

武器装备研制过程中设立总测试师的必要性

肖明清, 程进军

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要:阐述了在武器装备研制过程中设立总测试师的必要性,提出了总测试师在装备研制过程中所担当的职责。

关键词:武器装备;可测试性;总测试师

中图分类号:TJ06 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2003)05-0013-03

武器装备的研制是一项系统工程,通常武器装备研制的顶层管理为:总设计师、各分管相关专业的副总设计师,而对装备的通用技术特性(可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性)的实现一般没有专人负责。武器系统设计师通常把测试、维修和保障问题作为设计后的工作,导致武器系统的测试性差^[1]。近年来,随着人们对装备效能重视程度的增加,虽然测试性和可靠性、维修性、保障性和安全性一起被列为装备的5性要求,并且国家也有相应的装备研制规定,要求在装备的研制过程中,考虑其测试性,进行装备的可测试性设计。但是,总设计师一方面要负责总体设计,全局统筹,工作过于繁多,另一方面受专业所限,对装备的测试性难以系统考虑,而各分系统设计师也有可能存在专业知识缺乏和各自为政的情形,这样就影响了装备测试性目标的实现或整体优化的实现,进而影响到装备的维修性和保障性。

在武器装备的研制过程中设立总测试师是十分必要的。总测试师在总设计师的领导下工作,优化系统的可测试性结构设计;指导、协调各专业副总设计师实现本分系统的测试性目标;向总设计师提出系统诊断结构的考虑;负责装备通用技术特性的实现。最终确保装备具有良好的可测试性。

1 武器装备研制过程中设立总测试师可确保装备具有良好的可测试性

1.1 可测试性的概念及设计方法

可测试性,是指产品能及时准确地确定其状态(可工作、不可工作、性能下降)和隔离其内部故障的一种设计特性^[2]。可测试性强调的是一种设计特性,即产品设计时就考虑测试性问题,使产品便于测试或产品自身就能完成某些测试功能。

可测试性设计分为可测试性的改善和结构设计两种^[3]。前者常在数字系统的逻辑功能设计完成之后进行,以增加其可控性和可观测性,而后者则是将可测试性设计到系统、单元、模块或芯片中。常用的可测试性设计方法有:电平灵敏设计法、扫描通路法、扫描/置入法,随机存取扫描法和边缘扫描测试法等。

1.2 可测试性的重要作用

20世纪70年代开始,测试性、BIT(Built-in Test)技术得到了迅速发展,它们对武器装备的可靠性、维修性、保障性及使用保障费用都有直接或间接的影响,开展测试性、BIT设计对提高武器装备效能、缩短维修保障时间和节约维修保障费用均有重要意义。

1.2.1 显著节约武器装备的保障费用,降低寿命周期费用

国外的经验表明,在研制中投入1美元开展测试性设计、改进维修性,可望取得减少装备寿命周期费用LCC(Life Cycle Costs)达50~100美元的效益。事实上,世界各国武器装备的使用保障费用在寿命周期费用

收稿日期:2002-06-05

作者简介:肖明清(1963-),男,湖南常德人,教授,博士生导师,获国家科技进步二等奖、军队科技进步二、三等奖多项,某重点项目总设计师,主要从事机载导弹控制与检测,导航、制导与控制方面的研究。

中都占有较高的比例,美军典型武器装备的寿命周期费用分配见表1^[4]。

武器系统的效费比是人们最关注的问题之一,世界各国都在设法通过较少的费用来进行武器装备的采购和后期的使用维护,开展可测试性设计是一条理想的途径。

1.2.2 有效提高产品的生产效率、成品的完好率

在产品的设计、生产制造过程中,通过测试的方法来改进设计将极大地提高工作效率,缩短研制周期;通过测试的方法来检测制造过程、改善制造过程将极大地提高设备的可靠性和完好率,降低其使用过程中的故障率,提高其可靠性和固有可用度。

