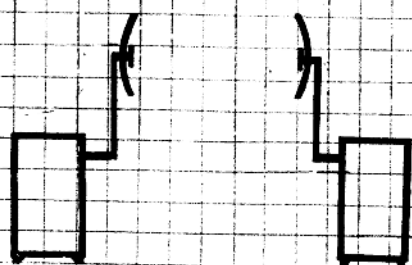


邮·电·中·等·专·业·学·校·教·材

微波中继通信设备

(模拟部分)

张双和 欧阳华希 万书君 编 王德耀 审



人民邮电出版社

内 容 提 要

本教材是《微波通信设备》试用教材的修订本，是按修订后新的教学大纲改写的教材。

本书讲述了4WG-1型微波收发信机、4WL-1型微波联络机、电视调制—解调机、电话调制—解调机和4WB-1型波道交换机。并结合机型讲解了总体介绍、混频、中放、本振、监控告警、电源、电视、电话调制—解调机、逻辑控制电路的工作原理、测试及维护方法。

本书也可作微波工程技术人员的参考书。

邮电中等专业学校教材

微波中继通信设备

(模拟部分)

张双和 欧阳华希 万书君 编

王德耀 审

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/16 1991年6月 第 一 版

印张: 23 ¹³/₁₆ 页数: 190 1991年6月河北第1次印刷

字数: 592 千字 插页: 4 印数: 1 — 7 000 册

ISBN7—115—04463—5/G·097

定价: 6.35元

编者的话

邮电中专无线电通信专业教材《微波通信设备》经过多年试用后，邮电部根据各省邮电学校使用情况及反映意见，制定了新的教学大纲。“大纲”中增加、删改了部分内容。无线电通信专业教材编审组推荐湖北省邮电学校修订《微波通信设备》。

本教材是根据新教学大纲对《微波通信设备》进行修订的，教材书稿经教材编审组审定通过。由邮电中专教材编审委员会推荐出版。

《微波通信设备》分上、中、下三册出版，篇幅超过教学进程计划学时分配表规定的课时标准，因此本书对原教材进行了部分压缩和删改。原教材是按设备结构分系统编写的，本书是按信号传输路径并结合设备结构而撰写的。本书增加了行波管工作原理及收发信机电源综述部分。

原教学大纲未修订部分，本书依然保留了《微波通信设备》教材的原内容。

本书由湖北省邮电学校张双和同志修订第一章微波收发信机及第五章波道倒换机，欧阳华希同志修订第二章微波联络机，万书君同志修订第三章电视调制——解调机及第四章电话调制——解调机。

最后由北京邮电学院王德耀副教授审校，在此表示谢意。

由于编者水平有限，书中难免有不妥或错误之处，恳切希望广大师生和读者批评指正。

编 者

1990年5月

目 录

第一章 4WG —1型微波收发信机

第一节 总体介绍.....	(1)
一、微波收发信机.....	(1)
二、高频架的组成.....	(1)
三、微波收发信机的技术指标及电平图.....	(8)
第二节 微波收信机.....	(11)
一、收信混频器.....	(11)
二、收信本振源.....	(22)
三、收信中频放大系统.....	(33)
第三节 微波发信机.....	(50)
一、发信中频放大系统.....	(50)
二、发信振荡源.....	(56)
三、发信混频器.....	(65)
四、行波管微波功率放大器.....	(69)
第四节 监控告警系统.....	(82)
一、监控告警系统的功能及组成.....	(82)
二、信号监示电路.....	(83)
三、告警控制电路.....	(84)
四、告警控制盘的调测.....	(87)
五、告警控制盘的使用与维护.....	(88)
第五节 电源系统.....	(89)
一、电源系统总体介绍.....	(89)
二、电源系统各部分电路工作原理.....	(92)
三、电源系统工作过程综述.....	(102)
四、电源系统的测试与调整.....	(105)
第六节 整机主要指标的测试.....	(108)
一、收信机噪声系数测试.....	(108)
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.....	(109)

三、自动增益控制跟踪速度测试.....	(110)
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.....	(111)
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.....	(116)
十三、整机热噪声测试.....	(117)
十四、收发信总振幅——频率特性测试.....	(118)
十五、收发信总群时延测试.....	(119)
十六、微分增益和微分相位测试.....	(119)
十七、遥控启闭电源测试.....	(121)
十八、用213MHz移频混频器实现单机自测.....	(121)
第七节 使用与维护	(122)
一、机架表面各开关旋钮的作用及其使用方法.....	(122)
二、开机程序及工作状态检查.....	(123)
思考题.....	(124)

