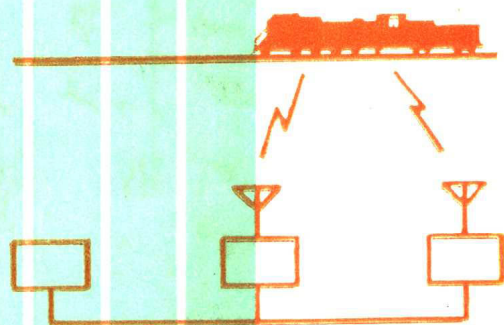


TW-8A型

列车无线调度电台

北方交通大学无线通信教研室编



人 民 铁 道 出 版 社

TW-8A型列车无线调度电台

北方交通大学无线通信教研室编

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 7 9 年 · 北 京

内 容 简 介

本书从窄频偏调频制的原理及特点出发,详细地介绍了TW-8A型无线电台各个组成部分的工作原理。全书共分七章,包括:概论、发射机、接收机、呼叫系统、电源供给、天线和米波段的电波传播,以及小型调频电台常用高频测量仪表的基本原理及正确使用。书末附有维修该电台必需的线圈、变压器、陶瓷滤波器等数据。

本书还介绍了电台各个部分的调试方法和常见故障的处理。对主要电路也作了分析计算,并将结果与实测值进行了核对。

本书可供从事该电台研制、生产和使用人员参阅。亦可供维护小型调频电台的人员及大专院校有关专业参考。

TW-8A型列车无线调度电台

北方交通大学无线通信教研室编

人民铁道出版社出版

责任编辑 李 骥

封面设计 刘景山

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/16 印张: 26.25 字数: 578 千

1979年4月第1版 1979年4月第1次印刷

印数0001—5,200册

统一书号: 15043·4049 定价: 2.20元

前 言

目前, 铁路运输部门已安装了大量的TW-8A型米波段窄频偏调频通话电台, 随着运输现代化的发展, 米波段调频电台的数量势必日益增多。为了满足现场使用和维护人员学习的需要, 充分发挥列车无线通信的优越性, 我们编写了这本书。

本书以一般晶体管电路为基础, 由浅入深, 从基本原理和物理概念出发, 详细地介绍了各个组成部分的工作原理。对于电台主要的和具有特点的电路, 进行了分析和计算, 以使读者加深理解。

当前, 由于维护部门对该电台的调试方法和操作不统一, 因而在一定程度上影响了电台的通话质量。为此, 我们在电台生产厂调试规程的基础上提出一些方法, 供读者参考。

本书在编写过程中, 得到国营天津无线电厂设计科多方面的指导和帮助, 以及铁道部科学研究院通信信号所等单位协助审阅了部分稿件, 在此表示衷心感谢。

由于我们水平有限, 书中内容涉及的面又较广, 因而会有不少缺点和问题, 希望广大读者批评指正。

参加本书编写的有: 张林昌、康士棣、田翠云、徐坤生、姚家兴、张树京, 由张林昌主编。

目 录

第一章 概论	1
1.1 铁路无线调度电话的作用	1
1.2 铁路无线调度电话的组成	1
1.3 TW-8A 型无线电台的性能	3
1.4 调频原理及特点	8
1.4.1 调制原理	8
1.4.2 调频信号的频谱	12
1.4.3 调频信号的频带宽度	14
1.4.4 调频接收机的抗干扰性能	18
1.4.5 调频制的优缺点	30
第二章 发射机	35
2.1 发射机的组成	35
2.2 高频大功率晶体管	39
2.2.1 特征频率	41
2.2.2 功率增益	42
2.2.3 集电极饱和压降	44
2.2.4 输入阻抗及基极电阻	45
2.2.5 集电结电容	46
2.2.6 热阻	47
2.2.7 安全工作区	49
2.3 高频功率放大器	52
2.3.1 高频功率放大器基本原理	53
2.3.2 高频工作时的能量计算	61
2.3.3 输出耦合电路	66
2.3.4 级间耦合电路	73
2.3.5 稳定性与寄生振荡的防止	74
2.3.6 高频功率管的保护	79
2.4 倍频器	83
2.4.1 丙类倍频器原理	84
2.4.2 丙类倍频器的级间耦合电路	88
2.5 振荡及调频电路	91
2.5.1 石英晶体振荡器	92
2.5.2 变容二极管	96
2.5.3 变容二极管直接调频电路	100

