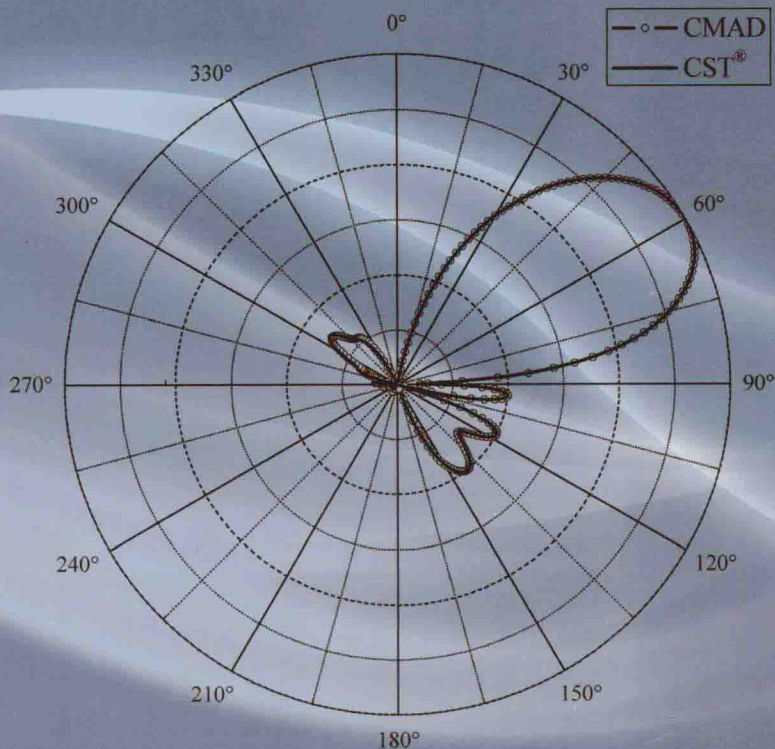
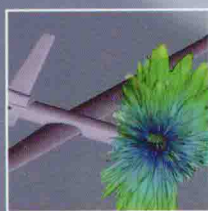
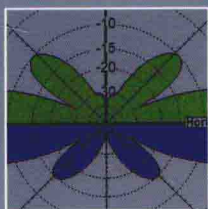




CST 天线 仿真与工程设计

Antenna Simulation and
Engineering Design with CST

◎ 金明涛 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

CST 天线仿真与工程设计

金明涛 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书使用商业电磁仿真软件 CST (Computer Simulation Technology) 的微波工作室, 分别对普通振子天线、宽带振子天线、窄带微带天线、宽带微带天线及 75Ω 特性阻抗天线进行电磁建模、仿真及分析。全书共 5 章, 精选 70 余个案例进行介绍, 这些模型全部经过 CST 2010 版本软件的仿真运算, 大部分经过了实测。读者可以在本书案例的基础上加以完善和改进, 通过使用这本书来设计所需的天线, 并使其最优化。

本书涉及大量实用的天线实例, 适合业余无线电爱好者、天线和射频技术等相关专业的工程技术人员及在校师生参考使用, 为读者的学习和实践提供有益的帮助。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

CST 天线仿真与工程设计/金明涛编著. —北京: 电子工业出版社, 2014.6

ISBN 978-7-121-23299-2

I. ①C… II. ①金… III. ①天线设计—应用软件 IV. ①TN82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 107495 号

策划编辑: 曲 昕

责任编辑: 曲 昕

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12.5 字数: 320 千字

版 次: 2014 年 6 月第 1 版

印 次: 2014 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 39.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

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。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

我想全世界的人对天线这个词都不陌生，因为现在的小朋友们都可以把“天线宝宝”讲得头头是道。但是究竟天线的设计原理是什么，通过什么手段实现仿真预测、制作加工呢？这就是我们天线工程师要探讨的问题了。

因为爱好在专业论坛里和工程师们讨论技术问题、分享心得，我曾得到很多网友的赞誉，收获了一定数量的点击率，电子工业出版社的王敬栋也建议把更多的实例进行细化出版一本书，这将会给天线设计工程师带来很大的帮助。在众多网友的鼓励下，我最终决定拿出多年的研究心得与大家分享，希望能给朋友们提供一些帮助。

本书以简单明了的方式介绍了如何使用 CST 软件进行各类典型天线的设计和分析。本书共 5 章，第 1 章简要介绍了天线的基础知识、分类、发展历史，还包括 CST 软件的界面、基本操作及天线设计的具体步骤；第 2 章以振子天线为对象，介绍了对称振子天线的计算方法，传统单极子天线、定向天线及 75Ω 天线的设计；第 3 章则介绍了全向宽带振子天线以及定向宽带振子天线的设计；第 4 章讲解了微带天线，设计与仿真分析了一般微带天线、多频微带天线，以及电小天线；第 5 章是全向宽带微带天线以及定向宽带微带天线的设计。书中随机穿插相关天线知识的问答并标注了难易水平。

本书设计分析的天线结构包含单极天线的窄带和宽带形式，以及微带天线的窄带和宽带形式。设计分析的天线结构从简单的单极子到微带天线，特点是结构简单，大部分为作者原创，具有广泛的应用价值。

