

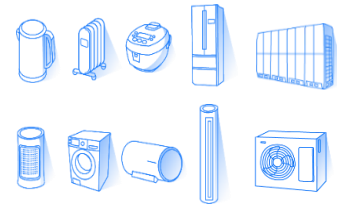


基于暖通产品应用的零部件可靠性评价与管控

2021.4 广东美的暖通设备有限公司

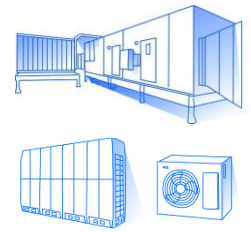
一、公司简介

2020年11月美的中央空调事业部正式更名为美的暖通与楼宇事业部，美的集团旗下五大业务板块之一



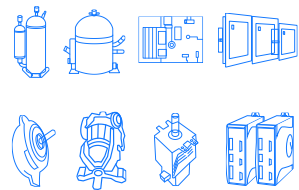
消费电子

围绕智能家居及IoT的相关业务

暖通及楼宇系统

智慧楼宇及暖通相关业务

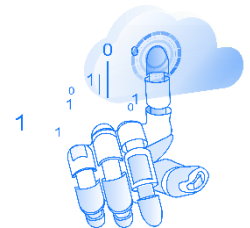
机电事业群

压缩机 / 电机 / 芯片 / 运动控制 / 电控等核心部件及高端制造领域




机器人与自动化

海外技术结合本地需求创新

数字化创新业务

探索新模式新机会



一、公司简介

发展历程



经过22年发展，美的暖通与楼宇目前拥有4大国内基地1个海外基地，5大产品公司，为楼宇及公共设施提供能源、暖通、电梯、楼宇控制等产品和全套解决方案



为用户提供值
得信赖的产品
和服务

+



全员参与
全品良品
真因追求
本质改善
源流管理
再发防止

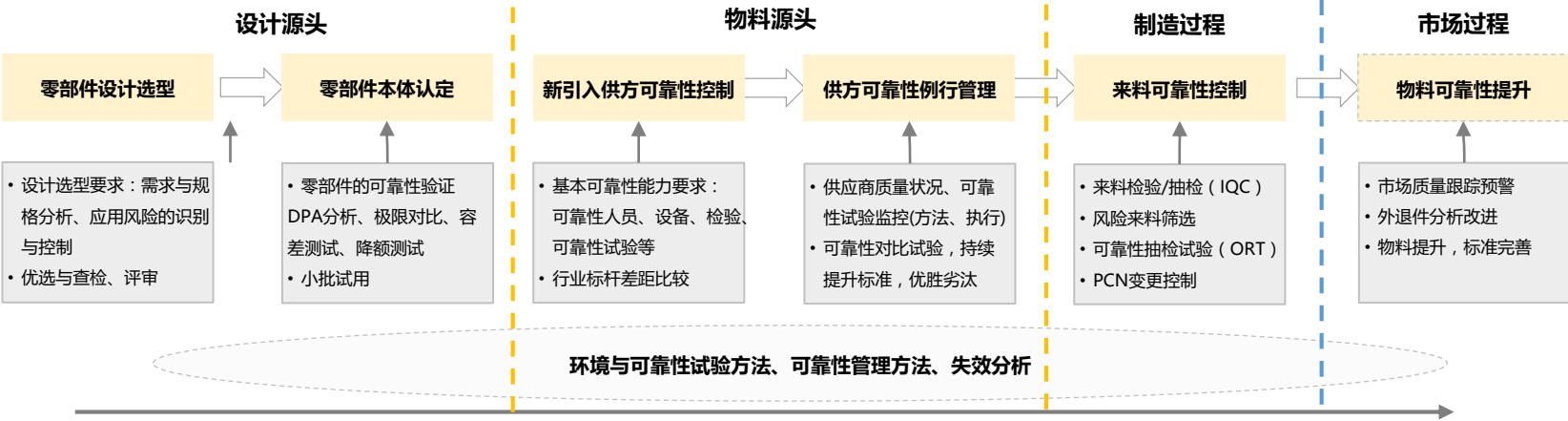
+



221工程
两个源头
两个过程
一个改进

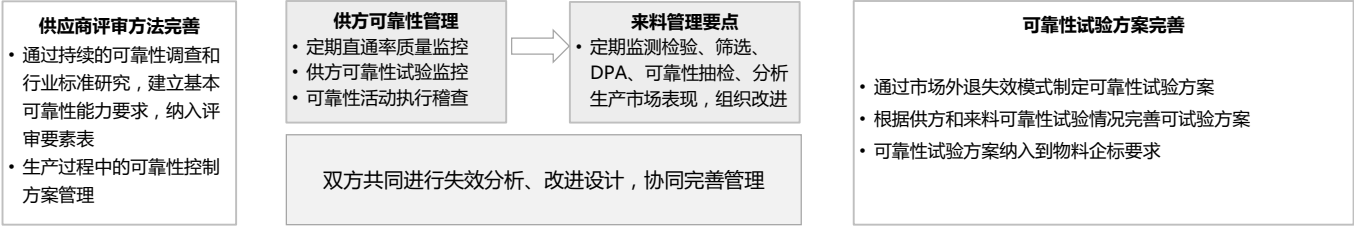
整体框架

零部件可靠性管控：通过全流程的管控，确保零部件保持预期的可靠性水平



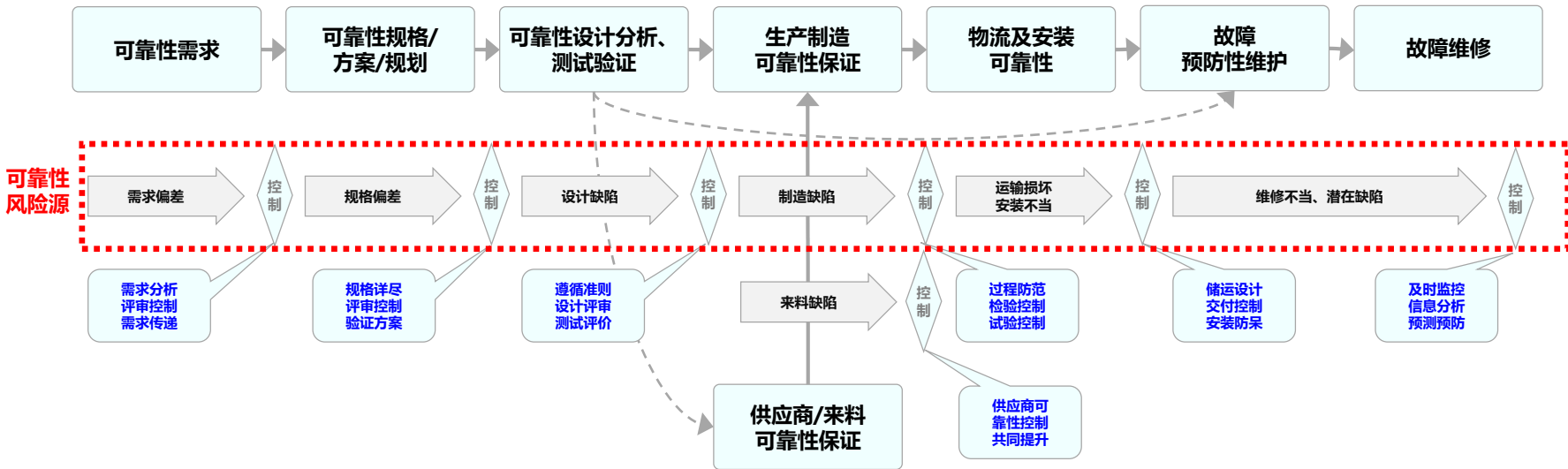
关键方法

管理控制点



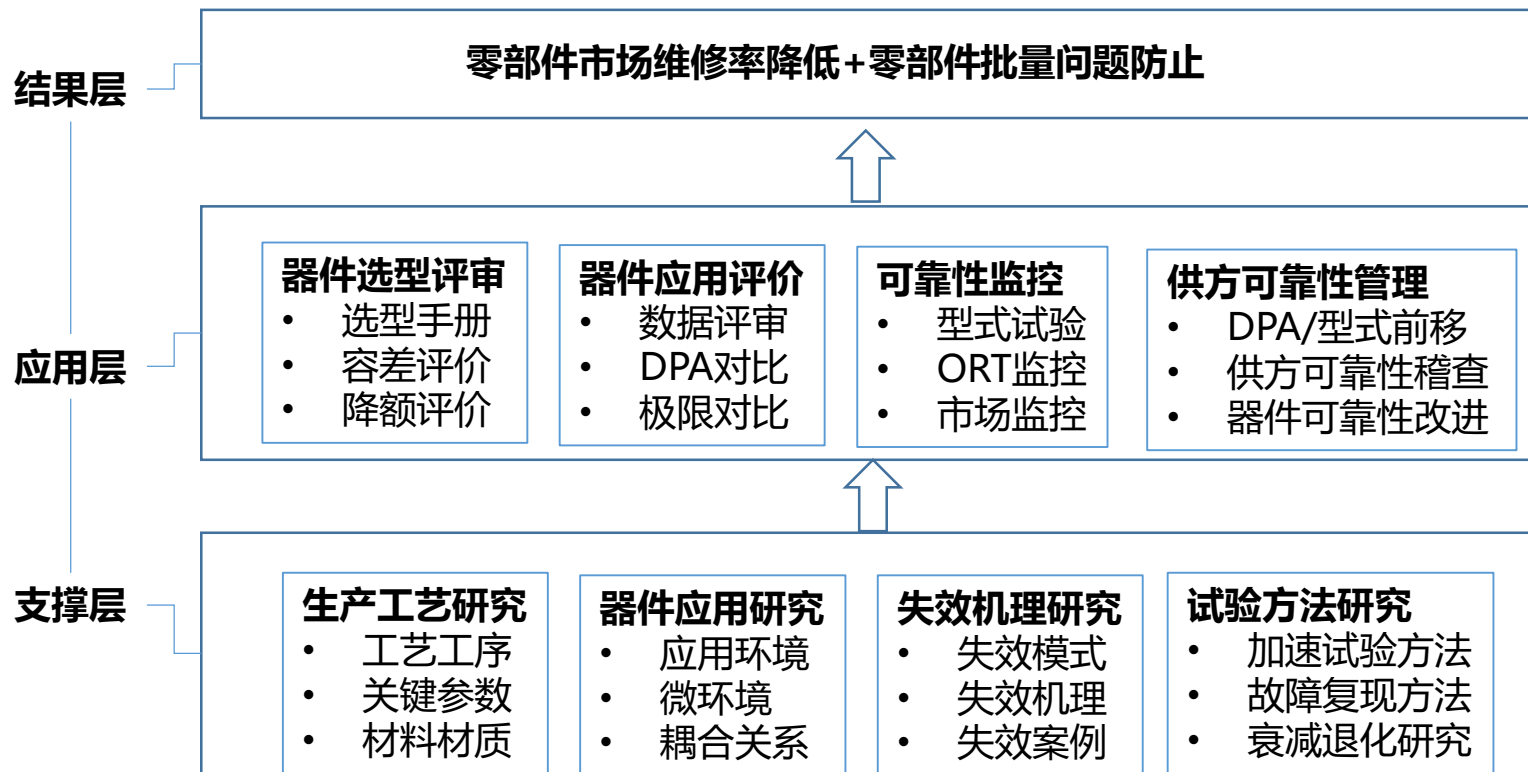
零部件可靠性的风险源

“选” 好零部件 + “用” 好零部件 + “管” 好零部件



三、零部件可靠性管控概述

零部件可靠性评价



四、零部件可靠性管控-设计选型评审

1、聚焦零部件的设计选型，建立零部件优选库、零部件设计选型规范和设计选型手册。

编码	名称
000004432666	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004464058	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000006696179	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000006695986	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004425262	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004425269	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004425250	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004437090	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
0000044454105	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004428698	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000006571549	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000006571436	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004428660	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004428657	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004428648	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004428642	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000006571079	