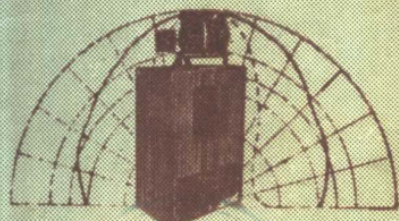


109645

揚聲器的精義

〔苏联〕И.М. 包洛特尼科夫著



科学技術出版社

統一書號：15119·255

定價：一元二角

揚聲器的精義

〔苏联〕И. М. 包特洛尼科夫著

陳 炳 榮 譯

科學技術出版社

內 容 提 要

(1) 本書先向讀者介紹一些關於揚聲器方面的基本知識和它的品質指標，並介紹一些揚聲器把電能改變成聲能的基本物理知識。

(2) 繼而介紹直接輻射式電動揚聲器、喇叭式電動揚聲器和變頻帶揚聲器的特性。

(3) 最後介紹揚聲器的用法和修理。

(4) 本書內容特別適宜作電影放映工作者做參考。無線電工作者亦宜閱讀。

揚 聲 器 的 精 義

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ ДЛЯ
ЗВУКОВОГО КИНО

原 著 者 [蘇聯] И. М. Болотников

原出版者 Госкиноиздат · 1952 年版

譯 者 陳 炳 榮

*

科學技術出版社出版

(上海建國西路 336 弄 1 號)

上海市書刊出版業營業許可證出○七九號

上海市印刷四廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號：15119 · 255

(原交流版印 1,000 冊)

折本 787×1092 紙 1/23 · 印張 8 2/23 · 字數 152,200

一九五六年六月新一版

一九五六年六月第一次印刷 · 印數 1—1,000

定價：(10) 一元二角

原 序

由於對電影放映品質要求的提高，一方面使電影機器的構造趨向複雜，另一方面則要求電影放映機師們須不斷增進他們的知識。可是在出版物之中，對涉及現代複雜的電影機器的各項問題，却還討論得不多；其中講到電影院用揚聲器的書籍，實際上幾乎沒有。

本書的目的，就是想要填補上面所講的這一個空白點。

本書的內容是這樣佈置的，開頭先向讀者介紹一些關於揚聲器方面的基本知識和它的品質指標，並還介紹一些關於把輸入揚聲器中的電能變為聲能的物理過程的基本知識。以下各章便介紹有聲電影中所常用的幾種揚聲器的特性。最後討論揚聲器的運用和修理方面的問題。

書中列有各種國產（蘇聯）電影院用揚聲器的基本數據表，作為參考資料。

本書中的材料，當然還不能盡到包括使用揚聲器的同志們所面臨的一切問題。但是著者指望讀者在掌握了書中的基本知識後，能夠依靠自己的個人經驗，獨立地正確解決大部分的問題。

著者對於工程師 A. A. 法恩施坦（列寧格勒電影機械廠）和 P. M. 卡舍林尼諾夫（薩馬爾堪德電影機械廠）幫助編製附表，表示感謝。

著者對於工學博士 B. B. 富爾多葉夫教授審閱手稿時所給予的寶貴指示，也應表示深切的感謝。

目 錄

原序	1
第一章 揚聲器概論	1
第一節 揚聲器的種類	1
第二節 標稱電功率	3
第三節 效率	4
第四節 揚聲器的靈敏度	5
第五節 揚聲器的失真	9
第六節 輻射的方向性	13
第七節 磁路系統的空氣隙中磁通的分佈	15
第八節 輸入阻抗	16
第九節 揚聲器的測量	17
第二章 直接輻射式電動揚聲器	19
第一節 電動揚聲器的工作原理	19
第二節 直接輻射式揚聲器的構造和它的各部零件的用途	21
第三節 基本電聲常數	30
第四節 電動揚聲器的輔助裝置	39
第五節 工業製品直接輻射式揚聲器	46
第三章 喇叭式電動揚聲器	48
第一節 喇叭的功用	48
第二節 指數蜿蜒喇叭	49
第三節 臨界(截止)頻率	51

