

特 高 頻 天 綫

A. 3. 佛 拉 金 編 著

國防工業出版社

特 高 頻 天 綫

A. 3. 佛拉金編著

陳秉鈞、肖篤堉譯



國防工業出版社

1962

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 号

國防工業出版社印刷廠印刷

新华書店科技發行所發行 各地新华書店經售

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 17 $\frac{3}{16}$ 428 千字

1962 年 4 月第一版

1962 年 4 月第一次印刷

印數: 0,001—5,100 册 定價: (11-8)3.15 元

統一書號 15034·620

目 录

序言	7
第一章 特高频天线及其分类、构造和工作原理	9
§1. 研究对象	9
§2. 特高频天线的分类	10
§3. 喇叭天线	10
§4. 透镜天线	16
§5. 开缝天线	26
§6. 电介质天线	29
§7. 反射天线(镜面)	33
§8. 表面波天线	35
§9. 特高频天线的一般特性	38
第二章 特高频天线理论的基本问题及其求解方法	40
§1. 问题的提法	40
§2. 起始方程	44
§3. 辅助源法	46
§4. 矢位法	55
§5. 等效原理	58
§6. 特高频天线理论外部问题的近似解	60
§7. 基尔霍夫公式。与矢量公式的比较	62
§8. 固定相位法	72
第三章 平幕口径的绕射	77
§1. 绪言	77
§2. 在矩形口径内的同相场	77
§3. 圆形口径内的同相场	91
§4. 平面同相天线一般的辐射方向特性	107
§5. 寄生极化	111
§6. 按线性规律的相位变化	111

§ 7. 在矩形口徑內按平方律的場相位变化	115
§ 8. 在圓形口徑內按平方律的場相位变化	123
§ 9. 按立方律的相位变化	124
§ 10. 振幅的周期性变化对同相天綫方向图的影响	125
第四章 波导輻射器	129
§ 1. 矩形波导內的場	129
§ 2. 从矩形波导开口的輻射	133
§ 3. 圓形波导內的場	137
§ 4. 关于从圓形波导开口端的輻射問題的近似解	140
§ 5. 关于波导輻射器問題的严格提法	142
§ 6. 关于波导輻射器問題严格解的結果	152
第五章 喇叭天綫	159
§ 1. 引言	159
§ 2. 扇形喇叭	160
§ 3. 角錐形喇叭	177
§ 4. 双圓錐形喇叭	181
§ 5. 准角錐形喇叭	192
§ 6. 圓錐形喇叭	196
§ 7. 关于圓錐形喇叭激励問題的精确解	201
§ 8. 矩形截面波导与扇形或准角錐形喇叭間的过渡装置	209
§ 9. 喇叭天綫口徑上电磁場的特性。相位的校正	219
第六章 透鏡天綫	229
§ 1. 口徑內有平面波的均匀透鏡	229
§ 2. 介电常数和金属-电介质透鏡的折射率	237
§ 3. 透鏡天綫的頻率特性	242
§ 4. 技术公差	247
§ 5. 消球差透鏡	257
§ 6. 寬角度摆动射綫的金属透鏡	263
§ 7. 球面和柱面不均匀透鏡	269
§ 8. 有孔金属片的透鏡	278
§ 9. 鏡面的反射	283
§ 10. 消除透鏡面上反射的方法	294

§ 11. 透鏡口徑內場振幅的分布	302
§ 12. 透鏡天綫輻射特性的計算	307
§ 13. 用透鏡以取得余割方向圖	311
第七章 鏡面	317
§ 1. 鏡面的兩種計算方法	317
§ 2. 用口徑法計算旋轉拋物面	320
§ 3. 旋轉拋物面的照射器	335
§ 4. 從拋物面反射的波對照射器的作用	342
§ 5. 拋物柱體。弓形拋物面天綫	347
§ 6. 技術公差	353
§ 7. 格子和穿孔表面的拋物面	357
§ 8. 球面鏡面	364
§ 9. 口徑內場相位按給定分布的鏡面構造	371
§ 10. 余割方向圖的鏡面	374
§ 11. 平面鏡面	377
第八章 隙縫天綫	383
§ 1. 畢斯多里哥爾斯二重性原理和它在隙縫天綫上的應用	383
§ 2. 在有限尺寸金屬薄板上的隙縫	394
§ 3. 在矩形波導壁上的隙縫	402
§ 4. 在圓形圓柱體表面上的隙縫	420
第九章 介質天綫	429
§ 1. 圓形介質棒內的電磁場	429
§ 2. 波在介質棒內的衰耗	446
§ 3. 圓形介質棒天綫內的電磁場	454
§ 4. 第二等效原理	458
§ 5. 介質天綫的方向圖	461
§ 6. 介質棒天綫試驗研究數據的分析	468
§ 7. 介質棒天綫的計算	474
§ 8. 介質管	476
§ 9. 複式介質天綫	481
§ 10. 沿垂直於棒軸方向輻射的介質棒天綫。帶寬角度方向圖的天綫	483
第十章 表面波天綫	488

