

1 引言

本标准叙述维修性检验的基本概念,并且提供适用的检验程序和检验方法。维修性检验是维修性大纲中必不可少的一部分。对于每个不同的场合都必须仔细地选择适宜的方法,以保证总费用的合理性。

本标准中采用的术语除在 GB 3187中给出外,还使用了以下术语:

a. 维修性检验:

为确定承包方是否已使某种产品的维修性要求得到满足而进行的一系列监测、检查工作。

b. 维修性验证

为了证实产品的维修性符合规定的要求和(或)提供有关的维修性数据而对单个产品或样品所进行的试验工作。

c. 用户选定的设备

产品中由用户选定的部分。

注:一般来说,承包方对这一部分的维修性无法控制,但在产品的设计中又必须考虑到它的维修性。因此,希望用户和承包方之间合作。

2 维修性检验的范围

维修性检验的目的是验证在产品的一定性能范围内其定性和定量的维修性要求是否已经达到。同时包括检验规定的维修活动是否使设备的性能恢复到了规定的水平。检验适用于硬件、软件及维修设施。

维修性检验是一个评价各种维修性研究结果的过程。维修性检验活动在工程项目的早期阶段就已开始,同时是以历史数据为依据来得出维修性结论的。随着数据质量的不断提高和产品的使用,评价继续进行并贯穿于整个工程阶段。

对于工程的不同阶段,维修性检验采用不同的检验方法。

分析和评审:

从分析历史数据入手,与设计评审结果和维修性预计结果相比较,这种分析可包括操作使用期中的现场数据。

专题的研究:

概念和定义阶段或设计和研制阶段针对一般的或者具体的问题所作的研究。例如:易维修性、维修任务分析及模拟等。

验证试验:

在设计和研制阶段的末期,当用分析的方法或专题的研究都未能给出足够的证据来表明产品的维

修性是否满足了规定的要求时所进行的试验。

操作使用评审：

也可通过产品的操作使用和对现场数据的评审,并结合对历史数据的评审和分析来完成维修性的检验。

如果在某一工程阶段,检验的结果与规定的维修性要求达到令人满意的一致,可不必采取行动。但是,如果有要求的话,在以后的检验阶段可能需要采取进一步的行动。

定性和定量的维修性检验分别在本标准的4.2.2和4.2.3条中作详细讨论。维修性验证在4.2.4条中叙述。

3 影响维修性检验的维修保障因素

在进行维修性检验时,以下的维修保障因素对维修活动效果具有决定性的影响:

- a. 检测设备;
- b. 供给;
- c. 技术文件和手册;
- d. 维修人员和训练;
- e. 维修设施;
- f. 运输、装卸和储存条件。

因此,维修性检验必须总是以事先明确的维修保障概念为依据的。本导则第八部分将对此作进一步阐述。

4 检验程序

4.1 总则

4.1.1 基本原理

维修性检验是一种连续的产生(或收集)和评价在工程各阶段获取的维修性数据,并将其结果与规定的维修性要求相比较的过程。该过程的步骤是:

a. 明确维修性数据的来源

在工程早期阶段,仅有以前类似设备的历史数据可利用。而后,设计、制造、试验和最终的现场数据都是可利用的。在某种意义上讲,维修性验证只不过是一种在模拟条件下产生维修性数据的特殊的数据来源。

b. 数据的收集和分析

数据的收集和分析包括数据的收集、审查和为了保证数据的适用性而进行的筛选。

c. 评价

评价是借助于数学模型或检查表,对数据进行处理,以获得产品维修性的定性特性和定量指标。

d. 与要求相比较

将维修性评价的结果与规定的维修性指标和特性相比较以检查维修性要求是否已经达到。

对于一个完整的维修性检验而言,除这四点外,以下一些信息也是必需的:

产品维修方案:

对产品的维修策略必须加以说明,这样才能对历史数据和其他来源的数据作出正确的解释。维修方案还明确规定了维修性检验过程中必须考虑的维修条件和保障限制。

可靠性数据:

根据估计的或者观察到的单个维修活动所耗用的时间,来计算维修性指标时,需要用到有关的可靠性指标,如预计的维修活动频数等。可靠性数据将会影响维修性检验的某些方面。例如确定检验的先后顺序,给出评价的先决条件等。

