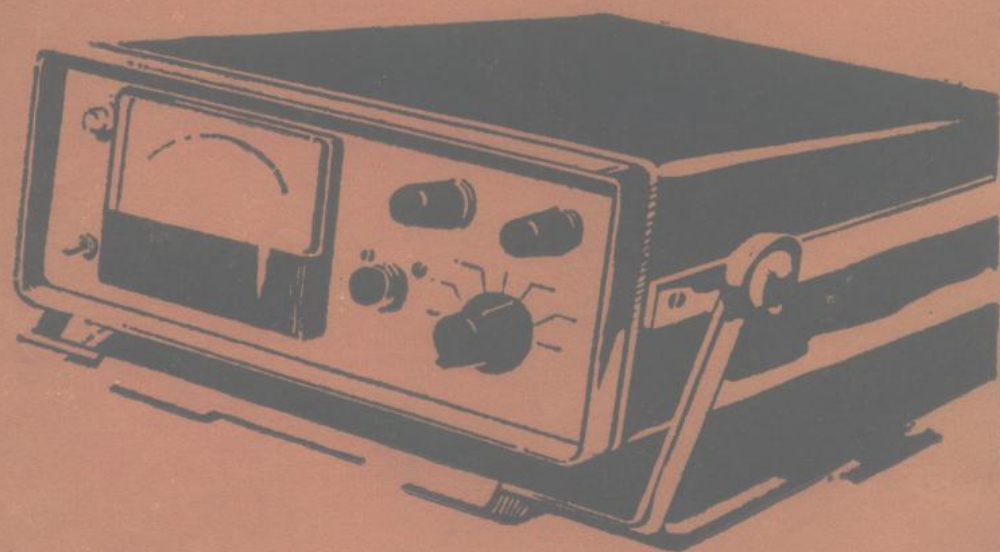


常用微波测试仪表

Changyong Weibo
Ceshi yibiao

4



人民邮电出版社



73.4575
253

常用微波测试仪表

第四辑

人民邮电出版社

内 容 提 要

DE15/34

本书主要介绍TY410传输测试仪,重点介绍其主要组成部分—QZD02型电平振荡器和QXD20型选频电平表的技术指标,工作原理,使用方法,常见故障分析与修理方法。

本书适用于仪表使用与维修人员阅读,也可供电信专业学校的学生以及有关训练班的学员学习参考。

常用微波测试仪表

第四辑

李明祥 编著

*

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 1985年 8 月第 一 版
印张: 6 页数: 48 1985年 8 月河北第一次印刷
字数: 146 千字 插页: 2 印数: 1—4,600册

统一书号: 15045·总3067—无6340

定价: 1.40元

出 版 说 明

本书是《常用微波测试仪表》第四辑，主要介绍TY410传输测试仪，其主要组成部分为QZD02型电平振荡器和QXD02型选频电平表。

为了适应维护工作的需要，我们将结合目前微波通信中常用的各种主要测试仪表，组织编写有关使用和维护的较详细的资料，汇集成册，陆续分辑出版。

诚恳希望读者对本书的内容安排和编写方式给予指正。

1984年10月

目 录

一、概述.....	(1)
(一)QZD02型电平振荡器.....	(1)
(二)QXD02型选频电平表.....	(4)
二、主要技术指标.....	(8)
(一)电平振荡器主要技术指标.....	(8)
(二)选频电平表主要技术指标.....	(9)
(三)反射桥主要技术指标.....	(11)
(四)高阻探头主要技术指标.....	(11)
三、电路原理.....	(12)
(一)电平振荡器输出单元电路.....	(12)
(二)选频电平表放大、变频、滤波单元电路.....	(17)
(三)锁相电路.....	(31)
四、使用与检修.....	(50)
(一)QZD02型电平振荡器.....	(50)
(二)QXD02型选频电平表.....	(52)
(三)定期校验.....	(57)
(四)常见故障的分析和修理.....	(61)
附录.....	(82)

TY410传输测试仪

一、概 述

TY410传输测试仪也常称作18.6MHz传输测试仪,它是大道路通信系统通用测试仪表,全套共四件:QZD02型电平振荡器, QXD02型选频电平表, QF02型反射桥及电平表配备的高阻探头,如图1-1所示。仪表工作频率为10KHz~18.6MHz,适用于3600路以下同轴电缆,载波设备和2700路以下微波中继线路载波设备的生产、施工、维护中的测试。也可供有关科研,教学和其他电子元器件生产单位使用。

