

天 线

Г. Б. 别洛采尔科夫斯基著



国防工业出版社

天 綫

Г. Б. 別洛采爾科夫斯基著

高 煜 譯



國防工業出版社

1959

內 容 簡 介

本書系根据苏联国防工业出版社出版 Г. Б. 別洛采尔科夫斯基所著的“天綫”一書譯出。

本書經苏联航空工业部审定为航空技术学校的教学参考書。

本書是航空仪表制造技术学校“天綫”課程的教本。

在書中給出了天綫设备的分类、用途和質量指标，并概述了長綫理論；本書还介紹了电磁波的性质，无綫电波發射和接收的理論，同时并从本質上說明了不同頻率范围的天綫设备。

本書对于无綫电技术部門的許多專業讀者也是很适宜的。

苏联 Г. Б. Белоцерковский 著 “Антенны” (Государственное
издательство оборонной промышленности 1956 年第一版)

*

國防工业出版社

北京市書刊出版业营业許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

*

787×1092¹/₂₅ 18¹²/₂₅ 印張 422 千字

1959 年 5 月第一版

1959 年 5 月第一次印刷

印数：0,001—6,100 册 定价：(11) 2.90 元

№ 2904

目 录

前言	6
第一章 导論	9
§1. 發射天綫和接收天綫的用途	9
§2. 天綫是一个开放的振蕩迴路	10
§3. 天綫的質量指标	12
第二章 电工学的簡略知識	23
§1. 电場	23
§2. 电流和磁場	35
§3. 电工学中的符号法	45
§4. 在实用有理化單位制中电磁量的測量單位	47
第三章 長綫理論概述	50
§1. 一般知識	50
§2. 电报方程	53
§3. 長綫的工作状态	55
§4. 构成傳輸綫阻抗圓圖的曲綫方程	79
§5. 阻抗圓圖的性質	84
§6. 影响到綫路傳輸高频能量的因素	96
§7. 阻抗的匹配	98
§8. 双导綫和四导綫的构造	110
第四章 电磁波	118
§1. 电磁波理論的初期情况	118
§2. 有关电磁波的一般知識	121
§3. 烏莫夫——坡印廷矢量	125
§4. 能量沿导綫傳播和在自由空間里傳播的关系	127
§5. 无綫电波發射过程的物理本質	129
§6. 边界条件	136
§7. 电磁波的光学性質	138
§8. 电磁波在大气層里的傳播	140
第五章 无綫电波發射和接收的理論基础	145
§1. 基本振子	145

§2. 对称振子和接地振子	153
§3. 多振子天綫	186
§4. 有电流行波的导綫的發射	207
§5. 面型天綫的發射	212
§6. 无綫电波的接收	223
§7. 天綫的分类	229
第六章 長波和中波天綫	234
§1. 一般知識	234
§2. 調諧鉛垂振子到諧振的方法	238
§3. 具有上部的鉛垂振子的諧振	242
§4. 电压和电流沿具有上部的天綫的变化	245
§5. 天綫的静态电容和静态电感	249
§6. 長波和中波天綫的發射电阻、損耗电阻和效率	252
§7. 天綫与發射机輸出級的耦合	255
§8. 長波和中波天綫的結構	258
§9. 長波和中波天綫的饋电	262
§10. 复式長波和中波天綫	264
§11. 防衰落天綫	265
§12. 長波和中波的接收天綫	267
第七章 短波天綫	281
§1. 一般知識	281
§2. 用不对称振子作为短波天綫	285
§3. 用对称振子作为短波天綫	288
§4. 同相水平天綫	294
§5. 明茨天綫	301
§6. 倍波天綫	302
§7. 菱形天綫	305
§8. 短波波段式的接收天綫。行波天綫	310
§9. 供无綫电通信和无綫电导航用的飞机电台的天綫	318
第八章 波导管	321
§1. 利用波导管和双导綫傳輸电磁能的关系	321
§2. 波导管内的电場和磁場	323
§3. 波导管内电磁波的分类	326
§4. 电磁波在波导管内的傳播可看成为單元波从波导管壁	

