

国防科技工业质量与可靠性专业技术丛书

故障模式、影响 及危害性分析与 故障树分析

周海京 遇 今 主编

航空工业出版社

国防科技工业质量与可靠性专业技术丛书

故障模式、影响及危害性分析 与故障树分析

国防科学技术工业委员会科技与质量司 组织编写

主编 周海京 ~~潘一平~~

主审 屠庆慈 邵德生 涂雪玲

1
zh1

航空工业出版社

内 容 提 要

本书是《国防科技工业质量与可靠性专业技术丛书》之一。

本书共分三章和三个附录。其内容包括：故障模式、影响及危害性分析与故障树分析两项可靠性分析技术的基本概念、原理和应用方法；附录中提供了有关术语、来自不同数据源的故障模式及频数比数据和 IEC-1025 推荐的故障树符号表等。

本书可为国防工业广大工程技术人员和各级管理人员开展质量与可靠性技术工作提供技术支持，也可作为该两项技术的学习参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

故障模式、影响及危害性分析与故障树分析/周海京，遇今主编.
—北京：航空工业出版社，2003. 9

ISBN 7-80183-239-6

I. 故… II. ①周…②遇… III. ①国防工业-产品质量-故障研究
②国防工业-产品质量-故障树分析 IV. 407. 486. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 085654 号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

利森达印务有限公司印刷

内部发行

2003 年 9 月第 1 版

2003 年 9 月第 1 次印刷

开本：787×960 1/16

印张：11.25

字数：232 千字

印数：1—2000

定价：30.00 元

序

随着科学技术的进步和人们对高质量的追求，质量工作越来越显示出它的重要性。三代中央领导同志都十分重视质量工作，多次强调要把质量工作作为关系到国民经济发展的的大事来抓，质量工作在全国乃至全世界日益成为人们关注的焦点。质量对于军工产品而言尤其重要，从近代战争的历史看，武器装备的技术水平、质量水平在一定程度上决定了战争的式样和战争的进程。武器装备的质量直接关系到国防事业的发展，关系到未来战争的胜败，关系到战士的生命。国务院领导高度重视军品质量，强调指出“要整顿，要保军”、“保军首先要确保军品质量”。

国防科技工业战线的各级领导干部，长期以来始终坚持“军工产品质量第一”的方针，坚持预防为主，严把质量关，全面完成了党和国家交给的各项光荣任务，取得了一系列的光辉业绩，使国防建设和军工技术迅猛发展。新的国防科工委自成立以来就十分重视质量工作，强调“质量是国防科技工业的生命”，积极推进质量与可靠性基础建设，积极推动武器装备的质量与可靠性工作。但是，近年来，随着武器装备技术和质量要求的提高，随着军工队伍的新老交替，军工科研生产的质量形势依然十分严峻，质量工作面临着前所未有的巨大压力，迫切需要提高质量工作的力度和整体水平，提高全员的质量意识和工作质量，提高工程技术人员、质量与可靠性专业人员的业务素质和技术能力。为此，国防科工委组织编写了《国防科技工业质量与可靠性专业技术丛书》，有针对性的介绍当前质量与可

靠性方面的新要求、新技术、新方法，为全员质量教育培训和质量工作的规范化、科学化提供了强有力的技术支持，以便更加深入地贯彻落实军工质量法规和标准，指导军工科研生产的质量与可靠性工作。

国防科技工业战线的全体员工和广大质量工作者，要加强理论学习，不断增强质量意识和业务能力，以高度的革命热情和事业心、责任感，积极投身到军工科研生产的各项质量工作中去，为国防事业的发展做出更大的贡献。


2001.9.4.

