



国际电气工程先进技术译丛

IET

# 产品设计的电磁兼容 故障排除技术

EMI Troubleshooting Cookbook for Product Designers

[美] 帕特里克·G.安德烈 (Patrick G. André) 著  
肯尼思·D.怀亚特 (Kenneth D. Wyatt) 译  
崔强 译

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



技术译丛

# 产品设计的电磁兼容 故障排除技术

[美] 帕特里克·G. 安德烈 (Patrick G. André)

肯尼思·D. 怀亚特 (Kenneth D. Wyatt)

著

崔强 译



机械工业出版社

EMI Troubleshooting Cookbook for Product Designers; Concepts, Techniques, and Solutions/by Patrick G. André, Kenneth D. Wyatt/ISBN: 978 - 1 - 6135 - 3019 - 1.

Copyright © 2014 by SciTech Publishing Edison, NJ. All rights reserved.

Authorized translation from English language edition published by SciTech Publishing, an imprint of The IET. All rights reserved. 本书原版由 IET 旗下, SciTech 出版公司出版, 并经其授权翻译出版。版权所有, 侵权必究。

China Machine Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. 本书中文简体翻译版授权由机械工业出版社独家出版并限在中国大陆地区销售。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01 - 2014 - 8168 号。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

产品设计的电磁兼容故障排除技术/(美)帕特里克·G. 安德烈 (Patrick G. André), (美)肯尼思·D. 怀亚特 (Kenneth D. Wyatt) 著; 崔强译. —北京: 机械工业出版社, 2019. 4

(国际电气工程先进技术译丛)

书名原文: EMI Troubleshooting Cookbook for Product Designers

ISBN 978-7-111-62047-1

I. ①产… II. ①帕… ②肯… ③崔… III. ①电子产品 - 产品设计 - 电磁兼容性 - 故障修复 IV. ①TN03

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 031673 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王欢 责任编辑: 王欢

责任校对: 陈越 封面设计: 马精明

责任印制: 孙炜

北京玥实印刷有限公司印刷

2019 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

148mm × 210mm · 8.5 印张 · 241 千字

0 001—2 500 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 62047 - 1

定价: 49.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换  
电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010 - 88361066

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线: 010 - 68326294

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

本书详细讲述了产品的电磁干扰 (EMI) 故障排除技术。其目的是为工程师和技术人员提供 EMI 故障排除思路、故障排除方法或诊断工具。全书共 11 章, 内容包括电磁基础、电磁干扰和电磁兼容、测量仪器、辐射发射、传导发射、辐射敏感度、传导敏感度、电快速瞬变脉冲群 (EFT)、静电放电 (ESD)、浪涌和雷电脉冲的瞬态抑制, 以及其他特定的 EMI 问题。此外, 本书还给出了 8 个附录, 为读者提供了非常有价值的辅助信息、技术和工具。

本书可供电子电气、电子产品的设计人员和电磁兼容 (EMC) 工程师使用, 也可作为高等学校工科电子信息和通信类专业师生的辅助教材。

# 译 者 序

随着电子科学技术的发展，几乎所有的电子电气产品都含有集成电路和印制电路板，这就涉及电磁兼容（Electromagnetic Compatibility, EMC）问题。EMC 是电子电气产品必须要求的指标之一。如果从产品设计之初对其进行 EMC 设计，那么就能确保其顺利通过 EMC 符合性试验，即满足标准/法规的要求。然而，在实际当中，很多产品从设计之初并未考虑 EMC 设计，因此，当产品在试验阶段出现 EMC 问题时，设计人员不得不解决这些问题，这时就急于想得到能解决这些 EMC 问题的简单诊断技术和解决方法。

帕特里克·G. 安德烈（Patrick G. André）和肯尼思·D. 怀亚特（Kenneth D. Wyatt）著的本书，详细讲述了产品的电磁干扰（Electromagnetic Interference, EMI）故障排除技术，即如何着手处理产品出现的 EMI 问题，尝试做哪些事情，以及如何选择正确的部件。其目的是为工程师和技术人员提供 EMI 故障排除思路、故障排除方法或诊断工具，减少工程师在产品设计阶段所承受的压力。全书共 11 章，内容包括，电磁基础、电磁干扰和电磁兼容、测量仪器、辐射发射、传导发射、辐射敏感度、传导敏感度、电快速瞬变脉冲群（Electrically Fast Transient, EFT）、静电放电（Electrostatic Discharge, ESD）、浪涌和雷电脉冲的瞬态抑制，以及其他特定的 EMI 问题。此外，本书还给出 8 个附录，为读者提供了非常有价值的辅助信息、技术和工具。