1.2.3 有效提高武器装备的维修性

20世纪60年代初人们发现,现代战争中,武器装备的性能是克敌制胜、完成战斗任务的一个关键性因素,优越的性能至关重要。但是,伴随着装备性能的不断改善,其系统愈来愈复杂,平均故障间隔时间 MTBF (Mean Time Between Failures) 不断减少,而平均维修时间 MTTR (Mean Time To Repair) 却大幅度增加,出勤率明显下降,制约着装备的使用,使其不能及时投入战斗,优越的性能难以充分发挥出来。单纯追求性能的观念受到了挑战,人们转而追求更全面、更科学的东西——效能与寿命周期费用^[4]。装备的效能是系统在规定的条件下达到规定使用目标的能力,是装备可用性、可靠性及固有能力的反映。

装备的维修性与其可测试性有着密切的联系,通过实施可测试性设计,可显著提高其维修性。例如,某型雷达由5个外场可更换单元 LRU (Line Replace Unit) 组成。无 BIT 时, MTTR = 5 h。现引入 BIT 设计,当故障检测率为 96%, 隔离率为 96%, 虚警率为 2%, BITE (Built-in Test Equipment) 故障率为系统的 5% 时,经简单计算得出在 2 500 h 任务区间内, BIT 的引入对系统的影响如表 2^[5] 所示。

表 2 BIT 对系统性能的影响

影响因素	无 BIT	有 BIT
总故障修理时间/h	250	71
平均修复时间 MTTR/h	5	1.39
平均故障间隔时间 MTBF/h	50	46.75
固有可用度	90.9%	97.11%

表 1 典型武器装备的寿命周期费用分配

武器装备	采购费用(%)	使用保障费用(%)
飞机(歼击机)	30-50	50-70
战车	20-30	70-80
军舰(驱逐舰)	25-40	60-75

由表 2 看出,引入了 BIT 设计后,虽然增加了系统的复杂性,使装备系统的平均故障间隔时间降低,但是却换来了固有可用度的提高和总故障修理时间的大幅减少。

F-15A 战斗机由于可靠性、维修性差,而且缺少配件,其战备完好率长期保持在 50% 左右,经过改型的 F-15E,由于显著地提高了可靠性、维修性及测试性,在海湾战争中的战备完好率高达 95.5%,其连续作战能力几乎提高近一倍^[6]。

装备的可测试性对其可靠性和维修性产生如此巨大的影响,使得世界各国对装备系统的可测试性均给予了较高的重视。1983年,美军颁布的 MIL-STD-470A《系统和设备维修性管理大纲》中强调测试性是维修性大纲的一个重要组成部分,承认 BIT 及外部测试不仅对维修性设计特性产生重大影响,而且影响到武器装备的采购及寿命周期费用。1985年颁布的 MIL-STD-2165《电子系统及设备的测试性大纲》规定了测试性管理、分析设计与验证要求,标志着测试性已发展成为一门独立的学科。1993年2月颁布的 MIL-STD-2165A 把测试性要求扩展到各类系统和设备。我国也在 1995年颁布的国军标 GJB2547-95《装备测试性大纲》中首次把测试性作为装备的 5 性(可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性)要求之一,提出了装备测试性设计的具体要求和定义。1997年航空工业指定了 HB/Z301-97《航空电子系统和设备测试性设计指南》、HB7503-97《测试性设计程序》等行业标准。在这些标准的指导和推动下,在新型号的武器装备设计中逐渐开展了测试性设计工作,并取得了一定成效^[7]。

2 总测试师的重要职责

总测试师在武器装备的可行性论证、设计,装备的研制、试验、生产、定型列装部队以及测试设备研制的纵向过程中应负责武器装备可测试性和易维护性目标的实现,制定装备列装后的测试保障计划,保证武器装备全寿命周期质量受控。

2.1 负责实现装备的测试性、维修性、保障性设计目标

在武器装备的研制过程中,总测试师负责装备的测试性、维修性、保障性要求的实现。作为项目某一方

面的总负责人,总测试师应积极发挥协调、管理作用,并向总设计师提出有利于系统测试性实现的合理化建议,例如,优先选用具有满意的测试性特征的集成电路或微型组件,主要完成测试性需求分析、测试性分配和预计、测试性设计、测试性验证以及拟定装备的维修保障计划。

