

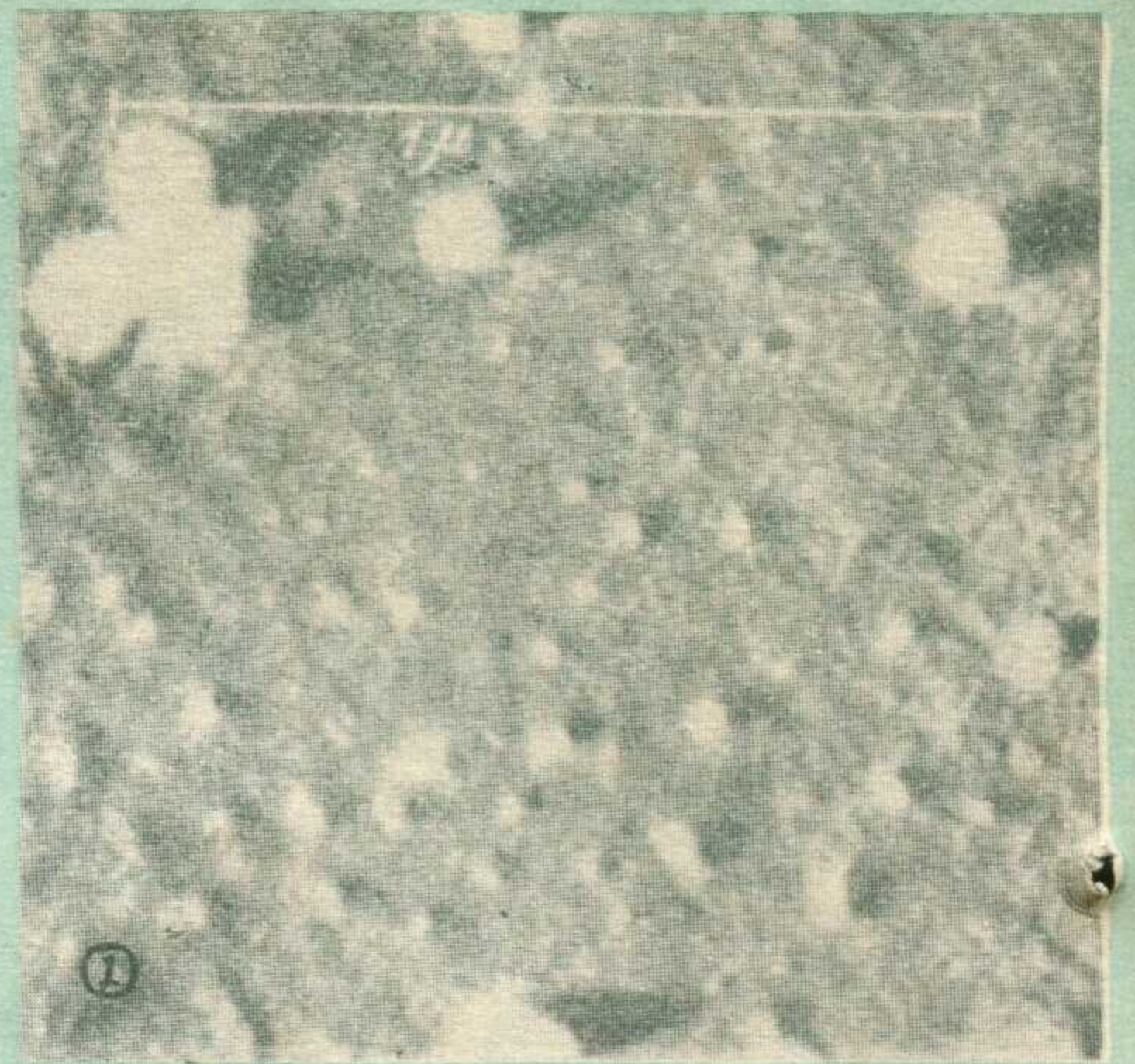
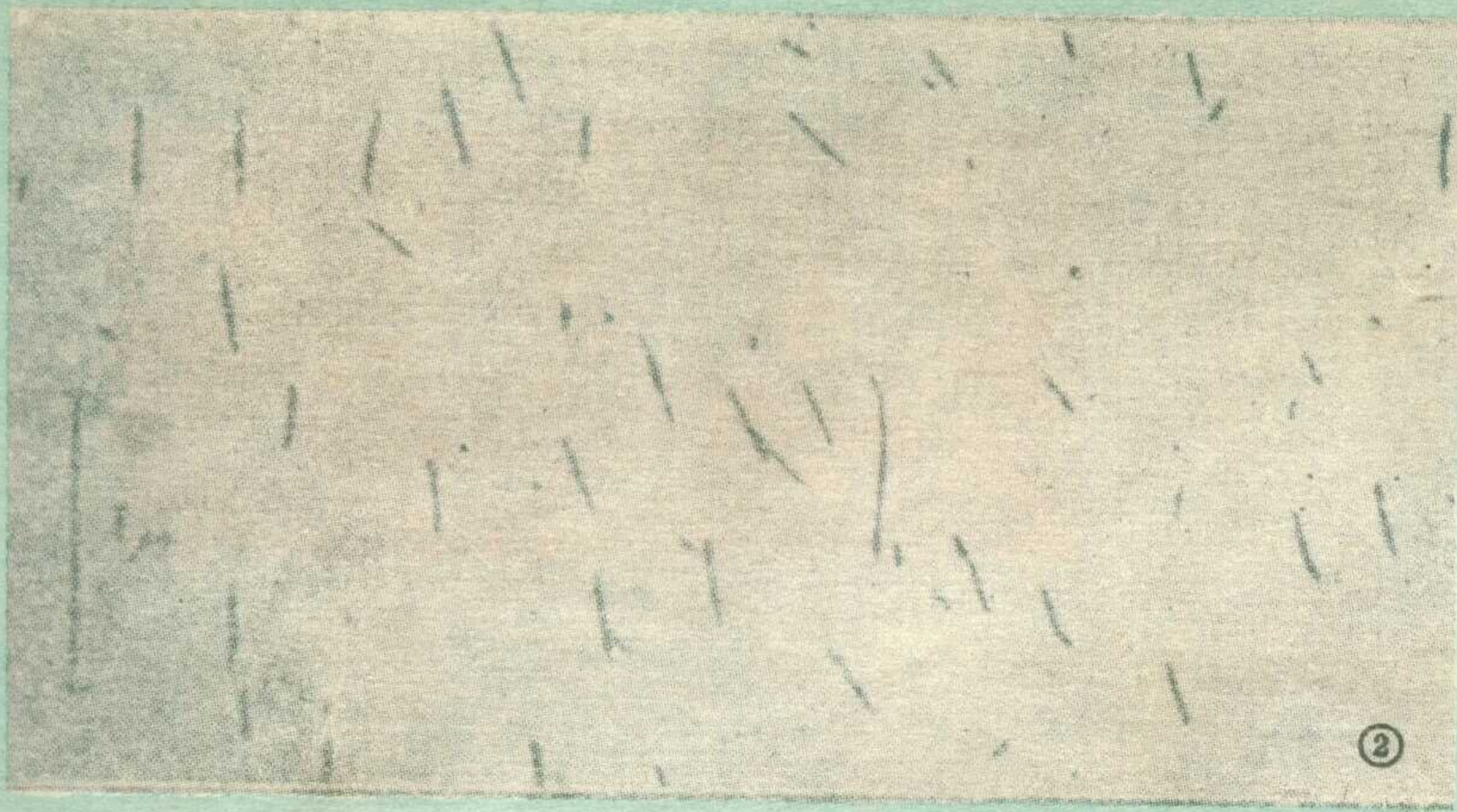
无线电

3

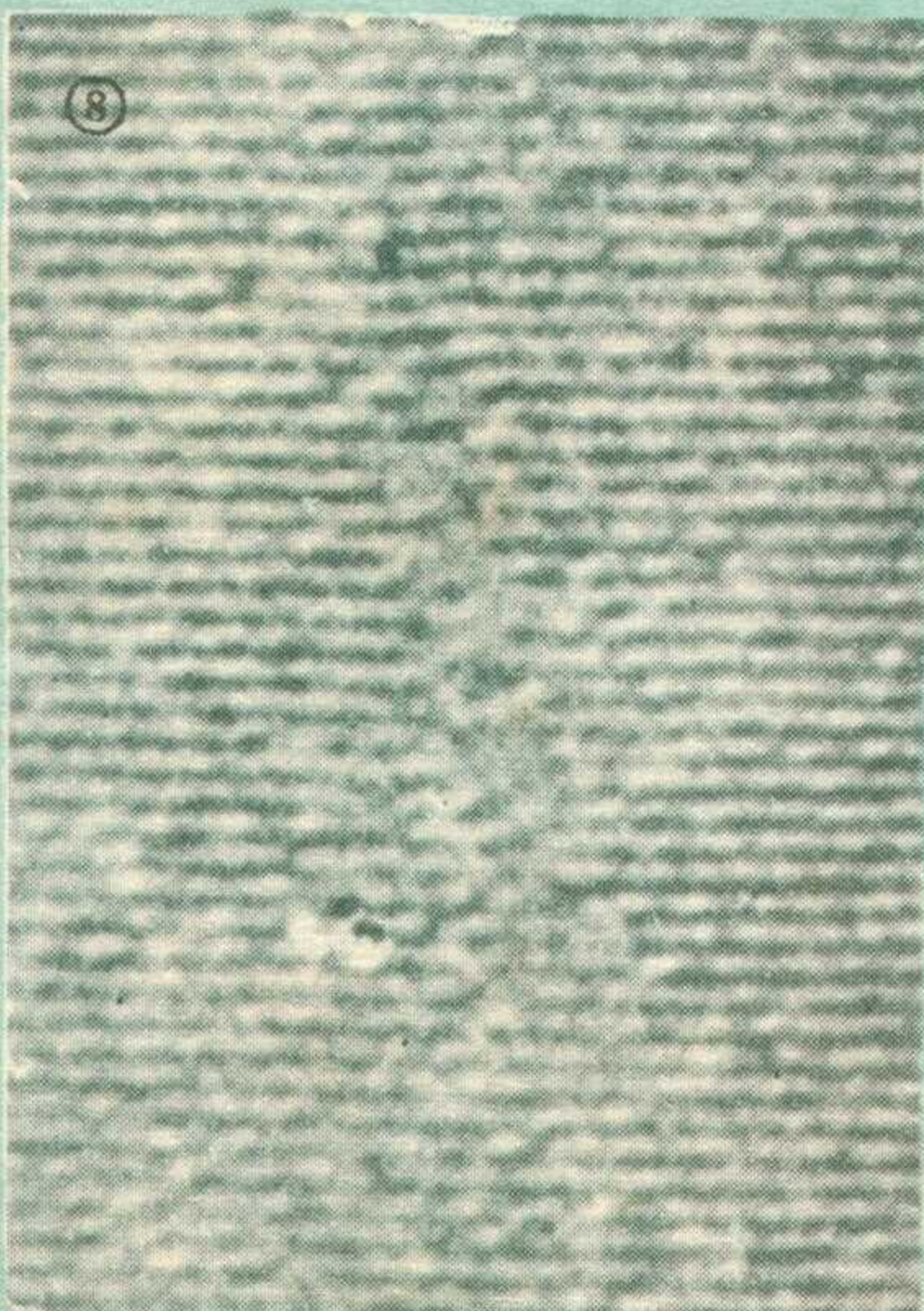
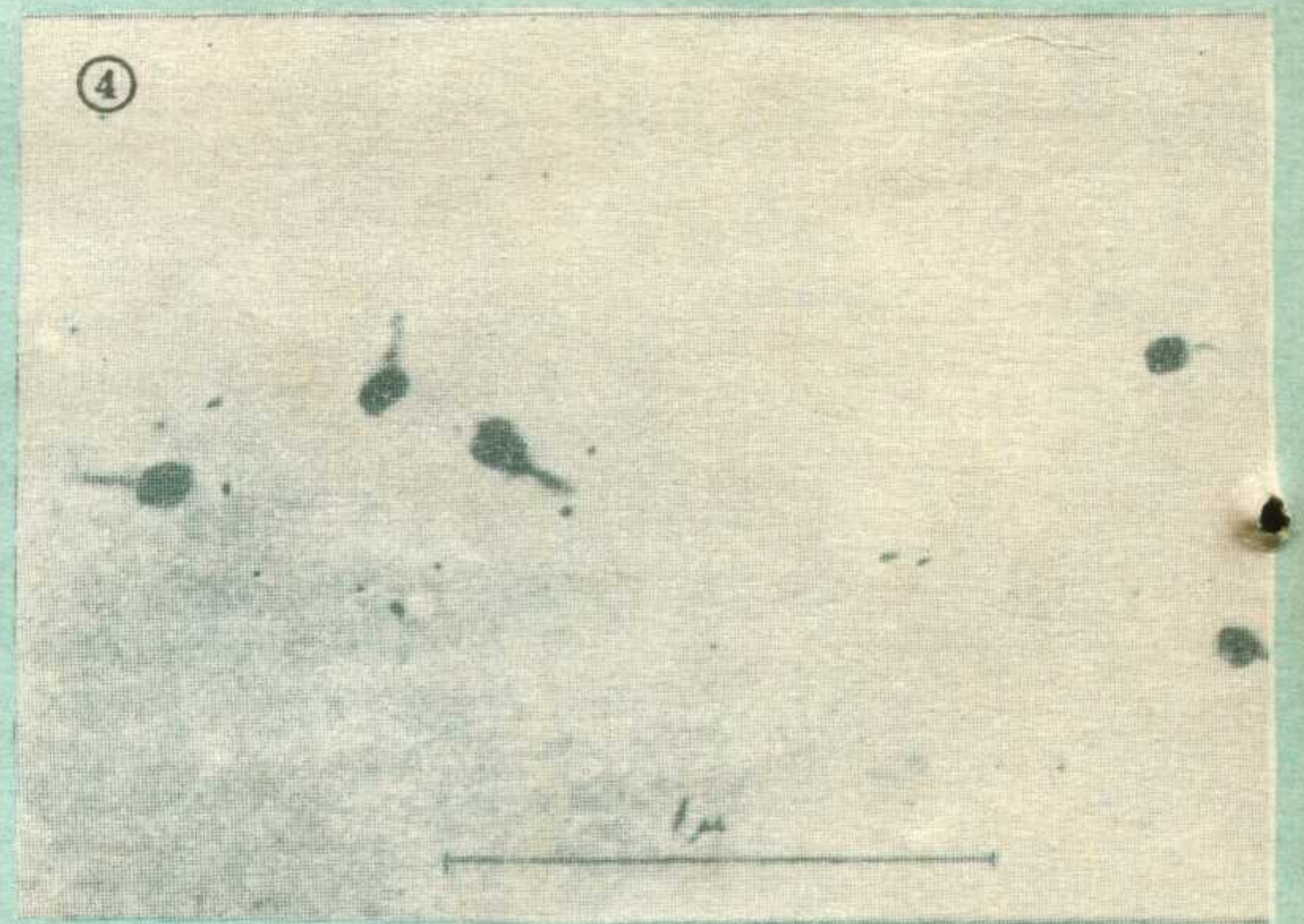
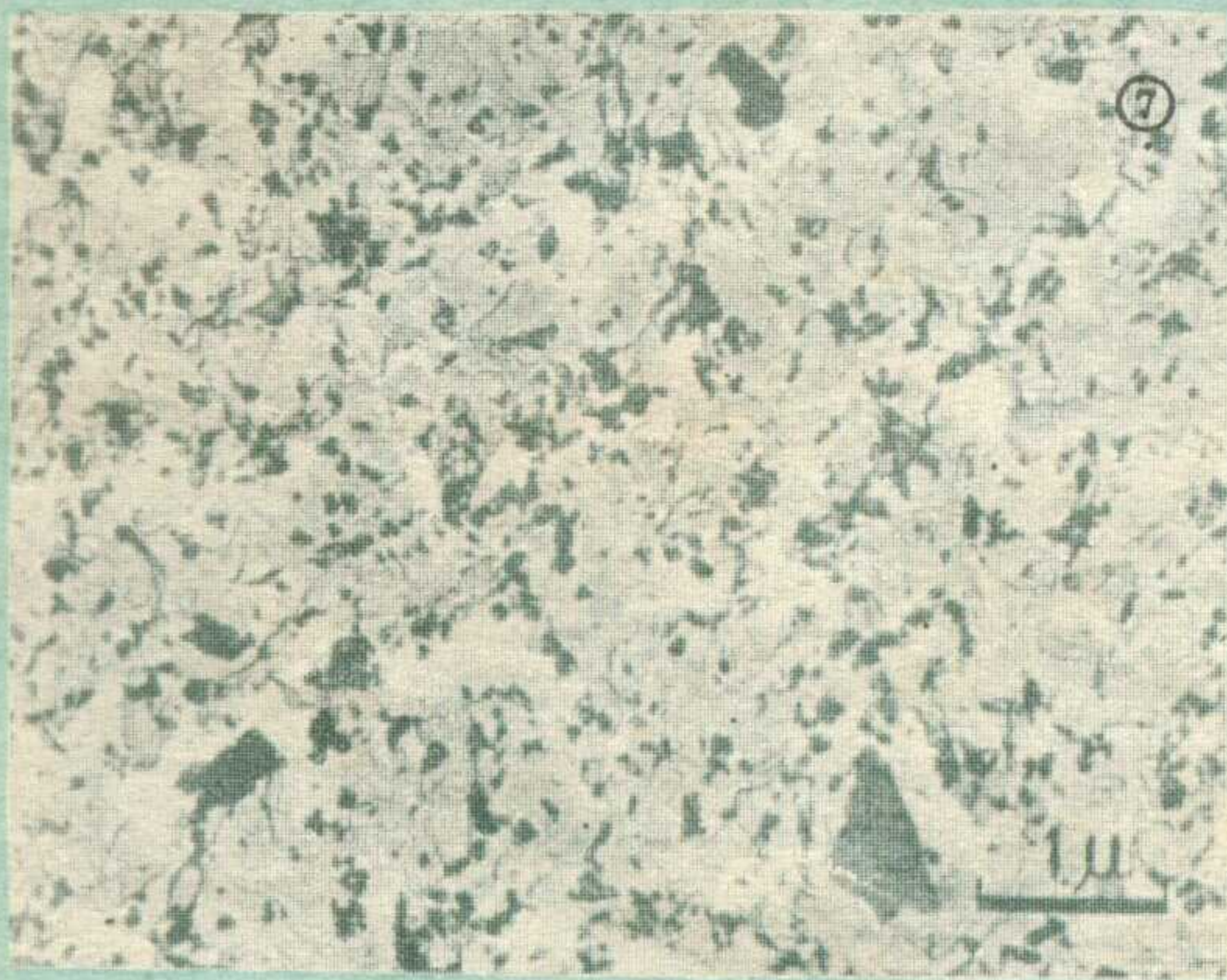
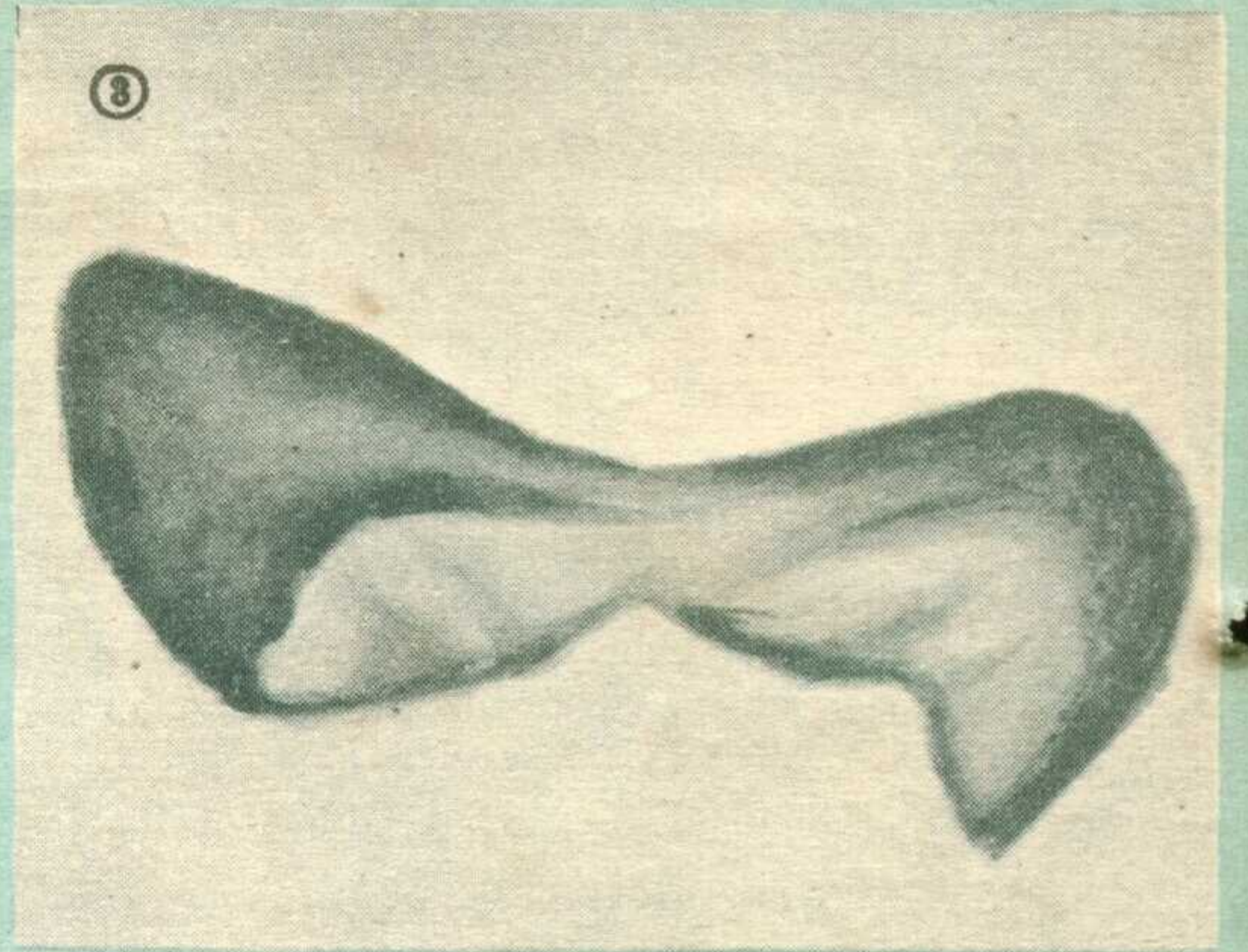
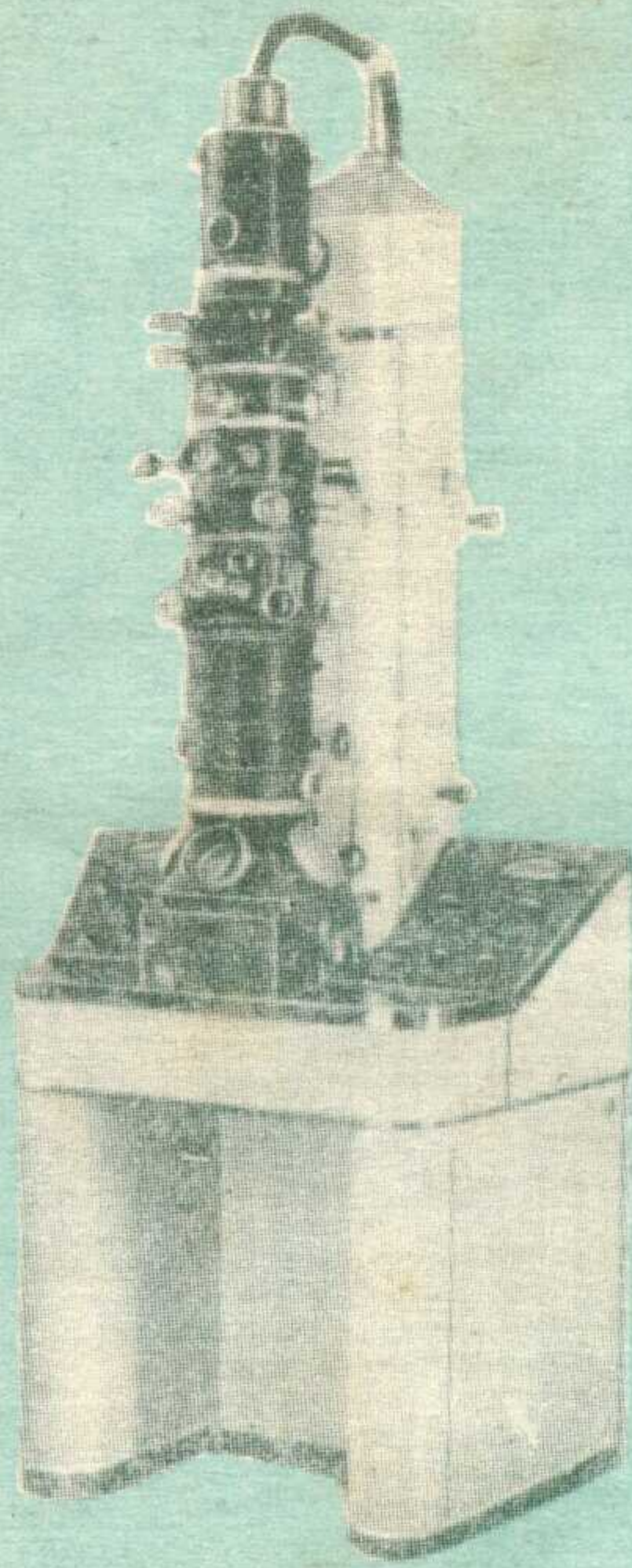
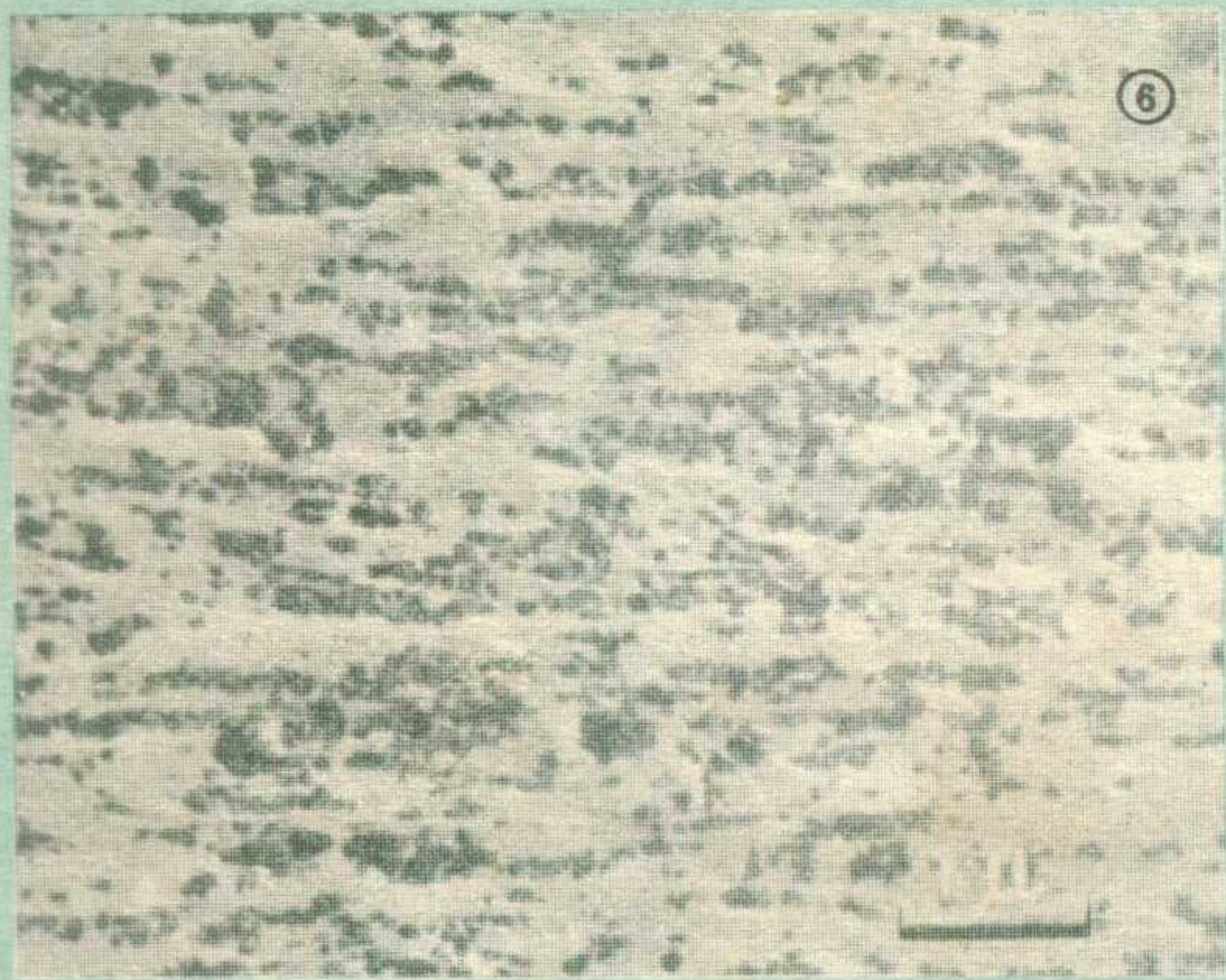
WUXIANDIAN

1962





# 在电子显微镜下



## 光学显微镜能“看到” 多大的东西

利用光学显微镜能够看见非常微小的东西，例如各种细菌和细胞等等，这是大家都很熟悉的。但是，大家有没有想过，这种显微镜最小能看到多大的东西，它的“视力”有没有一个限度呢？

是的。光学显微镜的视力有一个界限。不管显微镜做得多么好，它都分辨不出小于0.2微米（1微米=10<sup>-6</sup>米=10<sup>-3</sup>毫米，微米通常以 $\mu$ 表示）的东西。这是由于光线的波动性所造成的。为了说明这个问题，我们想象一下水波进行的情况。在湖面投下一个石子，水波就向四周传播开去。如果水波碰上了一个比波长大得多的石头时，它就不能传到石头后面去。石头后面的水仍然是平静的，或者说，在石头后面留下了一个“影子”。但是，如果水波碰上了一根插在水中的木桩，而木桩的直径比波长小很多时，波就毫不费事的绕过木桩，继续前进，而不会形成木桩的“影子”。研究指出，当物体的大小等于波长的一半时，波就能够绕过这一物体而不在物体后面留下影子。我们知道，可见光线的最短波长是0.4微米（紫色光），所以光波完全可以绕过小于0.2微米的東西。因此，利用光学显微镜就看不到小于0.2微米的東西了。

## 电子显微镜能“看到”什么

随着科学技术的发展，在1926~1931年，发现利用电子射线代替光线来制成电子显微镜，可以分辨更小的物体。理论上证明，当电子受到5万伏的电压加速时，它的波长只有光波波长的十万分之一。所以电子显微镜理论上的最小分辨距离是0.0002~0.0003微米，或2~3埃（1埃=10<sup>-10</sup>米=10<sup>-7</sup>毫米=10<sup>-4</sup>微米，埃通常以符号 $\text{\AA}$ 表示）。这样，过去许多用光学显微镜看不见的东西，例如病毒、胶体粒子、巨分子和结晶结构等等，现在都可以用电子显微镜来看到了。这真是给我们展示了一个无比丰富的微小世界的广阔天地。电子显微镜在生物学、医学、物理学、化学以及各种不同的生产部门中都带来了许多辉煌的成果，已经成为各种重要科学研究和实验中不可缺少的工具。

大家知道，有很多疾病，例如麻疹、大脑炎，伤风感冒等等，都是由比细菌还小的病毒引起的。不但如此，病毒还会使猪和牛得瘟疫，得蹄口病，会使烟草、棉花和

# 电子显微镜

西门纪业

蕃茄等生病。光学显微镜是看不见这些病毒的。但是，电子显微镜却可以看到它们。它象一个巨大的探照灯一样，照亮了微生物世界，暴露了病毒的形态

和生活规律的秘密，使我们认清了敌人，更有效地去消灭它们。封二图①所示为电子显微镜下拍出的流行性感

冒病毒的照片，图②为一种烟草花叶病病毒的照片。痢病是一种比较难治的病。很久以前，科学家们已经在猜测，引起痢病的结核菌，一定穿着一层又厚又结实的膜，象甲胃一样保护它不受药品的伤害，不怕人体的各种抵抗力。现在，有了电子显微镜，科学家们已经看见了这层厚膜，研究了它的详细结构（图③）。不久，他们就会揭穿这副甲胃的秘密，用适当的办法来解除结核菌的武装了。

有一种比细菌还小，但是能把细菌“吃掉”的东西，叫做“噬菌体”。电子显微镜帮助科学家找到了它们。它们的形状象蝌蚪，有一个圆圆的身体和一条细长的尾巴（图④）。它们包围住细菌，向它进攻，钻入细菌内，继续生长繁殖，在很短时间内，就使细菌的膜破裂，使细菌死亡（图⑤）。科学家们培养出噬菌体。患痢疾的人服了噬菌体后，两三天内就复原了，比吃药好得还快。

日常生活中和生产部门中都碰到许多性质很不相同的材料。为了了解其中的秘密，就要知道材料的微粒的形状和大小。这里又需要电子显微镜的帮助。例如橡胶，它们具有弹性，能够伸长或压缩，为了解释它们的物理性质，便需要了解橡胶中填充料（例如碳黑和碳酸钙等）的分散状态。图⑥和⑦中是用电子显微镜照下的一种用超细微碳酸钙作填充料的硫化橡胶沿着平行于层和垂直于层的方向切开的结构图。

从远古的原子论到近代固体理论，都认为晶体中原子排列成整齐规则的格架。但由于晶体中原子排列的间距太小（通常只有几个埃到十几个埃），过去只能作间接测量而无法直接目睹。近年来，电子显微镜已经发展到能分辨8~10埃的距离，于是在1956年，人们首先用电子显微镜看到一种金属衍生物晶体中的原子排列情况（如图⑧所示铂的金属衍生物，其间距为12埃）。这个发现是固体物理物质结构方面划时代的发现。尤其是从这个图上看出晶体中原子排列有各种缺陷，这对于研究金属结构和性能有极大意义。

电子显微镜的应用十分广泛，要把它们一一列举出来是办不到的，所以前面只谈了应用电子显微镜的几个例子。

## 电子透镜

大家知道，光学显微镜中最重要的东西是透镜。透

封二图注：中图苏联УДМБ—100型电子显微镜。

①流行性感病毒。②一种烟草花叶病病毒。③细菌蜕下的壳。④噬菌体。⑤被噬菌体破坏了的细菌。⑥硫化橡胶沿着平行于层的方向切开的结构。⑦硫化橡胶沿着垂直于层的方向切开的结构。⑧铂的金属衍生物晶体中的原子排列情况。