本书可供电子电气产品的设计人员和 EMC 工程师使用，也可作为高等学校工科电子信息和通信类专业师生的辅助教材。

本书由崔强博士翻译和审校。在本书翻译的过程中，得到了机械工业出版社王欢编辑的支持，译者在此表示诚挚的感谢。由于译者水平有限，翻译时间紧，书中的不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

译者

# 原 书 序

我们所有人都会或都应意识到，最佳的方式是从产品设计之初就对其进行 EMC 设计。然而，在实际进行产品设计时，我们很少这样做，因此，当产品出现 EMC 问题之后，设计人员就要解决这些问题。即使产品具有好的 EMC 设计，仍可能留下一两个较小的必须通过诊断才能解决的问题。因此，设计人员经常询问最多的一项内容就是解决 EMC 问题的简单诊断技术和解决办法。

尽管目前市面上已有很多 EMC 书籍，其中的一些也是相当好的，但对于简单和低成本的 EMC 故障排除技术和解决办法，这些书中给出的实际可用信息并不多。本书就是讲述 EMC 故障排除技术和解决办法，即当你的产品不能通过一项或多项 EMC 符合性试验时你应做什么。换句话说，就是使用简单和低成本的工具和设备，如何对问题进行诊断并加以解决。

作为 EMC 咨询师，我经常为客户诊断 EMC 问题并加以解决。其实在许多情况中，这些问题他们自己是能够进行诊断并加以解决的。但他们为什么不知道如何进行诊断并加以解决呢？我认为有以下三个方面的原因：

1. 当需要对问题进行诊断时，他们不知道使用什么试验设备。
2. 即使他们有试验设备，但他们不知道使用这些设备来做什么。
3. 他们不知道该使用哪种办法才能解决问题。

本书使用简单、实际和非常易于理解的方式回答了上述三个问题。我特别喜欢这样的编排，即每章都讲述了在 EMC 符合性实验室和在自有设施中进行的故障排除案例。当产品在 EMC 符合性实验室中没能通过试验时，应在实验室对问题进行归类。例如，如果产品没能通过辐射发射试验，应尽力确定辐射是由电缆还是由产品外壳产生

的。然后，当利用自有设施时，能使用本书中给出的针对自有设施的故障排除技术，来对问题进行进一步的诊断并加以解决。

简单来说，本书首先假设的是产品在符合性实验室中没能通过某项 EMC 试验，然后使用本书中给出的故障排除技术在实验室和/或自有设施中对问题进行诊断并加以解决。在大多数情况下，这个过程正好是相反的；即当去实验室进行符合性试验之前，需要利用自有设施进行一些简单的试验。这也是我经常推荐给客户的方法。通过这种方式，通常可能提前解决 EMC 符合性实验室将发现的产品问题。

本书给出的一些诊断技术是定量的，而另一些则是定性的。对于定量测量的情况，在实际当中，EMC 符合性实验室的试验结果对产品合格与否的判定具有相当的准确度。定性测量则不能直接预测 EMC 试验的结果，但当你对产品使用 A 和 B 两种解决办法时，这种定性测量对于这两种解决办法的比较是非常有用的。

本书并不是一本讲述 EMC 试验的理论书籍。然而，正如本书的书名所表明的，它给出了简单的和直接的办法，用于对看似非常复杂的 EMC 问题进行排除和解决。使用本书给出的简单、低成本的 EMI 故障排除工具箱及故障排除技术，能够节约时间和成本。既然产品设计人员迟早都需要诊断和解决 EMC 问题，那么本书应是我们所有人书架上的必备之书。

