

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 9414.1—2012/IEC 60300-3-10:2001  
代替 GB/T 9414.1—1988;GB/T 9414.3—1988

---

## 维修性 第1部分:应用指南

Maintainability—Part 1: Application guide

(IEC 60300-3-10:2001, Dependability management—  
Part 3-10: Application guide—Maintainability, IDT)

2012-12-31 发布

2013-06-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 目 次

前言 .....	I
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和缩略词 .....	2
3.1 定义 .....	2
3.2 缩略词 .....	3
4 维修性概述 .....	3
4.1 概述 .....	3
4.2 产品寿命周期 .....	3
5 维修性大纲 .....	5
5.1 概述 .....	5
5.2 维修性大纲的制定准则 .....	5
6 维修性大纲的要素和任务 .....	7
6.1 计划和限制 .....	7
6.2 维修性研究 .....	9
6.3 项目管理 .....	10
6.4 维修性设计 .....	11
6.5 外部提供的产品 .....	13
6.6 分析和预测方法 .....	14
6.7 验证、确认和试验 .....	16
6.8 寿命周期费用 .....	17
6.9 维修保障计划 .....	17
6.10 改进和修改 .....	18
6.11 维修性数据的收集与分析 .....	19

## 前 言

GB/T 9414《维修性》分为以下 5 个部分：

- 第 1 部分：应用指南；
- 第 2 部分：在设计阶段的维修性研究；
- 第 3 部分：维修性验证和数据的收集、分析与表示；
- 第 4 部分：维修和维护保障；
- 第 5 部分：诊断测试。

本部分为 GB/T 9414 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 和 GB/T 20000.2—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 9414.1—1988《设备维修性导则 第 1 部分：维修性导言》和 GB/T 9414.3—1988《设备维修性导则 第 3 部分：维修性大纲》。与 GB/T 9414.1—1988 和 GB/T 9414.3—1988 相比，主要技术变化如下：

- 标准的标题“设备维修性导则”改为“维修性”；
- 标准结构采用 IEC 60300-3-10 的结构，对 GB/T 9414.1—1988 和 GB/T 9414.3—1988 中的内容进行整合；
- 增加了“前言”和“引言”部分内容，说明了标准修改内容和结构的调整；
- 通篇“设备”改为“产品”；
- 本部分的相关内容需要与 IEC 标准的技术内容一致，对目前尚没有与 IEC 标准对应的国家标准的，在“规范性引用文件”和正文中直接引用 IEC 标准；
- 增加了“规范性引用文件”和“术语、定义和缩略语”部分内容；
- 对维修性大纲的各部分内容进行了较大修改，按照维修性的要素和任务，进行了结构的调整和完善，并对相关内容进行了修改和补充；
- 按照 GB/T 6992.2—1997 中定义的寿命周期阶段，全面给出了产品全寿命周期中各个阶段的维修性工作要点；
- 增加了维修性计划和限制的内容（见 6.1）；
- 增加了维修性项目管理的内容（见 6.3）；
- 增加了维修性设计中人因工程的内容（见 6.4.5）；
- 增加了维修保障计划的内容（见 6.9）。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 60300-3-10:2001《可信性管理 第 3 部分：应用指南 第 10 节：维修性》。

与本部分中规范性引用的国际标准有一致性对应关系的我国如下：

- GB/T 5081 现场可信性数据收集（IEC 60300-3-2, IDT）
- GB/T 9414.3 维修性 第 3 部分：维修性检验和数据收集、分析和表示（IEC 60706-3, IDT）
- GB/T 9414.4 维修性 第 4 部分：维修和维护保障（IEC 60300-3-14, IDT）
- GB/T 9414.5 维修性 第 5 部分：诊断测试（IEC 60706-5, IDT）

上述国家标准正在修订中。

本部分与 IEC 60300-3-10:2001 相比，做了下列编辑性修改：

- 标准名称进行了改变；
- “本国际标准”一词改为“本部分”或“GB/T XXXX”；

GB/T 9414.1—2012/IEC 60300-3-10:2001

- 删除了 IEC 60300-3-10:2001 的前言、引言和参考文献；
- 增加了国家标准的前言；
- 把“规范性引用文件”一章所列的引用文件用对应的等同采用该文件的我国国家标准代替，本部分对处于修订或计划修订中的国家标准仍然引用了 IEC 原文标准；
- 6.3.2 部分增加下级标题“6.3.2.1 维修任务”和“6.3.2.2 交叉索引”，以便于使用标准的人员区分 2 个部分内容。

本部分由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本部分由全国电工电子产品可靠性与维修性标准化技术委员会(SAC/TC 24)归口。

本部分起草单位：工业和信息化部电子第五研究所。

本部分主要起草人：高军、周跃芬、刘雅智、李新祥、邝志礼、王忠。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 9414.1—1988；
- GB/T 9414.3—1988。

## 引 言

国家标准 GB 9414.1—1988 和 GB 9414.3—1988 是等效采用 IEC 60706-1—1982 中的第 1 和第 3 部分编制而成的。IEC 60300-3-10 Ed. 1.0—2001《可信性管理 第 3-10 部分:维修性应用指南》发布后,IEC 60706-1 标准被完全替代。因此本部分修订是依据 IEC 60300-3-10 Ed. 1—2001,按照等同采用的原则进行修订。

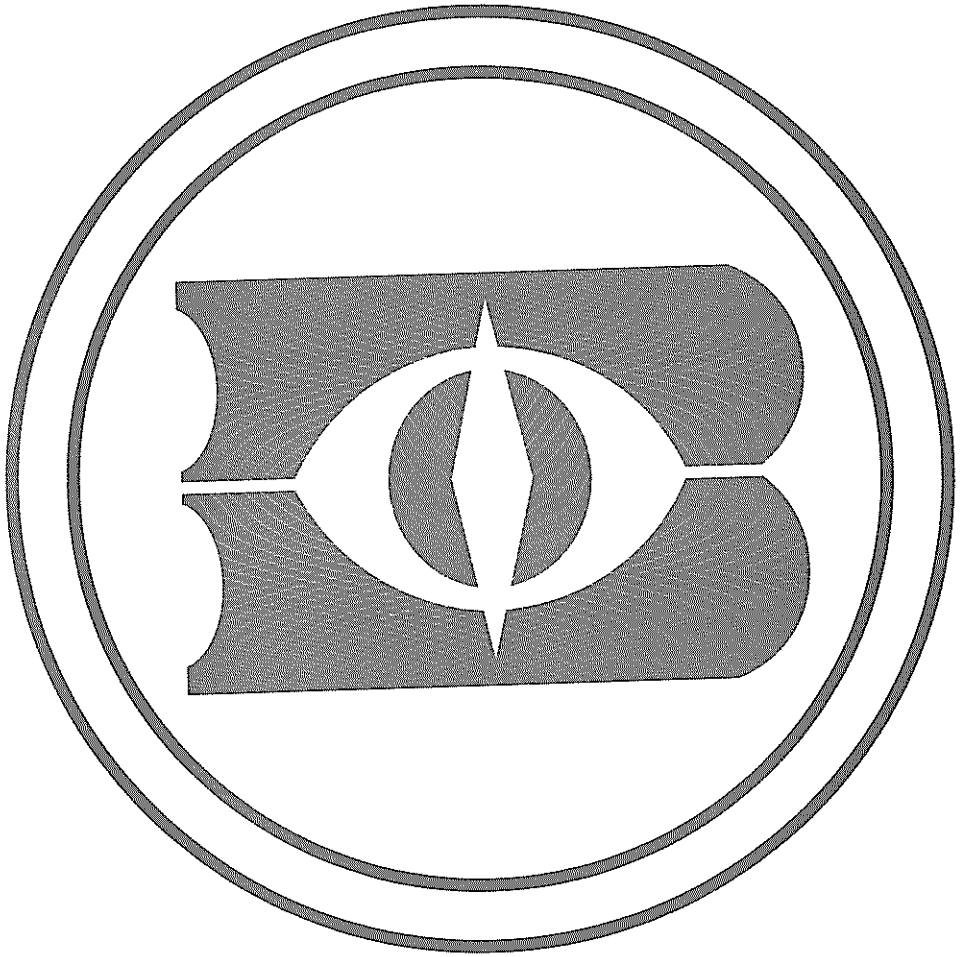
GB/T 9414—1988 是等同采用 IEC 60706 形成的设备维修性系列标准,GB/T 9414—1988 标准结构为:

