

Gongcheng Zhuangbei
Ceshixing Fenxi Yu Yingyong

工程装备测试性分析与应用

吴建军 周红 朱玉岭 高永强 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

工程装备测试性分析与应用

吴建军 周 红 朱玉岭 高永强 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书在分析测试性基本概念、发展历程和技术发展趋势的基础上,结合工程装备测试性工程实践,系统阐述了工程装备测试性工作项目、测试性定量要求、测试性设计分析和技术、测试性试验与评价等技术和方法,并按工程装备结构组成,明确了工程装备典型系统的测试需求及检测方案。

本书可供装备研制技术人员和管理人员在开展测试性论证、设计分析、研制和试验验证时参考,也可供测试性专业技术人员、大学及研究院所学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程装备测试性分析与应用/吴建军等编著.
—北京:国防工业出版社,2017.7
ISBN 978-7-118-11395-2

I. ①工… II. ①吴… III. ①工程设备—测试 IV.
①TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 176160 号

※

国防工业出版社 出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 15¼ 字数 270 千字

2017 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 58.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777 发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755 发行业务: (010) 88540717

《工程装备测试性分析与应用》

编写组

主 编	吴建军		
副主编	周 红	朱玉岭	高永强
成 员	左文涛	丁 湛	李海英
	赵 勇	孟 宏	李青霞
	徐忠东	刘 刚	李远照

前 言

随着装备结构复杂程度、技术含量的提高,装备状态检查及故障检测难度日益增加,检测时间长、故障诊断难度大和使用保障费用高等问题凸显,测试性作为装备的一种通用质量特性,是系统和设备的一种便于测试和诊断的重要设计特性,越来越受到人们的重视。2014年5月颁布的《装备通用质量特性管理工作规定》(装法[2014]2号)第二条明确规定“通用质量特性,主要指可靠性、维修性、保障性、测试性、安全性、环境适应性等质量特性”。测试性与可靠性、维修性、保障性、安全性和环境适应性具有同等重要的位置,是装备可靠性设计与装备维修保障设计之间的重要纽带,是确保装备战备完好性、任务成功性和安全性要求得到满足的重要中间环节。具有良好测试性的系统和设备,可以及时、快速地检测与隔离故障,提高执行任务的可靠性与安全性,缩短故障检测与隔离时间,进而减少维修时间,提高系统可用性,降低系统使用保障费用。

工程装备作为工程兵部队遂行工程保障任务的物质基础,包括军用工程机械、渡河桥梁装备、地雷爆破装备、伪装侦察装备等六大类型,新型工程装备集机械、光电、精密仪器、软件等于一体,其动力、传动、液压、电控等结构分系统对测试性提出了较高的要求。

本书结合工程装备测试性工程实践,吸收国内外测试性研究成果,参考有关标准、文献、研究报告和图书编著而成。本书系统阐述了测试性的基本概念、要求、工作项目、设计与分析、试验与评价等技术和方法,并基于工程实践,针对工程装备结构及技术特点,介绍了工程装备测试性要求与设计、工程装备主要检测诊断设备等。本书编写时注重科学性、实用性和指导性,结合工程装备实际,从系统性和工程实用性出发组织有关章节内容,希望本书能作为一本有用的工程参考书,为从事工程装备测试性论证、研制、试验和保障研究的工程技术人员提供参考。