**亨利·W. 奥特**

**亨利·奥特咨询公司**

**美国新泽西州利文斯顿**

# 致 谢

虽然全身心地投入到本书的编写工作中，但我们更要感谢我们的家人和同事的帮助和支持，正是他们帮助审核书稿，并鼓励我们继续编写。尽管生活中还有很多其他事情，但我们更乐于继续帮助客户解决产品试验的问题。我们也经常互相支持和鼓励，这使得我们的合作非常愉快。

我们尤其要感谢由 EMC 咨询师和产品设计人员组成的同行审稿团队：David Eckhardt（美国 EMC Design&Test 公司），David Oliver（美国 Analytical Spectral Devices 公司），Tom Van Doren 博士（名誉教授，美国密苏里科技大学）和 Robert Witte（美国安捷伦科技公司）。我们也要感谢 Bruce Archambeault（美国 IBM 公司退休，EMC 咨询师）、Henry Ott（美国 Henry Ott 咨询公司）、Jerry Meyerhoff（美国 JDM 实验室）、Steve Jensen（美国 Steve Jensen 咨询公司）和 Alexander Perez（美国安捷伦科技公司）。他们为本书的有关内容做出了非常有价值的贡献。我们还要感谢美国埃斯特林公司的 Robert Crane 和 Dean Flagg，以及美国安捷伦科技公司 Merlin Loblick 和 Kuifeng (Clifford) Hu，他们为我们提供了实验室和试验设施，便于我们进行试验和获得相关实验数据以形成本书中的一些工具和技术。最后，我们还要感谢许多出色的生产相关 EMC 设备和工具的制造商，并允许我们在本书中使用很多其产品照片作为示例。



# 原 书 前 言

当身处符合性实验室，对花费了很多时间设计的产品进行符合性试验时，其试验结果却不是所期望的，即，试验结果可能超过了发射限值或者设备可能对某些试验信号敏感，如射频辐射能量、浪涌电流，或者可能是 ESD 脉冲。并且，可能所剩时间有限，已快到产品设计的截止期限，可能已超过了预算，现在不得不对产品进行某些整改以通过 EMC 试验，这需要额外的成本或延迟交付。当很多人听到这样的结果及所存在的问题时，也会很不高兴。

当工程师们尽力让产品通过不同的 EMI 符合性试验时，上述情况是他们经常遇到的。现在的问题是他们需要做什么或去哪里寻求帮助。他们需要的是，尽快对所出现的问题进行评估，然后寻找可用的解决办法，这样做有助于保证进度，同时避免超出预算。作为 EMC 领域的咨询工程师，我们经常发现相同的产品设计问题，这些问题使产品在符合性试验的过程中成为不合格产品。这些问题中的大多数都是简单的设计错误，即端接电缆的屏蔽不好、输入/输出连接器的的问题、系统设计不好或内部电缆的走线存在问题。在许多情况下，不管是在符合性实验室还是自己的试验设施中，根据以前产品得到的经验，使用简单的解决办法就能很快地解决这些问题。

在当今经济环境下，许多小型和中型公司由于有限的预算，并不能雇佣全职的产品符合性工程师。产品的 EMC 符合性现在通常由产品设计人员负责，但他们中的大多数人并没有经过足够的 EMC 培训。即使在较大的公司中，出于成本的考虑，也已不再雇佣产品符合性工程师，工程师往往要承担多个项目且时间紧。虽然一些很好的书籍已讲述过 EMI 问题、解决办法及一些控制电磁能量的方法，但不幸的是要从这些书中提取出这些解决办法是很困难的。对大量公式和奇异概念的掌握，最好还是留给科研和工程专业的研究生们吧！本书的目的

是为了避免这种复杂性，简化信息，以简单的方式进行编排，并使用平实的语言进行讲述。

本书尽力讲述识别和解决问题的过程，讲述一些与测量有关的基本原理：什么是波长或什么是 $1/4$ 波长？什么是分贝（dB）？什么是分辨率带宽及波长的单位是什么？我们介绍了很多的产品不合格的问题，以及产生这些问题的原因。此外，我们也尽力给一线工程师和技术人员一些如何解决问题的思路，而不仅是在电缆上加装铁氧体，尽管这可能是一些问题的解决办法。