第二章 4WL-1型微波联络机

第一节 总体介绍	(127)
一、微波联络机.....	(127)
二、微波联络机的组成.....	(128)
三、微波联络机的电源供给.....	(130)
四、微波联络机的技术指标.....	(130)
五、微波联络机的电平图.....	(131)
第二节 收信系统	(133)
一、收信混频器简介.....	(133)
二、收信振荡源简介.....	(133)
三、收信中放电路.....	(134)
四、中频解调电路.....	(141)
五、收信群放电路.....	(150)
六、导频接收电路.....	(151)
七、收信告警控制电路.....	(154)
八、群频开关电路.....	(156)

九、分路滤波器	(157)
十、收听电路	(160)
第三节 发信系统	(164)
一、发话电路	(164)
二、并路滤波器	(165)
三、导频发送电路	(170)
四、发信群放电路	(172)
五、中频调制电路	(173)
六、发信功放电路	(176)
七、发信混频器简介	(177)
八、发信振荡源	(177)
九、发信告警控制电路	(180)
第四节 电源系统	(182)
一、电源系统的组成、功能及指标	(182)
二、实际电路分析	(183)
三、电源系统的工作过程	(185)
第五节 维护与测试	(186)
一、整机指标测试	(186)
二、常见故障及其处理方法	(193)
思考题	(195)

第三章 电视调制——解调机

第一节 概述	(197)
一、电视调制——解调机	(197)
二、电视调制——解调机组成	(197)
三、全电视信号简介	(200)
四、电视调制——解调机的主要指标	(203)
第二节 电视调制机	(212)
一、简介	(212)
二、发信视频放大器	(212)
三、伴音调制盘	(216)
四、导频发生器及基带信号合成电路	(219)
五、中频调制及中频放大	(221)
六、监测及告警电路	(231)

第三节 电视解调机	(237)
一、简介.....	(237)
二、中频解调器.....	(237)
三、收信视频放大器.....	(241)
四、伴音解调盘.....	(244)
五、监测和自动倒换.....	(248)
第四节 测试	(250)
一、校准电平与频偏.....	(250)
二、主要指标的测试.....	(251)
思考题.....	(259)

第四章 电话调制——解调机

第一节 概述	(260)
一、电话调制——解调机功能及性能.....	(260)
二、电话调制——解调机的组成.....	(261)
三、电话调制——解调机主要指标.....	(264)
第二节 电话架通道分盘电路	(266)
一、简介.....	(266)
二、发信群放.....	(266)
三、中频调制与发信中放.....	(270)
四、收信中放与鉴频.....	(272)
五、收信群放.....	(273)
六、输出网络与振幅校正.....	(275)
第三节 监测和倒换控制电路	(275)
一、中频监测电路.....	(275)
二、群频308kHz监测电路.....	(279)
三、倒换控制电路.....	(279)
第四节 指标测试	(282)
一、一个话路输入、输出电平的测试.....	(282)
二、一个话路单音频偏的测试.....	(283)
三、群频振幅频率特性不均匀度的测试.....	(283)
四、群频净衰耗不穩定度的测试.....	(284)
五、调制—解调机的微分特性测试.....	(284)
六、调制—解调机的微分增益特性测试.....	(284)

七、最高话路电路在零电平点噪声功率的测试	(285)
思考题	(285)

第五章 4WB-1型波道倒换机

第一节 概述	(286)
一、波道倒换机的作用	(286)
二、波道倒换机的简单工作原理	(287)
三、波道倒换机的功能	(290)
第二节 单元电路	(291)
一、陶瓷振荡器	(291)
二、三端陶瓷滤波器	(293)
三、中频开关电路	(293)
四、中频开关驱动电路	(294)
五、幅度鉴别电路	(296)
六、TTL与非门电路	(297)
第三节 倒换机各部分电路分析	(300)
一、导频和噪声放大系统	(300)
二、F信号电路	(303)
三、电源部分	(309)
四、表头灯键电路	(310)
第四节 逻辑控制电路	(316)
一、逻辑控制电路的作用及方框图	(316)
二、逻辑控制电路的工作原理	(317)
三、收端逻辑控制电路工作原理	(319)
四、发端逻辑控制电路工作原理	(333)
五、中频控制及告警电路	(339)
六、信号倒换电路	(344)
七、自校电路	(346)
八、逻辑电路综述	(347)
第五节 波道倒换机的维护使用	(353)
一、准备工作	(353)
二、波道倒换机的单机检查	(355)
三、维护使用及故障处理	(359)
思考题	(362)