2.6 音频放大、限幅电路	107
2.7 发射机的调试	112
2.7.1 整机指标的测试	112
2.7.2 调制、主振、倍频级的调试	116
2.7.3 功率放大器的调试	121
2.7.4 前后级合拢后的调试	122
2.7.5 可能出现的故障及排除	123
第三章 接收机	126
3.1 接收机的组成	126
3.1.1 主要技术指标	126
3.1.2 方框图及其组成原理	131
3.2 小功率晶体管的高频参数	144
3.2.1 混合 π 型等效电路	144
3.2.2 Y参数等效电路	145
3.3 高频放大器	152
3.3.1 共发-共基级联电路	153
3.3.2 输入电路	157
3.3.3 双调谐回路负载的放大电路	161
3.3.4 放大器的稳定性	168
3.4 混频器	173
3.4.1 混频器工作原理	173
3.4.2 指标和要求	175
3.4.3 混频电路	177
3.4.4 本机振荡器电路	178
3.5 中频放大器	180
3.5.1 指标和要求	180
3.5.2 陶瓷滤波器	184
3.5.3 中频放大电路	189
3.6 限幅器和鉴频器	193
3.6.1 限幅器	193
3.6.2 鉴频器工作原理	195
3.6.3 电容耦合相位鉴频器的计算	201
3.7 低频放大电路	209
3.8 静噪电路	211
3.9 接收机的调试	213
3.9.1 整机指标的测试	213
3.9.2 中低频电路的调试	216
3.9.3 高频、一中放电路的调试	220
3.9.4 可能出现的故障及排除	224
第四章 呼叫控制系统	227

4.1 概述	227
4.2 振荡与选频接收电路	229
4.2.1 呼叫信号振荡器	229
4.2.2 回铃信号振荡器	231
4.2.3 射极输出器及音频放大器	231
4.2.4 二极管双向限幅器	232
4.2.5 选频及检波电路	235
4.2.6 执行系统	239
4.3 呼叫过程的继电电路	241
4.3.1 呼叫对方	242
4.3.2 接收呼叫	243
4.3.3 应答及相互通话	244
4.4 呼叫系统的调试	245
4.4.1 呼叫信号选频接收电路的调试	246
4.4.2 回铃振荡器的调试	248
4.4.3 呼叫信号振荡器的调试	249
4.4.4 可能出现的故障及排除	249
第五章 电源	250
5.1 车站台电源盘	250
5.1.1 电路工作原理	250
5.1.2 车站台电源盘的调试	259
5.2 机车台电源盘	262
5.2.1 晶体三极管推挽式自激变流器	263
5.2.2 直流稳压器	278
5.2.3 机车台电源盘的调试	283
第六章 天线与电波	288
6.1 无线电波的辐射和接收	288
6.2 对称振子的辐射场	289
6.3 增强天线的方向性	296
6.4 折合振子天线	298
6.5 地面对天线的影响	299
6.6 天线的特性参数	300
6.7 机车台天线	304
6.8 车站台天线	312
6.9 自由空间传播路径	316
6.10 空间波传播路径	319
6.11 场强测试	325
第七章 测量常用高频仪表	327
7.1 XFC-6 型标准信号发生器	327
7.1.1 主要指标	327

7.1.2 电路原理简介	328
7.1.3 使用方法	330
7.1.4 注意事项	332
7.2 XG-13 型超高频功率信号发生器	333
7.2.1 主要指标	333
7.2.2 电路原理简介	333
7.2.3 使用方法	334
7.2.4 注意事项	335
7.3 DW2 型外差电压表	335
7.3.1 主要指标	336
7.3.2 电路原理简介	336
7.3.3 使用方法	340
7.3.4 注意事项	340
7.4 HFJ-8 型超高频毫伏表	343
7.4.1 主要指标	344
7.4.2 电路原理简介	344
7.4.3 使用方法	346
7.4.4 注意事项	346
7.5 DTI-6 型天线电流调幅度测量仪	347
7.5.1 主要指标	347
7.5.2 电路原理简介	348
7.5.3 使用方法	350
7.5.4 注意事项	351
7.6 BE-1 型调制度测量仪	351
7.6.1 主要指标	353
7.6.2 电路原理简介	353
7.6.3 使用方法	357
7.6.4 注意事项	358
7.7 RR3 型场强干扰测量仪	359
7.7.1 主要指标	360
7.7.2 电路原理简介	361
7.7.3 使用方法	368
7.7.4 注意事项	369
附 图	371
附图 1 发射机电原理图	372
附图 2 发射机前级印制板装配图	373
附图 3 发射机功率放大器装配图	374
附图 4 接收机高频部分印制板装配图	375、376
附图 5 接收机高频部分电原理图	377
附图 6 接收机中低频部分电原理图	378