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000005274877	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000005291138	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000006570850	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000006570842	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000006570836	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000006570824	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000006570795	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000006570783	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000005274883	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000005569907	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000005564998	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004428719	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004420121	制冰机（柜式）物料代码清单-李进
000004431589	制冰机（柜式）物料代码清单-李进

零部件优选库

编号	名称
000001523452	【附件1】美的中央空调零部件手册-李进
000001580672	零部件手册——压缩机（机内文件无法复制，请勿外发）
000001690158	零部件手册——四通阀（机内文件无法复制，请勿外发）
000002317744	零部件手册——节流阀（机内文件无法复制，请勿外发）
000002365601	零部件手册——压力传感器（机内文件无法复制，请勿外发）
000002373204	零部件手册——温度传感器（机内文件无法复制，请勿外发）
000002378130	零部件手册——压力开关（机内文件无法复制，请勿外发）
000002434810	零部件手册——步进电机（机内文件无法复制，请勿外发）
000002520136	零部件手册——管式换热器（机内文件无法复制，请勿外发）
000002643269	零部件手册——结构件（机内文件无法复制，请勿外发）
000002736667	零部件手册——箱体蒸发器（机内文件无法复制，请勿外发）
000002736673	零部件手册——箱体（机内文件无法复制，请勿外发）
000002737598	零部件手册——三通阀（机内文件无法复制，请勿外发）
000002771351	零部件手册——板式换热器（机内文件无法复制，请勿外发）
000002936040	零部件手册——铜管（机内文件无法复制，请勿外发）
000002859594	零部件手册——热敏电阻（机内文件无法复制，请勿外发）
000001522532	零部件手册——TP温度压力安全阀（机内文件无法复制，请勿外发）
000001522677	零部件手册——毛细管（机内文件无法复制，请勿外发）
000001522672	零部件手册——电磁阀（机内文件无法复制，请勿外发）
000001522702	零部件手册——温度传感器（机内文件无法复制，请勿外发）
000001522695	零部件手册——水位开关（机内文件无法复制，请勿外发）
000001522708	零部件手册——压缩机（机内文件无法复制，请勿外发）
000001580658	零部件手册——铜管（机内文件无法复制，请勿外发）
000001580651	零部件手册——四通阀（机内文件无法复制，请勿外发）
000001580657	零部件手册——板式换热器（机内文件无法复制，请勿外发）
000001746581	零部件手册——管接头（机内文件无法复制，请勿外发）
000001746579	零部件手册——管接头（机内文件无法复制，请勿外发）

