

附件 1

# 高品质电源电磁兼容性高级研讨班 课程大纲

(每日课程结束后专门时间供参训学员与授课专家进行提问交流)

课程大纲

第一章：理论篇

第一讲：传导干扰产生原理及模型

- 1.1 差模、共模干扰的产生机理
- 1.2 线性阻抗稳定网络的原理及作用
- 1.3 几种典型传导干扰发射模型

第二讲：辐射干扰产生原理及模型

- 2.1 电磁辐射与天线理论
- 2.2 导线的辐射发射模型
- 2.3 近场耦合导致的远场辐射模型
- 2.4 EMI 辐射的产生原理及特征

## 第三讲：电磁噪声源及噪声传播途径

- 3.1 电磁噪声源类别及性质
- 3.2 线路和元件的阻抗和高频模型
- 3.3 电磁噪声的传导耦合途径分析
- 3.4 电磁噪声的辐射耦合途径分析

## 第四讲：电磁干扰主动抑制机理与方法

- 4.1 电磁干扰主动抑制机理
- 4.2 基于脉宽调制的电磁干扰主动抑制方法
- 4.3 基于拓扑构造及控制的电磁干扰主动抑制方法
- 4.4 基于有源驱动技术的电磁干扰主动抑制方法

## 第二章：屏蔽、滤波和接地

### 第五讲：屏蔽技术

- 5.1 电磁屏蔽的原理及应用
- 5.2 材料的屏蔽效能
- 5.3 屏蔽线缆的端接和应用

5.4 外壳的屏蔽设计及应用

5.5 绝缘垫片的屏蔽效能

## 第六讲：滤波技术

6.1 EMI 滤波器的设计原则及方法

6.2 共模和差模插入损耗

6.3 滤波器元件插入损耗

6.4 EMI 滤波器的工程简化计算方法

6.5 电磁干扰滤波器的布局和装配

6.6 电驱滤波器的设计、优化和测试

6.7 开关电源滤波器的设计、优化和测试

## 第七讲：接地

7.1 接地方式

7.2 接地要求

7.3 系统接地要求（案例分析）

## 第三章：仿真篇

## 第八讲：仿真软件和平台介绍

### 8.1 电磁兼容常用仿真软件

(Simulink、ANSYS、Saber 等)

### 8.2 基于 ANSYS/Simplorer 的 Buck 降压电路电磁兼容仿真范 例

## 第九讲：PWM 逆变器的电磁兼容仿真

### 9.1 电磁干扰仿真预测方法

### 9.2 电磁干扰源建模

### 9.3 电磁干扰传导路径建模

### 9.4 电磁干扰仿真预测结果

## 第四章：半导体器件篇

## 第十讲：SiC 器件带来的 EMI 挑战

### 10.1 SiC vs Si 材料特性与器件特性

### 10.2 功率电路的振荡问题

### 10.3 如何减小功率器件的 $dv/dt$ 和 $di/dt$ 对 EMC 的影响？

10.4 SiC 的短路

10.5 如何驱动好 SiC 器件?

