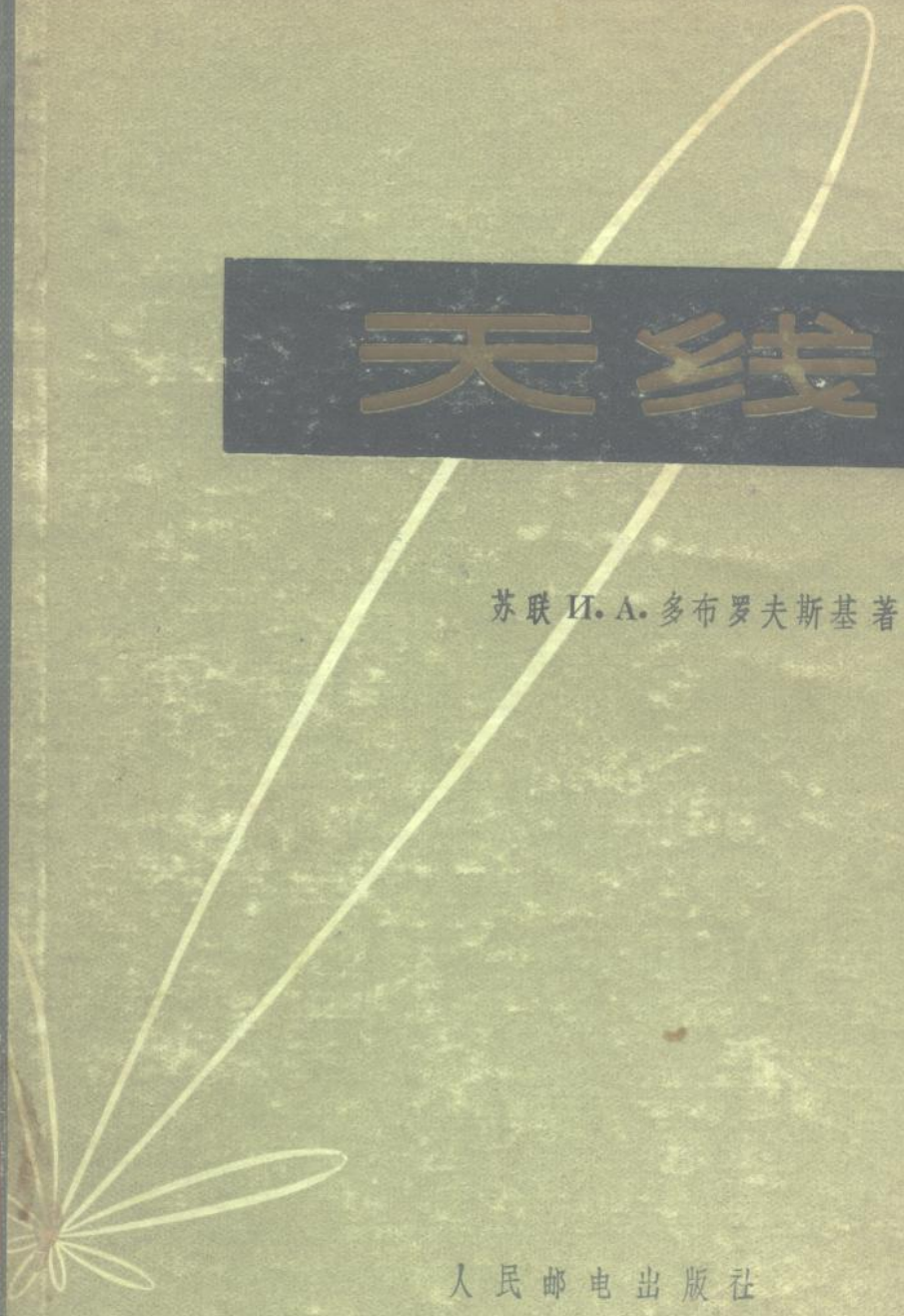




天线

苏联 И. А. 多布罗夫斯基 著

人民邮电出版社

數學研究所
新華書店
217 8281
¥2.60

И. А. ДОМБРОВСКИЙ

АНТЕННЫ

СВЯЗЫЗДАТ 1951

內 容 提 要

本书主要是介紹電信及廣播事業中所应用的各種天綫。主要可分四部分：1.各式天綫的一般理論（第1—5章）；2.長波和中波收發訊天綫（第6—10章）；3.短波收發訊天綫（第11—15章）；4.超短波收發訊天綫（第16—20章）。

