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

（基础知识）

劳动和社会保障部
中国就业培训技术指导中心 组织编写

中国劳动社会保障出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

音响调音员：基础知识/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心组织编写．—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—4357—8

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** 037413 **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

厂印刷 装订厂装订

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.5 印张 209 千字

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

印数： 册

定价：15.00 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

国家职业资格培训教程

音响调音员

编审委员会

主　任　陈　宇

副主任　陈李翔　张永麟

委　员　陈　蕾　葛　玮　赵　欢　王明臣　孙庆有

施又麟　刘晓群

本书编写人员

主　编　王明臣

副主编　孙庆有　施又麟

编　者　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

主　审　李　彦

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，《教程》是针对音响调音员职业活动的领域，按照模块化的方式，分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（基础知识）》适用于对初级、中级、高级、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，王明臣任主编，孙庆有、施又麟任副主编，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

第一章　音响调音员职业道德……（1）
一、职业道德基础知识……（1）
二、职业守则……（1）
第二章　基础知识……（4）
第一节　声学基本知识……（4）
一、声学基本概念……（4）
二、声学基本参量……（13）
第二节　电工基础知识……（15）
一、直流电源和交流电源……（15）
二、电的基本概念……（16）
三、简单直流电路……（22）
四、复杂直流电路……（26）
五、电场与电容器……（39）
六、磁场与电感线圈……（45）
七、正弦交流电的基本概念……（52）
八、正弦交流电路……（55）
九、常用电子元器件……（83）
第三节　音响技术基础知识……（89）
一、传声器……（89）
二、扬声器……（94）
三、耳机……（97）
四、调音台……（97）
五、周边设备……（99）
六、功率放大器……（99）
七、信息记录载体……（101）
八、时间效果处理……（104）
九、频率效果处理……（109）
十、振幅处理……（112）
第四节　安全用电及消防基础知识……（114）
一、安全用电……（114）
二、消防知识……（117）

附录　音响调音员常用英语词汇……（119）

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第一章　音响调音员职业道德

一、职业道德基础知识

音响调音员，顾名思义是调控音响设备的人员，即在歌舞厅、节目制作间及音乐（文艺）演出、公共场馆等场所，运用专用设备，对声源的音量、音调、音色进行调控的人员。按照国家职业标准，共设有五个等级：初级、中级、高级、技师和高级技师。

那么，音响的定义如何界定，音响调音员到底是干什么的？回答是：音响是以各种声音和声学现象为素材，依靠现代科技技术，利用各种设备，创造人类听觉艺术和声音文化；而音响调音员的工作则是通过各种音响设备，创造出源于生活又高于生活的艺术的音响效果，以丰富人们的精神生活。显而易见，音响调音员这项工作是一个艺术和技术的结合体。因为作曲家的作品、演奏家的演奏、歌唱家的艺术，都是要通过音响器材、通过音响调音员调控音响来实现，所以音响调音员是艺术家和工程师的结合体，是复合型人才。

音响调音员的工作关系到整台节目演出的成败。如果说一台节目，所有的演员通过了艰辛的劳动，终于将整台节目呈现给观众，而最终由于调音员不按职业要求去做或不负责任，致使整台节目达不到预期效果，那么该音响调音员就是不称职的了。所以，音响调音员必须提高素质，加强职业道德修养。

职业道德是从业者在其职业活动中所必须遵守的行为规范总则。音响调音员的职业道德规定了音响调音员在其职业活动中的行为规范。优良的职业道德是每个音响调音员在其职业上获得立足之地的必备条件，也是提高音响调音员工作能力的动力，心态正，则行为端，所以音响调音员加强职业道德修养是自我完善的必修之路，是音响调音员职业活动的指南。

二、职业守则

1. 忠于职守、爱岗敬业

音响调音员所调控的音响设备是传声器、调音台、周边设备、功放、音箱，而且还有各种连接线。面对这些音响设备的调控，在每次工作中，能否始终保证设备处于最佳运行状态，特别是对于音乐（文艺）演出而言，音响调音员需要装台、拆台，甚至有时一天要装拆几回，繁重的体力劳动有时令你很累，这些都要求音响调音员不仅要掌握娴熟的技能，更重要的是要具有忠于职守、爱岗敬业的精神，否则就不可能达到预期的效果。或者说，这就是每个音响调音员的职业特点。但通过这些苦和累你得到的快乐也是别人难以体会的，这正是这个职业的诱人所在。

音响调音员这个职业不光是诱人的而且还是醉人的。当一次次的演出成功，当手捧鲜花的演员，在掌声和欢呼声中，走下台来第一个跟调音员握手，并感谢调音员的工作时，作为调音员的你，顿时就有了一种成功感，你会觉得自己的工作是那样的有意义，你会加倍的热

爱你的岗位。反过来说，也只有热爱你的岗位、热爱你的工作，你才会有所成功，所以忠于职守、爱岗敬业，这是作为调音员职业守则的第一要求，只有这样你才能获得成功，得到赞美。