第四節	聲壓變換	52
第五節	喇叭式揚聲器的構造	55
第六節	電聲常數	56
第七節	定向喇叭式揚聲器	65
第八節	工業製品喇叭式揚聲器組	68
第四章	雙頻帶揚聲器	70
第一節	對聲音重發的品質要求	70
第二節	揚聲器高頻重發和低頻重發的條件	72
第三節	雙頻帶揚聲器的設計原則	74
第四節	分頻網路	76
第五節	雙頻帶揚聲器的結構	81
第六節	雙頻帶揚聲器的組成和性能	86
第七節	廠製雙頻帶揚聲器	88
第五章	揚聲器的用法	90
第一節	固定式揚聲器	90
第二節	便攜式揚聲器	102
第三節	揚聲器的定相	107
第四節	揚聲器同擴音機的匹配	116
第六章	揚聲器的修理	122
第一節	電影院揚聲器的結構數據和電氣數據	123
第二節	修理用材料	128
第三節	揚聲器中各種零件和組件在修理上的特殊點	134
第四節	修理工作成績的檢查	151
附錄	1. 分貝等級	159
	2. 磁性合金	161
	3. 機械振動系統	164
	4. 輻射電阻和聲功率	169
	5. 聲波的干涉和繞射	170
	6. 硝化纖維膠、漆和溶劑	172
	7. 改善收音機的音質	174

第一章

揚聲器概論

第一節 揚聲器的種類

揚聲器把傳到它裏面的聲頻電流的波動，轉變為揚聲器膜片的機械振動。膜片的機械振動再激動周圍的空氣形成聲波，產生出聲音來。

現在所知道的把電波動轉變為機械振動的方法有四種，揚聲器的基本種類也由此而分為：

電容揚聲器 這種揚聲器裏面的機電轉變，是利用末級放大器輸出的聲頻交流電壓傳到電容揚聲器兩極板上，而使它們充電後彼此之間產生的吸引力。電容器極板之一是固定不動的，另一極板則能夠活動，它同時也是輻射聲波的膜片。

電磁揚聲器 這種揚聲器是利用電磁鐵作用於一塊軟鋼銜鐵上面的力。供給電磁鐵的是聲頻電流，因此作用在銜鐵上面的力也是變化的，驅動銜鐵隨着電磁鐵線圈中的電流變化而振動。牢固地連在銜鐵上的膜片，產生機械振動而激發出聲波來。

壓電揚聲器 這種揚聲器是利用壓電效應驅使膜片振動。所謂壓電效應，就是用某幾種鹽類所切成的特別形式的片子，當有電壓加上時就會變形，特別是會得彎曲起來。揚聲器中一般是用養格列鹽（酒石酸鉀鈉）晶體所做成的片子，這種物質的壓電效應最為顯著。

電動揚聲器 這種揚聲器中膜片的振動，是載電導線（載有聲頻電流的揚聲器音圈）與固定磁場之間的相互作用力所激發出來的。

現代有聲電影中都採用電動揚聲器，因為只有這種揚聲器能重發出比較大的聲功率，工作時經受得起過載，具有較高的機械強度和運用可靠性，並且能耐受溫度和濕度的影響。因此本書以後將專討論電動揚聲器。

揚聲器除了按不同的機電轉變方式而分類外，還按其他的特徵來分類。例如電動揚聲器根據輻射聲音的方法而可分為：**直接輻射式揚聲器**，這種揚聲器的膜片直接用來輻射聲波到週圍空氣中*，以及**喇叭式揚聲器**（又稱號筒式或角式揚聲器，即一般所稱高音喇叭——譯者），這種揚聲器中的膜片經過一個喇叭（通常是指數蜿蜒喇叭）而向外輻射聲波。

有聲電影中用得最廣的是直接輻射式揚聲器。僅在最近數年來，在電影院中方才採用專門設計的、能大大地改善音質的喇叭式揚聲器。但是在便攜式電影機中，由於主要問題是重量和體積，所以直到如今還只用直接輻射式揚聲器。

根據所輻射的頻帶，揚聲器可分為**單頻帶的**和**多頻帶的**（雙頻帶的和三頻帶的）**。第一類的揚聲器能輻射整個聲頻頻帶，就是同時輻射低頻和高頻。第二類的揚聲器是幾個揚聲器的組合體，其中每

