



(美)H.贾西克主编

天线工程手册

上册

国防工业出版社

天 綫 工 程 手 冊

上 冊

[美] H. 賈 西 克 主 編



茅 于 寬 沈 鉄 汉 譯
汪 懋 官 許 厚 庄
钟 吉 生 胡 樹 豪 校



國 防 工 業 出 版 社

1 9 6 6

內容簡介

本書是一本有關天綫原理和設計數據方面的綱要性書籍。它主要是介紹那些在實際中應用最廣泛的，或發展上用處很大的天綫型式和結構。也列入一些為理解問題所必需的理論性探討和數學分析。

全書分上下兩冊出版。上冊敘述了天綫的基本原理、特性和基本數學關係，介紹了各種型式天綫的性能及設計公式、數據、圖表。下冊主要敘述了一些天綫技術在其中起重要作用的應用範圍，介紹了一些與天綫技術有關的一些問題和知識。各章的後面都列入一些重要的參考文獻，以作為尋找原始文獻的一條線索。

本手冊不僅對直接從事天綫設計的工程技術人員有用，而且對那些把天綫看成是電子系統組成部分之一，而想了解天綫性能和局限性的電子系統工程技術人員，也具有參考價值。

ANTENNA ENGINEERING HANDBOOK

[美] H. Jasik

McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC. 1961

*

天綫工程手冊

上冊

茅于寬 沈鈇漢 汪懋官 許厚庄 譯

鍾吉生 胡樹豪 校

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 號

新華書店北京發行所發行 各地新華書店經售

國防工業出版社印刷廠印裝

*

850×1168¹/₃₂ 印張 177¹/₁₆ 443 千字

1966 年 4 月第一版 1966 年 4 月第一次印刷 印數：0,001—3,050 冊

統一書號：15034·1091 定價：(科七) 2.90 元

譯 者 序

本书是根据美国 1961 年出版的“Antenna Engineering Handbook”一书翻譯而成的。

“天綫工程手冊”是一本有关天綫原理和工程設計方面的綱要性書籍。书中广泛收集了各种型式天綫的設計資料，特别是那些在实践中广泛应用或从发展上看用处很大的天綫的設計資料。本书既是直接从事天綫的研究、設計、制造工作的工程技术人員的一本很有用的参考书，对从事通訊、广播、电视、雷达、导航以至射电天文学工作的工程技术人員以及有关高等院校的教师和高年級学生也有参考价值。

本书共有三十五章，分为四个部分：

第一部分包括第一章和第二章。这一部分簡要介紹了天綫的基本原理和基本公式，目的是为讀者提供必要的基本理論知識并便于讀者查閱。

第二部分包括第三章到第十八章。这一部分主要介紹长綫天綫、綫天綫陣、环天綫、螺旋天綫以及縫隙、喇叭、角形反射器、抛物面、透鏡、表面波和泄漏波等各种型式的天綫的性能性标設計方法和設計公式，并列有大量設計数据和图表。

第三部分包括第十九章到二十九章。这一部分主要介紹天綫在通訊、广播、电视、雷达、导航等領域内的具体应用。目的是进一步扩展第二部分各章已介紹过的知識并定性地說明某些天綫的重要用途。这一部分中还介紹了許多实际天綫的结构并引用了許多实验数据。

第四部分包括第三十章到三十五章。这一部分介紹与天綫有关的傳輸綫、阻抗匹配、寬頻带問題、天綫罩、电波傳播、天綫

測量以及天綫的机械材料加工等問題。列入这几章的目的是因为这些問題也是設計制造天綫过程中所要遇到的一些重要問題。从事天綫制造的工程技術人員虽然不需要成为这些方面的专家，但是具备一些基本知識則是必要的。

由于全书篇幅过多，譯本分为上下两册出版。上册包括第一、第二两部分，下册包括第三、第四两部分。

原书是由 39 位作者分工編写而成，各章都自成系統，所以各章叙述方法及符号不尽相同，并且有些天綫不止在一章內提到，显得有些重复。例如八木天綫在第五、十六、二十四章都有論述，而全方向性天綫則在第五、十六、二十二、二十三和二十六章內都提到了。其中有些重复是不必要的，但多数則是从不同观点对同一天綫的分析，这有助于讀者对問題的全面理解。

