

前 言

TW-12 电台是铁道部目前正在推广、具有较新技术的电台。本书除了重点介绍 TW-12 电台原理及故障分析外,还深入浅出地讲述了调频原理,频率合成技术与微机“软件”“硬件”分析,以及所用集成块的内部结构剖析和引脚功能。

本书参考了国内外有关资料,并结合 712 厂、天津电务段等单位生产与使用维修经验而编写的,因此是全路无线列调通信推广、使用此电台的一份学习资料和维修的参考资料。同时可以做短训班及中专、技校无线专业课教材。

本书还整理了 TW-12 电台的全部图纸,在不改变原端子号的基础上,将分散、繁杂的图纸合成为一套整体图,以便于学习及参考。

本书在北京铁路局教育处的主持下,由天津铁路成人中专学校刘松茹主编,其中第四章微机控制部件“软件流程”的编译及第八章“故障分析”的编写由天津电务段无线检修所张久成同志执笔。由北京铁路局电务处骆长风、李文焕同志主审。

此外在编写过程中,得到了天津通信广播公司(712 厂),通信事业部张立成所长与民台四室同志、热情帮助,在此谨向他们以及曾给予本书热情支持的同志表示谢意。

编者

一九九二年七月

TW—12 电台原理分析及维修

目 录

第一章 系统概述.....	(1)
§ 1—1 TW—12 电台系统	(3)
§ 1—2 系统设备	(9)
一、调度设备	(9)
二、车站电台设备	(14)
三、机车台设备	(17)
四、隧道中继器	(18)
第二章 调频原理.....	(21)
§ 2—1 调频概念	(21)
§ 2—2 调频波的频谱	(22)
§ 2—3 调频波的频带宽度	(24)
§ 2—4 调频电路	(25)
第三章 频率合成器	(30)
§ 3—1 压控振荡器	(32)
§ 3—2 可变分频器	(37)
§ 3—3 鉴相器	(45)
§ 3—4 TW—12 机车台频率合成器	(50)
§ 3—5 TW—12 车站台频率合成器	(55)
第四章 CPU 控制单元	(58)
§ 4—1 80C85 单片微处理器	(61)
§ 4—2 随机存贮	(67)
§ 4—3 27C64 只读存贮器	(74)
§ 4—4 输入/输出转接口的工作原理	(77)
§ 4—5 锁存器 40H373P	(79)
§ 4—6 ENC ₁ (呼叫回铃)ENC ₂ (导音频与转信)信号产生的硬件电路	(81)
§ 4—7 控制单元输入输出信号总体分析	(93)
§ 4—8 CPU 主要流程框图及软件“语言”剖析	(96)
第五章 机车台整体电原理分析	(132)
§ 5—1 整机方框图介绍	(133)
§ 5—2 发送通道	(136)
§ 5—3 接收通道	(145)
§ 5—4 控制盒单元	(150)

§ 5-5 整机连线分析及双工器.....	(156)
第六章 车站台整机电原理分析.....	(159)
§ 6-1 站台整机方框图分析.....	(160)
§ 6-2 发信通道.....	(161)
§ 6-3 接收通道.....	(162)
§ 6-4 车站控制盒.....	(163)
第七章 车站电台逻辑电路分析.....	(164)
§ 7-1 站台作为主呼.....	(165)
§ 7-2 站台作为被呼.....	(168)
§ 7-3 调度与司机通话.....	(173)
§ 7-4 转信.....	(173)
§ 7-5 其它信号.....	(174)
第八章 常见故障的分析与排除.....	(185)
§ 8-1 电源部分.....	(185)
§ 8-2 发射机部分.....	(186)
§ 8-3 接收机部分.....	(190)
§ 8-4 CPU 及控制部分	(192)
§ 8-5 故障检修程序与常见故障一览表.....	(197)
§ 8-6 常见故障的排除.....	(206)

TW-12 电台原理分析及维修

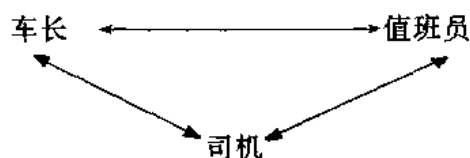
第一章 系统概述

列车无线电通信设备是为铁路运输行车调度作业而专设，是机车“三大件”之一。对铁路运输起了确保行车安全的重要作用，如正在行进中的列车因机车冒进信号，车站值班员错办进路等原因而造成列车正面、侧面冲突或追尾事故以及钢轨断裂，线路故障可能造成的脱轨事故等紧急情况，调度员、车站值班员、司机、车长可迅速直接取得联系，及时采取措施，防止或减轻事故。调度员或车站值班员也可用无线电话通知司机加速或减速运行，提高区段的通过能力和机车利用率，为扩大运输能力起到促进作用。

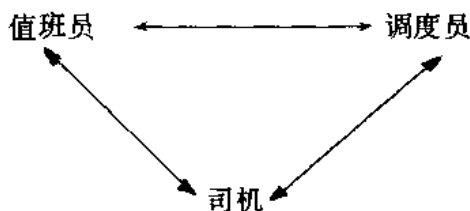
我国 70 年代生产的电台如 TW-8A、TW-8C 等设备已显得陈旧，不能满足现代铁路的要求。目前我国研制出新型电台，150MHZ 单双工兼容制列车无线调度通信系统，就是铁道部无线电通信 1983 年部级鉴定通过的标准制式之一。该系统设备由天津通信广播公司与日本信和通信株式会社共同开发，设备采用了许多先进技术，频率合成器，微机控制，具有集成度高，使用方便、可靠性高、配套齐全等优点。

