



专用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

Yinxiang

音响

调音员

tiaoyinyuan

(技师技能 高级技师技能)

劳动保障部 组织编写
中国就业培训技术指导中心



中国劳动社会保障出版社

专用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

音响调音员

(技师技能 高级技师技能)

劳动保障部 组织编写
中国就业培训技术指导中心

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

音响调音员：技师技能 高级技师技能/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心组编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2004

国家职业资格培训教程

ISBN 7-5045-4459-0

I. 音… II. 劳… III. 音频设备-调音-技术培训-教材 IV. TN912.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 036646 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码：100029)

出 版 人：张梦欣

*

新华书店经销

北京京安印刷厂印刷 北京京顺印刷有限公司装订

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12 印张 293 千字

2004 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 2 次印刷

印数：2000 册

定价：20.00 元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64911190

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64911344

前 言

为推动音响调音员职业培训和职业技能鉴定工作的开展，在音响调音员从业人员中推行国家职业资格证书制度，劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心在完成《国家职业标准——音响调音员》（以下简称《标准》）制定工作的基础上，组织参加《标准》编写和审定的专家及其他有关专家，编写了《国家职业资格培训教程——音响调音员》（以下简称《教程》）。

《教程》紧贴《标准》，内容上，力求体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上，针对音响调音员职业活动的领域，按照模块化的方式，分初级、中级、高级、技师、高级技师5个级别进行编写。《教程》的基础知识部分内容涵盖《标准》的“基本要求”；技能部分的章对应于《标准》的“职业功能”，节对应于《标准》的“工作内容”，节中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”。

《国家职业资格培训教程——音响调音员（技师技能 高级技师技能）》适用于对技师、高级技师的培训，是职业技能鉴定的指定辅导用书。

本书由丁立明、刘书兰、申顾礼、李健、李清河、陈元礼、沈骏、张建平、周锦杰、胡彤、高剑、韩宪柱、黄志强编写，施又麟、孙庆有副主编，王明臣主编；李彦审稿。

由于时间仓促，不足之处在所难免，欢迎读者提出宝贵意见和建议。

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心

目 录

第一部分 音响调音技师工作技能

第一章 系统设计与调试	(1)
第一节 中型扩声系统的设计、安装与调试	(1)
第二节 设备选型	(29)
第二章 调音	(37)
第一节 大型会议调音	(37)
第二节 音质主观评价	(61)
第三章 指导与培训	(71)
第一节 指导与解决疑难技术问题	(71)
第二节 培训指导方法	(72)

第二部分 音响调音高级技师工作技能

第四章 系统设计与调试	(77)
第一节 大型扩声系统的设计、安装与调试	(77)
第二节 设备选型	(104)
第五章 调音	(115)
第一节 大型及重大文艺演出的调音	(115)
第二节 与国外文艺演出团体进行技术合作	(134)
第六章 指导与培训	(138)
第一节 教育学、心理学基本知识	(138)
第二节 编写调音员培训大纲	(150)
第七章 管理	(153)
第一节 协调处理工作人员之间的关系	(153)
第二节 参与管理工作	(163)

第一部分 音响调音技师工作技能

第一章 系统设计与调试

第一节 中型扩声系统的设计、安装与调试

一、中型扩声系统的设计及系统参数的确定

(一) 学习目标

掌握电声系统主要参数的概念,并掌握其中重要参数的基本计算方法,通过计算得出与扩声现场有关的重要建筑声学特性参数。

(二) 相关知识

1. 中型扩声系统的定义

一般来说,使用的调音台在不超出 24 路的情况下,定义为中型扩声系统。那些使用小乐队伴奏、以独唱方式进行的室外演出,其调音台路数虽然很少(有的只有几路),但由于系统电声功率较大(一般可达数千瓦甚至上万瓦),信号分配较复杂,也应算是中型或大型系统。

2. 主要的系统参数及相应的标准

对一个完整的音响扩声系统来说,其系统参数应该包括电声系统和建筑声学系统两大部分。这些参数大多有密切的关联,既不能把纯粹的电声系统的参数当作建筑声学系统的参数,也不能把建筑声学系统的参数当作电声系统的参数,更不能将上述任何一个系统的参数当成完整的扩声系统参数,完整的系统参数应该是上述两种参数的综合。有关厅堂或歌舞厅的国家或部颁标准中,其参数是指完整的系统参数,一定不要搞错。

(1) 电声系统参数

是指由硬件设备构成的系统参数。这些参数的优劣只和设备本身的优劣和系统的调试有关,与扩声现场(如厅堂、体育馆、歌舞厅等)没有关系。一般有下列几项:

1) 电声功率 指系统所有功率放大器能提供的输出功率总和,原则上不包括监听和返听部分(如有必要,此部分单独计算)。该项参数应该由各功率放大器的额定输出功率来决定,与厅堂等扩声现场的建筑声学结构特性没有关系。额定输出功率是指功率放大器输出信号在总谐波失真小于特定值时的连续平均输出功率。功率放大器在这一输出功率下应该能长时间的安全生产工作,切记不要把一般商家宣传上常用的“音乐功率”“最大输出功率”“峰值功率”等数值当作额定输出功率。因为这些值一般都大大超过额定输出功率值。对一套完整的

系统而言,要计算它的总输出功率,首先得掌握单台功率放大器的输出功率计算方法。现代专业功率放大器多为双声道结构,即在一台功率放大器内设置两组相同的功率放大线路,在计算一台功率放大器的输出时,要根据系统的具体情况,由该台功率放大器与负载(扬声器系统)连接的具体状态和扬声器系统的阻抗大小来决定。常见的负载连接方式有双声道和桥式连接两种,扬声器系统的阻抗值常见的有 $4\ \Omega$ 和 $8\ \Omega$,当阻抗下降时功率放大器的输出将增加。