本书可为电子信息和通信专业在校学生、天线爱好者、工程技术人员参考和使用。

本书的编写得到了哈尔滨工业大学张文彬博士、林澍博士，沈阳工学院付丽华老师，华中师范大学博士研究生郭林燕，以及沈飞公司魏长山高工，在理论指导、实物加工、测试等过程中的大力支持。在模型仿真过程中，帖向阳、孟阳也给予了无私帮助。张春挥同志在校对方面付出了巨大的辛劳。本书还引用大量的参考文献，在此表示深深的谢意。同时感谢与非网郭云云、电子工业出版社电子信息出版分社王敬栋社长，在他们的大力支持下，此书得以顺利出版。

本书的内容仅代表个人的观点及见解，由于笔者水平和时间有限，错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者和各位同行、专家、学者批评指正，作者邮箱是：jinmt02@126.com。

金明涛

2014 年 5 月

目 录

第 1 章 天线发展及 CST 软件简介	1
1.1 天线发展简史	1
1.2 天线主要性能参数和类型介绍	3
1.2.1 参数介绍	3
1.2.2 天线类型介绍	4
1.3 CST 软件介绍与操作	7
1.3.1 软件介绍	7
1.3.2 软件的基本操作	8
1.3.3 天线仿真计算的步骤	14
第 2 章 窄带天线的设计与仿真	39
2.1 天线功能简述	39
2.1.1 作为传感器的天线	39
2.1.2 作为变换器的天线	40
2.1.3 作为辐射器的天线	40
2.1.4 作为换能器的天线	40
2.2 对称振子的传统计算方法与实际的不同	41
2.2.1 对称振子的仿真验证	41
2.2.2 锥形对称振子之仿真比较	43
2.3 传统单极子天线介绍	44
2.3.1 单极天线振子变化时的设计与仿真	45
2.3.2 单极天线变型地板与微带匹配方法	55
2.4 定向天线的设计与仿真	61
2.4.1 一般形式的定向天线	61
2.4.2 背射天线	68
2.4.3 夹解反射天线	70
2.4.4 简易波导形定向天线	72
2.4.5 传统单极天线实现定向功能	74
2.5 75 Ω 天线设计思路	75
第 3 章 宽带振子天线仿真与实现	78
3.1 超宽带的由来与现状	78

3.2 全向宽带天线	79
3.2.1 天线带宽定义	79
3.2.2 半圆振子全向宽带天线设计与仿真	82
3.2.3 变形半圆振子全向宽带天线的设计与仿真	89
3.2.4 方形振子全向宽带天线设计与仿真	100
3.3 定向宽带天线	107
3.3.1 喇叭波导型天线	107
3.3.2 加反射板形成定向天线	109
3.4 75 Ω 宽带天线	114
第 4 章 窄带微带天线的设计与仿真	117
4.1 微带天线介绍	117
4.2 一般窄带微带天线的设计与仿真	119
4.2.1 贴片天线实际样品各性能的分析与说明	120
4.2.2 折叠辐射片微带天线	123
4.2.3 地板为非平面的微带天线	126
4.2.4 地板开缝微带天线	131
4.2.5 微带天线梯形馈线的利用	135
4.2.6 堆叠微带天线	138
4.2.7 CPW (共面波导) 馈电微带天线	139
4.2.8 端射微带天线	141
4.3 多频微带天线	144
4.3.1 “干”字形双频微带天线	144
4.3.2 “干加一横”形多频微带天线	146
4.3.3 同心圆双频微带天线	147
4.3.4 单极型双频微带	149
4.4 微带电小天线	150
4.4.1 案例一	153
4.4.2 案例二	155
第 5 章 宽带微带天线的仿真与实现	156
5.1 全向宽带微带天线	156
5.1.1 圆形加矩形辐射片宽带微带天线	157
5.1.2 半圆加三角形辐射片宽带微带天线	165
5.1.3 圆形辐射片宽带微带天线	169
5.1.4 CPW 型宽带微带天线	172
5.1.5 缝隙型宽带微带天线	181
5.2 宽带定向微带天线	188

第 1 章

天线发展及 CST 软件简介

天线做为无线通信系统中的标准配件，其地位和作用就相当于人的眼睛和耳朵，耳聪目明是一个人必备的素质，那么天线就是通信系统的千里眼、顺风耳。由于电磁方程的复杂性，前人发明了多种计算方法，如分离变量法、格林函数法、保角变换法等。随着数学方法的进展，又有很多数值解决方法相继提出，如时域有限差分法、矩量法等。由于电子计算机的发明，数值方法有了长足进步，各种软件也相继产生，现在有代表性的是 CST。CST 以界面友好、操作方便等优点，被广泛应用于天线设计等领域，可以说 CST 软件对于提高天线设计、研发人员工作效率功不可没。

本章就天线的发展历史及 CST 软件的操作使用进行介绍。

1.1 天线发展简史

最早的发射天线是 H.R.赫兹在 1887 年为了验证 J.C.麦克斯韦根据理论推导所作关于存在电磁波的预言而设计的。它是两个长约 30cm、位于一条直线上的金属杆，其远离的两端分别与两个长约 40cm 的正方形金属板相连接，靠近的两端分别连接两个金属球并接到一个感应线圈的两端，利用金属球之间的火花放电来产生电磁振荡。当时，赫兹用的接收天线是单圈金属方形环状天线，根据方环端点之间空隙出现火花来指示收到了信号。而 G.马可尼是第一个采用大型天线实现远洋通信的，所用的发射天线由 30 根下垂铜线组成，顶部用水平横线连在一起，横线挂在两个支持塔上。这是人类真正付之实用的第一副天线。自从这副天线产生以后，天线的发展大致分为四个历史时期。