无线列调通信基本上形成两种通信网：

第一种为小三角通信网即指车长、值班员、司机之间的通话。



第二种为大三角通信网即指值班员、调度员、司机之间的通话。



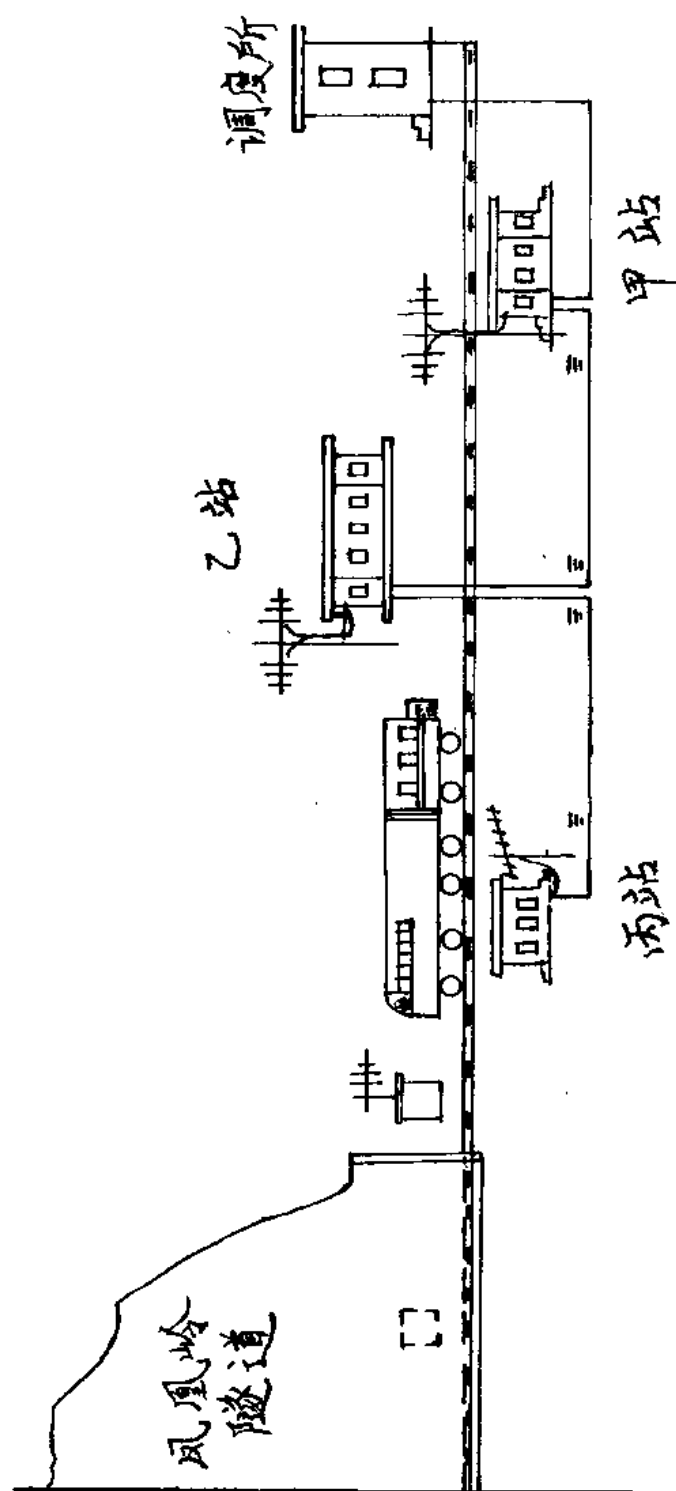


图 1-1 系统构成图

列车无线电话可供下列值勤人员之间进行联系：

1. 调度员与管辖区段内的机车司机之间。
2. 车站值班员与距两相邻、车站间距离一半以上范围内机车司机之间。
3. 机务段、折返段、运转值班员与到发机车之间（换车头）
4. 运转车长与车站值班员在较近距离范围内。
5. 运转车长本列车司机之间（隧道内无中继器时不能保证。）
6. 运转车长与会让列车的运转车长之间〔平时没有横向联系，特殊情况下才通话。〕
7. 双向牵引组合列车时，列车的主、补机之间〔有线通信线路故障时〕。
8. 机车司机与临近司机之间。
9. 车站班员与邻站值班员之间〔有线通信线路故障进〕。