序号	标准编号	标准名称
第一部分	GB/T 9414.1—1988	设备维修性导则 第一部分:维修性导言
第二部分	GB/T 9414.2—1988	设备维修性导则 第二部分:规范与合同中的维修性要求
第三部分	GB/T 9414.3—1988	设备维修性导则 第三部分:维修性大纲
第四部分	GB/T 9414.4—1988	设备维修性导则 第五部分:设计阶段的维修性研究
第五部分	GB/T 9414.5—1988	设备维修性导则 第六部分:维修性检验
第六部分	GB/T 9414.6—1988	设备维修性导则 第七部分:维修性数据的收集、分析与表示
第七部分	GB/T 9414.7—2000	设备维修性导则 第四部分:诊断测试
第八部分	GB/T 9414.8—2001	设备维修性导则 第九部分:维修性评价的统计方法

根据国家标准管理委员会在国家标准清理整顿中关于标准修订的原则要求,本次修订分别将 GB/T 9414—1988 系列标准中的 1、3 部分、2、4 部分和 5、6 部分共 6 个分标准,按照等同采用的 IEC 60706 版本的变化情况进行了合并,形成三个标准,即:新 GB/T 9414.1、新 GB/T 9414.2 和新 GB/T 9414.3,因此,调整后的维修性标准的结构由以下 5 个部分组成:

序号	标准编号	标准名称	采用情况
第一部分	新 GB/T 9414.1	维修性应用指南	等同采用 IEC 60300-3-10 Ed. 1—2001
第二部分	新 GB/T 9414.2	设计和开发阶段的维修性研究	等同采用 IEC 60706-2 Ed. 2—2006
第三部分	新 GB/T 9414.3	维修性检验和数据收集、分析和表示	等同采用 IEC 60706-3 Ed. 2—2006
第四部分	新 GB/T 9414.4	维修和维护保障	等同采用 IEC 60300-3-14 Ed. 1—2004
第五部分	新 GB/T 9414.5	诊断测试	等同采用 IEC 60706-5 Ed. 2—2007

其中,第四部分将等同采用 IEC 60300-3-14 Ed. 1—2004 有待形成新的 GB/T 9414.4;而第五部分将在以后 GB/T 9414.7—2000 修订时,等同采用 IEC 60706-5 Ed. 2—2007 形成新的 GB/T 9414.5。另外,原等同采用 IEC 60706-6 Ed. 1—1994 的 GB/T 9414.8—2001 的技术内容,已由 IEC 60706-3 Ed. 2—2006 包含,该标准已被 IEC 废止,因此,新的 GB/T 9414 中也无必要继续保留该部分。



## 维修性 第1部分:应用指南

### 1 范围

GB/T 9414 的本部分是维修性的应用指南,适用于产品从开始设计、开发到使用各个阶段维修性大纲的贯彻执行。GB/T 6992.2—1997 描述了产品寿命周期阶段的各项任务。

为了使产品获得最佳的维修性,本部分对如何考虑维修性方面的任务提供了指南。要说明的是,在本部分所述的完整的维修性大纲只适用于可能会长期使用的复杂产品。

对于相对简单的可维修产品,则需要通过剪裁以制定相对简单的维修性大纲,以满足不同复杂程度的产品和不同用户的要求。为了更加详细地说明如何承担维修性任务,本部分还采用了其他标准,特别是 GB/T 9414 标准系列,作为引用文件或工具。

由于不同企业的环境和条件各不相同,因此用户和供应商之间签订的合同也会存在较大差别。编写本部分的前提是,当把产品作为一个研发项目(DI)时,由承包商从满足用户的具体要求为基本出发点来进行研发。但在许多场合,产品已经存在并只需要一点或不需要进行研发,也就是说产品是一个非研发项目(NDI),此时就不需要采用本部分所述的完整的维修性大纲。但是,当需要时仍可应用标准中规定的一些原则,通过剪裁的办法使其符合项目的需要。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 2900.13 电工术语 可信性与服务质量(idt IEC 60050(191))
- GB/T 5081 电子产品现场工作可靠性、有效性和维修性数据收集指南(idt IEC 60300-3-2)
- GB/T 6992.1 可信性大纲管理指南(idt IEC 60300-1)
- GB/T 6992.2—1997 可信性管理 第2部分:可信性管理大纲要素和工作项目(idt IEC 60300-2:1995)
- GB/T 7289 可靠性、维修性和有效性预计报告编写指南(eqv IEC 60863)
- GB/T 7826 系统可靠性分析技术 失效模式和效应分析(FMEA)程序(idt IEC 60812)
- GB/T 7829 故障树分析程序(neq IEC 61025)
- GB/T 9414(所有部分) 维修性
- GB/T 9414.2 维修性 第2部分:设计和开发阶段维修性要求与研究(IEC 60706-2, IDT)
- IEC 60300(所有部分) 可信性管理 第3部分:应用指南(Dependability management—Part 3: Application guide)
- IEC 60300-3-2 可信性管理 第3部分:应用指南 第2节:现场可信性数据的收集(Dependability management—Part 3: Application guide—Section 2: Collection of dependability data from the field)
- IEC 60300-3-3 可信性管理 第3部分:应用指南 第3节:寿命周期费用计算(Dependability management—Part 3: Application guide—Section 3: Life cycle costing)
- IEC 60300-3-9 可信性管理 第3部分:应用指南 第9节:技术系统风险分析(Dependability management—Part 3: Application guide—Section 9: Risk analysis of technological systems)
- IEC 60300-3-11 可信性管理 第3部分:应用指南 第11节:以可靠性为中心的维修(Depend-

ability management—Part 3: Application guide—Section 11: Reliability centred maintenance)

IEC 60300-3-14 可信性管理 第3部分:应用指南 第14节:维修和维修保障(Dependability management—Part 3-14: Application guide—Maintenance and maintenance support)

IEC 60706(所有部分) 维修性指南(Guide on maintainability of equipment)

IEC 60706-3 维修性 第3部分:维修性检验和数据收集、分析和表示(Maintainability of equipment—Part 3: Verification and collection, analysis and presentation of data)

IEC 60706-5 维修性 第5部分:诊断测试(Maintainability of equipment—Part 5: Testability and diagnostic testing)

IEC 61160:1992 设计评审修改单1(1994)(Formal design review Amendment 1(1994))

### 3 术语、定义和缩略词

GB/T 2900.13界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 定义

##### 3.1.1

**维修性 maintainability (performance)**

在规定的条件下并按规定的程序和资源实施维修时,产品在规定的使用条件下,保持或恢复能执行规定功能状态的能力。

注:术语“维修性”也可用于产品维修性能的一种度量。

[GB/T 2900.13,定义 191-02-07]

##### 3.1.2

**维修度 maintainability**

在规定的条件下并按规定的程序和资源实施维修时,产品在规定的使用条件下和规定的时间区间内,保持或恢复能执行规定功能的概率。

注:术语“维修度”是通过概率来量化表示维修性。

[GB/T 2900.13,定义 191-13-01]

##### 3.1.3

**维修 maintenance**

为保持或恢复产品处于能执行规定功能的状态所进行的所有技术和管理的活动,包括监督的活动。

##### 3.1.4

**维修梯队 maintenance echelon (line of maintenance)**

按规定的维修等级对产品实施维修的场所。

注1:维修梯队举例:使用现场、修理车间、制造厂。

注2:维修梯队的区别在于,维修人员的技术水平、可利用的维修设备以及维修场地等。

##### 3.1.5

**维修等级 level of maintenance**

在规定的维修约定级上进行的一组维修活动的安排。

注:维修活动的例子有更换元器件、印制电路板、分系统等。

##### 3.1.6

**维修方案 maintenance concept**

把维修方针运用到具体产品上。

##### 3.1.7

**维修方针 maintenance policy**

产品维修采用的维修等级、维修梯队和维修条件之间的相互关系。

## 3.1.8

**供应规划 provisioning**

在服务的初始阶段,确定和获得使用和维护产品所需的备件、修理件及保障和测试设备的范围和数量(深度)的过程。

## 3.1.9

**保障性 supportability**

系统的设计特性和计划的保障资源,包括人力能满足系统工作要求的程度。

## 3.2 缩略词

ATE:自动测试设备(automatic test equipment)

BIT:机内测试(built-in test)

BITE:机内测试设备(built-in test equipment)

DI:研发项目(development item)

FMEA:失效模式和影响分析(fault modes and effects analysis)

FMECA:失效模式、影响和危害度分析(fault modes, effects and criticality analysis)

FTA:故障树分析(fault tree analysis)

LCC:寿命周期费用(life cycle cost)

LRU:现场可更换单元(line replaceable unit)

