

国家计量技术规范

编制说明

规范名称：飞机供电特性参数测试系统校准规范

起草单位：国防科技工业第一计量测试研究中心

2026 年 8 月 10 日

1 任务来源及计划要求

《飞机供电特性参数测试系统校准规范》制订任务来源《市场监管总局办公厅关于印发 2025 年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划的通知》(市监计量发〔2025〕45 号);由中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所、深圳中航技术检测所有限公司和中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所负责起草,成都飞机设计研究所、上海飞机设计研究院和西北工业大学参加起草。

2 编制过程

2.1 编制原则

在规范制订过程中主要考虑了以下因素:

1) 本规范适用于依据 GJB181B-2012《飞机供电特性》的测试要求设计,能够满足 GJB5189-2003《飞机供电特性参数测试方法》和 GJB5558-2006《飞机供电特性测试要求》标准要求的飞机供电特性参数测试系统。

2) 本规范必要时可以与 GB13203-2013《飞机电气系统特性》和国际标准 ISO 1540:2006《航空和航天—飞机电气系统特性》(英文版 ISO1540-2006 Aerospace-Characteristics of aircraft electrical systems), ISO12384-2010(E)《飞机供电特性测试要求》(英文版 ISO12384-2010(E) Aerospace-Requirements for digital equipment for measurements for aircraft electrical power Characteristics)配套使用。

3) 根据有关国家标准、企业标准和专家的意见、建议,以现有的生产技术、校准技术为前提,本着促进生产技术,鼓励进步、淘汰落后,完善量传体系的愿望进行制订。重点考虑规范的实用性和可操作性,统一校准方法。

4) 规范中的校准方法通过试验验证,力求科学严谨、可操作性强;

5) 规范中文字表述力求层次分明、语句简明、公式表达准确、量和单位使用规范;

6) 规范编写格式及要求按照 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》要求进行编写,与 JJF1001《通用计量术语及定义》、JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》,共同构成本规程制定工作的基础性系列规范。

2.2 起草工作分工

本规范由中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所和中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所负责校准方法的制定和校准规范的编写;成都飞机设计研

研究所和上海飞机设计研究院负责校准方法的试验验证和校准规范的核验；深圳中航技术检测所有限公司和西北工业大学负责行业意见建议的收集、资料整理及校准方法的试验验证。

2.3 征求意见情况

待补充

2.4 编制阶段工作情况

2025 年 03 月，项目立项申请；

2025 年 04 月～12 月，根据校准规范（初稿）进行校准项目试验验证和校准方法的可操作性验证；

2026 年 01 月～06 月，进一步完善校准规范初稿，形成《飞机供电特性参数测试系统校准规范（评审稿）》；

2026 年 7 月 30 日，全国航空专用计量测试技术委员会组织预评审；

2026 年 8 月 20 日，按照评审意见完善校准规范初稿，形成《飞机供电特性参数测试系统校准规范（征求意见稿）》；

2026 年 8 月 30 日，向各计量技术机构和航空研制生产单位征求意见；

2026 年 10 月 30 日，根据行业反馈意见，修改完善校准规范，形成《飞机供电特性参数测试系统校准规范（报批稿）》；

2026 年 12 月 30 日，报国家市场监督管理总局报批。

3 主要技术内容说明

3.1 关于范围

本规范规定的是飞机供电特性参数测试系统（以下简称测试系统）的计量特性、校准条件、校准项目、校准方法、校准结果的处理和复校时间间隔。

本规范适用于飞机供电特性参数测试系统的校准。这些测试设备依据 GJB181B-2012《飞机供电特性》的测试要求设计，能够满足 GJB5189-2003《飞机供电特性参数测试方法》和 GJB5558-2006《飞机供电特性测试要求》标准的规定。

3.2 关于引用文件

本规范引用了下列文件：

GJB 181B—2012 飞机供电特性

GJB 5189—2003 飞机供电特性参数测试方法

GJB 5558—2006 飞机供电特性测试要求

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用本规范。

3.3 关于术语和定义

本规范术语与定义引用 GJB181B 中的术语和定义。

3.4 关于概述

本节介绍飞机供电特性参数测试系统的用途、原理和结构。

测试系统是按照 GJB5189 规定用于飞机供电特性测试的数字式测试设备，可以按照 GJB181B-2012 标准对飞机电源系统、配电系统及用电设备电源输入端电气特性参数的测试。