此外，当发生危及行车安全的情况时，巡道员可利用携带电台通知邻近列车的机车司机，运转车长或车站值班员。

§ 1-1YW-12 电台系统〔附系统构成图 1-1〕

一、制式

TW-12 电台采用单双工兼容制，如图（1-2）

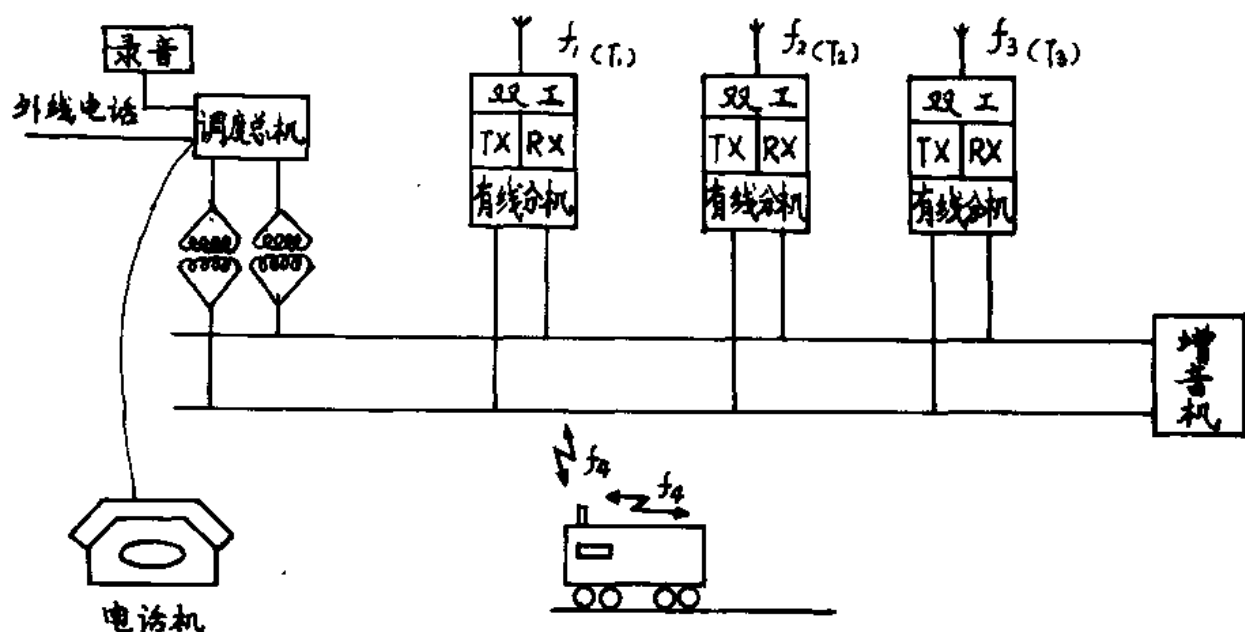


图 1-2 TW-12 电台单双工兼容制

2. 应用范围

一般干线非调度集中区段，包括多隧道弱电场使用。

3. 调度员——司机，车站值班员——司机，司机——司机（经邻近地面电台转换）间的通话采用异频双工式半双工（即地面台为双工，机车台为双频单工。）

与运转车长等移动工作人员之间的通话采用同频单工。

4. 频率配置在一个调度区段，使用四个频率，即地面台用三个频率、交替配置，使用时连续发射，机车台接收波道能自动切换，机车台用同一频率发射，地面台追踪接收；这个频率组成一个四频组，一共有 4 个四频组，由手动波道转换。

5. 呼叫方式

采用音频群呼叫，加选呼设备后，可实现调度员——司机之间的个别选呼，其它通话仍采用音频群呼。

6. 转接方式

有线和无线构成链状结构，有线采用四线制传输，占用两对电缆芯线。

7. 优先性能

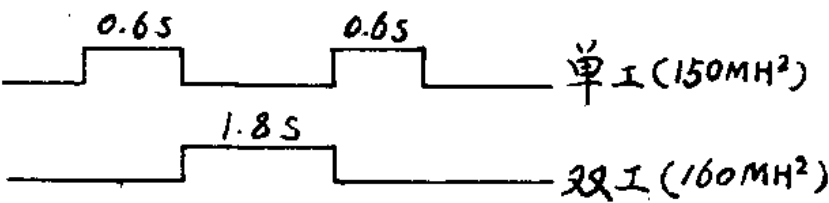


图 1—3 单双工扫描时间

本系统具有单双工扫描监控和双工优先性能。机车台在值班守候状态时，分别以 0. 6 秒与 1. 8 秒监控单双工频道。出现双工或单工用户呼叫时，接收机便通过确认电路自动锁定在对应的频道上。机车电台进行同频单工通信时，收到双工频道的呼叫信号，便可自动转为双工通信。以保证采用双工通信的优先权。

必要时，调度员可以向调度区段内的全线机车司机发布通告，这时司机不能回话。

8. 通告功能

调度员可以向调度区段内的全线机车司机发布通告，这时司机不能回话，它的呼叫顺序正如下：调度所呼叫→所有车站台都打开→机车台打开 7S

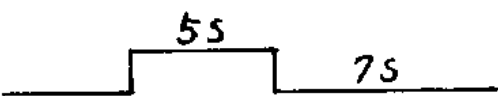


图 1—4 通告时间

此过程为司机拿起话筒建立通话，不拿话筒 7S 后自动关闭，如果说不完话采用通告键，如下图：

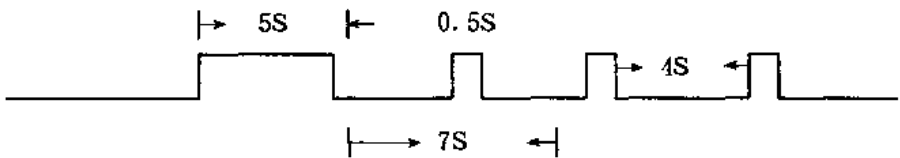


图 1-5 通告过程呼叫信号

相当于 0.5S 相同信号，每隔 4S 发一次 0.5S 呼叫信号，维持全线开通，调度员可以把要说的话讲完。

8. 接入地区电话的功能

通过调度电话接通，机车上不能拨号，只能通过调度员拨电话，外来电话也要通过调度员呼叫司机。

9. 隧道通信方式（如下图）

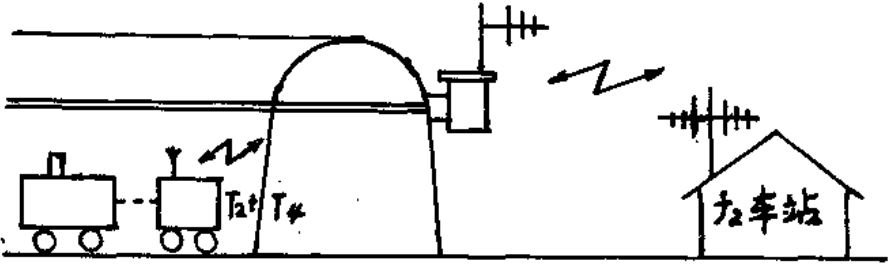


图 1-5 隧道通信

机车台通过隧道时是半双工状态，机车台在发送时含有原有的导音频（如 T_2 ），同时伴有隧道转接信号 $T_4=186.2\text{Hz}$ ，它不仅启动邻近车站，而且使车站处于隧道转接状态。

