

电 视 和 调 频 发 射 机

《电视和调频发射机》编译组 编译

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

.....

前 言

随着广播事业的发展，电视和调频广播发射设备日益增多，从事设计、调整和维护的人员也不断增加，为了给他们提供有关方面的技术资料，我们编译了日本仓石源三郎著的《电视和调频发射机》（テレビとFM放送機）一书。

原书首先用两章篇幅，分别对电视和调频发射机总的情况作一概括性的介绍，然后以一章篇幅对设备的基本单元电路的理论和设计作了必要的讨论，随后各章即对发射机的高频放大电路、调制电路、残留边带滤波器和双工器等分别作了叙述。对分米波电视发射机的一些特殊性及其附属设备也作了扼要的说明。在编译过程中，我们按照“洋为中用”的方针，根据我国的具体情况，对书稿的内容作了一些修改和增补。其中第一章中增加了PAL彩色电视制式的叙述；以我国自制的中频调制电视发射机为例对发射系统和设备方框图作了讲述。本章的最后部分，则根据目前电视发射机的发展近况进行了改写。第三章中，为了便于工程计算，我们对圆图部分内容进行了改写；另外还增写了在电视发射机的双工器和功率合成中常用的强耦合（主要是 $3dB$ ）定向耦合器的理论和设计等。第四章中增加了双回路最大平坦特性的计算公式，这一内容对电视发射机中末前级的设计是很重要的。此外，还增加了目前线性放大器设计中经常采用的电子管工作状态的图解计算法。第九章中增加了用 $3dB$ 耦合器组成的恒阻输入双工器的叙述。第十

章中，根据我国情况，对电视发射机的输入设备，相位均衡器等进行了改写；并增加了信号监测和保护用的弱定向耦合器、功率指示器和驻波比跳闸电路的叙述。最后还增写了第十一章，专门讲述电视发射机的测试。

本书对从事电视和调频发射机方面工作的工程技术人员和大专院校的师生来说，将是一本较为有用的参考书。

本书是由中央广播事业局广播设备制造厂技术科及设计研究室、北京广播器材厂设计所103组等有关同志联合编译的。由孙庆友、王明臣同志校阅。

由于水平和时间的限制，本书肯定会有不少缺点和错误，请读者批评指正。

《电视和调频发射机》编译组

目 录

前言

第一章 电视发射机概述	(1)
1.1节 概述.....	(1)
1.2节 世界各国的电视标准.....	(6)
1.3节 彩色电视广播的制式.....	(10)
1.4节 电视发送设备.....	(21)
1.5节 电视发射机.....	(24)
1.6节 图象发射机的性能及有关技术指标.....	(30)
1.7节 伴音发射机的性能及有关技术指标.....	(51)
1.8节 电视发射机的发展动向.....	(56)
第二章 调频发射机概述	(59)
2.1节 概述.....	(59)
2.2节 立体声广播的标准制式.....	(61)
2.3节 业务广播.....	(65)
2.4节 播音室与发射台间的节目传送.....	(65)
2.5节 调频发射台系统.....	(67)
2.6节 调频发射机.....	(72)
2.7节 调频发射机的特性.....	(73)
第三章 高频电路	(82)
3.1节 概述.....	(82)
3.2节 集中参数电路.....	(82)

3.3节	分布参数电路	(87)
3.4节	阻抗圆图与导纳圆图	(101)
3.5节	波矩阵	(112)
3.6节	分布参数阻抗变换电路	(116)
3.7节	同轴反射器	(124)
3.8节	裂缝桥双工器	(140)
3.9节	混合环形桥和环形桥	(152)
3.10节	米波环行器	(157)
3.11节	米波谐振腔	(159)
3.12节	定向耦合器	(164)
3.13节	分布参数电路与集中参数电路的等效转 换	(172)
第四章	电子管高频放大器	(176)
4.1节	概述	(176)
4.2节	阴地丙类放大器	(178)
4.3节	栅地丙类放大器	(190)
4.4节	屏蔽与中和电路	(203)
4.5节	倍频放大器	(206)
4.6节	宽带线性放大器	(210)
4.7节	宽带线性放大器工作状态计算	(236)
第五章	图象信号的调制电路	(252)
5.1节	栅极调制电路	(252)
5.2节	屏极串联调制电路	(264)
第六章	调频电路	(275)
6.1节	概述	(275)
6.2节	电抗管调频电路	(276)
6.3节	可变电抗元件调频电路	(279)