测试性作为一门发展中的新兴学科,其工程应用的深度和广度日益拓展,鉴于编著者水平有限,对于书中的错误和疏漏之处,敬请读者谅解和指正。

编著者

2017年3月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 测试性基本概念	1
1.1.1 测试性的定义及其内涵	1
1.1.2 测试性相关概念	2
1.2 测试性与可靠性、维修性等系统特性的关系	3
1.2.1 测试性对任务可靠性、安全性和任务成功性的影响	4
1.2.2 测试性对基本可靠性的影响	5
1.2.3 测试性对维修性的影响	5
1.2.4 测试性对装备保障的影响	6
1.2.5 测试性对战备完好性的影响	6
1.2.6 测试性对系统性能的影响	7
1.2.7 测试性对系统寿命周期费用的影响	7
1.3 测试性的发展过程	8
1.3.1 测试性学科的形成	8
1.3.2 我国测试性工程的发展	8
1.3.3 测试性与相关学科的接口关系	9
1.4 测试性技术的发展	9
1.4.1 外部测试技术的发展过程	10
1.4.2 机内测试技术的发展过程	10
1.4.3 故障预测与健康管理系统(PHM)的形成	12
1.4.4 测试性技术发展趋势	12
第 2 章 工程装备测试性工作	14
2.1 工程装备测试性工作的目标和内容	14
2.1.1 工程装备测试性工作的目标	14
2.1.2 工程装备测试性工作的基本原则	14
2.1.3 工程装备测试性工作的内容	15

2.2	工程装备测试性工作项目	15
2.2.1	工程装备测试性及其工作项目要求的确定	16
2.2.2	工程装备测试性管理	16
2.2.3	工程装备测试性设计与分析	17
2.2.4	工程装备测试性试验与评价	18
2.2.5	工程装备使用期间测试性评价与改进	18
2.3	工程装备寿命周期各阶段测试性工作内容	19
2.3.1	要求和指标论证阶段	19
2.3.2	方案论证和确认阶段	22
2.3.3	工程研制阶段	24
2.3.4	生产阶段和使用阶段	34
2.3.5	测试性工作项目在寿命周期各阶段开展的时机	36
2.3.6	测试性工作项目的剪裁	37
2.4	工程装备测试性工作流程	39
第 3 章	工程装备测试性要求	40
3.1	测试性要求的分类	40
3.1.1	按定量、定性分类	40
3.1.2	按测试手段分类	42
3.2	测试性要求的内容	43
3.2.1	测试性定性要求	43
3.2.2	测试性定量要求	43
3.3	测试性要求的确定	44
3.3.1	测试性要求的确定过程	44
3.3.2	确定测试性要求时应考虑的主要因素	45
3.4	工程装备典型系统的测试需求及检测方案	46
3.4.1	测试性参数的选择与权衡	46
3.4.2	工程装备发动机测试需求及检测方案	48
3.4.3	工程装备液压系统测试需求及检测方案	53
3.4.4	工程装备传动及行走系统测试需求及检测方案	55
3.5	工程装备测试性定性要求	57
3.6	工程装备测试性定量要求	60
3.7	工程装备测试性要求的权衡	63
3.8	测试性分配	64

3.8.1	分配的内容	64
3.8.2	测试性分配工作时机	64
3.8.3	测试性分配模型和要求	64
3.8.4	测试性分配工作程序	65
3.8.5	测试性分配方法	66
3.8.6	测试性分配工作注意事项	76
3.9	测试性要求示例	77
3.9.1	测试性定量定性要求	77
3.9.2	系统规范中的测试性要求	77
3.9.3	产品规范中的测试性要求	79
第4章	工程装备测试性设计分析	81
4.1	测试性设计目标	81
4.2	测试性设计准则	81
4.2.1	设计准则的一般要求	82
4.2.2	诊断能力综合	82
4.2.3	嵌入式诊断与性能监控	83
4.2.4	机械系统状态监控	83
4.2.5	测试数据和资料	83
4.2.6	初始化	84
4.2.7	连接器设计	84
4.2.8	电源	86
4.2.9	计算机、控制器连接总线和软件	86
4.2.10	电子功能结构设计	86
4.2.11	电子功能划分	87
4.2.12	测试通路	87
4.2.13	系统测试点	87
4.2.14	传感器	88
4.2.15	指示器	89
4.2.16	元器件测试特性	89
4.2.17	机械设计	90
4.2.18	模拟电路设计	90
4.2.19	射频电路设计	90
4.2.20	电光设备设计	91