10. 紧急呼叫

当发生危及行车安全的紧急情况，而线路又被占用时，机车司机可按下“紧急”按钮，解除对机车台的锁闭，进行紧急通话。

11. 录音记录

调度员与司机的呼叫的通话信息，由录音设备自动记录，当调度员拿起话筒或司机出呼叫信号时录音机即自动开启。车站台也配有录音插孔，如果需要时可外接录音设备。

二、天线设备

1. 机车天线采用垂直接地天线。
2. 站台天线采用八木天线。拐弯处用全向天线。

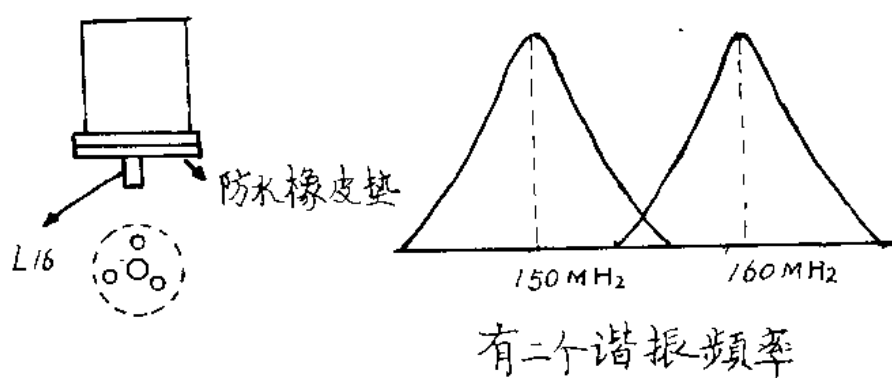


图 1-6

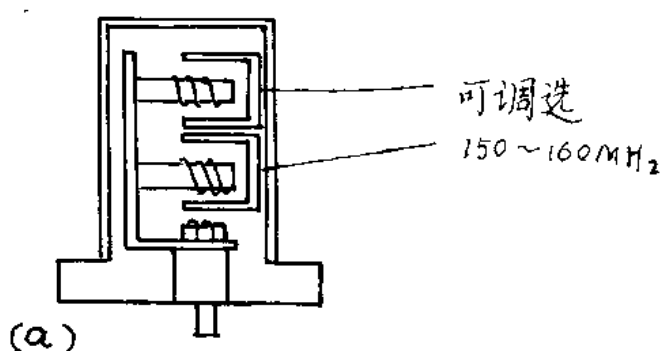


图 1-7 全向天线

三、发射方式

为了克服单工制中建立通道时间长、通道又经常中断及双工制中同频发射时的同频干扰等缺点，TW-12 电台采用地面电台发射频率依次交叉配置的四频组方式。即在两个相同发射频率之间插入不同频率。那么插入个频率为宜呢？根据国际规定，同一频率的有用信号与无用信号的比 $\frac{a}{U}$ 必须大于 80dB，才能再次使用相同的发射频率，根据这一要求，需要在有效作用距离的 4~6 倍处才能使用相同的发射频率。这样，在两个相同发射频率之间至少要插入两个不同的频率即地面电台采用 $f_1, f_2, f_3, f_1, \dots$ 依次转循环为宜配置。即“四频组”方式配置，机车电台用同一频率 f_4 发射。 $f_1 \sim f_4$ 称为一个四频组。 $f_1 \sim f_3$ 为 160MHz 频段组， f_4 为 150MHz 频段组，如下图：

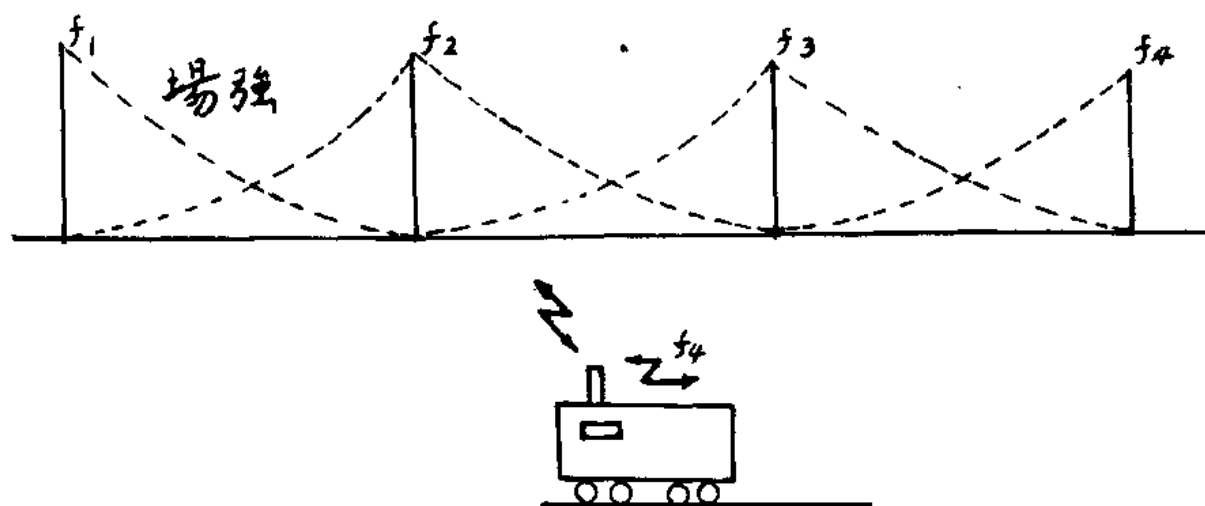


图 1-8 四频组设置图

机车电台在行车过程中接收频率不断改变，因此它必须具有信道自动扫描与锁定，并配有导音频（亚音频）信号来识别接收信号，即当机车由第一个车站向第二个车站行进时，一般电场强度达到 $2 \sim 4\text{mV}$ ，连续时间 0.3s ，最多不超过 0.6s ，由锁定变为解锁如下图：

