

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 9009—2017

便携式电子设备的机载供电系统

Airborne power supply system for portable electronic device

2017 - 01 - 02 发布

2017 - 04 - 01 实施

中国民用航空局

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	3
5 技术要求	3
5.1 一般要求	3
5.2 CU 技术要求	6
5.3 PCM 技术要求	7
5.4 OU 技术要求	8
6 试验方法	9
6.1 试验环境	9
6.2 试验设备	10
6.3 环境试验	10
6.4 绝缘特性试验	10
6.5 机械强度试验	10
6.6 电磁兼容试验	11
6.7 电源输入试验	11
6.8 保护功能试验	12
6.9 阻燃性试验	13
6.10 CU 功能和性能试验	14
6.11 PCM 功能和性能试验	15
6.12 OU 性能试验	17
7 装机测试方法	17
7.1 基本要求	17
7.2 安装要求	18
7.3 负载要求	18
7.4 频率要求	18
7.5 测试内容	18
8 检验规则	18
9 标识、随附文件、包装、运输和贮存	21

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国民航局航空器适航审定司提出并负责解释。

本标准由中国民航局航空器适航审定司批准立项。

本标准由中国民航科学技术研究院归口。

本标准负责起草单位：中国民航大学、中国民航科学技术研究院、成都唐音科技有限公司。

本标准主要起草人：任仁良、张迪、杨娟、董艇舰、孙玲、刘雪莹、胡毅克、胡敏、文青松、冯建朝。

便携式电子设备的机载供电系统

1 范围

本标准规定了便携式电子设备的机载供电系统的术语和定义、技术要求、试验方法、装机测试方法、检验规则、标识、随附文件、包装、运输和贮存。

本标准适用于便携式电子设备的机载供电系统，该系统输入电源为115 V/200 V或230 V/400 V，恒频(400 Hz)/窄变频(360 Hz~650 Hz)/宽变频(360 Hz~800 Hz)的机载三相交流电，输出为110 V/60 Hz或220 V/50 Hz交流电源和5 V直流电源。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 2099.1-2008 家用和类似用途插头插座 第1部分：通用要求

GB 5226.1-2008 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GJB/Z 299C 电子设备可靠性预计手册

YD/T 1591 便携式通信手持机充电器及接口技术

ATA 300 航空器材包装规范 (Aviation Equipment Packaging Specification)

RTCA DO-160G 机载设备的环境条件和测试程序 (Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment)

RTCA DO-178B 机载系统和设备软件的合格审定要求 (Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机载恒频交流电 **airborne constant frequency ac power**

航空器上使用的电压为115 V/200 V或230 V/400 V，频率为400 Hz的恒频交流电。

3.2

机载窄变频交流电 **airborne narrow variable frequency ac power**

航空器上使用的电压为115 V/200 V或230 V/400 V，频率为360 Hz~650 Hz的变频交流电。

3.3

机载宽变频交流电 **airborne wide variable frequency ac power**

航空器上使用的电压为115 V/200 V或230 V/400 V，频率为360 Hz～800 Hz的变频交流电。

3.4

机载交流电源 **airborne ac power**

机载恒频交流电源、机载窄变频交流电源和机载宽变频交流电源的统称。

3.5

便携式电子设备的机载供电系统 **airborne power supply system for portable electronic device**

使机载交流电变换为110 V/60 Hz或220 V/50 Hz工频交流电和5 V直流电，为机组和乘客的便携式电子设备供电的系统。

注：便携式电子设备的机载供电系统由控制器、电源转换组件和电源输出插座组成，具有电源管理、控制和保护等功能。

3.6

控制器 **control unit**

接收控制信号，经过功率管理，把机载交流电源分配给电源转换组件的控制装置。

注：控制器具有与航空器客舱系统信息交互功能和保护功能。

3.7

电源转换组件 **power conversion module**

使控制器输出的机载交流电转换为110 V/60 Hz或220 V/50 Hz工频交流电和5 V直流电的装置。

注：电源转换组件具有自动稳压和保护功能。

3.8

电源输出插座 **outlet**

为便携式电子设备提供交流电源和直流电源的输出接口。

3.9

漏电保护 **current leakage protection**

当控制器或电源转换组件的输出电流与回路电流之间的差值大于设备漏电保护电流值时，自动切断电源。

3.10

总谐波失真度 **total harmonic distortion**

交流电压或电流波形除基波分量外各次谐波平方和的二次根值与基波有效值的百分比，见公式(1)。

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^n X_k^2}}{X_1} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

THD —— 总谐波失真度；

X_k —— 电压或电流第 k 次谐波的有效值；
 X_1 —— 电压或电流基波的有效值。

3.11

畸变 distortion

在交流系统中，交流波形除基波分量之外的方均根值。在直流系统中，直流波形中交流分量的方均根值。

3.12

畸变系数 distortion factor

畸变与基波的有效值之比。畸变系数通常用百分数表示，见公式（2）。

$$df = \frac{\sqrt{(X_{rms}^2 - X_1^2)}}{X_1} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

df —— 畸变系数；
 X_{rms} —— 电压或电流波形全部成分的有效值；
 X_1 —— 电压或电流基波的有效值。

3.13

电气负载分析 electrical load analysis

用于证实飞机的电源系统能够安全提供新增负载正常使用时所需的电源容量，分析过程中应考虑新增设备可能产生的最大负载。

4 缩略语

APU：辅助动力装置（Auxiliary Power Unit）
 CU：控制器（Control Unit）
 ELA：电气负载分析（Electrical Load Analysis）
 EMC：电磁兼容（Electro Magnetic Compatibility）
 EMI：电磁干扰（Electro Magnetic Interference）
 GND：接地（Ground）
 PCM：电源转换组件（Power Conversion Module）
 MSL：平均海拔（Mean Sea Level）
 OU：电源输出插座（Outlet）
 PED：便携式电子设备（Portable Electronic Device）
 THD：总谐波失真度（Total Harmonic Distortion）

