

广播电视技术丛书

广播电视发射机

中国国际广播出版社

1783

G22

355229

广播电视发射机

(日) 高桥 良 主编
李英华 韩 伟 马增令 译
马增令 刘曼文 校



中国国际广播出版社

内容提要

本书叙述中波、调频、电视发射机和差转机的组成，及其原理、构造、设计计算、调整测试、监测控制系统、防护措施等。该书是日本广播协会（NHK）技术丛书之十，适于广播电视发送工作的科研设计、生产管理、维护人员阅读。

2016/06

广播电视发射机

(日) 高桥 良 主编

李英华 韩 伟 马增令 翻译

中国国际广播出版社出版
北京复兴门外广播电影电视部内)
华书店总店北京发行所发行
北京朝阳仰山印刷厂印刷



开本：787×1092 1/32 12印张 260千字

1991年12月北京第1版 1991年12月第1次印刷

印数：0001—2900册

ISBN 7-5078-0378-3/TN·1 定价：11.40元

原 序

广播技术的发展实在是惊人的。电子管的出现使得稳定的电波进行发送和接收成为可能，从而达到无线电广播的实形化。其后，依靠超短波技术的图像技术的进步，实现了调频广播和电视广播，时至今日，形成了彩色电视广播兴旺的局面。近来，从晶体管向集成电路乃至大规模集成电路过渡为代表的微电子技术的发展，进一步促进了广播技术的提高。此外，随着数字技术和空间开发技术的引入，可预料广播技术有新的飞跃。

展望八十年代，这些技术将与各种新型广播手段的实用化相结合而极大地展开。为此种发展形势作准备，日本广播协会（NHK）制定了编辑了出版集广播技术大成的《广播技术丛书》的计划。过去，NHK曾于五十年代和六十年代两度出版发行过《广播技术丛书》，七十年代出版过《广播技术选集》。这些书都是当时广播技术人员的主要参考书，对广播技术的进步和人才的培养起了很大的作用。

此次，在实现本计划期间，为了征集外界的意见，设立了“广播技术丛书出版促进委员会”，决定了本书的大纲。

本丛书的特点在于：执笔者都是在NHK第一线积极工作的研究人员和技术人员，他们充分应用了多年积累的資料，尽力贡献出所有的渊博学识；在内容上，涉及到现行广播手段以至新型广播手段。我们相信，包罗广播技术所有方面的这套丛书，作为八十年代的丛书是颇为合宜的；这种书不但在日本，在国外亦无先例。不仅对广播技术人员和设计技术人员，而且对刚刚开始学习这一专业的学生来说，它们

也是很好的参考书。

在本书出版之际，谨向广播技术丛书出版促进委员会及编辑委员会诸君、特别是在繁忙业务工作中抽出时间努力写作的各位执笔者表示深切的谢意；此外，对于在出版上给以帮助财团法人、广播文化基金会和日本广播出版协会，并致衷心的感谢。

以上，即作为本书的序。

日本广播协会总工程师 高桥 良

1982年9月

本书编辑宗旨

广播发送技术的具体设备是发射机，早年不得不依赖于外国技术的引进，后来日本的发送技术不断成长并有长足的进步。尤其最近积极采用了各方面技术革新的成果，实现了向高可靠性、高性能方向的飞快发展，现在已完成了在日本全国各地均达到广播电波稳定服务的主要任务，而且向海外各国大量输出，提高了日本发送技术的声望。本书以自动化无人值机为前提，对发射台中实际运行的发射机及与之有关的发射台设备，选择其中尽可能最新的设备，包括设计中应考虑的各问题进行分析叙述。本书是第9卷《广播发送技术》一书的实际应用部分，并和第11卷《广播天线和电波传播》三本书一起，组成广播发送技术部门的全部技术内容。

