

初级电影放映技术丛书

放映机的还音技术

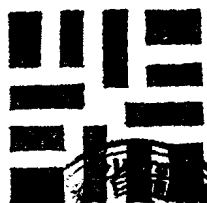
E金星 编著

中国电影出版社

初级电影放映技术丛书

放映机的还音技术

王金星 编著



中国电影出版社

1989 北京

内 容 说 明

本书是初级电影放映技术丛书之一。

该书简要介绍了放映员必备的声学基础知识和电影录、还音原理。对现代电影放映机还音系统的两大组成部分，即光学还音的激励光学系统和影片速度稳定装置的原理、结构形式及其调整方法作了详尽的描述。

本书可供放映技术人员和放映机修理人员阅读，亦可供放映培训单位的师生参考。

责任编辑：王 禾

封面设计：王玉兰

放映机的还音技术

＊

中国电影出版社出版发行

（北京北三环东路22号）

建外印刷厂印刷 新华书店经销

＊

开本：787×1092毫米1/32 印张：7.75 插页：8

字数：110000 印数：1500

1989年9月第1版北京第1次印刷

ISBN7-106-00142-2/TB·0031

定价：2.90元

编 者 的 话

这套《初级电影放映技术丛书》由《影片使用与维护》、《35毫米固定式电影放映机》、《16毫米移动式电影放映机》、《放映机的光学装置》、《放映机的还音技术》、《电影放映新光源》、《放映换机控制装置》、《银幕与放映场地》、《晶体管电影扩音机》、《电子管电影扩音机》、《放映电工基础》等十一册组成。每本书的内容既相对独立又相互联系，比较全面而系统地介绍了电影放映专业的基础理论和新技术。

早在十年动乱前，文化部电影局为满足当时我国放映工作者进行初级放映技术培训和技术进修的迫切愿望，就曾组织力量编写并出版了一套《初级电影放映技术教材》，按电影放映技术的传统的学科分类，计包括《电影放映机》、《放映扩音机》、《发动发电机》和《放映电工学》等四册，交由我社编辑出版。作为补充，我社也曾组织出版了一些电影放映设备维修小丛书。这些出版物在当时反映我国电影技术和电影放映设备的发展水平，对我国电影放映事业的发展曾起到了积极的推动作用，并因而受到广大读者的重视和好评。

近年来，我国的电影放映事业又有了长足的进步。科技新成果被大量引进电影技术领域，晶体管电影放映机、氙灯、钨灯等电影放映新光源以及数控自动换机装置等新型电

影放映技术装备已推广使用，从而大大丰富和发展了电影放映的基础理论和专业技术。现阶段我国的电影放映队伍也与以往大不相同。基于形势要求，旧版本的《初级电影放映技术教材》和电影放映设备维修小丛书无论在内容上还是在体例上都已无法满足广大读者的实际需要。为此，我社组织全国各地一些多年从事电影放映技术研究或电影放映技术教学工作的同志，从当前我国电影技术的发展水平和电影放映事业的客观需要出发，编写了这套《初级放映技术丛书》。

本丛书主要供电影放映人员学习和进修初级放映技术之用；此外，它对于从事电影技术培训和电影放映技术设备管理等工作的同志，也有一定的参考价值。

编 者

1987年5月

目 录

第一章 声学基础知识	(1)
§1-1 声波基础知识.....	(1)
§1-2 人耳听觉的主要特性.....	(4)
§1-3 电影还音中声信号的特点与还音系统的技 术要求.....	(10)
§1-4 室内声学常识.....	(23)
第二章 录音和还音基本原理	(35)
§2-1 电影录音工艺.....	(35)
§2-2 磁性录音.....	(39)
§2-3 磁性声带影片的还音.....	(45)
§2-4 光学录音.....	(51)
§2-5 激光录音.....	(55)
第三章 影片速度稳定装置	(58)
§3-1 影片速度稳定装置的必要性.....	(58)
§3-2 稳速理论的基础知识.....	(77)
§3-3 速度稳定器.....	(122)

