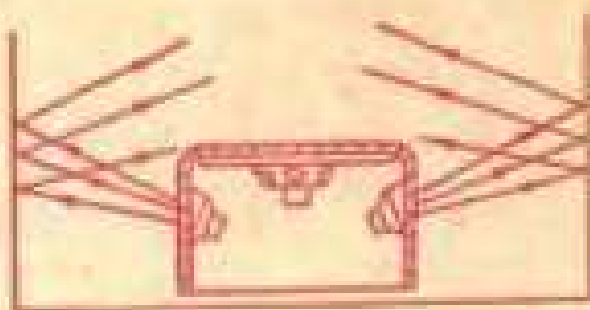


怎样改善 收音机的音质

苏联 M. И. 刚兹布尔格著
董克群译



人民邮电出版社



М. Д. ГАНЗБУРГ
УЛУЧШЕНИЕ ЗВУЧАНИЯ
ПРИЕМНИКА
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ
1958

內 容 說 明

本書敘述了一些新式收音機中改善音質的方法。其中介紹了若干種音質優良的新型喇叭的構造和原理，並分析了許多種改善音質的收音機低頻電路。

本書適合於從事收音機音質問題研究的設計人員和較有經驗的業餘無線電愛好者參考。

怎樣改善收音機的音質

著 者： 蘇聯 М·Д·剛 茲 布 爾 格
譯 者： 璽 克 群
出版者： 人 民 郵 電 出 版 社

北京東四六條13號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號)

印刷者： 北 京 印 刷 廠
發行者： 新 華 書 店

開本787×1092 1/32 1959年7月北京第一版

印張2 16/32 頁數40 冊頁1 1959年7月北京第一次印刷

印刷字數59,000字 印數1—28,500冊

統一書號：15045·總1057—無284

定價：(10) 0.33元

02

71

序 言

当人們說收音机工作得很好，那么所指的不仅是收音机的灵敏度高和選擇性好，同时也指收音机的音質优美。

各种新的寬頻帶声源的出現，如密紋唱片、超短波調頻广播，已經使不久以前在收音机中采用的喇叭和發声系統赶不上要求，不能逼真地放出各种节目。因此，設計師們設計現代收音机时必须特別重視創造各种新型喇叭和發声系統，以放出各种可能的音响，滿足現在的要求。

經過許多次实验，創造出一些寬頻帶喇叭和發声裝置，以及新型的發声系統，不仅扩展了放音頻帶，还展寬了声音輻射的方向。輻射方向的展寬是有决定性意义的，因为在收听音乐节目时，会使收音机的声音更接近乐器本来的声音，輻射定向性小的發声系統，称为“立体声”系統。

这类發声系統的制造，要求同时研究出新式低頻放大电路，以配合發声系統放出高度逼真的声音。結果，就出現了双頻道低頻放大电路、無輸出变压器的末級电路、仿真立体声低頻电路，以及其他各种新式裝置。这些电路不仅提高了收音机的音質，而且使用起来也更加便利了。

近些年来，西德一些公司在改善收音机音質方面取得了極大成績。他們制成了各种新型喇叭和立体声系統，并研究出失真度低、放音頻帶寬的低頻放大电路。本書主要就講一講这些新东西。

其次，为便于讀者实际应用得自本書的知識，本書后一部分中还提出了一些关于如何選擇和裝置立体声系統所用的喇叭以及如何扩展其放音頻帶和設計寬通帶低頻放大器电路的建議，供作参考。

M·剛茲布尔格

目 录

第一章 喇叭

几种现代的喇叭	1
组合喇叭	7
喇叭的新创造	8

第二章 发声系统

简单发声系统	9
3 D立体发声系统	11
4 R立体发声系统	19

第三章 低频电路

小型收音机的低频电路	23
分频道低频电路	27
单臂输出的宽频带低频放大器	29
推挽输出的低频放大器	35
双频道低频放大器	40
新发明的低频放大器电路	47

第四章 装置立体声收音机的一些问题

喇叭数量的确定	58
喇叭的布置和安装	59
立体声系的喇叭的选择	61
选择低频放大电路的根据	62
音色调节电路的选择	64

用一个还是用两个输出变压器?	71
展寬喇叭的放音頻帶	73
立体声收音机在室内的合理布置	75
三道分頻	76

附录

1. 几种苏联喇叭的数据	插頁
2. 某些外国电子管的参数	插頁
3. 电子管代換表	77
4. 本書所用声学术語的解釋	78

第一章 喇叭

收音机的音質好坏，不但决定于其發声系統和电路的各个参数，而且决定于無綫电發送裝置所發送的頻帶。在超短波波段內，頻帶实际上是不受限制的。这就能够用扩展超短波收音机頻率特性曲綫的方法（特別是高音頻），来显著提高音質。但是，如果發音元件（喇叭）的放音頻帶很狹窄，就不可能將放音頻帶展寬。

几种現代的喇叭

能改进收音机音質的一种新式喇叭，就是橢圓形电动喇叭（圖1,a）。与圓形紙盆喇叭比較，橢圓喇叭的主要优点是放音頻帶比較寬。这是由于橢圓形喇叭紙盆各处的曲率半徑不同，使紙盆具有很高的剛性，所以能够很好地輻射高音頻。此外，由于紙盆敞开的角度比較大，所以輻射方向圖^①得以扩展。圖1,6所示水平輻射方向圖中，曲綫1为直徑180公厘圓形电动喇叭的；曲綫2为180×210公厘橢圓喇叭的，測量时所用頻率为10,000周。

橢圓喇叭除上述优点外，它的頻率特性曲綫的不均匀度也極小。圖1,b是180×210公厘橢圓喇叭比較理想的頻率特性曲綫，曲綫是在隔声板^②上繪制成的；由圖可以看出，当不均匀度为15分貝时，这种喇叭的放音頻帶能达到40—15,000周。这种喇叭若裝入收音机壳內，当然就不能很好地放出这样低的音頻，但低音頻的放声比圓形喇叭仍然要好些。还应当指出，橢圓喇

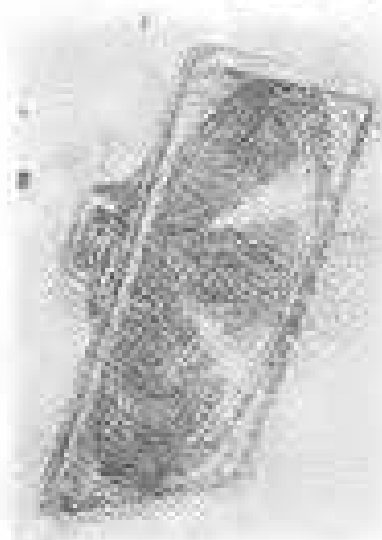
①② 声学术語，詳見附录4。

队在提高功率条件下形成的结合音，较圆形喇叭要小得多。

但圆锥喇叭在生产上远比圆形喇叭复杂。因此虽有这许多优点，但从经济上来看并不总适宜在收音机中采用。

扩展放音频带比较简单的方法，就是在大喇叭内增添一个

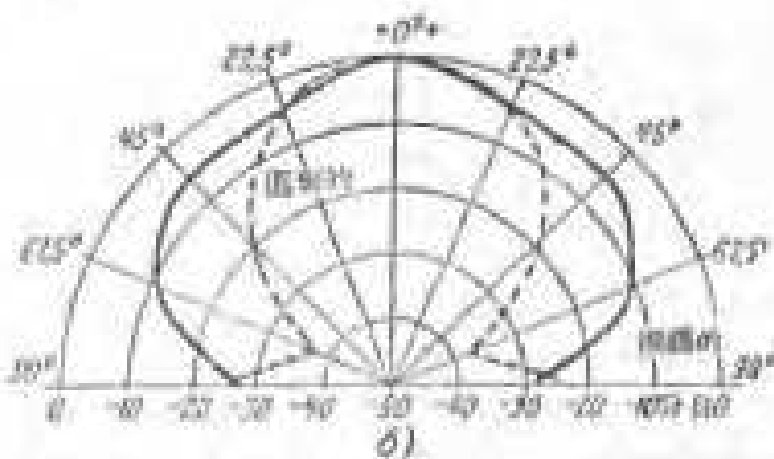
小纸盆。爱好者一定知道，有一种电动喇叭，在它的中央磁心上装着一只小号筒。在“里加—10”收音机中采用的就是这种喇叭（图2, a），它的声学参数符合苏联国家标准（ГОСТ）对一鼓收音机的要求。但此时放音频带



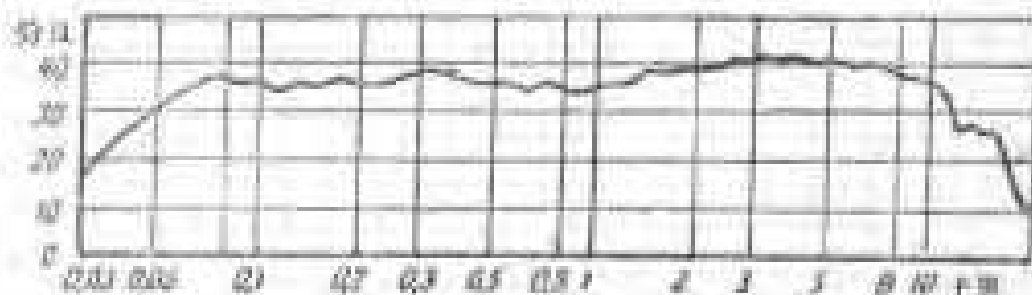
a)

图2 圆锥形电动喇叭及其特性曲线。

- a. 外形；
- b. 10千赫时的辐射方向图；
- б. 频率特性曲线。



б)



б)

的上限仅为6,500周。为了使喇叭的放音频带更加宽阔，在喇叭中加装一个小的辅助纸盆。这个纸盆固定在主盆的頸部，与主盆一齐振动。这种喇叭称为双纸盆喇叭（圖2b）。

加装小纸盆可以增高活动系統頸部的剛性，从而改善高音頻的放音。此外，輔助紙盆比主盆小，它本身也是善于放这高音頻的。因此，高音頻輻射方向圖，也得以展寬。

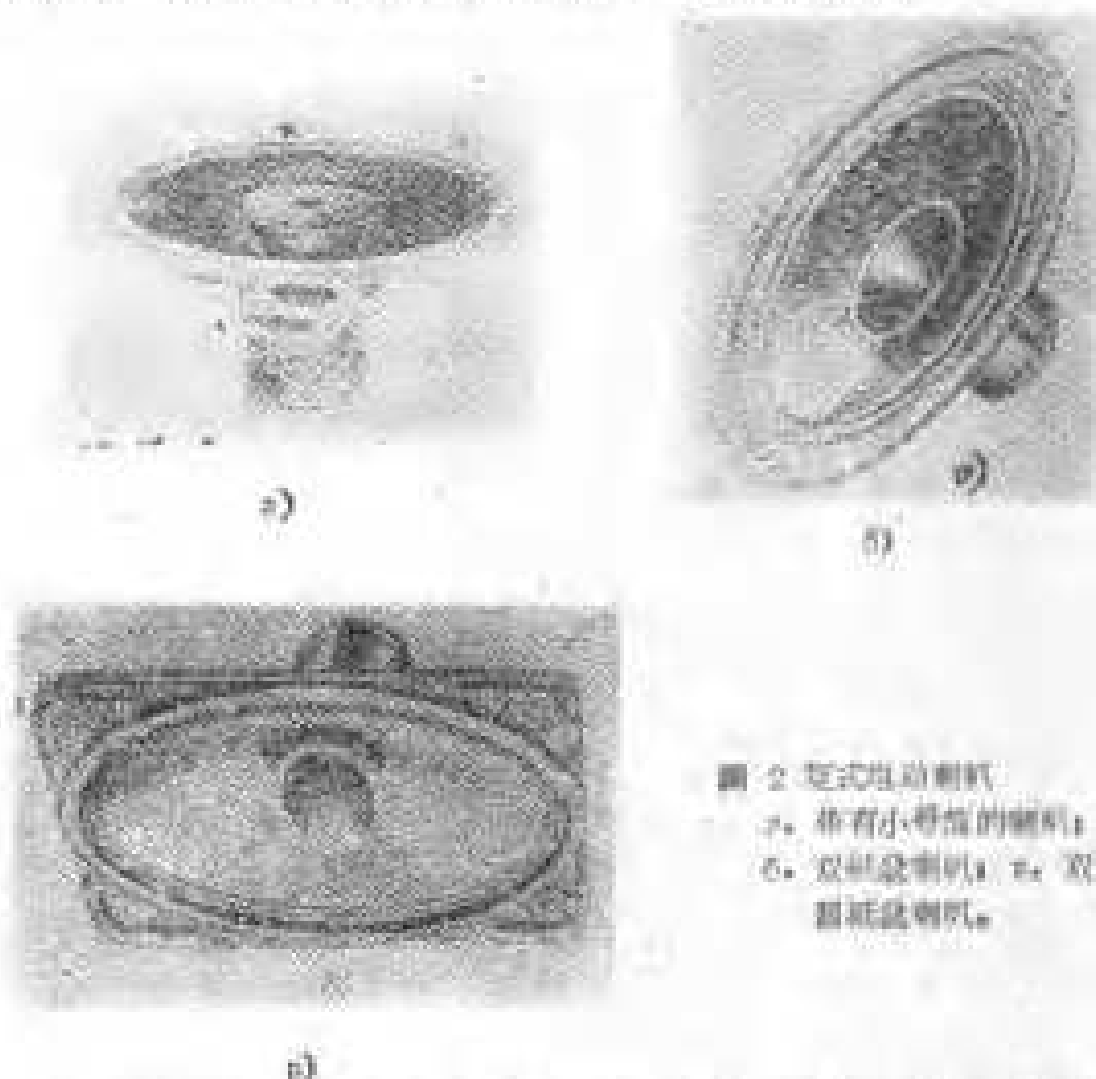


圖 2 型式性動喇叭
 a. 帶有小聲值的喇叭；
 b. 雙紙盆喇叭； c. 雙錐
 面紙盆喇叭。

輔助盆的形狀和尺寸暫時尚無計算法，現在是根據所需的頻率特性用試驗方法來確定。最常見的是與主盆形狀相同，距離主盆1—3公厘。經過進一步的改進，輔助盆不裝在主盆頸部，而裝在音圈管上，這時音圈管做得略長一些。

目前外国公司在許多种喇叭上安裝輔助紙盆，橢圓喇叭也不例外。有趣的是，橢圓喇叭最好也裝橢圓形輔助盆，并且其長軸要与主盆長軸相垂直（圖2.1B）。已經确定，这样來裝置紙盆，不仅可以在水平面上擴展高音頻輻射方向圖，同時在垂直面上也可以擴展。

为提高收音机所放送頻帶的上限，还常常采用小形晶体喇叭、靜电喇叭和小口徑电动喇叭，配合着較大直徑的放送中、低音用的电动喇叭一起使用。

晶体喇叭最容易制造。其工作原理是利用压电晶体在交变电場作用下發生振动的特性。用酒石酸鉀鈉晶体作的晶体喇叭，苏联很早就已出品，当时是用作有線广播網的用户喇叭。但是由于这种晶体机械强度不高，而且其特性受温度变化的影响，所以沒有得到推广。外国厂家制成一种压电陶瓷喇叭，这在很大程度上消除了酒石酸鉀鈉晶体喇叭的缺点。

靜电喇叭的構造并不比晶体喇叭复杂很多，但制造却比較困难。圖3示出SKL-100型靜电喇叭的外形和結構。其主要部分是一个振动膜，用聚苯乙烯塑料制成，有复杂的几何形狀，厚度为20微米。振动膜的外面蒙有一層0.1微米的金箔，作为喇叭的一个电极。另一个电极是很細的金屬網，網孔直徑为0.6公厘，此电极形狀与振动膜近似。借助于柱銷和彈簧，使網極始終紧压在振动膜上。結果，就形成一个电容器。金箔和金屬網是两个極板，聚苯乙烯振动膜就是介質。帶孔的鋼盖和塑料壳把喇叭各个部分構成一个整体。

为使靜电喇叭正常工作，要在它的接綫端子上加直流电压（250—300伏）和音頻电压。这两电压加在金箔和金屬網之間，直流电压在两極之間造成靜电場，由于音頻电压的作用，靜电場的强度随着声類合拍地改变。因此，作用在两極間的靜电力

也发生变化，而薄膜即振动发声。

静电喇叭的接线图示于图4。直流电压是通过电阻 R_1 取自整流部分最后一个滤波电解电容器。音频电压取自末级管的屏

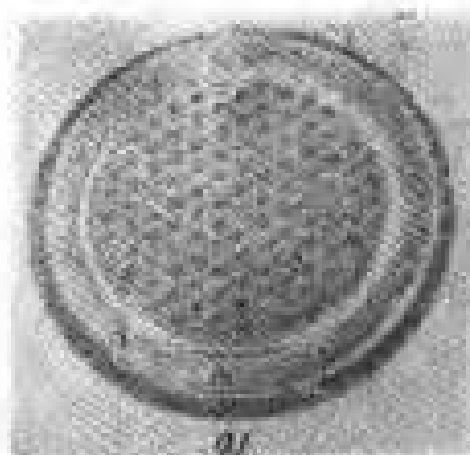
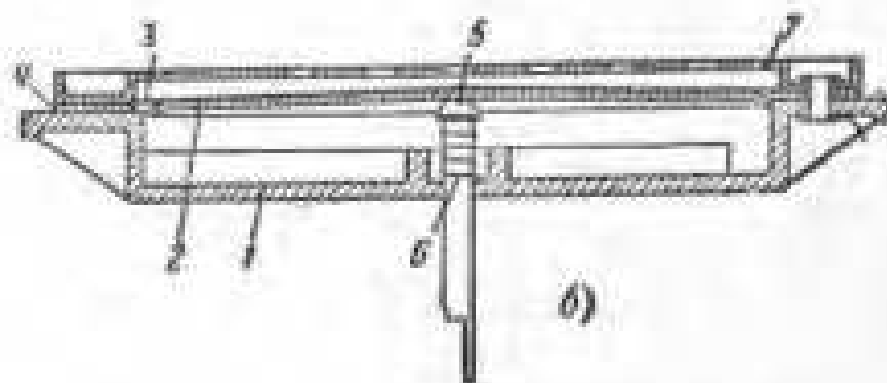


图3 静电喇叭。

注：a. 外形；b. 轴切面；（1. 外壳；2. 电极；3. 振动膜；4. 胶圈；5. 线圈；6. 弹簧；7. 带孔盖。）



极，并经过 C_1, R, C_2 滤波电路加到喇叭的两电极上。这个滤波器是需要的，它阻止低音箱（低于某型喇叭指定的截止音频）加到静电喇叭上，从而显著减低非线性失真系数。

静电喇叭的声功率（声压），与其电极上所加交、直流电压，以及振动系统的电容量有关。当采用平面振动膜时，可动系统的电容量大，于是喇叭的频率特性曲线上就形成极明显的凹凸，也就是频率特性曲线很不均匀。如果振动膜表面粗糙并且稍稍隆起，就会使它容易振动，并减少可动系统的固有电容，从而使喇叭的频率特性均匀。因此，振动膜要作成具有复杂的几何形状。此外，要使推动喇叭可动系统的力均匀分布，以削弱谐振现象。所有这些措施，都使得静电喇叭的频率特性曲线

十分均匀。

5 K L—100静电喇叭可动系统的固有电容为1,600微微法。在这种容量时,可获得最大声压;而频率特性曲线最均匀。

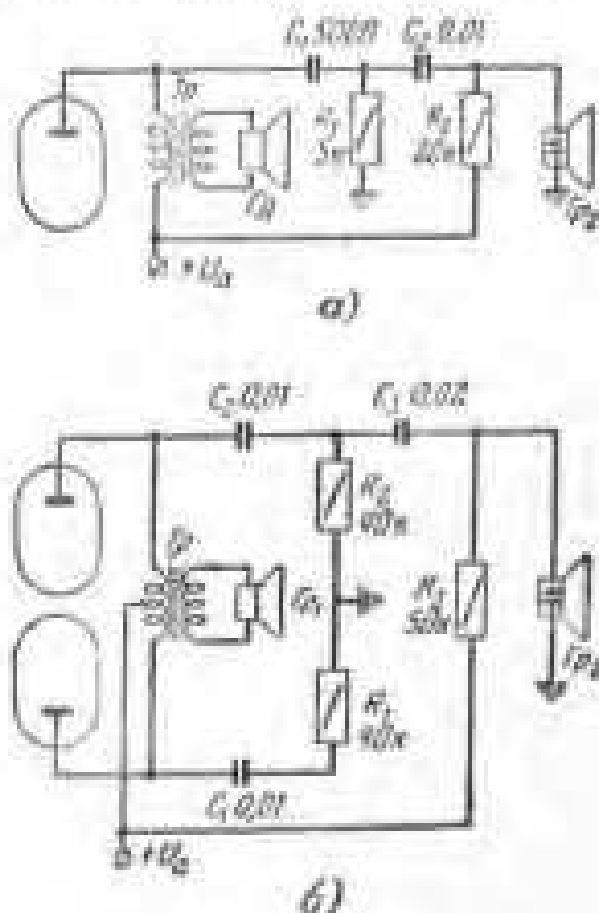


图4 静电喇叭的连接
a. 单管输出时; b. 推挽输出时。

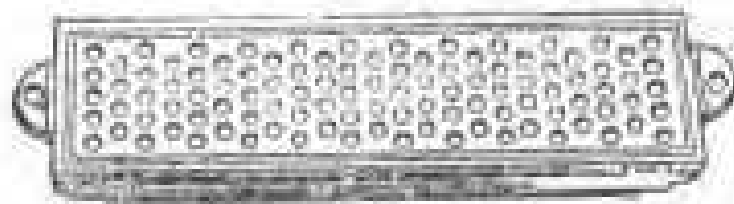


图5 平型静电喇叭。

经过进一步改善,制成了平型静电喇叭(图5)。50×160公厘平型静电喇叭所发出的声功率等于三个直径70公厘静电喇叭发出的声功率。同时它的辐射方向图要比圆形纸盆喇叭宽阔

得多。

組合喇叭

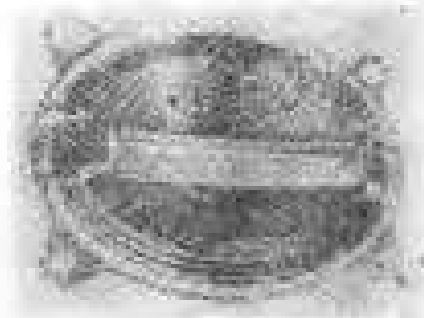
近來外國廠家制成并更多地在校音機內採用組合喇叭，這是由兩個或更多個不同放音頻帶的喇叭構成。這樣構成的組合喇叭能夠有效地放這寬闊的頻帶，并且所占的地方比較小。

圖6.4 示出一種簡單的組合喇叭，是由兩只電動喇叭組成。主喇叭是10瓦、300公厘的，放送中、低音頻。高音頻是由100公厘喇叭放出，小喇叭是固定在主喇叭磁心上面。兩個喇叭的音源是“同相”并聯，這種組合喇叭可以有效地放出 40—15,000周頻帶，最大功率為10伏安。

圖6.5所示的組合喇叭是一個165×245公厘橢圓電動喇叭，并在紙盆內裝有52×200公厘輔助靜電喇叭，后者略呈彎曲，其深度達4公分；其可動系統的固有電容為2,500微微法，在組

圖6 組合喇叭

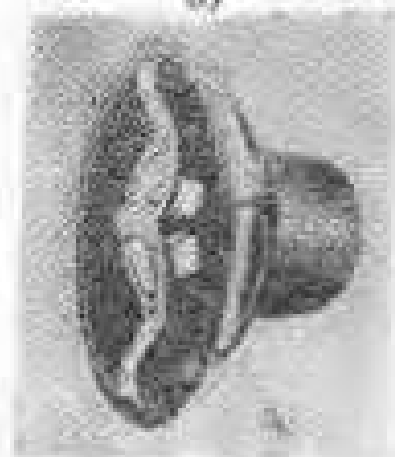
- a. 由兩個電動喇叭構成；
- b. 由電動喇叭和靜電喇叭構成；
- c. 由三個電動喇叭構成。



b)



a)



c)

率7,000周、不均匀度6分貝时方向圖宽度达 135° 。这种組合喇叭可放送頻帶75—10,000周。

圖6, B示出由三个电动喇叭構成的組合喇叭。其中主喇叭为10瓦, 直徑为310公厘, 在喇叭的鉄盆上, 裝有一个專用的支架, 在支架上安裝着两个65公厘高音輔助喇叭, 二者之間成一定角度。这种組合喇叭具有均匀的頻率特性曲綫, 有效放音頻帶50—15,000周, 輻射方向圖也很寬闊。

喇叭的新創造

首先应当指出的就是一种完全新式的高阻电动喇叭, 專門用于末級無輸出变压器的放大器中。这是立体声系統中的低音喇叭, 音圈总阻有800歐。这种喇叭的音圈比普通音圈要長, 是用直徑0.045公厘的导綫繞成的。由于加到音圈的电压最大不超过50伏, 所以音圈被击穿的可能性不大。

圖7所示声音壓縮器是最近的新鮮东西(1956—1957年)。它是一对帶有透音孔和切口的导音管, 用来在这个系統中造成必要的衰减和輻射分配。两个导音管是由一个三通管与發音头連接起来的。射入三通管的声波經過导音管, 透过管上的圓孔和切口, 向外傳播。

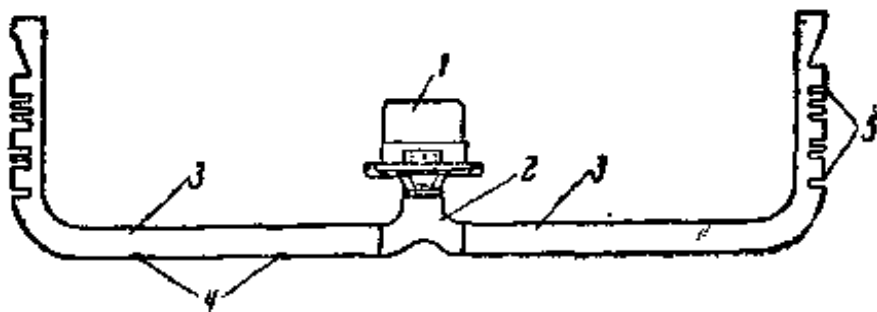


圖7 声壓縮器

1. 發音头; 2. 三通管; 3. 导音管; 4. 透音孔; 5. 切口。

声压缩器的放音頻帶，当非綫性失真系数極小时为 500—7,000周。由于这样狹窄的頻帶，声压缩器可用作特殊立体声系统中的高音輔助喇叭。在收音机中，可以把它裝在匣皮的頂板下面；在某些收音电唱机中，可以裝在匣皮的底板上面。对着这些透音孔和切口，在匣皮側壁和后壁开出相应的开口。