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 环境要求

5.1.1.1 工作温度

CU和PCM应满足下列温度条件：

——正常运行工作温度：-15℃～55℃；

——短时工作温度：-40℃～71℃；

——地面保存温度：-55℃～85℃。

注：短时是指工作时间不大于30 min。

5.1.1.2 工作高度

CU和PCM应安装在增压区域。按照6.3.2进行工作高度试验，正常运行的座舱高度最大值应不低于4 600 m (15 000 ft) MSL。

5.1.1.3 温度变化

按照6.3.3进行温度变化试验。试验后，CU和PCM应能正常工作。

5.1.1.4 湿热

按照6.3.4进行湿热试验。试验后，CU和PCM应能正常工作。

5.1.2 绝缘特性

5.1.2.1 绝缘电阻

按照6.4.1进行绝缘电阻试验，CU和PCM绝缘电阻应不小于1 MΩ。

按照6.4.1进行绝缘电阻试验，OU绝缘电阻应不小于5 MΩ，OU内交流与直流之间的绝缘电阻应不小于5 MΩ。

5.1.2.2 绝缘强度

按照6.4.2进行绝缘强度试验，CU、PCM和OU不应出现电弧或绝缘击穿现象。

5.1.3 机械强度

5.1.3.1 工作冲击

按照6.5.1进行工作冲击试验。试验后，CU和PCM应能正常工作。

5.1.3.2 坠撞安全

按照6.5.2进行坠撞安全试验。试验后，CU和PCM的壳体允许弯曲和变形，安装连接件不应出现损坏，且设备应能正常工作。

5.1.3.3 振动

按照6.5.3进行振动试验，CU和PCM应能正常工作。

5.1.4 电磁兼容

5.1.4.1 磁影响

对于预安装于驾驶舱内的CU和PCM，磁罗盘偏离度等于1°时，CU或PCM与磁罗盘之间的距离应不大于0.3 m。

对于预安装于客舱内的CU和PCM，磁罗盘偏离度等于 1° 时，CU或PCM与磁罗盘之间的距离应在1 m~3 m范围内。

5.1.4.2 电压尖峰

按照6.6.2进行电压尖峰试验，CU和PCM应能正常工作。

5.1.4.3 音频传导敏感性

按照6.6.3进行音频传导敏感性试验，CU和PCM应能正常工作。

5.1.4.4 感应信号敏感性

按照6.6.4进行感应信号敏感性试验，CU和PCM应能正常工作。

5.1.4.5 射频敏感性（辐射和传导）

按照6.6.5进行射频敏感性（辐射和传导）试验，CU和PCM应能正常工作。

5.1.4.6 射频能量发射（辐射和传导）

按照6.6.6进行射频能量发射（辐射和传导）试验，CU和PCM应能正常工作。

5.1.4.7 静电放电

按照6.6.7进行静电放电试验，CU和PCM的性能应不产生永久性下降。

5.1.5 电源输入

按照6.7.1进行电源特性对设备的影响试验，CU和PCM应能正常工作。

按照6.7.2进行设备对电源的影响试验，CU和PCM应符合RTCA DO-160G中16.7的规定。

5.1.6 软件

程序编写和测试应符合RTCA DO-178B的规定，并能够实现在翼软件升级。

5.1.7 自检功能

CU和PCM应具有上电自检和在线循环故障监控功能。

5.1.8 保护功能

5.1.8.1 过载保护

CU和PCM所有输出通道应具有单独的过载保护功能。CU和PCM交流输出电流大于额定电流值的150%时，应切断输出电源。

5.1.8.2 短路保护

CU和PCM所有输出通道应具有单独的短路保护功能。CU和PCM交流输出电流大于额定电流值的200%时，应通过硬保护器件切断输出电源。

5.1.8.3 过热保护

CU和PCM壳体内的温度大于85℃时，应切断输出电源，且CU和PCM不应发生损坏。CU和PCM宜采用自然冷却方式散热。

5.1.8.4 漏电保护

CU和PCM所有输出通道应具有单独的漏电保护装置，实时监控CU和PCM输出电源与地之间的漏电流。

CU输出端的漏电流大于设备设定的漏电保护电流值时，漏电保护装置应在30 ms内切断输出电源，且CU不应发生损坏。

PCM输出端的漏电流大于6 mA时，漏电保护装置应在20 ms内切断输出电源，且PCM不应发生损坏。

5.1.9 阻燃性

PCM指示灯电缆护线网和OU壳体材料在垂直燃烧时，移除火源后，应在15 s内自熄，且烧焦长度应不大于203 mm (8 inch)，燃烧滴落物在跌落后继续焰燃的时间应不大于5 s。

PCM指示灯电缆和OU电缆在60° 燃烧时，移除火源后，应在30 s内自熄，且烧焦长度应不大于76 mm (3 inch)，燃烧滴落物在跌落后继续焰燃的时间应不大于3 s。

5.1.10 可靠性

按照GJB/Z 299C计算，CU和PCM平均故障间隔时间应不小于20 000 h。

5.2 CU 技术要求

5.2.1 主接通/断开功能

CU应具有人工远程接通/断开所有通道输出的功能。

5.2.2 单通道接通/断开功能

CU每个交流通道应具有独立接通/断开通道输出的功能。

5.2.3 关断接口

CU应具有可设置为自动复位关断类型和锁定关断类型的逻辑接口。在客舱失压、放下襟缝翼或其他需要断开PED的机载供电系统时，CU应关断所有通道输出。

5.2.4 功率管理

CU应具有循环检测各个通道输出功率的功能。在下列条件下，CU应向PCM发送相应的工作模式信号：

——CU 输出功率小于 CU 单通道限制功率时，CU 向 PCM 发送“输出可用”工作模式信号；

——CU 输出功率大于 CU 单通道限制功率时，CU 向 PCM 发送“输出限制”工作模式信号；

——在客舱失压、放下襟缝翼或其他需要断开 PED 的机载供电系统时，CU 向 PCM 发送“输出禁用”工作模式信号。

注：CU单通道限制功率是指CU单通道额定功率减去150 VA。

5.2.5 指示功能

CU应设有特定颜色或以一定频率闪烁的指示灯，用于实现下列指示功能：

——输入电源状态指示；

——每个通道输出电源状态指示：包括“输出正常”和“无输出”状态；

——自检状态指示：包括“通过”和“故障”状态；

——每个通道漏电保护状态指示。

5.2.6 通信功能

CU应具有与航空器娱乐系统进行通信的功能。

5.3 PCM 技术要求

5.3.1 功率因数

PCM应具有功率因数校正功能。在输入为额定电压，输出额定功率情况下，输入功率因数应不小于0.968。

5.3.2 效率

PCM效率应不小于90%。

5.3.3 输出功率限制

正常工作时，PCM应具有下列输出功率限制功能：

- 限制输出总功率（包括交流和直流）不大于 250 VA；
- 因新增设备造成输出功率大于 250 VA 时，限制新增设备的使用；
- 因在用设备功率变化造成输出功率大于 250 VA 时，限制最大功率设备的使用；
- 限制单通道交流输出功率不大于 150 VA，超出 150 VA 时，自动关断输出；
- 限制单通道直流输出电流不大于 2.2 A，超出 2.2 A 时，自动关断输出。

需要更高输出功率时，应符合相关适航规定。

5.3.4 交流稳态输出特性

PCM应具有下列交流稳态输出特性：

- 输出电压为 110 V $\pm$ 11 V 或 220 V $\pm$ 22 V；
- 频率为 60 Hz $\pm$ 3 Hz 或 50 Hz $\pm$ 3 Hz。

