

无线电

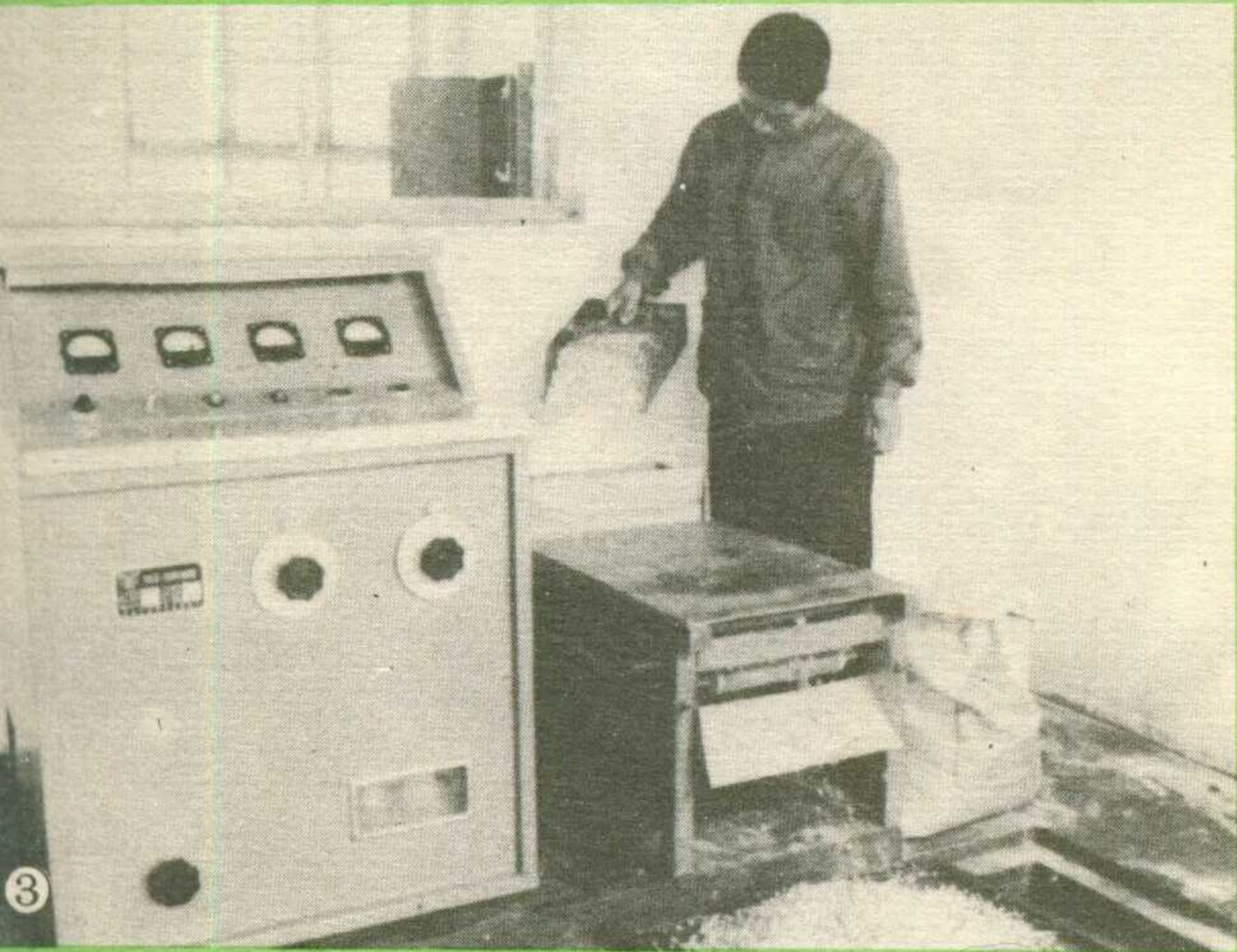
WUXIANDIAN

8
1977

干着机械化 想着现代化

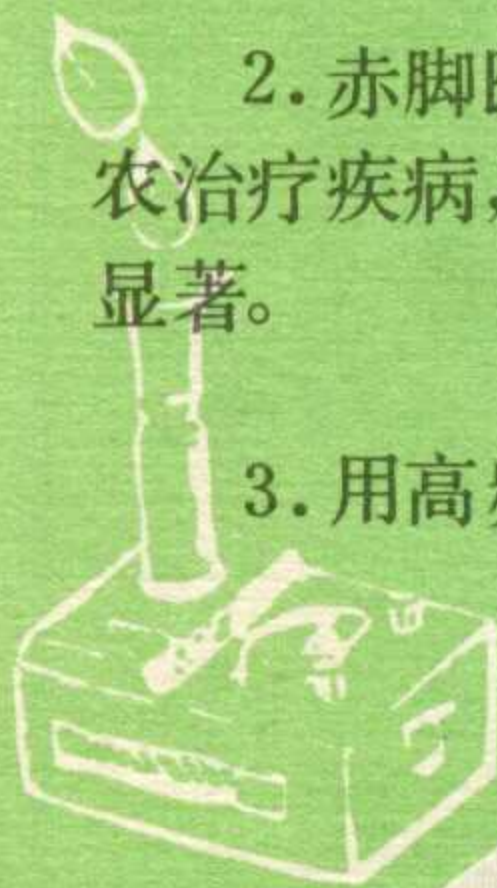
——河北省遵化县建明公社西铺大队积极试用电子技术

伟大的领袖和导师毛主席表彰过的穷棒子社——河北省遵化县西铺大队，在王国藩同志率领下，在轰轰烈烈的学大寨运动中，大干社会主义，大批资本主义，已经基本上实现了农业机械化和水利化，连续几年亩产超千斤。现在，在县委领导下，西铺大队在进一步大搞农业机械化的同时，积极试用电子技术。实践证明，贫下中农热烈欢迎电子产品下乡，电子技术在农业上的应用前途广阔，大有可为。

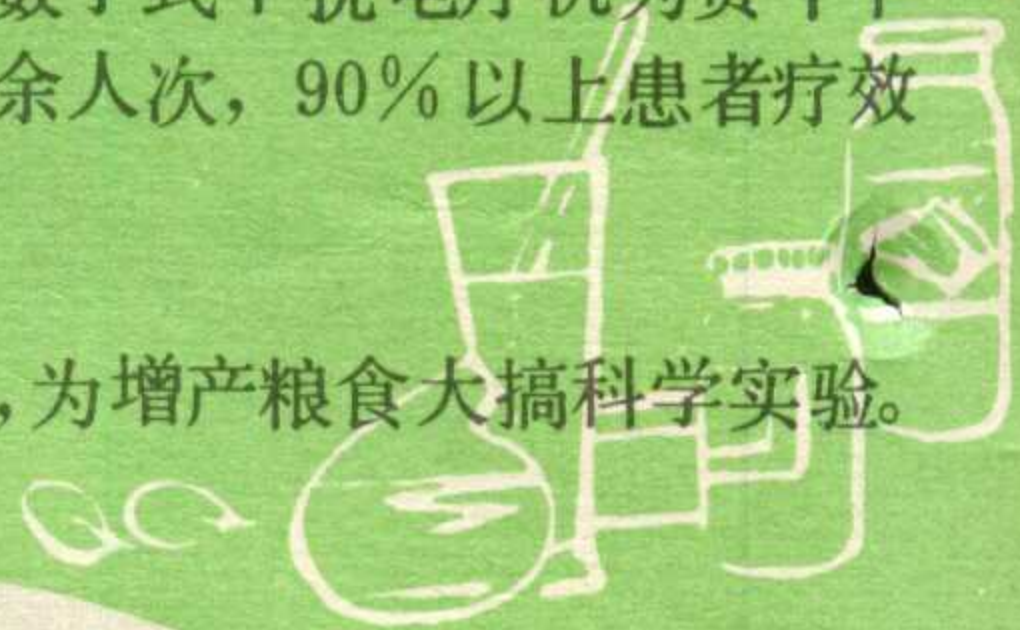


1. 晶体管粮食测水仪，为队库粮食保管工作提供了比较理想的测试工具。图为五十多岁的老保管员正在熟练地使用这种仪器检测粮食含水量。

2. 赤脚医生应用低频电疗机和数字式干扰电疗机为贫下中农治疗疾病，不到半年，治疗达千余人次，90%以上患者疗效显著。



3. 用高频种子处理机处理种子，为增产粮食大搞科学实验。



4. 利用积光仪测光强和光照时间，探索农作物生长规律。



5. 安装光控黑光灯高压电网，诱捕田间害虫。



坚持人民邮电方向
发扬独立自主自力
更生的革命精神
努力实现邮电通信
现代化

华国锋
一九七七年
八月

前途广阔 大有作为

河北省遵化县建明公社西铺大队应用电子技术初见成效

第一次全国农业学大寨会议以后，在四机部和农林部的支持下，在遵化县委的领导下，选择当年的王国藩合作社，现在的西铺(西舖)大队，作为试点，对电子产品进行试用，以便在农业生产和科学实验的实践中取得经验，使电子技术更好地为农业学大寨、普及大寨县服务。今年五月底，我们到西铺大队进行了一次参观访问。走马观花，了解得很不深入，但是，正如我们看到西铺大队迎风翻滚的麦浪一样，对电子技术在农村的应用发展，也预感到一种丰收的喜悦。电子产品下农村，贫下中农热烈欢迎。一年多来，有些产品对促进农业生产、大搞科学种田发挥了显著的作用，展示了大有可为的广阔前景。

老会计用上了电子计算机

西铺大队的老会计，是当年二十三户贫农中的一位成员，从农业社成立起，就担任了会计。在他心里有一本账，记录了王国藩合作社在毛主席的革命路线指引下的发展史。二十多年来，这个原来只有“三条驴腿”的“穷棒子社”，现在已基本实现了机械化和水利化，渠道成网，果树满坡，粮食产量早已超纲要，过黄河跨长江，连续几年亩产超千斤。以粮食产量计算，现在一个西铺等于办社初期的20个西铺。随着农业生产的发展，会计的工作量增多了，老会计也添上了新助手——小型台式电子计算机。老会计高兴地说：“一按按钮数就出来了。”每个月算工分粮食账时，原来要两天才能做完，现在用计算机，半天就做好了，准确、方便，省工、省力。有了电子计算机，大队还意义深长地把创办“穷棒子社”时用过的一个缺珠散架的破算盘放入村史馆保存起来，永远不忘勤俭节约、艰苦奋斗的革命精神。

老保管掌握了电子仪器

西铺大队的老保管员，也是二十三户贫农之一。他受党支部和贫下中农的委托，担负着大队的粮食入库、保管工作，日常检验粮食情况、进行种子交换等任务很繁忙。例如，一个囤直径一丈多，存着十多万斤粮食，过去就凭着四尺长的探杆抽查。探杆到不了囤中心，只有反复探，经常围着囤子转。用鼻子闻，有霉味感觉就赶快倒仓晾晒，判断不准就白费功夫。

测粮食水份也是凭经验用眼看、牙咬、手掐来估量。现在，有了粮食测温仪和晶体管粮食测水仪，老保管破除“电子神秘论”，很快就学会了使用这些电子仪器的方法。在粮囤中预先埋入十多只热敏电阻，用粮食测温仪只要五分钟就能测出粮囤内部的准确温度。测量粮食水份，整个过程也只要三分钟。粮食测温仪和测水仪试用以来，为队库粮食保管和检验优良品种创造了有利条件，还促进了“队评站核”贫下中农管理粮站这一新事物的发展。

赤脚医生学会了电子医疗

西铺大队的赤脚医生，很快学会了低频电疗机、数字式干扰电疗机、胎儿心音诊断仪等电子医疗仪器的使用方法，为贫下中农治病，受到热烈欢迎。有一位贫农老社员，患风湿性关节炎多年，出入拄拐行走，不能参加劳动。经赤脚医生用低频电疗机电疗后，疼痛消失，扔掉了拐杖，并能参加集体生产劳动。他高兴地逢人便说：“是党和毛主席给我治好了多年的老寒腿，我要很好地参加集体生产劳动，用实际行动报答党的恩情。”大队自从使用电疗机后，县内、县外的病人，都来就医，不到半年，共治疗了千余人次，90%以上的患者都获得了显著的疗效。采用电子医疗，对一些疾病获得了服药都不能收到的效果，为集体节约了资金，有利于巩固和发展合作医疗。同时，节省了贫下中农的看病时间，有利于抓革命促生产。

科学种田增添了新武器

为了改良种子，西铺大队试用高频种子处理机处理种子，一年多来进行了200多次室内发芽试验和100多次室外小区田间播种试验，取得了初步效果。用数粒仪、测水仪测量种子的千粒重又精确、又迅速，可节省大量劳力。用土壤养分测定仪、积光仪、积温仪，对研究植物生长规律可提供较有根据的数据。

农村生产大队自己使用电子仪器，这是一个新事物。事实证明，贫下中农热烈欢迎电子仪器到农村，也能学会使用电子仪器。我们看到的很不全面，但从已经看到的这些事实，深深感到这一新事物肯定会茁壮成长。

(本刊记者报道)

TC-A型土壤综合测试仪

荆州地区农用电子仪器厂

在农业学大寨、普及大寨县的群众运动不断深入发展的大好形势下，我厂试制成功了TC-A型土壤综合测试仪。它可以测定土壤和灌溉水中的养分(氮、磷、钾)、含盐量、温度，是一种适合广大贫下中农开展科学种田和土壤综合普查工作的普及型仪器。

原理：

本仪器分稳压、测养、测盐、测温四个部分。电路如图所示。

测养部分采用差分放大器以提高仪器的准确性。根据比尔定律，测定通过溶液的光强即可知道溶液的浓度。采用稳压的灯泡 DG 发出的光，透过盛有待测溶液的比色皿(可用玻璃试管代用)照射在硅光电

相同的 3DG6C 来代替两个 S3DG6C。

测盐部分采用 RC 振荡电路。由于溶液的电导率随其含盐量的变化而变化，所以测量溶液电导率的大小就可以知道含盐量的多少。RC 振荡电路产生的交流电压由 BG₉ 的发射极输出经 D₂、D₃ 检波后变成直流电送至电表。在 BG₉ 的输出端接有用不锈钢制的电导电极探头，探头插在不同浓度的盐溶液中，其电导率不同，电表的指示也不同。测盐范围为 0~1000PPM(±5PPM)。

测温部分采用桥式电路，热敏电阻探头直接接在电桥的一臂。当探头插在旱地或水田里时，热敏电阻阻值随地温或水温变化，由此而引起的电桥输出电流的变化可在电

红、绿、蓝三种不同的滤色片。

2. 打开仪器盖，将零溶液(蒸馏水或离子交换水)倒入比色试管，推入光路，将开关 K 拨在“养”，调整旋钮“零粗”、“零细”，使表头指示为零。然后用另一比色试管分别倒入不同浓度的标准溶液，作出标准曲线图。

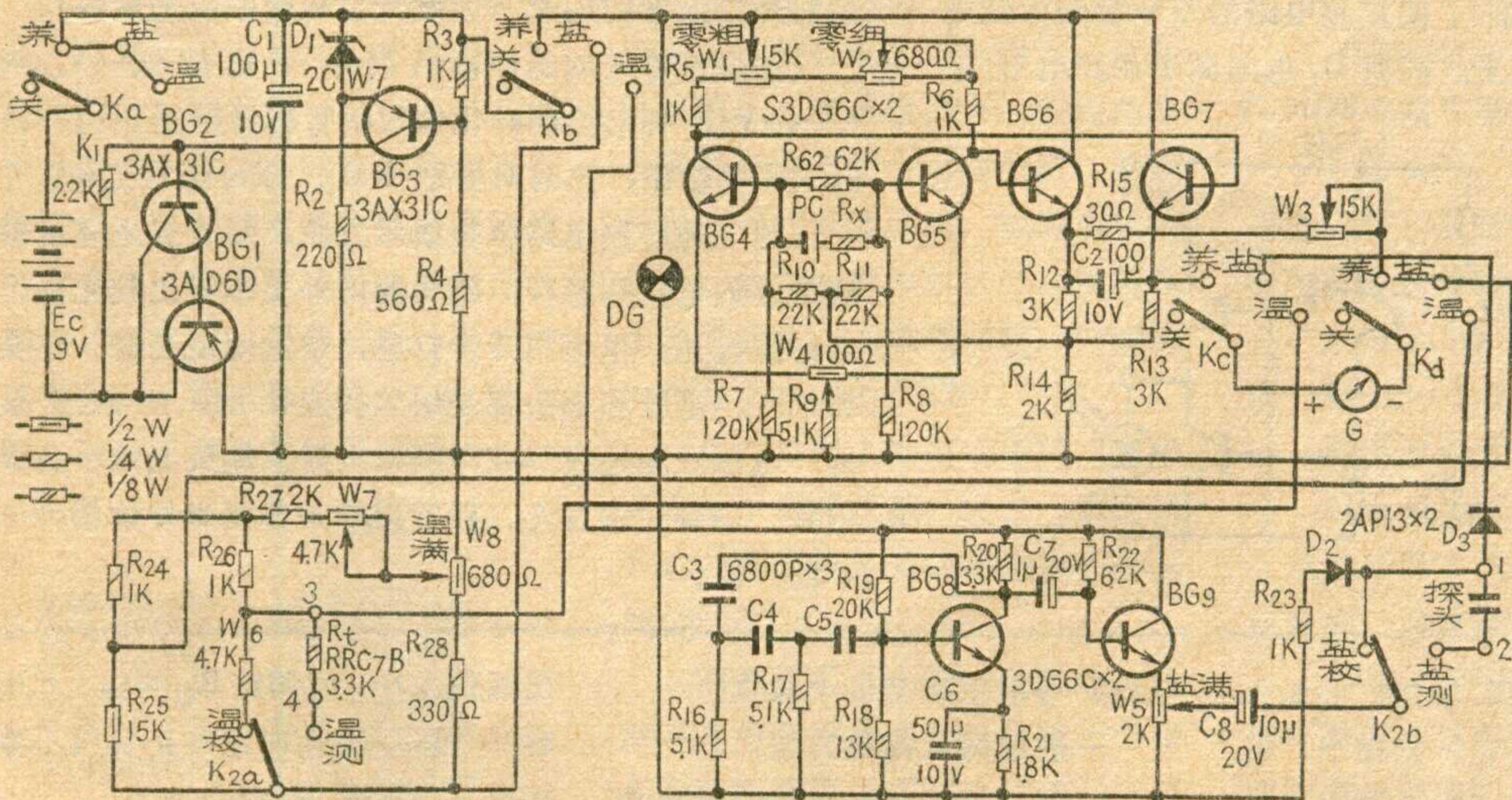
3. 保持旋钮不动，零溶液不变，将待测溶液倒入另一比色皿推入光路，根据表头上得到的读数可在曲线图上查得浓度数。

二、测盐：

1. 将开关 K 拨至“盐”。旋钮开关 K_{2b} 拨至“盐校”，调整“盐满”，使表头指示为满刻度。

2. 将测盐探头插入测盐插座(图中 1、2 两点所示为插孔位置)，K_{2b} 拨至“盐测”，此时表头指示为零。将探头插入被测溶液中，可在表头上得到读数。将此读数代入下式即可算出溶液浓度。

实际值 (PPM) = 表头读数 × 稀释倍数 × [1 + (25°C - T) × 2%]。式中：T—测量时的溶液或环境温度。



池 PC 上。硅光电接受不同强度的光照可产生不同大小的电流，经 BG₄、BG₅ 组成的差分放大器和 BG₆、BG₇ 放大，由电表 G 指示出来。BG₄、BG₅ 和 BG₆、BG₇ 是采用两个双三极管 S3DG6C，也可以用两对特性基本

表 G 上反映出来。测温范围为 0°C~50°C(±0.5°C)。

使用：

一、测养：

1. 测氮、磷、钾时分别选用

的溶液或环境温度。

三、测温：

1. 将开关 K 拨至“温”，旋钮开关 K_{2a} 拨至“温校”，调整“温满”旋钮，使表头指示满刻度。

2. 将测温探头插入测温插孔，

TTL 电路逻辑电平测试笔

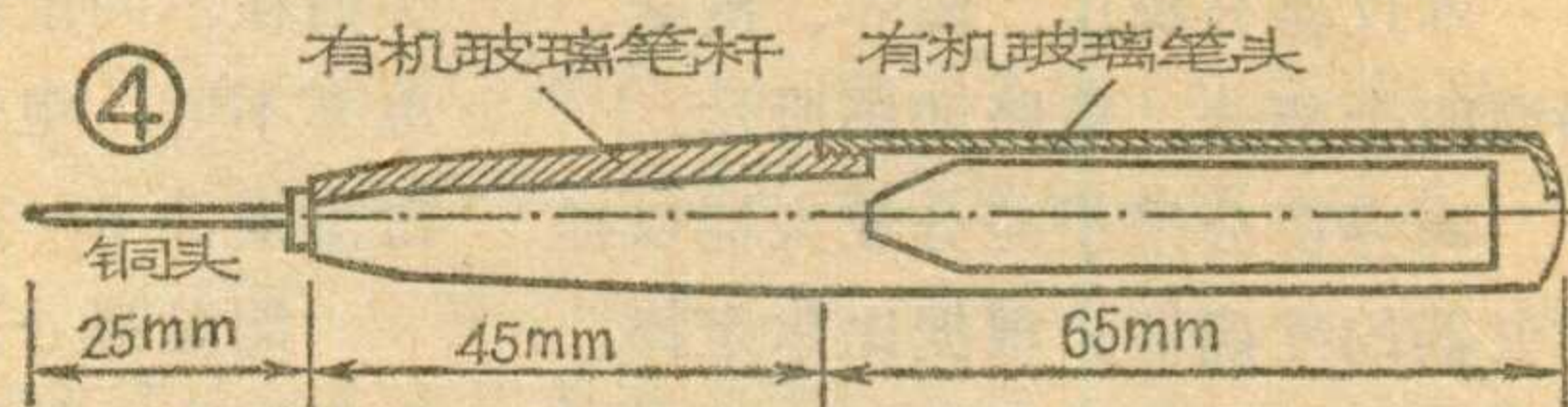
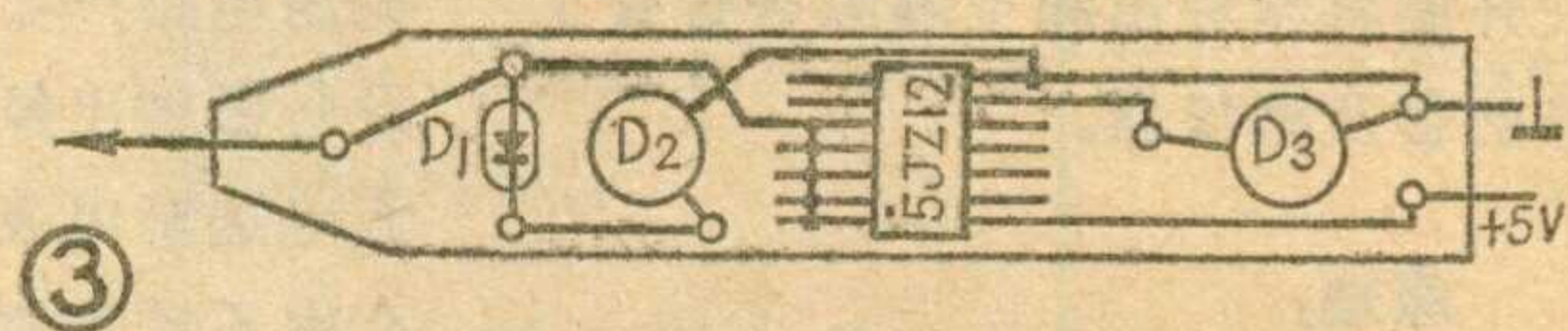
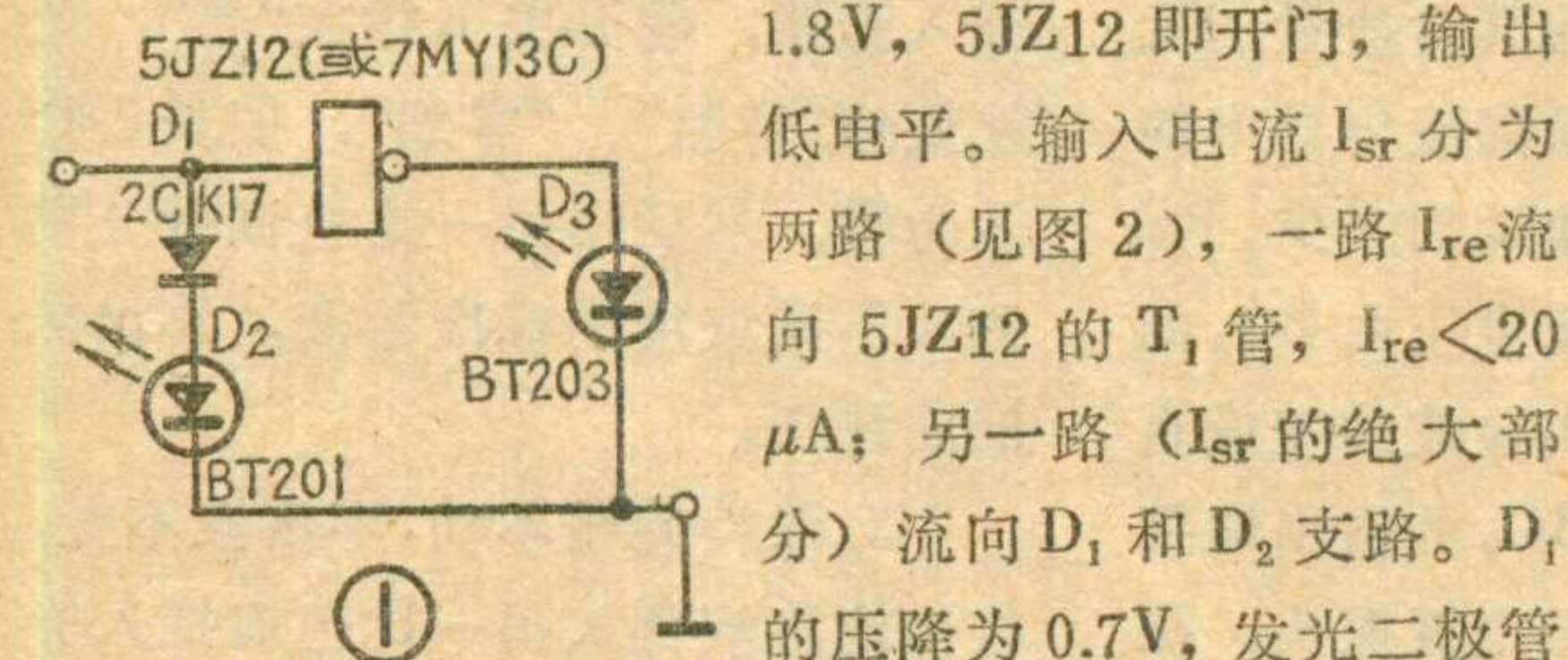
李遇杰

我们做了一个 TTL 集成电路逻辑电平测试笔，可用来测出集成电路的输出高电平 V_{cg} 和输出低电平 V_{cd} (V_{cg} 从 2.7V~4.2V, V_{cd} 小于 0.8V)。测试笔用了一块 TTL 单与非门 5JZ12 (或 7MY13 也可以)，二个磷砷化镓发光二极管 BT201 和 BT203，和一个 2CK (或 2CP) 系列的二极管，电路图见图 1。

当测试笔的输入端接触到高电平“1”时，只要 $V_{cg} > 1.8V$ ，5JZ12 即开门，输出低电平。输入电流 I_{sr} 分为两路 (见图 2)，一路 I_{re} 流向 5JZ12 的 T_1 管， $I_{re} < 20 \mu A$ ；另一路 (I_{sr} 的绝大部分) 流向 D_1 和 D_2 支路。 D_1 的压降为 0.7V，发光二极管 D_2 的额定工作电压为 1.5~2V，额定工作电流为 20mA，所以只要输入电压大于 2.2V，发光二极管 D_2 即开始发亮。 D_2 (BT201 型) 是红色透明的，当有 10mA 以上电流流过时即发出红光，表示被测组件的输出为高电平。此时 5JZ12 输出为低电平，小于 0.35V，所以 D_3 不会发亮。 D_1 的作用是避免测试笔影响所测线路的工作状态，如果不用 D_1 ，则当被测电路原是高电平状态时，加上测试笔后，就被箝位至发光二极管的饱和压降 (1.5V 左右)，使被测电路的下一级变为低电平 ($< 1.8V$) 输入了。同时 D_1 也起到了在高电压下

保护 D_2 的作用，使 D_2 的电流不致过大 (D_2 极限工作电流为 70mA)。输入端接高电平从 2.2V 到 5V 都可使 D_2 发光，当用测试笔来检查 5V 电平时 (例如检查 5V 电源时)，最好在测试笔输入端串接一只 100 Ω 电阻。不用电阻，短时间测试 5V 问题不大。

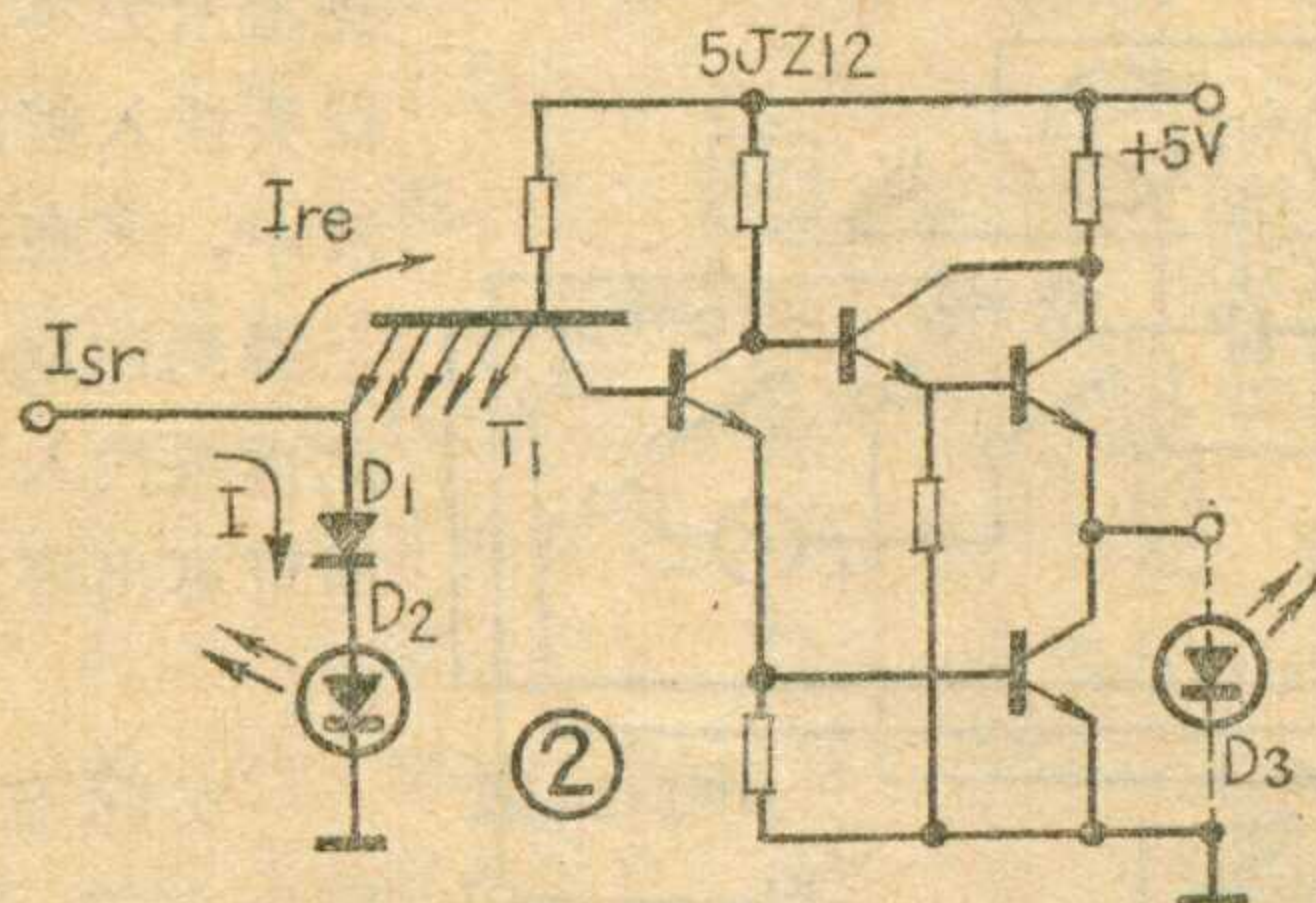
当测试笔的输入端接低电平“0”时，输入电压 $V_{cd} < 0.8V$ ，这时 D_2 不会发亮，5JZ12 关门，输出高电平 $> 2.7V$ ，足可保证 D_3 发亮。 D_3 (BT203 型) 是环氧本色透明的，发亮时中间亮红光。也可用来检查电源的地线是否接上。



当有时钟脉冲 (或计数脉冲) 信号输入时，待查点的电平从“1”到“0”，又从“0”到“1”，测试笔的两个发光二极管便会交替发光，当频率不高时，可以看到发光二极管的闪光 (因发光二极管响应速度快)。

如果待检查的组件输出高电平比较低 ($V_{cg} = 1.5 \sim 2V$)，如七段磷砷化镓数码管的译码器 5G723、5G724 的输出，此时只要取掉 D_1 ，即可正常工作。

图 3 为印刷电路板接线示意图，图 4 是用有机玻璃车成的笔头和笔杆，笔头的内外要车得比较光滑，最好能抛光，里面用牙膏打磨，使透明度高些。笔头和笔杆、笔杆和铜头都是用丝扣连接的，以便于装拆。电源线和地线焊在印刷板上后从笔头上的小孔穿出来。磷砷化镓发光二极管用的是苏州半导体器件厂的产品。



开关 K_{2a} 拨至“温测”位置，把探头插入待测土壤或其它待测物中，就可以从表头上得到实际温度数。

四、使用注意事项：

仪器使用时不宜放在强光下，以避免外界干扰。使用间歇时，注意随时关断电源，间歇使用，以延长干电池使用时间。用后将“零粗”、“零细”、“养满”、“盐满”；

“温满”等旋钮旋至最小位置。

一般故障及排除方法：

1. 测养无输出。可能是干电池接触不良或是灯泡 DG 损坏、光电池 PC 接线松脱。

2. 测盐时不能调到满度或是无输出。此时产生故障的原因可能是：a. 电池接触不良。b. 晶体管损坏，RC 振荡器不起振。c. 振荡器输

出峰值太小，可调整 R_{21} 的值。d. 电容 C_8 损坏，更换时注意正负极不要接反，正极接 W_5 中心抽头。

3. 测温时表头指针反向。主要是热敏电阻脱落，可检查测温探头。

4. 电源用的干电池电压低于 7.5 伏，短路电流小于 300 毫安时，仪器无法工作。

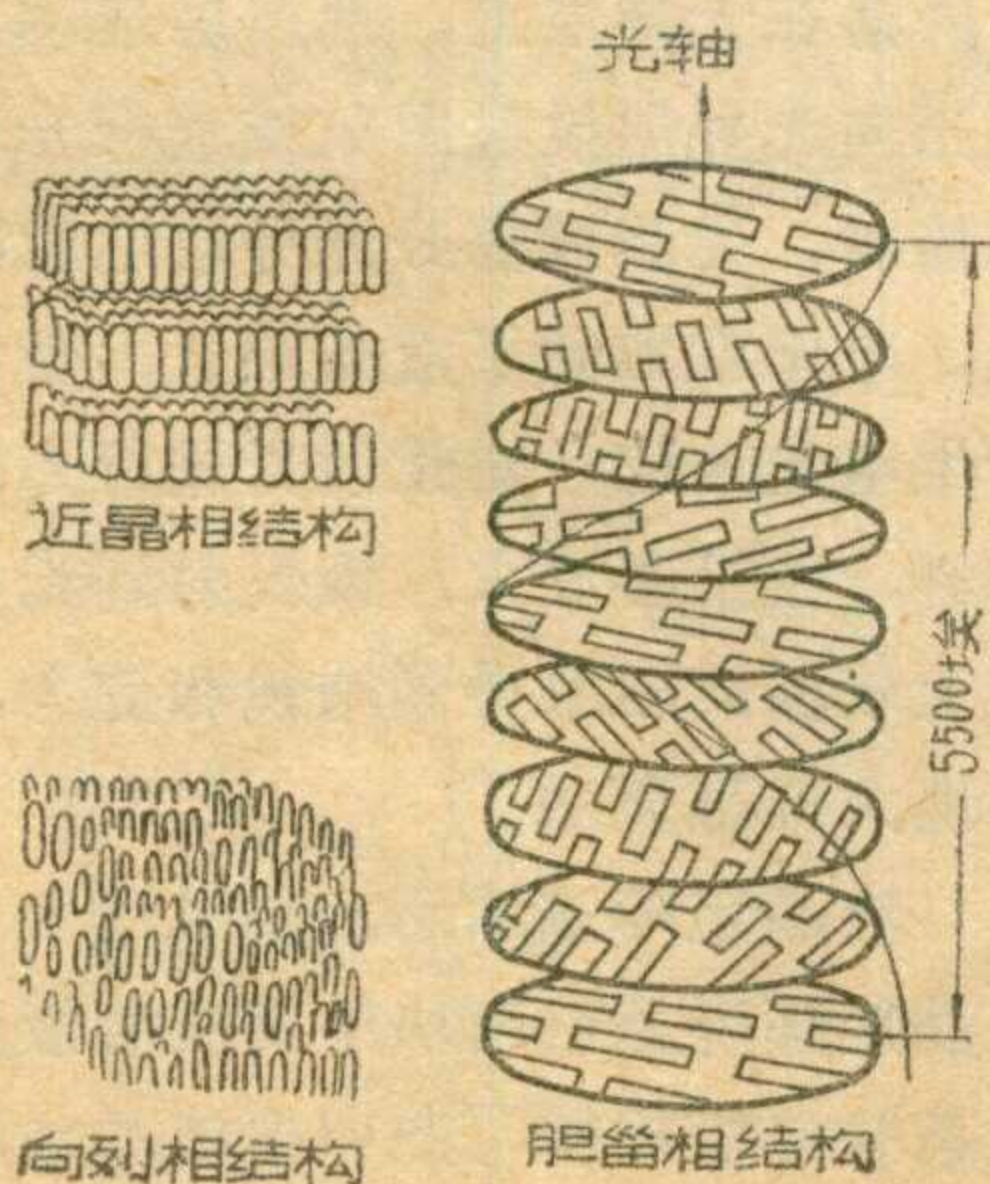
液晶显示及其应用

常熟半导体厂 施绍葵

液晶，顾名思义即为液状晶体。它是某些有机化合物（目前已知的约有三千余种）在一定温度范围内所呈现的一种中间状态，它既有通常液体所具有的流动性和表面张力，同时又呈现有晶体的某些光学特性，如光学各向异性、双折射等。由于液晶的这种双重特性，使它对电场、磁场、光、温度等外界条件的变化很敏感，并能把上述外界条件的变化转换成可视信号，液晶显示就是利用液晶的这些特性制成的显示器件。

能呈现液晶态的化合物，其分子形态必须呈较长的棒状或平板状或其它在两个垂直方向上的形态大小相差较大的分子，同时分子形态较僵硬而不易改变，且有较大的偶极矩。

通常根据液晶分子的排列结构，将其分为三类：1. 近晶型，2. 向列型，3. 胆甾型（图1）。目前用于显示的主要是向列型液晶和胆甾型液晶。不同的液晶在电场不同作用方式下，会产生各种电光效应，例如动态散射，扭曲效应，存贮效应等等。下面以动态散射效应为例，讲一讲液晶显示的道理。



①

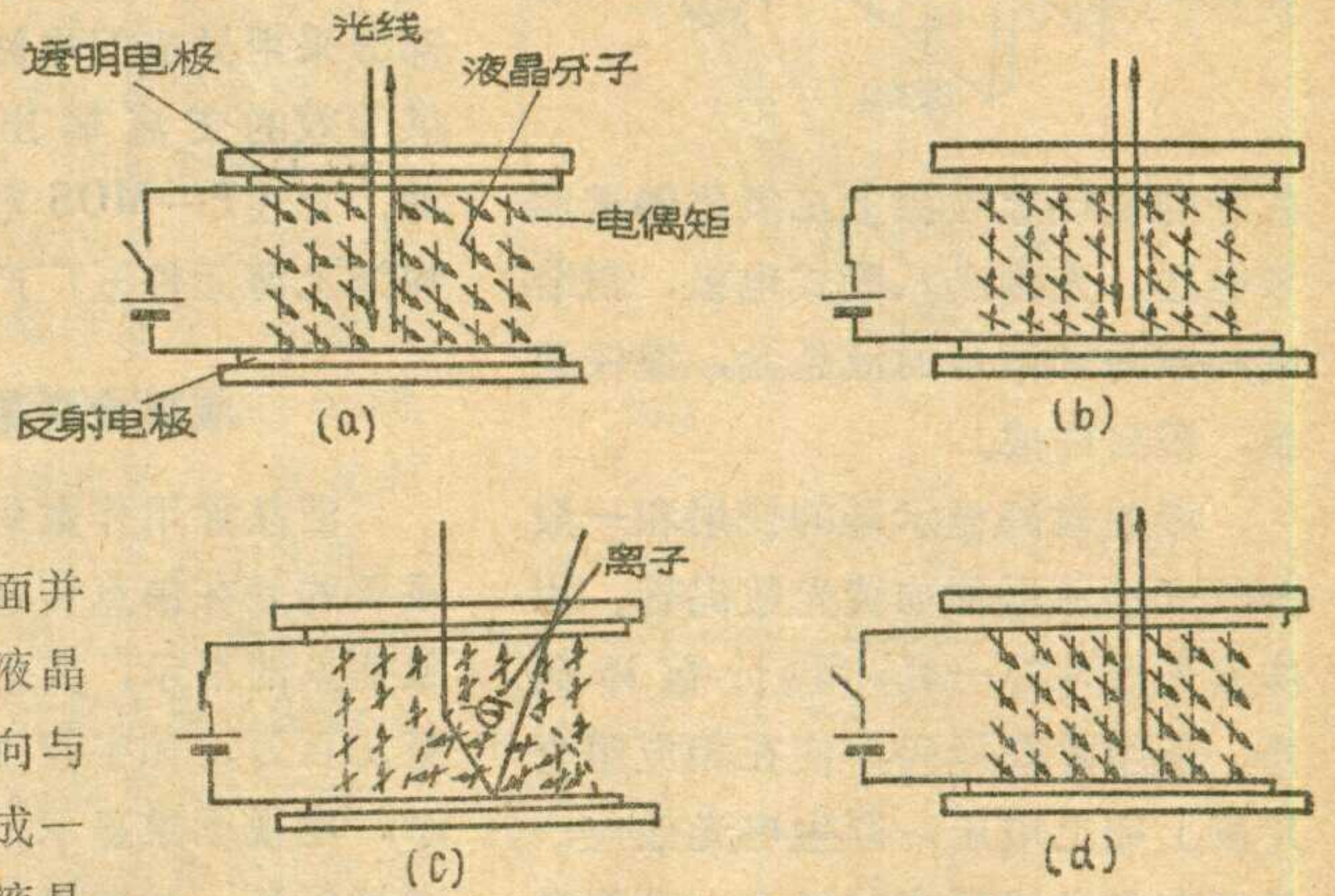
如图2所示，在两电极之间夹持一薄层液晶，经过特定的表面处理技术，使液晶分子垂直或平行于电极表面并作整齐排列，液晶分子电偶矩方向与分子主轴方向成一定角度，这时液晶所呈状态称为张弛状态（图2a）。

