

国外电子与通信教材系列

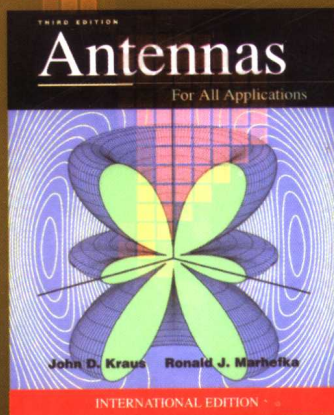
约翰·克劳斯

天线

(第三版)(上册)

Antennas: For All Applications

Third Edition



[美] John D. Kraus 著
Ronald J. Marhefka 著
章文勋 译

Mc
Graw
Hill



电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
<http://www.phei.com.cn>

作者力作
经典力作

国外电子与通信教材系列

天 线

(第三版)

(上册)

Antennas: For All Applications
Third Edition

[美] John D. Kraus 著
Ronald J. Marhefka

章文勋 译

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是关于天线的经典著作,全面覆盖了有关天线的各方面内容。为了适应国内教学的需要,翻译版根据各章内容深浅层次的不同,分为上、下两册出版。上册为前12章,介绍了天线的各种基础知识。下册为后12章,详细展开这些内容。上下册的内容分别针对本科教学和研究生教学进行组织。书中包括大量实例和习题,便于读者实践掌握。全书图文并茂,更有助于读者的直观理解。书中加入了包括无线革命在内的许多全新的现代应用,对参考文献列表也进行了相应的更新。本书概念清晰,层次分明。无论读者需要的是仅介绍天线基础知识的一个学期的课程,还是更深入的进一步学习,本书都能够提供切实的帮助。

本书可作为相关专业高等院校的本科生和研究生的教学用书,以及工程技术人员的参考用书。

John D. Kraus, Ronald J. Marhefka : *Antennas: For All Applications, Third Edition*

ISBN 0-07-112240-0

Copyright © 2002 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) Co. and Publishing House of Electronics Industry. Copyright © 2004.

本书中文简体字翻译版由电子工业出版社和美国麦格劳-希尔教育出版(亚洲)公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。
本书封面贴有 McGraw-Hill 公司激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字:01-2002-2859

图书在版编目(CIP)数据

天线(第三版)(上册)/(美)克劳斯(Kraus, J. D.)等著;章文勋译.-北京:电子工业出版社,2004.4
(国外电子与通信教材系列)

书名原文:Antennas: For All Applications, Third Edition

ISBN 7-5053-9340-5

I. 天... II. ①克... ②章... III. 天线-教材 IV. TN82

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第024299号



责任编辑:马 岚 刘 静

印 刷:北京兴华印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

经 销:各地新华书店

开 本:787 × 1092 1/16 印张:26.5 字数:678千字

印 次:2005年2月第2次印刷

定 价:39.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

序

2001年7月间,电子工业出版社的领导同志邀请各高校十几位通信领域方面的老师,商量引进国外教材问题。与会同志对出版社提出的计划十分赞同,大家认为,这对我国通信事业、特别是对高等院校通信学科的教学工作会很有好处。

教材建设是高校教学建设的主要内容之一。编写、出版一本好的教材,意味着开设了一门好的课程,甚至可能预示着一个崭新学科的诞生。20世纪40年代MIT林肯实验室出版的一套28本雷达丛书,对近代电子学科、特别是对雷达技术的推动作用,就是一个很好的例子。

我国领导部门对教材建设一直非常重视。20世纪80年代,在原教委教材编审委员会的领导下,汇集了高等院校几百位富有教学经验的专家,编写、出版了一大批教材;很多院校还根据学校的特点和需要,陆续编写了大量的讲义和参考书。这些教材对高校的教学工作发挥了极好的作用。近年来,随着教学改革不断深入和科学技术的飞速进步,有的教材内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,特别是在电子学和通信技术发展神速、可以讲是日新月异的今天,如何适应这种情况,更是一个必须认真考虑的问题。解决这个问题,除了依靠高校的老师 and 专家撰写新的符合要求的教科书外,引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,是会有好处的。