§ 1. 表面波.....	488
§ 2. 表面阻抗.....	495
§ 3. 用电介质层复盖的金属面.....	496
§ 4. 起波纹的金属面.....	499
§ 5. 用平面表面波的平面天线的辐射特性.....	503
§ 6. 用柱面表面波的平面天线的辐射特性.....	508
§ 7. 表面波柱面天线.....	511
第十一章 螺旋形天线.....	515
§ 1. 构造。基本定义.....	515
§ 2. 轴向辐射状态.....	518
§ 3. 不定向的辐射状态.....	532
§ 4. 圆柱螺旋形天线上电流振幅和相位的分布.....	533
§ 5. 圆锥螺旋形的特性.....	537
§ 6. 圆柱螺旋形天线的辐射电磁场.....	544
附录.....	549
参考文献.....	550

序 言

苏联共产党第二十次代表大会关于 1956 年至 1960 年苏联发展国民经济的第六个五年计划的指令中，曾规定大力发展无线电接力通信、无线电导航以及利用特高频技术的其他无线电设备。这些设备的主要部分之一就是天线装置。

特高频天线现时已成为无线电工程中具有专门的基础、专门的计算方法以及特殊结构的一个独立广阔的部门。但是有关特高频天线的现代理论和技术方面的问题，目前还缺少足够完备的而且满意的著作。

关于特高频天线方面的著名书籍，仅是对于一些很狭小问题的专门论文，或是说明第四十年代的技术而不能反映以后年代的成就的著作。

读者应注意，本书将试图补正所述的缺陷。本书系作者 1950 年版本的增订和修正本。

本书的第一章中介绍特高频天线的分类，并说明各类的构造和工作原理。

第二章将引证特高频天线理论的基本原理，并阐明精确的和近似的分析方法。

第三章将给出关于经平面屏蔽上孔眼绕射的一系列的数学问题的解答；这些解答系对多数特高频天线用近似法确定辐射特性而归结成的。将这样的资料分成独立的一章，一方面就有可能简化了各种类型天线的专章中的叙述，而在另一方面，关于天线口径面上场的振幅和相位的分布定律对辐射特性间的关系，可得到综合性的结论。

在其余各章中，将详细研究各类特高频天线。对每一种类型的天线将分析其各种不同的变形，同时对装置问题加以具体化，并说明现代理论的情况。此外，将导出有关结构上的参量对天线的电特性间的计

算公式和图表,并给出关于计算次序的概念。

除了已全面研究的和实际上已采用的天线的数据以外,本书还包括有关定期书刊上著名的新著作,以及能作为今后研究基础的概念的一些知识。

当然,本书不可能要求对现时所积累的关于特高频天线理论的和实验的资料作详尽和完备的叙述。书刊可以帮助读者在必要时对本书所说明的问题获得补充的知识。

编辑 B. A. 哈茨凯列维奇在审稿付印过程中给与很大的帮助, B. B. 布拉乌达和 A. M. 波捷欣提供宝贵的意见和建议,经作者在改稿时予以采纳。作者谨致衷心的感谢。

作者

第一章 特高频天线及其分类、 构造和工作原理

§1. 研究对象

特高频应了解为无线电频谱上一部分，它包括分米波和厘米波。

在特高频频带的技术中，在较低频率时采用线状天线（例如《波道》式天线、同相振子天线、螺旋形天线等等）。但在特高频中得到最广泛采用的有所谓绕射天线，其中多数与光学系统相类似（镜面天线、透镜天线等等）。

