

飞机系统模拟试验中热电阻及其数字 显示仪表的现场校准技术研究

The Field Calibration Technology Research of Thermal Resistance and Digital Display Instrument in Aircraft System Simulation Test

倪君菲 盛承勋 / Ni Junfei Sheng Chengxun

(上海飞机设计研究院,上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

在飞机系统地面模拟试验中,热电阻及其数字显示仪表在液压、飞控等试验系统中广泛使用。针对各试验系统中某些位置的热电阻及其数字显示仪表接线复杂,不便拆卸和传统计量方式的种种弊端等问题,提出了一种由现场计量炉、便携式测温仪和温度校准器等设备组成的现场校准系统。实现对热电阻及其数字显示仪表的现场整体校准,同时亦可实现对热电阻及其数字显示仪表的分部校准,避免了拆卸和安装,提高了工作效率,具有实用价值。

关键词:热电阻;数字显示仪表;现场校准

[**Abstract**] In aircraft system ground simulation test, thermal resistance and digital display instrument are widely used in the hydraulic, flight control and other experimental systems. Aiming at the problems of some thermal resistance and digital display instrument wiring complexity, inconvenient disassembly in each test system and the shortcomings of traditional measurement way, a field calibration system which is consist of field metrology well, portable thermometric instrument and temperature calibrator is presented. The field calibration system realizes thermal resistance and digital display instrument field whole calibration, also can calibrate thermal resistance and digital display instrument by segments. It avoids dismantling and reassembling, improves the work efficiency and has strong practicability.

[**Key words**] Thermal Resistance; Digital Display Instrument; Field Calibration

0 引言

在飞机系统地面模拟试验中,温度是需要测量的重要参数之一。如液压系统中,飞机地面液压清洗加油车上对管路温度、油液温度等的监控对液压系统地面模拟试验的顺利进行具有重要作用^[1]。热电阻测量,数字温度显示仪表显示是温度测量的常见方式。热电阻及其数字显示仪表传统检定方式是分别拆卸后送计量部门实验室检定,检定完成后装回原处。拆装、检定都耗费时间,并且拆装过程容易损坏热电阻,这种检定方法既费人力,又费物力,还可能影响试验进度。同时在飞机系统地

面模拟试验中,参与试验的测试设备大多体积庞大、结构复杂,某些位置的热电阻及其数字显示仪表安装接线复杂,不便拆卸,所以在飞机系统地面模拟试验中,对热电阻及其数字显示仪表进行现场校准已成为最佳计量方式。

随着现代测量技术的发展,新型测量仪器不断出现,实现热电阻及其数字显示仪表现场校准已成为可能。针对热电阻及其数字显示仪表传统检定方式的种种弊端和飞机系统地面模拟试验的实际情况,提出一种由现场计量炉、便携式测温仪、标准铂电阻温度计、温度校准器、计算机以及热电阻校准软件组成的现场校准系统。其中现场计量炉和

便携式测温仪可实现对热电阻及其数字显示仪表现场整体校准^[2]。分部校准时,现场计量炉、便携式测温仪、计算机以及热电阻校准软件组成现场热电阻自动校准系统,自动采集标准铂电阻温度计和被校热电阻输出,自动处理数据和生成证书报告。温度校准器实现数字温度显示仪表的现场校准^[3]。

