

无线调车设备维修

徐 漳 编著

中 国 铁 道 出 版 社

1992年·北京

得到南京铁路分局电务科、南京电务段和南京东方电子仪器厂等单位有关同志的大力支持，在此表示衷心感谢。由于编者的经验和水平所限，书中错误和缺点在所难免，敬请读者批评指正。

编 者 1991年11月

内 容 简 介

本书是铁路通信部门对站场无线调车设备维修工作成功的总结和介绍。全书共分五章，主要以色灯显示的TWD型无线调车指挥系统为模式分别讨论了：无线调车指挥系统；无线调车系统的现场设计与设备安装；无线调车设备的维修管理；无线调车设备的测试与检修；TWD型无线调车设备的改进和辅助检修设备的制作。本书还介绍了红灯牌平面调车无线指挥系统和将其改造成色灯显示设备的具体方法。

为适合具有初等文化程度读者的需要，本书避开了复杂的推导和计算，除文字叙述外，还以较多的插图、表格对有关修理方法和测试、故障统计数据进行了详细的介绍和分析。

在科学技术飞速发展的今天，无线电通信设备早已大量进入了家庭，可是由于种种原因，相当一部分企事业单位的有关技术管理人员对无线电调车机的工作原理、购置手续、使用和维修方法等知识还不甚了解，对此，书中的内容给出了具体答案。

无线调车设备维修

徐 漳 编著

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 黄成士 封面设计 王毓平

中国铁道出版社印刷厂印

开本：850×1168毫米 1/32 印张：9.75 插页：2 字数：245 千

1992年12月 第1版 第1次印刷

印数：1—2000册

ISBN7-113-01293-0/TN·55 定价：6.50 元

前 言

铁路调车作业是一项劳动强度大、危险性高的全天候室外工作。随着国民经济的发展及其对铁路运输量的增长，车站调车的编解能力和运量的矛盾日益突出。为改善调车作业人员的工作条件和缓解上述矛盾，在无线通信事业突飞猛进的今天，无线调车这种先进的调车作业方法已被铁路和大型厂、矿企业的运输部门广泛采用。

目前国内的铁路调车无线通信设备主要有色灯、音响信号和单纯音响信号（此两种设备均具有通话功能）这样两种制式，其中前一种制式具有醒目直观、机车乘务人员的眼、耳可同时接收信息的特点，倍受现场使用人员的青睐，因而发展较快。在无线调车设备的上马和应用过程中，由于上级业务主管部门尚未对有关维修和使用问题作出统一的规定，各地做法不一，有些地区因为缺乏经验，在设备的维修和管理工作中经常遇到一些困难，但目前国内还没有一本系统的专门介绍这方面知识和经验的出版物可供查阅。有鉴于此，在南京铁路运输学校各级领导的支持下，笔者把自己曾在南京电务段多年从事无线列调和无线调车设备维修工作的经验编写成册，公开出版发行。这本读物的出版，如果能对铁路无线通信设备的维修、管理和使用工作起到一定的推动作用，则更是编者所企求的。

本书在出版过程中荣幸地得到了铁道部屠由瑞副部长的亲切关怀和热情鼓励和电务局无线通信处的同意参加本书审稿的有南京电务段的刘兴华、王书纲和南京东方电子仪器厂的郭茂森三位工程师，书中插图由陈凤同志完成。此外在本书的编写过程中还

目 录

第一章 无线调车指挥系统	1
第一节 无线通信基本知识	1
第二节 无线通信在铁路运输中的应用	24
第三节 无线调车指挥系统	32
第四节 TWD 无线调车指挥系统	40
第五节 红灯牌平面调车无线指挥系统	50
第二章 无线调车系统的现场设计与设备安装	55
第一节 平面调车指挥系统的无线电通信设计 要求	55
第二节 编制无线调车工程技术文件的有关要求	67
第三节 无线调车系统开通前的准备工作	76
第三章 无线调车设备的维修管理	94
第一节 两种维修形式之对比	95
第二节 维修生产的组织	97
第三节 维修工区职责范围和工作开展	99
第四节 工作制度和作业程序	103
第五节 设备的维修与更新之探讨	110
第六节 作业中无线调车设备的试验和常见 故障的判断	113
第四章 无线调车设备的测试与检修	122
第一节 TWD型电台主机的测试和检修	122
第二节 XKQ型机车信号控制器的测试和检修	157
第三节 DZK型调车区长控制器的测试和检修	190
第四节 操纵盒、送话器和信号显示灯盒的测 试与检修	203

