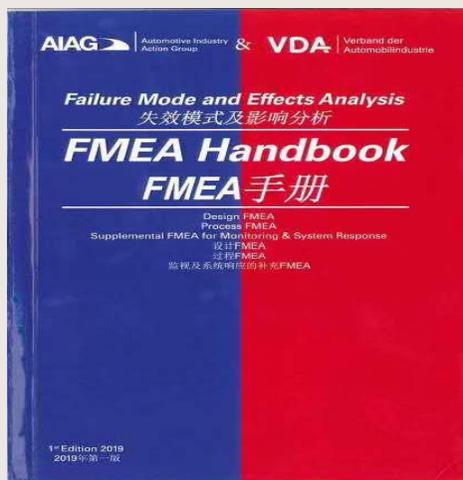


FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

潜在失效模式及后果分析

(AIAG-VDA FMEA 一版)

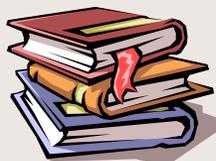


深圳天一元管理咨询公司

主讲:闫磊

目 录

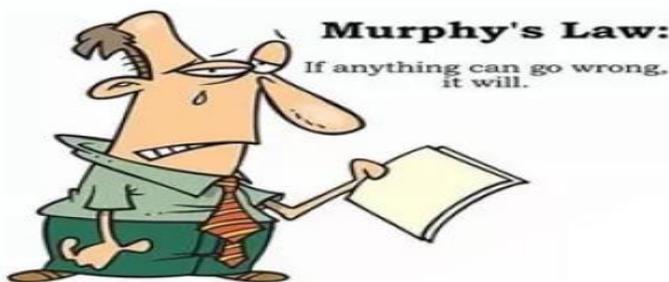
- 一、 **FMEA**基础知识
- 二、 **FMEA**分析的七步法(接合**DFMEA**分析)
- 三、 **PFMEA**实战分析
- 四、 **DFMEA**和**PFMEA**的关系和区别
- 五、 **FMEA-MSR**实施要点



第一章 FMEA基础知识

墨菲定律:

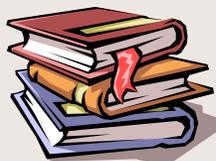
如果做某件事有两条或多条途径，并且其中一条会产生灾难性后果，然而总会有人误入这一条途径。



如果有什么问题会发生，它一定会发生！

如果有两种或两种以上的方式去做某件事情，而其中一种选择方式将导致灾难，则必定有人会做出这种选择。根本内容是：如果事情有变坏的可能，不管这种可能性有多小，它总会发生。

所有可能发生的问题都会发生，如果没有发生，那是因为时间还没有到！



第一章 FMEA基础知识

1、FMEA定义和目的

---- 失效模式和影响分析是一个以小组为导向的、系统的、定性的分析方法。

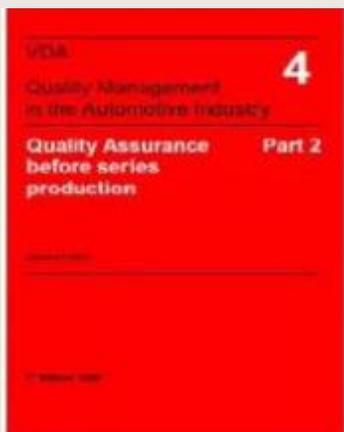
---目的旨在:

- A、评估产品或过程的潜在失效风险。
- B、分析这些失效的原因和影响
- C、记录预防和探测手段
- D、建议采取措施以降低风险



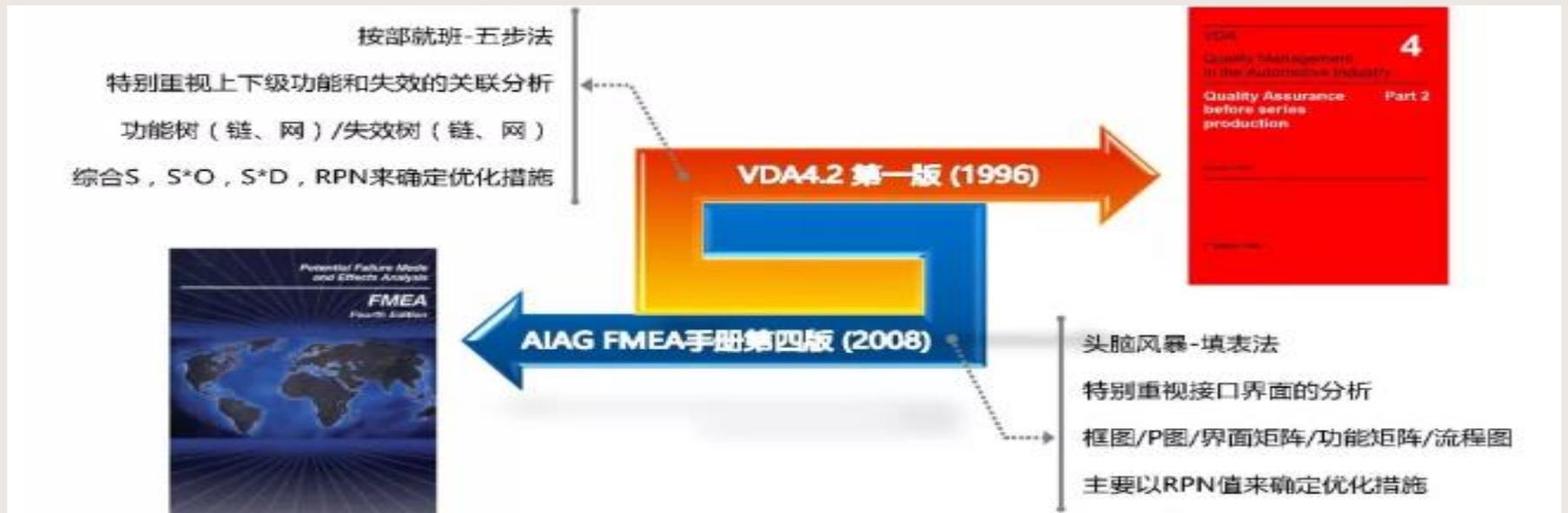
2、FMEA发展历程

- ❧ 1950年，美国GRUMMAN飞机制造公司提出，飞机主操纵系统的失效分析；
- ❧ 60年代初用于航天；
- ❧ 70年代用于三大汽车公司。
- ❧ 80年代被美国军方确认为军方规范(MIL-STD-1629A)
- ❧ 随着汽车的召回要求，AIAG和VDA先后出版了FMEA和VDA4.2(1996版)工具书。



新的AIAG-VDA FMEA标准最早于**2019年4月2日**在**AIAG批准发布**！这是一个历史性的时刻，因为自2017年11月草案版发布以来，历经数次推迟，委员会收到三千七百多条的评论，经多轮反复讨论和确认后发布。

- 我们知道**蓝色/红色**标准。**蓝色代表AIAG**，**红色代表VDA**。



3、FMEA换版原因和变化点：

随着电子技术越来越多地应用于汽车产品，汽车产业面临即将到来的重大变革，可靠性要求随之越来越高。包括客户越来越高的质量要求、必要的产品和工艺成本优化、越来越高的复杂性以及对**设计者和制造者产品责任**的立法要求。因此，FMEA方法被用于解决风险降低的技术FMEA作为重要的风险分析手段之一，必须要做出改革！

此次改版是由美国汽车行业行动组（AIAG）和德国汽车行业协会（VDA）的OEM成员以及一级供应商成员历经三年多合作的成果。FMEA手册内容全部推倒重来，FMEA方法在几个关键部分进行了修订。目的是为以这些组织为代表的汽车行业的提供一个共同的FMEA基础。新版FMEA所有重要变化点：

1.七步法及表格变化

2.新版换版信息及法律考量变更，MSR与DFMEA关联和重要变化点

3.1、FMEA换版重点说明——七步法

七步法

步骤一 规划和准备



系统分析

步骤二 结构分析



步骤三 功能分析



步骤四 失效分析



失效分析和风险降低

步骤五 风险分析



步骤六 优化



风险沟通

步骤七 结果文件化



项目确定	分析范围可视化	产品或过程功能可视化	建立失效链	为失效制定现有和/或计划的控制措施和评级	识别降低风险的必要措施	对降低风险的措施进行沟通
项目规划: 目的, 时间安排, 团队, 任务和工具 (5T)	DFMEA: 结构树或其它: 方块图 边界图, 数字模型, 实体部件. PFMEA: 结构树或其它: 过程流程图	DFMEA: 功能树/网, 功能矩阵, 参数图 (P图) PFMEA: 功能树/网或其它过程流程图	DFMEA: 每个产品功能的潜在失效影响, 失效模式和失效起因 PFMEA: 每个过程功能的潜在失效影响, 失效模式和失效起因 FMEA-MSR: 失效起因, 监视, 系统响应, 和失效影响缓解	DFMEA & PFMEA: 为失效起因制定预防控制措施 为失效起因和/或失效模式准备探测控制 FMEA-MSR: 对发生频率等级分配理由准备监视控制措施 为失效起因和/或失效模式准备探测控制	为措施实施分配职责和期限	建立文件的内容
FMEA分析中包括什么, 不包括什么	DFMEA: 设计接口, 相互作用和间隙的识别 PFMEA: 过程步骤和子步骤的识别	DFMEA: 将相关要求与 (内部和外部) 顾客功能关联 DFMEA & PFMEA: 将要求或特性与功能关联	DFMEA: 用参数图 (P图) 或失效网来识别产品失效起因 PFMEA: 用鱼骨图 (4M) 或失效网来识别过程失效起因	DFMEA & PFMEA: 为每个失效链的严重度, 频度和可探测度进行评级 FMEA-MSR: 为每个失效链的严重度, 频率和监视进行评级	措施实施包括: 确定效果, 采取措施后进行风险评估	措施记录包括: 确定效果, 采取措施后进行风险评估
以往基准FMEA经验教训的识别	顾客和供应商工程师团队之间的合作 (接口责任)	工程团队之间的合作 (系统, 安全和零件)	顾客和供应商之间的合作 (失效影响)	顾客和供应商之间的合作 (严重度)	FMEA团队, 管理层, 顾客和供应商之间针对潜在失效的合作	文件的内容满足组织, 预期读者和相关利益相关者的要求, 细节可由相关方商定
结构分析步骤的基础	功能分析步骤的基础	失效分析步骤的基础	FMEA中失效文件编制和风险分析步骤的基础	产品或过程优化步骤的基础	为产品和/或过程要求, 预防和探测控制的细化提供基础	记录风险分析和风险降低到的可接受水平

3.2、FMEA手册增加了一种新方法：增加了监测和系统响应

FMEA附录（FMEA-MSR） --- MSR（Monitoring and System Response），即**监测及系统响应**。用于与电子电气产品或者安全性相关的产品的失效分析。DFMEA中未包含必要的监测，为此，FMEA-MSR成为一个有用的辅助分析评价风险现状的工具，并说明与可接受的遗留风险条件相比，进行额外监测的必要性。

ISO 26262应用于包括一个或多个电气和/或电子（E/E）的与安全有关的系统。它包括安全机制，警告和降级的概念，以及必要的测试验证，以证明设计符合安全目标和安全要求。

ISO 26262依靠DFMEA识别失效故障的潜在原因。FMEA-MSR可以用来补充DFMEA，通过分析**诊断监测和系统响应的有效性**来维护功能安全。DFMEA-MSR除了安全考虑外，该方法还可用于分析法规要求的一致性。



3.3第五版 FMEA表6项变化点

— FMEA表格修改:

A、DFMEA有一种标准、一种备选，PFMEA一种标准、四个备选。

B、表头增加了保密等级（三种）

— 新增结构分析：DFMEA扩展到系统、系统组件和零件组件

PFMEA扩展到过程组件、工艺步骤和工艺要素

— 功能分析：按系统、子系统和要素（或零件）进行了扩展，

强调聚焦元素。

— 故障分析:

A、以组件为核心定义了分析对象。

B、更改表格分析的顺序为：失效影响 - 失效模式 - 失效原因



第五版 FMEA变化点

— 风险分析:

A、严重度、频度和探测度重新进行定义，并形成公司规则。

B、以行动优先权（AP）取代RPN

— 优化：增加状态列（“尚未确定”、“尚未策划”、
“尚未执行”、“已完成”、“放弃”）



新旧表格的变化

AIAG FMEA 4 th DFMEA																												
项目	功能	要求	潜在失效模式	潜在失效影响	严重度 S	分类	潜在失效原因	现行设计控制			探测度 D	RPN	建议措施	责任及计划完成日期	实施结果													
								预防	发生度 O	探测					采取的措施完成日期	SOD	RPN											
上一高层级	关注要素	下一低层级或特性类型	上一高层级功能及要求	关注要素功能及要求	下一低层级的功能及要求或特性	失效影响 (EI)	严重度 (S)	失效模式 (FM)	失效原因 (FC)	现行预防控制 (PC)	发生度 (O)	现行探测控制 (DC)	探测度 (D)	措施优先级 (AP)	筛选器代码 (选填)	预防控制	探测措施	负责人姓名	目标完成时间	状态	采取基于证据的措施	实际完成时间	S	O	D	AP	筛选器代码 (可选)	备注
结构分析 第2步		功能分析 第3步		失效分析 第4步			风险分析 第5步					改进分析 第6步																
AIAG & VDA 1 st DFMEA																												

4、 FMEA的基本思想和理念

“我先..... 所以没有”

- 我先看了天气预报所以没有淋成落汤鸡
- 我先评估金融大楼高度所以没有影响飞机安全
- 我先设计电脑防火墙所以没有被黑客入侵

有些**我先**是必需的！有些**所以没有**是预期可避免的

FMEA旨在成为“事前”预防行为，而不是“事后”追悔行为，为了实现价值最大化，FMEA必须在产品/过程实施之前，失效模式潜在存在的状态下进行。



FMEA 理念



潜在失效模式与后果分析 (FMEA) 是一种面向团队、系统、定性和分析的方法，旨在识别、分析和减少与产品和制造过程设计相关的技术风险。它支持五个先期产品质量策划 (APQP) 阶段，通过强调缺陷预防来提高客户满意度。

如果使用得当，FMEA 的一个主要好处是能够降低风险，同时平衡成本，从而实现组织稳定和增长。为此，您应该能够将 FMEA 连接到质量成本 (COQ)。

先期产品质量策划 (APQP) 阶段	策划和定义方案	产品设计与开发的验证	过程设计与开发的验证	产品与生产确认	反馈评估和纠正措施
设计 FMEA	在产品开发启动之前的概念阶段开始 FMEA 计划	充分理解设计概念后，启动设计 FMEA	在用于报价的设计规范发布之前完成设计 FMEA 分析	在生产工装开始之前完成设计 FMEA 行动	如果现有设计和过程发生改变，则重新开始策划设计 FMEA 和过程 FMEA
过程 FMEA	从设计 FMEA 到过程 FMEA 的信息流动应在同一时间段内执行设计 FMEA 和过程 FMEA，以便优化产品和过程设计。	充分理解生产概念后，启动过程 FMEA	在最终过程决策之前完成过程 FMEA 分析	在 PPAP/PPA 之前完成过程 FMEA	



