

Weibo Tongxin Shebei Weihu Jingyan

微波通信设备维护经验

第 一 辑

人 民 邮 电 出 版 社

微波通信设备维护经验

第一辑

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是微波通信设备维护经验及技术革新的选辑。主要选自1974年及1975年《电信技术》杂志上的文章。内容包括电路分析、维护经验、技术革新、技术知识几个部分。可供从事微波设备维护工作的工人及技术人员参考。

微波通信设备维护经验

第一辑

*

人民邮电出版社编辑、出版

北京东长安街27号

北 京 印 刷 一 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

限 国 内 发 行

*

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 1977年5月第一版

印张：10 页数：160 1977年5月北京第一次印刷

字数：227千字 印数：1—9,000册

统一书号：15045·总2142—无624

定价：0.80元

出版说明

伟大的无产阶级文化大革命推动了电信事业的大发展。通信设备成倍增长。广大电信人员遵照伟大领袖毛主席“抓革命，促生产，促工作，促战备”的教导，认真学习无产阶级专政理论，以阶级斗争为纲，以高度的革命热情，加强设备维护，大搞技术革新，提高通信质量，积累了许多好经验。

为了使这些从实践中取得的经验得到交流，我们将陆续出版各类电信设备的维护经验选辑。

本书是微波通信设备的维护经验选辑，内容选自1974年至1975年出版的《电信技术》杂志，供同志们参考。

目 录

第一部分 电路分析

一、960 路微波振荡源	(1)
二、行波管浅谈	(21)
三、70 兆赫中频放大器	(33)
四、微波混频器	(46)
五、变容二极管频率调制器	(58)
六、双失谐回路鉴频器	(65)
七、波道倒换机部分单元电路介绍	(76)
八、波道倒换机倒换程序简介	(84)
九、波道倒换机各灯键的性能和作用	(88)
十、自动频率微调	(100)

第二部分 维护经验

一、微波振荡源障碍处理经验	(115)
二、维护微波振荡源的点滴体会	(119)
三、微波收发信机的不停机检修	(123)
四、行波管障碍处理的几点措施	(131)
五、延长行波管使用年限的经验	(134)
六、行波管跳闸障碍的排除几例	(142)
七、延长行波管使用寿命的点滴经验	(146)
八、处理行波管聚焦反常的体会	(149)
九、螺旋线电源盘常见障碍与排除	(153)

十、微波联络机故障分析·····	(157)
十一、联络机监听盘的维护·····	(166)
十二、波道倒换机部分故障检查·····	(169)
十三、600 路高频机架整治经验点滴·····	(174)
十四、监测微调盘“X”塞孔电流小经验·····	(177)
十五、960 路载波机超群设备的维护·····	(179)
十六、电视传输中常见的几种干扰·····	(184)
十七、处理电视干扰的一点体会·····	(188)
十八、微波通信电路的稳定度	
微波传输电平稳定度·····	(191)
十九、微波工作频率稳定度·····	(201)
二十、测试电话通道噪声的点滴体会·····	(211)

第三部分 技术革新

一、一个使用方便的公务控制台·····	(218)
二、改装 915 型电视监测机兼作电路监听器·····	(222)
三、超群发信监测指示器·····	(223)
四、微道通道音频汇接放大器·····	(227)
五、联络机通话盘小改革·····	(230)
六、输出变压器用 RC 代换·····	(230)

第四部分 技术知识

一、电视信号的微波中继传输·····	(232)
二、微波收发信机技术指标及电平图·····	(238)
三、微波通信中的失真与噪声·····	(248)
四、微波注入锁相振荡源·····	(261)
五、简谈卫星通信的特点·····	(277)

六、速调管.....	(285)
七、变容二极管.....	(290)
八、阶跃恢复二极管.....	(298)
九、肖特基势垒二极管.....	(302)
十、什么是限幅系数.....	(309)

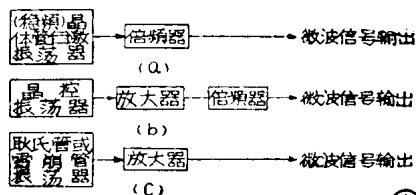
第一部分 电路分析

一、960 路微波振荡源

概述

振荡源是微波收发信机的关键部件之一。这篇文章介绍的微波振荡源是一种使用晶体三极管、变容管、阶跃管、雪崩管等这些固体器件组成的微波振荡源，所以又叫做固态源。它的作用和外差式收音机的本地振荡器相似。主要作用就是给混频器提供本振信号。