一年多来,电子工业出版社为此做了很多工作。他们成立了一个“国外电子与通信教材系列”项目组,选派了富有经验的业务骨干负责有关工作,收集了230余种通信教材和参考书的详细资料,调来了100余种原版教材样书,依靠由20余位专家组成的出版委员会,从中精选了40多种,内容丰富,覆盖了电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等方面,既可作为通信专业本科生和研究生的教学用书,也可作为有关专业人员的参考材料。此外,这批教材,有的翻译为中文,还有部分教材直接影印出版,以供教师用英语直接授课。希望这些教材的引进和出版对高校通信教学和教材改革能起一定作用。

在这里,我还要感谢参加工作的各位教授、专家、老师与参加翻译、编辑和出版的同志们。各位专家认真负责、严谨细致、不辞辛劳、不怕琐碎和精益求精的态度,充分体现了中国教育工作者和出版工作者的良好美德。

随着我国经济建设的发展和科学技术的不断进步,对高校教学工作会不断提出新的要求和希望。我想,无论如何,要做好引进国外教材的工作,一定要联系我国的实际。教材和学术专著不同,既要注意科学性、学术性,也要重视可读性,要深入浅出,便于读者自学;引进的教材要适应高校教学改革的需要,针对目前一些教材内容较为陈旧的问题,有目的地引进一些先进的和正在发展中的交叉学科的参考书;要与国内出版的教材相配套,安排好出版英文原版教材和翻译教材的比例。我们努力使这套教材能尽量满足上述要求,希望它们能放在学生们的课桌上,发挥一定的作用。

最后,预祝“国外电子与通信教材系列”项目取得成功,为我国电子与通信教学和通信产业的发展培土施肥。也恳切希望读者能对这些书籍的不足之处、特别是翻译中存在的问题,提出意见和建议,以便再版时更正。



中国工程院院士、清华大学教授
“国外电子与通信教材系列”出版委员会主任

出版说明

进入21世纪以来,我国信息产业在生产和科研方面都大大加快了发展速度,并已成为国民经济发展的支柱产业之一。但是,与世界上其他信息产业发达的国家相比,我国在技术开发、教育培训等方面都还存在着较大的差距。特别是在加入WTO后的今天,我国信息产业面临着国外竞争对手的严峻挑战。

作为我国信息产业的专业科技出版社,我们始终关注着全球电子信息技术的发展方向,始终把引进国外优秀电子与通信信息技术教材和专业书籍放在我们工作的重要位置上。在2000年至2001年间,我社先后从世界著名出版公司引进出版了40余种教材,形成了一套“国外计算机科学教材系列”,在全国高校以及科研部门中受到了欢迎和好评,得到了计算机领域的广大教师与科研工作者的充分肯定。

引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,将有助于我国信息产业培养具有国际竞争能力的技术人才,也将有助于我国国内在电子与通信教学中掌握和跟踪国际发展水平。根据国内信息产业的现状、教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的指示精神以及高等院校老师们反映的各种意见,我们决定引进“国外电子与通信教材系列”,并随后开展了大量准备工作。此次引进的国外电子与通信教材均来自国际著名出版商,其中影印教材约占一半。教材内容涉及的学科方向包括电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等,其中既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。我们还将与国外出版商一起,陆续推出一些教材的教学支持资料,为授课教师提供帮助。

此外,“国外电子与通信教材系列”的引进和出版工作得到了教育部高等教育司的大力支持和帮助,其中的部分引进教材已通过“教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导委员会”的审核,并得到教育部高等教育司的批准,纳入了“教育部高等教育司推荐——国外优秀信息科学与技术系列教学用书”。