本书为手冊形式，故书中列有許多实用的公式及資料。

天 綫

著 者：	苏联 И. А. 多布罗夫斯基
譯 者：	梁守义 边师頤 裘禮榮 郑法成 南新光 欧陽楚 李崑崗
校 者：	李 人 增
出版者：	人 民 邮 电 出 版 社 北京东四区6条胡同13号
印刷者：	人 民 邮 电 出 版 社 南 京 印 刷 厂 南京太平路戶部街15号
發行者：	新 華 書 店

1957年9月南京第一版第一次印刷 1—1,364 册

850×1168 1/32 186頁印張 $11\frac{20}{32}$ 插頁1 印刷字數278千字定價(10)2.60元

★北京市書刊出版業營業許可証出字第〇四八号★

統一書号：15045·总653-无153

中 譯 本 序

我在本书中试图为天綫理論作一通俗而又力求簡略的敘述，同时尽可能保持各种結論的精确性。

我覺得利用边界問題的源函数解答来闡明实用电动力学中的一些問題，最为簡便。

因此，在本书中，我根据大家熟知的 M. 阿勃拉赫姆 的解答把馬克士威方程式解表示为自由空間內的矢量源函数的形式。若給定电流体密度分佈并把它代入源函数，則可用求积法得到电磁場各分量的表示式。

有許多种天綫可以不作为体电流分佈而作为綫电流或面电流分佈来考虑。

計算天綫附近的实际媒質的参数是頗为困难的。在通俗敘述中，多半利用几何光学法，并把大地作为理想导体来考虑。

本书所列举的数学演算可供讀者用来近似地分析书中未曾論及的多种天綫。为此，本书敘述了所有上述数学問題的簡化解法，但书中基本公式对于自由空間和稳定状态是完全准确的。

目前，这种数学演算（且借助于狄拉克的 Δ -函数，把能源表示为一羣点源的形式）在实用电动力学的許多問題上应用很广，并在繼續发展。

И. А. 多布羅夫斯基

莫斯科 1957.6.24.

21/9/5

原 序

無線電技术发展史的特点就是：高频振荡器与辐射设备几乎是同时发明的。1867年，*A. K. 馬克士威*根据*M. 法拉第*的实验創立了电磁学理論，并且断定在火花放电时有电磁波发射。1888年，*H. 赫茲*用試驗証实了馬氏理論的基本原理。赫茲所用輻射設備是具有均匀电流分佈的振子，而諧振器則是单圈的閉路天綫。1895年*A. C. 波波夫*发明了开路的接地天綫，应用在雷暴指示器以及最早的收发訊設備中。在1900—1906年間，收发訊台电路中的收发訊天綫各与发射机和接收机分开，而在無線电技术上成为收发訊台設備中的独立部分。这些工作是和下列俄罗斯科学家們的名字分不开的：*A. C. 波波夫*、*A. H. 曼傑里施达姆*、*H. A. 巴巴列克西*、*A. A. 罗然斯基*、*M. B. 舒列金*、*H. H. 齐克林斯基*、*B. M. 列別杰夫*。长波天綫技术設計的奠基人是*M. B. 舒列金*、*A. A. 罗然斯基*和*A. A. 彼得罗夫斯基*。

在初期無線电技术史上可以发现，当时广泛应用的天綫設備是从不对称的接地振子发展而来的，其工作波长則从赫茲实验中的分米波（波长在66厘米以下）过渡到300—20000米的波长上来。在接收天綫的技术方面，則由赫茲諧振器发展成为环状定向天綫及其复式天綫。在1924—1927年間出現的許多新型天綫——各式定向短波天綫，充实了天綫技术。綫状对称半波天綫代替了赫茲对称偶极子，并且用作复式天綫的組成单元。