《国防科技工业质量与可靠性专业技术丛书》

编审委员会

主 任 栾恩杰

副主任 吴伟仁 马恒儒 高志强 郭瑞霞 龚庆祥

委 员 (按姓氏笔画为序)

王 炘	王 勇	王 琳	史正乐
朱明让	朱春元	孙 勤	孙守魁
李良巧	李滋刚	李锦华	杨多和
张 忠	张恩惠	邵锦成	郎志正
庞海涛	徐继源	高辛平	卿寿松
屠庆慈			

前 言

本书是国防科工委科技与质量司组织编写的《国防科技工业质量与可靠性专业技术丛书》中的一册，着重阐述了故障模式、影响及危害性分析（FMECA）与故障树分析（FTA）两项可靠性分析技术的基本概念、原理和应用方法。

FMECA 是 Failure Mode, Effects and Criticality Analysis 的英文缩写，即故障模式、影响及危害性分析。

FTA 是 Fault Tree Analysis 的缩写，即故障树分析。

FMECA 和 FTA 是分析产品故障原因和结果之间关系的两种主要方法。

FMECA 通过系统分析产品设计及其生产过程中每一个潜在的故障模式，确定其对产品工作所产生的影响，并按其发生可能和后果的严重程度排序，从而识别设计及生产过程中的薄弱环节和关键项目，为制定改进及控制措施提供参考。

FTA 通过对不希望事件发生的原因逐层进行分析，确定导致不希望事件的各种故障组合、故障影响的程度以及不希望事件的发生可能性，从而为评价和改进设计提供依据。

FMECA 和 FTA 是最基本的分析方法，它们广泛地应用于可靠性、维修性、安全性等专业领域，在军工产品研制过程中为保证产品质量、可靠性发挥了巨大的作用。为使广大工程技术人员和管理人员更好地学习和使用这两项可靠性技术，在国防科工委科技与质量司的组织下编写了本书。

本书在编写过程中，吸收借鉴了国内外有关文献资料所登载的成果，结合我国军工行业多年来应用这两项技术的工程经验和技術发展趋势，澄清了一些模糊和易混淆的概念，并通过一些示例予以说明。

本书共分三章，包括：

第 1 章概述，简要介绍了 FMECA 和 FTA 产生的技术背景、它们各自的特点和相互关系。

第 2 章故障模式、影响及危害性分析（FMECA），介绍了 FMECA 的基本原理、目的和作用、分析对象和类型、FMECA 计划、分析输入、分析程序、输出及报告、实施 FMECA 应注意的问题、有关软件工具及标准介绍等，并给出了若干 FMECA 的应用示例。

第3章故障树分析(FTA)，介绍了 FTA 的基本原理、作用和特点、分析准备、分析步骤、输出及报告、实施 FTA 应注意的问题、有关软件工具及标准介绍等，并给出了 FTA 的应用示例。

本书附录还提供了术语、来自不同数据源的故障模式及频数比数据和 IEC - 1025 推荐的故障树符号表等内容，并给出了主要的参考文献。

本书由周海京、遇今编写，屠庆慈、邵德生、徐雪玲主审，顾长鸿、石荣德、冯欣等同志对本书的编写提供了指导和帮助，在此一并致谢。

编 者

2003 年 8 月

目 录

第 1 章 概述

- 1.1 技术背景 (1)
- 1.2 两项技术综述 (2)

第 2 章 故障模式、影响及危害性分析

- 2.1 FMECA 原理、目的和作用 (5)
 - 2.1.1 FMECA 的产生和基本原理 (5)
 - 2.1.2 FMECA 的目的和作用 (7)
- 2.2 FMECA 的分析对象和类型 (8)
 - 2.2.1 FMECA 的分析对象 (8)
 - 2.2.2 FMECA 的分析类型 (9)
- 2.3 FMECA 计划 (13)
 - 2.3.1 分析假设 (14)
 - 2.3.2 分析的约定层次 (14)
 - 2.3.3 编码体系 (16)
 - 2.3.4 故障判据 (17)
 - 2.3.5 严酷度分类 (18)
- 2.4 FMECA 的输入要求 (20)
- 2.5 实施分析 (21)
 - 2.5.1 设计的 FMECA (21)
 - 2.5.2 过程的 FMEA (66)
- 2.6 FMECA 的输出及 FME (C) A 报告 (81)
 - 2.6.1 FMECA 的输出 (81)
 - 2.6.2 FME (C) A 报告 (81)
- 2.7 FMECA 的相关应用 (82)
 - 2.7.1 维修性信息分析 (82)
 - 2.7.2 损坏模式及影响分析 (83)
- 2.8 实施 FMECA 应注意的问题 (84)
 - 2.8.1 重视 FMECA 的策划 (84)
 - 2.8.2 FMECA 的层次关系 (85)
 - 2.8.3 FMECA 的实时性、有效性和规范性 (85)