1 系统组成及工作原理

1.1 系统组成

该系统由标准铂电阻温度计、现场计量炉、便携式测温仪、温度校准器、计算机及热电阻校准软件组成。该系统硬件组成及设备技术指标如表 1 所示。

表 1 系统组成及设备技术指标

设备名称	参考型号	技术指标	用途
标准铂电阻温度计	5626-20	测量范围: - 200℃ ~ 661℃ 准确度等级:二等	1. 热电阻及其数字显示仪表整体校准时的主标准器 2. 热电阻及其数字显示仪表分部校准时,热电阻校准的主标准器
现场计量炉	9142	测量范围: - 25℃ ~ 150℃ 显示准确度: ±0.2℃ 稳定性: ±0.01℃ 轴向均匀性: ±0.05℃ 径向均匀性: ±0.01℃	热电阻及其数字显示仪表整体校准和分部校准的恒温热源
便携式测温仪	1529	测量范围: 电阻 0 ~ 400Ω 准确度: ±0.002 5% 分辨率: 0.001℃	测量标准铂电阻温度计和被校热电阻的输出
温度校准器	7526A	输出范围: - 200℃ ~ 630℃ (Pt100 型热电阻) 标准不确定度: 0.05℃	热电阻及其数字显示仪表分部校准时,用于数字显示仪表校准
校准软件	自制	自动完成控温、校准、数据处理和生成校准证书	热电阻校准软件
计算机	自选	配置较为先进,容量满足要求	用于热电阻校准软件运行、数据存储和记录

9142 型现场计量炉显示准确度高,有着优异的稳定性和均匀性。重量不足 8.2kg,体积小,便于携带到现场使用。升降温速度快,为现场计量节省了宝贵时间。

1529 型便携式测温仪可以测量热电偶、热电阻和热敏电阻的输出,测温范围广、准确度高、重量轻、体积小,适合现场使用。便携式测温仪内

置四个采样通道,采样速度快。在显示方面,1529 既可以显示电压、电阻值,也可以直接显示温度值。

7526A 型温度校准器可输出并测量电压、电流、电阻、热电阻及热电偶。准确度高,体积小,重量轻约 4.24kg,适合现场使用。

1.2 工作原理

1.2.1 热电阻及其数字显示仪表整体校准

将标准铂电阻温度计和被校热电阻测温端放入现场计量炉恒温插块中,标准铂电阻温度计引线端与便携式测温仪相连。便携式测温仪读取标准值,被校热电阻输出由其数字显示仪表读取,根据标准值和仪表读数,得出热电阻及其数字显示仪表作为一个整体在温度测量时的示值误差。同时可对数字显示仪表进行修正,从而达到热电阻及其数字显示仪表整体校准的目的^[4]。注意,当需要知道校准结果是否满足预期使用要求或者试验要求时,应明确热电阻及其数字显示仪表的整体技术指标。热电阻及其数字显示仪表整体校准原理结构框图如图 1 所示。

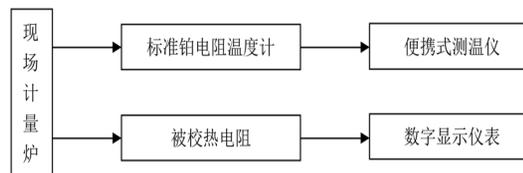


图 1 热电阻及其数字显示仪表整体校准原理结构框图

1.2.2 热电阻及其数字显示仪表分部校准

当热电阻及其数字显示仪表的整体技术指标不明确时,可采用分部校准的方法。

将标准铂电阻温度计和被校热电阻测温端放入现场计量炉恒温插块中,两者引线端与便携式测温仪相连,标准铂电阻和被校热电阻的输出均由便携式测温仪采集,同时现场计量炉和便携式测温仪具有 RS-232 接口,可与计算机通讯,设计相应的热电阻校准软件来实现对标准铂电阻和被校热电阻数据的自动采集、自动存储、自动处理以及生成相应证书报告。

