

专业音响系统的安装与调试

音响系统的连接

专业音响系统大多都是由单元设备组成的，根据使用要求设计音响系统、选定所用设备之后，要将这些分立设备按设计要求连接起来，构成一套完整的可以实现设计要求的音响系统。对于固定安装的系统，要将设备安装在机柜中，并要将所有系统的连线按照一定的标准、规范（建筑弱电的有关规范）进行固定安装。对于移动式系统，如演唱会、露天演出等临时装置，应对设备、线缆采取有效的临时固定措施，以确保其安全。

音响系统的连接、安装涉及许多工程问题，包括音响控制室的设计与建设，音响系统电缆的管线工程，系统的供电等。本节将重点讨论这些工程问题。音响系统的连接一般可分为信号传输、接地网络和供电系统三个方面。

一、阻抗与传输电平

1. 阻抗匹配

信号输入端口也就是信号输出端口的负载，它们之间的阻抗匹配需在怎样的范围内才能达到其要求，一般要视其信号输出设备的设计要求而定。要使音频电信号的传输状态达到最佳，信号输入接口的阻抗必须满足信号源输出接口对其负载的阻抗匹配要求，否则，就将影响到音响设备的工作状态，造成其输出信号的失真。严重时，甚至有损坏音源设备的危险。

从理论上讲，输出阻抗与其负载阻抗相等时，信号的传输效率为最高。而如果输出阻抗大于负载阻抗，则信号电能就会大部分损失在信号输出电路上，这显然不利于信号的传输。因此，音响设备通常都是按输入阻抗大于输出阻抗设计的。

一般音响设备的连接，只要是负载阻抗大于信号输出端的阻抗，都能使之正常工作。但音响设备的输入阻抗不能设计得过高或过低，过高会降低其馈线的抗干扰性，过低则会造成其频响指标下降。目前的专业音响设备的输出、输入端口大多都使用 IEC268—15 标准，所有使用此标准的音响设备都可以任意连接。IEC268—15 标准采用电压匹配技术（VMT），其设计旨在使负载能从信号源中取得最大电平值，以实现信号的无损耗传输。这就要求负载

的阻抗应远大于信号源阻抗。

IEC268-15 标准规定：所有音响设备的线路输出端阻抗都应在 50Ω 以下，而作为负载的线路输入端阻抗则都应在 $10k\Omega$ 以上。另外，传声器的信号馈送线一般较长，需要较强的抗干扰性，所以其输入接口阻抗一般在 $1k\Omega$ 左右。

2. 信号传输电平

音响系统连接的目的是为了传递信号，音频信号传输的最佳状态要求信号源输出的电平值必须大于或等于输入接口的灵敏度，否则，便会造成信号的信噪比指标恶化。专业音响设备上的线路输入、输出电路的增益一般都定在 $0dB$ 上，也就是说，设备对输入或输出信号的电平既不放大，也不衰减，以使之在传输的过程中能保持其电平值不变，这主要是为了使电平控制单元的调整能有数值上的表征。

音响系统中通过设备外部的电线连接传送的信号可以分成以下几类：

(1) 微信号： 传声器输出信号 (mV 级)

LP 唱机输出信号 (mV 级)

音源输出 ($-10dB$, $250mV$)

(2) 线路电平： 调音台输出 ($+4dB$, $1.22V$)

周边设备输入 / 输出 ($+4dB$, $1.28V$)

线路传输 ($0dB$, $0.775V$)

(3) 功率传输类 Z： 功放输出 (高电平，大电流)

显而易见，在系统连接中，应注意输出、输入电平的匹配。否则，要么出现设备过激励，造成削波失真，要么激励信号不足，造成整个系统信噪比下降，对于某些信号处理设备还会因为输入电平不匹配而达不到应有的效果。通常音响设备（调音台、周边设备、功放）之间的连接是以线路电平传递信号的。一般有两种线路标准，一种是 $+4dB$ ($1.228V$)，这种标准是最普遍、最多见的。另一种是 $0dB$ ($0.775V$) 不及上述 $+4dB$ 的普遍。系统中采用的设备的线路电平最好能统一，这样调整和使用时会方便一些。但是，只要各级设备都有电平调节 (level adjust) 功能， $0dB$ 和

+4dB 的设备一般也可共存于一个系统中，不会发生什么问题。另外，有一些声音处理设备，特别是效果器，为了兼顾电声乐器与专业音响系统的需要，设置了接口电平转换功能，该转换开关一般设置于设备的背后，可分为 +4 dB、-10 dB、-20 dB 几档，使用扩声系统时应注意将其调整到 +4dB 挡。

通常，线路输入、输出电路的电平控制旋钮上都标有以分贝数为单位的刻度，如果音响系统的所有信号馈线都是从线路输出到线路输入，则此系统上的各个电平控制旋钮上刻度值的总和，就是整个系统的增益分贝数；如果信号电路上有电平衰减开关，则系统的增益分贝数还应加上开关上所示的数字。由于传声器的输出电平很小，所以用于拾取传声器信号的输入接口的增益通常都在 60dB 以上。也就是说，此输入接口电路的放大倍率为 1000 倍以上。

3. 信号连接方式

专业音响设备的输入、输出端子有非平衡、变压器平衡、差分平衡等几种方式。平衡与平衡、非平衡与非平衡端口之间都是可以直接馈送信号的；在要求较高的场合，平衡与非平衡端口之间，则须经过专门的转换器才能相互连接。转换器一般有无源变压器转换器、半电压转换器以及有源差分放大转换器三种。

在一些要求不高的场合中，信号的非平衡端子与平衡端子之间还是可以直接馈接的，其接线方法是：平衡端的热端接非平衡端的信号端，平衡端的冷端接非平衡端的地端，而平衡端的地端则接信号馈线的屏蔽层。

除了功放与音箱间的功率传输以外，为了提高系统的抗干扰能力，保障信噪比，专业音响系统中的信号连接都应尽可能采用平衡方式进行传输。专业音响设备一般也都提供平衡输入、输出功能。

平衡方式信号传输采用三线制。用二芯屏蔽线连接，屏蔽网层作为接地线，其余两根芯线分别连接信号热端（参考正端）和冷端（参考负端）。由于在两条信号芯线上流过的信号电流是大小相同，方向相反的，因此传输线上感应到的外界电磁干扰将在输入端上被相减抵消。

专业音响系统中有时也采用一些家用的音源设备，它们的输出是不平

衡的。此外，电声乐器中的电吉它、电贝司、电键盘、合成器等也采用不平衡输出方式，因此音响系统的连接不可避免地会采用一些不平衡方式的连接。在此应特别注意两点：其一，采用不平衡方式时，尤其传送电平较低时，应尽可能缩短连接电缆的长度。必要时可在不平衡输出设备附近就地设置放大器，提升电平并转换成平衡输出后再进行长距离传输，也可用变压器将信号转换成平衡方式后再进行长线传输。由于系统中采用不平衡信号传输的设备存在，就提出了平衡/不平衡，不平衡/平衡的转换问题，有时这种转换并不是困难的，但有时必须借助变压器才能较好地解决问题。

二、连接件

专业音响系统中用的连接器（接插件）种类较多，主要有卡侬连接插件，也称标准连接器，6.25mm 三芯插头和 6.25mm 二芯插头，RCA 和 DIN 插接件。下面分别介绍这几类连接器。

1. 卡侬插接件（Cannon）

卡侬连接插件是专业音响系统中使用最广泛的一类插接件，可用于传递音响系统中的各类信号，从微弱信号、线路电平信号直至功率信号都可由卡侬插接件连接，这是目前专业音响设备使用最广泛的一类插接件。一般平衡式输入、输出端子都是使用卡侬插接件来连接的。在某种意义上说，使用卡侬插接件也是专业音响系统的特征之一。其好处是：

- （1）采用平衡传输方式，抗外界电磁干扰能力较强。
- （2）具有弹簧锁定装置，连接可靠，不易拉脱。
- （3）插接件本身屏蔽效果良好、不易受到外界电磁场的干扰。
- （4）插接件规定了信号流向，便于防止连接上的差错。

卡侬插头有公插与母插之分，插座也同样有公插座与母插座之分。公插的电接点是插针，而母插的电接点是插孔。按照国际上通用的惯例，以公插头或插座作信号的输出端；以母插头、插座作为信号的输入端。卡侬公插头与母插头的外型见图 8-1。

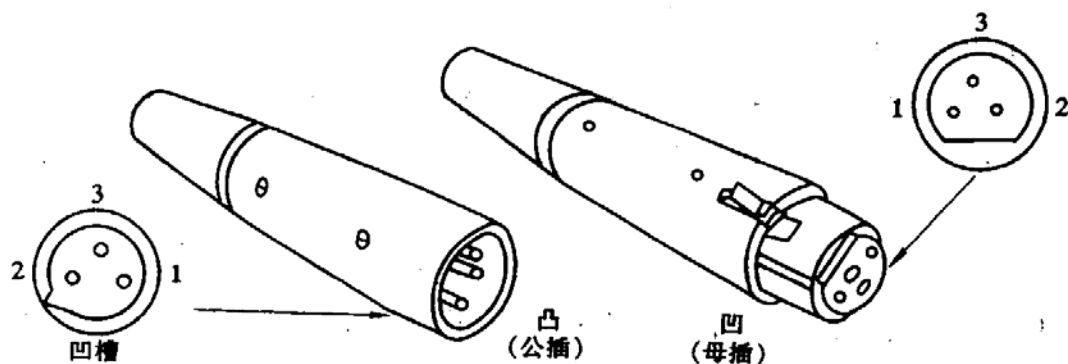


图 8-1 卡侬插头的外型示意图

按照标准规定，卡侬连接器的 1 脚为接地端，2 脚为信号热端（参考正极），3 脚为信号冷端（参考负极）。大部分设备按照上述标准设计，但也有个别厂商的设备例外。因此，接线时应注意先看说明书上对卡侬插脚的定义、否则可能会接错，造成无声故障。卡侬连接器除了上述三个接线端以外，还有一个外壳接地端，此端应根据外壳屏蔽接地的具体情况进行连接。有些设备信号地与机壳地是分开的，此时则应另行处理，不要将 1 脚与外壳地端连接。

采用卡侬插接件连接的情况主要有：

- （1）传声器与电缆的连接；
- （2）传声器电缆与调音台的连接（一般调音台低阻 Low-Z 输入习惯上用卡侬连接器，而高阻则用 6.25mm 话筒插接件）；
- （3）调音台的主输出；
- （4）功率放大器的输入；
- （5）专业音源设备的输入、输出；
- （6）音箱与电缆的连接。

音箱与电缆的连接采用卡侬插、6.25mm 话筒插以及接线端（柱）的情况都有。

另外，调音台与周边设备的连接，周边设备的输入、输出虽然也可以采用卡侬连接器，但大多数产品都采用 6.25 mm 话筒插头，而采用卡侬插接件的并不多见。

卡侬插头的拆卸方法较特殊，一般是顺时针向内拧紧拆卸螺丝后，

向外拉出卡侬插头的插芯。也有少数卡侬插头的拆卸螺钉是采用逆时针方向向外拧下后拆卸的。因此拆开卡侬插头连接电缆时应注意方向，不要强行硬拧以免损坏螺纹。

两端都采用卡侬连接件的连接电缆，按照信号流向的规定，一端必然是卡侬公插，另一端是卡侬母插。这样的连接电线可以一根接一根地连接加长，非常方便。一般将两端插头上对应的引脚相连接，即两端的 1—1，2—2，3—3 之间是相互导通的，有时将它连成 1—1，2—3，3—2 的形式，这就构成了“反相线”。将这样的反相线插入到传声器与调音台的连接电缆中（即将话筒输入经反相线过渡），便可实现话筒信号的反相。对于没有反相开关的调音台，备一些这样的反相线就可以实现调音台输入信号的倒相功能。