苏联工业部門也研究出并且掌握了許多新式喇叭的生产，这些喇叭可用于立体声收音机和电视機。其中有橢圓形的（1ГД—9、5ГД—14），也有双紙盆的（2ГД—3、4ГД—1等）。苏联一些喇叭的数据詳見附录 1。

第二章 發声系統

無綫电收音机的發声系統，是由一个喇叭（或多个喇叭）和裝喇叭的助音箱構成。对于要求能高質量地放送各种节目來說，喇叭的各个参数、喇叭在助音箱中的位置，以及各組喇叭的相互配合，对于發声系統的質量指标是有密切关系的。同时，助音箱的材料和結構也起着不小的作用。

設計者在选定收音机的發声系統时，应考虑到它的特点：如电路、外壳的形狀、外廓和材料等。例如，在管子少的經濟收音机或小型收音机中，就应只安裝一个或最多两个喇叭；而在多管高級收音机中，可以采用多个不同型式喇叭組成的复杂發声系統。

簡單發声系統

最簡單的發声系統就是助音箱內裝一只电动喇叭，这在業余收音机中最流行。这种發声系統的音質好坏，主要决定于喇叭的大小、参数与助音箱外廓之間的比例选择是否恰当。如果

收音机中采用椭圆电动喇叭代替圆形喇叭，那么無疑地音質会得到改善。收音机的电路当然也很重要，电路的通帶寬度应当和喇叭的一样。此外，为了改善音質，必須对發声系統的頻率特性予以校正。例如：喇叭的頻率特性曲綫上有一段占据很寬頻帶的凹下处，則低頻电路在这一段頻帶上应当有相应的凸起。各种失真也起着十分重要的作用。关于失真的問題將在后文詳細講述。

近年来，苏联收音机中开始采用兩只相同的圆形电动喇叭構成的發声系統，喇叭都裝在外壳的前壁，并且發音相位相同。这种發声系統可以稍微扩大低音頻部分的頻帶，并减少收音机頻率特性曲綫的不均匀性。此外，这种系統能利用小喇叭（直徑125—200公厘），从而获得机壳外廓与喇叭尺寸之間的最佳比例。

为了改善这种系統的質量，兩只喇叭的諧振頻率应当相差20—30周。这样，一只喇叭的頻率曲綫上的峰和谷，和另一只喇叭頻率曲綫的谷和峰相互补偿。結果，發声系統的頻率特性曲綫，就比用一只喇叭时要均匀。喇叭在助音板上的位置也是很重要的。实验确定，把喇叭由外壳的兩側壁移到同一側壁（不对称布置），喇叭鉄盆邊緣距离20~50公厘时可获得最佳效果。

在外国收音机中，多采用兩只异型喇叭構成的發声系統。其中主喇叭常采用180—250公厘圆形或180×210公厘或更大的椭圆电动喇叭，这主要用来放送中音和低音。輔助喇叭照例只放送高音，是用70—100公厘电动喇叭、靜电喇叭或晶体喇叭。如果主喇叭的放音頻帶足够寬，則兩個异型喇叭構成的發声系統可以使收音机高音頻輻射方向圖有些扩展。圖8示出德律風根公司一种收音机喇叭在壳內布置的情况，并示出这种發声系統的輻射方向圖。

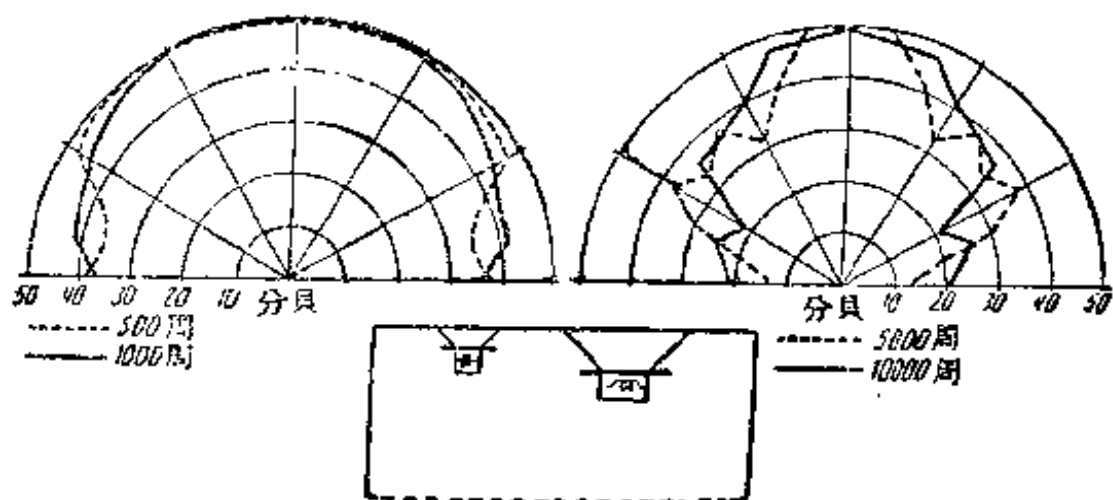


圖 8 两只不同型式喇叭在收音机机壳內的布置以及这种发声系統的輻射方向圖。

兩只异型喇叭的發声系統，虽然能改善收音机的音質，但仍然不能达到逼真的放音。兩只异型喇叭放出的声音，使高、低音頻加重，因而使收音机的声音成为生硬不柔和的金属声。这是因为頻率曲綫的中部凹陷，而这两只喇叭是不能填補这个凹陷的。

如果加裝第三只中音喇叭，那么收音机的音色就柔和动听，最接近电台原来播送的声音。有趣的是：如果使三个不同型喇叭在收音机壳內的布置和各种乐器在乐队演奏时所处的位置相对应。即右边裝置210×320公厘橢圓低音喇叭，它对应于吹奏乐器的位置。各种笛子和提琴差不多是在乐队的中央，与它們相对应的是100公厘中音电动喇叭。同样大的晶体喇叭裝在左边，与竖笛和黑管的位置对应；据杂志說，用这种收音机收听交响乐，听者有身临音乐大厅之感。但应当指出，用三只喇叭时，必須將相应的頻帶加到各个喇叭上，才能获得良好效果。

3D立体發声系統

几只喇叭安裝在同一助音板上，虽然可以改善收音机的声

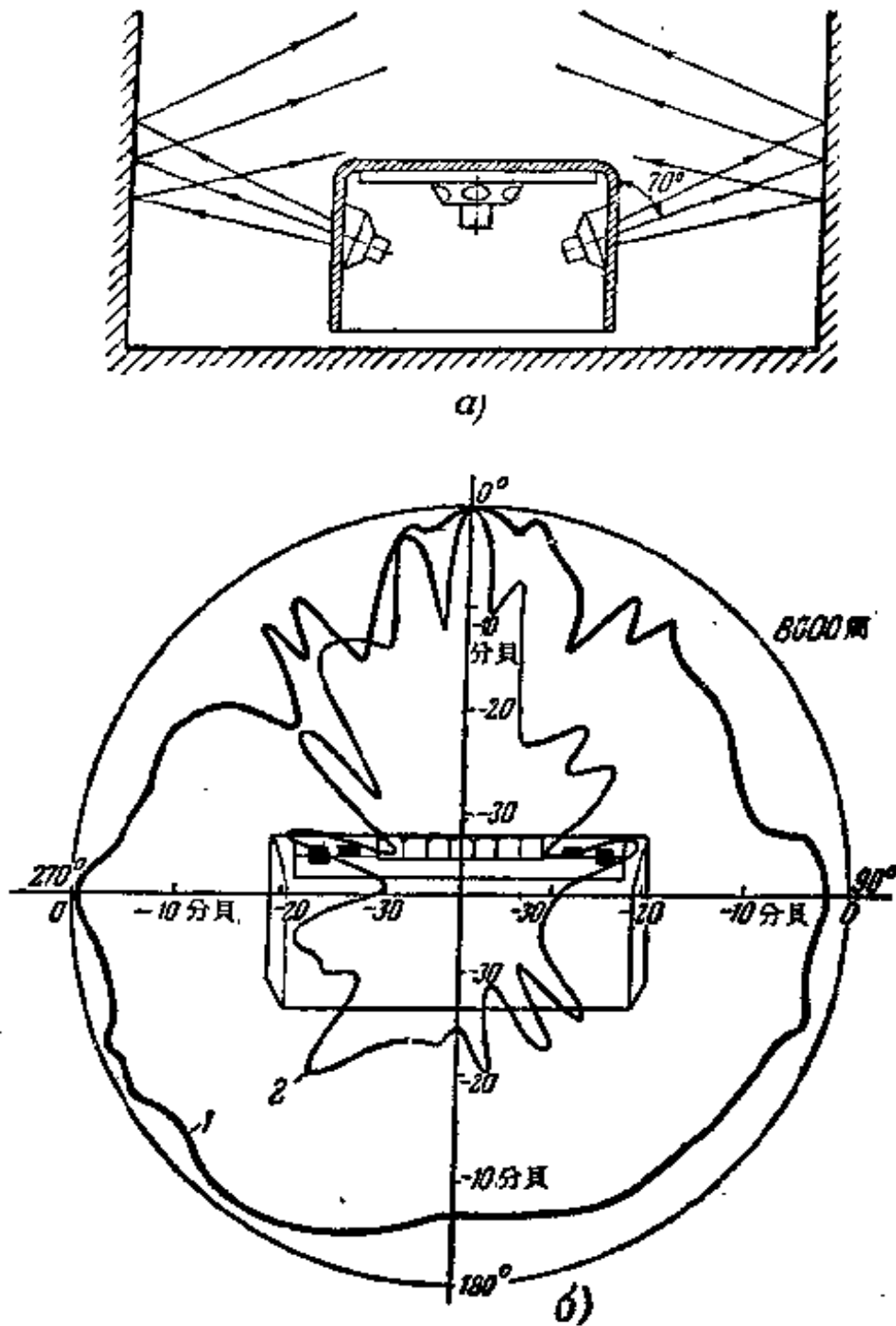


圖 9 可造成立体声效应的发声系统的辐射方向图，以及喇叭在收音机机壳内的布置。

a, 喇叭在收音机机壳内的布置；б, 8,000 周辐射方向图 (1. 三只喇叭时；2. 前壁一只喇叭时)。

学参数，但仍旧会感到声音是由一点（收音机）发出来的。发生这种情况，是由于收音机放送高音频（1,500—2,000周以上）有十分显著的方向性。如果看一下圖 8 所示的辐射方向圖就可以看出，低音频（500和1,000周）在喇叭轴綫的 $\pm 90^\circ$ 范围内差不多是平均辐射的；而高音频（5,000和10,000周）就差不多衰减30分貝。这就使我们感到声音有方向性。为要避免这一现象，必須扩展高音频辐射方向圖。

經過多次試驗，結果找出几种在收音机內布置喇叭的方法，能使高音频辐射方向圖显著扩展，这种发声系統便称为立体声系統。

立体声系統是怎样工作的呢？圖9, a示出一种立体声收音机內三只喇叭的布置情况。为了得到立体声效应，这里必須用三只喇叭：一只主喇叭，裝在外壳的前壁；兩只輔助喇叭裝在兩側壁上。主喇叭应当只辐射中、低音频，而側壁喇叭只放出高音，高音由牆壁、窗子和室內家具反射而向各方散射，造成立体声效应。房間仿佛是充滿了乐声，声音的方向性减弱，而声源本身好像比收音机放寬了許多。

上述立体声系統，当三只喇叭裝在同一水平面上时，就叫做3D（由3—Dimension 而得名，也就是“立体声”）。最初这种声系統用于布劳本克特公司的“利夫耶拉”和“佛罗里达”收音机中，其中210×320公厘橢圓形主电动喇叭，裝在前壁助音板上；另外側壁裝有兩個直徑95公厘的輔助靜电喇叭。对着这些喇叭在机壳壁上有开口，里面用絲織品裝飾。由于有了兩只輔助喇叭，并将一定頻帶加到它們上面，就使这些收音机的高音辐射方向特性曲綫大大地扩展（圖9, b）。該圖中也繪出同一收音机只用前壁助音板上一只喇叭时的辐射曲綫，以便于比較。

初步試驗，竟如此成功，于是其他公司也紛紛采用这种声

系。結果，就出現了許多種立體聲系統布置喇叭的方法。圖10, a示出由三只電動喇叭構成的立體聲系的輻射方向圖及喇叭布置的情形。這里高音輔助喇叭與主喇叭成 60° 角裝配。這樣能使高音頻帶的輻射方向曲線更加均勻。

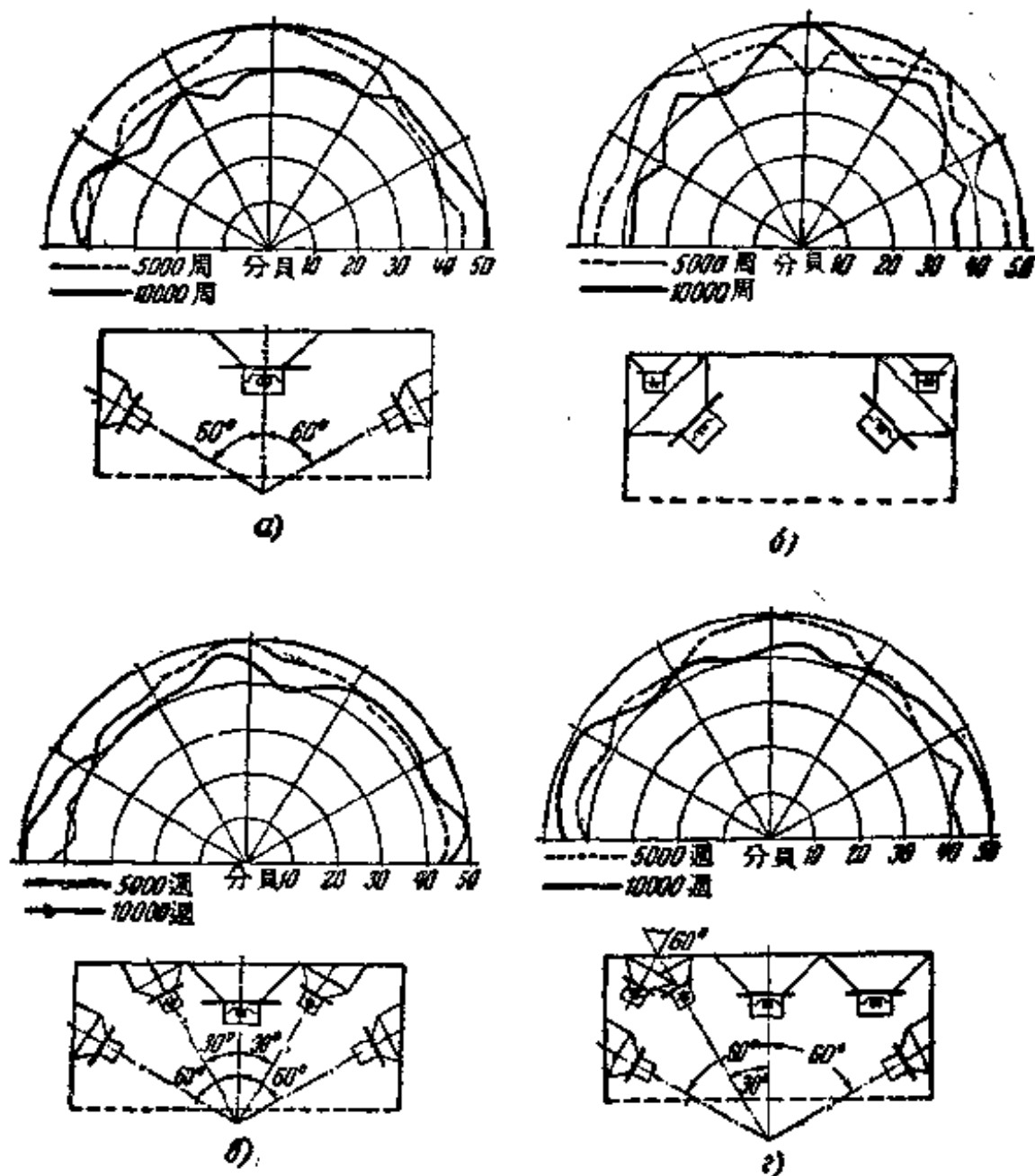


圖10 各種立體聲系統的輻射方向圖以及喇叭在收音機機殼內的布置。
a, 三只喇叭時; b, 四只喇叭時; c, 五只喇叭時; d, 六只喇叭時。

另一种立体声系统（圖 10,6）中使用四只喇叭，其中两只主要的是电动喇叭，辅助的是静电喇叭。两只辅助高音喇叭装在外壳的前壁上，而两只主喇叭与前壁成 45° 角装置。主喇叭发出的声音通过助音板上的孔以及外壳侧壁上的切口。此时主喇叭应当发出整个放音频带的声音。

圖 10, B 示出五只喇叭构成的立体声系统。其中一只 180×210 公厘椭圆电动喇叭装在助音板上，放送中、低音。还在助音板上与主喇叭成 30° 角装有两只直径70公厘的高音静电喇叭。在两侧壁上，与主喇叭成 60° 角装置两个直径100公厘电动喇叭，放送高音和中音。

圖 10, Г 所示的声系中，采用六只喇叭。在助音板上装有两只 180×210 公厘椭圆形主电动喇叭以及两只直径70公厘、彼此成 60° 角的高音静电喇叭。在外壳的侧壁，各安装一只直径100公厘电动喇叭，各与主喇叭成 60° 角，辐射中音和高音。

上述布置喇叭的几种方法，不应当看做是一成不变的。譬如说，在现代苏联的“留克斯”和“友谊”牌收音电唱机中，采用四只喇叭构成的立体声系，但它们布置却不同于圖 10,6 所示的。在这些两种收音机中，主喇叭是利用两只 170×260 公厘的 5ГД—14 型椭圆电动喇叭，同装在助音板上。辅助高音喇叭也是椭圆形 98×156 公厘 1ГД—9 型喇叭，装置在两侧壁。这种声系的放音频带为60—12,000周，此时频率特性曲线不均匀度在14分贝以下，声压达15分贝。当转角 $\pm 90^\circ$ 时辐射方向特性曲线不均匀度不超过15分贝。

“联欢节”牌收音机中也装有四只喇叭，但是在它的助音板上装有一只中、低音主喇叭和一只高音喇叭。在两侧壁上安装中、高音喇叭。

“别洛露西亚—57”牌收音机的立体声系统有五只喇叭。

它与“留克斯”和“友誼”兩用机所不同处，就是在助音板上两个主喇叭之間又裝了一只高音喇叭。

六只喇叭也可以不按照圖10, F 那样布置。例如，可以在助音板靠近兩側裝置兩只中、低音主喇叭，在它們之間，与助音板成 30° 角彼此成 60° 角上下裝置兩只高音輔助喇叭。在兩側壁上裝置中、高音喇叭。

从圖10所示的几种立体声系的輻射方向特性曲綫圖可以看出，随着喇叭数量增多，高音頻輻射的不均匀度就逐渐降低。这当然会使收音机的放声更加自然。

以上所述都表明，收音机的音質与喇叭在机壳內的布置有密切关系。圖11所示的方向圖可以說明，在同一个收音机內，当輔助喇叭移动位置时，其輻射方向特性也跟着改变。由圖中曲綫可知，随着主、輔喇叭之間角度的增加，輻射方向圖就扩展，不均匀度减小。輔助喇叭本身的輻射方向圖的寬度，在这里也起着很大的作用。它的寬度越大，整个声系的輻射方向特性也就越均匀。

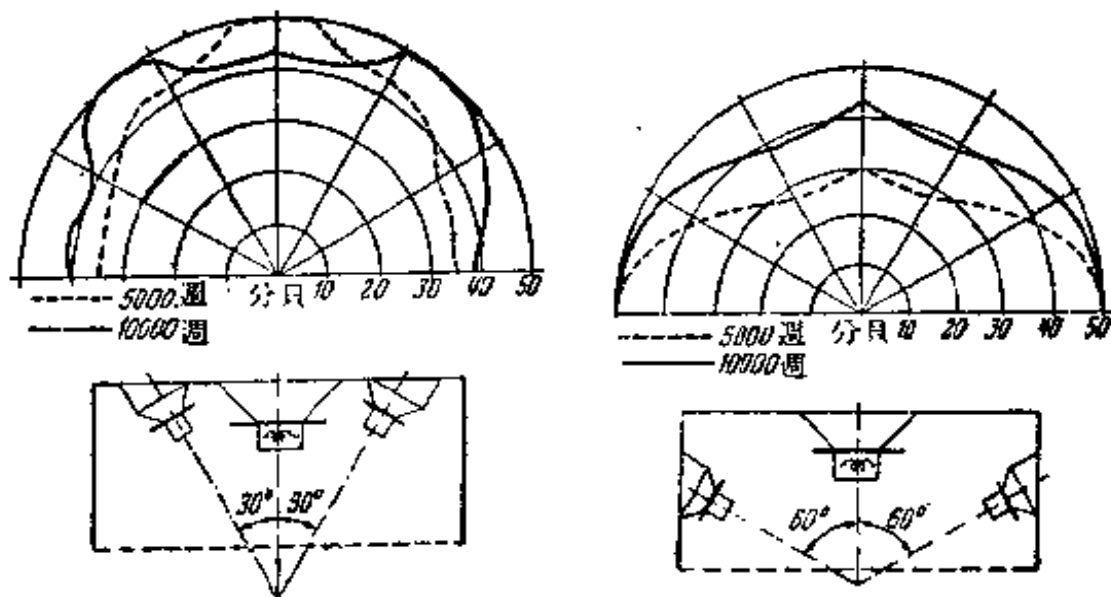


圖11 声系的輻射方向特性随喇叭在机壳內的布置而改变的情况。

但是，裝置三个或更多个喇叭，只有用很大尺寸的机壳才行（無論如何也不小于 $500 \times 300 \times 400$ 公厘）。而其尺寸要比这小得多的經濟收音机，应怎样来改善音質呢？

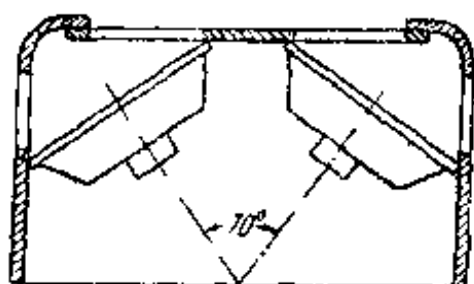


圖12 由两只喇叭构成立体声系时，喇叭在收音机内的布置情况。

多次实验証明，用少数喇叭也能够获得立体声效应。例如在一种中級收音机中，利用两只220公厘圓形电动喇叭彼此以 70° 角裝置，来造成立体声效果（圖12）。此时两只喇叭（同相）射出的声音通过助音板的开口和側壁上的开口。为了放送出更寬的頻

帶以及得到更好的輻射方向特性，采用的是双紙盆喇叭。

在某些比較貴重的收音机中，在机壳的助音板和側壁上加裝一只或几只專用来放送高音的小型电动喇叭或靜电喇叭。这类声系中，当喇叭与助音板以某一角度安裝，并且助音板与側壁上对着喇叭的地方都有开口时，这种声系就称为“大屏蔽布置”。

但是后来發現，两只喇叭也不是最低限度。进一步实验証明，如果采用特殊裝置——声分配器（圖13, a），即使用一个喇叭也能得到立体声效果。此时助音板裝在机壳里面，助音板上安裝一只放音頻帶很寬的双紙盆橢圓喇叭。声分配器也裝在助音板上，是一个弯成一定角度并有許多圓孔的金屬板（圖13, b）。喇叭發出的声波一部分穿过分配器的圓孔射向前壁出口，一部被分配器反射而通过兩側壁口射出。为了得到最均匀的圓形輻射特性曲綫，就必须正确地选择分配器的弯折角度，要使它所反射的声波都通过側壁出口。