图1. 长电磁透镜和光学透镜的对比。  
A—物点，  
A'—象点。

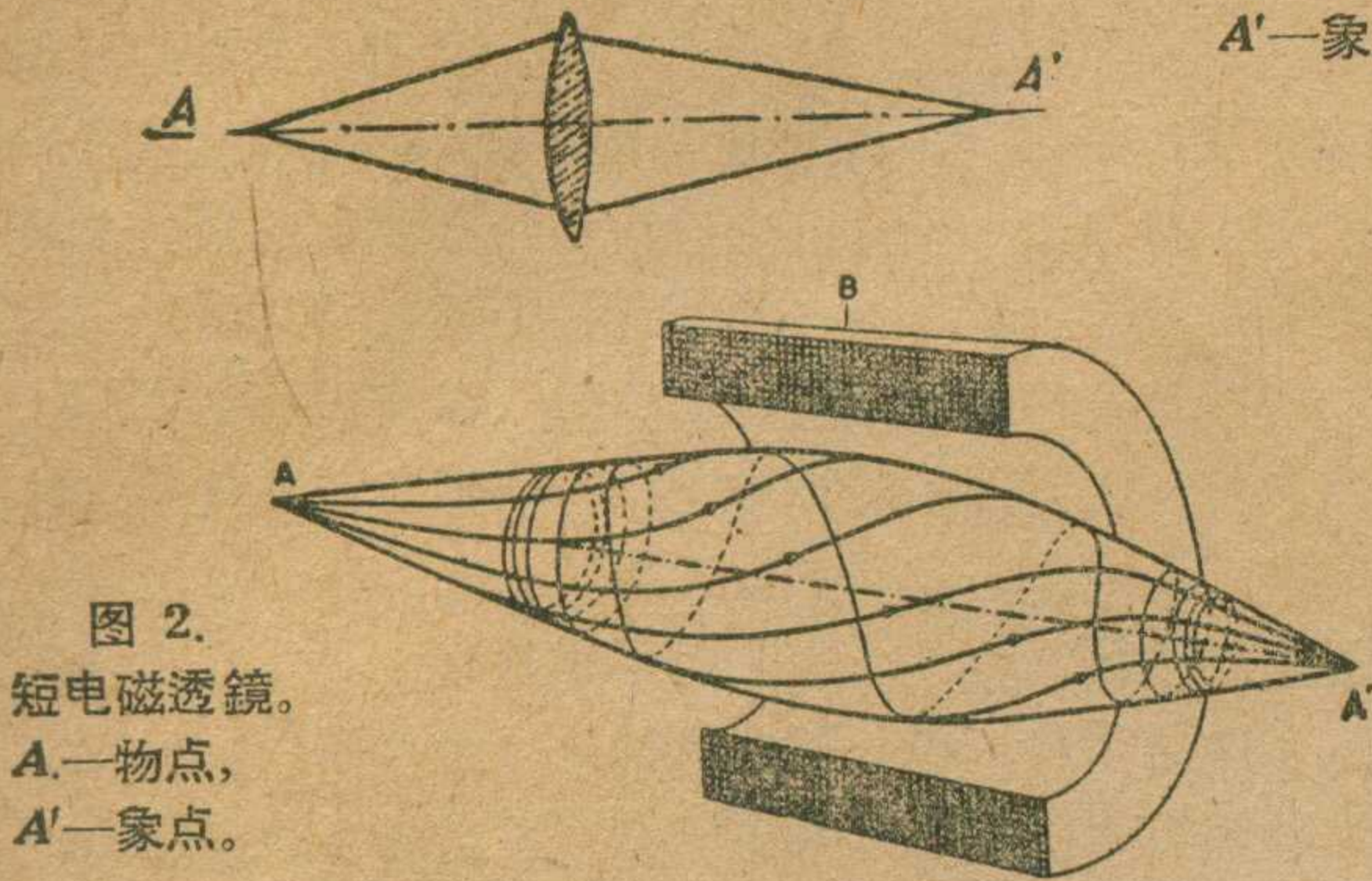


图2. 短电磁透镜。  
A—物点，  
A'—象点。

透镜能使光线折射和聚焦，把物体的象放大许多倍。

在电子显微镜内，最重要的东西是“电子透镜”。透镜这个词是和光学中的情况对比而借用来的。事实上，电子透镜不是由玻璃或什么别的东西做成的，而只是一个有电场或磁场存在的空间。大家知道，电子在电场或磁场中运动时会受力的作用而改变它行进的方向。因而电子射线通过电子透镜时也会发生折射和聚焦，就象光线通过普通透镜一样。

电子透镜分为电磁透镜和静电透镜两种。电磁透镜是利用通有电流的线圈造成的磁场使电子射线折射和聚焦。如图1所示，设有一个通电流的长线圈，在其内部形成均匀的沿轴线方向的磁场。由于磁场的作用，从某点A发出的角度不大的电子束可以聚焦在另一点A'。这说明均匀磁场对电子束的作用和会聚的玻璃透镜对于光束的作用相似。但是实验发现，长磁线圈的成像放大率等于1（即不能放大）。后来人们发现利用通电流的短磁线圈的磁场（图2）不仅能够聚焦，而且还有放大作用。这种短磁线圈就可以作为电子透镜。为了加强磁场，一方面将线圈外面围以铁壳，另一方面用高导磁率的铁磁材料作成极靴装在铁壳上（图3），使得磁场集中在很窄的缝隙中，这样就可以得到焦距很短，会聚作用很强的透镜。

静电透镜是利用加有一定电压的圆孔电极造成的电

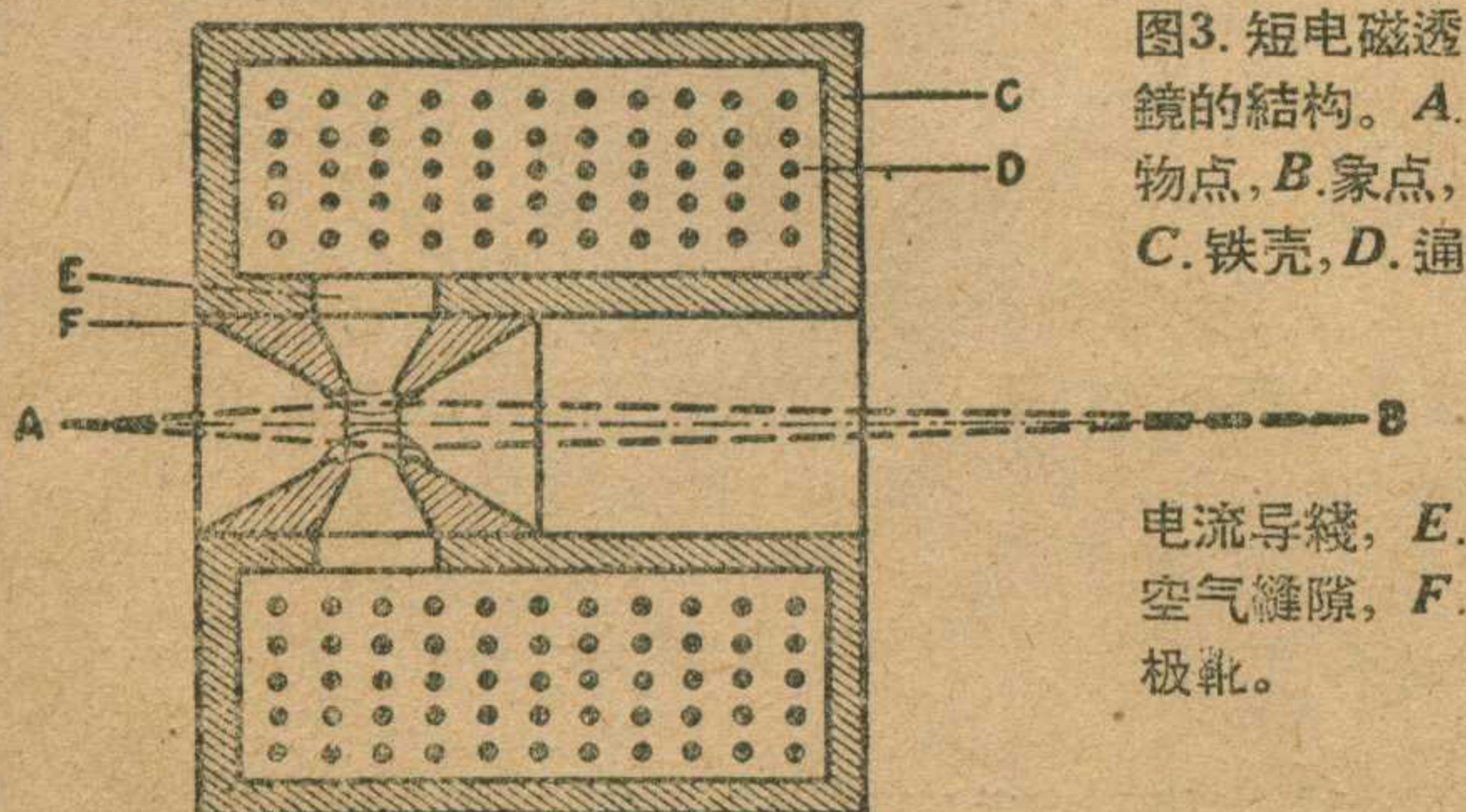
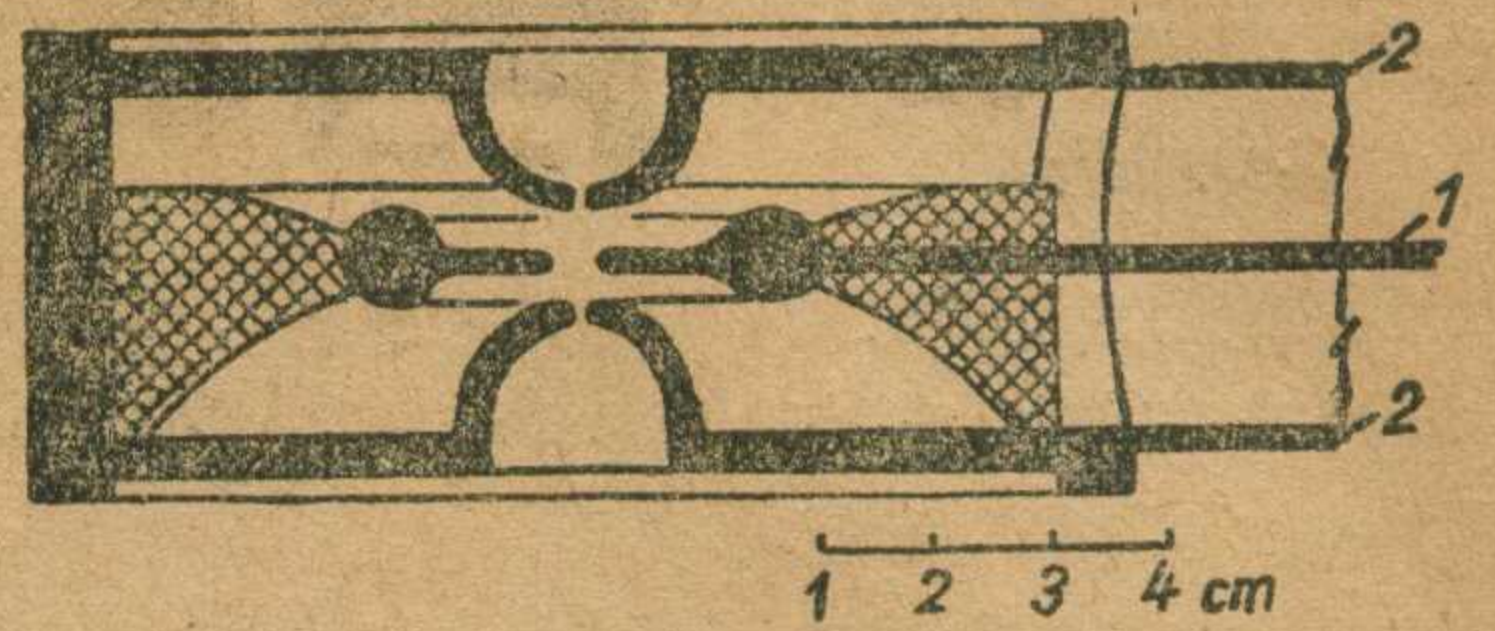


图3. 短电磁透镜的结构。A. 物点，B. 象点，  
C. 铁壳，D. 通  
电流导线，E.  
空气缝隙，F.  
极靴。

图4. 静电透镜。



场使电子射线折射和聚焦。这种透镜的结构如图4所示。中间有一个带圆孔的电极1接到高压上，两边的带圆孔的电极2则接地。电子射线通过这些圆孔时就能发生折射而聚焦成象。

### 电子显微镜的基本原理

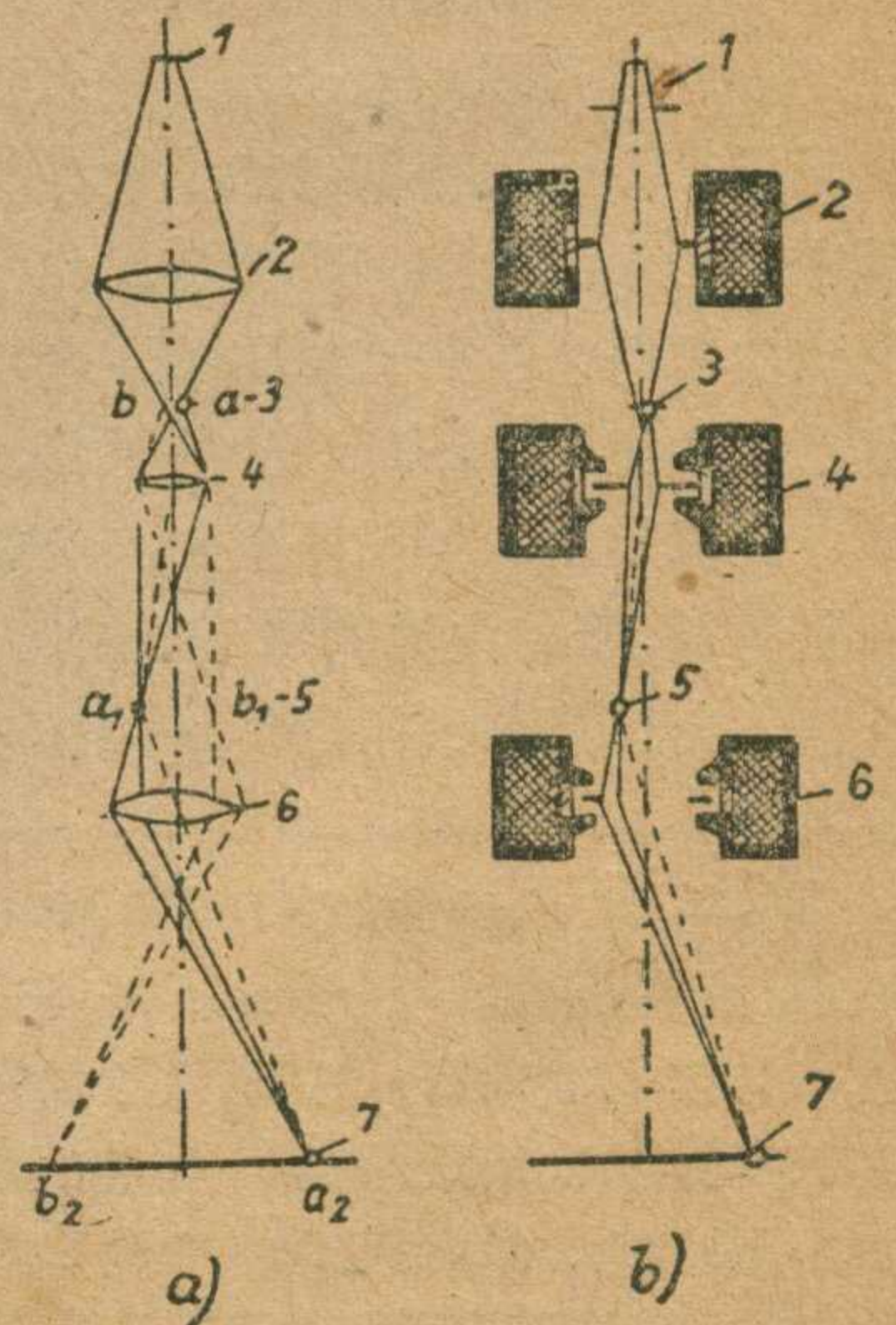
电子显微镜和光学显微镜的基本原理是相似的。在图5中我们将两者作了一个对照。图中a)为由光学透镜组成的显微镜，b)为由电磁透镜组成的电子显微镜。从电子源1（在图5a中为光源）发出的电子射线，由会聚透镜2聚成细的电子束（或光束）照射到物样3上。电子束（光束）“透过”很薄的物样，经物镜4后，造成中间象5，然后再经过投射透镜6在屏幕上造成终象7。在屏幕上涂有荧光物质，电子射线打到上面时可以使它发光，因而可以直接观察终象，但也可以用照相底片来拍摄电子象。

电子源是一个加热的钨丝阴极，它发射着电子。发出的电子经过一个控制极（它和电子管的栅极相似，调节控制极电压可以改变电子流的大小），然后受到阳极加速（通常阳极加速电压高达5万~10万伏）。从阳极小孔出来的电子射线经过会聚透镜聚焦，照到物样上微小的区域内。

大家知道，光学显微镜中物体成象是由于光线通过物样时，各处吸收光线的程度不同，于是构成明暗不同的图象。与此不同，

电子显微镜中的物体成象是由于电子射线通过物样时发生不同的散射而造成的。快速的电子射线穿过很薄的物样时不会被吸收，而是象被喷雾器喷射出来一样。物体上厚度、密度大的部分，使电子散射成较大角度，如图6中通过A部分的电子射束散射成 $\alpha$ 的角度；物体上厚度、密度小的部分，使电子散射成较小角度，如B部分

图5. 电子显微镜和光学显微镜的对比。



的散射角度为 $\beta$ 。但是散射出来的电子数目仍然一样多，所以 $\alpha$ 角内的电子密度较小，而 $\beta$ 角内的电子密度较大。然后我们在物镜的两极靴中间放一个有小孔的金属薄片（或叫做光阑），小孔的直径只有0.01毫米。这样，通过光阑小孔的电子数就决定于散射角的大小。物样某部分越厚越密则散射角越大，通过光阑的电子越少，故经物镜成象后的对应部分亮度越弱（图中的A'点）；反之，若物样另一部分越薄越疏，则成象后对应部分亮度越大（图中的B'点）。于是就形成了明暗不同的图象。

上面只是简略地介绍了电子显微镜的基本原理。事实上，它是一个十分复杂和精密的电子仪器。不但它本身构造很复杂很精密，而且它内部还需要保持高度的真空，各个部分所用的电源都需要十分稳定。这就要涉及无线电电子学中的一系列问题。

### 怎样作物样

要用电子显微镜观察物体，需要先把物体作成试样。最简单的是用支持膜的方法。把含有被研究物体（如细菌、粘土等）的一滴液体滴在极薄的，能被电子穿透的支持膜上（通常用火棉胶膜）。把这层膜放在特制的微孔金属网上，再把带着膜的网放入电子显微镜的物样杯架上，就可以用电子射线对它进行观察了。

要用电子显微镜观察不能透过电子的大物体表面（例如钢铁的表面），可以采用一种巧妙的印刷的方法，即复型法。如图7所示，把要研究的物样1表面仔细净化，然后在它上面敷一层透明塑胶2。硬结后，再取下这层薄膜。它就是印下了物样表面结构的复型，可以把它放入电子显微镜中进行观察。

### 电子显微镜的发展前景

最后，我们想谈谈电子显微镜有待解决的一些问题

亲爱的作者同志们：自从1961年7月无线电复刊以来，收到了三千多件来稿。这说明你们为普及无线电技术知识付出了辛勤的劳动，对我们的帮助是很大的，非常值得感谢。

根据读者的意见，本刊今后准备多发表一些无线电新技术通俗介绍，无线电基本知识，以及无线电制作经验和修理常识。在介绍无线电新技术时，我们希望作者适当地讲些有趣的应用例子，用形象化的描述和图画来说明基本原理，指出今后的发展前景。在介绍无线电基本知识时，象谐振、振荡、调制、检波等等，希望作者最好不引用初中程度以上的数学而又能把道理解释清楚，并且使读者能熟悉这些方面的典型电路。我们最希望作者写些短小生动的

和它的发展前景。

首先，目前一般的电子显微镜只能穿透很薄的物样（大约几百埃），现在为要使电子射线能够穿透更厚的物样，已经制出阳极电压高达30~40万伏的高压电子显微镜，它能观察厚度为0.1微米的铁切片、

图7. 利用复型法作出试样。1个微米的矿物切片和几个微米的有机物和生物样品切片，这就大大扩充了它的应用范围。

其次，普通电子显微镜整个镜筒是抽成高真空的。这样，它只能观察死的样品，而不能看到活的生物。近年来，苏联制成了具有充气显微室的电子显微镜（УЭМБ-100型，见封二），在这种仪器的物样室中有两层薄膜隔出一个小的气室，所以其中可以放置活的生物样品。利用这种装置已经在电子显微镜下得出活的细胞的照片。可以预料，利用具有高分辨力的电子显微镜来观察活的生物样品，将对于生物学和医学的发展带来十分令人鼓舞的前景。

最后，人们正在不断努力改善电子显微镜的结构和性能，以适应对它的日益增长的要求。例如，增加使物样加热（到1000°C）或冷却（约-180°C）的装置，简化电子显微镜的结构使它更广泛地应用到各个部门中等等。目前电子显微镜工作者最大的努力是向理论的分辨距离（2~3埃）进军。现在世界上最好的电子显微镜只能达到6~7埃的分辨距离，要达到理论分辨距离还需要克服许多困难。但是可以相信，在这一方面，必将日益获得更大的进展。新的电子显微镜将使我们能看到物质更深处的秘密，研究物质更精细的结构，从而使各个科学技术部门得到更进一步的发展。

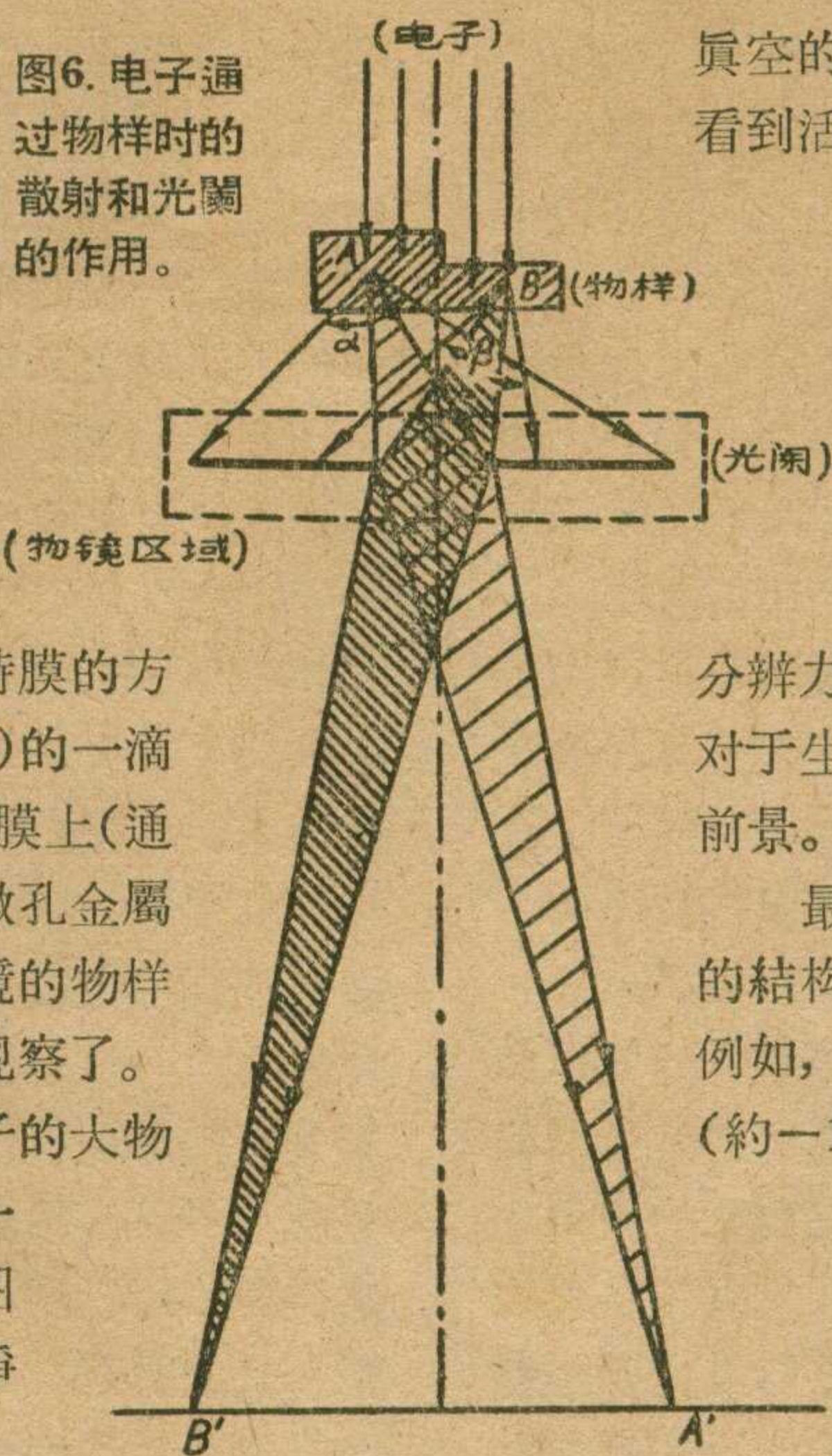
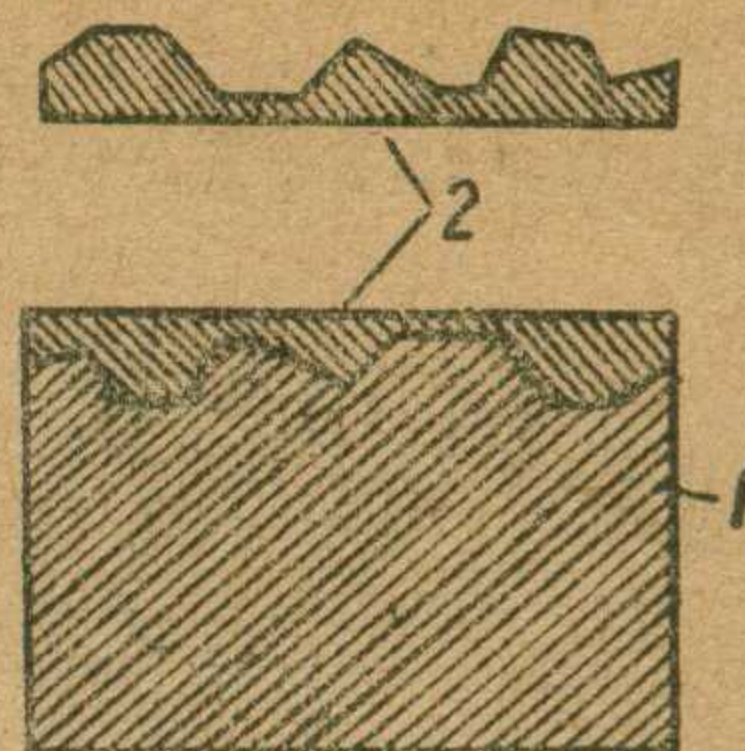


图6. 电子通过物样时的散射和光阑的作用。

## 致作者

无线电最新发展和应用的小常识，写些较重要或较难懂的名词、术语、单位的通俗解释。对小制作稿件，要求确有实效，图纸正确易懂。写修理常识的稿子时，最好说明迹寻故障的方法，分析故障原因。在想想看一栏中，希望作者能提些有兴趣和有启发性的问题，并附答案。

这些问题要使读者愿意想、有可能想得出。通过想的过程巩固已学过的东西，增加新的知识和经验。

近来，各地无线电俱乐部、少年之家，在开展无线电运动、提高无线电运动水平方面取得了很大的成绩。我们希望你们为本刊推荐一些作者，介绍优秀的制作和富有兴趣的实验。

我们再一次感谢作者对本刊热忱的关心和有力的支持，让我们共同努力来更好地提高本刊的质量吧！

# 光电管比色计

方建安

任何物体都吸收、透过或反射光，熾热的物体本身还能发射出可见光线。经过严格的分析比较，不同物体的这些光特性也是不同的。因此，比较它们的光特性，就可以作一系列的定性和定量分析。典型的例子，例如我们只凭苹果和橘子的颜色，就可直观地把这两种水果区别开来。同样，把一个未知物体和已知物体的色采、光泽度或者透明度等等进行比较，即采用比色分析法，就能测出这个未知物体的许多物理和化学属性。比色分析法在科学研究中得到了广泛的应用。光电管发明后，实际生产中也广泛利用这种方法的原理进行控制、检验。例如在许多食品、化学生产工艺过程中，用比色分析法控制剂量，检查纯度，划分产品等级等等。

在比色分析法中常采用光电管比色计。这里介绍的一种光电管比色计，可用来测定溶液的浓度，它的电路如下图所示。电路中采用一只双三极管 6N1 (6H1Π)，作直流放大用。电表接在双三极管的两个阴极之间。从图中可以看出，两个三极管部分供给电表的电流方向是相反的，当阴极电阻  $R_3$ 、 $R_4$  上的电压降相等时，通过电表的电流便相互抵消，电表指针不偏转，我们说这时电路处于平衡状态。调节电阻  $R_1$ 、 $R_2$ ，可以得到平衡。光电管接在右边三极管部分的屏栅之间，与  $R_5$  组成一个分压器。当光电管电阻变化时，右边三极管的栅压也变化，改变右边三极管的屏流，因而破坏电路的平衡状态，使电表指针偏转。光电管电阻受照射到它的阴极上的光通量的控制，所以电表指针的偏转与光电管接收的光通量有一定的比例关系。这样，用一个标准光源照射待测定的物体，经过这物体透射或反射的光再加入到光电管的阴极，就可以根据电表读数进行比较。

电路中其它元件的作用如下述。电阻  $R_6$  用来调整电表读数范围。 $R_5$  是右边三极管的栅极电阻，如果需要提高灵敏度，可再提高  $R_5$  的数值，但阻值越大，对外界的电磁干扰也越敏感。在  $R_5$  两端并联一只 0.02 微法的电容器  $C_3$ ，可以防止一部分干扰。WY1 (CГ1Π) 是一个充气稳压管，用来稳定电子管的屏压，并使  $R_1$ 、 $R_2$ 、光电管、 $R_5$  上的电压不受电源电压变化的影响，保证测试结果有较大的精确性。稳压管 WY1 的工作电流选在 10~20 毫安范围内，可用  $R_7$  来调节。6Z4 (6L4Π) 为双二极管整流管，与  $R_7$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  组成整流滤波电路，供给直流高压电源。

光电管选用 GD-51 (CЛB-51) 型真空光电管。选择光电管时应考虑以下几点：

1. 灵敏度 光电管的灵敏度对测量结果的精确度影响较大，应选择灵敏度高的应用。一般光电管的灵敏度如下：

真空氧化铯光电管为 20~30 微安/流明；真空铯-铷

光电管为 60~90 微安/流明；充气氧化铯光电管为 150~200 微安/流明；充气铯-铷光电管为 150~200 微安/流明。

2. 光谱特性 不同的光电管，它们的光谱特性也不相同，也就是说对某一些波长的光特别敏感，而对另一些波长的光则灵敏度显著降低。例如氧化铯阴极对波长接近 7700 埃的光线（红外线）和波长为 3500 埃的光线（紫外线）最敏感，铯-铷阴极对波长为 4500~5000 埃的光线（蓝色和绿色光）最敏感。因此，用可见光作光源时，最好选择对可见光线（如上述的蓝光和绿光）灵敏度最大的光电管。

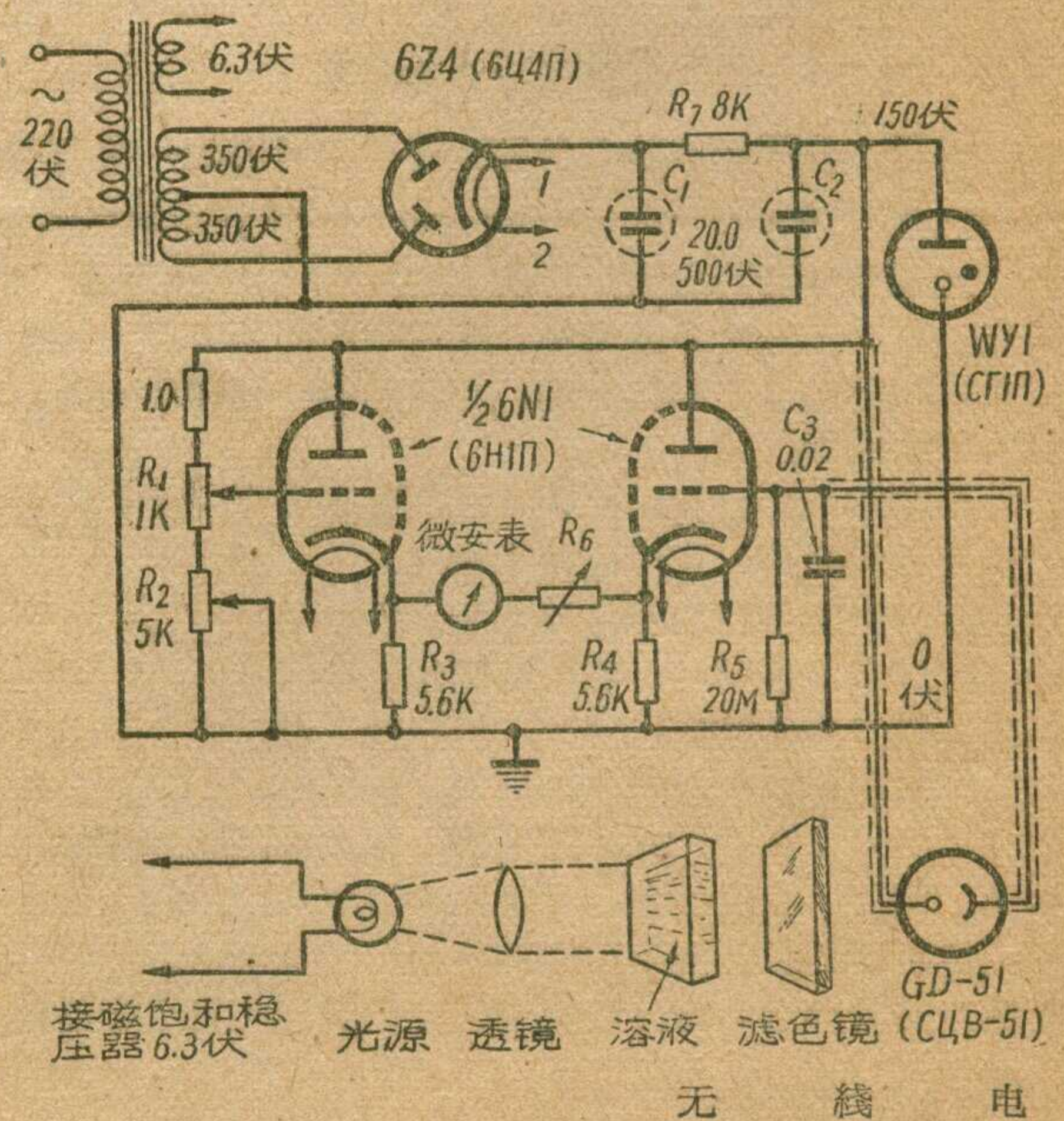
3. 伏安特性 当光通量一定时，光电管产生的电流随光电管阳极电压的升高而增加。但真空光电管有一饱和值，即光通量不变时，阳极电压升高到某一数值以后，电流不再增加。充气真空管没有这种饱和阳极电压。从这一点看来，采用真空光电管，如果阳极电压选择恰当，对电源电压的稳定度要求可稍低一些。

4. 光电特性 真空光电管的光电流与光通量成正比，而充气光电管在光通量大时便不能保持这种正比关系。

在这个电路中，综合考虑以上各点后，采用了 GD-51 (CЛB-51) 型光电管，这是一种真空铯-铷光电管。

为了减少外界干扰，光电管的引线应当用隔离线，电阻  $R_5$  和光电管最好加屏蔽。

使用时，应采用稳定的光源，放在透镜焦点处，使通过透镜的光线平行照射到待测的溶液。在溶液与光电管之间放一块滤色片，这样可得到较好的灵敏度。先把光电管完全遮暗，调节  $R_1$ 、 $R_2$  使电表指针指零。然后把装有空白试样的试管插入，调节  $R_6$  使电表读数最大。这样调节好以后，即可把装有已知溶液的试管插入，记下电表上的读数。取一系列的已知溶液重复上述的试验，就可以得出一系列的读数。根据这些读数和已知的对应的浓度，画出标准参考曲线。这样，当测出未知溶液的电表读数后，从这曲线上就可查出相应的浓度数值了。



