

微波通信设备

上册

长春邮电学院 编

人 民 邮 电 出 版 社



前 言

本书是邮电中等专业学校教学用书。为适应邮电教育事业发展的需要,1978年以来,我们组织了部分邮电学校分工编写了微波、载波、市内电话、线路、电报、电源、综合电信和邮政机械等八个专业所用的专业基础课和专业课教学用书,有些已经出版,有些将陆续出版,以满足各邮电中等专业学校教学的需要。

编写教材,是提高教学质量的关键。我们组织编写本教材时,力求以马列主义、毛泽东思想为指导,努力运用辩证唯物主义的观点阐明科学技术的规律,内容上注意了少而精,尽量反映科学技术的新成就。书内难免存在缺点和错误。希望有关教师 and 同学在使用过程中,把发现的问题提给我们以便修改提高。

邮电部教育局
一九八〇年七月

编 者 的 话

本书是按照邮电中等专业学校微波通信专业教学大纲编写的。主要讲述微波收、发信机和微波联络机的电路组成、工作原理、指标调测和维护使用。

微波收、发信机和微波联络机均以 4 GHz I 型机为主要分析对象，内容包括：总体介绍、混频系统、中放系统、微波本振源、监控告警和电源供给等，微波联络机还包括低频系统和调制、解调部分。

本书初稿由长春邮电学院唐如俊同志编写，并经北京邮电 506 厂朱纶耀同志和北京邮电学院焦其祥同志审核定稿。由于时间仓促和经验不足，不妥之处在所难免，诚恳希望使用本书的同志批评指正。

编 者

1981年7月

目 录

第一章 4WG-1型微波收发信机	1
第一节 总体介绍	1
一、微波收发信机的功用	1
二、微波收发信机的组成	1
三、微波收发信机技术指标及电平图	8
第二节 混频系统	11
一、微波混频器的作用	11
二、微波混频器的基本原理	12
三、微波二极管混频器的主要特性参量	15
四、镜像终端条件对混频器特性的影响	18
五、微波混频器的结构组成	21
六、微波混频器的调测	23
第三节 中频放大系统	26
一、中放系统的功用、指标及电平图	26
二、前置中频放大器	29
三、宽频带放大器基本电路	34
四、中频滤波器及时延均衡器	35
五、主中频放大器	39
六、中频限幅器	45
七、功率中放及代振器	50
八、中放系统主要指标的调测	51
第四节 微波本振源	54
一、功用及指标	54
二、电路组成	55
三、电路分析	57
四、微波本振源的调测	75
第五节 监控告警系统	81
一、监控告警系统的功用与组成	81
二、信号指示电路	82
三、告警控制电路	83
四、告警控制盘的调测	87
五、告警控制盘的使用与维护	88

第六节 电源系统	88
一、概述	89
二、具体电路	93
三、调整与测试	107
第七节 整机主要指标测试	109
一、收信机噪声系数的测试	109
二、中频输出电平、收信机振幅——频率特性、自动增益控制范围及收信告警测试	110
三、自动增益控制跟踪速度测试	111
四、中频输入、输出回波损耗测试	111
五、收信输入和发信输出驻波比测试	112
六、收信本振辐射功率测试	112
七、发信输出功率、代振输出功率测试	113
八、发信机振幅—频率特性、发信告警测试	114
九、发信本振辐射功率、本振镜像辐射功率测试	115
十、中频限幅系数测试	115
十一、代振器振荡频率测试	116
十二、收发信本振频率偏差测试	118
十三、整机热噪声测试	117
十四、收发信总振幅—频率特性测试	117
十五、收发信总群时延测试	118
十六、微分增益和微分相位测试	118
十七、遥控启闭电源测试	119
十八、用213MHz移频混频器实现单机自测	120
第八节 使用与维护	120
第二章 4WL-1型微波联络机	128
第一节 总体介绍	128
一、微波联络机的功用	128
二、微波联络机的组成	128
三、微波联络机的电源供给	128
四、微波联络机的技术指标	128
第二节 低频系统及告警电路	129
一、低频系统	129
二、告警指示及群频开关电路	150
第三节 调制与解调系统	153
一、中频调制器	153
二、中频解调器	156
第四节 微波本振源系统	171
一、发信本振源	171

二、收信本振源	175
第五节 中频放大系统	176
一、中放系统的组成、功用及指标	176
二、中放系统的电路分析	176
第六节 电源系统	187
一、电源系统的组成、功用及指标	187
二、电源系统基本单元电路的分析	183
三、电源系统工作过程	191
第七节 维护与测试	191

