

中同轴电缆 1800路载波通信设备

载频设备

916.5

内 容 提 要

本书是《中同轴电缆 1800 路载波通信设备》的第五部分——载频供给设备。共分四章，第一章主振器架，第二章超群载供架，第三章整机测试方法，第四章安装和布线。各章分别介绍了载供设备各机架方框图、各机盘电路的工作原理，调测方法和维护知识。并专章介绍了整机测试和安装布线。本书可供 1800 路载波设备维护、安装施工的工人，工程技术人员，通信院校工农兵学员和教师阅读参考。

中同轴电缆 1800 路载波通信设备

载 频 供 给 设 备

邮电五〇五厂编

*

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 1/16 1977 年 12 月 第 一 版

印张：7 6/16 页数：59 插页 1 1977 年 12 月 河北第 1 次印刷

字数：179 千 字 印数：1—5,000 册

统一书号：15045·总 2156—资 454

定价：0.67 元

毛主席语录

独立自主、自力更生

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

目 录

第一章 主振器架

1.1 机架说明	(1)
1.1.1 概述	(1)
1. 基本频率、主群载频和导频的产生	(1)
2. 备用及转换方式	(1)
3. 分配电路	(1)
4. 告 警	(1)
5. 结 构	(2)
1.1.2 方框图及主要部件	(2)
1.1.3 主要技术要求	(4)
1.2 机盘说明	(5)
1.2.1 2.5MHz主振器盘	(5)
1. 2.5MHz晶体振荡器电路	(7)
2. 恒温槽及其控制电路和告警电路	(9)
1.2.2 分频器盘	(13)
1. 原理介绍	(15)
2. 分频器主要技术指标	(18)
3. 维护注意事项	(19)
1.2.3 载频转换盘	(19)
1. 原理介绍	(19)
2. 主要技术指标	(24)
3. 维护注意事项	(24)
1.2.4 440KHz谐波发生器盘	(26)
1. 440KHz窄带滤波器	(26)
2. 440KHz放大器和谐波发生器	(28)
3. 谐波发生器主要技术指标	(29)
4. 维护注意事项	(29)
1.2.5 导频稳幅及告警盘	(30)
1. 308KHz导频稳幅器盘	(30)
2. 8500KHz导频稳幅器盘	(36)
1.2.6 4287KHz晶体振荡器盘	(38)
1. 4287KHz晶体振荡电路	(41)
2. 告警电路	(41)

3. 晶体振荡器的恒温控制电路	(41)
4. 主要技术指标	(42)
5. 维护注意事项	(42)
1.2.7 主群载频功率放大器盘	(44)
1. 6600、7920、9240KHz窄带滤波器	(44)
2. 功率放大器	(46)
1.2.8 主群载频前置放大器盘	(48)
1. 6600、7920、9240KHz窄带滤波器	(49)
2. 前置放大电路	(49)
1.2.9 124KHz载供放大器盘	(52)
1. 124KHz窄带滤波器	(52)
2. 124KHz放大器	(53)
1.2.10 440KHz载供放大器盘	(54)
1. 电路介绍	(55)
2. 主要技术指标	(55)
1.2.11 4KHz载供放大器盘	(55)
1. 4KHz窄带滤波器	(55)
2. 4KHz放大器	(56)
1.2.12 12KHz载供放大器盘	(57)
1. 12KHz窄带滤波器	(57)
2. 12KHz放大器	(59)
1.2.13 124KHz调制器盘	(59)
1. 100KHz窄带滤波器	(60)
2. 124KHz调制器	(60)
1.2.14 440KHz调制器盘	(61)
1. 60KHz窄带滤波器	(62)
2. 500KHz窄带滤波器	(62)
3. 440KHz窄带滤波器	(63)
4. 440KHz调制器	(63)
1.2.15 308KHz调制器盘	(63)
1.2.16 24KHz窄带滤波器盘	(64)
1.2.17 60KHz窄带滤波器盘	(66)
1.2.18 总告警盘	(66)
1.2.19 电子滤波盘(分频器用)	(67)
1.2.20 分配盘	(69)
1. 主群载频分配电路	(69)
2. 导频分配电路	(70)
3. 4KHz、12KHz基本频率分配电路	(71)
4. 124KHz基本频率分配器	(71)
1.2.21 电源滤波器盘	(72)

第二章 超群载供架

2.1 单架说明	(74)
2.1.1 概 述	(74)
1. 第Ⅲ主群载频、超群载频、监频的产生	(74)
2. 备用及转换方式	(74)
3. 分配电路	(74)
4. 告 警	(74)
5. 结 构	(74)
2.1.2 方框图及主要部件	(75)
2.1.3 主要技术要求	(76)
2.2 机盘说明	(76)
2.2.1 124KHz谐波发生器盘	(76)
2.2.2 载频转换盘	(78)
2.2.3 超群载频前置放大器盘	(78)
1. 1116~3100KHz窄带滤波器	(78)
2. 4960KHz窄带滤波器	(82)
2.2.4 超群载频功率放大器盘	(83)
2.2.5 620KHz8倍频器盘	(84)
1. 620KHz窄带滤波器	(84)
2. 4960KHz辅助窄带滤波器	(84)
3. 8 倍频器	(85)
2.2.6 2052KHz调制器盘	(87)
1. 1612KHz放大器	(87)
2. 射极输出器	(88)
3. 主要技术指标	(88)
2.2.7 2052KHz监频稳幅器盘	(89)
2.2.8 超群载供架分配盘	(90)
1. 主群载频分配电路	(90)
2. 超群载频分配电路	(90)
3. 监频分配电路	(90)
2.2.9 总告警盘	(91)
2.2.10 电源滤波器盘	(91)

第三章 整机测试方法

3.1 各点电平的测试	(92)
3.2 转换电路的测试和告警电平测试	(92)
3.3 转换电路主备用间的串音衰耗测试	(92)
3.4 转换时间的测试	(93)
3.5 频率纯度的测试	(93)