# 輝光管电子限时器

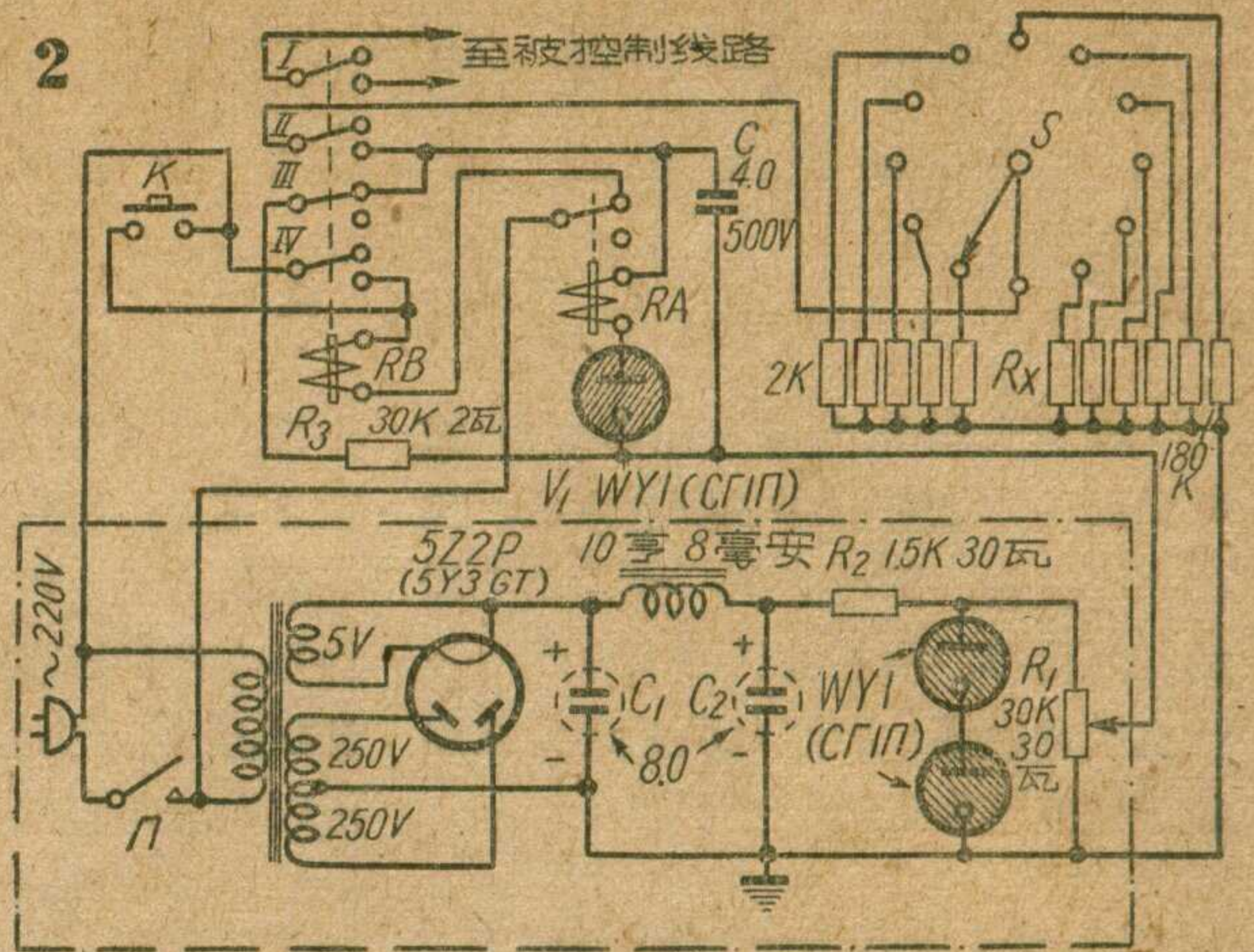
余永茂

限时器能够定时地启开或闭合被控制线路。在一些有时间性限制的設備中，如点焊机、X射线机中，装了限时器就能自动控制开机或停机，十分方便。

这里介绍的一种限时器，工作原理和结构都比较简单。简化了的原理图见图1。图1中 $V_1$ 是一个辉光管，与辉光管串联一个继电器 $RA$ 。很明显，当辉光管起辉（导电）后，继电器 $RA$ 就能动作，它的接点就可接通或断开被控制线路。因此，只要控制辉光管的起辉时间，就能达到限时的目的。怎样控制辉光管的起辉时间呢！我們都知道，辉光管起辉，必須在辉光管的阳极和阴极之間加上一个足够大的电压，例如用 $WY1$  (CF1П) 型辉光管，这个电压就需要180伏。低于这个电压，辉光管不能起辉，就不能导电，像一个开关处在开断位置一样。現在的問題，就是怎样使加到辉光管的电压逐渐增加到起辉电压，并且能控制这段时间的长短。从电路图中可看出，这里是利用电阻 $R$ 和电容 $C$ 来解决时间控制問題的。当开关 $K$ 閉上时，电容器 $C$ 充电。

在 $C$ 充电时，电容器两极板上的电荷逐渐增加，而电容器两端的电压等于电荷除以电容量，所以电容器两端的电压是随着电荷的增加而升高的。起辉管与电容器 $C$ 并联，加到起辉管上的电压也就是图中 $a$ 、 $b$ 两点的电压，即电容器 $C$ 两端的电压。很明显这个电压是逐渐增高的。这样，当开关 $K$ 按下后，起辉管不是馬上导电，而是等电容器充电到一定程度后才得到足够的电压，经过一段时间才开始导电。这段时间的长短，可以用电阻 $R$ 和电容 $C$ 来控制。 $R$ 和 $C$ 的数值愈大，則辉光管起辉延迟的时间愈长。

实际应用的一种限时器电路见图2。与图1比較，虛线方框内部分相当于一组电池和开关。接通电源后，按电键 $K$ ，交流继电器 $RB$ 动作，它的第一组接点I便接通被控线路，第二组接点接通电容器 $C$ 的充电电路（充电电压取自 $R_1$ 两端的电压，經 $R_x$ 、旋键 $S$ 、接点II、电容器 $C$ 完成通路），第三组接点III，切断电容器 $C$ 的放电电路，第四组接点IV代替电键 $K$ 接通 $RB$ 继电器的电路。辉光管 $V_1$ 与电容器 $C$ 并联，等到电容器充电到足够高的电压后，辉光管导电，继电器 $RA$ 动作，它的接点便切断继电器 $RB$ 的通路，继电器 $RB$ 便释放，于是它的第一组接点就切断被控线路，第二组接点切断电容器充电电路，第三组接点接通电容器 $C$ 的放电电路，第四组接点切断继电器 $RB$ 的通路。这样，被控线路在电键 $K$



按下后接通，经过一段由 $R_x$ 、 $C$ 、 $R_3$ 等决定的时限，就自动断开。

上面谈到，电容器充电时要经过一段时间才能建立起外加的电压。同样，电容器放电时，它两端的电压也不是立刻降到零，这段时间也是与放电电路中的 $RC$ 数值大小有关。在电容器还未降到辉光管的熄辉电压以前，辉光管仍继续导电， $RA$ 还不能释放，所以被控线路还不能切断。因此在设计时，除了选择充电电路中的 $R_x$ 、 $C$ 的数值外，还要考虑 $R_3$ 的影响。

旋键 $S$ 可改变接入的 $R_x$ ，可以调整限时时间。 $R_1$ 的数值根据需要决定。这个电路的限时范围为 $1/100$ 秒至8秒。

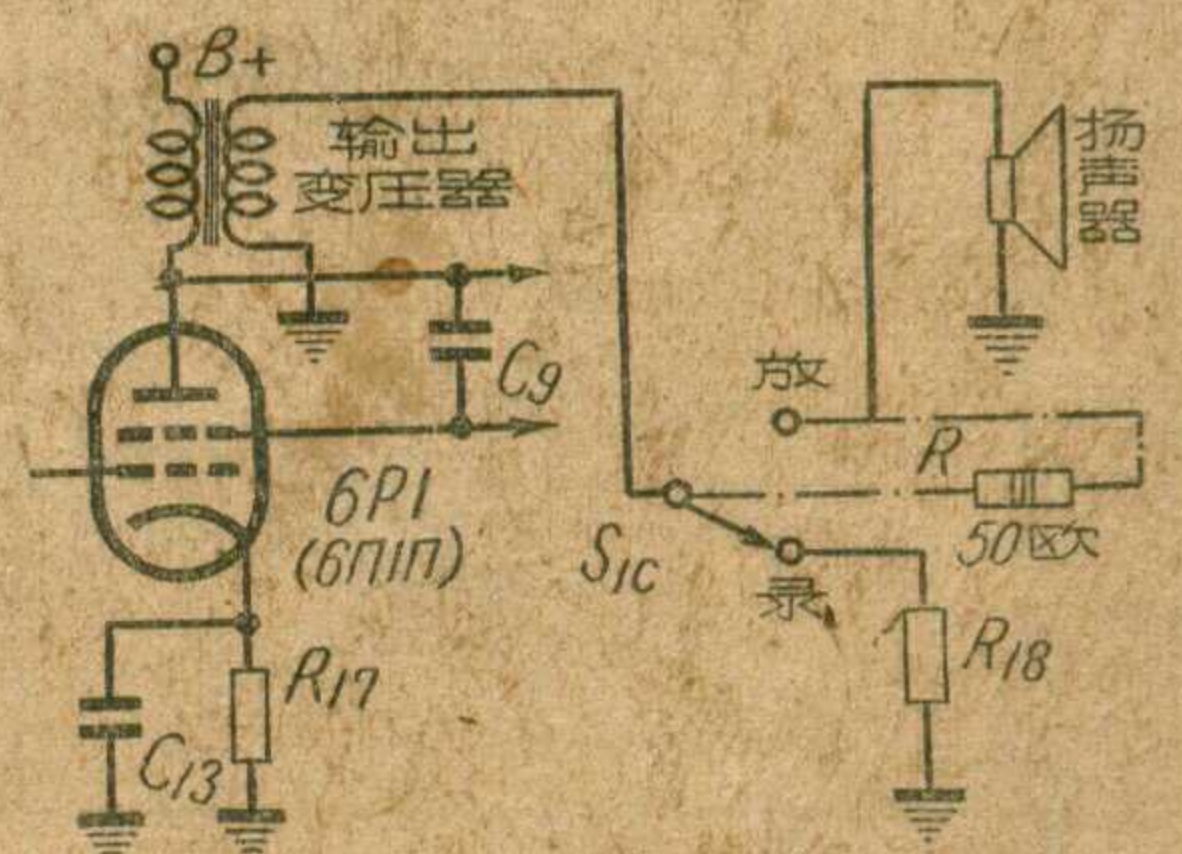
电源部分采用两个辉光管作稳定电压用。如果电源电压不稳定，会影响限时器动作的准确性。 $R_1$ 两端的电压达300伏，可以调整。

## 方便的录音监听

录音机加装录音监听设备后，能随时检查录音的效果，以提高录音质量。在国产810A型磁带录音机中，只需加接一个电阻 $R$ ，就可达到监听目的，十分方便。

$R$ 的接法如图中虚线所示，它接在 $S_{1c}$ 的中心点与“放”的位置間，阻值为50欧3瓦。从图中可以看出，电键 $S_{1c}$ 旋在“放”位置时， $R$ 被短路，不影响放音。在录音时，扬声器通过 $R$ 并联到输出变压器次级。

电阻 $R$ 最好用半可变式的，应调整得使扬声器有足够的声音但又不引起回输狂叫。用微音器距录音机一米多远来录音，监听效果良好。(杜振武)



# 放大器中的负反馈

赵 侠

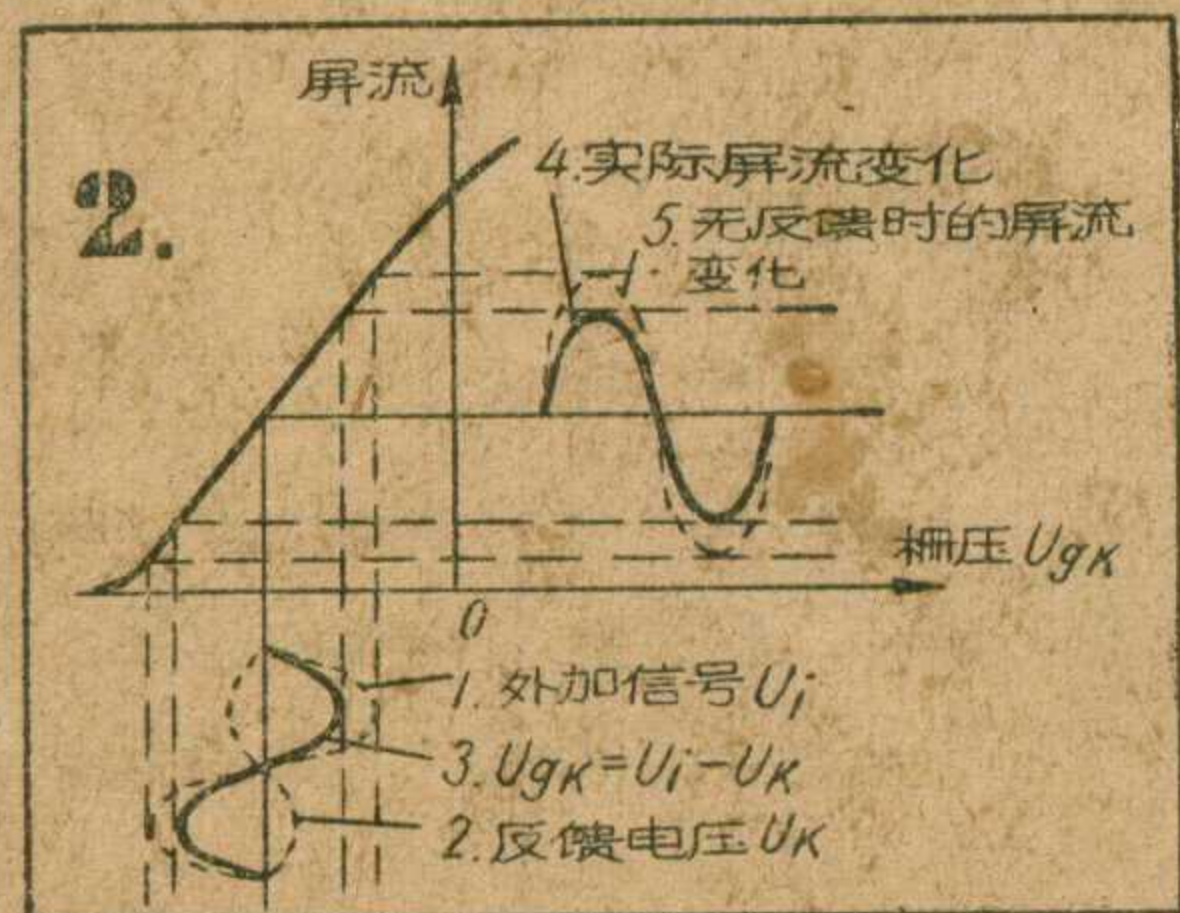
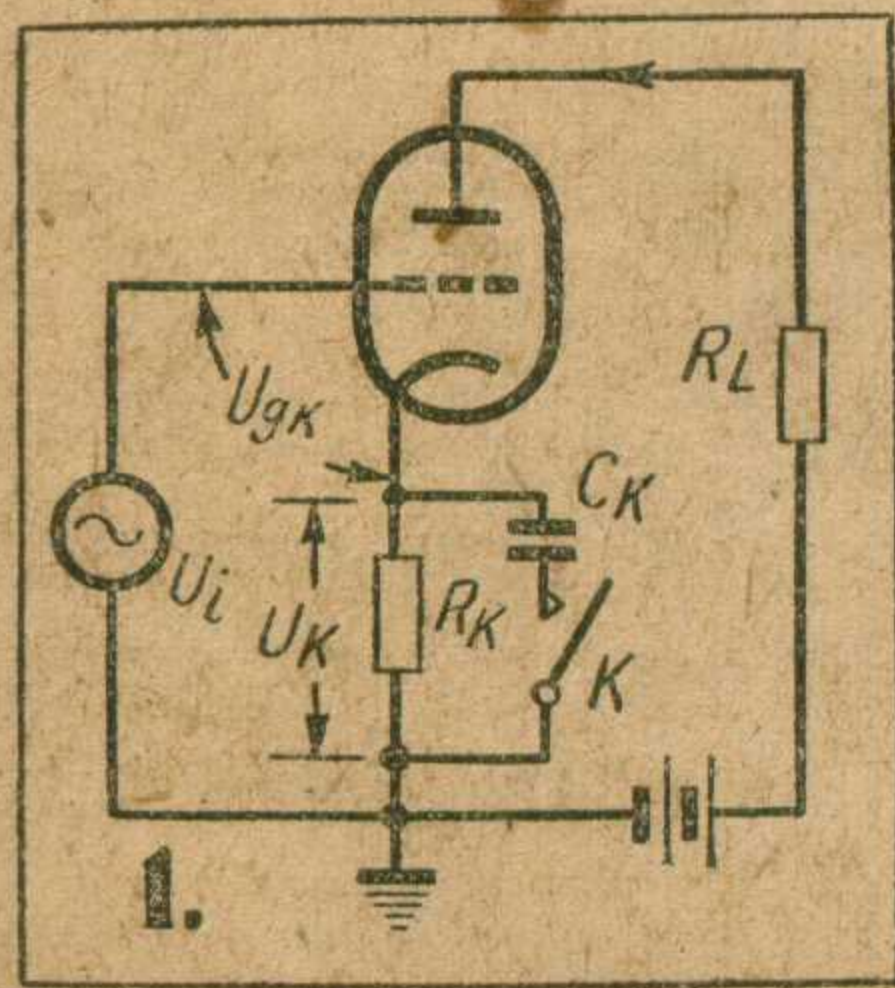
在放大器中，常常利用负反馈（或叫负回授）来提高各项质量指标，例如减小失真，降低噪声，提高放大器的稳定性等。现在我们就来介绍一下什么是负反馈，谈谈负反馈为什么能够起到这些作用。

## 为什么要并联一个电容器

首先，我们来看一下图1的放大电路。在阴极电路中接一个电阻 $R_K$ 。流过电子管的直流电流在 $R_K$ 上产生一个电压降，因而使栅极电位低于阴极电位。这就是我们很熟悉的一种取得负栅偏压的方法。但是，为什么要在 $R_K$ 上并联一个电容器 $C_K$ 呢？

我们试把开关 $K$ 打开，不把 $C_K$ 接到电路内，看看电路的工作情况是怎样的。

设在放大器的输入端加一个交流信号电压 $U_i$ ，如图2中的曲线1。在信号向正半周变化时，屏流逐渐加大， $R_K$ 上的电压降逐渐加大；信号向负半周变化时，屏流逐渐减小， $R_K$ 上的电压降逐渐减小。



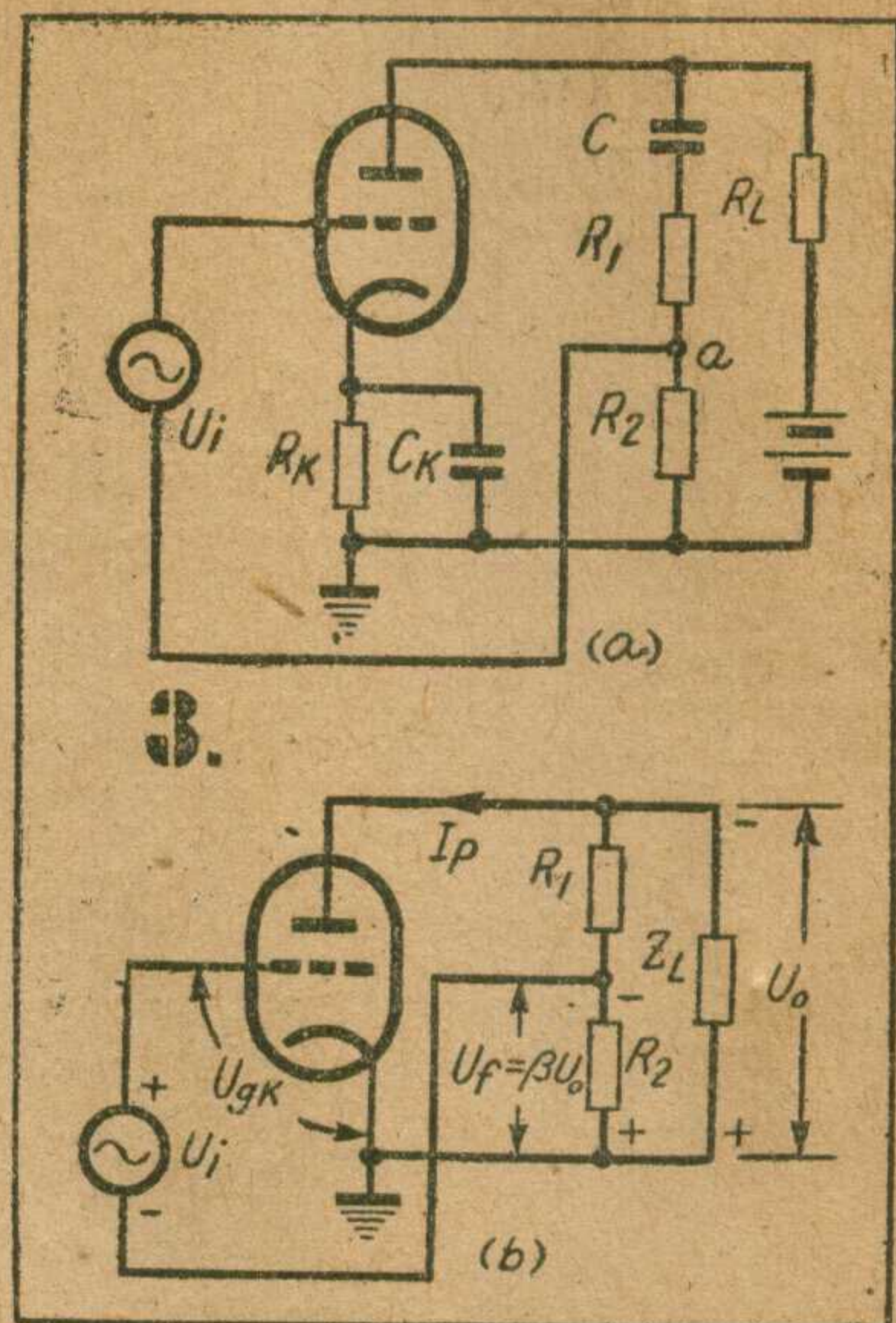
作相应的变化，如图2中的曲线2。由图2可见，实际加在电子管栅极和阴极间的交流电压 $U_{gk}$ （曲线3）是外加信号电压 $U_i$ 减去 $R_K$ 上的交变电压分量 $U_K$ ，比原来的 $U_i$ 的幅度减小了。所以实际得到的屏流变化（曲线4），也比栅偏压为固定值的屏流变化（曲线5）小了。与此相应，电子管的屏压变化（它就是输出电压）也变小了。

在这个例子中，将输出的一部分电压 $U_K$ 再加入到输入端，和输入信号一块起作用，就叫做反馈。在这个电路中，反馈电压 $U_K$ 是削弱输入信号 $U_i$ 的作用，使得放大器的有效输入电压 $U_{gk}$ 小于原来的信号电压 $U_i$ ，从而使输出电压比没有反馈时减小，因此，这种反馈就叫做负反馈。反之，如果反馈电压是增强输入信号的作用，从而使输出电压增大，那末，这种反馈就叫做正反馈。从另一方面看，上述电路中的反馈电压 $U_K$ 是和屏流，也就是输出电流成比例的，所以叫做电流反馈。

在许多放大电路中，为了不使输出电压由于 $R_K$ 上产生的负反馈而减小，就在 $R_K$ 上并联一个很大的电容器 $C_K$ 。 $C_K$ 对交流电流的阻抗很小，相当于把电流的交流成分短路了。所以在 $R_K$ 上的电压降就基本上保持不变，建立起固定的栅偏压。由此可见， $C_K$ 的作用是不使电路中产生负反馈，保证输出电压不致减小。

## 电压负反馈

图3示出了另一种具有负反馈的放大电路。在这个电路中，负反馈不是由 $R_K$ 引出，而是由分压器 $CR_1R_2$ 引出的。 $R_1R_2$ 的阻值一般甚大于 $R_L$ ，所以仅仅是在电路中加上这两个电阻，并不会对电路有什么显著的影响。但是由于输出电压的一部分由 $R_2$ 的上部反馈到输入端，就使电路的工作



起了很大的变化。 $C$ 是隔直流电容器，它的容量很大，对交流来说可以认为是短路。因此，为了只研究交流分量，我们可以将图3a简化成图3b所示的电路。

由图中可以看到，当输入电压 $U_i$ 在正半周时，上方为正，下方为负，使屏流增加，因而屏流交变分量 $I_P$ 在 $R_L$ 上产生的输出电压 $U_o$ 下端为正，上端为负， $R_2$ 上的反馈电压也是下端为正。反馈电压刚好和输入电压方向相反，抵消了一部分输入电压的作用，所以这时的反馈是负反馈。

$R_2$ 上的反馈电压 $U_f = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_o = \beta U_o$ 。这里 $\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ ，它表示反馈电压和输出电压之比，通常称为反馈系数。由此可见，在这个电路中，反馈电压是和输出电压成比例的，所以叫做电压反馈。

## 负反馈使放大系数降低多少

放大电路中有了负反馈，和没有负反馈时比较起来，如果输入信号幅度相同，得到的输出信号就要减小。或者说，有负反馈的放大器，它的放大系数降低了。现在我们来看看，负反馈使放大系数降低了多少。

在图3b中可以看到，没有反馈时的放大系数 $K = \frac{U_o}{U_{gk}}$ ，有反馈时的放大系数 $K_f = \frac{U_o}{U_i}$ 。另外， $U_{gk} = U_i -$



$\beta U_o$ , 由此可見:

$$K(U_i - \beta U_o) = U_o,$$

$$KU_i = U_o(1 + K\beta),$$

所以 
$$K_f = \frac{U_o}{U_i} = \frac{K}{1 + K\beta}. \quad (1)$$

这就是說, 由于加了負反饋, 放大系数  $K$  降低到原来数值的  $(1 + K\beta)$  分之一。很明显,  $1 + K\beta$  越大, 放大系数降低得越多, 也就是反饋所起的作用越大。所以  $1 + K\beta$  是一个很重要的量, 通常称它为反饋深度。  $K\beta = \frac{U_o}{U_{gk}} \cdot \frac{U_f}{U_o} = \frac{U_f}{U_{gk}}$  代表反饋电压和实际加在电子管栅极阴极間的有效电压之比。

(1) 式虽然是对电压負反饋放大电路导出的式子, 但是它对其它方式連結的反饋放大电路也是正确的。在正反饋时,  $U_\beta$  是使实际輸入电压增大,  $K\beta = \frac{U_f}{U_{gk}}$  要取負号, 这样  $1 - K\beta$  小于 1,  $K_f$  就比沒有反饋时的放大系数  $K$  大了。

### 非綫性失真減小了

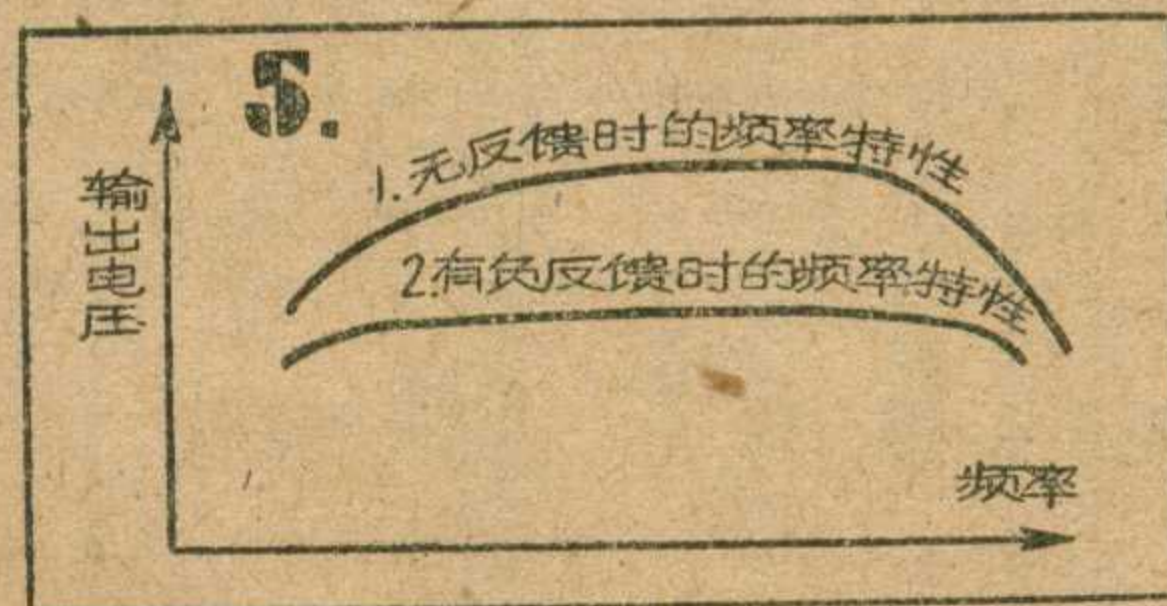
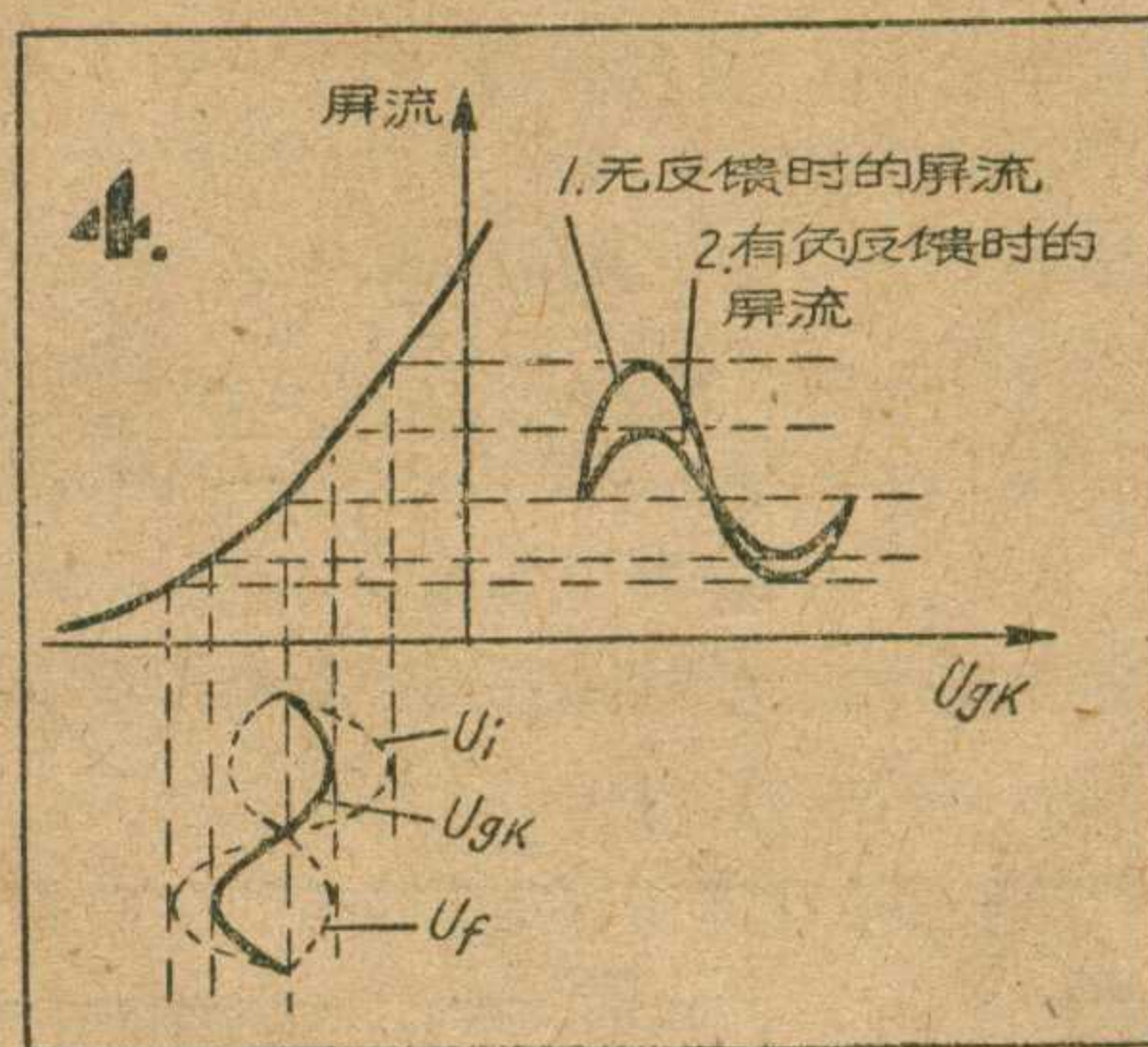
前面說了很多, 都是說明放大器有了負反饋, 就使放大系数降低。这样, 为什么在电路內还要用負反饋呢? 这是因为, 虽然在許多放大器中采用負反饋会使放大系数降低, 但在其它方面却可以得到很多好处。現在我們就举几个例子說明負反饋的好处。

負反饋可以使非綫性失真减小。我們看一下图 4。假定原来輸入的信号是一个上下对称的正弦波  $U_i$ , 由于电子管屏流对栅压  $U_{gk}$  的特性曲綫的非綫性, 使得輸出电流成为不对称的了。如图中的曲綫 1, 曲綫上半部分对应于輸入信号的正半周, 这时所得到的輸出交流电流幅度較大, 曲綫下半部分对应于負半周的电流幅度就比較小。如果我們把輸出取出一部分送回到放大器的輸入端, 并使它和原輸入信号方向相反, 也就是加一个負反饋, 这样,  $U_i$  和  $U_f$  相减所得到的实际輸入电压  $U_{gk}$  就是一个不对称的信号, 正半周幅度小, 負半周幅度大。这样就使得輸出的不对称程度减小了 (曲綫 2), 也就是說减小了非綫性失真。由图可見, 虽然曲綫 2 比曲綫 1 幅度

小一些 (放大系数减小), 但是形状却更接近于輸入信号了。

### 頻率失真減小了

放大器对不同頻率的信号, 放大是不均匀的。在輸入信号幅度相同时, 頻率过高或过低, 輸出电压都要减小, 如图 5 的曲綫 1 所示。这条曲綫叫做放大器的頻率特性曲綫。由于頻率特性不均匀, 就产生了頻率失真。加上負反饋后, 将使各个頻率上的輸出电压普遍降低。但是在高频和低频段, 由于輸出电压本来較小, 因而反饋电压也較小, 和中頻区域比起来, 这时使輸出电压减小的程度就小一些, 如图中曲綫 2 所示。曲綫 2 表示, 有負反饋时, 放大器对不同頻率的信号的放大要均匀一些, 于是就减小了頻率失真。



### 稳定輸出信号和改变輸出电阻

根据实际需要不同, 可以利用不同的負反饋 (电压或电流) 来稳定輸出信号, 改变放大器的輸出电阻。电压負反饋能稳定輸出电压, 使輸出电阻减小。这样, 在电源变化、負載变化、或更换电子管时, 輸出电压变化就可以小一些。电流負反饋則相反, 它能使輸出电流稳定, 使輸出电阻增大。現在就以电压負反饋为例談談这个问题。

当輸出电压因某种原因发生变

化, 例如因負載电阻的减小而减小时, 反饋电压  $U_f$  也就减小, 从而放大器的实际輸入电压 ( $U_{gk} = U_i - U_f$ ) 增加, 使得輸出电压回升。也就是使輸出电压保持稳定不变。从式 (1) 的公式可以看到, 如果  $K\beta \gg 1$ , 那末

$$K_f \approx \frac{K}{K\beta} = \frac{1}{\beta}.$$

放大系数就只决定于反饋系数, 而与放大电路的其它参数沒有关系。所以电源电压和負載等等发生变化都不会影响放大系数, 輸出电压就比較稳定了。有綫广播机常常采用电压負反饋来稳定輸出电压, 这样, 当用戶喇叭的数目改变时, 輸出电压可以保持不变。

輸出电压稳定度的提高, 就意味着輸出內阻减小。我們知道, 电子管放大器的放大系数

$$K = \frac{\mu R_L}{r_i + R_L} \quad (2)$$

式中  $r_i$  是电子管的內阻,  $\mu$  是电子管的放大因数。将式 (2) 代入式 (1), 得到

$$\begin{aligned} K_f &= \frac{\frac{\mu R_L}{r_i + R_L}}{1 + \frac{\mu R_L}{r_i + R_L} \beta} \\ &= \frac{\mu R_L}{r_i + R_L + \mu \beta R_L} \\ &= \frac{\frac{\mu}{1 + \mu \beta} R_L}{\frac{r_i}{1 + \mu \beta} + R_L}. \end{aligned} \quad (3)$$

将式 (2) 和 (3) 加以比較可知, 采用电压負反饋后, 电路中好象是接用了另一个等效电子管。这个等效电子管的放大因数从原电子管的  $\mu$  降低到

$$\mu' = \frac{\mu}{1 + \mu \beta}; \quad (4)$$

而內阻 (也就是輸出电阻) 由原电子管的  $r_i$  降低到

$$r_i' = \frac{r_i}{1 + \mu \beta}. \quad (5)$$

由此可見, 如果改变反饋的深度, 即改变  $\beta$  的值, 就可以改变輸出电阻。利用这种办法, 举例說, 就可以使放大器和后面的电路匹配。

# 利用負反饋放大器 獲得阻抗匹配

普通綫路阻抗为 600 欧。但有些音頻振蕩器的輸出阻抗不等于 600 欧。为了对綫路及載波有綫广播中的滤波器等进行测试，必須使振蕩器的輸出阻抗和它們相匹配。为此就要加一装置以獲得匹配，并且保证一定的輸出电压（15 伏以上）。

可以加一匹配网络来进行匹配，但它有衰减，輸出电压常不能滿足要求。用变压器也能达到阻抗匹配的目的，但它的造价高，同时很难做到較寬頻率的放大。利用簡單的阻容耦合放大器，加以适当的負反饋，可以作为阻抗匹配装置。它既能达到匹配，又能保证足够的輸出电压。

