

无线电 5
WUXIANDIAN 1962



偉大的俄罗斯科学家、无线电发明者亚·斯·波波夫



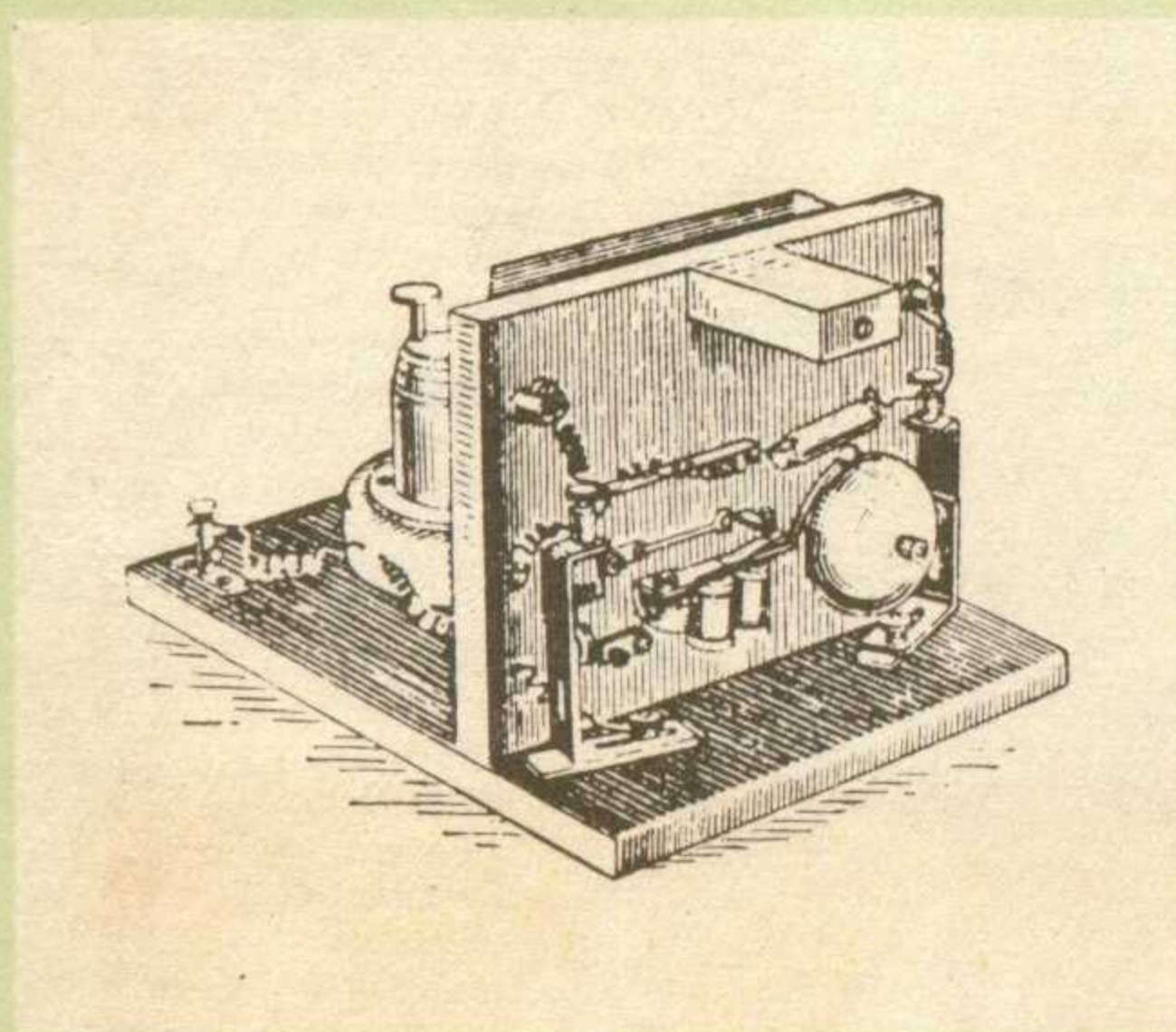
1859年3月16日，亚历山大·斯捷潘诺维奇·波波夫诞生在俄罗斯北乌拉尔的一个矿区里。幼年的波波夫，就是一个热爱劳动、勤奋而又富有好奇心的小孩子，热衷于创造。当时，电铃刚发明不久。这种“新奇”的电磁设备，立刻引起了波波夫的兴趣。十二岁的波波夫自己动手，做成一个电铃和一对电池，并且把自己的小闹钟改成了一架小电钟。从此，波波夫就开始热爱电学，下决心要攀登这门科学的高峰。

1877年，波波夫考入了彼得堡大学。为了维持生活，他不得不一面学习，一面工作。但是生活中的困难就像科学中的难题一样，难不倒具有顽强精神的波波夫。波波夫学习成绩非常好，在他念四年级的时候，就代理过大学助教的工作。在学校里，波波夫非常爱惜时间。尽管他学习、工作都很忙，但是由于他能充分利用时间，所以他当时还是一个课外科学活动的积极参加者。

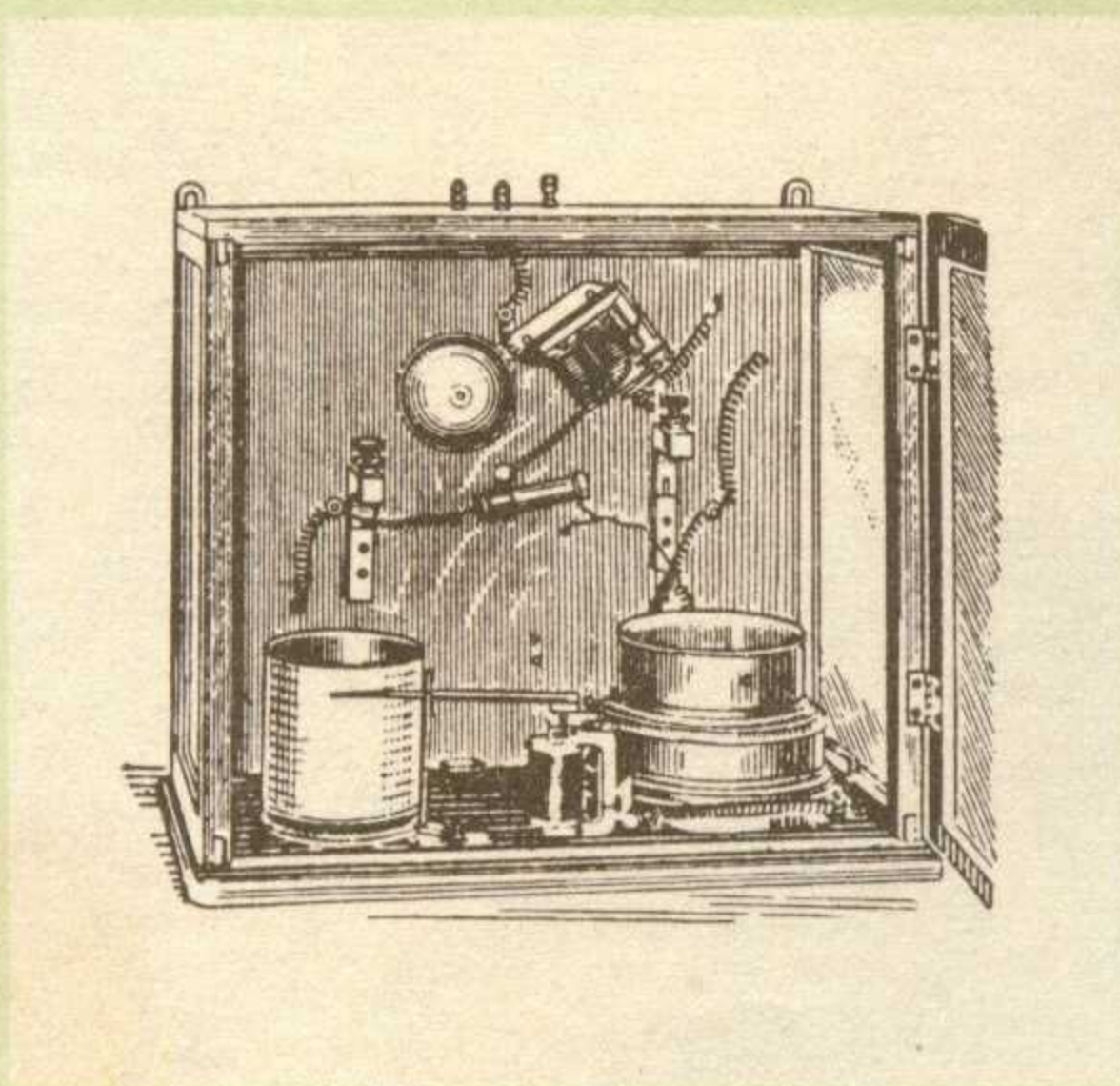
1882年，波波夫大学毕业。1883年，他担任水雷学校的教员。当时，在辽阔的海洋上，舰船间不可能相互通信。这种实际需要和当代学者对电磁波特性的一些新发现，促使波波夫设想创造一种利用电磁波的新通信工具。经过多年的顽强劳动，无数次的失败，波波夫终于发明了一种能接收电磁波的仪器。1895年5月7日，这个具有历史意义的一天，波波夫在俄罗斯物理化学会议上表演了世界上第一架无线电接收机的实验。现在，当我们看到无线电飞速发展的时候，更忘不了波波夫辛勤劳动的伟大贡献。因此苏联政府规定5月7日作为“无线电节”，每年在这一天都要纪念无线电的诞生。

1896年3月24日，波波夫又表演了自己的新成就——不用导线传递信号。1899年秋天，波波夫亲自领导建立了世界上第一条无线电通信线路。以后，波波夫还继续试验地面与空中的无线电通信，试验用无线电的方法来寻找船只。这样，远在现代无线电定位技术出现以前，波波夫就作出了可以实际运用这门技术的结论。

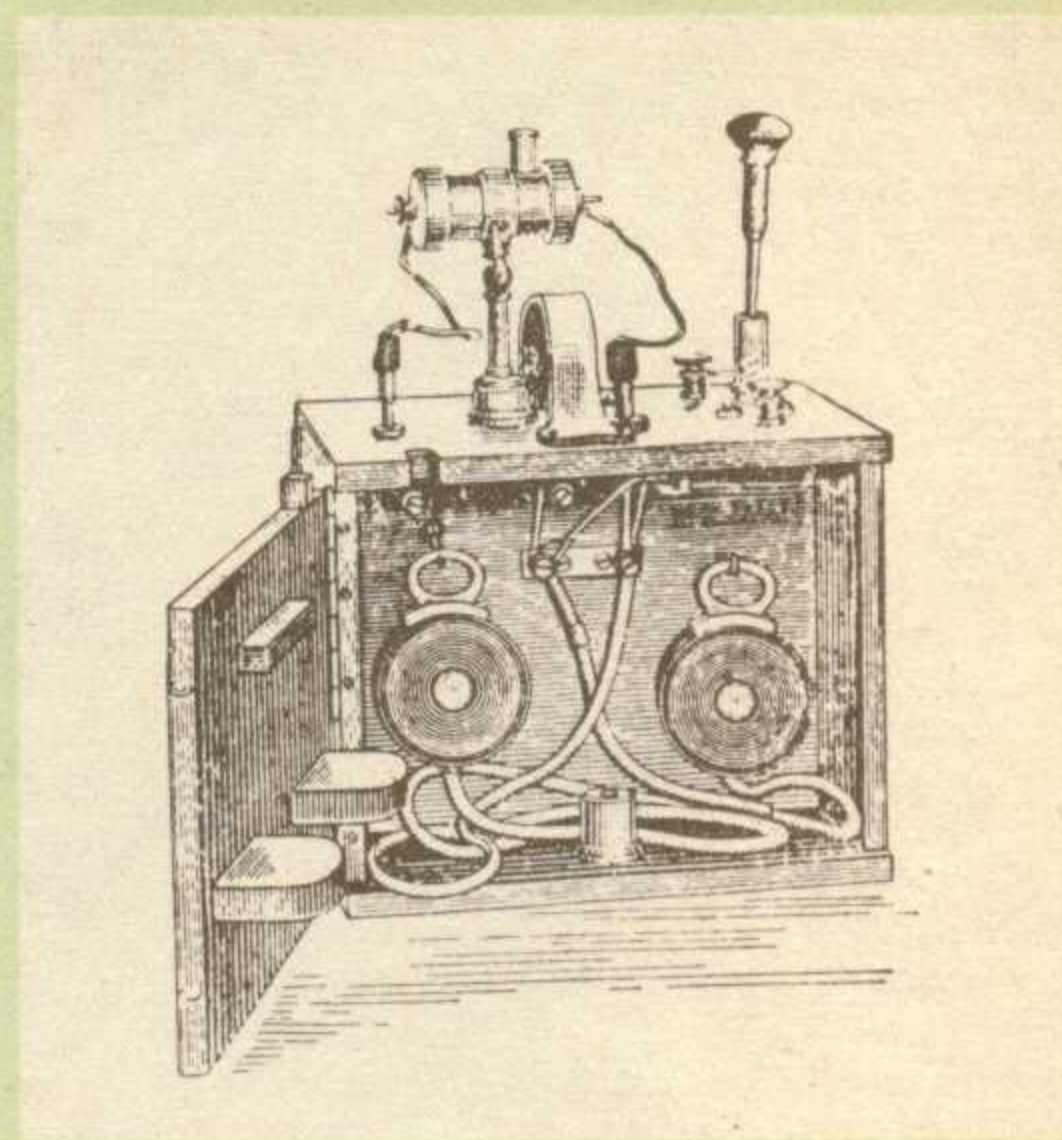
1906年1月13日，亚·斯·波波夫逝世，享年46岁。波波夫的生命虽然短促，但是他为现代科学作出的卓越贡献，是永远留在人们的心里的。



1895年波波夫发明的世界上第一部无线电接收机。



1895年波波夫制造的雷电指示器，曾装在彼得堡的森林工业学院气象站应用。



1900年波波夫制造的无线电收报机。

无线电电子学的发展方向

5月7日是无线电节。1895年的这一天，俄国杰出的科学家亚·斯·波波夫发明了“无线电”。从那时起到现在的六十多年中，无线电技术得到了极为迅速的发展，获得了巨大的成就，并且和电子学结合起来，构成了我们时代最卓越的学科之一——无线电电子学。现在，无线电电子学已经渗入到各种科学技术、渗入国民经济各个部门和日常生活中了。

无线电技术和电子学的发展可以分为三个主要阶段。第一个阶段，从1895年起到1918年左右，其特点是应用无线电波的长波波段，波长达几千米，甚至几万里。当时无线电唯一的实际应用是无线电报通信，通信距离仅数百公里。第二个阶段是从1918年到1940年，这个时期的特征是在无线电技术中广泛应用电子管，掌握了无线电波中波长为几十米的短波波段，已经可能在地球上任何二点间进行无线电通信。发明了无线电电话、无线电广播、无线电传真和电视等。这时，人们在无线电电子学方面的主要活动仍然不超出广义的通信的范围，都是利用电磁波在空中传播的性能。从1940年起到现在的第三个阶段，其特征是掌握了超短波波段，并且迅速地发展了高质量的电视、电子自动学和电子计算机。无线电电子学的应用广泛地深入到科学技术和国民经济的各个领域，而不再局限于通信的一个方面了。在这一时期中，无线电电子学的各个方面，导航、雷达、遥测、遥控、自动控制和电子计算机、工业电子学、红外线、超声波、电真空技术和半导体技术等等，都得到了迅速的发展。还出现了一些新的学科——无线电天文学，无线电气象学、无线电频谱学，等等。

虽然无线电电子学已经获得了上述的迅速发展和光辉成就，但是，它仍然不能满足科学技术的发展和实际应用的需要对它提出的要求。必须进一步发展无线电电子学的理论和技术。无线电电子学的发展方向是怎样的呢？目前存在着哪些重要的问题呢？

提高可靠性

现代无线电电子学的重要问题之一，是提高无线电电子系统和电子设备的可靠性。因为现代的无线电电子系统，有许多都含有几十万、几百万甚至几千万个元件。即使每一个元件损坏的可能性很小，但元件多了，整个系统损坏或失效的可能性也是相当大的。

解决可靠性的问题应当从多方面着手。其中首要的是提高原材料的纯度，改进原材料的提炼工艺，改善元

件、电子管及半导体器件的生产过程，改进电子设备的结构。还应当特别注意研究无线电电子系统和设备的可靠性理论和计算方法，研究自动探测和消除系统故障的理论，以及根据生物有机体的活动原理制成全新的电子系统。此外，应当进一步改善质量统计和检查工作，改进方法和仪器，以便在高温、低温、高压、低压、冲击、振动、潮湿、尘土、辐射、霉菌及其它情况下对元件和设备的可靠性进行全面的研究和试验。

小型化和超小型化

第二个重要的问题是无线电电子器件和元件的小型化和超小型化。使用小型和超小型元件，就能大大节省用料，制成包含大量元件，而各元件间连接结构又极为复杂的小型设备。例如，应用小型超高频晶体管，就能制造出含有超高速开关装置和磁膜记忆系统的控制机，其记忆容量可以和人脑的记忆容量相比。但是为了作到这点，必须要有小型和超小型的电容器、电阻、电感、半导体和电介质放大元件、超小型滤波器和许多其它元件。必须继续寻找制造无线电电子设备各种零件用的新材料，如电介质、铁氧体及杂质含量要求极严格的半导体材料等。最后，必须努力研究固体，特别是晶体的物理和化学性质，以求利用完全新式的方法来制造各种小型无线电电子设备。

进一步掌握超高频

现代无线电电子学的另一个重要问题是进一步掌握超高频。必须继续研制各种超高频电子管，如磁控管、行波管及返波管、静电聚焦管，以及半导体和介质放大器件、各种铁氧体和其它半导体磁性材料、超高频合成晶体等等。

对具有晶体结构的固体的研究，为掌握新的频段开辟了诱人的远景。利用分子、原子团、晶体点阵中的离子振动状态的改变，以及分子和原子中的电子状态的改变，可以做出工作于从分米、厘米波段一直到光波段的量子器件。例如，利用合成红宝石及其它晶体，并用非相干强电磁波对它进行照射，就能够得到相干振荡的电磁波，其频率范围为几万亿赫到几百万亿赫。有了这样高频率的相干振荡，就可以把射线集中为千分之几度的细窄波束。这样的“针状”波束可以用来研究各种物质的特性，用于无线电接力通信，用于各种工业上的加工以及生物学和医学等其它许多领域。由于振荡能量集中在

极窄的波束内,而且频率极高,所以能够利用这种电磁波进行超远距离通信,而实际上能传送的信息量是无限的。

提高灵敏度和频率稳定性

由于宇宙通信和其它方面的迫切需要,必须进一步提高无线电接收设备的灵敏度。研究无线电接收设备及其元件的内部噪声,研究防止干扰的方法,就有可能制造出灵敏度极高的接收设备。例如,苏联用来接收射向金星的自动行星际站的无线电信号的天线和接收系统,能收到功率约为 10^{-22} 瓦/米² 的信号(这样小的功率,相当于在月球上点燃一根火柴,传到地球表面上一平方米面积内的功率)。利用现代高灵敏度的无线电接收机,能发现距地球60亿光年的宇宙目标(1光年的距离,等于以光速走一年所经过的距离,为9463亿公里),它离开地球的速度约等于光速的一半,这种目标用光学方法是无法看到的。

为了进一步提高灵敏度,必须努力研究、改进和创制新型的低噪声放大器——量子放大器、参量放大器、隧道二极管放大器等,以及研究无线电电子学的其它设备。同时还要加强研究抗干扰理论和抑制干扰有害作用的方法。主要是研究无线电干扰的波形、数值和统计结构;阐明干扰对无线电接收设备及其各个元件的作用;探寻在无线电接收设备中抑止干扰的方法和减小内部起伏噪声的方法;改善有用信号的传送和接收的方法,例如采用频率键控和调频、单边带传输、脉冲编码调制、无线电同步接收法等。为此,必须进一步发展信息论,以达到最大可能的抗干扰性,获得容量大、效率高、和抗干扰能力强的发送和接收信息的新方法。

提高频率稳定性对导弹制导,宇宙航行遥控等具有重大意义。在这方面已经获得很大的进展。例如,利用量子电子学方法制成的电磁振荡器,在几百年中只有百分之几秒的误差。

毫微秒脉冲技术

近年来,毫微秒脉冲技术得到很大发展。它的出现是由于提高无线电电子设备动作速度的要求引起的。核物理方面的研究工作对毫微秒脉冲技术的进展起着重要的影响,因为研究核物理时,必须用快速的记录装置、

(上接第11页)

但是放大系数和 R_a 并不是成正比关系,无论 R_a 多么大,放大系数 K 也决不会大于电子管的放大因数 μ , 因为 R_a 上能够分到的电压 $U_{a\sim}$ 最大也不过是 $\mu U_{g\sim}$ 。图7b画出了 K 和 R_a 的关系。从这里我们可以看到,实际上当 $R_a = (3\sim 5) R_i$ 时,放大系数 K 就很接近 μ 了,再增大 R_a 时, K 的增加就不大了,因此,三极管的交流负载电阻一般就选择在 $(2\sim 5) R_i$ 这个范围内。

对于五极管放大器,由于五极管内阻是很大的,一般来说比 R_a 要大得多,这样放大系数的公式就可以简

测量极小时间间隔的仪器以及极短脉冲发生器等。

产生、放大和变换毫微秒脉冲的电子设备,得到了极其广泛的应用。可以用它来研究铁氧体、酒石酸钾钠、半导体器件以及快速示波器中的瞬变过程。毫微秒脉冲技术对脉冲编码调制的宽频带波导通信有极大的价值。

超短脉冲技术的进一步发展,一方面靠改进现有的方法和线路,另一方面要靠创制形成超短脉冲的新电子器件、新线路和新方法。

自动化和电子计算机

无线电电子学和新的数学部门的发展,已为生产过程、计划、设计、科学研究工作的自动化开辟了宏伟的远景。重要的是迅速地把这些新的可能性加以实现。必须改善现有的电子计算机,提高运算速度,增加存储容量,并大量设计制造各种新品种的电子计算机。运用“学习”及“自适应”式电子计算机实际上具有无限广阔的前途。

最近三、四年来,电视技术作为调度和控制生产过程的工具而在国民经济中获得广泛的应用。电视自动装置是各方面要求发展的新方向。用电子光学方法感知周围情况,再借助电子计算机进行遥控,就能解决自动调节的各种复杂问题。

* * *

无线电电子设备和电子系统具有许多卓越的特点:它的惯性很小,因而工作速度很高;有很高的稳定性和精确度;能联结大量非常复杂的元件;有可能将元件缩小到分子那样大小。利用这些特点,就可能制出和现有设备根本不同的新设备和新系统。在制造基于新原理的无线电电子系统方面,控制论、信息编码理论和自动调节理论等科学部门的发展,将起巨大的作用。

无线电电子学是一门年轻的学科,它的发展极为迅速,有无限广阔的前途。目前,在这方面还有许多重大问题需要解决;将来,在发展道路上,还会出现许多困难的新问题。但是,依靠无线电电子学方面的工作者以及广大无线电爱好者的艰苦努力,必将克服一个个困难,解决一个个的问题,使无线电电子学更迅速地发展,获得更大的成就,在发展国民经济,建设社会主义和共产主义,以及保卫世界和平的事业中作出光辉的贡献。

化为:

$$K = \frac{\mu R_a}{R_i + R_a} \approx \frac{\mu}{R_i} R_a = S R_a,$$

其中 S 是电子管的跨导。

上面我们介绍了电子管放大器的工作原理。虽然讨论的是最基本、最简单的电路,但是其它更复杂的电子管放大器电路也都是应用这种基本原理工作的。因此掌握这些基本原理将为进一步掌握复杂的电路提供必要的条件。

谈无线电操纵航空模型竞赛

赵学广

科学的发展是日新月异的，尤其是无线电这门科学的发展更是突飞猛进。不管航空还是航海，利用无线电进行自动控制和遥控已越来越被人们所重视。我国近年来开展的无线电操纵航空模型即是无线电技术和航空技术相结合的一项国防体育运动。

无线电操纵航空模型的基本原理是利用地面电台发出信号，装在模型上的收音机收到信号后，经过一套系统，把电能变成机械能来操纵模型飞机的方向舵、升降舵、副翼、发动机的马力等，使模型驯服地作出转弯、翻滚、倒飞等特技动作。

无线电操纵航空模型一般分为两类，即无线电操纵模型滑翔机和无线电操纵模型飞机。前者本身没有动力，是借牵引线牵引上升，后者装有小发动机，借本身动力上升。其中无线电操纵模型飞机，按它的操纵设备又分为一级无线电操纵模型飞机（单操纵槽路）和二级无线电操纵模型飞机（多操纵槽路）。

竞赛时只有同类同级的模型才能互相进行比赛，这是因为一级模型飞机和二级模型飞机所能完成的动作不同。二级模型飞机不但能操纵方向舵，还能操纵升降舵、副翼、发动机的马力等。所以二级模型飞机可完成较多的动作，而一级模型飞机只能完成几个简单的特技飞行动作。无论是无线电操纵模型滑翔机或无线电操纵模型飞机，其竞赛的方法和具体规定都是一样的。对

无线电设备的要求是工作波段应

在28—29.7；144—146；420—450兆赫范围内，在这三个波段中任选一个。发射机的输入功率（乙电电压与电流的乘积）不得大于5瓦。

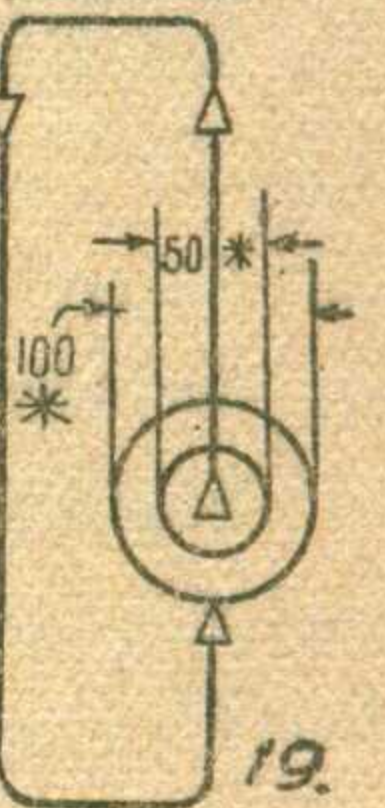
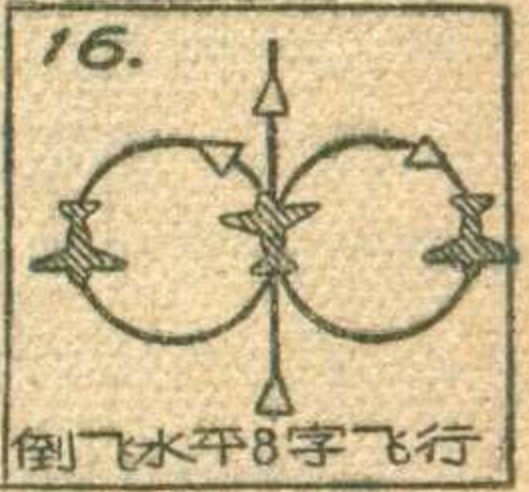
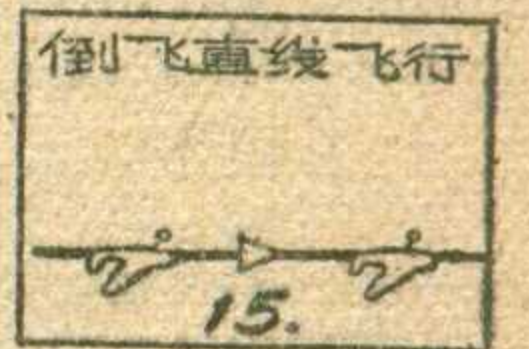
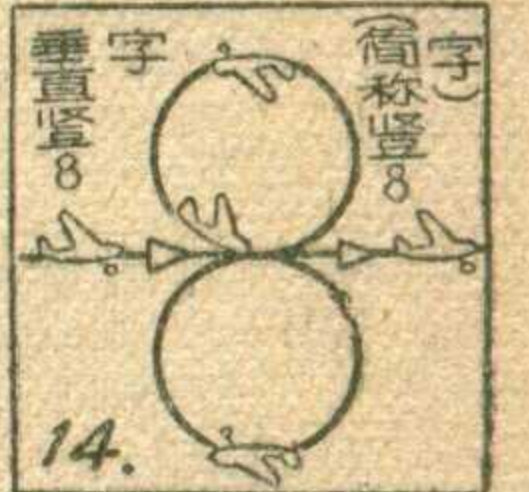
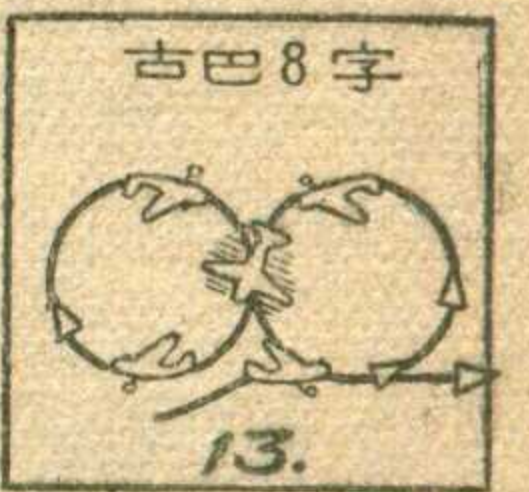
竞赛是由无线电员（操纵员）和机械员两人组成小组参加。裁判员点名后，运动员必须在15分钟内按规定的起飞场地、空域区及着陆地点依顺序完成规定的特技飞行动作。

今年8月20日—9月5日将在吉林省长春市举行全国无线电操纵航空模型冠军赛，竞赛项目是二级无线电操纵模型飞机的特技飞行。

今年竞赛除保持了原来的起飞、逆风直线飞行、殷麦曼、正斤斗、倒斤斗、横滚、垂直横8字、倒飞水平8字、螺旋下降、着陆10个动作外，又新增加了转弯飞行、顺风直线飞行、上升倒转、半滚倒转、失速、垂直竖8字、古巴8字、倒飞直线飞行、垂直上升横滚九个动作，总共起来有19个动作（见附图）。这些动作都是目前国际竞赛所采用的。

竞赛时裁判员根据运动员所作之动作，逐个给予评定分数，全部动作得分之和即为该轮飞行所得之分数。一般竞赛是进行三轮正式飞行，取其中两轮较高成绩之和决定名次。

附注：模型着陆时，首先要经过发射机上空，然后转四个90°弯，飞行轨迹组成一个长方形，在第四个转弯后着陆在直径50米的着陆区内。



通过宇宙空间

苏联科学院天文地理学会会员 B. H. 柯马罗夫

苏联的科学和技术在征服宇宙方面的杰出成就，苏联的世界第一批宇宙航行員——尤里·加加林和格尔曼·季托夫的卓越飞行，为今后实现飞往太阳系其它行星的宇宙旅行开辟了前景。通往宇宙深处的飞行，要求解决一系列的科学技术问题。其中有一个问题就是保证在几千万和几万万公里的宇宙距离上进行可靠的通信。

这种通信道应该保证可靠而正确地传送信息和控制信号。这个问题只有利用定向无线电发送，将发射机的全部能量集中在比较窄的波束内，才能解决。否则，能量将在空间迅速地散开，发送无线电信号就需要大得惊人的发射机功率，并消耗巨大的能量。此外，还需要装设灵敏的接收设备，也就是能从宇宙干扰和噪声的“汪洋大海”中选出所需信号的无线电接收机。

其次，宇宙无线电通信道的频率应该极其稳定。这样才能把接收设备调谐到严格一定的波长上，从而大大改善远距离通信的条件。

最后，宇宙无线电发送最好是用高频振荡，也就是在极短的波长上来实现。频率越高，在单位时间内通过通信道传送的信息量就越大。

现代的无线电技术在这方面已经取得了巨大的成就。例如，苏联天文学家不久前曾作了用雷达探测金星的实验，在这次实验中，朝金星发射的强大的无线电信号在金星的表面上反射后，大约总共通过了八千万公里，又被接收设备收到了。

提高无线电信号的能量，并采用专门的信息编码方法，将会得到更多的成就。

可是“普通的”无线电技术的潜力还是有一定限制的。在任何无线电设备的导线和电子管中，总有一些自由电子。这些自由电子的杂乱的热运动，将引起电流的无规则波动，结果出现了所谓内部噪声。在许多情况下，这些噪声都会掩盖住所需的信号。

是不是能克服这个现象呢？在原理上是可能的。为此，必须降低温度，从而限制或者完全消除电子的热运动。然而，遗憾的是：无论是普通的电子管，还是晶体管，都不能在低温下工作。

问题看来这样是无法解决的了。因此，无线电物理学家的注意力转向大自然本身所建立的无线电台——原子上了。

原子无线电台

大家知道，每一个原子都是一个很小的电系统，其中一些负电子绕着正的原子核而旋转。在某些条件下，这种系统能够辐射波长完全确定的电磁波。能不能利用这个性能，迫使数量足够多的原子协调地工作，来产生和放大电磁波，同时获得极高的频率稳定性呢？

还在1940年到1941年间，苏联物理学家B. A. 法勃利坎特教授首先提出了这样的想法。1952年，苏联科学家H. Г. 巴索夫和A. M. 普罗霍罗夫提出了利用原子来产生和放大电磁辐射的崭新原理。这些想法奠定了物理学的一个新部门——量子电子学，或有时称为量子无线电技术的基础。

量子物理学研究微观世界，也就是分子和原子世界中所发生的各种现象。微观世界的特点在于其中能量的辐射和传送不是连续的，而是以严格一定的份量——量子进行的。因此，量子无线电技术就是原子无线电技术，就是以利用原子和分子现象为基础的无线电技术。

最初的一批实验就取得了突出的成果。1954到1955年间，成功地制成了第一批量子振荡器。它们是依靠氨分子束中电磁波的吸收和辐射现象来工作的，因此称为分子振荡器。在以后几年中，苏联制成了按类似原理来工作的另一些器件。

原子振荡器的特点是工作空前稳定。利用原子振荡器做成的天文钟，能够极精确地测定时间，300年内只差一秒钟。然而这样的精确度还没有到头。

量子电子学开辟了诱人的技术前景。例如，原子钟使天文学家能研究地球自转特性。第一批观测就已指出：地球的自转不是等速的：一昼夜的持续时间逐日缓慢增长的。

原子无线电设备除了稳定性极高以外，还有一个重要的优点：它不怕冷，能在任何温度下工作，即使接近绝对零度也能工作。这样就能几乎完全消除内部噪声，把接收设备的灵敏度提高到为普通接收设备的几百倍。如果将原子无线电接收机放在地球大气层范围之外，装在宇宙飞船或人造地球卫星上，那么它的灵敏度还能增加很多。很明显，这对雷达、无线电天文学、宇宙通信，也就是对必须“捕捉”遥远而微弱的无线电信号的各种技术，具有十分重大的意义。

