



高等学校电子与通信类专业“十二五”规划教材

无线电监测 与测向定位

主编 张洪顺 王磊



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校电子与通信类专业“十二五”规划教材

无线电监测与测向定位

主编 张洪顺 王磊

参编 敖伟 杨洁 申涛 柏熙 陈金召

周晓娜 田田 陈磊 金俊丽



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书全面、系统地阐述了无线电监测、无线电测向以及卫星定位与卫星干扰源定位的基本原理、基本概念、基本技术和基本分析方法,力求充分反映当代无线电监测、无线电测向和卫星定位的新技术。

全书共 10 章,分为三个部分。其中,上篇为无线电监测部分(第 1~4 章),主要介绍了无线电监测接收体制、无线电监测信号的特征分析、无线电监测信号的处理与识别,并适度介绍了最新的数字化监测接收机发展情况和超宽带信号分析方法;中篇为无线电测向部分(第 5~8 章),主要围绕测向原理进行展开,涵盖了测向天线、测向原理和交会定位等内容;下篇为卫星信号定位及卫星干扰源定位部分(第 9、10 章),主要阐述了卫星定位原理及卫星干扰源定位技术。

本书可作为高等学校无线电频谱管理、无线电通信工程、电子工程、电子对抗等专业的教材,也可作为从事无线电频谱管理、无线电监测、无线电测向以及卫星定位等方面工作的科技和工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

无线电监测与测向定位/张洪顺,王磊主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2011.11

高等学校电子与通信类专业“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2654 - 3

I. ① 无… II. ① 张… ② 王… III. ① 无线电信号—监测—高等学校—教材 ② 无线电信号—测向—高等学校—教材 ③ 无线电信号—卫星—电子干扰—定位—高等学校—教材

IV. ① TN014

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 159229 号

策 划 张晓燕

责任编辑 雷鸿俊 张晓燕

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 19.5

字 数 459 千字

印 数 1~3000 册

定 价 33.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2654 - 3/TN · 0621

XDUP 2946001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

在人类社会进入信息时代的今天,信息技术的迅猛发展以及电子技术在各领域中的广泛应用,使得电磁频谱的地位、作用越来越突出,电磁环境日益复杂。与此同时,随着频谱需求的增加,频谱资源的匮乏问题也越来越严重。如何科学有效地管理好有限的频率资源和空中电磁波的工作秩序,如何科学合理地开发、利用有限的频率资源,以满足各行各业对无线电频率日益增长的需求,已成为当前乃至未来频谱管理中一件有深远影响的大事。因此,深入探讨、研究无线电频谱管理技术和监测监督空中电磁波技术,已成为当前无线电频谱管理工作的一项主要工作。为此我们编写了本书,其中主要研讨监测、监督空中无线电电磁波(包括卫星信号)以及确定无线电辐射源位置,旨在普及监测测向知识,提高国家和军队电磁频谱管理和监测水平。

本书分为三个独立的部分。上篇(第1~4章)为无线电监测部分,内容包括:无线电监测的基本概念、各种监测接收体制、各种无线电监测信号的特征分析以及各种无线电监测信号的处理与识别。中篇(第5~8章)为无线电测向部分,内容包括:无线电测向与定位的基本概念、各种测向天线、各种测向方法的基本原理以及定位与定位误差分析。下篇(第9、10章)为卫星信号定位及卫星干扰源定位部分,内容包括:卫星定位的基本概念、卫星定位的基本原理以及卫星干扰源定位原理。本书的理论性较强,可作为高等院校无线电频谱管理、无线电通信工程、电子工程、电子对抗等专业的教材,也可作为从事无线电频谱管理工作的科技人员和工程技术人员的参考书,对从事无线电监测和测向定位研究工作的人员也有一定的指导作用。在实施教学时,书中带“*”号的内容为选讲内容,可根据具体教学时数及教学对象灵活安排。

本书由张洪顺、王磊主编,敖伟、杨洁、申涛、柏熙、陈金召、周晓娜、田田、陈磊、金俊丽等参与了编写工作。教材的编写受到了重庆市科委项目(CSTC,2007BB6106;CSTC,2010CE0109)的资助。

由于编者的水平和经验有限,本书在内容的选取和阐述上可能还有一定的不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011年7月

