

一、音响基础知识及维修方法与技巧

1. 声波是怎样传输的？

自然界有着各种各样的声音，有的声音被人们所利用，比如，人类通过讲话产生的语言声音进行思想的交流、情感的表达；通过演奏一些乐器产生音乐的声音，给人以美的享受……。

一些音乐爱好者或一些具有一定音响知识的音响发烧友，也许认为在一些音乐演奏或播放现场所能够听到的动人的音乐，其效果的优劣主要与演奏者的演奏水平或音响器材的品质有较大的关系，而往往认为与演奏或重放现场的听音环境音乐的效果关系不大，实际上这是一个较为普遍的误区，各种演奏或重放现场的声学方面的设计的优劣是实现各种艺术完美表现的先决条件。早在 1900 年，W.C.Sabine 就提出了有关听音环境内“混响时间”的学说。下面将一些声学方面的基础知识作一简要介绍。

(1) 声波的产生及其频率、波长和声速

人们在日常生活中所听到的声音各种各样，但其本质都是一样的，它们都依靠机械振动或气流振动引起周围传播媒质（气体、液体、固体等）发生波动的现象，通常将产生声音的发声体称之为声源。

当声源体产生振动时，引起与之垂直方向相邻近的空气的振动，从而使这一部分空气的密度变密，当声源体向相反方向振动时，这一部分空气就相应地变为稀疏。这样空气就随着声源体振动幅度的不同，而产生密或稀的振动，空气的这种振动被称为声波。当声波传到人的耳朵中，人们通过听觉神经就可以听到各种各样的声音了。

一般将传播声波的空间称之为声场，声源体在声场中每秒钟振动的次数被称之为频率，用符号“ f ”表示，其单位是赫兹（Hz）。当声源体每秒钟振动一次时，即为 1Hz。声源体每秒钟振动的次数越多，即频率越高，人耳所感觉到的声音的音调则越高。反之，当声源体每秒钟振动的次数越低，则人耳所感觉到的声音的音调则越低。人们在欣赏迪士科音乐时，经常会体会到有一种震撼人心的感觉，这就说明在迪士科音乐声中包含有大量的频率较低的声波。

由于人的耳朵的听觉神经对于声源体振动的频率的敏感程度有一定的局限性，因此并不是所有频率的声音人耳都能听见。一般声源体振动的频率为 20Hz~20kHz 范围内时，人的耳朵才能对声音产生感觉，故通常将频率为 20Hz~20kHz 的声波叫做可闻声。

另外，人们为了便于区别，一般将可闻声分为四个频段，即低频段（30~150Hz）；中低频段（150~500Hz）；中高频段（500~5000Hz）；高频段（5000~20000Hz）。

声波每秒钟传播的距离被称之为声音传播的速度，即声速，一般用符号 c 表示，单位为米/秒（m/s）。

声音在不同的介质中及状态下其传播的速度也有所不同，它与声音的强弱和频率无关。声音在固体中传播的速度最快，其次分别为液体和气体，当环境温度升高时，声速也会增加。例如：在标准大气压下，环境为 0 的空气中，声音传播的速度为 331.6m/s，但当空

气温度每增加 1°C ，声速将增加 0.607m/s ，其表达式为：

$$c = 331.6\text{m/s} + 0.6\text{m}/(\text{s}\cdot^{\circ}\text{C})t$$

式中， c 为声速； t 为摄氏温度。

当声源体产生振动时而引起空气的振动，每完成一次往复振动所经过的距离被称为波长，用符号“ λ ”表示，单位为米（ m ）。声波的波长主要与声音的声速和频率有关，其频率越高，则波长越短；频率越低，则波长越长，其关系式为：

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

式中， f 为声波的频率，单位为赫兹（ Hz ）。

(2) 声波的声压、声压级和响度、响度级

当某一环境的空气中没有声波存在时，其各处的大气压是一样的，而当声波产生后，声波使空气产生周期性的疏密变化，空气密集处压强较大，空气稀疏处则压强较小，这种由声波而引起的空气压强的变化被称之为声压，用符号 p 表示，单位是帕（ Pa ）。

当某一环境中的声压越大，说明空气的压缩量越大，从而对人类的耳膜产生的压力也越大，人们听到的声音则越响。因此，声压大小反映了声波的强弱，即决定了声音的大小。由于声波是无规则疏密变化的，所以声压没有方向性，只有大小的变化，一般只用一段时间内的有效声压来表示声压的大小。当声波呈周期性变化时，通常取在该周期内声压的均方根值（最大值除以根号 2）表示，被称为有效声压，一般常用的声压值均指有效声压。

在声学工程中，经常用到一个单位——分贝（ dB ），用它来表示声音的强弱。人的耳朵能够听到的声音声压的范围很广，从最低声压的可听觉值到最高声压的痛阈值之间相差 106 倍。用声压的大小来衡量声音的强弱是十分不方便的，所以用声压相对的大小来表示声压的强弱，称之为声压级（ L_p ），其单位是分贝（ dB ）。

声压级的定义是将实际声压 p 和基准声压 p_0 的比值取对数再乘以 20，其表达式如下：

$$L_p = 20\lg \frac{p}{p_0}$$

式中的基准声压为 $2 \times 10^{-5}\text{Pa}$ ，即为人耳的可听觉值，国际上统一将这一数值规定为 0dB ，用它来衡量声压的大小。

从上式可以看出，声压级每变化几分贝，声压则呈成倍地变化。例如：人们的呼吸声其声压级为 10dB ，则声压为 0.0002Pa ；人们轻声说话时的声压级为 30dB ，则声压为 0.002Pa ；当人们相距 1m 对话时，其声压能为 70dB ，则声压为 0.2Pa ；当人们聆听低音鼓时，其声压级为 130dB ，则声压为 200Pa 。

由于声压级的分贝数值是以对数值表示的，需要注意的是，当某一厅堂中出现多个声源时，在计算总的声压级时就不能将几个声压级作简单相加了，而应用对数的计算方法来得出。

所谓响度是人们用来描述声音大小的主观感觉的一个量，它与声压级有所不同，通常响度越大，声音则越响，而声压级越大，其响度不一定会成比例地增大。因此不可用声压级来衡量声音的大小。

人的耳朵是一个非常精密和复杂的器官，它对各种声音的感觉是十分敏感的，图 1 为国际标准组织推荐的（ISOR226）人耳的等响度曲线，它是将人们在测听室中每一次接收自由

声场的纯音信号后，再用仪器测量该点声压，用这种方法得到自由声场的响度曲线，图中的每一条曲线各点所代表的声音对人的耳朵听起来其响度都是一样的，故称之为等响度曲线。

为了便于区别，图中以 1000Hz 垂直线与等响曲线相交点的声压级为各等响曲线的级别，称响度级，单位是“方”(PHONO) 其意义为任何一条曲线上的响度级等于 1000Hz 时同样响的声音的声压级。