为作好该系列教材的翻译工作,我们聘请了清华大学、北京大学、北京邮电大学、东南大学、西安交通大学、天津大学、西安电子科技大学、电子科技大学等著名高校的教授和骨干教师参与教材的翻译和审校工作。许多教授在国内电子与通信专业领域享有较高的声望,具有丰富的教学经验,他们的渊博学识从根本上保证了教材的翻译质量和专业学术方面的严格与准确。我们在此对他们的辛勤工作与贡献表示衷心的感谢。此外,对于编辑的选择,我们达到了专业对口;对于从英文原书中发现的错误,我们通过与作者联络、从网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订;同时,我们对审校、排版、印制质量进行了严格把关。

今后,我们将进一步加强同各高校教师的密切关系,努力引进更多的国外优秀教材和教学参考书,为我国电子与通信教材达到世界先进水平而努力。由于我们对国内外电子与通信教育的发展仍存在一些认识上的不足,在选题、翻译、出版等方面的工作中还有许多需要改进的地方,恳请广大师生和读者提出批评及建议。

电子工业出版社

教材出版委员会

- | | | |
|-----|------------|--|
| 主任 | 吴佑寿 | 中国工程院院士、清华大学教授 |
| 副主任 | 林金桐
杨千里 | 北京邮电大学校长、教授、博士生导师
总参通信部副部长、中国电子学会会士、副理事长
中国通信学会常务理事 |
| 委员 | 林孝康 | 清华大学教授、博士生导师、电子工程系副主任、通信与微波研究所所长
教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员 |
| | 徐安士 | 北京大学教授、博士生导师、电子学系副主任
教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员 |
| | 樊昌信 | 西安电子科技大学教授、博士生导师
中国通信学会理事、IEEE 会士 |
| | 程时昕 | 东南大学教授、博士生导师
移动通信国家重点实验室主任 |
| | 郁道银 | 天津大学副校长、教授、博士生导师
教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员 |
| | 阮秋琦 | 北方交通大学教授、博士生导师
计算机与信息技术学院院长、信息科学研究所所长 |
| | 张晓林 | 北京航空航天大学教授、博士生导师、电子工程系主任
教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导委员会委员 |
| | 郑宝玉 | 南京邮电学院副院长、教授、博士生导师
教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员 |
| | 朱世华 | 西安交通大学教授、博士生导师、电子与信息工程学院院长
教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员 |
| | 彭启琮 | 电子科技大学教授、博士生导师、通信与信息工程学院院长
教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导委员会委员 |
| | 徐重阳 | 华中科技大学教授、博士生导师、电子科学与技术系主任
教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员 |
| | 毛军发 | 上海交通大学教授、博士生导师、电子信息学院副院长
教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员 |
| | 赵尔沅 | 北京邮电大学教授、教材建设委员会主任 |
| | 钟允若 | 原邮电科学研究院副院长、总工程师 |
| | 刘彩 | 中国通信学会副理事长、秘书长 |
| | 杜振民 | 电子工业出版社副社长 |

原书作者致译者的一封信

We are pleased that *Antennas for All Applications* has been translated into Chinese, a language used by more people than any other. And we thank Prof. Wen Xun Zhang for his excellent translation.

John D. Kraus & Ronald J. Marhefka

译 文

中文是世界上使用人数最多的语言。“*Antennas for All Applications*”一书被译为中文出版，作者深感荣幸。同时，对章文勋教授的出色翻译，作者深表感谢。

原书作者

John D. Kraus & Ronald J. Marhefka

译者序

天线作为国内高校的一门专业课程,其自编教材始于原南京工学院(今东南大学的前身)陆钟祚教授所撰的《实用无线电天线》(中国科学技术仪器公司,1951年)。此后不久,国内全面仿效前苏联的教学体系,谢处方先生在南京工学院开设了“电波与天线”课程,随后出版了同名教材上、下册(人民邮电出版社,1958年),即被众多高校所采用。与此同时,若干俄文的天线教材和参考书被陆续译成中文,多种非公开出版的国内自编教材或讲义也担当过重要角色。在此时期引进的少数英文的天线教材中,就有 John D. Kraus 的“Antennas”(McGraw-Hill, 1950)一书。该书以作者所发明的螺旋天线和夹角反射器天线为特色而有别于其他教材,可惜未能被当时的教材体系所接受。