目 录

上篇 无线电监测

第 1 章 无线电监测概述	2
1.1 无线电监测的基本概念	2
1.1.1 无线电监测的含义和任务	2
1.1.2 无线电监测的目标	2
1.1.3 无线电监测的功能和分类	3
1.1.4 无线电监测的基本流程	4
1.2 无线电监测设备	5
1.2.1 监测接收设备的基本组成	5
1.2.2 监测接收设备的主要技术指标	6
1.3 监测接收机中的内部噪声与噪声系数	8
1.3.1 监测接收机的内部噪声	9
1.3.2 监测接收机的噪声系数	10
思考题与习题	13
第 2 章 无线电监测接收体制	15
2.1 全景显示搜索接收方式	15
2.1.1 全景显示搜索接收机的工作原理	16
2.1.2 全景显示搜索接收机的主要技术指标	19
2.1.3 扫频速度与频率分辨率	21
2.2 监测监听分析接收方式	23
2.2.1 监测监听分析接收机的基本组成	24
2.2.2 监测监听分析接收机的主要功能	26
2.3 压缩接收方式	27
2.3.1 压缩接收机的基本工作原理	27
2.3.2 声表面波色散延迟线	30
2.3.3 压缩接收机的主要特点	34
2.4 信道化接收方式	36
2.4.1 信道化接收机的基本工作原理	36
2.4.2 信道化接收机的分类	37
2.5 声光接收方式	42
2.5.1 声光接收机的基本工作原理	42
2.5.2 声光接收机的特点	48
2.6 数字接收方式	48
2.6.1 数字接收机的基本组成方案	49

2.6.2 数字接收机方案举例	52
思考题与习题	55
第3章 无线电监测信号的特征分析	58
3.1 概述	58
3.1.1 无线电信号特征的分类	58
3.1.2 技术特征	58
3.2 模拟无线电信号特征分析	62
3.2.1 AM 信号特征	62
3.2.2 DSB 信号特征	64
3.2.3 SSB 信号特征	66
3.2.4 FM 信号特征	70
3.3 数字信号特征分析	74
3.3.1 2ASK 信号特征	74
3.3.2 2FSK 信号特征	77
3.3.3 2PSK 信号特征	80
3.3.4 4PSK 信号特征	83
3.4 多路复用和特殊无线电信号特征分析	84
3.4.1 多路复用和多路并发信号的特征	85
3.4.2 直接序列扩频(DS)信号的特征	89
3.4.3 跳频(FH)信号的特征	93
思考题与习题	95
第4章 无线电监测信号的处理与识别	98
4.1 监测信号的处理	98
4.2 无线电监测信号的显示	100
4.2.1 信号的模拟显示	101
4.2.2 信号的数字化显示	103
4.3 无线电信号的技术参数测量	105
4.3.1 信号频率的测量	105
4.3.2 信号频谱宽度的测量	109
4.3.3 信号电平测量	110
4.3.4 数字信号码元速率的测量	111
4.3.5 FSK 信号频移间隔的测量	112
4.3.6 AM 信号调幅度的测量	114
4.4 无线电信号的分析识别	115
4.4.1 识别的内容及方法	115
4.4.2 无线电信号调制样式的自动识别	116
4.5 超宽带信号分析	119
4.5.1 超宽带信号的分类及频谱特性	119
4.5.2 超宽带信号分析方法	122
思考题与习题	125

中篇 无线电测向

第 5 章 无线电测向概述	128
5.1 无线电测向的基本概念	128
5.1.1 无线电测向的含义	128
5.1.2 测向设备的组成与分类	129
5.1.3 无线电测向的主要用途	132
5.2 测向设备的主要性能指标	133
思考题与习题	136
第 6 章 测向天线	137
6.1 环天线	137
6.1.1 单环天线的方向特性	138
6.1.2 单环天线的有效高度	140
6.1.3 环天线的三大效应	142
6.1.4 间隔双环天线	152
6.1.5 屏蔽环天线	155
6.1.6 复合环天线	156
6.2 艾德考克天线	158
6.2.1 U 型艾德考克天线	158
6.2.2 H 型艾德考克天线	160
6.3 角度计天线	162
6.3.1 角度计天线的基本工作原理	162
6.3.2 间距误差	164
6.3.3 正交八元角度计天线	165
6.3.4 Roche 天线	169
6.4 锐方向天线	171
6.4.1 均匀直线阵	172
6.4.2 均匀直线阵等分为两组后的和/差方向特性	176
6.4.3 乌兰韦伯尔天线	178
思考题与习题	181
第 7 章 测向原理	183
7.1 测向原理概述	183
7.1.1 振幅法测向	183
7.1.2 相位法测向	185
7.1.3 人工、半自动和全自动测向	185
7.1.4 宽孔径与窄孔径测向	186
7.2 最小信号法测向	187
7.2.1 听觉小音点测向	188
7.2.2 自动小音点测向	191

