

装备维修性时间指标验证方法分析

王伟龙 郝建平* 王松山

(军械工程学院装备指挥与管理系, 石家庄 050003)

摘要 比较了基于经典数理统计学理论的维修性定量时间指标的验证方法和基于 Bayes理论的小子样维修性定量时间指标验证方法。讨论了维修性验证技术的发展趋势。

关键词 维修性 验证 Bayes理论

中图分类号 O213.9 **文献标识码** A

维修性试验与评定是产品在研制和生产阶段的重要活动之一。其目的是全面考核产品是否达到规定的维修性要求^[1]。维修性试验与评定的内容包括定性和定量两部分。定量的维修性试验与评定其目的是对产品的维修性指标值进行验证,要求在自然故障或模拟故障条件下,根据试验中得到的数据,统计计算维修性参数,进行判决,验证其维修性是否达到指标的要求。定量的维修性指标主要有:维修延续时间指标(包括平均修复时间、最大修复时间、平均预防维修时间、平均维修时间等)、维修工时指标、维修周期指标、维修费用指标、检测性能指标。由于维修时间参数是最重要的维修性参数,直接影响到装备的可用性。因此,在绝大多数的装备中,主要采用维修时间作为指标进行验证,其中尤其以平均修复时间(MTTR)最为常见。

1 基于经典数理统计学的验证方法

国军标 GJB2072—94中规定了 11种常用的维修性定量指标验证方法,其中给出了三种检验平均修复时间的方法:(1)对数正态分布,对数方差²已知时的验证方法。该方法要求维修时间服从对数

正态分布,其对数方差已知,或能由以往资料得到其适当精度的估计值²。(2)分布未知,方差已知时的验证方法。若维修时间的分布未知,方差已知,或能由以往资料得到其适当精度的估计值²。(3)分布未知,方差未知时的验证方法。

上述国军标中的方法是目前最为成熟、应用最为广泛的方法。在现阶段的绝大多数武器装备研制过程中,这些方法都是维修性定量指标验证的规范指南,其中规定了详细地操作实施步骤,能够很好地指导验证工作的完成。但上述方法均要求方差已知或能够进行估计,而在实际操作中有时难以满足这一条件。并且,在验证过程中,现场试验样本量一般均不小于 30,这对于某些武器系统而言,如导弹系统,是很难达到的。所以出现了对这些方法进行改进或补充的措施。如考虑对检验方法(1)进行改进,使得在方差未知的情况下,仍然能够进行检验^[2]。再如,可以根据产品的特点简化可更换单元,从而减少可更换单元的数目。在维修性试验中,采用相似单元组的方法对设备的可更换单元进行简化,即对每个单元维修过程和资源要求的相似性,以及维修时间的相似性进行分析,通过合并维修相似的单元,形成相似可更换单元组,每组内为维修相似的单元。然后,采用比例分层抽样法进行维修作业分配,就可以减少维修作业的样本量^[3]。另外,基于 Bayes理论的小子样维修性试验与评定技术是与上述大样本验证方法相辅相成的,且该方法已在导弹等装备上进行了实际应用^[2]。

2007年3月30日收到

第一作者简介:王伟龙,(1982—),男,军械工程学院维修工程实验中心硕士研究生,研究方向:装备维修性工程理论与应用。

*通信作者简介:郝建平,(1969—),副教授,硕士生导师,军械工程学院维修工程实验中心主任。

2 基于 Bayes理论的小子样维修性验证方法

Bayes方法作为一种解决小子样问题的方法,可以行之有效地处理来自不同方面、不同层次的信息,提取其中的有用信息并加以综合,从而可以有效地降低现场试验样本量,节省试验投入,缩短试验周期,且能保证足够的可信度^[4]。这里简要阐述一种基于 Bayes方法的小子样维修性试验与评定技术的验证步骤。

2.1 确定维修时间总体分布

总体分布是进行 Bayes统计分析首先需要解决的问题。对于维修时间而言,它不是一个常数,而是以某种统计分布的形式存在的。在维修性分析中最常用的时间分布有正态分布、对数正态分布、指数分布和 χ^2 分布。具体装备的维修时间分布应当根据实际维修数据,进行分布检验后确定。通常可以采用主观确认法或统计检验法。考虑到某些武器系统的验前数据较少,通常采用选用 K-S 检验方法对验前分布模型进行有效性检验,并由模糊 Bayes方法来最终确定维修时间的总体分布模型。

2.2 确定验前分布

在进行 Bayes统计推断时,验前分布的形式往往可以通过各种途径获得(如采用共轭分布、模糊评判等方法)。首先将不同的验前分布转换成相应的基本概率赋值,利用 D-S方法进行合成,得到综合的基本概率赋值,然后确定验前分布密度函数中的某些有代表性的点,最后利用已知的分布形式进行拟合,得到融合验前分布。

