



# 可靠性工程管理

陈晓彤  
运通恒达科技有限公司  
2013年2月

## ◆ 陈晓彤

- 毕业于
  - 北京航空航天大学
  - 可靠性工程专业硕士
- 现任
  - 北京运通恒达科技有限公司 — 总工程师
  - 中国宇航学会可靠性专业委员会 — 委员
  - 高级工程师
- 曾经
  - 航天第三研究院总体设计部 — 可靠性主任工程师
  - 沈阳黎明发动机制造公司 — 可靠性工程师
- 联系
  - Xt.chen@ytforever.com
  - 010-82561200-230; 13910672145



- ◆ 可靠性管理常见问题分析
- ◆ 建立可靠性工作系统
- ◆ 产品可靠性要求管理
- ◆ 可靠性工作流程管理
- ◆ 故障信息闭环管理



# 可靠性工程管理

## 第1节 可靠性管理常见问题分析



# 问题表象（一）

- ◆ 对于您所研制的产品来说：
  - 研制任务书和合同中，有明确的可靠性工作目标吗？
  - 是否在研制计划中列入了可靠性工作项目？
  - 可靠性工作的责任清楚吗？
  - 对于外协、外购件，进行可靠性控制吗？
  - 如果不清楚设备的可靠性水平，能通过评审和验收吗？



## 问题表象（二）

对于汽车，如果当前的首保期为10万公里，如果提高到12万公里，那么：

- 需要额外追加多少投资？
- 预期的故障数量是多少？
- 需要多少备件和维修人力的支持？
- 最科学的首保期是多少？



## 问题表象（三）

- ◆ 一个设计师在设计一个设备时：
  - 这个设备历史上发生了哪些故障？
  - 这些故障发生频次是多少？
  - 故障原因是什么？影响怎么样？怎么解决的？
  - 解决效果怎样？
  
- ◆ 对于这个设计师来说：
  - 他是否清楚这些问题？
  - 他是否能够容易得到这些问题的信息？
  - 是否有控制措施避免他重现这些问题？
  - 如何对他的设计进行认定？



# 问题实质

- ◆ 关于可靠性工作系统
  - 问题一：体制不健全、责任不明确、计划不严肃
- ◆ 关于产品可靠性要求
  - 问题二：不能科学地描述产品的可靠性要求
  - 问题三：不能合理地提出产品的可靠性要求
  - 问题四：不能有效地控制产品的可靠性要求
- ◆ 关于产品的故障信息闭环管理
  - 问题五：重大故障/频发故障/突发故障的闭环管理机制不健全
  - 问题六：故障信息反馈机制不规范
  - 问题七：故障信息的再利用能力差
  - 问题八：可靠性增长的计划性不足
- ◆ 关于产品的设计、工艺的可靠性分析手段
  - 问题九：没有系统的可靠性设计准则
  - 问题十：没有建立起实用、有效的可靠性设计分析手段





# 问题一：可靠性体制不健全、责任不明确、计划不严肃

## ◆ 问题分析：

- 没有建立起完善的可靠性工作系统
- 领导重视程度不够，可靠性服从于性能、进度、费用
- 外界压力不足
- 缺少可靠性管理手段

## ◆ 问题影响：

- 可靠性工作难以有效开展
- 产品可靠性难以保证

## ◆ 解决对策：

- 吸取相关行业经验，加强可靠性认识
- 明确可靠性工作责任
- 按计划开展可靠性工作



## 问题二：不能科学地描述产品的可靠性要求

### ◆ 问题分析：

- 没有建立起产品的可靠性定量描述参数，例如B10寿命、MTBF等参数
- 没有建立起定性的可靠性要求项目，如可靠性设计准则、FMEA等

### ◆ 问题影响：

- 难以建立产品可靠性工作目标，难以进行目标管理
- 难以确定可靠性指标

### ◆ 解决对策：

- 调研国外、国内同类产品的可靠性要求体系
- 建立产品可靠性参数体系，并进行描述，形成文件



## 问题三：不能合理地提出产品可靠性要求

### ◆ 问题分析：（假设是汽车）

- 本公司历史车型的B10寿命是多少？如果不清楚，对新研车型是否能达到预定的可靠性要求（如B10寿命为80万公里）是否能达到没有把握。
- 国际、国内同类车型的B10寿命是多少？如果不清楚，难以制定一个具有市场竞争力的可靠性要求。