由于分部校准时,主要的校准时间都将花费在热电阻校准上,所以设计热电阻校准软件实现自动化校准可节省大量校准时间,提高工作效率。

温度校准器连接数字显示仪表,可直接实现对数字温度显示仪表的现场校准。热电阻及其数字显示仪表分部校准原理结构框图如图 2 所示。

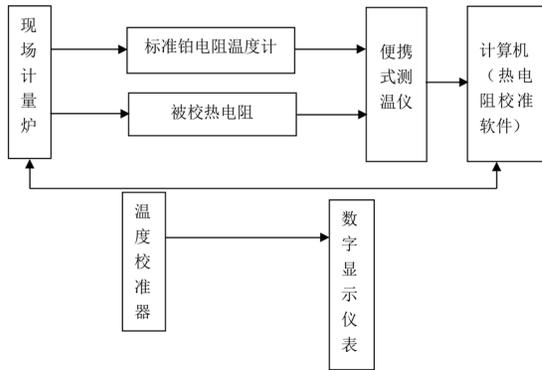


图2 热电阻及其数字显示仪表分部校准原理结构框图

2 校准软件设计

热电阻校准软件主要为实现热电阻现场自动化校准服务。软件采用模块式的编程方法设计,总体由配置、校准和数据处理三大模块组成。

配置模块主要包括热源的设置、标准铂电阻温度计设置和被校热电阻设置3个部分。配置模块完成现场计量炉、标准铂电阻温度计和被校热电阻型号、编号等基本信息的录入、校准温度点设置等,为校准做准备。

校准模块根据配置模块的设置进入热电阻校准过程,设置温度变化率,控制现场计量炉升降温速率,同时监控其实时温度变化,生成热电阻校准原始数据。

数据处理模块对校准模块生成的原始数据进行计算处理,得出校准结果,生成相应校准证书。

软件各模块通过程序菜单相互调用组合,软件流程图如图3所示。

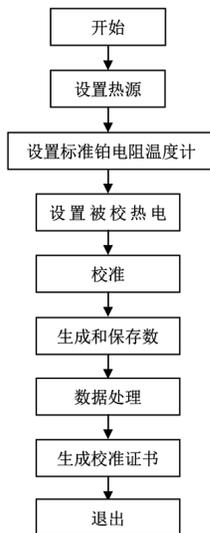


图3 软件流程图

3 系统误差分析

3.1 热电阻及其数字显示仪表整体校准误差分析

热电阻及其数字显示仪表整体校准时,误差来源主要有以下7点:(1)测量重复性。测量的重复性可以用多次测量的结果按贝塞尔公式计算求得。(2)现场计量炉温场稳定性,9142型现场计量炉在 $-25^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 内稳定性为 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}/10\text{min}$ 。(3)现场计量炉温场均匀性,9142型现场计量炉在 $-25^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 内轴向均匀性为 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$,径向均匀性为 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 。(4)二等标准铂电阻温度计准确度和自热效应引入的误差。(5)1529型便携式测温仪准确度引入的误差。(6)若热电阻的数字显示仪表分辨力过低也会引入误差。(7)校准环境。在比较恶劣的环境下进行校准,仪器设备的准确度往往无法保证,从而加大测量误差^[5]。

(1)~(6)由于受硬件条件限制,引入的误差无法避免。但(7)由于校准环境因素引入的误差则可以避免。如9142型现场计量炉在工作环境温度在 $13^{\circ}\text{C} \sim 33^{\circ}\text{C}$ 范围内,满足表1所列技术指标,在此温度范围外就无法保证。1529型便携式测温仪说明书指出“为确保精度,应在 $16^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下使用仪器。在高于 30°C 的环境温度下,电池可能不会正确地充电。在低于 5°C 或高于 40°C 的环境温度下,请勿操作仪器。”所以,尽量在保证准确度的环境温度下进行校准工作,避免环境条件引入误差。

3.2 热电阻及其数字显示仪表分部校准误差分析

热电阻及其数字显示仪表分部校准时,除整体校准时的7个误差来源,还有7526A温度校准器准确度引入的误差。

4 结论

在飞机系统地面模拟试验中,热电阻及其数字显示仪表广泛应用在飞控、液压、环控和动力燃油等试验系统中,在温度参数的测量方面发挥着重要作用。基于在飞机系统地面模拟试验中热电阻及其数字显示仪表不便拆卸的现状和传统计量方式的种种弊端,采用现场校准的计量方式已经越来越迫切。运用现场校准系统开展现场校准既保证了热电阻及其数字显示仪表数据准确可靠,又提高了工作效率,节省了时间,在紧张的试验进程中对保证试验的质量和试验的节点发挥着重要作用。

参考文献:

- [1] 蒋红娜,王蓬. 基于温度参数校准方法的误差分析及改进[J]. 中国科技信息,2012,(11):56-57.
[2] 杨建军,赵庆胜. 现场热工仪表检定与校准方式的探索[J]. 中国氯碱,2012,(7):32-33.
[3] 李玉华. 工业温度计自动检定技术研究[J]. 中国计量,

2012,(2):74-77.