3.5.1	载频近旁纯洁度的测试	(93)
3.5.2	对无用谐波的测试	(94)
3.5.3	对 $F \pm n4KHz$ 的测试	(94)
3.5.4	导、监频的频率纯度测试	(94)
3.5.5	各基本频率纯度的测试	(95)
3.6	分配电路开、短路影响测试	(95)
3.7	分配电路的介入衰耗测试	(96)
3.8	告警系统观测	(98)

第四章 安装和布线

4.1	布线图表	(99)
4.2	安装检查	(99)
4.3	对外电气线路连接	(99)
4.4	维护注意事项	(99)

第一章 主振器架

1.1 机架说明

1.1.1 概述

主振器架(简称主振架)是用来供给主群调制架所需的载频和线路所需的三个导频, 供给60路系统的基本频率 $4KHz$ 、 $12KHz$ 。主振架包括主振器、分频器、调制器、窄带滤波器、载频前置放大器、功率放大器、谐波发生器、导频稳幅器、4287晶体振荡器、转换盘、分配电路、电源滤波等设备。

1. 基本频率、主群载频和导频的产生

基本频率 $4KHz$ 、 $12KHz$ 、 $124KHz$ 、 $440KHz$ 。

主群载频 $6600KHz$ 、 $7920KHz$ 、 $9240KHz$ 。

导频频率 $308KHz$ 、 $4287KHz$ 、 $8500KHz$ 。

$2.5MHz$ 主振器输出的正弦信号经整形电路, 四级5:1分频器分别产生重复频率为 $500KHz$ 、 $100KHz$ 、 $20KHz$ 、 $4KHz$ 的矩形波信号频率。由 $100KHz$ 与 $4KHz$ 的六次谐波 $24KHz$ 调制而产生 $124KHz$, $124KHz$ 送至超群载供架供124谐波发生器以产生9个超群载频和第3主群载频。

$4KHz$ 和 $4KHz$ 的三次谐波 $12KHz$ 供给60路载波设备的载供架以便经过相应的谐波发生器而产生通路载频和基群载频。

由 $500KHz$ 与 $20KHz$ 的三次谐波 $60KHz$ 调制以产生 $440KHz$, 再经 $440KHz$ 谐波发生器产生 $6600KHz$ 、 $7920KHz$ 、 $9240KHz$ 。

由 $500KHz$ 矩形脉冲取第17次谐波产生 $8500KHz$ 主导频, 由 $20KHz$ 的三次谐波 $60KHz$ 和 $124KHz$ 的二倍频 $248KHz$ 进行调制产生辅助导频 $308KHz$ 另一辅助导频 $4287KHz$ 由单独的晶体振荡器产生。

2. 备用及转换方式

一个主振架要供给四套1800路的主群载频和导频。因此, 设备的可靠性将显得非常重要。主振架各设备均有两套, 一套主用, 一套备用(其中 $2.5MHz$ 主振器亦有主备用两套), 均采用热备用, 主用载频和备用载频同时接入转换盘, 当主用载频电平中断或下跌 $0.3 \pm 0.05N$ 时将自动转换至备用, 也能通过扳键人工转换至备用。当备用电平中断或下跌 $0.3 \pm 0.05N$ 时转换盘备用告警, 但不能自动转换至主用, 可以通过扳键人工转换至主用导频, 主备用转换也可以利用导频转换盘的U型插塞进行人工转换。

3. 分配电路

主群分配电路采用差动变量器分配方式, 导频和基本频率 $4KHz$ 、 $12KHz$ 的分配电路采用电阻分配方式。

4. 告警 本架具有以下各种告警性能

主群载频电平中断或下跌 $0.3 \pm 0.05N$ 时相应转换盘上告警灯亮, 总告警灯亮, 铃响。

导频告警导频电平变化大于 $\pm 0.05 \pm 0.02N$ 时, 相应的导频稳幅器盘面板上告警灯亮, 总告警灯亮, 铃响。 $2.5M\Omega$ 恒温槽的槽温高于 $60^{\circ}C$ 及低于 $50^{\circ}C$ 时, 在主振器盘面板上高低温告警灯亮, 但无总告警表示。