在原理上，原子振蕩器不但能在普通的無線電頻段內工作，而且也能在电磁波的其它頻段內工作。

光波無線電

由于制成了能够产生光波段电磁振蕩（可見光）的原子無線電設備，看来已經开辟了最引人入胜的、近于幻想的远景。

在这些光輻射器（有时称为光量子放大器或喇澤）中，是以人造紅寶石晶体的优良性能为基础的。人造紅寶石是摻有杂质鉻的氧化铝（剛玉），而鉻就使它具有独特的紅色。

圓柱形的紅寶石小晶体用氙灯照射时，氙灯的光激励鉻原子中的电子，于是鉻原子便开始送出一份一份的紅光（量子）。为了放大这个过程，紅寶石圓柱体两底面上复以銀膜，其中一个底面上有一个半透明的孔。因此量子不能馬上逸出，最初是以 300,000 公里/秒的巨大速度在两个銀膜鏡面之間“乱窜”。量子与其它的鉻原子相互作用，引起越来越多的新的紅量子輻射。这个过程具有雪崩的特性。量子的数目迅速增加。最后，量子变得这样多，以致能以狭束的形式穿过窗孔飞出，产生了耀眼的閃光。从窗孔射出的具有严格一定頻率的紅光束，其亮度比同样面积的太阳表面上的亮度大几百万倍。假設要用简单的加热輻射源的办法在如此窄的頻段內获得这样大的能量，就必须把輻射源的溫度提高到一千万度。

因此，喇澤是一种特殊的光波发生器。当用普通的光波（其中各原子的輻射互不协调地杂乱地混在一起）照射喇澤时，它便产生协调一致振蕩的电磁波。这种波可以用来傳輸信息。由于光波的頻率很高，因此利用喇澤能傳送特别大的信息量。利用光波的一个“針状”电磁通道，就能够傳送几万个电视节目，更不用说傳送電話的路数了。

从物理学中大家都知道，波长越短，也就是頻率越高，輻射的方向性就越高。因此，喇澤所产生的頻率很高的光輻射，可以聚集成极窄的“針”束。这又为大大地增加通信距离开辟了可能性，因为电磁波束越細，輻射的功率就越大。

大家知道，用特殊的鏡子来聚集太阳光，能在焦点上获得 4000 度左右的溫度。光波振蕩器的光束的能量密度要比它大几千倍。用这种光束把不大的碳板加热到高达几千度的溫度，总共只要万分之几秒钟。

喇澤的光束还有一个美妙的性能——巨大的光压力。現代光波振蕩器的光束，在原理上已能在用足够牢固的材料做成的薄板中穿过一小段距离。計算表明：如果能把光波振蕩器的光束聚焦得更好，就可能获得大得惊人的光压力，达几千万个大气压。由于喇澤的光束具有这样巨大的光压力，因此为光波振蕩器在各种不同科学技术部門中的应用开辟了最丰富多彩的前景。将来，針束光波将能帮助我们来加速带电粒子，加工用任何材料做成的零件，钻探最坚硬的岩石，实现点焊，使細菌无能为力，以及进行有关热核过程的各种实验和研究等等。还提出了利用光波振蕩器的光束压力来影响人造地球卫星运行的大胆設想。用这种方法把人造地球卫星从一个軌道移到另一个軌道上去，并不是不可能的。将来完全有可能象沿导綫傳送电能那样，沿着光波振蕩器的光束来傳送电力。

在物理学、化学、生物学、地球物理学、医学、冶金学以及宇宙通信等等科学部門中应用喇澤，将对这些科学的发展起特别重大的作用。

現在，人們正幻想与宇宙中其它有理智的生命建立直接連系，在这一方面，量子無線電技术开辟了特别誘人的前景。現在已經借助于無線電望远鏡来搜索这样的生命，更准确些說是搜索宇宙中可能存在的生命发送出的無線電信号。如果搜索工作获得成功，发现了某一遥远行星系上的有理智的生命，那末，就将要和这一行星系建立双向通信。而这里又要依靠光波無線電振蕩器了。这样，关于生命活动中累积的經驗的信息，将源源不断地沿着这針束从一方流向对方。

当然，这是将来的事。目前量子电子学还刚刚迈出第一步。但是，根据許多現代物理学家的意見，就目前量子电子学的发展情况来看，在未来的 5 年到 10 年內，由苏联科学家創立的这門科学将获得最广泛的实际应用。

（苏联大使館供稿，朱邦俊譯）

我国無線電电子学科学技术工作者的群众性学术組織——中国电子学会——于上月正式成立。4 月 10 日到 17 日，在北京举行了成立大会及第一届年会。會議听取了学会筹备委员会的工作报告，通过了学会的試行会章，选举产生了第一届理事会和常务理事会，設立了学会的工作机构，发展了第一批会员。

我国無線電电子学事业，从建国以来，特别是 1958 年大跃进以来，得到了迅速的发展。这方面的科学技术工作者，迫切要求成立一个群众性的学术組織，以便开展学术

中国电子学会成立

活动，交流学术經驗，介紹研究成果，討論学术問題。中国电子学会就在这种形势下誕生了。

这次會議收到学术論文三百多篇，分組宣讀了一百四十多篇，并举行了九次無線電电子学科学技术报告，听众达一万多人。另外，还对若干专业和专题的研究内容和发展方向交换了意見；对若干理論和技术問題进行了热烈的討論。有些工作报告結合当前生产中的技术关键問題进行了比較深入的分析研究。同行的科学技术工作者聚集一堂，不仅交流了学术，而且密切了联系，为今后互相协作創造了有利条件。

晶体管的特性曲线

~于 闻~

大家知道，电子管的性能可以用静态特性曲线来描述。可以利用静态曲线族用图解法求得电子管的参数，分析电子管的放大作用，进行放大器的计算。晶体管也是一样，因此就需要了解和掌握晶体管的特性曲线。电子管在没有栅流的甲类工作时，有两种静态特性曲线族。一种是描述屏流和屏压间的关系（栅压保持不变）的输出特性曲线，一种是描述栅压变化对屏流影响（屏压保持不变）的转移特性曲线。这两种曲线族不是相互独立的。有了一种曲线族就可以经过转换得出另一曲线族。所以进行电路的图解分析时，只需用其中的一种特性曲线族就可以了。在晶体管的情况下，由于有输入电流（发射极电流 I_e 或基极电流 I_b ），而且输出端对输入端有一定的反馈作用，因此，除了和上述两种电子管特性曲线类似的特性以外，还有描述输入电流和输入电压间的关系的输入特性曲线，以及描述输出电压（或电流）对输入电压（或电流）影响的反馈特性曲线，或叫反向转移特性曲线。这两种曲线族也不是相互独立，而是可以相互转化的。由此可见，晶体管一共有四种特性曲线族。在进行晶体管的电路分析时，也只需要其中的一半即两种独立的曲线族就够了。通常需要的是输出特性曲线族和输入特性曲线族。

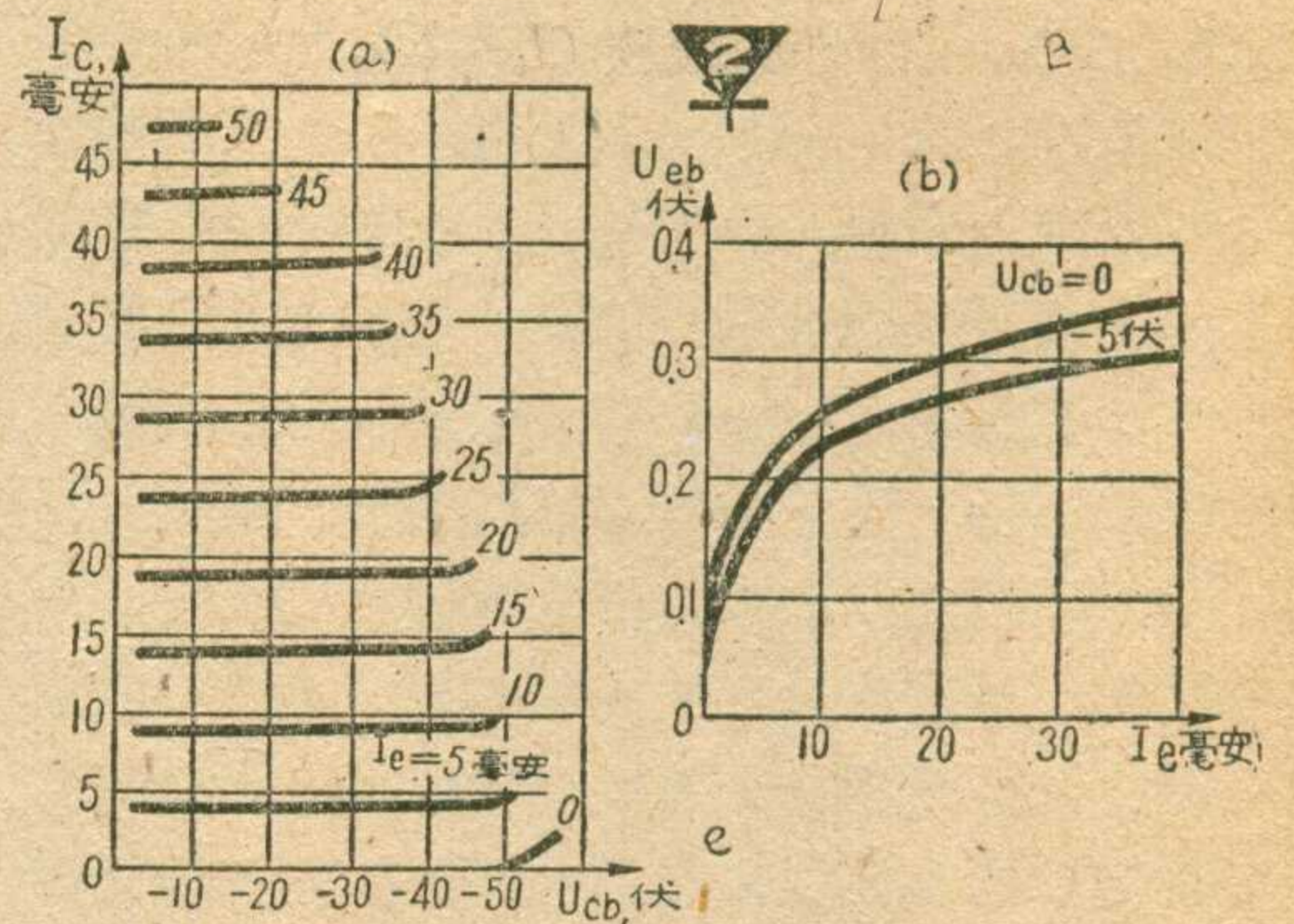
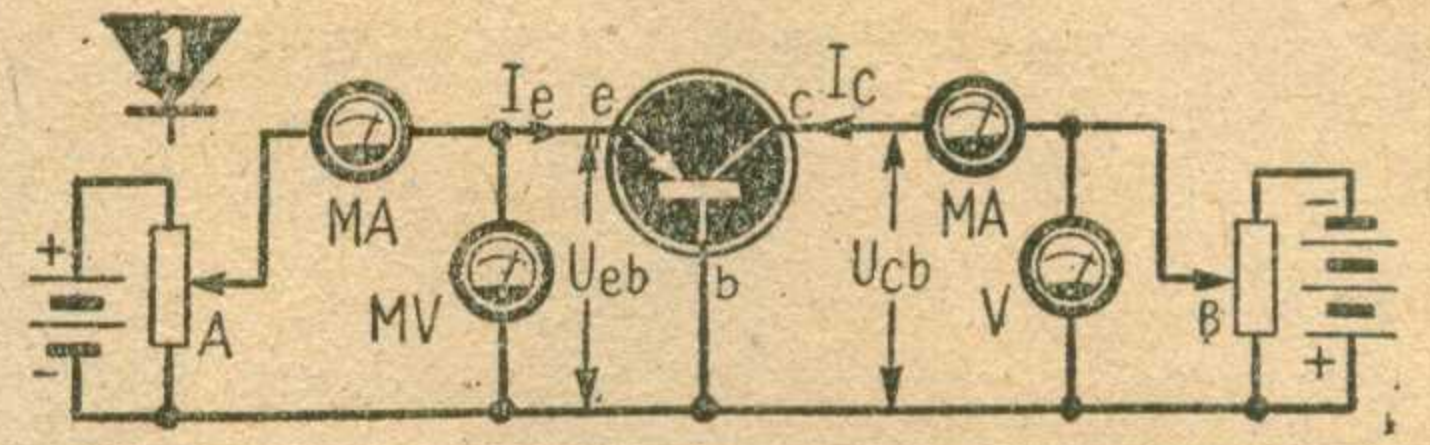
在第3期“晶体管的低频参数和等效电路”一文中曾经说过，如果把晶体管看作一个四端网络，它的输入端电压和电流分别为 u_1 和 i_1 ，输出端电压和电流分别为 u_2 和 i_2 ，那末，视采用那两个变数为自变数，可以得到不同的等效电路和参数组。与此相应，若取 i_1, i_2 为自变数，可得出四个特性曲线族，称为阻抗系曲线族；若取 u_1, u_2 为自变数，也可以得出四个特性曲线族，称为导纳系曲线族；若取 i_1 和 u_2 为自变数，又可以得到另外四个特性曲线族，称为 h 系曲线族，又叫杂系曲线族。这种情况如表1所示。这三种体系的特性曲线，都可以

曲线名称	阻抗系	导纳系	h 系
输出特性曲线族	$u_2 \sim i_2 (i_1 = \text{常数})$	$i_2 \sim u_2 (u_1 = \text{常数})$	$i_2 \sim u_2 (i_1 = \text{常数})$
“入” “ ” “ ” “ ”	$u_1 \sim i_1 (i_2 = \text{常数})$	$i_1 \sim u_1 (u_2 = \text{常数})$	$u_1 \sim i_1 (u_2 = \text{常数})$
转移 “ ” “ ” “ ” “ ”	$u_2 \sim i_1 (i_2 = \text{常数})$	$i_2 \sim u_1 (u_2 = \text{常数})$	$i_2 \sim i_1 (u_2 = \text{常数})$
反馈 “ ” “ ” “ ” “ ”	$u_1 \sim i_2 (i_1 = \text{常数})$	$i_1 \sim u_2 (u_1 = \text{常数})$	$u_1 \sim u_2 (i_1 = \text{常数})$

用来表明晶体管的特性，计算晶体管的电路。其中以 h 系曲线族用得较多，现在就来进一步谈谈这种特性曲线。

h 系共基极静态特性曲线族

晶体管有共基极、共发射极、共集电极三种连接方



法。接法不同，测出的特性曲线族也不相同。一个PNP型晶体管，例如П6，接成共基极电路，并象图1那样接上电源电压以及电流表和电压表，就可以测出它的共基极静态特性曲线族。例如，测 h 系输出特性曲线时，调节电位器B以改变 U_{cb} ，同时调节电位器A使 I_e 保持不变，测得对应的 I_c 值，就可以得出一条 $I_c \sim U_{cb}$ ($I_e = \text{常数}$)的输出特性曲线。如果使 I_e 保持为另一常数值，就可以得到另一条 $I_c \sim U_{cb}$ 曲线。结果得出如图2a所示的输出特性曲线族。如果调节电位器A以改变 I_e ，并同时调节电位器B使 U_{cb} 保持不变，测得对应的 U_{eb} 值，就可以得出 h 系输入特性曲线。保持 U_{cb} 为不同的常数，就可以得到 h 系输入特性曲线族，即 $U_{eb} \sim I_e$ ($U_{cb} = \text{常数}$)的曲线族，如图2b所示。

由图2a可以看到，晶体管的 h 系输出特性曲线族和理想的五极管的屏极特性曲线族很相似。 $I_e = 0$ 时，发射极没有载流子注入基极，所以这时的 I_c 就是集电结的反向电流 I_{co} 。 $I_e = 0$ 的曲线 (I_{co} 曲线)就是集电结反向伏安特性曲线。 I_{co} 的数值很小，而且在很小的 U_{cb} 时即已饱和，所以它是几乎和轴重合的一条直线。当有发射极电流时，发射极向基极注入载流子，并到达集电极，于是 $I_c = I_{co} + \bar{\alpha} I_e$ ，这里 $\bar{\alpha}$ 是直流电流放大系数。这时的输出特性曲线等于将 I_{co} 曲线向上平移了 $\bar{\alpha} I_e$ 的间隔。 I_e 增加一定的数值，曲线就成比例地向上移一段间隔。因此，图2a中各曲线相互平行，而且间隔均匀。这说明输出特性的非线性失真很小。 I_c 值稍小于 I_e ，说明共基极的直

流电流放大系数 $\bar{\alpha}$ 是稍小于 1 的。

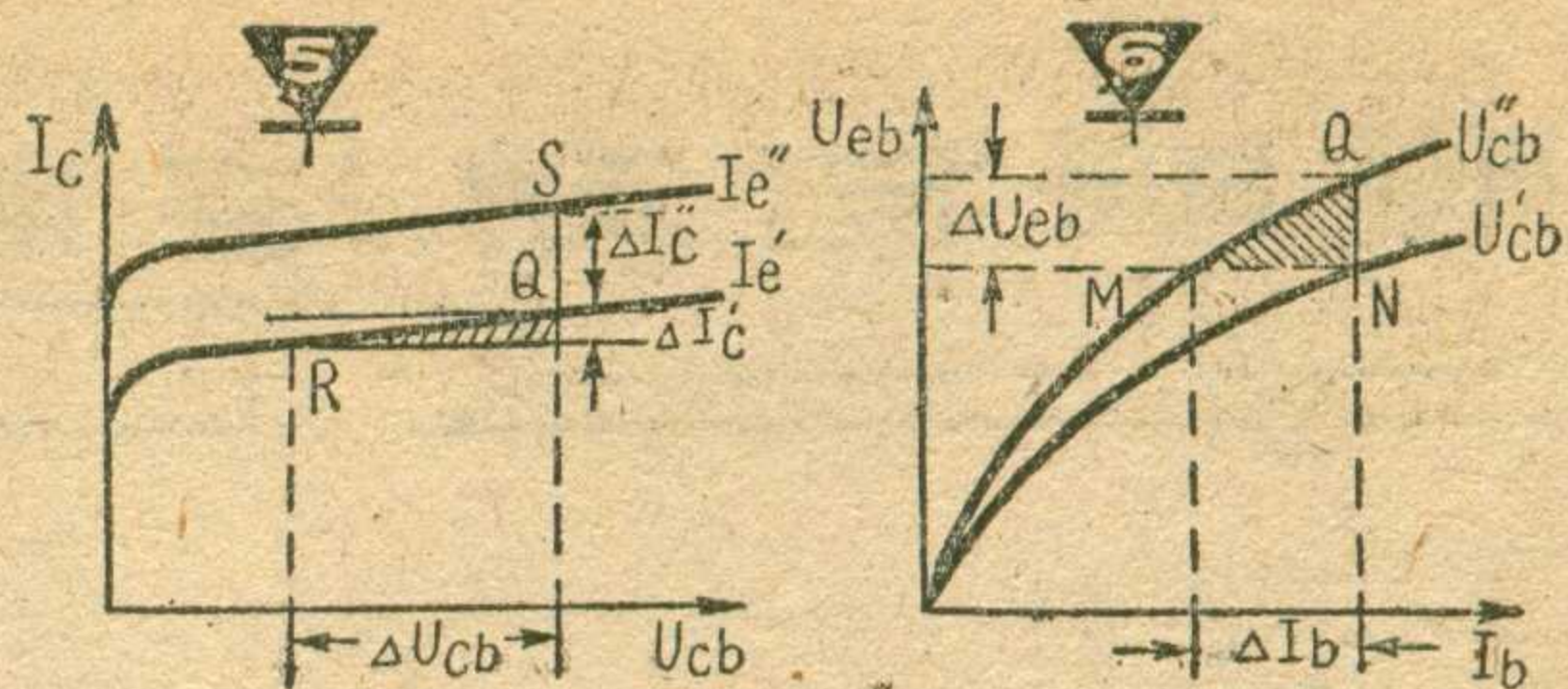
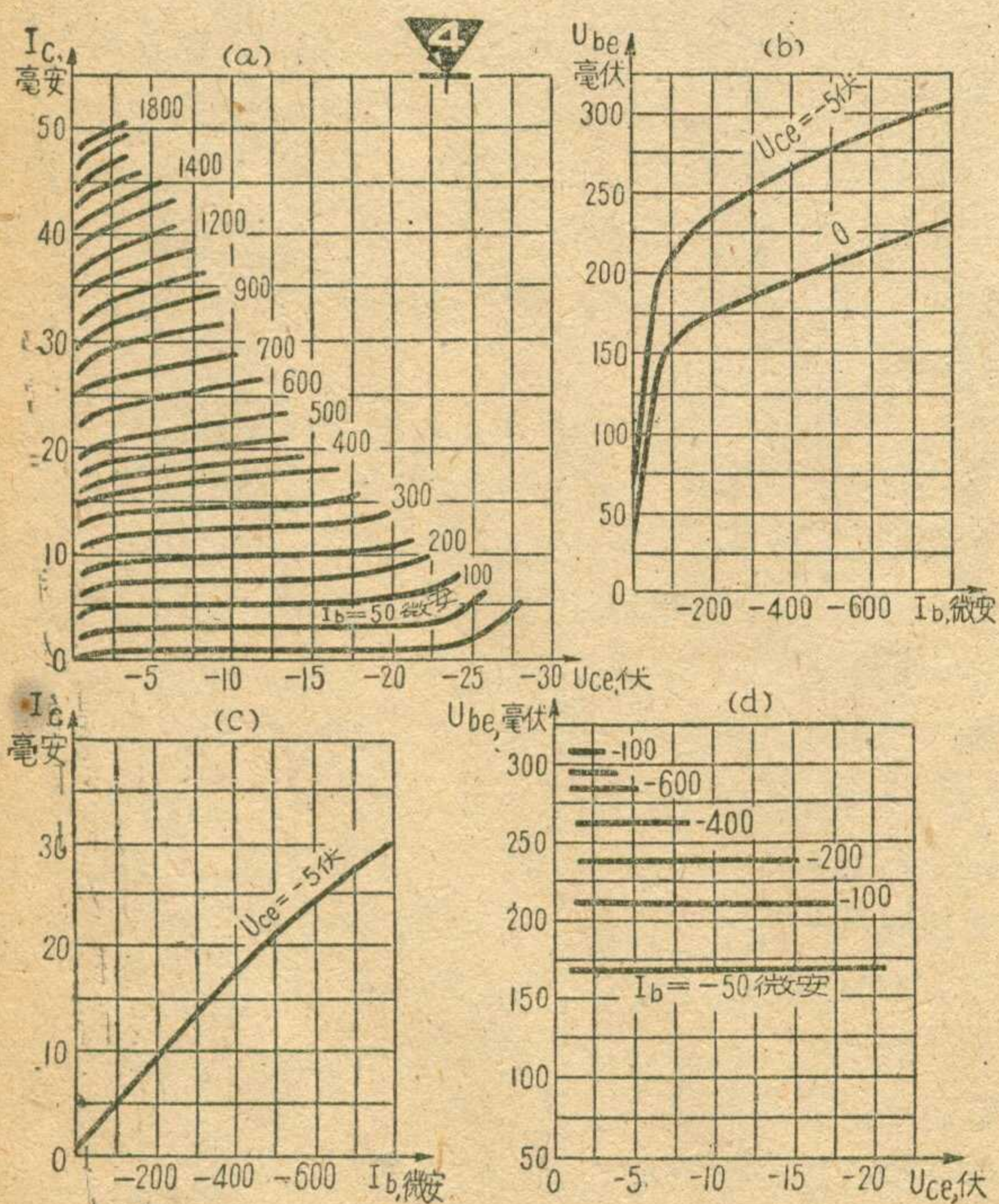
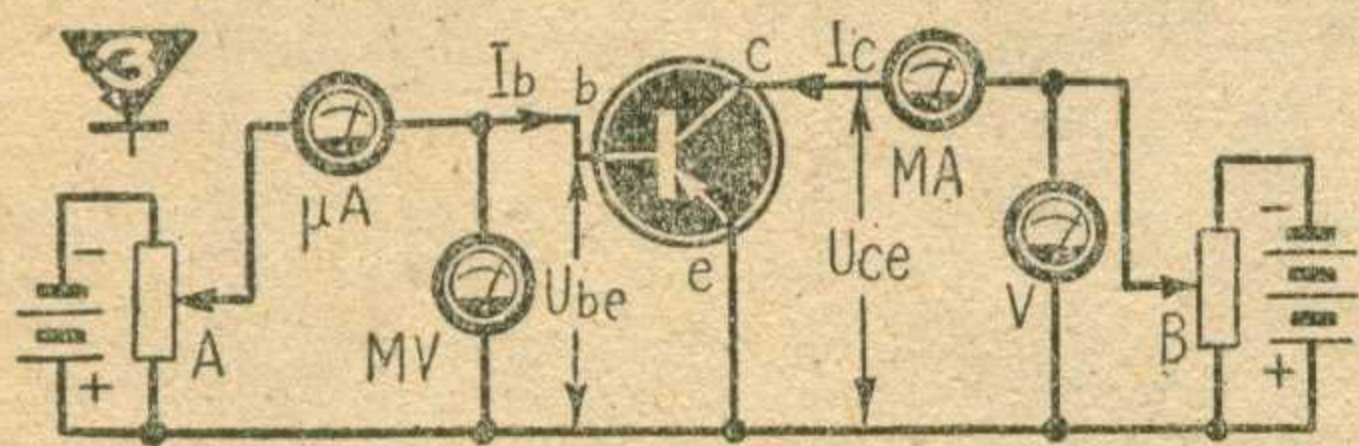
在图 2b 的 h 系共基极输入特性曲线族中, $U_{cb}=0$ 的曲线相当于发射结的正向伏安特性曲线。当集电极加有反向电压时, 曲线稍微向右移开一些, 也就是说, 在同样的发射极电压 U_{eb} 下, 增加集电极反向电压会使发射极电流 I_e 稍微增大一些。这说明集电极电压对发射极电流有了反作用, 也就是晶体管内部的反馈作用。

h 系共发射极静态特性曲线族

图 3 是上述晶体管的共发射极连接电路, 由此可绘出晶体管的共发射极静态特性曲线族。现在以输入电流即基极电流 I_b 和输出电压即集电极电压 U_{ce} 为自变数来描绘曲线, 可得出图 4 所示的四种 h 系特性曲线族。

图 4a 示输出特性曲线族 ($I_c \sim U_{ce}, I_b = \text{常数}$)。它和五极电子管的屏极特性曲线族很相似。而且在使用电子管时利用特性曲线来分析电路和求出低频参数的一些方法, 对于晶体管的情况在原则上也是适用的。由图可见, 这些曲线随 U_{ce} 的增加而缓慢上升, 原因是 U_{ce} 中有一小部分电压是正向加在发射结上的, 因此随着 U_{ce} 的增加, 发射结正向电压加大, 集电极电流随之增大。

图 4b 示输入特性曲线族 ($U_{be} \sim I_b, U_{ce} = \text{常数}$), 当



$U_{ce}=0$ 时, 集电极和发射极短接, 集电结和发射结并联, 并加有正向电压, 所以 $U_{ce}=0$ 的曲线相当于晶体二极管的正向伏安特性曲线。当 U_{ce} 不等于零时, 集电结加有反向电压, 就有反向电流 I_{c0} 流过基极引线, 其方向和 I_b 相反, 所以使 I_b 减小, 因而曲线就向左移动了。

晶体管的 h 系共发射极正向转移特性, 即电流放大特性曲线 ($I_c \sim I_b, U_{ce} = \text{常数}$) 示于图 4c。反向转移特性即反馈特性曲线族 ($U_{be} \sim U_{ce}, I_b = \text{常数}$) 示于图 4d。

从静态特性曲线族求低频参数

前面说过, 电子管可以从它的静态特性曲线族求出参数 μ, r_p, g_m 等。同样, 晶体管也可以从它的静态特性曲线族求出低频参数。例如, 利用 h 系共基极静态特性曲线族, 可以直接求得晶体管的共基极 h 参数。利用输出特性曲线族可以求得 h_{22} 和 h_{21} , 利用输入特性曲线族可以求得 h_{11} 和 h_{12} 。

图 5 示 h 系共基极输出特性曲线族。设我们求工作点 Q 处的参量。令点 Q 沿 I'_e 曲线变化到 R , 此时 I_c 变化一个数值 $\Delta I'_c$, U_{cb} 变化一个数值 ΔU_{cb} , 而 I_e 保持不变 ($\Delta I_e = 0$), 相当于发射极交流电流为 0, 或者说对交流电流是开路的。因此 $h_{22} = \frac{\Delta I'_c}{\Delta U_{cb}}$, 即为输入端开路时的输出电导。相似地, 若令 Q 点沿垂直线变到 S , 此时 U_{cb} 保持不变, 对交流而言, 相当于输出端短路, 而 I_c 变化了 $\Delta I''_c$, I_e 变化了 $I'_e - I''_e = \Delta I_e$, 所以 $h_{21} = \frac{\Delta I''_c}{\Delta I_e}$, 即为输出端短路时的电流放大系数。

图 6 示 h 系共基极输入特性曲线族。 Q 为工作点。设 Q 沿 U''_{cb} 线变到 M , 此时 U_{cb} 不变, U_{eb} 变了 ΔU_{eb} , I_b 变了 ΔI_b 。因此 $h_{11} = \frac{\Delta U_{eb}}{\Delta I_b}$, 即为输出端短路时的输入电阻。而当 Q 沿垂直线变到 N 时, I_b 保持不变, U_{cb} 从 U''_{cb} 变到 U'_{cb} , 即变化了 $\Delta U_{cb} = U''_{cb} - U'_{cb}$, U_{eb} 变化了 ΔU_{eb} , 所以 $h_{12} = \frac{\Delta U_{eb}}{\Delta U_{cb}}$, 即为输入端开路时的电压反馈系数。

和求 h 参数的情况相似, 根据阻抗系特性曲线族和导纳系特性曲线族也可以分别求出晶体管的低频电阻参数和电导参数来。

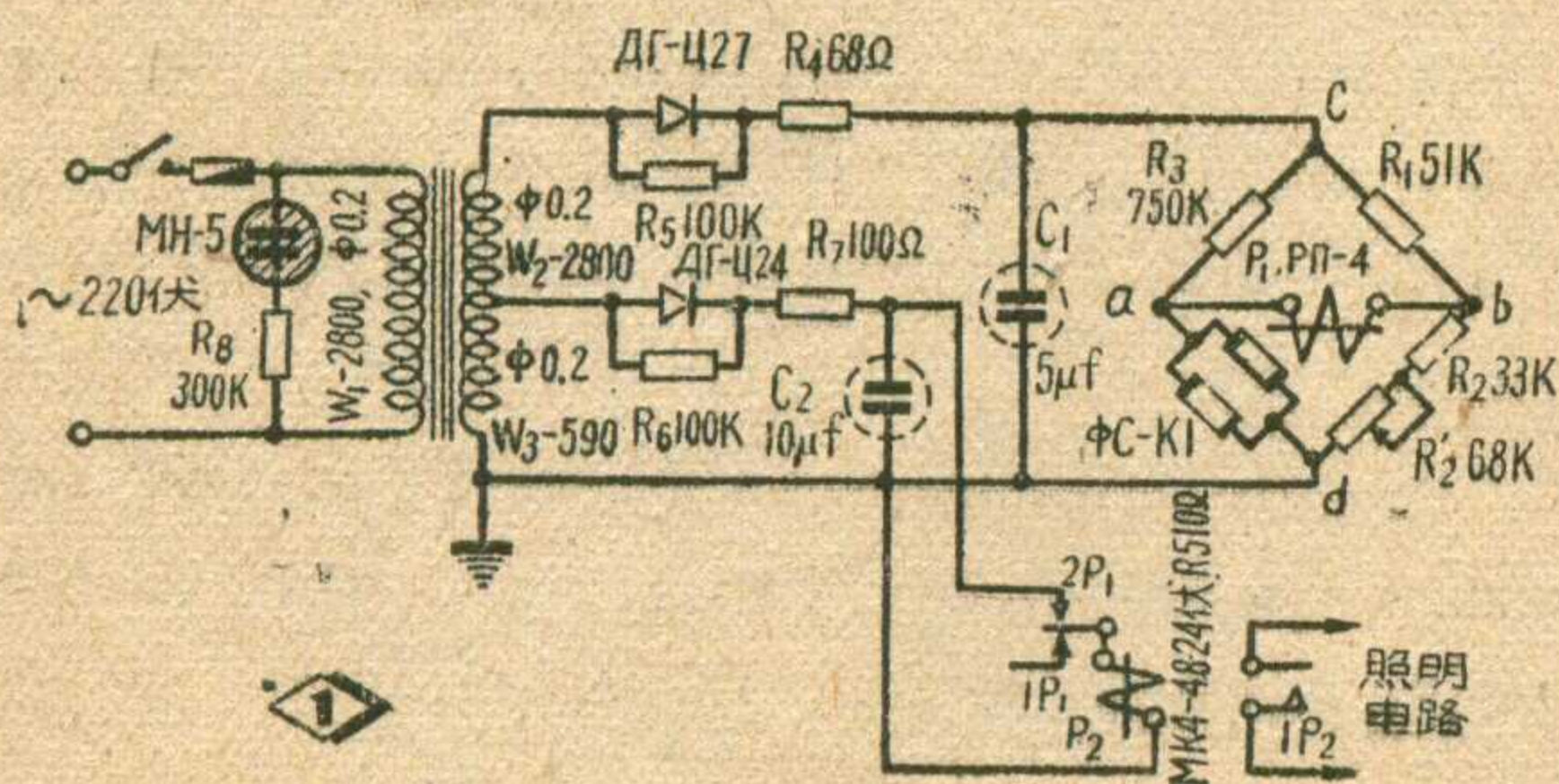
照明自动控制电路

苏联工程师 A.M. 維謝罗夫、A.B. 梭罗維也夫等，分别在“照明工程”杂志上介绍了两种照明自动控制电路。这两种电路，都是利用光敏电阻随着照射在它上面的光强而改变阻值的原理，控制继电器的动作，达到自动接入或切断照明电路的目的。第一种电路利用了电桥，第二种电路利用了长延时继电器，对我们进一步了解电桥和长延时继电器的应用方法，也很有帮助。