### ◆ 问题影响：

- 最终失去对产品可靠性要求的控制。
- 为达到提出的可靠性要求所需的资源无法确定，可能导致提出的可靠性目标不现实、不可行。
- 提出的可靠性要求脱离市场。

### ◆ 解决对策：

- 进行历史车型的可靠性评估，了解现有车型的可靠性水平
- 进行同类车型可靠性指标的调查和研究



# 问题四：不能有效地控制产品可靠性要求

## ◆ 问题分析：

- 缺少可控的可靠性工作目标
- 缺乏全程可靠性控制手段
- 缺乏对外协/购件的可靠性控制手段

## ◆ 问题影响：

- 难以实现预定的可靠性工作目标
- 可靠性问题难以提前暴露
- 难以判定是否达到预定的可靠性要求

## ◆ 解决对策：

- 通过FRACAS和可靠性评估，确定需要重点控制的可靠性关键件和重要件
- 建立科学的可靠性工作流程和管理体系
- 完善可靠性验证和评审办法
- 完善外协/购件的可靠性控制手段



问题五：重大故障/频发故障/突发故障的闭环管理机制不健全

问题六：故障信息反馈机制不规范

问题七：故障信息的再利用能力差

问题八：可靠性增长的计划性不足

◆ 问题分析：

- 没有建立起系统的故障信息闭环管理体系（FRACAS）
- 没有故障信息权力管理机构或组织
- 没有采用适合的FRACAS信息化管理手段

◆ 问题影响：

- 难以构建产品可靠性数据库
- 无法对产品进行可靠性评估，难以对产品的可靠性进行目标管理
- 难以开展可靠性设计准则、FMEA等依赖性的可靠性分析工作
- 难以制定产品使用可靠性增长计划
- 难以确定可靠性关键件和重要件、大修期、备件供应等策略



问题五：重大故障/频发故障/突发故障的闭环管理机制不健全

问题六：故障信息反馈机制不规范

问题七：故障信息的再利用能力差

问题八：可靠性增长的计划性不足

解决对策：

- 建立FRACAS管理文件并严格贯彻
- 建立故障信息闭环管理委员会
- 对研发、生产、试验、售后服务、维修、分供方等单位 and 部门规定FRACAS责任
- 引进适合的FRACAS信息化管理软件
- 加强FRACAS的信息利用，如可靠性设计准则、故障模式手册、可靠性增长计划管理等



# 问题九：没有系统的可靠性设计准则

## ◆ 问题分析：

- 可靠性设计经验积累不完备
- 没有提供数据支撑的故障信息数据库

## ◆ 问题影响：

- 缺乏可靠性设计依据
- 产品的可靠性取决于设计师的可靠性经验
- 评审/验收时缺乏依据

## ◆ 解决对策：

- 根据FRACAS提供的故障信息数据库，对产品的组成部分别进行可靠性统计和评估，确定可靠性关键件和重要件
- 根据FRACAS提供的故障信息数据库，建立可靠性关键件和重要件的设计准则
- 可靠性关键件和重要件的设计准则作为其可靠性评审的重要依据



# 问题十：没有建立起实用、有效的可靠性设计分析手段

## ◆ 问题分析：

- 没有建立可靠性设计分析规范
- 可靠性设计分析管理力度不足，可靠性设计分析没有成为产品设计分析流程中的一部分
- 事后进行，应付检查和评审
- 工程技术人员可靠性设计分析技术掌握不足

## ◆ 问题影响：

- 难以将预定的可靠性目标设计到产品中去
- 难以在设计时发现可靠性问题，事后改进耗资巨大

## ◆ 解决对策：

- 首先开展FMEA工作，建立其规范，将其融入产品设计流程中去
- 待FMEA取得实际效果后，再酌情开展其它可靠性设计分析工作
- 开展可靠性工程培训





# 因此，我们需要

- ◆ 建立可靠性工作系统
- ◆ 建立产品可靠性要求管理体系
- ◆ 建立故障信息闭环管理系统（FRACAS）
- ◆ 建立可靠性设计分析手段，并进行有效控制
- ◆ 开展可靠性工程培训

---

上述方面涉及到的可靠性工作项目众多，例如在可靠可靠性设计分析方面涉及到FMEA、可靠性设计准则、故障树分析、可靠性建模等工作项目，当前我们应当选择适当的工作项目来开展，选择的依据是：