零部件设计选型手册

编码	名称
QMZ-J34.080-2020	逻辑芯片选型设计规范
QMZ-J34.079-2020	开关电源选型设计规范
QMZ-J34.078-2020	复位芯片选型设计规范
QMZ-J34.077-2020	发光二极管选型设计规范
QMZ-J34.076-2020	二极管选型设计规范
QMZ-J34.075-2020	三极管选型设计规范
QMZ-J34.074-2020	继电器选型设计规范
QMZ-J34.071-2020	保险丝选型设计规范
QMZ-J34.070-2020	PCB板载插座选型与设计规范
QMZ-J34.069-2020	贴片电阻选型设计规范
QMZ-J34.068-2020	贴片电感选型设计规范
QMZ-J34.067-2020	贴片电容选型设计规范
QMZ-J34.066-2020	薄膜电容选型设计规范
QMZ-J34.065-2020	电解电容选型设计规范
QMZ-J34.064-2020	瓷片电容选型设计规范
QMZ-J34.063-2020	滤波电感选型设计规范
QMZ-J34.062-2020	无感电阻选型设计规范
QMZ-J34.061-2020	插件类固定电阻选型设计规范
QMZ-J34.060-2020	安规电容选型设计规范
QMZ-J34.059-2020	共模电感选型设计规范
QMZ-J34.058-2020	压敏电阻选型设计规范

零部件设计选型规范

器件选型设计规范

- 原理介绍
- 种类介绍
- 优缺点
- 工艺介绍

是什么

- 电气参数
- 性能参数
- 可装配性
- 选型原则
- 选型流程

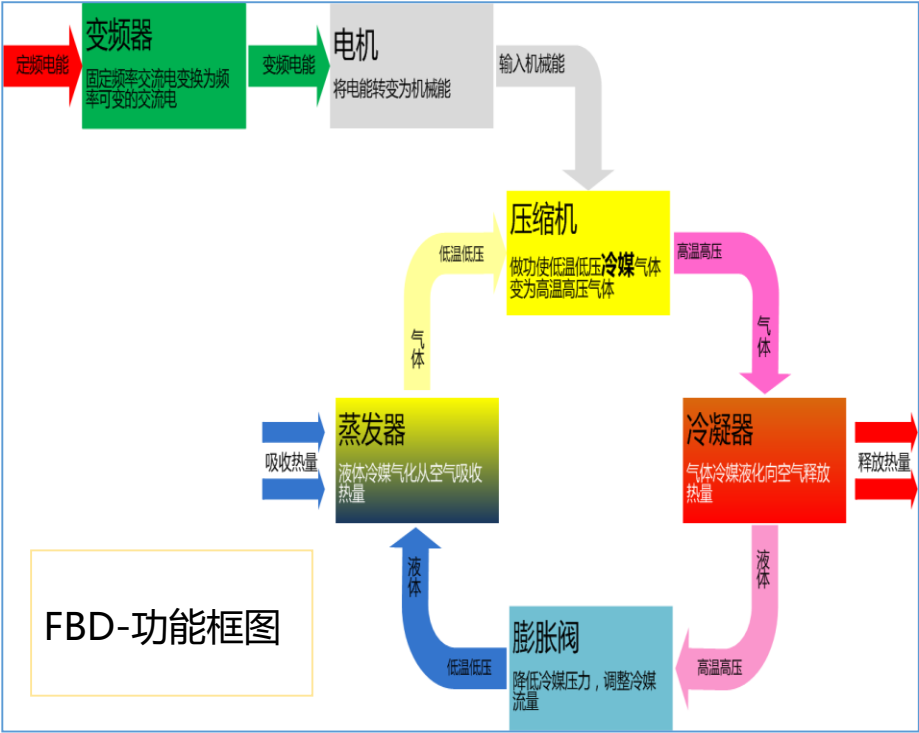
怎么选

- 优选清单
- 失效模式
- 失效机理
- 失效案例
- 应用要点

怎么用

四、零部件可靠性管控-设计选型评审

2、功能框图&器件FMEA



FBD-功能框图

建立零部件系统应用的功能框图，标注零部件之间的相互关系及传递的物理量，识别有效物理量和有害物理量

子系统功能	失效对子系统的影响	潜在失效模式	严重度 (S)	潜在失效原因	当前的预防措施	当前控制 (验证) 方式		RPN	整改建议和改善对策		采取措施结果				
						研发测试	评价标准		设计对策	测试/评价对策	负责人	计划完成阶段	采取措施	完成时间	是否在标准中闭环
子系统编号	子系统	功能要求													
	冷媒工	压缩机	内机	冷媒工	已完成	可靠性测试	0	63							
现状描述									未来打算						
• 原有设计的预防和验证措施 • 变更设计采用的预防和验证措施 • 新设计所采用的预防和验证措施									• 当左侧S或RPN不满足要求时，计划采用的设计预防和验证措施，和落地情况 • 包括对策的拟定，和实施结果两部分						

结合系统级的应用，建立器件级的DFMEA，识别潜在的应用风险并制定针对性的预防和验证措施

3、零部件降额的评审

美的集团企业标准

QM-J010.0007-2020

替换 QM-J010.0007-2016

电子元器件降额设计规范

2020-02-18 发布

2020-03-01 实施

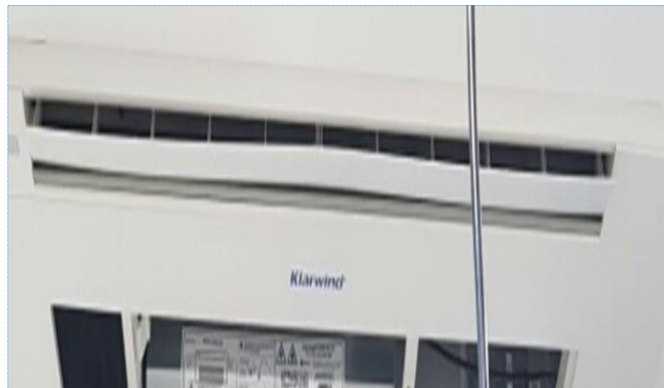
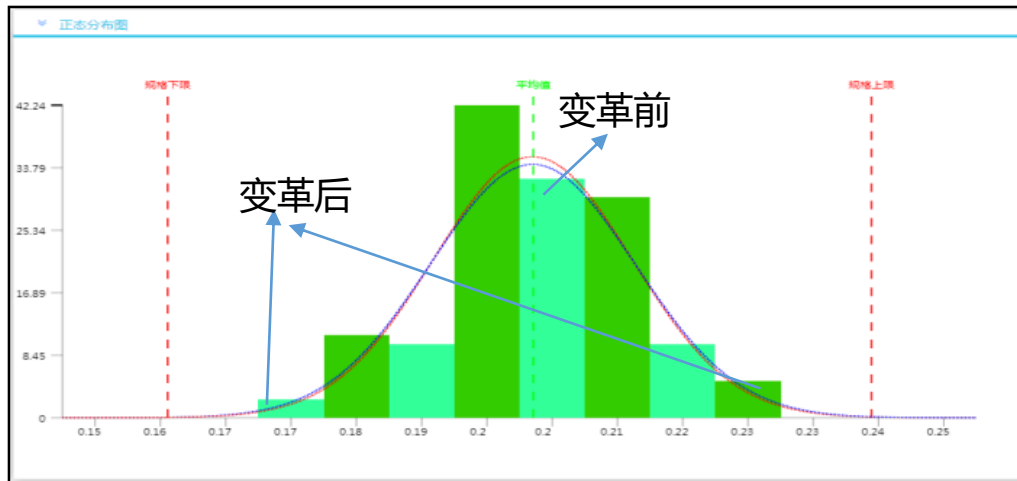
电器件名称	评价维度	降额系数		实测值		实际降额系数			
		额定	最坏应力	额定工况	最坏应力工况	额定工况	最坏应力工况		
/	/	(注：降额系数不允许随意更改)	(注：降额系数不允许随意更改)			(注：根据左侧填写的标称值和实测值计算)	(注：根据左侧填写的标称值和实测值计算)		
温度保护器	工作电压					#DIV/0!	#DIV/0!		
	电流（纯阻性负载）					#DIV/0!	#DIV/0!		
	电流（感性或容性负载）					#DIV/0!	#DIV/0!		
	动作温度下限与工作温度【差值】								
熔断器	工作电压					#DIV/0!	#DIV/0!		
	电流（纯阻性负载）					#DIV/0!	#DIV/0!		
	电流（感性或容性负载）					#DIV/0!	#DIV/0!		
	保持温度与工作温度的【差值】℃								
交流电容器	电容端电压					#DIV/0!	#DIV/0!		
	表面温度（亮温）℃								
连接器	电压					#DIV/0!	#DIV/0!		
	电流					#DIV/0!	#DIV/0!		
	实际工作温度℃								
机械式开关	工作电压							#DIV/0!	#DIV/0!
	电流（纯阻性负载）							#DIV/0!	#DIV/0!
	电流（感性或容性负载）							#DIV/0!	#DIV/0!

