雷达接收设备

上 册

国防工业出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

雷达接收设备

上　册

《雷达接收设备》编写组　编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书介绍晶体管雷达接收设备。全书分成上、下两册。上册包括一至五章，介绍雷达接收机概论、检波器、中频放大器、噪声与噪声系数、混频器。下册包括六至十一章，介绍高频放大器、增益控制电路、自动频率控制电路、雷达接收机的设计、抗干扰电路、几种体制雷达接收机的特点。

书中对基本概念、常用分析方法、实用工程计算以及调整测试方法等作了较深入的讨论，内容通俗易懂，由浅入深，便于自学。

本书可供高等院校有关专业师生作为参考教材，也可供有关厂、所、部队的工人、技术人员自学参考。

雷达接收设备

上　册

《雷达接收设备》编写组　编

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行　　各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 1/16　印张17 1/4　400千字

1978年3月第一版　1978年3月第一次印刷　印数：00,001—13,000册

统一书号：15034·1628　定价：1.80元

（限国内发行）

前　言

遵照伟大领袖毛主席关于“**教育要革命**”、“**教材要彻底改革**”的指示，1974年我们编写了教材《雷达接收设备》。经过有关高等院校几届工农兵学员的试用，并征求有关院校、厂、所的意见，进行了修改补充，现在国内公开出版，以供有关院校的师生作为参考教材，或供有关厂、所、部队的工人、技术人员作为自学书籍。

本书系介绍晶体管雷达接收设备。全书共十一章，分成上、下两册。上册包括一至五章，介绍雷达接收机概论、检波器、中频放大器、噪声与噪声系数、混频器。下册包括六至十一章，介绍高频放大器、增益控制电路、自动频率控制电路、雷达接收机的设计、抗干扰电路、几种体制雷达接收机的特点。

毛主席教导我们：“**要自学，靠自己学。**”为了便于读者自学，我们力求以辩证唯物论的认识论为指导，在章节的次序和各章内容的编排上都坚持了由浅入深，由特殊到一般的原则。各章都有“内容提要”和“本章小结”，指明了学习的重点和基本要求；各章还编有一些复习思考题，供读者在自学过程中进行复习思考。为了便于读者深入学习，我们还适当地增加了一部分参考内容，在章节的标题上用符号“*”注明，并以小一号字排印。

毛主席教导我们：“**要把精力集中在培养分析问题和解决问题的能力上**”。为了有助于培养读者分析问题和解决问题的能力，我们力求将理论与实践、物理概念与工程计算以及调整测试紧密结合起来，注重加强基本概念、常用分析方法、实用工程计算和调整测试等内容的讲解和练习。

本书在编写和修改的过程中，得到了许多兄弟厂、所、院校等单位的大力支持和热情帮助，在此表示衷心的感谢。由于我们对马克思列宁主义、毛泽东思想学习得不够，业务水平有限，书中肯定会有不少缺点和错误，恳切希望广大读者批评指正。

《雷达接收设备》编写组

1977年6月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

第一章　雷达接收机概论

§1-1　雷达接收机的组成与作用 …… 7
§1-2　雷达接收机的技术指标 …… 9
§1-3　雷达接收机的类别及其特点 …… 12
本章小结 …… 14

第二章　检 波 器

§2-1　检波器的作用和分类 …… 15
§2-2　检波器的工作原理和质量指标 …… 16
一、检波器的工作原理 …… 16
二、检波器的质量指标 …… 18
§2-3　检波器的分析方法 …… 19
一、小信号检波 …… 20
二、大信号检波 …… 22
§2-4　检波器质量指标的分析 …… 24
一、传输系数 …… 24
二、输入阻抗 …… 26
三、波形失真 …… 27
§2-5　高频脉冲检波器的设计 …… 31
一、电路特点 …… 31
二、设计原则 …… 32
三、设计举例 …… 34
§2-6　视频脉冲检波器 …… 36
一、等幅的视频脉冲检波 …… 37
*二、正弦调幅的视频脉冲检波 …… 39
本章小结 …… 41
*附录2-1　检波特性的测试 …… 41
*附录2-2　余弦脉冲各频率分量的计算 …… 43
*附录2-3　推导不产生惰性失真的条件式 …… 44
*附录2-4　等幅视频脉冲检波器
的电压传输系数 …… 45

第三章　中频放大器

§3-1　电路原理和特点 …… 46
§3-2　谐振放大器的一般分析 …… 48
一、并联谐振回路的频率特性 …… 48
二、晶体管的高频特性 …… 51
三、用 y 参数分析谐振放大器 …… 58
四、谐振放大器的稳定性 …… 60
§3-3　中频放大器的技术指标 …… 69
§3-4　单调谐中频放大器 …… 70
一、单级电路的分析 …… 71
二、多级电路的分析 …… 74
三、单调谐中频放大器的设计 …… 77
§3-5　参差调谐中频放大器 …… 85
一、两级参差调谐中放的组级分析 …… 87
二、两级参差调谐中放的多级电路分析 …… 90
三、两级参差调谐中放的设计特点 …… 91
四、多级参差调谐中频放大器 …… 93
§3-6　其它型式的中频放大器电路 …… 94
一、双调谐中频放大器 …… 94
二、有带通滤波器的中放电路 …… 95
三、级联式中放电路 …… 95
四、集成化中放电路 …… 101
§3-7　中频放大器的结构、调试和线路实例 … 105
一、中放的耦合途径和去耦措施 …… 106
二、中放的调整与测试 …… 108
三、中放的线路实例 …… 113
本章小结 …… 118
*附录3-1　y 参数的测量方法 …… 119
*附录3-2　混合 Π 参数与 y 参数的换算 …… 120
*附录3-3　分贝与电压和功率的关系 …… 123
*附录3-4　推算复合管的 y 参数 …… 125
*附录3-5　带通滤波器的设计 …… 126

