

微波接力通信设备指标测试

微波接力通信广泛应用于无线组网的干线通信,具有传输容量大、机动灵活、方向性强、保密性能好等特点。微波接力机已成为无线群路传输的主要设备,多在各类民用通信网中作为特殊地形条件下有线通信的替代通信方式。尤其在军事通信网群路传输中,微波接力通信的优势更为凸显。广泛用于陆军师、团之间,以及陆海空军基地场站、雷达站之间的信息传输设备,也是野战地域通信网、战术互联网干线节点及入口节点间的群路传输设备。随着现代电子技术的迅猛发展,目前使用的各类型接力机融入了直接序列扩频、跳频、自适应陷波、前向纠错、自动功率控制等综合抗干扰技术,使微波接力设备的技术性能实现了质的飞跃,极大提升了设备的可靠性、稳定性和环境适应性。微波接力通信主要由发信设备、接收设备与基带部分组成,微波接力通信设备的性能指标对信息传输质量至关重要,本章着重介绍微波接力通信设备主要技术性能指标的测试方法。

3.1 微波接力发信机设备指标测试

在进行发信设备各项电性能测量之前,测试者必须掌握应有的电子测量技术,同时要了解基本的测量要求和标准,本节将对发信机的主要技术参数和测试方法作简要介绍。

3.1.1 测量条件要求

发信机标准输入调制信号是使发信机为额定频偏的 1kHz 的信号。

发信机标准输出负载应为 50Ω。

标准测量调制是由标准输入调制信号(1kHz)产生等于额定频偏的调制,额定频偏指该接力机技术条件所规定的频偏值。

标准测量负载具有接力设备技术条件所规定的阻抗和功率等级,在测量中用以代替天线及其馈线。

进行各项电性能测量时,应采取措施防止周围无线电波的干扰(包括传导干扰和辐射干扰)影响测量的效果和精度。

3.1.2 频率稳定度

1. 定义

频率稳定度指发射载波频率测试值和标称频率之间的差值与标称频率的比值。

2. 所需仪器设备

- (1) 频率计。
- (2) 10W/20dB(或 30dB)同轴衰减器。
- (3) 稳压电源。
- (4) 测试用附件。

3. 测量方法

- (1) 频率计预热 20min 以上。
- (2) 设备连接按图 3-1 所示进行连接。

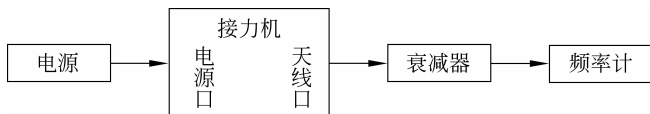


图 3-1 频率稳定度测试连接框图

- (3) 被测接力机开机加电。

(4) 按测试要求,给被测接力机置入相应的工作频率,开启功放并设置工作状态。功放开启置最大挡位;置环测状态(即设备输出载频)。

(5) 记录所测频点的频率值。按测试要求,选择不同频段,一般只测量最高频点的频率值即可。计算其频率稳定度应小于规定范围。

3.1.3 输出功率

1. 定义

输出功率指射频信号在设备天线端口连接标准负载时的输出功率,单位为 W。

2. 所需仪器设备

- (1) 功率计。
- (2) 10W/20dB(或 30dB)同轴固定衰减器。
- (3) 接力机稳压电源。
- (4) 测试用附件。

3. 测量方法

- (1) 功率计预热 15min,按面板所示频率特性进行校准,并置 10W 测试挡位。
- (2) 按图 3-2 所示进行测试连接。
- (3) 被测接力机开机加电。
- (4) 被测接力机置于波道 1(或频段 1),功率输出设置为最大挡,开启功放。
- (5) 由接力机面板逐点置入所需频率值,此时功率计读数即接力机输出功率值。

