

VHF 电视差频转播技术

金 刚 政 主 编

DIANSHI CHAPIN ZHUANBO JISHU

主 编

金 刚 政

编写人员

(以姓氏笔画为序)

刘传明 吴祖芳 李学育 张继敏

金刚政 祝国书 瞿志焱

VHF 电视差频转播技术

余刚政主编

*

湖北科学技术出版社出版 湖北省新华书店发行

湖北省新华印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 29.25 印张 726,400 字

1983 年 9 月第 1 版 1983 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—7,500

统一书号: 15304·5 定价: 6.00 元

(附 VHF 电视差频转播发射机电路图集)

序 言

我国国民经济和社会发展第六个五年计划指出：“广播电视事业要有适当的发展，不断提高服务质量，努力完善服务手段，重点是加强节目传送特别是电视节目传送手段，扩大覆盖面。”为了实现这个目标，我们必须大力发展电视差转台，使它成为电视覆盖的重要手段。

据了解，目前我国的电视差转台还处于发展初期，电视广播卫星发射后，它必将以更快的速度发展，必然有更多的技术、管理人员要学习和掌握电视差频转播技术。

《VHF 电视差频转播技术》一书，是在湖北省广播电视厅的领导下，由金刚政等几位同志为适应电视广播事业的迅速发展需要，根据他们在工作中积累的经验和知识并搜集大量资料编写成的。

全书共分十一章。其内容包括电视差频转播原理；转播卫星信号时的电视差转台的工作方法和主要设备；高频放大、变频、中频放大和自动增益控制电路；多种差转机实际电路分析；电视差转台的发射与接收天线的安装、调试方法；天线与馈线的联接和阻抗匹配；电视差转机常见故障的处理步骤与方法；各类电视差转台的选点计算、安装、使用必备知识，等等，内容比较丰富。

这本书的特点是着重物理意义的阐述，比较通俗易懂，能从我国的实际出发，自始至终做到理论联系实际，尤其注意实用性。书中介绍的有关理论、计算方法、实验数据，以及许多图表等也适用于其它广播设备，这是一本很有实用价值的参考书。它可供各级广播、电视

部门有中等文化程度的工人、技术人员、管理干部阅读；也可供生产电视差转机工厂的工人、技术人员、管理干部参考；还可作为广播电视学校的教学参考书或教材。

本书的问世，将对电视广播事业的发展起到促进作用。

本书在编写与搜集资料的过程中得到了有关单位和同志们热情支持和帮助，在此致以谢意。

张献庆

一九八三年四月于武汉

目 录

序言

第一章 绪论	1
第一节 小功率电视差转机的基本原理	1
一、一次变频单通道差转机	2
二、二次变频单通道差转机	4
三、二次变频双通道差转机的基本原理	5
第二节 差转机的作用距离与频道选择	7
一、差转机的作用距离	7
二、差转机收发频道的选择	8
第三节 小功率电视差转机的概况	10
第四节 接收广播卫星信号的差转台简介	11
一、卫星发向地面的电视信号	11
二、接收卫星信号的差转台	12
第二章 常用四端网络	15
第一节 四端网络的概念	15
一、四端网络的概念	15
二、四端网络的参数	17
三、四端网络的输入阻抗和输出阻抗	20
四、影像参数(特性参数)	21
第二节 匹配网络	25
一、匹配网络的基本结构	25
二、匹配网络的计算	26
第三节 衰减器	30
一、对称 T 型衰减器的设计	31
二、对称 π 型衰减器的设计	32
三、桥 T 型衰减器的设计	32
第四节 滤波器	34
一、概述	34
二、K 式滤波器	35
三、m 式滤波器	37