熔丝告警 任一分熔丝断时熔丝盘告警灯亮, 总告警灯亦亮, 铃响。

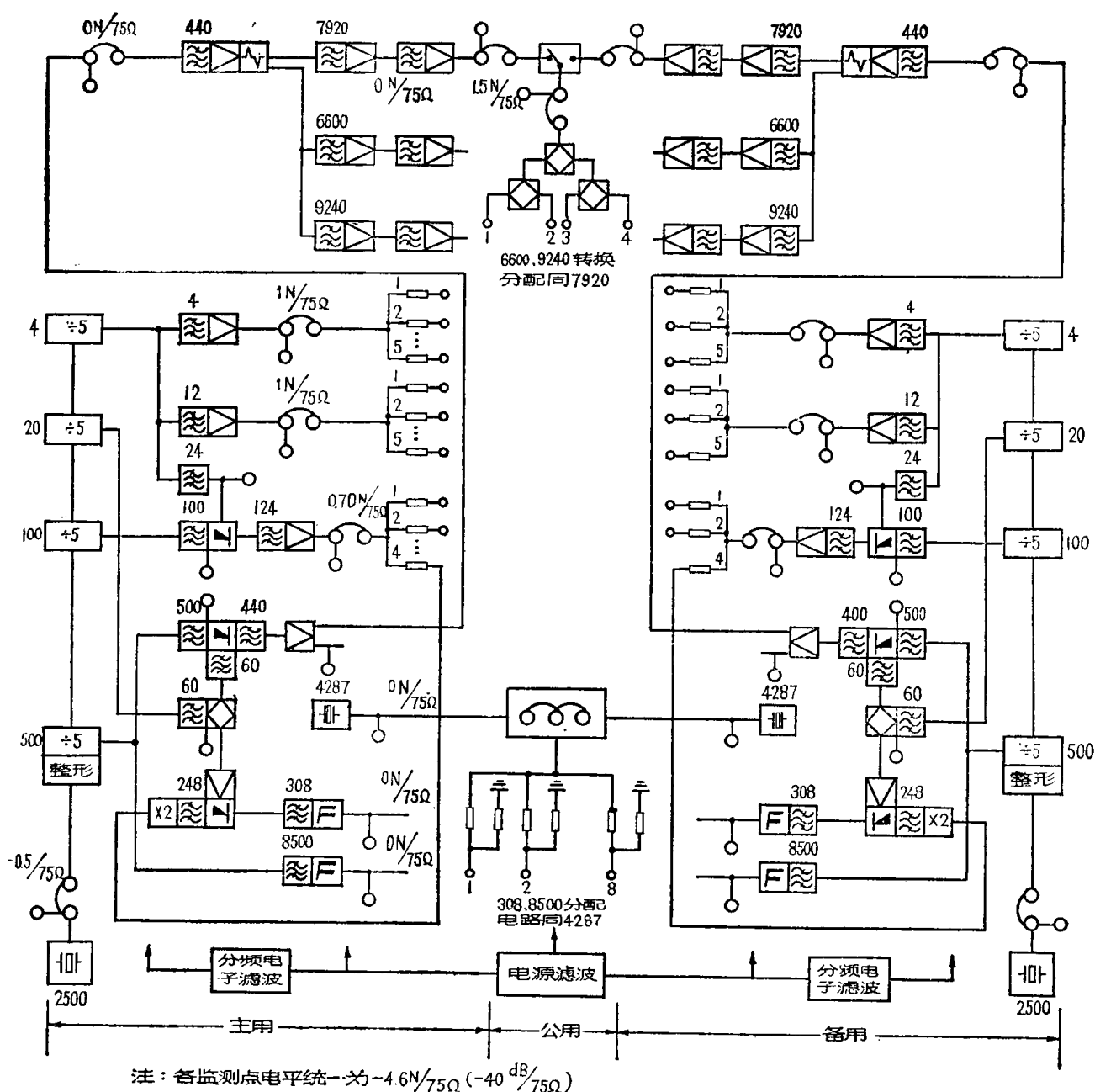
5. 结构 本架主备用盘均装在机架的左右对称位置, 中间放置载频转换盘, 每一相同频率的主备用盘均可互换, 转换盘亦可互换。

机架尺寸: 高 $2m$, 宽 $650mm$, 厚 $350mm$ 。

机架重量: 约 $150Kg$ 。

耗电量: $24V$ 、约 $5A$ 。

1.1.2 方框图及主要部件(方框图见MEZ 2.120.018FL)



主振器架方框图 MEZ 2.120.018FL

2.5MHz主振器由晶体振荡器产生2.5MHz主振频率供给分频器进行分频，其频率稳定度为 $\pm 5 \times 10^{-8}/3$ 个月。输出电平 $+0.5N/75\Omega$ 。

分频器 共有四级数字分频器，每级均为5:1分频，第一级输入包括有整形电路，输出为500KHz供给下一级分频器，另一输出其17次谐波供给8500稳幅器产生主导频。第二级分频器输出为100KHz除供给下一级分频外还送至124调制器以产生124KHz基本频率。

第三级分频器输出为20KHz除供给下一级分频外，用其三次谐波60KHz以产生440KHz基本频率和辅助导频308KHz。第四级分频器输出4KHz由其谐波产生12KHz、24KHz。

440调制器 由第一级分频器送来的500KHz频率与60KHz频率调制产生440KHz频率。

440放大器 将440KHz频率进行放大使输出电平为0N，其输出送至440谐波发生器。另一端送至超群载供架2052KHz调制盘。

124调制器 由第二级分频器送来的100KHz频率和24KHz进行调制以产生124KHz基本频率。

124放大器 将124KHz频率进行放大输出为 $+0.7N/75\Omega$ 。一方面供应308调制器。另一方面送至超群载供架的124谐波发生器。

8500导频稳幅器 将第一级分频器送来的500KHz 17次谐波8500进行稳幅放大以产生幅度稳定的主导频。

308调制器 将124KHz进行二倍频的248KHz与60KHz进行调制产生308KHz导频。

308导频稳幅器 将308调制器送来的308KHz进行稳幅放大以产生幅度稳定的308KHz导频。

4287振荡器 为单独的晶体振荡器产生幅度稳定的4287KHz辅助导频。

440谐波发生器 将输入的440KHz基本频率经过磁饱和线圈以产生各次谐波供给主群载频。

前置放大器 (6600、7920、9240KHz三种相似)是将440谐波发生器输出的脉冲信号分别经过6600、7920、9240KHz相应的窄带滤波器选出相应的主群载频再经过输入衰减自动可调的放大器获得输出幅度稳定的相应的主群载频送至功率放大器。

功率放大器 (6600、7920、9240KHz三种相似)

前置放大送来的相应主群载频，再经一次窄带滤波器，并由功率放大器输出 $+1.5N$ 电平，送至转换盘。

载频转换盘 由主、备用功率放大器输出送来的载频信号分别接至转换盘的主备用输入塞孔。正常时由主用信号经转换盘输出，当主用信号中断或下跌 $0.3 \pm 0.05N$ 时将自动转换至备用，由备用信号输出，而备用信号中断或下跌 $0.3 \pm 0.05N$ 时仅发出告警，但不能自动转换至主用。但主→备或备→主均可人工转换，由转换盘输出 $+1.42N$ 接至分配电路。

