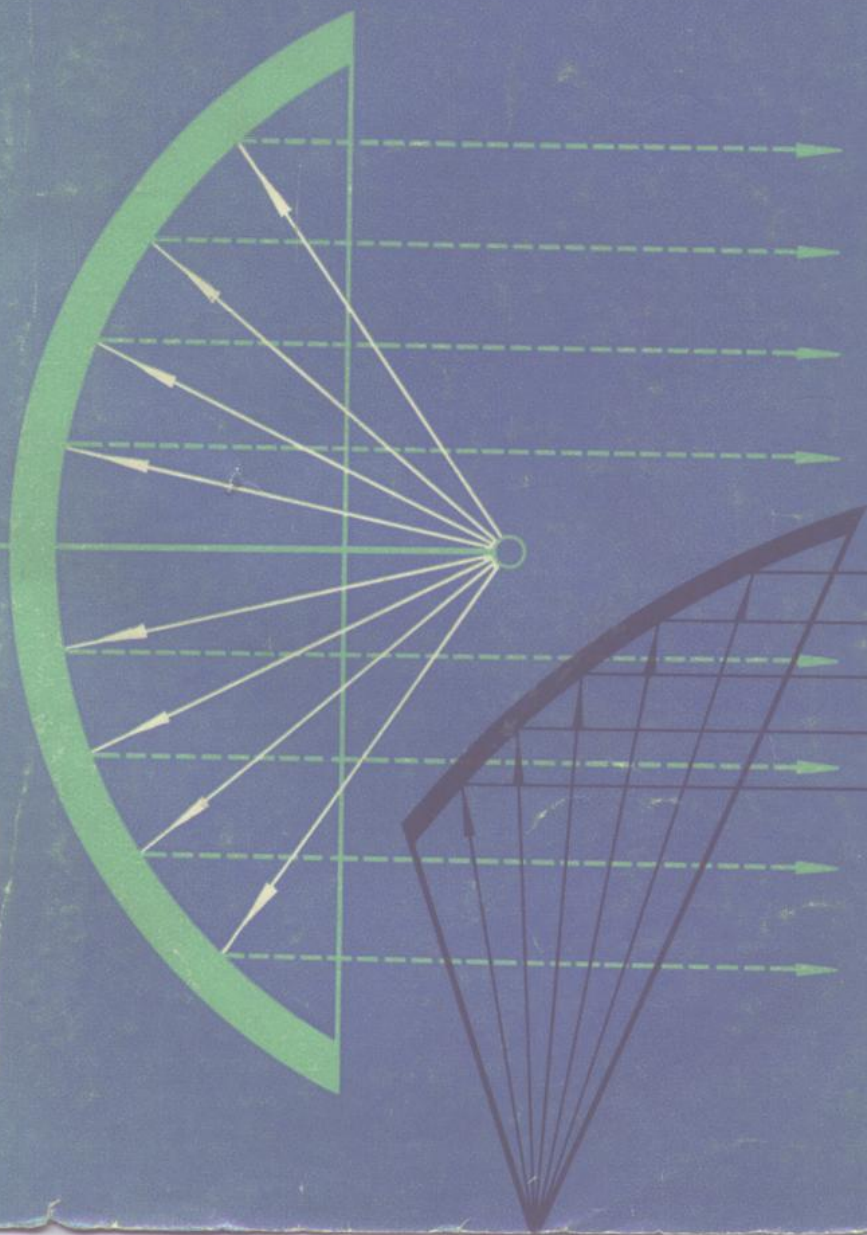


微波通信

《微波通信》编译组



73.457
162
-1

微波通信

《微波通信》编译组



1106570

人民邮电出版社

DT 16.62
内 容 提 要

全书共分十六章，讨论与微波通信有关的一些技术问题，包括，电波传播、天线、电子器件、设备及其部件、调频多路电话微波中继电路设计、电视传输、微波设备的运用与自动监控、测试、微波站电源和房屋建筑、多路终端设备、超视距传输、特高频通信系统、毫米波通信及微波技术的发展等部分。可供微波设计、维护、制造、研制等广大工人、技术人员及微波专业师生参考。

微 波 通 信

《微波通信》编译组

•
人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

限 国 内 发 行

•
开本：850×1168 1/32 1978年5月 第 一 版

印张：17²⁸/₃₂ 页数：286 1978年5月河北第一次印刷

字数：468千字 印数：1—11,000册

统一书号：15045·总2003—无602

定价：1.70 元

出版说明

为了贯彻伟大领袖毛主席提出的“洋为中用”的方针，我们组织编译了日本出版的《微波通信》这本书。

原书列有“卫星通信”的内容，考虑到我国专讲这方面的图书已有出版，为此予以删除，“特高频和甚高频”一章删去了不适合我国情况的部分，并作了一些补充，其他章节也作了必要的删节。