飞机供电特性参数测试系统一般采用虚拟仪器结构，由硬件和软件两部分组成。硬件部分主要由计算机、PXI 总线（或者其他总线）数据采集系统、信号接口箱及相应的传感器等组成。信号接口箱的作用是完成电压信号的衰减、电流—电压信号的转换、畸变信号的调理及功率继电器信号输出等功能。调理后的模拟信号送入 PXI 数据采集系统进行采样，同时接口箱输出继电器功率信号控制接触器接通、断开负载，完成瞬态特性参数及转换特性测试。

测试系统是用于测试飞机供电系统中电压、电流等参数的动、静态特性以及分析供电品质的综合测试系统，具有采集速率高、数据量大、精度准确、通道数多、使用方便、直接套用供电标准限制曲线、所看即所得等特点。

专用测试软件依据相关的供电特性及其参数测试方法标准对民机供电系统的供电特性进行分析、计算、以及测试结果的保存、打印等管理工作，原理框图如图 1 所示。

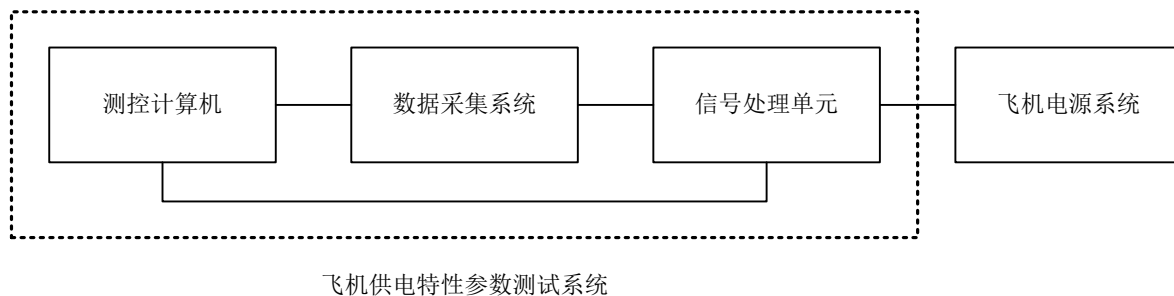


图1 飞机供电特性参数测试系统原理框图

飞机供电特性参数测试系统主要由测控计算机、数据采集系统、信号接口箱和专用测试软件等组成，分为地面测试系统和机载测试系统等类型，主要用于飞机电源系统、配电系统及用电设备电源输入端电气参数测试。

3.5 关于计量特性

3.5.1 外观及工作正常性

a) 外观

由于电气系统正常工作时有安全性要求和电气互联要求，因此外观主要规定各种与安全工作有关的标志。规定了供电电源的标志（电压、频率范围）应明确；与计量特性有关的各引出端的标志应该清晰，电压回路和电流回路公共端应采用明显标志；测试设备须有校准信号的输入输出端口，其标志清晰明确。

附件针对结构特殊的输入输出信号端口的可互联性。规定结构特殊或专用的输入输出端口，须配有专用电缆和相应工具。

b) 工作正常性

工作正常性主要指测试系统开机后的设置和指示，一般依据生产厂家的技术说明书来判定。只简单规定了飞机供电特性测试设备通电后应能正常工作，各种设置和指示应正确。

3.5.2 计量性能

GJB181B 在表 1、表 2、表 4 中规定了 400Hz 交流系统、变频交流系统、直流系统工作特性，对参数范围提出了要求；GJB5189 在 4 中规定了测试系统测试内容及对测试设备的要求，其中 4.1 规定了测试内容，4.4.4 规定了测试准确度要求。本规范的计量特性要求都来源于这些规定。飞机供电特性参数测试系统应达到的主要技术指标为：