由于原书是在一个世界上最腐朽的資本主义国家中出版的，书中必然反映了大量的資本主义思想和唯心主义世界觀，在处理問題的方法上必然也有許多是形而上学的。这就要求讀者在閱讀和参考本书时，要以批判的眼光加以鉴别，并接受其中合理的和适用的东西。

由于本书是目前有关天綫工程設計方面內容最丰富的一本书，把它翻譯出版可能对从事天綫的研究設計制造的广大工程技術人員有所帮助。为此，在韓克树和陈太一两同志的提議下，我們从 1962 年起就开始了本书的翻譯工作。参加本书翻譯工作的，有茅于寬、沈鉄汉、汪懋官、林熾森、叶根涵、樊昌信、許厚庄、刘其中、楊俊、肖良勇等十人。分工翻譯之后，相互进行了初校，最后由钟吉生、胡树豪两同志总校，其中第三十五章还請叶尚輝同志校閱过。由于本书篇幅很大，問題范围很广，而我們的政治思想水平不高，英語和专业知識淺薄，經驗不足，虽然譯校整理工作拖延了四年之久，反复校对了数次，錯誤可能仍然不少，十分希望讀者能将所发现的錯誤和对本书譯文的意見寄交国防工业出版社，以便在今后的工作中加以改进。

本书的譯校出版工作量很大，除参加譯校工作的同志付出了大量的劳动之外，如果没有从事譯校工作的組織、譯稿的抄写、以至編輯、出版和印刷工作的許多同志的努力，本书的翻譯出版也是不可能的。在此謹向为本书的翻譯出版进行了很多組織工作的邵毅荣、哈达、黄桂生等同志以及所有曾参加过本书的譯稿抄写、編輯、出版、印刷等工作的同志表示感謝。

目 录

譯者序	3
-----------	---

I 引言和基本原理

第一章 天綫的特性	16
1.1 引言	16
1.2 方向图的型式	16
1.3 简单方向图的特性	17
1.4 极化	18
1.5 增益	19
1.6 阻抗	19
1.7 頻帶寬度	20
参考文献	21
第二章 天綫的基本原理	22
2.1 电流元的輻射	22
2.2 磁流元的輻射	25
2.3 理想地面上的天綫	28
2.4 口徑的輻射	29
等效原理 (30) 等效原理的应用 (32)	
2.5 天綫的阻抗特性	33
自阻抗 (33) 互阻抗 (35)	
2.6 天綫的方向性和增益	37
2.7 接收天綫和有效口徑	39
有效面积 (39) 自由空間中两天綫之間的傳輸 (40)	
2.8 离散元天綫陣的方向图	41
二元天綫陣 (42) 多元天綫陣 (43) 均匀分布天綫陣 (44)	
渐变分布天綫陣 (46) 道尔夫-切比雪夫分布 (47)	

2.9 連續綫源的方向图	53
綫源的分布 (54)	
2.10 面分布的方向图	58
矩形口径 (58) 圆形口径 (59) 椭圆口径 (60)	
2.11 相位誤差对綫源的影响	61
2.12 随机誤差对增益和边瓣的影响	67
离散元天綫陣 (68) 連續口径 (72) 口径照度上的周期性誤差 (73)	
2.13 形成特殊方向图的方法	74
适用于綫天綫陣的方法 (75) 适用于反射器式天綫的方法 (79)	
2.14 与阻抗特性有关的天綫带宽	80
2.15 口径尺寸一定时增益的限制	85
2.16 天綫的縮尺模型	86
参考文献	88

