

云南艺术学院文华学院高等艺术教育教材系列

音响工程设计

王 智 郭 静◎编著



YINXIANG
GONGCHENG
SHEJI

 云南大学出版社
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

云南艺术学院文华学院高等艺术教育教

音响工程设计

王 智 郭 静 © 编著

YINXIANG
GONGCHENG
SHEJI

 云南大学出版社
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

音响工程设计 / 王智, 郭静编著. —昆明: 云南
大学出版社, 2013
ISBN 978-7-5482-1579-0

I. ①音… II. ①王… ②郭… III. ①音响设计 IV.
①TN912.27

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第141435号

音响工程设计

YINXIANG
GONGCHENG
SHEJI

王 智 郭 静 © 编著

出版发行: 云南大学出版社

印 装: 昆明五华区教育委员会印刷厂

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 15

字 数: 370千

版 次: 2013年7月第1版

印 次: 2013年7月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5482-1579-0

定 价: 50.00元

社 址: 昆明市翠湖北路2号云南大学英华园内

邮 编: 650091

电 话: (0871) 65033244 65031071

网 址: <http://www.ynup.com>

E-mail: market@ynup.com

《云南艺术学院文华学院高等艺术教育教材系列》编辑委员会

主 任：陈劲松

副 主 任：廖 开

成 员：（以姓氏笔画为序）

王 智 李金福 杨国忠 杨春晓 汪 瑶

岳亚明 姚媛媛 侯静宜 徐 舰 廖 开

主 编：陈劲松

执行主编：汪 瑶

封面设计：杨春晓

序

在数字技术高速发展的今天，无论你在何处都能感受到音响、灯光等设备给人带来的无穷魅力。专业的音响工程设计的原则提出：“一个合格的音响工程必须经过规范的设计，一个优质的音响工程更是离不开科学严谨的设计。”

在王智、郭静二位教师的精心编著下，《音响工程设计》一书终于问世了。“文似看山不喜平”，本书结构清晰、言近意远，既有知性的阐释和理性的分析，又不失感性的发抒，深入浅出、引人入胜，十分自然，毫无斧凿之痕。

可贵的是，本书既为广大从事音响工程等方面的专业人士提供了较好的参考借鉴之用，又为广大相关专业的教师之教学方法的创新另辟蹊径。我相信在本书的引导下，广大有兴趣的读者能够掌握最新的有关音响工程方面的发展趋势，一定会学有所获。



2013年6月

前 言

近些年来,随着我国国民经济持续高速发展,社会公共事业、体育、教育和文化等各项事业发展欣欣向荣。各级政府和企事业单位建造了很多大型体育场馆、剧院、音乐厅、电影城、会议中心、多功能厅等。这些工程项目都涉及音频系统的建设,也就是音响工程的设计与施工,以及与音频系统有关的建声和电声设计、舞台机械、照明与灯光艺术等。这都需要在总设计师的统一规划下进行逐项设计,同时又应相互兼顾,协同施工。而我国现阶段的音响工程设计、施工能力与该行业快速发展的势头还不相适应,从业人员水平参差不齐,综合设计的理念和经验不足,把音响设计简单地理解为设备的堆积。虽然投资不菲,但性价比较低,有些甚至不能满足功能要求,造成财力、物力、人力的巨大浪费。为提高音响工程的总体设计水平,顺应发展潮流,我们编写了《音响工程设计》教材,供从事音响工程的专业技术人员参考借鉴。

《音响工程设计》的编写从功能定位入手,强调各相关系统的综合统一规划。本书在声场设计、设备选型、器材搭配、安装调试、验收测评、工程竞投标和标书制作各方面进行了介绍。同时也对音响工程中会涉及的视频系统以及舞台灯光系统做了介绍。

在本书编写过程中,我们参考并引用了国内外相关的著作、期刊中的研究成果,故作参考文献于正文后。在此,谨向这些文献的作者表示敬意和感谢!由于成书时间急促和编者能力所限,书中不足或不当之处,希望广大读者给予批评和指正。

