

312型载波机

载供系统的 分析与维护

刘唐亚 编

人民邮电出版社

312型载波机载供系统的分析与维护

刘庚业 编

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书对 312IV型、V型十二路载波电话设备的载供系统做了比较全面、比较通俗的介绍；介绍了对于312型机载供系统的技术要求及其特点；对其各个组成部分如晶体主振器、谐波振荡器、前群载频放大器、通路载频放大器等进行了电路分析，说明各个部件的工作原理及其各个元件的作用；并提供了各机盘的日常调测方法与维护措施，以及常见障碍的检查处理经验。本书可供载波机务站维护人员阅读。

312型载波机载供系统的分析与维护

刘庚业 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

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1978年9月第一版

印张：3 6/32 页数：51 1978年9月河北第一次印刷

字数：71千字 印数：1—16,000册

统一书号：15045·总2242—有598

定价：0.28元

出 版 说 明

目前，十二路载波电话设备在邮电基层已广泛装用。载供系统是十二路载波机的关键部分，必须经常处于完好状态。不少维护同志很希望熟悉掌握它的原理和维护方法。

本书作者刘庚业同志在多年生产实践中，对于312型载波电话机载供系统积累了一定的维护经验。作者在这本小册子中，针对维护312型机载供系统中经常出现的一些问题，结合载供系统的技术维护要求和原理加以分析说明，重点侧重在测试调整和障碍处理方面。这本书具有通俗易懂、联系实际的特点，能帮助初学维护工作的同志比较系统地了解 and 掌握312型机载供系统的使用和维护。

上海邮电五一九厂袁应龙同志、黄世基同志和天津电信九分局徐蓉海同志协助审阅了本书原稿，并提供了有关技术资料。沈阳市长途电信局金德章同志审阅了本书部分原稿，并提供了一些实测数据。出版前又承北京邮电学院函授部徐靖忠同志对本书详细地进行了审订。这些单位和同志们的审稿和修改补充，使本书的内容质量有很大提高。

一九七七年十二月

目 录

第一章 对载供系统的技术要求及其特点	1
第一节 对载供系统的技术要求	1
一、频率稳定	1
二、幅度稳定	4
三、载频纯洁度要高	5
第二节 312 型载波机载供系统的特点	6
第二章 主振器的分析与维护	9
第一节 振荡的形成	9
第二节 幅度稳定分析	10
一、灯桥稳幅	10
二、线性放大	11
三、其他措施	12
四、输出的调整	12
第三节 频率稳定分析	13
一、石英晶体的特性	13
二、频率和相移变化的关系	16
三、附加相移的概念	16
四、晶体稳频原理	17
五、加缓冲放大级稳频	20
第四节 测试调整方法	20

一、各点交、直流电压测试	20
二、主振器稳定度检查	20
三、频率和幅度测试	22
第五节 常见故障的检查处理	22
一、频率变化	22
二、无输出	26
三、输出低或调整桥路电阻时输出不变	27
第三章 谐波振荡器的分析与维护	29
第一节 怎样才能产生丰富的谐波	29
第二节 谐波振荡器原理	31
一、电子管的丙类运用	31
二、栅漏偏压的形成和屏流脉冲的形成	33
三、屏流脉冲的谐波分析	36
四、影响振荡频率的因素	38
第三节 谐波振荡器的强迫同步	45
一、强迫同步的原理	45
二、强迫同步的条件	48
第四节 谐波振荡器的其他电路	52
一、输出电路	52
二、强迫同步电路	54
三、栅漏偏压电路	54
第五节 测试调整方法	55
一、各点交、直流电压测试	55
二、自振频率测试	57
三、脉冲波形测试	59
四、降低灯丝电压试验	60

五、幅度控制范围及频率控制范围试验·····	61
六、谐波电平测试·····	62
第六节 常见障碍的检查处理·····	63
一、障碍性质的判断方法·····	63
二、障碍的处理方法·····	66
三、维护中应注意的问题·····	68
第四章 载频放大器的分析与维护 ·····	69
第一节 通路和前群载频放大器盘的构成·····	69
第二节 狭带滤波器·····	71
一、狭带滤波器的结构·····	71
二、狭带滤波器的各项特性·····	76
第三节 载频放大器·····	77
一、载频放大器的作用·····	77
二、输入分压电路的分析·····	78
三、放大电路分析·····	81
四、输出阻抗分析·····	82
第四节 测试调整方法·····	85
一、各点直流电压、电流测试·····	85
二、增益测试·····	85
三、增益调整范围测试·····	86
四、旁频衰耗测试·····	86
五、载频输出波形、输出电平测试·····	88
附录 312Ⅳ型、312Ⅴ型载波机载供系统部分电路图 ··	89