MAMT:平均有效维修时间(mean active maintenance time)

MTTR:平均修复时间(修复或复原)(mean time to repair(or restoration or recovery))

NDI:非研发项目(non development item)

RCM:以可靠性为中心的维修(reliability centred maintenance)

## 4 维修性概述

## 4.1 概述

维修性是指一个产品必要的维修可简便、经济、安全、准确地进行,并可根据概率或维修所需的资源级别来度量。因此,维修性对于产品满足所需性能的能力会产生直接影响。维修就是为保持或恢复产品的这种能力所采取的活动。

维修性和维修两者之间的区别见 GB/T 2900.13 有关定义。

在一个产品的设计过程中,设计者应事先考虑系统及其组成部分应如何进行维修。因此产品的维修性和性能目标的实现都会受到设计活动和决定的直接影响。

在设计过程中设计者考虑人与系统和设备进行交互时,也要考虑安全性、人的因素以及接近设备难易程度等因素。

为了把这些因素与维修保障、备件供应、技术资料、培训等相关内容都结合起来,需要制定一个完整的维修性大纲。这样的维修性大纲包含系统的,并经仔细考虑的,与设计活动相结合的一系列工作任务。维修性大纲是可信性大纲的重要组成部分,对于整个项目管理具有十分重要的作用。

## 4.2 产品寿命周期

GB/T 6992.2—1997 第4章给出了产品寿命周期从概念到处置的详细说明。维修需求会严重影响产品寿命周期费用的高低,因此产品寿命周期的每个阶段都应充分考虑这些问题。这对于最终实现所要求的维修性目标或者所要求的利润范围都是十分关键的。如果没有达到维修性目标,则产品的可用性、经济性会受到严重影响。在以下条中将讨论产品寿命周期的每个阶段。

#### 4.2.1 概念和定义阶段

从产品寿命周期最初阶段,即从概念和定义阶段起就考虑维修性,并制定一个清晰的维修方针是十分重要的。产品设计会受到维修需求的强烈影响,在此阶段应考虑以下几个方面:

- a) 可用性要求;
- b) 产品使用、维修所处的环境条件;
- c) 预防性维修数量;
- d) 产品要求的寿命和处置方法;
- e) 安全要求。

#### 4.2.2 设计和开发阶段

维修性作为产品整体设计的一部分应经过详细考虑。结合可靠性分析开展维修性分析可把使用要求转化成详细的维修性定性和定量指标要求以及设计准则。这些分析工作要特别考虑以下几个方面:

- a) 维修人员的技术水平;
- b) 建议的维修梯队;
- c) 每个维修梯队承担的维修数量和类型;
- d) 可达性;
- e) 模块化;
- f) 产品的功能互换性;
- g) 平均修复时间(MTTR);
- h) 维修费用。

建议在产品设计工作中采用常规的并已得到验证的维修性标准。这些维修性标准在很多行业都是可利用的,并对该行业特有的各种维修性设计问题的解决提供指导。有关设计和开发阶段维修性研究和相关活动的进一步指南见 GB/T 9414.2。

设计和开发阶段同样要考虑维修保障问题,这样才能确保产品在投入使用后能得到全方位的保障。有关维修保障方面的进一步指南见 6.9 和 IEC 60300-3-14。

#### 4.2.3 制造阶段

理论上,应在产品研制和样机或早期研制的标准产品试验期间就已进行功能参数的验证,然而这些结果不能代表整个生产模型达到的标准。另外,测试产品的方法也可能已在研究开发中。但是在制造阶段有些维修性验证试验的结果还是有用的,维修性目标是否已经达到的完全验证应要等到代表性的产品生产之后才能进行。有关验证试验的进一步指南见 6.7 和 IEC 60706-3。

#### 4.2.4 安装阶段

产品的安装可能是对复杂系统或产品维修性特性进行测试的首次机会。此时,可达性、搬运、安装、调准和测试零部件的能力都是十分关键的因素。

#### 4.2.5 使用和维修阶段

产品进入使用阶段后其维修性要通过测量来进行验证。为了估算维修性参数和识别维修问题,应建立一个维修数据收集系统。有关维修数据收集的进一步指南见 6.11 和 IEC 60706-3。

#### 4.2.6 处置阶段

作出一个产品处置的决定,部分是由该产品继续完成规定功能的能力、产品维修性和可靠性水平,

以及产品使用成本等因素确定的。而这些因素又取决于备件的持续供应情况、替换产品的保障性和可用性。

## 5 维修性大纲

### 5.1 概述

产品的固有可靠性和设计寿命只有通过开展适当的维修活动才能实现。如果产品被设计成一旦失效就丢弃,则无需考虑维修性的问题。但对于大多数产品而言,失效是不可避免的,因此需要修复性维修。另外,根据产品的失效特点、失效成本和危害度,预防性维修能有效地确保产品安全、经济地使用。如果实施经济、有效的预防性维修,就能增加产品使用可用度和降低修复性维修的频率。

为了使产品实现有计划 and 系统的可接受的维修性,维修性大纲与可靠性大纲应与整个项目设计过程结合在一起。

维修性大纲应包含以下要素:

- a) 确保有效执行维修性大纲的管理和组织活动;
- b) 在设计阶段开展的一系列维修性分析工作;
- c) 为维修性大纲提供必要信息的专家支持活动。

维修性大纲的目标应是在以下约束条件下优化系统的有效性:

- a) 产品可用性与产品寿命周期费用(LCC)之间的权衡;
- b) 维修和维修保障需求与产品寿命周期费用(LCC)之间的权衡;
- c) 安全隐患的消除。

图 1 给出了设计过程与维修性相关的设计工作之间的关系。

### 5.2 维修性大纲的制定准则

对于具体的产品或项目而言,应根据相关条件、要求以及复杂程度对产品维修性大纲进行必要的剪裁。以下内容所描述的完整的维修性大纲只适用于那些从概念阶段到生产阶段全过程开展研发的大型、复杂产品。对于较为简单的产品或已存在的设计研发,可根据不同产品的复杂程度和不同用户的要求对该维修性大纲进行剪裁,采用一个只用部分内容的较为简单的大纲。

如果要制定出在产品寿命周期各阶段有效的维修性大纲,则需要具有维修性原理、方法和技术方面的知识;同时还需要了解产品的自身特性、技术要求、目标用途、相关成本因素、产品设计以及用户期望。

为了获得满意的结果,应把维修性活动看作是工程活动的一部分,与其他设计或研发活动相结合,而不是单独管理。

维修性大纲的编制应考虑以下几个方面因素。

#### 5.2.1 用户适用性

对于一个产品其维修性要求和执行维修性大纲及维修性保障的需求取决于在各种情况下的市场(终端用户)条件。

维修性的制定取决于产品寿命、可靠性、安全性和可用性等方面的要求,并取决于与不同市场(终端用户)状况相关的经济因素。例如,飞行系统和核电厂需要高度的安全性,这就促使对维修的需求。对于其他产品,与产品运营成本相关的维修费用可能成为决定维修性需要程度的重要因素。