四、耦合谐振器滤波器	39
五、高通滤波器与低通滤波器的链接使用	39
第五节 传输线变压器	40
一、传输线变压器工作原理	40
二、4:1 阻抗变换器	41
第六节 定向耦合器	43
一、概述	43
二、3dB 定向耦合器	44
三、弱耦合度定向耦合器	44
第三章 高频小信号放大电路	46
第一节 单调谐回路	46
一、串联谐振回路	46
二、并联谐振回路	49
三、并联谐振回路的部分接入及接入系数	51
四、单调谐回路的矩形系数	54
第二节 双调谐回路	55
一、电容耦合双调谐回路	56
二、互感耦合双调谐回路	57
三、双调谐回路的调整	59
四、T 型调谐回路	59
五、双调谐回路的矩形系数	61
第三节 双调谐放大器	61
一、双调谐放大器的电压放大倍数和谐振曲线	63
二、多级双调谐放大器的级联	64
第四节 参差调谐放大器	65
一、双参差调谐放大器	65
二、三参差调谐放大器	68
三、单调谐放大器和双调谐放大器的组合	68
第五节 共基极宽频带放大器	69
一、共基极宽频带放大器的电路和特点	69
二、共基极放大器的输入阻抗和输出阻抗	70
三、共基极放大器的幅频特性和增益	71
第六节 负反馈对宽频带放大器	74
一、负反馈对放大器的电流放大倍数和频率特性	75
二、负反馈对放大器的输入输出阻抗	76
三、负反馈对放大器的调整	76
第七节 共发射极宽频带放大器	77

一、高频电压放大倍数	78
二、频率特性	78
第八节 场效应晶体管高频放大器	80
一、场效应晶体管简介	80
二、场效应晶体管高频放大器	83
第九节 自动增益控制电路	85
一、AGC 控制电压的产生	86
二、放大器的增益控制	88
三、场效应晶体管的 AGC 电路	92
第四章 振荡与变频	94
第一节 LC 振荡电路	94
一、LC 振荡器的基本原理	94
二、电容三点式 LC 振荡电路	96
三、振荡器的频率稳定度	100
第二节 石英晶体振荡电路	101
一、石英晶体谐振器	101
二、并联型石英晶体振荡电路	103
三、串联型石英晶体振荡电路	104
四、石英谐振器的正确使用	106
第三节 倍频器	106
一、丙类倍频器	107
二、参量倍频器	107
第四节 变频器	112
一、变频器的作用与要求	112
二、电子管单栅混频和双栅混频	112
三、晶体三极管混频器	115
四、平衡混频器	117
五、环形混频器	120
第五章 高频功率放大器	123
第一节 概述	123
一、对差转机高频功率放大器的要求	123
二、差转机高频功率放大器的组成	124
三、高频功率放大器的分类比较	124
第二节 电子管高频功率放大器	126
一、单边放大基本电路	126
二、馈电线路	127

三、推挽功率放大器.....	129
第三节 栅地放大器与屏极槽路谐振腔.....	131
一、栅地放大器基本电路及其特点.....	131
二、同轴型谐振腔及其等效电路.....	132
第四节 功率晶体管的高频运用与安全工作区.....	134
一、晶体管的高频效应.....	134
二、功率晶体管的二次击穿特性.....	136
三、高频功率晶体管的安全工作区.....	137
第五节 晶体管高频功率放大器.....	138
一、基本电路.....	138
二、最佳工作点和负载线的确定.....	140
三、馈电线路.....	141
四、基极偏置电路.....	143
五、输入与输出匹配电路.....	144
六、高频补偿电路.....	148
七、晶体管的并联与推挽运用.....	149
八、晶体管高频功率放大器的防护措施.....	151
第六节 功率合成与分配电路.....	152
一、用 4:1 传输线变压器做成的混合网络.....	153
二、用 3 分贝耦合器做成的混合网络.....	155
三、用软电缆做成的混合网络.....	156
第七节 高频功率晶体管与电子管.....	157
一、高频功率晶体管的选择与主要参数.....	157
二、差转机常用电子管主要参数.....	168
 第六章 自动开关机电路	 176
第一节 概述.....	176
第二节 自动开关机实际电路分析.....	177
一、DCH—10Z 差转机自动开关机电路分析.....	177
二、DCH—50 差转机自动开关机电路分析	178
三、DCFY—10 差转机自动开关机电路分析.....	179
四、HG—10 差转机自动开关机电路分析	180
五、CDC—Ⅱ型 10 W 差转机自动开关机电路分析.....	180
六、LH—3A 差转机自动开关机电路分析.....	181
第三节 自动高压延时电路分析.....	182
一、DCH—10Z 差转机自动高压延时电路分析	182
二、HG—10 差转机延迟开高压电路分析	184

