

瑞迪航科（北京）技术有限公司

# 可靠性系列课程大纲

电路系统可靠性设计与测试 大纲 -----	2
机械工艺设计 大纲 -----	4
机械可靠性设计 大纲-----	6
电子设备热设计 大纲 -----	7
电磁兼容设计 大纲 -----	9
嵌入式软件可靠性设计 大纲-----	11
电子设备结构可靠性设计 大纲-----	14
产品测试用例设计-----	16
机械结构震动噪声热设计电磁兼容设计技术-----	18
回执表-----	20

## 《电路系统可靠性设计》培训大纲

### 课程介绍:

本课程将电路设计中所涉及到电磁兼容设计、器件选型、降热散热计算、可使用性、环境可靠性、安全性、长期工作稳定性、可维修性、电子工艺、电路板和元器件失效分析方法、电子系统可靠性测试等综合知识进行整理汇总,集合了多位航天军工专家的经验智慧,形成了本培训课程,使设计师能较快地吸收前人的智慧,并应用于日常设计中,快速提升个人技能与企业整体开发水平。

本课程适于电路工程师、开发项目经理、系统工程师、测试工程师、技术部经理、研发高管等。

通过本课程,可以快速积累设计经验、在设计阶段避免可靠性隐患问题、在样机阶段测试发现潜在隐患、在失效后快速发现问题点和失效机理及解决办法。

### 讲师介绍:

武老师: 电子工程硕士, 专长于电子产品系统可靠性设计与测试技术, 曾任航天二院总体设计所设计师、项目经理, 机电制造企业研发总监、事业部总监, 北京市级优秀青年工程师, 科协委员。

有电子产品、军工、医疗设备、通信等专业方向的设计、测评和技术管理经验, 对产品系统设计、可靠性设计、技术管理有较深入研究, 曾在学术会议及多家技术刊物发表专业文章。

曾为比亚迪、中电 30 所、29 所、中科院声学所、北京华峰测控、北京航天长峰、普析通用仪器、航天二院、航天五院、深圳蓝韵、伯特利阀门集团、松下电工等企业提供专业技术辅导、培训和咨询。

### 课程大纲:

- 1、电子可靠性设计原则
  - 1.1 RAMS 定义与评价指标;
  - 1.2 电子、机电一体化设备的可靠性模型;
  - 1.3 系统失效率的影响要素;
  - 1.4 电子产品可靠性指标;
  - 1.5 工作环境条件的确定;
  - 1.6 系统设计与微观设计的区别;
  - 1.7 过程审查与测试;
  - 1.8 设计规范与技术标准;
- 2、电路可靠性设计规范
  - 2.1 降额设计: 各种器件的降额参数和降额因子、结温降额的计算、降额设计规范、参考标准;
  - 2.2 电路热设计规范: 热设计基础、热设计计算、散热方案选择、热设计测试、散热器器件选型;
  - 2.3 电路安全性设计规范;
  - 2.4 电路板 EMC 设计规范;
  - 2.4 PCB 设计规范: 电路基板设计规范、PCB 布局设计规范、布线规范、阻抗匹配、模拟电路设计、PCB 设计中地的分割方法和原则;
  - 2.5 可用性设计规范: 可用性设计要素、用户操作分析、设计准则;
  - 2.6 可维修性设计规范: 可维修性设计要素、可维修性评估标准、设计方法;
- 3、元器件选型应用与失效机理
  - 3.1 电子元器件的选型基本原则;
  - 3.2 分立元件: 分类、特性、选型指标、失效机理、应用注意事项  
(电阻、电容、二极管三极管、接插件、晶振晶体)

- 3.3 电控光学器件（光耦、LED）：特性、选型指标；
- 3.4 AD/DA：特性、选型指标、可靠性设计注意事项；
- 3.5 电控机械动作器件：特性、选型指标、可靠性、失效机理；
- 3.6 能量转换器件：特性、选型指标；  
（开关电源、电源变换芯片、变压器）
- 3.7 数字 IC：分类、特性、选型指标；
- 3.8 保护器件：分类、特性、选型指标；  
（保险丝、磁环磁珠、压敏电阻、TVS 管等）
- 3.9 电源选型；
- 4、元器件失效机理与分析方法
  - 4.1 常见元器件失效机理；
  - 4.2 分析方法；
  - 4.3 失效分析辅助工具；
- 5、可靠性测试
  - 5.1 标准符合性测试；
  - 5.2 边缘极限条件测试；
  - 5.3 容错性测试；
  - 5.4 HALT；
  - 5.5 破坏性试验；
  - 5.6 隐含条件测试；
  - 5.7 接口条件测试；
- 6、电路可靠性设计微观管理方法
  - 6.1 软件工具、AAR、checklist

## 《机械工艺设计》培训大纲

### 课程介绍:

本课程将多位航天资深机械工艺专家的设计经验汇总起来,使年轻工程师能较快地吸收前人的智慧,并应用于日常设计中,快速提升工程师个人技能与企业整体开发水平。

本课程适于工艺工程师、机械工程师、开发项目经理、系统工程师、质量工程师等。

### 讲师介绍:

胡老师:机械工艺设计与模具技术专家,近40年机械工艺技术经历,曾任航空军工企业副总工、浙江某民营模具企业总工艺师,擅长于机械工艺、模具设计及加工技术,曾为广东美的(空调)、宁波星箭(航天液体加注)、科立信安防(安防设备)、航天二院(军工)、航天五院(军工)、航天长峰(医疗设备)、武汉光迅港湾网络(网络通讯设备)等上百家企业和科研机构提供相关技术培训及辅导服务。

