

国家计量技术规范

编制说明

名 称： 航空燃油油量测量仪校准规范

编制单位： 上海飞机制造有限公司

二〇二六年七月

一、任务来源及计划要求

根据国家市场监督管理总局办公厅文件-市监计量发〔2025〕45 号，由上海飞机制造有限公司、成都飞机工业（集团）有限责任公司、北京飞机维修工程有限公司、中航西安飞机工业集团股份有限公司、中国航发商用航空发动机有限责任公司、沈阳飞机工业（集团）有限公司、上海市计量测试技术研究院有限公司等单位共同承担了计划项目编号为“MTC32-2025-04”的《航空燃油油量测量仪校准规范》制订项目。

二、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) 飞机携带的航空燃油油量是通过在飞机油箱内布置电容式燃油油量传感器测量得到的。航空燃油油量测量仪是一种便携式测试设备，可以通过模拟飞机油箱传感器数据，在飞机不真实加油的情况下，验证飞机油箱测量系统是否正常，还可以测量油箱组和补偿器的电容，测量油箱组和航行器电缆的电阻等。结合国内外生产厂商给出的设备名称，将本规范确定为《航空燃油油量测量仪校准规范》。

2) 本规范适用于航空燃油油量测量仪的校准。本规范中电容测量校准范围 $1\text{ pF}\sim 40\text{ nF}$ ，电容输出校准范围 $0.1\text{ pF}\sim 12\text{ nF}$ ，直流电阻测量校准范围： $10\text{ m}\Omega\sim 1\text{ M}\Omega$ ，绝缘电阻测量校准范围： $1\text{ M}\Omega\sim 100\text{ G}\Omega$ ，直流电阻输出校准范围： $10\text{ }\Omega\sim 200\text{ }\Omega$ 。

3) 经过调研和参考国内主流的航空燃油油量测量仪生产厂商的技术资料，进口产品主要包括：美国 GULL 公司 GTF-2 型、美国 BARFIELD 公司 DFQ40K 型、美国 VIAVI 公司 PSD90-2R、PSD60-2R、PSD747-2 型航空燃油油量测量仪；国产产品主要包括：西安浩泰航空科技发展有限公司的 BUCS 系列电容式航空油量表检测仪；四川泛华航空仪表电器有限公司的 US 系列油量仪表试验器；沈阳航达机载设备有限公司的油量测量系统地面检测设备。

4) 根据有关国家标准、企业标准和专家的意见、建议，重点考虑规范的完整性、规范性、合理性和适用性等方面，综合国内外各厂商航空燃油油量测量仪的技术指标，充分结合各方面的经验，充分考虑各单位的实际情况，列出其需要

校准的计量特性参数和指标要求，保证测试方法切实可行；

5) 对于规范技术操作的可行性、文字表达的规范性、数据评价的合理性、不确定度评定的完整性、规范使用的适用性等方面，力求科学严谨，有理有据；

6) 本规范为首次发布，JJF 1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范编制工作的基础性系列规范。

2.2 征求意见情况

初稿完成后，邀请了上海市计量测试技术研究院有限公司、上海精密计量测试研究所、中航西安飞机工业集团股份有限公司、沈阳飞机工业（集团）有限公司等公司的计量技术专家对规范初稿进行了初审。同时委员会召开了工作推进会，对规范进行审议。编制组根据技术专家和委员会专家初审意见，对规范进行修改，形成征求意见稿。

