

30-31

12

现代质量工程方法讲座(十一)

Lectures on Modern Quality Engineering Method(11)

F406.3

第十二讲 产品和过程失效模式及后果分析

·王秉刚

关键词: FMEA 质量工程

失效模式

1 基本概念

1.1 失效模式及后果分析(FMEA——Failure Mode and Effect Analysis),是在产品设计阶段或过程设计阶段,对构成产品的子系统、零件,对构成过程的各个工序逐一进行分析,找出所有潜在的失效模式并分析其可能的后果,从而预先采取必要的措施,以提高产品和过程的质量和可靠性的一种系统化的活动。

1.2 FMEA 是一种“事前行为”,不是“事后行为”,是一种预防性措施。事前进行 FMEA,预先采取措施,大大减少投产后(事后)再进行纠正的风险和造成的严重的损失。

1.3 FMEA 虽然是由设计主管工程师负责,但强调要由设计、制造、供应、材料、质量服务及相关部门的代表参与,因此它是集体的智慧与经验的结晶,也为今后的设计提供重要的参考。

2 FMEA 的步骤与方法

2.1 建立产品系统、子系统或零部件的逻辑框图;对过程,建立过程流程图。明确产品或过程的各种功能要求。

2.2 列出产品和过程各种潜在的失效模式(失效模式即失效表现的形式,如裂纹、变形、泄漏和腐蚀等)。

2.3 分析各种失效模式的后果。后果是指对完成系

统功能的影响。这里特别要注意是否会造成涉及安全及不符合政府法规以及涉及产品的重要性能,顾客的不满意等问题。将后果按严重程度划分为 10 级,分别给出 1~10 分,称之为严重度数(S)(参照美国 SAE 的推荐方法),见表 1。

表 1 严重度数 S 的推荐值

严重程度	后果描述	严重度数(S)
严重且无警告	影响安全及不符合政府法规	10
严重但有警告	影响安全及不符合政府法规	9
很严重	系统丧失基本功能。车辆不能运行。生产线严重破坏,产品全部报废。顾客不满意	8
较严重	系统功能下降。车辆性能下降。生产线部分破坏,产品部分报废。顾客不满意	7
一般严重	生产线部分破坏,部分产品报废。车辆舒适性及方便性项目失效。顾客不太满意	6
一般	生产线部分破坏,产品需全部返工。舒适性及方便性下降。顾客有点不满意	5
较轻微	配合、外观及异响方面的缺陷,部分产品返工。多数顾客能发现缺陷	4
轻微	配合、外观及异响方面的缺陷,少部分返工。约一半数顾客能发现缺陷	3
很轻微	配合、外观及异响方面的缺陷,少量返工。较少顾客能发现缺陷	2
无	无影响	1

2.4 分析失效模式可能的原因与机理及其出现的概率

这些可能的原因与机理,可以是设计计算、材料选择、误操作、工艺装备性能、测量系统和技术条件等方面的问题。

根据经验,尤其是与以往的设计对比,估计这些

“World Automobile”№4,1999

原因与机理出现的可能性大小。参照美国 SAE 推荐的以 1~10 分评定其可能性等级,简称为频度数(O),见表 2。

表 2 频度数 O 的推荐值

原因与机理导致失效发生的可能性	概率(参考)	频度数(O)
几乎不可能避免	1/2	10
	1/3	9
可能性较大	1/8	8
	1/20	7
可能发生	1/80	6
	1/400	5
较小可能性	1/2 000	4
	1/15 000	3
几乎不可能	1/150 000	2
	1/1 500 000	1

2.5 分析现行的设计控制方法对防止这些原因与机理导致失效出现的有效性。这些设计控制方法一般有三个层次:a)防止失效的原因与机理的出现或有效控制其发生的概率。这是优先应用的控制方法;b)发现失效的起因与机理,从而找出纠正措施;c)查出失效模式。

这些设计控制方法可以包括:设计评审、设计验证中采用的各种方法(道路试验、台架试验、设计验算、使用试验)、防错技术、统计过程控制(SPC)、产品检验和筛选等。

如果这些设计控制方法不够有效,就有可能在产品投产之前,或在制造过程中不能发现出潜在的失效模式,而流入顾客。我们把现有设计控制方法的这种有效性称作可探测性。并用不易探测度数(D)

表示。

如果样件(样车)已经验证,达到了设计目标,设计的过程符合设计要求,则不易探测度将取决于 b)、c)种设计控制方法。不易探测度数(D)参照美国 SAE 的推荐方法,取值为 1~10,评定原则见表 3。

2.6 确定应当采取项目并提出改进措施。

确定应采取项目有以下两种考虑:

a) 计算所谓的风险顺序数(Rpn——Risk Priority Number):

$$Rpn = S \times O \times D$$

对风险顺序数较大的(例如大于 50)失效原因与机理项目应采取项目;

b) 严重度(S)高的项目应加以注意。

针对确定的改进项目,提出改进措施,并制定改进计划。

表 3 不易探测度数 D 的推荐值

设计控制方法对发现失效模式的有效性	不易探测度数(D)
肯定无效或无设计控制	10
几乎无效	9
极少有效	8
很少有效	7
较少有效	6
一般有效	5
较有效	4
相当有效	3
很有效	2
肯定有效	1

2.7 实施改进,评价改进措施的效果。

确定新的设计控制方法,计算新的 Rpn 值,直到该值低于规定的值为止。表 4 举出美国三大汽车公司在 QS-9000 文件中推荐 FMEA 的表格示意图。

表 4 FMEA 表

(零件、过程名称、编号、责任部门、编制人、日期等)

功能	潜在失效模式	可能和后果	严重度数 (S)	级别	可能的原因与机理	频度数 (O)	现行设计控制	不易探测度数 (D)	风险顺序数 Rpn	建议措施	责任目标日期	措施结果				
												采取的措施	S	O	D	Rpn

(本文编辑:张力)

(收稿日期:1999-03-10)