第一种电路 图 1 所示的电路，主要是用来自动控制街道照明和建筑工地照明的。图中利用两个并联起来的光敏电阻 ($\phi C-K1$) 作为感光元件，它和电阻 R_1 、 R_2 、 R'_2 及 R_3 组成一个电桥 $abcd$ 。 ab 间接一个极化继电器 P_1 ， cd 接电源。所谓极化继电器，就是当继电器中没有电流通过时，仍有固定的磁流，通常用永久磁铁产生这个磁流，把继电器衔铁吸向一边。当有电流通过继电器线圈，而且这个电流产生的磁流大于原来的固定磁流并且方向相反时，继电器衔铁就被吸向另一边。电源用 220 伏交流电。从电源变压器次级引出两种不同电压，分别经两个晶体管半波整流电路整流后，供给继电器 P_1 及 P_2 电流。 C_1 及 C_2 作为滤波用， R_4 、 R_7 根据继电器所需动作电流选择， R_5 、 R_6 是旁路电阻，它的作用是防止过大的反向电流通过晶体管，这电阻的额定功率约 $\frac{1}{2}$ 瓦就可以了。为了稳定电源电压，在变压器初级并联一个氖气管和电阻 R_8 。所有元件的型号和参考数据，如图 1 所示。图中 $1P_1$ 、 $1P_2$ 等表示继电器的接点名称，字母前面的数字为接点的号码， P_1 等为继电器的代号。

如果规定光敏电阻上的最低照度为 1 勒克司 (勒克司为照度单位，在桌子上方距桌面 76 厘米处挂一盏 40 瓦的电灯，这时桌面上的照度为 40 多个勒克司)，那末就调节 R'_2 ，使电桥当光敏电阻上的照度为 1 勒克司时处在平衡状态，也就是继电器 P_1 中无电流通过。这时，继电器 P_1 的接点 $1P_1$ 闭合，切断了中间继电器 P_2 的电路，继电器 P_2 不吸动，它的接点 $1P_2$ 便开断照明电路。

傍晚，当照射到光敏电阻上的日光逐渐减弱时，照



度从 1 勒克司继续降低，光敏电阻的电阻值也随着增加，从而破坏了电桥的平衡，极化继电器 P_1 中就有电流通过，其方向是由 a 流向 b ，使继电器 P_1 动作。连接继电器 P_1 时，要注意当电流从

a 流向 b 时应能使继电器动作，否则应把继电器 P_1 的接线倒换一下，即原来接 a 点的线头改接到 b 点。继电器 P_1 动作后，它的接点 $1P_1$ 分开，接点 $2P_1$ 闭合，接通继电器 P_2 的电路，它的接点 $1P_2$ 闭合，接通照明电路。

早晨，光敏电阻上的照度不断增加，其电阻值随着减小，电桥渐趋于平衡。但是，当光照大于 1 勒克司时，电桥又向相反方向失去平衡，继电器 P_1 中将有电流通过，但方向是从 b 到 a 。因此， P_1 的接点回复静止状态，即 $1P_1$ 闭合，而 $2P_1$ 分开，切断继电器 P_2 的电路。这时，继电器 P_2 复原，它的接点 $1P_2$ 便切断照明电路。

光敏电阻应当放在一个密闭的金属盒子中，在它受光的一面镶上玻璃。引线出口处最好用橡皮垫紧，以防灰尘和潮气侵入。

这个电路曾经用来控制居民区的街道照明和古比雪夫水电站的建筑工地照明，运用结果良好。

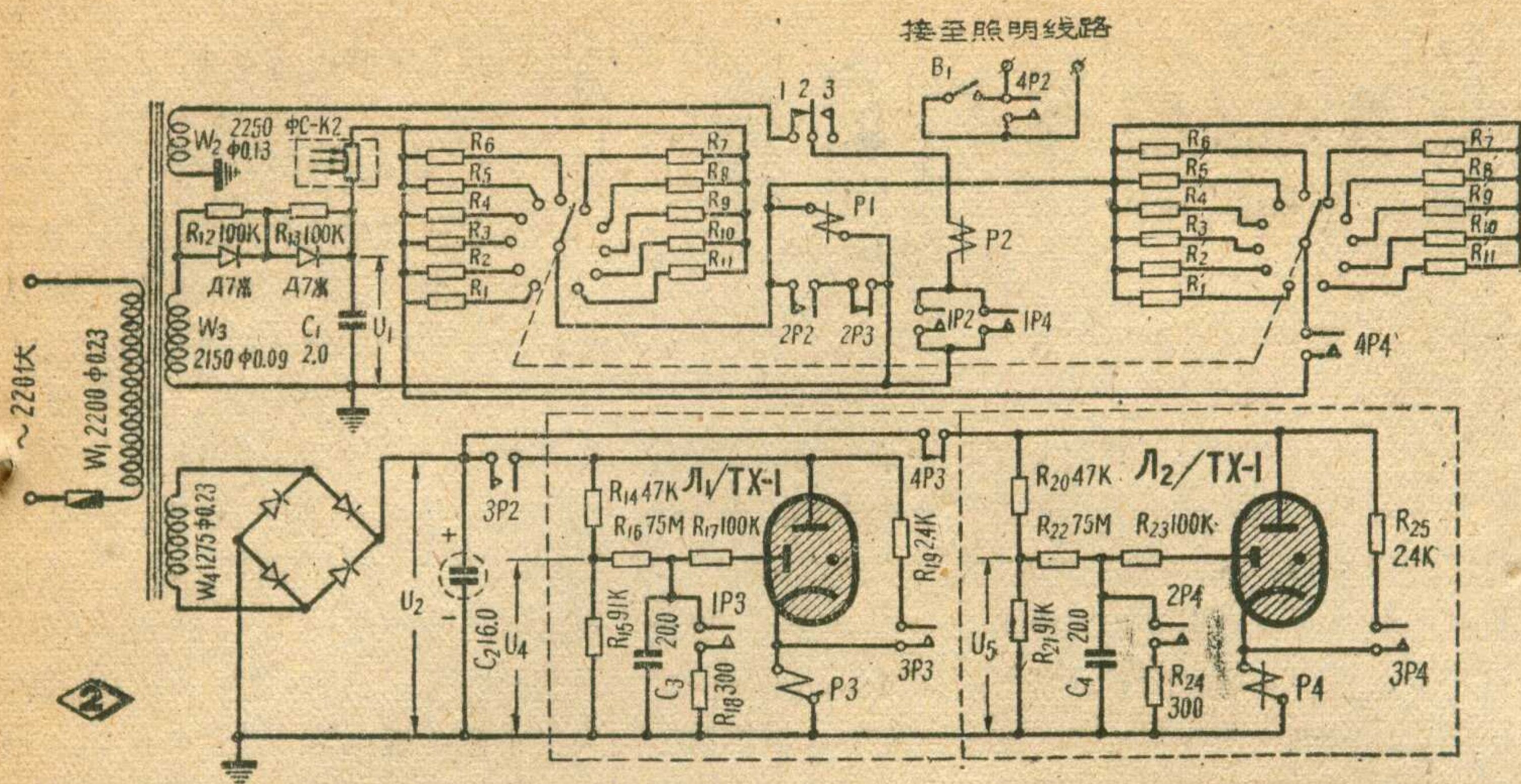
第二种电路 图 2 的电路比较复杂，但应用范围较广，生产车间、学校都适用。

这个电路可以分成三部分来看，一部分是电源，一部分是光电控制部分，一部分是时间控制部分。

电源部分包括一个变压器和两组整流器。第一组整流器使用两个 $\Pi 7Ж$ 晶体管串联，组成半波整流电路。 R_{12} 、 R_{13} 是各晶体管的旁路电阻， C_1 是滤波电容器。整流后的电流通过光敏电阻供给继电器 P_1 。第二组整流器用硒片组成桥形全波整流电路， C_2 是滤波电容器。整流后的电流供给闸流管 J_1 及 J_2 。变压器绕组 W_2 单独为继电器 P_2 供电，因此这电路中的继电器 P_2 为交流继电器。

光电控制部分包括光敏电阻 $\phi C-K2$ ，电阻 $R_1 \sim R_{11}$ ，继电器 P_1 ，电阻 $R'_1 \sim R'_{11}$ ，继电器 P_2 。选定 $R_1 \sim R_{11}$ 和 $R'_1 \sim R'_{11}$ 后，当光敏电阻上的照度增加大于预定值时，继电器 P_1 就吸动，反之则释放。继电器 P_2 是用来直接控制照明电路的， P_2 吸动时接点 $4P_2$ 闭合，将照明电路接通。从图中可看出，继电器 P_2 除受继电器 P_1 控制外，还受继电器 P_4 的控制；继电器 P_1 又受继电器 P_2 及 P_3 的控制。这样的控制结构，主要是达到延迟动作的目的，以解决实际使用时的一些特殊问题，下面就将说明。 $R'_1 \sim R'_{11}$ 由接点 $4P_4$ 控制，接入后与电阻 $R_1 \sim R_{11}$ 并联。

时间控制部分包括两组延时继电器。由 $J_2 P_4$ 组成的延时继电器控制继电器 P_2 的动作，如果 P_4 没吸动， P_2 便不能吸动。但 P_2 吸动后，便不受 P_4 的控制了。由 $J_1 P_3$ 组成的延时继电器控制继电器 P_1 和 $J_2 P_4$ 延时继电器。



接点1P₄闭合, 准备继电器P₂的吸动电路。接点4P₄闭合, 把R'₁~R'₁₁与R₁~R₁₁并联, 使继电器P₁中的电流增加, 目的在于到傍晚时, P₁不会因照度稍有降低而释放, 避免控制不稳定。这时接点2P₃也闭合, 准备继电器P₁的短路电路。

P₃吸动后, P₄不能动作。延时继电器J₁P₃和J₂P₄的延迟时间, 分别由R₁₆、C₃和R₂₂、C₄确定:

$$T_1 = 2.3R_{16}C_3 \log \frac{1}{1 - U_3/U_4} \text{ (秒)}$$

$$T_2 = 2.3R_{22}C_4 \log \frac{1}{1 - U_3/U_5} \text{ (秒)}$$

式中: U₃——闸流管起燃时控制极的电压, TX-1型的这个电压为65~85伏;

U₄、U₅——闸流管控制极与阴极间的电压。

由于这两组电路中对应的元件的数值都相同, 所以T₁=T₂, 在这个例子中, 延时约55~60分钟。在设计时应使U₄或U₅都大于U₃, 否则闸流管不能起燃。此外, U₂不能大于闸流管的阳极起燃电压, 否则闸流管不受其控制极的控制, 只要接上电压U₂, 就立刻起燃。继电器P₃的接点3P₃, 当P₃吸动时闭合, 短路闸流管J₁, 这样可以延长闸流管的使用寿命。接点3P₄的作用与此相同。电阻R₁₉和R₂₅根据闸流管起燃后的内阻选定。

现在来说明整个电路的工作过程(参看下表)。先从白天的情况谈起。这时光照很强, 光敏电阻的阻值较小, P₁吸动, 它的接点1, 2分开, 切断P₂的电路, 继电器P₂不吸动, 照明电路被切断, J₁的电路也被切断, 所以P₃也不吸动。由于P₃没吸动, 所以接点4P₃闭合, 接通J₂电源, 使继电器P₄吸动。继电器P₄的

到傍晚时, 照度降低, 光敏电阻的电阻值增加, 继电器P₁由于线圈中的电流减少, 以至释放。这时P₁的接点1, 2闭合, 接通P₂的电源, 并且由于1P₄早已闭合, 所以继电器P₂动作, 接点4P₂闭合, 将照明电路接通。如果照明电路接通后, 灯光加上自然光太强了, 光敏电阻的阻值便会再度降低, 以至使继电器P₁动作, 错误地切断照明电路。为了防止这种现象产生, 在P₂吸动后, 接点2P₂就把P₁短路, 使P₁不能吸动。但是到第二天白天时, 又怎样切断照明电路呢? 解决这个问题, 就要用到延时继电器P₃了。从图中可以看出, P₁的短路由接点2P₂和2P₃控制。当P₃未吸动时, 2P₃闭合, 所以2P₂可以将P₁短路, 但P₃吸动后, 接点2P₃分开就切断了P₁的短路。所以等照度稳定后, 使P₃动作, 就能打开P₁的短路, 恢复P₁的控制作用。现在P₂吸动, 它的接点3P₂将J₁的电路接通, 经过一段时延, 继电器P₃才动作, 打开P₁的短路。这段延迟时间约有55~60分钟, 实际上已足够了。P₃吸动后, 还切断J₂的电源, P₄释放, 接点1P₄分开, 但这时P₂已动作, 所以接点1P₂已闭合, 不致切断继电器P₂的电路。接点4P₄切断R₁~R₁₁的并联电阻R'₁~R'₁₁, 使继电器P₁串联电阻加大, 目的在于到早晨时P₁不会因照度稍有增加而吸动, 使控制不稳。

天刚亮时, 照度增加, 自然光和灯光一起作用于光敏电阻, 使它的阻值降低, 以致P₁吸动, 切断继电器P₂的电路。这时照明电路被切断。为了防止电灯灭后, 由于自然光不够强而又使光敏电阻的阻值增加, 以致继电器P₁释放, 错误地又接通照明电路, 所以在继电器P₂的电路用1P₂、1P₄两组接点来控制。当P₂释放后, 由于1P₂分开, 而1P₄尚未闭合, 所以P₁即使释放, 这时P₂也不会误动。继电器P₂释放后, 接点3P₂分开, 切断J₁的电源, P₃释放, 接点4P₃闭合, 接通J₂的电源, 继电器P₄经过50~60分钟延后吸动, 整个电路就恢复到上述的白天情况了。

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	附注
白天	吸	放	放	吸	灯灭, 1P ₄ 合, 1P ₂ 开, 2P ₃ 合, 2P ₂ 开。
傍晚	①放	②吸	③经50分钟吸	④放	2P ₂ 合, P ₁ 被短路, 1P ₂ 合, 50分钟后, 2P ₃ 开, 4P ₃ 开, 1P ₄ 开。
夜	放	吸	吸	放	灯亮, 1P ₄ 开, 1P ₂ 合, 2P ₂ 合, 2P ₃ 开。
清晨	①吸	②放	③经50分钟放	④吸	灯灭, 1P ₂ 开, P ₂ 被短路, 2P ₃ 合, 2P ₂ 开, 50分钟后, 1P ₄ 合。

字右肩数码表示动作顺序。

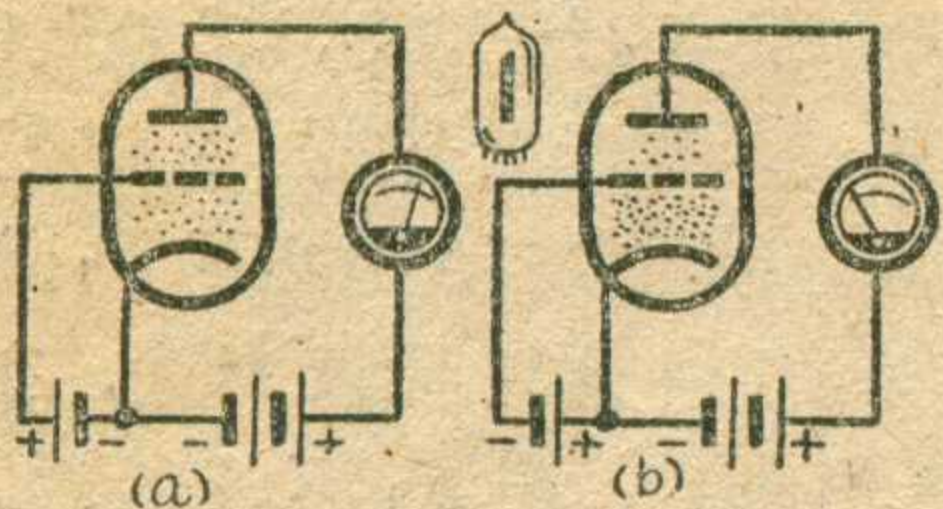
(梁天白译)

电子管放大器的基本原理

莫 愁

1. 电子管的基本特性

大家知道，二极管是不能用来放大的。具有放大作用的最简单的电子管是三极管。三极管中有三个电极：阴极、屏极和在上述二电极之间的网状的栅极（简称栅极）。阴极不断地发射出大量带负电的电子。视屏极和栅极所加电压的大小，这些电子中



将有或多或少的部分能够穿过栅极飞到带正电的屏极上，构成电子管的屏流。

栅极电压对电子管屏流有很大的影响。如果栅极上加着正电压，那末它就帮助电子向屏极运动，使更多的电子到达屏极，结果屏流很大（见图1a）。

当然，这时也有些电子会被栅极吸收构成栅流。但是如果栅压不是太大的话，这部分栅流是很小的。假如想象电子有足球那样大，那末按照同样的比例来说，栅极线圈间的距离便相当于宇宙中行星之间的距离。因而只有在飞向屏极的途中直接碰着栅极线圈或离线圈极近的少数电子，才能被栅极吸引构成栅流。相反，如果栅极加着负电压，那末栅极就拒斥电子，不让电子通过，因此屏流就小了（见图1b）。而栅极电压愈负，对电子的拒斥力就愈大，屏流就愈小。甚至可能使屏流截止。由此可见，电子管的屏流受栅极电压控制，随栅压的大小而变。

屏极电压对屏流也有一定的影响：屏压高，它对带负电的电子的吸引力大，跑到屏极上的电子就多了，因此屏流就大一些。反之，如果屏压低，屏流就小一些。然而由于屏极离开阴极要比栅极离开阴极远得多，所以它对屏流的影响远远没有栅压对屏流的影响大。

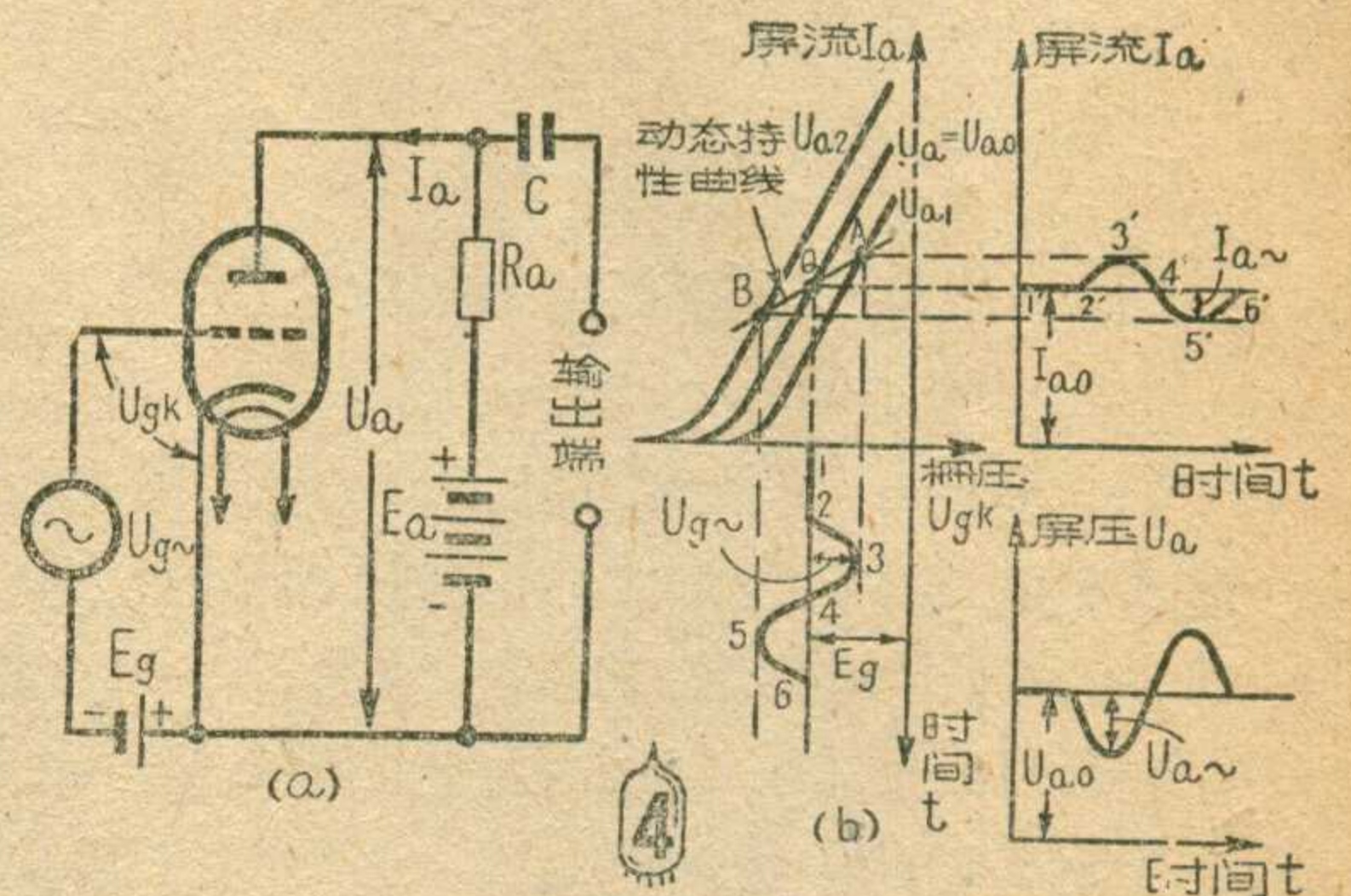
利用图2a的电路，可以得到当屏极电压 U_a 为某一定值时，屏流和栅压之间的关系如图2b所示。这条曲线叫做电子管的屏栅静态特性曲线，其中横坐标代表栅压，单位是伏；纵坐标代表屏流，单位为毫安。从图中可以清楚地看出，改变电子管的栅压可以控制它的屏流。使 U_a 保持另一一定值，就会得到另一条静态特性曲线。对于不同 U_a 所得到的各个特性曲线构成了图2c中所示的静态特性曲线族。 U_a 愈大，在更负的栅压时也能得到相同的屏流，所以相应的曲线愈

靠左。

2. 放大作用原理

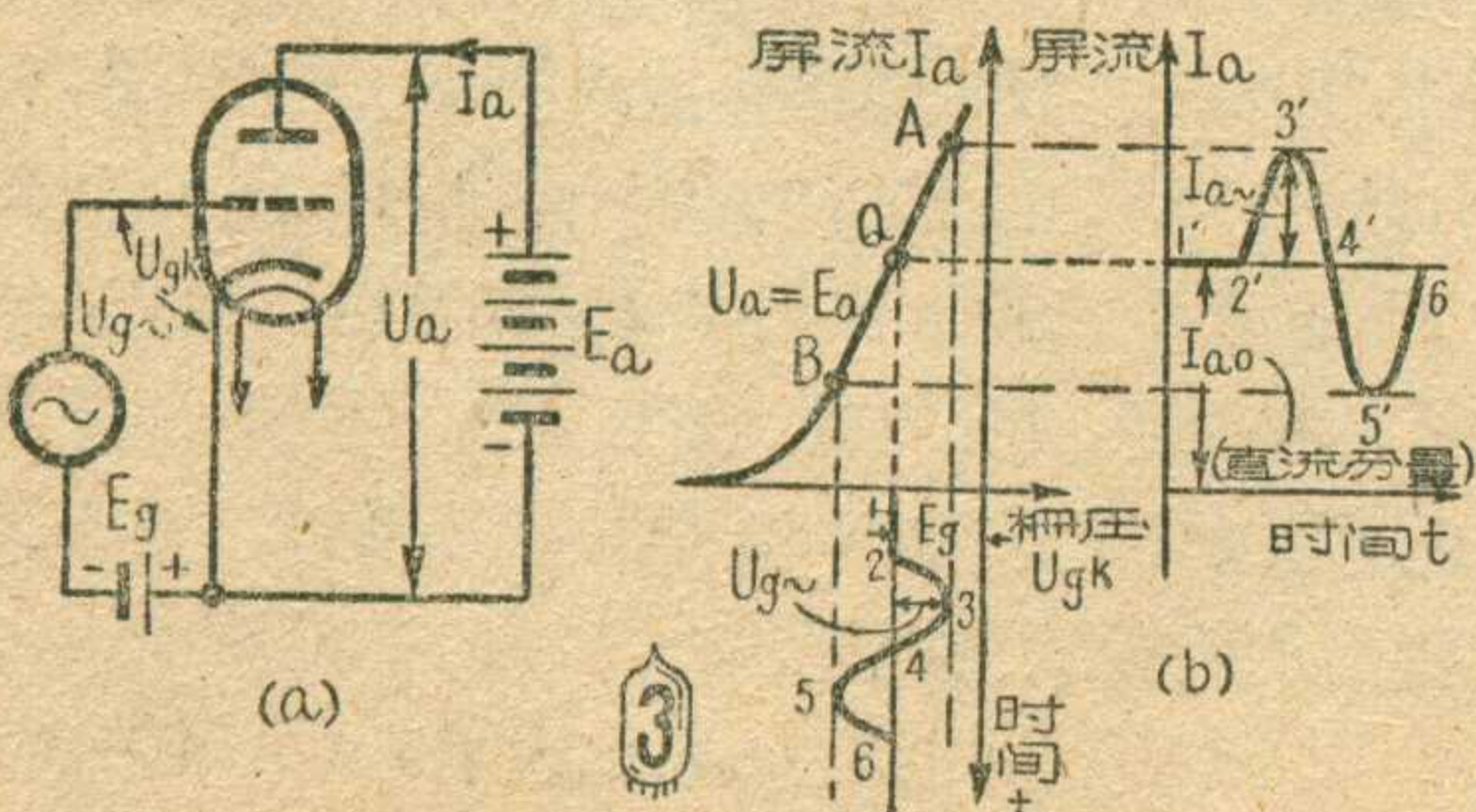
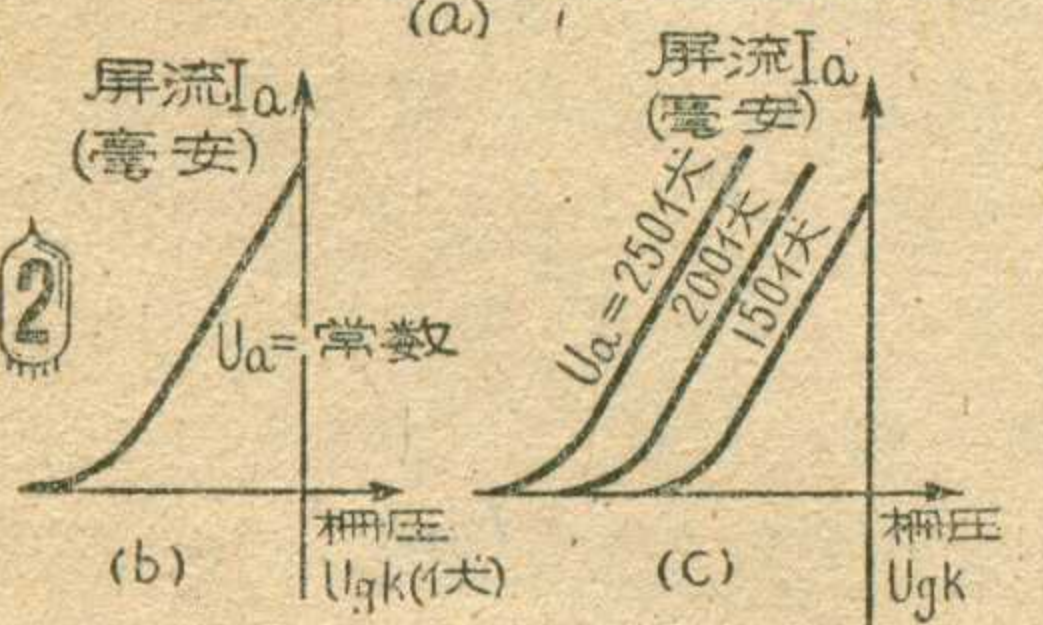
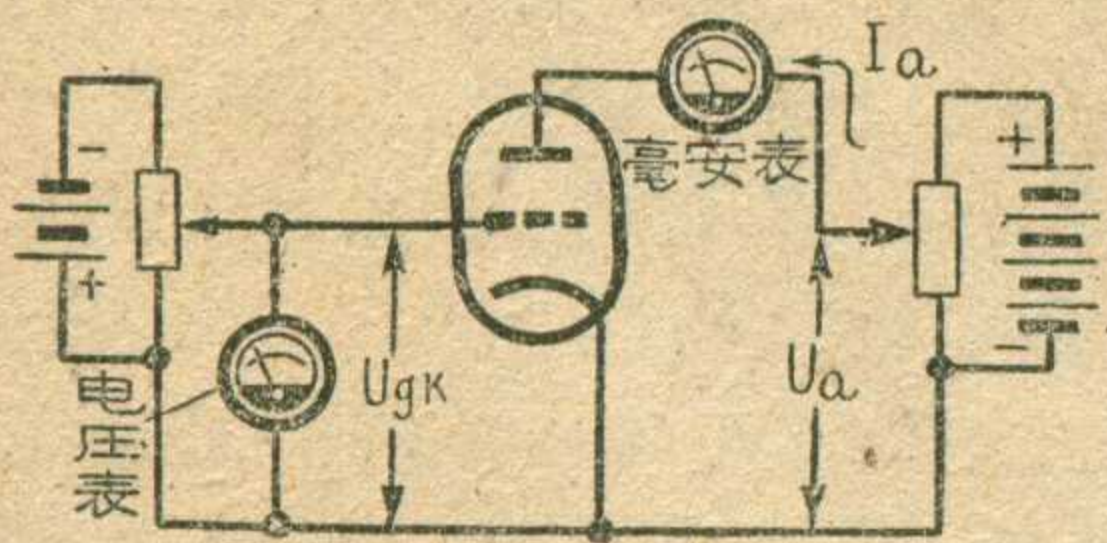
为了大家容易明了起见，我们先来看看图3a所画的电路。在这个电路中，电子管的屏极直接接到电源上，因此屏极电压恒等于 E_a ，在栅极上除了加上一个固定的负偏压 E_g 以外，还加有一个不大的交变信号电压 $U_{g\sim}$ ，这时电子管栅极上的总电压 U_{gk} 随着交变电压 $U_{g\sim}$ 改变，而且在任何时刻都是负的（见图3b的下部）。

由于屏压 U_a 恒等于 E_a ，所以栅压和屏流就一定满足 $U_a = E_a$ 的那条静态特性曲线，因此利用这条曲线就可以确定栅极电压变化时屏流是怎样

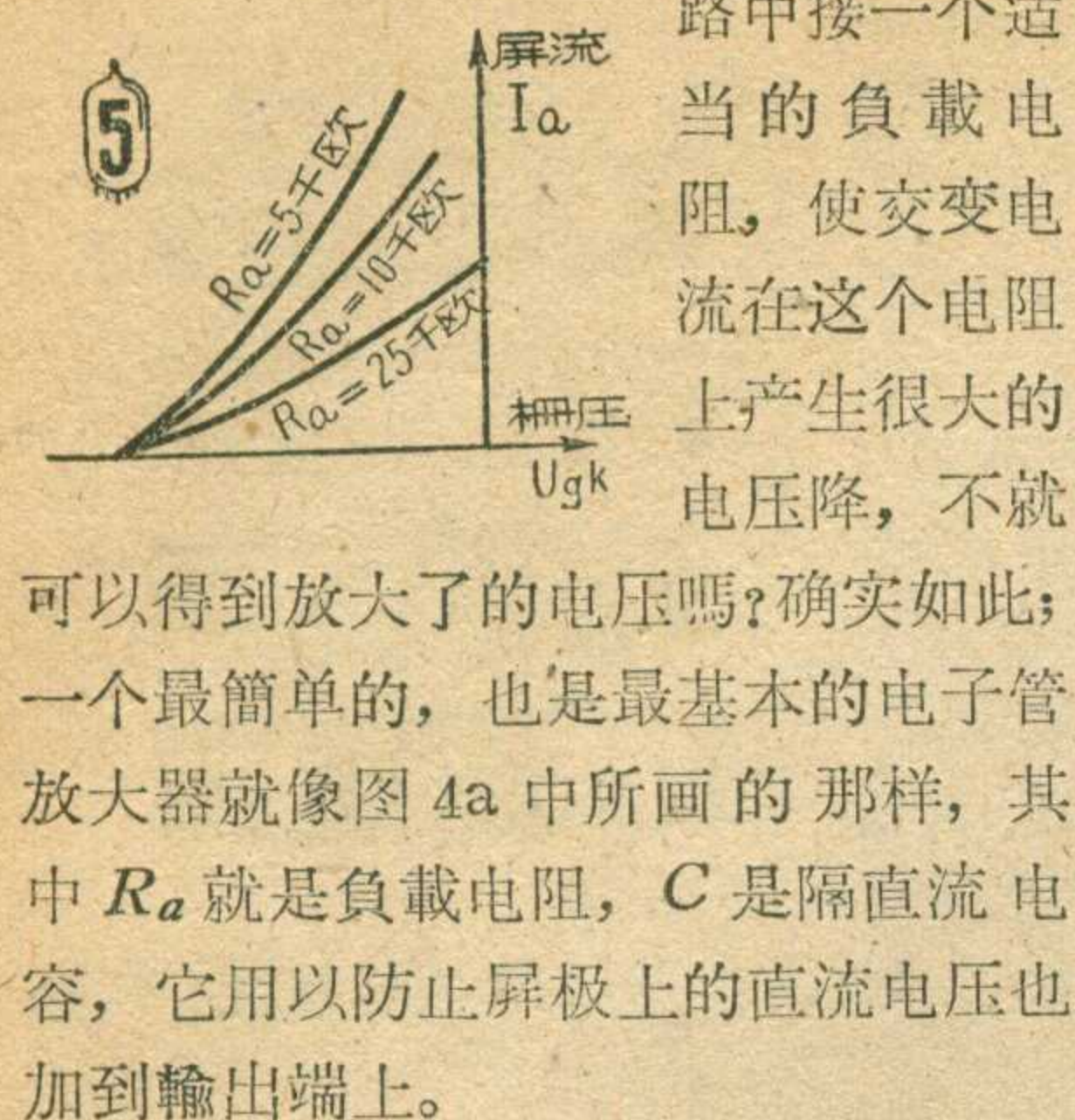


变化的。在图3b的横坐标下面画着不同的时刻 t 的栅极电压，纵坐标右面是相应的屏流变化。由图中可以看出，没有加上交变电压时，栅极电压就等于栅偏压（图中的1、2部分），而屏流也是一个常数，等于 I_{a0} （图中的1'2'部份）， I_{a0} 叫做静止电流。加上交变分量 $U_{g\sim}$ 以后，栅压开始变化，屏流跟着发生改变，在栅极交变电压的正半周，屏流增加（因为这时栅极对电子的拒斥作用减弱），在负半周，屏流减小（因为栅极对电子的拒斥作用增强）。只要特性曲线的 AB 部份接近于直线，那末屏流的变化就和栅压的变化成正比。这样在栅极上交变电压的作用下，屏流中除了直流分量 I_{a0} 以外，又出现形状和输入信号电压 $U_{g\sim}$ 相同的交变分量 $I_{a\sim}$ 。

上述现象使我们想到，既然栅极上不大的交变电压能够在屏极电路中引起显著的交变电流，那末在屏极电



5



路中接一个适当的负载电阻，使交变电流在这个电阻上产生很大的电压降，不就可以得到放大的电压吗？确实如此；一个最简单的，也是最基本的电子管放大器就像图 4a 中所画的那样，其中 R_a 就是负载电阻， C 是隔直流电容，它用以防止屏极上的直流电压也加到输出端上。