2.8.4 FMECA 的剪裁和评审	(86)
2.8.5 FMECA 的数据要求	(86)
2.9 计算机辅助 FMECA 工具介绍	(87)
2.9.1 计算机辅助 FMECA 软件工具	(87)
2.9.2 基于计算机仿真的 FME (C) A 技术	(88)
2.10 GJB1391—92《故障模式、影响及危害性分析程序》简介	(93)
2.11 小结	(94)
第 3 章 故障树分析 (FTA)	
3.1 FTA 的产生和基本原理	(96)
3.2 FTA 的作用和特点	(97)
3.3 FTA 的分析准备	(99)
3.4 FTA 的分析步骤	(100)
3.4.1 选择顶事件	(100)
3.4.2 建造故障树	(101)
3.4.3 定性分析	(108)
3.4.4 定量分析	(112)
3.5 FTA 示例	(116)
3.5.1 产品描述	(116)
3.5.2 选择顶事件	(117)
3.5.3 建造故障树	(117)
3.5.4 定性分析	(119)
3.5.5 定量分析	(121)
3.6 FTA 的输出及 FTA 报告	(127)
3.7 实施 FTA 应注意的事项	(128)
3.7.1 建树的基本原则	(128)
3.7.2 多状态故障的处理	(131)
3.7.3 应用计算机辅助工具进行故障树的分析	(132)
3.8 计算机辅助 FTA 工具介绍	(132)
3.9 GJB768A—98《故障树分析指南》简介	(132)
3.10 小结	(134)
附录 A 术语	(135)
附录 B 典型电子元件、机械零件故障模式及频数比数据	(146)
附录 C IEC—1025 推荐的故障树符号表	(165)
参考文献	(166)

第1章 概述

1.1 技术背景

现代工业发展初期，人们在研制产品时更多地关注产品的功能，在设计和生产过程中，人们将注意力放在保证和提高产品的功能，以及与这些功能相关的性能技术指标方面，如飞机的飞行速度、续航能力，舰船的排水量、航速等，而较少考虑产品的可靠性、安全性、维修性、保障性等方面的技术指标。而当时的工程技术也侧重解决与产品功能实现有关的问题，当这些产品大量投入使用后，就显示出很大的缺陷和不足，主要表现在以下方面：

- (1) 产品寿命短、故障率高，影响正常功能的发挥；
- (2) 人员使用操作风险大，容易导致安全性事故；
- (3) 维修工作被动、无序，维修活动效率低、时间长，延误产品的使用；
- (4) 产品费效比差，寿命周期费用高。

与此同时，随着科技和工业的发展，越来越多的高新技术被投入到产品的研制之中，使产品的技术水平不断提高，并逐渐产生出许多跨行业、跨学科的大型复杂系统，如核电站、航天系统、大型化工系统、大型信息通信系统等。这些大型复杂系统在人类社会生活中发挥着日益重要的作用，同时它们的故障可能造成的危害也大大增加。例如，1984年12月3日，联合碳化物公司在印度中央邦首府博帕尔的一家农药厂发生毒气（异氰酸甲酯）泄漏，造成3000多人中毒身亡，另有成千上万的当地人因此落下终生疾病。1986年4月26日，苏联乌克兰加盟共和国境内的切尔诺贝利核电站反应堆失控起火，并引发核泄漏事故，造成电站附近数万居民伤亡，6000km²土地无法使用，直接经济损失超过2000亿美元。2000年8月12日俄罗斯“库尔斯克”号核潜艇由于鱼雷爆炸导致沉没事故，艇上118人全部罹难。1986年1月28日美国“挑战者”号和2003年2月1日“哥伦比亚”号航天飞机失事，不但损失了两架造价昂贵的航天飞机，而且还造成机上全部14名宇航员的死亡，成为世界航天史上最惨重的事故。所有这些事故，都给人类社会带来了巨大的经济损失和严重的不良影响。