人们在日常欣赏音乐时都有这样一个感觉，即当音量开得较大时感觉到低频较为丰富，而当音量开得较小时，会较明显地感觉到低音失去较多，因此在有的音响器材中加上了低音补偿电路，以提高较低音量时的重放低音。从图中就可以看出，人们的耳朵对于不同频率

的声音的灵敏度是不一样的。在较低的声压时，同样大的声压级的变化，人们的耳朵对低频及高频的敏感度都要降低，尤其对低频显得更为明显。当在较高的声压时，曲线较为平坦，声压级相同的各个频率之间的声音的响度基本一样，与频率的关系不大。因此在较低音量重放时，人耳就会感到低音不足了。

从图 1 中可以看出，在 80dB 以上的等响度曲线相对来说是较为平坦的，说明高、低频的响度基本上是差不多的，重放声中的各个频段的频率给欣赏者的主观听感有一个较为平衡的感觉。而低于 60dB 的等响度曲线起伏较大，则说明高、低频的变化较大，即某些频率的声音响度较高，而某些频率的声音则响度较低，从而使重放声中频率响应没有一个较为平坦、完整的平衡，会使欣赏者主观感觉高音发刺，低音无力。这就需要通过一些技术手段来提升声压级的分贝值，使重放声中的高、低音趋于一个相对的平衡。

(3) 声波的反射、绕射、干涉及混响

声波在传播过程中，碰到不同的介质时，会产生反射、折射及绕射。声音在传播过程中，碰到物体后，其传播的速度将发生改变，其中一部分声波经过物体反射后形成反射波，按照几何声学原理，声波的反射一般有以下的一些规律：

- 声波在传播过程中如果在同一个传播介质内，其运动的方向是按直线前进。
- 当两个声源的声线相交后，各自仍按原来的方向前进。
- 当反射物体的反射面比声波的波长大多得多时，声波的运动方向按入射角等于反射角的方向前进。

当有两个声源的声波所发出的频率、相位相同，且相互叠加时，在某些重叠区声音会增强，而在某些重叠区则声音会相互抵消而减弱，这种现象被称为声波的干涉。

当声波在室内经过墙壁等物体多次反射后，声波的能量将逐渐减弱直至消失，这是一个较短的时间过程。如果将正在发声的声源突然停止，室内的声压并不是立即为零，而是由通过物体反射后产生的各个方向的声波进行碰撞，相互抵消并逐渐减弱。这一过程现象被称之为“混响”。

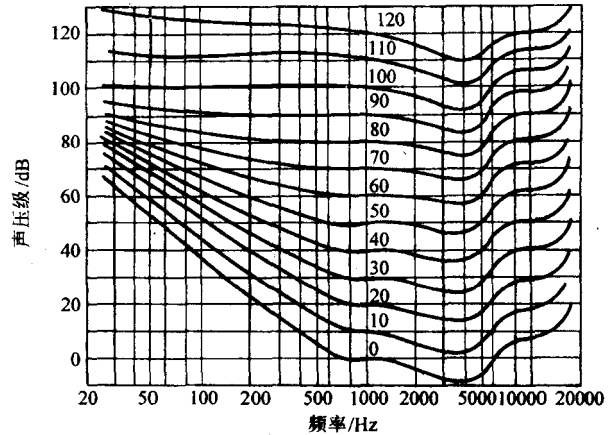


图 1 人耳的等响度曲线

由于各种听音环境的几何尺寸不同，声波厅堂内运动所经过的路程不同，另外由于各种墙壁所使用的材料对声波的吸收效果不同，当声波每碰到一次墙壁就会产生一次反射，其各个声波反射的能量随着墙壁材料不同而产生不同的声波反射，当这些反射声相继前后到达听众的耳朵中时就会感觉到声音变得混浊而含糊不清了。

早在 1900 年，物理学家赛宾（W.C.Sabine）就提出了“混响理论”，并得出了著名的混响时间 T_{60} 公式（赛宾公式）：

$$T_{60} = \frac{0.161V}{A}$$

式中， T_{60} 为闭室混响时间，它是指室内的某一频率的声音达到稳定后，使声源停止发声，其平均声级从发声起的原始值衰减 60dB 所需要的时间，单位为秒（s）； V 为闭室的容积；0.161 为与空气温度相关的一个常量，常温下为 0.161s/m； A 为室内总的吸声量， $A = \alpha S$ ， α 为室内墙壁、顶棚及地面材料的平均吸声系数，即当声波入反射界面时，被吸收的声能与入射声能的之比； S 为室内表面的总面积。

自赛宾之后，1929 年声学家伊林又提出了对赛宾公式的修正公式，即“伊林公式”：

$$T = \frac{KV}{-\sin(1 + \alpha) + 4mV}S$$

式中， V 、 S 、 α 与赛宾公式相同； $4mV$ 为空气中的吸声系数； $K \approx 0.161s/m$ 。

从以上的两个公式中可以看出其意义是基本相同的，即混响时间长短与声源无关，它是表示了听音环境声音反射特性的一个量，它与听音环境的容积及墙壁、顶棚及地面的吸声量有关。

2. 人类主要有哪些听觉特性？

人类的听觉系统是一个十分复杂而又主观的器官。通过研究表明，人类的耳朵可以听见声频范围 20Hz~20kHz 内的声音，但由于各个人的年龄及听音习惯等因素的差别，对 20Hz~20kHz 内的声音每一个人的敏感度是不同的。例如：一般人对高频的声音的感知度最高为 12kHz 左右，而专业调音师则可达 16kHz 左右。但是尽管各个人对不同频率声音的反映不同，人类的听觉系统具有一些相同的共性的东西，也就是声学学科中经常用到的人耳的各种效应，人们正是利用了这些人耳效应制造或营造了某些声音的播放器材或演奏的现场。

(1) 人耳的掩蔽效应

人耳的掩蔽效应是一个十分复杂的生理和心理现象，它又称鸡尾酒效应，即在举办鸡尾酒会时，在人声嘈杂的人群中，如果两人之间进行相互交谈时，尽管周围的各种噪声很响，但两人耳朵中听到的主要的声音是对方的讲话声，而周围的各种噪声则被掩蔽掉了，这种人耳的掩蔽效应是由于人们的心理因素而产生。

当在室内出现两个声源时，其中一个声源的声压级较小而另一个声源的声压级较大，人们的耳朵会听见声压级较大的一个声源的声音，而会忽视另一个声压级较小的声源的声音。这就是由于人们的生理因素而产生，由声压级较大的声源的声音将声压给较小的声源的声音掩蔽掉了。

