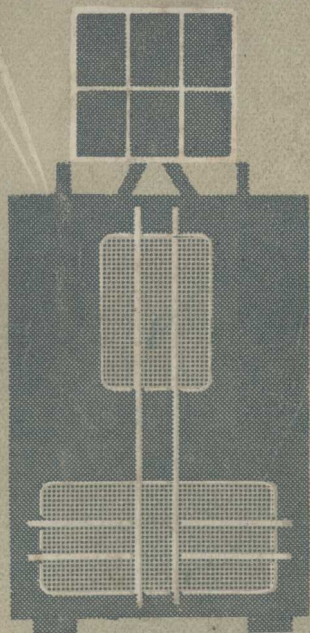


电影扩音机的工作原理

苏联 A. X. 耶柯勃逊 著
沈 竹 平 译



人民邮电出版社

电影扩音机的工作原理

A. X. 耶柯勃遜 著

沈 竹 平 譯

人民邮电出版社

А.Х.ЯКОВСОН
ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЭЛЕКТРОРАДИОТЕХНИКА
ИСКУССТВО 1955

內 容 提 要

本书是为电影放映师学习电影扩音机原理而写的，因此全书围绕低频放大器来讲述。为使初学者便于掌握放大器的工作原理，作者从电的基本知识谈起，先讲电流、电压、电阻、电感、电容，然后讲基本电子学，最后讲到电子管及放大器。

本书也适于无线电爱好者阅读。

电 影 扩 音 机 的 工 作 原 理

著 者：А. Х. Яковсон
译 者：沈 竹 平
出 版 者：人 民 邮 电 出 版 社
北京东四区6条胡同13号
(北京市书刊出版业营业登记证出字第〇四八号)
印 刷 者：邮 电 部 器 材 供 应 管 理 局 南 京 印 刷 厂
南京太平路户部街15号
发 行 者：新 华 书 店

开本 850×1168 1/32

印张 6 页数 96 插页 16 附 1 个

印刷字数 150,000 字

印数 1-2,470 册

1958年3月南京第一版

958年2月南京第一次印刷

统一书号：15045·增712-无172

定价：(10)1.10元

序 言

有声电影是以各种不同的科学技术部門（如电工学、无綫电工学、光化学、力学、光学等方面）的成就为基础的。苏联科学家和发明家在电工学及无綫电工学方面的工作成就大大地促进了有声电影事业的創立和发展。

例如，物理学教授 B. B. 彼得罗夫在 1802 年实现了炭极間的电弧放电。发明家 П. H. 亚勃洛契科夫在 1876 年获得了一种弧光灯的专利特許証，这种弧光灯是以后 1895 年第一架电影放映机所用光源的雛形。A. H. 洛迪金在 1872 年創造了白熾电灯。

院士 B. C. 雅科比在 1834 年制成了第一个电动机，而著名的电工技师 M. O. 多里沃-多勃罗沃里斯基在 1888 年設計了在电影事业中广泛采用的三相电动机。

A. C. 波波夫和 A. T. 斯托列托夫杰出的工作是創造录音和放音装置中一些最重要的元件的基础。斯托列托夫教授在 1888 年到 1890 年間制成了第一个光电管并探討了它的特性。

1895 年 5 月 7 日 A. C. 波波夫表演了不用导綫向远方发送信号的設備，从而奠定了发展无綫电技术的基础，在这方面进一步的工作創造了无綫电发射机、无綫电接收机和电振盪放大器。这种放大器是现代电影設備中录音和放音装置里的主要环节。

在 1926 年—1929 年这一时期中在 П. Г. 塔盖尔和 A. Ф. 紹林的领导下，研究出了苏联的有声电影术。由于有效地运用它們的結果在 1928 年 3 月表演了苏联第一次由电影底片重发声音的試驗，而 1929 年在列宁格勒開設了第一个有声电影院。

在五年計劃期間，特别是在偉大的卫国战争之后，苏联的电影

技术获得了巨大的成就，电影网也有了很大的发展。

最近，新式的能保証高度放音质量的有声电影放音装置已研究成功而且在运用了。它們的特点就在于低音頻和高音頻分別进行放大和重发。

不大的居民点，主要是农村地区所使用的电影无綫电两用装置的創造是一种技术上的新成就。这种装置能够放映电影和广播无綫电节目。

苏联固定的和流动的电影设备的数量每年都在增加。上千个专业人員在維護它們，在他們中間电影放映师起着光荣的作用，电影的放映质量，机器的正确使用和經常維護，均有賴于电影放映师的学識和經驗。