第一章 4WG-1型微波收发信机

第一节 总体介绍

一、微波收发信机的功用

微波收发信机（即高频架）是微波通信中的重要设备。它在终端站是用来发射和接收微波调频信号的，在中继站是用来转发微波调频信号的。

高频机架按工作频率不同，设置六个高频波道。每一波道与相应的中继或终端设备配合以70MHz中频接口，可以传送960路电话，可以传输电视、传真、电报、广播和数据信号等。收发信机可以单独使用，亦可以组成系统使用（可装设三个或六个双向波道）。每一收发信机均有70MHz中频分支输出，作监测用，又可从高频架中频限幅器的中频监测输出端引出中频信号送到调解器分出电视和伴音信号，或把中频信号直接送到分支的微波机上，由中频完成分支转送。当主用的工作波道出现故障时，由分支倒换装置自动倒换到备用波道。

由于担负的任务不同，高频机架的连接也不同。对于终端站和上、下话路（或电视信号）的主站，高频机架将收到的微波信号变换成70MHz中频信号并放大到一定的电平之后，将电话（或电视）通道信号送到电话（或电视）机架进行解调，解调出来的信号送往载波机（或电视台）。

作发信时，载波机送来的群频信号，经电话机架调制为70MHz中频信号，再送到高频机架变成微波信号经天线发射出去。电视台送来的视频及伴音信号经电视机架调制为70MHz中频信号，送到高频架，变成微波信号经天线发射出去。

在中继站，高频架将收到的微波信号变成70MHz的中频信号，进行放大后，直接送到发信系统的输入端，变成另一频率的微波信号，放大后经天线发射到下一站。

二、微波收发信机的组成

微波收发信机由收信系统、发信系统、电源系统及监控系统四部分组成。下面分别介绍各部分的组成和作用。

（一）收信系统

微波信号经天线馈线和分路系统，进入高频架的收信部分。

在高频架中，采用的是外差式电路，将接收到的微波信号与本振信号经过混频，变为70兆赫的中频信号，然后再进行放大。

微波信号是调频信号，这种外差接收过程可用图1-1-1来表示。

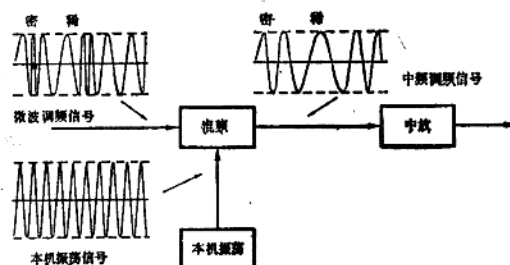


图 1-1-1 外差调频接收过程

这种外差式电路优点较多，一是收信机接收微弱信号的能力高（即灵敏度高），因为在目前情况下，不易于把微波信号直接进行很大倍数的放大，而将微波信号变为70MHz中频

收信系统方框图如图1-1-2(a)所示。下面简要说明该系统各主要部件的作用。

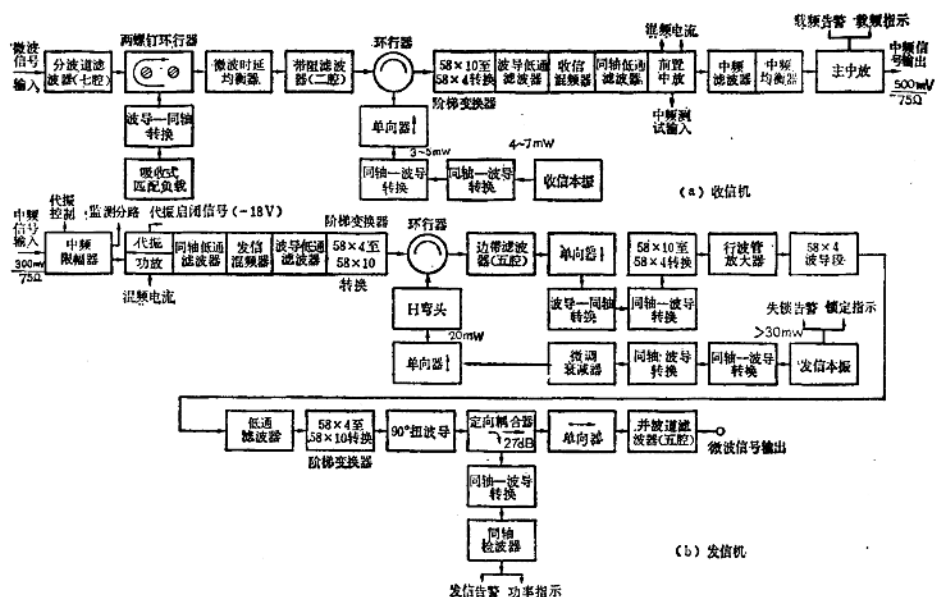


图 1-1-2 微波收发信机方框图

• 2 •

射,产生一个与所要均衡的时延特性(抛物线形)相反的时延特性,用来对收发信机的波导滤波器的通带时延起均衡作用,它所均衡的是发信机的两个五腔滤波器和收信机的七腔滤波器的时延。时延均衡的效果可以作到剩余时延不大于 0.8ns 。