第四章　噪声与噪声系数

§4-1　接收机中的干扰与噪 声 …… 136
§4-2　电阻热噪 声 …… 137
一、电阻是怎么会产生噪声的？ …… 137
二、起伏噪声的大小怎样计量？ …… 137
三、怎样分析电阻噪声的频谱？ …… 138
四、电阻噪声定律 …… 140
五、电阻噪声的计算 …… 141
§4-3　天线热噪 声 …… 142
一、天线热噪声是怎样产生的？ …… 142
二、天线热噪声的大小和特性 …… 142
§4-4　晶体管的噪 声 …… 143
一、晶体管的主要噪声来源及其表示式 …… 143
二、晶体管的噪声等效电路和噪声频率特性 …… 145

§4-5 噪声通过线性电路 …… 146
一、噪声通过线性电路时功率频谱的变化 …… 146
二、噪声等效通频带 …… 147
*三、噪声通过线性电路的计算举例 …… 149
§4-6 噪声系数与噪声温度 …… 150
一、噪声系数的定义和意义 …… 150
二、噪声系数的计算 …… 152
三、降低噪声系数的一般措施 …… 156
四、额定功率与额定功率增益 …… 160
五、无源四端网络的噪声系数 …… 163
六、噪声比 …… 164
七、噪声温度 …… 165
§4-7 级联电路的噪声系数 …… 166
§4-8 前置中频放大器的噪声 …… 169
§4-9 接收机的灵敏度 …… 172
§4-10 噪声系数的测量 …… 176
一、噪声系数的测量原理 …… 176
二、被测设备输出端功率的测读 …… 177
*三、用正弦波信号发生器测量噪声系数 …… 179
四、用噪声发生器测量噪声系数 …… 180
本章小结 …… 187
*附录4-1 信号与噪声通过检波器 …… 188
*附录4-2 热-冷负载标准噪声源 …… 193

第五章 混 频 器

§5-1 变频器的作用、原理和要求 …… 196
一、变频器的作用 …… 196
二、变频器的工作原理 …… 198
三、对混频器的主要要求 …… 202
§5-2 晶体二极管混频器的分析 …… 203
一、传输特性 …… 203
二、噪声特性 …… 211
三、混频器工作状态的选择 …… 213
§5-3 晶体三极管混频器 …… 215
一、工作原理和电路型式 …… 215
二、混频器的分析 …… 216
三、混频器工作状态的选择 …… 221
四、晶体三极管混频器的线路举例 …… 227
§5-4 微波混频器的结构和混频管 …… 228
一、微波混频晶体二极管 …… 228
二、微波混频器的结构 …… 231
§5-5 厘米波混频器的本机振荡器 …… 235
一、反射速调管本机振荡器 …… 235
*二、体效应二极管本机振荡器 …… 239
§5-6 平衡混频器 …… 246
一、平衡混频器的作用 …… 246
二、平衡混频器的工作原理 …… 247
三、双T桥型平衡混频器 …… 253
四、裂缝桥型平衡混频器 …… 254
五、正交场型平衡混频器 …… 257
六、微带型平衡混频器 …… 260
§5-7 混频器的参数测量 …… 263
一、变频损耗的测量 …… 263
二、噪声系数和噪声比的测量 …… 264
三、输出电阻的测量 …… 266
本章小结 …… 267
*附录5-1 利用镜频反射技术提高混频器的性能 …… 268
*附录5-2 混频（或检波）晶体座的估算 …… 271
*附录5-3 阶跃恢复二极管倍频器 …… 272

第一章　雷达接收机概论

内 容 提 要

本章着重介绍超外差式雷达接收机的组成与作用，以及衡量雷达接收机性能好坏的一些技术指标，另外还简略地介绍雷达接收机的分类及其特点。了解这些内容，有助于对雷达接收机有一个初步的概念，为学习下面各章打下基础，至于深入详细的讨论，将在下面各章中进行。