1) 线天线时期

在无线电获得应用的最初时期，真空管振荡器尚未发明，人们认为波长越长，在传播中衰减越小。因此，为了实现远距离通信，所利用的波长都在 1000m 以上。在这一波段中，显然水平天线是不合适的，因为大地中的镜像电流和天线电流方向相反，天线辐射很小。此外，它所产生的水平极化波沿地面传播时衰减很大。因此，在这一时期应用的是各种不对称天线，

如倒 L 形、T 形、伞形天线等。由于高度受到结构上的限制,这些天线的尺寸比波长小很多,因而属于电小天线的范畴。后来,业余无线电爱好者发现短波能传播很远的距离,A.E.肯内利和 O.亥维赛发现了电离层的存在和它对短波的反射作用,从而开辟了短波波段和中波波段领域。这时,天线尺寸可以与波长相比拟,促进了天线的顺利发展。这一时期除抗衰落的塔式广播天线外,还设计出各种水平天线和各种天线阵,采用的典型天线有:偶极天线(对称天线)、环形天线、长导线天线、同相水平天线、八木天线(八木-宇田天线)、菱形天线和鱼骨形天线等。这些天线比初期的长波天线有较高的增益、较强的方向性和较宽的频带,后来一直得到使用并经过不断改进。在这一时期,天线的理论工作也得到了发展。H.C.波克林顿在 1897 年建立了线天线的积分方程,证明了细线天线上的电流近似正弦分布。由于数学上的困难,他并未解出这一方程。后来 E.海伦利用 δ 函数源来激励对称天线得到积分方程的解。同时,A.A.皮斯托尔哥尔斯提出了计算线天线阻抗的感应电动势法和二重性原理。R.W.P.金继海伦之后又对线天线做了大量理论研究和计算工作。将对称天线作为边值问题并用分离变量法来求解的有 S.A.谢昆穆诺夫、H.朱尔特、J.A.斯特拉顿和朱兰成等。

2) 面天线时期

虽然早在 1888 年赫兹就首先使用了抛物柱面天线,但由于没有相应的振荡源,一直到 20 世纪 30 年代才随着微波电子管的出现陆续研制出各种面天线。这时已有类比于声学方法的喇叭天线、类比于光学方法的抛物反射面天线和透镜天线等。这些天线利用波的扩散、干涉、反射、折射和聚焦等原理获得窄波束和高增益。第二次世界大战期间出现了雷达,大大促进了微波技术的发展。为了迅速捕捉目标,研制出了波束扫描天线,利用金属波导和介质波导研制出波导缝隙天线和介质棒天线以及由它们组成的天线阵。在面天线基本理论方面,建立了几何光学法、物理光学法和口径场法等理论。当时,由于战时的迫切需要,天线的理论还不够完善。天线的实验研究成了研制新型天线的重要手段,建立了测试条件和误差分析等概念,提出了现场测量和模型测量等方法(见天线参量测量)。在面天线有较大发展的同时,线天线理论和技术也有所发展,如阵列天线的综合方法等。

3) 从第二次世界大战结束到 20 世纪 50 年代末期

微波中继通信、对流层散射通信、射电天文和电视广播等工程技术的天线设备有了很大发展,建立了大型反射面天线。这时出现了分析天线公差统计理论,发展了天线阵列的综合理论等。1957 年美国研制成第一部靶场精密跟踪雷达 AN/FPS-16,随后各种单脉冲天线相继出现,同时频率扫描天线也付诸应用。在 20 世纪 50 年代,宽频带天线的研究有所突破,产生了非频变天线理论,出现了等角螺旋天线、对数周期天线等宽频带或超宽频带天线。

4) 20 世纪 50 年代以后

人造地球卫星和洲际导弹研制成功对天线提出了一系列新的课题,要求天线有高增益、高分辨率、圆极化、宽频带、快速扫描和精确跟踪等性能。从 20 世纪 60 年代到 70 年代初期,天线的发展空前迅速。一方面是大型地面站天线的修建和改进,包括卡塞格伦天线的出现,正副反射面的修正,波纹喇叭等高效率天线馈源和波束波导技术的应用等;另一方面,沉寂了将近 30 年的相控阵天线由于新型移相器和电子计算机的问世,以及多目标同时

搜索与跟踪等要求的需要，而重新受到重视并获得了广泛应用和发展。

知识问答 等级 (★☆☆☆☆)

微波的波长

微波是指频率为 300MHz~300GHz 的电磁波，是无线电波中一个有限频带的简称，即波长在 1m（不含 1m）到 1mm 之间的电磁波，是分米波、厘米波、毫米波的统称。微波频率比一般的无线电波频率高，通常也称为“超高频电磁波”。

1.2 天线主要性能参数和类型介绍

1.2.1 参数介绍

如何描述天线转换电磁能量的能力大小，辐射性能好坏？这主要取决于应用环境和系统总体要求。通常有如下一些指标。

辐射方向图 $F(\theta, \phi)$ ：表示以天线为中心，辐射功率密度随角坐标变化的特性。定向的单波束或者多波束用于点对点通信或者一点对多点通信；全向（在一个指定平面内有均匀辐射特性）波束用于广播电视等场合；赋形主波束用于卫星通信和电视覆盖特定区域的情况。

方向性 D ：即在离天线同样距离处测得的方向图上最大功率密度与各向同性平均功率密度之比。

增益 G ：等于方向性因子乘以天线效率。天线效率是天线辐射功率与输入功率之比。它考虑了天线损耗，包括导体损耗、介质损耗和加载电路中的损耗。如果计入馈线系统的损耗，这时的天线增益称为实际增益。