### 课程大纲:

- 1、 图纸标准化
  - 1.1 尺寸标注方法
  - 1.2 图纸技术要求标注方法
  - 1.3 文控流程及作用
  - 1.4 公差设计准则
  - 1.5 标准件选型
- 2、 标准与工艺审核
  - 2.1 零件图纸工艺审核要点
  - 2.2 成套产品图纸工艺审核要点
  - 2.3 装配图纸工艺审核要点
  - 2.4 工艺设计系列准则
- 3、 材料
  - 3.1 毛坯规格
  - 3.2 下料方法
  - 3.3 原材料性状
  - 3.4 存放周转布局
  - 3.5 表面处理技术
  - 3.6 热处理技术
- 4、 机械加工
  - 4.1 加工设备、加工方法、加工设备精度要求
  - 4.2 毛坯及机械加工余量
  - 4.3 金属切削刀具与磨具
  - 4.4 金属切削机床
  - 4.5 常用量具与量仪
  - 4.6 机械加工时间定额
- 5、 模具
  - 5.1 模具产品结构分析
    - 5.1.1 塑件的材质和使用特点决定模具种类。
    - 5.1.2 塑件的形状决定模具的结构
  - 5.2 模具结构的确定
    - 5.2.1 满足设计要求
    - 5.2.2 模具结构尽量简洁
  - 5.3 模架的标准
    - 5.3.1 国外标准

- 5.3.2 国内标准
- 5.4 模具视图的基准
- 5.5 分模面方法
- 5.6 侧向分型与抽芯机构设计
- 5.7 浇注系统设计
  - 直浇口、点浇口
- 5.8 顶出系统的设计
  - 顶杆、推管、推板
- 5.9 冷却系统的设计
- 5.10 模具辅助零件设计
- 5.11 塑胶制品的不良原因分析与处理（塑件设计，模具设计，模具制造，注射工艺）  
塑件缺料、气泡、凹痕、飞边大、容接痕、翘曲变形、塑件脆弱、银丝斑纹、透明度不良、  
黑点黑条，色泽不匀，有杂质异物，表面不光洁等等。
- 5.12 常用塑胶的特性与识别
- 5.13 注塑成型中时间、压力、温度三要素的重要作用 and 关系
- 5.14 塑胶材料的种类、属性以及应用  
热固性塑料、热塑性塑料（ABS、聚丙烯（PP）、聚乙烯（PE）、聚苯乙烯（PS）、聚碳酸酯  
（PC）、聚酰胺（PA）尼龙）
- 5.15 料温、模温等参数的设定和应用
- 5.16 冷却、保压和压力时间等环节的具体应用
- 5.17 工艺参数如何设置和设置对分析结果的影响
- 5.18 成型工艺分析次序、材料、浇口位置等选择和设置方法
- 6、工艺流程设计
  - 6.1 工件加工工艺路线
  - 6.2 各工序的内容
  - 6.3 机床和工艺装备
  - 6.4 工件的检验项目及检验方法；
  - 6.5 工时定额及工人的技术等级等。
  - 6.6 工装设备

## 《机械可靠性设计》培训大纲

### 课程介绍:

本课程针对机械动力学系统的设计,涵盖了材料的选择、力学的计算、表面处理和热处理工艺的选择、失效的分析、振动噪声的消除与预防、动力学测试与分析等方面内容。

本课程适于从事动力学机构设计的机械工程师、系统工程师、测试工程师、可靠性工程师、技术经理、总工等。

### 讲师介绍:

**申老师:** 机械可靠性技术专家,博士,研究员,专业研究方向为机械装备可靠性与失效控制,长期从事机械可靠性与环境工程研究,曾任国防军工单位高级技术职务,在疲劳、断裂、残骸分析、失效物理和动力学测试技术方面有深厚的功底,提出了变形疲劳、气动激励载荷与振动环境精确预示方法、复杂部件可靠性设计技术、紧固件环境适应性设计、高速运动件动态参数测试技术等新技术,并有光弹、电测、扫描电镜分析和模态的丰富试验经验

### 课程大纲:

#### 1、机械设计方法论:

面向目标的系统设计,包括通用准则与行业特点、结构设计与 GPS、产品层次组成与整体布局、优选器件清单、优先数系与产品系列规划方法、紧固件与耦合件材质选型、等强度准则、设计公差与加工供应商认证、隐含环境条件

#### 2、基于失效模式的现代设计准则

2.1 干涉模型的静强度设计与干涉模型:力学设计准则,包括:强度计算、均匀受载、力流路径、强度与刚度协调、附加力自平衡、空心截面、受冲击载荷结构、长压杆失稳等

2.2 失效分析技术:材料失效机理与特征、失效分析技术与仪器

2.3 动强度疲劳设计:材料特性、构件疲劳特性、应力疲劳、应变疲劳、热疲劳

2.4 断裂力学与损伤容限设计:

2.5 耐久性设计:经济性维修、可修复技术

2.6 动力学设计:模态、振动、冲击、噪声、过载

2.7 热设计准则:热设计技术、热测试技术

2.8 系统可靠性设计:FMEA 与 FMECA 分析、广义载荷与广义强度干涉模型、基础可靠性与任务可靠性设计准则、冗余、零流准则、裕度与简约设计、系统可靠性串/并联模型

