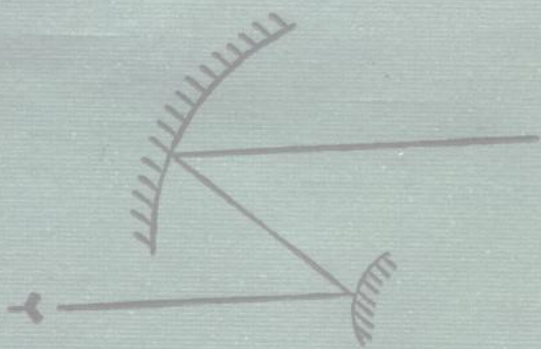


· [美] S· 西尔弗主编
· 江 贤 祚 译
· 刘 永 华 校
· 卢 永 成
· 王 宝 发

微波天线理论与设计



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是1984年出版的英国 IEE 电磁波丛书第十九卷“Microwave Antenna Theory and Design”一书的中译本，该卷是著名的美国 MIT 辐射实验室丛书第十二卷的再版本。

该书是一本有关微波天线的专著，内容包括四个部分：天线的基本理论、馈源的理论与设计、整个天线系统的理论与设计以及天线的测量技术与测量设备。

本书可作教材或教学参考书，供高等学校本科生、研究生和教师阅读，也可供从事电磁场、微波技术与天线方面工作的科技人员参考。

0022/13

MICROWAVE ANTENNA THEORY AND DESIGN

Edited by

SAMUEL SILVER

微波天线理论与设计

WEIBO TIANXIAN LILUN YU SHEJI

[美]S·西尔弗 主编

江贤祚

刘永华 译 王宝发 校

卢才成

责任编辑 马晓虹

北京航空航天大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

北京航空航天大学印刷厂印刷

开本850×1168 1/32 印张：22.75字数：611千字

1989年2月第一版 1989年2月第一次印刷

印数：2300册 定价：5.10元

ISBN 7-81012-082-4/UN·006

000112

譯者的話

《微波天线理论与设计》一书是天线与电磁学方面的经典著作，原书初版于1949年，是著名的美国 MIT 辐射实验室丛书中的第十二卷。该书是集体编写的，主编是 S.Silver，他生前曾担任国际无线电科学联合会（URSI）主席。书中各部分的著者都是造诣颇深的专家。该书出版以后深受世界各国微波天线界专家学者的赏识，有关书刊文献大量参考和引用该书内容。虽然原书问世已有很长时间，但至今仍是从事有关微波天线工作的人们必不可少的基本读物之一。正因为如此，前不久英国电气工程师学会（IEE）出版电磁波丛书时，在已经编写了很多部天线方面的著作之后，仍于1984年重印了此书，作为该丛书的第十九卷。在我国，此书也很受欢迎，但此书数量很少，因此我们决定将它介绍给我国广大读者。我们是按 IEE 电磁波丛书1984年的再版本翻译的，翻译时除改正了 IEE 再版时附的勘误表上所列出的错误外，还纠正了我们发现的其他一些错误。

二次世界大战期间，军事的需要极大地刺激了雷达和无线电通讯等部门的发展，与此密切相关的天线的研究也取得了巨大成就。这一时期是天线发展史上最重要的阶段之一，本书则是对这一阶段天线理论和工程两方面的科学总结。本书内容相当丰富，涉及的天线型式很多，主要阐述微波天线的理论基础、设计方法和参数测量。对与天线有关的散射理论、几何光学、电路关系、传输线理论等也进行了必要的论述。同时，对结构安装、环境影响等也作了简单介绍。书中对原理部分阐述得相当深入。该书问世以来，由于科学家和工程师们的辛勤劳动，天线的理论与实践发展到了一个更高的阶段，但新发展是在原有基础上的发展，本

书阐述的有关天线的基本理论、设计思想、测量原理仍然是正确的，至今仍是从事天线与微波专业方面工作和学习的大学师生和科技工作者们的一本好教材和参考书。

本书译校分工如下：江贤祚译第一、二、五、十、十二和十三章，并负责全书的协调；刘永华译第九、十一、十四、十五和十六章；卢才成译前言和第四、六、七、八章；王宝发负责校阅全书。我们对在翻译此书过程中，宋丽川教授给予的指导和帮助表示感谢。由于水平和时间的关系，译书难免有错误，我们热情欢迎读者批评指正。