§1-1　雷达接收机的组成与作用

雷达又称无线电定位，它是利用电磁波受目标反射的现象来确定目标的位置的。图 1-1 所示的是一部警戒雷达的原理方框图● 。雷达发射机通过天线向空间发射出脉

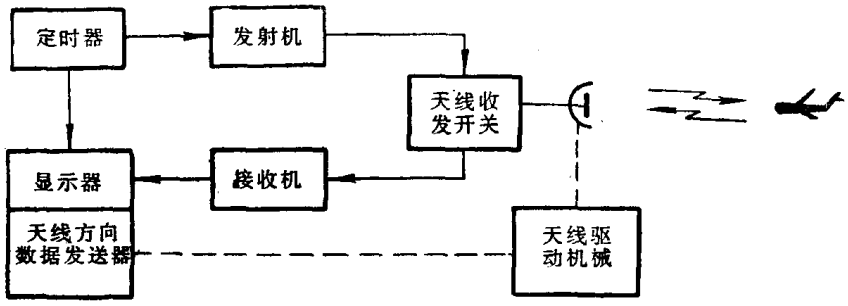


图1-1　警戒雷达的原理方框图

冲调制的超高频电磁波，当遇到目标后，目标会对电磁波产生反射，此反射回来的电磁波称为回波信号，它通过天线并由雷达接收机所接收，在接收机中经过放大，并变换成能在显示器上直接观察的视频信号，最后在显示器上根据回波的位置就可以确定出目标的坐标。

炮瞄雷达则除了观察目标之外，还要求能自动地跟踪目标，因此接收机所收到的目标回波还要送到自动跟踪系统，去控制天线对准所需跟踪的目标。

由上可以看出，雷达接收机是雷达机中不可缺少的一个重要组成部分。其任务是从天线上所收到的许多电磁波中选出所需目标的回波信号，经过加工变换后送给显示器等终端设备。要完成这些任务，就必须在雷达接收机中解决如下的三个问题：

1．选择信号

空间的电磁波是很多的，除了所需的回波信号以外，还会有由其它雷达站或无线电设备等所产生的干扰，因此雷达接收机应能从众多的空间电磁波中选择出所需的目标回波。这个选择信号的作用是由接收机中的谐振回路来完成的，是利用谐振回路的频率谐振特性来进行频率选择的。

● 用了天线收发开关，可使发射、接收信号时公用同一天线。定时器是雷达的指挥中心，用它来指挥发射机开始工作，并同时指挥显示器开始计算回波信号的迟延时间。

2．放大信号

天线上所收到的回波信号是很微弱的，一般仅几微伏，而显示器等终端设备要求输入电压在几伏以上才能正常工作，因此接收机应能对回波信号进行放大，这个放大信号的作用是由接收机中的各种放大器来完成的。

3．解调信号

通常天线上所收到的信号是脉冲调制的超高频信号，而显示器等终端设备要求输入的是此超高频信号的包络，即视频调制脉冲或低频调制信号，因此接收机应有非线性电路来取出这超高频信号的调制包络，信号的这种变换过程与“调制”过程相反，称为“解调”，这个解调信号的作用是由接收机中的检波器来完成的。

雷达接收机通常都是采用超外差式，其一般方框图示于图 1-2，通常它包含有下列部分：高频设备（其中有接收机放电器●、高频放大器、混频器和本机振荡器）、中频放大器、检波器和视频放大器。

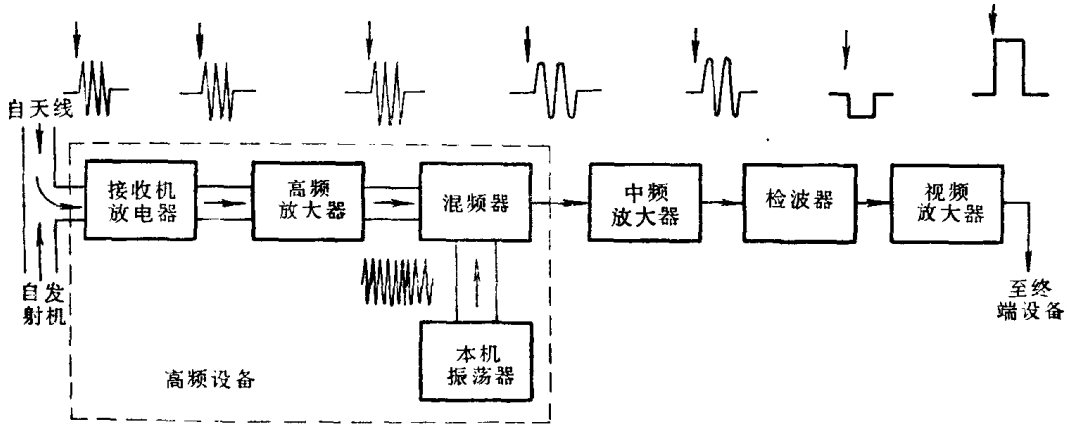


图1-2　雷达接收机的一般方框图

天线上收到的回波信号和干扰，经过接收机放电器送到高频放大器，由于接收机放电器和高频放大器中都含有谐振回路，具有频率选择作用，因此干扰被削弱，而高频回波信号则经过高频放大器放大后送到混频器。混频器是一个非线性电路，在这里，高频脉冲信号与来自本机振荡器的等幅高频信号（连续波）发生混频作用，混频器的输出是这两个高频信号频率之差值的中频信号，而其包络的脉冲调制特性则仍保持不变。混频后的中频脉冲信号送到中频放大器去放大，中频放大器是含有谐振回路的多级放大器，因此在放大中频信号的同时，还具有很好的频率选择作用。中频放大器输出的中频脉冲信号被送到检波器，检波器也是一个非线性电路，它具有“解调”作用，能将脉冲包络调制信号（视频脉冲信号）从载波上取下来。这视频脉冲信号再经过视频放大器放大后，送到显示器等终端设备去。