目 录

第一章 音响工程概述

- 一、音响工程简介 | 1
- 二、音响工程设计的主要内容 | 1
- 三、音响系统的构成 | 2
- 四、音响工程的应用领域 | 4
- 五、音响工程的发展 | 4

第二章 建筑声学

第一节 声学基础 | 6

- 一、声 波 | 6
- 二、声源与声场 | 10
- 三、声音的度量 | 13
- 四、声级的叠加 | 17

第二节 建筑声学基础 | 18

- 一、室内声场的研究方法 | 18
- 二、室内声场 | 19
- 三、混 响 | 21
- 四、室内声场的结构 | 24
- 五、建筑声学特性 | 25

第三节 声音在室外的传播 | 26

第四节 声场的处理 | 28

- 一、声场的结构设计 | 28
- 二、建筑装饰 | 29

第三章 电 声

第一节 音源设备 | 46

- 一、传声器 | 46
- 二、主要音源设备 | 48

2 | 音响工程设计

第二节 信号处理设备 | 54

- 一、调音台 | 54
- 二、频率处理器 | 57
- 三、时间处理器 | 60
- 四、动态处理设备 | 63

第三节 信号还原设备 | 66

- 一、分频器 | 67
- 二、放大器 | 68
- 三、扬声器系统 | 77

第四节 常用的专业扬声器 | 82

- 一、号筒式扬声器 | 82
- 二、声柱 | 83
- 三、线性阵列扬声器 | 84

第五节 数字音频矩阵 | 87

- 一、数字音频矩阵系统的结构 | 88
- 二、数字音频矩阵的功能特点 | 89
- 三、数字音频矩阵的应用案例分析 | 90

第四章 视频设备

第一节 电视信号 | 96

- 一、电视的概念和工作原理 | 96
- 二、彩色电视 | 97
- 三、电视信号制式 | 97
- 四、图像信号的技术指标 | 100

第二节 常用的电视类型 | 103

- 一、高清电视 | 103
- 二、数字电视 | 104
- 三、网络电视 | 104
- 四、移动电视技术 | 106

第三节 视频接口 | 107

- 一、常用模拟和数字接口 | 107
- 二、实用接口 | 112
- 三、可选接口 | 113

四、趋势接口——Display Port 接口 | 113

第四节 大屏幕显示系统 | 114

一、各显示技术设备 | 115

二、显示器的技术指标 | 116

三、大屏幕系统的主要功能 | 117

四、LED 大屏幕 | 117

五、大屏幕拼接系统 | 118

第五节 投影机 | 119

一、投影机的分类 | 119

二、投影机安装方式 | 121

三、投影机的技术指标 | 121

四、投影机的选用 | 124

五、投影机现场选购技巧 | 124

六、投影幕 | 125

第五章 舞台灯光系统

第一节 舞台灯光 | 127

一、光学基础知识 | 127

二、舞台灯光的作用 | 128

三、舞台的布光 | 129

四、舞台灯光的常用光位 | 129

五、光形态在演出中的意义 | 132

第二节 剧场舞台常用灯具及配置 | 133

一、舞台灯光配置 | 133

二、舞台灯光各灯位及其功能介绍 | 134

三、剧场舞台灯具及配置 | 137

第三节 舞台灯光控制及机械设备 | 142

一、舞台灯光控制设备配置 | 142

二、灯光控制系统的操作 | 146

三、舞台设备相关配件说明 | 146

四、灯光机械 | 148

第六章 音响工程设计

第一节 音响工程设计思路 | 152

- 一、工程的总体规划 | 152
- 二、需提交对方的设计文件 | 154
- 三、音响工程设计的升、降档 | 155

第二节 音响工程主要设计内容 | 156

- 一、建筑声学设计 | 156
- 二、电声系统设计 | 159
- 三、电功率的计算 | 166
- 四、施工工艺设计 | 167
- 五、管线设计 | 167
- 六、安全要求 | 168
- 七、内 通 | 169