通过大量的实践发现，人耳的掩蔽效应与诸多因素有关，如两个声源之间的声压差；两个声源之间的频谱不同；两个声源之间声波反射的相对方向不同；两个声源之间不同的混响

时间等。总之，掩蔽效应的程度主要取决于两个声源之间的某些相关参数。

人耳的掩蔽效应在音响器材的制造及歌舞厅的设计中得到了较为广泛的应用。例如，目前较为流行的家庭影院系统中的 AC—3 技术，就是应用了人耳的掩蔽效应，通过多声道之间的重放将噪声掩蔽，从而使重放声更加清晰、逼真。在歌舞厅的设计中也可利用人耳的掩蔽效应来掩蔽一些不可避免的噪声。

(2) 人耳的哈斯效应

科学家哈斯在实验中发现，人的耳朵对延时后的音声的分辨能力是有一定的局限性的，即当两个内容相同的声音在同一时间以同样的强度到达人的耳朵时，人们不一定能够分辨出这两个声源的声音的先后到达的顺序的，这就是人耳的哈斯效应，又称延时效应。

当两个声源与人耳的距离相同，且声音的内容也相同，那么人的耳朵是不能辨别出两个声源的准确的位置，只能感觉到前方的声场的空间感较强。当两个声源中的一个声源延时 5~35ms 以内，人的耳朵只能感觉到那个没有延时的声源的声音的存在和方向，而感觉不到另一个声源的存在，就好像两个声源的声音合二为一。当两个声源中的一个声源延时时间大于 50ms，则人的耳朵能够感觉到两个声源的存在，方向由各声源所确定，经过延时的那个声源的声音为清晰的回声。当两个声源中的一个声源延时 30~50ms 时，人的耳朵也能够感觉到两个声源在存在，但方向仍由前面一个声源的方向所决定。

(3) 德·波埃效应

德·波埃的试验证明，当听音者地距离两个声源相等对称线上时，两个声源之间的声压差和时间差均为零，声像在对称线上，使听音者感觉好象只有一个声源。当某一个声源的声压加大时，声像会向声音较强的方向转移。当声压差大于 15dB 时，会使听音者感觉到声音是由较响的声源单独发出。当两个声源之间的声压差为零，而时间差变化时，也有声像的移动。当时间差大于 3ms 时，给听音者的感觉声像则由前导的声源决定。

(4) 多普勒效应

当声源与听音者之间作相对运动时，人耳会对某一个已确定的频率声音产生音调的变化。多普勒发现：当声源与听音者作较近距离的移动时，此时人的耳朵感觉所听到的声音频率比实际声源所发出声音的实际频率要高；当声源与听音者作较远的距离移动时，此时人的耳朵感觉所听到的声音频率比实际声源所发出声音的实际频率要低。

(5) 李开效应

李开的试验证明，当两个声源反相时，重放的声像可以产生超出两个声像以外的效果，甚至会在听音者的背后。

李开试验还证明，当适当控制两个声源（立体声）的强度、相位，就可以得到一个有较大的广度和深度的移动重放声场。

3. 何为高保真音响系统？它由哪几部分组成？

所谓“高保真”是英语 High-Fidelity 的直译，其含义是：与原来的声音高度相似的声音。在一些音响器材上经常可看到标有“Hi-Fi”的字样，实际上它就是 High-Fidelity 缩写，顾名思义高保真音响就是通过一些音响器材能够重放与重放软件中所录制的原声是高度相似的。

在一些音响杂志中经常也可以看到一些音响发烧友，对器材的重放声刻意追求“原汁原

味”，但在器材的实际重放过程中，由于器材的品质不一、重放的软件录制效果不同、听音环境的优劣，以及每一个人的听觉系统的差异等因素的存在，器材的重放声是不可能达到与软件录制的原声完全一样的，只能说是基本相似的。另外，器材的重放可以通过一些技术手段产生一些在录音现场无法产生的声音效果，所以高保真音响可以说是电子技术与音乐艺术相结合的产物。

高保真音响系统主要由音源器材（信号源）、信号放大系统及重放系统（音箱）组成。其基本组成如图 2 所示。

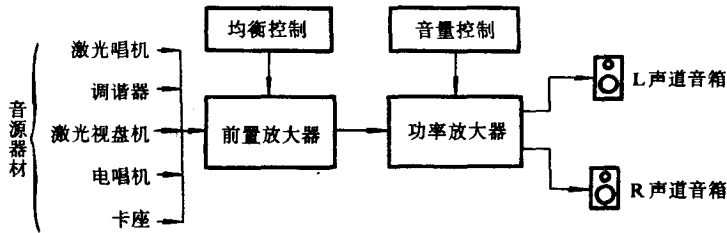


图 2 音响系统的基本组成

音源器材是指将音源软件中所录制或接收到的原声信号（磁信号或数字信号）转换为电信号的器材。音源器材主要包括激光唱机、调谐器、激光视盘机、卡座及电唱机等。

信号放大系统主要是将音源器材输入的较微弱信号进行放大后产生足够大的电流去推动扬声器进行声音的重放。音源信号在信号放大系统中被放大的同时，还需要进行整形、调整、均衡，然后输送至音箱系统，重放出完美的声音来。

音箱是一套音响器材的喉舌，音源软件最终的声音依靠音箱来表现，音响器材的重放声的优劣完全靠音箱去表达，因此音箱在音响器材中有着举足轻重的作用。

4. 高保真音响系统有哪些主要技术指标？

高保真音响的技术指标的优劣，反映了器材的设计、生产及元器件的选用等方面的一个综合水平，往往器材在某一方面存在缺陷，其部分技术就达不到设计要求或达不到有关标准，其重放声也就会出现一些缺陷。因此，高保真音响器材的整体技术指标的好坏，涉及到多方面的因素，而且音源信号从音源器材至音箱的整个流程中，如果其中某一个器材的技术指标较差，则会使整个系统的技术指标下降。

高保真音响系统的技术指标主要有频率响应、信噪比、动态范围、失真度、瞬态响应、立体声分离度、立体声平衡度等几项。

(1) 频率响应

所谓频率响应是指音响设备重放时的频率范围以及声波的幅度随频率的变化关系。一般检测此项指标以 1000Hz 的频率幅度为参考，并用对数以分贝（dB）为单位要表示其频率的幅度。

高保真音响系统频率响应的范围越宽，说明其重放的频率特性越好。

(2) 信噪比

所谓信噪比是指音响系统的对音源软件的重放声与整个系统所产生新的噪声的比值，其噪声主要有热噪声、交流噪声、机械噪声等。一般检测此项指标以重放信号的额定输出功率与无信号输入时的系统噪声输出功率的对数比值，其单位为分贝（dB）。