第四章	光学还音原理	(182)
§4-1	光学还音的光电转换.....	(182)
§4-2	激励光刃质量对还音质量的影响.....	(184)
§4-3	柱面透镜.....	(197)
§4-4	激励灯泡.....	(199)
§4-5	光电元件.....	(203)
§4-6	产生激励光刃的方法.....	(220)
§4-7	激励光学系统的调整.....	(228)

第一章 声学基础知识

§ 1-1 声波基础知识

发声的物体（如提琴的弦、鼓的膜等）受力后产生振动，引起周围的弹性媒质（如空气）跟着发生振动，并以波的形式向四周传播，这样一种波动现象称为声波。图1-1为音叉受击产生振动，引起周围空气产生疏密变化（压缩和扩张）的声波示意图。

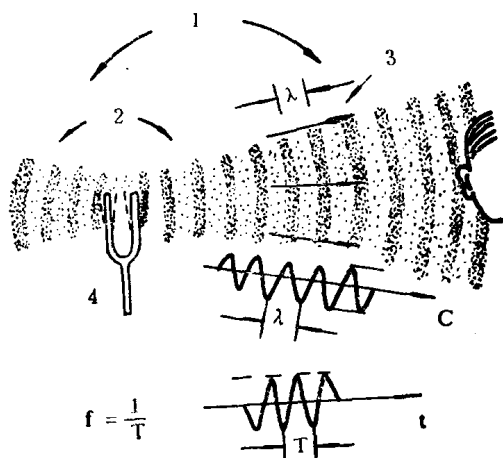


图 1-1 声波

1—声场 2—声波 3—射线 4—声源

产生声波的物体（发声体）称为声源；声波所及的空间

范围称为声场。声波传播的方向可用声线表示。声波是以空气微粒在声线方向上来回移动的纵波（疏密波）方式向四周传播，而不是以在声线垂直方向移动的横波方式向四周传播的。

声源每秒钟振动的次数叫频率，以 f 表示，单位为赫兹（Hz 即周/秒）。声源每振动一次所经历的时间叫周期，以 T 表示，单位为秒（s）。周期与频率之间有如下关系： $f = \frac{1}{T}$

或 $T = \frac{1}{f}$ 。

声波既可以在空气中传播，也可以在液体和固体中传播。这里主要讨论的是在空气中传播的声波。

声波在媒质中传播的速度叫声速，以 C_0 表示，单位为米/秒（m/s）。声速与传播媒质及其温度有关，与发声体的振幅和频率无关：

空气在 0°C 时的声速 331 m/s

空气在 20°C 时的声速 343 m/s

声波在空气中不同温度时的速度可按下式计算：

$$C_0 \approx 331 + 0.607Q \text{ (m/s)} \quad (1-1)$$

式中 331 为 0°C 时空气中的声速，0.607 为温度每升高 1°C 空气中的声速约增加的数值， Q 为空气的摄氏温度。

声波在一个周期内所传播的距离称为波长，以 λ 表示，单位为米（m）。它与声速及频率有关，可用下式表示：

$$\lambda = \frac{C_0}{f} \quad (1-2)$$

声波的振幅是由发声体的振幅决定的。声波振幅的大小

决定了声音的强弱，常用声压这个物理量来描述，以 P 表示，单位为帕（Pa）。声场中某处的声压是指声波在该处引起的压力的变化值，即指媒质中有声波传播时该处的压力与无声波时该处的静压力之间的差值。空气中存在着静态大气压强和静态大气密度。当有声波时，空气产生疏密变化（即空气在原有静态密度基础上产生疏密变化），使在原有大气压基础上产生一个交变的压力，这一交变压力即为声压，如图1-2所示。

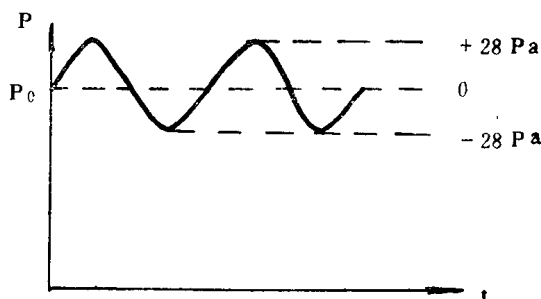


图 1-2 声压 P_0 为静态大气压，其值为 101325 Pa

声压是交变的，其相位正负按以下原则区分：当声压使媒质的总压力比静态压力（空气中为大气压）增加时，规定为正；反之则为负。因此，正的声压意味着该处的媒质密度增高（密），负的声压意味着该处的媒质密度减小（疏）。

