一个电压波形。

尽管波形 5A 规定为电流波形，但在测试方法要求抬高线路屏蔽，直接对芯线进行脉冲时，也可用做电压波形，因此波形 5A 也可作为电压测试等级。这是根据图 22-16 或图 22-18 进行测量时，在发电机性能验证期间必须产生的波形。如图 22-17 或图 22-19 所示，测量电缆束上的峰值电压等级。在这种情况下，应采用表



22-3 中波形 4 的适当测试等级 (VT) 和波形 5A。类型应标为 Z 类。

i 波形 1、5A 和 5B 定义为电压波形。

(1) 对于电压波形 1 的测试：

电缆束上应该存在波形 1，但它必须在如图 22-16 或图 22-18 进行测量时，在发电机性能验证期间产生。如果在测试期间达到规定的测试电流波形，并且在图 22-2 所示的容差范围内，则不再需要进行发电机的性能验证。如图 22-17 或 22-19 所示，测试电缆束上的峰值电压等级。详细说明请见 22.5.2.2。

监测和波形 1 测试 ( $I_T$ ) 等级相关的电压限制 ( $V_L$ ) 时，如果在达到电流测试等级之前达到电压等级，并且发电机在性能验证期间产生上升时间 ( $T_1$ ) 和短于波形 1，持续时间 ( $T_2$ ) 大于波形 2 的电压波形时，测试合格。

在测试电压时，应忽略由于图 22-1 中所示的仪器噪音或开关、瞬变引起的短时间的波尖或高频率噪音电压。

如果发电机不能在验证期间产生适当的电压波形，则需要进行波形 2 的电压测试。

(2) 对于电流波形 5A 或 5B 的测试：

电缆束上应该存在波形 5，但它必须在如图 22-16 或图 22-18 进行测量时，在发电机性能验证期间产生。如果在测试期间达到规定的测试电流波形，并且在图 22-6 所示的容差范围内，则不再需要进行发电机的性能验证。如图 22-17 或 22-19 所示，测试电缆束上的峰值电压等级。详细说明请见 22.5.2.2 的第三段。监测和波形 5 测试等级 ( $I_T$ ) 相关的电压限制 ( $V_L$ ) 时，如果在达到电流测试等级之前达到电压限制，并且发电机在性能验证期间产生上升时间和短于波形 5 的  $T_1$ ，但不短于波形 4 的  $T_1$  的电压波形时，测试合格。

在测试电压时，应忽略由于图 22-1 中所示的仪器噪音或开关、瞬变引起的短时间的波尖或高频率噪音电压。

如果发电机不能在验证期间产生适当的电压波形，则需要进行波形 4 的电压测试。

在和飞机机架和接线布置有关的一定情况下，设备可接触时间较长的波形，如波形 5B (见图 22-6)。在这些情况下进行的测试应标上命名符 Z。

### 22.5.2.1 电缆感应测试

下列段落中叙述的程序适用于单冲程、多冲程和多突变测试。电缆感应是推荐用于脉冲波形 1、2 和 3 的程序。如果能在注入变压器的刻度

环内达到 22.5.2.1 (b) 中的波形校准程序，可以将该应用方法和其它波形一起使用。不需要进行局部地面测试。测试线束中不包含局部地面。

#### 22.5.2.1.1 程序——发电机性能验证

- a 将瞬变发电机连接到注入变压器的初级输入（见图 22-16）。
- b 在每个发电机的指定测试等级下，记录下刻度环开启时的电压波形和刻度环短路时的电流波形。验证相关测试等级以及图 22-2、图 22-3 或图 22-4 中的波形（ $V_T$  或  $I_T$ ）。测试发电机不需要产生相关的电压或电流限制等级以及波形。
- c 对于多冲程和多突变测试，同样验证其适用的脉冲图形和图 22-7 和图 22-89 中确定的计时。

#### 22.5.2.1.2 程序——测试顺序

- a 如图 22-17 所示，配置 EUT、支持设备和互连电缆，在测试电缆周围放上注入变压器。如果屏蔽会断开正在使用的 22.5.2 中描述的测试方法选项，则应拆掉屏蔽。
- b 将电流和电压监控探针连接到一个示波器上。为了使测试结果一致，探针的位置应尽量按照显示的位置放置。
- c 接通 EUT 电源，将其调整到所选的操作模式。根据适用的设备规范，验证适当的系统操作。
- d 在使用瞬变时，增加发电机设置，直到达到指定的测试等级（ $V_T$  或  $I_T$ ）或限制等级（ $V_L$  或  $I_L$ ）。除非首先已达到了相应的限制等级（ $I_L$ ）或电压等级（ $V_L$ ），否则应调整发电机设置和/或注入变压器的配置，以达到测试电缆中要求的测试电压（ $V_T$ ）或电流等级（ $I_T$ ）。如果要改变注入变压器的配置，则应重新验证发电机的性能。记录下波形。如果在  $V_T$  或  $I_T$  之前达到  $V_L$  或  $I_L$ ，应重新对测试进行评估，以确定是否需要另外的发电机和/或波形设置。如果出现 HF 噪音或开关瞬变，应根据图 22-1 确定测试等级或限制。
- e 对于单冲程测试，在步骤 d 中确定的发电机设置处，采用最小常用瞬变，同时监控 EUT 操作。各单冲程瞬变应用之间的最长时间不应超过 1 分钟。
- f 对于多冲程测试，在步骤 d 中确定的发电机设置处，采用最小常用多冲程应用，同时监控 EUT 操作。各多冲程瞬变应用之间的最长时间不应超过 5 分钟。
- g 对于多突变测试，在步骤 d 确定的发电机设置处，每隔 3 秒（3 个

突变启动间的 3 秒)采用一个多突变应用,至少持续 5 分钟。适用的设备规范中可能规定了较长的持续时间。

- h 在要进行测试的 EUT 操作模式下,重复步骤 d 到 g。
- i 倒转暂态发电机的配极;重复发电机性能校准,再重复步骤 b 到 h。
- j 对要进行测试的电缆,重复步骤 b 到 i。
- K 在使用的波形上,重复发电机性能验证和步骤 b 到 j。
- i 确定符合适用的设备性能标准。

#### 22.5.2.2 地面注入测试

下列段落中叙述的程序适用于单冲程和多冲程测试。地面注入是用于脉冲波形 4 和 5A 的推荐程序。如果能在注入位置达到 22.5.2.2.1 中的波形校准程序,可以将该应用方法和波形 1 和波形 2 一起使用。

在该测试期间,必须将根据适用的安装/离合控制图纸就地连接到地面层的设备外部接地断电、机架接地线和电源回路线从地面隔离。另外,如果电源线单独从主要的单个线束布置,可能需要在电力线束中插入 AC 串联电阻(除 LISN 外),以确保达到正确的单线束测试等级。

该测试的目的是为了达到各电缆束中的适用测试等级(如图 22-19 所示),因此可能需要在多个注入位置进行测试。电压或电流测试的测试方法不同。

EUT 和地面层之间达到电压测试等级时,电压测试有效。对于电压测试,如果任何一个电缆束中的电流限制在达到电压测试等级之前达到,则有两个选择。(1) 增加发电机的输出,以达到各线束中的电压测试等级或电流测试限制,但有超过单个线束中的电流限制的风险,或者(2) 在每个电缆线束上进行单独测试。

电缆束上达到电流测试等级(理解为可能会超过单个线束上的电流测试等级),或在 EUT 和地面层之间达到电压测试限制时,电流测试有效。

##### 22.5.2.2.1 程序——发电机性能验证

- a 如图 22-18 所示,在每个发电机的指定测试等级下,记录校准环开启时的电压波形和校准环短路时的电流波形。如图 22-5 或图 22-6 所示,验证相关的测试等级和波形( $V_T$  或  $I_T$ )。测试发电机不需要产生电压或电流限制以及波形。
- b 对于多冲程和多突变测试,同样验证其适用的脉冲图形和图 22-7 和图 22-89 中确定的计时。

##### 22.5.2.2.2 程序——测试顺序

- a 22.4 中的一般要求适用于该测试设置，但瞬变注入位置（EUT 或负载）上的所有本地接地或回路应从地面层绝缘，并连接到设备外壳的情况除外。设备外壳和地面层之间使用的绝缘器必须能承受所用的最大测试电压。
- b 如图 22-19 所示，配置 EUT、支持设备和互连电缆，将瞬变发电机连接在 EUT 外壳和地面层之间。如果屏蔽会断开正在使用的 22.5.2 中描述的测试方法选项，则应拆掉屏蔽。
- c 将适用的电流和电压监控探针连接到一个示波器上。
- d 接通 EUT 电源，将其调整到适当的操作模式。根据适用的设备规范，验证适当的系统操作。
- e 在使用瞬变时，增加发电机设置，直到达到指定的测试等级（ $V_T$  或  $I_T$ ）或限制等级（ $V_L$  或  $I_L$ ）。除非首先已达到了相应的限制电流（ $I_L$ ）或电压等级（ $V_L$ ），否则应调整发电机设置和/或注入变压器的配置，以达到测试电缆中要求的测试电压（ $V_T$ ）或电流等级（ $I_T$ ）。如果要改变注入变压器的配置，则应重新验证发电机的性能。记录下波形。如果在  $V_T$  或  $I_T$  之前达到  $V_L$  或  $I_L$ ，应重新对测试进行评估，以确定是否需要另外的发电机和/或波形设置。如果出现 HF 噪音或开关瞬变，应根据图 22-1 确定测试等级或限制。
- f 对于单冲程测试，在步骤 d 中确定的发电机设置处，采用最小常用瞬变，同时监控 EUT 操作。各单冲程瞬变应用之间的最长时间不应超过 1 分钟。
- g 对于多冲程测试，在步骤 e 中确定的发电机设置处，采用最小常用方法，同时监控 EUT 操作。各多冲程瞬变应用之间的最长时间不应超过 5 分钟。
- h 在要进行测试的 EUT 操作模式下，重复步骤 e 到 g。
- i 倒转暂态发电机的配极；重复发电机性能校准，再重复步骤 b 到 h。
- j 在各指定注入位置，重复步骤 b 到 i。
- k 在指定波形上，重复发电机性能验证和步骤 b 到 j。
- i 确定符合适用的设备性能标准。

表 22-1.1 插脚注入测试要求

波形设置	测试类型	测试等级	测试波形号码 ( $V_{oc}/I_{sc}$ )
A (孔径耦合)	插脚	表 22-2	3/3, 4/1

B (孔径和电阻耦合)	插脚	表 22-2	3/3, 5A/5A
-------------	----	--------	------------

表 22-1.2 电缆束测试要求

波形设置	测试类型	测试等级	测试波形号码
C (未屏蔽, 孔径耦合)	单冲程	表 22-3	2、3
D (未屏蔽, 孔径和电阻耦合)	单冲程	表 22-3	2、3、4
E (屏蔽, 孔径耦合)	单冲程	表 22-3	1、3
F (屏蔽的孔径和电阻耦合)	单冲程	表 22-3	3、5A
G (未屏蔽, 孔径耦合)	单冲程	表 22-3	2、3
	多冲程	表 22-4	2、3
	多突变	表 22-5	3
H (未屏蔽, 孔径和电阻耦合)	单冲程	表 22-3	2、3、4
	多冲程	表 22-4	2、3、4
	多突变	表 22-5	3
I (屏蔽, 孔径耦合)	单冲程	表 22-3	1、3
	多冲程	表 22-4	1、3
	多突变	表 22-5	3
J (屏蔽的孔径和电阻耦合)	单冲程	表 22-3	3、5A
	多冲程	表 22-4	3、5A
	多突变	表 22-5	3

**表 22-2 插脚注入的发电机设置等级**

等级	波形		
	3/3	4/1	5A/5A
	Voc/Isc	Voc/Isc	Voc/Isc
1	100/4	50/10	50/50
2	250/10	125/25	125/125
3	600/24	300/60	300/300
4	1500/60	750/150	750/750
5	3200/128	1600/320	1600/1600

**注释：**

1. Voc=图 22-10、图 22-11 或图 22-12 中所示的，校准点上适用的峰值开路电压（伏特）。
2. Isc=图 22-10、图 22-11 或图 22-12 中所示的，校准点上适用的峰值开路电流（安培）。
3. 振幅容差+10%，-0%。
4. Voc 和 Isc 的比率为校准程序期间使用的发电机源阻抗。
5. 图 22-4、图 22-5 和图 22-6 中确定了波形 3、4 和 5A。

**表 22-3 电缆束单冲程测试的测试和限制等级**

等级	波形				
	2/1	2/1	3/3	4/1 <sup>注释 3</sup>	4'5A
	V <sub>L</sub> /I <sub>T</sub>	V <sub>T</sub> /I <sub>L</sub>	V <sub>T</sub> /I <sub>L</sub>	V <sub>T</sub> /I <sub>T</sub>	V <sub>L</sub> /I <sub>T</sub>
1	50/100	50/100	100/20	50/100	50/150
2	125/250	125/250	250/50	125/250	125/400
3	300/600	300/600	600/120	300/600	300/1000
4	750/1500	750/1500	1500/300	750/1500	750/2000
5	1600/3200	1600/3200	3200/640	1600/3200	1600/5000

**注释：**

- 1 振幅容差+20%，-0%。
- 2 图 22-2、图 22-3、图 22-4、图 22-5 和图 22-6 分别确定了波形 1、2、3、4 和 5A。
3. 在用电压波形 4 进行测试时，电流波形会视电缆阻抗而定。

表 22-4 电缆束多冲程测试的测试和限制等级

等级		波形				
		2/1	2/1	3/3	4/1 <sup>注释 4</sup>	4/5A
		$V_i/I_T$	$V_i/I_L$	$V_T/I_L$	$V_T/I_L$	$V_i/I_T$
1	第一次冲程	50/50	50/50	100/20	25/50	20/60
	后续冲程	25/25	25/25	50/10	12.5/25	10/30
2	第一次冲程	125/125	125/125	250/50	62.5/125	50/160
	后续冲程	62.5/62.5	62.5/62.5	125/25	31.25/62.5	25/80
3	第一次冲程	300/300	300/300	600/120	150/300	120/400
	后续冲程	150/150	150/150	300/60	75/150	60/200
4	第一次冲程	750/750	750/750	1500/300	375/750	300/800
	后续冲程	375/375	375/375	750/150	187.5/375	150/400
5	第一次冲程	1600/1600	1600/1600	3200/640	800/1600	640/2000
	后续冲程	800/800	800/800	1600/320	400/800	320/1000

注释：

- 1 第一次冲程的振幅容差为+20%，-0%。后续冲程的振幅容差为+20%，-0%。
2. 图 22-2、图 22-3、图 22-4、图 22-5 和图 22-6 分别确定了波形 1、2、3、4 和 5A。
3. 图 22-7 确定了多冲程。
4. 在用电压波形 4 进行测试时，电流波形会视电缆阻抗而定。



表 22-5 电缆束多突变测试的测试等级

等级	波形
	3
	$V_T/I_L$
1	60 /1
2	150/2.5
3	360/6
4	900/15
5	1920/32

注释：

1. 振幅容差为+20%，-0%。
2. 图 22-4 确定了波形 3。
3. 图 22-8 确定了多突变。
4. 在每个波形中， $V_T$ 代表单位为伏特的测试电压等级， $I_T$ 代表单位为安培的测试电流等级。 $V_L$ （伏特）和  $I_L$ （安培）代表用来防止 ETU 产生要求以外的过应力的限制条件。

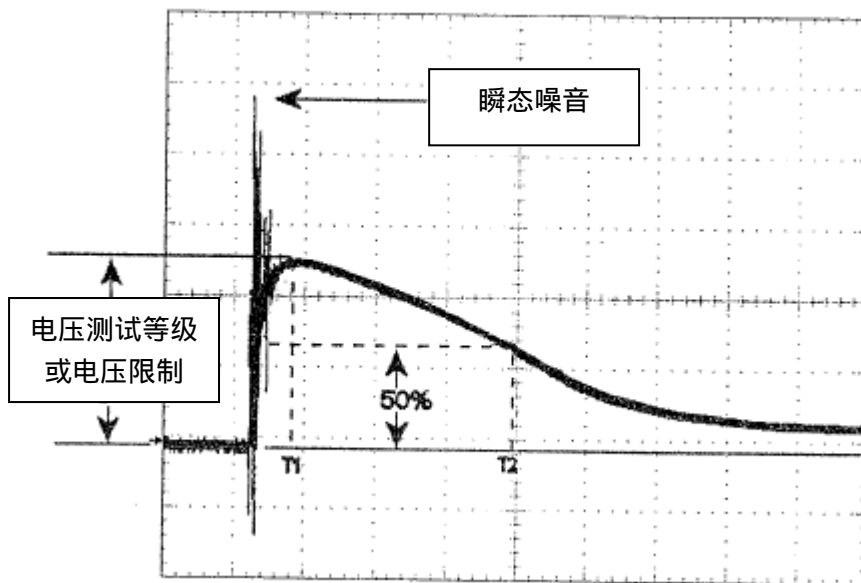


图 22-1 产生短时间的波峰和 HF 噪音时的电压测定示例

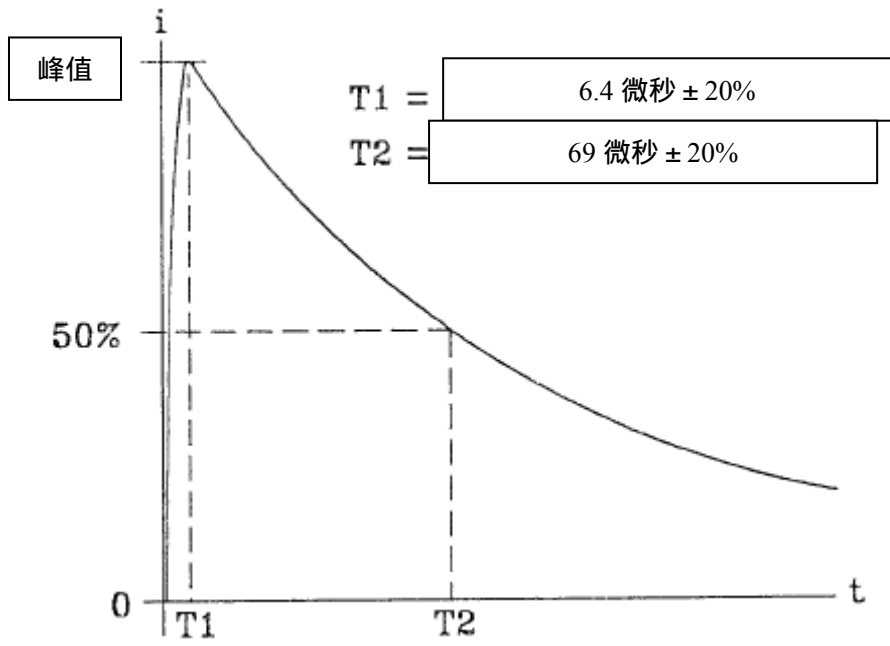


图 22-2 电流波形 1

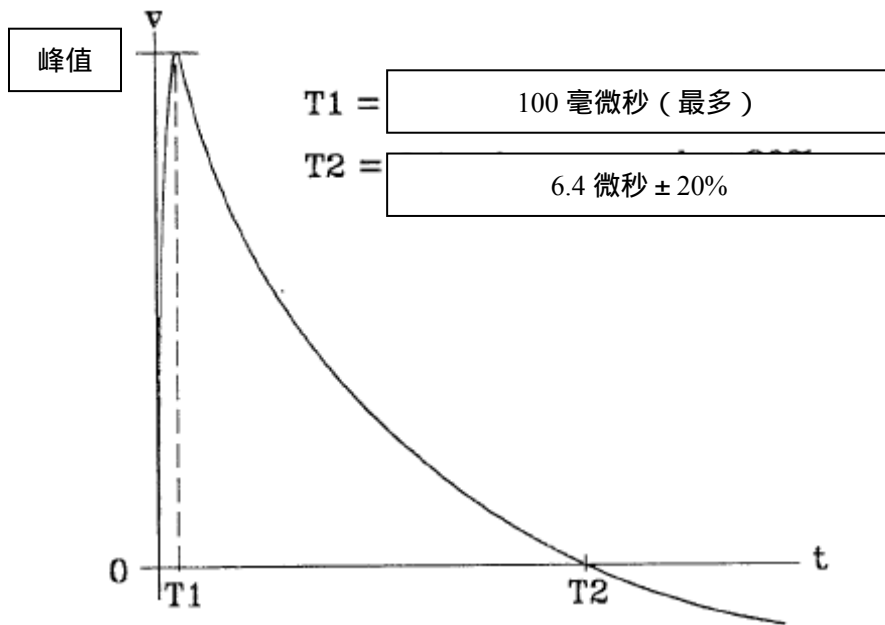
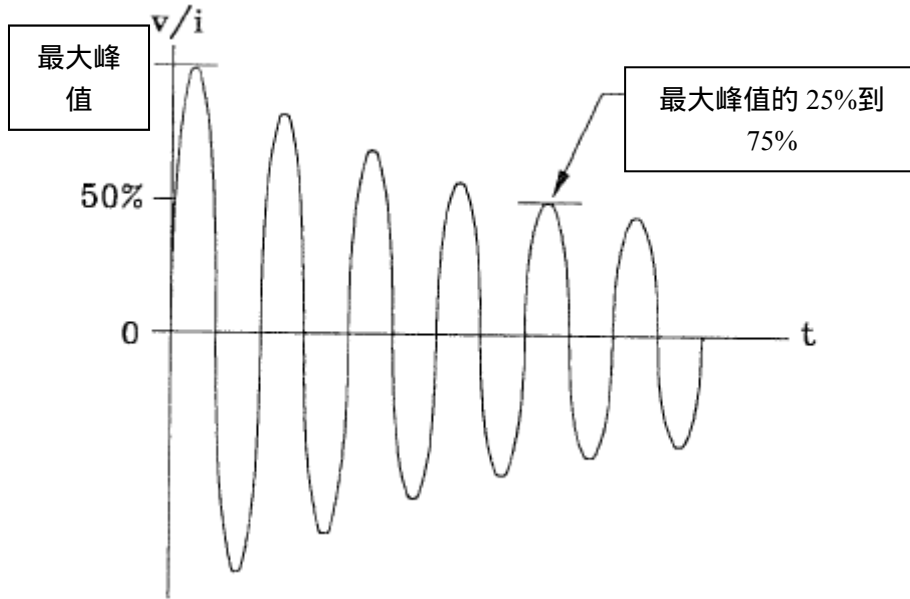