振荡源有好多种，分类方法也不一样。按照所用振荡元件可分成三种基本形式(见图1)，晶体管自激振荡倍频式(图1a)、晶控主振放大倍频式(图1b)以及耿氏或雪崩二极管直接振荡放大式(图1c)。



①

我国多路微波设备常用的三种振荡源有：倍频链振荡源、环路锁相振荡源和注入锁相振荡源，这三种都属于第二类形

信号。

装在变容管 4 倍频器与同轴腔 10 倍频器之间的 400 兆赫集中参数环行器，第三臂有匹配用负载电阻，第一臂和第二臂当作一个单向器，有反向隔离 20 分贝的作用。

波导型场移式单向器的作用是：前一个可使同轴腔 10 倍频器工作稳定，后一个使高频架上的发信混频器调整方便。它们共同保持波导滤波器特性不受前后级器件的影响。

为了防止外界杂散电磁场影响，振荡源电路部分装在铝质金属盒内，屏蔽良好并防止振荡源功率泄漏。

振荡源主要技术指标及说明

(1) 功率和功率稳定性

高频架发信混频器要求振荡源功率大于 30 毫瓦，这是根据混频效率而定的。在 $0^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 温度范围内，允许振荡源功率下降百分之三十，因为这个变化范围，仍旧可使行波管放大器有 5 瓦的发射功率输出。振荡源功率常因结构不牢存在着潜在的不稳定因素，应设法排除。

(2) 频率和频率稳定度

振荡源在 3800~4200 兆赫范围内提供单一频率输出。这个频率允许偏差不超过 217 千赫，包括晶体本身的不准确度和晶控振荡器在 $0^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{C}$ 温度范围内的长期频率漂移。必须注意，由于调整不当，会使晶体的标称频率偏移近 1 千赫，经 40 次倍频后带来近 40 千赫的附加频率误差，可见调整方法是否正确，会影响频率稳定度，因此应仔细调整。

(3) 噪声和杂波输出

微波多路通信对振荡源的噪声是很“敏感”的。因为在混频过程中，振荡源噪声会转移到群频上去。在 960 路微波收发系统

中，要求每部振荡源噪声小于10微微瓦（加权不予重）。这个要求一般不难达到，只要选用 f_T 较高的管子，多设几级滤波器（尤其在4倍频器后面），注意调整方法，把整个振荡源选择性曲线调得越窄越好。

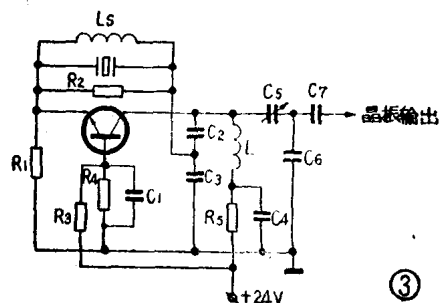
由振荡源引入到群频频谱内高于热噪声的杂波干扰，来源于晶体的多频性，以及末级功放管和变容管的非线性，这就要求严格控制各极电路的谐波抑制制度。

（4）稳定性

这是振荡源最重要的指标，除上已叙述过的两点外，它的主要含义包括下面几点：第一，电路不能出现寄生振荡或接近自激。第二，在长期使用过程中，不应出现功率消失，或各项指标下降到影响整机正常通信的程度。第三，经常期搁置不用的振荡源，通电后不需要调整，应能达到要求指标。第四，在规定运输条件下，振荡源经允许的震动冲击后，应能正常工作。

为了达到这些要求，电路间应有良好的屏蔽和去耦，注意各级电路匹配和调整方法，必须讲究生产工艺，严格挑选管子及各元件；装入振荡源的管子应预先老化。调整好的振荡源进行轻敲轻打是简单有效的检查方法，不可忽视。因为振荡源的特点是频率高、功率大，由机械结构形成的分布电参量均被包