4、DFMEA和PFMEA的应用重点

- **情形1：新设计，新技术，或新过程。**
FMEA的范围是完善设计、技术和过程。
- **情形2：现有设计和过程的修改。**
FMEA的机会聚焦于设计或过程的修改，及由于修改和市场上历史反映可能引起的交互作用。这还包括法规要求的更改。
- **情形3：现行设计的新应用（包括工作周期，法规要求 等）**
FMEA的范围聚焦于新环境，场所或应用的使用对现有设计或过程的影响。

5、FMEA的类别

根据产品范围分

系统FMEA

子系统FMEA

部件FMEA



2. 车身的基本概念



☆汽车是由发动机、底盘、电器、车身四大系统构成。



DFMEA 潜在失效网和失效链分析

分析级别	OEM级别的DFMEA	一级供应商级别的DFMEA	二级供应商级别的DFMEA	三级供应商级别的DFMEA	分析级别示例	失效示例
整车	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FM</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FC</div>				乘客舱	超出舒适关闭时间太久
系统		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FE</div>			车窗升降系统	车窗玻璃移动速度过低
系统		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FM</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FE</div>		车窗升降电机	车窗升降电机的扭矩和转动速度过低
子系统要素		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FC</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FM</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FE</div>	换向系统	换向系统间歇性错误连接线圈 (L1, L3和L2, 而不是L1, L2和L3)
组件要素			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FC</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FM</div>	电刷盒基座	电刷盒的碳刷接触部位弯曲
(审计) 功能特性			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FC</div>	电刷盒基座特性	碳刷接触部位硬度过低	

失效链

失效网



5、FMEA的类别

根据使用对象分

DFMEA

PFMEA

FMEA-MSR

根据数据库创建方式

基础FMEA：企业共同

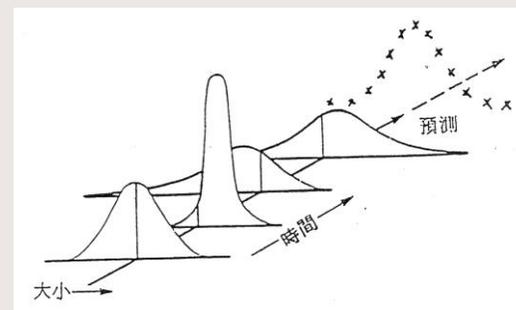
家族FMEA：类别综合





6、FMEA换版处理

- 使用早期版本FMEA的编制内容，可以在随后的修订保留原来的格式。也可选用将内容转移至最新的表单，以便运用新手册的改进。
- 已开始的项目应转移到新格式，但如果小组认为该新项目是在现有产品的基础上微小变更，可以使用原来的格式。
- 除非公司程序规定其他分析方法，否则新项目都应遵循FMEA程序。



第二章：FMEA分析步骤



七步法和DFMEA的应用

step1内容：准备和策划

- 1、项目信息：5T(目的、时间、团队、任务和工具)
- 2、BOM
- 3、确定分析范围 – 框图
- 4、识别顾客：
 - 生产制造的后工序；
 - 外部生产装配顾客；
 - 最终使用用户；
 - 法律法规

1.1、DFMEA范围考虑：

包含那些零件，采购件谁来设计？谁又负责分析？

设计 FMEA（DFMEA）“规划和准备”步骤的主要目标是：

- 项目确定
- 项目计划：目的、时间安排、团队、任务和工具（5T）
- 分析边界：分析中包括什么、不包括什么
- 利用以往的经验确认基准 FMEA
- 结构分析步骤的基础

1.2: 项目信息的具体体现

示例：设计失效模式及影响分析（设计FMEA）

规划与准备（步骤一）

公司名称:	Acme Automotive	项目:	PX123 上部导管架		
工程地点:	德国慕尼黑	DFMEA开始日期:	2018年3月19日	DFMEA ID 编号:	123456
顾客名称:	Jackson Industry	DFMEA修订日期:	2018年9月25日	设计职责:	S. Gray
车型/项目	2020 PX123	跨职能团队:	见团队清单	保密级别:	保密

图 2.1-1 填好的 DFEMA 表头示例（“规划和准备”步骤一）

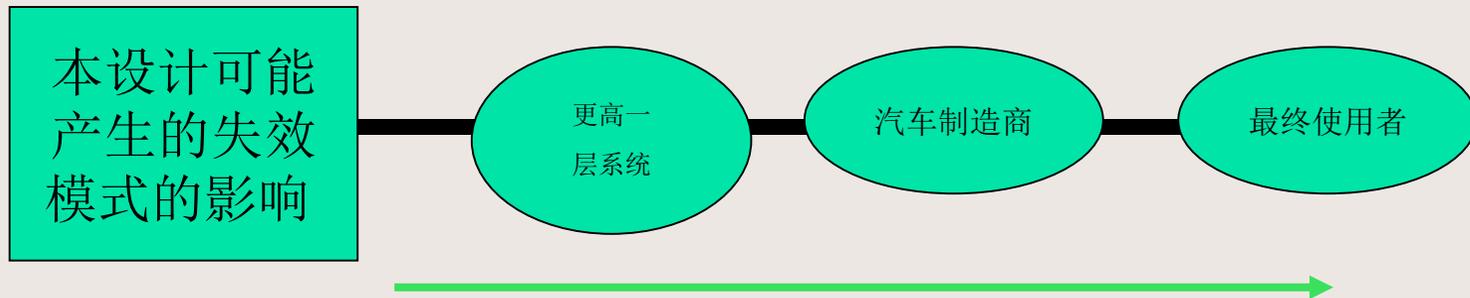
注：保密级别分商业用、专用和保密。

DFMEA考虑的重点

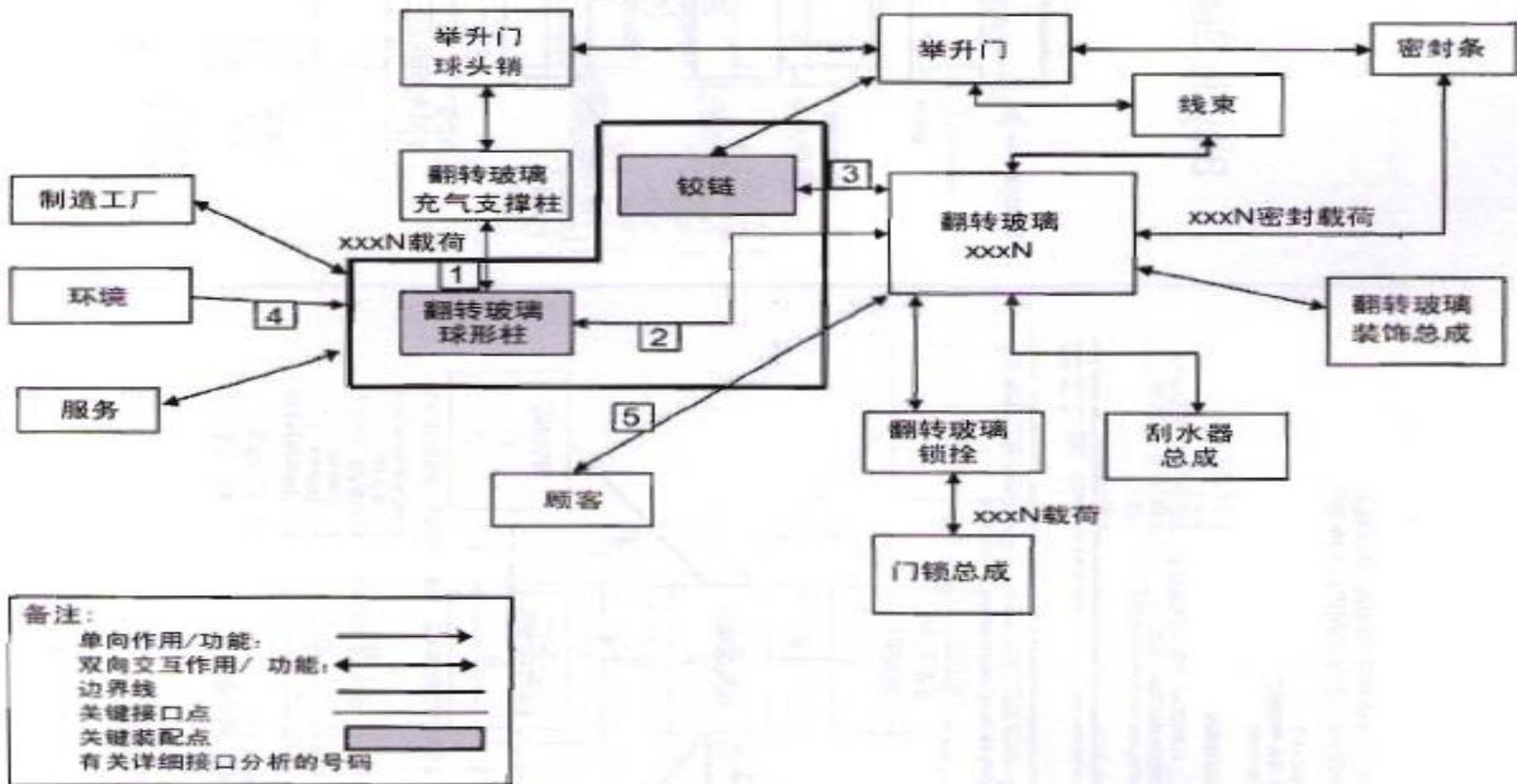
设计FMEA(产品)要点

- 组件和元件
- 设计
- 设计要素

设计FMEA着眼于元件及设计要素的物理失效模式

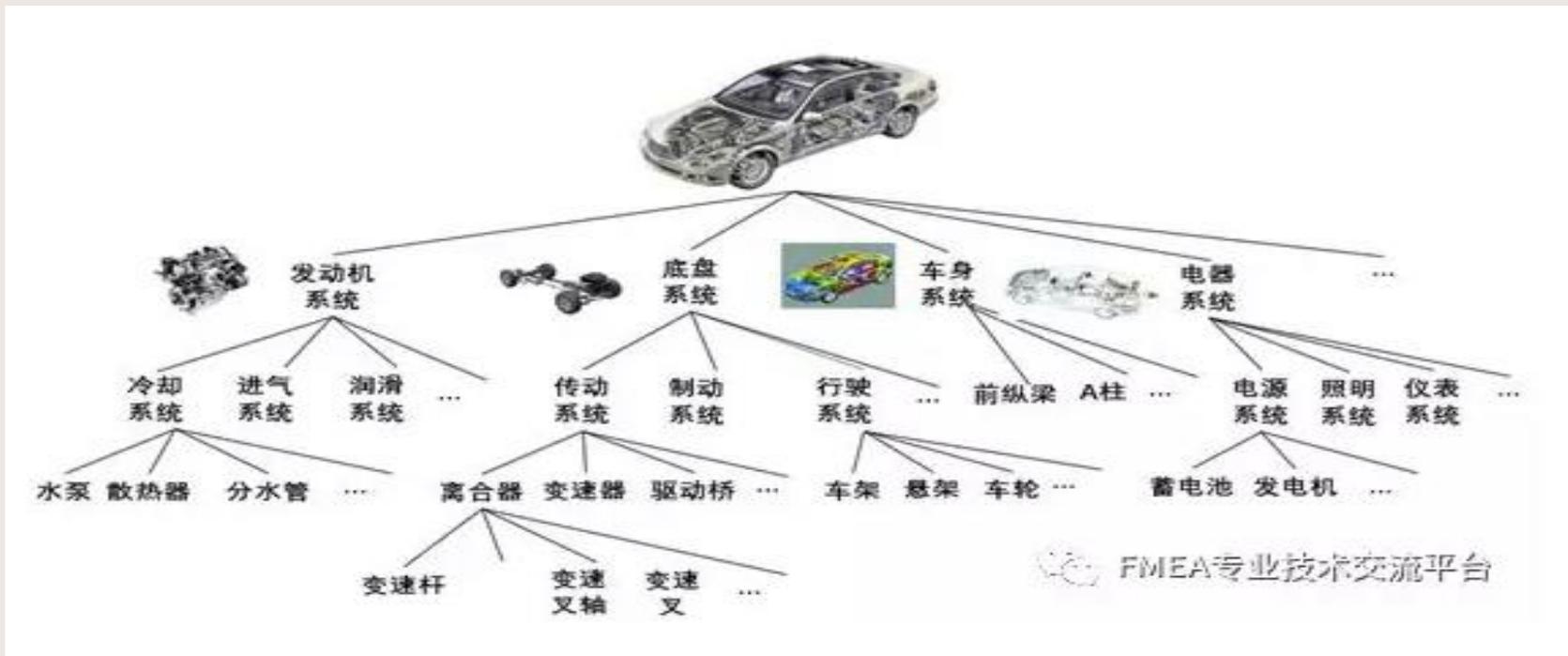


都是DFMEA所要考虑的对象，但最主要的是针对**最终使用者**。



DFMEA应考虑提供产品的框图，确定设计的范围！
请用20分钟的时间画出本公司某产品的框图！！

step2: 结构分析



1、DFMEA划分为:

系统—子系统—部件—部位或特性等

2、DFMEA----清楚识别分析对象的内外部接口

外部接口--- 外部环境要求，顾客要求，生产制造，维修维护以及相关关联的系统、子系统或零部件的关联。

内部接口--- 系统内的子系统、零部件的相互关联。

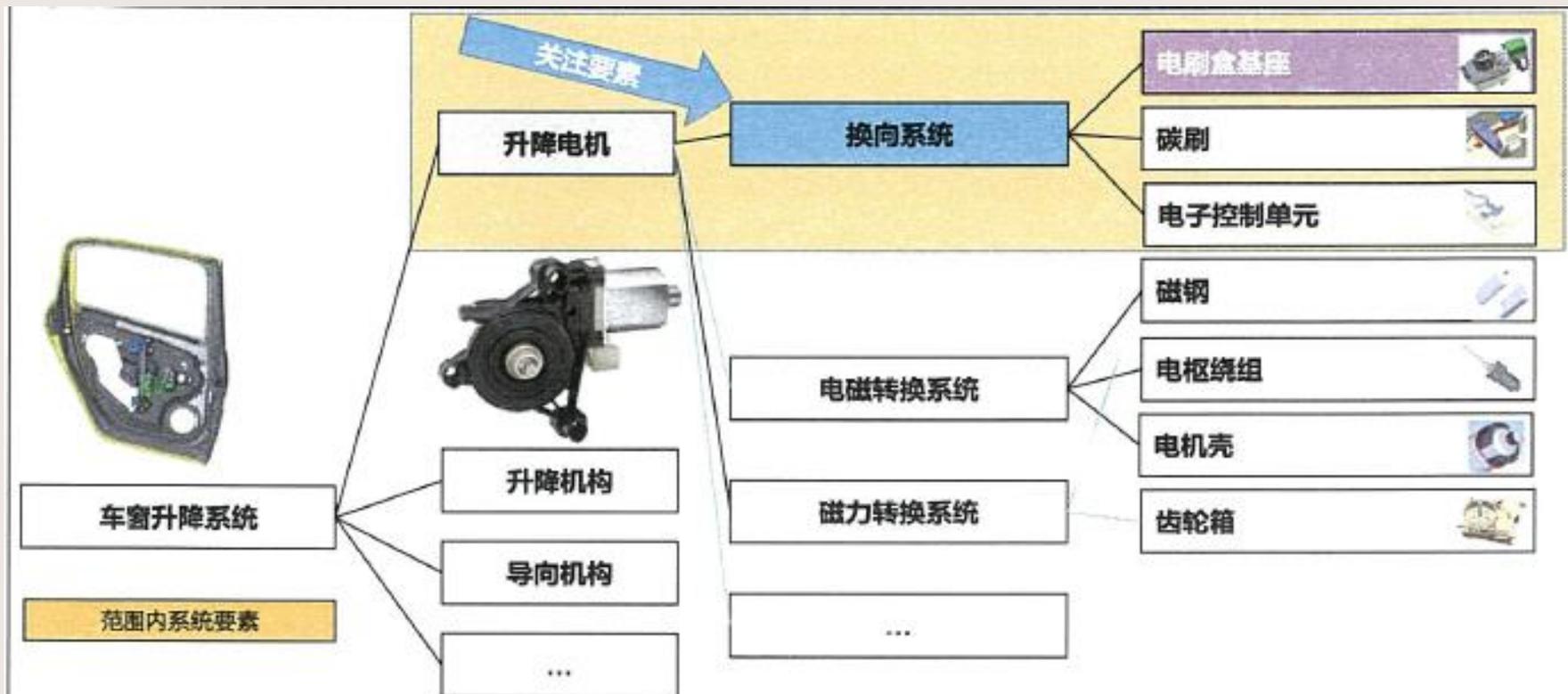
接口有五种主要类型：

- 物理连接（例如：支架、螺栓紧固、夹紧和其各种连接）
- 材料交换（例如：气压、液压油或任何其它液体或物料的交换）
- 能量传递（例如：热量传递、摩擦或运动传递，如链条或齿轮）
- 数据交换（例如：计算机输入或输出、线束、电信号或任何其他类型的信息交换、网络安全项目）
- 人-机（例如控制、开关、镜子、显示器、警告、座位、出入口）