图 22-3 电流波形 2



注释：

1. 不需要同相的电压和电流。
2. 波形可能会为一衰减正弦或余弦波形。

图 22-4 电压/电流波形 3

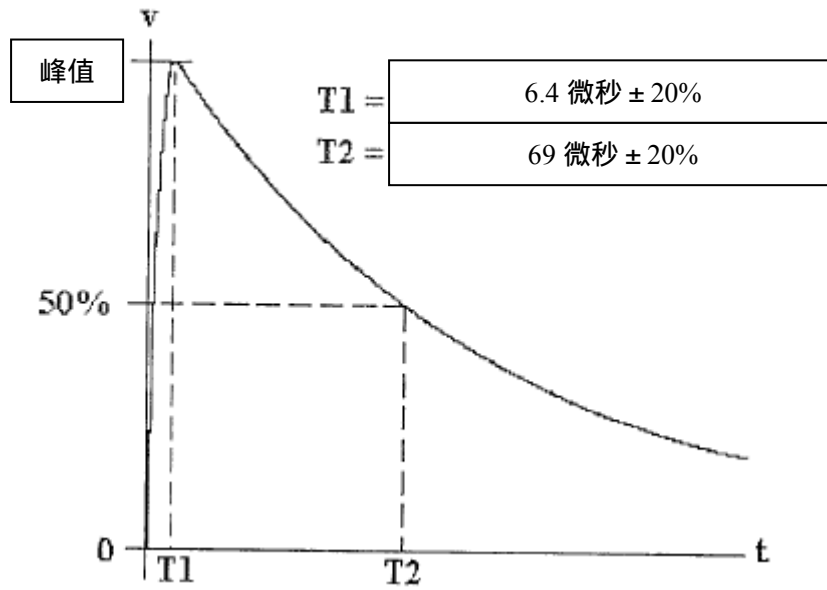


图 22-5 电压波形 4

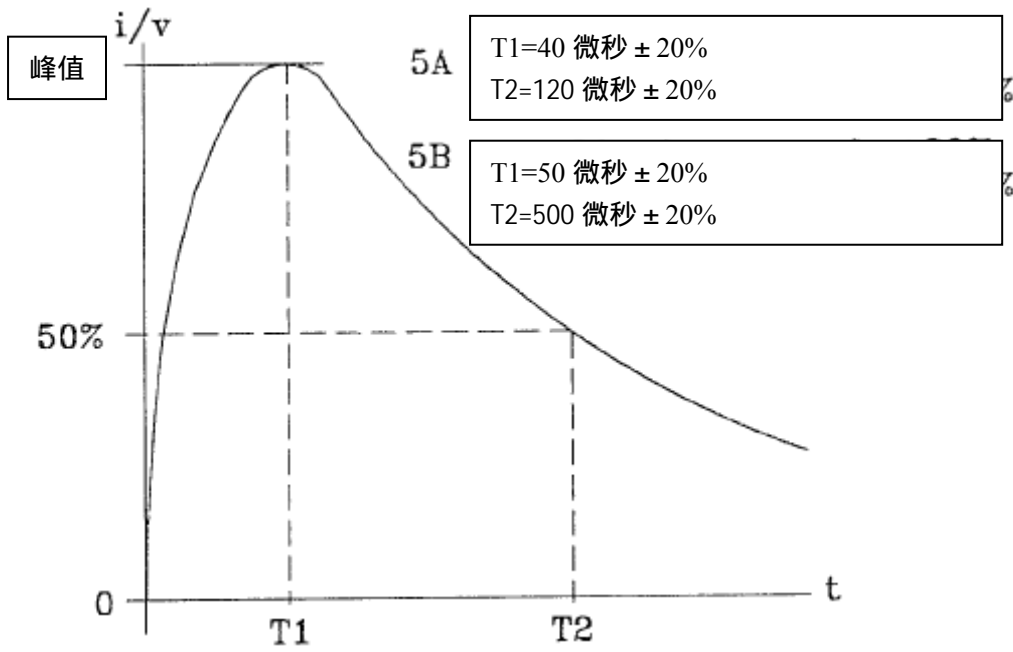
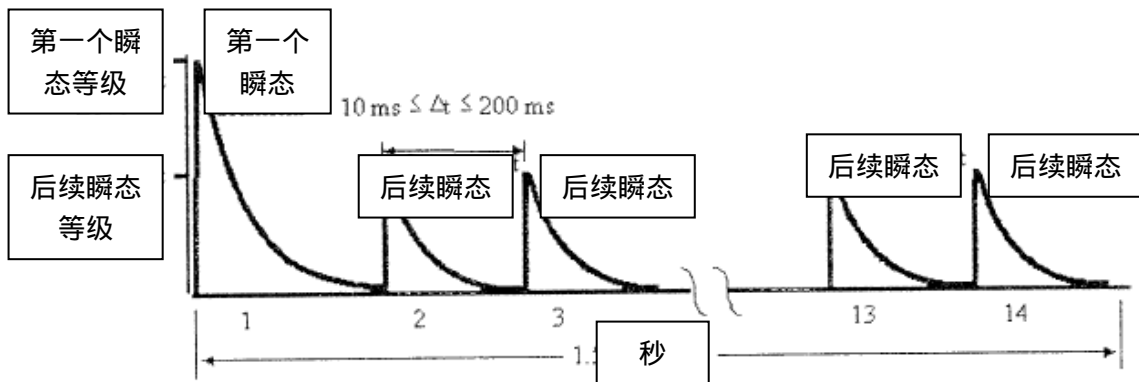
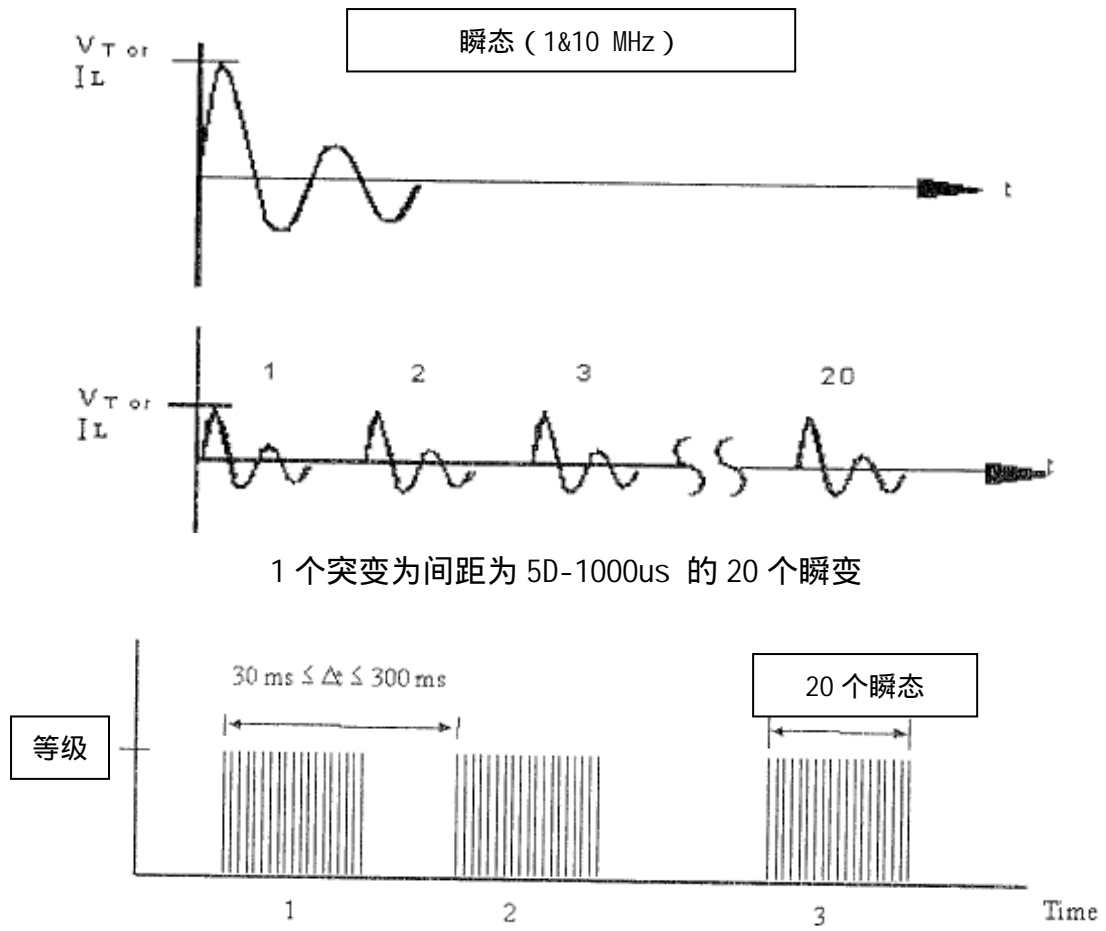


图 22-6 电流/电压波形 5



1.5 秒以内分布的 13 个后续瞬变前的一个首次瞬变。

图 22-7 多冲程应用



1 个突变为间距为 5D-1000us 的 20 个瞬变

图 22-8 多突变应用

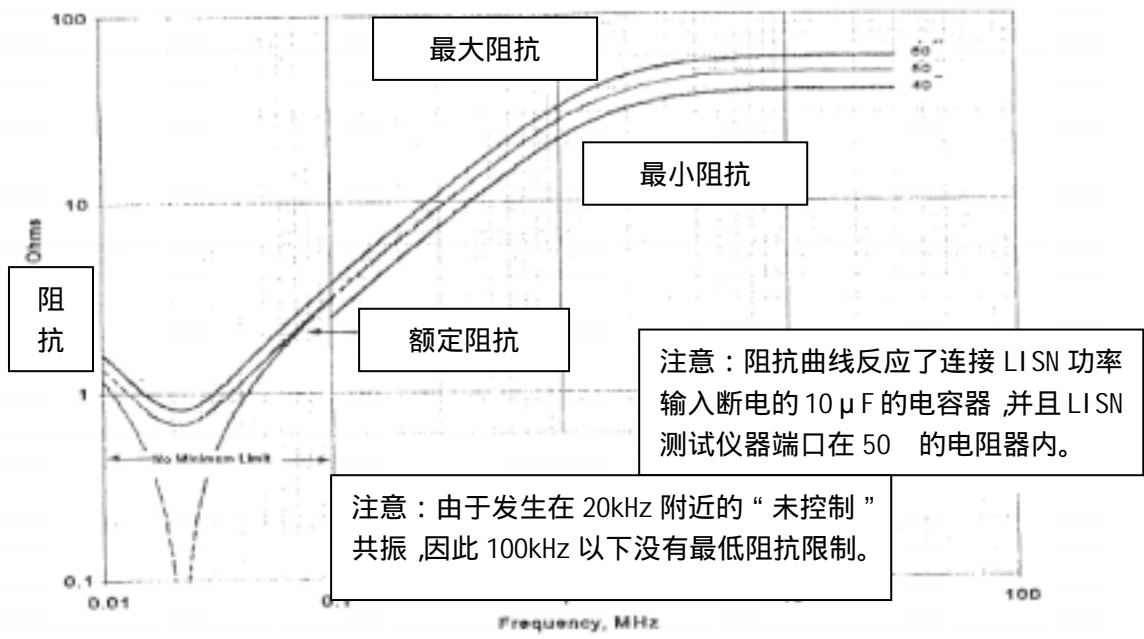
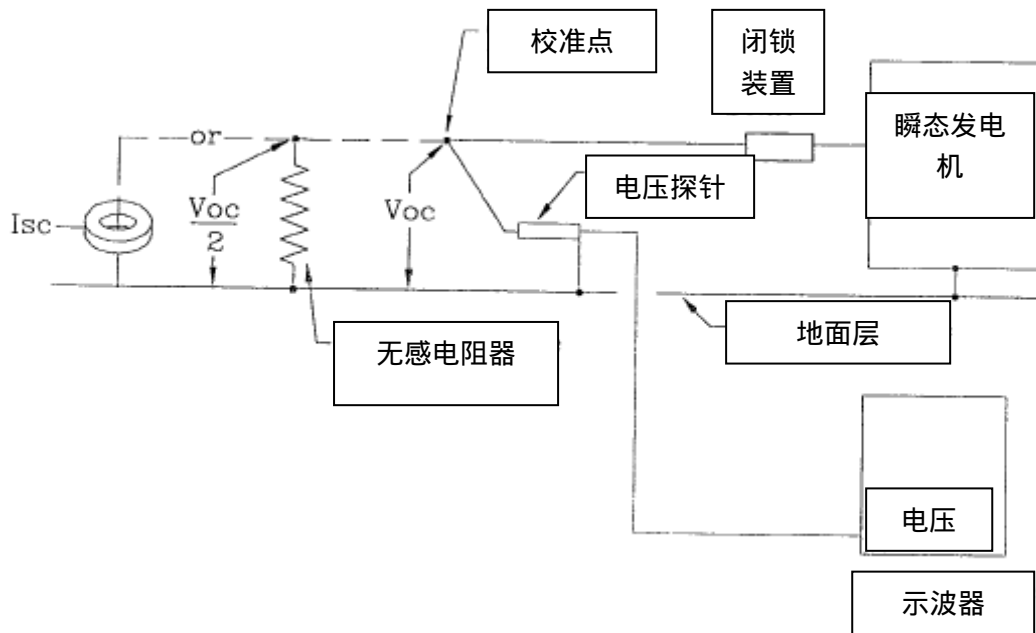


图 22-9 LISN 输入电阻的特性



注释：

- 1 应采用阻抗和发电机源阻抗相等的无感或低电感电阻器来验证发电机的阻抗。瓦特数适当，导线长度短的碳化合物材料的电阻器已能充分满足插脚测试波形。测量短路电流也是可以用来确认发电机源阻抗的一种方法。
2. 有功 ac 功率测试可能需要动力线路上所用瞬变的变压器耦合。并且瞬变应和 ac 波形的峰值同步。
3. 可采用闭锁装置将 EUT 插脚上的电压和发电机低阻抗隔离开，由于可能会对波形校准产生负面影响，因此必须在校准期间使用。波形 4 和波形 5 的典型闭装置是双极性抑制装置，波形 3 的典型闭锁装置则是串联电容器。所选的电容器的额定电压和 EUT 的预计操作电压接近，但可能会有一个标称值，以便能通过一个已校准的装置进行测试。占所用瞬变很大百分比的额定电压会影响波形校准。通过选用电容器来达到校准电流；电流值太大可能会在测试期间产生不必要的共振。
4. 无动力设备上的测试不需要闭锁装置。

图 22-10 信号插脚的插脚注入校准设置

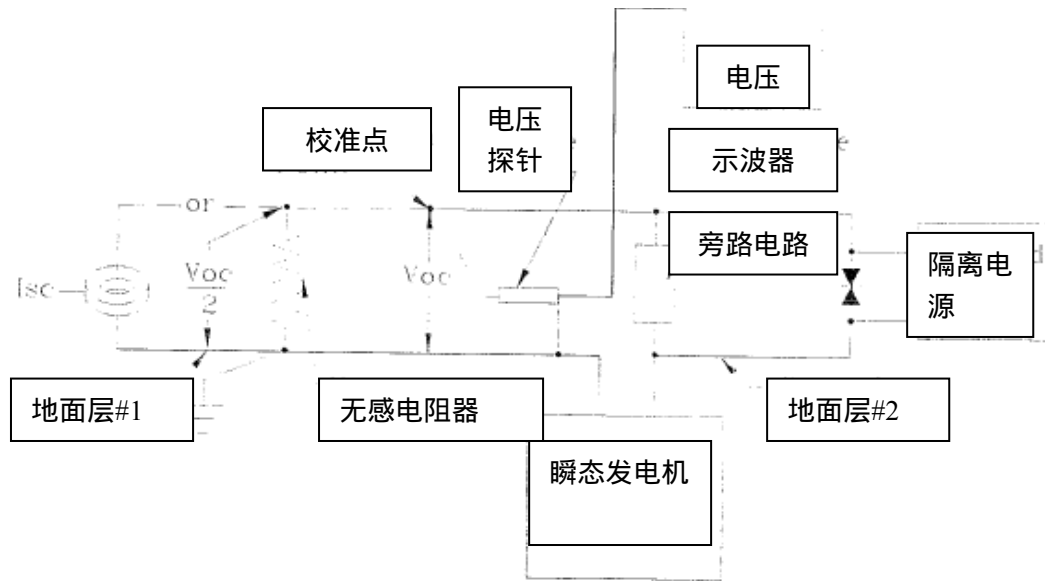
## 原图看不清楚

### 注释：

1. 该设置用于波形 3 ,但如果耦合变压器能完全支撑开路电压波形和相关短路电流,也可以用于波形 4 和波形 5。必须使用所有指定的支持设备来进行校准。必须在校准点达到规定的波形。
2. 应采用阻抗和发电机源阻抗相等的无感或低电感电阻器来验证发电机的阻抗。瓦特数适当,导线长度短的碳化合物材料的电阻器已能充分满足插脚测试波形。测量短路电流也是可以用来确认发电机源阻抗的一种方法。校准期间应关掉电源。
3. 用电流旁路电路来限制校准环的大小,并确保短路电流的传递。对于直流电插脚,可能仅需要大小合适的电容器和额定功率。对于交流电插脚,旁路电路可能由一个电容器或低阻抗的隔离变压器组成。校准设置的目的是为了通过使用适当的波形和源阻抗,在校准点达到要求的开路电压和短路电流振幅。
4. 在多元相供电的设备中,各相的旁路电路必须相同。瞬变通常同时适用于所有相,以对普通模式情况进行评估,但是,必须调整短路电流,使其说明测试中的复式线。

图 22-11 电源插脚的插脚注入校准设置——电缆感应方法



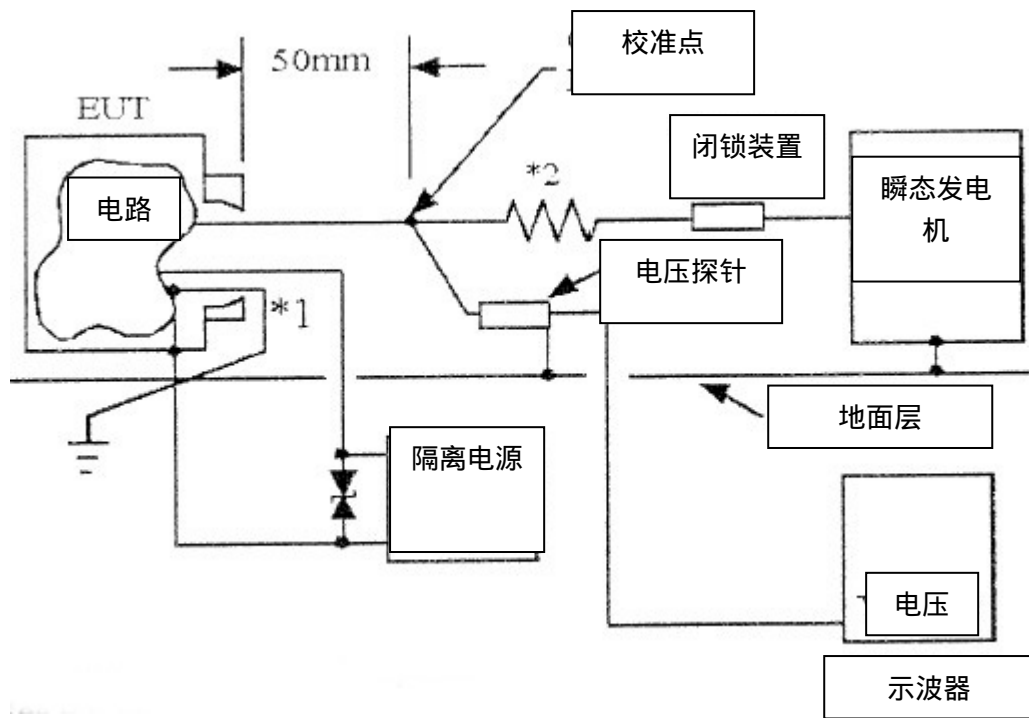


校准设置

注释：

1. 该设置和波形 4 和波形 5 一起使用。瞬变发电机的输出阻抗应较低，以避免动力线路上产生过度的电压降。瞬变发电机必须有一个低阻抗直流路径，使电流通过。必须使用所有指定的支持设备来进行校准。必须在校准点达到规定的波形。
2. 应采用阻抗和发电机源阻抗相等的无感或低电感电阻器来验证发电机的阻抗。瓦特数适当，导线长度短的碳化合物材料的电阻器已能充分满足插脚测试波形。测量短路电流也是可以用来确认发电机源阻抗的一种方法。校准期间应关掉电源。
3. 用电流旁路电路来限制校准环的大小，并确保短路电流的传递。对于直流电源电插脚，可能仅需要大小合适的电容器和额定功率。对于交流电源电插脚，旁路电路可能由一个电容器或低阻抗的隔离变压器组成。校准设置的目的是为了通过使用适当的波形和源阻抗，在校准点达到要求的开路电压和短路电流振幅。
4. 在多元相供电的设备中，各相的旁路电路必须相同。由于瞬变同时在中线相位上使用，因此必须调整短路电流，使其说明测试中的复式线。

图 22-12 电源插脚的插脚注入校准设置——地面注入方法



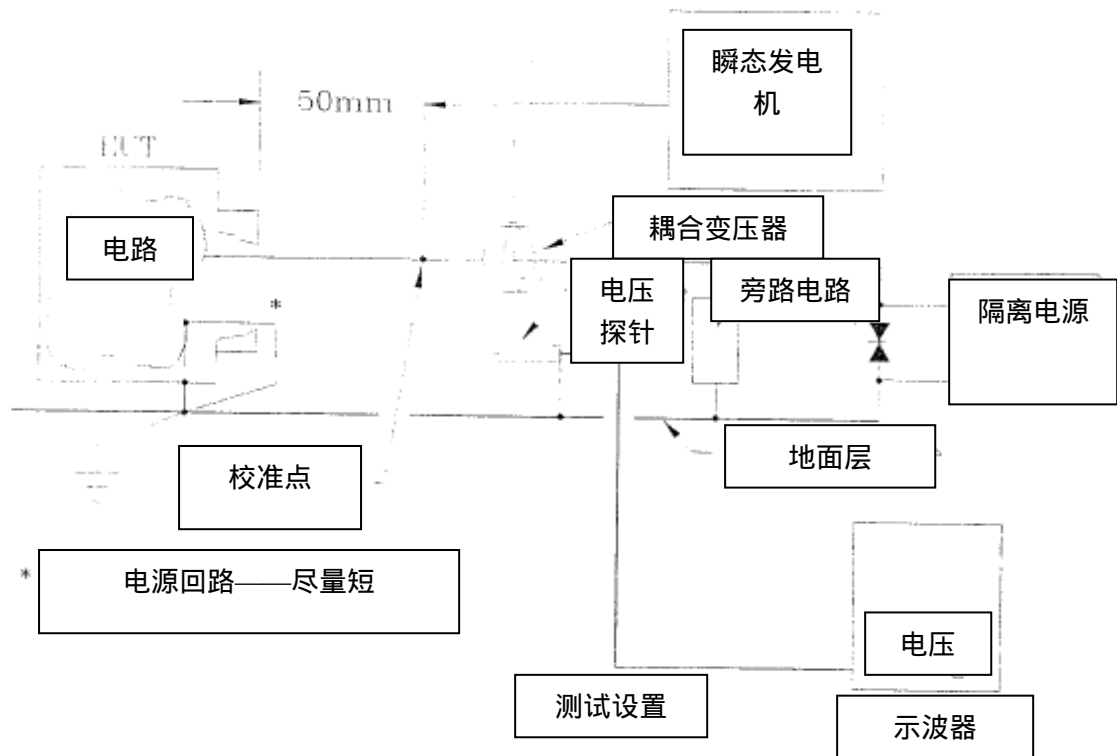
\*1 电源回路——尽量短

\*2 可选远程负载阻抗见 22.5.1.h。

注释：

1. 图 22-10 的校准设置中的注释适用。
2. 测试设置和程序应为要求航空器功率和回路中性线之间出现不同的闪电瞬变的设置和程序。如果功率和回路中性线都来自于远程 LRU，那么在相同的信号电缆束里面，测试设置应采用一个隔离功率回路，以确保正确的通用模式评估。
3. 无动力设备上的测试不需要电源。
4. 测试程序假定所有插脚和机壳间都为普通模式。如果预计安装使用了当地电源，或内部或外部连接到机壳或航空器结构的信号回路时，应将回路连接到机壳，再进行测试。

图 22-13 信号插脚的插脚注入测试设置



注释：

1. 图 22-11 的校准设置中的注释适用。
2. 测试设置和程序应为要求航空器功率和回路/中性线之间出现不同的闪电瞬变的设置和程序。如果功率和回路/中性线都来自于远程 LRU，那么在相同的信号电缆束里面，测试设置应采用一个隔离功率回路，以确保正确的通用模式评估。
3. 除非将注入直接连接到连接器的机壳，否则应在电源回路/中性线上注入。