本书的目的是帮助电影放映师和准备当电影放映师的人在最必需的范围內来研究电工学和无綫电工学。此外，本书可作为閱讀《电影放映师丛书》中有关电影放映术或机器說明的其他书籍的入門。

对本书的批評和意見請寄莫斯科И-51花園道25号，艺术出版社。

目 錄

序 言

第一章	电工学的初步知識	(1)
第二章	直流电源	(21)
第三章	电容器	(31)
第四章	电磁学	(37)
第五章	交流电	(48)
第六章	变压器	(71)
第七章	电机	(76)
第八章	电气测量仪表	(95)
第九章	振盪和波	(100)
第十章	电气光源	(110)
第十一章	电子管	(115)
第十二章	整流器	(142)
第十三章	低頻放音系統及其各部分	(153)
第十四章	放大器	(160)
第十五章	电影設備中的放音裝置	(180)

第一章 电工学的初步知識

电 荷

任何物質的最小粒子—分子都是由构成該物質的化学元素的原子組成的。

任何一个原子都可以看成是一个由質子和中子組成的核，在其周圍不同距离处回轉着电子。每一个質子有一单位正电荷，而每一个电子則有一单位負电荷。中子是不带电的質点。

如果原子核中質子的总电荷在数量上等于它电子的总电荷，那么这个原子在电的方面呈中和。

在各种不同物質的原子中繞核运动的电子的数量是不同的。

例如，在氦原子中（图1）有两个电子，在氧原子中有八个电子。在一定的条件下，原子可能失去电子，也可能从邻近的原子那里取得电子。在这种情况下它們不再是中和的了，因为它们电荷的平衡被破坏了。

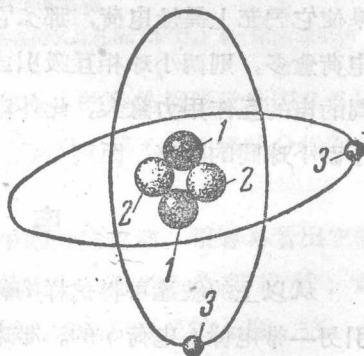


圖 1. 原子的結構

1 与 2 一組成核心的質子和中子； 3 一电子

失去电子的原子变成带正电的，称为正离子，而获得了多余电子的原子变成带負电的，称为負离子。

可以用好几种方法（如摩擦等）使物体带有电荷。如果用毛織物去擦硬橡胶或賽璐珞小棒，那么小棒就会带有电荷。这现象之所以发生是由于在小棒与毛織物摩擦时一部分电子就从毛織物移到小棒

上。因为在小棒上出现多余的电子，所以它表面的电平衡被破坏。如果把带有电荷的小棒移近纸屑，则纸屑被吸向小棒。

假使用带有电荷的物体去接触悬挂在细长的丝线上的两个很轻的小球，那么这两小球就被充上同性电荷，而且彼此相互排斥。如

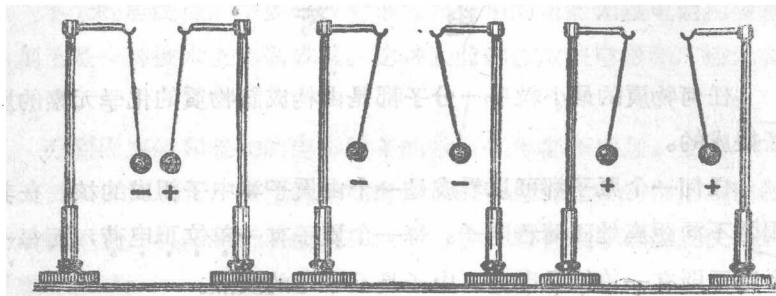


圖 2. 带电体的相互作用

果使它们充上异性电荷，那么它们将互相吸引（图 2）。小球上的电荷愈多，则两小球相互吸引或排斥得愈厉害，亦即发生在它们之间的电的互作用力愈大。此外电的互作用力在很大的程度上也决定于两小球间的距离：距离愈近，则相互作用力愈强。