另一种类型的接口可以描述为没有物理连接的零件之间的物理间隙，间隙可以是静态和/或动态的。

关注要素-----分析对象和重点！

DFMEA结构树



结合以上案例请绘出本公司设计产品的结构树！！

DFMEA结构分析

结构分析 (步骤二)		
1. 上一较高级别	2. 关注要素	3. 下一较低级别或特性类型
车窗升降电机	换向系统	电刷盒基座

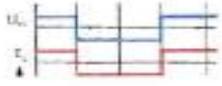
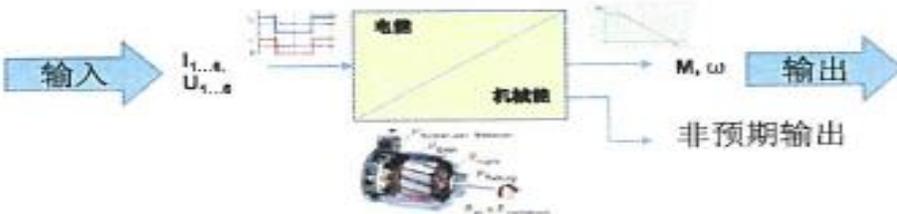
- 1、上一级高级别：分析范围内最高层级（如：产品总成）
- 2、关注要素：受关注的项目，也是考虑失效链的主体项目
- 3、下一较低别或特性：结构中处于关注要素下一级别要素

结合产品的结构树一列出结构分析！！

Step3 : 功能分析

一般是“动词+名词”表达

DFMEA清楚识别----上级系统功能+聚焦元素的功能+下一较低级别功能（功能可以分解特性要求）

噪音因素				
噪音 1	噪音 2	噪音 3	Noise 4	Noise 5
产品间的变化 例如：转子和固定装置之间的间隙变化	随着时间的变化 例如：固定装置永久磁化，碳刷磨损	顾客使用 例如：儿童玩耍对车窗升降系统的过度使用	外部环境 例如：湿度，温度，灰尘，外部振动，摇晃.....	系统交互作用 例如：ECU的电磁干扰
输入能量 例如：电压，电流 	车窗升降电机 			预期输出能量 例如：电磁阀上随角度变化电能 
功能 根据参数设置将电能转换成机械能 要求 根据规范€790-1323生成电机特性曲线	功能性要求 以规定的速度上下移动车窗玻璃	控制因素 可控制功能的自然科学因素，例如磁场强度，磁导率.....	非功能性要求 可限制设计选项的要求，如与顾客系统的几何接口，重量，材料，尺寸.....	非预期输出 能量损失，例如：热能，...NVH, EMC



- 1、上一级高级别：分析范围内的功能，来至于法规、顾客要求等。
- 2、关注要素：在结构分析中识别相关系统要素的功能
- 3、下一较低别或特性：在结构分析中识别的相关组件或部位的功能。

DFMEA的作用和功能分析是确定各层级之间的关联性

功能结构自上至下逐渐详细，较低级别功能描述了较高级别功能是如何被满足的。以下几个问题有助于功能结构符合逻辑地连接：

- “较低级别功能如何使得较高级别功能生效？”（自上而下）以及
- “为什么需要较低级别功能？”（自下而上）

➤设计FMEA还应考虑产品维护（服务）及回收的技术/身体的限制，例如：

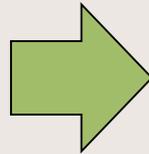
- 工具的可接近性；
- 诊断能力；
- 材料分类符号（用于回收）。

对应结构分析中的层级
描述功能分析！！

20分钟的训练和5
分钟的评审

step4失效分析:

失效：未满足功能要求



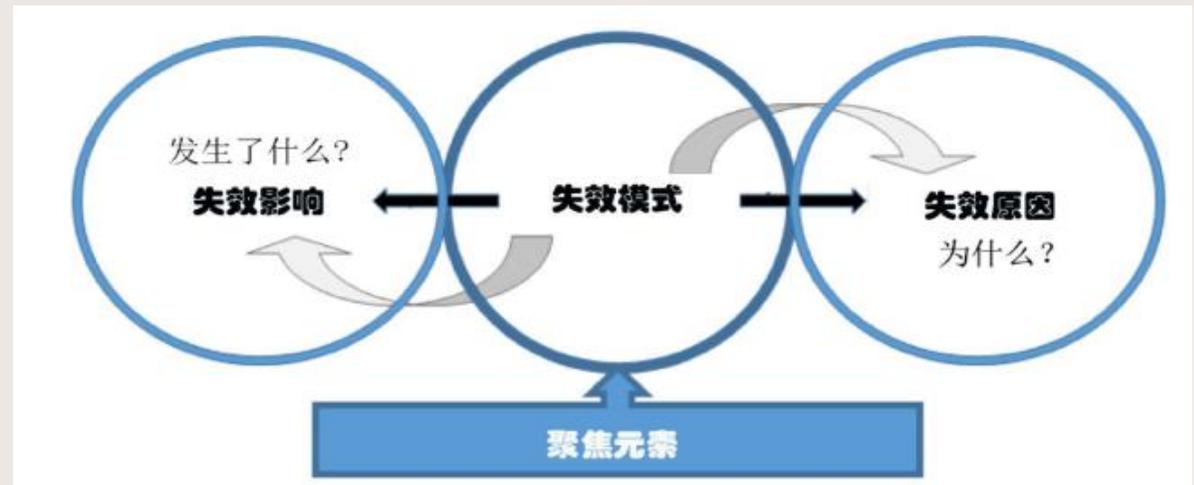
- A、功能：丧失、退化、间歇、延迟
- B、部分功能丧失、
- C、功能超范围
- D、非预期功能

1、包括：

失效影响----FE

失效模式----FM

失效原因----FC



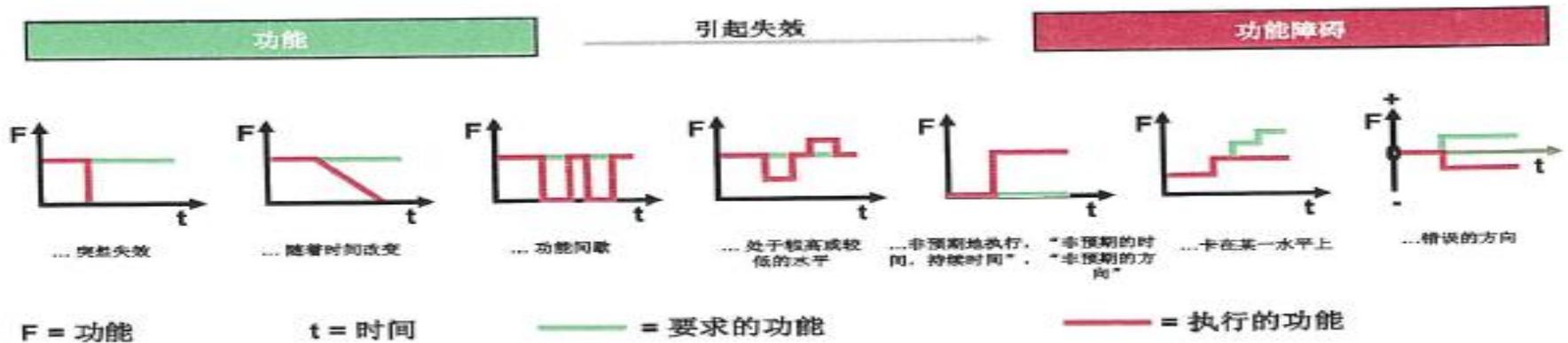


图 2.4-1 失效模式的类型

- 功能丧失（即无法操作、突然失效）
- 功能退化（即性能随时间损失）
- 功能间歇（即操作随机开始/停止/开始）
- 部分功能丧失（即性能损失）
- 非预期功能（即在错误的时间操作、意外的方向、不相等的性能）
- 功能超范围（即超出可接受极限的操作）
- 功能延迟（即非预期时间间隔后的操作）

4.1、失效影响： 定义为失效模式产生的后果

DFMEA列出各级功能的每一失效的所有可能后果，失效影响是失效模式的衍生事件（上级系统的失效——失效影响），可能影响：

- 最终用户
- 中间用户
- 法规
- 下序

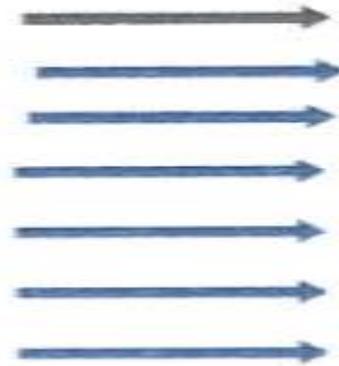
注：顾客抱怨是非常有用的信息来源

4.2、失效模式 定义为一个项目可能无法满足或交付预期功能的方式。

失效模式 来源于聚焦元素的功能未满足，包括但不限于以下几种：

组件级失效模式的示例可以包括，但不限于以下：

不推荐
破裂
变形
断裂
松脱
氧化
黏贴



推荐
组件破裂
组件变形
组件断裂
零件松脱
零件氧化
组件黏贴

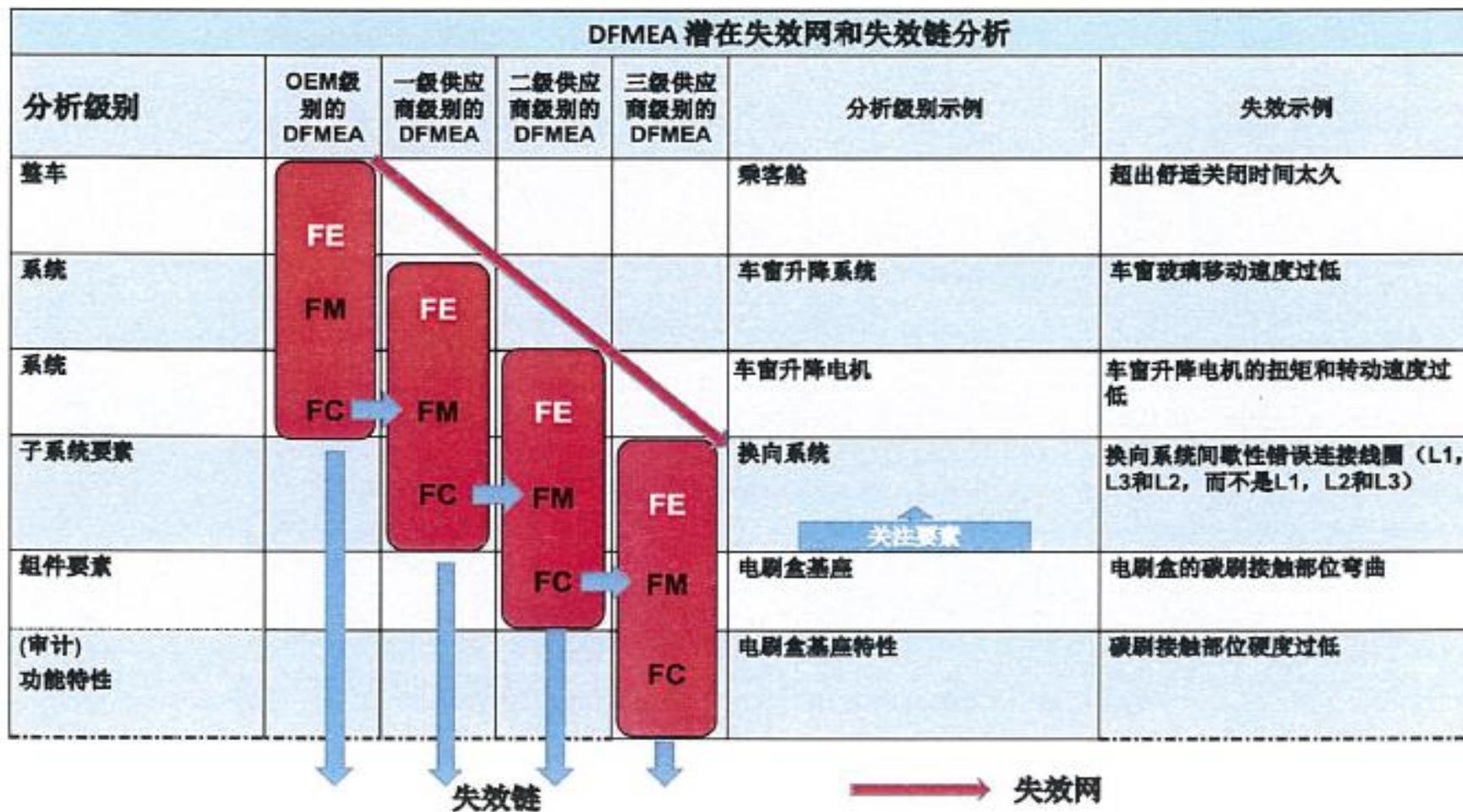
4.3、失效原因：是指失效模式的原因。

失效原因来源于下一级系统功能功能失效模式、要求和潜在噪声因素。



结合功能分析，进行失效分析！！（25分钟）

失效链和失效网的分析说明



1. 上一较高级别	1. 上一较高级别的功能和要求	1. 对于上一较高级别要素和/或最终用户的失效影响 (FE)
车窗升降电机	根据参数设置将电能转换为机械能	车窗升降电机的扭矩和转动速度过低

图 2.4-7 产品最终项目-功能-失效表格视图

2. 关注要素	2. 关注要素的功能和要求	2. 关注要素的失效模式 (FM)
换向系统	换向系统在电磁转换系统的线圈对之间传输电流	换向系统的角度偏差导致间歇性错误连接线圈 (L1、L3 和 L2, 而不是 L1、L2 和 L3)