经历了上世纪 60,70 年代政治动乱的停顿,高校复课迎来了百废俱兴的繁荣局面。分属不同行政部门的教材编审委员会曾拟订了各种层次的教材出版计划,有适用于本科用多学时或少学时天线课程的基础教材;也有适用于研究生的专题性天线教学参考书。其中不乏叙述清楚、结构严谨的佳作,对普及天线教学、提高天线人才的培养质量功不可没。可是,本科教材的大纲基本沿循了前苏联教材的严谨而不够生动、详尽而缺少启发的模式;研究生参考书虽则题材多样、内容丰富,但仍似本科教材模式在较高层次的复现,不便于用做单门天线课程的教材。其间,流传较广的有谢处方、丘文杰合编的本科教材《天线原理与设计》(西北电讯工程学院出版社,1985年)和任朗教授的专著《天线理论基础》(人民邮电出版社,1980年)等。

上世纪 80 年代,国际上也迎来了天线教材出版的高峰时期。相继面市的有研究生与高年级本科生兼用的教材:W. L. Stutzman & G. A. Thiele 的“Antenna Theory and Design”(John Wiley & Sons, 1981), R. S. Elliott 的“Antenna Theory and Design”(Prentice Hall, 1981), C. A. Balanis 的“Antenna Theory: analysis and design”(John Wiley & Sons, 1982), R. E. Collin 的“Antennas and Radiowave Propagation”(McGraw-Hill, 1984)等;以及本科教材 K. F. Lee 的“Principles of Antenna Theory”(John Wiley & Sons, 1984)等。这些教材的引进,在一定程度上影响了国内的教学实践,尤其是 C. A. Balanis 著作的第二版(1997)在国内外倍受推崇,堪称国际流行的优秀教材。然而,所有这些教材都带有侧重理论、原理的“学院式”倾向。

最近,John D. Kraus & Ronald J. Marhefka 合著的“Antennas”(Third Edition, 2002),其书名加有副标题“for all applications”(适合所有的应用)。确实,本书以其丰富的内容涵盖、广泛的应用联系,以及逾千幅图释、数百道例题和习题,提供了原理论述与工程实例相结合的典范。它为天线课程开创了一种新的教学模式,并兼有工程技术人员进修参考书的功能。

电子工业出版社致力于引进国外优秀教材,慧眼优选出了本书的原版样书。译者承编辑部之约请,盛情难却,更受本书内容特色之吸引而欣然从命,执笔译成中文版。为适应本科生和研究生不同阶段的教学需要,出版社采纳译者的建议,将本书分成上、下两册出版。

译者虽从教四十五载,积有多年天线教学和研发之经验,但面对如此内容浩瀚的巨著,顿感力不从心、才疏学浅,只能勉力而为之。故此,书中译词失当、疏误之处难免,敬请读者不吝指正。

章文勋 于南京
2003年12月15日

前 言

本书新版较前两版更好地陈述了天线的基本要点,并扩充了最新的无线通信应用的内容。全书结构可按前 12 章和后 12 章分成两门课程,具有多种选配组合的灵活性。

第 1 章“引论”介绍有关符号和记号的知识,并附列了一些有用的图表。第 2 章“天线基础”包含基本的天线概念和天线语言。在第 3 章中将简述从偶极子到贴片等 20 余种天线。第 4 章介绍点源及其场强、功率、相位的波瓣图。点源的边射阵和端射阵则在第 5 章(上)中介绍。接着,第 6 章讨论了电偶极子和直天线及其阵列。各种环天线及其特性在第 7 章中叙述。第 8 章(上)是螺旋聚束天线和八木-宇田天线的引论,第 8 章(下)则是对螺旋天线的详细讨论。第 9 章介绍缝隙天线、贴片天线和喇叭天线。第 10 章阐述平板和夹角反射器以及抛物面反射镜天线。第 11 章讨论宽频带和非频变天线。第 12 章介绍天线温度、遥感和雷达截面。以上是第一门天线课程的建议章节。