#### 3、面向载荷环境的材料与工艺规范

##### 3.1、现代材料技术

3.1.1、材料特性与选型,铁基材料、非铁基材料、非金属材料

3.1.2、钣金结构要素与薄板件设计准则

3.1.3、微观组织结构与宏观力学性能

##### 3.2、毛坯选择准则与工艺规范

3.3、现代热加工技术:焊接、锻造、铸造、挤压系列设计准则、锻造挤压工艺技术、材料热处理、表面强化、化学热处理强化工艺、结构稳定化处理、粉末冶金技术

3.4、现代表面技术:表面改性、表面强化、CVD(化学沉积)、热喷涂、防腐蚀设计

#### 4、三化设计

4.1、标准化设计技术:规范、标准、包装

4.2、工艺设计准则

4.3、装配设计准则

## 《电子设备热设计》培训大纲

### 课程介绍:

大功率设备、高集成度器件、高频设备、高密度电子系统越来越多,以散热、降热、导热为主要目的的热设计和热分析技术就很值得重视。

本课程对电子元器件及设备的热应力、热点温度、稳态和瞬态温度分布、冷却工质流动阻力的分析计算方法进行了深入讲解,并结合工程实例,提出了降低热点温度、释放热应变和进行热匹配设计等的具体措施。最终实现降热、导热、隔热的设计效果。

本课程适于电子工程师、结构工程师、系统工程师、可靠性工程师、测试工程师、热设计工程师等。

### 讲师介绍:

**余老师:**北京航空航天大学毕业,热设计学科带头人,教授,博士生导师,长期从事高密度、高集成化电子设备的热分析及热控制、特殊和复杂环境中的传热和流体动力学问题、微细尺度传热传质、多相流与相变传热,以及飞行器环境控制等方面的研究工作。

在解决高密度电子设备的热控制问题,推进飞行器环境控制技术发展和高科技武器装备的研制成功方面作出了重要贡献。

在电子设备热设计、传热学、制冷设备、换热器设计等专业领域具有资深见解和工程实践经验。

### 课程大纲:

#### 1、电子设备热设计的基本方法及高功率密度组件的热设计

- ✚ 现代电子设备热设计技术发展动态
- ✚ 热设计的基本问题及设计准则
- ✚ 传热的基本方式及热阻的计算
- ✚ 热控制方法的选择
- ✚ 肋片散热器在热设计中的应用
- ✚ 冷板在热设计中的应用
- ✚ 机箱和电路板的传导冷却及接触热阻
- ✚ 电子元器件的热设计
- ✚ 高功率密度电子组件的热设计
- ✚ 高功率密度电子组件热控系统的应用实例
- ✚ 辐射冷却在电子设备热设计中的应用

#### 2、风冷设计和电子设备热设计的数值仿真技术

##### 2.1、空气自然对流冷却

- ✚ 印制电路板机箱的自然对流冷却
- ✚ 印制电路板之间的合理间距
- ✚ 自然对流换热表面传热系统的计算式
- ✚ 自然对流换热表面传热系数的计算式及应用实例
- ✚ 自然对流热阻网络
- ✚ 自然冷却开式机箱的热设计
- ✚ 自然冷却闭式机箱的热设计
- ✚ 闭合空间内空气的等效自然对流换热表面传热系数
- ✚ 高空对自然对流散热的影响
- ✚ 空气密度变化式的修正系数S

##### 2.2、空气强迫对流冷却

- ✚ 风机的串、并联特性
- ✚ 风机的合理安装

- ✚ 风道设计
- ✚ 高空条件对风扇冷却系统性能的影响
- ✚ 风冷设计的工程应用实例
- 2.3、电子设备热设计的数值仿真技术
  - ✚ 仿真分析技术及软件介绍
  - ✚ 数值模拟步骤及方法
  - ✚ 数值模拟算例及分析
- 3、热管、热电制冷器和相变冷却在电子设备热设计中的应用
  - 3.1、热管在电子设备热设计中的应用
    - ✚ 热管的理论
    - ✚ 热管的传热性能
    - ✚ 重力辅助热管和可变导热管
    - ✚ 热管设计
    - ✚ 热管在电子设备热控制中的工程应用实例
  - 3.2、热电制冷器在电子设备热设计中的应用
    - ✚ 热电制冷的原理
    - ✚ 热电制冷器设计的方程
    - ✚ 多级制冷器的性能
    - ✚ 热电制冷器的结构设计及设计计算工程实例
    - ✚ 热电制冷在电子设备热控制中的工程应用实例
  - 3.3、相变冷却在电子设备热设计中的应用
    - ✚ 相变传热的形式及相关参数的定义
    - ✚ 液体沸腾的方式及传热计算
    - ✚ 其它相变传热方式
    - ✚ 浸没式相变冷却技术及工程应用实例
    - ✚ 间接式相变冷却技术及工程应用实例
    - ✚ 液—气相变冷却系统的设计
- 4、电子设备热设计技术的新进展
  - ✚ 毛细抽吸两相流体回路（CPL）/环路热管（LHP）的研究
  - ✚ 微尺度换热器的理论和实验研究
  - ✚ 纳米流体强化传热研究
  - ✚ 多功能机/电/热复合结构热控制概念的研究
  - ✚ 智能型热控涂层
  - ✚ 高导热复合材料
  - ✚ 热开关
  - ✚ 基于热技术的微机电系统（MEMS）
  - ✚ 微型百叶窗技术
  - ✚ 射流冷却技术研究
  - ✚ 快速热响应固—液相变储热装置设计概念的研究