第三节 扩声系统布局设计和音控室的设计 | 170

- 一、音箱布局 | 170
- 二、多功能厅的扬声器布局 | 175
- 三、音控室的设计 | 178

第四节 音响工程设计的一般要求 | 180

- 一、电声系统应达到足够的声压级 | 180
- 二、声场不均匀度 | 180
- 三、良好的音质 | 181
- 四、要求较高的信噪比 | 181
- 五、清晰度和混响时间 | 181
- 六、有较高的传声增益 | 181
- 七、良好的声反馈抑制能力 | 182
- 八、系统失真度 | 182
- 九、传输频率特性 | 182
- 十、良好声画一致感 | 182
- 十一、整个系统稳定、可靠、灵活 | 182

第五节 软件智能设计 | 182

- 一、建声和音响系统智能设计 | 183
- 二、智能设计在音响工程中的应用 | 184
- 三、音响系统仿真适用范围 | 185

第七章 音响工程安装与调试

第一节 音响工程系统安装 | 186

一、音响工程施工技术的特点和要求 | 186

二、工程施工的步骤 | 187

三、工程施工的注意事项 | 189

第二节 专业音响系统的连接 | 190

一、信号线的连接 | 190

二、连接件 | 192

三、设备连接线要求 | 196

四、接地网络 | 197

五、供电系统 | 199

第三节 音响系统的调试 | 200

一、设备调试的重要性 | 200

二、系统调试前的准备和调试测试仪器 | 200

三、系统检测和调试的主要内容与对象 | 203

四、设备调试的步骤 | 203

第四节 扩声系统的维护和检修 | 207

一、系统维护 | 207

二、故障检修要求 | 207

三、常用检修方法 | 208

第八章 音响工程验收

第一节 工程验收 | 212

一、竣工验收的组织 | 212

二、验收程序 | 212

三、验收内容 | 213

四、验收标准 | 213

五、音响系统工程验收范围 | 214

第二节 培 训 | 214

一、培训计划 | 214

二、培训内容 | 215

三、培训教材的编制与管理 | 215

第九章 工程投标、竞标与标书制作

第一节 招 标 | 216

一、招标的方式 | 216

二、招标程序 | 217

第二节 投标与标书的制作 | 218

一、制定投标书的指导思想 | 218

二、投标书的主要内容 | 218

第三节 工程开标、评标和中标通知 | 221

一、开 标 | 221

二、评 标 | 221

三、决标和中标通知 | 221

四、授予合同 | 222

五、法律责任 | 222

参考文献 | 223

第一章 音响工程概述

一、音响工程简介

近些年来,我国宏观经济形势持续向好,国内公共娱乐和文艺演出事业蓬勃发展,一方面,培育了一个极具活力且拥有广泛受众的文化娱乐群体;另一方面,又为音响工程提供了更广阔的市场发展空间。音响行业正是针对文化艺术、娱乐、广播影视、多媒体会议等形式的要求而逐渐发展起来的新兴行业。它结合了现代科学技术与艺术,是建筑声学、电声学和音乐艺术相结合的交叉学科,同时还与心理学、音乐学、语言学、电子、机械、自动控制、网络、计算机等学科有着紧密的联系。它是包含了声、光、电、音、视频等多项理论的一门综合性工程技术学科。音响工程是多学科参与的综合结果,因此要求音响工程的设计不仅要满足用户的实际需要,同时还要保持与电力、装饰等多个部门的密切配合。

就目前而言,因投入资本等因素,绝大部分的音响工程的设计与施工,是在已完成建筑施工的室内进行的。因此在设计和施工环节中存在着严重的“脱节”现象,多工种进行综合设计的能力仍然十分薄弱。若缺乏总体规划设计,整个音响工程只有某一方面突出,或是只有折中的方案,则不能实现高质量的音响效果。

音响工程扩声系统的音响效果,除了取决于合理的系统设计以及选用的扩声器材、设备质量以外,在很大程度上还取决于观众厅的建声特性。所以,建声与电声设计的密切合作对预期的扩声质量是非常重要的。建声的设计同样需要根据功能定位来设计厅堂的建声条件。

随着新观念的深入和多工种的合作,现代的音响工程设计已逐渐走向成熟,并已经开始注意多工种的合作。在总设计师的统一规划下,有舞台机械、照明与灯光艺术、建声和电声等工种的专家组成综合设计组,进行上述的各项设计,在最少投资下,达到最佳的音响听觉感受(对每项功能而言可能不是最佳,但它却能完整地兼顾各个方面的使用要求)。