第一章 对载供系统的技术要求及其特点

载供系统是载波机的核心。载波机没有载供系统就不能实现频率搬移，无法进行通信。在载波机中，当载供系统不良时，将会产生各种电路障碍，如：不通、音小、失真、串杂音、电路质量指标下降等。因此，要保持载波机正常工作，维护好载供系统是首要的。

第一节 对载供系统的技术要求

一、频率稳定

当载频频率不稳定时，对电路将产生如下的影响：

1. 频率偏移会产生电路失真

现以图1.1为例加以说明。假设载频 F 偏移 $\pm\Delta F$ ，并取最大偏差（即发和收一为正偏差 $+\Delta F$ ，一为负偏差 $-\Delta F$ ），则当发话人的发送信号频率为 f 时，收信端收到还原的信号应为 $f+2\Delta F$ 。如果 $f=800$ 赫、 $\Delta F=50$ 赫，则收信端频率变为： $f+2\Delta F=900$ 赫，这样会使用户明显感到电路失真。对于传真电路来说，照片白信号的传输频率为1500赫，黑信号的传输频率为2300赫。由于频率偏移引起的电

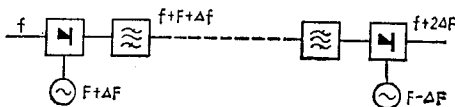


图 1.1 载频偏移产生电路失真

路失真会使照片清晰度显著下降，甚至无法辨认。

2. 频率偏移会缩小有效传输频带

载波通信是单边带通信，即选取调制后的上、下边带中的一个进行传输，调制器后面的带通滤波器的通带范围是固定的。当载频偏移后，就会使调制信号频率（有用边带）不能全部通过带通滤波器，使上、下两端的频率成分可能被截止。图1.2(a)为正常传输情况；图1.2(b)示明载频 F 偏移了 ΔF 后

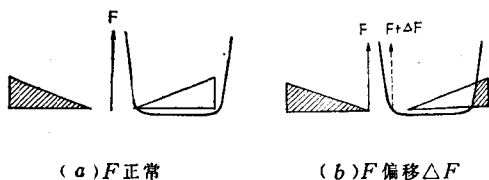


图 1.2 载频偏移缩小有效传输频带

使一部分有用信号被截止。对于开放电话的电路来说，这将使讲话失真、音调改变；对开放载报

的电路来说，影响就更大了。载报电路每两路之间的间隔一般为 180 赫。由于传输频带缩小，会使传输载波电报的频带中开在边缘的报路无法正常工作。

3. 频率偏移会使载漏变大，形成串音

取上边带的电路当载频频率变高时，偏移后的载频就有可能落在带通滤波器通带中（图1.2(b)就是这种情况），造成载漏很大。其不良后果是在多路载波的情况下，使群放大器容易过负荷而工作在非线性状态。另一方面，载漏起到载频的作用，还将产生调制串音，使电路串杂音大为增加。取下边带的电路当载频频率变低时，会因载漏变大，产生同样的不良后果。

4. 频率偏移会影响收铃器不能正常工作

振铃接收器是有尖锐的选择性的，当载频偏移以后，会使调制后的音频振铃频率 2100 赫偏移，从而降低了振铃接收器的

灵敏度。偏差超过 ± 100 赫时，振铃接收器就不能保证动作良好，不能及时沟通电路。

5. 频率偏移会使导频系统不能正常工作

导频的发送来自载供系统。当载频频率偏移后，会使导频稳定器失控，引起导频频率变化或不稳，以致在接收端的导频系统中导频接收、调整部分不能正常工作，造成错误调节，出现导频和电平脱节的现象，使电路发生音小或振鸣障碍。

总之，载供系统产生的频率必须十分稳定。为了保证在电话电路中感觉不到载频不同步产生的失真，早期曾要求两端载频的偏差经常保持不大于 5 赫。现代的载波电话电路要适合调频制载波电报的运用，对于载频频率的准确性和稳定性要求更加严格了，以便能保证在使用中的载波电路的载频不同步不大于 ± 2 赫（在测试调整时，每一个转接段由于两端机载频不同步所产生的差频应能达到不大于 1 赫）。

