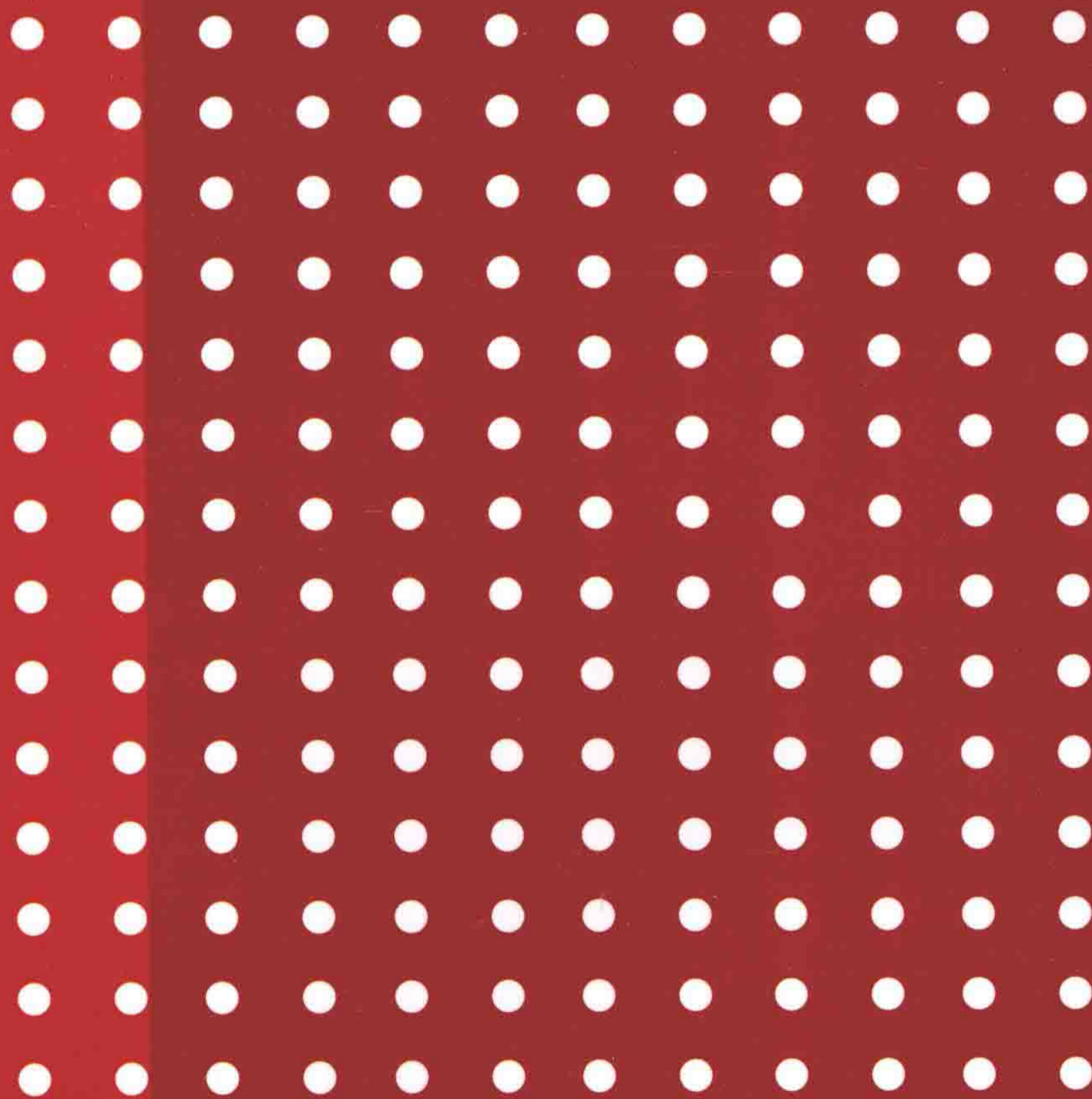


21世纪高等学校电子信息工程规划教材

# 电磁场与波 (第2版)

钟顺时 编著



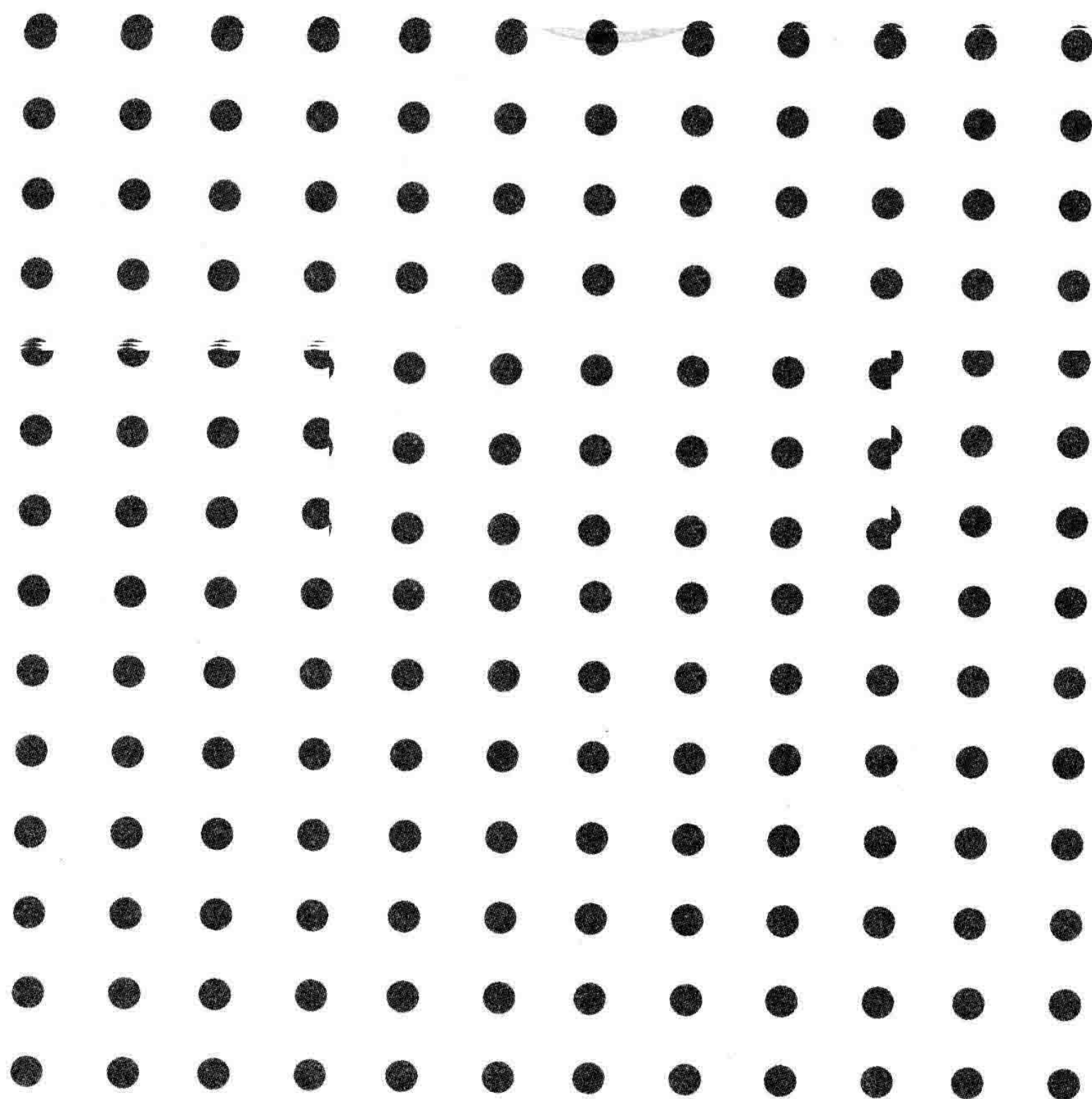
清华大学出版社



21世纪高等学校电子信息工程规划教材

# 电磁场与波 (第2版)

钟顺时 编著



清华大学出版社

## 内 容 简 介

本书系统地阐述了宏观电磁场和电磁波的基本规律、基本计算方法及其应用。全书共分9章：矢量分析、电磁场基本方程、静电场及其边值问题的解法、恒定电场和恒定磁场、时变电磁场和平面电磁波、平面电磁波的反射与折射、电磁波的辐射与散射、天线基础及射频传输线等，书末备有丰富的附录。

本书力求内容精炼，概念清晰，注重实践性和新颖性。全书由浅入深，通俗易懂，图文并茂，便于自学。

本书可供大学本科电子信息类专业作“电磁场理论基础”、“电磁场与电磁波”或“电磁场与天线基础”等课程的教科书，也可供相关科技人员作自学读本或参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

电磁场与波/钟顺时编著.--2版.--北京：清华大学出版社，2015

21世纪高等学校电子信息工程规划教材

ISBN 978-7-302-38948-4

I. ①电… II. ①钟… III. ①电磁场—高等学校—教材 ②电磁波—高等学校—教材  
IV. ①O441.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第005693号

责任编辑：魏江江 薛 阳

封面设计：常雪影

责任校对：李建庄

责任印制：刘海龙

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>，<http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦A座 邮 编：100084

