

干扰对音响系统的影响

干扰对音响系统的影响时每时每刻、无处不在的，于是抗干扰技术就成为了音响系统设计过程中一项不可忽视的课题，同时也是广大音响工作者应该重视和掌握的一门专业基础知识。

1 干扰的分类

1.1 干扰的途径

按干扰的途径分类，一般可分为通道干扰、电磁干扰和电源干扰 3 种。

音频信号输入、输出所用的介质就是，由导体组成。当有电子元件漏电，接地系统不完善，电源线与信号线一起走线时，都会在通道中窜入干扰信号。

电磁干扰主要来源于空间辐射，广播电视发射台发射出来的电磁波，周围电器设备发出的电干扰和磁干扰，音响设备本身内部的辐射和耦合等。

绝大多数音响设备是由交流电源供电的，由于大功率设备开关的通断，大感性负载电机的启停等原

因，交流电网经常会出现几百伏甚至几千伏的尖峰脉冲干扰。

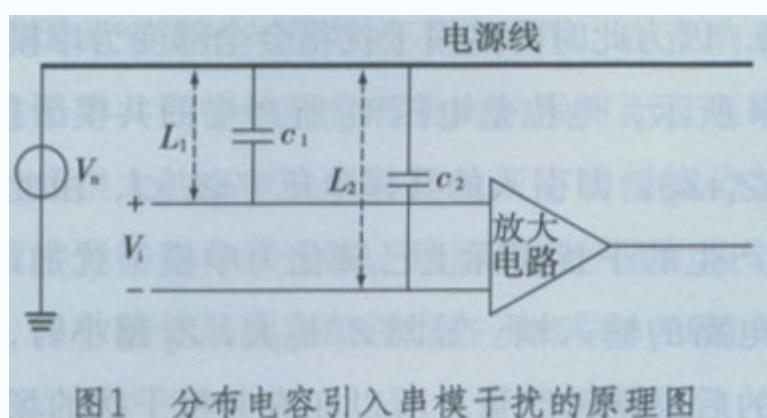
这 3 种干扰中，电源干扰影响最大，电磁干扰一般较轻，只须适当地屏蔽及接地即可解决。

1.2 干扰的作用形式

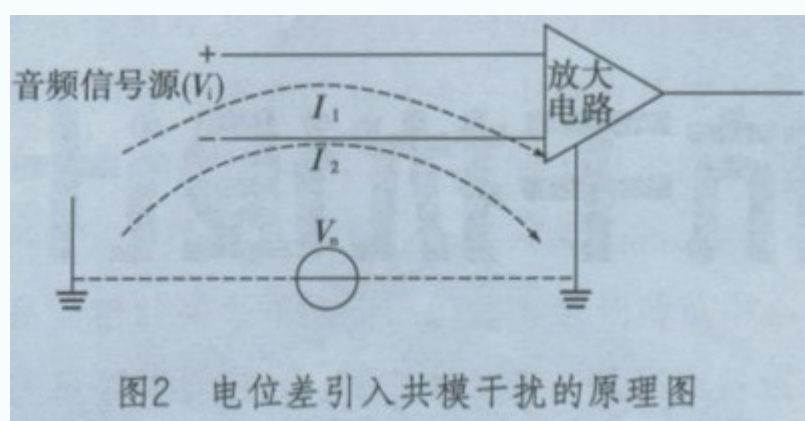
按干扰的作用形式分类，干扰一般可分为串模干扰和共模干扰 2 种。

串模干扰(又称常态干扰或差模干扰)是指叠加在音频信号上的干扰信号，既可来自于干扰源，也可由信号源自身产生。其中分布电容的存在是引入干扰的主要途径，特别在长线传输中尤为突出。如图 1 所示， V_n 为干扰电源， v 为音频信号，由于分布电容 c_1 、 c_2 的存在，干扰信号 V_n 就会串入放大电路，当电源线与音频信号线平行走线时，两根音频信号线与干

扰电源线的距离不等($\neq L_2$)，因此 $c_1 \neq c_2$ ，于是两者引入的干扰量不一样，不能完全抵消，从而形成串模干扰。



共模干扰(又称共态干扰或纵向干扰)是指叠加在放大电路两个信号输入端上共有的干扰信号。由于音频信号源的参考接地点与放大电路输入端的参考接地点之间有可能存在一定的电位差，如图 2 所示，就会产生所谓的共模干扰。