3. 两螺钉环行器

它是在普通T型环行器的两个臂波导宽边的中心分别加装一个调节螺钉,如图1-1-3所示。

两螺钉环行器的作用是:

(1) 在机器正常运行时,该环行器仅起隔离作用。它装在七腔滤波器和微波时延均衡器之间,端口1与滤波器相连,端口2与均衡器相连,端口3接一个带有同轴一波导转换的同轴吸收负载,当端口2不匹配时,反射过来的信号被吸收负载吸收掉,起到了隔离作用。改善了匹配条件,保证了七腔滤波器和均衡器的性能。

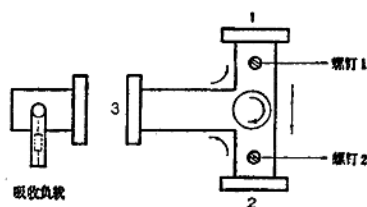


图 1-1-3 两螺钉环行器示意图

(2) 作收信机的测试口。由于螺钉位在波导宽边的中心处,即电场最强处,在机器正常工作时螺钉全退出来,其端面与波导壁平,从端口1进来的信号直接进入端口2。当需要测试收信机的输入信号电平时,可将螺钉2拧入波导,当螺钉接触到另一宽边波导壁时有全反射的性能,此时,信号全反射至端口3,于是可在端口3用微波测试接收机直接测试输入电平。把螺钉2退出来,把螺钉1拧到底,在端口3输入一测试信号,则测试信号经螺钉1全反射至收信机内,可对收信机的性能进行测试。

4. 吸收负载

它是用来吸收由两螺钉环行器端口2过来的反射信号。在一个同轴波导转换器上接上50欧同轴负载所构成的。

5. 双腔带阻滤波器

它是由矩形主波导与在主波导宽边上相距一定距离串接的两个波导谐振腔组成。其阻带中心频率就是该波道收信机的收信本振频率,因而它是用来抑制收信本振信号往收信机输入端的辐射。另一方面由于它的反射作用而使本振功率得以进入收信混频器。双腔带阻滤波器的通带损耗和驻波比都很小,不影响信号频率的工作。

6. 收信混频器

收信混频器采用单管宽频带混频,具有低变频损耗和低噪声的砷化镓肖特基二极管装在减高波导(58×4)的混频腔内,收信本振信号经单向器,环行器到带阻滤波器,反射后经 58×10 至 58×4 的阶梯变换后进入收信混频腔。而收信信号是直接进入收信混频腔的。为了抑制高次谐波,在收信混频腔和阶梯变换之间装上了波导低通滤波器。混频后产生的中频信号经同轴低通滤波器进入中频前置放大器。借助于调整二极管的偏置电流和同轴活塞使得收信混频与前置中放匹配。

7. 前置中放

前置中放由两极共发射极放大器,一级射极输出器和一级反馈对放大器组成,其主要作用是将收信混频产生的 70MHz 微弱的中频信号放大,并力求低噪声和大动态范围,保证最小的交扰调制产生。前置中放提供 33dB 的增益,此外,为了实际使用的需要,前置中放的增益有 $\pm 3\text{dB}$ 的连续可调范围,用来调整因实际站距长短不一而造成的前置中放输出电平不一致, $\pm 3\text{dB}$ 的调整范围可以使得站距大约在30公里和60公里之间变化时前置中放的输出电平

能调整到额定值。

前置中放的监测输入口平常不接线,当必要测试中放系统的特性时,应关掉电源把与混频器的连接线断开,其输入端接至监测输入插座,测试完毕后仍恢复原状,注意不可与混频器并接使用。

在前置中放盘中加有混频电流监测电路,用以检查收信混频器和收信本振源工作变化情况。收信混频器工作状态可由前置中放盘内的电位器 W_1 来调整(通常在机架上不调)。

8. 中频滤波器及均衡器

收信机采用的中频滤波器共有十节,在通带中有一般的切比雪夫响应,在通带外具有指定特性的衰减曲线,其衰减极点设计在 $f_0 \pm (29 \pm 1)$ MHz处,衰减 >25 dB,对相邻波道的干扰信号提供足够的抑制度。由于中频滤波器造成的时延不均匀度由两级均衡器来补偿,一级是抛物线型的,一级是直线性的,均衡后剩余时延不均匀度 <1 ns(在 $f_0 \pm 8$ MHz范围内)。