图 1-2 只是超外差式雷达接收机的基本组成，为了保证接收机的正常工作，使它具有完善的性能，通常还需有其它一些辅助电路，例如：手动增益控制电路（MGC）、自动增

● 接收机放电器是天线收发开关的一个部分，其作用是：当发射机发射信号时，保护接收机，不让强大的发射功率进入接收机；当接收信号时，回波信号能顺利地进入接收机。

益控制电路（AGC）、自动频率控制电路（AFC），以及各种抗干扰电路等。图 1-3 是一个比较详细的超外差式雷达接收机的方框图。

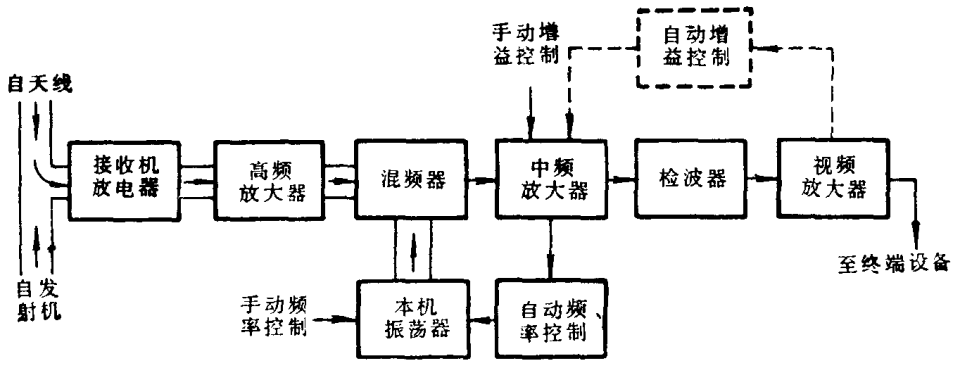


图1-3　雷达接收机的详细方框图

§1-2　雷达接收机的技术指标

一部雷达接收机的性能好坏怎样衡量呢？是用一些质量指标来衡量的。根据接收机在雷达整机中的作用，对雷达接收机提出的主要技术指标如下：

1．灵敏度

灵敏度表示接收机接收微弱信号的能力。能接收的信号越微弱，则接收机的灵敏度越高。接收机的灵敏度越高，雷达的作用距离就越远。

雷达接收机的灵敏度通常是用最小可辨信号功率（P_{Smin}）来表示的。也就是说，当天线输入到接收机的信号功率达到 P_{Smin}，接收机就能正常接收而辨别出这一信号。如果信号功率低于此值时，这信号就不能被辨别出来。

为什么当信号功率小时就无法被辨别出来呢？这是因为接收机在接收回波信号的同时，不可避免地会受到外部噪声与接收机内部噪声的干扰。当输入信号电平较大于干扰电平时，加大接收机的放大量就能使接收机的灵敏度提高；但当输入信号电平与干扰电平相近时，尽量加大接收机的放大量并不能无限制地提高接收机的灵敏度，这是因为噪声会与信号同样地被放大，使信号仍然淹没在噪声中而无法被辨别出来，如图 1-4 所示。因此，接收机灵敏度的极限值是受噪声电平所限制的。要提高接收机的灵敏度，就必须尽力减小噪声电平，同时还要有足够的放大量。雷达工作于超高频波段，外部干扰影响较小，因此尽量减小接收机的内部噪声是提高雷达接收机灵敏度的关键。当雷达接收机中采用了低噪声高频放大器（例如低噪声行波管放大器、参量放大器等）后，接收机的灵敏度可以明显地得到提高。

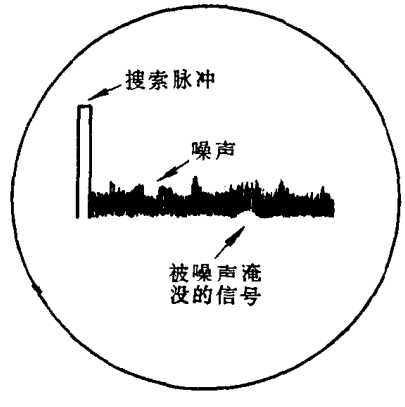


图1-4　显示器上所见的信号与噪声

目前，超外差式雷达接收机的灵敏度一般是10^{-12}～10^{-14}W，保证得到这灵敏度所需要的接收机放大量一般是 10^6～10^8（120～160dB），这么大的放大量主要是用中频放大器来得到的。

2. 选择性

选择性表示接收机选择所需信号而抑制邻频干扰的能力。如果接收机的高、中频部分的通频带 B_{RI} 越窄或谐振曲线趋近于矩形，则在接收所需信号的同时所收到的邻频干扰就越小，也即选择性越好。如图 1-5 所示。当同一区域的雷达数目较多，且频率比较接近时（例如在舰船、基地、靶场等地），对选择性这一技术指标就应予以重视。