上反射的結果	332
§5. 波型和波导管橫截面尺寸的選擇	335
§6. 波導管的輸入阻抗	337
§7. 波導管與負載的匹配	340
§8. 激勵波導管的方法	345
§9. 波導管的優點和缺點	348
§10. 空腔諧振器	349
第九章 超高频天綫	357
§1. 一般知識	357
§2. 半波振子当作超高频天綫	362
§3. “波道”型天綫	365
§4. 多振子天綫	369
§5. 反射器(反射鏡)天綫	370
§6. 透鏡式天綫	378
§7. 波導管和喇叭形的發射器	393
§8. 介質天綫	400
§9. 裂縫天綫	405
§10. 超高频天綫的發射体	411
§11. 具有扇形方向圖和特殊方向圖的天綫	414
第十章 超高频天綫的饋电和构造	420
§1. 傳輸綫匹配元件的构造	420
§2. 傳輸綫段的关节	423
§3. 波導管的折轉、弯曲、扭轉和分支	431
§4. 天綫的轉換开关	435
§5. 飞机雷達站的天綫	446
第十一章 天綫的測量技术	456
§1. 測量饋綫和天綫上的电压和电流	456
§2. 測量天綫-饋綫設備上的功率	458
§3. 利用反射計和波导电桥測量駐波系数	461
§4. 利用測量綫測量駐波系数	465
§5. 測量場强	469
§6. 測量天綫的方向性	470
§7. 天綫-饋綫系統的調諧	473

天 綫

Г. Б. 別洛采爾科夫斯基著

高 煜 譯



國防工業出版社

1959

內 容 簡 介

本書系根据苏联国防工业出版社出版 Г. Б. 別洛采尔科夫斯基所著的“天綫”一書譯出。

本書經苏联航空工业部审定为航空技术学校的教学参考書。

本書是航空仪表制造技术学校“天綫”課程的教本。

在書中給出了天綫设备的分类、用途和質量指标，并概述了長綫理論；本書还介紹了电磁波的性质，无綫电波發射和接收的理論，同时并从本質上說明了不同頻率范围的天綫設備。

本書对于无綫电技术部門的許多專業讀者也是很适宜的。

苏联 Г. Б. Белоцерковский 著 “Антенны” (Государственное
издательство оборонной промышленности 1956 年第一版)

*

國防工业出版社

北京市書刊出版业营业許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

*

787×1092¹/₂₅ 18¹²/₂₅ 印張 422 千字

1959 年 5 月第一版

1959 年 5 月第一次印刷

印数：0,001—6,100 册 定价：(11) 2.90 元

№ 2904

目 录

前言	6
第一章 导論	9
§1. 發射天綫和接收天綫的用途	9
§2. 天綫是一个开放的振蕩迴路	10
§3. 天綫的質量指标	12
第二章 电工学的簡略知識	23
§1. 电場	23
§2. 电流和磁場	35
§3. 电工学中的符号法	45
§4. 在实用有理化單位制中电磁量的測量單位	47
第三章 長綫理論概述	50
§1. 一般知識	50
§2. 电报方程	53
§3. 長綫的工作状态	55
§4. 构成傳輸綫阻抗圓圖的曲綫方程	79
§5. 阻抗圓圖的性質	84
§6. 影响到綫路傳輸高频能量的因素	96
§7. 阻抗的匹配	98
§8. 双导綫和四导綫的构造	110
第四章 电磁波	118
§1. 电磁波理論的初期情况	118
§2. 有关电磁波的一般知識	121
§3. 烏莫夫——坡印廷矢量	125
§4. 能量沿导綫傳播和在自由空間里傳播的关系	127
§5. 无綫电波發射过程的物理本質	129
§6. 边界条件	136
§7. 电磁波的光学性質	138
§8. 电磁波在大气層里的傳播	140
第五章 无綫电波發射和接收的理論基础	145
§1. 基本振子	145