不同类型的产品其维修性专项设计或保障方面的重要程度都不尽相同,因此需要对维修性大纲进行适当的剪裁以满足不同产品的需求。

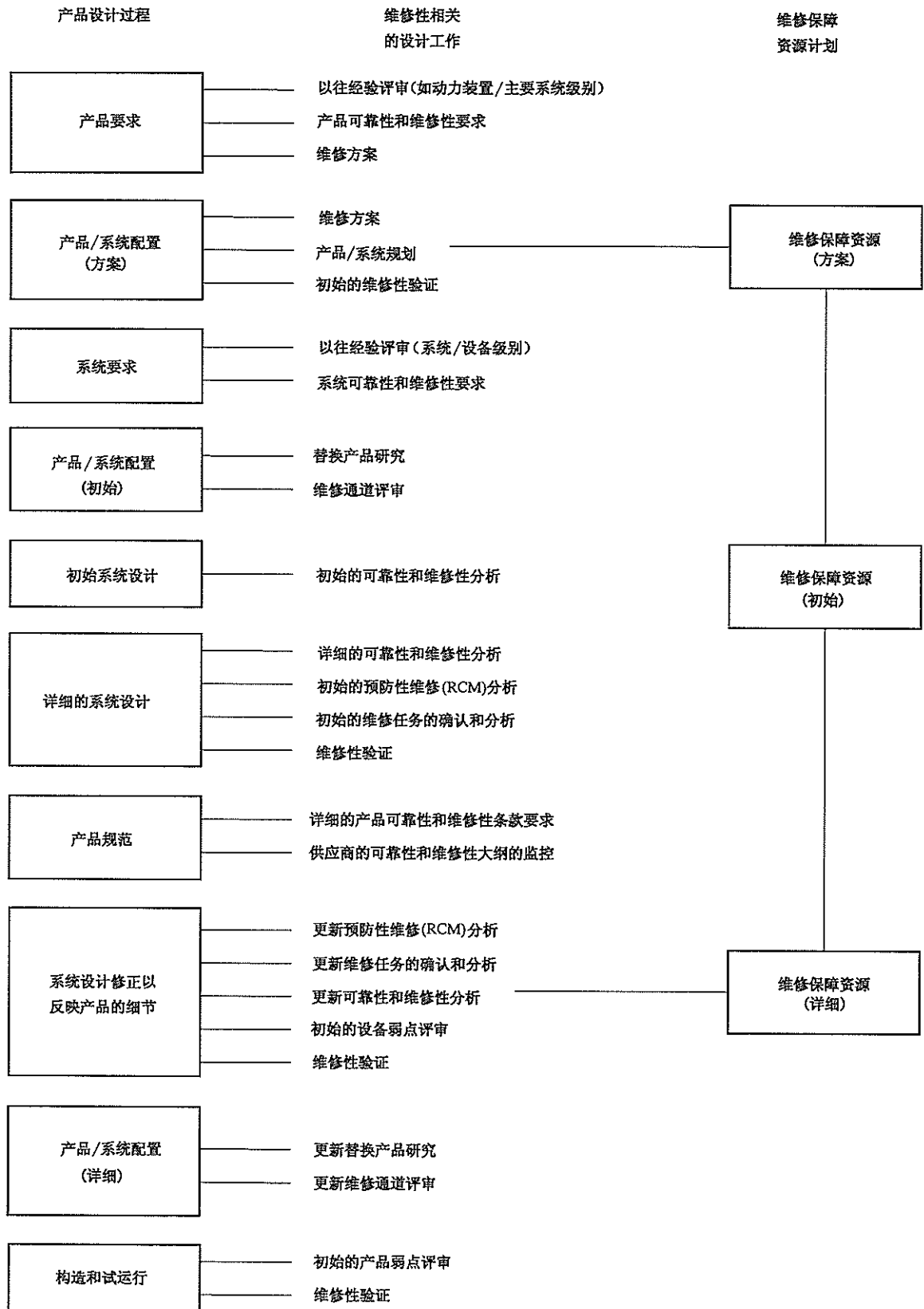


图 1 设计过程与维修性相关的设计工作

## 5.2.2 与产品有关的因素

应考虑以下与产品有关的因素：

- a) 维修性要求 为提供规定的可用性而要求的维修性和维修保障的水平。
- b) 复杂度 产品的复杂度将决定维修保障设备的复杂度。例如,机内测试设备(BITE)的复杂度取决于所要求的诊断能力的水平。
- c) 成熟度 成熟的产品一般已建立了比较完善的维修程序,但对于还未成熟的产品,则需要考虑未经验证的技术的程度和想要制定的符合设计的程序。
- d) 危害度 在首要关注安全性的重要场合,维修设计非常关键,核电厂和飞机是明显以安全性为关键的典例,运行的和/或经济的问题也可能是重要的,如生产过程或制造企业的失效。
- e) 技术限制 当设计受到技术或物理参数的限制而超出设计者所能控制的范围时,则需要更为复杂的维修活动来帮助解决。
- f) 大纲限制 紧迫的计划和资金的限制都会使设计受到限制,而使产品难以获得最佳可信性,因此应考虑附加的维修活动来满足产品的可信性要求。
- g) 维修保障条件 维修方针和维修人员的技术水平都会使维修工作的有效性受到影响。
- h) 使用条件 环境严酷度、产品使用时间和工作周期都会影响维修活动的频率。
- i) 储存和运输 产品在储存、搬运和运输之前和之后都可能需要维修活动。
- j) 用户相关的因素 用户的维修经验、用户执行维修活动的程度、产品对用户的重要性。
- k) 供应商相关的因素 供应商的维修经验和供应商所能提供的维修保障的程度将决定可能采取的维修活动的场所和维修等级。
- l) 法规要求 政府或其他法令部门制定的法规,以及任何相关的授权维修任务都应考虑纳入维修大纲。
- m) 环境辐射 产品维修应保证当产品性能恶化时依然符合由用户或相关法规制定的辐射限制要求。
- n) 寿命周期阶段 即使产品不需要制定完整的研制大纲,仍需要与满足产品要求的维修分析一起考虑相关的产品寿命期阶段要求。

## 6 维修性大纲的要素和任务

### 6.1 计划和限制

制定维修性大纲的首要任务是确定维修方针和维修方案。

#### 6.1.1 维修方针

维修方针描述了产品维修所采用的维修等级、维修梯队、维修条件之间的总体关系。通过下面的信息说明如何构建维修保障组织及应产生的结果,给出用户的一般维修方针：

- a) 与项目和产品类别的维修性相关的一套设计实践和设计目标 这些设计实践或设计目标一般是指如制造商使整个设备中相似的产品类型的标准化以及采用快速更换模块等内容。
- b) 一个产品特定的、主要的、重要的部件的基本维修方法的表达,可包括：
  - 1) 维修什么,什么人来维修,在什么地方维修以及在什么工作状态下维修；
  - 2) 为缩短产品不可用时间(其组成要素如图 2 所示)的建议如状态监测、机内测试设备、简单调整和校验程序等。
- c) 基本的维修(后勤)保障策略和要求,包括维修工具、测试和保障设备、备件供应、维修人员技能和培训、技术手册和保障软件。

这些因素将基于系统方法以提高产品和产品附件的可靠性和维修性。  
如必要,维修方针应与设计过程一样周期性的进行评审和更新。

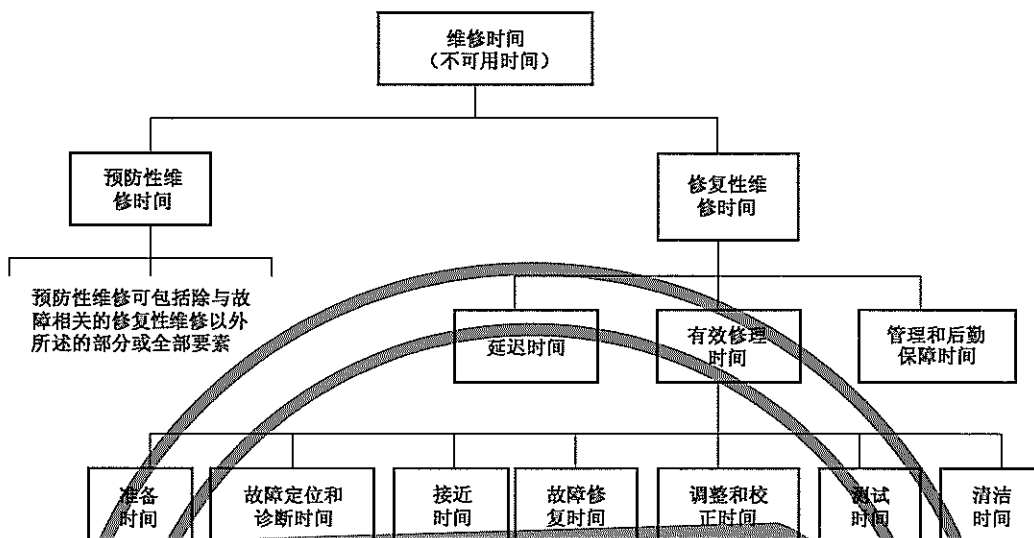


图 2 维修人员消耗的不可用时间组成

### 6.1.2 维修方案

维修方案是指将一般的维修方针运用到某个具体产品上。维修方案制定需要供应商或产品设计人员和用户及其维修顾问共同合作。

用户应说明对产品的明晰要求,例如:

- a) 所要求的产品质量体系,在该体系下产品进行维修(如航空标准);
- b) 设计寿命;
- c) 对技术维修手册要求;
- d) 产品可升级性或可修改性;
- e) 产品到寿后的处置方法;
- f) 产品失效或不可用对用户产生的影响,包括经济方面的影响;
- g) 产品成本限制。

用户应通过下面的信息进一步说明对产品的维修性要求:

- a) 不同维修等级的定义;
- b) 每个维修等级的修复性维修的程度;
- c) 每个维修等级的环境条件;
- d) 每个维修等级计划的或可用的资源;
- e) 预防性维修的限制;
- f) 可接受的最长检修时间;
- g) 维修人员和操作人员的培训;
- h) 有关健康、安全、环境影响的法律法规要求。