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

微波收发信机（高频架）是微波通信中的主要设备。在终端站高频架是用来发射和接收微波调频信号的，在中继站它则是用来转发微波调频信号的。

高频机架按工作频率不同，设置六个波道。每一波道与相应的中继或终端设备配合，以70MHz中频为接口，可以传送960路电话，也可以传输电视、传真、电报、广播和数据信号等。收发信机可以单独使用，也可以组成系统使用（即一条微波线路可装设三个或六个双向波道）。每一收发信机都有70MHz中频分支输出，作监测用。又可从高频架的中频限幅器的中频监测输出端引出中频信号送到解调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。如果终端站和上下话路（或电视信号）的主站，高频架将收到的微波信号变成70MHz中频信号，再经中频放大器放大到一定的电平后，将电话通道（或电视通道）的信号送到电话（或电视）架进行解调，解调出来的信号送往载波机（或电视台）。

在终端站高频架的发信系统，首先是载波机送来的群频信号，经电话架调制为70MHz中频信号，再送到高频机架变成微波信号，经行波管微波功率放大器放大后，再由天线发射出去。电视台送来的视频及伴音信号经电视台架调制为70MHz中频信号，送到高频架变成微波信号，经行波管微波功率放大器放大后，由天线发射出去。

在中继站，高频架仅仅只是将收到的微波信号变成70MHz的中频信号，经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，再经行波管微波功率放大器放大后，由天线发射到下一站。

二、高频架的组成

高频机架由微波收信机、微波发信机、电源系统及监控告警系统四部分组成。

（一）微波收信机

天线接收到的微波信号经馈线和分路系统，进入高频架的收信部分。

在高频架中，收信机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70MHz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。

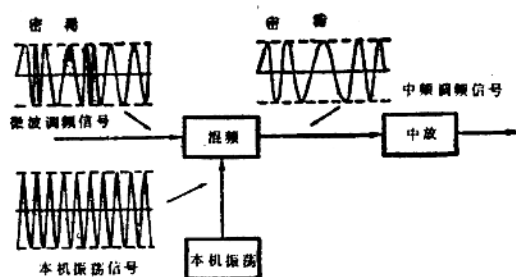


图 1-1-1 外差调频接收过程

这种外差式电路的优点较多，一是收信机的灵敏度高，在目前情况下，由于不易把微波信号直接进行很大倍数的放大，而把微波信号变为 70MHz 中频信号后，再进行放大，就比较容易。这样放大器的放大倍数可以做得较高，而且易于低噪声接收，故灵敏度高。二是选择性较好，因为这时整机的通频带已主要取决于

70 MHz 中频放大系统。

此外，在中继站，要将收到的微波信号，转换为另一频率的微波信号（收发相差 213MHz）发送出去，采用这种电路也便于实现收发频率的转换。

外差式电路的缺点是结构比较复杂，对本振频率的稳定性要求较高。

混频后得到 70MHz 的中频信号，经前置中放，中频滤波器和二中放放大后，有 0.5V (75 Ω 负载) 的输出，这是主站与其他设备接口的要求。二中放有自动增益控制作用，使外来信号在上衰落 5dB 和下衰落 40dB 的范围内保持输出的中频电平变化不超过 ± 1 dB。

工作中继站的高频架，从二中放输出的中频信号，通过中频转接电缆直接送到发信机的中频限幅器输入端，经发信混频器转换成微波信号送往下一站。由于限幅中放的输入电平要求为 $1\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ ，所以在中继站直接进行中频转接时，需外加 4dB 的衰耗器（在机器出厂时转接电缆里附有该衰耗器）。对于终端站或主站，从二中放出来的信号，送到电话架或电视架的中频输入端进行解调。

收信机方框图如图 1-1-2(a) 所示。以下简要说明收信机各主要部件的作用。

1. 分波道滤波器

本机采用的分波道滤波器是用膜片作为电感元件，直接耦合的七腔滤波器。它对本波道接收的微波信号起选频作用，只允许本波道收信频率通过，阻止其他波道的频率通过，有足够的选择性；同时对收信本振提供 70dB 以上的衰减，避免收信本振往收信输入端辐射，以免对同一系统其它波道造成干扰，它与环行器等器件相配合构成分路系统。