4.2.21	数字电路设计	92
4.2.22	基于边界扫描的电路板设计	92
4.2.23	兼容性设计	93
4.2.24	系统安全性考虑	93
4.2.25	其他测试性设计要求	94
4.3	测试性设计基本流程	95
4.4	测试性的综合权衡	96
4.4.1	诊断资源的权衡	96
4.4.2	测试性设计与保障性权衡	96
4.4.3	测试性设计的综合权衡	96
第 5 章	工程装备测试性设计技术	98
5.1	机内测试性设计	98
5.1.1	BIT 设计要求	98
5.1.2	BIT 设计内容	98
5.1.3	BIT 设计途径和流程	99
5.1.4	BIT 设计权衡	100
5.1.5	机内测试系统总体设计	103
5.1.6	测试管理器设计	109
5.1.7	单元机内测试设计	111
5.1.8	电子系统和设备 BIT 设计与分析	120
5.1.9	非电子系统和设备测试性及 BIT 设计与分析	127
5.2	外部测试性设计	145
5.2.1	测试点的选择和设置	146
5.2.2	测试程序集设计	149
5.2.3	接口适配器设计	153
5.2.4	兼容性设计	156
5.3	自动测试总线技术	158
5.3.1	GPiB 总线	158
5.3.2	VXI 总线	163
5.3.3	PXI 总线	170
5.3.4	LXI 总线	176
5.3.5	AXIe 总线	184
5.3.6	几种总线的比较	187

第 6 章 工程装备测试性试验与评价	191
6.1 试验与评价的目的、分类与作用	191
6.1.1 测试性试验与评价的目的	191
6.1.2 测试性试验与评价的分类	191
6.1.3 测试性试验的主要内容	192
6.1.4 测试性试验与评价作用	194
6.2 测试性试验要素	194
6.2.1 试验目标	195
6.2.2 试验样本	195
6.2.3 试验设备	196
6.2.4 受试品	197
6.2.5 试验数据	197
6.2.6 试验数据处理方法	198
6.3 试验流程	198
6.4 试验程序	200
6.4.1 测试性试验大纲	200
6.4.2 测试性试验计划	207
6.4.3 试验方案	208
6.4.4 故障库建立	213
6.4.5 故障注入	215
6.4.6 试验实施	222
6.4.7 定量指标试验与评价	223
6.4.8 定性指标的试验与评价	224
6.4.9 试验报告	225
附录 常用测试性术语及定义	228
参考文献	234

第1章 绪论

现代武器系统大量采用高新技术,结构日趋复杂。在作战效能得到很大提高的同时,装备状态检查及故障检测难度也日益增加,检测时间长、故障诊断难度大和使用保障费用高等问题凸显。测试性作为装备的一种通用质量特性,是系统和设备的一种便于测试和诊断的重要设计特性,越来越受到重视。测试性技术的广泛应用,实现了装备内部故障的自动检测、诊断和隔离,有效地提高了系统故障的诊断能力,实现了装备的状态维修,提高了装备保障水平,大大降低了装备的全寿命周期费用。2014年5月颁布的《装备通用质量特性工作管理规定》(装法[2014]2号)第二条明确规定“通用质量特性,主要指可靠性、维修性、保障性、测试性、安全性、环境适应性等质量特性”。测试性作为固有的质量特性,已成为大型复杂装备设计必须考虑的内容。

1.1 测试性基本概念

1.1.1 测试性的定义及其内涵

对于测试性的定义,国内外相关标准和文献各种有不同的表述,最广泛认可的定义是:测试性(testability)是指产品能及时准确地确定其状态(可工作、不可工作或性能下降),并隔离其内部故障的一种设计特性(GJB2547A—2012, GJB3385—1998, MIL-HDBK-2165)。

分析测试性的定义,测试性具有如下内涵:

(1)测试性是一种设计特性,是需要在装备设计中予以考虑并实现的特性。同可靠性、维修性、保障性等通用质量特性一样,测试性是装备的固有设计特性。装备一旦设计生产出来,本身就具备了可测试性。