2. 6. 25mm 话筒插件

在有些设备上，也常使用 6. 25mm 话筒插件连接，6. 25mm 话筒插头（1/4 inch phone Jack）有两种，一种是三芯的（TRS Phone Jack），另一种是普通二芯话筒插头。

（1）三芯话筒插头（TRS Jack）

6. 25mm 三芯话筒插头其内部接线为：插头顶 T（TOP）为信号热端，插头环 R（Ring）为信号冷端，插头套 S（Sleeve）为接地端。三芯话筒插头如图 8-2（a）所示。

这种三芯插头可以用于单向传输信号，此时采用平衡传输；也可用于双向传输信号，此时采用不平衡方式。用于平衡单向传输信号时规定：顶—输出（信号热端），环—返回（信号冷端），套—地。TRS 插头的这种用法主要用于调音台上话筒的输入（高阻），调音台的线路输入、调音台的辅助输出，输入、输出在采用平衡方式的周边设备也用 TRS 插头。

TRS 插用于不平衡双向信号传输主要是调音台的 Insert 接口，通过 TRS 插头的两个电接点将信号引出调音台进室外楼的声道，另一个电接点返回调音台，第三个接点则作为地线端。TRS 插头在作双向信号传输时一般规定：顶—送出、环—返回、套—接地。

此外，三芯话筒插还可以用于立体声设备输入、输出的插接件。

(2) 二芯话筒插头 (1/4 inch phone Jack)

6. 25mm 二芯话筒插头, 与三芯插的外形和尺寸基本一致, 但少一个电接点 R, 只有顶和套两个电接点。因此, 非平衡输入、输出端口的连接一般都使用大二芯插接件来进行。二芯话筒插头规定顶 (TOP) 是信号端、套 (sleeve) 是接地端。这种普通的二芯话筒插头可用于调音台、周边设备信号的不平衡方式输入、输出, 也用于音箱与电缆的连接。二芯话筒插如图 8-2 (b) 所示。

由于二芯和三芯 (6. 25mm) 话筒插头外型尺寸是一致的。因此二芯话筒插头可以插入三芯的插座, 三芯的插头也可插入二芯的插座。对于信号输入的情况, 将二芯插头插入三芯插座 (即将不平衡信号送入平衡输入口) 一般可以自动实现不平衡一平衡的连接, 此时二芯插头将三芯插座内信号冷端与地相连。

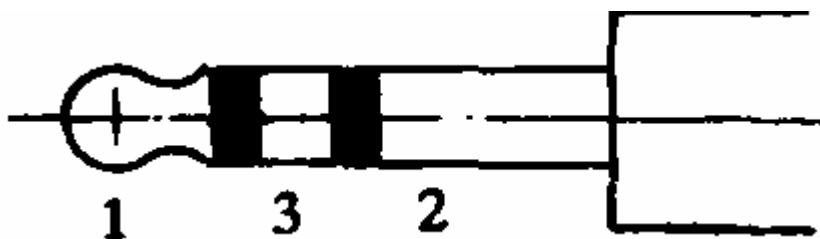
对于信号输出端, 则要先弄清内部电路形式, 方可将二芯插头插入三芯插孔。设备的平衡输出电路有两种方式。一种是变压器输出, 另一种是差动电路输出, 当设备平衡输出为变压器输出方式时, 将二芯话筒插插入三芯的输出插座即可实现平衡一不平衡转换。此时将变压器的输出冷端接地。对于采用差动电路进行平衡输出的情况, 一般不能用二芯插头插入三芯插座的方法来实现平衡一不平衡转换。

3. RCA 插头

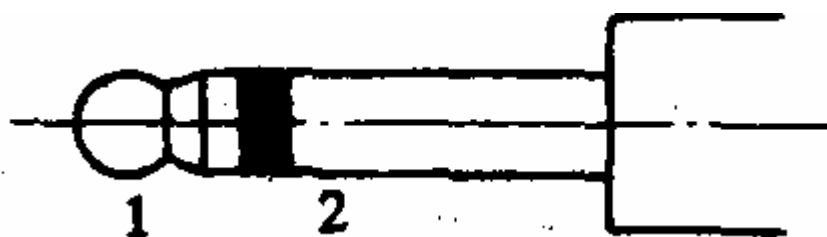
RCA 插头又称莲花插, 主要用于家用音响和视听设备, 其外形见图 8-2 (c)。

4. DIN 插接件

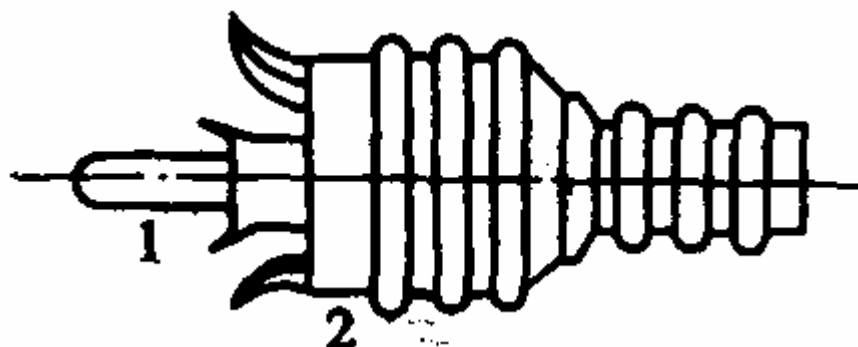
此外, 还有些设备的非平衡线路输入、输出端口是通过 DIN 五芯插接件来连接的。这是一种专门用于立体声信号传输的插接件, 其内部接线如图 8-1-2 (d) 所示。



(a) 三芯插头 (1、左信号或信号+, 2、屏蔽, 3、右信号或信号-)



(b) 二芯插头 (1、信号, 2、屏蔽)



(c) TX 型同心插头 (1、信号, 2、屏蔽)

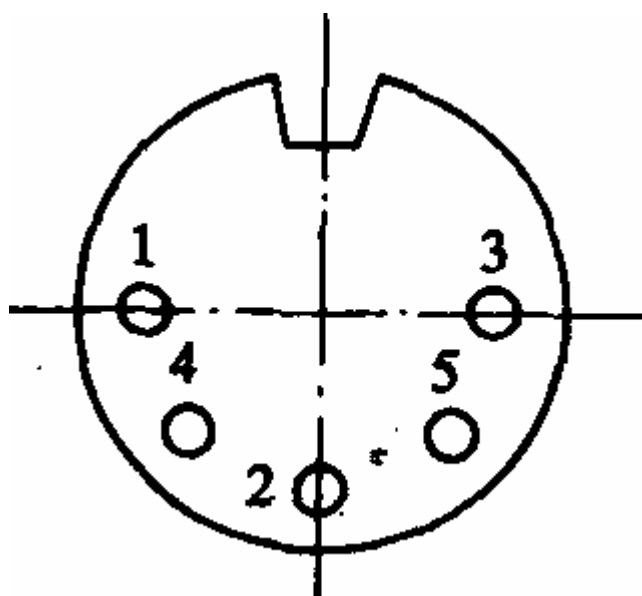


图 8-2 常用音响插接件示意图

录音机等音源设备上的 DIN 插座, 其内部接线为: 第一、四脚为左、右声道输入端, 第二脚接地, 第三、五脚为左、右声道输出端; 而功放设备上的 DIN 插座内部接线则为: 第 1、4 脚为左、右声道输出端, 第 2 脚接地, 第 3、5 脚为左、右声道输入端。

所有使用DIN插接件作为其信号端口的音响设备都是按上述标准连接的；这样，只要用一条顺着接的DIN插头馈线，即可在两设备之间实现立体声信号的双向馈送。

5. 传声器盒

为了方便起见，在舞台上应装备传声器接线盒，音箱附近应安装接线盒，这些接线盒最好应采用金属制成并良好接地，以屏蔽空间电磁场。应注意这些接线不要离电源插座太近，以防止50Hz交流声的干扰。

传声器盒通常用卡侬插座与1/4in话筒插座制成，其组成方式可以是2~16个构成一组，以4个插座的传声器盒最为常见。盒的中上部为卡侬插座，下部为1/4in（6.35mm）话筒插座，盒子用镀锌钢板制成，两边留有穿线孔，穿线孔孔径为 $\Phi 30\text{mm}$ 。图8-3给出了传声器盒示意图。

图 8-3 传声器盒示意图

三、设备连接要求

1. 连接线要求

音响系统中各个设备之间的连接，传声器、音箱与设备的连接都要用线缆（cable）。系统联接中用的线缆不仅与整个系统的信噪比有关，而且线缆的材料，分布参数特性对音质也有很大的影响。按照所传输信号的不同，音响工程中用的线缆可以分成三类。第一类是微弱信号传送线缆、主要是指话筒线；第二类是电平信号传送用电缆，用于各类设备间的连接；第三类是功率信号传送电缆，即音箱线。下面分别介绍这几种线缆。

（1）话筒线

话筒线必须是屏蔽电缆。因为话筒线传送的为毫伏级信号，电平很低，为了防止受环境电磁干扰，必须采取屏蔽措施。话筒线有二芯屏蔽线与单芯屏蔽线之分，二芯的可用于平衡传输，单芯的只能用于不平衡传输。话筒线除了抗干扰的要求以外，对机械特性也有要求。由于话筒要经常移动，话筒线容易受到牵拉，而且也容易打结。为此，要求话筒线比一般的屏蔽线应该更柔软，并在电缆中加入纤维线，以提高抗拉强度。应选金属屏蔽

层紧密，质地柔软，有纤维线的话筒线用于音响工程。

（2）线路电平信号传输线

线路电平信号传输线用于电声音响系统中各个设备间的连接。这些连接线也应用屏蔽线以防干扰。线路电平信号传输线对机械特性没有特别的要求，用普通的屏蔽线即可。但线的材质对音质会有一些影响。故音响工程中用的线路电平传输线应尽量选用无氧铜线，既有助于改善音质，价格也较合理。

（3）音箱线

在专业音响系统的功放与音箱连接中，通常都希望使阻尼特性 fD 值大些为好。影响 fD 值的因素有音箱分频电路阻抗和音箱连线内阻两个方面。功率放大器应尽可能降低输出内阻来提高阻尼系数，以增强功放对音箱的控制能力。音箱线的电阻即可看作是功率放大器输出电阻的一部分，当音箱线过长时，其电阻值可能会使阻尼系数大为降低。

首先音箱线应具尽可能低的电阻。这一点在音响工程中尤为重要，因为音响工程中往往要使用较长的音箱线，其电阻不可忽视。因此音箱线应该尽量粗、短一些。在音响控制室与音箱距离太远的情况下，必要时可将功放就近安装于音箱附近。

其次音箱线的材料对音质也有影响，就音响工程而言可采用无氧铜（OFC）的专用音箱线。其纯度越高，音质越佳。在音箱线选择时应尽量选择截面积大一些、股数多一些的 OFC 线。通常优质产品质地都很柔软，这也是鉴别音箱线质量的一种方法。在电声工程中因为音箱线一般都较长，因此它对音质的影响也较大，在没有条件使用 OFC 音箱线时，应尽量选择截面大一些、股数多一些的优质铜线。功放送往音箱的信号电压有几十伏，瞬时电流可高达百安培。因此音箱线无需采用屏蔽措施。