5.3.5 过压保护

PCM所有交流输出通道应具有单独的过压保护功能：

- PCM（额定输出电压为 110 V/60 Hz）输出电压大于 121 V 时，在 1 s 内切断输出电源；
- PCM（额定输出电压为 220 V/50 Hz）输出电压大于 242 V 时，在 1 s 内切断输出电源。

5.3.6 欠压保护

PCM所有交流输出通道应具有单独的欠压保护功能：

- PCM（额定输出电压为 110 V/60 Hz）输出电压小于 99 V 时，在 1 s 内切断输出电源；
- PCM（额定输出电压为 220 V/50 Hz）输出电压小于 198 V 时，在 1 s 内切断输出电源。

5.3.7 过频保护

PCM所有交流输出通道应具有单独的过频保护功能：

- PCM（额定输出频率为 60 Hz）输出频率大于 66 Hz 时，切断输出电源；
- PCM（额定输出频率为 50 Hz）输出频率大于 55 Hz 时，切断输出电源。

5.3.8 欠频保护

PCM的所有交流输出通道应具有单独的欠频保护功能：

- PCM（额定输出频率为 60 Hz）输出频率小于 54 Hz 时，切断输出电源；
- PCM（额定输出频率为 50 Hz）输出频率小于 45 Hz 时，切断输出电源。

5.3.9 交流输出电压波形

PCM交流输出电压波形应为正弦波。在额定电阻负载条件下，总谐波失真度(THD)应不大于3%或畸变系数应不大于0.04。

5.3.10 直流稳态输出特性

PCM应具有下列直流稳态输出特性：

- 输出电压为 $5\text{ V} \pm 0.25\text{ V}$ ；
- 纹波电压不大于 200 mV。

5.3.11 负载平衡

PCM之间宜采用图1中电气连接方式，以保证三相负载平衡。按照6.11.12进行负载平衡试验，CU任意两相间输出电流差值应不大于0.2 A。

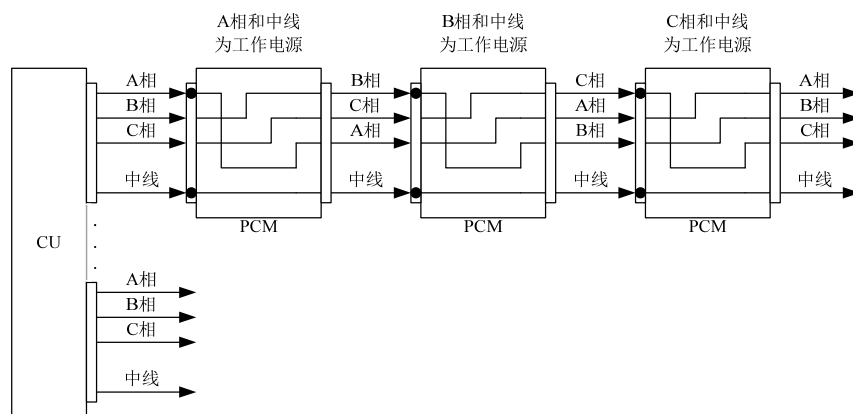


图1 PCM 电气负载平衡连接

5.3.12 工作模式

PCM接收5.2.4中CU发送的三种功率管理信号后，应分别处于下列工作模式：

- “输出可用”工作模式：所有交流输出通道和直流输出通道的输出功率应符合 5.3.3 要求；
- “输出限制”工作模式：保持当前交流输出通道和直流输出通道的输出功率，限制新增设备使用；
- “输出禁用”工作模式：所有交流输出通道和直流输出通道无输出。

5.3.13 指示功能

PCM应具有使用状态指示功能，便于机组观察。宜采用绿色指示灯显示PCM的下列工作状态：

- 无显示：PCM 关闭或 PCM 接通且 OU 未接 PED 设备；
- 常亮：PCM 接通，OU 连接的 PED 设备处于工作状态；
- 采用适当方式显示 PCM 上电自检和故障状态。

5.4 OU 技术要求

5.4.1 通用要求

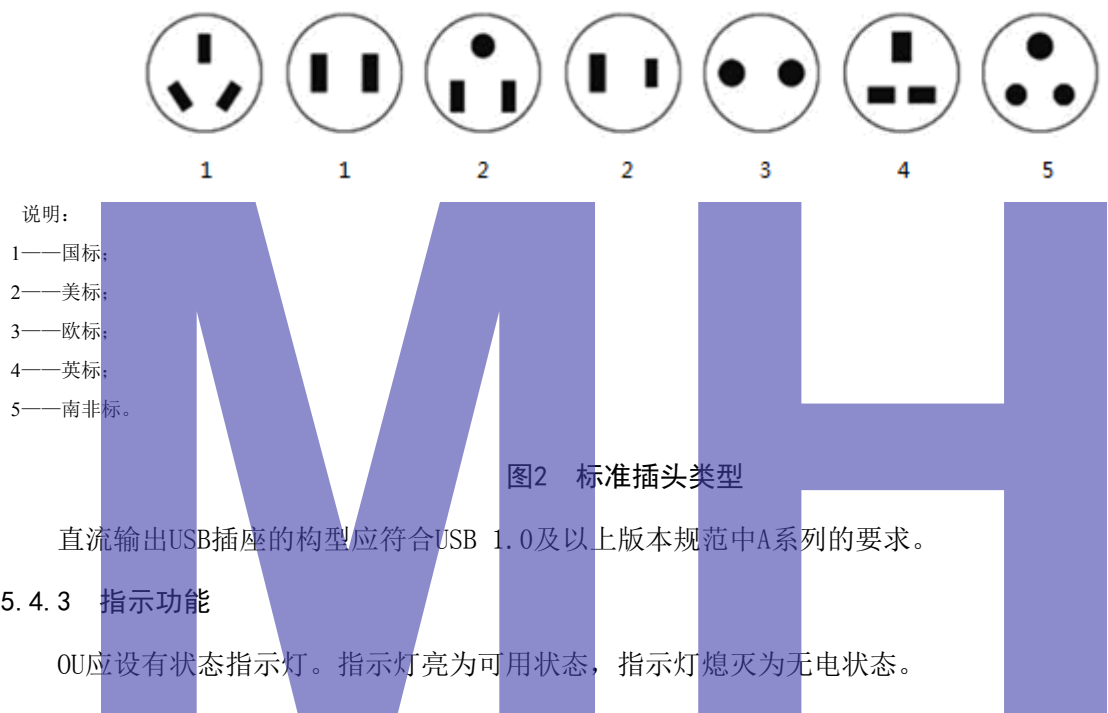
OU交流输出插座的额定值、接地措施、耐老化、由外壳提供的防护和防潮、分断容量、正常操作、拔出插头所需的力、机械强度、耐热性、爬电距离和电气间隙，以及绝缘材料的耐非正常热、耐燃和耐电痕化应符合GB 2099.1-2008的规定。