也可以用另外的方法由單只喇叭获得立体声效果。例如有一种收音机，面板上裝有橢圓电动喇叭，其后固定两个膠紙

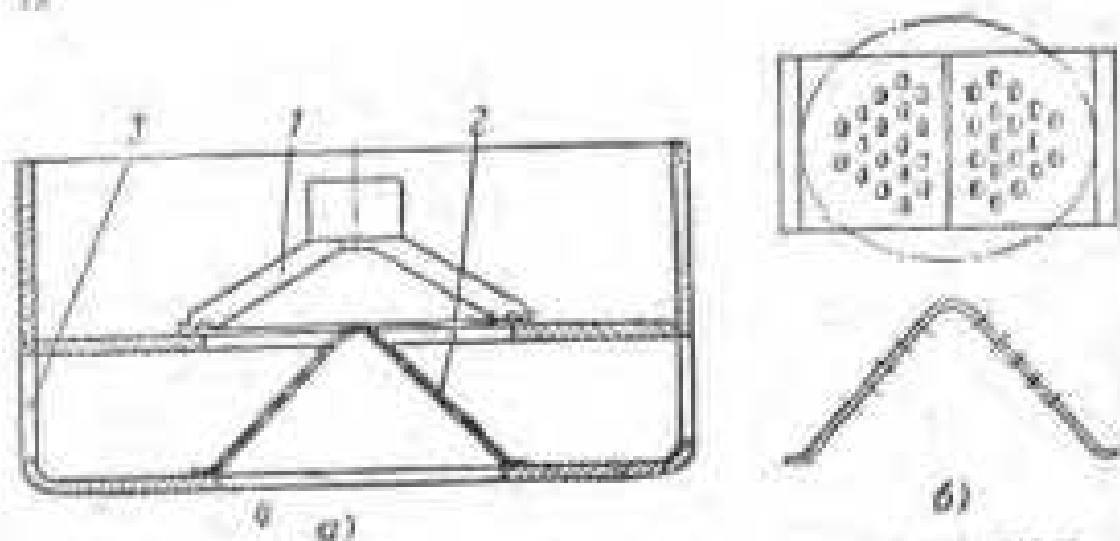


圖13 單只喇叭及分配器的結構。a. 喇叭和聲分配器在箱內的布置情況；
b. 聲分配器的構造（1. 揚聲喇叭；2. 聲分配器；3. 前壁開口；4. 側壁開口）。

板反射器，使紙盆背面發出的聲波通過側壁上的開口，而在側壁上裝有聲分配器。

前面已經說過，為了得到立體聲效果，必須保證高音喇叭方向性地輻射。為此目的，近來外國公司開始將聲分配器直接裝在高音喇叭前面。圖14示出這樣一種分配器的外形和作用原

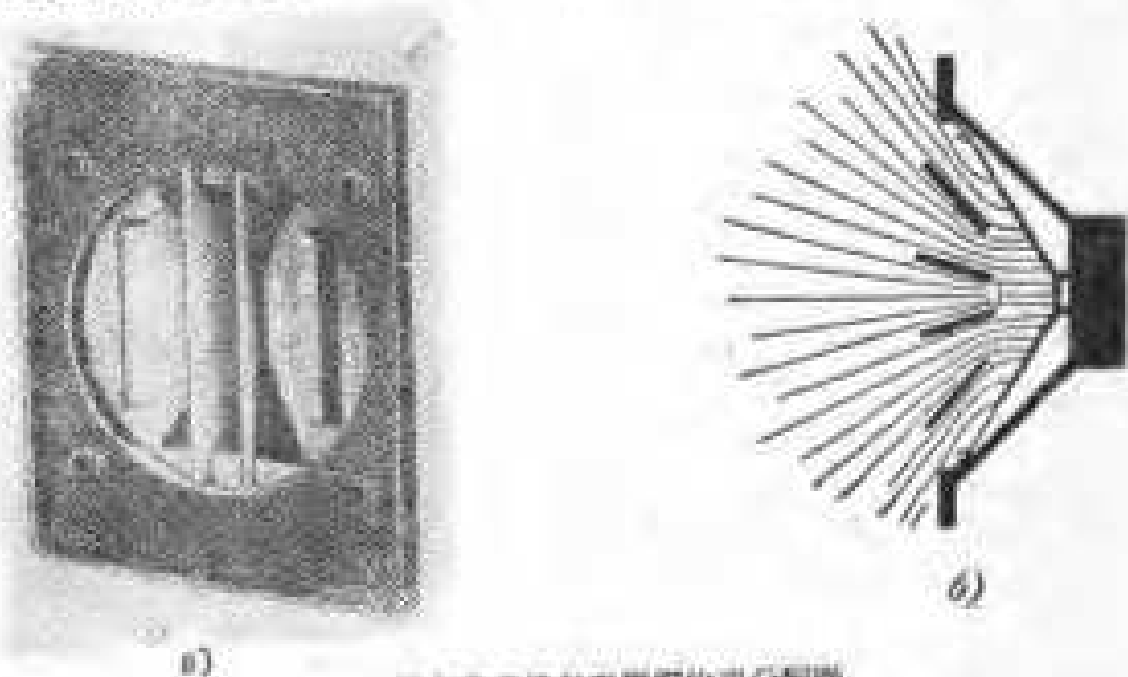


圖14 裝在收音機外殼側壁的聲分配器。
a. 外形； b. 作用原理。

理。这是在机壳侧壁上用的。装在面板上的喇叭，是利用壳壁或结构装饰所形成的声分配器（圖15）。

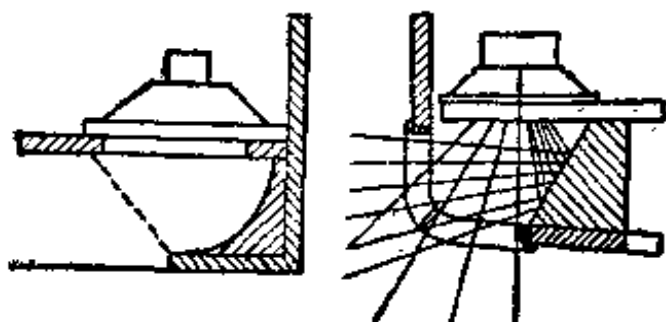


圖15 当喇叭装在面板上时，声分配器的作用圖。

有时候为了改善收音机的音質，把侧壁的高音喇叭装入薄膠合板制成的特殊声室（共振器）中（圖16）。电动喇叭在这种声室內放得对着上部的开口，高音頻主要是通过这个开口放射出去。由喇叭紙盆反面辐射的同相中、高音通过侧壁的下部

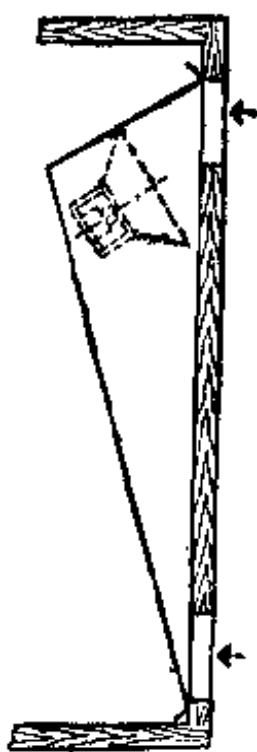


圖16 声共振室結構圖。

开口射出。据杂志說，使用这种声室可以大大改善收音机的音質，使放音更加逼真，同时还可以提高声压。但是应当指出，在这种立体声系統中，声室的体积和开口、特别是下部开口的尺寸（面积）要选择得正确，才能获得良好效果。

4R立体發声系統

格列茨公司完全用另外的方法設計立体声系統 該公司研究成功的布置喇叭的方法，叫做4R（由Raumton一詞得名，意思是“立体声”）。它与3D立体声系所不同处，就是其中高音輔助喇叭安裝在外壳頂板下的特殊諧振板上（圖17，a）。在頂板和諧振板之間外壳四周

有許多開口，外面用紅網裝飾。另外在頂板下面對着高音喇叭紙盆安裝一個特殊椎體，以使這個喇叭發出的聲波向四外散射。

由頂部中心的喇叭（某些機器中也有側壁喇叭）發出的中、高音通過外殼的各個開口，差不多是均勻地向各方輻射傳播。

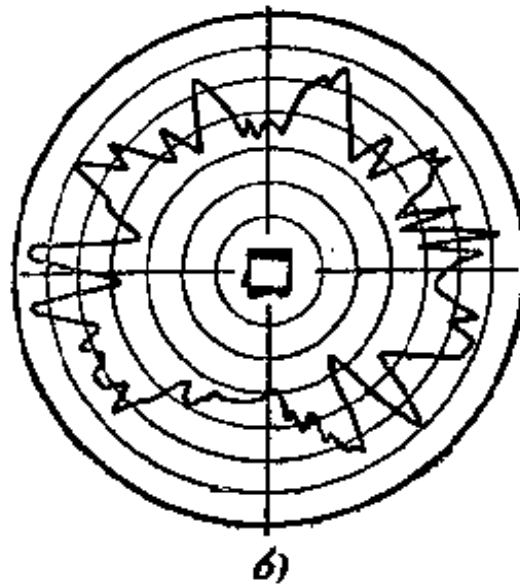
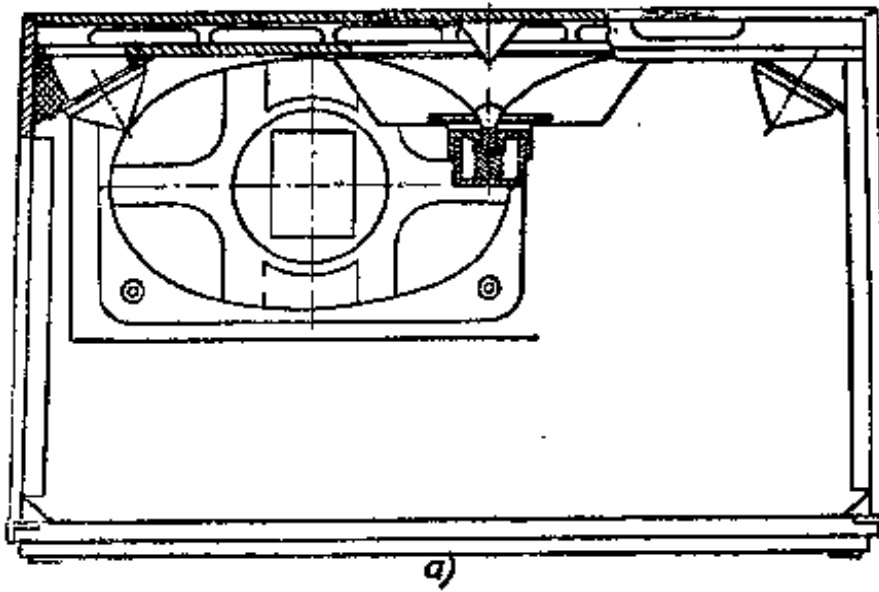


圖17 4R 立體聲系統的輻射方向圖以及喇叭在收音機內的布置。
a, 喇叭在機殼內的布置； b, 聲系在垂直面上的輻射方向圖。

此外，据该公司的资料，由于顶板和滑板之间是一个空间，故4 R声系的效率，特别是中、高频（500—8,000周）的效率可以提高。所有这些措施，都可以使收音机的收音自然，而且不受放置收音机内层板的声学特点的影响。4 R声系的收音机的辐射方向特性曲线，无论在水平面还是在垂直面，几乎都是圆形的（图17.5）。

最初，格列美公司在“交响乐4 R”和“旋律4 R”牌收音机中采用4 R立体声系统。前一种收音机中，主喇叭是使用210×320公厘椭圆形电动喇叭，在滑板上装置直径100公厘高音电动喇叭，在外壳的角上与助音板成一定角度再装置两只直径70公厘的高音帮电喇叭。图17. a所示的就是“交响乐4 R”收音机内喇叭的布置情况。

其他公司出品的收音机中，也采用类似的立体声系统，其差别仅在于高音辅助喇叭不装在滑板上，而直接装在外壳顶板上。顶板上的开口处罩有塑膠网罩，既能保护喇叭，同时又起着声分配器的作用。

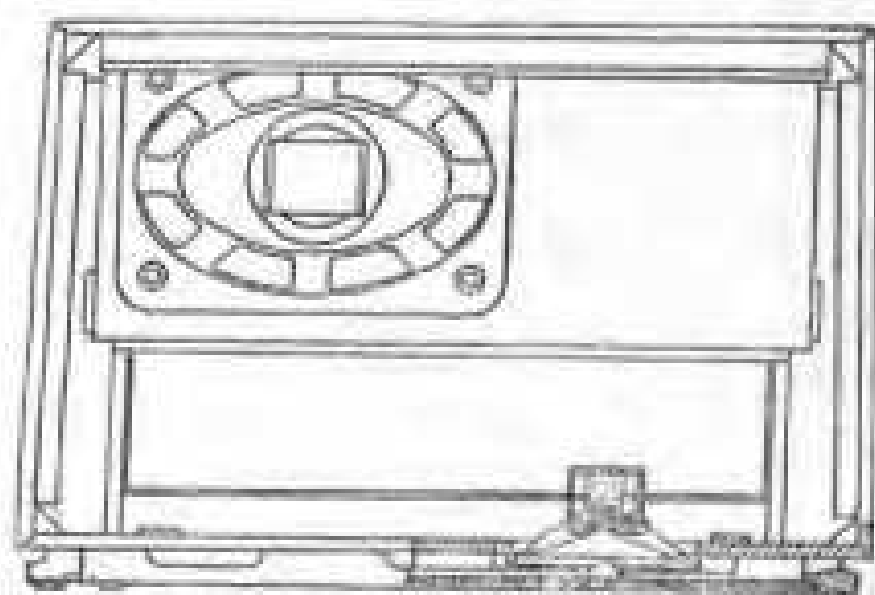


图18 4 R 立体声系中辅助喇叭的另一布置方法。

根据許多專家的見解，4 R 立体声系比 3 D 声系的效果更好，尤其是当低頻部分采用双頻道电路时。

近些时候，4 R 立体声系統有了一些改变。現在輔助高音喇叭不裝在外壳頂部諧振板上，而直接裝在底板上；紙盆朝下（圖18），这个喇叭發出的声波通过外壳底板上的开口，由桌面反射而向四周傳播，为了保証声波的輻向傳播，收音机外壳下部应当有切口或足够高的脚，以使收音机壳和桌面之間形成必要的空間。

以上引述的資料十分显明地指出，立体声系統是具有一系列重大优点的。若將几只喇叭都裝在助音板上，就是喇叭的通帶很寬，也远不如上述立体声系的音質好。这一切都說明立体声系的远大發展前途，它在不断地被改进，使無論放送音乐还是語言节目，都能更加自然逼真。为了达到这一目的，也創造出許多專門用于立体声系統的低頻放大电路。

第三章 低頻电路

前兩章我們講述了現代收音机內采用的新式喇叭和發声系統。但是，如前面所說，只有当收音机的各部分——由天綫輸入一直到發声系統为止，都要有足够寬的通帶，才能放出音質确实优良的节目。現代無綫电技术的發展，使高頻部分已达到較完善的地步，因此，最重要的是改善低頻放大器，以配合發声系統傳輸必要的頻帶，而在特殊情況下，还要校正声系的頻率特性。

为使各种节目的放音質量优良，低頻放大器与發声系統必須能通过由 60—80 到 10,000—12,000 周的頻帶。除此之外，在大多数情況下很希望頻率特性曲綫的低頻（60—500 周）部分及

高頻(5,000—12,000周)部分提升6—15分貝,这对于放送各种节目特别是音乐节目也是有好处的。另外,高、低音音色必須能分別調节,而在采用立体声系时要將頻帶分道。

虽然这种低頻放大电路大都需要較多的电子管和零件,但上述要求并不是很难达到的。下面就講講各种低頻放大电路,其中也包括立体声收音机用的。

小型收音机的低頻电路

“小型的”这个詞通常是指:收音机尺寸不大、其电路被大大减化,而發声系統中采用一只喇叭。因此,这种收音机要完全滿足上述要求是有很大困难,而且这样作也未必适宜。所以小型收音机的音質只能在一定範圍內加以改善,改善音質的方法就是采用特殊的低頻电路。

簡單的小型收音机中,通常使用不大的圓形或橢圓形电动喇叭。这种喇叭由于紙盆小,質量輕,能很好地放出高音,而对低音的放音不良。因此,要改善这种收音机的音質,就必須提高低音的放音效率。

早就已經确定,人耳有显著的非綫性。因此,在我們听低頻正弦音波时,就在听觉器官內产生諧波音和結合音。人耳估量低頻音响度的大小,不仅根据基音頻的强度,也根据其諧波成份的强度,而且奇次諧波所起的作用是最大的。

人耳这个生理特点,已被用来增进低音的放音响度了。这是利用一种叫作“人造低音”的电路。这种电路的原理是这样:用人工方法提高放大器低音頻(100—200周)部分的非綫性失真系数(主要提高三次諧波失真)。因为基音的諧波要比基音的頻率高,容易由小喇叭放送出来,所以这样就扩展了放音的动态范围。实际上,直徑100—150公厘电动喇叭几乎放不出50

周的声音，但却能不坏地放出它的三次谐波（150周）。但由于人耳有上述的非线性，所以我们好像听到基频音，即50周的声音。

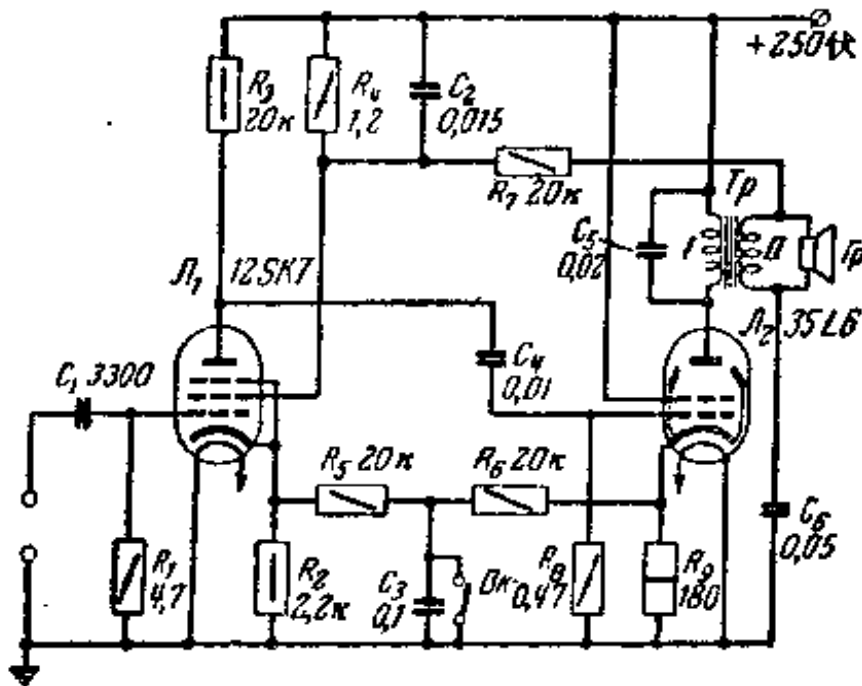


圖19 利用“人造低音”原理的低頻放大电路。

圖19示出最簡單的一種“人造低音”电路，常用于少管經濟收音机中，所使用的电子管也很流行。在电路中，电阻 R_5 、 R_6 和电容器 C_3 構成正回授电路，可增高低音頻的非线性失真系数（当 B_K 开路时）。

这种放大器的工作是这样的：低音頻电压由电子管 π_2 陰極經過正回授电路 R_5R_6 加到电子管 π_1 陰極。陰極电阻 R_2 沒有旁路电容器，故产生負回授电压，但这个电压是与正回授电压相位相反的。結果正回授补偿了負回授，从而提高电路的放大率和非线性失真。适当选配 R_5 、 R_6 和 C_3 的数值可以达到这样的目的：即仅由某一指定低頻开始，正回授电路才显示它的作用。

应当指出，这种电路对交流声十分敏感，故要求采取特殊

措施以减小交流声。上述电路是用补偿法降低交流声电平的，就是利用 Π_1 帘栅电路内的负回授电路。这个帘栅极加有两种不同的交变电压：一种是经过电容器 C_3 来自整流器的脉动（哼声）电压，一种是利用分压器 $C_6R_7C_2$ 取自输出变压器 T_p 次级线圈的电压。加到 Π_1 帘栅极的脉动电压以及第一栅极的信号电压，可以控制着该管屏流在负荷电阻 R_3 上形成相应变化的电压。这样一来，加到 Π_1 帘栅极的脉动电压就会使电阻 R_3 以及 Π_2 栅极上也有脉动电压。但是这个电压和通过 R_3 来自电源的脉动电压相位相反，结果 Π_2 栅极上的有效交流电压减小，而放大器输出交流声锐减。

由于负回授电路中有电容 C_2 ，所以由变压器 T_p 的次级线圈加到电子管 Π_1 帘栅极的只是低音频。因此，这个负回授电路($C_6R_7C_2$)校正的只是低音频部分频率特性，并且能削弱交流声。

为了更自然地放出音乐节目，高、低音需要增强一些。但是收听语言节目时，很不希望增强低音频，因为这会引起所谓“闷塞”。为了能更好地收听语言节目，放大器中装有一个音色调节器——开关 Bk ，在收听语言节目时 Bk 闭合，将 C_3 短路。这时就没有了正回授，而在这两个放大级中将会有电流负回授起作用。

要想最好地放出各种节目，就必须特别注意输出变压器的各个参数。一方面，其初级圈应有足够大的电感，以尽可能更好地传输低音频。另一方面，为了很好的放送高音频，其漏感应当很小。为了满足这两个要求，在“人造低音”电路中，采用的是间层绕组的输出变压器。在装置按图19装成的低频放大器时，应特别注意选配电容器 C_3 和电阻 R_6 和 R_6 的数值。

类似图19的电路，广泛采用于经济收音机中。有时利用复

合电子管，構成較复杂的电路，但是所得結果大致相同。

某些厂家却与此相反，認為只有利用了包括整个放大电路的随頻率而变的負回授(下譯頻率負回授——譯注)，才能得到优良的音質。圖20示出一种經濟收音机的末級电路，其中負回授电压取自輸出变压器次級圈，而加到前級放大管的柵極。負回授电路的各个元件这样选配：要能保證頻率特性曲綫低音頻部分提升6—8分貝。这样也能改善音質。

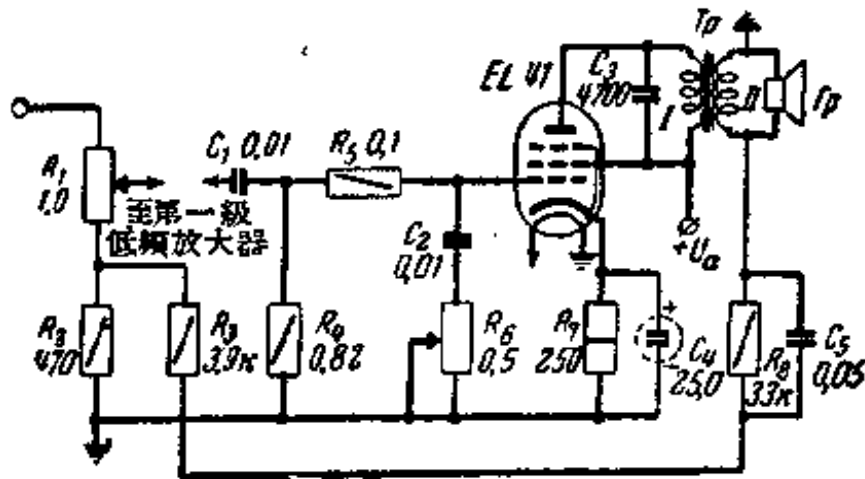


圖20 經濟收音机的末級电路，其中有增强低音的頻率負回授。

另外一种低頻放大电路如圖21所示，可用于帶超短波調頻波段的廉价收音机中。在放大器的輸入电路，借助音調补偿式音量控制器，使低音增强。

在寬帶低頻放大器中，最常采用音調补偿式音量控制器。必須采用这种音量控制器的原因是由于人耳的特点。耳朵对于放音响度的感受是因声强和頻率而有所不同的。用所謂等响度曲綫可以表示出这个特点。根据这些曲綫：当放音的响度降低时，人耳对低音頻的听觉就大大减低，而对中音的感受能力則变化很小。为了在同时减小整个頻帶的音量时，仍保持各种音頻响度的自然比例，于是就要在低頻部分按裝音調补偿式音量控制

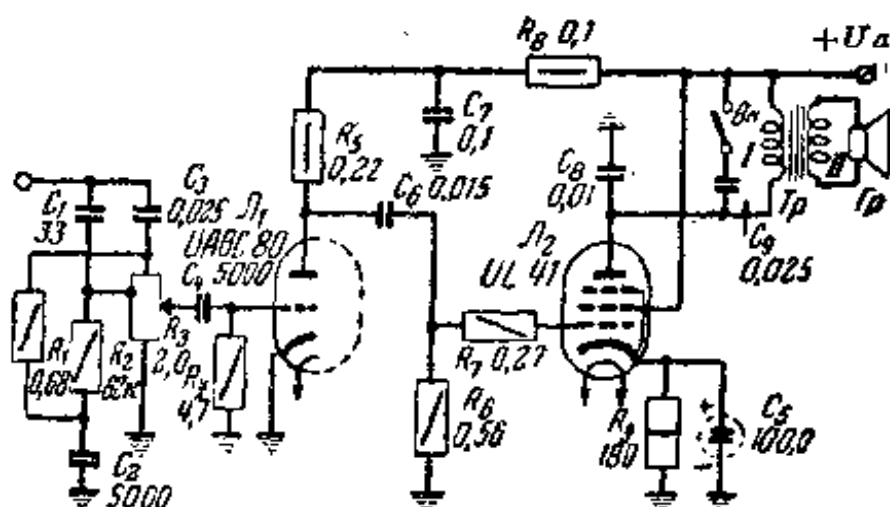


圖21 在輸入电路部分增强低音的簡單低頻放大器电路。

器，使放出的音色在各种不同响度时，听起来不發生变化。

上面研究的这个电路的特点是沒有負回授。可以看出，这种电路跟苏联三級收音机的类似电路几乎沒有有什么差別。

分頻道低頻电路

比較复杂的收音机，有可能利用几只喇叭構成放声系統，而保証放音优美很重要的一件事就是使每个喇叭得到适当的頻帶。圖22示出的低頻电路，就可以作为这样联接喇叭的一个实例。这里輔助晶体喇叭 Γp_2 是經過一个阻塞低音的濾波器(R_{16} C_{11})而接到末級管屏極的。喇叭所得到的声頻电压由可变电阻 R_{14} 調节。另外，这个电阻还被用作末極管柵路的高音調节器。这种綜合調节器，可使頻率特性曲綫高頻部份变化很大。

低音調节器是利用可变电阻 R_1 ，仅作低音抑制。而 R_3 C_8 R_5 網絡以及頻率負回授，可以使低音頻有必要的提高。

圖23示出这类低頻放大电路的另外一种，其中是利用靜电喇叭 Γp_2 放送高音。 Γp_2 是經過一个小容量隔流电容器 C_{11} 接到末級管屏極的，因此加到喇叭上的只有中、高音頻。高音調节

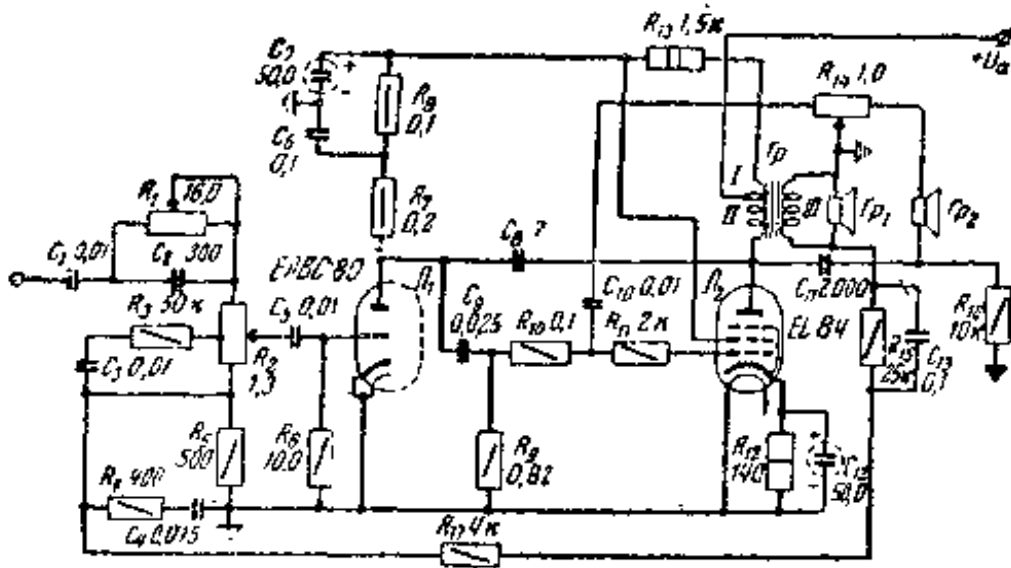


圖22 有高音晶体喇叭的收音机低频电路。

器 R_7 和低音調节器 R_8 都接在包括整个低频电路的频率负反馈电路中。

前面我們提到过一种有三只喇叭的收音机，这些喇叭在助音板上的布置相当于各种乐器在乐队里的位置。圖24示出的就是这种收音机的低频电路，它能放送出寬闊的頻帶。放音頻帶在电路輸出端分为三个頻道。主喇叭 Γp_1 上加有整个頻帶。中音喇叭 Γp_2 接通輸出变压器次級卷要經過电容器 C_{20} ，因而低音