2) 频率响应 指全系统对一指定频带内各频率成分的增益特性。测试信号从调音台的前端馈入,在主功率放大器的输出端测试各频点的电平值。一般是将各个频点的电平值与 $1\ 000\ \text{Hz}$ 的电平值作比较,其差值即为不均匀度,单位符号为 dB 。好的系统应该在 $20\ \text{Hz}$ 和 $20\ \text{kHz}$ 的音频范围之间尽量保持平直的特性,不均匀度越小越好。如果以 $1\ 000\ \text{Hz}$ 的参照电平值为 $0\ \text{dB}$,则各频点的值一般不应该超过 $\pm 1\ \text{dB}$ 。

3) 总谐波失真 指全系统的非线性因素所带来的频率畸变,即频率成分方面的失真。当在调音台的输入端口加上测试的纯音信号后(一般为 $1\ 000\ \text{Hz}$ 正弦波),从主功率放大器的输出端就能测出新增加的、不需要的其他频率成分,具体表现为 $1\ 000\ \text{Hz}$ 的倍频,如 $3\ \text{kHz}$ 、 $5\ \text{kHz}$ 、 $7\ \text{kHz}$ 、 $9\ \text{kHz}$ 、 $11\ \text{kHz}$ 和 $2\ \text{kHz}$ 、 $4\ \text{kHz}$ 、 $6\ \text{kHz}$ 、 $8\ \text{kHz}$ 、 $10\ \text{kHz}$ 、 $12\ \text{kHz}$ 等奇次和偶次谐波。在功率放大器输出端,用能检测到的这些谐波成分的电压有效值之总和与 $1\ 000\ \text{Hz}$ 信号的电压有效值相比,其比值为百分比值,就是全系统的总谐波失真,通常不应该大于 3% 。

4) 信号噪声比 指调音台的输入端口均接上无感假负载时,系统所有设备均处于正常工作状态,音量衰减环节处于 0 衰减状态,在主功率放大器输出端口测得的噪声功率值,将该台主功率放大器的额定输出功率与测得的噪声功率相比,再取对数后就得到信号噪声比,一般不应该低于 $80\ \text{dB}$ 。

对于大多数的扩声系统,电声参数有上述四项已经能较全面反映出系统硬件的水平,只有当电声参数能满足要求时,系统的综合参数才能得到基本保障。

(2) 建筑声学参数

对从事音响调音职业的从业人员来说,主要应该了解的建筑声学参数有如下几个:

1) 房间的混响时间 定义为在房间内建立了一个稳态的声音信号后,突然关断此信号,房间内声压级由原来的稳态状况跌落 $60\ \text{dB}$ 所需要的时间,单位为秒。该参数和房间的大小、装修的水平、室内陈设的特性等多种因素有密切的关系。如果房间的基建立项就是作为扩声场所的话,混响时间的确定应由建筑设计单位的相关专业人员进行预先考虑。

2) 房间的频率响应 指房间在不使用任何电声设备的前提下,房间自身对声频范围内各不同频率的吸收特性。该特性一般应该在房间二次装修完成后进行测试。

3) 房间的本底噪声 指房间在正常使用的条件下由于自身的原因产生的各种不需要的声音,单位为 dB 。该噪声有可能是因房间隔声不良从外部传入,也有可能是由房间自身的配套设施所产生的(如空调等)。如果本底噪声过大,则会严重影响扩声系统的使用效果。

(3) 系统参数

以文化部 WH 0301—93《歌舞厅扩声系统的声学特性指标和测试方法》中所规定的行业标准为例进行介绍。

该标准中的系统参数分为最大声压级、传输频率特性、传声增益、声场不均匀度、总噪

声级、失真度,共计6项。

以一级歌舞厅的标准为例,6项的具体数值和意义如下:

1) 最大声压级 指扩声系统在厅堂听众席处产生的最高稳态准峰值声压级,在100~6 300 Hz范围内,最大电压级 ≥ 103 dB。

2) 传输频率特性 指扩声系统在厅堂内听众席处稳态声压的平均值。它相对于扩声系统传声器处声压的幅频响应,在40~12 500 Hz范围,以80~8 000 Hz的平均声压级为0 dB,允许 $+4\sim-8$ dB的误差,且在80~8 000 Hz内亦允许 ± 4 dB的误差。

3) 传声增益 指扩声系统达到最高可用增益时,厅堂内各听众席处稳态声压平均值与扩声系统传声器处声压级的差值,在125~4 000 Hz范围的平均值 ≥ -8 dB。最高可用增益指扩声系统在其厅堂内产生声反馈的临界增益减去6 dB时的值。

4) 声场不均匀度 指厅堂内不同听众席处的稳态声压级的差值。在100 Hz处 ≤ 10 dB,1 000 Hz、6 300 Hz处,声场不均匀度 ≤ 8 dB。

5) 系统失真度 指扩声系统由输入声信号到输出声信号全过程中产生的非线性畸变。该失真度定为5%。

6) 总噪声 指扩声系统达最高可用增益,而无有用声音信号输入时,厅堂内各听众席处噪声声压级的平均值,不大于45 dB(A计权)。

3. 扩声系统的设计

严格意义上说,完整的扩声系统设计应该包括厅堂音质设计和电声系统的设计。对于非专业设计人员的音响调音从业者而言,只需要了解全系统的理论设计原则和具体实用可行的电声系统设计手段即可。

从宏观上看,厅堂的系统设计是建立在能良好的传输音乐和语言信号节目,并以一定的声压级来保证听众能满意的听到节目这一基础上的。设计者应该对不同用途的声学空间进行不同的音质设计,以满足不同扩声场所的正常使用,同时要考虑的基本方面包括能满足有关标准和等级的声压级、背景噪声、最佳的混响时间、声场的均匀性、系统的清晰度等。

从实用和具有可操作性的方面看,中型扩声系统的设计可以分为两个主要部分,一是和扩声现场有关的声压级设计,二是扩声系统的配置。其中,第一部分包括以下内容:

(1) 扩声形式的选定

扩声形式的选定,需要考虑的问题有以下三个方面:

第一个方面是系统的工作模式,即在单声道、立体声或者环绕立体声这三者中选定一种。

单声道的系统多用于一般厅堂的语言扩声,当投资规模受限制时,也可以用于文艺演出,这是最简单的一种方式。在用于语言扩声时,甚至可以使用号筒式扬声器,此时系统也可简化为最简单系统,即只要使用带有传声器输入端的功率放大器就可解决问题。当使用一台配有传声器输入的50 W晶体管功率放大器,配接两只25 W的号筒式扬声器时,可以满足500~1 000人厅堂的语言扩声需要,这可算是最基本的音响系统配置。如果音响系统是用于文艺演出或歌舞厅,则应选用专业的音箱以得到较好的放音效果。这类音箱多由纸盆振膜的低音扬声器单元和号筒式高音单元,内置无源分频网络组成。

立体声系统是用得最多的一种模式。使用这种模式的场合一般对声音的质量都有一定的要求,即不仅能满足高质量的语言扩声要求,还能满足文艺演出、歌舞厅演出等不同的需

要。故此,和单纯的语言扩声相比,在器材的档次上也应有相应的提高。对于高档的歌舞厅、迪厅等场所的音质和声压要求来说,就更加严格。所以,在设计和编制预算时,一定要了解所设计的扩声系统的用途,特别是随着时代的进步和消费水平的提高,立体声系统的使用已变得更加普遍,立体声节目早已进入了千家万户,仅从商业的角度看,也应该尽可能地使用立体声系统。这样在使用各种声源重放音乐时,才可以充分发挥系统的性能,尤其是在欣赏音乐时才会有较好的效果。不过有一点需特别注意,在高要求下,立体声系统也只是一部分听音区能有最好的效果,在靠近左、右声道扬声器的区域则不能很好的接收全部的声音信息,而在体育场馆和以娱乐消遣为目的的歌舞厅、迪厅等场合,单声道的方式反而适合一些,此时只要让系统的左、右声道信号相同就可以了。这就是演出中所谓的“平面声”方式。

加环绕声就意味着系统的档次比前者进了一步。这种情况多发生在多功能厅的设计上,由于要求能进行5.1声道的立体声电影光盘的欣赏(应特别注意欣赏的非赢利性),必须配置中置、左右环绕和超低音扬声器系统,以及相应的解码器和功率放大器,系统的投资要大一些,调试也相应复杂。

第二个方面是指该扩声系统的功能,最根本的是要搞清楚是作为监听用还是现场扩声用,这是完全不同的两个概念。

一般来说,监听系统是指与演出现场在声学上相隔离的音响控制室、录音棚、演播厅这三种场合监听使用的系统。这是一套简单但设备档次较高的系统,由房间均衡器、功率放大器和监听级扬声器组成。它能忠实反映出节目的本来面目,便于录音师、音响师对声音进行加工调节。对于系统的声源和传声器来说,监听系统在声学上和它们是隔离的,基本不会有声反馈产生。而现场扩声是一个开放的系统,扬声器、声源、传声器都处于同一空间内,产生声反馈的可能很大,为了得到好的扩声效果,必须使用较多的设备,当然在调试方面也要复杂得多。对于在舞台上使用的演员返听扬声器,由于与主系统同处一个空间,也归于现场系统的范畴。

第三个方面要决定采用何种等级的扬声器系统和采用何种分频方式。对音质要求高且功率需求大的场合,一般应采用2分频或3分频的大功率扬声器系统并采用相应的电子分频器;普通的场合可采用全频带的扬声器系统。这两种方式的投资差异较大,一开始就必须定下方案。

(2) 计算并设定系统的电声功率

对一个特定的听音环境,要用多大的系统电声功率才能满足要求?这是一个很重要的问题。

大量的研究早已证明,人的耳朵对低音和高音的感觉在音量较小时不太敏感,这种现象随着音量的减小而趋于明显。在80 dB声压级时,人耳对1 000 Hz和100 Hz的感觉差大约是3 dB,也就是说100 Hz的信号只要比1 000 Hz的信号高出3 dB,则听音者就会感到二者的响度略有差别;而在90 dB声压级时,人耳对1 000 Hz和100 Hz的信号感觉是一样响了。如果对语言和音乐信号进行频谱分析,70 dB声压级时语言信号的主要频率范围已经包含在较为平直的响应之中,而音乐信号要人耳对其有较平直的响应,至少应该有80 dB以上的声压级。故此,可以有这样一个依据,语言扩声至少应该有70 dB的声压级,音乐节目则至少应该有85 dB的声压级。对1 000 Hz的信号来说,其响度则分别为70方(phon)和85方,而迪厅

的声压级还要高出不少,所以用1 000 Hz 90 dB作为一个参照标准则是比较合适的。那么,考虑到功率余量以满足峰值节目的要求和本底噪声等多方面的因素,以听音区的平均声压级计,102 dB是最起码的要求。所以,文化部在 WH 0301—93 的行业标准中,对一级歌舞厅的最大声压级规定在不小于103 dB;对一级迪厅的最大声压级规定在不小于110 dB。显然,这是有其充分的理论依据的。

那么,为简化计算,从工程的角度出发,计算的关键就是对一相对典型的听音点来说,扩声系统怎样在该点达到标准所规定的声压级?可归纳为以下三个步骤。

第一步,设定参考听音点:一般来说,该点可以选取在扬声器前方1 m和厅堂后墙距离的中点处,比如一中型厅堂,扬声器面板到厅堂后墙有17 m距离,那么从扬声器前1 m计,到后墙的距离为16 m,中点位置即为8 m。

第二步,求出系统需要的声压级:以一级歌舞厅为例,按上面的例子,参考听音点应该有103 dB的声压级,按完全扩散场的反比平方律计算,以球面波扩散的声音为例,传输距离每增加一倍,其声压级下降6 dB,那么只要从参考听音点倒推,8 m处为103 dB,4 m处为109 dB,2 m处为115 dB,1 m处的声压级就是121 dB。换句话说,就是一只音箱如果能在距它1 m处产生121 dB的声压级,则可满足在8 m处产生103 dB声压级的要求。当然,用下列公式计算,也会更准确地求出系统所需要的总声压级。

$$L_w = L_p + 20 \lg R$$

式中 L_w ——需要求出的声压级, dB;