二、音响工程设计的主要内容

音响工程的设计是以声学特性为基础,电声学为核心的。建声设计是通过对声场的设计和声学材料的运用来完成的,电声设计是通过电声器材搭配来实现的。

（一）建声设计

音响工程设计的重要工作之一就是对声场的设计，其目的在于：利用科学的计算作指导，为音响设备建造一个相对理想的声场空间，减少声场缺陷对扩声效果的负面影响，使设备的性能得到充分的发挥。声场是由建筑结构、建筑材料构成的。拥有合理的建筑声学条件，是获得良好听音效果的关键。

目前很多的专业音响工程都是在室内进行的，室内的情况千差万别，除了一些重要的专门对有实际声学使用要求的建筑进行过设计外，大多数建筑在布局 and 具体结构上都没有考虑声学的要求。然而，音响工程的建筑声学又非常重要，一个经过严格科学设计的建筑，其合理的声学结构和良好声音扩散、传播效果，能使听众得到美的享受，扩声设备效果在这里能得到充分的发挥。相反，声场若没有经过科学合理的设计，无论拥有多么高档的音响设备，系统的声音效果绝对不会太好。

声场的设计是音响工程设计的第一个环节，需要放在音响系统设计之前。很多工程都是建筑、室内装潢全部完工后再来搞音响，这时声场的混响时间已经固定了，混响时间过长会使声音浑浊不清，声音可懂度降低；混响时间过短又会使声音显得干瘪，不够丰满生动。装修完成后的建筑使音响设备的安装布线也很受限制，可见前期的建声和装潢对整个音响工程的设计施工起到至关重要的作用。如果此环节做得不尽如人意，则会造成音质上无法弥补的损失。

（二）电声设计

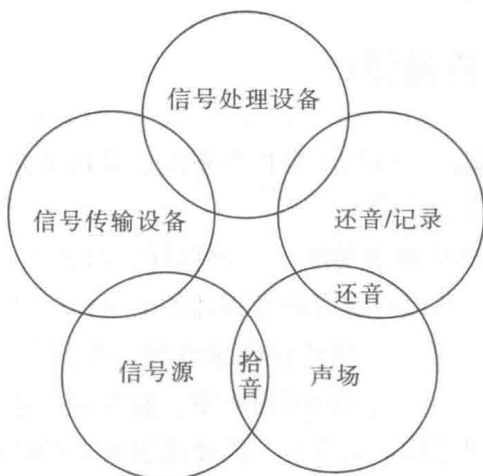
音响工程中，对音质影响最大的除了建声，还有电声。电声设计主要包括录放声技术、扩声技术以及与之有关的电声仪器和电声测试技术等。电声的设计是通过电声设备的选择和搭配，以及音箱的布局来体现的。

因为整个声音的还原需要电声设备的运行和操作，电声设备的质量、选择、搭配、调试直接关系到声音的还原度。因此，电声的设计也是至关重要的。

目前，电声学朝着电声器件和电声设备的高保真、高抗噪、高效率的方向发展，还要进行音质评价的研究，改善录放技术以及声音加工技术，以及新的换能机理的研究以及新材料的开发。提高检测声信号的能力仍是声测技术的主要方向。电声学同时也受到计算机技术、数字信号处理技术的影响，这些都将进一步推动音响工程的飞速发展。

三、音响系统的构成

无论是厅堂扩声系统、公共广播系统，还是会议系统等的音响系统，基本都是由五个部分组成的，即：声场，音源，信号传输、处理设备和还音系统。如音响系统的构成图所示音响系统的构成。