下面我们来看看图 4a 所示的最基本的放大电路中所发生的过程。在表面上看来，它不过只比上面所讨论的电路多了一个负载电阻 R_a ，但是实际上这个电路却要复杂得多。在图 3a 中，由于屏极直接接电源，因此无论屏流怎样改变，屏压是不变的。然而在现在的电路中，屏压 $U_a = E_a - I_a R_a$ ，屏流的任何变化都会使屏压改变：屏流增大，屏压就降低；屏流减小，屏压就升高。这样，在栅极电压变化的同时，电子管的屏压也将发生变化，而这就使我们不能像以前那样用某一条静态特性曲线来确定由栅极电压的变化所引起的屏流变化是怎样的。例如，栅极上没有加交变电压时，屏极电压为 U_{a0} ，那末这时屏流和栅压应该满足 $U_a = U_{a0}$ 的那条特性曲线（Q 点），如图 4b 所示。在交变电压的正最大值时，由于屏流增加，在电阻 R 上的电压降增加，所以屏压降低为 U_{a1} ，因而这时的屏流就不应在 $U_a = U_{a0}$ 的曲线上确定，而应在 $U_a = U_{a1}$ 的特性曲线上确定（图 4b 中的 A 点）。由此可见，栅压为不同值时的 I_a 应在不同的 U_a 的静态特性曲线上去找。这样我们可以得到一条通过 Q 点和 A 点的曲线 BQA，这条曲线表示电子管屏极电路中接有负载电阻 R_a 时，屏流和栅压之间的关系，叫做电子管的屏栅动态特性曲线。它和 R_a 的大小有关， R_a 越大，它的斜率越小，越靠近横轴，如图 5 所示。

利用动态特性曲线就不难确定图 4a 的电路中栅压改变时，屏流是如何变化的。由图 4b 可以看出，在栅极交

变电压的正半周，屏流增大；负半周，屏流减小。这个脉动的屏流流经负载电阻 R_a ，在 R_a 上产生了脉动的电压降 $U_R = I_a R_a$ ，因此屏极上的电压也是脉动的，包含一个直流分量 U_{a0} 和一个交变分量 $U_{a\sim}$ 。而 $U_{a\sim}$ 通过电容 C 加到输出端上作为输出电压。这样，只要把 R_a 选得足够大，在图 4a 的输出端就可以得到一个比输入电压 $U_{g\sim}$ 大得多的交变电压 $U_{a\sim}$ 。

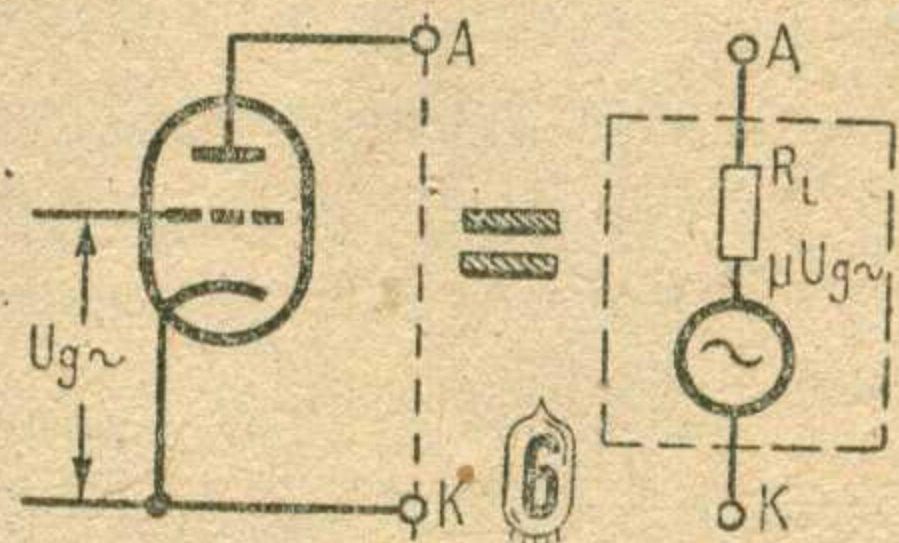
输出电压和输入电压的比值 K 叫做放大器的放大系数：

$$K = \frac{\text{输出电压}}{\text{输入电压}} = \frac{U_{a\sim}}{U_{g\sim}}$$

它说明输出电压为输入电压的多少倍。一般地说， R_a 愈大，放大系数就愈大。

3 电子管的交流等效电路， R_a 对放大系数的影响

一开始我们就谈到，屏压对屏流也有一定的影响。当栅压保持不变时，屏压越高，屏流就越大。因此如



果屏压变化的话，屏流随着改变，而且屏流的变化量和屏压的变化量成正比。从这里我们可以看出，电子管在这种情况下，对交流分量来说就像是一个电阻，事实上这就是电子管的内阻 R_i 。然而在放大器中不能这样简单地把电子管仅仅看成是一个电阻，因为栅极上还加着交变电压 $U_{g\sim}$ ，这个电压就像一个发电机那样在屏极电路产生交变电流。大家知道，栅压对屏流的影响为屏压对屏流的影响的 μ 倍。这里 μ 是电子管的放大因数。设一个电子管的 $\mu = 20$ ，这样，如果在栅极加一个交流电压 $U_{g\sim}$ ，能在屏极中产生振幅为 1 毫安的交流电流，那末，如果把 $U_{g\sim}$ 不接在栅极而直接接在屏极电路中，屏极中产生的交流电流振幅就只有 $1/20$ 毫安了。要想使交

流屏流的振幅仍为 1 毫安，屏路中所加的交流电压就应当增加大到 $\mu U_{g\sim} = 20 U_{g\sim}$ 。

由此可见，加到栅极的交流电压 $U_{g\sim}$ 在屏路中造成的交流屏流，正等于把一个 $\mu U_{g\sim}$ 的交流电压发生器接在屏路中一样。

从上面的分析可以知道，如果不考虑电子管中的直流分量而只考虑电子管对交流分量的作用，那末电子管相当于一个发电机 $\mu U_{g\sim}$ 和一个电阻 R_i 串联，如图 6 所示。这个电路就是电子管的交流等效电路。当然，各电极上的实际电流和电压，是交流成分再加上各极原有的直流电压或电流。但是，这些直流电压或电流的目的，仅在于配置电子管在特性曲线上的工作点，而放大作用则表现在交流成分。所以等效电路内只考虑交流成分而不考虑直流成分。

将图 4a 中的电子管用它的等效电路代替，就得到这个放大器的交流等效电路，如图 7a 所示。由图中看到，输出电压 $U_{a\sim}$ 实际上就是 $\mu U_{g\sim}$ 通过内阻 R_i 和 R_a 所组成的分压器在 R_a 上所分到的电压，根据欧姆定律，流过 R_a 的电流为

$$I_{a\sim} = \frac{\mu U_{g\sim}}{R_i + R_a}$$

那末电阻 R_a 上的压降等于

$$U_{a\sim} = I_{a\sim} R_a = \frac{\mu U_{g\sim}}{R_i + R_a} \cdot R_a$$

这样，放大器的放大系数就等于

$$K = \frac{U_{a\sim}}{U_{g\sim}} = \frac{\mu R_a}{R_i + R_a}$$

从这个式子中我们看到，放大系数不但和所用的电子管的参数有关，（ μ 越大，放大倍数越大），而且还和 R_a 的大小有关。 R_a 越大，放大系数就越大。这是很明显的：因为 R_a 大， R_a 上分到的电压 $U_{a\sim}$ 也大了。（下转第 2 页）

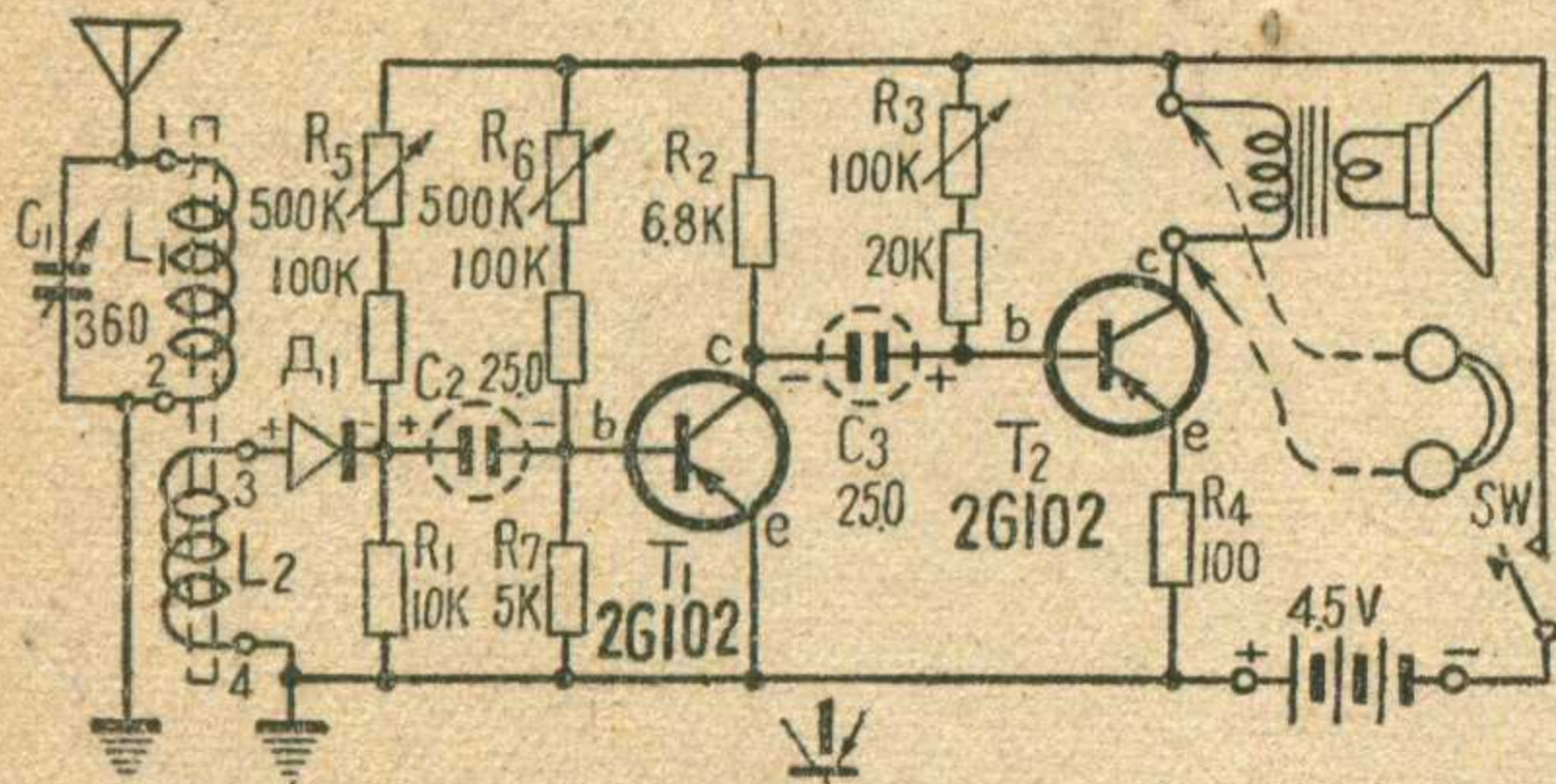
两級低放的晶体管收音机

· 李 怀 中 ·

本文给大家介绍一架有两級低放的晶体管收音机。它用晶体二极管 D_1 检波，并用两个晶体三极管2G102作两級低頻放大。虽然結構简单，但效果却很良好。在北京用普通的天綫就能用揚声器在中等大小的房間內滿意地收音。如果用耳机，在戶外只要用一根两、三米长的天綫就能收听。本机需要的电流总共只有3毫安，用三节手电筒电池（共4.5伏），就可以用几个月到一年。

一、电路說明

綫路见图1。 L_1C_1 为調諧輸入回路。由它输出的高頻信号由 L_1 耦合到 L_2 ，经过二极管 D_1 检波后，从負載电阻 R_1 上取出的低頻信号，經电容器 C_2 輸入三极管 T_1 的基



极，被它放大后，再經過 C_3 交連到三极管 T_2 ，作第二級放大，最后由揚声器放出声音。

T_1 、 T_2 用的是2G102型晶体管，用其它2G型的或 Π_6 型等也可以。两級低放都装成共发射极电路。可以得到較大的电压放大和功率放大。

电位器 R_5 串联一个100千欧的电阻接到二极管 D_1 的負端，是用来調节它的偏压的，因为二极管在0.1伏附近的小正向电压下，檢波效率最高。

电位器 R_6 和 R_7 組成一个电源分压器，使基极有一个相当稳定的电位，以稳定晶体管的工作点。

按照阻抗匹配的要求，綫圈 L_2 的阻抗应当和晶体管 T_1 的輸入阻抗匹配。因为对于交流來說，25微法的电解电容器 C_2 接近于短路，可不予考虑；另

外， $R_1=10$ 千欧， $R_7=5$ 千欧，比起 T_1 的700欧的輸入电阻和綫圈阻抗來說，都可以认为是断路。这样信号正半周时，图2(a)这部分电路可簡化为图2(b)的等效电路。这时为了取得匹配， L_2 的圈数就不能太多，在磁性天綫上繞十几圈即可。否則圈数太多了，輸入信号的功率反而减小。

R_2 是第一級放大器的負載。它要选在本級輸出电阻和下級輸入电阻的两数值之間。本电路中选用6.8千欧，以求匹配，一般可在5~10千欧范圍內选取。 R_2 不宜过大，否則杂散电容过大，也是不利的。

电位器 R_6 、 R_3 是用以选定合适的工作点。与它們串联的电阻，是保护电阻，用以避免調节时电流过大。

电阻 R_4 是电流負回授电阻，用途是补偿晶体管因溫度变化而引起的工作状态的变化，使工作稳定。

两級放大电路之間最好用变压器耦合，让它的初級阻抗与前級管的輸出阻抗相等，次級阻抗与后級管的輸入阻抗相等。这样可取得良好的匹配。不过如感到繞变

压器不方便的話，就可以用本电路中的电阻耦合方式。

末級的負載是揚声器，一般需要通过輸出变压器来匹配。輸出变压器初級阻抗应等于末級的負載，对2G102而言，用4.5伏电源时，可算出大致为135欧；次級阻抗应等于揚声器的音圈阻抗。

二、装配

找一块 6×8 平方厘米的胶木板或薄木板，按图3的样子打孔，用空心鉚釘在板上鉚上十个焊片，再把零件焊接在焊片上，这样做成的架子，体积又小，又便于装拆。这个架子也可以用两个普通的4眼接綫架代替。

調諧綫圈 L_1 和次級綫圈 L_2 紧挨着繞在一根4.5厘米长的 M_4 型磁性天綫棒上。 L_1 用28号漆包綫繞51圈，头1，尾2。 L_2 用26号漆包綫繞13圈，头3，尾4。

按图4(a)

(b)(c)的

步骤，先

将磁棒裹

上一二层

絕緣綫，

再开始繞

綫。綫头

綫尾用小

絕緣綫条

把它束紧

即可，繞成后如图4(d)所示。值得提醒的

是千万不要用銅綫做一圈圓环扭紧在磁棒

上来固定綫头，或者固定磁棒，因为这种

短路圓环实际上也是調諧綫圈 L_1 的次級

綫圈，它会吸收相当多的能量，以致大大减

弱了 L_2 綫圈里感应信号的强度。

在焊接晶体管的时候必須特別小心，

我們一定要严格遵守生产单位对焊接管子

提出的一些要求，比如2G管焊剂熔点不得

大于 150°C ，焊接時間不得超过3秒钟，

引綫弯曲不得近于管壳10毫米等等。因为

晶体管只有在正常使用条件下，才会得到

好的性能和长的寿命，否則粗心大意，毛

手毛脚很可能发生弄坏管子、燒毀管子、

扭松引綫等情况。2G型晶体管的三根引綫

里面（见图5a），中間一根是基极引綫

(b)；靠近它的是发射极引綫(c)；离它远

些的是集电极

引綫(c)，不能

搞錯。最好是

把电路其它部

分都焊好之后，

再焊接晶

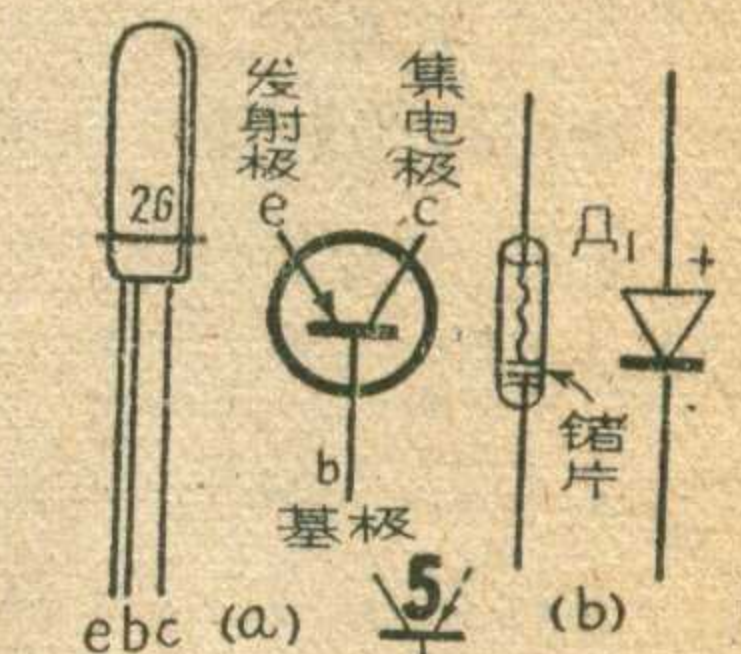
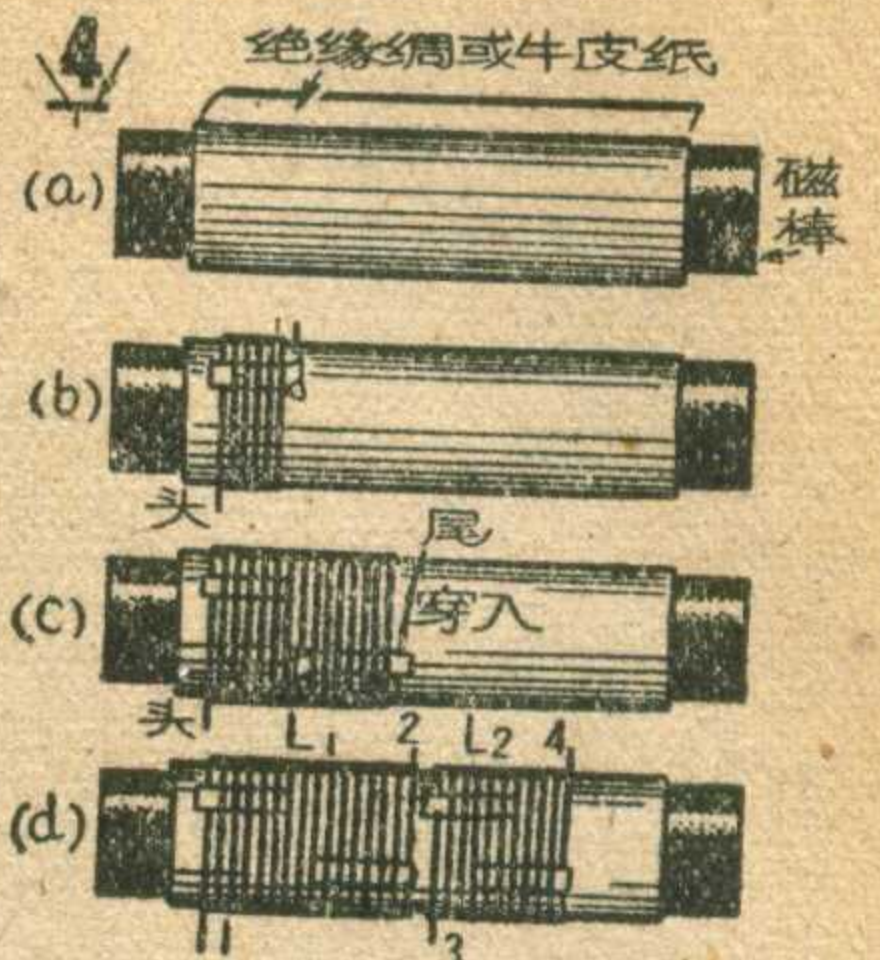
体管，焊的时

候一定要用一

把鉗子夹住管子的引綫，在三秒钟以內

迅速焊完。鉗子能帮助散热，使得多余的热

量不致于窜入管内。



三、調整

全机装好，經仔細檢查无誤后，即可进行調試。把 R_3 、 R_5 、 R_6 上的三个电位器旋到最大。接上电池和揚声器。用天綫头触碰 T_2 的基极，应该听到輕微的“喀喀”声，表示第二級有放大作用。再触碰 T_1 的基极，会有更大的“喀喀”声，然后把天綫接到諧振圈 L_1 的1头，調节电容器 C_1 即可收到电台播音。接下来分別緩緩調节电位器 R_3 和 R_6 ，找到音量最大、音质最好的位置。电位器 R_3 、 R_6 、 R_5 的位置选定后，分別測知它們的阻值，就可以用三个固定电阻換入电路，（下轉第13頁）

装制晶体管收音机的几点体会

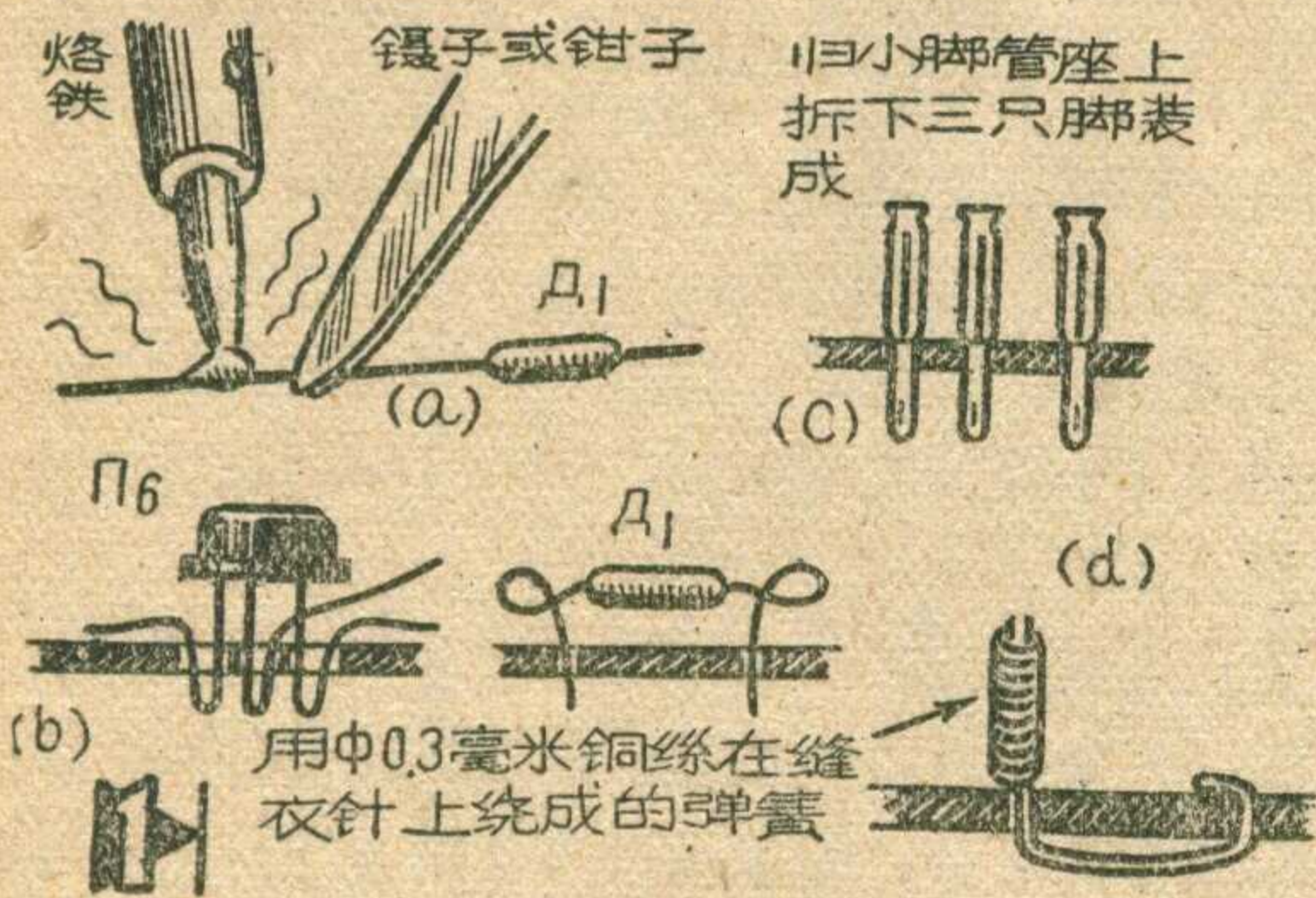
· 楊 名 甲 ·

在装晶体管收音机的时候，往往会遇到一些小型元件，一不小心会损坏它们，或是得不到良好的效果。下面介绍几点体会供大家制作中参考。

1. 如何焊接晶体管？

焊接晶体二极管或三极管的引线时，必须防止热量传入晶体管内部损坏晶体管。最好事先将电路上要焊接的地点刮光吃锡，将引线尾端用砂纸打光也吃上锡，然后用尽可能快的速度焊上，最好一次成功。使用的电烙铁不要超过45瓦，烙铁头最好锉成四棱尖锥。当焊锡充分熔化，流动性很好时再动手焊。焊接时一定要用钳子或镊子等工具夹住引线近焊点处，如图1(a)，帮助散热。

晶体管的引线不要剪短，对保护晶体管有好处，既有利于散热，又可避免装拆次数过多引线弄折时不致过短。如嫌引线过长，建议按图1(b)办法弯曲后装接。

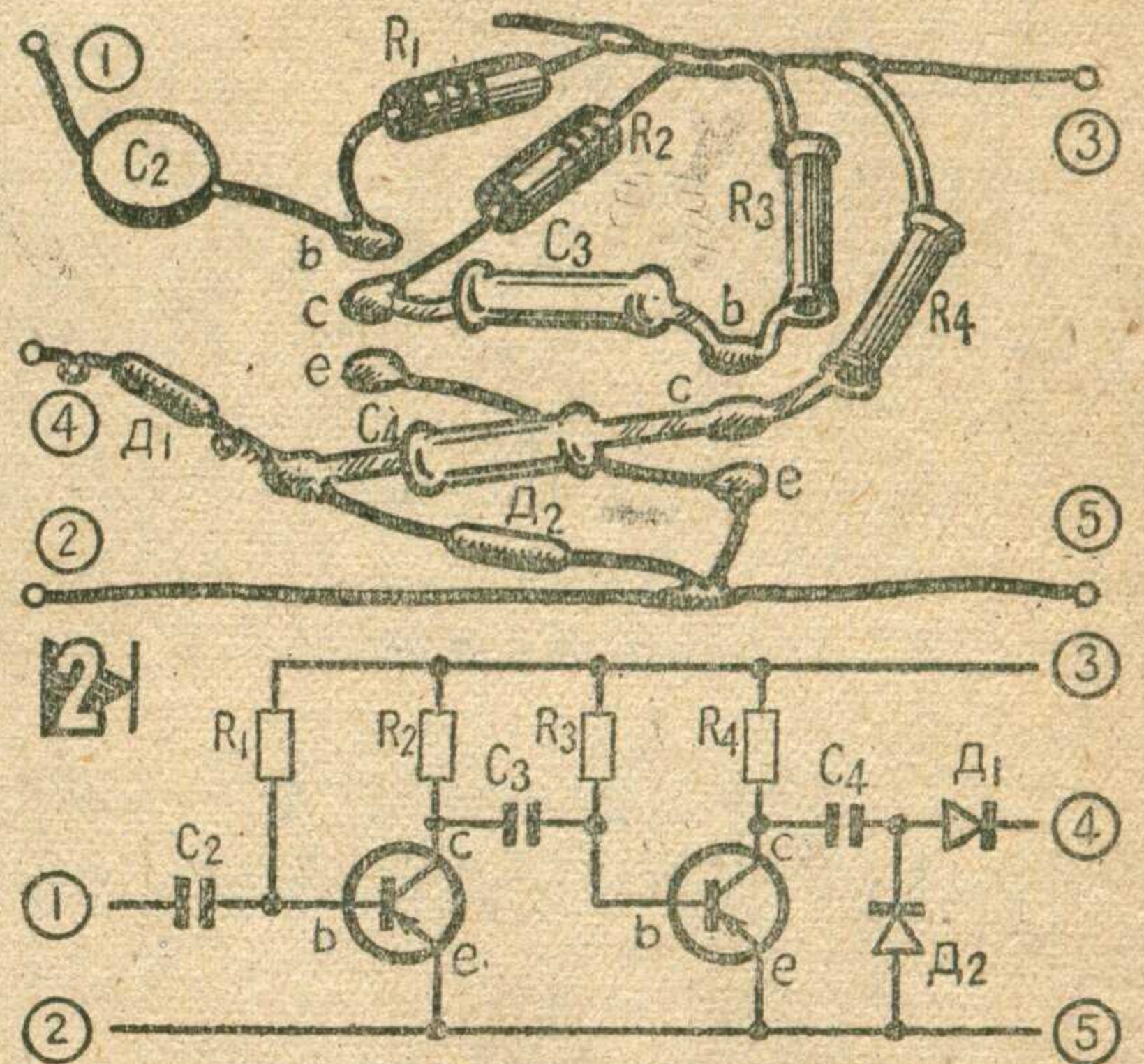


2. 晶体管的临时接线方法

晶体管不同于电子管，即使是同一型号的晶体管，它们的特性也有差别。因此换用新晶体管时，电路中的元件（如偏流电阻等）的数值也要更换。特别是在新装时，为了选择几只晶体管中效率最高的一只，或是由于要考虑如何安排它们的位置（哪一只放在前级，哪一只在后级），都可能装拆多次，但它的引线是焊接的，不像电子管插上拔下就行了，这样多次焊接装拆，容易使晶体管遭到损坏。因此建议按图1(c)、(d)方式，事先在底板上钻几个孔，装上临时插孔作为管座，这样插接极为方便，对晶体管没有损伤。待设计定局后再焊接好。

3. 临时接线底板的应用

当选好基本电路以后，各项元件（特别是电阻和电容）的数值还有待于进一步实验才能定下来。如果未经实验而贸然装上，就不一定能得到最好的成绩。所以建议事先用一块地位较宽敞的纸板做临时底板，如图2。偏流电阻可以多换几只，拣取最满意的定下来。电容器也经试换选定合适的数值。到全部元件选定后装到正式底板上去的时候不要再行更换，因为即使是同一型号和



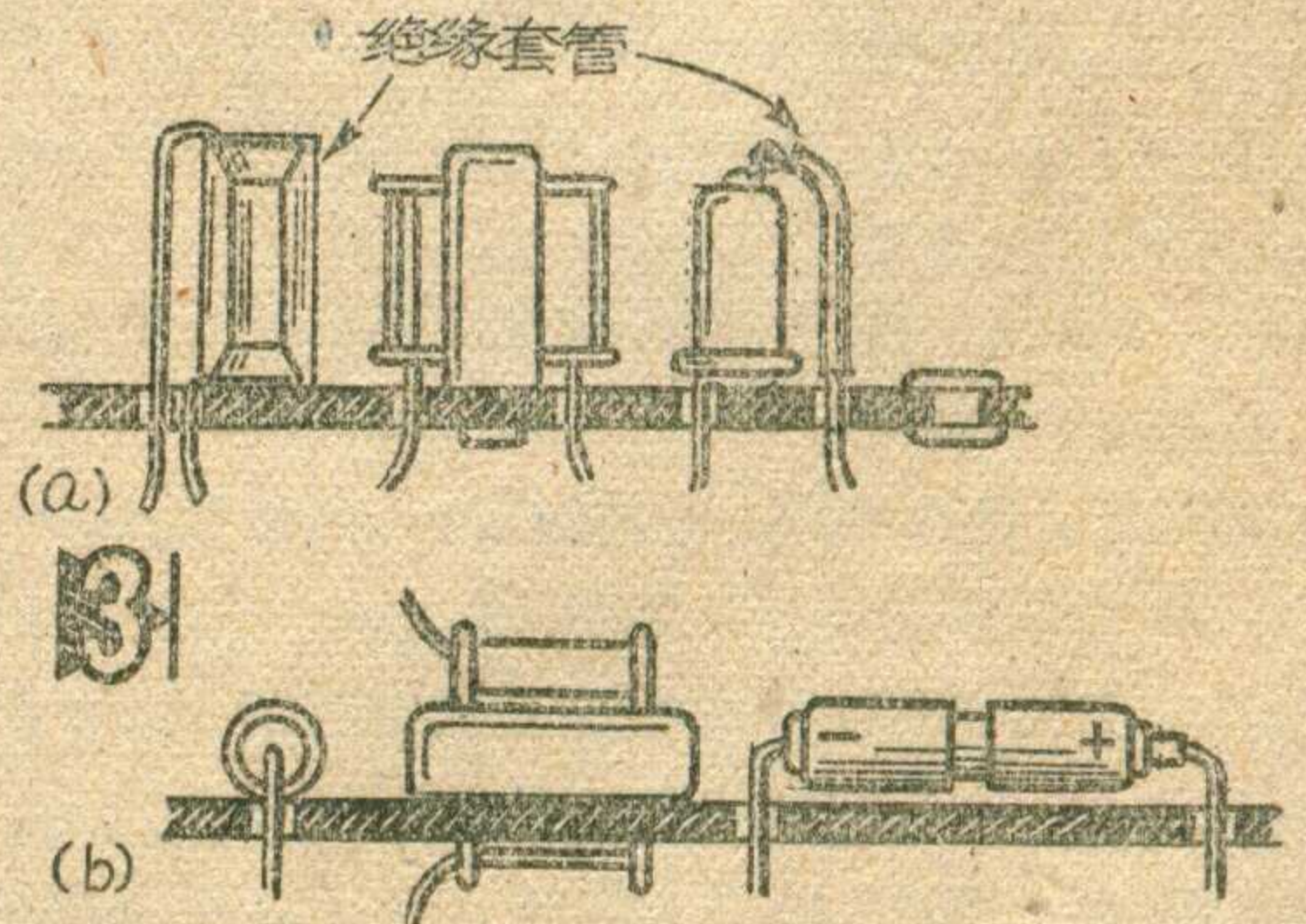
数值的元件，性能也有差异，将影响效果。

临时试装时，可用一般收音机上用的大型25微法电解电容器暂代小型电解电容器，以免弄断小型电容器的引线。图2是在一个两级高放和倍压检波的电路和在临时纸底板上接线的情况，供作参考。

4. 小型元件的安装

要缩小整机体积，关键在于充分利用机壳内的空间。因此在稍大一些的机壳中，可用竖装零件的方式，如图3(a)。如使用耳塞机的袖珍式晶体管收音机，可将零件横着放置，如图3(b)。

