

# DFM可制造设计

15<sup>th</sup> April. 2011



# 课程提纲

- 第一部分:概述
  - 产品研发管理与可制造性设计
  
- 第二部分:可制造设计
  - 可制造性设计的定义
  - 可制造性设计的分类
  - 传统设计和可制造设计的区别
  - 可制造性设计的价值
  - 可制作性设计实施的最佳时机
  - 可制造性设计的内容

## 课程提纲

- 第三部分、DFM 实施，应用，检查及实际事例分析
  - 为什么要建立DFM体系？
  - 如何有效的推行----DFM与IPD整合产品开发
- 第四部分、DFM与BS8887-1：2006 “Design for MADE”
- 第五部分、实践案例
  - DFM程序及检查表

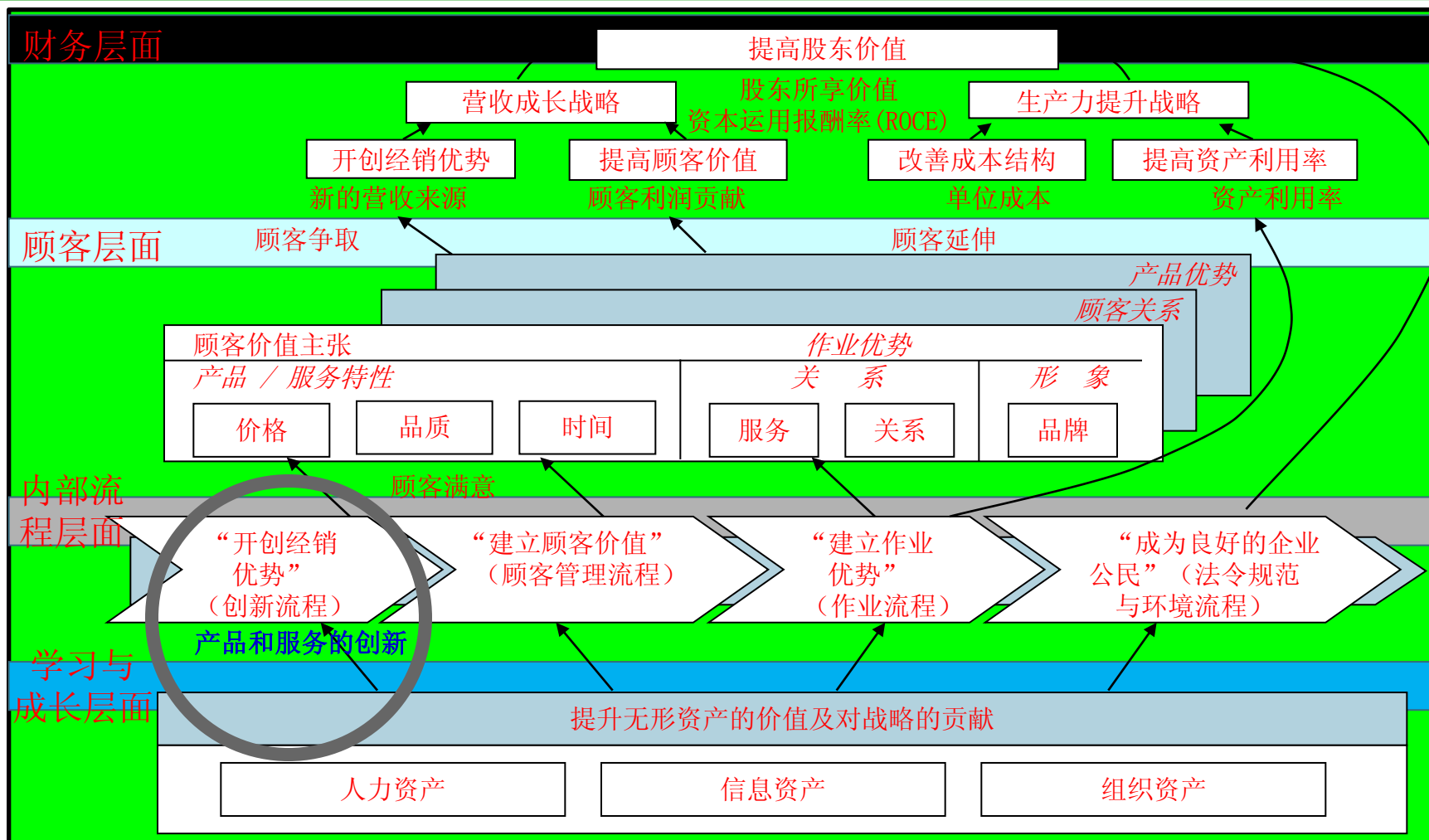
# 第一部分

## 产品研发管理与DFM可制造设计

## 新产品研发的战略意义

- 知识经济时代，产品研发的地位日益提升，自主创新已成为每个企业赖以生存的根本，产品研发成为企业成败的关键。
  - 80年代中期，新产品仅代表着企业33%的年销售额和22%的利润
  - 90年代达到企业50%的年销售额和40%的利润
  - 当前，增长至60%以上的年销售额和50%以上的利润。
- 如何快速高效地开发新产品，不断获取新的利润增长点，是保持企业良好的发展事态和保持企业竞争力的重点。
  - 如何提高新产品研发的质量？
  - 如何缩短新产品上市场的时间？
- 需要建立科学合理的新产品研发与管理的系统和流程
  - 先进的研发管理系统和开发平台
  - 先进的产品研发方法和开发工具

# 新产品研发与战略地图



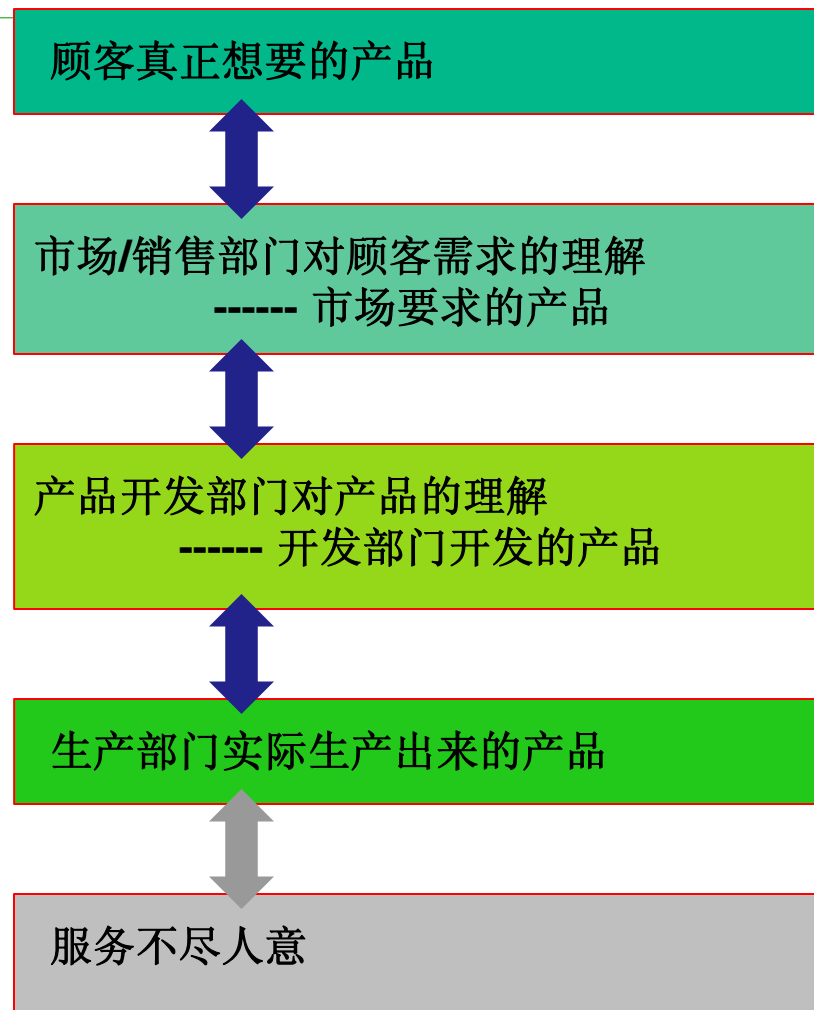
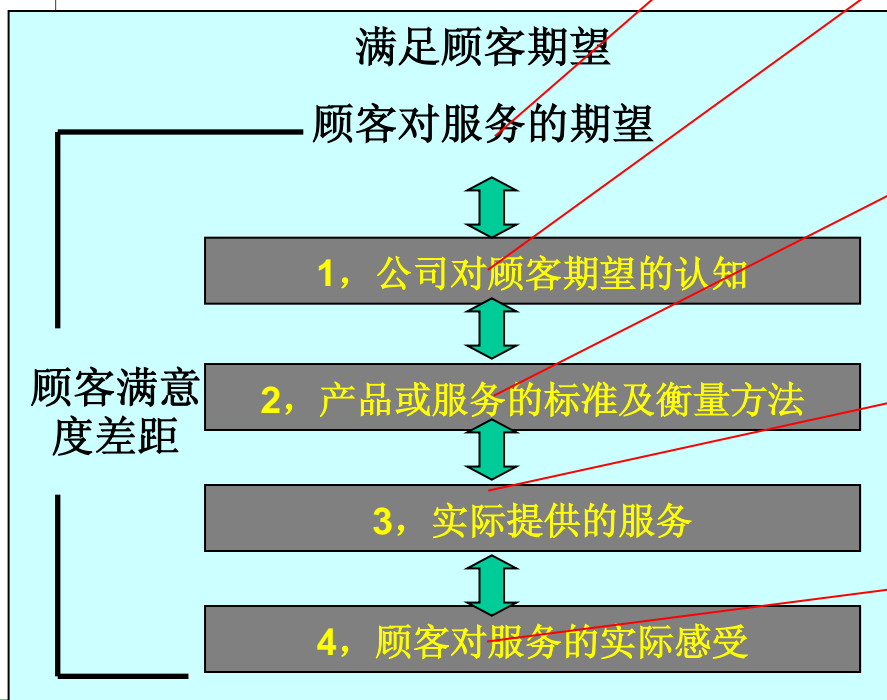
# 新产品研发与战略地图

	战略主题	战略目标	测量指标
财务构面 (Financial)	■ 财务成长	F1资本运用回报率 F2现有资产利用 F3获利 F4成本优势 F5获利成长	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 资本运用回报率</li> <li>● 现金流量</li> <li>● 净毛利与竞争者比较的排名</li> <li>● 单位销售成本(与竞争者比较)</li> <li>● 销售量增长(与竞争者比较)</li> <li>● 高级品所占销售比例</li> <li>● <b>新产品的营收与毛利</b></li> </ul>
顾客构面 (Customer)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 让顾客有愉悦的消费经验</li> <li>■ 双赢的经销商关系</li> </ul>	C1使目标顾客群有愉悦购买体验  C2建立与经销商的双赢关系	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 目标市场的占有率</li> <li>● 神秘客访查评价</li> <li>● 经销商毛利成长</li> <li>● 经销商问卷调查</li> </ul>
内部流程 构面 (Internal)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 建立经销优势</li> <li>■ 安全与可靠</li> <li>■ 具竞争力的供应商</li> <li>■ 品质</li> <li>■ 社区的好邻居</li> </ul>	<b>I1创新的产品与服务</b>  I2业界最佳经销团队 I3工厂绩效  I4库存管理  I5成本优势 I6符合规格与交期 I7提升工作环境的安全卫生	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>新产品上市的数量和时间</b></li> <li>● <b>新产品的投资回报率</b></li> <li>● <b>新产品被市场接受的比率</b></li> <li>● 经销商品质评价</li> <li>● 良品率落差（下降水平）</li> <li>● 非计划性的停工</li> <li>● 存货水准</li> <li>● 缺货率</li> <li>● 运营成本(与竞争者比较)</li> <li>● 零缺失订单</li> <li>● 环境意外事件发生次数</li> <li>● 工时数</li> </ul>
学习与成长 构面 (Learning & Growth)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 训练有素且士气高昂的</li> <li>■ 工作团队</li> </ul>	L1利于行动的组织气氛 L2员工核心能力与技术 L3战略性资讯的获取	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 员工满意度调查</li> <li>● 完成个人计分卡的比率(%)</li> <li>● 战略性员工技能</li> <li>● 战略性资讯（系统）的完备率</li> </ul>

## 产品研发管理常见问题

### 存在的问题

- 研发系统与顾客需求之间存在较大的差距





## 产品研发管理常见问题

■ 企业在产品创新、研发管理领域常见的问题：

- 新产品推出的速度没有以前快了（竞争对手比我们快）
- 新产品的质量没有以前稳定了（客户投诉/退货越来越多）
- 新产品的种类/型号越来越多，但赚钱的产品却不多
- 市场部门报怨研发部门承诺的产品推出时间不兑现、承诺的产品功能没有实现
- 产品开发是串行的抛砖头式的开发，产品迟迟转不了产
  - ❑ 产品开发没有考虑可制造性，与工厂的制造能力不匹配
  - ❑ 制造部门在转产时提出很多要求
  - ❑ 研发部门不能和采购、制造部门紧密配合，无法顺利地试制和量产
- 项目经理/产品经理有责无权，调不动资源（产品开发只是研发部的事）
- 企业内部沟通的效率越来越慢（与公司内部人打交道比与外部打交道还困难）
- 资源总是不够（研发人员整天忙于救火，还要开发新产品）

# 产品研发管理常见问题



## 产品研发管理常见问题

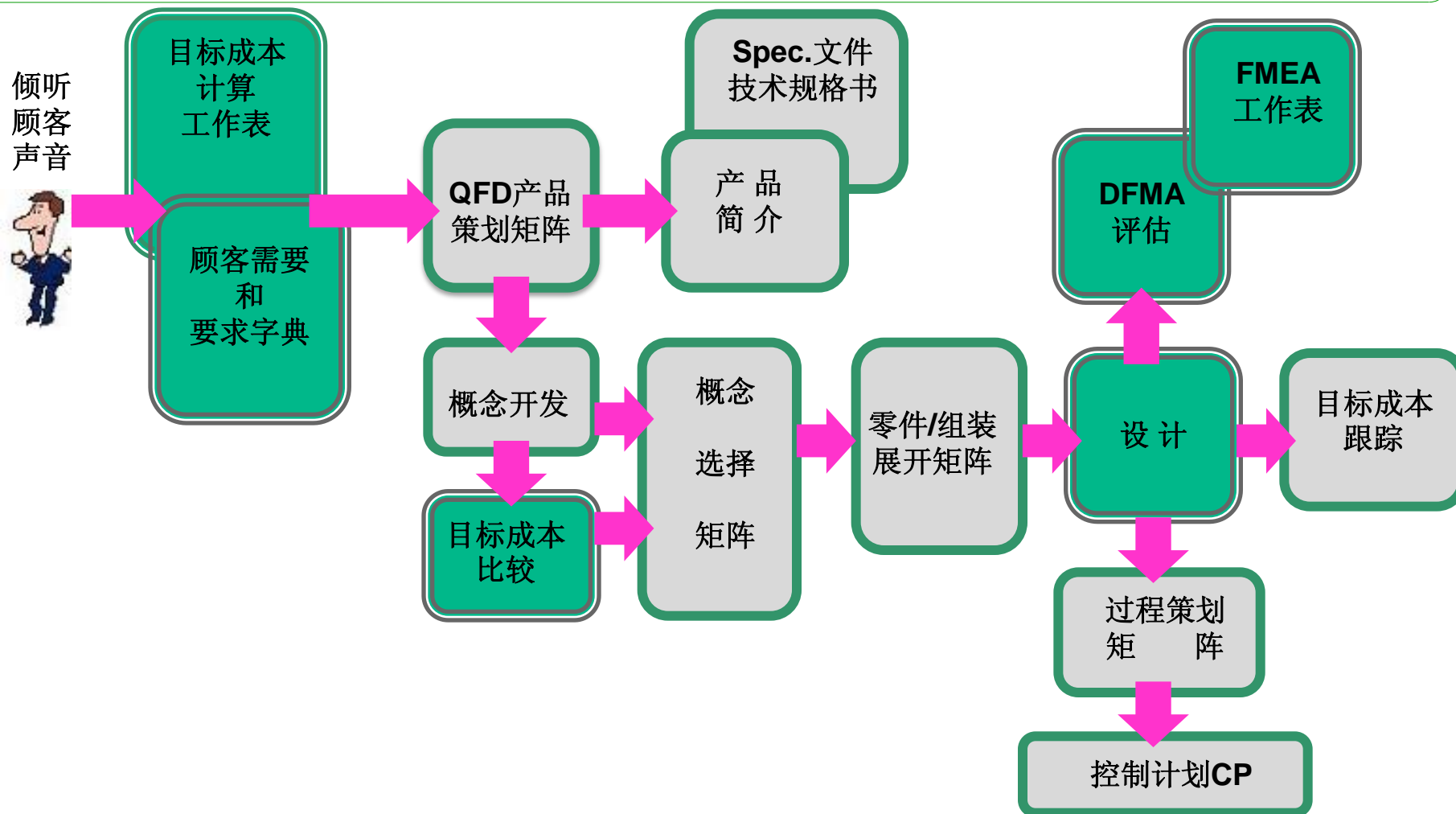
### ■ 导致这些问题产生的原因

- 产品开发流程不清，产品开发的责任不明确
- 缺乏产品开发的系统和平台，开发需求和目标缺乏结构化的定义，使得开发效率不高
- 缺乏系统的市场管理、需求管理流程，开发目标不明确
- 缺乏结构化的新产品开发流程
- 缺乏并行工程
- 缺乏科学的产品管理，开发活动无章可循，导致产品不断更新
- 缺乏先进的研发管理系统和开发平台
- 缺乏科学的产品研发方法和开发工具
- **——核心问题是产品开发和制造之间的脱节**

# 产品研发管理流程及其发展趋势

当前常见的管理方法和工具

# 产品开发框架与流程



# 产品开发流程----最经典的思想----QFD质量功能展开

各个“如何”之间的作用关系



较大的正面作用

正面作用

负面作用

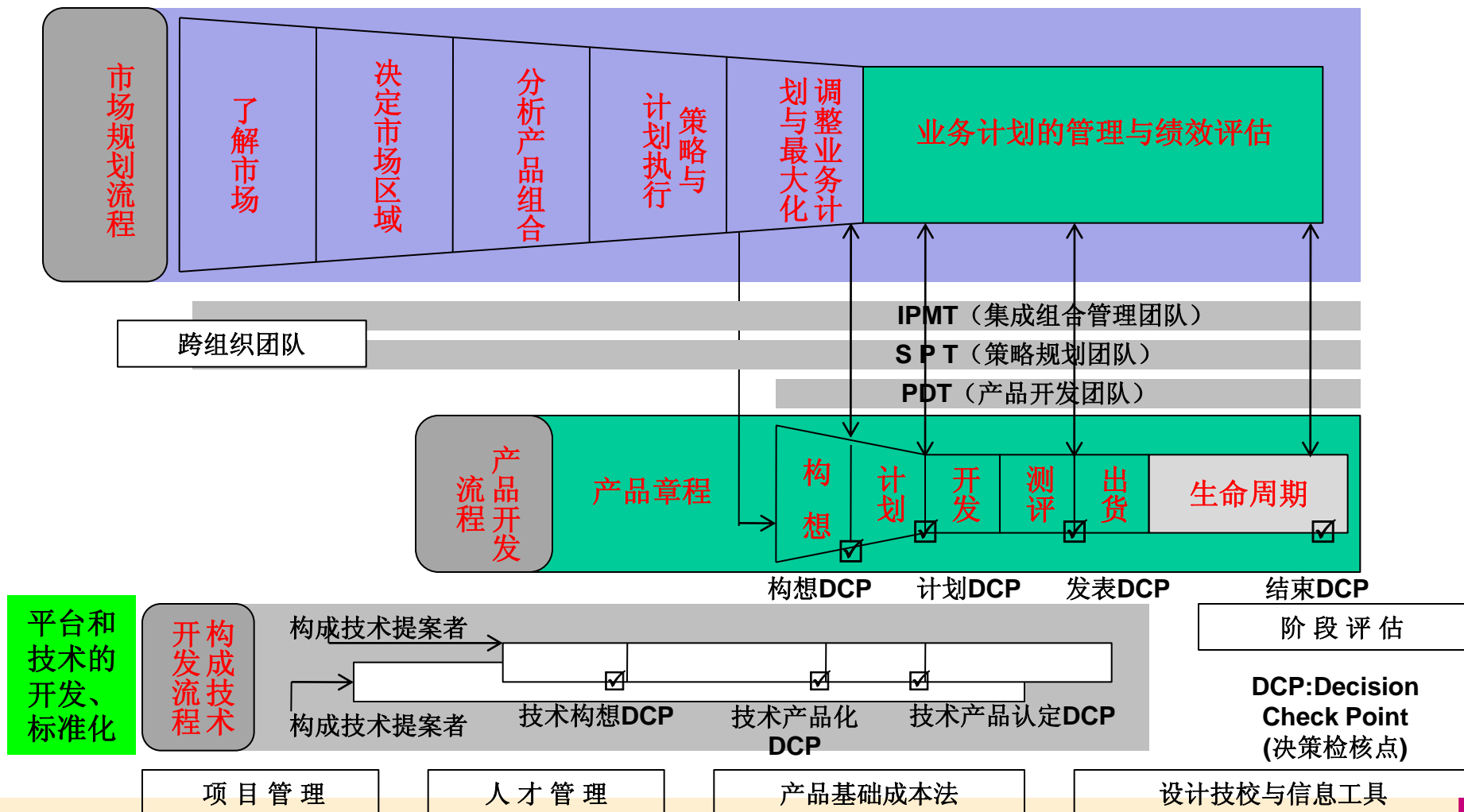
较大的负面作用

关系矩阵

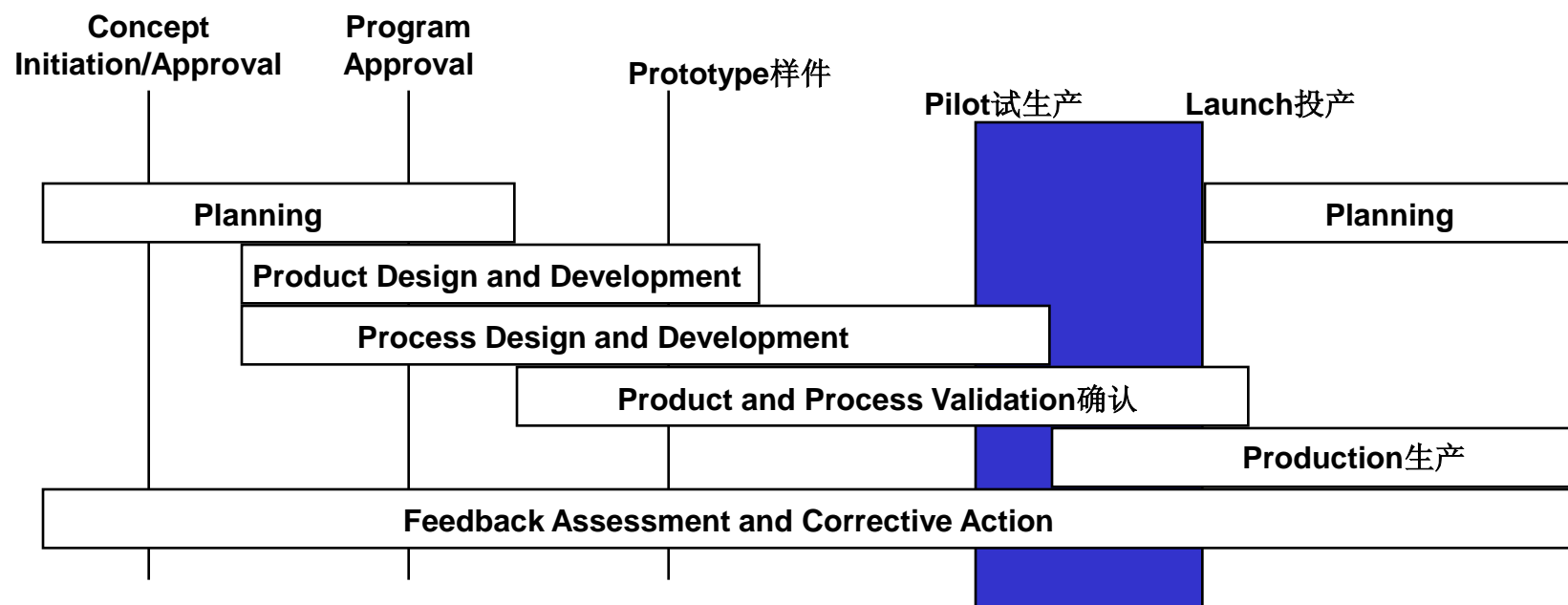
之间的作用关系

<

# 产品开发流程----最新的理念和趋势----整合产品开发（IPD）



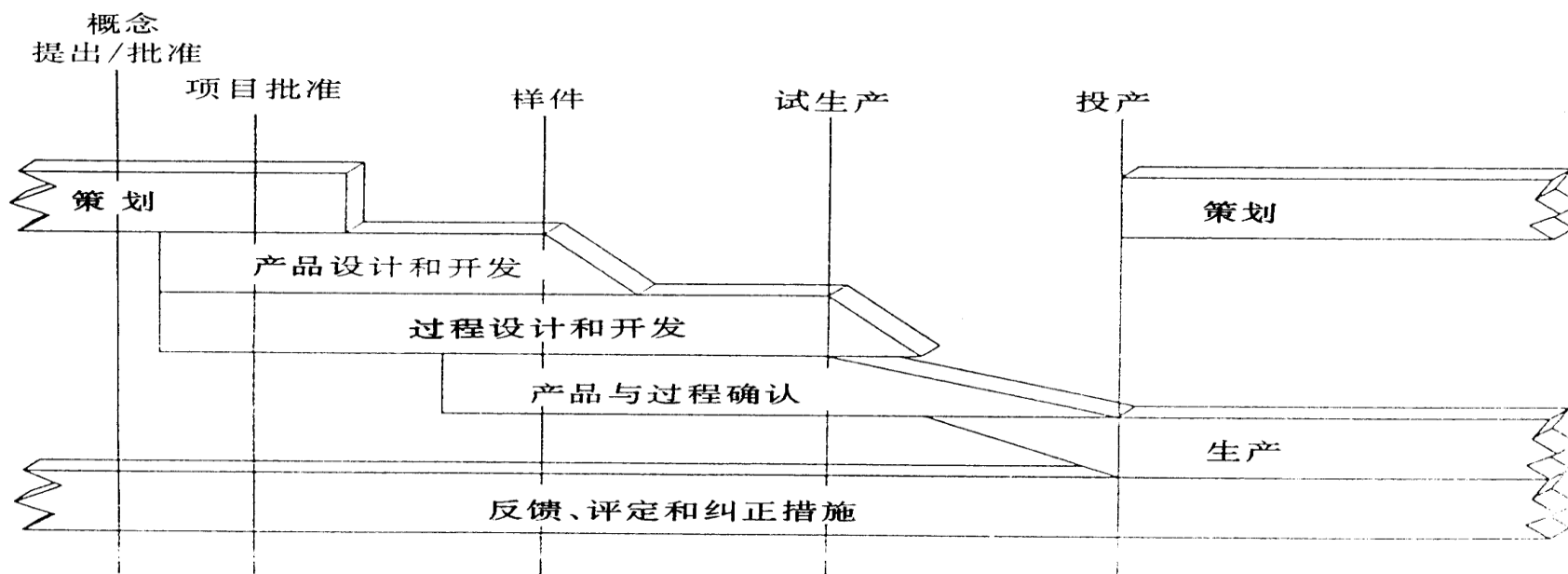
## 产品开发流程----最经典/实效的工具---- APQP(CP) / FMEA / PPAP



产品质量先期策划和控制计划  
**APQP(Advance Product Quality Planning and Control Plan )**



## 产品开发流程----最经典/实效的工具---- APQP(CP) / FMEA / PPAP



计划和  
确定项目

产品设计  
和开发验证

过程设计  
和开发验证

产品和  
过程确认

反馈、评定  
和纠正措施

# 产品开发流程----最经典/实效的工具---- APQP(CP) / FMEA / PPAP

表 1: DFMEA 表格

## 潜在失效模式及后果分析

(设计 FMEA)

FMEA 编号: \_\_\_\_\_

页 码: OF
 \_\_\_\_\_系统  
 \_\_\_\_\_子系统

设计责任: \_\_\_\_\_

编 制 人: \_\_\_\_\_

车型年/车辆类型: \_\_\_\_\_

关键日期: \_\_\_\_\_

FMEA 日 期: (编制) \_\_\_\_\_ (修订) \_\_\_\_\_

主要参加人: \_\_\_\_\_

项目 功能	潜在的失效模式	潜在的失效后果	严重程度(S)	级别	潜在的失效起因/机理	频度数(O)	现行设计控制	不易探测度(D)	风险顺序数 RPN	建议措施	责任和目标完成情况	措施结果				
												采取的措施	严重程度(S)	频度(O)	不易探测度(D)	RPN

## 潜在失效模式及后果分析

## FMEA(Potential Failure Mode and Effects Analysis)----DFMEA

# 产品开发流程----最经典/实效的工具---- APQP(CP) / FMEA / PPAP

## 潜在 失效模式及后果分析 (设计 FMEA)

系统

× 子系统

零部件: 01.03 车身密封 (2)

设计责任: 车身工程师 (3)

FMEA 编号: 1234 (1)

页码: 第 1 页 共 1 页

编制者: A. Tate — x6412 — 车身工程师 (4)

车型年度 / 车辆类型: 199× / 狮牌 4 门 / 旅行车 (5)

关键日期: 9×, 03, 01 (6)

FMEA 日期: (编制) 8×, 03, 22 (修订) 8×, 07, 14 (7)

核心小组: I. Fender — 汽车产品部、C. Childers — 制造部、J. Ford — 总装部(Dalton, Fraser, Henley 总装工厂)

(8)

项目 (9) 功能	潜在失效模式 (10)	潜在失效后果 (11)	严重度 (S) (12)	分类 (13)	潜在失效起因 / 机理 (14)	频度 (O) (15)	现行预防 设计控制 (16)	现行探测 设计控制 (16)	探测度 (D) (17)	风险 顺序 数 RPN (18)	建议措施 (19)	责任和 目标 完成日 (20)	措施执行结果 (22)				
													采取的措施 (21)	严重度	频度	探测度	R. P. N
左前车门 H8HX-000 0-A  • 上、下车 • 保护乘员 免受天气、 噪声、侧碰撞 的影响  • 车门附件，如后 视镜、门铰链、 门锁、及门窗 升降器等的固 定支撑。 • 提供适当的 表面处理项目 • 涂装及轻微 的修整	车门内板下 部腐蚀	车门寿命 降低，导致： • 因漆面生 锈，使客 户对外观 不满 • 损害车门 内附件之 功能	7		车门内板之上 方边缘保护蜡 喷涂太低	6		整车耐久性试验 T-118 T-109 T-301	7	294	增加试验室加速 腐蚀试验	A. Tate- 一 车身工程师 8×, 09, 03	根据试验结果 (1481号试验)， 上方喷涂规格提 高 125mm	7	2	2	28
			7		蜡层厚度规定 不足	4		整车耐久性试验 — 同上	7	196	增加试验室加速 腐蚀试验  就蜡层厚度进行 设计试验分析	结合试验对蜡 的上方边缘的 验证。  A. Tate 一 车身工程师 9×, 01, 15	试验结果(试验号 1481)显示要求的 厚度是合适的。设 计试验分析显示 要求的厚度在 25%范围内变化。 可以接受	7	2	2	28
			7		蜡的配方不当	2		物理和化学试验 室试验 — 报告 编号: 1265	2	28	无						
			7		混入的空气阻 止蜡进入边角 / 边缘部分	5		用功能不彰的喷 头进行设计辅助 调查	8	280	增加小组评价， 利用正式量产喷 蜡设备和特定的 蜡	车身工程和 装总部门 8×, 11, 15	基于试验结果，在 受影响的区域增 加 3 个排气孔	7	1	3	21
			7		车门板之间空 间不够，容不下 喷头作业	4		喷头作业的图样 评定	4	112	利用辅助设计模 型和喷头进行小 组评价	车身工程和 装总部门 8×, 09, 15	评定评价显示入 口合适	7	1	1	7
			范例														