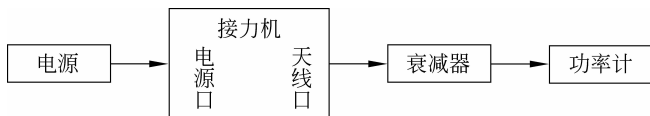


图 3-2 输出功率测试连接图

(6) 记录所测功率值。该频段测试完后,更换工作频段。

(7) 重复上述步骤测试其他频段。

说明: 开启接力机功放后,其天线端口不得长时间空载。连接电缆的插损不得大于 0.2dB。测试结果应计入其插损。

3.1.4 杂波抑制制度测试

1. 定义

杂波抑制制度指发射机在确保信息传输而占用的必要带宽以外的频率点上的输出分量与信息能量的差值,这种输出分量包括谐波和非谐波寄生分量。测试结果用 dB 表示。

2. 所需仪器设备

- (1) 频谱仪。
- (2) 接力机稳压电源。
- (3) 10W/20dB(或 30dB)同轴衰减器。
- (4) 测试用附件。

3. 测量方法

- (1) 按图 3-3 所示测试框图连接。

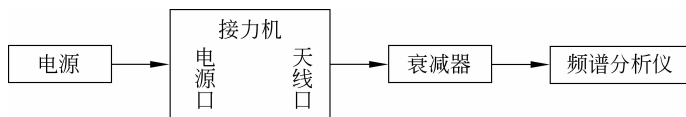


图 3-3 杂波抑制制度测试连接框图

(2) 被测接力机加电。先置频段 1,输出功率最大挡,频率增量步进为 1MHz。从频段最高端(或最低端),测试范围覆盖全频段,观察除主峰以外的杂散幅度应满足规定的技术要求。

(3) 重复上述步骤测试完其他频段。

(4) 频谱仪显示带宽为 2GHz。测量时应保证频谱仪工作于动态范围内,且输入匹配良好。

3.1.5 寄生频偏测试

1. 定义

寄生频偏指寄生分量造成已调射频载波信号的频率偏移,测试结果用 Hz 表示。

2. 所需仪器设备

- (1) 调制度测量仪。
- (2) 接力机稳压电源。
- (3) 10W/20dB(或 30dB)同轴衰减器。
- (4) 测试用附件。

3. 测量方法

- (1) 按图 3-4 所示进行测试连接。



图 3-4 寄生频偏测试连接框图

- (2) 按测试要求,给被测接力机置入相应的频段和频率,开启功放并设置工作状态。功放开启置最大挡位;置环测状态(只输出载频)。
- (3) 调制度测量仪不用低通滤波。
- (4) 先测第 1 频段,每频段测高、中、低三个频点即可,做好记录。
- (5) 重复上述步骤测试完其他频段,测试结果应符合技术要求。

3.1.6 传输衰减

1. 定义

传输衰减指在室内环境条件下,两对接力机通过衰减器、电缆连接进行模拟室外通信试验时,进行传输时所能衰减的数量。测试结果用 dB 表示。

2. 所需仪器设备

- (1) 误码仪。
- (2) 接力机稳压电源。
- (3) 标准接力机。
- (4) 10W/20dB 同轴固定衰减器。
- (5) 可变衰减器。
- (6) 测试附件。

3. 测量方法

- (1) 按图 3-5 所示进行连接,建立测试系统。接收部分灵敏度高,被测接力机应置于屏蔽室内。
- (2) 测试前仔细测量各衰减器的衰减值,测量连接馈线的插损等,并记录。
- (3) 被测接力机与标准接力机开机加电,并置相应的工作频段。置最大挡位功率,开启功放;采用波道工作方式,可从最低或最高波道开始;传输数率先置于最低。
- (4) 根据测量的衰减值,适量加减可变衰减器的数值,使满足技术要求规定值。
- (5) 通过波道工作方式,对当前接力机的工作频段实行逐兆测试。此时应注意误码