9. 主中放

主中放担负着整个收信机自动增益控制的任务。它的最小增益为8 dB(相当于上衰落5 dB的情况),正常增益为13 dB,最大增益为53 dB(相当于下衰落40 dB情况)。放大器部分采用五对反馈对放大,考虑到输入、输出端匹配损耗共为12 dB,故总增益为65 dB。

主中放自动增益控制的实现是用被可变直流电流控制其阻值的PIN管串接在反馈对放大器的输出端来达到的,这一可变直流是从放大器末级分出信号经整流和直流放大后得到的。经自动增益控制可保持输出电平为 $+5.2$ dBm ± 1 dB。

载频监测分两组输出,一组给载频指示,其电流约为80 μ A,一组至告警盘,其负电压值 >0.7 V(在20 K Ω 负载上),当输入电平低于 -48 dBm时,输出负电压值下降至0.3 V以下。

10. 收信本振源

收信本振源采用 $1 \times 4 \times 10$ 晶振倍频方案,即100 MHz的晶体振荡经放大后用变容二极管作四倍频再经阶跃管腔体十倍频而产生一等幅微波信号供给收信混频器做为本振信号。收信本振输出功率大于3.5 W(不包括电缆线)。

(二) 发信系统

高频架的发信系统与收信系统相对应,其原理方框图如图1-1-2(b)所示。

在中继站直接将收信系统主中放输出的信号经4 dB衰减后加到发信系统的限幅中放,而在终端站把来自电话架(或电视架)的已调70 MHz中频信号加到限幅中放,进行限幅放大,再经功率中放继续放大后送到发信混频器,与发信本振信号进行混频变成调频微波信号,经边带滤波器选择所需要的边带信号,这个微波信号的载频与收信微波信号的载频相差213 MHz。然后经行波管放大器进行放大,通过波导低通滤波器抑制谐波成分,放大后的微波信号经定向耦合器(作发信功率监测)、单向器和发信并路滤波器送至分路系统,最后经馈线、天线发射出去。

在中继站,当收信电平因衰落或前站故障而使转接到发信中放的中频载频低于正常值的 $1/2 \sim 1/3$ 时,功率中放盘内的代振器自动工作,送出70 MHz的中频信号,在进行波道倒换的同时,抑制本波道的噪声,以维持后面各站不告警。

下面简要说明发信系统各主要部件的作用:

1. 限幅中放

限幅中放由两级限前放大（两对反馈对）、一级限幅级和两级限后放大（两对反馈对）组成，为整机提供26dB的限幅系数，对寄生调幅起到有效的抑制作用。

限幅中放有两个输出端，一个接功率中放，另一个作为中继机监测用，不用时应接上75Ω的负载。

2. 功率中放

功放由一对反馈对组成，放大级输出经一同轴低通滤波器与发信混频器硬连接。单独调整功放时其输出需接75Ω匹配负载。由于功放的负载是发信混频器，故在接上发信混频器后其输入阻抗将发生变化，应在发信混频器工作状态下重调功放输入端的匹配以达到反射损耗大于30dB的要求。功放的增益约为4dB。它把限幅中放送来的中频信号放大到满足发信混频器所需要的电平（约为420mV）。

为了调整和监视发信混频器工作好坏，在功放中装有发信混频工作状态调整电位器和混频电流输出指示。电位器一般除换管外不要调整，混频电流指示可用来监视发信混频，本振源及功放工作情况。

发信混频器的自给偏压电路装在功放盒中，调节 W_3 即可调节混频器工作状态，同时输出一直流信号供发信混频电流指示用。

3. 代振器

代振器是-70MHz的晶体振荡器，其输出的大小可通过调整代振器输出与功放输入之间的耦合电容的大小来达到。代振器的功用已如上述，利用70MHz代振器可以帮助我们较迅速地找到故障发生的地段。

4. 发信混频器

发信混频系用单管宽带混频，具有高变频效率的砷化镓变容二极管装在减高波导（58×4）的混频腔内，发信混频的组成和结构与收信混频一样，只是采用的管子不同而已。进行混频的中频信号约420mV（在75Ω负载上），发信本振功率约为20mW就可输出所需的边带功率。发信本振给出的功率都大于30mW，电缆线约有1dB的损耗，所以加到混频器的功率要比20mW大，多余的部分用可变衰减器给以衰减。长期使用后本振功率可能下降，此时，再减少衰减器的衰减量，以保持行波管放大器的输入信号功率为1.1mW。