当在两电极上加上一一定电压时，一开始由于电偶矩在电场作用下取电场方向，此时液晶分子仍然处于有序状态（图2b）。然而由于液晶预先经过掺杂，内部含有一定数量的离子，它们在电导力的作用下，向电极渡越。在渡越过程中，使液晶分子承受切向力的作用而旋转，形成局部区域的紊流状态，随着电压的增高，最终形成散射区域，就使原来透明的状态变成乳白色，这时称为产生动态散射（图2c）。

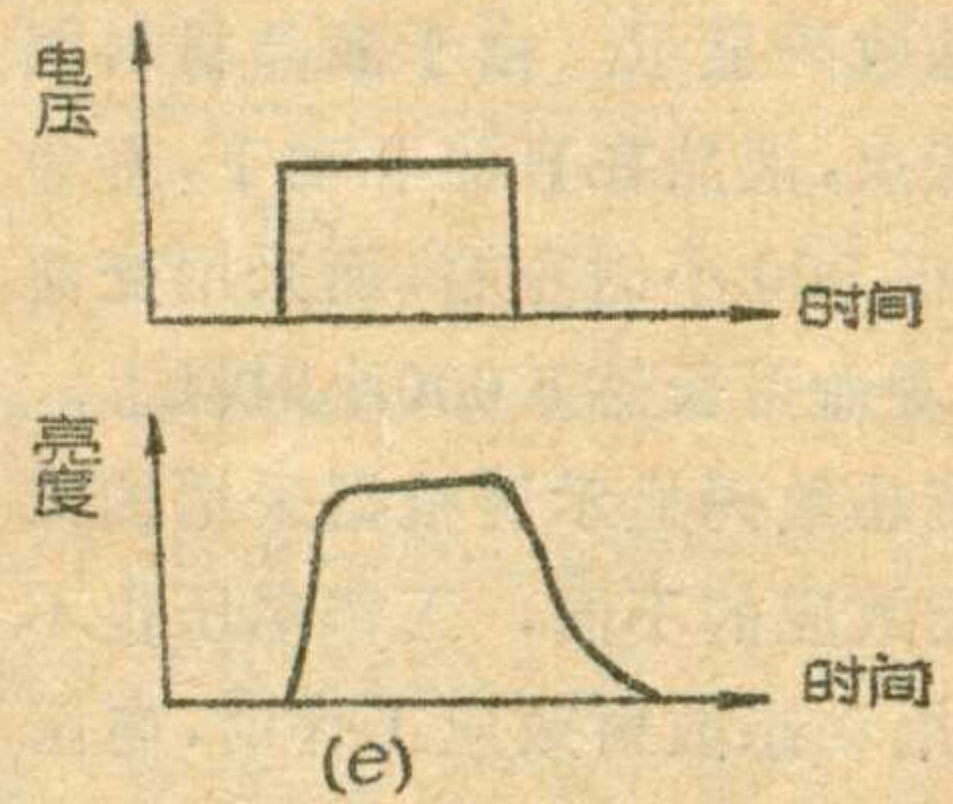
当两电极上除去电压后，分子继续处于旋转状态，经过一定时间延迟，重新恢复张弛状态作有序排列（图2d）。

液晶显示是一种被动式显示，液晶本身并不发光，只是依靠外来光源或环境光照明在电场作用下显示图象，显示亮度和加在电极上的电压的关系示于图2e。

利用液晶的各种电光效应，可制成液晶数码显示屏，用作台式计算机、电子手表、仪器仪表的数码显示。它具有如下优点：



②

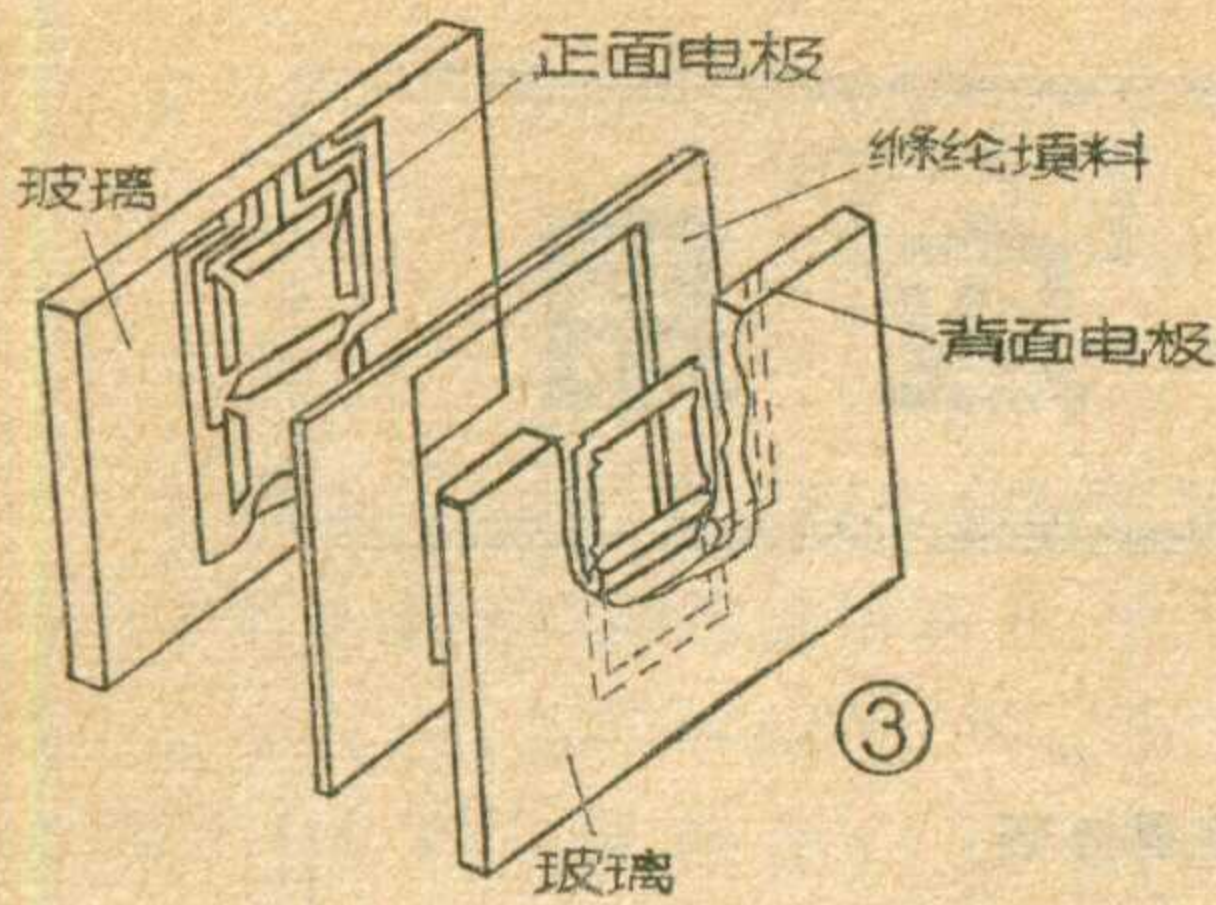


1. 工作电压低，能与 P-MOS、C-MOS 电路直接相配工作；
2. 低功耗，同样显示面积，其功耗只有一般数码管的几十分之一到几百分之一；
3. 体积小，外形薄。显示屏厚度一般为 3~5 毫米，为平板式显示，还可做成多位数字显示；
4. 显示面积可大可小，只要有光线环境下均可使用，且不受光线冲刷，环境越亮，显示越清晰。

在显示应用方面，目前还存在响应速度较低（10~30ms）、工作温度范围不够宽广（-10°~+50°C）、工作寿命还较短（交流 5000 小时，直流 500~1000 小时）等缺点。

液晶数码显示屏

液晶数码显示屏的结构如图 3 所示。它的结构很简单，在平整度

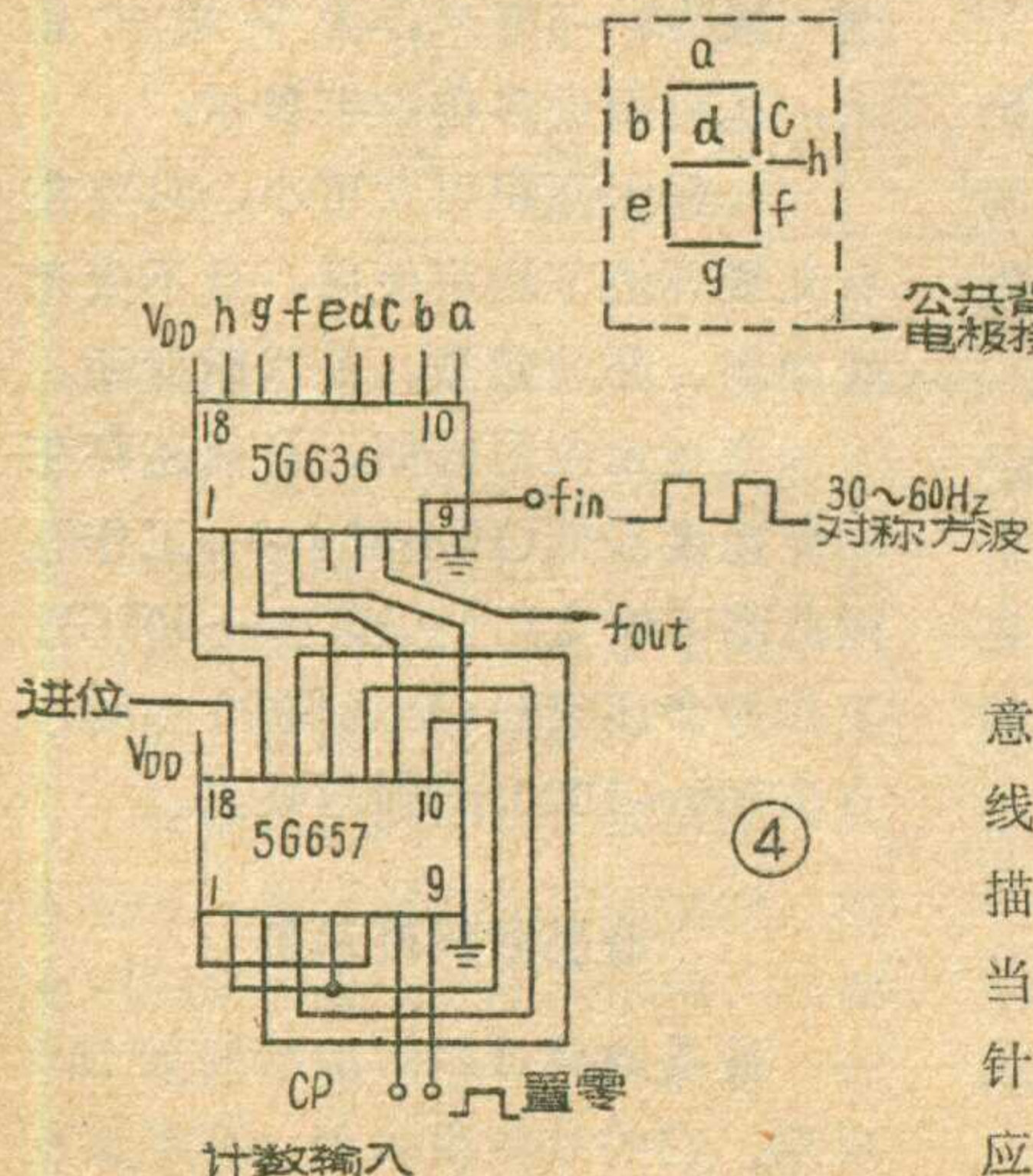


良好的玻璃上喷涂上二氧化锡透明导电层，光刻成八段式电极，封装成间隙约10微米的液晶盒，灌注液晶，密封即成。

液晶数码显示屏的使用和一般分段式显示器件如荧光数码管、固体发光器件等一样，除计数译码外，还须片段译码，使在相应组合片段上加上电压，产生电光效应，只要有光线存在的场合，便能实现液晶数码显示。由于液晶材料固有的特点，液晶在直流驱动下，寿命较短，仅500小时左右，而采用交流驱动，寿命可长达5000小时以上。

液晶数码显示屏根据采用的液晶电光效应的不同，工作电压也不同。采用动态散射效应工作时，电压为15~25V，可直接与P-MOS电路相配工作。而采用扭曲场效应时，工作电压为3~6V，可与C-MOS电路相配工作。

图4是一采用P-MOS集成电路作十进计数译码与液晶显示相配工作的例子。5G657是N进制同步

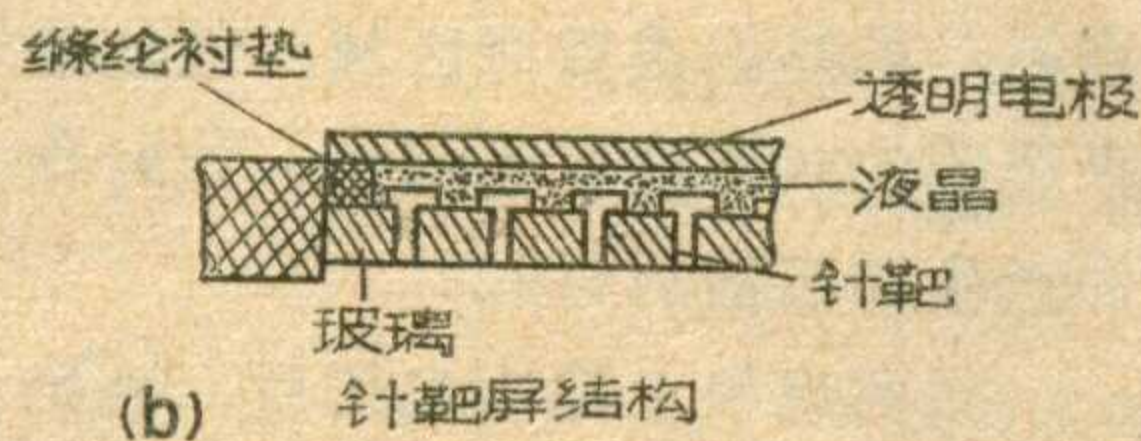
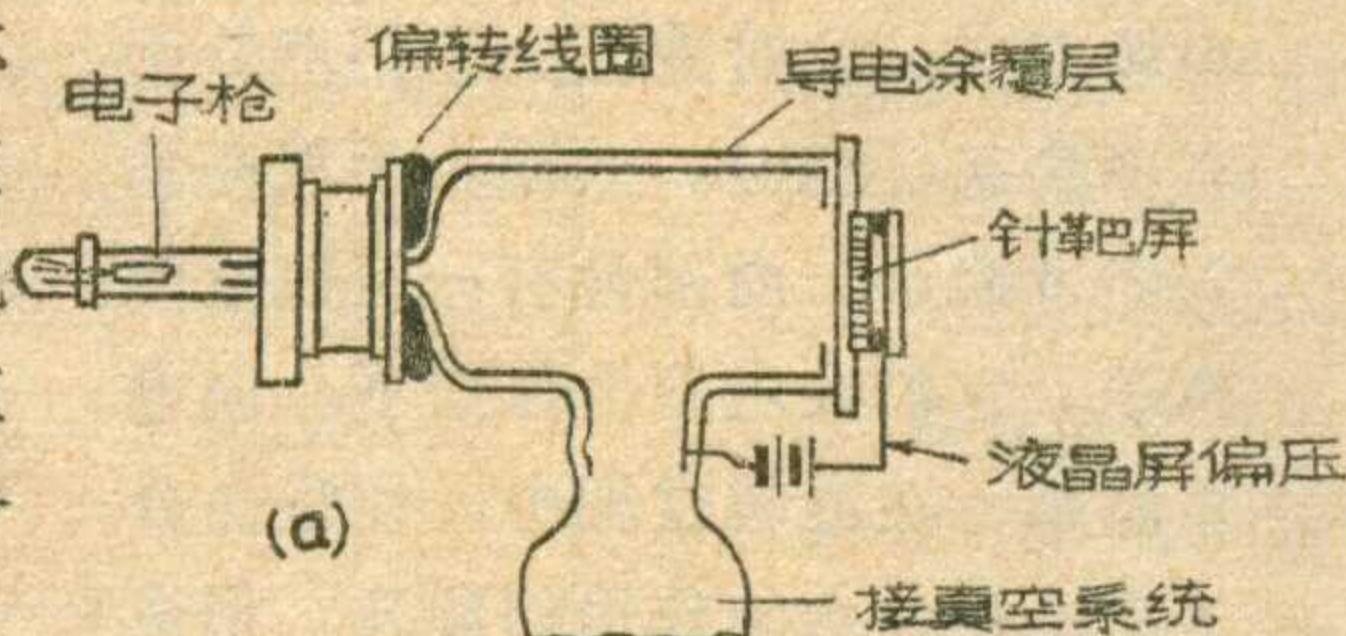


计数器。5G636是二一十进制八段液晶数字显示译码/驱动器，专为液晶显示设计的，包括电平缓冲器，二一十进制八段译码器及显示驱动器三部分，其显示驱动部分采用异或门电路提供等效的交流输出驱动。上述P-MOS电路均为上海元件五厂产品。

液晶大屏幕显示

液晶除用作数码显示外，更为重要的是在信息传递技术中作大容量信息的显示，其信息量可达几千至几百万，如字符显示，轨迹显示，电视图象显示。将经过处理的大量信息，激发显示介质变成可视信号，经光学系统投影放大，实现大屏幕显示。

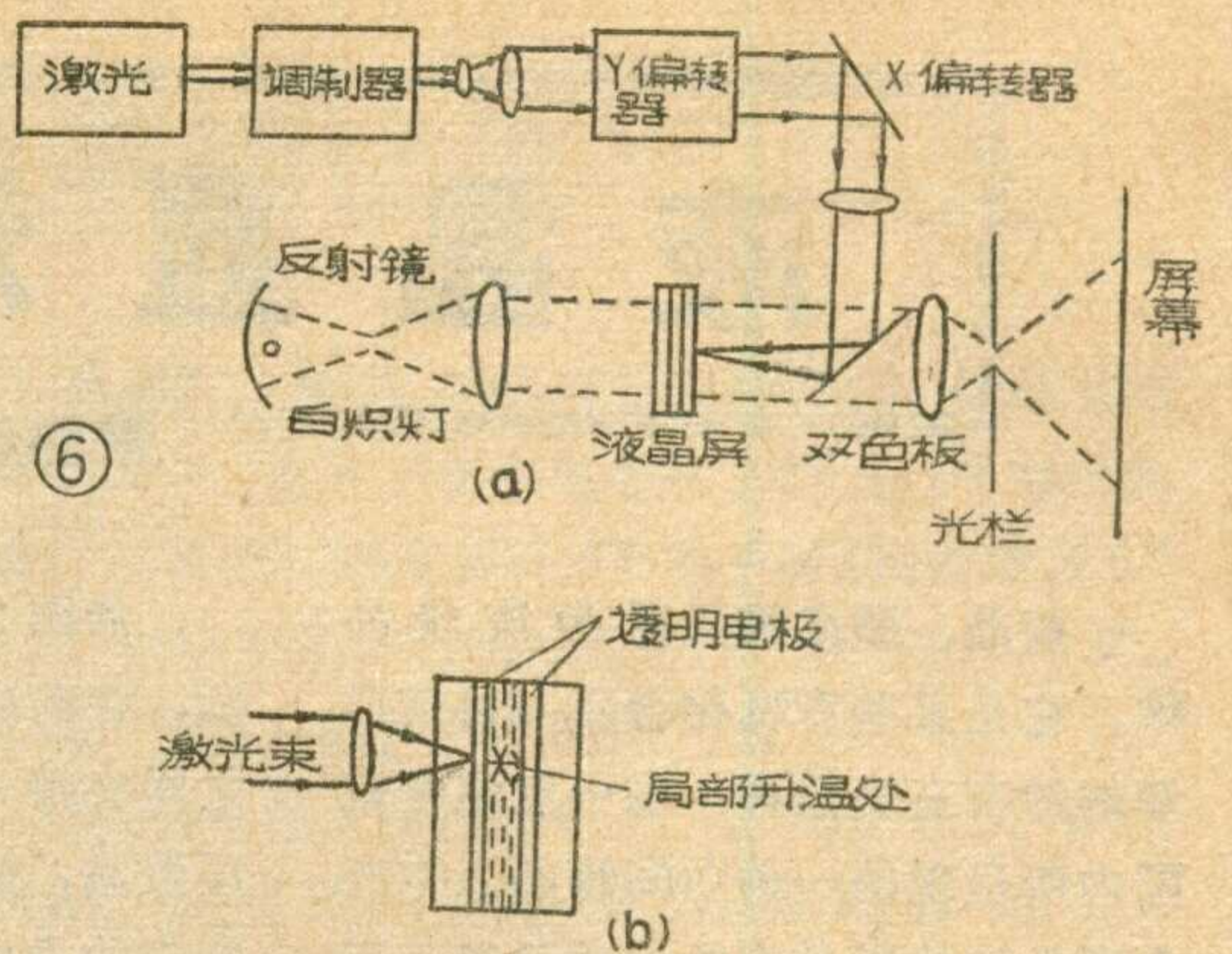
在显示装置中传递信息并激发不同位置显示介质的过程称为寻址过程，液晶显示装置的寻址技术可



⑤

分为束寻址与矩阵寻址两大类，而束寻址又可分为电子束寻址(扫描)和光束寻址两种，下面举例说明。

图5a为电子束扫描液晶显示示意图。被信号调制的电子束在偏转线圈的作用下对液晶靶屏进行扫描，液晶靶屏结构如图5b所示。当电子束扫描到某一靶时，与该靶相接触的液晶象元产生电光效应，对外光源进行光强度调制，可



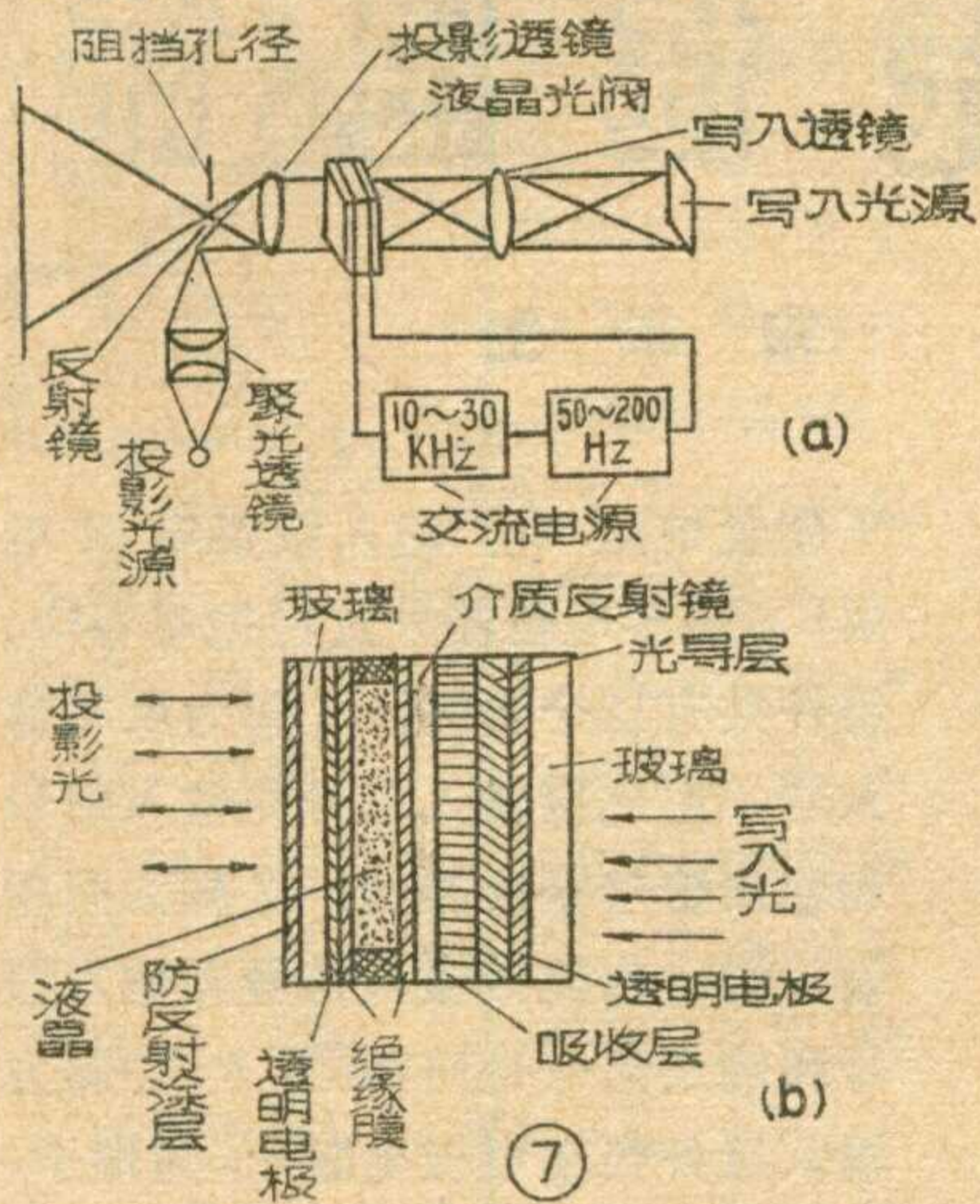
⑥

进行投影放大。但靶屏制造过程中要求实现很高的分辨率，并保证绝对密封不漏气，还是个比较困难的问题。

另一种方法是采用红外激光扫描，利用液晶的热光效应实现大屏幕显示。一薄层定向排列的向列型胆甾型液晶混合物，夹持在两电极之间呈透明状态，当红外激光写入时，电极写入点吸收热量传至液晶(图6)，使液晶局部升温至无序液态，激光束离开后，液晶自然冷却，变成无序液晶态，这种状态不透明，可存贮信息，实现显示。此信息可外加高频电压加以擦除，使液晶重新恢复至透明的有序液晶态。

采用光导层配合向列型液晶可进行图象转换与图象增强，以实现大屏幕显示。此类液晶屏由两块透明电极间夹持液晶与光导层构成(图7)。当电极上加电压，无光投入时，光导层电阻很大，电压大部分降落在光导层上，液晶屏透明。而当向光导层投射图象或进行光束扫描时，受照射部分光导层电阻降低，电压就加到了液晶层上，使它产生电光效应，对投射光进行光强调制，经投影放大，使投射到光导层上较弱的图象得到增强和放大，实现大屏幕显示。

液晶矩阵显示示意图见图8。液晶矩阵屏是由两块中间夹着液晶的条状电极构成，图中把液晶象元当作电阻和电容并联的单元。用m

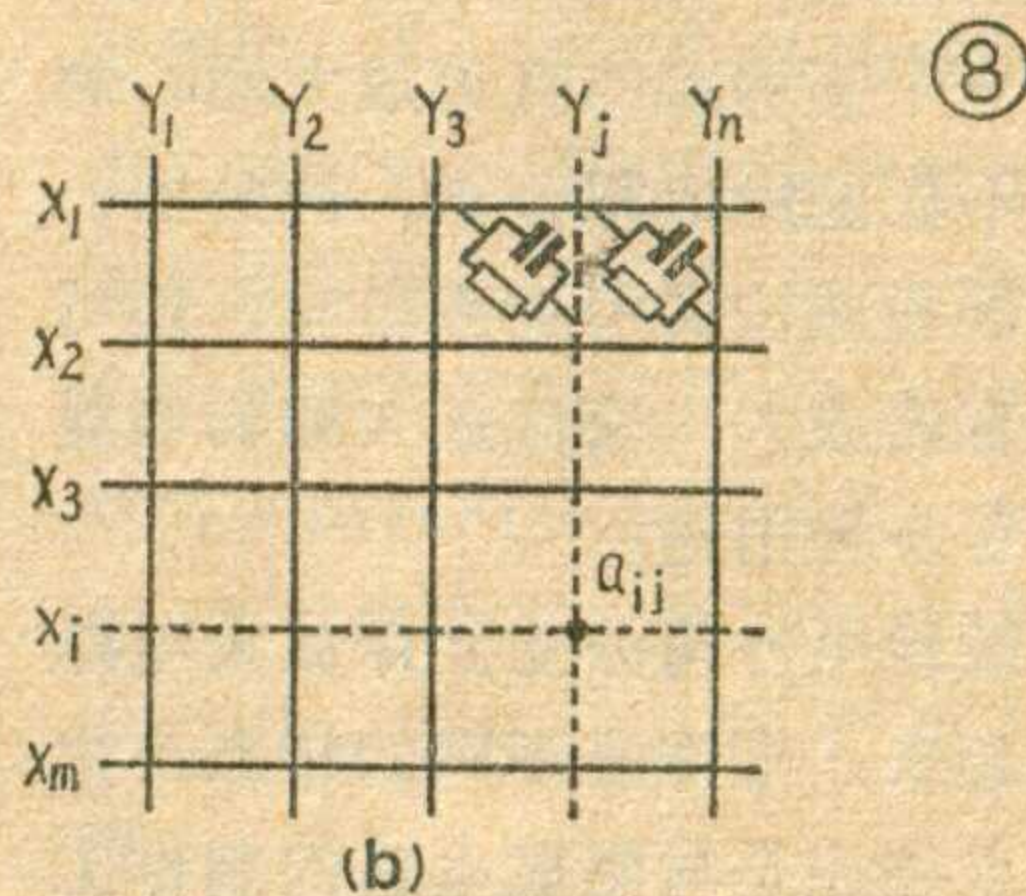
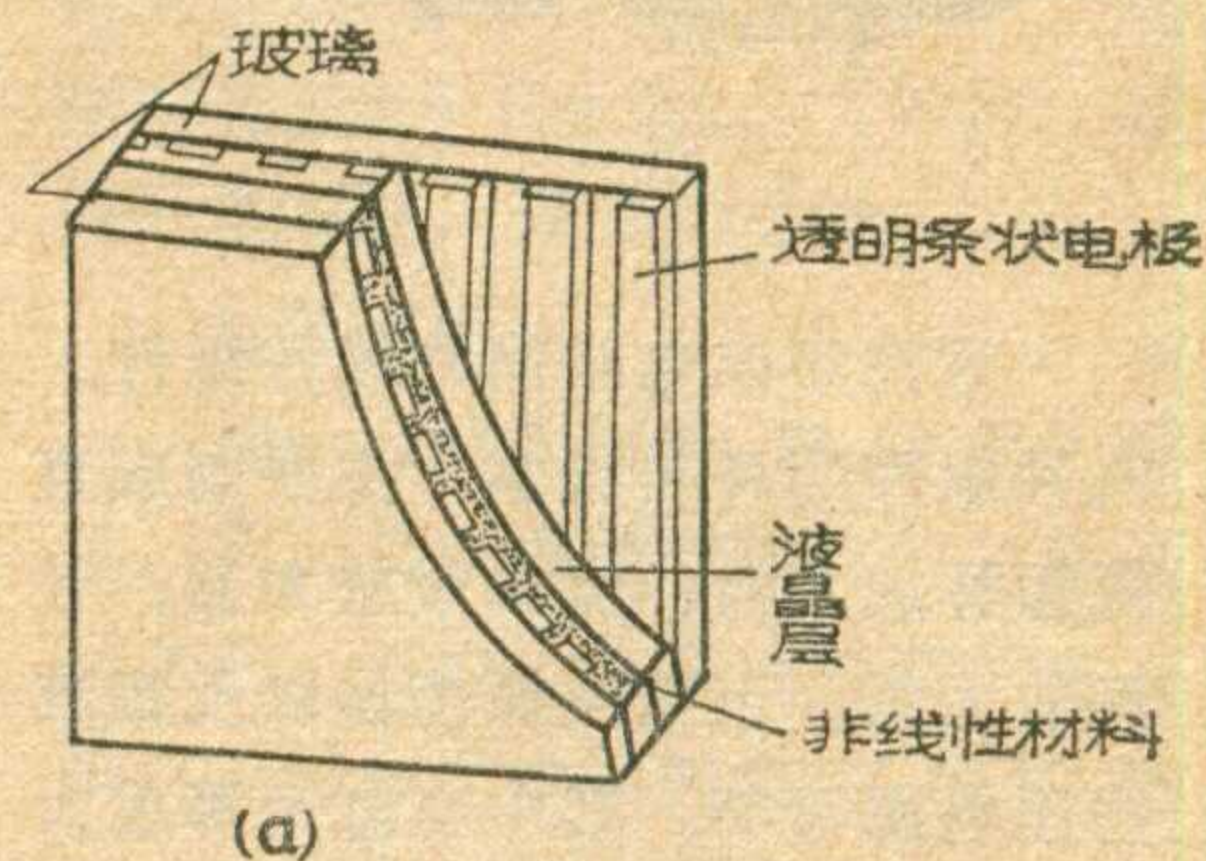


+n个电极来控制 $m \cdot n$ 个象元；如果要选通 a_{ij} 点，只需在 x_i, y_j 上分别加上选址电压即可。液晶矩阵显示与其它方案相比较，有工艺简便、适合多路信息输入、实现随机选

址，可与计算机直接相配不需数模转换等优点，是一种较合理的平板显示方案。

人们发现液晶已有八十多年历史，然而将其用于显示却只有十年左右的时间。十年来，随着电子技术的飞跃发展，人们对液晶的认识不断深化，液晶显示技术获得了迅速的进展。目前，液晶数码显示已经成功地用于电子手表、袖珍计算机及仪器仪表的数字显示，在低电压、微功耗方面显示出它的优越性。由于人们不懈的努力，液晶大屏幕显示也取得了一系列的突破，正在逐步走向实用化。液晶矩阵显示已成功地用于计算机输出设备作字符显示，可同时显示600个字符，实现了人机对话。采用光导层的液晶大屏幕显示装置，也已用以实现大信息量的轨迹、字符的实时显示，其屏幕面积可达 3×4 米²。大

屏幕液晶电视，则正取得一个又一个突破，在不远的将来一定会与观众见面的。



(上接第8页)

具有功耗小、效率高、正负向输出幅度大等优点，在线性组件中应用较多。

为了消除乙类放大器中的交叉失真，在前级输出电路中接入了两个串联的二极管 T_{11} 和 T_{12} (见图1)，利用两个二极管的正向压降，分别给予 T_9, T_{10} 以 $0.7V$ 左右的正向偏压，使它们的静态工作点设置在导通的边缘，不仅有效地克服了交叉失真，还能起温度补偿作用。 T_9 和 T_{10} 的射极电阻是为了在负载短路或过载时，限制集电极电流，

保护晶体管。

集成运算放大器的产品类型很多，如 5G24、FC52、8FC3 等等。

宽频带放大器 5G722

(7XF3)

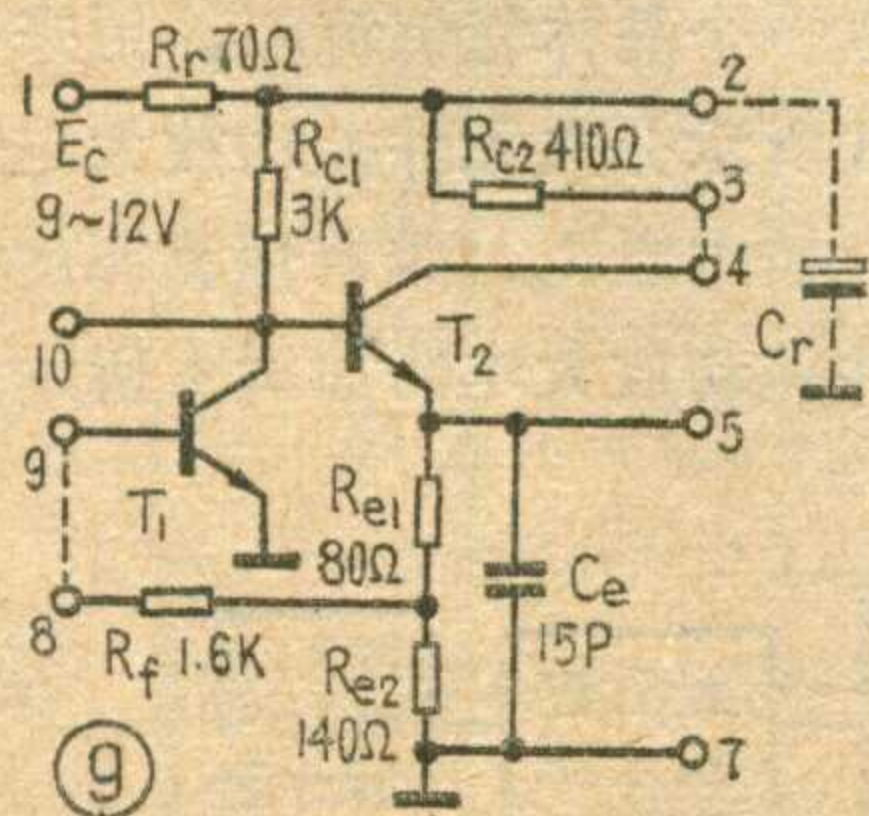
另一种常用的线性组件是宽频带放大器。图9是国产 5G722 负反馈宽频带放大器组件的电路图。这是一个两管直接耦合的放大器，它可以用于高放、中放、视频放大、混频、振荡等多种电路，所以是一种多用途的线性组件。5G722 组件有 10 根引出线，用作放大器时，将 8 脚和 9 脚相连作输入端；3 脚和 4 脚相连作输出端；在 1 脚和 7 脚之间接电源 E_c ($9 \sim 12V$)。

该电路采用了复合反馈网络， R_{e1} 与 R_{e2} 串接在 T_2 的发射极，构成单级电流串联负反馈，反馈电阻 R_f 又把 T_2 输出电流的一部分引回 T_1 的基极，构成两级电流并联负反馈，并

向 T_1 提供一定的偏置电流。电流并联负反馈的引入，减小了放大器的输入阻抗，增大了输出阻抗，展宽了放大器的通频带。在不用补偿电容 C_e 时，电路的频带宽度约为 $10 \sim 30$ 兆赫。但是负反馈却大大降低了放大器的电压增益，其低频电压放大倍数仅为 10 倍左右。

为了进一步展宽频带，电路通常接入一个补偿电容 C_e ，它是一个金属一氧化物一半导体电容，同晶体管和电阻分开制造，然后把两部分封装在同一管壳内，由热压引线在内部连接，接入 C_e 后，频带可扩展到 100 兆赫。

电路的引线有一定的灵活性，可以根据需要外接一定的元件构成各种不同的电路，或改变电路的特性以满足不同的需要。例如，在 8 脚与 9 脚之间外接一个电阻，可以减弱电路的负反馈，提高闭环放大倍数；在 3 脚与 4 脚之间外接一个电阻，可以使输出幅度适当增大。





介绍几种线性组件

宋东生

线性集成电路简称线性组件。线性组件的种类很多，主要制成直流运算放大器、宽频带放大器、音频放大器、正弦波振荡器以及集成稳压电源等等。其中直流运算放大器是应用最广的线性组件，它实质上是一个高增益的直流放大器，利用它不仅能组成积分器、微分器、加法器和减法器运算单元，还可用于直流放大、交流放大和弱电流放大等多种用途。

线性组件与分立元件放大电路对比起来，有许多不同的特点，这些特点往往是与集成电路的制作工艺分不开的，主要有以下几点：

1. 在集成电路中制作容量大于200PF的电容比较困难，而且性能很不稳定，所以组件中尽量避免使用电容器，各级之间普遍采用直接耦合。必须使用电容器的电路，大多采用外接的办法。

2. 集成电路中的电阻阻值受到工艺上的限制，制作高阻值的电阻成本高，占用面积大，阻值偏差大(10~20%)，比较实用的阻值范围大致为100欧~30千欧。所以电

路中避免使用大电阻和小电阻，在需要高阻值电阻时，往往采用外接方式，并充分利用晶体管恒流源代替电阻。

3. 集成电路中的各个晶体管制作在同一硅片上，又是通过同一工艺制作出来的，它们具有同向的偏差，参数的对称性很好，获得一对特性十分相近的晶体管是比较容易的。又由于管子彼此靠得很近，而且衬底相连，温度性能基本保持一致，这就使得线性组件中能够广泛采用温度漂移极小的差动放大电路。

4. 集成电路中的二极管都采用晶体管结构，然后将发射极、基极、集电极三者适当组配使用。采用了这种结构，可以比较理想地补偿晶体管前向压降 V_{be} 的温度漂移。