第七章 直流稳压电源	185
第一节 稳压管	185
一、电子管稳压管	185
二、半导体稳压管	186
第二节 串联型稳压电源	187
一、串联型稳压电路的组成	187
二、串联型晶体管稳压电源	188
三、串联型电子管稳压电源	189
第三节 应用辅助电源和差分放大器的稳压电源	190
一、具有辅助电源的稳压电路	190
二、具有恒流源的稳压电源	191
三、采用差动放大器的稳压电源	192
四、过载和短路保护电路	192
第四节 实际稳压电路分析	193
第八章 整机电路介绍	197
第一节 CDC—Ⅱ型 I / Ⅲ 波段彩色电视差转机整机线路分析	197
一、接收放大	197
二、晶体振荡器	198
三、接收混频	199
四、中频放大	200
五、发射混频	202
六、功率放大器	203
七、功率合成	204
第二节 CDC—Ⅱ型 I / Ⅲ 波段 50W 彩色电视差转机整机线路分析	205
一、晶体管功放	206
二、50W 功放槽路箱	206
第三节 GSZ—3/5 型 I / Ⅲ 波段彩色电视差转机整机线路分析	208
一、接收放大	208
二、接收混频	209
三、中频放大	210
四、本振倍频器	211
五、发射混频	212
六、功率放大器	212
七、末级槽路箱	213
第四节 DCH—10Z 电视差转机整机线路分析	215
一、高频头电路	216

二、中频放大和AGC电路	216
三、二次变频电路	217
四、功放电路	218
第五节 100mW 太阳能电视差转机的整机线路分析	219
第六节 电视差转机部分线路分析	221
一、DCH—50 电视差转机中频放大器部分实际电路分析	221
二、HG—10 电视差转机中频放大器部分实际电路分析	222
第九章 天线与馈线及其匹配	224
第一节 长线简述	224
一、长线传输线	224
二、开路长线与短路长线及接有负载的有耗线	225
第二节 天线的一般原理	230
一、电磁波的辐射与接收	230
二、折合振子天线	232
第三节 天线的主要特性参数及技术名词	233
一、天线的输入阻抗 R_{in}	234
二、天线的辐射电阻 R_r	234
三、天线的效率 η	234
四、天线的方向性系数 D	234
五、天线的增益系数 G	235
六、天线的波瓣宽度 θ	235
七、天线的频带宽度 Δf	235
八、天线的匹配	236
九、驻波比	236
十、行波系数	236
十一、天线前后比	236
十二、极化	236
第四节 接收天线	236
一、引向天线(八木天线)的基本原理	237
二、引向天线的实用数据	239
三、多层多列引向天线的组合	243
第五节 发射天线	244
一、蝙蝠翼天线	244
二、十字形天线	248
三、双环天线简介	249
第六节 馈线及天线与馈线的匹配	263
一、馈线	263

二、天线与馈线的匹配·····	263
三、天馈线系统的测量与调试·····	280
第十章 调试与测量 ·····	283
第一节 常用测试仪器简介·····	283
一、超高频频率特性测试仪·····	283
二、SBT—5 同步示波器 ·····	287
三、XFC—6 标准信号发生器 ·····	290
四、GLZ—1 功率计 ·····	292
第二节 测试附件简介·····	293
一、射频电缆与插头座·····	294
二、假负载·····	295
三、匹配检波器·····	296
四、功率(电压)合成网络·····	297
五、衰减器的制作·····	298
六、阻抗变换器·····	299
七、BT—10 扫频仪配置双线示波器的叠加网络 ·····	300
第三节 扫频仪在差转机测量与调试中的应用和调谐电路的调试方法·····	301
一、扫频仪的使用·····	301
二、调谐电路的调试方法·····	303
第四节 差转机的技术指标及其测量·····	310
一、幅频特性及其测量·····	310
二、驻波比及其测量·····	312
三、输出功率及其测量·····	318
四、噪声系数及其测量·····	319
五、自动增益控制范围及其测量·····	320
六、低频噪声(哼声调制)及其测量·····	320
七、副波及其测量·····	321
八、互调失真及其测量·····	322
九、微分增益失真及其测量·····	323
十、微分相位失真及其测量·····	326
十一、群时延失真及其测量·····	326
第五节 GSZ—3/5 型电视差转机调试说明 ·····	328
一、I 波段接收高放单元·····	328
二、Ⅲ 波段接收高放单元·····	329
三、下变频单元·····	330
四、本振倍频单元(一)·····	331
五、中放单元·····	332