4KHz放大器盘 由第四级分频器输出的4KHz经该盘4KHz窄带滤波器和放大器输出 $+1N$ 送至分配电路作60路载供架基本频率用。

12KHz放大器盘 由第四级分频器输出经该盘12KHz窄带滤波器滤出12KHz再经放大输出 $+1N$ 送至分配电路。

24KHz滤波器盘 由第四级分频器输出经该盘24KHz窄带滤波器滤出24KHz供124

调制器用。

60KHz滤波器 由第三级分频器输出经该盘60KHz窄带滤波器滤出60KHz供440调制器和308调制器用。

导频转换盘 由主、备用导频稳幅器送来的导频信号接至转换盘输入塞孔通过U型插塞进行人工转换，并送至分配电路。

以上部件除转换盘外，主备用均相同。

1.1.3 主要技术要求

1. 主振频率 2500KHz, $\Delta f/f \leq \pm 5 \times 10^{-8}/3$ 个月。

2. 主群载频 6600KHz、7920KHz、9240KHz。

(1) 载频幅度稳定度 $\leq \pm 0.1N$

(2) 载频纯洁度

对 $f_0 \pm n \times 4KHz$ 的不纯成分 $\geq 9.5N$ 。

对 $f_0 \pm n \times 50Hz$ 的不纯成分(暂定) $\geq 7.3N(65dB)$ 。

(3) 开、短路影响 $\leq \pm 0.2N$ 。

(4) 介入衰耗 $\geq 2.5N$ 。

(5) 转换方式 主用→备用(自动、人工)。备用→主用(人工)。

(6) 转换时间 $\leq 100\mu s$ 。

(7) 转换及告警电平 下降 $0.3 \pm 0.05N$ 。

(8) 主备用间串音衰耗 $\geq 5.75N$ 。

(9) 容量供给 4套1800路所需的载频。

3. 导频 308KHz、4287KHz、8500KHz。

(1) 导频幅度稳定度 $\leq \pm 0.02N$ 。

(2) 导频频率稳定度 $\Delta f/f \leq 2.5 \times 10^{-8}$ 。

(3) 导频纯洁度

对 $f_0 \pm n \times 4KHz$ 的不纯成分 $\geq 8.4N$ 。

(4) 开、短路影响 $\leq \pm 0.02N$ 。

(5) 介入衰耗 $\geq 8N$ 。

(6) 转换方式 利用U型插塞进行人工转换。

(7) 供应容量 4条4心同轴电缆。

4. 告警

(1) 载频告警 载频电平下跌 $0.3 \pm 0.05N$ 告警。

(2) 导频告警 导频电平偏离正常电平 $0.05 \pm 0.02N$ 告警。

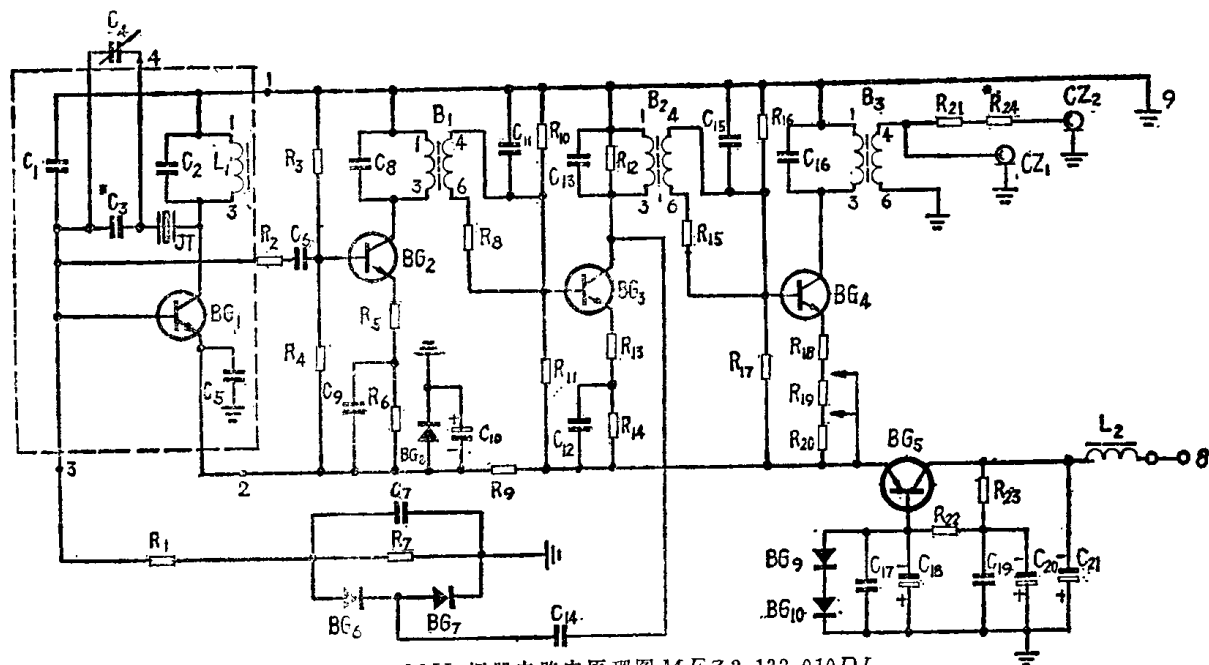
(3) 恒温槽过温告警 槽内温度低于 $50^\circ C$ 高于 $60^\circ C$ 时告警。

(4) 熔丝告警 熔丝熔断告警。

(5) 给出列架告警信号。

1.2 机盘说明

1.2.1 2.5MHz主振器盘(见电原理图MEZ 2.132.010DL)