本文选择了几个比较典型的国产线性组件进行剖析，从中可以了解各种类型组件的一些共同特点，掌握线性组件的一般结构和工作原理。

直流运算放大器BG305

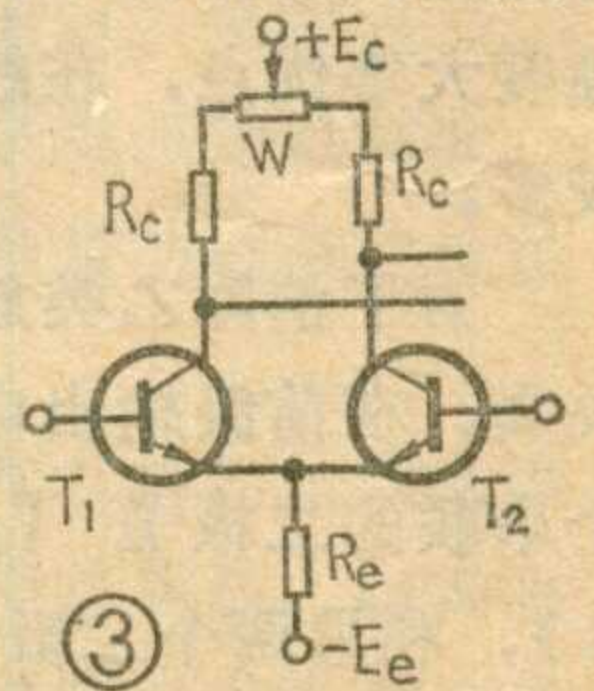
BG305是目前使用比较多的一种高增益、高输入阻抗的直流运算放大器，图1是它的电路图、外形和管脚排列图。

从图1可以看出，BG305组件本身包括19个晶体管，7个电阻，外接

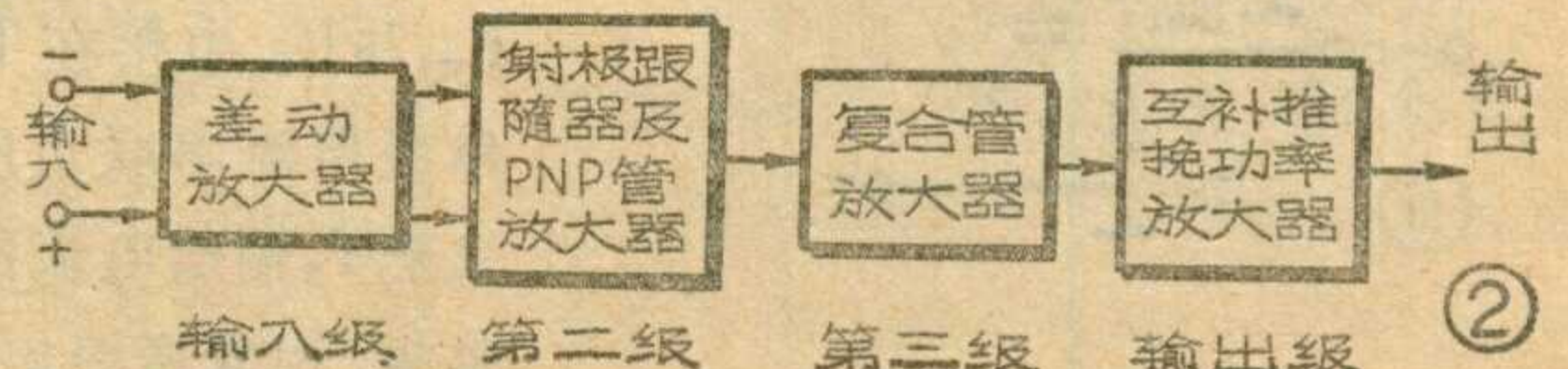
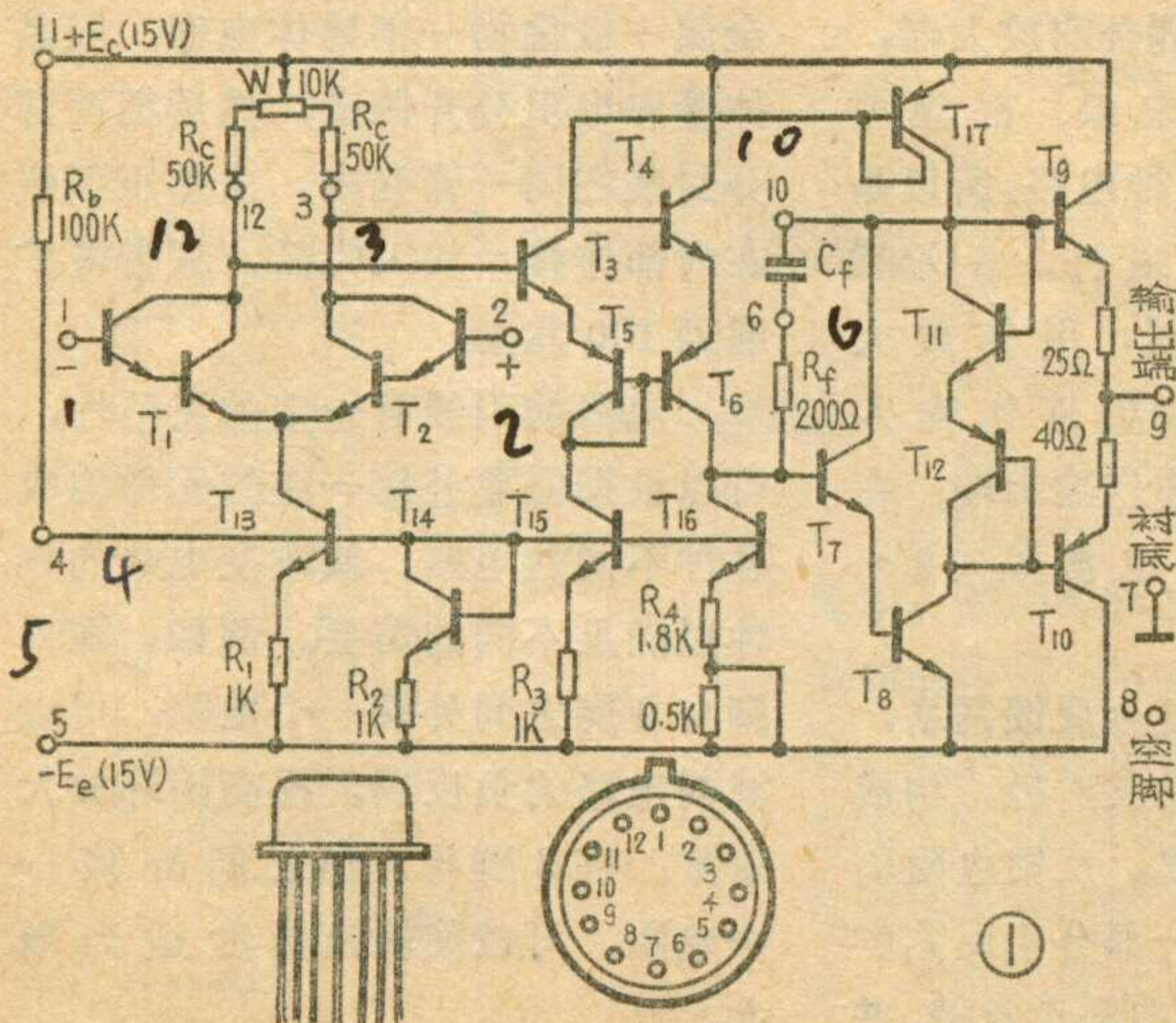
了偏置电阻 R_b ，输入级集电极电阻 R_c 、调零电位器 W 及消振电容 C_f 。组件共有12个管脚：1脚为反相输入端，由此接输入信号则输入信号和输出信号是反相的；2脚为同相输入端，由此接输入信号则输入信号和输出信号是同相的；3、12脚为输入级外接集电极电阻 R_c 的端子；6、10脚为频率校正端，可外接频率校正电容 C_f ；4脚为偏置端，外接偏置电阻 R_b ；9脚为输出端；8脚为空脚；7脚为衬底，接地；11、5脚为正负电源端子。整个组件由三级放大电路及输出级组成，其原理方框图如图2所示。下面分别讨论各级的工作情况。

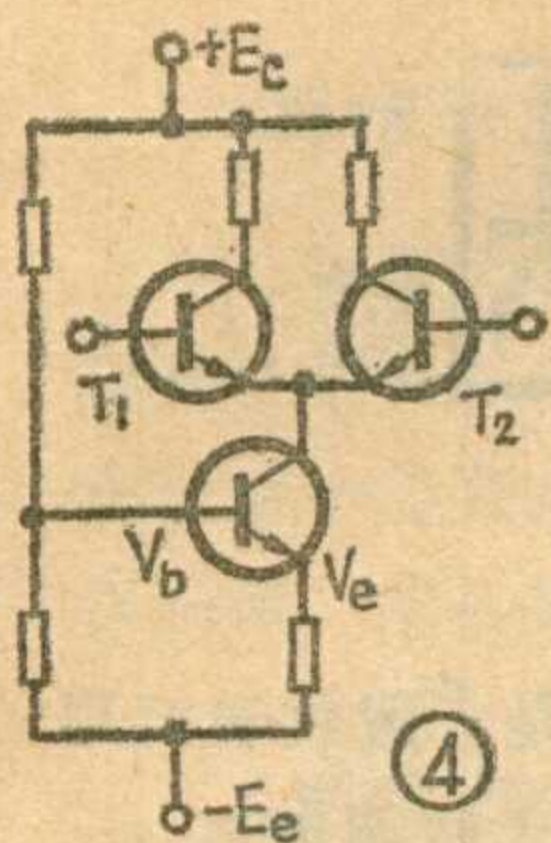
1. 输入级

这一级由两个特性相同的复合晶体管 T_1 和 T_2 组成平衡差动放大电路，从而有效地克服了温度影响，减小了零点漂

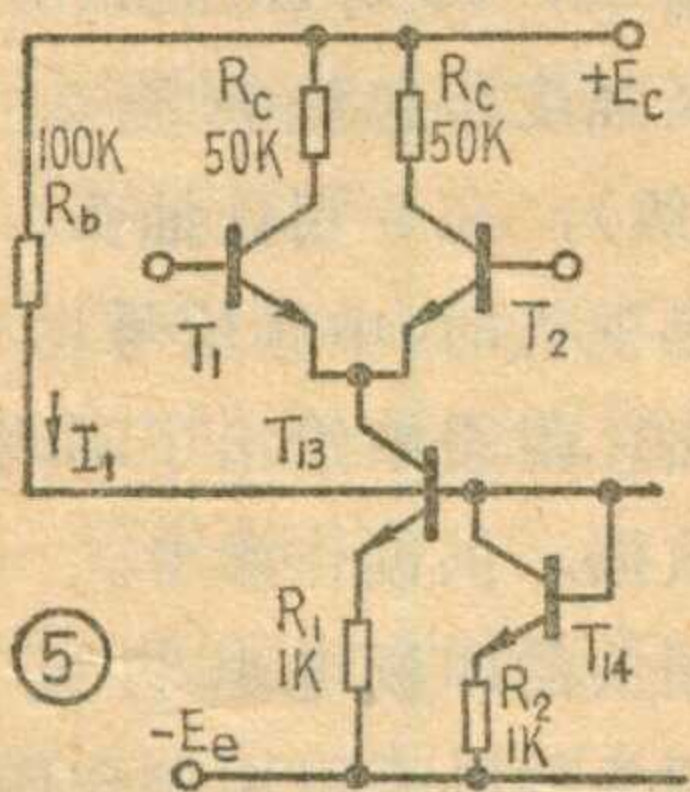


移，使组件的温度漂移系数达到 $10\mu V/^\circ C$ 。又由于采用了复合管，可使组件的输入电阻提高到 $500K\Omega$ 左右。集电极电阻 R_c 和调零电位器 W 均采用外接的形式，这样做不仅降低了电路成本，还为用户提供了调整的余地。 T_{13} 、 T_{14} 与电阻 R_b 组成一个晶体管恒流源，用来代替图3所示分立元件差动放大电路中的射极电阻 R_e ，带有恒流源的分立元件差动放大电路如图4所示。





线性组件中恒流源的偏置方法与分立元件电路有些不同,其基本形式如图5所示。图中 R_b 与 T_{14} 、 R_2 构成 T_{13} 的偏置电路,确定了 T_{13} 的静态工作点。 T_{14} 是晶体管结构的二极管,假定 T_{13} 与 T_{14} 的特性完全一致,则 $V_{be13}=V_{be14}=V_{be}$, $\beta_{13}=\beta_{14}=\beta$,流过 R_b 的电流由两部分组成,一部分作为 T_{13} 、 T_{14} 的基极电流 $I_{b13}+I_{b14}$,一部分作为 T_{14} 的集电极电流 I_{c14} ,则 $I_1=I_{b13}+I_{b14}+I_{c14}$,在两个晶体管特性一致的情况下,基极电流应该相等,即 $I_{b13}=I_{b14}=I_b$,集电极电流也应该相等,即 $I_{c13}=I_{c14}=\beta I_b$,而流过 R_b 的电流 $I_1=2I_b+I_{c14}$ 。当 β 很大时, $I_{c14} \gg$



I_b , 因此 $I_{c13}=I_{c14}=\frac{E_c+E_e-V_{be}}{R_b+R_2} \approx \frac{2E_c}{R_b}$,只要适当地选取正负电源和电阻 R_b ,就可以得到一定的工作电流 I_{c13} 。

上述偏置电路除了给晶体管 T_{13} 以一定的工作电流外,还具有稳定静态工作点的作用。当温度升高使 V_{be} 减小时,流过 R_b 的电流 I_1 增加,若没有 T_{14} 的话,则 I_1 的变化 ΔI_1 就是 T_{13} 基极电流 I_{b13} 的变化 ΔI_b ,这样 T_{13} 的集电极电流就发生 $\Delta I_{c13}=\beta \Delta I_b=\beta \Delta I_1$ 的变化,但有了 T_{14} ,电流 I_1 的变化大部分从 T_{14} 流过,因为 $I_1=I_{c14}+2I_b=\beta I_b+2I_b$,则 $\Delta I_1=(\beta+2)\Delta I_b$, $\Delta I_b=\frac{\Delta I_1}{\beta+2}$,即基极电流的变化量只有 ΔI_1 的 $\frac{1}{\beta+2}$,所以恒流源 T_{13} 的工作电流变化量就大大减小,

保持静态工作点稳定。运算放大器组件中的恒流源大多采用这种偏置方法。

2. 第二级

第二级放大器是双端输入、单端输出的放大电路。它的核心部分是由PNP管 T_6 组成的共发射极放大器,NPN管 T_{16} 是一个恒流源,作为 T_6 的集电极负载,它等效于一个高阻值的电阻 R_c ,使这一级具有较高的增益。由于共发射极电路的输入阻抗很小(只有几千欧),直接接在输入级后面会大大降低输入级的增益,为了减小对输入级的影响,两级之间插入了射极跟随器 T_3 和 T_4 ,以获得良好的阻抗匹配。

双端输入是怎样转化为单端输出的呢?为了说明这个问题,我们把第二级绘成图6的简化电路。由输入级 T_1 、 T_2 的集电极输出的极性相反的信号,通过射极跟随器 T_3 、 T_4 分别与 T_6 的基极和发射极相连,则输入到 T_6 的信号电压恰好等于前级两个输出信号的相加,经 T_6 放大后,由其集电极输出。

为了保证 T_6 不失真地放大信号,要求 T_6 的静态工作点座落在线性区,也就是要解决 T_6 的静态偏置问题。大家知道,差动放大电路输出端的静态电位为零伏左右,若把它直接经 T_3 、 T_4 接到 T_6 的b-e之间,则 T_6 处于截止状态,不能正常工作。为了使 T_6 工作在线性区,增加了二极管 T_5 ,保证 T_6 的基极电位比

发射极电位低一个二极管的正向压降(约0.7V),使 T_6 处于正向偏置。

这一级,由于PNP晶体管的电流放大系数 β 很小,一般在1~10倍左右(这里 $\beta=2$),所以这一级的增益不高,只有110倍。

3. 第三级

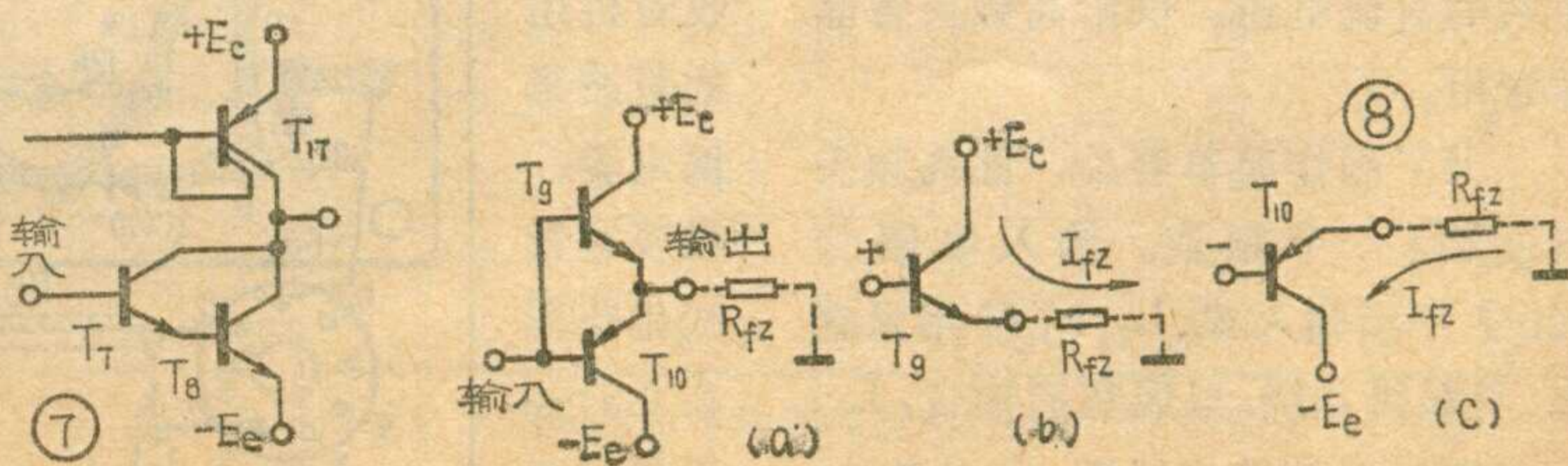
这一级的简化电路如图7所示。 T_7 、 T_8 组成复合管共发射极放大电路,使这一级具有很高的输入阻抗,减少了本级对第二级的影响,起了提高第二级电压放大倍数的作用。 T_{17} 为其集电极恒流源负载,由于恒流源的直流电阻很小,动态阻抗很大,保证了这一级有很高的增益和足够大的动态范围,使电源电压利用率大大提高。在使用 $\pm 15V$ 电源时,输出幅度可大于 $\pm 13V$,电压放大倍数可达700倍。

为了消除可能出现的自激振荡,在 T_7 的c-b之间由 R_f 和外接电容 C_f 组成频率校正网络, C_f 的数值约为几十微微法到几百微微法,由实验决定。

4. 输出级

BG305的输出级采用了NPN—PNP管 T_9 和 T_{10} 组成的互补对称射极输出器,其简化电路如图8(a)所示。当输入端信号极性为正时, T_9 导通, T_{10} 截止,电路等效为图8(b),电流由正电源 E_c 经 T_9 流向负载,输出正电压。当输入信号极性为负时, T_9 截止, T_{10} 导通,电路等效为图8(c),电流经负载电阻、 T_{10} 流向负电源。两管交替工作,处于乙类放大状态,因此这种电路

(下转第6页)



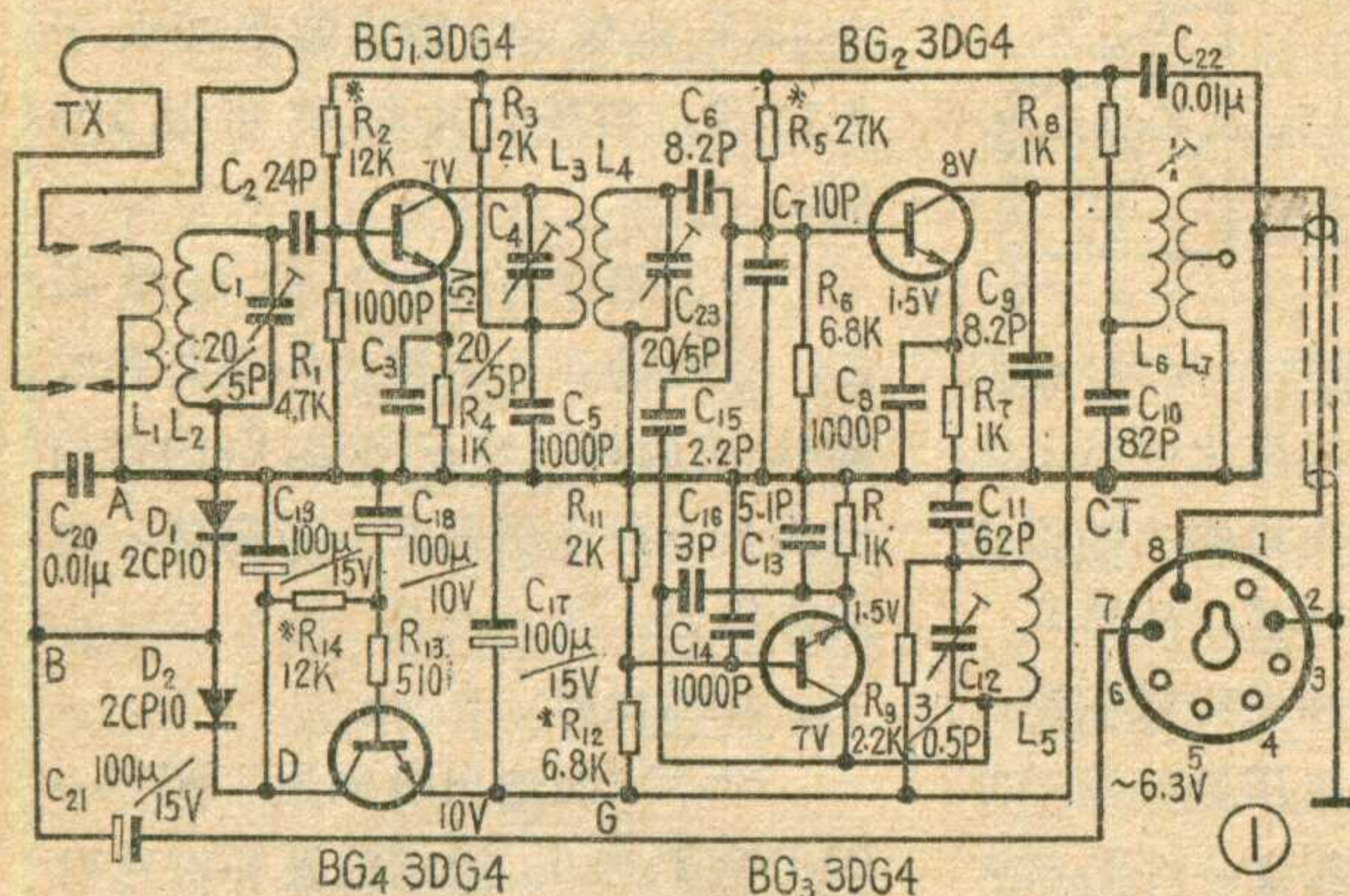
简易交直流两用晶体管高频头

唐宗理

交直流两用晶体管高频头的电源可用交流6.3伏或直流9~11伏供电。采用交流供电时，它可直接代换一般的电子管电视机高频头，例如直接插在北京牌825-1、825-2或上海牌104等型号的电视机上使用。在晶体管电视机中，采用直流供电，这种交直流两用高频头的电路只要略加改动便能使用。

电路介绍

电路图见图1。此高频头由高



放、本机振荡、混频、电源四部分组成。电视信号通过天线送至 L_1 耦合到 L_2 ，并送给 BG_1 管进行高频放大。放大后的信号同本机振荡管 BG_3 产生的高频振荡信号一起，送至 BG_2 混频管，混频后得到的中频信号经过 L_6 、 L_7 输出。

电源部分的 D_1 、 D_2 组成倍压整流电路，电容 C_{17} 、 C_{18} 、 C_{20} 、 C_{22} 及晶体管 BG_4 组成“滤波器”。6.3V交流电压经整流滤波后变成约10伏左右的直流电压，供给高频头各晶体管用。

为了制作简单容易，此高频头只设置了一个频道。输入电路为 300Ω 平衡输入式。 L_3 、 L_4 采用紧耦合，用双线并绕，以展宽通频带。 L_6 、 L_7 是混频级的输出线圈，采用平绕，

适当选择初、次级之间的圈数比，可使晶体管的输出阻抗与电子管中放级的输入阻抗相匹配。本振回路采用调电容式频率微调，本振信号通过 C_{15} 送至 BG_2 基极进行混频。

元件的选择、制作

四只三极管全部使用硅管，如3DG4、3DG6或2G210、2G910等，在二频道时用3DK7也能胜任。 BG_1 、 BG_2 、 BG_3 的 β 值在40~130左右。对于晶体管的特征频率 f_T 的

要求，视使用的频道不同而异。一般 f_T 值只要大于使用频率的一倍即能满意地工作。 BG_4 的 β 值只要大于20即可，但最好稍高一些，这样滤波效果更好些，对 BG_4 的其它参数没有特殊要求。四只管子的 I_{ceo} 越小越好，尤其是 $BG_1 \sim 3$ 晶体管。 D_1 、 D_2 采用2CP10、2CP11等。

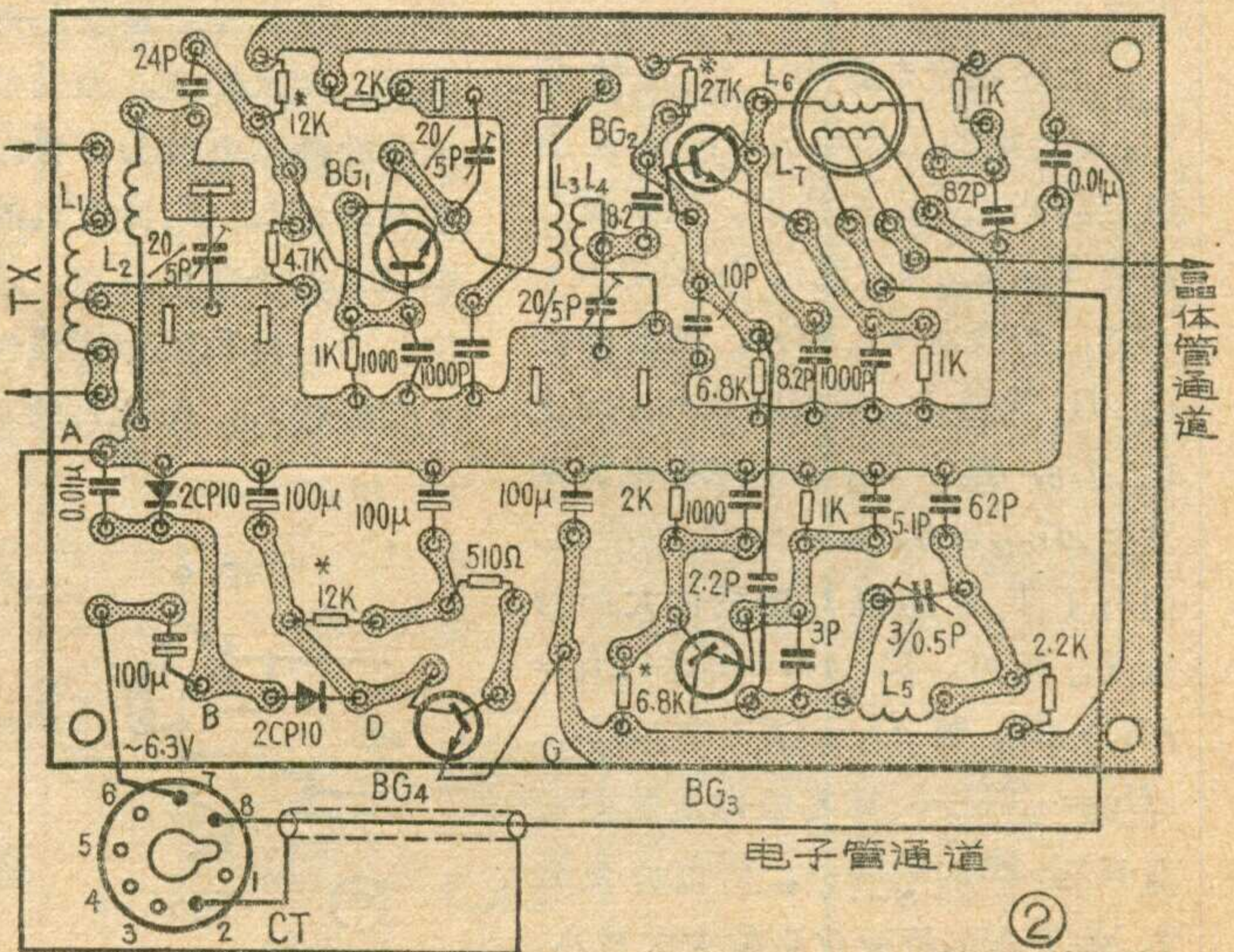
频率微调电容可以自制或用一般的空气微调电容代用，也可用晶体管收音机用的短波微调电容，只要容量变化范围在0.5~3P左右即

可。其它微调电容是一般收音机用的20/5P的小型瓷介微调电容。

电感线圈 $L_1 \sim L_7$ 都绕成空心线圈，线径和圈数如附表所示。绕制时，找一根直径 $\phi 3.2$ 或 $\phi 0.35$ mm的钻头杆做骨架，在其上密排绕线。绕 L_1 、 L_2 时，先绕 L_2 线圈，在 L_2 上再绕 L_1 ； L_3 、 L_4 采用双线并绕。绕好后抽去钻头即成空心线圈。绕线圈 L_6 、 L_7 时，用一般电子管电视机中周骨架，用MXO-400、M6 \times 0.75螺纹磁心。其中 L_6 （初级）用直径 $\phi 0.38$ mm的高强度漆包线绕18圈，然后垫一层聚脂薄膜或黄蜡绸，再用 $\phi 0.12$ mm的丝包线或高强度漆包线密绕24圈作为 L_7 （次级），在6圈处抽头。用于电子管电视机时，中频信号由24圈两端输出。附表中给出了不同频道的线圈数据，供制作参考。

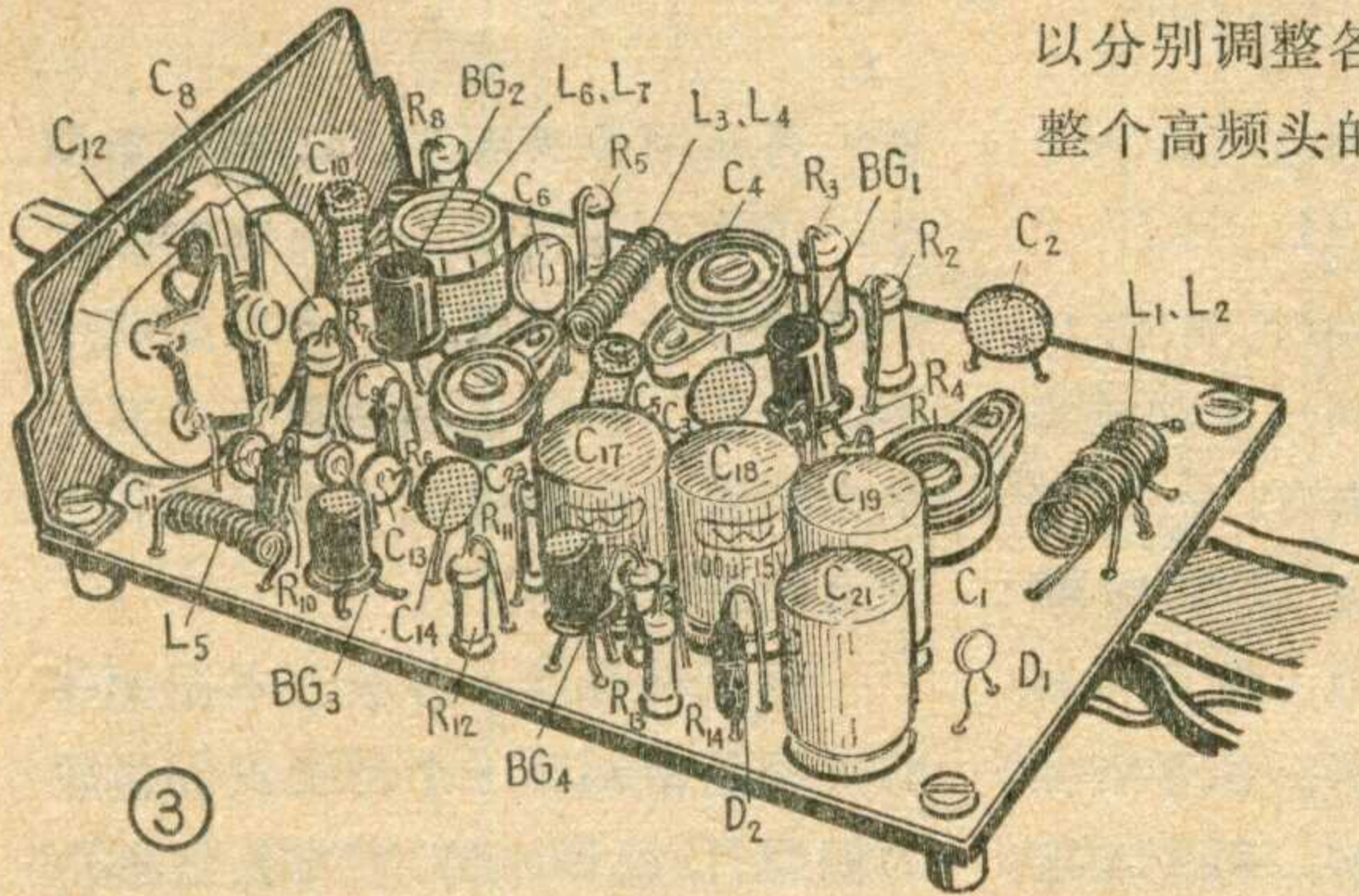
高频头的印刷电路板见图2。高频头的外壳可用制作印刷电路板用的敷铜板边角料制作，将有铜箔的一面向内，并将接缝处焊接起来，将高频头装入固定即可。

高频头结构图如图3。



制作中应注意的问题

1. 印刷电路板最好采用环氧玻璃纤维板, 若用纸胶板时, 在腐蚀完以后一定要清洗干净。应先清洗保护漆, 然后钻孔, 最后用少量的



酒精或汽油擦干净, 再涂上松香水。焊接时, 不要用焊锡膏等带腐蚀性的助焊剂。

2. 线圈可用少量高频性能良好的聚苯乙烯溶液(聚苯乙烯颗粒溶于甲苯溶液制成)封固, 不能用凡立水或万能胶等。

3. 电源部分的电容 C_{20} 、 C_{22} 的作用, 是消除 50 赫交流调制的高频信号。若去掉 C_{20} 、 C_{22} , 虽然能同样收看, 但有时会在荧光屏上出现一道道上下移动的黑滚条, 所以不能省去 C_{20} 、 C_{22} 。

4. 选用晶体管时, 除 BG_4 可用 $\beta > 150$ 、 I_{ceo} 比较小的管子外, $BG_1 \sim BG_3$ 各管的 β 值最好在 40~130 之间, 不可过大。若都用 β 值很高的晶体管, 会使通频带变窄, 甚至造成自激, 造成图象和伴音不能兼顾, 产生严重的网纹干扰等。

调整

检查元件等焊接无误后, 将插头插入电视机高频头插座上, 打开电视机电源开关, 测量印刷板上的 A、B 两点的交流电压是否为 6.3 伏, 再用万用表直流电压档测 A、G 两点的电压应为 9~10.5 伏左右, 如 A、G 两点电压偏低或偏高, 可以调整电阻 R_{14} , 将此电压调整合适以后即可进行下面的调整了。

BG_1 、 BG_2 、 BG_3 的集电极电流都调在 1.5~2 毫安左右, 这时测量各级晶体管发射极对地电压应在 1.5 伏左右, 其它各极电压也应基本符合图 1 中所标的数据。如果某只管的发射极对地电压偏高或偏低, 可以分别调整各有关电阻 (R_2 、 R_5 、 R_{12})。整个高频头的总电流小于 10 毫安。

各级电压、电流调整合适以后, 即可检查本振级是否起振。方法是: 用内阻比较高的万用表直流 2.5 伏或 2 伏电压档测量电阻 R_{10} (即图中 R) 两端的电压应在 1.5~2 伏左右, 此时用手捏住 L_5 或用改锥将频率微调电容动、定片进行短路, 如果万用表所指示的电压数据减小一定幅度, 则表示电路已起振。如不起振, 可仔细检查电路及元件。如因本振管 BG_3 的 f_T 过低 (尤其是 6~12 频道), 可将该管电流略调大些或换一只管子试试。

电路起振后, 将电视机对比度钮开到最大。用手捏住改锥金属部分, 分别去碰 BG_3 、 BG_2 、 BG_1 的基极和天线输入端, 扬声器中应发出“咯咯”声, 荧光屏上也有反应, 表明电路工作基本正常。这时可接

上天线, 转动微调, 看能否收到图象或伴音。若收不到时, 可用一小磁心或一段小铜棒, 分别去靠近线圈 L_5 或在线圈管内慢慢地放进、拉出, 当在某位置时, 可收到图象或伴音, 说明线圈电感量不对。如果是铜棒放进一定位置能收到信号则须减少 L_5 的圈数或将线圈略拉开一些, 若是磁心放在某一位置时收到图象和伴音, 则应增加线圈圈数或压紧线圈。

然后分别调整 C_{23} 、 C_4 、 C_1 , 使图象和伴音最好。 C_1 的容量增加时, 回路 Q 值降低, 频带加宽, 灵敏度降低。 C_1 容量减小时, 频带变窄, 灵敏度高。最后再与 L_6 、 L_7 配合起来调整, 使图象和伴音两者兼顾。

调整完以后, 如果觉得增益过高时, 可以适当增加 C_1 的容量或适当增加 R_4 的阻值, 以降低高频头增益。

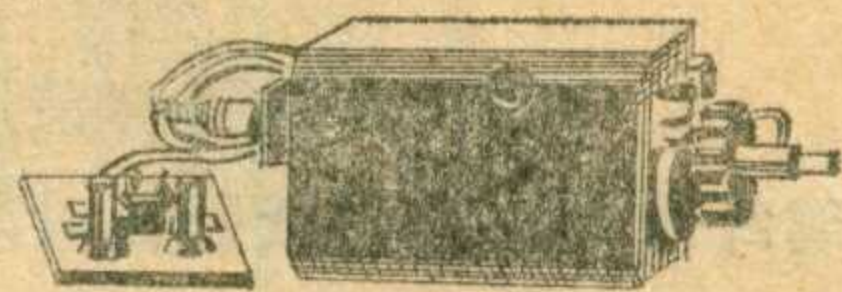
如果将此高频头用于晶体管电视机, 用直流供电时, 可将 9~12 伏的直流电压直接接到图 1、2 中的 A、D 两点或 A、G 两点上。接在 A、D 两点时, BG_4 等将对直流电再作一次滤波。为了与晶体管电视机图象中放的输入阻抗相配合, 高频头中频信号由 L_7 的抽头 (6 圈) 处输出, 其它不变。

附表: 各频道频率及各线圈数据

电视频道	频率范围 (兆赫)	本振频率 (兆赫)	线圈圈数及线径 (mm)			
			L_1 $\phi 0.51$	L_2 $\phi 0.51$	$L_{3..}$ $\phi 0.44$	L_5 $\phi 0.64$
1	48.5—56.5	84	2+2	13	16	17
2	56.5—64.5	92	2+2	11	15	15
3	64.5—72.5	100	2+2	10	13	14
4	76—84	111.5	2+2	10	12	12
5	84—92	119.5	2+2	8	12	10
6	167—175	202.5	2+2	8	11	6
7	175—183	210.5	2+2	8	11	6 _{0.5}
8	183—191	218.5	2+2	7	10	4
9	191—199	226.5	2+2	7	10	3.5
10	199—207	234.5	2+2	7	10	3 ₁
11	207—215	242.5	2+2	6	9	3 _{1.5}
12	215—223	250.5	2+2	6	9	3 ₂

注: 表中圈数右下角标注数字为圈与圈间距, 如: 3₁ 即圈数为 3 圈, 每圈间间距约 1 mm。

晶体管独立微调频道选择器



丹东电视机配件厂 上海无线电九厂 上海星际无线电厂

联合设计晶体管独立微调甚高频频道选择器是晶体管黑白电视机联合设计主要整件产品之一，目前联合设计 23 厘米、31 厘米、40 厘米、47 厘米晶体管黑白电视机，全部采用这种频道选择器，其它类型晶体管、电子管电视机也将普遍采用。

联合设计晶体管甚高频独立微调频道选择器吸取了国内外同类产品的优点，在结构和线路的设计上力求性能好、使用可靠、维修方便、同时便于与不同的电视机中频通道相联接。

下面介绍这种频道选择器的结构特点、电路工作原理、主要技术指标和调试方法。

一、结构特点

1. 采用滚筒式转换开关（见图 1）

滚筒式转换开关与其它类型的机械转换开关相比，具有接触可靠、使用寿命长、各频道独立、便于生产和维修等优点。

选择器共分十三档，装有十二

只动触骨架，一个档为空档。每个频道的输入回路线圈（ L_5 、 L_6 ）、高放回路线圈（ L_7 、 L_8 ）、本振回路线圈（ L_9 ）都装在同一个动触骨架上，每个动触骨架有 13 个动接触点，选择频道时，这 13 个动接触点同时与印刷线路板上的定接触点相接触，而接入电路。由于各频道各自独立、互不影响，每个动触骨架都可独立拆装，因此对生产和维修很方便。

动触骨架用增强聚砜注塑成型，这种材料的热稳定性、耐潮性、化学稳定性及机械性能都很好，并且具有优良的介电性能，可以保证产品的性能不会因环境变化而变化。

2. 本振频率调整采用独立微调形式

按调整本振频率的方式，频道选择器可分为公共微调 and 独立微调两种，公共微调即各频道本振频率的调整是调整同一个电感或电容，而现在这种独立微调是分别调整各自频道本振回路线圈的电感。独立微调的好处，第一，可以预选电视节目，如同时收看多个频道的电视节目，只要分别将各频道的本振频率调整好，在更换频道时不需重新调整本振频率，而公用微调则不然，调好一个频道，转换到另一频道本振频率又需重新调

整，再转回原来频道，还要重新调整，因为公用微调各频道的本振频率的微调是靠调整同一个电感或电容。第二，各频道相互独立，其中某个频道本振调整失灵不影响其它频道的正常收看。