2.3 编制阶段工作情况

2025 年 05 月，计量技术规范编制项目立项；

2025 年 06 月至 2025 年 08 月，梳理商用飞机设计文件、民航文件等关于航空燃油油量测量仪的相关要求。

2025 年 09 月，对中国人民解放军 92574 部队计量站进行校准需求调研；

2025 年 10 月，对沈阳飞机工业（集团）有限公司进行校准需求调研；

2025 年 12 月，对中航西安飞机工业集团股份有限公司进行校准需求调研；

2026 年 01 月，对四川泛华、西安浩泰、沈阳航达等设备制造商开展调研；

2026 年 02 月至 2025 年 06 月，编写《航空燃油油量测量仪校准规范（初稿）》；

2026 年 07 月，邀请上海市计量测试技术研究院有限公司、中航西安飞机工业集团股份有限公司、沈阳飞机工业（集团）有限公司等单位的技术专家对规范初稿进行初审。

2026 年 07 月，委员会召开工作推进会，对规范进行审议。

2026 年 08 月，编制组根据委员会审议意见，对规范进行修改，形成征求意见稿。

三、 主要技术内容的说明

3.1 技术参数指标的确定依据

3.1.1 航空燃油油量测量仪概述

飞机携带的航空燃油油量是通过在飞机油箱内布置电容式燃油油量传感器测量得到的。航空燃油油量测量仪是一种便携式测试设备，可以通过模拟飞机油箱传感器数据，在飞机不真实加油的情况下，验证飞机油箱测量系统是否正常；还可以测量油箱组和补偿器的电容，测量油箱组和航行器电缆的电阻等。航空燃油油量测量仪一般由供电单元、显示/控制单元、激励源、电容测量模块、电容模拟阵列、电阻测量模块、电阻模拟阵列和接口单元等部分组成。

供电单元：多数航空燃油油量测量仪内置电池组，部分型号支持外接交流电源供电，用于给测量仪供电。

显示/控制单元：提供显示界面、功能切换、量程切换和数据通讯等。

激励源：提供用于电容测量和电阻测量的激励信号。

电容测量模块：用于电容测量的电路。

电容模拟阵列：一般为十进制电容阵列或固定值的实物电容。

电阻测量模块：用于电阻测量的电路。

电阻模拟阵列：一般为固定值的实物电阻。

接口单元：通过测试电缆与飞机的油箱测量系统接口连接，形成测试回路。

3.1.2 国内民航文件相关规定

1) HB 5858-84 《电容式燃油油量测量和控制系统通用技术要求》

HB 5858-84 适用于飞机配套使用的电容式燃油油量测量和控制系统的技术条件的制定。该标准“第5章 试验方法”规定了各功能/参数的测试方法，其中“指针位置检测”、“指示器基本误差的检查”、“指示器灵敏度试验”、“故障检查开关试验”和“总油量和分油量指示器一致性试验”等均要求使用分度电容箱进行测试，“传感器和补偿传感器的干电容值和起始电容值检查”、“传感器各校验点电容增值检查”要求使用电容测试仪进行测试，“绝缘电阻检查”要求使用兆欧表检查各点的绝缘电阻。

2) HB 6178-88 《电容式燃油油量测量系统的安装和校准》

HB 6178-88 规定了符合 HB 5858-84 规定的电容式燃油油量测量系统的安装和校准。测试方法按照 HB 5858-84 要求。

3) HB 7168-95 《数字式油量测量系统通用规范》

HB 7168-95 规定了以计算机为中心,采用线性电容式油量传感器的数字式油量测量系统的设计、性能、试验和交付的一般要求。该标准“第5章 试验方法”规定了各功能/参数的测试方法,其中“故障检查开关试验”、“指示器基本误差检查”、“指示器灵敏度试验”和“全系统基本误差检查”等均要求使用模拟器(分度电容箱)进行测试,“油量传感器和补偿传感器的干电容值和起始电容值检查”、“油量传感器各校验点电容增值检查”要求使用电容测试仪进行测试,“绝缘电阻检查”要求使用兆欧表检查各点的绝缘电阻。其基本测试思路和 HB 5858-84 相同。

4) Q/AVIC 30393 《机载燃油油量-耗量测量系统装机前试验要求》

Q/AVIC 30393 该标准“第5章 试验方法”中 5.5 规定了油量部分参数功能检查的要求及测量设备的选择,如“油量部分零位、满位的基准点误差”、“油量测量部分的基本误差”等参数和功能检查等。