辐射方向图 $F(\theta, \phi)$ 和方向性 D ，如图 1-1 所示。

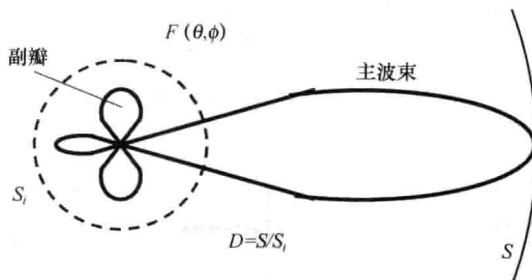


图 1-1 辐射方向图 $F(\theta, \phi)$ 和方向性 D

图 1-1 中， S 和 S_i 分别是同距离处的实际功率密度和各向同性功率密度。

极化：为一个发射天线辐射时，在其最大辐射方向上，随着时间变化电场矢量（端点）在空间描出的轨迹。天线的极化形式分为线极化、圆极化和椭圆极化三种。线极化和圆极化是椭圆极化的特例。圆极化又分为正交的左旋和右旋圆极化。椭圆极化波可分解为两个旋向相反的圆极化波。两种正交极化的电磁场可以在相同频率上传输不同的信息（极化复

用)。接收天线的极化与来波一致称为极化匹配。

输入阻抗：天线馈电端口电压与电流之比称为天线输入阻抗。设计天线的一个很重要的工作是使天线输入阻抗与标准馈线的特性阻抗匹配。天线输入阻抗取决于天线的工作原理、结构尺寸、周围介质、工作环境以及工作频率。一般情况下，输入阻抗包含了输入电阻和输入电抗。输入电阻又包含辐射电阻和损耗电阻。为了实现匹配，首先要消去天线的输入电抗。

带宽：在该频率范围内，一个选定的天线参数或者一组天线参数的变化是可以接受的。有方向图带宽、增益带宽、输入阻抗带宽等，用得较多的是天线输入阻抗带宽。

波束扫描：反映辐射方向图在空间中的运动情况，通过机械扫描、电扫描，或者二者结合来实现波束扫描。

系统考虑：要考虑尺寸、重量、功率容量、雷达截面、工作环境条件，以及费用等。

知识问答 等级 (★☆☆☆☆)

微波的性质

微波的基本性质通常呈现为穿透、反射、吸收三个特性。对于玻璃、塑料和瓷器，微波几乎是穿越而不被吸收。对于水和食物等会因吸收微波而自身发热，而对金属类东西，则会反射微波。

1.2.2 天线类型介绍

随着应用环境和系统总体要求的不同，天线的种类非常多，没有一部专著能够概括全部。我们这里从超宽带的角度，把天线分为如下几类。

电小天线：天线尺寸远小于波长的天线。如图 1-2 所示，电小天线包括电偶极子天线、磁偶极子天线、单极子天线以及其他形式的偶极子天线。对于电偶极子，一般定义为其半长度小于 $\lambda/2\pi$ 的对称振子天线为电小偶极子天线；对于磁偶极子，一般定义为其周长远小于 λ 的环天线磁偶极子天线。电小天线的特点是输入电阻非常小，输入电抗非常高；辐射效率非常低；方向性很弱。电小天线在工程中有非常广泛的应用，但是，其性能又是比较差的，改善电小天线的性能是天线工作者的一个长期任务。



图 1-2 电小天线

谐振天线：能够在一个频点或者比较窄的频带范围内工作得很好的天线，例如，半波振子天线、微带贴片天线、八木天线等，如图 1-3 所示。其特点是有近似纯电阻的输入阻抗，较低的天线增益和较窄的带宽。一般说来，微带贴片天线的带宽比较窄，许多学者研究探索了各种展宽微带天线带宽的技术，现在已经使微带贴片天线的带宽接近一个倍频程。

孔径天线：包括喇叭天线、反射面天线等，如图 1-4 所示，其辐射源是一个二维场分

布。这类天线的特点是可以得到很高的天线增益，一般情况下频率越高增益越高，其带宽主要取决于馈源。

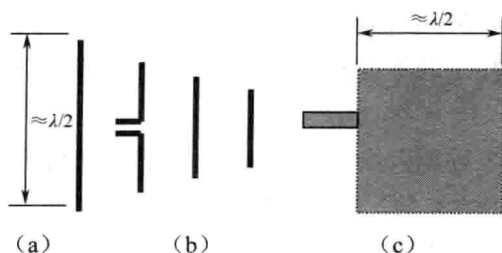


图 1-3 谐振天线的常见类别

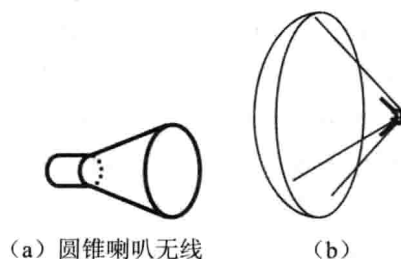


图 1-4 圆锥喇叭天线和抛物反射面天线

宽带天线：是本书的主要研究内容，这类天线有频率无关天线（螺旋天线，对数周期天线）、双锥天线、V-锥天线、TEM 喇叭天线、波纹喇叭天线等，如图 1-5 所示。天线参数（增益、输入阻抗和方向图）在很宽频带内差不多保持为常数。一般说来，宽带天线的增益较低，与频率无关，输入阻抗接近为实数。