第五节	AH-5403C型无线电话测试仪	221
第五章	TWD无线调车设备的改进和辅助检修	
	设备的制作	238
第一节	对TWD系统设备的改进和 建议	238
第二节	携带电台用蓄电池容量试验探讨及其 设备制作	249
第三节	机车电台洗炉检修配套设备的制作与使用	255
第四节	无线电台多用测试盒的制作与使用	264
第五节	机车、车站电台电源测试仪的制作与使用	272
第六节	用红灯牌SH403KGM型电台改装TWD 信号显示无线调车系统的方法	278
附录一	无线调车设备维修记录本 (总本)	287
附录二	机车控制器维修测试记录本	292
附录三	调车区长控制器维修测试记录本	295
附录四	无线调车电台维修测试记录	298
附录五	TWD型电台电原理图	书末插图
附录六	XKQ型机车信号控制器电原理图	书末插图
附录七	JKD179-03型开关电源电原理图	301
附录八	DZK型调车区长控制器电原理图	302
附录九	DKH型调车长操纵盒电原理图	303
附录十	ZKH型制动员操纵盒电原理图	304
附录十一	SHH型司机操纵盒电原理图	305

第一章 无线调车指挥系统

本章作为全书的预备知识，重点介绍无线调车指挥系统的设备和系统的构成。考虑到一部分读者对基础知识的需要，在第一、二节专门编写了无线通信基本知识和无线通信在铁路运输中的应用以作基础。在第三节按铁道部标准介绍了无线调车指挥系统以后，还在本章的第四、五节分别介绍了TWD色灯、音响制式和红灯牌单纯音响信号制式两种较有代表性的无线调车设备，前者是本章乃至本书的重点。虽然这两种设备还不是完全成熟的产品，但它们的出现和推广应用在现有条件下为铁路运输争创安全和效益起到了不可低估的作用，也为今后研制和发展更加适合我国国情，性能更完美的无线调车设备积累了经验。熟悉这两种设备也有利于今后认识和掌握其它新研制的同类产品。

第一节 无线通信基本知识

无线电技术的发展，给人们的生活、生产带来了极大的方便。广播电台和电视台播放的丰富多采的文艺节目通过无线电波传送到千家万户被收音机和电视机接收下来，转换成声音和图象；人们还利用无线电波传送长途电话、电报和传真图片、调度和指挥火车的运行，又如轮船和飞机的导航、卫星和宇宙飞船的监测和控制也离不开无线电波。

一、什么是无线电波

无线电波是空间传播的电磁波中频率最低的部分，比它频率高的还有红外线、可见光线、紫外线等多种射线。无线电波虽然看不见、摸不着、但它却是客观存在的一种运动物质，它的能量是以电场和磁场的形式交互地、周期性地不断变化（振荡）运动

着的。它交变一次（在一个振荡周期 T 内）所占的距离，即两波峰（最高点）或两个波谷（最低点）之间的距离，就是一个波的长度，叫波长，单位是米、千米、毫米。图1—1表示了波峰、波谷和波长的关系。频率是指无线电波在一秒钟的时间里完成交变（振荡）的次数，单位是赫兹、简称赫（Hz）、千赫（kHz）、兆赫（MHz）、吉赫（GHz）。

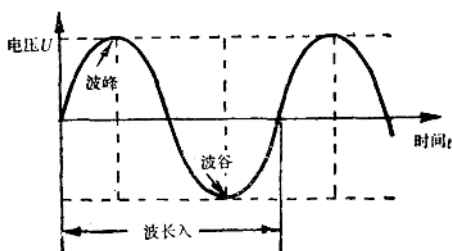


图1—1 电波波长示意图

无线电通信是依靠空间的高频电磁波来传递信息的。适用于无线电通信的电磁波频率从几千赫到几万兆赫，我们称之为无线电波（简称电波）。在这样宽广范围内的无线电振荡虽然具有很多共同的特性，但是频率不同时，高频振荡的产生、放大和接收方法等也有不同之处，特别是无线电波的传播特点更不相同。为了便于分析和应用，习惯上将无线电的频率范围划分为若干个频段，也叫波段。