L_p ——参考声压级, dB;

R ——音箱前1 m处到参考听音点的距离, m。

这里仍以上面的数据进行计算,其结果为

$$L_w = L_p + 20 \lg R = 103 \text{ dB} + 20 \text{ dB} \times \lg 8 = 103 \text{ dB} + 18.06 \text{ dB} \approx 121 \text{ dB}$$

第三步,计算系统所需的总电声功率:还是用上面的例子,可以这样认为,需要找一只音箱(严格讲应该是扬声器系统,因为一只专业音箱多由两只或更多的扬声器和相应的分频器组成),它能在1 m处产生121 dB的声压级,则可满足需要,这样就很好计算了,计算步骤也可分为三步。首先提取所选定音箱的灵敏度参数,这在说明书中可以很方便的查到。然后根据灵敏度计算出该音箱的标准声压级。比如,灵敏度为100 dB的音箱(即输入1 W功率在1 m处产生100 dB的声压级),额定功率为50 W,那么根据输入功率每增加一倍声压级相应增加3 dB的规律,在输入功率为2 W时,1 m处的声压级为103 dB,输入4 W得106 dB,输入8 W得109 dB,输入16 W得112 dB,输入32 W得115 dB,输入64 W得118 dB。到此为止,在工程上就可以近似认为该50 W音箱能产生118 dB的声压级。如果用公式计算,则有

$$L_m = L_c + 10 \lg W$$

式中 L_m ——所求的标准声压级, dB;

L_c ——灵敏度, dB;

W ——音箱的额定功率与1 W之比。这里仍以上面的例子进行计算,得

$$L_m = 100 \text{ dB} + 10 \text{ dB} \times \lg 50 \approx 117 \text{ dB}$$

可见近似推算和准确计算的误差很小,在实际工程中,1 dB的误差完全可以忽略不计。

最后,计算总的电声功率:还是沿用上述例子,当得知单只音箱能产生118 dB(采用工程推算值)声压级时,立刻就会明白,只要再增加一只同样的音箱,就能得到121 dB的总声

压级。也就是说,使用两只灵敏度为100 dB,额定功率为50 W的音箱,就能满足一级歌舞厅的声压级的要求。既然知道是两只50 W的音箱,原则上用一台每声道50 W的双声道功率放大器就够了,这样就求出了系统总的电声功率。如果参考听音点的声压级定为106 dB或者所选定的音箱的灵敏度是97 dB,则还应该增加2只音箱才能满足要求。总之,当音箱的数量成倍增加时,声压级是以3 dB增加的,亦即1只音箱变2只,声压级增加3 dB,2只音箱变4只,声压级再增加3 dB,4只音箱变8只,声压级又增加3 dB,以此类推。

(3) 线路电平设定

线路电平是指从调音台线路输出端口开始,一直到功率放大器输入端口为止所有设备之间的电平值。在使用电声乐器或其他如效果器、辅助调音台之类的设备时,还应考虑它们和调音台之间的线路电平匹配问题。

每个厂商生产的音频设备在其说明书中都标明了该产品的标准输入或输出电平,虽然各个厂家的规定有所不同,但绝大多数都定为0 dB和+4 dB两种。在电声系统中以在600 Ω 电阻上产生1 mW功率的电压值为0 dB,记为0 dBm,该电压值为0.775 V。也就是说,0 dB传输的传输电平为0.775 V,+4 dB传输的传输电平为1.228 V。一般来说,各类电声设备的输入电平都按照上述两个标准之一来设计。所以,采用这样的电平进行信号传输可以取得较好的效果,各种电声设备的前置放大器也能工作在最佳的状态。

对功率放大器而言,标准电平的意义更重要。比如,某台功率放大器设计的标准输入电平是0 dB,那么当给它的输入端口馈入0.775 V的信号电压时,在该功率放大器的输出端应该得到额定的输出功率。此时如果馈入的信号电平是1.228 V,即+4 dB,那么从理论上讲,如果功率放大器本身没有压缩系统,则功率放大器的输出可增加一倍以上。显然,这种现象是潜伏了隐患的,因为该系统的扬声器在功率放大器加上0 dB信号时就已经达到了最大的承受能力,而当+4 dB信号加在功率放大器上时就可能损坏扬声器,这在系统调整使用噪声信号时最易发生。所以,选定设备或者在进行系统的调试时,一定要注意传输电平的匹配,尽量采用相同的传输电平。

(4) 扬声器系统的功率承受能力

当音箱的数量定下后,则应考虑用什么样的功率放大器来推动它了。要解决这个问题,必须先搞清扬声器的承受功率问题,然后才能正确地选择合适的功率放大器。

就目前的情况看,各扬声器制造厂商对产品功率承受能力的标准有不小的出入,国内国外的有关说明书也大多不统一,有的还相当的不规范,甚至出现一些令人吃惊的数据。对此,要特别注意的是,扬声器能承受的电功率有不同的含义,对从事音响调音工作的人员而言,必须有清楚的认识。就常见的一种称为最大允许功率,是指扬声器短时间内能承受而不致损坏的输入功率;一种称为最大瞬间功率,是指在扬声器谐波失真小于某一指定值时的输入电功率,该失真度大大超过扬声器的额定失真度;还有一种称为额定功率,即保证扬声器长期工作而不损坏且失真度满足一定要求的输入电功率。

那么,究竟以什么信号源作为测量功率的标准呢?用实际演出节目信号来进行测量的可能性几乎没有,用正弦波还是用噪声信号呢?这又是问题。对某只音箱来说,输入100 W的正弦波它不会被损坏,而输入80 W的噪声功率音箱中的高音单元却坏了。这是怎么回事呢?为了能进行扩声系统的正确设计,就必须搞清楚这些问题,才能解决由于各厂家给出扬声器系统不同含义的功率承受能力数据而带来的一系列问题。

