

www.safetyandemc.com

# 安全与电磁兼容

SAFETY & EMC

2023.3



 **ETS·LINDGREN**<sup>®</sup>  
An ESCO Technologies Company



北京市海淀区马甸东路17号金澳国际大厦10层1016-1018室 (100088)  
电话: 86-10 8273 0877/78 网址: www.ets-lindgren.com



# 安全与电磁兼容

## Anquan yu Diancijianrong

1989 年创刊  
双月刊 双月 25 日出版

编辑委员会 (按姓氏拼音排序)

名誉主任委员: 刘尚合

主任委员: 苏东林

副主任委员: 邓龙江 范峻 李尔平

毛军发 孙文龙 郑军奇

委员: 褚庆昕 崔强 胡景森 黄攀 何鹏林

胡小锋 胡妍飞 胡志强 季启政 雷虹

雷剑梅 刘焱 刘志刚 孟东林 齐万泉

邱扬 石立华 汤仕平 吴建飞 王庆海

王群 闻映红 王文俭 谢彦召 杨红波

俞毅敏 阎照文 张华 朱文立 赵晓凡

张兴海 周镒 周忠元

主管: 中华人民共和国工业和信息化部

主办: 中国电子技术标准化研究院

编辑出版: 《安全与电磁兼容》编辑部

主编: 王淑华

本期责任编辑: 田宁

网址: www.safetyandemc.com

地址: 北京市安定门东大街 1 号

邮政编码: 100007

国际标准连续出版物号: ISSN 1005-9776

国内统一连续出版物号: CN 11-3452/TM

国内总发行: 中国邮政集团公司北京市报刊发行局

国内邮发代号: 82-295

国外总发行: 中国国际图书贸易集团有限公司 (北京 399 信箱)

国外发行代号: 9568Q

广告发布登记: 京东市监广登字 20170011 号

发行范围: 国内外公开发行

印刷: 北京新华印刷有限公司

编辑部: 010-64102630 010-64102629 010-64102617 (传真)

E-mail: wangsh@cesi.cn tianning@cesi.cn

广告部: 010-64102627 010-64102630

发行部: 010-64102617

本期定价: 28.00 元

国外定价: 28.00 美元

### 敬告读者:

1. 本刊享有发表文章的版权 (包括电子版和网络版), 作者著作权使用费和本刊稿费一次性给付。

2. 本刊内容未经许可, 不得以任何形式转载。

# 目次

■ 2023 年第 3 期 (总第 182 期)

## 综述

微波滤波器的研究进展及未来发展趋势 ..... 曾奕 于明\*(9)

半导体电磁防护限幅器的发展 .....

..... 王磊 周彪 邓世雄\* 王乔楠 吕元杰 高长征(17)

## 学术探讨

基于改进 OSL 校准技术的三相共模扼流圈阻抗提取 .....

..... 揭华敏 赵震宇\* 范飞 曾钰 赵广超 王文松 谢国祥(24)

FPGA 片内 PLL 电磁抗扰度的热应力效应测试分析 .....

..... 程俊平 李鹏程 沈小奇 齐国雷(29)

屏蔽室线缆滤波器雷电防护性能评估 .....

..... 张饶 扶庆枫 段艳涛\* 石立华(37)

机载总线传输技术抗干扰能力分析 .....

..... 魏茹瑾 常喜 邱昱 王宇鹏(42)

## 技术专栏

耐 HPM 辐照宽频吸波超材料的设计与实现 .....

..... 张晗 王东红 王富生 李妍(46)

通信直流电源暂态过电压试验方法的研究 .....

..... 徐加征 陈泓材(51)

CE101 谐波问题的分析与解决 .....

..... 罗辉生 阮鹏(54)

植入式医疗设备暴露于低频磁场的安全性仿真 .....

..... 齐殿元 邹方竹 赵竞(59)

隔离驱动器 RE102 屏蔽方法分析和应用 .....

..... 任仲强 弭艳 井海明 张红霞 马兵兵(64)

新型显示产品的抗近场辐射骚扰研究 .....

..... 丁燕 姚胜 邹学文 马建旺 阮武 翟连俊(69)

两种电容快速放电方法研究 .....