音箱线不能使用单芯的音频同轴电缆来代替，因为这种电缆的屏蔽层是用铁质材料制成的，而铁的内阻又较大，不宜用于音箱连线的大功率信号的传输。要求连接线的线阻不要超过专业放大器的内阻。所以，对于超长的音箱连线，如果其线阻超过了 0.02Ω ，就应换用较粗的铜质导线。不仅降低功放系统的线耗，而且保证音质。

2. 设备连接的工艺要求

设备的连接除了要满足上述各项要求之外，还有如下几项工艺方面的要求：

(1) 电缆的终端焊接，应使失去屏蔽的部分尽可能的短，通常应在 25mm 以下。

(2) 对平衡传输线路屏蔽层的一端接地时，不接地的一端应可靠绝缘。

(3) 在电缆超过 300m 时，最好将其屏蔽中心断开，并将两端分别接地，以减小屏蔽内阻。

(4) 平衡式传输电缆的两根传输线应相互绞合、以抑制磁耦合。

(5) 把交流电源线的火线和零线绞合起来，可减轻其对音响系统的干扰。

(6) 接地导线应尽量使用相同的金属材料，以避免不同金属材料之间产生氧化层。

(7) 多芯电缆中不用的芯线应予以单端接地。

(8) 接地应走直线，避免成环路，以减小自感。

(9) 不同电平、不同类型的信号馈线应彼此远离，并避免相互平行的分布。

(10) 系统的真地电阻应不大于 4Ω 。

四、接地网络

音响系统的所有设备必须进入同一个公共的接地网络；其作用是建立屏蔽系统。对音响系统的信噪比指标影响最大的是感应干扰，这种干扰可分为电场干扰和电磁场干扰两种。其中电场干扰是由高压交变电场对音响系统的影响，从而引起其静电分布产生相应的变化所造成的，这种交变电场作用在系统的前级，经各级电路的放大后，会产生不容忽略的噪声电平。

使用良导体（如铜、铝等）将设备屏蔽起来，并将其静电引入大地，即可有效地抑制此类干扰。电磁场干扰一般是由交变磁场作用在音频线路上，并形成电磁感应所造成的。屏蔽此类干扰，一般可使用高磁导率的材料，如铁氧体、坡莫合金以及各种软铁磁材料等。

两种感应干扰噪声的频谱通常为 50Hz 或 60Hz 的工频及其各次谐波。高

压输电线、高压霓虹灯等高压电器设备所辐射出的多为电场，而变压器、调光器等电器设备辐射出的则多为电磁场。由于这两类干扰通常都是同时存在的，所以音响系统的抗干扰屏蔽应使用对电场和电磁场都具有良好屏蔽作用的软铁磁材料等。

专业音响设备一般都是用金属外壳封装起来的，其抗干扰性通常不会有问题。而信号传输线则应注意必须使用专门的音频同轴电缆，此类电缆的屏蔽层覆盖率在 90% 以上，并且是由铁质材料制成的，所以具有良好的抗干扰能力。而射频电缆（此类电缆的屏蔽层为铜质，抗电磁干扰能力较差），或泄漏通信电缆（此类电缆屏蔽层覆盖率较低）等，则不宜用于音响系统的信号传输。

整个接地网络由两部分组成，一部分是屏蔽系统，另一部分为公共接地系统。

1. 屏蔽系统

音响设备的铁质外壳和信号馈线的屏蔽层的作用是将音响系统的所有部件都屏蔽起来。一般的音响系统都是由多台分立设备串接起来的链路系统；如果其屏蔽系统也是依其音响系统中信号的走向串接成链状，则称其为链式接地方式。

由于屏蔽系统是由内阻较高的铁质材料制作的，当其上出现较强的交变静电感应时，就会因整个系统的电荷平衡速度较慢而产生电势；此电势影响到音响设备前级，会产生一定的噪声电平，即地阻干扰。此类干扰在链路较长的音响系统上尤为明显。因此，在复杂的音响系统中，应避免使用链式接地方式，而应使用星式接地方式，如图 8-4 所示。

星式接地方式，就是将音响系统的屏蔽链路划分成尽量小的段，每一段都通过单独的导线接到一个公共地端上，以避免地阻干扰现象。屏蔽的分段通常是以一台设备为单位，而馈线的屏蔽层则应一端接地，最好是在信号传输线的末端接地。设备的共地接线应尽量短粗，并宜使用高导电率的铜质或铝质导线，导线的一端可接在设备外壳的接地螺丝上，另一端应在尽量靠近系统前级（如调音台），集中接到一起后，就近与真地装置相连。

另外，星式接地方式还可通过电源线的接地端进行。此时，系统的接地

网络将集中于电源插板上。当然，用此方式接地时，所有设备的电源线都必须带有接地端；如遇到有个别设备的电源线没有接地端，亦可另用一导线将其与电源插板的地端相连。不能让信号传输回路进入馈线的屏蔽层。这一点在非平衡式的信号传输线上尤其要注意，一定要用三芯同轴电缆，以便其信号端和接地端都走屏蔽层内的导线。

图 8-4 星式接地方式

2. 接地

接地在音响工程中不仅起到防止触电事故的作用，而且对防止干扰，提高整个系统的信噪比有着不容忽视的作用。为了防止通过地线将某些干扰引入音响系统，音响系统要设置专用的接地线，尽量不要与其他设备共用一根地线，尤其是可控调光设备。

(1) 真地

真地，也就是接大地。屏蔽系统对电磁场的抗干扰作用与其是否接大地是没有关系的；而对于电场干扰的屏蔽，则必须接大地，屏蔽才起作用。因而在有强电场干扰，或较为严谨的场合当中，屏蔽系统必须处于真地状态。音响设备屏蔽系统的真地，一般可借用电源系统的真地装置，但在严谨的场合当中，必须使用单独的真地装置。

(2) 一点接地

音响设备的接地原则是确保整个接地系统是“等电位”，接地的各点不应有电位差，因此接地点不应构成回路。在工程上采用“一点接地”的方式来确保上述基本要求。

在系统中信号的参考零电平称作信号地；埋设于地下的地线称作“真大地”；而设备的外壳构成机壳地，有时也称保护接地；在音响工程中，应将所有的信号地汇集于一点，通常是汇集于调音台，其连接是借助于信号电缆的金属编织屏蔽网层。此时应注意信号地需以调音台为中心呈辐射状连至各个设备，不能有地线回路。外壳地的汇集点通常是 19in 机架，它汇集各设备的外壳接地端以及管线工程中铁管的接地。同样，外壳地也自 19in 机架一点呈辐射状，不可有回路。最后用粗

铜线将调音台的信号地汇集点与机架上的外壳地汇集到为音响系统专门埋设的地线上。

接地网络绝对不能出现有闭环回路的结构。产生闭环回路的原因一般是由于多条信号线的屏蔽层两端接地，或是在屏蔽层与电源地端之间形成的。这些由闭环回路所形成的大线圈，当受到其它电器设备辐射出的交变磁场的作用时，必然会出现工频感应电流，产生严重的噪声干扰。为了保证系统不出现地环路的结构，要求其各设备之间只能有一条接地导线互连。

设备之间的所有的音频电缆屏蔽层都采用一端接地（话筒电缆除外）。接地导线最好使用铜芯线材，每台设备都应有自己的接地线，不能将多台设备的接地端用一根导线串连起来，再引入真地装置。效果器设备的接地，最好是通过效果处理的输入接口进行，也就是说，应尽量靠近信号链路的前级接地。

信号馈线的屏蔽层如果需要一端接地，则其接地的最优方式一般是取信号传输线的末端接地（链式接地系统除外），而对于平衡与非平衡端口之间的接地，则接地端就应选择平衡的一端。

3. 方法

固定安装的扩声系统由于采用上述机壳地、信号地各自集于一点，然后再从机架和调音台上将其引至接真大地端的方法。因此在设备连接中应该注意卡侬连接器上的外壳地不要和屏蔽层的金属编织网层相连，也不要使金属网层碰到卡侬插的外壳，否则，这样的接地方式就会造成有“地线回路”影响接地效果。

对于经常移动的系统，有时采用在单件设备上将信号地与外壳地接于一点的方法。此时，用卡侬插上的外壳地端与信号地（1脚）相连。在这样的系统中，与真大地连接端只能取自调音台一点，否则也将出现“地线环路”。

总而言之，接地的原则是使整个接地系统成为一个等势体，不许存在地线环路。在工程中若出现交流声等问题，应首先从接地是否合理着手考虑解决的方法。

五、供电系统

音响设备在安装和使用中应避免受到干扰而引起的噪声。音响设备的外壳，设备间的连接都采取了屏蔽措施，这有助于防止空间电磁场对系统的干扰。各类干扰进入音响系统的另一条途径便是通过供电电源，因此在音响工程中对设备的供电不可马虎。

1. 防止强电干扰

多数大功率用电器都可通过电网对音响系统施以干扰，这类干扰比较严重的有可控硅调光器，高压孤光灯等等。因而，此类电器的电源插头应尽量接在远离音响系统配电盘的地方。并且，对于较为严谨的场合，其供电线路还应使用隔离变压器，将音响设备与其它用电设备隔离，以杜绝此类干扰的产生。

从电源串入电声系统的最主要干扰是来自可控硅调光设备，这种干扰使音响系统发出明显的“吱吱”声。在剧场、歌舞厅中所使用的灯光设备一般都用可控硅调光，因此在系统设计中一定要采取有效的措施。可控硅之所以会干扰音响设备是因为它们在工作时会大量谐波电流注入电网，造成电力系统中谐波含量剧增，电压波形畸变的所谓“电源污染”。当用这种受到污染的电源向音响设备供电时。势必造成危害，严重破坏音响系统的放音音质。

为了防止可控硅调光设备对音响系统的干扰，其最基本的出发点便是设法以较“干净”的电源向音响设备供电。有几条常用的措施，可以根据具体情况和条件加以采用。

(1) 对要求较高的大型剧场，应考虑采用两个变压器供电的方式，音响设备与灯光设备各自使用一个变压器，这样可较为彻底地解决来自电源的可控硅干扰。

(2) 对于中小型剧场、歌舞厅，在没有条件使用两台变压器时，则应从变压器输出端专门拉一路电源供给音响设备使用，在必要时可再增设交流电源滤波器和稳压器。

(3) 尽量选用干扰小的可控硅调光器，以减少“干扰源”注入电网的谐波量。

(4) 灯光的供电线路，应远离音频线路，特别是传输低电平信号的话筒线。

(5) 音响系统应有独立的接地端，该地线要专门理设，不能和别的强电接地端相连，尤其不能和灯光设备地线相连，以防止其它设备的噪声、干扰通过地线进入音响系统。

2. 电源相位一致

音响设备的供电配线比较简单，只要使其各设备之间的电源相位保持一致即可。同一套系统内的各设备之间电源相位不一致时，电网频率波动会在设备之间引入一定程度的低频噪声干扰。因而，在进行电源配线时，应逐一将各设备的电源插头都反插一次。对于有接地端的三端电源插头来说，将电源的火线与零线反接一次是很不容易的。此时，可准备两块完全一样的多功能电源插座板，并将其互为反相并入供电网。这样，只要将每台设备的插头在这两块电源板的相同位置上都试插一次，选择交流声最小的插接方式确定下来即可。此外，在供电方面要尽量使三相负载较为平衡，这对提高电源质量有好处。