- [4] 罗钧,廖宏伟,苏吉文,夏绪伟,谭业辉. 热电偶和二次仪表现场整体校准系统[J]. 仪器仪表学报,2004,25(4):165-167.
[5] 费业泰. 误差理论与数据处理[M]. 北京:机械工业出版社,2006.

(上接第9页)

设计保证手册,详细阐述了中国商飞公司的机构、职责、程序、资源等对规章的符合性。

4 对中国民机适航管理发展趋势的思考

中国航空工业由于特殊的发展经历和历史背景,尚没有形成完整的民机产业链。尽管在一些领域内,中国的适航当局已经具备了和欧美适航当局相当的审查能力,但必须认识到中国民机适航管理与世界先进水平还有较大差距,对民机适航管理的理解和自觉性也还有很大的发展空间。

4.1 突破标准制定瓶颈

适航标准是长期经验的积累,是吸取了飞行事故的教训,经过反复的验证和论证并公开征求公众意见制定的,纵观 FAA 和 EASA 两家适航当局,它们之所以能够在世界上有最大的发言权,其优势在于其具有世界上最先进、最完善的适航标准,并具有高度的国际化。因此,要想在国际上拥有更多的话语权,就必须注重标准的国际化,积极开展与国外先进适航当局的交流与合作,了解和掌握国际上适航法规及标准的最新动态,突破标准制定的瓶颈。

4.2 适航符合性验证水平亟待提高

与美欧等国相比,中国的民机研制起步晚、基础薄,适航验证水平也正处于发展阶段,与世界先进水平仍存在较大差距,尚未形成相对科学、完整的验证方法和验证程序,且经验和积累极度欠缺。因此,必须结合中国民机研制与适航工作的实际,深入研究适航符合性验证方法,尤其针对适航规章和适航标准的研究,找到一套与中国民机产业相配套的符合性验证方法,逐步建立起完整的民机适航符合性验证程序。

4.3 以设计保证系统的建立带动适航管理体系的发展

建立设计保证系统,已经成为国际上先进航空制造企业的发展趋势,通过设计保证系统对审查、申请双方都有益处:对于审查方,由于民用飞机技术的复杂性、集成度等不断提高,对审查资源和审查能力也提出了更高的要求,再加上航空工业的飞速发展带来的飞机型号数量的急剧增加,都增加了审查方的负荷,使得审查方对具体某一型号无法投入和配置大量审查资源,而通过对设计保证系统审查的方式介入型号审查中可以很好地解决这一矛盾;对于申请方,通过建立符合适航要求并受控的设计保证系统,和审查方建立起互信的审查机制,可以将整个型号的适航取证风险、取证成本大为降低,对项目的研制成功、商业成功产生重大的影响和积极意义。

中国适航当局在最新的适航规章中已经明确了对设计保证系统和设计保证手册的审查要求。国内设计保证系统的建立和发展取得了长足的进步,然而在独立监督职能、供应商设计保证系统管控以及申请、审查双方的接口界面等方面仍不够清晰和完善,缺少相应的监督措施向负责落实纠正措施的机构反馈,对供应商设计保证系统尚未建立起成熟的管理和监控机制,另外,由于设计保证系统的审查在国内也是一项全新的审查模式,因此申请和审查双方的审查工作接口仍不够完善,双方对此也在积极地尝试,以期能探索出高效并符合中国实际的审查方式。

参考文献:

- [1] 张建璐. 适航管理[M]. 北京:中国民航出版社,2011.
[2] AP-21-AA-2011-03-R4, 航空器型号合格审定程序.
[3] FAA Order 8110.4C Type Certification. March 28, 2007.