

飞机导航系统校准技术探讨

匡锐丹

(成都飞机工业(集团)有限责任公司 质量管理部, 四川 成都 610092)

摘 要: 飞机导航系统是引导和保障飞机安全飞行的关键系统, 其所涉及的一些主要参数(如 VOR 方位、TACAN 方位、进近着陆距离、下滑轨迹等)是典型的专用参数, 采用普通的方法很难准确地校准这些参数, 同时由于缺少直接的国家(国防)最高标准, 溯源也很困难。本文以区域导航系统为例, 就其校准系统发展的特点、现有校准方法的优缺点、现有计量技术的瓶颈及解决设想等方面做些探讨性的研究, 以期能够更好地解决现有军(民)机导航系统专用计量参数的溯源和量传中存在的问题。

关键词: 导航系统; 校准技术; 标准

中图分类号: TB9; V249.32

文献标识: A

文章编号: 1674-5795(2009)01-0004-02

Exploring of How to Calibrate Airplane's Navigation System

KUANG Rui-dan

(Chengdu Aircraft Industrial (Group) LTD., Chengdu 610092, China)

Abstract: The navigation system, which is one of the most important parts of the airplane, can keep the airplane flying safely. But, some parameters of the system, such as the VOR bear, TACAN bear, landing distance and slip line etc, are special parameters which are difficult to calibrate accurately by the common ways. In addition, it is also difficult to be traced to the national standard directly for lack of the highest national standard. Now, we take the Range NAV system for an example to research the characteristics of the calibration of the NAVS, the advantages and disadvantages of the test ways we have taken and the ideas of how to resolves the problems during the calibration are studied.

Key word: navigation system; calibration technology; standard

1 RNAV(区域导航)系统计量现状

导航系统的应用和发展在最近几年内取得的突破主要在综合应用方面, 其原理性的东西还是一成不变的。出现这种情况主要在于, 传统的导航系统在其频段特性管理和推广应用上已经为多方接受并形成惯例, 如果引入新系统不仅要因成本原因而考虑新旧设备的兼容问题, 还要因飞机发展过程中性能的平稳升级原因而优先考虑旧系统的扩展问题。从这个意义上说, 导航系统的发展就新机型的的应用而言, 主要是具有不同原理的各子系统的重新组合以及对组合后的系统的综合性能进行扩展; 这种扩展在于 2 个方面: 更宽的使用范围和更高的精度要求; 这样发展的导航系统越来越像通用仪器而非专用仪器。不过, 从另外方面来说, 系统的发展规律也逐渐变得有据可寻, 换句话说,

针对这种性能和应用都不会发生根本性变化的系统, 组建相应的完整的行业最高专用计量标准也变得更实际了。

我国现行的导航设备的溯源和量传大多采用了彼此对照的方法。本质上讲, 由于没有建立完整的溯源链, 因而它不是严格意义上的计量方式, 但却是最有效的校准方法, 所以多年来一直作为行业的惯例实行。造成这种结果有两个深层次原因: 一是国家(国防)没有建立对应的国家(国防)基准, 同时区域也没有建立行业最高标准, 从而使实际使用的参数不能直接溯源到国家标准, 只能采用变通的方法进行; 二是系统的工作模式大多采用了半双工的模式, 这样在校准时需要有对应功能的标准, 比如询问器的校准要用应答机等等。同样, 作为专用设备, 这个假设的标准也不能事先校准。所以, 一般采用的方法是先用几台被校准设备试验这个假设的标准, 再用验证后的标准去校准其它设备, 参数的溯源在这里形成了循环。这个方法类似于比对的方法, 考虑到机载设备和地面设备的误差要求较大, 且其性能很稳

收稿日期: 2008-07-04

作者简介: 匡锐丹(1974-), 男, 工程师, 从事通讯导航专用器具校准技术研究。

定,所以业内一直这样做。

近年来,一些专用设备的生产商对上述情况进行了改进。比如:国外一些设备生产商对其专用标准的测试方法给出了书面的叙述,采用了间接测量法进行参数的校准;国内的一些研究所专门从国外购置了部分特殊的计量设备,采用直接测量法进行校准,使其参数的标准溯源到国外的基准上;还有一些专门从事飞行校验的研究所自己组建了部分的标准,可以解决导航系统的部分子系统的校准。