六、音响控制室施工

在实施音响工程时，音响控制室的建设是十分重要的。

1. 音响控制室的施工要点：

(1) 为了使地板不易受潮和保持干燥，并具有较良好的绝缘性能，地面最好做成木地板。地板的设计应考虑设备荷重及避免行走时地板出声和产生振动。

(2) 扩声控制室和灯控室的位置不宜设在同一台侧的上下层。可控硅的电线管和传声器电缆管不能靠近和平行布置，两种管线应相距 1.5m 以上。

音响控制室内敷线地沟的深度约 8 cm，宽度应大于 20cm，内置铁皮以防鼠、防潮及便于接地，同时应装活动盖板。

(3) 辅助设施齐备

音响控制室内因为装置了大量音响器材、设备，应该防尘、避振。应备

有空调与通风系统。保证设备的通风、散热。为了便于与场内联络，音响控制室与舞台监督，灯光控制室之间应该具备对讲设备。

2. 机柜安装

专业音响机柜宽度是标准的 19in，与专业音响的标准尺寸相同。根据所装设备的多少，有多种不同的高度机柜可供选择。采用标准机架可将整个音响系统的大部分设备安装连接成一个整体，方便操作，可靠美观，在音响工程中得到普遍采用。

音响设备的安装顺序一般按信号流程的原则，自上而下排列。即信号源、声音处理设备在上，功率放大器在下。其好处是：

- (1) 设备的安装顺序与信号流程一致，便于逐级调整、检查。
- (2) 系统中最重的设备（功率放大器）在最下面，使整个机架的重心在下面，稳定性好。
- (3) 有利设备的通风散热。

由于专业音响系统工作时会产生较大热量，必要时可配置风扇以确保其散热通风。图 8-5 给出了专业音响机柜的示意图。

图 8-5 专业音响机柜示意图

思考题：

- 1. 什么是线路电平？
- 2. 什么是一点接地？
- 3. 音响系统的电源为什么要与灯光系统的电源分开？
- 4. 卡侬插接件的优点是什么？应如何使用？
- 5. 三芯插头有哪些使用方法？
- 6. 音响控制室的设计要点有哪些？

第二节 音响设备的安装与调试

一、传声器安装与调试

在扩声系统中用传声器拾音，除了要按传声器的各种技术特性进行选型外，还应充分考虑到按不同场合的使用特点去布置传声器。例如，会场扩声用传声器就应该布置在舞台内的讲台上，一般可根据主席台就坐情况布置一只或数只。同样，在体育比赛时，在主席台，讲解台和裁判席上均应布置相应的传声器。在音乐厅和剧院中，为了不妨碍观众的视线，通常力求使用小型传声器，布置在舞台口部或灯架处，保证可靠的屏蔽。在音乐厅中的传声器，放置在舞台上，振动干扰大，应有隔振装置。演出扩声用传声器的布置还应均匀地照顾舞台上演员的活动区，也可以使用无线传声器。对于乐队的拾音，传声器的布置直接影响乐队演奏的艺术效果，其布置应保证对整个乐器组和演奏者的综合拾音，并使它们之间的响度有正确的比例。

1. 布局要点

(1) 传声器的布置应远离音箱，以减少声反馈。这是因为音箱的辐射声压随距离的平方成反比例衰减，传声器离音箱愈远，接受音箱声波的机会愈小，对抑制声反馈愈有利。假设音箱辐射的声压为 p ，音箱与传声器间距离为 r ，那么随着 r 的增大， p 将愈来愈小，也就是传声器所能接受到的音箱重发信号愈来愈弱。

语言拾音（例如开会演讲等）一般采用近距拾音。因为语言拾音以清晰度和可懂度为主，通常声源与传声器的距离应保持在 20cm~40cm 为佳，这样听起来亲切、扎实。距离太远，会使信号变弱，容易接受到室内噪声和混响声，人为地降低系统的信噪比，会影响语言清晰度。不同混响时间条件的房间内，声源与传声器间距离变化与语言清晰度有一定关系。随着声源与传声器间距离增大，清晰度会急剧下降。距离太近，会使传声器的输出信号过强，而产生过荷失真。同时，声源过分靠近传声器，使之处于近场区，产生近讲效应，明显加重低音成分、听起来发闷，影响语言可懂度。

近讲效应多存在于压差式和压强与压差式复合的指向特性的传声器中，有时演出需作近距使用时，可以采用无指向性传声器，或者采用有指向性而又有低音衰减开关的传声器，使低音适当衰减，从而克服近讲效应。

大型演出的传声器布局，要取决于演出形式，特别要注意乐队与合唱团的声平衡。当用心形传声器时，合唱团的女高音、女低音、男高音、男中音四个声部，每个声部需要一只传声器，传声器的装置高度取决于该声部演唱者平均嘴部的高度，拾音距离取决于传声器的拾音水平角。乐队伴奏用传声器也应该使用心形指向性传声器，拾音距离应尽量靠近声源。另外对于大型演出用的混响传声器一般吊在舞台前方，离乐队指挥 7m~10m，高 6m~7m 位置上。

（2）采用强指向性传声器。

对于扩声系统，使用较强指向性的传声器利多弊少。采用强指向性传声器可明显减少音箱的直达声或厅堂混响声对传声器的影响，提高系统稳定度，通常前者比后者使系统的稳定度提高 5~10dB；采用强指向性传声器，使得音箱的声辐射方向不包含传声器的灵敏度方向。将传声器置于音箱的后下方，仍可较好地抑制声反馈。

（3）采用强指向性音箱，使音箱的指向性辐射范围背离传声器位置，其辐射声波不会影响传声器的正常工作。

（4）传声器和反射墙面应有一定距离，此距离至少应在 3m 以上，避免反射声太强，引入声源反馈，影响语言清晰度或出现啸叫。通常会议时，传声器的后墙应有幕帘遮挡，有条件的场所讲台附近作些吸声处理，可加强扩声效果。

2. 多路传声器的使用要点

当使用多路传声器时，传声器的相位问题表现在两个方面。一个方面是必须保证所有传声器在相位上同相，另一个方面是多路传声器拾音时，要防止传声器之间的位置与距离同声源处理不当，产生相位干涉现象，而影响拾音效果。当使用多只传声器拾音时，为了减少传声器所拾取信号的干涉现象，还应遵循下述三个原则：

（1）使用多只传声器拾音时，传声器之间的距离（L），应至少等于声源到传声器的距离（D）的 3 倍（ $L \geq 3D$ ）。这时每个声源直接到达最近传声器的信号强度将明显大于其到达邻近传声器的信号强度，声源相互干扰小，相位干涉现象不明显。

(2) 当使用心形指向性传声器时，可将传声器位置调整，使其主轴灵敏度区偏离声源的主轴方向，以减少声反馈。

(3) 当使用一对传声器拾取单声源信号时，应尽量将两只传声器靠拢，使之距离远远小于声源至传声器的距离。当两只传声器间距离大于声源与传声器间距离时，应保证两只传声器与声源间距离完全相等。

(4) 当拾取多声源（例如合唱或乐队演奏）时，应避免在拾取某一声源信号时，过多拾取其它声源信号，使整个演出的声平衡难以处理。传声器与音箱的相对位置应有一定的角度，使音箱辐射声音最弱的方向对准传声器灵敏度最弱的方向。

(5) 多只传声器不宜并联使用。

传声器并联使用时互为负载，其输出阻抗变化很大，降低了灵敏度，增大了失真度，破坏了传声器的频率响应，严重影响音质。多只传声器应有多路输入调音台（或其它前置增音机）配合使用。多只传声器的投入使用，使得声反馈的机会增大。在分别工作时，不使用的传声器应切断或关小，以保证工作传声器的最佳稳定度。

3. 传声器拾音布局实例

(1) 单只传声器的拾音

单只传声器的拾音，对于语音拾音，如前所述，应采用近距离拾音，可保证语音声能清晰实在。此外。对于语言拾音，还应根据传声器的指向性，选择合适的直达声与混响声的比例来确定拾音距离。

如果是小乐队伴奏（或一件乐器伴奏）的独唱或独奏小型节目，可使用单只传声器拾音。此时可将独唱（奏）演员与伴奏乐队分置在拾音传声器的两边，并使传声器距独唱（奏）演员稍近一些，离伴奏乐队稍远一些，这种拾音方式可使独唱（奏）演员声音突出，具有亲切感，同时独唱（奏）与伴奏远近层次分明，音响整体效果较好。

(2) 多只传声器拾音方式

① 主传声器方式

这是一种在单只传声器拾音方式基础上发展起来的一种多只传声器拾音方式。它是用一只传声器作主传声器对整个演出现场进行全面拾音、另外再

在一些声部前面布置相应传声器进行近距特写拾音。调音时将主传声器的分电平调节器开足，使其所拾取的整体声能基本达到额定输出，在此基础上再适当加入特写传声器信号，以使需要突出声部的声音或声音较弱的部分增加音量，求得各声部音量的平衡。

对大型交响乐团演出拾音时，主传声器应采用心形传声器，设置在指挥台稍后较高处，其数量为一只或数只，架高 1. ~3. 5m，以拾取节目的整体声。这个位置与乐队指挥所听到的演出气氛应当是一致的。乐队前方可布置几只电容式传声器，重点拾取各组弦乐声音。这些传声器也作为主传声器对所有乐器进行整体拾音。独唱演员前设置近讲离心形传声器，以增加亲切感；木管乐器和竖琴声音特别微弱，但经常有独奏乐句，在整个乐队中起重要作用，可以分别专设心形电容传声器作近距离特写拾音。合唱队离主传声器较远，通常也设置数只传声器拾取合唱声音增加真实感。乐队前区所设置的无方向性电容传声器是为专门拾取混响声的传声器，在广播录音系统中，当不用人工延时、混响时、可将这只传声器所拾取的混响声，按适当的比例混入整个音乐之中。通常混响传声器的拾音距离应大于或等于等效混响半径，其安装高度在 5~7m 为宜。

② 多声道拾音方式

多声道拾音多用于录音系统之中。这种方式是将全部音乐声源分成若干个声部（大多为一件乐器一个声部），每一个声部前都放置一个近距离拾音传声器做“特写拾音”。调音时，按照节目所需的音量平衡调整各个传声器的分电平调节器，而各声部声象的层次感，要由人工延时混响技术来完成。

4. 传声器盒的布置和安装

舞台上传声器所拾取的声频信号需馈送到调音台去进行信号的处理与放大，调音台及其它声频设备所处的控制室一般距舞台较远，为了保证信号的正常馈送，除了须考虑前级与中间级的屏蔽连接外，还须在舞台上设置与传声器连接的传声器盒。传声器至调音台的连接馈线可以隐蔽而固定安装，这样，传声器可以置于舞台上任何位置而不受馈线长度影响。

（1）传声器盒的布置

传声器盒可根据其在舞台的布置形式采用集中放置或分散放置两种形

式。

传声器盒的安放位置应以接近传声器的使用位置并且不影响舞台演出活动为原则，通常可集中置于舞台两侧或分散置于舞台上传声器常用位置。

舞台两侧的传声器盒中应设有 10~16 个插座，有时也可以集中于舞台一侧放置。

乐队常处位置处的传声器盒可设置 8~12 个插座。舞台后区使用的效果传声器的插座可直接与舞台吊杆连在一起。有些厅堂的舞台前设有乐池，此时在乐池内也应埋设传声盒，并在盒内设置 8~12 路插座。

体育场、馆除了要在主席台与裁判台的方便位置设置具有一定数量插座的传声盒外，还应在比赛场地周围设置 4~6 组传声器盒，每组盒内可装 4~6 个插座，以适应体育馆内的多种功能的需要。

（2）安放方式

传声器盒可嵌入舞台台框内侧墙内，距地板 30cm~50cm，传声器盒下部应有薄壁穿线钢管与之连通，穿线钢管经舞台地板下部一直引伸至调音控制室，管内穿屏蔽信号线。

传声器盒分散布置时，可将传声器盒置于舞台（或主席台）地板下面，为了防止灰尘落入，并保证地板表面平整，可在放置传声器盒部位地板表面嵌入金属盖板。金属盖板宜用厚 1cm 的铜板或不锈钢板制成。有时为了防止灰尖对盒内插座的影响，可将传声器盒垂直固定在地板下部。