在声学中声压单位有两种表示方法：

在厘米·克·秒制中，声压的单位是达因/厘米²，又称“微巴”（以 μbar 表示）。

在米·千克·秒制（我国法定计量单位制）中声压的单位为牛顿/米²（N/m²），又称“帕斯卡”（Pascal），简称“帕”（Pa）。帕与微巴之间有如下关系：

$$1\text{Pa}=10\mu\text{bar} \quad (1-3)$$

前面提到的空气静态大气压力为

$$P_0=101325\text{Pa} \quad (1-4)$$

通常，声波所引起媒质的疏密变化是不大的，即声压与空气静态压力比较起来是很微小的。如，使人耳感到疼痛的声压其有效值约为20Pa，峰值约为28Pa（如图1-2所示），大约只有静态压力万分之二的变化。

§ 1-2 人耳听觉的主要特性

声音是客观存在的，但人耳的主观感觉（听觉）和客观实际（声音）有一致的地方，也有不一致的地方。对电影放映工作者来说，了解一些人耳听觉特性是很有必要的，因为电影还音虽有质量指标来控制 and 判断还音质量的好坏，但这些指标并不能满足听觉的全部要求，最终和最高的判断仍是人耳的听觉。

一 人耳对声音强弱的感觉

人耳对声音强弱的感觉大体上与声压有效值的对数成比例。

声音的强弱与声源的振幅有关，但仅用描述声音强弱的物理量——声压来表达，在计量上造成了一些不便，这是由于声压的数量级相差悬殊（达 10^{12} 倍）所致，因此用对数来

表示声音的强弱，这种表示声音强弱的数值叫声压级，可用下式表示：

$$\text{SPL (声压级)} = 20 \lg \frac{P_{\text{rms}}}{P_{\text{ref}}} \quad (1-5)$$

单位为分贝 (dB)，式中 P_{ref} 为零声压级的参考值， P_{rms} 为声压有效值。国际上规定 P_{ref} 为 $2 \times 10^{-5} \text{Pa}$ ，这个数值相当于具有正常听力的年轻人在 1000Hz 简谐信号刚刚能觉察到声音存在时的声压级。

声音的强弱用声压级表示时比用声压表示要方便得多。例如普通讲话时声音的大小用声压级表示时为 70dB，用声压表示则为 $6 \times 10^{-2} \text{Pa}$ ；大声喊叫用声压级表示时为 80dB，用声压表示则为 $2 \times 10^{-1} \text{Pa}$ ；小声说话用声压级表示时为 60dB，用声压表示时为 $2 \times 10^{-2} \text{Pa}$ 。

同时在声—电，电—声转换过程中，采用声压级时可以与电路中的电平直接相对应，这将给还音设备电信号强弱的控制、计算和调校带来方便。

人耳听觉对声音强弱变化的觉察能力是有限的：相当多的人对同一声信号在声压级突然变大（或变小）其变量不超过 3dB 时，是觉察不出来的。只有那些经过专门训练的音乐工作者和电声工作者才能觉察出 1~2dB 声压级的突变。因此，在电声工程（包括电影还音技术）中，常以 3dB 这个数值来作为设备中某些指标的优劣界限。

二 人耳对声音频率的感觉

人耳对声音频率的感觉表现为音调的高低，简称音高，它与声音频率大体呈对数关系。

表示频率的坐标多采用对数刻度，以倍频程（即后一声音比前一声音频率高一倍或低一倍）来作为音调的计量单位。例如，1个倍频程的频率比为2（或 $\frac{1}{2}$ ）；2个倍频程的频率比为4（或 $\frac{1}{4}$ ）；3个倍频程的频率比为8（或 $\frac{1}{8}$ ）……。