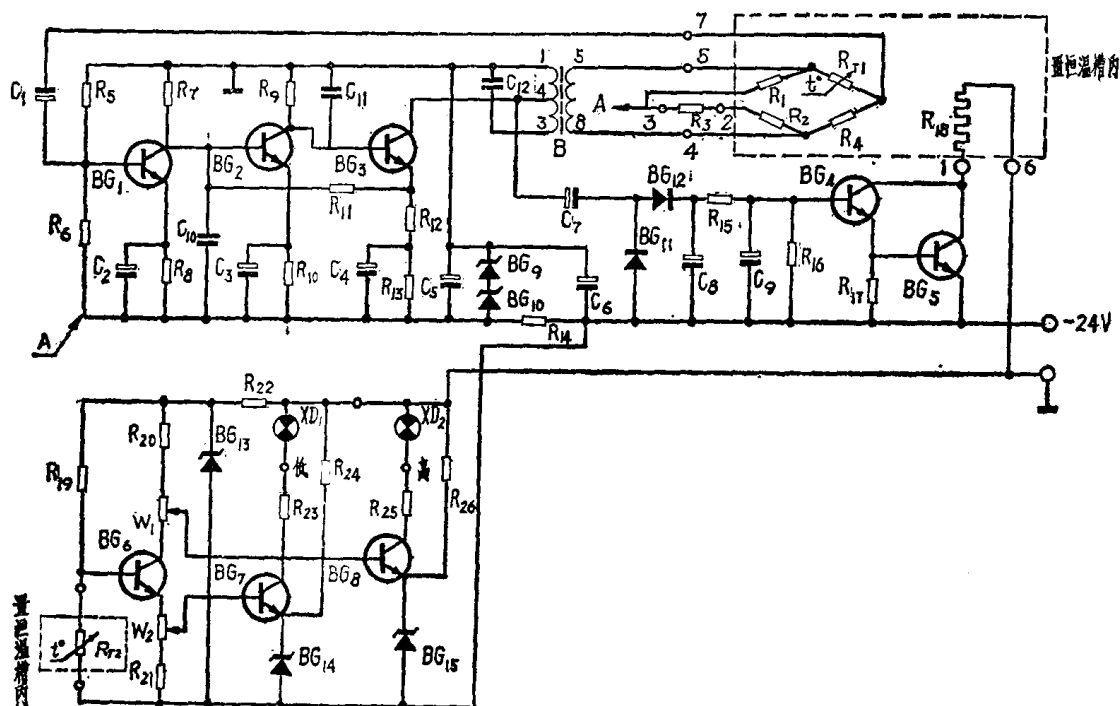


2.5MHz振器电路电原理图MEZ 2.132.010DL

2.5MHz 振器电路元件规格表

元件代号	规格	数量	元件代号	规格	数量
R ₁	电阻 RTX-0.125W -b-20KΩ-I	1	C ₅	电容器 CYX-1-D-100-200pF-II	1
R ₂	" " " 510Ω "	1	C ₆	" " -100V-560pF "	1
R ₃ , R ₁₆	" " " 12KΩ "	2	C ₈ , C ₁₃ , C ₁₆	" " 180pF "	3
R ₄ , R ₁₁	" " " 10KΩ "	2	C ₁₄	" " 560pF "	1
R ₅	" " " 51Ω "	1	C ₁₇ , C ₁₉	" " 2000 " "	2
R ₆ , R ₉ , R ₁₂ , R ₂₂ , R ₂₃	" " " 1KΩ "	5	*C ₃	" CYX1-C-100V-10pF "	1
R ₇	" " " 150KΩ "	1		15pF, 20pF	
R ₈	" " " 360Ω "	1		25pF, 30pF	
R ₁₀	" " " 16KΩ "	1	C ₄	" CW2ST-100/900 "	1
R ₁₂	" " " 1.5KΩ "	1	C ₇ , C ₉ , C ₁₁ , C ₁₂ , C ₁₅	" CZJ2-160V-0.22μF "	5
R ₁₃	" " " 33Ω "	1	C ₁₀ , C ₂₁	" CA-32V-22μF-+50% -20% "	2
R ₁₅	" " " 560Ω "	1	C ₁₈ , C ₂₀	" " 40V-47μF-+50% -20% "	2
R ₁₉	" " " 2KΩ "	1	L ₁	电感 6.8μH~7.5μH	1
R ₁₈	" " " 110Ω "	1	L ₂	色码电感 10mH, B-II	1
R ₁₉	" " " 20Ω "	1	JT	晶体 BA-12 (选用拐点温度55~65°C)	1
R ₂₀	" " " 10Ω "	1	BG ₁ ~BG ₃	三极管 3DG33B	3
R ₂₁	" " " 12KΩ "	1	BG ₄	三极管 3DK2B3	1
*R ₂₄	" " " 680Ω 750Ω 810Ω 910Ω 1KΩ "	II 1	BG ₅	三极管 3AD15	1
C ₁	电容器 CYX-1-D-100-680pF-II	1	BG ₈ ~BG ₁₀	二极管 2CW1	3
C ₂	" " " 750pF "	1	BG ₆ , BG ₇	二极管 2CK13	2

* R₂₄及C₃的元件数值任挑选。



2.5 MHz 恒温槽控制电路电原理图 MEZ 2.132.010DL

恒温槽控制电路元件规格表

元件代号	规格	数量	元件代号	规格	数量
R ₅	电阻 RJX-0.5W-20KΩ-5%	1	W ₂	电位器 WSZ-4-0.5W-470Ω-Ⅱ	1
R ₆ 、R ₉	" " " 2.7KΩ "	2	R ₁ 、R ₄	绕线电阻 45*单丝包康铜丝100Ω±0.1%	2
R ₇	" " " 11KΩ "	1	R ₂	" " " 80Ω±1%	1
R ₈	" " " 1.1KΩ "	1	R ₃	" " " 20Ω±1%	1
R ₁₀	" " " 2.2KΩ "	1	C ₁	电容器 CA-25V-4.7μF-Ⅱ	1
R ₁₁ 、R ₁₇	" " " 33KΩ "	2	C ₂	" " -6.3V-47μF-	1
R ₁₂	" " " 51Ω "	1	C ₃ 、C ₄	" " -16V-22μF-	2
R ₁₃	" " " 1KΩ "	1	C ₇ ~C ₉	" " -25V-2.2μF-	3
R ₁₆	" " " 16KΩ "	1	C ₅ 、C ₆	" " 32V-47μF-	2
R ₁₆	" " " 22KΩ "	1	C ₁₀ 、C ₁₁	" CCTY-0.01μF-I	2
R ₁₉	" " " 1KΩ "	1	C ₁₂ 、C ₁₃	" CZJ2-0.1μF-63-	1
R ₂₀ 、R ₂₁	" " " 820Ω "	2	B	变量器 MEZ 4.731.086	1
R ₂₂	" " " 750Ω "	1	BG ₁ ~BG ₄	三极管 3DG054 (β=60~100)	7
R ₂₄	" " " 1.5KΩ "	1	BG ₆ ~BG ₈	" 3DD6C (V _{ce} =8V, 200mA, β=60~100)	1
R ₂₆	" " " 1KΩ "	1	BG ₁₁ 、BG ₁₂	二极管 2CP15	2
R ₁₄ 、R ₂₃	" RJX-0.5W-330Ω "	2	BG ₉ 、BG ₁₀	" 2CW1	2
R ₂₅	" " " 160Ω "	1	BG ₁₃	" 2CW20	1
R ₁₁	白金丝 φ0.08mm R ₂₅ °C=90Ω-1%	1	BG ₁₄	" 2CW21B	1
R ₁₂	热敏电阻 α ₅₅ °C=4~5% R ₅₅ °C=39KΩ10%	1	BG ₁₅	" 2CW21F	1
W ₁	电位器 WSZ-4-0.5W-470Ω-Ⅱ	1			