1) 交流稳态特性参数

a) 稳态交流电压

GJB181B 在表 1、表 2 中规定了 400Hz 交流系统、变频交流系统稳态电压范围为 108V~118V，方均根值，在图 2 正常瞬变包络线中最小电压为 80V 方均根值，最大电压为 180V 方均根值；综合考虑稳态交流电压范围为 80V~180V，方均根值。GJB5189 在 4.4.4 规定了稳态交流电压测量的相对误差应在额定电压的 $\pm 0.5\%$ ，因此确定稳态电压最大允许误差： $\pm 0.5\%$ ；

b) 电压调制幅度

GJB181B 在表 1、表 2 中规定了 400Hz 交流系统、变频交流系统电压调制幅度最大值 2.5V 方均根值，考虑测量系统需要一定余量及实际使用情况，确定电压调制幅度范围：0.5V~5V，方均根值；电压调制幅度定义为各相每半波方均根值极大值与极小值的差值，因此按额定电压 115V 的允许测量误差 $\pm 0.5\%$ 确定最大允许误差： $\pm 0.1V$ ；

c) 电压相位差

GJB181B 在表 1、表 2 中规定了 400Hz 交流系统、变频交流系统电压相位差范围，确定电压相位差范围： $110^\circ \sim 130^\circ$ ；GJB5189 在 4.4.4 规定了电压相位差测量的绝对误差在 $\pm 0.2^\circ$ 范围内；

d) 交流畸变系数

GJB181B 在表 1、表 2 中规定了 400Hz 交流系统、变频交流系统畸变系数最大为 0.05，确定在 10Hz~1MHz 频率范围内畸变系数：0.005~0.05，最大允许误差： ± 0.0025 ；

e) 交流电压畸变频谱

按 GJB181B 中图 4 确定范围：-35dB~10dB（以方均根值 1.0V 为基础的分贝数，频率范围：10Hz~1MHz）；按 GJB5189 在 4.4.4 规定确定最大允许误差： $\pm 2\text{dB}$ （ $f \leq 50\text{kHz}$ ）； $\pm 5\text{dB}$ （ $f > 50\text{kHz}$ ）（以方均根值 1.0V 为基础的分贝数）；

f) 波峰系数

GJB181B 在表 1、表 2 中规定了 400Hz 交流系统、变频交流系统波峰系数范围 1.31~1.51，确定波峰系数范围：1.30~1.60；最大允许误差： $\pm 2\%$ ；

g) 交流电压直流分量

GJB181B 在表 1、表 2 中规定了 400Hz 交流系统、变频交流系统直流分量范围 -0.10V~0.10V，确定交流电压直流分量范围：-0.20V~0.20V；按 GJB5189 在 5.1.9 规定最大允许误差： $\pm 0.01V$ ；

h) 稳态频率

GJB181B 在表 1 规定了 400Hz 交流系统稳态频率范围 393Hz~407Hz、表 2 中规定了变频交流系统稳态频率范围 360Hz~800Hz, 确定稳态频率范围: 360Hz~800Hz; 按 GJB5189 在 4.4.4 规定确定最大允许误差: $\pm 0.1\%$;

i) 频率调制幅度

GJB181B 在表 1、表 2 中规定了 400Hz 交流系统、变频交流系统频率调制幅度最大 4Hz, 确定频率调制幅度范围: 1Hz~5Hz, 按 GJB5189 在 4.4.4 规定频率测量最大允许误差为额定频率 $\pm 0.1\%$ 确定最大允许误差: $\pm 0.4\text{Hz}$;

j) 稳态交流电流

稳态电流参数仅当用户有要求时予以校准。优先采用电流传感器与测试系统作为整体校准。可以电流传感器单独校准, 而测试系统电流参数的校准一般采用电流传感器的输出信号与测试系统作为一个整体进行校准。校准采用模拟电流法, 由校准装置的电流传感器模拟输出通道模拟电流传感器的输出信号, 接入相应的电流传感器信号调理箱所对应的电流通道。

根据调研, 目前飞机供电特性参数测试系统电流测量范围基本在 1000A 以下, 个别测试通道采用 2000A 传感器, 确定交流电流范围 10A~2000A, 按 GJB5189 在 4.4.4 规定确定最大允许误差: $\pm 1\%$;

k) 瞬态峰值电压

GJB181B 在表 1、表 2 中规定了 400Hz 交流系统、变频交流系统峰值电压最大为 $\pm 271.8\text{V}$, 确定瞬态峰值电压范围: $\pm (113\text{V}\sim 280\text{V})$, 按 GJB5189 在 4.4.4 规定确定最大允许误差: $\pm 1\%$;

l) 瞬态电压

按 GJB181B 中图 2 确定电压瞬变范围: 80V~180V, 方均根值; 按 GJB5189 在 4.4.4 规定确定最大允许误差: $\pm 1\%$;