..... 焦龙飞 安伟 迟雷 陈龙坡 张崇(73)

## 国内外技术新进展

GB 4943.1-2022 对服务器机箱外壳影响分析以及改善对策 .....

..... 田立良 党杰(77)

屏蔽室传导电磁环境电平超标问题及解决方案 .....

.....(82)

## 行业信息与动态

《电磁科学(英文)》首刊发布 .....

内地首次! 浙江大学李达荣获全球电磁领域重要学术奖项

——IEEE Motohisa Kanda Award.....(86)

整车电磁混响室测试技术研究工作组第一次工作会议 .....

.....(86)

# Contents

No.3 2023 (Total No.182) ■

## Overview

Research Progress and Future Trends in Microwave Filters.....  
.....Zeng Yi, Yu Ming\* (9)  
Progress on Semiconductor Limiters for Electromagnetic Defense.....  
.....Wang Lei, Zhou Biao, Deng Shixiong\*, Wang Qiaonan,  
Lv Yuanjie, Gao Changzheng (17)

## Academic Research

Three-phase Common-mode Choke Impedance Extraction Based on  
Improved OSL Calibration.....  
.....Jie Huamin, Zhao Zhenyu\*, Fan Fei, Zeng Yu, Zhao Guangchao,  
Wang Wensong, Xie Guoxiang (24)  
Test and Analysis of Thermal Stress Effect on the Electromagnetic Immunity  
for PLL of FPGA.....  
.....Cheng Junping, Li Pengcheng, Shen Xiaoqi, Qi Guolei (29)  
Evaluation of Lightning Protection Performance of Shielding Cabinet Line  
Filters.....Zhang Rao, Fu Qingfeng, Duan Yantao\*, Shi Lihua (37)  
Analysis of Anti-jamming Ability of Airborne Bus Transmission Technology  
.....Wei Rujin, Chang Xi, Qiu Yu, Wang Yupeng (42)

## Technical Column

Design and Implementation of Broadband Microwave Absorbing  
Metamaterial Resistant to HPM Irradiation.....  
.....Zhang Han, Wang Donghong, Wang Fusheng, Li Yan (46)  
Research on Transient Overvoltage Test Methods for Communication DC  
Power.....Xu Jiazheng, Chen Hongcai (51)  
Analysis and Solution of CE101 Harmonic Problem.....  
.....Luo Huisheng, Ruan Peng (54)  
Simulation for the Safety Assessment of Implantable Medical Devices  
Exposed to Low-frequency Magnetic Fields.....  
.....Qi Dianyuan, Zou Fangzhu, Zhao Jing (59)  
Analysis and Application of Shielding Method for Isolated Driver RE102.....  
.....Ren Zhongqiang, Mi Yan, Jing Haiming, Zhang Hongxia,  
Ma Bingbing (64)  
The Research of New Display Product's Immunity to Close Proximity  
Radiated Disturbance.....  
.....Ding Yan, Yao Sheng, Zou Xuewen, Ma Jianwang,  
Ruan Wu, Zhai Lianjun (69)  
Reserch on Two Methods of Capacitor Discharge.....  
.....Jiao Longfei, An Wei, Chi Lei, Chen Longpo, Zhang Chong (73)

## New Progresses of Technology Worldwide

Analysis of the Impact of GB 4943.1-2022 on the Server Enclosure and  
Improvement Measures.....Tian Liliang, Dang Jie (77)  
Problems and Solutions of Conducted Electromagnetic Environment  
Level Exceeding Standard Limits in Shielded Room.....(82)

# SAFETY & EMC

Issued First in 1989  
A Bimonthly Publication

Competent Authorities: Ministry of Industry and  
Information Technology of  
PRC

Sponsor: China Electronics  
Standardization  
Institute (CESI)

