

赵金梁 周才夫 贾存金



---

# 提高电视转播 质量的关键

电视差转机原理      调试和维修

北京出版社

# 提高电视转播质量的关键

电视差转机的原理、使用和维修

赵金梁 周才夫 贾存金

北 京 出 版 社

## 内 容 提 要

书中以国内广泛使用的CDC和GSZ等系列电视差转机为例,介绍其各单元电路的组成、工作原理、调试方法以及一般常见故障的排除等。最后,介绍电视接收天线和发射天线的性能及其与馈线的配接方法。

本书可供从事电视广播工作的工程技术人员和技术工人阅读。

## 提高电视转播质量的关键 电视差转机的原理、使用和维护

Tigao dianshi zhuanbo

zhi liang de guan jian

赵金梁 周才夫 贾存金

\*

北 京 出 版 社 出 版

(北京崇文门外东兴隆街51号)

新华书店北京发行所发行

马 池 口 印 刷 厂 印 刷

\*

850×1168毫米 32开本 15.25 印张 378,000字

1986年12月第1版 1986年12月第1次印刷

印数1—3,400

书号: 15071·78

定价: 3.45元

# 目 录

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 第一章 绪论             | 1   |
| 第一节 电视差转台简介        | 1   |
| 第二节 电视差转机概述        | 9   |
| 第二章 输入电路           | 26  |
| 第一节 输入电路的组成和要求     | 26  |
| 第二节 滤波器            | 28  |
| 第三节 匹配网络           | 35  |
| 第四节 实际电路分析         | 45  |
| 第三章 谐振回路           | 50  |
| 第一节 单谐振回路          | 50  |
| 第二节 耦合回路           | 59  |
| 第四章 接收高频放大器        | 66  |
| 第一节 晶体管高频等效电路      | 66  |
| 第二节 放大器的参数         | 69  |
| 第三节 双调谐高频放大器       | 74  |
| 第四节 传输线变压器耦合宽频带放大器 | 80  |
| 第五节 负反馈对宽频带放大器     | 90  |
| 第六节 实际电路分析         | 96  |
| 第五章 本机振荡和倍频电路      | 100 |
| 第一节 振荡器的一般工作原理     | 100 |
| 第二节 三点式振荡电路        | 104 |
| 第三节 晶体振荡器          | 108 |
| 第四节 倍频电路           | 112 |

|      |                                |     |
|------|--------------------------------|-----|
| 第五节  | 实际电路分析 .....                   | 118 |
| 第六章  | 混频器 .....                      | 123 |
| 第一节  | 混频器的一般原理 .....                 | 123 |
| 第二节  | 平衡混频器和环形混频器 .....              | 128 |
| 第三节  | 实际电路分析 .....                   | 135 |
| 第七章  | 中频放大器、自动增益控制和自动开关机电<br>路 ..... | 138 |
| 第一节  | 中频放大器 .....                    | 138 |
| 第二节  | 中频放大电路的AGC原理 .....             | 141 |
| 第三节  | 自动开关机电路 .....                  | 154 |
| 第八章  | 高频功率放大器 .....                  | 163 |
| 第一节  | 高频功率放大器的组成和要求 .....            | 163 |
| 第二节  | 高频功率晶体管 .....                  | 169 |
| 第三节  | 晶体管高频调谐功率放大器 .....             | 174 |
| 第四节  | 晶体管高频宽频带功率放大器 .....            | 180 |
| 第五节  | 功率分配器和功率合成器 .....              | 184 |
| 第六节  | 电子管高频功率放大器 .....               | 191 |
| 第七节  | 实际电路分析 .....                   | 201 |
| 第九章  | 电源电路 .....                     | 212 |
| 第一节  | 稳压电路 .....                     | 212 |
| 第二节  | 保护电路 .....                     | 219 |
| 第三节  | 实际电路分析 .....                   | 221 |
| 第十章  | 电视差转机的调试与测量 .....              | 231 |
| 第一节  | 测试仪器 .....                     | 231 |
| 第二节  | 电视差转机的一般调试方法 .....             | 245 |
| 第三节  | GSZ3/5型电视差转机的调试 .....          | 250 |
| 第四节  | DCFY-10型电视差转机的调试 .....         | 284 |
| 第五节  | 电视差转机技术指标的测量 .....             | 304 |
| 第十一章 | 电视差转机整机电路分析 .....              | 316 |