第一章《中波广播发射机》，以提高整机效率和稳定性为中心课题，讨论了大功率发射机及最新的中功率全固体化发射机。

第二章《调频广播发射机》论述了从高质量声音广播到立体声发送技术。

第三章《电视发射机》，除基本技术外还论述了包括最近音声多工广播发送技术在内的各种问题。

第四章《电视差转机》，阐述了电视广播电波进行差转的发送技术，着重讨论了广播经多次差转中的各种问题及其对策。

第五章《监视和控制》，阐述了在自动化无人值机的发射台中，整个系统运行维护的中枢、确保电波辐射主要任务

的设备。

第六章《发射台电力设备》，对电源来说，发射机是要求可靠性极高的负载，本章重点综述取得稳定供电的配电设备和备份发电设备。

本书可供从事发射机设计、维护的技术人员参考，愿本书对今后发送技术进一步发展能起作用。

全书的安排編集过程中，日本广播协会（NHK）的各位领导和同人给予很多有益建议和启发，尤其是櫻庭正基和近藤满郎二位，谨在此深表谢意。

編集干事 小林 武

执笔者

第一章	青柳 公男	生岩 量久	大沢 秀則
第二章	上中田 勝明	那須 嘉彦	大沢 秀則
第三章	奥津 平二		
第四章	今堀 豊	百浦 哲藏	服部 周爾
	中畑 雄二郎	尾崎 泰己	長妻 忠雄
	鈴木 文吉	田中 忠明	
第五章	青柳 公男	山田 明人	
第六章	森下 進	高林 秀嘉	佐藤 昭治
	佐藤 純		

译 者 序

广播电视技术咨询中心为了促进我国广播电视技术的发展，特组织翻译此书，并推荐给有关科技人员。本书译自日本广播协会技术丛书，由日本广播发送方面有经验专家执笔，内容密切结合实际，技术新颖，叙述清楚，深入浅出，是广播电视发送技术不可多得的一本好书，适合我国需要。

原书本有六章，第六章叙述发射台供电设备及日本有关的保安法令规章，兹不译。书后增加附录两篇，《浮动载波调幅发射机》和《数字调幅发射机》，均系大功率广播发射机的新技术，供读者参阅。

本书第二、四章由李英华同志译，第三章由韩伟同志译，第一、五章由马增令同志译，附录均由马增令同志提供。全书分别由马增令、刘曼文两同志校。

广播电视技术咨询中心

目 录

原序

本书编辑宗旨

译者序

第一章 中波广播发射机	1
1.1 概论	1
1.2 固体化广播发射机	13
1.2.1 固体化发射机的特点	13
1.2.2 固体化发射机的构成和工作	16
1.2.3 67SM-72 型 5kW 发射机	35
1.2.4 固体化发射机的将来	43
1.3 大功率广播发射机	44
1.3.1 大功率发射机的特点	44
1.3.2 大功率发射机的构成和工作原理	48
1.3.3 共用设备	62
1.3.4 82PM-41 型广播发射机	67
1.4 性能及试验	73
第二章 调频广播发射机	79
2.1 概论	79
2.2 频率调制原理	80

2.3 立体声调制方式	86
2.4 立体声编码器	89
2.5 调频激励器	91
2.6 高频电路	100
2.6.1 功率合成器	100
2.6.2 末级功率放大器输出调谐电路	105
2.6.3 阻止高次谐波的滤波器	113
2.7 全固体化 1kW 调频发射机实例	115
2.8 标准和调整	118
第三章 电视发射机	125
3.1 概论	125
3.1.1 概说	125
3.1.2 电视发射机的基本构成	125
3.2 激励器、调制器	127
3.2.1 图像载波振荡器	127
3.2.2 图像调制器	129
3.2.3 VSB 滤波器	133
3.2.4 伴音调制器	143
3.2.5 多伴音调制器	143
3.3 射频功率放大器	151
3.3.1 半导体功率放大器	151
3.3.2 多极管功率放大器	159