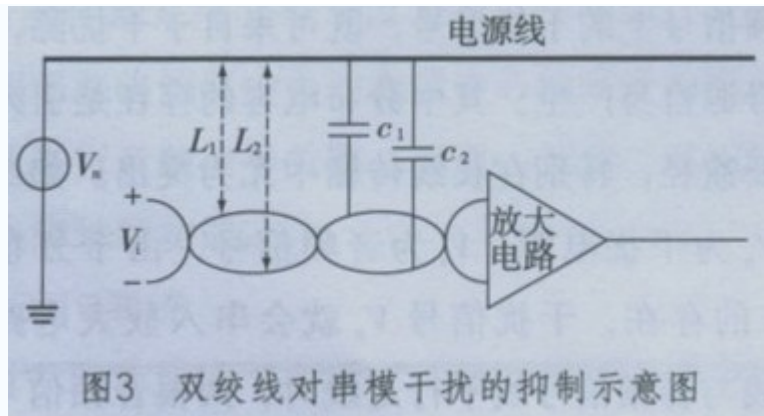


2 干扰的抑制措施

2.1 通道干扰的抑制

通道干扰一般可利用双绞线传输、双端不对地输入方式和阻抗匹配等措施来抑制。

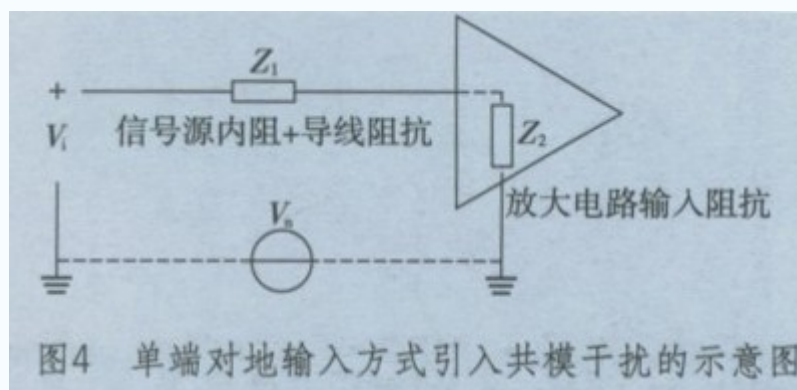
双绞线虽然频带较窄，但波阻抗较高，抗干扰能力强，能使各个环路的电磁感应干扰相互抵消，其分布电容为几十 pF，距离信号源近，可起到积分作用，因此双绞线对电磁场是有一定抑制效果的。如图 3 所示，传输线采用双绞线时， $L_1=L_2$ ， $C_1=c_2$ 即两线的干扰量几乎是相等的，则能有效地抑制串模干扰。同样双绞线抑制共模干扰的能力也是很强的。



电源线

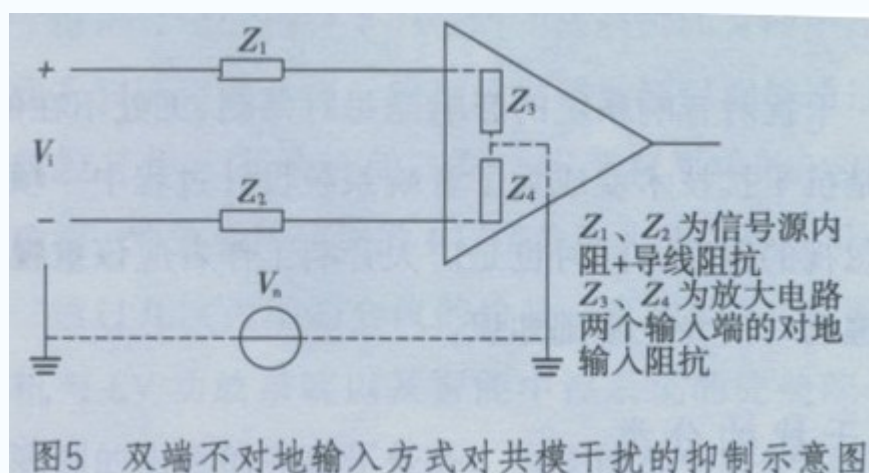
图 3 双绞线对串模干扰的抑制示意图

在音响系统中，音频信号输入有单端对地输入和双端不对地输入 2 种，在存在共模干扰的环境中，不能采用单端对地输入方式(这种方式更容易引入串模干扰)，因为此时的共模干扰将会全部变为串模干扰。如图 4 所示，电位差电压 V 所产生的共模干扰电流 $I=V_n/(2Z_1+Z_2)$ ，即引入的共模电压 $V=Z_i \times I$ ，由此可见， V_n 所产生的干扰实际上已转化为串模干扰加入到了放大电路的输入端。显然 Z_1 越大， Z_2 越小时，共模干扰的后果就越严重，所以在有共模干扰的场合中，必须采用双端不对地输入方式。