载频频率的稳定程度是和使用的载频频率的高低有关的，一般用频偏和载频频率的比值 $\frac{\Delta F}{F}$ 来表示。312 型载波机主振器的频率稳定度每月应达到 $\frac{\Delta F}{F} = 2.2 \times 10^{-6}$ 赫/月^① 以上。对于最高线路传输频率 150 千赫来说，由主振器频率偏差引起的每月载频频率变化仅仅有 $\Delta F = 150 \times 10^3 \times 2.2 \times 10^{-6} = 0.33$ 赫/月。因此它的载频是十分稳定的。完全可以满足载波电路对载

①主振器的频率稳定度 $\frac{\Delta F}{F} = 2.2 \times 10^{-6}$ 赫/月是根据通路频率稳定度（即载频稳定度）

$\delta = \frac{\Delta f}{2\sqrt{N}f_{max}}$ 赫/月的要求提出来的（式中 $\Delta f = 2$ 赫，为通路允许频偏， N 为转接段数， f_{max} 为线路最高传输频率）。由于 312 型机的群载频不由 60 千赫主振器产生，而是单独采用独立的晶体，所以还不能直接采用后一计算 δ 的公式。但毫无疑问，对 60 千赫主振器的频率稳定度要求更为严格一些，应比 0.33 赫/月还要小才能满足要求。

频同步的要求。

二、幅度稳定

载供系统要供给全机的调制器工作所需的载频信号，因此，它的载频电压幅度必须足够大，而且稳定，即使负载变化时（如拔出调制器盘），也不应引起载频电压的波动。倘若载频电压不稳定，对电路将会产生如下影响：

1. 传输电平不稳

当载频电压不稳以后，调制器的工作衰耗也将不稳定，从而使全电路传输电平不稳。312型载波机采用了环型调制器，新产品中还采用了晶体二极管、晶体三极管做环型调制器的开关元件。以晶体二极管环型调制器为例，它的工作衰耗 b 决定于二极管的反向电阻 R_- 和正向电阻 R_+ 的比值。即 $b = 0.45 + \ln \frac{\sqrt{R_-/R_+} + 1}{\sqrt{R_-/R_+} - 1}$ 奈。式中：0.45奈为环型调制器理想情况

下由于调制而引起的工作衰耗；第二项为由于二极管损耗所引起的附加衰耗（在实际中每只变压器还有0.1奈的衰耗）。从上式可以看出，环型调制器的工作衰耗主要决定于第二项。我们把 R_- 和 R_+ 的比值称为二极管的整流系数 K 。如果 K 越大，则式中后一项越小，工作衰耗 b 也就越小。如果载频电压低，也就是加在二极管上的正、反向电压变化小，势必造成 R_- 和 R_+ 的比值减小，使调制器工作衰耗加大。可见载频电压不稳就会使全电路传输电平不稳。

2. 串杂音变大，电路振幅特性不良

载频电压如果太高，就会使载漏变大，致使后面的群路或线路放大器过负荷产生串杂音。另一方面，载频电压如果太

低，将使变频元件从折线运用变成抛物线运用。这时调制器对于电平较高的变频信号就要产生非线性失真，在电路中出现了原来信号里所没有的许多谐波和组合波，使电路的振幅特性变坏，降低了通话的逼真度。

除此而外，312型机的载供系统采用了分频强迫同步控制。60千赫主振器的功用主要是提供一个频率、幅度都稳定的供强迫同步用的标准信号。若其幅度不稳，将影响谐波振荡器不能工作，造成失控、过控等故障。

一般要求载频电压幅度变化必须小于 ± 0.1 奈/月。

三、载频纯洁度要高

每部312型十二路载波机都采用一个单独的载供系统，而且它的载频都是4千赫的倍数。当载频不纯，换言之，各路载频混杂时，将要产生路际可懂串音。现以低频群为例加以说明：第1路、第2路、第3路分别经通路调制后共同构成前群频带，然后被96千赫前群载频进行调制，分别变成84~80千赫（第1路）、80~76千赫（第2路）、76~72千赫（第3路）。如果第1路送1千赫的信号，那么经12千赫通路调制后将变为13千赫；倘若这时96千赫前群载频不纯，还含有92千赫、88千赫，这样，13千赫经前群调制后就将变成83千赫、79千赫、75千赫，后两个频率就可以串入第2路和第3路形成可懂串音。如果96千赫中含有84、72、60千赫前群载频成分，再加上调制器输出端带滤波器的抑制性能不够时，还会串入第4路、第7路、第10路形成可懂串音。