在短波天綫的发展过程中，以列宁命名的尼热哥罗得無線电實驗室是卓有功績的，它在1925年創建了名为*M. A. 邦奇*——*布魯耶維奇*和*B. B. 达达林諾夫*等复杂的同相天綫。类似的天綫系，后来才在欧洲研究出来。其后不久又出現了长綫天綫（*V*型天綫，諧波天

綫等)。所有这些天綫都属于駐波天綫一类。1931年出現了菱形行波天綫，这可說是V型天綫的進一步发展。从1931年起，超短波的应用給无綫电技术带来了許多新式天綫，其中首先是反射鏡式天綫。1925年后无綫电广播的广泛应用則促成了新型的梳桿式不对称中波天綫，現代天綫設備的技术創始于1914年。目前有許多类型的天綫用于无綫电通訊、广播以及其他特殊目的。

本书編成手冊形式，在設計或使用无綫电通訊以及广播的天綫設備时可供参考。

本书主要是介紹邮电部业务上所用各种天綫的参考資料。此外，书中又敘述了几种在結構和設計特点上很有用处的天綫。其他还有天綫尺寸和电参数的求法，以及正确架設天綫的方法。若論內容，則全书可以分为四个主要部分：

- 1) 各式天綫的一般理論知識（第一——五章）；
- 2) 长波和中波的收发訊天綫（第六——十章）；
- 3) 短波收发訊天綫（第十一——十五章）；
- 4) 超短波收发訊天綫（第十六——二十章）。

作者在編写各章参考資料时，利用了所能獲得的一切文献資料，并按个人經驗重新写成作者所需求的形式。必須指出：第一章是基本原理，以后各章有关綫状天綫設計問題的計算公式是由此導出的。

第九章主要是根据作者本人著作編写的，其中論及勃朗中波地綫計算公式的修正問題，因为作者曾在勃朗的著作中发现了原則性錯誤，那就是他不正确地估計了天綫水平部分对地損耗的影响。第十三、十四与十七各章介紹了一系列計算公式，以說明第一章內所述計算原理的应用。

必需說明在編輯手冊第九章时所用参考資料中，中波天綫接地系統的計算例子是按C. H. 納金宁科的論文“天綫接地系統尺寸的选

擇”(“無線电技术”杂志 1946 年第 1 卷第 2 期)来編写的。中波天綫的方向图与增益(第七章和第八章)以及短波天綫的方向图与增益(第十一——十五章)引自中央电訊科学研究所的中短波天綫图表手册。第十八章和第十九章的計算公式則是根据薩繆尔、雪尔佛所著“微波天綫的理論与設計”一书来編写的。

最后,作者謹对下列各同志表示衷心感謝。*E. A.* 安菲洛夫与 *A. H.* 別尔柯維奇兩同志在文稿付印前惠予整理,而 *B. A.* 庫茲涅卓夫同志在編輯中提出了宝貴的意見。