3.3.3 速调管功率放大器	177
3.4 射频功率合成器、输出滤波器	182
3.4.1 功率合成器	182
3.4.2 图像、伴音功率合成器	187
3.4.3 输出滤波器	191
3.5 失真发生原因及其补偿器	198
3.5.1 相频特性补偿器—包络延时均衡器	198
3.5.2 非线性失真补偿器	203
3.5.3 多伴音信号与发射机特性	208
3.6 附属设备	211
3.6.1 冷却装置	211
3.6.2 图像解调器	215
3.7 性能和试验方法	217
第四章 电视差转机	223
4.1 概论	223
4.1.1 转播发射机系统概述	224
4.1.2 差转机的失真	226
4.2 差转机的功能及其构成	236
4.2.1 系统设计	236
4.2.2 各部分的功能	241
4.3 多站差转和图像质量	258
4.3.1 由于多站差转导致特性恶化及其对策	259

4.3.2 传播途中导致图像质量的恶化及其对策	268
4.4 差转台防雷措施	273
4.4.1 雷电浪涌的特点及其侵入途径	273
4.4.2 防雷的基本方案及具体方法	275
4.4.3 实际避雷措施	278
4.5 差转机举例	281
4.5.1 标准型	282
4.5.2 简易型	283
4.5.3 微小功率型 (小型)	285
4.6 差转机的性能和测试	286
4.6.1 标准、性能	286
4.6.2 测试	286
4.6.3 运行中的测试	292
第五章 监视和控制	295
5.1 概论	295
5.1.1 监视控制设备	295
5.1.2 典型监视控制设备	296
5.2 监视控制设备	299
5.2.1 VTWR-71 型遥控设备	299
5.2.2 CR-72 型简易遥控设备	305
5.2.3 TELEDACS 设备	309
5.3 监视设备	312

5.3.1 设备的输入条件	312
5.3.2 数据收集器	316
5.3.3 集中监视器	316
5.3.4 工作概况	318
5.4 未来的监视控制	319
附录一 浮动载波调幅发射机	323
附录二 数字调幅发射机	338

第一章 中波广播发射机

1.1 概论

广播媒介中，中波广播具有最悠久的历史。日本的中波广播始于 1925 年的东京广播，现在全日本约有 300 座广播电台在进行中波广播。

直到六十年代，发射机还全是电子管式的，七十年代以后，随着半导体技术的进步，进行了全固体化发射机的开发，现在 10kW 级的发射机已实用化，即使是 50kW 以上的大功率发射机也只剩下最末级，其它都已固体化了。

一般说来，中波广播有以下特点：

- (1) 传播距离延伸到视距以外，能进行高效服务；
- (2) 由于调制方式简单，发射机和接收机制造容易；
- (3) 占用频带窄，频谱利用率高。

中波广播由于采用调幅，当载波为 $V_c \cos 2\pi f_c t$ 、调制信号为 $V_m \cos 2\pi f_m t$ 时，已调波的瞬时电压 v 可由下式表示：

$$\begin{aligned} v &= (V_0 + V_m \cos 2\pi f_m t) \cos 2\pi f_c t \\ &= V_0 (1 + m \cos 2\pi f_m t) \cos 2\pi f_c t \\ &= V_0 \left\{ \underbrace{\cos 2\pi f_c t}_{\text{载波}} + \underbrace{\frac{m}{2} \cos 2\pi (f_c + f_m) t}_{\text{上边带}} + \dots \right\} \end{aligned}$$

$$+ \frac{m}{2} \cos 2\pi (f_c - f_m) t \} \quad (1.1)$$

.....

下边带

式中: $m = V_m / V_c$ ——调制度

由上式, 其频谱可理解为由载波和对称于载波的上下边带所组成。

另外, 占有频带为从 $(f_c - f_m)$ 到 $(f_c + f_m)$, 即为调制信号中最高频率的 2 倍。

调制时的平均功率为载波功率和上下边带功率之和, 为未调制时功率的 $(1 + \frac{m^2}{2})$ 倍, 而 100% 调制时的峰值功率则为 4 倍。

然而, 研究一下迄今以来为数众多的各种调幅方式, 适合于广播发射机所必要的条件, 即线性好、效率高的方式中, 目前已付诸实用且具代表性的, 有如下 3 种。

(1) 屏极调制式

从原理上来说, 这是利用电子管的非线性来取得调幅的方式, 在日本, 电子管式发射机大多采用此方式。电路组成和各点波形如图 1.1 所示。

若四极管屏极电流为 i_p 、栅极瞬时电压为 $\tilde{E}_g \cos \theta - E_g$, 屏极瞬时电压为 $E_p - \tilde{E}_p \cos \theta$