7.3 最大信号法测向	193
7.3.1 听觉测向原理	194
7.3.2 视觉测向原理	194
7.4 振幅比较法测向	195
7.4.1 双信道比幅法测向	195
7.4.2 单信道比幅法测向	200
7.5 相位法测向	206
7.5.1 相位法测向的基本原理	206
7.5.2 各类相位干涉仪测向设备原理	209
7.5.3 多普勒法测向	215
7.5.4 时差法测向	218
* 7.6 空间谱估计测向	220
7.6.1 空间谱估计的系统组成	220
7.6.2 天线阵列模型	221
7.6.3 信号源个数估计的盖氏半径算法	222
7.6.4 DOA 估计的 MUSIC 算法	223
7.6.5 基于信号循环平稳特性的 DOA 估计	223
7.6.6 SC-SSF 算法仿真分析	224
思考题与习题	227
第 8 章 交会定位及定位误差分析	229
8.1 交会定位的主要方法	229
8.1.1 双站交会定位	229
8.1.2 三站交会定位	230
8.1.3 多站交会定位	231
8.1.4 单站定位	233
8.2 交会定位误差分析	235
8.2.1 双站交会定位误差分析	235
8.2.2 三站交会定位误差分析	238
8.2.3 多站交会定位误差分析	239
8.2.4 单站定位误差分析	242
思考题与习题	243

下篇 卫星信号定位及卫星干扰源定位

第 9 章 卫星定位原理	246
9.1 卫星定位技术的发展	246
9.2 典型卫星定位系统的组成	248
9.2.1 GPS 工作卫星及其星座	249
9.2.2 地面监控系统	250
9.2.3 GPS 信号接收机	251
9.3 卫星定位的基本原理	251

9.4 伪距测量定位	253
9.4.1 伪距测量	253
9.4.2 伪距定位观测方程	254
9.5 载波相位测量定位	255
9.5.1 载波相位测量原理	255
9.5.2 载波相位测量的观测方程	256
9.6 绝对定位与相对定位	257
9.6.1 静态绝对定位	257
9.6.2 静态相对定位	259
9.7 差分定位原理	263
9.7.1 单站差分	264
9.7.2 局部区域差分	266
9.7.3 广域差分	266
9.8 卫星定位中的误差及改正	266
9.8.1 电离层折射	267
9.8.2 对流层折射	268
9.8.3 多路径误差	268
9.8.4 卫星星历误差	269
9.8.5 卫星钟的钟误差	269
9.8.6 相对论效应	270
9.8.7 接收机钟误差	271
思考题与习题	271
第 10 章 卫星干扰源定位技术	272
10.1 卫星干扰源信号定位体制及主要技术	272
10.1.1 卫星干扰源信号定位体制划分	272
10.1.2 单星、多星定位测量技术	273
10.2 双星定位原理	273
10.2.1 双星定位的基本原理	273
10.2.2 实现双星定位的基本条件	276
10.3 双星定位算法	277
10.3.1 双星定位基本算法	277
10.3.2 TDOA 和 FDOA 联合算法及估计	281
10.4 双星定位误差分析与校正技术	282
10.4.1 双星定位的主要误差因素	282
10.4.2 定位误差校正技术	284
10.5 非双星体制干扰源定位技术	285
10.5.1 单星定位测量技术	285
10.5.2 多星定位测量技术	288
10.6 多站无线电测距定轨原理	289
10.6.1 多站无源定轨	289
10.6.2 站间同步	290
10.6.3 多站有源测轨	291