H. A. 多布罗夫斯基

主要符号表

拉丁字母

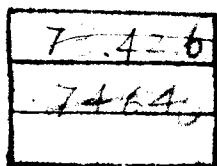
A	电矢位		面垂直)的夫累涅尔系数
A	天綫口面		的模数
A^*	磁矢位	f	振荡频率(赫)
B	磁通量密度	G_1	单位长度的电导(綫的电漏)
b	电納		(姆/米)
C	电容量(法)	g	电导(姆)
C_1	单位长度的电容量(法/米)	H	磁场强度(安/米)
C_n, C	口面的有效系数	H_1, H	各振子高度之差; 振子高度
c	电磁波在真空中的速度, $c=3 \times 10^8$ 米/秒	h	振子离地高度
a, b, c	球面三角形的边; 任意常数	I_n	波腹电流的振幅(安)
A, B, C	任意常数	I_{na0}, I_{omp}	入射波和反射波的电流(安)
D	天綫方向系数	I_{nyu}, I_{ysA}	波腹与波節电流(安)
D	电位移(庫/平方米)	i	空间电流的面密度(安/平方
D	導綫間的距离		米)
d	振子間的距离; 導綫直徑	j_{nob}	表面电流的綫密度(安/米)
d	口面的直徑	$k_{0.B}$	行波系数
E	电场强度(伏/米)	$k_{c.B}$	驻波系数
$F(\varphi, \Delta)$	天綫方向圖定形因子, 等于	k_2	綫終端的反射系数
	天綫場强除以 $\frac{60I}{r}$	L	电感(亨)
f_B	平行極化波(矢量 E 与入射	L_1	单位长度的电感(亨/米)
	面平行)的夫累涅尔系数	l	綫的长度; 導綫长度; 不对
	的模数		称振子的长度; 对称振子
f_e	垂直極化波(矢量 E 与入射	l_0, h_0	长度之半
	面垂直)的夫累涅尔系数	M	天綫的有效长度
	的模数		兩振子(天綫与反射器)上的

	电流振幅比	U_{nyu}, U_{ysA}	波腹与波節电压(伏)
M	互感系数(亨)	v	电磁波的速度(米/秒)
M_1	耦合綫單位长度的互感(亨/米)	W	无耗綫的特性阻抗(欧)
n	CF 或 RF 天綫的層数	X	电抗(欧)
$2m$	CF 天綫每層的半波振子数	X_{nm}	兩振子 n 和 m 的相互發射阻 抗的电抗部分(欧)
P	有功功率	Y	導納(姆)
q	电量; 电荷(庫)	Y_1	單位长度的導納(姆/米)
q_1	導綫或導綫系單位长度的电 荷(庫/米)	Z	阻抗(欧)
q_{noB}	电荷面密度(庫/平方米)	Z_1	單位长度的阻抗(欧/米)
R	电阻(欧)	x, y, z	直角坐标系的座标
R_1	均匀綫單位长度的电阻	z	圆柱坐标系內的沿軸座标
R_{Σ}	發射电阻	Z_0	等效阻抗(欧)
R_{nm}	天綫系內振子 n 和 m 的相互 發射电阻(欧)	Z_{Bx}	輸入阻抗 $Z_{Bx} = R_{Bx} + iX_{Bx}$ (欧)
r	球面坐标系內的輻向座标	$Z_{H1}Z_2$	綫的終端阻抗(欧)
S	發射矢量(烏莫夫—波印廷 矢量)	Z	極化电矢位(赫茲矢量)
T	交流电流的振盪周期	Z^*	極化磁矢位
t	時間(秒)	Z_n	参数为 ϵ, μ 的空間的特性 阻抗
U	电压振幅; 电位差(伏)	Z_{no}	自由空間($\epsilon = \epsilon_0, \mu = \mu_0$)的特性阻抗
U_{nad}, U_{omp}	入射波和反射波的电压(伏)		

希 腊 字 母

α	相移常数, $\alpha = \frac{2\pi}{\lambda}$	Δ	仰角
β	衰減常数	ϵ	介質的絕對电容率(法/米)
γ	傳播常数	ϵ_0	自由空間的电容率, $\epsilon_0 = 1/4\pi \times 9 \times 10^9$ 法/米
α, β, γ	球面三角形的角	ϵ	天綫增益系数
γ_0	体电導率(姆/米)	η, η_A	效率; 天綫的效率

θ, θ	球面坐标系的高射角; 導綫軸与任意方向間的夾角	φ	圓柱坐标系或球面坐标系內的方位角; 天綫的水平面方向圖的方位角, 由选定方向(天綫的導綫軸或与軸垂直的方向)起算。
λ	波長(米)		
μ	介質的絕對導磁率(亨/米)		
μ_0	自由空間的絕對導磁率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨/米	ϕ_s, ϕ_z, φ	相移角
ρ	有耗綫的特性阻抗	$x_e = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$	相对电容率; 介电常数
ρ	电荷密度(庫/立方米)	$x_m = \frac{\mu}{\mu_0}$	相对導磁率
ϕ	磁通量		
ϕ	菱形天綫鈍角之半	ω	振盪的角頻率($\omega = 2\pi f$)
ϕ	电标位		
ϕ^*	磁标位		