本书也给出了一些工程师或技术人员可以自制的简单的和价格便宜的故障排除工具或辅助工具的例子。我们给出的方法，仅要求读者了解基本的电磁理论及掌握最少的EMI/EMC背景知识。本书的目标是为读者提供根据我们经验得到的解决办法，这样做的目的是让工程师和技术人员能够形成自己的故障排除思路、故障排除方法或诊断工具。然后，我们为如下几方面提供指南：如何着手处理不合格的EMI问题，尝试做哪些事情，如何选择正确的部件及如何对产品成本、性能和时间进度进行平衡。我们希望本书能减少工程师在产品阶段所承受的压力。

第1、2章讲述了一些基本的EMC理论，这对于理解和想象电磁（EM）波、电磁场和高频电流的流动非常重要。由于大多数EMI是与控制高频电流有关的，因此这两章为故障排除过程和解决办法的实施提供了基础。

第3章给出了使用常用设备（如频谱分析仪和示波器）进行基本EMI测量的有关信息。本章同时也给出了自制的和商用的探头和天线的有关信息，这些设备对于检测电磁场和高频电流非常重要。本章还介绍了非常有用的设备以自制EMI故障排除工具。附录D给出了更详细的组装故障排除工具的有关信息。

第4~10章分别讲述了特定EMI试验的故障排除技术，如辐射发射和传导发射、辐射和传导敏感度、EFT、ESD及由于雷电产生的浪涌和高能量脉冲。这些章节的编排基本一致，包括试验简介及试验不合格时要检查的项目清单、不合格的典型原因、在EMI符合性实验室

中能采取的快速故障排除步骤，以及使用自己的设施的更详细和更综合的故障排除步骤。每章都给出了不同的低成本工具和自制技巧，以及不合格问题的典型解决办法。

第 11 章涵盖了其他特定 EMI 问题，如有意辐射体和无线设备、医疗产品、大型系统或落地式系统、汽车、开关电源和液晶显示器 (Liquid Crystal Display, LCD)。本章给出了这些系统特有的 EMI 问题及专门用于解决这些问题的故障排除技术。

本书也包括 8 个附录，著者认为它们涵盖的内容是非常有价值的支撑信息、技术和工具，可协助我们进行故障排除。附录 A 给出了一些换算工具和公式。附录 B 给出了电子表格工具用于帮助计算时钟振荡器的谐波。附录 C 给出了如何使用电抗图以快速地计算简单 RLC 网络和滤波器的伯德图。附录 D 给出了很多工具可用于装备 EMI 故障排除工具箱。多数故障排除工具都易于自制。另外，还给出了低价频谱分析仪的有关信息，这些频谱分析仪中的一些正好能放进工具箱。附录 E 给出了一些常用 EMI 滤波器的设计技术。附录 F 描述了一种简单的用于测量谐振结构（如电缆及屏蔽壳体上的缝隙或间隙）的技术。附录 G 列出了主要的标准化组织和 EMC 标准。最后，附录 H 列出了在 EMC/EMI 领域常用的符号和缩略语。

读者需要易于理解的答案且更想快速掌握。本书将尽力提供这些答案。本书也给出了一些解决问题的思路所隐含的理论知识，当回顾获得的成果时可能会更理解这些理论知识。

因此，让我们努力研读本书以得到这些解决 EMC 问题的答案。祝我们好运，且更祝愿我们将取得巨大的成功。

帕特里克·G. 安德烈

美国华盛顿州西雅图

(andreconsulting.com)

肯尼思·D. 怀亚特

美国科罗拉多州伍德兰帕克

(emc-seminars.com)

# 目 录

译者序	1
原书序	1
致谢	1
原书前言	1
<b>第1章 电磁基础</b>	<b>1</b>
1.0 停止试验：电磁干扰（EMI）故障排除是必需的	1
1.1 什么是电磁场	1
1.2 什么是分贝（dB）	2
1.3 EMI 和 EMC	6
1.4 干扰的类型	7
1.5 差模电流和共模电流	7
1.6 时域和频域	11
1.7 频率、波长和带宽之间的关系	13
1.7.1 频率和波长	13
1.7.2 带宽	15
1.7.3 分辨率带宽和视频带宽	16
1.7.4 滤波器带宽	16
1.7.5 宽带和窄带	16
1.8 高频下的电阻器、电容器和电感器	17
1.8.1 电阻器	17
1.8.2 电容器	19
1.8.3 电感器	20
<b>第2章 电磁干扰和电磁兼容</b>	<b>25</b>
2.1 能量是如何移动的	25
2.2 近场和远场	27
2.3 故障排除原理	28
2.4 基本故障排除概念	32