声音的高低与声音的强弱有关，即同一频率的声音，在声音强弱不同时，人耳感觉的音高是不一样的，声音强时，音高显高一些，声音弱时，音高也显低一些。此外，人耳对音高变化的觉察能力也是声音强时灵敏一些，弱时迟钝一些。

人耳对声音频率感觉的特点除用声压级表达声音的强弱外，还可用等响曲线来表示。“等响曲线”是通过大量具有正常听力的年轻人以各种频率的声波对其听觉进行测量取其平均值得到的，如图1-3所示。图中的每一条曲线均表示在各个频率上虽然声压级不同，但人耳感觉的响度是相同的。图中的每一条线表示一个响度等级。习惯上以曲线在1kHz时的声压级数代表响度级数，并用“昉”(Phon)作为响度级的单位（见图1-3标注）。在等响曲线中，1昉以下的声音人耳是听不见的，称为“闻阈”。声音响度超过120昉以后，人耳会感到痛痒，所以120昉的曲线称为“痛阈”。

从图可以分析在同一等响曲线上有以下特点：

1. 声压级越高时，人耳的听觉频响越趋平坦，声压级降低时，则人耳的听觉频响变坏，其中低频尤为明显。
2. 对于高于18~20kHz和低于16~20Hz的声音，不论声压级多高，一般人都听不见，因此可以认为20Hz~

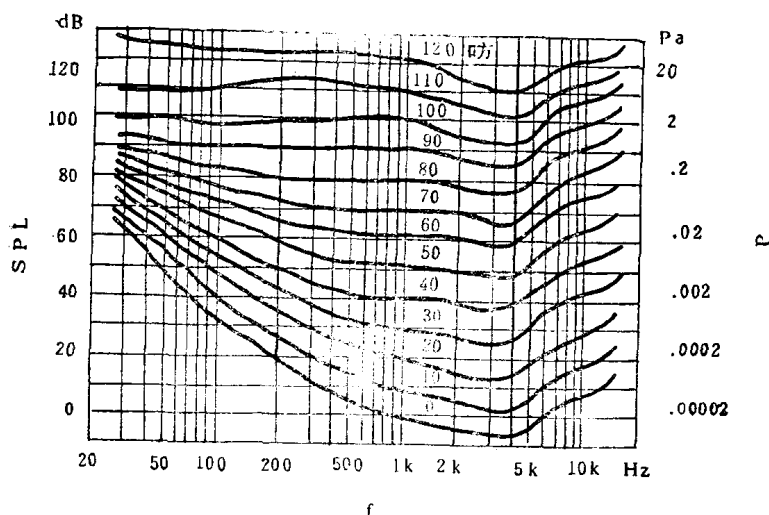


图 1-3 等响曲线

20kHz是人耳的听觉频带，高于20kHz的声音称为“超声”，低于20Hz的声音称为“次声”。

3. 不论声压级高低，人耳对3kHz~5kHz的声音最为敏感。

用仪器测量声音的响度级时，必须模拟上述人耳的听觉频响。这种测量响度级的仪器由测量声音的“声(压)级计”加模仿人耳特性的“计权网络”两部分组成。为了简化仪器，一般只选取三种计权特性来代表人耳的听觉频响，国际电工委员会(IEC)规定了如图1-4所示A、B、C三条曲线，曲线A是模仿人耳在响度级约4000方的听觉特性，曲线B是模仿人耳在响度级约70方的听觉特性，曲线C是模仿

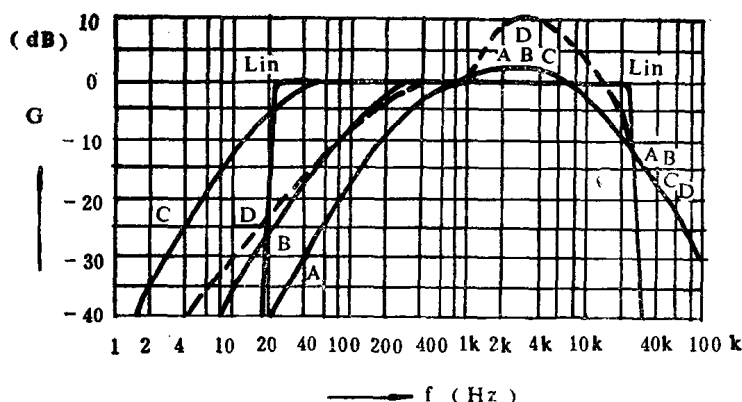


图 1-4 测量响度级的计权曲线

人耳在响度级约100昉时的听觉特性。近年为表征飞机噪声在听觉上的反映又新规定了D计权曲线。此外，声级计还有一档线性（Lin）计权（频带采用22.4Hz~22.4kHz），这条计权曲线是为排除超声与次声而设置的，又称宽带计权，测量的是声压级而不是响度级。