OU直流输出USB插座的技术要求应符合YD/T 1591的规定。

5.4.2 结构形式

OU包括交流输出插座和直流输出USB插座。

交流输出插座的构型应与图2中的标准插头类型相匹配。



直流输出USB插座的构型应符合USB 1.0及以上版本规范中A系列的要求。

5.4.3 指示功能

OU应设有状态指示灯。指示灯亮为可用状态，指示灯熄灭为无电状态。

5.4.4 防触电保护

OU应具有防触电保护，且应符合GB 2099.1-2008第10章的规定。

OU应具有以下功能：

- PED 交流插头的两个插销同时均衡插入 OU 时，OU 向 PCM 发送信号，PCM 方可输出供电；
- PED 交流插头的单个插销插入 OU 时，PCM 不输出供电。

5.4.5 交直流隔离

OU的交流输出和直流输出之间应设置有效的隔离，交流接口三个插孔中心点和USB接口中心点之间的隔离间距应不小于30.0 mm。OU内部应设置绝缘隔板，隔离交直流。

6 试验方法

6.1 试验环境

除按照引用的国家标准和RTCA DO-160G进行的试验外，其他试验应在下列环境下进行：

- 温度：15 ℃~35 ℃；

- 相对湿度：0%~85%；
- 气压：84 kPa~107 kPa。

6.2 试验设备

试验所用的仪器仪表应在检定(或校准)周期内，准确度应满足下列要求：

- 电压测量设备应不低于 0.5 级；
- 电流测量设备应不低于 0.5 级；
- 频率测量设备应不低于 0.5 级；
- 功率因数和功率测量设备应不低于 1 级；
- 电能质量分析设备应不低于 0.5 级；
- 温度测量设备应不低于 ± 1 °C；
- 除特殊说明外，其他未提及的测量设备应至少不低于 1.5 级。

6.3 环境试验

6.3.1 工作温度试验

按RTCA D0-160G第4章规定的A1类设备试验要求分别对CU和PCM进行工作温度试验。

6.3.2 工作高度试验

按RTCA D0-160G第4章规定的A1类设备试验要求分别对CU和PCM进行工作高度试验。

6.3.3 温度变化试验

按RTCA D0-160G第5章规定的B类温度变化率的要求分别对CU和PCM进行温度变化试验。

6.3.4 湿热试验

按RTCA D0-160G第6章规定的A类设备试验要求分别对CU和PCM进行湿热试验。

6.4 绝缘特性试验

6.4.1 绝缘电阻试验

按照GB 5226.1-2008第18章的规定分别对CU和PCM进行绝缘电阻试验。

按照GB 2099.1-2008第17章的规定对OU进行绝缘电阻试验。

将OU交流接口电源线短接，直流接口电源线短接，利用绝缘电阻测试设备测量两者之间的绝缘电阻。

6.4.2 绝缘强度试验

按照GB 5226.1-2008第18章的规定分别对CU和PCM进行绝缘强度试验。

按照GB 2099.1-2008第17章的规定对OU进行绝缘强度试验。

注：CU输入端、CU输出端和PCM输入端的试验频率为360 Hz~800 Hz，PCM输出端的试验频率为50 Hz或60 Hz。

6.5 机械强度试验

6.5.1 工作冲击试验

按RTCA D0-160G第7章规定的B类设备试验要求分别对CU和PCM进行工作冲击试验。

6.5.2 坠撞安全试验

按RTCA DO-160G第7章规定的B类设备试验要求分别对CU和PCM进行坠撞安全试验。

6.5.3 振动试验

按RTCA DO-160G第8章规定的R类测试程序分别对安装于区域1的CU和PCM进行振动试验。

6.6 电磁兼容试验

6.6.1 磁影响试验

按RTCA DO-160G第15章规定的Z类设备试验要求分别对预安装于航空器驾驶舱内的CU和PCM进行磁影响试验。

按RTCA DO-160G第15章规定的B类设备试验要求分别对预安装于航空器客舱内的CU和PCM进行磁影响试验。

6.6.2 电压尖峰试验

按RTCA DO-160G第17章规定的B类设备试验要求分别对CU和PCM进行电压尖峰试验。

6.6.3 音频传导敏感性试验

按RTCA DO-160G第18章规定的R(CF)、R(NF)和R(WF)类设备试验要求分别对CU和PCM进行音频传导敏感性试验。

6.6.4 感应信号敏感性试验

按RTCA DO-160G第19章规定的AC、AN和AW类设备试验要求分别对CU和PCM进行感应信号敏感性试验。

6.6.5 射频敏感性（辐射和传导）试验

按RTCA DO-160G第20章规定的T类设备试验要求分别对CU和PCM进行射频敏感性（辐射和传导）试验。

6.6.6 射频能量发射（辐射和传导）试验

按RTCA DO-160G第21章规定的M类设备试验要求分别对CU和PCM进行射频能量发射（辐射和传导）试验。

6.6.7 静电放电试验

按RTCA DO-160G第25章规定的A类设备试验要求分别对CU和PCM进行静电放电试验。

6.7 电源输入试验

6.7.1 电源特性对设备的影响试验

按RTCA DO-160G第16章规定，分别对A(CF)、A(NF)或A(WF)类的CU和PCM进行电源特性对设备的影响试验，试验项目见表1。

表1 试验内容与 RTCA DO-160G 条款对照

测试内容	A(CF)、A(NF)、A(WF)类设备依据 RTCA DO-160G 条款试验		
	A(CF)	A(NF)	A(WF)
电源正常工作条件下的电压和频率试验	RTCA DO-160G 16.5.1.1 a 和 c.1(1)	RTCA DO-160G 16.5.1.1 a 和 c.1(1)	RTCA DO-160G 16.5.1.1 a 和 c.2(1)

表 1 (续)

测试内容	A (CF)、A (NF)、A (WF) 类设备依据 RTCA DO-160G 条款试验		
	A (CF)	A (NF)	A (WF)
电源正常工作条件下的电压调制试验	RTCA DO-160G 16.5.1.2	RTCA DO-160G 16.5.1.2	RTCA DO-160G 16.5.1.2
电源正常工作条件下的频率调制试验	RTCA DO-160G 16.5.1.3	RTCA DO-160G 16.5.1.3	RTCA DO-160G 16.5.1.3
电源正常工作条件下的瞬时电源中断试验	RTCA DO-160G 16.5.1.4 a 和 b	RTCA DO-160G 16.5.1.4	RTCA DO-160G 16.5.1.4
电源正常工作条件下的浪涌电压试验	RTCA DO-160G 16.5.1.5.1	RTCA DO-160G 16.5.1.5.1	RTCA DO-160G 16.5.1.5.1
电源正常工作条件下的频率瞬态试验	RTCA DO-160G 16.5.1.5.2	RTCA DO-160G 16.5.1.5.2	RTCA DO-160G 16.5.1.5.2
电源正常工作条件下的频率变化试验	—	RTCA DO-160G 16.5.1.6	RTCA DO-160G 16.5.1.6
电源正常工作条件下的电压直流分量试验	RTCA DO-160G 16.5.1.7	RTCA DO-160G 16.5.1.7	RTCA DO-160G 16.5.1.7
电源正常工作条件下的电压畸变试验	RTCA DO-160G 16.5.1.8	RTCA DO-160G 16.5.1.8	RTCA DO-160G 16.5.1.8
注：电源正常工作状态是指航空器在地面和飞行中，电源系统没有发生故障或没有出现不正常时的工作状态，不包括电启动主发动机或辅助动力装置。			