社总机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969，[c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈：010-62772015，[zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载：<http://www.tup.com.cn>，010-62795954

印 装 者：清华大学印刷厂

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm 印 张：21.5 插 页：1 字 数：534千字

版 次：2006年6月第1版 2015年10月第2版 印 次：2015年10月第1次印刷

印 数：14501~16500

定 价：39.50元

# 出版说明

随着我国高等教育规模的扩大和产业结构调整的不断深入,社会对高层次应用型人才的需求将更加迫切。各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,合理调整和配置教育资源,在改革和改造传统学科专业的基础上,加强工程型和应用型学科专业建设,积极设置主要面向地方支柱产业、高新技术产业、服务业的工程型和应用型学科专业,积极为地方经济建设输送各类应用型人才。各高校加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的力度,从而实现传统学科专业向工程型和应用型学科专业的发展与转变。在发挥传统学科专业师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势的同时,不断更新其教学内容、改革课程体系,使工程型和应用型学科专业教育与经济建设相适应。

为了配合高校工程型和应用型学科专业的建设和发展,急需出版一批内容新、体系新、方法新、手段新的高水平电子信息类专业课程教材。目前,工程型和应用型学科专业电子信息类专业课程教材的建设工作仍滞后于教学改革的实践,如现有的电子信息类专业教材中有不少内容陈旧(依然用传统专业电子信息教材代替工程型和应用型学科专业教材),重理论、轻实践,不能满足新的教学计划、课程设置的需要;一些课程的教材可供选择的品种太少;一些基础课的教材虽然品种较多,但低水平重复严重;有些教材内容庞杂,书越编越厚;专业课教材、教学辅助教材及教学参考书短缺,等等,都不利于学生能力的提高和素质的培养。为此,在教育部相关教学指导委员会专家的指导和帮助下,清华大学出版社组织出版本系列教材,以满足工程型和应用型电子信息类专业课程教学的需要。本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点:

(1) 系列教材主要是电子信息学科基础课程教材,面向工程技术应用的培养。本系列教材在内容上坚持基本理论适度,反映基本理论和原理的综合应用,强调工程实践和应用环节。电子信息学科历经了一个多世纪的发展,已经形成了一个完整、科学的理论体系,这些理论是这一领域技术发展的强大源泉,基于理论的技术创新、开发与应用显得更为重要。

(2) 系列教材体现了电子信息学科使用新的分析方法和手段解决工程实际问题。利用计算机强大功能和仿真设计软件,使电子信息领域中大量复杂的理论计算、变换分析等变得快速简单。教材充分体现了利用计算机解决理论分析与解算实际工程电路的途径与方法。

(3) 系列教材体现了新技术、新器件的开发应用实践。电子信息产业中仪器、设备、产品都已使用高集成化的模块,且不仅仅由硬件来实现,而是大量使用软件和硬件相结合的方法,使产品性价比很高。如何使学生掌握这些先进的技术、创造性地开发应用新技术是本系列教材的一个重要特点。

(4) 以学生知识、能力、素质协调发展为宗旨,系列教材编写内容充分注意了学生创新能力和实践能力的培养,加强了实验实践环节,各门课程均配有独立的实验课程和课程

设计。

(5) 21 世纪是信息时代,学生获取知识可以是多种媒体形式和多种渠道的,而不再局限于课堂上,因而传授知识不再以教师为中心,以教材为唯一依托,而应该多为学生提供各类学习资料(如网络教材,CAI 课件,学习指导书等)。应创造一种新的学习环境(如讨论,自学,设计制作竞赛等),让学生成为学习主体。该系列教材以计算机、网络和实验室为载体,配有多种辅助学习资料,可提高学生学习兴趣。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

**21 世纪高等学校电子信息工程规划教材编委会**

**联系人: 魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn**

# 第 2 版前言

本书第 1 版《电磁场基础》入选 21 世纪高等学校电子信息工程规划教材和普通高等教育“十一五”国家级规划教材。自 2006 年出版以来,不少高等院校相继将其选作教材,受到了广大读者的欢迎。根据一些院校的反馈意见和应用的需求,本版在保持第 1 版特色的基础上,做了进一步的改进。为更确切地反映本书内容,第 2 版更名为《电磁场与波》。但大部分内容不变,主要作了以下三方面修订。