三 人耳听觉的掩蔽效应

经验告诉我们，一个声音的存在会影响人们对另一个声音的听觉能力。这种一个声音在听觉上掩蔽了另一个声音的现象，称为人耳听觉的“掩蔽效应”。例如，两个人在噪声很大的地方说话时，要把嗓门提高，才能使对方听见，否则说话声会被噪声所淹没，这就是噪声对说话声有“掩蔽效应”。

在电影还音中，机器本身的噪声是不可避免的，但只要

有用的声信号强度达到一定水平，噪声同它相比足够弱时，也就不觉得它存在或者虽感到它存在但并没有多大的影响，亦即使有用信号掩蔽噪声。这个噪声究竟允许多大，要取决于有用信号的强度，还音质量指标中“信号噪声比”的来源就是在规定的信号强度条件下所允许的最大噪声电平。

同样道理，在还音设备中非线性失真的大小，也是用失真信号与有用信号的相对比例来表示（如谐波失真系数，互调失真系数，瞬态互调失真系数等）。此外，人耳听觉还有一种“抗掩蔽效应”，即对声音的选择。如当人的注意力集中时，可以在相当严重的噪声条件下，听到想要听的声音。这在通讯事业中，在检查机器故障时是很有用的。

四 人耳听觉的残留效应

人耳听觉同视觉一样也有“残留效应”（又可称为“延时效应”），即人对断续延时声其分辨能力是有限的。

例如，有来自两个方向、内容相同、但有时差的声音，若后到达的声音（延时声）不比先到达的声音声压级高，那么，不论延时声是从哪个方向来，只要它滞后的时间不超过17毫秒，一般是感觉不到存在着这第二个声音的。当延时声的方向与第一个声音比较接近时，即使延时30毫秒也感觉不到它的存在，此时的延时声只起着加强第一个声音的作用，称为人耳听觉的“积分效应”。当延迟时间增加到30~50毫秒时，延时声的存在才会被感觉到，但仍不能把延时声与前面的声音分开；当延时超过50毫秒时，才会感觉到延时声象回声一样起干扰作用（如果延时声足够强的话）。这种现象首先被哈斯发现，因此又称“哈斯效应”。

“延时效应”必然会在电影还音中遇到，如，墙壁的反射，多个扬声器重放同一个声音等，都是典型的延时声。

§ 1-3 电影还音中声信号的特点与 还音系统的技术要求

在电影还音中，不论是光学声带还是磁性声带，它所能记录的声信号主要是语言、音乐和效果，这些声音的波形是千变万化的，那么它们究竟有什么特点呢？下面将简单地介绍一下它们的特征。

一 音乐、语言和效果都是随机信号

音乐、语言和效果声一方面受艺术家的形象思维支配，同时也受艺术家的逻辑思维控制。这些思维虽然都是有规律的，但受这些思维控制的声信号，却是无规则的、随机的，称为随机信号。所谓随机信号，即在每一个瞬间信号所包含的频率及各个频率所含的能量是随意的、无规则的。出现的方式也是随意的，可以突然出现，也可以慢慢出现；信号持续的时间可以很长，也可以很短等等。随机信号主要用统计方法研究，当然抽出一段音乐、语言和效果声来用富氏方法（一种数学方法）进行分析也是可以的。

不论这些信号如何具有随机性，但从时间延续角度来看，总可以把它们分成起始、稳定和结束三个时程，如图1-5所示。从信号包络线看有增长、稳定和衰减三个阶段。图中（a）为三个阶段完全的声信号，（b）为没有稳定段的声信号。