

微波机

湖北省邮电器材一厂编

人民邮电出版社

内 容 提 要

本资料较详细地介绍了60路微波中继通信设备，内容大致包括下面几个部分：
1.设备概况，2.电路原理，3.主要波导器件加工经验，4.分盘及整机的调测方法。
在附录中还介绍了比较先进的耿氏振荡源。

本书可供生产、维护60路微波设备的工人、技术人员以及其它有关人员阅读。

H60WT微波机技术资料

湖北省邮电器材一厂编

*

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

内 部 发 行

*

开本：787×1092 1/32 1976年7月 第 一 版

印张：4 28/32页数78插页1 1976年7月河北第一次印刷

字数：1 1 0 千字 印数：1—5,000 册

附图1册,不另计价

统一书号：15045·总2123—资448

定价：0.54 元

出 版 说 明

现在我们的国家正处在一个重要的历史发展时期。全国人民认真学习无产阶级专政理论，以阶级斗争为纲坚持党的基本路线，为在本世纪内实现我国农业、工业、国防和科学技术的现代化的宏伟目标，满怀革命豪情地奋勇前进。在这大好形势下，摆在我们广大邮电职工面前的艰巨而光荣的任务，是怎样尽快地使我国邮电事业尽可能采用先进技术，以适应飞跃发展的社会主义革命和社会主义建设的需要。

湖北省邮电器材一厂在毛主席革命路线指引下，坚持**独立自主、自力更生**的方针，走自己工业发展道路，全心全意地依靠工人阶级，实行工人、干部、技术人员三结合，把敢想敢干的革命精神和严格的科学态度结合起来，并在邮电科学研究院第四研究所的协助下，试制成功三波道60路微波中继通信设备。经过一段时间的实际使用，证明效果良好。

他们在试制过程中，由于技术力量及设备不足，遇到了不少困难。但在经过无产阶级文化大革命锻炼的群众面前，困难一个个地被克服了，从而创造了不少好的经验。

制造微波通信设备的关键问题之一，是波导器件的加工。在这方面他们创造了一套适合该厂条件的加工方法和专用模具，保证了试制工作的顺利进行。例如波导滤波器的加工，不但要求内壁镀层有很高的光洁度，并且对各销钉、螺钉的孔位尺寸也要求有很高的精度。故一般要在坐标镗床上加工。他们

没有这种镗床，就群策群力，创做了一套钻孔定位专用夹具，和一套镀银的工序及挂具，使波导滤波器的成品率达到90%以上。而且易于加工。另外，在电路及频率配置方面也根据具体条件对原设计作了适当的修改。

应当指出，任何经验都是在一定的具体时间、地点和条件下产生并发展起来的，有其特殊性的一面。因此在运用这一经验时要考虑到自己的特点。但是特殊性总是和普遍性联系在一起的，**普遍性即存在于特殊性之中**，只有善于在具体经验中提炼出共性的东西，又使这共性的经验与自己的具体条件相结合，才能真正运用别人的好经验，并使这经验提高到更高的水平。我们希望广大读者在现有的基础上更上一层楼，创制出更实用，更先进的微波中继设备来。例如该机目前采用的微波振荡源是反射速调管。这样不但使设备电源复杂化，且由于速调管寿命有限，价钱又贵，给维护上带来不便，也增大维护费用。最好能改用本书附录中介绍的耿氏振荡源。另外，本机所采用的频段也是临时性的，各地研制过程中必须按全国一盘棋的方针，选用适当频段。

目 录

第一章 概述	(1)
1.1 微波通信的特点.....	(1)
1.2 <i>H60WT</i> 微波机简介.....	(2)
1.3 频率分配和波道排列.....	(10)
1.4 主要技术指标及电平图.....	(14)
第二章 微波器件	(18)
2.1 直波导.....	(18)
2.2 波导弯头.....	(22)
2.3 可变衰减器.....	(24)
2.4 全匹配负载.....	(25)
2.5 同轴电缆一波导转换接头及波长表耦合器.....	(26)
2.6 定向耦合器.....	(28)
2.7 带通滤波器.....	(32)
2.8 检波器.....	(38)
2.9 铁氧体单向器(隔离器).....	(39)
2.10 铁氧体环行器.....	(44)
2.11 混频器.....	(46)
2.12 双反射面天线.....	(49)
2.13 波导器件的生产.....	(55)
第三章 端机分机盘工作原理与调测	(60)
3.1 第一中频放大器.....	(60)