6.4节	脉冲调相间接调频电路	(281)
6.5节	晶体调频(FMQ)电路	(290)
6.6节	频率稳定电路	(292)

第七章 用于分米波段发射机中的放大器和倍频

器		(303)
7.1节	速调管放大器	(303)
7.2节	行波管放大器	(309)
7.3节	变容二极管倍频器	(314)
7.4节	变容二极管混频器	(318)

第八章 视频调幅器

8.1节	视频放大器的振幅频率特性	(321)
8.2节	视频放大器的过渡特性	(333)
8.3节	阴极输出器	(339)
8.4节	并联调整阴极输出器	(344)
8.5节	脉冲箝位电路	(351)
8.6节	特殊电路	(353)

第九章 残留边带滤波器和滤波双工器

9.1节	残留边带滤波器概述	(356)
9.2节	定阻锐截止双工器和滤波双工器概述	(358)
9.3节	残留边带滤波器的分析和设计	(360)
9.4节	3dB定向耦合双工器	(375)
9.5节	调频发射机的双工器	(380)

第十章 附属设备及其他

10.1节	假负载	(388)
10.2节	同轴切换器	(396)
10.3节	定向耦合器	(399)
10.4节	功率指示器和驻波比跳闸电路	(403)

10.5节	提高图象传输质量的某些措施·····	(404)
10.6节	立体声调制器·····	(413)
第十一章	电视发射机技术指标的测试·····	(419)
11.1节	概述·····	(419)
11.2节	术语定义及测试信号·····	(421)
11.3节	测试要求·····	(427)
11.4节	图象发射机各项指标测试·····	(429)
11.5节	伴音发射机各项指标测试·····	(454)

第一章 电视发射机概述

1.1节 概 述

电视发射机是无线电发射机的一种，它的特点是：（1）图象电波和伴音电波两者同时发射；（2）用米波或分米波发射；（3）图象发射采用调幅并且是残留边带方式；调制频率范围从直流到6MHz；（4）伴音发射采用调频方式（少数国家用调幅）。

电视发射机除差转机和新近发展起来的单通道电视发射机外，一般都是由图象发射机和伴音发射机两部分组成，这是为了减少由放大器非线性所引起的干扰和失真。图 1.1 画出了图象电波的电压矢量 $\vec{OA}$ 和伴音电波的电压矢量 $\vec{AB}$ 。设 $\vec{OA}$ 固定不动， $\vec{AB}$ 以 A 为中心按两电波的差频 f_{a-v} 的角速度旋转，由于图象和伴音两电波的合成矢量 $\vec{OB}$ 是以频率 f_{a-v} 调幅的，所以合成波峰值功率输出是图象电波功率的 $(1 + AB/OA)^2$ 倍。

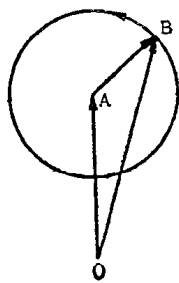


图 1.1 图象和伴音电波的电压矢量图

当伴音输出功率是图象输出功率 $\frac{1}{5}$ 时， $AB/OA = \sqrt{\frac{1}{5}} = 0.45$ ，合成电波的峰值功率是图象功率的 $(1 + 0.45)^2 = 2.1$ 倍。所以，若用一个电子管对图象电波和伴音电波同时放大，要比单独作为图象电波放大时的输出功率大一倍以上，何况还要求

有非常好的直线性，所以这是不经济的。当电子管的直线性不好时，将会产生两种电波的互调，从而辐射出杂波，使画面上出现网纹、伴音掺有峰音等现象。为了减小干扰，现在趋向改用10:1的图象伴音功率比。

