

产品可靠性分析方法 (FMECA)

姚晗^{1*}, 赵文美², 杨清雅³, 王庆文⁴, 张华伟⁵

贵州海尔电器有限公司

贵州省遵义市汇川区重庆路 99 号

电邮: yaohan.gz@haier.com

摘要: 随着时代的不断进步, 消费者对于产品的质量要求越来越高, 而产品可靠性作为产品质量的重要组成部分, 越来越受到企业的重视。产品可靠性的定义是产品在一定条件、规定时间内完成其特定功能的能力。产品可靠性管理是通过产品的实现过程, 使得其可靠性处于受控状态, 包括利用科学的手段对产品质量特性进行预测, 及时暴露常规设计手段不易发现的质量问题, 在投放市场之前, 尽可能地将质量缺陷消除于萌芽状态。由于家电产品是消费品, 消费者一般不被允许自行对产品进行维修。因此, 家电产品的可靠性主要取决于产品生产过程中的赋予的固有可靠性。基于此背景下, 为产品建立有效的可靠性管理体系是保证产品可靠性满足消费者预期要求以及生产企业实现预期目标的重要措施。

关键词: 可靠性; 家电产品; 质量.



前言

目前,我国家电行业正进入比较成熟的发展阶段,产品种类丰富、质量可靠、性价比高、产业链完备,同时具备了较强的自主创新能力及较强的集成创新能力。

家电产品的可靠性作为产品质量的重要组成部分,GB/T 24986.1-2010《家用和类似用途电器可靠性评价方法 通用要求》的发布,更是标志着我国家电产品的可靠性管理进入了行业规范化阶段。家电产品作为消费品,并不允许消费者对产品进行自行维修,所以产品在生产中被赋予的固有可靠性很大程度上决定了产品在消费者使用过程中的可靠性。

在产品的设计过程中,为消除产品的潜在缺陷和薄弱环节,防止故障发生,以确保满足规定的固有可靠性要求所采取的技术活动。可靠性设计是可靠性工程的重要组成部分,是实现产品固有可靠性要求的最关键的环节,是在可靠性分析的基础上通过制定和贯彻可靠性设计准则来实现的。

所以本文将简述 FMECA 方法对提高产品可靠性所进行的主要步骤。

1、可靠性概述

可靠性的基本概念主要是三点:一是定义,可靠性的三规定一能力,即产品在规定的条

件下和规定的时间内,完成规定功能的能力;二是核心-故障,可靠性是一门与产品故障作斗争的新兴学科,主要研究产品使用过程中可能发生的故障;三是特征值,包括一系列的量化指标,包括产品的可靠度 R 、失效率、平均故障间隔时间 MTBF 以及寿命概率密度等。当产品质量处于受控状态,出现的故障类型和频度将符合统计学规律。

可靠性基本概念

定义

三规定一能力:

产品在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的能力。

核心

故障:

可靠性是一门与产品故障作斗争的新兴学科。

特征值

量化指标:

可靠度 $R(t)$; 失效率 $\lambda(t)$; 平均故障间隔时间 MTBF; 寿命概率密度 $f(t)$;

2、FMECA 方法定义



FMECA 是针对产品所有可能的故障，并根据对故障模式的分析，确定每种故障模式对产品工作的影响，找出单点故障，并按故障模式的严重度及其发生概率确定其危害性。所谓单点故障指的是引起产品故障的，且没有冗余或替代的工作程序作为补救的局部故障。FMECA 包括故障模式及影响分析（FMEA）和危害性分析（CA）。