10.7 卫星信号监测与干扰定位系统 291

10.7.1 双星定位系统国内外发展情况 291

10.7.2 美国的 TLS Model 2000 系统 293

10.7.3 法国的 THALES 系统 294

10.7.4 中国的 STD 系统 295

思考题与习题 301

参考文献 302

上 篇

无线电监测

第 1 章 无线电监测概述

无线电监测是实施无线电频谱管理的重要手段和依据。利用无线电监测可以获得大量无线电管理地域内所属无线电设备的工作状态以及无线电频谱信息和特征技术参数。它不仅能够为无线电频谱管理提供所需要的参数,而且可以为军队制定无线电频谱管理和通信保障计划提供技术支撑。因此,无线电监测在电磁频谱管理中占有极其重要的地位。本章讨论的主要内容有:无线电监测的基本概念、无线电监测设备的组成与主要技术性能以及监测接收机中的噪声。

1.1 无线电监测的基本概念

1.1.1 无线电监测的含义和任务

无线电监测是指探测、搜索、截获无线电管理地域内的无线电信号,并对该无线电信号进行分析、识别、监视以及获取其技术参数、工作特征和辐射源位置等技术信息的活动。它是有效实施电磁频谱管理的重要手段,也是电磁频谱管理的重要分支。

无线电监测的主要任务是:

(1) 对无线电管理地域内的无线电信号特征参数、工作特征进行监视,包括监视敌方无线电信号的工作频率、通信体制、调制方式、信号技术参数、工作特征(如联络时间、联络代号)等内容。

(2) 测向定位,即测定无线电管理地域内无线电信号的来波方位并确定被测无线电辐射源的地理位置。

(3) 分析判断。通过对被测无线电信号特征参数、工作特征和辐射源位置参数的分析,查明被测无线电通信网的组成、指挥关系和通联(通信联络)规律,查明被测无线电通信设备的类型、数量、部署和变化情况,从而进一步判断无线电干扰设备所在位置。

1.1.2 无线电监测的目标

1. 监测(各发射台站)遵守国家现行的法规情况

在这方面,无线电监测主要识别那些不符合要求的发射信号,包括未经核准的发射信号和某些有技术缺陷的发射信号。进行这项工作的主要原因有:

(1) 一个未经核准的或有缺陷的发射会引起干扰,使其他用户的业务受到影响。

(2) 未核准的发射对行政管理来说会造成执照收入的损失,同时又会阻碍其他用户申请执照。

(3) 频率规划只能在稳定协调的环境下进行。

2. 检验技术和操作参数(无线电技术参数的检验)

利用监测可获得无线电系统的技术参数和操作特性的详细资料, 其中最重要的一个参数就是无线电发射机的发射频谱。同时, 能测得信号带宽、调制方式、频偏、频移等中频参数。

3. 干扰的确定和未核准发射机的识别

· 通过频谱监测或监听测量, 可以检测引起干扰的未核准发射机, 也可以查明引起干扰的原因, 如互调产物或杂散发射等。

利用无线电测向, 移动监测车跟踪测量和监听, 有助于对非法发射机的鉴别和定位。

4. 有助于频谱资源管理方针政策的贯彻执行

如果适时地将频谱使用情况和需求变化趋势通知频谱规划者, 正常的频谱管理就能满意进行。通过长期频谱监测并把监测的数据进行记录, 然后进行统计分析、评估, 可有效地利用频谱资源。

5. 获取频谱利用(占用度)数据

频谱利用数据可以识别一个频段中尚未使用的信道或防止给繁重使用信道增加任务。当频谱管理记录中没有指配的信道上出现用户或虽已指配频率却没被使用时, 它可以用来提醒进行调查。当现有频段太拥挤时, 可以用这些资料来划分额外的频段。

6. 协助新的频率指配

通过对频谱利用数据的统计分析, 对某些频段和频率的使用情况就很清楚了, 从而能够有效地进行频率的指配, 使频谱资源得到最大化的利用。

7. 协助处理申诉和查询

随着频率使用的拥挤增长, 用户对所使用的业务逐渐不满。通过监测监听引起大量申诉的区域, 从而查明问题的实质, 找到较好的补救方法, 对用户提出的质量申诉可以进行核实或驳回。

1.1.3 无线电监测的功能和分类

1. 无线电监测应完成的功能

无线电监测应完成的功能包括:

- (1) 信道和频段使用情况的测量, 包括评估信道利用率及频率指配的有效性。
- (2) 解决干扰问题。
- (3) 检查遵守频谱管理政策的情况, 包括检验发射信号的正常技术参数和操作特性, 检测识别非法发射, 以及生成并验证频率记录。

2. 无线电监测的分类

按工作频段划分, 有长波监测、中波监测、短波监测、超短波监测、微波监测等。凡是军用无线电工作的频段, 也是开展无线电监测的频段。在很长的时间内, 无线电监测主要是在短波和超短波频段展开的, 到目前为止, 这两个频段仍然是无线电监测的主要频段。随着微波频段军用通信的日益增多, 微波监测在无线电监测中的地位也日益重要。

按信号体制划分,有对单边带通信的监测、对接力通信的监测、对卫星通信的监测、对跳频通信的监测、对直接序列扩频通信的监测、对雷达信号的监测、对无线电控制信号的监测等。

按无线电监测的技术参数划分,通常分为无线电技术监测和无线电方位监测。

1.1.4 无线电监测的基本流程

无线电监测的内容和步骤是随着监测设备技术水平的不断提高而变化的。早期的无线电监测是以耳听、人工分析处理为主的。随着科学技术的迅速发展,现代战争中的军事通信大量采用快速通信技术、加密技术、反侦察抗干扰技术等各种先进通信技术。这样,传统的无线电监测已远远不能适应现代战争的要求。为适应这种变化,现代的无线电监测已转变为以监测无线电信号的技术特征为主。于是,无线电监测的内容和步骤也随之改变。

1. 对无线电信号的搜索与截获

由于无线电辐射源发射的无线电信号是未知的,或者通过事先监测已知无线电辐射源某些信号频率而不知其通信联络的时间,因此,需要通过搜索寻找,以发现无线电辐射源发射的无线电信号是否存在以及是否有新出现的无线电信号。

截获无线电信号必须具备三个条件:一是频率对准,即监测设备的工作频率与被测无线电信号频率要一致;二是方位对准,即监测天线的最大接收方向要对准被测无线电信号的来波方向;三是被测无线电信号电平不小于监测设备的接收灵敏度。由于被测无线电信号的频率和来波方向是未知的,因此,在寻找被测无线电信号时,需进行频率搜索和方位搜索。

上述三个条件是对一般情况而言的,实际监测中,对于不同的通信体制以及不同类型的信号要区别对待。对于短波和超短波常规无线电信号的监测,由于这两个频段的电台一般都采用弱方向性或无方向性天线,监测设备一般也都采用弱方向性或无方向性天线,因此,一般只进行频率搜索,而不进行方位搜索。对于接力通信、卫星通信、对流层散射通信和雷达信号的监测,由于这四种通信体制都采用强方向性天线,因此要求监测设备不仅具有频率搜索功能,也必须具有方位搜索功能。总之,截获不同类型的无线电信号,需要满足的条件往往是不同的。

2. 测量无线电信号的技术参数

无线电信号有许多技术参数,有些是各种无线电信号共有的参数,有些是不同无线电信号特有的参数。

各种无线电信号共有的技术参数主要有:

- 信号载频,或者信号的中心频率;
- 信号电平,通常用相对电平表示;
- 信号的频带宽度,可根据信号的频谱结构测量信号的频带宽度;
- 信号的调制方式,根据信号的波形和频谱结构一般可分析得到信号的调制方式;
- 电波极化方式(必要时测量)。

不同的无线电信号一般具有自身特有的技术参数,例如调幅信号的调幅度、调频信号的调制指数、数字信号的码元速率或码元宽度、频移键控信号的频移间隔、跳频信号的跳频速率,等等。

以上技术参数的测量对于无线电信号的识别分类是十分重要的。除了测量技术参数外，记录信号的出现时间、频繁程度、工作时间以及时间占有度等，也是很有意义的技术信息资料。

对无线电信号技术参数进行实时测量是十分必要的，这对于无线电监测尤为重要。当不能实时测量时，可进行记录，利用音频录音、视频录像、射频信号存储等手段，详细记录或存储截获的无线电信号，以便事后做进一步分析和处理。