- 基础性工作：是其它可靠性工作项目的基础和支持
- 实效性工作：工作难度较小，见效快
- 当前具备开展的条件



# 可靠性工程管理

## 第2节 可靠性工作系统



- ◆ 可靠性责任
  - 部门责任
  - 人员责任
- ◆ 可靠性专业管理机构
- ◆ 可靠性工作角色



# 可靠性的人员责任

- ◆ 可靠性的最高领导：总师系统谁负责可靠性？
  - 总师有可靠性责任
  - 可以设专职副总师，也可以设监管副总师
  
- ◆ 可靠性的主管领导：谁负责设备的可靠性？
  - 一般来说，技术负责人也是可靠性的主管领导
  - 一般不能由质量负责人担任可靠性的主管领导
  
- ◆ 可靠性的执行者：谁负责将可靠性要求贯彻到设备中去？
  - 设计人员/工艺人员/采购人员
  - 一般可靠性专业人员和质量人员不是可靠性的执行者
  
- ◆ 可靠性的人员责任要有文件规定



# 可靠性的部门责任

- ◆ 设计部门：负责可靠性设计
- ◆ 质量部门：负责可靠性确认
- ◆ 计划部门：负责可靠性工作计划
- ◆ 试验部门：执行可靠性试验
- ◆ 采购部门：外购/协件的可靠性控制
- ◆ 其它部门.....



# 可靠性专业管理机构

- ◆ 要不要设立可靠性专业管理机构？
  - 是否要设定根据实际情况而定
  - 可靠性专业机构的设定会极大地推动可靠性工作的开展
  - 对于产品的总体研制单位来说，建议设定
- ◆ 归属谁管？
  - 总师直接下属
  - 设计部门
  - 质量部门
  - 试验部门
  - **准则：保证可靠性的足够权力，便于可靠性要求的提出和贯彻**
- ◆ 工作内容和责任
  - 企业的可靠性舵手
  - 产品可靠性要求的提出和贯彻
  - 规定可靠性研制程序：可靠性大纲、规范、工作计划
  - 可靠性的信息管理
  - 解决可靠性的共性问题
  - 可靠性的工程指导
  - 企业内部可靠性培训
  - 参与可靠性设计、分析和试验



# 可靠性工作角色

## ◆ 可靠性专业人员

- 专业知识
- 沟通能力
- 创新能力

## ◆ 工程技术人员

- 可靠性基本概念
- 相关工程设计



# 可靠性工程管理

## 第3节 产品可靠性要求管理





- ◆ 为什么要进行可靠性要求管理？
- ◆ 可靠性要求包括哪些方面？
- ◆ 怎样提出可靠性要求？
- ◆ 如何将可靠性要求落实到产品研发过程中去？
- ◆ 如何保证产品的可靠性要求？



# 什么是产品可靠性要求？

## ◆ 包括：

- ◆ 订购方（市场）提出的可靠性要求
- ◆ 承制方对转承制方提出的可靠性要求
- ◆ 总体单位或部门提出的可靠性要求

## ◆ 内容：

- ◆ 做什么可靠性工作？
- ◆ 做到什么程度？



# 为什么进行产品可靠性要求管理？

- ◆ 可靠性要求是产品可靠性设计、分析、制造、试验和验收的依据。
- ◆ 为产品的可靠性工作建立目标管理机制，使有效的可靠性资源产生最大的可靠性效果。
- ◆ 设计、生产、管理人员只有在透彻地了解可靠性要求后才能将合理的可靠性正确地设计、生产到产品中去，才能按要求有计划地实施有关的组织、监督和控制工作。



# 产品可靠性要求包含的主要内容

## ◆ 定量要求

- 可靠性指标要求
- 可靠性指标验证方法

## ◆ 定性要求

- 可靠性设计准则
- 可靠性分析要求



# 如何提出产品的可靠性指标？

- ◆ 建立产品可靠性指标体系，例如汽车：
  - B10寿命—90%存活的寿命
  - MTBF—平均故障间隔里程
- ◆ 确定可靠性考核环境
  - 任务剖面
  - 环境剖面
  - 试验剖面
- ◆ 确定可靠性验证方法
- ◆ 可靠性指标的阶段性



## 背景（例如汽车）

- ◆ 现在要在“Jetta”的基础上研制一种新的车型——“Bora”，如何提出“Bora”的MTBF？
- ◆ 2万公里还是4万公里？



# 如何提出系统的MTBF?

您需要了解:

- ◆ 当前“Jetta”的MTBF是多少? —可靠性评估
- ◆ 国际国内同档车型的MTBF是多少? —调研
- ◆ “Bora”号和“Jetta”号的构成差异性:
  - ◆ 相同设备（占多大比例？）
  - ◆ 改良设备（变化多大？）
  - ◆ 新研设备（复杂性和风险）



# “东风10号”的MTBF是多少？

## ◆ “Jetta”的历史数据

- 使用数据
- 故障数据
- 维修数据

FRACAS 数据库

## ◆ 汽车可靠性的评估方法

- 采用Weibull 评估方法？
- 采用Bayes 评估方法？

可靠性评估方法





# 可靠性指标的阶段性

- ◆ 对于新研制的“Jetta”，您需要确定：
  - 设计定型时MTBF是多少？ —2万公里
  - 上市时MTBF是多少？ —2.5万公里
  - 上市1年后MTBF是多少？ —3万公里
  - 上市3年后MTBF是多少？ —4万公里
  
- ◆ 根据目标，制定可靠性增长计划
  - 试验可靠性增长—可靠性增长试验
  - 使用可靠性增长—FRACAS



# 整车的可靠性增长

- ◆ “Bora”上市了一年了，
  - 现在现场统计的MTBF是多少？—2.5万公里
  - 现场统计的重大故障是什么？
  - 现场统计的频发故障是什么？
  
- ◆ 在未来的一年里，确定增长目标—3.0万公里
  - 确定解决或改良哪些问题？
  - 这些问题解决或改良的预期效果如何？
  - 制定年度增长计划
    - 制定增长项目
    - 增长目标
    - 项目小组
    - 所需资源
  - 按计划执行后，MTBF能否达到3.0万公里？



# 可靠性指标的验证方法

## ◆ 试验验证

- 单设备试验验证
- 组合试验验证
- 系统联试
- 在整个研制过程中的各项试验都要考虑到可靠性验证

## ◆ 使用验证

- 跑车试验
- 实际使用

## ◆ 计算验证

## ◆ 注意：最好采用分阶段验证方法



# 设备的可靠性指标

- ◆ 设备的可靠性指标是什么？
  - MTBF—平均故障间隔时间
  - B5 寿命
- ◆ 设备的可靠性指标与整车可靠性指标的关系
  - 设备的可靠性决定了整车的可靠性—可靠性模型
  - 按整车的可靠性指标确定设备的可靠性指标—可靠性分配
- ◆ 设备的可靠性计算
  - 电子产品—电子产品可靠性预计技术
  - 机械结构产品—机械产品可靠性预计技术
- ◆ 设备的可靠性验证
  - 试验验证
  - 使用验证
  - 计算验证



# 产品可靠性要求一定性部分

- ◆ 可靠性设计准则
- ◆ 故障模式影响分析
- ◆ 故障树分析
- ◆ 区域安全性分析



# 可靠性设计准则

## ◆ 通用设计准则

- 元器件/零部件的选用控制
- 降额设计要求
  - 电子产品—降额等级规定：降额检查单
  - 机械结构产品—安全系数：强度较核
- 热设计要求
- 容错设计要求

## ◆ 专用设计准则

- 历史上相似产品曾经出现过哪些故障？
- 这些故障的发生频次如何？影响如何？
- 故障原因
- 纠正措施
- 实施效果



# 元器件选用控制

- ◆ 目的：控制标准元器件和非标准元器件的选择和使用，以提高产品的可靠性。

## 集成电路质量系数 $\pi_Q$

质量等级	S	S-1	B	B-1	B-2	D	D-1
质量系数 $\pi_Q$	0.25	0.75	1.0	2.0	5.0	10.0	20.0

## I 组晶体管质量等级

质量等级	超特军级 JANTXV	特军级 JANTX	军用级 JAN	低档的①	塑封的②
质量系数 $\pi_Q$	0.12	0.24	1.2	6.0	12.0

①气密封装的器件

②用有机材料密封或包装的器件

## 无源元器件失效率等级

质量等级	S	R	P	M	L
失效率（失效数%/1000 小时）	0.001	0.01	0.1	1.0	2.0



# 元器件选用控制

是否制定了型号的元器件大纲及优选元器件目录？

XX 型号优选元器件目录

类别：XXXX

序号	名称	型号规格	主要性能参数	技术标准	封装形式	质量等级	生产厂	供应性	备注
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