第二门天线课程的建议章节可包含第 5 章(下)对点源阵内容的拓展,第 8 章(下)对螺旋天线的深入理解,以及第 9 章对缝隙天线和喇叭天线的更多知识。然后顺序介绍自阻抗与互阻抗(第 13 章)、柱型天线(第 14 章)、口径分布与远场波瓣图之间的傅里叶变换关系(第 15 章)、偶极子阵和口径阵(第 16 章)以及透镜天线(第 17 章)。第 18 章阐述频率选择表面和周期结构,第 19 章是对实用大型口径天线的设计考虑。第 20 章给出若干大型或独特天线的实例。第 21 章介绍了很多特殊用途的天线,包括移动电话天线、仪表着陆系统(ILS, Instrument Landing System)天线、近地轨道(LEO, Low Earth Orbit)卫星天线,等等。第 22 章详细介绍了物理尺寸很小的亚毫米波天线。第 23 章介绍关于平衡-非平衡转换器、变换器、陷波器等的有用知识。最后,第 24 章给出了当代天线测量的完整知识。附录中包含许多有用的表格、参考文献和计算机程序。

本书的特色是配有大量辅助图示、透彻而富有挑战性的习题集以及丰富的参考文献。下面附有建议的课程设置。当然,也可以有多种不同的选配方案。可以将靠后的一些章节加入第一门天线课程,如第 21 章中的某些内容可适时地用做第一门天线课程的实例。请读者访问本书的网页 www.antennas3.com,以制订出特定的课程计划。

虽然本书是按教科书来编写的,但其中包含的丰富知识,即使是对于从事实践的工程师来说,也仿佛是一座真正的“金矿”。因为书中包含了数以百计的工作实例,有助于将理论转化为实际。

作者们对众多同仁的协助深表感谢,他们是:

Prof. Ben A. Munk, ElectroScience Laboratory, Ohio State University, for his chapters on *Frequency Selective Surfaces* and *Baluns, etc.*

Prof. Arto Lehto and Pertti Vainikainen of the Helsinki University of Technology Radio Laboratory for their chapter on *Measurements*.

Prof. Pertti Vainikainen for his section on *Antennas for Terrestrial Mobile Communication*.

Dr. Edward H. Newman, ElectroScience Laboratory, Ohio State University for his section on *Self-impedance, Radar Cross Section and Mutual Impedance of Short Dipoles by the Method of Moments*.

Prof. Warren Perger, Michigan Technological University for class testing the new manuscript.

Dr. Spencer Webb, AntennaSys, Inc. for assistance on patch and other antennas.

Prof. Jonathan Young, ElectroScience Laboratory, Ohio State University, for assistance on *Ultra Wide Band Antennas for Digital Applications*.

Dr. Brian Baertlein, ElectroScience Laboratory, Ohio State University, for assistance on the *600 THz Antenna*.

Dr. Steven Ellingson, ElectroScience Laboratory, Ohio State University for assistance on the *Argus Array*.

Prof. Richard McFarland, School of Avionics, Ohio University, for assistance on *Instrument Landing System Antennas*.

Dr. Fred J. Dietrich, FD Engineering and Globalstar, for assistance on *Low Earth Orbit Satellite Antennas*.

Dr. Edward E. Altshuler, Air Force Research Laboratory, for assistance on *Genetic Algorithm Antennas*.

Prof. Christopher Walker, Dept. of Astronomy, University of Arizona for sections on *Terahertz Antennas*.

Dr. Eric Walton, ElectroScience Laboratory, Ohio State University for assistance on *Instrument Landing System Antennas*.