3. 对信号特征进行分析和识别

信号特征包括通联特征和技术特征。技术特征是指信号的波形特点、频谱结构、技术参数以及无线电辐射源的位置参数等。分析信号特征可以识别信号的调制方式，判断无线电辐射源的工作体制和无线电设备的性能，判断无线电通信网的数量、地理分布以及各通信网的组成、属性及其应用性质等。

4. 控守监视

控守监视是指对已截获的无线电辐射源信号进行严密监视，及时掌握其变化及活动规律。在实施无线电频谱管理时，控守监视尤为重要，必要时可以及时转入即时管理。

在无线电监测中，可对获取的技术资料建立无线电管理技术信息数据库，并根据技术资料的变化及时更新数据库的内容。

1.2 无线电监测设备

从广义上讲，无线电监测设备包括无线电监测接收设备(简称监测接收设备)和无线电监测向设备两类；狭义地说，无线电监测设备就是指无线电监测接收设备，本节仅简单介绍无线电监测接收设备。

1.2.1 监测接收设备的基本组成

早期的监测接收设备采用的是普通的无线电接收机，随着无线电管理水平和无线电监测技术的发展，出现了专用的监测接收设备，并且其技术水平也随着科学技术的进步不断提高。现代监测接收设备因使用目的和承担任务的不同，其组成也有所差异。但设备的基本组成是大致相同的，主要包括监测接收天线、接收机、终端设备和控制装置。图 1-1 示出了典型监测接收设备的组成示意图。

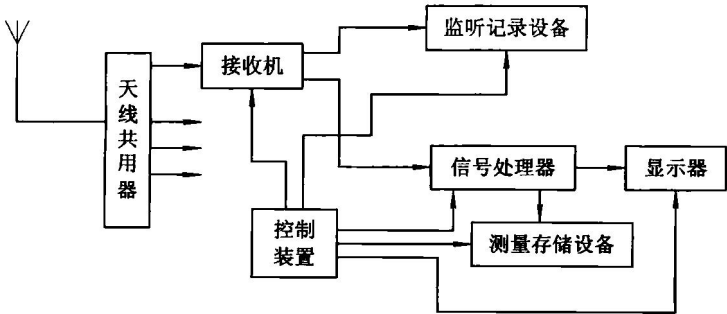


图 1-1 监测接收设备基本组成

下面对图 1-1 予以简单说明。

(1) 天线与天线共用器。天线是监测接收设备不可缺少的组成部分，天线共用器视情况而定。当由多部监测接收设备组成监测站时，通常需要共用天线，必须配置天线共用器。

(2) 接收机。接收机是监测接收设备的核心，设备的性能很大程度上取决于接收机的性能。接收机用于对信号的选择、放大、变频、滤波、解调等处理，并为后面的终端设备提供所需要的各种信号。

(3) 终端设备。在图 1-1 中的监听记录设备、测量存储设备、显示器、信号处理器都归于终端设备之列，典型的现代监测接收设备一般都包括上述终端设备。但是，承担不同任务的监测接收设备所配置的终端设备也是有所不同的。

由于人耳具有极高的分辨能力，因此，各种监测接收设备一般都配备有耳机和扬声器，用于监听无线电信号。记录设备目前应用最多的是信号记录仪(存储器)，其次是视频录像记录设备。随着射频数字存储技术的成熟和应用，射频信号存储器也被用作监测接收设备的记录设备。

信号处理器对来自接收机的信号进行分析、识别、分选等处理，然后提供给测量存储设备和显示器进行测量、存储和显示。在信号处理方面，数字信号处理技术得到了广泛应用，大大提高了信号分析处理的速度。

(4) 控制装置。早期的监测接收设备是由人工操作控制的，由于其速度慢，已不适应现代无线电监测的要求。现代监测接收设备基本都采用微处理机或微型计算机实现对设备的自动控制，这不仅提高了监测接收设备的自动化程度，也扩大了设备的功能。