附图 7	接收机中低频部分印制板装配图	379
附图 8	站台呼叫部分电原理图	380
附图 9	站台呼叫部分印制板装配图	381
附图10	车台呼叫部分电原理图	382
附图11	车台呼叫部分印制板装配图	383
附图12	呼叫信号振荡器电原理图	384
附图13	呼叫信号振荡器印制板装配图	385
附图14	站台电源部分电原理图	386
附图15	站台电源部分印制板装配图	387
附图16	车台电源部分电原理图	388
附图17	车台电源部分印制板装配图	389
附图18	TW-8A 电台主机接线图 (站台)	390
附图19	中间印制板图 (上面)	391
附图20	中间印制板图 (下面)	392
附图21	TW-8A 电台主机接线图 (车台)	393
附 录		395
附录 I	发射机线圈数据	395
附录 II	接收机线圈数据	397
附录 III	呼叫电路线圈数据	400
附录 IV	电源变压器数据	402
附录 V	部分晶体管参数	405
附录 VI	陶瓷滤波器数据	407
附录 VII	送话器、扬声器数据	408
附录 VIII	继电器数据	409

第一章 概 论

1.1 铁路无线调度电话的作用

铁路调度作业是整个铁路运输作业系统的关键，它不但要求高效率地组织铁路运输，而且必须保证行车安全。因此，除了周密的运输组织工作及可靠的信号、控制设备以外，还必须具备一套完善的调度通信系统，保证调度员和车站值班员、运行中的机车乘务员、车长和有关部门之间随时通话联系。

过去调度通信系统，主要是通过有线通信设备来进行。尽管近年来采用了多路载波电话和音频选叫调度电话等设备，但是调度员、车站值班员还是不能和机车乘务员直接通话，而不得不应用传纸条、写黑板等落后的联络方法。

随着国民经济的飞跃发展，铁路运输日趋繁忙，现在不但要安全、正点，还要求加大车流密度、提高运转速度、改进编组效率、加快车辆周转。这就需要调度员直接和运行中的司机以及车长取得联系。这只能依靠无线通信。列车无线调度电话就是一种利用无线通信组织起来的调度通信系统。

利用无线通信，还可以在编组站和铁路枢纽组成站内无线调度通信系统。

列车无线调度电话的优越性表现在：

第一，防止行车事故，保证行车安全，列车调度员、车站值班员和司机之间可随时联系。在区间列车发生故障或其他事故时，可直接联系，及时处理及救援。

第二，在调度指挥上机动灵活，便于提高运输效率。在没有列车无线调度电话的区间，调度员与司机联系，只能通过车站值班员递条子等落后的联络方法。有了列车无线调度电话，调度员可随时通知司机在某一区间加速或缓行，使列车合理会让或待避，提高运输效率。

第三，遇有特殊情况，便于临时处理。例如，雾天或暴风雪司机了望困难，信号机发生故障；线路、桥梁发生自然灾害等等特殊情况，在行车指挥上，都可临时机动处理。

鉴于无线调度电话在铁路运输上起着重要作用。因此，我国《铁路技术管理规程》规定：“在调度集中区段，应装设列车无线调度电话；在自动闭塞和运输繁忙区段，可装设列车无线调度电话；在驼峰调车场及岔线较多的编组站，根据需要，可装设站内无线调度电话。”并把它作为一项技术革新的重要内容广泛地加以应用和推广。

最近几年以来，随着我国无线电工业的逐步发展，有关工业部门为铁路设计与研制了一些晶体管化的调频制电台。已经生产的有WD-1型(2MHz)电台；TW-8和TW-8A型(150MHz)电台以及与其配套使用的JTW-1和TW-9型便携电台等。各个类型都有其特点，但目前装备量最大的是TW-8A型电台。

1.2 铁路无线调度电话的组成

我国铁路采用无线的业务通信应包括下列方面：列车无线调度电话系统，站内无线调度

电话系统，告警和防护无线电话以及维修作业、工程施工、勘测设计等一般业务联络用无线电话。TW-8A 型电台适用于前两项使用场合。

根据 TW-8A 电台的技术性能，现在我国铁路列车无线调度电话所使用的制式是：单工，收发同频、大交路频率非自动转换，有线—无线半自动转换的方式。车站台设置在沿铁路线的部分或全部车站上，设置的密度根据天线架设高度由电磁波传播特性的计算决定。除了应保证与沿线行驶的机车台可靠的通信联系之外，还应保证相邻两车站台之间的可接收场强的越距区域不能太大。这主要是由于现在所使用的设备没有自动频率转换的功能，以及 TW-8A 电台只能固定在频段内的某一个波道上，因而包括整个机车交路内的各个电台只能工作在同一频率上，这样场强越距现象就必须予以充分注意。机车台设置在沿线运行的每一部机车上。在区间内运行的机车司机可以与相邻的装有电台的车站值班员用无线电话联系，而司机与调度员或相距较远的车站值班员之间的联系则依靠装设在邻近车站台一起的有线—无线转接设备，通过有线调度电话进行。例如图 1—1 所示，机车“1”和“2”的司机依靠无线电台可以与车站“1”、“2”联系，而不能与车站“3”、“4”或调度员联系。而机车“3”只能与车站“3”、“4”通过无线联系。这些机车除了运行在调度员电台场强的有效范围内可用无线与调度员直接联系之外，都必需分别依靠车站“1”、“2”、“3”、“4”有线调度电话系统。有线—无线转接设备的所谓半自动，是指调度员呼叫机车司机时是自动的，而机车司机呼叫调度员时是手动的，必须依靠车站值班员帮助转接。例如：调度员呼叫机车“3”时，需要通过有线调度电话线路呼出车站“3”或“4”，再自动转接至 TW-8A 电台与机车“3”的司机取得联系。而当机车“3”的司机打算呼叫调度员时，则必须通过无线呼出车站“3”或“4”的值班员，征求值班员同意后，由值班员按下专用按钮，由该站的有线—无线转接设备接通调度员的有线调度电话通路，此后司机与调度员便可通话。这样安排的目的，是为了避免过多的司机频繁地呼叫调度员，以保证调度员的正常工作，此外设备上也比较经济合理，适合于我国铁路当前的条件。