(1) 鉴于无线电技术的广泛应用,有些院校不但需要增加天线的基础知识,而且要补充其馈电设备的介绍。为此,本版新增了“第 9 章射频传输线”,同时对“第 8 章天线基础”做了重要增删,便于初学者掌握。

(2) 增加了“3.4 静电场的能量和电场力”,“4.5 恒定磁场的能量和磁场力”,“7.4 等效原理,惠更斯元的辐射”等节,以使相应各章内容更充实,同时删去了原“3.7 复变函数法”一节。

(3) 改写了某些内容,如 1.1.2,3.1.1 和 3.2.1 等小节。

本版修订过程中得到上海大学通信与信息工程学院领导与同事们热情支持和帮助。谢亚楠、方捻等教授提供了不少具体的意见与建议,韩荣苍和刘静等博士研究生打印了部分原稿,描绘了不少插图。谨向以上提到的各位表示深深的谢意,向清华大学出版社参加本书出版工作的诸君表示诚挚的感谢,并谢谢妻子和儿女的支持!

衷心感谢读者和高等院校同行们所提出的宝贵意见和建议,希望继续得到你们的关心与指正!

钟顺时

2015 年 8 月

# 第 1 版前言

随着信息时代的到来,电磁场理论的应用日益普遍,“电磁场”课程已成为电子信息类专业大学生必修的一门专业基础课。本书是在获得上海市优秀教材奖的“八五”规划教材《电磁场理论基础》<sup>[14]</sup>的基础上,结合教学体会,为适应 21 世纪科技与教育的新发展而重新编写的。适用于“电磁场理论基础”、“电磁场与电磁波”等课程 60~80 学时的教学。

本书主要特色是:

(1) 起点较低,由浅入深,化难为易。在第 1 章“矢量分析”中,比较系统地介绍了有关矢量分析的基本知识。为照顾这方面知识尚少的读者,以小字排印,补充了一些推导与定理的证明,并对坐标变换和场论运算给出了更详细的说明。穿插复习了复数、复变函数等知识,并对平面电磁波的运算引入了很方便的简化算法,又引入了相位匹配条件,便于处理反、折射的相位关系等。为避免手写时混淆,在矢量符号上加短横线,而不再采用黑体印刷。并对有些加注“\*”号的章节,或其他较广、较深的内容,采用小字排印,便于读者取舍。

(2) 由一般到特殊,加深理解,增大时变场篇幅。与传统的由静态场到时变场的“综合法”叙述方式不同,本书采用“演绎法”处理。先介绍描述一般矢量场特性的亥姆霍兹定理,以此为基础引出麦克斯韦方程组,然后依次讨论它对静电场、恒定电场和恒定磁场及时谐场的应用。通过反复运用,加深理解,并节省了静态场学时,增大了时变场篇幅。

(3) 加了绪论,增强举例,联系实际。绪论中,通过两幅图阐述了本课程的意义。书中引用了亚洲通信卫星、国际通信卫星等实例,又有光纤通信介绍、隐形飞机进展、电离层传播的简化分析、电磁波对人体的热效应、水下通信、微波炉、微带天线实例、天线罩与架空输电线分析等。每章都有大量例题与习题,而且列表丰富实用。

(4) 理论严谨,启发创新,图文并茂。书中不但深入讨论了麦克斯韦方程组,强调其普遍指导意义,也指出它是相对真理;又给出了广义麦克斯韦方程组和对偶原理及等效性原理、互易定理等。从麦氏方程的导出,对赫兹发明的补充说明,到介绍笔者亲历的科研进展等,不少内容都着意于启发创新。并增添了一些阐述原理的图,又加了不少应用举例图。特别是,利用计算机技术改进了插图的质量,添加了三维图。光盘中还有动态的电磁波辐射过程、对称振子方向图随其臂长的变化、平面波的反射等的形象演示。

(5) 作为教学改革的一项尝试,本书还增加了具有特色的第 8 章“天线基础”,既可作为新课程“电磁场与天线基础”的教材,又可供感兴趣的读者自学参考。

本书的编写得到上海大学课程建设基金的赞助和通信与信息工程学院领导的热情支持。编写过程中又得到钮茂德、杨雪霞等同事的支持和帮助,博士研究生梁仙灵和姚凤薇共

同描绘了全部插图,姚凤薇并打印了第1章原稿。本书备有电子教案光盘及习题解答,相关内容是在解放军电子工程学院张建华教授和中国海洋大学延晓荣副教授的协助下完成的。在此一并向他们表示衷心的感谢!并向本书引用的参考文献的作者们致以敬意。同时,深切缅怀敬爱的老师、中国科学院前院士毕德显教授和美国工程院前院士罗远祉教授。