高保真音响系统的信噪比越大，说明噪声信号对重放声信号的干扰越小。

(3) 动态范围

动态范围是指音响系统重放时的最大不失真输出功率与静态时系统噪声输出功率之比的对数值，其单位为分贝（dB）。

(4) 失真

失真是指音响系统在对音源信号进行重放后，与原信号相比使原音源信号的某些部分（波形、频率等）发生了变化。音响系统的失真主要有以下几种：

1) 谐波失真：所谓谐波失真是指音响系统重放后的声音比原有信号源多出许多额外的谐波成分，此额外的谐波成分信号是信号源频率的倍频或分频，它由负反馈网络或放大器非线性特性引起。

2) 互调失真：互调失真也是一种非线性失真，它是两个以上的频率分量按一定比例混合，各个频率信号之间互相调制，通过放音设备后产生新增加的非线性信号，该信号包括各个信号之间的和及差的信号。

3) 瞬态失真：瞬态失真又称瞬态响应，它的产生主要是当较大的瞬态信号突然加到放大器时由于放大器的反应较慢，使信号产生失真。一般以输入方波信号通过放音设备后，观察放大器输出信号的包络波形是否与输入的方波波形相似来表达放大器对瞬态信号的跟随能力。

高保真音响系统的各种失真要求越小越好。

(5) 立体声分离度

立体声分离度表示了立体声音响系统中左、右两个声道之间的隔离度，它实际上反映了左、右两个声道相互串扰的程度。如果两个声道之间串扰较大，那么重放声音的立体感将减弱。

(6) 立体声平衡度

立体声平衡度表示立体放音系统中左、右声道的增益的差别，如果不平衡度过大，重放的立体声的声像定位将产生偏移。

国际电工委员会对高保真家用音响器材作出过一个 IEC581-6 的技术指标标准，要求高保真音响器材的技术指标不低于表中的标准。

高保真音响系统的技术指标分别见表 1~表 5。

表 1 调谐器与放大器组合的技术指标标准

指 标		标 准
选择性	200kHz	+ 7dB
	300kHz	- 7dB
	400kHz	- 20dB
杂散信号抑制		单信号中频抑制 ≥ 65 dB；单信号假响应抑制 ≥ 50 dB；单信号镜像抑制 ≥ 50 dB
调幅抑制比		≥ 35 dB
俘获比		≤ 3 dB
信噪比灵敏度（50dB 时）		≤ 50 dBf（等效电动势 $\leq 350\mu\text{V}/300\Omega$ ） 或 $\leq 175\mu\text{V}/75\Omega$

(续)

指 标		标 准
额定最小输入信号电平		$\leq 70\text{dBf}$ (等效电动势 $\leq 350\mu\text{V}/300\Omega$ 或 $\leq 175\mu\text{V}/75\Omega$)
信噪比	加权值	与前置放大器组合 $\geq 61\text{dB}$; 与综合放大器组合, 且额定功率时 $\geq 61\text{dB}$
	不计权值	与前置放大器组合 $\geq 54\text{dB}$; 与综合放大器组合, 且额定功率时 $\geq 54\text{dB}$
频率范围 (有效值)		80~630Hz ($\pm 2\text{dB}$), 40~80Hz, 6300~12500Hz ($\pm 3\text{dB}$)
总谐波失真		前置放大器 $\leq 0.5\%$; 综合放大器 $\leq 0.7\%$
左、右声道不平衡度		250~6300Hz 时 $\leq 4\text{dB}$
左、右声道分离度		250~6300Hz $\geq 27\text{dB}$; 6300~10000Hz $\geq 18\text{dB}$
副载频、导频和基波、谐波抑制		19kHz 时 $\geq 40\text{dB}$; 38kHz 时 $\geq 46\text{dB}$
射频频非线性假响应		$\geq 60\text{dB}$

表 2 高保真放大器的技术指标标准

指 标		标 准
额定输出功率		每一个通道 $\geq 10\text{W}$
频率范围 (有效值)		40~16000Hz ($\pm 1.5\text{dB}$)。具有负反馈网络与信号曲线偏离 $\pm 2\text{dB}$
串音衰减	左、右通道	1000Hz 时 $\geq 40\text{dB}$, 250~10000Hz 时 $\geq 30\text{dB}$
	两个输入端之间	1000Hz 时 $\geq 40\text{dB}$, 250~10000Hz 时 $\geq 40\text{dB}$
信噪比	加权信号	前置放大器 $\geq 63\text{dB}$, 功率放大器 $\geq 86\text{dB}$
	宽带信号	前置放大器 $\geq 58\text{dB}$, 功率放大器 $\geq 81\text{dB}$
左、右声道平衡控制		均可改变, $\geq 8\text{dB}$
增益调整		250~6300Hz 可降低 46dB, 偏差量 $\leq 4\text{dB}$
总谐波失真		前置放大器、功率放大器均 $\leq 0.5\%$

表 3 磁带录音机与放大器组合的技术指标标准

指 标		标 准
额定磁带转速平均误差 (额定电源电压 $\pm 10\%$)		$\leq \pm 1.5\%$
抖晃率(计权值)		$\leq \pm 0.2\%$
重放频率范围 (有效值)		250~6300Hz ($\pm 0.25\text{dB}$) 40~12500Hz ($+0.25\sim 4.5\text{dB}$)
信噪比	计权值	与前置放大器组合, 额定录音电平 $\geq 48\text{dB}$ 与综合放大器组合, 额定录音电平 $\geq 48\text{dB}$
	不计权值	与前置放大器组合, 额定录音电平 $\geq 58\text{dB}$ 与综合放大器组合, 额定录音电平 $\geq 58\text{dB}$
谐波失真		前置放大器 $\leq \pm 0.5\%$, 综合放大器 $\leq \pm 0.7\%$
左、右声道重放时不平衡度		$\leq 2\text{dB}$
磁迹间 隔离度	相邻相关磁迹间	1000Hz 时 $\geq 26\text{dB}$, 500~6300Hz 时 $\geq 20\text{dB}$
	相邻相无磁迹间	1000Hz 时 $\geq 60\text{dB}$, 500~6300Hz 时 $\geq 45\text{dB}$
达到额定带速时的起动时间		$\leq 1\text{s}$
消音比 (被消残留信号与信号比值)		1000Hz 时 $\geq 60\text{dB}$