2.4.1 接地/搭接 .....	32
2.4.2 壳体上的间隙 .....	32
2.4.3 电缆搭接 .....	33
2.4.4 屏蔽 .....	33
2.4.5 滤波 .....	35
2.5 电缆布线和互连电缆 .....	36
2.6 PCB 的考虑 .....	37
参考文献 .....	42
<b>第3章 测量仪器</b> .....	<b>43</b>
3.1 频谱分析仪 .....	43
3.2 EMI 接收机 .....	44
3.3 检波器 .....	45
3.4 窄带测量与宽带测量 .....	46
3.5 扫描速度如何影响测量 .....	47
3.6 使用频谱分析仪进行故障排除 .....	48
3.7 示波器 .....	49
3.8 电流探头 .....	52
3.9 近场探头 .....	54
3.10 天线 .....	57
<b>第4章 辐射发射</b> .....	<b>63</b>
4.1 概述 .....	63
4.2 辐射发射检查清单 .....	63
4.3 不合格的典型原因 .....	64
4.4 在符合性实验室进行发射故障排除 .....	65
4.5 在自己的设施中进行发射故障排除 .....	69
4.5.1 时钟振荡器 .....	71
4.5.2 发射的识别 .....	73
4.5.3 电源线发射 .....	74
4.5.4 滤波器 .....	74
4.5.5 电容器 .....	75
4.5.6 铁氧体扼流圈 .....	75
4.5.7 屏蔽层 .....	75
4.6 商业试验问题 .....	77

## XII 产品设计的电磁兼容故障排除技术

4.7 自制技巧和低成本工具 .....	79
4.7.1 近场探头 .....	79
4.7.2 电流探头 .....	83
4.7.3 壳体的搭接测量 .....	86
4.7.4 连接器的搭接 .....	86
4.8 典型的解决办法 .....	87
4.8.1 导线和电缆 .....	91
参考文献 .....	93
<b>第5章 传导发射</b> .....	<b>94</b>
5.1 概述 .....	94
5.2 传导发射检查清单 .....	95
5.3 不合格的典型原因 .....	95
5.4 在实验室进行传导发射故障排除 .....	97
5.5 在自己的设施中进行故障排除 .....	99
5.5.1 电路和滤波器 .....	100
5.6 特殊情况和问题 .....	102
5.7 自己动手做的技巧和低成本工具 .....	103
5.8 典型的解决办法 .....	106
<b>第6章 辐射敏感度</b> .....	<b>107</b>
6.1 概述 .....	107
6.2 辐射敏感度检查清单 .....	107
6.3 典型的失效模式 .....	108
6.4 在符合性实验室进行故障排除 .....	108
6.5 在自己的设施中进行故障排除 .....	110
6.6 特殊情况和问题 .....	111
6.7 自制的技巧和低成本工具 .....	111
6.8 典型的解决办法 .....	120
<b>第7章 传导敏感度</b> .....	<b>122</b>
7.1 概述 .....	122
7.2 传导敏感度检查清单 .....	123
7.3 典型的失效模式 .....	123
7.4 在符合性实验室进行故障排除 .....	123
7.5 在自己的设施中进行故障排除 .....	124