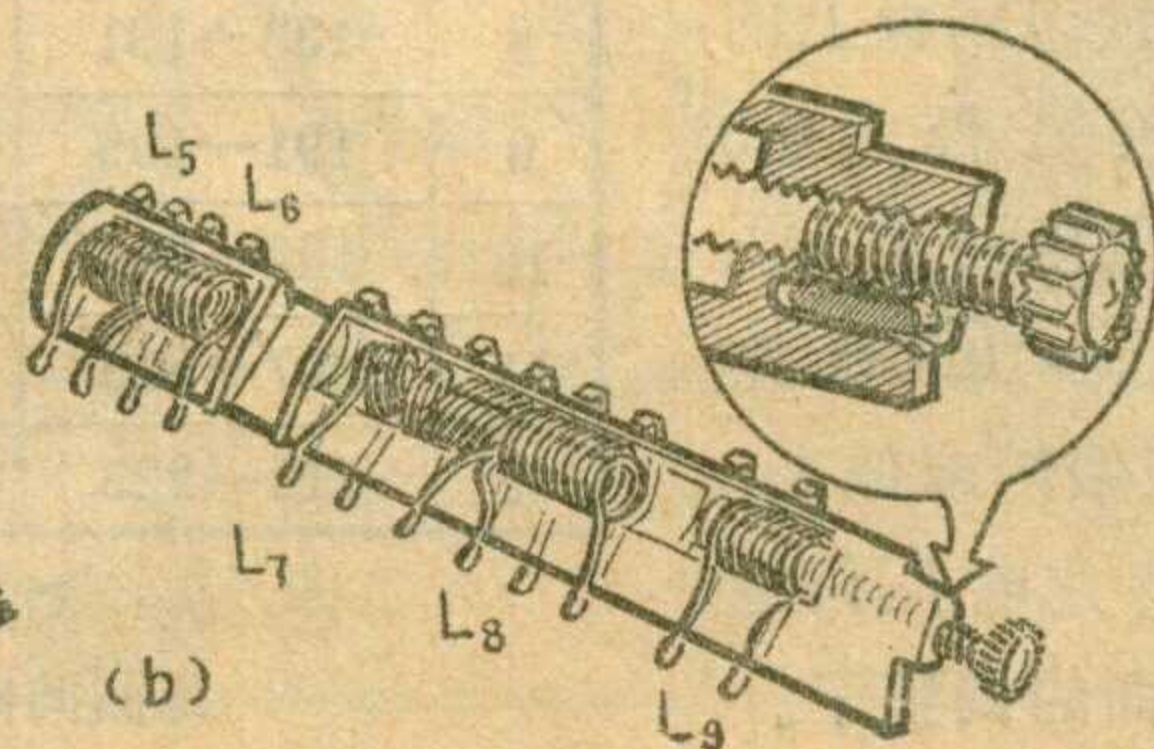
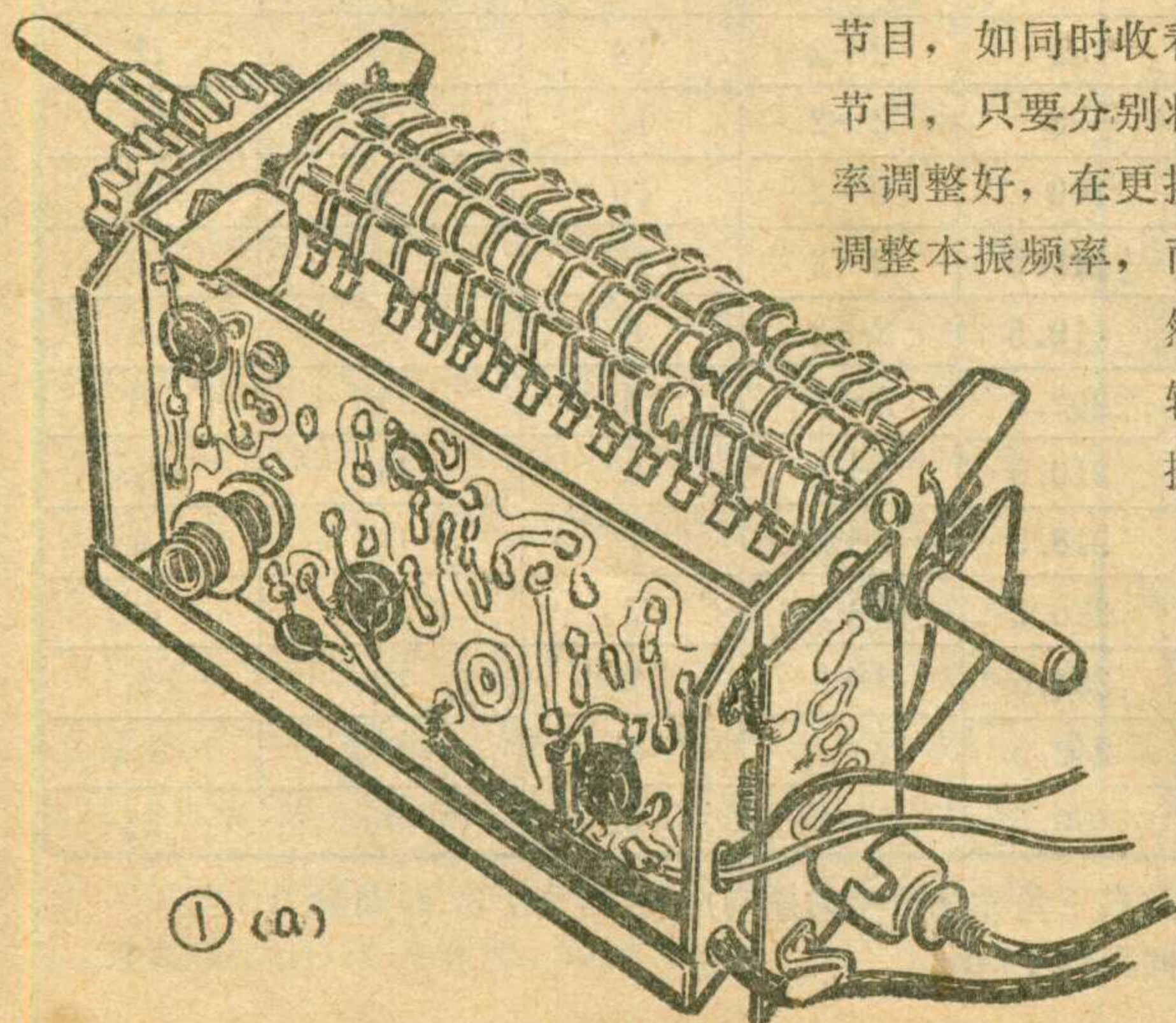
频道选择器，各频道本振频率的微调是由调整一个带螺纹和齿轮的铜螺钉（微调螺钉）在本振线圈内移动位置，从而改变本振线圈 L_9 的电感量而实现的。微调螺钉装在动触骨架一端的圆孔内，并一直穿进线圈 L_9 的骨架里，动触骨架上开有一沟槽，一钢丝压簧装在槽内压住微调螺纹，调整本振频率时，将频道选择器轴端的微调齿轻推入后旋转，通过齿轮的传动，使微调螺钉旋转，压在微调螺钉上的钢丝压簧相当于阴螺纹，这样微调螺钉顺螺纹方向或进或出，从而改变了微调螺钉和本振线圈 L_9 的相对位置，也就改变了 L_9 的电感量，达到了微调本振频率的目的。停止调整时，微调齿轮由里面弹簧弹开，微调螺钉便与传动齿轮相脱离，转换其它频道时，已调好的频道保持不变。以此类推，各频道都可独立调整。

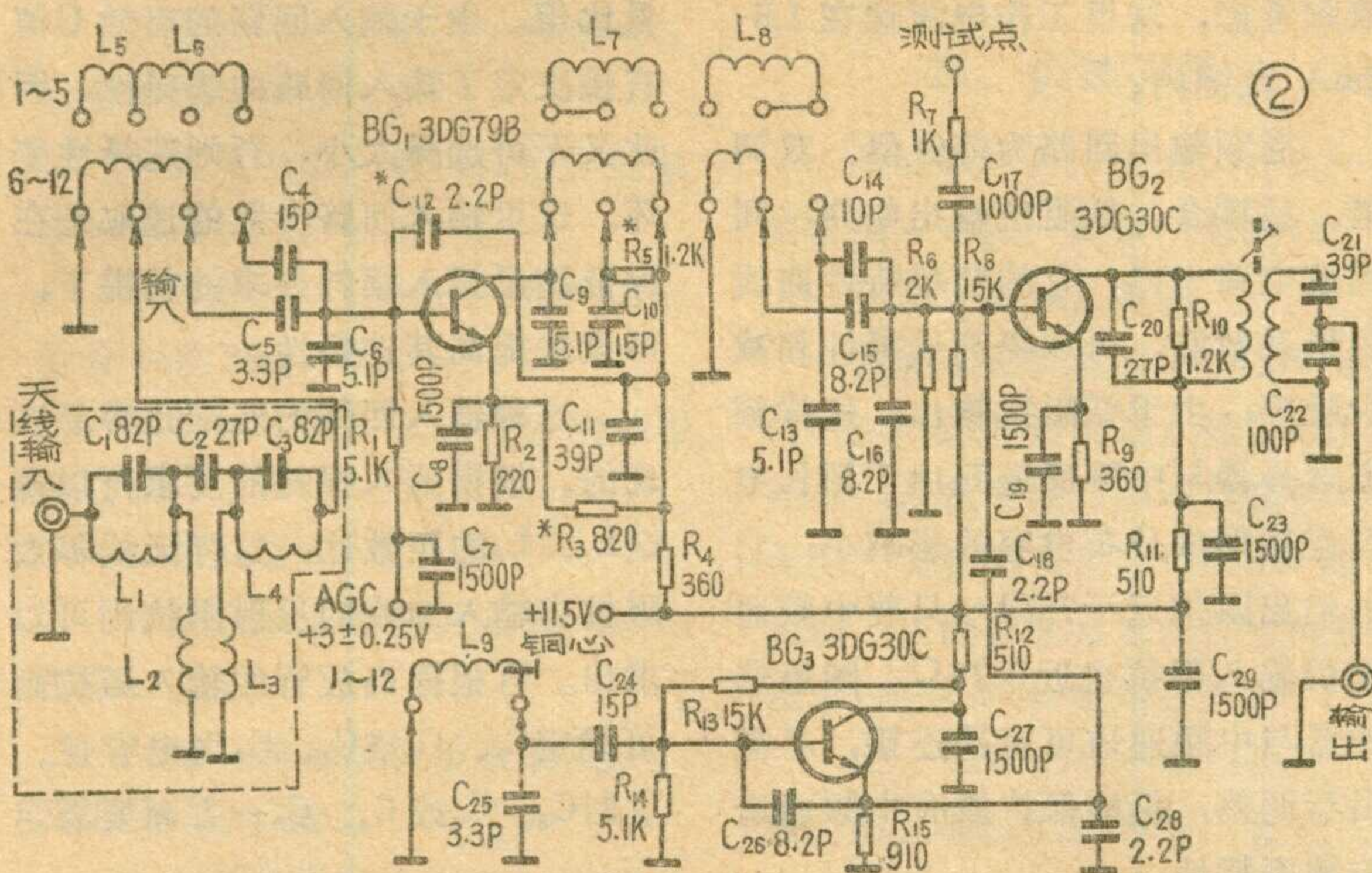
3. 为便于电视机的生产和维修，在结构上采取了以下措施

(1) 阻抗变换器与频道选择器之间用 75Ω 简易插头、插座相联。

(2) 频道选择器罩壳侧上方开有高放测试孔，这样不需打开罩壳便可直接测试频道选择器高放特性曲线。

(3) 频道选择器壳体后面开有





圆孔，可直接看到接入电路的动触骨架及其端面印有的频道标记，便于直接了解工作在第几频道。

二、电路介绍

1. 电路设计要求：

(1) 功率增益：要求尽量高，以提高电视灵敏度。

(2) 噪声系数：要求尽量小，以减少电视机屏幕背景杂波，提高电视机有限噪声灵敏度。

(3) 选择性：要求对镜象、中频都具有较大的抑制能力，对邻近频道干扰也要求有一定的选择性。

(4) 匹配特性：要求频道选择器与天线和中频通道都要有良好的匹配特性。

(5) 本机振荡：对本机振荡要求有一定的可变范围；注入到混频基极的本振信号要有足够强度；本振频率随电源波动和环境温度变化漂移要小；本振辐射应尽量小。

(6) AGC特性：要求具有正向自动增益控制作用，控制速率要高，起控后要保持一定的频率特性。

2. 电路组成

频道选择器基本由五部分组成(图2)：高频放大、混频、本机振荡、输入回路和高通滤波器。

1) 高放

高放管采用超高频低噪声并具有正向自动增益控制(AGC)特性的晶体管3DG79B，高放采用发射

极接地电路，容易同输入端匹配，且工作稳定。

高放调谐回路，为双调谐紧耦合回路，它的频率特性曲线矩形系数好，提高了选择性。对6~12频道 C_9 (5.1P)、 C_{11} (39P)、 L_7 和高放管BG₁ (3DG79B)的输出电容组成高放级的初级回路； C_{13} (5.1P)、 C_{14} (10P)、 C_{15} (8.2P)、 C_{16} (8.2P)和 L_8 以及混频中放管BG₂ (3DG30C)的输入电容组成高放级的次级回路。这两个回路，设计为等Q值、双调谐、且处在匹配状态。完全匹配时，可以获得最大的功率增益。

由于晶体管本身随频率的变化其增益、输出、输入阻抗都会发生变化，当频率从50MHz变到200MHz时(即从第1频道变到第12频道)，功率增益会减少12dB。为此，在电路中，高、低频道采取接入不同回路的办法。低频道时， C_{10} (15P)、 C_{14} (10P)、 C_{18} (5.1P)直接接入初次级回路。为了减少高、低频道的增益差，

还外接调整电阻 R_5^* (R_5^* 并联在低频道的初级回路上)。有时在次级回路也要外接一个调整电阻，目的都是为了降低低频道的

增益，以求各频道增益尽量一致。

为抵消高放管极间电容 C_{cb} 的内部反馈，电路中加入中和。在高放集电极电路中，由 C_{11} (39P)和 R_4 (360Ω)形成的中和电压，经 C_{12}^* (2.2P)耦合到高放管基极，以抵消高放管的内部反馈。

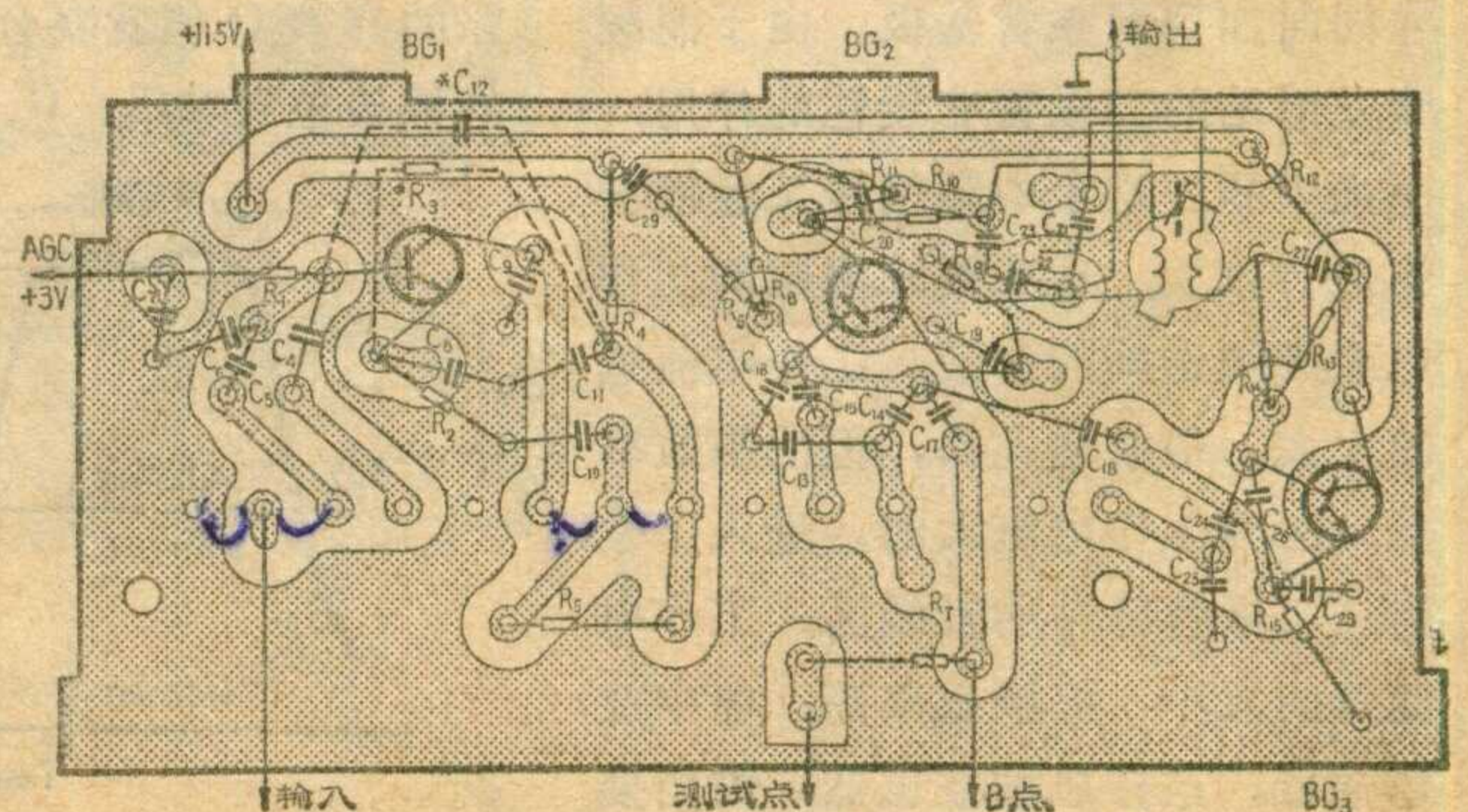
自动增益控制电压经电阻 R_1 (5.1K)加到高放管基极上。由于高放管本身的起控电流不同，所以要求的外加AGC起控电压也不一致。为了保证起控电压的一致，采用调整 R_3^* 取得外接辅助偏流的办法。要求频道选择器起控电压为+3V，当起控电压小于+3V时，可减小 R_3^* ，这时由电源经 R_4 、 R_3^* 流经 R_2 的外加辅助偏流就增大，提高了高放管发射极电位，从而提高了起控电压。

这种外加辅助偏流办法，也可以提高自动增益控制速率。因为高放管起控后，集电极电流增大， R_4 上压降增大， R_4 、 L_7 连接点电位下降，这样经 R_3^* 外加的偏流就变小，因此辅加的偏流，在高放管发射极电阻上形成的辅加电压就变小。这样，在同样的外加自动增益控制电压下，此时控制的就更深，也就提高了自动增益控制速率。

(2) 本振

本振采用超高频低噪声晶体管3DG30C。电路为集电极接地的改进型三点电容式振荡电路。本振信号由 C_{18} (2.2P)，从本振管发射极耦合输出到混频管基极。

三点电容式振荡电路，比三点电感式振荡电路的振荡频率高，频



率稳定性也高。变换频道时，只要变换电感就可以了，接触点少。而改进型的三点电容式振荡电路，频率稳定性更好，振荡频率主要取决于 C_{25} (3.3P)和 L_9 ，本振管的结电容等不是直接并联在振荡回路里，而是经 C_{24} (15P)耦合到振荡回路，这样振荡频率受晶体管参数变化的影响较小。

本振管的工作电流在2~2.5mA的范围内。工作电流过大，振荡幅度过强，会使本振辐射增大，工作电流过小，不容易起振或振荡不足。本振信号经 C_{18} 注入到混频基极的信号强度低频道在200mV左右，高频道在100mV左右。因为混频增益与本振注入信号强度在一定范围内成正比。本振信号注入太弱，混频增益降低，但本振信号注入强度增加到一定程度时，混频增益也就不会再随着增加了。并且，本振注入信号强度的增加，必然要提高整个振荡回路的振荡强度，这样本振辐射也要变强。由于混频管随频率的升高输入阻抗变小，所以高频道所需的注入信号强度要小。

为了提高振荡频率的热稳定性，振荡回路的电容 C_{25} (3.3P)采用具有负温度系数的电容，以补偿振荡回路的电感 L_9 随温度的变化而引起的热漂移(因为线圈电感 L_9 具有正温度系数的特点，温度升高时，线圈的热胀引起电感量增加)。

(3) 混频

混频管采用超高频低噪声晶体管3DG30C，混频的工作原理是：由高放输出的信号和本振输出的信号同时加到混频管基极。由于混频管发射结的二极管非线性的作用，混出中频。这个中频信号又经混频管进行放大。这就要求混频的工作电流必须选择的合适。工作电流选的太大，中放增益高，但混频效率低。因为工作电流大时，进入了发射结二极管特性的直线区；工作电流选的太小，混频效率高，但中放增益低，这样总增益也低，因而要

兼顾考虑，这里工作电流选在1.5~2mA范围内。

混频输出回路为等Q值、双调谐、紧耦合、低阻抗输出电路，同高放电路一样，它的频率特性曲线矩形系数好，可以提高选择性和减少噪声；由于低阻抗输出，这样频道选择器与中频通道间由于用长电缆连接形成分布电容的影响小；它的输出阻抗近于 75Ω ，只要中频通道的输入阻抗也近于 75Ω ，频道选择器与中频通道可直接连接，不需另行调整，仍能保持原有中频通道的频率特性。

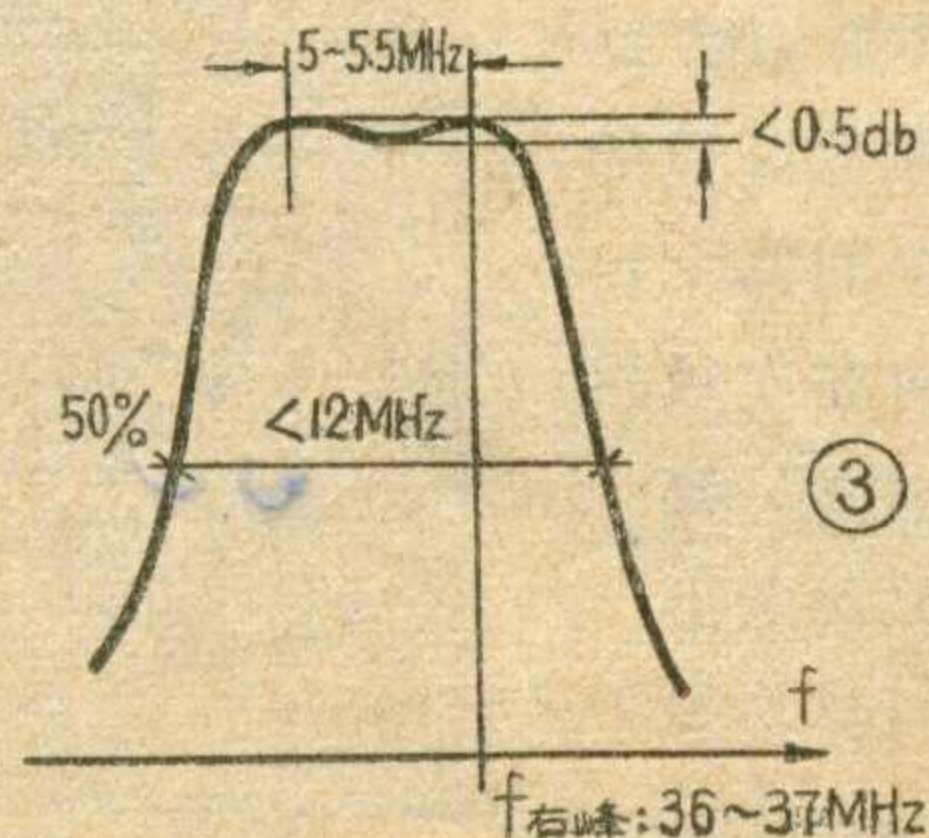
混频回路中电阻 R_{10} 为可调整电阻，调整 R_{10} 可调整混频输出频率特性曲线顶部的不平度。

(4) 输入回路

输入回路对整个频道选择器的噪声系数、选择性、与天线间的匹配特性等影响都很大。

输入回路采用电感抽头、电容分压式电路， L_5 、 L_6 、 C_5 (C_4)、 C_6 和高放管的输入阻抗组成输入回路，高频道接入分压电容 C_5 ，低频道接入分压电容 C_4 。这种形式的输入回路接触点多结构复杂些，但性能好。

由于输入回路本身有损耗，天线输入功率有一部分被输入回路损耗掉，我们称这部分损耗为插入损耗。插入损耗大小不仅影响整个频道选择器的增益，并且对其噪声系数影响也很大。为了减小插入损耗，必须尽量提高输入回路线圈本身的无载Q值，同时减小输入回路的有效Q值。为了减小输入回路的有效Q值就要合理选择 L_5 、 L_6 的抽头位置和 C_5 、 C_6 及 C_4 、 C_6 的容



量比值。由于输入回路的有效Q值直接决定了输入回路的选择性，因此又不可选择太小，否则选择性变坏。这里输入回路参数的选取是在保证满足插入损耗要求的前提下，再设法提高其选择性。

这种输入回路的匹配是容易实现的。根据插入损耗的要求可以确定 L_5 、 L_6 的匝数比，这样天线等效阻抗在输入回路的反射阻抗则可以求出。再根据高放管的输入阻抗则可确定 C_5 、 C_6 或 C_4 、 C_6 之电容值。这时 C_5 、 C_6 或 C_4 、 C_6 一方面要满足

表1 各级直流工作电压

	U_e (V)	U_b (V)	U_c (V)
BG ₁ 高放	2—2.4	2.6—2.9	7.5—8
BG ₂ 混频	0.6—0.8	1.2—1.3	10—10.5
BG ₃ 本振	2—2.2	2.2—2.4	9.5—10

经它们的分压使高放管输入阻抗在输入回路的反射阻抗与天线在输入回路的反射阻抗相等(即匹配)，另一方面还要满足输入回路调谐于频道中心频率的要求。

(5) 高通滤波器

为了提高频道选择器对中频信号的抑制能力，防止中频干扰信号经频道选择器，进入中频通道，再经中频放大而干扰电视机正常收看，在频道选择器输入回路前设有高通滤波器。不论是由两个电感一个电容组成的 π 型高通滤波器或是由两个电容一个电感组成的T型高通滤波器虽然都可起到抑制中频的作用，但这种简单的滤波器存在着靠近截止频率附近的衰减不够大，而且在通带内特性阻抗变化较大的缺点。所以这里采用由 C_1 、 L_1 、 L_2 、 C_2 、 C_3 、 L_3 、 L_4 组成的复合滤波器。这种滤波器的阻抗特性和衰减特性都较好。其特性阻抗为 75Ω ，截止频率为39~40MHz。

三、主要技术指标

1. 结构：滚筒式、十三档、独立微调

2. 频道换向力矩: 2—5kg/cm, 跳步清晰度不小于2

3. 频率范围: 现行国家广播制度中甚高频段1—12频道

4. 中频频率: 图象中频37MHz; 伴音中频 30.5MHz

5. 功率增益: $\geq 20\text{dB}$ 。增益差 $\leq 10\text{dB}$

6. 噪声系数: $\leq 8\text{dB}$

7. 天线输入端行波系数: 8MHz 范围内 ≥ 0.2

8. 混频输出端行波系数: 在 6.5 MHz 范围内 ≥ 0.3

9. AGC起控电压: $3 \pm 0.25\text{V}$, AGC控制 20dB 时 AGC电压 $\leq 5\text{V}$ 。

10. 中频抑制、镜象抑制: $\geq 40\text{dB}$

11. 本振频率微调范围: $\pm 1.5\text{MHz}$ — $\pm 3\text{MHz}$

12. 高放频率特性曲线: 曲线呈双峰, 图象载频位置处峰顶部与左峰不得偏离1MHz; 顶部频带宽度 $6.5 \pm 1\text{MHz}$, 50%处频带宽度不得超过 15MHz

13. 总频率特性曲线: 曲线呈双峰, 图象载频位置, 要求同高放曲线; 顶部频带宽度为 5~5.5MHz, 50%处频带宽度不得超过 12MHz

四、调试方法:

调试顺序为: 直流工作点—混频输出—本振—高放—总曲线

1. 直流工作点检测

将频道选择器接通 11.5V 电源 (红色导线) 和自动增益控制 (AGC) 电源 (白色导线), AGC电源需可调电源。混频输出电缆接 75Ω 纯阻负载, 检测各级直流工作点应符合表 1 (此时 AGC 电压接 +3V)。

由于 3DG30C 一致性较好, 只要电路元器件无错焊等, 直流工作点又都符合要求, 一般不需调整。

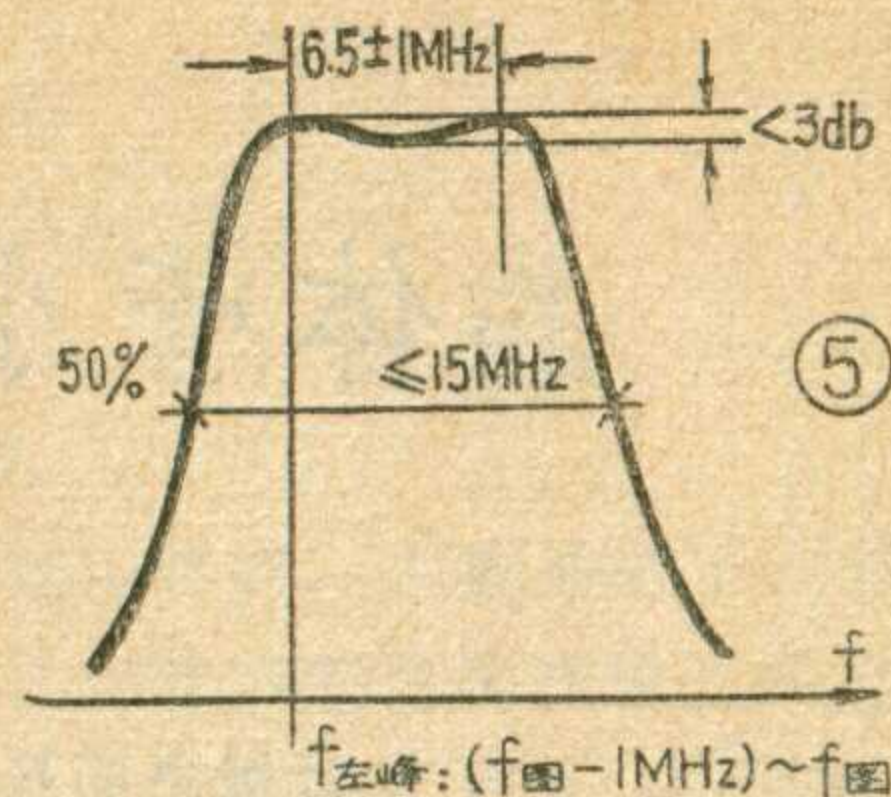
2. 混频输出特性

这里仅指调试混频输出的频率特性。对于高放信号和本振信号在混频管发射结的混频, 只要直流工作点和本振注入信号合适, 即可不做其它调试。

(1) 混频输出频率特性曲线要求见图 3。

(2) 仪器连接方法见图 4。

(3) 调试方法: 频道选择器置空档位置 (因为接入不同频道混频输出特性不同, 所以是以空档为准)。混频输出变压器初、次级线圈绕在同一骨架上, 调整线圈匝间疏密和



两线圈之间耦合距离以及骨架内磁心的位置使曲线满足图 3 要求。有的因回路电容量的偏差, 造成频率偏离较大时, 需调整 C_{20} 或 C_{21} 的电容量。曲线不平度由 R_{10} 调整, 曲线凹陷太大时将 R_{10} 阻值变小。

3. 本振

(1) 要求: 频率调整到所需振荡频率上, 微调范围 $\pm 1.5\text{MHz}$ — $\pm 3\text{MHz}$ 。

(2) 仪器连接方法: 见图 4。

(3) 调试方法: 以第六频道为例, 本振频率应为 205.25MHz, 如果本振级工作正常, 仪器接好后, 在 205.25MHz 附近, 扫频仪屏幕上会出现一个频标。若频率不对, 先改变本振线圈 L_0 的疏密, 使振荡频率 (即出现的小频标) 为 205.25MHz。然后调整微调螺钉, 检查微调范围, 使微调螺钉从全部旋出到全部旋入线圈时, 本振频率应在 $205.25\text{MHz} \pm 1.5\text{MHz}$ — $205.25\text{MHz} \pm 3\text{MHz}$ 范围内变化。如微调变化范围不符合要求, 应再次调整反复进行直到满足要求。

4. 高放、输入回路、高通滤波器

(1) 高放曲线要求见图 5。

(2) 仪器连接方法见图 4。

(3) 调试方法: 首先在第 1 频道确定起控点。

因具有自动增益控制的高放管, 在工作频率不同时, 增益最高点的起控电流值是不同的。频率越高所需要的起控电流越小。在频率最低的第 1 频道, 选取的起控电流值如能使高放刚好起控, 此时的起控电流值, 就能使其它频道进入正向控制区, 所以在第 1 频道确定起控点。(待续)

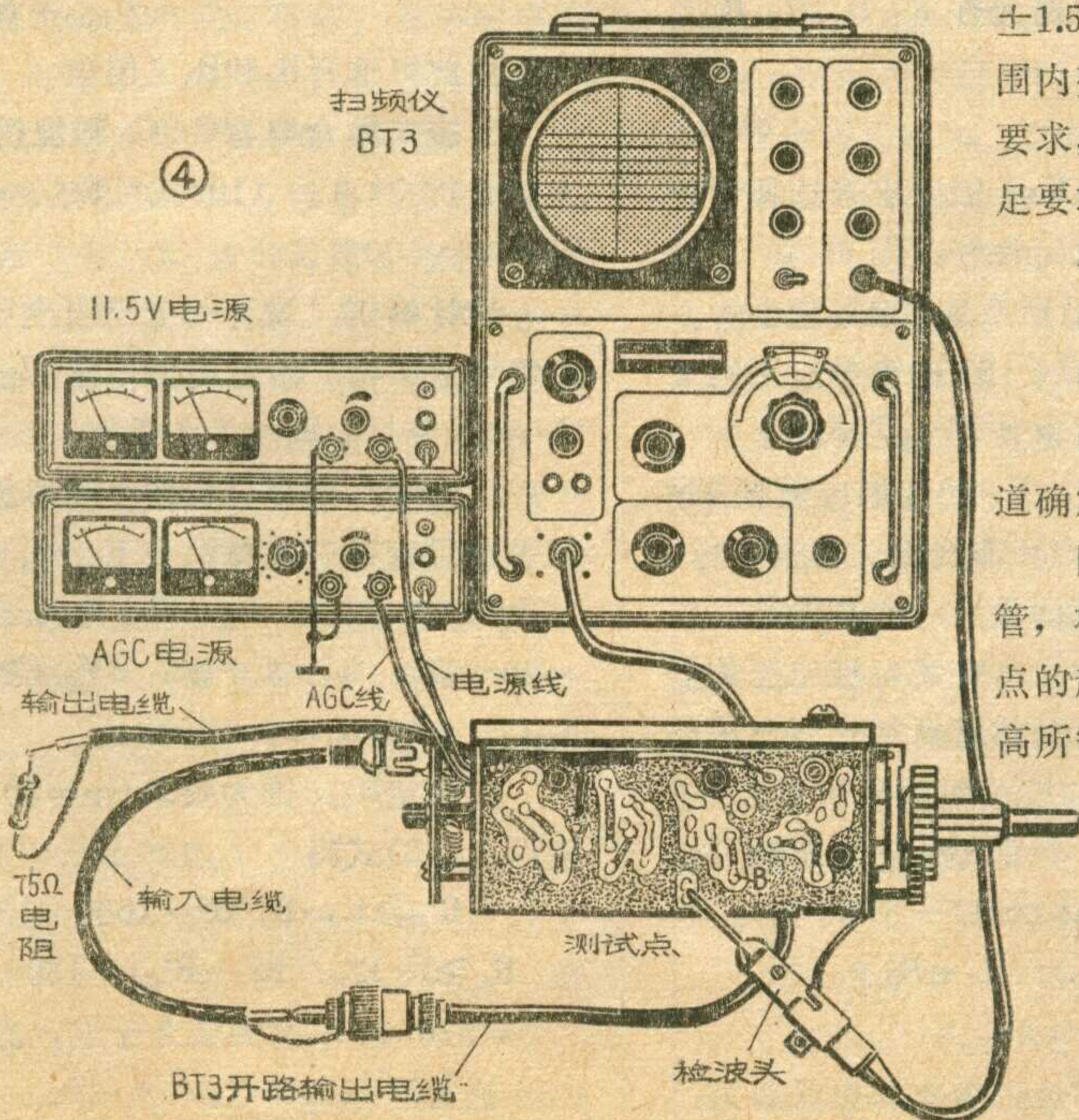
注 1: 仪器连接方法说明

1. 图为调试本振和高放时的连接示意。

2. 检测总曲线时, 将仪器检波头, 改接频道选择器输出电缆的 75 欧负载上, 其它同上。

3. 调试混频中放时, 仪器的检波头, 接频道选择器输出电缆 75 欧负载, 仪器的开路输出电缆接频道选择器 B 点 (见印刷板图)。

注 2: 曲线图中的频带原规定为 5~5.5 兆赫, 新规定为 4~4.5 兆赫。



晶体管小信号低频放大电路设计(续)

上海无线电二厂

对于 C_2 , 由于发射极电阻 R_e 的数值不同而有不同要求。一般 R_e 取2千欧~200欧, 则

$$C_2 \approx (1 \sim 8) / f_L \text{ 微法} \quad (10)$$

式中 f_L 的单位是千赫。

由(10)式可分别算出各级收音机适用的 C_2 为: 三级机 $C_2 \approx 3.3 \sim 27$ 微法; 二级机 $C_2 \approx 5 \sim 40$ 微法; 一级机 $C_2 \approx 7 \sim 53$ 微法。

一般电路中, 发射极旁路电容大多采用30~100微法。耦合电容和发射极旁路电容大多采用电解电容器。

低频放大器的上限频率主要取决于晶体放大管BG的输出电容和下级管子的输入电容并联之值(分布电容较小可忽略), 以及管子的截止频率 f_β 。一般由于负载阻抗 R_L 比较低, 这些电容对音频信号的旁路作用可忽略不计。所以上限频率就决定于 f_β 。共发射极电路截止频率 f_β , 是指在 β 下降到低频 β 值的0.707时的频率。对于常用的小功率锗合金管而言, $f_\beta \approx 8 \sim 10$ 千赫, 所以一般都能满足要求, 我们在电路设计中就不去计算了。

下面介绍常用的小信号阻容耦合放大电路的设计方法。

已知: 电源电压 E_c ; 需要的功率增益 $G_P(K_P)$; 负载阻抗 R_L (即下级放大器的输入阻抗); 低频下限频率 f_L 。

设计要求: 选管, 计算电路元件 R_c, R_1, R_2, R_e 及 C_1, C_2, C_3 。

设计过程:

1. **选管:** 主要按满足 $G_P(K_P)$ 的要求来选择管子的 β 。另外要考虑噪声小和稳定性好, 因此管子的 I_{ceo} (反向饱和电流)和 N_F (噪声系数)应尽量小些。在满足 K_P 的前提下, 最好选 $\beta < 150$ 的管子, 否则工作不稳定。管子的击穿电压要求是 $BV_{ceo} \geq E_c$ 。

2. **决定 R_c 及静态工作点:** R_c 的选取应满足 $G_P(K_P)$ 的要求。 I_{co} 应从兼顾噪声和非线性失真来考虑, 不宜过大过小。为了使动态范围最大, 失真最小, 应使静态工作点位于负载线的中点, 使集电极电压的摆幅上下对称。考虑了 R_L 以后, 晶体管所加电源电压将是等效电源 E'_c , 负载阻抗 R_c 将变为等效阻抗 R'_c 。这时管子将按交流负载线工作。根据等效电源定理可知(参看上海复旦大学编《半导体线路》一书60页):

$$E'_c = (R_L E_c + R_c V_{ceo}) / (R_c + R_L)$$

$$R'_c = R_c R_L / (R_c + R_L)$$

这样, 交流负载线中点对应的电压和电流将为:

$$V_{ceo} \approx E'_c / 2 = (R_L E_c + R_c V_{ceo}) / 2(R_L + R_c) \\ = R_L E_c / (R_c + 2R_L) \quad (11)$$

$$I_{co} \approx E'_c / 2R'_c = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{R_L E_c + R_c V_{ceo}}{R_L + R_c} \right) \left(\frac{R_c R_L}{R_c + R_L} \right) \\ = (R_c + R_L) E_c / (2R_c R_L + R_c^2) \quad (12)$$

根据已知的 K_P 和所选管子的 β 及 R_i , 可求出交流负载 R'_c ,

$$R'_c \geq K_P \cdot R_i / \beta^2 \quad (13)$$

由此可求得直流负载为

$$R_c \geq R_L \cdot R'_c / (R_L - R'_c) \quad (14)$$

再将已知的 E_c, R_L 及求出的 R_c 代入(11)、(12)式, 即可定出静态工作点。

3. **决定 R_e :** 由于 $I_e R_e \approx I_c R_e \approx (0.05 \sim 0.3) E_c$, 故

$$R_e \approx (0.05 \sim 0.3) E_c / I_{cc} \quad (15)$$

4. **决定 R_1 和 R_2 :** 由于 R_1, R_2 对交流而言是并联在输入端的, 故不能太小, 否则输入信号要被旁路掉一部分, 因此

$$R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \geq (5 \sim 10) R_i \quad (16)$$

一般晶体管 $R_i \approx (0.5 \sim 3)$ 千欧, 故

$$R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) \geq (2.5 \sim 30) \text{千欧}; \text{同时应满足}$$

$$E_c \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = V_{beo} + I_e R_e \\ \approx V_{beo} + (0.05 \sim 0.3) E_c \quad (17)$$

由此可选择 R_1 和 R_2 之阻值。

5. **决定耦合电容 C_1, C_3 和发射极旁路电容 C_2 :** 由上面分析及(9)、(10)式可取 $C_1 \approx C_3 \approx 5 \sim 20$ 微法; $C_2 \approx 30 \sim 100$ 微法。

设计举例: 设计一个三级半导体收音机用的低频小信号放大器。给定电源电压 $E_c = 6$ 伏, 功率增益 $G_P = 30$ 分贝, $R_L = 1.3$ 千欧。

1. **选管:** 选常用低频小功率锗三极管3AX31D, 从手册可查得有关参数如下: h_{ie} (输出端短路时的共发电路输入阻抗, $h_{ie} \approx R_i$)为(0.5~4)千欧; $h_{fe}(\beta) = 30 \sim 150$; $f_\beta \geq 8$ 千赫; $BV_{ceo} \geq 12$ 伏; 设所用管子 $h_{fe}(\beta) = 50, R_i = 1.3$ 千欧。

2. **决定 R_c :** 因为要求 $G_P = 30$ 分贝, 即 $K_P = 1000$ 倍, 由(13)式得

$$R'_c \geq K_P \cdot R_i / \beta^2 = 1000 \times 1300 / (50)^2 = 520 \text{欧}。$$

$$\text{故 } R_c \geq R_L R'_c / (R_L - R'_c) = 1300 \times 520 / (1300 - 520)$$

$$= 870 \text{欧}, \text{取系列值 } 2 \text{千欧}, \text{这样 } I_{co} \text{可以较小些。}$$

确定静态工作点:

$$V_{ce0} = R_L E_c / (R_c + 2R_L) = 1.3 \times 6 / (2 + 2 \times 1.3) = 1.7 \text{ 伏};$$

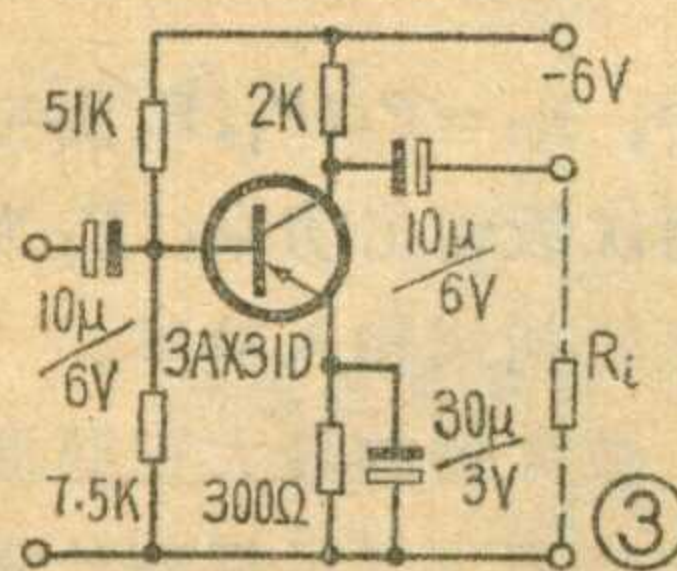
$$I_{co} = (R_c + R_L) E_c / (2R_c R_L + R_c^2) = (2 + 1.3) \times 6 / (2 \times 2 \times 1.3 + 2^2) = 2.1 \text{ 毫安}.$$

3. 决定 R_e : 假定 $I_c R_e = 0.1 E_c$, 由(15)式得

$$R_e = 0.1 E_c / I_{co} = 0.1 \times 6 / 2.1 \times 10^{-3} \approx 300 \text{ 欧}.$$

4. 决定偏流电阻 R_1, R_2 : 由(16)式得

$$R_1 R_2 / (R_1 + R_2) \geq 5R_i = 5 \times 1.3 \text{ 千欧} = 6.5 \text{ 千欧}.$$



因为 $\beta = 50, I_{co} = 2.1 \text{ 毫安}$, 所以

$$I_{bo} = I_{co} / \beta = 2.1 \times 10^{-3} / 50 \approx 40 \text{ 微安}.$$

由(17)式得

$$E_c R_2 / (R_1 + R_2) \approx V_{beo} +$$

$$(0.05 \sim 0.3) E_c = 0.2 + 0.1 \times 6 = 0.8 \text{ 伏},$$

$$R_2 / (R_1 + R_2) = 0.13,$$

故 $R_1 \geq 5R_i / 0.13 = 6.5 / 0.13 = 50 \text{ 千欧}$, 取 $R_1 = 51 \text{ 千欧}$.