## 《电磁兼容设计》培训大纲

### 课程介绍:

本课程按照 EMS/EMI 的测试指标项, 逐项分析与该指标有关的机壳材料、面膜、接缝、数据接口、滤波器件、器件选型、电路设计、PCB 布线、接地等的设计措施。

本课程适于电子工程师、结构工程师、系统工程师、可靠性工程师、测试工程师、EMC 工程师等。

### 讲师介绍:

**李老师:** 专长于电子产品 EMC 设计与测试, 曾任军工电子系统电磁兼容主任设计师, 在雷达、汽车、医疗电子、仪器仪表、工业控制、数码产品、飞机、导弹、卫星等几百款产品上进行 EMC 设计或整改, 并为航天军工、民用企业等多家企业进行培训、辅导咨询的服务。

### 课程大纲:

- 1、电磁兼容技术基础
  - EMC 术语
  - EMC 试验项目
  - EMC 测试标准
  - EMC 认证 (CE、FCC、3C)
  - 共模干扰与差模干扰
- 2、应用电磁环境
  - 应用电磁环境
  - 电力环境
- 3、产品认证要求
  - FCC 认证涵盖内容、认证标志、认证方法
  - CE 认证涵盖内容、认证标志、认证方法
  - CCC 认证涵盖内容、认证标志、认证方法
  - BSMI 认证、VCCI 认证等内容;
  - 4 个 EMI 测试指标 (RE、CE、Harmonics、Flicker)
  - 7 个 EMS 测试指标 (RS、CS、ESD、EFT/B、DIP/i、PMS、Surge)
- 4、电磁兼容器件高频特性分析及应用注意事项
  - 电容 (穿心电容/普通电容/滤波器阵列)
  - 电感
  - PCB 走线
  - 滤波器
  - TVS 管/压敏电阻
  - 磁珠磁环
  - 屏蔽电缆
- 5、产品的常见问题点
  - 机壳材料与接缝处理
  - 面膜
  - 数据接口
  - 器件选型
  - 电路设计
  - PCB 布线
  - 接地
  - 生产防护

- 应用现场干扰
- 6、EMC 设计规范
  - 6.1 电路原理图 EMI 防护设计
    - 单板滤波设计
    - 晶振电源滤波电路
    - 时钟输出匹配滤波设计
    - 总线信号输出匹配滤波设计
    - 主芯片电源滤波设计
    - 接口滤波
    - 电源滤波电路
    - 一般信号接口滤波设计
    - 复位电路的 EMC 设计
    - 拨码电路的 EMC 设计
    - 面板指示灯电路的 EMC 设计
  - 6.2 PCB 布局布线 EMI 防护设计
    - 走线减小环路
    - 接口地处理
    - 滤波器前后走线
    - 改善晶振布线
    - 双面单板设计
  - 6.3 电线电缆 EMC 设计
    - 电缆辐射原理
    - 同轴电缆设计
    - 平衡电缆设计
    - 信电缆设计
    - 屏蔽电缆转接介质
    - 屏蔽线进出屏蔽体设计
    - 电缆进出屏蔽体的设计方法
    - 电缆屏蔽的关键要素
  - 6.4 结构 EMC 设计
    - 电缆屏蔽层接地方式
    - 如何进行缝隙的屏蔽设计
    - 信号线进出屏蔽体设计
    - 屏蔽机箱设计
    - 屏蔽搭接设计案例
    - 屏蔽材料的选型及安装方法;
    - EMI 滤波器的安装与结构屏蔽;
    - 通风孔屏蔽设计;
    - 塑胶件屏蔽设计;
    - 影响缝隙屏蔽的主要因素;
    - 紧固点设计要点;
  - 6.5 软件处理
  - 6.6 接地处理
    - 接地技术发展背景
    - 接地的定义
    - 接地方式分类
    - 单板接地设计技术
    - 背板接地设计技术
    - 电源配电系统中接地设计
    - 结构搭接与接地
    - 系统接地线设计
    - 工作地 (模拟数字地/信号地/功率地)
    - 防浪涌接地 (雷击浪涌/上电浪涌)
    - 安全接地
    - 屏蔽接地
- 7、安规与电磁兼容
  - 安规要求与电磁兼容要求兼容性解决方案

## 《嵌入式软件可靠性设计》培训大纲

### 课程介绍:

嵌入式软件既是电子系统的核心,也是硬件系统的有效补充,需要具备防错、判错、纠错、容错的功能,具备了这些功能,就能保证系统可靠性要求在软件分系统设计中的实现。

但是软件可靠性又不同于硬件电路,它不会随时间的推移而降低,并且其可靠性保障全部在设计过程中实现。因此软件工程的工作也是软件可靠性所要关注的内容。

本课程从嵌入式软件的系统设计、需求分析、接口、模块、变量控制、软件测试、安全性分析、硬件匹配设计等设计规范进行了总结和分析。

本课程适于电子工程师、软件工程师、系统工程师、可靠性工程师、测试工程师、项目经理等。

### 讲师介绍:

武老师: 电子工程硕士, 专长于电子产品系统可靠性设计与测试技术, 曾任航天二院总体设计所主任设计师、高级项目经理, 机电制造企业研发总监、事业部总监, 北京市级优秀青年工程师, 科协委员。