因此，载频频率必须比较纯。一般规定，前群载频之间的串音防卫度，即旁频衰耗（也叫载频纯洁度），应不小于8奈；通路载频之间的串音防卫度应不小于6奈。

第二节 312型载波机载供系统的特点

312型载波机的载供系统方框图如图1.3所示。它由晶体振荡器、谐波振荡器①、前群载频放大器、通路载频放大器等构成。这样不但减少了大量的单独的载频振荡器及其维护工作，同时也便于载频同步等项指标的电路测试。它的特点是：

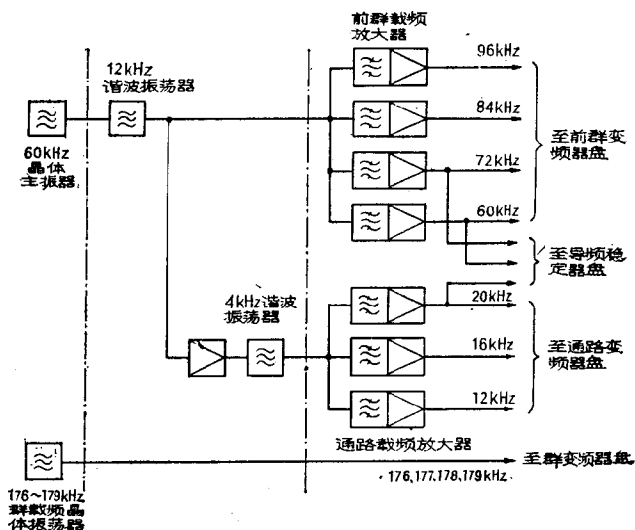


图 1.3 312型载波机载供系统方框图

①谐波振荡器的工作原理与饱和磁心线圈式的谐波发生器完全不同，但从谐波振荡器在载供系统中的作用来看，它也应该属于谐波发生器的一种。为了便于维护人员用本书与部颁《长途明线载波电话机维护手册》及312型机说明书配合参考使用，本书仍沿用谐波振荡器一语。

1. 采用分频式系统

312型载波机采用了主振频率为60千赫的分频式载供系统。它并没有采用主振器频率为4千赫的倍频式载供系统，这主要是从晶体的制造工艺与晶体本身的频率稳定度这两方面考虑的。在312型机的载供系统中，被控制的振荡输出基频是同步信号频率的 $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{1}{4}$ ，即用60千赫主振器去控制12千赫谐波振荡器，产生出前群载频；然后由12千赫再去控制4千赫谐波振荡器，产生出通路载频。

2. 采用了强迫同步方式

312型载波机产生谐波的装置不采用饱和磁心线圈式的谐波发生器，而是用同步控制信号去强迫同步做丙类运用的电子管振荡器，产生重复频率为12千赫或4千赫的尖顶脉冲波形的基波及其各次谐波，将各次谐波作为相应的载频用。

312型机由于是用主振器提供同步电压来强迫控制谐波振荡器，使得谐波振荡器的频率稳定程度完全决定于晶体主振器的频率稳定度，从而各种前群载频及通路载频也都十分稳定。

3. 有四种群载频

为了适应不同线路频谱的需要，312Ⅳ型机有176、177、178、179千赫四种群载频，其中后三种都不是4的倍数，所以采用了单独的晶体振荡器，以保证这几个群载频的频率和电平的稳定。尽管176千赫是4的倍数，但谐波次数较高，是4千赫的44次谐波。倘若也由谐波振荡器产生176千赫，对谐波振荡器的要求就太高了；因此，也采用了单独的晶体振荡器。

4. 前群载频使用60、72、84、96千赫

312型机变频方案采用二次或三次变频而不采用四次变频，因此它的前群载频不是84、96、108、120千赫，而是采用60、72、84、96千赫。这样可使滤波器的相对通频带较宽，各带通滤波