通过对经验教训的总结，人们逐渐意识到产品的可靠性、安全性、维修性等质量特性是保证产品效能的前提和基础，因此应同产品的功能、性能等技术指标一样在产品研制过程中予以高度重视。

经过长时间的探索和实践，人们认识到产品的可靠性、安全性、维修性等质量特

性是在设计和生产过程中形成的，而其中设计过程对于上述质量特性具有决定性的影响作用。为在设计阶段采取有效措施保证产品满足预期的质量要求，人们研究出一些技术和方法，并且有针对性、有计划地将其应用于设计过程，以分析、评价和改进产品设计。这样就逐渐形成了以可靠性、安全性、维修性、保障性、测试性等专业技术为核心的产品保证技术。

第二次世界大战后，人们将系统工程原理引入产品质量保证工作，进一步解决了如何合理利用这些技术、综合权衡各项指标、充分发挥现有资源的优势，使最终产品能够最大限度地满足用户的需求和市场的需要的问题，使上述各项技术在工程中发挥了更大的作用。实践证明，系统应用这些专业技术可以有效提高产品特别是大型复杂系统的寿命和可靠性，降低研制和使用风险，减少寿命周期费用。而这些专业学科和技术的发展已经日益成为推动工业和科技发展的巨大动力，其中以可靠性工程及相关技术的发展最具有代表性。

可靠性工程是应用多项可靠性专业技术和方法，以产品及其故障为研究对象，以适宜的可靠性要求为目标，在工程实践中实施的一系列有计划、有组织、相互关联、协调统一的技术和管理活动。可靠性工程的产生和发展使得产品研制的目标从追求单一产品性能向实现高可靠、低成本、易维修等各项性能最优化的方向转变。在可靠性工程中，有许多专门的设计和分析技术，本书所介绍的故障模式、影响及危害性分析（FMECA）与故障树分析（FTA）就是目前可靠性工程及其他专业领域中最基本、应用最广泛的两种分析方法。

1.2 两项技术综述

在科学领域，当我们就某一问题开展研究时，总是需要依次回答“是什么”、“为什么”和“怎么办”这三个问题。可靠性工程研究的对象是产品及其故障，因此在解决可靠性问题时，我们应首先确定产品的故障有哪些，故障是怎么样的；再来分析产品的故障是由什么原因引起的；最后决定如何消除或控制故障及其影响，以达到预期的可靠性要求。在这样一个过程中，识别故障是前提，分析故障是必要的技术途径和手段，消除或控制故障以提高产品的可靠性是最终目的。为有效开展这三个基本步骤的工作，可靠性工程提供了相互关联、自成体系的多种技术和方法，故障模式、影响及危害性分析（FMECA）与故障树分析（FTA）是其中的重要内容。

故障模式、影响及危害性分析（FMECA）是在一定的规则和基础数据的支持下，识别并判断产品中可能存在的故障及其表现形式（称为“故障模式”，定义见附录 A1），然后以所识别的每一个故障模式为出发点，逐一研究分析其后果和影响，并根据其后果的严重程度和发生概率（以危害度度量，定义见附录 A1）进行排序，从而发现产品的关键部分和薄弱环节，并最终提出在设计和生产过程中需实施改进或进行

重点控制的项目的建议，其目的是对产品设计进行改进和完善，以提高其可靠性，并为工程决策提供依据。

故障树分析则是一种自上而下、逐级演绎的分析方法。它以产品的某个不希望事件为起点，逐级向下分析，最终以一种直观的倒置树状结构描述该事件是如何发生的。进行故障树分析时，首先应根据产品特点和要求选择一个不希望发生的事件（例如某个系统故障事件）作为分析的出发点（该事件处于故障树分析所形成的倒置树状结构的顶端，称为顶事件，定义见附录 A2），然后分析造成这一不希望事件发生的直接原因，这些原因可能是某个单独的事件，也可能是若干事件和条件的组合。接着，再以这些直接原因事件为出发点，分析它们的直接原因，这样逐级递推展开，直至分析到足够低的产品层次，就构成了一个完整的故障树结构。随后，依据一定的分析规则和假设对故障树结构进行定性或定量的分析，就可以获得与该不希望事件相关的各类信息，包括不希望事件发生的原因和条件、发生的可能性以及产品各组成部分对整体可靠性的影响程度等，从而为设计评价和设计改进提供依据。

