

第一章 汽车音响的特点

音响已成为汽车的必选装备，随着家庭轿车的普及，对汽车音响的需求量和维修量都在迅猛增加。汽车音响也从早期的单 AM 调幅收音机发展到具有 AM/FM(调幅/调频立体声)自动返带式磁带放音、单碟/多碟 CD 及带液晶显示屏的 VCD 机。目前，为国产中高档轿车如奥迪、红旗、捷达、富康等配套的汽车音响都已实现了数字调谐(DTS) 配有 4 只或 6 只高保真扬声器，输出功率达 $4 \times 30W$ ，有的用户还自行加装了功放和低音炮，功率达 100W 以上。下面从不同的方面对汽车音响作以简介。

第一节 汽车音响的组成

汽车音响的组成见图 1-1，它由四部分组成。第一部分是信号源，包括调谐器、磁带放音、CD 唱机、传声器等。第二部分是音频处理电路，包括信号源选择、前置放大、音量音调调节、响度控制等。第三部分是功率放大器。这一部分为各信号源所共用。第四部分是扬声器系统，包括 2~6 只扬声器，6 只扬声器的布置方式常常是：仪表台内的左前、右前，两前门护板内的左中、右中和后行李舱内的左后、右后扬声器。

一、节目源

1. 调谐器

调谐器实质上就是没有音频放大电路的调幅、调频收音机。一般汽车音响都设有调幅(AM)和调频(FM)波段。对于手动机械调谐式汽车音响，FM 波段的高放、本振和混频都做一个铁屏蔽盒里，称为 FM 高频头。它输出的是 10.7MHz 的 FM 中频信号，而 AM 波段有关元件都焊接在主电路板上。对于数字调谐式汽车音响，通常是把 AM 收音电路和 FM 收音电路分别做在两个铁屏蔽盒里，输出的就是经过解调的音频信号；还有一些集成度更高的机型，AM 和 FM 处理电路采用单片集成电路，将其做一个铁屏蔽盒里，作为一个组件，输出就是 AM 和 FM 音频信号了。

2. 磁带放音

与家用音响相比，汽车音响没有录音功能，只是一个单卡的磁带放音部分，但是它的机芯结构较家用卡座复杂，多了磁带进出盒机构和自动返带机构。由于磁带源丰富，取放简单，所以使用率很高，是汽车音响的主要节目源之一。

3. CD 唱机

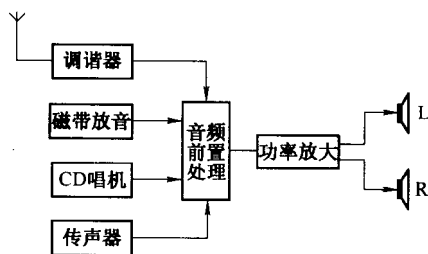


图 1-1 汽车音响组成框图

CD 唱机具有动态范围大、信噪比高、失真小、分离度高的优点，是汽车音响音源的佼佼者，它以优异的性能、优美的音质受到了人们的青睐。随着 CD 唱机的普及，它已成为一些国产中、高档轿车的标准装备。与家用音响相比，汽车 CD 的加载、卸载机构较复杂，还有专门的减振系统，且电路板结构与家用 CD 机相比也有所不同。

因汽车音响的体积已标准化，按 DIN 标准规定为：183mm(长)×50mm(高)×153mm(深)，所以 CD 机与磁带放音不能作为一体。如需二者兼备，则常把主机(包括调谐器、磁带放音、音响控制、功放)放在标准盒内，把 CD 唱机另放在行李舱内，这样，CD 唱机的体积不受限制，常见的是 6 碟或 10 碟 CD。

4. 传声器

传声器即话筒，它把人的声音信号变成音频电信号，经过汽车音响的功放电路放大后，即可通过扬声器播放出来，在家用音响中多用于演唱卡拉 OK，在车用音响中主要是用于高档豪华大客等旅游车辆。

二、音频处理电路

1. 信号源选择电路

从以上音响组成框图可知，汽车音响有调谐器，又可分为 AM 收音和 FM 收音两种信号源，磁带放音、CD 放音、传声器等不同的信号源。信号源选择电路就是按使用者的要求，选择不同的信号源，输入到下级的功放电路进行功率放大，以推动扬声器发声。常见的信号源选择可分为以下几种：

(1) 供电控制：这种方式多用于普通手动调谐式汽车音响，通过控制不同音源电路的供电，从而使所选音源电路工作，而其他音源电路因断电停止工作。不同音源的音频信号输出通道上常设置有隔离二极管，当所选音源电路供电工作时，相应的隔离二极管导通，音频信号可以通过。其他音源通道的隔离二极管因断电而截止，以防止不同音源电路间互相影响。

(2) 电子音源选择：这种信号源选择方式多用于带有 CPU 控制的高档数字音响，只要汽车音响工作，各信号源电路都通电工作(但磁带放音机芯及 CD 机芯不工作)，又可分为隔离二极管控制式和电子音源选择开关控制式两种：

二极管控制式：信号源选择是通过控制相应通道隔离二极管是否导通来实现，CPU 通过开关三极管控制隔离二极管的导通与截止，从而选择不同的音源。

电子音源选择开关：这种控制方式各信号源通道没有隔离二极管，不同的信号源同时送往电子音源选择集成电路，由 CPU 控制集成电路内部的电子开关，以选择不同的信号源。

2. 前置放大与音量、音调控制电路

前置放大电路对不同的音源信号进行前置放大并对音频信号的音量、音调、响度进行调整和控制。普通汽车音响音频前置放大与功率放大常合并在一起，成为复合式功率放大器。高档数字音响将前置放大电路单独设置，有的与信号源选择、电子音量、音调控制合并在一起，由 CPU 综合控制。

三、功率放大与静音电路

功率放大电路用来对所选择的音源进行放大，以便有足够的功率推动扬声器发声。中档普通立体声汽车音响有左右两个声道，输出功率在 $2 \times 10\text{W}$ 左右。高档数字式汽车音响有四个声道，采用高保真、大功率集成电路功放，具有平坦的频率特性和良好的信噪比、动态特性。为得到较大输出功率，常采用 BTL 输出方式，输出功率在 $4 \times 30\text{W}$ 左右。汽车音响的功放一般都有输出短路保护和过热保护电路，当温度达 160°C 时保护电路起控，输出端短路时放大器关闭无输出。