3.1.3 航空燃油油量测量仪制造厂商技术指标

编制组通过调研,查找资料,整理了目前国内使用较为广泛的几种航空燃油油量测量仪,关键技术指标整理如下,见表1。

表1 常见航空燃油油量测量仪关键技术指标一览表

	模拟电容输出	电容测量(常规)	电容测量(DTF)	电阻测量	电阻输出
VIAVI PSD60-2R	(10~9900) pF, 无允差	量程: 199.99pF, 1999.99pF, 19.999nF, 39.99nF, 允差: $\pm 0.1\%$ 或 $\pm 0.05\text{pF}$ (取较大)	量程: 19.999nF, 39.99nF, 允差: $\pm 0.1\%$ 或 $\pm 2\text{pF}$ (取较大)	10m Ω ~1999M Ω 共9个 量程,选件可提供2000M Ω ~19999M Ω , 允差: 10m Ω ~1999M Ω : $\pm 2\%$ 或 $\pm 0.1\Omega$ (取较大); 2000M Ω ~19999M Ω : $\pm 5\%$	N/A
BARFIELD INC. DFQ40K	(10~10000) pF, 允差: $\pm 0.1\%$	量程: 400pF, 4000pF, 40000pF, 允差: $\pm 0.1\%$	400pF, 允差: $\pm 0.1\%$	量程: 40M Ω , 400M Ω , 4000M Ω , 20G Ω , 允差: $\pm 10\%$ 量程: 40 Ω , 400 Ω , 4000 Ω , 40k Ω , 允差: $\pm 1\%$	N/A
VIAVI PSD90-2R	(0.1pF~ 11990) pF, 允差: $\pm 0.3\%$ 或 $\pm 0.3\text{pF}$ (取较大)	量程: 199.99pF, 1999.99pF, 19.999nF, 39.99nF, 允差: $\pm 0.1\%$ 或 $\pm 0.05\text{pF}$ (取较大)	DTF: 量程: 19.999nF, 39.99nF, 允差: $\pm 0.2\%$ 或 $\pm 1\text{pF}$ (取较大)	19.999 Ω ~19990M Ω 共 10个量程, 允差: 10m Ω ~1999M Ω : $\pm 2\%$ 或 $\pm 0.1\Omega$ (取较大), 2000M Ω ~19990M Ω : $\pm 20\%$	N/A
西安浩泰 BUCS-1A	(60~10000) pF, 允差: $\pm 1\%$	(200~2000) pF, 允差: $\pm 0.5\%$	N/A	N/A	N/A

四川泛华 某型号 US-XX	(64~1000) pF 定值, 允差: $\pm 0.2\%FS$	量程 2000pF, 允差: $\pm 0.5\%$	N/A	量程 2000 Ω , 200k Ω , 允差: $\pm 5\%$	N/A
四川泛华 某型号 US-XXX	内置模拟电 容, 由电容测 量端口检测其 电容值	(40~1200) pF 定 值, 允差: $\pm 1.5\%FS$	N/A	N/A	10 Ω ~200 Ω , 定值, 允差: $\pm (0.1\% \sim 5\%)$
沈阳航达 某型号	内置模拟电 容, 由电容测 量端口检测其 电容值	(1~3000) pF, 允差: 800pF 以下 $\pm 3pF$, (800~ 3000) pF $\pm 0.5\%$ 。	N/A	N/A	N/A

3.2 规范主要内容的确定

结合 HB 5858-84《电容式燃油油量测量和控制系统通用技术要求》，HB 7168-95《数字式油量测量系统通用规范》中相关试验要求和国内使用较为广泛的几种航空燃油油量测量仪的关键技术指标。本编制组认为规范主要内容应包含如下几方面。

3.2.1 适用范围

本规范适用于航空燃油油量测量仪的校准。

3.2.2 概述

此章节简述航空燃油油量测量仪的定义、原理结构和用途。

3.2.3 计量特性

根据国内民航文件相关规定及国内外产品制造商手册确定。

主要包括：

1) 电容测量

- a) 范围： 1 pF~40 nF；
- b) 最大允许误差： $\pm (0.1\% \text{测量示值} + 1 \text{ pF})$ 。

2) 电容输出

- a) 范围： 0.1 pF~12 nF；
- b) 最大允许误差： $\pm (0.1\% \text{输出示值} + 0.3 \text{ pF})$ 。

3) 直流电阻测量

- a) 范围： 10 m Ω ~1 M Ω ；
- b) 最大允许误差： $\pm (2\% \text{测量示值} + 0.1 \text{ } \Omega)$ 。