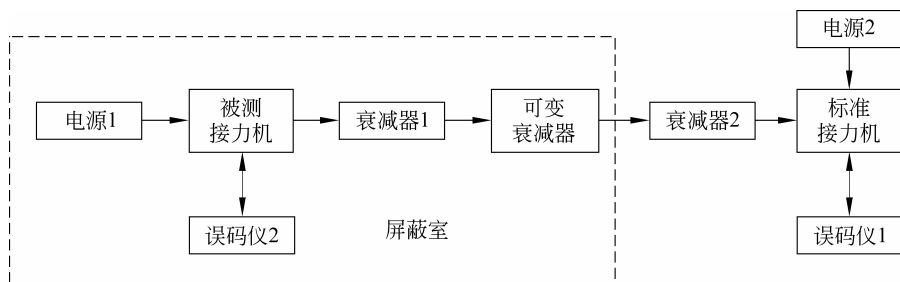


图 3-5 传输衰减测试连接框图

仪指示情况；按测试记录要求做好测试记录。注意每个工作频段的测试驻留时间不少于 15s。

- (6) 改换工作频段，将各频段均测试完毕。
- (7) 改换传输速率，再测量其他群路传输速率时的传输衰减并作记录。
- (8) 加入抗干扰工作模式进行测试。

3.1.7 杂散分量测试

1. 定义

杂散分量指发射机在确保信息传输而占用必要带宽以外频率点上的输出分量，这些输出分量包括谐波分量和非谐波寄生分量。测试结果用 dB 表示。

2. 测量方法

- (1) 按测试框图 3-6 测试原理框图进行仪器设备连接。



图 3-6 杂散发射分量测试框图

- (2) 开启被测主机，数据速率置为 256Kb/s，工作状态设为不扩频，发射功率输出为最大值。

- (3) 设置频谱仪的衰减量，使其工作在动态范围内。

- (4) 开启频谱仪的频标“mark1”，移动“mark1”到被测主机的发射频率上，记录此时“mark1”的电平读数 P_1 。

- (5) 分别移动频标“mark1”到二次谐波和三次谐波频率上，记录各自的电平读数 P_2 和 P_3 。

- (6) 移动频标“mark1”，在发射频率 $\pm 10\text{MHz}$ 以外，寻找非谐波杂散分量电平的最大点，记录该点的电平读数 P_4 。

- (7) 计算杂散分量，即二次谐波分量 $= (P_1 - P_2)\text{dB}$ ；三次谐波分量 $= (P_1 - P_3)\text{dB}$ ；非谐波杂散分量 $= (P_1 - P_4)\text{dB}$ 。

3.1.8 调制特性测试

1. 定义

FSK 调制指数字基带信号对发射载波瞬时频率进行调制,产生频谱包络平顶部分的横向频率宽度及纵向幅度范围的测试值,测试结果分别用 kHz 和 dB 表示。

扩频复合调制(FSK+DPSK 调制)指数字基带信号对发射载波瞬时频率及载波相对相位进行调制,产生频谱包络的-6dB 带宽,测试结果用 MHz 表示。

DQPSK 调制指数字基带信号对发射载波相对四相相位进行调制,产生频谱包络的-6dB 带宽,测试结果用 MHz 表示。

2. 测量方法

(1) 按图 3-6 所示进行仪器设备连接。

(2) 频谱仪加电、开机,将频谱仪参数 RES BW 设置为 1kHz。

(3) 被测主机加电、开机,设置相应的发射频率,工作状态置为不扩频,传输数据速率置为 128Kb/s,再开启发射机。

(4) 分别改变传输数据速率为 256Kb/s、512Kb/s、1024Kb/s、2048Kb/s,记录所测频点在 FSK 调制时频谱包络平顶横向频率宽度及纵向幅度范围的测试值。

(5) 将主机工作状态置为扩频,传输数据速率置 256Kb/s,记录所测频点在复合调制时频谱包络-6dB 带宽。

(6) 主机工作状态置不扩频,传输数据速率置 8448Kb/s,记录所测频点在 DQPSK 调制时频谱包络-6dB 带宽。

3. 测试注意事项

测试时,频谱仪的参数设置如下:

(1) 测试 FSK 调制特性时,频谱仪参数 RES BW 设置为 30kHz,VIDEO BW 设置为 300Hz,LOG 设置为 10dB/div。

传输数据速率为 256Kb/s 时,频谱仪参数 SPAN 设置为 1MHz;

传输数据速率为 512Kb/s 时,频谱仪参数 SPAN 设置为 1MHz;

传输数据速率为 1024Kb/s 时,频谱仪参数 SPAN 设置为 2MHz;

传输数据速率为 2048Kb/s 时,频谱仪参数 SPAN 设置为 5MHz。

(2) 测试扩频复合调制特性时,频谱仪参数 RES BW 设置为 1MHz,VIDEO BW 设置为 3kHz,LOG 设置为 2dB/div,SPAN 设置为 50MHz。

(3) 测试 QPSK 调制特性时,频谱仪的参数 RES BW 设置为 1MHz,VIDEO BW 设置为 3kHz,LOG 设置为 2dB/div,SPAN 设置为 10MHz。