Dr. Richard Mallozzi, General Electric Research Laboratory, Schenectady, N.Y., for assistance on many topics.

Drs. James C. Logan and John W. Rockway, EM Scientific, for contributing computer programs available on the book's web site.

感谢本书评阅者对手稿的有益建议,他们是 McGraw-Hill 的项目组:主编 Catherine Fields, 执行主编 Emily Lupash 和项目经理 Marilyn Rothenberger。

感谢 Jerry Ehman 博士和 Erich Pacht 博士认真的编辑加工。作者们还要分别感谢他们各自的妻子 Alice Kraus 和 Deborah Marhefka 以耐心和关爱所给予的支持。

John Kraus & Ronald Marhefka

附言 1: 虽经极其仔细的审校,书中谬误在所难免,笔者竭诚欢迎指正。可给 Ronald Marhefka 发电子邮件至 marhefka.1@osu.edu。

附言 2: 据统计,本书(英文原版)超出 900 页,其中包含 1200 多幅图、130 个例题、75 个表格、300 多道习题、近 900 篇参考文献以及一套多于 2200 词条的索引可供快速接入主题。

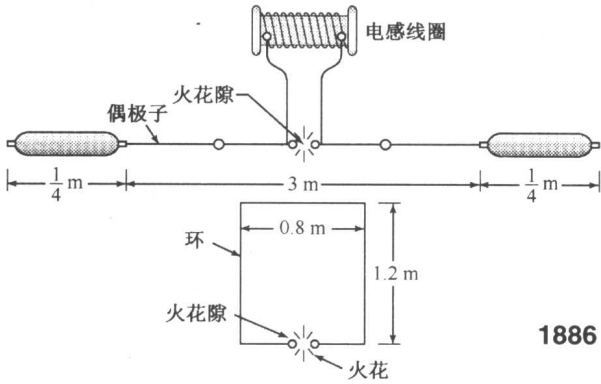
建议的课程设置

每节课平均 8 页

第一学期	1/2年的学期	1/4年的学期
章次	节数	节数
1	1	1
2	5	5
3	2	2
4	2	2
5(上)	4	4
测验	1	1
6	4	2
7	3	3
8(上)	4	3
9	4	3
10	4	2
测验	1	
11	2	1
12	3	1
测验		1
15	2	合计 30
21	2	
测验	1	
	合计 45	

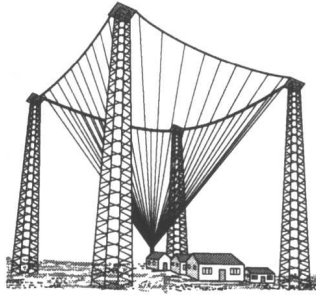
第二学期	1/2年的学期	1/4年的学期
章次	节数	节数
5(下)	4	3
8(下)	2	1
9	2	1
13	3	2
14	4	3
测验	1	1
15	3	2
16	5	4
17	2	1
18	2	1
19	2	1
20	1	1
测验	1	
21	5	4
22	1	1/2
23	1	1/2
24	5	3
测验	1	
	合计 45	合计 30

从赫兹天线到手持天线的一个世纪



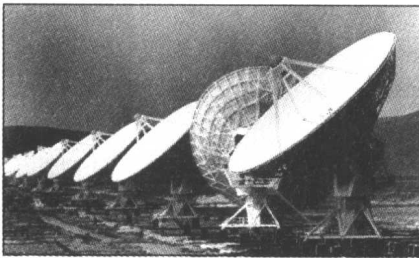
1886

海因里希·赫兹 (Heinrich Hertz) 的终端加载偶极子发射天线和半波谐振环接收天线工作于 8 m 波长。在德国卡尔斯洛的赫兹实验室中,电感线圈在偶极子的间隙中所产生的火花,导致相距数米远的环隙中也产生了火花。这就是首个无线电链路,也是最早的用于无线电的偶极子天线和环天线。