故障模式、影响及危害性分析与故障树分析的结果可以回答“产品的主要故障是什么”、“这些故障是怎么发生的”和“故障的后果是什么”等最基本的可靠性问题，从而为分析和评价产品的可靠性提供基本的信息。同时，由于它们都以因果关系的逻辑推理为基础，符合工程分析的基本思维方式，并具有规范、成熟的实施方法，因此，在许多领域得到了较为普遍的应用。其中，故障模式、影响及危害性分析由于具有原理简单、易于操作的特点而被军用、民用工业领域所广泛应用；故障树分析则为军事、化工、核、电力等高风险行业所重视，是这些行业不可或缺的可靠性、安全性分析工具。

这两项技术既相互关联又各有侧重。概括地讲，故障模式、影响及危害性分析是从产品的较低层次开始的逐一进行的单因素分析，它通过全面检查和分析产品的每一个组成部分的故障情况来获得产品故障和可靠性的相关信息；而故障树分析是从产品整体或较高层次开始的、针对特定分析目标进行的、有选择的多因素分析，它可针对产品的某一特定事件（故障）提供较为全面、详细的分析信息。故障模式、影响及危害性分析与故障树分析的主要区别如表 1-1 所示。

表 1-1 故障模式、影响及危害性分析（FMECA）与故障树分析（FTA）的主要区别

项目	故障模式、影响及危害性分析	故障树分析
作用	通过对产品设计的系统分析，识别其中的薄弱环节和关键因素，为评价和改进产品设计以及实施控制提供依据	通过对不希望事件的逐层分析，识别导致系统故障的原因和条件，为评价和改进产品设计提供依据
对象	产品各组成部分所有可能的故障模式	根据产品特点和要求选择某些特定的不希望事件

续表 1-1

项目	故障模式、影响及危害性分析	故障树分析
方法特点	较为常用的方法是从产品较低层次开始的自下而上的分析方法，其特点包括： 1. 分析思路是由原因到结果的归纳法。 2. 原理简单，易于掌握。 3. 分析范围可包括产品的所有组成部分。 4. 是对每个故障模式进行逐个分析的单因素故障分析方法，对故障组合情况考虑较少	概括地说，是从产品整体或产品的较高层次开始的自上而下的分析方法，其特点包括： 1. 分析思路是从结果到原因的演绎法。 2. 需要掌握一定的数学理论和专业技术基础，分析的工作量随系统的复杂程度增加而增加，通常需要使用计算机辅助手段。 3. 分析的出发点是根据产品要求和特点确定的某个不希望事件（顶事件），因此，分析对象只能是局部的、有选择的。 4. 是考虑各种故障事件组合后果的多因素故障分析方法，分析结果可获得对特定产品故障的较为全面、详细的信息（例如，故障发生的原因或条件、发生可能性、产品各组成部分故障对产品可靠性的影响程度等）

从表 1-1 中可以看出，这两项技术各自具有鲜明的特点，故障模式、影响及危害性分析更侧重逐一分析产品各组成部分的故障影响，而故障树分析则侧重对产品整体的某个故障状态进行深入分析，因此在实际工程中，两者可以相互补充，人们通常先利用故障模式、影响及危害性分析进行逐一的故障分析，再选择重要的故障事件利用故障树进行深入分析，从而获得满意的效果。

第2章 故障模式、影响及危害性分析

2.1 FMECA 原理、目的和作用

2.1.1 FMECA 的产生和基本原理

许多情况下,对于新研制的系统,在设计阶段,由于实际数据的缺乏和人类思维的局限,设计过程的输出结果往往不能完全满足所有设计要求,因此,需要通过“试验—改进—再试验”的反复迭代的过程对设计结果进行检验并加以完善。