*實際上這種膜片常常稱為紙錐，所以直接輻射式揚聲器常稱為紙錐揚聲器。

**從前這種揚聲器稱為寬頻帶揚聲器組（雙揚聲器和三揚聲器），組中的每一單個揚聲器各稱為狹頻帶揚聲器。

一單個揚聲器各輻射某一部分的頻帶（例如只輻射低頻或只輻射高頻），用以輻射其餘頻率時便不適用。

揚聲器有若干個質與量的特性數據，根據這些數據可以比較揚聲器的優劣和劃分它的品級。其中幾個最重要的數據是：標稱電功率，揚聲器的輸出率或效率，靈敏度，頻率特性，頻率失真和波幅失真，方向特性。每一項特性數據也決定了試驗揚聲器的條件。

第二節 標稱電功率

揚聲器的標稱功率是它說明書中所載的運用功率。這一個功率是決定於揚聲器應該能長時間耐受，既不會發生過熱和機械過載，也不會發生可以聽得出的傳輸頻率失真的正弦交流電功率。因此這個功率往往也稱為揚聲器的說明書功率。

在揚聲器的實際工作情況中，擴音機所傳送到揚聲器上的並不是普通的正弦交流電，而是相當於錄音片上所記錄的聲學過程的波形非常複雜的電流。這一過程的特徵就是在極短的一段時間內，訊號的強弱變化極大。因此實際傳到揚聲器上的是強弱不斷變化的功率，它在極短的一段時間內可能超過標稱功率很大。因此揚聲器應該有電和機械的安全因數，使得在巔值功率時不會損壞它的振動元件。爲了這一點，這裏要介紹一下巔值功率 P_n 的概念，這是揚聲器應該能長久耐受而不會損壞的功率。巔值功率對標稱功率之比 $\frac{P_n}{P_n}$ 稱為揚聲器的安全因數；這個因數通常定爲 1.5—2，就是揚聲器所設計的功率是 1.5—2 P_n 。

因爲在擴音機實際工作中，有時可能會碰到揚聲器必須能耐受擴音機所能輸出的全部功率（例如輸入電路斷路時產生振盪，第一級放大管的柵極引線被碰觸等）而不致損壞，所以再要引用一個功率等

級——最大功率 (P_m)。最大功率值至少應比巔值功率高 50%。

對於揚聲器這一個功率的假定性,不難從下面的解釋中明瞭。通常所謂標稱功率,是指消耗的能量除以消耗所歷的一段時間而得的平均功率。所謂巔值功率,就是這一段時間中的最大瞬間功率。在這種情形下,比值 $\frac{P_n}{P_m}$ 就稱為巔因數。例如現代的錄音片,其巔因數的值可能達到 10。但是揚聲器是在 $\frac{P_n}{P_m} = 1.5 \sim 2$ 時,能够正常工作而沒有過載情形。因此我們所稱的揚聲器的標稱功率,要比根據上述定義所計算出來的標稱功率大得多。所以實際上兩者都是巔值功率,其不同之點僅在於容許的諧波係數各異而已。

把上面所講的一切作一個總結,可以扼要地說明如下:

揚聲器的標稱功率,通常就是指揚聲器能夠長久耐受而在重發的聲音中沒有能夠聽得出的失真現象時的功率。標稱功率是揚聲器的正常運用功率,它的數值載明在揚聲器的說明書中。

為了保證揚聲器的運用安全性,應根據它的實際工作條件,規定出相當於正常功率加倍的巔值和最大功率。這兩個數值都是輔助數值,並可作為設計新式揚聲器時的根據數據。

揚聲器在試驗時應該能經受正常功率 300 分鐘,巔值功率 60 分鐘,最大功率 5 分鐘。試驗所用的頻率如果沒有特別規定,那末可用 50 週的交流電流。

第三節 效 率

效率是決定電聲轉變效能的一個最重要參數,用輻射的聲功率 P_a 對輸入的電功率 P_e 之比來表示:

$$\text{效率} = \frac{P_a}{P_e}$$

揚聲器的效率有時也叫做輸出率(或輸出係數),但嚴格地講,這並不完全確當。比如,效率是表示聲功率對有效電功率之比,而輸出率則表示聲功率對視在電功率之比,也就是在後者的情形下,電路阻抗中的無功部分是大於有功部分。在某種接近程度上,對於揚聲器可以使用「輸出率」或「效率」兩個名詞,因為在頻率範圍的大部分中,阻抗中的有功部分總是大於無功部分,所以可以忽視而沒有重大錯誤。