在本书中，《特高频天线》这一名词仅了解为绕射天线。绕射天线的概念，在说明构造和工作原理后，将在下面 (§9) 加以解释。除对绕射天线应加般切注意外，这里还介绍关于线状螺旋形天线的简要知识，因为这些天线主要是用在特高频，而在一般教材中都未述及。

在特高频中，和长波及短波一样，无特殊的收讯天线。无论发讯和收讯均采用同样的天线。在某些实际情况下，例如无线电定位，常用同一副天线作两种方式的工作。因为按照互易定理，天线的主要特性与工作方式无关，那末在研讨中，天线可看作发讯天线，或者看作收讯天线。

从教学的观念来看，将天线看作发讯天线较为简便。因此，以后特高频天线都看作辐射系统。

特高频天线的研究对象概括为下列几个问题：

1. 辐射理论；
2. 天线和馈线的耦合理论；
3. 各种不同应用范围内独有的结构上的特点。

本书的主要特点放在第一个问题，即特高频天线辐射理论，它包括：

- a) 基本的物理原理;
- 6) 关于辐射问题的严格数学分析方法;
- б) 辐射特性的近似计算公式和方法: 方向图、增益系数等等。

所指出的其他问题将配合理论的具体化, 以及从使对于基本问题的掌握和正确理解而加以说明。

§ 2. 特高频天线的分类

现时有数十种不同的特高频天线。但是, 如下面所述, 在工作原理上, 这些天线是同类型的, 并与较低频率的天线有本质上的差异。因此这些天线将看作是特殊类型的天线。各类特高频天线间的区别表现在结构上的特点、馈电方法等等。

现时可將特高频天线分为六类:

1. 喇叭, 2. 透镜, 3. 开缝, 4. 电介质, 5. 反射(镜面), 6. 表面波。

上述许多类型中每一类天线可再分为若干变形, 而多数变形也还有许多的变体。

上述特高频天线的分类如图 1.1 所示。图中仅表示出实际采用的和理论上研究过的主要变体。在今后研讨中将叙述许多其他应加注意的变体。此外, 应当指出, 实际上有一些组合的天线是上述某些类型的结合(例如, 喇叭和镜面、喇叭和透镜、镜面和开缝天线等等)。为了使分类图不致过于繁琐, 这些组合天线不包括在图中。在本书中适当场合, 将加以研讨。

§ 3. 喇叭天线

图 1.2 中指出喇叭天线的主要变形:

- a) 扇形, б) 尖端角锥形, в) 楔状角锥形, г) 圆锥形, д) 双侧双圆锥形和 e) 单侧双圆锥形喇叭天线。

其中前四种(图 1.2 a, б, в, г)是由普通的无线电波导及与其连接的喇叭所组成的装置。实质上后者也是波导, 但其横截面是变形的。

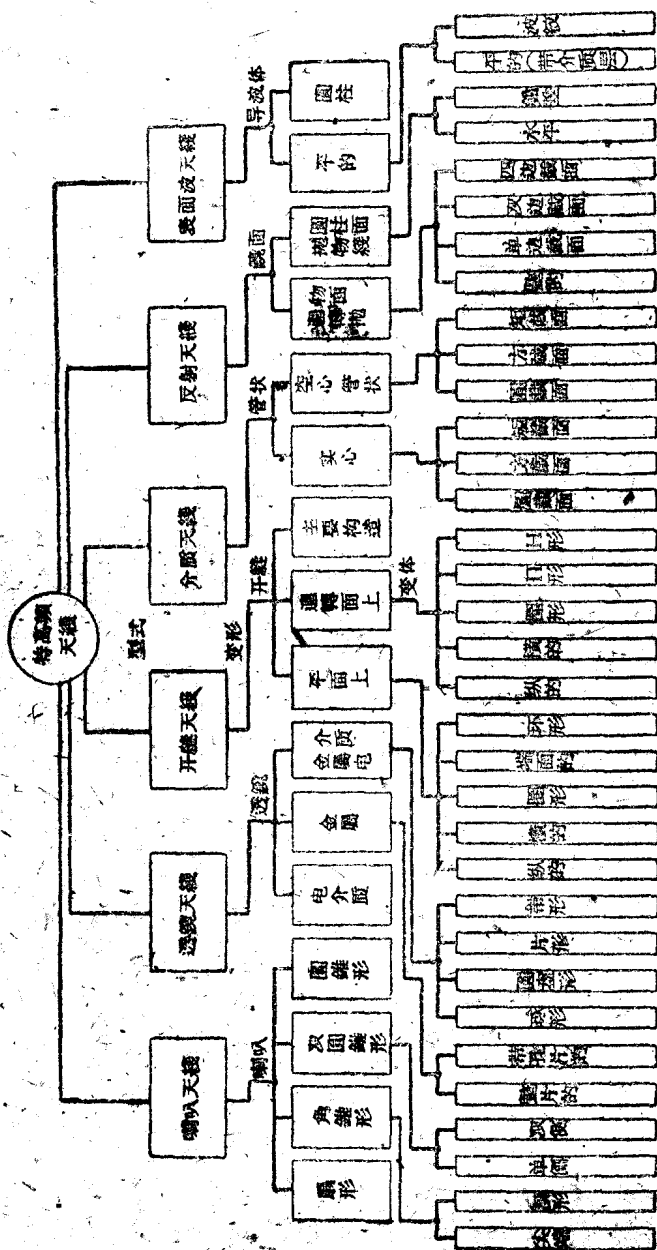


图 1.1.1 特高频天线分类图。

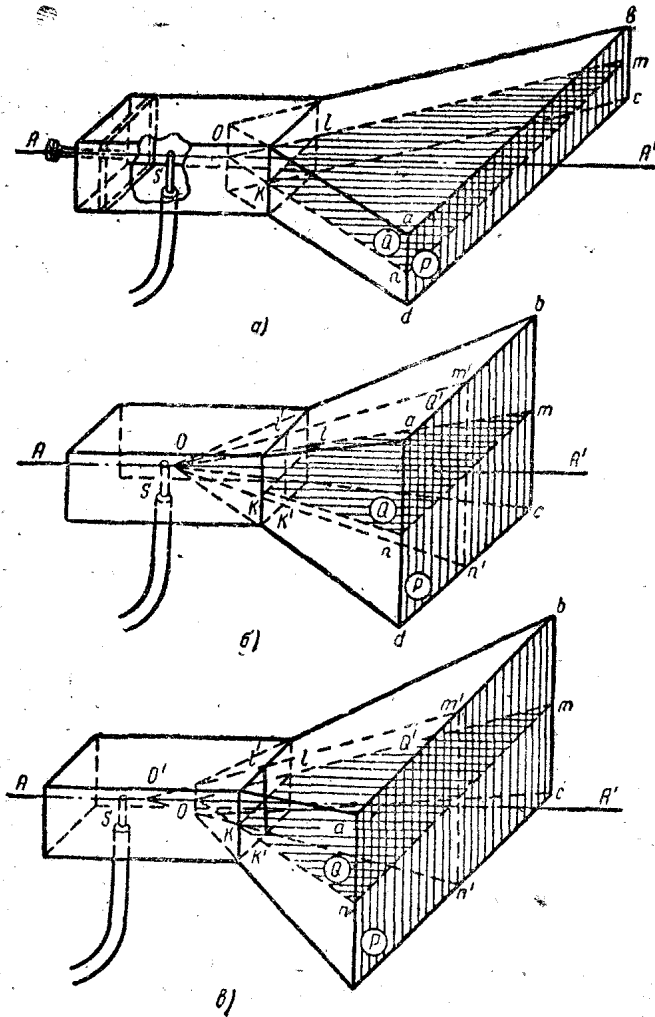
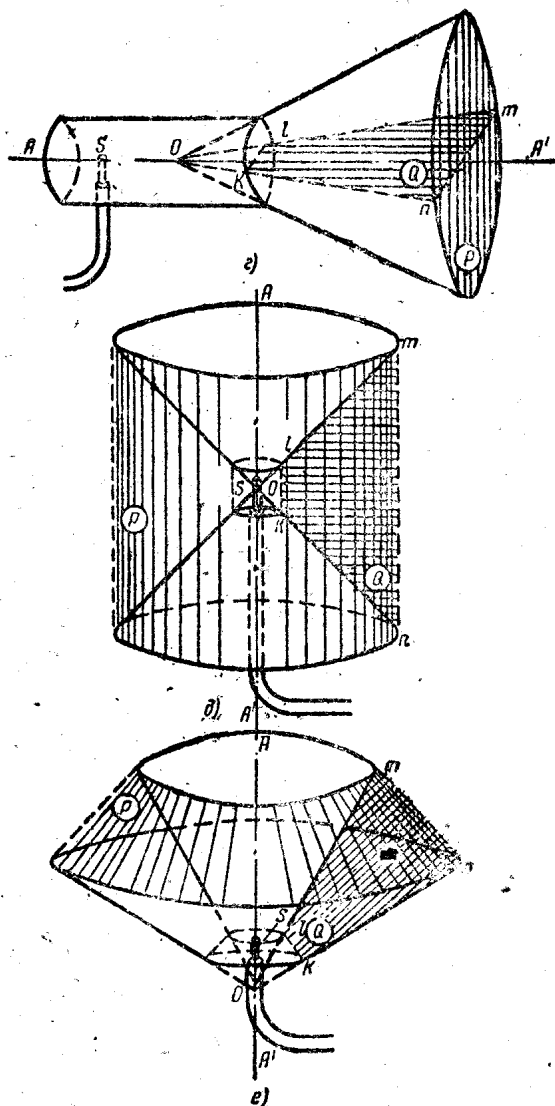