结合实际应用和市场表现，建立适度的降额设计和查检准则

四、零部件可靠性管控-设计选型评审

4、零部件容差的评审

零部件送样数量变革：增大零部件送样数量，筛选出规格上下限附近的零部件进行板级和系统级容差测试



案例：装配的公差+微环境温度的影响，器件的容差设计不足导致的导风条变形！

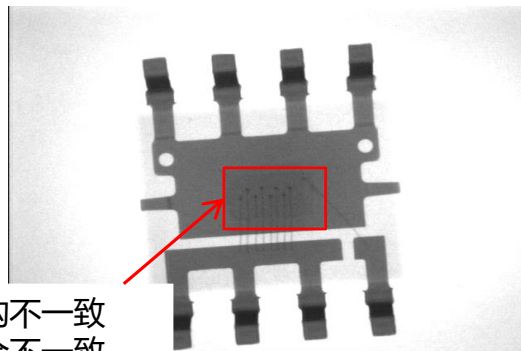
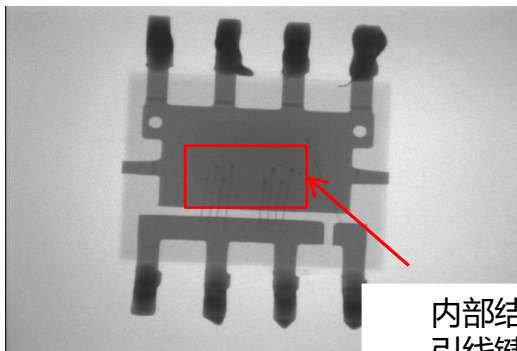
五、零部件可靠性管控-零部件应用评价

1、破坏性物理分析(DPA)

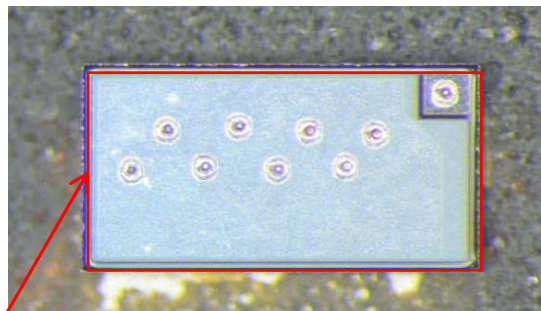
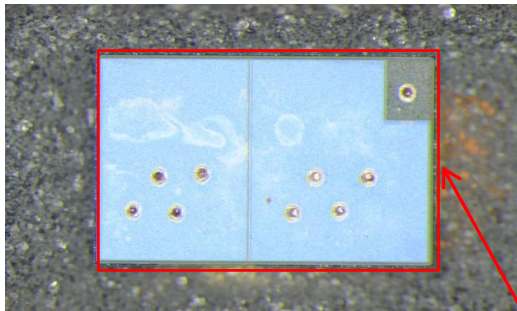
- DPA : Destructive Physical Analysis , 破坏性物理分析
- 在物料本体认证中发现其内部结构、工艺、材料缺陷
- 在后续IQC检验中识别变更
- 制约供应商不经审核的变更

同型号、同厂家、**不同阶段**IC

- ✓ 芯片版图不一致
- ✓ 内部结构不一致
- ✓ 引线键合不一致



内部结构不一致
引线键合不一致



批量阶段

芯片版图不一致

送样阶段

A厂家

[illegible][illegible]

部位	检测项目	A厂家	B厂家	差异点
阀芯	结构尺寸	长：15.23 阀芯叶片平均壁厚：4.0	长：13.96 阀芯叶片平均壁厚：1.7	各厂家设计有轻微差异
	材质/牌号	NEOFLON PFA (可溶性聚四氟乙烯)	尼龙	各厂家材质不一样
挡圈	结构尺寸	无	外径：12.74 内径：10.50	B厂家没有挡圈
	材质/牌号		C3771	

3项差异

评审差异，拉通整机、零部件进行试验验证

[illegible][illegible]

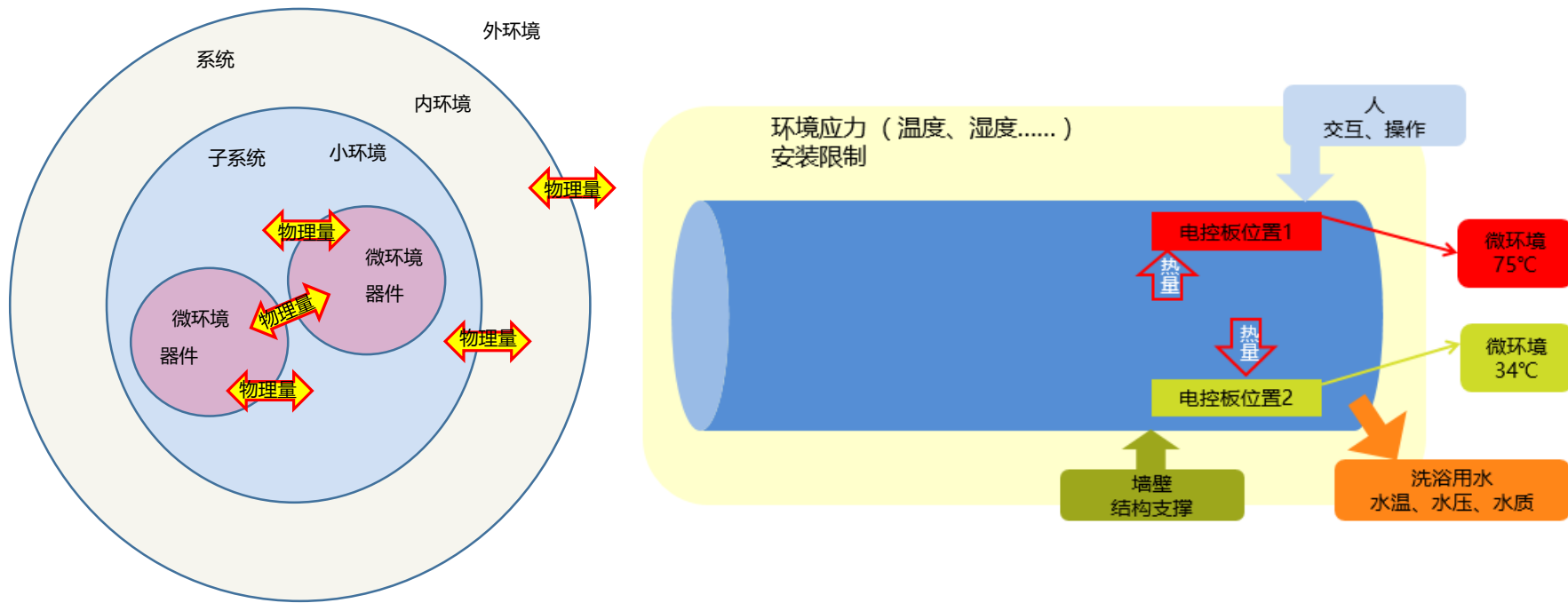
部位	检验项目	A厂家	B厂家	C厂家	D厂家	差异点
进气管	结构尺寸	厚度：1.0mm 管径：14mm	厚度：0.75mm 管径：14mm	厚度：1.0mm 管径：14.04mm	厚度：1.0mm 管径：14mm	B厂家铜管厚度最小
	毛细管插入深度	深度：3.47mm	深度：4.44mm	深度：1.82mm	深度：2.93mm	毛细管插入深度各不相同
阀体	结构尺寸	壁厚：1.7mm 外径：35.16mm 阀座粗糙度：0.14~0.25μm（λ1）	壁厚：1.8mm 外径：35.92mm 阀座粗糙度：0.11~0.27μm（λ1）	壁厚：1.6mm 外径：35.25mm 阀座粗糙度：0.07~0.17μm（λ1）	壁厚：1.8mm 外径：35.59mm 阀座粗糙度：0.07~0.24μm（λ1）	C厂家壁厚最小
		孔径：16.93mm	孔径：15.98mm	孔径：15.62mm	孔径：17.27mm	