电 场

从以上的叙述可得这样的结论：任何一带电物体总是排斥或吸引另一带电体（电荷）的。带电体周围的空間称为电场。通常把电场设想成电力线。在电场的某一点上正电荷所受到的电作用力的方向被认为是该点上电力线的方向。

电场对引进场中的电荷的作用力决定于该电荷的电量、电场强度和该电荷所在的地点。假如把具有不同电量的电荷引进同一电场中，那么作用在电量较大的电荷上的力较大。电场对电荷的作用力的强度是用电场强度来表示的，它等于在电场这一点上的作用力的大小与受此力作用的电荷的电量间的比值。

两个带异性电的物体間所造成的电場的电綫分佈情形如图 3. a 所示。从图中可以看出电場各点上的电場强度是不同的。当两电荷間的距离不断增加时，电綫的分佈就会趋向比較均匀。在两

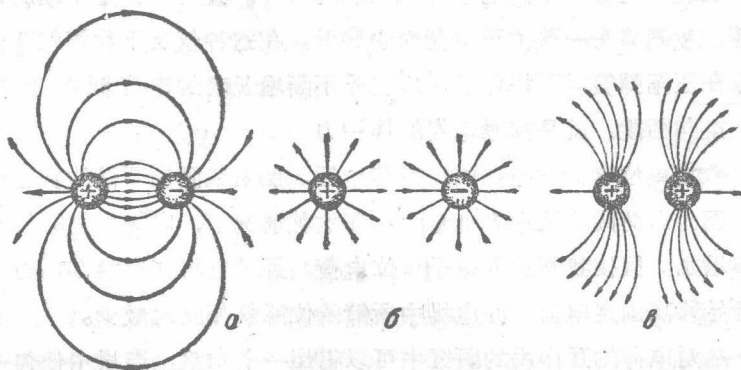


圖 3. 两个电荷的电場

a—兩异性电荷彼此相距不远；b—兩异性电荷彼此相隔无限远；c—兩同性电荷

电荷相距很远的情况下，电綫在空間中的分佈情形就象图 3, b 所示的那样。如果带同性电的物体放得很近，那么电綫的分佈即如图 3, c 所示。

观察一下上述的电綫在电場中的分佈情形，很容易看出它們的主要特性：电綫总是从正带电体出发，而进入負带电体；此外，它們还象被拉长了的橡皮筋一样力求縮短自己的长度，这一点正好可以用来解釋异性电荷間相互吸引的現象。

电 位

电場儲有位能，也就是說它具有作功的能力。例如在彈簧中也能儲藏这种能量，为此就必须压縮或拉长彈簧。为了利用儲藏在压縮彈簧中的位能，彈簧必须有伸直和恢复原形的可能。如果使彈簧的一端固定不动，而另一端和任意可自由活动的物体連接在一起，

那么它在伸直时就能使这物件运动而作功。这个功的大小决定于彈簧的压缩程度,也就是决定于压缩彈簧的过程中所消耗的功的大小。彈簧被压缩得愈厉害,那么它所儲藏的位能愈多,能作更多的功。

我們来研究一下电場中儲藏位能的例子。設有一固定不动的正电荷。我們將另一单位正电荷向它移近。在这种情况下我們就不得不象在压缩彈簧时那样作功,以克服不断增长着的电荷間的互斥力,換句話說,就是克服电場的作用力。

欲将单位电荷拿得离固定电荷愈近,那末我們所須做的功也愈大,因为电荷間的互斥力也愈大。在这种情况下,电場所儲的位能亦将增加。假使我們放开这个单位电荷,那么它将在电場作用力之下开始移离固定电荷,而电場中所儲的位能就相应地减少。

从对电荷的互作用的研究中可以得出一个結論:电場中任何一点都可以用一定数值的电位来表征,也就是說可以用电場力在使单位正电荷从这点移出电場范围时所作功的大小来表征。

任何物体上的电荷都象上述的带电小球一样彼此互相地作用着。

同一物体上的同性电荷愈多,它們的分佈密度就愈大。在这种情况下电荷間的距离减少,而它們之間的互斥力就愈大。該物体的电位也就相应地增高了。

导体和介質, 电容量

在有些物質中,主要是在金屬中,部分电子与原子核中正电荷間的联系是很微弱的,这些电子有可能自由地从一个原子核的作用范围迁移到另一个原子核的作用范围内。这种电子称为自由电子。