譯者 1988年春
於北京航空航天大学
电子工程系

再版前言

本书完全是照《微波天线理论与设计》一书再版的，原书由 McGraw Hill 图书公司在1949年出版，是麻省理工学院（MIT）辐射实验室丛书（RADIATION LABORATORY SERIES）的第12卷。本书的主编是已故的 S. Silver 教授，也是本书主要的原著者之一。他为本书作了很多工作，生前他还担任国际无线电科学联合会（URSI）主席，后来成为世界无线电科学界最著名的人物之一。

MIT 丛书的许多卷都曾经使几代微波及雷达工程师受益，使他们获得有关学科的理论基础。但最能经受时间考验的或许就是这一卷了，它现在仍然是所有从事微波天线领域工作的人们的基础读物。自1949年以来，仅有几本有关微波天线的专著出版，最近出版的是《天线设计手册》（本 IEE 丛书的第15、16卷），这些书的作者一般都假定读者是熟习 Silver 书中内容的。但 McGraw Hill 的初版本和 Dover 1965年的再版本已经问世多年，随着时间的推移，要得到此书已经越来越困难。经与大西洋两岸天线界的知名人士协商后，决定在电磁波丛书中再版此卷。虽附上了英国谢菲尔德大学 John Bennett 博士编制的勘误表，但书中未做任何修改。此表可能尚不全面，若读者发现了别的错误，希望及时与我们联系，以便将来修改得更完善，这对后来的天线工作者们也是一种贡献。

伦敦大学玛丽皇后学院

P·克拉里科茨

1984年1月

序

第二次世界大战期间，雷达及其相关技术领域的研究取得了惊人的进展，不仅导致了数百部雷达在军事方面的应用（有些为非军事方面的应用），而且在电子学和高频领域发展了许多新技术，积累了丰富的资料。鉴于这些材料对科学理论及工程应用有极其重要的价值，在保密允许的条件下，很有必要尽快发表。

国家防务委员会所属的麻省理工学院（MIT）辐射实验室承担了整理、编辑这套丛书的艰巨任务。但这套丛书是美国和英国、加拿大以及其他地区的许多实验室、陆军、海军、高等院校和产业部门共同努力的结果。

当辐射实验室的方案得以通过，并由科学研究发展局提供资金后，他们立即决定由L·N·黎德隆（Louis N. Ridenour）出任丛书的总编辑，由他领导制定了全部计划。接着，选出了由最能胜任此项任务的人们组成的编辑部。最后，选定了各卷和各章节的作者，他们都是各专业领域造诣颇深的专家，他们有能力而且愿意完成所给予的编写任务。全体工作人员同意在辐射实验室的工作结束后，在麻省理工学院再工作六个月或更长一些时间，本丛书是他们共同工作的永久纪念。

本丛书还载入了成百上千的不知名的科学家、工程师和其他从事研究、设计、制作的人们的成果，这也是对他们的纪念。他们人数非常多，分散在很多实验室，但彼此的工作结合得相当紧密，以至我们不可能指出那个人做出了什么具体贡献，书中提到的仅仅是那些写过研究报告或文章的人。但本书是献给所有以不同方式对这一意义重大的共同事业做过贡献的人们的，有本国人，也有英国人。

L·A·杜布里奇

前 言

战争期间，通讯和雷达对应用无线电频谱中微波频段的需要促进了许多新型天线的研制，应用电磁理论和光学原理研究这些天线时所遇到的问题与长波天线很不相同。本书的目的在于为天线工程师系统地阐述有关的基本原理、微波天线的主要型式及其有关技术。电磁理论和物理光学是进行天线设计的基础，书中对这部分阐述得相当充分。本书特别注意理论分析时所作的假设和近似，以强调结论的适用范围。至于几何光学，只说明其基本原理，并给出其短波长近似与更严格的场理论之间的关系。叙述的简单并不是说它不如电磁理论和物理光学重要。实际上，几何光学通常是设计天线光学部件（如反射面和透镜）的出发点。有大量杰出的著作阐述了射线理论在光学系统中的应用，在微波系统中应用射线理论除了光程定律或许更重要以外，不会遇到什么新问题。

在本书最初的计划中，编者的意图是把美国、英国和加拿大在这方面的主要工作作一总结，事实证明这样的计划太过于庞大了。许多内容不得不令人遗憾地完全省略，还有一些内容处理得过于仓促，尤其不应该省略 C·V·鲁宾逊 (Robinson) 博士所写的快速扫描天线那两章。为了既符合军事安全的要求又能阐述清楚所涉及的问题而进行的反复修改，延误了本书的出版时间。鲁宾逊博士写的有几节后来编入了第六章和第十二章。