效率或輸出率之值表示傳給揚聲器的電功率中有若干部分是轉變為有用功率——聲功率。根據各種揚聲器的效率,立刻就能夠判斷那一種最好,就是那一種揚聲器能夠把最大部分的電功率轉變為聲功率。可是要直接測量揚聲器的效率却非常困難,甚至在科學研究室中也沒有相當可靠而簡單的測量揚聲器效率的儀器。有時所能做到的唯一靠得住的方法,是先要精密測定若干種特性,然後再進行繁複的數學計算。所以,實踐上總是用間接判斷揚聲器效能的方法,來判斷它的能量轉變。因此採用別種數值,測量起來就比較簡單。

第四節 揚聲器的靈敏度

揚聲器的靈敏度,是在無限聲場中某一點所測得的聲壓 p , 對揚聲器端上的電壓之比:

$$E = \frac{p}{U}$$

靈敏度用字母 E 表示,單位為巴/伏*。這一個定義並不精確,因

*巴 (1 達因/平方公分) 是聲波在彈性媒質中的聲壓測量單位,這壓力即使在聲音很強時也不大。因此測量聲壓就使用這種小單位——巴, 1 巴大致等於一個大氣壓的百萬分之一。

為並沒有說明測量點的位置。揚聲器在聲場中不同各點所產生的聲壓(在同一輸入電壓時)是不同的。所測的聲壓值既和測點與揚聲器間的距離有關,也和測點與揚聲器的相對位置有關。為使測量揚聲器的條件標準化和效率評定統一起見,測點選定在揚聲器的軸上與揚聲器相距 1 公尺處。這時的靈敏度稱為標準軸靈敏度。聲壓隨着距離的增大而減弱,所以靈敏度與距離成反比:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

因此,在任何一點所測得的靈敏度,很容易換算成標準軸靈敏度。

用標準軸靈敏度來測量揚聲器的效率,只能在若干種限制之下進行。我們試研究下面的例子。

假定有兩個揚聲器輸入同值的電壓,在某一測點產生等值的壓力;這就表示它們的靈敏度是相等的。輸入這兩個揚聲器的電功率 P_e 決定於電壓 U 和揚聲器的阻抗 Z ,用大家熟悉的公式表示是:

$$P_e = \frac{U^2}{Z}$$

設使第二個揚聲器的阻抗比第一個為大 ($Z_2 > Z_1$),那末第二個揚聲器所消耗的电功率也比第一個為小 ($P_{e2} < P_{e1}$)。所以在同樣的靈敏度時,第二個揚聲器的效率比第一個大,因為它消耗的功率較小,而能產生同樣的聲壓。從這個例子中就可以知道,要靠比較揚聲器的靈敏度來判斷揚聲器的機電轉變效率,只能對於阻抗相等的揚聲器方才適用。

比較幾個阻抗不同的揚聲器,也就是比較任何揚聲器時,不採取聲壓 p 對電壓 U 的比,而是採取聲壓對輸入電功率平方根的比,即:

$$\frac{P}{\sqrt{P}}$$

如取 $\sqrt{P} = \frac{U}{\sqrt{Z}}$ (根據輸入電功率的公式), 就可求得所謂**絕對靈敏度**:

$$E_{a6c} = \frac{P}{\sqrt{P}} = \frac{P}{U} \sqrt{Z} = E \sqrt{Z}$$

這樣我們可以知道, 絕對靈敏度與普通靈敏度的不同之點, 是用了揚聲器的阻抗作為修正係數, 因此就能更好地表示出機電轉變效率, 並可比較各種不同的揚聲器。從公式中可以知道, 絕對靈敏度的單位是 $\frac{\text{巴}}{\sqrt{\text{瓦}}}$ 。如果把絕對靈敏度按標準測量條件 (在揚聲器的軸上距離 1 公尺處測量) 換算, 所得的結果就稱為**標準絕對軸靈敏度**。