扬声器功率承受问题多年来一直是个众说纷纭、争论不休的问题。长期以来,国内外不少扬声器的说明书中都采用额定功率来表示其功率承受能力,并将该额定功率的一倍值作为扬声器的最大功率承受能力。所谓额定功率就是用连续正弦波信号的有效值功率来表示的,一般称为 RMS 连续功率(即正弦波均方根功率)。由于正弦波的峰值对有效值的差值即“峰平差”只有3 dB,这种方式就完全排除了实际演出节目中经常出现的、短暂的、几乎比节目平均值高出10 dB甚至更高的峰值信号成分对扬声器的影响,所以能得出较高的额定功率数据,并将此数据加倍作为最大承受功率。而且,在测试时只是在扬声器上加上一小时的正弦波信号,这显然欠妥,关键是这样的测试不能真实地模拟实际节目的音乐性和突发峰群性。但是这样的测试方法过去却广为采用,并且至今还有不少厂家采用,国内厂家尤其如此。

美国的电子工业协会(EIA)所规定的功率测定方法比较恰当。该协会在 EIA RS—426A 标准中规定:将一特别的测试噪声信号加至扬声器,该噪声信号的频谱分布结构较为接近实际的节目信号,以额定功率值将该信号加至扬声器上持续8小时之久,然后还要求被测扬声器能承受比这个噪声功率高4倍的瞬态峰值的冲击。显然,这对扬声器的机械结构和热性能是很严格的考验。这样测得的数值可能要低于采用正弦波法所测得的数值,但按此数值标称扬声器的额定功率就能让扩声系统在很安全的环境下工作,不易损坏扬声器。以美国 EV 公司为例,它的产品均以 EIA RS—426A 作为测试扬声器功率承受能力的标准,并将其能承受8小时的功率称为“长时期平均功率”,将4倍于该功率值的功率称为“瞬时功率”(并在说明书中采用)。以该公司的大型扬声器系统 MT—4 中的低音音箱为例,其“长时间平均功率”为1 600 W,“瞬时功率”为6 400 W。当然,6 400 W的作用时间是以10 ms为一个功率峰值保持时间计算,不能太长。这种扬声器功率承受能力的表示方法是比较科学的,它可以比较实际的体现出扬声器的实际能力,用这样的参数匹配功率放大器也很安全,不容易出现烧毁扬声器的现象。近年来,国际上如 JBL、BOSE 等一些著名厂家的扬声器系统也都陆续采用了类似的标准。

当了解了上面介绍的功率承受能力的概念后,再讨论前面提到的100 W正弦波功率不损坏扬声器而80 W噪声功率要损坏扬声器的问题就比较容易了。噪声功率是一个频谱分布很宽,在音频范围内每倍频程功率分布相等的信号。当它进入扬声器系统后,对系统的高音、低音单元都有冲击。对普通的无源分频音箱而言,其分频点一般在2 000~5 000 Hz之间,噪声信号进入音箱后根本不会受分频点的影响,高音功率和低音功率都会分别进入高音和低音扬声器。如果高音扬声器的功率承受能力不够,就很容易损坏,而低音扬声器因为本身的功率承受能力大,再加上结构的原因,一般不容易损坏。问题就来了:如果只用1 000 Hz的正弦波功率信号测试扬声器系统,当这个1 000 Hz的信号进入音箱后,由于分频器的存在,它基本无法进入高音扬声器,高音单元可以视为没有工作,此时信号全部进入了低音扬声器,而占总功率中较小比例的高音信号对低音扬声器的影响基本上可以忽略不计。但是,这样就会得到很不准确的结果,以为在某一功率下扬声器系统是安全的,结果当实际使用时,全频带的信号涌入音箱,高音扬声器就完全可能在总的功率不到正弦波测试功率的水平时就会损坏。显然,只有用类似于实际节目信号的噪声功率来测试扬声器系统才具有实际的意义。

总而言之,由于不同厂家对其扬声器系统给出了各类不同的规定功率标准,而它们各自的测试条件又有出入,所以设计者一定不能只看说明书中的功率数据就盲目使用,而要彻底

搞清楚这些数据的真实意义。

(5) 扬声器与功率放大器的配接

现代的专业功率放大器多采用的是晶体管功率放大器，其输出阻抗远比以往电子管功率放大器要低，而且电路多采用全对称的 OCL 形式，当负载阻抗发生变化时其输出功率就会随之产生变化，因此在扬声器与功率放大器配接这个问题上，阻抗是一个很重要的参数。

我们知道，以前的电子管功率放大器由于输出内阻较高，就必须采用输出变压器作阻抗变换以便与阻抗较低的扬声器配接，所以电子管功率放大器对扬声器系统的阻抗要求比较严格，如果出入过大，则会影响扬声器本身应该得到的功率，对放声质量甚至对设备的安全都可能产生影响。而晶体管功率放大器的输出内阻一般都很低，扬声器的阻抗可以在较大的范围内选择，通过选择可增加功率放大器的输出功率，也便于与多只音箱配接。当通过降低功率放大器的负载阻抗（也就是扬声器系统的总阻抗）来增加它的输出功率时，应注意功率放大器能与之配接的最低阻抗要求。比如，为了在一定负载下取得更大的输出功率而让功率放大器工作在 BTL（桥接）模式时，应注意负载阻抗降低后功率放大器所能提供的输出功率，否则功率放大器可能因过热而损坏（在无特殊说明的情况下，BTL 模式的负载阻抗还是以 $8\ \Omega$ 为宜）。