我很高兴在此表达对 H·M·詹姆斯 (Hubert M. James) 教授的感谢。作为技术编辑，他分担了我许多编辑方面的工作和相应的责任。经与作者协商，我们共同确定了本书的范围、材料的编排顺序以及章节的划分。我还要感谢他对我本人编写的那几章所做的编辑工作。

S910303

本书的最后定稿，以及删改和编辑方面的错误均由我负责。各章均依次注明了原作者。在出版社截稿及编委解散以后，我曾利用主编的权利对某些叙述方法作过修改，我希望这些修改能得到作者的同意。荣誉归属问题还需要解释一下，根据丛书编委会确定的方针，我和詹姆斯教授大致说明如下。本书的每一部分都不是某一个人或某几个人的贡献，辐射实验室的报告为每一章提供了原始材料而不仅仅是个别的参考。编写过程中，全体作者大量吸收了辐射实验室未发表的记录材料，但回避了材料来源。如上所述，我们可以说在辐射实验室的成果是大家共同努力的结果，只在极少数特殊情况下，才有可能明确个人的贡献。

本书是在许多人的努力下完成的，我代表编辑和作者对他们的贡献和帮助表示感谢。其中，辐射实验室的 Barbara Vogel 女士和 Ellen Fine 女士担负了技术助理的工作；France Bourget 女士帮助制作了插图和照片。当事实证明工作不可能在出版社截稿之前完成时，海军研究实验室将这项工作作为天线研究部的新项目予以承担，并在人力物力上给予了大力支持。特别要感谢 A.S.Dunbar, I.Katz 和 I.Maddans 博士在编辑方面给予的协助，Queenie Parigan 准备了手稿；Betty Hodgkins 制作了几乎所有的插图。另外，大不列颠电信研究所的 G.G.Macfarlane 博士认真审阅了理论方面的章节，并完成了第九章中縫隙辐射器理论部分的编写工作；辐射实验室的 John Powell 提供了第十一章所采用的有关透鏡的资料；加拿大国家研究协会及不列颠无线电中心根据现行安全条例同意我们使用了加拿大及不列颠报告中的材料；Bell 电话实验室提供了金属透鏡天线的照片。编委们均表示感谢。出版者已经同意，丛书的各卷出版十年后放弃本书版权，使之成为无版权限制的书籍。

国家研究实验室

S·西尔弗

1947年4月

011112

目 录

譯者的话

再版前言

序

前言

第一章 微波天线设计问题综述

- 1.1 波长范围····· (1)
- 1.2 天綫方向图····· (2)
- 1.3 微波波束的型式····· (7)
- 1.4 微波传输綫····· (8)
- 1.5 輻射单元····· (9)
- 1.6 微波天綫型式介紹····· (10)
- 1.7 阻抗特性····· (15)
- 1.8 本书內容安排····· (16)

第二章 电路关系, 互易定理

- 2.1 引言····· (17)
- 2.2 四端网络····· (18)
- 2.3 瑞利互易定理····· (21)
- 2.4 戴維南定理和最大功率定理····· (22)
- 2.5 双綫传输綫····· (23)
- 2.6 均匀传输綫····· (25)
- 2.7 无損耗传输綫····· (29)
- 2.8 变换图····· (32)
- 2.9 传输綫段等效为四端网络····· (41)

发射天线与接收天线

2.10 天綫作为終端阻抗·····	(42)
2.11 接收天綫系統·····	(45)
2.12 发射天綫和接收天綫視為耦合系統·····	(50)
2.13 天綫发射方向图与接收方向图 之間的互易性·····	(53)
2.14 匹配系統的平均吸收截面·····	(56)
2.15 吸收截面与天綫失配的关系·····	(58)
2.16 四端网络表示·····	(60)
2.17 网络方程的推导·····	(62)
2.18 轉移阻抗系数之間的互易关系·····	(66)

第三章 电流分布的辐射

3.1 场方程·····	(69)
3.2 結構参数；綫性及疊加原理·····	(74)
3.3 边界条件·····	(75)
3.4 簡谐场方程·····	(77)
3.5 玻印亭定理·····	(78)
3.6 波方程·····	(81)
3.7 簡單的波动解·····	(83)
3.8 有源情况下時間周期场的一般解·····	(90)
3.9 源在无界域內的场·····	(96)
3.10 理想导电媒质表面所围域中的场·····	(99)
3.11 远区场·····	(100)
3.12 极化·····	(104)
3.13 电偶极子·····	(106)
3.14 磁偶极子·····	(110)
3.15 綫电流分布的远区场·····	(111)
3.16 半波振子·····	(114)
3.17 场的疊加·····	(115)