由于本书出版年代较早(1965年)，其中有些内容如国际无线电咨询委员会(C.C.I.R.)中的某些建议已为近年来的新规定所代替，研制产品举例中亦有被更新的，希阅读时注意。

邮电五〇六厂、五〇三厂、邮电科学研究院第四研究所、西安交通大学、西北电讯工程学院等单位的同志参加了审校和编译工作。

目 录

第一章 微波通信导言	(1)
1.1 微波通信的发展	(1)
1.1.1 多路微波通信发展的历史背景和微波器件的发展	(1)
1.1.2 甚高频和宽频带微波通信的发展	(3)
1.1.3 脉冲时分微波系统的发展	(4)
1.2 视距微波通信简介	(5)
1.2.1 微波通信的优点	(5)
1.2.2 宽频带微波中继通信网路的组成	(7)
1.2.3 微波中继站型式	(8)
1.3 微波通信的未来发展	(10)
1.3.1 10千兆赫以上的微波通信	(10)
1.3.2 使用微波的宇宙通信	(11)
1.3.3 毫米波通信	(11)
1.3.4 固态电子器件在微波通信中的应用	(12)
第二章 视距无线电波传播	(15)
2.1 自由空间传播	(15)
2.2 视距传播	(17)
2.2.1 在球形地面上的传播	(18)
2.2.2 干涉图形	(20)
2.3 对流层传播	(22)
2.3.1 折射系数	(22)

2.3.2	大气折射	(24)
2.3.3	槽道传播与衰落	(26)
2.3.4	地球的等效半径	(28)
2.3.5	无线电波的衰减	(30)
2.3.6	视距传输中的衰落	(31)
2.4	对衰落的防护	(36)
2.5	站址的选定	(40)
2.5.1	地图研究	(40)
2.5.2	现场勘查	(41)
2.6	无线电噪声	(42)
2.6.1	太阳噪声	(42)
2.6.2	宇宙噪声	(43)

第三章 天线..... (46)

3.1	对天线系统的要求	(46)
3.2	微波天线概述	(48)
3.2.1	概述	(48)
3.2.2	电—磁喇叭	(50)
3.2.3	透镜天线	(51)
3.2.4	抛物面天线	(53)
3.2.5	喇叭抛物面天线	(65)
3.2.6	无源反射器天线	(66)
3.2.7	双反射器天线	(71)
3.3	实际使用的技术	(74)
3.3.1	圆极化	(74)
3.3.2	天线罩	(76)
3.3.3	抗反射波天线和空间分集天线	(79)
3.4	传输线	(81)
3.4.1	同轴线	(81)

3.4.2	波导	(84)
3.4.3	分路滤波器	(88)
第四章	电子器件	(92)
4.1	盘封平面电极三极管	(92)
4.1.1	盘封平面电极三极管的原理	(92)
4.1.2	结构与特性	(93)
4.1.3	现状和未来发展	(94)
4.2	速调管	(94)
4.2.1	基本结构与原理	(95)
4.2.2	速调管的特性	(96)
4.2.3	现状和未来发展	(96)
4.3	行波管	(96)
4.3.1	基本结构与原理	(97)
4.3.2	行波管的特点	(98)
4.3.3	现状和未来发展	(98)
4.3.4	举例	(100)
4.4	宽频带放大管	(102)
4.4.1	设计问题	(102)
4.4.2	结构	(104)
第五章	微波设备的主要元件	(106)
5.1	波导元件	(106)
5.1.1	空腔谐振器	(106)
5.1.2	带通和带阻滤波器	(110)
5.1.3	T 型接头和魔 T 接头	(113)
5.1.4	L 型接头 T	(115)
5.1.5	单向器和环行器	(117)
5.1.6	铁氧体开关	(123)