括在振荡源各级电路内，它们的不稳定，往往造成振荡源回路失谐，引起功率下降及其他毛病。



③

单元电路介绍

（1）晶控振荡器

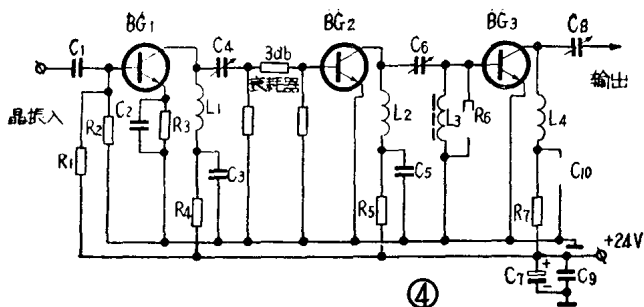
电路如图 3 所示。这是一个电容三端式晶控稳频振荡器。频率稳定度较高，在 $0^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{C}$ 温升范围内，频率稳定度能做到 $\frac{\Delta f}{f} \leq 2 \times 10^{-5}$ ，而不用采取特殊措施。电阻 R_1 、 R_3 、 R_4 和 +24 伏电源组成偏置电路； $e \sim b$ 间正向偏压由 +24 伏电源经电阻分压器 R_3 、 R_4 供给， $c \sim e$ 间反向偏压由电源经 R_5 馈送。 R_1 、 R_4 是直流负反馈电阻。晶体管工作点选得较低，以防止工作到饱和区，因而振荡稳定。起振前晶体管工作于甲乙类状态，振荡时工作在丙类。

由 L 、 C_2 、 C_3 、 C_5 、 C_6 和晶体管输出电容构成的振荡回路应调整到晶体串联谐振频率上，主要靠调整 C_5 得到。振荡功率大部分经耦合电容 C_7 送往下级电路放大，一部分按 $\frac{C_2}{C_2 + C_3}$ 分压比，由 C_3 取出经过晶体反馈到晶体管射极。

反馈回路内的晶体是振荡器频率稳定度较高的主要原因。在谐振频率时，晶体相当于一个 80 欧左右的电阻，但是制造不良的晶体，如果等效电阻 R_q 大于 200 欧，会造成振荡弱，甚至停振。电路中 L 和 R_2 是用来防止寄生振荡的。 L 和晶体支架电容（约 7~8 微微法）并联谐振在工作频率上，使得工作频率附近的寄生频率不能到达晶体管射极。 R_2 是给通过电抗元件到达晶体管输入端的寄生频率产生附加相移，所以可抑制寄生振荡。 C_1 、 C_4 是防止交流进入电源的旁路电容器。

(2) 功率放大器

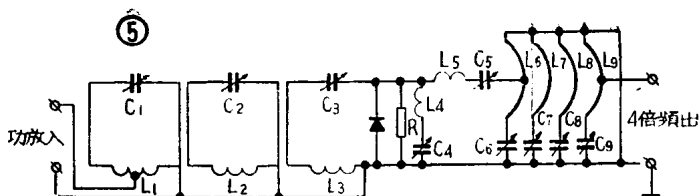
电路见图 4。三级功率放大器总增益约 24 分贝，第一级 10 分贝，第二级 9 分贝，末级 5 分贝全部采用共发电路。第一级功放晶体管工作于甲类，是考虑到晶控振荡器送来的激励信号较小，用共发电路可得到较高的功率增益。另外，还为了和前面电阻衰减器固定 75 欧阻抗相适应。这一级没有设计专用



的输入匹配电路，而是由晶振级电容器 C_7 作为匹配调整。本级输出匹配电路部分由 L_1 和管子输出电容组成的并联谐振电路构成，并由 C_4 和 3 分贝电阻衰减器作为耦合匹配元件。第二级功放晶体管是丙类工作。它的输出匹配电路也是一个并联谐振电路，由 L_2 和管子的输出电容以及 C_6 和末级管子的输入阻抗组成。末级晶体管也是丙类工作。输出匹配电路由 L_4 和管子输出电容以及 C_8 和下级带通滤波器的反射电抗组成的并联谐振电路构成。电路中其他元件作用如下： C_1 耦合电容， R_1 、 R_2 供给 BG_1 正向偏压， R_3 直流负反馈电阻， R_4 、 R_5 、 R_7 是晶体管保护电阻，某种原因使集电极电流突然增加时，流过它们产生很大压降，使加到 $c \sim e$ 间的集电极电压减小，因而降低了集电极损耗功率。同时 R_4 、 R_5 、 R_7 分别与 C_3 、 C_5 、 C_{10} 相配合还起各级退耦作用防止功放自激。 C_2 、 C_3 、 C_5 、 C_{10} 是旁路电容器， C_7 、 C_9 是电源去耦电容， C_7 对减少广播干扰效果明显。 L_3 给 BG_3 基极提供直流通路，与 L_3 并联的 R_6 ，是用来降低 L_3 的 Q 值，可防止寄生振荡。

