

试飞参数测试系统校准周期优化管理策略研究

王仲杰

(中国飞行试验研究院 西安 710089)

摘要:随着电子技术的飞速发展,传统的试飞参数测试系统一年一次的校准周期及校准方式,与型号定型试飞工作发生严重的冲突,应科学地延长校准周期、改变校准方式、提高校准工作效率,以更好地满足型号试飞任务需求。从分析发生冲突的原因入手,提出了对试飞参数测试系统校准方式实施在线校准和视情校准,对校准周期进行灰色预测等优化管理策略,并对实施优化管理所带来的风险进行了评估及控制。通过对试飞测试系统校准周期实行优化,不同试飞参数的校准周期得到适当的延长,很大程度地缩短了试飞准备周期,提高了试飞效率。

关键词:试飞参数;测试系统;校准周期;管理策略

中图分类号: V241.01;TN06 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 590.30

Calibration cycle of flight parameters test system optimization management strategy research

Wang Zhongjie

(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

Abstract: With the rapid development of electronic technology, facing the conflict that the annual calibrating period of the test system parameters with flight test, we should prolong calibrating period, change the calibrating mode and improve the calibrating efficiency in order to better meet the demand of model test mission. This paper analyses the causes of the conflict, and proposes online calibrating and on-condition calibrating for the flight parameters test system calibration. The same time, raise a grey prediction method as the optimal management policy of calibrating period, then assesses and controls the risks. Through the optimization for the calibrating period of flight test system, prolong different test parameters calibrating period properly, shorten the test preparation cycle greatly and improve the test efficiency.

Keywords: test parameters; test system; calibrating period; management policy

1 概述

试飞参数测试系统是由传感器、采集器及记录器等组成,主要完成对飞行器及各种机上设备相关参数/信号的敏感、采集和记录等工作,在型号定型和适航审定试飞工作中起着提供数据的作用。为保证测试结果的准确性,试飞参数测试系统在进行飞行试验之前必须进行校准,对试飞参数测试系统进行校准是测试系统用于完成飞行试验机载测试的重要环节,其目的是要获取在规定的条件下具有置信度概念的测试系统的输入—输出特性,并将其作为飞行试验数据处理的依据,从而获得准确的测试结果。在整个飞行使用过程中,随着时间的推移,测试系统会受各种外界环境因素和内部元器件老化等多方面的影响,其性能指标会逐渐下降,最终导致测试结果的误差增大,数据

结果偏离,因此,对测试系统的定期校准工作必须按规定进行。对试飞参数测试系统进行定期校准所遵循的标准规范是 GJB1692-93《试飞测试仪器校准要求》,而 GJB1692-93 规定的校准工作模式为一年一次的定期校准,随着型号定型试飞任务的日趋繁重,以及测试改装的一体化设计,使得测试系统的拆卸越来越困难,造成定期校准的工作模式与型号定型试飞进度之间的矛盾越来越突出,因此,需对试飞参数测试系统校准周期进行优化管理,以适应当前繁重的型号定性试飞任务。

2 国内外现状及发展趋势

我国为了加强法定计量检定机构调整强制检定工作计量器具检定周期的管理,国家技术监督局在“关于加强调整强制检定工作计量器具检定周期管理工作的通知(质

技监局量发[2000]182号)中给出了较详细的要求规范。国际上 ILAC(international laboratory accreditation cooperation)和 OIML(international organization of legal metrology)组织联合发文(ILAC-G24)对计量器具的校准周期也做出明确的规定。虽然国内和国际标准对于测试系统的校准周期进行了严格管控,但也同时都规定了“一旦计量器具校准周期被确定以后,校准周期的调整应当是可以的,以便使产品所描述的风险和成本达到最优的平衡”。依据这些规定国内外的专家学者根据各自所用测试仪器和系统的特点,研发了各类测试系统校准周期的管理方法,国内有南理工的韩旭等人^[1]通过对测试系统常用校准周期确定方法的分析,给出了测试系统可靠性观测值的可靠性概率函数描述方法,提出了基于可靠性指标的测试系统校准周期优化方法;北航的孟晓风等人^[2]根据校准监控数据的特征,提出一种基于支持向量回归的校准时间间隔预测模型,进行校准时间间隔的优化;海军航空工程学院的纪明霞等人^[3]通过分析传统计量方式对 ATE 计量的缺点和不足,提出了原位校准的计量校准策略和应遵循的原则等;在国外,合理确认计量设备的检定间隔一直是企业追求的目标,意大利的科学家 Panfilo 等人^[4]以铷频标为例,利用一种集成布朗运动的随机过程进行数学建模,优化铷频标的校准时间间隔;美国的 Hashemian 和 Jamie 在不同领域都提出了通过在线监控延长压力变送器或传感器的校准时间间隔;美国的 Carls 等人提出了一种利用马尔科夫判定来确定测试系统校准时间间隔的方法等。