3、FMECA 在从周期寿命各阶段的应用及实施步骤

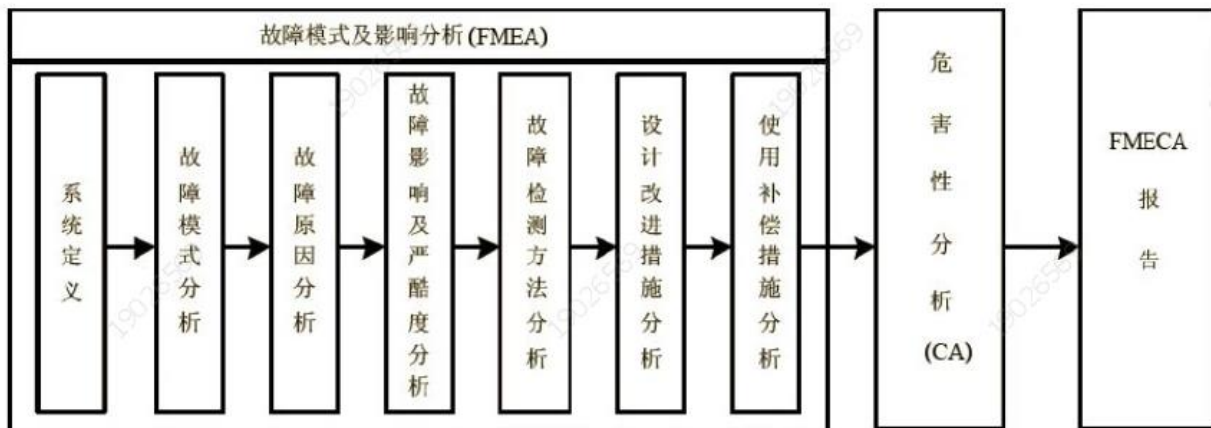
3.1 产品周期寿命各阶段的 FMECA 方法

阶段	方法	目的
论证、方案阶段	功能 FMECA	分析研究产品功能设计的缺陷与薄弱环节，为产品功能设计的改进和方案的权衡提供依据。
工程研制与定型阶段	功能 FMECA 硬件 FMECA 软件 FMECA	分析研究产品硬件、软件、生产工艺和生存性与易损性设计的缺陷，为产品的硬件、软件、生产工艺和生存性与易损性设计



	损坏模式及影响分析 (DMEA) 过程 FMECA	计的改进提供依据。
生产阶段	过程 FMECA	分析研究产品的生产工艺的缺陷和薄弱环节，为产品生产工艺的改进提供依据。
使用阶段	硬件 FMECA 软件 FMECA 损坏模式及影响分析 (DMEA) 过程 FMECA	分析研究产品使用过程中可能或实际发生的故障、原因及其影响，为提高产品使用可靠性，进行产品的改进、改型或新产品的研制以及使用维修决策等提供依据，

3.2 FMECA 实施步骤



3.2.1 系统定义

3.2.1.1 确定系统中进行 FMECA 的产品范围

- ① 产品层次
- ② 约定层次-规定 FMECA 的产品层次
- ③ 初始约定层次-系统最顶层
- ④ 最低约定层次-系统最底层

3.2.1.2 描述系统的功能任务及系统在完成各项功能任务时所处的环境条件

- ① 任务剖面、任务阶段及工作方式
- ② 功能描述

3.2.2.3 制定系统及产品的故障判据、选择 FMECA 方法等

- ① 故障判据



② 分析方法

3.2.2 FMEA 分析

初始约定产品层次 约定产品层次		任 务 分析人员		核 准		第 页 共 页 填表日期							
代码	产品或功能标志	功能	故障模式	故障原因	任务阶段 与工作方式	故障影响			严酷度类别	故障检测方法	补偿措施	备注	
						局部影响	高一层次影响	最终影响					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
对每一产品的每一故障模式采用一种编码体系进行标识	记录被分析产品或功能的名称与标志	简要秒速产品所具有的主要功能	根据故障模式分析的结果简要描述每一产品的所有故障模式	根据故障模式分析的结果简要描述每一故障模式的所有故障原因	简要说明发生故障的任务阶段与产品的工作方式	根据故障影响分析的结果, 简要描述每一个故障模式的局部、高一层次和最终影响并分别填入第7-9程			根据最终影响分析的结果按每个故障模式分配眼苦读类别	简要描述故障检测方法	简要描述补偿措施	主要记录对其它程的注释和补充说明	

3.2.2.1 故障与故障模式

- ① 故障是对产品或产品的一部分不能或将不能完成预定功能的实际或状态
- ② 故障模式是故障的表现形式, 如起落架撑杆断裂、冰箱不制冷、结霜等

3.2.2.2 产品功能与故障模式

- ① 一个产品可能具有多种功能
- ② 每一个功能都有可能具有多种故障模式

3.2.2.3 故障检测方法

- ① 故障检测方法一般应包括目视检查、离机检测、原位测试等手段
- ② 故障检测一般应分为事前检测和事后检测两类, 对于潜在故障模式, 应尽可能设计事前检测方法。