3.2	第二中频放大器.....	(67)
3.3	第三中频放大器.....	(71)
3.4	鉴频器.....	(74)
3.5	自动频率微调盘.....	(80)
3.6	发信群频放大器.....	(86)
3.7	公务通信电路.....	(87)
3.8	监测与告警电路.....	(89)
3.9	转接设备.....	(91)
3.10	电视调制盘.....	(91)
3.11	电视图象解调盘.....	(95)
3.12	电视伴音解调盘.....	(97)
3.13	电源供给系统.....	(102)
第四章	反射速调管振荡器及调制器.....	(107)
4.1	反射速调管振荡器原理.....	(107)
4.2	收信本机振荡器.....	(112)
4.3	发信速调管调制器.....	(113)
第五章	整机指标调测.....	(115)
5.1	整机一般指标调测.....	(115)
5.2	电话通道指标测试.....	(119)
5.3	视频通道指标调测.....	(121)
5.4	电视伴音通道指标调测.....	(124)
附录 1	体效应管振荡器简介.....	(126)
附录 2	微波的视距传播距离与天线高度的关系.....	(130)
附录 3	元件表.....	(132)
附图		

第一章 概 述

微波是指波长为1米至1毫米，或频率为300兆赫至300千兆赫范围内的电磁波。波长从10厘米至1米的通常称为分米波，从1厘米至10厘米的称为厘米波，从1毫米至1厘米的称为毫米波。本设备采用的工作频带为8700兆赫至9000兆赫，相当于3厘米波段。

1.1 微波通信的特点

(1)在微波波段，电磁波主要是沿直线在视距范围内传播。因此，在弯曲的地球表面上，通信距离就要受到限制，一般只有几十公里。为了实现远距离通信，必须每隔几十公里设一个微波中继站(也叫接力站)，把收到的微弱信号加以放大，然后再发射至下一站。这样一个站一个站地传递下去，一直到终端接收站，这种方式的通信叫做微波中继通信或微波接力通信。

一般中继站的最佳站距为35~45公里(空间直线距离)，也容许有50~55公里的站距，在条件适当的时候(如两高山间)也可达更大的距离。具体站距则要视收、发信天线的高度和当地环境来决定。关于站距与天线高度的一般关系，见附录。

(2)由于微波的频带很宽，所以可以容纳很多电路，而不相互干扰。因而可以传送大容量的多路电话(例如60路、600路、960路甚至达几千路以上)、电视以及快速数据信号等，

成为现代通信的重要手段之一。

(3) 微波的传播不易受天电、工业干扰及太阳活动的影响，因此他的传输质量和稳定性都较高。

(4) 由于微波的波长短，所以有可能用较小尺寸的天线，获得很高的天线增益。这就大大提高了发射功率的有效利用率，与无方向性发射相比较，相当于把发射功率提高了10,000倍甚至更多。因此，一般微波中继通信中用的发信机的功率可以很小。只几百毫瓦到几瓦就可以实现稳定的通信。

另外，微波传播的方向性强，较无线短波电路具有较好的保密性。但是它比电缆通信要差，在干线等重要线路中还需加终端保密设备。

(5) 微波的频率很高，在通常低频及中、短波电子电路中所用的集中参数的电子元件（如一般电子管、晶体管、电感器、电容器等）就不适用了，而需采用结构上完全不同的一些微波元件（如速调管、行波管、特种微波晶体管、波导和谐振腔等元件）。