(2)状态确定能力。测试性的目标之一是能够确定出产品的状态或者运行状态,如可工作、性能下降、不可工作等。

(3)故障隔离能力。测试性的目标之二是对产品故障进行隔离。对内部故障,能够将故障定位到产品内部的可更换单元上,且检测方便;对外部检测,有足够的检测点和检测通道,接口简单、兼容性好。

(4)效率高。测试性应该实现高效率的状态确定和故障隔离,因此具有及

时、准确和费效等约束内容。

(5)适用于电气、电子、机械和软件。测试性设计不仅适用于电子产品,还可以用于电气、机械、软件等产品及其组合产品。

1.1.2 测试性相关概念

1.1.2.1 测试、测试技术和测试性

测试是指为了证实系统或部件是否满足要求,利用手工或自动设备对其进行测量或评定的过程。

测试技术包括从基础研究到工程研制的一系列研究及技术,包括嵌入式测试技术、测试设备和测试程序集。嵌入式测试技术包括机内测试(BIT)、测试性自调整和容错设计等;测试设备包括自动和手工两类,以及设备本身的自校准;测试程序集包括为启动和执行某一给定测试所需的测试程序、接口装置、测试程序说明和辅助数据的组合。测试技术对武器系统的战备完好性、寿命周期费用有重要的影响。它通过实施BIT、改善测试设备性能和诊断能力来降低平均修复时间(MTTR)和平均后勤延误时间(MLDT),提高可用性。

测试性强调的是一种设计特性,在系统研制的不同阶段分别实施测试性分析、设计和验证,保证系统具有所要求的测试性。

1.1.2.2 测试性与诊断测试的区别

测试性是产品的一种设计特性,是设计时赋予产品的一种固有属性。测试性是从装备(系统)论证时开始考虑,并在系统研制过程中实施测试性分析、设计和验证,保证装备(系统)具有所要求的测试性。测试性有别于测试,测试是确定产品某种特性的技术操作过程,测试性是产品为故障诊断提供方便的特性。

诊断测试是通过对系统或设备施加物理或电气激励以产生可测量的响应,进而确定系统是否发生故障并查明故障的原因,是在确定和隔离故障时所执行的功能和采用的技术措施。诊断测试可分为内部诊断测试(如采用BIT技术)和外部诊断测试(如采用ATE技术)。

总而言之,测试性是为了更好地实现设备的故障诊断和隔离、缩短维修时间的一种设计特性。故障诊断是一个模式分类和识别问题,注重故障检测与隔离的过程和技术措施,即把系统的运行状态分为正常和异常两类。测试性设计的优劣直接影响了故障诊断的难易程度、故障隔离率和检测率的高低。

1.1.2.3 诊断、诊断技术、诊断能力和综合诊断

诊断定义为检测故障和隔离故障的活动。诊断对系统或设备施加物理或

电气激励以产生可测量的响应,进而确定系统或设备是否发生故障并查明故障原因。

诊断技术是指在确定和隔离故障时所执行的功能和采用的技术。通过改善诊断技术,提供快速定位故障的方法,减少系统的停机时间,提高系统的可用性。

诊断与测试性同属测试技术范畴,但它们是两个不同的概念。例如驾驶舱仪表盘上的告警显示,当出现发动机过热或液压系统压力过低等征候时,发出报警信号,但它不能隔离发动机冷却系或液压系统发生故障的部件。它不属于诊断的范围,只是表示具有报警功能的设计特性,属于测试性。

诊断能力是指与检测、隔离和报告故障有关的所有能力,包括机内测试、自动测试、手工测试、维修辅助措施、技术资料及人员和培训等。系统的诊断能力涉及任务可靠性、人力、技术水平、维修方案、部署和保障工作等因素。