具有自由电子的物質称为导体。有許多物質沒有充分数量的自由电子,这种物質称为介質或絕緣体。

在通常的情况下,导体中的自由电子杂乱无章地在物体内部

移动，就象气体质点一样。

如果拿一带负电的物体去接触导体，那么在互斥力的作用下，有一些自由电子便转到导体上。在导体上这些电子彼此相互推斥，刹那间就分佈到它的整个表面。当带电体上的和导体上的电子间的互斥力变成相等时，电子就不再从带电体转移到导体上。这一时刻相当于带电体和导体的电位相等的瞬间。

从负带电体转移到导体上去的电子数量决定于物体的大小。导体表面愈大，则电子数量愈多。这是由于在它们分佈密度相同的情况下，较大的导体表面可以容纳较多的电子（电荷）。

在导体表面大小相同的情况下，从带电体转到导体上去的电荷量（或者说电量）决定于该带电体的电位。带电体的电位愈高，亦就是说分佈在它上面的电荷间的斥力愈大，那么转到和它接触的导体上去的电量也就愈多。

在电位相同的情况下，导体能容纳电量的多少称为电容量。单个导体，即使很大，它的电容量也很小，因此在工程上为了要得到大电容量就使用电容器，它的构造和作用原理在第三章中叙述。

电流、电动势、电压、电阻、电导

自由电子在导体中有秩序的移动称为电流。通常总把与自由电子在导体中运动的方向相反的那个方向作为电流的方向。

要直接看见电子的移动是不可能的，但是可以根据一系列的现象来判定导体中电流的存在。例如，电流通过导体时，导体发热；载流导体四周有磁场，这一磁场可以用罗盘的磁针来发现它。

当电流通过盐溶液或酸性溶液时，在其中就发生化学反应，例如，电流通过硫酸铜溶液能析出铜来。

电子的运动，或导体中的电流，和气体在连接两个不同气压的气筒的管子中的运动相似（图4）。气体从气压较高的气筒沿着管

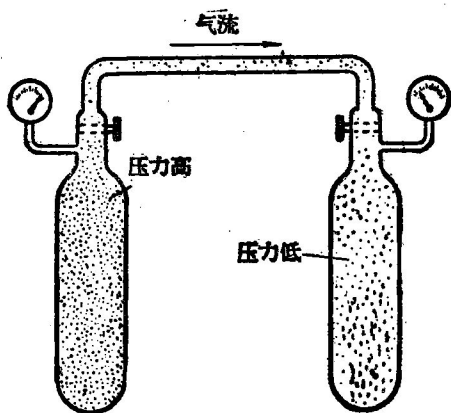


圖 4. 气体从气压较高的气筒通入气压较低的气筒

子进入气压较低的气筒。同样地，自由电子也是有秩序地通过连接两物体的导线的，在这两物体中的一个上有过剩的电子，而在另一个上则缺乏电子（图 5）。

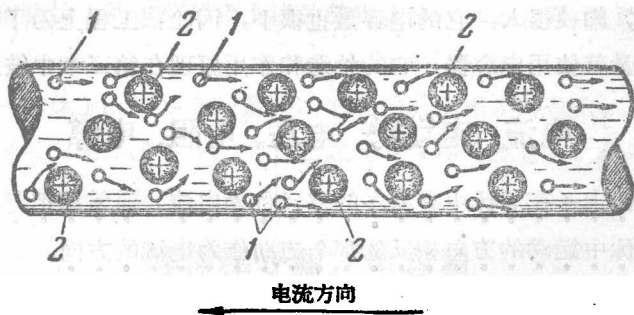


圖 5. 導綫中自由电子 1 在正离子 2 間的有秩序的移动

管子中气体的运动（气流）是由相連的两气筒中的气压差，因之也就是管子两端的气压差引起的。这种运动（流动）只有在两个气筒中的气压变成一样时才会终止。

同样地，在连接两物体（其中一个的电位比另一个高）的导线

中，在电的相互作用力的影响下便产生有秩序的电子运动——电流。当两物体間，亦即导綫两端間存在着电位差，或电压时，就有这种电流流动。

管中的气流是以每秒內通过該管橫截面的气体量来計算的，与此类似，电流亦以每秒內通过导体橫截面的电子数来計算。

測量电流的单位称为安培（安）。一安培相当于一秒內有 6.25×10^{18} 个电子通过导体的橫截面。一安培的电流通过硝酸銀溶液时，每秒內能从中析出1.118毫克的銀。