是否有元器件控制组织及法规？





## ◆ 按QS9000 制定FMEA实施规范：

- 确定分析项目
  - 功能
  - 设计
  - 工艺
  - 使用
- 确定分析内容
- 确定风险控制办法

## ◆ 制定控制计划

## ◆ 编制故障模式手册



# 定性要求的确认方法

- ◆ 可靠性评审是确认是否达到可靠性定行要求的重要手段；
- ◆ 可靠性评审最好独立进行，作为设计评审的前提；
- ◆ 评审的目标、项目要求明确（**CheckList**）；
- ◆ 为每项可靠性工作制定评审要求。



# 怎样提出可靠性要求？

## ◆ 提出形式：

- 研制任务书
- 合同

## ◆ 注意：

- 内容是否全面？一定性要求和定量要求
- 选用的可靠性参数体系是否合理？
- 确定的可靠性指标是否合理？
- 是否体现了可靠性指标的阶段性？
- 是否描述了任务剖面？
- 是否描述了验证方法？

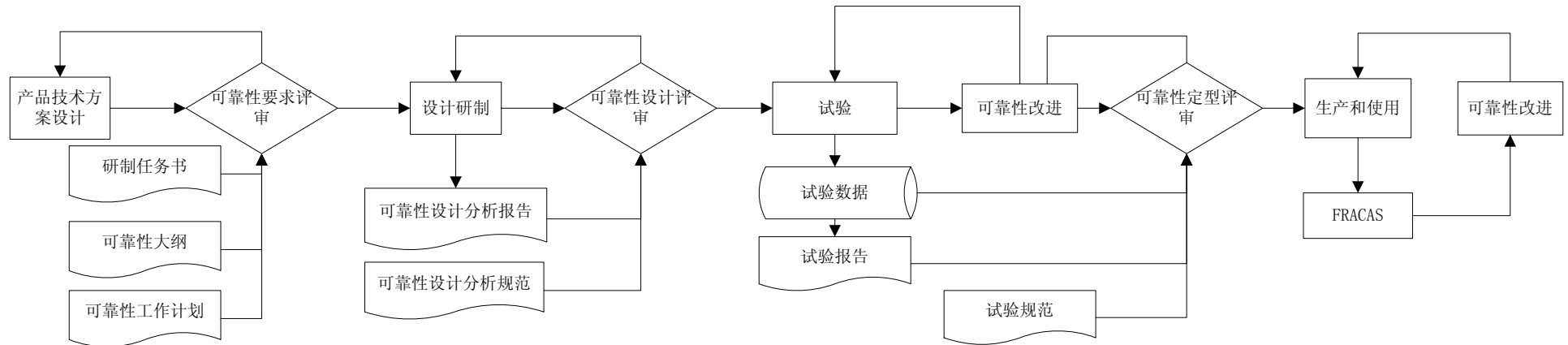


# 可靠性要求的评审

- ◆ 可靠性评审是确认是否达到可靠性定行要求的重要手段；
- ◆ 可靠性评审最好独立进行，作为设计评审的前提；
- ◆ 评审的目标、项目要求明确；
- ◆ 为每项可靠性工作制定评审要求。



# 如何贯彻可靠性要求？



- ◆ 确定可靠性关键件和重要件（动态）
- ◆ 全过程监督和控制
- ◆ 设置评审节点，可靠性单独评审
- ◆ 定性要求以评审验证为主
- ◆ 定量要求以试验验证为主



# 可靠性工程管理

## 第4节 可靠性工作流程管理



## ◆ WWW.HOW.COM

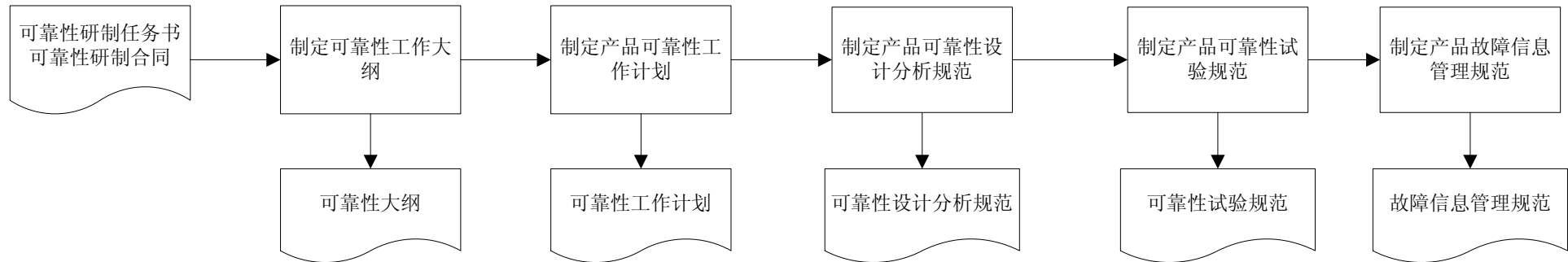
- ◆ What—应该开展什么可靠性工作项目？
- ◆ Who&When—谁来做？什么时候做？
- ◆ HOW—怎么做？
- ◆ COMplete—如何完成？