六、接收单元连调·····	333
七、上变频单元(Ⅲ波段)·····	334
八、本振倍频单元(二)(Ⅲ波段)·····	336
九、功率放大单元(Ⅲ波段)·····	337
十、发射单元连调·····	338
十一、末级槽路箱·····	339
十二、整机总调·····	342
第六节 DCH—10Z 电视差转机的调试说明·····	342
一、KP12—2 高频头·····	343
二、中频放大单元·····	344
三、振荡倍频单元·····	345
四、功率放大单元·····	346
五、自控单元·····	349
六、电源部分·····	350
七、整机总调·····	351
第十一章 差转机的使用与维修·····	353
第一节 差转机的使用与保护·····	353
一、差转机的附属设备·····	353
二、差转机房·····	354
三、差转机的使用与保护·····	354
第二节 差转机故障检查方法·····	357
一、概述·····	357
二、故障的观察与判断·····	357
三、故障的检查方法·····	360
第三节 电子管差转机常见故障检修·····	370
一、无图像无伴音(无功率输出)·····	370
二、图像质量差·····	372
三、输出功率小·····	373
四、输出时大时小·····	374
五、图像不同步·····	374
六、网纹干扰·····	375
七、自激·····	376
八、伴音干扰图像·····	378
九、低频杂波干扰·····	379
十、哼声大·····	380
十一、彩色不好或无彩色·····	381
十二、AGC 电路的故障·····	382

十三、自动开关机电路的故障	382
十四、稳压电源的故障	383
十五、延时断风机电路的故障	384
第四节 晶体管差转机电路故障检修	385
一、高频电路故障的一般检修步骤	386
二、高频低噪声放大电路的故障检修	388
三、高频振荡电路的故障检修	391
四、变频电路的故障检修	394
五、中频放大电路的故障检修	396
六、倍频电路的故障检修	399
七、线性功率放大器的故障检修	401
八、检修高频大功率晶体管电路的注意事项	406
附录	408
一、无线电波段的划分	408
二、超短波视距计算图	409
三、我国电视、调频广播技术边界服务场强的暂用标准和保护率(摘录)	410
四、世界部分国家(地区)电视制式简介	411
五、我国和其他一些国家(地区)的电视频道划分表	411
六、黑白电视广播标准	422
七、彩色电视暂行制式试用技术标准(修订稿)	426
八、我国彩色电视差转机技术指标暂行规范	433
九、全国第一届 VHF 电视差转机质量评比技术指标测试方案	434
十、卫星电视广播知识简介	439
十一、电视差转台的防雷措施	446
十二、电压、功率与分贝关系	449

第一章 绪 论

我们伟大祖国的九百六十万平方公里的土地上，居住着十亿勤劳智慧的人民，当前正为建设一个现代化的高度文明、高度民主的社会主义国家而奋斗。但是，我国目前经济还比较落后，科学技术也不够发达，在全国，山区、高原约占78%，平原丘陵约占22%，80%以上的人口居住在县城和广大农村。因此，为了发展我国的电视事业，我国的上述国情，决定了我国电视覆盖网的特点。

目前，全国只有一部分人可以看到电视，大部分人看不到电视，已经建成的几百座骨干电视台和几千座小功率电视转播台（或差转台）为几千万部电视接收机传送电视节目。在现有的电视覆盖网中，只有少数电视台可以自办节目，转播发射台占绝大多数。