如果这些信息是不可得到的或者是不完整的,则必须提出假设。这些假设必须加以说明。能利用的信息的质量及所作的假设将会影响检验结果的真实性。

4.1.2 条件和限制

维修性检验所采用的方法须由用户规定,或者由承包方选定并在维修性大纲方案中加以说明。因此,应根据下述的准则来选择与每个维修性要求有关的检验方法:

- a. 能用于维修性检验的资源。
- b. 如果合同规定了费用的限额,这将会影响检验方案的选择。检验设施的适用性应加以考虑。
- c. 接收判据

对规定的每一个维修性的接收判据必须与费用和时间方面的要求有所折衷。

- d. 时间限制

在选择各种不同的检验方法时,要考虑到时间方面的要求。维修性检验程序必须与总的工程进度相一致。

- e. 试验样品和(或)保障设备的取得

特别是当实施维修性验证试验时,必须保证试验进度与总的工程进度相一致。并且保证试验过程中所要求的试验样品和设备是容易得到的。

- f. 维修性分析的技能水平和经验

维修性检验是以设计评审或分析为基础的。因此需要技术素质好的和经验丰富的人员分析图纸、方案。

- g. 根据产品的复杂性和能够使用的历史数据的数量来估计的风险。

- h. 特殊的保障要求,如检测设备、设施、人员的技术素质等。

在制定维修性检验程序时必须考虑的主要条件和限制有:

- (a) 环境条件或假设影响的估计

任何与实际操作情况(如维修或检测设备、设施、备件和人员技能水平等)的偏差必须详细地予以估计。

- (b) 数据收集

在试验和操作使用期间,必须明确规定如何收集典型的维修性数据的要求。这些要求包括格式、代码、数据处理等。

- (c) 维修性检验过程中用户和承包方的关系

必须明确规定用户有哪些监控、拒收或管理权限。

- (d) 维修性的保证

合同中必须规定在没有达到维修性要求情况下的处理办法。例如罚款和不予奖励。

维修性大纲方案必须完全与合同中规定的维修性定性和定量要求相对应,并在其实施之前征得用户的同意。

4.2 检验概念

4.2.1 基本规则和关系

维修性检验的目的在于及时提供足够的关于维修性要求已达到什么程度的信息。由于这些要求可能是定性的也可能是定量的,所以维修性检验程序也应相应使用以下的方法进行设计:

分析和评审

设计研究和试验

验证

操作使用

上述方法的组合

定性和定量的维修性检验方法,都可用表1所述的组合来实现。

4.2.2 定性的检验程序

4.2.2.1 设计评审

在对产品进行一般的设计评审时,可以依据一组设计要求和工程标准对设计文件进行评审,从而对产品的维修性定性要求作出检验。

根据工程的不同类型,可用一份说明产品的各种维修性特性的检查清单,作为检验的指南。参见导则第五部分第四章。

这种类型的研究要求能基于先前的经验对设计维修性作出良好的工程判断。它作为正规工程实践的一部分应用于设计阶段,旨在逐步改善设计。它通常要与其他的方法相结合才能用于维修性检验。

表 1 定性和定量维修性检验方法

		分析和评审	设计研究和试验	验 证	操作使用
定性检验方法	设计评审	×			
	试验过程评审	×	×	×	
	维修难易程度研究		×		
	维修任务分析的评审	×		×	
	操作过程的评审				×
定量检验方法	维修性预计	×	×		
	试验数据检验		×	×	
	现场数据检验				×

4.2.2.2 试验过程评审

为了及时的进行维修性检验,由于产品操作使用期间获得的维修性观测结果通常是太迟或者是不可能获得的,因此,维修性检验所需信息可能要从工程早期阶段中获取。这些信息可以通过在尽可能接近实际情况的模拟环境条件下所完成的专门的验证试验中获得。为使这样的试验具有典型性和再现性,应清楚地规定试验条件并且充分估计任何与实际情况的偏差,以期估计观测结果的相关性。

这种方法获得的结果,由于模拟的环境条件仅能部分的反映实际情况,其置信度受到限制。但是,可及时发现主要的偏差,并采取有效的对策。

4.2.2.3 维修难易程度的评审

在许多情况下,通过针对某些具体的问题的维修难易程度的研究,可以快速地解答一些典型的维修性问题。如果有模型样机的话,这类研究可直接在它上面进行,从而,可以获得更清晰的维修性检验的信息。例如在下面一些方面:

- 维修工具的使用空间;
- 维修部位的可达性;
- 可利用的工作场地;
- 不同小组人员同时进行维修工作的可能性;
- 高压、高温部件的安全防护措施等。

4.2.2.4 维修任务分析评审

维修任务分析是用于明确产品维修所需的资源,通常是维修计划的一部分,并且是在操作使用之前完成的。参见本导则第八部分。

在某种情况下,维修任务分析的评审可用于检验定性的维修。

4.2.2.5 操作过程评审

产品维修性定性判断可以观测产品在操作使用期间的工作情况来确定,其要点是:

- a. 事先规定的维修和保障规则的足够性

是否存在由于实际使用环境而引起的未曾预料的困难?是否存在任何非预期的备件耗损?

b. 所提供的工具和测试设备的适用性

是否为检测提供了足够的测试点?是否需要额外的工具或测试设备?

c. 实施维修活动人员的技术水平

是否存在由于人员缺乏训练或人机工程方面的原因而引起维修方面的问题?

d. 维修活动的可行性

用于故障识别和隔离的检测方法是否适当?被更换单元是否可接近?

e. 技术手册的齐套性

维修说明书是否充分和易懂?

f. 维修性软件方面

是否对维修过程中的各软件部分(如测试、训练、技术手册等)进行了充分的考虑?

g. 现有的安全防护措施

维修活动中是否存在发生危险情况的可能性?

根据操作实践获得的这类信息和问题,可以对产品维修性特性作出最真实的评价。但是,它需要较长的时间才能得到评审结果。

4.2.3 定量的检验程序

4.2.3.1 维修性预计

维修性预计可对整个产品进行或者在某些特定的研究中在较低的合同等级上进行。如果设计风险很小或者没有,或者用户在产品研制期间已获得足够的证据证明维修性要求已得到满足,那么,这个预计可作为是一次检验。

维修性预计的详细讨论见本导则第五部分。

4.2.3.2 基于试验数据的检验

维修数据可以在一个相对短的时间里,通过在限定的模拟环境条件下完成的维修性验证试验获得。这是一种具有合同效力的检验方法。目的是检验维修性定量的要求是否得到了满足。在这种情况下,数据的收集是不成问题的。原因在于数据的收集贯穿于整个试验,是一个积累的过程,并且是实施试验人员的规定职责之一。

然而,其结果必须认真予以审查,以确定由于不恰当的环境模拟而可能带来的与实际操作结果的偏差。

如有可能,应借助修正系数对显著的偏差进行修正。

维修性验证的详细说明在本标准4.2.4中给出。

4.2.3.3 基于现场数据的检验

产品操作使用期间收集的维修数据是关于产品维修性定量特征的最佳的信息源。为了能从这些数据中得出正确的结论,他们至少应包括如下信息:

- a. 产品、部件、分部件等的识别
- b. 维修活动的原因
- c. 实施维修活动的类型
预防性维修(检修、检验、维护)
故障维修(现场修理、拆卸和更换、工厂修理)
- d. 维修活动耗用的工时
- e. 维修活动耗用的时间
- f. 总的维修停机时间(有效的维修时间、维修延误时间)
- g. 每个产品的工作时数
- h. 维修人员的数量和技术水平

i. 占用的试验检验设备

j. 备件和材料的耗损量

这些数据是在足够长的时间里收集的,其统计计算结果可为定量的维修性检验提供真实的依据。然而,这种方法仅能用于实际使用阶段。它耗用大量时间,并且意味着是一个相当复杂的数据收集系统。因此,其结果在相当晚的时期才能获得。

另一方面,现场数据对以后工程设计,具有高度的指导意义,可为以后的维修性检验提供可靠的历史数据。

4.2.4 验证方法

维修性验证仅是整个维修性检验过程的一个方面。由于验证结果通常是合同中所承认的产品交付前的维修性检验的唯一依据,因此,应该在本导则的某一专门的章节中对验证方法的主要问题进行阐述。

4.2.4.1 验证的类型

维修性验证的几种类型:

a. 初步的维修性验证

初步的维修性验证是指产品在研制期间进行的试验。其目的是产生有关维修难易程度的信息和有关安装、维护和修理时间方面的数据。这些试验主要是在样机和工程模型上进行。

b. 非正式维修性验证

非正式维修性验证是指非正式的产品鉴定试验,例如初步的设计评审。它们一般是在没有用户代表参加的情况下进行的。试验结果形成文件,并且可做为提高维修性评价的置信度的依据。非正式的验证试验可在样机和生产产品上进行。

c. 正式的维修性验证

正式的验证是产品正式鉴定的组成部分之一。它们是依据双方同意的鉴定条件在有用户代表参加的情况下进行的。正式的验证应在批量生产之前或者在生产的产品上进行。

4.2.4.2 验证方案设计

维修性试验和验证方案是维修性大纲方案的一部分。验证试验方案将作为基本的文件,用于指导全部正式的维修性试验。应特别包括:

a. 包含了验证费用的验证任务清单

维修任务将根据下面的准则选定:

预防性维修任务:挑选某些具有代表性的作业予以验证。这些作业应根据产品预定的操作使用条件来选定。

修复性维修任务:对于所选定的作业,其作业时间应能包含总的预计修理时间的一个具有代表性的百分数。

包含了计算机的作业应予以标明,并应做详细说明。作业选择方法在附录 A 中进一步论述。

b. 试验工作组的说明(职责和权限)

试验工作组的组成和职责要从以下几个方面规定:

工作组编制。

具体职责的分配。

对试验工作组成员的资历、数量、来源及培训要求。

参阅附录 A 中人员选择部分。

c. 必要的保障材料、设施和文件资料的清单

这将特别包括:

维修工具、试验和检测设备、特别是自动检测设备的清单。

必要的技术手册,如工作和维修手册、故障检查说明书等。

必要的备件和消耗品清单。

保险装置和校准设备的清单。

专用维修工具的说明。

d. 验证试验程序的说明。

e. 有关重新试验的规定。

4.2.4.3 条件和限制

维修性验证试验必须作为总的研制和鉴定试验的一个组成部分,以保证验证试验费用的有效性和提高试验样品、人员和设施等的利用率。

如果进行维修性试验的产品涉及到承包方权限范围之外的设备(即用户选定的设备),那么这个设备将不包括在维修性验证试验中。然而,承包方应保证在验证试验期间不会因该设备与承包方自己的设备不利的接口而使其维修性特性降低。

4.2.4.4 改进后的验证

对于没有满足规定要求的产品,其中的任何缺陷应加以修正。其修正部分及受其影响的部分应重新试验。

4.3 检验程序要点

4.3.1 明确维修性数据的来源

以下类型的信息(或数据)可用于工程阶段之后的维修性检验:

- a. 历史数据;
- b. 设计或制造数据;
- c. 验证和现场数据。

检验程序的第一步是拟定出上述所有来源的各种数据。详细的内容参见本导则第七部分。

4.3.2 数据的收集和分析

有关现场维修及相应的费用指标方面的历史数据应从正式的数据源及有关的出版物中获取。在众多的领域,特别在军用和民用航空航天工业、电子工业以及其他某些工业部门都已进行了系统的数据收集。但是,这些数据的使用有时局限于一定的用户范围内。另外,某些公司拥有自身产品的维修经验。因此有可能从这些公司中获得有关的维修性数据和信息。

有关维修设计或制造方面的数据和信息,可以通过评审图纸和从制造检测中获得。例如:从常规的质量保证监控和返工工作中获得。如果维修性检验不是基于历史或设计数据,而是基于实际的产品,那么这些数据可以通过验证试验、专题的研究或者在产品的操作使用期间获得。为此,应建立一个完整的数据收集系统用于记录所有的故障和维修数据。这个数据收集系统既要与维修性检验中的试验数据的评价需要相吻合又要与实际操作使用相一致,以促进下一步的检验工作进入到实用阶段。因此,所有的维修作业应根据用户的维修任务予以分类,数据收集的组、程序和职责必须详细地予以规定。

参见本导则第七部分:维修性数据的收集、分析与表示。

由于以下一个或多个因素,所有的数据在用于维修性检验之前必须彻底地加以审查和筛选,以决定是否需要进行校正:

- a. 系统的相似性,从其获得历史数据的产品是否与待评价的产品相似?
- b. 设计修改、维修性数据的有效性是否因设计或结构的改变而受到影响?
- c. 维修策略、数据的参考价值是否因不同的维修策略、维修水平等而受影响?
- d. 维修条件它与预期的维修条件,如人员技术水平、维修工具和设施、检测设备等相比较的准则

是什么?

e. 环境、数据收集期间(操作、试验期间)存在的功能和所处的环境应力与产品所预期的相比较如何?

- f. 数据收集方法。数据收集的方法对保证数据的质量是否可靠?