# 产品开发流程----最经典/实效的工具---- APQP(CP) / FMEA / PPAP

表 5: PFMEA 表格

## 潜在失效模式及后果分析

(过程 FMEA)

FMEA 编号: \_\_\_\_\_

页 码: \_\_\_\_\_ OF \_\_\_\_\_

编 制 人: \_\_\_\_\_

项目名称: \_\_\_\_\_

过程责任部门: \_\_\_\_\_

车型年/车辆类型: \_\_\_\_\_

关键日期: \_\_\_\_\_

FMEA 日 期: (编制) \_\_\_\_\_ (修订) \_\_\_\_\_

主要参加人: \_\_\_\_\_

过程 功能	潜在的失效模式	潜在的失效后果	严重程度(S)	级别	潜在的失效起因/机理	频度数(O)	现行工艺控制	不易探测度(D)	风险顺序数 RPN	建议措施	责任和目标完成情况	措施结果				
												采取的措施	严重程度(S)	频度(O)	不易探测度(D)	R P N
功能																

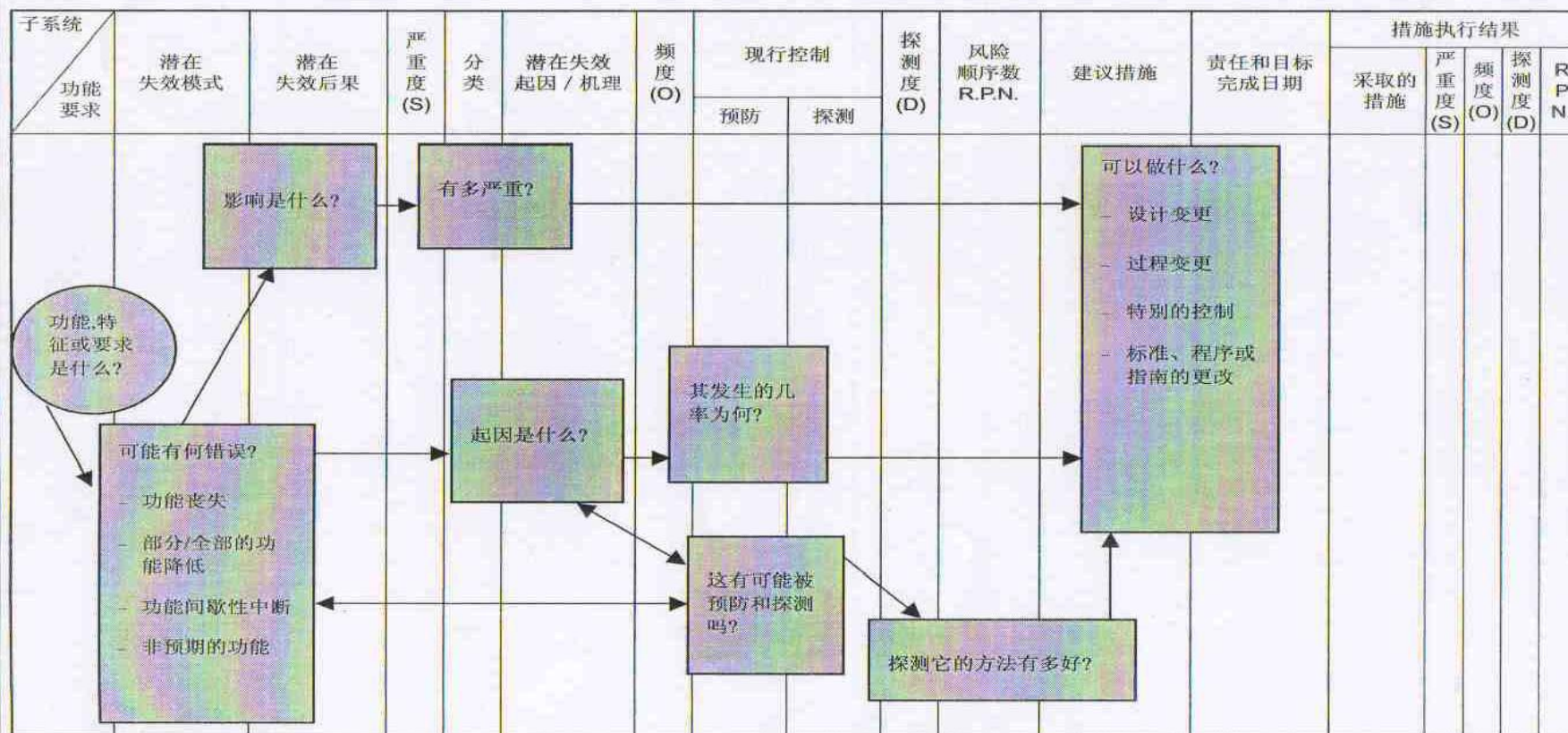
## 潜在失效模式及后果分析

## FMEA(Potential Failure Mode and Effects Analysis)---PFMEA



# 产品开发流程----最经典/实效的工具---- APQP(CP) / FMEA / PPAP

潜在  
失效模式及后果分析顺序



# 产品开发流程-----最实效的工具----过程FMEA

## 潜在 过程失效模式及后果分析 (过程 FMEA)

FMEA 编号: 1450 (1)

页码: 第 1 页 共 1 页

项目名称: 左前门 / H8HX-000-A (2)

过程责任部门: 车身工程部 / 装配部 (3)

编制者: J. Ford — x6512 — 装配部门 (4)

车型年度 / 车辆: 199x / 狮牌 4 门 / 旅行车(5)

关键日期: 9x 03 01 9x 08 26 工序#1 (6)

FMEA 日期: (编制) 9x, 05, 17 (修订) 9x, 11, 06 (7)

核心小组: A. Tade — 车身工程师 J. Smith — 作业控制 R. James — 生产部 J. Jones — 维修部 (8)

过程 功能 要求 (9)	潜在 失效模式 (10)	潜在 失效后果 (11)	严重 度 (S) (12)	分类 (13)	潜在失效 起因 / 机理 (14)	频 度 (O) (15)	现行预防 过程控制 (16)	现行探测 过程控制 (16)	探 测 度 (D) (17)	风险 顺序数 R.P.N. (18)	建议 措施 (19)	责任 和目标 完成日期 (20)	措施执行结果 (22)				
													采取的措施 (21)	严重 度	频 度	探 测 度	R. P. N.
车门内部人工涂蜡       为覆盖车门内侧 面, 车门下层表 面涂以最小厚度 的蜡, 以延缓腐 蚀	在指定的表面 涂蜡不足	车 门 寿 命 降 低, 导致:	7		人工插入喷 头不够深入	8		每小时进行目 测检查, 每班 检查一次喷膜 厚度(深度计) 和范围	5	280	给喷蜡枪加装 深度限位器	制造工程 9x, 10, 15	增加限位器, 在 线上检查喷蜡 枪	7	2	5	70
		• 使用一段时 间后生锈, 使顾客对外 观不满意									使喷蜡作业自 动化	制造工程 9x, 12, 15	由于同一条线 上, 不同的门其 复杂程度不同, 因此拒绝该项				
		• 车门内附件 功能损害	7		喷头堵塞 - 粘度太高 - 温度太低 - 压力太低	5	在开始和停 机后试验喷 雾形状, 按照 预防维护程 序清洗喷头	每小时进行目 测检查, 每班 检查一次喷膜 厚度(深度计) 和范围	5	175	使用设计试验 确定粘度、温 度和压力	制造工程 9x, 10, 01	确定温度和压 力限值, 并安装 限值控制器。控 制图显示过程 已受控制。 C <sub>PK</sub> =1.85	7	1	5	35
			7		因撞击使喷 头变形	2	依预防维护 程序维护喷 头	每小时进行目 测检查, 每班 检查一次喷膜 厚度(深度计) 和范围	5	70	无						
			7		喷蜡时间不 足	8		按作业说明书 进行抽样(每 班 10 个门), 检查重要部分 喷蜡范围	7	392	安装喷蜡定时 器	维修部门 9x, 09, 15	安装了自动喷 蜡定时器, 控制 打开喷头, 定时 器控制关闭。控 制图显示过程 已受控制。 C <sub>PK</sub> =2.05	7	1	7	49

范例

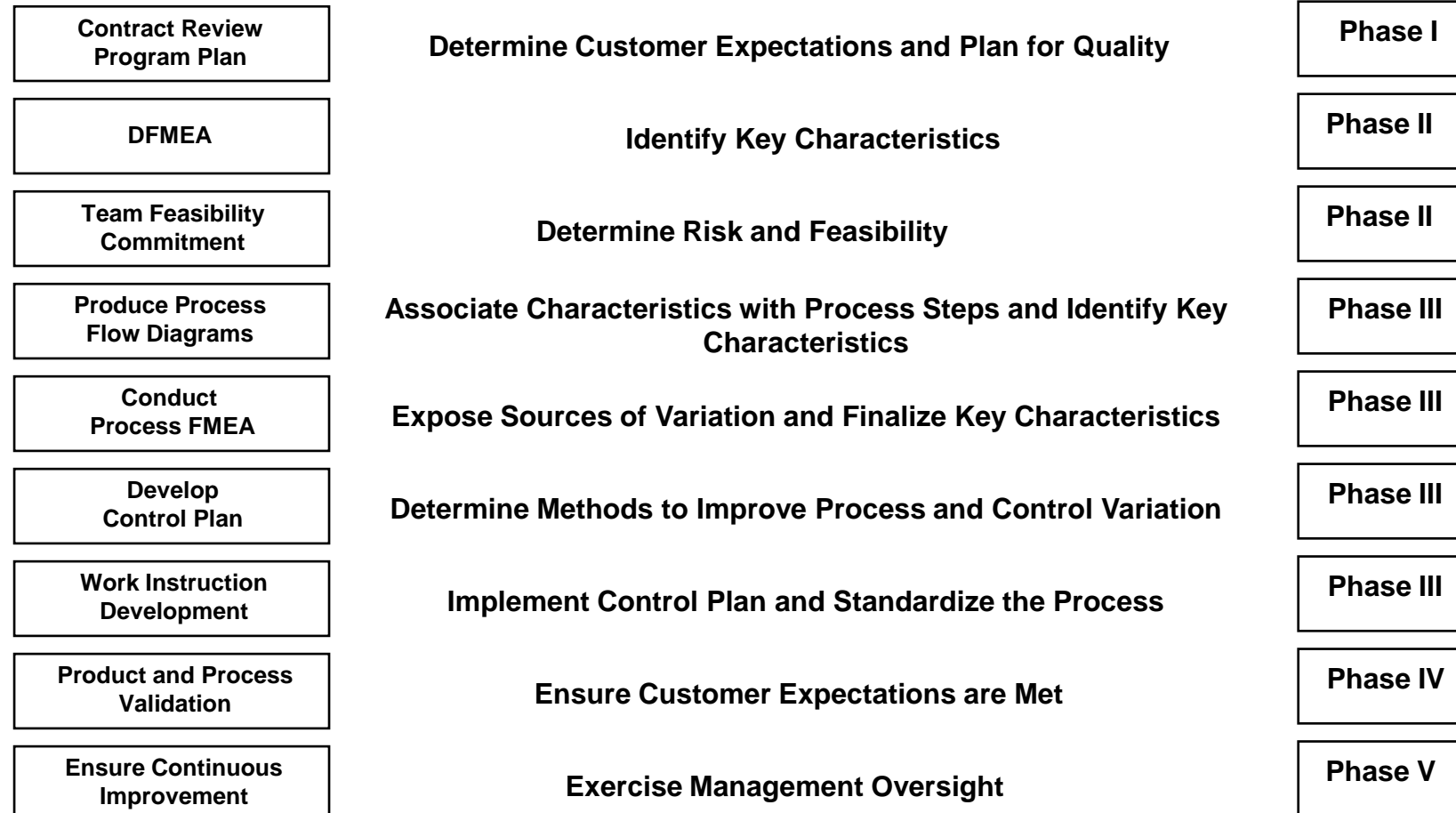


## 产品开发流程----最经典/实效的工具---- APQP(CP) / FMEA / PPAP

<input type="checkbox"/> 样件 <input type="checkbox"/> 试生产 <input type="checkbox"/> 生产 控制计划编号			主要联系人/电话				日期 (编制)		日期 (修订)			
零件号/最新更改水平			核心小组				顾客工程批准/日期 (如需要)					
零件名称/描述			供方/工厂批准/日期				顾客质量批准/日期 (如需要)					
供方/工厂		供方代号		其他批准/日期 (如需要)				其他批准/日期 (如需要)				
零件/ 过程编号	过程名称/ 操作描述	生产设备	特性			特殊特性 分类	产品/过程 规范/公差	评价/ 测量技术	方法		控制方法	反应计划
			编号	产品	过程				样 容量	本 频率		