如适当,供应商应为用户提供实现上述维修性要求的可行性和费用方面的建议,以及可能实现最终设计的修改建议。为提出最佳效费的维修保障体系,维修方案可能会根据设计的进展而不断地加以修改。

维修方针和维修方案文档是制定维修性规范的基础。

### 6.1.3 维修性规范要求

维修性规范应由供应商或用户来制定,以适合于产品及其部件和产品的保障要求。

维修性规范为供应商和用户之间,以及其他参与产品设计或使用的不同组织之间提供一个相互理解的平台。

规范的制订首先应详细说明会影响产品有效使用的故障类型,然后,应通过分析确定下列内容:

- a) 维修性的定量要求 系统的维修性规范与维修性演示验证和维修性保证要求,是维修性的定量要求的一部分,系统或分系统的维修性通常是用平均有效维修时间(MAMT)来量化的,同时给出了一个最大维修时间,它还可包括进一步详细的要求,如接近维修部位的难易程度、专用工具的使用、测试设备以及与其他现存的维修保障的关系;
- b) 维修性的定性要求 包括产品功能的定义、故障判据、环境条件和使用条件以及应满足要求的有效使用寿命;
- c) 测试性要求 包括测试功能和程序、产品各级别测试准确度、机内测试设备的要求等。

规范的每一项要求都应详细说明规范要求所处的寿命周期阶段,以及用于执行规范要求的方法和程序(分析方法、模拟、测试等),在相应的寿命周期阶段应能证明产品维修性与规范要求的一致性。规范要求之间的关系应清晰地描述。

具体的要求应具备清晰性、完整性、可验证性、连续性以及可追溯性。

## 6.2 维修性研究

作为维修性大纲的组成部分,开展维修性研究是为了量化维修性要求。这部分内容可合并到设计和研制过程。维修性研究包含以下内容:

- a) 维修性分配;
- b) 维修性分析;
- c) 要求说明。

有关维修性研究更详细的指南见 GB/T 9414.2。

### 6.2.1 维修性分配

用户的系统级维修性要求需要分配成各分系统的维修性要求。维修性分配过程包含把维修性要求分配到各分系统上,这样,当各分系统满足要求时,系统的要求就能得以满足。维修性分配过程中需要考虑的参数是使故障系统(或分系统)恢复到正常使用状态所需的时间和费用。

维修性分配的目的在于尽可能早地明确维修性要求,以便将其纳入该分系统的技术规范要求之中。当一个特定的分系统设计被转包出去时,维修性分配就显得更为重要。

在进行维修性分配时应明白:可靠性最差的产品其可维修性应是最好的。

把维修性要求分配到产品的各个组成部分,要考虑以下几个方面:

- a) 产品结构和系统或分系统;
- b) 需要对维修性要求验证和确认;
- c) 设计过程。

维修性分配应包括最终产品的所有转包产品的规范说明。这是验证、确认、测试程序规范和设计的基础。维修性分配应考虑设计过程权衡研究的结果。

## 6.2.2 维修性分析

设计师可通过维修性分析把用户要求转换成设计要求。

设计师首先要明白产品的操作使用、可用性、可靠性和维修性要求然后才对下列内容进行分析：

- a) 准备产品的功能说明资料；
- b) 准备维修所需空间和接近维修部位的信息；
- c) 如果需要，根据系统装配图制定维修作业流程图，在用户的维修方案(级别、程度、修复性维修、预防性维修)中对想到的每个维修作业都要说明操作的顺序(分解、拆卸、测试、校准、修复、重新装配等)；
- d) 明确在制造、存储、包装、运输、搬运和安装特种类型产品时对维修造成的影响；
- e) 说明用户在操作特种类型产品时所需的新技能或使用的技巧；
- f) 列出现场可更换单元(LRU)清单。

设计师可与用户的维修专家进行讨论，以便通过修改设计方案或者更改维修方案来找到解决问题的办法。

产品及其测试设备的并行研制可能会带来一些问题。因为产品本身的测试要求随着研制的深入在变化，所以测试设备的性能直到最后才能明确。

## 6.2.3 要求说明

要求说明应包括产品预期使用时会影响其维修性的典型条件和限制的分析。主要内容包括：

- a) 使用和维修条件，如任务类型和持续时间，以及明确在预期使用中加载在产品上的负荷和工作周期；
- b) 明确维修方针、维修人员的技术水平等因素带来的限制，并应提出合适的修改建议；
- c) 任何经协商一致的要求说明都应形成正式文件并附在规范中。

## 6.3 项目管理

应为设计和研发过程的管理建立一个有效的把维修性和维修保障要求考虑在内的结构体系，作为整个可信性工作的一部分，完成维修性大纲的制定。

### 6.3.1 维修性管理

维修性管理计划应由供应商或设计师制定，以确保在设计每个相关阶段都把维修性考虑在内。维修性管理应包括所有与项目相关的内容，包括项目管理。维修性管理应较详细描述如何对维修性活动进行管理和对二级供应商进行监管。

维修性管理计划应考虑维修性策略的要求以及如何才能实现。因此任何必要的时候应与用户交换意见。

维修性管理计划应明确：

- a) 确保产品具有良好维修性的相关责任；
- b) 维修性大纲中各方的责任；
- c) 建立控制维修性大纲的程序。

对于项目设计而言，维修性管理计划是维修性大纲制定的基础。

### 6.3.2 维修性大纲计划

#### 6.3.2.1 维修任务

维修性大纲计划应细化应执行的维修性大纲任务，对于每项任务应包括以下信息：

- a) 该任务的详细说明,包括在大纲的各个阶段应达到的具体目标以及所需工时;
- b) 该任务与整个计划相关的阶段,阶段数量要足以保证该任务得到满意的控制,每个阶段应用对评审有用的信息进行描述;
- c) 该任务的目 的及预期结果,包括监控方法、评价方法、报告方法,以及改正问题所采取的恰当的方法;
- d) 不同供应商和转包商之间的联系;
- e) 根据对任务的了解,明确预期可能产生的问题以及解决这些问题的建议。

### 6.3.2.2 交叉索引

应提供一个交叉索引说明大纲各项任务与下列内容之间的关系:

- a) 可应用的一般标准,如 GB/T 6992.1 和 GB/T 6992.2—1997;
- b) 其他参考文件;
- c) 供应商的策略和标准;
- d) 预计工时。

### 6.3.3 项目决策管理

大纲的每个阶段都要设置工作里程碑和检查点。

应建立一定的程序和标准确保在每一个工作里程碑或检查点所取得的成绩都已符合维修性的要求。

### 6.3.4 配置管理

在产品寿命周期的任何阶段都需说明产品及其维修保障的改动,所以应建立一个配置管理系统,对产品及其维修保障进行控制、监管以及文档更改进行系统化的处理。

有关配置控制方面的进一步内容详见 6.10.2。

## 6.4 维修性设计

### 6.4.1 维修性设计

好的维修性将使产品容易维护和修理,而且只需要很少的维修工作量。这可通过一些设计方法实现,如采用自动维修技术、机内测试设备(BITE)以及软件引发故障的自动重启、模块设计、快速切断按钮等。

应从产品的规定要求中得出详细的维修性设计标准,并对其进行定期检查,例如,设计标准应说明一定的方法和技术,以使下列各方面减少到最小限度:

- a) 产品研制完成后难以维修或维修成本很高的故障;
- b) 复杂的维修;
- c) 产品设计所规定的计划性维修的频率;
- d) 产品技术规格导致的不可用时间;
- e) 产品设计所规定的维修保障费用;
- f) 维修人员技术水平要求;
- g) 潜在的维修差错;
- h) 接近维修部位和更换零部件的难度;
- i) 要使用的特殊工具或设备;
- j) 要使用的影响身体健康的有毒或辐射材料。

为了在给定的维修方针下实现所需的维修性,应根据产品使用特点指导设计工作,维修方针即包括

以下相互关系：

- a) 系统、分系统和设备；
- b) 维修等级；
- c) 维修梯队。

如果可能，应采用以可靠性为中心的维修分析(见 6.6.3)。这样就可使状况监测工作并入设计工作之中，以便以最有效的方式开展监测工作。

维修性评定项目应根据规定的评定标准和定义进行确定。从设计和开发阶段到生产安装阶段，为控制和专门处理评定产品，应编制一个大纲。

当设计工作是基于现有产品时，那么应用文件清楚地说明产品的维修性，以及在开发阶段发现的任何问题。

#### 6.4.2 可靠性和维修性的综合权衡

有时既要获得高可靠性，又要获得好的维修性是不可能的。在这种情况下可综合权衡可靠性和维修性，采取折衷的办法解决。

采用好的设计技术可使产品获得高的可靠性，这有利于避免失效(无论是明显的还是潜在的故障)的发生，或者减小失效的影响(故障容限)，对于某些产品基于安全或使用的原因也许是十分重要的。但是在多数情况下，更要考虑的是产品的可用性，这是产品可靠性、维修性以及维修保障的一项综合性功能。