图 1 繪出了电压負反饋放大器的原理图。这时电子管的等效內阻  $r'_i$  将降低：

$$r'_i = \frac{r_i}{1 + \mu\beta}, \quad (1)$$

式中  $\mu$  是电子管的放大因数， $r_i$  是电子管的內阻， $\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$  是反饋系数。由上式可見，反饋越深（ $\beta$  越大）， $r'_i$  降得越低。把上式中的  $\beta$  解出得：

$$\beta = \frac{r_i - r'_i}{\mu r'_i}. \quad (2)$$

从 (2) 式可以看出，当电子管选定时（即  $r_i$  和  $\mu$  已知），可以根据所需要的有效內阻  $r'_i$  来选取反饋系数  $\beta$ 。

除了上面所举的例子以外，采用負反饋还可以减低放大器的噪声。利用不同的連接反饋电路的方法，还可以使放大器的輸入电阻增加或减小，以符合实际的需要。例如，在許多測量用电子仪器的放大器中，为了减小測量仪器对被測设备的影响，常常采用串联負反饋来提高輸入阻抗。

\* \* \*

由前面所讲的可以看到，采用反饋来改变放大器特性的基本原理在于

图 2 画出了一个实际綫路。为了获得足够的輸出，采用了两个 6Π1Π 并联。图中  $C_1$ 、 $C_2$  为隔直流电容器，

$R_{ac}$  为反饋用的电位器， $R_L$  为屏极負載电阻，虛綫所示的  $R$  代表所測綫路或设备的电阻。

从 6Π1Π 管的特性表中查出內阻为 42.5 千欧，互导为 4.9 毫安/伏，放大因数为  $42.5 \times 4.9 = 208$ 。两管并联后的总內阻等于单管时的一半，即  $r_i = \frac{1}{2} \times 42.5 = 21.25$  千欧。

我們选用屏极負載电阻  $R_L = 1.2$  千欧。为了获得匹配，必須使放大器的輸出电阻，即  $r'_i$  和  $R_L$  并联的电阻（ $R_{ac}$  很大可以忽略不計）等于外阻  $R = 600$  欧。也就是說

$$\frac{1}{r'_i} + \frac{1}{R_L} = \frac{1}{R},$$

$$\text{因而 } r'_i = \frac{RR_L}{R_L - R} = \frac{600 \times 1200}{1200 - 600} = 1200 \text{ 欧。}$$

把这些  $r_i$ 、 $r'_i$  和  $\mu$  的数值代入 (2) 式得

$$\beta = \frac{r_i - r'_i}{\mu r'_i} = \frac{21.25 - 1.2}{208 \times 1.2} = 0.08.$$

即需要有  $\beta = 0.08$  的負反饋才能滿足要求。因为反饋电位器  $R_{ac} = 100$  千欧，所以应把电位器調整到  $R_{bc} = 100000 \times 0.08 = 800$  欧。

选定  $\beta$  以后，应計算一下該反饋放大器的放大系数  $K_f$ ，看是不是能滿足要求。設  $V$  是音頻振蕩器的輸出电压，必須使

$$K_f V > 15 \text{ 伏。}$$

在图 2 的綫路中，当  $\beta = 0$  时，即沒有反饋时的放大系数为

$$K = \frac{\mu R'_L}{R'_L + r_i},$$

其中  $R'_L$  应该是等于  $R_L$  和  $R$  的并联結果：

$$R'_L = \frac{R_L R}{R_L + R} = \frac{1200 \times 600}{1200 + 600} = 400 \text{ 欧。}$$

$$\text{因而 } K = \frac{208 \times 400}{21250 + 400} = 4.06.$$

当有反饋，而  $\beta = 0.08$  时

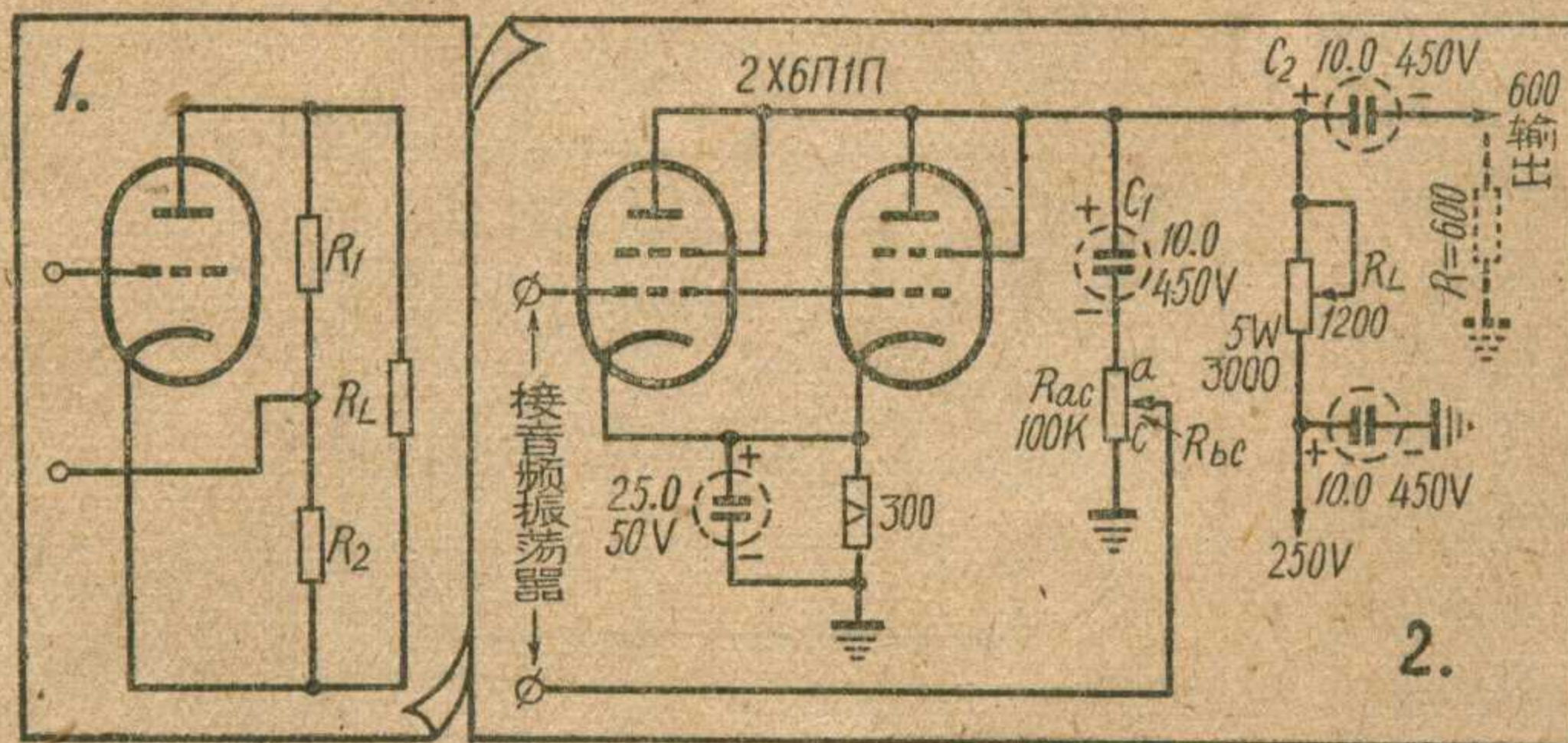
$$K' = \frac{K}{1 + K\beta} = \frac{4.06}{1 + 0.08 \times 4.06} = 3.07.$$

由此可見，如果音頻振蕩器輸出大于 5 伏，就可以滿足要求。上述綫路經实验证明可以滿足匹配的要求，在 20

赫 ~ 100 千赫的範圍內，輸出电压不低于 15 伏。

如果計算出的  $K_f$  不够大，可以把屏极負載加大些以增大輸出电压，同时要重新計算  $\beta$  以使輸出电阻为 600 欧。

(屏比)



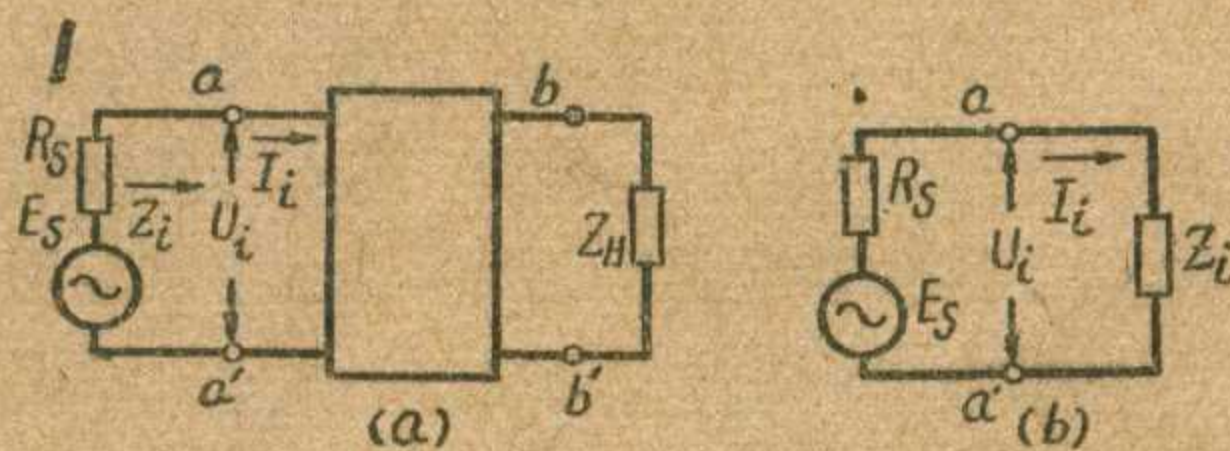
使放大器的实际輸入信号和原輸入信号不同。采用負反饋后使放大器的若干指标得到提高，但是放大器的輸出电压和放大系数都减小了。这就是我們所付出的代价。为了使放大器在加負反饋后的輸出和放大系数保持原值，就需要增加放大器的級数。

最后，我們要着重指出，为了使負反饋能有效地改善放大器的各项指标，放大器各級的容許輸入信号应設計得有一些富余。我們以負反饋对頻

率特性的改善为例來說明这一問題。前面已經說过，当原輸入信号  $U_i$  的幅度不随頻率而变时，放大器的实际輸入信号  $U_{gk}$  在頻率較低和較高的区域要比在中頻区域大一些，从而使頻率特性变得比較均匀。如果电子管在中頻区的輸入信号已經是最大容許值了，那末，在頻率較低或較高的区域，虽然实际輸入电压  $U_{gk}$  加大了，但是也不能使輸出进一步增加，因而也就不能得到預期的效果。

# 輸入阻抗 和 輸出阻抗

一个电路的輸入阻抗是指从电路輸入端看进去的阻抗，例如图1a中从aa'端向右看过去的阻抗 $Z_i$ 。对于一般常见的电路，如果在它的輸入端加上一个具有內阻 $R_s$ 的信号电源 $E_s$ ，测得輸入端的电压是 $U_i$ ，輸入电流是 $I_i$ ，那末这个电路的輸入阻抗就是 $Z_i = \frac{U_i}{I_i}$ 。因此，对于信号源来说，加上图1a中aa'端右边的电路就和加上一个阻抗 $Z_i$ 一样，如图1b所示。



一个电路的輸出阻抗是指从电路輸出端看进去的阻抗。例如，如果在图1a电路的輸出端不接負載 $Z_H$ ，而是接一个內阻为 $R$ 的电源 $E$ ，在輸入端除去信号源 $E_s$ ，而只是把信号源的內阻 $R_s$ 留在那里，就成为如图2那样的电路。图中輸出端电压 $U_0$ 和电流 $I_0$ 之比，就是这个电路的輸出阻抗 $Z_0$ ，即 $Z_0 = \frac{U_0}{I_0}$ 。从負載的角度来看，这个电路是負載的信号源，而輸出阻抗就相当于这个信号源的內阻抗。

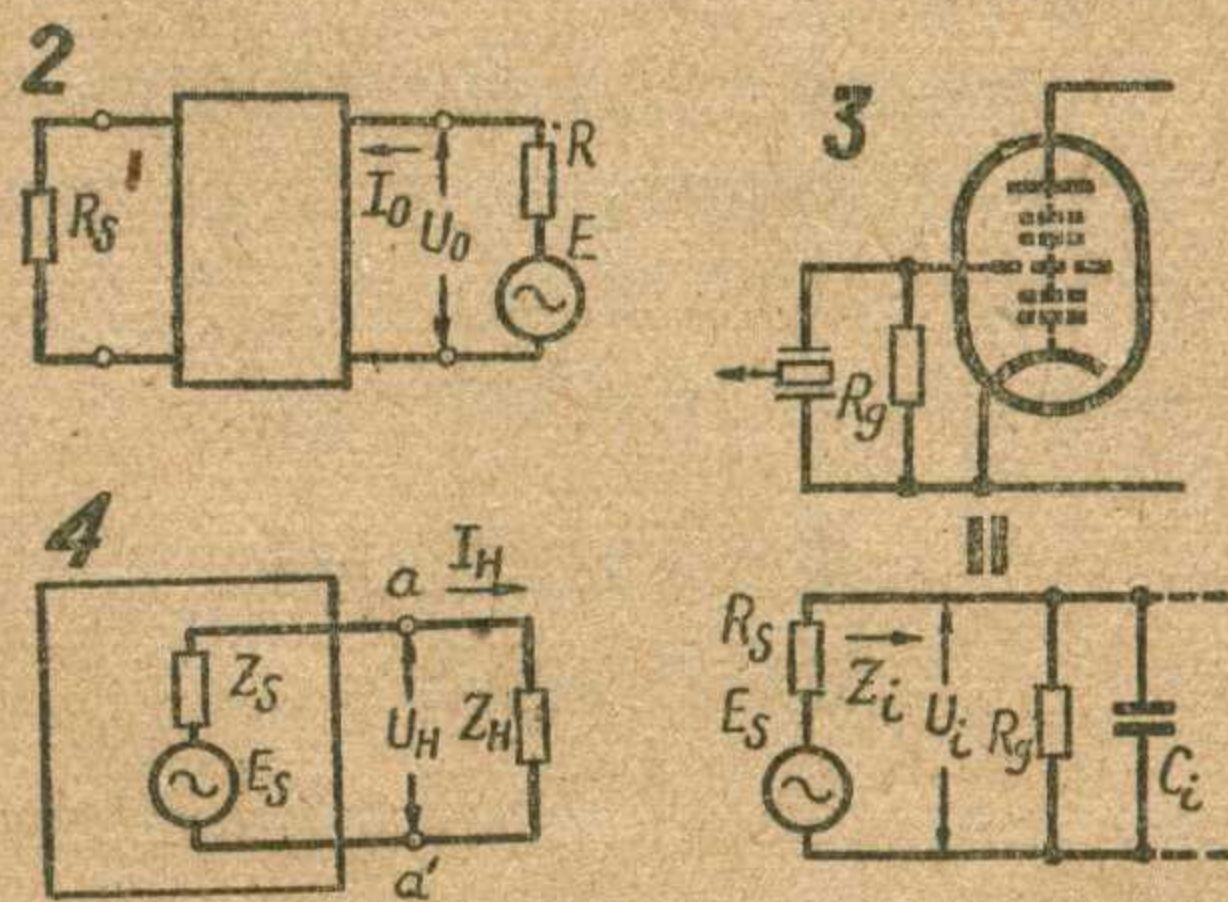
輸入阻抗和輸出阻抗的意义非常重要。大家知道，实际的无綫电設備都是由好几个电路部分組成的。当一个設備中的前一級电路和后一級电路連接时，或者是一个无綫电設備和另一設備連接时，各級之間或不同設備之間就会相互发生影响。如果不很好考虑前后电路的輸出輸入阻抗的話，将会破坏各电路的最佳工作状态，使电路的工作效率降低，性能变坏，甚至使电路不能工作。下面分別从几个主要方面略加介紹。

1. 最大功率傳輸問題。大家知道，当一个負載接到电源上时，只有当負載阻抗等于电源內阻时，才能从电源

得到最大的功率。当兩級电路連接起来时，对后一級来说，前一級的輸出阻抗就相当于信号源的內阻；而对前一級来说，后一級的輸入阻抗就相当于它的負載阻抗。所以为了得到最大的功率傳輸，就要使后一級的輸入阻抗等于前一級的輸出阻抗。否則傳輸到后一級的功率就要减小。

2. 頻率特性問題。如果一个电路的輸入阻抗，例如图1中的 $Z_i$ ，是随着頻率而变化的，那么，虽然信号源的 $E_s$ 的幅度和 $R_s$ 保持不变，輸入电压 $U_i$ 也是要随着頻率而变化的（因为 $U_i = \frac{E_s Z_i}{R_s + Z_i}$ ）。这样就产生了頻率失真。

例如有一个电唱机，拾音器和电子管放大器的輸入端相接。由于电子

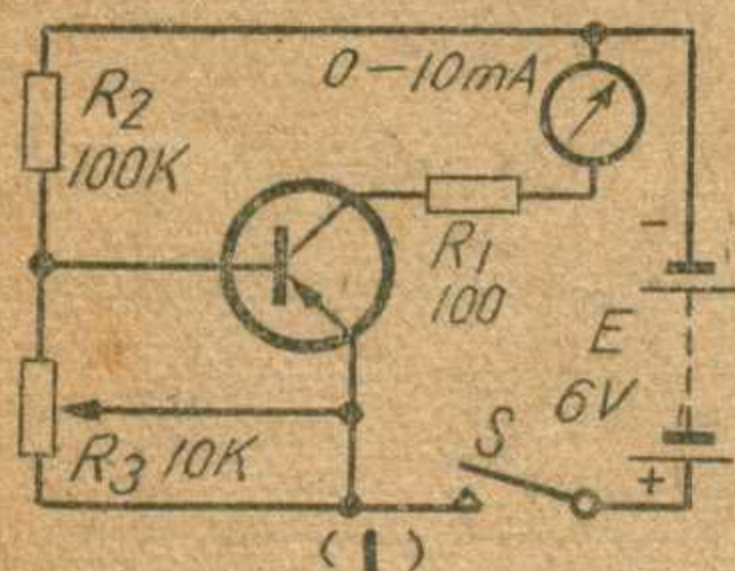


管极間电容的影响，它的輸入阻抗为电容性的，可表示成图3那样。 $C_i$ 表示电子管輸入端的等效电容，它的电抗为 $X_{C_i} = \frac{1}{2\pi f C_i}$ ，这里 $f$ 是信号的頻率。由于 $X_{C_i}$ 是随着頻率的增高而减小，所以由 $R_g$ 和 $C_i$ 并联而形成的輸入阻抗 $Z_i$ 也随着頻率的增高而减小。这就是說，即使从拾音器輸出的各頻率的电压完全相同，但加至电子管輸入端的电压却是随着頻率的升高而降低的。

3. 輸出电压的稳定問題。前面說过，对于負載 $Z_H$ 来说，前一級电路就相当一个信号源。这个信号源可以象图4那样用一个等效电源 $E_s$ 和內阻 $Z_s$ 来表示。这里 $E_s$ 等于信号源在无負載时，即輸出端aa'开路时所量得的电压， $Z_s$ 等于电路的輸出阻抗。在图4的电路中，如果 $Z_H$ 是固定不变的話，那末 $U_H$ 当然也固定不变。但是如果 $Z_H$ 随着時間而变化（例如有綫广播綫路接入的喇叭有时多有时少），或随頻率而变化（如一般收音机中的喇叭），那末，輸出电流 $I_H = \frac{E_s}{Z_s + Z_H}$ 就要变化，这个电流通过內阻的电压降也要变化，因而使輸出电压 $U_H$ 不稳定。很明显，輸出阻抗 $Z_s$ 越小，同样的 $I_H$ 变化在 $Z_s$ 上产生的电压降变化越小，輸出电压 $U_H$ 的变化也越小，也就是輸出电压 $U_H$ 越稳定。如果 $Z_s = 0$ ，那末不論 $Z_H$ 如何变化，輸出电压总是保持不变，并等于 $E_s$ 。因此，为了保证輸出电压稳定，常常希望电路的輸出阻抗越小越好。例如在有綫广播机中，常常利用負反饋来减小有效輸出阻抗，使輸出电压保持稳定。（永恒）

檢驗时按图1接好电路。图中待檢驗的晶体管为PNP型，如果为NPN型，电池的正負极接綫要掉換。

先将电位計 $R_3$ 箭头向上旋到电阻为零的位置，按下电鍵 $S$ 后，逐漸增加 $R_3$ 的阻值，毫安表



电流讀数平滑上升，如图2曲綫所示，則說明

## 怎样檢驗

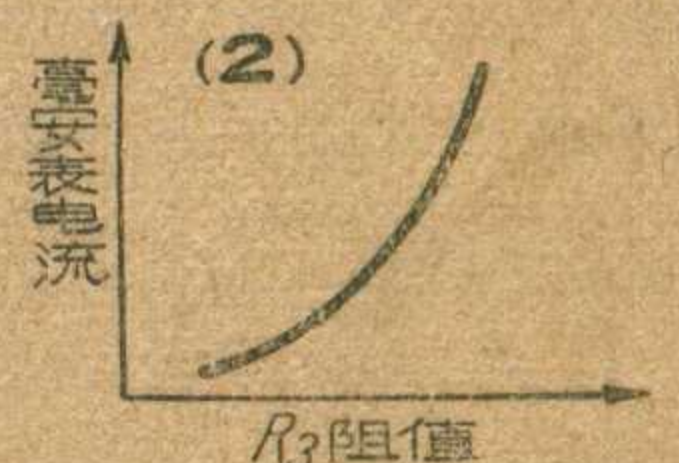
### 晶体管的好坏

这个晶体管是好的。如果发现下述現象，則說明待测的晶体管不能使用：

1. 当电位器 $R_3$ 阻值为零时，毫安表指針跑出度盘刻度范围，这說明晶体管內已发生短路；

2. 电位器 $R_3$ 阻值不变，但毫安表指針不断緩慢地上升。这种晶体管只能工作很短的时间，以后增益将急剧下降，并产生很强的噪声；

3. 在檢驗时用手輕輕敲打晶体管，毫安表电流急剧变化，这种晶体管不能耐震。



（高春暉）

# 晶体管的低频参数和等效电路

于 闾

晶体管和电子管一样，可以用各种参数来表征它的性能，也可以利用等效电路进行各种计算。在了解晶体的性能、选用晶体管和进行线路分析和设计时，需要了解和掌握这些参数和等效电路。但是，由于晶体管的工作比较复杂，它的参数和等效电路不像电子管的那样简单。大家知道，电子管在低频交流小信号（就是交流信号比起直流工作点很小的情况）的作用下，可以用一个等效发电机（定电压的或者是定电流的）和一个电阻的等效电路代替，这时电子管只有开路电压放大系数  $\mu$  和屏极内阻  $r_p$  或者互导  $g_m$  等几个简单的参数。晶体管即使在低频交流小信号的作用下，也要用含有一两个等效发电机和几个等效电阻的等效电路来代替；而且由于推导等效电路时的出发点不同，可能有各种形式上互不相同等效电路和参数。下边我们仅就其主要的加以讨论。

## 1. 晶体管的低频器件参数和自然等效电路

从晶体管本身的物理作用原理出发引出的晶体管参数和等效电路，叫做晶体管的器件参数和自然等效电路，或叫晶体管的基本参数和模拟等效电路。晶体管在低频下运用时，相应地称为低频器件参数和低频自然等效电路。

大家知道，晶体管在工作时，发射极  $e$  和基极  $b$  之间加正向偏压，对电流来说是通流方向。发射结电压变化时，通过发射结的电流变化很大。因此发射结可用一个低阻的正向电阻  $r_e$  来表示，如图 1 所示， $r_e$  叫做发射极电阻。

集电极  $c$  和基极  $b$  之间是加反向偏压。集电结电压的变化，对通过集电结的电流影响极小。因此这个作用可以用一个很大的反向电阻  $r_c$  表示，叫做集电极电阻。另一方面，从发射极注入基极区的载流子，绝大部分都通过基极扩散到达集电结，并

受到集电结电场的帮助越过结而到达集电极。这部分电流就是  $\alpha i_e$ ，这里  $\alpha$  是大家所熟悉的短路电流放大系数，而  $i_e$  为发射极电流。这电流只受发射结电压的影响，与集电结电压无关。因此可以把集电结看成是由集电极电阻  $r_c$  和一个定流发电机  $\alpha i_e$  并联组成的，如图 1 所示。有  $\alpha i_e$  的存在，才有晶体的正向放大作用。

晶体管除有这种正向放大作用之外，还有反向的反馈作用。当集电结电压变化时，基极区宽度也跟着变化，于是发射极电流就会受到影响而发生变化，这种反馈作用可以用在发射结的位置上并接一个定流发电机  $g_{ec}$  来表示，如图 1 所示。这里  $v_c$  代表集电结上的电压，它和  $u_c$  相差很少。

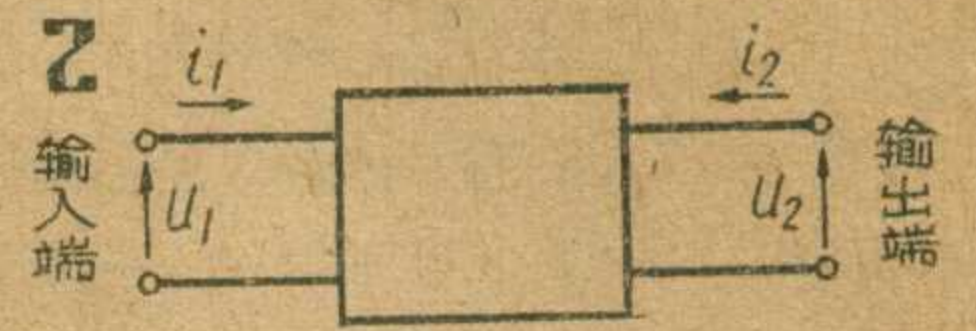
上述的各种物理作用是晶体管内部固有的作用。除此以外，由于晶体管各电极都是由半导体做成的，那就很自然的会呈现一定的欧姆电阻，等于分别串接在各电极上。但因为发射极的欧姆电阻很小，可以忽略；集电极的欧姆电阻甚小于  $r_c$ ，也可以忽略，所以一般只将基极的电阻  $r_b$  画在电路内（见图 1）。

把上述各个参数按照它们的物理作用画成如图 1 所示的等效电路，就是晶体的 T 形自然等效电路，其中的  $r_e$ 、 $r_c$ 、 $r_b$ 、 $g_{ec}$  和  $\alpha$  等参数就是低频器件参数。

## 2. 晶体管的低频线路参数和等效电路

上述的晶体管低频器件参数和自然等效电路物理意义很明确。但是这种参数数量较多，等效电路比较复杂，而且这些参数又很难直接测量出来，所以对晶体管的使用和线路设计不方便。事实上，对晶体管使用者和线路设计者来说，只要用简明的参数和等效电路来表征晶体的性能和它对外部所起的作用就行了，不需要完全地把晶体管内部的物理作用表征出来。所

以在分析和设计晶体管线路时，常把晶体



管看成一个“四端网络”来分析。四端网络就是具有四个引出端的电路，其中两个是输入端，两个是输出端，方框中可能包括各种电路元件，如图 2 所示。输入端的交变电压为  $u_1$ ，交变电流为  $i_1$ ；输出端的交变电压为  $u_2$ ，交变电流为  $i_2$ 。我们研究这些电压和电流的变化情况，就可以了解方框内电路的各种特性，并作出它的等效电路。在分析时，可以把上述四个变数中的任意两个作为自变数，另外两个作为应变数。由于选用的自变数不同，所得到的等效电路和参数也不同。一般常用的是：

(1) 以  $i_1$ 、 $i_2$  为自变数；(2) 以  $u_1$ 、 $u_2$  为自变数；(3) 以  $i_1$ 、 $u_2$  为自变数。现在分别就这三种情况加以讨论。在讨论时，我们假定晶体管是运用在小信号低频情况下，可以把它看成是线性元件。这样，它的特性就可以用几个恒定的参数来表示，并且这些参数都和频率无关。

### (1) 电阻参数及 T 形等效电路

现在如果我们选  $i_1$  和  $i_2$  为自变数，则  $u_1$  和  $u_2$  为应变数，于是可得

$$u_1 = r_{11}i_1 + r_{12}i_2, \quad (1)$$

$$u_2 = r_{21}i_1 + r_{22}i_2. \quad (2)$$

式中  $r_{11}$ 、 $r_{12}$ 、 $r_{21}$ 、 $r_{22}$  为常数，它们的意义如下所述。

如果  $i_2 = 0$ ，也就是四端网络的输出端开路（对交流而言，以后同此），不流通信号电流，则由 (1) 式知：

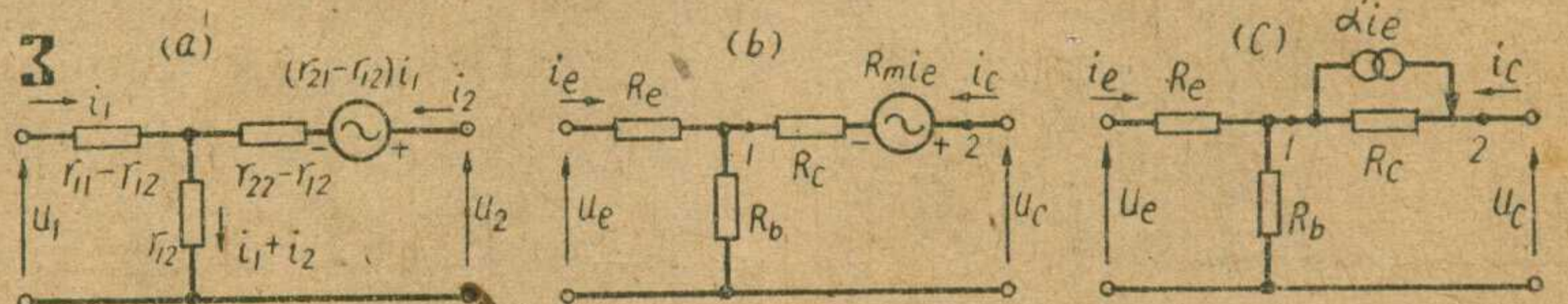
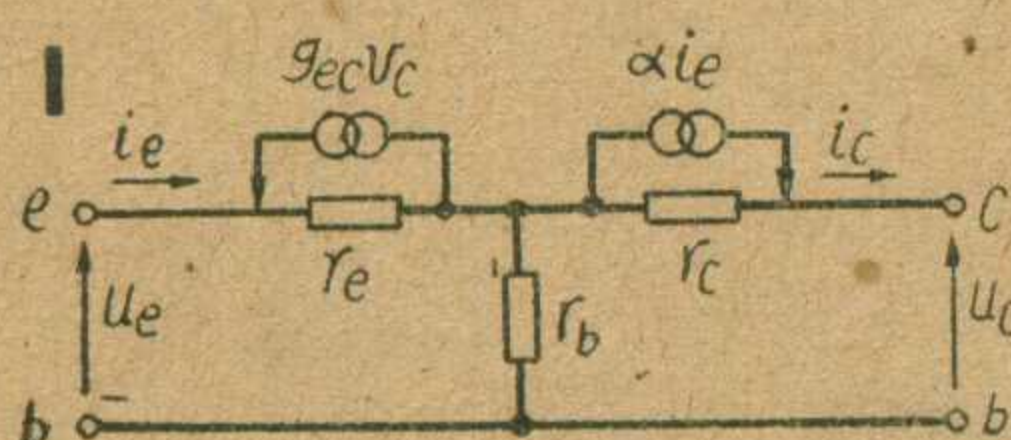
$$r_{11} = \frac{u_1}{i_1} \Big|_{i_2=0} \quad (3)$$

也就是  $r_{11}$  为在输出端开路时的输入电阻。

同样由 (2) 式知

$$r_{21} = \frac{u_2}{i_1} \Big|_{i_2=0}. \quad (4)$$

$r_{21}$  称为输出端开路时的正向转移电阻，它



表示輸出端开路时由于輸入电流而在輸出端产生的輸出电压，也就是表示电路的放大作用。

如果令輸入端开路， $i_1=0$ ，由(1)和(2)式知

$$r_{12} = \frac{u_1}{i_2} \Big|_{i_1=0}, \quad (5)$$

$$r_{22} = \frac{u_2}{i_2} \Big|_{i_1=0}. \quad (6)$$

$r_{12}$  称为輸入端开路时的反向轉移电阻，或反饋电阻，它表示輸出端电流对輸入端电压的反饋作用， $r_{22}$  是輸入端开路时的輸出电阻。

再把(1)、(2)两式少許变化一下可得

$$u_1 = (r_{11} - r_{12})i_1 + r_{12}(i_1 + i_2), \quad (7)$$

$$u_2 = (r_{21} - r_{12})i_1 + (r_{22} - r_{12})i_2 + r_{12}(i_1 + i_2). \quad (8)$$

从这两式可以很簡單地画出图3(a)所示的T形等效电路。因为 $u_1$ 等于 $(r_{11} - r_{12})$ 和 $r_{12}$ 上的电压降， $u_2$ 等于 $(r_{22} - r_{12})$ 和 $r_{12}$ 上的电压降加上 $(r_{21} - r_{12})i_1$ 这样一个定压发电机的电压。

这样就得到了晶体管的T形綫路等效电路。这个电路中的参数 $r_{11}$ 、 $r_{21}$ 、 $r_{12}$ 和 $r_{22}$ ，根据式(3)、(4)、(5)、(6)的定义，是可以在晶体管外电路中测量出来的。例如，根据式(3)，将輸出端开路，在輸入端加一个信号电压 $u_1$ ，測量 $u_1$ 和 $i_1$ ，就得到 $r_{11} = \frac{u_1}{i_1}$ 。知道了这几个参数，就可以根据图3a的等效电路来计算晶体管电路了。这就像知道了电子管的参数 $\mu$ 和 $r_p$ 时，就可以根据电子管等效电路对电路进行計算一样。

应当指出，晶体管有三种連接电路，即共基极电路，共发射极电路和共集电极电路。很明显，如果連接电路不同时， $r_{11}$ 、 $r_{12}$ 、 $r_{21}$ 和 $r_{22}$ 的数据也就不同了。

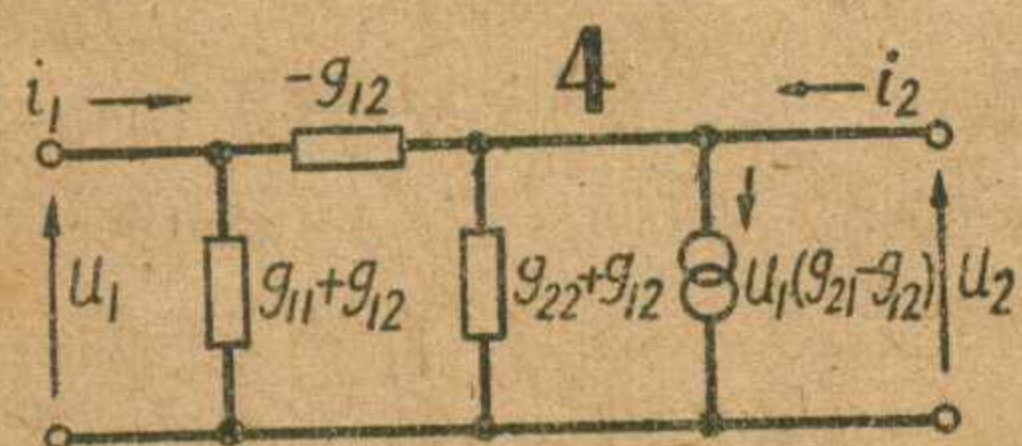
現在我們以共基极連接电路为例来进一步討論。这时輸入端为发射极，輸出端为集电极，于是， $u_1 = u_e$ ， $i_1 = i_e$ ， $u_2 = u_c$ ， $i_2 = i_c$ 。图3(a)中的各元件的名称和代表符号一般取为

$$r_{11} - r_{12} = R_e, \text{ 称为发射极电阻,}$$

$$r_{12} = R_b, \text{ 称为基极电阻,}$$

$$r_{22} - r_{12} = R_c, \text{ 称为集电极电阻,}$$

$$r_{21} - r_{12} = R_m, \text{ 称为互阻, 或轉移电阻.}$$



这就得到图3(b)所示的共基极連接的低頻T形等效电路。此图中的发电机是定压发电机，也可以用图3(c)中电流为 $\alpha' i_e$ 的定流发电机来代替。图3(c)中的 $\alpha'$ 数值是这样决定的。当(b)和(c)图中的1、2两点間都是开路时，1和2两点間电压应当相等，于是 $R_m i_e = R_c \alpha' i_e$ ，因此

$$\alpha' = R_m / R_c. \quad (9)$$

$\alpha'$ 为等效电路中的发电机的电流放大系数。

比較图1和图3(c)可知，T形自然等效电路和T形綫路等效电路非常相似。不同的是图1中多了一个发电机 $g_{ec} V_c$ 。因此，这两个电路中相对应的参数， $r_e$ 和 $R_e$ 、 $r_b$ 和 $R_b$ 、 $r_c$ 和 $R_c$ 、 $\alpha$ 和 $\alpha'$ ，都是不相等的。但是，这两个电路表示的是同一个晶体管，它們对外电路的作用是一样的，也就是总地來說，它們两个是等效的。因此，我們可以說，将图1自然等效电路的参数 $r_e$ 、 $r_b$ 、 $r_c$ 和 $\alpha$ 稍加修正，变成 $R_e$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 和 $\alpha'$ ，就可以把 $g_{ec} V_c$ 的反饋作用考虑进去，于是就成为了图3(c)的綫路等效电路了。計算证明：

$$R_b \approx r_b + \frac{1}{2(1-\alpha)} r_e,$$

$$R_e = \frac{1}{2} r_e,$$

$$R_c \approx r_c, \quad \alpha' \approx \alpha.$$

由此可見，去掉定流发电机 $g_{ec} V_c$ 时，对集电結参数 $r_c$ 和 $\alpha$ 几乎没有什么影响， $r_e$ 約减小一半，只有 $R_b$ 和 $r_b$ 相差較大，最大可达十倍以上。