2. 精心操作、爱护设备

音响调音员在工作中面对的音源是千差万别的，而专业设备和民用设备的输出电平也不一样。这就需要音响调音员操作时十分认真细致地对待每一操作步骤。如果输入电平太小，那么设备的本体噪声就大了；如果输入电平过大，造成机器过载，声音就破了，还可能损坏机器，造成事故。精心操作必须强调的是在设备安全的情况下，认真地调整输入和输出电平，仔细地修正声源的音量、音调、音色，从而调控出美妙的声音来。

设备是我们每个音响调音员生存的基础，没有音响设备也就无所谓音响调音员。显然，爱护设备就是爱护你的饭碗。那么怎样做才叫爱护设备呢？有人说，我的设备决不让别人碰一下，我每天把设备擦得干干净净。的确，这样做对爱护设备是有益处的，但这不是爱护设备的全部内涵。应该怎样做呢？首先我们必须了解和掌握设备的指标和特性，使用时严格按操作规范来做，如先开什么设备，后开什么设备，先关什么设备，后关什么设备；连接线从哪儿到哪儿，是平衡连接还是非平衡连接；系统接地是否可靠，设备是否处于过载状态；整个系统的信号电平大小是否一致；甚至发现故障要及时排除等。总之，了解掌握了设备的指标和特点，才能真正做到爱护设备，也只有了解和掌握了设备，才能谈得上精心操作。

此外，能否做到精心操作、爱护设备，这里还涉及到每个音响调音员的工作态度。对此，在我们的工作中，只有从一开始就树立良好的工作习惯，认真负责、兢兢业业，这样才能对以后业务水平的提高打下扎实的基础，同时也才能获得业主和同行的肯定。

3. 团结协作、尊师爱徒

我们每个人都是生活在社会这个大家庭之中，干什么事情都是团结协作的结果。特别是对于音响调音员这个职业而言，更明显地表现出这样一种团结和协作的特点。如一场演出，有音响调音员、灯光师、舞台美术、编剧、导演，还有更多的是演员，只有通过大家的团结协作，演出才能得到良好的效果。如果你自认为自己本事最大，做事横行霸道，作风飞扬跋扈，那么别人见了你就躲得远远的，他们有事也决不叫你，那么你这个音响调音员还有什么市场可言。所以，音响调音员要跟灯光师密切配合，才能创造出美妙的声光效果；音响调音员跟编导密切配合，就能更准确地表达出节目的艺术个性；音响调音员跟演员密切配合，就能最大限度地调动出演员的艺术激情；音响调音员跟同行密切配合，就能最大限度地减少音响差错等。因为在一场演出中音响出了差错是无可挽回的，有时会造成很坏的影响。

每个音响调音员的本事都不是天生就有的。向书本学习，向老师学习，向入行比自己早的人学习，从而慢慢地积累经验，这才是我们每个音响调音员成才的必由之路。在我们音响调音员这一行中，一个重要标志就是新入行的人对先于你入行的人一律以老师相称，在言语和行动上，时时刻刻地想着自己的技术是老师教的，自己的每一个进步都是老师培养的结果，以取得更大的进步。音响调音员职业分为 5 个档次，从初级调音员到高级技师，漫漫长路，学无止境。尊敬老师，是使自己在技艺上能不断长进的必备条件。

音响调音员对老师的尊敬不仅表现在尊师上，也表现在爱徒上。学习技术犹如登山，调音的技艺并不是一个人一辈子能学完的，长江后浪推前浪，没有后来者把这个事业继续向前推，那是不可想像的。我们应在技术上严格要求，生活上热情关怀，为人师表，以身作则，

言传身教，使团结协作、尊师爱徒的优良传统在音响调音这一行业里发扬光大。

4. 努力学习、钻研创新

音响调音这一行业，原来是极少数人掌握的行业，但随着国家的日益富强，音响调音这一行业才得以普及。那么从音控技术来讲，我们国家的音控水平与国际音控水平相比较，还有很大的差距。这种差距来自两个方面：一是音响硬件的差距，二是音响调音员本身音响感觉、音乐感觉等技艺方面的差距。这就要求我们音响调音员要努力学习、更新知识，全身心地投入到每一场演出、每一首歌的调音中。要多听、多干、多想，探索分辨各种声音的不同、各种音质的差异，如磁带中有普通带的音质、铬带的音质，CD 盘中有 VCD 的音质、DVD 的音质、音频 CD 的音质，在调音台上还有单声道和双声道的不同，乃至于相位正确与相位接反了的音质差异等。同时，艺术的生命在于创新，但创新的前提是技术的熟练，在音响调音这一行业里，你所有的技术都是在为艺术服务。任何技术上的新招，最后都必须在艺术表现中体现出来。例如，调音从一开始的单声道，到后来的立体声，再到现在的环绕立体声，像多声道 AC—3 的 5.1 声道的现场扩声，新思维、新技术永远是吸引我们的动力。充实自己，完善自己，超越自己，在音响调音这一行业中，表现出自己的艺术个性来，形成自己所独有的调音艺术，这样才是钻研、创新的目的所在。

5. 遵纪守法、热心服务

遵纪守法是作为一个公民的最起码的道德规范，尤其是作为音响调音员来说，更要严格要求自己，因为这是音响调音员的工作性质决定了的。在你的音响系统中，决不允许播放出那些歌词意思反动的；有影响安定团结的；有宣扬淫秽、色情、迷信等内容。否则，根据情节轻重将受到停业整顿、吊销执照、治安管理处罚，甚至依法追究刑事责任。所以，遵纪守法这根弦时时刻刻要在脑海中绷紧，千万不可做那种违法乱纪的事，使自己身败名裂。