6.7.2 设备对电源的影响试验

按RTCA DO-160G第16章规定，分别对A (CF)、A (NF) 或A (WF) 类的CU和PCM进行设备对电源的影响试验，试验项目见表2。

表2 试验内容与 RTCA DO-160G 条款对照

测试内容	A (CF)、A (NF)、A (WF) 类设备依据 RTCA DO-160G 条款试验		
	A (CF)	A (NF)	A (WF)
负载的电流谐波发射试验	RTCA DO-160G 16.7.1	RTCA DO-160G 16.7.1	RTCA DO-160G 16.7.1
三相负载不平衡试验 (仅适用于 CU)	RTCA DO-160G 16.7.2	RTCA DO-160G 16.7.2	RTCA DO-160G 16.7.2
稳态工作时的直流分量试验	RTCA DO-160G 16.7.3	RTCA DO-160G 16.7.3	RTCA DO-160G 16.7.3
冲击电流试验	RTCA DO-160G 16.7.5	RTCA DO-160G 16.7.5	RTCA DO-160G 16.7.5
稳态工作时的电流调制试验	RTCA DO-160G 16.7.6	RTCA DO-160G 16.7.6	RTCA DO-160G 16.7.6
功率因数试验	RTCA DO-160G 16.7.8	RTCA DO-160G 16.7.8	RTCA DO-160G 16.7.8

6.8 保护功能试验

6.8.1 过载保护试验

CU电源输入端连接程控三相中频电源，输出端连接阻性负载。调节负载，使CU输出电流增大。CU输出电源切断时，测量并记录任一相电流值，记录每个通道输出电源指示灯状态。

PCM电源输入端连接程控三相中频电源,输出端连接阻性负载。调节负载,使PCM输出电流增大。PCM输出电源切断时,测量并记录任一相电流值,记录每个通道输出电源指示灯状态。

6.8.2 短路保护试验

隔离CU内部过载保护电路或设置过载保护电流值大于短路保护电流值。CU电源输入端连接程控三相中频电源,输出端连接阻性负载。调节负载,使CU输出电流增大。CU输出电源切断时,测量并记录任一相电流值,记录每个通道输出电源指示灯状态。

隔离PCM内部过载保护电路或设置过载保护电流值大于短路保护电流值。PCM电源输入端连接程控三相中频电源,输出端连接阻性负载。调节负载,使PCM输出电流增大。PCM输出电源切断时,测量并记录任一相电流值,记录每个通道输出电源指示灯状态。

6.8.3 过热保护试验

打开CU盖板,放置于恒温箱中,在设备空载状态下接通电源。CU输出端连接电压测量设备,应有正常电压输出;调升恒温箱内温度至CU无输出电压,记录恒温箱温度值和每个通道输出电源指示灯状态。

PCM过热保护试验方法与CU相同。

6.8.4 漏电保护试验

在CU输出端和壳体之间连接限流电阻,生成设备设定的漏电保护电流值。接通输出通道,使用示波器观察并记录电压波形时间宽度。记录每个通道漏电保护指示灯状态。

在PCM输出端和壳体之间连接限流电阻,生成6 mA的漏电流。接通输出通道,使用示波器观察并记录电压波形时间宽度。记录每个通道漏电保护指示灯状态。

6.9 阻燃性试验

6.9.1 垂直燃烧试验

按下以下步骤进行垂直燃烧试验:

- 本生灯或特利尔灯的灯管标称内径为9.5 mm(3/8 inch),火焰高度调到38.1 mm(3/2 inch)。用经过校准的热电偶高温计在火焰中心测得的焰温不低于843 °C(1 550 °F);
- 对于织物,最易燃的编织方向平行于试样的最长尺寸,每个试样应垂直支撑,试样下端高出灯的顶部19.1 mm(3/4 inch)。火焰施加在试样下端中心线上,12 s后移开。记录焰燃时间、烧焦长度和滴落物(如果有)的焰燃时间。至少对每种品种和规格的3个试样进行垂直燃烧试验,并计算平均值作为试验结果。烧焦长度的测量结果应精确到2.5 mm(1/10 inch)。

6.9.2 60° 燃烧试验

按下以下步骤进行60° 燃烧试验:

- 本生灯或特利尔灯的灯管标称内径为9.5 mm(3/8 in),火焰高度调至76.2 mm(3 in),其内锥约为火焰高度的1/3。用经过校准的热电偶高温计测得的火焰最热部分的温度不低于954 °C(1 750 °F)。
- 试验在没有气流扰动的试验箱内进行,试验时箱门打开。尺寸过大无法放入试验箱的试样,在类似的没有气流扰动的条件下试验,例如放在高约610 mm(2 ft),长、宽约305 mm(1 ft)的柜内。打开顶部和一个垂直面(正面),使得有足够的空气流入保证燃烧完全,不能有气流扰动。
- 电缆(包括绝缘层)的试样以与水平面成60°的方式安装在试验箱内。试样与柜的正面平行,相隔约152 mm(6 in)。试样下端应刚性夹紧,上端绕过一个滑轮或圆棒,并连接适当的重

物，使试样在整个试验过程中保持张紧。试样从下端夹子到上端滑轮或圆棒的距离应为 610 mm(24 in)，在距下端 203 mm(8 in)处做标记，标明施加火焰的中心点。本生灯或特利尔灯装在试样标记的正下方，与试样的垂直平面成 30°，使火焰的最热部分施加在试验标记处，保持 30 s。记录焰燃时间、烧焦长度和滴落物(如果有)的焰燃时间。至少对每种品种和规格的 3 个试样进行 60° 燃烧试验。烧焦长度测量结果精确到 2.5 mm(1/10 in)。