目 录

中譯本序

原 序

主要符号表

第一章 天綫方向圖計算原理

第 一 节	电磁場的基本方程式·····	(1)
第 二 节	赫茲極化电矢位 (Z) ·····	(1)
第 三 节	电流密度的穩态分佈与其所生电磁場强的关系 ·····	(2)
第 四 节	直角坐标系內任意放置的綫狀电流所生电磁場的各分量 (3)	
第 五 节	綫狀电流的远区場各分量的表达式·····	(4)
第 六 节	在直角坐标系內和球面坐标系內确定直綫狀电流 和观察 点两者的相对位置·····	(6)
第 七 节	直綫狀电流的远区場各分量在直角坐标系內的 表达式···	(8)
第 八 节	直綫狀电流的远区場各分量在圆柱坐标系 (R 、 φ 、 Z) 和 球面坐标系 (r 、 Θ 、 φ) 內的表 达式·····	(10)
第 九 节	关于自由空間的特性阻抗的概念·····	(11)
第 十 节	关于場的極化的概念·····	(12)
第十一节	影象 法·····	(13)
第十二节	几何光学 法·····	(15)

第二章 导綫上的电流分佈

第 一 节	电路方程·····	(17)
第 二 节	長綫 方程·····	(19)
第 三 节	由長綫理論得出的一些参考公 式·····	(21)
第 四 节	相位常数、衰減常数、特性阻抗和單位長 度 (導綫) 电阻 四者的近似公式 ·····	(28)

107615

第五节	R_1, L_1, C_1, W 的計算公式	(29)
第六节	圓圖	(38)
第七节	利用圓圖來換算阻抗	(40)
第八节	利用圓圖來決定分路短綫把饋綫調諧到行波时的位置和長度	(43)

第三章 發射天綫和接收天綫理論上的基本定理

第一节	电磁場能量不減定律	(47)
第二节	計算發射矢量的参考公式	(48)
第三节	由發射矢量的面積分來求發射电阻	(50)
第四节	关于分界面上边界条件的概念	(52)
第五节	感应电动势法	(53)
第六节	无綫电工程上的互易定理	(56)
第七节	二元性原理	(57)

第四章 基本的發射系統

第一节	电振子	(61)
第二节	自由空間內任意長度的導綫	(63)
第三节	理想導电地面上空的鉛垂導綫	(67)
第四节	理想導电地面上空的水平導綫	(68)
第五节	理想導电地面上空的对称水平導綫	(69)
第六节	自由空間內帶有行波电流的導綫	(70)
第七节	各种簡式天綫的發射阻抗公式。縮短到諧振長度	(72)

第五章 天綫的电参数

第一节	天綫的效率	(74)
第二节	天綫的方向系数	(74)
第三节	天綫的增益系数	(75)
第四节	天綫的有效系数	(76)
第五节	天綫的方向性	(77)
第六节	方向圖的波瓣寬度	(78)

第七节	瓣寬和方向系数的关系	(78)
第八节	方向圖、定形因数与归一因子	(80)
第九节	收發訊天綫的有效面積与共同常数	(80)
第十节	天綫的有效長度和接收天綫的内电 动势	(82)
第十一节	天綫的波段性能	(84)

第六章 長波發射天綫

第一节	長波通訊的特点	(85)
第二节	对于長波天綫的基本要求	(85)
第三节	天綫的型式	(86)
第四节	多路接地天 綫	(88)
第五节	長波天綫的 方向性	(89)
第六节	电流和电压在天綫鉛垂部 分上的分佈	(89)
第七节	具有單根引下綫的天綫的有 效高度与發射电阻	(90)
第八节	天綫的特性阻 抗	(91)
第九节	具有單根引下綫的天 綫的波長系数	(93)
第十节	具有單根引下綫的天綫的有效 系数	(93)
第十一节	容許电 压	(94)
第十二节	复式長波天綫發射阻抗的計 算	(94)
第十三节	長波天綫的調 諧	(95)