§2. 对称振子和接地振子	153
§3. 多振子天綫	186
§4. 有电流行波的导綫的發射	207
§5. 面型天綫的發射	212
§6. 无綫电波的接收	223
§7. 天綫的分类	229

第六章 長波和中波天綫 234

§1. 一般知識	234
§2. 調諧鉛垂振子到諧振的方法	238
§3. 具有上部的鉛垂振子的諧振	242
§4. 电压和电流沿具有上部的天綫的变化	245
§5. 天綫的静态电容和静态电感	249
§6. 長波和中波天綫的發射电阻、損耗电阻和效率	252
§7. 天綫与發射机輸出級的耦合	255
§8. 長波和中波天綫的結構	258
§9. 長波和中波天綫的饋电	262
§10. 复式長波和中波天綫	264
§11. 防衰落天綫	265
§12. 長波和中波的接收天綫	267

第七章 短波天綫 281

§1. 一般知識	281
§2. 用不对称振子作为短波天綫	285
§3. 用对称振子作为短波天綫	288
§4. 同相水平天綫	294
§5. 明茨天綫	301
§6. 倍波天綫	302
§7. 菱形天綫	305
§8. 短波波段式的接收天綫。行波天綫	310
§9. 供无綫电通信和无綫电导航用的飞机电台的天綫	318

第八章 波导管 321

§1. 利用波导管和双导綫傳輸电磁能的关系	321
§2. 波导管内的电場和磁場	323
§3. 波导管内电磁波的分类	326
§4. 电磁波在波导管内的傳播可看成为單元波从波导管壁	

上反射的結果	332
§5. 波型和波导管橫截面尺寸的選擇	335
§6. 波導管的輸入阻抗	337
§7. 波導管與負載的匹配	340
§8. 激勵波導管的方法	345
§9. 波導管的優點和缺點	348
§10. 空腔諧振器	349
第九章 超高频天綫	357
§1. 一般知識	357
§2. 半波振子当作超高频天綫	362
§3. “波道”型天綫	365
§4. 多振子天綫	369
§5. 反射器(反射鏡)天綫	370
§6. 透鏡式天綫	378
§7. 波導管和喇叭形的發射器	393
§8. 介質天綫	400
§9. 裂縫天綫	405
§10. 超高频天綫的發射体	411
§11. 具有扇形方向圖和特殊方向圖的天綫	414
第十章 超高频天綫的饋电和构造	420
§1. 傳輸綫匹配元件的构造	420
§2. 傳輸綫段的关节	423
§3. 波導管的折轉、弯曲、扭轉和分支	431
§4. 天綫的轉換开关	435
§5. 飞机雷達站的天綫	446
第十一章 天綫的測量技术	456
§1. 測量饋綫和天綫上的电压和电流	456
§2. 測量天綫-饋綫設備上的功率	458
§3. 利用反射計和波导电桥測量駐波系數	461
§4. 利用測量綫測量駐波系數	465
§5. 測量場强	469
§6. 測量天綫的方向性	470
§7. 天綫-饋綫系統的調諧	473

前 言

本書是作为航空仪表制造技术学校“天綫”課程的教本之用。

由于无綫电技术的發展和超高频范围的掌握，这一課程的范围和内容有了很大的改变。在超高频范围内，应用了电磁波的發射、接收和通道系統的新原理。目前，这些原理不仅在天綫設備上，而且在无綫电發射、无綫电接收和无綫电测量的器械中也有着广泛的应用。并且还应当考虑到，在超高频范围的无綫电台的生产和运用的过程中，技术員尤应迅速地熟練調諧和調节天綫-饋綫設備。

同时，因学生缺乏电磁場理論的知識和他們只具备了高等数学課程中的一些基本知識，在中等技术学校中要研究現代化的天綫-饋綫設備，是有一定困难的。

在編写这本教本的时候，已經考虑到这些情况。所以，本書由十一章組成。第一章是导論。在第二章中，概述了一些为研究天綫-饋綫設備所必需的电工学知識。第三章中，簡要地闡明長綫理論并詳尽地討論应用圓圓的阻抗匹配。电磁波的基本性質在第四章里說明。第五章講述无綫电波的發射和接收理論，在这个理論的基础上再研究各种波段的天綫-饋綫設備的理論和构造。在这本教本中，还要很詳細地討論超高频天綫，因此，將波导管技术問題分成單獨一章（第八章）。最后一章則說明适用于超高频范围的天綫的測量。