以前，图象发射机和伴音发射机是两个完全独立的部分来同时使用的。现在为了达到降低成本和缩小体积，大多将直流电源、控制电路改为共用，在机械结构上使它们成为一个整体。另外NTSC*制式的彩色电视，要求图象和伴音两电波的频差必须严格保持一定，因而两发射机大多共用同一振荡源，即所谓图象伴音激励器，以便使两发射机之间保持一定的频差。

在电视广播中传送的是视频信号，而视频信号的频率成分是从近乎直流到高达数兆赫以上，要对如此高的频率进行调幅，必须用更高的超短波作为载频。所以电视发射电波的波长选在米波和分米波。米波波段的频率范围是 $47\sim 230MHz$ ，分米波波段的频率范围是 $470\sim 958MHz$ ，最近开始选用到 $11.2\sim 12.2GHz^{**}$ 。

表1—1~表1—4分别是我国、日本、美国及西欧各国的电视频道的划分表。从表1—4可知，欧洲地区将米波和分米波的电视广播频道划分成I，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ，Ⅵ波段***。I、Ⅲ波段为米波波段，Ⅳ、Ⅴ波段为分米波段，Ⅵ为厘米波段。Ⅱ波段为调频广播波段。现在即使在欧洲以外的地区也大都采用这个划分标准。

图象发射机采用的调幅是残留边带方式，其理想的输出频

* NTSC为“美国国家电视系统委员会”的英文缩写。在电视制式上常用来作为美国国家电视标准的简称。

** $1GHz = 10^9Hz$ 。

*** Ⅵ波段为新开始使用，频道号待定。

表 1—1 我国电视频道的划分 (625行, 频道带宽8MHz)

波 段	频 道 号	频道带宽(MHz)	图象载频 (MHz)	伴音载频(MHz)
米 波 段	I	1	48.5~56.5	56.25
		2	56.5~64.5	64.25
		3	64.5~72.5	72.25
		4	76~84	83.75
		5	84~92	91.75
	II	6	167~175	168.25
		7	175~183	176.25
		8	183~191	184.25
		9	191~199	192.25
		10	199~207	200.25
		11	207~215	208.25
		12	215~223	216.25
分 米 波 段	IV	13	470~478	471.25
		14	478~486	479.25
		15	486~494	487.25
		16	494~502	495.25
		17	502~510	503.25
		18	510~518	511.25
		19	518~526	519.25
		20	526~534	527.25
		21	534~542	533.25
		22	542~550	543.25
		23	550~558	551.25
		24	558~566	559.25
	V	25	604~612	605.25
		26	612~620	613.25
		27	620~628	621.25

续表

波 段	频 道 号	频道带宽(MHz)	图象载频(MHz)	伴音载频(MHz)
V 波 段	28	628~636	629.25	635.75
	29	636~644	637.25	643.75
	30	644~652	645.25	651.75
	31	652~660	653.25	659.75
	32	660~668	661.25	667.75
	33	668~676	669.25	675.75
	34	676~684	677.25	683.75
	35	684~692	685.25	691.75
	36	692~700	693.25	699.75

注: (1) 频道带宽为 $f_{B2} - f_{B1} = 8\text{MHz}$ 。(2) 图象载频为 $f_V = f_{B1} + 1.25 = f_{B2} - 6.75\text{MHz}$ 。(3) 伴音载频为 $f_A = f_V + 6.5 = f_{B1} + 7.75\text{MHz}$ 。

(4) 93~166MHz属 II 波段, 供调频广播用。

表 1-2 日本电视频道的划分 (525行,
频道带宽6MHz)

频 道 号	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8	第 9
频道带宽 (MHz)	90 ~96	96 ~102	102 ~108	170 ~176	176 ~182	182 ~188	188 ~194	192 ~198	198 ~204
第10	第11	第12	第45	第46	第47……第60			第61	第62
204 ~210	210 ~216	216 ~222	662 ~668	668 ~674	674…(6MHz带宽)…758			758 ~764	764 ~770

