

浴盆曲线在可靠性设计和管理中的应用

朱晓燕 曹晋红

一、引言

随着科学技术的进步和产品质量意识的提高,可靠性工程在质量控制中的地位逐渐被企业认同。同时,顾客对产品可靠性的认识也逐渐趋于理性,顾客在购买产品的同时,对制造商产品可靠性的承诺和可靠性管理工作提出了更多的要求,因此做好可靠性管理将有助于企业在激烈的市场竞争中获得一席之地。

可靠性理论和方法是以产品的寿命特征作为主要的研究对象,研究产品的故障模式和故障率的变化特点,并根据故障率函数得出可靠性度量指标是可靠性设计的重要内容;同时产品故障率的不同变化模式还可以指导企业改进产品设计和优选零部件,指导顾客在产品使用过程中如何根据产品的故障发生特点进行产品的维护和保养工作,以提高产品的使用可靠性。

二、产品故障率变化模式——浴盆曲线

大多数产品随着使用时间的变化,故障率的变化模式可分为三个时期,这三个时期综合反映了产品在整个寿命期的故障特点,有时也称为浴盆曲线。产品在投入使用初期称为早期故障期,早期故障期的故障率随时间的增加而减小,因此又称递减型故障率。在产品投入使用的早期故障率相对较高,随着使

用时间的延长逐渐下降。早期故障往往是由于产品内部材料有缺陷,设计和制造缺陷所致。也有些是由于产品本身性质决定,如某些电子产品的故障率的变化模式就属于该种类型。

产品故障率变化模式的第二个阶段为偶然故障期,这一阶段产品的故障率可降到一个较低水平,且基本处于平稳变化期,又称恒定故障率。这一阶段产品故障主要是由于应力条件随机变化所致。该阶段也是产品的最佳使用时期

第三阶段为耗损故障期,随着时间的变化故障率呈现出迅速上升趋势,这一阶段主要是由于产品疲劳,磨损和老化造成的(见图1)。

对产品故障模式的研究是可靠性设计和管理的基础,可靠性设计和管理工作的主要任务就是根据产品故障变化规律,合理设计可靠性指标,并通过优化产品设计、优选零部件来实现产品的固有可靠性;在使用过程中根据故障模式的特征

采取措施延长产品的使用寿命。

三、浴盆曲线的不同阶段可靠性设计和管理工作

(一) 早期故障期。

1. 可靠度指标的分析。

针对早期故障率的变化特点,可以用威布尔分布来描述故障率的变化趋势。威布尔分布是应用非常广泛的连续型分布,它的分布密度函数(见图2)。

威布尔分布的概率密度函数为:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{m}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{m-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta} \right)^m} & (t \geq 0) \\ 0 & \end{cases}$$

当 $m < 1.0$ 时,概率密度函数为递减函数。暗示着早期故障。此时产品的可靠度为:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta} \right)^m}$$

其中 m 为威布尔分布的形状参数,可以根据产品的历史故障数据和经验数据来假定, η 值可根据 m 值推导得出。

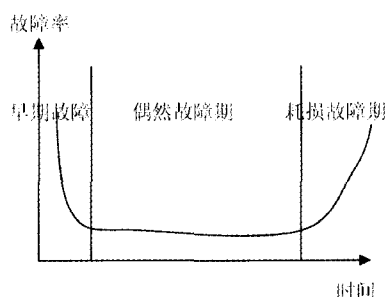


图1 浴盆曲线

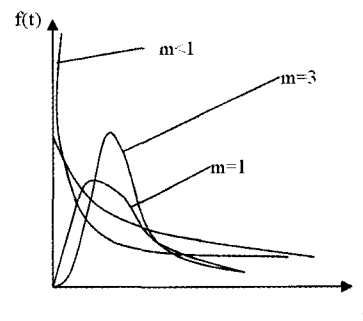


图2

(下转第27页)

和结果水平的分析,它可以来自组织所在行业内部或外部。竞争性对比指的是与组织的竞争对手或提供相类似产品或服务的组织相比较的组织绩效。

注 3. 组织绩效的评价 [4.1b (1)],可从组织绩效测量、准则条款报告中汇报的绩效指标以及高层领导 (1.1b[2]) 评价的绩效指标中获得相关信息,并应由条款 2.1、2.2 中说明的战略目标和行动计划做指导。组织绩效评价也可以从内、外部的波多里奇评价中获取信息。

注 4. 分析包括趋势评价,组织、行业和技术预测,比较、因果关系,以及相互关系。分析应当为组织绩效评价提供支持,有助于确定根本原因,并有助于确定资源使用的重点。相应的分析可采用各种类型的数据:与顾客相关的、财务的、市场的、运营的和竞争性的数据等。

注 5. 组织绩效分析结果应有助

于第 2 章中的组织战略策划。

注 6. 组织的绩效结果将在 7.1-7.6 中阐述。

4.2 信息、信息技术与知识的管理 (45 分) 如何管理组织的信息、信息技术和组织知识?