表 4 电唱机与放大器组合的技术指标标准

指 标		标 准
额定转速平均偏差		$\pm 1.5\%$ (额定电压变化 $\pm 10\%$)
抖晃率(计权值)		$\leq 0.2\%$
基准信号转盘 噪声比	计权值	$\geq 55\text{dB}$
	不计权值	参考信号频率 315Hz 转速 3.83cm/s (有效值) $\geq 55\text{dB}$
频率范围(有效值)		63~8000Hz ($\pm 2\text{dB}$), 40~12500Hz ($+2\text{dB}$ 、 -3dB)
唱针压力(静态垂直)		$\leq 30\text{mN}$
唱针尖半径		球形: $(15+3)\mu\text{m}$, 非球形: 无标准
左、右声道不平衡度		1000Hz 时 $\leq 5\text{dB}$
左、右声道分离度		1000Hz 时 $\geq 20\text{dB}$, 315~6300Hz 时 $\geq 15\text{dB}$

(续)

指 标		标 准
信噪比	计权值	与前置放大器组合 $\geq 53\text{dB}$ ；与综合放大器组合， 在额定输出功率时 $\geq 53\text{dB}$
	不计权值	与前置放大器组合 $\geq 50\text{dB}$ ；与综合放大器组合， 在额定输出功率时 $\geq 50\text{dB}$
总谐波失真		前置放大器 $\leq 0.5\%$ ，综合放大器 $\leq 0.7\%$
基准信号交流信噪比		$\geq 50\text{dB}$
垂直循迹角		$20^\circ \pm 5^\circ$
额定输出电压		$0.7 \sim 2.0\text{mV}$

表 5 音箱与放大器的组合的技术指标标准

指 标		标 准
频率特性		$100 \sim 8000\text{Hz} (\pm 4\text{dB})$, $50 \sim 12500\text{Hz} (+4\text{dB}, -8\text{dB})$
幅频响应差		$\leq 2\text{dB}$ (250~8000Hz 之间每个倍频程平均值)
总谐波失真	25~1000Hz	$\leq 1\% \sim 2\%$
	1000~2000Hz	$\leq 1\% \sim 2\%$
	2000~6300Hz	$\leq 1\%$
	其他	超过允许值，峰宽 $\leq 10\text{ct}$ ，允许有小于 3 个的独立失真峰，不允许有大于 $1/30\text{ct}$ 的失真峰
声噪声		$\leq 30\text{dB}$
指向性频率响应		水平 $20^\circ \sim 30^\circ$ ，垂直 $5^\circ \sim 10^\circ$ ，频响曲线与轴向相差 $\leq 4\text{dB}$
功率		$\geq 10\text{W}$

注：计权值是指由于人们的听觉系统对器材重放声中的各频段的感觉不一样，对 $1000 \sim 5000\text{Hz}$ 在感觉上较为灵敏，在测量噪声信号时，就设置了一个与人的听觉特性相类似的滤波器，以对噪声的各种频率进行相应的加权，即计权。其检测的结果就是计权值，反之则为不计权值。

5. 检修音响设备需要掌握哪些原则？

音响设备由于涉及电子、机械及光学等技术，其内部结构及电路较为复杂，因而当其出现故障时，给维修带来了一定的困难。但是，尽管音响设备的故障五花八门，总是要通过一定的故障现象表现出来，修理人员只要掌握了一定的检修技术和技巧，问题是会迎刃而解的。

在对音响设备的故障进行检修时，一般需要掌握以下几个方面的原则。

(1) 了解故障现象

在接修故障机器时，应仔细询问使用者所使用的过程；在故障产生的过程中出现了哪些现象。对这些情况的了解有助于分析故障的部位。例如：在检修激光唱机不能够正常放音的故障时，同样是不能够正常放音的故障，其原因是多种多样的。如果是使用者已使用较长时间，且没有经过修理的激光唱机，或者使用者的听音环境灰尘较多，就有可能是由于激光唱机的激光头的表面由于灰尘的积垢较多，而使激光管激光束发射功率下降所致，只需清除激光头表面的积垢，故障现象即可排除。如果是由于经过修理（调整过激光头的发射功率），或用于营业的激光唱机，则故障的原因就有可能是由于激光唱机的激光头激光发现功率下降而出现不能够正常放音的故障，那么，就需要调整激光头的发射功率。如果不询问使用者的一些使用情况，盲目修理，那么对于前者的故障不去清除激光头上的灰尘，而是直接调整激光管的发射功率，尽管故障现象是消除了，但无疑会减少激光头的使用寿命。

另外，在修理音响设备故障时，切不可盲目行事，有一些故障现象是由于使用者使用不当，或不会使用而出现的一些人为故障。在询问使用者的使用情况后，还要冷静分析，否则会出现走弯路的现象，有时会将无故障的机器经修理后出现人为故障。笔者曾经处理过这样的一起人为制造的故障。笔者去一友人家，碰到一位修理人员在欲拆开一混响器的外壳，准备进行修理，笔者询问其故障原因，使用者反映在使用混响器进行演唱时，音箱中只有人声，而无音乐伴奏声，只要关闭混响器后，音箱中即有音乐声。

该音响系统的连接示意图如图 3 所示，VCD 机输出的音频信号首先输入至混响器，在混响器中与演唱者的人声混合，输送至功率放大器进行放大后，由音箱进行重放。如果从故障现象的表现来看，开启混响器后即无音乐伴奏声，关闭混响器即可正常放音，似乎音乐伴奏信号在经过混响器后，不能够传输至功率放大器。据使用者反映在前次关机前使用一切正常，机器并无不正常的现象出现，且人声的信号传输及放音正常，故确定是由于机器调整不当而产生的故障。观察混响器即发现该混响器是将人声与伴奏音乐的音量分开控制的，开大音乐伴奏音量电位器，音乐伴奏声立即出现，说明是由于使用者在前次使用后关机前，将音乐伴奏的音量电位器关死，从而导致了故障现象的产生。

(2) 修理故障先易后难

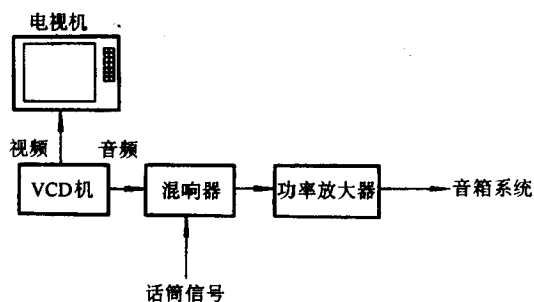


图 3 音响系统连接示意图

在检修音响设备时，应掌握先易后难的原则，即从引起故障现象产生的最直接的原因开始检查。如：在对功率放大器重放无声的故障检查时，可首先观察功率放大器的电源指示是否点亮，若没有被点亮，则应检查电源插座是否接触良好；电源开关是否正常；机器内部的熔丝是否熔断；是否有较明显的开路、短路等故障迹象，然后再进一步对功率放大电路进行检查。