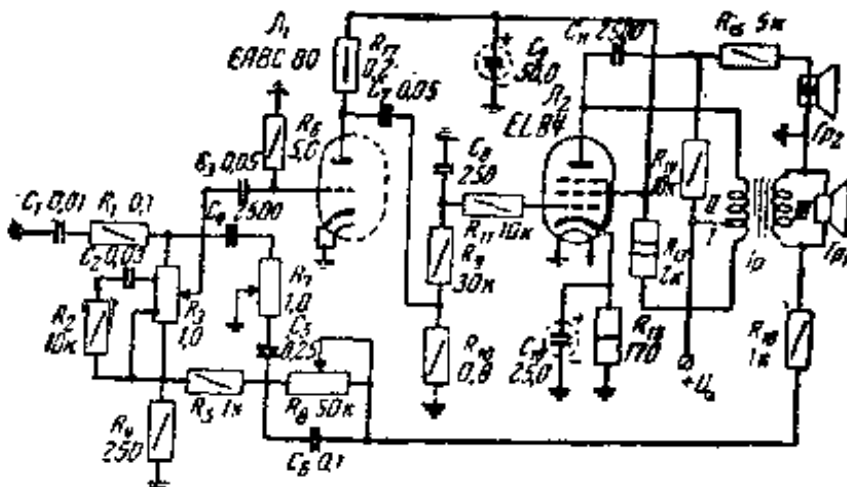


圖23 帶有輔助高音靜电喇叭的放大器电路。

頻受到阻碍（关于这一电容器的功用将在后文详细讨论）。高音晶体喇叭 Γ_{p3} 接在负反馈电路中。高音调节器利用 R_1 ，低音利用 R_{11} 。

上面我們講到的低頻放大器电路，虽然也是放送寬頻帶的，但是只在簡單声学系統中才利用这些电路。

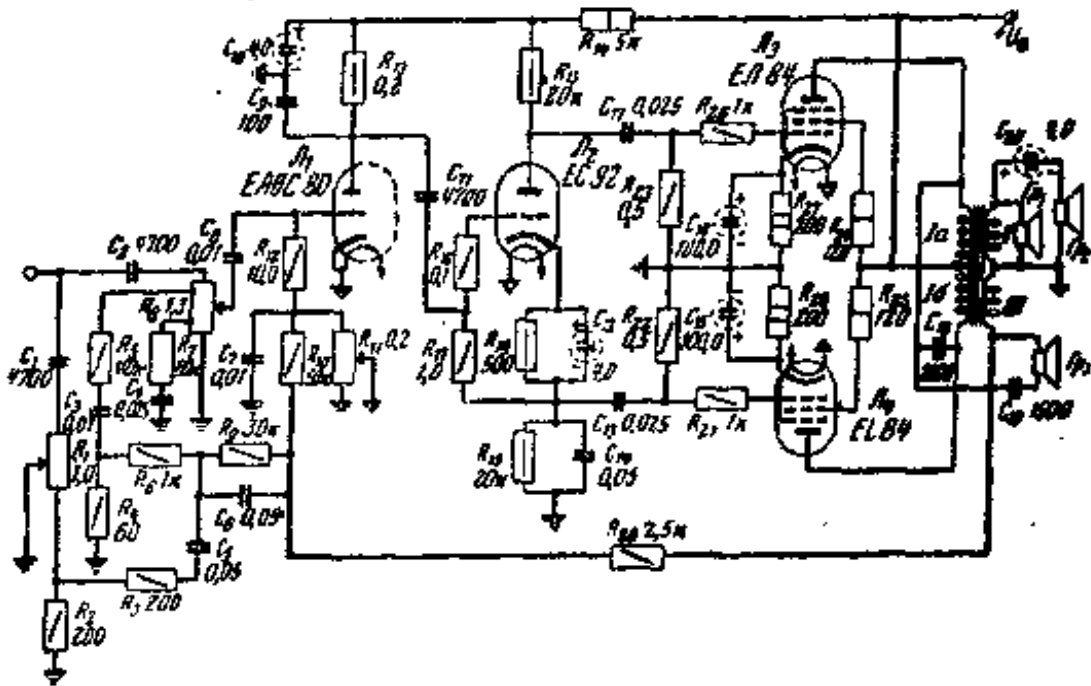


圖24 有三个喇叭的放大器电路，喇叭在助音板上的布置相当各种乐器在乐队中的位置。

單臂输出的寬頻帶低頻放大器

在帶簡單声系的收音机中，將頻帶分出頻道輸給几个喇叭，可以改善音質；而为了获得立体声效应，具有决定性意义的是：要將一定頻帶加到每組喇叭上。

收音机放音頻帶的分道，对于降低寬帶放大电路中产生的低音調制失真也是很必要的。这种失真是由于有强力低音时高音頻受到低音頻的調制，当通帶寬度扩展到由50—70至10,000—12,000周时，就会發生这种失真。

从前，收音机低频部分的通过频带是由80—100周到5,000—7,000周，调制失真不很明显，可以不去管它。但是立体声收音机中的低频放大器要放大很宽的频带，这就难免不發生較低音频对高音频的调制，而引起低音调制失真。结果收音机的放声就發生失真。

在低频电路的输出端分开频道是最常见的电路。圖25所示的就是这种电路。这里音量控制器 R_4 是补偿式的，有两个抽头，联接频率负回授校正网络。结果，就使低音增强。低音调节器 R_{14} 只是填平频率特性曲线。高音是由电位器 R_{10} 调节， R_{10} 同时接入负回授电路和末级管控制栅极电路。这个调节器既能提高也能填平频率特性曲线。开关 Bk 是用来压缩放音频带的，在收听调幅广播和放唱片时使用。

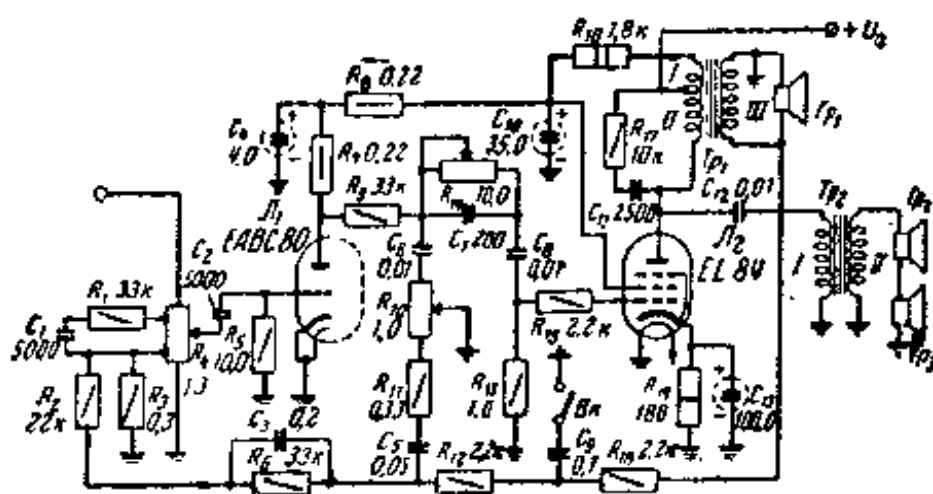


圖25 立体声收音机低频放大电路，其中借助两只输出变压器来分离放音频道。

末级管屏极接有两个输出变压器： Tp_1 和 Tp_2 。第一个供给放送中、低音的主电动喇叭 Γp_1 。这个变压器的初级圈联着 $R_{17}C_{11}$ 电路，用以校正4,000—5,000周频率特性。变压器 Tp_2 供给高音电动喇叭 Γp_2 和 Γp_3 。它通过一个电容器 C_{12} 接到末级管

屏極， C_{12} 的容量这样选定：即使它的容抗在規定的临界頻率时恰等于变压器 T_{p2} 的輸入阻抗。这样，低音频就只能加到輸出变压器 T_{p1} 上，而高频加到高音喇叭上；因为电容器 C_{12} 对低频有很大阻抗，所以高音喇叭不放送低音。

末級管在高频时的負荷阻抗是由并联的輸出变压器 T_{p1} 和 T_{p2} 的阻抗 Z_1 和 Z_2 構成。兩組喇叭的功率分配，由这两个阻抗的比例决定：如果 Z_2 大于 Z_1 ，那么高音喇叭得到的声頻功率就小；当 Z_2 小于 Z_1 时，主喇叭得到的声頻功率就小。

主、輔喇叭間功率的分配，首先影响到輻射方向圖。只有正确選擇阻抗 Z_1 和 Z_2 間的比例，才能使高频帶和低频帶的輻射均匀。

圖26示出另外一种在放大器輸出端分頻道的方法。这里三只喇叭都由一个輸出变压器供电，不过高音喇叭要經過大电容器 C_{14} 才接到輸出次級圈。这个电路与前述电路的区别是：隔流电容器 C_{14} 容量的選擇有所不同，要使 C_{14} 在規定临界頻率时的容抗正好等于高音喇叭 (Γ_{p2} 和 Γ_{p3}) 音圈在該临界頻率时的总阻。

上面講的几种分頻道輸出的低频放大电路，其差別仅仅是

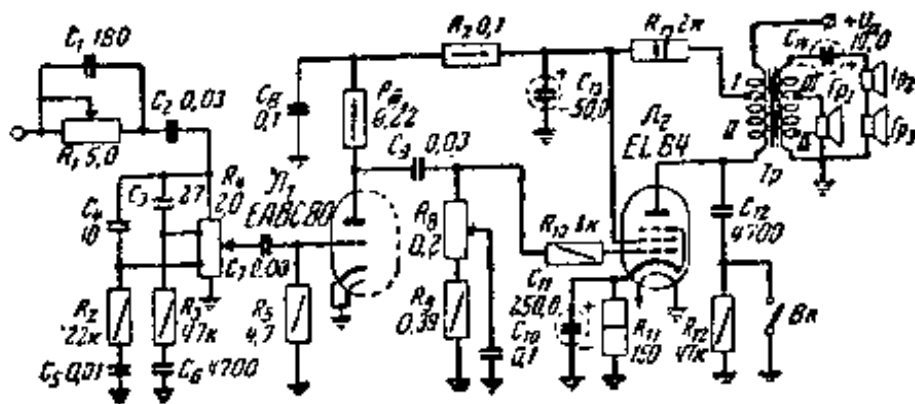


圖26 立体声收音机的低频电路，电路中放音频带的分道是在輸出端利用隔流电容器来完成。

喇叭的接法不同。初看起来，圖26的电路似乎最容易裝置。其实不然，要知道此时輸出变压器必須通过很寬的頻帶（不狹于80—10,000周），而要达到这个要求，其初級圈电感必須尽可能大，而漏感必須最小。同时滿足这两个相互矛盾的要求是十分困难的，因为这要求采用很大的鉄心，并且繞卷要間層繞制。此外，計算、設計和創作供几組喇叭共同使用的寬頻帶輸出变压器，是很困难的事，这项工作只有很熟悉無綫电工学的有經驗的業余家才能胜任。

但是，在低頻放大器末級使用兩個自繞的輸出变压器，就是另外一回事了。这时，其中一个供低音主喇叭用的只要通过中、低音頻（由60—80到3,000—5,000周）；而另一个只要通过高音頻（由1,000—2,000到10,000—12,000周）。第一个变压器的参数和尺寸与結構跟簡單声系收音机中用的普通輸出变压器区别很小。第二个供高音喇叭用的輸出变压器只需通过高音頻，所以初級卷电感不大。如果使用 $y_{III}-12$ 型片的鉄心繞制这个变压器，其初級圈匝数不多，無需采取特殊措施来减少漏感。

我們这样詳細地討論用兩個輸出变压器的低頻放大电路的原因，也是由于業余爱好者实际遇到的几乎都是电动喇叭。在这种情况下，只有采用圖25所示的那种低頻电路，才能够以比較簡單的方法收到最好的效果。这个电路除了構造簡單，还很容易選擇頻道的分界頻率，其方法是改变輸出变压器的隔流电容器的容量即可。

苏联大多数立体声收音机中，都采用兩個輸出变压器。圖27示出的是这些电路中的一种。它設計帶四只电动喇叭。其中兩個主喇叭（ $2ГД-3$ 型）裝在助音板上，由輸出变压器 $Тр_1$ 供电。兩個輔助高音喇叭是橢圓形的（ $1ГД-9$ 型），安裝在外壳側壁上，由輸出变压器 $Тр_2$ 供給它信号， $Тр_2$ 經過一个小容量电容

器 C_9 联接末級管屏極。放大器高、低音色分开調节，高音用 R_{15} ，低音用 R_8 ；負回授电路由輸出变压器次級抽头加到6H2П 右边三極管 Γ_2 的陰極上。

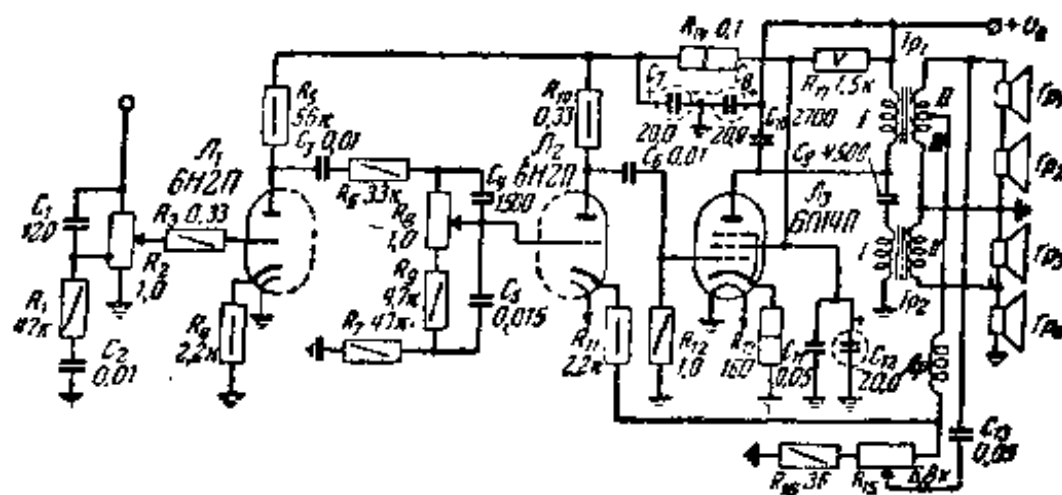


圖27 苏联統一型式立体声收音机单臂输出的低頻电路。

变压器 T_{p1} 可用 y_{m-16} 型鉄片叠厚 24 公厘，綫卷 I 用 0.12 公厘漆包綫繞 2,600 圈，綫卷 II 用 0.64 公厘漆包綫繞 90 圈，III 繞 3 圈。

变压器 T_{12} 用 y_{m-9} 型鉄片叠厚 12 公厘，綫卷 I 用 0.12 公厘漆包綫繞 2,000 圈，綫卷 II 用 0.51 公厘漆包綫繞 28 圈。

扼流圈 Λp 电感量 40 毫亨用 0.12 公厘漆包綫繞 2,900 圈，綫圈骨架直径 8 公厘，綫卷直流电阻 $165 \pm 15 \Omega$ 。

如前所說，外国一些公司在中級立体声收音机的發声系統中，广泛采用晶体和靜电高音喇叭。其原因是：譬如晶体喇叭远比电动喇叭簡單、价廉，并且不需要輸出变压器。因此，用这种喇叭的收音机造制較簡單，价錢較便宜。圖 28 示出的低頻放大电路中，高音喇叭 Γ_{p2} 和 Γ_{p3} 采用的是靜电喇叭。它們經過 $R_{17}C_{15}$ 濾波器接到末級管屏極，濾波器可以阻止低于临界頻率的音頻通过。

若把放大器分为三个頻道，發声系統使用三組喇叭时，就会使收音机整个放音頻帶更加均匀，輻射方向圖更加扩展，因

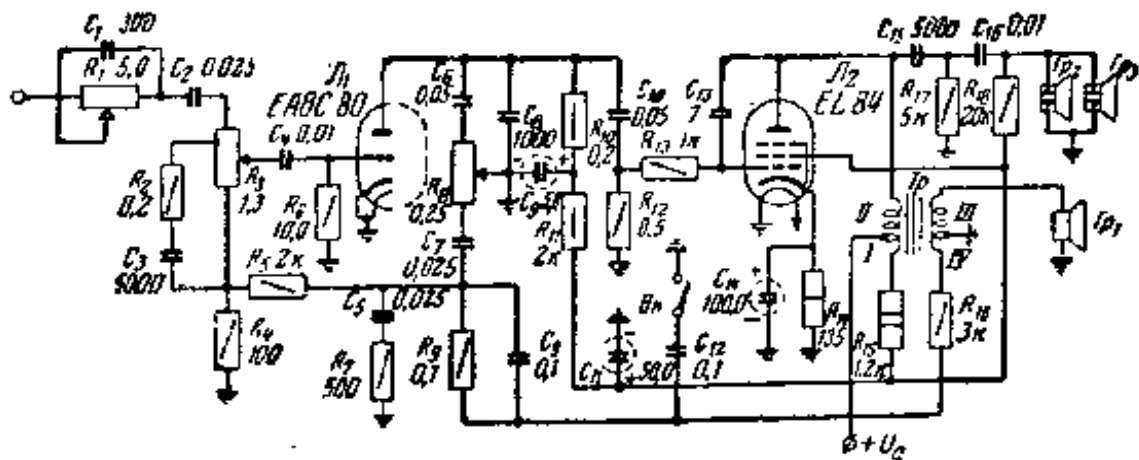


圖28 配合三个喇叭的立体声系統用的簡單單臂輸出低頻放大器电路

而显著改善收音机的放音質量。自然，采用靜电喇叭和晶体喇叭，同样能使低頻部分的电路和結構最簡單。

圖29所示末級电路可以作为一个很明显的例子。这里放送中、低音的是电动喇叭 Γp_1 ，安裝在外壳前壁，由輸出变压器 T_p 連接到末級管。靜电喇叭 Γp_2 安裝在一旁，并通过濾波器 $R_{13}C_{10}$ 接到末級管屏極，所以只放出中、高音。側壁安裝兩只高音晶体喇叭 Γp_3 和 Γp_4 ，經過濾波器 $R_{14}C_{11}$ 接至末級管屏極，高音調節器 (R_1) 和低音調節器 (R_2) 接在末級輸入端，仅

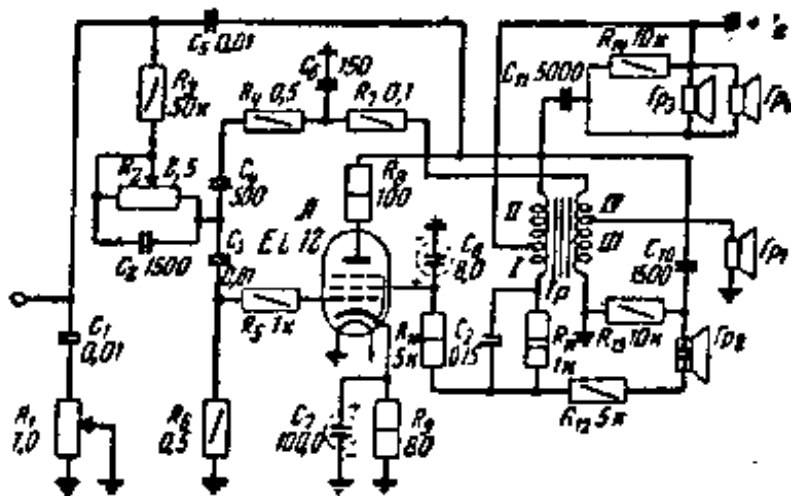


圖29 采用电动、晶体、靜电喇叭的立体声收音机的單臂輸出級电路。

能抑平頻率特性曲綫。而頻率曲綫的必要的提高，是由兩個負回授电路完成。其中一個电路的电压取自末級管屏極，另一個电路取自輸出變壓器次級圈。

另外一種也是利用三組喇叭的低頻放大电路，如圖30所示。在這电路中，主喇叭 Γp_1 直接接在輸出變壓器 Tp 次級卷出頭上，而中音喇叭也接這個綫卷，但要經過一個大電容器 C_{17} 。高音靜電喇叭 Γp_4 、 Γp_5 經過高通濾波器 $R_{18}C_{15}$ 接聯末級管屏極。這一濾波器阻止低、中音通過。同時有直流电压經過電阻 R_{18} 加到喇叭上，以造成必要的靜電場。

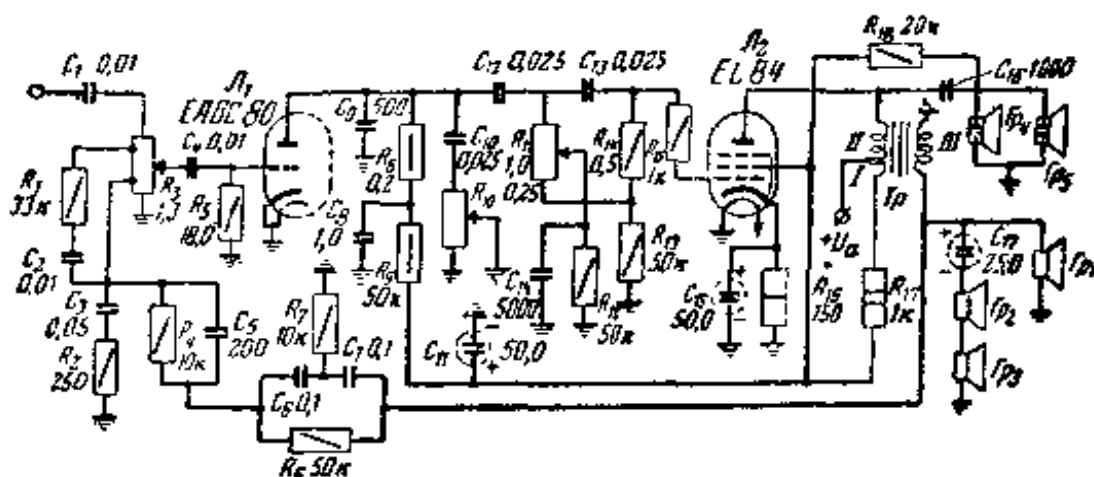


圖30 用五只喇叭的立體聲收音機用的單臂輸出低頻放大电路。

推挽輸出的低頻放大器

前面各圖示出用于立體聲收音機的低頻放大器，對這些电路的基本需求就是：通過頻帶要很寬。因此，在這種电路中，對於優質放音很重要的參數——非綫性失真就顯得很大了（通常為7—10%）。外國公司為了盡量減低非綫性失真，以提高音質，在某些中級和高級收音機中，使用推挽輸出的低頻放大器。蘇聯一級收音機內也是利用推挽輸出电路。

圖31示出“友誼”牌一級收音電唱機的放大器电路，其立體

声系統內采用四只橢圓电动喇叭。主喇叭 Γp_1 、 Γp_2 (5ГД—14型) 裝在助音板上，由輸出變壓器 Tp_1 次級圈供給信號，其初級圈接到兩個末級管的屏極。裝在側壁的輔助高音喇叭 Γp_3 和 Γp_4 是 1ГД—9 型。它們由高音輸出變壓器 Tp_2 供电， Tp_2 經過小電容器 C_{17} 與兩只輸出管屏極联接。

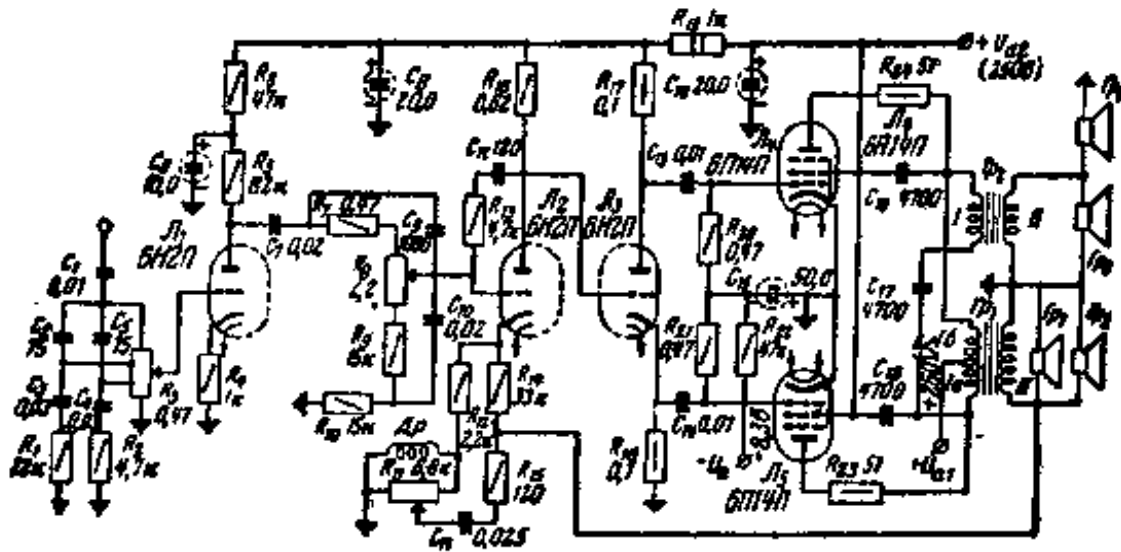


圖31 苏联統一型式立体声收音机的推挽輸出式低頻放大电路。

變壓器 Tp_1 可用 $y_{10}-19$ 型釵片疊厚 28 公厘，綫卷 I 用 0.15 公厘漆包綫繞 1140 + 1140 圈，綫卷 II 用 0.38 公厘漆包綫繞 70 + 70 圈。

變壓器 Tp_2 可用 $y_{10}-9$ 型鉄片疊厚 12 公厘，綫卷 I 用 0.12 公厘漆包綫繞 2,000 圈，綫卷 II 用 0.51 公厘漆包綫繞 35 圈。

扼流圈 L_p 电感量 40 毫亨，用 0.12 公厘漆包綫繞 2,900 圈，綫卷骨架直径 8 公厘，綫卷直流电阻 165 ± 15 欧。

圖32示出的用一个輸出變壓器的推挽末級电路，也是很有趣的。这个放大器的特点是在末級采用了所謂“超綫性”电路。末級管帘柵極电压的供电，与普通电路不同，不是取自整流器，而取自輸出變壓器初級圈的抽头上。結果，电子管的工作状态就介于五極管与三極管之間。这种接法，等于末級加了負回授，故显著降低非綫性失真。同时輸出功率降低，負荷电阻减小。