说明组织如何确保员工、供应商、合作伙伴以及顾客所需数据、信息和软硬件的质量与可用性。说明组织如何建立和管理组织的知识资产。

在你的汇报中,包括回答以下问题:

a. 信息资源管理

(1) 如何使组织所需的数据和信息是可用的? 如何使员工、供应商、合作者、合作伙伴及顾客在适当时易于获取这些数据和信息?

(2) 如何确保软件和硬件的可靠、安全及使用者容易使用?

(3) 在紧急情况下,组织如何确保软硬件系统、数据信息的持续可用性?

(4) 如何确保组织的数据和信息的可用机制,包括软件和硬件系统,适应组织的业务需要、发展方向和在组织运营环境中技术的变化?

b. 数据、信息和知识管理

(1) 怎样确保数据、信息和组织的知识具有以下特性:

- 准确性;
- 完整性和可靠性;
- 及时性;
- 安全性和保密性。

(2) 如何管理组织的知识以实现:

- 员工知识的收集与传递;
- 来自顾客、供应商、合作者和合作伙伴的相关知识的传递;
- 快速的确认、分享和实施最佳实践;
- 相关知识的汇集与传递以及在战略策划过程中的运用。

注 1. 条款 [4.2a(1)] 中的数据和信息的获取可通过电子或其他途径。
(未完待续)

(上接第 25 页) 对于电子系统和机械系统在最初使用时往往会有较高的故障率,也可以使用威布尔分布来分析产品的可靠度。

为提高产品这一阶段的可靠性,企业往往在出厂前进行验收试验、环境应力筛选试验,以消除早期故障。

2. 可靠性设计和可靠性管理。

如何减少早期故障或缩短早期故障期是生产企业必须考虑的一个问题。常用的措施有:

优化产品设计,优选零部件,减少故障机率,提高标准化和模块化设计。由于新产品新技术的出现,产品的技术复杂程度逐渐加大,生产的技术成熟度降低,这些都会影响着产品的质量和可靠性,如果新产品中引入一些标准化设计或成熟的模块化设计,将有利于产品的稳定性和可靠性的提高。

(二) 偶然故障期的可靠性设计和可靠性管理。

1. 寿命分布函数的确定和可靠度的分析。

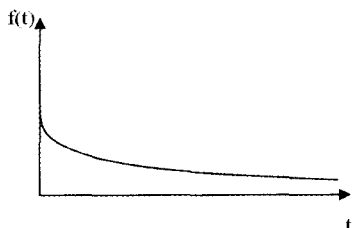


图 3

偶然故障期产品故障率的变化为一常数,而且故障率相对较低。通常使用指数分布建立产品故障时间的数学模型。如图 3 所示。

指数分布的概率密度函数为

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad t > 0$$

其中 λ 为偶然故障期的故障率,产品的可靠性函数为:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

在生产实践中可以通过试验数据估计产品偶然故障期的故障率。

2. 可靠性设计和可靠性管理。

在这一阶段,产品在早期的故障已排除,可靠性的变化趋于稳定,这一时期是产品的最佳使用期,主要目的是在适宜的使用成本下尽可能延长使用寿命期。在使用

过程中通过产品的合理维护和保养,合理安排设备的维修时机,以延长产品的使用寿命,减少产品的故障率。但是产品使用寿命的长短还是很大程度上取决于出厂时的固有可靠性,因此要想提高产品的可靠性还是要从根本上改进设计,改进固有可靠性指标。

(三) 耗损故障期的可靠性设计和可靠性管理。

耗损故障期产品进入老化期,产品故障率呈现递增型且有迅速上升趋势。针对耗损故障的原因,应该注意检查、监控、预测耗损开始的时间,提前维修,使故障率呈稳定变化趋势。但这一阶段可靠性改进成本较大,可以通过产品的技术改造和零部件的更换提高产品的可靠性。如果成本过高,产品不宜继续使用。

这一阶段因故障率呈现上升的趋势,正好与正态分布的特征相符,有些产品可靠度函数的分析可以使用正态分布。

(作者单位:北京机械工业学院)