曾为比亚迪、中电 30 所、29 所、中科院声学所、北京华峰测控、北京航天长峰、普析通用仪器、航天二院、航天五院、深圳蓝韵、伯特利阀门集团、松下电工等企业提供专业技术辅导、培训和咨询。

### 课程大纲:

1. 概述和定义
2. 计算机系统设计准则
  - 2.1、一般要求
  - 2.2、硬件与软件功能的分配原则
  - 2.3、硬件与软件可靠性指标的分配原则
  - 2.4、安全关键功能的人工确认
  - 2.5、安全性内核
  - 2.6、自动记录系统故障
  - 2.7、禁止回避检测出的不安全状态
  - 2.8、保密性设计
  - 2.9、容错设计
3. 硬件设计
  - 3.1、硬件选用
  - 3.2、总线检测
  - 3.3、加电检测
  - 3.4、电源失效的安全措施
  - 3.5、主控计算机失效的安全措施
  - 3.6、反馈回路传感器失效的防护措施
  - 3.7、电磁干扰的防护措施
  - 3.8、维修互锁措施
4. 软件需求分析
5. 软件危险分析
6. 安全关键功能设计
7. 冗余设计准则
  - 7.1、指令冗余设计
  - 7.2、软件陷阱与软件拦截技术
  - 7.3、软件冗余
8. 接口设计准则
  - 8.1、硬件接口要求
  - 8.2、硬件接口的软件设计

- 8.3、人机界面设计
- 8.4、报警设计
- 9. 软件健壮性设计准则
  - 9.1、电源失效防护
  - 9.2、加电检测
  - 9.3、电磁干扰
  - 9.4、系统不稳定
  - 9.5、接口故障
  - 9.6、干扰信号
  - 9.7、错误操作
  - 9.8、监控定时器的设计
  - 9.9、异常保护设计
- 10. 简化设计准则
  - 10.1、单入和单出
  - 10.2、模块的独立性
  - 10.3、模块的扇入扇出
  - 10.4、模块耦合方式
  - 10.5、模块内聚顺方式
  - 10.6、其他特殊考虑
- 11. 余量设计
  - 11.1、资源分配及余量要求
  - 11.2、时序安排的余量要求
- 12. 数据要求
  - 12.1、数据需求
  - 12.2、属性控制
  - 12.3、数值运算范围控制
  - 12.4、合理性检查
- 13. 防错程序设计准则
  - 13.1、参数化
  - 13.2、公用数据和公共变量
  - 13.3、标志
  - 13.4、文件
  - 13.5、非授权存取的限制
  - 13.6、无意指令跳转的处理
  - 13.7、程序检测点的设置
  - 13.8、寻址模式的选用
  - 13.9、数据区隔离
  - 13.10、安全关键信息的要求
  - 13.11、信息存储要求
  - 13.12、算法选择要求
- 14. 编程要求
  - 14.1、语言要求
  - 14.2、汇编语言编程限制
  - 14.3、高级语言的编程限制
  - 14.4、圈复杂度指数 (McCabe)
  - 14.5、软件单元的规模
  - 14.6、命名要求
  - 14.7、程序格式要求
  - 14.8、程序注释要求与方法
    - 14.8.1、注释的一般要求
    - 14.8.2、模块头注释要求
    - 14.8.3、模块内注释要求
    - 14.8.4、安全关键内容注释要求
  - 14.9 程序设计风格
    - 14.9.1、通用类
    - 14.9.2、结构类
    - 14.9.3、说明类
    - 14.9.4、输入输出类
    - 14.9.5、语言类
- 15. 多余物的处理
  - 15.1、文档中未记载特征的清除
  - 15.2、程序多余物的清除
  - 15.3、未使用内存的处理
  - 15.4、覆盖的处理
- 16. 版式

- 17. 注释
- 18. 命名
- 19. 可读性
- 20. 变量、结构
- 21. 函数、过程
  
- 22. 可测性与软件测试
  - 22.1、需求遗漏或不明确
  - 22.2、配置保存的生效
  - 22.3、缺省配置的影响
  - 22.4、报警和清除
  - 22.5、菜单选项测试
  - 22.6、缺省配置测试
  - 22.7、系统测试注意事项
  
- 23. 程序效率
- 24. 质量保证
- 25. 代码编辑、编译、审查
- 26. 代码测试、维护
- 27. 宏

## 《电子设备结构可靠性设计》培训大纲

### 课程介绍:

随着电子复杂程度的提高,应用环境的日益复杂,应用场合的日益广泛,电子产品的结构设计已不仅仅是外观、力学方面的简单要求,而是电化学防护、电磁防护、美观、振动噪声、散热、成本、可生产性、可维修性等综合内容。

本课程从环境防护、电磁防护、散热、工艺、减震噪声等几方面的结构设计规范进行了进行了总结和分析。

本课程适于电子设备结构工程师、系统工程师、工艺工程师、可靠性工程师、测试工程师、项目经理、EMC 工程师、热设计工程师、工业设计师等。

### 讲师介绍:

周老师,电子机械专业,博士,曾任职西门子公司多年,在电子设备结构与工艺、电子设备防干扰、电子设备设计制造、电缆组件装配工艺、电子产品总装工艺、电缆设计规范、热设计等方面具有资深的研究背景。曾主持完成的项目包括西门子 810、880 机床数控系统、wayne kerr 公司电子元器件测试仪器、手机屏蔽材料、EMC 试验转台和天线塔、服务器电源及太阳能逆变器的设计评审等。