3.18 双偶极子系统·····	(118)
3.19 規則空間陣·····	(121)

第四章 波前与射线

4.1 电磁场的惠根斯-格林公式·····	(125)
4.2 几何光学：波前与射线·····	(128)
4.3 非均匀媒质中射线的曲率·····	(130)
4.4 几何光学中的能流·····	(131)
4.5 作为零波长极限的几何光学·····	(133)
4.6 惠根斯-菲涅尔原理与几何光学： 远区近似·····	(135)
4.7 駐相原理·····	(138)
4.8 費馬原理·····	(142)
4.9 光程定律·····	(145)

第五章 散射与绕射

5.1 一般原理·····	(149)
5.2 边界条件·····	(150)
5.3 无限大平面的反射：鏡象原理·····	(152)
处理任意形状反射体的近似方法	
5.4 几何光学法·····	(158)
5.5 散射场的計算·····	(160)
5.6 源场与散射场的迭加·····	(164)
5.7 电流分布法·····	(166)
5.8 散射场的計算·····	(167)
5.9 点饋源和綫饋源的应用·····	(171)
5.10 反射体对点饋源的反作用·····	(178)
5.11 口面场法·····	(181)
5.12 夫琅和費区·····	(184)

绕射

- 5.13 近似方法的一般考虑..... (186)
- 5.14 化为标量绕射问题..... (188)
- 5.15 电磁场的巴俾涅原理..... (191)

第六章 口径照射与天线方向图

- 6.1 初级和次级方向图..... (193)
- 6.2 绕射场..... (193)
- 6.3 夫琅和费区中场的傅立叶积分表达式..... (199)
- 6.4 次级方向图的一般特性..... (200)
- 6.5 矩形口面..... (204)
- 6.6 二维问题..... (208)
- 6.7 相位差的影响..... (211)
- 6.8 圆形口面..... (218)
- 6.9 菲涅尔区中轴附近的场..... (223)

第七章 微波传输线

- 7.1 微波与长波传输线..... (227)
- 7.2 均匀截面波导中的传播..... (228)
- 7.3 正交性关系与功率流..... (234)
- 7.4 波导中的传输线理论..... (237)
- 7.5 接头与障碍物的等效网络..... (242)
- 7.6 TEM 模传输线..... (244)
- 7.7 同轴线: TEM 模..... (246)
- 7.8 同轴线: TM 和 TE 模..... (247)
- 7.9 阶梯变换器: TEM 模..... (250)
- 7.10 并联短线与串联电抗..... (253)
- 7.11 矩形波导: TE 和 TM 模..... (255)
- 7.12 矩形波导的阻抗变换器..... (260)

7.13 圓形波導： TM 和 TE 模	(263)
7.14 圓波導中的窗口	(266)
7.15 平行板波導	(267)
7.16 關於設計的說明	(269)

第八章 微波偶極子天線及饋源

8.1 天線饋源的特性	(271)
8.2 同軸線終端：套筒式偶極子	(272)
8.3 不對稱偶極子終端	(274)
8.4 對稱激勵偶極子：縫隙饋電系統	(278)
8.5 偶極子的形狀與尺寸	(280)
8.6 波導饋電偶極子	(283)
8.7 定向偶極子饋源	(283)
8.8 偶極子-圓盤饋源	(284)
8.9 雙偶極子饋源	(288)
8.10 多偶極子系統	(290)

第九章 直線陣列天線與饋電

9.1 引言	(291)
方向圖理論	
9.2 陣列的普遍公式	(292)
9.3 伴隨多項式	(295)
9.4 均勻陣	(299)
9.5 側射波束	(302)
9.6 端射波束	(311)
9.7 波束綜合	(317)
輻射元	
9.8 偶極子輻射器	(322)
9.9 波導壁上的縫隙	(325)

9.10 縫隙輻射器理論	(326)
9.11 矩形波導上的縫隙; TE_{10} 模	(330)
9.12 縫隙輻射器的實驗結果	(335)
9.13 探針饋電縫隙	(341)
9.14 波導輻射器	(342)
9.15 軸對稱輻射器	(344)
9.16 流綫型輻射器	(353)