3.1.9 天线驻波系数测试

1. 定义

天线驻波系数表征天线发射工作频段范围内射频无线电波形态质量是否符合技术要求,驻波系数应小于规定值。

2. 所需仪器设备

完成该项目测试主要用网络分析测量仪和连接电缆。

3. 测量方法

(1) 按图 3-7 所示进行测试连接,网络分析仪的输出端口与天线头端口通过射频电缆连接,将网络分析仪的频率范围设置为被测接力机天线的工作频率范围。

(2) 天线属折叠式角反射天线,测量时应小心张开天线,并固定好。如在室外测量时,应将天线对准空旷之处。室内测量,应选择较大空间的房屋。

3.1.10 天线增益测量

1. 定义

天线是接力通信的重要组成部分,天线性能的优劣在很大程度上决定实现接力通信的质量。天线增益指在输入功率相等的条件下,实际天线与理想的辐射单元在空间同一点处所产生的信号的功率密度之比,定量描述天线把输入功率集中辐射的程度。在接力机工作频率范围内增益应大于规定值。

2. 所需仪器设备

- (1) 合成信号发生器。
- (2) 频谱分析仪。
- (3) 辅助天线。
- (4) 连接电缆。

3. 测量方法

(1) 按图 3-8 所示进行测试连接。



图 3-7 驻波系数测试连接图

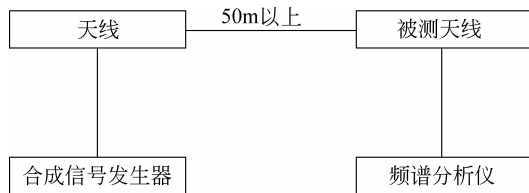


图 3-8 天线增益测量连接图

(2) 被测天线与辅助天线的距离应大于 50m。

(3) 使用合成信号发生器发送电平 0dB、某一工作范围内频率的信号至辅助天线。

(4) 用频谱分析仪测量被测天线的增益值。

3.2 收信机设备技术指标测试

3.2.1 测量条件要求

测试环境应具备用电安全保护措施,仪器仪表的选择应覆盖被测接力机相应指标的范围。

当遇到故障由特殊器件引起,需要进行如贴装芯片、波峰焊等特殊维修时,应遵循相应的环境、工艺等特殊要求。该类维修对维修人员及设备要求较高,除具备常规维修测试条件外,需要提供足够的保障资源。

收信机的电性能测量应在屏蔽室进行,屏蔽室应有高于 80dB 的电磁衰减能力。

3.2.2 数字解调灵敏度测试

1. 定义

数字调制灵敏度指设备接收标准调制信号时,在保证接收误码率为规定值时的最小输入信号电平,测试结果用 dB 表示。

2. 所需仪器设备

- (1) 专用误码仪。
- (2) 接力机稳压电源。
- (3) 标准接力机。
- (4) 10W/20dB 同轴固定衰减器。
- (5) 可变衰减器。
- (6) 测试附件。

3. 测量方法

(1) 按图 3-9 所示进行连接,并建立测试系统。接收部分灵敏度高,被测接力机应置于屏蔽室内。

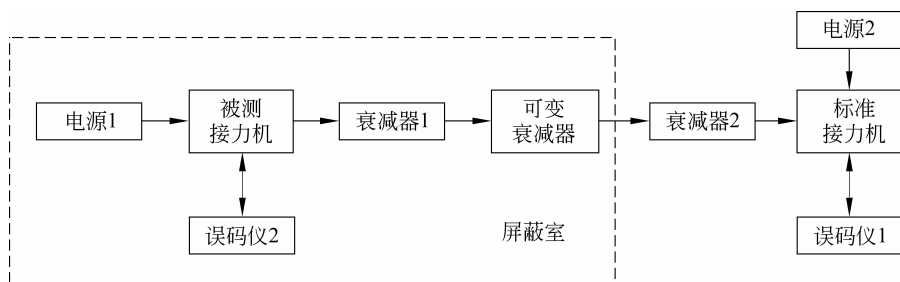


图 3-9 调制灵敏度测量原理框图

(2) 测试前仔细测量各衰减器的衰减值,测量连接馈线的插损等,并记录。

(3) 被测接力机与标准接力机开机加电,并置相应的工作频段。置最大挡位功率,开启功放;采用波道工作方式,可从最低或最高波道开始;传输速率先置于最低。

(4) 根据测量的衰减值,适量加减可变衰减器的数值,使满足技术要求规定值。

(5) 通过波道工作方式,对当前接力机的工作频段实行逐兆测试。此时应注意误码仪指示情况;按测试记录要求做好测试记录。注意每个工作频段的测试驻留时间不少于 15s。