有时电流以千分之一安培——毫安或百万分之一安培——微安来計量。在公式中电流用字母 I 或 i 来表示。

例 将电流 $I_1 = 2$ 安和 $I_2 = 0.8$ 安的数值改用毫安来表示。

解 $I_1 = 2$ 安 = 2000毫安；

$I_2 = 0.8$ 安 = 800毫安。

电流在导体中以相当于光的速度通过，也就是以每秒約300000公里的速度通过。电子在导体中运动的速度約每秒若干公尺，同时它們从一原子轉移到另一原子。在移动时它們将自己的一些电荷傳給邻近的原子，而这些原子又把电荷傳給与它們相邻近的一些原子。

当在导体两端加上电压时，导体中的所有电子几乎在同一時間开始运动。整个电路中的自由电子立刻卷入了这个运动，結果电流便迅速地流过电路。

为了能更好地了解这一点，我們引用下面的例子來說明。設有一接在龙头上的一段很长的水管。在擰开龙头的一刹那，水并不立刻从管的一端流出，因为要使水充滿整条管子必需經過一定的時間，只有在这以后才开始流出水来；我們把龙头关掉，这时水管里仍然存滿了水。假使現在再擰开龙头，那么在同一瞬間水就从管中流出来了。

任何导电体与水管一样，总是《充滿着》自由电子，因此在电路

閉合时，电子在导体中以不大的速度从一原子移至另一原子的运动就造成了具有光速的电流。

为了維持連接两气筒的管子中的气流，必須在所有時間內都保証两气筒中的气压不同，这一点可借气泵来获得。要使导体中（或者电路中）保持有电流，同样必須在整个時間內都保証导体两端有电位差或者电压。

为此常使用电源。电源有两个接綫柱，在一个接綫柱上多余电子，而在另一个上缺少电子；这样在电源的两接綫柱間就建立起电位差。电源其中一接綫柱上的剩餘电子愈多，那么电子在单位時間內經過电路跑到另一个电子不足的接綫柱上去的电子数量愈多。

使电子沿着电路作有秩序的移动的这样一种能称为电动势。它能保持电源两接綫柱上具有电位差，或者电压。

电动势，电位差或电压用伏特（伏）做单位。有时在技术上需要采用千分之一伏—毫伏和百万分之一伏—微伏为单位。此外，电压又常用千伏来計量。在公式中电动势用字母 E 或 e 来表示，而电压以字母 U 或 u 来表示。

例 将电压 $U_1 = 4$ 伏和 $U_2 = 0.1$ 伏的数值改用毫伏来表示。

解 $U_1 = 4$ 伏 = 4000 毫伏；

$U_2 = 0.1$ 伏 = 100 毫伏。

自由电子在导体內运动时它們与另一些电子間开始有一种互作用力并本身就受到那些电子的影响。此外，位于电子运动路徑中的原子也阻碍着它們，使电子的途徑变成弯曲的，使它們有秩序的运动滯緩下来。电子流在它的途徑中不断地克服着导体的阻力。

导体的阻力是由它的材料和溫度情况来决定的。在銀、黃銅、銅这些金属中，它們的原子結構允許自由电子很容易地通过。在有些合金中，象鎳鉻合金、鎳銅合金、錳鎳銅合金，原子分佈所造成的阻力比上述的純金属要大得多。管中水流所受到的阻力是依管的

內直徑和长度来决定的，而載流导体的阻力同样是由該导体的直徑和长度来决定的。

电阻的单位是欧姆(欧)。在 0°C 时全长106.3厘米，橫截面为1毫米²的水銀柱正好具有1欧姆的电阻。为了計算阻值方便起見常以千欧或兆欧来計量。在公式中电阻以字母 R 或 r 来表示。