对于一些具有机械系统的机器在检查时，应首先检查是否是由于机械故障而引起故障现象的出现。如：激光唱机不能够正常放音的故障，如前面所说，其故障原因是多种多样的，激光头被灰尘遮挡；激光头激光发射功率下降；激光拾音器不能够进行循迹及聚焦动作等均会出现该故障现象。而对其检查时，先检查是否是由于激光拾音器的齿轮送进机构出现卡死故障，而使激光拾音器不能够进行循迹及动作而导致故障的产生。

从对一些具有机械系统的音响设备的检查过程中发现，一般机械系统的故障要高于电路系统的故障，修理人员应注意这一点。

(3) 了解电路原理，掌握元件性能

了解电路原理，掌握元件性能是进行修理的基础。对于修理人员来说，在不了解电路原理的情况下对音响设备进行检修，就好比盲人摸象，要走许多的弯路，有时甚至会损坏器材。比如在检查激光唱机时，由于激光唱机均采用了大规模集成电路，其引脚很多，且采用了表面安装技术，若不了解其电路的原理，盲目对机器中的某一集成电路进行更换，有可能更换了新的集成电路后，故障现象并没有消除，而更换下的集成电路由于其引脚较细、较密，出现弯曲而无法再使用，从而造成浪费。

在修理过程中对元件性能的了解也十分重要，比如电容器大家都知道具有“隔直流，通交流”的特性，但在不同的电路中其作用也有所不同，在调谐电路可作选频用；在电源电路可作滤波用等。在对一些较新型的音响设备不了解其工作原理的情况下，通过对机器中元件性能的了解，如集成电路的各引脚的功能、作用的了解，可以分析出机器大致的信号流程及工作原理。

6. 检修音响设备故障有哪些检查方法？

检修音响设备除了掌握一定的原则，还要掌握一定的检修方法和技巧，这样才能使修理事半功倍，这里介绍几种较常用的检修方法。

(1) 试听检查法

音响设备出现故障后，均会从重放声中出现不正常的现象，因此，可将试听检查法作为检修音响设备的第一步，从而确定故障的大致范围。

在进行试听检查时，主要试听机器在重放过程中是否有重放无声、重放声音轻、重放有噪声、重放存在失真及重放音质变差等几个方面。

对于重放无声故障的检查，首先应注意试听音箱中是完全无声，还是有一定的噪声，然后分别将录音座、激光唱机、调谐器的信号分别送入功率放大器，如果仍然无声就说明无声故障出在功率放大器，通过这样的试听检查可以判断出无声故障在哪一个器材中。

在检查重放声音轻的故障时，应注意试听音轻是出于某一个声道，还是某一个信号源，或者是功率放大器，并且在试听时调节音量电位器，注意试听音量控制对音轻故障是否有影响，来进一步判断故障的范围。

当重放声中出现有噪声时，应注意噪声是出于某一个声道还是某一个器材；是高频噪声还是低频噪声；是电气噪声还是机械噪声。并且可以将音量电位器关至最小，如果是机芯内出现机械噪声说明是机器内部某些机械部件产生的噪声，如果仍有电气噪声，则说明是音量电位器以后的电路产生的噪声。

当重放声中出现失真现象时，须注意试听是什么样的失真，如果是抖晃失真，那么重放声会出现音调变化无规律及断续现象，此类故障一般在录音座或电唱机。如果在激光唱机播放时出现抖晃失真时，应注意检查激光唱机是否放置稳定，是否离音箱太近而产生振动，可以在激光唱机的上面压上一些重物防振。如果出现削波失真，则重放声会变得模糊，应注意检查是否是放大器的工作点达到了饱和点，可以适当减小音量来消除。如果出现谐波失真，则重放声会出现轻微的跑调现象，应重点检查负反馈网络的元件是否存在一定的缺陷。

对于重放声音质变差的现象，一般较难判断，因为各人对音质的主观判断能力不同，一般重放声音质变差主要有低频较混、含糊不清；高频不够明亮；音域不够宽广等。如果不是器材本身设计方面存在的问题，这些故障一般由听音现场的环境不佳、音箱之间的间距较小等原因引起，通过一定的手段进行调校后，一般都可以得以改善。

使用试听检查法时应多进行细心的比较，才能较准确地判断出故障的范围，否则只会事倍而功半。对于出现的较严重的自激，或机器内部出现明显的冒烟现象时，应立即关机，不宜长时间使用试听检查法。

(2) 直观检查法

所谓直观检查法就是不用任何仪表和专用工具，仅仅通过检修人员的视觉、听觉、嗅觉、触觉的感受来判断音响器材的故障范围及部位。通常按照先表后里、先简后繁的顺序进行。

打开机壳前首先观察电源线是否接触良好，机器后面的输入输出插座是否脱落、松动。打开机壳后注意观察机内有无元件发黑，引脚有无断脚、相碰等。然后对机器进行通电检查，比如可观察激光唱机的径向电动机是否将激光拾音器移动至零位、物镜是否上下移动了三次、从侧面观察激光二极管是否发出暗红色的辉光等。并可用手摸部分元件的外壳是否发烫，如功率放大器的电源变压器、电源部分集成电路等。同时可拨动某些与故障电路有关的元件，观察对故障现象是否有影响，若有异常现象，便要重点检查。

直观检查法简便易行，收效较快，它贯穿于整个修理过程。必须注意对激光唱机的光学系统进行拨动检查时，用力要轻，另外对于工作电压较高的部位的元件进行拨动检查时，须注意工具必须绝缘良好。

(3) 功能判别法

所谓功能判别法就是利用音响设备本身所具有的功能来判断故障的范围。比如：器材在重放时出现某一个声道无声故障，此时可以通过信号源选择开关对信号源进行切换，如果故障现象消除，说明是音源器材出现的故障，如果故障现象依旧则说明故障在功率放大器部分。

功能判别法只能判断故障的范围，但不能检查出故障的具体位置，在使用功能判别法时，应对器材的功能和电路原理比较熟悉，才能灵活运用。

(4) 干扰检查法

所谓干扰检查法就是修理人员利用旋具（俗称螺丝刀），用通过人体感应的信号作为干扰源，将旋具的金属部分触击放大电路的输入端，由于放大器的放大作用，人体的干扰信号

会被放大后从扬声器发出很大的声响，通过观察干扰声的有无和大小来判断故障的范围。

干扰检查法主要对检查无声或放音轻的故障较为有效。如图 4 所示，当出现放音无声故障时，用旋具干扰 B 点和 C 点时，扬声器发出较大的声响，说明故障在 B 点的前面的电路，再用旋具干扰 A 点，此时扬声器无声，很明显故障原因就是由电容 C_1 开路而引起的。再如：