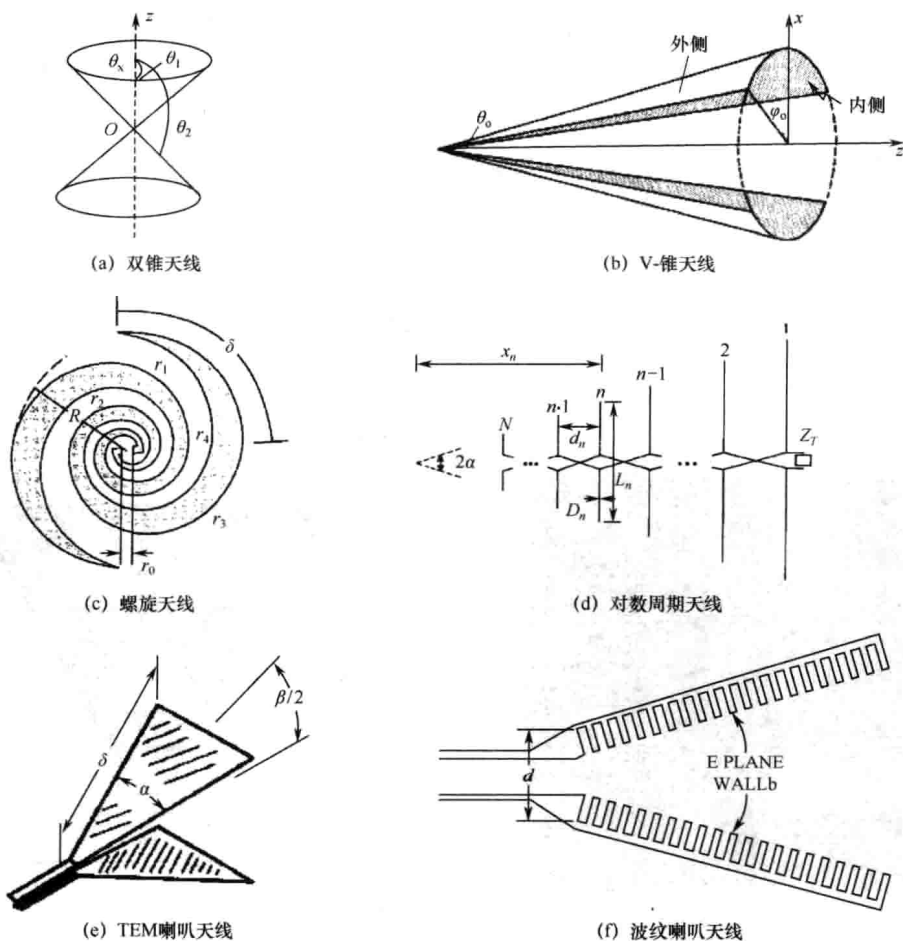


图 1-5 宽带天线的常见类别

阵列天线：用许多单元天线按一定布阵方法构成的天线阵列，其典型代表是相控阵天线，它的特点是可实现天线波束的电扫描，也可以形成多个波束，天线阵元数越多天线增益越高。图 1-6 是一个球面天线阵，天线阵元位于球面上，球面半径为 3.33λ ，从阵元的局部坐标看， z 轴垂直于球面， x 轴与球面相切， x 轴垂直于 y 轴。阵列天线的特性与单元天线、馈电系统、布阵方法和阵元数目有关。

新型天线：包括分形天线、智能天线、方向回溯天线、超导天线，是在天线结构、天线材料、布阵形式和总体思想上有所创新，以便获得特定的天线性能的天线。如图 1-7 所示每一种天线也有各种各样的形式，可以分别归入上述几类天线中。

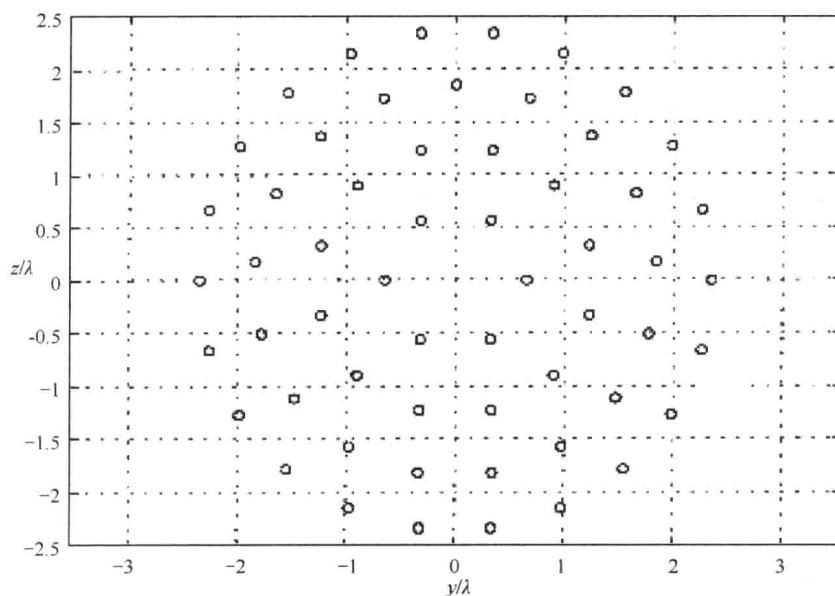
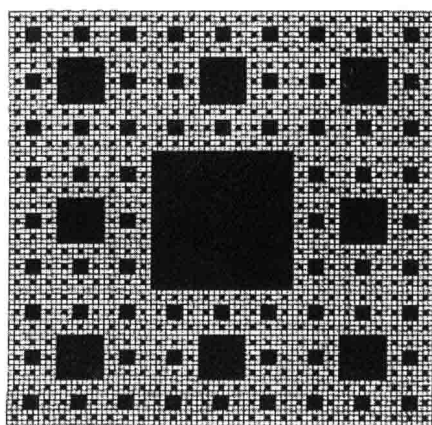
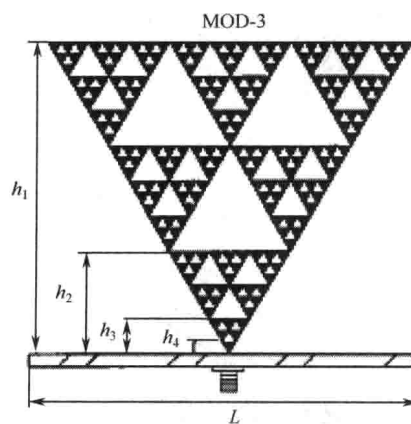