### (2) 电导参数及Π形等效电路

如果我們选 $u_1$ 和 $u_2$ 为自变数，則 $i_1$ 和 $i_2$ 为应变数，于是可得

$$i_1 = g_{11}u_1 + g_{12}u_2, \quad (10)$$

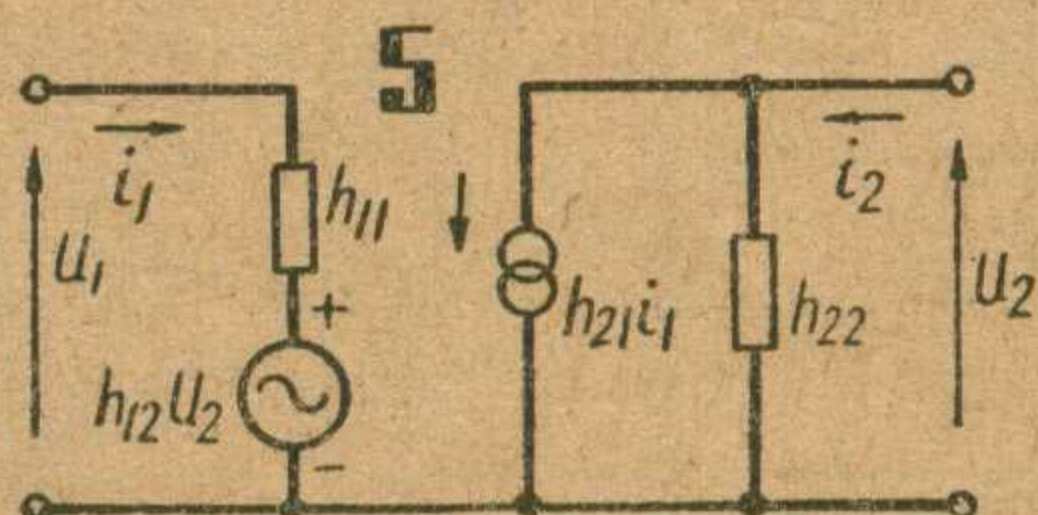
$$i_2 = g_{21}u_1 + g_{22}u_2. \quad (11)$$

式中： $g_{11} = \frac{i_1}{u_1} \Big|_{u_2=0}$  为輸出端短路时的輸入电导，(12)

$g_{12} = \frac{i_1}{u_2} \Big|_{u_1=0}$  为輸入端短路时的反饋电导，(13)

$g_{21} = \frac{i_2}{u_1} \Big|_{u_2=0}$  为輸出端短路时的正向轉移电导，(14)

$g_{22} = \frac{i_2}{u_2} \Big|_{u_1=0}$  为輸入端短路时的輸出电导。(15)



由(10)、(11)两式可得到：

$$i_1 = (g_{11} + g_{12})u_1 + (-g_{12})(u_1 - u_2), \quad (16)$$

$$i_2 = (g_{21} - g_{12})u_1 + (g_{22} + g_{12})u_2 + (-g_{12})(-u_1 + u_2). \quad (17)$$

由此二式可以画出图4所示的Π形等效电路。

### (3) 杂系参数及其等效电路

如果我們取 $i_1$ 和 $u_2$ 为自变数， $i_2$ 和 $u_1$ 即为应变数，于是可得

$$u_1 = h_{11}i_1 + h_{12}u_2, \quad (18)$$

$$i_2 = h_{21}i_1 + h_{22}u_2. \quad (19)$$

和前述相似，分別使輸入端开路和輸出端短路，可得 $h_{11}$ 、 $h_{12}$ 、 $h_{21}$ 和 $h_{22}$ 各参数的意义如下：

$h_{11} = \frac{u_1}{i_1} \Big|_{u_2=0}$  为輸出端短路时的輸入电阻，(20)

$h_{12} = \frac{u_1}{u_2} \Big|_{i_1=0}$  为輸入端开路时的电压反饋系数，(21)

$h_{21} = \frac{i_2}{i_1} \Big|_{u_2=0}$  为輸出端短路时的电流放大系数，(22)

$h_{22} = \frac{i_2}{u_2} \Big|_{i_1=0}$  为輸入端开路时的輸出电导。(23)

由这四个参数的意义可知， $h_{11}$ 为电阻， $h_{22}$ 为电导， $h_{12}$ 和 $h_{21}$ 只是一个系数。它們不像电阻参数或电导参数那样全是电阻或电导，所以 $h_{11}$ 、 $h_{12}$ 、 $h_{21}$ 和 $h_{22}$ 的参数叫做杂系参数，也有叫 $h$ 参数的。

由(16)和(17)式可直接得到图5所示的等效电路。

### 3. 各种綫路参数的轉換和优缺点

上述的各种綫路参数和等效电路都是从同一个四端网路引出来的。只是因为采用的自变数不同，所以导出的参数和等效电路形式上也有区别。但是，不論用那种等效电路来进行晶体管电路的計算，所得到的最終結果都是一样的。不仅如此，由于这些不同等效电路和参数都是代表同一个电路，所以它們之間自然就有一定的关系，可以互相轉換。現在以从电阻参数轉換成 $h$ 参数为例来介紹轉換的方法。从(18)、(19)式可得

$$u_1 = \frac{h_{11}h_{22} - h_{12}h_{21}}{h_{22}} i_1 + \frac{h_{12}}{h_{22}} i_2, \quad (24)$$

$$u_2 = -\frac{h_{21}}{h_{22}} i_1 + \frac{1}{h_{22}} i_2. \quad (25)$$

使(1)、(2)、(24)、(25)各式相应的各項相等即得

(下轉第13頁)

# 电池超外差式四管机

## ——封底电路图说明——

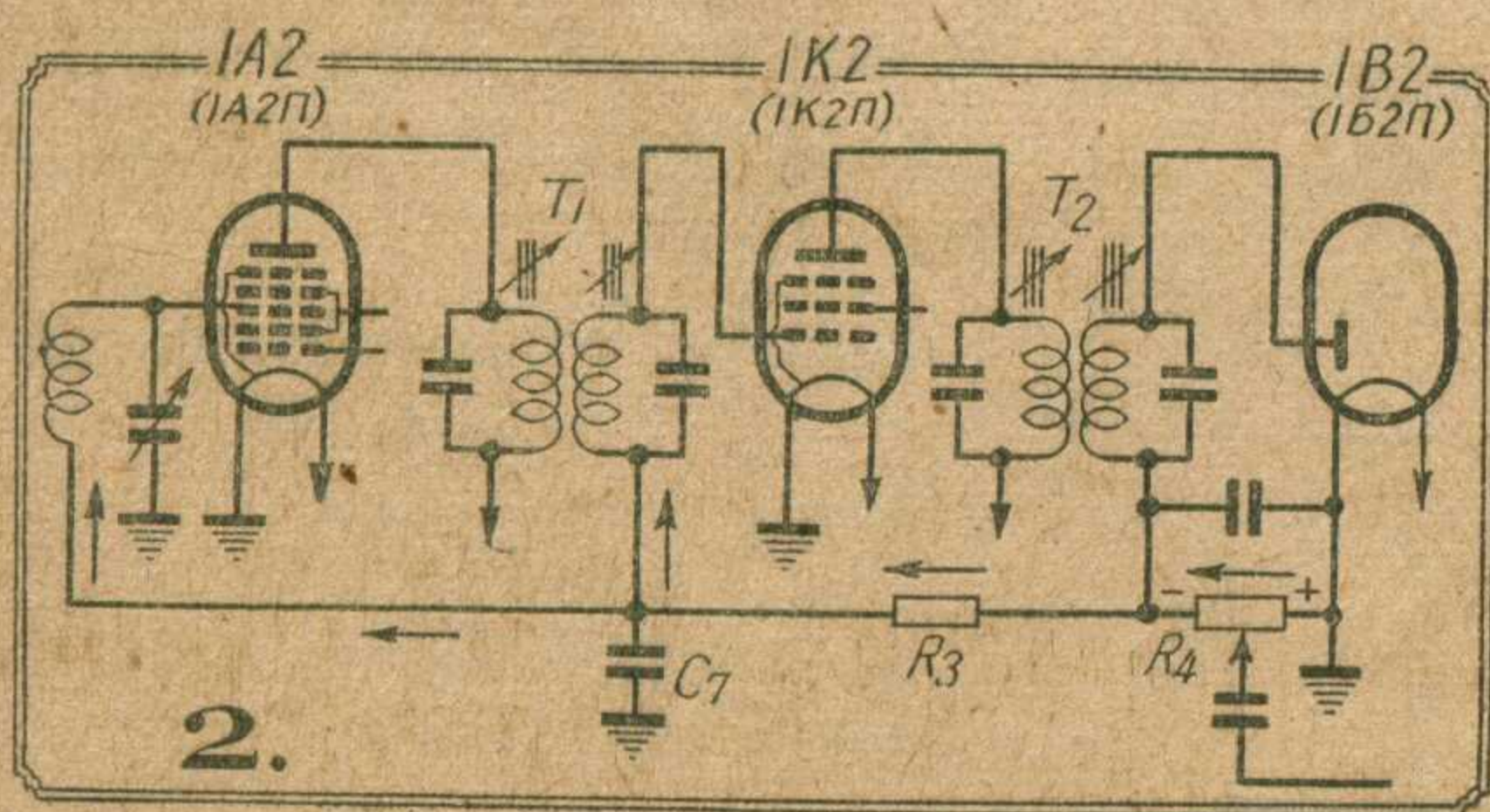
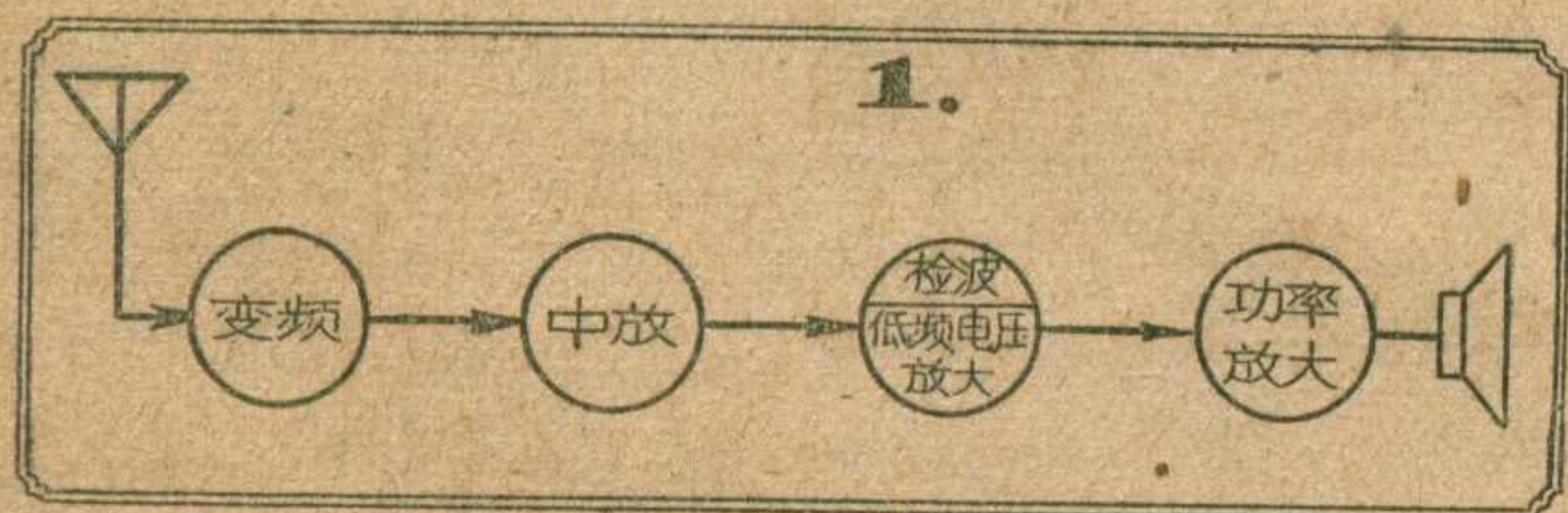
冯 报 本

在外差式收音机中加了中频放大级，就叫做超外差式收音机，它的电路结构方框图见图1。

中频放大级只是放大从变频级输出的中间频率，因为频率范围是固定的，所以能够取得较有利的工作条件。这一级的前后都是用中频变压器耦合的，它谐振于固定的中频频率，有很好的选择性；又采取了适当的耦合度，可以充分保留信号载波两旁的边带——播音台主频率两边所包括的高、低音调的频率带，不致因选择性增高而损害了播音的声音质量。因此加了中频放大器以后，使得超外差式收音机的主要优点——灵敏度高、选择性好、音量均匀，音质优美等得以更好地发挥。

检波级用1B2(1B2Π)的二极管部分作二极检波，它对于足够大的中频输出可以避免失真的机会，而且检波器负载 $R_4$ 上有一个随着信号强弱成正比变化的直流负电压，利用它加在中放管1K2(1K2Π)和变频管1A2(1A2Π)上，可以作为自动增益(音量)控制(图2)。控制电压经过 $R_3C_7$ 的滤波电路滤去音频成分后，加到前面的两个电子管的控制栅上，使它们的放大量随着信号的强弱而被压抑或提升，收音机就能够输出比较均匀的音量。减轻接收远地的或是短波的信号时常发生的衰落(声音时轻时响)的现象。

检波后输出的音频电压，从检波负载 $R_4$ 上馈给1B2(1B2Π)的五极管部分作音频电压放大，再去推动功率放大管2P2(2Π2Π)工作。 $R_4$ 同时也是人工音量控制器。



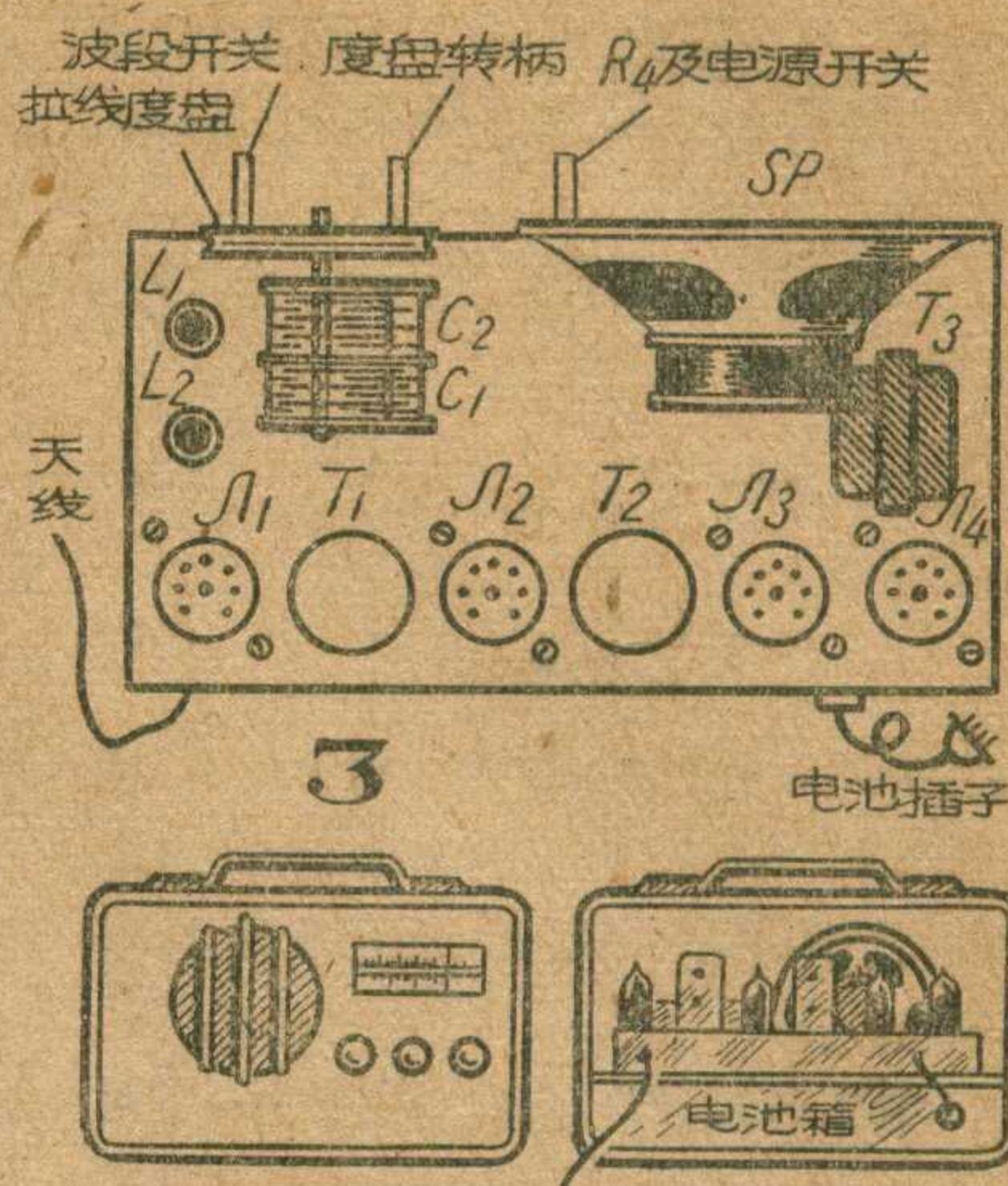
超外差式电路加装短波是比较方便的，这里介绍的电路装有两个波段，可以收听550~1650千赫内的中波广播和6~18兆赫内的短波广播。

装置直流四管超外差式收音机的底盘和木箱常有成品可购。图3介绍一种连电池在内的手提式机箱和底盘上主要零件排列的形式，供自制者的参考。有的零件如中频变压器 $T_1$   $T_2$ 及管座等的具体安装尺寸各种售品稍有不同，应按实际情况配作。

本机所用的外差式线圈，购用售品比较方便。例如中波段线圈 $L_1$ 和 $L_3$ 可以用610R，它每套包括一个输入线圈(简称“天线线圈”)和一个回输式振荡线圈，可以分别用作 $L_1$ 和 $L_3$ ；也可以用810作 $L_1$ ，用810K作 $L_3$ ，配成一套。短波线圈可以用640R一套两个线圈，分别作 $L_2$ 和 $L_4$ ；也可以用811作 $L_2$ ，811K作 $L_4$ 配成一套。另有一种两波段合绕在一个线圈管上的线圈使用比较方便，例如用800作 $L_1$ 和 $L_2$ ；800K作 $L_3$ 和 $L_4$ 。采用某些售品线圈时电路要稍作更改，如使用美通554或中央900A等两波段线圈时，可参考本刊1961年5期封三接线。自绕线圈的方法和数据请参看本刊1961年4期的介绍。

电路所用的是国产省电小型电子管，乙电只需60伏；如果用其它进口电子管代用，则 $\Pi_1$ 、 $\Pi_2$ 、 $\Pi_3$ 、 $\Pi_4$ 可依次使用1R5，1T4，1S5，3S4(或3Q4、3V4)小型管；或依次使用1A7，1N5，1H5，3Q5等GT管代用；此时乙电可增大到90伏。代换了不同的末级功率放大管时，栅偏电阻 $R_9$ 的阻值要改变(参看图上附注)。输出变压器的初级阻抗也要和输出管的输出阻抗匹配。配合2P2(2Π2Π)用的输出变压器自绕的数据是：用普通输出变压器的小型硅钢片，中央条宽度为16毫米；迭厚16毫米；初级线圈用0.12号(即0.12毫米直径)线绕4000圈；次级用0.31号线绕54圈；配合音圈阻抗为3.5欧的永磁扬声器使用，口径125毫米和165毫米的都可以。

中频变压器用调铁粉心(磁性瓷心)的灵敏度比较好；空气心调电容式的灵敏度较低，但也可以用；此变压器绕线股数多的灵敏度也大。图中 $T_1$ 是输入级， $T_2$ 是输出级。输入级和输出级的区别，仅是两个线圈的距



离(耦合度)不同。前者的距离较大,选择性尖锐一些,后者的距离较小,灵敏度高一些。有的铁粉心中频变压器是没有输入级和输出级之分的。

波段开关是四刀双掷式,瓷质或胶木板制的都可以用,接线时要认清各组刀掷的位置,以免发生错误。输入回路线圈要装在底盘上面,振荡线圈装在下面,或使它们相互垂直,以免互相影响。

双刀双掷电源开关是附在  $R_4$  上的。这种电位器如买不到,可另用一个双刀单掷按钮开关代替,但占地位多一些。

装好后的校验是很重要的,它关系到整个收音机的工作效果。这里只谈在业余条件下不用仪器的校验方法。电子管未插入之前,可按一般直流机的试验方法接上甲、乙电池,用小电珠在管座的灯丝脚上试一下能否发光。如小电珠触碰灯丝插脚时立即烧毁,说明高压误接到灯丝,应仔细检查改正,否则将烧毁电子管。必须经过这一步检查后,才能插上全部电子管作校验。

校验工作主要是调准各个调谐回路。开始时,在天线端接一根数尺长的拖线,离电台远的地方可以接上室外天线。波段开关放在中波段,垫整电容器  $C_4$  旋得约八成紧。然后开启电源,把双连电容器旋在大部分旋进的位置,接收一个中波段近低频端(550千赫)的播音台(中央台640千赫很多地方都可以收到,很适合用来校准),调到声音最大就固定不动,并在度盘上做一个标记。接着稍为左右微调一下  $C_4$ ,也使播音声到最大。调整中应随时在音量控制器  $R_4$  上将声音减小到仅能听见的程度,使得声音的大小变化易于分辨。其后是将中频变压器校准。先调  $T_2$  次级的铁心(或半可变电容器),使声音最大,然后依次调  $T_2$  的初级、 $T_1$  的次级,最后

调  $T_1$  的初级,每次都使声音调到最大。调整时可用小起子插进变压器铝罩的圆洞中将线圈的铁粉心稍为左右旋动。如是空气心式的中频变压器,则调它顶上的微调电容器。

下一步是接收一个中波段近高频端(1650千赫)的电台,这时电容器在差不多全部旋出的位置。微微旋动在振荡线圈上并连着的微调电容器  $C_T$ ,将播音声调到最大,调准后也在度盘上作出双连电容所在位置的标记。然后,再将双连电容器转回低频端原来的电台上,将垫整电容器  $C_4$  再次稍为调整,以后再回到高频端调  $C_T$ 。这样来回反复调整几次,到播音声都能兼顾到最大的程度而又没有叫声为止。调整时要注意:垫整电容器  $C_4$  对低频端的电台影响特别大,可以使电台在度盘上有很大的位移;微调电容器  $C_T$  则对高频端电台位置有很大影响,所以对于它们不要过分旋动。本来电台在度盘上的位置是要根据已有准确刻度的度盘来确定的,但目前这种能和调谐回路配套的刻度盘很难得到,所以只能采用这种方法,但对于一般性的校准还是可以的。

最后,还要将中频变压器用低频端的电台播音如前一样细调一次,校准就告完成。中波段校好了,短波段就不需再行调整。

调整中容易发生的故障是中频变压器给调乱了,影响到灵敏度低落或者选择性很差,以致声音细小或是满度盘都是一个电台(低频端的)的播音等等,所以调整时要细心。新购的中频变压器出厂时都经过校准,只要稍微调整就行,不要一下子调得太多,把它调乱就不好调了。可以在未调之前在铝壳上先划一个标记,记住它原来的位置;调好后再划一个标记。

(上接第11页)

$$\left. \begin{aligned} r_{11} &= \frac{h_{11}h_{22} - h_{12}h_{21}}{h_{22}}, & r_{12} &= \frac{h_{12}}{h_{22}} \\ r_{21} &= -\frac{h_{21}}{h_{22}}, & r_{22} &= \frac{1}{h_{22}} \end{aligned} \right\} (26)$$

用同样方法可得到其他参数之间的转换,结果如表1所示。

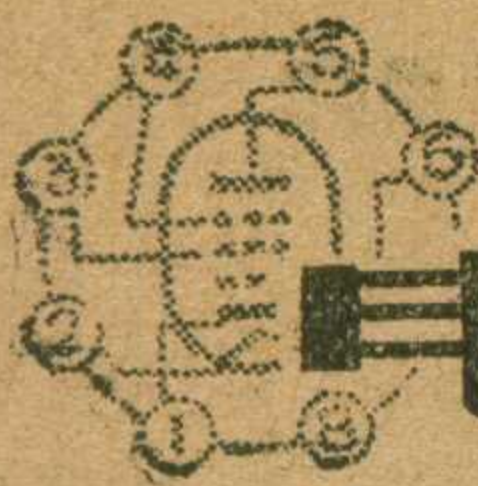
此外,各种等效电路都有共基极,共发射极和共集电极三种连接方法,因此各种参数也有相应的三种,它们之间也有一定的转换关系,这里不一一列举了。

上述的各种参数和等效电路各有优缺点。电阻等效电路和T形自然等效电路很相似,但是它和电子管的等效电路有很大差别,不便于线路分析。由于测量各  $r$  参数时,输入端输出端需要开路,而晶体管的输出电阻很大,在输出端很难造成对交流开路的条件,故不便于测量。电导等效电路和电子管的高频等效电路相似,可以

和电子管线路同样地分析,但是在测量  $g$  参数时输入端输出端需要短路,而晶体管的输入电阻很小,在输入端很难造成对交流短路的条件,故也不便于测量。 $h$  参数等效电路有很多优点。首先,晶体管是电流控制的元件,因此以输入电流  $i_1$  作自变数是合适的,而在输出端是以电压  $u_2$  为自变数。其次,在  $h$  参数中,  $h_{21}$  直接表示晶体管的基本参数之一的短路电流放大系数。最后比较重要的是,晶体管共基极和共发射极连接时的输入端为低阻抗,输出端为高阻抗,而  $h$  参数是要求输入端开路,输出端短路,因此容易满足要求,便于测量。由于这些原因,近年来  $h$  参数和等效电路用得越来越普遍,晶体管规格表上几乎都是列出  $h$  参数来表征晶体管的性能。

表1. 各种参数的转换

参数	$r$	$g$	$h$
$r_{11} =$		$g_{22}/\Delta g$	$\Delta h/h_{22}$
$r_{12} =$		$-g_{12}/\Delta g$	$h_{12}/h_{22}$
$r_{21} =$		$-g_{21}/\Delta g$	$-h_{21}/h_{22}$
$r_{22} =$		$g_{11}/\Delta g$	$1/h_{22}$
$g_{11} =$	$r_{22}/\Delta r$		$1/h_{11}$
$g_{12} =$	$-r_{12}/\Delta r$		$-h_{12}/h_{11}$
$g_{21} =$	$-r_{21}/\Delta r$		$h_{21}/h_{11}$
$g_{22} =$	$r_{11}/\Delta r$		$\Delta h/h_{11}$
$h_{11} =$	$\Delta r/r_{22}$	$1/g_{11}$	
$h_{12} =$	$r_{12}/r_{22}$	$-g_{12}/g_{11}$	
$h_{21} =$	$-r_{21}/r_{22}$	$g_{21}/g_{11}$	
$h_{22} =$	$1/r_{22}$	$\Delta g/g_{11}$	
注: $\Delta r = r_{11}r_{22} - r_{12}r_{21}$ , $\Delta g = g_{11}g_{22} - g_{12}g_{21}$ , $\Delta h = h_{11}h_{22} - h_{12}h_{21}$ .			



# 电子管

(下)

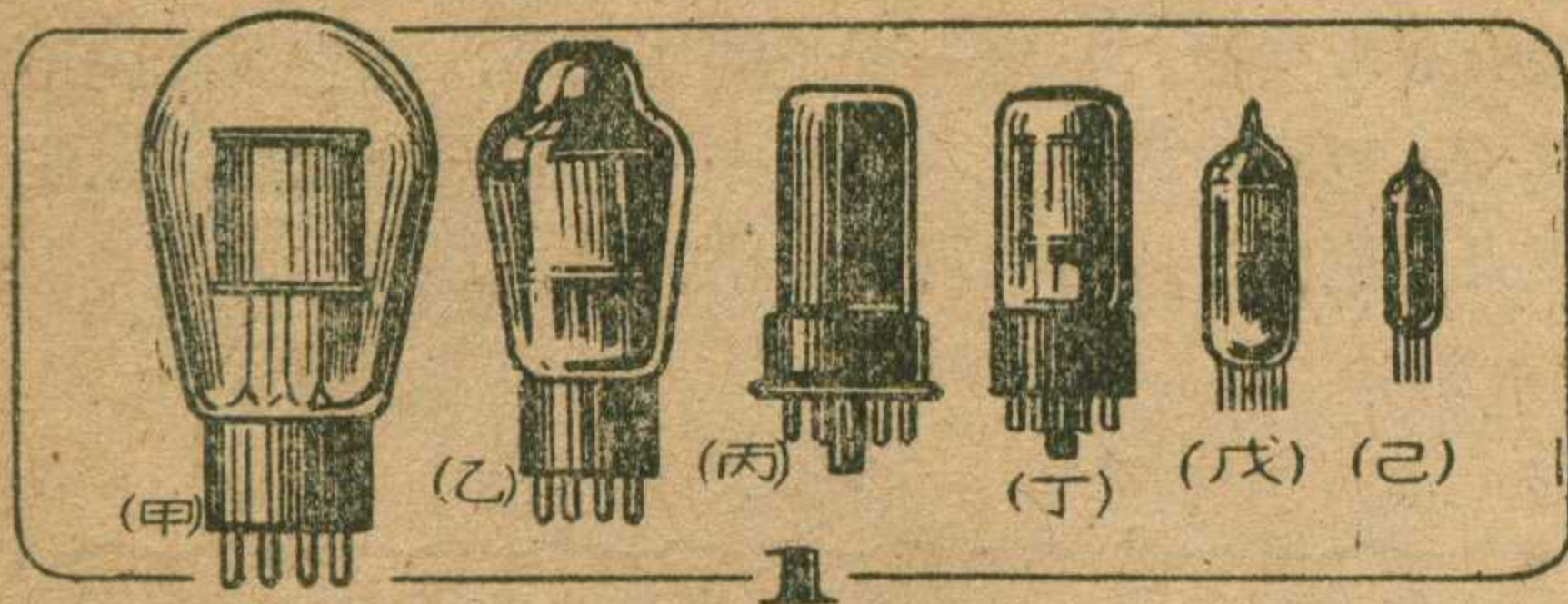
徐 疾

## 二、电子管的型式和命名法

在电子管生产中，由于制造的国家、工厂等不同，以及使用的习惯不一样，虽然是同一种类和用途的电子管，它们的名称、形状和实际构造也还是各式各样的。下面以无线电爱好者常见的一些电子管为例，来说明电子管的结构型式和名称的来源。

### 1. 管 泡

从电子管出现到现在已有几十年的历史。它的外形从最老式的电灯泡状电子管（图1，甲）发展到现在的超小型电子管（图1，己），已经有了很大的变化。最突出的变化是体积已缩小了将近100倍。图1，乙、丁是老式的玻壳电子管；图1，丙是金属管。这几种管子体积较大，不如小型管（图1，戊）和超小型管具有节省材料和电源消耗等优点，但某些性能，例如散热等较小型管好，因此目前应用得还不少。



近年来由于微波技术的发展和要求电子管能在高温下工作，又相继出现了金属陶瓷管和特种晶态玻壳的电子管。这类管泡具有精密度高、可以耐高温、在高温下不致变形、绝缘好、气密性好和介质损耗低等许多优点。

### 2. 管 座

老式玻璃管的管座是不统一的，管脚排列按电极的多少分成四脚、五脚、六脚、七脚等，一般接灯丝的两脚较粗，用作插入管座的对正标记。五脚管没有粗脚，但排列成不等边五角形，以作辨认。目前还可以见到的老式四脚管有12A，80等。12F和12B虽然只用三只脚，但也做成四脚的，有一脚空着。五脚管有27A，47等。六脚管有6C6，6D6，57，58等。七脚管有6A7，6F7等。

金属管管座都是统一的八脚式，管腰下部有一个带凸楞的对正键，插入管座时很容易对准。这种管座就是至今仍然使用的八脚座。金属管有很好的屏蔽作用和便

于散热，但是金属壳和电极的玻璃支座接缝处常因温度的变化容易漏气。因此，目前仍有很多电子管是用玻璃作管泡的，它们的构造、性能和管脚排列等与同型号的金属管相同，叫“G”式管，名称后面带有

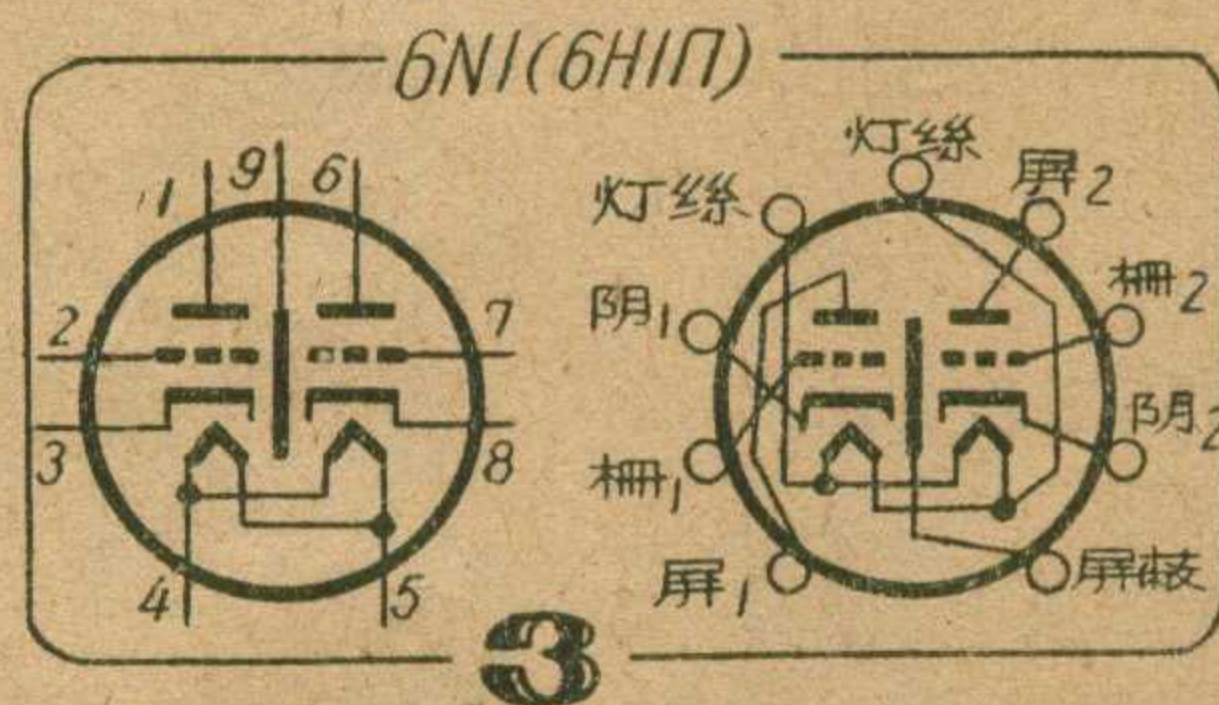
字母G或GT，以示区别。同名称的金属管和G或GT式管，它们的性能、管座等都是相同的，使用时基本上可以互换，管座接线不需更动。例如金属管6F6和6F6G、6F6GT三种除了外形和管泡质料不同外，其它没有什么区别。