（3）屏蔽连接

传声器盒内的插座须用屏蔽线可靠连接，并且穿管敷设，直接引入音响控制室。

二、 音箱系统的安装

音响工程应该保证场内各处具有基本一致的声压级。为保证此项指标要求，应对场内各点声压级进行测量，了解声场分布情况。若声压级相差较大，可适当调整音箱的摆放位置，若还不能解决问题，则要考虑增设音箱或改善建声环境。

声场调整好后，便可着手安装音箱系统了。

1. 常规音箱的安装

常规音箱系统的安装有明装、暗装和吊装三种方式。明装指音箱系统直接装在观众厅内可视之处；暗装指音箱系统装在平顶内或台框、墙壁内，吊装指采用吊钩、挂钩或吊篮将音箱系统吊挂在顶棚上、墙壁上，吊装时可以有暗吊和明吊两种形式。

（1）明装

明装音箱裸露在观众厅顶棚或墙壁之外，采用吊、挂或嵌入形式，其特点为：

- ① 声音不受阻挡，可直接射向观众席，声能损失很小。
- ② 安装、调整方向，可在现场很直观地调节好音箱的声辐射方向，保证观众席内各个区域内都可获得较为均匀的直达声。
- ③ 应充分注意安全。
- ④ 注意不要让音箱影响厅堂内的整体造型。

（2）暗装

暗装音箱指将音箱隐蔽安装的方式，如图 8-6 所示。其安装特点为：

- ① 预留的安装洞口必须足够大，以便调节音箱系统方向，洞口的宽度会影响水平方向的调节，高度和深度会影响垂直方向的调节。

- ② 装在顶棚内的音箱系统有两种处理方式，

一种是音箱与顶棚平行放置。音箱直接平放在顶棚上，此时声音由顶棚直射相应观众席，这种方式通常适用于体育馆的场地供声系统，低音音箱系统以及分散布置的背景音箱系统。

另一种是音箱装在顶棚的反声罩内，以免声能在平顶内的逸散。安装反射罩的平顶留空处要有足够大的面积，反声罩本身的出口处也必须按照音箱的声辐射角度留有足够大的空间，使音箱的声覆盖范围不受影响。反声罩应用硬木制作，并且牢牢固定在顶棚上，避免由扬声器的工作而产生共振现象，破坏重放声的音质。

- ③ 暗装时所用的面罩必须透声，通常可用尼龙装饰音箱布或涤纶装饰音箱布。不宜采用透声性能差的厚密织物。金属网罩容易产生刺耳的金属共振声，影响声质，也应当少用或慎重使用。

- ④ 有时暗装音箱前还采用了装饰格片。装饰格片的宽度应小于所装音箱

纸盆直径的 1/10，格片的开口率应大于 75%，装饰格片最好做成楔形，有利于声波的传播与扩散。

⑤ 暗装形式有利于整个厅堂的装饰效果，但是如果处理不好会使部分直达声能损失，而且安装比较麻烦，调整与维修亦十分不方便。

图 8-6 音箱暗装示意图

(3) 吊装

厅堂内音箱的吊装需要考虑两个问题：一是吊装位置与倾斜角度直接影响整个厅堂的声场分布，吊装角度和音箱主声束的聚束区域；二是吊装的牢固度直接关系到厅堂内的安全性。可采用吊篮吊装形式，这种声吊篮在设计时应根据厅堂体形和辐射区域预先预制好，将音箱系统按各个相应位置安装固定牢固后再起吊至厅堂上空。声吊篮应配置有电动起吊设备，利于安装，调整与维修。表 8-2 给出了音箱紧固件的规格与许用负荷，可供吊装时参考。

表 8-2 音箱紧固件一览表

品 种		Cc 型（两头为吊钩）						co 型（一头吊扣，一头吊钩）	
螺旋扣号码		0.2	0.3	0.6	0.9	0.2	0.3		
0.6		0.9							

许用负荷 (kg)	230	320	630	960	230
320	630	960			
适用钢筋最大直径 (mm)	4.5	5.5	8.5	9.5	8.5
8.5	9.5				
全长	最小	260	340	440	510
350	460	510			
(mm)					
	最大	360	460	610	710
470	630	710			

音箱的吊装要点是：

- ① 根据专业音箱或音柱的重量设计吊装构件与固定方式,确保吊装安全可靠。
- ② 顶棚吊装音箱应有四个吊装点,侧墙吊装则要有三个吊装点,便于调节倾斜角度。
- ③ 大型专业音箱或音柱的吊装除需特殊制作与箱体相固定的吊架,还应采用花篮螺丝和 6~ 8mm 钢索与之配合吊装。花篮螺丝可用于拉紧钢索并调节松紧,利于音箱的固定和倾斜角度调节。

2. 背景音乐音箱安装

(1) 背景音乐系统的音箱可安装在使用场合的天棚内,由于天棚高度各不相同,音箱的安装高度亦有所差异。音箱间的配置距离以 3~6m 比较理想。有些场合亦可安装在使用场合的墙壁上,安装在墙壁上的音箱高度宜取 3~5m,其间隔为 4~7m。

(2) 音箱的口径一般选取 $\phi 165\text{mm}$, 有些场合也使用 $\phi 130\text{mm}$, 或 $\phi 200\text{mm}$ 。音箱为全频带动圈式纸盆音箱, 其重放频率为 $100\sim 10000\text{Hz}$ (至少需达 8000Hz)。音箱可置于吸顶圆盘上, 安置在顶棚内。也可以装在助音箱内, 悬挂在墙壁上。

(3) 吸顶音箱安装

吸顶音箱安装如图 8-7 所示, 其步骤如下:

- ① 将天花板割开一个圆形安装孔, 将支架上的压片上移, 将支架整体装入安装孔内。
- ② 旋松压片蝶形螺丝、将压片下移, 顶紧天花板, 并旋紧蝶形螺丝, 以使支架固定。

图 8-7 吸顶音箱安装

思考题:

1. 为什么不能将多只传声器并联使用?
2. 什么是音箱的暗装方式?
3. 背景音乐系统的音箱一般应如何安装?

第三节 音响系统调试

音响工程的调试, 是一项既需要技术经验又需要认真细致的工作。调试就是让音响系统达到合理设计要求的唯一手段。如果调试不细致, 不仅不能达到工程的设计效果, 而且还有可能使设备工作在不正常的状态。所以在调试前要充分认识到这项工作的重要性。

调试前要仔细确认每一台设备是否安装、连接正确, 认真向施工人员询问施工遗留的有关问题; 调试前必须认真地阅读所有的设备说明书, 仔细查阅设计图纸的标注和连接方式; 调试前一定要确信供电线路和供电电压

没有任何问题；并要准备相应的仪器和工具。

一、系统通电

音响系统安装工程完成之后，便可进行通电调试了。系统通电是给每台设备加电，验证每一单元是否都完好，连线是否正确，系统是否可发出声音。在此基础上才可进行细致调整、调试。系统通电虽说不复杂，但是工程上存在的一些问题都要在这一工作中进行验证。系统通电是保证工程质量的第一步。需要准备的仪器和工具有：相位仪，噪声发生器，频谱仪（含声压级计），万用表等。

1. 通电前的检查

通电前的检查非常重要，如果设备或线路有严重问题未及早发现，盲目地开机通电会造成系统更大范围的故障和损坏。通电之前一定要作充分准备，仔细检查管线工程的质量并对各单件设备作初步的检查，确认不存在短路故障的情况下才能给系统通电。

（1）管线工程质量的检查

音响系统的管线工程应按建筑电气规范进行施工、安装，并以此标准加以验收。在系统通电前一定要仔细检查，以防管线工程存在的问题祸及贵重的音响设备。在此仅强调几点关键问题：

① 现代音响设备都以单相交流电供电，管线工程完毕后应检查向音响设备供电的配电板通电源插座供电电压是否为 220V，如果接线有差错，将两根相线接至单相电源插座上则会有 380V 电压，会烧毁机器。

② 检查输入调音台的信号线是否存在与功率线短路的情况。若把高压误送入调音台输入端，会烧毁调音台。

③ 功放输出端决不可短路，因此要重点检查音箱馈线、插头、插座，确保没有短路。可先拔去音箱插头，在音响控制室那一端用万用表测音箱线两端的电阻，此时应该是开路，然后接上音箱插头，再在音响控制室那端测其电阻，此阻值一般为音箱阻抗的 1.1 倍左右，如果考虑音箱线电阻，其阻值还将大一些。插头短路是最常见的恶性事故，应引起注意。

（2）设备检验

音响系统中设备器材众多，如果个别设备有故障时，常会造成大面积器

材发生损坏的恶果。例如，功放损坏可能会出现输出端有很高的直流电压，这将引起音箱系统的损坏。专业音响器材、设备在出厂时虽然都经过严格检验，但这些器材往往要经过长途运输，而且有时还要几经转运才最终到达用户手中。装卸搬运的过程中有时难免碰撞，对设备造成损伤，仓储环境不良又可能使设备受潮。因此系统通电前，要先对单件设备先作逐个通电检查、测试。

上述对单件设备分别进行的初步测试主要包括几个方面：

① 检查设备电源。检查设备电源电压是否与市电电压 220V 相符，电源是否置于 220V 挡。设备没有 220V 电压挡的机型，应考虑另配变压器。单台设备接通电源观察是否有异常现象。在不加输入信号情况下测量输出电压。此时，输出电压应基本为零，不应有直流电平输出。存在的极小的输出电压即为输出噪声。

② 单独开机。从音源开始逐步检查信号的传输情况，只有信号在各个设备中传输良好，功放和音箱才会得到经过正确处理的信号，才可能有好的音质。进行这一步时，音箱和功放先不要连接上，周边处理设备也应置于分路状态。检查时要顺着信号的去向，逐步检查它的电平设置、增益、相位及畅通情况，保证各个设备都能得到前级设备提供的最佳信号，也能为后级提供最佳信号。在检查信号的同时，还应该逐一观察设备的工作是否正常，是否稳定，这项工作意义就在于：单台设备在这时出现故障或不稳定，处理起来比较方便，也不会危及其它设备的安全。因此，这项检查不要带入下一步进行。单台设备检查通过上述这些检验，再接入系统。

2. 系统通电

在上述检验的基础上，系统开机通电将是安全的。首先将各个设备的输入、输出电缆线正确地连接好，将各级设备的增益控制都调低，音量调至最小。然后自前级到后级逐个接通设备电源，上述无误后，就将音箱和功放逐一接入系统，在较小的音量下，利用相位仪首先逐一检查所有音箱的相位是否一致，为下面的调试作好准备。并按下述步骤调整，直至在音箱中听到节目声，系统即告开通。

(1) 选用动态较小的 CD 唱片，用相应的信号源设备放音，将调音台上

的总推子推至 0 位，相应输入通道的分推子也推至 0 位。标准的调音台上 0 位在 70%行程左右，此时，则应将推子置于 70%行程附近的一条特别明显的刻线处，慢慢旋大输入通道增益 (gain) 调节旋钮，观察 VU 表读数，调至 VU 表通常指示在 -6VU 以下，最大读数不超过 0VU 即可。

(2) 按照信号流经设备的顺序，逐个调整其工作电平和增益。总的原则是保证各级声音信号处理设备具有为零的增益，既不对信号电平进行提升，又不对信号电平进行衰减。除非系统中设备的线路电平标准不一致，这时一般需要通过设备的输入、输出电平控制使单个设备具有一定的增益或衰减，以达到系统中各个设备工作电平适配。