图 1-6 球面天线阵



(a) 分形天线阵列



(b) 分形单极子天线

图 1-7 新型天线

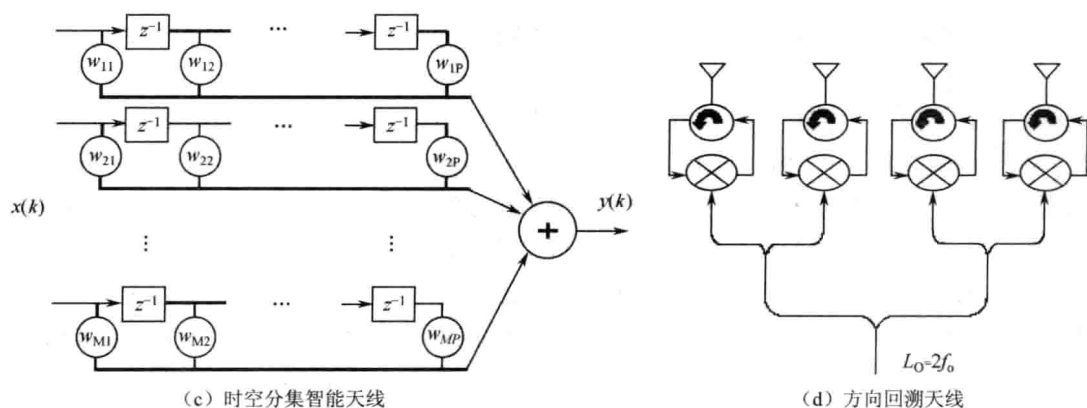


图 1-7 新型天线 (续)

知识问答 等级 (★★☆☆☆)

介质的穿透性

电磁波通过不同介质时, 会被折射、反射、绕射、散射及吸收。电磁波的传播有沿地面传播的地面波, 还有在空中传播的空中波以及天波。电磁波的波长越长衰减越小, 也更容易绕过障碍物继续传播。机械波与电磁波都能发生折射/反射/衍射/干涉, 因为所有的波都具有波粒二象性: 折射/反射属于粒子性; 衍射/干涉为波动性。

1.3 CST 软件介绍与操作

仿真软件 (Simulation Software) 是专门用于仿真的计算机软件。它与仿真硬件同为仿真的技术工具。仿真软件是从 20 世纪 50 年代中期开始发展起来的。它的发展与仿真应用、算法、计算机和建模等技术的发展相辅相成。1984 年出现了第一个以数据库为核心的仿真软件系统, 此后又出现采用人工智能技术 (专家系统) 的仿真软件系统。这个发展趋势将使仿真软件具有更强、更灵活的功能, 能面向更广泛的用户。目前, 风行的天线仿真软件就是 CST。

1.3.1 软件介绍

CST 公司是一家专业电磁场仿真软件的提供商。它成立于 1992 年, 总部位于德国达姆施塔特市。CST 软件采用有限积分法 (Finite Integration), 现已成为一个工作室套装软件, CST 工作室套装™是面向 3D 电磁场、微波电路和温度场设计工程师的一款最有效、最精确的专业仿真软件包, 共包含七个工作室子软件, 集成在同一平台上, 可以为用户提供完整的系统级和部件级的数值仿真分析。软件覆盖整个电磁频段, 提供完备的时域和频域全波算法。典型应用包含各类天线/RCS、EMC/EMI、场路协同、电磁温度协同和高低频协同仿真等。

CST MICROWAVE STUDIO (简称 CST MWS, 中文名称“CST 微波工作室”)是 CST 公司出品的 CST 工作室套装™软件之一,是 CST 软件的旗舰产品,广泛应用于通用高频无源器件仿真,可以进行雷击 Lightning、强电磁脉冲 EMP、静电放电 ESD、EMC/EMI、信号完整性/电源完整性 SI/PI、TDR 和各类天线/RCS 仿真。结合其他工作室,如导入 CST 印制板工作室™和 CST 电缆工作室™空间三维频域幅相电流分布,可以完成系统级电磁兼容仿真;结合 CST 设计工作室™实现 CST 特有的纯瞬态场路同步协同仿真。

CST MICROWAVE STUDIO 集成有 7 个时域和频域全波算法:时域有限积分、频域有限积分、频域有限元、模式降阶、矩量法、多层快速多极子、本征模。支持 TL 和 MOR SPICE 提取;支持各类二维和三维格式的导入甚至 HFSS 格式;支持 PBA 六面体网格、四面体网格和表面三角网格;内嵌 EMC 国际标准,通过 FCC 认可的 SAR 计算。CST 作为一种电磁软件,界面友好、简单易学,其仿真结果和实际产品的吻合较好。