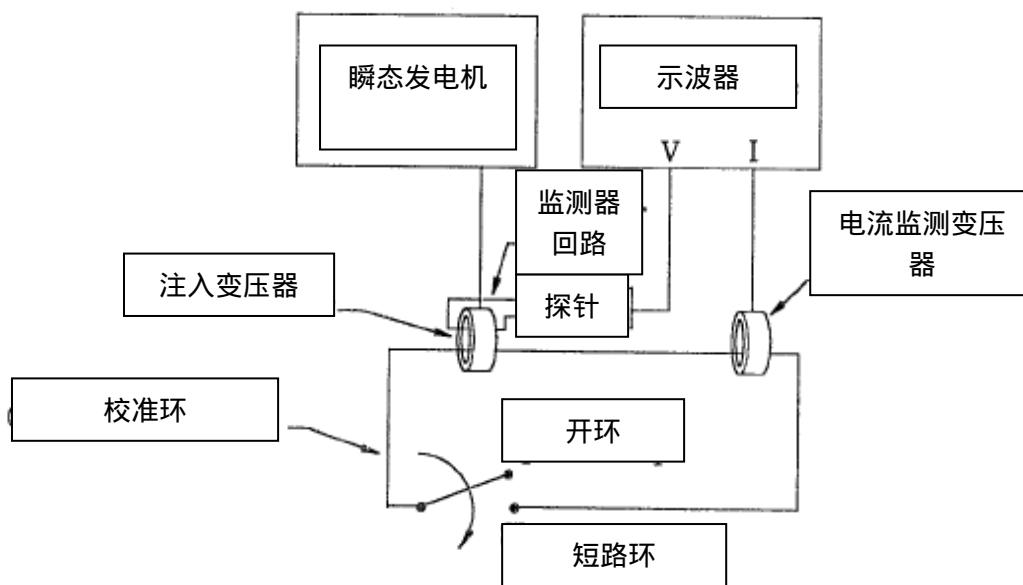
图 22-14 电源插脚的插脚注入测试设置——电缆感应方法

原图看不清楚

注释：

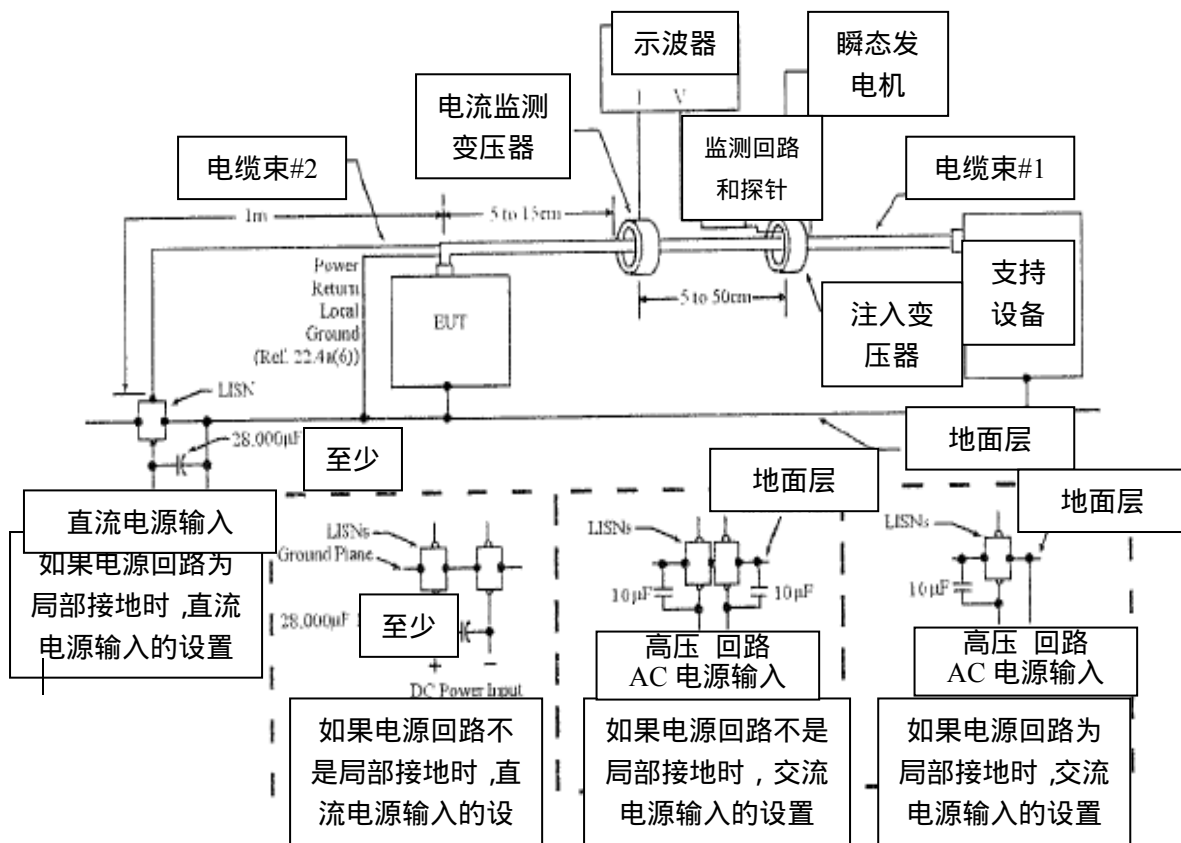
1. 图 22-12 的校准设置中的注释适用。
2. 测试设置和程序应为要求航空器功率和回路中性线之间出现不同的闪电瞬变的设置和程序。如果功率和回路/中性线都来自于远程 LRU，那么在相同的信号电缆束里面，测试设置应采用一个隔离功率回路，以确保正确的通用模式评估。
- 3 除非将注入直接连接到连接器的机壳，否则应在电源回路/中性线上注入。

图 22-15 电源插脚的插脚注入测试设置——地面注入方法



注意：可用串联电流监测电阻器代替电流监测变压器。

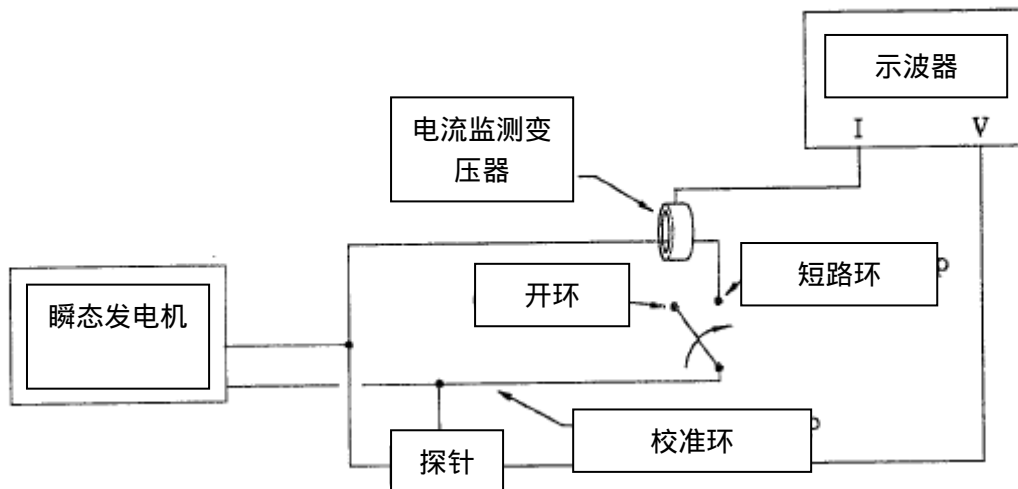
图 22-16 电缆感应测试的典型发电机性能验证设置



**注释：**

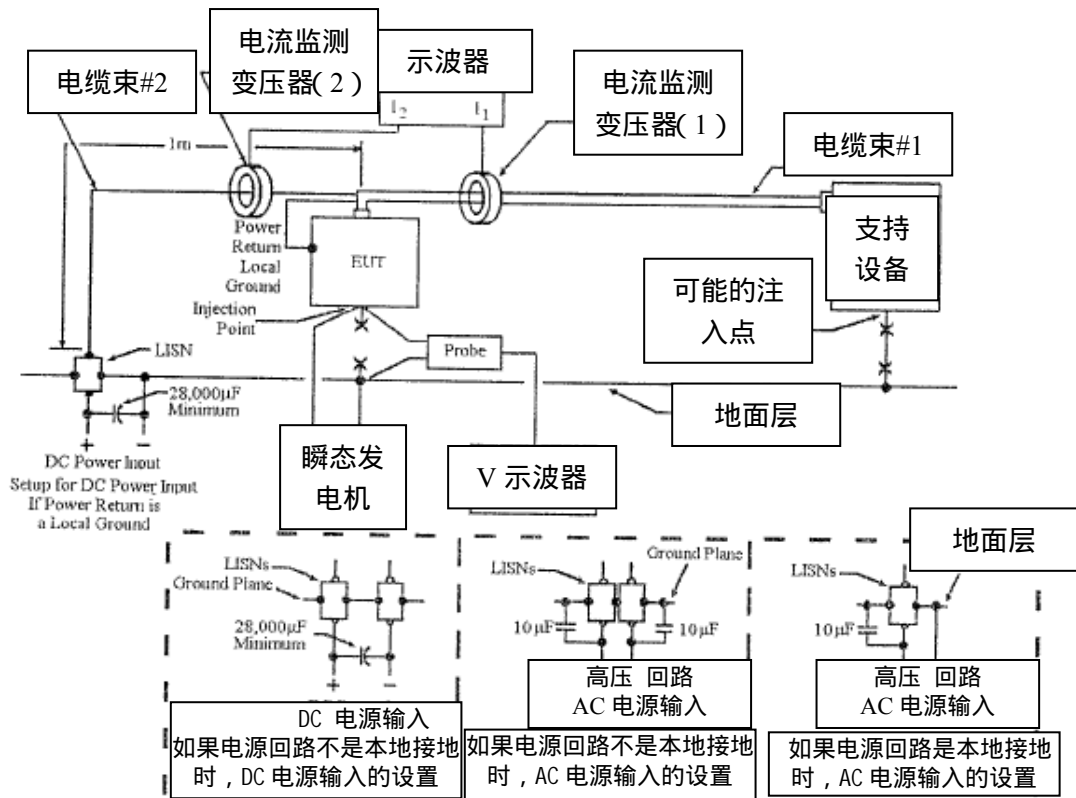
1. 应在电源输入处使用电容器，以提供所示的低阻抗。
2. 可用串联电流监测电阻器代替电流监测变压器。

图 22-17 典型电缆感应测试设置



注意：可用串联电流监测电阻器代替电流监测变压器。

图 22-18 地面注入测试的典型发电机性能验证设置



注释：

1. 应在电源输入处使用电容器，以提供所示的低阻抗。
2. 瞬变发电机的输出阻抗应很低，以避免动力线路上产生过度电压降。瞬变发电机必须有一个低阻抗直流路径，使强电流通过。
3. 可用串联电流监测电阻器代替电流监测变压器。

图 22-19 典型地面注入测试设置

RTCA 公司  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 23 节 闪电直接影响

#### 重要须知

有关本测试程序的信息包含在第 1、第 2 和第 3 节中。另外，附录 A 适用于鉴定执行的环境测试。



## 目 录

23.0	闪电直接影响	338
23.1	测试目的.....	338
23.2	定义.....	339
23.3	设备类型.....	341
23.4.1	高压电击附着测试.....	343
23.4.2	高电流有形损坏测试.....	350
23.4.3	附加测试要求.....	353

### 图表目录

图 23-1	— 高压和高电流测试流程图.....	361
图 23-2	— 电压波形 A.....	362
图 23-3	— 电压波形 D.....	362
图 23-4	-初始引体附着测试设置.....	363
图 23-5	- 小测试对象的扫道附着测试安排.....	364
图 23-6	— 大测试对象的扫道附着测试安排.....	365
图 23-7	— 扫道附着测试电极.....	365
图 23-8	-典型的测试电极.....	366
图 23-9	-控制能量引火电压火花源.....	366
图 23—10	— 注入瞬变测量设备的典型安装.....	367

## 23.1 测试目的

本测试目的在于确定外部安装设备承受雷击直接影响的能力。

“外部安装设备”是指安装在飞机主要表面外部的所有设备，包括被绝缘表面，或作为设备一部分的整流罩所覆盖的所有设备。也包括连接电缆和设备厂商装配的相关终端设备。

本文所叙述的测试特别排除了外部安装设备的感应电压和电流对测试设备产生的效果，以及通过磁场或电场耦合所产生的连接电路。这些直接相应都包含在了第 22 节中。

本节中所涵盖的设备范例都是安装在结构外部的天线，外部照明装置，大气数据探针，外部感应器以及防冰和除冰设备（即电热防冰保护装置），磁流体液面指示器，燃料加注孔盖和排水阀。

本节中没有包含的设备范例都是飞机结构的主要部分（即加热或不加热挡风，电气去冰前缘[其中，去冰系统是前缘结构的一个主要部分，或者说去冰系统是由前缘结构包围的]），同时设备范例还包括由飞机机头天线罩或绝缘遮盖物所保护的外部安装设备（这些绝缘遮盖物属于特定的飞机结构，并且不作为设备的组成部分）。这些零部件都会被作为飞机厂商所规定的，或者适合于合格部件的其他测试方法所规定的机身闪电验证程序的一部分来进行安装和测试。

直接影响测试的两种类型都包括在了本节中：高压电击附着测试和高电流有形损坏测试。高压电击测试用于确定闪电附件在测试对象上的可能位置。高电流有形损坏测试用于确定在闪道附着或接近测试对象期间发生在测试对象上的损坏现象。采用高电流有形损坏测试可以获得：

- 电弧根损坏
- 热点形成
- 焊穿
- 适当保护
- 综合结果（火花和损坏）
- 与测试对象衔接的电气导体感应电压和电流级别

一般而言，执行高压电击附着测试用于确定闪电附着在测试对象上的可能位置。将高电流有形损坏测试应用于高压测试期间的鉴定附着位置上。如果可以鉴定出可能的闪电附着点，没有绝缘遮盖物的测试对象也许不要求在高电流测试前，进行高压电击附着测试。在这种情况下，测试方案应确定高电流应用在测试对象上的位置。

通常情况下，在进行本文所描述的测试期间不会对设备通电或操作。由于闪电直接影响，通电条件会改变设备敏感性的情况下，应对设备进行通电，或者作为一种模拟通电条件的方法。通电或模拟电力方法的需要应在测试方案中予以规定。

在一些情况中，有必要采用其他飞机系统，在闪电附着期间对测试对象潜在的相互作用势进行评价。通常评价的相互作用有两种类型：

- 直接注入测试对象的接线和通过其他飞机电气/电子系统的电压特点
- 来自安放在燃料蒸汽区域的测试对象，发生电弧/火花的可能性。

本节提供了监测电弧和火花的程序，这些电弧和火花会点燃 200 微焦敏感燃料混合物，本节还对直接注入到测试物件接线上的电压提供了测量程序。这些程序的必要性在测试方案中都应予以确定。

外部安装燃料设备要求有另外的监测技术，从而确保这些技术不会产生任何能量大于或等于 200 微焦的引火源。第 24.3.4.1 节描述了如何将本节的测试方法应用于外部安装燃料零部件。应用于燃料零部件这些测试目的是确定对零部件的电击是否会产生一个引火源。本节中的测试不适用于燃烧控制，火焰传播或者由于燃烧导致的压力波动。因此，本节中描述的引火源监测方法不适用于防传播零部件，如阻火器。对于 NACA 通风口而言，火焰蔓延或火焰超压需要进行评估，氢气-氩混合物并不合适，应使用碳氢混合物。

图 23-1 显示了给出测试序列的流程图。

## 23.2 定义

### 作用量累计

在时间持续过程中，改变电流的时间平方累计量。其单位通常用安培平方秒来表示 ( $A^2s$ )

### 弧根

在高电流的情况下，闪道附着在导体表面上的位置。

### 附着点

飞机上的电闪接触点

### 连续电流

发生在高电流电击之间或之后的低级长持续闪电电流。

### 电晕放电

由于飞机和周围大气之间电势不同导致的发光放电。

### 直接影响

由于闪电道附着和/或闪电导电，导致产生在飞机和/或设备上的任何物理影响。包括飞机或设备和结构的绝缘刺破，爆破，弯曲，融化，燃烧和幅度。也包括在联合配线和管道以及其他零部件中的直接注入电压和电流。

### 放电

来自高压或高电流脉冲发电机的放电转移。

### 第一个反冲程

当导线完成两个带电中心之间的连接时，会发生的高电流冲击。电流冲击有一个高峰电流值，电流与时间之比的高变化率，以及高作用积分

### 闪络

当空隙击穿所产生的电弧在没有刺穿的情况下，穿过或接近绝缘表面时的情况。

### 空隙击穿

连接在发电机输出终端上的电极之间的空隙电击穿。该击穿是由高压或高电流脉冲发电机电容器放电所造成的。

### 热点

与燃料/空气混合物相接触的表面，该混合物是由雷电流的传导所加热，温度达到将会点燃该混合物为止。

### 中间值电流

幅度高于持续电流的范围，低于击电流范围的几个毫秒持续时间电流。

### 引头

伴随着密集电场的闪电反冲程的一个低亮度，低电流前体。

### 电闪

整个闪电事件的总称。闪电也许发生在一朵云内，两朵云之间，或云层与地面之间。它由一个或多个反冲程组成，加上中间值或持续电流。

### 雷击

任何电闪附着在飞机上的现象。

### 雷击区域

根据闪电附着的可能性，留驻时间和电流传导所划分的飞机表面区域。参见 ARP5414/ED-91。

### 雷击（反冲程）

当闪电前体与地面或另一个带电中心时，会发生的闪电电流冲击。

#### 击穿

固体绝缘材料绝缘特性的局限性不可逆击穿。

#### 流光

在直接电击前或雷击临近条件下的枝状离子化路径。

#### 扫道

与飞机相关的闪道，由于飞机的运动，闪电扫过飞机一身所导致的一系列接连出现的附着情况。

#### 扫前体

在前体蔓延期间由于飞机运动，使得与飞机相关，继初始前体附着后，在第一反冲程到达前的位置发生移动的闪电前体。

#### 热火花

使得电流穿过点接触的传导材料的快速融化和蒸发所排出的燃烧粒子。

#### 电压火花

两个分离导体之间的气体电介质的电击穿

### 23.3 设备类型

应用在外部安装设备的测试类型和严重级别取决于设备指定的类型。设备所指定的测试类型应与设备所在的雷击区域相一致。设备类型的标识应由四个部分组成：

- 指定高压雷击附着测试类型的头两个字符。
- 指定高电流有形寻坏测试类型的第三个和第四个字符。

类型指定应按照下列形式出现：

2A	2A
高压	高电流
雷击附着	有形损坏
测试类型	测试类型

如果没有执行高压电击附着测试，头两个字符应为 XX。如果没有执行高电流有形损坏测试，头两个字符应为 XX。如果没有执行任何测试，类型指定应为 XXXX。

如果采用波形或与本节中所指定的不同的测试配置，执行高压或高电流，可以使用类型指定 ZZ。例如，采用在对 1A 类进行高电流有形损坏测试之后的非标准波形的高压雷击附着已经有了类型指定

ZZ1A。 当使用 ZZ 类，测试报告应叙述特定的测试条件和测试级别。

下面是对每个标准测试类型的说明

#### 1A 类

用于外部安装在飞机所鉴定的闪电区域 1A 上 区域 1A 是在带有低火花可能性的闪道附着期间，第一反冲程可能发生的所有飞机表面。

#### 1B 类

用于外部安装在飞机所鉴定的闪电区域 1B 上的设备。1B 区域是在带有高火花可能性的闪道附着期间，第一反冲程可能发生的所有飞机表面。

#### 1C 类

用于外部安装在飞机所鉴定的闪电区域 1C 上 区域 1C 是在低火花可能性下，闪道附着期间，减少幅度的第一反冲程可能发生的所有飞机表面。

#### 2A 类

用于外部安装在飞机所鉴定的闪电区域 2A 上 区域 2A 是在低火花可能性下，随后反冲程可能被扫过的所有飞机表面。

#### 2B 类

用于外部安装在飞机所鉴定的闪电区域 2B 上 区域 2B 是在高火花可能性下，带有随后反冲程的闪道可能被扫到的所有飞机表面。

#### 3N 类

用于外部安装在飞机所指定的闪电区域 3 中的设备。该区域有新的设计特性，能够显著地减小传统设计装置的保护级别，或者，该区域没有经过证实的服务史。

### 23.4 一般测试程序

本节描述了高压电击附着和高电流有形损坏测试程序。采用高压测试决定闪电也许会附着在设备上的位置，同时证实非传导材料保护是否足够。高电流测试用来证实设备承受闪电电流的能力。

#### **警告**

闪电模拟测试要求有高能电气设备，该设备在运行期间可以充电，达到非常高的电压水平上。因此，所有与测试设备类型相关的安全预防措施都应予以遵守。所有测试都应由在高压/高电流测试方面经验丰富的人员在控制进入区域内执行。

### 23.4.1 高压电击附着测试

本节中包括了高压测试的两种类型：在测试对象上执行的高压测试类型取决于测试类型要求。初始引体附着测试用于确定由于逐渐靠近的闪电引体所导致的可能的设备闪电附着位置。扫道附着测试确定由于闪道扫过设备时，可能发生的设备闪电附着位置、表 2.3-1 对有关测试类型和应用在每个测试类型上的相关高压测试波形进行了小结。

表 23-1 - 高压测试类型和测试波形

高压电击附着测试类型	测试类型	高压波形	
		A	D
1A	初始引体附着测试 (23.4.1.2)		X
1B	初始引体附着测试 (23.4.1.2)		X
1C	扫道附着测试(23.4.1.3)	X	
2A	扫道附着测试(23.4.1.3)	X	
2B	扫道附着测试 (23.4.1.3)	X	
3N	扫道附着测试 (23.4.1.3)	X	

#### 23.4.1.1 高压测试波形

采用下列一个或多个波形，执行高压电击附着测试

##### 电压波形 A

电压波形 A 是以  $1000 \text{ kV}/\mu\text{s} \pm 50\%$  速率升高的电压，见图 23-2。升高的速率应从最高电压的 30% 到 90% 来进行测量。

##### 电压波形 D

电压波形 D 是提高到峰值为  $50 \mu\text{s}$  到  $250 \mu\text{s}$  的电压，时间大约为峰值  $2000 \mu\text{s}$  的 50%。见图 23-3。

#### 23.4.1.2 初始引体附着测试

##### 23.4.1.2.1 测试目的

本测试适用于指定为高压电击附着测试类型 1A 和 1B 的设备。测试应用于鉴定设备上可能的闪电附着方位，同时用于设备有绝缘涂层的地方，确定穿过或通过绝缘层的击穿路径。

##### 23.4.1.2.2 测试对象

测试对象应是全规模生产线硬件或代表原型。测试样品在测试方案中都应予以确定。

##### 23.4.1.2.3 测试夹具

测试对象应安装在代表实际或有意安装的测试夹具上。测试夹具在测试方案中都应予以确定。

##### 23.4.1.2.4 测试设置

测试对象和测试夹具应按照测试方案的要求，安装在图 23-4 所示的导电接地面上。通常固定在机身上的测试对象的所有导电部分都应连接在与高压发电机终端相连的地面上。发电机的其他终端应连接在图 23-4 所示的大电极板上。地面和电极也许需要有圆状棱边的足够大小（电气应力消失）。这些圆状棱边从平面上看应是正方形或圆形的。测试安排可以使得电气活动在测试对象上而非电极上开始，诸如电晕放电或流光。

应遵循下列步骤来设置初始引体附着测试：

- a. 将测试对象安装在测试夹具上。保证测试对象与测试夹具的电气结合处代表了实际或指定的安装。
- b. 将测试对象和测试夹具安装在地平面上。
- c. 电气连接测试对象上或测试对象内的所有传导硬件，该测试对象与机身接地按照测试方案与机身和地平面接地。
- d. 将高压发电机的输出与电极相连接。



- e. 将高压发电机回路连接到地平面上。
- f. 确保高压发电机和测试对象之间的高架连接以及测试对象与地平面的距离比与测试对象之间的距离更远。
- g. 需要注意的是,虽然测试对象和飞机之间的所有电气连接包括在测试设置中是必要的,但是任何规定的接地电阻都没有必要满足这些高压电击附着测试的要求。电气连续性很重要,但是经低电阻结合的连接装置并不是非常重要的。
- h. 设置感应和测试设备 包括高压分隔器,记录示波器和摄影机来对闪络进行照相。用来测量放电电流,并且对测试对象内或测试对象外的流动进行照相的附加设备也可以包括在内。

#### 23.4.1.2.5 测试波形

应使用图 23-3 中规定的电压波形 D。如果高压发电机放电电流超过典型引体电流范围,达到几千安培,则放电电流也许或产生超过该测试范围的不现实的效果。

#### 23.4.1.2.6 测量和数据记录

对于初始引体附着测试,应记录下列测量数字和数据:

- 每个测试设置的照片和说明。
- 测试电压和电流波形段
- 所有高压释放的照相记录。这些应完成对测试表面的覆盖。一个摄影机应使得试拍的即时初始分析能够使得任何穿刺都能在附加测试进行时以及进行之前进行鉴定。
- 每个电极配置进行摄影
- 对穿刺方位或其他重要的效果进行摄影。
- 试验环境数据的记录(诸如温度,压力和湿气),测试日期,执行和目睹测试的人员以及测试方位。
- 任何与测试对象相偏离的记录
- 对每个显示了极性,电压幅度和波形释放结果的记录。

#### 23.4.1.2.7 测试程序

应遵循下列程序来设置初始引体附着测试：

- a. 测量试验环境条件。
- b. 评估和完成安全程序。 需注意：
  - 在对测试设备通电前，测试区域应是安全的并且该区域没有人员。
  - 在测试后以及人员重新进入测试区域前，电容器组必须予以短路。
  - 眼保护和耳保护必须合适。
- c. 按照下列要求校准高压发电机和仪表设备：
  1. 仔细检查测试对象的任何随后会与测试效果相混淆的缺陷，并且对它们进行鉴别。
  2. 用金属箔覆盖测试对象，并将金属箔与地面相连接。
  3. 选择初始极性，并开始对金属箔进行测试，同时测量应用电压。 测试对象的初始极性最好为正极（+）。
  4. 如果波形没有按照要求，应调整发电机参数或电极空间从而获得确定的波形。
  5. 重复校准步骤，从而获得要求的条件。
  6. 将金属箔从测试对象上移除。
- d. 采用恰当的技术来清理测试对象，从而去除可能会影响测试结果的碎片和其他污染物。
- e. 将放电应用于测试对象上，同时测量应用电压，并且对闪络路径进行拍摄。 确保在电压波形幅度前，放电发生在上升波形前端。 三种情况适用于一个有效测试：
  - 外部电极与最近的传导原件（测试物件内部或外部）之间的距离至少为1m。
  - 流光的连接应发生在远离测试对象的空气中（这个可以通过对闪络的拍摄来确认）。
  - 来自外部电极的连接引体肯定不是来源于电极边缘。
- f. 采用接地棒来去除测试对象上的电荷。
- g. 检查测试物件并对结果进行记录。 特斯拉线圈对于确定肉眼难以看见的小穿孔的位置是非常有用的。 如果发生了穿孔，应执行评估，从而确定测试对象是否符合适用设备性能标准。 如果认为没有满足设备性能标准，测试顺序需要终结。
- h. 重复（e）到（g）的步骤，对释放在测试对象上的高压电的最小值进行确定。

注： 由于测试对象的介电性质可能会逐渐退化，在任何高压电极和测试对象位置的特定合成上，总的放电量应限制在二（2）。

- i. 对高压发电机极性进行转变。
- j. 重复步骤（e）到（h）。
- k. 按照测试方案的要求，对高压电极和测试对象进行重新安置。
- l. 按照测试方案，重复步骤（e）到（k）。

#### 23.4.1.2.8 数据解释

测试对象应经历一个完整的后测试评价。 **确定是否与适用设备性能标准相符合。**

#### 23.4.1.3 扫道附着测试

##### 23.4.1.3.1 测试目的

该测试适用于高压电击附着测试 1C 2A 2B or 3N 类所指定的设备。可以使用该测试来鉴定测试对象上可能的闪电附着位置，同时，在测试对象具备一个绝缘表面的地方，确定通过或穿过绝缘表面的击穿路径。

##### 23.4.1.3.2 测试对象

测试对象应是全规模生产线硬件或代表原型。测试样品在测试方案中都应予以确定。

##### 23.4.1.3.3 测试夹具

测试对象应安装在代表实际或有意安装的测试夹具上。测试夹具在测试方案中都应予以确定。

##### 23.4.1.3.4 测试设置

图 23-5 展示了显示测试对象和典型测试电极位置的典型测试安排的概述。如图 23-6 显示，较大的测试对象，大约为 0.25 米或更多的尺寸，通常要求对多个电极位置进行测试。

应遵循下列步骤来设置扫道附着测试：

- a. 将测试对象安装在测试夹具上。保证测试对象与测试夹具的电气结合处代表了实际的安装。
- b. 将测试对象和测试夹具安装在地平面上。
- c. 电气连接测试对象上或测试对象内的所有传导硬件，该测试对象与机身接地按照测试方案与机身和地平面接地。
- d. 将高压发电机的输出终端与高压电极相连接。电极应按照图 23-7 来进行。

- e. 设置感应和测试设备 包括高压分隔器，记录示波器和摄影机来对闪络进行照相。 用来测量放电电流，并且对测试对象内或测试对象外的流动进行照相的附加设备也可以包括在内。

#### 23.4.1.3.5 测试波形

应使用图 23-2 中规定的电压波形 A。

#### 23.4.1.3.6 测量和数据记录

对于扫道附着测试，应记录下列测量数字和数据：

- 每个测试设置和电极位置的照片和说明。
- 所有测试的照相记录。 摄影机应对测试物件进行 360 度的覆盖。 一个摄影机应使得试拍的即时初始分析能够使得任何穿刺都能立即进行鉴定。
- 对穿刺方位或其他重要的效果进行摄影。
- 记录试验环境数据（诸如温度，压力和湿气），测试日期，执行和目睹测试的人员以及测试方位。
- 任何与测试程序相偏离的记录
- 对每个显示了极性，幅度和波形结果的记录。

#### 23.4.1.3.7 测试程序

应遵循下列程序来设置扫道附着测试：

- a. 记录试验环境条件。
- b. 评估和完成安全程序。 一些需要关注的地方如下：
  - 在对测试设备通电前，测试区域应是安全的并且该区域没有人员。
  - 在测试后以及人员重新进入测试区域前，电容器组必须予以短路。
  - 眼保护和耳保护必须合适。
- c. 仔细检查测试对象的任何随后会与测试效果相混淆的缺陷，并且对它们进行鉴别。
- d. 按照下列要求校准发电机和仪表设备：
  - 1. 确定基于由扫距来增加的 140kV/m 的可取测试电压。 扫距应按照测试方案来确定（参考图 23-5 和图 23-6）。 如果扫距为 0.5m 或更少，那么可取的测试电压应为 70 kV。应设置高压发电机，从而产生电压波形 A。
  - 2. 设置图 23-5 所示的球间隙，并且对球间隙进行设置，从而使得飞弧在可取测试电压 120-130% 的电压上发生。 操作高压发电机，从而使得闪络发生在球间隙中。 球间隙飞弧应发生在波形 A 的波形前段上。对球间隙的击穿电压进行记录。 如果必要的话，应调整球间隙的距离，这

样球间隙可以在可取测试电压 120 - 130 %上击穿，并且重复球间隙击穿电压显示。如果要求的波形不正确，应调整发电机参数或电极空间从而获得确定的波形。

3. 将高压发电机的输出终端与高压测试电极相连接。电极应符合图 23-7 的规定。
4. 将测试对象安装在测试电极以下，这样可使得电极在一个测试位置以上。在测试对象上的所有测试电极位置应在测试方案中予以规定。将测试对象接地，与高压发电机回路相连。安放测试对象的金属箔顶部薄片，并将金属箔接地，与高压发电机回路相连。电极距离测试对象的表面应不超过 50mm 远。
5. 操作高压发电机。记录在 140KV 以下测试电压的测试电极击穿电压。需要减少空间距离，这样电极可以在可取的测试电压上击穿( -0/+10% )。重复需要的电极击穿电压显示。最大测试电极空间应为 50mm。
6. 将金属箔从测试对象上移除。
- e. 采用恰当的技术来清理测试对象，从而去除可能会影响测试结果的碎片和其他污染物。
- f. 将测试电压应用于电极上，同时测量应用电压，并且对闪络路径进行拍摄。
- 注：如果测试对象上没有发生闪络，测试已经被成功应用。这表明，测试对象上的绝缘表面完全可以承受闪道电压。
- g. 检查测试物件并对结果进行记录。对测试对象上的任何击穿孔或其他效果应进行标记和拍摄。如果发生了穿孔，应执行评估，从而确定测试对象是否符合适用设备性能标准。如果认为没有满足设备性能标准，测试顺序需要终结。
- h. 重复（e）到（g）的步骤，对两个高压放电的最小值进行确定。
- 注：由于测试对象的介电性质可能会逐渐退化，在任何高压电极和测试对象位置的特定合成上，总的放电量应限制在二（2）。
- i. 对高压发电机极性进行转变。
- j. 重复步骤（d）到（h）。
- k. 按照测试方案的要求，对高压电极和测试对象进行重新安置。
- l. 按照测试方案，重复步骤（d）到（k）。

#### 23.4.1.3.8 数据解释

测试对象应经历一个完整的后测试评价。**确定是否与适用设备性能标准相符合。**

## 23.4.2 高电流有形损坏测试

### 23.4.2.1 高电流测试波形

表格中显示了适用于每个类型的电流部分。

表 23-2 – 高电流部分

高电流有形损坏 测试类型	测试类型	高电流波形						
		A	A <sub>h</sub>	A/5	B	C*	c	D
1A	<u>电弧输入</u> (23.4.2.2)	X			X	X		
1B	<u>电弧输入</u> (23.4.2.2)	X			X		X	X
1C	<u>电弧输入</u> (23.4.2.2)		X	X		X		
2A	<u>电弧输入</u> (23.4.2.2)				X	X		X <sup>1</sup>
2B	<u>电弧输入</u> (23.4.2.2)				X		X	X <sup>1</sup>
3N	<u>电弧输入</u> (23.4.2.2)			X	X	X		

注 1：D 部分首先得以应用。

处于认证的目的，电流测试部分 A、A<sub>h</sub>、A/5、B、C\*、C 和 D 可以代表自然闪电环境。每个部分模拟电闪中电流中的一个不同特性。当测试执行的时候，表 23-2 中显示了这些波形应用于合适的类型上。这些波形可以单独或作为两个或多个部分的合体应用在一个测试中。

#### A 部分-第一反冲程电流

A 部分有一个 200 kA ±10% 最高幅度，同时带有一个具有总时间达到峰值 1%，不超过 500μs 的  $2 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s} \pm 20\%$  作用合成，测试电流波形可以是单向或振动的。从峰值的 10% 到 90% 的上升时间不超过 50μs。

#### A<sub>h</sub> 部分-转变区域电流

A<sub>h</sub> 部分有一个 150 kA ±10% 最高幅度，同时带有一个具有总时间达到峰值 1%，不超过 500μs 的  $0.8 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s} \pm 20\%$  作用合成。测试电流波形可以是单向或振动的。从峰值的 10% 到 90% 的上升时间不超过 50μs。

#### A/5 部分-区域 3 电弧输入电流

A/5 部分有一个 40 kA ±10% 最高幅度，同时带有一个具有总时间达到峰值 1%，不超过 500μs 的  $0.08 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s} \pm 20\%$  作用合成。测试电流波形可以是单向或振动的。从峰值的 10% 到 90% 的上升时间不超过 50μs。

#### B 部分-中间值电流

B 部分的平均幅度为 2 kA ±20% 以及在 5 毫秒 ±10% 上 10 库伦 ±10% 的电荷转移。波形应是单向的，并且可以是矩形，指数或线性

衰减的。

#### C 部分-持续电流

C 部分在 0.25s 和 1.0s 之间转移 200 库伦  $\pm 20\%$  的电荷。波形应是单向的，也可以是矩形，指数或线性衰减。并且波形的平均幅度应在 200 到 800A 之间。

#### C\*部分-带有短持续扫附着区域

C\*在 45ms 的时间内 ( $\pm 20\%$ ) 转移了 18 库伦  $\pm 20\%$  的电荷。波形应是单向的，也可以是矩形，指数或线性衰减，其平均电流幅度不少于 400A。

#### D 部分-再触发电流

D 部分有一个最高幅度为 100 kA  $\pm 10\%$  并且作用合成为  $0.25 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s} \pm 20\%$ 。该部分可以是单向的或振动的，不超过 500  $\mu\text{s}$ ，总时间为峰值的 1%。最高电流 10%到 90%的时间都不应超过 25  $\mu\text{s}$ 。

### 23.4.2.2 电弧输入测试

#### 23.4.2.2.1 测试目的

该测试适用于高电流有形损坏测试类型 1A、1B、1C、2A、2B 和 3N 所指定的设备。该测试用于评估暴露在闪电直接注入下设备的损坏程度。对于燃料部分，可以使用 23.4.3.2 的附加程序对点燃源进行监测。在直接闪电附着期间发生电压瞬变的电气回路设备应使用 23.4.3.3 程序来测量这些瞬变值。

#### 23.4.2.2.2 测试对象

测试对象应是全规模生产线硬件或代表原型。测试样品在测试方案中都应予以确定。

#### 23.4.2.2.3 测试夹具

测试对象应安装在代表实际或有意安装的测试夹具上。测试夹具在测试方案中都应予以确定。

#### 23.4.2.2.4 测试设置

应遵循下列步骤来设置电弧输入测试：

- a. 将测试对象安装在测试夹具上。
- b. 按照测试方案的规定将发电机回路连接在测试夹具上。闪电应以当飞机被闪电击中时为代表的方式来传导，并且远离测试对象。
- c. 确定测试电极的方位，使得电极的暴露传导部分在被评估的测试对象区域以上 50mm 或更大。正如图 23-8 所示，对于大部分的电弧输入测试而言，电极应为“喷射转移类型”。喷射转移电极有一个能够覆盖所有面向测试对象表面的绝缘材料，这样可迫使电弧来自于背对测试对象的

表面。测试对象和喷射转移电极非传导部分之间的距离应至少为 25mm。如果爆炸或冲击波效果没有考虑在内，可以使用带有圆端以及直径为 50mm 或更大的焊条电极。该电极能够传导要求的测试电流。

- d. 如果可行的话，可以使用直径不超过 0.1mm 的纯金属线，从而将电弧引导在测试对象的特定点上。对于使用低压的发电机而言，这种方法有效。
- e. 设置感应和测试设备

#### 23.4.2.2.5 测试波形

电流波形 A、 $A_h$ 、A/5、B、C、C\*、和 D 用于本测试中，这取决于测试的类型（见表 23-2）。

#### 23.4.2.2.6 测量和数据记录

电弧输入测试需要有下列测量数字和数据：

测试设置的照片和说明。

每次放电前后测试对象的照片。

测试对象损坏的照片和说明。

试验环境数据的记录（诸如温度，压力和湿气），测试日期，执行和目睹测试的人员以及测试方位。

任何与测试对象相偏离的记录

对显示了极性，电压幅度，波形，作用积分和在适用测试点上电荷转移的每个放电结果的记录。

对与测试对象相联系的电气导线上的电压和/或电流瞬变的记录。

#### 23.4.2.2.7 测试程序

应遵循下列步骤来执行电弧输入测试：

- a. 记录试验环境条件。
- b. 审核和执行试验安全程序。
- c. 按照下列要求来确认高电流发电机，放电回路和感应以及记录设备。
  1. 将模拟测试对象插入到电极下的测试固件中，或者将传导棒放置在实际测试对象上，这样使得波形测试放电不会破坏测试对象。模拟测试对象或传导棒应有与测试对象大约相同的尺寸和导电性。
  2. 将测试夹具或测试棒与发电机回路相连。
  3. 将电流释放在模拟测试对象/棒上，同时测量应用的电流波形。
  4. 如果电流级或波形不正确，请调整发电机参数。
  5. 重复步骤 3 和步骤 4，从而获得要求的电流级和波形。



6. 移开模拟测试对象或测试棒。 将测试对象安装在测试夹具上。
- d. 将电流释放在测试对象上。
- e. 检查测试物件并对结果进行记录。
- f. 如果有要求，将电极放置在一个新的位置上，并且重复步骤（d）到步骤（e）。

#### 23.4.2.2.8 数据解释

测试对象应经历一个完整的后测试评价。 确定是否与适用设备性能标准相符合。

### 23.4.3 附加测试要求

#### 23.4.3.1 外部安装燃料设备

外部安装燃料设备，如管盖，磁性流体级指示器要求有另外的监测技术，从而确保这些设备不会产生大于或等于 200 微焦能量的引火源。 下列方法适用于所有高电流有形损坏测试类型。

#### 23.4.3.2 引火源监测方法

能量超过或等于 200 微焦的引火源可以通过照相方法或通过敏感引火燃料混合物来进行监测。 要求对引火源进行监测的高电流有形损坏测试应按照 23.4.2.2 节中规定的程序，连同下文所规定的一种或两种引火源监测方法来进行。

##### 23.4.3.2.1 照相机

###### 23.4.3.2.1.1 测试目的

该方法采用照相来监测在燃料系统部件高电流测试期间产生的电火花（电压火花）或热火花（电弧）的引火源。 当测试对象上的所有角度都被观测到的时候就可以使用该方法了。 如果无法观测到所有的角度，或者装置结构较为复杂，阻碍了视线，应采用照相和可燃混合物测试相结合的方法。 采用的照相方法必须能够监测 200 微焦电火花。 带来同等危险程度的热火花通常会释放更多的亮度，并且比 200 微焦电压火花更容易被检测到。

照相法有很多个优点，包括使得测试设备设置容易，同时对能够识别引火源，进而有助于故障分析的测试进行永久性的记录。

###### 23.4.3.2.1.2 测试设备

###### a. 照相机和胶卷

在该方法中可以使用 35mm 和偏光薄膜。 照相机和胶卷应有足够的敏感性，从而鉴别出 200 $\mu$ J 电压火花。 暴露在离潜在引火源不足 1.5 米（包括镜面反射的距离）F4.7 镜片（没有滤光的情况下）下的

偏光黑色和白色 3000ASA 感光度胶卷满足要求。35mm 胶卷对能量达 200 微焦，同时其粒度可以使得使用的镜片能够清晰捕捉的电压火花有足够的敏感性。应遵循由厂商建议的发展时间-温度合成。不应使用过时的胶卷。

### 镜片

有必要在测试期间对测试对象的多个角度进行观测。这个可以通过使用前表面镜来实现，使用的时候应小心谨慎，最大程度上减小可能会改变照相机敏感度的反射损失。典型的，一个表面发射是可接受的。如果使用一个或多个镜子，总的反射损失应少于 15%。

### 不透光测试实验室

照相技术要求有一个不透光测试实验室，使得照相机光圈能够在闪电测试电流释放的过程中处于打开的状态。应有参考的 LED 或一个小的光源帮助识别引火源的位置，并且证实照相机快门在测试过程中处于打开的状态。

#### 23.4.3.2.1.3 测试程序

- a. 设置照相机。确保所有的照相机的焦点都是对准了的，并且所有潜在光源都有足够的清晰性。
- b. 先前测试照相设置。对受照的测试对象照相，从而帮助确定在测试过程中看见的火花位置。
- c. 确认设置为足够不透光，并且确定任何测试台连接装置上的任何火花都不会对测试对象上有害的火花监测产生混淆。
- d. 打开照相机快门，并遵照 23.4.2.2 节中有关高电流测试设置和释放的规定。
- e. 在关闭照相机快门前，在测试箱内部点亮一个小光源，从而确定快门在测试期间是处于开启的状态。  
关闭快门。
- f. 检查胶卷，确定引火源是否存在。对于偏光薄膜胶卷而言，阴图底片是最敏感的，并且应首先予以研究。任何光线都应表示存在着可能的燃料引火源。使用两个或三个照相机可以帮助减少可能存在的，也许会同光源相混淆的胶卷缺陷。

#### 23.4.3.2.1.4 数据要求

如果使用照相机法，另外的数据记录要求有：

- 镜头设置，胶卷类型，以及在测试过程中使用的胶卷制造商。
- 从照相机到测试对象的测量距离。
- 测量镜头反射损失
- 如果照相技术没有遵照上文中提到的要求，该方法对 200 微焦电压火花

的敏感度应予以证实,可以采用 200 微焦控制能量引火电压火花源来校准胶片感光度,孔径定位,反射表面以及与照相机胶片平面的距离。

### 23.4.3.2.2 可燃混合物(可燃气)测试方法

#### 23.4.3.2.2.1 测试目的

**警告 测试可燃气体混合物是危险的,应采取恰当的预警措施。**

该方法作为照相法或与照相法一起作为监测潜在引火源的方法。引火混合物是瞬变热点发生事件的首选方法。该方法应使用在所有在测试内部配置可能引火源无法被照相机观测到的地方。

氢气/氧气/氩气混合物(5%氢气,12%的氧气和83%氩气)是可燃混合物测试的首选气体。当暴露在200微焦电压火花源时,混合物有一个可证明的大于90%的引火可能性。此外,在燃烧期间,该混合物提供了非常低能的释放,改变了测试的安全,并减少了测试室的压力释放要求。在燃烧过程中,氢气不会释放出可见的光线,从而使得能够同时使用照相测试方法,从而提高对测试结果的可信度。

如果在测试期间使用可燃混合物同时没有发生引火的情况,在闪电测试后通过引入到测试室内不超过200 $\mu$ J的控制能量引火电压火花,从而对混合物可燃性进行确认。如果可燃混合物没有通过控制能量引火电压火花源来点燃,闪电测试应该被认为是无效的,并且采用一个新的混合物来重复测试,直到闪电测试或控制能量引火电压火花源点燃混合物为止。

如果难以满足气体校准程序(23.4.3.2.2a),要求采用200微焦电压火花源来实现9/10的点燃,控制能量电压火花源应按照程序来评估,从而对200微焦进行确定,需要注意的是,这个能量对于温度,湿度,间隙空间,电极干净较为敏感。

如果确认了控制能量火花源,氢气/氧气/氩气混合物中的氢气浓度可以增加0.5%(保持1.2化学浓度),直到满足了9/10的要求。氢气浓度不应超过7%。

	氢气	氧气	氩气
最初混合物	5%	12%	83%
0.5% 氢气增加量	5.5%	13.2%	81.3%
1.0% 氢气增加量	6.0%	14.4%	79.6%
1.5% 氢气增加量	6.5%	15.6%	77.9%
2.0% 氢气增加量	7.0%	16.8%	76.2%

警告：使用最低氢气浓度的混合物，用 200 微焦电压火花源来实现 9/10 点燃的气体校准要求。在 5% 的氢气浓度下，指定的最低点燃能量 (MIE) 为 200 微焦。增加氢气浓度，超过这一水平会产生保守的测试敏感度。

#### 23.4.3.2.2.2 测试设备

##### a. 测试盒和流量控制系统

测试盒的容量应尽可能小，减少气体混合物的体积，从而使得点燃发生时能够最大程度地减小能量的释放。测试盒应加入爆裂洞口/特性，从而避免压力积聚，并且使得能够对混合物的点燃进行确认。采用气体混合物流取代测试盒的容积达 5 次可以确信在测试盒容积中有必要的混合物。流量控制系统对控制引入到测试室内的气体混合物是必要的。一般而言，压缩气体流动是由质量控制流量表来控制的，从而对测试室设定了特定的流动率。一个典型的流动速率计算如下：

对于 5% 氢气，12% 氧气和 83% 的氩气

测试箱体容积=1 立方英尺=28.3 升

将 5 个容积在 5 分钟内引入要求流速为每分钟 28.3 标准升 (SLPM)。速率应该为：氢气为 1.4SLPM。氧气为 3.4SLPM，氩气为 23.5SLPM。

##### b. 控制能量引火电压火花源

在闪电测试放电前后，控制能量引火电压火花源对证实和确定气体混合物引火特性是必要的。控制源应在两个 3.2mm 直径铝电极之间 1.5-2.0mm 处产生一个电压火花。该电压火花能量应不大于 200 微焦。

一种产生电压火花的方法是在间隙中间放置一个小的电容器。间隙之间释放的能量可以以电容器 (C) 的值和电荷电势为基础来予以计算。可以假设，系统中储存的所有潜在能量 ( $1/2CV^2$ ) 将在横跨两个电极之间容积的电压火花中释放。为了保证这个假设是有效的，在电容器和电压火花间隙之间应使用粗短的导线和坚固连接装置。例如，在大气中，2 毫米间隙会在 7.95 kV +/- 5% 的情况下发出火花。在该电压下，大约需要有 6pF 的电容来储存会使得气体混合物引燃的 200 微焦能量。在氢气-氧气-氩气混合物中的实际击穿电压低于大气中的击穿电压。因此，电容值需要更高，从而保证有 200 微焦的火花。