图 2.4-8 关注项目/要素-功能-失效表格视图

3. 下一较低级别或特性类型	3. 下一较低级别的功能和要求或特性	3. 下一较低级别要素或特性的失效起因 (FC)
电刷盒基座	电刷盒在弹簧和电机壳体之间传输力, 为碳刷弹簧系统提供 x、y、z 方向的支撑 (支撑交换接触点)	电刷盒的碳刷接触部位弯曲

图 2.4-9 较低级别项目-功能-失效表格视图

4.4、严重度——与所给的失效模式的最严重后果相符的一个值。
 严重度是在单独FMEA的范围内的相对排序。

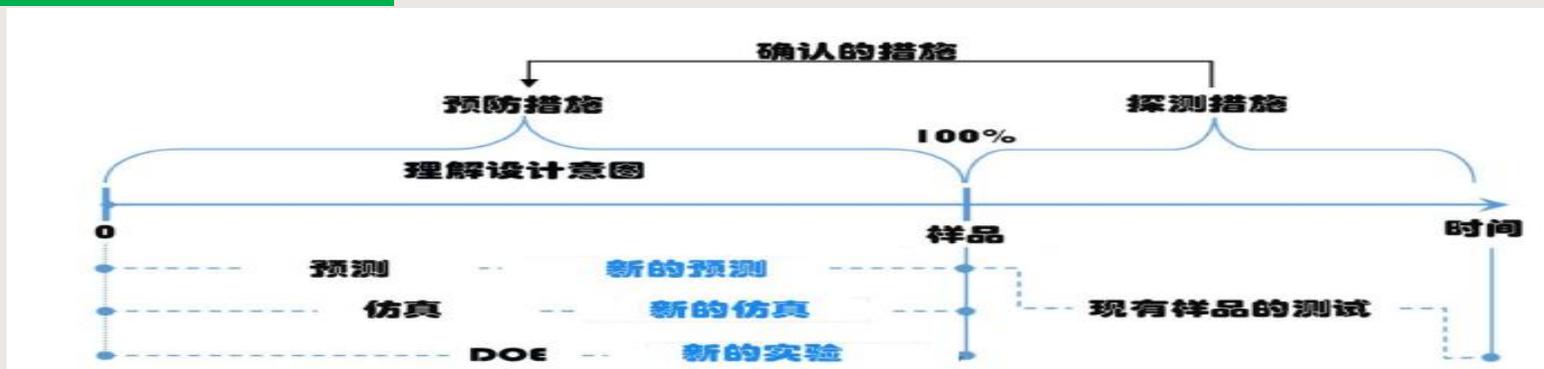
S	影响	严重度标准	公司或产品系列示例
10	非常高	影响到车辆和/或其他车辆的操作安全，驾驶员、乘客、交通参与者或行人的健康状况。	
9		不符合法规。	
8	高	在预期使用寿命内，失去正常驾驶所必需的车辆主要功能。	
7		在预期使用寿命内，降低正常驾驶所必需的车辆主要功能。	
6	中	失去车辆次要功能	
5		降低车辆次要功能	
4		外观、声音、振动、粗糙度或触感令人感觉非常不舒服。	
3	低	外观、声音、振动、粗糙度或触感令人感觉中度的不舒服。	
2		外观、声音、振动、粗糙度或触感令人略微感觉不舒服。	
1	非常低	没有可觉察到的影响。	

step5: 风险分析:

风险分析的目的是通过评估严重度、频度和探测度来估计风险，并对需要采取的措施进行优先排序。包括：

- 1、现行预防控制：消除（预防）失效的机理的要因（FC）或失效模式（FM）的发生 或降低发生率
- 2、现行预防探测：在项目放行到生产前，通过解析方法或物理方法识别（探测）要因（FC），失效的机理或失效模式（FM）是否存在

DFMEA的控制为：



可结合相关产品或类似产品的设计经验确定PC和DC。

➤ DFMEA的控制:

- 现行设计预防控制: 应从产品设计结构考虑
- 现行设计探测控制: 应从设计验证的角度控制

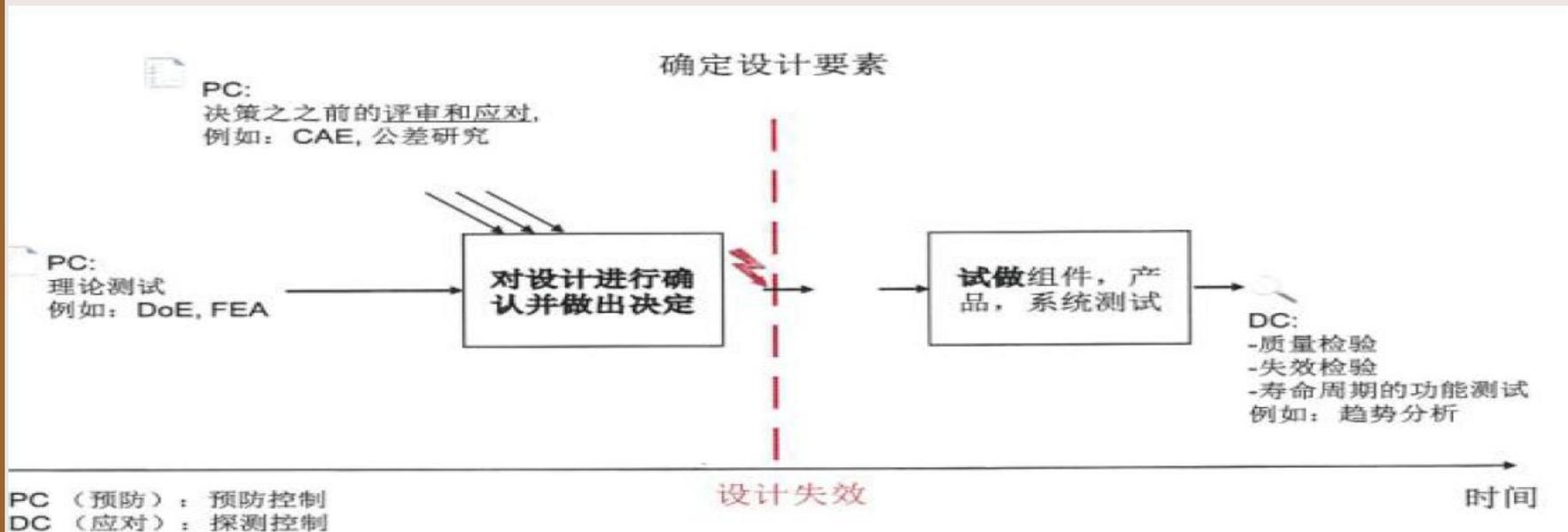


图 2.5-1 设计 FMEA 中的预防和探测

3、频度度 - O (故障率、故障时间、寿命试验)

O	对失效起因发生的预测	频度标准 - DFMEA	公司或产品系列示例
10	极高	<p>在没有操作经验和/或在运行条件不可控制的情况下的任何地方对新技术的首次应用。没有对产品进行验证和/或确认的经验。</p> <p>不存在标准，且尚未确定最佳实践。预防控制不能预测使用现场绩效或不存在预防控制。</p>	
9	非常高	<p>在公司内首次应用具备创新技术的设计产品或材料。新应用，或工作周期/运行条件有改变。没有对产品进行验证和/或确认的经验。</p> <p>预防控制不是针对确定特定要求的性能。</p>	
8		<p>在新应用内首次使用具有技术创新或材料的设计。新应用，或工作周期/运行条件有改变。没有对产品进行验证和/或确认的经验。</p> <p>极少存在现有标准和最佳实践，不能直接用于该设计产品。预防控制不能可靠地反映使用现场绩效。</p>	
7	高	<p>根据相似技术和材料的新型设计。新应用，或工作周期/运行条件有改变。没有对产品进行验证和/或确认的经验。</p> <p>标准、最佳实践和设计规则符合基础设计要求，但不适用于创新产品。防预防控制提供了有限的性能指标。</p>	
6		<p>应用现有技术和材料，与之前设计相似。类似应用，工作周期或运行条件有改变。之前的测试或使用现场经验。</p> <p>存在标准和设计规则，但不足以确保不会出现失效起因。预防控制提供了预防失效起因的部分能力。</p>	

发生频率 (O)：是在设计寿命内由特定要因/机理将导致失效模式发生的可能性

5	中	应用成熟技术和材料，与之前设计相比有细节上的变化。类似的应用、工作周期或运行条件。之前的测试或使用现场经验，或为具有与失效相关测试经验的新设计。	
4		在之前设计中所学到的与解决设计问题相关的教训。在本设计中对最佳实践进行再评估，但尚未经过验证。预防控制能够发现与失效起因相关的产品缺陷，并提供部分性能指标。	
3	低	与短期现场使用暴露几乎相同的设计。类似应用，工作周期或运行条件有细微变化。之前测试或使用现场经验。之前设计和为新设计而进行的改变符合最佳实践、标准和规范要求。	
2		预防控制能够发现与失效起因相关的产品缺陷，很可能地反映设计符合性	
1	非常低	对已知设计（相同应用，在工作周期或操作条件方面）和测试或类似运行条件下的现场经验的细微变化或成功完成测试程序的新设计。	
2		考虑到之前设计的经验教训，设计预计符合标准和最佳实践。预防控制能够发现与失效起因相关的产品缺陷，并预测了与生产设计的一致性。	
1	极低	与长期现场暴露几乎相同的设计。相同应用，具备类似的工作周期或运行条件。在类似运行条件下的测试或使用现场经验。	
2		考虑到之前设计的经验教训并对其具备充足的信心，设计预计符合标准和最佳实践。预防控制能够发现与失效起因相关的产品缺陷，并显示出对设计符合性的信心。	
1	极低	失效通过预防控制消除，通过设计失效起因不可能发生。	

产品经验：在公司内使用产品的历史（新品设计、应用或使用案例）。已经完成的探测控制结果提供了设计经验。

预防控制：在产品设计中应用最佳实践、设计规则、公司标准、经验教训、行业标准、材料规范、政府规定，以及以预防为导向的分析工具的有效性（分析工具包括计算机辅助工程、数学建模、模拟研究、公差叠加和设计安全边际）。

注：频度 10、9、8、7 可根据产品验证活动降低。

C1.3 备选DFMEA频度 (O) 表

C1.3.1 DFMEA 频度 (O)，带每千台车故障率

产品的潜在频度 (O)			
根据以下标准对潜在失效起因进行的评级。在确定最佳预估频度时应考虑产品经验和预防控制。			空白，由使用人员填写
O	每千件产品/车辆的故障率	频度标准 - DFMEA	公司或产品系列示例
10	≥ 千分之一 >/= 十分之一	在无操作经验和/或在运行条件不可控制的情况下，在任何地方对新技术的首次应用。没有对产品进行验证和/或确认的经验。 不存在标准，并尚未确定最佳实践。预防控制不能预测使用现场绩效或不存在预防控制。	
9	千分之五十， 二十分之一	在公司内首次应用具备创新技术的设计产品或材料。新应用，或工作周期/运行条件有改变。没有对产品进行验证和/或确认的经验。 预防控制不是针对确定特定要求的性能。	
8	千分之二十， 五十分之一	在新应用内首次使用具备创新技术的设计产品或材料。新应用，或工作周期/运行条件有改变。没有对产品进行验证和/或确认的经验。 极少存在现有标准和最佳实践，不能直接用于该设计产品。预防控制不能可靠地反映使用现场绩效。	
7	千分之十， 百分之一	根据相似技术和材料的新型设计。新应用，或工作周期/运行条件有改变。没有对产品进行验证和/或确认的经验。 标准、最佳实践和设计规则符合基础设计要求，但不适用于创新产品。预防控制提供了有限的性能指标。	

C1.3.2 DFMEA 频度 (O)，基于时间的失效预测值

产品的潜在频度 (O)			
根据以下标准对潜在失效起因进行的评级。在确定最佳预估频度（定性评级）时应考虑产品经验和预防控制。			空白，由使用人员填写
O	基于时间的失效起因预测	频度标准 - DFMEA	公司或产品系列示例
10	每次	在无操作经验和/或在运行条件不可控制的情况下，在任何地方对新技术的首次应用。没有对产品进行验证和/或确认的经验。 不存在标准，并尚未确定最佳实践。预防控制不能预测使用现场绩效或不存在预防控制。	
9	几乎每次	在公司内首次应用具备创新技术的设计产品或材料。新应用，或工作周期/运行条件有改变。没有对产品进行验证和/或确认的经验。 预防控制不是针对确定特定要求的性能。	
8	每班超过一次	在新应用内首次使用具备创新技术的设计产品或材料。新应用，或工作周期/运行条件有改变。没有对产品进行验证和/或确认的经验。 极少存在现有标准和最佳实践，不能直接用于该设计产品。预防控制不能可靠地反映使用现场绩效。	

4、探测度 - D: 检测和把关的能力

C1.4 DFMEA 探测度 (D)

用于产品设计验证的潜在探测度 (D)				
根据探测方法成熟度和探测机会对探测控制进行评级。				空白, 由使用人员填写
D	探测能力	探测方法成熟度	探测机会	公司或产品系列示例
10	非常低	测试程序尚未开发。	测试方法尚未定义	
9		没有为探测失效模式或失效起因而特别地设计测试方法。	通过/不通过测试、失效测试、老化测试	
8	低	新测试方法, 尚未经过验证。	通过/不通过测试、失效测试、老化测试	
7		已经验证的测试方法, 该方法用于功能性验证或性能、质量、可靠性以及耐久性确认; 测试计划时间在产品开发周期内较迟, 如果测试失败将导致重新设计、重新开模具导致生产延迟。	通过/不通过测试	
6	失效测试			
5	老化测试			
4	高	已经验证的测试方法, 该方法用于功能性验证或性能、质量、可靠性以及耐久性确认; 计划时间充分, 可以在开始生产之前修改生产工装。	通过/不通过测试	
3			失效测试	
2			老化测试	
1	非常高	之前测试证明不会出现失效模式或失效起因, 或者探测方法经过实践验证总是能够探测到失效模式或失效起因。		

5、风险分析评价

- 1、根据失效分析结果，对失效定义预防和探测措施，并对严重度、频度和探测度进行打分。
- 2、根据AP规则确定H、M、L等级。

AIAG-VDA手册使用了行动优先级表（AP），AP表为提供了的所有1000种可能的S、O及D的逻辑组合。优先级分三种：

- 1) 高优先级（H）：最高级别的改进优先级，小组**必须**确定适当的行动以改进预防和/或探测控制；**如果没有改进措施，应有文件化的理由说明。**
- 2) 中优先级（M）：中等级别的改进优先级，小组**应该**确定适当的行动，以改进预防和/或探测控制；如果小组结合公司实际情况，不采取改进措施，应有证据显示为什么控制是足够的。
- 3) 低优先级（L）最低级别的改进优先级，小组**可以**确定改进预防或探测控制的措施。

C1.5 DFMEA 措施优先级表

DFMEA 措施优先级 (AP)							
措施优先级是以严重度、频度以及探测度评级的综合为基础的，目的是为降低风险而对各项措施进行优先排序。							空白，由使用人员填写
影响	S	对失效起因发生的预测	O	探测能力	D	措施优先级 (AP)	备注
对产品或工厂的影响度非常高	9-10	非常高	8-10	低 - 非常低	7-10	H	
				中	5-6	H	
				高	2-4	H	
				非常高	1	H	
		高	6-7	低 - 非常低	7-10	H	
				中	5-6	H	
				高	2-4	H	
				非常高	1	H	
		中	4-5	低 - 非常低	7-10	H	
				中	5-6	H	
				高	2-4	H	