在转播发射台中，小功率差转台投资少，建成快，维修方便，技术上容易掌握，所以发展比较迅速。目前50W以下的小功率电视差转台其数量远远超过骨干转播台，在电视覆盖网中的作用，也日趋显著。

从科学技术发展的现状和我国实际情况出发，在我国建成电视覆盖网的最合理、最经济的办法应该是这样的：即以广播卫星提供电视信号源（辅之是已建成的高山骨干转播台），在人口居住集中的地方建设不同功率等级、带有小型卫星地面接收站的差转台，就能够做到花钱最少、收效最快地解决地面覆盖任务。这就是“广播卫星——小型地面接收站——差转台”的建设方案。

小功率电视差转台的发展，目前还由于电视信号源和频道拥挤的限制，不能在所有人口集中的地方建设。一九八二年四月，广播电视部召开了分米波电视规划会议，发射广播电视卫星的准备工作也正在加速进行，可以预见，在不久的将来，电视频道将由现在的十二个增至四十八个，广播卫星能为我国绝大部分人口居住的地方提供信号源。到那时候，小功率电视差转台将如星罗棋布地闪烁在祖国的九百六十万平方公里的大地上，为建设社会主义物质文明和精神文明传送电视信号，它将在我国电视覆盖网中发挥着重要作用。所以电视差转机也将成为我国电视发射设备中数量最多、作用最显著的设备。

第一节 小功率电视差转机的基本原理

所谓差频转播发射机（简称差转机），是把接收下来的主台电视信号（高频已调波），通过频率变换成为另一个频道的高频电视信号（只变换其载频频率，其包迹不变），再经过放大发射出去。对电视图象与伴音没有解调与再调制过程，其工作过程可用下述方式表示：

即高频（接收的频道）经下变频→中频（34.25MHz）经上变频→高频（发射的频道）。由于这种方式不引入解调与再调制所造成的失真，电路较简单，造价较廉，使用维修也方便，所以被普遍采用。目前生产的差转机，多数装有“中频调制器”的装置，因此能直