I 天綫的各种型式及其設計方法

第三章 綫天綫元的特性	90
3.1 圆柱形偶极子	90
阻抗为长度和直径的函数 (90) 终端条件的影响 (94)	
非圆截面的等效半径 (95) 方向图为长度和直径的函数 (96)	
3.2 双锥形偶极子	99
阻抗为长度和圆锥角的函数 (99) 双锥形偶极子的方向图 (99)	
3.3 折迭偶极子	103
折迭偶极子的等效电路 (103) 阻抗变换为导綫尺寸比的函数 (104) 多重折迭偶极子 (105)	
3.4 不对称偶极子	105
不对称偶极子阻抗的平均值公式 (105) 不对称偶极子的方向图 (108)	
3.5 套筒偶极子	108
套筒偶极子的等效电路 (108) 阻抗为长度和直径的函数 (108) 套筒偶极子的方向图 (108)	
3.6 耦合天綫	111

輻射系統的电路关系式 (111)

3.7 单极天綫 112

和平衡天綫的关系 (112) 尺寸有限的地平面对阻抗和方向图的影响 (113)

3.8 其它綫輻射器 115

盘錐形天綫 (115) 裝置在薄片边緣的单极子 (116)
徑向輻射式导体地平面上的单极子 (116) 直角天綫 (118)

参考文献 119

第四章 长导綫天綫 121

4.1 引言 121

4.2 作为基本輻射器的单根长导綫 121

方向图 (121) 測得的駐波电流分布举例 (123) 場强方向图的方程式 (123)

4.3 有大地时的长导綫 128

4.4 球极平面投影設計图的构成 128

4.5 长导綫陣 133

主波束是垂直极化的 (135) 主波束是水平极化的 (135)

4.6 自由空間內的菱形天綫 138

水平菱形天綫 (139) 水平菱形天綫的最佳設計参数 (139)
傾斜菱形天綫 (149) 节省菱形天綫架設面积的配置法 (149)
甚高频和超高频菱形天綫 (153) 菱形天綫的边瓣抑制 (153)
垂直V形天綫的方向图 (156) 菱形天綫的主瓣反向 (156)
电平衡(对称)的重要性 (156) 饋綫間的串話 (156)

4.7 长导綫天綫的电路特性 157

輻射电阻 (157) 饋电点阻抗(菱形天綫) (157) 菱形天綫的終端电阻 (158) 饋电点阻抗(駐波天綫) (159)
电位和电流 (159)

4.8 电流分布有所修改的长导綫天綫 159

参考文献 162

第五章 綫元天綫陣 163

5.1 引言 163

天綫陣的典型形式 (164) 应用 (165)

5.2 二元天綫陣 165

5.3 带寄生天綫的簡單天綫裝置 169

典型間距 (169)

5.4 多元边射式天綫陣	175
方向图和边瓣 (175) 幅度渐变分布 (177) 对偶天綫陣 (178) 陣列天綫陣 (181) 多层天綫 (182) 天綫 幕 (182) 定量分析 (183)	
5.5 端射天綫陣	184
連續端射陣 (185) 魚骨形天綫 (187) 梳形天綫 (189)	
5.6 端射寄生天綫陣 (八木綫天)	189
八木天綫陣 (191)	
5.7 全方向同軸天綫	193
参考文献	195
第六章 环天綫	196
6.1 引言	196
6.2 方向图	196
6.3 輻射电阻	197
参考文献	199
第七章 螺綫天綫	200
7.1 軸型螺綫天綫	200
7.2 螺綫天綫陣	207
7.3 边射型螺綫天綫	209
参考文献	213
第八章 縫隙天綫	214
8.1 引言	214
8.2 在无限大导电平面上的小矩形縫隙	215
8.3 在无限大导电平面上的半波輻射縫隙	216
輻射場 (216) 近区場 (216)	
8.4 有限平板上半波縫隙的輻射特性	217
8.5 圓柱上的軸向縫隙	218
8.6 环形縫隙	222
輻射特性 (222)	
8.7 切口天綫	223
8.8 平金屬板上单个縫隙的阻抗	225
8.9 带諧振腔的矩形縫隙	227
8.10 环形縫隙的导納	228