12项差异

针对不同厂家的同一物料，进行DPA对比，发现设计和材料差异，针对性进行评审和验证

五、零部件可靠性管控-零部件应用评价

2、部品与整机关联测试：识别零部件在整机上的局部环境影响和外部环境影响风险



零部件单体测试必须考虑零部件在整机的局部环境（微环境）交互影响，以及整机的安装使用存储环境对零部件的影响

五、零部件可靠性管控-零部件应用评价

2、部品与整机关联测试：结合整机的应用环境、微环境及相互影响对零部件的规格和试验条件进行梳理排查

零部件的应用规格选型与整机应用环境和微环境对比

中央空调部件与整机关联测试-应用环境&微环境清单											
序	类	物料名	企标适用环境（规格书要求）	整机局部环境	整机应用环境	环境试验相关项目					
						高温试验	低温试验	冷热冲击	湿热试验	老化试验	寿命试验
4		压力表									
5		电磁阀									
6		调节阀									
7		单向阀									
8		供液阀（煤改电）									
9		热力膨胀阀									
10	制冷类	压力控制箱									
11		电动三通阀									

零部件的环境适应性试验条件与整机的应用环境和微环境对比

- 部件规格选择风险
- 应用环境风险
- 微环境风险
- 相互影响风险
- 多应力叠加风险
- 材质材料风险

2、部品与整机关联测试案例

零部件在整机的应用



零部件的微环境温度

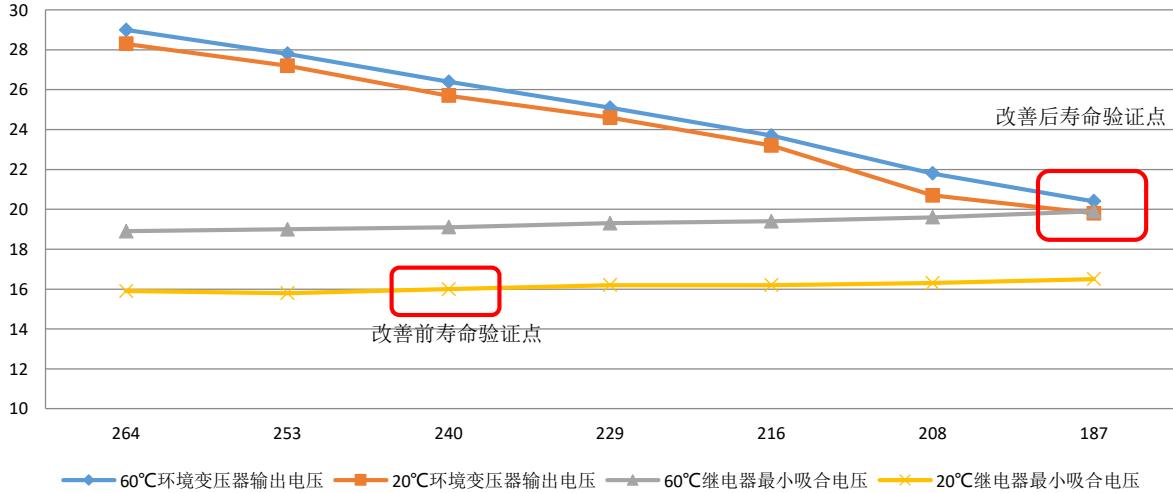
各部件名称	温度
零线线体	61.8
内风机表面	56.7
变压器	62.6
继电器表面	62.1
控制开关表面	62.8
腔体中	57.6