|      |                             |     |
|------|-----------------------------|-----|
| 第一节  | XPSR-II型0.5瓦电视差转机电路分析 ..... | 316 |
| 第二节  | CDC型电视差转机整机电路分析 .....       | 327 |
| 第三节  | GSZ型和GSD型电视差转机电路分析 .....    | 351 |
| 第十二章 | 电视差转机的常见故障与一般维修方法 .....     | 364 |
| 第一节  | 常见主要故障现象及其原因 .....          | 364 |
| 第二节  | 检查故障的一般方法 .....             | 368 |
| 第三节  | 各单元电路的故障检查方法 .....          | 374 |
| 第四节  | 故障的排除 .....                 | 397 |
| 第十三章 | 天 线 .....                   | 404 |
| 第一节  | 天线的特性和基本参数 .....            | 404 |
| 第二节  | 接收天线 .....                  | 408 |
| 第三节  | 发射天线 .....                  | 422 |
| 第四节  | 接收天线馈线 .....                | 427 |
| 第五节  | 发射天线与馈线的配接 .....            | 438 |
| 附录一  | 高频功率晶体管 .....               | 451 |
| 附录二  | 高频功率电子管 .....               | 468 |
| 附录三  | 超短波传播计算图 .....              | 480 |
| 附录四  | 我国电视频道的划分 .....             | 481 |

# 第一章 绪 论

## 第一节 电视差转台简介

### 一、电视差转台的特点

电视差转台是电视差频转播台的简称，通常是将其设在中心发射台或主转播台服务区的边缘地区，用来改善当地的接收条件，扩大电视广播的服务范围。电视差转台的主要设备是电视差转机 and 天线（包括接收天线和发射天线）。电视差转机由接收和发射两部分组成。它利用中心发射台或主转播台的电视信号作为信号源，将接收到的某一电视频道的信号（不经解调）直接差拍变换为另一电视频道的信号，经放大后，再由天线向周围空间辐射，供附近的电视用户接收。

电视差转台与中心发射台相比较，主要有如下区别：

1. 差转台没有节目制作部分和调制部分，其信号全部为已调波，它的任务只是进行频率变换和放大。
2. 差转台规模小，设备简单，发射功率等级较低。目前电视差转的功率等级主要有0.1瓦、1瓦、3瓦、5瓦、10瓦、30瓦、50瓦、100瓦、300瓦、500瓦、1000瓦等，而大部分差转台的发射功率均在100瓦以下。
3. 由于差转台的发射功率等级低，所以，一般都使用单通道设备，即图象信号和伴音信号共用同一放大电路，从而也可以不必使用双工器或各自的天线系统。
4. 因为差转台是以接收中心发射台或主转播台发射的电视信号为信号源的，所以，它应具有良好的接收条件，台址不

能设在中心发射台的阴影区，而必须建在有利于接收的山顶、高楼顶等较高的地方。

5. 差转台的发射功率较小，设备简单，且常常设置于交通不便的山顶等处。这样，就有条件并且应该设置遥控或自动控制等设备，除功率较大者外，一般可不设专人值守，以节省建设费用和经常开支。如5瓦以下的差转机就可以直接安装在较高的电线杆上，不需要另建机房。

6. 差转台的主要服务对象，为中心发射台或主转播台的阴影区和服务区的边缘地区，以扩大中心发射台的服务面积，改善当地电视的接收条件。

## 二、电视差转的质量

电视差转的质量，用发射信号信噪比相对于接收信号（差转台的信号源）信噪比的下降程度来表示。电视信号中的噪声干扰来源有：①接收信号（信号源）内的原有噪声（只在多级差转中进行综合考虑，而评价某一具体差转台的转播质量时可暂不考虑）；②外界的自发噪声干扰、人为干扰和其它发射台的电波干扰（广义地说，其它发射台的电波干扰也是人为噪声干扰）；③差转机内部的热噪声，以及宽频带放大器非线性畸变所引起的干扰、交流声干扰及组合频率干扰等；⑤由于多路径传送所引起的重影干扰（广义地说，它也是噪声干扰）。这些噪声干扰都将影响电视差转质量，使差转机输出的信噪比下降。