第七章 200—2000米波段的广播天綫

第一节	中波波段的特性	(96)
第二节	对于广播天綫的要求	(97)
第三节	天綫的主要型式。天綫型式的縮寫符号	(97)
第四节	M型与T型天綫的方向性与方向圖定形因数	(99)
第五节	电流分佈公式中的衰减的計 算	(99)
第六节	具有單根引下綫的天綫的發 射电阻	(100)
第七节	鉛垂天綫的鉛垂面方向 圖	(104)
第八节	具有單根引下綫的天綫的有效系数与增益系 数	(105)
第九节	天綫的輸入阻抗	(106)

第十节	鉛垂天綫的工作波段	(109)
第十一节	天綫上的容許电压	(111)
第十二节	頂饋天綫与电流分佈可变的的天綫	(112)
第十三节	中波天綫的調諧	(116)

第八章 200—2000米波段的定向广播天綫

第一节	定向天綫的几种主要型式	(116)
第二节	对于定向天綫的要求, 縮寫符号	(117)
第三节	复式天綫的方向性計算原理	(117)
第四节	由两振子組成的复式天綫的發射阻抗	(119)
第五节	复式天綫諸振子均为有源饋电时的工作 状态計算	(123)
第六节	复式天綫諸振子中有一为无源饋电时的工作 状态計算	(125)
第七节	天綫系的两振子均为有源饋电时的方向 圖	(126)
第八节	天綫系的两振子有一为无源饋电时 的方向圖	(127)
第九节	两振子組成的定向天綫的增益与有效系数	(130)
第十节	两振子組成的天綫的輸入阻抗計 算	(133)
第十一节	定向天綫各振子上的电压計 算	(134)

第九章 長波和中波天綫的接地

第一节	接地系統	(135)
第二节	長波天綫損耗的分类和經驗公 式	(137)
第三节	長波天綫接地損耗估值用的計算 公式	(139)
第四节	直流电流公式用于高频电 流	(142)
第五节	長波接地系統的尺寸选 擇	(143)
第六节	中波天綫輻向地网尺寸的确定方 法	(145)
第七节	确定鉛垂天綫的地內 电流	(145)
第八节	I 形和 T 形天綫水平部分引起的地內电流場	(147)
第九节	天綫的地內电流总 場	(148)
第十节	广播天綫选择接地系統用的計算公 式	(149)
第十一节	勃朗方法的近似公 式	(151)
第十二节	接地系統導綫数目的确 定	(152)

第十章 長波和中波接收天綫

第一節	長波和中波接收天綫的几种主要型式	(154)
第二節	不定向接收天綫	(155)
第三節	閉路式接收天綫。環狀天綫電感和電容的計算	(155)
第四節	環狀天綫的電參數及其調諧	(156)
第五節	反相天綫	(158)
第六節	行波天綫	(160)
第七節	心臟形接收	(161)
第八節	測向接收	(163)
第九節	無線電話用的心臟形接收	(163)

第十一章 近距離通訊用的短波天綫

第一節	對天綫提出的技術要求受到短波傳播特性的影響	(164)
第二節	寬通帶天綫和波段天綫	(165)
第三節	近距離通訊用的短波天綫的主要型式	(171)
第四節	水平振子 ($ВГД$)	(171)
第五節	水平角形天綫 ($УГД$)	(174)
第六節	并聯饋電的對稱天綫	(177)
第七節	指數形變阻饋綫	(178)

第十二章 短波同相天綫

第一節	同相天綫的結構	(179)
第二節	反射器和引向器的概念	(180)
第三節	同相鉛垂天綫	(181)
第四節	同相水平天綫	(186)
第五節	同相天綫發射阻抗的計算。大地影響的計算	(189)
第六節	天綫 $СГР$ 和 $КГР$ 的方向性	(193)
第七節	同相天綫增益係數與方向係數的計算	(196)
第八節	天綫 $КГ$ 與 $СГ$ 的調諧	(199)