**Control Plan 控制计划**

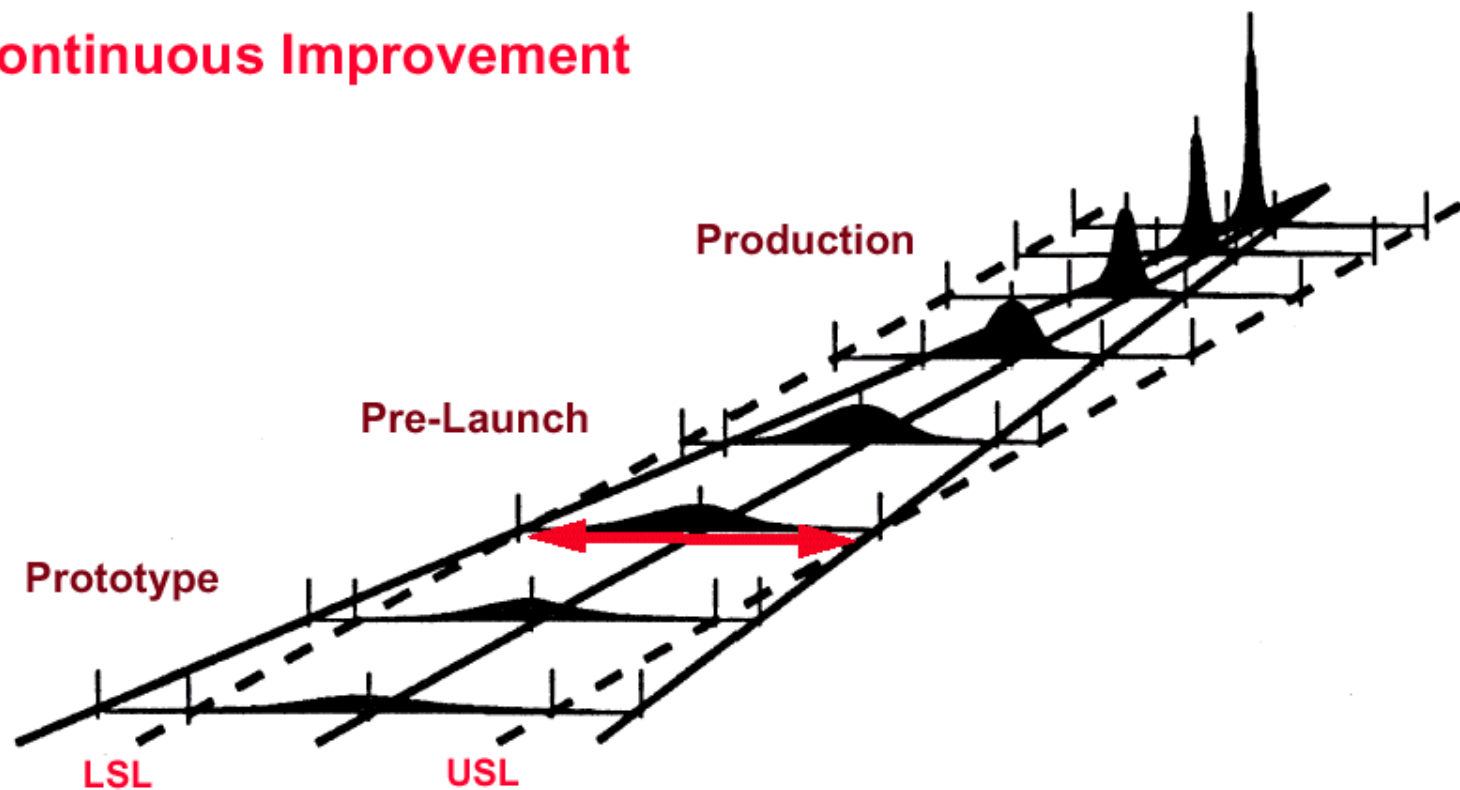
# Product development process 产品开发过程



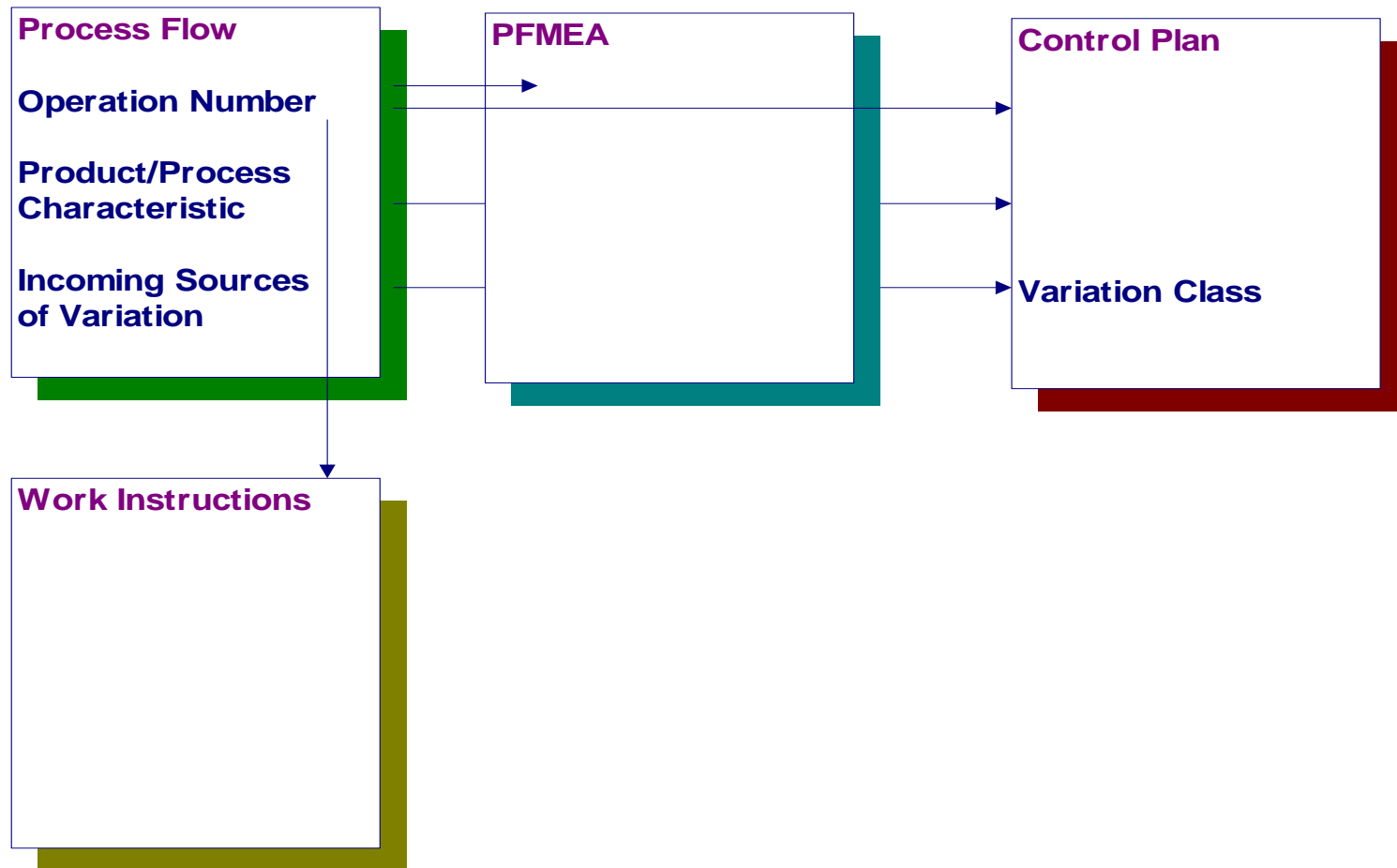


# The Target and The Goal 产品开发的目標和目的

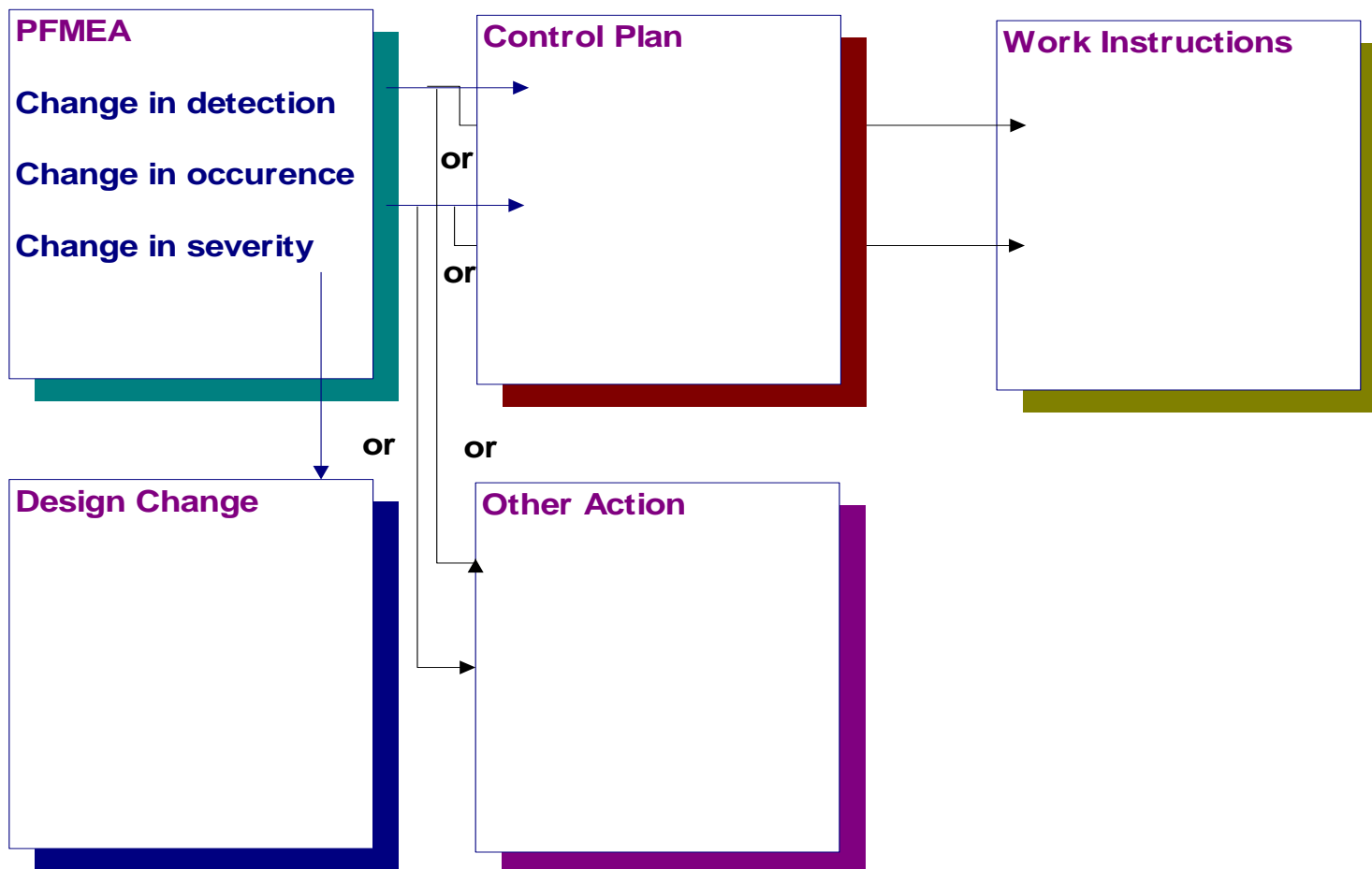
## Continuous Improvement



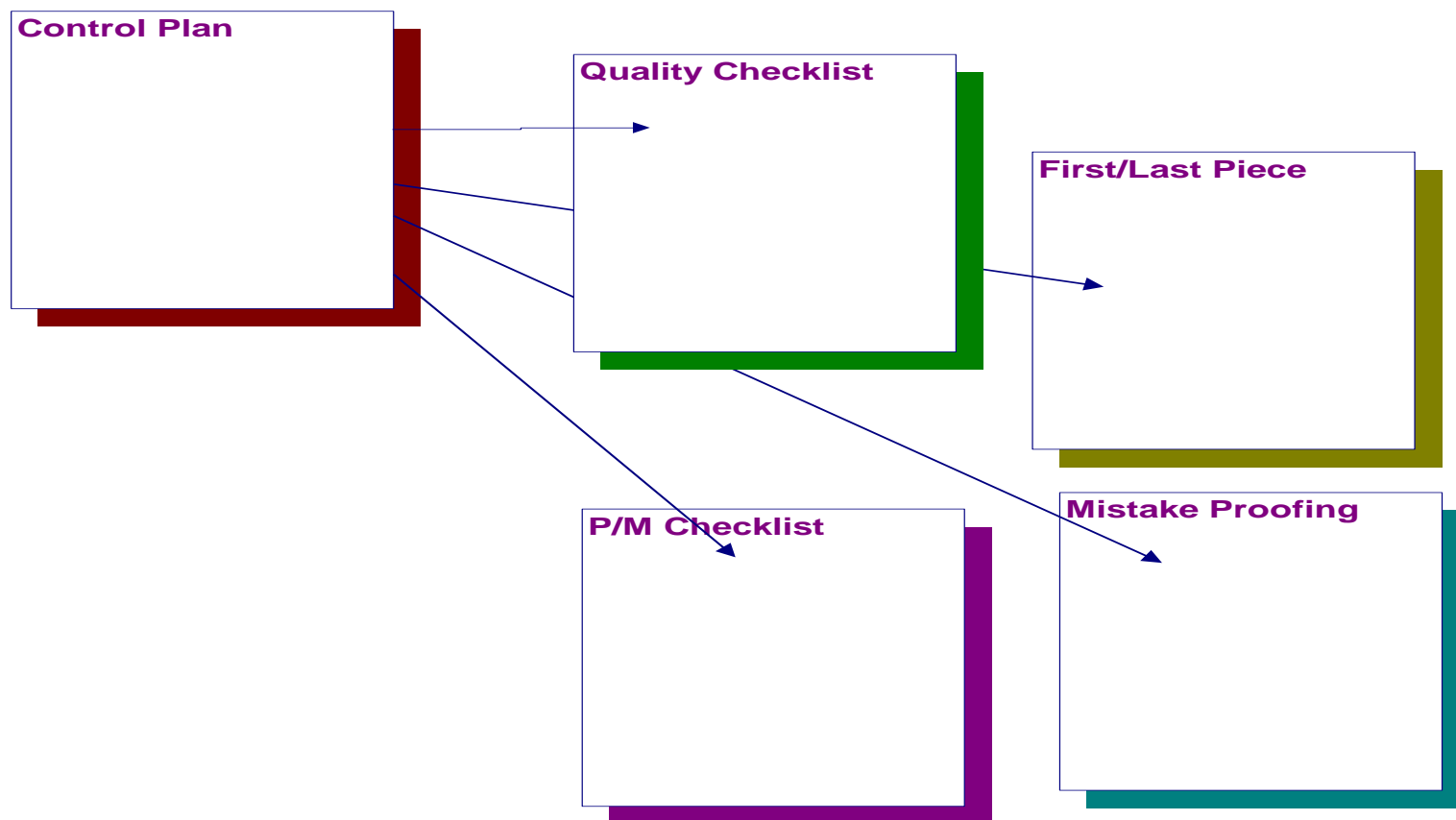
## Link Between the Documents



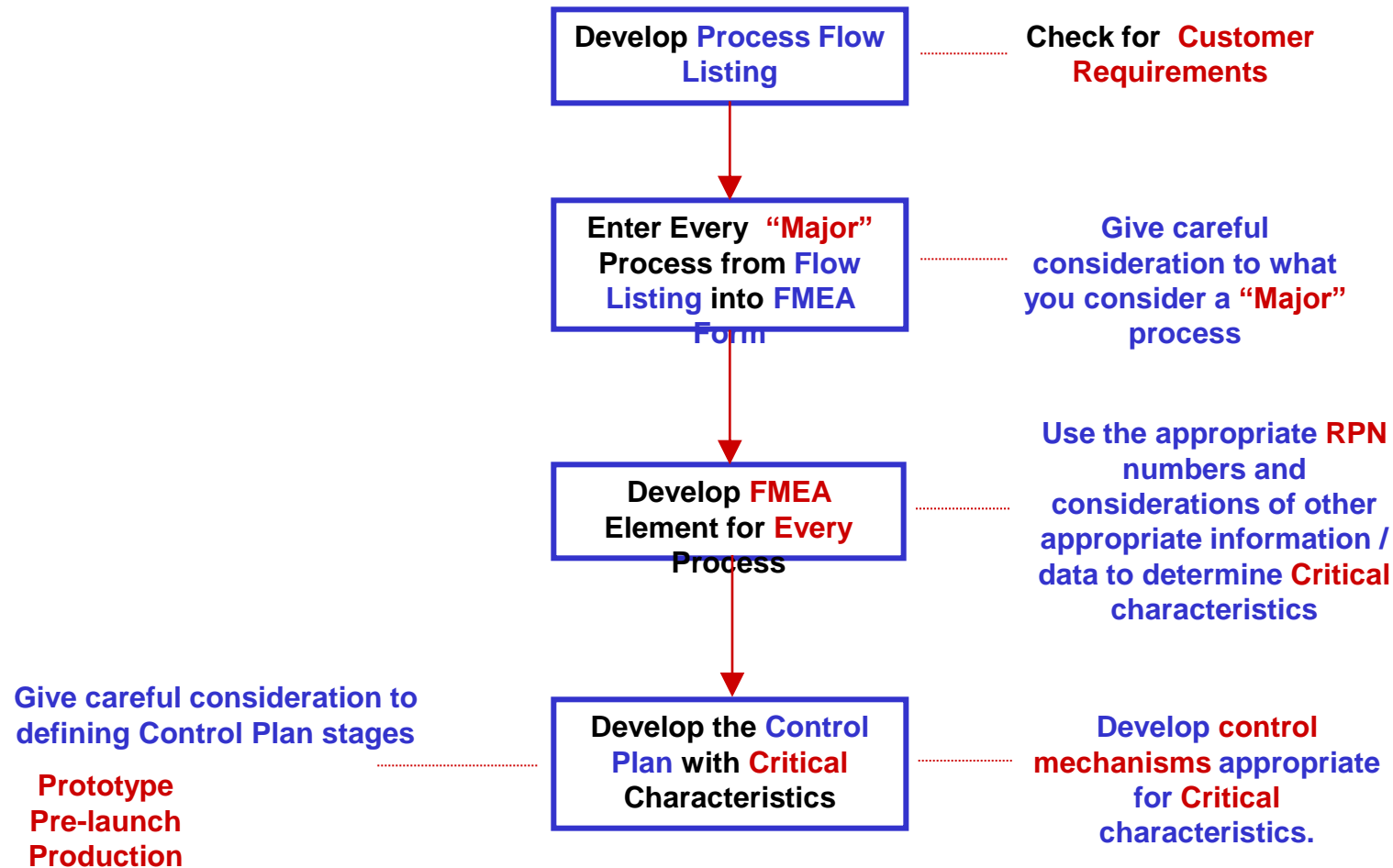
# APQP与PFMEA的关系



# APQP与Control Plan控制计划

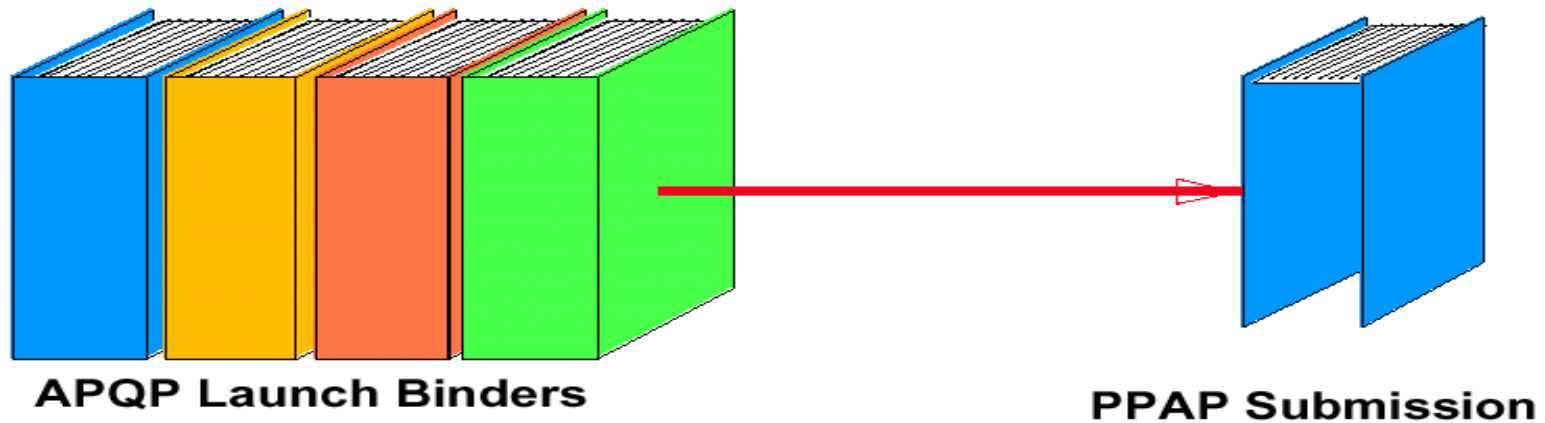


# Documentation Development 产品开发文件



## PPAP 生产件批准----产品开发过程告一段落

# PPAP



## The End Product of APQP!

## 产品开发流程----最经典/实效的工具---- APQP(CP) / FMEA / PPAP

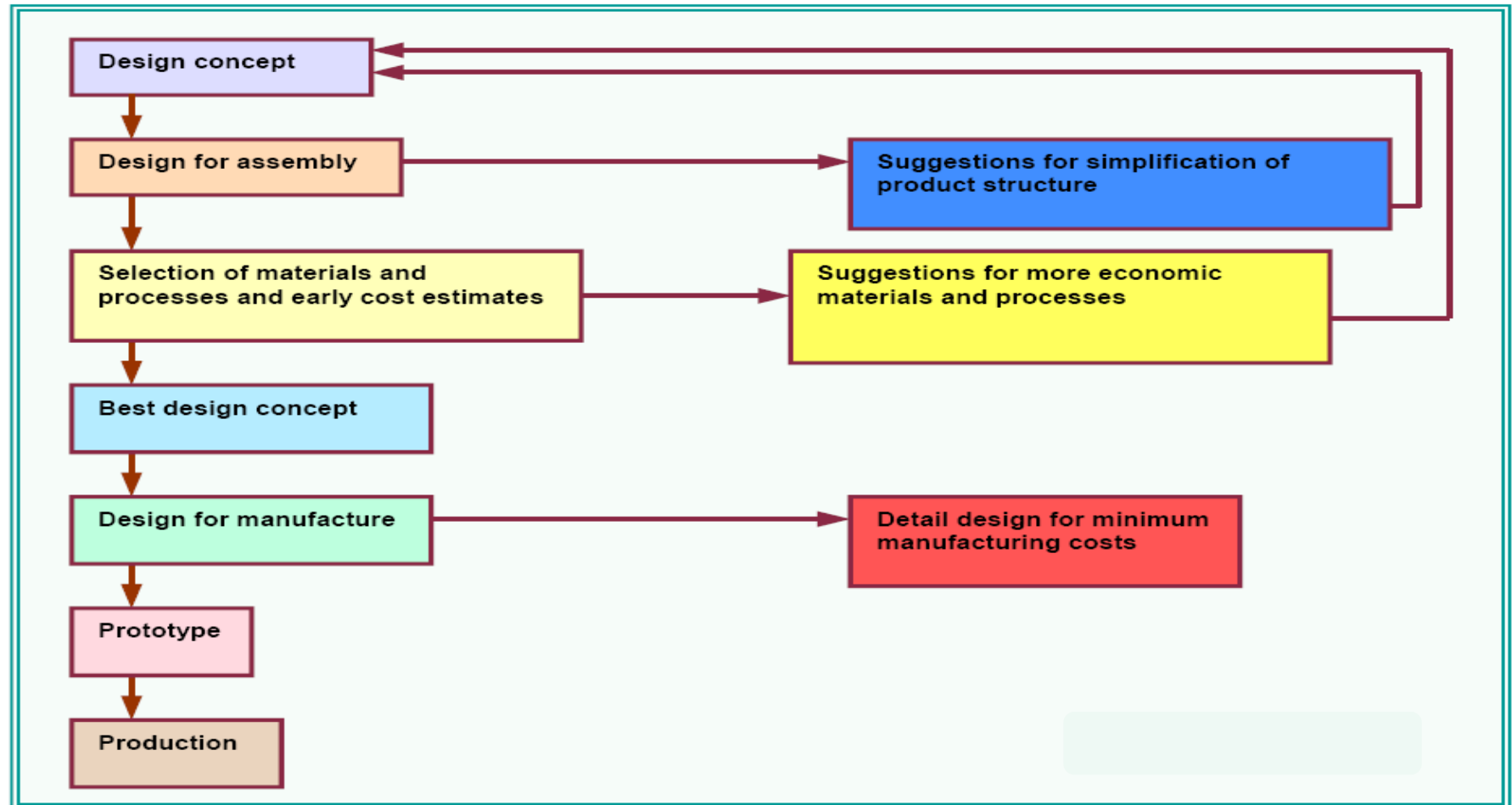
- TS16949核心工具----- APQP (CP) / FMEA / PPAP等推荐的是一个非常经典的产品开发的过程
- 优点：
  - 产品设计开发的系统工程，不仅提高设计开发的可靠性，同时在设计过程就考虑到生产过程的质量控制计划，便于质量控制。
- 缺点：
  - 产品开发周期太长，一个新产品，从概念到样件、到最终批准投产，进入汽车供应链，少则一年时间，多则2-3年时间
- 比较适用于汽车行业
- 但对于产品生命同期越来越短、开发周期越来越快的电子行业，我们可以借鉴其设计的理念，但不能照搬。----不适应

## 产品开发流程-----电子行业的新趋势DFX

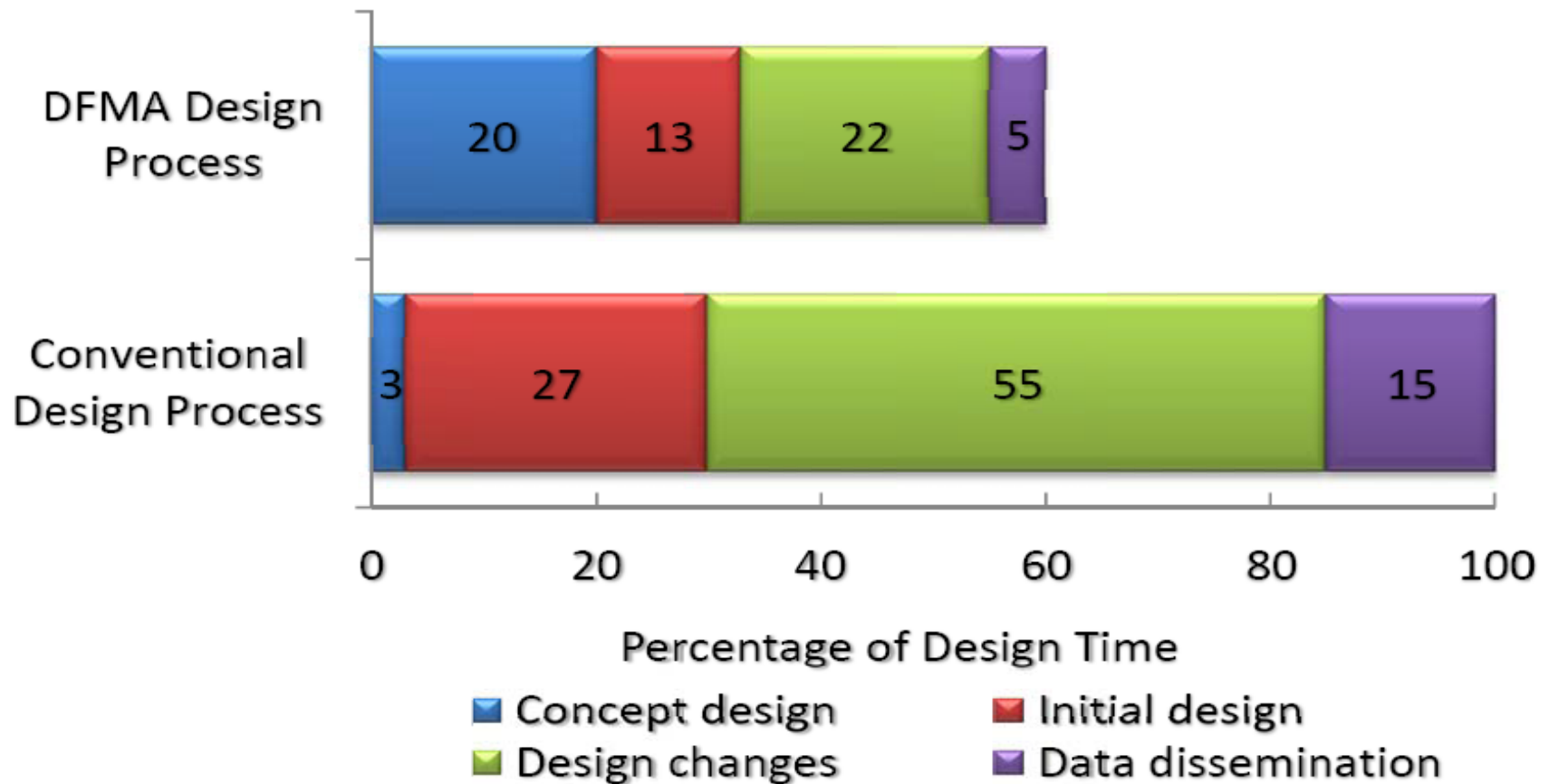
- DFX的含义即是从产品的概念开始，考虑其可制造性和可测试性，使设计和制造之间紧密联系、相互影响，从设计到制造一次成功。
- 这种设计概念及设计方法可缩短产品投放市场的时间、降低成本、提高产量。
  - Think speed 速度决定竞争力



# 产品开发流程-----电子行业的新趋势DFX

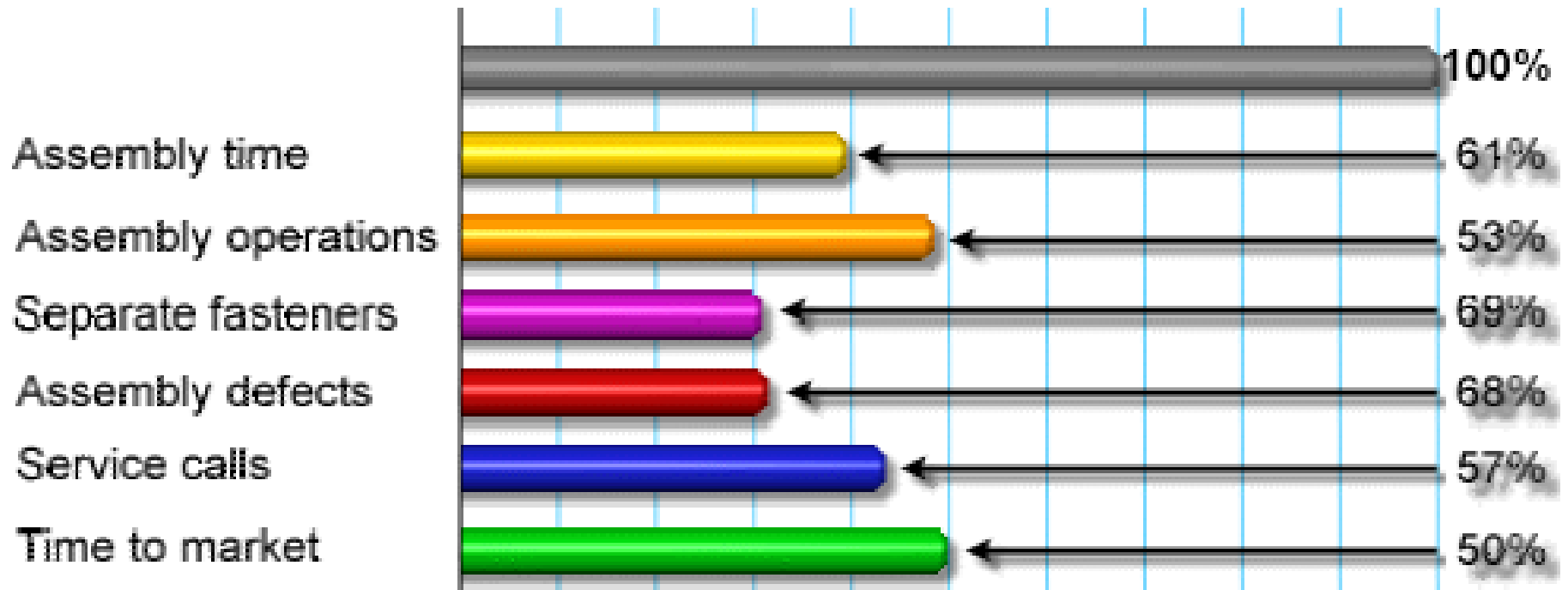


## DFM 可以大大减少设计开发的周期和时间（减少40%）



In a survey of 89 industries who used DFMA it was found that the following reductions were achieved, on average:

调查显示，应用DFMA可以实现如下各方面的指标的下降



## 第二部分

# 可制造设计 (DFX)

# DFM 可制造设计

- 第二部分:可制造设计
  - 可制造性设计的定义
  - 可制造性设计的分类
  - 传统设计和可制造设计的区别
  - 可制造性设计的价值
  - 可制作性设计实施的最佳时机
  - 可制造性设计的内容

# DFX 可制造设计

## DFX产生的背景

## DFX产生的背景

### ■ DFX是世界上比较先进的新产品开发可制造性分析技术

➤ 这项技术在欧美企业中应用比较广泛

□ 1991年, Drs. Geoffrey Boothroyd and Peter Dewhurst were awarded the National Medal of Technology by President George H.W. Bush in 1991.

➤ 在国内则起步较晚, 目前正在推广之



### ■ DFX的出现有其深刻的历史背景

➤ 这是由于当前电子产品市场竞争越来越激烈, 如何使产品快速进入市场、适应短生命周期产品的要求, 是一种产品能否取得市场份额的关键因素。

➤ DFX技术就是在这样一个环境中应运而生。

## DFX产生的背景

- 电子产品设计师正面临着比以往更艰巨的挑战：
  - 客户要求产品价格更低、产品质量更高
  - 交货周期更短, 产品开发周期及产品生命周期越来越短。
  - 如何更快地去设计更多功能、更小体积、性价比更高、能够最大程度满足客户需求的产品成为各电子设计师努力追求的目标。
  
- 由于长期以来的思维和操作定式，产品在开发与制造环节之间始终存在“间隙”，设计出来的产品往往面临
  - (1) 不符合制造能力的要求，从而需要大量维修工作，导致产品质量低下，产品设计需求多次修改；
  - (2) 产品根本无法制造，设计人员必须另起炉灶、从头开始，浪费了大量的人力、物力，严重削弱了企业在同行业中的竞争实力；
  - (3) 产品可靠性差，客户投诉多，售后服务投入大，企业入不敷出，产品生命周期缩短，最终导致企业无以为继。



# DFX产生的背景

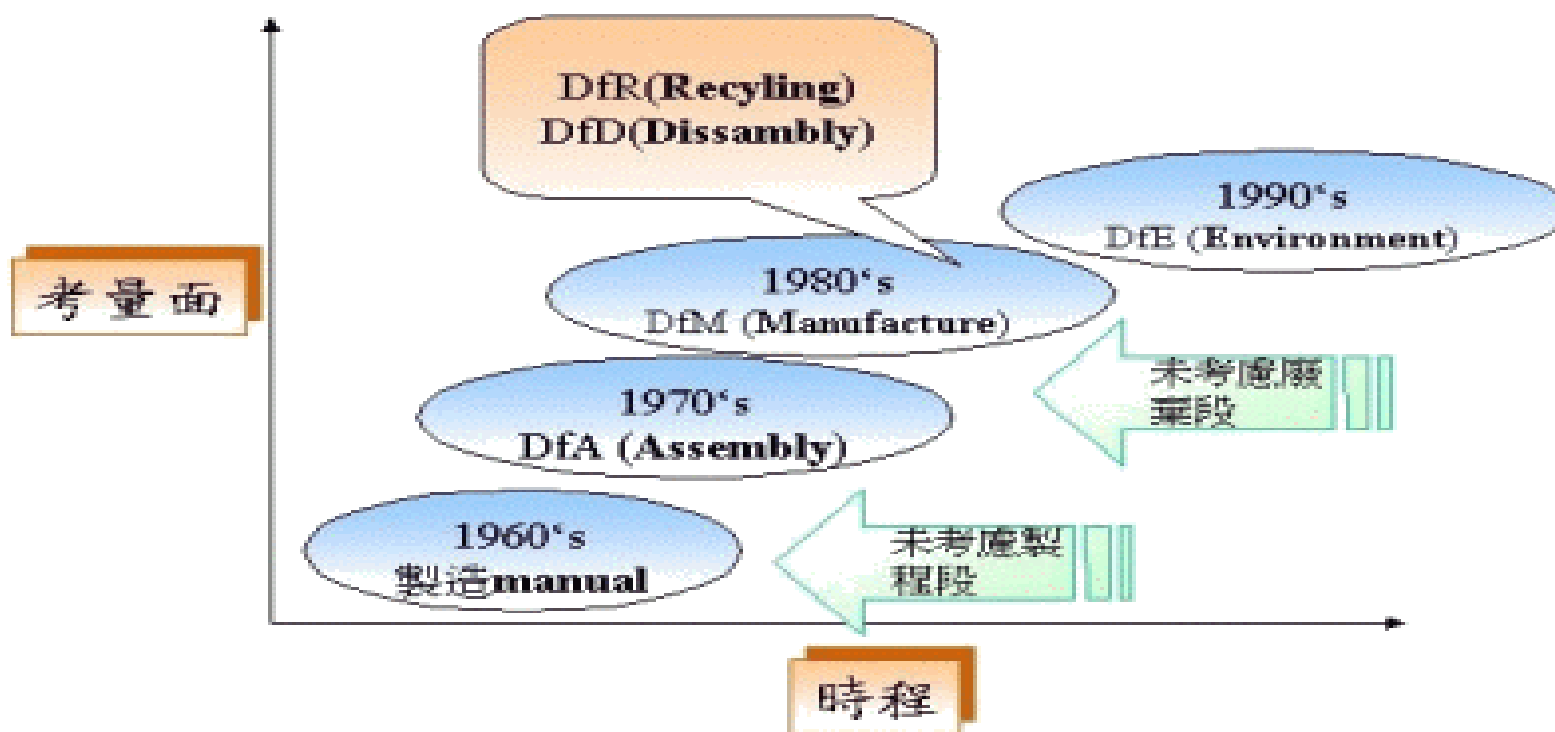
## ■ 传统的产品开发流程：

- 新产品从设计到生产乃至交付用户使用的过程总是从一个部门提交到下一个部门，这种过程是一个顺序工程。
- 由于各环节串行，生产准备只能在设计完全结束后起动，延长了产品开发时间，丧失了占领市场的机会
- 更严重的是设计与制造的严重分离，产品设计和开发部门没有及时吸收制造和工程部门对新产品的改进意见，导致：
  - ❑ 产品试生产时才发现问题反复修改
  - ❑ 带着某种缺陷交给用户
  - ❑ 造成开发成本增加，时间延长，质量降低。
- 如果能够排除设计、制造和维修之间的沟通障碍，在设计阶段就解决可制造性(DFM)、可测试性(DFT)等技术问题，将通常在制造阶段才暴露出来的问题提前在设计阶段加以解决，就可以省去多次的改版和不必要的设计更改，从而大大降低成本。

# DFX产生的背景

- 设计不仅指产品设计，也包括产品开发过程和系统设计。
  - 在产品的设计时，不但要考虑功能和性能要求，而且要同时考虑与产品整个生命周期各阶段相关的因素。包括制造的可能性、高效性和经济性等。
  - 其目标是在保证产品质量的前提下缩短开发周期, 降低成本。这是一项设计中的并行工程。
  
- DFX的含义即是从产品的概念开始，考虑其可制造性和可测试性，使设计和制造之间紧密联系、相互影响，从设计到制造一次成功。
  - 这种设计概念及设计方法可缩短产品投放市场的时间、降低成本、提高产量。
  - Think speed 速度决定竞争力

## DFX的历程



# DFX 可制造设计

## DFX的分类

## DFX及其分类

- 所谓DFX是Design for X(面向产品生命周期各/某环节的设计)的缩写。
- 其中，X可以代表产品生命周期或其中某一环节，如装配(M-制造，T-测试)、加工、使用、维修、回收、报废等，也可以代表产品竞争力或决定产品竞争力的因素，如质量、成本(C)、时间等等。包括：
  - DFP: Design for Procurement 可采购设计
  - DFM: Design for Manufacture 可制造设计
  - DFT: Design for Test 可测试设计
  - DFD: Design for Diagnosibility 可诊断分析设计
  - DFA: Design for Assembly 可组装设计
  - DFE: Design for Environment 可环保设计
  - DFF: Design for Fabrication of the PCB 为PCB可制造而设计
  - DFS: Design for Serviceability 可服务设计
  - DFR: Design for Reliability 为可靠性而设计
  - DFC: Design for Cost 为成本而设计

## DFM （Design for Manufacture）可制造设计

### ■ DFM 可制造设计

➤ DFM主要研究产品本身的物理设计与制造系统各部分之间的相互关系，并把它用于产品设计中以便将整个制造系统融合在一起进行总体优化。

▣ DFM就是在整个产品生命周期中及早发现问题并加以解决。

▣ 通过DFM实现设计与工艺节点的“对等演进”

#### ➤ DFM的好处

- 降低产品的开发周期，缩短产品投入市场的时间
- 提高产品的可制造性、缩短生产时间、提高工作效率
- 降低成本、提高产品质量

## DFM（Design for Manufacture）可制造设计

### ■ DFM可制造设计

- 根据HP公司对产品设计与成本之间关系的调查数据表明：
  - 产品总成本的60%取决于最初的设计
  - 75%的制造成本取决于设计说明和设计规范
  - 70~80%的生产缺陷是由于设计原因造成的
- 在产品的设计阶段进行可制造性分析，对于提高设计产品的可靠性、稳定性，增强产品开发的竞争实力具有举足轻重的作用

## DFM（Design for Manufacture）可制造设计

### ■ DFM可制造设计的推动力

- 新技术带来的零件密度的增加
  - ▣ 要求设计更小更轻，同时又要拥有更多功能的不断增加的需求
- 缩短设计周期时间的需求
- 外包及海外制造模式的实行

### ■ DFM的意义

- 实际上，DFM结果意味着设计已经得到最大程度的优化，从而确保产品可以按最高效的方式制作、组装及测试 - 消除可能导致额外时间及成本的多余工艺。
- 一个全面优化的设计甚至会考虑到产品的制造良率



## DFM（Design for Manufacture）可制造设计

- DFM的使用不仅仅是回答“这个设计可以制造吗”，而更是回答“这个设计是否能被高效率地制造并且获利”。
  - 如果仅仅是确保设计不在制造时出错，则漏掉了一个在制造时对时间及成本产生重大影响的主要因素。
    - ▣ 除了按照规格或规则(物件大小，间距，间隔等)检查设计数据内容以外，也需要看看将设计制造出来所需要的工艺类型及数量。
- 最重要的是，DFM必须被看作为贯穿于整个新产品导入(NPI)流程链的一种作业逻辑思考。它不是一种事后产生的想法或是设计完成后的额外补充。

## DFM（Design for Manufacture）可制造设计

- DFM技术在电子产品设计与制造中的突出作用在于：
  - 第一，有利于流程的标准化，通过DFM规范，将设计和制造部门有机地联系起来，同时达到生产测试设备地标准化；
  - 第二，有利于技术转移，基于目前的产品制造外包趋势(OEM/EMS), DFM技术有助于各方拥有共同的技术沟通语言，能够实现产品技术的专业化转移，以便迅速在世界各地组织生产，有利于企业实现全球化策略；
  - 第三，降低新技术引进成本，减少测试工艺开发的庞大费用；
  - 第四，节约成本，改善供货能力，有效利用资源，低成本、高质量、高效率地制造出产品；
  - 第五，提前对产品开发进行验证，减少投产后出现各种产品设计更改；
  - 最后，DFM对于日益复杂的PCB/SMT技术的挑战，具有相当良好的适应能力。

## DFM (Design for Manufacture):可制造设计

- 这里的制造主要指构成产品的单个零件的切削、铸造、锻造、焊接、冲压等冷热变形加工过程。
- DFM用于为了减少该类加工的时间与成本，提高加工质量。
- 面向制造的一般设计原则主要有：
  - 简化零件的形状；
  - 尽量避免切削加工因为切削加工成本高；
  - 选用便于加工的材料；
  - 尽量设置较大的公差；
  - 采用标准件与外购件；
  - 减少不必要的精度要求，等等。

## DFM（Design for Manufacture）可制造设计

- DFM技术在以下几个方面体现出巨大的效益：
  - (1) 新产品开发时间缩短，反复次数减少。
  - (2) 新产品的工艺质量和产品质量提高。
  - (3) 减少制造时间和生产成本。
  - (4) 新产品正式投产后能很快达到成熟的生产期。
- 它通常应用在对PCB的设计工艺性、结构件的设计工艺性、整机的装配工艺性、可测试性设计和成本方面的分析上，具有软件模拟的功能，实时性强，具有实际指导意义。

## DFA 可组装设计 (Design For Assembly)

### ■ DFA 可组装设计

- 基于产品设计评价工具，使设计者达到以下目的
  - 降低零部件的数量
  - 设计出容易操作或自动操作的产品
  - 减少组装过程中的劳动力和时间
- 其中，对降低成本的一个关键因素就是降低零部件的数量。零部件的数量至少具有以下意义：
  - 最低数量的生产操作
  - 最少用量的原材料
  - 最低工作量的组装操作

## DFA(design for assembly):可组装设计

- DFA是最早也是目前最为成熟的DFX方法。
  - 装配指将零件结合成为完整的生产过程。
  - 所谓可装配的设计是旨在提高装配的方便性以减少装配时间、成本的设计、可装配设计的原则包括：
    - 减少零件数；
    - 采用标准紧固件和其它标准零件；
    - 零件的方位保持不变；
    - 采用模块化的部件；
    - 设计可直接插入的零件；
    - 尽量减少调整的需要，等等。

## DFI（DESIGN FOR INSPECTION）：可检验的设计

- DFI着重考虑产品、过程、人的因素以便提高产品检验的方便性。
  - 产品检验是加工和维修和主要工作。加工中的产品检验是为了提供快速精确的加工过程反馈，而维修中的产品检验则是为了快速而准确地确定产品结构或功能的缺陷，及时维修以保证产品使用的安全。
  - 产品检验方便性取决于色彩（比如电路板上元器件的颜色以应不同种类），零件内部可视性（比如油缸等液体容器应该直接显示液面）、结构等等诸多因素。

## **DFE** (*design for Environment*)面向环境的设计

- DFE着重考虑产品开发全过程中的环境因素，目的在于尽量减少在生产、运输、消耗、维护与修理、回收、报废等产品生命周期的各个阶段，产品对环境产生的不良影响，如资源衰竭（生物与非生物），污染（臭氧层破坏、全球暖化、酸雨、噪声等），失调（干旱、地表变质等）等等。
  - 在充分意识到环境因素下开发出来的产品往往不仅对环境产生的不良影响少，而且消耗少、成本低、易为社会接受。因此重视面向环境的产品开发的企业能够具有较大的竞争优势。产品开发中对环境产生较大影响的主要因素包括材料、加工处理、功能、形状、尺寸、配合与安装等。
- 减少对环境不良影响的设计原则包括：
  - 设计可重复使用、可回收的产品及其零件；
  - 减少零件数；
  - 减少使用材料的种类；
  - 尽量少用玻璃、金属强化塑料等复合材料；
  - 使用压模铭牌而不使用铭牌片，等等。



## DFR（DESIGN FOR RECYCLING）：可回收设计

- 日渐减少的自然资源，有限的垃圾填埋空间，有害废弃物物的危害等现实已经近使一些工业先进国家制订相关法规条例，促使产品回收开始成为企业的责任。比如，德国的“电子废品法”于1995年成为法律，日本于同年颁布实施的“产品责任法”也有类似的条款。在这种环境下，企业产品开发必须将产品回收问题提到日程上来。
  - 可回收设计的重点集中在产品的可拆卸性的提高和材料方面。
  - 产品的可拆卸性取决于零件数，产品结构，拆卸动作种类，拆卸工具种类等因素。
  - 日本富士胶卷公司于1987年投放市场的一次性相机（又称带镜头的胶卷）是面向回收的设计的代表产品。

## DFQ (design for quality) :面向质量的设计质量是产品的生命

■ 质量可以理解为产品满足要求的程度。提高产品质量贯穿产品生命周期各个环节。面向质量设计的主要的原则包括：

- 产品应易于检查；
- 采用标准件；
- 图纸标注清楚规范；
- 尺寸公差设置合理；
- 模块化设计，等等。

## DFR（design for reliability）：面向可靠性的设计

- 可靠性指产品在一定的使用条件下在特定时期内令用户满意地实现其功能的概率。可靠性与质量密切相关。不考虑质量的可靠性的产品缺乏市场竞争力。
- 面向可靠的设计目的在于创造出具有可靠性的因素包括产品复杂程度、零件的可靠性、冗余件与备用件的使用、可维修性等等。因此，改进产品可靠性的原则包括：
  - 简化产品结构；
  - 增加排除环境因素干扰的设计（如以密封件避免湿气，以屏蔽罩避免电磁与静电辐射等）；
  - 采用标准件和材料；
  - 减少导致疲劳生效的设计，如减少应力集中点；紧固争取采用可锁定；
  - 提高零件的冗余度，等等。

## DFS(design for service/Maintain/repair):面向维修的设计

■ 正如美国福特汽车公司坚持的“售后服务与销售同等重要”原则所表明的，售后服务是现代企业非常重视的环节之一。

- 产品的售后服务主要是指产品维修，而产品维修主要涉及产品拆卸和重装等工作，因此产品维修性主要取决于产品故障确定的容易程度、产品的可拆卸性和可重装性，也取决于产品的可靠性。考虑零部件的可靠性的结果是要尽量使容易发生故障的零部件处于容易拆卸和重装，如何减少这些工作所需时间和成本是DFS的重要问题。
- 另一方面，考虑零部件的可靠性的结果是要尽量使容易发生故障的零部件处于容易拆卸的位置，从而有利一维修时间与成本的减少。

■ 改进产品可维修性的原则包括：

- 提高产品可靠性；
- 经常需要维护的零件和易磨损易失效的零件置于易发现的易接近处；
- 零件的拆卸尽量不需要移动其它零件；
- 尽量减少需要使用的维修工具种类；
- 模块化设计；
- 采用标准件；
- 留有足够的维修空间，等等。

## DFX主要步骤

- 设计过程：根据设计要求设计的设计方案或已有产品的设计方案通过应用DFX方法得到分析，从而为再设计提供改进建议，最终得到新的改进的设计方案。
- DFX的主要步骤包括：
  - 产品分析（product analysis）
    - DFX方法首先需要收集和明确目标产品的相关信息。信息来源可以是图纸（装配图和零件图）、操作手册等。分析结果包括零件总数、同类零件的统计、不同类零件的统计、材料等等。
  - 过程分析（process analysis）
    - DFX方法的第二步需要收集、整理相关过程的相关数据和资源数据。
    - 可以采用工序过程图和流程图分析产品与过程的关系。分析结果包括活动（工序）总次数、同类活动次数等等。
  - 性能测定（measuring performance）
    - DFX方法的第三步是在获取产品和过程信息之后，根据相关的性能指标测定信息间的相互关系。

## DFX的主要步骤

### ■ DFX的主要步骤包括：

- 标准制定与问题发现 (highlighting by benchmarking)
  - ▣ DFX方法的第四步是先确定性能评判标准，然后根据这些标准，判定设计的优劣。
  - ▣ 主要是发现设计的不足之处或可以改进之处。
- 问题产生的原因分析 (diagnosing for improvement)
  - ▣ DFX方法的第五步是探究设计问题产生的原因，以便提出产品设计改进依据。
- 改进方案 (advising on change)
  - ▣ DFX方法的第六步将通过对产品和过程进行删除、集成、组合、简化、标准化、替代、修改等，从而提出产品设计改进方案。
- 改进方案的排序 (Prioritizing )
  - ▣ DFX方法的最后一步是要对多个产品设计改进方案进行排序，以便确定需重点考虑采用的方案，从而保证产品设计改进的效果。

DFX 为制造设计

**DFM**案例介绍

# 案例1

■ Example 1:

■ Looks OK, right?