在音响开关机、状态转换、磁带快进快倒及翻面、自动调谐、电台切换等瞬间，静音电路工作，以免扬声器发出噪声。静音电路常分两级：第一级在音频处理电路，以切断噪声信号的功放输入；第二级是在功放级，以关闭放大器，避免扬声器发出“滋滋”的背景噪声。

四、扬声器

扬声器俗称喇叭，不同信号源的音频信号经功率放大后，最终要经过扬声器还原为声音，它是直接影响音质好坏的关键部件。汽车扬声器常采用全频带、同轴二分频或同轴三分频式，分频电容藏在扬声器内，一般功率在 $10 \sim 30\text{W}$ ，大功率扬声器为 $30 \sim 100\text{W}$ 。为获得较大输出功率，为汽车音响配套的扬声器多为 4Ω ，因受安装空间限制，口径一般为 $101.6 \sim 152.4\text{mm}$ （4~6 英寸），扬声器接线柱常采用镀银、镍、铜排，以降低接触电阻，减小线损。

一般普通立体声汽车音响配有两只全频带扬声器，多安装于仪表台内的左、右侧或左、右侧的前车门内，已能满足普通使用者的需要；高档汽车音响采用四只扬声器，两只中高音扬声器安装于前部仪表台内左、右侧，两只中低音扬声器安装在后行李箱的左、右侧。对于口径小于 101.6mm （4 英寸）的扬声器，很难有理想的低音效果，而汽车的行李箱容积较大，内部四周一般有毡垫等充当吸音物，是安装低音扬声器的理想位置。所以，在行李箱板上可以安装 152.4mm （6 英寸）以上的扬声器，有的发烧友在行李舱中安装了 20Hz 的低音炮，功率可达 100W 以上。

五、汽车音响的电源及供电电路

1. 汽车音响的电源

一般汽车音响采用车上不稳压的 12V 电源，因车上蓄电池的充电状态、用电负荷、发动机工况等不同，电源电压可能在 $10 \sim 15\text{V}$ 之间变化不定，所以汽车音响内都设有稳压电路，为除功放以外的电路供电。也有极少数的高档大功率汽车音响，采用了大电流、高效率的开关电源，这种电路能在蓄电池电压不稳的情况下，输出相当稳定的电压，并且可正、负双向输出电压，功放电路可方便地接成 OCL 方式。

2. 汽车音响供电电路

普通汽车音响正极只有一根供电端，若要求音响不受点火开关控制，可接车上蓄电池正

极(30号电)；如果想让点火开关控制音响可否工作,可接在汽车的附件供电 X 或点火供电 15)号线上。

高档汽车音响常有两路供电:一路是标为 PERMANENT B+(或 BATTER)意为常供电(蓄电池)端接车上蓄电池正极为 CPU 供电用以维持 CPU 时钟工作和记忆用电另一路是标为 ACC 或 IGNITION),意为附件(或点火)端。机型不同,这两个端子的作用也可能不同,有以下两种:

一种为 PERMANENT B+(或 BATTER)为主供电端,ACC 或 IGNITION 为点火开关检测端,当未拧点火钥匙时,ACC 端无电,音响此时将不工作或限时工作(如工作 1h 自动关机)。

另一种为 PERMANENT B+(或 BATTER)为辅助供电端,ACC 或 IGNITION 为检测端兼主供电端,当未拧点火钥匙时,ACC 端无电,音响此时将不工作或限时工作。

以上两种供电的区分方法是:熔断丝安装的接线端为主供电端。

一般情况,汽车点火开关有 3 个档位。将点火钥匙拧到第一档,为 ACC 档,车上 X 线供电,接通车上音响等附件,再拧点火钥匙到第二档时为 ON 档,此时 X 线和 15 号线都供电,接通汽车点火;拧到第三档为 ST 档,此时 X 线断电(切断附件,以保证起动用),15 号线和 50 号线供电,50 号线接通起动机电路。与音响连接时,一般按规定连接,即 PERMANENT B+(或 BATTER)接车上蓄电池正极(30 号电),ACC 或 IGNITION 接车上 X 线,这样当未拧点火钥匙时,音响不工作或限时工作;将点钥匙拧到第一档或第二档时音响工作。有的车型(如红旗明仕)将音响的 ACC 端接到了汽车的 15 号线上,这样当点火钥匙拧到第一档(ACC 对,音响不工作,拧到第二档 ON)时音响才工作。若要求音响不受点火开关控制,可将音响的 PERMANENT B+和 ACC 相连,再接到蓄电池正极,这样接线的缺点是如果关闭发动机后,忘记关掉音响电源,蓄电池的电能可能耗尽。

第二节 汽车音响与家用音响的不同之处

汽车音响因其特殊的使用环境,与家用音响相比,其机械结构、机芯构造、机内电路等有许多不同之处。

1. 机械结构

汽车音响通常是安装在仪表板上,采用金属外壳全封闭式结构,有利于抗干扰和防尘。但是仪表板处的安装尺寸有限,汽车音响体积尺寸已标准化,除特殊车型外,一般都比较统一,均以德国 DIN(Deulch Industrial Norm)为标准,DIN 位指汽车中控台预留给汽车电器用品的标准安装空间,1DIN 指一个标准空间(宽、高固定而深度不限),2DIN 则是 1DIN 的两倍空间。这里位置一般用于音响主机、调谐器、LCD 显示屏的安装。欧洲车型按 1DIN 标准规定长 183mm、高 50mm、深 153mm,日本车型多用 2DIN 双层形式,尺寸长 180mm、高 100mm、深 153mm。一般的国产轿车音响面板多为 1DIN 尺寸,2DIN 机主要安装在一些日

本和欧美车上采用嵌入式安装方式 所以其长、高已固定 深度根据不同机型 可能略有不同。汽车音响的电源、音响与汽车相连的电源、音频线和天线 用插头、插座连接方式 以便于在生产线上安装。