m) 瞬态频率

按 GJB181B 中图 3 确定频率瞬变范围: 360Hz~800Hz, 按 GJB5189 在 4.4.4 规定确定最大允许误差: $\pm 0.2\%$;

n) 稳态直流电压

按 GJB181B 中表 4 确定稳态直流电压范围: 10V~350V, 按 GJB5189 在 4.4.4 规

定确定最大允许误差： $\pm 0.5\%$ ；

o) 直流畸变系数

GJB181B 在表 4 中规定了直流系统畸变系数最大为 0.035，确定在 10Hz~500kHz 频率范围内畸变系数：0.005~0.05，最大允许误差： ± 0.0025 ；

p) 直流畸变频谱

按 GJB181B 中图 13 及图 16 确定范围：-60dB~10dB（以方均根值 1.0V 为基础的分贝数，频率范围：10Hz~500kHz）；按 GJB5189 在 4.4.4 规定确定最大允许误差： $\pm 2\text{dB}$ （ $f \leq 50\text{kHz}$ ）； $\pm 5\text{dB}$ （ $f > 50\text{kHz}$ ）（以方均根值 1.0V 为基础的分贝数）；

q) 脉动幅度

GJB181B 在表 4 中规定了直流系统脉动幅度最大为 6V 确定范围：0.1V~6V，方均根值（频率范围：10Hz~500kHz）；最大允许误差： $\pm 0.05\text{V}$ ；

r) 直流电压瞬变

按 GJB181B 中图 12 及图 15 确定范围：10V~350V，按 GJB5189 在 4.4.4 规定确定最大允许误差： $\pm 1\%$ ；

s) 稳态直流电流

稳态电流参数仅当用户有要求时予以校准。优先采用电流传感器与测试系统作为整体校准。可以电流传感器单独校准，而测试系统电流参数的校准一般采用电流传感器的输出信号与测试系统作为一个整体进行校准。校准采用模拟电流法，由校准装置的电流传感器模拟输出通道模拟电流传感器的输出信号，接入相应的电流传感器信号调理箱所对应的电流通路。

按 GJB5189 在 4.4.4 规定确定最大允许误差： $\pm 1\%$ ；电流测量范围根据调研，按现有测量系统确定为：1A~2000A。

3.6 关于校准条件

校准条件确定的原则是影响量尽量控制在规定的范围内，使之产生的附加误差可以忽略。校准装置的标准不确定度使校准结果的扩展不确定度小于被校测试系统最大允许误差的四分之一。

校准条件主要考虑校准实施的现场性。由于测试系统一般在现场校准，校准条件相对放宽。

对校准设备进行了详细技术要求。校准设备采用通用设备，主要设备有交流功率

标准源、交流标准电压源、直流标准电压源、交流标准电流源、直流标准电流源、宽带功率放大器、任意波形发生器、功率分析仪、数字存储示波器等标准设备。

3.7 关于校准项目和校准方法

3.7.1 关于校准项目

校准项目按飞机供电特性参数测试系统主要计量特性确定。某些校准项目允许用户决定，但某些关键项目必须校准。其中一些通用技术要求例如仪表的耐压和绝缘可以引用相关国家标准，因此本校准规范不做具体叙述。

按照飞机供电特性要求，需要测量以下参数：稳态交流电压；电压不平衡；电压调制幅度；电压相位差；交流电压畸变系数；交流电压畸变频谱；波峰系数；交流电压直流分量；稳态频率；频率调制幅度；瞬态峰值电压；交流电压瞬变；频率瞬变；稳态直流电压；直流畸变系数；直流电压畸变频谱；直流电压脉动幅度；直流电压瞬变。因此校准项目从中选择，考虑到实际可操作性和简约化，由于电压不平衡是稳态电压时各相电压的差值，而稳态电压经过校准后再计算各相差值已经没有实际意义，故电压不平衡一项不再校准。

需要特别说明的几个校准项目：

1) 交流畸变频谱

对于变频交流测试系统，选取基波 115V/800Hz；对于恒频交流测试系统选取基波为 115V/400Hz；交流畸变频谱的校准点按图 2（GJB181B-2012 图 4）确定：交流电压最大畸变频谱上限选取不少于 6 个点，一般选取 10Hz（-10dBV）、100Hz（-10dBV）、1kHz（10dBV）、3kHz（10dBV）、10kHz（-0.46dBV）、100kHz（-20.46dBV）。