$R_2 \geq 0.13 R_1 / (1 - 0.13) = 0.13 \times 51 / 0.87 = 7.6 \text{ 千欧}$, 取 $R_2 = 7.5 \text{ 千欧}$.

5. 决定耦合电容 C_1, C_3 和发射极旁路电容 C_2 : 由于三级机低频下限频率为 $f_L = 300 \text{ 赫}$, $C_1 \approx C_3 \approx 4.1 \text{ 微法}$, 取 10 微法 (耐压 6 伏); $C_2 \approx 3.3 \sim 27 \text{ 微法}$, 取 30 微法 (耐压 3 伏).

放大器的电原理图如图 3 所示。

二、直接耦合反馈对放大器

这种放大器具有增益高、稳定性好、频率响应宽等优点, 在收音机、录音机、电视机、扩音机等设备中得到了广泛应用, 其电原理图如图 4 所示。

图中 C_1 是输入耦合电容; C_2 是输出耦合电容; C_3 是 BG_2 的发射极旁路电容; R_1 是 BG_1 管集电极负载电阻; R_5 是 BG_2 管的发射极稳定电阻; R_6 是 BG_1 的并联负反馈电阻和偏流电阻; C_4 是串联负反馈的隔直电容; $R_3 C_5$ 是 BG_1 和 BG_2 之间的电源退耦滤波电路。

这种电路的增益基本上相当于两级阻容耦合放大器。因为 BG_1 的等效负载电阻是 BG_2 的输入电阻 R_{i2} 与 R_1 并联之值, 当不考虑负反馈时 (即把反馈网络 C_4, R_7 切断), BG_1 的功率增益 (设 $R_1 \gg R_{i2}, R_{i2} \approx R_{i1}$) 为:

$$K_{P1} = \beta_1^2 \cdot \frac{R_c}{R_{i1}} = \beta_1^2 \cdot \frac{R_1 \parallel R_{i2}}{R_{i1}} \approx \beta_1^2 \cdot \frac{R_{i2}}{R_{i1}} \approx \beta_1^2$$

BG_2 的功率增益 (设 $R_4 \gg R_L$) 为:

$$K_{P2} = \beta_2^2 \cdot \frac{R_c}{R_{i2}} = \beta_2^2 \cdot \frac{R_4 \parallel R_L}{R_{i2}} \approx \beta_2^2 \cdot \frac{R_L}{R_{i2}}$$

两级功率总增益为

$$K_P = K_{P1} \cdot K_{P2} \approx \beta_1^2 \cdot \beta_2^2 \cdot R_L / R_{i1} \quad (18)$$

两级电压总增益为

$$K_V = \beta_1 \beta_2 \cdot R_L / R_{i1} \quad (19)$$

两级电流总增益为

$$K_i = \beta_1 \cdot \beta_2 \quad (20)$$

这种电路的直流稳定性好, 主要是由于它有较深的直流负反馈, 可以自动维持稳定的直流工作点, 其稳定过程简述如下。

假设由于某种原因 (如温度升高) 使 BG_1 集电极电流增加, 由于集电极负载电阻 R_1 的压降增大, 使 BG_1 集电极负电压降低 (即向正值靠近)。而 BG_1 的集电极与 BG_2 的基极是直接耦合的, 故 BG_2 的基极负电压也向正值方向增大, 从而使 BG_2 集电极电流减小。 BG_2 的发射极负电压也降低。因为 BG_1 的基极偏置电压是通过 R_6 从 BG_2 发射极上取出的, 故 BG_1 的基极负电压也降低, 使 BG_1 集电极电流减小。这个过程用符号表示即

$$|I_{c1}| \uparrow \rightarrow |V_{c1}| \downarrow \rightarrow |V_{b2}| \downarrow \rightarrow |V_{e2}| \downarrow \rightarrow |V_{b1}| \downarrow \rightarrow |I_{c1}| \downarrow$$

因此, 直接耦合放大器具有较好的直流稳定性。

为了消除由 R_6 引入的交流负反馈而使增益降低,

在 BG_2 发射极对地之间加入一个较大的电解电容器 C_3 。

另外, 由 C_4, R_7, R_2 组成了交流串联电压负反馈, 它的作用是改善失真和频响, 但同时也降低了电路的增益。负反馈的原理简述如下。

当输入一个正弦波信号 V_s , 并假定它的相位在时间 t 时如图 4 所示, BG_1 基极端为正半周, 由于 V_{be1} 与 V_{ce1} 反相变化, BG_1 集电极电压对地为负半周。 V_{be2} 与 V_{ce2} 也是反相变化的, 故 BG_2 集电极输出电压在时间 t 时对地是正半周。通过 C_4, R_7 加到 BG_1 发射极电阻 R_2 上的电压 V_f 对地也是正半周。由图 4 可知, BG_1 的基极——发射极间所加信号电压实际等于 V_f 与 V_s 串联相加, 而两者的相位相反, 所以 V_f 起了削弱 V_s 的作用。反馈电压 V_f 是由 BG_2 输出端通过 R_7, R_2 分压得到的, 它与输出电压成正比, 与输入电压反向串联加到 BG_1 的基极与发射极之间, 所以称为“电压串联负反馈”。

当放大器具有较深的负反馈时, 它的增益几乎与基本电路元件的参数无关, 仅仅决定于负反馈量 (反馈深度), 即决定于反馈网络的元件的参数。

图 4 电路的电流增益不变, 仍为

$$K_{if} = \beta_1 \cdot \beta_2$$

电压增益为

$$K_{vf} \approx R_7 / R_2 \quad (21)$$

功率增益为

$$K_{df} = K_{vf} \cdot K_{if} \approx \beta_1 \beta_2 R_7 / R_2 \quad (22)$$

这种放大电路的设计比较复杂, 这里暂且不谈了。

三、变压器耦合放大器

这种放大器在收音机中多用于音频推动级。由于变压器可以改善放大器与负载的阻抗匹配，所以它能获得较高的功率增益；又因变压器绕组的直流电阻小而交流阻抗大，所以它能扩大放大器的动态范围。但是，它也有缺点，如变压器的引入使放大器的频率相位特性变差，不宜加较深的负反馈，否则容易使放大器工作不稳定。

变压器耦合放大器的电路如图5所示。图中 C_1 为输入耦合电容。 C_2 为发射极旁路电容。 R_1 、 R_2 分别为上、下偏流电阻。 R_3 为发射极电阻。当末级功率放大器为单管甲类放大时，变压器次级只有一个绕组。末级功放为乙类推挽放大时，变压器次级有两个绕组。在末级为推挽放大时，二管的输入电阻分别为 R_{i1} 和 R_{i2} （在晶体管手册中可查）。

变压器耦合放大器和阻容耦合放大器，两者不同之处是工作点和负载线考虑方法不一样。晶体管BG的集电极负载电阻（交流负载）应是次级折算到初级的等效交流阻抗。由变压器的基本知识可知，变压器的匝数与初、次级阻抗（即 Z_1 、 Z_2 ）之间有如下关系：

$$\frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (23)$$

以末级为乙类推挽放大器为例，因为推挽二管是轮流工作的，所以对信号的任意瞬间而言，只有一个功放管的输入电阻接入次级绕组。因此折算时只计算次级线圈的半边。设接在两半边绕组上的两个功放管的输入电阻分别为 R_{i1} 、 R_{i2} ，假定 $R_{i1} = R_{i2} = R_{ip}$ ，初级所接阻抗 Z_1 为 R_L ，故

$$\frac{N_1}{N_2/2} = \sqrt{\frac{R_L}{R_{ip}}} \quad (24)$$

式中： N_1 为初级绕组匝数； N_2 为次级绕组总匝数； R_L 为BG管集电极交流负载阻抗。

应当指出，在BG管的输出特性曲线族中作交流负载线时， Q_0 点对应的电压就是电源电压 E_c ，这是由于变压器初级绕组 N_1 的直流电阻很小，晶体管的集电极电压就等于电源电压的缘故，如图6所示。因此，输出电压的峰—峰值可达电源电压的两倍，在考虑晶体管的耐压时，必须注意使 $BV_{ceo} \geq 2V_{cm} = 2E_c$ 。

由单管阻容耦合放大器的计算，我们对电流、电压增益可推出相似的结果（只算到变压器的初级），即

$$K_i' = \beta \quad (25)$$

$$K_v' = \beta R_L / R_i \quad (26)$$

考虑了变压器的变压比，折合到变压器次级得：

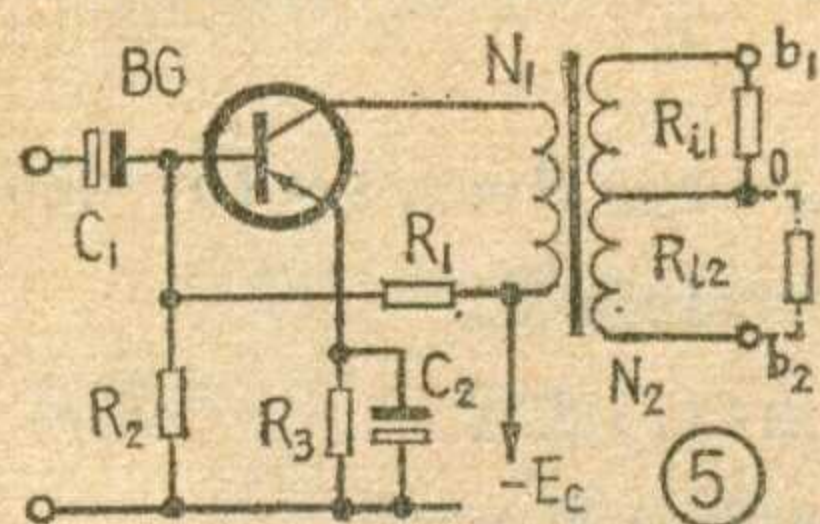
$$K_i = K_i' \cdot N_1 / (N_2/2) = \beta N_1 / (N_2/2) \quad (27)$$

$$K_v = K_v' \cdot (N_2/2) / N_1 = \beta \cdot \frac{R_L}{R_i} \cdot \frac{N_2/2}{N_1} = \beta \cdot \frac{R_{ip}}{R_i} \cdot \frac{N_1}{N_2/2} \quad (28)$$

$$K_D = \beta \cdot \frac{N_1}{N_2/2} \cdot \beta \cdot \frac{R_{ip}}{R_i} \cdot \frac{N_1}{N_2/2} = \beta^2 \cdot \frac{R_{ip}}{R_i} \left(\frac{N_1}{N_2/2} \right)^2 \quad (29)$$

如考虑变压器的效率 η_T 后， K_D 要减小（小功率变压器 $\eta_T = 0.7 \sim 0.8$ ）

$$K_D = \frac{\beta^2 R_{ip}}{R_i} \left(\frac{N_1}{N_2/2} \right)^2 \cdot \eta_T \quad (30)$$



式中： $\eta_T = P_2/P_1$ ， P_2 为变压器次级输出功率； P_1 为变压器初级输入功率。

放大器的最大正弦波输出功率（详见后面计算部分）为：

$$P_1 = \frac{E_c^2}{2R_L} = \frac{E_c^2}{2R_{ip}} \cdot \left(\frac{N_2/2}{N_1} \right)^2 \quad (31)$$

折合到变压器次级的最大正弦波输出功率为：

$$P_2 = \eta_T \cdot P_1 = \frac{E_c^2 \eta_T}{2R_{ip}} \cdot \left(\frac{N_2/2}{N_1} \right)^2 \quad (32)$$

当电源电压 E_c 、下级晶体管输入电阻 R_{ip} 、要求的功率增益 K_D 和下级要求的激励功率 P_2 决定之后，我们就可以着手计算电路参数。

1. 静态工作电流：BG管集电极电压以 Q_0 为中心，以 E_c 为振幅而摆动；集电极电流以 Q_0 为中心，以 I_{co} 为振幅而摆动。因此电路的最大正弦波输出功率为

$$P_1 = \frac{I_{cm}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{cm}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2} I_{co} \cdot E_c \quad (33)$$

由于 $R_L = E_c / I_{co}$ ，所以

$$P_1 = \frac{1}{2} I_{co} E_c = E_c^2 / 2R_L$$

由此可见，要使 P_1 最大和失真最小（即 V_c 和 I_c 的正负摆幅对称），静态工作点 Q_0 应取在负载线的中部。

由(33)式得 $I_{co} = 2P_1/E_c$ ，考虑变压器效率 η_T 后， $I_{co} = 2P_2/E_c \eta_T$ (34)

2. 集电极峰值电流 I_{CM} ，假设集电极电流摆幅正负对称，则最大动态时

$$I_{cmax} = 2I_{co} = 4P_2/E_c \eta_T \quad (35)$$

选管时，所选晶体的最大电流必须大于此值，即 $I_{CM} > I_{cmax}$ 。

3. 集电极峰值电压 V_{Cmax} ：根据前面分析，

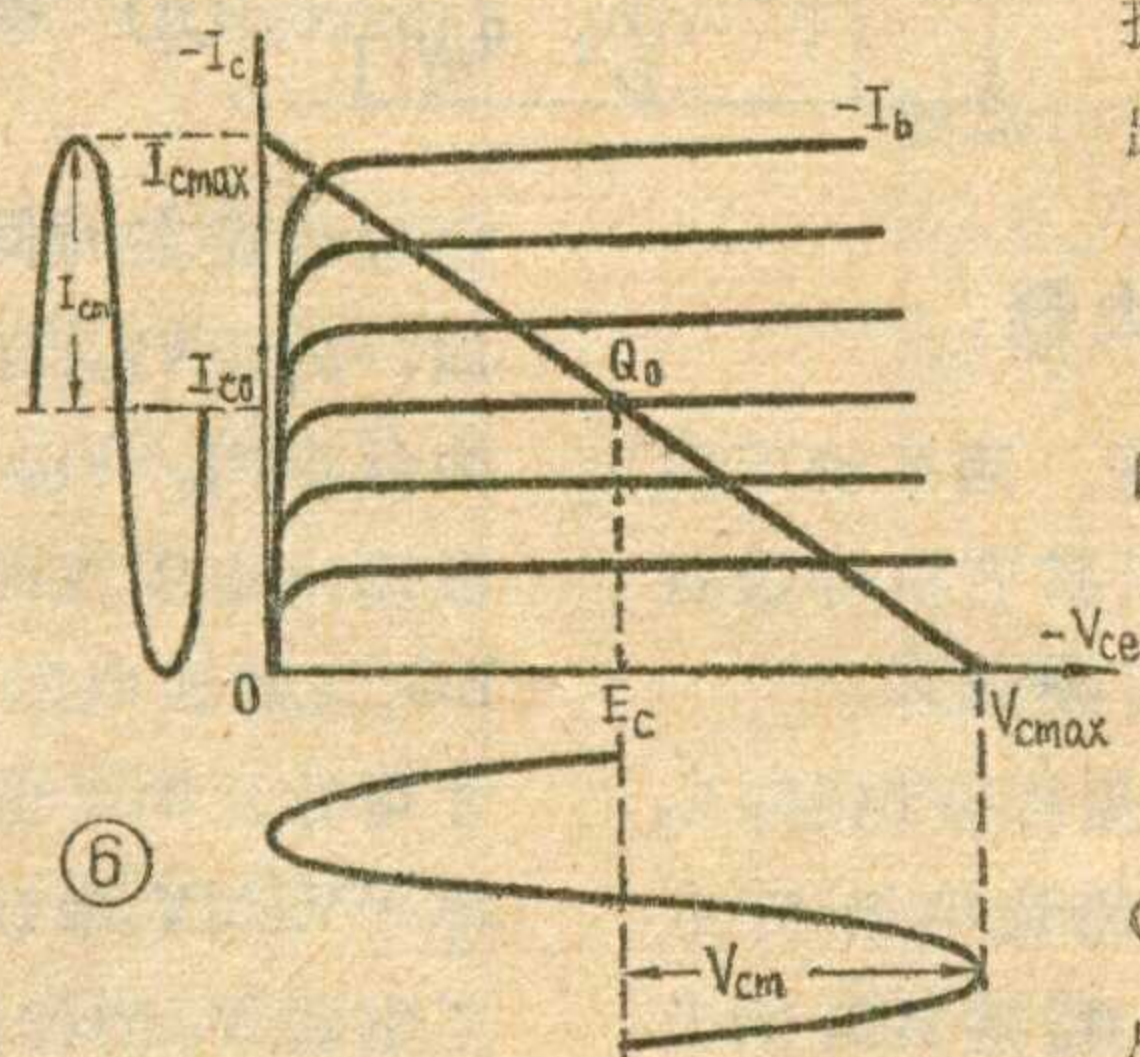
$$V_{Cmax} = 2V_{cm} = 2E_c \quad (36)$$

晶体管的耐压必须大于此值，即 $BV_{ceo} > 2E_c$ 。

$$\text{管耗为 } P_c = E_c \cdot I_{co} \quad (37)$$

晶体管最大功耗必须大于此值， $P_{cmax} > P_c$ 。

4. 交流负载 R_L ：根据电源电压 E_c 和末级激励功率



P_2 可得

$$R_L = \eta_T E_c^2 / 2P_2 \quad (38)$$

5. 功率增益 K_D : 折合到变压器次级, 即将

$R_L = R_{iD} (N_1 / \frac{N_2}{2})^2$ 代入(30)式, 可得

$$K_D = \beta^2 (R_L / R_i) \eta_T \quad (39)$$

6. 变压器参数计算: 末级功放管的 R_{iD} 可查出。

变压器匝数比为

$$\frac{N_1}{N_2/2} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{R_L}{R_{iD}}}$$

考虑到 η_T 后,

$$\frac{N_1}{N_2/2} = \sqrt{\frac{R_L \eta_T}{R_{iD}}} \quad (40)$$

初级电感量为

$$L_1 \geq Z_1 / 2\pi f_L = R_L / 6.28 f_L \text{ (亨)} \quad (41)$$

式中: f_L 为低频下限频率, 单位赫。

设计举例: 设计一个变压器耦合激励级, 电源电压为 6 伏, 末级推挽功放输出功率 P_o 为 500 毫瓦 (采用两只 3AX81B), 低频下限频率为 $f_L = 200$ 赫, $G_D > 30$ 分贝。

1. 静态工作电流 I_{co} : 一般乙类推挽放大器的功率增益约 20~30 分贝, 设为 20 分贝 (即 100 倍), $\eta_T = 0.7$ 。故激励功率为

$$P_2 = P_o / K_D \eta_T = 500 / 100 \times 0.7 = 7 \text{ 毫瓦,}$$

为了留有余地, 增加 50% 的过载量, $P_2 = 10$ 毫瓦。

$$I_{co} = 2P_2 / E_c \eta_T = 2 \times 10 / (6 \times 0.7) = 4.8 \text{ 毫安}$$

2. 集电极峰值电流:

$$I_{cmax} = 2 I_{co} = 2 \times 4.8 = 9.6 \text{ 毫安}$$

3. 集电极峰值电压

$$V_{cmax} = 2 E_c = 12 \text{ 伏}$$

管子的集电极功耗

$$P_c = E_c \cdot I_{co} = 6 \times 4.8 = 28.8 \text{ 毫瓦}$$

由此可选用 PNP 型锗小功率管 3AX31B, 该管参数为 $P_{cmax} = 125$ 毫瓦, $BV_{ceo} = 18$ 伏, $I_{CM} = 125$ 毫安, 均大于上面各计算值, 故管子合用。

4. 交流负载 R_L :

$$R_L = \eta_T E_c^2 / 2P_2 = 0.7 \times 6^2 / 2 \times 10 \times 10^{-3} = 1.26 \text{ 千欧。}$$

5. 功率增益 K_D : 设 3AX31B 的 $\beta = 50$, 由前面(3)式得

$$R_i \approx \beta \cdot 26 / I_e = 50 \times 26 / 4.8 = 270 \text{ 欧,}$$

故 $K_D = \beta^2 \cdot (R_L / R_i) \cdot \eta_T = 50^2 \times (1260 / 270) \times 0.7 = 8 \times 10^3$ 倍, 约 39 分贝, 可以满足要求, 如不满足, 可选用 β 更高的管子。

6. 变压器计算: 由 3AX81B 的输入特性求得 $R_{iD} \approx 100$ 欧, 故

$$\frac{N_1}{N_2/2} = \sqrt{\frac{R_L \eta_T}{R_{iD}}} = \sqrt{\frac{1260 \times 0.7}{4 \times 100}} = 2.96$$

$$N_1 / N_2 = 2.96 / 2 = 1.48$$

变压器初级绕组电感量

$$L_1 \geq R_L / 6.28 f_L = 1260 / 6.28 \times 200 = 1 \text{ 亨}$$

★ ★ ★ ★

更正: ①今年 4 期 20 页图 3 的 6N1 管栅极应标 2, 阴极应标 3, 灯丝 F_2 的 3 取消。②今年 5、6 期 27 页右栏倒数 10 行 E_n 应改为 E_c ; 又 46 页表 2 ② 50 应改为 ③ 30。

一些常用国产低频中、小功率 晶体三极管的主要特性(二)

封三说明

1. 本期所刊登的各型晶体三极管, 其中 3BX 系列是锗 NPN 型的; 3DX 系列是硅 NPN 型的; 3CX 系列是硅 PNP 型的。

2. 3BX3、3BX6、3BX31 等管子是与 3AX31 互补, 用于互补对称无输出变压器或无输出电容器电路。

3. 3CX200~204、3DX200~204 等管子是为晶体管收音机配套而设计的新型产品。特别宜作互补对

称输出之用。由于该系列产品是采用平面扩散工艺, 实测 f_T 一般都在几十兆赫以上, 故也可作高放、振荡之用, 而在作低放和功放时应避免高频自激。

3CX200、3DX200、3CX203、3DX203 是一般金属壳 B_1 、 B_3 式封装, 电极引线如图 3 所示。3CX201~202、3DX201~202、3CX204、3DX204 为塑料封装, 电极引线如图 5、图 6 所示。使用时要分清 PNP、NPN

二种不同的极性, 注意电流、电压极性不能接反, 否则会损坏管子。

4. f_T : 特征频率, 即共发射极电流放大系数下降到 1 时的频率。一般用 f_T 来表征高频管

测试条件 型号	参数 I_{CBO}	I_{CEO}	h_{FE}	h_{te}	f_T	τ_b	BV_{CEO}
3BX3	$V_{CB} = 6V$	$V_{CE} = 6V$	$V_{CE} = 1V$ $I_C = 100mA$	—	—	$V_{CE} = 6V$ $I_C = 10mA$	$I_C = 2mA$
3DX5	$V_{CB} = 5V$	—	—	$V_{CB} = 5V$ $I_E = 5mA$	$V_{CB} = 5V$ $I_E = 5mA$	—	—
3DX200	$V_{CB} = 10V$	$V_{CE} = 10V$	$V_{CE} = 1V$ $I_C = 50mA$	—	—	—	$I_C = 0.1mA$

电动式橡皮边扬声器

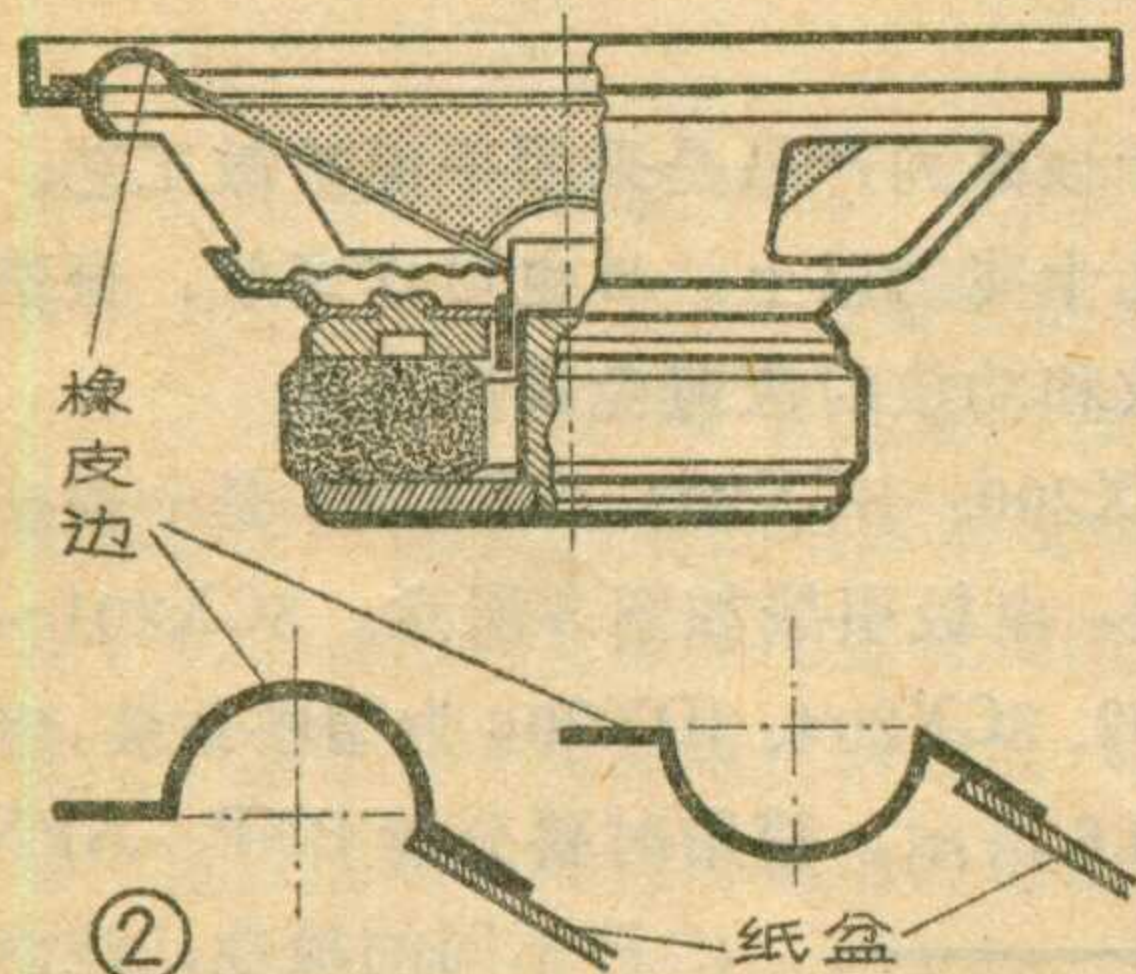
上海无线电十一厂 黄旭聪

这种扬声器具有谐振频率低和失真小等优点，应用日益广泛。采用这种扬声器与中高频扬声器、分频器和适当的扬声器箱组合后，可用于录音监听、会场扩音等高传真放音系统中。

一、一般电动式纸盆扬声器的缺点

一般电动式纸盆扬声器结构比较简单，电性能良好，因而适用于收音机、电视机、录音机和电影放映机等声音重放设备中，但也存在两个比较难克服的缺点：

1. 在频率响应曲线中产生峰、谷点：图1为“飞乐”牌 YD10-3003 型扬声器的频响曲线。可以看出，在 1600 赫附近出现一个峰点，紧接着又出现一个谷点，更高的频率则产生更多的不规则的峰、谷点。为了找出这些峰、谷点产生的原因，我们可以用电容法测试纸盆振动情况，也可以将白色粉末撒在纸盆上，直接观察扬声器工作时纸盆的振动情况。但当频率较高时，由于纸盆振幅较小，用上述二种方法就不准确或无法观看了。近年来，



通过激光全息摄影，在全频带内都可以清楚地看出扬声器工作时，并非象理论上所讲的作活塞振动，而是在纸盆锥体部分产生很多节线，在纸盆边缘产生很多局部振动，一般称为边缘共振。摄影表明，当强烈的边缘共振频率的相位与纸盆锥体部分振动频率的相位相同时形成峰点，相反时则形成谷点。并在该频率附近产生较大的谐波失真。实

践证明，大多数扬声器都存在着中频谷点。为了减小这些峰、谷点和谐波失真，我们可以在纸盆边缘增加阻尼，如涂上软性橡胶或选用适当的纸浆材料和工艺。但要完全消除中频峰、谷点和谐波失真还是比较困难的。图1中虚线为涂软性橡胶后同一只扬声器的频响曲线。

2. 众所周知，如果把扬声器放在无限大障板上，扬声器的频率下限便取决于扬声器本身的谐振频率，因此要获得较好的低频响应，扬声器的谐振频率应较低。“飞乐” YD10-3003 型扬声器的谐振频率只有 55 ± 10 赫，因而低频响应不是最理想的。用类比线路可求得扬声器的谐振频率的公式如下：

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_m(M_m + M_A)}}$$

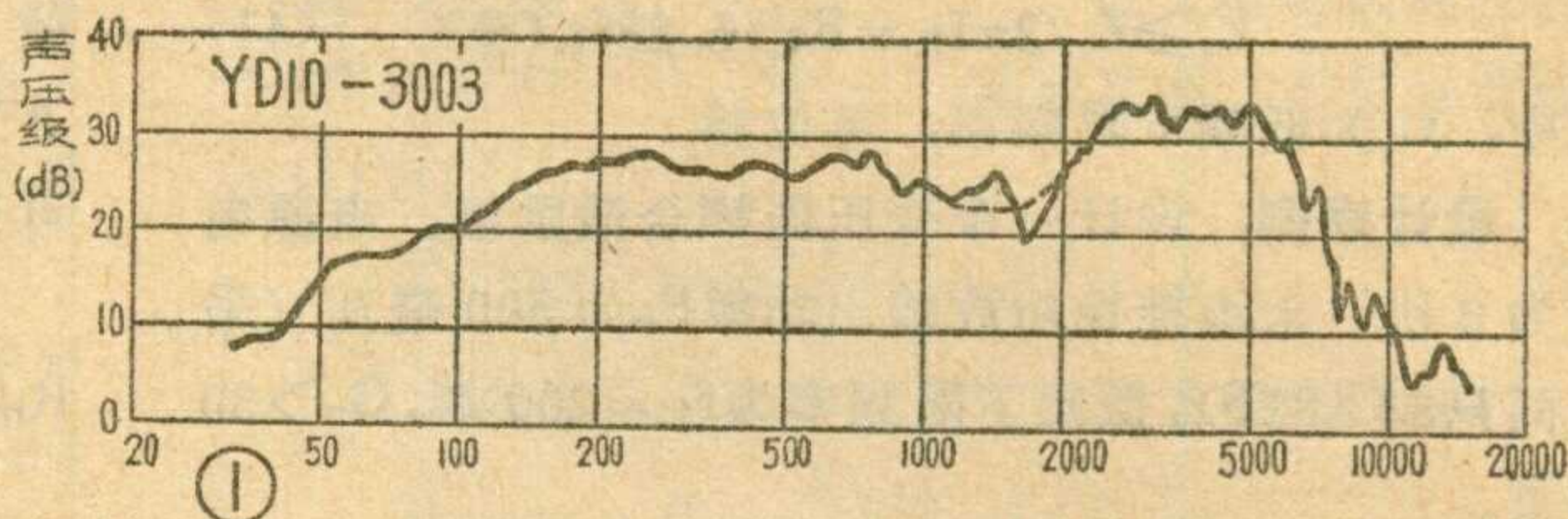
式中： C_m ——扬声器振动系统的总顺性（牛顿/米）；

M_m ——振动系统的质量（千

克）；

M_A ——纸盆振动时空气负载质量（千克）。

上式表明，要降低扬声器的谐振频率，可以在音圈或纸盆上附加质量，使 M_m 增大。但这样容易引起碰圈，因此很少采用。其次也可以增加振动系统的总顺性，即纸盆



和定位支片的顺性。为此，纸盆边缘必须做得很薄，但边缘太薄，势必影响纸盆的牢固度，因而纸盆的谐振频率不能做得太低，也就限制了纸盆扬声器的低频响应。飞乐 YD10-3003 扬声器的参数为： $f_0 = 55 \pm 10$ 赫； $C_m = 5 \times 10^{-4}$ 牛顿/米； $M_m = 0.015$ 千克； $M_A = 0.002$ 千克。

二、橡皮边扬声器的结构和特点

随着我国电子工业的发展，近年来频带宽和失真小于 1% 的大功率扩音机已成批生产，并广泛用于电影录音、电台监听和会场扩音等场合，但作为声音重放设备的纸盆扬声器由于存在上述缺陷已不适应形势的需要。为此我厂广大职工在党组织的领导下，贯彻独立自主、自力更生的方针，组织三结合设计小组，陆续试制成功各种规格的橡皮边扬声器，经有关部门试用，收到良好的效果。

橡皮边扬声器的结构如图 2 所示。从图中可看出，它与一般电动式扬声器的工作原理是一样的，只不过是纸盆边缘用的材料不同而已。由于纸盆边缘采用富有弹性和

的频率特性，但也有个别低频管用

它来表示，如表中 3DX5 就是一例。

其余参数的意义请参阅上期封三说明。

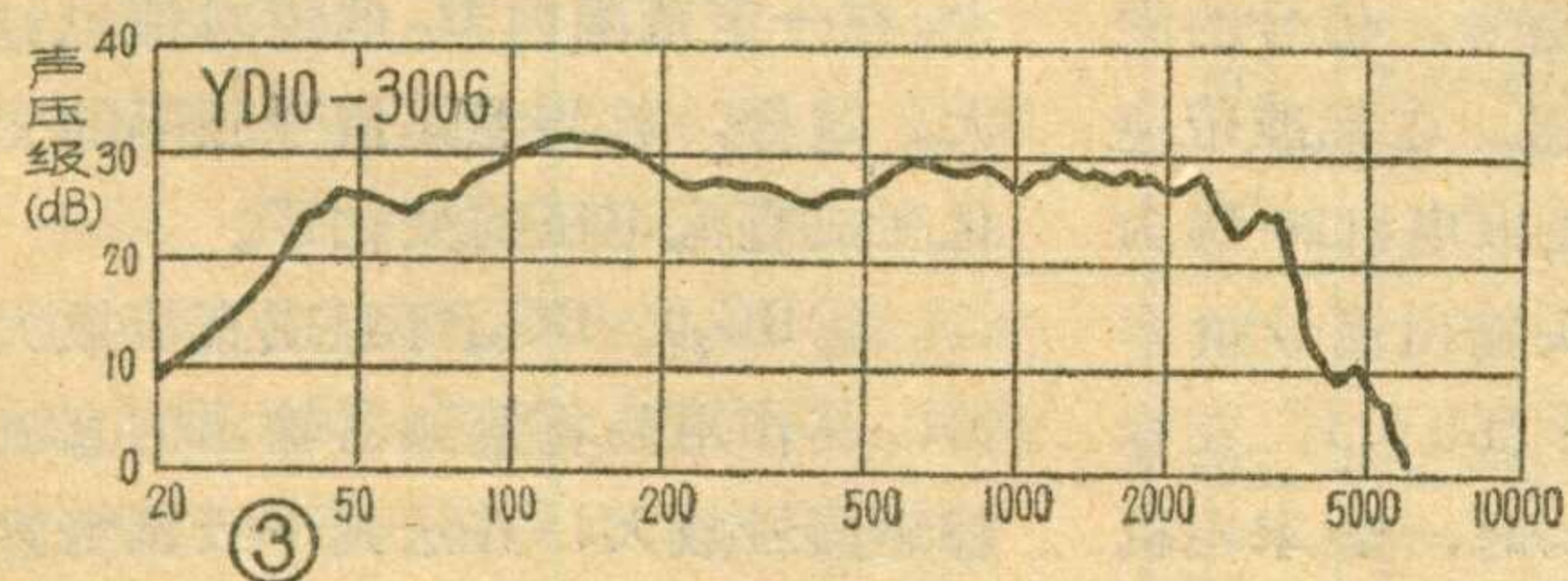
5. 图 1 至图 4 (电极位置图)

是管脚朝上时的电极引线位置图。

6. 在 19 页表中列出几个典型管子的测试条件作参考，环境温度是 25°C 。

(李锦春编)

内阻尼的丁腈橡胶（或其他橡胶），因而可以使扬声器的谐振频率很低，另一方面也大大削弱了边缘共振的危害。图3为“飞乐”牌 YD10-3006 型橡皮边扬声器的频率响应曲线，曲线非常平坦，几乎完全消除了由边缘共振引起的中频峰、谷点。满功率时的谐波失真均在5%以下，实测为2%左右，比一般纸盆扬声器小得多。该扬声器的谐振频率为15~25赫，其顺性为 $C_m = 30 \times 10^{-4}$ 牛顿/米。因而这类扬声器又称低共振扬声器，或大顺性扬声器、气垫式扬声器（振动系统象靠空气支撑）。橡皮边的几何形状有二种：一种是往外“凸”，另一种是往里凹（见图2下部小图）。由于扬声器工作时纸盆作往复运动，



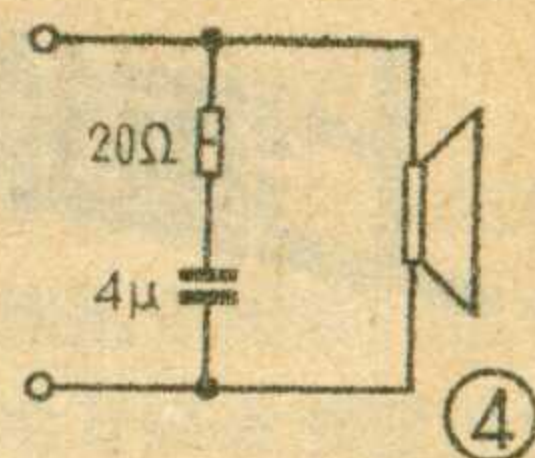
驱动周围空气发出声音。因此这两种形状的边缘的效果是一样的。橡皮边与纸盆的粘结可用酚醛丁腈粘合剂，也可以用88号橡胶胶合剂。为了获得良好的线性，以减少扬声器的互调失真，我厂各类橡皮边扬声器均采用长音圈。