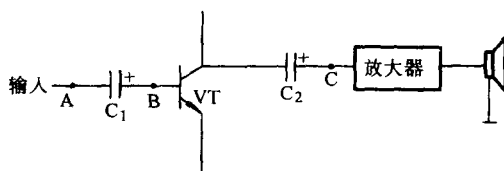


图 4 干扰检查法示意图

当怀疑录音座的放音磁头损坏时，可以将带仓门打开，在放音的状态下，用旋具分别干扰磁头的表面和磁头的输出引脚，如果干扰磁头的表面时扬声器内无声，而干扰磁头的输出引脚时扬声器发出较大的声响，则可以判定为磁头内部开路。

在使用干扰检查法时一般从电路的后级逐步检查至前级，对于集成电路用干扰检查法也较为方便，只要干扰集成电路的输入和输出端就可以判断集成电路是否损坏。但在使用干扰检查法时必须注意两点：一是不可对机器的高电压部分进行干扰检查，以防电击；二是对电路中的地线实施干扰是无效的。

(5) 短路检查法

所谓短路检查法就是利用导线或申接有电阻、电容的导线，将某一电路或元件进行短接，通过观察短接前后的声音、电压等现象的变化来判断故障的部位。

短路检查法一般用于对重放过程中出现的噪声故障的检查较为有效。仍然以图 4 所示，当电路在放音时出现噪声现象，可以用一导线首先将 A 点与地之间进行短接，如果重放仍有噪声，说明噪声故障在 A 点之前的电路，再将 C 点与地之间短接，如果噪声消除，再进一步将 B 点与地短接，如果噪声又出现，说明噪声是由三极管产生的。

在使用短路检查法时须注意不可以对电源电路、整流滤波电路和高电位实施对地短路，以免损坏元器件。

(6) 参照检查法

参照检查法是借助于同类型正常机器、相近的电路原理图，运用移植、对比、引伸的手段，通过将有故障的机器上检测的有怀疑的电压、电流、波形等数据，与正常机器中的数据比较，找出不同点，即故障点所在，一般可进行实物参照、图纸参照、装配参照等。

参照检查法在检查新型或无图纸的机器时较为有效，它可以克服无图纸的困难。在使用参照检查法时须注意所参照电路的结构是否和故障机器的电路完全一样，否则反而会使修理出现走弯路。

(7) 故障再生检查法

故障再生检查法就是人为地使故障再次或多次出现，通过故障现象的引伸，以便发现故障点。

故障再生检查法主要对于电唱机、CD 唱机等具有机械系统的机器的机械传动机构检查较为有效。即在检查时抓住某一个齿轮、传动件、杆件在动作过程中影响故障的出现或消失，或者为了反复观察某一部分的工作原理，可使该部分反复动作，在其动作过程中观察是否动作正常。比如：功率放大器重放时出现声音时有时无的故障，可以轻轻拍打机器的外壳，或拆下线路板轻轻地晃动，使故障现象出现稳定后，再着手进行修理。

故障再生检查法只适用于一些不稳定因素引起的故障，必须注意对于电路部分使用故障

再生检查法时应慎重，在拍打机器时不可用力过重，特别是电子管放大器，以免扩大故障范围。对于出现机内冒烟、烧熔丝等较为明显故障现象，则不能再使用故障再生检查法。

(8) 代替检查法

所谓代替检查法就是用性能良好的元件代替电路上被某个怀疑损坏的元件。

一般当怀疑某个二脚元件开路，或某个电容容量不足时，可以不拆下元件，直接用质量好的元件并在电路上，如果判断正确机器则立即恢复正常。替代检查法结果较为准确、可靠，但操作较为麻烦，对于多脚的元件需要将元件从电路板上拆下来，因此不可大面积地使用代替检查法。

在对于集成电路进行代替检查法时，须注意首先应排除集成电路的外围电路元件损坏的情况下，才可进行替换，同时要注意替换的元件要和原来的元件在性能、参数上要尽量一致。

(9) 电阻、电压和电流检查法

电阻、电压和电流检查法是经常使用的检查方法。电阻检查法主要是通过测量电子线路、开关件、各类元器件、印刷线路板及集成电路等器件的直流电阻的变化或通和断来判断故障的范围。在使用电阻检查法时应注意，必须在机器断电的情况下进行。当在路检测某一元件时，由于该元件和其他网络相连，一般会影响检测的效果，故必须采用将正负表笔互换检测两次的方法测量，这样的测量结果才较为准确。

电压检查法主要是通过检测音响器材的放大器的交、直流工作电压；放大管的工作电压；集成电路的各引脚工作电压等与正常的电压值相比较来分析故障的范围。在使用电压检查法时应合理选择检测仪器的量程。在检测直流电压时，应注意仪器和所测电路的正负极性，同时注意应采用电路板中的总地为接地点，这样检测的结果才较为准确。

电流检查法是通过检测某一电路的工作电流来判断电路的工作状态是否正常。比如：通过检测晶体管的集电极工作电流、双卡录音座稳速电动机的工作电流、某一部分电路的工作电流，就可以判断出工作状态是否正常。如果工作电流变大是否有短路故障；如果无工作电流是否存在开路故障等。在使用电流检查法时应注意将所检测的仪器串在检测电路的回路中，同时对机器中各部分电路或元件正常的工作电流值应了解。电流检查法一般对机器的短路故障的检查较为有效。

(10) 仪器检查法

仪器检查法就是借助于各种仪器，对故障机器进行修理。比如：利用激光功率计来测量激光唱机的激光头的激光发射功率；利用示波器来测试激光唱机的 RF、EFM 用时钟等信号的波形；利用频率计检测一些振荡电路的工作频率等。

仪器检查法对电路故障的检查较为直观、有效、修理人员在修理的过程中，若有相应的仪器检测故障机器信号的波形、幅值，将起到事半功倍的效果。

在日常检修中，一般修理人员是没有一些较专业的仪器的，大都使用的检修仪器为万用表，因此，这就需要修理人员灵活运用以上的修理方法，一种故障可采用多种检查方法进行检查，这样才能提高判断故障部位的准确率，切不可死搬教条。