曾为国防科工局、华为技术有限公司、中国电子质量管理协会、中国电子电气可靠性工程协会、湖南湘计算机集团、北京中陆航星、武汉烽火集团、兵工 214 所、苏泊尔集团、中国科学院计算技术研究所等进行相关技术培训。

### 课程大纲:

- 1、电子设备防腐蚀设计
  - 潮湿侵蚀及其防护
  - 生物腐蚀及其防护
  - 材料老化及其防护
  - 防腐蚀设计
  - 使用耐腐蚀材料
  - 表面覆盖金属层
  - 表面覆盖化学膜
  - 表面覆盖有机膜
  - 电接触表面润滑保护剂及使用方法
  - 阴极保护
  - 防腐蚀结构设计
- 2、电子设备隔振缓冲设计
  - 减振原理
  - 减振缓冲设计基本方法
  - 隔离设计的基本原则
  - 减振器
  - 隔振器的设计和选用步骤
  - 去谐
  - 去耦
  - 阻尼减振
- 部件防振缓冲设计及安装
- PCBA 缓冲减振设计
- 电子元器件及其安装缓冲减振设计
- 整机减振缓冲设计
- 缓冲减振设计的常用措施
- 车载、船载电子设备的隔振设计
- 案例分析
- 3、电子设备散热结构设计
  - 3.1、自然冷却设计
    - 机箱自然冷却设计
    - 案例: 计算通风孔面积
  - 3.2、设备内部电子元器件的散热设计
    - 印制板的自然冷却设计
    - 电子设备用散热器
    - 自然冷却的风路设计
    - 案例: 风路设计
  - 3.3、强迫风冷设计
    - 强迫风冷的基本形式
    - 通风机的选择及应用
    - 案例: 求风扇工作点
  - 3.4、强迫风冷出风口面积的计算

- 风量的计算
- 工程案例：选择合适的风扇
- 3.5、强迫空气冷却系统的设计
  - 电子设备用冷板设计
  - 热管设计
  - 工程案例：管芯结构等
- 3.6、冷却方法选择
  - 肋片散热器设计
  - 案例：
- 3.7、散热器制造方法
- 3.8、机箱的热设计
- 3.9、电子设备的热性能评价和改善
  
- 4. 电磁兼容性结构设计
  - 4.1、接地设计
  - 4.2、结构屏蔽
    - 低频磁场、高频磁场、电磁场的屏蔽
    - 常用屏蔽材料
    - 实际屏蔽体的问题
    - 缝隙的处理
    - 穿孔
    - 截止波导管的设计步骤
    - 面板器件的处理
    - 操作器件的处理
    - 通风口的处理
    - 屏蔽电缆穿过屏蔽机箱的方法
    - 传动轴的屏蔽
    - 插箱的屏蔽处理
    - 低频变压器的屏蔽
    - 电源变压器屏蔽
    - 多层隔离变压器
    - 电路屏蔽的结构形式与安装
    - 机柜（或屏蔽盒）屏蔽
  
- 4.3、搭接技术
  - 搭接形态
  - 搭接处理
  - 铆接及螺纹搭接
- 4.4、静电防护设计
  - 静电防护主要措施
  - ESD 防护设计
  - 整机的 ESD 防护设计
  - 屏蔽盒及机壳 ESD 设计
  - 连接器的 ESD 防护和电缆 ESD 设计
  - 电子设备防雷设计
  
- 5 电子设备造型设计
  - 产品形态设计
  - 产品色彩设计
  - 电子设备人机工程设计
  - 显示器
  - 控制器设计
  - 面板的构成与布置
  - 控制台设计
  - 手握式工具设计
  - 旋钮、手柄、按钮、按键设计
  - 案例
  
- 6、电子产品包装设计
  - 电子产品包装的种类
  - 包装设计的基本原则
  - 产品的包装结构设计
  - 包装物设计
  - 包装与设备自身刚度的权衡
  - 包装的要求
  - 如何减少发货损坏
  - 电子整机包装工艺

## 《机电产品可靠性测试用例设计实务》培训文件

### 课程介绍:

实现产品可靠性设计的过程中有两大难题,其中之一就是如何在实验室样机阶段就能把潜在的隐患激发出来,不要让用户成为我们的测试工程师。为了解决此问题,我公司组织多位资深测试专家开发了《机械电子产品可靠性测试方法》培训课程。

本课程涉及测试项目的选择、测试用例设计、测试标准、测试仪器和测试工装设计、测试管理、可测试性设计等几方面的内容,适用于项目经理、系统工程师、测试工程师、技术部经理、研发高管等。

通过本课程,可以快速积累测试经验、掌握测试项目的选择和测试用例的设计方法,为企业产品通过测试把关的方式实现产品可靠性的短期内大幅度提升保驾护航。

### 讲师介绍:

武老师: 电子工程硕士, 专长于电子产品系统可靠性设计与测试技术, 曾任航天二院总体设计所设计师、项目经理, 机电制造企业研发总监、事业部总监, 北京市级优秀青年工程师, 科协委员。

有电子产品、军工、医疗设备、通信等专业方向的设计、测评和技术管理经验, 对产品系统设计、可靠性设计、技术管理有较深入研究, 曾在学术会议及多家技术刊物发表专业文章。对测试方法、测试仪器、测试工装、测试标准具有深入的研究, 并曾自创多种测试工装和仪器。

曾为比亚迪、中电 30 所、29 所、中科院声学所、北京华峰测控、北京航天长峰、普析通用仪器、航天二院、航天五院、深圳蓝韵、伯特利阀门集团、松下电工等企业提供专业技术辅导、培训和咨询。