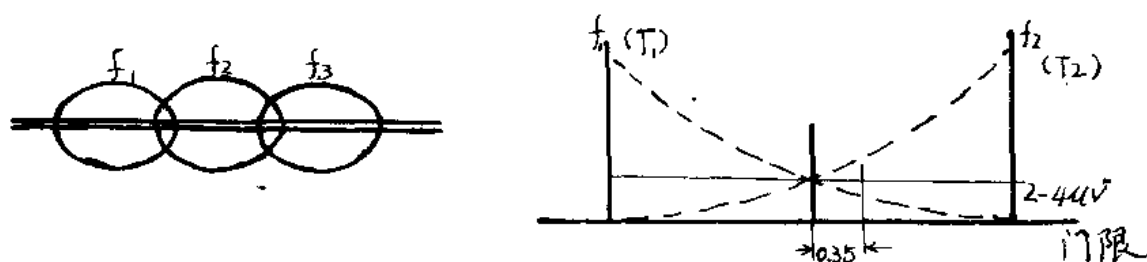


图 1-9 机车台切换门限

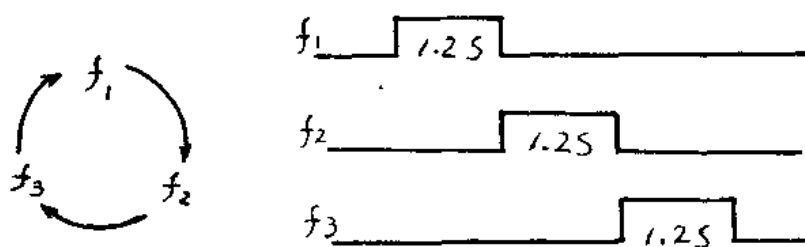


图 1-10 机车台扫描顺序

此时机车台继续进入扫描状态，如图当收到的场强满足噪比 $S/N > 20\text{dB}$ 的情况时便进行切换。保证只有一路信息送到调度所。同时机车处于接收状态时伴有 T_1 、 T_2 、 T_3 导音频发出（扫描状态）， T_1 为 151.14Hz 、 T_2 为 162.2Hz 、 T_3 为 173.8Hz ，如 f_2 站收到 T_2 时，使之处于发射状态，而机车台锁定在 f_2 上。由于导音频采用亚音频（ 270Hz ）以下，及在无线信道上

频偏只占用正常频偏的 1/6 (0. 5KH2), 因此接收机声带宽为 300~3000H2 时, 导音频不会被收听到。调度员呼叫司机时, 向占用区段全部车站台出呼叫, 被叫司机应答时, 只有一个车站台发出呼叫, 被叫司机应答时, 只有一个车站台被占用, 其余车站复原, 在通话过程中随着机车的行进利用导音频启动下一个车站, 实现自动追踪接收。这种呼叫方式为群呼制。如采用选呼制时便可直接呼叫需要的司机。我国选用四个“四频组”基本上能适用各调度区组合使用, 频率选择如下: 组别 (MH2)

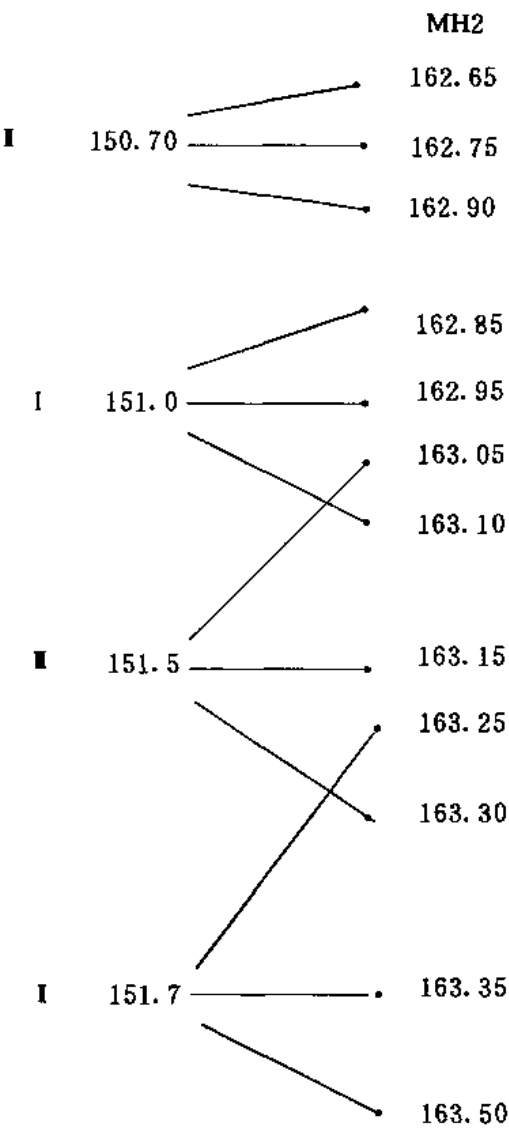


图 1-11 频率选择

选择频率组的原则是不允许产生互调干扰。司机进入另一个调度区时采用手动转换的方式, 每个调度区的铁路长度最长约为 200 公里。

列车上行变为下行时, 车站电台的频率从 $f_1 \rightarrow f_2 \rightarrow f_3 \rightarrow f_1$ 。如果机车台扫描接收的循环顺序不变, 将会加大下行时的通信间隔, 为此设置一个可以改变扫描顺序的电路。在某些特殊地段, 虽然采用“四频组”, 电波仍有可能达到一个与之间相同的频率覆盖区, 如下图:

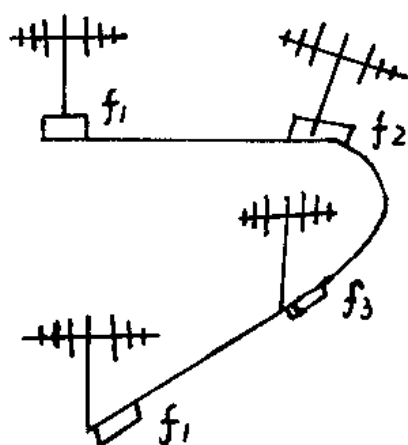


图 1-12

两个 f_1 车站仍会产生同频干扰，这种情况大弯道地段容易发生，从而产生干扰。干扰的原因是两载频频差（指发射机）从而产生啸叫和音频严重失真。为此在这些地区个别车站电台，采用同频电台。（两电台发射机载频差 $< 10^{-5}$ ）

§ 1-2 系统设备

一、调度设备

调度总机 SA107C

调度控制盒 SW124B

录音设备

(一) 连接

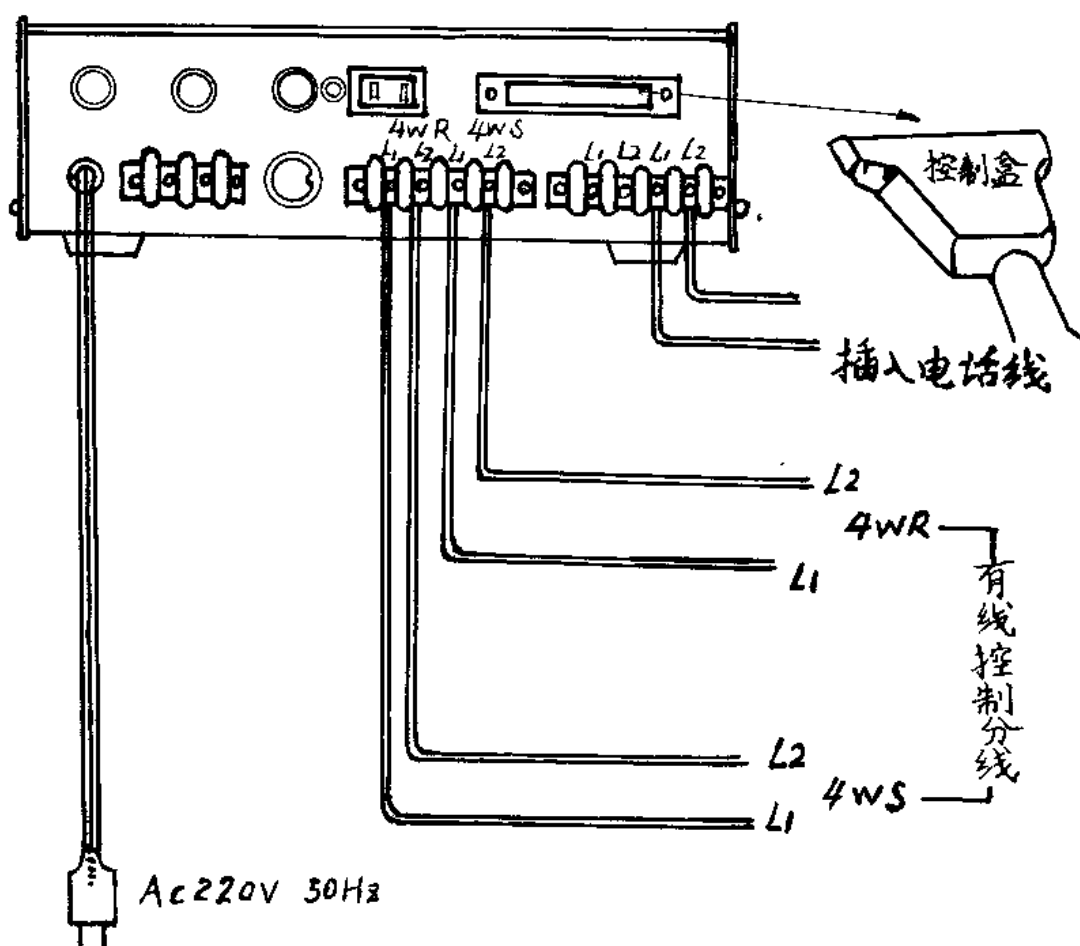


图 1-13 调度总机连线图 (群呼式)