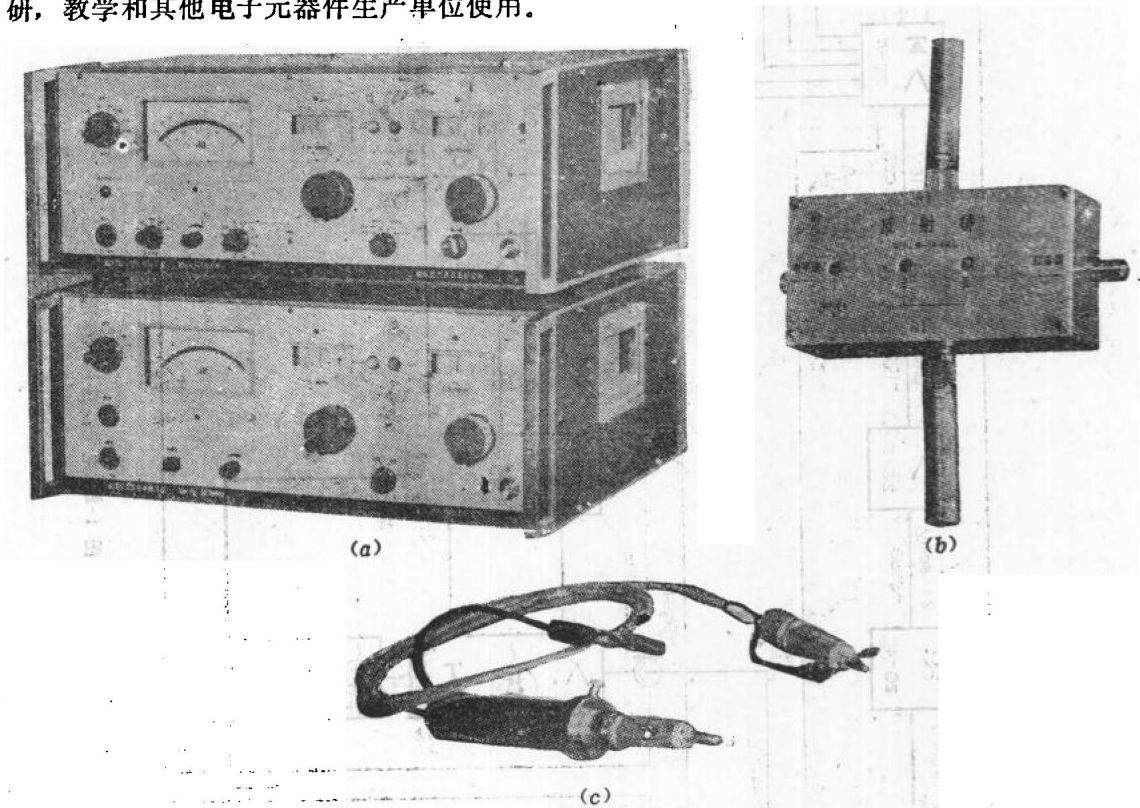


图 1-1 TY410传输测试仪外形图

(a)选频电平表和电平振荡器 (b)QF02型反射桥 (c)高阻探头

本仪表采用频率锁相,自动增益控制和多级变频等技术;应用了国内导电纯化、端封、喷涂等新工艺,因此具有较高的电气性能和一定的稳定可靠性指标,可作为高稳定度的信号源和高精度的电平测试仪器,能进行电平增益、衰减、失真、频响、杂音、反射系数等指标的测量。