(3) 房间均衡器暂时先置成 0 位，对各段频率既不提升，也不衰减。

(4) 缓慢旋大功放衰减器，使音量逐步增大。此时应听到场内音箱中有正常的节目声，功放的信号指示灯 (signal) 应闪亮，峰值 (削波) 指示 (Peak / clip) 仅允许偶然有闪亮为标准。

二、音响系统的调试

系统通电后还需进一步细致的调整、调试。这些调试工作一般要借助一些专用的仪器、设备才能很好地完成。常用的仪器设备主要有：音频信号发生器、毫伏表、噪声发生器、声级计、实时频谱仪；需要测量混响时，则还需要电平记录仪。

1. 传声器相位校验

音响系统中同时使用的传声器一般情况下应该是同相位的。在工程交付使用之前需将系统中所有传声器的相位都校正成同相的。在使用中由于特殊需要而要求将个别传声器接成反相位时，可利用调有台上的相位倒置开关或者插入一段“反相线”。检验传声器相位的方法很简单，若两个传声器是同相位的，则这两个传声器指向同一声源时音量会明显增加，若两个传声器是反相的，则这两个传声器同时使用音量反而减轻。调整时，可任选一个传声器作基准，将系统中所有的传声器都与之比较，将相位与之相同的归为一类，相位与之不同的归为另一类。将为数较少的一类传声器相位进行调整，即把卡依插上 2 脚与 3 脚的接线互换，便可实现相位调整。

2. 房间均衡器调整

房间均衡器一般要借助粉红噪声发生器和实时频谱仪才能精确调整。房间均衡器主要用于对房间频率特性进行修正和补偿。因此在调试时应保证厅堂的环境与实际听音环境的一致性。另外，房间均衡器的调整，有时需与音箱布局的调整结合起来。

房间均衡器是通过改变信号的频率特性来实现对环境频率特性的补偿。对频率特性的改变不可避免地会引致相位特性的改变，引起相位失真。当房间均衡器的调整量过大时，尤其是在某段不宽的频带中又必须以很大的调整量才可达到均衡效果时，虽然房间的频率特性被修正了，但因为相位失真的关系，听感会变得很差，对立体声系统这种情况将更为突出。在建声条件不佳的情况下，房间均衡器的调整有时只能在频率特性与听感之间折衷。强求频率特性的平坦结果有时反而弄巧成拙。最佳的办法是改进房间自身的声学特性。

房间均衡器调整的原理如图 8-8 所示。

图 8-8 房间均衡器调整的原理图

(1) 调试过程

① 用粉红噪声作为系统输入测试信号，这种噪声是由白噪声经过 -6dB/oct 滤波器后得到的。与白噪声相比，粉红噪声低频能量较大。因为粉红噪声能量分布情况与真实音乐信号较接近，所以常被用作音响工程和音响设备的测试信号。音箱的功率容量一般也用粉红噪声来测量。如果没有粉红噪声发生，也可用录有粉红噪声的 CD 唱片来放送粉红噪声，一般中档以上的激光唱机的频响可做到在 $20\text{Hz}\sim 20\text{kHz} +0.5\text{dB}$ ，可以满足测试要求。

② 将粉红噪声输入调音台，调整调音台至标准输出电平，通常是 0VU ，输出电平 $+4\text{dB}$ ，应注意此时调音台上均衡器 EQ 调为平线，即全部放在零

位，对测试信号各段频率既不提升，又不衰减。房间均衡器各点频率调节电位器也先暂时置于零位。缓缓加大功放音量调整器可听到粉红信号声，用声压计监测，直至厅堂内粉噪信号声压级达 85dB 左右。

③ 将其测量传声器置于厅堂中心位置，频谱仪上选择开关置于“OCT”挡（该档是倍频程滤波器档，与粉红噪声的特性相对应）。这时实时频谱仪上的 LED 显示就是听音环境的频率特性曲线。它越平坦则说明房间建声的频率特性越好。

④ 调整均衡器上各点频率提升 / 衰减器，使频谱仪上频率特性曲线呈一条直线。

上述调试完毕后，一般还要对均衡器上的均衡曲线“光滑”一下，这主要是为了防止均衡器调成锯齿状频率特性时带来过大的相位失真。

（2）房间均衡器调整要点

① 在 20~50Hz 左右的低频段以及 14kHz 以上高频段，其频率特性不必强求，尤其是低频段更是如此。因为一般音箱难以延伸至 20Hz，能够达到 40Hz 已算是不错。强求低频段特性的平坦而提升超低频，会使音箱因过大的延伸低频而“失控”，失真加剧。

② 房间均衡器的调整应始终考虑到频率特性平坦与尽量减小相位失真之间的矛盾，而做出折衷的考虑。

③ 对于建声环境的频率特性存在明显的“峰”和“谷”的情况下，应考虑改变音箱位置和设法改变建声特性。

④ 房间均衡器的调整是十分细致的工作，需要多次重复调整才可最终调定。这是因为在调整过程中往往还需对音箱摆位、建声环境作一些调整，且均衡器在调整时会有相互牵制。

客观地说，房间均衡器的作用是有限的，建声环境的缺陷不可指望完全依靠房间均衡器来解决，其均衡量越小，音质也将越好。在没有粉红噪声发生器和实时频谱仪的情况下，可按所选用房间均衡器上各个的频率点，用音频信号发生器向系统送入同样幅值的各点频率信号，用声压计测试场内声压，并通过房间均衡器的调整。使各点频率的输入信号，在场内均产生相同的声压级。这种调试方式的实际效果比用标准的粉红噪声要差。因

此，专业单位应尽可能配置粉红噪声发生器和实时频谱仪。

3. 电子分频器的调试

电子分频器的调试可以分高、中、低频单独进行，其中分频器在系统中的用途不同，调试的方法也有区别。如果分频器仅用于低音音箱的分频，要在让低音音箱单独工作，将分频器的低音分频点取在 150~300HZ 之间，适当调整低音信号的增益，感觉低音音量适当便可，然后与全频系统一道试听，再进行低音与全频音量的平衡；如果分频器用在全频系统中，就要求准确依照音箱厂家提供的参数分别设定高、中、低频的分频点，然后反复地进行各频段信号增益的调整，直到各频段的听感比较平衡后，再参照频谱仪在各测试点测试的声压情况做进一步的微调。

4. 延时器的调整

如前所述，在扩声系统中使用延时器的目的，除了产生一些声音的“特技效果”以外，主要是用来防止重音、回声，改善音响的清晰度。作为这一目的使用的延时器的调整，应该是以消除不同音箱辐射出的直达声到达听音者的时间差为原则。但在实际工程应用中往往并不要求将此时间差补偿到零。首先，这样做是很难实现的，因为在某一点位置上实现为零的时间差，则其周围的位置上则仍然不可避免地会有时间差。其次将不同音箱辐射的直达声到达的时间差完全补偿到零，在听觉上反而会不自然。因为在完全依靠建筑声学结构自然音响的场合下，声压级的均匀分布主要是靠近次反射声对直达声的增强作用来实现的，此时近次反射声与直达声到达听众的时间差反映了厅堂的空间感。当然能量较强的近次反射声与直达声的时间差不能超过 Hass 效应指出的 50ms，否则会使清晰度受到很大的影响。调整得当，可获得更真实自然的音响效果。

5. 压限器的调整

对于压限器的调试，应该在系统的以上设备基本调走后再进行。一般在工程中，压限器的作用是保护功放和音箱，使声音的变化平稳。所以在调试时首先要设定压缩起始电平，通常不要设定得太低，具体设置应该视各种压限器的调节范围和信号情况而定；其次要设定压缩启动和恢复时间，通常启动时间不宜太长，以免保护动作不及时；对设备的保护而言，启动

时间短一些将会更有利。为了有利于在听感上保持有较好的动态感，恢复时间不宜太短，以免造成声音效果受到破坏。一般工程中设定压缩比在 4:1 左右。这两项参数的调整总的来说要根据节目的具体情况，以听感自然，不觉得声音有明显的变化为准。要特别注意压限器中的噪声门的设定，如果系统没有较大的噪声，可以将噪声门关闭；如果有一定的噪声，可以将噪声门的门限电平设定较低处，以免造成扩声信号断断续续的现象；如果系统的噪声较大，就应该从施工技术方面分析了，不能单独靠噪声门来解决。其它设置可以根据不同要求而定。

6. 厅堂声压级的测定

在上述调试的基础上，用声压计测试进行厅堂声压级的测定。采用粉红色噪声发生器作为噪声源，在高、中、低三个频段分别选取几个频点测试，测试的目标就是：在保证信号最佳动态的前提下，经调整使得系统的扩声声压在各点都要达到设计的声压级，同时要参考高、中、低频段各点的情况，再分别对均衡器和电子分频器略作调整。如果各测试点声压级的结果价差较大，即声场的均匀度不好，就应该认真地进行分析和相应的改进。首先要从建筑装饰的施工工艺方面入手，假如这方面有较大的缺陷，从而影响声场的质量，那就应该提出可行的整改措施：假如装饰方面没有明显的缺陷，应该从音箱的摆位，指向及安装的形式方面进行分析，分析的内容包括：音箱与建筑四面的距离，音箱之间的安装位置要求，音箱的指向和频率特性等。

三、声反馈抑制

声反馈直接影响扩声系统的音质，严重时破坏整个系统的稳定，在实际工程中应采取必要的措施予以抑制。本节结合扩声系统的调试着重介绍对声反馈的抑制方法。

1. 声反馈的形成

(1) 声反馈的产生与影响

在扩声系统中，声源除了从传声器-放大系统-音箱这一正向电传输通道外，还存在着音箱直接回授给传声器这一反馈通道。反馈声再经过传声器-放大系统，送回至音箱。如此反复循环，整个系统将产生自激，进而使系统

无法正常工作。

在室外扩声系统中，声反馈主要由音箱的直达声引起。在室内扩声系统中，引起声反馈的因素除了音箱的直达声外，还有室内声场中来自各壁界面的反射声。

实际上，声反馈系数的数值大小与反馈声声压及声源声压间的相位有关。通常，声频系统的使用频率范围为 $100\sim 8000\text{Hz}$ ，因此，在整个扩声音响系统当中，声反馈随着频率的变化，将会有正反馈和负反馈出现。当出现正反馈时，系统才会产生自激，引起啸叫。要使整个系统稳定工作，其方法就是克服正反馈，条件是声反馈系数 $\beta \ll 1$ 。为了防止自激，降低对扩声系统音质的影响，实际工作中允许的声反馈系数仅为 $0.2\sim 0.3$ 。

声反馈对扩声系统的影响如下：

① 正反馈和负反馈两种现象互存，直接破坏了系统的频率响应，产生畸变，严重时影响系统音质；

② 在一定条件下，自激现象引起啸叫，破坏了系统的稳定性；

③ 在室内声场中，声反馈的延迟会使混响时间变长，产生再生混响干扰现象，对听音区的语言清晰度产生影响。

（2）最大功率增益

在扩声系统中，当 $\beta \leq 1$ 且反馈通道信号传输与正向传声通道信号传输同相时，系统将不稳定并且产生自激。因此，定义 $\beta = 1$ 时，扩声系统输出的声功率称为临界功率，用 W_c 来表示。在实际工程中，为了避免由于声反馈引起的频率畸变、系统自激和再生混响干扰，并且使系统能够稳定地工作，应该满足 $\beta \ll 1$ ，也就是实际扩声系统输出声功率要低于临界功率。定义扩声系统在实际使用条件下音箱输出的声功率为最大声功率，用 W_M 来表示。最大功率增益可以作为设计扩声系统时选择音箱与放大器功率容量的计算依据，