絕對靈敏度解決了判斷各種揚聲器效率的困難, 同時也帶來了某種假設性因素。根據 E_{a6c} 的測定方法, 可知揚聲器應該在不變的功率工作。實際上, 它是在電壓不變的情況下工作的, 在現代的電影院擴音機中, 這一點是由強力的負回輸保證的。

不論是揚聲器的靈敏度或絕對靈敏度, 在不同頻率時都是不等的。因此通常都把它們描成曲線圖, 表示靈敏度與頻率的關係 (圖 1), 稱為揚聲器的**頻率特性**。這種特性曲線描在特備的坐標紙上之後, 貼在工廠試驗室或科學研究院所作的揚聲器試驗報告書上。

根據揚聲器的頻率特性可以判定三項數據: (1) 重發頻率範圍; (2) 頻率失真; (3) 揚聲器的效率。

各種揚聲器的前兩個數據, 可以直接根據頻率特性來進行比較 (關於頻率失真見下述), 通常也就是如此進行的。第三個數據用頻率特性來比較, 很不方便。因此揚聲器的效率通常都是用平均靈

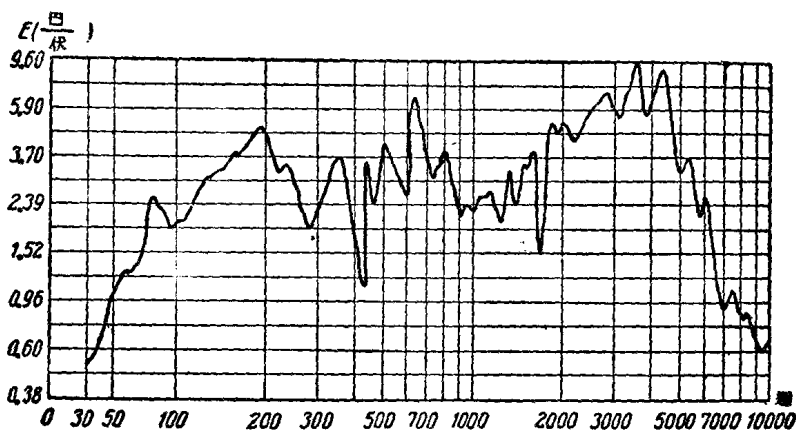


圖1 A4-47 (4 A-18/A 揚聲器元件*裝在阻隔箱中) 揚聲器的頻率特性。

敏度來評定，並且通常也就列明**平均絕對靈敏度**(爲了可以比較各種不同的揚聲器)。

求平均靈敏度的方法如下：在揚聲器靈敏度的頻率關係特性曲線圖上(圖2)，求出由曲線本身(點1到點2的一段曲線)、兩端通

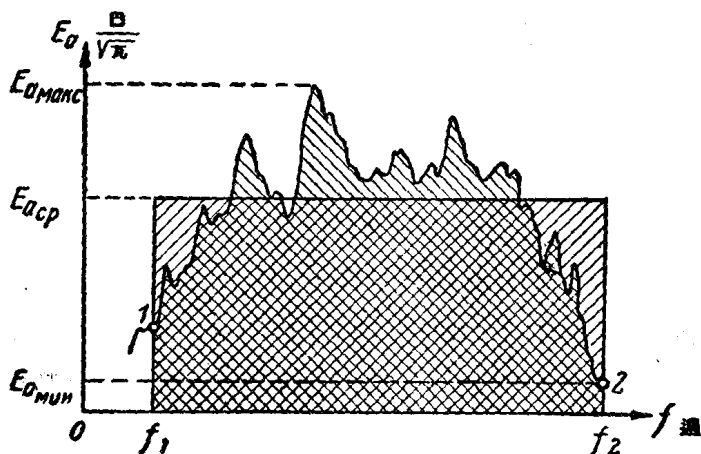


圖2 用面積法求平均絕對靈敏度。

*此後，凡稱「揚聲器元件」時，是指箱櫃式揚聲器中所裝的紙盆揚聲器或高頻揚聲器頭，稱「揚聲器」時，是指裝成箱櫃或喇叭的整套揚聲器或不裝箱櫃作爲單獨研究對象的單件揚聲器——譯者。