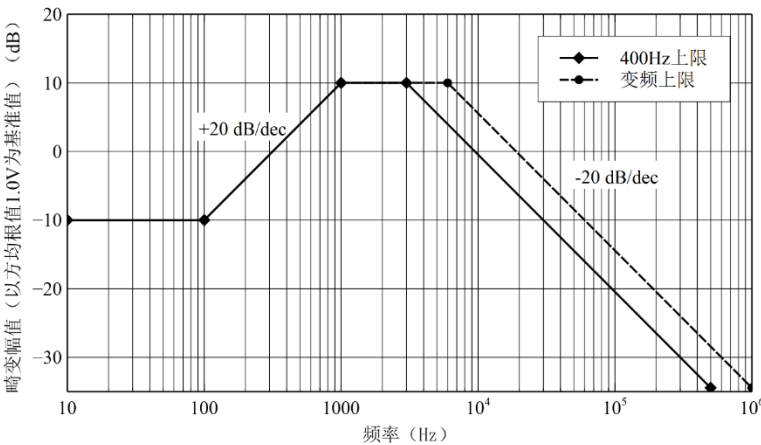


图2 交流电压最大畸变频谱图

2) 瞬态电压

一般情况下校准正常瞬变曲线即可；过压、欠压瞬态特性曲线，通过改变正常瞬变曲线中的起始值和最终稳定值使之达到过压、欠压时的极大值，进行测量能力校准。

3) 瞬态频率

一般情况下校准正常瞬变曲线即可；过频、欠频瞬态特性曲线，通过改变正常瞬变曲线中的起始值和最终稳定值使之达到过频、欠频时的极大值，进行测试能力验证。

4) 直流畸变频谱

校准点按图 3（GJB181B-2012 图 13、图 16）确定，直流电压最大畸变频谱上限选取不少于 6 个点。

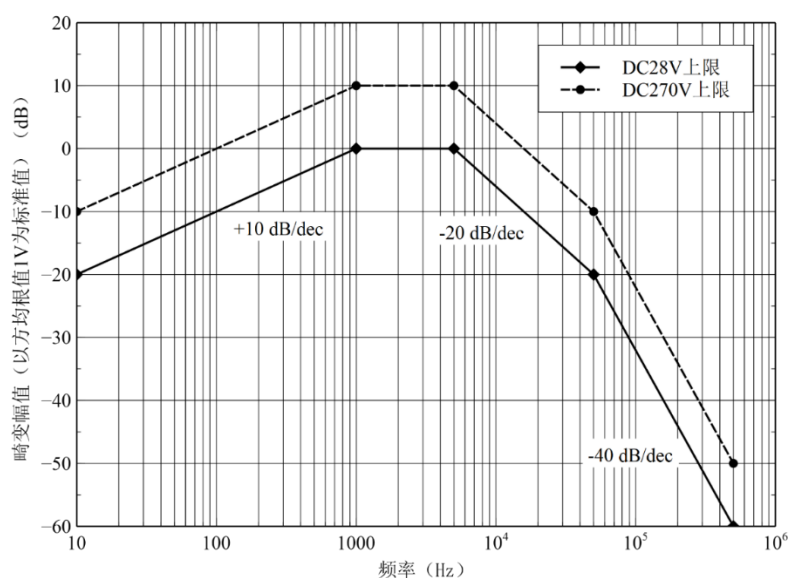


图3 直流畸变频谱图

5) 直流电压瞬变

一般情况下校准正常瞬变曲线即可，过压、欠压瞬态特性曲线，通过改变正常瞬变曲线中的起始值和最终稳定值使之达到过压、欠压时的极大值，进行测试能力验证。

3.7.2 关于校准方法

对于基本误差，规范规定了两种校准方法，即标准源法和标准表比较法，这两种方法，校准设备简单，容易操作，校准结果不确定度分析比较容易。除了这两种方法还有数据采样分析比较法，分参数溯源法等。

3.7.3 关于校准结果的处理

校准结果的有效值保留位数应以校准结果的不确定度为主要依据，校准结果的处理遵循“四舍六入、逢五取偶”的原则。校准结果以基本误差表示比较直观。对于校准结果应给出相应的不确定度。