(6) 改换工作频段,将各频段均测试完毕。

(7) 改换传输速率,再测量其他群路传输速率时的传输衰减并作记录。

(8) 加入抗干扰工作模式进行测试。

说明:在标准测试条件下,传输衰减测量值减去对端标准接力机输出功率的分贝数,即数字解调灵敏度。

3.2.3 接收动态范围测试

1. 定义

接收机的动态范围指接收机的中频输出信号从解调门限电平增加 20dB,接收机输入信号的变化范围。测试结果用 dB 表示。

2. 所需仪器设备

- (1) 频率合成信号源。
- (2) 功率计。
- (3) 接力机稳压电源。
- (4) 专用中频放大器。
- (5) 测试用附件。

3. 测量方法

- (1) 按图 3-10 所示进行连接。

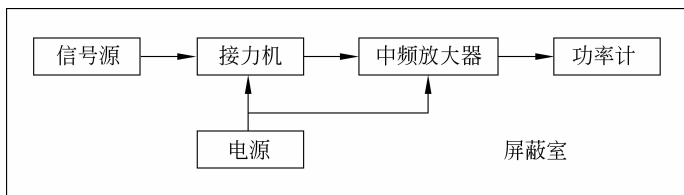


图 3-10 接收动态范围测试连接框图

- (2) 接力机设置相应频段,如接收频率为 400MHz。

- (3) 信号源输出 400MHz(载频)、电平为-90dBm 的信号。

- (4) 读出功率计电平指示,并记录。

(5) 增加信号源输出电平,使中频信号电平增加 20dB,测量并记录接收机的输入信号电平和中频输出电压,接收机输入信号电平的变化范围即为接收机的动态范围。

- (6) 同样测试其他频段。

3.2.4 镜频抑制度测试

1. 定义

镜频抑制度指接收机抑制频率等于镜像频率的无用信号在输出端造成影响的能力。通常用使高于灵敏度电平 3dB 的有用信号所产生的接收误码恶化到判定灵敏度的无用信号与灵敏度电平之比的 dB 数来表示。

2. 所需器材

- (1) 频率合成信号源。
- (2) 功率计。
- (3) 接力机稳压电源。
- (4) 专用中频放大器。
- (5) 测试用附件。

3. 测量方法

- (1) 按图 3-10 所示进行连接(可在噪声系数测试后进行)。
- (2) 设置接力机频段及接收频率。
- (3) 记录信号源输出频率(载频),记录信号电平。
- (4) 读出功率计电平指示,并记录。
- (5) 更改信号源的频率范围,增加信号源输出电平时,功率计电平指示不超过原记录值即为合格。
- (6) 同样测试其他频段的高端。

3.2.5 噪声系数测试

1. 定义

噪声系数指接收机输入信噪比与接收机中频输出信噪比之比。它表示由于接收机内部噪声的作用使接收信号信噪比下降的程度,单位为 dB。

2. 所需器材

- (1) 饱和二极管噪声源。
- (2) 功率计。
- (3) 接力机稳压电源。
- (4) 专用中频放大器。
- (5) 测试用附件。

3. 测量方法

- (1) 按图 3-11 所示进行连接。

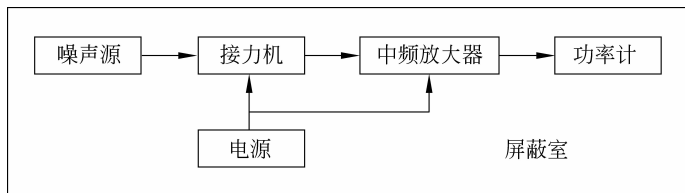


图 3-11 接收机噪声系数测试原理示意图

- (2) 由于接收机接收灵敏度较高,整个接收系统的测试应安排在屏蔽房内进行。