7. 如何阅读电路原理图和印制电路图？

电路原理图表示了各种器材的电路结构、信号的传输和处理过程以及各部分电路之间的

联系。在对某种故障或某一部分电路的工作原理进行分析时，必须阅读电路原理图。

阅读电路原理图时可以从以下几个方面进行。

(1) 理出信号的输入输出端

在音响设备中，电路原理图往往有许多张，一般一个独立的器材就有一张图纸，在阅读电路图时首先应理出信号的输入和输出端，一般放大电路的输入部分在图纸左边，而输出部分在图纸的右边。比如在阅读功率放大器的电路图时，应先找出前置放大管或前置放大集成电路的输入端，然后再依次找出音调、音量控制电路，推动放大级及末级功率放大电路，这样就可以整理出信号的输入输出的系统流程。对于较为复杂的电路图，如激光唱机，在不了解信号流程的情况下，可以先找出电路中各集成电路的型号，再找出其引脚功能资料，再将各集成电路的输入输出部分联系起来，这样就可以了解信号的系统流程。在双声道放大电路中，由于两个声道是独立的且工作原理完全相同，因此只要阅读一个声道的电路即可。

(2) 找出电源部分

电源部分是全电路工作的保证，它一般在电路图的右下方，通过找出电源部分，可以分析各单元电路的工作电压的高低。

(3) 化整为块阅读

在阅读各种功能较多的电路图时，可以将电路分为许多块，丢下次要的功能电路，先找出主信号的流程，然后再一块一块地阅读各单元的功能电路。

在实际修理过程中，印制电路板是最常用到的，各种元器件依靠印制电路板进行连接而形成电路，但印制电路板的元器件的排列与电路原理图有所不同，给读图和修理时带来了一定的困难。印制电路图和印制电路板的比例一般为 1:1，元器件在印制电路板上的位置就是实际在印制电路板上的位置，但往往音响器材在出厂时只有电路原理图，而无印制电路图。在修理时需要阅读印制电路板。

在阅读印制电路板时，可以先找出电路中起主要作用的元器件，比如放大管、集成电路。一般单元电路的元器件都在该电路起主导作用的元器件的周围，比如，如果需要寻找某一个元器件时，可以先找出与该元器件有联系的放大管或集成电路，然后在其附近就可以较方便地找到该元器件。另外，在检测电路的工作电压需要找地线时，只要找到印制电路板上的大面积的铜箔或较粗的铜箔线就是电路的地线。

如果在无电路原理图时，需要根据印制电路板理出电路原理图。但无论从印制电路正面和反面都较难阅读，可以采用如图 5 所示的方法，将印制电路板有元器件的一面面向自己，在反面外界光的照射下就可以映射出反面的铜箔线的走向，再根据元器件的引脚即可理出电路原理图。

目前在一些进口或部分国产的机器中，没有附上相应的电路原理图，这就给修理人员的修理事业带来了一定的困难，一般可以通过以下几个步骤对机器进行检修。

首先运用试听检查法确定故障点在音响系统的哪一个器材中，再进一步根据故障现象判断故障部位在器材的哪一部分。其次，运用参照检查法对有故障的器材进行检查，若无图纸，在电路图或相关的电路进行参照时，可多运用一些无需图纸的方法进行检查。如运用直

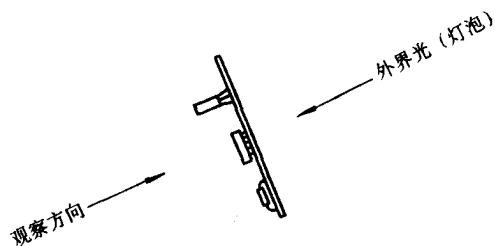


图 5 阅读印制电路板的方法

观检查法检查是否有明显迹象的故障点；运用干扰检查法，检查无声或音小故障；运用故障再生检查法使故障部位更加明确等。

在上述检查方法均无效的情况下，则需要根据电路的结构来分析电路的工作原理和可能出现故障的部位了。根据一般在器材内部的线路板上都有集成电路或大功率管的特点，对于有集成电路的机器可以对照集成电路的型号，找到其内电路结构和典型的工作原理图，将这些资料与电路板中的线路相对应，理出机器的工作原理图，再着手进行分析故障点即可。对于无集成电路但有大功率管的电路，也需找出该大功率管的典型应用电路，对机器的线路进行对照检查。一般来说，机器的电路与其所使用的元件的典型应用电路基本上是相差不大的，只要找到了其主要元件的典型应用电路，机器的工作原理及故障点是较容易分析的。

8. 如何在印制电路板上焊接电子元件？

由于目前的音响设备均采用了多引脚的大规模的集成电路，且采用表面安装技术安装，修理人员若在修理过程中不能够按照焊接要求进行焊接，不仅会扩大故障的范围，而且会损坏元件，造成不必要的损失。

在印制电路板上焊接电子元件时主要需要注意以下几方面的问题。

(1) 选择适合的烙铁

电烙铁的头一般是紫铜制作的，功率越大的电烙铁，烙铁头的体积则越大。目前使用较多的是内热式电烙铁，在焊接集成电路时应选择 25~45W 的电烙铁，若烙铁的热量太小，在焊接时会使烙铁头的温度下降很快，使焊点的强度变差。若烙铁的热量太大，则会使元件及印制电路板过热而损坏。一般烙铁头的温度要比焊料的熔点高 50 左右。

(2) 焊接元件的表面要清洁

为了确保焊接的质量，印制电路板上的焊点及所焊接的元件的引脚应彻底清除其表面的氧化层，否则即使元件被焊接在印制电路板上，但可能只是表面现象，而元件的引脚并没有与印制电路板上的焊点熔接，时间一长就会出现接触不良的故障。

(3) 掌握正确的焊接方法

当清除了印刷电路板上的焊点元件上的氧化层后，还要在印制电路板及元件的引脚上涂一适当的助焊剂，然后将烙铁头也沾上一点助焊剂，再点上适合一个焊点焊锡，对准焊点迅速下焊，待焊锡在焊点的四周熔化后，迅速向上提起烙铁，若感觉到烙铁的温度偏大的话，可用嘴向焊点处吹气，以使焊点温度迅速下降。焊接正确的焊点应圆滑、饱满。焊点的示意图如图 6 所示。

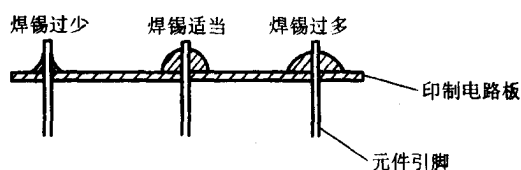


图 6 焊点的示意图

在焊接大规模集成电路时，要将烙铁头锉尖，以免在焊接时造成集成电路两个或者更多的引脚被同时焊住。

9. 国外音响集成电路型号是如何命名的？如何检测音响集成电路？

国外生产的音响集成电路一般由三部分组成，第一部分表示了生产该集成电路公司的代号或集成电路的种类，第二部分表示了集成电路系列号或功能序列号，第三部分表示了集成