锁式管因它的对正键可以被管座上的锁套锁住而得名，能经受较大的振动。它的外形和GT管差不多，使用统一的八脚锁式管座。

小型玻璃壳电子管（花生管），不特体积小，重要的优点还在于尺寸缩小了以后，使得它的极间电容、电感和干扰等都得以减小。国产的这类管子的管座，有七脚和九脚的，外国的这类管子也有八脚的。

还有一些其它类型的电子管，一般使用不多，这里略去不谈了。

八脚管座、锁式管座和花生管管座各自都有统一的形式，并且给管脚编上了号码。这些编号中，八脚管座和锁式管座（底部示意图，图2，甲、乙）是从插放对正键的凹槽向左数起，顺时针方向数去；花生管座（底视图2，丙、丁），则是从管脚排成的圆周开口处（管脚间隔最大处）左端数起，也是顺时针方向数。电子管管座图都表示将管子倒过来管脚在上时底部各脚的排列图形。因此电路图上只要注明各电极所应连接的管脚的号次，



装置时便可按图焊接。图3便是以6N1(6H1П)为例的对照图。

有些电子管有一个管顶。大多数电子管的管顶是控制栅的引线（有个别类型是屏极的引线），使用时要另配一个管帽连接，并用金属隔离线作管帽接线。这种式样的优点是控制栅引线和其它各极引线远离，可以减小干扰，绝缘电阻也大为增加。例如6J7（有管顶）和6SJ7（无管顶）特性虽然相同，但作高增益放大时，前者的交流声就比后者的小。

3. 电子管的命名法

电子管的名称也是很复杂的。各个国家都有他自己



的命名法。我国制定的电真空器件的命名法，是按汉语拼音方案的原则和使用习惯，用拉丁字母作为型号的代号。现将收信、放大电子管名称内几个组成部分所代表的意义列出如下：

**第一部分——数字，表示灯丝电压的伏特数**（用整数，如6，就是6.3伏）；

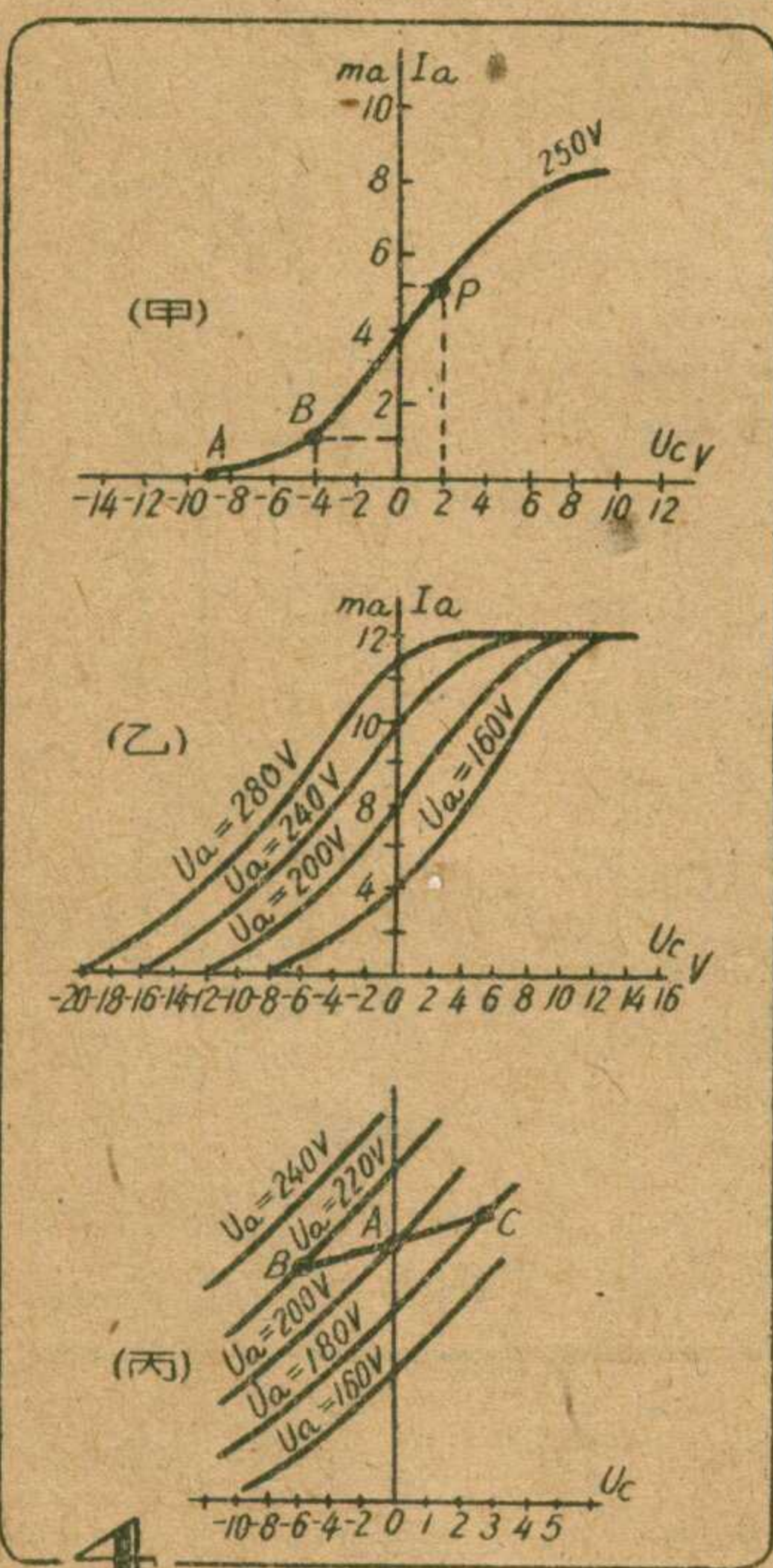
**第二部分——字母，表示电子管的结构**。现将一些常见的字母代表的意义列出如下（括号内的字母是苏联型号所用的）：

- D(Д)——二极管；H(X)——双二极管；
- C(С)——三极管；N(H)——双三极管；
- S(Э)——四极管；A(A)——变频管；
- P(П)——功率放大五极管和集射四极管；
- K(К)——遥截止五极管和集射四极管；
- J(Ж)——锐截止五极管和集射四极管；
- G(Г)——二极三极管或双二极三极管；
- B(Б)——二极五极管或双二极五极管；
- F(Ф)——三极五极管；
- U(И)——三极六极管、三极七极管或三极八极管；
- E(Е)——调谐指示管；
- Z(Л)——收信放大整流二极管。

**第三部分——数字，用以区别同型号管的序号。**

**第四部分——字母，表示电子管的外形种类**。现将一些常见的字母代表的意义列出如下（括号内是苏联型号所用）：

- P(С)——普通玻璃管；
- K(К)——金属陶瓷管；
- J(Ж)——橡胶管；
- S(Л)——锁式管；
- D(Д)——灯塔管；
- 无代号——小型玻璃管(外径19和22.5毫米)；苏式金属管也无代号；
- (П)——苏式小型管；
- B(Б)——超小型管(外径10和8.5毫米，苏式管为10毫米)；
- A(A)——超小型管(外径7毫米，苏式管为6毫米)；
- K(-)——超小型管(外径小于4毫米)。



例如6A2是表示灯丝电压为6.3伏的变频管，第2种类型，小型玻璃管；又如6C1P是表示灯丝电压为6.3伏，三极管，第1种类型，普通玻璃管（详细的命名法请参看本刊1960年第4期）。

### 三、电子管的特性曲线

#### 1. 特性曲线的意义

电子管的一些参数的关系，可以用特性曲线表示出来，更便于分析和使用。一个电子管有好几种特性曲线。最常用的是屏流~栅压特性曲线，它表示某种电子管加有固定的屏压时，栅极电压  $U_c$  对屏极电流  $I_a$  影响的程度，也就是栅压变到某一数值时，屏流将相应地变到多大。例如在图4中甲的  $I_a \sim U_c$  特性曲线上， $U_c$  为-11伏时曲线上对应的点为A点，与A点对应的  $I_a$  为0； $U_c$  变到-4伏时，曲线上与-4伏对应的点为B点，与B点对应的  $I_a$  约1.2毫安，因此可知当  $U_c$  从-11伏变到-4伏时， $I_a$  由0变到1.2毫安。又例如我们在这根曲线上任找一点P，从P点作垂直于横轴和纵轴的直线，根据这些直线与横轴和纵轴的交点就可读出对应的栅压和屏流(图中栅压为+2伏，屏流约5.2毫安)。有了这种特性曲线，对设计电路，选用电子管都很方便。

一般电子管的屏流~栅压特性曲线中有一段是接近于直线，也就是屏流随栅压成正比地变化。在一些放大电路中正是需要电子管有这种特性，这样才能把栅极电压的变化照原样放大，得到所谓“不失真”的放大作用。

曲线上还有一些段落是弯曲的。如果用电子管作放大时，栅极上信号电压变化超出直线部分达到弯曲部分，那末屏流变化就与栅压变化不成正比，信号经过放大后就不能保持原来的形状，而产生“失真”。这种失真通常称为“非线性失真”。所以除了特殊需要利用弯曲段落工作的以外，总要求栅压变化不超出直线段落。

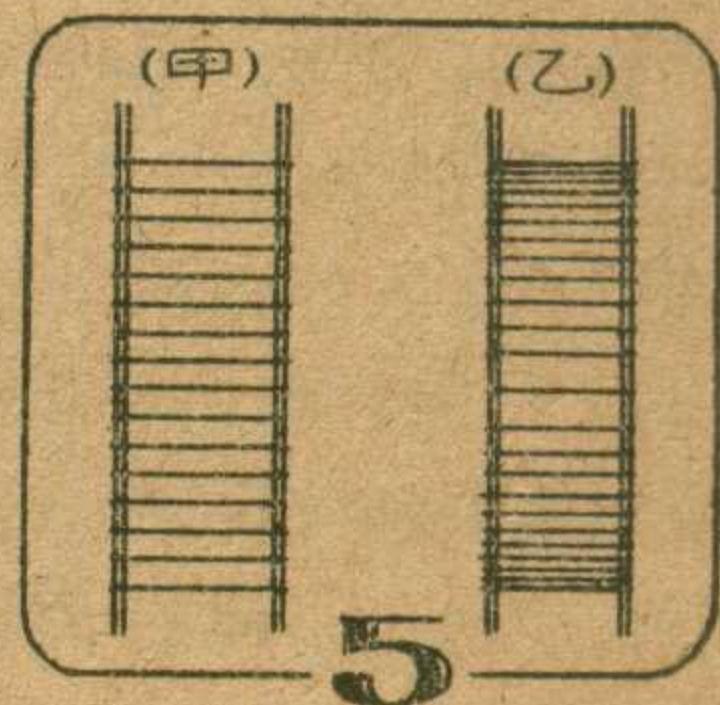
如果将一个电子管在不同的屏压下测出的各条屏栅特性曲线画出来，就成为图4中乙的特性曲线族。

从特性曲线可以方便地看出电子管的几个主要参量，例如：跨导就是指曲线的陡度如何；放大因数就是指在特性曲线族中要使曲线移动相当于  $U_c$  1伏的位置，屏压需要几伏的变化等等。这种曲线仅表示没有信号输入时的情况，故称“静特性曲线”。当栅极有信号输入时，电子管的工作状态将用图4中丙所绘BAC形式的“动特性曲线”来表示。

除了“屏流~栅压”特性曲线外，还用“屏流~屏压”特性曲线表示屏流随屏压变化的情况；用“栅流~栅压”及“栅流~屏压”特性曲线分别表示栅流随栅压、屏压变化的情况等等。这里就不一一叙述了。

#### 2. 锐截止式特性和遥截止式特性

普通电子管的栅极绕线各圈间的间隔是相等的(图5,甲)，它们在一定的栅压范围内工作比较稳定，跨导和放大因数在这个范围内的变动是均匀的。这种栅极一般只要加上不大的负电压，



就可以将屏流截断。具有这种所谓“锐截止”式特性的电子管称为“锐截止式”电子管。

另有一种栅极，它的各圈绕线间的距离特地绕成不均匀的形式，两端较密，中部较疏(图5,乙)。这样两端的放大因数 $\mu$ 就比中部的大，在信号的负值电压很大时，栅极两端就没有屏流通过，而在 $\mu$ 值不高的中部仍有屏流，因此这种栅极要加上很负的负电压才能将屏流截断，也就是屏流~栅压特性曲线拖有比较长的尾巴，当栅压向负的方向变化时，屏流不是很快就截止，而是慢慢地减小到零。因此称这种特性为“遥截止”式的，具有这种特性的电子管称为“遥截止”式电子管。由于它的 $\mu$ 能够在很大范围内变化，所以也叫做“变 $\mu$ 管”或“变跨导管”。

#### 四、电子管的装置和保护

收音、放大电子管的安装位置，绝大部分可以是任意的，但有一些直热式整流管在横放工作时，两组灯丝最好并排位在同一个水平面上，使灯丝受热伸长时不致影响机械强度。调谐指示管6E1(6E1П-K)一般是倒置安装的。

金属管的外壳、一些GT管的金属管腰和锁式管的管腰，都是作隔离用的，前两种和第1脚连接，后者和管座的锁套连接；管座的这些部分都要通地才起隔离作用。小型管内部一般都有屏蔽(在管座图上用虚线表示)，有的还有一片平放在管底的心基隔离片，应配合有心套或心片的小型管座，并在管座上将这些部分通地。

管子从管座上拔出时，要沿垂直的方向拔出。有管腰的要拿住管腰，不要左右摇动和在管子未冷却时拔出，花生管在这种情况下很容易碎裂。

花生管管脚歪斜时，不要随便乱扳，可用小钳子夹住近玻璃基座处小心扳正。花生管插入管座后，簧片应夹住管脚的中段保持密切接触，因此管子仍是能稍为晃动的，这样可以避免挤压过紧弄碎玻璃座基。此外，花生管管座最好用软接线，为了防止花生管受振脱出管座，可以给它加上用弹簧拉紧的紧固套。

电子管灯丝电压过高过低都是不适宜的，同样能促短电子管的寿命。傍热式6.3伏的电子管，灯丝电压可以在5.7~6.9伏范围内使用，电池式1.2伏的，可以在0.9~1.5伏的范围内使用。

### 低频放大器中栅偏压的选择

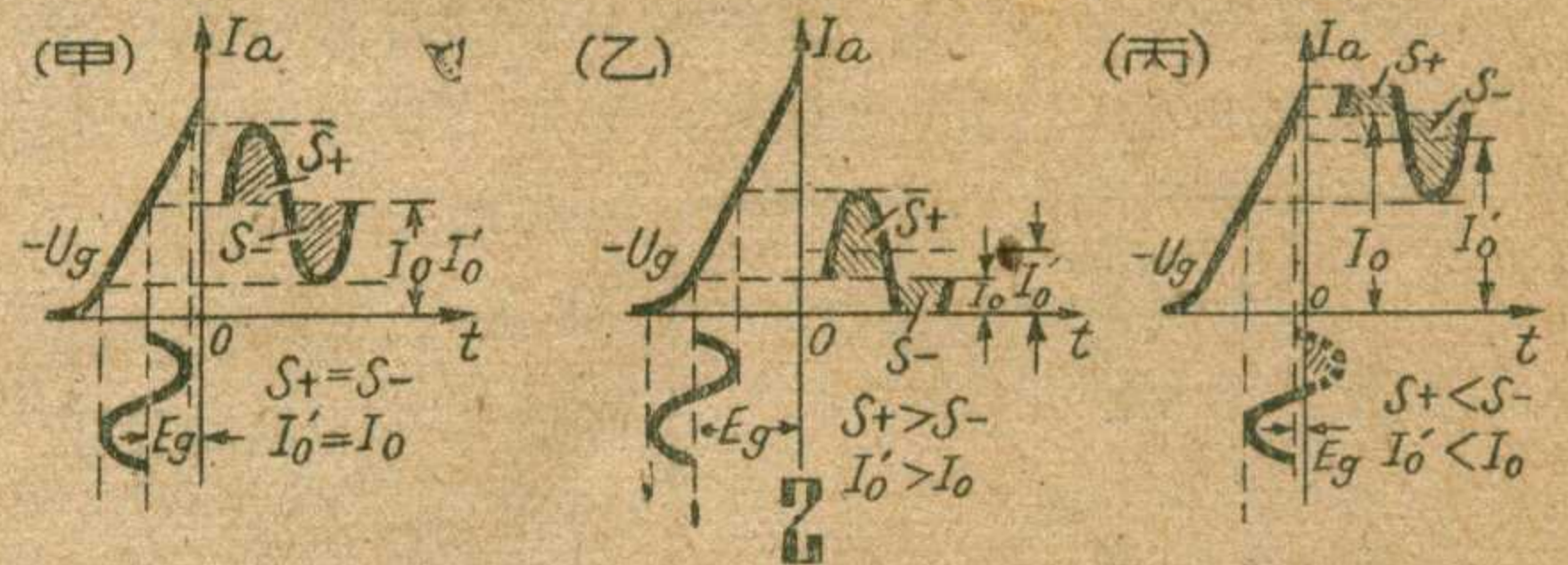
邱永华

在装低频放大器时，往往由于栅偏压选择不好而产生了非线性失真，使悦耳的乐音变成了难闻的噪音。下面介绍一种用直流毫安表或电压表检验栅偏压大小是否适当的方法。

把直流毫安表串在电子管屏极回路中或把电压表并接在阴极电阻 $R_K$ 上，如图1所示。然后在栅极上加上信号。当栅偏压选择合适时，则毫安表(或电压表)的指示将不变。如果加上信号后，毫安表(或电压表)的指示增加了，这就是说偏压大了，应该减小偏压。反之，如果指示减小，则说明偏压小了，应该增加偏压。调整偏压的简单方法是改变阴极电阻 $R_K$ 的数值。

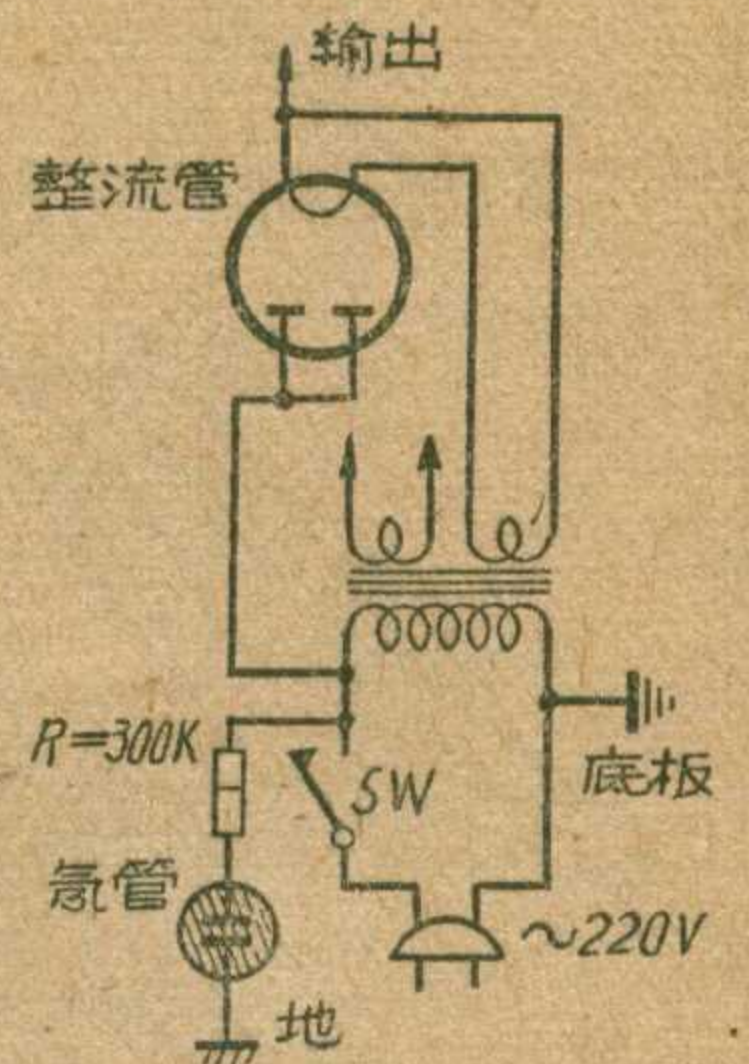
这种检查栅偏压的方法的工作原理，可以用图二中栅极特性曲线的三种工作情况来说明。图2甲是正常偏压时的情况，这时工作点正好在栅极特性曲线的直线段的中部，所以它对信号的正、负两个半周是对称地放大的，因此管子屏极电流中交流分量的峰与谷面积相等，其屏极电流的平均值——直流分量 $I_0$ 。保持不变，所以电表读数不变。图二乙为栅偏压太大，因此信号负半周的一部分已被截止，屏极电流中峰的面积大于谷的面积，也即其平均值增加了，直流分量 $I_0$ 增加到 $I'_0$ ，所以电表读数增加。图二丙为栅偏压太小，信号的正半周的一部分进

入到有栅流区域而衰减，所以使屏流平均值降低了，直流分量 $I_0$ 降到 $I'_0$ ，所以电表读数也降低。



### 用氖管作指示灯

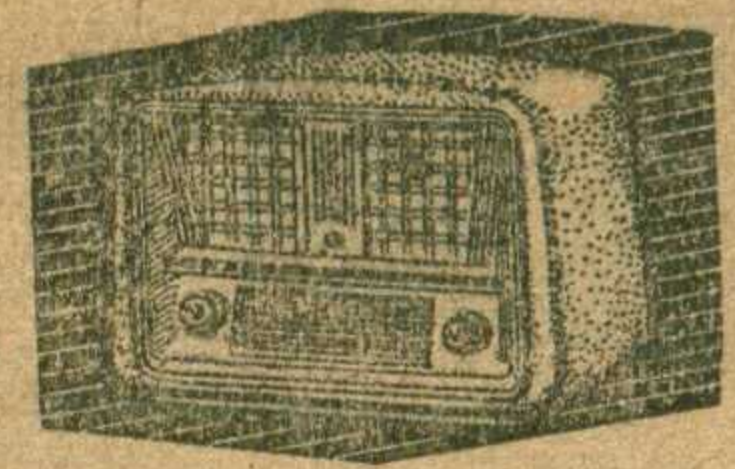
在一般自耦式变压器或直接取自外电源进行整流的收音机中，往往由于电源接反(火线接底板)，而使底板带电，一不小心，碰到底板就会触电，所以在使用时不太方便，而且还有危险。现在如果在变压器的初级接入一只300K电阻和氖管(接法如图)，那末这个氖管不但起指示作用，而且还可指出电源是否接反，如果接反，氖管不放光，反之，即发光。(洪文井)



### 更正

1962年第2期第12页左栏第18行“ $=3.2V_{(伏)}/I_{(毫安)}$ ”应改为“ $=3.2 \times 10^{-3} V_{(伏)}/I_{(安)}$ ”。第20行“ $L_{x(亨)} = 3.2 \sqrt{\left(\frac{V_{(伏)}}{I_{(毫安)}}\right)^2 - r^2_{(欧)}}$ ”应改为“ $L_{x(亨)} = 3.2 \times 10^{-3} \sqrt{\left(\frac{V_{(伏)}}{I_{(安)}}\right)^2 - r^2_{(欧)}}$ ”。

# “熊猫”601-1 交流六灯收音机



## 一、概述

熊猫牌 601-1 型交流六灯超外差式收音机，是南京无线电厂的优秀产品之一，在 1961 年第三届全国广播接收机评比中荣获一等奖。601-1 型是在 504 型和 505 型基础上改进的，外观更加美观大方，性能更优良。

本机的设计，是按三级收音机最高指标考虑的，额定输出功率为 1 瓦。每批产品，都经过设计、工艺、车间、检验等有关部门检查，所以出厂收音机的质量都合格可靠。例如，在检验中，转动可变电容器、波段开关、电位器各 10000 次，波段开关并经过湿度试验后，机械及电气性能仍符合整机要求。拉线改用塑料线后，试验 50000 次仍无故障。由于提高了电声性能和元件的可靠性，消除了用户维修收音机的麻烦，用户对音质音量都比较满意。

## 二、电路简介

本机采用国产小型电子管。变频用 6A2 (6A2Π)，中放用 6K4 (6K4Π)，检波及低频电压放大用 6N2 (6H2Π)，功率放大用 6P1 (6Π1Π)，整流用 6Z4 (6Ц4Π)，调谐指示用 6E1 (6E1Π-K)。原理电路见下图。

在输出变压器初级加了一个由  $C_{27}R_{15}$  组成的平衡网络，改善音频在高频时的失真度，消除不必要的噪声。在 6N2 阴极电阻上的旁路电容器，选用 50 微法电解质电容器，对减低交流声也起作用。为了防止机震，可变电容器在安装时加装了避震橡皮垫。音调控制采用负反馈电路，这样既改善了失真度，又能调节高、低音。音调调节，对 100 赫能变化 3 分贝以上，对 4000 赫能变化

6 分贝以上，而对 400 赫能保持不变。

在放唱片时可把波段开关扳到拾音器档，切断 6A2 及 6K4 的阴极电路，这样既可提高音频放大部分的工作电压，又可隔断高频部分来的噪声。

中频变压器用铁淦氧铁心，为调电感式，提高了线圈 Q 值，使中频选择性和频率响应更符合理想的要求。6N2 与 6P1 的耦合电容器  $C_{25}$ ，选用了耐压高、绝缘好的纸质电容器，电源滤波电容器改用了铝壳的电解电容器，工作更可靠。扬声器选用 168 毫米直径的，在额定输出功率时声响和失真度仍能符合设计要求。

机内装有铝箔天线，有一部分产品机内还装有磁性天线，使用时一般毋需再装天线。

## 三、使用说明

本机适用于 110 伏及 220 伏交流电源。机盘背面有电源变换插头，插头上箭头应指着符合所用交流电源的电压数值。根据订货要求，有一部分产品可适合四种电源电压，即 110 伏、127 伏、220 伏、250 伏。

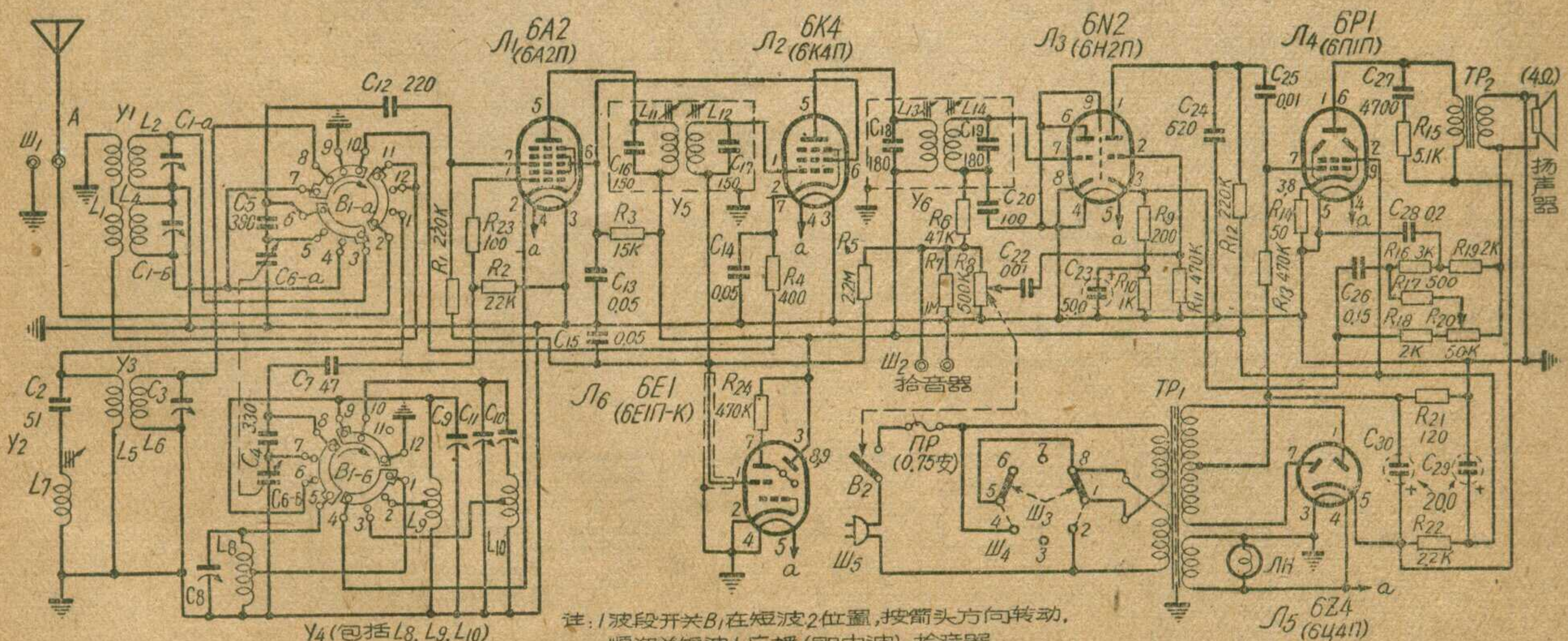
机盘前面有两组旋钮。左边一组的中心小旋钮为电源开关及音量控制，外套大旋钮为音调控制，右旋使高音调突出。右边一组的中心小旋钮作调电台用，外套大旋钮为波段开关，有四档位置，即短波 2、短波 1、广播（即中波）、拾音器。在放唱片时，波段开关应旋在拾音器位置。

各个波段的频率范围如下：

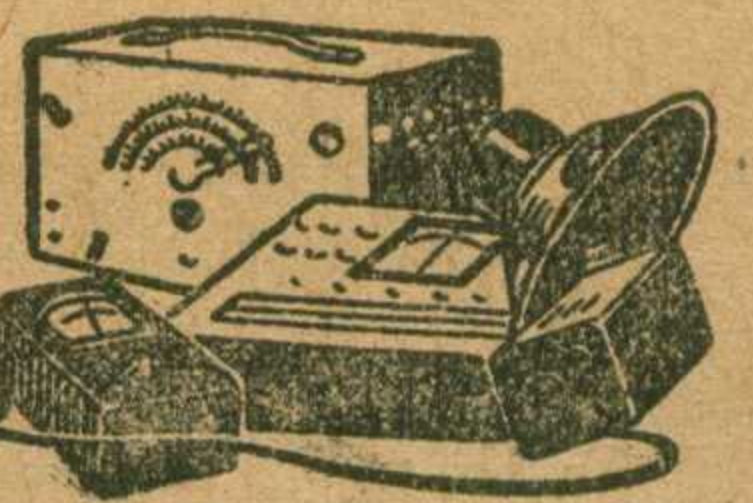
中波 520~1600 千赫；

短波 3.8~16 兆赫。

短波频率范围，根据订货要求，有所不同。



注：1 波段开关  $B_1$  在短波 2 位置，按箭头方向转动，顺次为短波 1、广播（即中波）、拾音器  
2 电源变换插头  $W_3$  在 ~220V 位置



栗新华

“无线电”先后发表了几种测量仪表的自制方法。本文介绍用这些仪表来作收音机的几项调整试验。

## 一、拉复盖

收音机调谐的最低频率和最高频率，必须与预定的接收波段的频率范围吻合。例如中波波段预定为530~1600千赫，那末接收机频率调谐的最低频率应在530千赫附近，而最高频率应在1600千赫附近。一般，把收音机的这种最低和最高频率叫做复盖频率，拉复盖就是把收音机的接收频率范围的最低频率和最高频率分别与预定波段的最低频率和最高频率调准。

作拉复盖调整时，可使用1961年第6期介绍的多用信号发生器和1962年第1期介绍的电子管电压表。现举“双矿石收音机”（见1961年第5期）为例，说明调整步骤如下。

多用信号发生器按调幅信号发生器使用，电键位置为： $\Pi_1\Pi_2 \rightarrow 3$ ； $\Pi_3\Pi_4 \rightarrow 2$ ； $\Pi_5 \rightarrow 2$ ； $\Pi_6 \rightarrow 1$ ； $\Pi_7 \rightarrow 1$ 。接线柱3、5接矿石机天、地线接线柱。矿石机的耳机插孔则接到一个音频变压器的初级（音频变压器可用1:1至1:3的普通音频变压器），而音频变压器的次级两头接多用信号发生器的7、5接线柱，即接到多用信号发生器的低频信号寻迹部分（作放大用）。电子管电压表接到多用信号发生器的6、5接线柱，电压表扳到3伏档。上述各部分的连接如图1所示。

为甚么要用一个低频变压器呢？因为双矿石收音机耳机插孔都没有接地，是平衡输出电路，但低频寻迹部分的输入有一端接地，是不平衡电路，所以串入音频变压器，既能保证传送信号，又可满足平衡与不平衡电路相连接的需要。

电路接好后，接通电压表及信号发生器的电源，把矿石机可变电容器

C旋在中間位置，信号发生器的R<sub>2</sub>、R<sub>6</sub>也放在中間位置，R<sub>5</sub>、R<sub>12</sub>放在最大位置。调整信号发生器的可变电容器C（360微微法），从容量最大至容量最小（即全旋进至全旋出），同时

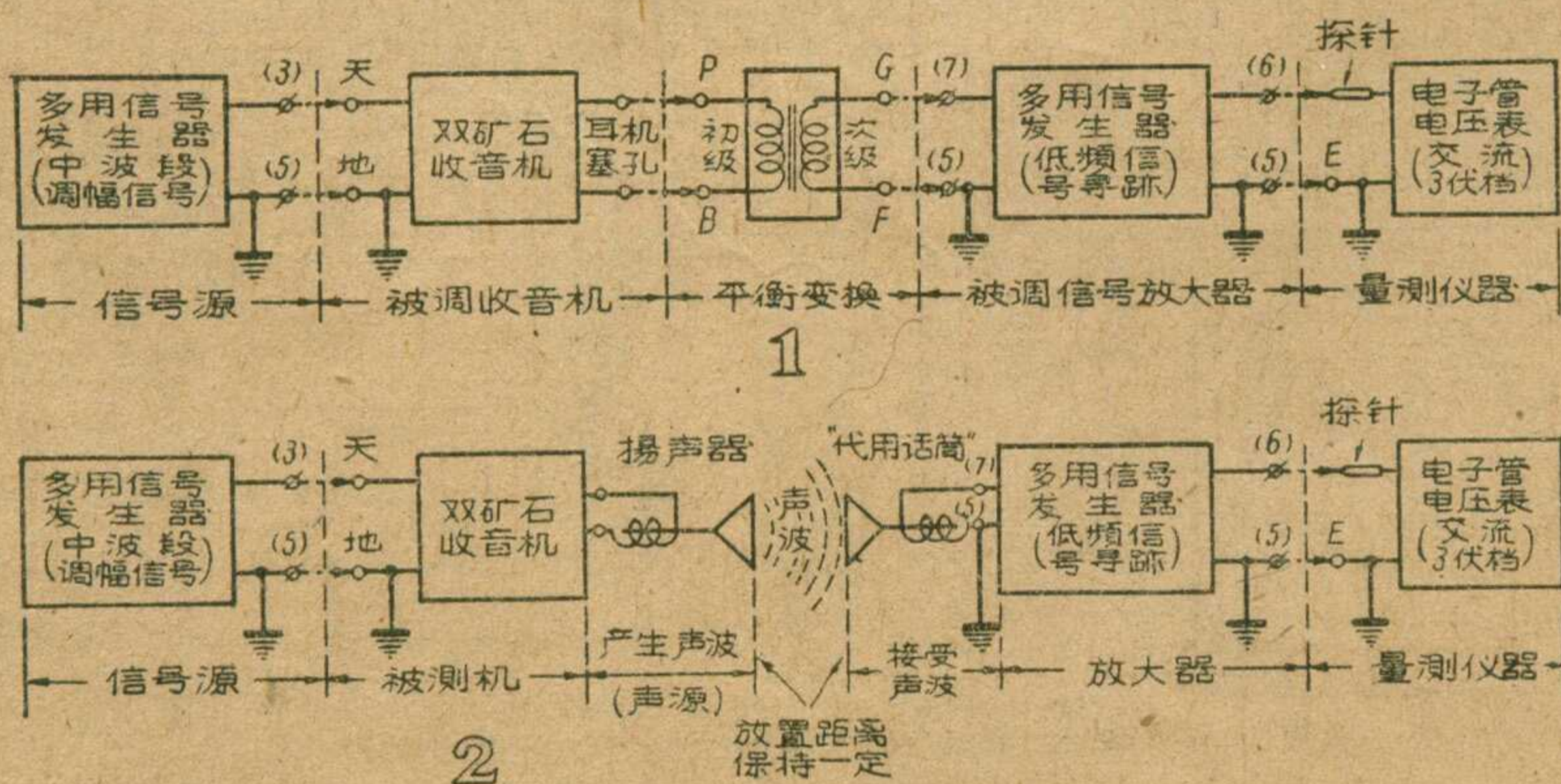
扳动矿石机分线器S<sub>1</sub>和S<sub>2</sub>，在各相应位置仔细寻找，会有一点使扬声器发声，电压表指针跳起。这表示信号发生器的这一点的频率被矿石机收到，矿石机检波后输出的音频电流加给音频信号寻迹部分，所以扬声器发声，电压表指针指示相应的读数。