校准结束后应出具校准证书。校准证书应准确、客观地报告校准结果，校准结果以校准数据、校准曲线等形式给出。校准证书应包括委托方要求的、说明校准结果所必需的和所用方法要求的全部信息。

3.7.4 关于复校时间间隔

复校时间间隔的长短由飞机供电特性参数测试系统的使用情况（供电系统各子系统的重要性、环境条件、使用频率）、使用者、飞机供电特性参数测试系统本身的质量等诸因素所决定；此外，根据飞机供电特性参数测试系统使用单位对于飞机机载产品测试设备的不同要求，可能存在不定期校准或使用前校准等要求的情况，因此飞机供电特性参数测试系统的复校时间间隔不做强制规定，考虑到测试系统计量特性年稳定性的考核，需要上一年的数据，因此“复校时间间隔可根据具体情况由用户确定，建议复校时间间隔最长不超过 12 个月”。

3.8 关于附录

本规范共有两篇附录，其中附录 A 介绍了本规范约定的校准方法得到的校准结果的不确定度评定过程，附录 B 详细列出了各校准项目的数据记录表格式。

4 验证试验情况

本规范中所述校准方法在多个主机厂、所的地面电网试验台或者机载电源供电特性测试系统等大型试验设备上按照规范中所列的校准项目进行了试验验证，包括直流 28V、270V，恒频、变频交流 115V 电源供电特性测试系统的所有功能。通过试验的结果分析，可以有效地检验测试系统的技术指标是否满足使用要求，解决飞机供电特性参数测试系统的量值溯源问题。

5 与国内外相关计量技术规范的对标分析

目前，国内外均没有针对飞机供电特性参数测试系统的计量技术规范，该领域国内外相关计量技术规范主要包括：

- a) GJB 181B—2012 飞机供电特性
- b) GJB 5189—2003 飞机供电特性参数测试方法

- c) GJB 5558—2006 飞机供电特性测试要求
- d) MIL-STD-704F 飞机供电特性
- e) ISO 12384 Aerospace--Requirements for digital equipment for measurements of aircraft electrical power characteristics
- f) ISO 1540 Characteristics of aircraft electrical systems

其中，GJB 181B 是对 MIL-STD-704F 的翻译与总结归纳，二者主要规定了飞机电源系统的供电特性（包括稳态、正常瞬态、非正常瞬态以及应急情况等），即机载用电设备电源输入端的特性，机载用电设备的供电适应性试验主要依据上述标准进行；同时，由于上述标准确定了飞机电源的输出特性，也进一步确定了飞机供电特性参数测试系统的测试项目以及测量范围，由此衍生出了 GJB 5189 和 GJB 5558，二者确定了飞机供电特性参数测试系统的基本技术要求，并提出了相应的测试方法。ISO 1540 和 ISO 12384 则是民用飞机领域的飞机供电特性和测试系统的要求和测试方法相关规范。

GJB5189—2003《飞机供电特性参数测试方法》仅就测试方法提出了具体要求，没有规定如何对测试结果进行校准，测试结果的准确性、统一性、可靠性存在疑问。

GJB5558—2006《飞机供电特性参数测试要求》，其内容与 GJB5189—2003《飞机供电特性参数测试方法》有部分相似之处，不过对数据的软件处理部分增加了软件校准检测的内容，是飞机供电特性参数测试的一大进步。

综上所述，对于飞机供电特性参数测试系统的校准仍缺少相应的技术规范作为指导性文件。由于飞机供电特性参数测试系统主要用于工程测量，编制校准规范比较适宜，这也比较符合目前国家倡导的发展趋势。本规范总结了多年的项目以及实践经验，依据 GJB 5189 和 GJB 5558 确定了校准项目和最大允许误差，依据 GJB 181B 和 RTCA/DO-160G（第 16 部分）确定了每个校准项目的测量范围，并设计了相应的校准方法及装置，实现了飞机供电特性参数测试系统的量值溯源。

6 实施计量技术规范的措施及建议

对于具有实施本规范意愿的相关单位，应熟练掌握飞机供电特性领域的理论知识，包括机载产品供电适应性试验原理、飞机供电特性参数测试系统工作原理等。

建议发布后宣贯实施。