无线电在空间传播的速度是每秒300,000km。其周期（完成一次振荡所需的时间）、频率、波长和波速之间有这样的关系：

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}$$

式中 λ ——波长（单位：米即m），

T ——周期（单位：秒即s），

f ——频率（单位：赫兹即Hz），

c ——波速（为一常数：300,000 千米/秒，即 300,000

km/s)。

无线电频段的划分、名称及主要用途详见表 1—1。

无线电波频率划分表

表 1—1

波段名称		频段简写	波长范围	频率范围	主要用途
极长波		ELF	>100km	<3kHz	超远程无线电通信，无线电导航、声纳、长波无线电广播
超长波		VLF	100~10km	3~30kHz	
长波		LF	10~1km	30~300kHz	
中波		MF	1000~100m	300~3000kHz	无线电广播
短波		HF	100~10m	3~30MHz	无线电广播、无线电通信
米波(超短波)		VHF	10~1m	30~300MHz	无线电广播、电视广播、业余无线电通信
微波	分米波	UHF	1000~100mm	300~3000MHz	电视广播、雷达、无线电导航、微波接力通信、其它专门及工业用途
	厘米波	SHF	100~10mm	3~30GHz	
	毫米波	EHF	10~1mm	30~300GHz	

二、无线电波的产生

我们知道，一个人的话音是传不远的，而无线电波却能跨越高山大江，传播的距离是很远很远的。无线电波是如何产生的呢？我们可以简单地理解它们的基本概念和过程。

当在金属导线上加上交流电压和电流时，交变的电压便在一一定的空间范围里产生电的作用，而交变的电流又在一定的空间范围里产生磁的作用。随着电压、电流交变的进行，电的作用和磁的作用也在周围的一定空间范围里交替产生，电作用和磁作用交变地在空间传播，就成为电磁波。这就是说，导线上有高频率变化的电压、电流，就会产生交变的电作用和磁作用，也就有了电磁波的存在。

高频的电流、电压具有一定的能量，这种能量在一定的条件下能转变为无线电磁波的能量，这种能量转换的现象叫无线电波的辐射。这同把一块石头投到水中的现象相似，石头落下便在水

平面上形成水波，水波以石块的落点为中心起伏，并由高变低地向外（在平面上）扩散漾开。石块投入时具有的能量此时转变为水波的能量了。

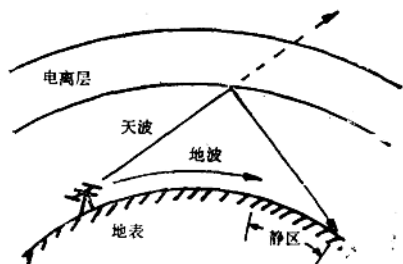
什么样的导线才能向空间有效地、良好地辐射电磁波呢？主要条件是导线上要加有高频的电流、电压；两根导线要张开，彼此不平行、不对称而具有一定的角度；导线还要有一定的长度和高度，而且长度要能同加在导线上的交变电压、电流的波长相适应。具备了这样条件的导线就可以向空间辐射电磁波，便能将高频电压、电流能量变成向空间（立体）辐射的无线电波，这种导线就叫做天线。

为什么一定要以高频的无线电波来传送声音呢？这是因为声音信号的频率约为 $20\text{Hz}\sim 20\text{kHz}$ ，即波长范围是 $15\sim 15000\text{km}$ ，要架设与此尺寸相当、又有一定高度的天线，显然是不可能的。再者音频信号即使能够辐射出去，各个电台所发出的信号频率都相同，它们在空中混在一起，对方也无法选择所要接收的信号。唯一的解决办法就是设法把音频信号“装载”到高频无线电波之中，才有可能通过高频无线电波的辐射实现无线电通信。

三、无线电波的传播形式

无线电波按它的不同的传播方式主要分为地波、天波和直射波三种，如图1—2所示。

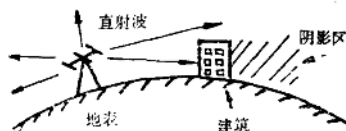
1. 沿地球表面传播的无线电波叫地波。由于地球曲率的存在，地波的特点是沿着地表面绕射传播。大地对于电波能量有一定的吸收，湿地电阻小吸收电波能量少，电波就传得远；干地电阻大吸收电波能量大，电波就传得近。大地对电波能量的吸收还与频率高低有关，频率越低，吸收越少，所以甚低频、低频和中频频段的无线电波多采用地波传播。地波沿地表面传播，不与地球高空周围的电离层发生关系，所以还具有不受时间、季节和气候的影响，电波强度比较稳定的性能。依靠地波作主要传播途径的低频（长波）常常还用于超远程通信和导航。