恰当的选择变压器初级卷抽头的位置，可以显著减小非线性失真，而输出功率却降低不大。帘栅极抽头通常是在初级卷的25—45%处抽出（由初级卷中心抽头算起）。

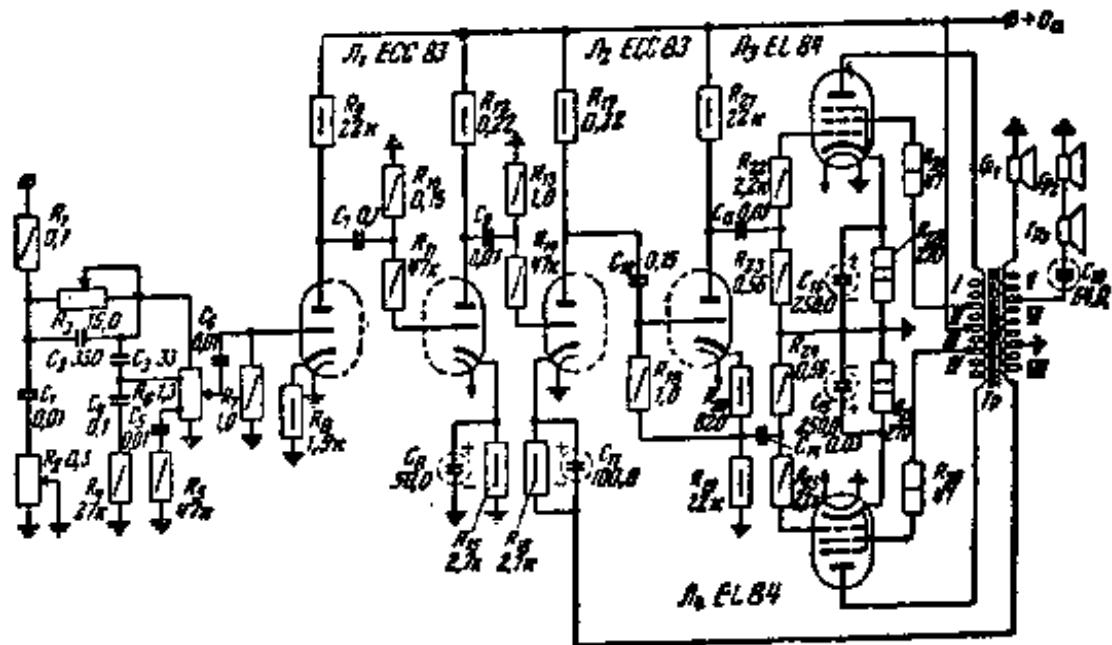


圖32 超线性推挽输出的放大器电路。

另外一种推挽式放大器（圖33）的特点是沒有倒相級。电路中有两个末級管 $1J_2$ 、 $1J_3$ ，共用一个陰極电阻 R_5 ，这个电阻一头連接兩管陰極，另一头連接輸出变压器次級卷中心抽头。輸出管 $1J_3$ 的控制柵極經過电阻 R_{16} 接地。这样， $1J_3$ 就接成柵地电路。末級的工作情况是这样：由 $1J_1$ 放大的激励电压加到 $1J_2$ 管的柵極上。两个末級管是靠公用陰極电阻 R_5 交連。因此，兩管的陰極电位，与 $1J_2$ 柵極所加信号电压的变化成比例。但 $1J_3$ 的控制柵極是接地的，其电位不变。結果該管柵極和陰極間就有了信号电压，电压振幅与加到 $1J_2$ 柵極—陰極間的信号电压振幅相近。譬如說，在某一瞬間， $1J_2$ 柵極和兩管陰極的电位对底板來說是正的，那么 $1J_3$ 控制柵極的电位对其陰極來說就是負的。因此， $1J_2$ 和 $1J_3$ 控制柵極的交变电压对它們柵極

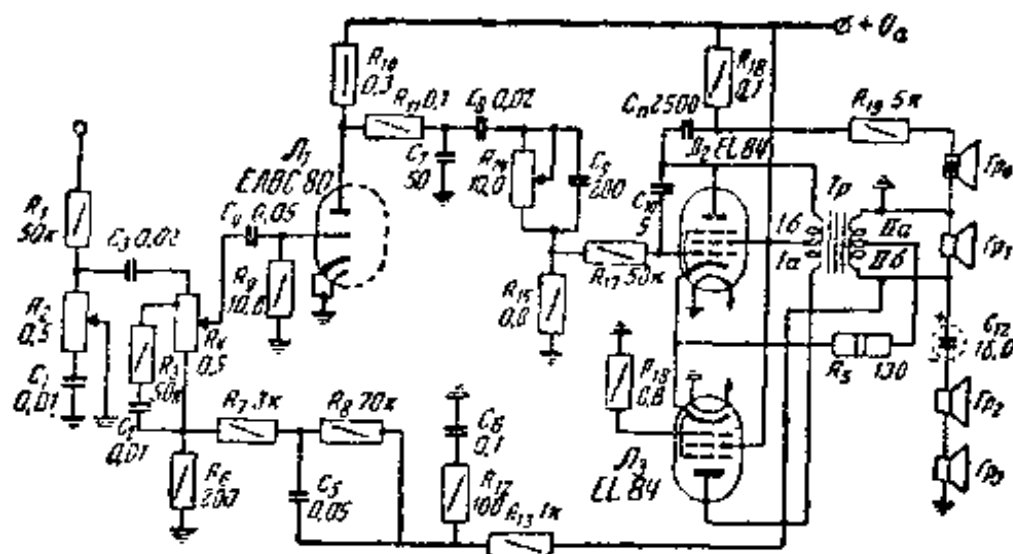


圖33 沒有倒相級的推挽式低頻放大电路。

來說將是相位相反，而这正符合推挽电路正常工作的需要。

还应当指出，由于 Π_3 管是按栅地电路连接，其控制栅極經過高欧电阻 R_{16} 接地，所以这个管子的屏一柵电容就十分显著，而引起負回授作用。为了消除因此而可能在末級發生的不平衡現象，在末級管 Π_2 屏 - 柵極間加了一个电容器 C_{10} ，其容量可根据管子的型号选定。

圖34示出的电路对于無綫电爱好者可能有一定兴趣。这里，在末級管屏路將所放送的頻帶分离开，以减少一些低音調制失真。在两个輸出管屏極上接有两个輸出变压器： Tp_1 和 Tp_2 ，它們的初級卷、次級卷串联。与前述电路（圖31所示）不同，輸出变压器采用这种接法，可以完全保存帶兩組喇叭的推挽輸出电路的优点。

輸出变压器 Tp_1 供信号給低音喇叭 Γp_1 和 Γp_2 。为了不让高于临界頻率的电流加到低音喇叭上，其初級圈并联旁路电容器 C_{21} 和 C_{22} 。高音喇叭 Γp_3 、 Γp_4 和 Γp_5 所用的輸出变压器，其初級圈的电感不大，不能把低音頻傳輸給高音喇叭。

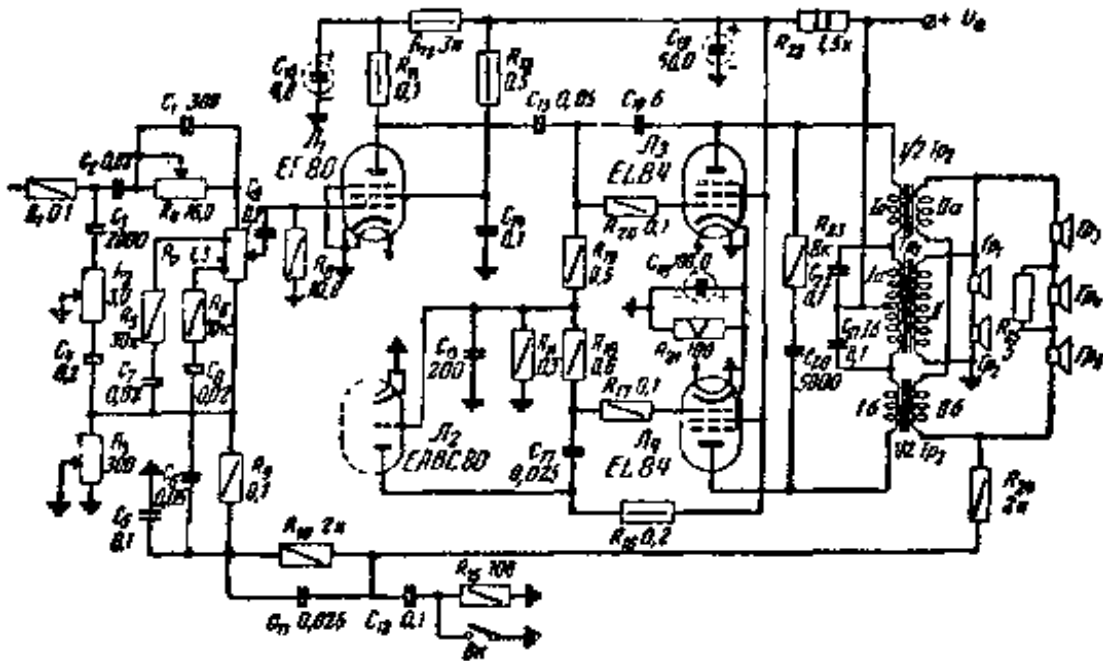


圖34 两个輸出变压器串联的推挽式放大器电路。

由于高、低音輸出变压器次級繞卷是串联的，故从这上面取得的負回授电压，远比普通輸出电路中取得的电压大。負回授电路包括整个收音机低頻电路，并且是頻率負回授。电阻 R_{10} 、 R_{24} 和电容器 C_5 可以使高音頻加强，而电容器 C_6 、电阻 R_9 、 R_3 的复式电路和音量控制器的 RC 網絡，可以提高低音頻的放大率。当 Bk 开路时， $R_{15}C_{12}$ 就接入电路，可以使頻率特性曲綫 5,000 周段提高，借此补偿喇叭的頻率特性曲綫，当 Bk 閉路时，放大器頻率特性曲綫的 7,000—8,000 周以上的一段被抑平，这是收听調幅广播和放唱片时所需要的。电容器 C_{11} 削弱 13,000—15,000 周以上頻率，可以显著减低噪音电平，特别是听觉范围以外的噪音。

圖34 示出的低頻放大器电路的另一特点，是負回授电路內接一个調节器 R_3 ，叫作“立体声調节器”。当可变电阻 R_3 改变时，頻率負回授作用也随着改变。这个調节器主要是对高音起

作用，当阻值改变时，能相对减弱或增强高音对中音的电平。因为收音机放声的立体化程度，决定于高音频的放音如何，所以转动可变电阻 R_3 的动臂，也就能调节放音的立体程度。另外，高音调节器（ R_2 ）和低音调节器（ R_4 ）是接在低频电路的输入端的。这样的接法可以最好地满足调节音量时等响度曲线的对比条件。

双频道低频放大器

如果不在低频电路的输出端，而在前级放大之后立即把收音机所放送的频带分离开，那么就会使放大器的音质更加优良。这时放大器收有几个频道，其中每一频道放大一定的频带。在收音机中，通常是將频带分为两道；这种低频放大器叫做双频道放大器。

双频道放大器和单频道放大器比较，其主要优点是低音调制失真最小。此外，由于有分开的高、低音输出级，就可能在每一频道内分别采用频率负回授和利用不同的高、低音输出变

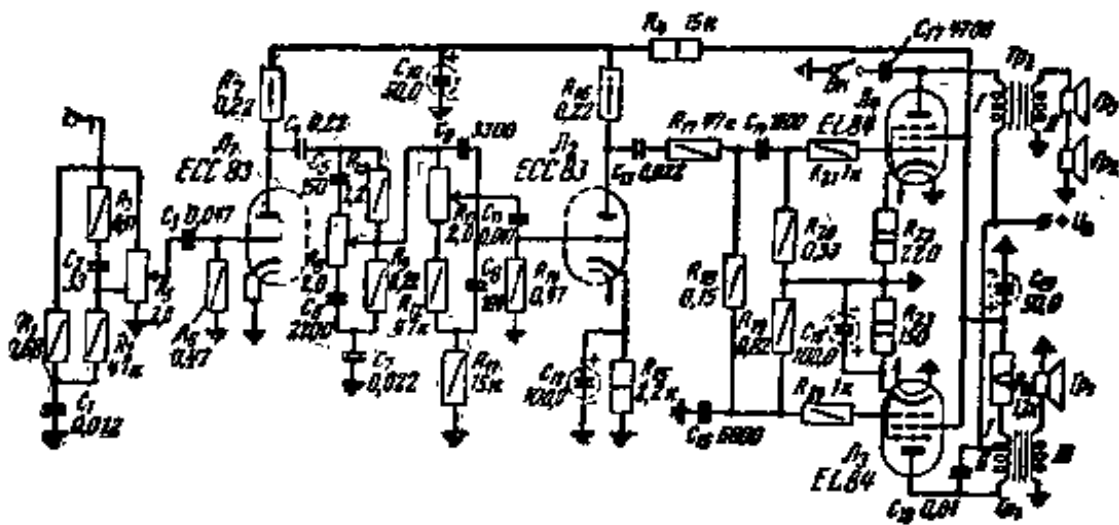


图35 无负回授单臂输出式简单双频道放大器。

压器，从而使發声系統与电路达到最佳匹配。还应当指出这种情况；在双頻道放大器中，差不多都采用电动喇叭，因此这种低頻电路是用在最貴重的中級和高級收音机中。業余爱好者也能頗有成效地使用双頻道放大器。

一种簡單的双頻道低頻放大器电路示于圖35。其中前兩級用双三極管ECC83来放大整个頻帶。前置放大的第一級和第二級之間接有低音調制器 R_8 和高音調节器 R_{13} 。电阻 R_9 、 R_{10} 和电容器 C_7 可以确定中音电平，并使低音得到最大提高。声頻电压通过高音調节器，加到分压器 R_9 、 R_{10} ，而后再接到低頻調节器上。

頻帶分离，是在第二級低放以后进行。高音頻經過滤波器 R_{20} 、 C_{14} 加到一只輸出管（ Π_4 ，EL84型）的控制栅極上，其屏極电路接有輸出变压器 T_{p2} ，供信号給高音喇叭 Γ_{p2} 和 Γ_{p3} 。低音頻由滤波器 R_{13} 、 C_{15} 分离出来，加到第二只輸出管（ Π_3 ，也是EL84型）的控制栅極，其屏極电路接有另外一个輸出变压器 T_{p1} ，供信号給低音喇叭 Γ_{p1} 。

高低音頻道的分界頻率为800周。这个頻率是經過多次实验确定下来的，之所以选作分界頻率是由于：在这种情况下低音調制失真最小。輸出級的各个元件这样选择：要使超出頻道界限的音頻显著削弱。这样可以使調制失真和非綫性失真同时减小。

在收听調幅电台广播和放唱片时，高音頻道末級管屏路接入电容器 C_{17} ，使高音放音頻帶压缩到5,000—6,000周。

还应当注意屏压要經過很好的濾波。为此，在整流濾波电路中采用了大容量电解电容器（每只50微法），前級低頻放大管的屏压，經過三次濾波。

圖36示出另一种双頻放大器电路。它有三級前置低頻放大，

后兩級使用ECC81双三極管，并且都有本級的电流負回授。

高音調節器 R_7 裝在第一和第二前置放大級之間，低音調節器 R_{13} 裝在第二和第三前置放大級之間。頻道分离是在第三級放大之后。低音頻經過濾波器 $R_{18} C_{15}$ 加到輸出管 Π_4 控制柵極， Π_4 推动低音喇叭 Γp_1 、 Γp_2 。高音頻經過濾波器 $R_{22} C_{14}$ 加到輸出管 Π_5 控制柵極上。該管屏極电路接有高音喇叭 Γp_3 、 Γp_4 。由于這兩個末級管 Π_4 、 Π_5 帘柵电路都沒有旁路电容器，因而产生負回授作用。此外，兩個輸出变压器初級圈各有旁路电容器，因而限制了每一頻道頻率特性曲綫的上限。

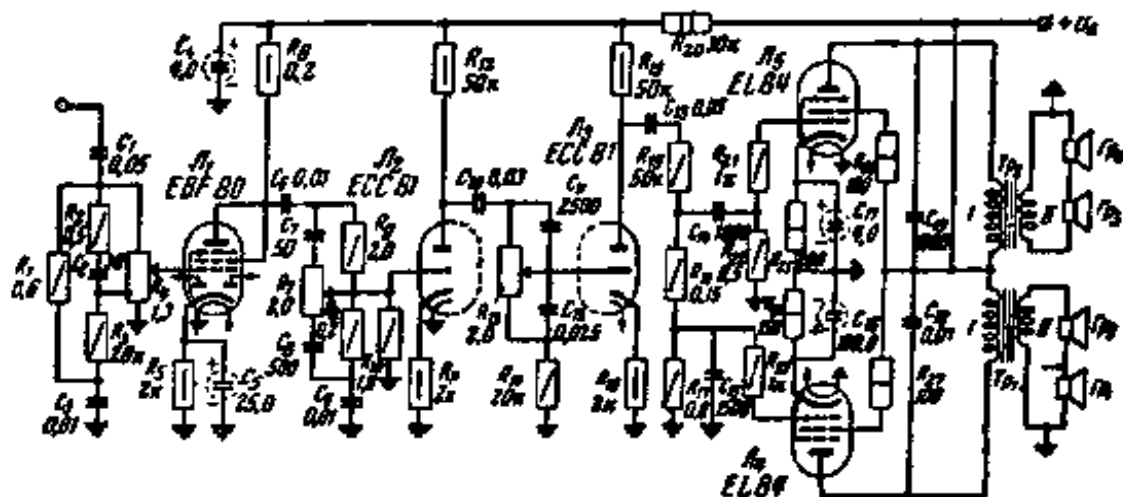


圖36 高、低音調節器接入信号放大电路的单臂輸出式双頻道放大电路。

以上講的双頻道低頻放大器，其电声参数虽然远超过單頻道的，但是低音頻的非綫性失真系数仍与單頻道放大器中的失真系数不相上下。要想大大降低低音頻的非綫性失真，只有把低音頻道做成推挽式的。圖37示出的就是这种双頻道放大电路之一。

在这个电路中前兩級用来放大整个声音頻帶。在第二級放大之后进行高、低音頻道分隔。低音頻經過 RC 濾波器加到倒相級(Π_3)，該極由双三極管 ECC 83 中的一个三極部分担任工

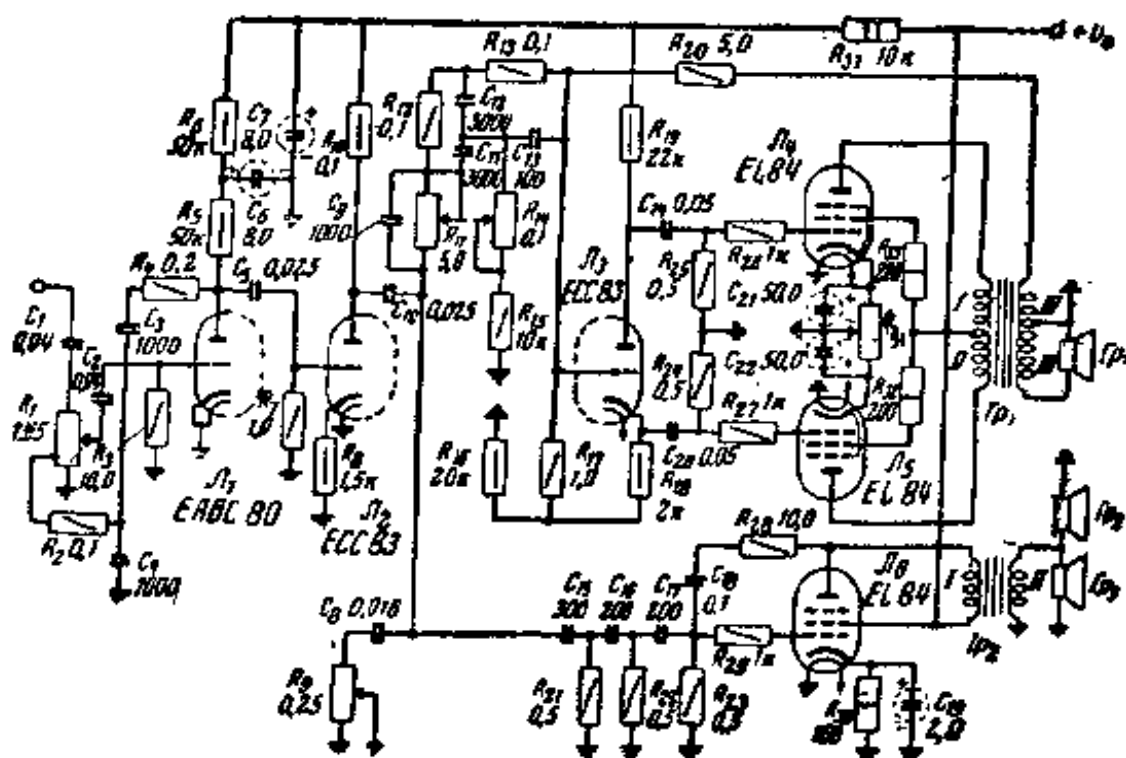


圖37 低音頻道為推挽輸出的雙頻道放大器電路。

作。這個頻道的末級由兩只 EL84 型 (Л₄ 和 Л₅) 電子管構成，兩管帘柵電路中都沒有旁路電容器，因而產生負回授作用。低音調節器 (R₁₁、R₁₄) 接在低音頻道的輸入端，並且是接在包括整個頻道的負回授電路中。這個回授電路是由通過電阻 R₂₀ 由輸出變壓器 T_{p1} 中專用的繞卷 IV 上取得電壓的。推挽輸出級利用電位器 R₃₁ 來平衡。

高音頻道只有一只輸出管 Л₆ (EL84)。激勵電壓經過 RC 濾波器加到它的控制柵極，這個濾波器包括電阻 R₂₁、R₂₂、R₂₃ 和電容器 C₁₅、C₁₆、C₁₇。高音調節器 R₉ 也是接在頻道輸入端，並且只能削弱高音頻的放大。高音頻的增高是靠負回授作用，回授電壓取自輸出管 Л₆ 屏極，經過電阻 R₂₈ 和電容器 C₁₈ 加到該管的控制柵極上。

補償式音量控制電路也很有意思。這裡除接在音量控制器

抽头上的普通濾波器 R_2C_4 之外，还接有本級負回授电路，回授电压是由 J_1 屏路經過电阻 R_4 、电容器 C_3 ，再經過 R_2 、音量控制器 R_1 和电容器 C_2 ，而后加到該管柵極上面。电路元件这样选定：当 J_1 柵極上輸入信号电平低时，濾波器 R_2C_4 可以提高低音电平；而負回授提高高音电平。这种音量控制法能最好的保持等响度曲綫关系，而且电位器的結構也不复杂。

圖38所示的双頻道低頻放大器，可用于高級收音机中，这是一个精心設計的少管優質低頻放大电路。在这个放大电路中，第一級 J_1 是用EABC80型复合管的三極部分，放大整个頻帶。在这一級之后实行高、低音頻分道。

高頻道有一只輸出管 J_2 。在这个頻道的輸入端裝有濾波器 R_8C_4 ，阻止低音頻。末級管是利用复合管PCL81五極部分，有电压負回授，可使高音增強。中、低音頻由于濾波器 R_7C_7 的作用进入另一个頻道。这个頻道是超綫性推挽电路，倒相級使用PCL81管三極部分，系自动平衡式电路。由于采用的是超綫性推挽电路并且有包括整个頻道的电压負回授，所以保證了最小的非綫性失真，因而收音机的音質得到显著提高。

低音調節器 R_{11} 接在低頻道負回授电路內。它可以减小和增大低音的放大率（对中音而言）。

这个放大器的特点是：它具有立体声控制鍵。当鍵子被按下时， Bk_2 、 Bk_4 、 Bk_6 閉合，而电路就成为双頻道放大器。但当收听語言节目时，声音的立体效应反沒有益处。因为在播送語言节目时，話音是具有一定方向性的，所以为使声音逼真，这时把整个造成立体效应的高音頻道放大器及喇叭都断开。与此同时， Bk_5 接点閉合，使加于該頻道輸入端的中、低音頻电压提高。此外，接通控鍵 Bk_3 （“語言”）还能够削弱低音頻的放大率。

在頻道分支的地方，裝有高音調節器 R_5 和調諧到9,000周的LC濾波器。當收聽調幅廣播和放唱片時，用控鍵 Bk_1 把濾波器接通。由於這樣接裝音色調節器和LC濾波器，在斷開高音頻道時，仍不失去它們的控制作用。

上述這些措施，可以使收音機低頻電路有效地放出聲音逼真的各種節目。

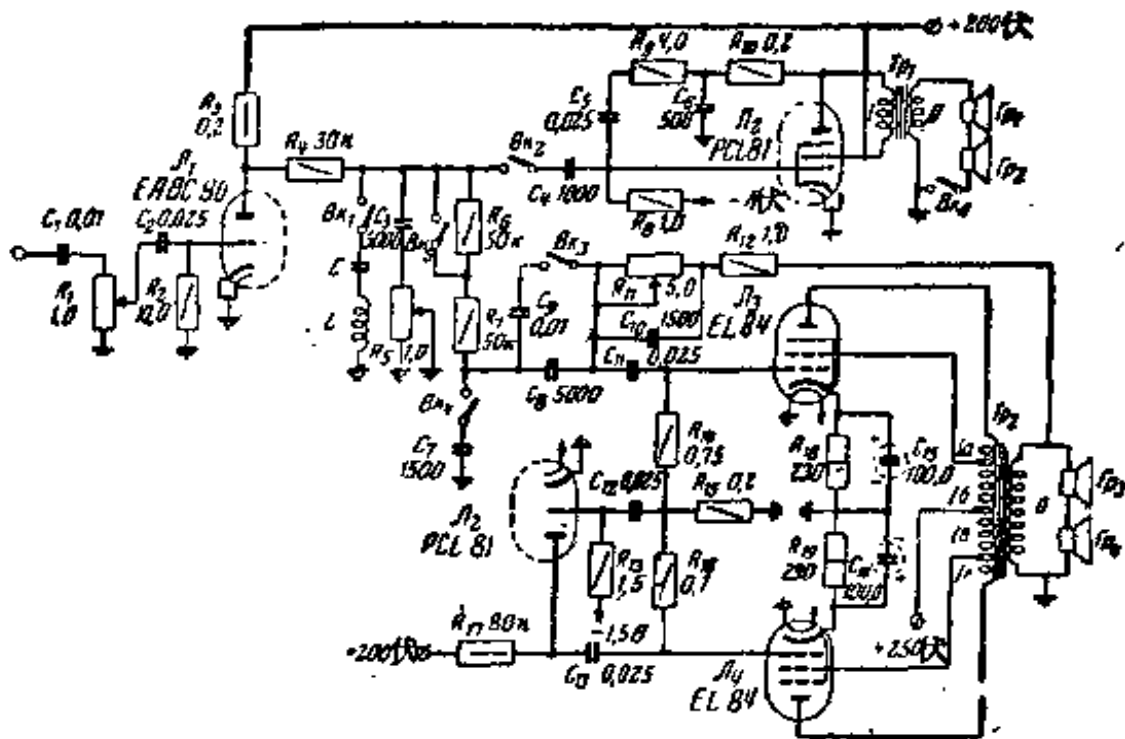


圖38 帶有立體聲控鍵、低音頻道為推挽輸出的簡單雙頻道放大器電路。

應當指出，進一步在雙頻道放大器中採用較複雜的分頻電路，就可以簡化音色調節器，而音色調節由相應頻道內音量控制器來完成。這種調節音色的方法十分簡單，並能使頻率特性曲線變化範圍很大，但只有在雙頻道放大器中才能採用這種調節法。