2. 微波时延均衡器

波导结构的微波时延均衡器，是通过方孔，将矩形波导的能量耦合到圆柱腔内，激发出两个互相垂直的 H_{11} 波，通过调整螺钉，使两个模共同谐振于中心频率，电磁波在腔内来回反射，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做到剩余时延不大于 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——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。

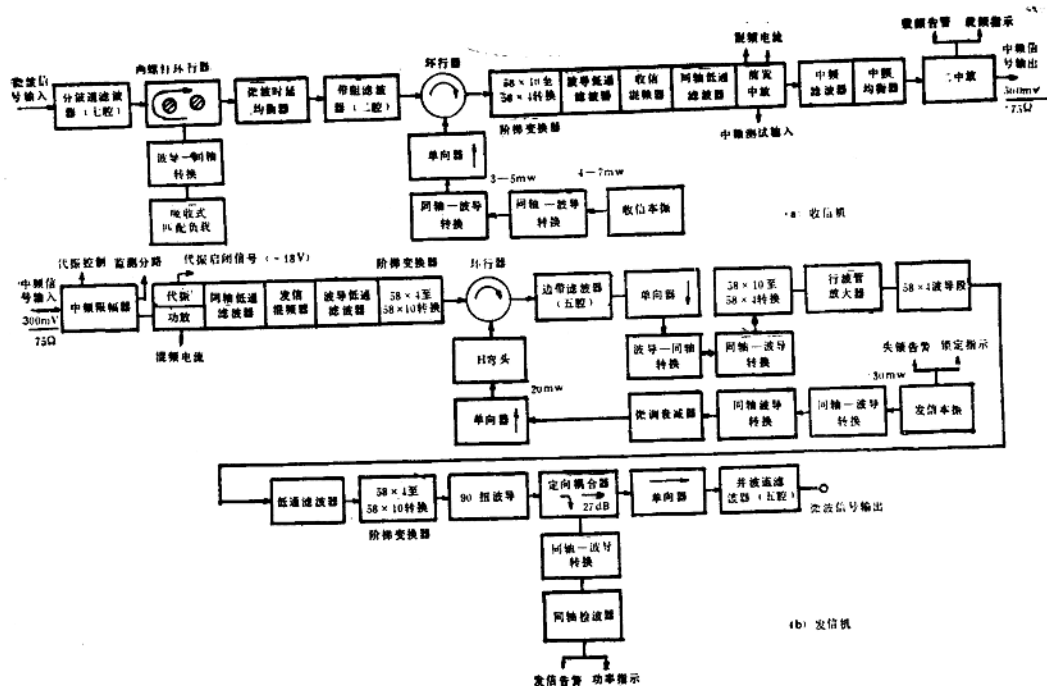


图 1-1-2 微波收发信机方框图

改善了匹配条件,保证了七腔滤波器和均衡器的性能。

(2) 作收信机的测试口。由于螺钉位于波导宽边的中心处，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。

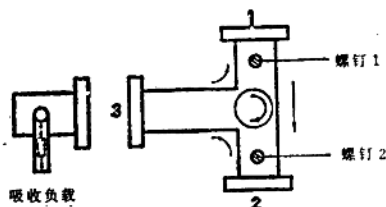


图1-1-3 两螺钉环行器示意图

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 Ω 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向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。而接收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. 前置中频放大器

前置中放由两级共发射极放大器，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。前置中放提供33dB的增益，为了实际使用的需要，前置中放的增益有 ± 3 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。增益 ± 3 dB的调整范围，可以使站距大约在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。

8. 中频滤波器及均衡器

收信机采用的中频滤波器共有10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，其衰减点设计在 $f_0 \pm (29 \pm 1)$ MHz处，衰减值大于25dB，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小于1ns（在 $f_0 \pm 8$ MHz范围内）。

9. 二中放

二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8dB（相当于上衰落5dB的情况），正常增益为13dB，最大增益为53dB（相当于下衰落40dB的情况）。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12dB，故总增益65dB。

用PIN二极管组成二中放自动增益控制电路。经自动增益控制后输出电平为 $+5.2$ 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，其负电压值大于0.7V（在20k Ω 负载上），当输入电平低于-48dBm时，输出负电压值下降至0.3V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100MHz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。