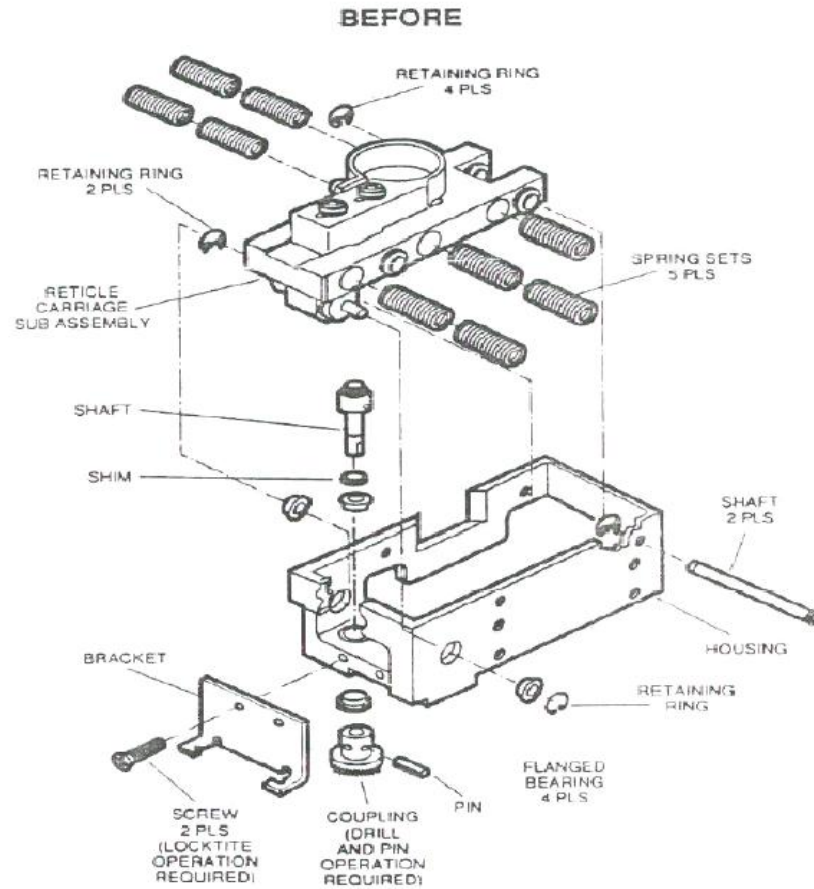
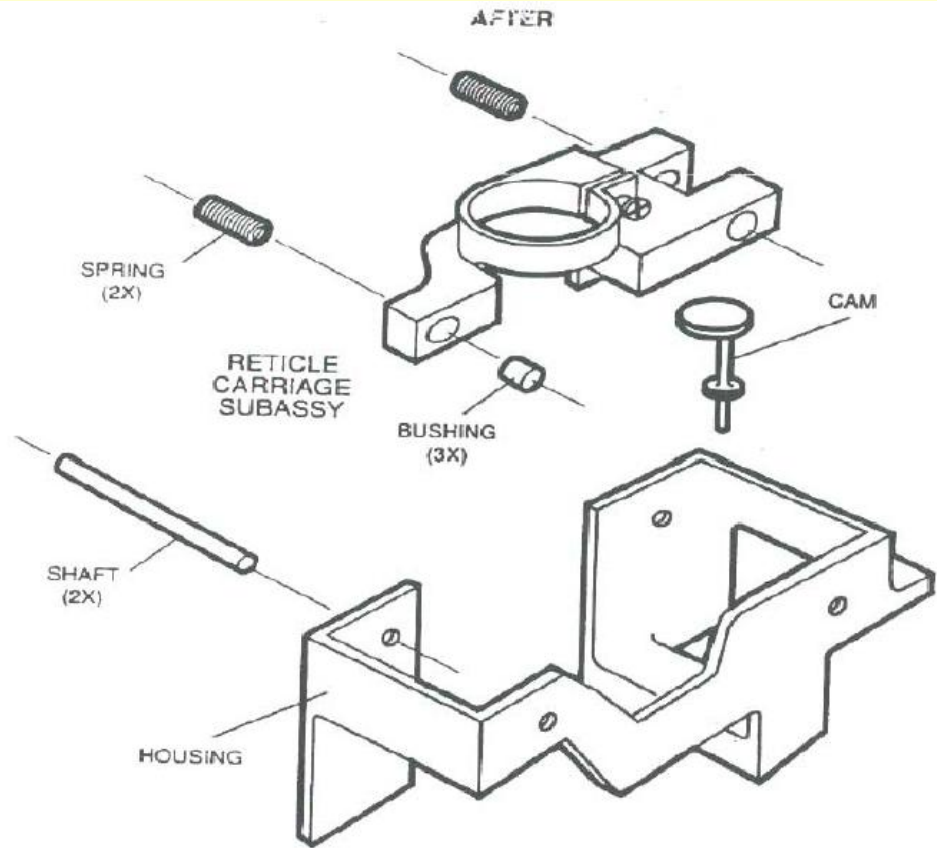


Figure 1.11 Reticle assembly—original design. (Courtesy Texas Instruments, Inc.)



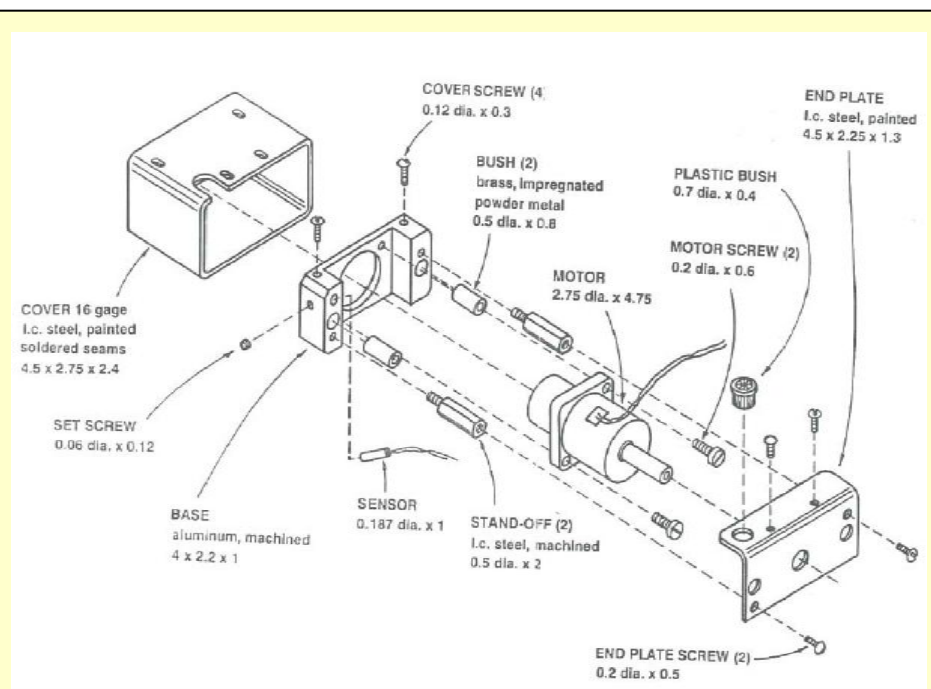
# 案例1

- Example 1:
- After DFMA
- What a difference!



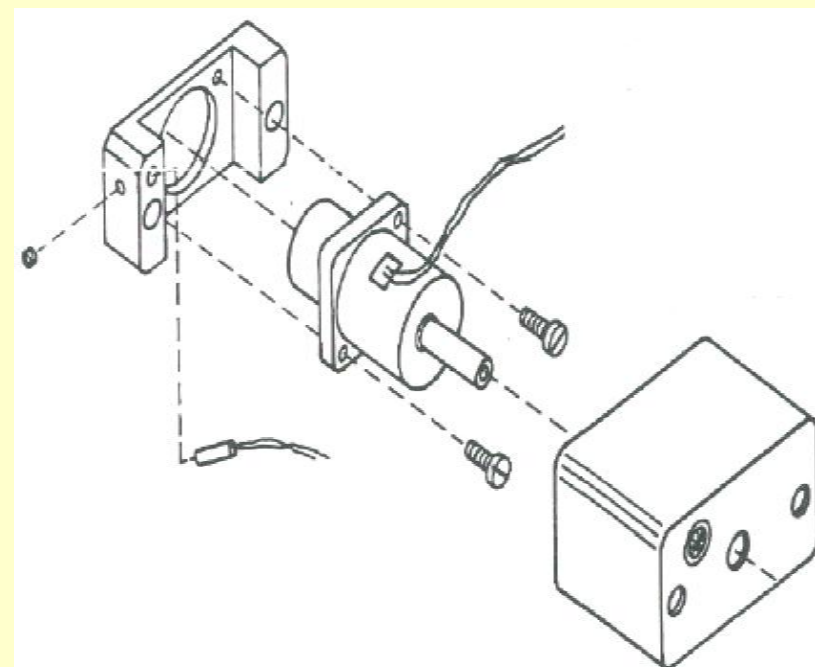
**Figure 1.12** Reticle assembly—new design. (Courtesy Texas Instruments, Inc.)

## 案例2 电动机



**Before**

**After**



## 案例3

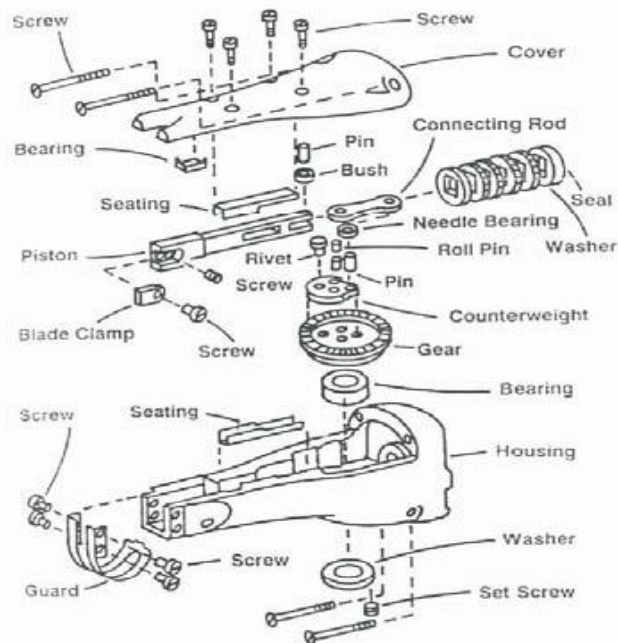


Figure 3.13 Power saw (initial design—41 parts, 6.37 min assembly time). (After Ref. 14.)

**Power saw电锯:**  
**Before: 41个零件, 6.37分钟装配时间**

**Power saw电锯:**  
**After: 29个零件, 2.58分钟装配时间**

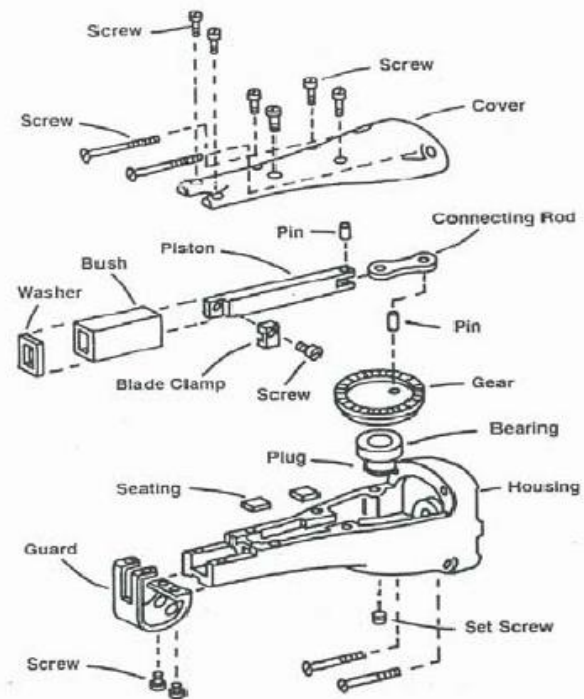
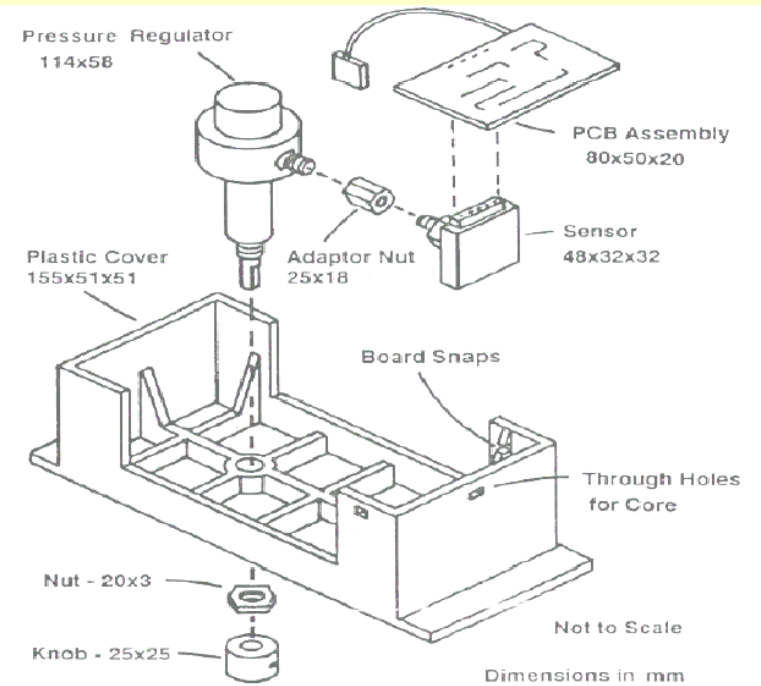
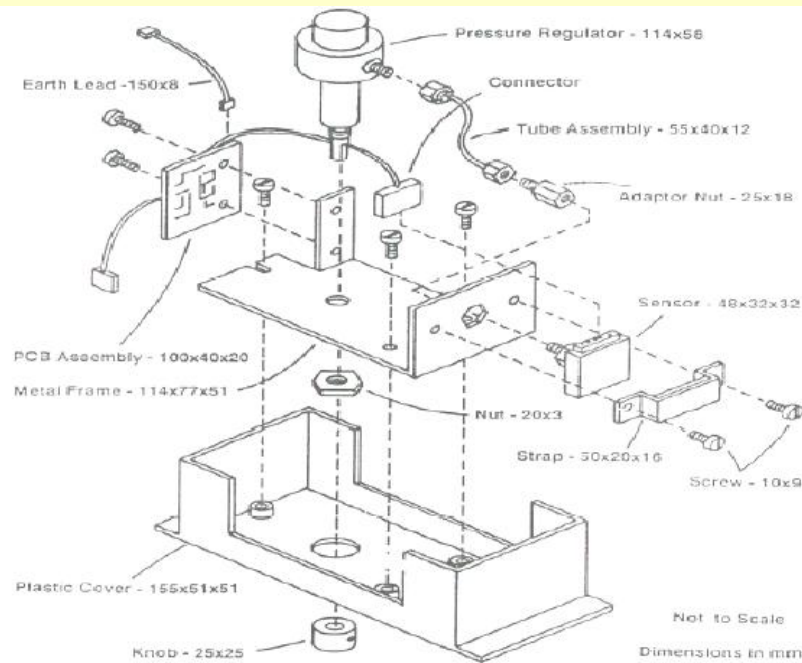


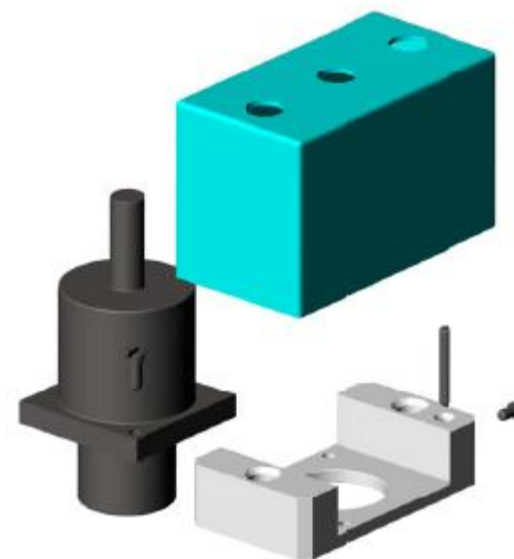
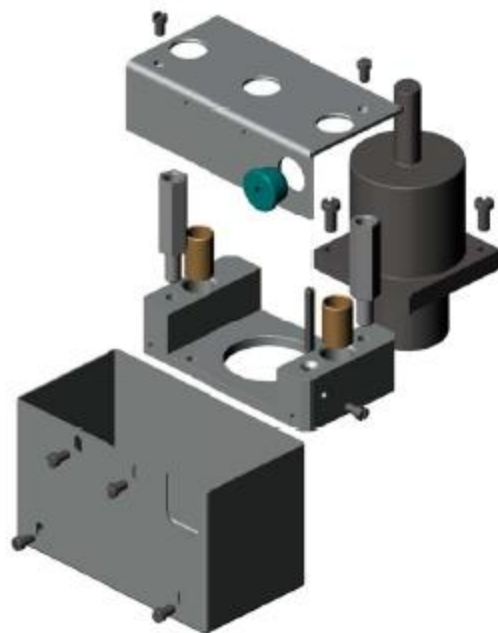
Figure 3.14 Power saw (new design—29 parts, 2.58 min assembly time). (After Ref.

# 案例4



## 案例 5

### Design for Assembly (DFA) Analysis of a Motor Assembly

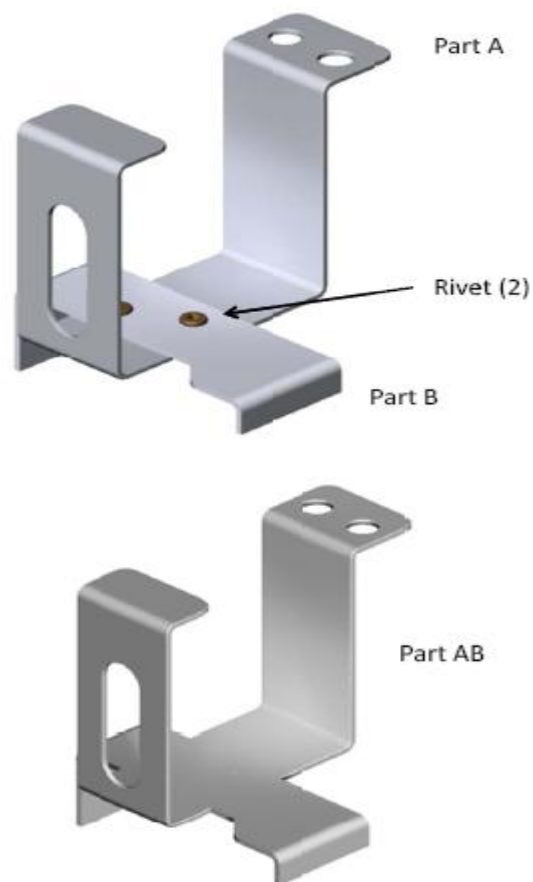


Motor assembly redesign using DFA techniques (3)

## 案例6



# 案例7



\$1.947



\$0.960

Figure 12: Cost comparison of original design (left) and design resulting from DFMA analysis and Lean Manufacturing (right) (3)

10: Redesign of sheet metal assembly into a single part (3)



## DFMA 案例

### ■ The IMPACT of DFMA 影响

- Less parts to design, document, revise 更少的零件设计、文件和修订
- Less Bill of Material (BOM) cost, parts to receive, inspect, store, handle 更少的物料清单, 更低成本, 更少的接收、检验、储存和处置
- Less labor and energy to build product 生产产品时更少的劳动力和精力
- Gets into the customer's hands faster 更快到达客户
- Less complexity 降低了复杂性
- Simpler assembly instructions 装配指导书更简单
- Higher quality 更高的质量
- Higher profit margin 更高的边际利润
- More competitive in the marketplace 在市场上更有竞争力



# DFMA

## ■ Advantages优势

- Quantitative method to assess design 量化评价产品设计的方法
- Communication tool with other engineering disciplines and other departments (Sales, etc.) 与其它工程原则及其它部门沟通的工具
- Greater role for other groups while still in the “engineering” phase such as Manufacturing  
在“工程”阶段时，就让其它部门有更多的参与，如制造部门
- Since almost 75% of the product cost is determined in the “engineering” phase, it gives a tool to attack those hidden waste areas before committing to a design  
将近75%的产品成本是由“工程”阶段决定的，它提供了一个在决定设计前处理那些隐藏浪费区域的一个工具

- Fact: Fasteners typically account for 5% of BOM cost, yet contribute to 70% of the labor cost!

事实：紧固件一般来讲只占了BOM物料成本的5%，但却占了70%的劳动力成本。

# 第三部分

- ◆ DFM 实施，应用，检查及实际事例分析
  - DFM管理程序
  - DFM与IPD整合产品开发
  - 如何与设计团队进行沟通改进
  - 掌握DFM 的分析方法

DFX 为制造设计

**DFM的实施**

**----DFM管理程序及DFM检查表**

# DFM的实施

## DFM实施的阶段

- 1. 寻求并建立DFM系列规范文件：
  - ❑ DFM文件应结合本公司的生产设计特点、工艺水平、设备硬件能力、产品特点等进行合理的制订。
- 2. 在对产品设计进行策划的同时，根据公司DFM规范文件建立DFM检查表。**检查表**是便于系统、全面地分析产品设计的工具，其应包括检查项目、关键环节的处理等。从内容上讲主要包含以下信息：
  - ❑ a. 产品信息（如电路原理图、PCB图、组装图、CAD结构文件等）
  - ❑ b. 选择生产制造的大致加工流程：AI、SMT、波峰焊、手焊等
  - ❑ c. PCB尺寸及布局。
  - ❑ d. 元器件的选择和焊盘、通孔设计。
  - ❑ e. 生产适用工艺边、定位孔及基准点的设计。
  - ❑ f. 执行机械组装的各项要求。

# DFM的实施

## DFM实施的阶段

### ➤ 3. 做DFM报告：

▣ DFM报告是反映整个设计过程中所发现的问题。这个类似于ISO9001中的审核报告，主要是根据DFM规范文件及检查表，开具设计中的不合格项。其内容必须直观明了，要列出不合格理由，甚者可以给出更正结果要求。其报告是随时性的，贯穿于整个设计过程。

### ➤ 4. DFM测试：

▣ 进行DFM设计的结果，会对生产组装影响多大，起到了什么样的作用。这就要通过DFM测试来进行证实。DFM测试是由设计测试人员使用与公司生产模式相似的生产工艺来建立设计的样品，这有时可能需要生产人员的帮助，测试必须迅速准确并做出测试报告，这样可以使设计者马上更正所测试出来的任何问题，加快设计周期。

## DFM的实施

### ■ DFM实施的阶段

- 5. DFM分析评价：这个过程相当于总结评审。一方面评价产品设计的DFM可靠程度，另一方面可以将非DFM设计的生产制造与进行过DFM 设计的生产制造进行模拟比较。从生产质量、效率、成本等方面分析，得出做DFM的成本节约量，这个对在制订年度生产目标及资金预算上起到参考资料的作用，另一方面也可以增强领导者实施DFM的决心。

## DFM的实施

### ■ 影响DFM实施的4个因素

#### ➤ 1, 人员和团队

- ▣ 以项目管理为基础团队，团队成员具有各种技术和管理能力

#### ➤ 2, 时效工程

- ▣ 提供一种建立在消费者要求基础上的快速产品生产过程
- ▣ 时效工程用团队概念发展了整个产品系统，大大节约了时间
- ▣ 同样适用于：
  - 产品设计
  - 制造方法设计
  - 制造系统和支持项目

## DFM的实施

### ■ 影响DFM的4个因素

#### ➤ 3, 工具

□ DFM主要依据设计和制造工具, 包括:

- 失效模式和影响分析 (FMEA)
- 实验设计 (DOE)
- 价值工程 (VE)
- 组装设计 (DFA)
- 质量功能展开 (QFD)
- 目标成本设计 (DTL)
- 静态过程控制 (SPL)

□ DFM不单独使用这些工具, 而是将设计、生产及产品委托组织合并为一个方法, 构成整个项目的一部分

#### ➤ 4, 管理

□ DFM项目管理

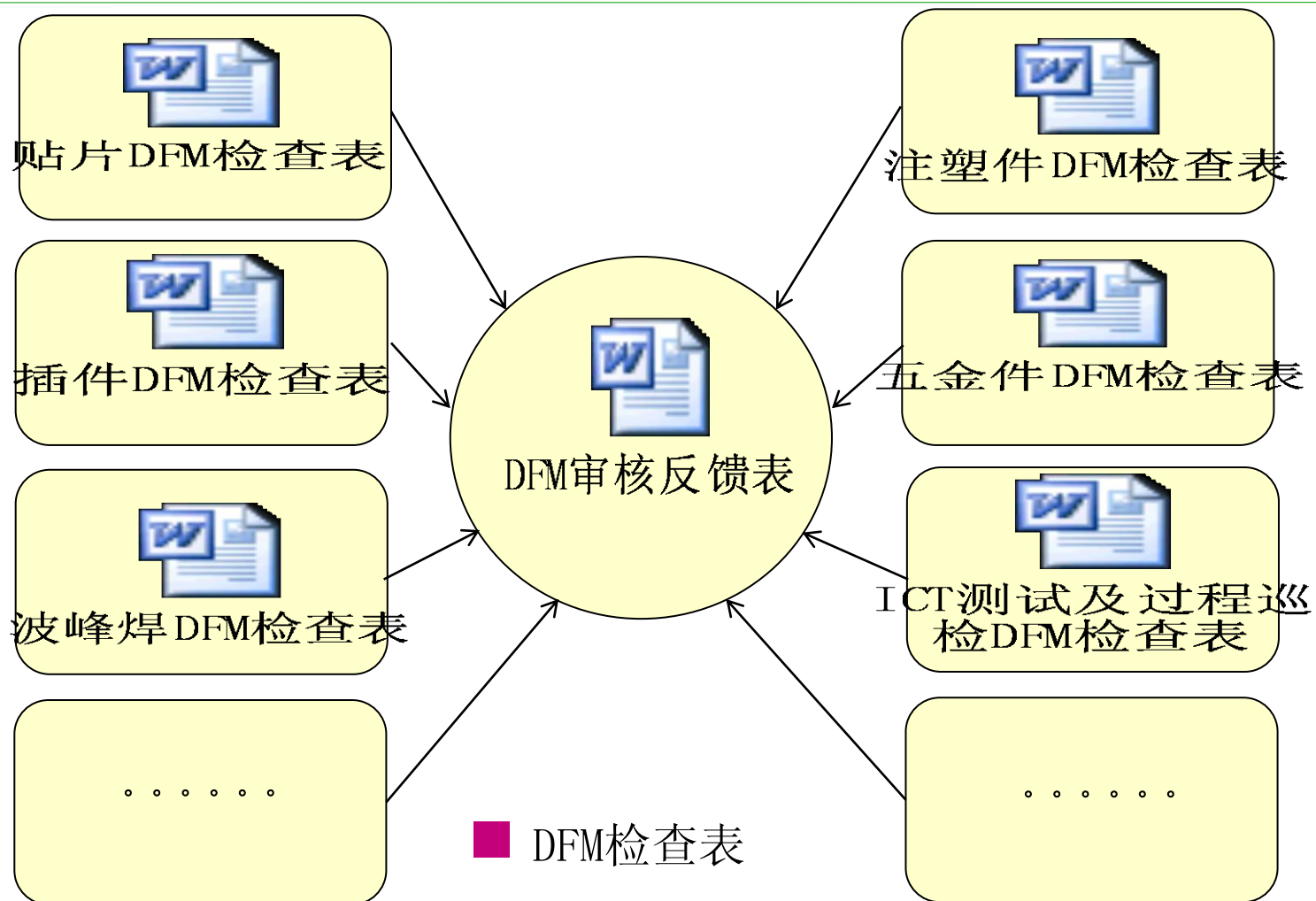


## DFM实施

### ■ 新产品DFX审核管理程序



# DFM实施

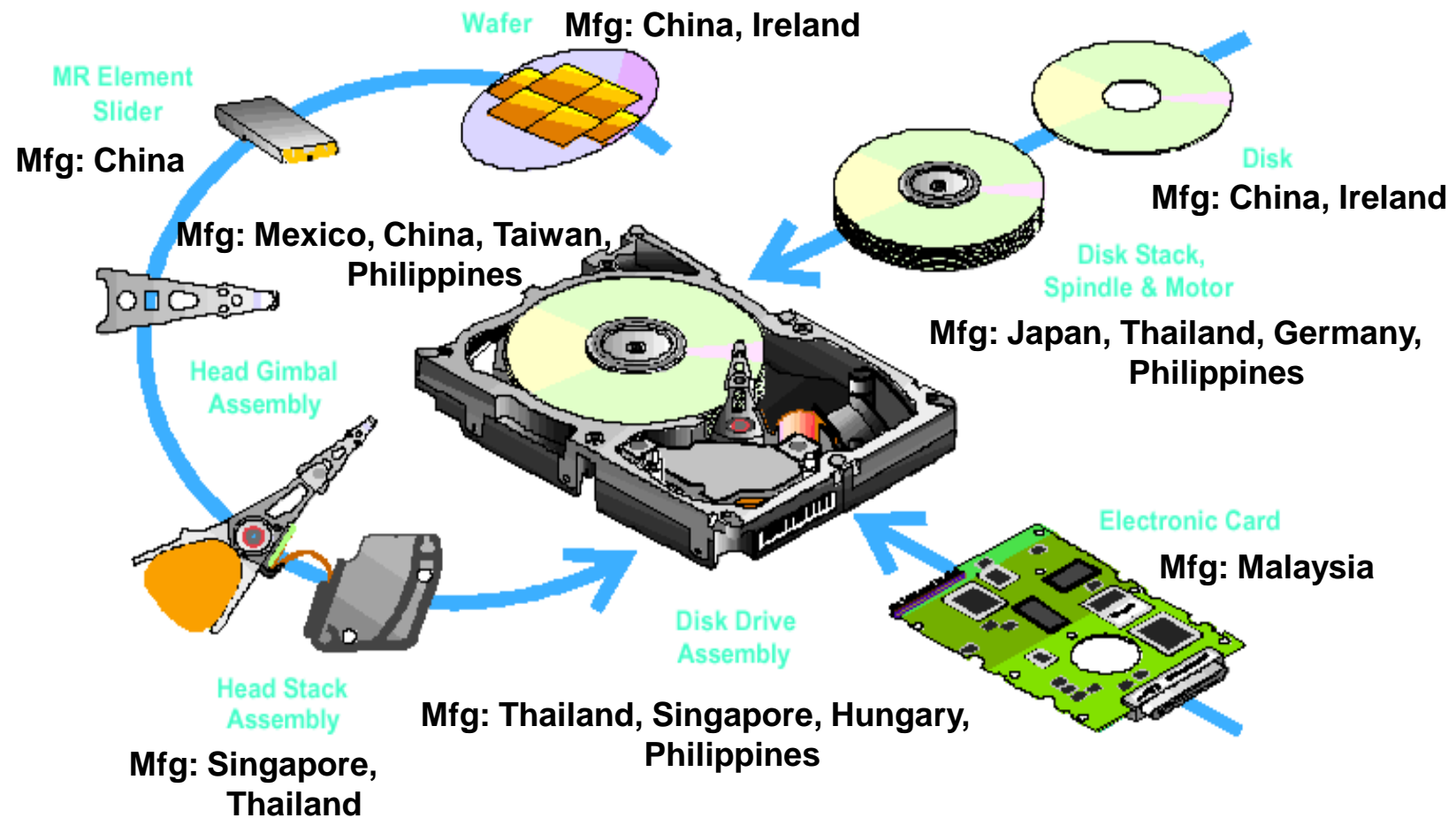




# Manufacturing Today

- Global Competition
  - Trade barriers have been removed (NAFTA)
  - Must compete with the best from all over the world
    - Japan, Europe, India, Mexico, etc
    - Infrastructure's forming off shore
- Quality Requirements
  - ISO 9000
  - Six Sigma (Motorola Inc)
- Product Cycles
  - Every generation is faster
  - Rate of change is increasing
- Cost
  - Costs decrease every year (customers expect costs to go down)
  - Performance increasing every year