(3) 变容管 4 倍频器

电路见图 5。倍频器中变容管与输入回路和输出回路并联，



所以属于并联型倍频器电路。这种电路的主要特点是输入阻抗和输出阻抗低。另外由于变容管有一端接地，所以散热方便。倍频器的工作原理是利用变容管的非线性电容变化。具体地说，如果输入回路把一个正弦信号电压加在二极管两端时，这时二极管的电容也随着输入信号而发生变化。因为电容变化与外加信号电压不是线性关系，结果流过二极管的电流就不再是正弦形状，这个非正弦的电流包含许多高次谐波，只要利用输出回路，把需要的某次谐波选出，就可构成一个倍频器。

图 5 电路图内， L_1 、 C_1 、 L_2 、 C_2 组成匹配耦合电路。它是一个双回路调谐互感耦合带通滤波器。作用是把功率放大器输入的 100 兆赫信号滤除谐波和噪声后，送到倍频器输入回路 L_3 、 C_3 。 L_3 、 C_3 和二极管对输入频率的等效电容串联谐振在输入频率上。变容管产生的高次谐波，由输出回路 L_5 、 C_5 选出需要的 400 兆赫频率。 L_5 、 C_5 和变容管对输出频率 400 兆赫的等效电容也要串联谐振在输出频率上。它可以防止其他谐波输出，并防止基波短路。由 L_6 、 C_6 、 L_7 、 C_7 、 L_8 、 C_8 、 L_9 、 C_9 组成输出匹配耦合用带通滤波器，此滤波器的 3 分贝带宽约 6~8 兆赫，它对滤除无用谐波效果明显。这个滤波器结构上状似“排骨”，故叫做“排骨”形滤波器，实际上是终端加载的梳状滤波器的变形。

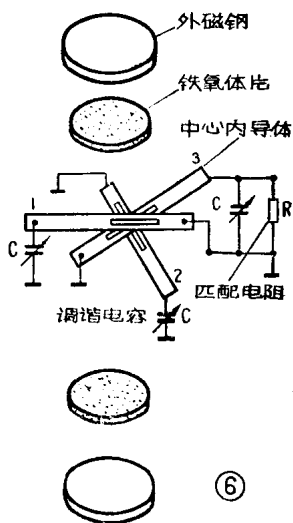
每根“排骨”对 400 兆赫来说都是缩短的 $\frac{1}{4}$ 波长短路线。 R 是自

偏压电阻。这个偏压是由变容管所产生的失真波形中的直流分量形成的。 R 的大小可改变变容管自给偏压的大小。 L_4 、 C_4 构成空闲电路，对二次谐波串联谐振（给二次谐波一个通路）。这个二次谐波电流经过二极管时，又产生它的二倍频，于是得到需要的 4 倍频率。空闲电流的回路是 L_4 、 C_4 和二极管。由于接入空闲回路，可使 400 兆赫输出功率增加，因而提高了倍频器的效率。图 5 电路也可加接三次谐波空闲回路，使得三次谐波电流与基波电流在二极管内混频，产生 $100 + 3 \times 100 = 400$ 兆赫的和频，以提高倍频效率。目前 4 倍频器的效率可达到 40% 左右。

(4) 400 兆赫集中参数环形器

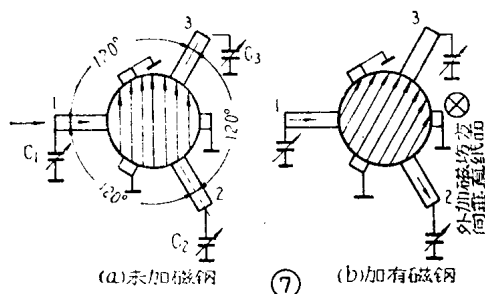
这是 Y 形三端环行器的一种。结构示意图如图 6 所示（图中拆开画了）。中心导体和与它相接的调谐电容器组成谐振电路，起两个作用：一是谐振时呈纯电阻，以便与外电路匹配；