在这有限的安装空间中，汽车音响内部元件的安装密度大，常采用微型贴片元件，可能有多块电路板立体装配。因汽车要在不同路面上行驶，音响必然受到较大的震动和冲击，在这种恶劣的使用条件下，对汽车音响机芯有特殊的要求，有专门的减震系统，有的高级音响还采用了电子防震，所以其机主结构及电路与家用音响相比要复杂。

汽车音响的功率较大 还需有照明电路 加之散热不良 故经常在较高的温度下工作 按有关厂家技术要求可达 70°C ，所以元件焊接装配要绝对牢固，很多元件引脚采用折弯焊接，体积和重量较大的元件要用强力胶固定，也有的汽车音响内部零件全部采用双面焊接。

2. 调谐器及调谐方式

调谐器的调谐方式可分为手动机械式调谐和数字调谐系统（DTS）两种 其中手动调谐又可分为可变电容调谐（调容）和可变电感调谐（调感）普通家用音响采用可变电容调谐，汽车音响采用可变电感调谐。这是因为汽车音响使用环境恶劣，可能有剧烈震动，行驶过程中接收环境在不断变化，要保证在这种环境下能稳定收音，对调谐器性能有更高的要求。可变电容调谐容易出现调谐不稳定（跑台）且电气性能也不如调感方式 尤其是 AM 信噪比，调容比调感要低 8dB 左右，所以汽车音响均采用调感调谐方式。

汽车音响无论是 AM 还是 FM 其输入和高放都带有调谐 以提高收音的灵敏度、选择性和镜象信号的抑制等性能。所以，电感调谐需有 6 组电感线圈 分别为 AM 和 FM 的输入、高放和本振三组调谐回路，即采用六连电感。FM 高频头（包括输入、高放和本振）放在一个小屏蔽盒里，与六连电感组合为一体。

为保证整机性能，汽车音响在元件选择和制造工艺上也有不同要求，如线圈中的活动磁芯，要求在高温（ 1000°C ）、高压时烧结 取出后 每 10min 降温 100°C 直至 350°C 时保温 2h 左右 然后在常温下放置一个月 之后还要经过严格分选 如图 1-2 所示 将磁芯一个一个地插入线圈进行测量 分组配套做好标记，要求每套磁芯的频率误差不超过 2kHz 。

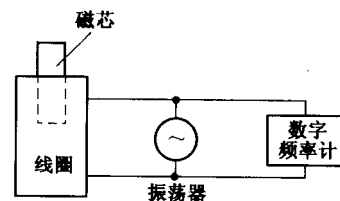


图 1-2 汽车音响电感磁芯的分选

目前，国产中高档轿车均采用了数字调谐系统（DTS），不但提高了整机性能，而且操作方便，更适于汽车使用。汽车音响的 DTS 专用微处理电路主要以日本 NEC 公司的 μPD 系列、东芝公司的 TC 系列、PHILIPS 公司的 TMP 系列为主。

3. 抗干扰电路

汽车音响所遇到的干扰远远超过家用音响，车上的高压点火装置、交流发电机及其整流调压器、空调机、转向闪光灯、喇叭、各种继电器等等 这些电器工作时 产生各种频谱的干扰信号，严重干扰调谐器的正常工作，所以汽车音响都设有抗干扰电路，以对这些干扰源进行抑制。抗干扰措施可分为以下几方面：

(1) 在天线输入回路设计抗干扰电路：如图 1-3 电感 L 约 $4.7\mu\text{H}$ 为高频扼流圈 与输入分布电容构成 80MHz 左右的谐振电路 以消除 AM 接收时的高频干扰。也有的机型，在中频处理电路中采用汽车专用的抗干扰集成电路，以进一步提高抗干扰能力。

(2) 电源部分设计宽频带抗干扰滤波器 如图 1-4 所示为高档汽车音响采用的二级抗干扰电路 L_1 为高频扼流圈，电感量约 $10\mu\text{H}$ 与高频穿心电容 C_1 构成高频陷滤网络。 L_2 为低频扼流圈，电感量约 $2\sim 10\text{mH}$ 与电解电容 C_2 构成低频陷滤网络。 L_1 和熔断丝串接在机外电源引线中，称为滤波盒 (FILTER BOX)， L_2 和 C_2 设计在机内。多数汽车音响只在机内设置一级高频陷滤网络。

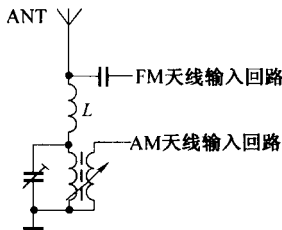


图 1-3 天线输入回路抗干扰电路

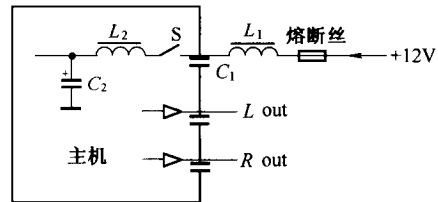


图 1-4 电源输入抗干扰电路

(3) 输入、输出端口采用高频穿心电容：汽车音响的电源、扬声器、自动天线控制输出端等引线采用穿心电容，电容一般在 $1\ 000\sim 2\ 000\text{pF}$ 可旁路 $10\sim 30\text{MHz}$ 以上的高频干扰信号。

4. 天线系统

汽车音响采用金属外壳全封闭式结构，因屏蔽效应，必须用外接天线，又因为汽车的移动性，也不宜采用带方向性的天线。目前，汽车音响所使用的天线有以下几种：

(1) 车窗外装拉杆式天线：这种天线装在车头或前窗左侧，常带有三节拉杆，全部拉出时长度约 $1.2\sim 1.4\text{m}$ 也有些卡车和大型客车采用单节天线，长度约 $0.8\sim 1\text{m}$ 。天线材料一般采用不锈钢或镀铬铜管。

(2) 车头或车尾内装天线：这种天线可分为手动和自动两种，手动天线多装在左前翼子板内，用时用手拉出，有 3 节，拉出总长度约 $1\sim 1.1\text{m}$ 。自动天线可装在左前翼子板或车尾尾部，音响开机时为给天线提供电源，天线底部的小电机运转，天线自动伸出，常有 $3\sim 5$ 节，关机后，天线缩回。