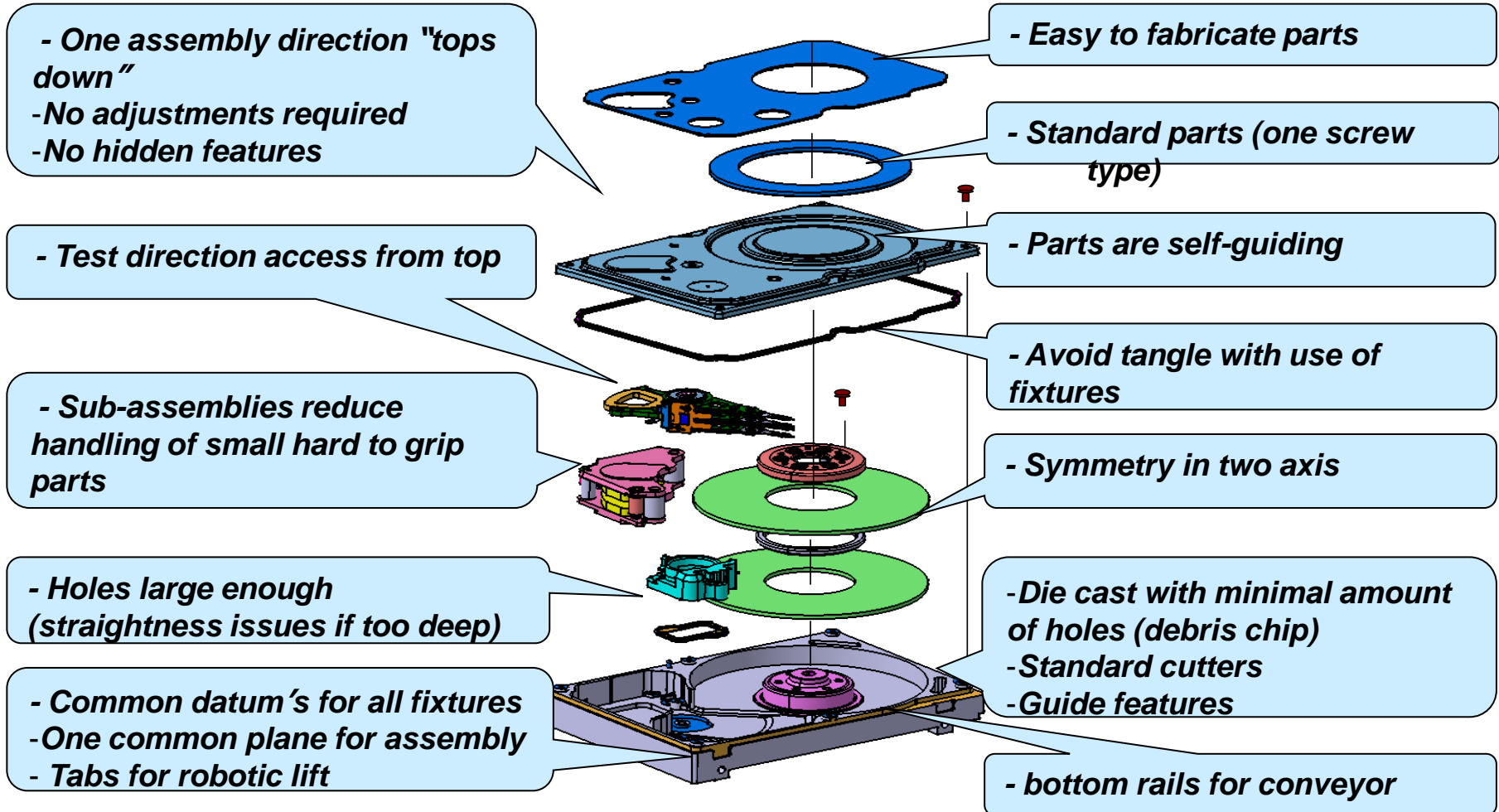
# Global Manufacturing



## Product Design Today

- Development Cycle
  - Endless engineering changes
  - Non standard parts have long lead times
- Quality
  - “Designed and thrown over the wall”
  - Lower due to more parts, manual processes, and untested parts
    - Customer configuration management
- Cost
  - Higher due to unique designs and specialized parts
- Equipment and Tooling
  - Reliability and quality problems

## DFM Tools: DFA Guidelines



## DFM Tools: **Summary of DFA Guidelines**

1. Minimize the number of parts
2. Standardize and use as many common parts as possible
3. Design parts for ease of fabrication (use castings without machining and stampings without bend)
4. Minimize the number of assembly planes (Z-axis)
5. Use standard cutters, drills, tools
6. Avoid small holes (chips, straightness, debris)
7. Use common datum' s for tooling fixtures
8. Minimize assembly directions
9. Maximize compliance; design for assembly
10. Minimize handling
11. Eliminate adjustments
12. Use repeatable, well understood processes
13. Design parts for efficient testing
14. Avoid hidden features
15. Use Guide features
16. Incorporate symmetry in both axis
17. Avoid designs that will tangle.
18. Design parts that orient themselves



# DFA

- Procedure for reducing number of parts
- Evaluate methods for assembly
- Determine assembly sequence

# Design For Manufacture

- Design a product for easy & economical production
- Consider manufacturability early in the design phase
- Identify easy-to-manufacture product-design characteristics
- Use easy to fabricate & assemble components
- Integrate product design with process planning

## DFM Guidelines

- Minimize the number of parts
- Develop a modular design
- Design parts for multi-use
- Avoid separate fasteners
- Eliminate adjustments
- Design for top-down assembly
- Design for minimum handling
- Avoid tools
- Minimize subassemblies
- Use standard parts when possible
- Simplify operations
- Design for efficient and adequate testing
- Use repeatable & understood processes
- Analyze failures
- Rigorously assess value

## DFM Guidelines

- Standardization
  - uses commonly available parts
  - reduces costs & inventory
- Modular design
  - combines standardized building blocks/modules into unique products

## DFMA – Design Guidelines

- Design for top down assembly
- Make parts self locating
- Try to design parts with symmetry
- If symmetry is not possible then make it obvious that the part needs a specific orientation
- Prevent stacked parts from getting stuck together or tangled using features
- Avoid parts that are difficult to handle, i.e. too small, sharp, fragile, etc.
- Avoid parts that only connect. Try and bring the other parts together to eliminate the connection
- Avoid adjustments. In general, adjustments compensate for poor design

# DFMA – Design Guidelines

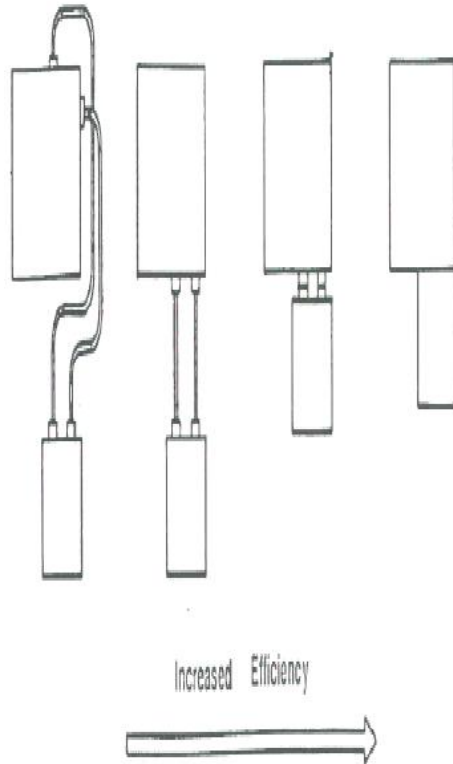


Figure 3.29 Rearrangement of connected items to improve assembly efficiency and reduce costs.

Restricted access for assembly of screws

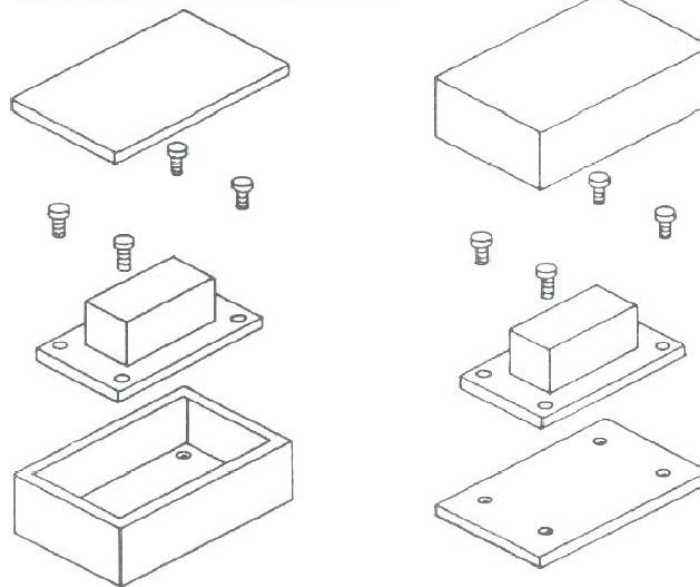


Figure 3.40 Design concept to provide easier access during assembly.

# DFMA – Design Guidelines

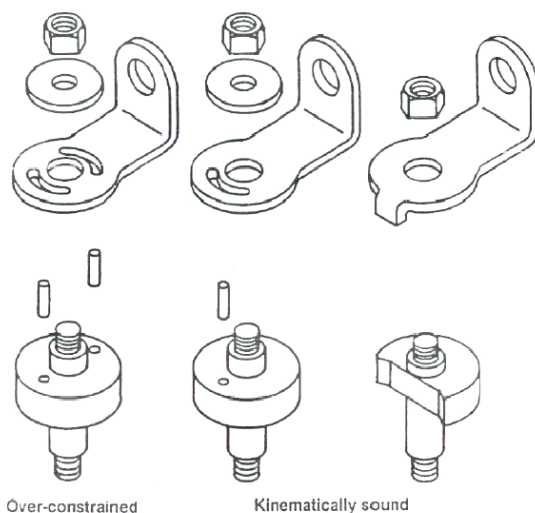


Figure 3.43 Showing how overconstraint leads to redundancy of parts.

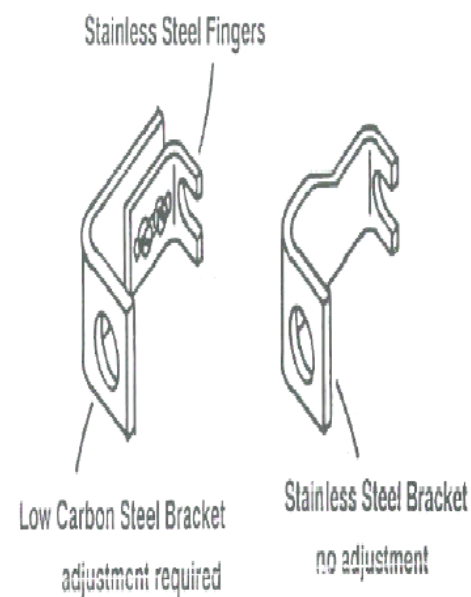
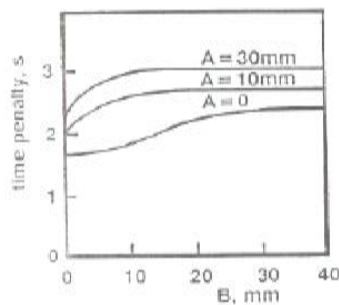
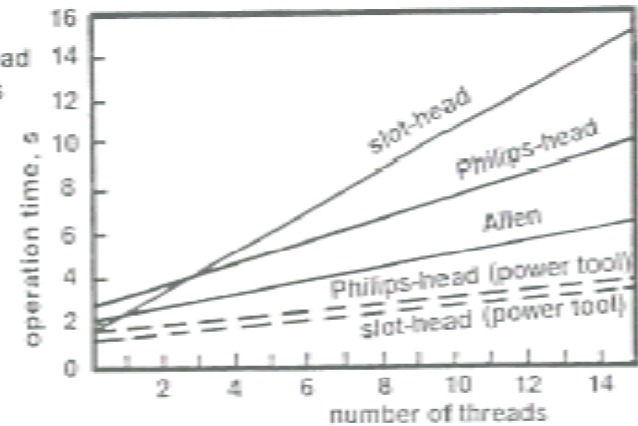
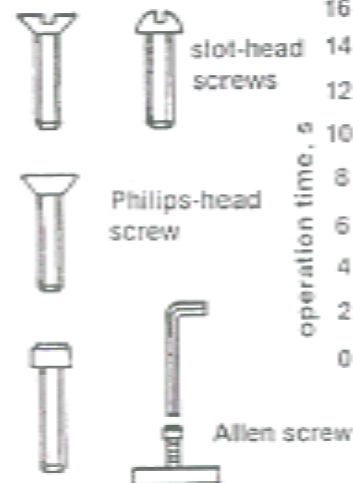
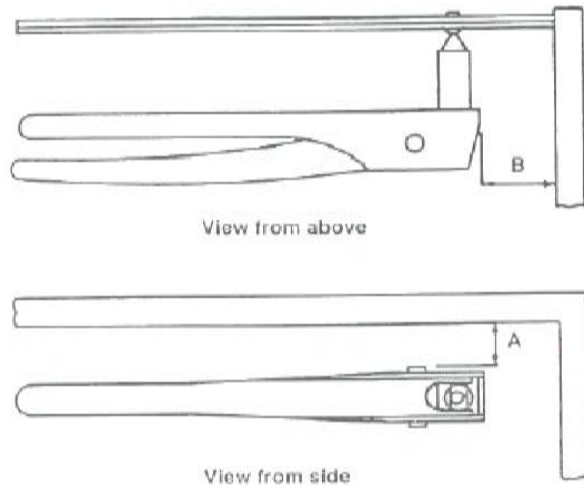
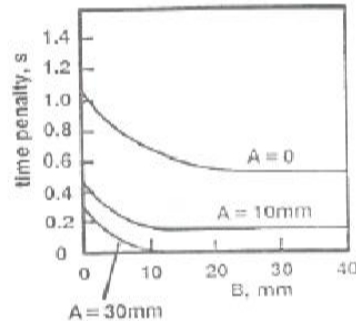


Figure 3.41 Design to avoid adjustment during assembly.

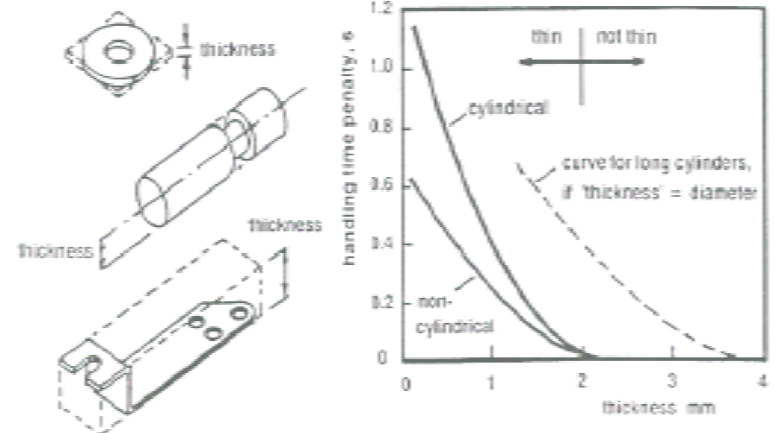
# DFMA – Design Guidelines



(a) vision restricted



(b) vision unrestricted





## DFM Guidelines

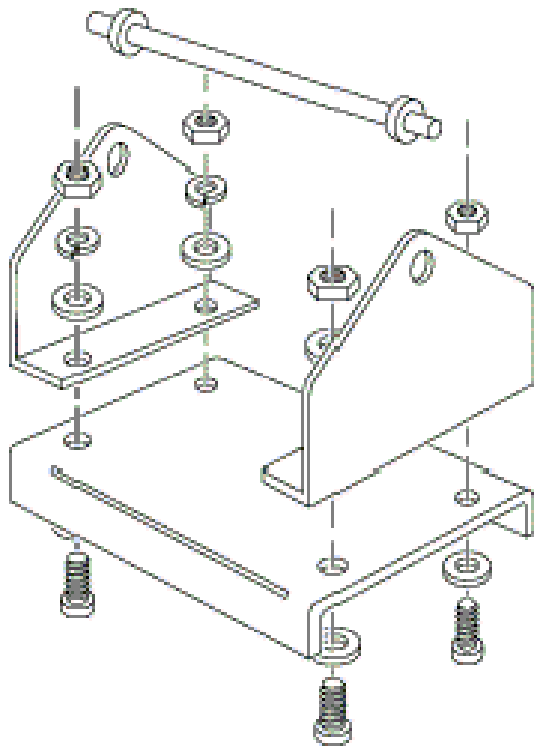
- Minimize the number of parts
- Develop a modular design
- Design parts for multi-use
- Avoid separate fasteners
- Eliminate adjustments
- Design for top-down assembly
- Design for minimum handling

## DFM Guidelines

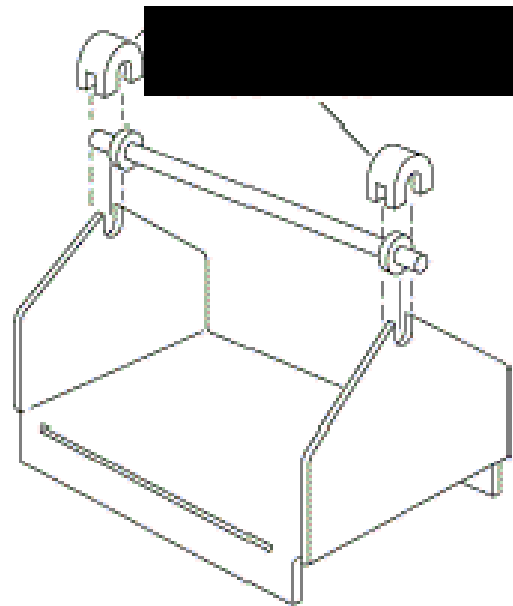
- Avoid tools
- Minimize subassemblies
- Use standard parts when possible
- Simplify operations
- Design for efficient and adequate testing
- Use repeatable & understood processes
- Analyze failures
- Rigorously assess value

# DFM Guidelines

(a) The original design      (b) Revised design

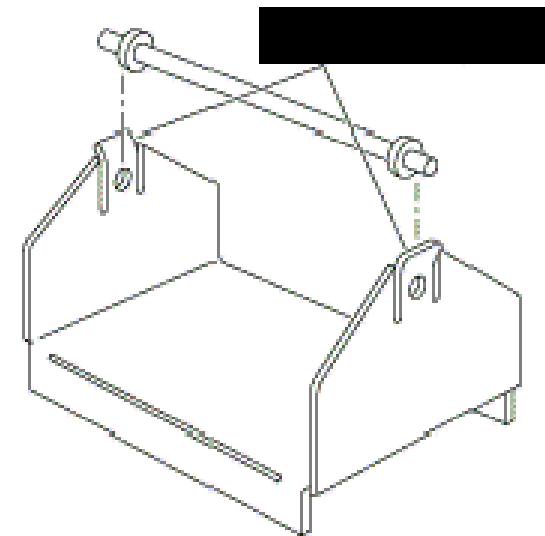


**Assembly using  
common fasteners**



**One-piece base &  
elimination of fasteners**

(c) Final design



**Design for push-and-snap  
assembly**

## DFM Guidelines

- More Design Improvements
- Standardization
  - uses commonly available parts
  - reduces costs & inventory
- Modular design
  - combines standardized building blocks/modules into unique products
- Procedure for reducing number of parts
- Evaluate methods for assembly
- Determine assembly sequence

# Design For Environment

- Design from recycled material
- Use materials which can be recycled
- Design for ease of repair
- Minimize packaging
- Minimize material & energy used during manufacture, consumption & disposal

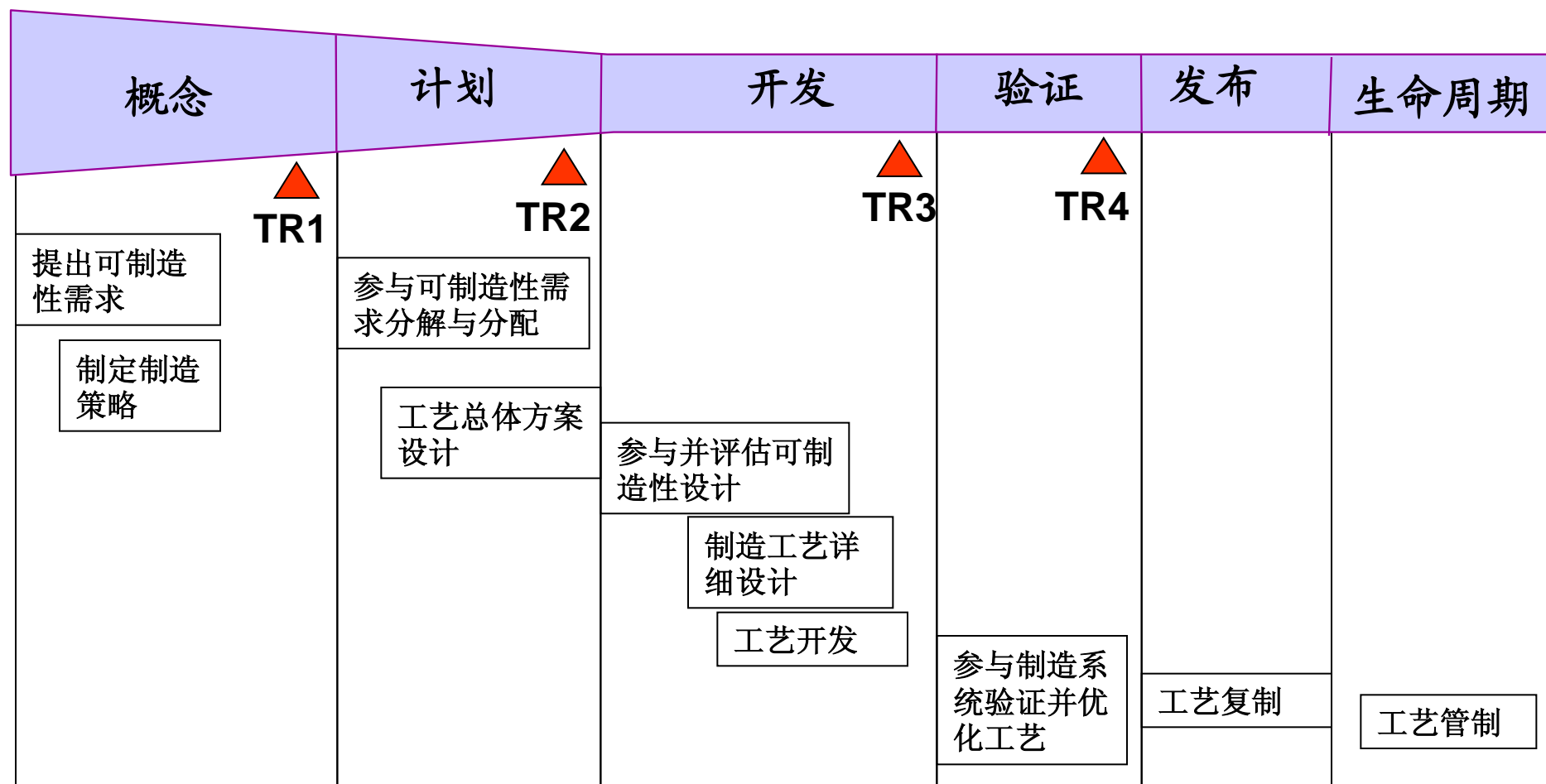
## Measures Of Design Quality

- ❶ Number of component parts and product options
- ❷ Percentage of standard parts
- ❸ Use of existing manufacturing resources
- ❹ Cost of first production run
- ❺ First six months cost of engineering changes
- ❻ First year cost of field service repair
- ❼ Total product cost
- ❽ Total product sales
- ❾ Sustainable development

DFX 为制造设计

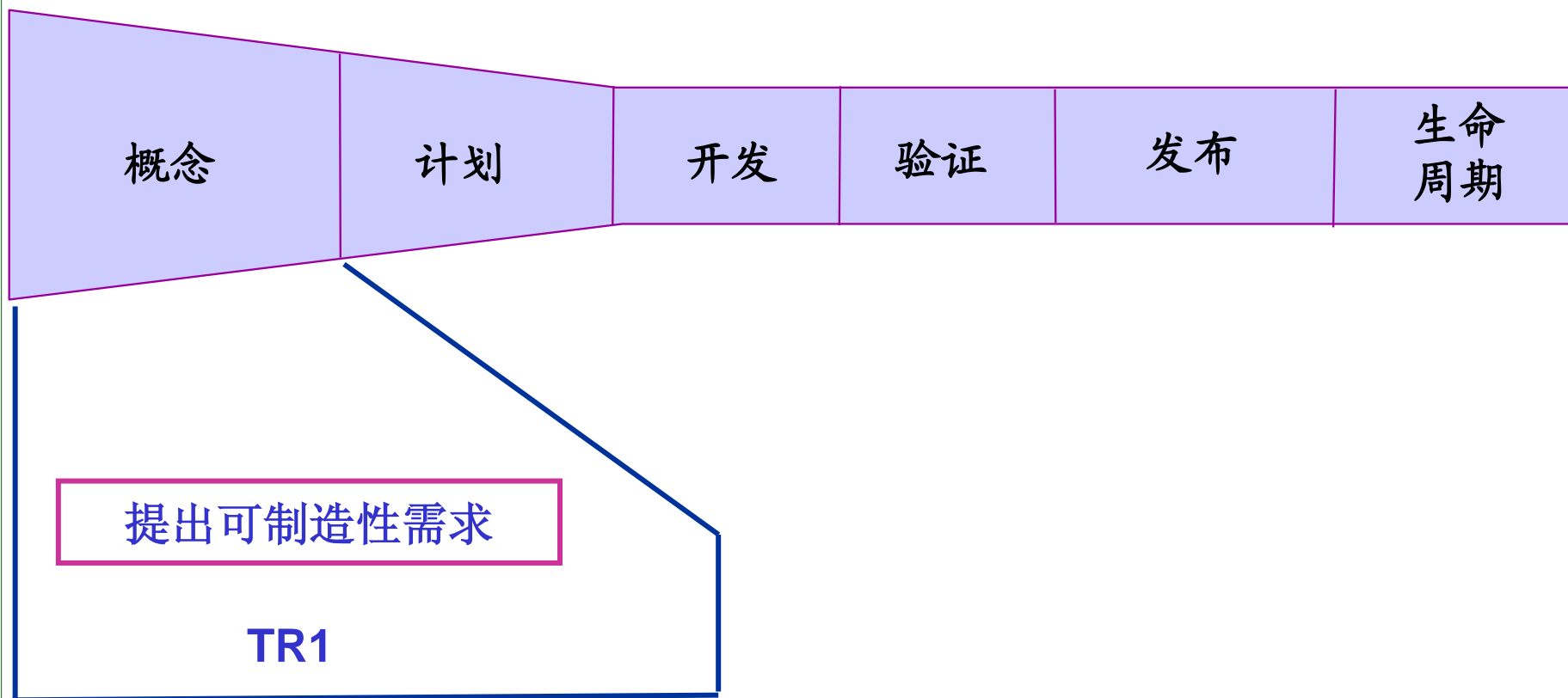
**DFM与IPD整合产品开发**

# 产品开发过程中DFM面向制造系统的设计





## 概念阶段DFM的关键活动



## 什么是可制造需求？

- 制造领域对产品设计&开发提出的要求，包括经验教训。
- （制造领域对产品的约束）

## 可制造需求列表示例（1）

需求项	需求子项	需求分解元素	建议优先级
<b>6.1 制造方法的模块化、标准化、归一化的要求</b>			
		(CCB列表)	
		(标准化需求列表)	
<b>6.2 整机/部件可制造性需求</b>			
<b>6.2.1</b>	产品外观形象和品质要求		
<b>6.2.2</b>	结构件可加工性需求(结构工艺)		
		(焊接结构的工艺要求)	
		(紧固件选用工艺要求)	
		(结构件的表面处理工艺要求)	
		(拉手条的加工工艺要求和材料选择)	
		(塑料件的加工工艺要求和材料选择)	
		(橡胶件的加工工艺要求和材料选择)	
		(压铸件的加工工艺要求和材料选择)	
		(铜排的加工工艺要求和材料选择)	

## 可制造性需求案例

<b>M0101</b>	产品设计符合标准化、模块化、归一化要求	
<b>M0101.1</b>		采用标准（通用）的结构件和紧固件
<b>M0101.2</b>		产品的装配生产过程能利用现有的工具工装平台
<b>M0101.3</b>		组件可以独立装配和检查/测试
<b>M0101.4</b>		使零部件数量、种类最少

## 可制造性需求案例

<b>M0101</b>	产品设计符合标准化、模块化、归一化要求	
<b>M0101.1</b>		采用标准（通用）的结构件和紧固件
<b>M0101.2</b>		产品的装配生产过程能利用现有的工具工装平台
<b>M0101.3</b>		组件可以独立装配和检查/测试
<b>M0101.4</b>		使零部件数量、种类最少

### 例：M0101.3：组件可以独立装配和检查

【案例描述】某产品中外置放大模块采用箱体结构，箱体内有主板和扣板组成，但扣板不能单独调测。因此装配过程如下：箱体—主板装配—扣板装配—调测—上盖装配。这种操作会导致箱体和上盖划伤严重，表面外观合格率在1/3左右，很多时候在调测完成后必须更换箱体和再次调测。

【原因分析】总体设计方案中没有考虑测试和装配过程，因而导致扣板不能独立测试，必须依靠以上生产过程保证。

### 【解决措施】

- 1、由于更改方案困难，涉及面广，硬件方案不好更改；
- 2、箱体和上盖的表面处理方面，从最开始设计为表面氧化更改为表面发黑，同时在箱体表面贴保护膜，待调测完后撕去保护膜。

## 制造需求列表示例（2）

<b>6.2.3</b>	可装配性需求		
		(装配设备、生产模式)	
		(装配过程的方便性)	
		(走线方式、走线空间)	
		(各功能模块间的相互匹配性)	
		(装配质量)	
		(不同配置的要求)	
		(生产安全与防护)	
		(人机工程)	
<b>6.2.4</b>	可搬运、运输需求		
		(体积、重量)	
		(工装、工具)	
		(结构件刚性、锁紧)	
		(包装)	