为了把信噪比的下降与电视画面的实际收看效果联系起来，通常采用的是对图象质量进行主观评价的方法。这种评价方法是由数量足够多的电视观众，在规定的条件下，根据主观评价的五级标准对显示于电视屏幕上的图象质量进行主观评价。即当输出视频信号的信噪比在44.7分贝以上时，此时可以得到非常良好的图象，完全看不到由于噪声而引起的画面干扰，并以此作为五级标准的第五级；当输出视频信号的信噪比

在34.7分贝以上时，仅稍微能看到一些噪声干扰，得到的是良好的图象，并将其定为五级标准中的第四级。图1—1所示是图象质量主观评价与接收机视频输出信噪比的关系，其中检知限是噪声干扰刚刚能被判认的界限；允许限是噪声干扰还能够允许的界限；忍耐限是噪声尚能忍耐的界限。可以看到这三个界限分别位于四至五级、三至四级、二至三级之间，曲线与检知限的交点为44.7分贝。较理想的电视差转，应努力保证能使电视接收机的视频输出信噪比在45分贝以上。

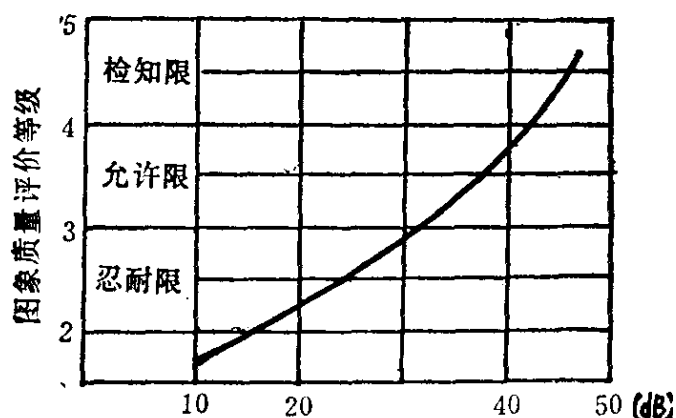


图1—1 图象质量评价与输出图象信噪比的关系

### 三、多级差转的信噪比

在中心发射台的阴影区或边缘区域，有时一级电视差转无法满足要求，需要有二级、三级，甚至四级、五级差转。根据有关统计资料，以中心发射台信号为信号源的一级电视差转台约占差转台总数的40%，二级差转台约占30%，而三级差转台为17%。由此可见，多级差转的比例是很大的。

当多级差转时，在没有衰落和其它噪声（热噪声除外）干扰的情况下，其末级差转台输出信噪比的倒数可由下式表示：

$$\frac{1}{(S/N)_i} = \sum_{i=0}^n \frac{1}{(S/N)_i} \quad (1.1)$$

式中,  $S$  为电视信号的峰值功率;  $N$  为噪声功率的有效值;  
 $(S/N)_i$  为末级差转台输出信噪比;  $(S/N)_i$  为第  $i$  级差转台的输出信噪比;  $i$  为级序数。

现假设各级差转台的信噪比都一样, 并且第一级差转台的信号源内部噪声相当小 (在保证有 50 分贝以上的信噪比时), 则第  $n$  级差转台的输出信噪比可粗略地用下式计算:

$$(S/N)_i = \frac{1}{n}(S/N) \quad (1.2)$$

式中,  $(S/N)$  为各级差转的信噪比。

(1.2) 式如果用分贝表示, 则

$$(S/N)_i = (S/N) - 10 \lg n (dB) \quad (1.3)$$

#### 四、差转台的信号接收

差转台的转播质量与接收信号的电场强度有关。在不考虑外来噪声干扰时, 差转后图象质量主观评价标准与差转机接收电场强度的关系如表 1—1 所示。此外, 还必须选择相应的接收天线, 使收到的图象信号的信噪比大于 40 分贝, 使转播后的图象质量能达到四级以上。