则:

$$i_p = A_p \left\{ \tilde{E}_g \cos \theta - E_g + \frac{E_{sg}}{\mu_s} + \frac{E_g - \tilde{E}_p \cos \theta}{\mu_p} \right\} \quad (1.2)$$

式中 A_p : 电子管跨导
 μ_p : 屏极放大系数
 E_{sg} : 帘栅电压
 γ : 常数
 μ_s : 帘栅放大系数

均为已知。设 $i_p = 0$ 时的 θ 为 θ_p (θ_p 称为工作角, 流过电流为 $2\theta_p$, 称为流通角), 则:

$$\cos \theta_p = \frac{E_g - \frac{E_{sg}}{\mu_s} - \frac{E_p}{\mu_p}}{\tilde{E}_g - \frac{\tilde{E}_p}{\mu_p}}$$

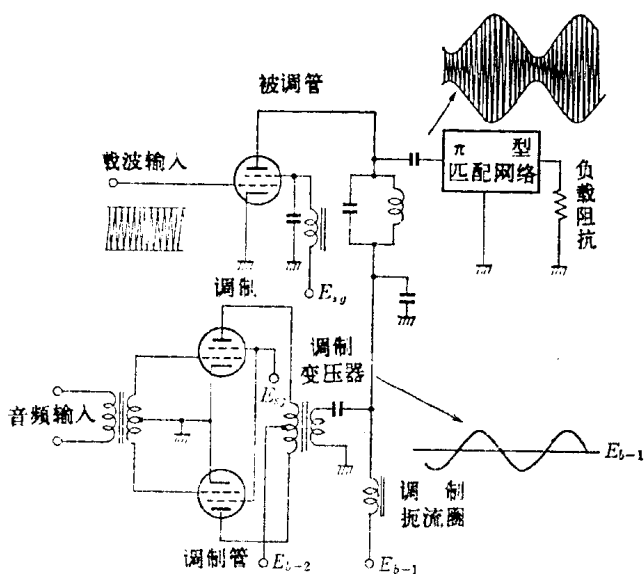


图 1.1 屏极调制原理图

由此可得:

$$i_p = A_p \left(\tilde{E}_g - \frac{\tilde{E}_p}{\mu_p} \right)^\gamma (\cos\theta - \cos\theta_p)^\gamma \quad \begin{matrix} \cos\theta \geq \cos\theta_p \\ \cos\theta < \cos\theta_p \end{matrix} \\ = 0 \quad (1.3)$$

由于此式是 θ 的周期函数, 将 i_p 按富里哀级数展开,
即:

$$i_p = I_p + \sum_{n=1}^{\infty} i_{pn} \cos n\theta \quad (1.4)$$

式中:

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\theta_p} i_p d\theta \\ &= \frac{1}{\pi} A_p \left(\tilde{E}_g - \frac{\tilde{E}_p}{\mu_p} \right)^\gamma \int_0^{\theta_p} (\cos\theta - \cos\theta_p)^\gamma d\theta \\ i_{pn} &= \frac{2}{\pi} \int_0^{\theta_p} i_p \cos n\theta d\theta \\ &= \frac{2}{\pi} A_p \left(\tilde{E}_g - \frac{\tilde{E}_p}{\mu_p} \right)^\gamma \int_0^{\theta_p} (\cos\theta - \cos\theta_p)^\gamma \cos n\theta d\theta \end{aligned}$$

屏极电流峰值 i_{pmax} 可由 (1.3) 式令 $\theta=0$ 时得到:

$$i_{pmax} = A_p \left(\tilde{E}_g - \frac{\tilde{E}_p}{\mu_p} \right)^\gamma (1 - \cos\theta_p)^\gamma \quad (1.5)$$

由此:

$$\frac{\text{基波}}{\text{直流分量}} = \frac{i_{p1}}{I_p} =$$