随着工业的发展和科技的进步,人们所研制的产品的技术含量和复杂程度不断提高,投入试验的样机的制造成本大幅度提高;同时,为充分考核设计、暴露薄弱环节以满足高的质量和可靠性要求,需要进行的试验数量及要求也不断提升。这些都使得研制及试验的技术难度和成本急剧增加;另一方面,随着各类大型、复杂的高新技术产品在人类社会中发挥日益重要的作用,其故障可能造成的危害越来越大,特别是一些小概率故障事件,难于通过有限的试验发现,却往往可能造成不可估量的损失。这要求产品的开发者在不断提高产品性能以满足用户需求的同时,努力提高产品的可靠性、安全性等方面的设计水平,降低使用风险。因此,在保证产品提供预期功能的同时,如何通过有效的手段研制出长寿命、高可靠、低风险、易维修、使用和维护费用低的产品,成为广大工程技术人员、管理人员和用户共同关心的重要课题。

为提高设计过程的效能、降低研制成本,人们采用了故障预想的分析方法,即预先针对某些假定的故障情况进行分析,从而考核产品设计的基本特性,并获得主要的产品故障及其处置方法的相关信息。设计人员希望通过这些方法代替部分研制阶段的试验,或在研制试验前发现设计中存在的设计缺陷或薄弱环节,并采取相应的纠正措施,以改进设计。

这种早期的事故或故障预想方法虽然可以发现设计中的一些问题,但由于预想的内容很大程度上依赖于设计人员的设计经验和思维能力,分析过程缺乏科学的数据、规范的程序和系统化的方法,因此难于全面、准确地识别设计中可能存在的重要故障和薄弱环节,预想结果具有很大的不确定性,因而其效果不能令人满意。

经过研究和实践,人们发现对于某一类产品,在其寿命期内可能发生的所有故障可以通过其表现形式归结为若干种类型。人们将这种故障表现的类型称为故障模式,它描述了产品故障的基本特征。故障模式概念的建立为全面识别故障并系统开展故障

分析提供了线索和依据。在基础数据和历史经验的基础上,人们能够归纳、总结出产品的故障模式,并在对新产品进行的故障分析活动中用它来描述产品故障的基本类型,从而提高分析的效率和有效性。通过这种方法,人们能够在设计活动中实现经验数据的积累和技术的继承,不断提高技术水平,设计出更为完善的产品。

以故障模式这一概念为基础,人们通过总结工程实践经验,提出了名为“故障模式影响分析(FMEA)”的系统化的分析方法。20世纪50年代,美国战斗机制造商格鲁门(Grumman)公司首次使用这种方法对战斗机操纵系统的设计进行分析,并取得了良好的效果。随后这种方法被广泛应用于航空、航天、汽车、核工业等领域,经过不断改进,逐渐形成了现在的“故障模式、影响及危害性分析”(Failure Mode, Effects and Criticality Analysis, FMECA)方法。以下对这种故障分析方法的基本思想进行简单的介绍。

一般来说,系统总是由多个部分组成的,比如一台计算机可能包括电源、存储器、处理器、输入输出设备、辅助设备等几个部分。在工作中,每一组成部分将以规定的状态在规定时间和条件下完成不同的特定功能。当其中一个部分发生故障时,整个系统的工作将会受到影响。根据系统的设计特征和工作要求,不同组成部分的各种故障模式造成的影响也不相同。例如,存储器的某个存储单元性能退化可能导致数据读取和存储速度降低,影响计算机的运算速度,而数据传输线路的中断则可能导致无法进行数据传输,从而使计算机无法完成运算工作。逐一分析和评价这些组成部分的故障模式及其影响,就可以发现系统的薄弱环节和关键项目,并为实施改进或控制措施提供依据。因此,FMECA通常包括以下基本步骤。

(1) 首先定义分析对象,确定产品的工作特性及任务要求,作为分析的出发点和基础;