(3) 玻璃夹层天线：这种天线制作在后挡风玻璃夹层中，对汽车外观没有影响，且天线永不磨损，所以被国产、进口高档轿车所采用。与拉杆式天线相比，其电性能在 AM 时稍差，灵敏度要低 $5\sim 10\text{dB}$ 所以一般要加一级天线信号放大器，放大器多安装在 C 柱护板内，与之配套的汽车音响常标有“窗式天线专用”字样。

5. 机内电路与机芯构造

汽车音响的机内电路与机芯构造比家用音响要复杂，这也正是本书的重点，详见有关章节内容。

第三节 汽车音响的主要性能指标

汽车音响的说明书都给出了相应的性能参数，下面介绍如何理解这些技术指标并选择出较高性价比的汽车音响。

1. 整机频率特性

频率特性又称频率响应特性或有效频率范围，它是指汽车音响能够重放音频信号的频率范围及在此范围内允许的振幅偏离量。汽车音响的频率范围越宽，振幅偏离越小，则频率特性就越好。

目前高档汽车音响的频率响应已达 $20\sim 20\,000\text{Hz}(\pm 1\text{dB})$ 。

2. 信噪比

信噪比指信号/噪声比，它是指放大器输出的声音信号(S)功率(或电压)与噪声(N)功率(或电压)之比。信噪比越大，汽车音响性能越好。

目前高档汽车音响信噪比可达：CD $>90\text{dB}$ ；磁带放音 $>50\text{dB}$ ；FM $>60\text{dB}$ ；AM $>45\text{dB}$ 。

3. 灵敏度

灵敏度指调谐器接收微弱信号的能力。它表示在规定的音频输出信噪比下，产生标准功率输出所需要的最小输入信号强度。其值越小，灵敏度越高，调谐器性能越好。

目前高档汽车音响的灵敏度可达：FM $<1.5\mu\text{V}$ (在S/N 30dB 时)；AM $<15\mu\text{V}$ (在S/N 20dB 时)。

4. 失真度

失真度主要指谐波失真，又称谐波畸变，它是指音响设备重放后的声音比原输入信号多出来的谐波成分，由放大器的非线性引起。失真度常用各谐波成分之和的有效值与原信号有效值的百分比来表示，因而又称为总谐波失真。音响设备除谐波失真外，还有互调失真、相位失真、瞬态失真等。

目前高档汽车音响的失真度可达：CD $<0.01\%$ ；收音 $<0.1\%$ ($1\text{kHz}, 1\text{W}$)。

5. 左、右声道串音衰减

左、右声道串音衰减又称立体声分离度，它是指立体声放音设备的左、右声道信号互相串扰的程度。如果分离度过小，立体声效果将被减弱。

目前高档汽车音响的左、右声道分离度达：CD $>75\text{dB}$ ；磁带放音 $>40\text{dB}$ ；FM立体声分离度 $>35\text{dB}$ 。

6. 选择性

选择性是指收音机选择不同电台的能力的一项指标，它表明调谐器分离邻近电台的能力。选择性的规定方法是这样的：先将收音机调谐在其一电台信号频率上(如已知频率为 99.2MHz)，然后再将收音机调偏规定的频偏 Δf ，逐渐加大输入信号强度，使收音机达到标准功率，将此时的输入信号强度与正调谐时的信号强度的比值换算成分贝表示，这个分贝数就是收音机选择性的标称值。

目前高档汽车音响的选择性可达 :FM>70dB;AM>40dB。

7. 带速误差

磁带放音时是以 4.76cm/s 恒速走带，只有都采用这一恒速走带标准，不同磁带的节目信号间才能互换使用。带速误差是以磁带的实际走带速度与标准走带速度之差的百分比来表示。普通家用盒式收录机带速误差为 $\pm 2\% \sim \pm 3\%$ 高档汽车音响带速误差达 $\pm 1.5\%$ 。

8. 抖晃率

在放音时，磁带经过磁头时所产生的不规则运动而引起的放音信号频率变化称为抖晃率。抖晃率一般在 200Hz 以下，通常听觉上能察觉到的音调变化较快的成分称为抖；把听觉上听到的音调变化较慢的成分称为晃；更缓慢的变化称为漂移。由于人耳对放音时音调的变化十分敏感，所以机芯的抖晃率是一项重要的指标。我国采用计权峰值计抖晃，有的国家如日本 采用 JIS 标准，按计权有效值计抖晃率。汽车音响机芯的放音抖晃率一般 $< 0.35\%$ 。

9. 输出功率

音响设备的标称输出功率即额定输出功率，它是指应该达到的最低限度的不失真输出功率。普通汽车音响输出功率在 $2 \times 10W$ 左右 中高档汽车音响在 $4 \times 30W$ 左右 有些发烧友自行加装的带功放的低音炮功率可达 100W 以上。

10. 计权

计权是表示音响性能指标的一个常用术语。因为人耳对声音的反应受多种因素的影响，测量时若加入听觉校正网络，则称为计权。常用的计权网络有上述的抖晃计权网络、315Hz 计权网络 Y 网络 和 A 计权网络。

第四节 人耳的听音原理

一、声音的三要素

听觉是人们对声音的主观感觉，我们通常用响度、音调和音色 3 个参量来表示声音的特性 这 3 个参量合称为声音的三要素。

1. 响度

响度俗称音量，是人耳对声音大小的主观感觉。响度的大小与声压级（声音的振幅）有关，一般情况下 声压越高 响度也越大。但是 人耳对相同声压级而频率不同的声音的主观感觉是不同的，这说明响度的大小与声音的频率有关。图 1-5 是人耳的等响度曲线，声压级是指声音的客观大小 以“分贝”为单位 响度级是指人耳主观上感觉到的声音的强弱 单位是“方”。图中同一条曲线上的听觉响度是一样的，例如 0dB 时 800Hz 的响度与 40dB 时 90Hz 响度一样。由图可知 人耳对 3 000~4 000Hz 的中频段声音最敏感 感觉声音较大），而对其他频率的声音（高频段和低频段 特别是低频段）的感觉迟钝些 但在 80dB 以上的高声压级时，人耳对各频率声音的听觉敏感度又大体一致。为此，在汽车音响中，一般均设有