由于本人水平有限,时间也较紧迫,差错和不当之处在所难免,敬请读者不吝指正。

钟顺时

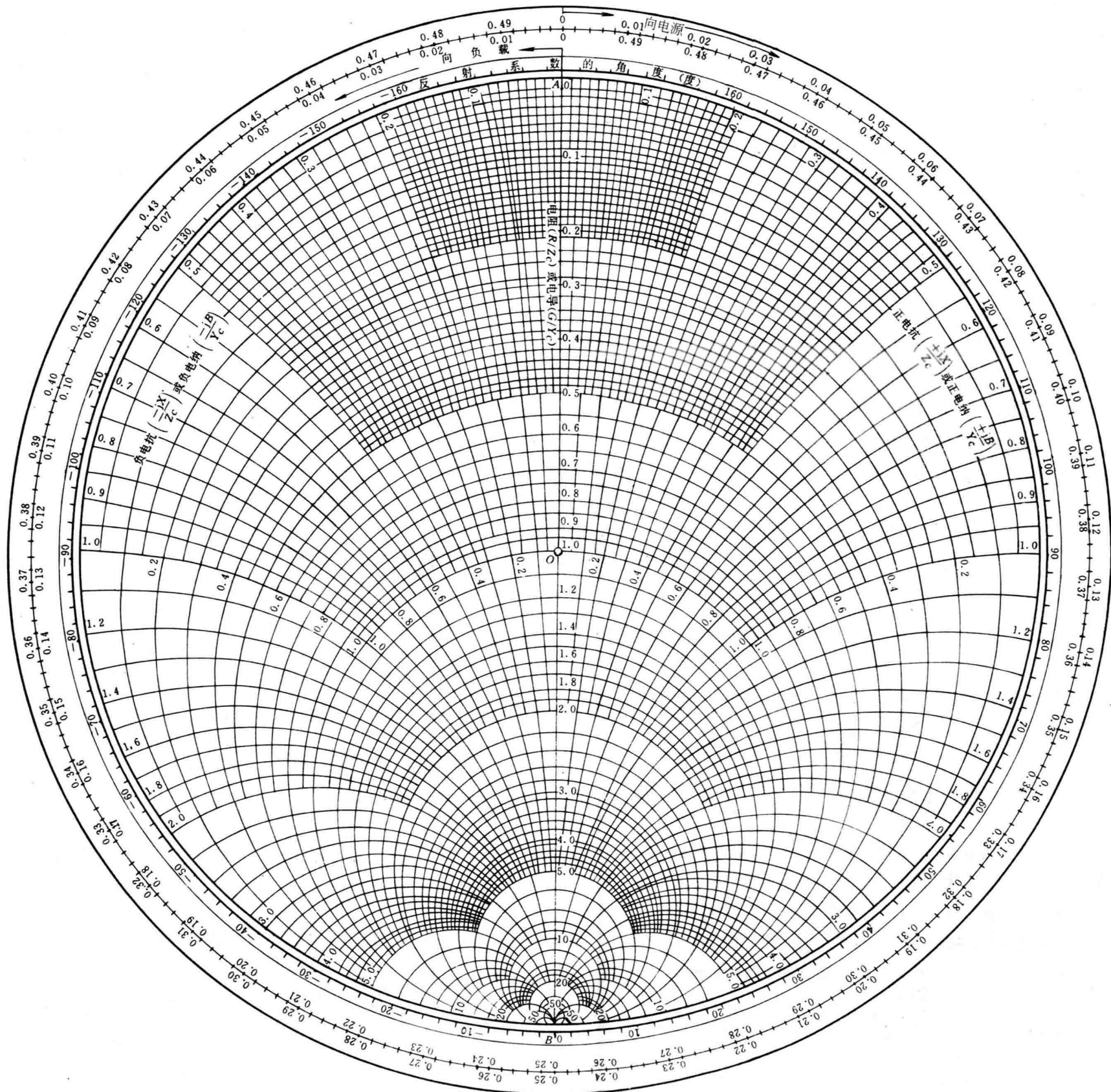
2006年5月



# 主要上标下标正体的变量

$J_c$	传导电流密度	$\gamma_A$	轴比 Axial ratio
$J_v$	运流电流密度	$j^m$	磁流密度
$J_t$	全电流密度	$F_a$	阵因子
$J_e$	外加场源电流密度		
		$e_r$	天线辐射效率
$I_d$	位移电流 (displacement)	$e_a$	天线效率
$I_c$	传导电流	$A_e$	天线有效面积
$I_v$	运流电流	$P_t$	发射天线输入功率
$E_e$	外加电场	$E_s H_s$	散射场
$J_s$	面电流密度	$\sigma_r$	雷达散射截面 (Radar Cross Section)
$\psi_m$	磁通量	$\sigma_t$	总散射截面 (total Cross Section)
$E_i$	induced 感应电场	$\theta_i$	入射角
$E_q$	库仑电场	$\theta_t$	折射角
$\rho_l$	线电荷密度	$t_p$	滞后时间
$\rho_v$	体电荷密度	$E_i H_i$	入射波场
$\rho_s$	面电荷密度	$E_t H_t$	透射波场
$\omega_e$	电场能量密度	$E_r H_r$	反射波场
$\omega_m$	磁场能量密度	$e_s$	漏溢效率 spillover
$\epsilon_r$	相对介电常数		
$p_e$	电偶极子电矩		
$x_e$	电极化率		
$W_e$	电场总功		
$\sigma_c$	黄铜电导率		
$E_e$	} 电磁场有效值		
$H_e$			
$\phi_i$	电流相位		
$\phi_u$	电压相位		
$V_p$	相速		
$\eta_c$	复数波阻抗		
$z_s$	表面阻抗		
$R_s$	表面电阻		
$X_s$	表面电抗		

# 史密斯圆图



# 目 录

绪论 .....	1
<b>第 1 章 矢量分析</b> .....	<b>3</b>
1.1 矢量代数 .....	3
1.1.1 矢量表示法与和差运算 .....	3
1.1.2 矢量的乘法 .....	4
1.1.3 三重积 .....	5
1.2 矢量场的通量与散度及散度定理 .....	6
1.2.1 矢量场的通量 .....	6
1.2.2 散度的定义与运算 .....	7
1.2.3 散度定理 .....	9
1.3 矢量场的环量、旋度及斯托克斯定理 .....	11
1.3.1 矢量场的环量 .....	11
1.3.2 旋度的定义与运算 .....	11
1.3.3 斯托克斯定理 .....	13
1.4 标量场的方向导数与梯度及格林定理 .....	15
1.4.1 标量场的方向导数与梯度 .....	15