DFMEA 的措施优先级 (AP)

措施优先级是以严重度、频度以及检测评级的综合为基础的，目的是为降低风险而对各项措施进行优先排序。

空白，由使用人员填写

影响	S	对失效起因发生的预测	O	探测能力	D	措施优先级 (AP)	备注	
对产品或工厂的影响度高	低	2-3	1	非常高	1	M		
				低 - 非常低	7-10	H		
				中	5-6	M		
				高	2-4	L		
				非常高	1	L		
	非常低	1	非常高 - 非常低	1-10	L			
	对产品或工厂的影响度高	非常高	8-10	1	低 - 非常低	7-10	H	
					中	5-6	H	
					高	2-4	H	
					非常高	1	H	
高		6-7	1	低 - 非常低	7-10	H		
				中	5-6	H		
				高	2-4	H		
非常高		1	1	非常高	1	M		
				低 - 非常低	7-10	H		
				中	5-6	M		
中		4-5	1	高	2-4	M		
				非常高	1	M		
	低 - 非常低			7-10	M			
	中			5-6	M			
低	2-3	1	高	2-4	L			
			非常高	1	L			
			低 - 非常低	7-10	M			
			中	5-6	M			
非常低	1	非常高 - 非常低	1-10	L				

对产品或工厂的影响度低	2-3	低	2-3	低 - 非常低	7-10	L		
				中	5-6	L		
				高	2-4	L		
				非常高	1	L		
				非常高 - 非常低	1-10	L		
	对产品或工厂的影响度低	2-3	非常高	8-10	低 - 非常低	7-10	M	
					中	5-6	M	
					高	2-4	L	
					非常高	1	L	
					非常高 - 非常低	1-10	L	
对产品或工厂的影响度低		2-3	高	6-7	低 - 非常低	7-10	L	
					中	5-6	L	
					高	2-4	L	
					非常高	1	L	
					非常高 - 非常低	1-10	L	
	对产品或工厂的影响度低	2-3	中	4-5	低 - 非常低	7-10	L	
					中	5-6	L	
					高	2-4	L	
					非常高	1	L	
					非常高 - 非常低	1-10	L	
对产品或工厂的影响度低		2-3	低	2-3	低 - 非常低	7-10	L	
					中	5-6	L	
					高	2-4	L	
					非常高	1	L	
					非常高 - 非常低	1-10	L	
	没有可觉察到的影响。	1	非常低 - 非常高	1-10	低 - 非常低	7-10	L	
					中	5-6	L	
					高	2-4	L	
					非常高	1	L	
					非常高 - 非常低	1-10	L	

step6: 优化

优化的目的是通过改进设计来制订降低风险和增加顾客满意度的措施。

- 1、选择需要优化的项目（H\M）进行进一步优化
- 2、制定优化的**预防或探测的措施**。
- 3、跟踪优化措施的**状态**，重新进行**AP**打分。

step6: 优化

4、优化的最有效顺序如下：

A、修改设计以消除或减少失效影响。

B、修改设计以降低失效起因的频。

C、提高探测失效起因或失效模式的能力。

D、在发生设计修改的情况下，所有受影响的设计要素都重新评估。

step6: 优化

5、建议的状态:

A、尚未确定: 未定义和讨论

B、尚未策划: 已确定, 未决定

C、尚未执行: 已决定, 未执行

D、已完成

E、放弃

step7: 结构文件化

管理层是FMEA过程的拥有者。管理层有选择和应用资源以及确保有效风险管理过程包括时间调配在内的最终责任。

管理层职责也包括通过进行评审，消除障碍和总结得到教训这些方式来给小组提供直接支持

- DFMEA的结果文件需要向管理层和客户报告内部情况

- PFMEA的结果文件需要向管理层和客户报告内部情况

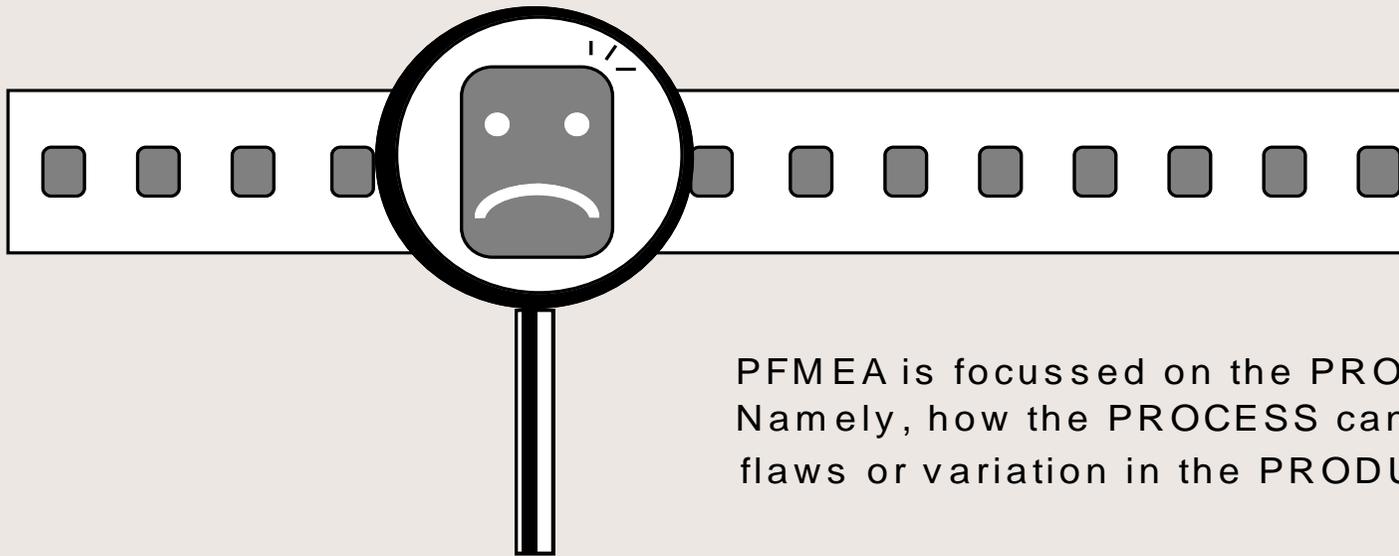
持续改善		结构分析(第2步)			功能分析(第3步)			失效分析(第4步)			风险评估(第5步)					改进措施(第6步)													
问题#	历史/变更授权(适用时)	1.上一较高级别	2.关注要素	3.下一较低级别或特性类型	1.上一较高级别功能及要求	下一较低级别功能及要求或特性	1.对于上一较高级别要素和/或最终用户的失效影响(FE)	失效影响的严重程度(S)	2.关注要素的失效模式(FM)	下一较低级别要素或特性失效的起因(FC)	当前的对失效起因的预防控制(PC)	失效起因/失效模式频率(O)	当前的失效起因/失效模式的探测措施(DC)	失效起因/失效模式的探测度(D)	措施优先级(AP)	筛选器代码(可选)	预防措施	探测措施	负责人姓名	目标完成日期	状态	采取基于证据的措施	完成时间	严重程度S	频率O	探测度D	优先级AP	筛选器代码(可选)	备注
	车窗升降器电机	换向系统	电刷盒底座	根据参数设置将电能转换为机械能	换向系统在电磁转换系统的线圈之间传输电流	电刷盒在弹簧和电机壳之间传输力,为碳刷弹簧系统提供XYZ方向的支撑	车窗升降电机的扭矩和转动速度过低	6	换向系统的角度偏差导致间隔性错调连接线圈(L1\L3\L2)	电刷盒的碳刷接触部位弯曲	根据FEM637进行的电刷盒动态受力模拟	2	抽样测试:依据测试规范MRJ/60测量电刷盒的弹性和塑性变形影响	2	M	无	MRJ1140最终产品测试:根据测试规范在最苛条件下测量电流	测试工程师XXX	6月5日	已完成		6月3日	6	2	1	L			
			碳刷																										
		磁力转换系统																											

FMEA文件化： FMEA是一份动态的文件，应：

- 在一个**设计概念最终形成之时或之前开始**；
- 在产品开始的各个阶段，发生更改或获得更多的信息时，**持续予以更新**；
- 在产品加工图样完工之前**全部完成**。

考虑到制造/装配需求已经包容在内，DFMEA针对设计意图并且**假定该设计将按此意图进行生产/装配**。制造或装配过程中可能发生的潜在失效模式和/或其原因/机理不需、但也可能包括在设计FMEA当中。当这些未包含在**设计FMEA**当中时，它们的识别、后果及控制应包括在**过程FMEA**当中。

第三章 PFMEA实战应用



PFMEA is focussed on the PRODUCT
Namely, how the PROCESS can cause
flaws or variation in the PRODUCT

- PFMEA is focussed on the **Product**
PFMEA 关注**制造过程**对**产品**的影响

过程FMEA作用

PFMEA是**过程设计小组**采用的一种分析方法，用于识别由于制造或装配过程的失效而导致的潜在产品失效模式，并确定所应采取的纠正措施。

- 正式程序
- 着眼于顾客
- 利用工程经验判断和可靠的数据

PFMEA七法要点的实施—**工作内容和步骤**

1. 成立小组并制订计划

- 绝不能由个人单独进行PFMEA，因为：
 - 由个人进行会使结果出现偏差
 - 进行任何活动，都需要从不同的组织取得信息
- 应指定一个人负责**PFMEA**项目的管理者
- 建立FMEA团队，**FMEA**团队由多方论证小组组成，并且备相应工作经验。

1.5.3.3.1 管理者，例如项目经理

- 对识别风险和执行措施是否可接受有决定权
- 指定前期工作负责人，FMEA 推进，并指定设计/过程工程师负责执行来自分析结果的措施
- 负责选择和分配资源，并确保在计划的项目时间内实施有效的风险管理
- FMEA 开发和维护的责任人和所有者
- 管理者责任还包括，通过不断的评审和消除障碍，为团队提供直接支持
- 负责预算

成立小组并制订计划

1.5.3.2 过程 FMEA 团队

核心团队可由以下人员组成：

- 推进者
- 过程/制造工程师
- 人机工程学工程师
- 过程验证工程师

- 质量/可靠性工程师
- 其他负责过程开发的人员

核心团队成员准备 FMEA 系统分析（步骤 1-3）并参加 FMEA 会议。扩展团队成员根据需要参与（由 FMEA 推进者或会议组织人协调）。

扩展团队可由以下人员组成：

- 设计工程师
- 技术专家
- 维护工程师
- 项目经理
- 维修人员
- 现场工作人员
- 采购
- 供应商
- 其他（视需要）

2. 确定过程流程图和范围

• 定义加工范围

- 具体的加工过程：零件加工、总成装配等所涉及相关工序
- 辨别外包过程
- 制造服务内容（外协）

工厂内会影响产品质量且可考虑进行 PFMEA 分析的过程包括：接收过程、零件和材料储存、产品和材料交付、制造、装配、包装、标签、成品运输、储存、维护过程、检测过程以及返工和返修过程等。

• 运用正规的过程流程图

- 辨别四种作业类型
- 辨别关键特性
- 确定变差源

符号	含义
	存储
	操作
	特性检测
	搬运

过程流程图

step 步骤	fab 加工	move 搬运	store 存放	insp 检验	oper. descr. 作业说明	item# 编号	KPC	item# 编号	KCC
1	◆				mold part 注塑零部件	1	no flash 无飞边	1	pressure 压力
2				■	inspect part for flash 检验零件有无飞边				
3			▲		store part in container 将零部件放入周转箱内				
4		●			carry parts to assy area 将零部件送往装配区				

确定本公司的加工过程流程图
(以及分析对象) — 10分钟

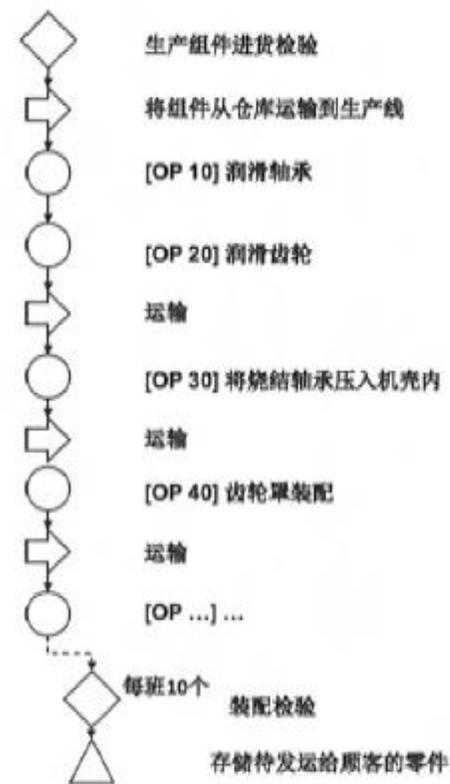


图 3.2-1 过程流程图

3. 结构分析

•PFMEA----依据过程流程图和工艺要求，重点清楚分析：

过程及活动（即制造工站或工位）

•PFMEA应进行结构分解，包括但不限于：

A、过程项 + 过程步骤+ 过程要素(有关的4M)

注：

1、过程项是结构树或过程流程图和PFMEA中最高级别，它也可以视为成功完成所有过程步骤后的最终成果

2、过程步骤是分析焦点，一般是指工站或工位。

3、过程工作要素是过程流程或结构树的最低级别

4M 类型：设备

人员

材料（间接）

环境

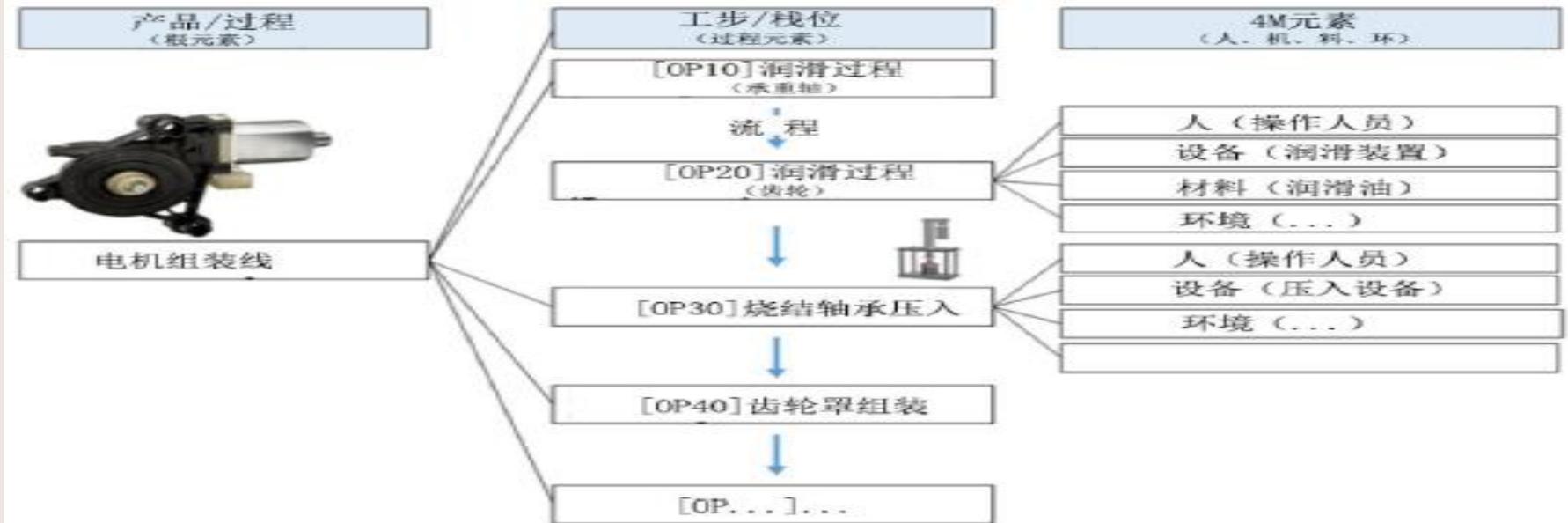
其他类别包括但不限于：

方法

测量

3. 结构分析

B、工序 + 工步 + 相关要素(有关的4M)