热心服务，尽自己所能帮助别人，将自己的毕生所学贡献于我们这个社会，使自己在群众中，在社会上竖立良好的形象，从而使自己的道路越来越宽。望广大音响调音员牢记在心。

第二章　基 础 知 识

第一节　声学基本知识

一、声学基本概念

1. 声波

声音是由声波刺激人耳所引起的感觉。产生声音的条件有 2 个：一是物体的振动，二是声波的传播媒体。例如，听到某个人的歌唱声，是由于歌唱者声带振动而发出声音；又如，听到敲锣声，是因为锣槌敲击锣面，使锣面产生振动而发出声音。这些声音通过空气媒体的传播将声波传入耳内，从而使人们能够听到歌唱的声音或锣的响声。这就是说，声波的本质是物体振动引起周围媒体发生波动的一种现象。通常，将引起声波的物体叫作声源，声波所及的空间范围叫作声场。

声波可以在气体中传播，也可在液体和在固体中传播。它具有一般波动现象所共有的特性，如反射、绕射、折射和干涉现象等。

2. 噪声

噪声是一种紊乱、断续或统计上随机的声音，例如交通噪声、工业噪声、菜市场里人声鼎沸的喧哗声等。又如电声设备的本底噪声及由外界传入播音室中的噪声等。通常，我们将不需要的声音统称为噪声。

噪声的大小用声压级的分贝数来表示（单位符号是 dB），也称噪声级。如交通噪声中，重型卡车的噪声级约为 88 dB，轿车约为 60 dB，在火车车厢内约为 70～75 dB，在喷气飞机发动机附近可达140 dB。工业噪声则随行业不同而有不同的噪声级，钢铁工业的噪声级为 80～130 dB，个别的可达到 140 dB，纺织工业的噪声级为 80～108 dB。

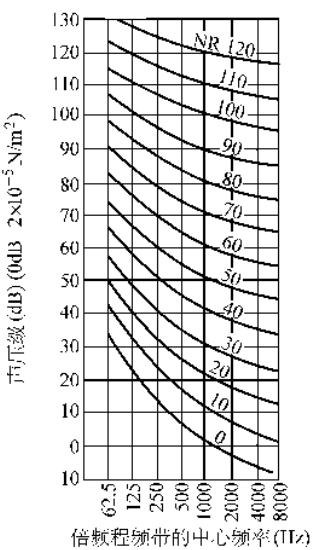

图 2—1　NR 曲线

评价噪声的参数是 NR 曲线，如图 2—1 所示。它的横坐标为倍频程频带（频率为 1 倍关系的几个声音组成的频带）的中心频率，纵坐标为声压级，它的每一条曲线在 1 000 Hz 的倍频带声压级等于噪声评价数 NR。求一个噪声的 NR 数值的方法是先测量该噪声在 8 个倍频带的声压级，求出倍频带频增后将频谱曲线画到 NR 曲线图上，找出其中最接近或稍高于频谱线 1 dB 的 NR 曲线，则该 NR 曲线值就是该噪声的评价数。

此外，在美国还使用一种 NC 曲线来评价建筑物内部噪声影响的参数，它的形态与 NR 曲线类似，用法也相同。NC 曲线评价见表 2—1。

表 2—1　　NC 曲线评价

NC	说　明
20～30 dB	非常安静，适合大型会议
30～35 dB	安静，讲话距离可达 10 m
35～40 dB	讲话距离可达 4 m，不妨碍打电话
40～50 dB	普通讲话距离可达 2 m，稍微影响打电话
50～55 dB	稍微大声讲话约 2 m，打电话难，不适合开会
55 dB 以上	非常难受，无法打电话

当然，噪声也不是一无用处，在声学测量中经常使用由仪器产生的白噪声和粉红噪声。白噪声是指用固定频带宽度测量时，频谱连续并且均匀的噪声，也就是在宽广频率范围内带宽相等、能量相等的噪声。在线性频率坐标系中，其能量分布是均匀的，而在对数频率坐标系中，其能量分布是每倍频程上升 3 dB，“白”是从光学名词中借用，因为白光可分解为能量分布均匀的各种色光。粉红噪声是指用恒百分比的频带宽度测量时，频谱连续并且均匀的噪声，也就是在宽广频率范围内恒百分比带宽能量相等的噪声，在对数频率坐标中，其能量分布是均匀的，而在线性频率坐标中，其能量分布是每倍频程下降 3 dB。“粉红”也是从光学名词中借用的，它表示相对于白噪声低频成分较多的意思。

3. 乐音

乐音是指发声体发出的一种音乐之声。是音响调音员每天打交道的重要声源之一。亦即音响调音员的工作对象。

人们对乐音的主观感受有：音高、响度及音色 3 个主观量，这也就是人们常说的声音的三要素。

4. 复音

每一个人的讲话声和每一种乐器的演奏声都可以很明显地区分出来，即使是许多人同唱一首歌，或者许多乐器同时演奏一个曲调儿时，我们也能区分出不同的声音。这是因为，人的讲话和乐器的演奏声都不是纯音，而是复音。所谓复音，是指由基频声与谐频声组成的声音。两个音调相同的声音虽然基频相同，但谐频的成分幅度可能不同，即频谱组成可能不同，从而会使人感到音色不同。复音表现出来的音色千差万别。