图 23-9 显示了一个典型的受控能量引火源示意图。为了防止多次放电，充电时间常数大约是电阻为 150G 时的秒数。这一大小的电阻要求支撑结构有非常高的电阻，或者系统充电不会达到击穿的级别上。火花间隙电压可以通过静电伏特计来予以测量。间隙和地面之间的 50M 绝缘电阻器保证了只有储存在真空电容器的能量会送到间隙中。另外，可以采用电晕源来保证间隙之间的持续击穿电压。

#### 23.4.3.2.2.3 测试程序

a. 气体混合物校准程序

在执行闪电测试前，在最低能量电压火花 200 微焦级上，气体混合物/测试量引火可能性必须予以证实和记录。该信息对于确定闪电测试结果的可信性级别上是非常必要的。在舱室安装测试标本前执行该校准测试。

1. 设置气体流速。
2. 对电极头进行外观检查。清洗并打磨电极头，并且设置/证实要求的间隙空间。这条需要在每个测试阶段中一次完成。
3. 对测试盒的吹灭孔进行密封。
4. 将控制能量引火电压火星源调整到 200 微焦。
5. 通过填满舱室，替代五个测试量来开始校准测试顺序。
6. 释放控制能量电压火星源，并且记录击穿电压、引火（是/否）、测试时间以及注入的计算能量。
7. 如果引火没有发生，需要等待两分钟并且不断放出火花。在进行五次尝试后，采用高能量火星源来点燃。
8. 重复测试步骤 5 到 7 至少 9 次，并且记录引火的次数，从而在至少 9/10 的连续测试上对气体混合物引火进行证实。周期性地检查间隙空间并且打磨/清洗电极头。对每个顺序的开头和结尾处的电容进行证实。

b. 闪电测试程序

1. 设置气体流速。
2. 对测试盒的吹灭孔进行密封。
3. 将控制引火源调整到 200 微焦。
4. 通过填满舱室，替代五个测试量来开始执行测试顺序。
5. 遵照高电流电弧输入（23.4.2.2 节）测试设置和放电测试程序。
6. 如果在高电流释放期间发生了引火，确定是否与适用设备性能标准相符合。
7. 如果由于闪电测试释放导致没有引火发生，点燃控制能量引火电压火花源，从而证实该混合物是可燃的。
8. 如果控制能量引火电压火花源没有点燃混合物，需要等待两分钟并且不断放出火花。在采用控制能量引火电压火花源进行五次尝试后，采用高能电压火花源来点燃。如果控制能量引火电压火花源没有点燃混合物，则该测试无效。
9. 在随后的测试中重复步骤 1 到步骤 8。周期性地检查间隙空间并且打磨/清洗电极头。对每个顺序的开头和结尾处的电容进行证实。

注：如果在相同的测试物件上计划采用另外的测试，则在点燃控制能量引火电压火花源之前采用这些测试。如果按照步骤（7）和步骤（8），采用控制能量引火电压火花源无法成功引火，所有应用在该物件上的测试必须被视为无效。对于测试持续期间而言，应保持舱室内部的混合物。

#### 23.43.2.2.4 数据要求

如果执行引火混合物测试，数据记录要求有：

类型，级别和气体浓度

流速计算

由于控制电压火花源计算所导致的引火可能性（即 10 个校准引火结果）

对控制能量引火电压火花源内部能量的证实。

#### 23.4.3.3 外部硬件感应电压测量

##### 23.4.3.3.1 测试目的

该测试适用于高电流有形损坏测试类型 1A、1B、1C、2A、2B 和 3N 所指定的设备。该方法测量在设备处于闪电电流情况下，EUT 电子连接器上的电压。可以根据设备性能来选择连接器类型，并且对连接到外部安装设备的内部设备保护装置的级别进行规定。

##### 23.4.3.3.2 测试对象

测试对象应是全规模生产线硬件或代表原型。从电磁性的角度看，结构，配线和设备安装应和期望的生产配置相似。测试对象应包括诸如密封圈、连接跳线、涂料和密封剂之类的安装条款。测试夹具在测试方案中都应予以确定。

##### 23.4.3.3.3 测试夹具

测试对象应安装在代表实际或有意安装的测试夹具上。测试夹具在测试方案中都应予以确定。

##### 23.4.3.3.4 测试设置

应遵循下列步骤来设置注入瞬变测量：

- a. 将测试对象安装在测试夹具上。测试夹具中的测试对象安装在测试方案中都应予以确定。图 23-10 显示了一个简易的测试夹具。
- b. 根据电弧输入测试设置要求（23.4.2.2）来设置高电流发电机。
- c. 设置电压测量探针和记录设备。记录设备应有一个最小为 30MHz 的宽带。
- d. 对所有测量探针和记录设备进行屏蔽，从而最大程度地减少测量噪音。在测量探针和记录设备之间应使用进行了一个被合适屏蔽的设备电缆

或光纤连接。

#### 23.4.3.3.5 测量和数据记录

对注入瞬变进行测量需要有下列测量数字和数据。

测试设置的照相和说明。

对电子回路设备探针以及导线束安排的照相和说明。

每次放电前后测试对象的照片。

测试对象损坏的照片和说明。

试验环境数据的记录（诸如温度，压力和湿气），测试日期，执行和目睹测试的人员以及测试方位。

任何与测试对象相偏离的记录

对显示了极性，电压幅度，波形，作用积分和在适用测试点上电荷转移的每个放电结果的记录。

电压幅度和波形的记录

#### 23.4.3.3.6 测试程序

a. 测量试验环境条件。

b. 评估和完成安全程序。 一些需要关注的地方如下：

在对测试设备充电前，测试区域必须是安全并且没有相关人员，并且电容器组在人员进入测试区域前应予以短路。

眼保护和耳保护必须合适。

c. 按照下列要求校准发电机和仪表设备：

1. 将高电流发电机高压侧从测试对象上拆卸下来，并且将高压侧连接到传导棒上，该传导棒连接在测试对象的发电机返回点上。该传导棒的材料性质应和测试对象相似。

2. 开始对传导棒放电，同时对电气回路设备上的应用电流波形和感应级别进行测量。

3. 如果电流级或波形不正确，请调整发电机参数。

4. 如果设备回路中的感应噪声级别在这些期望的水平之上，请修正设备设置，从而减少感应级别。

5. 重复步骤（2）到步骤（5），从而获得要求的条件。

e. 移开传导棒，将发电机重新附着在测试对象上。

f. 按照 23.4.2.2 节的规定（电弧输入），开始对测试对象放电，同时对测试对象电线上的应用波形和电压瞬变进行测量。

g. 检查测试物件并对结果进行记录。

#### 23.4.3.3.7 数据解释

对测量电压回应进行评估,确定是否与适用设备性能标准相符合。



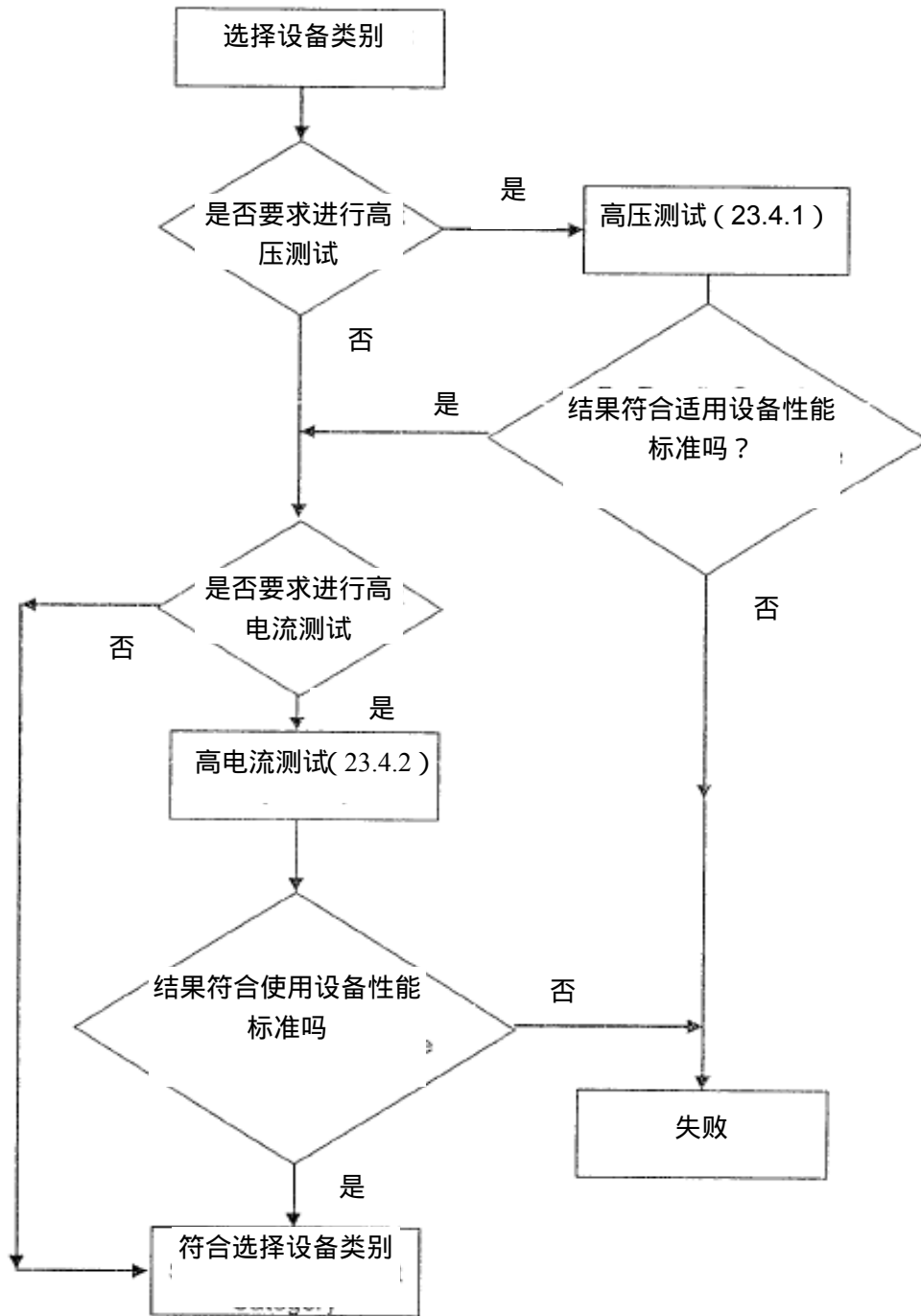
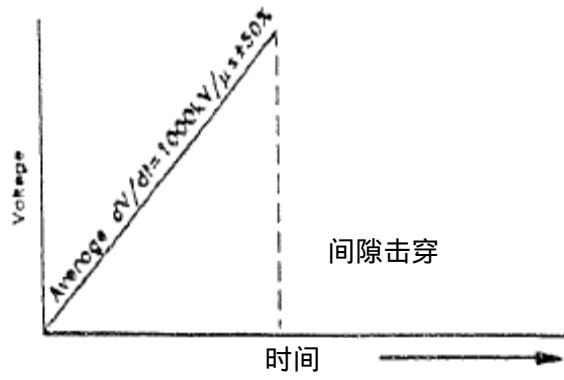
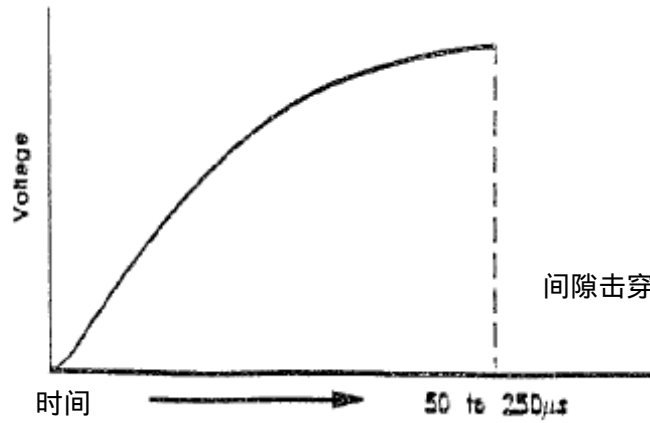


图 23-1 - 高压和高电流测试流程图



总间隙长度	阳极	阴极
0.5M	750KV	790KV
1.0M	2300KV	1400KV
1.5M	2300KV	2400KV

图 23-2 - 电压波形 A



总间隙长度	阳极	阴极
0.5M	350KV	400KV
1.0M	500KV	600KV
1.5M	600KV	700KV

图 23-3 - 电压波形 D

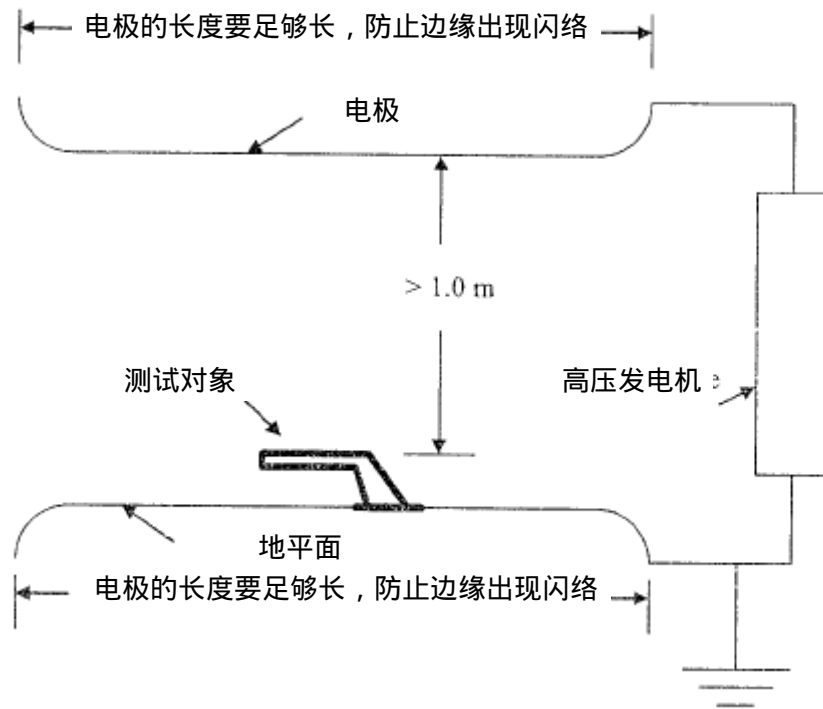
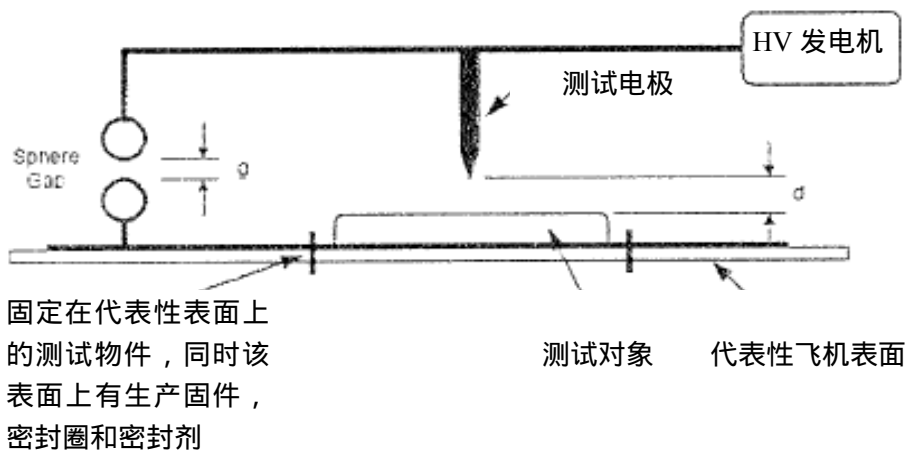
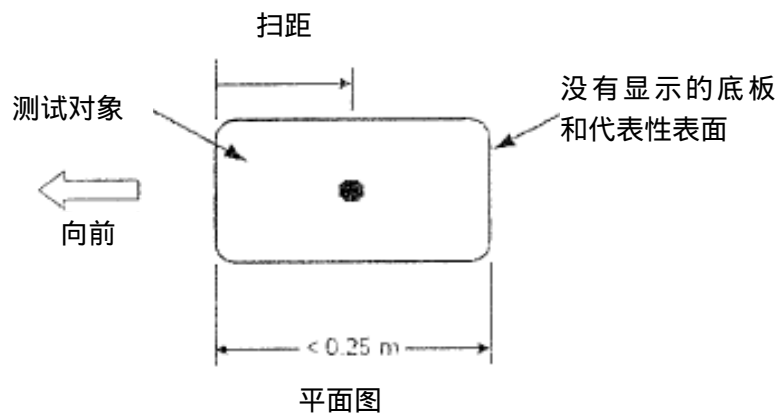


图 23-4-初始引体附着测试设置



侧面图

图 23-5 - 小测试对象的扫道附着测试安排

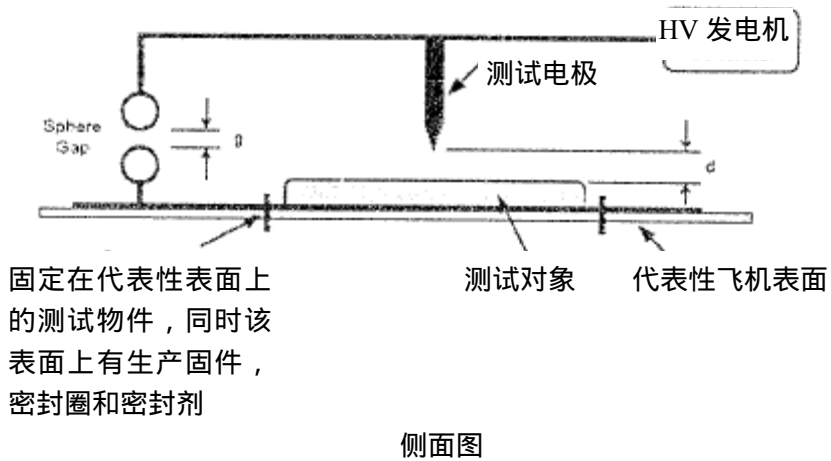
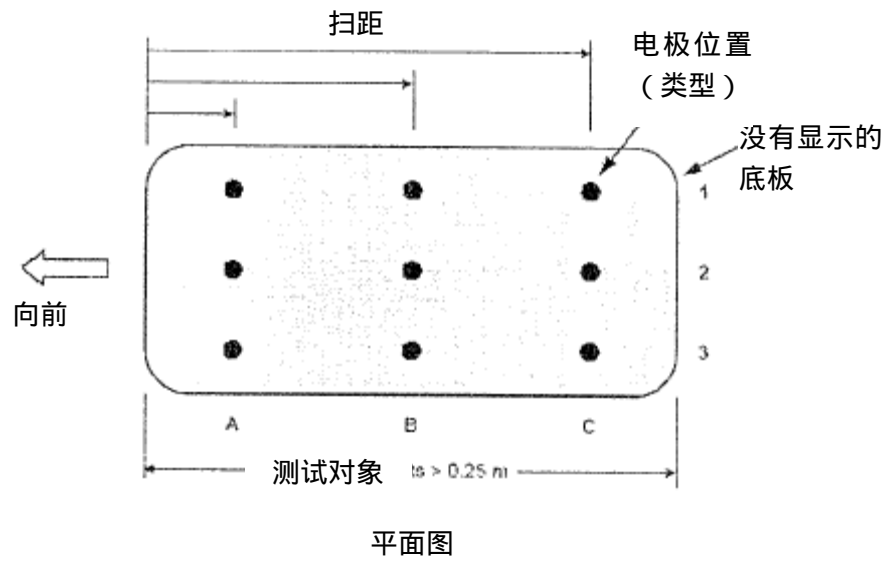