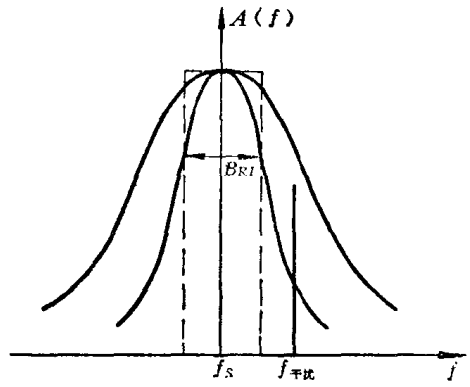


图1-5 选择性与通频带的关系

3. 波形失真

波形失真表示接收机的输出信号波形对其输入的高频信号包络波形的失真程度。

雷达接收机的高频脉冲波形及其能量频谱示于图 1-6(a)，视频脉冲波形及其能量频谱示于图 1-6(b)。

由频谱分析可知：一个矩形脉冲调制的高频脉冲，其能量频谱是分布在频率从 0 到∞的区间，但其绝大部分（将近 90%）是集中在载频 f_0 附近、宽度为 $2/\tau$ 的频域内。同理，一个矩形视频脉冲的能量频谱也是分布在频率从 0 到∞的区间，但其绝大部分(将近90%)是集中在零频附近、宽度为 $1/\tau$ 的频域内。

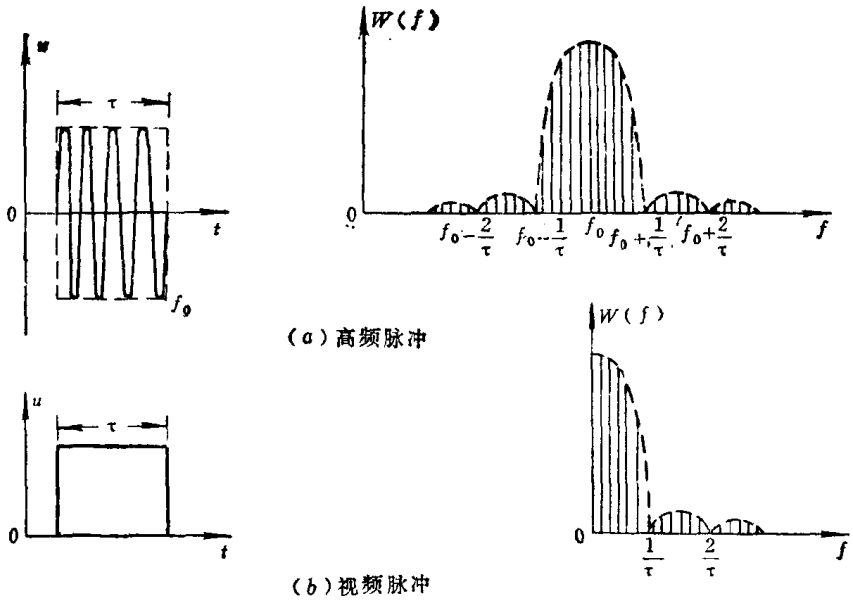


图1-6 脉冲波形及其频谱

如果雷达接收机的通频带无限宽，能使所有的能量频谱分量都能通过，那么就不会产生波形失真。但实际上，接收机的通频带是不能无限宽的。因此就会使一部分边频能量不能通过，接收机的输出波形就会产生失真，如图 1-7 所示。

波形失真的表现及其危害如下：

（1）脉冲前沿不再陡直，上升时间 t_r 增大。这样就不能精确地测定出回波脉冲与搜索脉冲之间的时间差值，使测距精度降低。

（2）脉冲后沿不再陡直，下降时间 t_f 增大。这样就会使雷达对相距很近的两个目标

需要全本请访问 www.ertongbook.com

的距离鉴别率降低。

（3）脉冲顶部发生顶部降落 Δ，并出现正向肩峰；脉冲尾部也出现反向肩峰。这样就可能会使接收机发生过载，因而会丢失目标。

当脉冲宽度 τ 一定时，要波形失真小，接收机的通频带就要宽。但是通频带太宽时会使得通过的噪声增加，从而使接收机的灵敏度降低，因此应该根据雷达的不同用途来确定接收机的通频带。