5. 分音

1 个复音是由基频和谐频组成的。复音可能由 2 个或 2 个以上的频率组合而成，如果是由 2 个频率组成，那么这个复音就有 2 个分音；如果是由 3 个或 3 个以上的频率组成，那么这个复音就有 3 个或 3 个以上的分音。由此，我们将组成复音的各个频率的声音称之为分音。也就是说，分音是复音的组成部分。

6. 频谱

频谱是指信号中各种频率成分的强度分布以谱线形式表示的一种方法。频谱通常是以频率的对数坐标作为横坐标，以声压级作为纵坐标，将基频及谐频按幅度大小的相应纵线高度，表示在相应频率坐标上的图形，如图 2—2 所示。

7. 声级

声级是指采用对数关系表示声音强弱的一种方法。人耳所听到的声压范围在 $2\times10^{-5}\sim20$ Pa 之间，相差 10^6 倍，声强范围在 $10^{-12}\sim1$ W/m^2 之间，相差 10^{12} 倍，表示起来很不方便。考虑到人耳对于声压和声强变化的感觉并不与变化的绝对值成正比，而是与它们的对数成正比。因此，采用声压级和声强级单位 dB（分贝）来表示声压和声强的大小。声级的概念中包含了声压级（SPL）、声强级（SIL）和声功率级（SWL）。

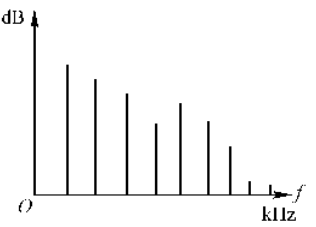

图 2—2　频谱图

8. 基频

基频是一个乐音在频谱图上可标出的最低的那个频率。基频是保证各音色不同的乐器在演奏同一音调时能达到音高一致的必备条件。谐频可以有差别，但基频必须达到同一音高。比如说各种乐器在一起演奏一个 A 音，那么，所有乐器的基频同在 440 Hz 这一音高的频率上，这就是基频的概念。

9. 谐波

谐波是用来表现音色的一种参量。正如人们所分辨出人声的不同，或各种乐器音色的不同，其主要原因就是由于谐波的成分在幅度上有所不同，即使是演奏同样音高的不同乐器，在各自的频谱上表现出来的谐波也有很大的不同。显然，这种不同就决定了音色的各不相同。

10. 混响

混响是指当声源停止发声后，由于边界面或障碍物使声波多次反射或散射产生延续的声音效果。

在扩声工作中，混响是一个极重要的调控工作。如果在一个几乎是全吸音的房间里，那么，你就是拥有再高档的音响器材，那声音还是又干又瘪，听起来十分不舒服。同样，混响过长，会使听众在这样的环境中感到什么都听不懂，从而降低了语音的可懂性。

11. 回声

如听到的直达声延迟 50 ms 以上，可以从直达声中将其分离出来的反射声叫作回声。而从单一声源产生的一连串可分辨的回声则叫作多重回声。当声源在平行界面或一平面与一凹面之间发生反射，且界面间距离大于一定数值时会出现颤抖的感觉。这种现象在房间越大，墙壁反射性越强的情况下，越容易产生。因此，为了有效防止回声可采取增加墙壁的吸声力及改变墙壁的角度等措施。

12. 响度

响度是指人耳对音量大小、声音强弱的主观感受，它不仅取决于声波振幅的大小，而且也与声音的频率有关。

实际上，人们对同样强度，但不同频率的声音主观感觉的强弱是不同的，即人们听觉的频率响应不是平直的，它的特点是声压级不同时人们的感觉也是不同的。为了更全面地反映人们对声音的这种感觉特性，通常采用等响曲线的方法表示，如图 2—3 所示。

该等响曲线是由鲁宾逊等人对在自由声场中的 90 个 18～25 岁的健康人进行了平面声波听觉测验后得出的一组等响曲线。这一组曲线经国际标准组织（ISO）提议作为正式标准采用，这就是现在通用的等响曲线。在等响曲线中，每一条曲线代表一个响度的等级，习惯上把曲线在 1 000 Hz 时的声压级定为响度的级数，并用“方”作为响度级的单位。可见，该