6.10 CU 功能和性能试验

6.10.1 试验设备的连接

按图3连接试验设备，对CU进行功能和性能试验。

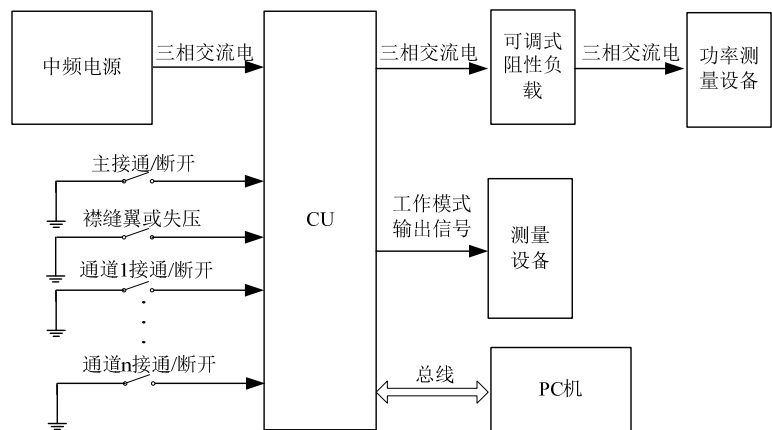


图3 CU 功能和性能试验设备连接

6.10.2 主接通/断开功能试验

接通CU“主接通/断开”开关，观察输出指示灯并测量输出电压。断开CU“主接通/断开”开关，观察输出指示灯并测量输出电压。

6.10.3 单通道接通/断开功能试验

接通CU各个单通道“接通/断开”开关，观察输出指示灯并测量输出电压。断开CU各个单通道“接通/断开”开关，观察输出指示灯并测量输出电压。

6.10.4 关断接口试验

接通CU“襟缝翼或失压”开关，观察输出指示灯并测量输出电压。断开CU“襟缝翼或失压”开关，观察输出指示灯并测量输出电压。

6.10.5 功率管理试验

按以下步骤进行CU功率管理试验：

- a) 调节 CU 任一电源输出通道连接的负载，使 CU 输出功率不大于限制功率，测量并记录工作模式输出接口信号；
- b) 调节 CU 任一电源输出通道连接的负载，使 CU 输出功率大于限制功率，测量并记录工作模式输出接口信号；
- c) 进行 6.10.4 试验时，测量并记录工作模式输出接口信号。

6.10.6 指示功能试验

CU进行6.8试验时，观察并记录指示灯显示状态。

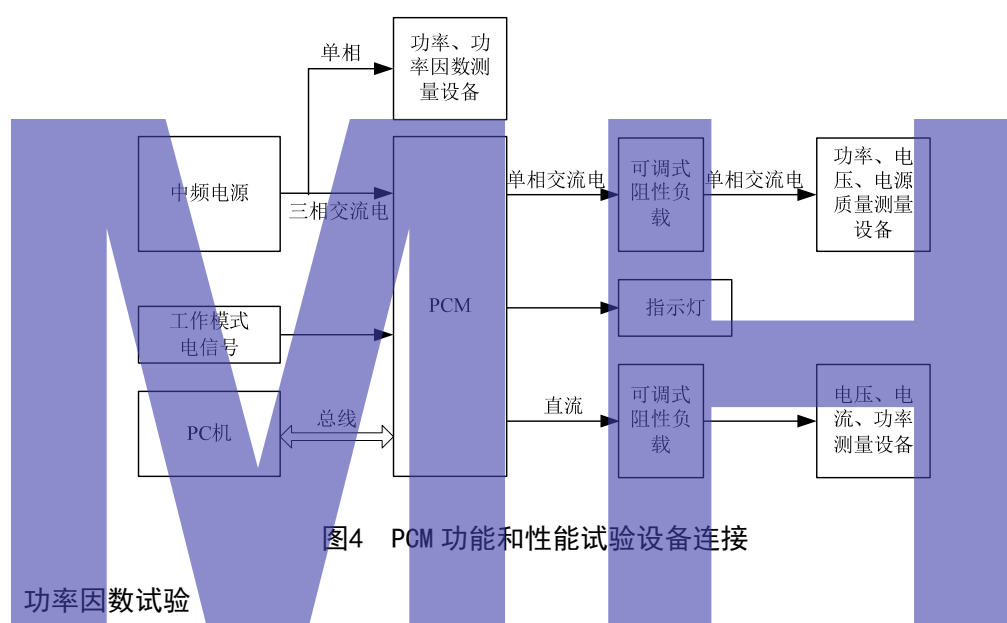
6.10.7 通信功能试验

通过与产品设计相符的总线测试设备进行CU与航空器娱乐系统的通讯功能试验，检测CU与航空器娱乐系统是否能正常通信。

6.11 PCM 功能和性能试验

6.11.1 试验设备的连接

按图4连接试验设备，对PCM进行功能和性能试验。



6.11.2 功率因数试验

调节PCM交流输出通道和直流输出通道的负载至功率额定值，使用功率测量设备测量并记录功率因数。

6.11.3 效率试验

调节PCM交流输出通道和直流输出通道的负载至功率额定值，使用功率测量设备测量并计算效率。

6.11.4 输出功率限制试验

输出功率限制试验包括总功率限制试验和单通道功率限制试验。

调节PCM交流输出通道和直流输出通道的负载，使输出总功率达到最大值，使用电压测量设备测量并记录所有通道输出电压。

选取PCM某一交流输出通道不连接负载，其余通道连接负载，向选取的交流输出通道施加一定功率负载，使输出总功率超出最大值，使用电压测量设备测量并记录所有通道输出电压。依次选取一个交流输出通道，重复上述试验。

PCM所有交流输出通道连接不同功率负载。选取一个交流输出通道，调节其负载，使输出总功率超出最大值。使用电压测量设备测量并记录所有通道输出电压。依次选取一个交流输出通道，重复上述试验。

调节PCM任一交流输出通道的负载，使单通道交流输出功率达到最大值，使用电压测量设备测量并记录所有通道输出电压。

调节PCM任一直流输出通道的负载，使单通道直流输出电流达到最大值，使用电压测量设备测量并记录所有通道输出电压。

6.11.5 交流稳态输出特性试验

调节PCM任一交流输出通道负载至功率额定值，使用电源质量测量设备测量并记录交流输出通道的电压和频率。

6.11.6 过压保护试验

隔离PCM内部稳压功能或设置PCM稳压值大于121 V。PCM电源输入端连接程控三相中频电源，示波器一个通道采集输入电源电压波形，另一通道采集输出电源电压波形。

调节中频电源输出电压，使PCM输出电压为121 V。通过示波器观察两个通道的波形，记录PCM输出电源切断时间和PCM输出电压为121 V对应的输入电源时间，其时间差值即过压保护反应时间。

注：输出电源为110 V/60 Hz的PCM采用以上电压值；输出电源为220 V/50 Hz的PCM采用以上电压值的2倍。

6.11.7 欠压保护试验

隔离PCM内部稳压功能或设置PCM稳压值小于99 V。PCM电源输入端连接程控三相中频电源，示波器一个通道采集输入电源电压波形，另一通道采集输出电源电压波形。

调节中频电源输出电压，使PCM输出电压为99 V。通过示波器观察两个通道的波形，记录PCM输出电源切断的时间和PCM输出电压为99 V对应的输入电源的时间，其时间差值即欠压保护反应时间。