所以当实现一个高标准的设计，因其费用太高并不可行，而需要考虑采用较低级别的可靠性和维修性设计时，需要根据寿命周期费用和所有使用情况，针对其达到的可用性进行权衡分析。分析中还需要考虑增加的维修保障等级。

#### 6.4.3 维修保障设计

与产品的使用寿命期间一样，在产品的安装或调试阶段也需要维修保障资源及其管理活动。

需要的维修保障资源是由产品的设计、规定的维修方针，以及执行该维修方针所需的程序、工具、测试设备、文件、培训大纲和设施等决定的。

另外还应考虑以下内容：

- a) 为收集、分析和评估故障、维修报告以及可靠性、维修性和维修保障相关数据所需方法和资源；
- b) 为处理修改要求和产品改动所需确认的资源和方法；
- c) 产品分别由供应商保障和用户保障的时间区间的确认。

当设计工作是基于现有产品时，应对产品的维修保障条件进行复审并考虑现存的问题。

更详细的指南见 IEC 60300-3-14。

#### 6.4.4 测试性

产品的可靠性与维修性一样，受内部或外部设备对故障监控、检测和定位，以及产品性能退化等多种因素的影响。

规范中涉及的测试性要求(产品测试的功能、程序和各级的测试准确度等)应指导维修性设计工作。

当设计工作是基于现有产品时，应对产品的测试性性能用文件加以说明并且在开发阶段考虑现存的问题。

更详细的指南见 IEC 60706-5。

#### 6.4.5 人因工程

##### 6.4.5.1 概述

一个重要的维修性要素是人机界面或人因工程，设计师在设计时应时刻想到人因工程问题，以使维

修工作能以有效的或用户容易掌握的方式进行。

人因工程应包含以下内容：

- a) 要求 维修性要求中应包括人因工程计划，它是作为从概念到交付使用整个产品项目的一部分；该计划可包括经过评审的维修性设计研究；
- b) 方针 维修方针要考虑以下几点：
  - 1) 实施预防性维修的程度；
  - 2) 谁承担维修作业，其级别和频度；
  - 3) 如何修理产品或恢复使用，有缺陷的零部件是否需要废弃或者返修；
  - 4) 维修人员所需的培训水平；
  - 5) 体能的限制(如能提升的最大重量)；
  - 6) 使用或维修人员的安全。

#### 6.4.5.2 易维修性

维修通常是维修人员在预定的时间，或要求对故障进行定位时，或由机内测试设备如传感器发出信号要求时进行的。

通过考虑以下因素，可使维修活动变得更加容易，因此，更加快捷，费用更低：

- a) 环境条件 产品应允许在规定极限环境和使用条件下进行维修；
- b) 维修通道 产品单元摆放时产品周围应有工作空间，要提供足够的照明和合理的通道以接近被确定的分组件、元器件，特别是需要频繁更换的短寿命产品，在任何情况下应避免需要拆装其他系统；
- c) 紧固件 整个产品可通过采用通用型和标准化尺寸的方法使所用的紧固件标准化，在需要频繁维修的地方，应使用快卸紧固件，这些紧固件不是通过手工操作就是仅需要使用简单的工具就能完成安装；
- d) 工具 要尽可能使用标准工具，尽量减少对专用工具和设备的要求；
- e) 安全性措施 产品的设计应考虑进行维修时要有充分的安全防护措施，要符合法律规定的健康和安规则；
- f) 润滑/保养 设计师应考虑维修整个系统的一部分时，如何润滑、补充或更换单元；
- g) 系统工作时的保养 应考虑当系统正在工作时，如果需要进行保养，如何保证产品的安全工作，需要采取哪些隔离措施。

#### 6.4.5.3 环境条件

在恶劣环境下即使是操作极为简单的作业，人的能力也会受到极大程度的影响。所以考虑维修的环境条件是必要的。应考虑的典型环境条件如下：

- a) 严酷的外部环境(如在离地面很高的高空或者在极度高温或低温条件下工作)；
- b) 严酷的内部环境(如高温、高压、湿热、辐射危险等)；
- c) 特殊服装要求以及穿着特殊服装对工作的影响(如防护衣，冬衣)；
- d) 维修人员的身体限制，如身高、体重等(如进入某些隔间的限制)；
- e) 在极值环境下需要维修或者操作的特殊产品(如加热器、空调设备)。

### 6.5 外部提供的产品

#### 6.5.1 转包产品

当产品的某些零部件是由二级供应商(转包商)供应时，一级供应商应保证对这些零部件提出合适

的维修性大纲要求,而且这些要求应充分符合整个可交付产品的维修性要求。

### 6.5.2 用户提供的产品

如果在可交付产品中包含了用户提供的某些零部件,那么产品供应商应要求用户提供以下信息:

- a) 零部件是根据认可的维修性大纲进行设计和生产的证明;
- b) 产品维修性分析所需的有关用户提供的零部件的相关数据和信息;
- c) 用户提供的零部件可能遇到的任何问题的确认。

## 6.6 分析和预测方法

### 6.6.1 FMEA 和 FMECA 中有关维修性的内容

理论上,作为可靠性设计过程的一部分要进行 FMEA(FMECA)分析,其结果被用于分析建议的维修和测试原理。维修和测试原理是制定测试、预防性维修和修复性维修计划的基础。

维修性分析程序将确认以下内容:

- a) 所提议的维修活动符合维修性要求。
- b) 发生的每个故障对操作者而言都是明显的,否则,维修性分析要说明是否需要建立故障告警系统或者需要通过定期检查发现潜在的故障隐患。
- c) 维修人员能够定位故障,并且能判断故障是否是由硬件、固件或软件的失效引发的。反之,这也确定了是否需要采用机内测试设备(BITE)或外部检测设备。
- d) 使用通用工具是否可完成修理,或维修是否需要专用工具。

这些要素是维修性设计功能和维修性设计标准的基础。FMEA 和 FMECA 技术的详细指南见 GB/T 7826。诊断测试和 BITE 的应用详细指南见 IEC 60706-5。

### 6.6.2 故障树分析

故障树分析(FTA)是一种自上而下的分析方法,它指出了产品中导致故障的可能原因。该方法还能用于识别每种故障模式,查找和定位故障。它是用于确定故障率、修理时间和备件使用之间关系的有效分析工具,也是某些用于此目的电脑分析程序的基础。同样它还用来确定计划性维修周期和决定产品是否进行修理或更换。

故障树特别适用于分析由多个相关的或独立的、具有不同工作目的的分系统组成的复杂系统。故障树分析程序广泛用于大型装置,如飞机、通信系统或者化工和其他工业生产过程和企业。

故障树应用的详细说明见 GB/T 7829。

### 6.6.3 以可靠性为中心的维修(RCM)

RCM 是建立初始的预防性维修大纲的一种方法,其目的在于保证产品及其结构体系达到和保持固有的可靠性和安全性水平。

RCM 根据每个失效造成的安全和使用的影响和造成这些失效的退化机理,应用决策逻辑树确认产品和结构体系的维修要求。逻辑决策的最终结果是判断开展维修工作的必要性和何时进行维修工作的依据。

所有维修工作都要基于安全、环境、使用和经济上的考虑。然而应注意并不是在每个大纲中都机械地需要这些描述的维修工作,而是应逐一地加以说明。RCM 的成功应用需要了解产品及其结构体系,它们的系统、分系统,设备的零部件,以及它们的失效和失效所产生的影响。

RCM 的合理运用对于达到维修性大纲的目标,即以最低的寿命周期费用获得最大的产品有效性,是有很大帮助的。

IEC 60300-3-11 提供了实施 RCM 大纲的指南。

## 6.6.4 维修性预计

### 6.6.4.1 概述

在设计阶段要对产品的维修性进行预计以确保其满足要求。当发现某些地方的维修性不足时,则需要在早期阶段对产品进行重新设计或者通过改进维修方法解决该问题。由于更改设计的费用会随着时间的增加,因此应尽早采取上述步骤。