### 课程大纲:

#### 1、测试概述

- 1.1、测试的目的和测试输入应力选择
- 1.2、设计审查
- 1.3、功能设计目标分解 (RAMS 指标, 能量、指令、信号、监测)
- 1.4、应用环境条件的确定 (温度、气压、温变率、运输条件、湿度、盐雾、配套输入)

#### 2、测试项目选择与测试用例设计

##### 2.1 环境条件测试项目及测试用例

温度与热、湿度、气压、环境条件变化率等测试项目及测试用例

##### 2.2 安全性测试项目和测试方法

安规测试项目和测试用例

气、液、电混合布局安规测试用例

##### 2.3 可靠性测试项目与测试用例设计

模拟用户现场测试、边缘极限条件组合测试、HALT 综合测试、异常操作测试

过渡过程测试、突发干扰测试

##### 2.4 可维修性测试项目及测试用例

可维修性等级分类、可维修性测试项目、测试用例

##### 2.5 可生产性测试项目及测试用例

可生产性评估指标、可生产性测试项目、可生产性测试用例

##### 2.6 可用性测试项目及测试用例

易用性测试项目 (人体工学、使用方便、易接受、舒适、高效, 防错)

人机工效评价工具应用;

- 
- 应用人员测试项目及测试用例（生理、心理、素质、紧急情况处理、输入输出条件组合）
  - 2.7 部件与独立分系统测试项目及测试用例
    - 机械、电气、嵌入式软件模块测试项目、测试仪器、测试用例
  - 2.8 其他
    - 随机文件和标识审查
    - 包装、运输、存贮项目及效果验证的测试用例
  - 3、产品的可测试性设计规范
    - 3.1 电气安全分类对结构方案的影响；
    - 3.2 EMC 要求水平对方案设计的影响；
    - 3.2 易用性设计在方案设计的输入；
  - 4、测试仪器选型和测试工装设计
    - 4.1 测试工装设计及选型
    - 4.2 简易 EMS（抗扰）：静电、电压变换、脉冲、辐射等；
    - 4.3 环境试验工装（高低温、交变、盐雾）
    - 4.4 疲劳测试工装
  - 5、测评管理过程的问题和规避方法
  - 6、测试参考标准
    - 安全性 IEC 60601-1、风险管理 YY 0316、环境试验标准 GB 14710 / GJB 150.1、易用性参考标准：IEC 60601-1-6、IEC 62366
  - 7、总结研讨
    - 某款产品测试大纲编制与工装设计（范例）

# 机械结构 特种技术 设计规范 (1)

## (震动噪声 热设计 电磁兼容 专题)

### 课程目的:

机械设备的设计中,常会涉及到系统散热、传动系统的震动噪声、结构电磁兼容设计等方面的交叉技术,而且这部分技术一般都独立于常规的机械设计知识。

为弥补知识结构的不全面,本公司组织多位技术专家开发出《机械结构特种技术规范》培训课程(震动噪声/热设计/电磁兼容专题),通过面授培训的方式,使设计师在短时间内快速提升工程师的相关经验。

### 适用对象:

本课程适于系统工程师、机械工程师、开发项目经理、测试工程师、技术管理等岗位。

### 讲师介绍:

申老师:工学博士(机械可靠性方向),曾任职于兵器和航天科研机构二十余年,专业从事机械系统可靠性设计、测试、失效分析等研究领域。在机械可靠性与环境工程、疲劳断裂残骸分析、动力学设计测试、系统热设计分析与测试、机电一体化兼容设计、材料特性、表面处理技术等方面有深厚的功底,具有军工、民用多领域的工程技术背景。

### 课程大纲:

#### 第0章 概述

- 0.1 目的
- 0.2 标准的定义
- 0.3 产品与技术开发的普遍规律
- 0.4 设计师关注焦点
- 0.5 工程师素质与设计理念
- 0.6 GPS 重要关系
- 0.7 三化设计与创新体现
- 0.8 设计中如何把握计算机这把双刃剑

#### 第一章 面向目标的系统设计准则

- 1.1 系统设计方法论
- 1.2 一体化设计与结构布局准则
- 1.3 模块划分准则
- 1.4 通用模块与专用模块准则
- 1.5 NDI 与接口设计准则
- 1.6 功能匹配与产品组成层次准则
- 1.7 同类产品缺陷清晰准则
- 1.8 用户环境明确准则
- 1.9 隐含环境条件明确准则
- 1.10 环境条件变化率准则
- 1.11 环境材料匹配准则
- 1.12 设计、工艺、装配基准匹配准则
- 1.13 组合体标注规范
- 1.14 检测维修可达性准则
- 1.15 人因工程设计准则
- 1.16 防差错设计准则
- 1.17 设计公差与加工能力匹配准则
- 1.18 系统安全设计准则
- 1.19 外观与防护设计准则
- 1.20 多因素铰链准则
- 1.21 产品履历与质量控制准则
- 1.24 维修工具、维修设备及技术支持准则
- 1.25 目标量化准则
- 1.27 优选器件清单与标准件使用准则
- 1.28 特殊环境产品设计准则

#### 第二章 失效模式机理与设计准则匹配关系

- 2.1 传统静强度设计准则及其局限性
- 2.2 不同载荷环境作用的失效特征、模式与机理探讨
- 2.3 产品故障失效残骸及断口处理程序与保护准则
- 2.4 产品失效分析规范
- 2.5 疲劳断口特征与疲劳试验准则