音响系统的构成图

(一) 声 场

在音响系统的构成中，很多人忽略了声场这个重要环节，信号源的拾音部分与终端的还音部分都是在声场中完成的，因此在音响系统的构成中，声场是不能小觑的关键部分。

(二) 信号源

信号源包括 CD 机、DVD 机、唱片机、MP3 等，其主要作用是用来提供声音信号。

(三) 信号传输设备

信号传输设备包括调音台、音序器等，主要承担信号接口、信号传输、信号处理的功能。

(四) 信号处理设备

信号处理设备是指各类效果处理器，包括时间处理器、频率处理器和动态处理器，主要作用是对声音进行处理和修饰。

(五) 还 音

还音主要包括还音场所和还音设备（功放、扬声器等），作用是将信号源输出的微弱信号进行功率放大，使声音在声场中还原出来。

如上图所示，由各设备单元构成一套音响系统链，每一个环节都对整个音响系统的稳定和音质起着至关重要的作用，任何一个环节出现问题，都将影响整个系统的运行和音质的好坏。其中，声场在整个音响系统链中是最基础的环节，对音质的贡献是不言而喻的。我们录制音源时尽量要求处在一个没有缺陷的声场中，而最终声音的还原再现仍然要处在合理的声场中，因此声场是决定音质好坏的关键。

四、音响工程的应用领域

音响工程的应用范围很广，包括厅堂扩声系统、节目录音系统、公共扩声系统、场馆扩声系统、远程电子会议系统等。

(1) 厅堂扩声系统主要是指多功能厅、歌舞厅、歌剧院、影剧院、公共娱乐场所等。因为大多都是在室内，所以对室内声学条件的要求比较高。

(2) 节目录音系统主要包括录制节目的录音棚、控制室，以监听节目质量和后期制作为主的监听室，以及电台、电视台的演播室、监控室。这些专业的节目录音场所应配用高档的专业设备，特别是扬声器系统，需要高解析力的扬声器对节目进行监听。另外控制室和监听室要进行专门的设计，要保证良好的声学环境和高保真的音响系统，必要时还要利用房间均衡来进行频率补偿，以保证有良好的声场，使其更趋于节目重放的实际环境。

(3) 公共扩声系统通常包括室内和室外扩声，涉及面很广，商场、学校、宾馆、餐厅、车站、码头、广场、候机厅等无不与之有密切关系。这种系统主要用于语音广播，因此清晰度是首要的，另外这种系统平时往往要进行背景音乐广播，在出现灾害或紧急情况时，又可转换为紧急广播。这种系统要考虑电声技术问题，还要涉及建筑声学问题。两者要统筹兼顾，不可偏废，这类广播系统往往有综合性多用途的要求，不仅可供会场语言扩声使用，还常用于文艺演出等，因此也要考虑声功率的问题。

(4) 场馆扩声系统主要包括体育场馆、广场举行的大型比赛或是演出等。这类演出既有声压级的要求，同时又要求有高质量的音质。因为面对的观众较多，因此对声功率也有较高的要求。特别针对于大型现场演出的音响系统，电功率少则几万瓦，多则达数十万瓦，故要用大功率的扬声器和功率放大器。同时在系统的配置和器材选用方面也有一定的要求，设备应考虑户外防雨防晒及注意电力线路的负荷等问题。

电子会议系统主要包括远程视频会议系统、同声传译会议、电话会议、无线电子表决系统等。这类会议系统在远距离传输、同步、视频等方面提出了新的高科技的要求。

五、音响工程的发展

对专业音响、灯光行业而言，其未来的发展趋势将朝着智能化、网络化、数字化和无线化发展。面对其工程复杂、多功能、高质量等各种要求，音响工程已逐渐呈现了音频和视频、灯光结合的新型音响工程。随着节目的艺术表现力的不断丰富，观众的审美要求的不断提高，视频、灯光的比重也在不断加大，音响工程逐步演变为音响灯光工程。相应的音响灯光工程设计理念，也随着科学技术的发展和新设备的革新而更新，并且在设计上要求更高，更贴近工程建成后的真实效果。目前科学技术的发展，已使得传统的根据公式对音响工程进行繁杂的人工计算逐渐被智能设计和仿真所代替。通过计算

机仿真,可对不同频率下的动态特性进行模拟分析,为建筑工程决策提供科学依据,解决音响工程前期验证问题,也显著提高了音响工程师的设计水平。音响工程计算机辅助设计在发达国家的音响工程设计中已被采用,智能设计与仿真将对整个建筑声学 and 音响工程领域产生重大影响,并具有重大经济价值。