等响度补偿电路，用来在音量较小时对高、低频段的音频信号加以适当提升。

2. 音调

音调又称为音高，它是人耳对声音频率高低的主观感觉。汽车音响一般都有音调控制电路，以满足用户对不同音调的要求。

3. 音色

音色是音源发出声音的特色，它主要取决于声音基频谐波的成分。汽车音响在对音频信号进行高保真放大时必须尽量保持原节目的音色，不过有时为了听音的需要，也可以适当地对音色进行调节。例如，在收听音乐节目时，适当提升低音可使声音更加丰满、浑厚。

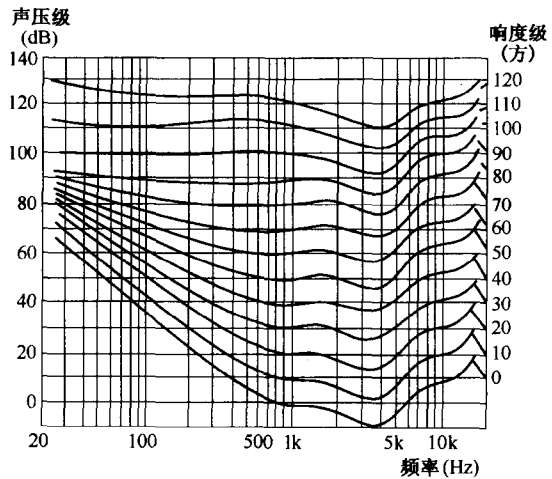


图 1-5 人耳的等响度曲线

二、人耳的听觉特性

人耳的听觉特性有多项内容，现主要就以下三点特性进行简要说明。

1. 听觉范围与等响度曲线

人耳对声音的听觉范围一般在 20~20 000Hz，对声音大小的主观感觉不仅与声压级（声音的客观大小）有关，还与声音频率有关，见以上等响度曲线所示。并且，随着年龄的增长，人耳对高音的听觉灵敏度逐渐下降，步入中年以后，一般可降至 15 000Hz 以下。

2. 掩蔽效应

在听音环境中，如果有大小两个声音同时存在，人耳只能听清较大的声音，而听不清较小的声音，这就是声音的掩蔽效应。降噪电路就是根据人耳的这一效应而设计的。

3. 双耳效应与立体声

由于人的双耳在头部的两侧，所以声源从相同地点达到两耳的距离不同，双耳会感觉到声音在时间、强度上的差异，所以人耳能判断声源的位置。这种具有空间方位感的声音即称为立体声，它包括声音的距离、方位、是否移动等。日常生活中我们听到的自然声都是立体声。

立体声放音系统就是根据人的双耳效应重放立体声节目的。但是，音响设备的“立体声”是从双声道放音系统中播放出来的，严格来说，这并不算是完全的立体声，只能是一种近似的立体声。

第二章 元器件与基本电路

修理汽车音响，必须对音响元器件有所认识，并学会如何测量和判断其性能好坏和进行简单修理，本章先介绍常见元器件及其基本电路。

第一节 电 阻 器

一、电阻器的作用与分类

电阻器是音响电路中最常用的元器件，它对交、直流都有阻碍作用，在电路中常用来控制电压和电流的大小 如控制各级晶体管的工作电流、电压 调节音量、音调等。电阻量的单位是欧姆 用 Ω 表示 阻值较大的用千欧 $k\Omega$ 或兆欧 $M\Omega$ 表示 $1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$ 。

电阻器可分为固定电阻、可变电阻、半可变电阻、热敏电阻和保险电阻等。

1. 固定电阻

固定电阻的外形及符号见图 2-1，在电路图中的文字符号用 R 表示 其阻值固定不变。

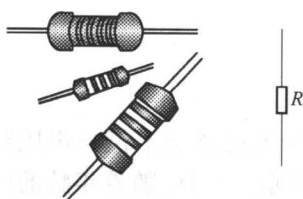


图 2-1 固定电阻的外形及符号

2. 可变电阻

可变电阻的外形及符号见图 2-2 在电路图中的文字符号

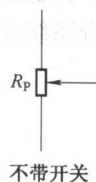
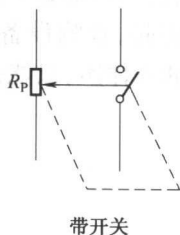
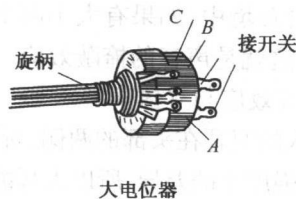
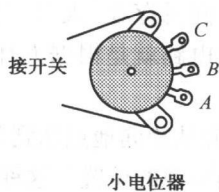


图 2-2 可变电阻的外形及符号

用 R_p 表示 主要是用作车用音响的音量、音调电位器 (即音量、音调旋钮) 从材质来讲 使用最多的是炭膜电位器 图中 $A、C$ 是炭膜间的总阻值, B 为旋转轴的滑动触点, 为可变化阻值。图中电位器通过虚线与一个开关相连, 表示此电位器和开关是一体, 在车用音响中常用带开关的音量电位器, 虚线表示两者连动。电位器在旋转时, 其相应的阻值变化可分为 3 种形式: 直线式 (X 型) 指数式 (Z 型) 和对数式 (D 型), Z 型常用来作音量电位器, X 型用来作音调电位器。

3. 半可变电阻

半可变电阻又称微调电阻, 其外形及符号见图 2-3 在电路图中的文字符号用 R 表示, 主要用于阻值不需要经常变动, 但在电路调试时需改变其阻值的电路中, 如在立体声解码电路中用来调整立体声分离度。

4. 热敏电阻

热敏电阻的外形及符号见图 2-4 它的阻值随环境温度的改变而变化 它常用来作温度传感器或晶体管的补偿电阻, 使晶体管工作稳定, 在电路图中的文字符号用 R_T 表示。根据其阻值随温度的变化规律又可以分为两大类型:

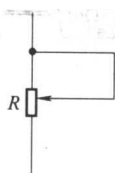


图 2-3 半可变电阻的外形及符号

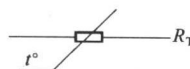


图 2-4 热敏电阻的外形及符号

NTC 热敏电阻: 也称负温度系数热敏电阻, 其阻值随温度的升高而减小。用于晶体管偏置温度补偿、自动温度控制等。

PTC 热敏电阻: 也称正温度系数热敏电阻, 其阻值随温度的升高而增大。用于电机启动、彩电消磁 自动熔断丝等电路。

热敏电阻上标志的阻值一般是在 25°C 的条件下用专门仪器测得的。

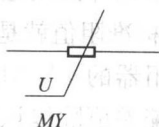
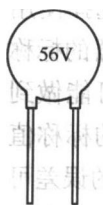