需要全本请访问 www.ertongbook.com

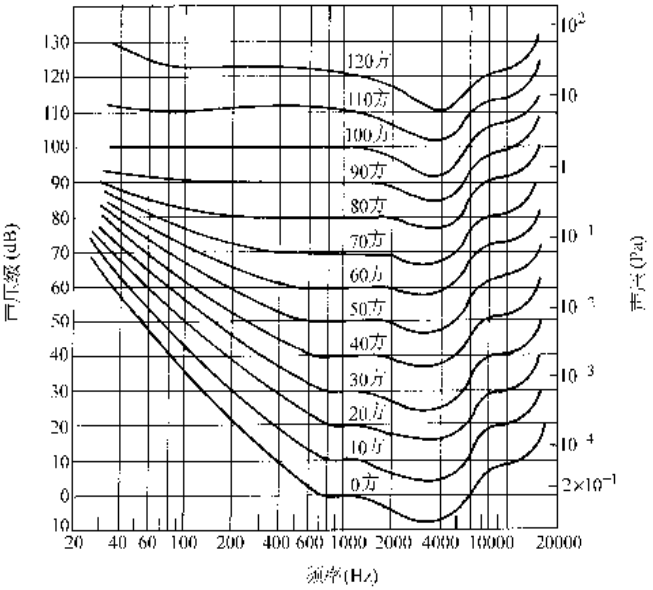

图 2—3　**等响曲线**

曲线说明了听觉与响度之间的特性关系：响度级与声强有关，声强提高，响度级也会相应增加；响度级与声音的频率有关，频率不同时，声压级即使一样，响度级也会不同；在 3 400 Hz **附近的声音听起来比较响，是由外耳道共鸣所引起的，随着方值的增大，等响曲线随频率变化减小，即曲线变得较平直，这说明不同频率的声音的响度增长率也不同。例如，在听阈时，** 100 Hz **纯音的声压级要比** 1 000 Hz **纯音的声压级高** 20 **方，但在** 100 **方时，两者的声压级接近相等。虽然响度级的变化都是** 100 **方，但** 1 000 Hz **的纯音声压级需增加**（100－4）dB，**即** 96 dB；**而** 100 Hz **纯音的声压级只需增加**（100－24）dB，**即** 76 dB。**可见低频纯音的响度增长率大于中频纯音的响度增长率。对于** 40～4 000 Hz **的声音，响度级与声压级的分贝值相差不大，有时就以** dB **代替该值。**

应该指出的是，等响曲线所反映的听觉特性，并不是每个人都能遵守。根据人们的种族、年龄、生活经历、听音素养等许多因素的不同，他们的听觉也会有差异，不过这些差异并不妨碍等响曲线的运用，这是为了能有一个共同的标准。

如果用仪器测量声音的响度级，该仪器必须是以等响曲线为依据。也就是说，通常使用的声级计，在测量声压级时应插入模仿人的听觉特性的计权网络进行，以求得与人耳实际听到的效果相符合。通常，声级计上的 A、B、C 3 **种计权分别是按** 40 **方、** 70 **方、** 100 **方** 3 **条等响曲线设计的。**

13. **音高**

乐音的音高是由乐音振动的快慢来决定的，也就是说频率的高低对应着乐音的高低。但这种高低是有统一规定的。

乐音的音高是用音名来统一表示的。目前大多数的音高标准都是按照钢琴的音高来定调的。之所以要用钢琴的琴键来表示音高，是因为钢琴有 88 **个键，也就是它有** 88 **个标准音高，绝大多数的乐器的基础音高都包含在这里边了。**

钢琴的一组琴键有 12 **个，也就是说一个八度音阶里有** 12 **个音。这** 12 **个音是由低变高，**

顺序是 C、#C、D、#D、E、F、#F、G、#G、A、#A、B；反过来由高到低的排列是 B、bB、A、bA、G、bG、F、E、bE、D、bD、C，这就是音高或者叫作音调的高低。

大多数乐器或人声的音高跨度是不止一个八度的。那么，为了表示其音名就在钢琴上的小字 1 组的 C 命名为中央 C，往下排列是小字组的 12 个音名；然后是大字组的 12 个音，其后是大字 1 组的 12 个音高。从中央 C 往上排列为小字 2 组、小字 3 组。有的歌唱家能够唱到 HiC，也就是能唱到小字 3 组的 C，即能从基频唱到 1 046.5 Hz，这是十分惊人的。

2 个音高之间的距离叫音程，音程是用十二平均律来说明的。在乐音中，音程用“度”表示，除此之外还可用频率比和音分来表示。用度表示的方法见表 2—2。

表 2—2　　用度表示的方法

键盘	度	全音个数	半音个数
C/#C	同度/小二度	0/0.5	0/1
D	大二度	1	2
#C$_E$ (bE)	小三度/大三度	1.5/2	3/4
F/#F (G) /G	纯四度/增四度/纯四度	2.5/3/3.5	5/6/7
#G (bA)	小六度	4	8
A	大六度	4.5	9
C	同度	0	0
#C (bD)	小二度	0.5	1
D	大二度	1	2
#D (bE)	小三度	1.5	3
E	大三度	2	4
F	纯四度	2.5	5
#F (bG)	增四度	3	6
G	纯五度	3.5	7
#C (bA)	小六度	4	8
A	大六度	4.5	9
#A (bB)	小七度	5	10
B	大七度	5.5	11
C	八度	6	12

至于用频率比和音分表示的方法，对于频率比而言，它是依据频率比值来决定 2 个音距离的，即通过国际标准音高表中的构成一个八度音标的小字 1 组 e 和小字 2 组 C 的 2 个 C 音频率分别为 261.6 Hz 和 523.3 Hz，二者的比值为 523.3∶261.6＝2∶1。也就是说增加一个八度音高，其频率增加 1 倍，若将 1 个八度音程按等比数列均分为 12 份，即可得出十二律（音乐上的十二平均律即由此而来）。依据十二平均律的定义（$\sqrt[12]{2}$）、（$\sqrt[12]{2}$）、…乘 12 次便等于 2，那么从小字 1 组 A 音 440 Hz 出发用十二平均律的方法可以找出任何音的频率，且每差半音（钢琴上相邻的键）乘或除即得出所求音高的频率，见表 2—3。