8.11 切口天綫阻抗	229
参考文献	231
第九章 縫隙天綫陣	232
9.1 引言	232
9.2 波导饋电縫隙輻射器	232
9.3 縫隙阻抗特性与等效电路	234
9.4 波导饋电縫隙輻射器的实验数据	236
纵向并聯縫隙 (236) 窄边縫隙 (240)	
9.5 波导縫隙陣的设计	243
9.6 纵向并聯縫隙陣的设计	247
9.7 窄边并聯縫隙陣的设计	249
9.8 串聯縫隙陣	250
9.9 波导縫隙陣的功率容量	251
参考文献	252
第十章 喇叭天綫	253
10.1 喇叭的类型及其应用	253
10.2 扇形喇叭	255
輻射方向图 (255) 增益 (257) 阻抗 (258)	
10.3 角錐喇叭	259
增益 (259) 最佳喇叭 (260) 輻射方向图 (260) 阻 抗 (261) 实际设计中的问题 (261)	
10.4 圓錐喇叭	263
增益 (263) 輻射方向图 (264) 阻抗 (264)	
10.5 双圓錐喇叭	265
激励方法 (265) 增益 (266) 輻射方向图 (267) 阻 抗 (267)	
10.6 其他类型的喇叭	267
复合喇叭 (267) 盒喇叭 (268) 波导輻射器 (268) 反射式喇叭 (271) 不对称喇叭 (271)	
参考文献	272
第十一章 角反射器天綫	273
11.1 引言	273
11.2 反射器角度一定时, 间距的效应	273

11.3 角反射器大小的决定	274
11.4 辐射方向图的实验结果	277
11.5 主波束的倾斜	279
11.6 用脊骨结构的角反射器	280
参考文献	282

第十二章 高增益反射面天线

12.1 基本设计原理	283
引言 (283) 反射器的几何光学 (284)	
12.2 旋转抛物面型反射器	286
反射器与馈电器的相互影响 (289) 不对称切割抛物反射面 (290) 馈电喇叭偏离焦点 (291) 波束因子 (292) 抛物面反射器的辐射方向图 (293) 抛物面反射器的增益 (296)	
12.3 抛物柱面反射器	297
线源馈电器 (298) 用点源馈电的抛物柱面 (299) 双抛物柱面天线 (300) 典型方向图与增益特性 (301)	
12.4 产生线源的反射器	301
简单抛物盒天线 (301) 半抛物盒天线 (303) 双抛物盒天线 (303) 典型方向图和增益特性 (304)	
12.5 赋形波束天线	305
单弯曲反射器 (305) 双弯曲反射器 (307) 用延伸馈电器的抛物面 (309) 典型方向图与增益特性 (310)	
12.6 其他反射器型式	311
屏蔽反射器 (311) 点源至点源反射器 (312) 点源至线源反射器 (313) 广角反射器 (314)	

参考文献	316
------------	-----

第十三章 无源反射器

13.1 在微波接力系统中所用的单面反射器	317
单镜和双镜系统 (317) 潜望镜天线系统 (321)	
13.2 用作微波目标的反射器	325
简单几何形状的表面 (325) 双面角反射器 (326) 三面角反射器 (326) 三面角形状的效应 (329) 结构上的误差对反射器性能的影响 (329) 角反射器群 (330) 尤伯透镜反射器 (330)	