接与小型卫星地面接收站、微波干线、录相机等配合使用。

电视差转机根据其工作方式与电路结构不同，有一次变频与二次变频，单通道和双通道等几种类型。下面分别介绍几种类型差转机的频道变换与基本工作过程。

一、一次变频单通道差转机

所谓单通道差转机，是指差转机在频道变换过程中，图象载频和伴音载频共用一个高频放大通道的差转机。

为叙述方便，以接收二频道发射八频道的一次变频差转机为例，介绍其基本原理。方框图如图 1·1—1 所示。

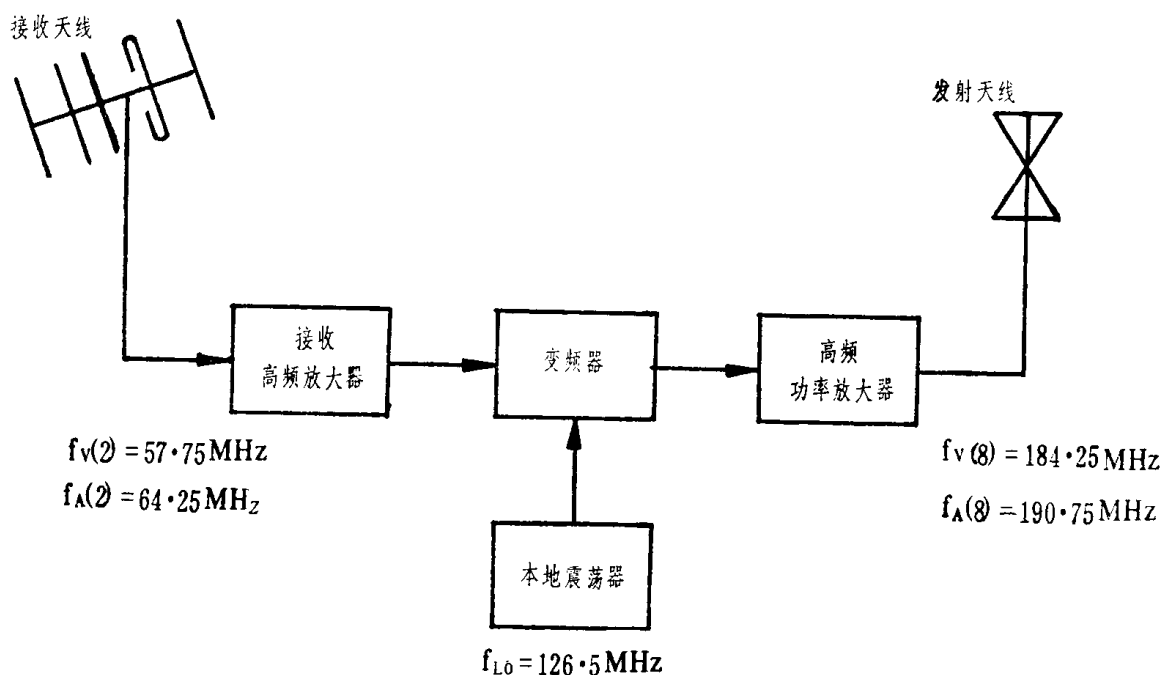


图 1·1—1 一次变频差转机的基本原理

$f_v(2)$ 、 $f_v(8)$ 分别为二、八频道的图象载频。 $f_A(2)$ 、 $f_A(8)$ 分别为二、八频道的伴音载频。 f_{L0} 为本振频率。

图 1·1—1 中接收天线用的是定向接收天线(一般用五单元引向天线)，把主发射台发射的二频道电视信号接收下来，经高频放大器放大后，和来自本地振荡器的高频(等幅波)电压同时送到变频器进行频率变换，输出八频道高频电视信号。经高频功率放大器放大到规定的功率电平后，馈送到发射天线发射出去。

在一次变频的差转机中，不论是收低频道发高频道，或是收高频道发低频道，其本振频率的取法只能是

$$f_{L0} = f_v(\text{高}) - f_v(\text{低}) = f_A(\text{高}) - f_A(\text{低})$$

因为在已调波的高频电视信号中，图象载频比伴音载频低 6.5 兆赫，这两个载频之间的关系，不管频道如何变换，都要保持不变，否则，电视接收机中就无法得到图象和声音。

可以从下面坐标图(即图 1·1—2)上看“收二发八”单通道差转机的频道变换关系。

这里本振频率 $f_{L0} = f_0(8) - f_0(2)$ [注: $f_0(8)$ 、 $f_0(2)$ 为二、八两个频道中心频率]。所以发射频道的中心频率 $f_0(8) = f_{L0} + f_0(2)$, 见图 1·1—2。