第十三章 菱形天綫

第一節	用長導綫組成的天綫結構	(201)
第二節	菱形天綫的主要型式	(202)
第三節	菱形天綫的方向性	(205)
第四節	折式菱形天綫	(211)
第五節	復式的折式菱形天綫	(212)
第六節	菱形天綫的增益係數、方向係數以及效率的計算	(212)
第七節	水平菱形天綫的方向圖	(215)
第八節	水平菱形天綫尺寸的選擇	(216)
第九節	波瓣寬度、最大仰角、增益以及波段的確定	(217)
第十節	水平菱形天綫參數表	(218)
第十一節	同授式菱形天綫	(225)
第十二節	菱形天綫的調諧	(227)

第十四章 由不同長度的振子組成的諧振天綫系

第一節	諧振天綫的主要型式	(227)
第二節	輻向天綫與波道天綫	(227)
第三節	諧波天綫	(229)
第四節	角形與V形短波天綫	(230)
第五節	角形天綫的方向性	(232)
第六節	水平角形天綫	(235)

第十五章 短波接收天綫

第一節	接收天綫的主要型式	(236)
第二節	接收天綫對於干擾的敏感性	(237)
第三節	分集接收制	(238)
第四節	接收菱形天綫的結構特點	(241)
第五節	行波天綫的方向性	(243)
第六節	行波天綫增益的近似計算	(245)

第七节	关于行波天綫的一些实际数据	(247)
第八节	城垛形天綫	(250)
第九节	广播接收天綫	(252)

第十六章 超短波天綫

第一节	天綫特性	(253)
第二节	基本的米波天綫	(255)
第三节	帶有无源單元的超短波導綫天綫	(257)
第四节	帶有面形或角形反射器的天綫	(257)
第五节	由对称天綫到同軸電纜的平衡器	(260)
第六节	帶有补偿套管的頂饋天綫	(263)
第七节	双錐天綫	(266)

第十七章 超短波广播天綫

第一节	用于調頻制与电视的發射天綫	(269)
第二节	达达林諾夫圓形天綫	(270)
第三节	圓形天綫的其他型式	(271)
第四节	开槽天綫	(278)
第五节	產生旋轉場的天綫	(282)
第六节	四叶形天綫	(289)
第七节	多層广播天綫的增益数据表	(290)
第八节	若干广播天綫的联合架設	(293)
第九节	电视接收天綫	(293)

第十八章 面天綫的計算原理

第一节	在計算面天綫时馬氏方程解的一般化	(295)
第二节	馬氏方程通解的特殊情况。發射条件	(298)
第三节	面天綫的远区場	(299)
第四节	波动光学公式对于电磁場的应用及其与几何光学的区别	(301)
第五节	根据无限大導體面的反射定律來求面电流与面电荷	(304)
第六节	面天綫的近似計算法	(307)

第七节	柯脫來尔的修正	(308)
第八节	点發射体系統的計算公式	(311)
第九节	綫發射体系統的計算公式	(313)
第十节	面天綫的場結構	(317)
第十一节	平口面天綫	(320)

第十九章 拋物面天綫、喇叭形天綫与透鏡天綫

第一节	拋物面天綫的几何参数	(327)
第二节	拋物面鏡上的电流分佈与口面上的場	(329)
第三节	拋物面天綫的場結構	(329)
第四节	拋物面天綫的方向系数	(331)
第五节	發射体的反向發射与相位偏差使方向系数降低	(333)
第六节	拋物面鏡的計算程序	(335)
第七节	拋物面天綫的实用数据	(336)
第八节	喇叭形天綫	(339)
第九节	扇形喇叭	(341)
第十节	角錐形喇叭天綫	(347)
第十一节	圓錐形喇叭天綫	(349)
第十二节	金屬透鏡天綫	(349)

第二十章 接力通訊綫路用的天綫

第一节	天綫的主要型式	(351)
第二节	決定接力綫路各站之間的距离	(352)
第三节	選擇接力通訊綫路用的天綫	(354)