另外，用普通的双线来传输微波能量也是十分困难的。这是因为普通双线线路的线距和线长已经和欲传输的信号的波长的数量级相近，以致从传输线辐射出的电磁能量大到不可容忍的程度。在这种情况下，就必须采用波导或同轴电缆来传输了。

1.2 H60WT微波机简介

1.2.1 性能

*H60WT*三厘米60路三波道微波机系一种中短距离微波通

信中继设备。设计的通信距离是 300 公里，中继站最佳距离为 35~45公里，也容许有50~55公里的站距。

在 8700~9,000 兆赫的工作频带中可安排三个波道，每个波道可以传送60路载波电话或一路黑白电视信号。本设备可以采用一个、两个或三个波道。如采用三波道，可用一个波道通60路电话(需加装复用设备)，一个波道通电视，其余一个波道作备用。在电话通路里还能传送电报和传真。

本设备采用四频制，就是说，在一个中继站上每个波道收、发共用四个频率，见图1.1。

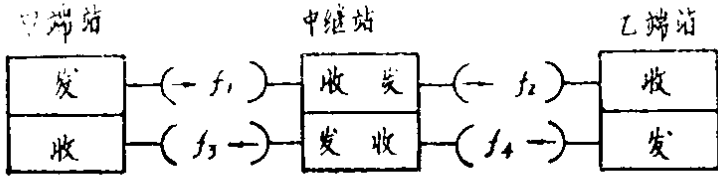


图 1.1 四频制微波中继通信示意图

本机采用 K-107 型反射式速调管作为收、发信微波振荡源。发信输出功率不低于200毫瓦。调制采用微波调频方式。收信中频为70兆赫。

本机传送信号的有效频带为20赫~8兆赫。传输净衰耗为 0 分贝。中继站转接方式为视频(群频)转接。

电源可用交流220伏 $\pm 5\%$ (一般要加交流稳压器)每波道每端功率消耗不大于200瓦；也可用直流24伏 $\pm 5\%$ ，每波道每端电流不大于 6 安。

1.2.2 结构

为使本机可以根据需要组装成单波道、两波道和三波道中继系统，每个波道占一个机架，并有单独电源。分波道系统在机架外安装。每一端机各波道的收发信机在同一方向上使用同

一个天线和馈线系统（参阅图1.2）。机顶分波道系统占用空间高度为400毫米。

每一波道端机的宽×厚×高的尺寸为 $560 \times 350 \times 1300$ 毫米（不包括附加机座和分波道系统）。

1.2.3 基本原理

本设备主要由分波道系统、收信系统、发信系统、电源供给系统四个部分组成。此外，还有公务通信及告警装置、监测系统、群频联接装置、电视信号调制解调系统（参阅图1.3）。

（1）分波道系统

在同一方向上，所有波道的收发信机都使用同一天线。因此，必须使用分波道系统来分开各个波道以及收信和发信系统，使之不相互干扰。分波道系统是由微波环行器、微波带通滤波器和联接波导等构成。

图1.3表示三波道微波机一个端机的分波道系统示意图。图中虚线方框分别表示同一波道的收发信机。

环行器是一种微波元件。在环行器中，电磁能量只能沿一定的方向环流（即旋转箭头指示的方向）。由天线馈线接收进来的三个波道的微波信号（其频率分别为 f_4 、 f_5 、 f_6 ）先进入收发共用环行器 HX_1 的“1”臂，然后到“3”臂进入 HX_2 的“1”臂，再经 HX_2 的“1”臂到 HX_2 的“2”臂。由于 HX_2 “2”臂上接有频率为 f_4 的带通滤波器，频率为 f_4 的信号通过带通滤波器进入1波道的收信系统。频率为 f_5 、 f_6 的微波信号则全部被反射回 HX_2 ，经 HX_2 “3”臂进入 HX_3 “1”臂，然后抵达 HX_3 “2”臂。 HX_3 “2”臂接有频率为 f_5 的带通滤波器， f_5 的微波信号通过带通滤波器进入二波道收信系统。频率为 f_6 的微波信号被全部反射回环行器 HX_3 ，经环行