表 2—3　　钢琴键音高的频率

	C	♯C	D	♯D	E	F	♯F	G	♯G	A	♯A	B	C
与 C 的频率比	1	$(\sqrt[12]{2})^1$	$(\sqrt[12]{2})^2$	$(\sqrt[12]{2})^3$	$(\sqrt[12]{2})^4$	$(\sqrt[12]{2})^5$	$(\sqrt[12]{2})^6$	$(\sqrt[12]{2})^7$	$(\sqrt[12]{2})^8$	$(\sqrt[12]{2})^9$	$(\sqrt[12]{2})^{10}$	$(\sqrt[12]{2})^{11}$	2
频率（Hz）	261.63	277.18	293.66	311.13	329.63	349.23	369.99	392.00	415.30	440.00	466.16	493.88	523.25
音分数	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 100	1 200

音高若用乘，音低则用除。对于用分音表示而言，它是用半音式全音来表示音程。由于弦乐和管乐感到间距过大，因而将 1 个八度音程等比分为 1 200 份，每份称为 1 个音分，2 个频率之间的音程以音分数来表示，这样 12 个半度音又被分成了 100 等份，显然对精确调整音高就有了更准确的依据。为此，这种表示方法在现代数字音频工作站中使用得很普遍，无论是演奏或者演唱，哪怕差十几个音分都能把它纠正过来。

最后需要说明的是：1979 年，英国伦敦国际会议把小字 1 组的 A 音定为 440 Hz，即 $a^1=440$ Hz，并把它称为第一国际标准高度，从而成了目前国际上通用的标准音高。所有制造乐器者、演奏或演唱者都以此音高为标准，根据各音高频率之间的关系，就可以定出任何音高的频率。表 2—4 给出了钢琴不同音程的 70 个全音音高的频率值。

表 2—4　　钢琴不同音程中任何音高的频率值

音名	C_2	D_2	E_2	F_2	G_2	A_2	B_2	C_1	D_1	E_1	F_1
频率（Hz）	16.4	18.4	20.6	21.8	24.5	27.5	30.9	32.7	36.7	41.2	43.7
音名	G_1	A_1	B_1	C	D	E	F	G	A	B	C
频率（Hz）	49	55	61.7	65.4	73.4	82.4	87.3	98	110	123.5	130.8
音名	d	e	f	g	a	b	c^1	d^1	e^1	f^1	g^1
频率（Hz）	146.8	164.8	174.6	196	220	246.9	261.6	293.7	329.6	349.2	392
音名	a^1	b^1	c^2	d^2	e^2	f^2	g^2	a^2	b^2	c^3	d^3
频率（Hz）	440	493.9	523.3	587.3	659.3	698.5	784.0	880	987.8	1 046.5	1 174.7
音名	e^3	f^3	g^3	a^3	b^3	c^4	d^4	e^4	f^4	g^4	a^4
频率（Hz）	1 318.5	1 369.9	1 568.0	1 760.0	1 975.5	2 093.0	2 394.3	2 637.0	2 793.8	3 126.0	3 520.0
音名	b^4	c^5	d^5	e^5	f^5	g^5	a^5	b^5	c^6	d^6	e^6
频率（Hz）	3 951.1	4 186	4 698.7	5 274.1	5 587.7	6 272.0	7 047.0	7 902.1	8 372	9 392	10 548
音名	f^6	g^6	a^6	d^6							
频率（Hz）	11 175	12 544	14 080	15 804							

14. 音色（音品）

音色是人区别具有相同音调和响度 2 个声音的主观感觉，也称为音品。人耳对 2 个音调和响度相同，但基频、谐频的成分和幅度不同的声音，就会感到它们的音色是不同的。其表现现象如：泛音和分音的数目不同，音色就不同；泛音和分音的绝对强度和它们之间的相对强度不同，音色也就不同；泛音和分音的长短、分音的和谐程度不同，都会使音色不同；乐音的基音、泛音及分音的频率值不同，由于响度和掩蔽效应的缘故，即使有同样的频谱结构也会有不同的音色。此外，因为音色是人感受的主观量，那么乐音的音色与发声的瞬时状况有关，即乐音是连续的还是突变的；还与听音环境有关，即在不同场所直接收听还是通过扩声收听；还与声源的距离等因素有关。

具体来说，人们对音色的感觉有以下一些情况，即：基音较多泛音较少时，声音就柔和，犹如抚摸天鹅绒的感觉；高次泛音幅度大时，声音犹如军号般明亮，甚至还有尖锐、刺耳的感觉；泛音数量多、幅度低，但中间泛音幅度较强时，给人的感觉就是声音丰满而有弹性，如大提琴演奏的感觉一样；泛音数量多、幅度低时，总感到力度不足，好像是音出不来，如二胡的演奏；无基音时，呈现鼻音，声音不清晰，如低音黑管的演奏；奇次泛音突出，如单簧管的演奏；偶次泛音突出，音色透明，如高音双簧管的演奏等。