边带滤波器后面的单向器是作为行波管与发信混频系统间的隔离之用。

5. 行波管放大器

用行波管来放大微波信号具有宽频带，高增益、大功率等优点，本收发信机采用了新型行波管，该管为金属陶瓷结构，周期性永磁聚焦，氧化物阴极，具有较小的调幅/调相转换失真。根据试验，行波管的推荐工作状态是螺旋线电压偏低同步点75伏使用。4WG-1型收发信机采用4WX7-1B型行波管其增益为38dB，4WG-2型收发信机采用4WX5-1B型行波管其增益为34dB。

6. 阶梯变换器

收发信混频腔的波导内截面为58×4mm²，微波低通滤波器和4WX7-1B型行波管也是58×4mm²，为了与58×10mm²的波导相连接，需有58×4至58×10的波导阶梯变换器，该变换器具有最大平坦特性。共三节，在所使用的3700~4300MHz频段内，驻波比均不大于1.05。

7. 定向耦合器

在行波管的输出端接一双十字孔耦合，耦合系数为27dB的定向耦合器，耦合出行波管

输出功率的千分之二作为功率监测。平常接上检波器,检波直流作为发信功率指示及发信正常汇报信号的触发信号,4W X7-1 B型行波管输出功率为7W,其检波直流电压一般不低于-1V。需要测试行波管的输出功率时取下检波器接上功率计探头直接读数。所读输出功率毫瓦数乘上500倍即为行波管的输出功率。更换行波管以后,不必拆掉发信并路系统,可在此处直接测量行波管的输出功率。取下同轴波导转换和检波器,换上测量频率——振幅特性用的检波器,可以作为发信机振幅——频率特性的测试点,或作其它指标的测试。

8. 单向器

收发信机系统中使用的单向器是一种场移式单向器,这是一种非互易的铁氧体器件,它只让电磁波沿箭头指示的方向通过(正向衰减不大于0.5dB)。不让反向电磁波通过(反向衰减大于30dB)。单向器本身的驻波比小于1.05。由于正反向衰减相差悬殊,所以在波导系统中起到了理想的隔离作用,吸收反射波,改善系统匹配性能。

9. 五腔滤波器

发信机用的五腔滤波器有两个,在发信混频系统中是用来选择有用的边带,在行波管输出端的五腔滤波器除了帮助抑制本振镜像信号(即第二边带信号)之外,还起着波道并路的作用。

10. 波导低通滤波器

它是在内截面为 $58 \times 4 \text{ mm}^2$ 的上下波导宽壁上由一些横、纵槽将波导壁围成一群排列整齐的金属小岛构成的,所以这种形式的波导型低通滤波器亦称为“群岛低通滤波器”。收发信系统中所使用的波导低通滤波器,其主要作用是用来抑制高次谐波。其截止频率一般取 $f_c = 1.5 \times$ (平均工作频率),本设备取 f_c 为5.4GHz,由四节组成。在3700~4300MHz工作频段范围内,损耗小于0.2dB,驻波比小于1.1,对7GHz衰减设计为50dB,8GHz衰减为65dB,因此对高次谐波能有效地给以抑制。

11. 发信本振源

发信本振源是采用注入锁相振荡电路方案,以获得较大而稳定的输出功率,频率稳定性好,调频噪声低的性能良好的微波本振源。它是用一振荡在100MHz左右的晶体振荡器经放大倍频到400MHz作为标准频率注入到一自由振荡频率为400MHz的被控振荡器,使被控振荡器的频率强迫同步于标准频率上,然后经腔体十倍频而作为发信本振源。其输出功率一般大于30mW(不包括电缆线)。

12. 同轴低通滤波器

该低通滤波器接在收信混频器和前置中放之间以及功率中放和发信混频器之间,其任务只让70MHz中频信号通过,而防止微波信号串入中频通道。但是为了缩小滤波器的体积,其截止频率选得较高,设计在2.2GHz,取三节结构。

同轴低通滤波器为半集中参数型滤波器。实测100MHz以下,衰减为0,阻带3800~4300MHz衰减不小于50dB,对本振和谐波均有较高的抑制度,满足对微波信号的抑制要求。

(三) 电源系统

960路高频机架的电源,担负着对全机中放系统、微波振荡源和行波管放大器的供电任务,因而分别需要不同的直流电压。机架电源盘就是将电力室送来的-24V基础电源(目前,从不间断、稳定、可靠等方面考虑,960路微波电路仍采用交流整流、直流浮充蓄电池