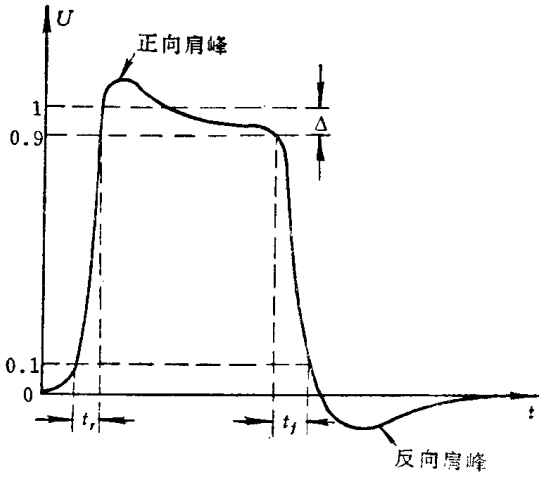


图1-7　接收机输出波形的失真

4．工作稳定性

接收机要能可靠地正常工作，就必须具有良好的工作稳定性，这就是要：

（1）接收机不应自激。中频放大器的增益很高，最容易发生自激而破坏接收机的正常工作，因此尤需加以注意；

（2）在使用过程中，接收机的参数（例如增益、通频带等）会因电源电压和环境温度的变化而变化，但不应变到允许范围之外；

（3）当发射机频率有漂移时，接收机应仍能正常工作。为此，在接收机中通常要有自动频率控制电路。

5．抗干扰性

抗干扰性表示接收机抗干扰的能力。这些干扰可能来自：目标附近物体的反射回波；其它雷达的搜索脉冲和反射信号；敌人干扰机施发的干扰。在我们对帝、修、反的战斗中，雷达的干扰与抗干扰斗争是十分激烈的。如果抗干扰能力低，则雷达接收机的正常工作会遭到破坏，甚至会使雷达机完全失去作用。因此要求雷达接收机的抗干扰性要好，这就需要在雷达接收机中增加各种抗干扰的电路。

6．动态范围

接收机正常工作时，如果输入信号增大，其输出信号也会随之增大。但当接收机的输入信号大到某一电平时，其输出信号就会不再随之增大，反而会随之减小，接收机会暂时停止工作，这是由于强信号使放大器工作于饱和状态，失去了放大作用，这种现象称为“过载”。当接收机刚发生过载时，其输入信号电平与最小可辨信号电平的比值称为接收机的“动态范围”。

由于雷达目标有大、有小，有远、有近，因此回波信号强度的变化范围是很大的，接收机应该保证对强、弱信号都能正常地接收，也就是说，接收机的动态范围要大。为要得到大的动态范围，需要在雷达接收机中采用一些抗过载的措施和电路，例如采用对数放大器的抗过载电路。

7．恢复时间

当接收机发生过载以后，即使其输入信号电平恢复到正常数值，接收机也不会立即恢复正常工作，而是需要经过一段时间之后才能恢复到正常工作，这段时间称为接收机的“恢复时间”。要接收紧随在强信号之后的微弱信号，就要求接收机的恢复时间很短。

当发射机发射信号时，漏入到接收机中的能量也会使接收机暂时停止工作，为了能接收近距离的目标回波，也要求恢复时间短，使搜索脉冲过后接收机就能很快地恢复到正常工作。

除了上述主要技术指标以外，对雷达接收机还有其它的一些要求，例如：体积小，重量轻，造价和用电经济，结构坚固可靠，使用和维修简便，能适应各种气候环境等等。这些要求也是很重要的，在某种条件下甚至会是更重要的，例如：船舰上的雷达接收机要求防潮，防震，防盐雾；飞机上的雷达接收机要求防震，对体积、重量方面的要求极为严格。

§1-3 雷达接收机的类别及其特点

雷达接收机可按电路型式、波长、信号调制方式和用途等来分类，下面简略地介绍一下各类雷达接收机的特点。

1. 按电路型式分

（1）检波视放式接收机：在这种接收机中，没有高频放大和中频放大，而是用晶体检波器直接对高频信号进行检波，再经过视频放大后输出。由于接收机中没有高频放大，并且谐振回路很少，所以接收机的灵敏度很低，选择性也很差，但其优点是线路简单，宜于宽频带工作。它适用作雷达侦察接收机和导弹的引导接收机。

（2）超外差式接收机：它是由检波视放式经过高频放大式逐渐发展改进而成的。在高频放大式中，由于有高频放大，放大量可以增大，谐振回路增多，因此其灵敏度和选择性都高于检波视放式，但在高频进行放大时容易发生自激振荡，不能得到很大的放大量，因而其灵敏度和选择性都还不高，而且高频放大器级数增多后会使调谐结构复杂化。超外差式接收机的特点是把高频信号经过变频，变为中频信号来进行放大。在中频进行放大时，可以得到很大的放大量，接收机的灵敏度就可以做得很高。这时中频频率可以相对固定，因此可以采用固定调谐的中频放大器，电路的结构和调谐可以大大简化。另外中频频率低，通频带可以做得窄，能够得到很好的选择性。由于有上述优点，所以一般雷达接收机和通讯接收机等都普遍采用超外差式。但是，**事物都是一分为二的**。超外差式接收机也有缺点，这就是：电路结构稍微复杂，而且容易受到中频（f_I）的干扰和镜像频率（$f'_S=f_L+f_I$）的干扰。如图 1-8 中所示。

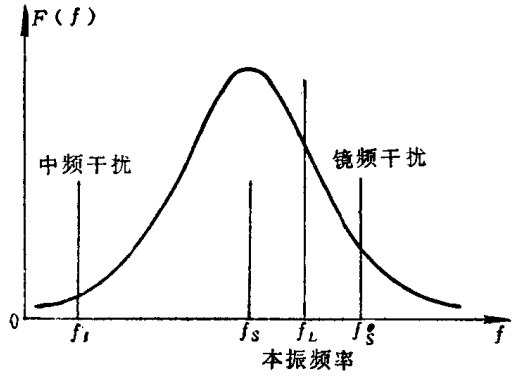


图1-8 超外差式接收机中的特殊干扰

（3）超再生式接收机●

这种接收机的灵敏度和选择性高于检波视放式，低于超外差式。它的优点是：线路简单，重量轻，体积小。一般用在便移式的雷达指向标和飞机上的敌我识别雷达中。

2. 按波长分

（1）米波接收机：波长大于 1 m（频率低于 300MHz）。特点是高频设备中采用超高

● 可参阅程西津编《无线电接收设备》上册，187～194页，北京科学教育出版社，1961年 8 月。

频三极管（晶体管或普通电子管），采用集总参数的谐振电路，馈线则一般采用双导线或同轴线。

（2）分米波接收机：波长在1 m至10 cm之间（频率在300～3000MHz之间）。高频设备中采用微波晶体三极管或特殊的超高频电子管（如橡实管、塔形管），采用分布参数的谐振电路，馈线则一般采用同轴线。