圖39示出的雙頻道放大器，其音色調節器就是相應頻道的音量控制器。第一級使用ECC83型雙三極管之一 π_1 來放大整個

放音頻帶。在第一放大級之后进行頻道分隔。高音頻通过电容器 C_3 和 C_7 加到电位器 R_{14} 上， R_{14} 完成高音調節的工作。高音頻由这个电位器的动臂加到末級管 Π_3 ，被放大后由喇叭 Γp_3 和 Γp_4 放出声音。在这个頻道末級管的控制柵極电路，接有复式高通 RC 濾波器，它是由电阻 R_{14} 、 R_{18} 、 R_{15} 、 R_{16} 和电容器 C_7 、 C_8 、 C_9 組成。

低音頻道輸出級是推挽电路。这里 ECC83 第二个三極管 Π_2 作为倒相級。低音頻由控制該頻道放大率的电位器 R_9 加到 Π_2 管柵極，中間要經過 R_6 和 C_4 的 RC 低通濾波器。

这个放大器一个有趣的特点是：其中每一級都有本級的負回授。在輸出極（ Π_3 、 Π_4 、 Π_5 ），負回授电路是由接入帘柵电路的电阻造成，而在前級放大和倒相級，負偏压电阻不加旁路电容器，而产生負回授作用。

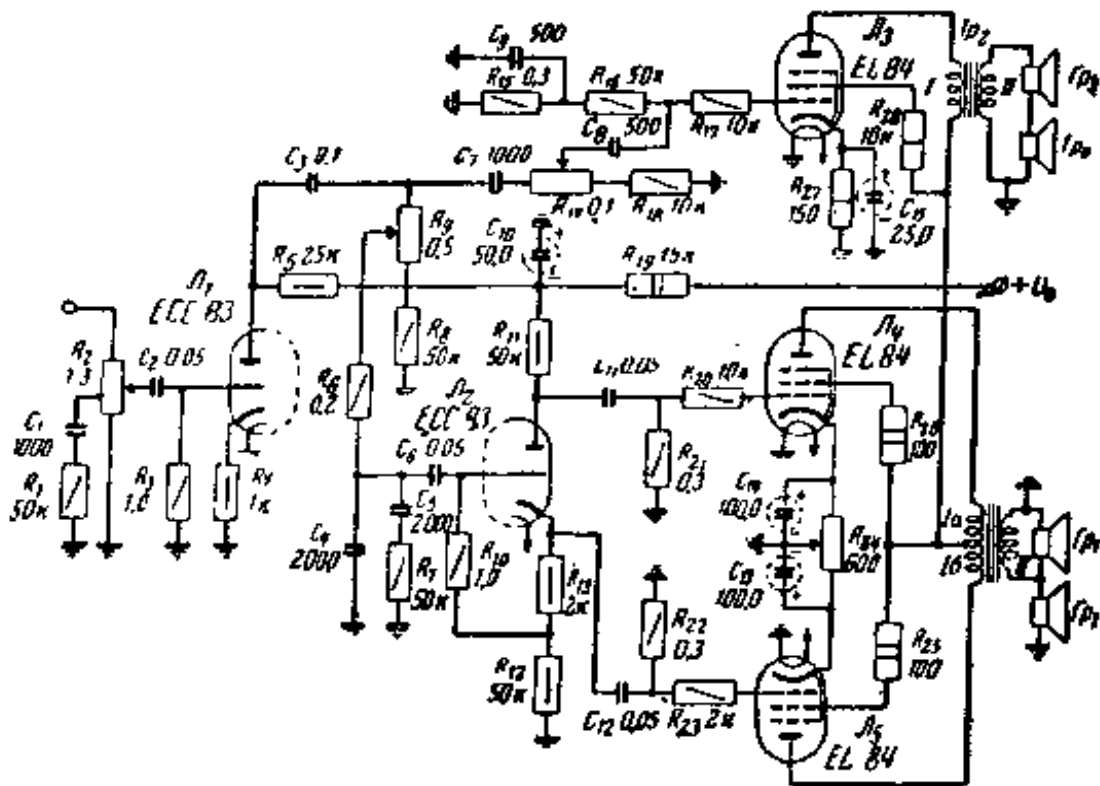


圖39 低音頻道为推挽輸出的双頻道放大器，两个頻道內的放大率調節器用作音色調節器。

电阻 R_{18} 和 R_8 和控制高、低音的电位器串联，以避免高、低音頻完全被削掉。这两个电阻的数值，能改变音色調节范围，因此可以用它們来选定每一頻道的頻率特性。

新發明的低頻放大器电路

为了竭力滿足顧客对收音机的音質和使用方便的要求，許多外国公司的設計師不得不改进已有的低頻放大电路，創造一些超过目前指标的新电路。結果，就研究成了一些可以获得立体声效果的低頻放大电路、無輸出变压器的末級电路以及音調選擇器。前面討論过的几个立体声系統，可以給人以立体声的印象，声源好像比收音机本身要寬闊得多。但是为了最自然地放出声音，仅仅这些还是不够的，因为我們所希望的不只是扩展輻射方向圖，还要使听者能辨别每一种声音的方向。在自然条件下，听者总是能确定声源方向的，因为在不同瞬間来到兩耳的声音，其响度和相位是不同的。

要用普通收音机电路获得这种立体声，就必须至少有兩座电台同时联播一个节目，而接收机要有兩個頻道，即兩架收音机。但是，似乎还有另外的途徑可行。經過多次实验，創造出这样一种低頻放大电路，它可以用人工方法在普通無綫电广播中得到立体声效应。在这种电路中（圖40），仿真立体声效应是用放音頻帶分道，并且使低音移相而取得的。

在音量控制器 R_2 之后，立刻分开頻道。高音頻經過高通濾波器 $R_8R_{10}C_4C_5$ 加到三極管 Π_2 控制柵極，經過放大后再通过电容器 C_{12} 加到末級管 Π_3 控制柵極。低音頻由三極管 Π_1 放大，再通过精細計算的延迟电路 $R_{15}R_{16}C_{13}C_{14}\Pi p$ ，而后加到末級管控制柵極。此外，电子管 Π_1 屏極接有电容器 C_{10} ，使高于分界頻率的音頻旁路。加到低音喇叭 Γp_1 和高音喇叭 Γp_2 、 Γp_3 的高、低音

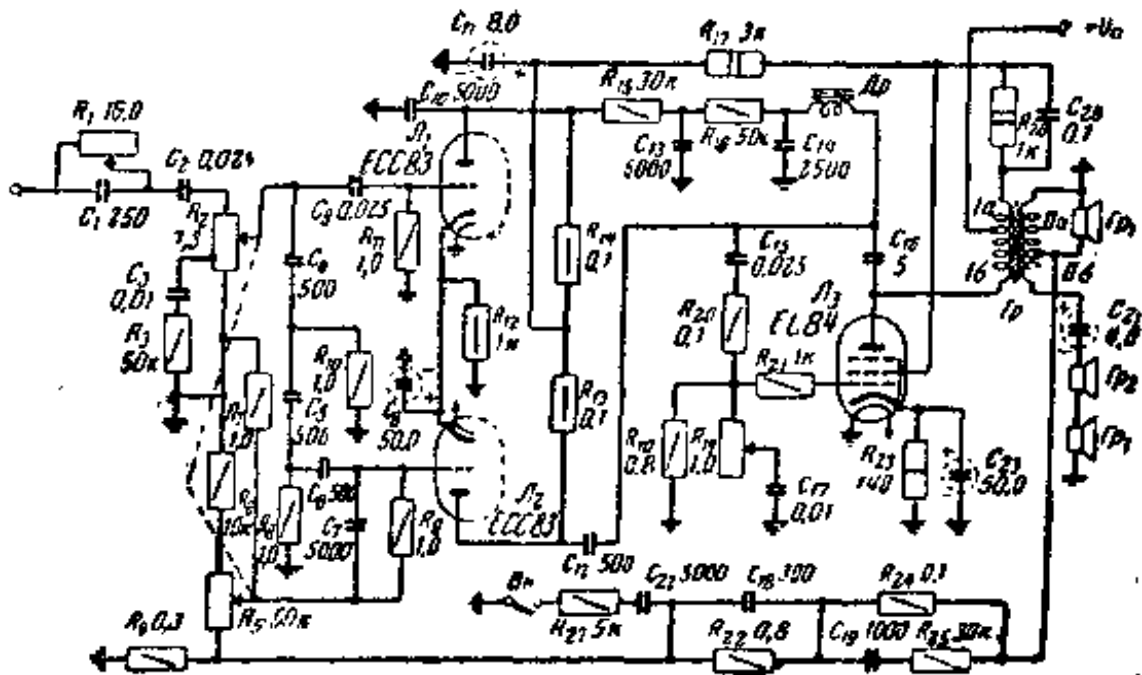


圖40 可得到仿真立体声效应的简单低频放大电路。

分频工作，是借助电容器 C_{21} 完成。这样，加到末级管栅极的低音频，就有一段延迟，因而低音喇叭的放音也带有延迟。

高音频道有频率负回授，使频率特性曲线最高音部分提高。低音频的提高是靠联接到音量控制器抽头上的RC电路来完成。高音调节 R_{19} 和低音调节 R_1 只能减低高、低音频的放大率。除了音色调节器，还有一个空间音响调节器——电位器 R_5 。它与音量控制器有机械联系，接在高频频道的负回授电路中。其作用与图34电路中的这种调节器作用相似。

上述能取得仿真立体声的低频放大电路，并不是唯一的。在这方面进一步研究，还创造出许多低频电路，也能产生立体声效应。41图所示的就是这种最简单的电路之一。这个放大器是双频道电路，但是不同于其他双频道放大器，这里两个频道都放大整个放音频带。

放大器的第一频道采用的是EABC80 (Π_1) 和EL84 (Π_2) 型电子管。高音调节器 R_1 和低音调节器 R_5 装在音量控制器 R_7 之

前，这个频道内两个放大级都有频率负回授，回授电路中接有空回音响调节器 R_8 。第一频道的输出变压器 TP_1 有一个专用的线卷Ⅲ，其中心抽头接地。通过电阻 R_{17} 和电容器 C_{11} 而由这线卷上取得的电压，因频率的不同而被移相。这个电压继而加到第二频道的第一只电子管 Π_3 的控制栅极。由该管放大的电压加到第二移相器(由电阻 R_{22} 、 R_{23} 、 R_{25} 和电容 C_{15} 、 C_{16} 、 C_{17} 构成)使不同频率间的相位移加大。第二频道的末级是 $EL84$ (Π_4)，有两个负回授电路。第一个负回授电路：由输出变压器 TP_2 次级卷，借助 R_{10} 、 C_{22} 、 C_{20} 电路加到该管阴极；第二负回授电路：由 Π_4 管屏极经电容器 C_{19} 加到该管控制栅极。第二路回授不很强。必需指出，为了得到最佳仿真立体声效应，第二频道的频率特性曲线在高频方面应有一定的提高。

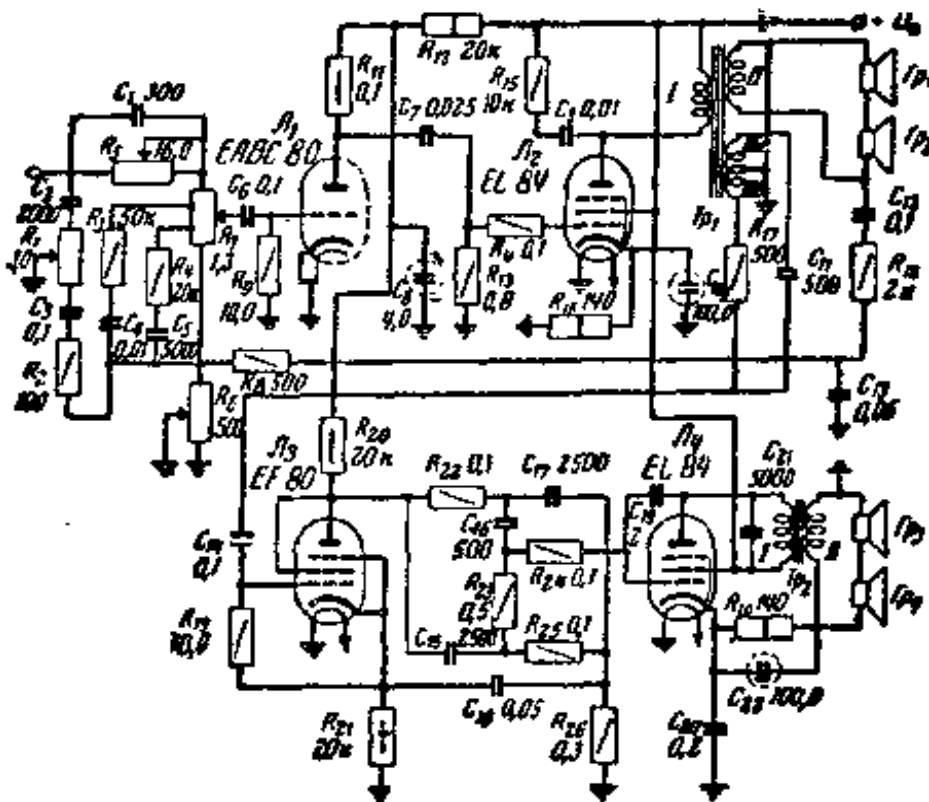


图41 可得到仿真立体声效应的双频道低频放大器电路。

前面講的那個電路僅僅在低音頻移相，而在圖41電路中，高、低音頻都移相，而且兩個頻道的中音頻相位是一致的。這種因頻率而移相的電路，使仿真立體聲效應更加顯著。

還應當講一講圖41電路所用的發聲系統。它是由四只橢圓電動喇叭構成。其中兩只 Γp_1 、 Γp_3 尺寸為 210×280 公厘，裝在外殼的面板上，放送中、低音。另外兩只 Γp_2 和 Γp_4 尺寸為 130×130 公厘，裝在側壁，放送高音。每一頻道的兩只喇叭裝在外殼的同一邊（一只在面板上，一只在側壁上）。在這種收音機中，有些收音機的高音喇叭上還並聯一個低頻扼流圈，以改進音質。

末級沒有輸出變壓器的低頻放大器，對業餘愛好者可能是新鮮的東西。採用這種電路成為可能，是由於製成了專門的高阻電動喇叭，這種喇叭第一章就曾講到過一種。

在普通收音機中，輸出變壓器鐵心磁化曲線的非線性，是產生非線性失真從而使音質變壞的一個附加來源。因此，取消輸出變壓器能改善放音質量，這不僅是由於減小了非線性失真係數，也是由於展寬了放音頻帶。實際上，在無輸出變壓器的放大器中，低音頻的放音僅受級間交連電容器的容量所限，而高音是受喇叭的放音頻帶的上限所限。

無輸出變壓器的低頻放大電路如圖42所示。這個放大器是雙頻道電路。

EABC80 的三極部分作前置放大級，在這一級之後頻道分開。由濾波器 $R_{11}C_{11}$ 分出的高音頻加到兩管構成的輸出級，其中 Π_2 ——EL84 作為主導管，另一個 Π_3 ——UL41 聯成三極管，是末級管。

激勵電壓加到主導管 Π_2 的柵極，由該管放大，放大後的一部分電壓，在 R_{23} 上取得，通過柵漏電阻 R_{22} 加到末級管 Π_3 的

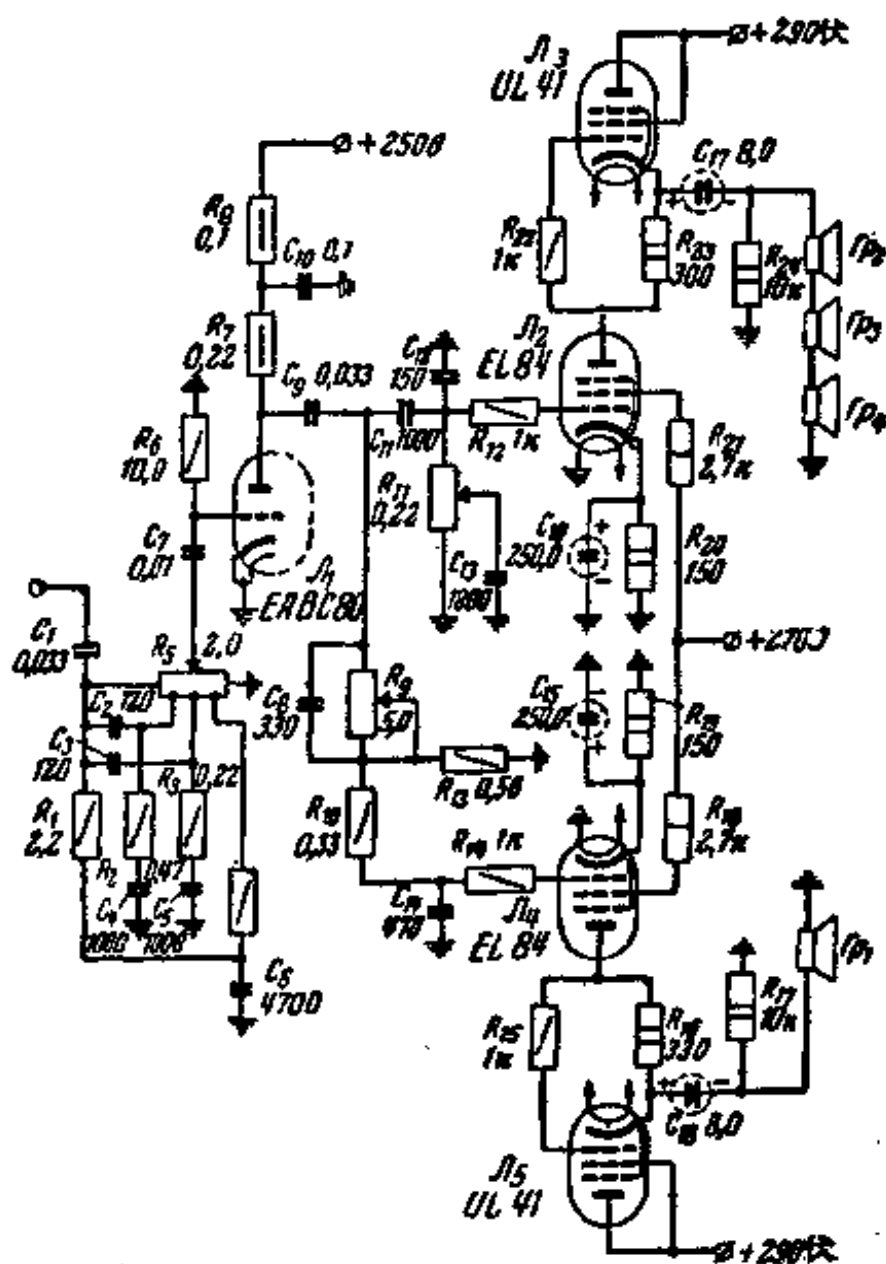


圖42 末級沒有輸出變壓器的雙頻道低頻放大器電路。

柵極上。電阻 R_{23} 同時起着 Π_3 偏壓電阻的作用。這兩只輸出管對直流來說是串聯的。因此，乙電壓在兩管上的分配就與它們的直流電阻成比例。在圖42電路中，EL84上有100伏，UL 41上有190伏。高音喇叭 Γp_2 、 Γp_3 、 Γp_4 經過大容量隔流電容器 C_{17} 接到 Π_3 的陰極。這樣，兩管對交流來說就是并聯的，所以能同時供信號電能給高音喇叭。此時兩只電子管的工作狀態應當是

这样：即 Γ_3 对喇叭供电起主要作用。

由于各管采用这样特殊接法，使输出级获得最佳负荷电阻；上述两只电子管工作于所选定的工作状态时，其负荷电阻等于800欧。而喇叭 Γ_{p_2} 和 Γ_{p_4} 的音圈总阻各为200欧， Γ_{p_3} 为400欧。前两只喇叭装在外壳侧壁，后一个装在外壳前壁。

低音频道的电路也是类似的。低音频由 R_{10} C_{14} 分离出来加到主导管 Γ_4 栅极，负荷是电动喇叭 Γ_{p_1} ，其音圈总阻为800欧（前面曾提到过这种喇叭）。

低音调节器 R_9 和高音调节器 R_{11} 分别装在两个频道的输入端，并且仅能削减频率特性曲线边缘的放大率。高、低音的增强是由放大器输入电路完成的。

这种电路的一个有趣的特点是沒有频率负回授。但在每个频道的主导管电路中，接有负回授，负回授作用是由于 EL84 管帘栅电路沒加旁路电容器而形成。这个负回授电路可以最大限度地降低非线性失真系数，所以很需要。在这个放大电路中，非线性失真系数不超过 3%。

不用输出变压器的输出级，除去非线性失真很小之外；还有一个优点：就是喇叭在低音频的谐振现象很弱，这無論对放大器的频率特性曲线还是对辐射方向图，都是有利的。喇叭谐振现象的减弱是由于输出管很低的内阻与喇叭并联的缘故。

目前，工业上有几种不同等级的無输出变压器收音机产品。为了这种电路的需要，还专门制造 EL86 型输出管。譬如在廉价的中级收音机的低频输出级中（圖43）利用这种电子管，就可以把乙电压降低到170伏。当屏压为170伏、输出功率2伏安时，放大器的非线性失真系数不超过 3%。这个输出级电路除了主导管沒有负回授以外，其余的差不多和前述电路没有什么区别。

这种电路还有个有趣的特点，就是除了对高、低音作平滑

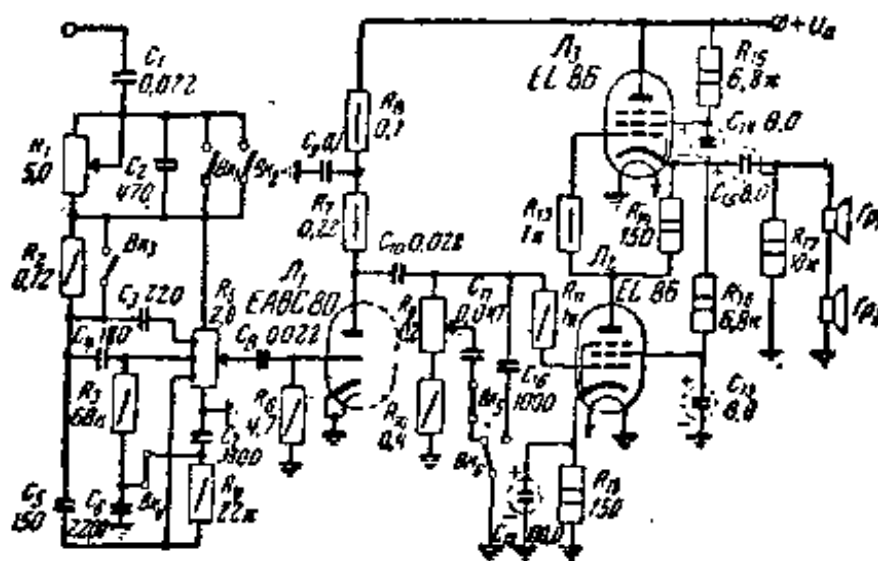


圖43 沒有輸出變壓器并帶有音調選擇器的簡單低頻放大電路。

調節器外，還有用來改變放大器頻率特性曲線的轉換器，以選擇最适于某種節目的音色。

這種音色轉換器叫作“音調選擇器”，目前頗為流行。差不多所有西德出品的各式收音機中都有這種“選擇器”。有了這種選擇器能夠提高收音機的使用質量，使在音樂方面不太熟悉的聽者能按下一個控鍵或按鈕，就能迅速而方便地確定一種節目的最佳放音聲調。圖43所示低頻放大器中採用的音調選擇器電路，是最簡單的一種。它共有三檔：即“語言”、“音樂”和“爵士樂”。

當按下“語言”控鍵時， Bk_1 將低音調節器 R_1 短路，而 Bk_6 將高音調節器 R_9 由電路中斷開，並且接入電容器 C_{16} ，來削減高音頻的放大率。同時 Bk_4 斷開，削減低音頻放大率。這樣壓縮放音頻帶無論對語言節目的音色，還是對語言的清晰度都有利。

“爵士樂”控鍵按下後，兩個音色調節器也不起作用。此時， Bk_3 將電阻 R_2 短路，高音頻就經過 C_3 、 C_4 和 C_5 直接加到音量

控制器的插头上，这样，能够提高高音的放大率。

“音乐”按钮没有接点，它的作用是使“语言”和“爵士乐”按钮返回原位。这个键子按下以后，高、低音调节器被接入电路，听者能够利用这两个音色调节器来选择他最喜欢听的音色。