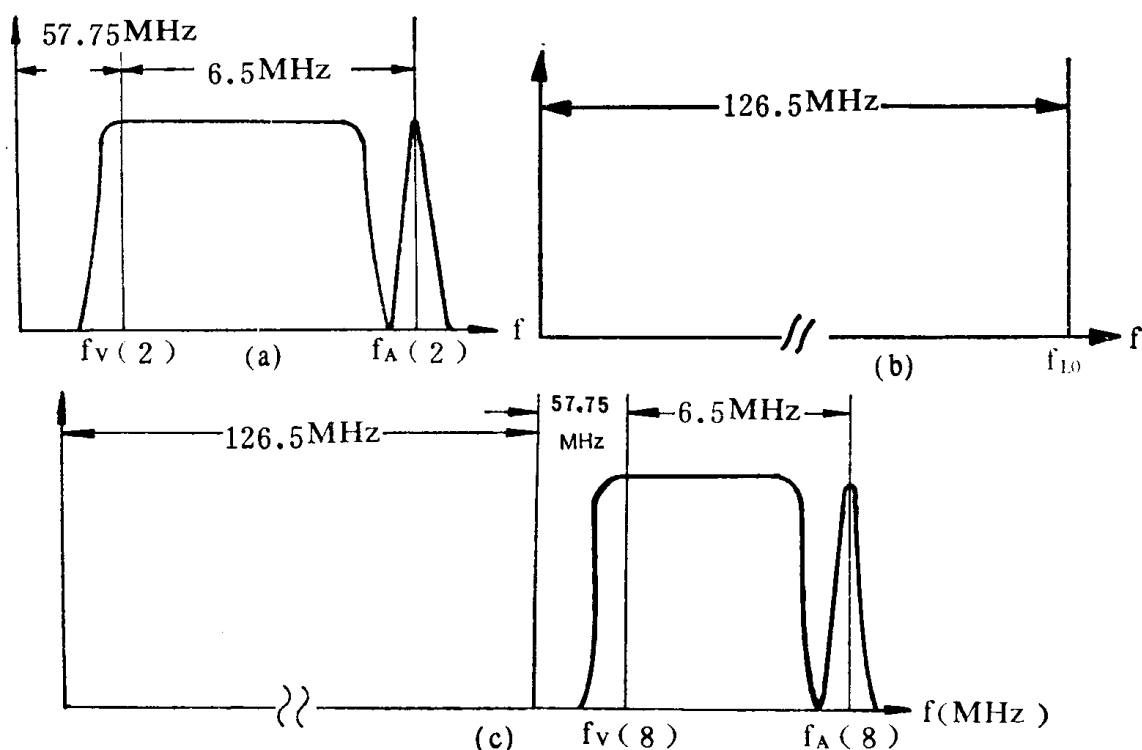


图 1·1—2 “收二发八”单通道差转机的频道变换关系

图 1·1—2 (a) 是二频道的射频特性曲线: $f_v(2)$ = 图象载频; $f_A(2)$ = 伴音载频;
 $f_A(2) - f_v(2) = 6.5\text{MHz}$ 。图 1·1—2 (b) 是本振频率座标, 本振频率: f_{L0}
 $= f_v(8) - f_v(2) = 184.25\text{MHz} - 57.75\text{MHz} = 126.5\text{MHz}$

图 1·1—2 (c) 是变换为八频道时的频率特性曲线: $f_v(8) = f_{L0} + f_v(2) = 184.25\text{MHz}$
 $f_A(8) = f_{L0} + f_A(2) = 190.75\text{MHz}$ $f_A(8) - f_v(8) = 6.5\text{MHz}$

一次变频的差转机和后面介绍的二次变频的差转机比较, 最大的差别就是它没有用中频放大器, 因而其频道变换是在输入信号电平比较低的地方进行的, 故变频器输出的高频电视信号很弱, 必须用多级已调波高频功率放大器放大, 才能达到发射时所需要的功率电平。而多级高频功率放大器, 容易产生非线性失真, 使电视图象产生畸变, 调整也比较困难。

同时, 一次变频差转机, 收发隔离度差, 容易产生自台干扰。当工作在 I 波段时, 若是收高频道发低频道, 由于本振频率低, 其谐波成分有可能落在发射频道中去, 造成电视图象画面网纹干扰, 严重时无法收看电视。例如“收四发二”时。本振频率 $f_{L0} = f_v(\text{高}) - f_v(\text{低}) = 77.25\text{MHz} - 57.75\text{MHz} = 19.5\text{MHz}$ 。

19.5MHz 的三次谐波为 58.5MHz, 而二频道的频率范围是 56.5MHz~64.5MHz, 恰好落在二频道范围内, 形成一种网纹干扰, 使电视图象模糊不清。

由于一次变频差转机有上述缺点, 现在国内各厂家都不生产一次变频差转机了。

二、二次变频单通道差转机

二次变频差转机,是先将主台的电视信号接收下来,经过第一次变频成为中频信号(一般叫下变频),此时伴音载频比图象载频低6.5MHz,将两个载频的关系倒置了,再经中频放大器放大。因中频放大器工作在固定的中频频率上(即34.25MHz),所以放大器增益高,工作稳定,又便于实现自动增益控制(AGC),差转机的AGC多数在中频放大器中进行。经中频放大后再进行第二次变频(一般叫上变频);这时伴音载频与图象载频的关系恢复正常(即 f_A 比 f_V 高6.5MHz),变成发射频道的信号,送到高频功率放大器放大,经天线发射出去。