在国内外众多专家学者研究的基础上,测量仪表校准周期的管理方法正逐步成型,ISO10012:2003《测量管理体系》的颁布,为科学确定测量仪器的校准周期提供了法律依据,也为试飞测试系统校准周期的优化管理提供了有力的参考。因此,为更好地完成越来越繁重的型号定型试飞任务,优化试飞测试系统校准周期的管理方法,重新制定试飞测试系统校准的管理策略迫在眉睫。

3 试飞测试系统校准周期优化管理研究

3.1 试飞测试系统校准周期影响试飞进度的原因

试飞参数测试系统都是一些机电元件,经过一段时间的使用,都会出现机械磨损以及电子元器件老化等现象,使测试系统出现漂移等现象,影响测试数据的可靠性。测试系统输出漂移等现象属于测试系统的系统误差,可以通过校准进行修正的,因此,定期校准最根本的目的就是为了消除测试系统的漂移等对测试系统带来的系统误差,保证测试系统测试数据的可靠性。但是按照 GJB1692 规定的一年一次的校准周期,随着型号任务的日趋加重,测试参数越来越多,测试系统的拆装越来越困难,一年一次的定期校准已经严重妨碍型号试飞的正常进行,主要原因如下。

1) 校准周期时间间隔过短

目前,对试飞测试系统进行定期校准所遵循的标准规范是 GJB1692-93《试飞测试仪器校准要求》。GJB1692 形

成于 1992 年。在 92 年之前试飞测试系统由于使用的是磁机电一体的敏感与记录设备,这些设备经常会出现机械磨损、磁缸漏磁而影响测试系统的性能,测试系统的校准周期最初被定为 3 个月,后来根据工作经验将校准周期改为 6 个月,再后来按照 20 世纪 90 年代的电子技术、传感技术以及相关技术的发展水平,规定了试飞测试系统的校准间隔时间为一年,即试飞测试系统的校准周期为一年,形成了 GJB1692。因此,现行的试飞测试系统校准周期管理模式遵循规范 GJB1692 为固定校准间隔(1 年)模式,随着各种技术的不断进步,在日常工作中,采用固定校准间隔方式进行校准,极有可能会造成不足校准或者过剩校准,不足校准会导致测试系统中出现的问题不能被及时发现,测试系统的运行状态将逐步恶化,最终影响到测试结果的准确性;而过剩校准则会增加不必要的停机时间,降低工作效率,增加试飞成本。随着传感技术、信息技术等科学技术的迅猛发展以及工艺水平的不断提高,试飞测试技术也得到了极大的提高,试飞测试系统的性能指标越来越好,可靠性越来越高,故障率越来越低。因此,现行试飞测试系统校准间隔为 1 年的管理模式已经开始制约型号定型试飞工作顺利进行,出现了校准周期与型号试飞进度发生冲突的现象。所以,试飞测试系统校准周期管理方法亟待改善。

2) 校准方式的落后

现阶段采用的测试系统校准方式主要为试验室校准,校准工作流程如图 1 所示:

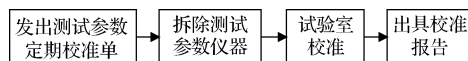


图 1 测试系统校准工作流程

从工作流程图中可以看出,完成一项参数测试系统的定期校准工作必须要将测试仪器拆除改装在试验室进行,按照每个测试参数所需的平均校准时间为 20 min 左右,对于一架测试参数为 200 个左右的试验机,从拆除改装进行试验室校准到出具定期校准报告完成试验室校准,需要约一周左右的时间(不包括测试系统被拆坏而需维修或重新研制的时间),也就是说试验机需要在地面停靠一周左右时间,因此,传统的试飞测试系统校准方式也是影响试验机的定型试飞进度的一个主要原因。

3.2 校准周期优化管理策略

根据以上分析的试飞测试系统校准周期影响试飞进度的原因,对试飞测试系统校准周期提出以下优化管理策略:

1) 延长校准周期间隔

(1) 基于历史统计数据确定校准周期间隔

现阶段测试仪器校准周期严格按照 GJB1692 中规定的校准周期,进行一年一次的定期校准,该标准是 1993 年制定的,是根据当时电子技术的发展水平决定了测试仪器的可靠性和稳定性而制定的,随着电子技术、传感技术以及材料技术的飞速发展,测试仪器的可靠性和稳定性都得

到了很大的提高,而且 GJB1692 规定的测试系统复校时间间隔在最初的形成过程中,也随着电子技术等相关技术的发展经历过从 3 个月到 6 个月再到 1 年形成过程。另外,计量器具检定周期原则和方法(JJF-1139-2005)也明确指出,当被检定仪器连续周期内检定合格,可以适当延长仪器的检定周期。