为了很好地巩固所講的教材，在教本中举出了許多例子和天綫-饋綫設備的一些实际构造。

在下面的表中，列出了目前电工学上最普遍采用的实用有理化单位制的单位。

物 理 量 及 其 符 号	测 量 单 位
功 W	焦耳 (J)
功率 P	瓦特 (W)
电量 Q, q	库仑 (C)
电流强度 I	安培 (A)
电位 V , 电压 U	伏特 (V)
电阻 R	欧姆 (Ω)
电导 G	姆欧 ($\frac{1}{\Omega}$)
电容 C	法拉 (F)
电感 L	亨利 (H)
磁通量 Φ	韋伯 (Wb)
电场强度 E	伏特/米 (V/m)
磁场强度 H	安培/米 (A/m)
磁感应强度 B	高斯 ($\frac{Wb}{m^2}$) ^①
介电常数 ϵ	法拉/米 (F/m)
导磁系数 μ	亨利/米 (H/m)

① 因 $1 \text{ 高斯} = 10^{-4} \text{ 韋伯/米}^2$ ，所以高斯 ($10^{-4} \frac{Wb}{m^2}$)。——譯者

第一章 導 論

§1 發射天綫和接收天綫的用途

天綫是任何無線電發送設備和無線電接收設備所必需的元件。

为了明确天綫在这些設備中的作用，我們来看如圖 1 所示的無線電通信的方塊圖。

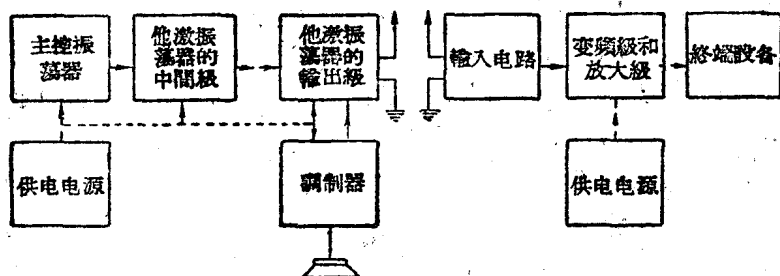


圖 1 無線電通信的方塊圖。

圖中，主控振蕩器通常是一個自激振蕩器，它產生出高頻等幅振蕩。這種等幅振蕩被發射機的各級（所謂他激振蕩器）逐次進行功率放大。調制信號（語言、音樂和圖像等）經過調制器放大後，作用到高頻振蕩器上。這就使得在作為振蕩器輸出級負載的天綫中，產生已調電流，即其中有一個參量（振幅、頻率或相位）依照調制信號而變化的高頻電流。在已調高頻電流作用之下的發射天綫便在周圍空間激勵起電磁波。可見，發射天綫的作用就是把已調高頻電流的能量變換為電磁波的能量。

這些電磁波到達接收天綫後，就在其中感應出電動勢。這個電動勢在接收機的輸入電路中引起電流，其特性與發射天綫中的電流特性一致。以後，已調電流在接收機的其餘各級中經過放大和變換，結果，便在終端設備（耳機、揚聲器和陰極射綫管等）中恢復調制信號。因而，接收天綫的作用就是將電磁波變換為高頻電流。

上述过程中，伴随着能量变换。發射机将直流电源的能量变换为天綫中高频电流的能量。發射天綫又将高频电流的能量改变为电磁波的能量；而接收天綫则将电磁波的能量变换为高频电流的能量。接收机将接收天綫中的高频电流放大，并且把它变换为终端设备所要求的形式和具有一定功率的电振荡，这时，要利用对接收机供电的直流电源的能量。