2.2 研制装备的测试系统

装备的可测试性设计完成后,应进行装备测试系统的研制。机内 BITE 可进行故障的快速检测与隔离。BITE 设计的一个关键技术是容差的设定。要根据不同的维护级别、不同的工作环境、不同的测试目的(如进行 GO/NO GO 与性能监控)给出不同的误差允许值。在装备试验阶段,总测试师要充分收集数据以最后确定容差。在装备正式定型列装部队后,还应依照部队长期使用的数据信息进行误差修正。

ATE 设备是重要外部检测设备。它能够更全面、更具体、更准确地给出装备当前运行状态的评价,完成装备的功能测试,性能监控等,并能更有效地进行故障检测和隔离。基于 VXI 总线的自动测试系统具有标准化、模块化、便携化、可扩展性强、重组方便等优点,宜成为我军新一代武器装备测试系统标准。人工测试有力地弥补了自动测试的不足,人们长期积累的故障诊断经验是自动测试设备的有力补充。

2.3 推进装备的设计、试验、生产和维护纵向集成化

总测试师的重要作用是使装备的完好率和易维护性指标得到有效地提高。而传统装备的设计、试验、生产和维护的测试设备相互独立,它们之间没有共同的测试策略,没有共同的测试标准。装备的维修层次也分为3级:外场级、中继级、基地级,3个阶段连续性不强,互补性不强,容易出现重测合格和故障不能复现等问题。纵向集成测试能克服这些不足。纵向集成测试的概念是基于使不同阶段的测试设备是前一阶段测试设备的发展演变^[8]。通过总测试师的设立,装备的设计、试验、生产和维护实现纵向集成化,各阶段的测试数据共享,测试设备、测试标准统一化,有利于保证各维护级别间测试的兼容性;研制方、工厂可把装备和测试设备的成熟技术直接交付部队,有利于部队快速熟悉装备,提高战斗力。纵向集成测试支持两级维修,即基层级和基地级,而中继级可取消,有利于减轻部队的维护负担,提高工作效率。

美国洛克希德·马丁公司在20世纪90年代初采用现代工程设计方法,推倒介于“设计-试验-生产-外场维护”间的人为分割,成功地推进了第四代战机 F-22 的设计。这种纵向集成的现代工程研究方法在美国国防领域其它新机的研制、生产中正在逐步得到推广和应用。

2.4 研制通用部件测试系统,推动测试设备的通用化

我军武器装备型号多,不同装备配备不同的检测设备,势必使部队的维修保障工作花费太多的精力,在战时易成为“瓶颈”问题。

美军于1986年开始在美国国防部自动测试系统执行署(ATSEA)的规划指导下,先后制定了由陆、海、空三军分别组织实施的“通用自动测试设备(GPATE)”计划,以求建立标准化、系列化和模块化的电子测试维修保障装备平台及其应用开发环境,达到减少测试保障装备型号、降低研制开发费用、提高综合诊断测试效能之目的^[9]。除美军外,英、法、德等国也都先后制定了适应本国武器装备发展及测试要求的电子测试维修保障装备标准。

我国各武器装备型号的总测试师不妨借鉴美军的经验展开紧密合作,把通用测试技术作为共性基础技术统一规范,在行业内部制定适合我国武器装备发展及测试需求的测试维修保障装备标准。如对于惯性导航、雷达、光电和水声电子等装置进行测试的“制导武器测试系统(GWTS)”,对机载电子战系统进行测试的“联合电子作战系统测试设备(JSECST)”。这些通用测试部件的研制又将进一步推进武器装备的标准化及测试设备的通用化^[10]:设计论证、生产制造、外场维护、基地维修、测试诊断一体化;不同装备、不同阶段、不同级别采用同一测试平台;各军种采用标准的综合测试平台。

3 结束语

武器装备研制过程中需统筹兼顾装备的特征性能和通用技术特性。而我国在武器装备的研制过程中,在较长的一段时间内,重主装备的性能,而对装备的可测试性缺乏足够地重视。借鉴外军的先进经验,总测试师的设立十分必要,他的设立对于降低武器装备的寿命周期费用、提高武器装备的完好率和快速修复能力、推进我国武器装备测试系统的标准化具有重大意义。

(下转第63页)