由于这类扬声器的谐振频率很低，所以配合较小的扬声器箱就可获得满意的低频响应，因而最适用于受空间限制的声音重放环境中。

三、橡皮边扬声器的使用

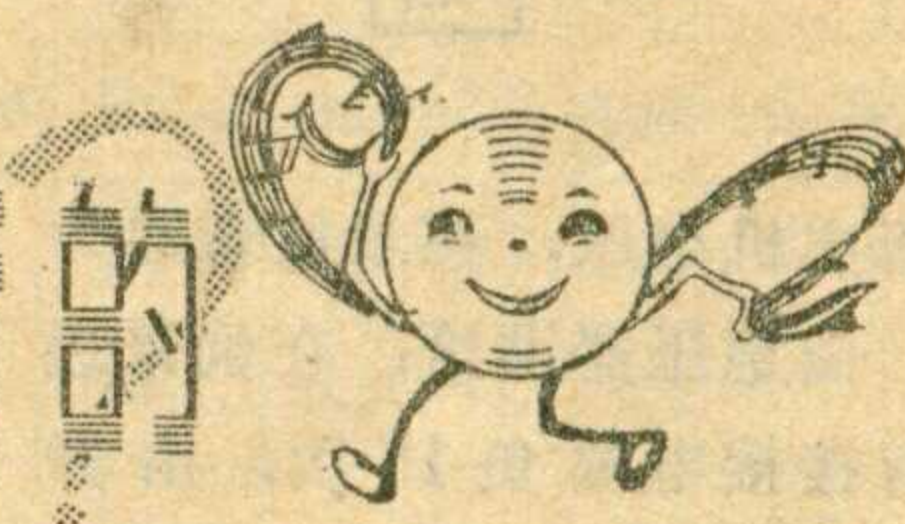
如上所述，橡皮边扬声器虽然有失真小和共振频率低等优点，但事物都是一分为二的。由于这类扬声器的纸盆边缘采用橡胶或其他阻尼大的材料，再加上纸盆和音圈的质量都较大，因而导致了扬声器的效率大大降低。根据实测结果，其平均声压级一般较同类型扬声器低2~4分

贝，个别产品甚至低10分贝。为此扩音机的功率应相应增加，以免引起扩音机过



荷失真。其次，扬声器工作时，纸盆前面辐射的声波与背面辐射的声波是一样的，但相位相反，因此扬声器工作时一定要装在大小合适的箱子里才能获得较理想的低频响应，否则会产生“声短路”，致使纸盆振幅过大，损坏音圈和纸盆。第三，为了获得平坦的频率响应和减少互调失真，我厂各类橡皮边扬声器均采用四层平绕长音圈，圈数多、感抗大，尤其在高频段更显著。因此，当这类扬声器与分频器配合使用时，由于阻抗不是纯阻，因而容易引起扩音机的失真。为此，可在橡皮边扬声器二端并接适当的电阻电容，使其总阻保持不变，具体线路见图4。是否要接这二个元件，和所用扩音机有关，可通过试验自行确定。

唱片是怎样记录和重放声音的



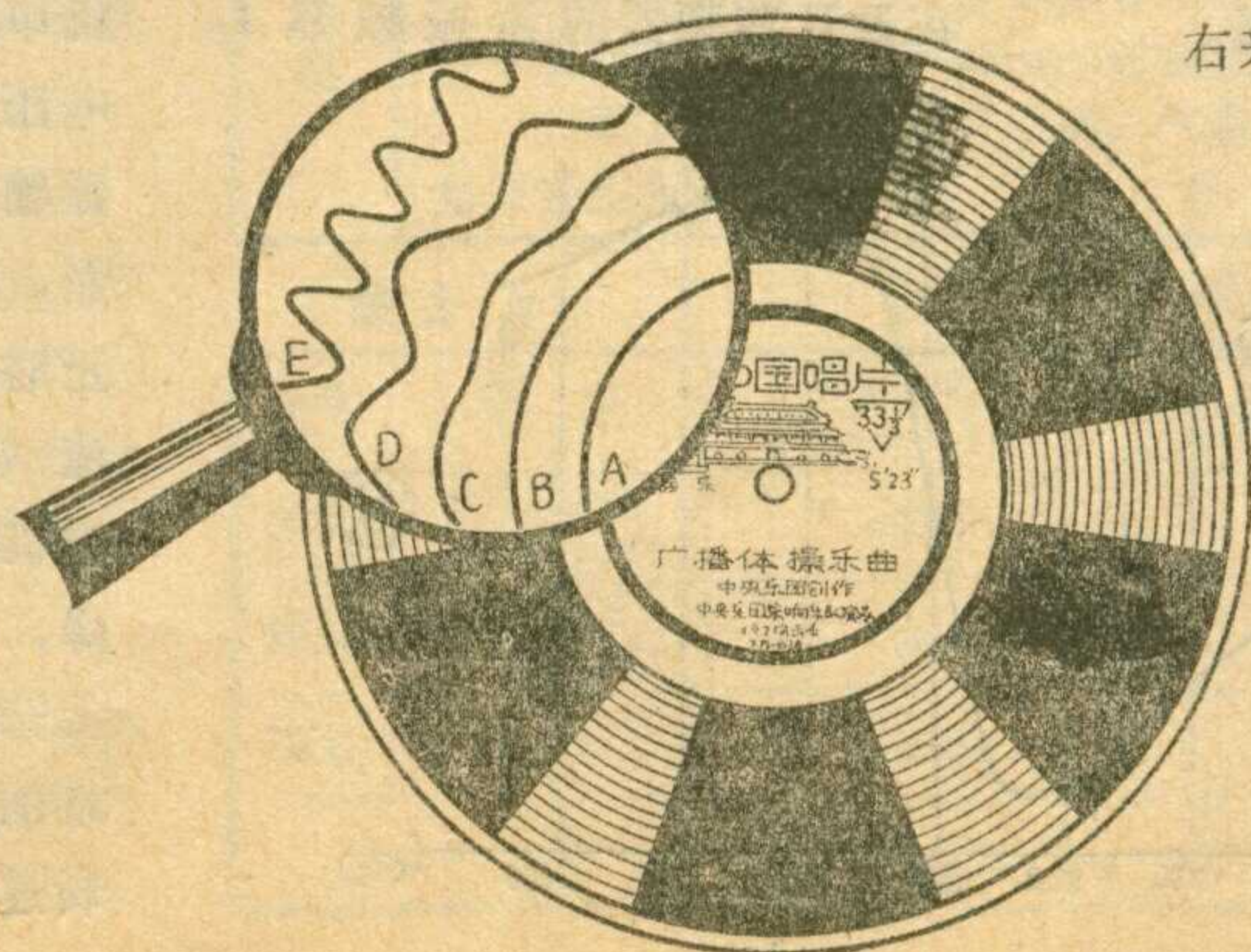
陈亚东

大家知道，唱片是一种塑料制品，它上面有几百圈很密集的弯弯曲曲的存贮声音的音槽，当你将唱片切开，用放大镜观察其断面的时候，会发现很多V形小槽。通常是用电唱机使存贮在这种V形音槽里的声音重放出来，所以叫做唱片。

制作唱片时，首先将声音记录在一张录音片上，然后再翻制成金属模版，最后用压塑或注塑的方法复制出成千上万张塑料唱片。可见，唱片和录音片的音槽是完全一样的。

录音片是怎样录音的呢？它是利用所谓“机械录

音”的方式，即把磁带录音机录制的声音信号通过音频放大器放大以后，来驱动一个“刻槽头”上的刻刀产生左、右机械振动，并在稳速旋转着的录音片上刻出弯弯曲曲的音槽。



那末音槽又是怎样记录声音呢？这就要看一下刻槽头的工作了。当刻刀的尖端和旋转的录音片表面相接触的时候，如果刻刀不振动，它就把录音片刻成平滑的“哑音槽”（图中A、B）；倘若刻刀左、右来回振动，则将录音片刻成波浪形的音槽（见图中的C、D、E）。如声音的响度不同，刻刀振动的幅度不一样，刻出波浪形音槽的幅度也不相同（如图中C、D）。假如声音的音调高（音频信号的频率高），刻刀左、右振动的次数也就多，结果又会使音槽出现更多的“浪头”（图中E）。

（下转第27页）

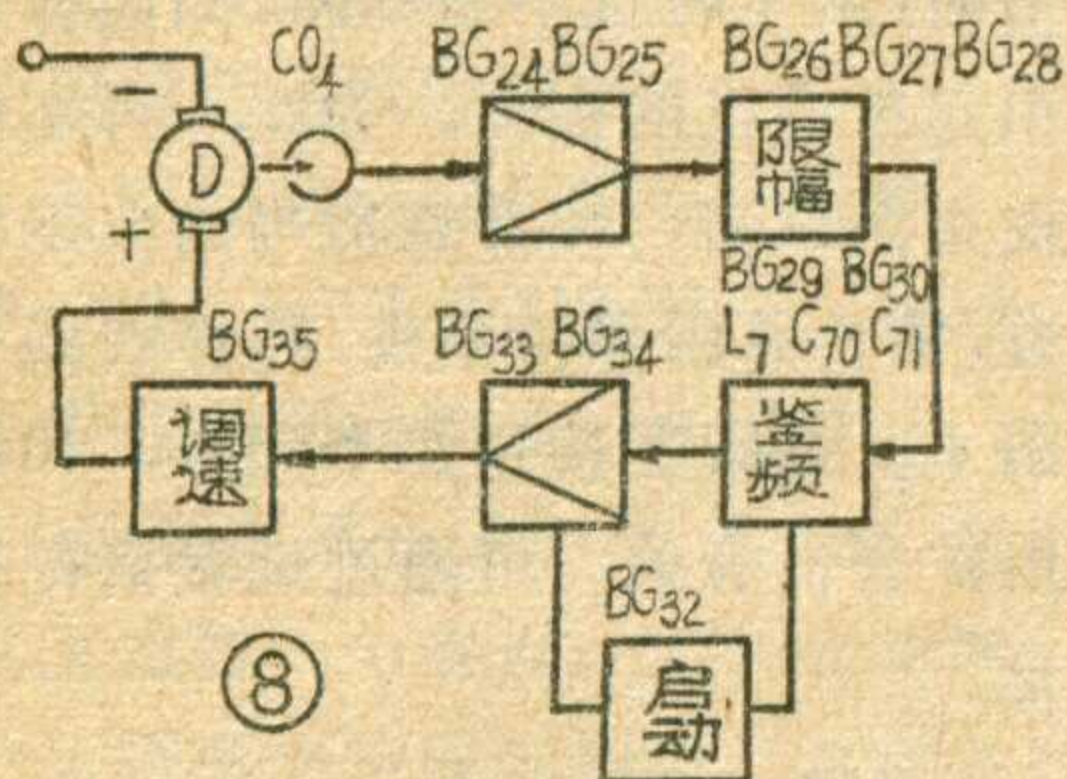
上海牌 LY-321 晶体管磁带录音机简介及维修 (续)

上海录音器材厂技术组

5. 电源。

本机可采用交、直流两用电源，不用交流整流器时，可由内接15伏电池供电。

晶体三极管 BG_{36} 、 BG_{38} 、 BG_{39} 及齐纳二极管 BG_{37} 组成串联调压式稳压器，输入电压为负15伏，输出电压为负9伏±2伏。输出电压由 R_{119} 调整， R_{119} 增大，输出电压升高； R_{119} 减小，输出电压降低。 R_{119} 的阻值一般在180欧~300欧范



围以内。

直流机电电压，在录放音时为负9伏，由稳压器供给；在倒带速进时，直接接电源负15伏，由开关 K_2 控制。

6. 稳速电路。

由于负载的变化和电源电压的变化，常常会引起直流电机转速不稳，负载重或电压低时转速慢，负载太轻或电源电压太高时转速又会变的太快，这样就会影响录音机的质量，所以设计了一个稳速电路。

稳速电路的方框图如图8所示，它的基本道理是利用一个测速磁头 CO_4 ，从转动的金属测速盘上感应出一个信号，经放大、限幅和鉴频后，控制和改变电动机的电压，从而达到控制电动机转速的目的。下面具体说明这一部分的原理。

①测速圆盘和测速磁头 CO_4 ，其作用是产生稳速信号。测速圆盘装在电机转子的主轴上，圆盘外缘铣有360个齿，测速磁头与圆盘靠的很近。当圆盘转动时，在测速磁头中将感应出交流信号，信号的频率决定于圆盘的转速。在标准带速为9.53厘米/秒时，要求电机转速为5转/秒，则测速磁头输出信号频率为1800赫(5转/秒×360齿)；在标准带速为4.75厘米/秒时，要求电机转速为2.5转/秒，则测速磁头输出信号频率为900赫(2.5转/秒×360齿)。

② $BG_{24} \sim BG_{28}$ 组成放大限幅器，能对来自测速磁头的稳速信号进行放大并限幅。 BG_{27} 和 BG_{28} 组成串联式低阻抗输出器，使其和下一级鉴频器达到较好的阻抗匹配。

③ L_7 、 C_{70} (或 C_{71})、 BG_{29} 、 BG_{30} 、 R_{103} 、 R_{104} 、 C_{73} 、 R_{107} 等组成串联鉴频器。其作用是将稳速信号的频率变化，经鉴频后变为直流电压的变化。

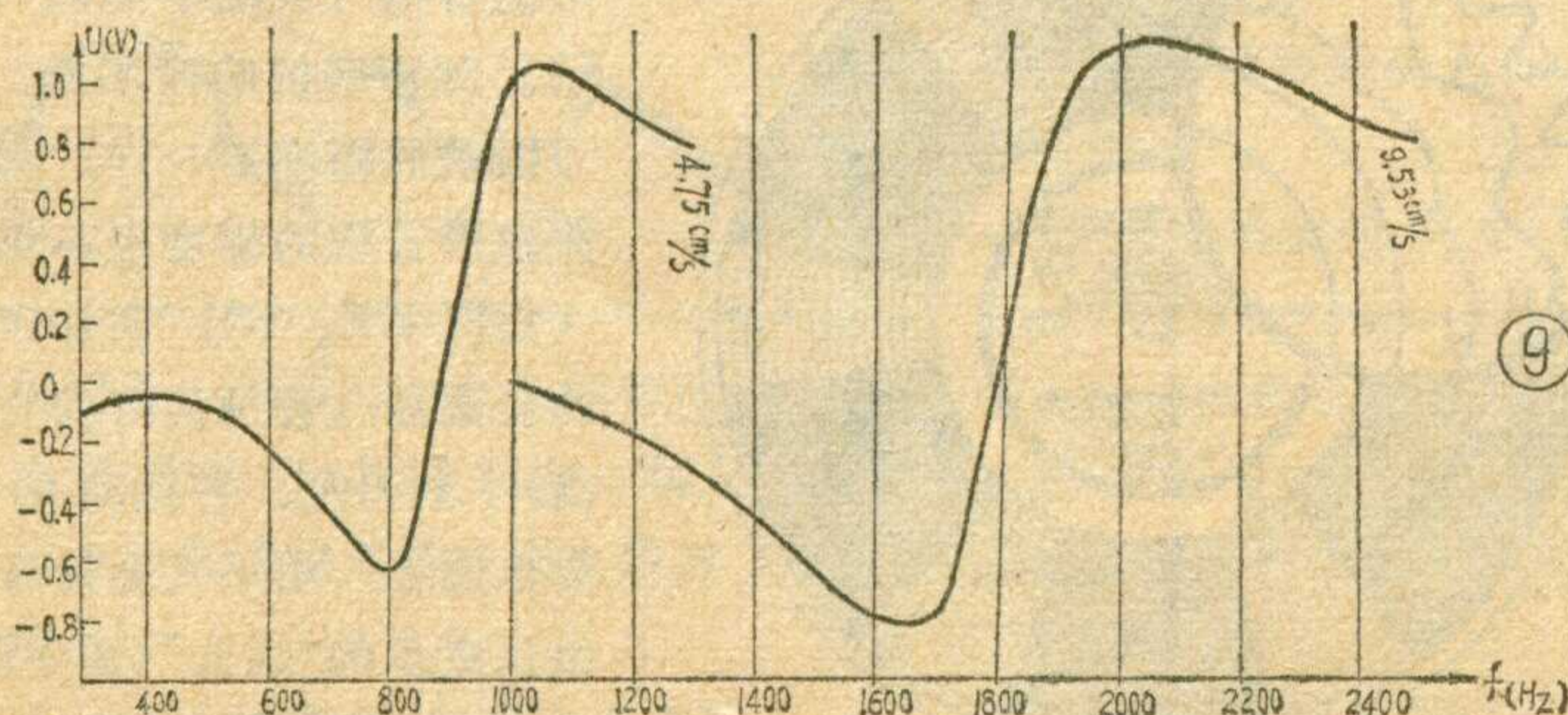
在设计鉴频器的谐振频率 f_0 。

时，我们也分别令它为1800赫和900赫。即在设计线圈 L_7 时，令2—4两端的电感量为400~470毫亨，则在带速为9.53厘米/秒时，它与 C_{70} (15000微微法) 串联谐振于1800赫左右；在带速为4.75厘米/秒时，与 C_{71} (63000微微法) 串联谐振于900赫左右。鉴频器的频率特性如图9所示，当稳速信号频率 $f=f_0$ 时，电容器 C_{73} 两端电压 $U_c=0$ ；当 $f>f_0$ 时， U_c 对地为正值；当 $f<f_0$ 时， U_c 对地为负值。 f 与 f_0 相差越大，在一定范围内 U_c 的绝对值也越大。这样，就将稳速信号频率的变化变成直流电压的变化了。

④ BG_{33} 、 BG_{34} 等组成直流放大器，其作用是将鉴频器输出的直流稳速信号放大，并送到下级调整管的基极。

直流放大器输出直流电压的中心值，由 BG_{33} 基极偏置电路控制。带速为9.53厘米/秒时，由 W_6 控制；带速为4.75厘米/秒时，由 W_7 调整。

⑤ BG_{35} 是调整管，与直流电机串联，其基极电压受直流放大器输出电压的控制，基极电压趋正时，集电极电流(也就是流过电机的电流)下降，集电极电压上升，使电机两端的电压下降，转速则减慢；基



极电压趋负时，集电极电流上升，集电极电压下降，电机两端电压上升，转速加快；基极电压为规定的中心值时，电机转速为规定要求（如5转/秒或2.5转/秒）。

⑥启动电路由BG₃₁、BG₃₂和C₇₅等组成。其作用是利用C₇₅的瞬间充电电流，加速电机的启动，或缩短由慢速（2.5转/秒）向快速（5转/秒）转换的过程；利用C₇₅的瞬间放电电流，加速由快速向慢速转换的过程。C₇₅的充放电，由BG₃₁和BG₃₂组成的开关电路控制。

上述几个部分，组成了稳速系统的闭合环节。下面举例说明它的稳速过程：

①如果电机因负载加重、电源电压下降或在启动过程中，转速低于额定转速。这时测速磁头产生一个稳速信号，经放大限幅后去鉴频器，因此时稳速信号频率 $f < f_0$ ，鉴频器输出电压将为负值，经直流放大器去BG₃₅基极，促使BG₃₅集电极电流上升，电机两端电压提高，使其转速不断趋近额定转速。

电机如果因负载减轻、电源电压升高或电机由快速变换为慢速时，转速高于额定转速，则 $f > f_0$ ，其稳定过程和上述相反。

②当电机接通电源启动时，电源马上向C₇₇充电，充电路线是：E₊→C₇₇→C₇₅→R₁₁₂→R₁₀₃→E₋，则BG₃₄导通→BG₃₅导通→电机D转动，又经过一系列稳速过程，使电机达到额定转速。

③当电机在快速运行中，变速开关K₅由快速（9.53厘米/秒）扳到慢速位置（4.75厘米/秒）时，L₇的5—6端的感应电压，经BG₃₁、C₇₂、R₁₀₅和C₇₄整流滤波后去BG₃₂，使BG₃₂导通，C₇₅经R₁₁₂和BG₃₂产生瞬间放电电流，促使BG₃₄基极电位的绝对值迅速下降，这就加速了电机由快速向慢速的转换过程。

应该指出，为了使上述稳速电路顺利地工作，测速磁头感应出的信号要足够大。在带速为9.53厘米/秒

时，输出电压应不小于40毫伏。可调节测速磁头与金属测速盘的距离来实现上述要求。

三、常见故障检修

下面讲到的，是只利用万用表就能检查解决的一些常见故障，目的是为了对日常的简易维修有所帮

助。
1. 接通电源立刻烧保险丝。

发现这样的情况后，应首先检查-15伏电源对地是否短路。把电源开关K₁关断，用万用表测量其接点对地电阻。如果没有短路，则烧保险丝的原因可能在功率板上，功率板上常常是BG₁₅、BG₁₆损坏，特

表1 各级放大器的静态工作电压

测试点 电压 序号	C (V)	b (V)	e (V)	测试点 电压 序号	C (V)	b (V)	e (V)
BG ₁	2.2—2.5	1.1—1.2	1.0—1.1	BG ₁₇	9	4.8—5.0	4.5—5.0
BG ₂	6.1—6.4	1.85—1.90	1.80—1.85	BG ₁₈	4.5—5.0	0—0.05	0
BG ₃	3.6—3.8	1.48—1.50	1.38—1.40	BG ₁₉	3.8—4.0	1.1—1.3	1.0—1.2
BG ₄	3.8—4.0	1.95—2.00	1.90—1.95	BG ₂₄	3.7—5.1	0.16—0.19	0.05—0.07
BG ₅	4.3—4.6	1.98—2.10	1.9—2.0	BG ₂₅	4.6—4.8	3.2—3.4	3.1—3.3
BG ₆	8.8—9.0	8.50—8.65	8.4—8.6	BG ₂₆	0.44—0.47	0.57—0.60	0.40—0.42
BG ₇	9	+5.2—+5.4	0.25—0.30	BG ₂₇	8.5—8.9	0.44—0.47	0.27—0.30
BG ₈	9	+5.2—+5.4	0.25—0.30	BG ₂₈	0.27—0.30	0.36—0.42	0.03—0.07
BG ₉	0.88—0.90	0.48—0.50	0.45—0.48	BG ₃₂	>7		0
BG ₁₀	1.6—1.8	0.88—0.90	0.78—0.80	BG ₃₃	7.65—8.10	0.34—0.36	0.44—0.46
BG ₁₁	3.28—3.30	0.68—0.72	0.58—0.68	BG ₃₄	8.5—8.9	0.44—0.46	0.20—0.22
BG ₁₂	3.1—3.3	1.3—1.5	1.2—1.4	BG ₃₅	4.5—2.5	0.20—0.22	接近0
BG ₁₃	6.3—6.5	2.1—2.5	1.8—2.0	BG ₃₆	9.3—9.5	6.2—7.7	6.0—7.5
BG ₁₄	4.45—4.65	0.48—0.52	0.38—0.43	BG ₃₈	15	9.2—9.3	9
BG ₁₅	9	5.0—5.1	4.8—5.0	BG ₃₉	15	9.3—9.5	9.2—9.3
BG ₁₆	0—0.05	4.45—4.65	4.5—5.0				

说明
1. 各级放大器的集电极(c)、基极(b)、发射极(e)对地电压，除单独标明“+”号外，其余均是负电压。
2. 电压值是在静态时（BG₂₄~BG₃₅在工作情况下），用500型万用表测得的数值。
3. BG₃₃、BG₃₄、BG₃₅的工作电压随电动机电流I_D而变，这三只管子的电压值是在I_D=28~48mA时测得。
4. 管子的I_{ceo}、β各有不同，气温也不同，表中电压数值仅供参考，允许误差为±20%。

表2

序号	型号	I _{ceo} (μA)	hFE	BV _{CEO} (V)
		V _{CE} =-10V	I _C =10mA V _{CE} =-0.5V	I _C =100μA
BG ₃₃	3AK20B (3AG48)	≤30	30—65	>12
BG ₃₄	3AK13 (3AG48)	≤100	30—120	>15
BG ₃₅	3AD6C	≤1000	25—50*	>25**
备注		带*者为V _{ce} =-2V, I _C =2A; 带**者为I _C =10mA		

别是BG₁₆坏掉的可能性大。更换管子即可。

2. 接通电源工作正常，经一、二分钟后发现功率板上的BG₁₇、BG₁₈同时发热，保险丝接着烧毁。

这一类故障较多。原因是一对互补管子的材料和功率不对称。可根据表1中的数据检查BG₁₆的工作电压，如果此管集电极与基极电压接近或相等，则应该用同类型的管子更换BG₁₆。

3. 超音频振荡器不振荡。

这种故障的现象是：不能抹音，不能录音，或录音灵敏度很低，录音失真严重等。应首先按附表1中的数据检查BG₇、BG₈各极电压，如相差太大，则应调换管子。否则是抹音头或C₂₄损坏，调换好的即可。振荡线圈L₅损坏的可能性较小，如果损坏可参照图12检修。

4. 快进、快倒、9.53厘米/秒放音工作正常，但用4.75厘米/秒放音时不走带。

这种故障往往是由于测速信号太小所引起，也就是说测速磁头距离金属测速盘太远（但两者不能相碰），应调整距离使带速正常为止。

5. 快进、快倒工作正常，放音时两档带速均不走带。

发现这种故障时应首先检查稳压器的输出电压，测量C₅₄两端电压应为9伏左右。若电压只有6伏，放音时电动机就不会转动。除了上述原因外，还可能是BG₃₃、BG₃₄、BG₃₅其中有一只或两只以上损坏（极间开路），出现比较多的是BG₃₃、BG₃₄损坏。

6. 快进、快倒工作正常，放音时两档带速均快转，变速开关K₅失灵。

此故障的检查方法与第5点相同。如果是稳压器损坏，输出15伏电压，两档速度就会快转。也可能是快进、快倒开关K₅常开接点变成常闭接点。如果不是以上两种情

况，应再检查BG₃₅的涤纶薄膜是否磨穿，BG₃₅集电极是否对地短路。如果以上均没有问题，那就是BG₃₃、BG₃₄、BG₃₅其中有一只或两只以上的管子坏掉（极间短路或I_{ce}太大），可用调换管子的方法来检查解决。一般情况下是BG₃₃、BG₃₄管子的I_{ceo}增大或坏掉。对BG₃₃、BG₃₄、BG₃₅的要求可参考表2。

总之，不论稳速电路出现什么样的故障，应着重检查测速头的好坏；测速头插脚的松紧；测速头到放大器的连接线是否断路；测速头与金属测速盘的距离是否正确；BG₃₃和BG₃₄的好坏；鉴频电感是否断线或磁盒是否碎裂；快进、快倒开关好坏等。

四、几种线圈的原理图及其参数

1. 录音高频提升线圈(L₁、L₂)，见图10。

导线型号：QZ聚脂漆包线。

导线直径：φ0.15毫米。

绕制：顺向均匀平绕。

圈数：1—2之间550圈；1—3之间700圈。

电感量：1—2之间1毫亨；

1—3之间1.72毫亨（指不加磁棒时的电感量，用WQJ—1型精密万用电桥测得）。

2. 阻波（或陷波）线圈L₃和L₄，见图11。

导线型号：QZ聚脂漆包线。

导线直径：φ0.12毫米。

绕制：顺向均匀平绕。

圈数：1250圈。

电感量：5.9毫亨（指不加磁心时的电感量，用WQJ—1型精密万用电桥测得）。

3. 超音频振荡线圈L₅，如图12。

导线型号：QZ聚脂漆包线。

导线直径：φ0.19毫米。

绕制：初级I、II双线平绕，

绕好后首尾相接作引出线2。次级顺向均匀平绕。

圈数：1—2之间30圈；2—3之间30圈；4—5之间100圈。

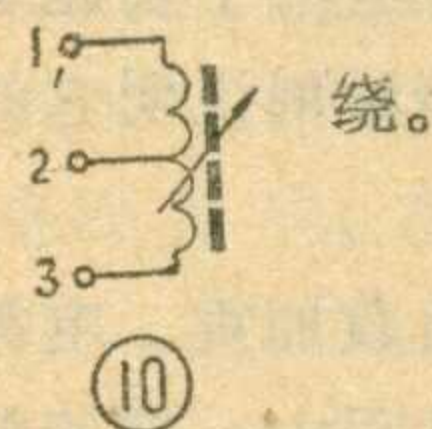
电感量：1—2之间1毫亨；2—3之间1毫亨；4—5之间6毫亨。电感量是装好H₁₈磁盒（M×1000）用WQJ—1型精密万用电桥测得。

4. 放音高频提升线圈L₆，见图13。

导线型号：QZ聚脂漆包线。

导线直径：φ0.08毫米。

绕制：顺向均匀平绕。



绕。

圈数：900圈。

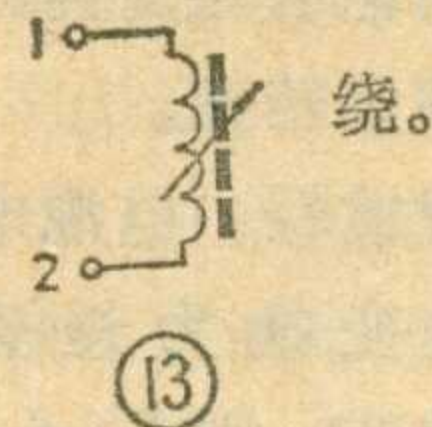
电感量：3.5毫亨。

5. 鉴频电感线圈L₇，见图14。

导线型号：QZ聚脂漆包线。

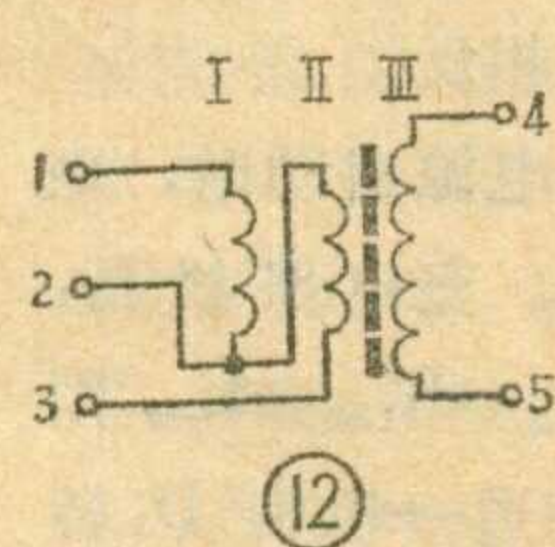
导线直径：φ0.12毫米。

绕制：顺向均匀平绕。



绕。

圈数：1—2之间350±2圈；2—3之间350±2圈；3—4之间



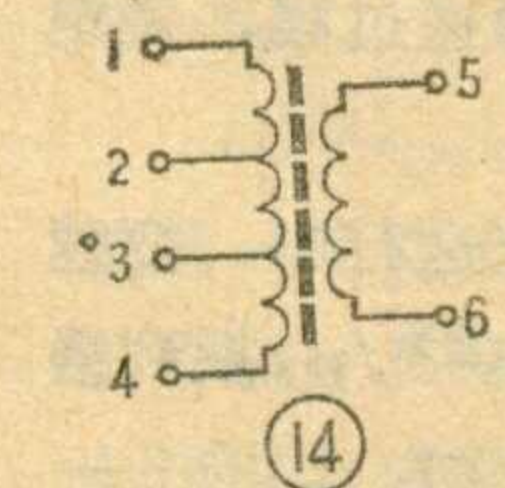
700±2圈；5—6之间100±5圈。

直流电阻：

1—2之间21~23欧；2—3之间

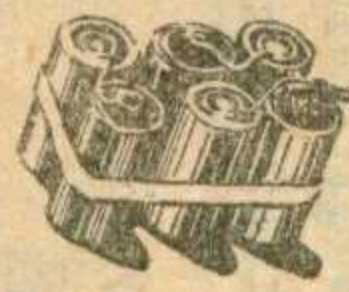
22~25欧；3—4之间54~57欧；

5—6之间8~10欧。



⑭

电感量：2—4之间400毫亨~470毫亨。线圈L₇在稳速电路中是个重要元件，要求较高。采用的磁盒为GU26×16、M×2000，但需将心磨去0.08~0.12毫米，其电感系数为AL=400×10⁻⁶。在保证直流电阻和圈数的情况下，只测2—4之间的电感量便可以了。



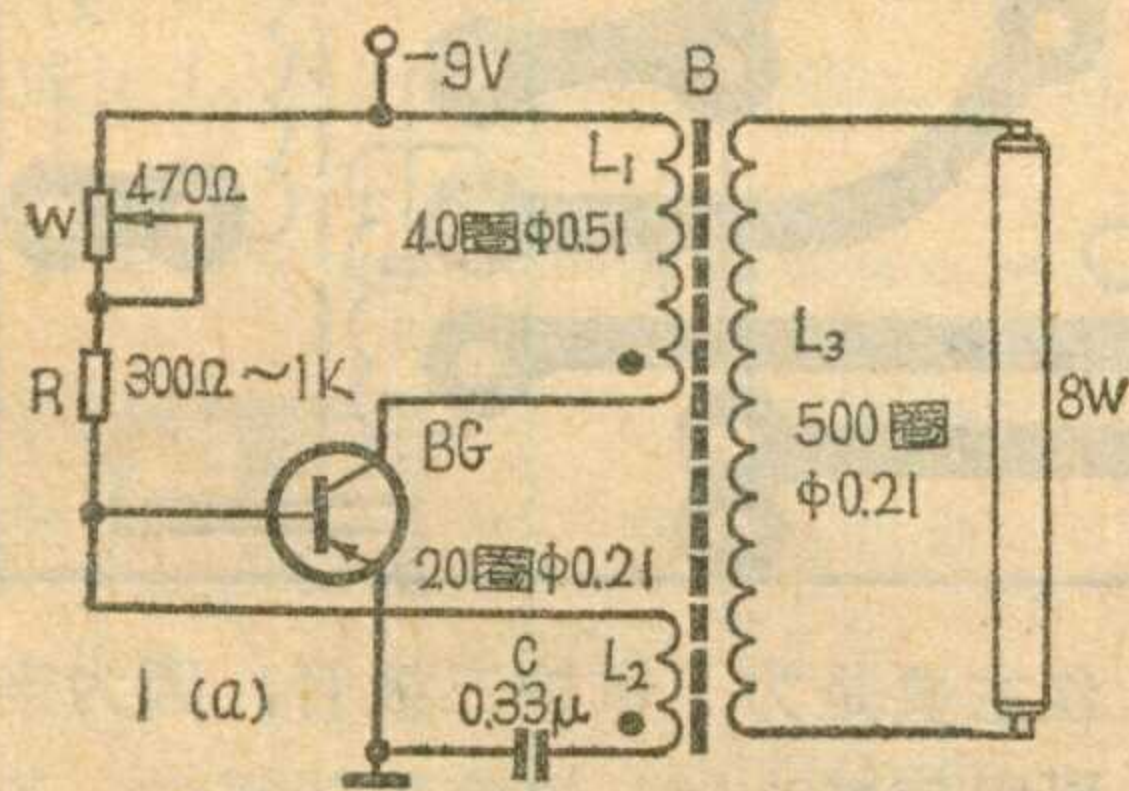
直流变换器的应用 ——干电池点亮日光灯



林永恩

日常用的日光灯管都是用 220 伏、50 赫交流电点亮的。现在我们介绍一种在没有交流电的情况下，用直流电源如干电池、蓄电池等通过直流变换器变成高频高压交流点亮日光灯的方法。

把直流电变换成交流电的直流变换器线路很多。我们主要实验了图 1 (a) 所示的单管变换器线路(其



工作原理请参阅本刊 1973 年第一期“受贫下中农欢迎的黑光灯”一文)。这种直流变换器线路由于它的脉冲变压器初级线圈中的电流是单向流动的，变压器铁心容易被恒定磁化，使导磁系数 μ 下降，转换效率变低，一般适用于输出功率较小的场合。

元器件选择和制作

在直流变换器中，脉冲变压器

表 1

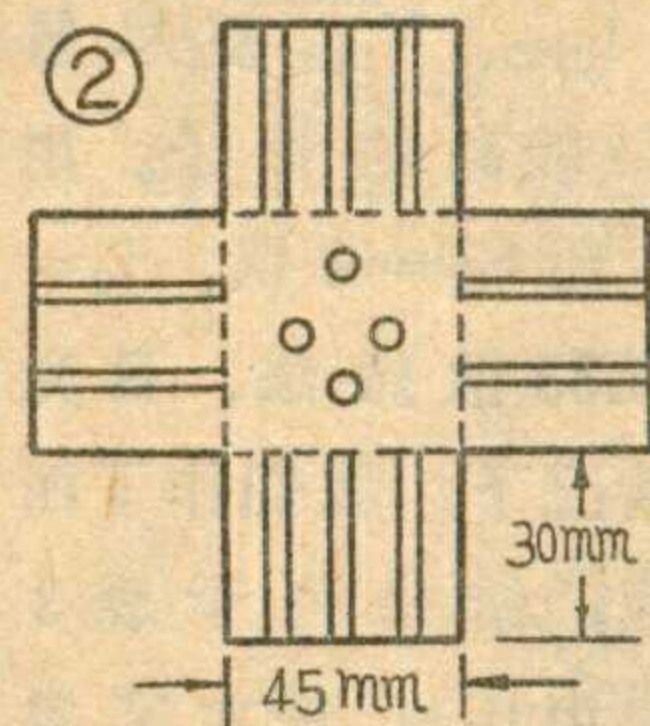
灯管功率	变压器铁心	电源电压	L ₁ 圈数/线径 (mm)	L ₂ 圈数/线径 (mm)	L ₃ 圈数/线径 (mm)
6~8W	E ₁₂	6 V	30/φ0.69	20/φ0.29	600/φ0.23
	E ₁₂	9 V	54/φ0.51	20/φ0.23	600/φ0.19
	铁心	9 V	50/φ0.51	40/φ0.23	700/φ0.21
15W	E ₁₂	6 V	40/φ0.72	20/φ0.51	500/φ0.21
	E ₁₂	9 V	35/φ0.69	15/φ0.35	300/φ0.21
	铁心	9 V	40/φ0.69	40/φ0.25	300/φ0.21
20W	E ₁₂	6 V	45/φ0.69	30/φ0.21	800/φ0.23
	E ₁₂	9 V	30/φ0.69	12/φ0.51	450/φ0.23
	铁心	9 V	45/φ0.69	30/φ0.51	500/φ0.23

是个关键元件，表 1 中给出了几种脉冲变压器各绕组的参数。

磁心用 MXO—2000、E₁₂ 型，把两个“E”型磁心对接起来使用；也可用 MXO—400—Y10 的磁棒，截取两节长 30 毫米和两节长 20 毫米的小段，再接成 40×30 (毫米)² 的“口”字型磁心。绕线圈时，L₁、L₂、L₃ 同绕在一边。若用普通的铁氧体磁环，线圈采用穿绕法，L₃ 的圈数要相应减小 1/5~1/4。若用坡莫合金和硅钢片作铁心〔用 6P1 输出变压器或其它截面积为 1.5×2.0 (厘米)² 的铁心〕，C 要增大，可用 10 微法、耐压 10 伏的电解电容。对于不同的振荡频率可以选用不同的铁心，表 2 给出了选铁心的参考工作频率。

绕制脉冲变压器时，应注意绕组的分布电容要小。绕制时，先作一个变压器骨架，然后采用平绕法绕各线圈。先绕 L₃，每层间用两层电容器纸作绝缘。绕组的出头引线最好用带塑料皮的多股软线，注意每层绕线要离绝缘纸边缘 4~5 毫米，以免边缘跳火。L₃ 绕完后垫上 3~5 层黄蜡绸和几层绝缘纸再绕 L₁。为了便于记忆同名端，初

始头上套上红色套管，尾头套上黄色套管。然后绕 L₂，L₂ 圈数比较少，可以把 L₂ 铺开绕在 L₁ 外面。



为了每圈间等距离，条件许可的话可用双线并绕，再拆去一股。L₂ 的初始头也套上红色套管，尾

头套上黄色套管。最外层裹上黄蜡绸并用白纸写上数据压在黄蜡绸里面。

组装变压器时，先用棉花把两个“E”字型磁心的对接端面擦净，使两个端面紧紧贴在一起，减少漏磁，否则间隙太大会使电路停振。为了减少磁心的振动，可在相接端面上抹少量白凡士林。因为铁氧体磁心很容易破碎，所以安装磁心时，应缓缓用力把它垂直插入线包中，不得硬敲以免磁心断臂。脉冲变压器外固定架最好用铝板制作，便于保护磁心。

接线时，变压器的 L₁ 红色套管引线接三极管的集电极，L₂ 的黄色套管引线接三极管的基极。

三极管的选取首先应考虑三极

表 2

工作频率	铁心材料	饱和磁感应强度
f < 1KHz	硅钢片	高达 2 万
f 为几千 Hz	坡莫合金	1.5~1.6 万
f > 10KHz	铁氧体	3000~4000