下面仍以“二转八”为例,说明其基本工作过程。

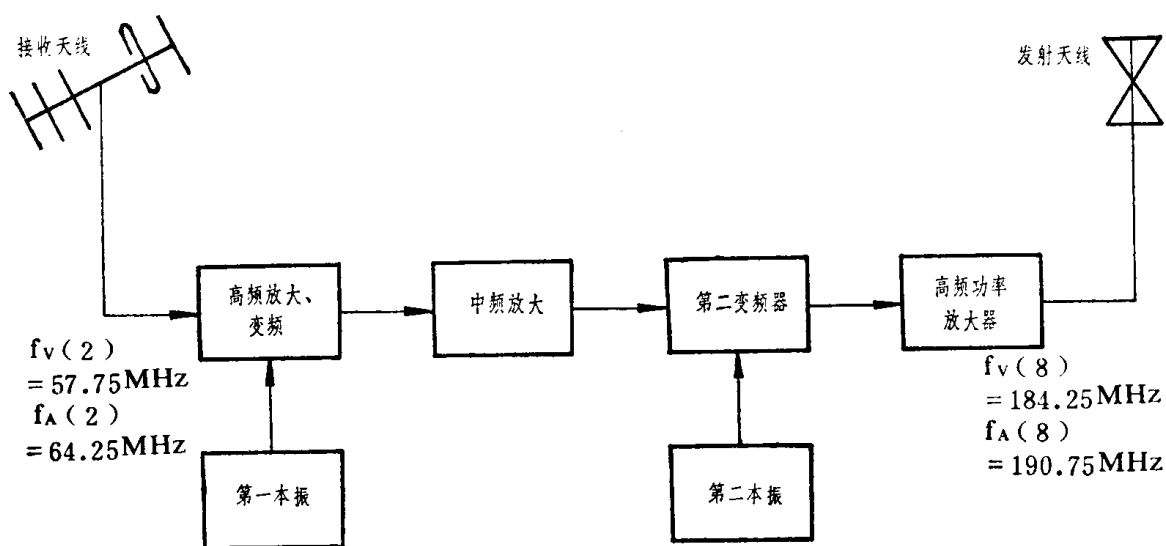


图 1.1—3 “二转八”差转机的基本工作过程

图 1.1—3 所示接收天线拾取主台发射的二频道电视信号,经高频放大与变频,得到34.25MHz的中频信号(图象中频为37MHz,伴音中频为30.5MHz),送到中频放大器放大,然后和第二本振信号 f_{L02} 进行混频,变换为八频道的高频电视信号,再送到高频功率放大器放大,使之达到发射所要求的功率电平,经天线发射出去,其频率变换示意图如图 1.1—4 所示。

图 1.1—4 中,图(a)示意二频道的频率特性, $f_A(2)$ 比 $f_V(2)$ 高6.5MHz。二频道中心频率 $f_0(2) = 60.5\text{MHz}$ 。图(b)是第一本振(f_{L01})的频率座标,其频率数是二频道中心频率加上中频频率,即 $f_0(2) + f_{\text{中}}$,故 $f_{L01} = f_0(2) + f_{\text{中}} = 60.5\text{MHz} + 34.25\text{MHz} = 94.75\text{MHz}$ 。图(c)是二频道电视信号经第一次变频(下变频)后的频率特性图,其中心频率是34.25MHz,但此时图象载频比伴音载频高6.5MHz,(即 f_A 中=30.5MHz, f_V 中=37MHz, f_A 中比 f_V 中低6.5MHz)。图(d)为第二本振的频率座标,即 $f_{L02} = f_0(8) + f_{\text{中}} = 187\text{MHz} + 34.25\text{MHz} = 221.25\text{MHz}$ 。图(e)为八频道(即发射频道)的频率特性曲线,第