图 23-6 - 大测试对象的扫道附着测试安排

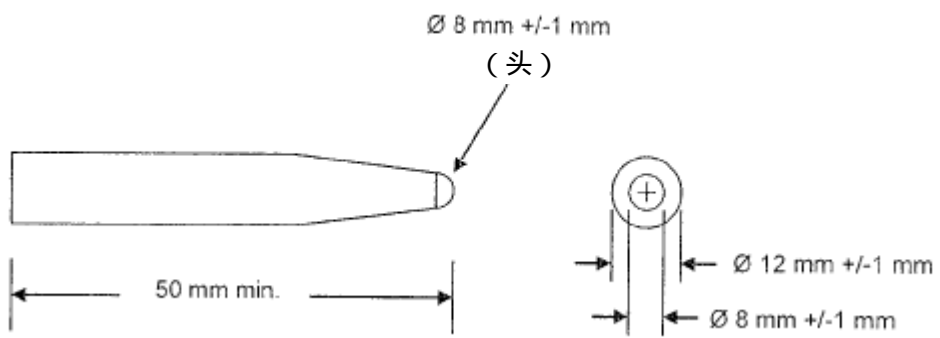


图 23-7 - 扫道附着测试电极

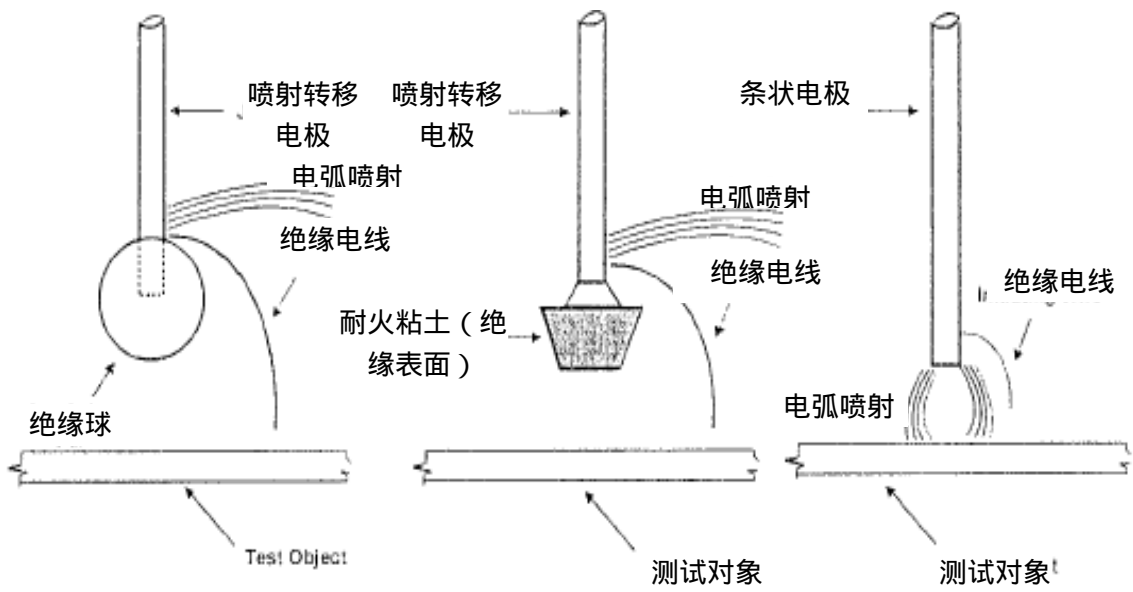


图 23-8-典型的测试电极

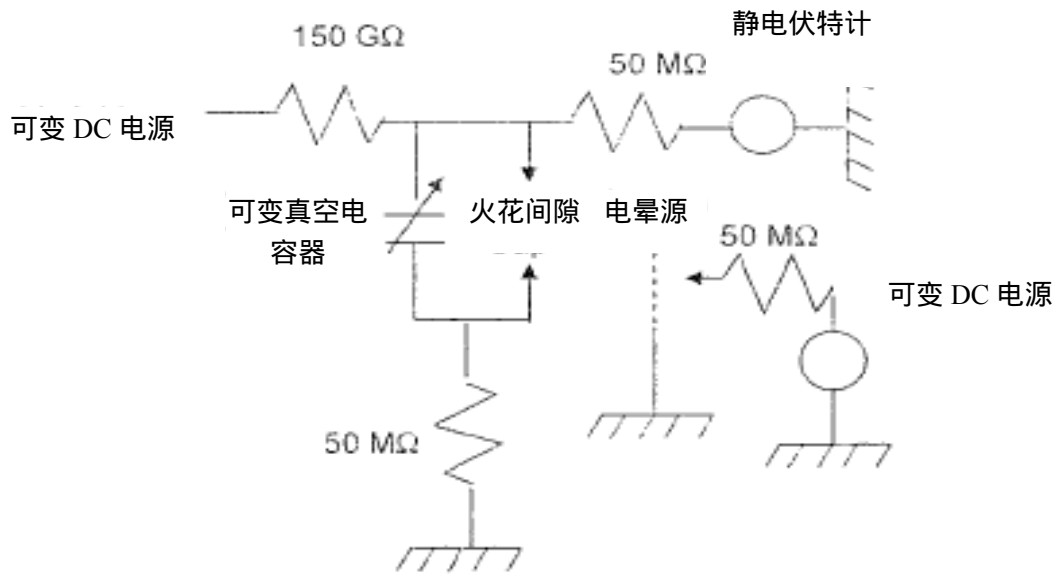


图 23-9 -控制能量引火电压火花源

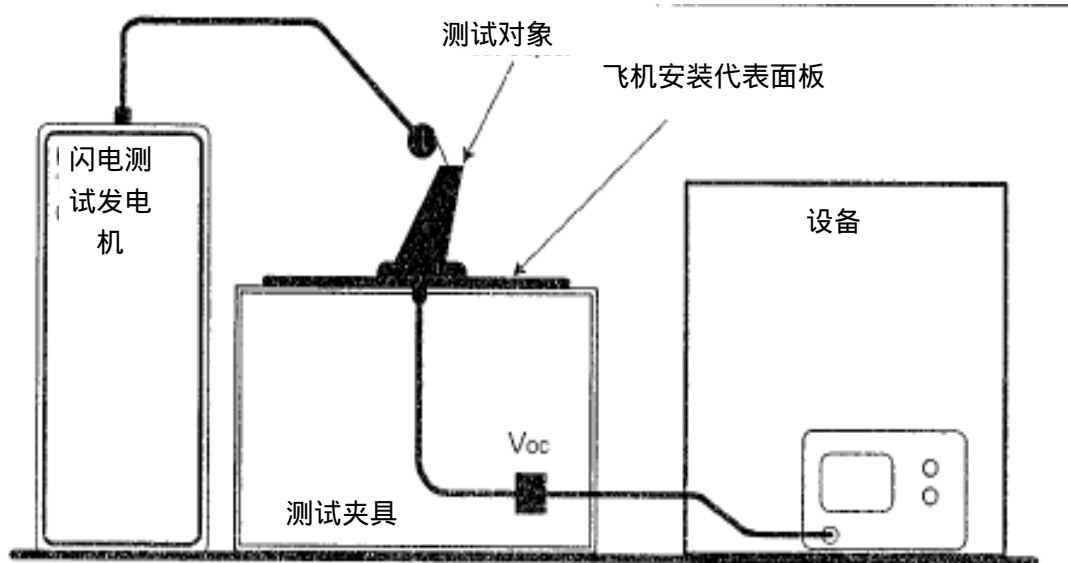


图 23—10 — 注入瞬变测量设备的典型安装

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 24 节 结冰

#### **重要通知**

有关本测试程序的信息包含在第 1、第 2 和第 3 节中。另外，附录 A 适用于鉴定执行的环境测试。



# 目 录

24.0	结冰.....	370
24.1	测试的目的.....	370
24.2	概况.....	370
24.3	设备类型.....	370
24.4	测试程序.....	371
24.4.1	测试目的.....	371
24.4.2	概论.....	371
图 24-1	A 类结冰测试 .....	373
图 24-2	B 类结冰测试 .....	374

## 24.0 结冰

### 24.1 测试目的

如果温度、海拔和湿度发生快速变化时可能会出现结冰的情况，这些测试确定了必须运行的设备暴露在结冰情况下时的性能特点。

### 24.2 概况

根据使用和安装在飞机上的设备类型来确定三个结冰测试程序（见 24.3 节）。

*注：结冰类型的选择取决于飞机上（或飞机里）的设备位置和期望的结冰条件类型。在评估这些要求时，设备设计者必须考虑这些条件，这取决于设备的最终应用和使用。这些测试普遍适用于安装在飞机的外部表面或非温度控制区域，这些地方经常出现温度、海拔和湿度快速变化的情况。*

这些程序确定了评估执行或飞机设备上各种结冰情况影响的测试方法，即：

- a. 外部冰或附着在上面的霜冻所产生的影响。
- b. 水凝结结冰或融化冰再冻结所造成的结冰影响。
- c. 由于直接水暴露所造成的冰聚集影响。

### 24.3 设备类型

下列类型覆盖了在飞机上通常所发生的结冰条件。

#### A 类

该测试适用于外部安装或在飞机非温度控制区域上的设备，在这些地方，当设备冷浸到极端低下的温度，并且随后在结冰温度下遇到湿气时会出现冷凝现象，从而导致这些地方发生结冰或霜冻的情况。

## B类

该测试适用于有移动部件的设备。在这些移动部件中，结冰可能会阻碍或妨碍发生移动，或者，冰块的膨胀导致的力量可能会破坏结构或功能部件。在设备中或设备上形成的冰块来源于冷凝，结冰，融化和/或再结冰，并且可能在非密封外壳内部逐渐聚集水或冰块。

## C类

该测试适用于安装在外部区域或在非温度控制区域上的物件，这些地方有聚集游离水，从而随后在设备冷表面结冰的危险。该测试用来检验设备性能上的冰块厚度影响，或者在去冰行动必要前确定允许的冰块最大厚度。适用设备性能标准应确定要求的冰块厚度和分布，同时确定冰块逐渐聚集的要求。

## 24.4 测试程序

### 24.4.1 测试目的

在测试下安装设备，安装方法为飞机普通安装方法。在开始进行合适的测试前，去除所有可能会影响设备冰块和表面之间附着的非代表性污染物，如油，脂以及污物。产生热量的设备运行时间应仅限制在确定合格性所必需的时间上。A类和B类程序所叙述的步骤在图24-1和图24-2中予以了显示。

### 24.4.2 概论

#### A类

- a. 在设备没有运行的情况下，以表4-1所规定的低地面存活温度，周围室压和湿度来稳定设备温度。
- b. 应尽快将设备暴露在摄氏温度为30度相对湿度至少为95%的环境下。对设备的表面温度进行监测。
- c. 将环境保持在30摄氏度以及相对湿度至少为95%的条件下，直到设备的表面温度达到5摄氏度。同时应尽快在周围压力和湿度的条件下改变环境温度，达到合适的地面存活低温上。
- d. 对于另外两个循环而言（总共三个循环），重复a.到c.的步骤
- e. 第三个循环结束时，以地面存活低温来稳定设备。提高舱室温度，并将该温度保持在-10摄氏度上，并且允许设备表面温度升高。当表面温度达到-10~5摄氏度时，将设备放置在运行状态下，并且确定是否与适用设备性能标准相符合。

*注：在设计上，该测试能够将设备轮番处于冷干燥和热湿润的环*

境中。 建议使用代表了这两种不同环境的分离舱室。

### B类

- a. 在设备没有运行的情况下，以-20 摄氏度和周围室压来稳定设备温度。保持该温度并将舱室压力减少到表 4-1 所规定的最大运行级别上。将该条件保持至少 10 分钟。
- b. 提高舱室温度，温度的提高速率不超过每分钟 3 摄氏度，与此同时，在测试舱室中增加并保持相对湿度，其值不低于 95%。 将该状态保持足够的时间，从而融化所有霜冻和冰块，或者直到设备的表面温度达到 0 摄氏度到 5 摄氏度之间时为止。在该步骤中，舱室的温度在任何时候都不应超过 30 摄氏度。
- c. 以均匀的速率，在 15 到 30 分钟内将舱室压力增加到室内环境值上。在完成增压后，将舱室内的相对湿度值减小到正常的室内环境值上。
- d. 按照总数为 25 个循环或适用设备规定所确定的循环数（两者中的较小值）来重复执行步骤 a 到步骤 c。

*注：如果有必要中断测试顺序，则该中断发生的时间应为设备处于低温状态下。*

- e. 在最后一次测试循环结束之时，在设备温度已经稳定在-20 摄氏度时，确定是否与适用设备性能标准相符合。

### C类

- a. 在设备没有运行的情况下，应将设备的温度稳定在当设备被撒上水时，设备上会形成透明冰和硬冰的温度值上。

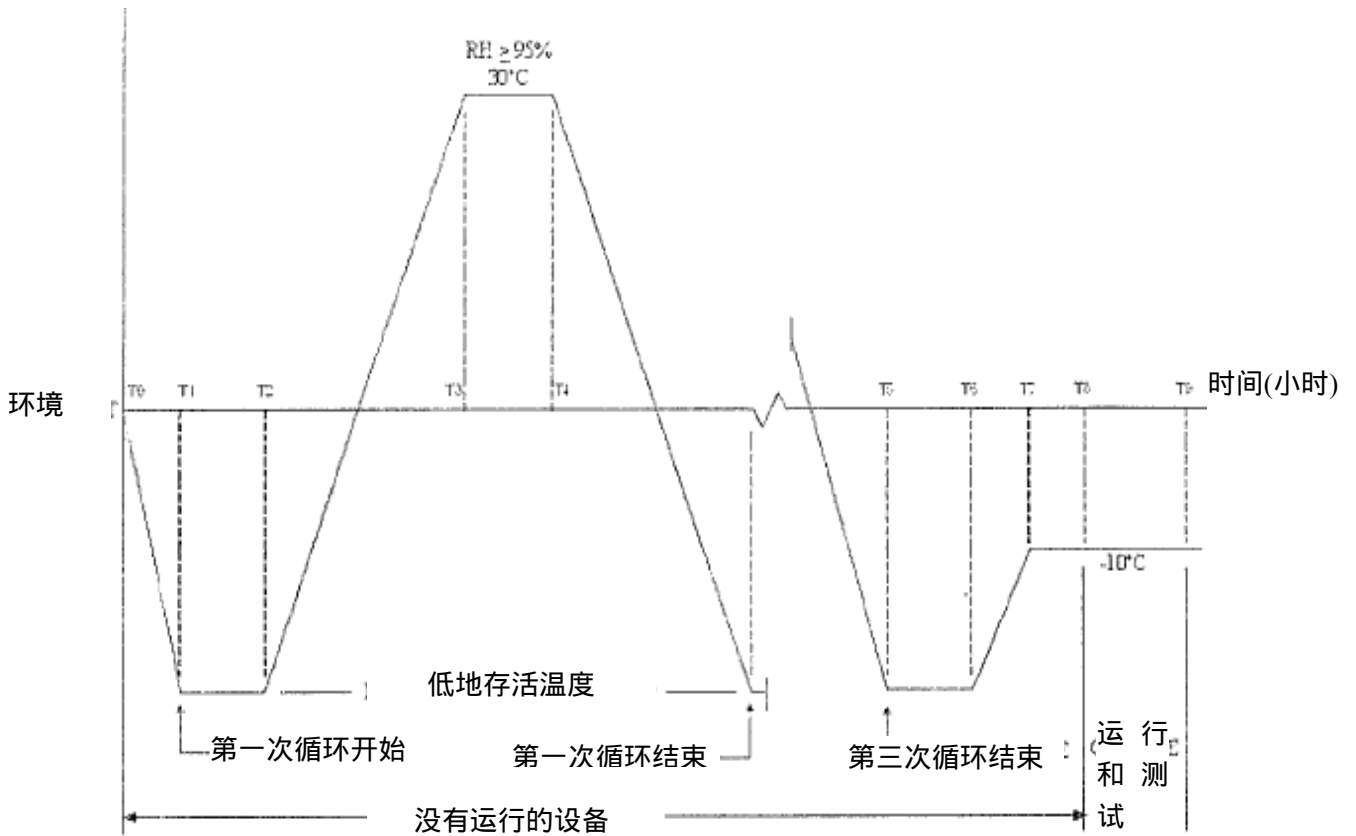
*注 1： 对这一测试而言，形成的冰块应该是透明并且坚硬的（雨凇）。“白色”或气囊冰（霜形冰）是不能接受的。*

*注 2： 最优温度可能为-1 到-10 °C 之间，这取决于设备的热质量，并且由试验来确定。*

- b. 通过在接近冰冻的温度下用手洒下细水雾来构建清晰坚硬冰块的同质层，达到适用设备性能标准所规定的厚度。
- c. 当已经达到指定的冰块厚度时，请中断喷洒。将设备处于运行状态下，并在 -20 摄氏度下稳定设备，确定是否与适用设备性能标准相符合。

*注： 如果需要带有增加的冰形成厚度的多重测试，应执行在连续运行中形成的每个厚度级别的一系列单独测试。*

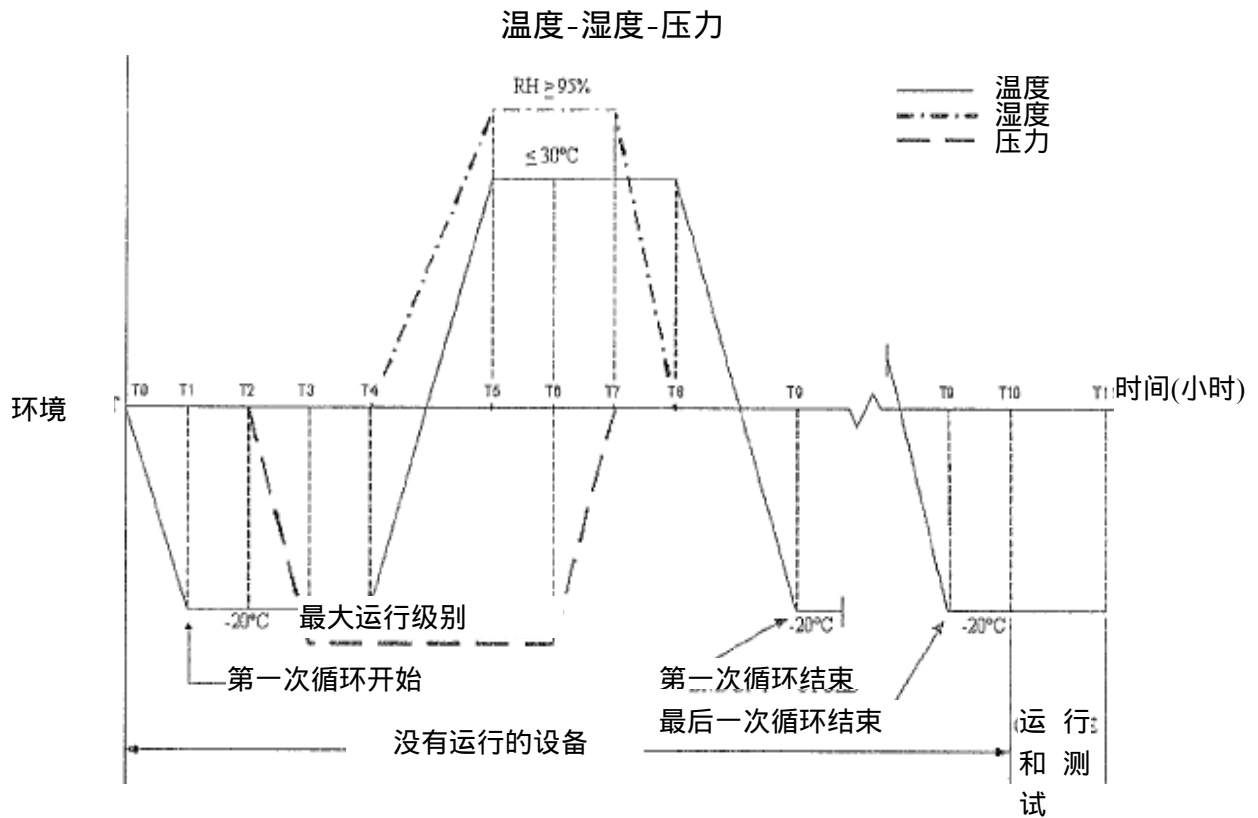
## 温度-湿度



注：

1. 除非另作规定，温度和湿度变化率是可以选择的。
2. T1 到 T2，T5 到 T6 是设备温度稳定的时间。
3. T2 到 T3，T4 到 T5 应尽快完成。
4. T3 到 T4 是设备表面温度达到 5 摄氏度的时间。
5. T7 到 T8 是设备表面温度达到- 10 摄氏度的时间。

图 24-1 A 类结冰测试



注：

1. 除非另作规定，温度、湿度和压力变化率是可以选择的。
2. T1 到 T2，T9 到 T10 是设备温度稳定的时间。
3. T3 到 T4 最低为 10 分钟。
4. T4 到 T5 的最低温度变化率为每分钟 3 摄氏度。
5. T5 到 T6 是融化所有冰块和霜冻的最低时间。
6. T5 到 T8 的舱室温度不应超过 30 摄氏度。
7. T6 到 T7 为 15 到 30 分钟。

图 24-2 B 类结冰测试

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 25 节 静电放电 (ESD)

#### 重要须知

有关本测试程序的信息包含在第 1、2、第 3 和第 20 节中。另外，附录 A 适用于鉴定执行的环境测试。

25.0	静电放电 (ESD)	377
25.1	适用范围	377
25.2	测试目的	377
25.3	测试说明	377
25.4	设备类型	377
25.5	测试程序	377
25.6	测试结果评估	378
图 25-1	静电释放典型测试设置	378
图 25-2	ESD 发电机简化电路图	379
图 25-3	ESD 发电机放电电极	379



## 25.0 静电放电 (ESD)

### 25.1 适用范围

静电放电测试与由于人类接触可能释放静电的机载设备相关。一些导致 ESD 事件发生的因素如下：低相对湿度、温度、使用低导电率（人造纤维）地毯、乙烯基座位以及可能存在于飞机内部任何位置上的塑料结构。测试适用于在正常运行和/或飞机维护期间会接触到的所有设备及表面。

### 25.2 测试目的

在设计上，静电放电测试可以在没有因为空气释放静电脉冲所造成的性能永久性退化的情况下确定设备执行其功能的能力。

### 25.3 测试说明

对静电放电的避免应该由在测试下的设备 (EUT) 在 15,000 伏测试级别下承受一系列静电放电脉冲的能力来决定，该静电放电脉冲的位置为 EUT 上指定的人类接触位置。在每个选择位置上以及正极和负极电压极性(10 个正极和 10 个负极)上，脉冲的数量应为 10。图 25-1 描述了测试配置。

### 25.4 设备类型

A 类-在航空环境下安装、修复或运行的电子设备。

### 25.5 测试程序

当测试在要求的模式下充电并运行，应在下列条件下执行静电放电测试：

25.5.1 **测试配置**-EUT 应按照 20.3a 节（一般测试要求）的要求来设置。按照适用安装和接口控制图或示意图的规定来对设备进行安装和定位。在对与 ESD 发电机相联系的配线进行安排和接地时应格外小心，从而最大限度地降低配线辐射范围发生次级影响的可能性。该测试用来测量主要影响，该影响是 ESD 发电机释放在测试下设备附件的放电现象。该测试包括设备安装、连接和接地的普通方法。

25.5.2 **ESD 发电机**-ESD 发电机应有一个图 25-2 所显示的一般原理图，放电由 330 欧姆 ( $\pm 20\%$ ) 和 150pf ( $\pm 20\%$ ) 能量储存电容器所组成，并且放电在正极和负极上能够产生 15,000 伏的电压。ESD 发电机应有一个图 25-3 所显示的空气释放头。ESD 应予以校准，从而产生一个正极和负极 15,000 伏 (+10%, -0%) 峰值输出脉冲。要求产生这一输出的发电机设置应予以记录。

25.5.3 **EUT 测试模式**-EUT 测试模式应包括选择用来执行 EUT 运行的所有正常模式的软件。

*注：如果要求有监测设备，应对该设备进行解耦，从而减少错误故障指示的可能性。*

25.5.4 **测试点选择**-考虑的测试点应包括适用的下列地点：在控制或键盘的任何点，以及人类接触的任何点，诸如，开关、把手、指示器、LEDs、狭槽、格栅、连接器配壳以及其他操作员可接近的区域。

25.5.5 **脉冲应用**-应该将 ESD 放电用于在正常运行期间（包括在飞机维护中的安装）人员可以接近的 EUT 的点以及表面上。

在校准期间，ESD 发电机设置在记录值上，ESD 发电机应与放电所接触的表面呈正交。发电机释放回流电缆应与地平面接地，并且将该电缆的距离保持在离 EUT 和配线至少 0.2 米上。

25.5.6 **测试技术**-将 ESD 发电机的头以人手能够接触到物体的速度来移向 EUT（大约 0.3 米/秒），直到发电机发电或触头与 EUT 相接触。在每次放电后，ESD 发电机（释放电极）应从 EUT 上移除。对于单一的放电，可以重新激活发电机。应重复该程序，直到完成每个极性和每个方位上的 10 个放电。