(a) 天波和静区的形成



(b) 地波



(c) 直射波及其阴影区

图 1—2 无线电波传播的三种方式

2. 靠电离层的反射进行传播，实现较远距离通信的电波叫天波。所谓电离层，就是在离地球表面 $50\sim 400\text{km}$ 的高空，气体分子因太阳光照射而电离，形成了一个密度随高度而变大的气体电离层。无线电波被电离层吸收一部分，也反射回地球一部分，我们就是利用这反射回来的一部分无线电波进行传播的。

电离层由太阳的照射而产生，由于地区、季节、时间、气候的变化，太阳的照射程度也要变化，所以电离层的密度和厚度都要跟着变化。一般说来，夏季电离层密度比冬季大，同一天中白天比夜间大。电离层的这种变化使天波传播强度忽弱忽强，白天

传得近，夜晚传得远。这就是中、短波收音机夜晚使用时可以取得比白天更好效果的原因。

此外，电离层对无线电波还有吸收作用。吸收的程度与电波的频率有关，频率低吸收大，频率高吸收少，电离层密度越大对频率高的电波吸收越少。通常，高频即短波频段利用天波传播，白天夜晚效果都较好。

3. 频率在甚高频即超短波范围的无线电波适合于直射波传播（视距传输）。超短波频段的频率在30MHz以上，电波可能穿透电离层而回不到地面上来，因此无法采用天波传播；同时，超短波绕射性能很差，地面对它的吸收较大，地波传播也不适宜。当频率很高时，电波的传播特性和光的照射相似，所以超短波用直射波传播的范围只局限于视距范围内。为了加大通信距离，天线就要架得高或者尽量利用高的地形、地物来架设天线。可是，受地球表面弯曲度所限，增高天线加大通信距离也是有限的。一般，我们所指的视距大约在40~50km左右。

目前铁路无线通信电台就是工作在超短波频率范围内，用直射波传播的。直射波由于是利用空间在视距范围内进行传播的，通信比较稳定，受天气、时间、季节影响较小，受外界的干扰也小；同一频率的电波在视距以外可以得到重复使用；超短波的频率较高，天线尺寸做到同它波长相适当也较容易等，这些都是优点。

直射波也有不少缺点，如在视距范围内，通信距离较近；在通信距离内受地形和各种障碍物的影响较大，特别是山丘和较高的金属构架建筑物如水塔、站房、楼房、天桥等的影响。超短波的直射波往往被这些障碍物遮蔽或反射掉，因而在这些障碍物后面形成电波极弱的“阴影区”。有时，火车在车站电台附近接收不理想，远一些反而能很好地接收就是这个缘故。

四、无线电通信及其所受的干扰

无线电技术是近百年来世界上重大的发明之一。它自十九世

纪末被发明后，最初应用于通信方面，随着科学技术的发展，无线电技术不断完善，其应用范围也迅速扩大，深入到人类生产和生活的各个领域。而无线电通信越来越得到广泛的应用。

用任何方法，通过任何媒质，将信息从一地传送到另一地，从广义上讲均可称为通信。无线通信是指：利用无线电波在空间传播，以传送声音、文字、图象或其它信息的各种通信方式的总称。无线电通信与有线通信相比，有优点也有缺点，其优点是投资少、建造快、灵活性大，并能应用于通信位置不固定的移动场所。其缺点是空间传播的无线电波随季节和昼夜而变化，易受干扰的影响，通信质量不稳定。

天空中充塞着各种各样的无线电波，有些是各种无线通信电台发出的，有些是工业电气设备发出的，有些来自雷电等自然界，有些甚至来自宇宙太空，真是熙熙攘攘，杂乱无章。但是对于一部无线电台来说，有用的只是它要接收的一种无线电波，其它的凡是妨碍无线通信正常进行的电波都是干扰。通常我们把无线电接收机收到的所有不需要的无线电波信号和接收机内部产生的噪声统统称为干扰。这样，干扰就可以分成工业电气干扰、天电干扰和电台干扰等的外部干扰和接收机内部干扰两类。