- 2.6 振动、冲击、噪声等力学环境特征
- 2.7 热应力破坏特征与热疲劳设计准则
- 2.8 力热联合作用与高温疲劳设计准则

- 2.9 电气绝缘耐热性分级准则
- 2.10 电磁干扰与电磁兼容性准则
- 2.12 静电危害与静电防护准则

### 第三章 减震、降噪与结构动力学设计准则

- 3.1 冲击载荷与霍普金圣效应
- 3.2 混响噪声与行波管噪声
- 3.3 各态遍历的随机振动
- 3.4 周期性振动
- 3.5 随机振动的时间与频率特性
- 3.6 模态试验与动力学设计准则
- 3.7 空气噪声测量及对人影响评价准则
- 3.8 隔声罩和隔声间噪声控制准则
- 3.9 噪声限值与控制准则
- 3.10 随机振动试验准则
- 3.11 半正弦冲击与冲击响应谱
- 3.12 受冲击载荷与交变动载作用构件的结构柔性与变形协调设计准则

- 3.13 高强度材料动载设计准则
- 3.14 产品减振降噪准则
- 3.15 窄带随机振动准则
- 3.16 复合载荷环境材料匹配准则
- 3.17 载荷环境毛坯匹配准则
- 3.18 减振器与结构阻尼准则
- 3.19 润滑与降噪准则
- 3.20 表面技术与润滑匹配准则
- 3.21 箱座、支架类零部件材料阻尼准则
- 3.22 铸件减震设计准则
- 3.23 锻件、焊接件抗冲击设计准则
- 3.24 力学环境预示与设计应用准则

### 第四章 结构热设计准则

- 4.1 受热结构影响因素
- 4.2 热负荷分类设计准则
- 4.3 受热结构失效模式
- 4.4 结构散热与冷却控制
- 4.5 受热结构选材准则
- 4.6 高温结构设计准则
- 4.7 热屏障与承载双重作用设计
- 4.8 热平衡与热电模拟
- 4.9 温度测量和高温试验设备
- 4.7 材料耐热性能分析
- 4.8 结构耐热设计

- 4.11 双层结构散隔热结构准则
- 4.12 影响设计和材料选择的因素
- 4.13 高温合金处理设备准则
- 4.14 热影响区防护设计准则
- 4.15 热结构连接设计准则
- 4.16 不同材料的许用温度限
- 4.17 高温合金热处理
- 4.18 高温合金热处理设备
- 4.19 高温合金热处理准则
- 4.20 多环境作用产品试验顺序准则

### 第五章 电磁兼容与静电防护设计准则

- 5.1 基础设施电磁兼容准则
- 5.2 电磁屏蔽准则
- 5.3 导线屏蔽准则
- 5.4 设备屏蔽外壳
- 5.5 电缆屏蔽层接地、搭接准则
- 5.6 电缆走线和电缆的敷设
- 5.7 压力密封于防雨密封
- 5.8 设备面板与连接器密封
- 5.9 接缝分类及导电衬垫的选择
- 5.10 变压器隔离和滤波器准则
- 5.11 特殊屏蔽技术准则
- 5.12 LISN 接地网设计准则

- 5.13 低频电路电磁兼容准则
- 5.14 高频电路电磁兼容准则
- 5.15 滤波准则
- 5.16 电源特性与电磁兼容设计准则
- 5.17 电磁兼容配电设计准则
- 5.18 波导应用准则
- 5.19 静电放电敏感元器件
- 5.20 静电放电保护材料
- 5.21 静电耗散与抗静电材料
- 5.22 电磁干扰与电磁兼容限值
- 5.23 电磁干扰与电磁兼容测量准则
- 5.24 设备安装与电搭接准则

## 回执表

单位名称:

联系人		电话		传真	
手机			E-mail		
地址			邮编		
课程	电路系统可靠性设计与测试		公开课 <input type="checkbox"/>	内训课 <input type="checkbox"/>	
	机械工艺设计		公开课 <input type="checkbox"/>	内训课 <input type="checkbox"/>	
	机械可靠性设计		公开课 <input type="checkbox"/>	内训课 <input type="checkbox"/>	
	电子设备热设计		公开课 <input type="checkbox"/>	内训课 <input type="checkbox"/>	
	电磁兼容设计		公开课 <input type="checkbox"/>	内训课 <input type="checkbox"/>	
	嵌入式软件可靠性设计		公开课 <input type="checkbox"/>	内训课 <input type="checkbox"/>	
	电子设备结构可靠性设计		公开课 <input type="checkbox"/>	内训课 <input type="checkbox"/>	
	产品测试用例设计		公开课 <input type="checkbox"/>	内训课 <input type="checkbox"/>	
	机械结构震动噪声热设计 电磁兼容设计技术		公开课 <input type="checkbox"/>	内训课 <input type="checkbox"/>	
账户信息	收款单位: 瑞迪航科(北京)技术有限公司 开户行: 北京农村商业银行石景山支行营业部 帐号: 0301 000 103 0000 60335				

公司: 瑞迪航科(北京)技术有限公司  
 地址: 北京市石景山区金顶东街1号金顶科技园316室  
 电话: 400-6800-965 010-88754188 88790096  
 传真: 010-88756046  
 网址: [www.rdcoo.com](http://www.rdcoo.com)  
 E\_mail: [china@rdcoo.com](mailto:china@rdcoo.com)