4) 绝缘电阻测量

- a) 范围： 1 M Ω ~100 G Ω ；

b) 最大允许误差：±5%测量示值。

5) 直流电阻输出

a) 范围：10 Ω～200 Ω；

b) 最大允许误差：±0.1%测量示值。

3.2.4 校准条件

3.2.4.1 环境温湿度条件

针对航空燃油油量测量仪的工作环境温湿度影响，参考JJG 183-2017《标准电容器检定规程》，JJF 2237-2025《电容箱校准规范》，JJG 1137-2017《高压相对介损及电容测试仪检定规程》，具体要求见表2。校准时也根据被测燃油油量测试仪模拟电容的准确度等级/允差，分级规定不同的温湿度要求。

表2 参考规范校准/检定温湿度要求一览表

	具体要求																											
JJG 183-2017	<table><tr><th colspan="5">表 4 标准电容器的检定环境条件</th></tr><tr><th>准确度级别</th><th>准确度等别</th><th>温度</th><th>相对湿度/%</th><th>检定频率</th></tr><tr><td>0.01 级及以上</td><td>0.01 等及以上</td><td>(20±1)℃</td><td>50±10</td><td rowspan="4">1. 推荐频率： (1 000±10) Hz； ≥10 μF 时 (100±2) Hz； 2. 指定频率</td></tr><tr><td>0.02 级</td><td>0.02 等</td><td>(20±2)℃</td><td>50±10</td></tr><tr><td>0.05 级；0.1 级</td><td>0.05 等；0.1 等</td><td>(20±2)℃</td><td>50±20</td></tr><tr><td>0.2 级及以下</td><td>—</td><td>(20±5)℃</td><td>50±20</td></tr></table>	表 4 标准电容器的检定环境条件					准确度级别	准确度等别	温度	相对湿度/%	检定频率	0.01 级及以上	0.01 等及以上	(20±1)℃	50±10	1. 推荐频率： (1 000±10) Hz； ≥10 μF 时 (100±2) Hz； 2. 指定频率	0.02 级	0.02 等	(20±2)℃	50±10	0.05 级；0.1 级	0.05 等；0.1 等	(20±2)℃	50±20	0.2 级及以下	—	(20±5)℃	50±20
表 4 标准电容器的检定环境条件																												
准确度级别	准确度等别	温度	相对湿度/%	检定频率																								
0.01 级及以上	0.01 等及以上	(20±1)℃	50±10	1. 推荐频率： (1 000±10) Hz； ≥10 μF 时 (100±2) Hz； 2. 指定频率																								
0.02 级	0.02 等	(20±2)℃	50±10																									
0.05 级；0.1 级	0.05 等；0.1 等	(20±2)℃	50±20																									
0.2 级及以下	—	(20±5)℃	50±20																									
JJF 2237-2025	<table><tr><th colspan="3">表 3 电容箱的校准环境条件</th></tr><tr><th>准确度等级</th><th>环境温度</th><th>相对湿度</th></tr><tr><td>0.001 级~0.01 级</td><td>(20±1)℃</td><td>(50±10)%</td></tr><tr><td>0.02 级</td><td>(20±2)℃</td><td>(50±20)%</td></tr><tr><td>0.05 级、0.1 级</td><td>(20±2)℃</td><td>(50±30)%</td></tr><tr><td>0.2 级~10 级</td><td>(20±5)℃</td><td>(50±30)%</td></tr></table>	表 3 电容箱的校准环境条件			准确度等级	环境温度	相对湿度	0.001 级~0.01 级	(20±1)℃	(50±10)%	0.02 级	(20±2)℃	(50±20)%	0.05 级、0.1 级	(20±2)℃	(50±30)%	0.2 级~10 级	(20±5)℃	(50±30)%									
表 3 电容箱的校准环境条件																												
准确度等级	环境温度	相对湿度																										
0.001 级~0.01 级	(20±1)℃	(50±10)%																										
0.02 级	(20±2)℃	(50±20)%																										
0.05 级、0.1 级	(20±2)℃	(50±30)%																										
0.2 级~10 级	(20±5)℃	(50±30)%																										
JJG 1137-2017	环境温度：(20±5)℃ 相对湿度：30%~80%																											

3.2.4.2 其他条件

参考常见航空燃油油量测试仪制造商说明书，对设备等温静置和预热的要求见表 3。

表3 说明书章节等温和预热要求一览表

	等温静置要求	通电预热要求
VIAVI PSD60-2R	无	SELECTION II OPERATION 中电容测量、电容模拟、电阻测量等章节均有“上电后预热 3 分钟以使设备达到稳定状态”相关描述。
BARFIELD INC. DFQ40K	无	Chapter 3 OPERATION 中电容测量、电阻测量等章节要求“上电后自检初始化完成”相关描述。