从另一个方面看，当扬声器选定后，要注意扬声器系统的阻抗，只有当扬声器系统的阻抗满足功率放大器的条件时，才能保证功率放大器有足够的输出，也才能保证设计时对声压级的要求。比如，设计时选定以立体声方式扩声，每声道用一只灵敏度为 98 dB、额定功率为 250 W 的音箱就可以满足声压级的要求。最后选定的音箱具体参数灵敏度为 98 dB、额定功率为 250 W、阻抗为 $16\ \Omega$ 。那么在配接功率放大器时，就不能只看功率放大器的额定输出功率是不是 250 W，而要看在多大的负载阻抗下输出 250 W。一般说明书中所标明的额定输出功率 250 W 多是指在 $8\ \Omega$ 的负载阻抗情况下得出的。常见的还有在 $4\ \Omega$ 负载下的输出功率和在桥式模式（BTL）下 $8\ \Omega$ 负载下的输出功率， $16\ \Omega$ 的不常见。在工程计算时可以用简单的“1.6 系数法”得出功率放大器在常见的负载阻抗下给出的实际输出功率。以 $8\ \Omega$ 负载为例，假如说明书中给出了 $8\ \Omega$ 阻抗下的额定输出功率为 250 W，那么 $4\ \Omega$ 负载时功率放大器的输出功率就是 250 乘以 1.6，为 400 W； $16\ \Omega$ 时的输出功率就用 250 除以 1.6，约为 160 W。显然要满足上面所说 $16\ \Omega$ 负载下应该得到 250 W 功率的条件，则应该选用在 $8\ \Omega$ 负载下额定输出功率为 400 W 的功率放大器。这种估算方法在实际中是很有用的。

4. 扩声系统的配置

(1) 系统周边设备的配置原则

所谓周边设备，一般是指除调音台、功率放大器、扬声器系统以外的其他声音处理设备。该设备在配置时，由于受档次和功能的影响，具体的变化比较大，也没有严格的国家标准或行业标准对具体的配置作出明确的规定，因此这里只能以配置原则说明。

首先要说明的是基本系统或叫做最简单系统的概念，因为专业扩声系统不比普通的家用音响系统，它在配置上必须要保证最终的使用效果或者实际测试数据能满足有关方面的要求。考虑到扩声现场对声音质量的影响，并且有较好的对声音的调节手段，一个最基本的专业扩声系统应该包括节目源（含各种播放设备和传声器、电声乐器等）、调音台、效果器、房间均衡器、功率放大器、扬声器系统等，这样就能够保证整个系统稳定工作并具有足够的声压级。最基本专业扩声系统的框图，如图 1—1 所示。

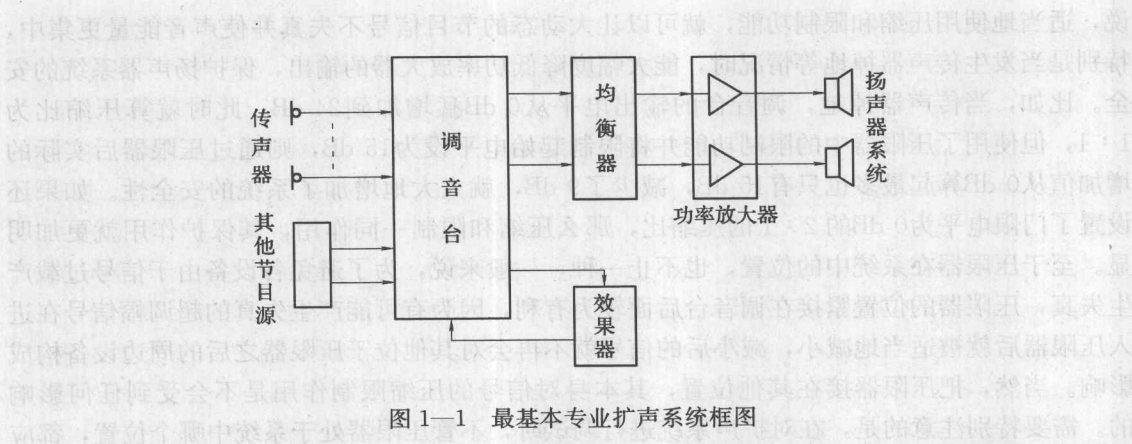


图 1—1 最基本专业扩声系统框图

其次，在最基本系统的基础上，可以根据具体要求增加其他的声频处理设备。最常见的是增加压缩限制器、音频激励器和电子分频器。

1) 压限器 压缩限制器简称压限器。在扩声系统中，其主要功能有两个：一是压缩或限制节目动态范围，防止过载削波失真，这是最主要的作用；二是适当地提高声音的平均声压级，使其结实饱满。

压缩限制器是结合了对声音的压缩和限制两种功能为一体的声频处理设备，但压缩和限制的含义不一样。在输入信号达到设定值时，压缩器是一种随输入电平增大而本身增益相应减少的功率放大器，而且在减小电平后，信号的包络基本不会有大的改变，即基本上保持了节目的原样；限制器是一种当输入电平达到一定值后不管怎样再增加输入电平其输出电平仍然保持不变的功率放大器。

就音乐信号来说，交响乐队的动态范围高达120 dB左右，歌手演唱高潮时也有100 dB以上，而一般扩声系统的动态范围只有80 dB左右，远远小于交响乐队的动态范围。故此在扩声中往往出现在大音量时声音发破甚至损坏扬声器的情况，压限器的使用可以解决这个问题。压限器的典型特性如图1—2所示。

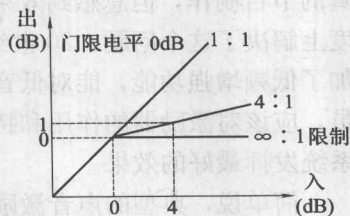


图 1—2 典型的压限特性

为了便于理解压限器的压缩特性，首先介绍两个最基本的概念：

压缩比——以某一参考点（如0 dB）开始，输入信号电平值和输出信号电平值的比。

压缩门限——压限器开始动作的起始电平（如0 dB），在该电平值以下，输入电平和输出电平的比值为1:1，即线性关系。

然后，我们再来分析其典型的压限特性。这里以图1—2中所示压缩比为4:1的曲线为例，输入电平到达压缩门限0 dB时，输出电平亦为0 dB，从0 dB以下看，输入和输出电平的对应关系都是1:1的对应线性关系。当输入电平从0 dB增加为+4 dB时，输出电平为+1 dB，其输入输出关系均为4:1的关系，故此称工作在此特性曲线下的压限器具有4:1的压缩比，以此类推。一般来说，压缩比从1.4:1到10:1可调，超过10:1就认为进入限制状态，即输入信号怎么增加，输出都不发生变化了。这样，根据不同节目信号，灵活使用压限器就能使有限动态范围的记录载体（如磁带）记录动态范围大得多的节目。对扩声系统来