7.6	特使情况和问题 .....	126
7.7	自己动手的技巧和低成本工具 .....	127
7.8	典型的解决办法 .....	130
<b>第8章</b>	<b>电快速瞬变脉冲群 .....</b>	<b>132</b>
8.1	电快速瞬变脉冲群 (EFT) 试验 .....	132
8.2	EFT 检查清单 .....	133
8.3	典型的失效模式 .....	134
8.4	在符合性实验室进行故障排除 .....	134
8.5	在自己的设施中进行故障排除 .....	136
8.6	特殊情况和问题 .....	138
8.7	自己动手的技巧和低成本工具 .....	139
8.8	典型的解决办法 .....	142
	参考文献 .....	143
<b>第9章</b>	<b>静电放电 .....</b>	<b>144</b>
9.1	静电放电 (ESD) 概述 .....	144
9.2	ESD 检查清单 .....	147
9.3	典型的失效模式 .....	147
9.4	在符合性实验室进行故障排除 .....	148
9.5	在自己的设施中进行故障排除 .....	148
9.6	特殊情况和问题 .....	152
9.7	自己动手的技巧和低成本工具 .....	152
9.8	典型的解决办法 .....	156
	参考文献 .....	158
<b>第10章</b>	<b>浪涌和雷电脉冲的瞬态抑制 .....</b>	<b>159</b>
10.1	浪涌和雷电脉冲 .....	159
10.2	浪涌的核查清单 .....	162
10.3	典型的失效模式 .....	163
10.4	在符合性实验室进行故障排除 .....	163
10.4.1	浪涌与 EFT .....	164
10.5	在自己的设施中进行故障排除 .....	165
10.6	特殊情况和问题 .....	165
10.7	自己动手做的技巧和低成本工具 .....	165
10.8	典型的解决办法 .....	166

10.9	如何正确地选择 TVS 二极管的额定值	166
<b>第 11 章</b>	<b>其他特定的 EMI 问题</b>	<b>172</b>
11.1	有意辐射体和无线设备	172
11.2	医疗产品	173
11.3	大型系统或落地式系统	174
11.4	磁场问题	175
11.5	汽车	176
11.6	开关电源	178
11.7	液晶显示器	181
	参考文献	182
<b>附录</b>		<b>183</b>
附录 A	常用的单位换算、公式和定义	183
A.1	定义	183
A.2	功率比 (dB)	183
A.3	频率与波长	185
A.4	电磁频谱	186
A.5	屏蔽效能 (SE) 与缝隙长度	186
A.6	欧姆定律	187
A.7	差模电流产生的电场	187
A.8	共模电流产生的电场	187
A.9	天线的远场关系式	188
A.10	矩形壳体的谐振	189
A.11	电压驻波比 (VSWR) 和反射损耗	189
A.12	电场电平与发射机的输出功率	190
A.13	美国常用发射机产生的电场电平	191
附录 B	分析时钟振荡器、数字源和谐波	192
B.1	概述	192
B.2	晶体/时钟振荡器分析仪	193
B.3	如何创建电子表格	194
B.4	如何获取电子表格	194
附录 C	使用电抗图	195
C.1	概述	195
C.2	阻抗图示例	196



C.3 示例1 .....	196
C.4 示例2 .....	196
参考文献 .....	198
附录 D 推荐的 EMI 故障排除工具箱 .....	198
D.1 概述 .....	198
D.2 在符合性实验室进行试验时所带的物品 .....	198
D.3 基本故障排除工具 .....	199
D.4 故障排除工具的附加选择和升级 .....	207
D.5 选择频谱分析仪 .....	211
D.6 选择示波器 .....	215
附录 E 滤波器的设计 .....	216
E.1 概述 .....	216
E.2 常用的差模滤波器结构 .....	217
E.3 减慢时钟边沿 .....	217
E.4 复位线的滤波 .....	219
E.5 布局上的考虑 .....	219
E.6 使用铁氧体 .....	221
E.7 共模数据滤波器 .....	223
E.8 交流电源线滤波器 .....	224
E.9 直流电源滤波器 .....	224
E.10 最后的思考 .....	226
参考文献 .....	226
附录 F 谐振结构的测量 .....	227
F.1 概述 .....	227
F.2 谐振结构的测量 .....	230
F.3 谐振图 .....	235
参考文献 .....	236
附录 G EMC 标准和法规 .....	237
G.1 EMC 法规 .....	237
G.2 标准化组织 .....	237
G.3 常用 EMC 标准 .....	239
附录 H EMC 符号和缩略语 .....	249
H.1 常用符号 .....	249
H.2 EMC 常用缩略语及名词 .....	251