平时，我们要多注意各乐器的频谱图。为了确保各乐音在调音中能保持应有的音色，在处理过程中应以不丧失各泛音为原则，并使设备的频率范围大于乐音泛音的最高频率值。显然，掌握乐器的频谱以及基音音域，对获得好的扩声质量是至关重要的。

15. 声场

声场是声源通过弹性媒体向周围自由辐射的空间。例如，在空气媒质中的声场即为声波存在的区域。由于不同的声源在没有或存在个别障碍物的空间内传播时，所引起的反射影响是可以忽略的，如在空旷的野外、海边的沙滩，在这种环境下形成的声场就称之为自由声场。当声波在具有反射作用的环境中传播时（如城市的街道、广场等环境中），由于受到障碍物的反射、散射和绕射等作用会形成混响的声场，这种声场称之为扩散场。

对于自由声场而言，它又有近场和远场之分。所谓近场是指声源向自由声场辐射时，声源附近瞬时声压和媒质的质点速度不同相的声场；而远场是指声压和质点速度同相的声场。在近场区，因声源附近空间声波的质点速度与声压不同相，也就是说它们各自传播的方向不一致，存在着明显的不同方向的速度分量。考虑到在近场区按听点距离来计算声压级误差很大，通常的做法是在测量近场区的声压级要在 2 倍的距离之外进行。而在远场区，可按距离听点上的平方反比关系计算声压级。一般来说，满足声场特性的条件是：声源辐射器的尺寸远小于听点距离 s；声源发出的声音波长 λ 与听点距离 s 的关系满足 $s>(6\sim10)\lambda/6$。实际上，在远场区，空间某点的声强是随距离的平方衰减的，这时空间各种声源可以被认为是点声源，形成的声波是一种球面波。如在短距离的室外扩声，其地面的影响可以忽略不计，因为地面上站满了观众，声波会被观众人群吸收，这时声波的传播近似于远场的理想情况。对在远场区的扩声，还应考虑到声波传播过程中气候条件的不稳定性，比如说现场有风，风的干扰会使远距离接收点的声压有起伏出现。

对于扩散场而言，由于声波所受到的障碍物其大小、凹凸等形状及障碍物表面的光滑或粗糙程度的不同，它们对声波频率的反射、散射、绕射的结果也不尽相同。所以，同样都属于扩散场，但对声音的播放就有很大的不同，也就是说世界上音色一模一样的音乐厅是没有的，其扩散场都表现出各自不同的声场效果。显然，这就要求音响调音员能在各种不同的扩散场中调音时能调控出优质的音响效果来。

此外，在室内声场中，还存在着自由场和混响场两种声场的叠加，但它们又不是完全重叠。从理论上说，可把前排空间称之为自由场，后排空间称之为混响场。也就是说，在前排的直达声和一二次反射声大于混响声，而后排的混响声大于直达声和一二次反射声。中间的临界距离也就是称为混响半径的那个点上直达声和一二次反射声的声强正好等于混响声的声强，这个点的声强又随着声源声压的大小而变化。

最后需要指出，一个扩声声场的优劣，直接影响到一场演出的效果。在一个优质的声场里扩声，你会得到事半功倍的效果；而在一个存在声场缺陷的环境中扩声，哪怕音响调音员

费很大的力气，效果还是不能令人满意，虽然采取人工的办法可以补救一些，但这与优质声场的自然效果还是有很大差别。

16. 混响时间

在室内声源停止发声后，声音的衰减过程可以用混响时间来度量。混响时间的定义是：当一个连续发声的声源，在达到稳态声场后声源突然停止发声，从声源停止发声到室内声能密度衰减到原来的百万分之一（60 dB）所需要的时间，以 T_{60} 表示。一个房间的 T_{60} 随频率而变化，通常以 500 Hz 声音的混响时间为标准。

混响时间的长短对室内听声有很大的影响，它是对各类房间进行音质设计或音质评价的一个重要指标。房间的混响时间短，有利于声音的清晰度，但过短则会使人感到声音干涩，并且会感到声音响度不足；混响时间长，有利于声音的丰满，但过长则会感到前后声音分辨不清，降低了声音的清晰度。

房间的混响时间与房间的容积、表面积及房间的平均吸声系数有关。其计算方法可以利用赛宾公式、爱润公式和努特森公式进行计算。

赛宾公式

$$T_{60} = 0.161\frac{v}{\bar{a}S} \quad (\mathrm{s})$$

式中 0.161 ——系数；

v ——房间体积，m^3；

$\bar{a}$ ——平均吸声系数；

S ——房间表面积，m^2。

该公式指出，T_{60} 是与声源无关的表示房间内声音特定的一个客观量。同时也指出 T_{60} 仅与房间容积和内表面吸声量有关，而与室内位置无关，即室内各处应该是相同的。但是，它要有一定的条件，如声音效果好的房间，室内各处的混响时间是极相近的。

爱润公式

$$T_{60} = 0.161\frac{v}{-S\ln(1-\bar{a})} \quad (\mathrm{s})$$

式中 v、$\bar{a}$、S 与上式相同。由该式可见，它与赛宾公式的差别在于 $\bar{a}$ 项，即在爱润公式中被修改成 $-\ln(1-\bar{a})$。它说明当房间的平均吸声系数 $\bar{a}$ 值越近或等于 1 时，$-\ln(1-\bar{a})$ 趋近于无限大，T_{60} 趋近于 0 是与实际相符合的。