表 1—1 差转图象质量主观评价标准与  
差转机接收电场强度的关系

| 评价级别 | 图 象 质 量         | 所需电场强度<br>(分贝) |     |
|------|-----------------|----------------|-----|
|      |                 | VHF            | UHF |
| 5    | 沒有干扰, 图象非常清晰    | —              | —   |
| 4    | 稍有干扰, 图象良好      | 54             | 73  |
| 3    | 干扰较明显, 图象可用     | 47             | 59  |
| 2    | 干扰很明显, 但还可以看到图象 | 40             | 42  |
| 1    | 图象不能辨认          | 34以下           | —   |

如果已知接收点电场强度，通过下式就可以把它换算为接收设备输入端的电压，以便于选择接收设备和对差转系统进行评价。它们的换算公式为：

$$V_i = E \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{R}{R_0}} \sqrt{\frac{G_A}{L_f L_m}} \quad (1.4)$$

式中， $V_i$ 为差转机输入端接收信号电压； $E$ 为接收点的电场强度； $\lambda$ 为接收信号的波长； $R$ 为接收天线的阻抗； $R_0$ 为半波振子辐射电阻（73 $\Omega$ ）； $G_A$ 为接收天线的增益； $L_f$ 为接收天线馈线损耗； $L_m$ 为不匹配损耗。

上式用分贝表示则为

$$V_i(dB_u) = E(dB_{u,m}) + G_A(dB) - 20 \lg f_R(MHz) - L_f(dB) - L_m(dB) + 38(dB) \quad (1.5)$$

式中， $f_R$ 为接收信号频率；其余同（1.4）式。

差转机输出端的信噪比与输入端接收信号电压的关系为：

$$\frac{S_{p-p}}{N_{rms}}(dB) = V_i(dB_u) - 10 \lg f_c(MHz) - F(dB) \quad (1.6)$$

式中， $S_{p-p}$ 为图象信号功率的峰—峰值； $N_{rms}$ 为噪声功率的有效值； $f_c$ 为视频标称上限值； $F$ 是噪声系数； $V_i$ 为输入端接收信号电压。

从（1.4）、（1.5）、（1.6）式中可以看到，为了使差转台能具有良好的接收信号的条件，保证转播图象质量，必须注意以下几点：

1. 接收天线应架设于山顶、高楼顶或铁塔和桅杆上，以提高接收场强 $E$ 。切不可把天线架于接收信号的阴影区。
2. 尽可能采用高增益接收天线，以提高天线的增益 $G_A$ 。同时，高增益天线的副瓣较小，可以减小来自主瓣以外方向的干扰，如其它发射台的干扰。
3. 选择损耗低、屏蔽性能好的接收天线的馈线，以降低其损耗 $L_f$ ，同时避免由馈线引入的干扰。

4. 接收天线的馈线与差转机的输入电路要有良好的匹配，以减小损耗 $L_m$ ，提高传输效率，同时还可避免由于不匹配而引起的重影干扰。

5. 必要时可把接收天线进行水平组合，使天线方向图的零点区对准主要干扰电波的来向，抵消干扰波。另外，接收天线应尽可能避开机动车辆较多的公路和产生工业干扰的工厂。

### 五、差转台的发射功率

差转台的发射功率，应根据差转台的服务区域和边界服务场强的要求来确定。边界服务场强，可由标称可用场强规定确定。标称可用场强是指在有自然噪声、人为噪声和其它发射机干扰的情况下，为制定电视覆盖规划所确定的服务边界场强值，并以它作为规划时应该争取达到的目标。它也是在电视频率管理中应给予保护的最低值，其规定如下：