3.2.2.4 补偿措施

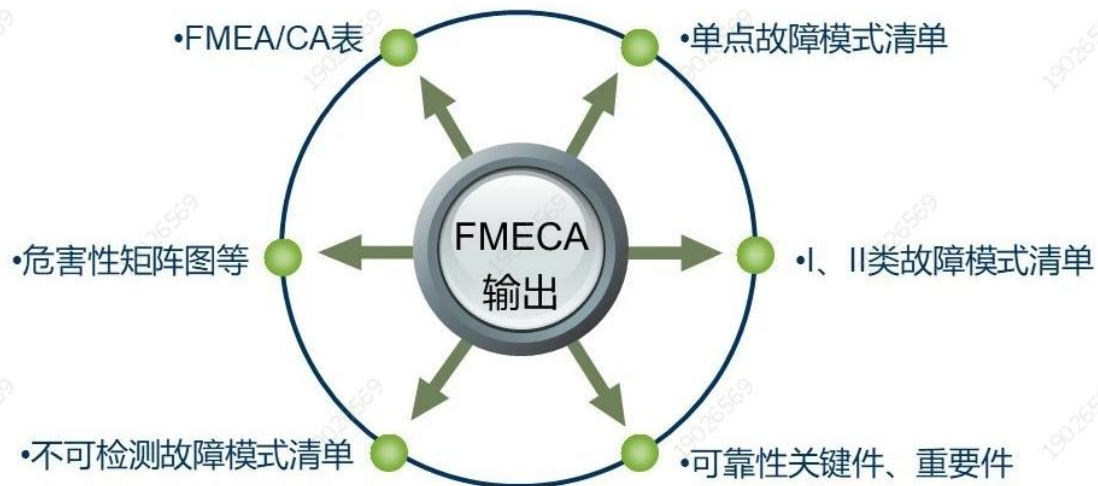
- ① 设补偿原则
 - I 产品发生故障时, 能继续安全工作的设备
 - II 安全或保险装置 (如监控及报警装置)
 - III 可替换的工作方式
 - IV 可以消除或减轻故障影响的设计或工艺改进
- ② 操作人员补偿措施
 - I 特殊的使用和维护规程, 尽量避免或预防故障的发生
 - II 一旦出现某故障后操作人员应采取的最恰当的补救措施

3.2.2.5 故障模式频数比

① 故障模式频数 α 是产品的某一故障模式占其全部故障模式的百分比率。如果考虑某产品所有可能的故障模式，则其故障模式频数比之和为 1

② 故障影响概率 β 是指某假定某故障模式已发生时，导致确定的严酷度等级的最终影响的概率条件。某一故障模式可能产生多种最终影响，分析人员不但要分析出这些最终影响还应进一步指明该故障模式引起的每一种故障影响的百分比。此百分比即为 β 。这多种最终影响的 β 值之和为 1。