1.4.2 格林定理 .....	17
1.5 亥姆霍兹定理 .....	19
1.5.1 散度和旋度的比较 .....	19
1.5.2 亥姆霍兹定理 .....	20
1.6 曲面坐标系 .....	21
1.6.1 圆柱坐标系 .....	21
1.6.2 球面坐标系 .....	22
1.6.3 三种坐标系的变换 .....	23
1.6.4 场论运算公式 .....	24
习题 .....	28
<b>第 2 章 电磁场基本方程</b> .....	<b>30</b>
2.1 静态电磁场的基本定律和基本场矢量 .....	30
2.1.1 库仑定律和电场强度 .....	30
2.1.2 高斯定理与电通密度 .....	32

2.1.3	电流密度与电荷守恒定律 .....	36
2.1.4	毕奥-萨伐定律与磁通密度 .....	37
2.1.5	磁通连续性原理与安培环路定律及磁场强度 .....	40
2.2	法拉第电磁感应定律和全电流定律 .....	41
2.2.1	法拉第电磁感应定律 .....	41
2.2.2	位移电流和全电流定律 .....	42
2.2.3	全电流连续性原理 .....	44
2.3	麦克斯韦方程组 .....	45
2.3.1	麦克斯韦方程组的微分形式与积分形式 .....	45
2.3.2	本构关系和波动方程 .....	48
2.3.3	电磁场的位函数 .....	49
2.4	电磁场的边界条件 .....	52
2.4.1	一般情形 .....	52
2.4.2	两种常见情形 .....	53
2.5	坡印廷定理和坡印廷矢量 .....	56
2.5.1	坡印廷定理的推导和意义 .....	56
2.5.2	坡印廷矢量 .....	57
2.5.3	场与路的一些对应关系 .....	59
2.6	唯一性定理 .....	60
	习题 .....	61
<b>第3章</b>	<b>静电场及其边值问题的解法 .....</b>	<b>63</b>
3.1	静电场基本方程与电位方程 .....	63
3.1.1	静电场基本方程 .....	63
3.1.2	电位定义 .....	64
3.1.3	电位方程 .....	65
*3.2	静电场中的介质 .....	69
3.2.1	介质的极化 .....	69
3.2.2	介质中的高斯定理与相对介电常数 .....	70
3.3	静电场中的导体与电容 .....	72
3.3.1	静电场中的导体 .....	72
3.3.2	电容 .....	73
*3.3.3	导体系统的部分电容 .....	75
3.4	静电场的能量和电场力 .....	79
3.4.1	静电场的能量 .....	79
3.4.2	用场量表示的电场能量 .....	80
3.4.3	电场力 .....	80
3.5	静电场的边界条件 .....	83
3.5.1	$\bar{E}$ 和 $\bar{D}$ 的边界条件 .....	83