(一)QZD02型电平振荡器

图1-2是电平振荡器的方框图,从图上可以看到电平振荡器的组成情况 频率关系和 各点电平。

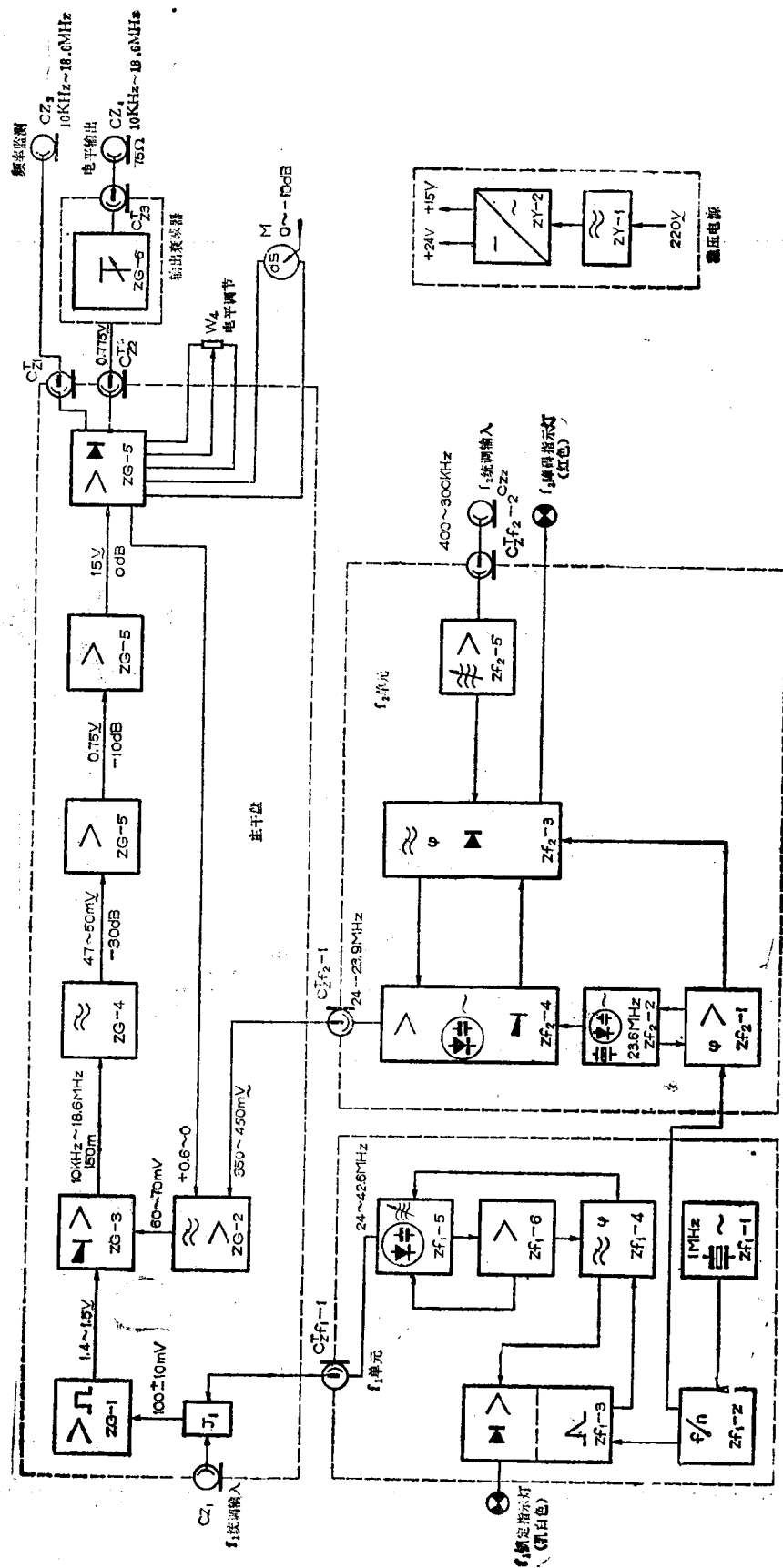


图 1-2 电平表内部方框图

我们用Z代表振荡器，G代表主干通路， f_1 代表 f_1 单元， f_2 代表 f_2 单元，Y代表稳压电源，那末ZG代表振荡器的主干通路， Zf_1 代表振荡器的 f_1 单盘， Zf_2 代表振荡器的 f_2 单盘，ZY代表振荡器稳压电源。

振荡器的主干通路由六个单盘或部件（ZG-1~ZG-6）组成，它们是：

ZG-1 f_1 方波形成器，

ZG-2 f_2 选频放大及滤波电路，

ZG-3 混频及预放，

ZG-4 18.6MHz低通滤波器，

ZG-5 放大器，表头电路及A、G、C电路，

ZG-6 输出衰减器。

这六个单盘实际上分属两个组装单元：主干盘和输出衰减器两个单元，如图1-2上面虚线分成的两部分。主干盘由ZG-1~ZG-5组成，输出衰减器由ZG-6组成。主干盘和输出衰减器合成称作振荡器的输出单元。