### 6.6.4.2 方法

维修性预计的基本方法是分析类似产品已达到的水平,通过比较产品的设计判断其可靠性和维修性提高的程度。

如果没有类似产品作为参考,则可通过分析新产品组成的材料,以及它们相结合的方法对维修性进行预计。

在有关维修性的课本中可找到许多维修性预计方法。

GB/T 9414.2 给出了更详细的维修性预计方法,相关内容 GB/T 7289 也有论述。

### 6.6.4.3 维修环境条件

确定了使用模式并已估计了所需的修理时间后,有必要将维修环境条件一起考虑,再对产品进行维修性预计。了解维修环境条件对于确定实际的修理时间是十分重要的,同时还需要考虑 6.4.5.3 中给出的相关条件因素。

### 6.6.5 权衡分析

在 6.4.2 中已经讨论过产品设计和开发阶段进行权衡分析的可能性。这种权衡分析可采取多种形式,包括产品执行和满足设计功能的方式。为使产品的维修性在可承受的成本下达到最佳结果,有很多方面可应用权衡分析,可应用的方面有:

- a) 是修理还是废弃;
- b) 自动化的程度高低;
- c) 采用自动的,还是机内的或人工的测试设备;
- d) 现场和非现场的修理等级;
- e) 模块化的程度高低;
- f) 采用冗余设计还是提高自身可靠度。

为了在可承受的成本下获得最佳的性能,可对产品的维修性、可靠性和可用性全部进行修改。利用寿命周期费用分析技术可找到两者之间的平衡点(见 6.8)。

### 6.6.6 风险分析

风险可能会以各种形式出现,如资金、市场、财产、环境、或者人身安全等。产品功能失效或者不满足维修大纲要求导致的风险可能是经济上的或人身安全方面的。

本部分只针对产品可能发生的风险,以及如何用适当的维修来处理。更多的指导见 IEC 60300-3-9。

需要分析风险有下列几种可能性:

- a) 确定潜在风险以及解决途径;
- b) 判断这些风险的可接受性;
- c) 评估这些风险对于满足大纲和规定要求的影响。

为保证大纲要求得以满足,应对维修性大纲加以监控。如果没有达到大纲的要求,就会有产品不满足其功能特性和导致危险,或使效率降低和使用成本比规定更高的风险。

应把任何未解决的风险信息传递给买方和终端用户。

### 6.6.7 设计评审

在产品寿命周期的每个阶段都要对维修性和维修保障进行评审,并在项目接受正式设计评审时,评审小组中应当有该学科的专家。

在使用阶段的设计评审应考虑在设计中完成的维修性及其维修预计已经实现的程度。这可能导致当前或将来产品的维修性改进。

可靠性和维修性之间的权衡应和技术手册标准、备件的供应以及所要求的维修设备一起进行评审。IEC 61160:1992 给出了进一步指南。

## 6.7 验证、确认和试验

### 6.7.1 维修性验证

维修性验证是确定产品是否已达到规范中强制要求的过程。一旦获得分析和测试结果就可开始进行维修性验证工作,并可从项目开发一直延续到现场使用。

应在规范中明确所用的维修性验证方法,其范围可从由供应商提供适当的数据或信息,到要求进行专门的演示验证训练。

维修性验证是一个不断产生、收集并评估项目研制过程中的维修性相关数据的过程,同时也是将结果与规定要求进行比较的过程。它包括以下几个方面:

- a) 历史数据的分析和设计评审结果与维修性预计的比较;
- b) 用于调查一般或详细问题的专题研究,如如何使维修性评估或模拟容易的研究;
- c) 操作经验和现场数据的评审,并适当结合相关的历史数据的评审和分析。

用于验证维修性要求的方法取决于产品类型和规模,而且通常是在合同中规定的。在不同的寿命周期阶段维修性验证的性能特点不同。维修性试验应包含人工维修和自动维修。应采用回归试验和再次试验以检验因设计改动和产品研制对产品的维修性产生的任何影响。

### 6.7.2 确认和试验计划

确认就是确定最终产品及其支持的功能是否与可信性规范相一致的过程。

一般而言,维修性试验分成以下两个主要类别:

- a) 维修性鉴定试验 这是进行维修性试验的第一阶段,包括在最初研究、原型样机的开发和标准产品的早期研制期间所做的工作,这些试验的目的是为了确保承包商的产品符合用户要求;
- b) 维修性演示验证 这是更为正式的维修性试验阶段,即采用具有充分代表性的产品进行维修性演示验证,顾名思义就是向用户证明产品能满足维修性要求。

#### 6.7.2.1 维修性鉴定试验

对复杂系统而言,进行一系列专门是为直接证明维修性特性的鉴定试验也许是不经济的。

产品原型样机及其元器件的功能参数可用适合它们的标准进行试验。但是,这些标准可能并不是在生产阶段所采用的标准。另外,在产品研发的同时,试验产品、系统和部件的程序也可能在同时研发。

在研发的早期阶段,由这种并行研发所产生的任何问题应在 6.2.2 描述的维修性分析期间采用适当的方法进行确认。但是,承包商应继续充分利用研制大纲所涉及的各种试验,如结构、环境、可靠性、兼容性和运行性试验所获得的全部信息进行监测维修性目标的进展。

在研制大纲接近完成的阶段,为了确定维修性要求已经满足,承包商可选择进行试验,以提供事实依据证明其设计的可行性。特别是合同中要求要进行正式的维修性演示验证时,这样的试验是有利的。

### 6.7.2.2 维修性演示验证

作为维修性鉴定试验大纲的结论,合同可要求承包商使用户相信维修性要求已经实现。这种情况下,要在交付产品前进行维修性演示验证。演示验证可由用户和技术支撑机构或承包商的人员进行承担。

可预期演示验证发生的结果对整个研制过程十分有用,它可验明以下几方面留存的任何不足:

- a) 系统设计及其测试设备;
- b) 维修性手册的编辑;
- c) 培训维修人员的计划;
- d) 后勤保障研究。

应与用户联合制定演示验证计划,并应包含:

- a) 演示验证用的产品应是标准产品,或是接近典型的标准产品;
- b) 演示验证由符合规定资格和培训要求的合格维修人员进行执行;
- c) 演示验证场地尽可能代表实际使用中的维修环境和接近通道的限制;
- d) 演示验证项目应按要求进行预防性维修或修复性维修;
- e) 演示验证要考虑产品研制中产生的背景信息(即FMEA、维修性分析和维修性评估);
- f) 只要维修性特性不符合要求或不能再次试验,就要重新开展修复活动。

### 6.8 寿命周期费用

寿命周期费用是一种可应用于产品寿命周期的所有阶段的决策工具,包括从是否构建或制造一个产品的初始决定直到其使用和维修阶段。

当在概念或设计阶段比较备选方案时,产品的维修和使用成本将成为一项重要的输入,因为这些费用在产品的整个使用寿命阶段都将产生。当在产品早期阶段应用寿命周期费用分析时,有必要计算在这些早期阶段时间上产品寿命周期的使用和维修成本的在整个寿命周期中的价值,这可用如折旧等技术进行实现。

在维修和使用寿命阶段,寿命周期费用可用于评价选择维修保障策略或采用修理还是替换或者其他类似的决策。

在产品寿命周期阶段,尽管部分必需的维修数据可能是被合成的,维修数据的收集对于寿命周期费用分析是有极大帮助的,所以应对收集的数据进行整理。

有关寿命周期费用的详细内容见 IEC 60300-3-3。

### 6.9 维修保障计划

对于一个寿命较长的产品,其使用和维修成本往往是初始成本的好几倍。正是由于这个原因,在概念和设计阶段要仔细考虑产品使用和维修所要求的维修保障费用。

在维修保障计划方面 IEC 60300-3-14 给出了进一步指南。

#### 6.9.1 维修保障计划制定

在维修概念的定义阶段就初步确定基本的维修(后勤)保障方针及要求,维修任务分析的结果为制定初始的维修保障资源计划提供了基础,这是寿命周期费用分析的一个重要输入。而寿命周期费用分析又会影响产品设计的进行,以优化在产品寿命期间产生的费用,包括初始成本和使用与维修成本。

维修保障计划同样可用于机内测试设备(BITE)性能最大化和减少维修费用的评审。它可使产品

当前的设计得以评估,为圆满完成预防性和修复性维修确定所需的维修工具、设备和操作技能。

图 3 给出了维修保障计划的主要内容,应确定的事项有以下几点:

- a) 维修人员的数量、技能及培训;
- b) 技术手册和软件(详细的图纸、常用零部件的数量,如轴承、密封件);
- c) 测试和保障设备;
- d) 备件的供应;
- e) 维修和保障设施。