2.5 MHz 主振器盘由2.5 MHz晶体振荡器电路、恒温槽及其控制电路、温度告警电路组成。

2.5 MHz 主振器是产生各种载频及导频、监频的主要部件，载供设备能否稳定连续地工作，对整个载波机的可靠性影响很大，尤其当利用载波电路传递传真电报、数据通信等信号时，这一点就显得更为重要。而主振器的稳定可靠对保证载供系统的可靠性尤显突出。

1800路载波设备的主振器的频率稳定度要求 $\leq \pm 5 \times 10^{-8}/3$ 个月。为了保证得到如此高的稳定频率，除选用稳定性能较高的石英晶体谐振器之外，还采用了恒温槽装置（晶体谐振器置于槽内），以尽量改善频率温度特性。

1. 2.5MHz晶体振荡器电路

(1)晶体等效电路 主振器的主要元件是2.5MHz五次泛音晶体，采用AT切割。BA12型晶体，其温度系数较小，Q值高，晶体的等效电路如图1—2—1所示。

其中 C_0 为晶体的静电容 R_q 为等效电阻， L_q 为等效电感， C_q 为等效电容。有两个固有谐振频率，一个是串联谐振频率 f_0 ，另一个是并联谐振频率 f_∞ ，晶体的固有谐振频率基本上由 L_q 、 C_q 决定。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_q C_q}} \quad f_\infty = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_q \frac{C_0 C_q}{C_0 + C_q}}}$$

其电抗频率特性如图1—2—2所示。

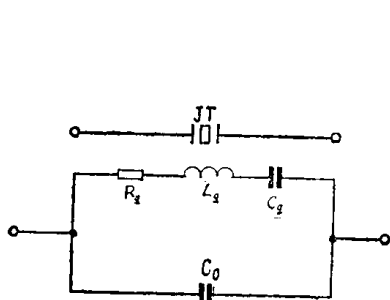


图 1—2—1 晶体等效电路

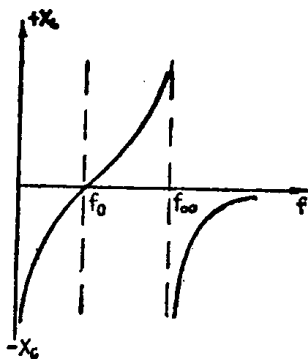


图 1—2—2 晶体阻抗频率特性

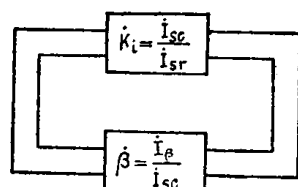


图 1—2—3 振荡方框图

晶体在 f_0 与 f_∞ 之间呈电感性，在其他频率呈电容性，所以晶体振荡器可以利用 f_0 与 f_∞ 之间的频率范围，则晶体可以等效为一个电感。

(2)振荡条件 振荡器实际上是一个不需要外加输入信号控制就可获得交流输出的能量变换装置。因为实际组成振荡器的放大器输入端电流 $\dot{I}_{sr}$ 完全是由反馈产生的；因此可以利用一个闭合的方框图把振荡器表示出来。如图1—2—3所示。图中 $\dot{I}_{sr}$ 是输出电流，反馈网络将输出电流的 β 部分以适当的相位关系送回到输入端。设放大器输入端有一个假想的电流 $\dot{I}_{sr}$ ，则放大后得到的电流将为 $\dot{K}_i \dot{I}_{sr}$ ，此电流的一部分再经反馈电路送回到输入端，这部分电流 $\dot{I}_\beta = \dot{K}_i \beta \dot{I}_{sr}$ ，如果这一电流正好等于原来的电流 $\dot{I}_{sr}$ （不但在数值上相等，而且在相位上也相同），则电路就可以不需外加信号而能维持工作，即能够自激振荡了。

由此可知，要产生自激振荡应该满足条件是 $\dot{I}_\beta = \dot{I}_{sr}$ ，或 $\dot{K}_i \beta \dot{I}_{sr} = \dot{I}_{sr}$ ，即 $\dot{K} \dot{\beta} = 1$ 此式表示自激振荡必要而又充分的条件（又称起振条件）。因为 $\dot{K} \dot{\beta}$ 为一复数，即有大小又有方向，如含 $\dot{K}_i = K < \varphi_K$ $\dot{\beta} = \beta < \varphi_\beta$

则有 $K\beta = 1$ $\varphi_K + \varphi_\beta = 2n\pi$

$n=0, 1, 2, \dots$ 等整数值。

由此可见，要维持自激振荡必须同时满足以下两个条件：

- ①振幅条件， $K\beta = 1$ ，即反馈电流的幅度要和原来输入电流幅度相等。
- ②相位条件， $\varphi_K + \varphi_\beta = 2n\pi$ ，即反馈电流在相位上要 and 原来输入电流相位相同。

(3)电路说明

2.5MHz主振器电路是由晶体振荡级BG₁，调谐放大BG₂ BG₃，缓冲调谐放大BG₄，

及延迟式自动增益控制电路等四部分组成，简化电路如图1—2—4所示。

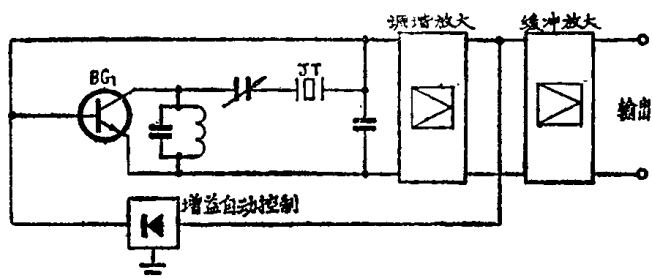


图 1—2—4 主振器简化电路

由图1—2—4可见振荡级输出信号经过两级调谐放大，取一部分经整流电路进行自动增益控制，另一部分则再经一级缓冲调谐放大，目的是达到功率输出的要求，以及隔开负载变化对振荡级的影响。