3.5.2	电位的边界条件 .....	84
3.6	静电场边值问题与镜像法 .....	87
3.6.1	静电场边值问题 .....	87
3.6.2	静电场唯一性定理 .....	87
3.6.3	镜像法 .....	88
3.7	分离变量法 .....	91
3.7.1	直角坐标系中的分离变量法 .....	91
*3.7.2	圆柱坐标系中的分离变量法 .....	97
习题	.....	102
<b>第 4 章</b>	<b>恒定电场和恒定磁场 .....</b>	<b>106</b>
4.1	恒定电场 .....	106
4.1.1	恒定电场的基本方程 .....	106
4.1.2	恒定电场的边界条件 .....	107
4.1.3	静电比拟法 .....	107
4.2	恒定磁场的基本方程和边界条件 .....	109
4.2.1	恒定磁场的基本方程 .....	110
4.2.2	恒定磁场的边界条件 .....	110
4.3	恒定磁场的矢量磁位 .....	112
4.3.1	磁矢位 $\bar{A}$ 的定义与方程 .....	112
4.3.2	$\bar{A}$ 的微分方程与积分表示式 .....	113
*4.3.3	$\bar{A}$ 的边界条件 .....	114
4.4	电感 .....	115
4.4.1	自感 .....	115
4.4.2	互感 .....	120
*4.5	恒定磁场的能量和磁场力 .....	122
4.5.1	恒定磁场的能量 .....	122
4.5.2	磁场力 .....	124
习题	.....	125
<b>第 5 章</b>	<b>时变电磁场和平面电磁波 .....</b>	<b>128</b>
5.1	时谐电磁场的复数表示 .....	128
5.1.1	复数 .....	128
5.1.2	复矢量 .....	129
5.2	复数形式的麦克斯韦方程组 .....	130
5.2.1	复数形式的麦氏方程组 .....	130
5.2.2	复数形式的波动方程和边界条件 .....	131
5.3	复坡印廷矢量和复坡印廷定理 .....	132
5.3.1	复坡印廷矢量 .....	132

5.3.2	复坡印廷定理 .....	133
5.4	理想介质中的平面波 .....	135
5.4.1	平面波的电磁场 .....	135
5.4.2	平面波的传播特性 .....	137
5.4.3	电磁波谱 .....	140
5.5	导电媒质中的平面波 .....	141
5.5.1	导电媒质的分类 .....	141
5.5.2	平面波在导电媒质中的传播特性 .....	142
5.5.3	平面波在良导体中的传播特性及集肤深度和表面电阻 .....	147
*5.5.4	电磁波对人体的热效应 .....	152
*5.6	等离子体中的平面波 .....	153
5.6.1	等离子体的等效介电常数 .....	153
5.6.2	平面波在等离子体中的传播特性 .....	154
5.7	电磁波的极化 .....	155
5.7.1	线极化 .....	155
5.7.2	圆极化 .....	156
5.7.3	椭圆极化 .....	157
5.7.4	圆极化波的应用 .....	159
习题	.....	161
<b>第6章</b>	<b>平面电磁波的反射与折射 .....</b>	<b>164</b>
6.1	平面波对平面边界的垂直入射 .....	164
6.1.1	对理想导体的垂直入射 .....	164
6.1.2	对理想介质的垂直入射 .....	166
*6.1.3	对多层边界的垂直入射 .....	171
6.2	平面波对理想导体的斜入射 .....	174
6.2.1	沿任意方向传播的平面波 .....	174
6.2.2	垂直极化波对理想导体的斜入射与快波 .....	176
6.2.3	平行极化波对理想导体的斜入射 .....	180
6.3	平面波对理想介质的斜入射 .....	182
6.3.1	相位匹配条件和斯奈尔定律 .....	182
6.3.2	菲涅耳公式 .....	185
6.4	全折射和全反射 .....	188
6.4.1	全折射 .....	188
6.4.2	全反射与慢波 .....	190
6.4.3	光纤通信 .....	193
习题	.....	194