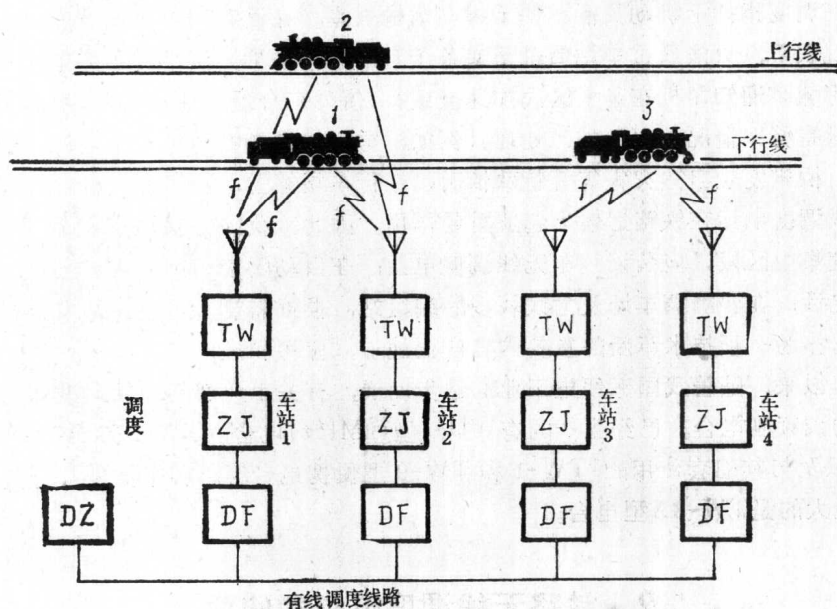


图1—1 列车无线调度电话的组成

TW——TW-8A型电台；ZJ——有线—无线转接设备；DZ——有线调度总机；DF——有线调度分机。

为了适应分别呼叫司机、车站值班员或调度员的需要, TW-8A 电台备有音频呼叫电路。采用单音频呼叫, 由三个不同频率的单音频去调制载波, 以适应对司机或车站值班员或调度员的呼叫。但是仍属于群呼叫方式, 即不能区分被呼叫的司机的机车号码, 当呼叫司机时, 凡在该主呼台场强范围内的全部机车台的扬声器都会发出振铃信号, 必须由主呼用户报出被呼叫的机车号码、并与其通话, 其余机车即自动切断。机车司机呼叫车站值班员时亦然。这样会造成一些不必要的干扰, 是这种方式的缺点。

以上只是简要地叙述列车无线调度电话的组成情况。在实际条件下, 山区、隧道、长专用线等都需要针对其电波传播的特点采取相应的措施, 例如漏泄同轴电缆、波导线或增设中继机等。此外, 有关防止多个波道在同一地区使用而造成的互调干扰及频率的合理配置等问题, 均不属于本书的范围。

1.3 TW-8A型无线电台的性能

TW-8A 型无线电台是一部双向同频、单工、多频道、带有呼叫装置的超短波全晶体管调频无线电台, 适用于固定安装或车载。根据使用场合不同, 可分为车站台和机车台两种配套型式。电台是由主机、电源部分、控制盒、天线和附件电缆等组成。两种型式电台收、发信机的基本性能、指标、结构等全部相同。区别主要在下列几个方面:

根据供电情况的不同, 两种型式电台的电源盘不同。车站台的电源部分适应于 220 伏工频交流电源供电。而机车台的电源部分可以适应于两种不同电压的直流供电: 对于内燃机车可用 110 伏直流供电; 对于蒸汽机车可用 50 伏直流供电。

对于列车无线调度电话, 车站台的电磁波辐射方向主要是沿铁道线路的前后两个区间, 为了电磁波能够较集中地辐射, 采用双向三元引向反射天线*。而对机车天线应该在水平面上无方向性, 此外还要考虑到机车工作的特点: 天线应该比较坚固并不超过《铁路技术管理规程》规定的机车限界。因而机车台配套的是有圆盘加顶、并考虑到机车外壳以下部分的反射作用的半波折合振子天线。1977 年开始生产另一种塑料外壳、加顶半波折合振子新型机车天线。前两种天线的外形见图 1—2 至图 1—4。新型机车天线见第六章图 6—25。