注：输出电源为110 V/60 Hz的PCM采用以上电压值；输出电源为220 V/50 Hz的PCM采用以上电压值的2倍。

6.11.8 过频保护试验

隔离PCM内部频率产生电路。PCM电源输入端连接三相中频电源，将信号发生器连接频率保护取样点。对于额定频率为60 Hz的PCM，调节信号发生器输出频率为66 Hz，对于额定频率为50 Hz的PCM，调节信号发生器输出频率为55 Hz，使用电压测量设备测量PCM输出电压。

6.11.9 欠频保护试验

隔离PCM内部频率产生电路。PCM电源输入端连接三相中频电源，将信号发生器连接频率保护取样点。对于额定频率为60 Hz的PCM，调节信号发生器输出频率为54 Hz，对于额定频率为50 Hz的PCM，调节信号发生器输出频率为45 Hz，使用电压测量设备测量PCM输出电压。

6.11.10 交流输出电压波形试验

调节PCM任一交流输出通道的负载至功率额定值，使用电能质量分析设备测量并记录交流输出通道的总谐波失真度(THD)或畸变系数。

6.11.11 直流稳态输出特性试验

调节PCM任一直流输出通道的负载至功率额定值，使用电能质量分析设备测量并记录直流输出通道的电压和最大输出纹波电压。

6.11.12 负载平衡试验

将1个CU和3个PCM按图1连接。CU电源输入端连接三相中频电源，每个PCM连接相同的阻性负载。使用电流测量设备测量并记录CU三相输出电流。

6.11.13 工作模式试验

向PCM施加“输入可用”工作模式信号，使用电压测量设备测试并记录所有通道输出工作状态电压；向PCM施加“输入限用”工作模式信号，使用电压测量设备测试并记录在用通道和新接入通道输出电压工作状态；向PCM施加“输入禁用”工作模式信号，使用电压测量设备测试并记录所有通道输出电压工作状态。

6.11.14 指示功能试验

PCM指示功能试验包括下列内容：

- 无电源输入或接通电源且OU未接负载时，观察并记录指示灯显示状态；
- 接通电源且OU连接限制功率内的负载时，观察并记录指示灯显示状态；
- 进行6.8、6.11.6、6.11.7、6.11.8和6.11.9试验时，观察并记录指示灯显示状态。

6.12 OU性能试验

6.12.1 通用要求试验

按照GB 2099.1-2008对OU的交流输出插座进行额定值、接地措施、耐老化、由外壳提供的防护和防潮、分断容量、正常操作、拔出插头所需的力、机械强度、耐热性、爬电距离和电气间隙，以及绝缘材料的耐非正常热、耐燃和耐电痕化的进行试验。

按照YD/T 1591对直流输出USB插座进行试验。

6.12.2 结构形式试验

将与图2所示类型对应的插头进行插拔，插头插座应匹配。

6.12.3 指示功能试验

连接OU与PCM，接通PCM电源，观察和记录OU指示灯状态。断开PCM电源，观察和记录OU指示灯状态。

6.12.4 防触电保护试验

按照GB 2099.1-2008第10章规定的试验要求对OU进行防触电保护试验。

连接OU与PCM，接通PCM电源，将两相PED插头的两个插销同时均衡插入OU，测量OU输出电压。使用适当尺寸的螺丝刀插入OU单孔，测量OU输出电压。

6.12.5 交直流隔离试验

使用长度测量工具测量交流接口3个插孔中心点和USB接口中心点之间的隔离间距，测量结果精确至1 mm，记录数据。

打开OU外壳，检查内部是否设置绝缘隔板。

7 装机测试方法

7.1 基本要求

PED机载供电系统的装机测试应符合下列要求：

- 应制定加/改装方案，方案应包括对安装机型进行的ELA分析；
- 应在地面完成装机测试。

7.2 安装要求

装机后，应满足下列要求：

- PED 机载供电系统的各项功能应保持正常；
- PED 机载供电系统工作时，不应同时对安全运行起主要作用的其他系统和部件产生不利影响；
- PED 机载供电系统产生的电气干扰不应同时对航空器或其系统产生危险的影响。

7.3 负载要求

OU应连接负载，每个PCM输出功率应不小于90%额定功率。连接负载的功率因数应在0.6~0.85（滞后）范围内。

7.4 频率要求

在发动机不运转状态下进行装机EMI测试时，高频通讯、甚高频通讯、测距机、甚高频全向信标、自动定向机和仪表着陆系统等调谐频率应在全频段范围内。

7.5 测试内容

装机测试内容包括PED机载供电系统装机后的功能测试和EMI测试。按下列步骤完成装机测试：

- a) 接通地面电源或 APU 电源；
- b) 开启飞机所有用电设备电源，接通 PED 机载供电系统；
- c) 在发动机不运转状态下进行功能测试，包括操作测试、娱乐系统测试、客舱失压和放下襟缝翼等关断接口操作测试，证实 PED 机载供电系统功能符合本文件的规定；
- d) 在发动机不运转状态下进行 EMI 测试，包括但不限于自动飞行系统测试、通信系统测试、指示与记录系统测试和导航系统测试，证实 PED 机载供电系统对上述系统无不利影响；
- e) 启动所有发动机，确保发动机参数稳定；
- f) 在发动机运转状态下进行 EMI 测试，包括但不限于燃油量指示系统测试、发动机指示系统测试、飞行操纵系统测试和气象雷达系统测试，证实 PED 机载供电系统对上述系统无不利影响。

8 检验规则

8.1 检验分类

CU、PCM和OU的检验分为型式检验和出厂检验。

8.2 检验项目

按表3中的检验项目对PED机载供电系统进行检验。

表3 检验项目

序号	项目名称		型式检验	出厂检验	本标准章条号	
					技术要求	试验方法
1	CU	工作温度	△	—	5.1.1.1	6.3.1
2		工作高度	△	—	5.1.1.2	6.3.2
3		温度变化	△	—	5.1.1.3	6.3.3
4		湿热	△	—	5.1.1.4	6.3.4

表 3 (续)