第五章：PCB 布线与 EMC 设计

第十一讲：PCB 布线要点

11.1 PCB 过孔设计

11.2 PCB 电容设计

11.3 PCB 镜像面设计

11.4 3W 和 20H 布线设计

11.5 PCB 的接地设计

11.6 多层板布线设计

11.7 数字电路和模拟电路布线设计

11.8 通讯端口布线与 EMC 设计

11.9 晶振布线与 EMC 设计

第六章：EMC 法规与设计

第十二讲：EMC 法规与设计

12.1 EMC 标准化组织工作

12.2 EMC 标准试验的原理

12.3 EMS 试验类型及时域、频域特征

12.4 EMC 法规架构介绍

12.5 EMC 基础法规要点与设计

12.5.1 EMI 基础法规要点与 EMC 设计

12.5.2 EMS 基础法规要点与 EMC 设计

12.5.3 ESD 抗扰度法规要点与 EMC 设计

12.5.4 浪涌抗扰度法规要点与 EMC 设计

12.5.5 电快速群脉冲法规与 EMC 设计

12.5.6 辐射抗扰度法规要点与 EMC 设计

12.5.7 传导抗扰度法规要点与 EMC 设计

12.5.8 BCI 抗扰度法规要点与 EMC 设计

12.5.9 传导测试中的 LISN 与设计

第十三讲：不同行业 EMC 法规差异点解读

13.1 电动汽车 EMC 法规差异点

13.2 家用电器 EMC 法规差异点

13.3 医疗设备 EMC 法规差异点

13.4 军工设备 EMC 法规差异点

13.5 照明设备 EMC 法规差异点

13.6 通讯设备 EMC 法规差异点

## 第七章：静电和浪涌防护设计

### 第十四讲：静电防护设计及应用

14.1 静电设计思路

14.2 防静电布线设计要点

14.3 防静电结构设计要点

14.4 防静电接地要点

14.5 家电防静电设计及器件选型

14.6 车载加热器的静电设计、布线及器件选型

### 第十五讲：浪涌防护设计及应用

15.1 浪涌设计思路

15.2 防浪涌布线设计要点

15.3 防浪涌结构设计要点

15.4 防浪涌接地要点

15.5 防浪涌器件选型

15.6 灯具防雷设计、布局及器件选型

## 第八章：EMC 应用实训篇

### 第十六讲：噪声源诊断实训

16.1 开关电源的噪声源定位

16.2 开关电源的噪声传播路径确认

16.3 噪声源的时频对照

### 第十七讲：EMI 滤波诊断实训

17.1 噪声的差共模分离

17.2 滤波器共模插损和差模插损测试

17.3 电感共模插损和差模插损测试



17.4 电容插损测试

17.5 磁芯相对磁导率测试

17.6 EMI 滤波实训案例

第十八讲：辐射诊断实训

18.1 线束辐射诊断实训

18.2 外壳辐射泄露诊断实训

18.3 PCB 板级辐射诊断实训

18.4 辐射诊断实训案例

第十九讲：抗扰度诊断测试

19.1 电场敏感定位实训

19.2 磁场敏感定位实训

19.3 抗扰度实训案例

第二十讲：电磁场可视化测试

20.1 电磁场扫描可视化诊断测试

20.2 抗扰度噪声注入可视化诊断测试

## 附件 2

# 高品质电源电磁兼容性高级研讨班 讲师介绍



黄敏超博士：现担任敏业科技信息（上海）有限公司的资深咨询师，主攻电力电子系统的电磁兼容解决方案和可靠性解决方案的研究和实践。兼任中国电源学会理事、专家委员会委员，科普工作委员会秘书长，青年工作委员会委员。

1998 年浙江大学电力电子技术专业获博士学位，并任教两年，2000 年-2011 年先后加入伊博电源杭州有限公司、通用电气全球研发中心、奥尔特上海电子有限公司，组建研发团队，开发高效、高可靠性的医用电源。具有丰富的电磁兼容方面的理论和实践经验，拥有多项国内外专利。



裴雪军教授：华中科技大学电气与电子工程学院教授，博士生导师，IEEE 高级会员。分别于 1998 年、2001 和 2004 年在华中科技大学获得工学学士、硕士和博士学位。2011 年 3 月至 2012 年 3 月赴密西根州立大学访问一年。

主要研究电力电子变流器在电力系统中应用的可靠性、电磁兼容性等基础问题。主持国家自然科学基金青年和面上项目、国家重点研发计划课题、台达科教发展基金重点项目、国防预研和企业应用项目多项。在 IEEE Transaction on Power Electronics、中国电机工程学报等国内外学术刊物发表学术论文 50 余篇，其中 SCI 收录论文 15 篇。获得国家科技进步二等奖、教育部科技进步一等奖、国防科技进步三等奖各 1 项。获得湖北省杰出青年基金。获得台达电力电子中达青年学者奖。

学术兼职：担任中国电源学会电磁兼容专委会副主任，中国电源学会青年工作委员会委员。IEEE Transactions on Power Electronics，中国电机工程学报等多个国际/国内期刊审稿人。



和军平副教授：现为哈尔滨工业大学深圳研究生院电力电子研究中心副教授，博士生导师。2003 年获清华大学电气工程专业工学博士学位，2005 年清华大学电气工程博士后流动站出站，2013-2014，美国密苏里理工大学访问学者，为 IEEE Member，中国电源学会专家委员。已发表论文七十余篇，其中 SCI 论文 2 篇，EI 论文 20 篇，出版图书 1 部，设计国内外发明专利 4 项。目前讲授“电磁兼容原理”、“电能质量分析与控制”等硕士课程，并建有相应的

“传导干扰测试”、“简易 3 米法电波暗室”等电磁干扰测试平台。

具有多年电力电子电磁兼容研究和设计经验。主持和完成国家自然科学基金资助 2 项目（“典型开关电源瞬态共模电磁波传播机制与抑制方法研究” No. 50877015、“典型开关电源无源组件集总耦合参数提取方法研究” No. 51677035），教育部博士点基金新教师项目“电力电子设备电磁干扰传播机制与抑制研究”

（No. 200802131017）1 项。与华为技术、中兴通讯、西门子、台达等国内外企业横向科研课题多项。申请人的研究成果曾被以 Fred. C. Lee 教授为首的台达公司技术委员会评为 2001 年优秀项目、清华大学电机系 2005 年优秀博士后出站研究项目。



郝欣博士：毕业于合肥工业大学电力电子专业，于 2015 年加入英飞凌科技（中国）有限公司，曾任职方案拓展经理，现任首席工程师。主要负责新市场的开拓和新产品的导入，如大功率 IGBT 和 SIC 产品。