## 制造需求列表示例（3）

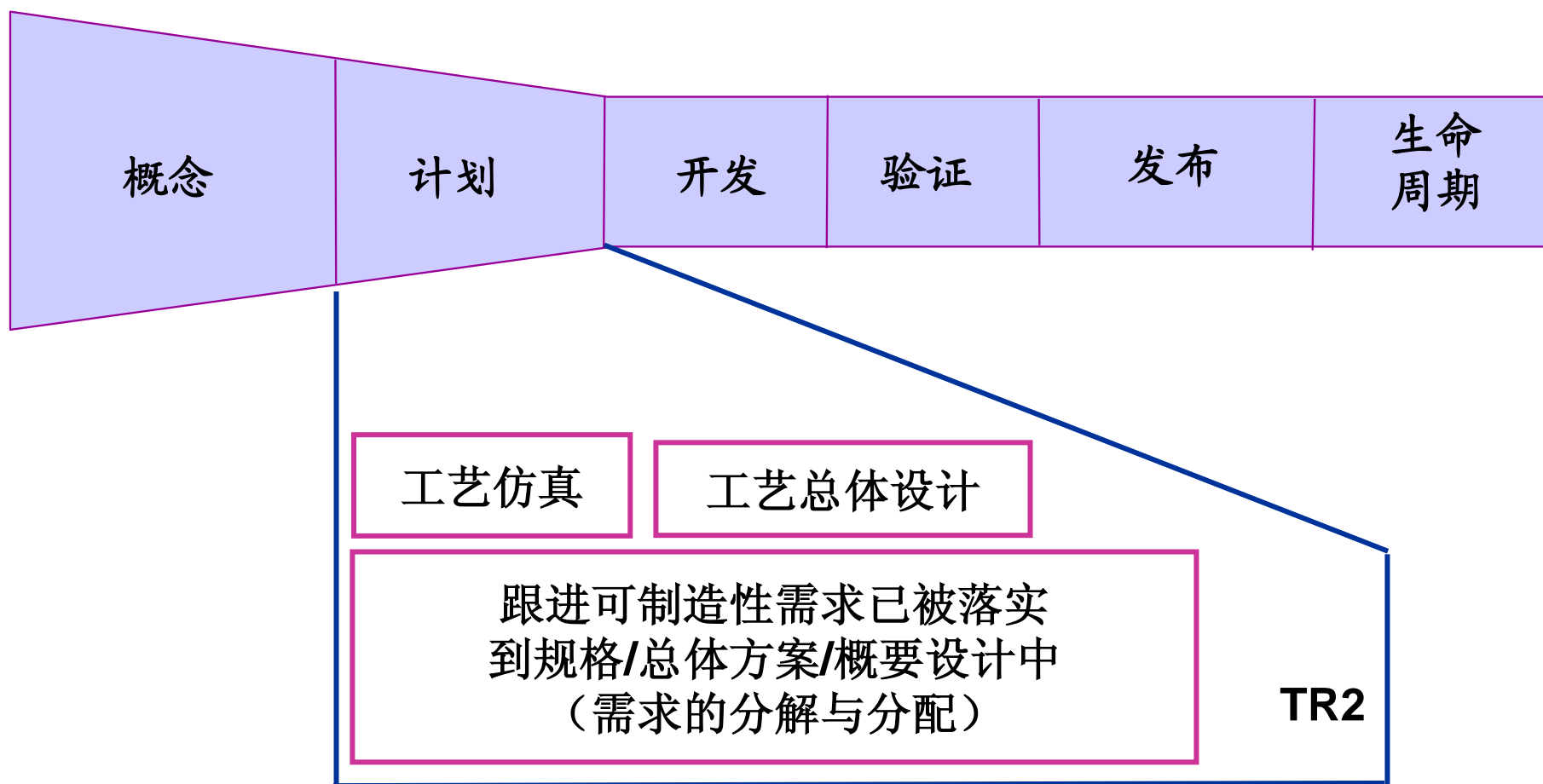
<b>6.3 单板/背板可制造性需求</b>		
<b>6.3.1</b>	<b>元器件工艺要求</b>	
	(封装要求、单板优选贴片器件)	
	(包装、储存要求)	
	(静电防护要求)	
	(潮湿敏感性要求)	
	(可焊性要求)	
	(优选 <b>JTAG</b> 器件)	
	(来料检验要求)	
	(外形尺寸、共面性和重量要求)	
	(热处理要求)	
	(压接件选用防误插、导向装置的器件)	
	(尽量少用插装器件, )	
	(器件种类要尽量少)	
<b>6.3.2</b>	<b>PCB可加工性要求</b>	
	( <b>PCB</b> 材料选用)	
	( <b>PCB</b> 尺寸、厚度要求)	
	(尺寸厚度与板材的关系)	
	(板厚与孔径比要求)	
	(曲翘度要求)	

## 制造需求列表示例（4）

6.3.3	单板装联需求		
		PCB工艺设计规范	
		(PCB布局最大密度要求)	
		PCBA结构件DFA设计规范	
6.3.4	单板/背板包装需求		
6.4	电缆可制造性设计需求		
		(电缆颜色规定: -48V--蓝色, GND--黑色, PGND--黄绿相间或黄色, 正电压--红色)	
		(所有电缆与插座的连接, 要采用插头与插座能紧固的方式, 来提高连接点的可靠性)	
		(电缆接口处有明确清晰的标识, 电源电缆要使用防插错接插件)	
		(每框设置有走线槽, 单板上出线经走线槽后到机柜侧面, 机柜侧面预留足够走线空间)	
		(外部电缆的成套情况尽量简单,方便成套及计划)	
		(新型电缆的制造需求)	



## 计划阶段DFM的关键活动



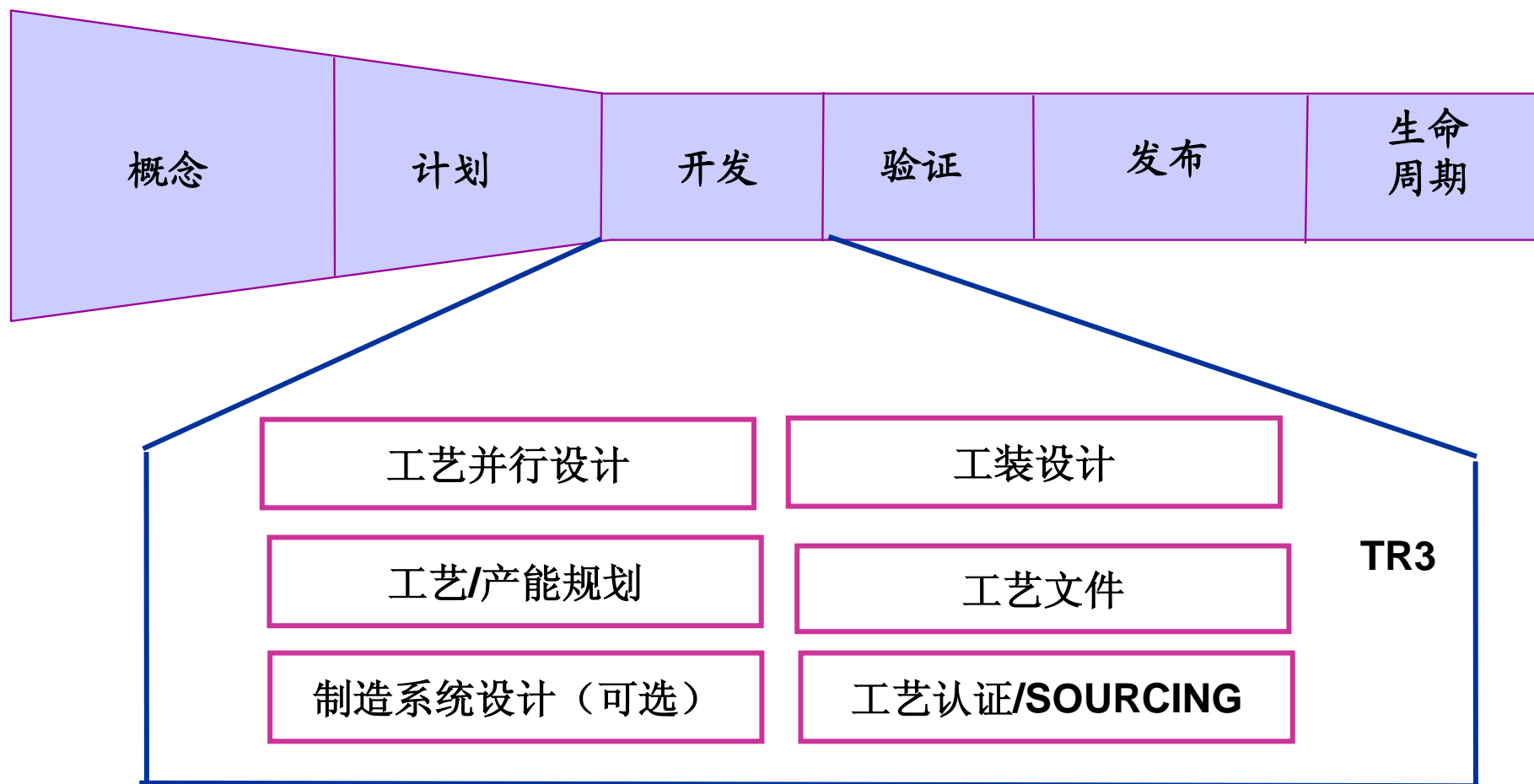
## 可制造性需求的分解与分配

- DFM需求分解与分配样例
- 形成产品规格

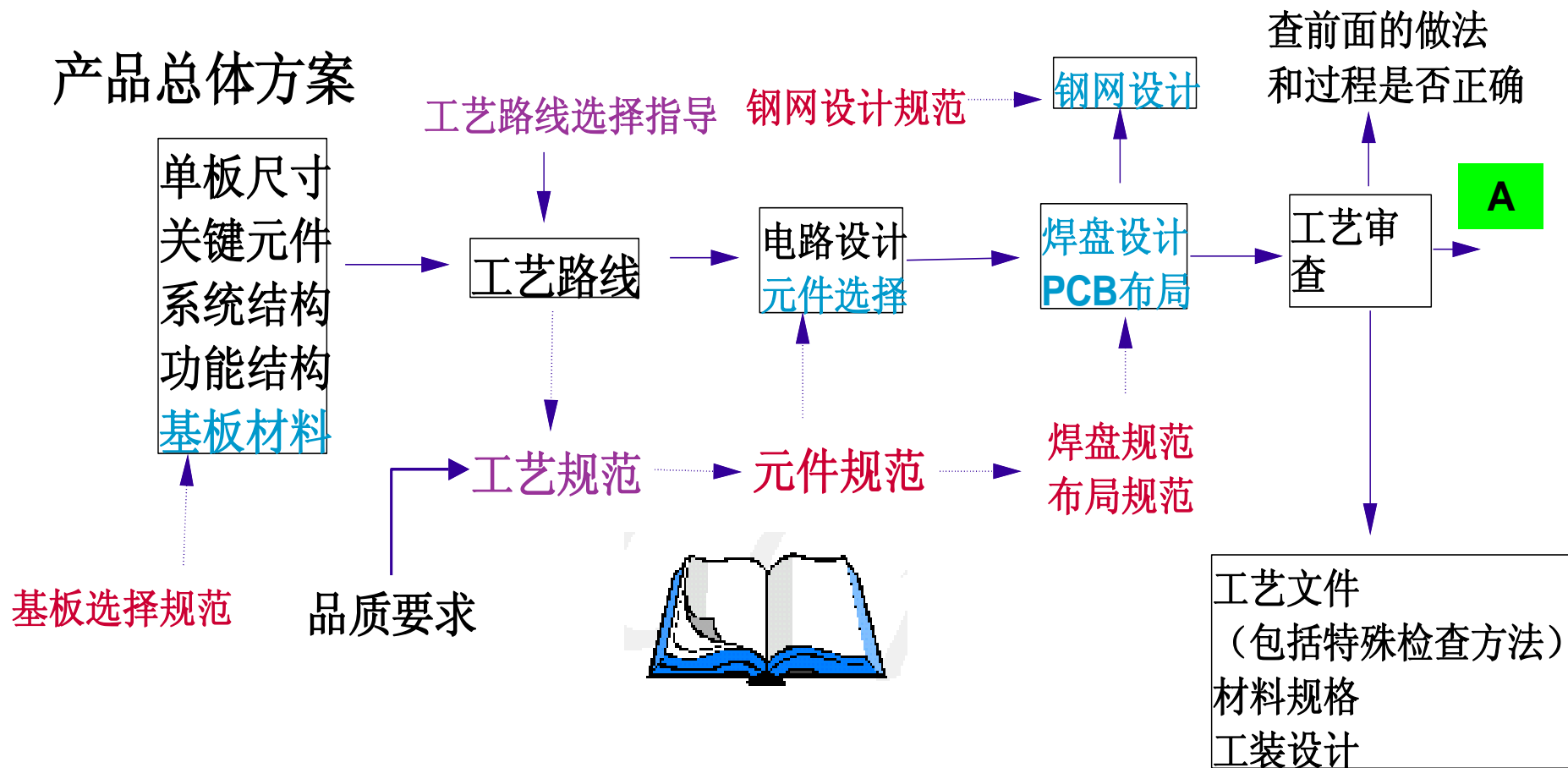
## 工艺总体设计

- 产品特点
- 工艺难点（设计、验证）
- 工艺流程、工艺路线
- 返修策略（备件计划、停产器件）
- 品质保证（工装）
- 制造效率
- 制造成本

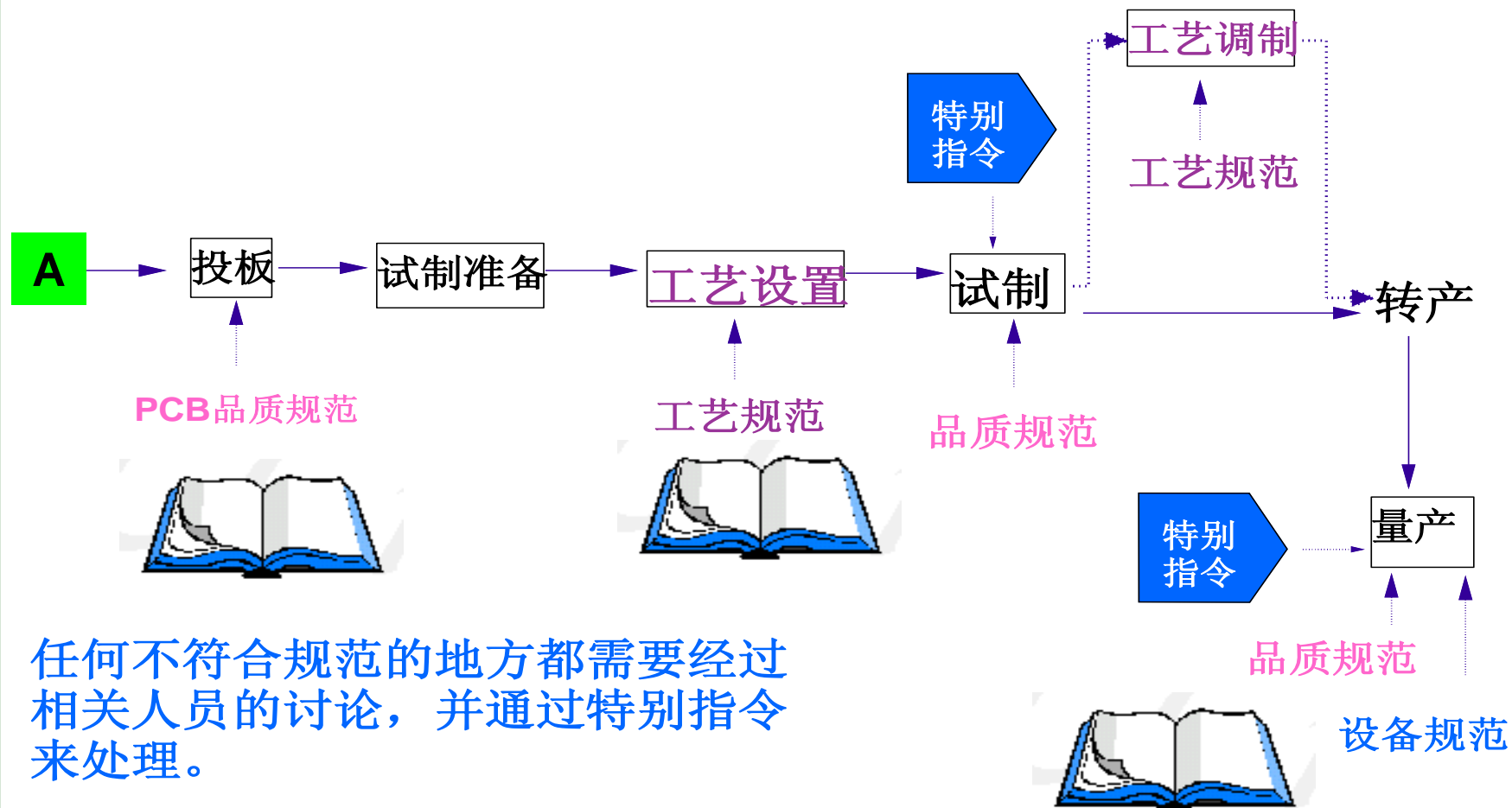
## 开发阶段DFM的关键活动



## 工艺并行设计（1）



## 工艺并行设计（2）



任何不符合规范的地方都需要经过相关人员的讨论，并通过特别指令来处理。

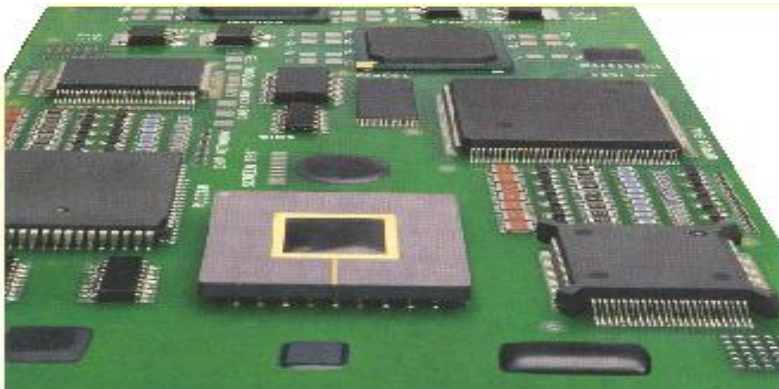
## 元器件选择

- 包装
- 封装形状和尺寸
- 引脚材料
- 贴片力要求
- ESD
- CAD库对照
- 贴片速度
- 返修技术
- 采用的行业标准
- 其它

## 布局DFM考虑

### 目的：

- 更好的制造质量
- 更好的可靠性
- 满足传送运输和定位要求
- 满足可测性要求



### 考虑：

- 定位方式
- 传送支撑方式
- 拼板盘方式
- 元器件位置与方向
- **PCB**受热曲翘特点
- 元器件间距
- 走线宽度和间距
- 焊盘与过孔设计
- 环境应力承受能力
- 发热与导热特性
- 热容量分布特性
- 测试点布局



## DFA（可装配性设计）

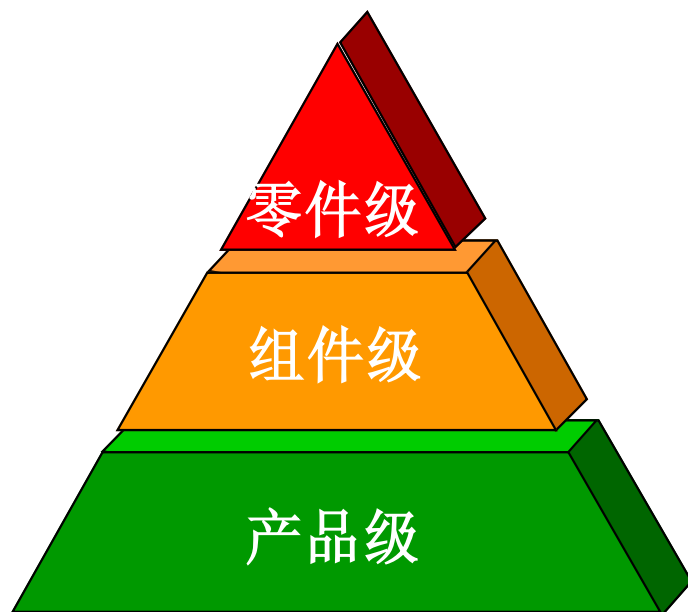
### ■ DFA: Design For Assembly

- 将装配准则集成到产品设计过程中；
- 将产品设计和工艺设计集成到同一个过程中

### ■ 目的：

- 提高产品的可装配性
- 降低产品成本

## DFA的层次



### 最重要的DFA原则

- 简化设计，减少零件数量和种类
- 标准化设计，采用通用件和材料
- 方便运输
- 方便安装（避免调整和错误安装）
- 尽可能使零件对称
- 适合目前的工艺

## 零件级DFA的考虑

### 避免：

- ✗ 装配过程中的调整
- ✗ 容易装错的零件
- ✗ 装配过程中的重新定位
- ✗ 容易损坏的零件
- ✗ 锐利的零件

### 遵循：

- ✓ 运动学的设计原则
- ✓ 自定位和自对准的零件
- ✓ 安装零件之前首先定位
- ✓ 如果可以对称，则尽可能对称
- ✓ 尽量使装配只沿着一个参考方向，优先考虑垂直方向

## 组件级DFA的考虑

### 避免：

- × 组件的重新定位
- × 两个零件或组件的同时装配
- × 在装配阶段进行修改
- × 从下往上安装紧固件
- × 使用很多不同种类的紧固件
- × 紧固件能够松脱

### 遵循：

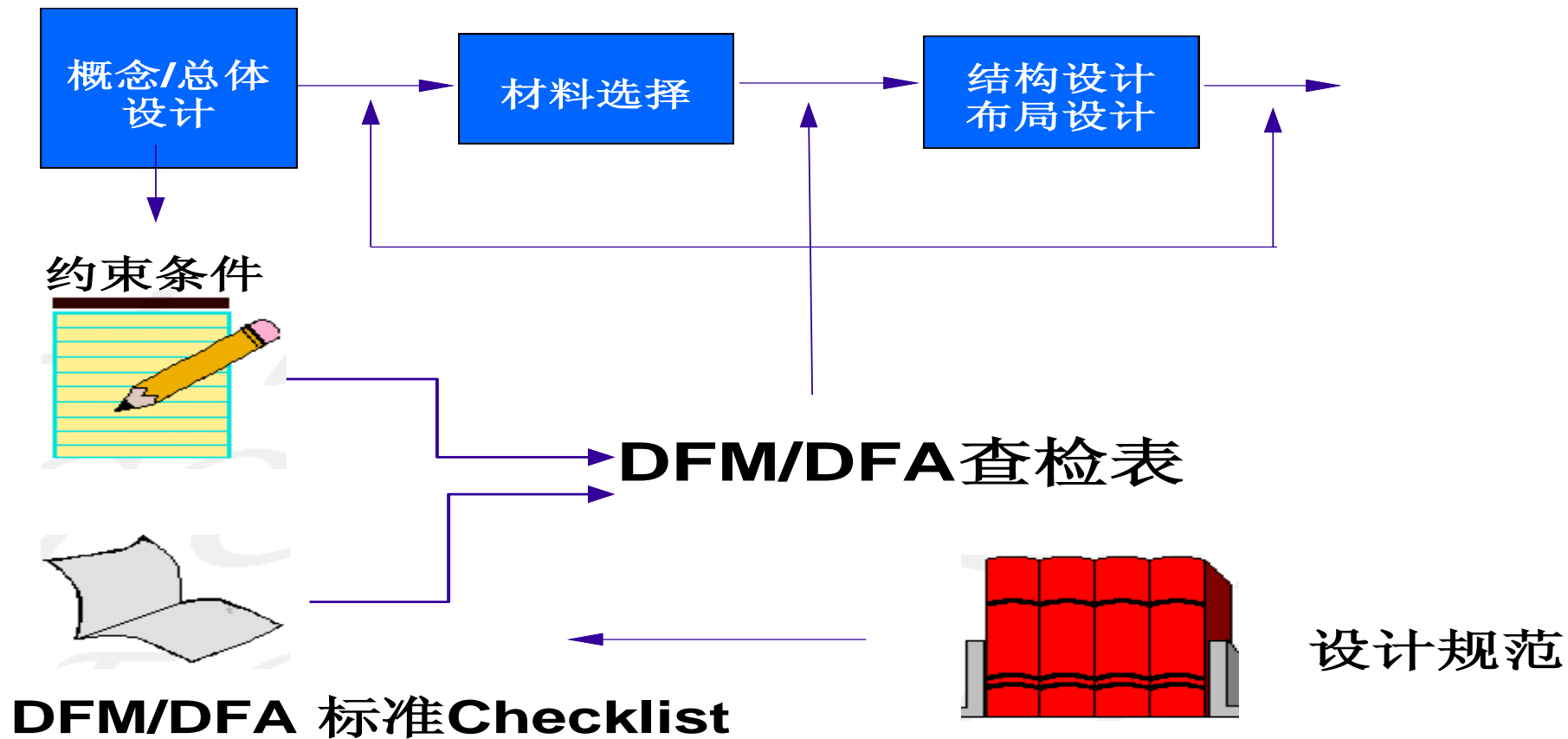
- ✓ 采用外购件可能会更节约成本
- ✓ 尽量使用相同的零件或组件
- ✓ 容易装配
- ✓ 容易搬运
- ✓ 如果需要修改，则放在装配的开始或结束
- ✓ 组件必须容易检查和测量
- ✓ 确保操作的可达性和可见性
- ✓ 减少紧固件的种类数量
- ✓ 相互间没有运动的零件尽量组合到一起

## 产品级DFA的考虑

### 遵循：

- ✓ 产品要与现在和将来的装配方法兼容
- ✓ 产品功能结构尽可能简单
- ✓ 组件可以独立装配和检查
- ✓ 尽可能减少零件和组件的数量
- ✓ 使用模块化装配系统
- ✓ 尽可能采用预装配的组件