保障计划应定期更新以及及时反映反复的设计修改。

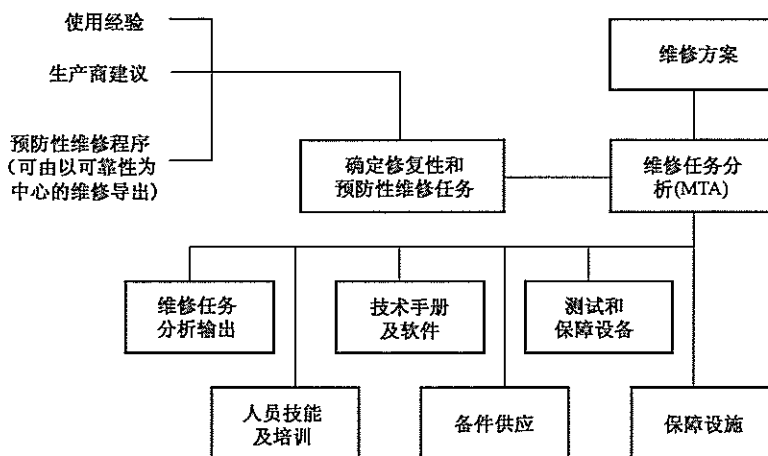


图 3 维修和维修保障计划

### 6.9.2 安装

当产品进行安装时,应安排相应的验收试验(通常称为试运行)。验收试验应包括验证维修性要求已被满足和应记录试验过程中收集到的任何数据。

应在设计和开发阶段就制定好验收试验程序。

维修性验证和数据的收集、分析与表示的程序见 IEC 60706-3。

### 6.9.3 保障服务

在产品设计和开发阶段,设计队伍中的维修专家应准备好详细的维修任务分析。这些分析应确认早期确定的维修保障资源需求是否仍然有效。维修资源可与产品一起被提供,但多数情况是由用户自己或由第三方或由双方共同提供。

当把产品投入到现场使用时,应对使用中出现的维修保障问题和缺陷进行诊断和补救。这些问题可能是由维修人员操作失误、培训及保障服务不充分、保障供应不充足、技术文件缺乏以及维修设施不足造成的。

另外还要确定产品维修方针的修订职责。

有关维修保障的详细内容见 IEC 60300-3-14。

## 6.10 改进和修改

### 6.10.1 改进大纲

需要改进的内容有:

- a) 改进功能性操作;

## b) 改进维修性。

需要进行功能改进是因为产品的初始设计已经不能满足使用要求,或者产品的功能性要求在产品寿命期间发生了变化。

需要进行维修性改进是因为发现产品的初始设计已经不能满足维修性要求,或者产品的工作性能要求在产品寿命期间发生了变化,需要有更好的维修性。对此,产品的维修关键部件需要特别引起注意。作为维修性研究的内容,维修关键部件应在产品设计和研制中尽早明确。

产品寿命期间信息的收集反馈可帮助确认产品何时何地需要进行改进。这部分内容可见 6.11。

## 6.10.2 更改控制

需要建立和保持一个正式的配置控制程序用以处理产品的更改。这个程序应符合更改的要求、更改后果的评估、批准和授权的程序,以及执行和验证的职责。

当设计发生变化并应进行时,应考虑在适当的系统级别对产品的可信性进行回归试验。

由于对产品及其维修保障的现场更改控制不够可能会严重影响产品的维修性。作为一般原则,产品及其保障的任何更改应与原先的产品和保障受到同样的保证。这就是要考虑本部分的所有条款,并建立一套更改程序,并进行维持和定期复审。这对于具有较长使用寿命的产品以及包含需要经常更新和改版软件的产品是特别重要的。

更改过程应由配置管理系统来保障。

产品结构更改和修复后试验结果的分析可衡量产品的功能互换性。

在实施之前,所有设计更改的建议应进行筛选,以确保不会对维修性产生不良的影响。

## 6.11 维修性数据的收集与分析

产品的维修性演示验证是确保系统在初始和可控状态下能满足维修性要求。但是维修性演示验证并不能覆盖所有修理活动,以解决所有可能发生的失效或对付所有可能的由单个或多个故障引发的失效迹象,也不能包括因使用不当、操作失误或者事故导致产品损坏而应进行的维修活动。

正是由于上述原因,在系统使用寿命期间,维修活动应加以监控和评估,以便找到改进维修性的机会使维修费用最小化。监控和评估过程能产生对后续的或相似系统设计有用的信息,包括故障和修理数据的收集和分析。

下面的内容给出了数据收集的理由和所需数据的类型,而更详细内容见 IEC 60706-3 和 GB/T 5081。

## 6.11.1 数据收集

建议收集产品维修作业数据的理由如下:

- a) 为了确认各种维修作业的频率,以使维修改进能够着重于最需要改进之处;
- b) 为了确认零部件故障发生频率和趋势,以采取相应的修复活动;
- c) 为了提供实际修理时间和费用的相关信息,以提高将来维修性分析和寿命周期费用估计的有效性;
- d) 为了支持可能的产品变更决策而进行的权衡分析,提供基于经验的成本数据。

应收集的维修性数据要包含产品被监控的全面记录,包括产品的更改状态。理论上,应建立一个数据库,它应能方便地进行数据输入,并能产生常规的标准化输出给出可用于产品维修和性能的维修参数。另外,它还应能够解决产品性能和维修历史的结构化查询。可用电子数据表或数据库程序建立这样的数据库,或买专门设计好的软件包。

在维修活动中,收集的数据应包括以下几个方面的信息:

- a) 维修产品的标识(零部件号、序列号、修改状态);
- b) 维修管理数据(产品标识、维修人员名字、维修起始日期,以及其他预订服务或信息表,如用户

- 姓名或用户身份)；
- c) 失效机理或已报告的缺陷(已报告的失效征兆)；
  - d) 采取的排查工作的说明和实际失效原因的确定；
  - e) 采取的修理工作的说明；
  - f) 花费的时间包括：
    - 1) 将故障隔离到失效的单元和组件；
    - 2) 修理产品；
    - 3) 测试已维修的产品确保维修的有效性；
    - 4) 记录维修数据,完成与维修相关的管理工作；
    - 5) 把实际维修时间(工时)从任何过程等待时间(如烘干时间)中分离开来,并分别记录；
  - g) 简要说明维修中所使用的零部件和备件：
    - 1) 名称；
    - 2) 零部件号及其序列号(或数据编码或批号)；
    - 3) 所用的数量；
    - 4) 成本或价格；
  - h) 维修人员的评价和建议。

建议制定和使用标准化的维修记录表格,以便所有需要的数据定期的、统一的进行记录。  
在市场上有很多设计好的商业数据库具备这样的数据记录功能。

#### 6.11.2 数据分析

利用维修记录表格收集的维修数据应集中存放到一个统一的文件夹或者数据库中,然后根据系统类型或维修等级的不同类别进行分类,例如产品类型、维修等级、失效分类(根据失效模式或征兆)、修理类型等。

如果采用自动化数据库收集数据,利用对不同类别数据进行分类的功能非常有助于发现维修性或可靠性问题。

被记录和分类的维修数据,既可用于确定已经历的实际的维修性性能(如平均修理时间、费用、可靠性、可用性、不可用时间等),又可用于确认任何可靠性和维修性所关心的或出现的问题,例如:

- a) 异常高的零部件(或应用程序)的故障率；
- b) 不必要花费时间的维修工作；
- c) 多重故障(一个部位的故障导致其他部位发生故障——多米诺骨牌效应)；
- d) 对搬运或使用损伤的敏感性；
- e) 从最常见到最少见的失效模式的排序(用于提高故障隔离过程的优先顺序)；
- f) 用性能监控设备(如机内测试设备)进行故障检测和指示缺陷；
- g) 以前的维修活动及频率的评审。

维修数据还能被分析用来确认实际使用的人力、零部件及备件的使用率,并且根据以上分析结果分配人员和确定维修设施的补给需求。维修信息还可用于将来大纲的分析和权衡研究。



中华人民共和国  
国家标准  
维修性 第1部分:应用指南  
GB/T 9414.1—2012/IEC 60300-3-10:2001

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

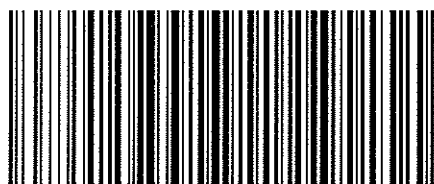
\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 45 千字  
2013年4月第一版 2013年4月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-46834 定价 27.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 9414.1-2012