用双端不对地输入方式时，如图 5 所示，放大电路两个输入端的共模电压分别为 $V_1=V_n \times Z_3/(Z_1+Z_3)$ ， $V_2=V_n \times Z_4/(Z_2+Z_4)$ ，即可知两个输入端之间的共模电压为 $V=V_1-V_2=V_n \times [Z_3/(Z_1+Z_3)-Z_4/(Z_2+Z_4)]$ ，此时如果 $Z_1=Z_2$ ， $Z_3=Z_4$ ，则 $V=0$ ，不会引入共模干扰，但实际上是不可能的，故总存在一定的共模干扰电压，所以在一般情况下，共模干扰电压 V_n 能转化成一定的差模干扰电压 V 进入放大电路。显然 Z_1 和 Z_2 小， Z_3 和 Z_4 大且都越接近时，共模干

扰的影响也就越小。由此可知，输入导线应尽量短些，阻抗应尽量相等，放大电路单端对地输入阻抗应做得尽量大些。



所谓的阻抗匹配就是指信号源或传输线跟负载之间的一种合适的搭配方式。如在只含有电阻的纯电阻电路中，把一个阻值为 R 的用电器，接在一个电动势为 ε 、内阻值为 r 的电源上，则用电器上消耗的功率 $p=I^2R=2R/[(R-r)^2+4Rr]=\varepsilon^2/2/[(R-r)^2/R+4r]$ ，显然当 $R=r$ 时，功率 P 为最大值 $\varepsilon^2/4r$ ，即当负载电阻值跟电源内阻值相等时，负载可获得最大输出功率，这就是阻抗匹配最为简单的一个例子。在电

抗(包含有容抗和感抗)交流电路中，阻抗匹配的原理也是跟纯电阻电路一样的，这里就不作推导了，则需要信号源输出阻抗与负载输入阻抗的实部相等，虚部相反，形成共扼匹配。

音频信号在音响系统中，其波长相对于传输线来说是很长的，即传输线的长度可以忽略不计，因此如在高频电路中的信号反射、功率匹配等问题就可以不频范围的接地讨论。“一点接地”在音响系统中的目的是为了确保整个接地系统的等电位，使之构不成回路，即避开地环电流。在音响系统中，应将所有的信号地汇集于一点，一般是借助于音频信号线的金属屏蔽层连接起来，通常以调音台为中心呈辐射状连至各个音响设备。同样机壳地也自机架一点呈辐射状。最后用粗铜线把调音台的信号地汇集点与机架上的机壳地汇集到为音响系统专门铺设的地线上。接地网络不能出现有闭环回路的结构，若是，则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，从而生成由闭环回路所形成的大线圈，当处在交变电磁场时，就必然会出现感应电流，产生严重的噪声干扰，因此音响设备之间的所有音频信号线的屏蔽层都应采用一端接地(话筒线除外)，一般取音频信号线的传输末端接

地，在平衡与不平衡接口之间，应选择平衡接口的一端。同样机壳地也不能有回路，也不可把各音频设备的接地端用一根导线串联起来，机壳地汇集点应尽量靠近信号链路的前级接地。

在音响设备的连接中，卡侬头的外壳地不要和音频线的屏蔽层即“1”脚相连，也不要使屏蔽层碰到卡侬头的外壳，否则会造成地线回路，影响接地效果。对于那些经常要搬来搬去的音响系统，有时会采用单个音响设备的信号地与外壳地相连，但这时真大地的连接点只能取自调音台的一点，若不是，也将出现地线环路。总之，接地的原则就是使接地系统成为一个等势体，在各种场合中，若出现交流声问题，则应首先考虑接地是否合理。