(二)微波发信机

高频架的微波发信机方框图如图1-1-2(b)所示。

微波发信机的工作情况有二：一是在终端站，将来自电话架（或电视架）的已调70MHz中频送到限幅中放，进行限幅、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213MHz。边带信号经行波管放大器放大后,通过波导低通滤波器抑制谐波成份,再经定向耦合器(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。二是在中继站直接将收信机二中放输出的信号,经4dB衰减后送到发信机的限幅中放,最后转发到下一站。

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电平低于正常值的 $1/2 \sim 1/3$ 时,功率中放盘内的代振器自动工作,送出70MHz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。

下面简要说明发信机各主要部件的作用:

1. 限幅中放

限幅中放由两级限前放大(两对反馈对)、一级串联限幅和两级限后放大(两级反馈对)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

功率中放由一对反馈对组成,功放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)。

3. 代振器

代振器是一70MHz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。代振器的功用正如上述,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

发信混频采用单管宽带混频,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。发信本振源输出的功率都大于30mW,电缆线约有1dB的损耗,所以加到混频器的实际功率要比20mW大,多余的部分用可变衰减器加以衰减。长期使用后,本振功率可能下降。可用减少衰减器衰减量的方法,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行波管与发信混频系统之间隔离用的。

5. 行波管微波功率放大器

用行波管来放大微波信号具有频带宽、增益高、功率大等优点,本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低于同步点75V使用。4WG—1型微波收发信机采用4WX7—1B型行波管,其增益为38dB,4WG—2型微波收发信机采用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 $58 \times 4\text{mm}^2$,微波低通滤波器和4WX7—1B型行波管也是 $58 \times 4\text{mm}^2$,为了与 $58 \times 10\text{mm}^2$ 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，4WX7—1B型行波管输出功率为7W，其检波直流电压一般不低于—1V。需测行波管输出功率时，取下检波器接上功率计读数乘500即行波管输出功率。

8. 单向器

本设备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边带；在行波管输出端的五腔滤波器除了帮助抑制镜像信号（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

波导低通滤波器的结构是在截面为 $58 \times 4 \text{ mm}^2$ 的上下波导壁上开一些纵、横槽，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低通滤波器称为“群岛低通滤波器”。收发信系统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 $f_c = 1.5 \times (\text{平均工作频率})$ ，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加以抑制。

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、调频噪声低的微波本振源。

12. 同轴低通滤波器

收信机的同轴低通滤波器接在收信混频器和前置中放之间，而发信机的同轴低通滤波器是接在功率中放和发信混频器之间。它们的作用是让70MHz中频信号通过，而防止微波信号串入中频通道。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）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。

信号指示部分是把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是否正常。每一高频架上面板上，设有两个100μA的直流表头，一个作为收信载频指示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50mA电流表作收集极电流指示，一个10mA电流表作螺旋线电流指示。

信号告警部分，是用指示灯和警铃告知值班人员设备某些部分工作不正常，需及时进行检查处理的。本机设有发信功率、收信载频、代振启动和发信本振锁定四个独立的告警控制电路。

本收发信机按无人值守要求设计，与远程控制机配合使用，具有一定的通信、遥控和监控性能。本机与远程控制机相接的遥控遥信点有：发信功率指示，收信载频指示，变换器电源启闭。前两者由告警盘处理，后者由电源盘处理。

此外告警盘目前还留有本振失锁指示和代振启动指示的遥信点。

(四)电源系统

高频架的电源，担负着全机中放系统、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(从不间断、稳定、可靠等方面考虑，960路微波电路的电源仍采用交流整流、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。

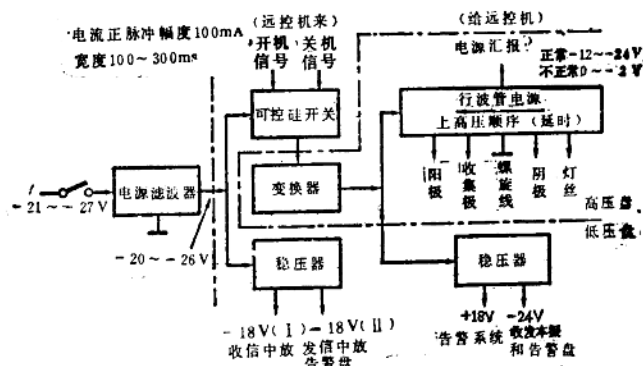


图 1-1-4 电源系统方框图

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，供告警盘用的 $+18\text{V}$ 电源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。为适应无人值守的要求，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，继电器便切断高压，启动告警。电源给远程控制机的汇报信号，高压工作正常时，为-12~-24V，不正常时，为0~-2V。