3.2.3 FMECA 输出



4、FMECA 在产品的具体应用举例（以电冰箱为例）

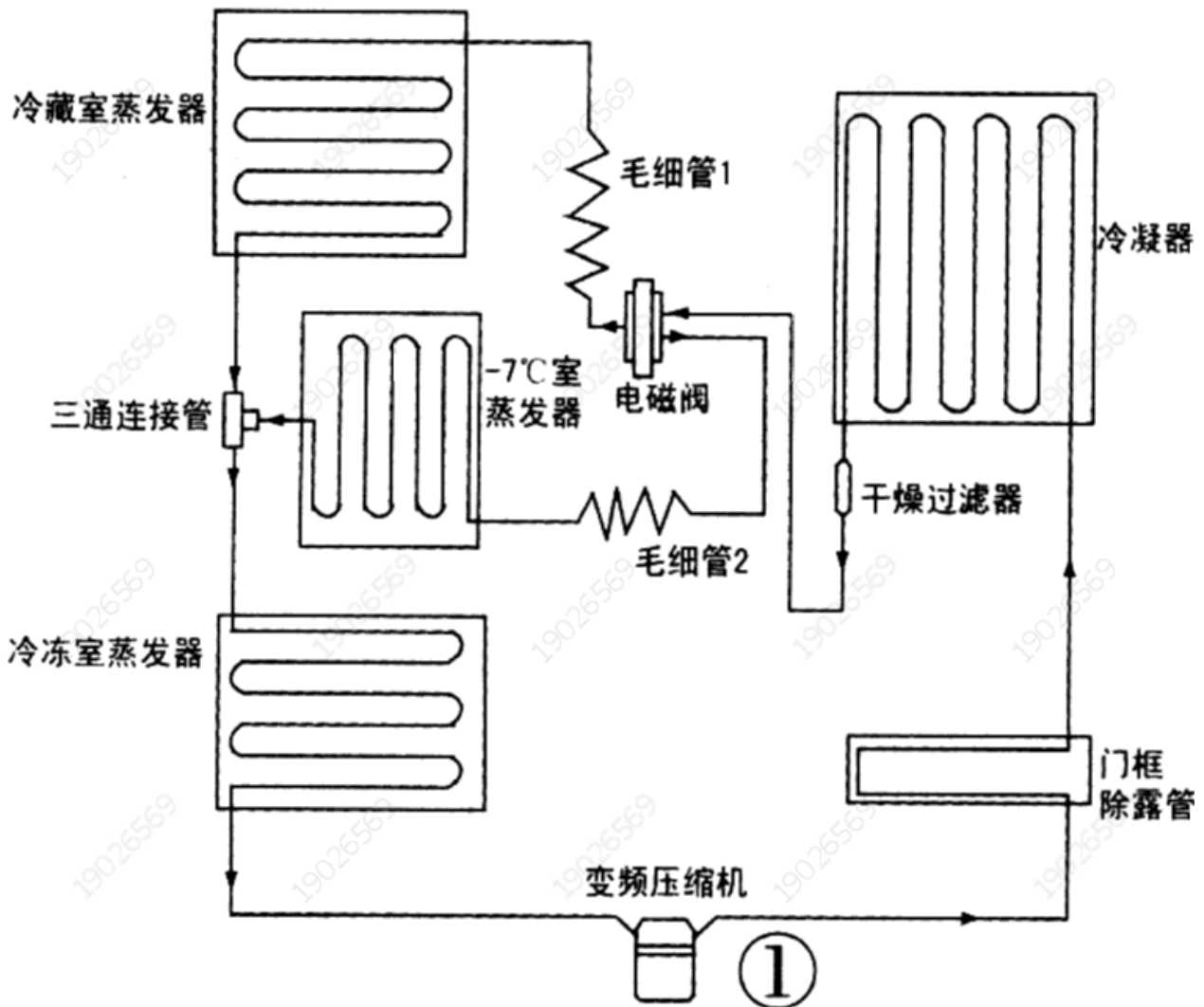
4.1 约定层次划分

4.1.1 初始约定层次：电冰箱

4.1.2 第二约定层次：箱体模块、门体模块、系统模块、电器模块、结构模块

4.1.3 最低约定层次：内胆、U壳、蒸发器、门壳、除露管、回气管、蒸发器、压缩机、温控、风道、铰链、门封、扇形灯开关、电源线、冷凝器

4.2 产品功能框图



4.3 严酷度等级

严酷度类别	严重程度定义
I 类	电冰箱关键功能丧失 (关键功能包括制冷、保鲜)
II 类	电冰箱部分功能丧失 (如灯不亮)
III 类	电冰箱功能不影响, 制冷保鲜性能下降



4.4 FMEA 表格

编号	代码	故障模式	局部影响	上层影响	影响(往上两级)	最终影响	严酷度类别	故障检测	改进措施	使用补偿措施	可检测的
1	1	焊漏	压机仓7#焊点漏	冰箱不制冷	食物坏	退机	I	检漏枪	压机7#焊点连接工艺管角度由15-20°调整为40-50°，避免焊接虚焊	返修	
2	2	压缩机坏	压机卡缸	冰箱不制冷	食物坏	退机	I	通电检测	曲轴刷光机不良，残余毛刺，改善措施：设备改造，曲轴去毛刺采用设备自动去毛刺工艺，可保证去毛刺效果	更换压缩机	
3	3	灯不亮	灯丝熔断	冰箱开门无照明	用户使用不便	退机	II	通电检测	调整灯丝材料的配比、灯丝长度减短1.0mm，解决灯丝搭接、解决了白炽灯不良	更换灯泡	
4	4	侧板凝露	回气管碰管壁	冰箱外壳积水雾	水滴泡坏用户地板	退机	III	通电检测	蒸发器回气管增加U形设计，避免回气管碰侧板	放置于通风处，可用毛巾擦拭外	



										壳水雾	
5	5	温控器坏	温控器感温管泄漏制冷剂	冰箱不制冷	食物坏	退机	I	通电检测	感温管焊接焊剂升级, 避免虚焊	更换温控器	
6	6	噪音大	管路互碰	共振噪音	用户抱怨投诉	退机	III	通电检测	压缩机高压管上增加减振胶	冰箱放置底面平整地方	

5、结语

产品的可靠性问题和人身安全、经济效益密切相关。对于企业来讲, 研究产品的可靠性可以改善信誉, 增强竞争力, 扩大产品销路, 从而提高经济效益, 同时还可减少产品责任赔偿案件的发生, 以及其它处理产品事故费用的支出, 避免不必要的经济损失。世界是开放的, 贸易全球化加剧了企业直接面临来自于全世界的竞争, 如果我们产品具有高可靠性, 那么就能在竞争中立于不败之地, 从而获得巨大经济效益, 促进民族工业的发展, 反之, 如果我们的产品不具有高可靠性, 就会在竞争中败下阵来。由此看来, 提高产品的可靠性不但是迫在眉睫, 而且还是一段长久之路, 需要持之以恒一直走下去。

参考文献:

- [1] 黄逊青. 家用电器产品可靠性指标确定方法研讨[C]
- [2] 段鸿杰, 王利军, 陈志田, 家电产品可靠性评价方法的探讨——质量与认证[J], 2015. 1
- [3] 王军, 海尔可靠性增长技术与应用管理体系实践[C]