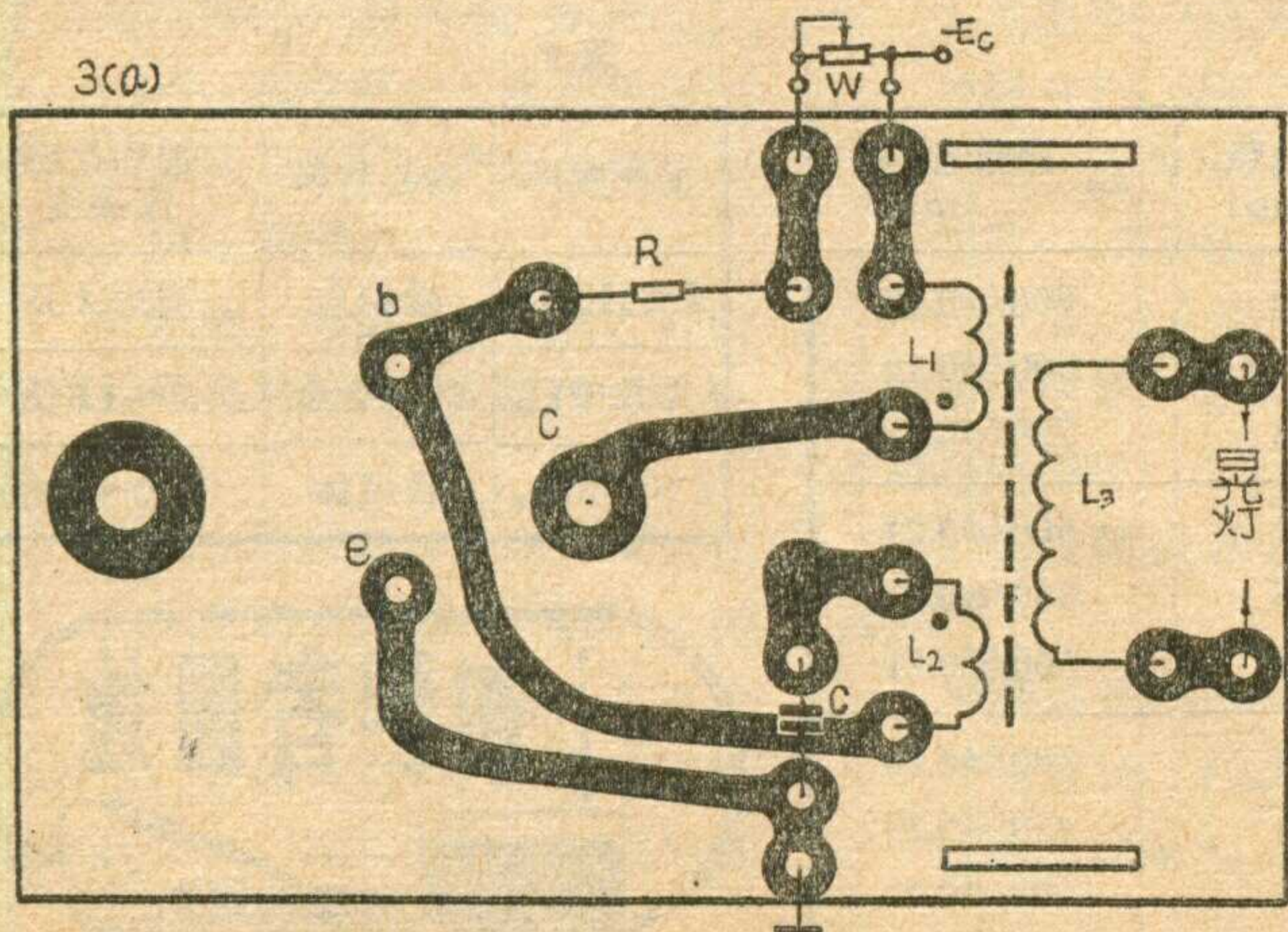


管的 P_{cm} ，如用图 1 (a) 线路点 8 瓦日光灯，三极管可用 3AD6、3AD30、3DD3 等管。使用 6 伏电源电压时，要求管子的 $BV_{ceo} > 20$ 伏；对于 9 伏电源，要求管子的 $BV_{ceo} > 30$ 伏。管子的 β 值应在 20 以上，若管子 β 值低可用两只管子组成复合管。另外，考虑到日光灯有时用的时间较长，为了线路稳定，要求管子的 I_{ceo} 、 I_{cbo} 、 V_{ces} 要尽量小，同时选用 f_β 较高的管子。用图 1 (a) 线路，在 $E_c = 9$ 伏、 $I_c = 300$ 毫安、 $C = 0.33$ 微微法、日光灯管为 8 瓦的情况下，我们作了四种三极管的实验，结果列于表 3 ($U_{出}$ 为灯管两端电压)，供大家参考。

三极管的散热器可用 3 毫米厚的铝板自制，我们给 3AD6 管作的散热器如图 2，先把铝板裁成图 2 形状，沿虚线部分折起来，然后在每片上锯些槽，再把管子固定上即可。若能把散热器刷成碳黑色更好。对于功率管 3AX81、3AX63 可用铝板弯成个圆筒套在管帽上帮助散热。

表 3

三极管	β	振荡频率 KHz	空 载		起 辉 后		光通量流明
			$I_{cm}A$	$U_{出}V$	$I_{cm}A$	$U_{出}V$	
3AD15	50	19	40	450	300	125	230
3AD30C	70	17	70	400	300	115	180
3DD50A	60	15	40	400	300	140	185
3DD5A	60	14	40	400	300	145	175



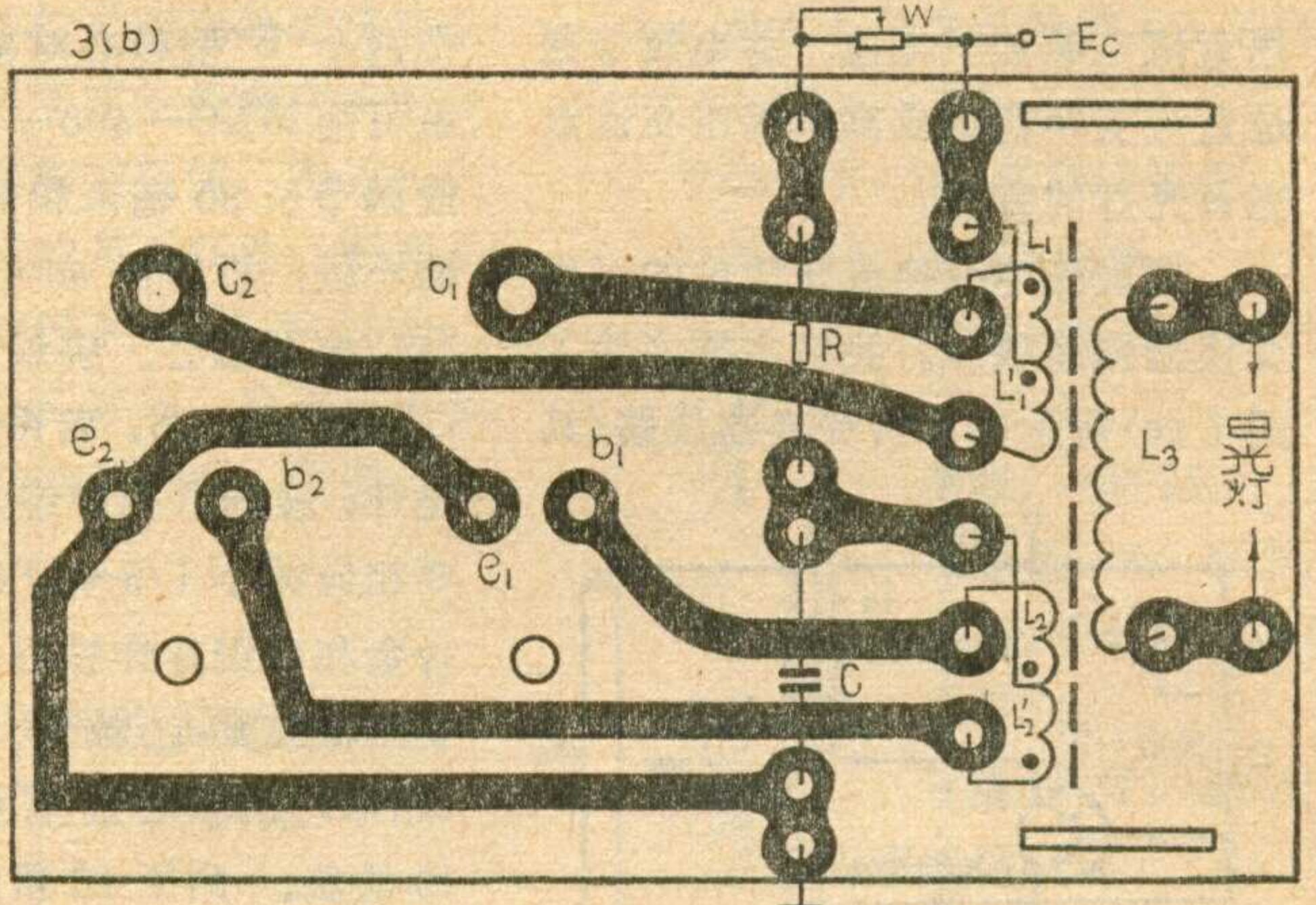
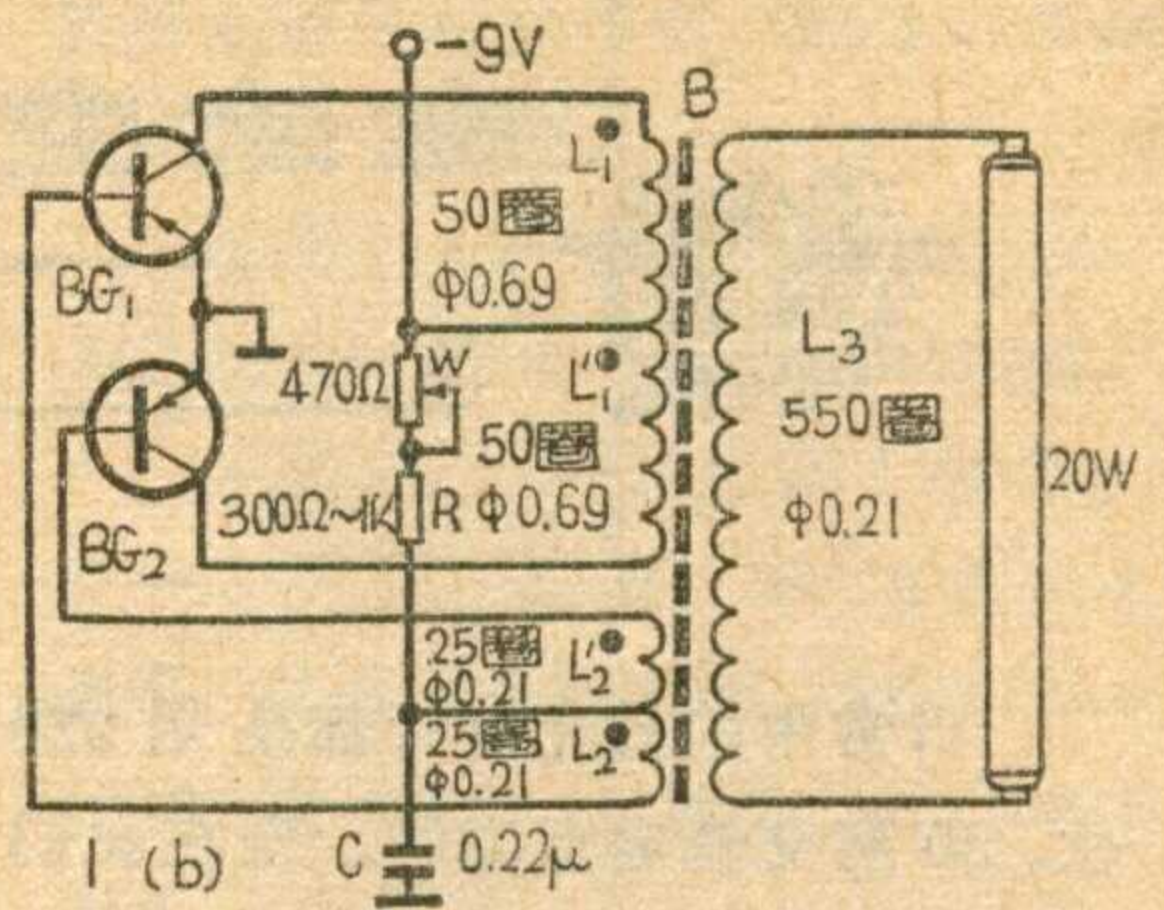
由于变换器用的元器件很少，可以直接焊在元件板上或图 3 (a) 1:1 的印刷线路板上，把它放在底座盒内，外形见刊头。

调 试

本电路调试很简单，一般来说，绕组的同名端接对了都会起振。调整时先把电位器调在阻值最大，并在电源与印刷板的 $-E_c$ 接点间串接上一只 1 安的保险丝和 1 安的直流电表，再接上日光灯管，这时应听到“吱吱”声，电流表指示

为 100~200 毫安，日光灯亮。然后调 W (阻值减小近似为零)，使电流表指示为 300 毫安，日光灯较亮。若此时电流超过 300 毫安，应增大固定电阻 R，R 阻值的选取就是使 W 值

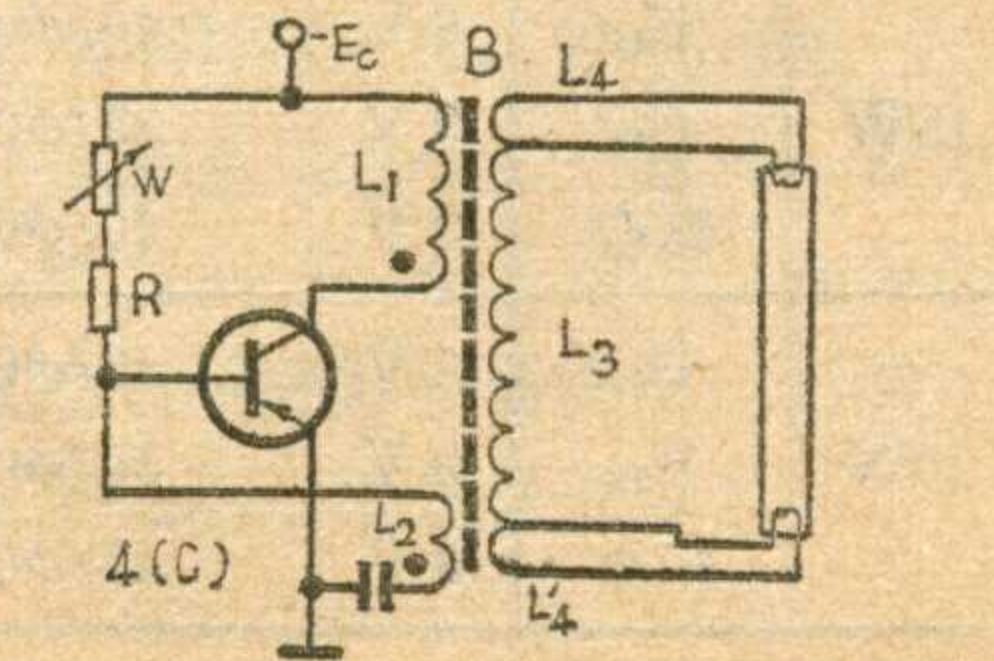
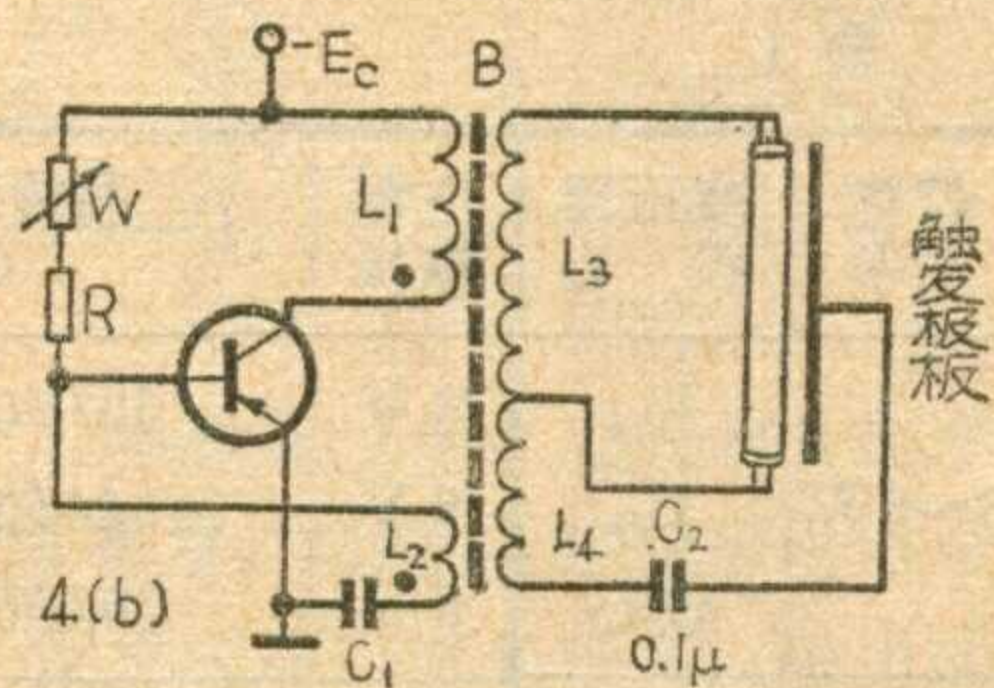
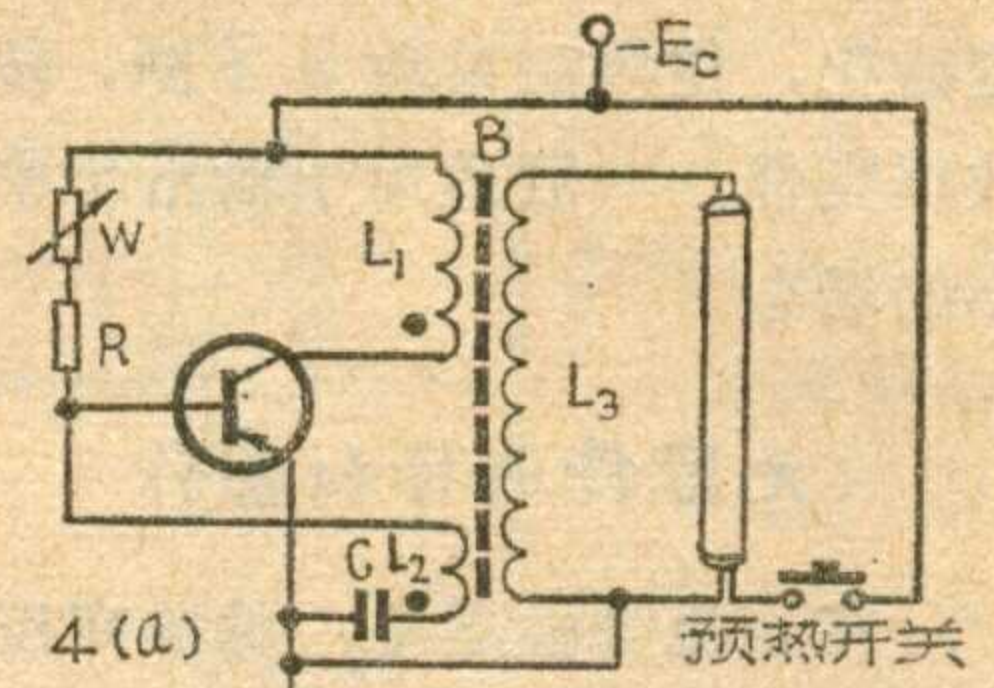
调到最小时，电流为 300 毫安，以保证灯管亮度较大。这样，通过调整 W，使灯管亮度成为可调。当需要照明亮度不大时，可调 W 减小耗电，延长电池使用时间。调试中接 1 安保险

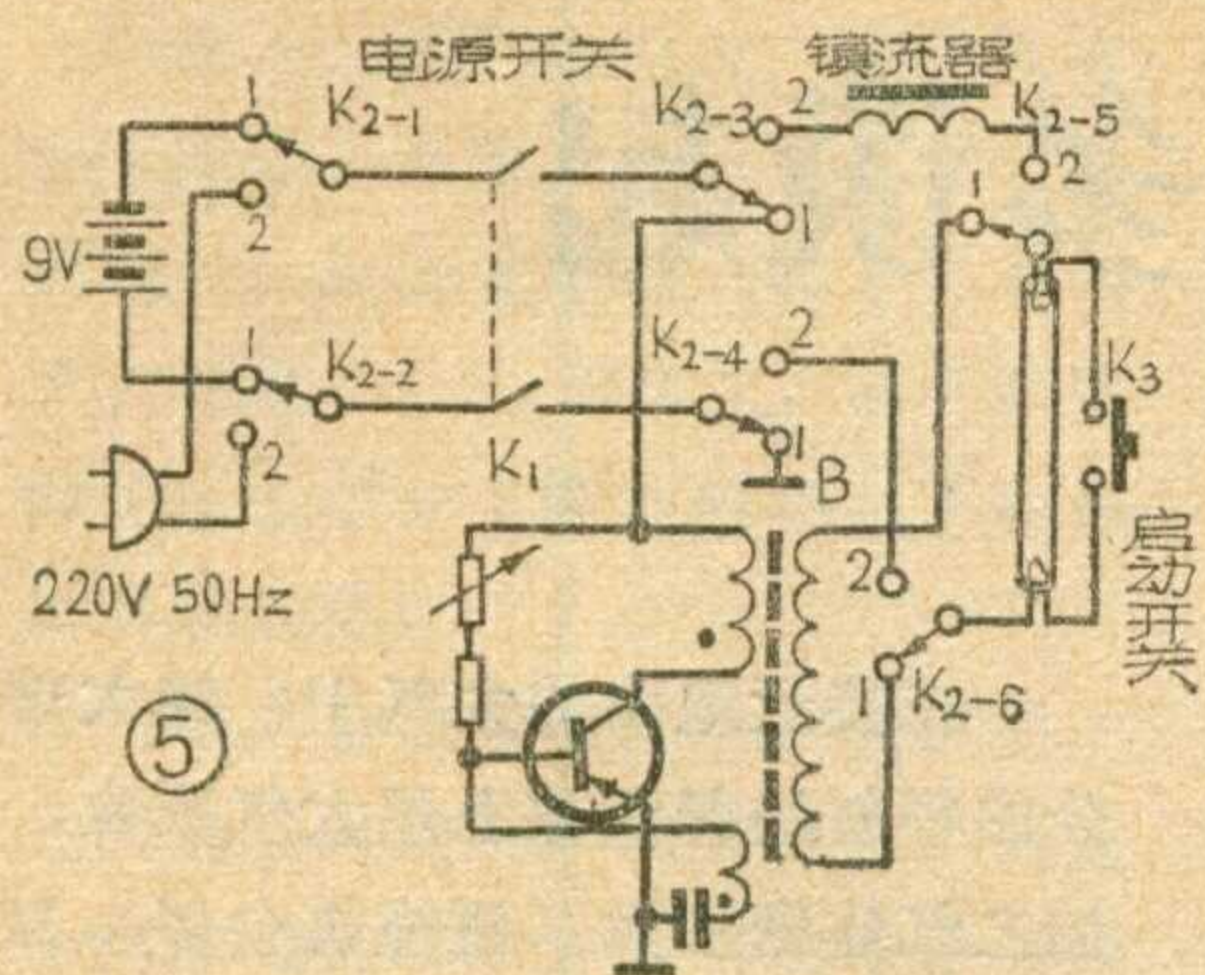


丝主要是为了保护三极管，因为当 W 阻值减小时，电流可能很大，若超过 1 安，就先烧断保险丝，断开电路保护三极管。

其它电路

若需点亮功率较大的日光灯



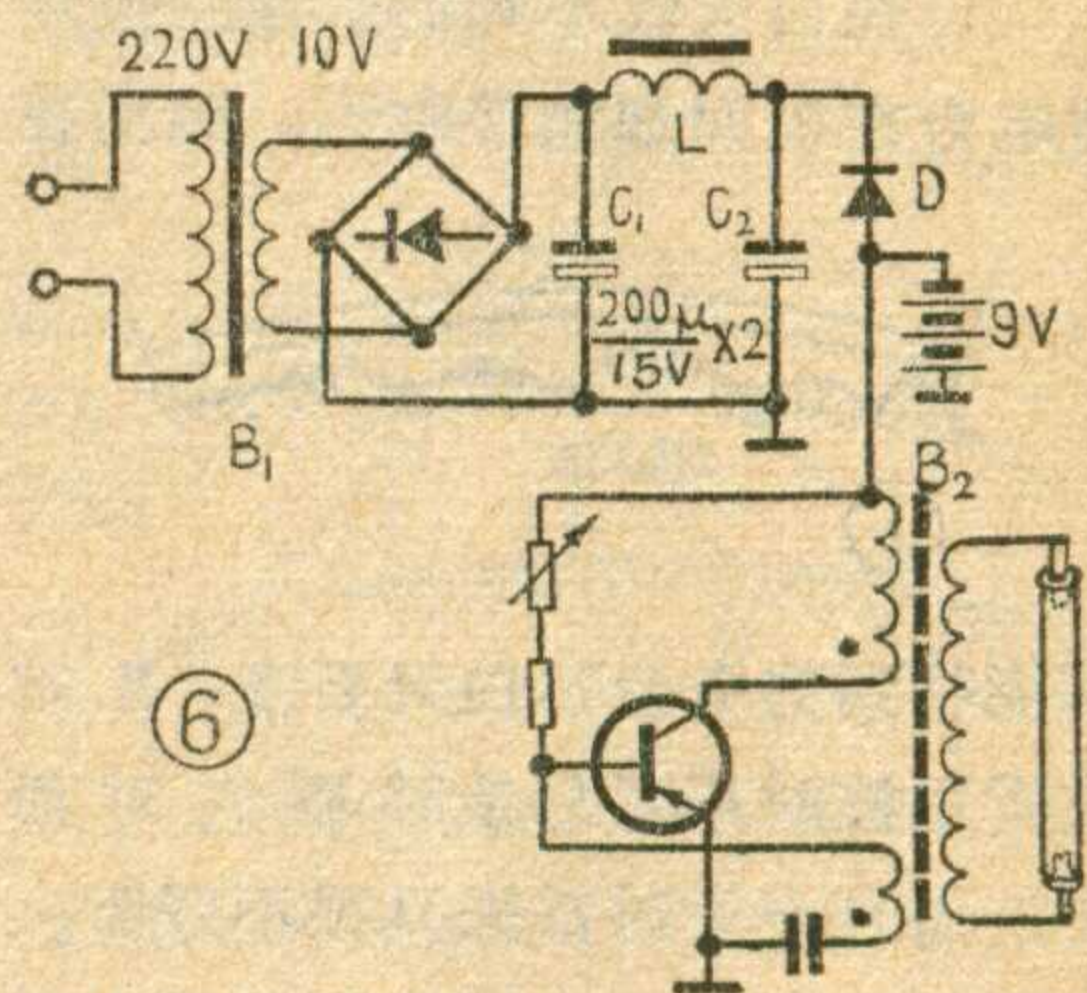


管, 可用图 1 (b) 所示的推挽双管变换器, 它的转换效率较高, 对三极管的要求较低。它的印刷电路板见图 3 (b)。若接 8 瓦日光灯, 三极管可用 3AX61~63、3DD1 或者用两只 3AX81 并联使用。

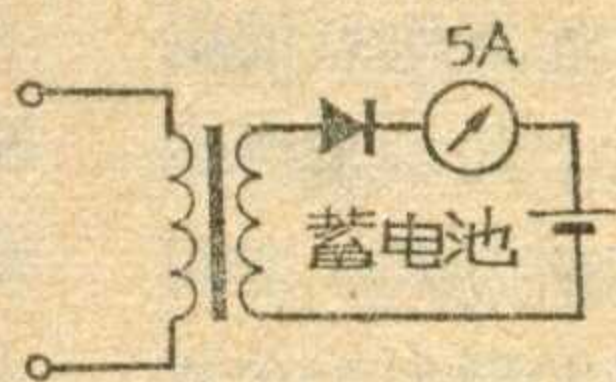
为了使日光灯在低温、低压时也能启辉, 可以采用图 4 所示的三种辅助启辉电路。图 4 (a) 中, 接通电源后先按预热开关 K, 用直流电源给灯丝预热十几秒钟, 松开后日光灯就能启辉。图 4 (b) 中, 绕制脉冲变压器时再加绕 200~300 圈的绕组 L_4 (用与 L_3 相同或比 L_3 稍细的漆包线绕制), 经过一个电容接到灯

管的反光罩上, 以高压静电场使日光灯启辉。图 4 (c) 中加绕了 L_4 、 L_4' 灯丝绕组, 每组的约 10 圈, 线径为 0.51 毫米, 绕制时 L_4 及 L_4' 绕在 L_3 外面。

为了使日光灯交、直流两用可接成图 5 形式, K_1 为 6 刀双掷波段开关; 也可以接成图 6 线路, 通过整流电源输一直流电压经隔离二极管加在电池电压两端, 当整流电压低于电池电压时, 二极管截止, 由电池给日光灯供电; 当电池电压低于整流直流电压时, 二极管导通, 整流电源一方面点亮日光灯, 另一方面还给电池充电。隔离二极管可用 2CZ 型等正向电流大于 500 毫安的二极管。



1. 如图所示的给蓄电池充电电路, 直流电流表的指示为 5 安, 这是平均值还是有效值?



2. 想用 3.5 欧姆的扬声器代替 8 欧姆的扬声器, 功放输出电路应作如何改动?

上期“想想看”答案

1. 对于理想变压器, 由于初、次级两个绕组没有漏磁, 功率传输过程中又没有任何损失, 若在初级绕组加上 220 伏交流电, 在次级能得到 2.5 伏交流电压; 那么反过来, 在次级加 2.5 伏交流电压时, 在初级绕组上也应能得到 220 伏交流电压。但在实际的变压器中,

由于工艺结构上的情况, 比如电源降压变压器总是把初级绕组绕在紧靠铁心的里层, 绕组匝数多, 次级绕组绕在初级绕组外面, 绕组匝数少, 比较而言初级绕组的漏磁少些; 若把两个绕组倒换使用, 由于次级绕在外面且匝数少, 若作初级绕组使用可能漏磁大, 即它产生的磁力线有一部分未耦合到次级 (原初级) 绕组中, 这样在次级 (原初级) 绕组得到的交流电压要略低于 220 伏。当然, 若初、次级原来在绕制上就非常注意漏磁等问题 (例如初、次级是交叠着绕等), 也可能在次级 (原初级) 得到 220 伏的交流电压。

2. 这种声音是从收音机的输出变压器发出来的。有的输出变压器的硅钢片紧固不好, 在音频电流的作用下互相吸引产生振动而发出声音。经过油浸处理的输出变压器要好得多, 但有时还会听到轻微的广播声。

(封承显)

(上接第 21 页)

录音片就是这样巧妙地以波浪形的音槽形式记录声音的。

唱片发声时, 唱针沿着音槽作相应的机械振动, 并通过拾音器产生音频电信号, 再经放大器放大后, 由扬声器放出宏亮的声音。

在播送唱片之前, 首先应用绒刷轻轻掸净唱片面上的灰尘, 以防音槽和唱针不必要的磨损。

当播送唱片的时候, 需待唱盘转速稳定后, 再用手指轻托拾音器放在唱片外圈的引进线内, 然后慢慢放手离开。尤其需要注意的是不要在中途开始放音或

停止放唱, 以免损伤音槽。这不仅有利于延长唱片的使用寿命, 而且又不致增加杂音。在用粗纹和密纹两种唱针的拾音器时, 当换用普通唱片 (78 转/分) 或慢速唱片 (45 、 $33\frac{1}{3}$ 、 $16\frac{2}{3}$ 转/分) 时, 一定别忘了转换相应的唱针, 以免损伤音槽。

最后应当指出, 唱片是在标准转速下录制的, 必须在相应转速下重放, 声音才不致“走样”。由于电源电压不稳、传动部件的磨损以及因使用日久而使转动部分积尘过多等原因, 都会影响唱盘的转速, 因而造成音调失真。所以, 在播送唱片之前, 最好利用“唱盘转速校验卡”来核对和调准唱盘的转速。

从夜间收到的电台多谈起

念 年 生

听收音机的同志们经常会遇到两种现象：

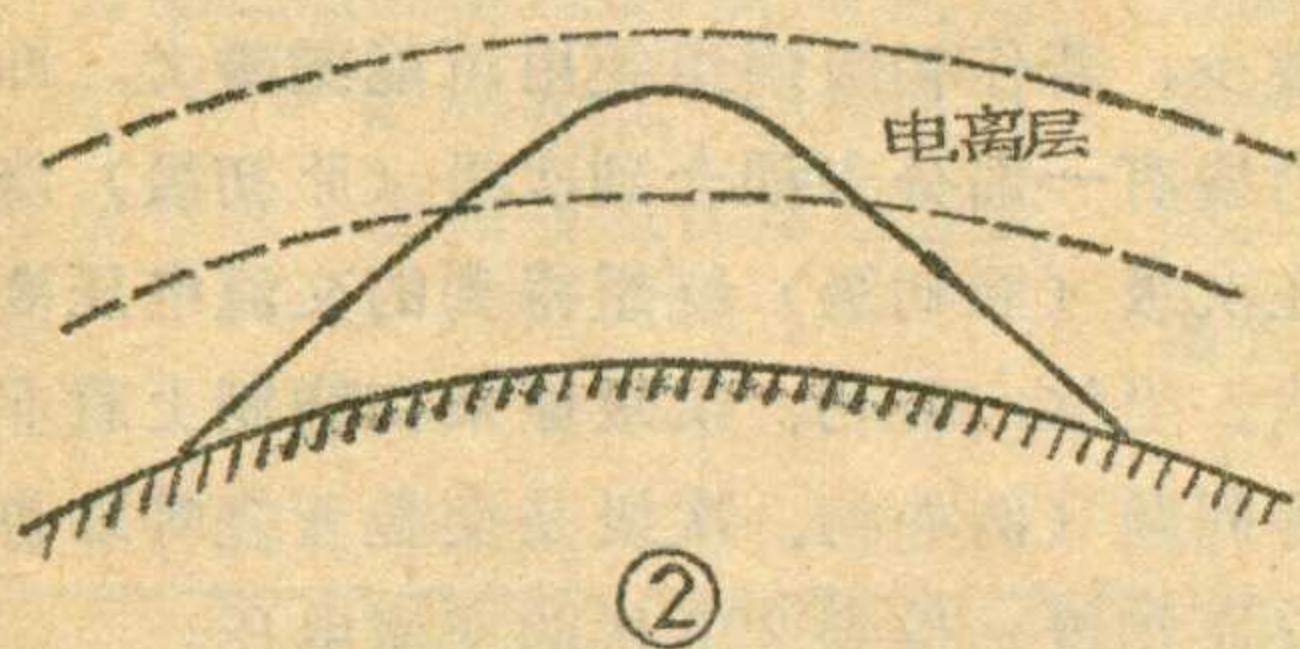
1. 在白天收不到的远地中波广播电台在夜间却能够收到，因而夜



间能收到的电台比白天要多；2. 在收听短波时声音总是时而大时而小，而且声音时常失真很不好听。这两种现象都是由于电波经过上层大气的电离层的传播所产生的。现在就来谈谈这个问题。

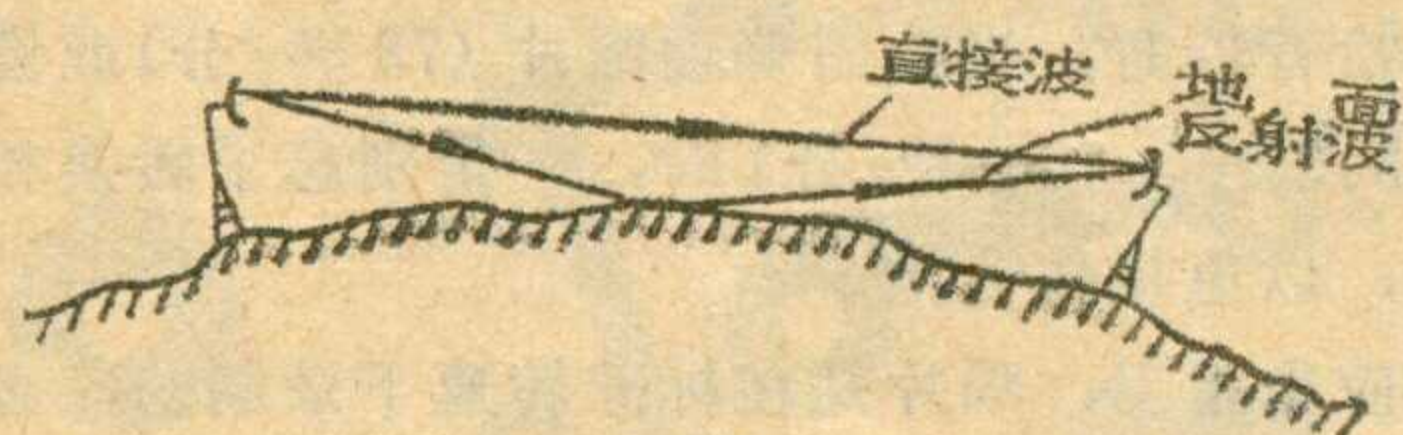
一、电波的几种传播方式

电波从发射天线到达接收天线



大致有四种传播方式：地波（也叫地面波或表面波）、天波、空间波和对流层散射波。

地波就是沿地球表面传播的电波（见图1），为了能绕过地面的障碍物，克服地球表面曲率的影响，以及减少地面对能量的吸收，而能传播到较远的距离，地波的波长应该比较长。地波是中波段（150~



1500千赫）和短波低频段（1.5~5.0兆赫）的主要传播方式。

天波是射向天空经电离层“反射”折回到地面上远方接收地点的

电波（见图2）。天波是短波中高频段（3.0—30兆赫）用于远距离通信的主要传播方式。

空间波是从发射天线仅仅通过空间的传播而到达接收天线的电波（见图3）。空间波在大气底层是大致按直线传播的。因此收、发信天线必须在视线范围之内，通信距离大约五十至一百公里。空间波是超短波、微波中继通信和卫星通信的主要传播方式。

对流层散射波是利用距地面10~20公里的对流层中的不均匀气团对电波的散射作用，使电波的部分能量折回到地面上远方地点的电波（见图4），它是近十几年来所采用的一种新的电波传播方式。它可以建立数百公里乃至上千公里的较大通路的超短波通信电路，而不需建立很多的中继站。

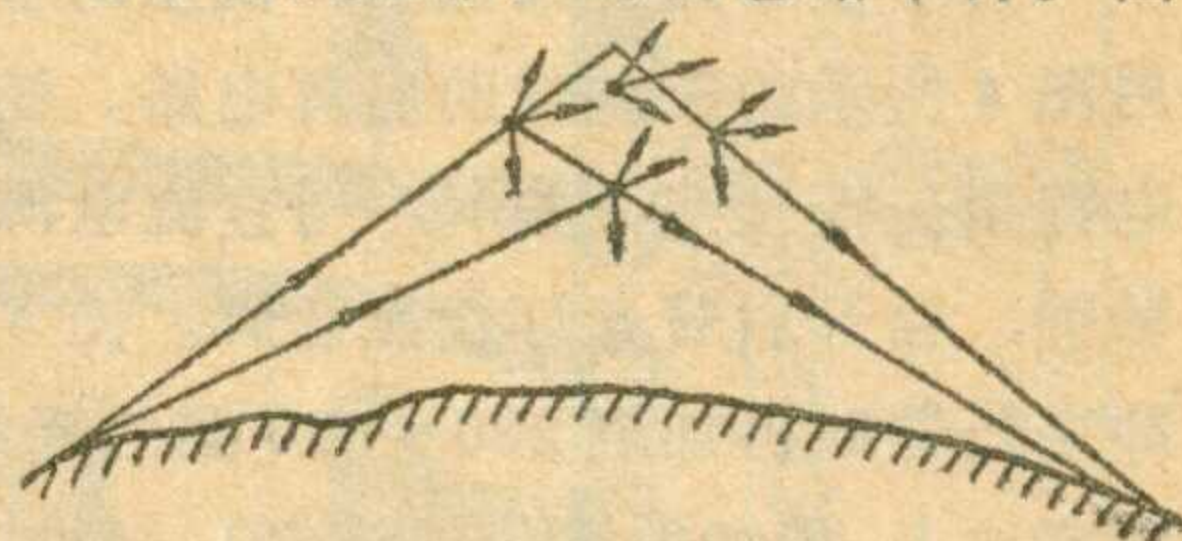
二、电离层的形成和结构

大气中的气体分子或原子

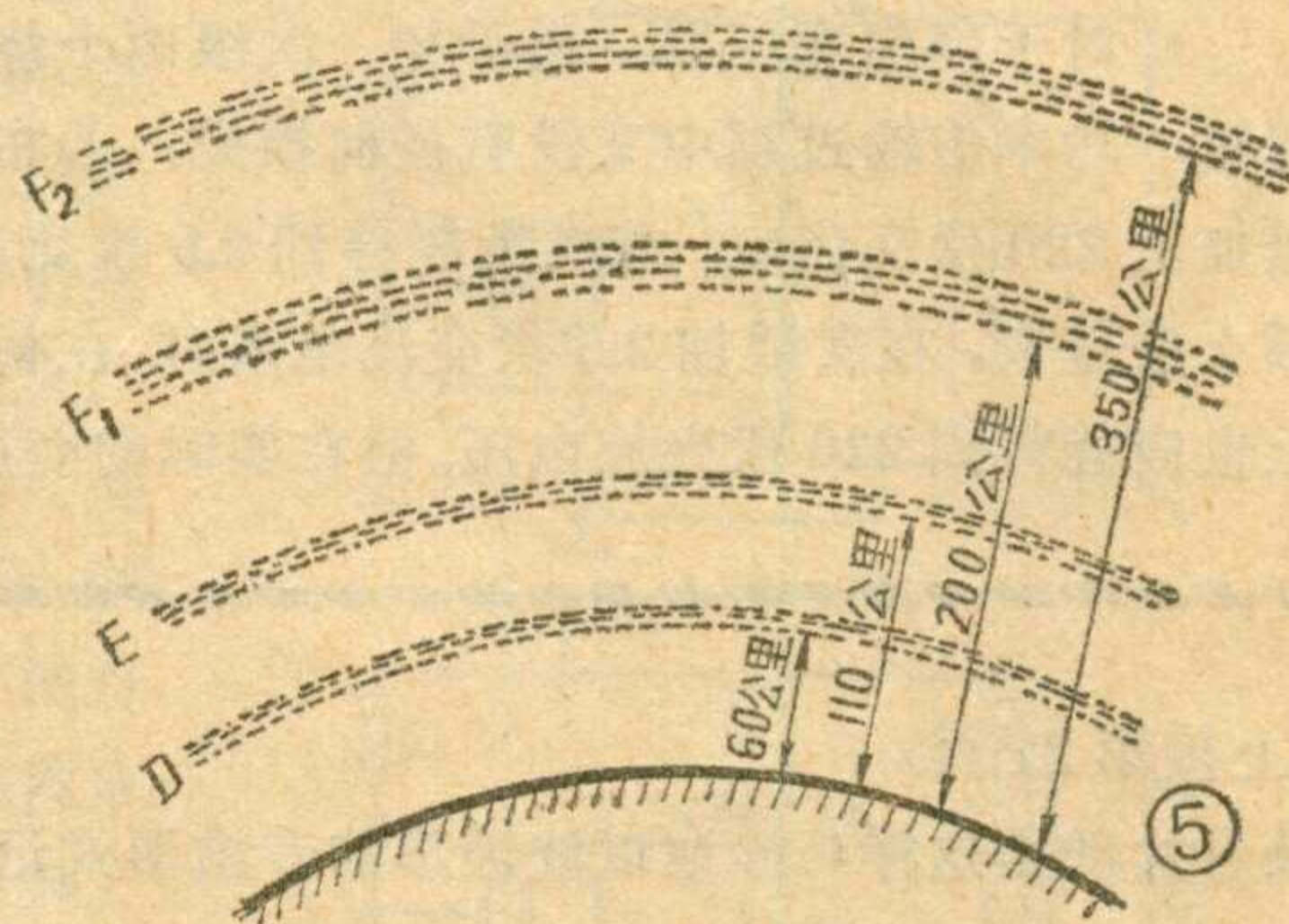
在受到太阳辐射来的紫外线或其他电离辐射的激发时，外围电子就会摆脱原子核的束缚，脱离原子而成为自由电子，并使气体的分子或原子（统称质点）带正电而成为正离子，这就是电离过程。如果自由电子和某一正离子相遇