晶体振荡器的晶体管BG₁是发射极接

地，石英晶体(L₁、C₁、R₁及C₀)接在集电极与基极间，如把实际电路中的直流偏置部分略去，可以简化如图1—2—5所示。这就是一般的电容三点式电路，即所谓皮尔斯电路。

由于主振器是选用2.5MHz五次泛音晶体，泛音晶体在皮尔斯电路中工作的时候，较容易在低次泛音频率上工作，为了防止这种现象的发生，增加了L₁C₂并联谐振网络来抑制。迫使晶体工作在五次泛音2.5MHz频率上，而L₁C₂谐振在1.7MHz~2.0MHz之间。

C₄为振荡频率微调电容，微调范围为±1.25Hz。

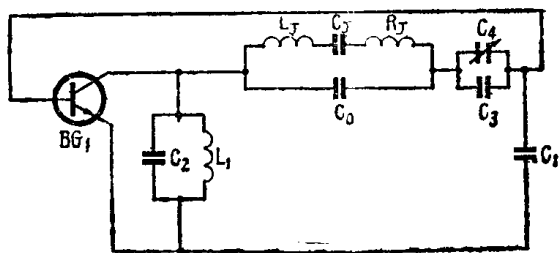


图 1—2—5 电容三点式振荡电路

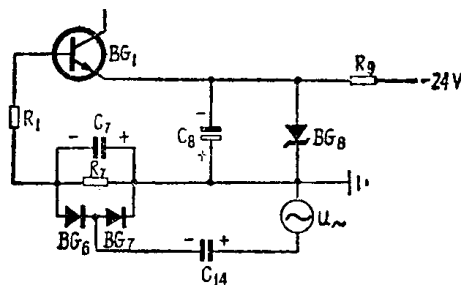


图 1—2—6 延迟式自动增益控制电路

调谐放大器由BG₂、BG₃组成，R₃~R₆、R₁₀~R₁₄分别是各级的直流偏置电阻，C₉、C₁₁、C₁₂为旁路电路，C₈、B₁、C₁₃、B₂谐振在2.5MHz，R₂、R₅是限流电阻，其作用是防止寄生振荡。第二级调谐回路并联一电阻R₁₂用以降低本级Q值，R₈用以防止寄生振荡。BG₈为振荡级和第一级调谐放大提供稳压电源，C₁₀为高频旁路电容。

输出级是缓冲、功率放大级，R₁₆~R₂₀为直流偏置电阻，C₁₅为旁路电容，C₁₆、B₃谐振在2.5MHz，R₁₅是限流电阻，防止寄生振荡，BG₄发射级电阻可调整输出电平。

延迟式自动增益控制电路如图1—2—6示。

因要减小晶体老化，就必须减小流经晶体的电流，采用自动增益控制是稳定流经晶体电流的有效措施，延迟式自动增益控制电路由稳压管BG₈两端产生基准电压与C₁₄、BG₆、BG₇、R₇、C₇构成整流电路共同进行增益控制。

BG₃集电极输出的交流电压u~为正半周时（u~下正上负）BG₇导通，u~向C₁₄充电，充电电压近似等于u~。u~为负半周时（u~上正下负）BG₆导通，C₁₄上的电压与u~相加向C₇充电，使C₇上获得近似等于2u~的直流电压，此直流电压（极性与基准电压相反）与基准电压进行比较，其差值Δu用来控制振荡级BG₁的工作状态。

当BG₃输出电压高于正常值时，倍压整流后R₇两端的直流电压也增加，与基准电压比较后的差值Δu也增加，使BG₁基极电位降低。BG₁集电极电流减小，相应使BG₃集电极电流也减小，BG₃输出电压降低。同样，当BG₃输出电压低于正常值时，倍压整流后R₇两端

的直流电压也减小，与基准电压比较的差值 Δu 也减小，使 BG_1 基极电位升高， BG_1 集电极电流增大，相应使 BG_3 集电极电流也增大， BG_3 输出电压升高，起到自动增益控制作用。

为防止因增益瞬间变化而进行调节，时间常数 $\tau = R_7 C_7$ 选取较大。要经过若干周期的延迟之后， C_7 上才充得 $2u_{\sim}$ 的直流电压。

(4) 主振器主要技术指标

主振频率	2.5 MHz。
频率微调范围	$\pm 1.25 \text{ Hz}$ 。
频率准确度	(可以调到) 10^{-9} 。
频率稳定度	$\pm 5 \times 10^{-8} / 3$ 个月。
输出电平	$\pm 0.5 \text{ N}$ 。
电平稳定度	$\pm 0.1 \text{ N}$ 。
谐波衰减	$\geq 3 \text{ N}$ 。
负载阻抗	75 Ω 。
电源防卫度	$\geq 11 \text{ N}$ 。

(5) 维护注意事项

①测试方法 主要测输出电平和频率稳定度，要求测试塞孔电平为 $+0.5 \text{ N}$ ，如不合格可调缓冲级发射极电阻，监测塞孔电平应为 -4.6 N 。

频率稳定度测试，因示波器李沙育图形法本身测试误差达 10^{-8} ，此法只能作粗略调试。见图1-2-7。

用一标准频率取5 MHz与被测频率进行比较在示波器上看李沙育图形，计算如下：

$$f_1 = \frac{1}{T_1} \quad f_2 = \frac{1}{T_2}$$

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{f_2 - f_1}{f} = \frac{T_1 - T_2}{T_2 T_1 f}$$

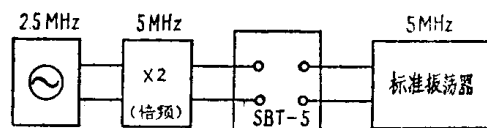


图 1-2-7 频率稳定度测试图

对于稳定度和精度为 10^{-9} 以上量级的频率测量，目前大都采用误差倍增法。

②各级直流工作点如下表（用500型万用表测）。

晶体管 代号	直流工 作点 电压	$V_c (V)$	$I_c (mA)$	$V_b (V)$
BG_1		7.5	5	0.7
BG_2		5	3	0.7
BG_3		10	5	0.7
BG_4		13.5	10	0.65