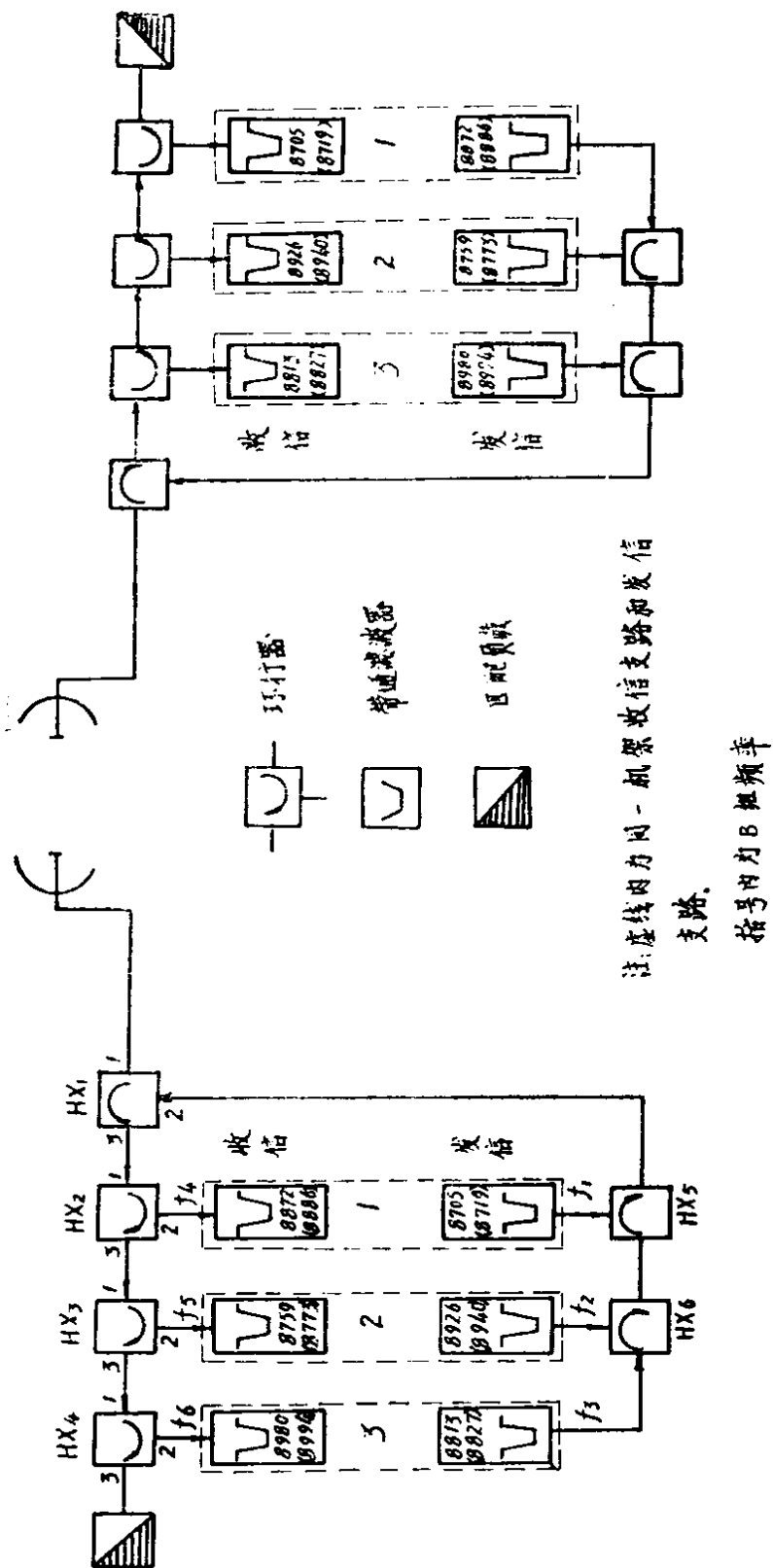


图 1.2 三波道分波道系统总图

器 HX_4 ，通过带通滤波器而进入第三波道的收信系统。这样以频率不同而区分的三个微波信号依次进入各个频率相对应的微波收信系统而达到分波道的目的。

三个波道发信系统送出的微波信号 f_1 、 f_2 、 f_3 的途径和收信的途径相反，因此不再重述。这三个微波信号只能通过收、发共用环行器 HX_1 的“2”臂至“1”而达到天线上，而不会到收信系统中去以达到将收、发信信号分开的目的。各波道串接的带通滤波器主要是削除微波信号中的其他杂波，而只让相应的有用频带通过。

(2) 收信系统

整个收信系统就是一部微波外差调频接收机。它由收信波导系统、速调管本地振荡源、混频器、中频放大器、鉴频器、收信群频(视频)放大器和自动频率微调等组成。

由分波道系统送进来的微波调频信号经过带通滤波器(与收信分波道系统的带通滤波器串接以辅助其阻带不足)、环行器，送至混频器。在那里它与本振信号差频，产生一个70兆赫的中频信号。本振信号由本振速调管产生，它经过环行器，先至带通滤波器，但由于其频率在滤波器的阻带内，而被收信带通滤波器反射后，再经环行器而加到混频器中。本振功率的大小可由一个可变衰耗器进行调节。混频出来的中频信号被一中放(前置中放)进行低噪声放大，然后在二中放、三中放中进一步放大。同时，在中放里设有自动增益控制，以保持输出的中频电平恒定。中频信号在鉴频器中进行限幅、解调和群频放大以重新获得60路的群频信号(或视频信号)。这信号在终端站则经群频联接设备被送至载波机(电视信号则经电视解调系统，送使用单位)，在中继站则送至另一方向的发信系统，以便向下一站继续传送。