当然,这并非意味着所有的问题都解决了。相反,这些年还出现了些新的情况。比如:国外一些公司推荐的对距离信标的校准,采用了间接测量法,把距离转换成时间计算,而如果这个值超差,则给用户的数据会是这样的:在XXX海里时超差,其超过标准值XXX秒,对用户而言,这是一个不知所措的数据,这样的例子还很多。出现这种情况的初衷是方便溯源,这样可以把专用参数转换为通用参数,从而直接溯源到相应的国家标准上;但另一方面,由于较少考虑用户的实际使用情况,使量传过程过于简化了。

2 RNAV 系统的校准模型

综合这几年相关技术发展情况、用户使用方式、以及导航专用参数的实际准确度等级,组建 RNAV 系统的专用计量标准,不仅有切实而迫切的实际需求,还有坚实的技术支撑。经过这几年的研究,我觉得采用 2 级建标的方法,比较适合解决校准问题。

2.1 一级建标方案

一级建标方案的核心是制作专用计量标准(校准模型见图1)。

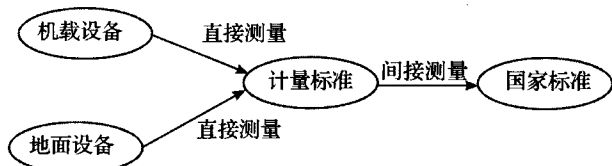


图1 一级 RNAV 系统校准模型

作为模型核心的计量标准在设计上应满足:

1) 具有量传通道的转换方式。专用参数在这个标准中是采用直接测量方式,同时具有专门的溯源通道,把参数分解成一些函数分量,分别溯源到国家标准。

2) 测量参数采用模糊设计的方法,只提取参数的数学模型,而忽略参数的物理意义。比如:VOR 方位信号、MLS 方位信号、DME 系统的距离标准,但是其数学含义为:VOR 信号是 30 Hz 信号的相位差,MLS 信号是脉冲峰值的时间差,DME 距离信号是双脉冲峰

值的时间差。所以,在测试中,MLS 方位和 DME 距离信号具有相同的测试方法,和 VOR 方位的测试方法截然不同。计量标准在设计上就应该抽取这些数学特性,合并相类似参数的测试方法,可以方便计算。

3) 采用虚拟技术。导航系统的各子系统从功能上可以归纳为接收机式、发射机式和收发兼容式这 3 种模型,在设计上都遵从通用设计模型:接收式仪器是微波→射频→中频→解调→ADC→计算;发射式仪器是计算→DAC→调制→中频→射频→微波;收发式则 2 种都有。从这种情况可以看出:导航子系统在数字化之前具有一致的通道,这就给仪器的结构化提供可能。如果我们把本振的信号覆盖全部的导航系统(75 ~ 6000 MHz),那么对子系统模式的识别就仅仅在数字化和调制解调上面了。

一级 RNAV 系统校准模型中的技术难点有:

1) 溯源通道和量传通道不在同一个界面上,如何减少在参考面不同时对参数的影响,至少要保证这种差别在误差允许的范围内,且引起误差的分量受控制或用统计方法能计算出来。

2) 采用以 NI 公司的 PXI 系列板卡为代表的虚拟技术和综合化技术,要比较数字部分的信号解调与物理器件的解调对视频信号的幅度和脉冲后延的影响,因为大部分测试点与起点和终点两个参数有关。

3) 软件编程。信号在数字化以后,直接以幅频特性给出后续文件。软件编程的重点是如何区分不同信号体制的 A/D 信号,然后采用某种算法进行规定准确度的计算。一般还有 FPGA 板卡配合软件编程,那么在 FPGA 的最小时间间隔(和晶振有关)中如何兼容最小测试误差的要求。

4) 在外场测试时,除了解决如何满足使用环境要求的问题,重点要考虑天线的安装方式,以满足辐射模式下的信号收发方式。

2.2 二级建标方案

如果说一级方式还残留有传统计量方式的特点,那么在二级建标方案中,计量标准已经不是传统标准上的独立设备,校准模型见图2。

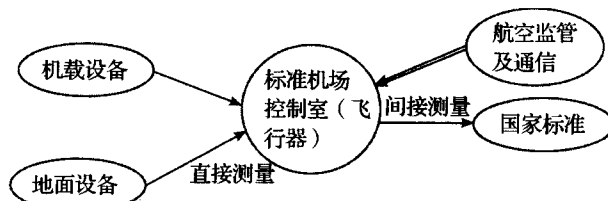


图2 二级 RNAV 系统校准模型

(下转第 23 页)