努特森公式

$$T_{60} = \frac{0.161v}{-S\ln(1-\bar{a})+4mv} \quad (\mathrm{s})$$

式中 v、S、$\bar{a}$ 与赛宾公式相同，m 为空气对声波的衰减率（1/m）。由努特森公式可见，它与爱润公式的差别在于加进了空气对声波的衰减影响，是对 T_{60} 进一步改进的修正公式。

在上述 3 个公式中，赛宾公式适用于大房间，并且反射量较强时，即 $\bar{a}<0.15$ 的情况；爱润公式适用于小房间，而且反射量较弱时，即 $\bar{a}>0.15$ 的情况；而努特森公式则适用于大型房间而且反射量较弱的情况。

17. 吸声材料

一个房间声学特性的好坏，主要表现在房间混响时间的长短上。为了调整房间混响时间的长短，就要使用吸声材料和吸声结构，以改善房间的声学特性。

一般说来，任何一种物体对声音都有不同程度的吸收特性，但我们所说的吸声材料和吸声结构是在建筑工程中布置房间表面用来控制房间声学特性的。常用的吸声材料和吸声结构大致可分为以下 3 类。

（1）多孔型吸声材料　主要有玻璃棉、木棉、岩棉以及植物纤维等具有毛细管式连通气泡的材料。当声波入射时，在材料的细孔中传播，由于孔壁摩擦、黏滞以及材料小纤维的振动等，使一部分声能转换为热能损耗掉，以达到吸声的效果。它的吸声特性通常是低声频小，高声频大。

（2）板（膜）振动型吸声结构　主要有胶合板、帆布之类的密实材料。当声波入射时，使板（膜）振动，一部分声能由板（膜）的内部摩擦而损耗掉，以达到吸声效果。它的吸声频率特性是在低声频段，共振频率形成峰值，但通常吸声系数都不是太大。

（3）共鸣器型吸声结构　多为开有小孔的空腔形成的共鸣器。当声波入射时，在共鸣频率附近使小孔部分的空气受到激励而振动，以摩擦热的形式将声能损耗掉。它的吸声频率特性是在共鸣频率下，吸声系数非常大。

18. 扩散体

为了使房间内声场各处的声能密度能均匀分布，使各点声波都向所有方向传播，声波应在房间内充分扩散。为此，在房间里安装凸面结构的物体就是一种很有效的方法，而这种物体就称之为扩散体。

扩散体主要用来对低频段和低中频段声音进行扩散，但其扩散效果都与它本身尺寸及声波的波长有关。如果扩散体的尺寸小于波长时，则无扩散效果；如果扩散体尺寸与波长相当时，声波会产生散射、无规则反射；如果扩散体的尺寸远大于声波波长时，则声波将按扩散体的表面形状产生反射，将声音扩散。

扩散体的形状有半圆柱、三角柱、三角锥体等。其扩散体的尺寸决定着要求起作用的声波波长。以半圆柱和三角柱为例，一般来说，半圆柱的直径约等于要求起作用的声波波长，即 $2a \approx \lambda$，而半圆柱的弧高必须大于或等于 $1/3$ 半圆柱的半径，即 $b \geqslant a/3$。其他形状的扩散体也大致符合上述原则。

此外，还有一种叫反射相位栅扩散体，英文名称为 RPG。它是由德国舒瑞德尔教授提出的一种相干扩散体。RPG 在墙面或顶棚上设置时，可按一定规律及不同程度排列成“井”字形，利用相干扩散体可获得宽频带、宽角度的扩散效果。RPG 扩散的最大深度是欲扩散声波最长波长的 $1/2$，宽度是扩散声波最短波长的 $1/2$。RPG 能在一个很宽的频段内将入射的声波能量均匀地扩散到一个很宽的角度内。一般能覆盖 $4 \sim 5$ 个倍频程的频带宽度。演播室中的 RPG 可使声场扩散均匀，混响特性良好。

19. 声染色

声染色是指信号传输过程中，由于某种原因使声源中的某一频率得到过分加强或减弱，从而破坏了房间内音响效果均匀性的一种现象。其实，这种现象在许多电声系统以及传输系统都可能出现，只不过是出现染色的频率不同而已。

具体来说，小房间容易出现声染色现象，它是一种低频嗡嗡声，分布在 $100 \sim 300$ Hz 的范围之内；低于 80 Hz 而高于 300 Hz 的声染色很少出现。当然，声染色现象对语音的音色非常不利，所以必须要加以消除。分析声染色的原因，除了房间本身的因素以外，还与声源与传声器的位置有关，并且含染声色现象的语音，它的基频跟语言元音的共振峰有密切关系。要消除声染色现象最简单的方法是增大房间的平均吸声系数，一般要求吸声系数应大于 0.3。

20. 等响曲线

我们在介绍响度时已经提到了等响曲线的概念，它是以 1 000 Hz 纯音作为参考频率，选定参考频率的声压级，并调节其他频率声音的声压级，使听到的响度相等时所给出的曲

需要全本请访问 www.ertongbook.com