序号	项目名称	型式检验	出厂检验	本标准章条号	
				技术要求	试验方法
5	绝缘特性	△	△	5.1.2	6.4
6	工作冲击	△	—	5.1.3.1	6.5.1
7	坠撞安全	△	—	5.1.3.2	6.5.2
8	振动	△	—	5.1.3.3	6.5.3
9	磁影响	△	—	5.1.4.1	6.6.1
10	电压尖峰	△	—	5.1.4.2	6.6.2
11	音频传导敏感性	△	—	5.1.4.3	6.6.3
12	感应信号敏感性	△	—	5.1.4.4	6.6.4
13	射频敏感性（辐射和传导）	△	—	5.1.4.5	6.6.5
14	射频能量发射（辐射和传导）	△	—	5.1.4.6	6.6.6
15	静电放电	△	—	5.1.4.7	6.6.7
16	电源输入	△	—	5.1.5	6.7
17	软件	△	—	5.1.6	5.1.6
18	自检功能	△	—	5.1.7	6.10.6
19	过载保护	△	△	5.1.8.1	6.8.1
20	短路保护	△	△	5.1.8.2	6.8.2
21	过热保护	△	—	5.1.8.3	6.8.3
22	漏电保护	△	△	5.1.8.4	6.8.4
23	阻燃性	△	—	5.1.9	6.9
24	可靠性	△	—	5.1.10	5.1.10
25	主接通/断开功能	△	△	5.2.1	6.10.2
26	单通道接通/断开功能	△	△	5.2.2	6.10.3
27	关断接口	△	△	5.2.3	6.10.4
28	功率管理	△	△	5.2.4	6.10.5
29	指示功能	△	△	5.2.5	6.10.6
30	通信功能	△	△	5.2.6	6.10.7
31	工作温度	△	—	5.1.1.1	6.3.1
32	工作高度	△	—	5.1.1.2	6.3.2
33	温度变化	△	—	5.1.1.3	6.3.3
34	湿热	△	—	5.1.1.4	6.3.4
35	绝缘特性	△	△	5.1.2	6.4
36	工作冲击	△	—	5.1.3.1	6.5.1
37	坠撞安全	△	—	5.1.3.2	6.5.2
38	振动	△	—	5.1.3.3	6.5.3
39	磁影响	△	—	5.1.4.1	6.6.1
40	电压尖峰	△	—	5.1.4.2	6.6.2
41	音频传导敏感性	△	—	5.1.4.3	6.6.3
42	感应信号敏感性	△	—	5.1.4.4	6.6.4

表 3 (续)

序号	项目名称		型式检验	出厂检验	本标准章条号	
					技术要求	试验方法
43	PCM	射频敏感性（辐射和传导）	△	—	5.1.4.5	6.6.5
44		射频能量发射（辐射和传导）	△	—	5.1.4.6	6.6.6
45		静电放电	△	—	5.1.4.7	6.6.7
46		电源输入	△	—	5.1.5	6.7
47		软件	△	—	5.1.6	5.1.6
48		自检功能	△	—	5.1.7	6.11.14
49		过载保护	△	△	5.1.8.1	6.8.1
50		短路保护	△	△	5.1.8.2	6.8.2
51		过热保护	△	—	5.1.8.3	6.8.3
52		漏电保护	△	△	5.1.8.4	6.8.4
53		阻燃性	△	—	5.1.9	6.9
54		可靠性	△	—	5.1.10	5.1.10
55		功率因数	△	△	5.3.1	6.11.2
56		效率	△	△	5.3.2	6.11.3
57		输出功率限制	△	△	5.3.3	6.11.4
58		交流稳态输出特性	△	△	5.3.4	6.11.5
59		过压保护	△	—	5.3.5	6.11.6
60		欠压保护	△	—	5.3.6	6.11.7
61		过频保护	△	—	5.3.7	6.11.8
62		欠频保护	△	—	5.3.8	6.11.9
63		交流输出电压波形	△	△	5.3.9	6.11.10
64		直流稳态输出特性	△	△	5.3.10	6.11.11
65		负载平衡	△	—	5.3.11	6.11.12
66		工作模式	△	△	5.3.12	6.11.13
67		指示功能	△	△	5.3.13	6.11.14
68	OU	绝缘特性	△	△	5.1.2	6.4
69		阻燃性	△	—	5.1.9	6.9
70		通用要求	△	—	5.4.1	6.12.1
71		结构形式	△	—	5.4.2	6.12.2
72		指示功能	△	△	5.4.3	6.12.3
73		防触电保护	△	△	5.4.4	6.12.4
74		交直流隔离	△	△	5.4.5	6.12.5
注：“△”表示包括该项目，“—”表示不包括该项目。						

8.3 检验规则

8.3.1 检验条件

在下列条件下对PED机载供电系统进行检验：

——各项检验均应在 6.1 规定的试验条件下进行；

——测量使用的仪器仪表应符合 6.2 的要求。

8.3.2 出厂检验和型式检验

在交货时，对PED机载供电系统的每个CU、PCM和OU应进行出厂检验。

在下列情况下，对PED机载供电系统的每个CU、PCM和OU应进行型式检验：

- 新产品试制完成及老产品转厂生产；
- 产品结构、材料或工艺的变更，足以影响产品的性能。

8.3.3 检验合格判定

出厂检验时，如有一项检验结果不符合本文件的规定，应找出原因并排除故障后复验，如果经3次复验后仍不合格，则为不合格品。

型式检验时，如有一项检验结果不符合本文件的规定，应在同一批产品中另抽取加倍数量的产品进行该项目复验。如果仍不合格，暂停产品生产并对该产品的该项目进行逐台检验，直到找出故障原因并处理后，确认其生产的产品合格后方可恢复生产。

9 标识、随附文件、包装、运输和贮存

9.1 标识

9.1.1 通则

CU、PCM和OU应有清晰、耐久的标识，包括设备标识和包装箱标识。

9.1.2 设备标识

9.1.2.1 CU 和 PCM 标识

CU和PCM标识一般采用铭牌的形式，其内容应包括：

- 产品名称和型号规格；
- 产品部件号和序列号；
- 主要技术参数；
- 制造日期和产品批号；
- 制造厂名称；
- 执行标准的编号和名称；
- 静电敏感设备标识。

9.1.2.2 OU 标识

OU标识应至少包括下列内容：

- 产品部件号和序列号；
- 交流输出额定电压和频率；
- USB 标志。

交流输出额定电压和频率、USB标识应在OU表面清晰可见。

9.1.3 包装箱标识

包装箱标识应至少包括下列内容：

- 产品名称和型号规格；
- 产品部件号和序列号；
- 制造日期和产品批号；
- 制造厂名称和地址。

9.2 随附文件

PED机载供电系统的随附文件应包括适航文件，并根据需求提供下列文件：

- 安装限制文件；
- 机组操作指南；
- 维护指南。

9.3 包装

PED机载供电系统的包装应符合ATA 300的规定。

9.4 运输

应使用合适的交通工具运输包装后的CU、PCM和OU，且在运输过程中应满足下列条件：

- 长途运输时，不应装在敞蓬的车厢或船舱中；
- 中途转运时，不应存放在露天场所；
- 不应与易燃、易爆、易腐蚀的物品同车或同船装运；
- 不应遭受雨雪或液体物质的淋袭；
- 不应发生机械损伤。

9.5 贮存

使用前，CU、PCM和OU应存放在原包装箱内。存放的场所内不应有各种有害气体和易燃、易爆、腐蚀性的化学物品。CU、PCM和OU不应存放在有强烈的机械振动、强烈冲击和强磁场的场所。