综合诊断定义为通过考虑和综合所有相关的诊断要素(如自动和人工测试、维修辅助手段、技术信息、人员和培训等),使系统诊断能力达到最佳的设计和管理过程。这个过程包括确定设计、工程活动、测试性、可靠性、维修性、人机工程和保障性分析之间的接口。其目标是以最少的费用,最有效地检测、隔离系统和设备内已知的或预期发生的所有故障,以满足武器系统任务要求。

1.1.2.4 机内测试、机内测试设备和自动测试设备

机内测试(BIT)定义为系统或设备内部提供的检测和隔离故障的自动测试能力。BIT是改善系统或设备测试性的重要技术,用于使用前的检查和系统运行中的周期或连续监控及维修时的故障检测与诊断。随着武器系统复杂性的提高,BIT已成为改善武器系统诊断能力的一种重要途径。

机内测试设备(BITE)是设计并嵌入到系统内用于执行检测和隔离故障的设备。

自动测试设备(ATE)是用来自动地对功能或状态参数进行测试以确定性能降低的程度并隔离故障的设备。ATE属于外部测试设备,在使用中必须用专门的运载工具运送,或装在专门的维修车间内。在系统设计中,对BITE和ATE进行权衡时必须考虑技术人员的数量和水平、设备重量和尺寸、可靠性及维修性、后勤负担、测试频繁程度及费用等因素。

1.2 测试性与可靠性、维修性等系统特性的关系

测试性作为装备的一种设计特性,是装备可靠性设计与装备维修保障设计

之间的重要纽带,具有与可靠性、维修性、保障性等同等重要的地位,是构成装备质量特性的重要组成部分,是确保装备战备完好性、任务成功性和安全性要求得到满足的重要中间环节。良好的测试性设计可以提高装备的战备完好性、任务成功性和安全性,减少维修人力及其他保障资源,降低寿命周期费用。