图 2-5 压敏电阻的外形及符号

5. 压敏电阻

压敏电阻是一种电压敏感元件, 当其外加电压增加到某一临界值时 (标称电压) 阻值急剧减小。它是利用半导体材料具有非线性伏安特性原理制做的, 因此是非线性电阻器。在电子产品中用于防止瞬时过压, 如在汽车音响用天线输入电路中的防雷击压敏电阻等。在电路中, 压敏电阻的文字符号为 MY 其外形及符号见图 2-5。

6. 保险电阻

保险电阻是具有电阻和熔断丝双重功能的电阻器，又称熔断电阻。在正常情况下使用时，它具有普通电阻器的电气特性；一旦电路中发生故障，流过它的电流过大时，电阻器温度迅速升高，500℃时，保险电阻就会在规定的时间内熔断，从而起到保护其他贵重元件的作用。

保险电阻的额定功率有 0.25~20W 等规格，阻值可做到 0.22Ω~5.1kΩ。保险电阻的外形及符号见图 2-6。我国新标准规定使用图中第一种画法。

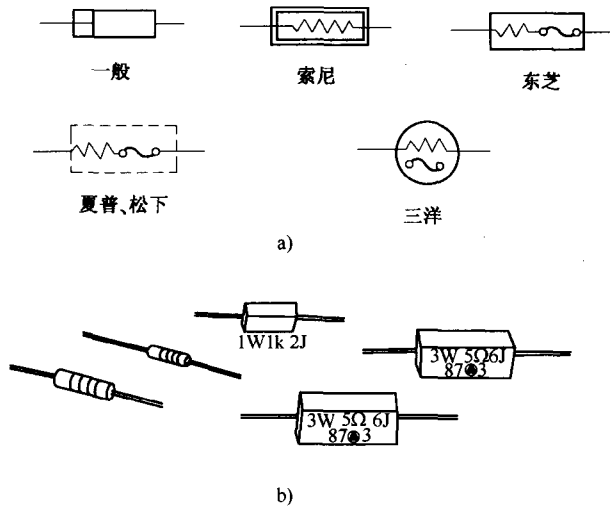


图 2-6 保险电阻的外形及符号

a) 符号, b) 外形

二、电阻器的标称阻值与误差

1. 电阻器的标称阻值

使用或更换电阻器，首先要知道它电阻值是多少。为了满足不同的需要，生产出各种不同阻值的电阻器。但是，绝对不可能也没有必要需要多大阻值就生产多大阻值的成品电阻。

为了使电阻器的生产标准化，同时也让使用者能在一定的允许误差范围内选择使用电阻器，国家规定出一系列的阻值作为产品的标准，这一系列的标准阻值就是电阻器的标称阻值。电路图中标示的电阻值一般都是标称电阻值。另外，电阻器的实际阻值不可能做到和它的标称阻值完全相同，两者间总存在一些偏差。最大允许偏差值除以该电阻的标称值所得的百分数就叫做电阻的误差。对于误差，我国也规定出了一个系列，普通电阻的误差可分为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 三种，误差低于 $\pm 2\%$ 的电阻器称为精密电阻器。比如一只电阻器上标有“47kII”我们就知道它的标称阻值是 47kΩ，最大误差不超过 $\pm 10\%$ 。我国普通电阻标称阻值系列见表 2-1。

普通电阻标称阻值系列

表 2-1

| 误差 ± 5% | 误差 ± 10% | 误差 ± 20% | 误差 ± 5% | 误差 ± 10% | 误差 ± 20% |
|---------|----------|----------|---------|----------|----------|
| 1.0 | 1.0 | 1.0 | 3.3 | 3.3 | 3.3 |
| 1.1 | | | 3.6 | | |
| 1.2 | 1.2 | | 3.9 | 3.9 | |
| 1.3 | | | 4.3 | | |
| 1.5 | 1.5 | 1.5 | 4.7 | 4.7 | 4.7 |
| 1.6 | | | 5.1 | | |
| 1.8 | 1.8 | | 5.6 | 5.6 | |
| 2.0 | | | 6.2 | | |
| 2.2 | 2.2 | 2.2 | 6.8 | 6.8 | 6.8 |
| 2.4 | | | 7.5 | | |
| 2.7 | 2.7 | | 8.2 | 8.2 | |
| 3.0 | | | 9.1 | | |

表中所列数值可乘以 1、10、100……1 000 000，即可得到不同误差系列的电阻。比如，对于误差 ± 5% 的电阻可以用 1.0、1.1、1.2……9.1 乘以上述倍数。如果阻值系列里没有我们所需要的阻值，可以从邻近系列值中选择。如我们需要 29Ω 的电阻，我们可以购买到 30Ω 的成品电阻，它的误差为 $(30 - 29)/30 = 3.33\%$ 仍在规定允许误差 5% 之内。

2. 电阻值及误差的标注

电阻值一般都标在电阻器上，一种是直接用数字标注如 5Ω 表示 5.2Ω ， $6k8$ 表示 $6.8 k\Omega$ ， $2M3$ 表示 $2.3 M\Omega$ ；另一种采用较多的是用色环来表示见图 2-7 靠近电阻一端的是第一色环 其余依次是第二、三、四色环。第一色环表示阻值第一位数字 第二色环表示第二位数字 第三色环是倍乘数，即表示有效数字末尾加几个“0” 第四色环表示阻值的误差 见下表 2-2。

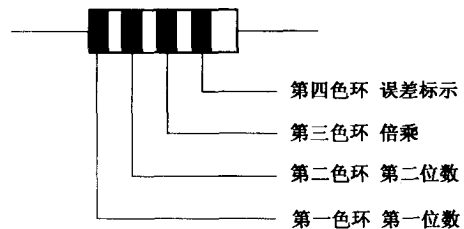


图 2-7 电阻值色环标志

电阻器色环标志的意义

表 2-2

| 色别 | 第一色环 | 第二色环 | 第三色环 | 第四色环 |
|----|------|------|--------|------|
| 棕 | 1 | 1 | 10 | — |
| 红 | 2 | 2 | 10^2 | — |
| 橙 | 3 | 3 | 10^3 | — |