甚高频频段（VHF）：农村57dB<sub>u</sub>

大城市73dB<sub>u</sub>

特高频频段（UHF）：农村67dB<sub>u</sub>

大城市73dB<sub>u</sub>

以上数值是按接收天线高度为4米计算的，一般可满足收看彩色电视的要求。

根据电波的传播特性，当发射天线高于地面几个波长，且电波的传播路径无障碍物时，在视距内接收点的电场强度为直射波和反射波的叠加，可用下式进行计算：

$$E = \frac{88h_1h_2\sqrt{GP}}{\lambda r^2} \text{ (dB)} \quad (1.7)$$

式中，E是接收点的电场强度； $h_1$ 为发射天线高度（米）； $h_2$ 为接收天线高度（米）；G为发射天线增益（分贝）；P为发射机输出功率（瓦）；r为发射天线至接收天线的距离（千米）； $\lambda$ 为波长（米）。

图 1—2 所示是差转机有效发射功率为 1000 瓦、接收天线高度为 4 米、频率为 200 兆赫时，对应于不同发射天线高度的接收点电场强度  $E$  和电波传播距离  $r$  之间的关系曲线。当差转机的有效发射功率不足 1000 瓦时，可以 1000 瓦为 0 分贝，求出各种有效发射功率所对应的分贝值，并与由图 1—2 所求得的分贝值相加。例如，根据发射天线的高度  $h_1$  和发射天线与接收天线之间的距离  $r$ ，由图 1—2 求得的接收点的电场强度为  $E_0$ 。因为以 1000 瓦为 0 分贝，求得  $100 \text{ 瓦} = -10 \text{ dB}_{\text{KW}}$ ，则有效发射功率为 100 瓦时的接收点电场强度为：

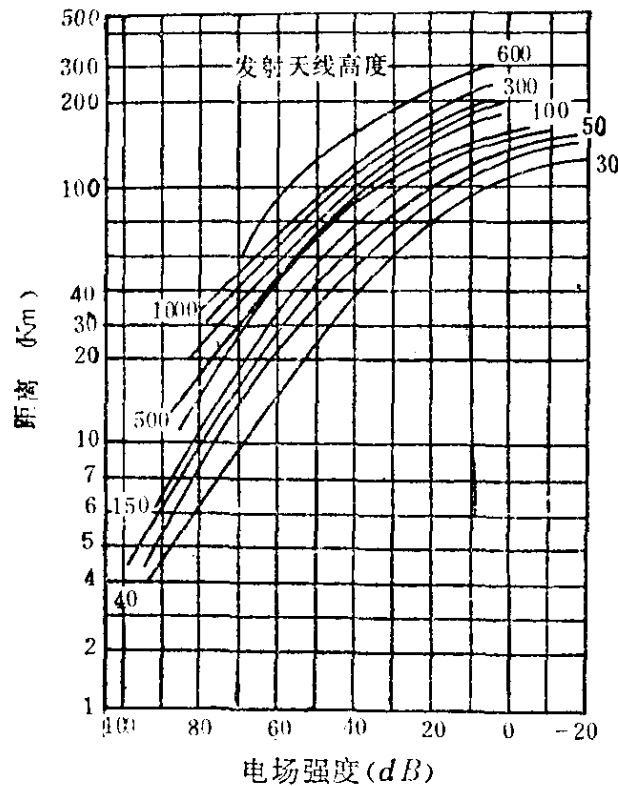


图 1—2 电场强度与传播距离的关系 ( $P = 1 \text{ 千瓦}$ )

$$E(\text{dB}) = E_0(\text{dB}) - 10(\text{dB}_{\text{KW}})$$

表 1—2 列出了  $1000 \text{ 瓦} = 0 \text{ dB}_{\text{KW}}$  时，不同有效发射功率所对应的分贝值。

由于地形和发射频率不同等原因，电波的实际传播情况相当复杂，不可能用一个简单的图表完全概括。所以图 1—2 和

(1.7) 式只是作为粗略估算的依据，在实际计算时还应参考其他有关资料，分别对待。

表 1—2

| 有效发射功率 (瓦) | 分贝值 (dB <sub>KW</sub> ) |
|------------|-------------------------|
| 0.1        | -40                     |
| 0.3        | -35                     |
| 1          | -30                     |
| 3          | -25                     |
| 10         | -20                     |
| 30         | -15                     |
| 100        | -10                     |
| 300        | -5                      |