二是使铁氧体片得到磁感应通量。铁氧体片和外磁钢一起形成旋转磁场。匹配电阻的作用是保持 1、2、3 端阻抗对称性；因为 1、2 端接有外电路阻抗，这些外电路阻抗都等于匹配电阻。



环行器工作原理可用图 7 说明。从图 7 (a) 看出，400 兆赫信号从 1 端进去，由电容器 C_1 调到谐振。回路 1 中的电流在铁氧体内感应的磁通方向如箭头所示（瞬时）。这时，感应磁通方向与 1 端中心导体片相交 90° 。我们的目的是从 2

端取出信号，而不希望在 3 端出现信号。这只要让感应磁通方向旋转 30° 就可达到目的。因为三个中心导体片是对称分布的，互成 120° 。铁氧体内感应磁通旋转 30° 后，便与 2 端中心导体片相交某一角度，结果 2 端产生感应电流，有信号输出；而与 3 端中心导体片平行，3 回路不切割磁力线，所以得不到感应电流，如图 7 (b) 所示。

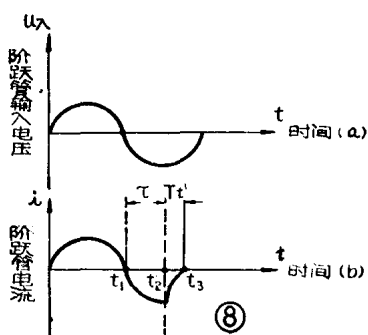


怎样才能让感应磁通旋转 30° 呢？只要在铁氧体片上加一个适当的恒定磁场即可。

400 兆赫集中参数环行器，在振荡源中作为隔离器使用，使 4 倍频器和 10 倍频器不互相影响。它的 1 端是输入端，2 端是输出端。使用时只要调整 1、2 端调谐电容器，对输入频率谐振即可。第三端调谐电容器对反向隔离比影响很大，已由工厂生产时调好封漆，不需要再调。第三端接的匹配电阻不需要随意挪动或拆下换用，否则环行器指标变坏。这种环行器的正向衰耗小于 1 分贝，反向隔离比大于 20 分贝。

(5) 同轴腔 10 倍频器

同轴腔 10 倍频器是由于倍频器使用同轴线式谐振腔得名的。这种腔体有一个内导体和一个外导体。电流沿着内导体的



外表面和外导体的内表面传播和同轴线的情况完全一样。实际上倍频作用是由装在腔内的阶跃管产生的。同轴腔相当一个振荡回路，在这里只是起到滤波器的作用。因此 10 倍频器的工作原理，主要就是阶跃管为什么能够倍频的原理。下面用

图 8 说明这个问题。

图 8 (a) 表示加到阶跃管的输入电压随时间按正弦规律变化；图 8 (b) 表示阶跃管内电流随时间变化情况。从图中看出，输入电压正半周时，阶跃管导电，产生正向电流。从 $0 \rightarrow t_1$ 的正向电流变化规律和输入电压正半周相同。并且电流曲线和时间轴围起来的面积代表阶跃管正向储存的电荷；由于制造阶跃管时有意使得阶跃管内载流子寿命延长，所以正向储存的电荷是很多的。这时阶跃管相当一个大电容。当输入电压负半周时，阶跃管并不马上截止，而是存在有很大的反向电流，这个电流分两部分来分析。一部分从 $t_1 \sim t_2$ ，按正弦规律变化。这是因为正向储存的电荷在反向输入电压作用下，通过外电路放电，由于放电速度一样，所以这部分电流变化也呈正弦特性。另一部分反向电流是 $t_2 \sim t_3$ 。它的变化十分迅速，不呈正弦特性。这是因为在时间 t_2 时，正向储存电荷已全部放完，反向电流应立即为零，只是因为阶跃管存在反向电容，所以放电才成为图 8 (b) 所示的样子。要指出的是，图 8 表示的阶跃管内电流的变化是假设阶跃管反向电阻是无限大的情况。

从上述情况看到，由于阶跃管内发生 $t_2 \sim t_3$ 这段反向电流