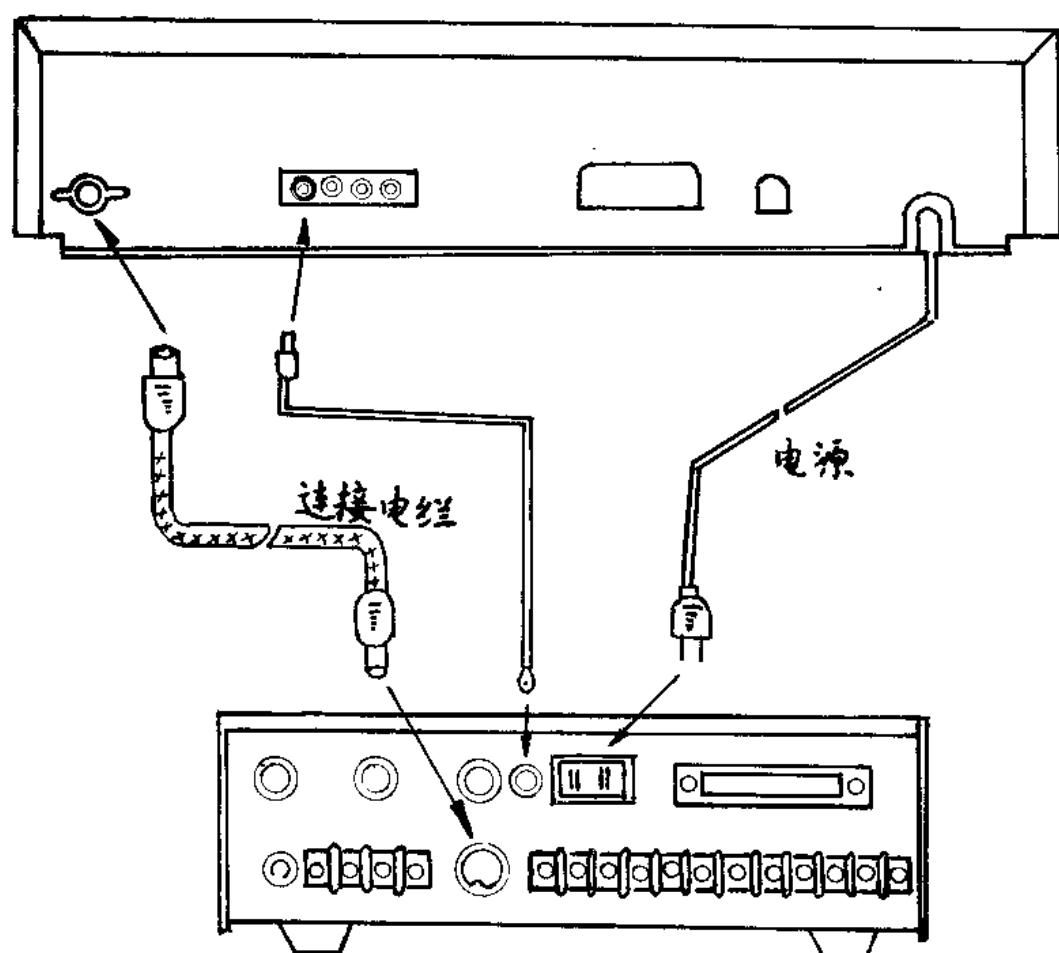


图 1-14 录音机与调度总机的连接

(二) 主要功能

- 〈1〉 用于调度与车站
- 〈2〉 用于调度总机与有线分机连接
- 〈3〉 有录音功能
- 〈4〉 与自动电话相通
- 〈5〉 必要时可向全线“通告”

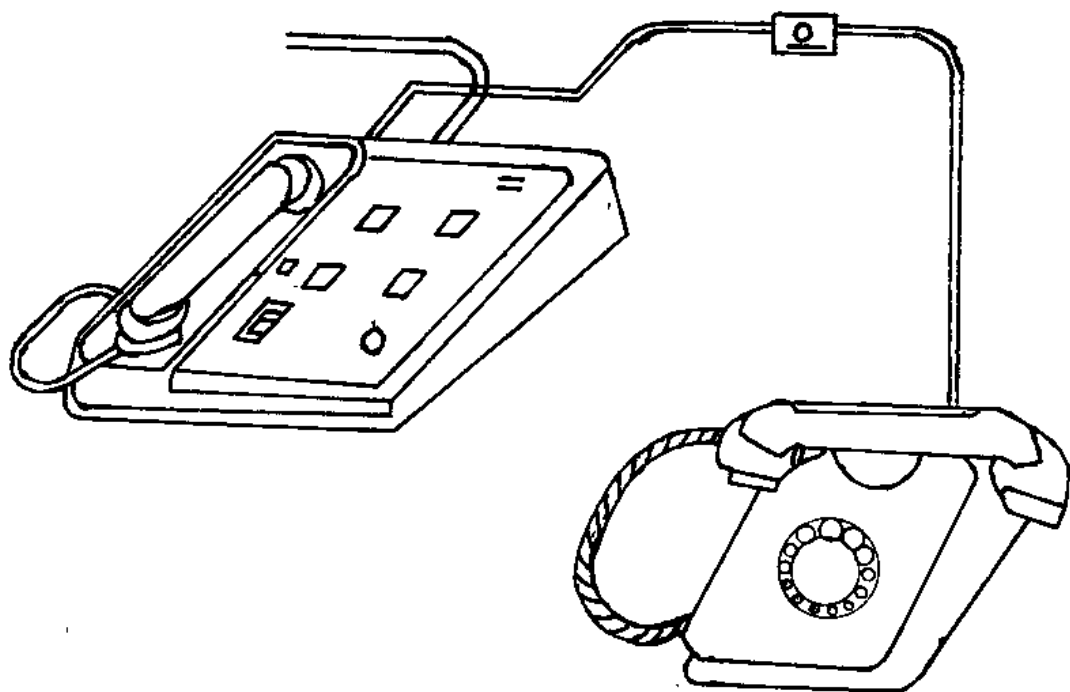


图 1—15 电话机与控制盒连接

(三) 技术要求

〔有线控制〕

1. 音频范围：300~4300Hz
2. 频率特性：400~3000Hz (以 1000Hz 为准了允许偏差 $\pm 3\text{dB}$)
3. 输入阻抗：600 $\Omega \pm 20\%$
4. 输出阻抗：600 $\Omega \pm 20\%$
5. 输入电平：-20dB~0dB
6. 输出电平：0dB
7. 音频输出：0.5W 以上
8. 失真 $< 5\%$ (额定功率 0.5W 时)。
9. 话音灵敏度-6dB
10. 信噪比 S/N $> 40\text{dB}$