供电方式)，经过不同电路的变换，得到所需要的各种直流电压。

机架各分盘使用的电源种类为：两组 -18V 、 -24V 、 $+18\text{V}$ 以及行波管各极电压。为了把 -24V 直流电压转换为所需的各种电源，采用图1-1-4所示的电源系统。该系统由于采用晶体管电路，故体积小，重量轻、寿命长。由图可见，全机电源分高压和低压两部分。

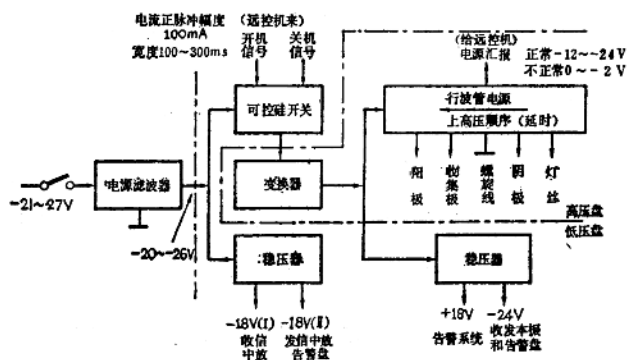


图 1-1-4 电源系统方框图

高压电源盘：由 -24V 电压经直流变换器等，变换为各种高低直流电压，供给行波管螺旋线、收集极、阳极以及灯丝使用。

低压电源盘：提供收发信中放及告警盘用的两组 -18V 电源，供给告警盘用的 $+18\text{V}$ 电源以及收发信本振源和失锁告警用的 -24V 电源等。可控硅开关和延时控制电路也装在该盘内。

由于对电压稳定度要求比较高，都采用了直流稳压措施。除两组 -18V 电源直接由 -24V 经稳压器得到外，其余电源均经 23KHz 的方波振荡变换，再经整流滤波得到。由于采用了集中变换和 23KHz 的高频变换，提高了电源的效率并消除了听得见的环境噪声，减小了电源体积。为了更有效地控制电源纹波，机内各分盘的输入均带有高频滤波电路。

基础电源 $-24\text{V} \pm 3\text{V}$ 经电源滤波器后接入本机电源盘，该滤波器的作用是抑制基础电源纹波对机器的影响，并防止本机变换器的纹波倒灌干扰基础电源。

行波管阳极、螺旋线、收集极电压均由延时电路控制。为适应无人值守要求而加可控硅直流开关。为了防止电源过压而设置过压保护电路。对行波管螺旋线采用过流保护，当螺旋线电流超过 4mA 时，继电器带动告警启动并切断高压。

电源给远程控制机的汇报信号，高压工作正常时，为 $-12 \sim -24\text{V}$ ，不正常时，为 $0 \sim -2\text{V}$ 。

(四) 监控系统

信号指示、告警及自动控制系统简称监控系统，是收发信机不可缺少的一个组成部分，它充当设备的“耳目”，给值班人员提供了方便。

信号指示部分是对设备的一些主要部件的工作状况通过指示系统显示出来，便于值班人员随时观测某些主要部件的工作正常与否。每一机架的上面板上，设有两个 $100\mu\text{A}$ 的直流表头，一个作为收信载频及收信混频电流指示，一个作为发信功率，发信混频电流及发信本振锁定指示。每一机架的中面板上，又设有三个直流表头。一个 50V 电压表作低压指示，一个

其中, d 为站距 = 46.3公里,

λ 为自由空间波长 = 7.5公分。

天线增益: $2 \times 39.5 = 79\text{dB}$

馈线损耗: $2 \times 2 = 4\text{dB}$ (收发端各为圆馈线平均40米, 矩形馈线10米)。

分路损耗: $2 \times 1 = 2\text{dB}$ (不包括滤波器损耗)。

于是, 两站之间总损耗为:

$$L = 138 + 4 + 2 - 79 = 65\text{dB}$$

在无衰落情况下, 接收机正常输入电平为 $37 - 65 = -28\text{dBm}$, 衰落储备为 6dB 。

自动增益控制范围为 45dB , 其中上衰落 $+5\text{dB}$, 下衰落 -40dB , 即

接收机最大输入电平 = $-28 + 5 = -23\text{dBm}$

接收机最小输入电平 (或倒换接收电平) = $-28 - 40 = -68\text{dBm}$

代振启动电平 = $-28 - 50 = -78\text{dBm}$

接收机的噪声系数为 10dB , 折合到接收机输入端的杂音电平为:

$$\text{接收机杂音电平} = 10\lg \frac{FKTB}{10^3} = -88.4\text{dBm}$$

其中, $F = 10$ (10分贝), 接收机噪声系数,

$KT = 4 \times 10^{-21}$, 波尔兹曼常数, 绝对温度;