主要软件产品有:

CST 微波工作室——三维无源高频电磁场仿真软件包(S 参量和天线);

CST 设计工作室——微波网络(有源及无源)仿真软件平台(微波放大器、混频器、谐波分析等)

CST 电磁工作室——三维静场及慢变场仿真软件包(电磁铁、变压器、交流接触器等);

马飞亚(MAFIA)——通用大型全频段、二维及三维电磁场仿真软件包(包含静电场、准静场、简谐场、本振场、瞬态场、带电粒子与电磁场的自恰相互作用、热动力学场等模块)。

在此,我们主要讨论“CST 微波工作室”,它是一款无源微波器件及天线仿真软件,可以仿真耦合器、滤波器、环流器、隔离器、谐振腔、平面结构、连接器、电磁兼容、IC 封装及各类天线和天线阵列,能够给出 S 参量、天线方向图等结果。

知识问答 等级 (★☆☆☆☆)

天波与地波

天波是靠电磁波在地面和电离层之间来回反射传播的,是短波的主要传播途径。短波信号由天线发出后,经电离层反射回地面,又由地面反射回电离层,可以多次反射,因而传播距离很远(可达到上万千米),而且不受地面障碍物阻挡。天波传播的最大弱点是信号很不稳定,处理不好会影响通信效果。

沿大地与空气的分界面传播的电波叫地表面波,简称地波,传播时无线电波可随地球表面的弯曲而改变传播方向。长波无线电传递以地波为主,其折射率在海面与平原的吸收率均较小。传播途中的衰减大致与距离成正比,因受气候影响较小,在有效距离内通信可靠。核爆时,此通信仍然有效。

1.3.2 软件的基本操作

本书以 CST2010 版本为基础进行介绍。软件界面,启动软件后,可以看到如图 1-8 所示窗口。

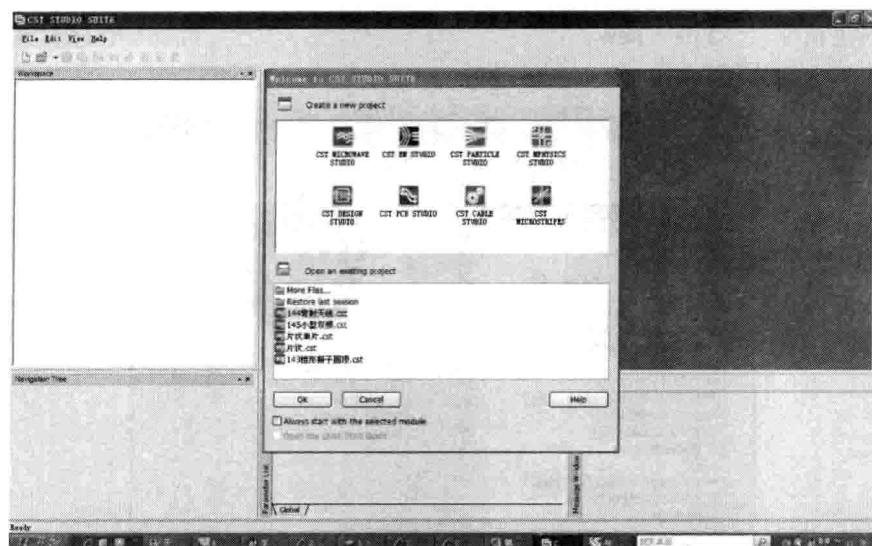


图 1-8 启动界面

如图可见，共有 8 个选择项，因为主要应用于仿真天线，所以一般选择第一个选项就可以了。

用户界面如图 1-9 所示。此软件的操作及交互界面相当人性化，使用者能很快进行相关的仿真操作与设计。下面就三种经常使用的天线形式进行例证操作，分别是双极天线（对称振子）、单极天线、微带天线。为了讲述清楚明了，在此仅就一般天线的仿真全过程进行讲解。此软件的功能非常强大，更具体、全面的操作可以参考相关资料。

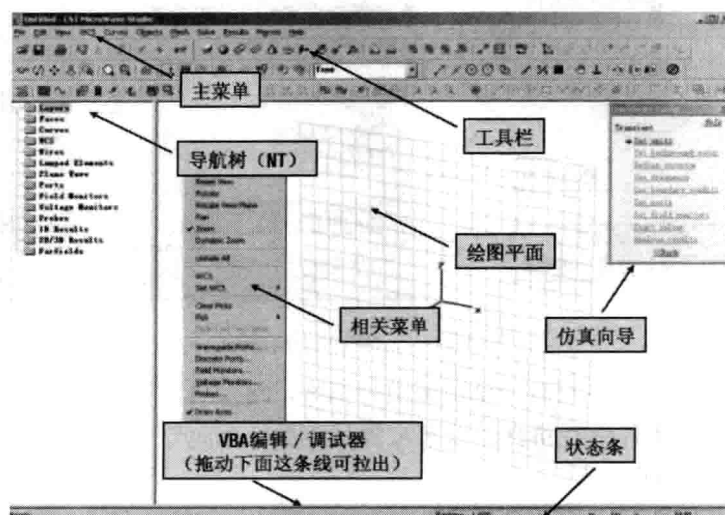


图 1-9 用户界面

CST MWS 内建了多种模板，每种模板对特定的器件类型都定义了合适的参数，选用适合具体情况的模板，可以节省设置时间提高效率。这对新手特别适用，所有设置在仿真过程中随时都可以进行修改，对熟练者可不使用模板。模板选取如图 1-10 所示，方法如下：