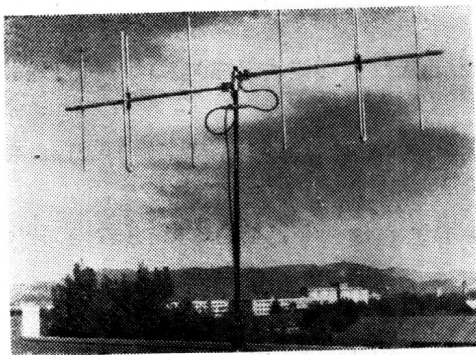


图1—2 车站台双向三元波渠天线

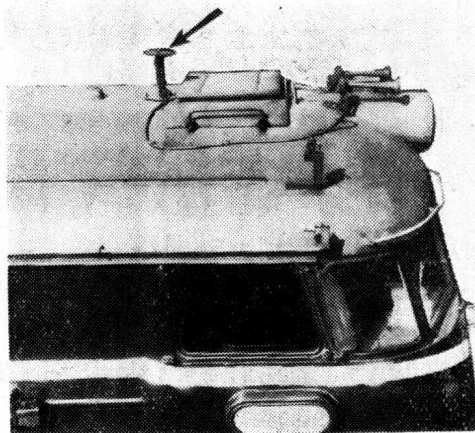


图1—3 安装于内燃机车上的圆盘天线

* 习惯上称为波渠天线或八木天线。

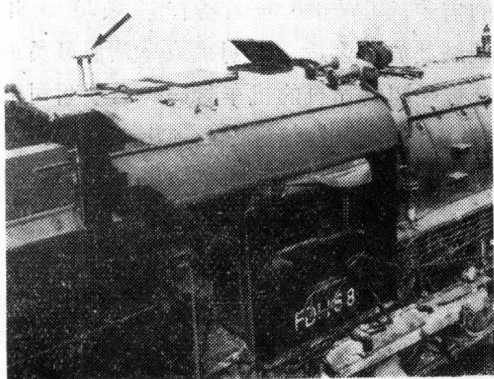


图1—4 安装于蒸汽机车上的圆盘天线

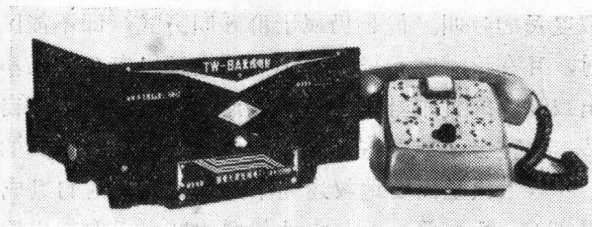


图1—5 TW-8A型车站电台

考虑到安装与使用方便，车站台备有电话桌机形式的控制盒及电话用送、受话器。机车台备有可以挂于壁上的控制盒、小型号筒式扬声器及手握抗噪声送话器。电台外形见图1—5及图1—6。

呼叫部分的工作频率不同，车站台工作在2400Hz及1337Hz，共两个通路。机车台只工作在1792Hz。

电台的技术指标如下：

1. 工作频率为150~152MHz，波道间隔为100KHz。每部机器出厂时调谐在一个波道上，收、发同频。若需更换波道，必须更换晶体并进行微调。

2. 在车站台的三元引向反射天线架设高度不低于15m、机车台天线架设高度不低于4.5m的条件下，平原地区通信距离：车站台与车站台之间不小于15Km；车站台与机车台之间不小于8Km。