（一）外部干扰

1. 天电干扰和工业干扰

天电干扰的主要来源是雷电，地球上平均每秒钟发生约100次左右的闪电，每次雷电现象都产生强烈的电磁骚动，而且传得很远，千里之外虽然看不到闪电，但接收机受到的干扰却很严重。雷电产生的干扰所占的频谱较宽，干扰能量主要集中在低频部分，对于铁路无线电通信使用较集中的150MHz及其以上的频段，干扰已很小很小了。

工业干扰是由各种工业电气设备发生的电流或电压的剧烈变化（如火花等）所引起的电磁波辐射，作用在接收设备上就成为干扰。内燃机车上的很多电气设备（点火系统、电气开关）和电力机车顶上受电弓与馈电线摩擦产生的火花都会给机车电台带来

干扰。工业干扰的功率一般不大，只有天线离产生干扰的地方很近时，才会有明显的影响。当然，如果沿着电源网，也会传到几公里之外。工业干扰主要分布在低频段，频率越高，干扰越小，30MHz以上就显著减小。

要想完全消除天电和工业干扰是很困难的，但是可以采取施尽量减少干扰的影响。例如，把无线电台工作频率尽量选择得高一些，天线架设地点应避开工业干扰的设备和高压输电线路，以及在电台设备里采用抗干扰措施等都是有效的办法。如我国铁路运输的电力机车目前基本集中在山区路况差、坡度大的区段，而平原地段却以内燃机车和蒸汽机车为主，为避开电力机车所带来的工业干扰，铁道部规定无线列调在不同地区线路上使用不同的频段。

2. 电台干扰

电台干扰是指其它各种无线电台工作时发出的电波对本电台的干扰。电台干扰大致可分相同频率电波和邻近频率电波的两种干扰，叫做同频干扰和邻道干扰。

同频干扰在目前的无线列调通信中较普遍。两部以上的电台使用同一频率，当其中一部电台发射时，在它的作用范围内就会对其它不该接收的电台产生干扰。这种现象，在区间只发生在两相邻车站电台作用范围相重叠的区段，但在枢纽地区或编组站，同频干扰就会在方圆几公里的范围内发生，影响比较严重。

邻道干扰是指两个无线通信系统使用频率相近，当二系统电台距离较近时，一系统的电台发射对另一系统电台的接收机会造成干扰。

要从无线电通信系统的组织和频率选择上来解决同频干扰和邻道干扰。比如在一个地区内不应配备频率相同的或相近的几个无线通信系统、不同系统的电台应尽量分开装设等等。有关电台干扰的内容，本书第二章第一节还将重新讨论。

(二) 接收机内部噪声

接收机内部噪声是由接收机内各元件中带电微粒不规则运动

引起电起伏所产生的，是一种起伏噪声干扰。晶体管的热噪声、散粒噪声和电阻的热噪声是接收机噪声的主要来源，我们打开超短波频段调频电台的“静噪”旋钮，听到的“沙沙”声就是接收机的内部起伏噪声。

目前铁路无线通信所使用的电台因工作在超高频以上的频段，外部天电干扰和工业电气干扰已不显著，有影响的主要是电台的干扰和接收机内部的起伏噪声干扰。调频接收机多采用“静噪”电路的方法来抑制内部噪声。

五、无线电台的分类

无线电台是无线电通信系统的主要设备。无线电台的种类很多，按通信的方向分类，有单向通信（如声音广播和电视广播），和双向通信二类。一个单向通信的电台系统仅能实现单一方向的信息传送，它至少必须由一部发射电台和一部接收电台组成，如图1—3所示。如果一部电台它既能收信，又能发信，即由二部这种电台组成的通信系统能够实现信息的双向传送，则每一部这样的电台必须由一部接收机和一部发射机共同组成，这就是双向通信电台，见图1—4或图1—5。