Http: //www.safetyandemc.com

Publication No.: CN11-3452/TM  
ISSN1005-9776

Editor,Publisher: SAFETY & EMC  
Magazine Editorial Office

Chief Editor: Wang Shuhua  
Executive Editor: Tian Ning

Address: No.1 Andingmen  
Dongdajie,Beijing,  
China

Post Code: 100007

Editor Div.: (010) 64102630  
(010) 64102629  
Fax: (010) 64102617

Advertisement Div.: (010) 64102627  
(010) 64102630

Publishing Div.: (010) 64102617

E-mail: wangsh@cesi.cn  
tianning@cesi.cn

## 电磁可靠性测试方案设计专家

专注产品电磁可靠性与安全  
提供全流程测试解决方案和技术服务



公司名称：扬芯科技（深圳）有限公司  
电话：0755-23322858  
邮箱：icemsales@tonscend.com  
地址：深圳市龙华区大浪街道新石社区华联工业区颐丰华 12 楼



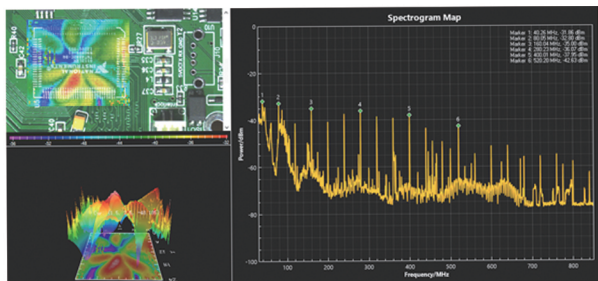
公司名称：深圳东昇射频技术有限公司  
电话：0769-26621893  
邮箱：sales@tonscend.com  
地址：东莞市松山湖管委会中科创新广场 A 栋

## 扬芯科技

### 可视化近场辐射诊断分析系统

可用于对芯片、元器件、模组件、FPC、PCBA 等部件和整机进行近场 EMI 辐射发射噪声的自动化测量、可视化呈现、多维度分析，是解决各种复杂电磁辐射骚扰问题的有效工具

产品特点：自动化快速扫描、噪声源定位准确、测量灵敏度高、结果直观可视、自动生成分析报告



### EMC&RF 分析诊断系统

- 近场辐射 EMI 分析系统
- 瞬态干扰 EFT/ESD 分析系统
- 板级辐射抗扰度 RS 分析系统
- 辐射干扰与自干扰 RFI 系统
- 辐射杂散快速测试系统
- 空口无线性能分析系统
- IC 芯片电磁兼容系统

邮发代号：82-295

定价：28.00元

## 东昇射频

专注电磁可靠性检测技术领域，开展电磁标准技术研究和测试方案研发工作

公司注重研发，拥有一大批通信企业实验室技术背景，在射频和电磁兼容测试领域经验丰富的研发人员，公司着眼于产品全流程电磁可靠性设计研究，致力于为客户打造从芯片、器件、板级、模组到整机的诊断分析与测试解决方案

业务核心：消费电子、物联网，智能装备、信息通信、汽车电子、灯具、军工、医疗、电力、轨道交通等行业的电磁兼容和射频干扰测试软硬件解决方案

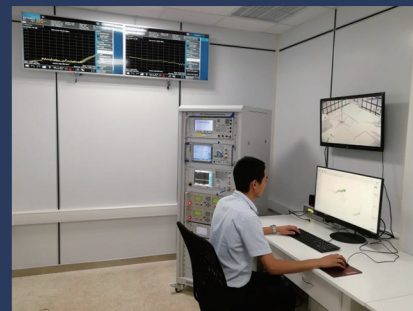
### RF 测试系统

- 短距离蓝牙 WIFI SRD 射频法规系统
- FM/DVB RED 测试系统
- 2/3/4/5G 射频法规系统
- 2/3/4/5G 射频一致性测试系统
- RSE 辐射杂散测试系统
- 基站直放站 RF 测试系统
- 雷达毫米波射频测试系统
- EMF 磁场暴露系统



### EMC 测试系统

- 通用类产品 EMC 测量系统
- 汽车电子 EMC 测量系统
- 军工、医疗 EMC 测量系统
- RE/CE/RS/CS/BCI EMC 系统
- 混响室 EMS 系统
- 低压浪涌测试系统
- 振铃波抗扰度测试系统
- 期间核查自动化测试系统



### 企业使命

智汇创新，让测试更高效；  
追本溯源，使设计更简单；  
持续为客户创造最大价值。

### 企业愿景

成为电磁可靠性与安全  
领域的创新领军企业

### 企业精神

专注、创新、热爱、  
激情、责任