请确定本公司过程的结构分解 (15分钟)

4.功能分析

- 一般是“行为动词+名词”表达

- PFMEA功能分析为：

过程项功能 + 过程步骤的功能 + 相关要素的作用

功能描述了过程项或过程步骤的预期用途。每个过程项或过程步骤可能具备多个功能。

功能逐级分析：找出每个要素的功能和作用



图 3.3-1 功能分析结构树示例

从右到左**如何**用来实现产品/过程要求
从左到右是**为什么**执行产品/过程要求

列出每个要素的功能(要求)

- **过程项的功能**从较高级别开始描述，并在结构分析中引用过程项。作为一项高级别描述，过程项可考虑以下功能：内部功能、外部功能、顾客相关功能和/或最终用户功能。
- **过程步骤**的功能描述了在工位上产生的**最终产品特征（特性）**。
- **过程工作要素的功能**反映了过程工作要素对创建程/产品特性的过程步骤的贡献（包括影响产品特征的过程特征）。

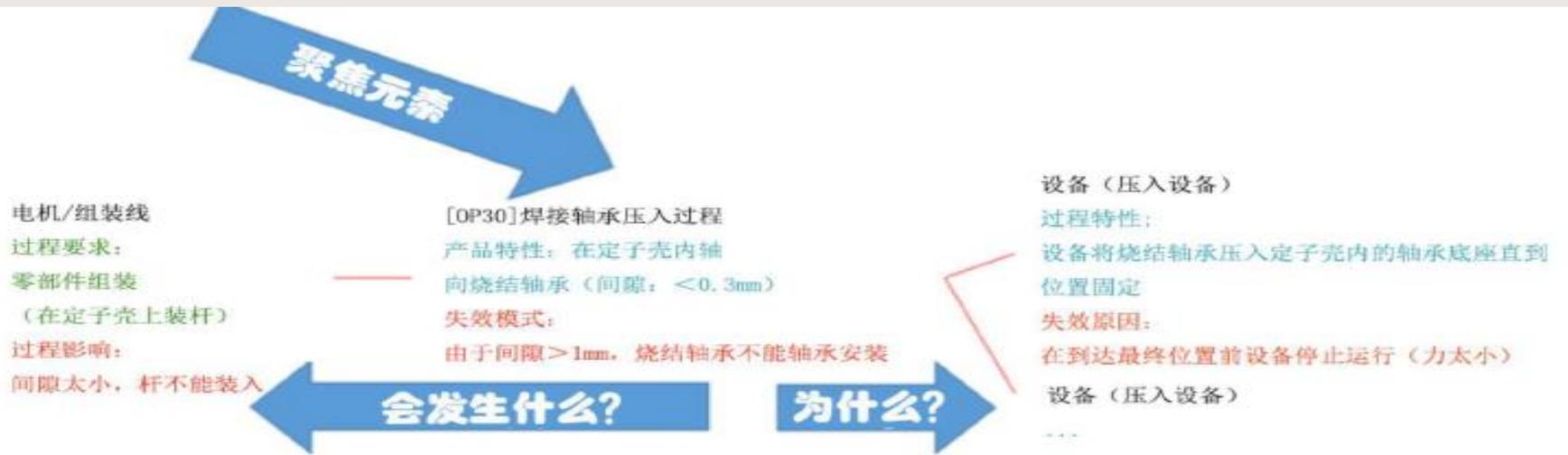
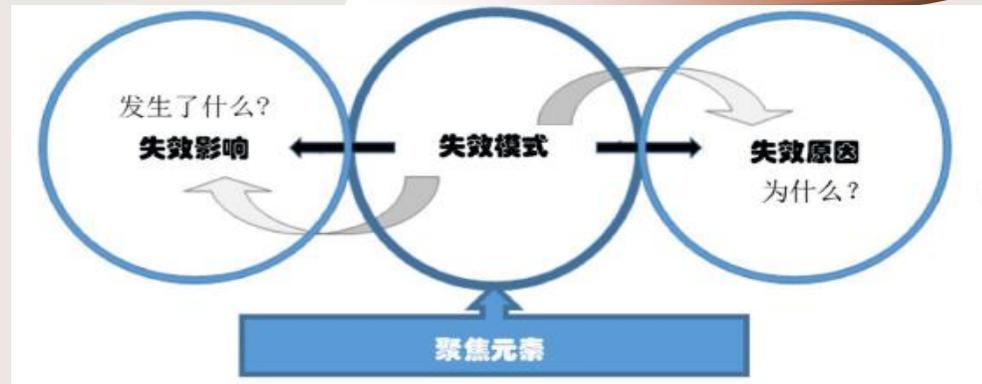
功能分析（步骤3）

1.过程项目功能 (工厂内, 运输至工厂, 过程项目, 最终用户, 其它(如果知道))	2.过程步骤功能和产品特性 (可使用定量描述)	3. 过程影响因素的功能和过程特性
<p>过程项目: 将电能转换为机械能 (acc. 控制信号)</p> <p>在工厂: 在规定时间内完成零部件组装, 并没有报废和返工。</p> <p>工厂流转: 将电机安装在车架上, 安装的间距、种类及密封度等问题</p> <p>最终用户: 车窗玻璃能够上升、下降。</p>	<p>将烧结轴承轴向压入定子壳内, 并达到最大间隙。</p>	<p>操作人员从溜槽上取下洁净的烧结轴承, 并将其推到传动轴上, 直到上止点。</p>
<p>过程项目: 将电能转换为机械能 (acc. 控制信号)</p> <p>在车间: 在规定时间内完成零部件组装, 并没有报废和返工。</p> <p>工厂流转: 将电机安装在车架上, 安装的间距、种类及密封度等问题</p> <p>最终用户: 车窗玻璃能够上升、下降。</p>	<p>将烧结轴承轴向压入定子壳内, 并达到最大间隙。</p>	<p>设备将烧结轴承压入定子壳内的轴承底座直到位置固定</p>

结合本组结构分析：找出每个要素的功能和作用

5. 失效分析：功能的反面

- 失效链包括：
 - 失效影响 (FE)
 - 失效模式 (FM)
 - 失效原因 (FC)



5.1 各层组失效分析方法

- A、总装系统的失效以工序为核心分析。
- B、工序的失效以工步为核心进行分析。
- C、工步的失效分析是从产品特性和过程特性中推断出。

- 失效包括：
 - 不合格
 - 部分不合格
 - 非预期的活动（操作安全隐患等）
 - 不必要的活动（浪费等）



师父，吃什么最补脑

——吃亏

5.2过程失效模式影响:

从工序完成后未满足要求对外部的考虑

- 后果是失效模式的衍生事件
- 可能影响
 - 最终用户
 - 中间用户
 - 法规
 - 下序
- 顾客抱怨是非常有用的信息来源

1. 工厂内: 假设在工厂中检测到缺陷引起的失效模式的影响(工厂将采取什么行动, 例如报废)
2. 工厂转运: 假设在运送到下一个工厂之前没有检测到缺陷引起的失效模式的影响(下一个工厂会采取什么行动?)
3. 车辆最终用户: 过程项目影响的后果(车辆最终用户将注意到什么, 感觉, 听到, 闻到什么, 例如, 窗户提升得太慢)

5.3失效的后果通常表现为:

对顾客的**直接影响**——**最终影响**等一系列连锁反应！！

C2.1 PFMEA 严重度 (S)

过程一般评估标准严重度 (S)					
根据以下标准对潜在失效影响进行评级。					空白, 由使用人员填写
S	影响	对您的工厂的影响	对发运至工厂的影响 (在已知情况下)	对最终用户的影响 (在已知情况下)	公司或产品系列示例
10	高	失效可能会导致从事生产或组装作业的工人面临严重的健康和/或安全风险	失效可能会导致从事生产或组装作业的工人面临严重的健康和/或安全风险	影响到车辆和/或其他车辆的操作安全性, 驾驶员、乘客、交通参与者或行人的健康状况。	
9		失效可能会导致厂内不合法规	失效可能会导致厂内不合法规	不合法规。	
8	较高	生产运行 100% 会受到影响, 产品不得不报废。失效可能会导致厂内不合法规, 或导致从事生产或组装作业的工人面临慢性健康和/或安全风险	生产线停工超过一个完整的班次; 可能停止发货; 需要使用现场返修或更换 (装配线到终端用户), 并且不合法规。失效可能会导致厂内不合法规, 或导致从事生产或组装作业的工人面临慢性健康和/或安全风险。	在预期使用寿命内, 失去正常驾驶所必需的车辆主要功能。	
7		产品可能需要进行分拣, 其中一部分 (少于 100%) 会报废; 主要过程有偏差; 生产过程速度降低或增加劳动力	生产线停工从 1 小时起到一个完整的班次; 可能停止发货; 需要使用现场返修或更换 (装配线到终端用户), 并且不合法规。	在预期使用寿命内, 降低正常驾驶所必需的车辆主要功能。	

S	影响	对您的工厂的影响	对发运至工厂的影响（在已知情况下）	对最终用户的影响（在已知情况下）	公司或产品系列示例
6	较低	100%的产品可能需要线下返工后才能被接受	生产线停工不超过一个小时	失去车辆次要功能	
5		部分产品可能需要线下返工后才能被接受	少于 100%的产品受到影响；极有可能出现额外的缺陷产品；需要分拣；生产线没有停工	降低车辆次要功能	
4		100%的产品可能需要在工位上返工后才能继续加工	缺陷产品缺陷产品会触发重大应对计划的启动；可能不会出现额外的瑕疵产品；不需要分拣	外观、声音、振动、粗糙度或触感令人感觉非常不舒服，	
3	低	部分产品可能需要在工位上返工后才能继续加工	缺陷产品会触发次要应对计划的启动；可能不会出现额外的缺陷产品；不需要分拣	外观、声音、振动、粗糙度或触感令人感觉一般性的不舒服。	
2		会导致过程、操作或操作人员的不方便	缺陷产品不会触发应对计划的启动；可能不会出现额外的缺陷产品；不需要分拣；需要向供应商提供反馈	外观、声音、振动、粗糙度或触感令人略微感觉不舒服，	
1	非常低	没有可觉察到的影响	没有可觉察到的影响或没有影响	没有可觉察到的影响。	

5.4确定失效模式:

工步的加工要求未满足的现象

- 过程失效模式: 过程可能导致产品不能提供预期产品特性功能
- 失效模式包括但不限于:
 - 1、孔浅、太深、无孔
 - 2、表面脏、有油污
 - 3、表面不光滑
 - 4、直径超差、
 - 5、漏装密封垫
 - 6、切破线皮
 - 7、部件方向错
 - 8、焊剂不足、焊剂过量

有几种潜在的失效模式, 包括:

- 没有执行功能/不能操作
- 部分功能 - 部分能操作
- 功能退化
- 过功能
- 间歇性功能-操作不一致
- 操作不稳定
- 意外的功能-错误操作
- 安装了错误的部件
- 功能延迟-操作延迟

产品特性：与执行过程功能的绩效有关，是可判断或测量的。

- 产品特性展示在产品图纸或规范文件中，例如：几何结构、材料、表面处理状态、涂装等。
- 过程功能产生产品特性。包括法律要求（例如：无铅材料）、行业要求（例如：螺纹等级）、顾客要求（例如：数量）和内部要求（如：零件清洁度）
- 产品特性可在产品制造后测量（例如：间隙）。
- 产品特性可能源于性能要求，例如：法律要求（雨刮器性能）。
- 在上述情况下，应首先列出可测量的产品特性，然后是性能要求，例如：花键过针直径（政府雨刮器条例XYZ）。
- 在PFMEA表格中，具体量值为可选项。

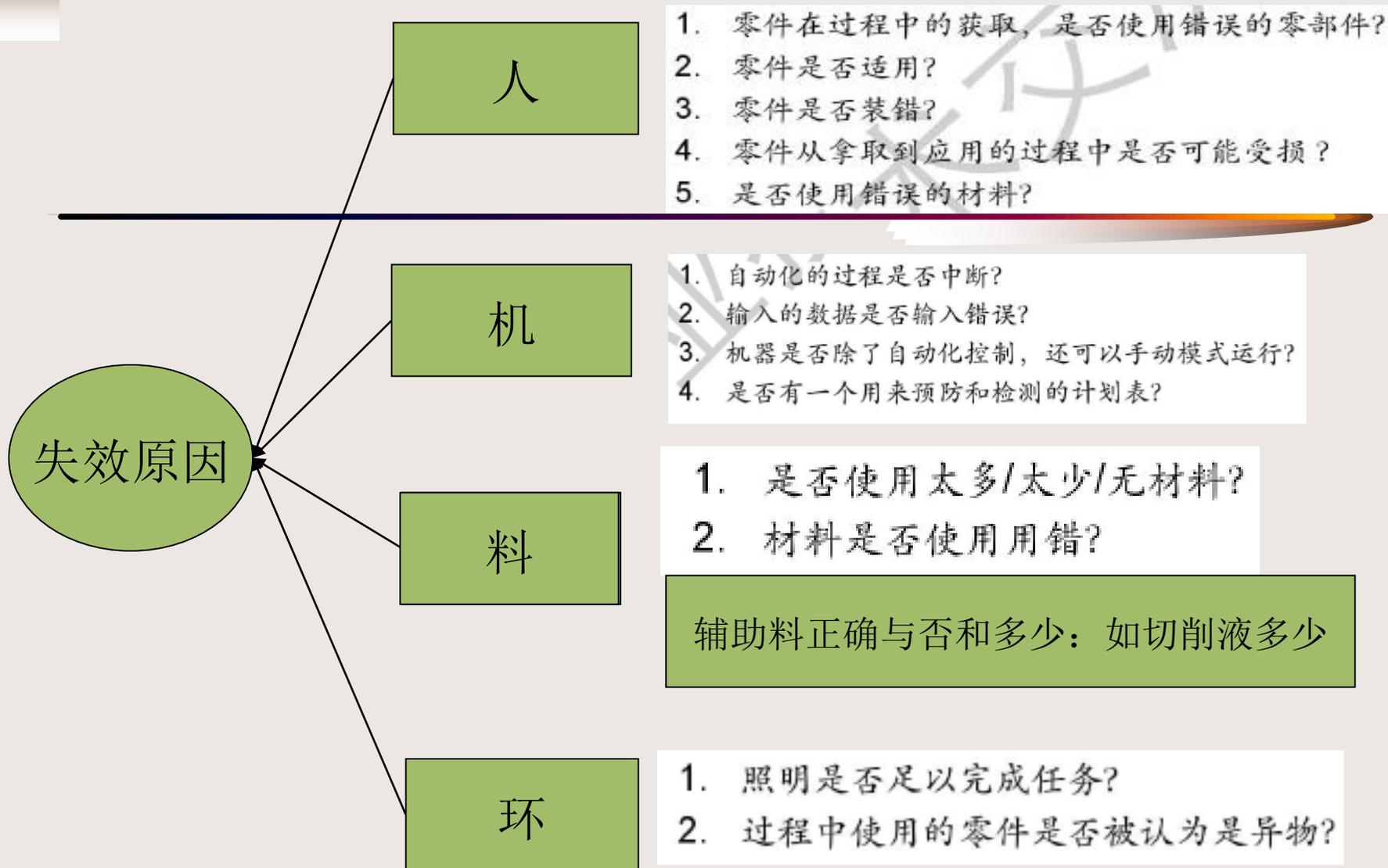
5.5 确定失效模式的可能原因：要素的未满足

- 失效原因：过程为何会失效
 - 应表述为**可纠正或可控制**的因素
 - 工装磨损、环境条件以及因素间的相互作用.如人的过失尽量**不要考虑**,
- 失效通常是由一连串的原因造成的，从直接原因到根本原因
- 建议针对每一种失效模式，找出原因链，记入FMEA表可利用树形图或鱼刺图