续上表

| 色别 | 第一色环 | 第二色环 | 第三色环 | 第四色环 |
|----|------|------|--------|------------|
| 黄 | 4 | 4 | 10^4 | — |
| 绿 | 5 | 5 | 10^5 | — |
| 蓝 | 6 | 6 | 10^6 | — |
| 紫 | 7 | 7 | 10^7 | — |
| 灰 | 8 | 8 | 10^8 | — |
| 白 | 9 | 9 | 10^9 | — |
| 黑 | 0 | 0 | 1 | — |
| 金 | — | — | 0.1 | $\pm 5\%$ |
| 银 | — | — | 0.01 | $\pm 10\%$ |
| 无 | — | — | — | $\pm 20\%$ |

例如某电阻器有 4 个色环 依次是红、紫、黄、银 则此电阻器的阻值就是 $270\ 000\Omega$ 误差为 $\pm 10\%$ (即 $270\text{k}\Omega \pm 10\%$)

精密电阻器有五道色环，其前三位是有效数字，第四位是倍乘数，第五位是误差环，其颜色代表的误差值分别是 棕色 = $\pm 10\%$ 红色 = $\pm 2\%$ 绿色 = $\pm 0.5\%$ 蓝色 = $\pm 0.25\%$ 紫色 = $\pm 0.1\%$ 。

修理汽车音响时，时常遇到电阻器断路性损坏的故障，如果手头有电路图，可以查出其标称阻值，如果没有电路图，就要通过电阻器上的色环标志来判断其阻值的大小。因汽车音响中大量使用 $1/8\text{W}$ 的小体积电阻 两边的色环都在最边上 确认哪是第一环是初学者都会遇到的问题。由上面的讲述已知道，四环电阻的前三环表示阻值，第四环表示误差。现在市场上出售的电阻误差主要是 $\pm 5\%$ 和 $\pm 10\%$ 没有误差环的电阻已很少见 所以我们只要先找到金色 误差 $\pm 5\%$ 或银色 误差 $\pm 10\%$ 的第四环 误差环)依次向前推算 就是第三环、第二环和第一环。

三、电阻器的功率

电阻器正常工作不致于烧坏的功率为额定功率，电阻器工作时实际消耗的功率是消耗功率 它常常只有额定功率的 $1/2$ 或稍大一点。电阻器的额定功率也已系列化，标称值通常有 $1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 3, 5, 10\text{W}$ 等，电路图中对电阻器功率要求标识见图 2-8。当电阻器损坏需更换时 除阻值应相同外 还应注意功率要求 可根据电阻器的体积大小来粗略判断，一般体积大的电阻器功率也大。如果功率不够，可以用两个电阻并联后使用，但要注意并联后实际的阻值与原阻值相同。

在正规的电路图中，如果电阻器无功率标识，表示是功率要求较小的电阻器，一般选用 $1/8\text{W}$ 的电阻器即可。在电路图中，有时为了节省位置而省略了一些单位符号，识别方

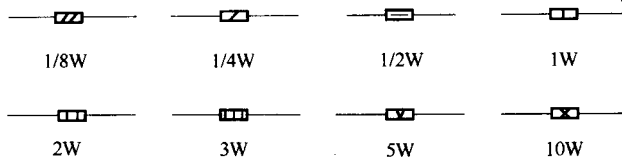


图 2-8 电阻器功率标志

法是：

阻值在 $1\sim 999\Omega$ 范围时 单位“ Ω ”省略 仅标数字。如标为“R2/330”表示 R2 为 330Ω 。

阻值在 $1k\Omega\sim 1M\Omega$ 时，一般用“k”表示单位。如标为“R2/5k6”表示 R2 为 $5.6k\Omega$ 。

阻值在 $1M\Omega$ 以上时 单位省略 在所标数字后面加小数点和 0 表示兆欧。如标为“R2/2.0”表示 R2 为 $2M\Omega$ 。

四、电阻器故障的检测、修理与更换

1. 固定电阻

固定电阻的损坏不外乎 3 种情况：一是断路 测量阻值为无穷大 二是短路 阻值变为零 三是变值 实际阻值与标称值不符 可以用万用表电阻档检查测量出来 这 3 种情况都需要更换新件。

2. 电位器与半可变电阻

电位器的测量可分两步：一是测量总的电阻值，看是否和电位器的标称阻相符。二是检测滑动臂与电阻片的接触是否良好。测量时宜用指针式万用表，先将一个表笔固定于中间滑动臂端子 另一表笔接两端的任一端子 慢慢转动轴柄 万用表指针应均匀摆动 如果表针跳动或突然摆到无穷大，说明此电位器接触不良。当电位器轴柄转到头时，万用表指示值应是总电阻值或为零，否则表明电位器已损坏。

对于非维修站而言，汽车音响的电位器和微调电阻常常不易购到，掌握一些检修技能是必要的。半可变电阻的故障常常是因接触不良使有效阻值变化，这是因为其金属部分长期暴露在外，易发生氧化造成，可以用酒精清洗后再用小改锥来回多转几下，然后用小尖嘴钳将动片与定片轻轻捏一下，如果万用表检测还是不能恢复，说明已彻底损坏，可以先用一个电位器代替进行调整，通过调整使收音机正常后，再用阻值相同的固定电阻代替。电位器使用日久后 调节音量时可能出现以下故障现象 喇叭里产生“喀嚓、喀嚓”的噪声 声音时大时小；在电位器的某一个位置有一个喇叭不响的故障。这是由于电位器中的炭膜有炭粒、尘土等杂质或磨损过度、接触不良引起的 磨损严重的在电位器的炭膜上有凹痕 并附着灰尘、炭粒等。对于轻微磨损，可用无水酒精滴入电位器，然后左右转动几次电位器，以清除其内的灰尘、炭粒 等酒精晾干后 故障即可排除。对于严重磨损的电位器需将其解体 用酒精棉擦除炭膜上的脏物，然后清洁擦亮电位器的动片触点，必要时用镊子把滑动臂的角度弯大一点，按顺序装复后故障即可排除。注意解体修理时各组滑变电阻和开关的装配顺序，滑动臂位置也要记好，装配不当可能造成滑动臂碰限位销而损坏，使电位器报废，这是初学者易犯