图 1.2 喇叭

a) 扇形喇叭; b) 尖端角锥形喇叭;

d) 双侧双圆锥形喇叭;



喇叭天线:

a) 楔形角锥形喇叭; b) 圆锥形喇叭;

e) 单侧双圆锥形喇叭。

这些天线中,普通横截面不变的波导用馈线,以输送能量从电源 S 到喇叭。如所熟知,电源 S 或波导激励器是对称的或不对称的振子。图1.2中,振子都表示为同轴电缆内导体的开端。

双圆锥形喇叭天线(图1.2*d*和*e*)是两个截短的圆锥体,其共同轴为 AA' ,共同顶点为 O ;此两圆锥体同位于顶点的一侧(图1.2*e*)[⊙]或分别位于顶点的两侧(图1.2*d*)[⊙]。双圆锥形喇叭天线的一对圆锥体有同长度的母线。圆锥体是截短的,其较小底面的尺度甚小于较大的底面。两圆锥体的两较小的底面是互相邻近的,并均用金属圆盘盖闭;具有与盘面垂直的振子形式的辐射体 S 放置在两盘之间。

在研讨喇叭天线时,将使用下列符号和术语:通过喇叭边缘的面 P (图1.2)称为口径面(缩写«口径»)。原则上,作为口径可取喇叭边缘间任何形状的面。但为方便起见,通常取其中面积最小的面,就是在图1.2*a*、*b*、*c*和*e*的喇叭中取平面,在图1.2*d*的喇叭中取圆柱面,而在图1.2*e*的喇叭中取截短的圆锥面。

平行于喇叭口径的截面称为横截面,而通过轴 AA' 并垂直于喇叭壁的平面截面称为纵截面。图1.2*a*、*b*和*c*中喇叭有两种这样的平面,构成了不同的纵截面。图1.2*d*、*d*和*e*中喇叭,由于圆的对称,这样的平面不可数计,但所有这些平面构成了相同的横截面。考虑到在图1.2*a*中喇叭的纵截面之一是矩形并与一般波导相同,我们把截面 $klmn$ (画阴影线)当作其特征的截面。对于图1.2*b*和*c*中喇叭,两个截面 $klmn$ (画阴影线)和 $k'l'm'n'$ (作虚线,不画阴影线)是特征的截面。图1.2*d*和*e*中喇叭的纵截面包括两个不同的部分,它们互为镜像,即在原则上互相无差异。因此,可仅进行研究其中的一个截面 $klmn$ (画阴影线)。

在所有的情况下,纵截面是等腰梯形,很相近于三角形。因此,将

⊙ 双圆锥形的对称振子实质上也可看作双圆锥形喇叭天线。

⊙ 中间形式,当其中一个圆锥体变成平面(圆盘),可得到著名的圆盘锥形天线或圆锥形针状天线(见第五章)。

梯形的斜边延长到互相交叉点，那末就可认为等腰三角形是喇叭的纵截面。图 1.3 中显示出喇叭纵截面为三角形。

纵截面(图 1.3)的参量(高 R 、底长 D 、顶点 O 和顶角 2α)可以当作喇叭的参量,并相应地称为:喇叭长度 R 、口径宽度 D 、开度角 2α 和喇叭顶点 O 。