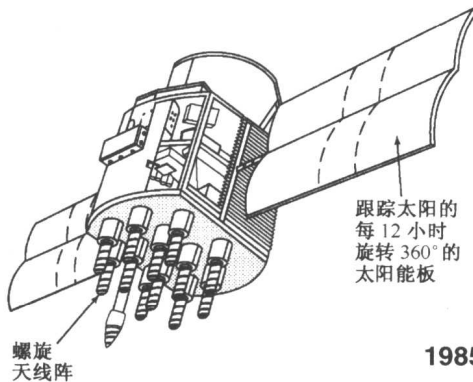
1905

古利莫·马可尼 (Guglielmo Marconi) 在英格兰波尔多架设的方锥天线,发射波长为 1000 m 的信号。



1980

工作在厘米波长的甚大阵 (VLA) 由 27 个直径各为 25 m 的可转向抛物面碟形天线组成,用于观测数亿光年以远的射电源。该阵列位于新墨西哥州索可洛附近的(美国)国立射电天文台 (National Radio Astronomy Observatory)。



1985

20 000 km 的中高度地球轨道上 24 颗全球定位卫星 (GPS, Global Position Satellite) 之一所装载的螺旋天线阵。工作在 20 cm 波长,为地面或空中的客户提供所处位置(经纬度和高度)的信息,其精确度优于 1 m。



到处可见的带有半波天线的手持移动电话,工作在 30 cm 波长,可与任何人通话。

2000

目 录

第 1 章 引论	1
1.1 引言	1
1.2 量纲和单位	2
1.3 基本单位和派生单位	2
1.4 如何阅读符号和记号	3
1.5 公式和习题的编号	5
1.6 量纲分析	5
1.7 电磁频谱与无线电频段	6
参考文献	7
第 2 章 天线基础	8
2.1 引言	8
2.2 基本天线参量	8
2.3 波瓣图	10
2.4 波束范围或波束立体角 Ω_A	14
2.5 辐射强度	16
2.6 波束效率	16
2.7 定向性 D 和增益 G	17
2.8 定向性与分辨率	20
2.9 天线口径	21
2.10 有效高度	23
2.11 无线电通信线路	27
2.12 振荡偶极子产生的场	29
2.13 天线的场区	30
2.14 形状 - 阻抗的讨论	31
2.15 线极化、椭圆极化和圆极化	33
2.16 椭圆和圆极化波的坡印廷矢量	36
2.17 极化椭圆和庞加莱球	37
参考文献	41
习题	41
第 3 章 天线家族	45
3.1 引言	45
3.2 环形、偶极子和缝隙天线	45
3.3 张开的同轴线天线	47
3.4 张开的双导线天线	47

3.5 张开的波导天线(口径类)	48
3.6 平板反射器天线	49
3.7 抛物面和介质透镜天线	50
3.8 端射天线	51
3.9 宽频带天线:圆锥螺蛳和对数周期	51
3.10 贴片天线、贴片阵列和栅格阵列	53
参考文献	55
习题	55
第4章 点源	56
4.1 引言:点源的定义	56
4.2 功率波瓣图	57
4.3 功率定理	58
4.4 辐射强度	58
4.5 功率波瓣图举例	59
4.6 场波瓣图	63
4.7 相位波瓣图	67
习题	68
第5章(上) 点源阵	70
5.1 引言	70
5.2 两个各向同性点源的阵	70
5.3 非各向同性的相似点源和波瓣图乘法原理	76
5.4 用图乘法综合波瓣图举例	79
5.5 非各向同性的非相似点源	82
5.6 n 个各向同性点源的等幅等间距直线阵	84
5.7 n 个各向同性点源的等幅等间距阵的零方向	90
习题	93
第5章(下) 点源阵	98
5.8 非均匀幅度分布的直线边射阵的一般性讨论	98
5.9 非均匀幅度分布的直线阵与道尔夫-切比雪夫最优分布	100
5.10 道尔夫-切比雪夫分布的八源阵举例	106
5.11 八源阵幅度分布的比较	108
5.12 连续阵	109
5.13 惠更斯原理	112
5.14 惠更斯原理应用于平面波投射到平板的绕射与物理光学	114
5.15 矩形面积的边射阵	117
5.16 缺源阵和随机阵	119
5.17 边射-端射阵与环圈-偶极子的三维阵	120
5.18 n 个各向同性点源的等幅等间距阵的最(极)大方向	124