的毛病。另外，电位器的轴与轴套之间接触不良、磨损相碰也会产生噪声，解体后组装时在轴上涂少许润滑脂即可。

3. 热敏电阻

检测热敏电阻时，可用万用表欧姆档测量其在室温下的电阻值，看是否接近标称阻值。然后用烧热的电烙铁烘烤热敏电阻外表，看所测电阻值是否变化。如果有明显变化，说明此热敏电阻是好的。

4. 压敏电阻

压敏电阻的好坏，用普通万用表是测不出来的，这是因为压敏电阻的标称电压都比万用表内的电池电压高，所以用万用表欧姆档测量时，一般都是无穷大。如果测得阻值接近于 0 说明压敏电阻已短路损坏，不能再用了。但对于断路性失效的压敏电阻，万用表就测不出来了。

测量压敏电阻好坏时，可按图 2-9 所示电路 现以标称电压为 56V 的压敏电阻为例。图中 GB 是可调直流电源 调节电源电压 刚开始时电流表无指示 当增加至标称电压时 电流表指示显著增加，说明此压敏电阻是好的。

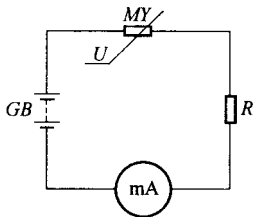


图 2-9 压敏电阻测量电路

5. 保险电阻

保险电阻的损坏常常是过流烧断，其外观颜色会有所变化，用万用表很容易测量出来。但是，更换前应检查后级电路是否有短路性故障，确认无误后方可更换。如果一时买不到原规格的保险电阻，可用以下方法替代。

(1)用电阻和熔断丝串联起来代用：电阻的阻值和功率与保险电阻相同，熔断丝的电流可按 $P = I^2 R$ 计算出。如 $2W/8.2\Omega$ 的保险电阻，算出的熔断丝额定电流约 0.5A。

(2)用熔断丝代用：一些阻值较小的保险电阻损坏后，可直接用熔断丝代替，熔断丝的额定电流可按上述方法计算出来。

(3)用电阻代用：直接用相同阻值和功率的普通电阻代替。

以上 3 种方法第一种最好，第三种方法只能作为临时应急，要慎用。

第二节 电 容 器

一、电容器的作用与分类

电容器也是汽车音响最基本元件之一，它具有通交流、隔直流的特性，主要用来隔直流、耦合、旁路、滤波、谐振等。电容器的结构原理非常简单，两个互相靠近的导体中间夹一层不导电的绝缘介质就组成了电容器。由电容器的结构可知，其两个电极是绝缘的，直流电不能通过，但是它能充、放电。给电容器的两端加上电压，电容器就开始充电，当电容器上建立的电压与外电压相等时，充电停止；当电容器上的电压高于外电路电压时，电容器就放电，直到

与外电路的电压相等，这就是电容器的充、放电现象。给电容器加以交流电，因交流电的大小和方向是周期性变化的，电容器本身必然交替进行充电和放电，电路中就有往返的充、放电交流电流通过，这就是电容器的通交流特性。此时，电容器相当于一个特殊的电阻，我们称之为“容抗”用字母 X_C 表示，

$X_C = 1/(2\pi fC)$ ， f 是信号频率，由此可见，容抗的大小与电容量和交流电的频率有关。电容量越大 交流电频率越高 容抗就越小 反之 容抗增大。

按绝缘介质来分，有空气介质、有机介质、无机介质和电解质电容器。有机介质又可分为纸介、金属化纸介、高分子合成薄膜介质 如聚苯乙烯电容器、涤纶电容器 等。无机介质电容主要有瓷介电容、云母电容器等。电解电容器又可分为铝电解电容、钽电解电容器等。按应用电路来分，电容器可分为高频电容和低频电容。按结构来分，有固定电容、可变电容和半可变电容等。

1. 固定电容器

汽车音响中采用的小型固定电容器的外形及符号见图 2-10 在电路中的文字符号用 C 表示。表 2-3 是不同介质小型固定电容的特点及适用场合。

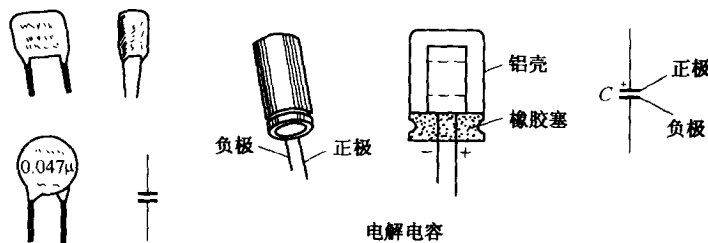


图 2-10 小型固定电容器的外形及符号

小型固定电容器的特点及适用电路

表 2-3

| 介质类型 | 特 点 | 适用 电路 |
|--------|---------------------------------|--------------------|
| 纸介质 | 体积较大,漏电流大,损耗大 | 低频耦合电路 |
| 金属化纸介质 | 体积小,容量大 | 高、中频交流旁路、耦合、隔直 |
| 独石电容 | 由瓷叠片切割而成,介质损耗小,容量误差大,Q值高,工作电压不高 | 信号旁路、耦合,有源滤波 |
| 陶瓷介质 | 体积小,性能稳定,漏电小,容量小 | 高频旁路、耦合 |
| 云母介质 | 耐高温、高压,性能稳定,体积小,漏电小,容量也小 | 高频旁路、耦合 |
| 聚苯乙烯介质 | 精密度高,性能稳定 | 高频电路,谐振回路 |
| 涤纶介质 | 介电常数高,体积小,容量大 | 高频旁路 |
| 钽电解电容 | 容量大,介质损耗小,漏电小,性能比铝电解好,耐压不高,售价高 | 用于时间常数电路和低频电路 |
| 铝电解电容 | 容量大,漏电大,误差大,耐高温性差,一般有极性 | 低频耦合、去耦、旁路、隔直、电源滤波 |