（3）厘米波接收机：波长在10 cm至1 cm之间（频率在3000～30000MHz之间）。通常采用行波管放大器或参量放大器等低噪声器件作为高频放大器，谐振电路一般是用空腔谐振器，馈线则一般采用波导。

（4）毫米波接收机：波长小于1 cm（频率高于30000MHz）。毫米波接收机的结构特点与厘米波接收机相似。

3．按信号调制方式分

（1）脉冲雷达接收机：接收的信号是脉冲调制的高频信号。是最常用的调制方式。

（2）连续波雷达接收机：接收的信号是等幅的高频信号（或者是极宽的脉冲调制信号），这种接收机的特点是其通频带很窄和灵敏度很高。通常用于超远程雷达中。

（3）调频雷达接收机：接收的信号是调频的高频信号。这种接收机的特点是其解调器不是常用的振幅检波，而是频率检波。通常用于雷达测高机和动目标选择雷达中。

近年来，雷达工作体制方面的研究有了很大发展，研制出许多新体制的雷达。因此，除了上述的信号调制方式外，还可按照雷达工作体制分类，可分为：圆锥扫描雷达接收机；单脉冲雷达接收机；脉冲压缩雷达接收机；相控阵雷达接收机等等。关于这些雷达接收机的特点将在第十一章以及其它书中介绍。

4．按用途分

雷达广泛应用于各军、兵种和国民经济的各个部门，按其用途通常分为：警戒雷达、炮瞄雷达、目标指示雷达、制导雷达以及导航雷达、气象雷达、天文雷达等等。但按其用途的特点可以归纳为两类：警戒雷达；跟踪雷达。这两类雷达的接收机各有其不同的特点。

警戒雷达的主要要求是：要能远距离发现目标，而对测距精度和鉴别率的要求居于次要地位。因此对这类雷达接收机，主要要求是接收机的灵敏度要很高，而对波形失真的要求居于次要地位。

跟踪雷达的主要要求是：要能可靠地跟踪一个目标，并能精确地测出目标的距离和方位，而对雷达作用距离的要求居于次要地位。因此，对这类雷达接收机，主要要求是接收机的波形失真要很小，而对灵敏度的要求居于次要地位。

最常见的雷达接收机是脉冲调制的、超外差式的（米波或厘米波的，警戒雷达或跟踪雷达的）接收机。这类雷达接收机的工作原理、设计制造和调整测试是本书要着重研究的内容。

复习思考题

〔1-1〕 试画出图1-2中各级的频谱图。

〔1-2〕 在超外差式接收机中的混频器有何作用？

〔1-3〕 是否接收机的放大量越大，接收机的灵敏度就越高？

本章小结

1．雷达接收机的基本任务和作用是：用谐振回路选择出所需信号，用高频放大器、中频放大器和视频放大器来放大信号，用检波器来解调超高频信号。

2．衡量雷达接收机的性能时所用的主要技术参数是：灵敏度、选择性、波形失真、工作稳定性、抗干扰性、动态范围与恢复时间。这些质量指标之间有着一定的联系，要根据雷达的不同用途来具体地评价它的优劣。

3．雷达接收机可以按照电路型式、波长、信号调制方式和用途等来分类，各类接收机有其不同的特点。雷达接收机通常都是采用超外差式，它的特点是把高频信号经过变频，变为中频信号来进行放大。主要优点是灵敏度高，选择性好，缺点是结构稍微复杂，且有特殊干扰。

第二章 检 波 器

内 容 提 要

本章前三节介绍检波器的作用、原理和分析方法，分析小信号检波和大信号检波这两种典型工作状态，并且分析检波器的质量指标（电压传输系数、输入阻抗和波形失真）与电路元件、参数的关系。

最后两节重点介绍雷达接收机中常用的两种振幅检波器——高频脉冲检波与视频脉冲检波，介绍这些检波器的电路特点和设计原则。

通过本章的学习，应该深入了解检波器的工作原理，熟悉分析非线性电路的一般方法，掌握高频脉冲检波器的设计原则和方法，了解视频脉冲检波器的设计原则。

§2-1 检波器的作用和分类

我们知道，为了有效地用无线电传送信号，是不能把音频或视频信号直接发射和接收的。只有当信号的波长与天线的长度能够比拟时，才能获得有效的辐射。因此，发射信号时，必须用这信号去调制高频振荡，使高频振荡的某个参量（如：振幅、频率、相位）随着信号的强弱规律而变化，这个过程称为“调制”。这样，在接收信号时，就必须把接收到的已调高频振荡还原成音频或视频信号，这个过程与“调制”的过程相反，称为“解调”。完成解调过程的设备叫做“检波器”。