過頻率 f_1 和 f_2^* 的垂線、和下面 $f_2 - f_1$ 的一段頻率軸（在數學上這根軸叫做橫坐標軸）所圍成的面積。然後以 $f_2 - f_1$ 的這段線作為基線，在上面作出一個等面積的矩形，這個矩形的高就是平均靈敏度。由於曲線所圍成的面積，往往總是用一種專門的儀器叫做面積計來求出的，所以求得的靈敏度通常也叫做 **平均面積靈敏度**。曲線面積也可以不用面積計來求，就是把它分割成許多簡單的幾何形（矩形和三角形，如圖 3）。用這種方法時必須小心從事，而且也總不及前一種方法來得正確。

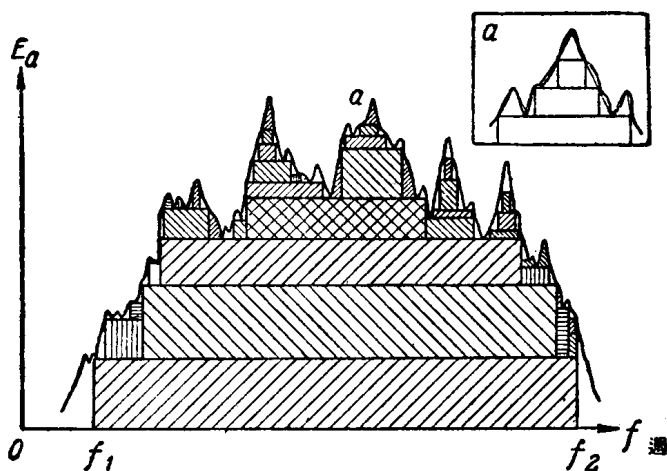


圖 3 平均絕對靈敏度的圖測法：a—近似曲線段面積的近似求法之例。

第五節 揚聲器的失真

判斷揚聲器品質的最重要數據之一，是揚聲器的失真度。假如揚聲器中沒有失真，輸入的聲頻訊號電壓就完全和輸出的訊號聲波相符。然而，實際上揚聲器中所進行的原來訊號的轉變，却總是帶有

* f_1 和 f_2 是須要求出中間 E_{cp} 值的頻帶外限。通常這個外限決定於揚聲器的等級。

或多或少的失真。

揚聲器中也和其他一切系統中同樣，基本上可分為兩種失真：**線性失真與非線性失真**。

線性失真的結果，破壞了訊號的各不同頻率成分的振幅比率。揚聲器中有了這種失真，便要引起語聲和樂聲的音色改變、語言的清晰度變劣等等。

重發訊號中非線性失真的結果，將產生出許多原來訊號中所沒有的頻率成分。揚聲器中有這種失真時，便表現為重發聲音中雜有嘶嘶聲和震顫聲。

下面我們將只討論兩種比較單純、且有完全一定測量方法的失真。

頻 率 失 真

頻率失真是一種線性失真。這種失真的本質，只要一看揚聲器的頻率特性曲線立刻就能明瞭。假定揚聲器對於各頻率都能同樣地重發，那末頻率特性曲線將成為一條直線，因為測量時揚聲器是在不變電壓時工作的，就是輸入揚聲器的全部頻率的電壓值都相等。頻率特性曲線的不平，足證揚聲器對於某些頻率重發較強，對於另一些頻率則重發較弱。

所以在錄音片重發時，揚聲器是破壞了片上所錄聲音中所有各頻率的一定對比關係。

要求出頻率失真，可以利用本章第四節所講的計算平均靈敏度 E_p 的方法。

如圖4所示，先求出平均絕對靈敏度，然後再求出在所定的重發頻率範圍內平均絕對靈敏度與最大及最小靈敏度之比。失真就可以用下面兩個數值來表示：