图44示出的频率特性曲线，是按下上述低频放大器的音调选择器的不同按钮时的情况。

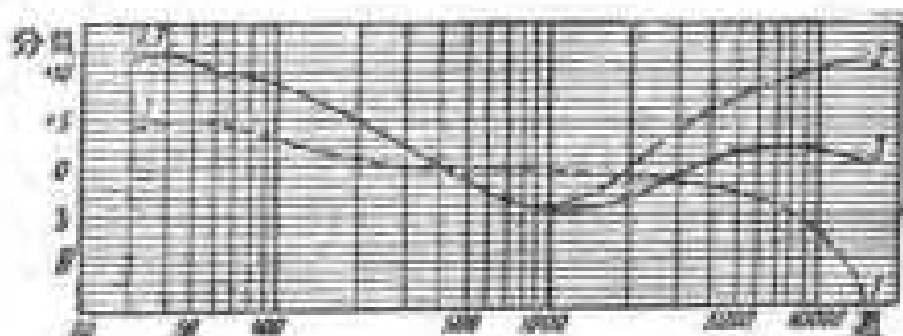


图44 当按下“音调选择器”的不同按钮时的频率特性曲线（图43的低频放大器）。1—“语言”；2—“爵士乐”；3—“音乐”。

另外一种也带有“音调选择器”的低频放大电路示于图45。与前面所说的放大器的区别是这里音调选择器有五个位置，“语言”、“管弦乐”、“独奏”、“爵士乐”和“低音”。

“语言”按钮按下时， Bk_1 开路，使电容器 C_{11} 与隔流电容器 C_{10} 串联。 C_{11} 容量不大，因而大大削弱了低音频的增益，就消除语音发闷的毛病。

“独奏”按钮按下， Bk_1 和 Bk_2 接点就闭合。 Bk_1 使电阻 R_1 与 R_2 并联，减少负反馈深度，这样可稍微提高中音频的增益，借此突出演奏乐器或独唱者的声音。 Bk_2 把滤波器 $R_{12}C_{11}$ 接入频率负反馈电路，能提高高音频的放大。结果，“独奏”按钮按下后，乐器或独唱者的基频音和比较高的谐波成分加重，谐波音主要是在中、高音频范围内。

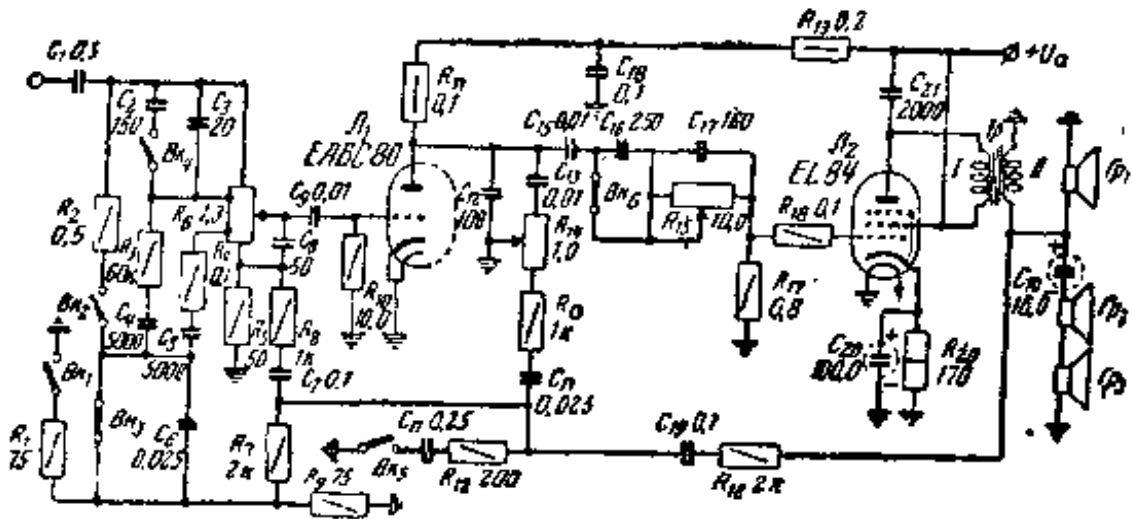


圖45 帶有5位置音調選擇器的簡單低頻放大電路。

“爵士樂”鈕按下， Bk_4 將 C_2 接入音量控制器上邊的抽頭。這就大大提高高音頻放大，於是頻率特性曲線高音部分很明顯地凸起。

“管弦樂”鈕和前一種放大器中的“音樂”鈕一樣，也沒有接點，僅使其余各個按鈕還原。這個按鈕按下後，低頻電路就具有高、低音部分略有提高的普通頻率曲線，能保證均勻地放送出整個頻帶。

“低音”按鈕的電路有些特殊：它的接入和斷開與其他按鈕的位置無關。這是所謂獨立起作用的按鈕；當第一次按下時，按鈕處在按下的位置，電路接通；第二次按下時，按鈕就借助彈簧的作用返回原位，使電路斷開。當這個“低音”鈕按下時， Bk_2 的接點閉合， Bk_3 的接點斷開。這時顯著提高低音對中音的相對電平，低音頻電壓經過電阻 R_2 加到校正濾波器 R_3C_4 和 R_4C_5 上。與此同時，電容器 C_6 起作用，這使得調節音量時極為符合等響度曲線。

應當指出，為了選擇最適宜某種節目的音色，可以同時按下兩個或更多按鈕。這樣，收音機低頻電路的頻率特性曲線可

以有32种不同的变化。高、低音调节器 (R_{14} 和 R_{15}) 在按下按钮之后仍起作用。这个电路在其他方面没有什么特点。图46示出当各个不同按钮按下时的放大器的频率特性曲线。

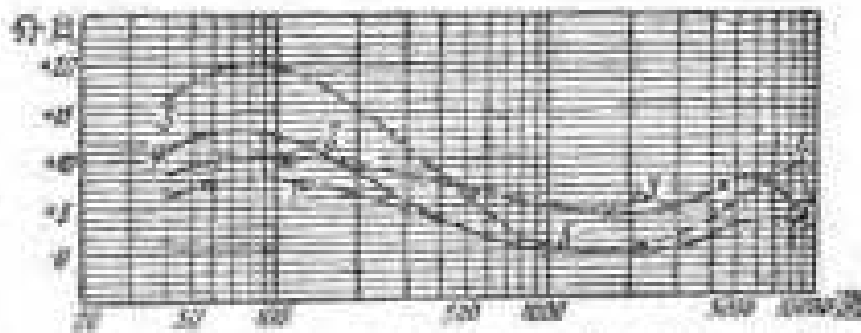


图46 各按钮按下时在按下不同按钮时的频率特性曲线。
1—“语音”；2—“音乐”；3—“低音”；4—“高音”；5—“低音”。

图47示出另一种放大电路，也带有音调选择器，用于廉价的中频收音机中。和前面的放大器一样，这里也有五种类似作用的按钮。低频电路的频率特性曲线差不多也和45图电路的一样。这里与前面的区别是接点不同。三个按钮—— Bk_1 (“低音”)、 Bk_2 (“博士乐”) 和 Bk_3 (“独奏”) 的接点是在按钮被按下时闭合；第四个按钮—— Bk_4 (“语言”) 在原位时其接点闭合。此外，音量控制电路中利用的是不带抽头的双速电位器 R_1 和 R_7 。高音调节器 R_{14} 和低音调节器 R_{15} 装在前级和末级之间。

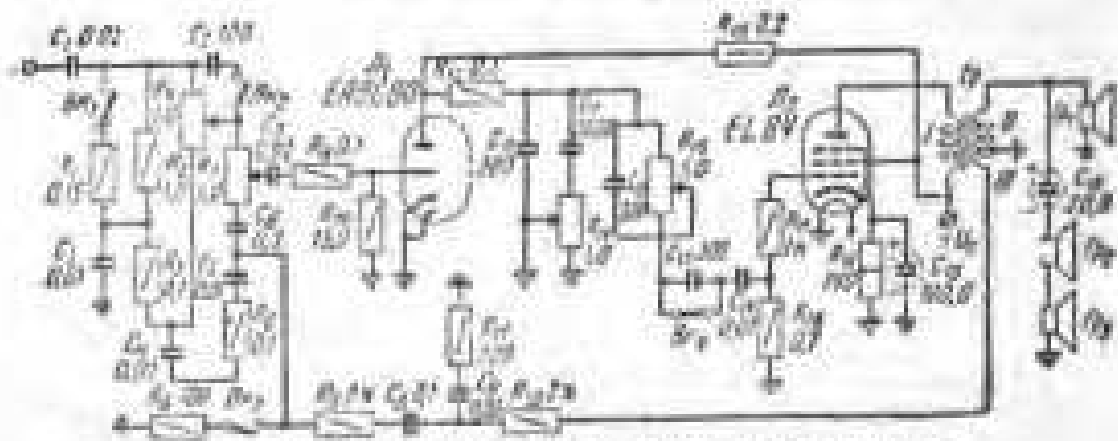


图47 带有简单接点系统与音色选择器的低阻放大电路。

目前遙控制收音机很流行。遙距离控制項目中，也包括利用音調選擇器来改变低頻放大器的頻率特性。圖48示出一种遙控調節音色用的輸出控制台的电路。利用这种輸出控制台能在10公尺距离外調節广播节目的音量和确定所希望的音色。輸出控制台共有5个控鍵：“語言”、“管弦乐”、“独奏”、“爵士乐”和“3D”^①。

当把“語言”控鍵按下，轉換器 Bk_4 由接点1轉到接点2。結果电容器 C_7 接入放大电路，因而大大削弱低音頻的增益(在頻率100周下降8分貝)。

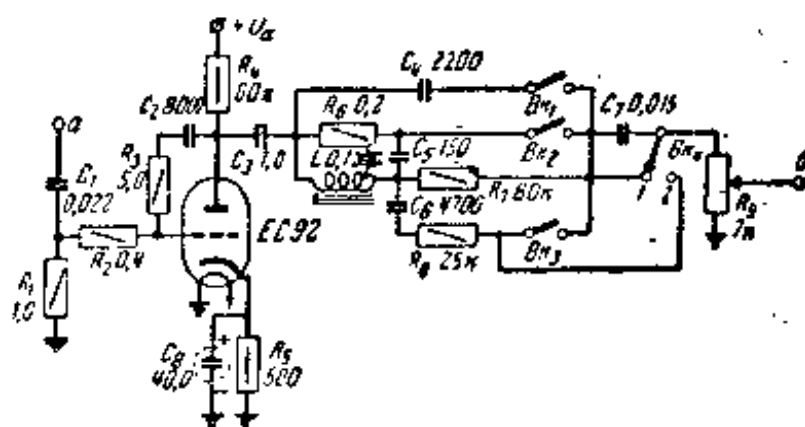


圖48 遙控音色用的輸出控制台电路圖。

按下 Bk_3 (“独奏”) 时，諧振槽路 LC_5 就串联了濾波器 R_8C_6 ，因而使頻率特性曲綫3000周提高8分貝。

控鍵 Bk_1 (“爵士乐”) 能使放大器的頻率特性曲綫由1000周开始提升，到12000周頻率处提高12分貝。

Bk_2 閉合时 (“管弦乐”)，所有声頻电压都要經過电阻 R_6 。与 R_6 并联的是一个串联諧振槽路 LC_5 。这样，放大器頻率曲綫50—10000周頻帶实际上是絕對直綫。

① 即立体声，見第二章——譯注。

第5个控键是用来切断产生立体声效应的侧壁喇叭的（圖中沒有画出）。这个键的接通与切断，和其余键的位置無关。

遙远控制收音机用的輸出控制台，接在檢波器負荷与低頻放大器輸入端之間。由于輸出控制台产生的衰减达12分貝，所以这个电路中加有一級低頻电压放大，使用EC92，并且有电压負回授。音量控制器是利用电位器 R_9 。

第四章 裝置立体声收音机的一些問題

業余無綫电爱好者讀过前面三章以后，一定想要改裝已有的收音机，或是裝置新的、音質更好的收音机。但是，并不是所有無綫电爱好者都見過双紙盆喇叭或立体声收音机。因此，一定会产生一些实际問題。我們在这一章里將尽量解决一些这方面的問題。

喇叭数量的确定

着手設計立体声收音机时，首先要确定收音机外壳內能够安裝几只喇叭。初看起来，用一只喇叭的立体声系統似乎最容易裝置。但事实却完全不是这样，因为業余爱好者一般很难进行声学測量。而用一只喇叭时，若不繪制輻射方向圖，几乎就不能正确地做成必要的声分配器。因此，在業余条件下，最省事的是用三只或更多的喇叭裝置立体声系統。

使用三只喇叭时，用来放送中、低音的主喇叭应当裝在前壁，而两个高音喇叭对称地裝在主喇叭的兩边。这时我們就構成了3D声系統。

当然也可以在發声系統中使用四只喇叭。此时前壁裝兩只同型的喇叭，应当用来放中、低音。

採用由 5 只或更多喇叭構成的聲系，若不能繪制輻射方向圖，那麼，建議最好先不要制作，因為不經過適當的聲學檢查，喇叭布置得即使有一點不對稱，也會使輻射方向曲線很不均勻，因而降低音質。

喇叭的布置和安裝

在 3D 聲系統中，正確布置高音喇叭是很重要的一件事，因為影響輻射方向圖的主要是高音喇叭。如果兩只高音喇叭裝在前壁，與主喇叭成 30° 角，則輻射方向圖雖然也能擴展，但其不均勻度是很大的。輔助喇叭固然可以直接裝在前壁，不過必須在制造外殼時預先做好類似圖 15 所示的聲分配器，而所得結果和不加聲分配器是大致相同的。

若把高音喇叭移到收音機外殼的側壁，並且使它們與主喇叭成 60° 角，則可以減小聲音輻射的不均勻度。不過這時可能會使最高音頻（10000—12000 周）的軸向聲壓略有減低，然而對音質沒有顯著的影响。輔助喇叭也可以直接裝在外殼的側壁上，也就是與主喇叭成 90° 角。但這時又需要安裝聲分配器，而其結構應和圖 14 所示的相似。如果不裝聲分配器，則輻射曲線將呈三葉形。將收音機轉動 30° — 60° ，聲壓會發生顯著變化，因而也就加大輻射方向圖的不均勻度。

利用兩只同型喇叭作為主喇叭，就完全是另外一回事了。因為把兩只喇叭裝在前壁，就已經能夠使輻射方向圖擴展。這時高音喇叭可以直接裝在側壁，而不使用聲分配器。

喇叭與外殼壁成 30° 或 60° 角安裝時，必須作一個放在喇叭前面的聲室，以便把聲音導向一定的方向，並便于把喇叭固定在外殼壁上。制造這種聲室可用厚木板或圓木（圖 49）。它的一面應當是方形切面，另一面是矩形切面。方形切面每邊尺寸

应大于喇叭铁盆15—20公厘。切面上的圆洞直径应小于喇叭纸盆4—6公厘。方形面与斜面的最小距离为10—15公厘。斜面固定在外壳壁上，方形面上安装喇叭。

使用椭圆形高音喇叭时，声室不应当是方形切面的，而应当是矩形切面的，并且椭圆形洞的尺寸，应当比喇叭纸盆

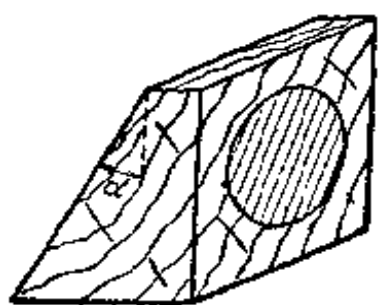


圖49 用來安裝喇叭的聲室的式樣。

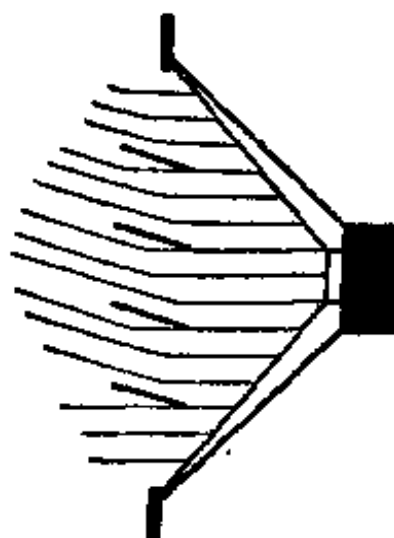


圖50 需將聲音導向一個方向時，聲分配器葉片的佈置圖。

縱、橫軸稍小一些。外壳壁上的开口，不論用什么样的喇叭，都要椭圆形的。

需要采用侧壁声分配器时，必须想办法把辐射的声音导向所需的方向。圖14所示的声分配器是金属百叶窗式的，装置在喇叭和壳壁之间，它能使声音均匀地向四外散射。有时候，为了要取得最均匀的辐射特性曲线，就需要使声波射向一个方向。这时，导音叶片的布置应照圖50所示的样子。

侧壁声分配器也可以用塑料制成带有直立纵向叶片的栅栏。在业余条件下，声分配器可以用有机玻璃胶合而成。这种声分配器之所以便利，还由于能把它装在外壳表面，作为侧壁开口的装饰。

为了使声分配器的效能更好，其导音叶片必须升入纸盆高

度的20—30%。声分配器升入紙盆內越少，其效能越差。但是叶片不能裝得太深，因为太深了当紙盆振幅很大时，可能碰到声分配器，發生咯啦声。

立体声系的喇叭的選擇

正确選擇喇叭，对于达到优良的音質也有不小的意义。附录1列出了苏联电动喇叭的数据。但是喇叭应当怎样來選擇呢？

選擇喇叭首先必須以收音机外壳的体积及放音頻帶作为依据。而外壳的尺寸应当这样选定：即要使喇叭紙盆前面和后面輻射出的最長声波不能相互抵消。最低音頻的輻射效率，主要是与喇叭紙盆尺寸有关，当外壳体积一定时，喇叭紙盆直徑越小，低頻放音效率就越好；当然，这里所比較的喇叭的放音頻帶应当是一样的。例如，有兩種喇叭5ГД—10和4ГД—1，則适于采用后一种，因为它的紙盆比較小。此外，为了获得立体声效应，收音机必須能放出由60—80至10000—12000周的頻帶，并且必須保證高、低音頻無方向性地向各方向均匀輻射。

考虑到这些条件，对于外壳体积不超过0.03立方公尺的比較小的收音机，主喇叭可以用直徑150公厘的2ГД—3型电动喇叭；而在側壁安置直徑125公厘的1ГД—5型喇叭。当然，1ГД—5型喇叭有效放音頻率不超过6000周，但这个缺点可以把喇叭改制一下來弥补。（見后文“展寬喇叭的放音頻帶”一节。）

外壳尺寸为500×350×250公厘的桌式收音机（体积約为0.04立方公尺）。在前壁可安裝一只200公厘直徑的喇叭（4ГД—1）或兩個2ГД—3型喇叭。高音喇叭仍可用經過适当改制的1ГД—5或1ГД—6型的。

在外壳为0.07立方公尺的多管桌式收音机中，前壁喇叭可

以用一个250公厘的5ГД-10型的喇叭或兩個4ГД-1型喇叭。这时外壳側壁最好安裝156×98公厘的1ГД-9型橢圓喇叭，其諧振頻率為150周。1ГД-9喇叭放音的上限可以擴展到約10000周。

在多管桌式收音機中，為了使收音機外壳不加大，而要在側壁用1ГД-9型喇叭時，前壁最好使用一個或兩個260×170公厘的5ГД-14橢圓喇叭。

在落地式收音機或外壳體積不小於0.2立方公尺的收音電唱機中，其發聲系統中最好用兩隻5ГД-10或5ГД-14喇叭作為主喇叭，裝在前壁；而高音喇叭用2ГД-3型的。

喇叭的諧振頻率，在選擇時也應當注意。例如，在前壁助音板上安裝兩隻喇叭時，它們的諧振頻率應當相差20—30周。另外，在收音電唱機中（特別是多管的），前壁一隻喇叭的諧振頻率不應低於70周，另一隻應為90—100周。如果諧振頻率比較低，唱機和喇叭之間發生聲學交連的可能性就增大，同時交流聲電平顯著增高。

選擇喇叭時，也不要忘記收音機電路的特点。在收音機中採用磁性天綫時，應當只採用帶有磁屏蔽的、磁心為АНКО—4合金的喇叭。環形磁鐵的喇叭，有很大的雜散磁場，可能影響到磁性天綫的參數。使用這種喇叭時，或者使磁性天綫離喇叭遠一些；或者將喇叭外面加以磁屏蔽體，但這樣自然會使聲學參數變壞。

選擇低頻放大電路的根據

收音機的電路，對於取得立體聲效果也有重要作用，因此應當嚴格地選擇低頻電路。對低頻電路有什麼要求，和應當怎樣選擇低頻放大電路呢？

首先，立体声收音机的低频电路应当能够通过由60—80至10000—12000周的频带。放大器应当能够把频率特性曲线的高低音频段（500—600周）和高音频段（4000—5000周）提高6—10分贝或压低10—15分贝（对中音1000—1500周而言）。高、低音频提高或压低的程度，应当根据发声系统的数据来确定。例如，喇叭对高音放音效率好，那么高音的提高很可以减少到3—5分贝，当然这时对高音的放大应当相应地压低。

此外，在设计收音机低频电路时，必须想办法减小非线性失真系数，特别是要减小低音调制失真系数。

低频放大器中的交流声电平，对于达到优质放音，也起着不小的影响。由于需要放大接近交流市电的很低音频（60—80周），故要采取特殊措施，把交流声电平减低到—40分贝，甚至—60分贝。这对于桌式收音电唱机尤其重要。

最后，立体声收音机低频电路还有一个特点无论如何不能忘记，这就是要把放音频带分开频道。分频道不仅对于取得立体声效果是需要的，而且对于减小低音调制失真也是必要的。

如前面所说，在宽频带放大器中发生低音调制失真，是由于有强力低音时高音受到低音的附加调制。实际上，在宽带低频放大器输入端同时加两个不同的频率 f_1 和 f_2 ，那么在放大器的输出端除了这两个频率之外，还将出现较低频 f_1 调制较高频 f_2 而产生的许多频率：即 $f_2 + f_1$ ； $f_2 - f_1$ ； $f_2 + 2f_1$ ； $f_2 - 2f_1$ ； $f_2 + 3f_1$ ； $f_2 - 3f_1$ 等等。产生了这些新的频率并由喇叭放出来，就会使音质变坏。

选择频道分界频率有很大意义，就是说，低于分界频率的音频在高频道的增益被显著削减，而高于分界频率的音频在低音频道被显著削弱。放大器的分界频率在800至1200周范围时，可以得到最好的效果。

双頻道放大器以及輸出端分頻道的放大器，可以在某種程度上滿足上述這些要求。在電子管少的簡單收音機中，最适于在放大器輸出端分頻道。最簡單的分頻方法已示于圖26，其中高音喇叭經過電容器 C_{14} 接輸出變壓器次級卷。比較複雜，但效果更好的分頻道方法示于圖25。這裡高音喇叭有專用的輸出變壓器 Tr_2 ， Tr_2 經過一個不大的電容器 C_{12} 接到末級管的屏極。在低頻電路中，採用推挽輸出級時，頻帶分離可以按照圖31或32所示的電路來做。

要想顯著降低低音調制失真，只有採用在末級之前分頻的双頻道電路，這是由于每一個頻道所放大的頻帶很窄狹，一種頻率被其他頻率調制的情況就大大減弱。同時，在双頻道放大器中，放音頻帶有比較明顯的區分。

双頻道放大器中，分開頻道的輸出級，使喇叭和輸出管得到最佳匹配，同時也可能使用調節範圍更寬的音色調節和更深的、只工作于本頻道的頻率負回授。由上面所說，可以明顯地看出，採用双頻道放大器，可以使收音機低頻部分的參數比用單頻道放大器時優良得多。

音色調節電路的選擇

在所有立體聲收音機的低頻放大電路中，都採用高、低音分開的平滑音色調節。另外，在某些放大器中，還有可根據廣播節目的性質來改變放大器特性曲線的轉換器。音色調節是不可缺少的，如果不能平滑地改變放大器的頻率特性曲線，就不能保證真正的高質量的放音。

當音色調節器能使某一頻率的增益改變 6 分貝(改變 1 倍)以上時，我們才會清楚地聽出音色的變化。但在大多數情況下，為了能真正高質量地放出各種節目，這個最低限度的音色變化

是不够的。經過多次試驗確定，音色調節應使高、低音的增益改變15—20分貝時，才能最真實地放出各種節目。當然並不是說，頻率特性曲線高、低音頻部分應當提高15—20分貝。正相反，上面這些數字所指的是音色調節範圍，換句話說，就是音色調節器旋到兩個極端位置時，其所調節的放大率對中音放大率而言的變化數值。低音調節器的效用，通常是在100周測量，高音調節器則在5000—7000周測量，中音頻取用1000周。

音色調節的範圍，應根據各個收音機的發聲系統的性質和特點來選定，以使整個低頻部分的聲壓頻率特性曲線，以及輻射方向圖更加均勻。在大多數情況下，低音調節器應保證低音頻率曲線對中音改變±7—10分貝。高音調節器的作用，應當適應收音機高頻電路的通過帶。如果高頻電路的通過頻帶有限，並且不能改變，那麼高音提高和壓低的範圍最好是一樣的。如果高頻電路的通過帶是可變的，並且能加以調節，則高音頻的提高幅度應當比壓低幅度小一些。

在任何情況下都應當保證這樣的調節：即不論怎樣轉動音色調節器，1000周中音電壓輸出的變化不超過3分貝。這是很必要的，如果輸出電壓變化很大，那麼在調節音色時，音量也隨着改變。這就使得在收聽不同節目時還要調節音量。因此，在選擇音色調節電路以及調整其工作時，一定要注意中音頻輸出電壓的變化。