陣列

9.17 加載傳輸綫分析	(357)
9.18 端射陣	(361)

- 側射陣

9.19 柵瓣的抑制	(363)
9.20 諧振陣	(366)
9.21 信標天綫系統	(372)
9.22 非諧振陣	(375)
9.23 具有垂直波束的寬帶系統	(378)

第十章 波導和喇叭饋源

10.1 任意截面波導的輻射	(381)
10.2 圓形波導的輻射	(384)
10.3 矩形波導的輻射	(389)
10.4 波導天綫饋源	(396)
10.5 雙縫饋源	(398)
10.6 電磁喇叭	(399)
10.7 E 面扇形喇叭中的模式	(401)
10.8 H 面扇形喇叭中的模式	(406)
10.9 在扇形喇叭中應用矢量繞射理論	(408)
10.10 矩形橫截面喇叭方向圖的特點	(410)
10.11 波導和喇叭的導納	(418)

10.12	E 面喇叭导納从頸部到均匀波导的变换	(423)
10.13	H 面扇形喇叭的导納特性	(428)
10.14	复合喇叭	(429)
10.15	盒式喇叭	(431)
10.16	在喇叭和波导口径中利用障碍物进行 波束賦形	(436)
10.17	密封与匹配	(440)

第十一章 介质与金属板透镜

11.1	透镜在微波天綫中的应用	(445)
介质透鏡		
11.2	設計原理	(446)
11.3	不分区的简单透鏡	(447)
11.4	分区介质透鏡	(453)
11.5	利用高折射率的材料	(457)
11.6	介质損耗和透鏡参数的公差	(458)
11.7	介质表面的反射	(460)
金属板透鏡		
11.8	平行板透鏡	(462)
11.9	其它金属透鏡結構	(466)
11.10	金属板透鏡的公差	(468)
11.11	金属板透鏡的帶寬; 消色二重鏡	(469)
11.12	平行板透鏡表面的反射	(472)

第十二章 笔形波束和简单扇形波束天线

笔形波束天线

12.1	笔形波束的要求及其实现方法	(475)
------	---------------	-------

抛物面反射器

12.2	几何参数	(477)
------	------	-------

12.3	表面电流和口径场的分布	(479)
12.4	反射面的辐射场	(482)
12.5	天綫增益	(487)
12.6	获得最大增益的初級方向图設計	(498)
12.7	次級方向图的实验結果	(499)
12.8	阻抗特性	(505)
12.9	頂片匹配法	(509)
12.10	旋轉极化法	(514)
12.11	結構設計問題	(515)
简单扇形波束天线		
12.12	扇形波束的用途及其产生方法	(518)
12.13	对称切割抛物面	(519)
12.14	饋源偏置与等值綫切割反射面	(521)
12.15	抛物柱面与綫源	(524)
12.16	平行板系統	(527)
12.17	弓形抛物面天綫的設計問題	(530)

第十三章 賦形波束天线

13.1	賦形波束的应用与要求	(535)
13.2	有方向性的目标响应的影响	(537)
13.3	波束賦形方法綜述	(542)
13.4	延伸饋源的設計	(558)
13.5	柱形反射面天綫	(567)
13.6	以射綫理論为基础的反射面設計	(570)
13.7	辐射方向图分析	(573)
13.8	双弯曲反射面天綫	(575)
13.9	形状可变的波束	(583)

第十四章 天线安装问题

安装问题的一般介绍	
14.1 地面天线	(585)
14.2 舰船天线	(586)
14.3 飞机天线	(587)
14.4 飞机上的扫描天线	(588)
14.5 飞机信标天线	(598)
天线罩设计问题和设计方法	
14.6 天线罩与系统性能的关系	(600)
14.7 天线罩壁设计	(605)
14.8 垂直入射的天线罩	(614)
14.9 流线型天线罩	(618)

第十五章 天线测量技术

15.1 引言	(623)
阻抗测量	
15.2 传输线上的关系式	(624)
15.3 驻波比	(626)
15.4 电压驻波比测量	(627)
15.5 电长度测量	(630)
15.6 检测系统的标定	(633)
15.7 探针反射	(636)
馈源的初级方向图测量	
15.8 测量点馈源初级方向图的设备	(639)
15.9 场强测量	(643)
15.10 相位测量	(646)
15.11 线源的初级方向图	(653)
15.12 魔T	(654)