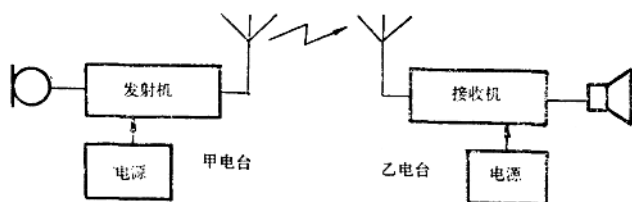


图1—3 单向通信示意图

对于双向通信的电台，按同一时刻电台的工作状态来分，有双向单工电台和双向双工电台两种制式。使用双向单工电台的通信是指通信双方只能交替地进行无线电发射或接收的一种通信方式，就象在我们日常谈话时往往是一个人在讲，另一个人在听，

讲完后另一个人再讲，即在同一时刻上只有发射机或接收机单一的工作状态，状态的转换需

靠人为操作，如图 1—4 所示。由于发射机和接收机共用一付天线和电源，它们工作状态

的转换，图中是靠继电器的两组触点来同步切换的，而目前实际使用中的大量电台已采用电子开关取代此继电器了。单工电台发射机和接收机工作频率可以相同，也可以不同。对于收、发同频的单工电台其优点是可以把多个用户容纳在一个系统中，组网灵活、电台设备简单，利用功率和无线电频率都较经济等，缺点是使用不太方便，不能同时双向传送信息。

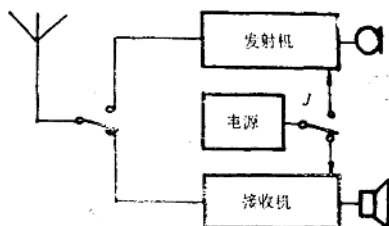


图 1—4 双向单工电台示意图

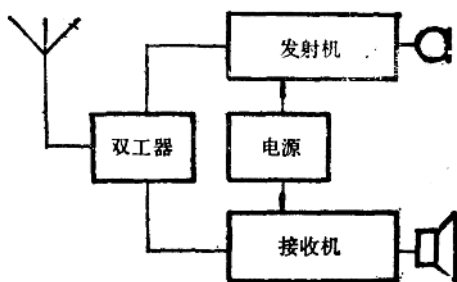


图 1—5 双向双工电台示意图

人在说话的同时，耳朵也在听着，就象我们在打电话（有线）时那样，双方都可以同时说和听，这种在同一时刻具有收、发两种通信方式的工作状态称双工制式。图 1—5 为双向双工电台示意图。双工电台的收、发频率不同，但使用同一付天线，又在同一时刻工作，所以必须设置“双工器”。其优点是使用操作方便，也便于单独呼叫、没有同频电台相互间的干扰，缺点是设

备较复杂，成本高。列入铁道部“七·五”发展规划、即将大量上马的TW-12型列调无线电台就是双工制式的电台。

六、无线电台的构成及各部分的作用

前面介绍了无线电台的简单分类，其实由于无线通信应用很广，种类很多，除了前两种分类以外还可以按电台的调制方式、电台的工作频段、工作场所、用途、通信距离加以分类，这些内容，有关书籍有详尽的介绍。由图1—4可见，一部最简单的双向单工电台，至少必须由天线、发射机、接收机和电源四部分组成，下面我们按此顺序分别将它们的作用作一介绍。

(一) 天 线

天线是用来辐射和接收无线电波的装置，它由金属或其它材料按一定的形状制成。因常离开地面被置于空中而得名，它是无线电发射与接收设备的一扇“大门”。为使无线电波顺利地进出“大门”，天线振子的长度必须和发射或接收的无线电信道频率相适应。天线的种类很多，除按工作波段分类以外，按其方向性还可以分为定向天线、全向天线；按结构与波长的关系可分为 $\lambda/2$ 、 $\lambda/4$ 天线；按外形还可以分为T型、J型、倒L型天线，…凡此种种，图1—6示出了形态各异、多种用途的天线。天线的长度和电波的波长相当时，天线架设高度越高，其辐射和接收电波的能力就越强，定向天线还具有高增益的特性。一般通信电台用天线的阻抗为 50Ω 。

(二) 发射机

发射机是发射无线电信号的设备，其功能是产生高频电磁振荡，并按所需传递的信号（电码、语言、音乐或图象等）调制、经放大后输送到天线上发射出去。对发射机的主要要求是：

- (1) 频率稳定，以避免对邻道的干扰和提高接收效果。
- (2) 信号失真小。
- (3) 体积小，重量轻，耗电少。
- (4) 使用方便和安全。