参考文献	126
习题	127
第 6 章 电偶极子和细直天线	129
6.1 短电偶极子	129
6.2 短电偶极子的场	130
6.3 短电偶极子的辐射电阻	137
6.4 细直天线	139
6.5 半波天线的辐射电阻	142
6.6 非电流最大点的辐射电阻	143
6.7 两个半波偶极子:边射和端射	144
6.8 载有均匀行波的细直天线的场	147
参考文献	152
习题	152
第 7 章 环天线	155
7.1 电小环	155
7.2 小环与短偶极子的远场比较	156
7.3 环天线的一般情况	157
7.4 载有均匀电流的圆环天线的远场波瓣图	159
7.5 作为特例的电小环	161
7.6 环的辐射电阻	162
7.7 载有均匀电流的圆环天线的定向性	164
7.8 环的公式列表	167
7.9 方环	167
7.10 辐射效率、品质因数、频带宽度和信噪比	168
参考文献	173
习题	173
第 8 章(上) 端射天线:螺旋聚束天线和八木-宇田天线	174
8.1 螺旋聚束天线的故事	174
8.2 螺旋的几何表示	179
8.3 单绕轴向模螺旋天线的实际设计考虑	181
8.4 用环取代接地平面的螺旋聚束天线	190
8.5 含有寄生单元的偶极子阵	191
8.6 八木-宇田阵的故事	194
习题	196
第 8 章(下) 螺旋天线:轴向模和其他模	198
8.7 引言	198
8.8 轴向模波瓣图和波沿单绕螺旋的传播相速	198
8.9 单绕轴向模单圈方螺旋的波瓣图	204

8.10 单绕螺旋的完整轴向模波瓣图	207
8.11 单绕轴向模螺旋天线的轴比和圆极化条件	208
8.12 单绕螺旋天线轴向模辐射的宽频带特性	212
8.13 波瓣图、频带宽度、增益、阻抗和轴比公式列表	213
8.14 载有行波的线形周期性结构的辐射,将螺旋视为周期性结构天线	214
8.15 单绕轴向模螺旋天线阵	220
8.16 单绕轴向模螺旋用做寄生单元和极化器	223
8.17 单绕轴向模螺旋天线用做移相器和移频器	225
8.18 单绕轴向模螺旋天线形成线极化	225
8.19 单绕轴向模螺旋天线用做馈源	226
8.20 渐变及其他形式的轴向模螺旋天线	228
8.21 多绕轴向模螺旋天线	229
8.22 单绕和多绕法向模螺旋天线	230
8.23 轴向模螺旋终端	233
8.24 天线旋转实验	234
8.25 双绕和四绕轴向模螺旋	235
8.26 五直线段螺旋逼近圆螺旋的遗传算法	235
参考文献	236
螺旋天线的附加参考资料	239
习题	239
第9章 缝隙天线、贴片天线和喇叭天线	240
9.1 缝隙天线	240
9.2 平板缝隙天线的波瓣图和边缘绕射	243
9.3 巴比涅原理和互补天线	246
9.4 互补屏的阻抗	248
9.5 缝隙天线的阻抗	251
9.6 柱面缝隙天线	254
9.7 贴片或微带天线	255
9.8 喇叭天线	261
9.9 矩形喇叭天线	264
9.10 波束宽度的比较	268
9.11 圆锥喇叭天线	269
9.12 加脊喇叭	269
9.13 隔膜喇叭	270
9.14 皱纹喇叭	271
9.15 口径匹配喇叭	273
参考文献	273
习题	274