在 (1.7) 式中，E 可以根据可用场强的规定选取， $h_2$  取 4 米， $\lambda$  和  $r$  分别由发射频率和接收点的位置确定。这样，即可得到  $h_1 \sqrt{GP}$  值。该值有时称为“发射台的规模”，再由它来确定发射天线高度  $h_1$  和发射天线增益  $G$ ，便可得到差转台的发射功率。

鉴于经济的原因，差转台的发射功率应以 100、50、10 瓦各个等级为主，最大不宜超过 1000 瓦。如果确定  $r$  后所估算的发射功率过大，则应适当缩小  $r$ ，采取增建差转台或进行多级差转的方法，以减小所需的发射功率。不然，将失去差转台简单易建的优点，浪费大量资金。

## 六、差转台的主要设备

差转台的设备，因差转台的功率等级不同而不同。一般来说，功率等级越大，设备也就越多、越复杂。例如，100 瓦以上的差转台，除有差转机、接收天线、发射天线外，还应具备自动调压器、自备电源，以及频率特性图示仪、图象信号发生器等全套仪器设备和其它维护测试仪表。同时，基建规模和其

它配套设备也相应增加。

50瓦以下的差转台，除差转机和接收、发射天线外，一般不配备自发电设备，而配以遥控自动开关装置，由技术人员定期进行检修。这一类差转台也不需专门配置成套的测试仪器仪表，通常是与其它设备共用一套仪器。

5瓦以下功率等级的小型差转台，常安装在较高的电线杆上，称为杆上差转台。这种差转台一般是将差转机装在密封防水的铁箱内，固定在电线杆的下端离地2米左右；发射天线和接收天线也安装在同一电线杆上。当然，这种差转台平时无人值守，必须是自动控制的，只有技术人员定期检修。

目前，在高山地区或远离电源条件下建造的小型差转台，有些还配备有太阳能电池供电装置，使建设差转台更为方便。

## 第二节 电视差转机概述

### 一、差转机的组成

电视差转机是差转台的中心设备，它的任务是接收中心发射台或前级转播台的电视信号，通过变频和放大，转换为另一频道的较强的电视信号。

根据电视差转机的工作方式和电路结构，可分为以下四种不同形式：一次变频单通道型；一次变频双通道型；二次变频单通道型；二次变频双通道型。

#### 1. 一次变频单通道型电视差转机的组成

一次变频单通道型电视差转机的方框图如图1—3所示。这种差转机主要由高频放大电路、变频电路、本机振荡电路、高频功率放大电路和电源电路等部分组成。由接收天线接收到的高频电视信号，先经高频放大电路放大，然后与本机振荡信号同时送到变频电路，在变频电路中差频，产生另一频道的高频电视信号。新产生的高频电视信号经高频功率放大电路放大

后，再由发射天线向周围空间辐射。

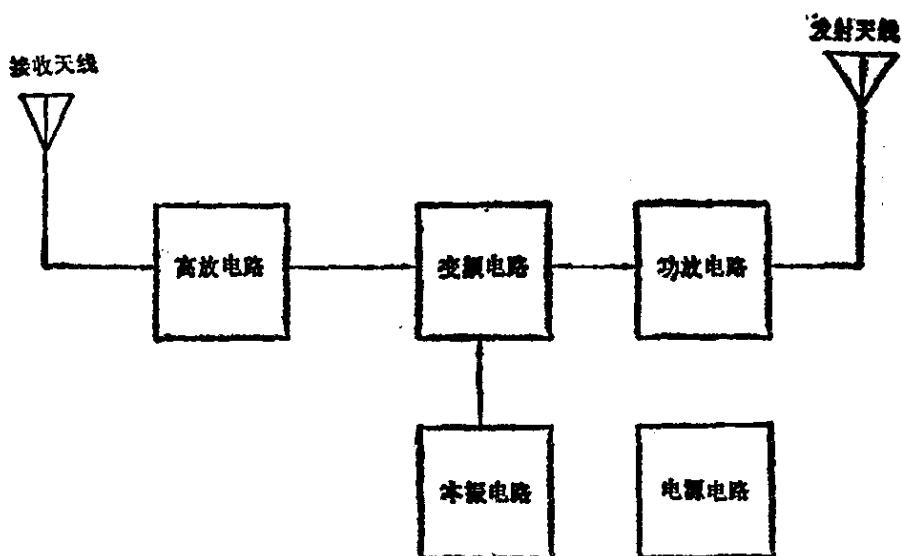
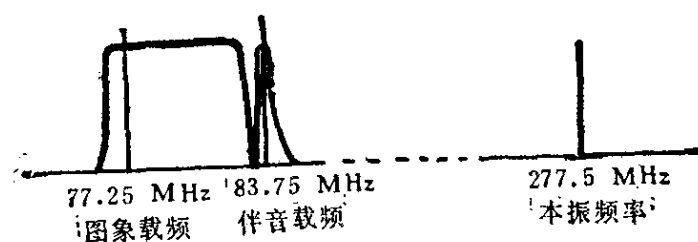