为了保证收信中频不超出允许的范围，收信系统还有一个自动频率微调盘。它有一个鉴频器，其中心频率为70兆赫。三中放中频输出端有一个接至微调鉴频器，让它检出一个直流的误差信号，这个误差信号经过一个调制型直流放大器放大后加到本振速调管反射极上，用以改变本振频率，使中频频率在 70 ± 0.5 兆赫以内。

(3) 发信系统

发信系统包括发信群频放大器、发信速调管振荡器（同时也是调制器）和发信波导系统。

发信群频放大器将群路（或电视）信号放大到规定的幅度，然后耦合到发信调速管的反射极，直接对速调管振荡器的频率进行调制，产生一个3厘米的微波调频信号。这信号通过发信分波道系统、馈线、天线，向下一站发射出去。

发信速调管输出端接有一个单向器。单向器是一种特殊的微波元件（见2.9节）。它的插入衰减量决定于电磁波在其中传送方向，对某一方向传播的电磁波的衰减小，而对反方向的衰减很大。因此，可用单向器来吸收天线馈线的反射波，以防止速调管产生频率牵引现象。

单向器和发信分波道系统之间还接有十字方向耦合器。方向耦合器也是一种特殊的微波元件（见2.6节）。发信功率的绝大部分都通过方向耦合器的主波导送至输出端，而只有极少部分的功率耦合到检波器，用以监测发信速调管的工作和发信告警用。发信速调管的振荡频率则通过发信波长表耦合器耦合到外接的波长表进行监测。

(4) 公务通信及告警系统

公务通信是用来作站间业务联络电话用。机内有公务通信盘。它把话音信号经过滤波和放大后加至发信群频放大与60路

群频信号合并，一起调制速调管。接收时，由鉴频器解调出来的公务音频信号经过收信群频放大后接至公务收信放大器去推动监听喇叭或耳机。公务通信占据频带是300~3400 赫，因此公务电路只能加入电话波道中，而不能加入电视波道。否则将会产生干扰，因为电视信号所占据频带为40赫~8.5兆赫。