上述的数据可利用某一修正系数予以修正,该修正系数是根据技术、条件或方法等的偏差而推导出来的。

4.3.3 评价

4.3.3.1 定性评价

维修性数据的定性评价是借助于维修性设计检查表来进行的。这个检查表是定性的维修性分析的主要工具。检查表通常由正文和附录两部分组成。正文中包含了标准的维修性判据。附录中则考虑了待评价产品的详细情况。进一步的情况参见本导则第五部分。

4.3.3.2 定量评价

维修性数据的定量评价可借助于有效的统计方法、数学模型或者对比研究来完成。

适用的方法:

a. 操作使用期间收集的维修数据的统计评价。

由于现场维修数据是在给定时期内产生的大量单个维修活动的原始数据,因此,统计评价通常包括依据规定的维修性要求对其进行排序和分类,对各类数据组内的数据进行编辑并且计算全部的维修性指标。

b. 统计的维修性试验数据的评价

维修性验证试验的目的是以有限的试验样品的特性为依据对产品总体给出接收或拒收的判断。采用的试验方法,视规定检验的维修性要求而定。以维修时间来表示的试验数据按规定的统计方法进行处理,以得出最终的结论。采用这种方法,得不到绝对的维修数据。但可以得到在给定的风险下,达到规定要求的概率。

c. 历史数据和设计数据的评价

为了分析计算规定的维修性特性,可特别构造一个数学模型。采用的数学模型结构取决于数据的类型。该数学模型的输入可以是基于类似产品的先前经验的维修性数据,也可以是产品的设计或制造资料。

4.3.3.3 异常事件与删除

本标准4.3.3.1和4.3.3.2中所叙述的评价方法,必须有明确规定,旨在说明某些事件应排除在维修性检验所考虑的范围以外。这些事件通常包括:

- a. 试验仪器失效而引起的维修;
- b. 由于故障模拟导致的二次失效所引起的维修;
- c. 意外损坏带来的维修等。

4.3.4 比较

维修性验证过程的最后一步是将评价结果与规定的维修性要求相比较。这时可能产生各种各样的问题:

- a. 评价结果从统计角度上看是否可认为是有效的?
- b. 评价结果是否符合规定的维修性要求?
- c. 评价结果是否与以前的类似系统的经验有较大的偏离?

合同中必须说明不满足规定维修性要求的后果。

附录 A

维修性验证程序

(补充件)

A1 任务选择方法

在维修性验证中,预防性和修复性维修任务将分别给予验证。

- a. 各种类型的预防性维修任务将按其相对的重要性进行选择。重要性定义为:

$$\frac{\overline{tp}}{\overline{mdt}}$$

即任务的平均持续时间 $\overline{tp}$ 与总的平均预防性维修停机时间 $\overline{mdt}$ 的比值。

- b. 修复性维修任务将由“自然故障”方法(在实际操作环境或模拟环境条件下自然发生故障并实施维修任务)或“故障诱导”方法(产品上诱导故障并且实施维修)来选择。哪种方法更实用,要看给予验证的期限。在采用故障诱导方法的情况下,验证样本将由 N 个独立的任务组成,数值 N 为表 A1 中所推荐的样本大小。

$$N = \sum_i n_i$$

式中: n_i = 分配给失效率为 λ_i 的元件 i 的任务数

$$n_i = N \cdot \frac{\lambda_i}{\sum_i \lambda_i}$$

A2 故障诱导方法

故障诱导所导致的维修状况(如故障症状及所需的修理程序)对于设计和维修而言,必须是具有代表性的。电子产品可通过下述的各种方法诱导其发生故障,而导致修复性维修任务:

机内断线;

接地;

将好的元件、电路或组件用带有适当故障类型的相同件作替换,移掉某一线路插板或一段导线;

插入额外的不易探测的部件,如旁路电阻,来模拟额定条件以外的情况;

故意失调;

使用不良接触以引起间歇现象。

A3 人员选择

参与维修性验证试验的技术人员和管理人员,其技术水平、受教育的程度、一般的维护训练水平及经验、专用设备的维护训练水平和经验,必须是具有代表性的,应能代表一般的实际使用中的技术人员和管理人员的典型情况。一个可能的方法是征得承包方的同意后,从用户单位挑选这些人员。

验证试验小组的职责包括:维修作业的实施和监督、数据的评价、试验准备工作的检查、试验结果的评审和判断、试验报告的拟定和整理等。

附加说明:

本标准由电子工业部第五研究所负责起草。