机内的电阻、电容等元件的裸露部分宜套上塑料管绝缘，以免相碰短路。如有透明套管，能够看到元件数值，则更为理想。在底板上可用 $\phi 2\sim 3$ 毫米铜质空心铆钉预先安排一些焊接汇合点，使得焊接既牢固又美观。



(上接第12页) 以代替它们。最后是改变 L_2 ，找到音量最响亮的圈数，以及增减 L_1 圈数，以收到550~1500千赫波段内的主要电台。上述的调试步骤中，电阻 R_3 、 R_6 大小的挑选是必要的，因为同一型号的晶体管，它们的特性也不能保证完全一致。仔细调整才能尽可能地发挥晶体管的作用，使收音机处于最佳工作状态。

一、三极管的品种和型号

三极管的品种是很多的。就内部结构而论，有单三极管和含三极管的复合管两类。后者包括双三极管、双二极三极管、三二极三极管、三极五极管和三极七极管等等。依特性参数来划分：大致有 $S \geq 5$ 毫安/伏的高跨导三极管、 $S = 2 \sim 4.9$ 毫安/伏的中跨导三极管和 $S < 2$ 毫安/伏的低跨导三极管；有 $\mu \geq 50$ 的高放大因数三极管、 $\mu = 10 \sim 49$ 的中放大因数三极管；有内阻 $R_i > 15$ 千欧的高内阻三极管、 $R_i = 2 \sim 15$ 千欧的中内阻三极管和 $R_i < 2$ 千欧的低内阻三极管等等。

需要说明：本文所讨论的仅限于接收用交流式三极管；并着重从甲₁类电压放大工作状态方面考虑它们的选择和应用问题。

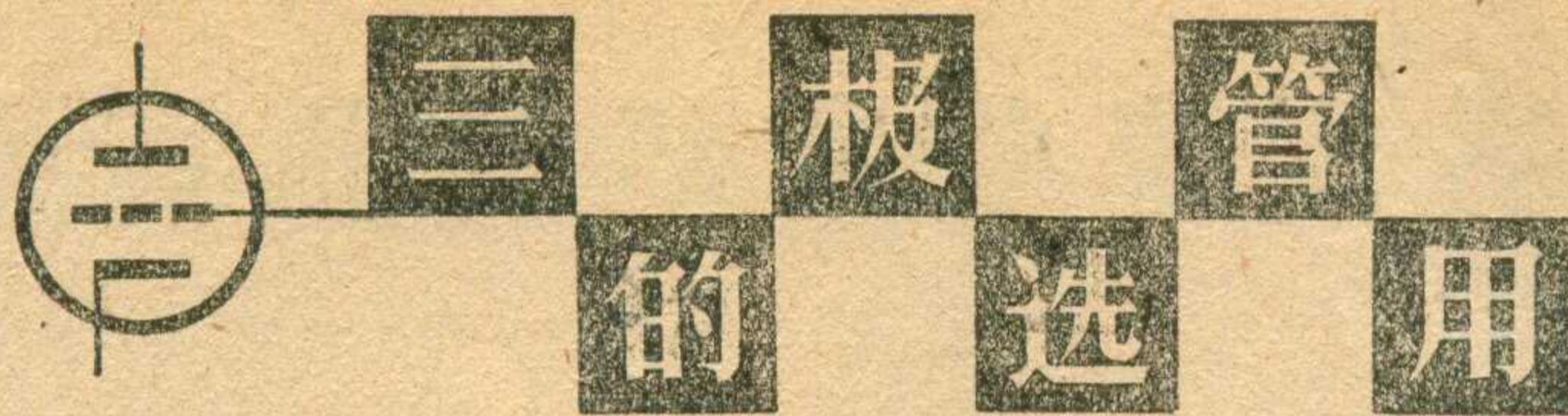
二、选用三极管的一般准则

由于三极管品种繁多，加以各种无线电设备电路结构、性能和对它们提出的要求各有不同，在选用三极管时必须结合具体情况综合考虑，以求合理和得到最好的效果。总的说来，大致可以将下面六点作为选用的一般准则。

1. 从特性参数方向考虑

重点考虑跨导 S ：在选择三极管时，一般应首先以 S 为重点来考虑。 S 在各特性参数中占有首要地位。在极大程度上它是决定三极管品质高低的指标。一方面， S 越高，三极管的品质因数 G 也越高 (G 是 S 和 μ 的相乘积)，从而三极管的品质也越高。另一方面， S 越高，三极管的等效噪声电阻 R_{eq} 越低 (这可以从近似式 $R_{eq} = 2.5/S$ 中看出)。在选择三极管时，尽可能要求它具有高 G 和低 R_{eq} 显然是肯定的；这当然只有从 S 的高、低中去寻求答案了。

例如，在调频制超外差式收音机和电视接收机里，高频部分都工作在超高频频段 (30~300兆赫)，为了提高灵敏度和减低噪声电平，就必须提高信号噪声比，也就有必要应用高 S 三极管，如 6N3 之类，来作高频放大和变频等工作，这是因为高 S 三极管有着比多极管低得多的 R_{eq} 。在具有多级放大的优质低频放大器，尤其是在电影录音用的低频放大器中，为了尽可能地减低放大管内部噪声电平和谐波失真也必需应用高 S 三极管担任前几级放大工作 (有时也容许用 S 接近 5 毫安/伏的中 S 三极管)，尤其是在第一级放大中。在一般超外差式收音机里，为了减低本机振荡级的噪声，也常用高 S (或中 S) 三极管作振荡管 (如 6U1 的三极管)。在简单



—刘同康—

收音机里，如果不是为了着重提高增益，用高 S 三极管担任再生式栅检波管也是十分相宜的。这样可使工作稳定，并减低噪声电平。

重点考虑放大因数

μ ：在有些场合里，必须以 μ 为重点来考虑三极管的选择问题。处于同一屏极负载阻抗下，用高 μ 三极管能获得比用中 μ 三极管大得多的增益，因而我们有必要根据不同的实际需要，选择具有适当 μ 的三极管。必须指出，如果有两个或两个以上的三极管都能入选时，就应该选用其中 S 较高的一个，因为它的 R_{eq} 必然比其他的要低，对工作是有利的。

例如，在一般超外差式收音机里，为了使一级低频放大有足够的增益，往往选择双二极三极管，如 6G2 (6Γ2Π—K) 等，以它的高 μ 三极管担任低频放大。同时利用它的双二极组担任检波和自动增益控制电路的整流工作。这对电路结构的全局来说，也是十分合理而有利的。

由于在考虑 μ 的同时还需要考虑到 S 的缘故，在收音机里也还可以选用高 μ 双三极管 6N2 (6H2Π) 等，以它的一个三极管组作低频放大，而将另一个三极管组改接成二极组作检波。这就是考虑到 6G2 等和 6N2 等两类三极管虽然具有十分接近的 μ ，而后者的 S 却比前者的高，对工作更有利。

重点考虑内阻 R_i ：以 R_i 为重点来考虑选择三极管的问题，一般是在以三极管代替功率三极管担任低频功率放大工作的场合。为了获取必要的输出功率和可能低的谐波失真，所选择的三极管必须是内阻 R_i 较低，并具有比较大的屏极最大耗散功率 P_a 的。

高 μ 三极管一般具有高 R_i ，而它的 P_a 却比较小；中 μ 三极管的 R_i 则一般比较低，而 P_a 却比较大。显然后者对功率放大工作是比较能够胜任的。电子管噪声问题在功率放大级里不是一个重要问题，这时只要按中 S 、中 μ 的要求来选择就行了。

例如，我们把一系列的中 S 、中 μ 三极管的特性参数加以对比，便可知道有 6N1、6N8P 等三极管是符合对功率放大管的要求的。为了获得更大一些的输出功率，还可以将这些双三极管的两个三极管组接成并联应用；或组成推挽式电路，以减少谐波失真。

2. 从产品等级方面考虑

三极管等产品往往分有若干等级，以适应不同对象的需要。以我国生产的三极管等为例，大致有：特、通、民、试、业余等几种 (一般都在玻璃泡上印有相应的字样)。

对一般要求比较高的无线电设备，如超外差式收音

机、优质低频放大器等，有必要选择“通1”级的三极管产品。在一般业余自行装配的简单收音机里，可以选择“业余”级的。

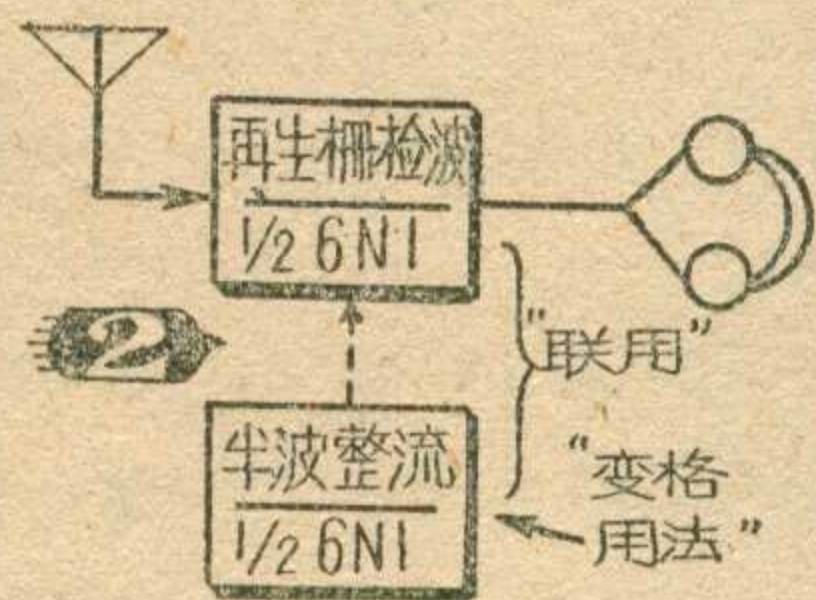
如果在业余无线电实验中需要用双三极管组成推挽式放大级时，由于电路的两臂必须保持平衡，仍有必要选择“通1”级的产品，因为它的两个三极管间的对称性更比较可靠些。

3. 从各电极电压、电流等的额定值和应用值方面考虑

每一种型号的三极管的热丝极都有它一定的最大和最小电压、电流额定值；栅极有一定的最小偏压额定值，屏极则有一定的最大电压、电流和耗散功率额定值。为了便于应用，并保证根据不同需要获得最佳的效果，各种型号的三极管都还有一组或几组典型应用值。在应用上就是根据这些应用值来确定最合需要的 S 的（当然有时还用来确定 R_i ）。这是因为在不同的应用值时会有不同的 S （和 R_i ）的缘故。至于 μ ，它和典型应用值和额定值都几乎无关，它只取决于三极管中各电极的几何尺寸。

如果有必要，也允许不完全按照典型应用值应用，而将三极管的某些电极的电压、电流适当改变。但必须注意：热丝极电压不得超出额定值，而只容许在应用值的 $\pm 10\%$ 的范围内变动；栅极偏压不得为正；屏极电压、电流的相乘积不得超过屏极最大耗散功率额定值，以免三极管受到损坏和缩短寿命。

当然，实际上也有个别的例外。用双三极管 6N1 的一个三极管改接成二极管担任半波整流就是一个例子。



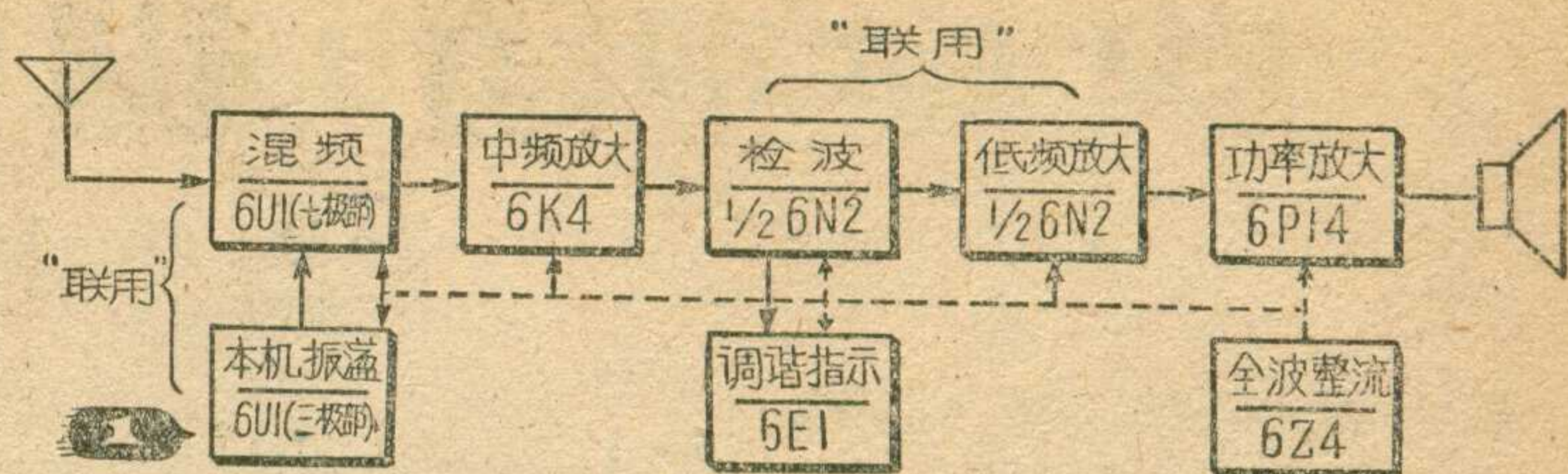
4. 对三极管“联用”问题的考虑

由于含三极管的复合管里有两个或两个以上的电极组，在应用上就必须对各个电极组的“联用”问题加以合理解决。

为了合理解决“联用”问题，一般应尽可能地把“联用”的牵涉面缩小，最好把电路中前后紧接的两级接成“联用”。

例如，在一般超外差式收音机中，以 6U1 (6И1П) 的三极管用作本机振荡，七极组作混频；以及用 6G2 的三极管或 6N2 的一个三极管作为低频放大，而用 6G2 的双二极管或将 6N2 的另一个三极管改接成二极管作检波，都是根据这个原则来处理的（如图 1）。

当然，如果把一个含三极管复合管的一个电极组安排在电路的第一级中，又把另一个电极组安排在第三级



或其它级里也是容许的，但是由于电路接线的增长，可能引起种种不良后果，必须采取有效措施加以防止。

在解决内部合用一个阴极的含三极管复合管的“联用”问题时，还有必要注意到各极组的栅极偏压是否一样，并作出适当的处理。

5. 对三极管“变格用法”的考虑

为了适应需要，三极管可以改接成二极管，例如将栅极接到屏极来使用。这就是三极管的“变格用法”。“变格用法”一般有两种：（1）用作二极管检波管；（2）用作半波整流管。

例如，在一般超外差式收音机里，常用 6N2 的一个三极管作低频放大，另一个三极管改接成二极管作检波；后者就是一个“变格用法”的实例。在将 6U1 的七极组用作中频放大的同时，它的三极管也可以“变格用法”改接成二极管作检波。在一些“少管多效”的简单收音机中，双三极管的一个三极管常用作再生式栅检波；而另一个三极管则以“变格用法”改接成二极管作半波整流，如图 2。这种“变格用法”必须首先考虑到选择阴极与热丝极间耐压 U_{k-h} 比较高的（例如 200~250 伏）的三极管，以免在整流输出 200 伏左右的直流电压时，阴极与热丝极间的绝缘遭到破坏。这就是为什么一般都选择 U_{k-h} 为 ± 250 伏的 6N1 或 6N8P 双三极管的主要原因（其他三极管的 U_{k-h} 都只有 ± 100 伏左右。）

为了保证“变格用法”的三极管在作半波整流时输出足够的直流电压和电流，而且不致因屏极最大耗散功率过大而遭受到破坏，有必要把靠近阴极的栅极上的电流加以限制，而在栅极接到屏极的电路中接入一个限流电阻（500~1000 欧），并设法使屏极交流供给电压不超过 200 伏，直流输出电流不超过 20 毫安。

6. 对三极管“不完全用法”的考虑

在含三极管复合管中，双二极管三极管常采取“不完全用法”：只用其中的三极管，而把其他的极组直接接到阴极或根本空着不用。在简单的低频放大器里往往用 6G2 (6Г2П-К) 的高 μ 三极管作一级低频放大时情况就是如此。

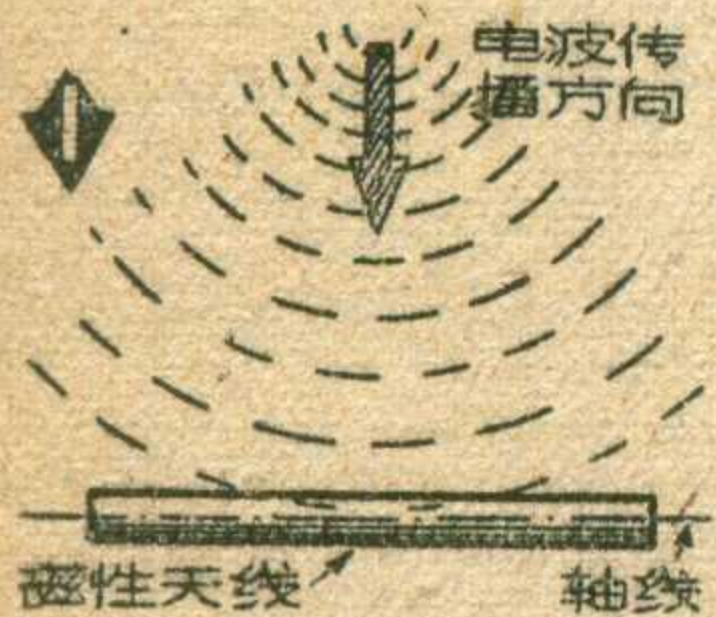
这种“不完全用法”虽然没有像处理“联用”问题那样能够充分利用并发挥每一个极组的作用，但仍然有采用的价值。因为像 6G2 之类双二极管三极管的两个二极管都和三极管合用一个阴极，（下转第 22 页）

收音机的磁性天线

丁启鸿

磁性天线是把收音机输入回路的调谐线圈绕在高频磁性材料的磁棒上制成的。这样利用磁棒高导磁率的特性，使接收信号的交变磁力线集束地通过磁棒，同时也就通过上面所绕的线圈，因此线圈中感应的电压就比线圈中没有磁棒时大得多。就天线效率来说，磁性天线和一般的环形天线差不多，但它的体积要比环形天线小得多，因此在各式收音机中广泛地被采用。

磁性天线和环形天线一样有显著的方向特性，当磁棒的轴线和电波传播方向垂直，且与交变磁力线平行时，接收到的信号最强(图1)，因此

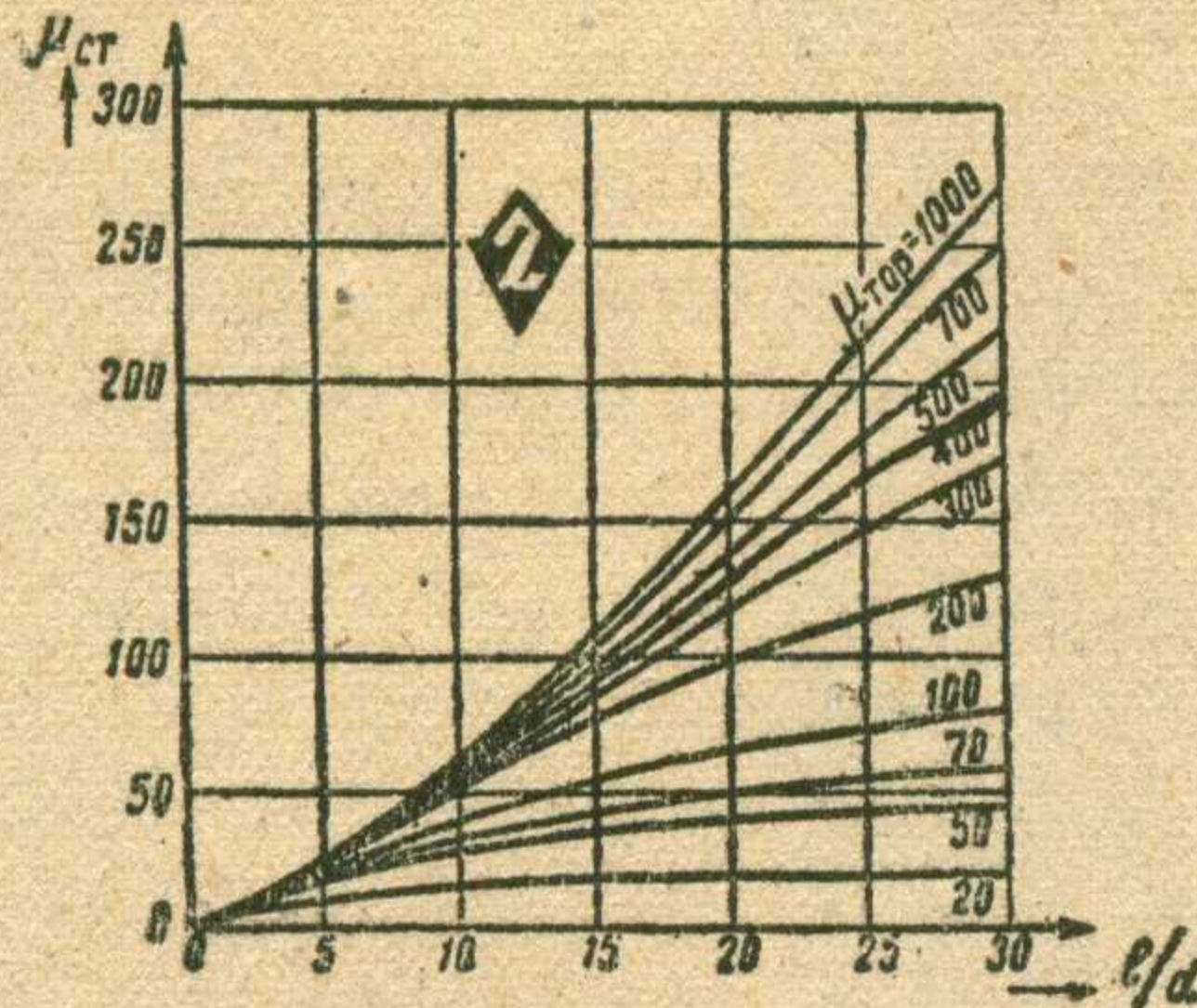


收音机使用了磁性天线以后，能有效地改善信号杂音比。在高级收音机中有意地来增强这种特性，把天线做成可以任意转动的，根据欲收信号的方向，将天线的轴线调得和此信号传播方向垂直，这时收音机的音量最大，但干扰信号不一定和要收的信号在同一个方位上，因此进入收音机的干扰电压就相对地减弱。

磁性天线用的磁棒一般用锰锌铁氧磁体制成，它的环导磁率 μ_{top} 约为300~1000高斯/奥斯特，所谓“环导磁率”就是将此磁性材料做成一个圆环，上面绕以线圈后的电感量，与同样线圈绕在同样外形尺寸非磁性材料上所得电感量之比。例如国产Man 4铁氧磁棒的 μ_{top} 为400。

实际磁性天线用的磁棒不是呈环形，而是做成棒形，它的截面多数呈圆形，但也有呈长方形、六角形和其他形状的。

表征磁性天线效率优劣，要看在同样发射电场 E 下，从磁性天线回路



送往下一级的电压的大小，如果以 h_d 表示磁性天线的有效高度， Q 表示磁性天线回路的品质因数，那末送往下一级的电压 u 为。

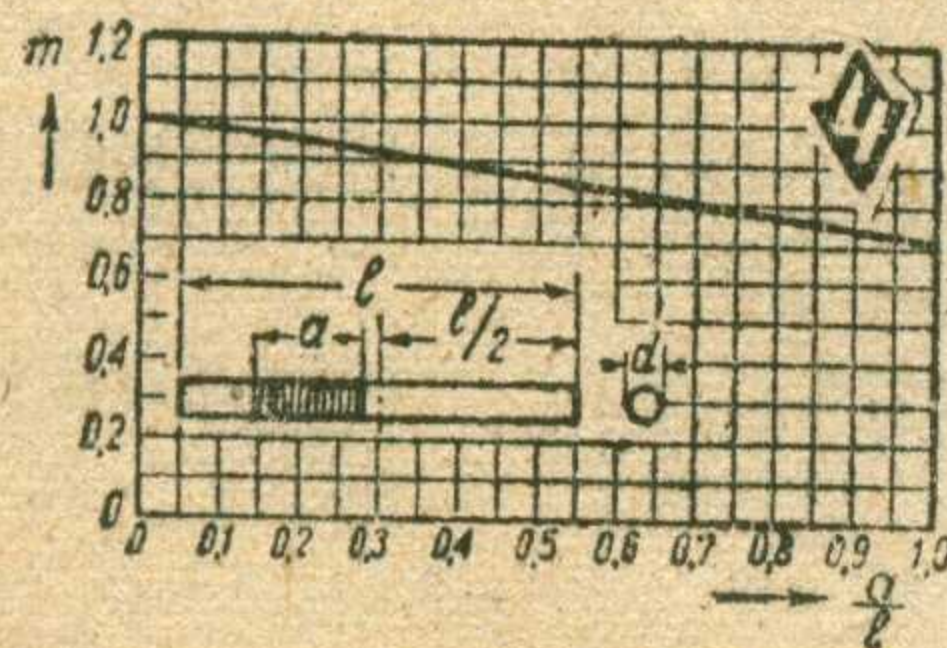
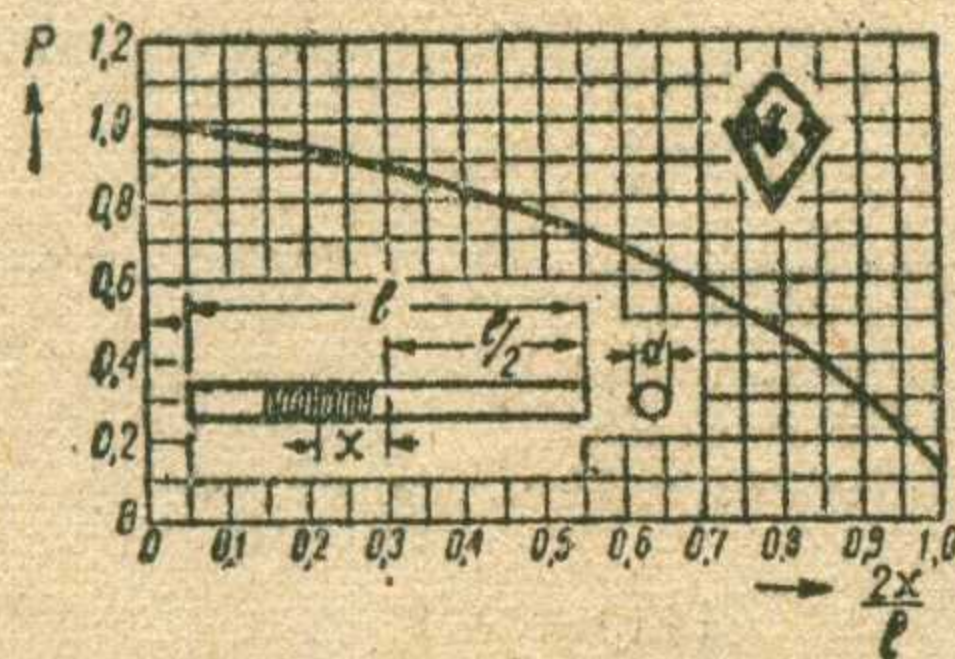
$$u = E \cdot h_d \cdot Q$$

其中有效高度 h_d 根据下式求出：

$$h_d = \frac{2\pi S p \cdot n \cdot \mu_{ct}}{\lambda} \cdot m \cdot p \text{ (米)}$$

- 式中： $S p$ ——线圈的截面积(平方米)；
 - n ——线圈的圈数；
 - λ ——接收信号的波长(米)；
 - μ_{ct} ——决定磁性天线有效高度的磁棒轴心导磁率；
 - p ——与线圈位置有关的参数；
 - m ——与线圈长度有关的参数
- p, m 之值可根据图3, 图4来决定。

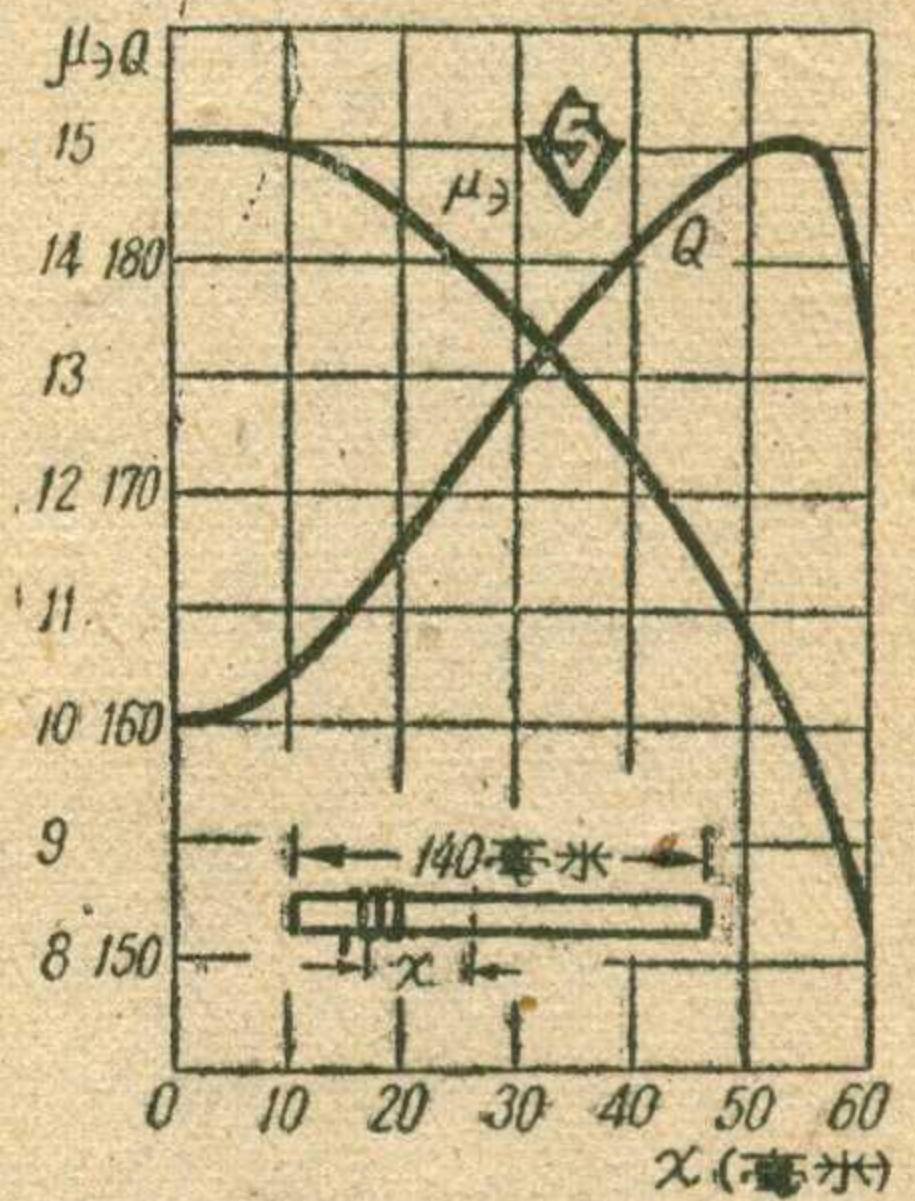
磁性天线的有效高度比没有磁心的单线圈要大若干倍，因此用所谓磁棒的轴心导磁率 μ_{ct} 来体现这个差



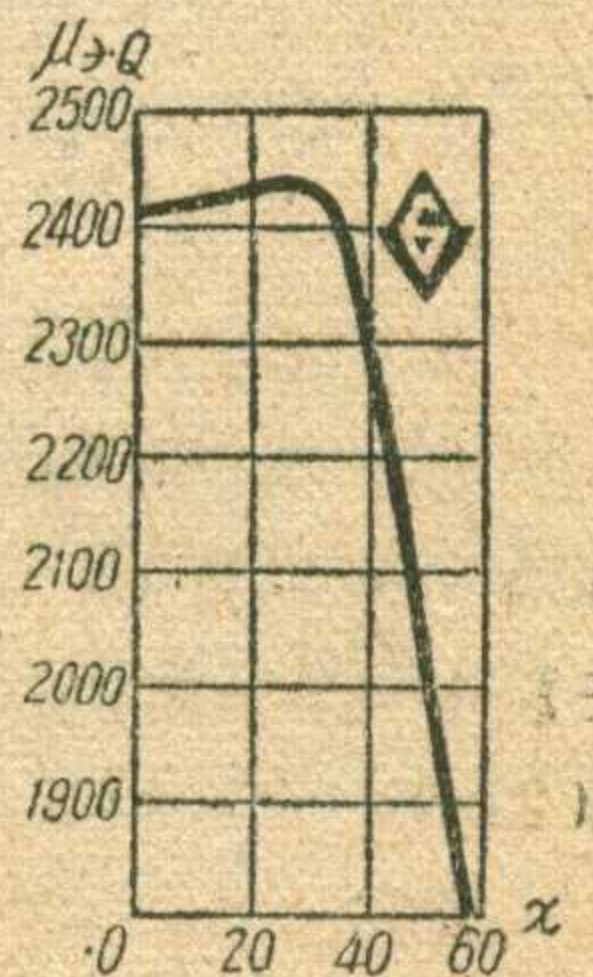
异， μ_{ct} 主要决定于磁性材料的环导磁率 μ_{top} ，以及磁棒长度 l 与磁棒直径 d 之比。图2为各种 μ_{top} 在不同 l/d 时 μ_{ct} 的变化情况。磁棒的直径减小， μ_{ct} 会增加，但磁棒直径太小，磁通密度增加，容易使磁心饱和，增加磁棒的损耗，因此磁棒直径一般在10毫米左右，磁棒长度增加，磁力线的漏失小， μ_{ct} 也将增加，但太长了，机械强度差，使用不便。一般多用100~200毫米。