表 1-3 美国电视频道的划分 (525行,
频道带宽6MHz)

频 道 号	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8	第 9	第10
频道带宽 (MHz)	54~60	60~66	66~72	76~82	82~88	174 ~180	180 ~186	186 ~192	192 ~198

第11	第12	第13	第14	第15	第16……第81	第82	第83
198	204	210	470	476	482…(6MHz带宽)…878	878	884
~204	~210	~216	~476	~482		~884	~890

注：第1频道1947年取消。

表 1—4 西欧各国电视频道的划分(625行)*

I 波 段					III 波 段				
频 道 号	第 2	第2A	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8	第 9
频 道 带 宽 (MHz)	47~54	48.5 ~55.5	54~61	61~68	174 ~181	181 ~188	188 ~195	195 ~202	202 ~209

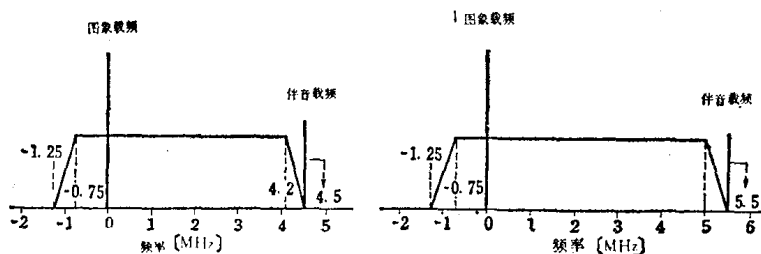
IV 波 段				V 波 段	
第10	第11	第12	第21……第34	第35……第81	
209~216	216~223	223~230	470……582	582……958	

注：(1) II 波段(68~174MHz)为调频广播用。

(2) I、III 波段频道带宽为7MHz。

(3) IV、V 波段频道带宽为8MHz。

率特性如图1.2所示，这种方式可以节省频带，但在图象发射



(a) 525行M制

(b) 625行D、K制

图 1.2 图象发射机的理想输出频率特性

* World Radio TV Handbook, 1965 ed., World Radio Television Handbook co. Ltd. Copenhagen

机的设计和调整上需要解决一系列的技术问题（如残留边带滤波，群时延校正等）。另外，图象发射机在传输画面的平均亮度时，需要传送直流分量，因此，随着画面亮度的变化，其输出载波功率也随之变化。图象发射机的输出是以峰值（同步顶）功率来表示的，如图1.3所示，这一点与一般调幅广播发射机是不同的。

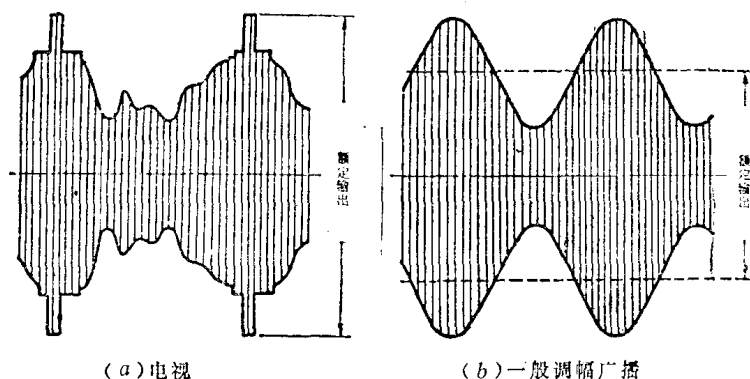


图 1.3 电视和一般调幅广播的包络波形

伴音发射机是调频的，它与图象发射机的输出通过双工器或滤波双工器合并后向同一天线馈电。这种两机输出合并后共用同一天线的方法，不论建设费用或是维护费用，都是比较经济的。

1.2节 世界各国的电视标准*

当设计或调整电视发射机时，对电视发射机的标准应该有

- 1. *Hirsh: Television in the World Today, Electrical Eng.*, P. 321 (1956—4)
- 2. *CCIR REPORT 398, Characteristics of Monochrome Television Systems (Study Group XI)*