③主振器的频率稳定度由于再现性存在，所以停电源时间愈长，要恢复到原来的频率稳定度所需的时间也愈长。因此，一般情况下最好不要中断电源，保持其长期连续工作。

④如果频率变化太大，而恒温槽温度又正常，这时可能是第二级调谐放大器晶体管损坏。

⑤微调电容没有锁定装置，调好频率后注意不要振动。

2. 恒温槽及其控制电路和告警电路

参见电原理图MEZ2.132.010DL。

2.5MHz晶体振荡器要求频率稳定度 $\leq \pm 5 \times 10^{-8}/3$ 个月，此指标分配如下。

石英晶体老化占50%，即 $\pm 2.5 \times 10^{-8}/3$ 个月（主要由制造工艺决定）。

振荡电路占20%，即 $\pm 1 \times 10^{-8}/3$ 个月（电路设计上解决）。

受温度影响占30%，即 $\pm 1.5 \times 10^{-8}/3$ 个月（加恒温槽）。要达到以上指标，除要求振荡电路本身有较高的频率稳定性能和高精度晶体外，并要求晶体工作温度恒定，这样就需要一个十分精密的恒温槽及其控制电路。以达到 $\frac{\Delta f}{f} \leq \pm 1.5 \times 10^{-8}/3$ 个月

主振器中采用的AT切割五次泛音晶体的频率特性如图1-2-8所示。

从图中可以看出，在 $50^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 范围内曲线的斜率最小，在 55°C 左右曲线斜率为0， $\Delta f/f$ 为最小，这一点称为拐点，所以恒温控制电路控制恒温槽正常工作取 55°C 为宜。但为了生产方便，有互换性，选取槽控制温度

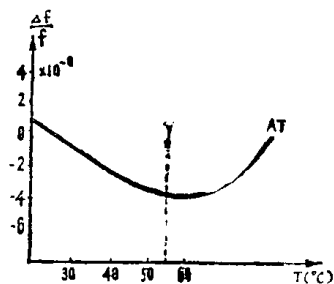


图 1—2—8 五次泛音晶体频率特性

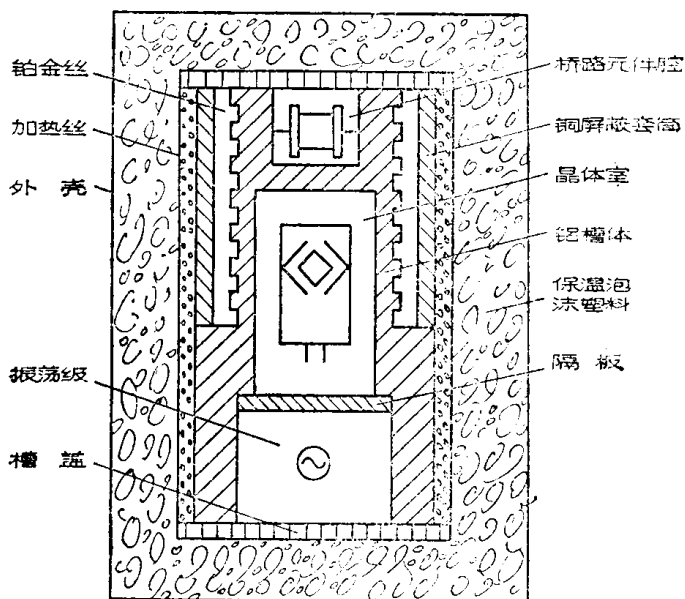


图 1—2—9 恒温槽结构

$T_0 = T_A \pm 1^{\circ}\text{C} = 55 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，当槽内恒温低于 50°C ，高于 60°C 时告警电路发出告警。

(1)恒温槽 2.5MHz主振器所用的恒温槽为单层槽体，其结构如图1-2-9所示。振荡器电路中的主振级，恒温控制电路的反馈桥及加热丝，恒温槽高低温告警电路中的热敏电阻等均置于槽体内。为了使槽体少受环境温度变化的影响，要求①槽体尽量为一整体材料加工而成，槽体和槽盖要有良好的热接触，减少热损耗。②晶体室与电路元件相隔离感温元件和加热丝要有良好静电屏蔽。③保温层尽量厚些。④感温元件，槽体，加热丝三者要有紧密的热接触，又要有良好的电绝缘。

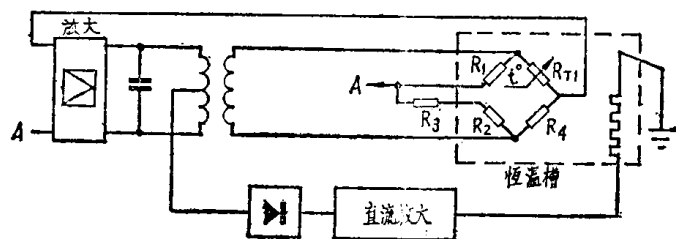


图 1—2—10 恒温控制电路简化图

当环境温度变化时，感温元件受到影响，改变了桥平衡，使桥的输出电压变化，而桥的输入电压又随它的输出电压变化而变化，经过整流和直流放大后去控制加热丝电流的大小，达到控制槽内温度的目的。

电阻桥由 R_{T1} 、 R_1 、 $R_2 + R_3$ 、 R_4 组成。 R_1 、 $R_2 + R_3$ 、 R_4 为康铜丝绕成的感温元件，温度系数很小，在运用条件下可认为不变，所以槽内温度完全由 R_{T1} 变化来决定， R_{T1} 用老

(1)恒温控制电路

恒温控制电路由以下三部分组成：

(1)三级直接耦合调谐放大器组成的热敏桥振荡器。(2)整流回路。(3)直流放大。振荡频率约为 $1.5\text{KHz} \sim 1.8\text{KHz}$ 其简化电路如图1-2-10所示。