对于在整个型号试飞周期只实施首次校准的测试系统,在型号试飞完成后,需进行测试系统技术状态确认的复校,以确保测试数据的准确性及有效性。

(2)基于灰色预测理论的试飞测试参数校准周期的确定^[5]

统计试飞测试系统的特性和历史校准数据,建立该测试系统的数学模型,结合课题要求,预测该测试系统合理的校准周期^[6]。

灰色预测法^[7]是一种对含有不确定因素的系统进行预测的方法,灰色系统理论的研究对象是“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本、贫信息”不确定性系统。灰色预测用等时距观测到反映预测对象特征的一系列数量值构造灰色预测模型,预测未来某一时刻的特征量或达到某一特征量的时间。

2) 实施现场在线校准

对试飞测试系统进行研究,分析试飞测试系统的工作原理和主要技术性能,对试飞测试系统实施现场在线校准。

对试飞测试系统实施现场在线校准,可以减少和避免由于工作条件和环境的不同而引起的误差,使测试系统在线时间达到最大,中断时间达到最小,从而实现缩短试飞准备周期、提高测量精度的目的。

3) 实施视情校准

借鉴航空维修中的“视情维修”提出“视情校准”的概念。连续或定期地对试飞测试系统的运行状态进行监控和检测,将检测的结果与适用的标准进行比较,比较的结果是试飞测试系统能否使用到未来某一时刻,只有当检测值接近临界值时,才决定对试飞测试系统进行校准^[8]。

视情校准的优势在于通过加强和完善监测监控手段,掌握设备的工作状态,及时发现问题并采取相应对策,使有些故障在发生之前得到有效预防,有些严重的故障可以在有轻微故障苗头时得到控制并被排除,从而遏制严重故障的发生,大大降低故障率,缩小校准范围,减少校准工作量,提高设备的可用率,使测试校准工作变被动为主动。视情校准可用解决定期校准中“该校不校,不该校却要校”的问题^[9]。

4 结 论

通过对试飞测试系统校准周期实行优化,可以对型号定型试飞工作产生不可估量的影响,主要体现在以下几个方面。

1) 测试系统在线时间达到最大,缩短试飞准备周期
一架试验机 200 个测试参数的校准时间大概为 3~

7 d,通过对测试系统实施在线校准、在线监控或延长校准时间间隔来优化试飞测试系统校准周期,可以使试飞测试系统的在线时间达到最大,中断时间达到最小,从而实现缩短试飞准备周期,提高试飞效率^[10]。

2) 减少测试系统的拆装次数,降低测试系统的损坏率
一年一校的固定时间间隔的校准模式,到校准时间时需要将测试系统进行拆装,一些与飞机管路相连的测试系统如压力和流量等,经过多次拆装很容易损坏接管嘴造成科研成本的增加。减少拆装次数也就降低了测试系统由于拆装引起的破损概率,降低了科研成本。

3) 减少测试系统的拆装次数,保证测试系统安装的一致性

减少测试系统的拆装次数,可以保证测试系统在同一试飞科目安装的一致性,特别是对于安装要求较高的试飞科目,最大限度的减少由于安装误差对测试结果的影响,增大试飞数据的可比性。

参 考 文 献

- [1] 韩旭,祖先锋,蔡迎波. 基于可靠性指标的测试系统校准周期优化[J]. 航空动力学报, 2010(7): 1640-1645.
- [2] 孙群,赵颖,孟晓风. 基于支持向量回归的自动测试系统校准间隔动态优化[J]. 兵工学报, 2009(1): 76-79.
- [3] 纪明霞,杨春英. 机载 ATE 自动计量校准策略研究[J]. 计量技术, 2006(12): 53-55.
- [4] 余小莉. 基于 MP 模型的有记忆功放非线性特性数学建模[J]. 电子测量技术, 2014, 37(4): 52-55.
- [5] 刘思峰,郭天榜,当耀国. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科学出版社, 1999.
- [6] 史永彬,王蒙,李迪. 示波器测量脉冲信号测量结果的不确定度分析与评定[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(3): 50-53.
- [7] 邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉:华中理工大学出版社, 1986.
- [8] 张堃,费敏锐,吴建国,等. 一类参数不确定时滞系统的智能控制应用研究[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(6): 1394-1401.
- [9] 管坐攀,王乃祥,徐宁. 基于蒙特卡洛模拟的机载光电平台测角精度分析[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(3): 447-453.
- [10] ZHAN Y J, MA SH CH, ZHUANG T, et al. Research on network integration technology of observation stations[J]. Instrumentation, 2015, 2(3): 35-42.

作 者 简 介

王仲杰, 1981 年出生, 硕士研究生, 高级工程师, 主要研究方向为机载测试技术。
E-mail: 19024286@qq.com