说,适当地使用压缩和限制功能,就可以让大动态的节目信号不失真并使声音能量更集中,特别是当发生传声器掉地等情况时,能大幅度降低功率放大器的输出,保护扬声器系统的安全。比如,当传声器掉地,调音台的输出电平从0 dB猛增加到24 dB,此时就算压缩比为1:1,但使用了压限器中的限制功能并将限制起始电平设为15 dB,则通过压限器后实际的增加值从0 dB算起最多也只有15 dB,减少了9 dB,就大大地增加了系统的安全性。如果还设置了门限电平为0 dB的2:1的压缩比,那么压缩和限制一同作用,其保护作用就更加明显。至于压限器在系统中的位置,也不止一种,一般来说,为了避免各设备由于信号过载产生失真,压限器的位置紧接在调音台后面较为有利,因为有可能产生失真的超调幅信号在进入压限器后就被适当地减小,减小后的信号就不再会对其他位于压限器之后的周边设备构成影响。当然,把压限器接在其他位置,其本身对信号的压缩限制作用是不会受到任何影响的。需要特别注意的是,在对扩声系统进行调试时,不管压限器处于系统中哪个位置,都应该把它置于旁路状态,否则会对调试有影响。

2) 激励器 激励器也是使用较多的周边设备,相对于其他周边设备而言,是较新的声音处理设备,主要用于以文艺表演为主的扩声系统。

在录音技术已经相当完善的今天,在声音信号从采样(录制)到重放的全过程中,不管是对声音的记录还是对声音的处理,人们还是发现有不尽如人意的地方,如一个完整的录、还音系统,每个环节都有可能产生频率失真,特别是换能器(主要是传声器和扬声器)产生失真的可能性更大。如果积累起来看,一个原始的信号经过整个的记录系统再由扬声器还原出来,已经丢失了不少有用的频率成分,特别是最具声音特色的、丰富的中高频谐波成分损失更多一些,这些损失对系统的功率来说虽然基本没有影响,但在听觉上就可能感到声音缺少现场感,缺少穿透力,缺少细腻感,缺少明晰感等。尽管人们使用了种种方法来进行高保真的节目制作,但总感到效果不明显,一直到20世纪80年代后,激励器的出现才在很大程度上解决了这个问题。20世纪90年代以来,激励器不仅仅作用于中高频,一些产品已经增加了低频增强功能,能对低音进行激励处理,让低音也更饱满有力。作为扩声系统的设计人员,应该对激励器的作用和特点有所了解,才能根据不同的情况,进行不同的设备配置,让系统发挥最好的效果。

简单说,典型的声​​音激励器中包含了现代电子技术和利用心理声学的声音处理技术,它力图重现失落的声音信号细节,并可根据扩声系统的用途夸张地处理一些声音以达到特殊的效果。在录音中的使用也很普遍,特别是对通俗的歌曲,激励器的使用比较普遍。在剧院、歌舞厅、文艺演出中,使用激励器能使声音具有穿透力,增加听音效果,在公共扩声系统中适当地使用激励器,也能使声音清晰,在嘈杂的环境中突出有用的信号。

和压限器一样,激励器原则上可以接在调音台之后和功率放大器之间任何一个环节,但有的厂家在说明书中却规定激励器必须接在功率放大器前面。其实,在功率放大器前面也好,在压限器后面也好,激励器本身的作用是不会受到什么影响的。关键的一点是:在扩声系统中,是不是所有的声音都需被激励器处理?如果不是,那么激励器就不能接在系统的通路中,而只能是通过调音台的断点插口对某一声音进行处理,或者像效果器一样,做一个回路,可以让多路信号分别受到不同程度的激励。可见,前者要处理多少路信号就得需要多少台激励器,而后的接入方式相对要经济实惠得多。激励器的不同接法,如图1—3所示。

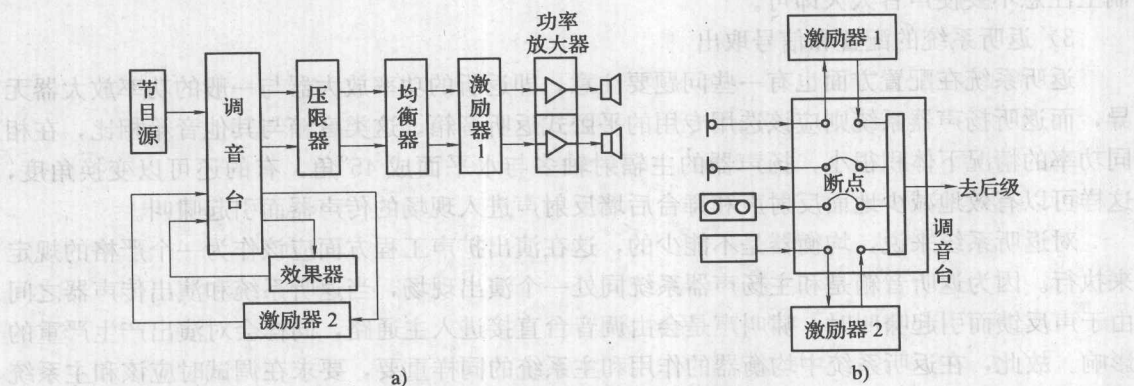


图 1—3 激励器的不同接法

a) 主通路接法和回路接法 b) 断点接法

(2) 返听系统配置

1) 返听系统功能简介

返听系统只是对现场演出而言,和监听系统不同的是,它只为现场的演出人员服务,而不是为音响师、录音师等调音人员准备的。该系统只针对现场实况演出,是为了解决舞台演出人员由于处于扬声器系统的背面,不能清楚地听到乐队的伴奏、自己的声音,或是其他需要听到的声音而专门设立的一套由均衡器、功率放大器、专用返听音箱组成的系统。以乐队为例,哪怕只有几个人,如果不能相互听到,就不能很好地配合;以演唱者为例,如果不能听到自己的声音,那就绝对找不准感觉。特别是对于较大型的演出来说,返听系统更不可少。如果返听不良或者没有,哪怕主扬声器系统的效果再好,乐队及演唱者都感觉不到,他们彼此之间的配合就成了问题,演出的质量也就可想而知了。对于歌舞厅来说,返听系统一样重要,而且在万不得已时,当主扬声器系统出问题,返听系统还能作为应急使用,至少比没有声音好得多。返听系统的框图,如图 1—4 所示。