参考文献	332
------------	-----

第十四章 透鏡天綫	333
14.1 透鏡的基本工作原理	333
14.2 $n > 1$ 时的透鏡面公式	334
$n > 1$ 时的单折射面 (335) $n > 1$ 时的双折射面 (335)	
分区公式, $n > 1$ (336) 分区对口径照度的影响, $n > 1$	
(337) 分区透鏡的带宽, $n > 1$ (338)	
14.3 $n < 1$ 时的透鏡面公式	339
$n < 1$ 时的单折射面 (339) 广角扫描透鏡, $n < 1$ (341)	
14.4 影响透鏡天綫增益的因素	341
溢出損失 (342) 透鏡形状对口徑照度的影响 (342)	
14.5 天然介质透鏡	345
介质透鏡中的热耗損失 (346) 介质透鏡中的反射損失	
(347) 介质透鏡面匹配的方法 (349) 透鏡匹配的例	
子 (354)	
14.6 人工延迟透鏡	356
金屬球各向同性陣 (357) 介质球各向同性陣 (358)	
固体介质中的空穴 (359) 薄障碍陣的等效分子媒质分析	
(359) 等效傳輸綫法 (361) 金屬帶媒质 (362)	
含方形和圆形薄金屬障碍物的媒质 (363) 人工延迟透鏡	
的匹配方法 (365) 人工延迟透鏡的安装方法 (367)	
14.7 路徑长度透鏡媒质	368
14.8 金屬片波导透鏡	369
約束折射 (370) 片間距的限制 (371) 在界面的反射	
和透射 (372) 减小反射損失的方法 (376) 金屬片波	
导透鏡结构举例 (377)	
14.9 其他 $n < 1$ 的透鏡媒质	378
14.10 变折射率透鏡的设计	380
参考文献	381
第十五章 扫描天綫	384
15.1 扫描的基本原理	384
扫描器的类型 (384) 扫描器的限制 (385)	
15.2 对称扫描系統	385
龙伯透鏡 (385) 二維龙伯透鏡 (386) 虚源龙伯透鏡	
(387) 小饋电圓龙伯透鏡 (388) 龙伯透鏡的短程綫	
模拟 (390) 制造龙伯透鏡的方法 (391) 旋轉面扫描	
器(393) 同心透鏡扫描器 (395) 校正饋电器系統(396)	

15.3	光学模拟	396
	Schmidt 透鏡 (397) Mangin 鏡 (398) Berti 系統 (398) Schwarzschild 系統 (399) Zeiss 心形 (399) 校正了彗星像差的反射器 (400)	
15.4	有光軸的透鏡	400
	介质透鏡 (401) 广角介质透鏡 (403) 金屬片透鏡 (403) 两点校正的金屬片透鏡 (404) 变折射率透鏡 (406)	
15.5	利用反射器进行扫描	407
	抛物面反射器 (407) 球状反射器 (410) 环面反射器 (410) 抛物綫环面反射器 (411) 頻率扫描反射器 (411)	
15.6	动饋电器系統	412
	Lewis 扫描器 (412) Robinson 扫描器 (413) 虛源扫描器 (413) 傾斜面扫描器 (414) 棱鏡扫描器 (414) NRL 風琴管扫描器 (415) 扇形風琴管 (415) RCA 風琴管 (416) 移动带扫描器 (416) 螺綫縫隙扫描器 (416)	
15.7	綫源扫描系統	417
	棱鏡扫描器 (417) Foster 扫描器 (417) 扫描陣 (418) 用圓形陣来扫描 (419)	
	参考文献	420
第十六章 表面波和漏波天綫		423
16.1	引言	423
16.2	表面波、漏波的性质和測量	425
	参数間的关系 (425) 表面波和漏波参数的計算 (430) 表面波和漏波参数的測量 (432)	
16.3	表面波天綫的設計原理	433
	表面波天綫的輻射 (433) 最大增益設計 (437) 最小波瓣寬度的設計 (441) 最小边瓣电平的设计 (442) 寬頻带方向图的设计 (442) 饋电器 (443) 綫源陣 (445) 面源 (447) 尺寸有限的导电面对輻射方向图的影响 (448) 波束賦形技术 (449) 綫极化和圆极化 (449) 扫描 (450)	
16.4	表面波天綫的特殊結構	451
	介质棒 (452) 介质槽波导 (453) 八木天綫 (453) 雪茄天綫 (454) 曲折天綫 (454) 波导加载的縫隙陣 (455) 介质片和介质板 (456) 刻槽面 (457) 針床天綫 (458)	