需要指出，在习惯上，人们常常把监测接收设备称为监测接收机。

1.2.2 监测接收设备的主要技术指标

对于不同用途、不同类型的监测接收设备，对其技术指标的要求既有共同之处，也有不同之处，下面仅介绍共同的主要技术指标。

1. 工作频率范围

工作频率范围指监测接收设备能正常接收无线电信号的频率范围。在此频率范围内，设备的各项指标均能达到规定的指标要求。

设备的工作频率范围越宽，对不同频段信号监测的适应能力越强。目前，典型的监测接收机，比如 RS 公司的 ESMB，其工作范围为 9 kHz~3000 MHz。

2. 灵敏度

灵敏度是衡量监测接收设备接收微弱信号能力的指标。灵敏度主要取决于接收机的性能，通常的定义是：在接收机输出端得到额定信号功率和额定信噪比的条件下，接收机天线上所需要的最小感应电动势。所需要的感应电动势越小，则灵敏度越高，说明接收微弱信号的能力越强。监测接收机的灵敏度一般都在微伏数量级。

监测接收设备的灵敏度与接收机的内部噪声密切相关。内部噪声越小，灵敏度越高。一般情况下，监测接收设备距被测无线电辐射源较远，并且天线的最大接收方向通常不能准确对准被测无线电辐射源发射机天线的最大辐射方向，所以，接收信号一般很微弱。为

此,要求监测接收设备具有很高的灵敏度。与此相对应,接收机应具有很低的内部噪声。

3. 动态范围

动态范围是指保证监测接收设备正常工作条件下,接收机输入信号的最大变化范围。

设接收机允许的最小与最大输入信号分别为 $E_{\min}$ 和 $E_{\max}$, 则动态范围 D_R 为

$$D_R = \frac{E_{\max}}{E_{\min}}$$

若用分贝表示,则为

$$D_R(\text{dB}) = E_{\max}(\text{dB}\mu\text{V}) - E_{\min}(\text{dB}\mu\text{V})$$

动态范围的下限受设备灵敏度的限制,只有大于灵敏度的信号才能被正常接收。动态范围的上限则有不同的情况使接收机不能正常工作,与此相对应,对动态范围也有不同的定义。应用较多的通常有以下两种定义:

其一,饱和动态范围。它是指输入信号电平增大到一定程度时,使接收机中的一部分电路处于饱和状态,从而失去对信号的放大能力。与此相对应的输入信号电平称为饱和电平,即接收机允许的最大输入信号电平。凡是大于饱和电平的信号都会使接收机出现饱和现象。

在接收机中采用对数放大电路和增益控制电路,有利于增大接收机的饱和动态范围。

其二,无虚假响应动态范围。这种动态范围又称无寄生干扰动态范围。任何类型的监测接收机都有一定的线性范围,如果有两个以上的信号进入接收机,并且超出接收机的线性范围而进入非线性区工作,受非线性的影响,那么这些信号互相调制,会产生寄生干扰(或称虚假信号,其中影响比较严重的是互调干扰)。输入信号越强,非线性影响越大,寄生干扰越严重,以致造成接收机不能正常接收信号。当要求输出的寄生干扰电平不超过某一规定值时,与此规定值所对应的输入信号电平(测量时一般用两个等幅信号输入)即为无虚假响应动态范围的上限值。接收机在密集的信号环境下工作时,无虚假响应动态范围是一个重要的性能指标。此动态范围小于饱和动态范围。

监测接收机一般工作于密集的信号环境中,输入信号电平会有很大的差异,因此,接收机的动态范围越大越好。目前,一般要求动态范围大于 70~80 dB。

4. 频率稳定度

监测接收设备的频率稳定度完全取决于接收机,一般用长期稳定度(日稳定度或月稳定度)表示,它表征了接收机频率稳定的程度,通常用相对频率稳定度 $\Delta f/f_0$ 来衡量(f_0 为标称频率值, Δf 表示在测试时间内的频率偏移值)。现代监测接收设备基本都采用高稳定度的频率合成器作为频率源,其频率稳定度通常在 $10^{-6} \sim 10^{-8}$ 数量级。

5. 频率分辨力

频率分辨力又称频率分辨率,它是指监测接收设备能区分两个同时存在的不同频率辐射源信号之间的最小频率间隔。它反映了设备对相邻频率信号的分辨能力。对全景显示搜索接收设备而言,这是一个极重要的性能指标。

对频率分辨力的要求与通信信号的信道间隔、空间信号的密集程度等因素有关。例如,在短波频段,信道间隔小,信号密度高,则要求设备的频率分辨力高;反之,在微波频