2.3 小子样维修性验证

基于 Bayes理论的平均修复时间验证方法主要有以下三种:

(1) 验后似然比验证方法。该方法通过计算验后似然比得到判决规则,依据给定的两类错误确定现场试验样本量。

(2) 序贯验后加权验证方法。该方法根据给定的两类错误和验前信息确定判决规则,进行序贯试验并依据判决规则验证。

(3) 序贯截尾验后加权验证方法。该方法在序贯验后加权的基础上讨论了有截尾的情况。

2.4 一致性检验与稳健性检验

上述维修性验证过程中,需要对历史数据和现场数据进行一致性检验,即检验历史数据和现场数

据是否服从同一总体分布^[5]。同时,由于采用了验前分布,还需要对其进行稳健性检验。一致性检验可以采用非参数检验方法,如秩和检验法就是常用的检验历史数据与现场数据一致性的非参数方法。另外,考虑到维修时间服从对数正态分布,把维修时间的对数作为研究对象,则可以统一在正态分布下讨论一致性问题。这时,参数检验方法相对而言就更加准确可信。稳健性问题是 Bayes分析中的一个重要问题,近年来,在文献中已经有了较多的讨论^[6]。

目前小子样维修性试验与评定还处于起步阶段,仍然存在一定的问题,如基于证据推理的多源验前信息融合方法如何处理有相关的验前信息;实际工程实践中,怎样收集大量的相关数据等。

3 总结

国军标中规定的验证方法仍然适用于绝大多数武器装备系统,对所有的维修性验证工作都有着很强的指导意义。而小子样维修性验证方法也有着勃勃的生机,在一些缺乏现场试验样本量的领域,它表现出很大的优越性。小子样验证方法的一个显著特点就是在保证决策风险尽量小的情况下,尽量应用所有可用信息。这不仅包括现场试验的信息、还包括现场之前的信息、如武器系统在研制阶段的有用信息、仿真试验的信息,同类武器系统的试验信息,专家经验信息等。但是利用这些信息的理论方法还不很完善。所以,需要我们在建立起完善的信息收集系统的同时,还要在理论研究领域深入地开展工作的。

另外,随着科技的进步,尤其是计算机技术的发展,维修性验证的手段也不断的丰富起来。不仅表现在,当用计算机辅助进行维修性指标鉴定时,相应的方法可以转化成适于计算机编程的维修性指标验证算法^[7],从而实现维修性验证的快速化和自动化。此外,仿真技术在维修性验证方面的应用以及虚拟样机的出现,都很大程度上改变了传统的维修性验证过程。基于这些技术的维修性验证工作必将更加形象化、直观化,也更加能体现维修性验证工作贯穿于产品设计全过程的思想;另外,如何在维修性领域充分挖掘各种试验与评价技术的优势,加以综合利用也必将是一种需求与趋势。

(下转 3537页)

Deducing of Uncooled Bolometer Responsivity Considered Considering Self-heat Effect in a Voltage Supply Circuit

YU Rong

(Lanzhou Institute of Physics, Lanzhou, P. R. China)

[Abstract] Uncooled bolometer is a device need power supply, so the self-heat effect can not be neglected. The formula of the responsivity of uncooled bolometer is deduced when the voltage is a constant and the self-heat effect is considered.

[Key words] uncooled bolometer voltage bias self-heat effect responsivity

(上接第 3518 页)

参 考 文 献

- 1 国防科工委军用标准化中心. GJB 2072—94 维修性试验与评定. 1994
- 2 周忠宝. 小子样维修性试验与评定方法, 国防科技大学工学硕士学位论文, 2000
- 3 侯同刚, 王海波, 王 旭. 复杂测试设备维修性试验方法探讨, 航空标准化与质量, 2006; (1): 39—42
- 4 赵 亮, 李积源. 基于 Bayes 理论的小子样维修性试验与评定研究, 舰船电子工程, 2006; (1): 113—117
- 5 查亚兵, 黄柯棣, 张金槐. 导弹系统仿真的可信性及其在试验鉴定中的应用. 系统仿真学报, 1997; 9(1): 10—17
- 6 唐金梅, 张金槐, 邵凤昌, 等. 武器系统小子样试验分析与评估, 北京, 国防工业出版社, 300—301
- 7 王江元, 王应建. 系统维修性鉴定技术研究, 宇航学报, 2003; 24(6): 604—610

Analysis of Equipment Maintainability Time-index Demonstration Methods

WANG Wei-long, HAO Jian-ping*, WANG Song-shan

(Department of Equipment Command and Management, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, P. R. China)

[Abstract] The demonstration method of the quantitative maintainability time-index based on the classical statistics is compared with which based on the Bayes theory. The tendencies of the maintainability demonstration development is also shown.

[Key words] maintainability demonstration Bayes theory