(5) 监测系统及告警系统

告警电路装在机架背面一印刷板上。当发信功率低于一定值时，警铃响同时发信告警灯亮。当衰落指示低于一定值，表示输入场强太低，警铃响同时收信告警灯亮。

监测分为收信系统监测和发信系统监测两个部分。

收信系统监测包括：混频电流监测、衰落指示监测及中频监测。

对发信系统主要是发信功率监测。

这些监测电表都装在机架上部的仪表盘上。

(6) 电视信号系统

本系统包括调制盘和解调盘。

由电视台来的图象视频信号和伴音信号都加到调制盘。音频伴音信号对8兆赫调制器进行调制。也就是说，将伴音信号先移至8兆赫的频段上，然后进行放大，加至混合器。电视图象信号则经过预加重网络以提高信噪比，然后与调制好的8兆赫副载频信号一起送至发信视放。

在收信端，由鉴频器解调出来的混合信号经高通滤波器和低通滤波器将图象信号和伴音副载频信号分离，图象信号送至去加重网络，伴音副载频信号则经过8兆赫解调器而得到音频伴音信号。这两个信号再分别由视放和音频放大器放大以后送至电视台。

(7) 群频联接装置

载波机用同轴电缆与微波机的“群频输入”和“群频输出”连接。“群频输入”和“群频输出”的阻抗为75欧，电平均为-26.5分贝(13毫伏)，而载波机的收发信支路电平和阻抗则随载波机路数和转接点不同而不同。如果在60路载波的超群转接，该点阻抗为75欧，收发信电平分别为-35分贝和-49分贝，因此，在发信支路加一放大器把电平提高至-26.5分贝；在收信支路则应加衰耗器把电平降低至-49分贝。如果载波机的输出、入阻抗不是75欧，则还需加匹配变压器。

(8) 电源供给系统

本设备可用两种电源供给：直流24伏或交流220伏。

整个电源系统包括四个机盘：

低压电源盘—供给各中放盘的一18伏、-50伏直流电压和收发信速调管灯丝的直流6.3伏。

收信高压电源盘—供给收信速调管的300伏腔压和255伏反射极电压。

发信高压电源盘—供给发信速调管的500伏腔压和360伏反射极电压。

24伏整流器盘—当使用220伏交流供电时，提供24伏直流电源供其他三个电源盘工作。

1.3 频率分配和波道排列

为要避免波道之间互相干扰，频率分配和波道排列是个十分重要的问题。如果分配和安排不当，一个波道往往要受到一些无用的微波信号(来自其他波道)的干扰。这些干扰信号，伴随着被接收的信号一起进入收信系统的通频带内，使接收信号产生失真，结果在解调后便会产生噪声或串话。

前面已经说过，微波接收是采用外差式。因此，只要外面进入接收系统的信号或干扰，能够与本地振荡信号混频，得到一中频信号，进入中频放大器，就能对某一波道产生干扰。干扰波落入某一波道的镜象频率区就形成镜象干扰。

如果干扰波落入某一波道的收信本振频率区，它将和有用的接收信号混频，也能产生干扰的中频信号进入中放而产生干扰。

1.3.1 H60WT微波机的频率分配

本机的频率分配是把8,700~9,000兆赫频段分为A、B两组(同一组频率安置在一个端机上)各配置三个波道，而每个波道各有一条收、发电路。见表1.1。

表 1.1 单位：兆赫

频率组别	收（发）信 频 率			发（收）信 频 率		
	1 波道	2 波道	3 波道	1 波道	2 波道	3 波道
A 组	8705	8926	8813	8872	8759	8980
B 组	8719	8940	8827	8886	8773	8994

与表1.1相对应收信本振频率列如表1.2

表 1.2

	1 波道	2 波道	3 波道	1 波道	2 波道	3 波道
A 组	8775	8856	8883	8802	8829	8910
B 组	8789	8870	8897	8816	8843	8924

在一条中继电路上接收频率和发送频率逐站更换如图 1.4 所示，也就是说：A组和B组频率相间排列。