<b>第 7 章 电磁波的辐射与散射</b> .....	198
7.1 时谐电磁场的位函数 .....	198
7.1.1 时谐场位函数的定义与方程 .....	198
7.1.2 时谐场位函数的求解与格林函数 .....	198
7.2 电流元的辐射 .....	200
7.2.1 定义与其电磁场 .....	200
7.2.2 近区场 .....	202
7.2.3 远区场 .....	203
7.2.4 辐射方向图 .....	205
7.2.5 辐射功率和辐射电阻 .....	206
7.3 对偶原理及磁流元的辐射 .....	207
7.3.1 广义麦克斯韦方程组与对偶原理 .....	207
7.3.2 磁流元和小电流环的辐射 .....	208
7.4 等效原理与惠更斯元的辐射 .....	210
7.4.1 等效原理 .....	211
7.4.2 惠更斯元的辐射 .....	212
7.5 电磁波的散射 .....	214
7.5.1 散射场定义与瑞利散利 .....	214
7.5.2 雷达散射截面 .....	216
习题 .....	217
<b>第 8 章 天线基础</b> .....	219
8.1 天线的功能与分类 .....	219
8.1.1 天线的功能 .....	219
8.1.2 天线的分类 .....	220
8.2 天线电参数和传输方程 .....	221
8.2.1 方向系数 .....	221
8.2.2 辐射效率和增益 .....	222
8.2.3 输入阻抗与带宽 .....	223
8.2.4 有效面积与传输方程 .....	223
8.3 对称振子 .....	227
8.3.1 对称振子的电流分布和远区场 .....	227
8.3.2 对称振子的方向图、辐射电阻和方向系数 .....	229
8.3.3 对称振子的输入阻抗 .....	231
8.4 天线阵 .....	232
8.4.1 二元边射阵与方向图乘积定理 .....	232
8.4.2 二元端射阵 .....	234
8.4.3 $N$ 元边射阵 .....	235

8.5	微带天线 .....	239
8.5.1	引言 .....	239
8.5.2	微带天线工作原理 .....	240
*8.5.3	微带贴片天线分析 .....	241
8.6	抛物面天线 .....	244
8.6.1	抛物面的几何关系和几何光学特性 .....	244
*8.6.2	口径天线的辐射场和方向性 .....	245
*8.6.3	抛物面天线的方向图和方向系数 .....	249
8.7	互易定理与天线方向图的测试 .....	254
8.7.1	互易定理的一般形式 .....	254
8.7.2	收发天线方向图的互易性与方向图的测试 .....	255
	习题 .....	256
<b>第9章</b>	<b>射频传输线 .....</b>	<b>259</b>
9.1	传输线中的导行电磁波 .....	259
9.1.1	纵向场法 .....	259
9.1.2	导行波的分类 .....	261
9.2	矩形波导及谐振腔 .....	263
9.2.1	TE波和TM波的电磁场分量 .....	263
9.2.2	TE波和TM波的传播特性 .....	267
9.2.3	TE <sub>10</sub> 波 .....	269
9.2.4	谐振腔 .....	273
9.3	同轴线 .....	277
9.3.1	同轴线的传输特性 .....	277
*9.3.2	同轴线的高次模 .....	279
9.4	微带线 .....	282
9.4.1	微带线的传输模式 .....	283
9.4.2	微带线的准静态特性参量 .....	283
9.5	双导线 .....	285
9.5.1	传输线方程及其解 .....	285
9.5.2	传播常数和特性阻抗 .....	287
9.6	端接负载的无耗传输线 .....	290
9.6.1	端接任意负载阻抗的无耗长线 .....	290
9.6.2	几种典型情形 .....	292
9.7	史密斯圆图与阻抗匹配 .....	295
9.7.1	史密斯圆图 .....	295
9.7.2	传输线匹配的意义 .....	299
9.7.3	传输线的阻抗匹配 .....	301
	习题 .....	305



---

<b>附录 A 矢量分析公式</b> .....	308
A.1 矢量恒等式 .....	308
A.2 矢量微分算子 .....	309
A.3 坐标变换 .....	310
<b>附录 B 常用数学公式和常数</b> .....	311
B.1 三角函数 .....	311
B.2 双曲函数 .....	312
B.3 对数 .....	313
B.4 级数 .....	313
B.5 常数与换算 .....	314
<b>附录 C 符号和单位</b> .....	316
<b>附录 D 无线电频段划分</b> .....	318
<b>附录 E 国产矩形波导标准尺寸</b> .....	320
<b>附录 F 主要人名编年表</b> .....	322
<b>参考文献</b> .....	323