（3）传声增益

实际工程中，声反馈程度大小还可以用传声增益来评价。传声增益的定义是：“扩声系统达最高可用增益时，各听众席处音箱所产生的稳态声压级与声源在扩声系统传产生的稳态声压级之差。”

2. 声反馈抑制方法

根据声场特性，扩声系统声反馈抑制应从系统设计、声场布局、设备选型直至声场调整入手，每个环节都要做好预防声反馈的工作。具体方法有：

（1）抑制声反馈峰值

采用均衡、移频、调相等方式，抑制反馈声能的峰值，从而保证系统工作的稳定性。

（2）控制好厅堂的声学条件

对于室内扩声系统来说，室内混响时间愈长，其混响声能愈大，则引起的声反馈机会愈多。因此，适当降低室内混响时间，可以有效地降低声反馈。再有，室内声场的均匀特性好，有利于提高扩声系统的稳定性。有关厅堂建声指标的制定和建声条件的控制，应在厅堂音质设计的初始予以充分考虑。

（3）消除声反馈通道

利用传声器与音箱的指向特性，调整它们之间的空间位置，处理好传声器与音箱的位置关系，消除声反馈通道。理想状态应是音箱远离传声器，使音箱发出的直达声根本不能进入传声器，系统中声反馈可以处理得很小。音箱的实际工作位置并不能完全远离传声器，特别是采用室内声场的集中式布局的音箱系统。因此音箱与传声器的位置关系，应保证音箱的供声使整个听众席获得足够的声能，并且使音箱对传声器的影响降低至最小，这就要从音箱与传声器间距离，相关位置及指向性特性去分析、处理。

① 通过器件选型消除声反馈通道

a. 指向性传声器可以抑制音箱从其它方向上来的直达声，还可以减少室内混响声能，提高系统工作的稳定性，因此，在扩声系统中，特别是室内扩声系统中，其选用应完全占主导地位。通常心形指向性传声器和无方向性传声器相比，可使系统的稳定度提高 5dB，而超心形和超指向性传声器与心形指向性传声器相比，还可使系统进一步增益提高。

b. 音箱指向性在满足观众席供声的声场覆盖范围的基础上，宜选用指向性较窄的器件。

c. 音柱在低频段信号较小，其垂直指向性较窄，易于控制声反馈，常用作语言扩声的主要放声器件。

d. 恒定指向性号筒式音箱具有多种恒定指向角度可选择，而且在指向性

主声束之外，没有副声束旁瓣，对降低声反馈有利，因此对各种场合的扩声系统均适用。

② 利用临界距离消除声反馈通道

在条件许可下，音箱与传声器的距离 L 应尽可能拉大。对于室内声场，音箱与传声器之间距离应大于临界距离 D_c 。

$$D_c = 0.057 (VQ_L/T_{60})^{1/2}$$

式中： V 为房间体积； Q_L 为音箱的指向性因子； T_{60} 为室内混响时间。

在临界距离以外，直达声要小于反射声，基本可降低了音箱直达声对传声器的影响，但须注意音箱在各个方向扩散场的距离是不同的。对于混响时间较长而又以语言扩声为主的会堂，采用分散布局方式，有利于拉开音箱与传声器间距离，阻断声反馈通道，加强听众席直达声，提高语言清晰度。

③ 相关位置

a. 音箱的声辐射“死角”，即声辐射最弱方向，对着传声器灵敏度最差方向，这样抑制声反馈效果较好。

b. 音柱以布置在传声器上方较好，一方面可以扩大声辐射距离与范围，另一方面可利用音柱较窄的垂直指向性，抑制声反馈。图 8-9 示出了音柱与传声器的两个位置关系。图（a）中，音柱安装较低，且与传声器成水平平齐状态，由于音柱的水平指向性较宽，对传声器影响大，极易引起声反馈。图（b）中音柱置于传声器前上方，显然对抑制声反馈有利。

图 8-9 音柱与传声器的位置关系

（4）利用频率均衡技术抑制声反馈

对于室内声场，扩声系统的传输响应不但与音箱的直达声场有关，而且与厅堂本身的物理特性有关，有时单靠处理音箱与传声器的位置不能完全奏

效。例如，在低频段，声波波长较长，音箱低频辐射无指向性。再如，声反馈系数的相位与声源同相时，也极易产生自激，出现啸叫。此时，可以在扩声音响系统中插入均衡器，利用频率响应的均衡技术，抑制声反馈传输响应的峰值，提高系统的传声增益。采用频率响应均衡技术不但可以抑制声反馈，而且还能改善厅堂的音质，提高扩声的丰满度、清晰度和自然度。

为了在扩声系统中控制房间传输响应的不规则性，可以先使扩声系统自激，并测量该系统在厅堂内的对语言、音乐质量影响较大的每一个自激频率，然后利用插入系统的均衡器，将其精确地调谐到每一个自激频率，增加足够的阻尼来保证所需增加的增益，而不产生自激。调试过程中，还会产生新的自激频率，此时还要重复上述过程，直到系统传声增益达到所需指标。

通常在房间传输响应上有多个自激频率，而且没有规律，这就需要作反复细致的调试。近年来，实时分析仪逐渐普及，调整时观察方便，调试直观，总的音色平衡容易掌握，经过反复调整，可以提高系统的传声增益。

（5）利用移频法降低声反馈

利用移频法降低声反馈的基本思想是采用偏移频率的方法去破坏反馈声与原始信号的同相条件，抑制系统的自激振荡。在扩声系统中，插入移频器，使音箱的输出信号相对于传声器信号的所有频率都偏移一个适量，这种方法可以有效地抑制声反馈并降低频率畸变和再生混响干扰。

当扩声系统没有频移时，回路增益极大值超过 0dB 系统就会产生自激。因此系统增益的最大允许值取决于传输响应的极大值，相应于回路增益的极大值必须低于 0dB，否则系统不稳定。插入移频器后，系统的稳定性不再取决于回路增益的极大值，而决定于传输响应的平均增益，只要平均增益低于 0dB，系统是稳定的。因此，移频法允许扩声系统增加的增益等于频率响应上极大增益与平均增益的差值。最佳频移量等于传输响应上各波峰和相邻谷之间的平均距离，因为此时增益峰值所产生的多余能量会迅速地在谷值处被“吸收”。实践证明，最佳频移量与厅堂的混响时间 T_{60} 有关，约为 $1 / T_{60}$ 。更大的频移虽然也能增加扩声系统的增益，但是，当频移量超过 7Hz 后，将会影响音质。

设定扩声系统的工作频率范围为 B。那么，当 $BT_{60} > 5000$ 条件下，扩声系

统插入移频器后，其稳定增益的增量 ΔG 应为：

$$\Delta G = 10 \lg (\lg (B T_{60} / 2 (2)) + 6.3$$

实现移频的方法有好几种，已经做成移频器的是单边带调制方法和基本频带偏移法。

单边带调制法，是使信号经过调制和解调，如果两个载频保持给定的频偏，就可以使输出信号在频率轴上移动。

基本频带偏移法，是将信号通过一个分相网络，给出两个相位彼此相对偏移 90 度的信号，通过旋转变压器的两个正交初级绕组，利用变压器的旋转输出，而获得频移量。

带有移频器的扩声系统，在声反馈接近自激时有一个过渡过程，这种现象对于简单的声反馈系统特别明显。在过渡过程内，扩声系统量已不稳定，但不会突然起振，这对扩声系统的使用和维护是有利的。

（6）利用调相法改善声反馈

引起声反馈的主要因素在于声反馈系数及其相位，如果扩声系统参数不变，那么相位是决定系统是否产生自激的唯一条件。在扩声系统内插入一个连续按简单周期函数变化的调相设备或频率调制设备，使得反馈信号相位与主通道信号相位得到偏离，破坏系统自激条件，改进系统的稳定性。

调相设备的相位旋转器由阻容式电桥电路组成，变化其中一个参数，可使输出电压的相位均匀变化。改变可变电阻值，R 数值从 0 变至 ∞ 时，输出电压与输入电压之间的相位变化从 0° 变化至 180° 。在插入相位旋转器的扩声系统中，相位偏差值在 140° 范围内具有最大的稳定度，这时，允许扩声系统增加的增益为 7~8dB。另外，相位变化的频率对相位旋转器的有效性影响很大，在听众没有觉察到干扰时，相位变化频率的最大允许值为 1~4.5Hz。

频率调制设备是电子式调相器，当相位调制指数为 1.4~2.4，相位调制频率为 1Hz 时，则可以使扩声系统的系统增益提高 4dB，用这种调相器抑制声反馈的特点是可感觉到的畸变很小，尤其适用于音乐扩声系统。

思考题：

1. 使用多只传声器时，如何区分其相位关系？
2. 实时频谱分析仪的作用是什么？
3. 如何调整房间均衡器？
4. 抑制声反馈的方法有哪些？

第四节 扩声系统的运行和维护

扩声系统的专业人员既要對播出的音响效果负责，又要对设备的正常运行负责。因此，对于从事现场扩声工作的音响师，应该对设备的维护、故障的分析判断、发生故障时的应急措施都要有所掌握，这样才能应付现场扩声工作中可能出现的各种实际情况。本节主要包括系统检修方法和常用设备的检测。

一、系统的运行

1. 系统维护

音响系统中电声设备的保养维护，主要是防潮、防振、防过载。而音响设备本身与一般的电子设备并无什么大的差别，作为系统的保养有异曲同工之处。需要注意的是：

（1）调音台、功放的衰减器，即调音台上的推子和功放上的衰减器，在系统开机、关机时都应置于衰减量最大的位置，待系统电源接通，启动后再按要求慢慢调整到合适位置；

（2）应防止液体，杂物和灰尘等落入调音台推子的缝隙中；

（3）防止系统各级设备严重过激励而损坏输入级；

（4）防止信号过强而损坏功放和音箱系统。

2. 应急措施

在音响系统运行过程中，出现故障是难免的。此时应采取应急措施，确保主声场有足够的声音。常用的应急措施有以下三种：

（1）简化系统

最简单的系统只要有调音台、功放、扬声器即可进行扩音。甚至在使用

灵敏度高的电容式传声器时，将电容传声器的输出直接接到功放的输入端都能勉强地进行工作。

（2）启动备用系统

由于音响系统中的设备一般都是按立体声方式配置的，在实际扩音中多不作立体声扩音，若一路设备损坏、可以用另一路完好的设备带动两路后级。例如对原有两路均衡器的系统，损坏了一路则可临时接成单声道形式。当然这样连接时只能作单声道扩声。另外要注意前级设备一路输出带后级若干个负载时应保证后级输入阻抗的并联值不应太低，通常只要不低于 600 欧则可以保证前一级设备的安全运行。对于功率放大器也是如此，如果系统中两台功放损坏一台时，往往可将扬声器全部接到一台功放上，但要注意扬声器并联后的阻抗不应小于功放规定的最低负载阻抗（一般是 4 欧）。

（3）用返听系统代替

暂时取消返听、监听功能、保证场内扩声。当要求有较好的效果时，返听、监听设备是必要的，但当系统发生故障，需要作应急处理时，应首先保证场内扩音，此时可临时将返听、监听用的器材设备用于场内的主扩音系统，首先确保观众可以听到声音。

二、故障检修要求

随着扩声系统的普及，维修工作量日益增大。目前，在国内可见到的专业音响设备的品牌已有近百个，而且有不断增加的趋势。故障的分析和检修是音响工程师必须掌握的技术。扩声系统是由许多设备单元构成，一旦其中的一件设备发生故障，往往就会影响整套系统的工作。必须要在发生故障时能迅速、准确地找出故障发生在哪一级的哪件设备，决定是否自行修理或是需送专业修理部。可否有应急的办法。