◆ 可靠性工作是产品研制过程中的一部分

◆ 可靠性工作程序以文件的形式来保证



# 可靠性工作程序文件

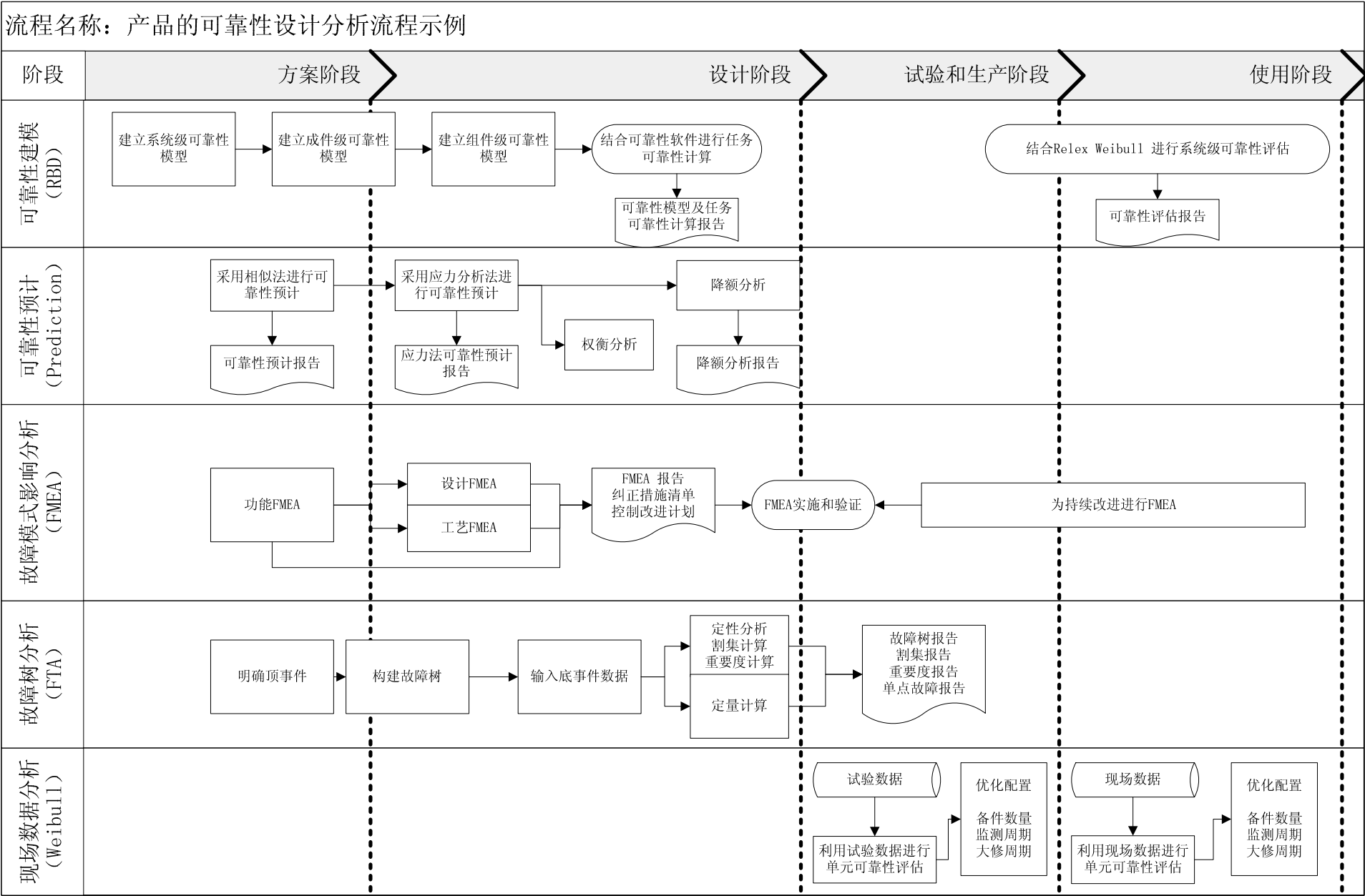


- ◆ 做什么？—可靠性大纲
- ◆ 谁来做？—可靠性工作计划
- ◆ 怎么做？—可靠性规范





可靠性设计分析流程示例：



## 第5节 故障信息闭环管理

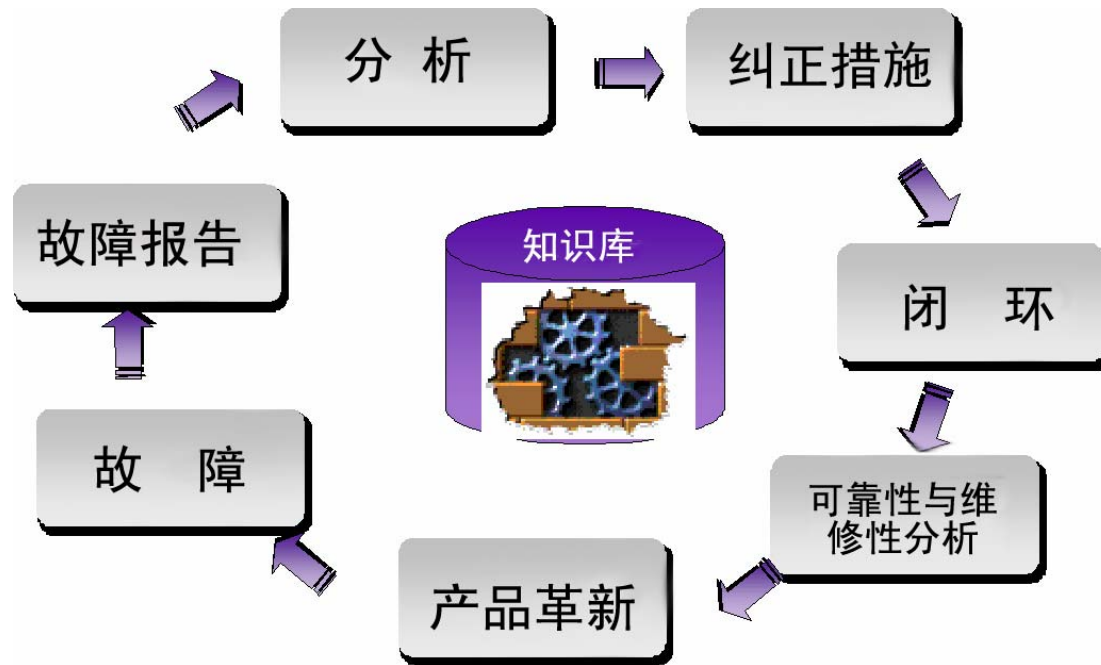


# 故障信息闭环管理

- ◆ 什么是故障信息闭环管理？
- ◆ 为什么要进行故障信息闭环管理？
- ◆ 如何进行故障信息闭环管理？



# 什么是故障信息闭环管理？



- ◆ 故障信息闭环管理亦称为“故障报告、分析及纠正措施系统”（FRACAS）
- ◆ FRACAS是利用“信息反馈，闭环控制”的原理，通过一套规范化的程序，使发生的产品故障能得到及时的报告和纠正，从而实现产品可靠性的增长，达到对产品可靠性和维修性的预期要求，防止故障再现。



# 为什么要进行故障信息闭环管理？

可以解决以下问题：

- ◆ 及时有效地处理重大故障和频发故障
- ◆ 产品现场表现的可靠性评估
- ◆ 例如汽车，为了达到**B10**寿命80万公里的目标值，需要解决的关键问题
- ◆ 例如汽车，现在的首保期为8万公里，总投资是多少？如果提高到10万公里，平均每辆车预计需追加多少投资？12万公里又如何？
- ◆ 动态确定可靠性关键件和重要件
- ◆ 可靠性关键件和重要件的可靠性设计准则
- ◆ 辅助制定可靠性增长计划
- ◆ 辅助制定故障模式手册