音色調節可以在頻率負回授電路中實現；或不利用回授的電路實現；也可以兩種方法同時採用。

為了能夠調節音色，使高、低音增強，不論採用哪一種調節方法，都必須有適當的增益儲備量。

有些音色調節電路，負回授僅用來使高、低音增強，而不用於調節音色，這種電路不論在調節範圍和音質方面都是最好

的。此时是利用减弱高、低音增益的方法调节音色。这种方法在国外收音机中很流行。

圖51示出的几种音色调节电路，就是根据上述原则制成的。圖51中沒有画出使高、低音頻增强的頻率負回授电路。

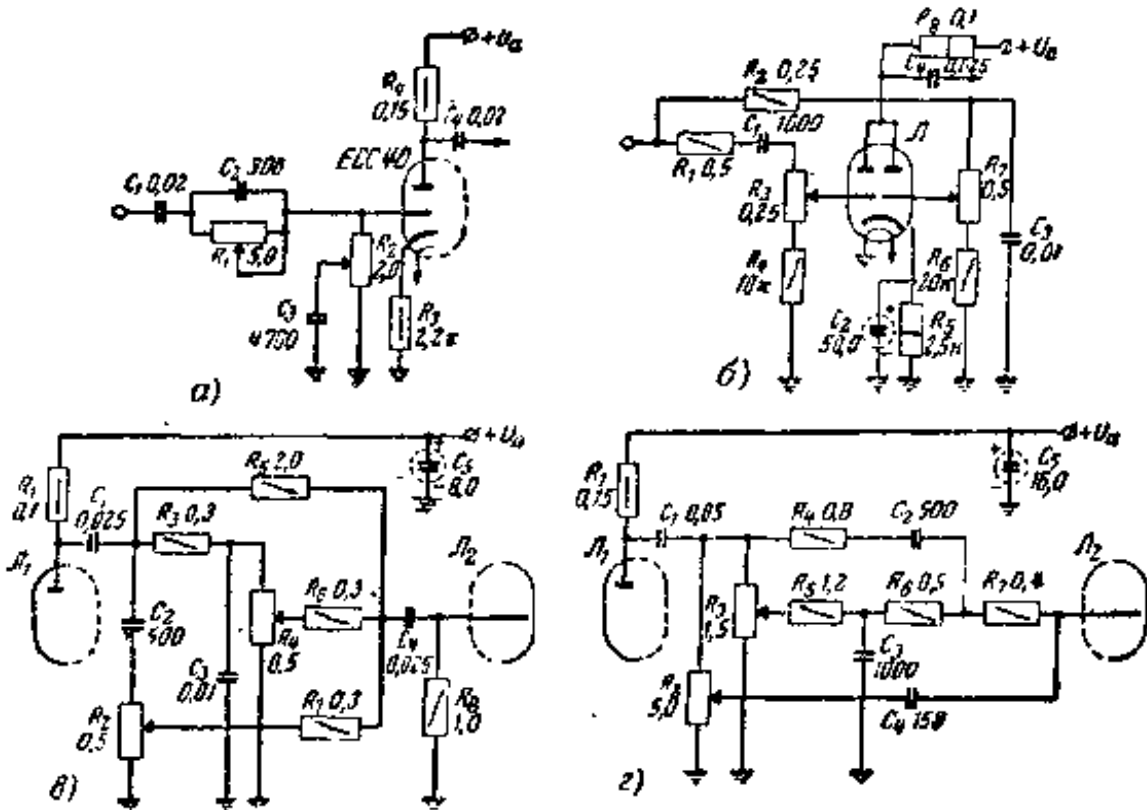


圖51 裝在信號放大电路內并且只削弱相应頻率增益的音色調節器。

圖51, a 示出最簡單的电路，这里低音調節器是用并联着电容器 C_2 的可变电阻 R_1 。音色是这样调节：当可变电阻 R_1 的动臂旋到左端时，其阻值等于零，电容器 C_2 短路；因此，来到音色調節器的低音頻，將不受阻碍地加到ECC40管的控制柵極，这时放大器的頻率曲綫低音部分是提高的。随着 R_1 动臂向右移动，其阻值漸漸加大，到最右端时电阻到达最大值。这时 R_1 的电阻等于或稍大于 C_2 对低音頻的电抗，于是这个电路对低音頻的总阻增大，而低音頻被削弱。

高音調節是利用電位器 R_2 和電容器 C_3 。 R_2 動臂在下端時，電容器 C_3 短路，高音頻完全加到放大管控制柵極上。因此，放大器的頻率特性曲線高音部分是提高的。當電位器的動臂移動到上端時， C_3 就接在控制柵極和“地”之間，高音頻能自由通過這個電容器入地，於是高音被削弱。電位器 R_2 同時起着ECC40管的柵漏電阻的作用。

圖51, 6 示出的音色調節電路，完全是另一個樣式。這里前置放大器可以利用任何一種雙三極管。在這個電路中，把整個放音頻帶分為兩個頻道。低音頻加到右邊三極管的柵極，高音頻加到左邊三極管的柵極。高音調節器 R_3 和低音調節器 R_7 只改變這兩個頻道的放大率。調節範圍可以選配 R_4 和 R_6 的阻值來改變。兩個三極管的屏極聯在一起，接共用的負荷電阻 R_8 。被放大的音頻由 R_9 經過電容器 C_4 加到下一級。應當指出，當低頻放大器是雙頻道電路時，這類電路特別便利。這時候，只要將每個三極管接上獨立的屏極負荷電阻，再將負荷電阻上取得的電壓分別加到相應的末級即可。

圖51, B 電路中，由 Π_1 管放大的聲音頻帶，分為三路。高音頻經過電容器 C_2 加到電位器 R_2 上面，再由 R_2 的動臂加到 Π_2 管控制柵極；低音頻經過電位器 R_4 加到 Π_2 的控制柵極；而中音經過電阻 R_5 加到 Π_2 柵極。這個電路和上一個電路一樣，也是改變高、低音頻率的增益來調節音色。

另一種類似電路示於圖51, Г。兩個音色調節器(R_2 、 R_3)也是分別改變高、低音頻的增益，中音是經過電阻 R_4 和電容器 C_2 。如果電阻 R_4 改用电位器代替，電容器 C_2 接電位器動臂，那麼就可以用它來改變中音電平。

圖52 示出一種有趣的音色調節電路，用於現代中級收音機中。其中高、低音調節(R_3 、 R_4)和以前的電路一樣，僅能削

弱高低音頻的增益。在这个放大电路中，頻率特性曲線的提高是利用三个接到音量控制器抽头上的 RC 濾波器来实现（圖中未画出）。

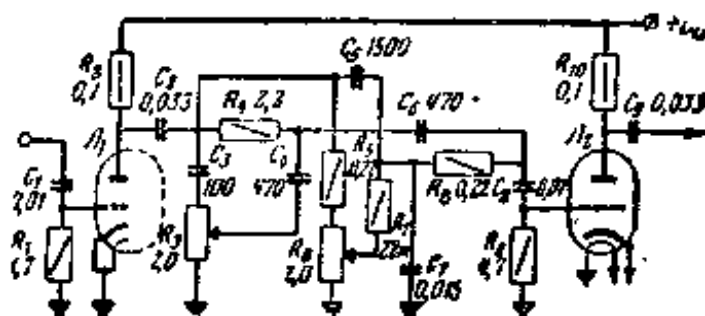


圖52 可以保證平衡調節的音色調節器接線圖。

圖52电路可以进行所謂平衡音色調節。大家知道，为了使收音机放出高度优美的声音，就必须使收音机放音頻帶的高、低临界頻率保持平衡，即应滿足下列等式：

$$\sqrt{F_{\text{макс}} F_{\text{мин}}} = 800,$$

式中 $F_{\text{макс}}$ 和 $F_{\text{мин}}$ 是放音頻帶的最高和最低音頻。

除了高低音可以分別調節外，还可以采取使兩個音色調節器有机械联系。这种放大器的各个元件应当这样选定：当用机械联合調節高、低音时，要能保證放大器通帶平衡地展寬和壓縮。这样，即使放音頻帶比較狹窄，也会获得悅耳的声音。

上面我們曾說过，音色調節可用改变頻率負回授深度的方法来实现。圖53, a 示出这样一种利用負回授調節音色的簡單电路。

頻率負回授电路是由輸出变压器次級卷，加到前置放大第一級管 Л_1 的陰極，包括了整个低頻电路，并且有高音調節器 R_1 和低音調節器 R_2 。这个电路的作用是这样：加到 Л_1 陰極的

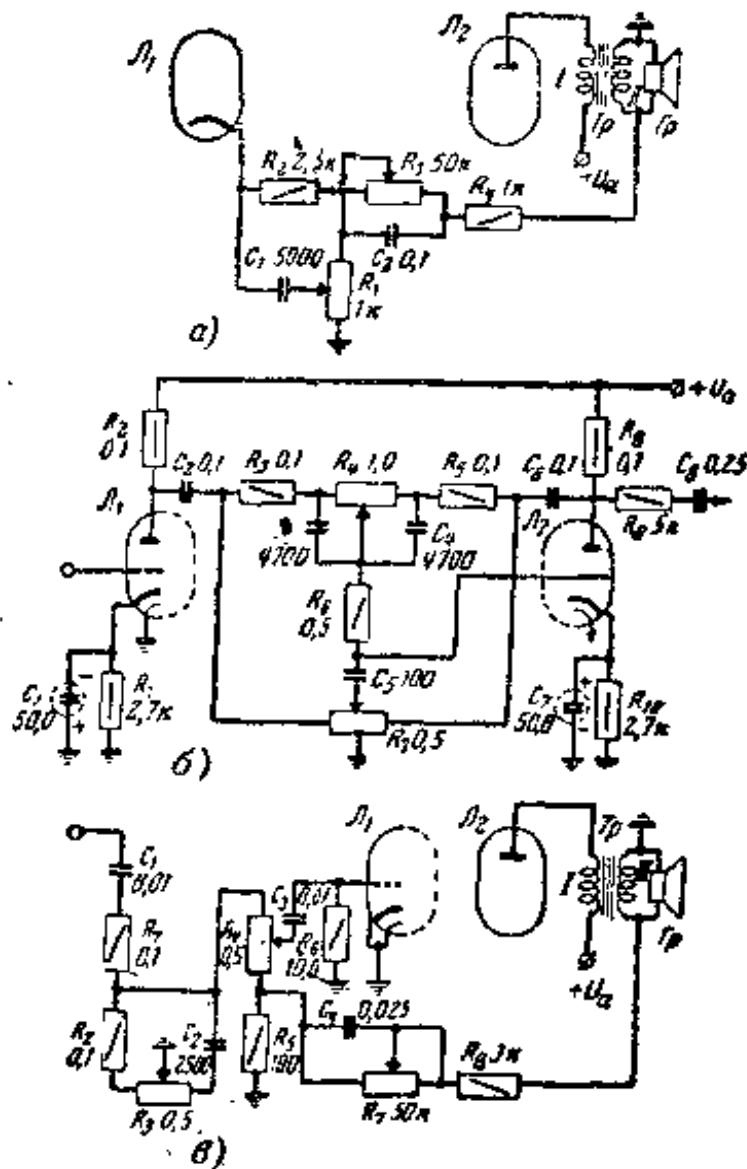


圖53 接在負回授电路中的音色調节电路。

負回授电压，是由电阻 R_1 上取得。这个电压越大，負回授深度就越大，因而低頻电路的增益就越小。

低音調节是用并联着电容器 C_2 的可变电阻 R_3 。电容器 C_2 对中、高音頻的阻抗很小。因此，中、高频負回授电压最大，而增益削弱得也最多。 R_3 阻值的改变，对中、高音頻的增益不起作用。由于电容器 C_2 的阻抗是随頻率降低而增大的，所以产生在电阻 R_1 上的負回授电压降也随着减小。这就减小低音频的負

回授深度。因而加大了低音增益。調节低音时，随着 R_3 阻值的减小， R_3C_2 这段电路对低音頻的总阻减小，低音頻回授电压增加，增益减小。由此可见，随着电阻 R_3 的减小，頻率特性曲綫在低音頻部分的提升將减小。

电位器 R_1 用来調节高音頻。当电位器 R_1 的动臂处在某一位置时，就構成一个分压器，由电阻 R_2 和并联在 R_1 上部的电容器 C_1 所組成。电容器 C_1 对中、低音有很大的阻抗，因此在 R_1 上产生的負回授电压全部加到 J_1 陰極上。 C_1 的阻抗对高音是很小的。因此，負回授电压在很大程度上取决于电位器 R_1 动臂的位置。动臂旋到上端， C_1 就与 R_2 并联，于是全部負回授电压加到 J_1 管陰極，这时高音頻增益被削弱得最多。随着 R_1 动臂向下移动，加到該管陰極的高音頻負回授电压减小，于是高音的增益加大。

利用頻率負回授的另一种音色調节电路，示于圖53, 6。由于在兩管之間对称地布置高、低音調节器 (R_7 、 R_4)，故这一級的中音頻增益接近1。电路的工作情况是这样：当电位器 R_7 、 R_4 的动臂处在中間位置时，这一級的頻率特性曲綫是直綫的；随着高、低音調节器动臂向任何一边移动，負回授深度發生变化，这样，高、低音的增益也因之發生变化。上述音色調节电路与圖35电路比較，这一电路的优点是：割切頻率特性曲綫的斜率很大，而且在調节音色时几乎不变；其缺点是：調节高音必須使用帶有中心抽头的电位器。誠然，即使在業余条件下，制作电位器抽头也不是很困难的事。应当指出的是：甚至当音頻特性曲綫邊緣有最大提高时，負回授深度仍然保持很深，这就保證了非綫性失真很小。

圖53, 6所示电路中标出的另件数值，如果电子管用6H8C，屏压用250伏，就可以保證在很大範圍內調节音色（达20分

具)。

綜合音色調節，是把一個調節器裝在放大電路內，另一個裝在負回授電路內，圖53，B所示就是這樣一種電路。這裡高音調節器 R_3 可以改變高音頻的增益。低音調節器 R_7 裝在頻率負回授電路中；其作用和圖53，a電路中的調節器作用相似。

上面引述的幾種音色調節電路，不可能詳盡地說明各式各樣的音色調節器。這些電路僅對前述立體聲收音機低頻放大電路中講到的一些音色調節器的工作加以解釋並作為補充。但應指出，為保證最平滑地調節音色，最好採用阻值按綫性改變的电位器和可變電阻（即A型的）。

用一個還是用兩個輸出變壓器？

輸出變壓器的結構，對於達到收音機的優質放音，是有很大的意義的。由圖25和26電路可知，為了取得立體聲效應，發聲系統中的喇叭由一個或兩個輸出變壓器供電都可以。在第一种情況下，輸出變壓器應當傳輸整個放音頻帶，在傳輸頻帶範圍內，不應有明顯的凹陷（不於於2分貝）。為了滿足這個要求，必須設計輸出變壓器初級卷有尽可能大的電感量，這樣才能保證更好地傳輸低音頻。另一方面，為使發聲系統有效地放出高音，需要盡量減小初級卷的漏感。

只有變壓器採用足夠大的鐵心，並且初級卷是間層繞制的，才能滿足上述兩個相互矛盾的要求。此外這個輸出變壓器的次級圈應當有抽頭，因為大多數情況下，主要喇叭和輔助喇叭的音圈電阻是不同的。這些要求使輸出變壓器的製造大為複雜。

當喇叭的功率和阻抗不同時，應當注意輸出變壓器次級卷圈數的計算特點。這種輸出變壓器的變壓係數可以根據以下近似公式確定：

$$n = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1} \times \frac{P_2}{P_1}},$$

式中 ω ——初級或次級繞卷的圈數；

R_1 ——初級卷負荷阻抗；

R_2 ——次級卷負荷阻抗；

P ——負荷得到的功率，或初級圈全部輸出功率。

根據普通方法計算求得的初級圈數，以及喇叭的數據，利用上述公式可求出次級卷圈數。如果用串聯的次級卷，則次級卷的總圈數應當等於較多圈數的一個繞卷，並且在等於較少繞卷圈數之處抽頭。次級卷導線的直徑，可根據喇叭音圈阻抗，用一般的方法計算。

在低頻放大器輸出級利用兩個輸出變壓器時（圖25），其中一個輸出變壓器 T_{p1} 應當傳輸中、低音，另一個 T_{p2} 只傳輸高音頻。

輸出變壓器 T_{p1} 在結構和繞卷圈數上，與普通無立體聲收音機中用的沒有什麼區別。因此計算不複雜，可利用普通公式來計算。

高音喇叭用的輸出變壓器 T_{p2} 的計算方法略有不同。因為，這個變壓器的初級卷與隔流電容器（圖25中的 C_{12} ）構成一個高音頻LC濾波器。根據這種情況，應先確定隔流電容器的容量及分界頻率，再按下式確定初級卷電感：

$$L_1 = \frac{2.53 \times 10^3}{f_{rp}^2 C},$$

式中 L_1 ——初級卷電感，亨；

C ——隔流電容器容量，微法；

$f_{\Gamma P}$ ——分界頻率，周。

高音輸出變壓器初級卷電感通常為0.5—1.5亨，因此可使用不大的鐵心來製造（例如用 $y_{\text{ш}}$ —12片子疊合）。其初級卷圈數不多，故無需採取某種減少漏感的特殊措施。此外，用兩只輸出變壓器時，很容易使喇叭與末級管負荷電阻得到最佳匹配。

上面這些都說明：在業餘條件下，計算和製作兩個分頻道的輸出變壓器，要比一個寬頻帶的變壓器要省事得多，並且收到的效果也將更好些。

展寬喇叭的放音頻帶

上面對於如何選擇立體聲系統用喇叭提出的建議，大都需要專用於立體聲系的新型喇叭，其中有橢圓的（ $1\Gamma\Pi-9$ ），也有雙紙盆喇叭（ $2\Gamma\Pi-3$ ）。但是目前還不太容易得到這種喇叭。因此，業餘愛好者必須把市售的舊式收音機中用的喇叭改造一下，展寬它的放音頻帶。

高音喇叭可以利用直徑100—125公厘的任何圓形電動喇叭或大小相當的橢圓喇叭。目前流行的喇叭中，最合適的要算 $1\Gamma\Pi-5$ 和 $1\Gamma\Pi-6$ 。但它們的放音頻率不超過6000周。紙盆（特別是頸部）的剛性越強，喇叭放出的高音就越好。由於側壁喇叭只需放出高音，故改造喇叭時僅提高紙盆的剛性就行。最簡單的方法是把紙盆兩面噴上無色透明漆。漆層須用噴霧器噴得既薄而勻。

用來放送寬頻帶的主喇叭，可採用直徑200公厘或更大的圓形電動喇叭。舊式喇叭放音頻帶很狹，特別是高音。展寬頻帶最好的方法是添加一個小紙盆，把喇叭改造成雙紙盆喇叭。改造喇叭有兩種方法。第一種方法是把一個用繪圖紙作成的小紙盆粘在主喇叭的頸部，小紙盆的高度約為主紙盆的一半。小紙

盆圓錐的頂端直徑應與主盆粘接音圈處的直徑一樣，而圓錐底的直徑應比主盆差2—3公厘。因此，附加紙錐的形成錐的角度，應當比主盆的稍大一些。

如果輔助紙盆不粘在主盆的頸部，而裝在音圈管上，可以收到更好的效果。這付輔助紙錐最好作成和主盆一樣，並且浸以透明漆。輔助盆的高度約為主盆的一半，此時音圈管應加長5—10公厘。在原來音圈管上加粘一個紙環的辦法是不行的，所以用第二種方法改造喇叭時，必須重新作一個比較長的音圈管，繞上音圈，再重新粘到紙盆上。進行改造時，必須把喇叭的可動系統拆下。

音圈管應當用K—12牌號的電纜紙帶制作，預先單面塗上賽璐珞膠，膠的成分是丙酮70.5%，醋酸戊醇酯17.5%和賽璐珞12%。

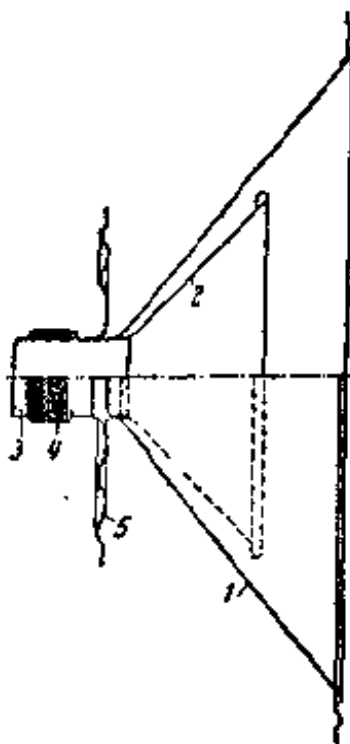


圖54 雙紙盆喇叭可動系統的結構。

1. 主盆；2. 輔助盆；3. 音圈管；4. 音圈；5. 彈簧支架。

繞好的音圈也用這種膠粘固。紙盆和彈簧支架需用BФ—4膠或另一種賽璐珞膠粘在喇叭支架上，膠的成分是：丙酮57.8%、醋酸戊醇酯34.9%和賽璐珞7.3%。圖54示出的就是輔助紙盆粘在音圈管上的可動系統的結構。

利用聲頻振蕩器（例如2Г—3A型）、ЛВ—9型電子管毫伏表，以及頻帶比較寬的動圈話筒，可以很好地找出各個喇叭和整個發聲系統的參數。

把聲頻振蕩器輸出的不同頻率電壓加到喇叭上，甚至可以根據聽覺來確定喇叭放送高、低音是否有效。有

时虽然只能近似地画出喇叭的頻率特性曲綫，但也可以得到一个比較明确的关于喇叭的放音頻帶的概念。

繪制喇叭的頻率特性曲綫时，先將喇叭裝在收音机壳內应放的位置上；然后在与喇叭的同一平面上距离外壳 1 公尺处放置話筒，話筒輸出綫接毫伏表。再把振蕩器的电压加到喇叭音圈上，逐步記下毫伏表在不同頻率时的讀数。而后取某一頻率（通常用 400 或 1000 周）时的讀数作为零，以它为基准，把毫伏表的各个讀数换算为各相对数值，并一一标在曲綫圖上。于是喇叭的頻率特性曲綫就繪制成功。

另外，很希望能画下整个声系的輻射方向圖。为此，把所有裝在收音机壳內的喇叭，都接以声頻电压（例如 5000 周）。最好是把这个声頻电压加到收音机低頻电路輸入端，因为这样可以保証必要的頻率分道，并且可能补偿各个喇叭頻率曲綫上的凹陷。

話筒的布置如前，放在收音机正前方，距离 1 公尺，与主喇叭在同一水平。話筒輸出端接毫伏表。然后把收音机由原来位置逐渐向兩面轉动 $\pm 90^\circ$ ，并一一記下毫伏表的讀数，經過换算标在类似圖 10 所示的曲綫圖中。声系的輻射方向特性，应当用三、四种高音頻測定，并且把收音机每轉 15° 測量一次。

立体声收音机在室內的合理布置

3 D 立体声系能出現立体声效应，在很大程度上决定于收音机在室內的布置是否正确。如第二章所述，只有当輔助喇叭射出的高音由牆壁和室內家具反射后，才能取得立体声效应。因此收音机不能放置靠牆或家具太近。經驗确定：把收音机放在室內一角，使外壳側壁与牆壁成 45° 角，这时所得效果是最好的。但这当然不是說不能按其他方式布置收音机。在任何情况

下，都应当把收音机换几个位置試驗，而后确定最好的一个位置，也就是距离收音机 2—5 公尺时立体声效应最明显的位置。

三道分頻

当声系由 5 只或更多不同型喇叭構成时，最适宜將放音頻帶分成三个頻道。但采用三个頻道的低頻放大器未必合适，此时唯一合理的解决办法就是在低頻电路的輸出端分頻道。圖 24 所示的就是三道分頻电路的一种。

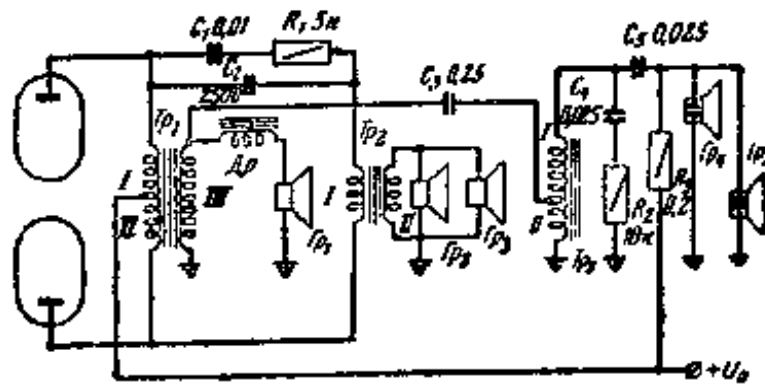


圖 55 三道分頻收音机的輸出电路。

另一种比較簡單的、适于立体声收音机的电路，如圖 55 所示。这里电动喇叭 ΓP_1 放送低音，由輸出变压器 TP_1 供电， TP_1 直接接到末級管的屏極。中音电动喇叭 ΓP_2 和 ΓP_3 由中音輸出变压器 TP_2 供电，它要經過濾波器 $C_1 C_2$ 和 R_1 接到末級管的屏極。高音靜电喇叭 ΓP_4 和 ΓP_5 由 TP_1 次級卷供电，中間經過升压自耦变压器 TP_3 和高通濾波器。

采用电动高音喇叭时，可再加一个輸出变压器以替換自耦变压器，并且要把电路稍加变动。

3. 电子管代换表

电子管型号	相当苏联电子管	可以代换的苏联电子管	可以代换的中国电子管
EABC80	6Г3П	6Г21	6SQ7
EBF80	—	6Б8С, 6К4П + 6Х2П, 6К3 + 6Х6С	6Б8, 6К4П + 6Х2П, 6СК7 + 6Н16
EC92	—	6С2П, 6Н2П3, 6Н9С2	6Н2П2
ECC40	—	6Н1П, 6Н8С	6Н1П, 6SN7
ECC81	—	6Н2П, 6Н9С	6Н2П,
ECC83	6Н14П	6Н2П, 6Н9С	6Н2П
EE30	—	6Ж5П, 6Ж6С, 6К4	6SG7
EL12	—	6П3С	6П3С, 6L6
EL41	—	6П1П, 6П6С	6П1П, 6V6GT
EL84	6Н14П	6П1П, 6П6С, 30П1М3, 6П9	6П1П, 6V6GT
EL86	—	6П18П	—
UA6C80	—	6Г3П3 6Г22.3	6SQ72.3
UL41	—	6Н1П3 6П6С3	6П1П3, 6V6GT
PCL81	—	6Н4П + 6П1П, 6Н2П + 6П1П, 6Н9С + 6П6С	6Н2П + 6П1П

1——在低频放大电路中可以使用二个三极管。 2——用一个三极管可直接代替。 3——灯丝电压不符。

4. 本書所用声学术語的解釋

輻射方向特性曲綫(圖)表示在一定頻率下，一个喇叭(或一組喇叭)發出的声压与轉角的关系，轉角是由發声系統(喇叭)的工作軸与原始工作軸所構成的角。

声系的輻射方向特性曲綫繪制在極座標上，并且將某一轉角时的声压与原始位置时單位声压的比值標明在極座標上。輻射方向特性的不均匀度是以分貝計量。

發声系統輻射方向特性曲綫的不均匀度，每隔 15° 測量一次，轉角最大到 $\pm 90^\circ$ ；而測量喇叭的方向圖时轉角总共为 $\pm 180^\circ$ 。

隔声板是一塊不对称的安裝喇叭的木板，在測試时不加外套。隔声板厚度不应低于20公厘，而其尺寸根据苏联国家准标确定，是这样選擇：其尺寸不应小于所放出声音最大波長的 $1/6$ 。

隔声板上錐形开口的形成綫与板表面構成的角应等于 45° 。板的前面被以15—20公厘厚的縫合棉層，表面用法蘭絨綑紧。

在測試喇叭时，隔声板通常是直立放置。某些情况下允許平放。