5.2	接收混频器	(125)
5.2.1	接收混频器的类型	(125)
5.2.2	噪声系数	(126)
5.2.3	混频器的等效电路 ¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾	(127)
5.2.4	混频器的一般特性 ¹⁶⁾	(129)
5.2.5	使镜像频率电压为零的条件 ¹⁶⁾	(129)
5.2.6	时延失真及振幅失真	(132)
5.3	发射混频器	(134)
5.3.1	变换损耗	(135)
5.3.2	非需要边带成分的影响及其纠正方法 ¹⁷⁾	(136)
5.4	宽带中频放大器	(141)
5.4.1	中频放大器所要求的传输特性	(141)
5.4.2	耦合电路的类型	(142)
5.4.3	双调谐电路的分析	(145)
5.4.4	特性的稳定	(146)
5.5	行波管放大器与振荡器	(152)
5.5.1	行波管放大器	(153)
5.5.2	行波管振荡器	(157)
5.5.3	振荡放大法	(162)
5.6	电抗管调制器	(167)
5.6.1	容抗管及感抗管的改进	(168)
5.6.2	宽带电抗管调制器	(169)
5.6.3	可变相移频率调制器	(171)
5.7	自动频率控制 (AFC)	(175)
5.7.1	自动频率控制方法的类型	(175)
5.7.2	采用晶体振荡器的比较法	(177)
5.7.3	传感法(SENSINGMETHOD)	(179)
5.8	基带放大器	(181)
5.8.1	对基带放大器的要求	(181)

5.8.2	电路原理和技术要求	(183)
5.8.3	举例	(184)
5.9	限幅器和鉴频器	(188)
5.9.1	限幅器	(188)
5.9.2	鉴频器电路	(192)
5.10	中频和基带开关	(195)
5.10.1	同轴开关	(195)
5.10.2	二极管开关	(197)
5.11	中频时延均衡器	(198)
5.11.1	四端网型固定均衡器	(198)
5.11.2	四端网络型可变均衡器 ²⁸⁾	(200)
5.11.3	混合型可变均衡器 ²⁹⁾	(202)
5.11.4	横向均衡器 ³⁰⁾	(202)
5.12	晶体管电路	(204)
5.12.1	晶体管的一般特性	(204)
5.12.2	中频放大器	(208)
5.12.3	视频放大器	(213)
5.12.4	电源	(214)

第六章 微波设备 (218)

6.1	外差式中继设备	(218)
6.1.1	发射机和接收机的工作原理	(218)
6.1.2	调制器和解调器	(224)
6.1.3	外差中继设备举例	(226)
6.2	全行波管中继设备	(239)
6.2.1	<i>T</i> -6G18型调制器—发射机	(239)
6.2.2	<i>TR</i> -6G18型发射机接收机	(240)
6.2.3	<i>R</i> -6G18型解调器接收机	(243)
6.3	基带中继设备	(245)

6.3.1	常用的发射机—接收机	(245)
6.3.2	单速调管的发射机—接收机	(247)
6.3.3	长跨距发射机—接收机	(248)
6.3.4	基带中继设备举例	(252)
6.4	电视短距离中继设备	(263)
6.4.1	远处现场摄像设备	(263)
6.4.2	短距离固定中继设备	(268)
第七章	调频多路电话微波中继系统的设计	(271)
7.1	传输质量标准	(271)
7.1.1	模拟参考电路	(271)
7.1.2	可容许的噪声功率	(271)
7.2	微波波道的频率配置	(274)
7.3	中频的选择	(276)
7.4	噪声类型及其特征	(276)
7.5	在调频制里的信号—热噪声比	(277)
7.6	在整个调频系统中热噪声的累加规律	(279)
7.6.1	无衰落时的热噪声	(279)
7.6.2	有正态分布衰落时热噪声的累加	(280)
7.6.3	在瑞利衰落时热噪声的累加	(281)
7.6.4	在任何小时内整个系统的平均热噪声	(282)
7.6.5	当衰落严重时, 在一个月以内整个系统中的 热噪声分布	(283)
7.7	占用的带宽	(284)
7.8	非线性失真引起的交调噪声	(286)
7.9	振幅及相位失真引起的交调噪声	(288)
7.9.1	相位失真引起的交调噪声	(288)
7.9.2	振幅失真引起的交调噪声	(292)
7.10	回波失真引起的时延特性及交调噪声	(293)

7.10.1	时延特性	(294)
7.10.2	交调噪声	(296)
7.11	微波干扰引起的噪声	(299)
7.11.1	一般原理	(299)
7.11.2	微波系统中的干扰	(303)
7.12	用加重来改善信号噪声比	(305)
7.12.1	预加重特性	(306)
7.12.2	利用加重来改善信号对热噪声比	(307)
7.12.3	利用加重来改善信号对交调噪声比	(308)
7.12.4	采用加重而改善的信号对干扰比	(309)
7.13	设计举例	(310)
7.13.1	热噪声	(311)
7.14	微波中继电路的总噪声测试	(313)