〔录音〕阻抗 600 Ω

录音电平 0dB $\pm 2\text{dB}$

〔有线电话〕

1. 阻抗 600 $\pm 120\Omega$
2. 输入电平-20~0dB

3. 输出电平 $0\text{dB} \pm 2\text{dB}$

4. 失真 $< 5\%$

〔控制信号〕

发 1219H2 $\pm 5\%$ 电平 0dB (1. $4\text{K}\Omega$ 负载)

收 1337H2 [检出时间 0. 3S (0. 2~0. 8S) 可调], 电平 3dB

〔通告〕选出 1219H2 送 0. 5S 休止 4S

(四) 调度总机示意方框图

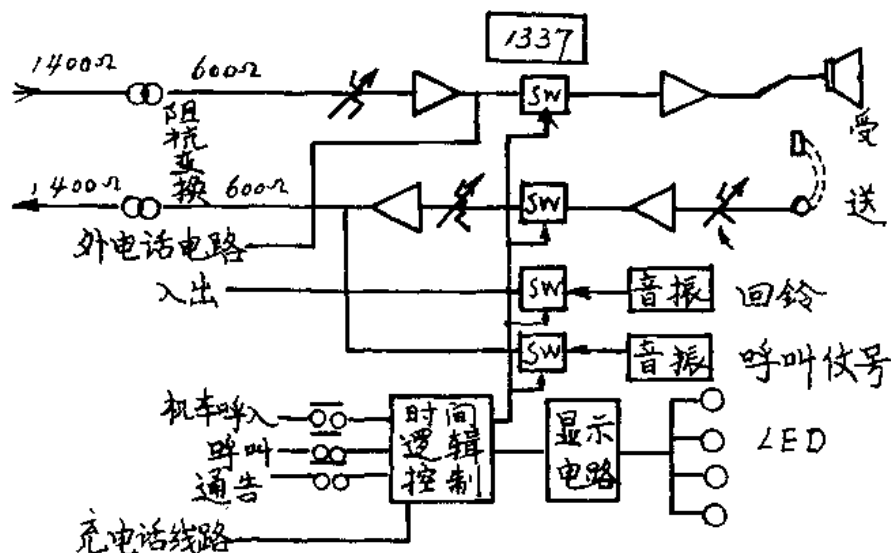


图 1—16 调度总机示意方框图

(五) 开机

1. 将调度总机的电源插头 AC220V 电源插上。
2. 把控制盒电源开关置于“通”位置。
3. 把磁带装入录音机内。

六、呼叫通话

1. 调度与司机

- (1) 调度员拿起手机，录音指示灯亮，此时录音机开始工作。
- (2) 调度员按下呼叫键，发出呼中信号，5S 后，呼叫指示灯为闪亮，调度员用语音指定所呼司机。如无答应，七秒钟后，呼叫指示灯熄灭、调度员应重新呼叫。
- (3) 听到司机的答应时，“呼叫”指示灯变为常亮，调度员可与司机通话了。
- (4) 通话完毕，放下手机，录音灯灭、调度总机恢复守候状态。

2. 司机与调度

- (1) 司机呼叫调度时，调度总机控制盒上录音指示灯亮，5 秒后从扬声中听到司机请求通话的语音，同时“呼叫”指示灯闪亮。
- (2) 调度员同意通话，就拿起手机，此时呼叫指示灯变为常亮，双方开始通话。
- (3) 通话完毕，放下手机，“呼叫”指示灯灭，调度总机恢复守候状态。

3. 调度向调度区段司机发出通告：

- <1> 调度员拿起手机，录音机工作，录音指示灯亮。

<2>按下“通告”键，5秒后，“通告”指示灯亮。

<3>调度员在“通告”指示灯亮后，向全线司机发出通告。

<4>通告完毕，放下手机，录音停止，录音指示灯灭“通告”指示灯灭，调度总机恢复守候状态。

4. 外线自动电话直接与司机通话

<1>先拨调度员电话号（同普通电话方法），调度员听到调度电话铃响，拿起手机，录音指示灯亮。

<2>与调度员通话，请求指定司机通话。如调度同意其通话，能知外线加入者等待通话，再按照呼叫司机的程序与司机通话。

<3>与指定司机通话，通知司机等待与外线电话加入者紧急通话。

<4>按下“电话插入”“关”键，“电话插入”指示灯亮。

<5>挂上控制盒手机，从扬声器可监听双方通话。

<6>按下“电话插入”“关”键，“电话插入”指示灯灭，录音机停止工作，录音指示灯灭，调度总机恢复守候状态。

5. 录音机磁带更换：

<1>机房值班人员应注意录音磁带，如磁带用完，则录音机会自动停止。

<2>为了保证录音的完整性，必须在磁带用完前，利用通话的间隙及时更换磁带的面或更换新磁带。

二、车站电台设备

主机 SF510TSB

站台控制盒：SW123B

有线控制分机：SA107B

天线与备用蓄电池