## 25.6 测试结果评估

遵照脉冲应用的要求，确定是否与适用设备性能标准相符合。

屏蔽围护墙（可选的）

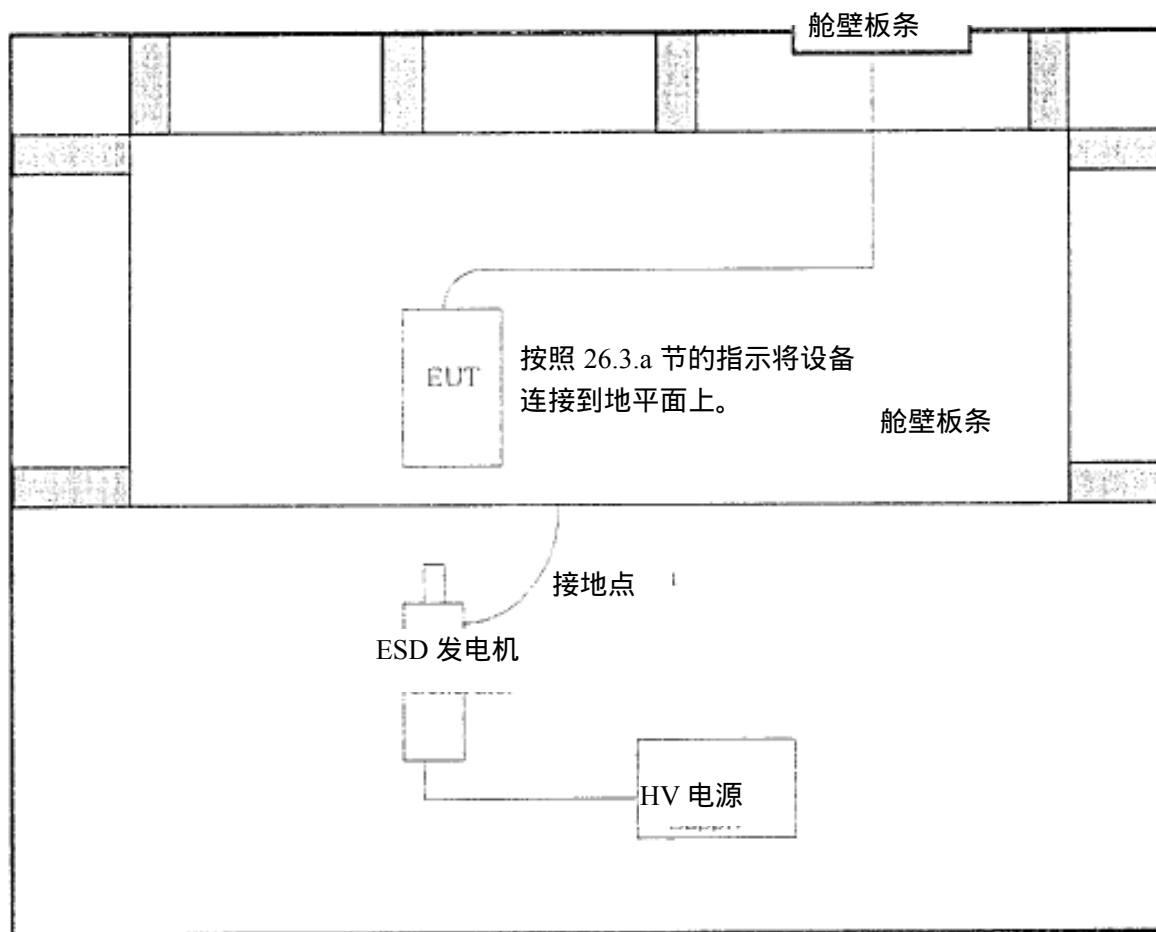


图 25-1 静电释放典型测试设置

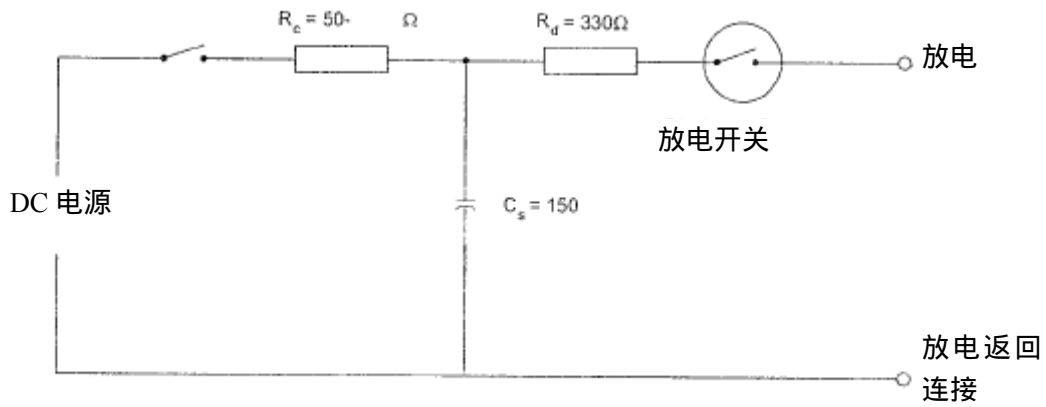
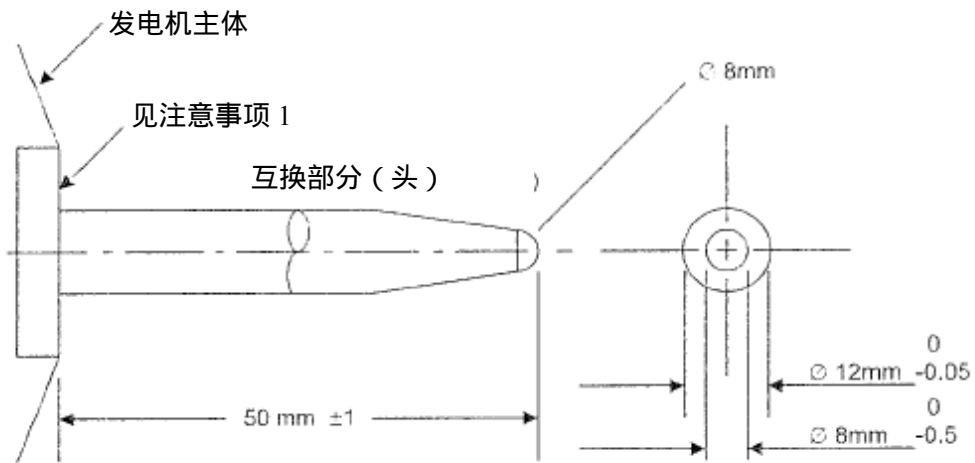


图 25-2 ESD 发电机简化电路图



注：应将放电开关（例如，真空继电器）应尽可能安装在离放电电极头近的地方。

图 25-3 ESD 发电机放电电极

该页保留空白。

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 第 26 节 火、可燃性

#### 重要须知

有关本测试程序的信息包含在第 1、第 2 和第 3 节中。另外，附录 A 适用于鉴定执行的环境测试。

26	火、可燃性	383
26.1	目的	383
26.2	适用性	383
26.3	类别	383
26.3.1	A类：防火	383
26.3.2	B类 耐火性	383
26.3.3	C类 可燃性	384
26.4	舱室	384
26.5	仪器	384
26.6	稳态运行条件	384
26.7	防火/耐火测试程序：	384
26.7.1	火焰温度	384
26.7.2	火焰强度	385
26.7.3	初始情况	385
26.7.4	防火测试：	385
26.7.5	火焰方向和地点测定	385
26.7.6	数据记录	386
26.8	防火试验	386
26.9	可燃性测试	386
26.9.1	确定测试类型	386
26.9.2	垂直测试	387
26.9.3	水平测试	388
表格 26-1	关于垂直可燃性测试的验收标准	388
表格 26-2	：关于水平可燃性测试的验收标准	389
图 26-1	热电偶详图	389
图 26-2	液体燃料燃烧器-热电偶位置	390
图 26-3	液体燃料燃烧器喷嘴	391
图 26-4	标准热流密度测量仪器的结构	392
图 26-5	安装标准热流密度量筒视图	392

## 26 火、可燃性

### 26.1 目的

该节确定了可燃性和耐火性的最低条件和程序。

### 26.2 适用性

可燃性和火焰测试适用于安装在固定翼螺旋桨飞机，固定翼涡轮喷气式飞机，涡轮风扇式飞机和直升飞机上的设备。

这些测试适用于下列设备：

安装在增压区

安装在火区

安装在非压，无火区域设备上

### 26.3 类别

#### 26.3.1 A类：防火

安装在火区的设备在点火的第一个五分钟内必须开始工作，并且必须至少保持安全运行15分钟。流体运送部件应不会出现泄漏的情况，从而在燃烧器被拆卸后能够支持火焰的燃烧（湿润或点滴的泄漏会自动熄灭，这种情况是可以接受的）。空气调节部件应不会出现会导致燃火的泄漏情况。应牢固地安装设备。

应采用防火程序。

以操作模式在设备上执行该测试。

#### 26.3.2 B类 耐火性

安装在火区的设备在点火的头五分钟内，在没有结构退化的情况下必须运行，或者不会造成危害的情况。流体运送部件应不会出现泄漏的情况，从而在燃烧器被拆卸后能够支持火焰的燃烧（湿润或点滴的泄漏会自动熄灭，这种情况是可以接受的）。空气调节部件应不会出现会导致燃火的泄漏情况。通常情况下，在五分钟后测试物件的持续燃烧的任何泄漏都会被认为是测试失败，除非显示出整个火焰危害没有发生实质性的增加。而有关这个的例子就是，如果灭国设备能够灭掉剩下的火焰。

应采用防火程序。

以操作模式在设备上执行该测试。

### 26.3.3 C类 可燃性

安装在加压或非加压区域以及最大尺寸超过50mm的非火区域上的非金属设备、零部件、分组合件。

应采用可燃性程序。

*注：如果用在设备结构中的所有材料通过成本分析或先前的测试，都能满足同等垂直和水平可燃性测试，则不要求有该测试。*

以非操作模式在设备上执行该测试。测试的目的是检查设备内部或外部引火时火焰是否出现了非扩散的现象。测试材料样本。

### 26.4 舱室

测试舱室，附件或试验通风柜在测试期间应没有任何引入或强迫的冷却空气。对于防火或耐火测试而言，有足够的气流来排除燃烧气体和烟雾是可以接受的。

### 26.5 仪器

防火/耐火测试：温度为  $1100^{\circ}\text{C} \pm 80^{\circ}\text{C}$  标准火焰的燃烧器。一个带有伸缩管的改进枪式燃烧器应连同煤油来使用。在先前测试校准期间，应对燃料流和空气进行调整，从而达到燃烧要求特性。

可燃性测试：试验燃烧器：喷灯的管长为80到100mm，内径为  $9.4 \pm 1.6 \text{ mm}$  和  $-0 \text{ mm}$ 。

燃气供应：采用调节器和仪表提供具有均匀气流的技术级甲烷气体。可以使用像甲烷一样，热量大约为  $37 \text{ MJ/W}$  的天然气或任何具备更高热量值的，如丁烷等其他燃气。

### 26.6 稳态运行条件

应选择稳态运行条件，来代表测试下装置所发生的最坏的情况。考虑的方面应包括产品可能会经受的最低冷却，最高压力以及最大工作流体温度。不需要舱室模拟设备的最大环境温度，室温已经足够了。通常选择地面限制条件来代表最坏情况的发生。

### 26.7 防火/耐火测试程序：

燃烧器校准：

在5分钟加热期后应采取下列燃烧器校准步骤。在加热期间不要将传热铜管暴露在火焰下，从而避免在管中聚集碳。

#### 26.7.1 火焰温度

应调整火焰温度，直到距燃烧器100mm的耙式温度探针组件测量出温度为  $1100^{\circ}\text{C} \pm 80^{\circ}\text{C}$ 。在测试期间，测试下设备必须安放在距燃烧器100mm(标称距离)的地方。耙式温度探针组件由七个位于距喷嘴前方100mm火炬中间的热电偶组成(见图23-2)在测试前后的火焰温度校准期间，在三分钟里至少每30秒获取温度数据，从而保证稳态条件。



## 26.7.2 火焰强度

要求至少将 4,500Btu/hr 的火焰热量输入到长度为 380mm 的制冷铜管中，铜管型号为 127mm 乘以 0.81mm (0.5" 乘以 0.032")，水流速度为 1 加仑/分 (500 lb/hr)。在满足火焰温度要求的情况下，应在火焰相同位置上获取该测量数据。通过管道的水流速率增加的温度三角=管道中的 Btu/hr 输入。

- 1- 在测试前校准前，采用优质钢棉来清洗铜管。
- 2- 提供的水温应在 10 °C 到 21 °C 之间。
- 3- 管道的水流速应调整为最低 500 lb/hr。
- 4- 叫燃烧器转移到传热管中，并且进行三分分钟的加热，确保条件稳定。
- 5- 在三分钟时间内至少每 30 秒记录一次入口和出口水温度。
- 6- 执行计算，从而确保满足最低要求。关于热流测量设备上的附加信息，请参考图 26-4 和 26-5。

## 26.7.3 初始情况

无论要求的是什么样的测试程序，设备，零部件，分合组件或材料样品应满足最终产品（化学处理...）的要求，并且在测试前，可燃测试物件应予以限定，在  $23 \pm 2$  °C 下至少 24 小时，并且相对湿度为  $50 \pm 5\%$ 。

## 26.7.4 防火测试：

采用 26.5 的合适测试火焰来执行下列测试。

连接装置，使得该装置能够通电并运行。所有测试物件上的连接设备（电气，流体，空气）必须是类型设计配置。在不与测试物件直接接触的地方，可以使用非类型设计电缆，线束和连接器。只要提供的保护装置不影响测试物件火焰，在测试期间可以对所有非类型设计硬件予以保护。推荐使用高温陶瓷绝缘来保护非类型设计电缆和管道。

在设备运行的情况下，使用正常火焰达 15 分。

只有在测试的头五分钟里才能确定是否与适用的设备性能标准相符合。

测试完成时（最后 10 分钟后），对设备应进行检查，并且设备不会显示出任何持续燃烧或燃烧扩散的迹象，并且设备应该能够自己灭火。

**警告：**在特殊情况下（例如，流体系统装置），飞机厂商应规定一个特定的程序。

## 26.7.5 火焰方向和地点测定

测试物件上的测试火焰冲击地点通过与火源有关的最关键地点以

及考虑了关键电路，流体流动，墙厚度，密封装置等测试物件的脆弱地点的分析来予以确定。最可能的火焰方向（如装置底部）也应在冲击地点的分析中予以考虑，并且会成为装置的有限在未来发生改变/进行使用的原因。火焰必须冲击由冲击分析所确定的测试物件上的关键位置。对于确定出超过一个关键位置的设备，如果无法对一个单一的，具有代表性的冲击地点进行识别，从而解决标注出所有地点，可以要求进行另外的测试。如果要求有多个地点，可以使用多个测试物件，但是对这些测试物件可以不做要求。

#### 26.7.6 数据记录

- a) 要求对实验中的关键参数（T/C'S、流量、压力等）进行数据记录，包括校准测定的关键参数。
- b) 整个试验将由录像记录。建议使用多视角影像。还要求测试后拍照。

#### 26.8 防火试验

使用 26.5 段落中合适的试验火焰进行下列试验。

连接设备以便其能够通电并且发挥功用。允许使用不标准设计电缆、光缆束和连接器 只要所提供的保护不干扰试验样品的曝火试验，那么在试验期间所有的不标准设计硬件均受到保护。建议使用耐高温陶瓷套管保护不标准设计电缆和管材。

在预试火焰校准以及设备运行之后，应用该火焰，时长五分钟。

在试验期间确定是否符合应用的设备性能标准或者显示在这五分钟内能够保持安全条件。

完成试验后，在没有熄灭火焰的情况下，应该对火焰温度实施试验后校准。此外，应该检测该设备并且不应显示出任何继续燃烧或火焰传播的结构省缺或迹象，以及应该自动灭火。一般而言，在五秒钟结束时，试验样品的任何泄露或继续燃烧均将被视为试验失败，除非它能够显示整个火灾没有蔓延的趋势。例如：灭火设备能够熄灭余焰。

**警告：在特殊情况下（例如：液体系统），飞机或发动机制造商可以规定特殊的程序。**

#### 26.9 可燃性测试

##### 26.9.1 确定测试类型

下列表格规定了样品的尺寸规格以及应该应用于证明设备符合可燃性要求的测试。

设备的最大尺寸 (L)	样品尺寸规格	纵向轴的方向 (注 1)	可燃性测试
L<50mm	不适用	不适用	不适用
50 mm<L<127mm	长度：	任一轴	垂直测试

	实际长度宽度： 实际宽度厚度：(注2)		
L>127mm	长度：127mm	水平的	水平或垂直的(注3)
	宽度：12.7 mm 厚度：(注2)	垂直或任意或可变 或未知的	垂直的

**注 1：** 供应商应该在飞机上制定设备的纵向轴方向。其将被视为正常的水平飞行条件。

**注 2：** 厚度：应该向试验样品提供设备的最小厚度，将其限制在 12.7mm 的最大值之内。

**注 3：** 垂直测试应该使用厚度大于 50mm 的设备、组合零件或子部件。

### 26.9.2 垂直测试

应该将五个样品用于垂直测试。

使用 26.5 段落中合适的试验火焰对这五个样品进行下列测试。

从每个样品上端 6.4mm 处支持，该样品具有纵向轴从而样品的下端高于喷烧管 9.5mm 以及高出干吸收剂药棉 305mm。

在展开 5mm 厚的正方形棉布之后，应获得约为 12.7mmx25.4mm 的水平棉层。

实施下列程序步骤：

- 1 将火焰置于测试样品下端下面的中央，时长十秒钟。
- 2 将燃烧器从样品上移除。
- 3 若样品没有被点燃，那么测试完成。跳到下一个样品进行步骤 1。
- 4 若样品被点燃，那么观察并记录下列内容：  
移除火焰之后的燃烧持续时间。  
样品是否燃烧至支撑夹具。  
样品是否滴出能够点燃棉布样品的燃烧颗粒。
- 5 当样品燃烧停止时并且若样品没有燃烧至支撑夹具，那么在这十秒钟内必须再次将火焰立即置于样品之下。观察并且记录下列内容：  
应用火焰之后的燃烧持续时间。  
样品是否燃烧至支撑夹具。  
样品是否滴出能够点燃棉布样品的燃烧颗粒。
- 6 若样品已经燃烧至支撑夹具，那么跳至下一个样品进行步骤 1。表格 26-1 规定了测试标准。

### 26.9.3 水平测试

应该将三个样品用于水平测试。使用 26.5 段落中合适的试验火焰对这三个样品进行下列测试。

每个样品均固定于一个具有水平纵向轴的末端并且在距离自由端 25.4mm 和 101.6mm 处作标记。

金属支架可以用于测试在自由端下凹或弯曲的样品。

将火焰倾斜约 45°，以便从样品前沿到深度为 6.4mm 处都能加热 30 秒钟，若火焰高达 25.4mm，则必须停止火焰加热。

观察并且记录下列内容：

若在移除测试火焰之后样品继续燃烧，那么应该确定该火焰锋从 25.4mm 到 101.6mm 的时间并且计算燃烧速率。

表格 26-2 规定了测试标准。

位置	在火焰停止或白热燃烧之前的距离	在测试火焰的每个应用之后火焰燃烧的最长持续时间	在对这五个样品火焰加热十次之后总火焰燃烧的累积持续时间	在测试火焰的第二次移除之后白热燃烧的最长持续时间	任何样品均不能滴出能够点燃棉布样品的燃烧颗粒。
用来安装内部金属箱的设备、组合零件或子部件	120mm (注 1)	在第一个应用之后的 30 秒钟	在对这五个样品火焰加热 10 次之后的 250 秒钟	60 秒钟	不适用
用于在其他位置进行安装的设备、组合零件或子部件	120mm (注 1)	在第一个应用之后的 10 秒钟	在这五个样品的 10 个应用之后的 50 秒钟	30 秒钟	适用

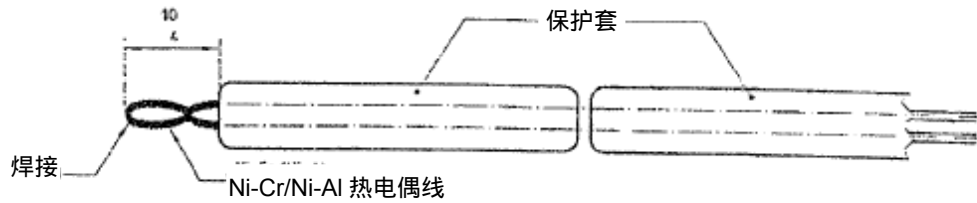
注 1：若样品长度小于 127mm，那么它能够和喷火或白热燃烧一起燃烧至支撑夹具。

表格 26-1 关于垂直可燃性测试的验收标准

样品厚度	在 76.2mm 范围内的燃烧速率	在火焰燃烧停止之前的距离
3mm/厚度<12.7mm	38.1 mm/分钟	101.6mm
厚度<3mm	76.2 mm/分钟	101.6mm

表格 26-2：关于水平可燃性测试的验收标准

尺寸以毫米计算



注：

- 1 热电偶线的直径应该在 0.6mm 和 1mm 之间。
- 2 若使用金属保护套，那么最大直径不应该超过 3mm。118 最大值。
- 3 热电偶应该是无保护的并且是非吸气式的。

图 26-1 热电偶详图

尺寸以毫米计算

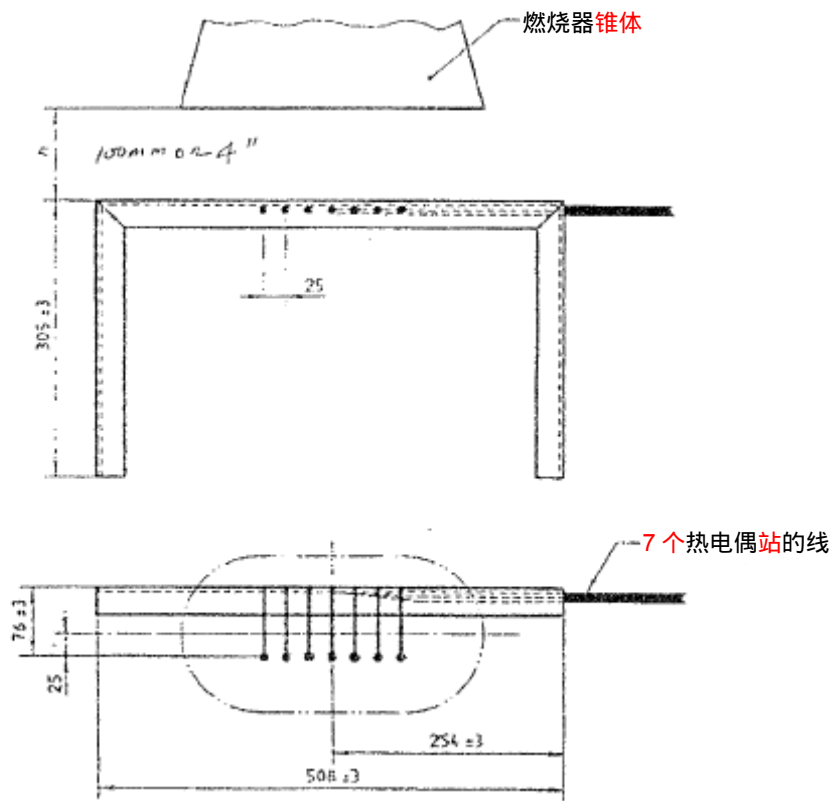
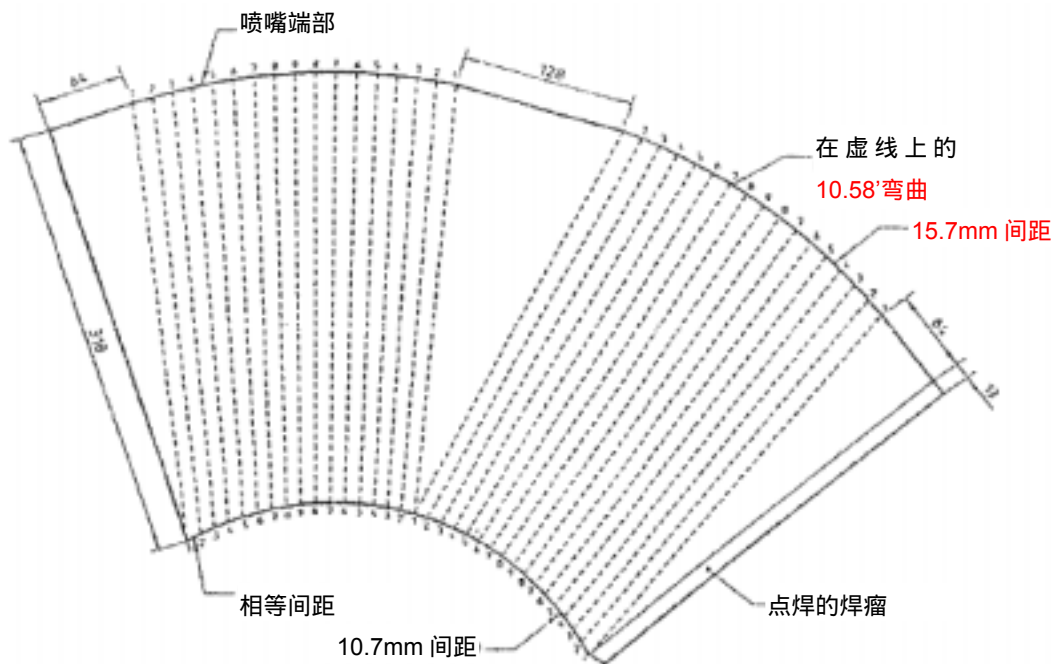