第八章 电视传输 (316)

8.1	电视网	(316)
8.2	电视信号	(318)
8.3	电视传输标准	(321)
8.3.1	定义	(322)
8.3.2	对视频连接点的要求	(322)
8.3.3	模拟参考电路的传输特性	(323)
8.4	电视传输中的信噪比	(326)
8.4.1	连续随机噪声	(327)
8.4.2	周期性噪声	(332)
8.5	电视传输的失真	(335)
8.5.1	线性电路波形失真	(336)
8.5.2	调频制传输路径引起的失真	(340)
8.6	彩色电视传输	(346)
8.6.1	彩色电视信号	(346)

8.6.2	一些传输问题	(347)
8.6.3	在无线电中继系统的微分相位和微分增益 ...	(348)
8.6.4	彩色电视传输的加重	(350)
8.6.5	用加重来降低微分相位和微分增益	(351)
8.7	电视和电话的同时传输	(353)
第九章	系统的使用和辅助设备	(356)
9.1	微波中继线路的一般组成及其辅助设备	(356)
9.2	微波线路的一般运用	(358)
9.3	连接机架	(358)
9.4	波道自动倒换	(360)
9.5	报警及控制系统	(364)
9.6	电视节目切换	(368)
9.7	公务波道和控制线路	(369)
第十章	测量	(372)
10.1	基本测量仪表	(372)
10.1.1	空腔波长表	(372)
10.1.2	功率表	(376)
10.1.3	微波扫频振荡器	(378)
10.2	中继机的测试	(382)
10.2.1	振幅特性的测试	(382)
10.2.2	时延失真的测试	(385)
10.2.3	阻抗匹配的测试	(389)
10.2.4	噪声系数的测量	(397)
10.3	调制器和解调器的测量	(399)
10.3.1	频偏的测量	(399)
10.3.2	直线性测量	(400)
10.4	电话传输的测量	(403)

10.4.1	时延失真的测量 ⁸⁾	(403)
10.4.2	互调噪声的测量	(406)
10.5	电波传播的测量	(409)
10.5.1	场强表	(409)
10.5.2	记录器	(410)
第十一章	电源设备和站上建筑	(412)
11.1	电源设备	(412)
11.1.1	概述	(412)
11.1.2	不中断交流电源设备	(413)
11.1.3	不停电电源设备的维护	(416)
11.2	站内建筑和布置	(418)
11.2.1	站内建筑	(418)
11.2.2	标准机房建筑	(418)
11.3	天线铁塔	(420)
11.4	道路	(424)
第十二章	多路终端设备	(425)
12.1	搬移设备	(425)
12.1.1	设计	(425)
12.1.2	组成	(430)
12.2	载供设备	(430)
12.2.1	系统	(430)
12.2.2	主振器	(431)
12.2.3	谐波发生器	(432)
12.3	信号设备	(433)
12.4	自动增益控制	(435)
12.5	载波电报	(436)
12.6	节目传输	(437)

12.7	晶体管化	(439)
第十三章 超视距通信 (441)		
13.1	概况	(441)
13.2	电波传播	(443)
13.2.1	散射传播的物理意义	(443)
13.2.2	基本传输损耗	(445)
13.2.3	长时期衰落和短时期衰落	(446)
13.2.4	介质耦合损耗	(451)
13.2.5	刀口绕射损耗	(453)
13.2.6	频带宽度能力	(455)
13.3	设备	(456)
13.3.1	高灵敏度接收系统	(456)
13.3.2	组合器	(459)
13.3.3	参量放大器	(464)
13.3.4	发射机和天线	(471)
13.4	系统设计	(476)
13.4.1	通信系统的选择	(476)
13.4.2	需要的发射功率和天线尺寸的计算	(477)
13.4.3	系统布置方案	(481)
第十四章 特高频通信系统 (485)		
14.1	特高频通信系统的设计考虑	(485)
14.2	UF—B4通信系统(特高频多路通信系统的实例)	(486)
14.2.1	系统概况	(486)
14.2.2	电路设计	(489)
14.2.3	主要设备的说明	(493)