由本机 f_1 单元输入信号或由电平表送来的 f_1 统调输入信号经转换继电器 J_1 的常接点送入ZG-1方波形成器，先放大后整形再送入ZG-3混频器作为一路信号。用高频电压表量得该电压为1.5V左右，频率为24~42.6MHz。由本机 f_2 单元送来的24~23.9MHz输入信号由ZG-2的选频放大及滤波电路送入ZG-3混频器作为另一路信号。ZG-2的放大电路增益由自动电平调节控制线控制，起到自动电平调节作用。 f_1 和 f_2 输入信号在ZG-3盘中混频、预放，然后由ZG-4 18.6MHz低通滤波器取出 $f_1 - f_2$ 差频信号10KHz~18.6MHz，这个有用频率信号由ZG-5的两级电压放大和一级功率放大后送到75 Ω 负载上（0dB，0.775V的电压）。然后经ZG-6输出衰减器送至输出塞孔，ZG-5的表头检波电路起到电平指示作用，还有一路送至A.G.C检波电路，得到一个+0.6V~+0.7V的信号，控制ZG-2放大电路的增益，起到自动电平调节作用。

输出衰减器由ZG-6组成，它是一个衰减开关，使振荡器的输出电平可以在0dB~-70dB范围内以10dB为间隔逐档进行调节。

图1-2的下边部分是 f_1 、 f_2 单元和稳压电源，它们用虚线方框分开，表示分装在三个单元中。 f_1 单元由 Zf_1-1 ~ Zf_1-6 六个单盘组成，它是一个脉冲倍频锁相单元，其作用是产生24~42.6MHz的主振频率。它有两种工作方式：“连续”工作时，可变振荡器单独工作，输出连续的24~42.6MHz的频率；“锁定”工作时，主振频率受100KHz基准频率的控制，使 f_1 输出100KHz间隔一点的锁定频率。 f_1 的六个单盘是：

Zf_1-1 1兆赫基准频率源，

Zf_1-2 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ 分频器，

Zf_1-3 f_1 脉冲形成及指示电路，

Zf_1-4 脉冲鉴相及50KHz低通滤波器，

Zf_1-5 压控振荡器，

Zf_1-6 f_1 载频放大器。

f_2 单元由 Zf_2-1 ~ Zf_2-5 组成，它是一个正弦锁相电路。通过 Zf_2-4 盘送出24~23.9MHz的连续锁定频率，它的频率稳定度达到了 10^{-6} 数量级，保证了振荡器输出频率的稳定度。 f_2 单元的五个单盘是：

Zf_2-1 脉冲鉴相器，

- $Zf_2=2$ 23.6MHz晶体振荡器及放大器,
- $Zf_2=3$ 鉴相、滤波、搜索、指示电路
- $Zf_2=4$ 24~23.9MHz压控振荡器及变频器,
- $Zf_2=5$ 400~300KHz可变振荡器。

f_1 单元送出200KHz信号至 f_2 单元, 作为 f_2 单元的基准频率。这样 f_1 单元、 f_2 单元的基准频率就由一个基准源提供, 保证了输出频率的稳定可靠。

电平振荡器的稳压电源送出24V和15V两组电源。24V电源送至主干盘中的功放电路, 其余各盘均用15V电源。

(二)QXD02型选频电平表

图1-3是选频电平表的方框图, 从图上可以看到选频电平表的各单元单盘组成情况, 了解它们之间的频率关系和电平关系。

我们用P表示电平表, G表示主干通路。这样PG就表示电平表的主干通路, 在方框图的上面一排从左至右依次编号, 电平表的主干通路由PG-1~PG-14 14个单盘或部件组成, 它们是:

- PG-1 输入衰减器,
- PG-2 前置放大器,
- PG-3 18.6MHz低通滤波器,
- PG-4 F_1 载频放大器,
- PG-5 F_1 方波形成器,
- PG-6 第一变频器,
- PG-7 24MHz带通滤波器,
- PG-8 第二变频器,
- PG-9 2.4MHz带通滤波器及第三变频器,
- PG-10 100KHz宽带滤波器,
- PG-11 100KHz窄带滤波器,
- PG-12 100KHz放大及表头电路,
- PG-13 自校及监听,
- PG-14 量程扩展电路。

这十四个单盘或部件又由虚线分成五部份, 每一个虚线方框表明框内的单盘或部件是安装在一个单元内的, 这五个单元是:

输入衰减器: 由PG-1衰减器组成, 它是一个衰减开关, 可以单独进行测试和维修。

高频单元: 由PG-2—PG-8盘组成。其作用是把输入衰减器来的信号经过二次变频后变为2.4MHz高频信号。由于频率较高, 因此这些单盘对屏蔽、隔离的要求较严, 它们安装在一个镀银盒内, 称为高频单元。

低频单元: 由PG-9—PG-12盘组成。其作用是把高频单元来的2.4MHz中频信号变频成100KHz低频信号, 然后通过宽窄带滤波器, 100KHz放大器及表头指示电路, 以上各盘组装在一个单元内, 称为低频单元。

监听与自校单元是由PG-13盘组成, 它是一个单独的单元, 可以送出一个电平为-70dB

频率为100KHz自校信号及2 KHz左右的音频信号。

表头及扩展单元由表头M和PG-14单盘组成。PG-14是表头扩展及转换电路。表头可以选择扩展或不扩展型。PG-14单盘装在表头M的背面，有一屏蔽罩起隔离保护作用。

我们通常把输入衰减器、高频单元、低频单元、监听与自校单元和表头及扩展单元合并称为电平表放大、调制、滤波单元。从图1-3可见，10KHz~18.6MHz的被测信号经输入衰减器PG-1衰减后送入PG-2进行前置放大，然后经PG-3 18.6MHz低通滤波器滤去无用的高频信号送至PG-6第一变频器作为混频输入信号。电平表 f_1 单元送出的24~42.6MHz信号经PG-4载频放大后送入PG-5方波形成电路整形，变成方波后送至第一变频器作为载频信号，电压幅度为1.5V左右。在第一变频器混频后得到24~23.9MHz第一中频信号。这是 f_1 和输入信号10KHz~18.6MHz的差频频率，若输入信号中有48MHz~66.6MHz的高频，和 f_1 的频率(24~42.6)MHz差频也能得到24~23.9MHz频率。因此必须用18.6MHz低通滤波器的阻带去抑制输入信号中的高频成份。24~23.9MHz第一中频信号经PG-7 24MHz带通滤波后送至第二变频器。此时电平表的 f_2 单元送出的21.6~21.5MHz信号送至第二变频器作为载频信号，在第二变频器混频取差频得到2.4MHz第二中频信号。送至PG-9 2.4MHz带通滤波器滤去其它成分送至第三变频器和2.3MHz晶体振荡器混频得到第三中频100KHz，三级变频完成，100KHz信号送入PG-10宽带滤波器或PG-11窄带滤波器，然后由PG-12 100KHz中频放大器放大。在这个放大器中共有三级电压放大，每级增益大约在25dB~30dB之间。总增益在80dB左右。放大器中间接有低失真衰减器和增益调节电位器。最后输出0dB左右100KHz信号经表头检波电路或表头扩展电路后由表头指示电平的大小。可见输入信号要经过三级变频十余个单盘的通路才由表头指示出大小。

从图1-3可看出，电平表的 f_1 单元和电平振荡器的 f_1 单元一样，由Pf₁-1~Pf₁-6六个单盘组成：

- Pf₁-1 1兆赫基准频率源，
- Pf₁-2 1/5×1/2分频器，
- Pf₁-3 f_1 脉冲形成及指示电路，
- Pf₁-4 脉冲鉴相及50KHz低通滤波器，
- Pf₁-5 被控振荡器，
- Pf₁-6 f_1 载频放大器。

电平表的 f_1 单元和振荡器的 f_1 单元不仅外形结构相同，而且频率范围和工作状况完全相同，为了简化书写格式，在本书以后各章的叙述中，用 f_1 -1、 f_1 -2、…… f_1 -6分别表示振荡器和电平表的 f_1 单元中的六个单盘的编号。

f_2 单元由Pf₂-1~Pf₂-5组成，它是一个正弦锁相单元。在方框图中通过Pf₂-4盘送出21.6~21.5MHz连续锁定的频率，频率稳定度可达 10^{-6} 数量级，使得选频电平表的第二调幅器的载频信号频率稳定，保证了调谐的准确性。

f_2 的五个单盘是：

- Pf₂-1 脉冲鉴相器（与振荡器 f_2 单元的同），
- Pf₂-2 21.2MHz晶体振荡器及放大器，
- Pf₂-3 鉴相，滤波，搜索，指示电路（与振荡器 f_2 单元的同），
- Pf₂-4 21.6~21.5MHz被控振荡器及调幅器，
- Pf₂-5 400~300KHz可变振荡器。