3. 发射机载频在常温下开机发射状态5分钟后立即测量频率偏差为：标称载频 ± 3 KHz。

4. 发射机送至等效天线的射频电流不小于245mA（天线阻抗为 50Ω ），折合输出功率3W。

5. 调制频偏：当调制器输入5mV、1000Hz的调制信号时，频偏不小于7KHz；输入20mV时，最大频偏不大于15KHz。

6. 调制频率特性（即调制信号的高频预提升）：在额定频偏时，3000Hz对300Hz有 12 ± 2 dB的提升。

7. 寄生调制：寄生调幅应不大于5%；寄生调频应不大于1KHz。

8. 接收机灵敏度应不劣于 $1.5\mu V$ （信噪比20dB，静噪处于临界*，在 8Ω 阻抗的扬声器上音频输出功率5W）。

9. 音频输出的非线性失真应不大于15%。

* 静噪处于临界位置：当无信号时接收机扬声器输出噪声刚处于截止时的静噪位置。

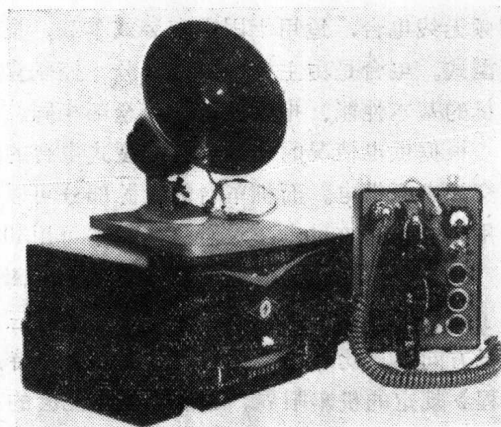


图1—6 TW-8A型机车电台

10. 第一中频抑制比（抗拒比）：不小于50dB。
11. 像频抑制比：不小于40dB。
12. 呼叫音频振荡频率偏差：1337Hz、1792Hz、2400Hz，偏差不大于±0.5%；745Hz，偏差不大于±5%。
13. 呼叫音频调制频偏：1337Hz、1792Hz、2400Hz，频偏均大于7KHz、小于15KHz。
14. 呼叫开启通带：

$$1.015f_A \leq f_1 \leq 1.045f_A$$

$$0.955f_A \leq f_2 \leq 0.985f_A$$

式中 f_A ——音频振荡中心频率（即车站2400Hz，司机1792Hz）；

f_1 —— f_A 的上边频；

f_2 —— f_A 的下边频。

15. 呼叫的转换时间：回铃为1~3秒；转收为6~10秒。
 16. 供电电源：车站台由交流220V±10%供电，电台电源部分的输出为直流+24±1V；机车台由直流110V±10%或50V±20%供电，电台电源部分的输出为直流+24±1V。
 17. 供主机直流电源耗电量无论接收，发射及值班状态均小于800mA。
 18. 体积重量：
主机及电源部分：300×195×140mm³，6.9kg；
机车台控制盒：180×140×53mm³；
车站台控制盒：230×150×100mm³。
 19. 工作条件：
温度：-20°C~+50°C；
相对湿度：95%~98%（20°C）。
 20. 贮存条件：温度20°±5°C、相对湿度60%~80%的环境中允许贮存两年。
- 电台分为上下两个独立部分：

上独立部分为收发信机和呼叫电路。共同装在一个压铸铝骨架中，骨架中部装有中间印制板，没有机箱，没有大绑线，各个部分电路通过插接件与中间印制板上的铜箔连接起来。这样可以保证机械强度，便于生产、维修。中间印制板的上层是发射机、呼叫信号振荡器和接收机高频部分（见图1-7a）。下层是接收机中、低频部分和呼叫接收部分（见图1-7b）。各印制板用螺钉直接与骨架固定。除发射机外其它各印制板结构可以互换。骨架由上、下盖板封盖。

下独立部分是电源，和上独立部分骨架由四个螺钉作机械连接，并由一个8芯矩形插头座连接电路。这部分与主机一样具有互换性。

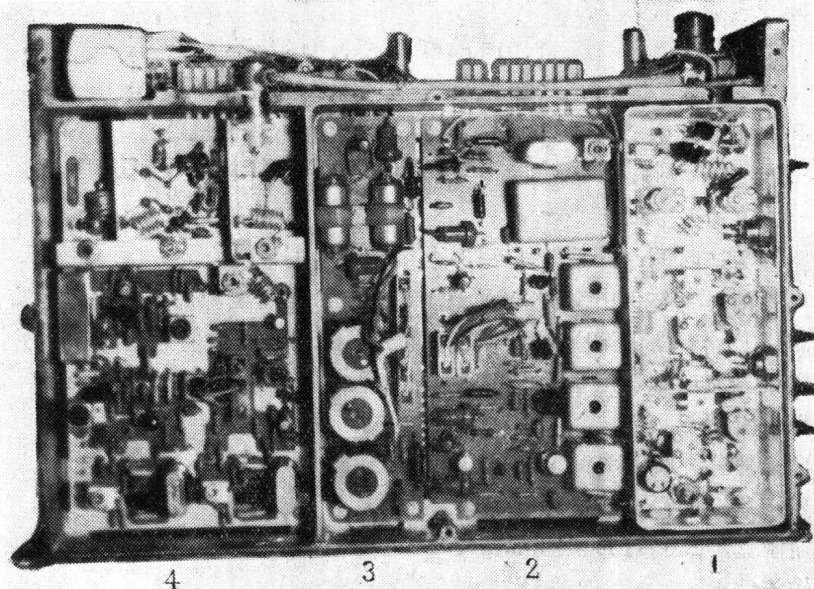
主机与天线由特性阻抗50Ω的SYV-50-7型同轴电缆相连接。车站台电缆长度20m，接主机端为L16-J7型（某些参考资料称为N型）同轴插头，接天线端为厂标同轴插头。机车台电缆长度8m，接主机端亦为L16-J7型同轴插头，接天线端无插头可直接接于机车天线上。