任何导体不仅可用它的电阻來說明它的特性，而且也可以用电导來說明。导体的电阻愈大，那么它傳导电流的性能愈差，即它的电导愈小，而相反地，导体的电阻愈小，則它的电导愈大。因此电导是电阻的倒数，即等于 $\frac{1}{R}$ 。电导的单位常采用姆(1/欧)；在公式中电导常以字母 G 或 g 来表示。

掌握了关于电流单位与电阻单位的概念后，可以应用下列的方法来确定电动势单位或电压单位的意义；1伏是在使电阻为1欧的导体中通过1安的电流时，在該导体两端所需加上的电动势或电压的数值。

導体的电阻

上节中已經指出，任何导体的电阻都由制成它的材料、它的橫截面 S 、它的长度 l 和溫度 t 来决定的。

制成导体的材料的特性用电阻系数來說明（在公式中它以希腊字母 ρ 来表示）。长1米、截面积为1毫米²的导体在 20°C 时的电阻值称为該材料的电阻系数。

各种物質的电阻系数都不相同，通常用試驗法来决定并列成备查表。

要用計算法来决定导体的电阻值，可把它的电阻系数 ρ 乘上导体的长度 l (米)后被截面积(毫米²)除，即

$$R = \frac{\rho l}{S} \text{ 欧。}$$

从这一公式中可以看出：导体愈长，它的电阻亦愈大；导体截面积愈小，则它的电阻愈大，反之亦然。导体电阻依赖于物质特性的关系，上式中用系数 ρ 来表示。

例 已知一铜线长 150 米，截面积 2 毫米²，铜的电阻系数为 0.1 欧·毫米²/米。求该线的电阻值。

$$\text{解} \quad R = \frac{\rho l}{S} = \frac{0.1 \times 150}{2} = 7.5 \text{ 欧。}$$

欧姆定律

确定电路中电压、电流和电阻三者间的关系的欧姆定律是电学的基本定律之一。欧姆定律指出：电路中电流的大小等于这电路两端的电压（或电位差）被它的电阻除所得的商数。

欧姆定律在数学上以下列公式表示

$$I = \frac{U}{R},$$

其中 I —— 电流，单位安； U —— 电压，单位伏； R —— 电阻，单位欧。

从这公式中可以看出，加在电路两端的电压愈大，通过电路的电流亦愈大；相反地，电路的电阻愈大，则在其中通过的电流愈小。

例 加在电子管灯丝上的电压是 6.0 伏，灯丝的电阻是 15 欧。求灯丝电流等于多少。

$$\text{解} \quad I = \frac{U}{R} = \frac{6.0}{15} = 0.4 \text{ 安。}$$

欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$ 这一公式在等式两边都乘以 R ，就变成：

$$IR = U。$$

从这一公式可以看出：电流与部分电路的电阻之乘积等于加在该部分电路两端的电压。因此有时可以说电流 I 通过电阻 R 的一段电路时就在其上造成一等于 IR 值的电压降。

例 放大器电子管的灯丝电路的电阻为 1.5 欧。流过这电路的电流为 4 安。求这电路中电压降的数值。

解 $U = IR = 4 \times 1.5 = 6.0$ 伏。

公式 $IR = U$ 的两边都用 I 来除，就变成：

$$R = \frac{U}{I}。$$

从这一公式中可以看出：部分电路的电阻等于加在这部分电路两端的电压（或者电位差）被这电路中所通过的电流除。

例 电子管 $6\text{X}7$ 的灯丝电压等于 6.3 伏，而它的灯丝电流是 0.3 安。求灯丝的电阻值。

解 $R = \frac{U}{I} = \frac{6.3}{0.3} = 21$ 欧。

电阻器的连接

在连接电源和耗电器（例如白炽灯）的电路中，在大多数情况下都不希望有电阻。但是另一些设备中，相反地必须要使某部分电路具有一定的电阻。

阻力较大的一段电路称为电阻器。通常电阻器是由电阻系数大的裸线或绝缘线（例如，镍铬合金线，锰镍铜合金线，镍铜合金线等等）绕在支架或线圈架上做成的。在某些情况下电阻器是在绝缘材