# 工艺设计审查与评估



## 工装设计

■ 什么时候开始工装设计？

■ 工装设计流程

- 工装设计
- 工装制作
- 工装验收/验证
- 工装管理

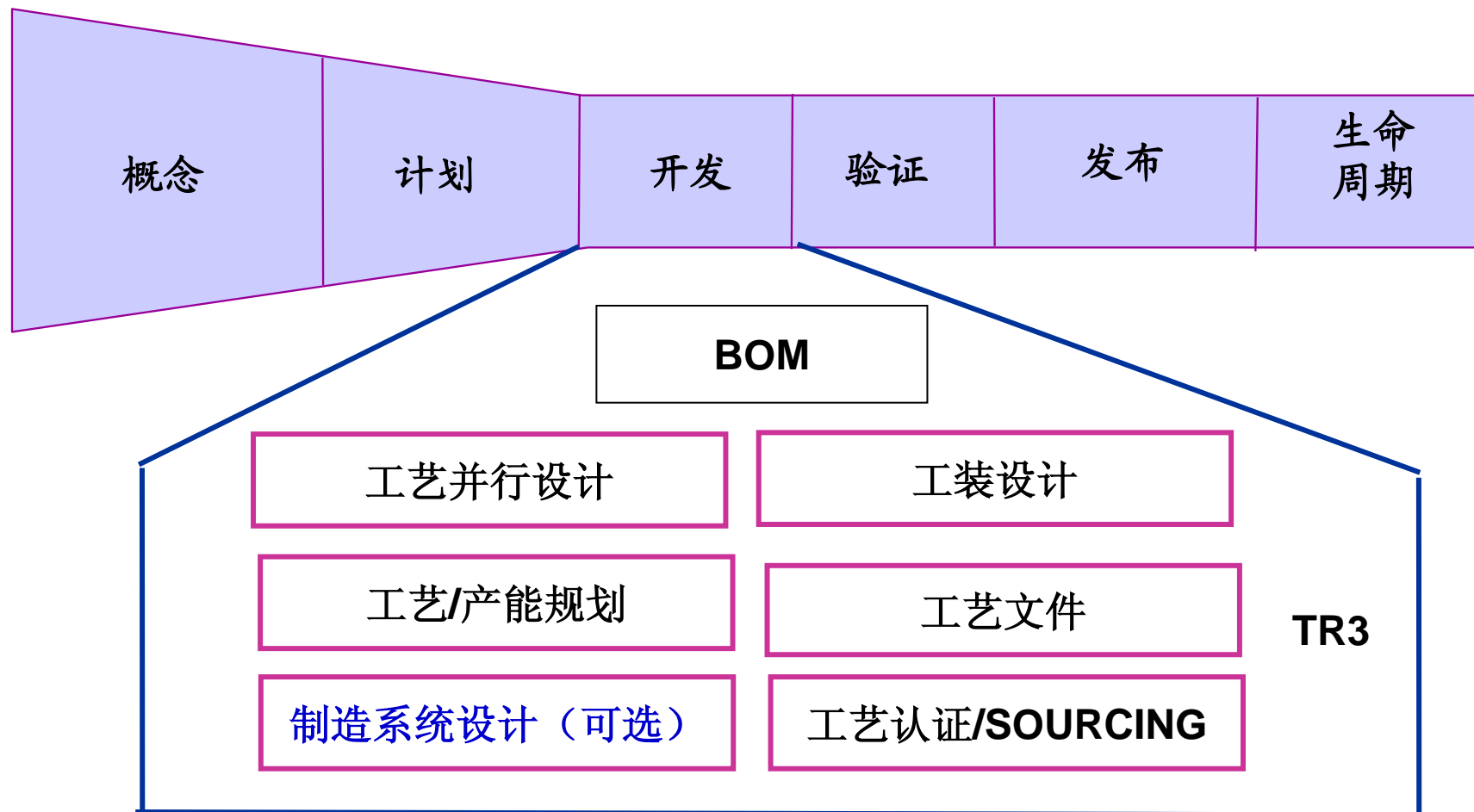
## 工艺认证

### ■ Sourcing Team

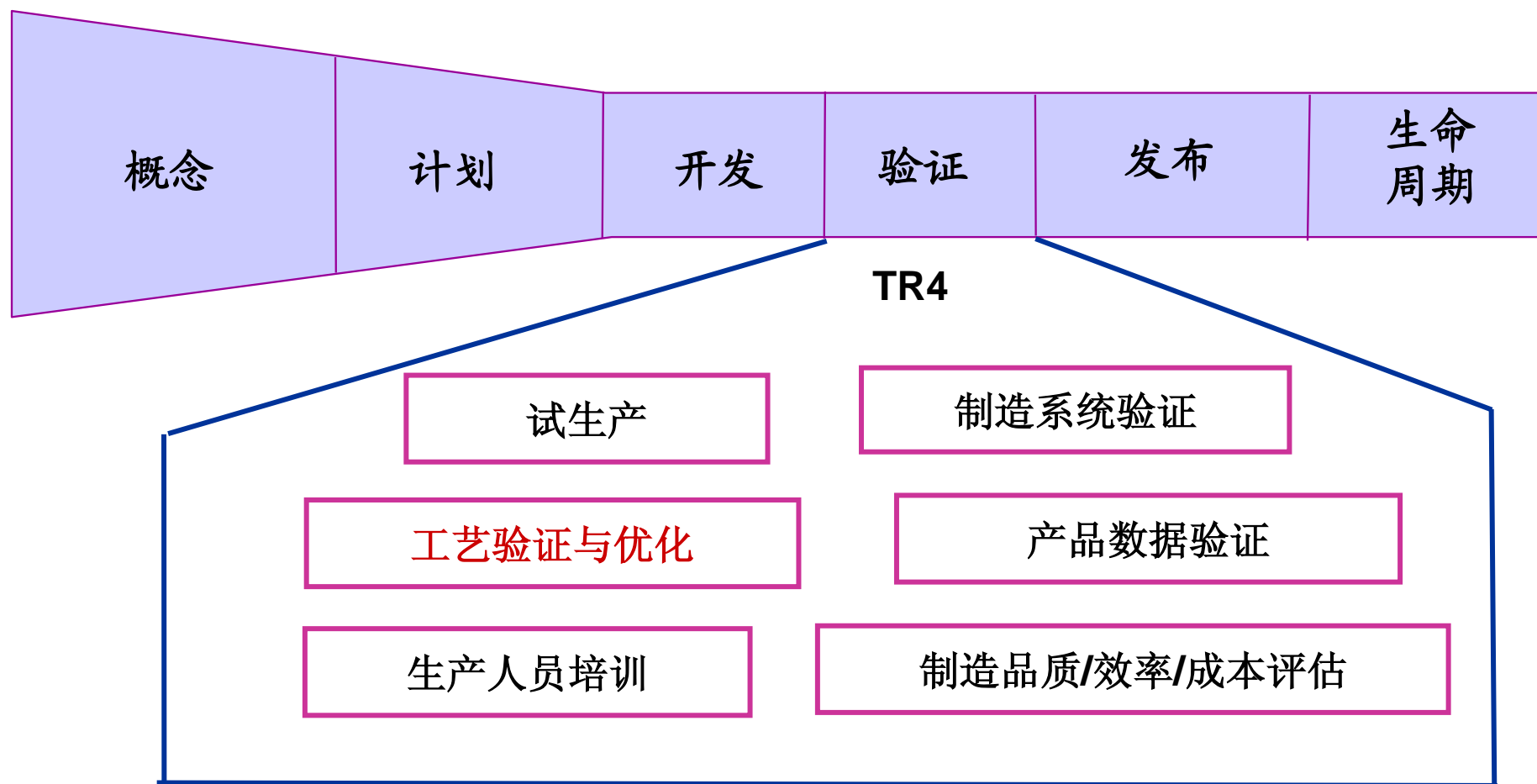
- 技术认证（功能规格、可制造性）
- 商务认证



## 回顾：开发阶段DFM的关键活动



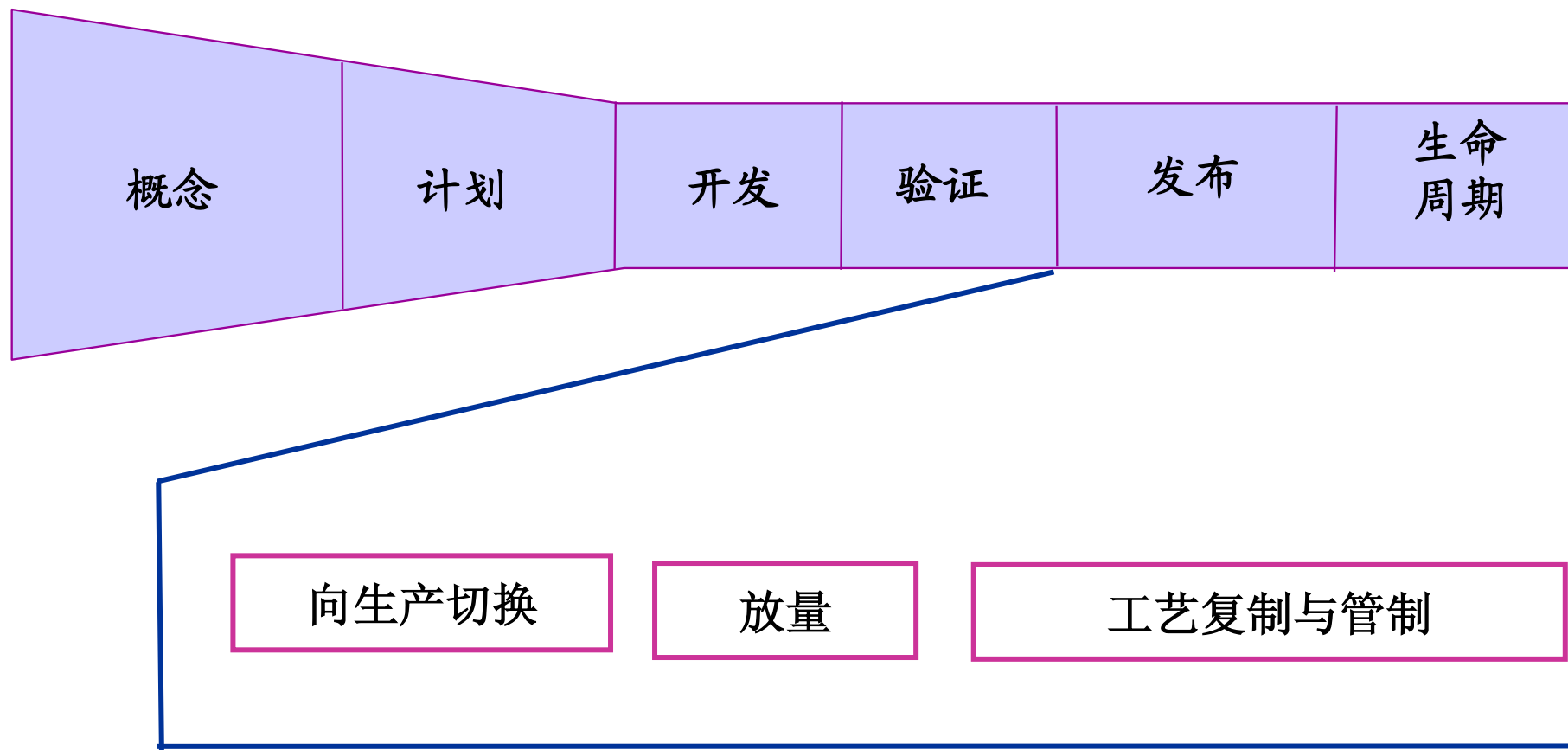
## 验证阶段DFM的关键活动



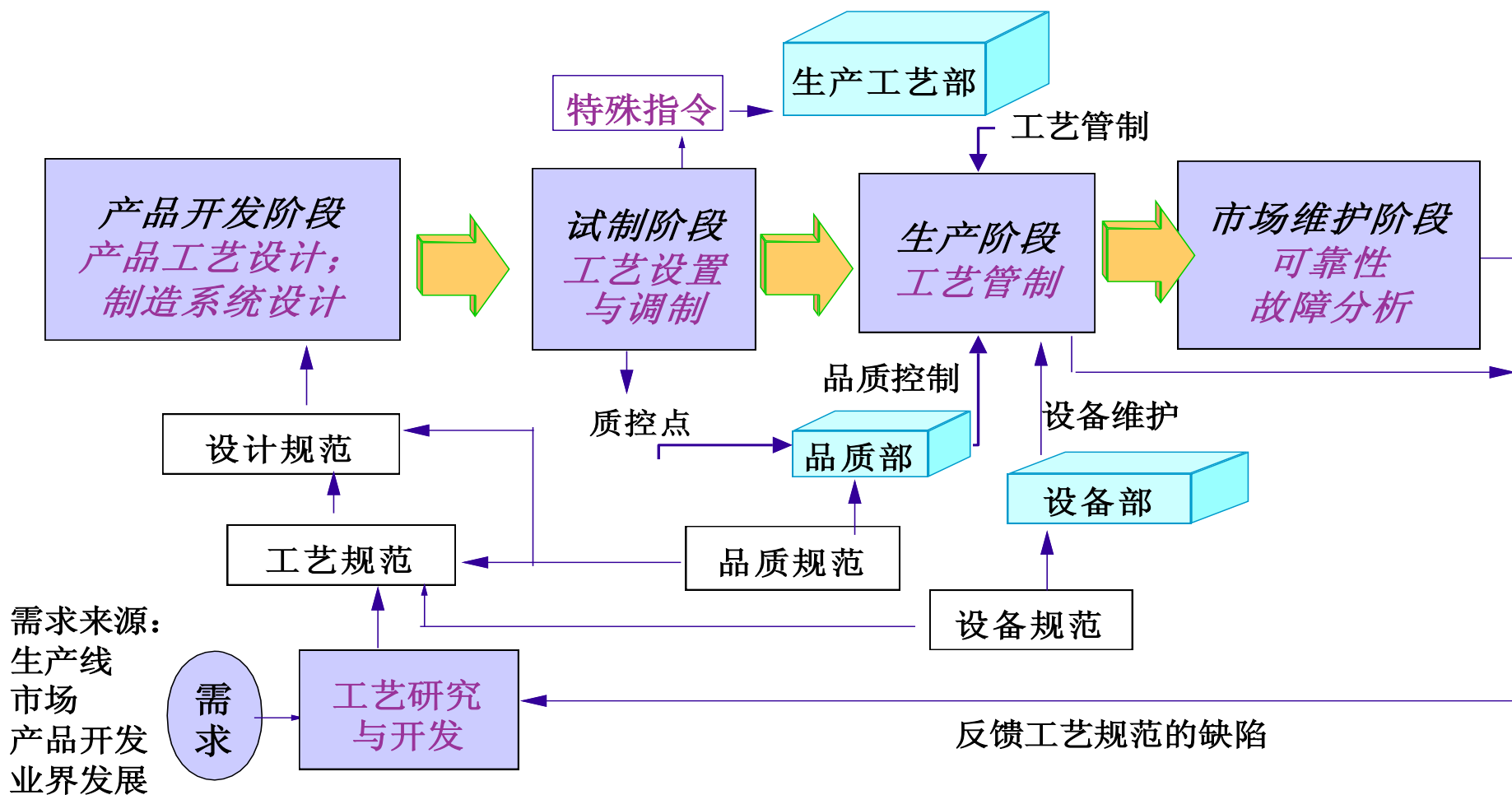
## 工艺如何验证？

- 工艺验证/工艺调制
- 工艺窗口
- CHKLST
- 验证方案
- 验证报告
- 问题跟踪
- 验证批次

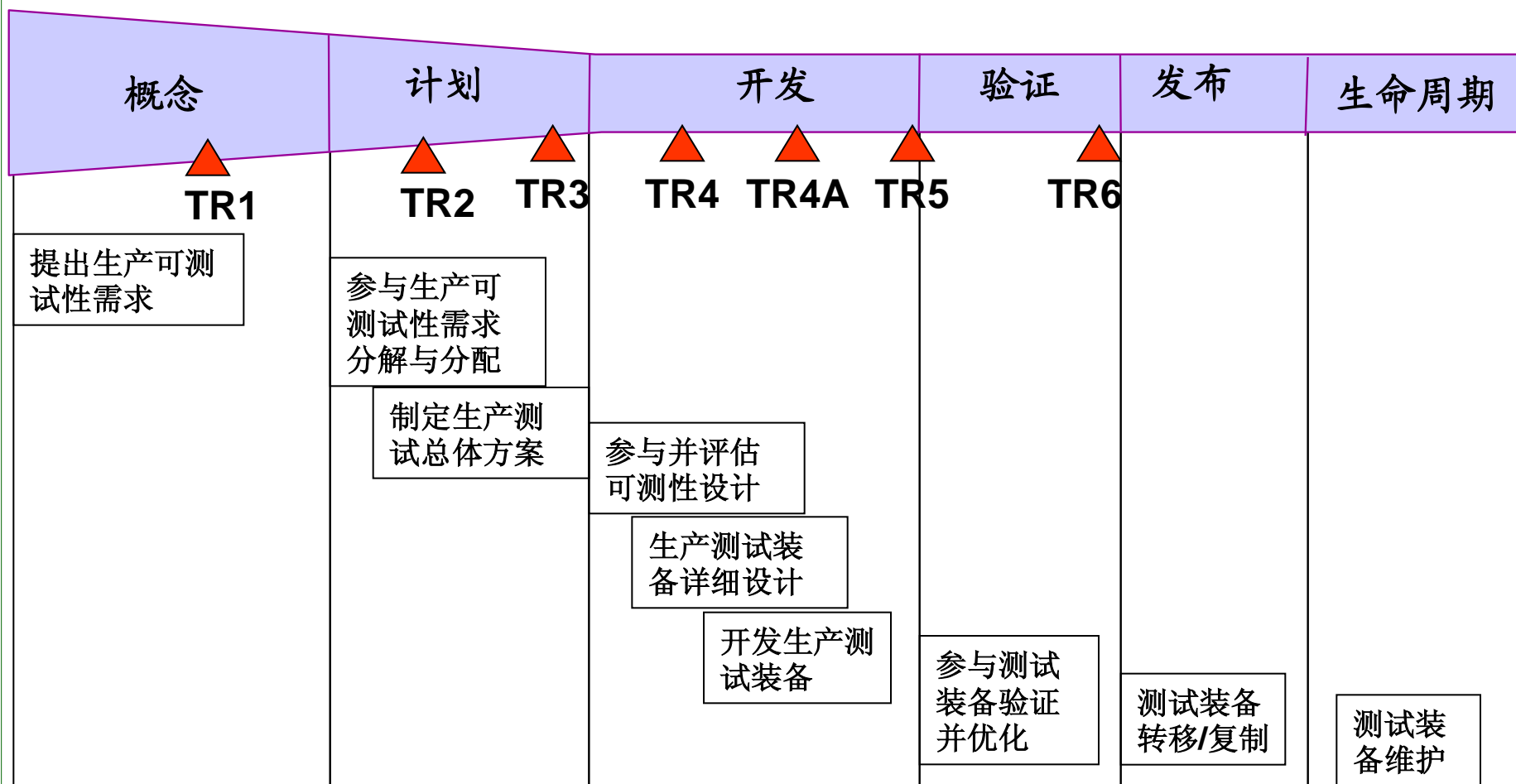
## 发布阶段DFM的关键活动



# 工艺管理全过程



## 产品开发过程中面向生产测试的设计---DFT



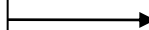
## DFT生产可测试性需求示例

### ■ 对PCB测试点设计要求

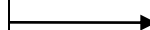
- 根据测试覆盖率的分析来调整测试探针接触的测试点数量和位置。
- PCB上的ICT测试点应在PCB板的焊接面。
- 两个单独测试点的最小间距为60mils (1.5mm)。
- PCB的对角上要设计两个125MILS的非金属化的孔作为ICT测试定位。
- 每个网络在焊锡面提供一个测试点。
- 测试点密度最高为每平方英寸30个点（平均数）/每平方厘米4~5个点。
- 每根测试针最大可承受2A电流，每增加2A，对电源和地都要求多提供一个测试点。
- 每5个IC应再提供一个地线点，地线点要求比较均匀分布在单板上。
- 测试点到PCB板边的间距应 $\geq 125\text{mil}/3.175\text{mm}$ 。
- 焊接面的条码、标签、丝印、拉手条等不要挡住测试点。

**PCB设计规范**

1、概述



2、工艺管理



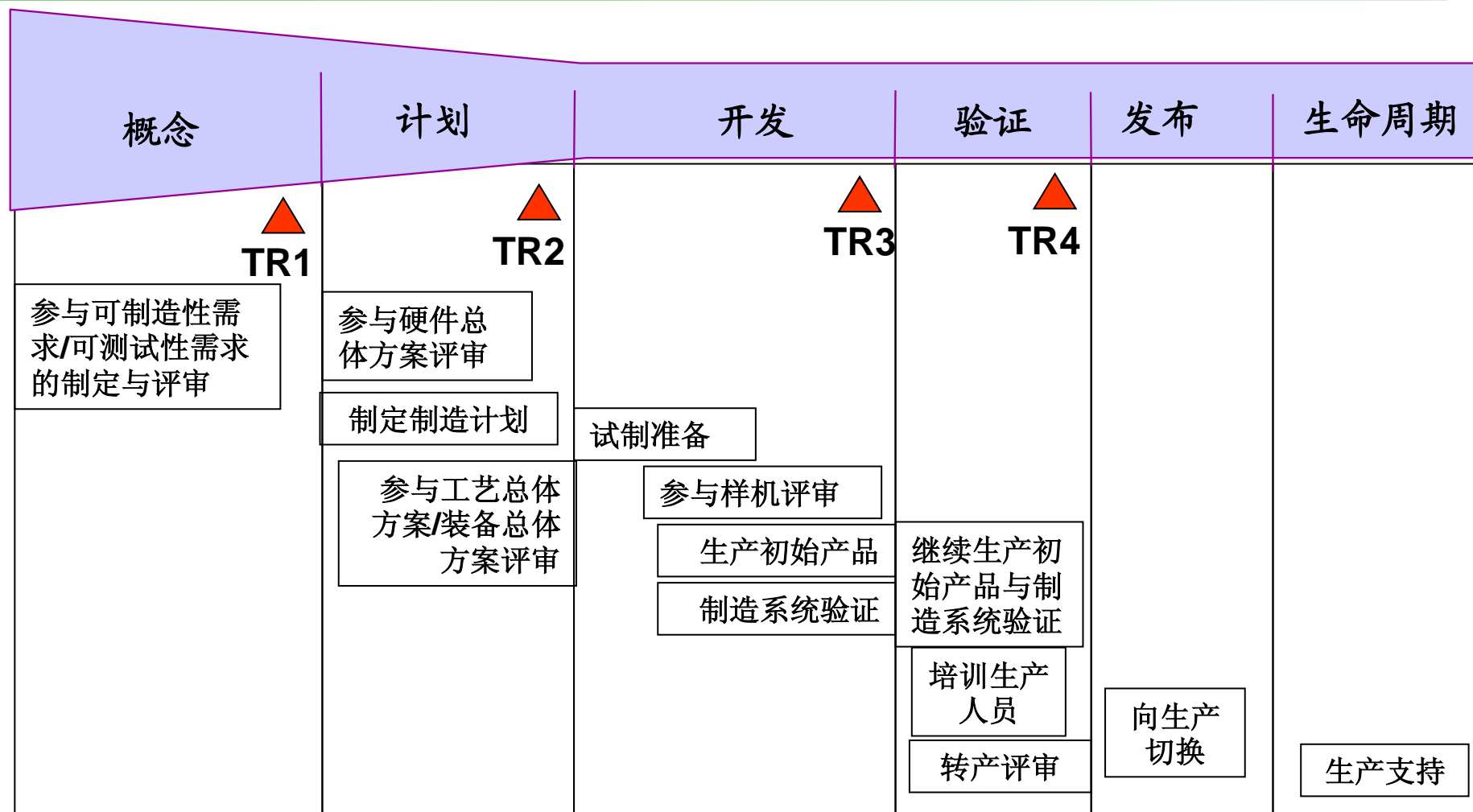
3、测试管理



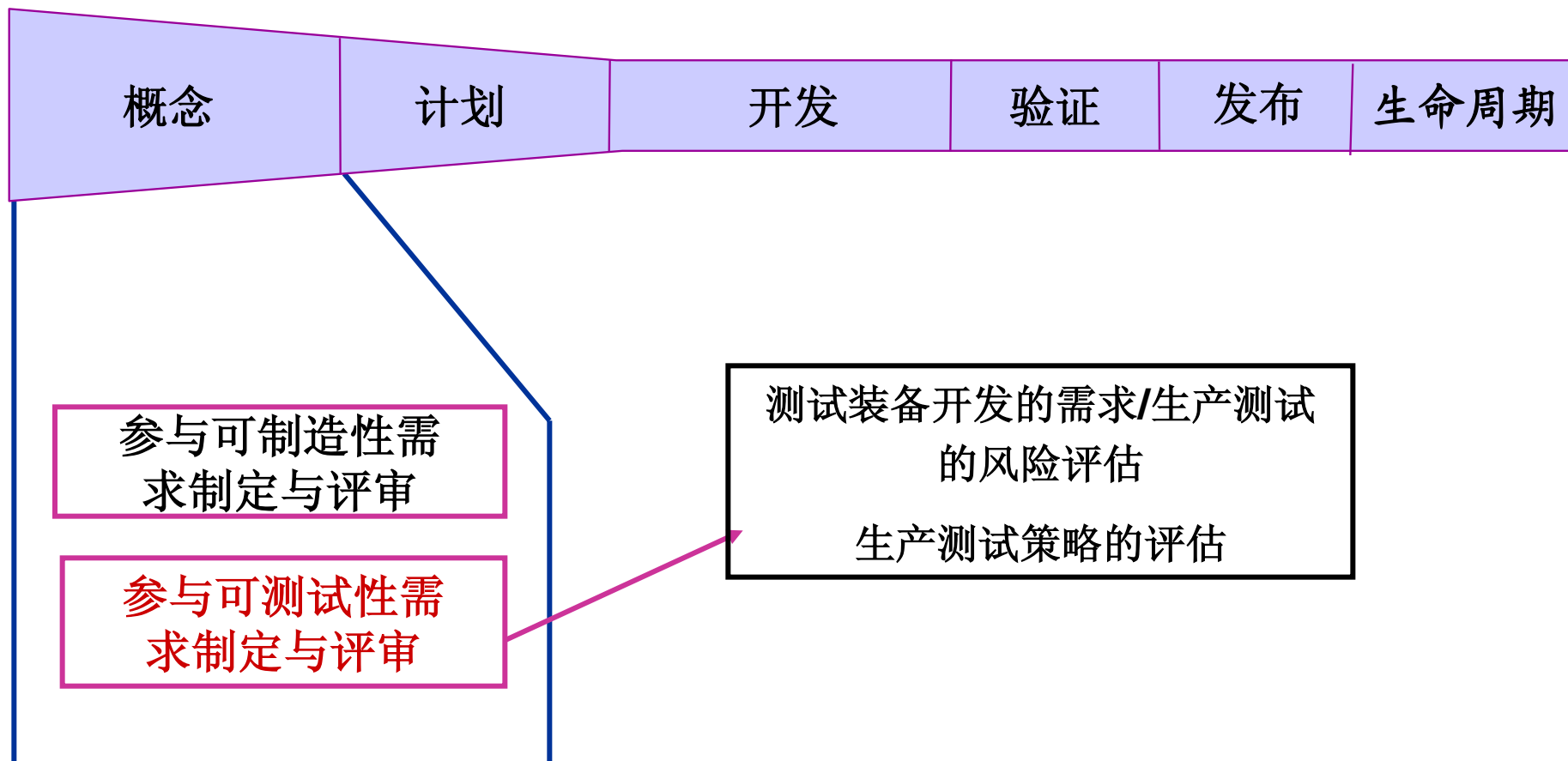
4、试制管理



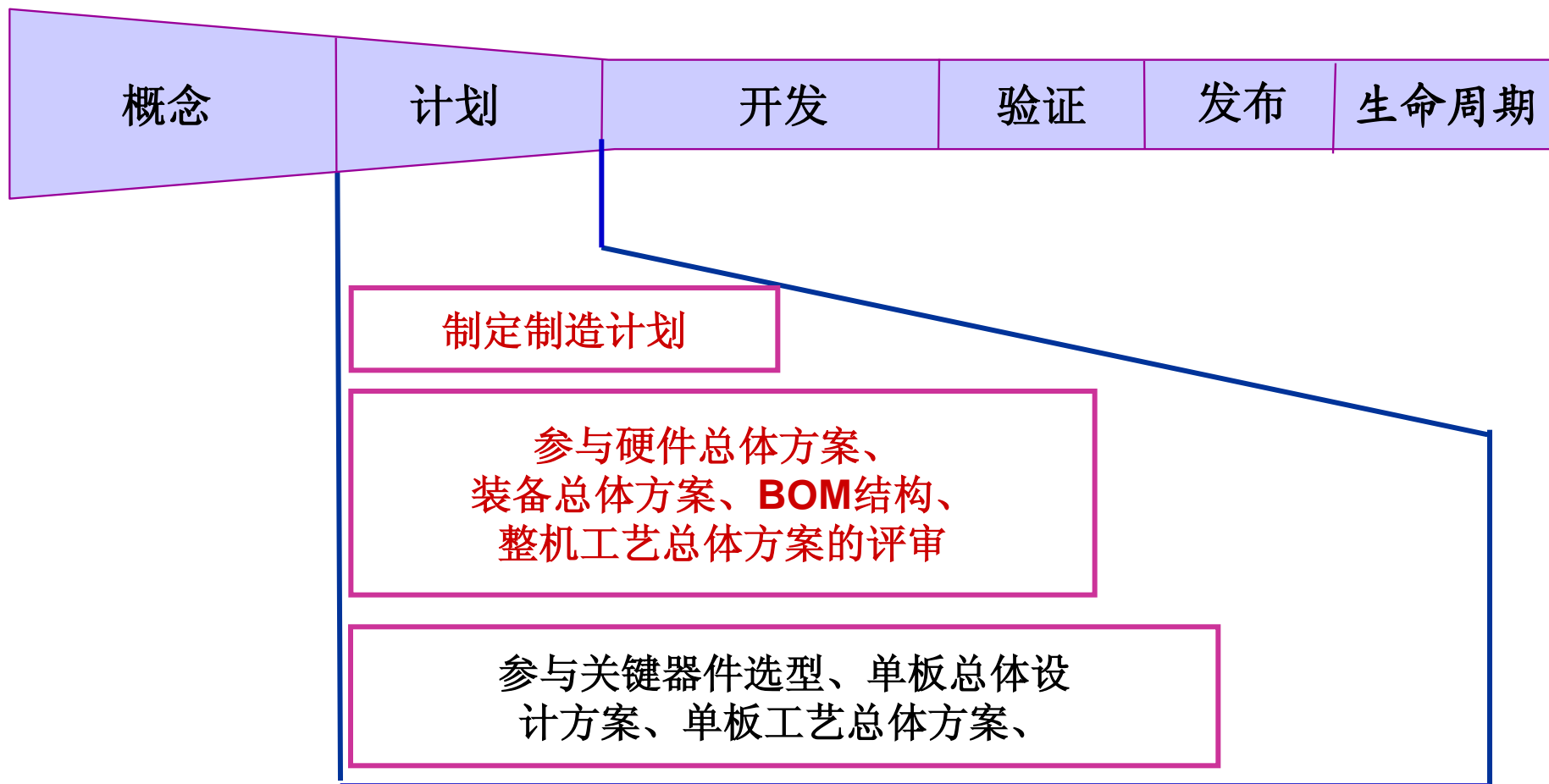
## 面向制造系统的产品验证



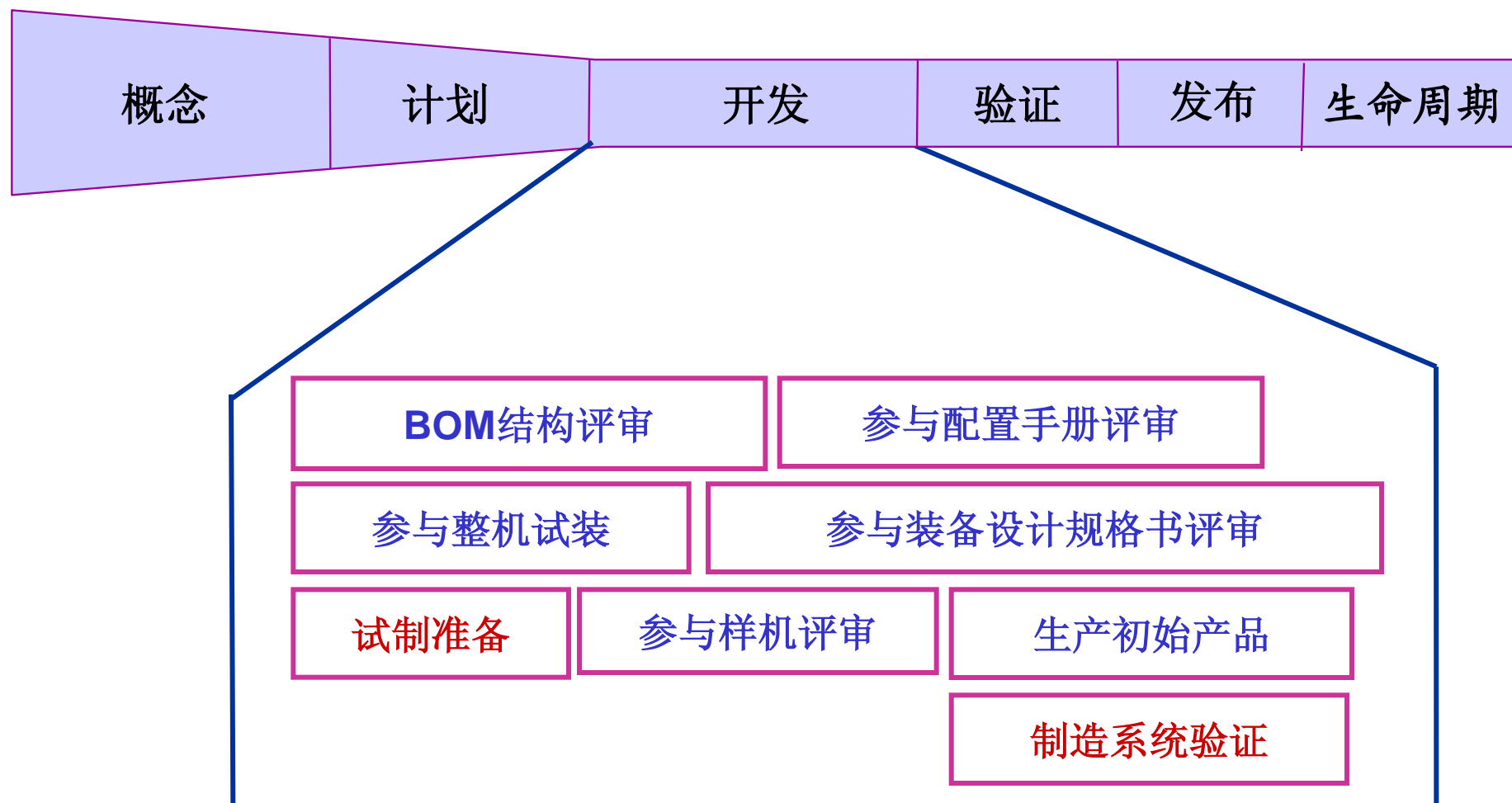
## 概念阶段的关键活动



## 计划阶段的关键活动



## 开发阶段的关键活动



## 试制准备

- 产品知识准备
- 试产资源准备
  - 人力资源/培训
  - 场地、测试装备/仪器仪表
  - 试产物料
- 生产文件准备
  - BOM/工艺路线/ERP数据
  - 工艺文件/技术文件
  - 操作指导书
- 制定制造系统验证方案，包括各环节验证的查检表