如找不到发声点，再仔细检查一下矿石机安装是否正确，线圈接头是否有错。如电路连接正确而还没有声音，可将矿石反接一个试试。如仍找不到发声点，可拔下D<sub>1</sub>短路C<sub>1</sub>，或拔下D<sub>2</sub>短路C<sub>2</sub>，形成单矿石收音机。这样掉换矿石，可发现矿石是否有短路，断路等毛病。一般如接线正确，矿石等元件没有毛病，很容易找到发声点。然后，逐点旋动矿石机调谐电容器C，对应这个电容器的每个位置，变动信号发生器输出频率，使电压表指示值最大，这时从信号发生器可看出收音机的接收频率。这样逐点跟迹，就能测出矿石机的电容器C旋在各不同位置时的接收频率。当矿石机的电容器C旋到容量最大（全部旋入）时，信号发生器的频率应在530~550千赫附近，而当这电容器旋到容量最小（全部旋出）时，信号发生器的频率应在1600~1620千赫附近。如果能达到这个要求，就说明矿石机对中波波段的接收频率范围是合适了，也就是频率复盖拉准了。如频率复盖不对，可将矿石机的S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>转换位置，再重复上述测试。

调谐回路的线圈管直径或漆包线圈号出入较大，也可能影响频率复盖。这时，低频端可用增减线圈匝数的方法拉准（频率嫌高，增加匝数；频率低了，减少匝数）。对矿石机来说，低频端拉准后，高频端复盖不致出入太大。如需要更精确的拉准，可在调谐线圈上并联一只半可变电容器（外差式收音机使用的补偿电容器），用它来拉准高频端频率（频率嫌高，电容量调大，

频率低了，电容量调小）。经过几次高、低端反复拉准，就能使收音机准确地工作在所要接收波段的频率范围。

这种拉复盖的方法，对再生式、超外差式收音机都是适用的。



## 二、試驗揚声器

自制或改制揚声器后，如果要試驗揚声器的声压特性，可按图2电路进行。多用信号发生器电鍵位置仍和拉复盖試驗一样，它的3、5接綫柱接矿石机的天、地綫插口。矿石机的耳机插口連接待測的揚声器。利用多用信号发生器的低頻寻迹部分代替标准放大器，即把它的5、7接綫柱連接一个

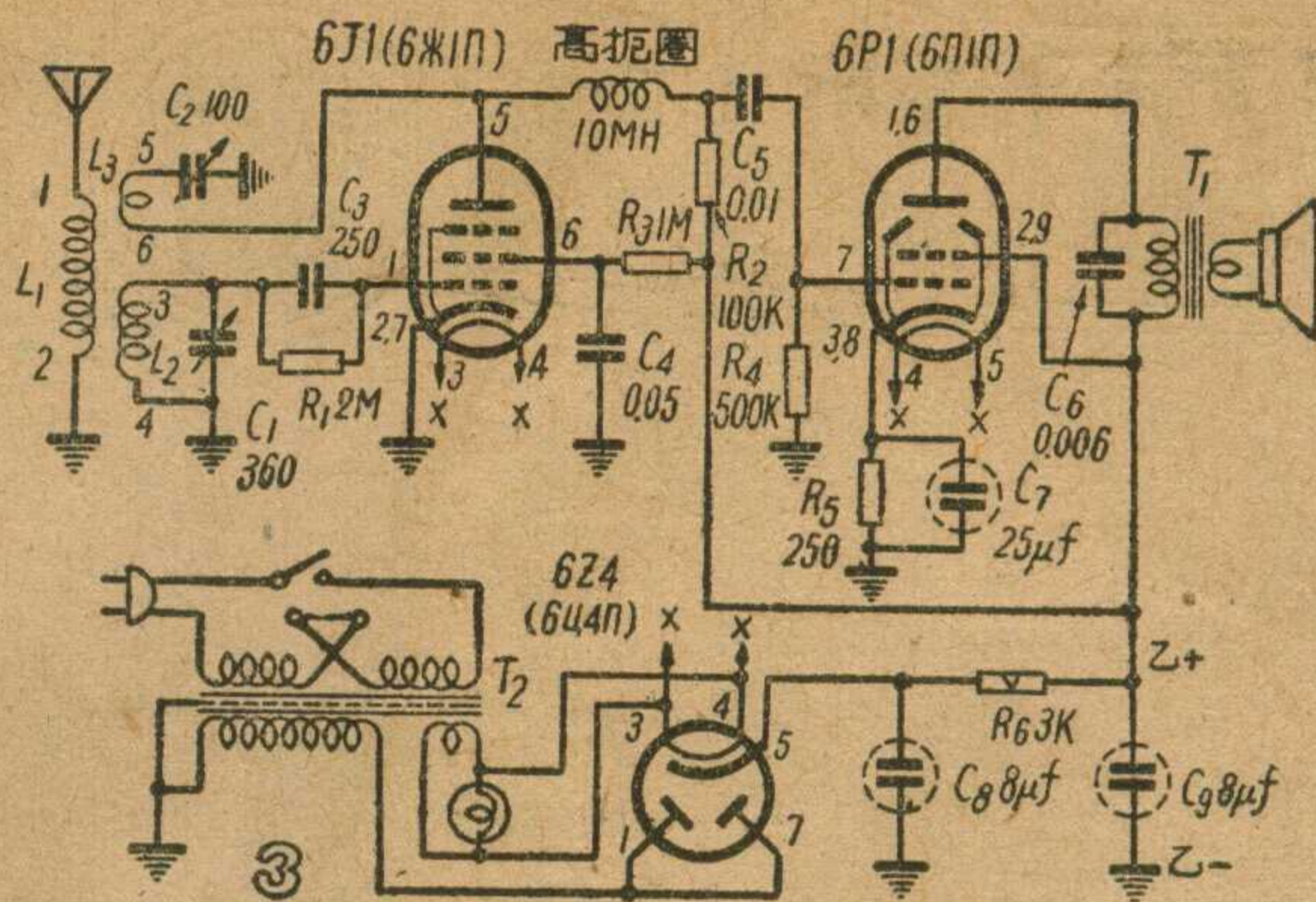
作为标准的話筒（可用舌簧揚声器代替），5、6接綫柱連接电子管电压表（用交流3伏档）。这两个揚声器位置要对正，相距标准距离为1米。如果距离一米太远了，也可放近一些，以能使电压表指示清楚为合适，但这距离調整后应保持一定。为了避免桌面共鳴，可在揚声器下面垫上比較柔軟的物体，如书本等。

試驗时，先使多用信号发生器送530千赫，收音机收到这信号便发声。調整信号发生器的 $R_5$ 、 $R_{12}$ 或揚声器間的距离，使电压表指示中間数值。然后調信号发生器的 $R_6$ ，音調高低会有变化。在 $R_6$ 調到相当于男低音、女高音、小孩尖叫声的音調处，分別作上記号，并分別記下电压表指示数值。这时，电压表指示的数值，說明待測揚声器对低、高、尖三种音調的表現能力。因为电压表讀数还受代用話筒、低頻寻迹部分及收音机本身的音响性能的影响，所以这个讀数只能用作对比参考。例如改制揚声器时，用这种試驗方法可以判断每次改进的效果是变好了还是变坏了。

## 三、調整再生式收音机

現举1961年第5期介紹的交流三管再生式收音机（见图3）为例來說明。一般的調整方法，在原来这篇文章中已有介紹，这里只談談运用自制仪器的調整方法。

首先測量交流电源，用电子管电压表，放在交流300伏档，量6Z4（6Ц4Π）管座的1、7脚与底盘之間的电压，应为250伏左右。改用交流10伏档，分別量6Z4（6Ц4Π）及6J1（6Ж1Π）管座的3、4脚之間的电压应为6.3伏左右，6P1（6Π1Π）管座的4、5脚之間的电压也应为6.3伏。然后插上电子管，用直流300伏档量乙+和乙-之間的电压应为250伏左右。6P1（6Π1Π）的屏压（管脚1或6对地）应为230伏左右，帘栅压（管脚2或9对地）应为250伏左右，栅偏压（管脚3或8对地）应为8~10伏左右。6J1（6Ж1Π）的屏压（管脚5对地）应为100~150伏左右，帘栅压（管脚6对地）应为屏压的 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{2}{3}$ 。



实际測量結果与以上数值如果相差不大，沒有甚么問題，如果相差很大，就應該重新檢查电路中的元件好坏，数值是否相符。特别是6J1的帘栅压，不能过高或过低，否則会影响收音机的灵敏度。这个电压可更換电阻 $R_3$ 来調整（电压需提高时，减小电阻值，反之加大电阻值）。

电压測量調整好了以后，依次用手指按一下6P1和6J1

的栅极，用金屬物碰碰天綫插口，如揚声器发出声音，就可以进行拉复盖調整。由于再生式收音机本身有輸出变压器和放大作用，所以拉复盖时不需要再接入音頻变压器和多用信号发生器的音頻寻迹部分，电路連接方式如图4所示。拉复盖的方法与上面介紹的一样，这里不再重复。

最后，調整再生，以提高灵敏度。电路連接与图4相同，只不过不需要电子管电压表。調整时，收音机的再生电容器 $C_2$ 全部旋出，信号发生器送550千赫調幅信号，旋动收音机中的調諧电容器 $C_1$ 到收到信号为止。然后旋入再生电容器 $C_2$ ，当旋入約 $\frac{2}{3}$ 时，应有再生叫声。改送1000及1500千赫，也应有同样叫声，这說明再生适当。

調整再生时，可能遇到下面几种情况：

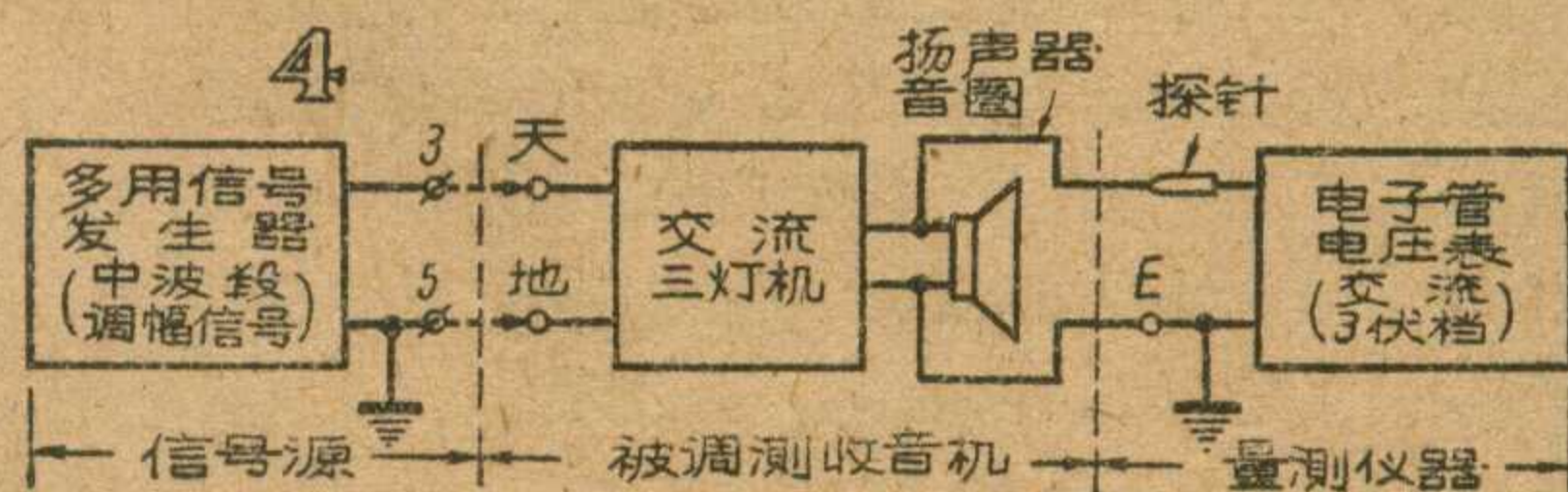
1. 再生电容器 $C_2$ 全旋入也无叫声。可能是再生圈 $L_3$ 接反了，可将 $L_3$ 的接綫对調一下再試。如果对調后仍无再生，也可能是再生綫圈 $L_3$ 匝数不够，要增加10匝左右。或者換一只6J1电子管試試，因为太旧的管子也不会起再生作用。还可以提高些帘栅压試試，但不要超过屏压。必要时可相应提高些屏压（减小 $R_2$ 电阻），但不能提高太多，否則 $R_2$ 的阻值太小， $R_2$ 上的音頻电压也会太弱。

2. 有再生，但 $C_2$ 須几乎全旋入才产生叫声。这是再生过弱，可增加 $L_3$ 匝数或提高帘栅压解决。

3. 有再生，但 $C_2$ 剛旋进一点就叫，或者 $C_2$ 不論放在甚么位置都叫，这是再生过强。可减少 $L_3$ 匝数，或者降低帘栅压，甚至降低屏压。

4. 再生不均匀，高频端（如1500千赫）过强，低频端（550千赫）适当。这时可在 $L_3$ 至屏极間串接一个3千欧左右的电阻，或者在屏极对地之間加接一只5~10微微法的电容器，得到解决。

5. 也是再生不均匀，但低频端过强。这种情况比較少見，如果发生，可在再生圈两头（即图中5、6两点）并联一只500~5000欧电阻，可压低低频端再生力。



# 硒整流器

王文穎

硒整流器是目前应用比较广泛的一种半导体整流器。它的优点是坚固耐用，不怕振动，因此目前在很多交流收音机里用它来代替整流管供给高压。本文介绍一般收音机中使用的小功率硒整流器的构造，以及使用和计算方法。

## 一、硒整流器的构造

硒整流片是在铝片上镀一层镍，然后再涂上一层硒，在硒外面再喷一层合金作电极，如图1所示。从铝片到合金层是正方向



向(通流方向)，这个方向的电阻很小；而反方向的电阻却很大，电流几乎完全不能通过。因此当整流片接上方向变化的交流电压时，在整流片的负载中就不能反应这种方向变化，而出现单向的脉动直流，起着整流的作用。

硒整流片一般有方形和圆形两种，有各种不同的大小规格。每片能耐受的反向电压约为18伏(有效值)，所容许通过的整流电流大小随硒片的面积大小和所采用的整流电路而不同。几种小型硒片的规格尺寸和容许的电流、电压数值列在表1内。

表1

圆形整流片直径(毫米)	方形整流片边长(毫米)	反向耐压(伏)	容许电流(毫安)		
			半波	全波	桥式
	12x12	18	25	50	50
19	16x16	18	40	80	80
25	23x23	18	75	150	150
35	32x32*	18	150	300	300
45	40x40	18	300	600	600

\*华北无线电器材厂32x32型硒片容许电流为180毫安

硒整流器(简称硒堆)就是由许多这样的整流片，根据不同的电路需要，按照一定的连接方式组装起来的。目前市售的小型硒堆可分为三种基本类型，即半波式、全波中心式和全波桥式，如图2所示。厂家出品的硒堆上面注有输入交流电压和输出直流电流的数值。例如华北无线电器材厂出品的0423、0425、0427型半波整流硒堆就是专供收音机使用的，它们都是直接用于220伏交流输入，规定输出电流不应大于60毫安。0423型输出电容不应大于5微法，0425型不应大于10微法，0427型不受限制。硒整流器上的接线片一般都用颜色套管标志，黄色的接交流的一根

线，红色的是输出电压的正极，蓝色的是输出电压的负极。

如果你把一个组装好的硒整流器拆卸开来，就会发现，每节硒片之间还有许多装配的元件(如图3)。硒片和这些元件都是装在一



根螺杆上(见图2甲)，最外端有螺帽固定着。螺帽里面依次装有弹簧垫圈、铁垫圈、绝缘胶木圈各一个，然后就是连接片。连接片里面装有一块硒整流片，合金面向右。里面是一个绝缘垫圈、一个菊花片、一个间隔垫圈以及一个或几个铜垫圈，再以后又是整流片。

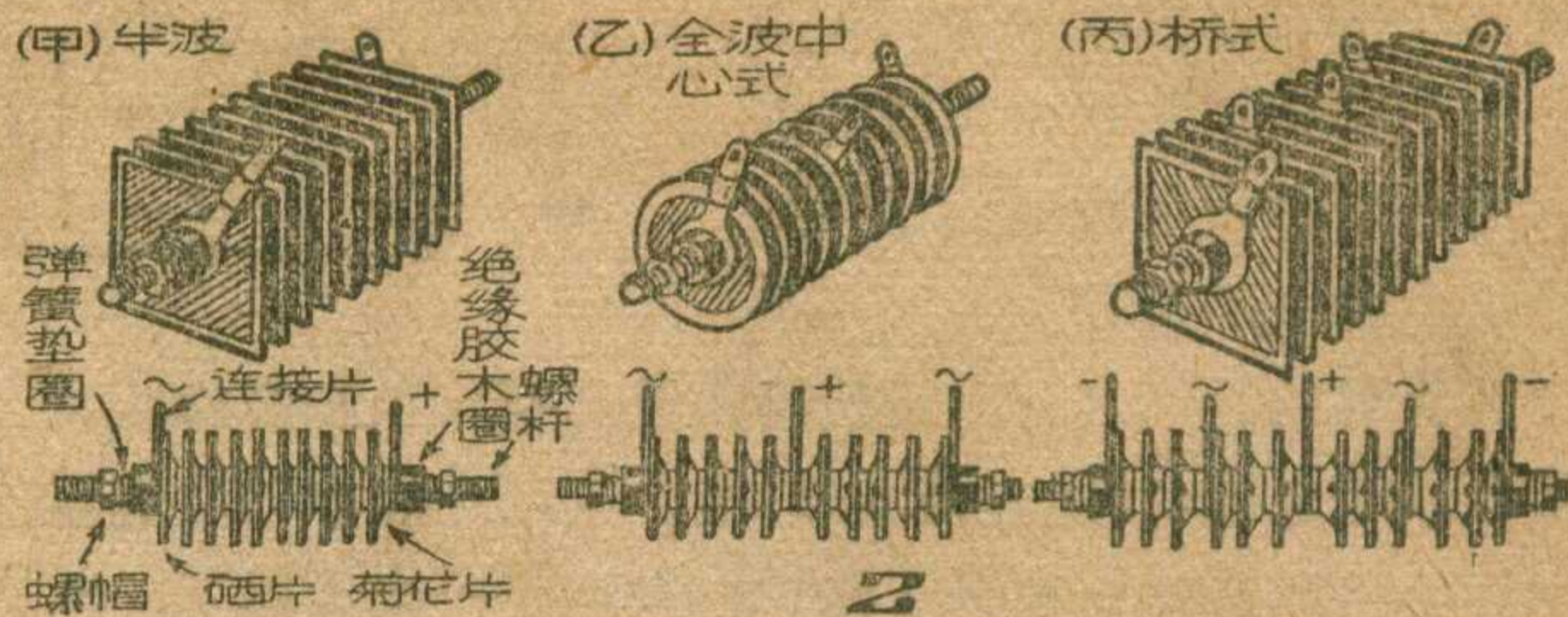
半波式整流器串连的硒片和菊花片都是朝着一个方向的，而全波中心式的组装方法是在半数整流片的地方将合金面倒过来和另一半相反地装在螺杆上，并在中间加入连接片作整流堆的正极。全波桥式和中心式装法相同，只是在整流片数 $1/4$ 和 $3/4$ 的地方加入连接片作为交流输入。

## 二、各种整流电路的特点

1. 半波电路 电路如图4甲。整流器和变压器次级的一端及负载相串联，当电路中的a点电位为正时，正好是整流片的通流方向，电流从a点流经整流片和负载回到b点。当b点电位为正时a点为负，是整流片的逆流方向，负载中没有电流通过(严格说来还有很小的反向电流通过)。只有在交流电的正半周负载中才有电流，所以电流的脉动很大，输出的平均直流电压和电流比较小，变压器的利用率很低。当负载为纯电阻时，整流电流的波形如图4乙所示。图中 $I_M$ 是最大值， $I_0$ 是输出直流的平均值。

## 2. 全波中心式电路(图5)

这种电路相当于两个半波的合成，变压器次级具有两个匝数相同的线圈和两个整流臂(若整流元件的一端和变压器相连，另一端和负载的正极或负极相连，则构成一个整流臂)。当a点电位为正时，电流



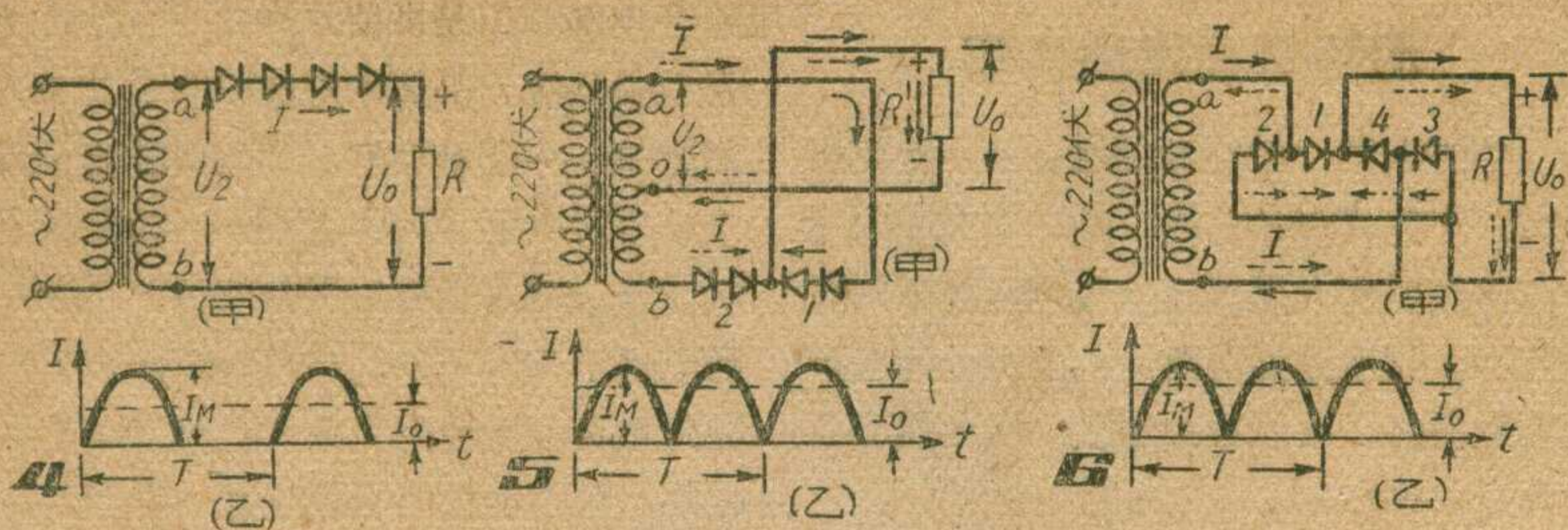
流经整流片1和负载回到0点，此时整流片2处于整个反电压作用之下。当b点电位为正时，整流片2导电，而整流片1处于反电压之下。在交流电的一个周期内两个臂交替工作，所以负载内一直有电流通过，电流的脉动比半波整流的要小得多，脉动频率为电源频率的二倍。但由于变压器次级具有两个相当于半波的线圈，所以其体积要比半波所用的变压器来得大，变压器的利用率也不高。

3. 全波桥式电路(图6) 在此电路中整流器具有四个整流臂，在交流电的正半周假设a点为正，则电流流经整流片1和负载，由整流片3回到电源。负半周则流经整流片4和2。其整流电流的大小和波形与全波中心式相同。这种电路的优点是：加于整流臂的反向电压是抽头式的一半。变压器的利用率高。这种电路对于采用半导体来作整流元件时特别适合。因为在同样的输出电压下，所用整流片的数目并不比全波中心式增加，可是变压器次级圈数却可减少一半。使用电子管整流时就很少采用桥式电路，因为它有四个整流臂，需用两个双二极管，而且整流管阴极处于不同的电位，灯丝供电就比较麻烦。

电路的选择可根据我们的要求及电路特点来确定。目前在收音机中所用的硒整流器以半波和桥式的为多。如果有现成的中心抽头变压器可以利用的话，用全波中心式也未尝不可。

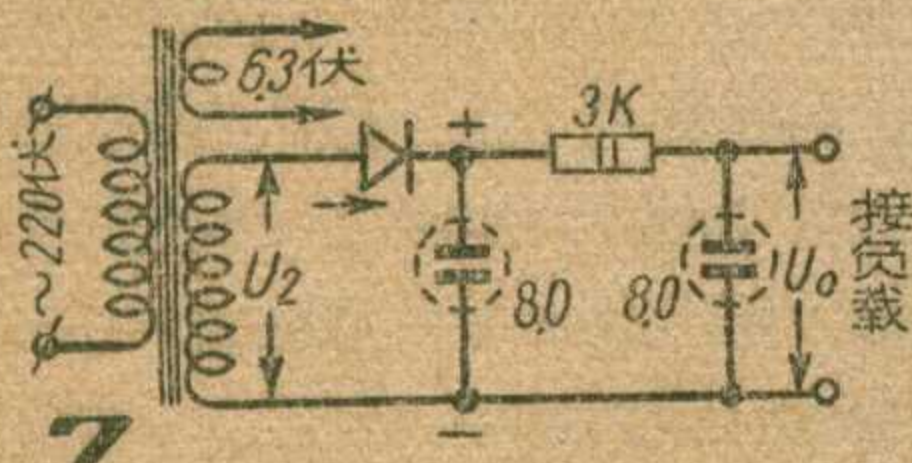
## 三、整流器的计算

整流器的计算主要是根据所选择的电路以及所需要的直流电压和直流电流，确定整流片的尺寸，计算必须串联和并联的



整流片数目，以及加于整流器上交流电压的大小（即变压器次级电压）。关于硒整流器的详细和全面的计算是比较复杂的，不仅要考虑所采用的整流电路、负载的性质（电容输入式滤波器还是电感输入式滤波器），而且要考虑滤波元件的具体数值。收音机中的整流器一般都是电容性负载，这里就以电容性负载为例来说明它的基本计算方法。

例如本刊1961年第1期所载“一架优良的两管交流外差式收音机”的整流器就是采用硒堆半波整流、π型滤波（电容性负载）电路。收音机用电子管6A2Π、6H1Π各一只，它的电路如图7。那么，硒



堆应该用多大尺寸、多少片呢？

在计算的时候首先要知道所需要的直流电压和直流电流，也就是要知道电子管所需的最高屏压和各管屏流和帘栅流的总和。

由电子管手册查得：

	屏压 (伏)	帘栅压 (伏)	屏流 (毫安)	帘栅流 (毫安)
6A2Π	250	100	3	7
6H1Π	250		7.5	

其最高屏压为250伏。屏极和帘栅极消耗的总电流  $I_{总} = 3 + 7 + 7.5 = 17.5 \approx 18$  毫安。

### 1. 计算整流片的尺寸或并联片数。

如果整流器的负载电流为  $I_o$ ，而单片容许的正向电流为  $I_o'$ ，则并联片数

$$P = I_o / I_o'$$

当整流器是纯电阻负载的时候，就可以用上式来直接计算。可是在整流器是电容性负载时，因在滤波电容器上充有一定的电压，只有当外加交流电压高于电容器上的电压时整流臂才导电，整流器导电的时间比较短，要输出同样大的整流电流（平均值），它的有效值就要高些，因而要

把整流片的容许电流降低20%来计算，此时上式变为

$$P = I_o / 0.8 I_o' \approx 1.3 I_o / I_o'$$

前面已算出整流电流  $I_o$  是18毫安，那么  $1.3 I_o = 1.3 \times 18 = 23.4$  毫安。根据表1可选用12×12型硒片，其输出电流  $I_o'$  在半波电路中为25毫安， $P$  约等于1，不需要并联片子。

### 2. 计算串联片数

假使加在整流臂上的最大反向电压为  $U_{反}$ ，每片容许的最大反向电压为  $U'_{反}$ ，则串联片数

$$n = U_{反} / U'_{反}$$

最大反向电压怎样求呢？我们知道，在电容性负载的电路中，加在每个整流臂上的最大反向电压近似地等于变压器次级电压最大值 ( $U_{2m}$ ) 的二倍（在桥式电路中加在每个整流臂上的反电压是等于  $U_{2m}$  的一倍），也就等于整流器空载时整流电压的二倍：

$$U_{反} = 2U_{2m} = 2U_{空载}$$

整流器的空载电压应等于有负载时的输出电压 ( $U_o$ ) 加上变压器、整流元件和滤波器中的压降损耗，即

$$U_{空载} = U_o + \Delta U_{Tp} + \Delta U_B + \Delta U_\phi$$

式中  $\Delta U_{Tp}$ ——变压器线圈中的压降，一般为负载电压  $U_o$  的5%~15%；

$\Delta U_B$ ——整流堆的压降， $\Delta U_B = Kn\Delta U_o$  ( $K$  是电路系数，半波和全波中心式为1，桥式为2； $n$  是每臂串联片数；

$\Delta U_o$  是每片整流片的电压降)；

$\Delta U_\phi$ ——滤波器中的压降，一般为负载电压  $U_o$  的5%~20%。

因此先求出空载电压，然后就可以计算最大反向电压和串联片数了。

在本例中  $U_o = 250$  伏，我们取  $\Delta U_{Tp} = 10\% U_o$ ， $\Delta U_\phi = 0.6$  伏， $\Delta U_\phi = 10\% U_o$ ，则

$$U_{空载} = U_{2m} = 250 + 25 + 25 + 0.6n = 300 + 0.6n$$

$$U_{反} = 2U_{2m} = 600 + 1.2n$$

由表1查得单片反向耐压为有效值18伏，最大值  $U_{反}$  应该是  $\sqrt{2} \times 18$  伏，所以串联片数。

$$n = \frac{600 + 1.2n}{\sqrt{2} \times 18}, n = 25$$

3. 总片数可用下面公式来算：

$$N = Pnm \quad (m \text{ 是整流臂数目})$$

在本例中  $N = 1 \times 25 \times 1 = 25$  片。

4. 变压器的次级电压

$$U_2 = \frac{U_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{300 + 0.6 \times 25}{1.41}$$

$$= 223 \text{ 伏} \approx 220 \text{ 伏。}$$

## 四、整流器的使用和改装

对整流器性能好坏的基本要求是：在额定的电流和电压下能长期使用，不致击穿和超过温度上限（硒片最高温度为75°C）。串联片间的电压分配和并联片间的电流分配应该每个片上接近一致。否则由于每片上电流、电压分配不均，会使某些整流片过热，以致提前损坏。

我们购买市售硒堆时，可用欧姆表测量每个整流片的正向和反向电阻，反向电阻越大越好，正向电阻越小越好。各片间的电阻越接近一致，质量越好。在测量过程中容易碰到整流片短路的现象，即正向和反向电阻都很小，且接近相等。造成短路的原因有两个，一个是在生产过程中造成的，一个是由于放置时间较长而形成的自身短路。出厂产品一般都经过检验，我们发现的短路多属于后一个原因。遇到这种情况可在整流片的两端加上5~20伏的交流电压，进行瞬间冲击（所用变压器容量要大些），一般可以使短路消除。

整流器在装用前还需进行所谓“冶性”（即赋能）手续，即在50%的额定负载下通电15~30分钟，然后将负载提高到75%保持15~30分钟，最后达到额定负载的100%。这样可使已退性的整流片恢复原来的性能。

若购买的硒堆和电路不符合，也可以自己改装。例如有一个φ25毫米圆形片8片的桥式硒堆，其交流输入电压为36伏，直流输出150毫安。若需要的电压很高，电流很小，则可改为半波式。改法是将硒堆一端螺帽拆下，取下四片把它和另外四片按同方向装上（合金面同方向），然后用螺帽重新拧紧，则成为交流输入144伏直流输出75毫安的半波硒堆了。

如果需要的电压较大、电流也较大，则可改装成两组半波并联或改装成全波，如图8所示。这时原整流堆可以不动，只将接线换一下就可以了。

（下转23页）



## 有电子脑的联合收割机

采茶的时候，不是一下子把所有的茶叶都摘下来，而是选最嫩的枝叶先摘。长期以来，由于采茶工作的复杂性，没有实现自动化。最近，苏联梯比利斯科学研究院的 P. III. 哥格沙德节和苏尔古拉德节提出用电子脑装备联合收割机，代替人工采茶。有电子脑的联合收割机，首先应能够“看”。为此，装设了光电析象管，并附有巧妙的光学系统，投映茶树丛图象。析象管的电子射束，对图象逐行扫描。扫描所得信息输入电子脑（即电子计算机），再由电子脑控制机械手进行采摘。茶叶的鲜嫩程度是由茶叶的辐射性能决定的，而不是根据它的自然颜色来判断，因此机器日夜都可工作，而且可以实现遥控。

在将来，利用有电子脑的联合收割机，还可以自动收摘已成熟的水果。（肖尧荣译）

## 静电印字机

波兰华沙综合技术研究所发明了一种静电印字机。待打印的文件，先译成电码，然后送入静电印字机。在静电印字机内，译码装置按照电码发送相应的电脉冲，这些脉冲经过放大后分别送到电极组（由48个电极组成）中各个相应电极的针尖，而这些加有信号脉冲的针尖的排列，恰好对应这组脉冲代表的字形，直接在它下面的特制纸带上印上电字痕，再在纸带上洒上特制的粉末，就可以看出字迹了。这种静电印字机的工作很可靠，每秒可印几千个字母。（肖尧荣译）

## 简易润滑油检查器

莫斯科石油加工厂制造了一种简易的润滑油检查器。这种检查器由一个1.5伏的干电池、一个微安表和一个电阻串联组成，外接两个探针。使用时，一根探针接待测的发动机外壳，另一根探针接转动轴。如润滑油够量，那么油层就紧密地贴在转动零件的表面上，不使电流通过，微安计指针不动。如果润滑油不够量，油层就“裂开”，电流就从无油处通过，微安表指针就有读数。（希虹译）

## 用超声波发现火焰

任何火焰，都能像一面镜子一样反射声波。产生反射的原因，是由于火焰本身的气体密度和火焰周围的气体密度不同所引起的。利用这种现象，制造了一种超声波收发设备，可以可靠地侦察出火焰的发生地点。（晓波译）

## 电眼照相机

照相机装上光电设备——电眼，采用超高感度的胶卷，制成所谓的电眼照相机，能够自动对光、自动调整曝光时间，并且自动晒出照片。使用时取好镜头后，只要校准距离、扳动快门就行了。拍摄后10秒，就能自动印出照片来。（郑佐庭译）

## 心脏外科手术用的探测器

在治疗心脏阻塞症时，如果要动手术，争取缩短手术时间是十分重要的。利用新制成的探测器，易于找到心脏的要害组织——心脏脉管束，可以减轻手术工作。这种探测器有一根三心金探针，接到一个发声器。使用时，发声器按照探针与心脏组织接触的部位而改变声调，当探针与脉管束接触时，声调改变特别显著。（泽仁编译）

## 高灵敏度的光电管

新型砷化镓光电管的灵敏度比普通光电管高1~2倍，并且在日光下工作时灵敏度不会降低，这一点是一般光电管难达到的。此外，这种光电管能耐受的温度较高，可达120°C。

新型光电管的工作波长为0.4~0.9微米，介于可见光和红外线之间，对0.85微米波长的光最灵敏。据说，新型光电管的用途很广泛，例如可用作飞行指向设备、导弹跟踪设备、电子计算机等等的元件。（泽仁编译）

## 半导体超声波放大器

利用某些半导体，特别是硫化镉所具有的光电导和压电两个特性，制成了半导体超声波放大器。这种超声波放大器用在电子计算机的记忆回路内，可以长期存储信息，克服了一般记忆回路内用超声波存储信息不能持久的缺点。当然，这种放大器也能在一般电声线路内得到应用。

超声波通过硫化镉晶体时，由于晶体的压电效应，沿声波产生一个振荡电场。在黑暗中，硫化镉是绝缘体，这个电场不

能产生电流，但是即使只有一点昏暗的光线照到晶体上，晶体内就释放出少量活动的载流子——电子和空穴，这些载流子沿着电场方向会聚成束。据报导，如果载流子的行进速度大于所加超声波的行进速度，那末这个载流子束就能供给超声波能量，因此超声波能量得以放大。为了证实这个结论，曾在硫化镉晶体上加一直流电压，加快载流子的运动速度，结果得到了放大的超声波。如果所加直流电压很大，甚至会使这硫化镉晶体成为超声波振荡器。（袁董译）