从维修角度讲，专业音响的维修难度较大。其一是检修资料缺乏，特别是进口音响设备一般都不提供电路原理图，电路印制板图更难找到，有关专业音响维修经验的资料也不多，给维修工作增加了不少困难。其二是专业音响设备在技术上较先进，涉及的新知识多，出现故障的因素多，需要维修人员考虑的问题也比较多。

掌握扩声系统检修技术的关键是要把理论与动手实践结合起来。

1. 理论学习的要求是：

(1) 要会看懂系统图，了解组成系统的各个单元设备，弄清楚信号的流向，并能把原理图中的标注与实际系统中的设备一一对应。

(2) 要了解系统组成和电路部分的工作原理，会做一些必要的计算，并能画出简要的图形。

2. 对实际动手的要求是：

(1) 熟练地识别和检测扩声系统中常用的设备并能进行必要的修复和代换。

(2) 掌握查找故障的基本方法，能快速、准确地找出故障的所在部位。

(3) 在焊接、调试、拆装等方面具备良好的动手能力，养成耐心、细致的工作习惯。

(4) 有一套得心应手的检修工具和仪器，品种齐备，使用娴熟。

检修专业音响设备是一门科学，需要不断总结经验，注意收集各种音响设备的技术参数，特别是专业扩声系统的接线图、电路原理图和印制板图，尽可能地多收集专业音响的检修实例，不断学习音响技术领域的新知识，为提高音响设备维修水平打下坚实的基础。

音响设备产生故障的原因多种多样，有些故障及原因之间存在一定的联系。维修人员在具备了一定的维修条件下，按照检修程序，运用检修仪器和检修工具，常用所掌握的故障判别方法来检修音响设备的故障。因此，对维修人员来说，不仅要有理论基础，还要熟悉各种检修仪器，掌握仪器的用途和使用技巧，掌握快速判断系统故障和检测设备好坏的基本方法，通过反复实践，一定可以熟练掌握专业音响系统和设备的维修技术。

三、常用检修方法

专业音响系统是集中了电子技术中的声、光、电、磁和机械技术相互配合的一体化系统，是“高精尖”级的产品。由于其内部结构复杂。因此专业音响检修是一项技术性很强的工作。对音响检修人员来说，判断故障部位往往比修复工作更加困难，可以说是“七分判断，三分修理”。正如医生给病人“确诊”后才能进行有效治疗一样。

扩声系统的故障判别一般包括“问”、“看”、“听”、“测”四步。

“问”就是不急于开机检查，而是先了解一下基本情况，要对音响的工作状态、工作环境以及使用等情况有所了解，还要询问故障发生的过程、现象以及原有情况，做到心中有数。

“看”就是指在询问的基础上，不通电，但要对扩声系统进行查看，看有无异常的地方，例如接插件松动、断裂或设备中有明显的烧痕等。

“听”就是在“问”和“看”之后，通电试听，检查故障状况与用户反映的现象是否一致，并注意那些出现异常的部位。放音效果是扩声系统技术指标的综合体现。因此，通过“听”音，可以直接了解故障的实际表象。

“测”是指借助于电子仪器，检测音响电路的技术参数（如电压、电阻等），并与正常工作状态进行比较，来查找故障的原因。

将以上四个步骤进行归纳，可以总结出直接检查法和测量法等基本的判别方法，下面分别予以介绍。

1、直接检查法

直接检查法是指不借助仪器，而是通过检修人员的眼、耳、鼻、手等感觉器官去发现故障的一种方法。

（1）眼看

观察系统的工作状态，按键、旋扭是否在正确位置或有无损坏；各设备的显示屏指示是否正常。打开所怀疑的音响设备，看内部接插件是否脱落；印制板、集成电路是否有断裂损坏；晶体管、电容、电阻有无烧痕，是否爆裂、松动、开焊、相碰。通电时，系统和设备内有无冒烟和打火现象等等。

（2）耳听

开机通电，细听机内有无爆裂声，电机和走带机构有无不正常的噪声，电源变压器有无较大的交流声，系统有无啸叫及嗡嗡声。通过声音来判断故障原因及大概部位。

（3）鼻嗅

嗅系统和音响设备内部有无烧焦的气味，有无高压放电的臭氧味。

（4）触摸

在通电状态下，用手触摸电路板上的元件。检查有无虚焊、开焊、松动、断裂现象，检查接插件是否接触良好。通电一段时间后，用手触摸设备外壳和电源变压器、电源大功率管、电机驱动集成电路及其它一些可疑零件是否发热。但此项检查要注意安全。

2. 测量法

测量法是指利用仪器对出现故障的系统和音响设备的电路进行检测，是检修扩声系统和设备电路的最常用的方法。通过测量各级设备，可以查明系统的静态工作状态是否正常，为进一步确定故障部位提供依据。

(1) 测电压法

采用测电压法的关键是要知道被测部位的正常电压值，如放大器电源的交直流电压、调音台的 48V 幻象电压、音响设备信号连接处的线路电平。最好事先准备好已标明电压值的系统图，会对提高检修效率有帮助。如果图纸上未标电压值，可根据系统或电路原理图进行计算。

(2) 测电阻法

是指用万用表直接在系统中测量设备、部件之间和对地的电阻值，以发现和寻找故障部位，如音箱输入阻抗、传输电缆的电阻等。使用此种方法，一定要在不通电状态下进行。在实际检测中，不用把设备从系统上拆卸下来，可直接在系统上测量音响设备性能的好坏。但是，被测设备是接在整个系统电路中的，所以用万用表测得的阻值，反映的是被测支路和所并联的外部支路的总阻值。一般来说，总的等效电阻值小于被测支路阻值。

3. 信号注入法和波形观察法

信号注入法和波形观察法是利用专用测试光盘、音频信号发生器、跟踪示波器、毫伏表等检测仪器，对扩声系统和音响整机进行检修的方法。这种方法对检查音响系统的动态故障既快速又准确。

(1) 信号注入法

信号注入法是将信号源产生的各种的测试信号注入到所检修的扩声系统和整机电路中，再通过扬声器的反应声来判断故障的一种方法。采用信号注入法进行故障检查时，应遵循从后级往前逐级检查的顺序。测试信号注入到某级，故障现象出现，就表明故障部位在此处。为了迅速找到故障

部位，需要注意分析、判断故障可能涉及的部位或设备。然后，利用分段注入信号的方法，大体确定故障范围，分片分段进行检测，逐步缩小故障范围，就能很快找到故障。信号注入法适用于对整个扩声系统故障的检查。

2. 波形观察法

波形观察法即是指按照系统中信号流程的顺序，用示波器逐级观察信号波形的检测方法。通过测出信号的宽度、幅度及周期等参数，将检测结果与系统给出的波形及参数进行比较，即可查出故障部位。波形观察法是从前向后逐级进行检测的，如前面音响信号源设备的输出信号正常，测到后面的调音台输出信号不正常，故障就可能发生在调音台处。

总之，信号注入法和波形观察法是利用测试仪器查找电路故障，不仅能提高检修速度，还能减少设备的损坏，有些不易发现的潜在故障也能在检测中及时解决。

4. 旁路法

当怀疑某一设备可能存在故障时，有时可以将信号越过这一级设备，直通后级，使这一级设备旁路（By-Pass），观察故障是否消除。这种检查方法便是旁路法。

旁路法可用于判断确定噪声、交流声、失真以及无声故障发生于哪一级设备。例如，扬声器中发出的声音明显失真，经检查确认调音台、功放均无问题；而怀疑是均衡器有故障时，可将均衡器旁路，若失真消失，则可断定是该级故障。又如系统完全无声，经检查，怀疑是压限器损坏。将压限器从系统中去掉，接成调音台-均衡器-功放的形式，若故障消失，扬声器中发出声音，则可断定是压限器损坏。

许多设备（主要是声音处理设备）都有旁路开关，利用这个开关就可以将此设备旁路，判断出设备是否有故障。有时设备上的旁路开关并不能把该设备旁路，原因是这些设备的旁路开关只有在电源正常时才能起作用。此时，可调整接线，越过该设备，实现旁路检查。

5. 断路检测法

断路检测法就是采用断开扩声系统的某一环节，或者拆卸某一设备来缩小故障范围的检测方法。这种方法最适合扩声系统存在短路的故障检测。

把系统分割，消除与故障有关设备的影响，以此判断设备的工作状态，判断出故障所在。例如，直流保险管熔断，说明负载电流过大，导致了电源输出电压下降。要首先搞清是哪一路电流大，可将电流表串在直流稳压电源的保险管座处，然后把有疑点的设备断开，观察总电流的变化。如果断开后电流恢复到正常值，就可以判断故障就在此设备中。

使用断路检测法要在不影响其它设备的前提下确定断开某台设备，以免损坏其它设备，造成系统损坏等严重后果。对一些高电压、大电流的系统，不要随便断开设备，以免损坏其它系统。例如，若随便断开压限器，会对后级的功放造成危险。因此，在使用断路检测时要谨慎行事。

6. 代换检测法

代换检测法就是用性能良好的插接件或一台好的音响设备来代换有故障的插接件和设备，以此来判断原插接件或设备的好坏的方法。

扩声设备一般都按两个声道的方式配置。虽然并不一定采用立体声方式扩音，但由于设备是两路对称的，最常用的“替代法”可将左右两路设备互换，来判断故障所在。例如发现设备左路输出有严重失真，换到某级时，发现是右路出现失真，便可确定该级存在故障。此方法在修理音响设备及系统时常常用到。例如话筒的音量下降、卡侬插接件内部断路、功放局部短路等等，使用代换检测法能较快的找到其故障。

需要注意的是所代换的设备要与原来的规格、性能相同，不能用低性能来代替高性能的，也不能用小功率设备来代换大功率设备，防止烧坏系统和整机设备。使用代换检测法要十分小心，不可盲目更换，在代换中也要避免接错连线或短路其它设备，否则非但不能找到故障，还可能扩大其故障范围，甚至损坏扩声系统。

7. 跳级检测法

所谓越级检测，实际上就是不逐级进行检修，而是越过故障系统中的某一级或几级，直接检查怀疑有故障的某一级设备。这种方法对检修无声或声音小的故障整机特别适用。如果有扩声系统有正常屏幕显示，而无声音发出，可结合信号注入法，分几部分的检测，即可快速找出其故障所在部位。

细致演绎每个音符

重现音乐真谛

来自法国的完美艺术工具

APG

THE TRUTH OF SOUND

晶莹剔透的高音加丰满悦耳的低音，既泾渭分明，又柔和自然，法国 APG 甜美的声音听来从容不迫，让她纯朴的声音来把你的耳朵叫醒.....

“同轴技术”是将中高音喇叭安置在低音喇叭的轴线内，然后充当高音声源的载体。

这种结构使得即使在分频点附近，因干涉效应造成的音质变化和失真都大大减小。此外，由于干涉造成的指向性变化也基本上没有了。因此，在指向范围的各点上，可以提供沿轴向不变的音质，使其在频率处理方面有宽广、平滑的响应，覆盖的范围有相同的特性。这两种声源混合在一起给人的感觉就象是一个大的声源所演绎的声音。

A P G 音箱的系列产品使用了同轴技术，这使它产生了一种特别均匀的扩声效果。在使用过程中，人们感觉不到一点二重音效果，由于它们潜在的线性响应使得它多方面传播，效果出人意料。

顺祝商祺！

番禺兄弟电声科技有限公司

兄弟地址：广州番禺区市桥禺山大道 91 号金悦大厦写字楼 4 楼

兄弟电话：020-84827323 84832618 ； 传真：020-84839002

兄弟网站：www.brother-co.com

电子邮件：APG88@163.com