测试性对维修性、可靠性、可用性、战备完好性、寿命周期费用及系统安全性等都有直接或间接的影响,如图 1-1 所示。

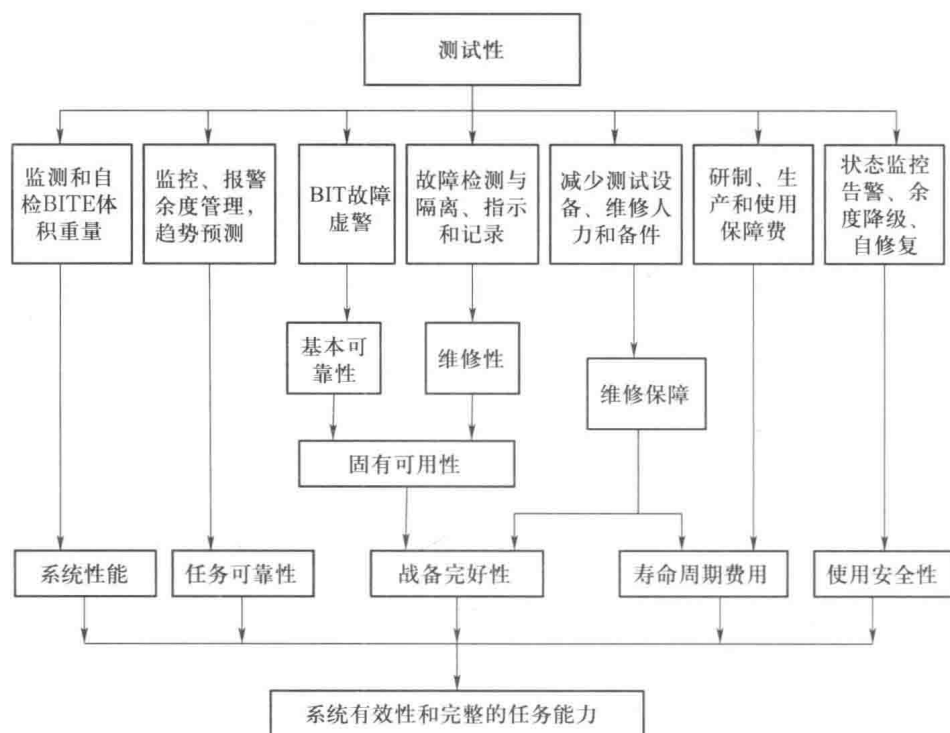


图 1-1 测试性对系统性能及其他通用质量特性的影响

1.2.1 测试性对任务可靠性、安全性和任务成功性的影响

测试性对任务可靠性、安全性和任务成功性的影响如下。

(1) 及时发现故障是实现余度管理的首要条件之一,通过 BIT 实时检测与隔离故障实现余度管理功能可显著提高系统的任务可靠性、安全性和任务成功性。

(2) BIT 能够检测隐蔽故障,可及时通知操作人员采取措施避免故障发生,从而提高了任务可靠性和安全性。

(3)功能强的 BIT 可以记录系统状态的变化信息,分析预测故障趋势,提醒操作者采取预防措施,可避免发生功能故障后影响使用,从而可提高任务可靠性、任务成功性。

(4)BIT 检测与隔离故障,有助于系统重构或自修复,可提高系统的任务可靠性、安全性和任务成功性。

(5)在装备执行任务前,BIT 对系统和设备进行全面检查和评价,保证装备技术状况完好,对提高装备可用性具有重大意义。

(6)BIT 虚警有时会降低系统可用性。BIT 设计后如果出现较大的虚警,有时会影响系统执行任务,从而降低系统和设备的可用性。

1.2.2 测试性对基本可靠性的影响

测试性对产品基本可靠性的影响表现为:

(1)BIT 增加装备系统的复杂性而影响系统基本可靠性。BIT 是测试性设计技术中最重要的一种故障诊断手段。使用 BIT 能够迅速准确地诊断故障,提高系统的 BIT 能力要增加必要的硬件和软件,即增加机内测试设备(BITE),增加了系统的复杂性。BITE 和系统构成一个整体,BITE 失效就会降低系统的固有可靠性,降低系统的平均故障间隔时间(MTBF),但 BITE 的测试功能也会提高系统的任务可靠性。

(2)BIT 与系统共用某些硬件和软件时,BITE 故障可能引起系统故障,降低系统基本可靠性。

(3)BIT 实现自动测试,可以避免人为差错导致的系统故障,能有效提高系统的基本可靠性。

测试性对产品可靠性的不利影响远大于有利影响,所以应通过合理设计和限制 BIT 故障率及抑制虚警的办法尽量减少 BIT 的不利影响。

1.2.3 测试性对维修性的影响

测试性对维修性的影响如下:

(1)使用 BIT 可以快速检测和隔离故障,除有时需要启动之外完全是自动实现诊断的,与手工测试相比,其故障检测与隔离时间可以忽略不计,因此可以大大减少平均故障修复时间(MTTR)。

(2)采用 BIT 可以实现系统维修后的自动检验,可以大大缩短维修后的检验时间。

(3)BIT 自动测试还可以减少手工测试时产生的人为诱发故障,从而减少了诱发故障的修复时间。

(4) 因 BIT 具有显示报警功能, 可使隐蔽故障变为明显故障, 因而可以减少这类故障的修复时间。

(5) 良好的测试性设计可为外部测试设备提供方便的接口和优化的诊断程序, 从而可以减少利用外部测试设备进行诊断的时间, 减少 MTTR。

(6) BIT 产生虚假报警时会导致不必要的维修活动, 确认虚警往往还需要进行更多的维修活动, 这是 BIT 对维修性产生的不利影响。

1.2.4 测试性对装备保障的影响

测试性对装备保障的影响如下:

(1) BIT 可以在系统运行过程中实时检测与隔离故障, 从而减少外部测试的后勤延误时间 (MLDT) 和备件等待时间。

(2) 装备设计具备 BIT 后, 可以减少外部测试设备、有关保障设备等要求, 从而可减少等待维修时间及相关费用。

(3) 由于 BIT 能快速诊断故障, 可减少备件补给库存量, 减少维修后勤延误时间。

(4) BIT 具有记录和存储故障数据的功能, 可应用于识别间歇故障、故障趋势分析预测, 通过预测与健康管理系统设计, 可以提早安排维修工作计划, 实现自主保障。

(5) BIT 实现自动测试, 可以降低维修人员技术等级要求, 减少维修人员数量, 从而减少维修保障费用。

(6) 没有抑制掉的 BIT 虚警会导致自主保障系统不必要的启动, 造成时间、保障资源和费用的浪费。

1.2.5 测试性对战备完好性的影响

战备完好性通常用可用度来度量, 可用度可表示为

$$\text{可用度}(A) = \frac{\text{系统工作时间}}{\text{能工作时间} + \text{不能工作时间}} \quad (1-1)$$

良好的测试性设计, 可以通过 BIT 自动检测和隔离故障, 减少人为故障, 减少执行任务前的检测、校验时间, 因而可减少系统的不能工作时间, 提高战备完好性。

只考虑系统的实际工作时间和非计划的故障维修时间时为固有可用度 A_1 :

$$A_1 = \frac{T_{BF}}{T_{BF} + T_{CT}} \quad (1-2)$$

考虑系统总工作时间内所有时间, 包括工作时间、待命时间、故障修理时间

和计划维修时间等,为使用可用度 A_0 :

$$A_0 = \frac{T_{BM}}{T_{BM} + T_{MD}} \quad (1-3)$$

式中: T_{BM} 为系统平均维修间隔时间,即能工作时间; T_{MD} 为系统平均不能工作时间, $T_{MD} = T_{ct} + T_{pt} + T_{it} + T_{at}$ 。其中 T_{ct} 为非计划的故障维修时间,即 MTTR; T_{pt} 为计划预防性维修时间; T_{it} 为包括备件等待的后勤延误时间; T_{at} 为包括等待维修人员、维修资料和测试设备的等待维修时间。

从测试性对维修性和可靠性的影响分析结果可知,良好的测试性设计或 BIT 设计可大大减少系统不能工作时间 (T_{MD}),特别是对 MTTR 的影响更大,一般可减少 MTTR 的 60% 以上;BIT 对系统能工作时间产生不利影响,即减少 T_{BM} 或 T_{BF} 值,可通过限制 BIT 的故障率和采取防止虚警措施等降低这种不利影响。因而可通过良好的测试性设计来提高系统的可用性。

1.2.6 测试性对系统性能的影响

测试性对系统性能的影响如下:

- (1) 外场测试设备的使用对系统的机动性具有不利影响,没有测试性,设计外部测试设备会更多。
- (2) BIT 的电源消耗增加了系统的用电负担。
- (3) BIT 的硬件增加了系统的质量和体积。
- (4) BIT 的软件占用了系统的存储器和 CPU 资源。

1.2.7 测试性对系统寿命周期费用的影响

系统的寿命周期费用通常包括研究与研制费用、采办费用和使用与保障费用三部分。

系统中加入 BIT 会对研制费用和采办费用产生不利影响,但对使用与保障费用产生有利影响,所以选用 BIT 和确定诊断方案时要进行权衡分析,保证加入 BIT 和使用的诊断方案能减少总的寿命周期费用。测试性、BIT 对系统寿命周期费用的影响包括以下几个方面:

- (1) 良好的 BIT、测试性及诊断设计,可提高系统的可用性/战备完好性、任务可靠性/任务成功性,可以减少系统的采购数量,从而大大减少系统的采办费用。
- (2) 完善的测试性和诊断能力,可显著减少维修人力、设备和维修时间,进而减少系统的使用保障费用。
- (3) 系统中增加 BIT 软件和硬件,会增加系统的研制费和采办费。
- (4) BIT 虚警会导致无效的维修活动,从而会增加使用与维修费用。