纵轴：部品与整机关联关系

横轴：产品生命周期的可靠性风险



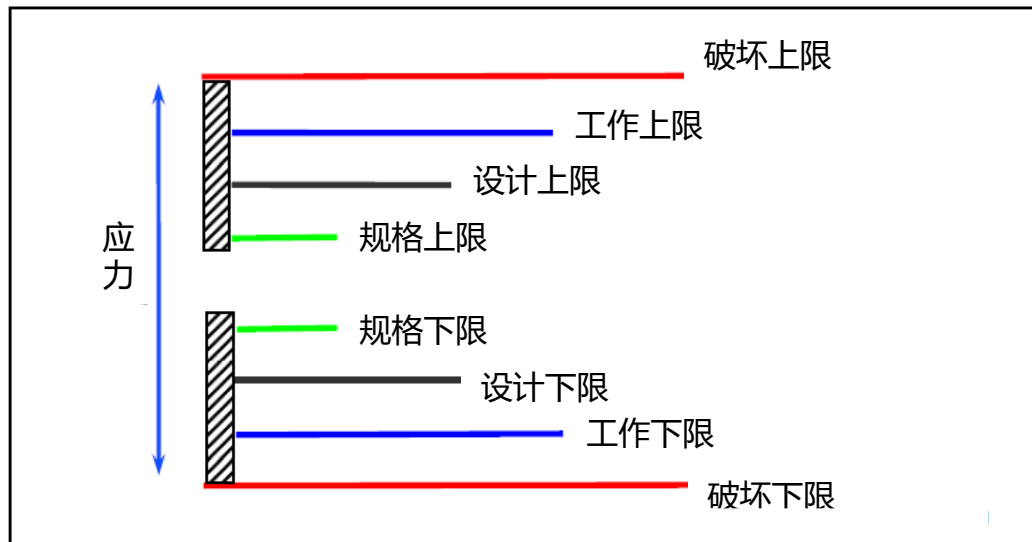
微环境下继电器吸合电压变化趋势



改善前：常温（未考虑微环境）+额定电压（未考虑应用环境），15万次寿命不能激发问题（输出电压远大于最小吸合电压），改善后6万次激发故障

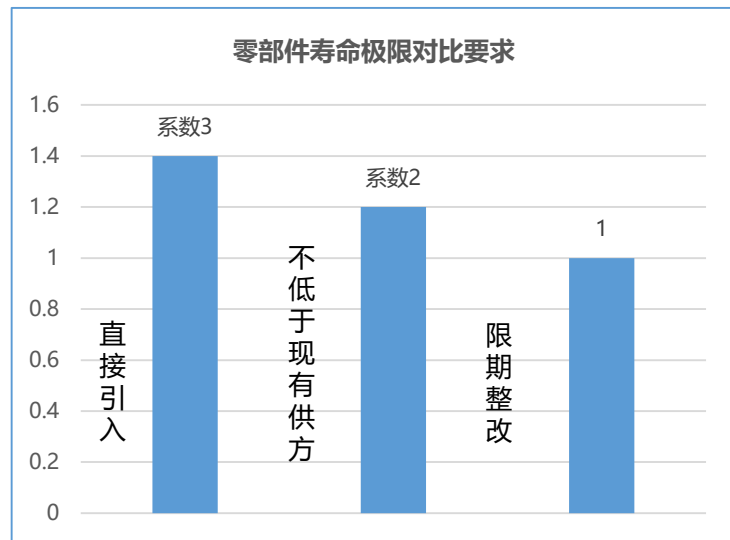
五、零部件可靠性管控-零部件应用评价

3、零部件极限对比



零部件失效的两种模式：

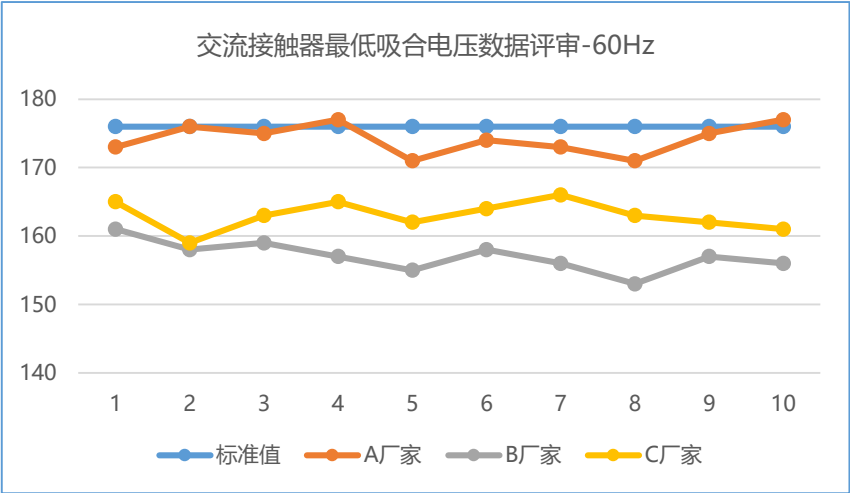
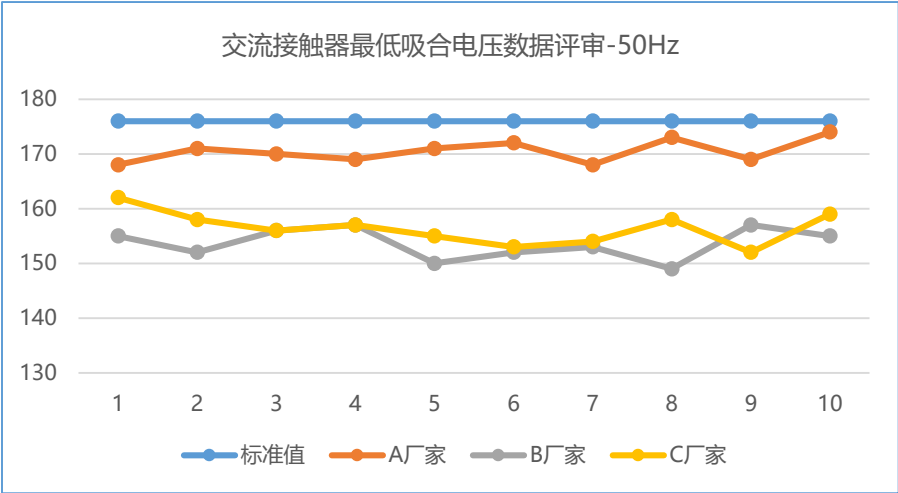
- 过应力失效
- 常应力退化



- 满足产品设计寿命对应的零部件寿命*系数
- 新引入供方极限对比不得低于现有供方

4、零部件测试数据评审

建立零部件测试数据评审机制，从标准符合性向用户感知的实际应用转型



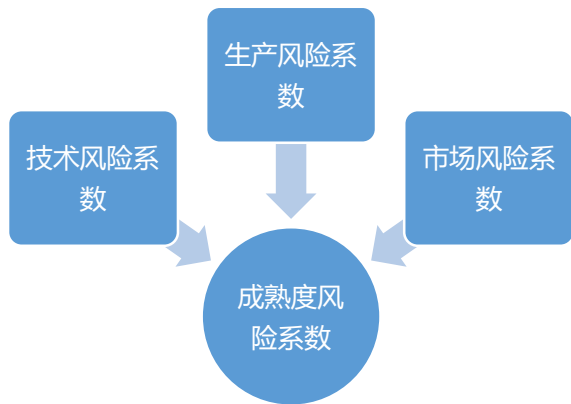
50Hz应用，A/B/C三个厂家的实测数据符合规格，但A厂家的余量已明显不足，60Hz应用下，A厂家部分数据已超出实际应用，导致不能吸合的风险！



六、零部件可靠性监控

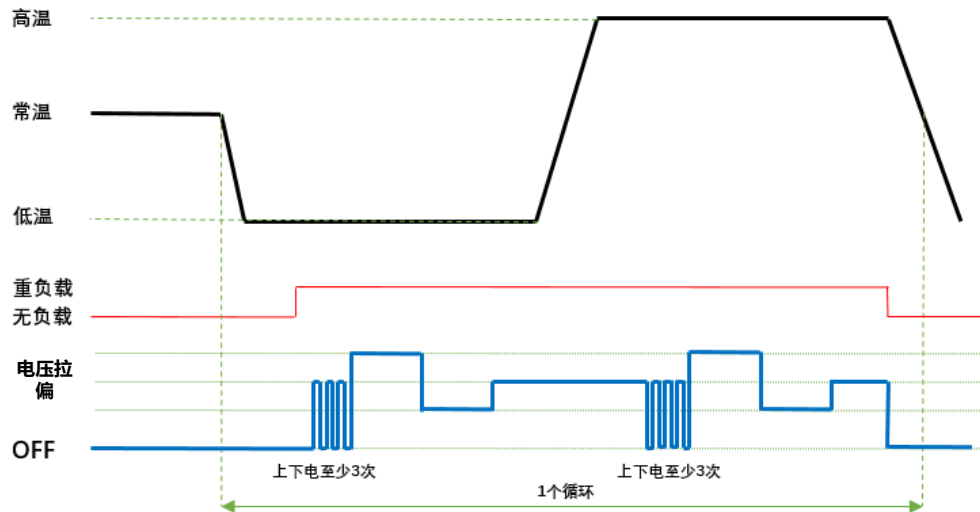
1、ORT试验

持续可靠性监控试验（ORT）：区别于型式试验的全项目测试，聚焦零部件成熟度风险进行针对性的单一应力或多应力组合的可靠性监控试验



成熟度风险系数=技术风险系数*生产风险系数*市场风险系数

根据成熟度风险系数决定监控的频次和数量



根据零部件的失效机理，选择单应力或多应力组合进行故障激发

Midea | 暖通与楼宇

[illegible]

```

graph TD
    A([锁定置换机型与区域]) --> B[确认基本置换信息]
    B --> C[现场调研/竞品调研]
    C --> D{是否置换  
(整机/部件)}
    D -- 否 --> E[登记外场信息]
    D -- 是 --> F[置换及返厂]
    F --> G{是否整机置换}
    G -- 否 --> H[零部件可靠性分析]
    G -- 是 --> I[基本性能(衰减)测试]
    I --> H
    H --> J{是否需要整改}
    J -- 是 --> K[可靠性立项整改  
(沉淀与切换)]
    J -- 否 --> L([结项])
    K --> L
  