發生在天綫上的能量变换的过程伴随着損耗。这不仅表现在天綫效率的降低上；而且还表现在无綫电通信綫范围之外也有电磁波能量的耗散。由于这个緣故，当以一定的方向进行无綫电通信时，發射天綫和接收天綫应对着主要的規定方向来發射和接收电磁波。

現在，可以比較完整地給天綫的用途下一个定义：

准备用来将已調高频电流的能量变换为向預定方向發射的电磁波能量的设备称为發射天綫。

准备用来将預定方向發来的电磁波能量变换为高频电流能量的设备称为接收天綫。

發生在發射天綫和接收天綫中的过程有可逆性質，这就决定了它們的可逆性。这里可以引用發电机和电动机来比拟。發电机能把机械能变换为电能；电动机能把电能变换为机械能。因此，發电机和电动机是可逆的。

天綫的可逆性原理，不仅表现在發射天綫可当作接收天綫使用和接收天綫又可当作發射天綫使用的特点上；而且还表现在，不論把天綫用来發射或用来接收，天綫的基本參量均保持不变。

这个原理具有很大的实际意义。例如，一切以脉冲方法工作的雷达站，供通信用的飞机无綫电台和其他可移动的无綫电台均只有一根既可發射又可接收的公共天綫。

§2 天綫是一个开放的振荡迴路

我們設想，發射机的輸出振荡器与一个封閉的 LC 振荡迴路以电感耦合(圖 2 a)。在这个振荡迴路中，电场是集中在很小的电容器極板間隙之間，而磁场則包含在振荡迴路綫圈周圍的一个不大的空間里。

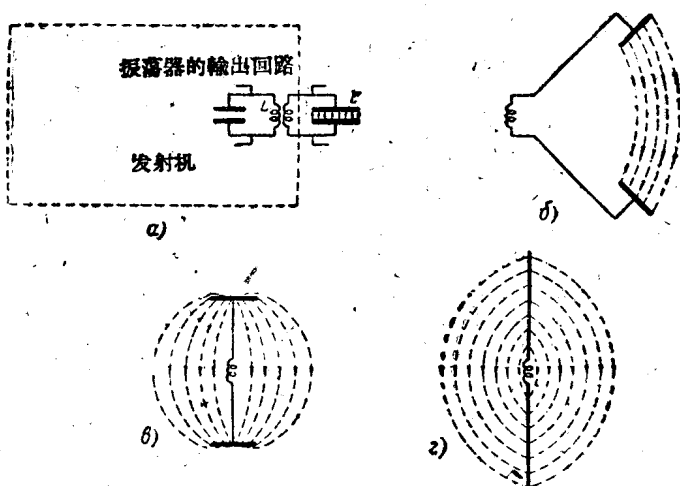


圖 2 从封閉的振荡迴路轉变为天綫的圖示。

以后将要指出，电磁波就是以光速在空間傳播的电場和磁場的总和。在电磁波里，电場和磁場在空間里是不可分割的。因此，当电場和磁場是分別集中在很小的範圍內，并且与振荡迴路的元件有很大联系的这种情况下，要得到（發射出）电磁波是不可能的。

在开放的振荡迴路中，便能造成發射的条件。将封閉的振荡迴路中的电容器的兩極板分开，同时增大極板的尺寸（为了保持振荡迴路的固有頻率不变），便可由封閉的振荡迴路轉变为开放的振荡迴路，这如图 2b 和圖 2c 所示。再将电容器的極板从水平位置轉到垂直位置，圖 2c 就轉变为圖 2d。

以这种圖解描述方法，把一个封閉的振荡迴路轉变为开放振荡迴路的结果所得到的天綫，称为对称振子。又称为具有几何对称性的振子。

振子的每一單元部分 $1-1'$, $2-2'$, $3-3'$ ……均具有一些电感和电容（圖 3a）。在加到發射机輸出端的交流电压的作用下，在这些电感和电容中便产生如圖所示的电流。任一單元部分中的电流均經過振荡器的兩端点之間，因而，从振子兩端到靠近振子中央的範圍內，电流振幅将从零值增加到最大值 I_m 。