# 为什么要开展FRACAS?

根据美国可靠性分析中心（RAC）1995年发布的一份有关可靠性工作任务的报告，在众多的可靠性任务中，FRACAS排分最高，因此其重要性已被国际公认。

在我国诸多行业和部门的可靠性实施大纲中，也明确提出了实施3F（FMEA，FTA和FRACAS）的必要性和实施FRACAS的重要性。

RANK	TASK	SCORE
1	FRACAS（故障报告、分析和纠正措施系统）	88.3
2	Design Reviews（设计检查）	83.8
3	Subcontractor Monitoring（承包商监控）	72.1
4	Parts Control（元器件控制）	71.2
5	FMECA（故障模式影响分析）	68.5
6	RQT（可靠性认证试验）	65.3
7	Prediction（可靠性预计）	62.2
8	TAAF（可靠性增长）	59.5
9	Thermal Analysis（热分析）	58.6
10	Environmental Stress Screening（环境应力筛选）	54.1



# 如何开展FRACAS?

- ❖ 第一步：进行FRACAS 需求分析
- ❖ 第二步：建立FRACAS规则
- ❖ 第三步：引进（开发）和配置FRACAS软件
- ❖ 第四步：FRACAS实施
- ❖ 第五步：故障信息监控
- ❖ 第六步：故障信息的再利用



# 第1步：FRACAS需求分析

56

## ◆ FRACAS的信息

- 哪些信息应进入FRACAS?
- 与可靠性信息的关系
- 与质量信息的关系

## ◆ FRACAS的角色

- 数据录入者
- 可靠性分析者
- 技术领导

## ◆ FRACAS的流程

## ◆ 监控和报警





# FRACAS涉及到各个部门

57

谁来使用？



质量中心



企业管理层



可靠性室



项目主管



产品生产部门



产品设计部门



产品测试部门



后勤保障部门



## ◆ 原始数据:

- 销售单位
- 协作单位
- 特约维修站
- 售后服务部门
- 试验部门
- 用户

## ◆ 分析处理数据:

- 设计部门
- 工艺部门
- 装配/制造部门



## 第2步：建立FRACAS的规则

59

- ◆ 成立纠正措施委员会
- ◆ 最好设置专职人员
- ◆ 根据需求分析结果建立FRACAS规范
  - 角色的划分
  - 权限的限定
  - 流程的定义
    - 故障现象报告
    - 故障分析报告
    - 纠正措施报告
    - 闭环报告
- ◆ 以合同形式约束特约维修站、分供方等



## 第3步：FRACAS软件

60

- ◆ 引进适合的FRACAS软件
- ◆ 开发自己的FRACAS软件
- ◆ 按照定义的规则配置FRACAS软件



## 第4步：FRACAS实施

61

- ◆ 按照预定的规则，分配责任，实施FRACAS
- ◆ 结合FRACAS软件进行



## ◆ 哪些问题闭环处理？

- 重大问题
- 频发问题
- 报警规则

## ◆ 谁来处理？

- 分析者
- 执行者
- 确认者

## ◆ 处理紧迫性限制

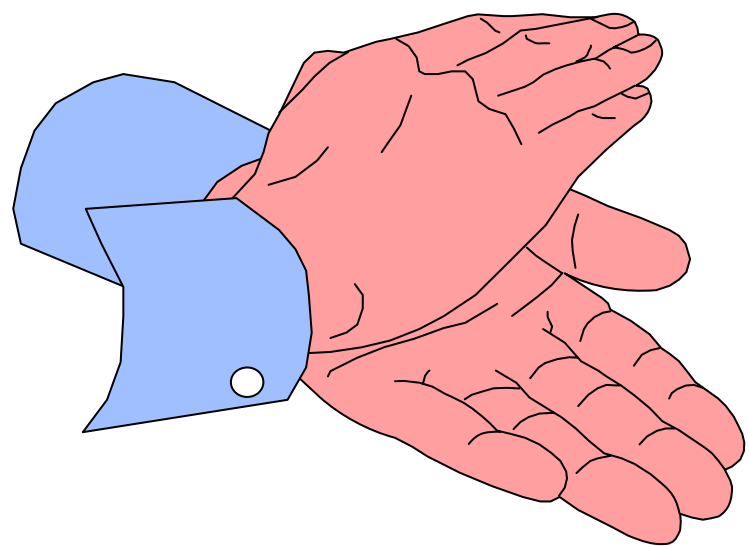


## 第6步：故障信息的再利用

63

- ◆ 可靠性评估
- ◆ 维修性评估
- ◆ 备件策略
- ◆ 可靠性设计准则
- ◆ 故障模式手册
- ◆ 全寿命周期费用分析（LCC）





谢谢！