```

选择典型及极端气候条件下不同使用年限的整机和零部件机型置换，研究零部件衰减退化趋势及长期可靠性

七、零部件基础研究

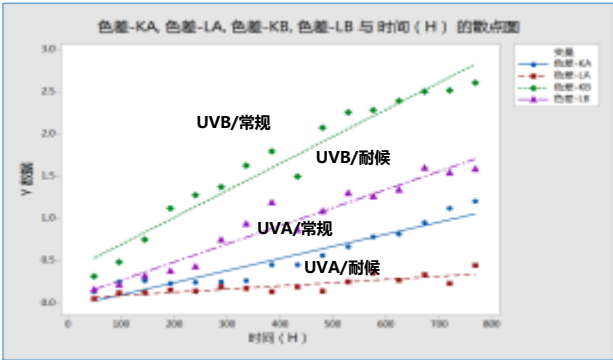
2、内外场关联研究

验证极端条件下的产品可靠性，并与内场试验结果进行比对，研究关联关系

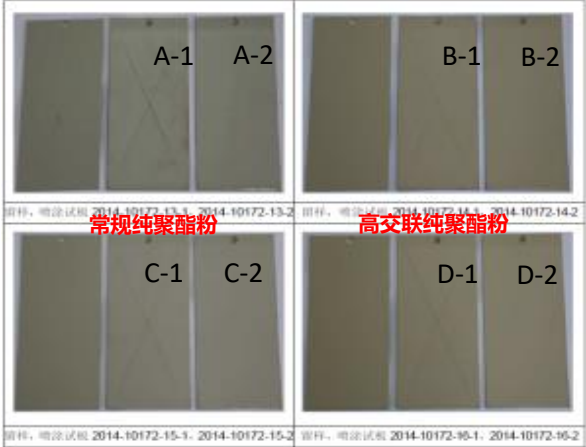


七、零部件基础研究

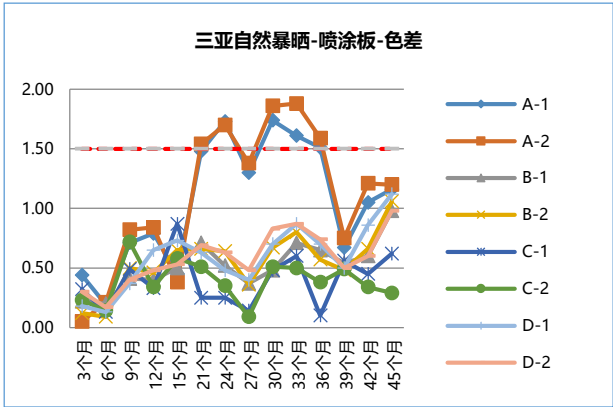
2、内场与外场关联研究



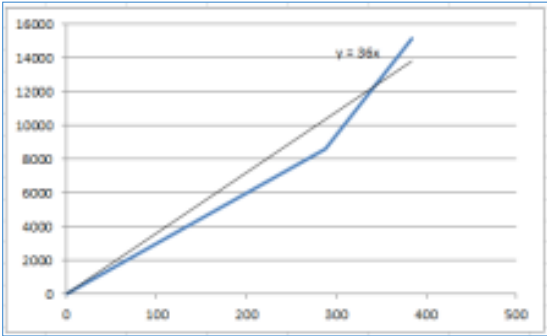
内场紫外老化试验



材质+色号+划叉组合



外场自然暴晒试验

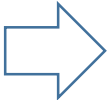


拟合内场试验与外场试验的关联关系，建立量化模型

3、材料材质的研究: 塑料/橡胶与油的相容性



物料类	材质	样品规格	试验方案
橡胶类	丁腈橡胶		
	硅橡胶		
	氯丁橡胶		
	三元乙丙橡胶		
	天然橡胶		
塑料类	HIPS		
	ABS		
	PC		
	PMMA		
	ABS+耐候色母		



		葵花籽油	食用调和油	冷冻机油	石蜡油	LS-600拉伸油	防锈油
橡胶类	丁腈橡胶						
	硅橡胶	×					
	氯丁橡胶						
	三元乙丙橡胶						
	天然橡胶			×			
	HIPS			×			
塑料类	ABS			×			
	PC		×			×	
	PMM A						
	ABS+耐候色母						

规划了42种油与101种塑料、橡胶材质进行相容性研究

材料与油相容性表

3、材料材质的研究：离子污染物研究

部分研究成果

研究方向：
研究器件的支撑件材质及其添加剂（阻燃剂、抗静电剂、增塑剂、耐韧剂等）在何种条件下会析出产生离子污染、析出后对器件本身的可靠性产生何种影响

Element	Wt %	At %	元素 ↕	重量 百分比↕	原子 百分比↕	分析结果
C						
O						
Na						
S						

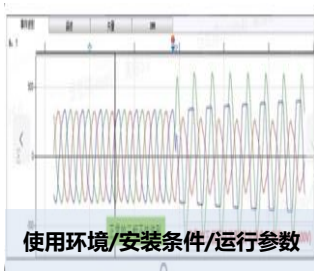
高温高湿条件下，部分材质中的添加剂析出Na离子、氯离子、磷化物，与器件的带电部位接触导致短路