图 1—3 一次变频单通道电视差转机的组成

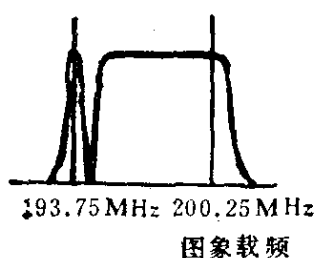
需要注意的是，一次变频方式的本机振荡频率的选择，不同于一般只有声音信号的变频电路。这是因为在已调波的高频电视信号中，图象载频比伴音载频低6.5兆赫，不论频道如何变换，这两个频率之间的关系都必须保持不变，否则，电视接收机就无法还原图象和声音。例如，接收信号为4频道电视信号，其图象载频为77.25兆赫，伴音信号为83.75兆赫；而发射信号为10频道，其图象载频为200.25兆赫，伴音载频为206.75兆赫。若采用一般的只有声音信号的变频方法，取本机振荡频率为 $77.25 + 200.25 = 277.50$ 兆赫，则经差频后得到的图象信号载频为200.25兆赫，伴音信号载频为193.75兆赫。如图1—4所示，这时图象信号和伴音信号的位置发生了颠倒，这是绝对不能允许的。因此，一次变频方式的本机振荡频率的选择方法，只能是由高频道的频率减去低频道的频率，即

$$f_c = f_h - f_L \quad (1.8)$$

式中， $f_c$ 为本机振荡频率； $f_h$ 为高频道频率； $f_L$ 为低频道频率。



(a) 变换前



(b) 变换后

图 1—4 错误选择本机振荡频率使图象信号和伴音信号位置颠倒

式 (1.8) 中的  $f_h$  或  $f_L$ , 可以是接收频道频率, 也可以是发射频道频率。例如, 仍取 4 频道为接收频道, 10 频道为发射频道, 本机振荡频率取  $200.25 - 77.25 = 123$  兆赫, 则由变频可以得到图象载频为  $123 + 77.25 = 200.25$  兆赫, 伴音载频为  $123 + 83.75 = 206.75$  兆赫, 二者的关系为  $206.75 - 200.25 = 6.5$  兆赫, 图象信号和伴音信号的相对位置正确, 如图 1—5 所示。如果接收的是 10 频道信号, 而发射的是 4 频道, 根据 (1.8) 式, 本机振荡频率仍为 123 兆赫, 这时得到图象载频为  $200.25 - 123 = 77.25$  兆赫, 伴音载频为  $206.75 - 123 = 83.75$  兆赫, 二者的关系仍为  $83.75 - 77.25 = 6.5$  兆赫, 图象信号与伴音信号的相对位置也正确, 如图 1—6 所示。

一次变频的优点是结构简单, 由变频引进的杂波较小。但缺点是没有中频放大器, 若要把变频后得到的微弱信号放大到发射所需要的功率, 必须依赖于多级高频已调波放大, 从而容易产生非线性失真。另外, 这种变频方式还存在收发之间隔离