主机与控制盒之间由8m长的25芯电缆连接。电缆两端均为印制板用矩形插座，并可用螺钉紧固。全机由控制盒控制。

电台采用超短波频率，与过去曾经采用的中波（TW-1）或短波（TW-4）相比有以下特点：

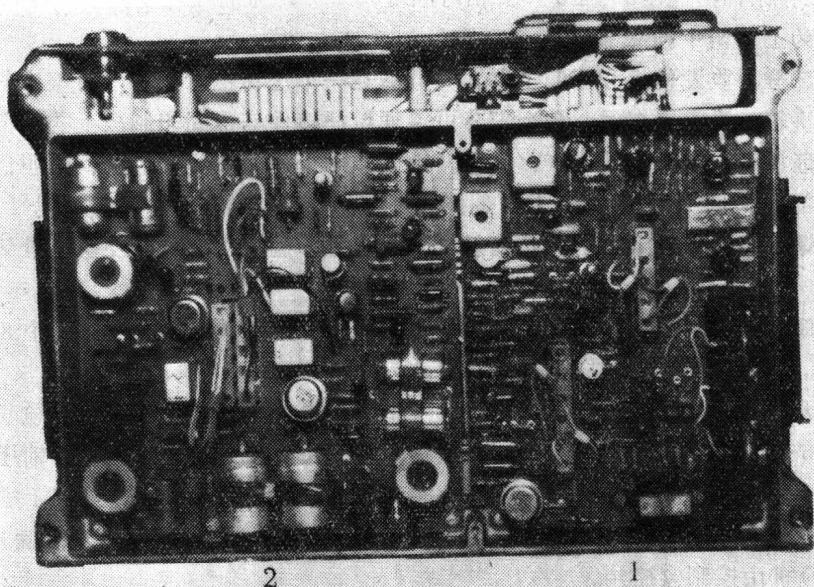
首先，有利于缩小天线的几何尺寸。我们知道，天线的几何尺寸正比于其工作波长。使用较高的工作频率就可以在较小的几何尺寸下获得较好的天线指标。例如：TW-1型电台采

用的倒L型机车天线，其顶部延机车纵向长度约10m，而其真正的辐射体垂直部分的高度只有2~3m，因此辐射效率很低，其辐射电阻不超过2~3Ω；TW-4型电台的机车天线高度约0.5m，延机车横向的跨度达2m多，虽然辐射效率并不很低，但这样大的几何尺寸特别不利于机车的维修作业，并且只能保证安装在蒸汽机车上不超限。TW-8A的机车圆盘天线高度仅0.33m、圆盘直径仅0.22m，而新型机车天线进一步缩小了尺寸。又如：与TW-4配套使



a、骨架上层

1 —— 发射机后级；2 —— 发射机前级；3 —— 音频振荡部分；4 —— 接收机高频部分。



b、骨架下层

1 —— 接收机中、低频部分；2 —— 呼叫接收部分。

图1-7 电台内各部分的位置

用的TW-6型便携式电台的鞭状天线高度超过1m。而与TW-8A型配套的TW-9型便携电台的鞭状天线高度仅0.5m，可以预料，当采用新型天线时，高度还可进一步缩短。天线尺寸的缩小，有利于安装在机车上而不超限，有利于与其配套的便携电台使用人员的正常工作。

其次，有利于减小无线电干扰。在铁路上工业无线电干扰的电平较高，例如：机车上的电动机及发电机，站场上的各种电气设备等等都对无线电通信产生强大的干扰。这些干扰的波形大都是前后沿陡峭的尖脉冲，这些尖脉冲可分解为由低频直至超高频极宽频率范围内的各个频谱分量。随着频率的提高、各谱线的相对幅度周期性的变化，并且在一个周期内的最大值也随频率逐渐衰减。如将谱线包络的各个周期内的最大值以一条曲线联起来，则此曲线随频率的下降规律如下：对矩形脉冲，按频率每提高10倍相对幅度下降20dB的规律变化（即20dB/10倍频），而对三角形脉冲则为40dB/10倍频，如图1—8所示。因而提高电台的工作频率有利于减少工业干扰对通信的影响。此外自然干扰源中的天电干扰随频率的提高而下降的速率也是很快的，但在我国广大地区，除雷雨季节之外，对超短波段的影响较工业干扰为小。