4.2 重量与重心分析

所有加装设备的重量为 109 kg, 远小于原机承载能力, 且加装设备的重量主要集中在飞机重心附近的设备架上, 因此加装校飞设备后对飞机的重量和重心位置的影响可以忽略, 重量、重心均在飞机的允许范围之内。

4.3 气动特性分析

除外挂装置安装于机身表面外, 其它所有部件均安装于飞机内部。与飞机挂弹相比, 外挂装置对飞机的气动特性基本没有影响, 对原机的操稳性能不会造成影响。

4.4 供电分析

加装设备利用飞机上的 28 VDC 电源, 耗电电流不大于 10 A, 耗电功率小于 270 W。飞机有两台直流发电机, 每台直流发电机的功率为 18 kW, 总功率为 36 kW, 目前飞机的电源余量为 15 kW。可见, 加装设备消耗的直流电源功率远小于飞机的直流电源功率余量, 因此加装后不会影响机上电源的整体使用。

4.5 电磁兼容分析

加装设备发射时的工作频率与其它机载设备无重

叠部分, 且相差较远, 因此不会对其它机载设备产生射频辐射干扰; 机上其它机载电子设备的基波及二、三次谐波频率均远离校飞设备中接收机的工作频率, 因此也不会对加装设备产生射频辐射干扰。加装校飞设备的电缆在敷设时可以避开大功率用电设备和其它强干扰源, 可以做到与机上其它电缆、馈线间不会产生传导辐射干扰。加装校飞设备的电源功耗较小, 加装的校飞设备与机载其它设备间不会通过电源产生干扰。

5 结束语

卫星测控雷达校飞设备各部件布局合理, 安装方式适当, 固定牢靠, 便于操作使用。通过设计专用设备箱和外挂箱, 合理选择固定点, 不在飞机上开孔, 既有效解决了加装设备在飞机上的安装固定, 也保证了加装的校飞设备在试验结束拆除后飞机原状态完全恢复。校飞过程中, 充分发挥了加装设备的功能, 圆满完成了卫星测控雷达动态跟踪性能、动态跟踪条件下测角和测距精度的校飞任务, 为该型雷达的研制定型奠定了基础。

(上接第 5 页)

二级标准模型的核心器具是飞行器, 飞行器本身很小。其上安装有对各种导航子系统的接收器, 通过无线通信把信息返回到航空监管室。在监管室中对信号做后续处理, 而对飞行器的姿态、速度等状态的控制, 则要经过综合空中交通管制系统的实测数据进行实时调控, 飞行器本身的平显图形也实时返送航空监管。

二级标准模型的关键技术是把遥测技术和飞行监控综合运用到计量标准上。计量标准分成两部分, 一部分位于飞行器的接收前端 (最多执行到中频变频阶段); 另一部分位于航空监管室的信号指令发送阶段。这两部分的联系靠通信进行。飞行器位置的监控采用 GPS 做第 3 方测试系统, 采用仿真飞行器的好处是可以模拟不同的天气条件和着陆条件对飞机的影响, 比如雾天、曲线进近等。

技术难点: 1) 地空通信数据链包含两个内容: 发

送指令和数据包的信号链; 射频组件两部分的信号链。这两种信号链的发射频率 (频谱特性) 和发送速率对实际飞行位置的滞后影响; 2) 遥感 (测) 技术与飞行实际位置控制误差的测控方法; 3) 航空监管系统在飞行器的综合运用; 4) 复杂天气条件的数学模型如何运用到误差分量控制中。

3 结束语

计量行业作为服务保障部门, 其任务是解决现有参数的溯源量传问题; 同时, 作为专业学科, 它还要进行预研, 解决未来需求。这对我们的要求很高, 除了熟悉本专业的知识外, 还要广泛了解边缘专业的技术发展, 因此从根本上说, 计量专业是一门应用性较强的专业。本文引入导航系统的校准模型, 是为了对导航专业计量需求进行分析, 仅起到抛砖引玉的作用, 以促进行业内同行共同讨论。