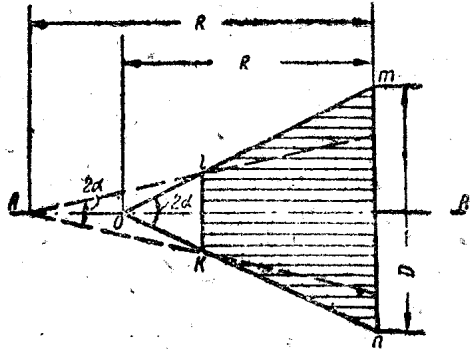


图 1.3 喇叭的纵截面。

图 1.26 和 6 的喇叭的特征是有两种同类型的与两个纵截面相对应的参量。这些参量在今后喇叭天线研究中将加指标「1」和「2」。

现转到这些天线的工作原理的简略特点上。喇叭天线的辐射过程如下: 图 1.2a、6、e 和 z 中喇叭天线的电源 S 所辐射的电磁波, 起初沿一般波导传播, 然后转到喇叭中, 而经喇叭的口径进到外面空间; 图 1.2d 和 e 中的电磁波离开电源 S , 象在波导波道[●]中一样地传播, 起初仿佛在较小底面间的波导波道中传播, 然后转到上下两圆锥面之间并通过口径而进到外面空间。在所研究的情况下, 由于喇叭壁的屏蔽作用, 电磁能量的传播起初即为喇叭内腔所限制; 与电磁场在一般波导内传播相似, 电磁能量在相对的两壁间有驻波的性质, 而在顶点到口径的方向上有行波的性质。

在喇叭的范围以外, 无线电波的传播和熟知的光学上光线经不透光的屏幕上孔径而传播的情况相似, 即按绕射定律传播。下面看到, 喇叭天线的场辐射特性(方向图、增益系数等等)决定于喇叭参量的大小:

● 波导波道的概念表征出在两个反射面间的无线电波的传播。

长度 R 、口径宽度 D 和开度角 2α 。因此，喇叭是天綫的主要部分，故通常把喇叭和喇叭天綫等量齐观。

这样，喇叭是开口的波导，或是变动截面的波导波道，其纵截面是等腰三角形，且其辐射的形成是由于无线电波经口径向外绕射传播的结果。

喇叭天綫的各种变形间的区别在于喇叭横截面的形式有差异；这决定了两壁间驻波图形。

一般开口的不变横截面等于 kl 的波导是喇叭天綫的极限情况，这时开度角 $2\alpha=0$ 和长度 $R=\infty$ 。《横截面》、《纵截面》、《口径》等概念与喇叭的相同。

§4. 透鏡天綫

透鏡天綫的特征在于这样天綫的各种变形相互间在构造上有很主要的差异。因此，为了方便，研究透鏡天綫应从阐明透鏡天綫的共同工作原理开始。在解释用以实现共同工作原理的各种方法以后再进行说明各种变形的构造。

参看图 1.4，图中概略地绘出三种型式的透鏡天綫。如图中指出，这些型式包括两个独立的部分：辐射体 S 和透鏡 L 。

辐射体是放置在距透鏡某一距离 f 的弱方向性的天綫。这个距离通常是符合于所谓透鏡的焦距。

作为透鏡天綫的辐射体，可以采用带无源反射器的振子、波导的开端等等。如果喇叭的口径的尺度 D （以波长计）较大，而长度 R 很小，透鏡常装置在口径内。从下面可以看到，这样的喇叭相当于弱方向性的天綫。辐射体的方向图 F_s （图 1.4）和距离 f 可按下列条件选择：第一，主瓣中所包含的几乎全部的能量投射到透鏡面上而不向其他方向散开；第二，辐射体所产生的电磁场，在透鏡面附近有球面波的性质[⊙]。

⊙ 本书中的球面波、平面波或柱面波是设想为波的同相位各点分别在球面、平面或圆柱面上。