七、零部件基础研究

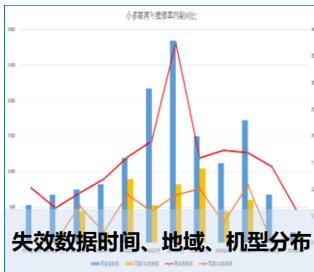
4、故障复现试验方法研究

失效背景与数据分析

失效背景现场分析



环境工作剖面分析



失效数据分布分析

建立失效背景的调查、回访、复核规范
还原现场失效场景，聚焦分析方向

故障复现的方法研究

实验设计

失效的应力特征
研究-综合应力激
发故障

失效的分布规律
研究-极限应力激
发故障

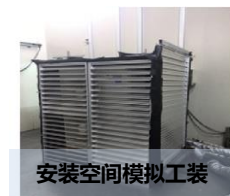
部品/组件/整机
关联-交互影响激
发故障

失效的微观/底层
物理量分析-软失
效故障激发

故障复现

设计针对性、多维度的故障复现试验，特别是软失效通常表现为功能重检正常，但呈现退化和不稳定特性，重点研究改进的方向

故障激发工装开发



模拟环境应力、负荷及安装使用条件开发对应工装

初步筛选

板级分析

器件分析

报告输出

废物处理

数据应用

现场分析

分布分析

剖面分析

对比分析

实验设计

故障复现

沉淀到零部件技术标准

八、零部件可靠性管控-供应商全流程管理

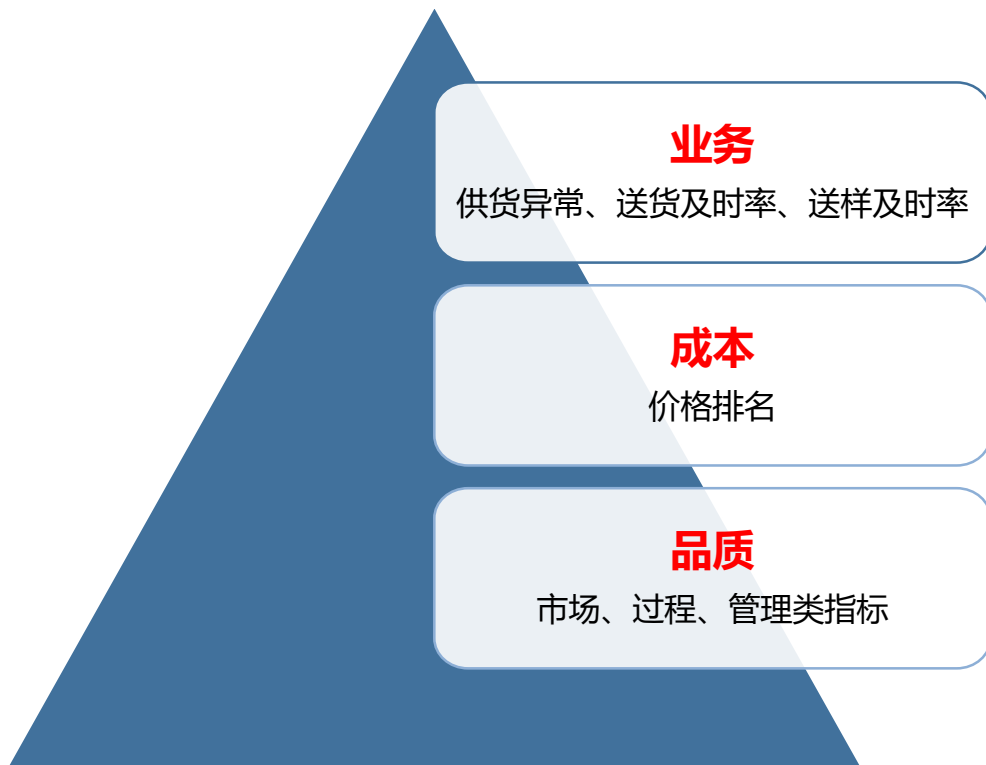
供方管理概述：选择重于管理，供方绩效评价透明化，以双赢为目的的客供协同



资质评价模型M1



综合绩效模型模型M2



八、零部件可靠性管控-供应商全流程管理

绩效结果应用



一次三级

- 不允许跨事业部报意向价。
- 不允许跨事业部引入。

二次三级

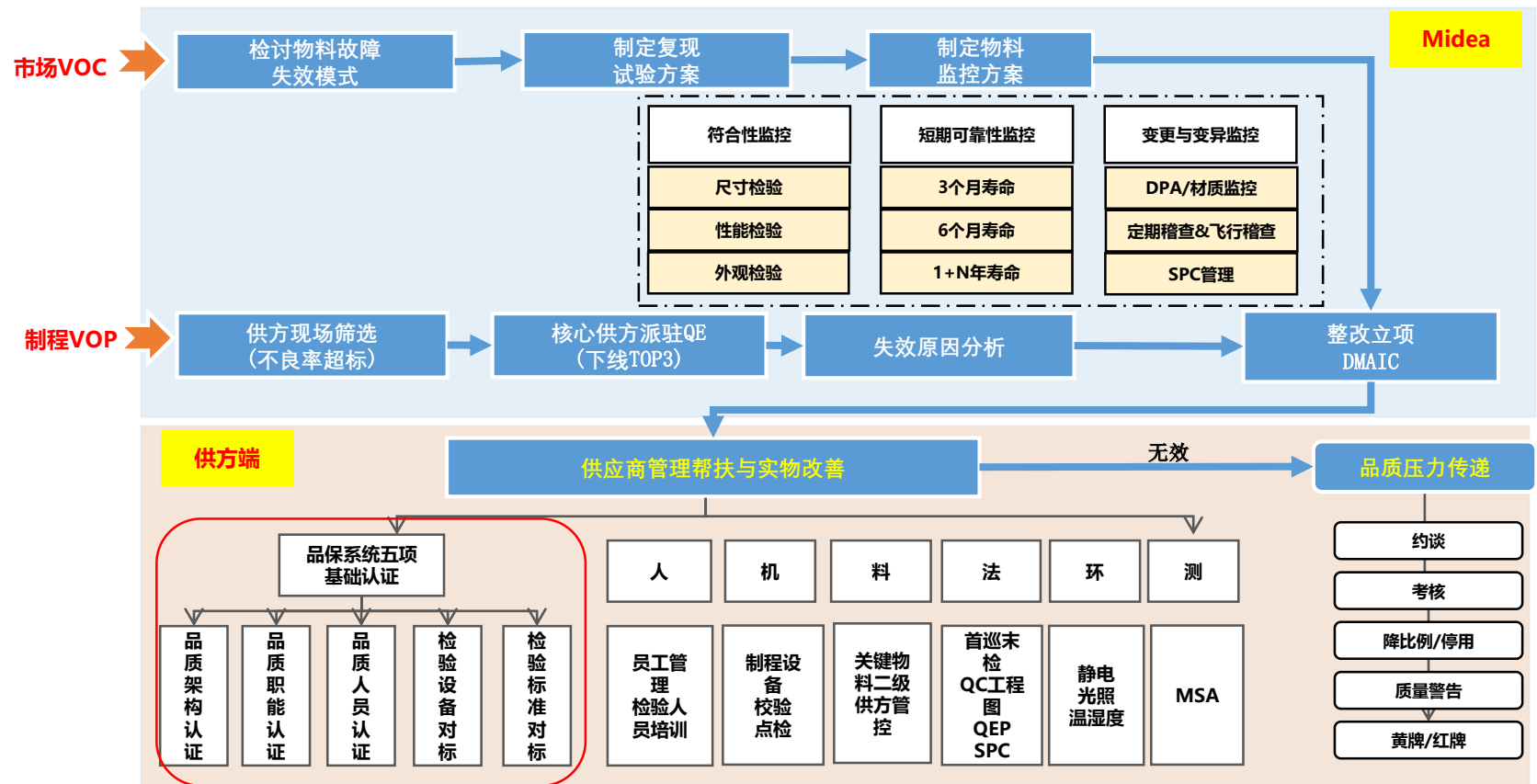
- 第一次分级为三级的所有限制规则均适用。
- 按小类限制比例。
- 不允许新增物料。

三次三级

- 第一次分级为三级、连续第二次分级为三级的所有限制规则均适用。
- 6个月内完成该小类淘汰处理，3年内不得再次引入。

八、零部件可靠性管控-供应商品质管理

基于VOC (Voice of the customer) /VOP (Voice of the process) 驱动的供方品质全流程管理实施路径：



谢谢！