VIAVI PSD90-2R	无	Chapter 2 OPERATION 中电阻测量等章节均有“上电后预热 1 分钟以使设备达到稳定状态”相关描述。
西安浩泰 BUCS-1A	无	无
四川泛华 某型号 US-XX	无	使用注意事项和维护保养章节中要求：每次使用本试验器前均应先开机预热 10min，冬季预热时间为 20min。
四川泛华 某型号 US-XXX	无	操作方法章节中特别说明：如果需要测量传感器电容值，试验器需要预热 5~10 分钟，然后重新启动试验器，如果不需要测量传感器电容值，上电即可进行其他功能操作。
沈阳航达 某型号	无	操作步骤章节中要求，地面检测设备工作前，需预热 3~5 分钟。

综上所述，航空燃油油量测试仪如需在现场校准，而现场的环境条件和供电条件不符合上述要求时，则必须经不确定度评定。只有在新的条件下，校准时标准器及配套设备引入的扩展不确定度 U 应不大于被测航空燃油油量测试仪允许误差绝对值的 $1/3$ ，方可进行现场校准。

3.2.5 测量标准及其他设备

根据 3.2.3 计量特性的相关要求，选用测量标准应包括电容测试仪、标准电容箱、高阻箱、标准电阻箱和数字多用表。

1) 电容测试仪

电容测试仪一般包括电容电桥或 LCR 测量仪，其测量范围应覆盖被测电容输出值的范围，其对应功能的最大允许误差绝对值（或扩展不确定度（ $k=2$ ））一般不大于被校航空燃油油量测量仪电容输出最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

2) 标准电容箱

标准电容箱的电容值及频率范围应能覆盖被校航空燃油油量测量仪电容测量值及频率范围，其对应功能的最大允许误差绝对值（或扩展不确定度（ $k=2$ ））一般不大于被校航空燃油油量测量仪电容测量最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

标准电阻箱

3) 标准电阻箱

标准电阻箱的直流电阻值应能覆盖被校航空燃油油量测量仪电阻测量值，其对应功能的最大允许误差绝对值（或扩展不确定度（ $k=2$ ））一般不大于被校航空燃油油量测量仪直流电阻测量最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

4) 高阻箱

高阻箱的直流电阻值应能覆盖被校航空燃油油量测量仪电阻测量值，其对应功能的最大允许误差绝对值（或扩展不确定度（ $k=2$ ））一般不大于被校航空燃油油量测量仪绝缘电阻测量最大允许误差绝对值的1/3。

5) 数字多用表

数字多用表的直流电阻测量范围应能覆盖被校航空燃油油量测量仪电阻输出值的范围，其对应功能的最大允许误差绝对值（或扩展不确定度（ $k=2$ ））一般不大于被校航空燃油油量测量仪直流电阻输出最大允许误差绝对值的1/3。