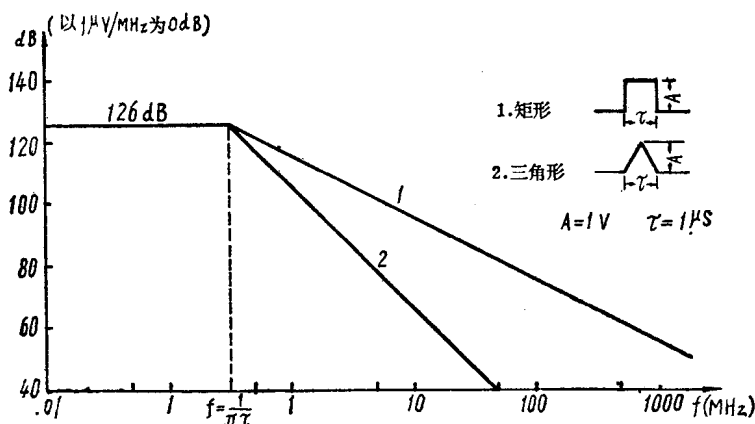


图1—8 两种脉冲的频谱下降规律

再次，采用较高的工作频率可以在相对于工作频率来说不宽的频率范围内容纳更多的波道。TW-8A型无线电台的允许工作频率范围为 $152MHz - 150MHz = 2MHz$ ，只占工作频率150兆赫的1.3%，但可容纳波道间隔为100KHz的波道21个。而目前的调频制移动电台的波道间隔还在进一步减小，例如50KHz、甚至25KHz。减小波道间隔后虽然对电台（特别是接收机）的要求高了，但可以在一个地区容纳更多工作于不同波道的电台以满足对移动无线通信日益增长的需求。

由以上几点看来，对于移动通信来说，提高工作频率是有优点的，因而近年来移动通信都向150MHz、400MHz频段发展。150.1~151.8MHz的频段就是我国划归铁路无线列调通信的专用频率范围之一。

但是工作频率提高后，与较低频率相比其电磁波传播的特性存在如下一些缺点：由于波长的减短，传播途径中不太大的障碍物（例如小山、高大建筑等）其几何尺寸与波长相比就显得过大，因而电磁波对这些障碍物的绕射能力变弱，也就是说传播路径更接近于光波；由于波长减短，传播途中受树木、森林等的吸收较严重，传播损失加大。此外，在隧道内的传播距离特别短，这缺点严重影响了在山区铁路上的进一步推广，而不得不采取一些辅助措施，例如：漏泄同轴电缆或“波导线”等。

电台发射机的输出功率值主要是根据列车无线调度电话的组成方式决定的。由于采用了有线一无线转接装置,因而电台本身的通信距离只须覆盖1~2个区间。考虑到接收机可以做到优于 $1\mu\text{V}$ 的灵敏度,因而发射机的功率不必要超过3~4W。此外,考虑到在组成方式中,当前对机车的呼叫尚未采用个别呼叫,因而若发射机输出功率过强,致使覆盖范围过大,当呼叫机车时,会使较多数量的机车台同时振铃,影响非被呼叫司机的正常工作。特别是在车流密度大的线路上,由于同频干扰限制了同时通话的电台数目。

TW-8A型电台象其他民用移动电台一样,采用频率调制(调频)方式。调频制与调幅制相比,最主要的优点是抗干扰能力强(将在1.4.5节中重点分析),因而获得了广泛的应用。

1.4 调频原理及特点

我们知道,要求通过电台传送的话频信号,只有对频率很高的载频进行调制才能够有效地转变为电磁场能量予以辐射。到目前为止,利用连续的非脉冲调制方式,在移动通信中仍占有很大的比重,而调频是其中的主要方式。

1.4.1 调制原理

未调制的高频信号,可用下式表示

$$u = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (1-1)$$

式中 U_0 ——高频信号的振幅;

ω_0 ——高频信号的角频率, $\omega_0 = 2\pi f_0$;

φ_0 ——高频信号的初始相角。

以上三个参数组合起来,充分地表征一个高频信号的全部特性。在未调制时这些参数都是常数,我们以脚注“0”表示。

调幅时,高频信号的振幅正比于调制信号的瞬时电压。若调制信号表示为

$$u_a = U_a \cos \Omega t$$

则调幅信号应该写为下列形式

$$u = (U_0 + K_1 U_a \cos \Omega t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

为了简单,设初始相角为零,则

$$\begin{aligned} u &= (U_0 + K_1 U_a \cos \Omega t) \cos \omega_0 t = U_0 \left(1 + \frac{K_1 U_a}{U_0} \cos \Omega t\right) \cos \omega_0 t \\ &= U_0 (1 + m_a \cos \Omega t) \cos \omega_0 t \end{aligned} \quad (1-2)$$

式中 K_1 ——比例常数;

$K_1 U_a$ ——调幅信号最大的幅度变化量;

m_a ——调幅系数, $m_a = \frac{K_1 U_a}{U_0}$ 。

由式(1-2)可见,调幅信号的瞬时振幅随调制信号而变,其最大的幅度变化量正比于调制信号的振幅 U_a ;而幅度变化的快慢则由调制信号的角频率 Ω (或调制信号的频率 $F = \frac{\Omega}{2\pi}$)所决定。