注：
假设来料没问
假设产品设计能够满足客户需求

典型的失效起因可能包括经典的石川4M类型， 但不仅限于：

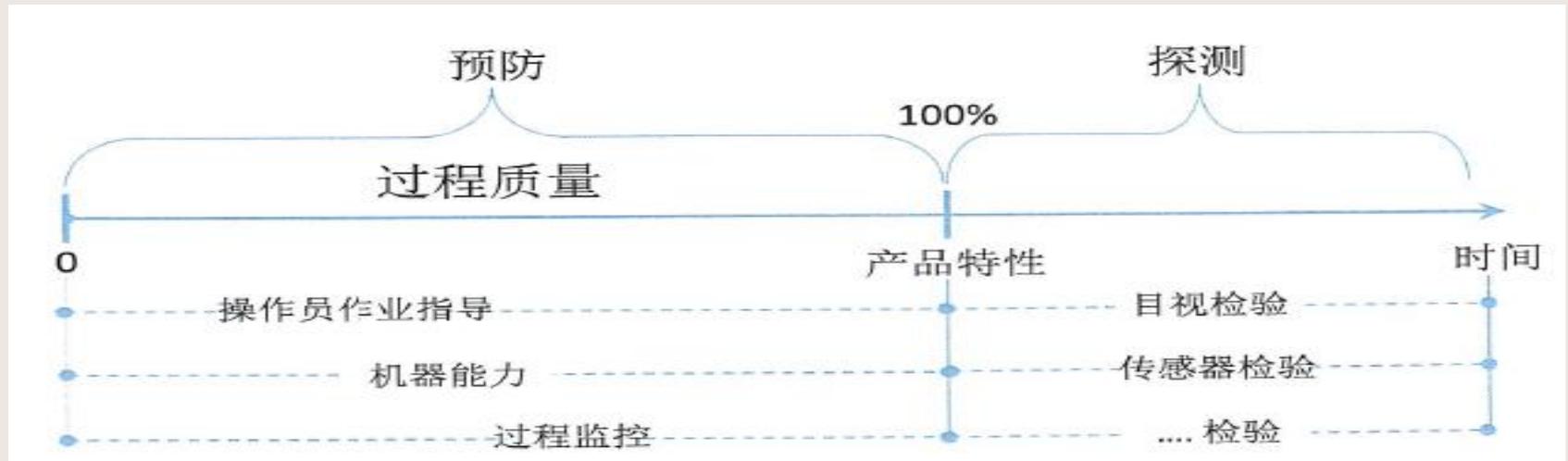
- **人员：** 安装工人、机器操作人员/助理、材料助理、维护技术员等。
- **机器/设备：** 机器人、漏斗型储料罐、注塑机、螺旋输送机、检验设备、夹具等
- **材料（间接）：** 机油、安装润滑脂、浓缩洗涤剂、（操作辅助工具）等。
- **环境：** 热度、灰尘、污染、照明、噪音等环境条件。



结合功能分析，确定本组失效分析和 S

6. 风险分析

- 过程控制当在产品到达**顾客前**发现缺陷!
- 过程控制有二种类型:
 - (1)查明失效的原因并找出纠正措施，防止原因出现或降低其出现的可能性。
 - (2)在发生对顾客的影响前进行**把关控制**。



6.1 预防控制

预防控制：

- A、采取防错消除人为失效
- B、改换设备精度和稳定性防止设备失效
- C、增加或更改工装、模具结构，解决加工偏差
- D、进行环境改善
- E、采用控制图，预测问题发生提前控制
- F、明确作业参数和操作要点，防止设备和操作失效

6.2 确定发生度 (0)

- 利用历史资料
 - 并考虑所作的改进
- 利用可靠性模型，与类似的过程进行比较

评估每种失效原因产生的可能性：
发生度———发生的概率

C2.3.2 PFMEA 频度 (O)，基于时间的失效预测值

过程的潜在频度 (O)				
<p>根据以下标准对潜在失效起因进行的评级。在确定最佳预估频度时应考虑预防控制。频度是在评估时进行的预估定性评级，可能不能反映真实的频度。频度评级得分是在 FMEA（正在评估的过程）范围内进行的相对评级数值。针对多个频度评级中的预防控制而言，可以使用最能反映控制有效性的评级。</p>				空白，由使用人员填写
O	基于时间的失效起因预测	控制类型	预防控制	公司或产品系列示例
10	每次	无	没有预防控制。	
9	几乎每次	行为控制	预防控制在防止失效起因出现的方面起到的作用很小。	
8	每班超过一次			
7	每日超过一次	行为或技术控制	预防控制在防止失效起因出现的方面可以起到一定的作用。	
6	每周超过一次			
5	每月超过一次		预防控制在防止失效起因出现的方面可以起到有效的作用。	
4	每年超过一次			
3	每年一次	最佳实践：行为或技术控制	预防控制在防止失效起因出现的方面可以起到非常有效的作用。	
2	每年少于一次			
1	从未发生	技术控制	预防控制在预防失效起因设计（例如零件形状）或过程（如夹具或模具设计）而发生的失效起因方面极其有效。预防控制的目的 - 失效模式不会因失效起因而实际发生。	

6.3 列出现有过程控制探测

探测内容：

A、对失效模式的把关

B、可对失效原因进行探测

当前探测控制指在产品离开过程或发运给顾客前，通过自动或手动方法探测是否存在失效起因或失效模式。当前探测控制示例包括：

- 目视检验
- 使用样本检查表进行目视检验
- 使用摄像系统进行光学检验
- 使用极限样本进行光学测试
- 使用通止规进行定性检验
- 用卡尺检验尺寸
- 随机检验
- 扭矩监测
- 压力负荷监测
- 下线前功能检验

探测度

D	探测能力	探测方法成熟度	探测机会	公司或产品系列示例
10	非常低	尚未建立或有已知的测试或检验方法。	不能或无法探测到失效模式。	
9		测试或检验方法不可能探测到失效模式。	通过任意或不定时的审核很难探测到失效模式。	
8	低	测试或检验方法尚未经过实践证明为有效和可靠（例如，工厂在测试或检验方法方面没有或很少有经验，有关类似过程或本程序的测量可重复性和再现性分析结果接近边际值等）。	可以探测失效模式或失效起因的人工检验（视觉、触觉、听觉）方法，或使用人工检验（计数或计量）方式。	
7		测试或检验方法已经过实践证明为有效和可靠（例如，工厂在测试或检验方法方面具备经验，有关类似过程或本程序的测量可重复性和再现性结果可以接受等）。	以设备为基础的检验方式（采用光学、蜂鸣器等装置的自动化或半自动化方式），或使用可以探测失效模式或失效起因的检验设备，例如坐标测量机。	
6	中	测试或检验方法已经过实践证明为有效和可靠（例如，工厂在测试或检验方法方面具备经验，有关类似过程或本程序的测量可重复性和再现性结果可以接受等）。	可以探测失效模式或失效起因（包括产品样本检查）的人工检验（视觉、触觉、听觉）方法，或使用人工检验（计数或计量）方式。	
5		测试或检验方法已经过实践证明为有效和可靠（例如，工厂在测试或检验方法方面具备经验，有关类似过程或本程序的测量可重复性和再现性结果可以接受等）。	以设备为基础的探测方式（采用光学、蜂鸣器等装置的半自动化方式），或使用可以探测失效模式或失效起因（包括产品样本检查）的检验设备，例如坐标测量机。	

用于过程设计验证的潜在探测度 (D)				
根据检测方法成熟度和探测机会对探测控制进行评级。				空白，由使用人员填写
D	探测能力	探测方法成熟度	探测机会	公司或产品系列示例
4	高	已经过实践证明为有效或可靠的系统（例如工厂在关于相同过程或本程序的测试或探测方法方面具备经验），测量可重复性和再现性结果可以接受等。	以设备为基础的自动化探测方法，其可以在下游探测到失效模式，进而避免进一步加工、或系统可以识别差异产品，并允许其在过程中自动前进，直至到达指定的不合格品卸载区。差异产品将在一个有效的系统内受到监视，避免这些产品从工厂内流出。	
3			以设备为基础的自动化探测方法，其可以在工位上探测到失效模式，进而避免进一步加工、或系统可以识别差异产品并允许其在过程中自动前进，直至到达指定的不合格品卸载区。差异产品将在一个有效的系统内受到监视，避免这些产品从工厂内流出。	
2			探测方法已经过实践证明为有效或可靠（例如工厂在探测方法、防错确认措施方面具备经验等）。	以设备为基础的探测方法，其可以探测失效起因并避免出现失效模式（差异零件）。
1	非常高	根据设计或加工过程而不会实际出现失效模式，或者探测方法经过实践证明总是能够探测到失效模式或失效起因。		

6.4 行动优先级(AP)

- AP为S、O、D的排列
- AP的优先等级分为：
 - H----行动的最高优先级
 - M----行动的中等优先级
 - L----行动的优先级低

PFMEA 措施优先级 (AP)							空白, 由使用人员填写
影响	S	对失效起因发生的预测	O	探测能力	D	措施优先级 (AP)	
对产品或工厂的影响度 非常高	9-10	非常高	8-10	低 - 非常低	7-10	H	
				中	5-6	H	
				高	2-4	H	
				非常高	1	H	
		高	6-7	低 - 非常低	7-10	H	
				中	5-6	H	
				高	2-4	H	
				非常高	1	H	
		中	4-5	低 - 非常低	7-10	H	
				中	5-6	H	
				高	2-4	H	
				非常高	1	M	
	低	2-3	低 - 非常低	7-10	H		
			中	5-6	M		
			高	2-4	L		
			非常高	1	L		
非常低	1	非常高 - 非常低	1-10	L			
对产品或工厂的影响度 高	7-8	非常高	8-10	低 - 非常低	7-10	H	
				中	5-6	H	
				高	2-4	H	
				非常高	1	H	
		高	6-7	低 - 非常低	7-10	H	
				中	5-6	H	
				高	2-4	H	
				非常高	1	M	
		中	4-5	低 - 非常低	7-10	H	
				中	5-6	M	
				高	2-4	M	
				非常高	1	M	
	低	2-3	低 - 非常低	7-10	M		
			中	5-6	M		
			高	2-4	L		
			非常高	1	L		
非常低	1	非常高 - 非常低	1-10	L			

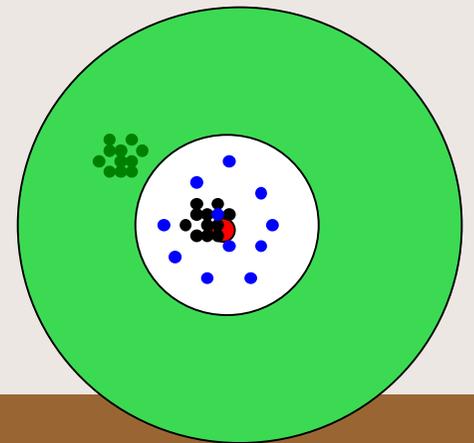
特殊特性和过滤器代码替换“分类”

- 特殊特性也必须在 PFMEA 中作为重点分析的内容。
- 一级供应商以产品图纸和/或规范或以其他方式传达有关产品特性的必要信息，包括对标准或特殊特性和严重性的指定。此信息用作二级供应商PFMEA以及一级供应商内部PFMEA的输入。当设计团队传达“产品特性超出规范”的相关风险时，过程团队可以在制造过程中建立适当水平的预防和探测控制。

分类替换为筛选器代码（可选）——“筛选器代码”列可用于标记潜在特殊特性或公司指定的其他信息。

7、优化

- 以预防而非探测为目的
- 应采取哪些措施以降低
 - 严重度（可能需修改产品设计）
 - 频度
 - 探测度？
 - 不要在表上留下空格不填。应填写“无”



8、建议措施和重新评价

对RPN和S高分值的，应考虑采取措施：

- 1、一般通过改进整车设计，改善严重度。
- 2、建议措施的目的在于降低频度、严重度或探测度。

建议措施

降低	可考虑的措施	可达到的目的
严重度	改变设计	根除或降低失效模式的严重度
频度	改变设计或改进工程规范	预防原因或降低频度
探测度	增加或改进设计评估技术	改进发现原因或失效模式的能力

四、DFMEA和PFMEA的区别

1、分析对象不同：

- DFMEA关注于产品功能和性能
- PFMEA关注于制程过程

AIAG & VDA 1 st DFMEA																												
结构分析 第2步			功能分析 第3步			失效分析 第4步			风险分析 第5步					改进分析 第6步														
上一高层级	关注要素	下一低层级或特性类型	上一高层级功能及要求	关注功能及要求	下一低层级的功能及要求或特性	失效影响(FE)	IL(严重度S)	失效模式(FM)	失效原因(FC)	现行预防控制(PC)	发生度(O)	现行探测控制(DC)	FC/FM探测度(D)	措施优先级(AP)	筛选器代码(选填)	预防控制	探测措施	负责人姓名	目标完成时间	状态	采取基于证据的措施	实际完成时间	S	O	D	AP	筛选器代码(可选)	备注
1.过程项	2.过程步骤	3.过程要素	1.过程功能	2.过程的功能和产物特性	3.过程要素的功能和过程特性	失效影响(FE)	IL(严重度S)	失效模式(FM)	失效原因(FC)	现行预防控制(PC)	发生度(O)	现行探测控制(DC)	FC/FM探测度(D)	措施优先级(AP)	特殊性	预防控制	探测措施	负责人姓名	目标完成时间	状态	采取基于证据的措施	实际完成时间	S	O	D	AP	特殊性	备注
结构分析 第2步			功能分析 第3步			失效分析 第4步			风险分析 第5步					改进分析 第6步														