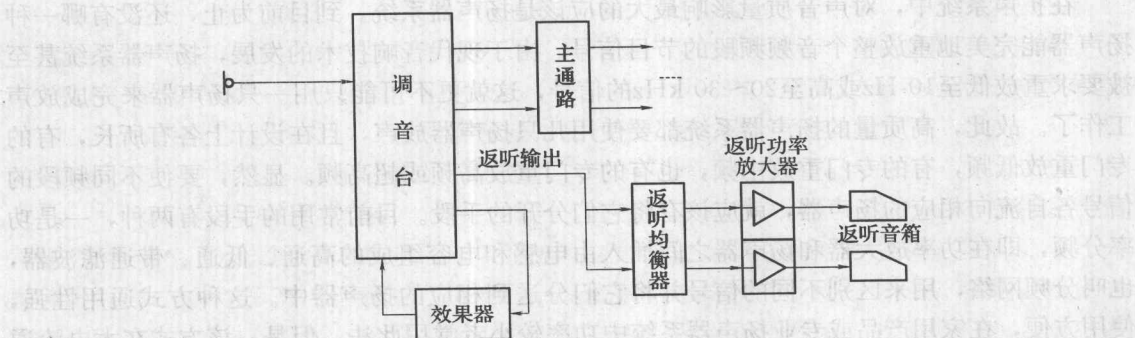


图 1—4 返听系统框图

2) 返听系统的功率计算

返听系统的功率至少应该达到现场总功率(主扬声器系统和补声的辅助扬声器系统)的 25% 以上,这是下限,大于这个比例也没有问题,只不过成本也会高一些,在返听的音量控

制上注意不要使声音太大即可。

3) 返听系统的配置和信号取出

返听系统在配置方面也有一些问题要注意,即返听的功率放大器与一般的功率放大器无异,而返听扬声器系统则应该选用专用的平卧式返听音箱。这类音箱与其他音箱相比,在相同功率的情况下体积很小,扬声器的主辐射轴多与水平面成 45° 角,有的还可以变换角度,这样可以有效地减少地面反射声和舞台后墙反射声进入现场的传声器而引起啸叫。

对返听系统来说,均衡器是不能少的,这在演出扩声工程方面应该作为一个严格的规定来执行。因为返听音箱是和主扬声器系统同处一个演出现场,当返听系统和演出传声器之间由于声反馈而引起啸叫时,啸叫声是会由调音台直接进入主通路,同样会对演出产生严重的影响。故此,在返听系统中均衡器的作用和主系统的同样重要,要求在调试时应该和主系统的均衡器一样严格,其最终结果是返听的重放声音质量应该在舞台这一范围达到一定的标准。

返听信号由调音台的专门接口送出,该接口往往明确地标明其输出的信号是用于返听。和效果信号一样,返听信号是综合信号,由各路信号组成,各路信号的比例可以调,音响师可以根据具体情况决定把哪些返听信号送入返听系统。一般来说,调音台的出厂设置是这样的:除了各路送入返听母线的信号可调外,每一路的其他调节手段如音量、均衡、声像、效果等,只对主通路起作用。这一点十分重要,因为在绝大多数情况下,演出现场观众所处环境的建筑声学条件和舞台上的建筑声学条件差别很大,音响师调节声音时肯定是对听众而言,音量的大小也要根据演出现场来决定,亦即在演出过程中对声音的调节是不可免的。但是,这些调节都不能影响到返听系统,否则演唱(奏)者会以为自己的声音发生了变化而自己主动进行纠正,这显然是不合适的。以独唱者的声音为例:当音响师感觉他的声音过大时,肯定要减小他的音量,如果返听的音量也受影响而变小时,演唱者因为在返听音箱中听到自己的音量变小,就会主动加大音量,这样一来音响师的调节还有什么作用?至于大型演出的返听系统(更重要,也更复杂些),这里就不再讨论了。

(3) 电子分频

在扩声系统中,对声音质量影响最大的应该是扬声器系统。到目前为止,还没有哪一种扬声器能完美地重放整个音频频段的节目信号。由于现代音响技术的发展,扬声器系统甚至被要求重放低至10 Hz或高至20~30 kHz的信号,这就更不可能只用一只扬声器来完成放声工作了。故此,高质量的扬声器系统都要使用几只扬声器放声,且在设计上各有所长,有的专门重放低频,有的专门重放中频,也有的专门重放高频或超高频。显然,要使不同频段的信号各自流向相应的扬声器,就应该有将它们分开的手段。目前常用的手段有两种,一是功率分频,即在功率放大器和扬声器之间插入由电感和电容组成的高通、低通、带通滤波器,也叫分频网络,用来区别不同的信号并将它们分送到相应的扬声器中。这种方式通用性强,使用方便,在家用产品或专业扬声器系统中功率较小者常用此法。但是,该方式在大电流通过电感元件的情况下,调整不方便并且会使功率放大器的稳定性变差、阻尼变劣。如果进一步加大功率则分频网络的设计和制作就更麻烦。为了克服这些缺点,在大功率、高质量的场合更多的是使用电子分频手段。

电子分频是在功率放大器之前,用高通、低通、带通滤波器进行分频,分开后的信号分别馈入高音功率放大器、低音功率放大器等不同的功率放大器,用这些不同的功率放大器来