图 26-2 液体燃料燃烧器-热电偶位置

尺寸以毫米计算



材料: 0.9mm 的 Inconel

喷嘴的开发

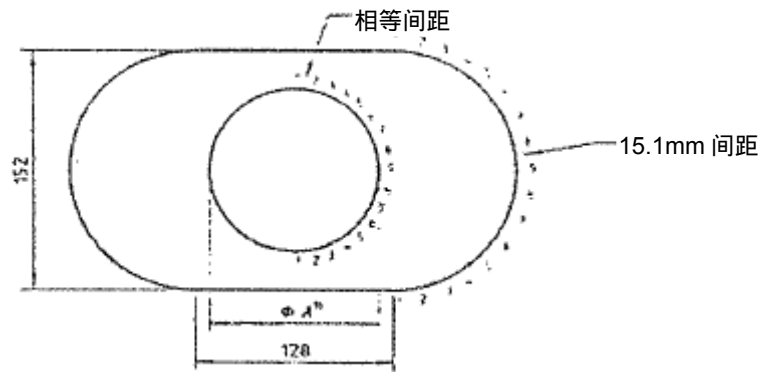


图 26-3 液体燃料燃烧器喷嘴

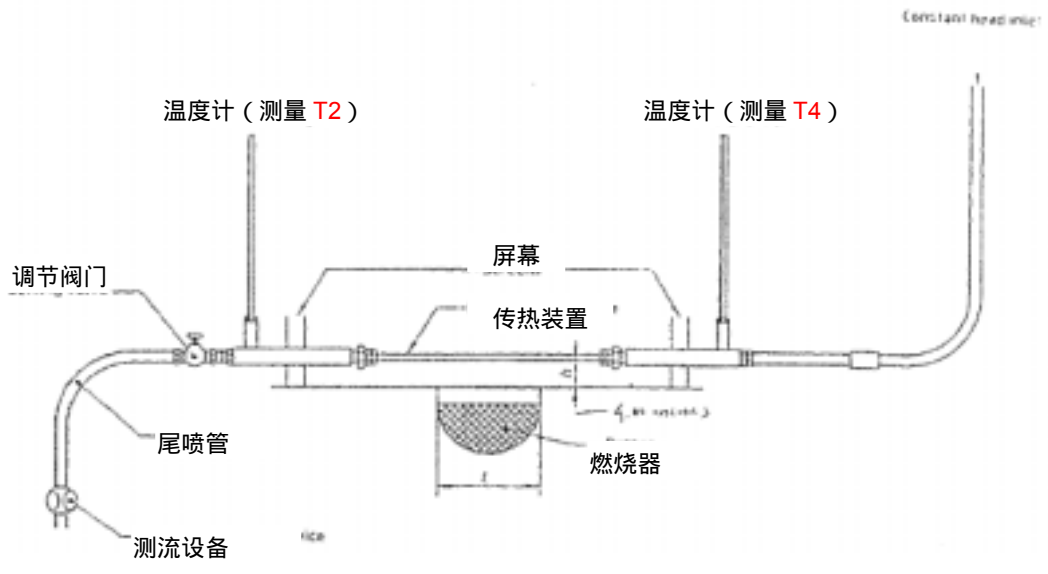


图 26-4 标准热流密度测量仪器的结构

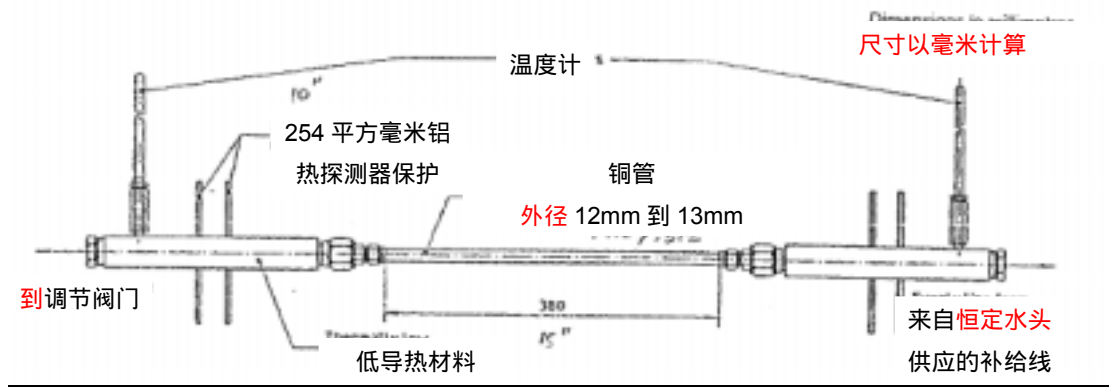


图 26-5 安装标准热流密度量筒视图



RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 附录 A 环境试验鉴定

#### 重要须知

第 1、2 和 3 节中包含与本节有关的信息。本附录适用于鉴定进行的环境试验。

该页保留空白。

## A1 引言和范围

需要永久记录设备通过的特殊环境试验种类。本需求包括事后调查、安装认证、修理等。本程序提供了一份书面记录（后文中称为《环境资格评定表》），本记录将包含在提交给技术标准规范（TSO）当局的设备数据包以及安装和维护指南中。除了《环境资格评定表》以外，还可以使用传统铭牌标记系统。本铭牌标记系统是鉴定环境试验结果时的补充可选方法。由于铭牌标记已经很少使用了，预计 DO-160 以后的版本将不支持这种试验声明方法。

由于未预计到《环境资格评定表》会与特定设备的序号或制造日期有关，必须实现与设备类型、模型或零件号的统一。产品应标识出使用的方法，以便于追溯测试设备时使用的环境试验种类，包括适用的试验程序版次（第 RTCA/DO-160 节）。

## A2 环境资格评定表（见图 A-1）

本表格提供关于进行哪个环境试验的必要信息以及，若适用，待测设备的正确环境种类。

包括其他信息，以鉴定应用了环境试验结果的特定设备类型或模型。图 A-1 中描绘了建议格式。图 A-2 中显示了《环境资格评定表》，并附有注释以说明完整的表格。设备制造商应详细说明本表中包含的数据，使其更加清晰。

在一些情况下，制造商可以认证设备在一个特殊环境试验中属于不止一个种类。如果某个种类更加严格，只需认证更为严格的种类。在其他情况中，如试验不同种类设备时要求的温度/高程或振动不同但不一定是更严格的情况下，应在表中指出超过一个种类。

同时，表中应包括关于带或不带震动装置的振动试验、以甲级燃料进行的流体试验、除冰液类型以及与试验相关的其他参数等的信息。

## A.3 设备铭牌标记的补充方法

a. 下面是标记设备铭牌以说明设备的特殊环境试验种类的补充方法。如果使用这种标记设备铭牌的方法，仍然要求使用《环境资格评定表》，以完整记录环境试验结果。这种标记设备铭牌的可选方法提供了一种与终端客户交流试验结果的补充方法。

b. 本文件中有 24 个已经确定了种类的环境试验程序。这些应由词组“DO-160F 环境种类”或缩写词“DO-160F 环种”在设备铭牌上标识出来，后面紧跟标识本文件中指定的种类的字母和数字（或字母和数字集）。为了能够清晰识别，从左到右，种类标识应在设备铭牌上以下列顺序出现：

	节	试验
1	4.0	温度和高程试验（至少 2 个间隔）
2	4.5.5	飞行中的冷却损失试验
3	5.0	温度变化试验（1 或 2 个间隔）
4	6.0	湿度试验
5	7.0	运行振动和撞击安全实验
6	8.0	振动实验（至少 2 个间隔）
7	9.0	爆炸性环境试验
8	10.0	防水性试验
9	11.0	液体敏感性试验
10	12.0	沙尘试验
11	13.0	抗真菌性试验
12	14.0	盐雾试验
13	15.0	磁效应试验
14	16.0	输入功率：类型（直流至少 1 个间隔，交流至少 5 个间隔） 条件（直流至少 2 个间隔，交流至少 4 个间隔）
15	17.0	电压尖峰试验
16	18.0	音频传导敏感性试验 （直流至少 1 个间隔，交流至少 5 个间隔）
17	19.0	感应信号敏感性试验（2 个间隔）
18	20.0	无线电频率敏感性试验（2 个间隔）
19	21.0	无线电频率能量发射试验
20	22.0	闪电感应瞬变磁化率试验（5 个间隔）

21	23.0	闪电直接效应试验 (4 个间隔)
22	24.0	结冰试验
23	25.0	静电放电试验
24	26.0	火, 可燃性试验





附录 A 第 A-5 页  
图 A-1 环境资格评定表

名称：\_\_\_\_\_

类型/模型/零件号：\_\_\_\_\_ TSO 号\_\_\_\_\_

制造商规范和/或其他适用规范\_\_\_\_\_

制造商\_\_\_\_\_

地址：\_\_\_\_\_

DO-160 版本和修订号：\_\_\_\_\_ 试验日期：\_\_\_\_\_

条件	节	试验说明
温度和高程	4.0	
低温	4.5.1	
高温	4.5.2&4.5.3	
飞行中的冷却损失	4.5.4	
高程	4.6.1 4.6.2 4.6.3	
减压		
过压		
温度变化	5.0	
湿度	6.0	
运行振动和撞击安全	7.0	
振动	8.0	
爆炸性环境	9.0	
防水性	10.0	
液体敏感性	11.0	
沙尘	12.0	
真菌	13.0	
盐雾试验	14.0	
磁效应	15.0	
输入功率	16.0	
电压尖峰	17.0	
音频敏感性	18.0	
感应信号敏感性	19.0	
无线电频率敏感性	20.0	



图 A-1 续

条件	节	试验说明
无线电频率发射	21.0	
闪电感应瞬变磁化率	22.0	
闪电直接效应试验	23.0	
结冰	24.0	
静电放电	25.0	
火,可燃性	26.0	
其他试验		

备注

特殊情况：包括功率、特殊冷却、安装说明等。

图 A-2 环境资格评定表

## 示例

专门名称：\_\_\_\_\_

类型/模型/零件号：\_\_\_\_\_ TSO 号 \_\_\_\_\_

制造商规范和/或其他适用规范：\_\_\_\_\_

制造商：\_\_\_\_\_

地址：\_\_\_\_\_

DO-160 版本和修订号：\_\_\_\_\_

试验日期：\_\_\_\_\_

条件	节	试验说明
温度和 低温 高温 飞行中的冷却损失 高程 减压 过压	4.0 4.5.1 4.5.2 & 4.5.3 4.5.4 4.6.1 4.6.2 4.6.3	试验设备属于 A 类 2。F2 带辅助空冷，属于 W 类。
温度变化	5.0	试验设备属于 B 类。
湿度	6.0	试验设备属于 A 类。
运行振动和撞击安全	7.0	试验设备属于 B 类。
振动	8.0	对于使用振动试验曲线 W 和 L 的固定机翼涡轮喷气飞机、固定机翼无导管涡轮风扇发动机航空器和轻于 5700kg 的固定机翼往复式/涡轮喷气发动机航空器，试验设备属于 S 类，航空器分区。
爆炸性环境	9.0	标识为 X 类的设备。未进行试验。
防水性	10.0	标识为 X 类的设备。未进行试验。
液体敏感性	11.0	标识为种类 F 的设备。 以磷酸酯基液压油进行了喷淋试验并以 AEA 类型 1 除冰液进行了浸没试验的设备。
沙尘	12.0	标识为 X 类的设备。未进行试验。
真菌	13.0	试验设备属于种类 F。
盐雾试验	14.0	标识为 X 类的设备。未进行试验。
磁效应	15.0	设备是 A 类。

图 A-2 续

条件	节	试验说明
输入功率	16.0	试验设备属于 A 类 (CF)，400Hz。用于交流调制和浪涌交流谐波的替换试验，未测试功率因数。

电压尖峰	17.0	试验设备属于 A 类。
音频敏感性	18.0	试验设备属于 R 类 (CF)。
感应信号敏感性	19.0	试验设备属于 A 类。
无线电频率敏感性	20.0	R 类设备测试传导敏感度和辐射敏感度。
无线电频率发射	21.0	试验设备属于种类 H。
闪电感应瞬变磁化率	22.0	试验设备属于插脚试验波形 B 组, 等级 3, 以及电缆束试验波形 D 组, 单/多次闪击等级 4, 以及多次突发等级 3。
闪电直接效应试验	23.0	鉴定设备为 2A2A, 高电流袭击附件、高电流物理损坏。
结冰	24.0	标识为 X 类的设备。未进行试验。
静电放电	25.0	试验设备属于 A 类。
火, 可燃性	26.0	试验设备属于 B 类。
其他试验		按照《联邦航空条例》第 25 部分, 附录 F 进行耐火试验。

备注

Environmental Laboratories 公司进行试验。  
在液体敏感性试验中, 使用材料样品。  
在功率输入试验中, 按照第 16.5.1.4 b 段, 对数字线路设备的要求测试设备。

RTCA 公司  
1828 L Street. NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DO-160F

**机载设备的环境条件和测试程序**

**附录 B 会员**

发行日期： 取代： RTCA/DO-160E

2007 年 12 月 6 日 编制： RTCA SC-135

该页保留空白。



附录 第 B-2 页

John Doughty	Garmin Ltd.
Soizic Dubois	Thales Avionics
Rob Eagles	International Air Transport Association
Herb Egbert	Consultant
Art Ercolani	Honeywell International, Inc.
Richard Errhalt	U.S. Army
Bill Flathers	Sparrow-Tech Inc.
Tim Fletcher	Bell Helicopter - Textron
Franck Fiourens	Airbus France
Robert Frazier	Federal Aviation Administration
Susan Funnell	Bombardier Aerospace
Norman Gallant	GE Aircraft Engines
Bill Gatheridge	Yokogawa Corporation of America
Richard Gaynor	National Technical Systems
William Gazzola	GE Aircraft Engines
Joe Gerke	Dassault Falcon Jet Corporation
Robert Gille	Honeywell International, Inc.
Croussier Gilles	Turbomeca
Bradley Green	Honeywell International, Inc.
Brad Hakey	Universal Avionics Systems Corporation
Keith Hanneman	Honeywell International, Inc.
Jim Hatlestad	The Boeing Company
Terri He	The Boeing Company
Larry Herren	Rockwell Collins. Inc.
Richard Hess	Honeywell International, Inc.
Michael Hopkins	Thermo
Richard Hopperstad	Honeywell International, Inc.
Carl Houk	Hamilton Sundstrand
Howard Jordan	Raytheon Systems Company
Kamiar Karimi	The Boeing Company
David Kerr	Garmin Ltd.
Werner Kleine-Beek	Bundesministerium fur Verkehr Bau-und Wohnungswesen
Fred Kujawski	Aircell LLC
Marvin Kumley	Garmin Ltd.
Wolfgang Kurner	Airbus Deutschland GmbH
Philippe le Roux	Sagem Defense and Security
Arnaud Ledreux	Airbus France
George Ligler	Project Management Enterprises Inc.
Carlos Llera	Gables Engineering, Inc.
Tim Lusha	DLS Electronic Systems, Inc.
Martin Lutz	EMC-Partner AG
James Lyall	Embry-Riddle Aeronautical University

Michael Maritan  
John Markham  
Billy Martin  
Evelyn Matheson  
Bryan McCoy  
Al Meyer  
Harold Moses  
Bernard Nader  
Joseph Nash  
Art Newirow  
Lee Nguyen  
Truong Nguyen  
Richard Oracheff  
Jeff Phillips  
Marc Poncon  
Doug Pope  
James Press  
Mario Rinaldi  
Rick Robles  
Pierre-Charles Rolland  
George Schoneman  
Paul Schwerman'  
Paul Scott  
Ben Shamberger  
Timothy Shaver  
Rolland Sicard  
Michael Smith  
Tim Steinbach  
Henning Stoefen  
Alan Thompson  
Ken Thompson  
Steve Uhrich  
Walter Viebrock  
Gary Vieth  
Matthew Wade  
David Walen  
Derek Walton  
Kenneth Web  
Frank White  
Matthew Williams  
Reuben Williams  
Matthew Wills  
Karl Yaeger  
Greg Young

CMC Electronics, Inc.  
Wulfsberg Electronics  
Cessna Aircraft Company  
The Boeing Company  
Rockwell Collins. Inc.  
Rockwell Collins, Inc.  
RTCA. Inc.  
Gables Engineering. Inc.  
U.S. Army  
Bruce Industries, Inc.  
Federal Aviation Administration  
National Aeronautics & Space Administration  
Paragon Development Corporation  
Cessna Aircraft Corporation  
Eurocopter  
Honeywell International, Inc.  
NTS '  
Hamilton Sundstrand  
Gables Engineering. Inc.  
Airbus France  
Rockwell Collins, Inc.  
Honeywell International, Inc.  
Electronics Test Centre (ETC)  
Garmin Ltd.  
Federal Aviation Administration  
Universal Avionics Systems Corporation  
Ametek Aerospace  
Rockwell Collins, Inc.  
Airbus Deutschland GmbH  
Environ Laboratories. LLC  
U.S. Army  
The Boeing Company  
The Boeing Company  
The Boeing Company  
Federal Aviation Administration  
Federal Aviation Administration  
LF Research  
Rockwell Collins. Inc.  
Garmin Ltd.  
The Boeing Company  
National Aeronautics & Space Administration  
Cessna Aircraft Company  
Pratt & Whitney Aircraft  
GE Aviation



David Zimmerman

TUV America, Inc.

该页保留空白。

RTCA, Inc.  
1828 L Street, NW Suite 805  
Washington, DC 20036

RTCA/DG-160F

## 机载设备的环境条件和测试程序

### 附录 C 变更协调员

发行日期：  
2007年12月6日

取代：RTCA/DO-160E  
编制：RTCA SC-135

该页保留空白。

**SC-135/WG-14 变更协调员和任务**

节	章节标题	美国变更协调员、地址、电话/传真/邮件	欧盟变更协调员、地址、电话/传真/邮件
1.0	目的和适用性	Jim Lyall Embry-Riddle Aeronautical University 3700 North Willow Creek Road Prescott. AZ 86301 电话 928-777-3833 传真 928-777-6945 邮件 Ivallic@erau.edu	Marc Poncon Eurocopter Marseille Provence Intl Airport 电话 33 4 42 85 7252 传真 33 4 42 85 8765 邮件 marc.poncon@Eurocopier.com
2.0	术语定义	Jim Lvall	Marc Poncon
3.0	测试条件	Jim Lvall	Marc Poncon
4.0	温度和高程	Jeff Dinsmore Honeywell. Inc. Aerospace Electronic Systems 8840 Evergreen Blvd., M/S MN3 51-1305 Minneapolis. MN 55433-0640 电话 763-957-4582 传真 763-957-4731 邮件 jeff.dinsmore@honeywell.com	Arnaud Ledreux Aeroconseil Immeuble Le Chateau 3, rue Dieudonne Costes BP 800 75 31703 Blagnac cedex FRANCE 电话 33 5 67 20 91 22 传真 33 5 67 20 90 41 邮件 arnaud.ledreux@aeroconseil.com
5.0	温度变化	Jeff Dinsmore	Arnaud Ledreux
6.0	湿度	Richard Errhalt Electronic Proving Ground Electromagnetic and Environmental Division - ETF Bldg. 82812. Arizona St. Fort Huachuca, Arizona 85613-7063 电话 520-538-3928 (F) 邮件 Richard.IErrhalt@epg.army.mil	
7.0	撞击	Gary Vieth Boeing Commercial Airplane Company P.O. Box 3707. MS 03-K.R Seattle. W'A 98124 电话 425-266-4957	Marc Poncon

		传真 425-294-7864 邮件 <a href="mailto:gary.l.vieth@boeing.com">gary.l.vieth@boeing.com</a>	
8.0	振动	Gary Vieth	Marc Poncon
9.0	爆炸性环境	Brad Green Honeywell International. Inc. 23500 W. 105 <sup>th</sup> Street. MS-56 Olathe, K.S 66062-1212 电话 913-712-2674 传真 913-712-1399 邮件 <a href="mailto:bradf.green@honeywell.com">bradf.green@honeywell.com</a>	
10.0	防水性	Brad Green	

11.0	液体敏感性	Brad Green	
12.0	沙尘	Richard Errhalt	
13.0	抗真菌性	Richard Errhalt	
14.0	盐雾	Richard Errhalt	
15.0	磁效应	Kenneth J. Webb Rockwell Collins 400 Collins Road, NE, M/S 106-183 Cedar Rapids. IA 52498 电话 3 19-295-8667 传真 3 19-295-0654 邮件 <a href="mailto:kiwebb@rockwellcollins.com">kiwebb@rockwellcollins.com</a>	Gilles Crousier Turbo meca Usine de hordes 645 11 Bordes Cedex France 电话 33 5 59 12 58 26 传真 33 5 59 12 51 48 邮件 <a href="mailto:gilles.crousier@turbomeca.fr">gilles.crousier@turbomeca.fr</a>
16.0	输入功率	Paul Schwerman Honeywell, Inc. 21111 N. 19th Ave. Phoenix, AZ 85027 电话 602-436-4142 邮件 <a href="mailto:paul.schwerman@honeywell.com">paul.schwerman@honeywell.com</a>	C.Bertran Airbus France S.A.S 31060 Toulouse cedex France 电话(0)5 62 11 07 88 传真(0)5 61 93 46 40 邮件 <a href="mailto:christian.bertran@airbus.com">christian.bertran@airbus.com</a>
17.0	电压尖峰	John Covell Goodrich Corporation Fuel and Utility Systems Vergennes, Vermont 电话 802-877-4594 传真 802-877-4444 邮件 <a href="mailto:John.covell@goodrich.com">John.covell@goodrich.com</a>	Philippe Leroux Sagem 邮件 <a href="mailto:philippe.leroux@sagem.com">philippe.leroux@sagem.com</a>
18.0	音频敏感性	John Birkland Rockwell Collins 400 Collins Road, NE, M/S 106-183 Cedar Rapids, IA 52498 电话 319-295-3091 传真 319-295-0654 邮件 <a href="mailto:jabirkla@collinsrockwell.com">jabirkla@collinsrockwell.com</a>	Henning Stofen Airbus Kreetslag 10,21129 Hamburg, Germany 电话 49 (0)40 743 69011 传真 49 (0)40 743 870 69011 邮件 <a href="mailto:henning.stofen@airbus.com">henning.stofen@airbus.com</a>
19.0	感应信号敏感性	Jim Hatlestad The Boeing Company P.O. Box 3707, MC 03-CM Seattle, WA 98124-2207 电话 425-266-1916 传真 425-294-0830 邮件	Tim Noad Qinetiq 邮件

		<a href="mailto:james.r.hatlestad@boeing.com">james.r.hatlestad@boeing.com</a>	
20.0	无线电频率敏感性 (辐射和传导)	Jim Hatlestad	Tim Noad
21.0	无线电频率能量发射	Matthew Wills Cessna Aircraft Company P.O. Box 7704, M/S W7-6 Wichita, KS 67277-7704 电话 316-858-1114 传真 316-206-6857 邮件 <a href="mailto:mwills@cessna.textron.com">mwills@cessna.textron.com</a>	Henning Stoeffen



22.0	闪电感应瞬变磁化率	Allan Meyer Rockwell Collins 400 Collins Road. NE Cedar Rapid. IA 52498 电话 319-295-1528 传真 319-295-3661 邮件 <a href="mailto:ajmeve@rockwellcollins.com">ajmeve@rockwellcollins.com</a>	Jean.Patrick Moreati Dassault Aviation 邮件 <a href="mailto:jean-patrick.moreau@dassault-aviation.fr">jean-patrick.moreau@dassault-aviation.fr</a>
23.0	闪电直接效应试验	Allan Meyer	Jean.Patrick Moreau
24.0	结冰	Alan G. Thompson Environ Laboratories LLC 9725 Girard Avenue South Bloomington. MN 55431 电话(952)888-7795 传真 Fax (952 > 888-6345 邮件 <a href="mailto:agt@environlab.com">agt@environlab.com</a>	
25.0	静电放电	Erik J. Borgstrom Environ Laboratories LLC 9725 Girard Avenue South Bloomington, MN 55431 电话(952)888-7795 传真 Fax (952) 888-6345 邮件 <a href="mailto:ejb@enviromentalab.com">ejb@enviromentalab.com</a>	
26.0	火、可燃性	Alan G. Thompson	Sant-Anna Philippe Airbus France S.A.S 31060 Toulouse cedex France 电话 33 5 61 18 64 29 传真 33 5 61 18 78 96 邮件 <a href="mailto:philippe.sam-anna@airbus.com">philippe.sam-anna@airbus.com</a>
附录 A	环境试验鉴定	Jim Lyall	Marc Poncon
SC-135/VV G-14	主席	Mike Kroeger Honeywell International. Inc. Aerospace 21111 N. 19 <sup>th</sup> Ave. Phoenix. AZ 85027 电话 602-436-4554 传真 602-436-9197 邮件 <a href="mailto:mike.kroeger@W.honeywell.com">mike.kroeger@W.honeywell.com</a>	Marc Poncon
SC-135	秘书	Leo Makowski HV Technologies. Inc.	Tim Noad

		8515 Rixlew Lane Manassas. VA 20109 电话 703-365-2330 传真 703-365-2331 邮 件           makowski@h <u>vtcchriologies.com</u>	
SC-135	指定联盟代表	Lee Nguyen Avionics Systems Branch FAA/AIR-130 800 Independence Ave. SW Washington. DC 20591-0004 电话(202)385-4676 传真(202)385-4651 邮件 <u>lee.nguyen@faa.gov</u>	
RTCA	项目主管	Harold Moses 1828 L Street, NW, Suite 805 Washington, DC 20036 电话 202-833-9339 传真 202-833-9434 邮件 hmoses@rtca.org	