- (1) 创建新项目 File—new。
- (2) 随时选用模板 File—select template。

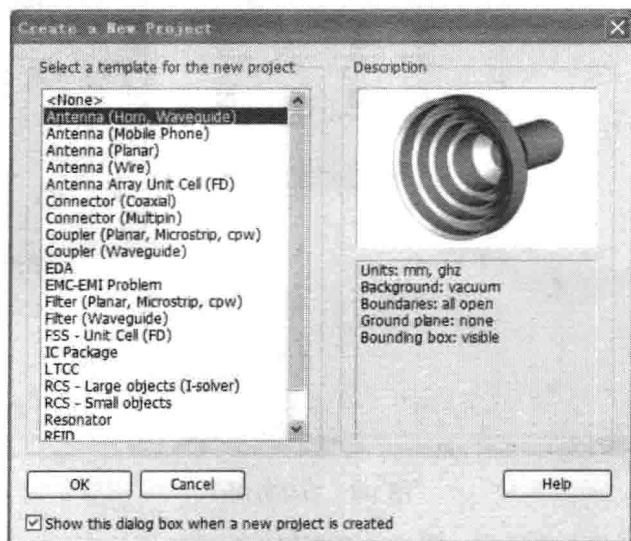


图 1-10 模板的选取

- (3) 设置工作平面。

首先设置工作平面 (Edit-working Plane Properties) 如图 1-11 所示。

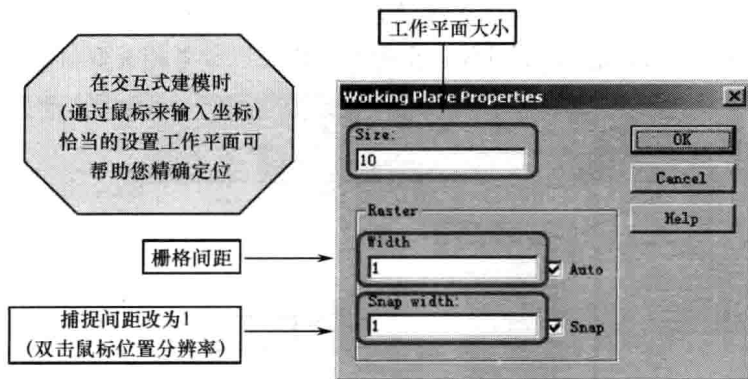


图 1-11 工作平面的设置

CST 有一个优点, 即本身有一个快速引导指南, 这个可以帮助新人在操作过程中不会因丢掉某一步操作而不能进行仿真。以下步骤可遵循仿真向导 (Help->QuickStart Guide) 依次进行, 如图 1-12 所示。

- (4) 设置单位 (Solve->Units)。

设置单位如图 1-13 所示, 合适的单位可以减少数据输入的工作量。

- (5) 创建基本模型。

这里运用到了几何的内容, 天线的金属部分就是由多个几何图形组合而成, 基本图形如图 1-14 所示。

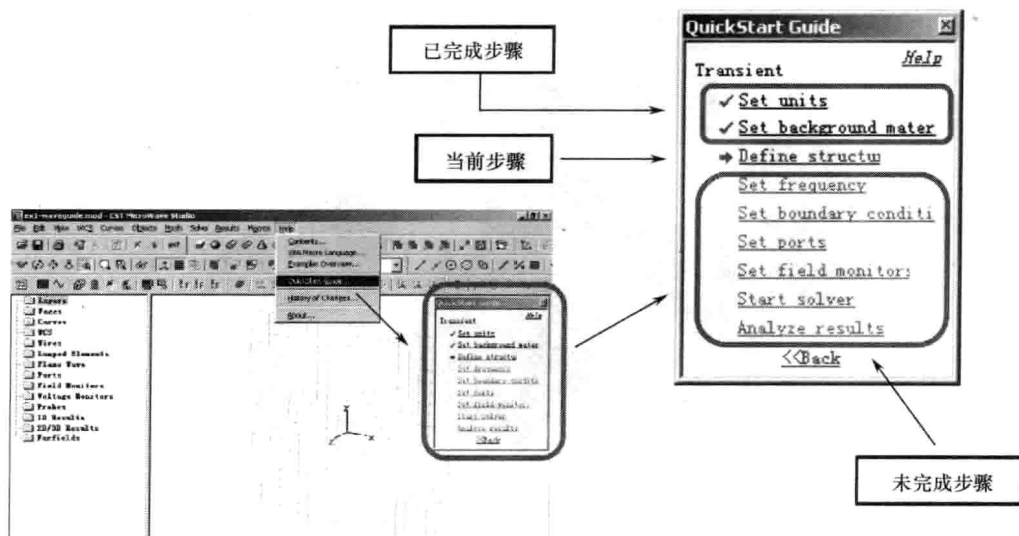


图 1-12 快速向导界面



图 1-13 设置单位界面

知识问答 等级 (★★☆☆☆)

卫星通信

卫星通信是地球上(包括陆地、水面和低层大气)无线电通信站之间利用人造卫星作为中继站而进行的空间微波通信,卫星通信是地面微波接力通信的继承和发展。我们知道微波信号是直接传播的,因此,可以把卫星通信看作微波中继通信的一种特例,它只是把中继站放置在空间轨道上。

(6) 几何变换。

基本图形相互之间的各种操作,主要有四种变换,如图 1-15 所示。