电平表 f_2 单元的外形结构和振荡器的 f_2 单元相同，电路原理也大致相同，但是它们的频率范围不同。

f_1 、 f_2 单元是安装在各自的铝铸件中，可以单独组装和调测。由于铸件的几何尺寸不变，而且密封较好，为保证 f_1 、 f_2 单元主振频率的稳定提供了一定的条件。 f_1 、 f_2 单元和主干通路的电气连接是通过安装在铸件上的插头座来实现的。

稳压电源由PY-1和PY-2盘组成，它是由进线盒、电源变压器、散热片等组成，由电源屏蔽罩把它们组成一个整体。在仪表后部可以看到散热片，它是后盖板的一部份，这样做可使仪表的散热较好。

选频电平表所有单盘都用15V电源，只有转换继电器用18V电源。

QF02型反射桥是18.6MHz传输测试仪的配套部件，主要用于测试阻抗为75 Ω 的不平衡线路或仪器的反射系数。

反射桥的电路基本上是一个惠斯登电桥，这个电桥装在一个铸铝的小长方体盒内。携带方便，屏蔽良好。保证了测试精度。

高阻探头是QXD02型选频电平表的附件，供高阻测量时使用。它是一个圆筒形结构的探头，输入端具有较高阻抗可以进行跨接测量，对被测量的电路不造成影响。输出端阻抗为75 Ω 可与电平表相匹配。高阻探头扩大了电平表的使用范围。

二、主要技术指标

(一)电平振荡器主要技术指标

1、频率

(1)频率范围:

10kHz~18.6MHz

(2)度盘 f_1 :

100kHz间隔锁定

0~18.6MHz

连续调节(不锁定)

0~18.6MHz

(3)度盘 f_2 :

连续锁定

-5~105kHz

刻度最小间隔

500Hz

(4)频率稳定度(开机预热30分钟后)

锁定时:

$\leq \pm 5 \times 10^{-6} \pm 300\text{Hz}/8h$

交流电源变化 $\pm 10\%$ 时:

锁定频率变化 $\leq \pm 1 \times 10^{-6} \pm 30\text{Hz}$

(5)频率刻度误差(经刻度校正后)

锁定时:

$\leq \pm 5 \times 10^{-6} \pm 300\text{Hz}$

连续时:

$\leq 3 \times 10^{-4} \pm 30\text{kHz}$

2、输出电平

(1)每步10dB:

-70dB~0dB

(2)最低输出电平:

-80dB

(3)输出电平准确度:

100kHz, 0dB, 75Ω : $\leq \pm 0.2\text{dB}$

换档误差(以100kHz, 0dB, 75Ω 为准)

$\leq \pm 0.2\text{dB}$

表头刻度误差:

+1dB~-5dB

$\leq \pm 0.1\text{dB}$

-5dB~-10dB

$\leq \pm 0.2\text{dB}$

(4)输出频率特性(表头指“0”)

10kHz~10MHz

$\leq \pm 0.2\text{dB}$

10kHz~18.6MHz

$\leq \pm 0.3\text{dB}$

(5)交流电源电压变化 $\pm 10\%$ 时:

输出电平变化

$\leq \pm 0.2\text{dB}$

3、失真衰减

当输出阻抗 75Ω ，输出电平 0 dB 时， b_2 ：

$10\text{ kHz}\sim 10\text{ MHz}$ $\geq 40\text{ dB}$

$10\text{ kHz}\sim 18.6\text{ MHz}$ $\geq 32\text{ dB}$

4、输出阻抗

标称阻抗： 75Ω

反射系数（反射衰减）

$10\text{ kHz}\sim 10\text{ MHz}$ $\gamma \leq 0.05$

$b \geq 26\text{ dB}$

$10\text{ kHz}\sim 18.6\text{ MHz}$

$\gamma \leq 0.08$

$b \geq 23\text{ dB}$

5、工作电压、消耗功率

$220\text{ V } 50\text{ Hz } 30\text{ W}$

6、工作环境条件

(1) 温度范围： $+5^\circ\text{ C}\sim +40^\circ\text{ C}$

(2) 湿度： 80% 以下

(3) 使用电源： $220\text{ V} \pm 10\%$ ， 50 Hz

7、体积重量

$480 \times 360 \times 188\text{ mm}^3$

20.5 kg

(二)选频电平表主要技术指标

1、频率部份同振荡器技术指标，

2、输入电平

(1) 以表头指“0”为准

每步 10 dB $-110\text{ dB}\sim +10\text{ dB}$

(2) 最低可测电平

窄带时（在通常 100 Hz 位置）

$10\text{ kHz}\sim 18.6\text{ MHz}$ -120 dB

宽带时（在通带 1.74 kHz 位置）

$10\text{ kHz}\sim 18.6\text{ MHz}$ -120 dB

(3) 测量电平准确度

电平误差在 $100\text{ kHz } 0\text{ dB}$ 时 $\leq \pm 0.2\text{ dB}$

换档误差（以 $100\text{ kHz } 0\text{ dB}$ 为准）：

$\leq \pm 0.2\text{ dB}$

(4) 表头刻度误差

不扩展: $+1\text{ dB} \sim -5\text{ dB}$	$\leq \pm 0.1\text{ dB}$
$-6\text{ dB} \sim -10\text{ dB}$	$\leq \pm 0.2\text{ dB}$
扩展 $-1\text{ dB} \sim +1\text{ dB}$	$\leq \pm 0.05\text{ dB}$
$0 \sim 10\text{ dB}$ 每步 1 dB 换档误差	$\leq \pm 0.05\text{ dB}$

(5) 频率响应 (以 75Ω 、 0 dB 、 100 kHz 为准)

$10\text{ kHz} \sim 10\text{ MHz}$	$\leq \pm 0.2\text{ dB}$
$10\text{ kHz} \sim 18.6\text{ MHz}$	$\leq \pm 0.3\text{ dB}$
衰减器的附加频响	$\leq \pm 0.1\text{ dB}$

3. 频率选择性

(1) 宽带

通带: 电平下降 $\Delta b = 0.2\text{ dB}$ 时	$> 400\text{ Hz}$
电平下降 $\Delta b = 0.5\text{ dB}$ 时	$> 800\text{ Hz}$
电平下降 $\Delta b = 3\text{ dB}$ 时	$= 1950 \pm 50\text{ Hz}$
等效杂音带宽相当于 1.74 kHz	

阻带: $f_m \pm 4\text{ kHz}$	$b \geq 55\text{ dB}$
----------------------------	-----------------------

(2) 窄带

通带: 电平下降 $\Delta b = 0.5\text{ dB}$ 时	$> 80\text{ Hz}$
阻带: $f_m \pm 500\text{ Hz}$	$b \geq 50\text{ dB}$

4. 附加失真衰减 (低失真灵敏度提高 40 dB 低杂音灵敏度提高 10 dB)

$$\geq 50\text{ dB}$$

5. 中频衰减

第一中频 (24 MHz)	$b \geq 60\text{ dB}$
第二中频 (2.4 MHz)	$b \geq 60\text{ dB}$
第三中频 (100 kHz)	$b \geq 60\text{ dB}$

6. 镜象衰减

第一镜象 ($f_m + 48\text{ MHz}$)	$b \geq 60\text{ dB}$
第二镜象 ($f_m + 4.8\text{ MHz}$)	$b \geq 60\text{ dB}$
第三镜象 ($f_m + 200\text{ kHz}$)	$b \geq 60\text{ dB}$

7. 内部干扰

组合干扰	$\leq -120\text{ dB}$
杂音电平	$\leq -120\text{ dB}$

8. 输入阻抗

标称阻抗	75Ω
------	------------

反射系数 (反射衰减)

10kHz~10MHz

$\gamma < 0.05$

$b \geq 26\text{dB}$

10kHz~18.6MHz

$\gamma < 0.08$

$b \geq 23\text{dB}$

9. 监听输出: 上边带或下边带

输出幅度

$\leq 600\text{mV}$

输出频率

约2kHz

10. 工作电压、消耗功率

220V 50Hz 30W

11. 工作环境条件同振荡器

12. 体积重量:

$480 \times 360 \times 188\text{mm}^3$ 23.5kg

(三) 反射桥主要技术指标

1. 测量范围

(1) 频率范围

10kHz~18.6MHz

(2) 测量反射衰减范围

0~50dB

2. 测量误差 (50kHz~18.6MHz)

(1) 10~30dB:

$\pm 1\text{dB}$

(2) 40~50dB:

$\pm 2\text{dB}$

(3) 标准阻抗:

$75\Omega \pm 0.3\%$

(4) 频率为10kHz时附加误差:

$\pm 2\text{dB}$

3. 体积重量

$120 \times 40 \times 60\text{mm}^3$ 0.45kg

(四) 高阻探头主要技术指标

1. 使用频率范围:

10kHz~18.6MHz

2. 最大输入电平

$\leq 0\text{dB}$

3. 固有衰减值 (以100kHz为准)

$\leq 0.5\text{dB}$

4. 频率特性 (以100kHz为准)

$\leq \pm 0.5\text{dB}$

5. 输入阻抗

$10\text{k}\Omega // 7\text{pF}$

三、电 路 原 理

18.6MHz传输测试仪的主机是由QZD02型电平振荡器和OXD02型选频电平表组成。由电平振荡器送出某一功率的信号电平，通过被测通路由选频电平表测出输出信号的频率和电平大小，从而完成对增益、衰减、失真、频响、杂音等指标的测试。在概述中简单介绍了仪表的组成及特点，本章将要对各单盘电路进行较详细的分析。对振荡器和电平表中相同的单元将只介绍其中一个单元的原理。若有频率关系不同时，在相应的地方将予以说明。力求通过本章的说明，使读者能较全面地了解每一个单盘电路，为维护修理打下基础。

(一) 电平振荡器输出单元电路

1. ZG-1 f_1 方波形成器

图3-1为ZG-1 f_1 方波形成器电原理图。 f_1 锁相单元Z f_1 -5盘送来24~42.6MHz信号经本盘H₁端子输入，经BG₁放大。BG₁、BG₂、BG₃是直接耦合放大器，R₅是BG₂的电压反馈电阻。BG₁基极的直流偏压由BG₂发射极反馈，经R₈、R₂分压供给。BG₄是共发射极放大器，把信号放大后送到施密特整形电路，BG₅、BG₆是一个施密特整形电路，它把正弦信号整形成方波，通过C₆经BG₇跟随器，由H₂端子送往ZG-3调幅器盘。BG₇的发射极是通过ZG-3调幅器的初级线圈接地的。

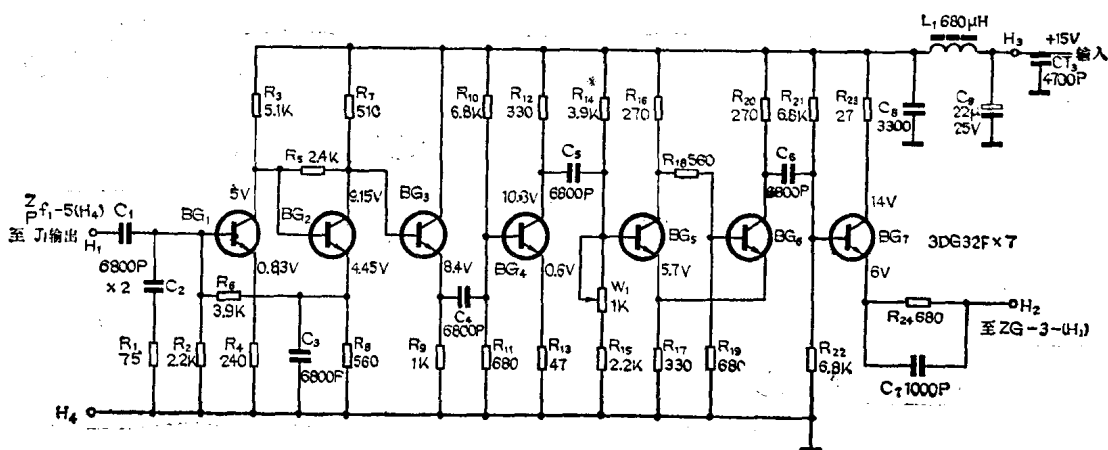


图 3-1 ZG-1 f_1 方波形成器

2. ZG-2选频放大器与24MHz低通滤波器

f_2 锁相单元Z f_2 -4盘送来的24~23.9MHz信号，经本盘H₁端子接入，如图3-2所示。信号经R₁~R₃组成的 π 型衰减器衰减后，由C₁耦合到BG₁放大器的基极。BG₁是一个可变增益放大器，它的基极直流偏压是由ZG-5盘的A、G、C控制电压经H₂端子及R₄接来的。这