器均可以使用普通的 LC 元件制作，降低了制造要求，比较经济。但是带来的缺点是缺少 $60\sim 108$ 千赫的基群频谱^①，不能与 60 路对称电缆载波系统、1800 路中同轴电缆载波系统连接使用。如要产生 $60\sim 108$ 千赫基群频谱，必须再加一次变频；那样一来，载供、调制设备都要复杂了。

①十二路群的基群频谱 $60\sim 108$ 千赫为十二路的标准频谱，也是国际通用的频谱。国产 $ZM305$ 型明线十二路载波电话设备、 $ZL3$ 型 60 路对称电缆载波电话设备及 $Z-1800$ 型中同轴电缆 1800 路载波通信设备的十二路群（基群）均采用此频谱。因此，这些通信系统之间能连接使用，调度较灵活方便。

第二章 主振器的分析与维护

312型载波机的主振器是晶体振荡器，属于灯桥反馈式的振荡电路。它以钨丝灯（具有正温度系数的热变电阻）作为灯桥的一个臂，起稳幅作用；以特性稳定的、Q值极高的二端石英晶体作为灯桥的另一个臂，起稳频作用。F型机60千赫晶体主振器的简化等效电路如图2.1所示，这个振荡器具有频率稳定、振荡幅度足够大而且稳定、输出失真小等特点。

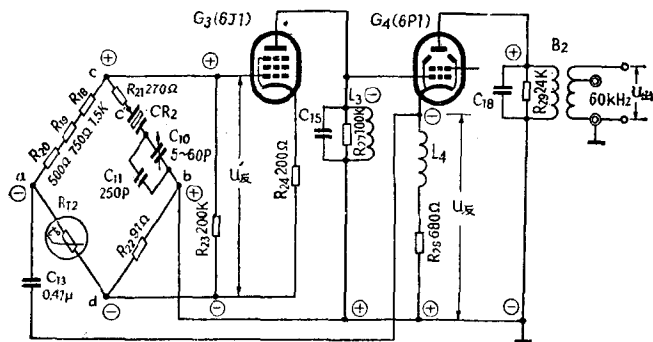


图 2.1 312V型机60千赫晶体主振器的简化等效电路

第一节 振荡的形成

60千赫晶体主振器电路由 G_3 、 G_4 管构成，前级为电压放大，后级为缓冲放大。采用两级放大的好处主要是：（1）提高了主振器放大部分的增益，使灯桥平衡得好些，同时使振荡易

于起振和工作可靠；(2)减小了负载变化对振荡频率的影响；(3)使有足够的输出功率，以便可靠地控制12千赫谐波振荡器。

这个振荡器的 G_3 、 G_4 两管均在振荡环路之中。灯桥电路作为反馈网络。正反馈电压 $U_{反}$ 自 G_4 管的阴极对地之间取出，加在灯桥电路的 a 、 b 两对角之间，然后通过灯桥另两个对角 c 、 d 两点，反馈到 G_3 管的栅极，完成振荡的闭合环路。只要灯桥设计得合理，就可以实现振荡。当振荡频率为晶体的串联谐振频率时，晶体部分可看成纯电阻，这时由图2.1中所标各相关点的电压极性可以看出它满足振荡的相位条件：设 G_3 管栅极对地为 $\oplus$ ，则 G_4 管栅极对地为 $\ominus$ ， G_4 管屏极对地为 $\oplus$ ， G_4 管阴极对地为 $\ominus$ ，所以加在灯桥 a 、 b 两点间的电压极性为 $a \ominus$ 、 $b \oplus$ 。灯桥设计得使在起振时，即加于 a 、 b 两点的交流电压 $U_{反}$ 很小时，灯桥很不平衡；当钨丝灯电阻 R_{T2} 随其两端所加电压增大而增大时，灯桥趋向平衡。由此可知，图中 c 点的电位必定高于 d 点。只有这样，当 R_{T2} 增大时， d 点的电位升高并趋向于 c 点电位，灯桥才能趋向平衡。因此， c 点电位为 $\oplus$ 、 d 点电位为 $\ominus$ 。 c 点和 G_3 管栅极电位的相位相同，满足了振荡的相位条件。如果振荡的幅度条件也满足，即大部分的放大倍数 K 和正反馈的反馈系数 β 之乘积大于1或等于1，就可以形成振荡。

第二节 幅度稳定分析

一、灯桥稳幅

在主振器的灯桥电路中采用的110伏8瓦钨丝灯，是一个