一般磁性天线的有效高度 h_d ，在长波和中波频率上约为0.7~1.5厘米；品质因数约为140~200左右。

另一方面，如要天线效率高， m, p 要大，这从图3和图4的曲线来看，就要求磁棒上的线圈应该绕得



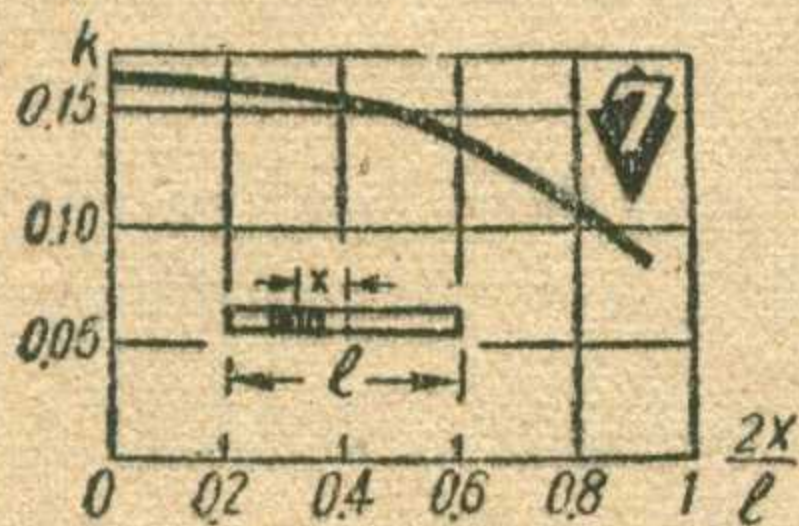
集中在磁棒的中部，即 x 小；而且线圈的长度 a 要越小越好。但事实上往往在同一根磁棒上各点的损耗也是不一样的：磁棒中间导磁率大，但损耗也大，这样线圈的 Q 值就低；反之在磁棒两端导磁率小一些，如线圈绕在磁棒的两端， Q 值可大一些。它们的关系如图5曲线所示。图中的 μ_{∞} 称为“有效导磁率”， μ_{∞} 与轴心导磁率 μ_{ct} ，以及线圈在



磁棒上的位置有关。另外，线圈置于中间，天线方向性就强；反之，置于两端，天线的方向性要显著地减低。根据这些特点，设计者必须既照顾到 μ 值，又照顾到 Q 值，同时还能兼顾方向性。

图6为一根长度为140毫米的磁性天线，它的线圈位置和 $\mu_s \cdot Q$ 乘积之间的关系。

从上面可以知道，磁性天线的输出电压与导磁率及品质因数的乘积成正比，因此如要输出电压最大，应该把线圈放在磁棒导磁率和品质因数乘积最大的地方，国产 Man4，140毫米的磁棒经实测大概在离中心20~30毫米处最大。把线圈放在这个位置还有一个好处是这里的导磁率的变化较大，在外差式收音机进行跟踪的时候，往往需要调整一下调谐回路的电感，这时只要左右移动一下线圈的位置，就可以达到这一目的了。



要精确计算磁性天线上线圈的圈数是十分困难的，根据下列公式可以求出圈数 n 的近似值，然后根据实验再加以适当的调整。

$$n = \sqrt{\frac{LT}{0.4\pi S_p k \mu_{ct}}}$$

- 式中： L ——所需的电感（微亨）；
 T ——线圈的长度（米）；
 S_p ——线圈的截面积（平方米）；
 μ_{ct} ——磁棒的轴心导磁率（根据图2决定）；
 k ——根据线圈位置决定的参数（根据图7决定）。

例：线圈所需的电感为180微亨，已知采用国产 Man4 铁淦氧磁棒，长度为0.14米，直径为0.01米，线圈放在距中心30毫米处，线圈之长度为0.022米。

查得 $\mu_{top} = 400$

$$\text{当 } \frac{l}{d} = 14 \text{ 时 } \mu_{ct} = 86$$

$$\text{当 } \frac{2x}{l} = 0.43 \text{ 时 } k = 0.155$$

代入公式(3)

$$n = \sqrt{\frac{180 \times 0.022}{0.4\pi \cdot \pi (0.005)^2 \cdot 0.155 \times 86}} \approx 56$$

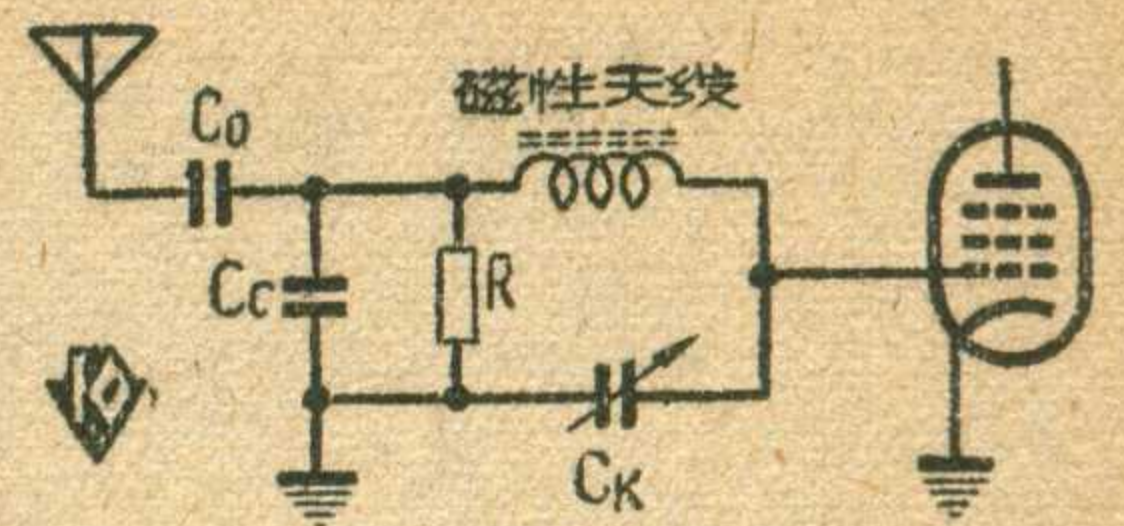
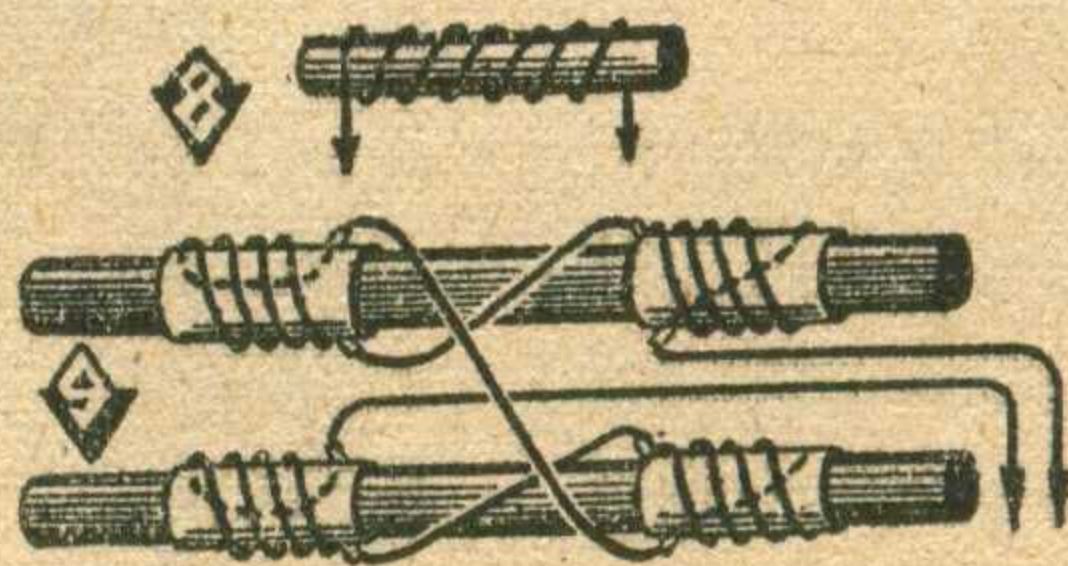
公式中没有考虑进去线圈直径与磁棒直径，以及线圈长度与磁棒长度的关系，因此准确性受一定的限制。

实验证明，在磁棒两边绕两个线圈，然后串接起来，比在一边用一个线圈输出电压可以增加2分贝左右。也有人把线圈均匀地绕在整个磁棒上（图8），这时方向性强、固有电容小，但绕好以后不容易再调整电感量，它的接收频率大致和两个线圈相近。

为了使线圈的 Q 值高，线圈最好用多股绞合纱包线，一般用15股 $\phi 0.07$ 的。绕的时候最好采用间绕，以减少分布电容。

如果将两根磁棒并列起来，每个磁棒上绕两个线圈，并分别把它们串联起来（图9），这样的双磁性天线比单根的增益大约要提高2分贝。

在接收远地微弱信号的时候，磁性天线的灵敏度就显得不够，这时常需要外接天线把信号耦合进去，耦合方式很多，可以用电容耦合或电感耦合。电感耦合在使用磁性天线的情况下，如果把一个高阻抗耦合线圈放到磁棒上去以后，由于耦合系数过大会使次级调谐回路的选择性大大降低，失调现象特别严重，混台现象也就产生，因此如一定要采用高阻抗输入方式，就必须将耦合系数减小到必要的程度，方法可以将耦合线圈分成两部分，一小部分放在磁棒上，一大部分放在磁棒之外。一般多采用低阻抗输入，这时耦合线圈可用塑料接线在磁棒中心绕3~5圈，这时电感约1微



亨，耦合系数约为50%。

有的收音机采用所谓“内部电容耦合”式输入电路（图10），其中 $C_a = 300 \text{ pf}$, $C_c = 1000 \text{ pf}$, $R = 10 \text{ K}\Omega$, $C_k = 360 \text{ pf}$ 。这种电路的特点是在整个波段内电压传输系数均匀；同时对中频波道的抑制比高阻抗电感耦合优良；对不同类型的天线的适应性也很好。

装置磁性天线的时候千万要注意，不要让它靠近任何金属物，因此最好用架子架起来离开底板远一些，否则金属物中产生的高频涡流损耗会使磁性天线的 Q 值下降很多，另外磁性天线也应该尽可能远离电源变压器和扬声器，因为漏磁较大的电源变压器和扬声器，会使磁性天线感应进交流声，扬声器后部磁钢的漏磁，也会影响磁性天线的参数，特别在磁性天线进行转动的时候，会引起失谐。

（上接20页）

的校准，最好是在应用电池电源时进行。校准的方法，和上几期超外差式收音机所介绍的一样，以后换用交流电源时是没有什么大问题发生的。

在调整和检修这种两用式电源收音机的时候，必须注意当一些电子管拔了出来而使灯丝电路有部分开路时，加在大容量电解电容器上的电压会增加得很高，耐压低的会被击穿；而当电子管插回去以后，电容器储存的大量电能突然放出来，又会烧毁电子管。此外，如使用的管座接触不良，工作中电子管受到摇动而使灯丝脚和管座发生断续的接触时，也有上述的危险性，所以工作中应注意：当通过电后插入电子管时，最好将各个电解电容器先行放电；在工作时不要摇动电子管。

为了增加使用的方便，天线可以用一般塑胶线盘绕在机箱内顶盖上，用胶布或胶纸粘牢，一端空着，另一部接到天线插口处。这个收音机用这样的机内天线，就能收听本地电台；在夜间并能收听外地的大电台。如果再要增加灵敏度，可以给它加上一付简便的室外天线。

怎样将电池式收音机改为交流、电池两用式收音机？

—承 恒—

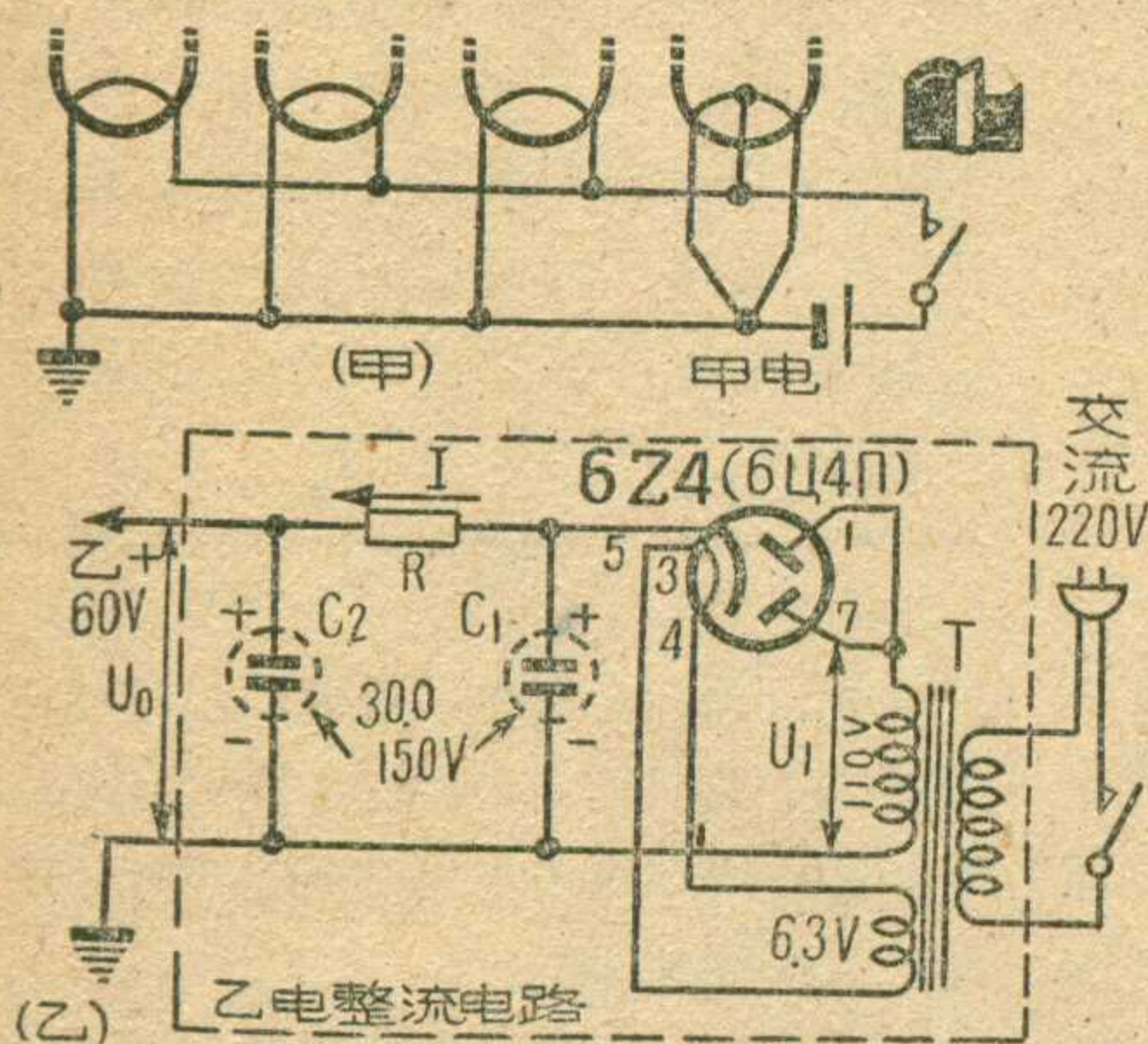
把交流电源整流后变为直流电源，以代替原来电池式收音机中的电池，并通过几个刀的双掷开关倒换，在需要用电时就用电池供电，在没有电池时就用整流后得到的直流电源，这样便将一部电池式收音机改装成交流、电池两用电源式的收音机了。

这里介绍三种改装的方法，供作参考。

第一种方法

添加整流器，将交流电源降压整流后供作直流乙电源；灯丝仍用电池供电。

这种方法改起来最为方便。电路如图1所示。图1(甲)为甲电供电电路；图1(乙)为乙电整流电路。



这里的变压器 T 可选用一般二、三灯收音机用的电源变压器。滤波电阻 R 的大小要看变压器次级电压、收音机全部电子管屏流和帘栅流的

总和，以及原来收音机采用的屏压值而定。例如整流器电源变压器的次级若为110伏，收音机各管屏流、帘栅流的总和为10毫安，原屏压为60伏，那末可用下列经验公式粗略地计算出 R 的大小：

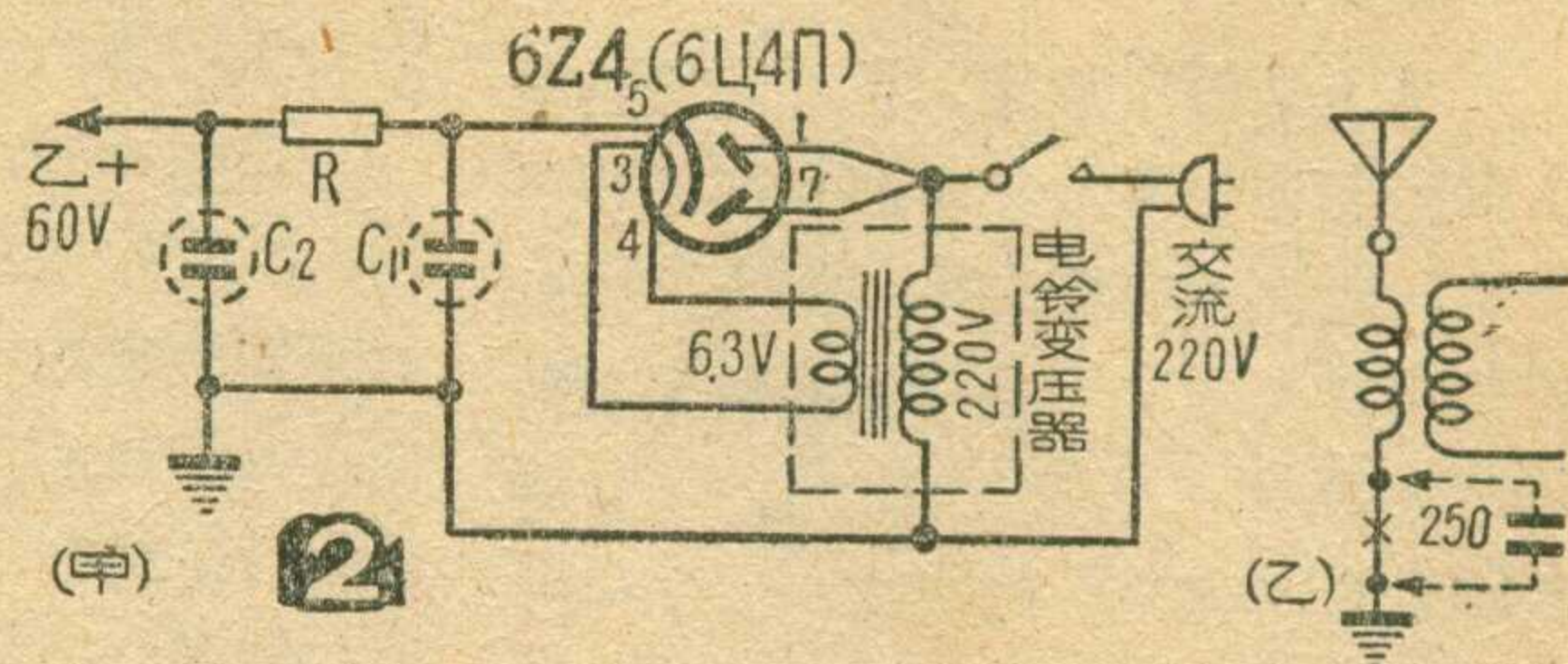
$$U_1 = 1.1 (U_0 + IR),$$

式中各符号所代表的意义见图1(乙)，代入各假设数值，可算出

$$R = \left(\frac{110}{1.1} - 60 \right) / 10 \times 10^{-3} = 4 \text{ 千欧};$$

R 上的消耗功率为 $P = I^2 R = (10 \times 10^{-3})^2 \times 4000 = 0.4 \text{ 瓦}$ 。可取用2瓦的，以保安全。

至于收音机各管的屏流和帘栅流，若有电流表时量一量就知道了。如果没有电流表的话，也可先大略估计一下。一般输出管、变频管、中放管和高放管的屏流和帘栅流可以从电子管特性表中查得。不易查到的一般只有前级电压放大管和栅极检波管（如1B2Π、1S5等），

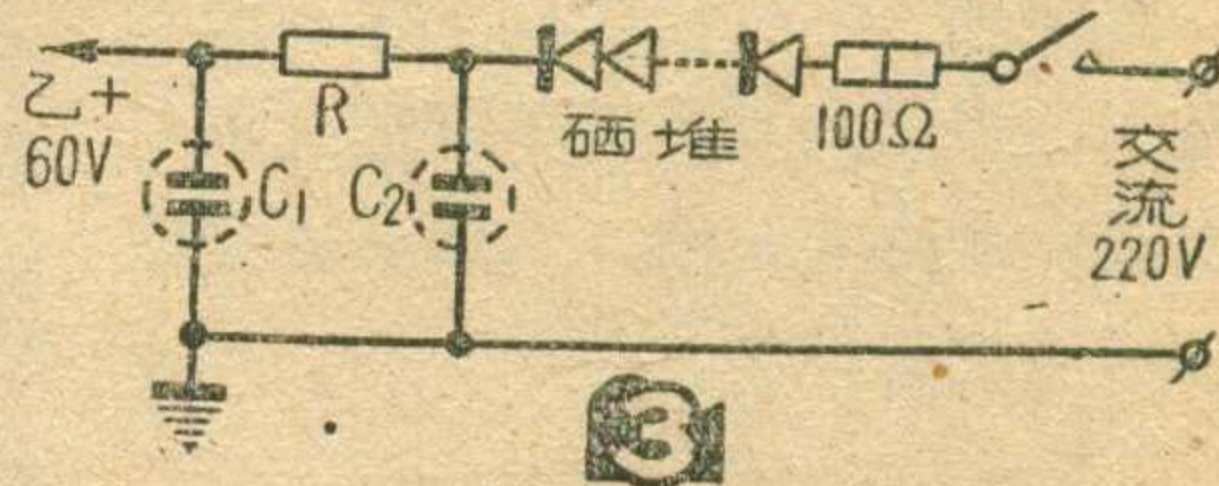


因为它们都用电阻交连，它的屏流和一般电子管手册所列是不同的。但这些管子的屏流和帘栅流都非常小，就是不计算进去问题也不大。

电阻 R 最好选用一个比计算值较大的可变线绕电阻，先调到最大阻值接入电路，然后慢慢减小阻值，使输出电压调到刚好适合需要就固定下来。不过电子管屏压并不要求非常准确，上下差10%问题也不大。

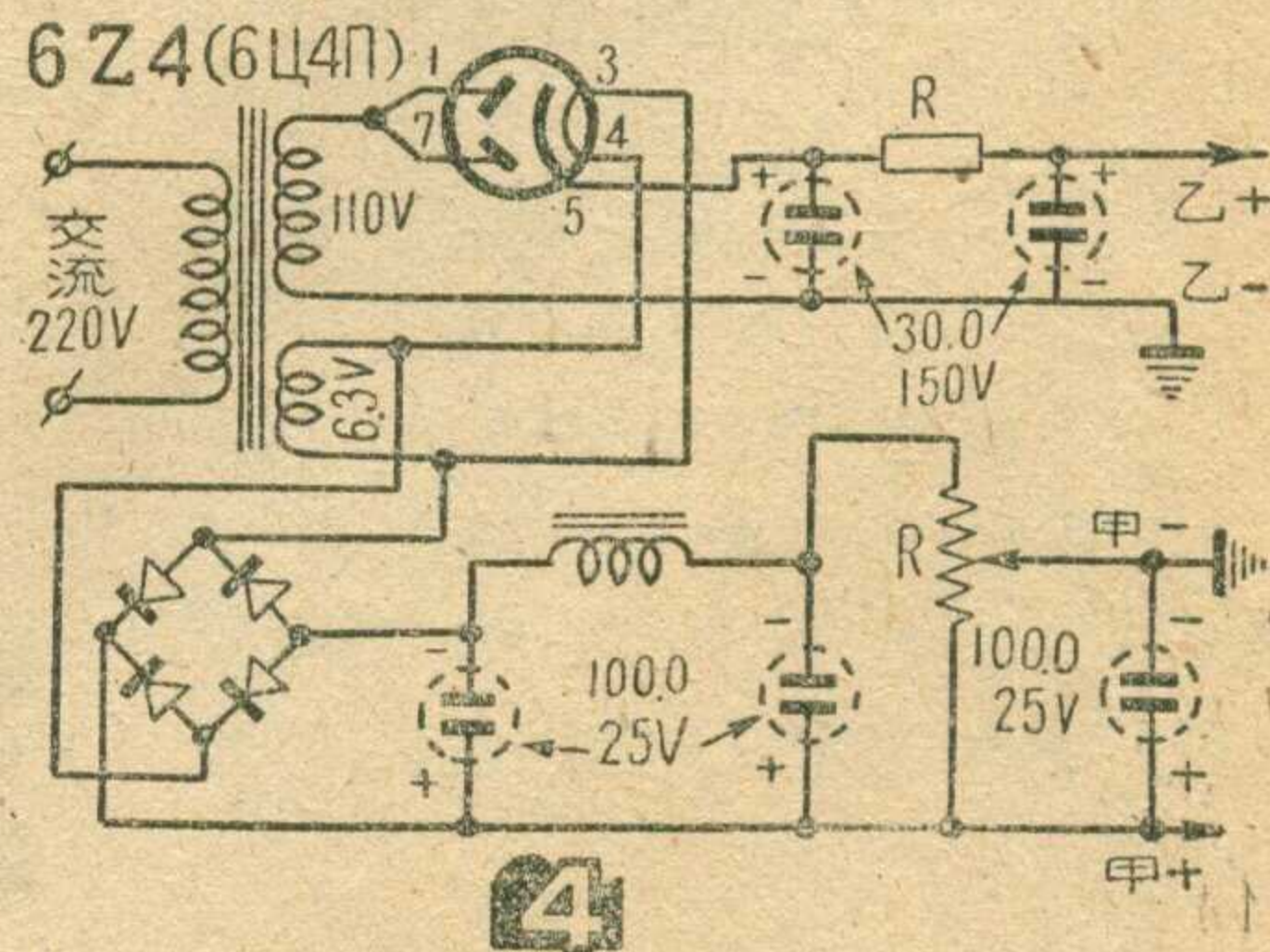
如果没有电源变压器，也可以利用任何一种次级有6.3伏左右电压的变压器，如电铃变压器等来供给整流管的灯丝电源，按图2(甲)电路连接。但这时收音机的底板是与交流市电的一根电源线连接的，如果接的是火

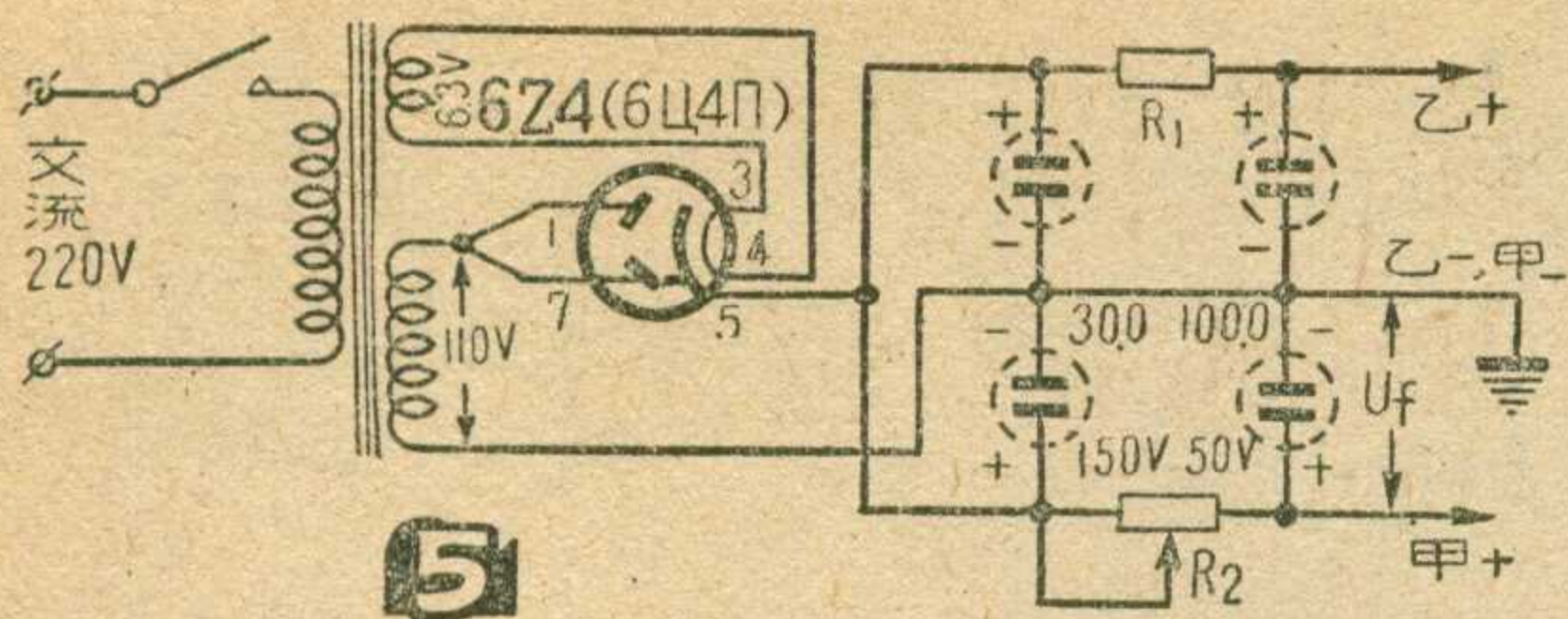
线，底板将带电，手摸上去会麻手，用试电笔去碰底板会发亮，遇到这种情况，可以将电源插头两头调换一下，再插进去，就能消除上述现象。但应注意，采用这种电路时不能连接地线，而且收音机机壳要很好地与地绝缘，否则电源火线将通过底板接地，造成短路事故。如果要接地线，必须串上一个云母电容器后再接地线，如图2(乙)虚线



所示。

如果有硒整流器，可以用图3的电路，将交流220伏市电直接接到硒

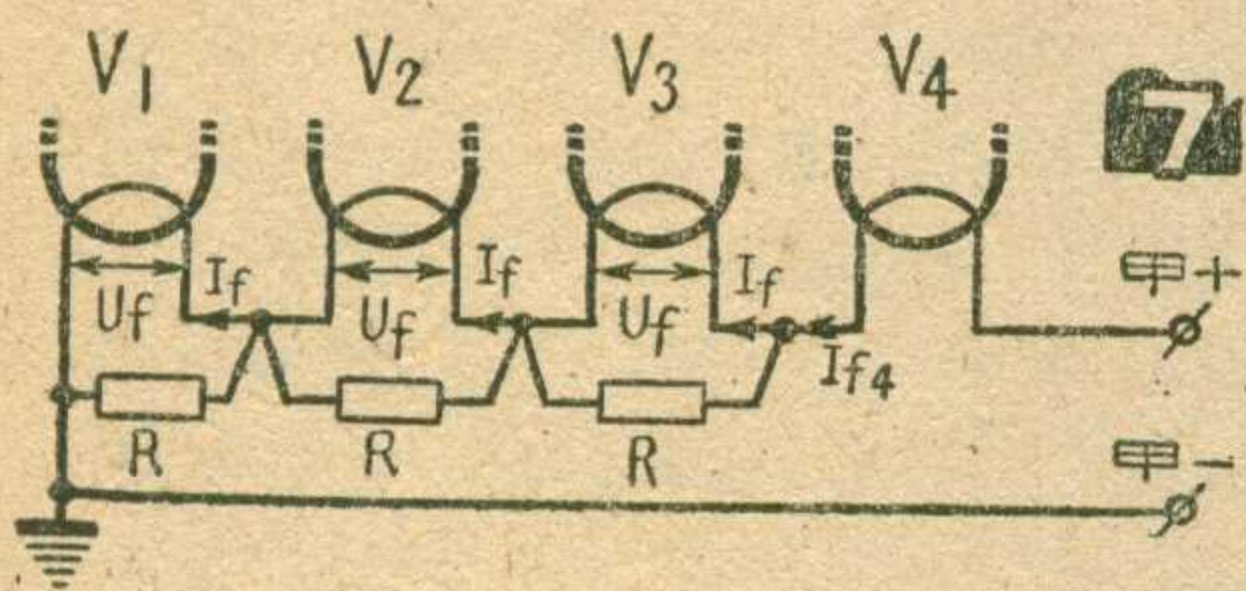
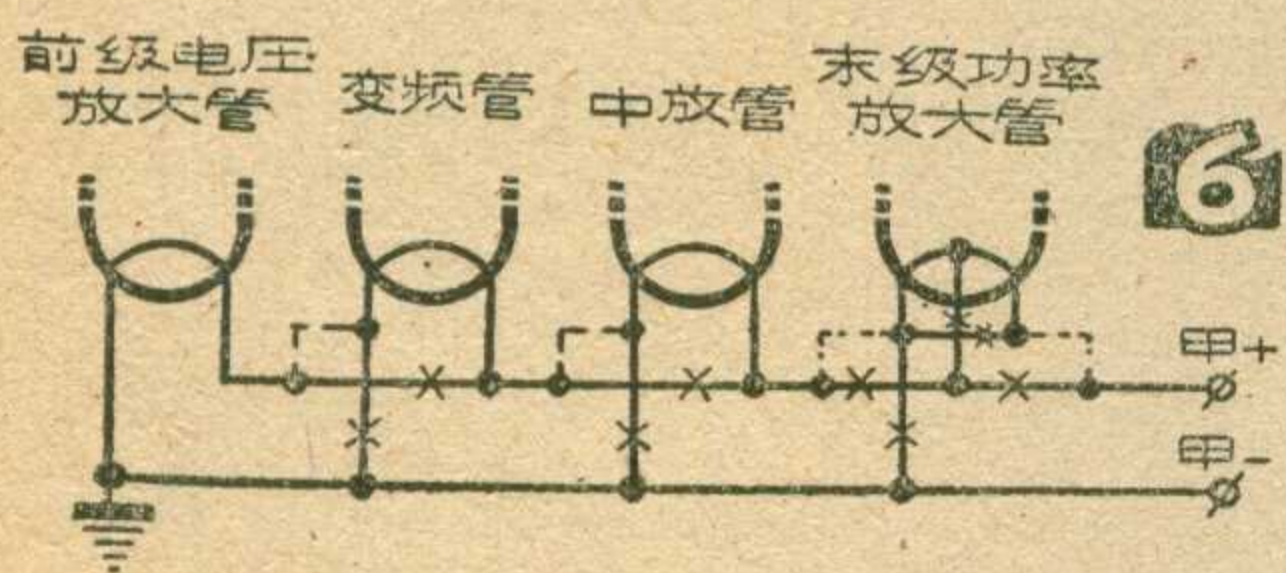




堆上，整流后再经过π形滤波器（同前），得到60伏直流乙电压。硒堆可采用华北无线电厂出品的0423型、0425型或0427型的都可以。用此电路时，底板也是可能带电的，也需要采取上述措施。

第二种方法

电路如图4所示。乙电源的设计和上一方法相同。甲电整流器是用桥式电路。滤波用扼流圈式，以减小输出电流的交流成分。因为直流管的灯丝很细，热惯性极小，要求很平稳的直流电流，否则会出现很大的交流声。