一般的无线电接收机中都有检波器。在收音机中更是少不了检波器，如果不把已调的高频振荡还原成音频，电声设备（耳机或扬声器）动作不了，我们就无法收听。最简单的矿石收音机，其电路实际上就只有一个检波器。

雷达接收机也是一样，它要把信号送到显示器去显示或送到计算机去处理，都要求把高频脉冲还原成视频脉冲。

检波器不只是用在接收机中，其它电子设备中也广泛地用到它。例如常见的高频晶体管（或真空管）电压表，它就是先用检波器把等幅的交流电压变换成直流电压，然后经过放大，再用直流电表指示出来。在许多微波测量中也是利用同样的原理来测读数据。此外，在自动控制设备中有时要把交流误差信号变换成直流误差信号，这个任务也是由检波器来完成的。总之，凡是要从已调的高频振荡中取出原来的调制信号，或者要把高频振荡变换成直流电压时都要用到检波器。

检波器的作用可用图 2-1 表示，图中显示了检波器的波形及其频谱。由图可以看出，把已调的高频振荡变换成低频信号时，其频谱也要发生变换，信号的“调制”和“解调”也正是利用了这种频谱变换过程。为了完成解调时频谱变换的任务，首先在检波器中必须要有一个非线性元件，来产生输入端所没有的频率分量（音频或视频）；其次，在检波器中还需有一个滤波器，来取出我们所需要的频率分量（直流或低频），并滤除不需要的频

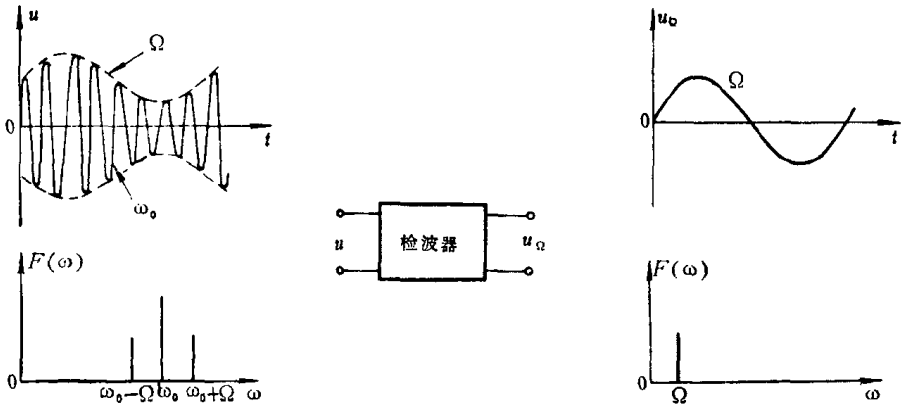


图2-1　检波器的输入、输出波形及其频谱

率分量（高频）。

元件参量随外加电压或电流而变化的元件，叫做“非线性元件”，晶体管或电子管都可用作非线性元件●。通常在检波器中所用的非线性元件是晶体二极管（或真空二极管），有时也用晶体三极管（或真空三极管、多极管）。二极管检波的线路简单，应用广泛，因此本章只着重研究晶体二极管检波器。

检波器可以根据其输入信号的不同来进行分类，通常分类如下：

按调制方式分：振幅检波（通常简称“检波”）、频率检波（鉴频器）、相位检波（鉴相器）；

按调制信号分：矩形脉冲检波（简称“脉冲检波”）、连续波检波（常用的是正弦波检波）；

按信号大小分：大信号（伏特级）检波、小信号（毫伏级）检波。

振幅检波、频率检波、相位检波是与信号的调幅、调频、调相对应的解调过程。其中振幅检波用得最多，而频率检波和相位检波都是在振幅检波的基础上发展起来的。本章只讨论振幅检波，而频率检波放在第八章自动频率控制电路中介绍，相位检波放在第十一章的单脉冲雷达接收机中介绍。

本章着重介绍的检波器类型是雷达接收机中常用的——大信号、矩形高频脉冲的振幅检波。

在雷达接收机中，除了上述的高频脉冲检波外，还会遇到视频脉冲检波（例如在自动增益控制电路、自动频率控制电路，以及其它测量仪器中）。视频脉冲检波与高频脉冲检波有些区别，但它们的原理相似，所以也放在本章中讨论。

§2-2　检波器的工作原理和质量指标

检波器的种类很多，但它们的工作原理基本相同，线路也很相似，搞通了一种就不难举一反三，下面我们就以常用的晶体二极管检波器为例，来介绍检波器的工作原理。

一、检波器的工作原理

晶体二极管检波的原理电路图如图2-2（a）所示。图中显示了作为检波器必须具有的

● 晶体管和电子管随其运用时工作状态的不同，可以用作非线性元件，也可用作线性元件。例如，晶体三极管的电压、电流特性在大范围内不是直线，其参量是随电压或电流而变的，因此它是一个非线性元件。但在电压、电流的小范围内则近似是直线，其参量是不随外加电压或电流而变的一个常数，这时它就是一个线性元件，可以用作各类线性放大电路的放大元件。

需要全本请访问 www.ertongbook.com