（碰撞），自由电子又会回到外围轨道，并释放出一定量的能量而成为中性质点，这就是复合过程。在受激发的条件下，电离和复合总是同时进行的，并在一定的受激条件和气体的成分、密度、温度情况下，达到某种平衡，形成一定的电子密度。

在接近地面的大气中，绝大部分的辐射的能量被上层大气吸收，加之气体密度大（碰撞机会多），温度高（运动速度快），极易复合，所以在离地面五、六十公里的范围内电子密度极小，可以忽略不计。由



此而上，由于被大气吸收的辐射能量逐渐减小，电离的气体分子或原子逐渐增多；同时气体密度也逐渐减小，复合率逐渐下降，因而电子密度逐渐增大。但由于在对流层以上温度逐渐上升，到200公里处达到最大值；而大气成分也自下而上形成氧分子层、氮分子层、氧原子层、氮原子层的分层结构，这些元素的分子或原子等温下运动速度不同，电离时所需的能量也不同，因而

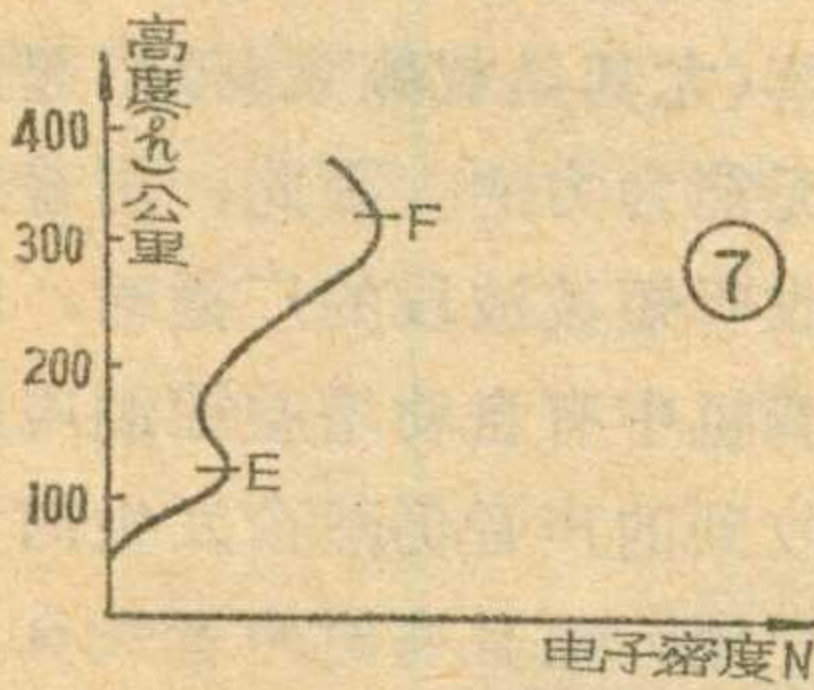
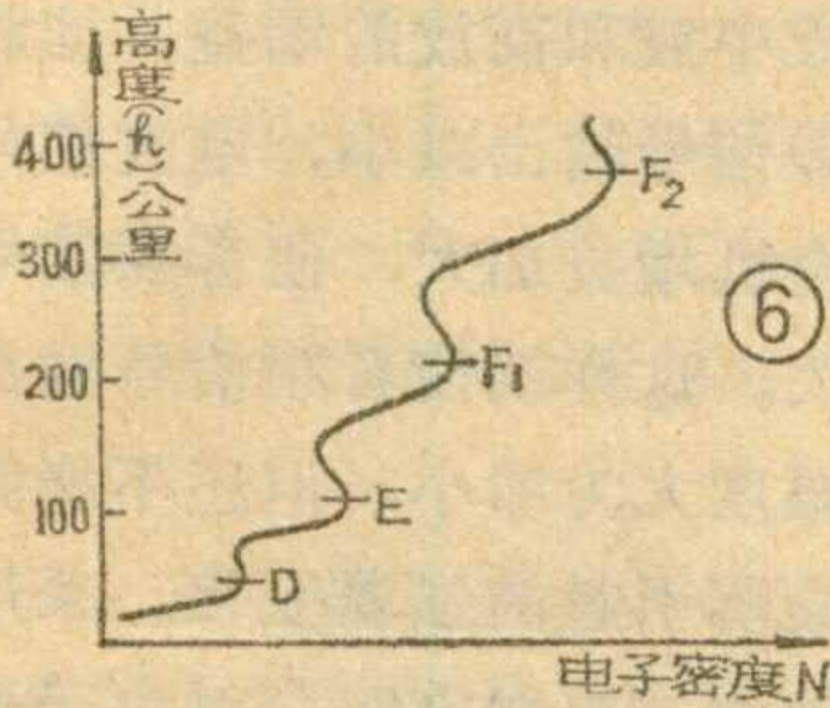


使电离层也具有了分层的形态。即在电子密度依高度而增长的总趋势下，在某些高度出现了最大值。在60—80公里高度的叫作D层；在110—120公里高度的叫作E层；在200—250公里高度的叫作F₁层；在350—400公里高度的叫作F₂层（见图5）。F₂层是电子密度最大的一层

(见图6)。在 F_2 层以上，由于气体极为稀薄，尽管在这里有很强的电离辐射，但能被电离的粒子却非常少。因此，在 F_2 层以上，电子密度随气体密度的下降而减小，不会再出现最大值。

以上是白天的情况。在夜间，太阳的辐射消失，电离停止，但复合则继续进行，并随着电子密度的下降而减慢。由于低层复合较快，上层复合较慢，所以D层完全消失，E层和F层则依然存在，只是电子密度均有所降低，且 F_1 与 F_2 层合并成为一层(见图7)。

由于电离层形成的原因是太阳



的辐射，所以电离层的结构除有日夜的变化外，还有季节的变化和随着太阳11年活动周期的变化。

三、电波在电离层中的传播

电波在均匀介质中传播总是依直线进行的，即使有自由电子存在，只要电子的分布是均匀的，电波依然不会改变方向。只是电波传播速度(这里指波前的行进速度即相速)大了，和我们平时所见的光在均匀介质中的传播情况是一样的。电波在电离层中传播时，由于电离层的分层结构，电波将受到连续折射返回地面，好像电波是被电离层“反射”了回来。

在电离层某分层的下边缘，电子密度的分布是自下而上递增的，电波在其中的传播速度是上快下

慢，因此对于斜射的电波便产生向下的折射。如果电波经过连续折射，在还没有到达电子密度最大的区域时，电波的传播方向已平行于地面，那么这个入射波就可以循对称的途径返回地面。电离层对电波的折射作用，随电子密度的增大而增强，随电波频率的提高而减弱。例如图8中频率较低的电波 f_1 被低层“反射”回地面；而频率较高的 f_2 ，则在到达低层电子密度最大的中心区域时，电波的传播方向还没有平行于地面，于是将穿过这个分层而被电子密度较大的高层“反射”回地面；频率最高的 f_3 ，则在到达电子密度最大的 f_2 层的中心区域时还不能折向水平，它将不能返回地面而穿出电离层。这一情况和光在不连续的介质界面的反射是不同的。

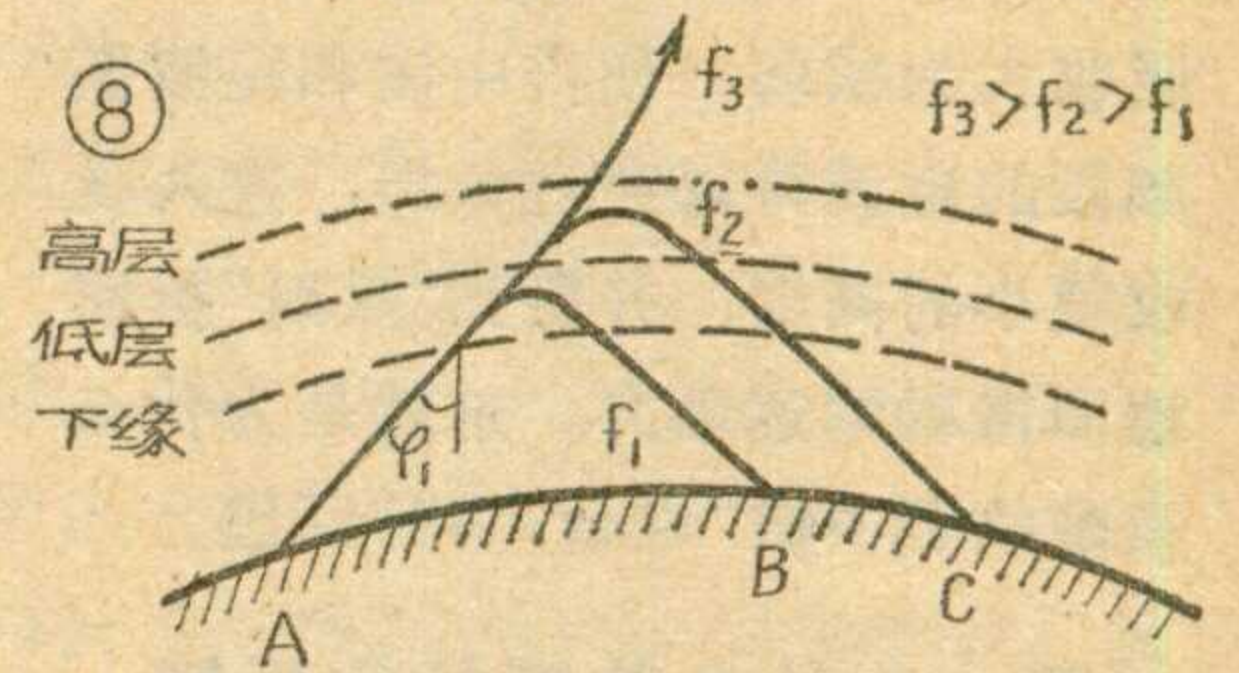
电波被电离层“反射”而返回地面。从发射天线到电波到达地点的距离和电离层的电子密度、电离层中心区域的高度、电波的频率以及电波射向电离层的入射角(电波发射方向与电离层下缘的垂线之间的夹角)有关。

在电子密度分布不变和一定的入射角的情况下，频率不同的电波到达地点远近不同。如图8中频率分别为 f_1 、 f_2 、 f_3 的三个电波，频率低的电波 f_1 ，折射曲率大，电波仅达到高度较低、电子密度不太大的区域即可折回地面，因而到达的地点近(距离AB)；频率高些的电波 f_2 ，折射曲率较小，电波需达到高度较高、电子密度较大的区域才能折回地面，因而到达的地点较远(距离AC)。频率再高的电波 f_3 ，则可能穿出电离层而不能折回地面。因此，利用电离层“反射”而进行的通信中，频率是有限度的，对于某一入射角就存在一个能够折回地面的最高频率。这个频率称为这个时间对应于这个距离的最高可用频率。

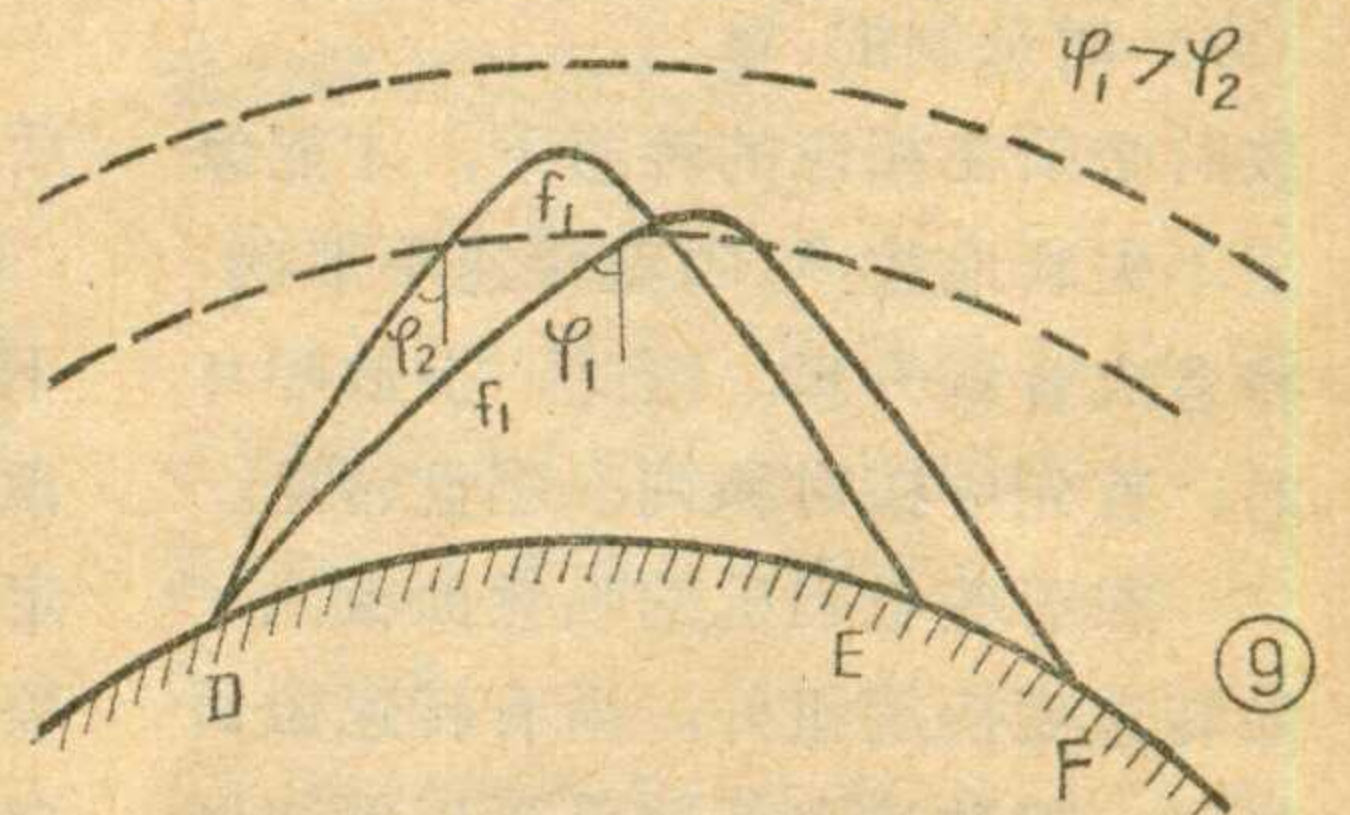
在电子密度分布不变和频率一定的条件下，入射角不同的电波到

达地点的远近也不同。入射角大，到达的地点远，入射角越小，到达的地点越近。图9中相同频率的两个电波，分别以不同的入射角射入电离层，因为 $\varphi_1 > \varphi_2$ ，所以DF之间距离大于DE之间距离。

上面所谈的是电波在电离层传播中的折射现象。另外电离层对电波还有吸收作用。



当空间仅存在自由电子，且电子间碰撞机会很小可以忽略不计时，电波的传播将不会受到损耗，这是因为电子从入射电波吸收能量而运动，而运动的电子能够产生再辐射，又把吸收的能量再辐射出来，只是在相位上有所改变。在电离层中则不是这样，在电离层中除自由电子外，还存在正离子、负离子和中性的气体分子和原子。吸收入射电波能量而运动的自由电子有机会与这些粒子碰撞，部分地或全部地失去它们的能量，并改变它们的运动状态，从而使入射波失掉能量，形成了吸收。电离层对于入射电波能量吸收的大小大致与电子密度和气体质点密度的乘积成正比，与电波频率的平方成反比。所以吸收主



要是在D、E层，而且频率越低，吸收越强烈。这是因为频率低，周期长，电子在半周期内吸收的能量大，因而碰撞时失去的能量多。

四、为什么夜晚收到的电台多

我们了解了电离层的形成、结构以及电离层对电波传播的影响，对于上述问题就容易理解了。

在白天，电离层低层的 D、E 层对中波和短波低频段有很强烈的吸收，只有短波的中、高频段的电波才能穿过低层被高层“反射”返回地面。在夜间，D 层消失，E 层的电子密度也大为降低，因而低层的吸收大为减弱，使得中波和短波低频段的电波得以穿过低层，进入吸收很小的高层，并受到“反射”折回地面得以到达远方。这就是为什么夜晚收到中波“电台”多的原因。

五、为什么收音机收听短波时声音时大时小？

在用普通收音机收听短波波段的广播时，声音时而大时而小，而且声音失真，这种现象称为衰落。

短波信号为什么会产生衰落呢？这是因为短波是以天波方式靠电离层的“反射”而传播的。当电波从发射天线向天空发射时，形成一定张角的射束，射束中方向不同的射线射入电离层的入射角是不相同的。这些入射角不同的射线在电离层中的路径不同，所能到达的高度不同，反射到地面所经的行程也不

同。由于电离层结构的不均匀，入射角有差异的射线可以到达同一点。

在利用短波作远距离通信时，上述射线还会有多跳的现象。同时由于通信距离较远，电波在电离层的反射点处在不同的日照区，因而电离层结构和电子密度都有差异，还会出现层间反射，使电波的传播路径产生更复杂的情况。

总之，经电离层反射到达接收点的电波不只一条射线，而各条射线由于入射角不同，在电离层反射时的拐点高度不同，反射的次数不同，所经路由和路程长度不同，使它们之间的相位也不同；同时，太阳的辐射在各方向是不均匀的，而且是随时不规则地变化，因此电离层各点的电子密度也是不均匀的并且围绕一个平均值起伏变化，形成到达接收地点的各条射线间的相位也在随时不规则地变化，这样各条射线在同一接收点的总和也就是信号的强度当然也在随时不规则地变化，这就是短波信号产生衰落的原因。

此外，短波信号经过调制，总是包含着多个频率分量。如上所述，电离层对不同频率的折射作用是不同的，因而每个频率分量的衰落也是不同的，所以这些频率分量

到达接收地点时的强度都在随时变化，而且在时间上也不一致，于是引起各分量间的比例变化形成失真，尤其是当这些频率分量中的载频衰落比较严重时，就会产生非常明显的过调幅失真，使声音很不好听。我们把这种现象叫做选择性衰落。

为了克服衰落，在普通收音机中采取了比较简单的自动增益控制电路。自动增益控制就是将后级的中频信号检波后，再经时间常数较大的平滑网络变成“直流”，用以控制前级中放和高放的增益。电波信号强时，自动增益控制电路就会降低前级中放和高放的增益，使收音机音频信号输出减小，电波信号弱时，全机增益加大，使音频信号输出增大。这样就使音频信号输出的变化幅度大为缩小，但还不能完全消除衰落引起的强弱变化。采用这种自动增益控制电路，对由于选择性衰落(尤其是载频衰落)引起的失真是无能为力的。因此，用普通收音机收听短波波段的广播时，即使在收音机中有自动增益控制电路，有时收到的声音仍然会发生时大时小的现象，而且有时声音失真，不太好听。

唱片都是在各种标准转速(78、45、 $33\frac{1}{3}$ 、 $16\frac{2}{3}$ 转/分)时录制的，重

放时必须在相应的转速下，才能保证不失真地放声。唱盘转速不准确，将造成音调失真。因此，播放唱片时，首先应核对和调准唱盘转速。

在有些电唱机的唱盘面板上，除转速变换旋钮外，尚有转速微调扳键，拨动这个扳键就可以精细调整各相应标准转速下的唱盘速度。

31 页附图是唱盘转速校验卡，它是校验各种转速的一个标准。使用时，可将圆图剪下，并贴在一块厚纸圆板上(若有条件采用环氧玻璃布板或金属铝板则更耐久)，然

后放在唱盘上来校验。

校验应在日光灯或一般电灯光下进行(但不得在太阳光下)。当唱盘转动时，如相应的一圈黑白线稳定不动则说明转速准确。黑白线按顺时针方向移动表示转速过快；黑白线按反时针方向移动，表示转速过慢。转速快慢相差越大，线条移动也越快。适当拨动电唱机转速微调扳键，即可使唱盘准确地达到标准转速。

若经常播放某一转速的唱片，可自行绘制单一转速的大型校验

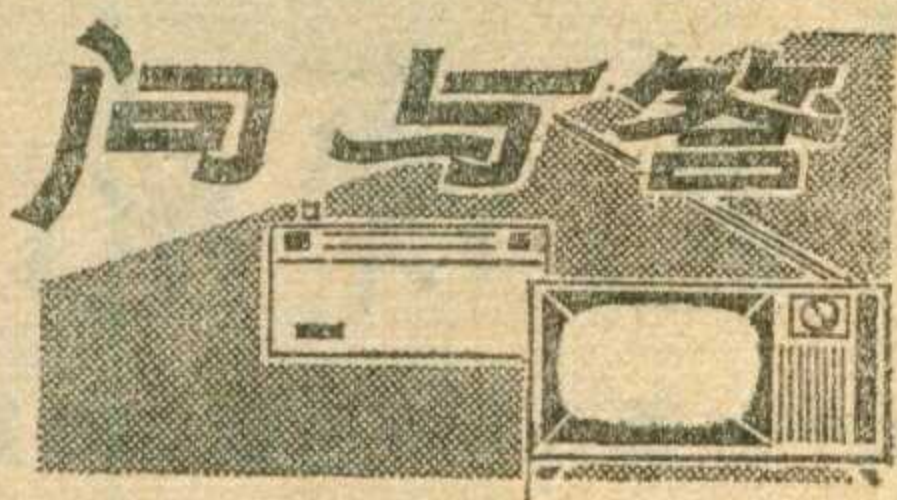
卡，看起来将更加醒目。绘制时，黑白线条的宽度应一致，间隔必须均匀，

唱盘转速校验卡

陈亚东

黑线条数可按下式计算：黑线条数 = $120 \times \frac{\text{灯光电源频率(赫)}}{\text{唱盘转速(转/分)}}$ ，需

要说明，圆图中的八圈黑线条数(从外圈向里数)依次为 360、350、180、174、133、130、77 和 75 根，其对应的转速分别为 $16\frac{2}{3}$ 、17.14、 $33\frac{1}{3}$ 、34.48、45.11、46.15、77.92 和 80 转/分。为了很迅速地调准唱盘转速，校验 $16\frac{2}{3}$ 转/分转速时，可同时观察第一、二两圈的线图，当第一圈的黑白线条顺时针移动，而第二圈逆时针移动时，即可视为转速已



问：在收音机的互补功放电路中，为什么有的喇叭有直流分量通过，有的没有直流分量通过；有的喇叭一端接地，有的喇叭一端不接地？

答：在互补功放电路中，一般喇叭里是没有直流电流通过的，且喇叭一端是接地的。但有的互补功放电路中，由于节省一些元件，推动管的集电极供电及功放管偏置电路是经喇叭馈电的，于是喇叭里就有直流分量通过，这种电路的优点是当喇叭一断开，功放管就无电流；工作时虽然通过直流电，但由于这个电流比较小，只引起喇叭音圈的少许位移，对喇叭并无影响。这种电路中的喇叭一端是接电源而不是接地的，对于交流而言，这和接地并无区别，因为电源两端总是跨接了一个大电容到地。交流信号通过喇叭、大电容到地（大电容对音频信号近似为短路）。

（上无三厂编审组答）

问：在检修23厘米的晶体管电视机时，发现它的行扫描阻尼管断掉后仍能正常工作，对图象没有太大的影响，这是为什么？

答：这是由行扫描输出管的双向导电特性造成的。晶体管不像电子管，它有双向导电特性，比如对于NPN型晶体管，它的集电极和发射极都是n型材料，它们起的作用可以对调（但管子的参数、指标变差），对调后电流方向也就反过来了，比如原来电流方向是由集电极经外电路到发射极，现在则从发射极到集电极，这就是它的双向导电特性。电流从发射极到集电极和行扫描电路中阻尼管的电流流动方向一致，因此，当阻尼管断开后，输出管的反向导电特性促使它自动地代替了阻尼管的作用。

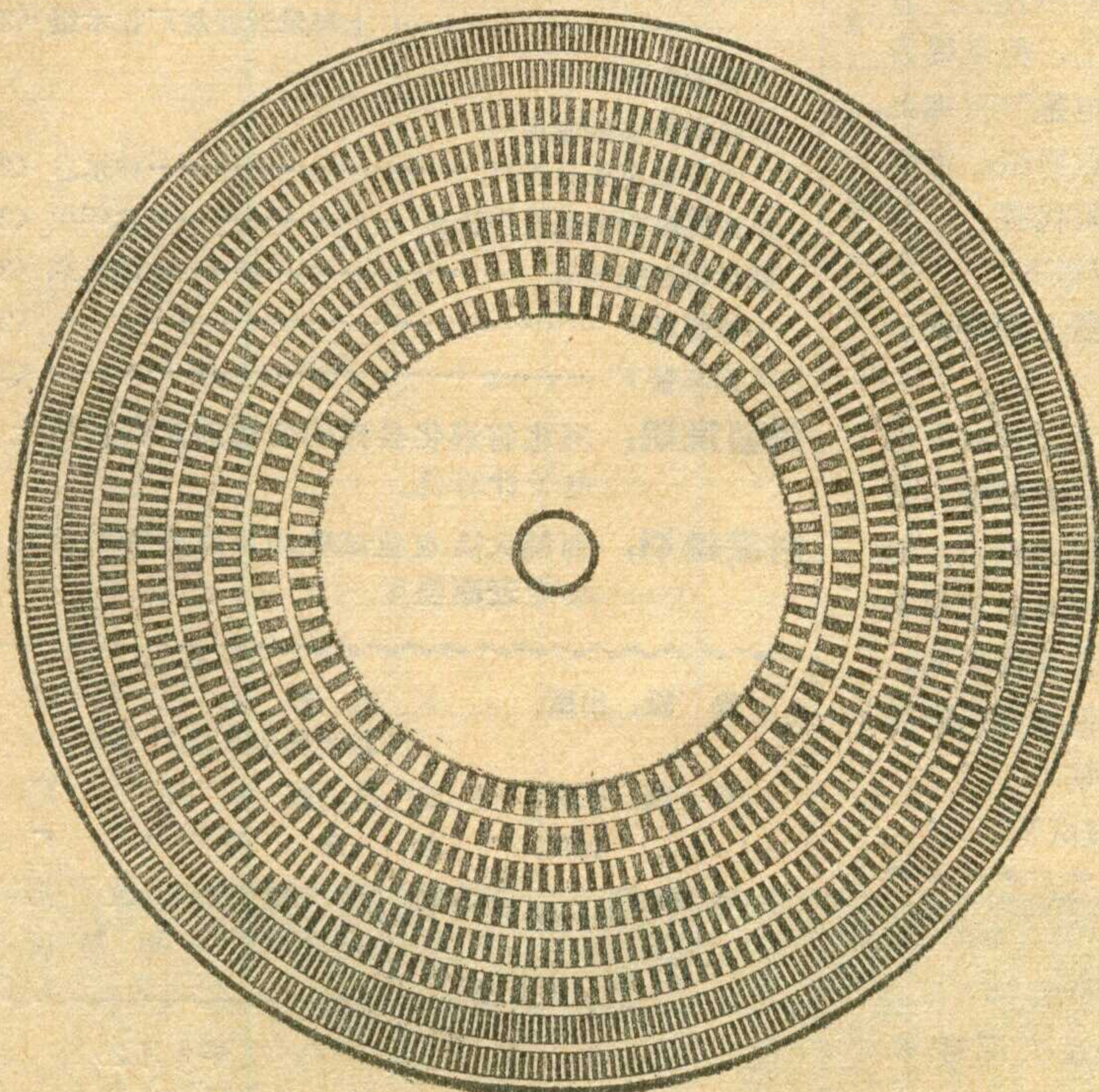
一般晶体管都是按正向单向导电来工作的，在反向应用时， β 低、电流小、管压升高、管耗小，所以没有多大实用价值，因此，在行输出电路中都另外加一阻尼二极管。但由于行输出管有一定的阻尼作用，在管子制造和电路安排的偶然情况下，可能出现行输出管代替阻尼管的工作情况，这时只要图象质量没有下降、管子温度不过分升高，就可以用下去。

（张家谋答）

问：有的超外差电子管收音机，检波管用晶体二极管，有什么优缺点？

答：从检波效果来看，用电子管还是晶体管都差不多。由于晶体二极管体积小，不需要灯丝供电，装配方便，所以有的电子管收音机中用它作检波。不过由

唱盘转速校验卡



调准（实际转速介于 $16\frac{2}{3}$ 与 17.14 转/分之间，这点误差对放唱是没什么影响的）。校验其他各种转速（ $33\frac{1}{3}$ 、45 或 78 转/分）时，只需调整到相邻两圈（必定为第三第四、第五第六或第七第八圈）的黑白线条反向旋转即可。实践证明，使用这种转速卡片，便于观察、易于调整，尤其是对于带有机机械调速和电子调速的唱机更为重要。

更正

1. 今年第 5、6 期第 53 页右栏倒数第 5 行“ I_0 ”应改为“ I_0 ”；同期第 55 页图 1 中电源电压应改为 220 伏。

2. 今年第 5、6 期第 58 页中栏倒数第 9 行

$$N_{dB} = 20 \lg \frac{U_{\text{信号功率}}}{U_{\text{噪声功率}}} \text{应改为}$$

$$N_{dB} = 20 \lg \frac{U_{\text{信号电压}}}{U_{\text{噪声电压}}}$$

3. 1977 年第 5、6 期 59 页左栏 15 行“ W_{app} ”应改为“ μ_{app} ”。

无线电

1977年第8期(总第179期)

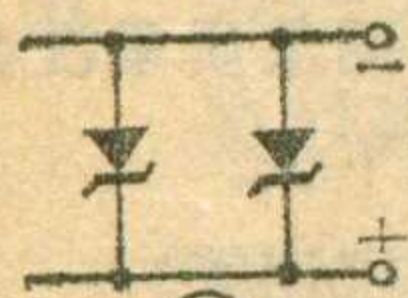
目 录

于晶体二极管的热稳定性较差,所以应安装在远离热源易于散热处。同时应选用正向电流大、反向耐压高的管子,这样使整机非线性失真小些且检波效率也高些。比如红灯711型六管机用的是晶体二极管2AP16,它的正向电流 ≥ 30 毫安,反向耐压 ≤ 50 伏,为了散热把它贴在铁的底板上。

(齐宏石答)

问:稳压二极管2CW15最大稳定电流为29毫安,欲稳定更大的电流,能否将2CW15并联使用?

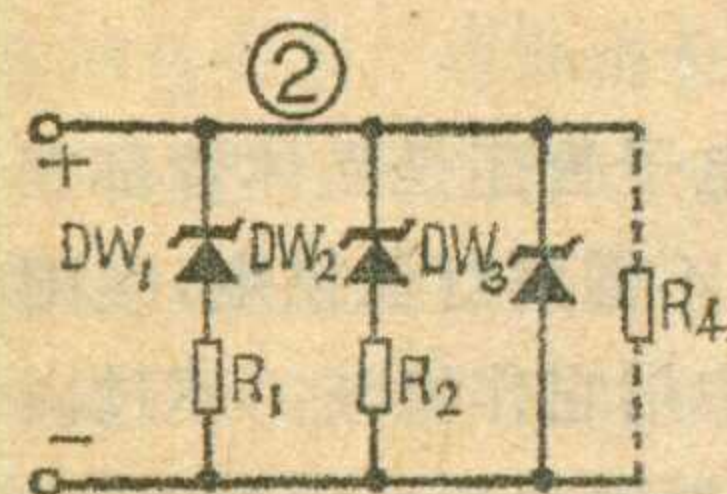
答:稳压二极管并联连接使用是增大稳压管功率容量的一种方法,但不能象图1那样简单地并联。这是因为同一型号的稳压二极管之间的稳定电压也略有区别,不一定在同一电压下导通。为此,应象图2所示,用一个阻值很小的电阻和2CW15中稳压较低的稳压管串联,由于电阻上有压降,使各稳压二极管基本上在同一电压下导通,而且可以分担总负载电流,可以扩大功率容量。



①

(民希答)

问:电子管电视机的视频末级放大器的屏极电阻是用两只2瓦的碳膜电阻或金属膜电阻并联,能用一只5瓦以上的线绕电阻代替吗?



②

答:一般电子管的电视机的视放末级用6P15等管,屏极负载电阻为2.5~3千欧,屏极电流为25~30毫安,功耗约为2.7瓦,若用一只2瓦的电阻功率是不够的,通常用2只并联。若用一只5瓦的线绕电阻代替,功率是够了,但是因为线绕电阻是一种有感电阻,本身有一定电感,再加上分布电容,就相当屏极回路上又加一谐振回路,影响视放的频率特性,所以一般不用线绕电阻代替。

(冯容堪答)

问:为什么同一只晶体管在不同仪器上测得的 β 值相差很大?

答:我们知道,一个管子的 β 值和它工作在特性曲线的哪一部分有关。一般来说,在集电极电流 I_c 很小或很大时, β 值都比较小,在1毫安以上相当大的一个范围内,小功率三极管的 β 值都比较大。使用不同的测试 β 的仪器,可能造成管子的工作条件不同,虽然能满足管子工作在放大区的条件,但由于其特性曲线不是理想的直线,仍有不同的测试结果。

(徐为震答)

更正:

本刊今年第5、6期第51页中栏第6行“R₁”应为“R₃”。同页印刷板线路图中R₃、R₉上端连线应接在电容C₃的负端。

英明领袖华主席为邮电的光辉题词 (1)

前途广阔 大有作为

河北省遵化县建明公社西铺大队应用电子技术

初见成效 (2)

TC-A型土壤综合测试仪

..... 荆州地区农用电子仪器厂 (3)

TTL电路逻辑电平测试笔 李遇杰 (4)

液晶显示及其应用 常熟半导体厂 施绍裘 (5)

介绍几种线性组件 宋东生 (8)

简易交直流两用晶体管高频头 唐宗理 (10)

联合设计晶体管独立微调频道选择器

..... 丹东电视机配件厂
上海无线电九厂 (12)
上海星际无线电厂

晶体管小信号低频放大电路设计(续)

..... 上海无线电二厂 (16)

一些常用国产低频中、小功率晶体三极管的主要特性(二)

——封三说明 李锦春 (19)

电动式橡皮边扬声器

..... 上海无线电十一厂 黄旭聪 (20)

唱片是怎样记录和重放声音的 陈亚东 (21)

* 农村有线广播 *

上海牌Ly-321晶体管磁带录音机简介及维修(续)

..... 上海录音器材厂技术组 (22)

* 初学者园地 *

直流变换器的应用——

干电池点亮日光灯 林永恩 (25)

从夜间收到的电台多谈起 念年生 (28)

唱盘转速校验卡 陈亚东 (30)

* 想想看 * (27)

* 问与答 * (31)

封面说明: 河北省遵化县建明公社的老会计用上了电子计算机。

封底说明: 西铺大队农业试验场用红外测温仪测量小麦表面温度。

编辑、出版: 人民邮电出版社
(北京东长安街27号)

印刷: 正文: 北京新华印刷厂
封面: 北京胶印厂

总发行: 北京市邮政局

订购处: 全国各地邮电局所

出版日期:

1977年8月25日

本刊代号: 2-75

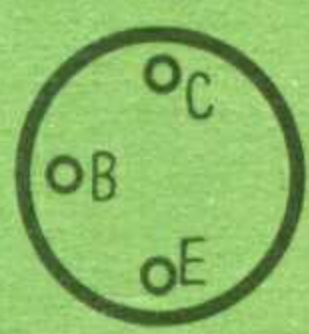
每册定价0.17元

一些常用国产低频中、小功率晶体三极管的主要特性 (二)

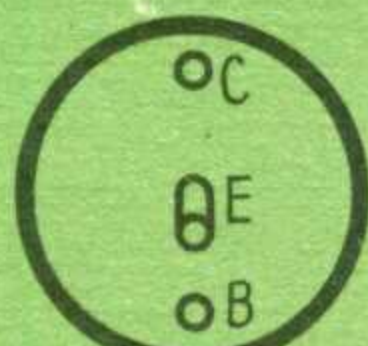
(锗 NPN 型、硅 NPN 型、硅 PNP 型)

型号	用途	直流参数			交流参数					极限参数			电极位置图
		I_{CBO} (μA)	I_{CEO} (μA)	h_{FE}	h_{fb}	h_{fe}	f_a (MHz)	f_β (KHz)	f_T (MHz)	BV_{CEO} (V)	I_{CM} (mA)	P_{CM} (mW)	
3BX1A 3BX1B 3BX1C 3BX1D 3BX1E	低放	≤ 30 ≤ 20	—	—	—	≥ 10 ≥ 15 ≥ 20 ≥ 35 ≥ 10	≥ 0.465 ≥ 1 ≥ 2 ≥ 0.465	—	—	≥ 10 ≥ 15 ≥ 25	—	150	图②
3BX3A 3BX3B 3BX6A 3BX6B 3BX6C	低放 互补	≤ 18 ≤ 10 ≤ 30 ≤ 20 ≤ 10	≤ 600 ≤ 400 ≤ 900 ≤ 700 ≤ 500	40~200 40~150 ≥ 20 ≥ 30 ≥ 20	— — — — —	— — — — —	— — — — —	≥ 8 ≥ 8 ≥ 8 ≥ 8 ≥ 8	— — — — —	≥ 10 ≥ 20 ≥ 10 ≥ 10 ≥ 20	125 125 125 125 125	125 125 125 125 125	图①
3BX31A 3BX31B 3BX31C	功放	≤ 20 ≤ 10 ≤ 6	≤ 1000 ≤ 750 ≤ 500	40~200 50~150	— — —	— — —	— — —	≥ 8 ≥ 8 ≥ 8	— — —	≥ 12 ≥ 15	125 125	125 125	图①
3DX101 3DX102 3DX103 3DX104 3DX105 3DX106	低放 低速 开关	≤ 1	—	9~15	≥ 0.9 ≥ 0.93 ≥ 0.9	—	≥ 0.2 ≥ 0.5 ≥ 1 ≥ 0.5 ≥ 0.2	—	0.2	≥ 10 > 10 ≥ 30 ≥ 40 ≥ 60	20	300	图③
3DX2A 3DX2B 3DX2C 3DX2D 3DX2E 3DX2F	低放 功放	≤ 5	≤ 25	10~20 20~30 ≥ 30	— — —	— — —	≥ 0.2 ≥ 0.2 ≥ 0.2	— — —	— — —	≥ 15 ≥ 30 ≥ 15 ≥ 30 ≥ 15 ≥ 30	100	500	图②
3DX3A 3DX3B 3DX3C 3DX3D 3DX3E 3DX3F	低放	≤ 3	≤ 10	—	—	9~20 20~30 ≥ 30	≥ 0.2 ≥ 0.2 ≥ 0.2	— — —	— — —	≥ 15 ≥ 30 ≥ 15 ≥ 30 ≥ 15 ≥ 30	30	200	图②
3DX5A 3DX5B 3DX5C 3DX5D 3DX5E 3DX5F	低放 低速 开关	≤ 1	—	—	—	≥ 9	—	—	0.5	≥ 10 ≥ 30 ≥ 40 ≥ 70	100	500	图③
3CX 3DX	200A 201A 202A 200B 201B 202B	低放 互补 功放	≤ 1	≤ 2	55~400	—	—	—	—	≥ 12 ≥ 18	300	300	注
3CX203 3DX203	A B	互补	≤ 5	≤ 20	55~400	—	—	—	—	≥ 15 ≥ 25	700	700	图③
3CX204 3DX204	A B	功放	≤ 5	≤ 20	55~400	—	—	—	—	≥ 15 ≥ 25	700	700	图⑥

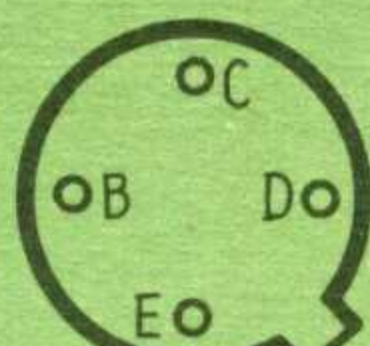
注: 3CX(3DX)200A、B—图③; 3CX(3DX)201A、B—图④; 3CX(3DX)202A、B—图⑤。



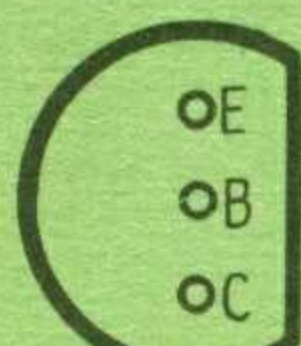
图①



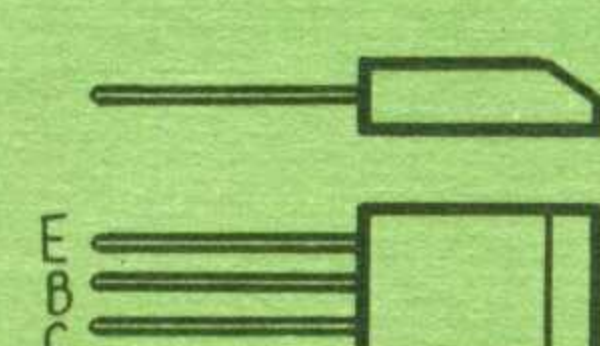
图②



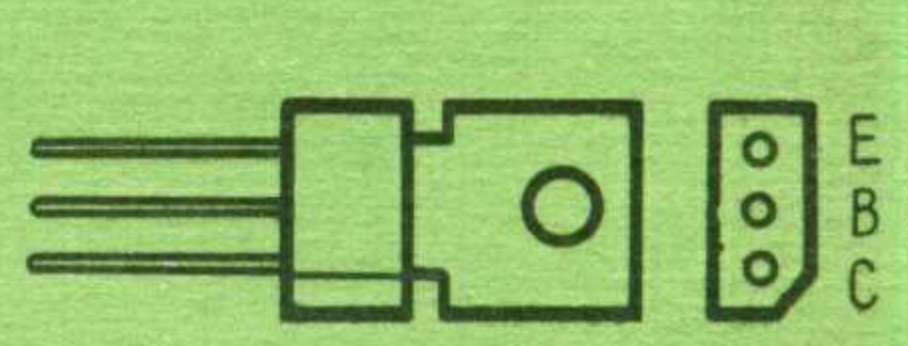
图③



图④



图⑤



图⑥



“窮
子
精神
万
岁”

无线电视