AIAG & VDA 1st PFMEA

2、考虑的失效原因不同

DFMEA不应考虑后序加工对产品造成的失效起因
PFMEA不应考虑设计材料和结构问题对过程失效的影响，

即**DFMEA**不应考虑加工原因失效、**PFMEA**不因考虑材料不合格等原因。

►但设计**FMEA**的确需要考虑制造/装配过程的技术/身体的限制，例如：

- 必要的拔模（斜度）；
- 表面处理的限制；
- 装配空间/工具的可接近性；
- 钢材淬硬性的限制；
- 公差/过程能力/性能。

3、DFMEA与PFMEA均应考虑环境的影响

DFMEA考虑的产品使用环境对产品性能和功能的影响
PFMEA考虑的环境主要是考虑加环境对产品性能和功能的影响。

4、一项**产品特性**的设计失效可能导致一项或多项产品功能失效。在这种情况下，设计FMEA和过程FMEA中的失效影响才会一致。所有因过程失效导致的失效影响以及设计FMEA中未识别的失效影响都必须在过程FMEA中进行重新定义和评估。

即：**DFMEA**的失效可以考虑用**PFMEA**来控制 and 迷补（材料或结构上的不足）。**PFMEA**中的安排方向和位置的失效可通过**DFMEA**评审。

五、FMEA—MSR实施要点

1、定义：考虑到失效起因或失效模式是否由该系统探测到或失效影响是滞由驾驶员探测到。

A、MSR通过与可接受的残余风险条件进行比较并评估当前的风险状态，得出额外监视的必要性。

B、该分析是在DFMEA分析开发方面的补充。

2、评价内容为：

系统对探测到的故障的回应，通常以功能降级或禁用和/或向操作人员发出警示信息并设置故障代码方式进行回应。

MSR实施要点

可在顾客和供应商协商的基础上确定监视及系统响应的补充FMEA的范围。适用范围标准可能包括但不限于：

1. 系统安全关联性
2. ISO标准，例如：根据ISO 26262的安全目标
3. 立法机构的文件要求，例如：UN/ECE法规、FMVSS/CMVSS、NHTSA和车载诊断要求（OBD）合规性

失效场景:说明了从故障出现到失效影响发生的过程中所产生的故障行为，其中在本示例中，失效影响导致了危险事件。



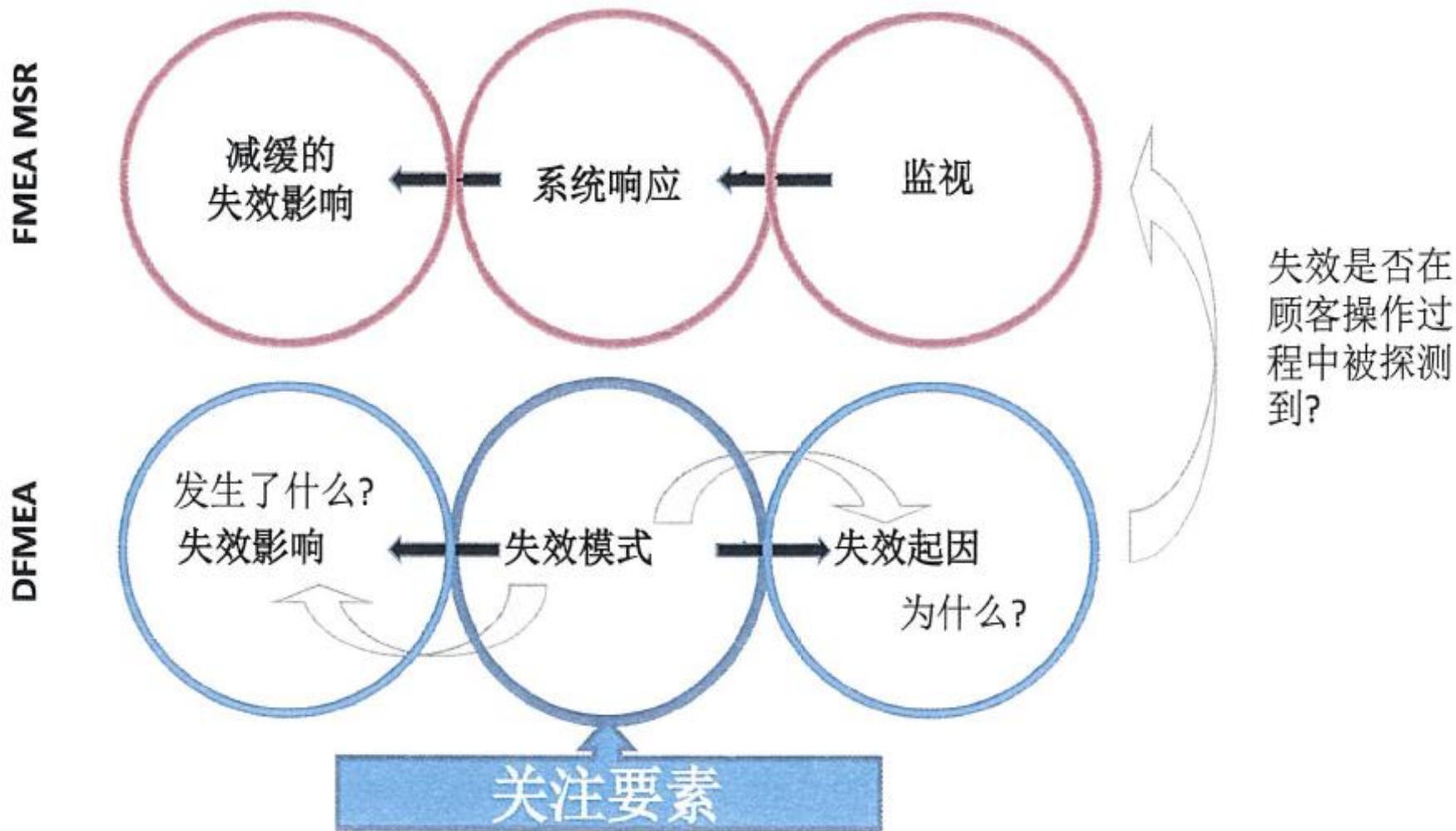


图 4.4-1 理论失效链模型 DFMEA 和 FMEA-MSR

MSR实施要点

3、风险分析：

频度评级（F）：在运行条件下估算失效起因的频度。

监视评级（M）：通过诊断探测和自动响应避免或限制失效影响的技术可能性，以及通过感官和物理响应避免或限制失效影响的人为可能性

4、当前监视控制

当前监视控制——所有计划中的或已实施的、能使系统或驾驶人探测到失效起因、失效模式或失效影响的控制例如：提供默认值（前提是还没有通过失效影响进行适当的说明）。

监视评估——可及早探测到失效起因、失效模式或失效影响的可能性，以便在危险发生或达到不合规状态之前可减缓初始失效影响。结果是较低严重度的最终状态影响。

(1) 不存在故障/失效监视

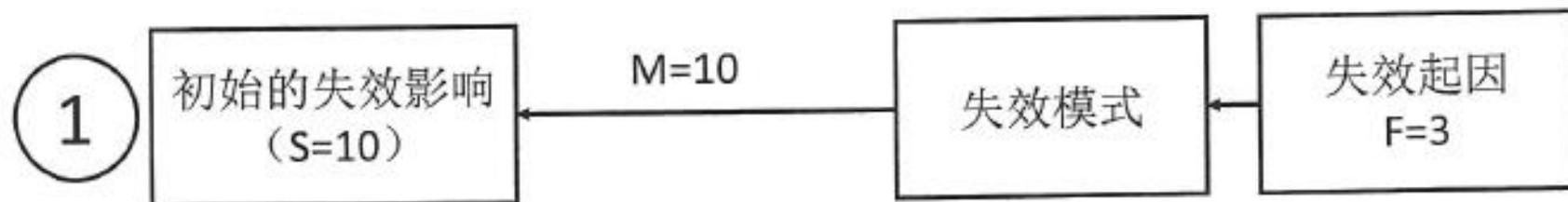


图 4.5-1 未实施或未考虑使用的 FMEA-MSR 监视

如果不存在监视控制或在故障处理间隔时间未发生监视和响应，则监视应评为无效（M=10）。

(2) 可靠的故障/失效监视及系统响应

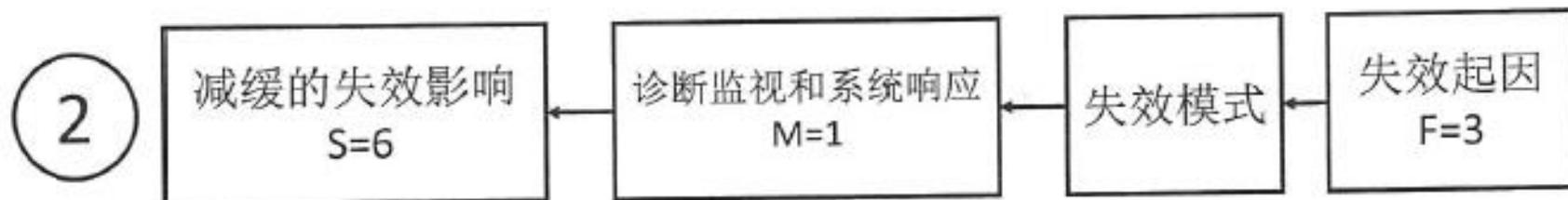


图 4.5-2 FMEA-MSR 可靠的诊断监测

结构分析（步骤二）		
1.上一较高级别	2.关注要素	3.下一较低级别或特性类型
子系统、系统、系统阵列、车辆	子系统、组件或接口名称	组件或接口名称或特性 特性类型： <u> </u> 形状、材料、表面光洁度、涂层等

图 B3.2-1 带提示的 FMEA-MSR 表格：步骤二

B3.3 FMEA-MSR 表格提示 步骤三

功能分析（步骤三）		
1.上一较高级别功能及要求	2.关注要素 功能及要求	3.下一较低级别功能和要求或特性
车辆、系统或子系统的功能，以及其必须满足的要求或预期输出的描述 (量值为可选项，每行一个要求)	子系统、组件或接口的功能，以及其必须满足的要求或预期输出的描述 (量值为可选项，每行一个要求)	组件或接口的功能或特性描述 (量值为可选项，每行一个特性)

失效分析（步骤四）			
1.对于上一较高级别要素和/或车辆最终用户的失效影响（FE）	失效影响的严重度	2.关注要素的失效模式（FM）	3.下一较低级别要素或特性的失效起因（FC）
车辆、系统或子系统如何未能实现上一较高级别中描述的功能。在适用情况下，包括对车辆（最终用户）级别和法规的潜在影响	1-10	子系统、组件或接口如何未能实现作为关注要素所应具备的功能并导致失效影响 当存在准确的失效链时，可对失效模式、失效影响或失效起因进行失效分析	子系统、组件或接口如何未能实现下一较低级别中描述的功能，并导致失效模式。

B 3.5 FMEA-MSR 表格提示 步骤五

补充FMEA-MSR风险分析 (步骤五)									
频率评级基本原理	失效起因的 发生频率 (F)	当前的 诊断监视	当前的 系统响应	监视 (M)	在系统响应后最 严重的失效影响	在 MSR 之后失效 影响的严重度	在失效分析中最 严重失效影响的严重 度 (步骤四)	MSRAP	筛选器代码 (可选)
关于频率 评级原因 的内部评 论	1-10	在车辆使 用中的故 障探测方 法	车辆使用 过程中的 故障响应 措施	1-10	监视和系统响应 控制就位后, 新 车辆、系统或子 系统对最终用户 层面的潜在影响	1-10	1-10	H、M、 L、NA 如 果 M=1 使 用"MSR 后的严重度	L L

B3.6 FMEA-MSR 表格提示 步骤六

补充FMEA-MSR 风险分析 (步骤六)														
MSR 预防措施	诊断监 视措施	系统响 应	系统响应后最 严重的失效影 响	在 MSR 之后失 效影响 的严重度	负责人 姓名	目标完成 日期	状态	采取基于 证据的措 施	完成 日期	频率 (F)	监视 (M)	在失效分析中最 严重失效 影响的严重性 (步骤四)	MSRAP	备注
为减少 发生频率 所需的附 加措施	车辆使 用过程 中其他 的故障 探测方 法	为减少 发生频率 所需的 附加措 施	监视和系统响 应就位后车辆、 系统或子系统 对最终用户层 面的潜在影响	1-10	姓名, 不是职 称或部 门	____年____ 月或____ 年____月____ 日	尚未确定、尚 未决策 (可 选)、尚未执 行 (可选)、 已完成、不 执行	已采取措 施的描述 以及文档 编号、报 告名称和 日期, 等	____年____ 月____ 或____年____ 月____日	1-10	1-10	1-10	H, M, L, NA 如果 M=1 使用"MSR 后的严重度"	供 FME A-MSR 团队 使用

图 B3.6-1 带提示的 FMEA-MSR 表格: 步骤六

六、FMEA与控制计划的关系

- 1、DFMEA“风险分析、优化”中体现对材料和零部件的“预防措施”和“探测措施”可通过进货检验来控制
- 2、PFMEA和生产CP均按过程流程图的内容进行分析。
- 3、PFMEA的“预防措施”应体现在控制计划的“控制方法”。
- 4、PFMEA如“预防措施”中有增加的“防错工装”应体现在控制计划的“设备、工装、夹具”中。
- 5、PFMEA的“探测控制”如有规定的“抽样频次”和“检查要求”，应对应控制计划中的“抽样和频次”、探测方法也是控制计划的“控制方法”的内容

新版FMEA和CP计划的对应表

结构分析(第2步)			功能分析(第3步)			失效分析(第4步)			风险评估(第5步)												
1.过程组 (系统、子系统、零件要素或过程名称)	2.过程步骤 (工位编号和关注要素名称)	3.过程工作 (配置OM)	1.过程名称的功能(系统、子系统、零件要素或过程功能)	2.过程步骤的功能和产品质量	3.过程工作要素的功能和过程特性	1.对上一级顾客影响/或对用户失效影响(FE)	失效模式/失效原因/失效后果	失效模式(FM)	失效原因(FC)	故障的相对起因的故障数(RFC)	失效起因/失效模式的频数(OI)	最高的失效起因/失效模式的频数(DCI)	失效起因/失效模式的探测数(DI)	探测先决条件(AP)	特有特性	顾客代号(可选)	探测控制	探测措施	负责人姓名	目标完成时间	状态
电机装配线	烧结轴承压装过程	压装机 操作人员	将轴安装至电机壳总成内, 确保车间升起和下降车窗	压装烧结轴承, 在每次压装时实现电机壳的轴向定位按照图纸保留最大间隙	机器将烧结轴承压入电机壳, 实现轴向定位	间隙太小无法安装轴, 即使轴安好了, 舒适模式关闭时间过长	8	不能实现烧结轴承的轴向定位	机器在到达最终位置前停止	根据数据表调整力的大小	5	根据规范MRKJ 5036对电机性能曲线进行完全检测	2	M	kcc		带位置传感器的选择性压装	带压力监测选择性压装	过程工程师PD先生	####	尚示完成

零件/ 过程编号	过程名称/ 操作描述	制适用机器, 装置, 夹具, 工具	特性			特殊 特性 分类	方法				反应计划	
			编号	产品	过程		产品/过程 规格/公差	评估/测量 技术	(24) 样本			控制 方法
(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	大小	频次	(25)	(26)

欢迎参加天一元培训!

谢谢!

邮箱: tahf1329@163.com

电话: 13375625855