3.2.6 校准项目

针对计量特性，本规范共规定了1项检查项目以及4项校准项目，分别是：

(1) 外观及工作正常性检查

(2) 电容测量

(3) 电容输出

(4) 直流电阻测量

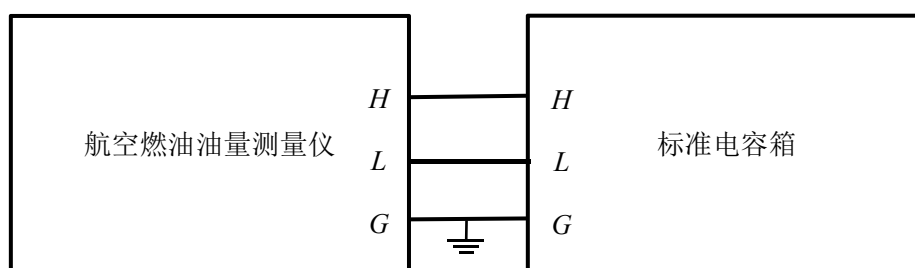
(5) 绝缘电阻测量

(6) 直流电阻输出

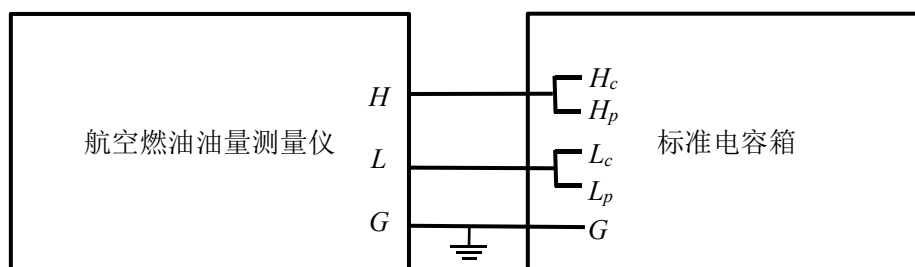
3.2.7 校准方法

3.2.7.1 电容测量

仪器连接如图 1 所示，标准电容箱的屏蔽端要与航空燃油油量测量仪接地端相连。若标准电容箱为两端口输出方式时，用两根同轴电缆分别将标准电容箱与航空燃油油量测量仪高端、低端相连，如图 1 (a) 所示。若标准电容箱为四端口输出方式时，先将标准电容箱高端和低端分别接三通，转换为一个高端和一个低端，用两根同轴电缆分别将标准电容箱与航空燃油油量测量仪高端、低端相连，如图 1 (b) 所示。



(a) 标准电容箱为两端口输出方式接线



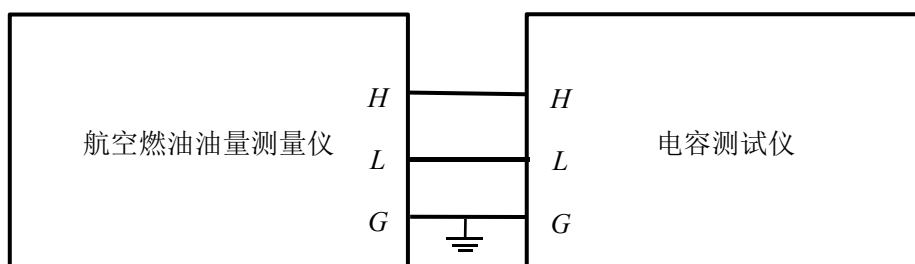
(b) 标准电容箱为四端口输出方式接线

图 1 电容测量校准连接图

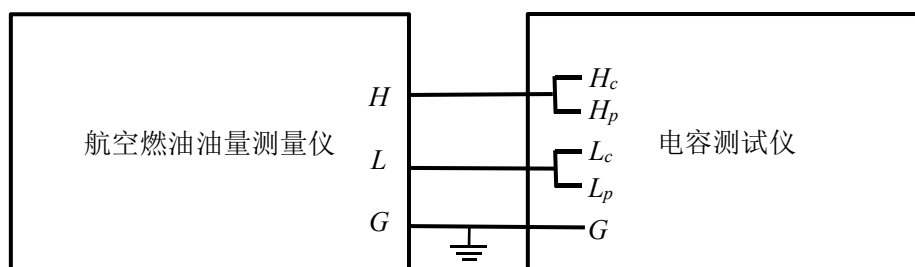
被校航空燃油油量测量仪选择电容测量模式, 推荐校准频率为 1kHz。

3.2.7.2 电容输出

仪器连接如图 2 所示, 电容测试仪的屏蔽端要与航空燃油油量测量仪接地端相连。若电容测试仪为两端口测量方式时, 用两根同轴电缆分别将电容测试仪与航空燃油油量测量仪高端、低端相连, 如图 2 (a) 所示。若电容测试仪为四端口测量方式时, 先将电容测试仪高端和低端分别接三通, 转换为一个高端和一个低端, 用两根同轴电缆分别将电容测试仪与航空燃油油量测量仪高端、低端相连, 如图 2(b) 所示。