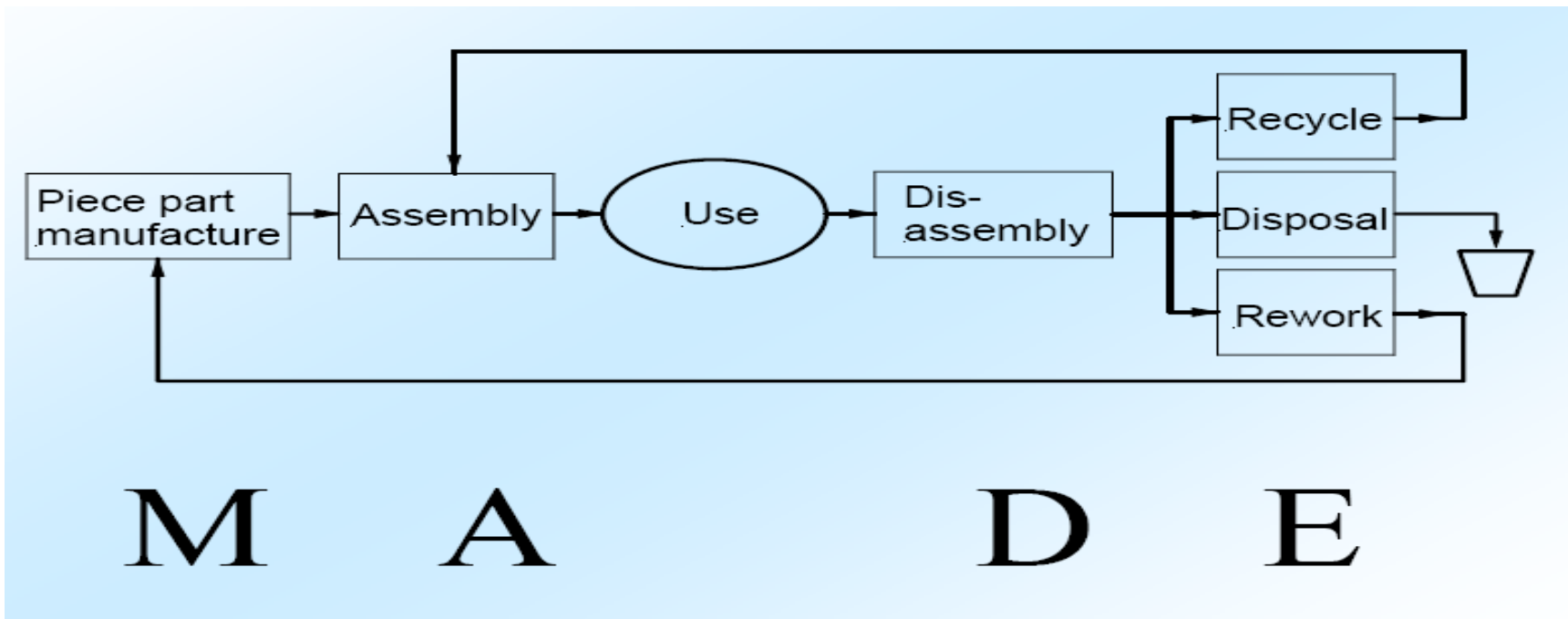
# 第四部分

## ■ DFM与 国际标准

- BS8887-1: 2006 “Design for MADE”
- TL9000/R5.0

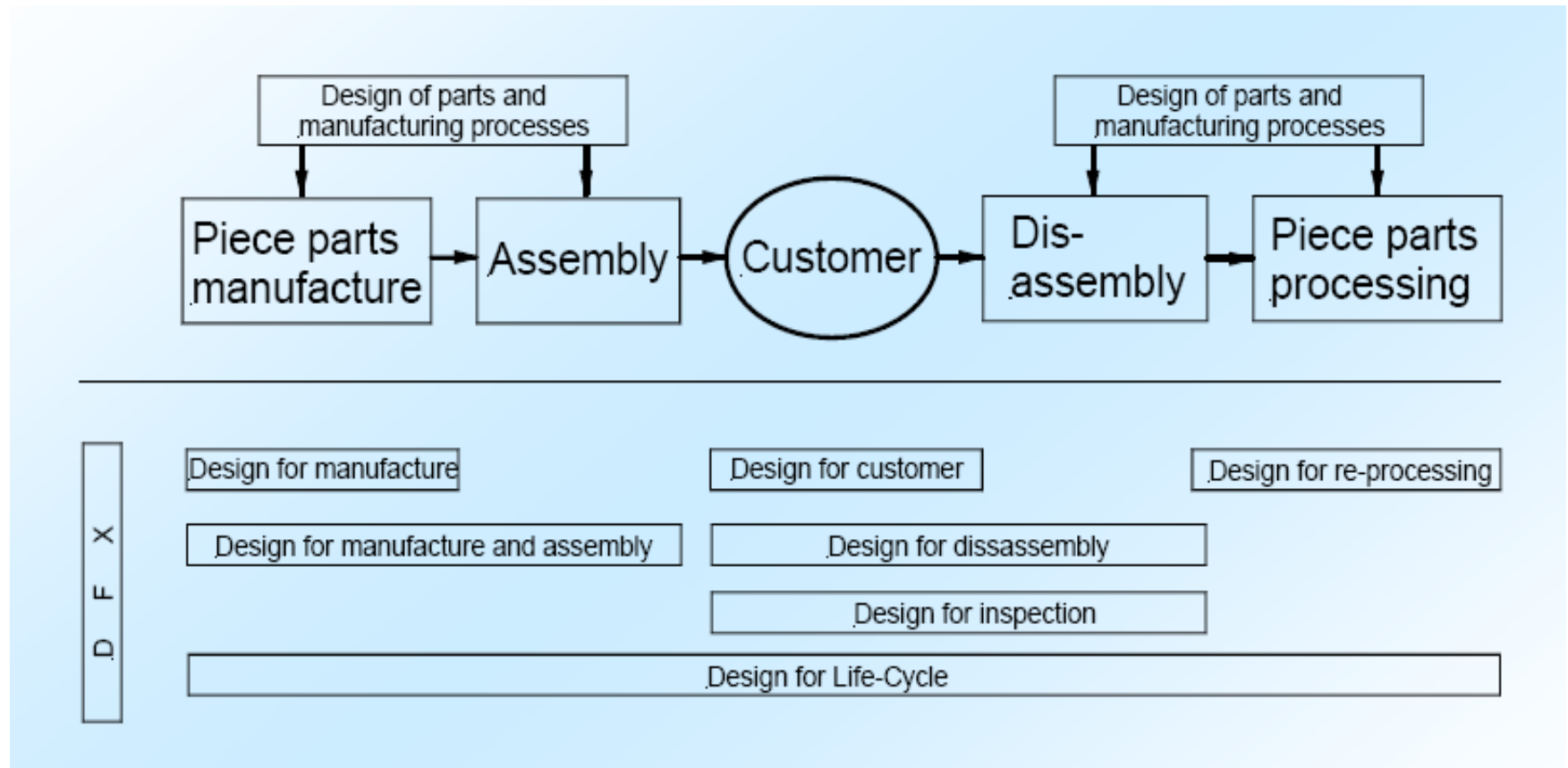
## British Standard: BS8887-1:2006

- The standard represents a progression from the earlier PD 6470 (1975) „
  - The Management of Design for Economic Production“.
- ‘Design for MADE’
  - M = manufacture
  - A = assembly
  - D = disassembly
  - E = end-of-life processing



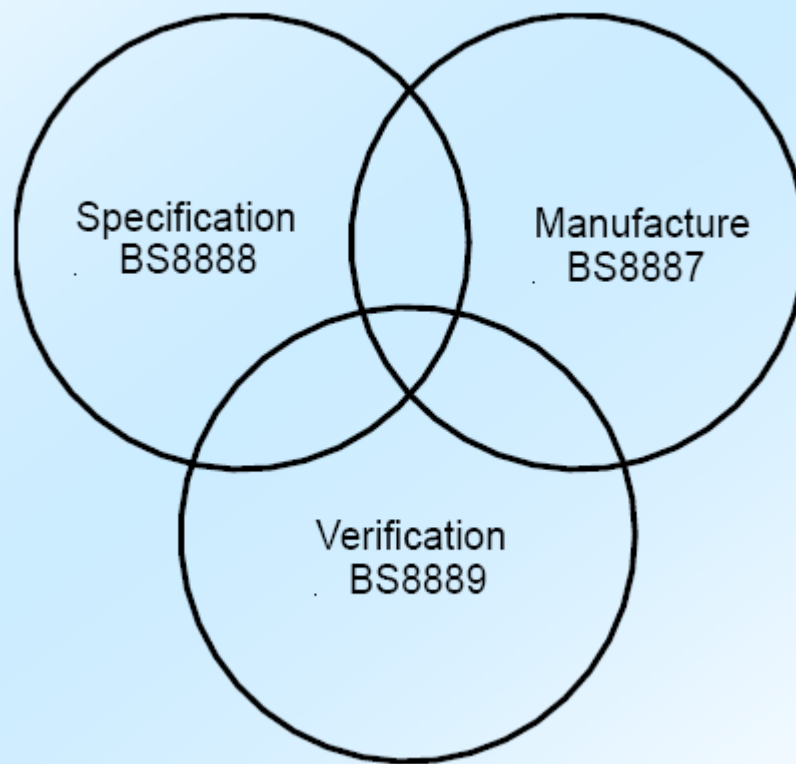
# DFX and Design for “MADE”

## DFX and Design for “MADE”





## DFX and Design for “MADE”



## *BS8887-1:2006 Contents page*

- *Foreword*
- *Introduction*
- *Section 1 Scope*
- *Section 2 Normative references*
- *Section 3 Terms, definitions and abbreviations*
- *Section 4 Design process*
- *Section 5 Design brief*
- *Section 6 Design methodologies*
- *Section 7 Cost considerations*
- *Section 8 Industrial design*
- *Section 9 Detail design*
- *Section 10 Requirements for assembly*
- *Section 11 Life cycle considerations*
- *Section 12 Requirements for verification*
- *Section 13 Documentation*

## *BS8887-1:2006 Contents page*

- *Annex A Established techniques which assist with the design process & correct use*
- *Annex B Industrial design*
- *Annex C Life cycle considerations*
- *Annex D Technical product realization - The TPR concept*
- *Bibliography*
- *List of figures*
- *List of tables*

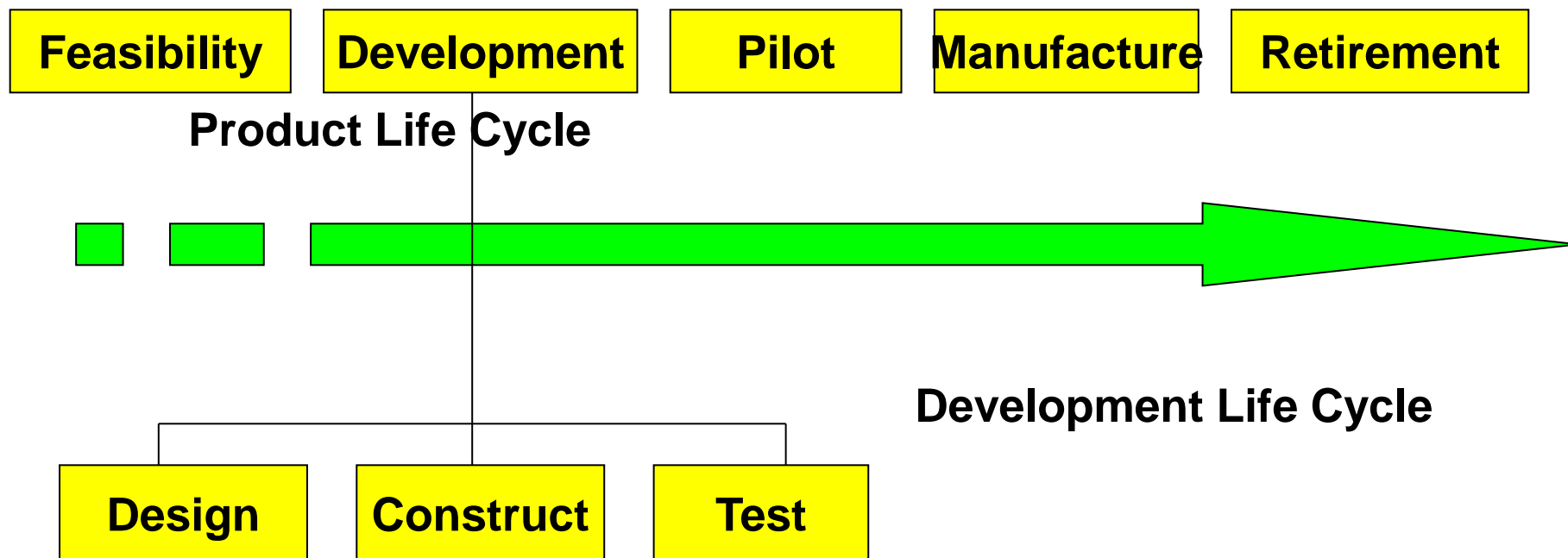
## TL9000/R5.0 通讯业质量管理体系标准

### ■ 7.3.1.c.1 project plan 项目计划

- K) design for 'X' plans as appropriate to the product life cycle (plan example include, but are not limited to Manufacturability, Reliability, Regulatory, Serviceability, Safety, Sustainability, and Testability.)
- 适用时，考虑产品生命周期内的DFX计划（例如包括，但不限于：可制造设计，可靠性设计，法规符合性设计，可服务设计，安全性设计，可持续设计和可测试设计。）

## TL9000/R5.0 通讯业质量管理体系标准

■ Product life cycle 产品生命周期



## Case study 案例

### ■ Manufacturing Today

#### ■ Global Competition

- Trade barriers have been removed (NAFTA)
- Must compete with the best from all over the world
  - Japan, Europe, India, Mexico, etc
  - Infrastructure's forming off shore

#### ■ Quality Requirements

- ISO 9000
- Six Sigma (Motorola Inc)

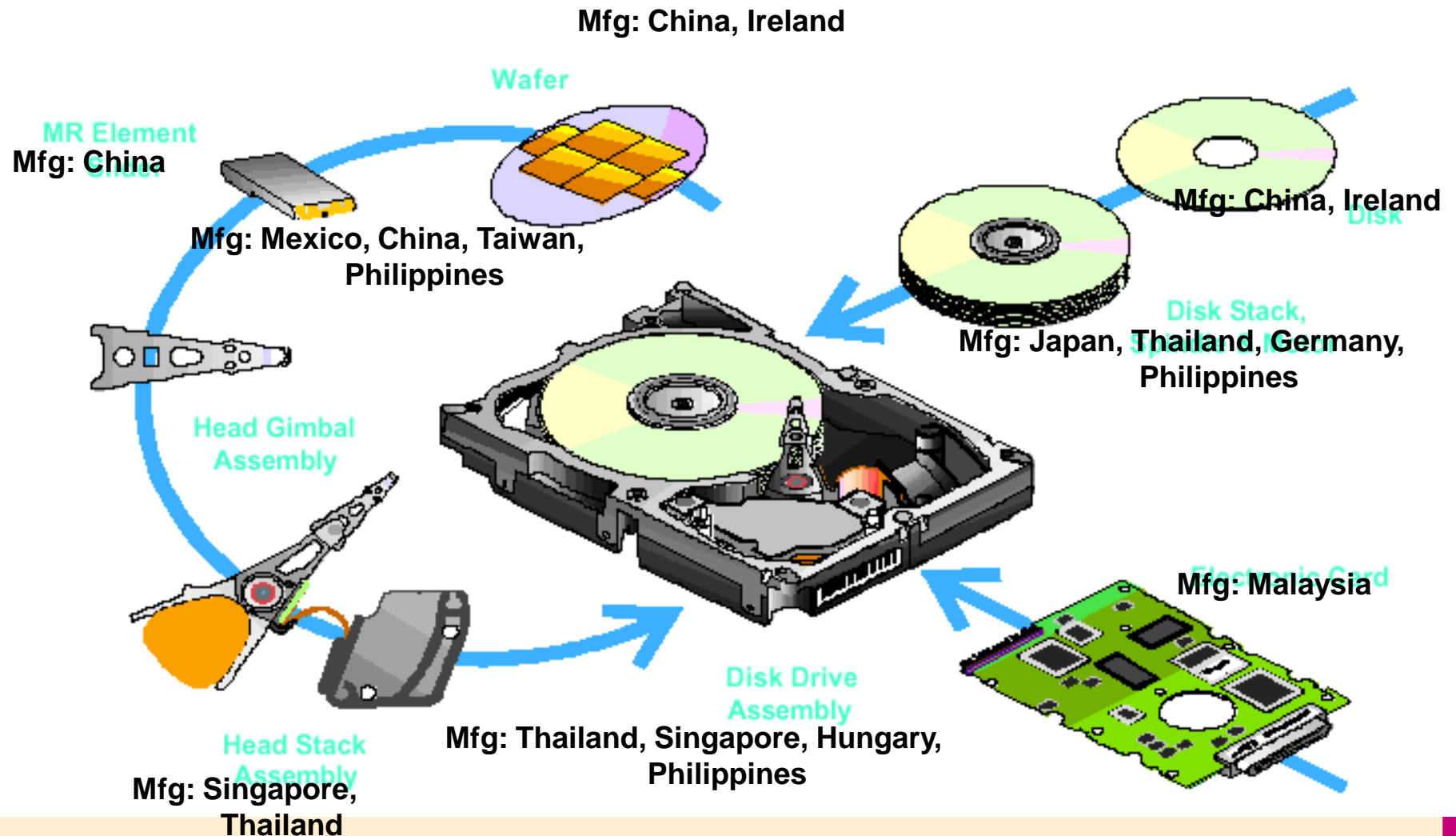
#### ■ Product Cycles

- Every generation is faster
- Rate of change is increasing

#### ■ Cost

- Costs decrease every year (customers expect costs to go down)
- Performance increasing every year

# Introduction: Global Manufacturing



# Introduction: Product Design

## ■ Product Design Today

- Development Cycle
  - Endless engineering changes
  - Non standard parts have long lead times
- Quality
  - “Designed and thrown over the wall”
  - Lower due to more parts, manual processes, and untested parts
    - Customer configuration management
- Cost
  - Higher due to unique designs and specialized parts
- Equipment and Tooling
  - Reliability and quality problems





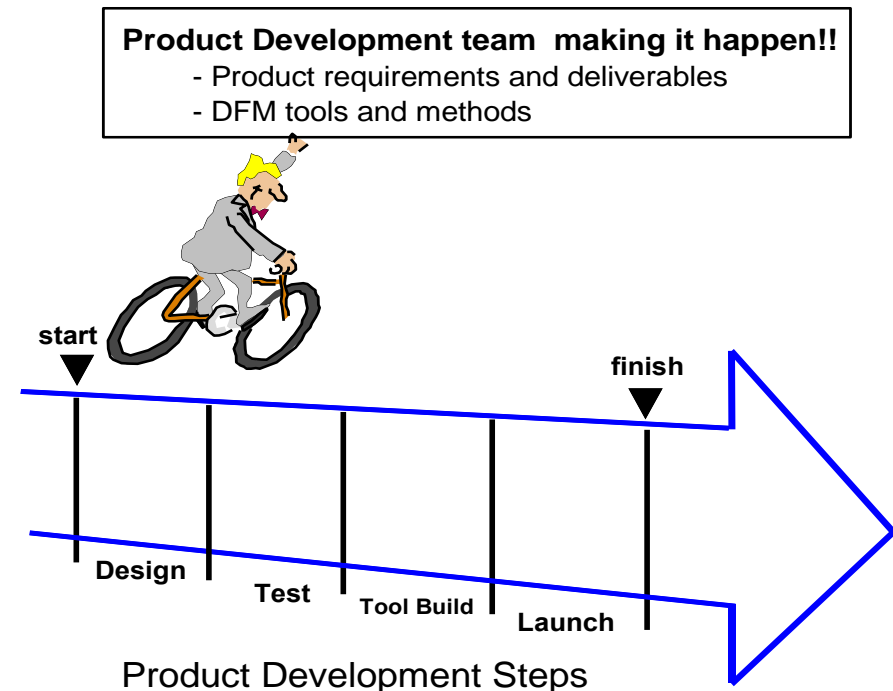
# DFM Typical Approach

## ■ Product Development Process

- Conceptual **DESIGN** and development
- Product optimization, **TEST**
- **TOOL BUILD** (ease of assembly)
- **LAUNCH**, ramp, ship, and deliver

## ■ Product Team

- Product requirements and deliverables
- Collaborative cross functional team (ME, EE, MFG, Test, Quality, etc.). Not “designed in a vacuum”
- Uses **DFM tools and methods**



# DFM Product Considerations

## ■ Product Considerations

### ■ Environmental

- Ergonomics
- Safety
- Pollution
- Recycling
- Shock/vibration
- Temperature

### ■ Suppliers

#### ■ Partnerships

- Supplier tolerance capability

### ■ Merging mechanical sub-assemblies

- Costs

### ■ Customer

#### ■ Depth of product line

- Customization

#### ■ Test requirements

### ■ Process and Tooling

#### ■ Cycle time

- Quality

#### ■ Ease of Assembly

#### ■ Ease of Testing

- Rework

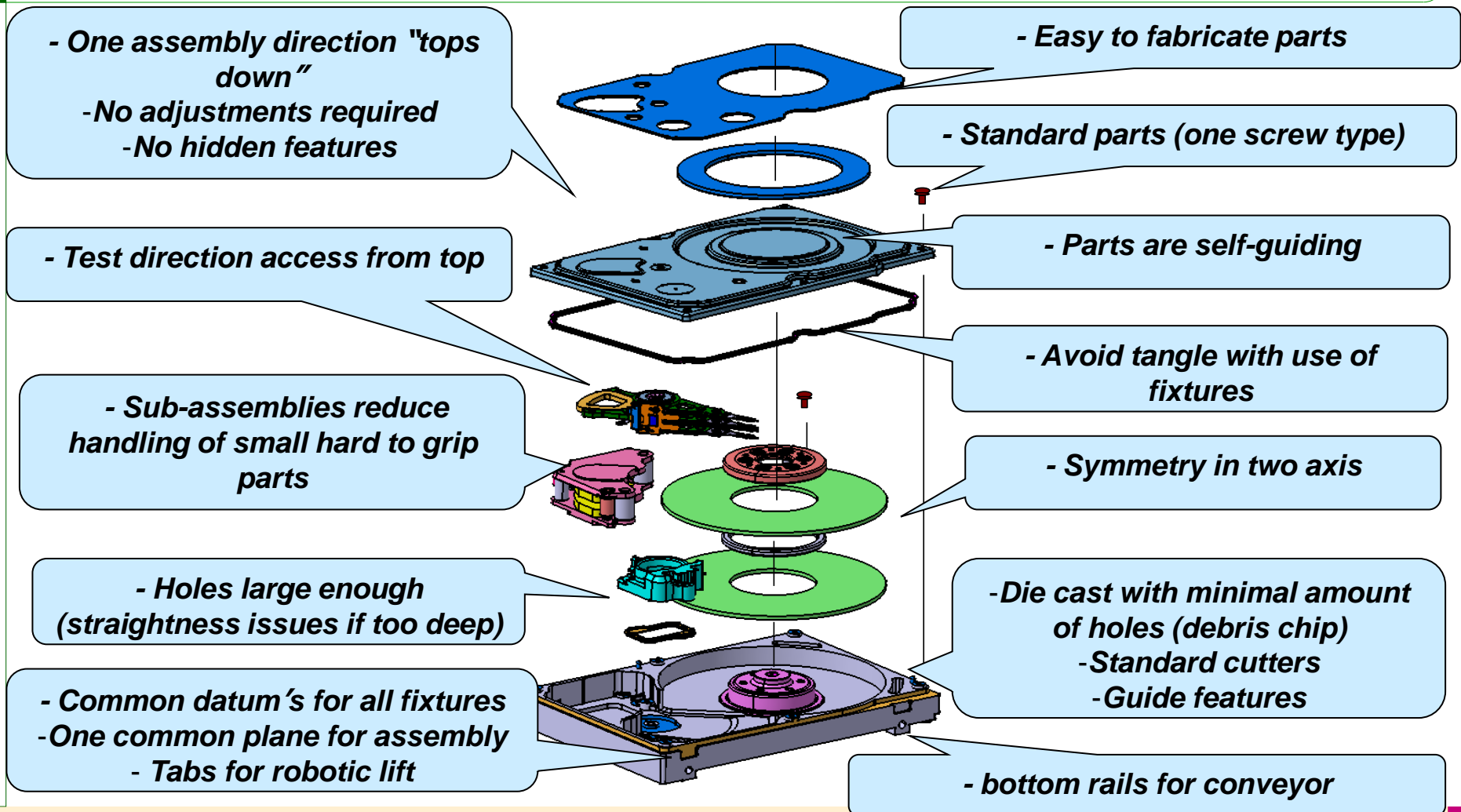
#### ■ Shipping and Handling

- Tooling Costs

# DFM Tools and Methodology

- Tools and Methodologies
  - Design For Assembly (DFA), (*IBM experience*)
  - Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), (*Sun example*)
  - Taguchi Method, (*Hitachi experience*)
  - Value Analysis--" Value Engineering" (*HP example*)
  - Quality Function Deployment (QFD), Going to the *Gemba* (*Hitachi*)
  - Group Technology, (*IBM example*)
  - Cost management and optimization, SPC, Six-Sigma (*Motorola*), TQC, etc

# DFM Tools: DFA Guidelines



# DFM Tools: DFA Guidelines

## ■ Summary of DFA Guidelines

1. Minimize the number of parts
2. Standardize and use as many common parts as possible
3. Design parts for ease of fabrication (use castings without machining and stampings without bend)
4. Minimize the number of assembly planes (Z-axis)
5. Use standard cutters, drills, tools
6. Avoid small holes (chips, straightness, debris)
7. Use common datum' s for tooling fixtures
8. Minimize assembly directions
9. Maximize compliance; design for assembly
10. Minimize handling
11. Eliminate adjustments
12. Use repeatable, well understood processes
13. Design parts for efficient testing
14. Avoid hidden features
15. Use Guide features
16. Incorporate symmetry in both axis
17. Avoid designs that will tangle.
18. Design parts that orient themselves

## DFA实例

PSBG2 UPS Design for PWB Assembly Score Card☐ Prototype ☐ EVT ☒ DVT ☒ PVT

Total DFx Possible Points	Total DFx Compliance Points	Score
239	229	95.8%

Formula = Total Compliance Points / Total Possible Points

Priority 1 = 5 Points (High Impact to warrenty cost and/or customer experience)

Priority 2 = 3 Points (Mid Impact to warrenty cost and/or customer experience)

Priority 3 = 1 Point (Low Impact to warrenty cost and/or customer experience)

75% &lt; Yellow &lt; 95%

Color Table:

Green:

OK for next build

Yellow:

Must have a plan for next build

Red:

Stop Next build until CA implemented

Model Name : RPI302C12A0069Review Date: 2007/7/7Approve: 楊國清

# DFA实例

Item	Category	DFx Requirements	DFx Compliance Points(Y, N, N/A)	Priority Level (1, 2, 3)	Max Points Available	DFx Points (5, 3, 1, 0)
1	AI	連片 AI 立式零件總數須大於 16 顆，臥式零件總數須大於 20 顆以提升 AI 設備有效稼動率。	N/A	1	N/A	0
2	AI	AI 定位孔孔徑為標準之 $\varnothing 4.0 (+0.1/-0)$ mm & $\varnothing 4.0 \times 5.0 (+0.1/-0)$ mm - U)	Y	1	5	5
3	AI	PWB 尺寸是否符合(UPS GUIDE LINE II-4)★ AI 立式:475*430mm★ AI 臥式:365*345mm★ SMD:330*250mm	Y	1	5	5
4	AI	若有 SMD 製程，AI 零件含線腳架高之總高度須小於 20 mm；若無 SMD 製程，須小於 21mm。	Y	1	5	5
5	AI	PWB 上的元件符號/位置標示不可有誤 (安規零件:MA / Others:MI)	Y	2	3	3
6	AI	零件距離應符合 GUIDE LINE，否則會導致無法 AI/SMD 或手插件困難	Y	2	3	3
7	AI	元件背紋圖的大小不可有與元件實際大小不符合 or 方向錯誤的情況出現 (此部分為不影響 AI/SMD or 插件)	Y	2	3	3
8	AI	LAYOUT 時，不可有因 PAD or PAD 孔徑過小，而無法 AI/SMD	Y	1	5	5
9	AI	定位孔距離需符合 Guide Line 要求，不可造成 AI/SMD 作業困難，定位孔之設計應位於連片之長邊，以增加自動流板之順暢度。	Y	2	3	3
10	AI	雙面板之臥式平貼電阻線，零件下方不能佈置導通孔，以避免過爐後錫由導通孔湧上與電阻線碰到而造成短路。	Y	2	3	3
11	AI	AI 零件線腳彎腳方向之前方距孔中心 2.8mm 內，不可有裸銅線路，以防止短路。	Y	2	3	3
12	AI	AI 零件線腳彎腳方向之前方距孔中心 2.2mm 內，不可佈置 SMD 零件，避免造成 SMD 零件無法著裝。	Y	2	3	3
13	AI	AI/SMD 完成後，不可造成線腳彼此間短路 or PAD/Trace 與線腳短路的情況	Y	1	5	5
14	AI	Layout 時，應考慮 AI/SMD 完成後，不可造成板彎	Y	2	3	3

# DFA实例

15	AI	AI完成後,元件不可有損傷,線腳仰腳過大 or 過小 or 線腳毀損的情況	Y	2	3	3
16	AI	SMD 完成後,不可有點膠不良(紅膠量過多或過少) or 錫膏作業不良的情況	Y	2	3	3
17	AI	臥式零件佈置兩零件距離是否符合Guide Line規定	Y	2	3	3
18	AI	臥式電阻底部不可有貫穿孔,如為不同電位將造成短路,使機器不良	Y	2	3	3
19	SMD	SMD Mark 為1mm圓形的露銅面或噴錫面(實心點)置於上下板邊各一個,並呈對角 $45\pm 15$ .SMD 零件定位座標點.	Y	1	5	5
20	SMD	雙面SMD光學點位置須採不對稱位置設計,使PWB於機器生產時,有防呆功能,避免反面錯誤生產。	Y	1	5	5
21	SMD	SMD 光學點為圓形,其中心點與週邊焊墊須距離 5mm 以上。	Y	1	5	5
22	SMD	板邊 SMD 零件垂直於 V-Cut 之距離須大於 5mm; 平行V-Cut距離須大於 3mm, 否則板邊須撈槽避開折板應力。	Y	1	5	5
23	SMD	相同零件須佈局於鄰近區域,且同一方向,以提升SMD機台稼動率。	Y	1	5	5
24	SMD	為避免 SMD 零件焊點錫裂,錫膏製程不可與 AI 製程並存。	Y	1	5	5
25	SMD	SMD 製程不可有手擺件製程,以免降低機台稼動率。	Y	1	5	5
26	SMD	固定螺絲外圍離SMD需有3mm以上	Y	1	5	5
27	SMD	產品設計於 IR-Reflow 時,不需治具輔助。	Y	1	5	5
28	SMD	SMD 本體中間不可有裸銅, 避免錫短路或無法點膠作業。	Y	1	5	5 1 of 3



## DFM实例

PSBG2 UPS Design for Manufacturing Score Card☐ Prototype ☐ EVT ☒ DVT ☒ PVT

Total DFx Possible Points	Total DFx Compliance Points	Score
174	166	95.4%

Formula = Total Compliance Points / Total Possible Points

Priority 1 = 5 Points (High Impact to warrenty cost and/or customer experience)

Priority 2 = 3 Points (Mid Impact to warrenty cost and/or customer experience)

Priority 3 = 1 Point (Low Impact to warrenty cost and/or customer experience)

75% &lt; Yellow &lt; 95%

Color Table:

Green:

Yellow:

Red:

OK for next build

Must have a plan for next build

Stop Next build until CA implemented

Model Name : RPI302C12A0069Review Date: 2007/7/7Approve: 楊國清

## DFM实例

Item	Category	DFx Requirements	DFx Compliance Points(Y, N, N/A)	Priority Level (1, 2, 3)	Max Points Available	DFx Points (5, 3, 1, 0)
1	Hand-insertion	<b>1. PWB 輸出線</b> 輸出線的端子不可Touch電解電容 (易於過錫爐後造成塑膠外皮燙傷, 造成短路)	Y	2	3	3
2	Hand-insertion	不同輸出、輸出線的端子(或G114), 不可相互 touch (插件過爐時, 易傾斜相互touch, 造成短路)	Y	1	5	5
3	Hand-insertion	輸出線群內不可暗藏立式零件 (其引腳過爐時, 引腳因吸熱會燙傷PVC線或與輸出線端子短路)	Y	1	5	5
4	Hand-insertion	輸出線於組立理線完畢後, 其線長不可有鬆脫或應力狀況 過長: 擠撞其他零件使其歪斜或造成應力 過短: 該線纏過緊, 錫點長期受應力, 易出現錫裂或接觸不良現象	Y	1	5	5
5	Hand-insertion	輸出線孔位Layout位置應依序排列, 使其易於理線不會絞線	Y	1	5	5
6	Hand-insertion	<b>2. 變壓器</b> 變壓器之飛線長度須適當, 不可有應力或鬆散狀況	Y	2	3	3
7	Hand-insertion	變壓器不可 touch 周邊零件, 以預防產生短路、Hi Pot問題	Y	3	1	1
8	Hand-insertion	<b>3. 電容</b> 臥式電解電容下方不可有導通孔 / Trace (若有過錫爐後, 將造成底部塑膠外皮燙破, 發生短路)	N/A	3	N/A	0
9	Hand-insertion	Coating類電容(Y、陶瓷、鉍質、小紅胖、大紅胖)coating不可陷入PWB孔內 (若有, coating處無法吃錫, 會造成吃錫不足影響強度)	Y	3	1	1
10	Hand-insertion	電解電容周圍不可觸碰發熱源之元件 (H/S、立式2W電阻、NTC、Virestor...線腳)或與其點膠, 若有, 會因長期使用導致電解液烤乾, 造成該元件老化不良	Y	1	5	5
11	Hand-insertion	電解電容附近有帶G114端子的線材裝插是否會刺破電容絕緣皮.	N/A	1	N/A	0
12	Hand-insertion	<b>4. Fuse / Fuse Clip</b> 立式FUSE引腳與本體須套熱縮套管, 以防止引腳與其底部金屬帽子觸碰造成短路	Y	2	3	3

## DEKRA Certification – go for quality

Are there any open questions?