16.5	表面波激励离散元陣的设计原理	458
	主波束方向 (459) 口径分布的控制 (461) 元电导的 测量 (462) 陣的合成和波束赋形 (463) 綫形陣的增 益、波瓣宽度和边瓣电平 (463) 綫源陣; 面源 (464) 圆极化 (466) 扫描 (466)	
16.6	表面波激励离散元陣的特殊结构	466
	带邻近耦合偶极子的双导綫 (467) 夹心綫天綫 (469) 沟波导天綫 (471) 有不連續点的介质棒或鏡象綫 (472) 阶梯介质带 (474) 介质鏡象綫激励的二維縫隙陣 (475) 薄介质波导天綫 (475) 表面波轉釘 (476) 松果天綫 (476)	
16.7	漏波天綫的设计原理	476
	主波束的方向 (476) 口径分布的控制 (477) 陣的合 成和波束赋形 (477) 增益、波瓣宽度和边瓣电平 (478) 綫源陣; 面源 (479) 饋电器 (479) 終端 (480) 天 綫罩的影响 (480) 圆极化 (480) 扫描 (480)	
16.8	漏波天綫的特殊结构	481
	漏泄同軸綫 (482) 矩形波导上的长縫 (482) 圆形波导上 的长縫 (484) 矩形波导上近間距縫隙和洞孔 (484) 厚橫 縫平面陣 (486) 漏沟波导天綫 (487) 感性柵天綫(橫片) (489) 纵片 (490) 有孔板和蘑菇形天綫 (490)	
参考文献		491
第十七章 获得圆极化的方法		496
17.1	一般討論	496
	典型应用 (498) 极化合成 (499) 二橢圆极化天綫之 間的傳播 (501) 正交性 (502) 反射 (503) 測量 問題 (503)	
17.2	电和磁天綫的組合	504
17.3	相同天綫的組合	505
17.4	螺綫天綫	509
17.5	双波型喇叭輻射器	509
	对称的情况 (509) 不对称的情况 (511) 得到相位正 交的方法 (512) 双波型的产生 (514)	
17.6	傳輸型极化器	516
17.7	反射型极化器	518
17.8	雷达水点干扰抑制	518

对消比 (519) 对各种目标的对消 (519) 积分对消比 (519)

参考文献	521
第十八章 非变频天线	523
18.1 基本原理	523
18.2 等角天线	525
一般特性 (525) 几何关系 (525) 方向图旋转 (527)	
实际结构 (527) 平面结构 (528) 阻抗 (529) 方	
向图 (529) 设计考虑 (530) 非平面结构 (532)	
18.3 对数周期天线	533
一般特性 (533) 实际结构 (535) 自补偿结构 (537)	
对数周期元特性 (539)	
18.4 对数周期单元阵	541
二元阵方向图特性 (541) 二元阵阻抗特性 (544) 多	
元阵 (546) 设计步骤 (547)	
18.5 特殊应用	549
地面上的天线阵 (549) 作反射器与透镜的照射器 (551)	
高频通信天线 (556) 全方向性天线 (556) 圆极化天	
线 (557)	
参考文献	558

第一章 天綫的特性

Henry Jasik

1.1 引 言

天綫是任何以自由空間作为傳播媒质的电子系統的基本組成部分，它又是自由空間和接收机或发射机之間的联接环节。因此，天綫在决定它所在系統的特性方面起着重要的作用。

在某些用于导航或測向的系統中，系統的工作特性是圍繞着天綫的方向性来設計的。在另一些系統中，天綫也可能仅仅用来作全方向輻射，以便获得一个广播式的作用区域。在还有一些系統中，如在点与点通信系統中，天綫可能具有一个高方向性的方向图以便提高增益和减少干扰。

不管系統的用途如何，所有的天綫都有一些可以适当定义的基本特性。

天綫最有用的特性就是方向图，极化，增益和阻抗。根据互易定理，对一个无源綫性天綫來說，無論是用于发射还是用于接收，这些特性都是相同的。

1.2 方向图的型式

天綫的方向图通常是对天綫的最基本的要求，因为方向图决定了天綫所輻射的能量在空間的分布。一旦工作頻率給定以后，要描述一个天綫通常先說明它的方向图。

最常用的天綫方向图如下：

- 1 全方向性或广播式方向图；
2. 銳波束方向图；