$B = 36 \times 10^3$ 赫, 接收机 3 分贝带宽。

门限电平 = 杂音电平 + $9\text{dB} = -79.4\text{dBm}$ 。

收信输入单元包括分波道滤波器、环形器、微波均衡器、带阻滤波器等。分波道滤波器的损耗为 1dB , 环形器的正向损耗为 0.2dB , 微波均衡器的损耗为 0.3dB , 带阻滤波器的通带损耗为 0.1dB , 故在收信混频器输入端的正常信号电平为 -29.6dBm 。

收信混频器的变频损耗为 4.7dB , 加上输入端环形器的正向损耗 0.2dB , 所以正常信号到达前置中放输入端的电平为 -34.5dBm (在 75Ω 负载上的电压约为 5.2mV)。考虑到允许信号的上、下衰落变化, 它的输入信号变化范围在 -29.5dBm 与 -74.5dBm (在 75Ω 上的电压约为 9mV 与 $50\mu\text{V}$) 之间。

前置中放标称增益为 33dB , 经放大后其正常输出信号电平为 -1.5dBm (75Ω 负载上为 230mV), 同样也有 45dB 的上下衰落变化范围。由于实际生产的各种器件的指标高低会有波动, 所以, 前置中放的输出电平允许有 $\pm 1\text{dB}$ 的偏差。

中频带通滤波器的两端各加有 3dB 的衰减器, 所以中频滤波器的插入损耗是 6.5dB , 其输出电平为

正常电平: -8dBm ($110\text{mV}/75\Omega$)

上衰落电平: -3dBm ($194\text{mV}/75\Omega$)

下衰落电平: -48dBm ($1.1\text{mV}/75\Omega$)

主中放的增益是可变的, 它是随着输入信号的大小变化而作相反的变化, 并通过自动增益控制来维持主中放的输出为 $+5.2\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ ($450 \sim 550\text{mV}/75\Omega$)。

中频限幅器的增益是 6dB , 其输入电平为 $+1\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ ($270 \sim 330\text{mV}/75\Omega$), 作为中继站使用时, 在主中放和限幅中放之间接有 4dB 衰减器。限幅器的输出通过电阻三角形分路网络分成两个分支, 因三角形网络的损耗为 6dB , 故输出各为 $+1\text{dBm}$ ($300\text{mV}/75\Omega$), 其中一个输出是接到功率中放的输入端, 所以对主通道来说限幅器的净增益为零。

功率中放的增益为3dB, 功放输出电平为+4dBm(420mV/75Ω), 该信号与20mW左右的发信本振功率在发信混频器后得到已调微波信号, 经低通, 阶梯变换, 环形器后输出电平为+1.9dBm(约1.55mW)。再经边带滤波器损耗0.6dB, 单向器正向损耗0.5dB以及波导——同轴转换和同轴电缆约损耗0.4dB, 所以, 送至行波管放大器的输入信号电平为+0.4dBm(约1.1mW)。

行波管放大器采用4WX7—1B型管, 其增益为38dB, 经行波管放大后在输出端得到+38.4dBm(7W)的功率, 再经发信单元, 即定向耦合器、单向器和并路滤波器等约损耗1.1dB, 最后得发信机的输出功率为+37.3dBm(5.5W)。

当代振启动时, 其单频振荡的输出电平为+3dBm(387mV/75Ω), 在发信机机顶的输出功率为4W(+36dBm)。

(二) 微波收发信机主要技术指标

主要技术指标如下:

1. 收信机噪声系数不大于10dB(包括分路滤波器)。
2. 收信机振幅频率不均匀度, 在正常接收电平至下衰落20dB范围 ± 8 MHz内不大于 ± 0.1 dB。
3. 接收机自动增益控制范围为上限不小于5dB, 下限为38~42dB, 跟踪速度能适应100dB/S的快衰落。
4. 中频70MHz, 输出为 $0.5\text{V} \pm 10\%$, 阻抗75Ω不平衡式。 ± 8 MHz内回波损耗不小于30dB。
5. 收信机输入端驻波比在 ± 10 MHz内不大于1.1。
6. 收信本振辐射功率不大于-86dBm。
7. 发信机输出功率大于+37dBm(5W), 行波管工作在线性范围内。
8. 发信机振幅频率特性不均匀度在 ± 8 MHz内不大于 ± 0.26 dB, 其中曲率 $\leq \pm 0.1$ dB。
9. 中频70MHz输入电平 $0.3\text{V} \pm 10\%$, 阻抗75Ω不平衡式。在 ± 8 MHz内回波损耗不小于30dB。
10. 发信中频调幅抑制度大于26dB(测试频率为6MHz、调幅度为15%)。
11. 发信输出端驻波比在 ± 10 MHz内不大于1.1。
12. 发信本振辐射功率不大于-26dBm, 发信本振镜像辐射功率不大于-30dBm。
13. 整机热噪声在模拟空间衰减71dB时引入基带热噪声, 在60KHz~4028KHz以内不大于70PW(加重不加权值), 4.028MHz~14MHz范围内允许高出背景噪声 ≤ 5 dB的机内干扰点。
14. 收发信总振幅频率特性在 ± 8 MHz内不大于 ± 0.35 dB。
15. 收发信总群时延特性在 ± 8 MHz内, 一次失真小于2.4ns, 二次失真小于1.6ns。
16. 收发信总微分增益特性在 ± 4 MHz内, 微分频率4.43MHz时小于 $\pm 0.15\%$ (加重), 在 ± 8 MHz内微分频率2MHz时, 一次小于0.9%, 二次小于0.8%。
17. 收发信总微分相位特性在 ± 4 MHz内小于 ± 0.07 度(加重)。
18. 端站或主站设备收发本振频率偏差(包括不准确度)均小于 ± 80 KHz, 中继站设备收发本振频率偏差(包括不准确度)均小于 ± 200 KHz, 一部中继站机器内收发本振引入净偏差小于 ± 80 KHz。

19. 发信功率告警的启动点在发信功率指标值的 $1/2$ 至 $1/4$ 之间, 告警时输出遥信信号, 收信载频输出在自动增益控制下限失控后告警, 并输出遥信信号, 收发遥信信号输出 $-12 \sim -24$ 伏 (负荷电流 10mA) 表示工作正常, 输出 $0 \sim -2$ 伏表示告警。

20. 发信机输入信号减小至正常值的 $1/2 \sim 1/3$ 时代振器启动, 振荡频率为 70MHz , 频率偏差 $\leq \pm 10\text{KHz}$, 发信机代振器工作时输出功率不小于 3W 。

21. 可由自动控制信号启闭行波管电源, 控制信号为宽度 100ms 的正电流脉冲 100mA (在 180Ω 负载上)。

22. 直流供电为 $-23 \sim -27$ 伏, 纹波 $\leq 240\text{mV}$, 整机耗电量小于 200W (24 伏时)。

第二节 混频系统

混频系统包括收信混频器和发信混频器。微波混频器是微波收发信机中重要的有源部件, 它本身质量的好坏, 指标的高低, 对整机的性能有着重要的影响。

微波混频器形式多种, 可以有各种不同的分类方法。若按用途来分有收信混频器 (或称下变频器) 和发信混频器 (或称上变频器); 按电路形式来分有同轴型、波导型和微带型; 按结构来分有单管混频器和双管平衡混频器; 按原理来分有非线性电阻混频和非线性电容混频; 按镜像终端条件来分有镜像匹配混频器 (或称宽带混频器), 镜像短路混频器和镜像开路混频器等等。在实际应用中, 可以根据不同的使用频段及不同的性能要求来作选择。

本节将讨论微波混频器的作用, 基本原理及其结构组成, 最后简单介绍微波混频器的调测方法。

一、微波混频器的作用

在 960 路微波中继通信中, 目前, 采用中频转接方式, 其方框图如图 1-2-1 所示。

所谓中频转接是指收发信机之间是通过 70MHz 中频相接的。完成中频——微波这种频率转换的器件叫微波混频器。

收信混频器是把微波信号变成中频信号, 发信混频器是把中频信号变成微波信号。

收信混频器的正常输入电平为 $-$

29.6dBm , 是低电平混频。而发信混频器输入电平可达 4dBm 以上, 是高电平混频。

要完成频率变换, 必须采用非线性元件。微波混频器中常采用的混频器件是肖特基势垒二极管、变容二极管等。

采用晶体二极管混频器与其他类型的混频器相比较, 有下列优点:

1. 噪声小;
2. 分布电容小, 输入阻抗高;
3. 伏安特性曲线比较陡峭, 因此工作比较灵敏, 对本振信号功率要求低;
4. 体积小, 寿命长。

所以, 目前微波中继通信设备中, 都广泛采用晶体二极管混频器。

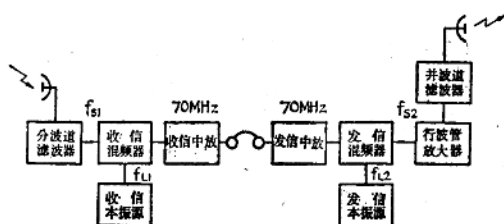


图 1-2-1 中频转接方式