(3) 信号基准点的选取

一段电源地线的两点间会有数毫伏，甚至几伏的电压，这对低电平信号电路来说，是一个非常严重的干扰，因此交流地与信号地不能共用。在音响系统的数字电路中，数字地通常有很大的噪声而且电平的跳跃会造成很大的电流尖峰，因此所有的模拟公共地应该与数字公共地分开走线，然后只在一点汇集。由此可见，各种信号基准点的选取各不相同，以避免干扰的产生。

2.2.2 屏蔽

屏蔽就是用导体制成的抑制场干扰的盒、壳、板和栅等。按照物理学原理，屏蔽可分为电场屏蔽(静电屏蔽)、磁屏蔽和电磁屏蔽3种。

电场干扰一般是由高压交变电场影响音响系统，从而引起静电分布产生相应变化，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。电场屏蔽是为了防止电场的耦合干扰，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。磁屏蔽是为了防止低频磁通的干扰，如防止电机、变压器、磁铁和线圈等的磁感应和磁耦合，用高导磁材料(如铁氧体、坡莫合金以及各种软铁磁材料等)做成屏蔽层，使磁路闭合，一般接大地。电磁干扰一般是由交变磁场作用在音频线路上形成电磁感应所造成的。电磁屏蔽利用导电性能良好的金属在电磁场内产生涡流效应，主要是为了防止高频电磁场的干扰，地线用低阻金属材料做成，可接大地，亦可不接。

专业音响设备基本上都是用铁质材料的外壳封装起来的, 即其屏蔽效果一般都很好。音频信号传输线应该使用专门的音频同轴电缆, 因为它们的屏蔽层覆盖率高, 且由铁质材料制作, 所以具有良好的抗电磁干扰能力。音响系统中一般都采用二芯同轴电缆, 这样在平衡式信号传输中, 正、负音频信号都能走在屏蔽层内; 在不平衡式信号传输中, 其信号端和地端也都可以走在屏蔽层内。而那些屏蔽层材料不为铁质或覆盖率低或信号回路在屏蔽层上的同轴电缆(如射频电缆等), 在有电磁干扰的环境中是不宜进行音频信号传输的(在一般情况下, 也会经常使用铜质屏蔽层加铁质保护膜的音频信号传输线)。

2.3 电源干扰的抑制

前面已提到过了, 电源干扰的影响对音响系统的破坏性是最强的, 因此电源系统设计的好坏将直接影响到音响设备的使用效果。

电源分配系统首先要有良好的接地, 系统的地线必须能够吸收来自所有电源系统的全部电流。一般在音响系统中把电源系统设计成如图 6 所示的方式。电源的引进口, 直到电源的配线尽量采用粗导线, 电源后面的配线采用扭绞线, 扭绞的螺距要小, 并把布线的距离缩短到最短程度, 地线应尽量短而直接走线。对电源变压器采取磁屏蔽措施, 如利用几毫米厚的高导磁率材料将变压器严密地屏蔽起来, 以减少漏磁通的影响。电源线与信号线不可靠得太近或互相平行。在电源与地之间并接退耦电容, 以消除直流电源和地线中的脉冲电流所造成的干扰。音响系统的供电系统应与其他电器设备分开, 最好由 UPS 单独供电。

2.4 电路板的抗干扰设计

印刷电路板的设计决不单是器件、线路的简单布局安排, 还必须符合抗干扰的设计原则。下面有些内容可能前面已涉及过, 但从设计电路板的角度简要阐述抗干扰设计。

(1) 地线要求

低频电路中, 应单点接地; 高频电路中, 应多点接地, 信号基准点应分开设计, 并汇集于一点, 且地线应尽量粗短。

(2) 电源线要求

电源线要根据电流的大小，尽量加粗导线的宽度，并使电源线、地线的走向与信号传输的方向一致。

(3) 去耦电容配置

在印刷电路板的各个关键部位配置去耦电容应视为设计的一项常规做法。

(4) 对印刷电路板的要求

印刷电路板大小要适中，过大，印刷线路长，阻抗增加，抗干扰能力下降，成本高;过小，则散热不好，同时也易受邻近线路的干扰。应把相互有关的器件尽量靠近放，这样能获得较好的抗干扰效果。易产生干扰的器件、小电流电路和大电流电路等应尽量远离逻辑电路，必要时另做电路板。应认真考虑电路板的放置位置和方向，将发热量大的器件放在上面。