一详细的了解。表1—5是国际公认的于1956年在华沙召开的第八次CCIR（国际无线电通讯咨询委员会）总会所推荐的标准。表中以外的项目，各国都有自己的标准。在米波波段，各国使用标准情况如表1—6，共分八类。由表可以看出，各国的频道宽度和调制极性都有所不同。因此，各国的发射机在设计上也都有所不同。

表1—5 CCIR 建议的标准项目（CCIR第八次总会，建议号212）

1	与电源频率无关
2	画面宽高比4:3
3	隔行扫描比2:1
4	扫描从左到右，从上到下
5	图象电波采用调幅
6	电视接收机可接收发射的残留边带调幅信号，图象载频在接收机内衰减
7	发射机对载频不作衰减，但设计成能衰减上边带或下边带中的一个
8	在电视频道内的图象载频离频道一边 $1.25MHz$ 处，伴音载频在距离另一边 $0.25MHz$ 处
9	残留边带在偏离图象载频 $1.25MHz$ 处的发射电场至少要衰减 $30dB$
10	黑电平是与画面明暗无关的一定的载频电平
11	发射信号的 γ 特性，要按接收机显象管的信号对亮度的特性来考虑，应该在1以下
12	发射电波极化方式，不予规定

表 1—6

米 波 波 段 电 视 标 准

项 目	方		
	A	M	N
每帧画面的行数(行)	405	525	625
标称视频带宽(MHz)	8	4.2	4.2
标称射频信道带宽(MHz)	5	6	6
伴音载频与图象载频间隔(MHz)	-3.5	+4.5	5.5
残留边带(MHz)	0.75	0.75	0.75
行 频 (Hz)	10125	15750	15625
场 频 (Hz)	50	60	50
图象调制极性	正	负	负
消隐电平与载频峰值电平的百分比(%)	30	75	—
最小电平与载频峰值电平的百分比(%)	0~3	10~15	—
伴 音 调 制 形 式	A ₃	F ₃ ±25KHz* 75μs**	—
图象和伴音有效发射的功率比	4/1	5/1~10/1 ⁽³⁾	—
主要使用的国家 (包括预定使用的国家)	爱尔兰、 英 国	加拿大、南朝鲜、美国、日本、墨西哥、巴拿马、伊朗、沙特阿拉伯、巴西	阿根廷、 委内瑞拉

注：(1)方式是按照国际无线电通讯咨询委员会第308号报告的分类方法分类的。

(2)目前正在讨论变为1.25MHz。

(3)美国到1965年将2/1~3/2变更到5/1~10/1。

(4)暂定值。

(5)*最大频偏，**预加重时间常数。

式(1)

<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	<i>E</i>
625	625	625	819	819
5	5	6	5	10
7	7	8	7	14
+5.5	+5.5	+6.5	+5.5	11.15
0.75	0.75	0.75 ⁽²⁾	0.75	2
15625 ±0.1%	15625 ±0.1%	15625 ±0.05%	20475 ±0.1%	20475
50	50	50	50	50
负	正	负	正	正
72.5~77.5	22.5~27.5	72.5~77.5	30	22.5~27.5
10~12.5	0~3	10	0~3	0~3
<i>F</i> ₃ ±50KHz* 50μs**	<i>A</i> ₃ 50μs**	<i>F</i> ₃ ±50KHz* 50μs**	<i>A</i> ₃ 50μs**	<i>A</i> ₃
5/1	4/1 ⁽⁴⁾	2/1~5/1	4/1 ⁽⁴⁾	4/1
澳大利亚、奥地利、丹麦、 西班牙、芬兰、加纳、几内亚、 印度、印尼、意大利、马来亚、 摩洛哥、新西兰、巴基斯坦、 荷兰、瑞典、瑞士、西德、	比利时	保加利亚、匈 牙利、波兰、罗 马尼亚、捷克、 苏联	比利时	法国

1108556

• 9 •