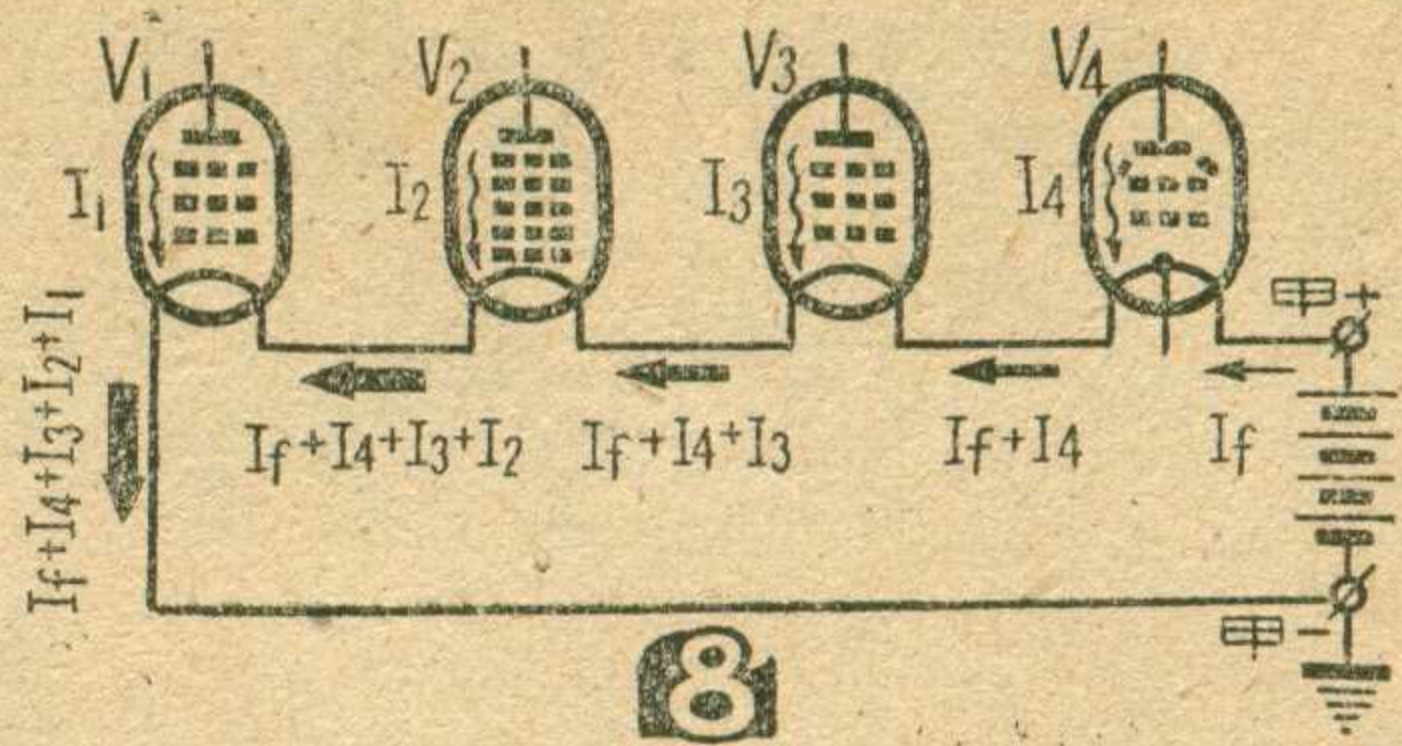
如果所用收音机的电子管比较多，灯丝电流比较大，那么灯丝整流器的交流供电电源不能用6.3伏的那一线圈，而要另绕一电压较高线圈单独供给。为了便于调整，在输出端用一可变电阻R（约500~100欧）。扼流圈的大小则要看灯丝电流的大小来选取。

如果所用收音机的电子管比较多，灯丝电流比较大，那么灯丝整流器的交流供电电源不能用6.3伏的那一线圈，而要另绕一电压较高线圈单独供给。为了便于调整，在输出端用一可变电阻R（约500~100欧）。扼流圈的大小则要看灯丝电流的大小来选取。

第三种方法

应用电路见图5。乙电的计算方法也同前。这里所不同的是灯丝电源也利用乙电整流电源降压供给。这时为了节省电源消耗，灯丝要改为串联的（如图6虚线改接）。否则，接成并联时电流太大，大部分电能将消耗于R2上，且一般整流管输出直流电流仅有七、八十毫安，也难以满足全部电子管并联时所需大到100多毫安的电流。

其次要注意的是前几级电子管（如变频管、检波管、电压放大管）的灯丝应尽量靠近接地端，而输出管应尽量靠近电源正端。例如四管外差机串联灯丝由甲电负端到甲电正端的排列次序就应为1B2、1K2、1A2、2P2，因为对灯丝交流声来说，前置电压放大管比中放管与变频管更为敏感。这样不但可以降低交流声，而且便于输出管偏压的供给。因为这时前几级管子灯丝上的直流电压降正好用作输出管的栅负偏压。



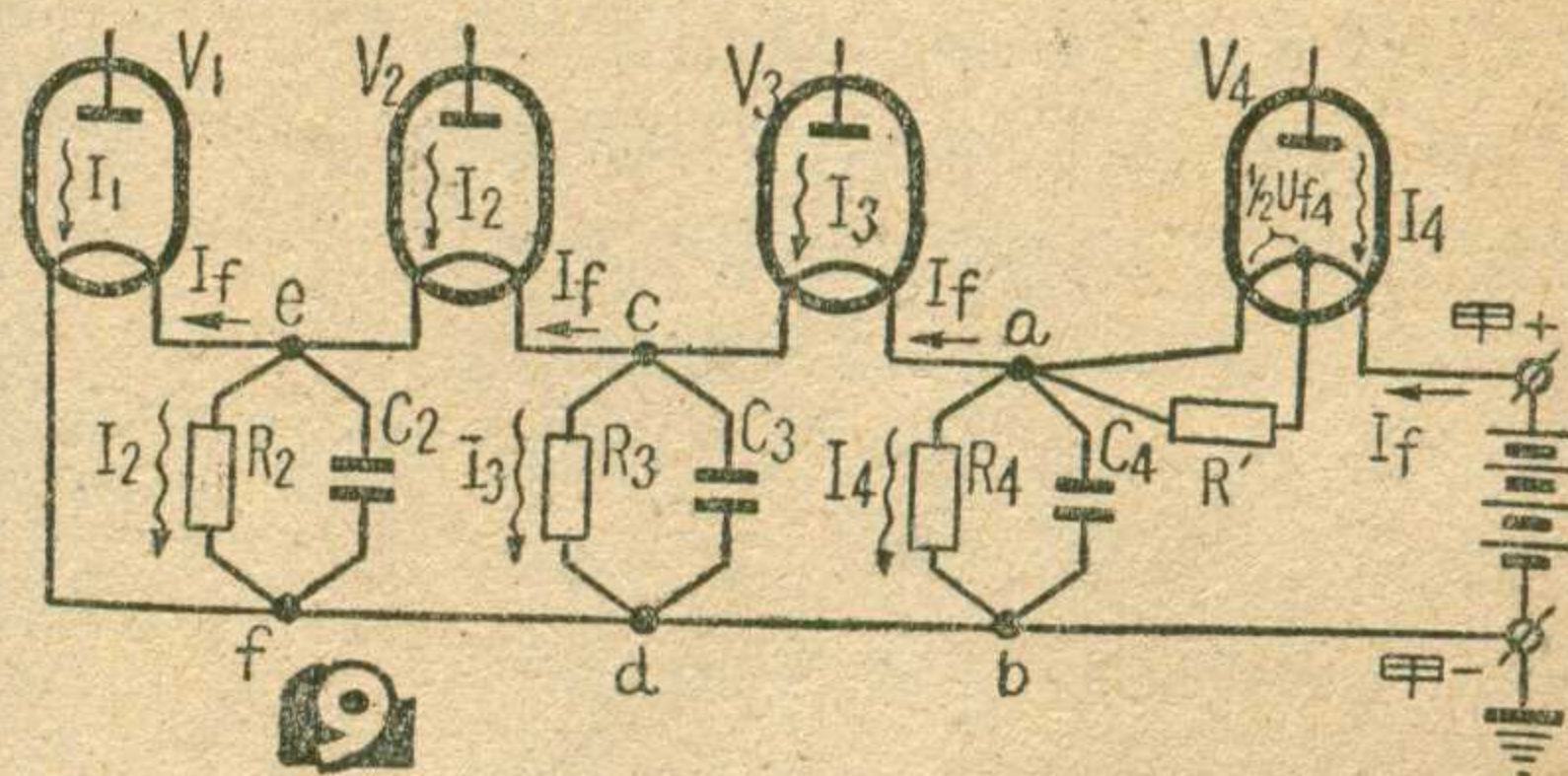
一般国产小型管的灯丝电流都是0.03安。这时串联起来就比较方便。如果其中某些电子管的灯丝电流不同，那末电流小的电子管灯丝上就要并联一个电阻，如图7。例如V4的灯丝电流为If4，V1、V2、V3的灯丝电流为If，那末R的数值应为：

$$R = U_f / (I_{f4} - I_f) \text{ (欧)}$$

上式中Uf为V1、V2、V3的额定灯丝电压，单位为伏。

其次要注意：在这样的电路中，流过前级灯丝的除灯丝供电电流外，后级的屏流及帘栅流也有一部分流过（图8）。这样会引起有害的交流，并使前级电子管灯丝电流过大，故在级数较多的收音机中还加有去耦旁路电容器，如图9所示。图中C4、C3、C2为交流旁路电容器，除功率放大管灯丝上的那一个（例如图中的C4）要用几微法至几十微法外，其余一般约0.1~0.05微法就可以了。电阻R1、R2……为直流屏流和帘栅流的分流电阻。它们的数值可用下列方法计算。

在图9中，设前三管V1、V2、V3的灯丝电压为1.2



伏，V4的灯丝电压为2.4伏，故四管串联时额定甲电压应为

$$3 \times 1.2 + 2.4 = 6.0 \text{ 伏}$$

在a、b两点应该是

$$3 \times 1.2 = 3.6 \text{ 伏,}$$

也就是说R4的两端应该是3.6伏。同时我们要求在R4上也刚好分去V4的屏流Ip4及帘栅流Is4，不让它们流过V3、V2、V1的灯丝，所以根据欧姆定律，可知R4应为

$$R_4 = U_{ab} / (I_{p4} + I_{s4}) = 3.6 / (I_{p4} + I_{s4});$$

同理：R3 = Ucd / (Ip3 + Is3) = 2 × 1.2 / (Ip3 + Is3);

$$R_2 = U_{ef} / (I_{p2} + I_{s2}) = 1.2 / (I_{p2} + I_{s2}).$$

另一方面，在功率管中（如V4）由于屏流很大，且只通过灯丝的一半，故易使灯丝过载，所以一般都在这一半灯丝上并联一个电阻R'（图9），它的计算方法为

$$R' = \frac{1/2 U_{f4}}{I_{p4} + I_{s4}}.$$

交流、電池超外差式收音機

——封底電路圖說明——

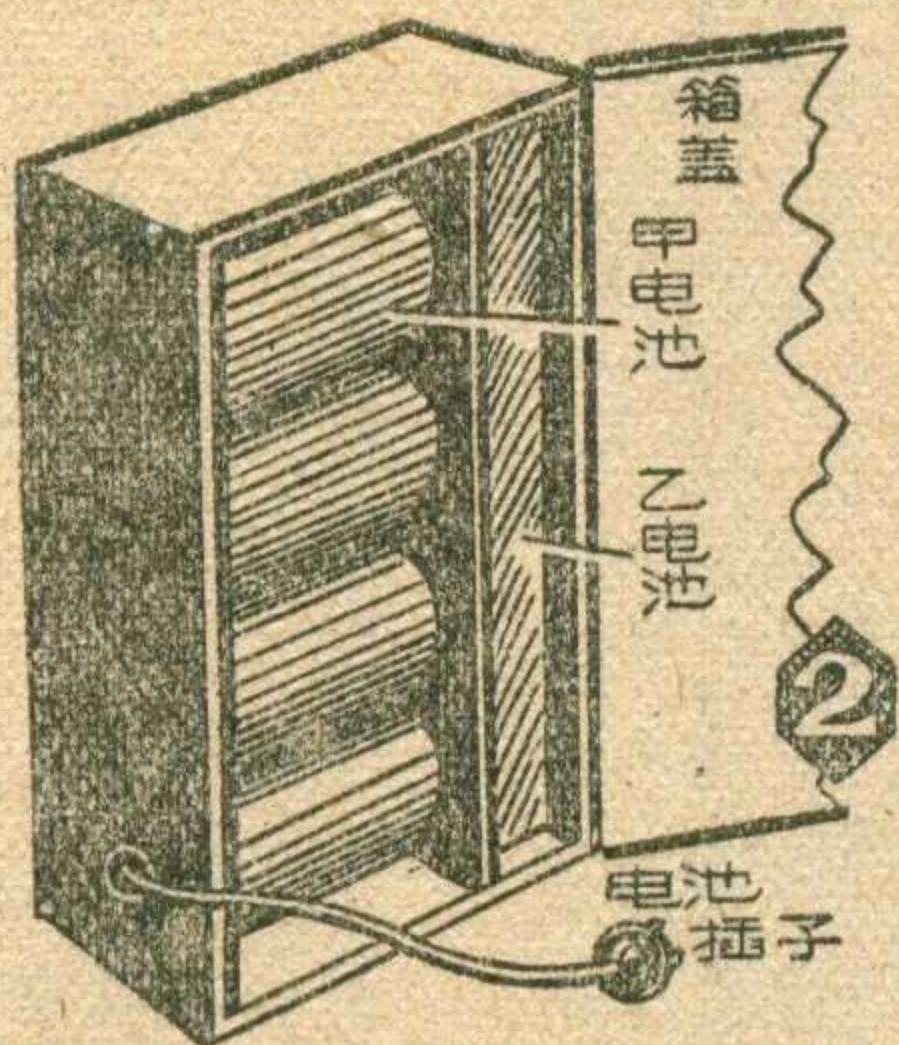
馮 報 本

這是可以用110伏或220伏交流電源或干電池供電的超外差式收音機，靈敏度和選擇性能夠滿足一般的需要；不受電源供給條件的限制，在流動性較大的情況下使用是很適宜的。

電路的主体结构是一個電池四管超外差式收音機。電源供給除了電池之外，還備有一套用於交流的整流裝置，能供給乙電和直熱式電子管燈絲所需的直流電源。使用電池供電，還是使用交流供電，是用轉換開關倒換的。

整流裝置用硒堆整流，它的兩端串有限流電阻R和指示燈V₅。V₅是一個普通6~8伏150毫安的指示燈泡，除了有電阻的作用外，還作為使用交流電源時的指示燈。有了限流電阻，就可以避免濾波電容器初次充電或被擊穿時，硒堆上有大電流經過而發生過載的危險。硒堆整流不象整流管要消耗燈絲電源，也不發熱，壽命長，機械強度好，比之用電子管整流有較多的優點。

電路中的燈絲是串聯起來供電的，和一般電池式收音機有很大的差別，這是為了配合整流器的使用。直熱式電子管的屏流和帶柵流是經過燈絲的，串聯之後，上面電子管的屏流和帶柵流都要通過下面的電子管的燈絲，直接產生交連，影響電路的工作，而且燈絲上通過的電流過大，也會影響電子管的壽命。所以，各電子管的燈絲電路里，要加入適當的分流電阻和旁路



電容器來維持工作的正常。

變頻級的自動音量控制是採用并聯饋給，中放級則利用接觸式柵偏壓，都可以使收音機的靈敏度有所提高。

線圈是採用中波段的，可選用美通610R或力士810加810K、美通552、中央910A等；也可以參考本刊1961年第4期封三資料自行繞制，如果有條件的話，可以把L₁換用磁性天線，靈敏度還能夠增加。

電源變壓器的功率不大，用小型硅鋼片製造，可以減小體積和重量。這裡把它的初、次級分開，消除了底盤和天線帶電麻手的情況。繞制的數據是用EI-16型硅鋼片，選厚24毫米；初級用0.125號線繞3190圈，在1595圈處抽頭，用220伏時接線圈的两端。用110伏時接中心頭及一端。次級98伏40毫安，用0.125號線繞1420圈。初、次級之間用同號線繞一層作為隔離，這層線圈一端通地，另一端空着。

硒堆整流器用國產ZXJ-22A-9D型，或者將供收音機用的0427型拆剩9片使用。它占地不多，可以裝在底盤下面。

裝攜帶式收音機的零件，要選用體積小巧的。喇叭也可用90毫米或125毫米口徑的，以免占的空間過大。圖1舉出一個底盤和機箱的參考圖樣，是用一般零件裝置的大體樣式。

甲電是用四節手電筒電池串成6伏；乙電67.5伏，用迭層電池，甲、乙電池放在電池盒子的左、右部分，如圖2所示。甲、乙電池和收音機的連接，可用插座或接線柱連接。攜帶時電池如有跳動，可用厚紙墊緊。

電源轉換開關SW₁、SW₂、SW₃是三刀雙擲開關，可以選取成品的四刀雙擲波段開關，只用它的三個刀，另一刀空着不用。開關可裝在底盤後面。電源開關SW₄、SW₅是利用附在電位器R₅上的雙刀雙擲開關；也可以用單獨的鈕子開關，不過使用起來不夠方便。

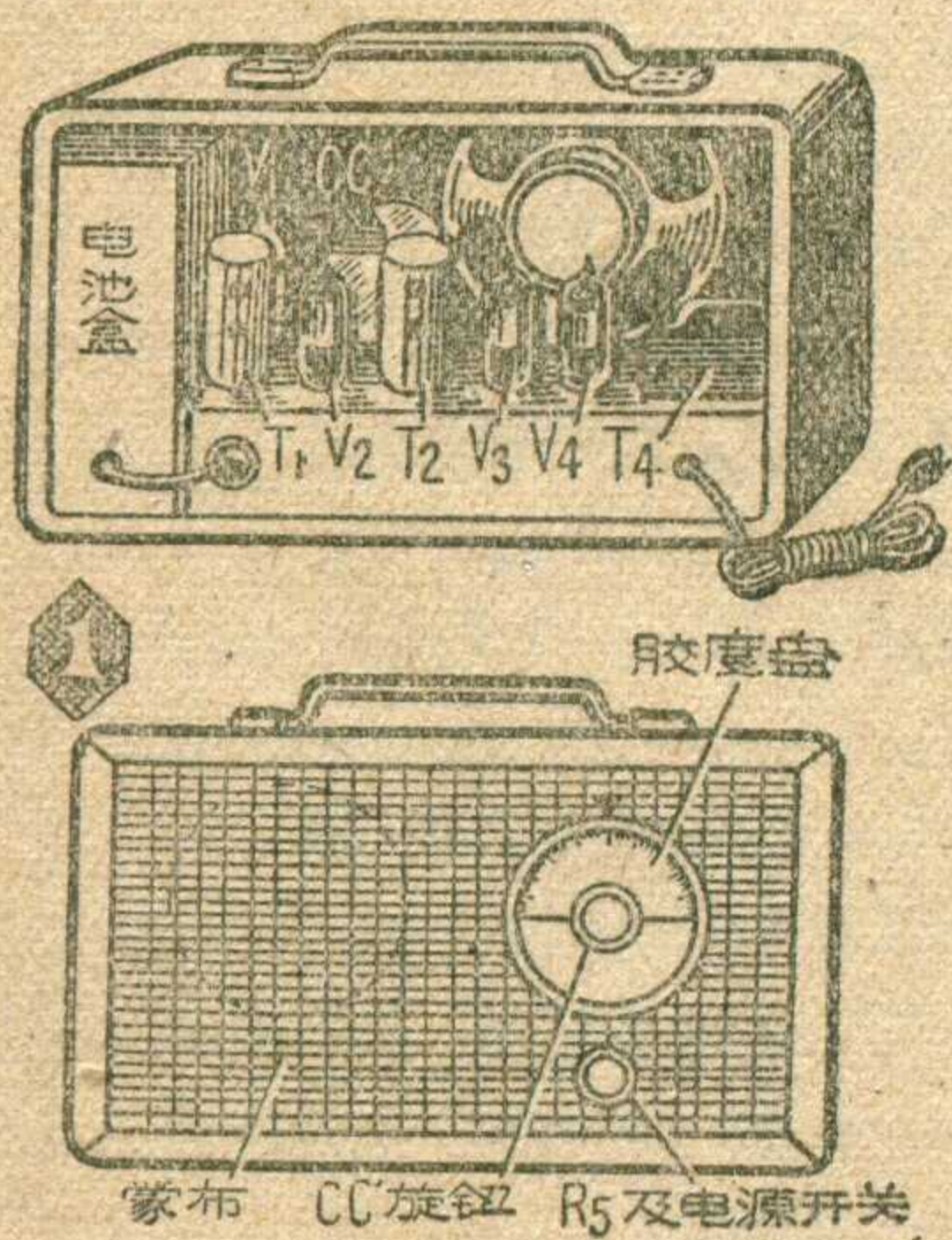
收音機校驗時，要將整流部分調整好，因為燈絲電源是直接從高壓降壓取得的，一不小心，很容易將電子管燒毀。開始時電子管先不插入，在燈絲總電源的兩端（V₄第7腳和地）跨接一個6~8伏的指示小電珠，電源轉換開關擲向“電池”檔接入甲、乙電池，開啟電源開關，看看電珠的發光是不是正常。然後將轉換開關擲向“交流”檔，調整R₁₃校準燈絲電壓。R₁₃本來應是一個固定電阻，在整流輸出為67.5伏時，它的阻值是2075歐，一般不好買到，所以電路圖上用3千歐的線繞滑環電阻。裝置前應先將滑環調好在上述阻值上。由於乙電輸出可能有高低，以及負載不同，燈絲電路的電壓是會有差異的，所以R₁₃還要按實際情況調準。接通交流電源之後，如果上述試驗小電珠只現出一點暗紅，說明甲電壓接近正常；如果小電珠過亮或甚至燒毀，是R₁₃的阻值小了，要調大一點；又如小電珠不亮，是R₁₃的阻值太大了，應將它調小。一般以調到暗紅為度，但小電珠的規格並不是一致的，這種亮度只能是一個參考，下一步還要將電壓再為調準。

調準時是將試驗用的小電珠取去，插上全部電子管，在燈絲總電路兩端（即原來接試驗小電珠的地方）接上萬用電表的10伏直流檔，開啟交流電源，調整R₁₃使電表指示在6伏上，就可將電阻滑環固定好。然後用萬用表測量每個電子管燈絲的直流電壓。V₁、V₂、V₃是1.2±0.1伏。V₄1、7兩腳是2.4±0.2伏。由於燈絲電路并聯有分流電阻以及電源電壓和電子管本身等影響，都能使燈絲電壓不符合於額定值。這可以變動一下它們的分流電阻（R₁₄、R₁₅、R₁₆）來校準。封底電路圖中，C₁₆兩端還要并聯一個1.4千歐分流電阻，圖中漏繪，特此說明。乙電壓可以在67.5±5伏內使用，如果相差過大，要改變R₁₂來調整。

調整熟練的工作者調整燈絲電壓時，不一定要用上面試驗的小電珠，而是插上電子管後將R₁₃放在較大的阻值處，利用萬用表將電壓調準。

電源電壓調整好了，變頻級和中放級

（下轉第17頁）



实验室用电眼管检查电容器

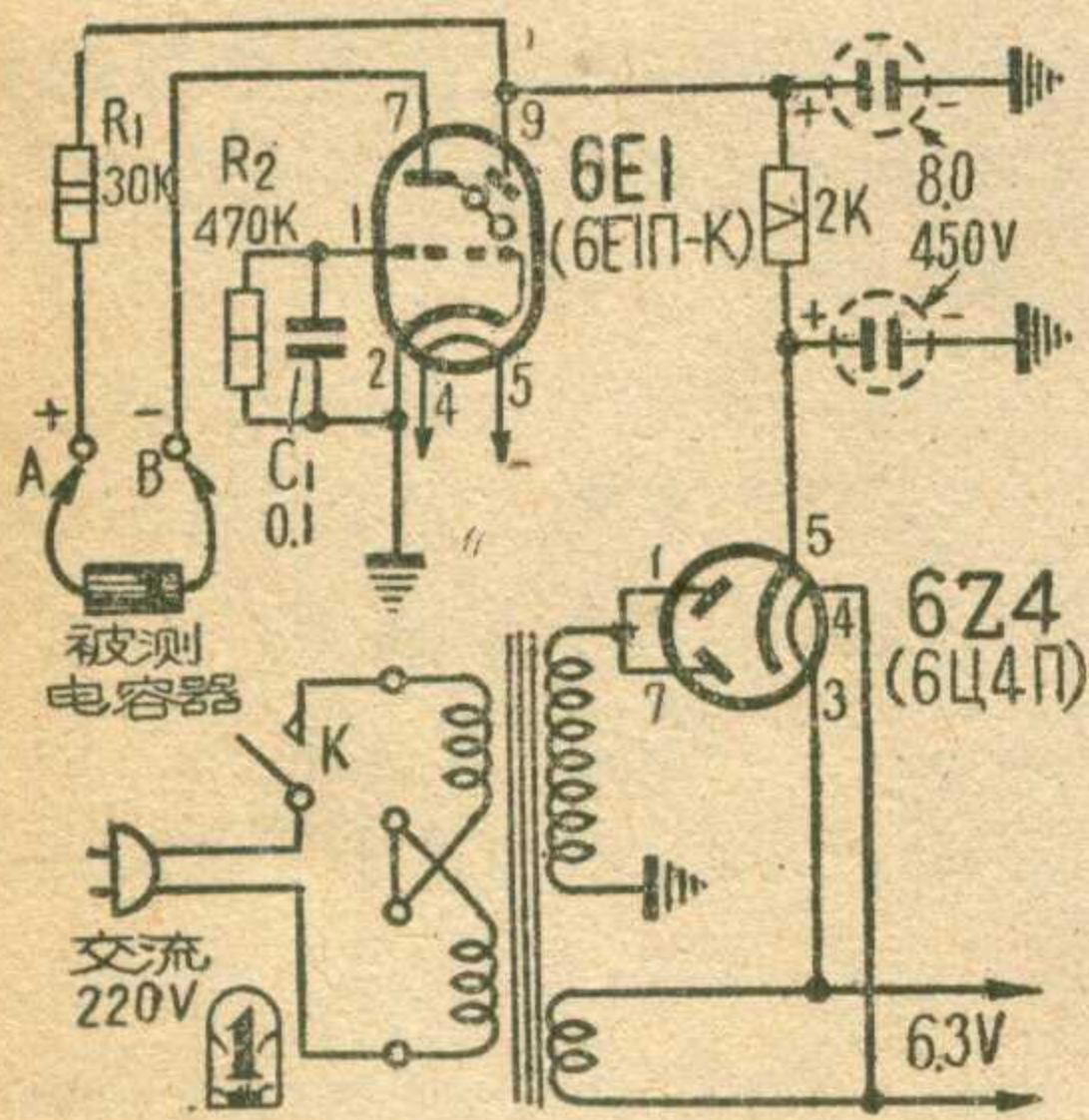


黄 懋 广

收音机的许多故障往往是由于电容器漏电所造成的。业余无线电爱好者如果没有高内阻的电表，是不容易检查出电容器的毛病的。这里介绍一种检查电容器漏电的简便方法，供大家参考。

一、原理简述

一般电眼管里有一个三极管，另外还包含一个控制棒和一个荧光屏。控制棒和三极管的屏极相接，位于阴极和荧光屏的中间，而且加在它上面的电压比荧光屏低，因此它将挡去一部分电子，使荧光屏上有一个扇形部分受不到电子轰击，不能发光，出现一扇形阴影。控制棒和荧光屏的电位相差越大，扇影也越大，使电眼张开；反之则扇影小，电眼闭合。



在一般收音机上，是将检波级输出的随着信号强度变化的自动音量控制电压加到电眼管的栅极上，以控制三极管屏流的大小，使屏极以及与其相接的控制棒的电位升高或降低，从而使电眼闭合或张开，以达到了指示检波输出信号大小的目的。

在这里基本上也是应用上述原理工作的，只不过在栅极上没有加控制

信号，而是接了一个固定电阻（见图1），因此，三极管这时影响屏极电压（也就是控制棒电位）的只是屏极电路内A、B两点间的电阻。如果这一电阻大，A、B两点间的降压就大，因而屏压降低，反之则升高。

根据上述道理，在A、B间接一个被测电容器，那末这个电容器的绝缘电阻的大小将影响屏压，也就是影响控制棒的电位，从而控制电眼的张、合。反过来，根据电眼张、闭的程度，也就能知道被测电容器是良好、轻微漏电或是严重漏电、短路等情况。

二、电路

图1是检查用的电路。其中电源部分用6Z4 (6Ц4П) 整流。电源变压器可用二、三灯收音机上用的。其它元件数值如图示。整流输出直流经滤波后供作乙电。电容器C₁的作用是防止干扰，使电眼管栅极有稳定栅压；电眼不致闪动。电阻R₁的作用是不让屏流过大。如果有现成的带电眼的收音机，那就更方便了。这时只要按图1稍微改接一下电眼管电路就可以了。

三、漏电检查

检查时，将被测电容器接到接线柱A、B上。如果电容器良好，它的绝缘电阻很大，上面的电压降也大，屏压低，控制棒电位低，扇形阴影面积大，电眼张开。

如果电容器完全短路，那末电压降为0，屏压和控制棒电位最高，阴影缩到最小，电眼闭合。

如果电容器有不同程度的漏电，则电眼的闭合程度介于上述两种情形之间。可以用良好电容器作相对比较，

以看出漏电的严重程度。

如果电眼闪动，表示电容器有接触不良或不稳定的短路点。

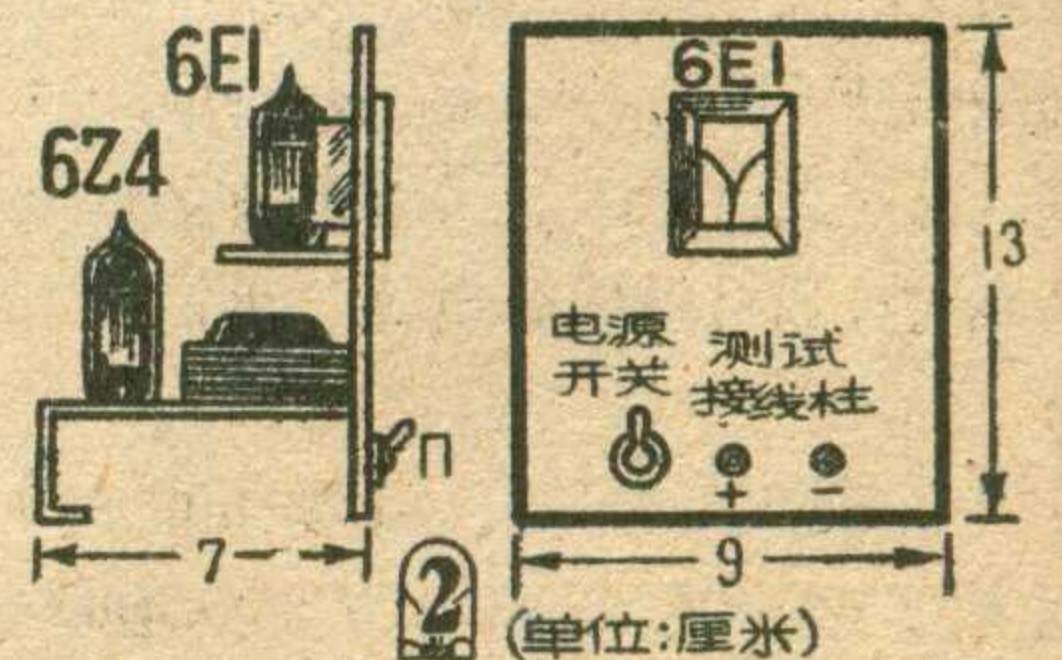
在检查电解电容器时，要注意将它的正端接在图1接线柱A上，负端接在接线柱B上。若被测的电解电容器良好，则当刚接上去的时候，电容器充电，A、B两点间的电阻很小，这里的电压降也小，屏极电压高，电眼合拢。随着电容器渐渐充足，电路内电流渐渐减到很小，相当于A、B两点间电阻增大，所以电压降也增大，屏压渐渐降低，于是电眼慢慢张开。被测电解电容器的电容量越大，充电到充足的历时越长，电眼张开得也越慢。

如果电解电容器漏电，则A、B两点间电阻不高，电压降也小，屏压高，电眼便一直闭合而不再张开。

如果漏电不稳定，电眼管便会不停地闪耀。

四、装配

主要元件的安排及面板的设计可参考图2的方案。机壳要尽量做得小



巧一些，以便于使用。

此种检查电容器漏电的电路可以用来测量纸质、云母、空气、电解质和油质等各种介质的电容器。试验结果可以测出100兆欧以上的漏电情况。

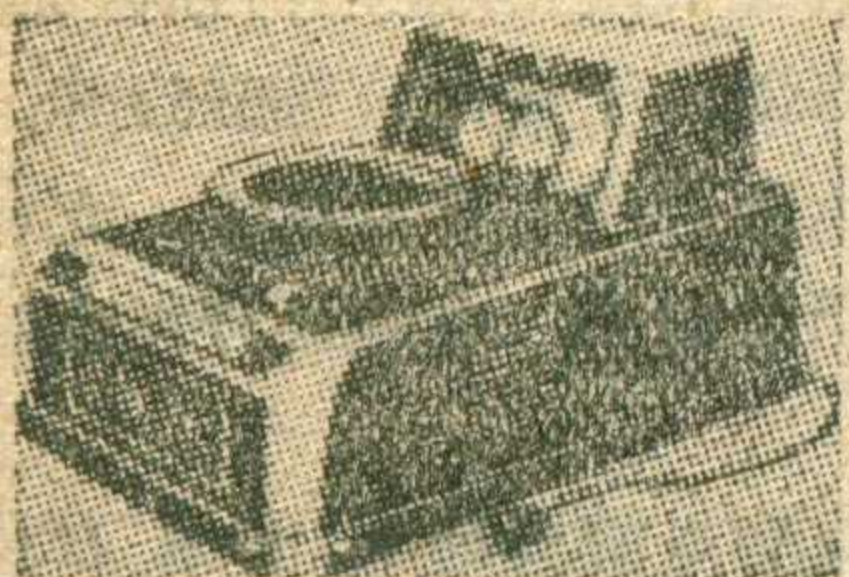


国外点滴

种子计算器

在苏联，大约有一万多个农业技术实验室经常鉴定谷物种子的质量。种子质量的一个最重要的指标，是成活率。为了测定种子的成活率，必须数出一定数量的种子。例如，数出一千粒种子，播种后检查有多少粒种子出芽了，有多少粒种子没有出芽。此外，有时候还需要数单位体积或单位重量的种子有多少粒。如果这些工作完全用人工来完成，耗费的时間是很多的。最近，苏联制造了 ПСС—1 型种子计数器，能够自动地数种子或其它颗粒，每 5 分钟可数出 1000 粒，误差为 0.5%。