(a) 电容测试仪为两端口测量方式接线



(b) 电容测试仪为四端口测量方式接线

图 2 电容输出校准连接图

被校航空燃油油量测量仪选择电容模拟模式, 推荐校准频率为 1 kHz。

3.2.7.3 直流电阻测量

被校航空燃油油量测量仪选择电阻测量模式。仪器连接如图 3 所示, 用导线

分别将被校航空燃油油量测量仪的测量端与标准电阻箱的高端和低端相连。

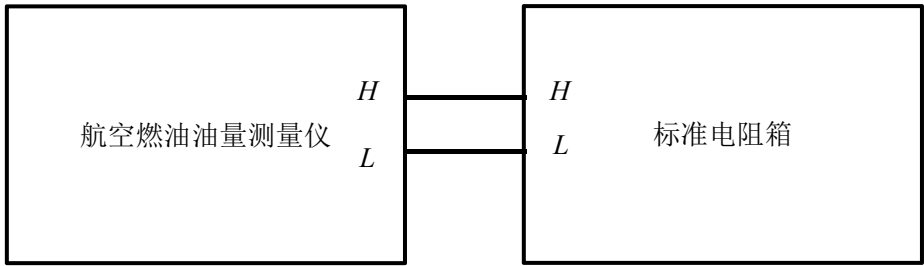


图 3 直流电阻测量校准连接图

3.2.7.4 绝缘电阻测量

被校航空燃油油量测量仪选择电阻测量模式。仪器连接如图 4 所示，用导线分别将被校航空燃油油量测量仪的测量端与高阻箱的高端和低端相连。

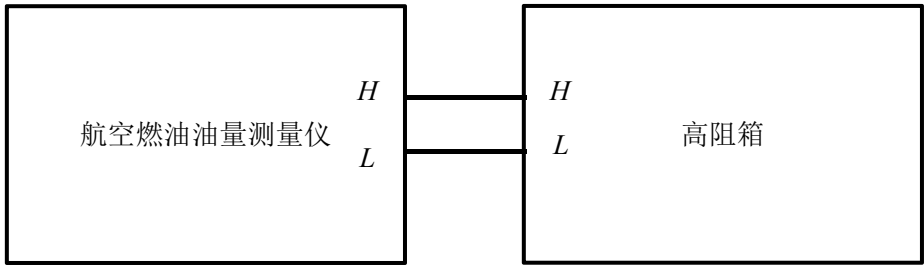


图 4 绝缘电阻测量校准连接图

3.2.7.5 直流电阻输出

被校航空燃油油量测量仪选择电阻输出模式。仪器连接如图 5 所示，用两根导线分别将被校航空燃油油量测量仪的电阻输出端与数字多用表的高端和低端相连。

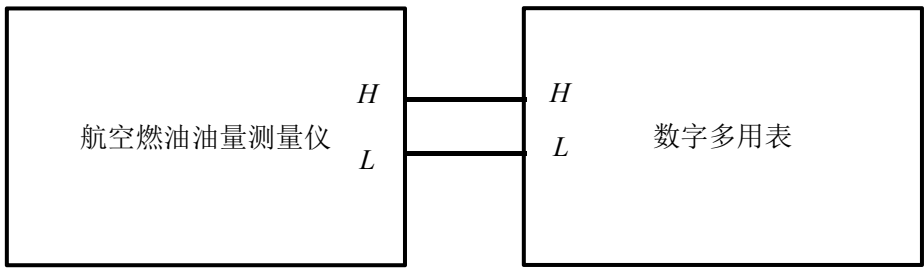


图 5 直流电阻输出校准连接图

四、 验证实验的情况和结果

针对航空燃油油量测量仪的主要校准项目，验证规范中的技术要求、校准方法的可行性、正确性。规范编制组对VIAVI公司PSD60-2R、四川泛华航空仪表电器有限公司生产的US系列等不同型号航空燃油油量测量仪进行大量试验，试验的

数据覆盖校准规范的全部计量性能要求及涉及的参数测量范围。规范编制组分别对四种型号的选择呼叫测试仪进行了校准结果验证，结果为满意。

五、 与现行法规、标准的关系

本规范系新制定的国家规范，与现行的法规、标准之间并无相应的对应关系。

六、 参考资料

1. JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》；
2. JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》；
3. JJF 2237-2025 《电容箱校准规范》；
4. JJG 183-2017《标准电容器检定规程》；
5. JJG 1137-2017《高压相对介损及电容测试仪检定规程》；
6. JJF 1587-2016《数字多用表校准规范》；
7. JJF 1638-2017《多功能校准源校准规范》。