(2) 根据分析的目的和要求,定义分析的基本条件和假设;

(3) 根据数据资料和工程经验,全面识别并按规定的规则记录产品中所有组成部分的故障模式;

(4) 结合产品的设计特性和相关信息,确定每个故障模式对整个产品工作及状态的影响,同时确定每个故障模式的产生原因及发生概率;

(5) 根据预先的定义和假设,将故障模式按其影响的严酷度分类,分别计算故障模式及各组成部分的危害度;

(6) 根据故障模式的发生概率(危害度)及后果的严重程度进行排序;

(7) 根据排序结果分析识别系统的薄弱环节,并确定关键项目;

(8) 针对薄弱环节和关键项目提出改进及控制措施建议,形成分析报告;

(9) 应将分析结果及时反馈给设计,并根据分析结果确定是否需要设计更改,作为是否确认设计结果的决策依据;对于设计更改部分,应重复上述分析步骤,以确保设计更改的正确性。

FMECA 的基本步骤如图 2-1 所示。

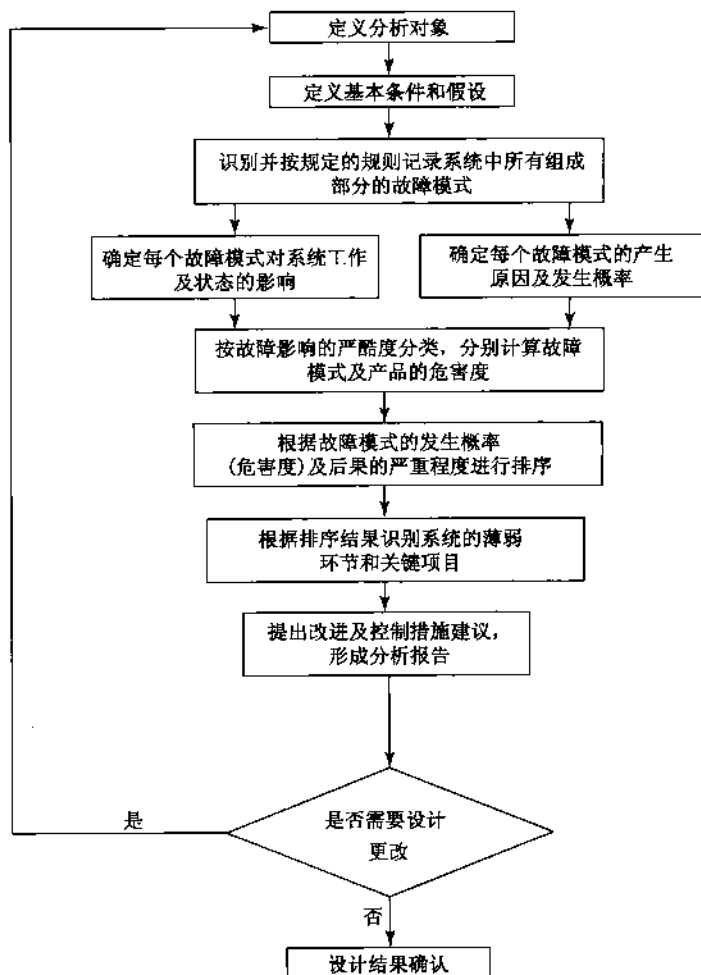


图 2-1 FMECA 的基本步骤

应当强调，FMECA 是一个反复循环迭代的过程，其原理应作为设计人员的基本思维方式，贯穿整个设计过程。因此，FMECA 应由产品设计人员完成，即通常所说的“谁设计、谁分析”。分析人员应对所分析产品的操作和应用有全面了解，把通过 FMECA 获得的有效信息反馈到设计过程，并及时、有效地采取纠正措施。FMECA 的结果应随研制工作的进展加以更新。此外，FMECA 还特别强调“事前预防”，即尽可能在故障模式被纳入产品设计之前实施分析和改进，以最大限度地降低故障的危害。

2.1.2 FMECA 的目的和作用

如前所述，FMECA 是在工程实践中总结出来的，以故障模式为基础，以故障影