种子倒入仪器的一个特制的容器中。这个容器能容纳 100 克的种子。种子从容器流入下面的一个小匣内，这时计数器的



指针即指示出种子的粒数。一个工作人员同时可以照看

几个这样的仪器。

仪器的电源为 127~220 伏，体积为 415×290×295 毫米，重量为 36 公斤。它的外形见附图。(車譯)

温室调节自动化

苏联新制成了一种温室调节自动化的仪器，型号为 KAP—1。这种仪器能自动调节温室内的气温、照度和土壤的湿度。当阳光亮度不断变化时，仪器自动控制接通或关断人工照明设备，保持预定的照度。温度或湿度变化时，仪器能自动控制暖气通风设备或自动浇水设备，进行适当的调节。

仪器调节的范围：温度为 0°~50°C，湿度为 40~90%，照度为 20~1800 勒克斯，误差不大于 5%。电流用交流市电，消耗功率不大于 300 瓦。(馬榮昌譯)

用无线电观察动物的生活

国外有些科学家试验用无线电来观察动物的生活。他们制造了小型的无线电发射机，只有顶针那样大，能够连续工作四个月之久。用一般的腰带把发射机缚在野

兔、貉、野鸡、鸭子等动物的身上，并装有发射机天线。这样，研究人员就有可能利用接收机昼夜观察动物的活动。

据报导，野兔睡了一整夜 14 个小时后，早上 5 点醒来，吃东西。它的活动范围约 1 公顷左右，早上七点钟后，根据收到的信号方向不变，证明兔子成天在那里睡觉或藏匿着。

各个发射机的频率都不相同，这样可以同时侦察几个动物的活动。如果进一步改进发射机，还可用无线电研究动物的心脏和肺的情况。(端木燮譯)

新的电子脑——控制机

电子脑和一般的计算机不同，它不是按照预先编制的程序工作，而是根据输入给它的信息和储存在它内部的记忆，直接得出结论。因此这种计算机，与人脑的工作情况更近似。

在使用前，这种电子脑需要经过一段学习时期。这时，由人充当教员，如果机器作出了错误的判断，教员就按一个“失误”按钮，更正机器的记忆。目前制成的小型控制机，还不能处理大量的、复杂的信息。有可能制成较大的控制机，利用传感器供给它有关气象的信息，能够作出局部地区的详细天气预报。(澤仁編譯)

用量子放大器产生兰色光线

据国外杂志报导，用喇澤——受激辐射式光波放大器第一次产生了兰色光线。喇澤输出的波长为 6943 埃的红外线束，聚焦后照射到石英晶体上，由于石英晶体的非线性，产生了二次谐波——3471.5 埃的光线，即兰色光。(澤仁譯)

万用晶体管

国外有些厂家，目前在研制一种万用晶体管，希望它能代替所有各种类型的晶体管，适合于各种电路。这样一来，对晶体管的生产、电路设计，都可大大简化。据报导，已制成一种万用晶体管(2N2102)，它能代替的各种晶体管的型号已达现有型号总数的 40%。(澤仁編譯)

中子显微镜

据报导，中子显微镜的结构和 X 光显微镜相似，内部装有凹透镜，图象以摄影的方法记录在敷有银膜的干片上。因为中子的渗透能力为 X 光的 1000 倍，并且被观测的物质对中子的吸收作用要小，所以用中子显微镜考察金属或其他材料的内

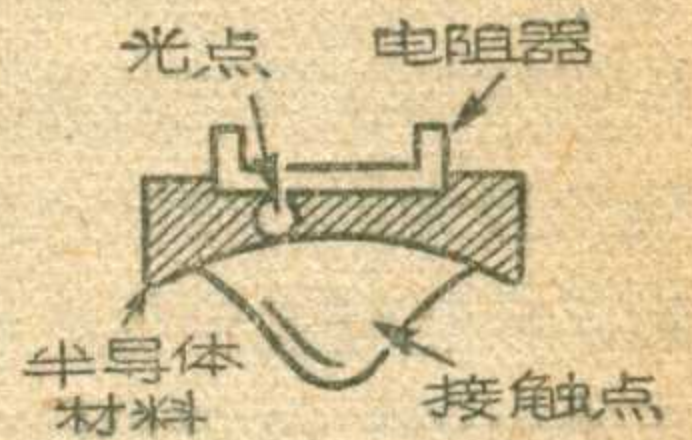
部结构，比用 X 光显微镜更为有效。(端木燮譯)

无扫描行的电视荧光屏

通常电视机荧光屏上能看出扫描线条，对图象的清晰度有些影响，特别是靠近电视机观看，这种影响更大。国外新制成的一种电视机，在屏幕前装有一张透明的塑料膜片，膜片上面刻有水平槽纹，这些槽纹正好对准行与行间的黑色条纹。这样一来，据说在电视机跟前也看不出扫描线条了。(王煥章譯)

无摩擦触点的可变电阻器

这种可变电阻器，据报导是利用光敏半导体做成的。在接触点与电阻器之间填满光敏半导体材料，用一个光源形成一个光点照射在光敏半导体上，如图所示。这样，光点照射的半导体部分，就把接触点与电阻器接通，光点位置变化，接触点接到电阻器的位置也变化，因而改变了接入电路的电阻数值。



(王煥章譯)

(上接第 15 頁)

而且它们的屏极尺寸又很小，除了能用作检波和供给自动增益控制电路的整流电压外，不太适宜作别的用处，因而必要时是完全可以放弃不用的。

当然，像双三极管、三二极三极管、三极五极管和三极七极管等等都不应该也不容许采取这种“不完全用法”，而必须以解决“联用”问题的方法来处理，以免浪费了有用的极组。

更正

1962 年第 4 期第 15 页“内热式电烙铁”一文中，计算串连电容器的电容量的算式

$$V_c = 220 - V_R$$

$$\text{应改为 } V_c = \sqrt{220^2 - V_R^2}$$

$$= \sqrt{220^2 - 127^2} = 186 \text{ 伏;}$$

$$X_c = V_c / I_c = 186 / 0.118 = 1576 \text{ 欧;}$$

$$C = 3180 / X_c = 3180 / 1576 \approx 2 \text{ 微法。}$$

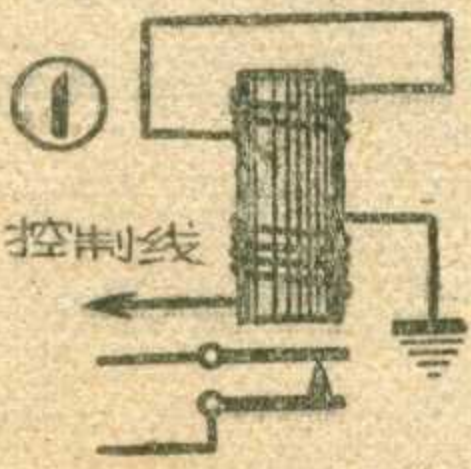
无 线 电



1. 在測繪晶体管特性曲綫时 (見本期第6頁圖1电路), 为什么在发射极方面, 电压表是接在电流表和晶体管之間; 而在集电极方面, 电压表却接在电流表和电源之間呢?

2. 小吳看一張电路图, 发现不少继电器上有一部分綫圈短路起来(图1)。这些短路綫圈有什么作用呢? (林立鈞)

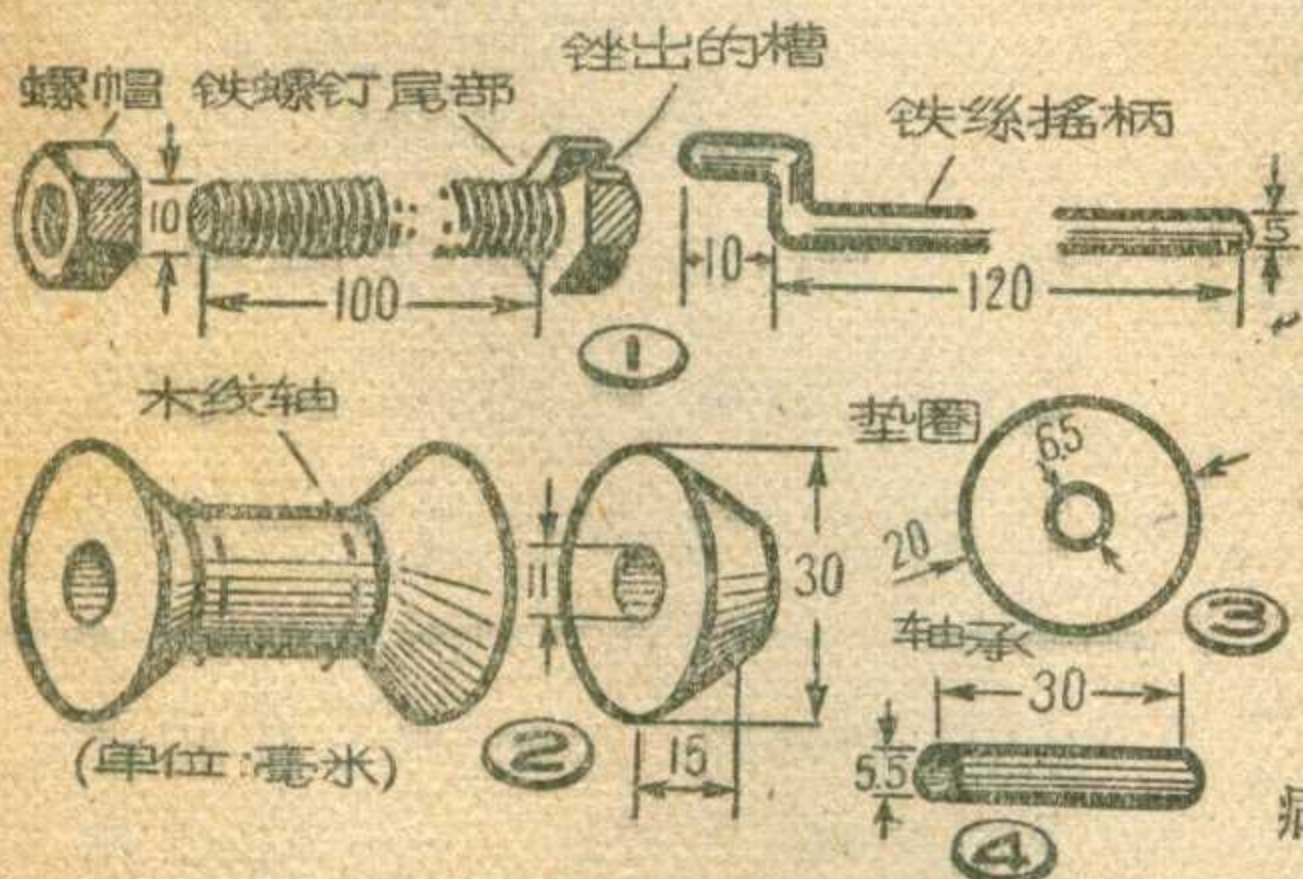
3. 两个箱子被一根导线串联起来接到交流电源上(图2)。第一个箱子上装两个灯泡, 第二个箱子上装一个单刀三擲开关。开关在位置1时, 紅灯亮, 在位置2时, 藍灯亮; 在位置3时, 紅藍灯都亮。两个箱子中的电路应当是怎样的? (高木)



自制繞綫机

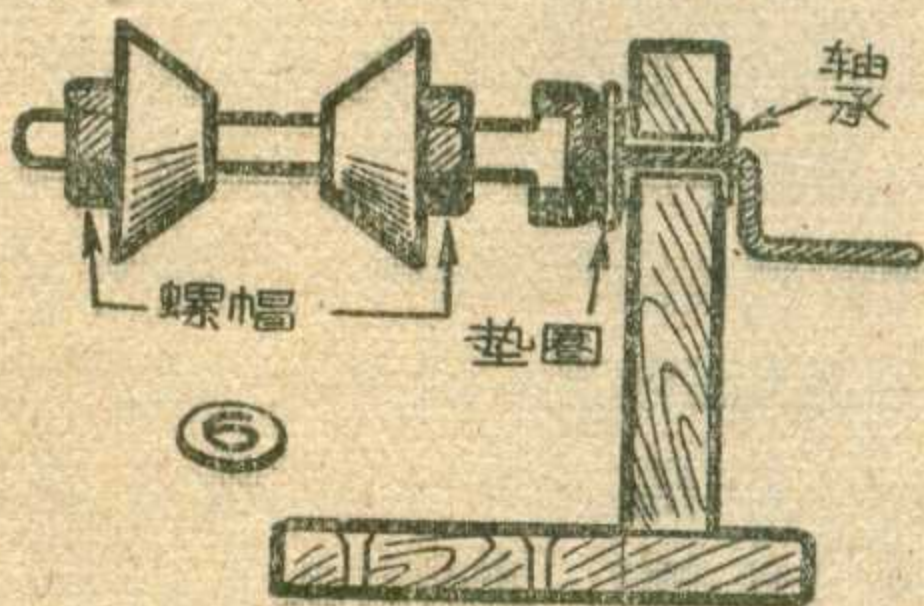
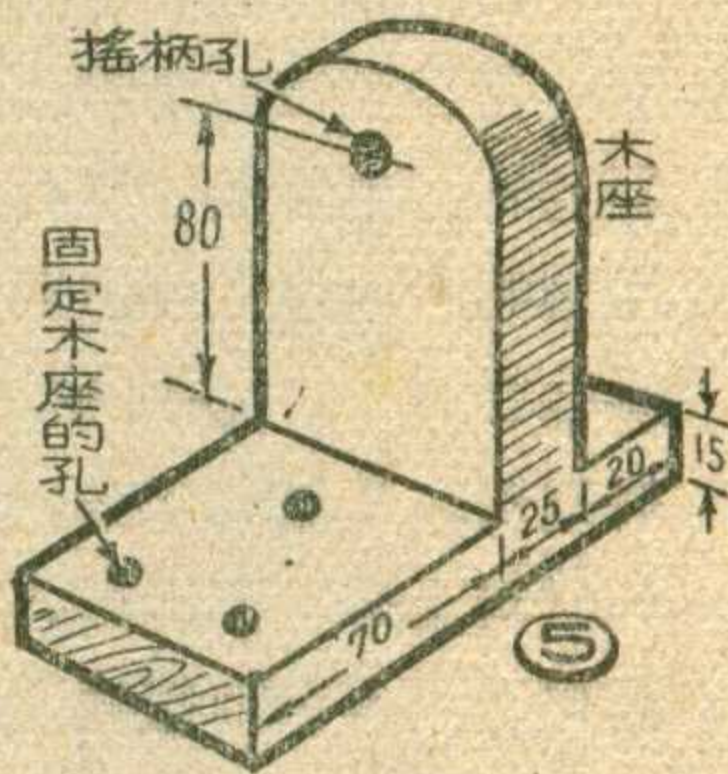
准备材料: 铁螺絲釘一根, 長約10厘米, 直徑約1厘米; 螺帽两个, 要求能套上所选用的铁螺釘; 木綫軸一个; 白铁皮一块(約60×30毫米); 5毫米左右直徑的粗铁丝一根, 長約15厘米; 15毫米左右厚的和25毫米左右厚的木板各一块, 大致尺寸見图5。

材料加工: 1. 在铁螺絲釘尾部, 根据铁丝直徑銼一槽口, 把铁丝按图1所示形状弯好, 嵌入槽口內, 用銅絲縛几圈, 再用焊錫焊牢。2. 把木綫軸按图2虛綫截断, 并加大木綫軸孔, 使能套入铁螺絲釘。3. 把白铁皮按图3剪成一个圓垫圈, 中間孔的直徑应等于所用铁丝搖柄的直徑。4. 把白铁皮根据搖柄直徑, 卷成一个軸承, 見图4。



5. 用木板按图5做一个木座。

安装: 1. 先把軸承穿入木座搖柄孔內, 并把軸承露在孔外的部分翻轉, 以夹住木板, 固定軸承。2. 搖柄铁丝穿上垫圈, 并插入搖柄孔內, 然后弯成搖柄形状。試驗轉动是否灵活、平直, 如不滿意, 可調整搖柄弯曲角度糾正。3. 把木座固定在工作台上, 就可应用了。安装好的繞綫机, 見图6。使用时先在铁螺絲釘上套一个螺帽, 依次套一个木綫軸头, 綫圈框, 再套上一个木綫軸头, 最后用另一个螺帽旋紧。(錢辰)



烙铁燒死了怎么办?

电烙铁最容易发生所謂“燒死”的毛病。“燒死”了的烙铁头上形成一层隔热的氧化层, 即使烙铁的温度再高, 也是无济于

上期“想想看”答案

1. 整个电路对 DOB 綫是对称的。在 AC 两点加一个电压V时, 在 AD、AO、AB間三个电阻上的电压降都是 $\frac{V}{2}$, D、O、B 三点的电位相同, DO、BO 間的电阻中没有电流, 所以可以把这两个电阻除去。这样, 就成了 ADC, AOC, ABC 三个支路并联的情况, 每个支路中的电阻为 $2R = 6$ 欧, 所以并联后 AC 間的总电阻为 2 欧。

2. 五灯机的灯絲电流比一灯机大很多, 例如大五倍, 所以在变压器灯絲綫圈中由于綫圈电阻产生的电压降要大五倍, 使输出的灯絲电压降低很多, 不能滿足要求。同时灯絲綫圈中消耗功率很大, 使变压器严重发热。当变压器灯絲綫圈导线换粗时, 电阻减小, 即使在电流較大的情况下, 在綫圈中的电压降仍然很小, 从而可以使电子管得到正常的灯絲电压。

3. 对五灯机較熟悉的人都会知道, C_1

是本机振蕩器的交連电容器, 大約为 100 微微法左右; C_2 是垫整电容器, 为 5000~6000 微微法; C_3 是簾栅极旁路电容, 一般为 0.05~0.1 微微法。由此可見, $C_2 > C_3 > C_1$ 。不熟悉五灯机的人从电路图上也看到这一点。因此, 現在的問題就在于比較一下这三个电容器电容量的大小了。

拿一个电容器, 用手捏住它的一根引綫, 将另一根引綫触碰收音机中低频电压放大管的栅极, 喇叭中就会发出“嗡嗡……”声。这是因为市电的交流电压通过电灯綫和人体間的电容以及电容器加到电子管栅极的緣故。很明显, 这个电容越大, 加到电子管上的交流电压就越大, 喇叭中的“嗡嗡”声就越大。用这种方法就可以比較三个电容器的大小, 从而判別出哪个是 C_1 , 哪个是 C_2 和 C_3 了。

事。碰到这种情况, 有人将烙铁往焊油內一触, 再馬上去塗焊錫, 这样根本解决不了問題, 只会冒出一股白烟, 消耗大量的焊油。还有人用銼刀来銼烙铁头, 事后再触一下焊油进行塗錫。这样做, 行动必須很迅速, 否則在烙铁头上也只有局部被塗上錫, 再說还要磨損些烙铁头。下面介紹一种比較好的医治燒死的烙铁的方法。

需用的材料很少, 并且是无綫电爱好者經常备有的东西: 1. 松香若干; 2. 零号砂紙或砂布一块。首先使“燒死”的烙铁温度达到工作点。在砂紙上或砂布上放些松香(細粉或块)和一小块焊錫, 然后将烙铁接触松香和焊錫, 使松香和焊錫一起熔化, 并使烙铁在砂紙或砂布上来回磨擦。磨擦的結果, 烙铁上的氧化物和灰尘将一起除掉, 露出新鮮的銅, 直接与焊錫接触, 焊錫就能很好地塗在烙铁头上, “死”的烙铁变成了“活”的啦。

烙铁“燒死”的最主要的原因有两个:

1. 温度过高, 烙铁上只塗了一层极薄的錫。由于烙铁在高温下長時間不用, 这一层薄錫也氧化掉了, 銅烙铁头一失去錫的保护层, 馬上就会形成一层黑色的氧化銅, 烙铁也就这样被“燒死”了; 2. 焊油不干净, 烙铁头上有尘垢, 也最容易使烙铁“燒死”。因此, 要想防止烙铁“燒死”, 必須使烙铁头保持清洁, 并保持一定的温度。清洁烙铁头的簡便方法是把烙铁头往松香內触一两下, 灰尘就会脫落。有人喜欢把烙铁头往焊油內触, 这样清洁烙铁头不如松香有效。再者, 用烙铁头触焊油时, 焊油消耗大, 而且会产生一股很濃的白烟, 不注意会刺痛嗓子。(李傳惠)

问与答

问：什么叫调制交流声？调制交流声是怎样形成的，怎样才能避免？

答：调制交流声是收音机收到一个电台以后，伴随而来的交流声。它与一般交流声不同，在没有收到电台时就不出现。

调制交流声主要发生在变频级，例如变频管灯丝与阴极漏电，振荡屏栅滤波不善，电源变压器漏磁穿过磁性天线等等。可更换变频管，加大振荡屏栅旁路电容（原来的0.05微法电容不要去掉，另在旁边并联一10微法电容），或转动一下磁性天线的方向，使调制交流声最小。

问：二极管能否混频？

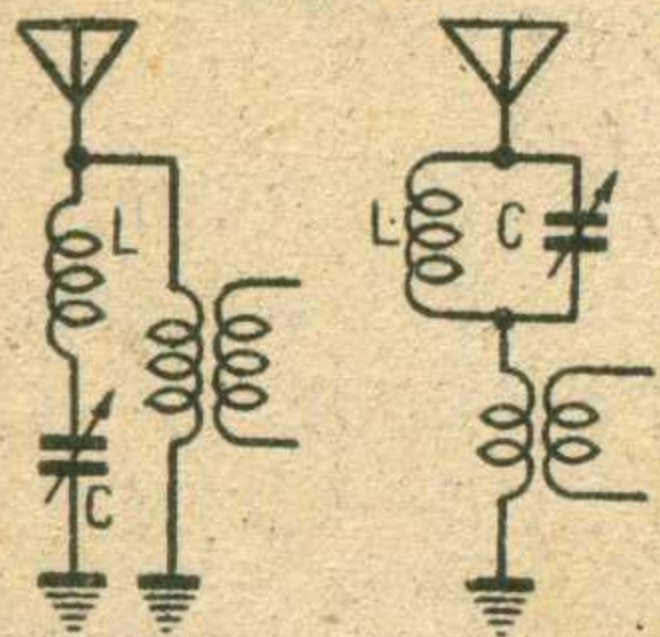
答：二极管原则上是可以混频的，利用其特性曲线弯曲部分进行混频。但因二极管混频器增益太小，在一般中短波和超短波中是不用的。只有在微波波段中，为了减少变频噪音，多用晶体二极管混频。

问：高放和天线回路线圈有何异同？

答：高放线圈与天线回路线圈基本上是相同的，只是前者初级回路的电感较大，以便与高放管的输出电容配合起来的自然谐振频率低于接收波段的最低频率，否则与天线回路一样，一旦谐振点落在接收波段之内，就会在那一点失去选择性。（以上丁启鸿答）

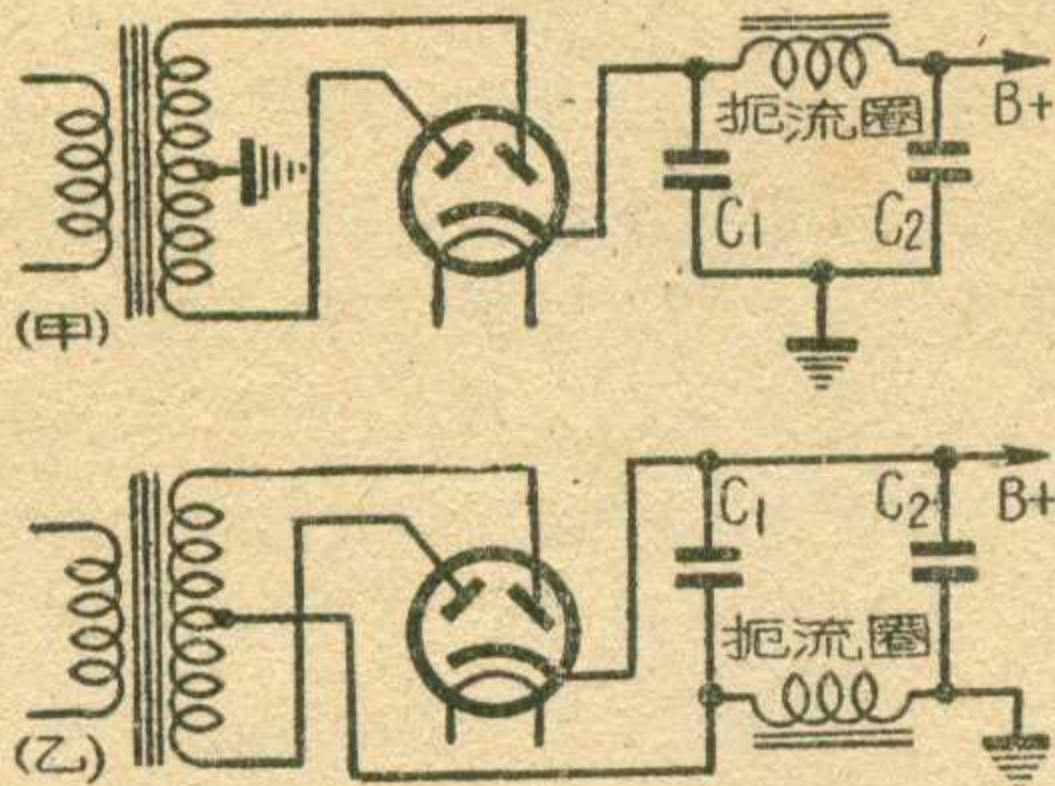
问：有的收音机在天线回路中装有中频陷波器，可以阻止中频附近电台的干扰，不知原理如何？另件数据应如何计算？

答：陷波器一般有串联式和并联式两种（如附图甲和乙）。前者利用LC串联谐振时阻抗最小的原理，将这个谐振频率的信号短路到地；后者则利用LC并联谐振时阻抗最大的原理将这个谐振频率的信号阻止于陷波器中。两种线路都可以使这个谐振频率附近的信号输入至收音机的电压最小，以减小其干扰。LC的数值依所需要滤去的频率来确定，可依 $f=10^6/2\pi\sqrt{LC}$ 的公式计算。其中 f = 千赫， L = 微亨， C = 微微法。如果要滤去465千赫的中频，由上式可求出 $LC=116500$ （微亨×微微法），如 C 为62微微法，则 $L=1880$ 微亨；如 $C=100$ 微微法，则 $L=1165$ 微亨。



问：整流滤波用的扼流圈串接到直流输出的正端（如图甲）或串接到直流回路的负端（如图乙），有什么不同？

答：两种接法对滤波效果来说，没有什么区别。但是扼流圈串接到直流回路的负端要注意以下两个问题：（1）图乙中的



滤波电容器 C_1 ，如果用铝壳电解式的，就必须与地绝缘，而且铝壳与地之间有一直流电位差，修理时容易触电麻手。（2）滤波电路必须是电容输入式的，如果是电感输入式的（即取消 C_1 ），则扼流圈就会被变压器次级高压线圈到地的分布电容所旁路，滤波效果将减低。

问：现在市售的双连可变电容器上没有补偿电容器，装制超外差收音机时，是否要另配？需要多大的电容量？

答：因为现在常用的外差式收音机都有中波和短波两个波段，每个波段需用不同的补偿电容器来进行同步调整，以免互相影响，所以双连电容器上就不再附有补偿电容器了。另配的补偿电容器，市场均有出售。从结构上分，有单连、双连两种，从材料上分，有云母、陶瓷等品种。电容量可选用5—30微微法变化范围的。（以上郑宽君答）

问：本刊1961年第4期封三“收音机线圈绕制表”中所列各波段振荡线圈绕制数据，S式线圈和同波段的A式栅回路线圈圈数为何不同，是否有误？

答：超外差接收机中的本地振荡线圈不论采用S式或A式，在同一波段内S式线圈的总圈数是应该和A式的栅回路线圈的圈数相同的，原表中所列各波段S式振荡线圈的圈数中因漏未加入抽头以后的圈数，因而较同波段A式栅回路线圈的圈数少了。应该改正如下：即550~1650千赫70圈（60+10圈）；2~7兆赫27 1/2圈（23 1/2 + 4 1/2圈），同波段A式栅回路圈数也应改为27 1/2圈，漆包线号应为0.31；7~22兆赫应为9 1/2圈（7 3/4 + 1 5/12圈），A式栅回路圈数也应改为9 1/2圈；6~18兆赫11圈（9 1/2 + 1 1/2圈）。这是作者写稿中的疏忽，请读者原谅。（冯报本答）



无线电电子学的发展方向……………(1)
 谈谈无线电操纵航空模型竞赛
 ……………赵学广(3)
 通过宇宙空间
 ……………苏联 B. H. 柯马罗夫(4)
 晶体管的特性曲线……………于 闻(6)
 照明自动控制电路……………梁天白译(8)
 电子管放大器的基本原理……………莫 愁(10)
 两级低放的晶体管收音机……………李怀中(12)
 装制晶体管收音机的几点体会
 ……………杨名甲(13)
 三极管的选用……………刘同康(14)
 收音机的磁性天线……………丁启鸿(16)
 怎样将电池式收音机改为
 交流、电池两用式收音机？
 ……………承 恒(18)
 交流、电池超外差式收音机
 ……………冯报本(20)
 用电眼管检查电容器……………黄懋广(21)
 国外点滴……………(22)
 想想看……………(23)
 自制绕线机……………(23)
 烙铁烧死了怎么办？……………(23)
 问与答……………(24)
 封面说明：
 遥控汽车模型

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5月10日
 本刊代号：2—75 每册定价2角

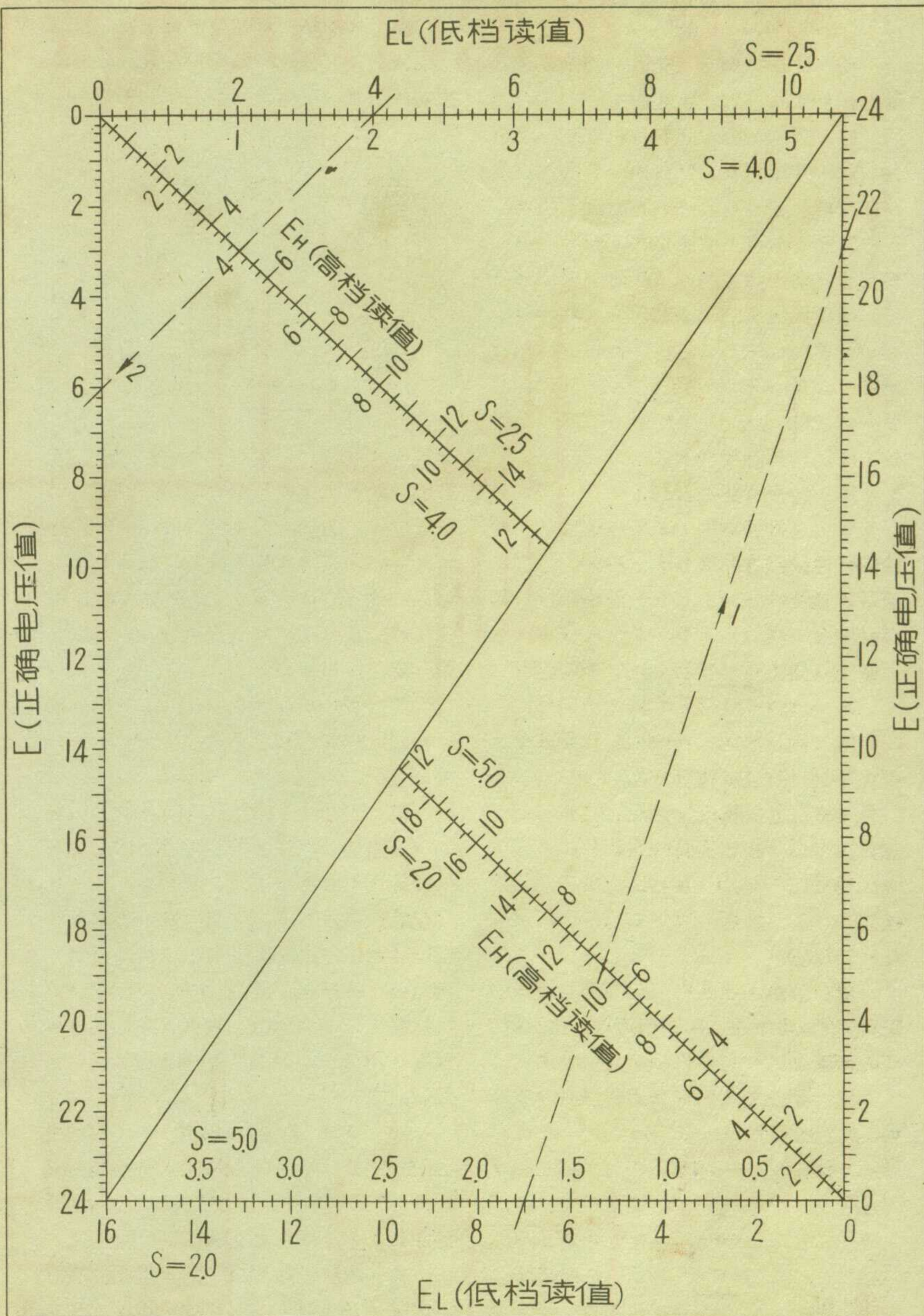
电压表正确电压值的查算图表

测量电压时，因为电压表的内阻是与被测电路并联的，它必须比被测电路的阻抗大很多，这种旁路的影响才能忽略，从而得到准确的电压值。电子管电压表就是因为有高输入阻抗，对被测电路影响很小，所以测量结果很准确。但一般的三用表电压档的内阻是很低的，用来测量高阻抗电路的电压时，会产生很大的误差。这里介绍的一种列线图可以在用低内阻电表测量时，仍然可以查算出正确的电压值。

查算方法是：用电压表上适当的高、低两档测量同一电压两次；把高档读得的电压值叫 E_H ，低档读得的电压值叫 E_L ；把高、低两档满度电压的比值叫 S ，就可以应用这种列线图或是按照下面的公式得出正确的电压值 E

$$E = \frac{(S-1) E_H}{S - (E_H/E_L)}。$$

〔例1〕测某电压，用200伏档读得105伏 (E_H)，用100伏档读得70伏 (E_L)。这时电压表两量程满度电压的比值 $S = 200/100 = 2$ 。



在列线图 $S=2.0$ 的 E_L 标度 7 与 E_H 标度 10.5 处连一直线 (图中虚线 1)，并把它延长到与右侧的 E 标度相交，可读到 21，将三个数值都增大到十倍，便得到正确的电压值 210 伏。

按上列公式计算也可得出正确的电压值为：

$$E = \frac{(S-1) E_H}{S - (E_H/E_L)} = \frac{(2-1) \times 105}{2 - (105/70)} = 210 \text{ 伏。}$$

〔例2〕某电压用150伏档读得50伏 (E_H)，用60伏档读得40伏 (E_L)。这时电压表两量程的比值 $S = 150/60 = 2.5$ 。在列线图作出连线 (图中虚线 2)，或用公式计算，均可得出正确的电压值是 60 伏。

(栗新华编译)

交流、电池两用超外差式收音机