第十五章 毫米波通信	(498)
15.1 毫米波的波导传输	(499)
15.1.1 圆形波导内圆电场模的特性	(499)
15.1.2 TE_{01} 波型在一弯曲处的状态	(502)
15.1.3 涂介质的波导 ³⁾	(504)
15.1.4 模的变换——再变换	(505)
15.1.5 螺旋波导 ⁴⁾	(506)
15.1.6 传输线的测量和实验数据	(507)
15.2 毫米波波段用的电子器件	(509)
15.2.1 毫米波发生器	(511)
15.2.2 毫米波放大器	(512)
15.3 波导中继系统和设备	(515)
15.3.1 中继系统	(515)
15.3.2 设备和元件	(519)
15.4 毫米波测试	(524)
第十六章 微波技术的新发展	(528)
16.1 概述	(528)
16.2 电波传播和天线	(528)
16.3 固态电子器件	(531)
16.3.1 使用超突变结型二极管的频率调制器	(531)
16.3.2 使用变容二极管的倍频器	(537)
16.3.3 隧道二极管放大器	(541)
参考资料	(544)

第一章 微波通信导言

1.1 微波通信的发展

1.1.1 多路微波通信发展的历史背景和微波器件的发展

现代多路无线电话系统，起源于1925年至1940年间在国际电话业务中所用的短波单边带通信方式。当时是要在可用的频率范围内，借这种缩减频带宽度的办法，提供更多的电话电路，以满足迅速增加的业务需要。但是，由于易受衰落、噪声和干扰的影响，短波单边带电话系统的质量并不理想。

后来一般是用明线或加感长途电缆及加音频电子管放大器的系统来组成国内长途电话网。但是，明线系统的稳定度差，加感长途电缆则有传输延时长、多次回波及振鸣边际低的缺点。

1918年后，全世界普遍采用中波无线电广播，中波电子管接收机的数量迅速增加，使电子管器件的特性和稳定度大有改进，结果发展了用无加感长途电缆来组成有线载波电话系统的技术。最初只能在一个不加感四心电缆导线组上同时传送一路音频电话及三路载波电话。有了五极管后，由于采用负反馈技术，载波电话放大器的非线性失真有所改进，一个四心电缆导线组上所传送的话路数增加到了六路。

直到约1937年以前，短波波段主要用于电报、电话业务，也用于广播业务，中波波段主要用于广播。由于受大气电离层传播特性的限制，使用的最高频率仅约为30兆赫。高于30兆赫的无线电波穿

过电离层不返回地面，通达的地点有限，同时又没有适当电子管可以放大，故当时在通信上不能广为应用。但对长途电话和电报电路的需要却不断增加，这样，就使短波段的频率感到缺乏。

这种频率的缺乏，促使甚高频(VHF)波段通信技术得到发展。随着频率的增高，调谐回路的电感量与电容量变得愈来愈小时，在调谐回路方面，勒谢尔线及空腔型谐振器得到了发展。当频率增高，使得用普通电子管作放大，而电子由阴极到栅极及阳极的渡越时间、阳一栅极间电容及阳极、栅极、阴极引线电感的不良影响均不能忽略时，对这么高的频率的产生与放大，在发射机中采用巴克好森—库尔兹振荡器及磁控管；在接收机中采用橡实管。橡实管的结构和工作原理与普通电子管相同，只不过特别注意其结构，以减小上述各种不能忽视的不良影响。为了减小引线电感，又发明了可用于特高频(UHF)及甚高频(VHF)段的灯塔管。它是一个三极管，但用盘状板作为阳极、栅极及阴极的引线。由于它的特殊结构，使得有可能把阳、栅、阴极间的距离做得相当小，从而减小了电子渡越时间的影响。同时，它的平面阴极能够发射出大量的电子，它的圆盘板状的阴极与阳极便于与同轴式谐振器直接配接，巴克好森—库尔兹振荡器及磁控管的工作原理与普通三极管全然不同，它是利用电子管内电子的旋动产生高频能量。

由于甚高频(VHF)、特高频(UHF)和超高频(SHF)雷达迅速发展，在超高频雷达中使用了速调管和大功率磁控管，在特高频雷达中使用了灯塔管。1946年又发明了行波管，它是借磁场产生的聚焦作用，使一电子束穿过一细长螺旋线的中央。由于沿螺旋线的行波速度与在其中穿过的电子速度稍有不同，二者发生相互作用，于是实现了对行波的放大。

在甚高频和特高频技术中，很早就采用了现已广泛应用于电视接收机的八木天线，也曾较早采用改良的超再生接收方式以增加对接收微弱甚高频信号的灵敏度。后者把猝熄振荡器的输出加于一放大管，改变其由阳极到栅极的反馈再生状况，这就使猝熄振荡与反