## 用电子计算机合成语音

把语音分解成一些基本成分，例如基本频率、特征频率、噪音强度等等，然后用相应的发生器分别产生这些成分。这样一来，只要送出一些信号去控制发生器，使它们的输出按照控制信号组合起来，就可以重新合成语音。不久以前，在国外的一个展览会上用快速电子计算机表演了语音的合成。控制电子计算机工作的程序，包括两部分：一部分是控制语音分解的，一部分是控制语音合成的。只要把要说的话编码，打在穿孔卡上，送入电子计算机，就能在电子计算机的输出得到已录好语音的磁带，用普通录音机就能重新放出原来的语音来。可以设想，有了这种语音合成设备后，失去说话能力的人，只要像打字那样就可以用机器来说话了。在长途电话通信中应用这种设备，就不要传送语音电流而只需传送控制语音合成的信号脉冲，这样可以压缩传输频带，在一对线路上能开通更多路数的电话。（车译）

## 薄膜晶体三极管

据报导，“薄膜晶体三极管”的体积小，在一块邮票那么大的面积上，就可以放两万个。每一个薄膜的厚度仅为几分之一英寸（1英寸=25.4毫米）。如用这种晶体三极管制造电子计算机，其主要部件的体积将只有一本书那么大。

制造薄膜晶体三极管所用的半导体材料是硫化镉。先让硫化镉和金属在真空中逐渐加热，变成气体，然后依次沉积在玻璃绝缘底板的表面上。为了使金属的复盖层具有所需要的形状，可以在底板表面放上模片。有了这种模片，还可象印刷线路那样连接晶体管线路。（李敬章编译）

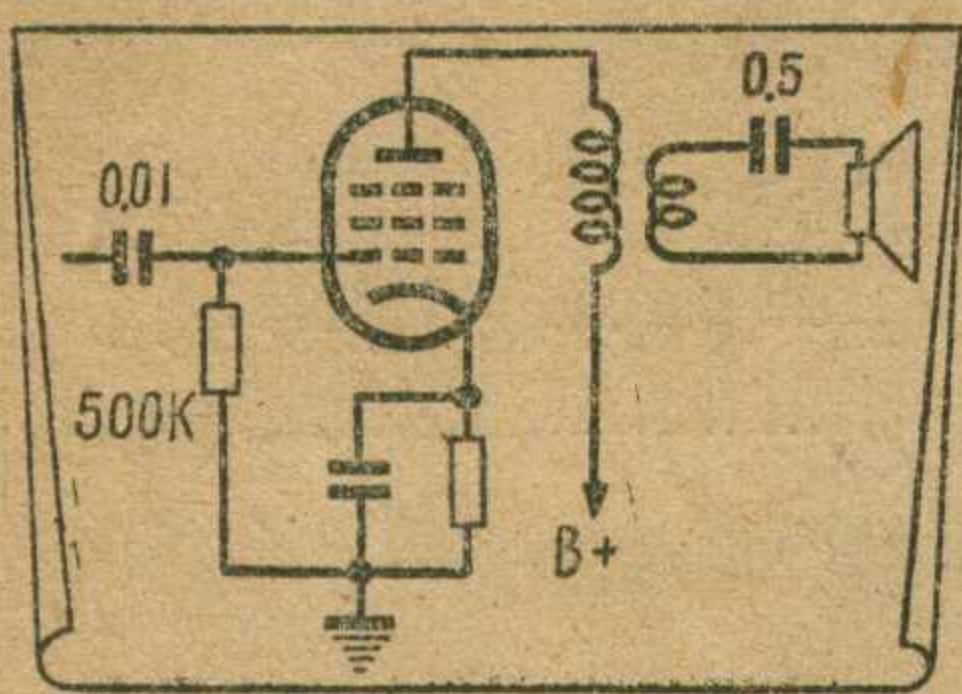




1. 收音机或扩音机的电源变压器是水平横放着好(这时线圈轴线和底板平

行), 还是竖直着放好? (黄培荣)

2. 大家知道, 交流电可以通过电容器, 而且电容量越大, 对交流电的阻抗就越小。收音机的低频放大器的交流电容器, 有 0.01 微法就足以顺利地通过低频信号, 但是如果把 0.5 微法的电容器串接到



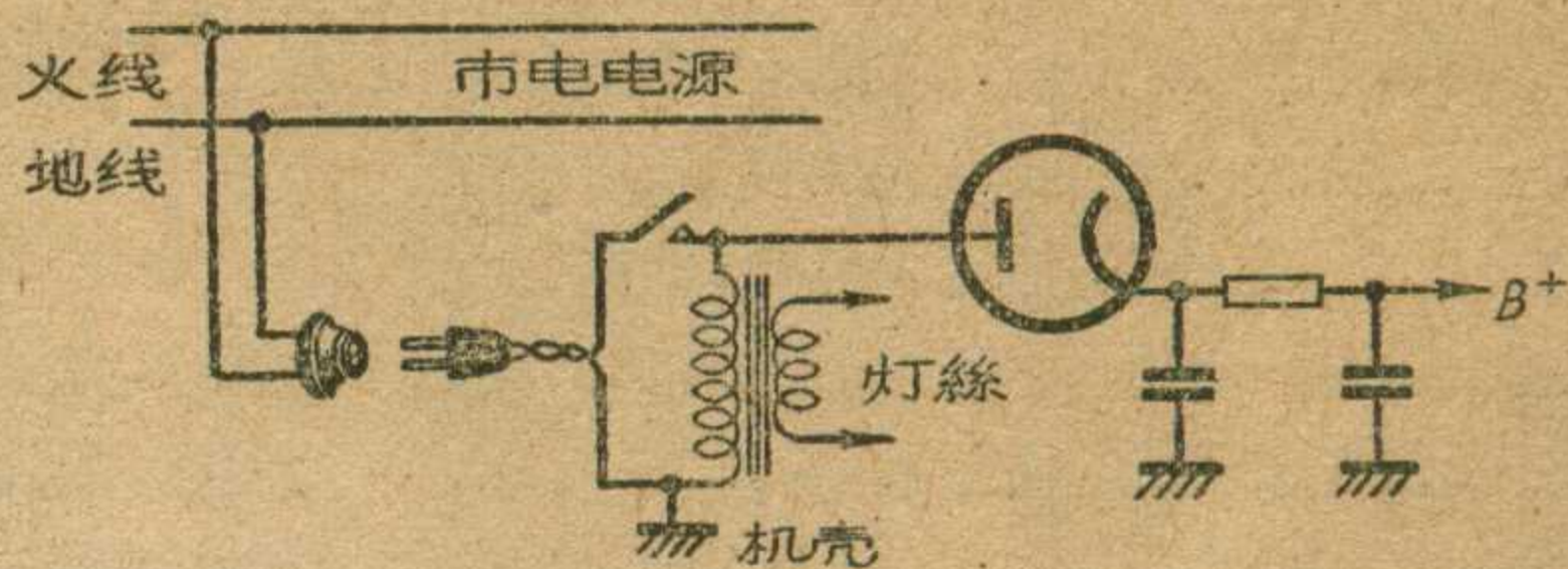
动圈喇叭上, 声音就变得几乎听不见了。这是为什么? (张恩麟)

3. 在外差式广播收音机里, 中放级数越多, 灵敏度就越高, 可是却很少装到三级以上的。为什么? (郑松龄)

## 上期“想想看”答案

1. 简单的交流收音机, 整流高压直接取自市电电源, 因此两根电源线中有一根和机壳相连(见附图)。我们知道, 两根电源线中有一根是火线, 一根是地线。因此, 当将插头插入电源电路中时, 如果是电源的火线和机壳连接, 机壳就带电; 这时如果将插头反过来插, 使电源的地线和机壳相连, 如附图所示的情况, 机壳就不带电了。

2. 不能。因为毫安表和微安表只允许通过极小的电



流, 而普通的欧姆表在测量电阻时, 输出电流达 50 毫安以上(在 R×1 档时)。因此即使被测电表原来是良好的, 也可能在测试中被烧坏。

3. 这是由于输出变压器的铁片没有夹紧受到振动而发出的声音。因为这时变压器的次级没有接负载, 是开路的, 所以初级线圈中通过交流电流时会在铁心中产生比较大的磁通, 磁通的大小是随音频率而变化。很强的交变磁通将会使铁心的铁片振动而发出声音。应当强调指出, 收音机在喇叭接线断开时工作是很危险的。因为输入变压器的次级开路时, 在初级就呈现出很大的阻抗, 加在初级线圈上的音频电压很高, 很可能把这个线圈烧毁或打穿。

## 电子的运动速度

电流沿着导线的传播速度等于光速, 也就是每秒钟能跑过三十万公里。但是这并不是说, 形成这个电流的电子也是以光速运动的。

电路闭合以后, 电场就沿着导线以光速传播。假设电路很长, 那末在一秒钟后, 电场就传到了离闭合处三十万公里的地方, 使那里的电子开始运动起来, 就是说, 电流传到了那里。但是, 这是“当地”的电子开始运动了, 并不是电子从闭合处跑到了离闭合处三十万公里的地方。由于电场而引起的电子平均运动速度, 在实际应用的电压下, 一般只有每秒几个毫米。也就是说, 每小时大约只运动 10 米。为了对比, 我们可以指出, 步行的速度约为每小时 5 公里, 也就是 5000 米, 约比电子的运动快 500 倍。

事实上, 在没有电场的时候, 导线中的自由电子也是在杂乱地运动着。这种运动称为热运动, 其速度约为每秒几十公里。电子在作热运动时, 不断地和别的电子以及原子碰撞, 因而速度的大小和方向都在不断变化。粗略地说, 在每一瞬间, 有多少电子向某一方向运动, 就有同样多的电子向相反的方向运动, 所以总地说来, 电

子热运动所产生的电效应是互相抵消的, 因而就没有电流。(当然, 精确地说, 电子

热运动产生的电效应并不是恰好完全抵消的, 而多少有一点残余, 这就是一切导体或电阻都会产生热噪声的原因。)

在电子受到电场作用的时候, 除了热运动速度以外, 还要迭加上由电场作用而产生的速度。例如, 原来在电场作用方向运动的电子, 速度增大, 而在相反方向上运动的电子, 速度减小。结果平均地说, 所有的自由电子都顺着电场作用的方向移动。电子的这种移动就是电流。

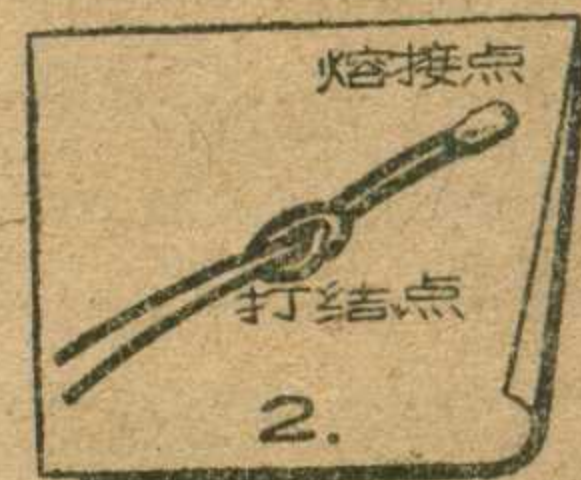
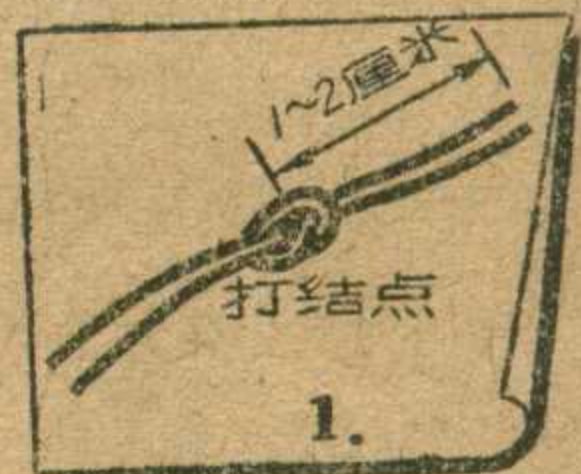
导线中的电子由于电场作用而得到的电子速度, 在两次碰撞之间的时间内, 可能很大, 达到每秒几公里。但是, 无数次的碰撞, 使得电子在电场作用方向上的实际位移速度极小, 象前面所说的那样, 一般每秒只有几个毫米。

电子在真空中的运动速度, 要比导线中大得多, 因为电子运动时不会和其它粒子相碰。这时电子的运动速度只决定于电场的加速作用, 并且要比热运动速度大得多。例如, 电子管加上 250 伏的屏压时, 其中的电子就以每秒 9000 公里的速度飞过阴极和板极的空间。在电视显象管和电子显微镜中, 阳极所加的电压为几千、几万伏, 因此电子的运动速度还要更大一些。

## 怎样接细漆包线断头?

比 39 号线更细的漆包线, 断线后不要把两头的漆擦去, 用普通打结方法打一个结, 留出 1~2

厘米的线头(如图 1 所示)。然后把留出线头靠紧, 但不要擰在一起, 否则不易熔化。线头



做好后, 划燃一根火柴烧线头, 烧的时间不要太长, 约 1~2 秒即行。如果线头不熔化, 可用两根火柴并着点燃去烧, 注意不要把结头下面的漆包线烧坏。烧结好以后如图 2 所示, 两线头熔化凝成一点。最后检查是否熔接牢固, 用薄纸包好接点。(鍾道运)

(上接 21 页)

将半波改为全波或桥式可按相反的方法进行, 这时需要另外增加连接片。



如果现有硒堆是其他型号的, 也可以根据上述计算和改装方法适当地增减整流片数目装成适合电路的整流器。

# 问与答

问：带有高频放大的超外差式收音机，如何校验？

答：带有高频放大的超外差式收音机，在没有仪器的业余条件进行校验，是先将高放管取去，在该管座的屏极插孔插入一根垂线作天线，按一般超外差式的业余校验方法将下面几级先行校好。但这时垂线带有高压直流电，为安全计，最好是将高放管的屏极线圈原接乙+的一端改为通地，使这个线圈变为天线线圈再按上述方法校验。这样调整好了下面的几级，才插入高放管（并接回已更动过的接线）。高放级的调整，主要是将它和变频级调谐电路的三连可变电容器上的微调电容器调整同步，收到电台时没有波差叫声，最后在三点统调处也再修正一下就可以了。

（徐疾答）

问：绕制线圈时，若绕线的直径比要求的线径大，实际圈数应该增加还是减少？

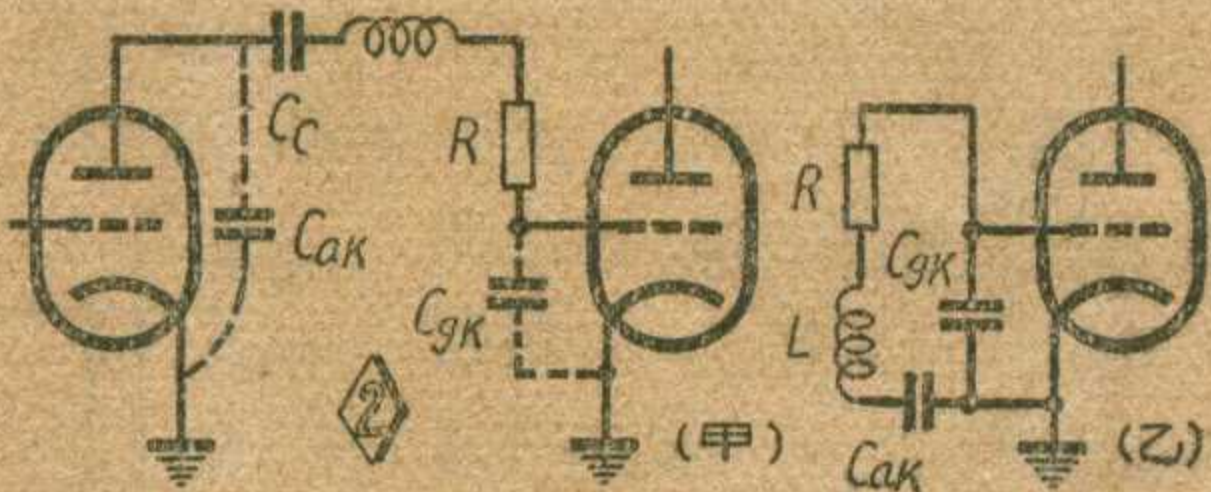
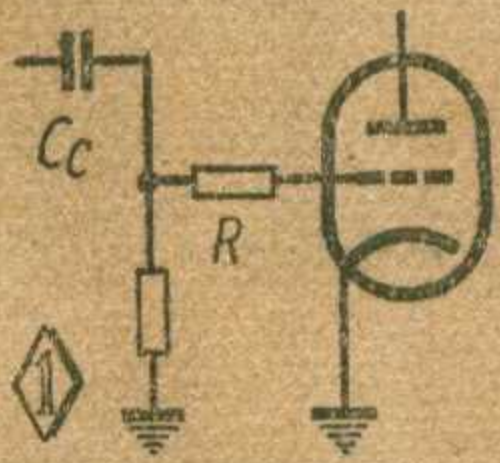
答：绕线直径比要求的线径大，在圈数相同时，线圈的电感量要小些，因此线圈的圈数应该酌量增加一些。如果绕线直径比要求的线径小，圈数可适当减少一些。但当线径相差不大时，对电感量的影响并不显著。应该注意的是线圈的线径不能随意更动，否则会影 响其他的电气性能，例如外差收音机的本地振荡线圈的回授线圈，如果改变其线径就会影响其在整个波段范围内的振荡特性，例如将线径改得太粗，则高频端的振荡过强，反之则太弱。这都直接影响全机的性能，使全机在接收波段内灵敏度不均匀。

问：用三极管作超外差式收音机的中放，与使用遥截止五极管相比有那些缺点？

答：超外差式收音机的中放管最好采用遥截止五极管，它可以在较大的栅负压变动范围内工作，便于加自动音量控制电压。另外五极管的互导高，内阻也高，这对增加中放管的放大倍数和提高收音机的选择性是有好处的。因为中放管的放大倍数直接与互导成正比，而选择性则受中放管内阻的影响，内阻小，则并联在中频变压器初级两端的电阻小，Q值低，选择性差，反之则Q值高选择性好。三极管的互导小，内阻低，用作中放管，不仅放大倍数小，而且选择性也差，也不适宜加自动音量控制电压，因而选择三极管作中放是不合适的。

问：有的收音机电路里，经常看到电子管的栅极上加接一小欧姆的电阻（如图1中R），它起什么作用？

答：电子管栅极上加接一个小欧姆的电阻，是用来防止电子管在工作过程中产生高频或超高频寄生振荡。在正常工作情况下，电子管没有栅流（甲类工作），因此R上也不消耗能量，接与不接，对工作无关。一旦发生寄生振荡，这种振荡多半由于接线电感L、电子管极间电容所引起，如图2甲，它的等效电路如图2乙。这时

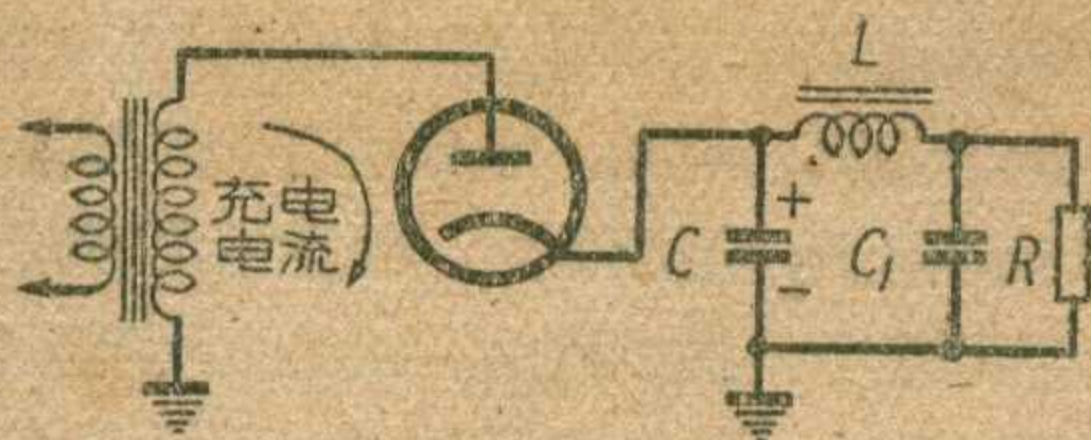


电阻R直接串联在振荡回路中，增加了振荡电路的阻尼，因此能起防止振荡的作用。

R的数值一般在几十到几百欧姆之间，使用时应尽量焊接在电子管栅极附近，距离过远不能起抑制作用。（以上丁启鸿答）

问：在电容输入式的整流器滤波电路中，输入电容C用得太大了，为什么会影 响整流管的寿命？

答：在电容输入式的滤波电路中，输入电容C用得大一些虽然滤波作用会好些，但是也不能用得过大。因为整流管的内阻是比较小的，如果C用得过大，则在整流管刚开始工作的瞬间，有很大的充电电



流。在整流器工作稳定以后，因C上已充有一定的电压，充电电流就比较小了。如果起始充电电流过大，超过整流管所容许的峰值电流，整流管就容易损坏。一般小型收音机的全波整流电路输入电容在16微法以下可无妨碍，但半波整流电路就不宜超过8微法。

问：整流滤波输出端有的并联一只泄放电阻，有什么作用？

答：有两个作用：1.可以减少因整流器负载电流的变动而引起的输出电压的变动。因为加了泄放电阻以后，整流器的原有负载从零载到满载的电流变动范围缩小了，输出电压就相对地稳定些；2.在电源或负载关掉后，可以使滤波电容器迅速放电，有保护作用。（以上郑宽君答）



电子显微镜.....	西门纪业(1)
光电管比色计.....	方建安(4)
辉光管电子限时器.....	余永茂(5)
方便的录音监听.....	杜振武(5)
放大器中的负反馈.....	赵侠(6)
利用负反馈放大器获得阻抗匹配.....	屏比(8)
输入阻抗和输出阻抗.....	承恒(9)
怎样检验晶体管的好坏.....	高春暉(9)
晶体管的低频参数和等效电路.....	于闻(10)
电池超外差式四管机.....	冯报本(12)
电子管(下).....	徐疾(14)
低频放大器中栅偏压的选择.....	邱永华(16)
用氖管作指示灯.....	洪文井(16)
“熊猫”601—1交流六灯收音机.....	(17)
收音机的几项调整.....	栗新华(18)
硒整流器.....	王文颖(20)
国外点滴.....	(22)
想想看.....	(23)
电子的运动速度.....	(23)
怎样接细漆包线断头.....	鍾道运(23)
问与答.....	(24)
封面说明 剧场实况转播	

编辑、出版：人民邮电出版社  
北京东四6条13号  
电报挂号：04882

印刷：北京新华印刷厂  
总发行：邮电部北京邮局  
订购处：全国各地邮电局所

本期出版日期：1962年3月10日  
本刊代号：2—75 每册定价2角

# 常用“南京”牌电子管

**5Z4P** (5U4C) 双二极整流管  
整流

$U_{反}$	$I_m$	$I_B$
1350	375	125

**5Z3P** (5U4G) 双二极整流管  
整流

$U_{反}$	$I_m$	$I_B$
1550	675	225

**5Z2P** (5Y3-GT) 双二极整流管  
整流

$U_{反}$	$I_m$	$I_B$
1400	375	125

**6B8P** (6E8C) 高频双二极五极管  
检波和高、低频电压放大

S	$R_i$	$U_{HK}$
134		100

**6E5P** (6E5C) 调谐指示管  
调谐指示

S	$\mu$	$U_g$
12	24	-8.25

**6J8P** (6K8C) 高频五极管  
高中频电压放大

S	$R_i$	$U_{HK}$
165		100

**6N7P** (6H7C) 输出双三极管  
低频功率放大

S	$\mu$	$P_{出}$
1.6	35	≥4.2

(两管并联) (每管)

**6N8P** (6H8C) 双三极管  
倒相和低频电压放大

S	$\mu$	$U_{HK}$
2.6	20	100

**6Z5P** (6L5C) 双二极整流管  
整流

$U_{反}$	$I_m$	$I_B$	$U_{HK}$
1250	210	70	450

**6L6P** (6L6G) 输出集射四极管  
低频功率放大

S	$R_a$	$P_{出}^*$	$P_a$	$P_{g2\lambda}$	$U_{HK}$
5.2	42	≤85	19	25	100

**6A7P** (6SA7-GT) 七极变频管  
变频

$S_n$	$S_r$	$U_{HK}$
0.45		100

**6K3P** (6SK7-GT) 高频截止五极管  
高中频电压放大

S	$U_{HK}$
2.0	100

**6G2P** (6SQ7-GT) 双二极三极管  
检波和低频电压放大

S	$\mu$	$R_i$	$U_{HK}$
1.1	100	91	100

**6P6P** (6V6-GT) 输出集射四极管  
低频功率放大

S	$R_a$	$P_{出}^*$	$P_a$	$P_{g2}$	$U_{HK}$
4.1	5	3.8	12	2	100

**80** (80) 双二极整流管  
整流

$U_{反}$	$I_m$	$I_B$
1400	375	125

**FU-7** (807) 集射四极管  
振荡和低频功率放大

S	$P_{出}$	$P_{出}^*$	$P_a$	$P_{g2}$	$U_{HK}$
6	≈37	25	25	35	100

( $I_a=72mA$ 管子) (负载端)

—◆— 符号说明 ◆—

$S$ —跨导,毫安/伏;  
 $S_n$ —变频跨导,毫安/伏;  
 $S_r$ —振荡部分跨导,毫安/伏;  
 $R_i$ —内阻,千欧;  
 $\mu$ —放大因数;  
 $R_a$ —负载电阻,千欧;  
 $P_{出}$ —输出功率,瓦;  
 $P_{出}^*$ —最大信号时的输出功率,瓦;  
 $P_a$ —屏极最大允许消耗功率,瓦;  
 $P_{g2}$ —第二栅极最大允许消耗功率,瓦;  
 $P_{g2\lambda}$ —第一第二栅极输入功率,瓦;  
 $U_{HK}$ —灯丝,阴极间最大耐压,伏;

$U_g$ —扇形阴影角不大於5°时的栅极电压,伏;  
 $U_{反}$ —屏,阴极间最大反峰电压,伏;  
 $I_m$ —每个屏极最大峰值电流,毫安;  
 $I_B$ —最大直流输出电流,毫安;  
 $I_{均}$ —屏极最大平均电流,毫安;  
 $U_g$ —着火电压,伏;  
 $U_{降}$ —管内电压降,伏;  
 $U_{cm}$ —稳定电压(燃烧电压),伏;  
 $I_{cm}$ —通过稳压管的电流(燃烧电流),毫安;  
 $\Delta U_{cm}$ — $I_{cm}$ 在一定范围内变化时 $U_{cm}$ 的变化,伏;  
 $I_{漏}$ —屏,阴极间加50伏直流电压时的漏电电流,微安;  
 $t_{凝}$ —凝汞温度,°C.  
 $t$ —环境温度,°C.

**EG1-125/10** (872A) 汞汽二极整流管  
高压整流

$U_{反}$	$I_m$	$I_{均}$	$U_{降}$
10,000	5000	1250	≈15

( $f=50$ 赫) ( $t_{凝}=25\sim60^\circ C$ )

**FD-25** (1625) 集射四极管  
振荡和功率放大

S	$P_{出}$	$P_{出}^*$	$P_a$	$P_{g2}$	$U_{HK}$
6	≈37	25	25	35	100

( $I_a=72mA$ 管子) (负载端)

**EG1-025/10** (871) 汞汽二极整流管  
高压整流

$U_{反}$	$I_m$	$I_{均}$	$U_{降}$
10,000	1000	250	≈15

( $f=50$ 赫) ( $t_{凝}=25\sim60^\circ C$ )

**WY2P** (CF-2C) 充气稳压管  
稳压

$U_g$	$U_{cm}$	$I_{cm}$	$\Delta U_{cm}$	$I_{漏}$	t
≤105	70~81	5~40	≤4.5	≤6.0	≤10

$t$ —60~70

**WY3P** (CF-3C) 充气稳压管  
稳压

$U_g$	$U_{cm}$	$I_{cm}$	$\Delta U_{cm}$	$I_{漏}$	t
≤127	105~112	5~40	≤2	≤3.5	≤10

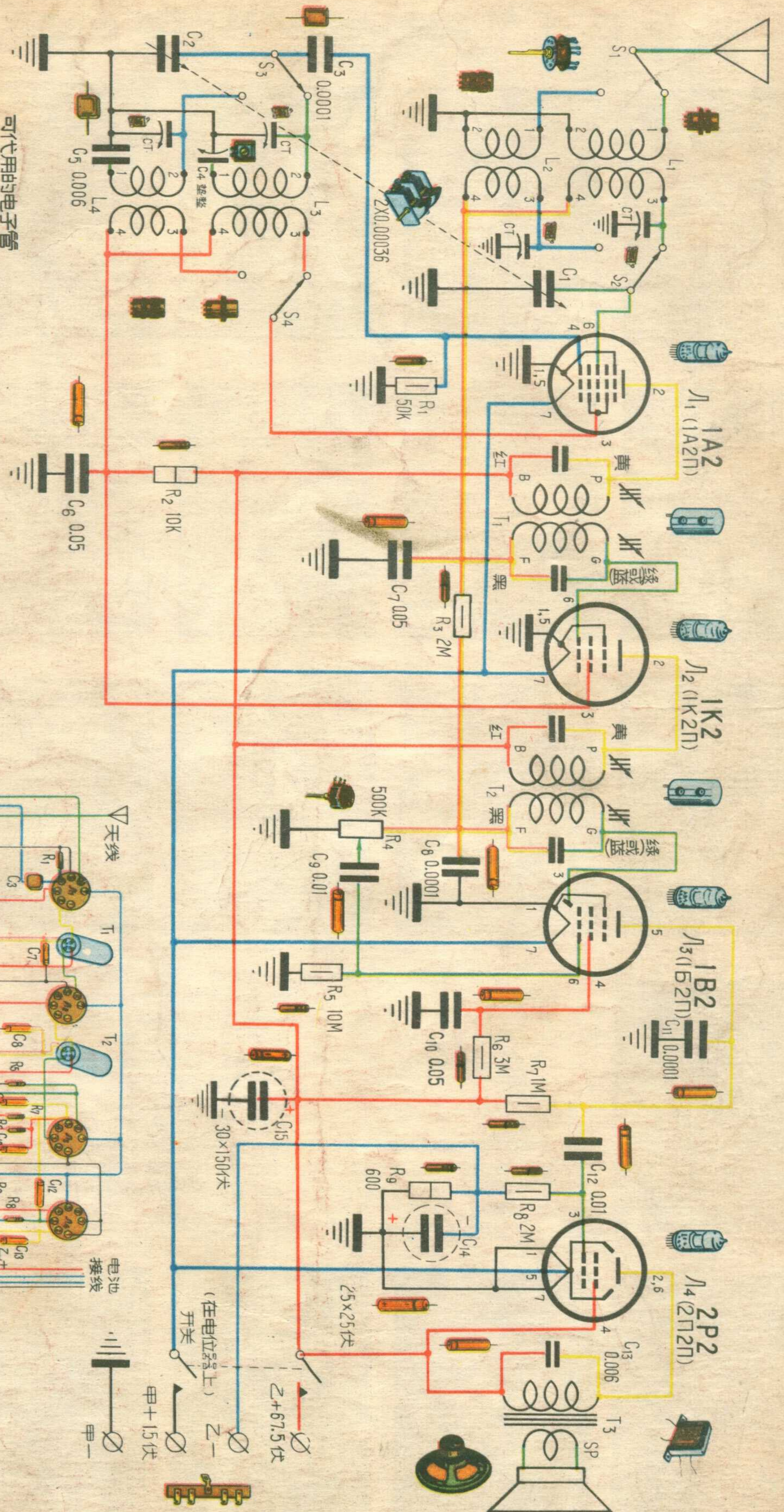
$t$ —60~70

**WY4P** (CF-4C) 充气稳压管  
稳压

$U_g$	$U_{cm}$	$I_{cm}$	$\Delta U_{cm}$	$I_{漏}$	t
≤180	143~157	5~30	≤4	≤10	~70

$t$ —60~70

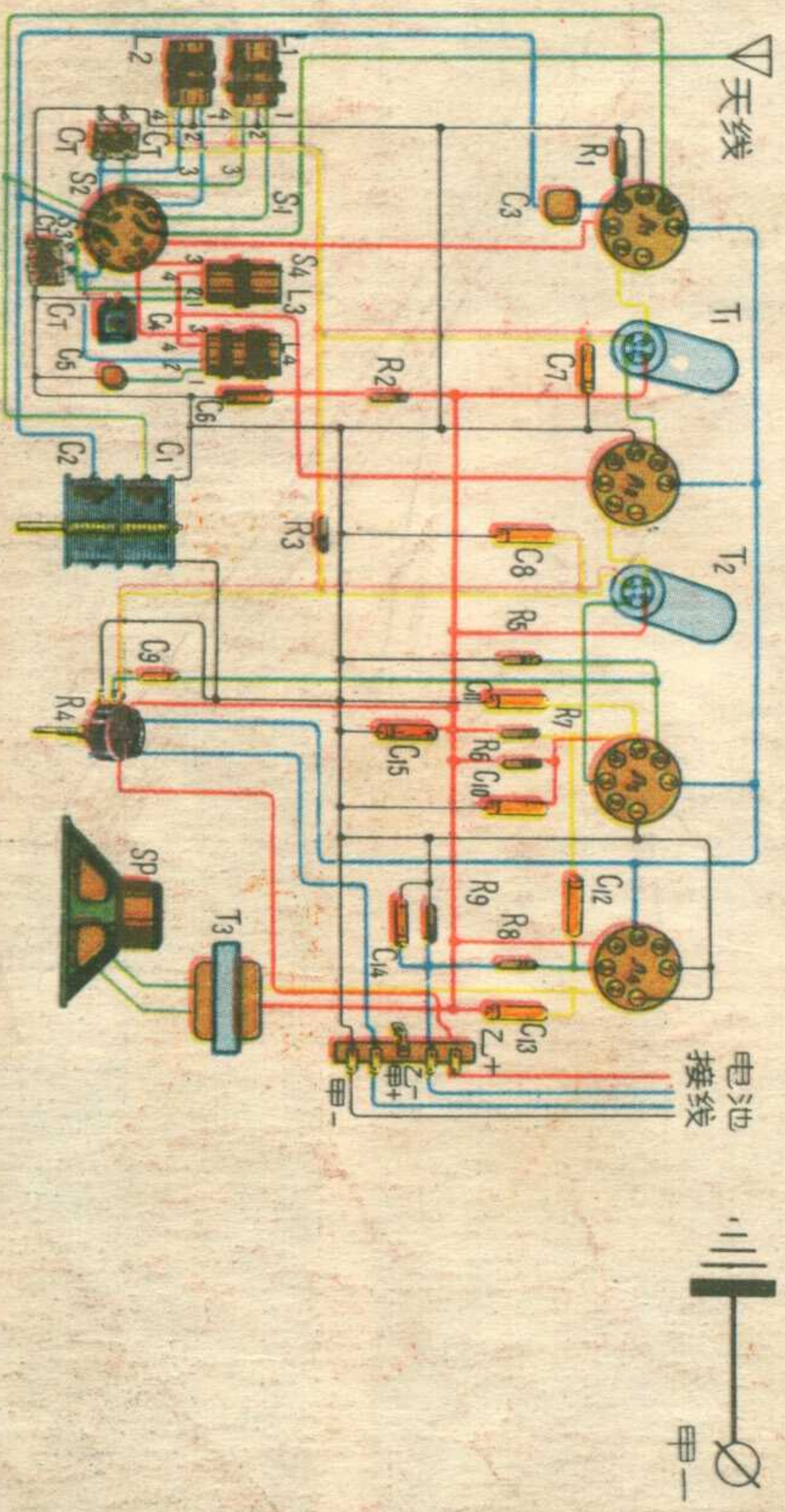
# 电池超外差式四管机



## 可代用的电子管

- 1A2 (1A2Π) ≈ 1R5 (R<sub>1</sub>=100K), 1A76T (R<sub>1</sub>=200K) △, 1LA6 (R<sub>1</sub>=200K) △
- 1K2 (1K2Π) ≈ 1T4, 1N56T △, 1LN5 △
- 1B2 (1B2Π) ≈ 1S5, 1LD5 △, 1H5 (二极三极管) △
- 2P2 (2Π2Π) ≈ 3S4 (R<sub>9</sub>=800Ω) \*; 3Q4 (R<sub>9</sub>=400Ω 下同) \*; 3V4 \*; 3Q5 △\*

说明：全部换用上述电子管时，乙电可增至90伏。  
△需改换管座及接线。  
\*需采用配合该管的输出变压器。



乙+67.5伏  
甲+1.5伏