三、微波收发信机的技术指标及电平图

微波收发信机的各项技术指标和传输电平，有些与线路设计有关，有些与电话、电视调制机、终端设备的特性及传输质量有关。

了解和掌握微波收发信机的各项技术指标及电平图，对于维护管理及保证设备的正常运转是很有必要的。

(一)微波收发信机电平图

电平图绘制了微波收发信机各主要点的电平及某些技术指标，它是设计、制造和维护工作的依据。图1-1-5示出4WG—1型960路微波收发机的电平图。

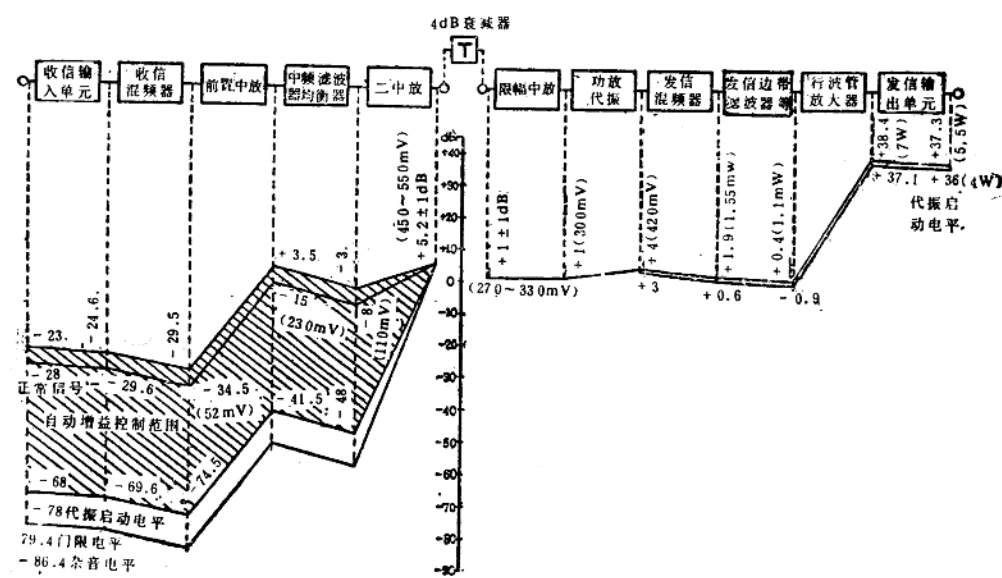


图 1-1-5 960路微波收发信机电平图

从上图可以看出：发信机输出的微波信号功率大于5W（+37dBm）。

微波信号在自由空间的传播损耗由下式决定：

$$L_0=20\lg\frac{4\pi d}{\lambda}=138\text{dB}$$

其中，*d*为站距，取标准距离46.3公里。

*λ*为自由空间波长，取中心波长7.5cm。

天线增益 2×39.5=79dB

馈线损耗 2×2=4dB（收发端各为圆馈线平均40米，矩形馈线10米）。

分路损耗 2×1=2dB（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

接收机杂音电平 $=10\lg\frac{FKTB}{10^3}=-88.4\text{dBm}$ 其中, $F=10(10\text{dB})$,接收机噪声系数;

$KT=4\times 10^{-21}$,波尔兹曼常数,绝对温度;

$B=36\times 10^6\text{Hz}$,接收机 3dB 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、环行器、微波均衡器、带阻滤波器等。分波道滤波器的损耗为 1dB ,环行器的正向损耗为 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 ,加上输入端环行器的正向损耗 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。

中频滤波器的输入和输出端各加有 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 $-8\text{dBm}(110\text{mV}/75\Omega)$

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

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

二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二中放的输出为 $\pm 5.2\text{dBm}\pm 1\text{dB}(450\sim 550\text{mV}/75\Omega)$ 。

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,在二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 $+4\text{dBm}(420\text{mV}/75\Omega)$,该信号与 20mW 左右的发信本振功率在发信混频器混频后,得到已调微波信号,经低通滤波器,阶梯变换,环行器后输出电平为 $+1.9\text{dBm}$ (约 1.55mW)。再经边带滤波器损耗 0.6dB ,单向器正向损耗 0.5dB 以及波导一同轴转换和同轴电缆约损耗 0.4dB ,所以,送至行波管的输入信号电平为 $+0.4\text{dBm}$ (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 $+38.4\text{dBm}(7\text{W})$ 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 $+37.3\text{dBm}(5.5\text{W})$ 。