

建筑电气设计 计算手册

第五分册

智能弱电系统

郭建林 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

建筑电气设计计算手册

第⑤分册

智能弱电系统

主编 郭建林

参编 常治学 杜 晗

张玉辉 白雅君



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



前言

智能建筑是现代信息技术与现代建筑技术相结合的产物，发展迅速。本书在编写中注重理论与实践紧密结合，论述清晰准确，知识点由浅入深，通俗易懂，结合例题进行讲解，便于读者的学习和理解，并且尽量贯彻我国现行的标准规范，力求体现现代化弱电技术的新知识。

第一章重点介绍广播音响系统的类型及基本组成、常用音响设备的种类及作用、音质设计与室内声学、歌舞厅声学特性及实践、厅堂扩声系统及其设计要点、公共广播系统及其设计要点。

第二章重点介绍共用天线电视系统与电视频道、共用天线电视系统接收设备、CATV 系统的设计、卫星电视的信号传输方式、卫星接收天线馈线系统、卫星电视室外接收单元以及卫星电视接收系统的设计。

第三章重点介绍 LED 大屏幕显示系统的组成、主要技术参数、LED 大屏幕显示系统的功能及检验。

第四章重点介绍闭路监控电视系统的组成、监视系统控制设备、显示与记录设备、摄像机设备、闭路监控电视系统设计。

第五章重点介绍报警设备、防盗报警系统组成与设计、出入口控制系统的主要设备、组成与设计、停车库管理系统的设计、访客对讲系统的设计、电子巡更系统的设计。

第六章重点介绍楼宇设备自控系统的分类、组成及体系结构，供电系统的监控、照明系统的监控、空调通风系统的监控、给水排水系统的监控、电梯系统控制。

第七章重点介绍电话通信系统的组成、数字程控用户交换机、电话站的机房设计。

第八章重点介绍计算机通信网络的组成、计算机通信网络的拓扑

结构设计、计算机机房设计。

第九章重点介绍综合布线系统的组成与结构、主要构件、参考标准及设计等级划分、主要产品、方案选择，综合布线系统设备间、交换间设计。

本书在编写过程中，刘艳君、李东、冯兆坤、张颖、高秀红、于涛、杜蕊、马文颖、赵慧等协助做了大量的工作，在这里一并表示感谢。

全书在编写过程中参阅了大量的参考书籍和国家有关最新规范，将其中比较成熟的内容加以引用，限于时间和作者水平，书中难免有疏漏之处，敬请读者指正批评并提出宝贵意见。

编 者

2010 年 7 月



目 录

前言

第一章 歌舞厅、厅堂扩声与公共广播系统	1
第一节 广播音响系统类型及基本组成.....	1
第二节 常用音响设备种类及作用.....	4
第三节 音质设计与室内声学.....	6
第四节 歌舞厅的声学特性	22
第五节 歌舞厅的声学实践	24
第六节 厅堂扩声系统及其设计要点	27
第七节 公共广播系统及其设计要点	41
第二章 共用天线电视和卫星电视接收系统	56
第一节 共用天线电视系统与电视频道	56
第二节 共用天线电视系统接收设备	61
第三节 CATV 系统设计	80
第四节 卫星电视信号传输方式.....	118
第五节 卫星接收天馈线系统.....	128
第六节 卫星电视室外接收单元.....	147
第七节 卫星电视接收系统的设计.....	169
第三章 LED 大屏幕显示系统	189
第一节 LED 大屏幕显示系统的组成	189
第二节 LED 大屏幕显示系统的主要技术参数	191
第三节 LED 大屏幕显示系统功能	192
第四节 LED 大屏幕显示系统检验	194
第四章 闭路监控电视系统	197
第一节 闭路监控电视系统的组成.....	197
第二节 监视系统控制设备.....	200

第三节	显示与记录设备·····	202
第四节	摄像机设备·····	211
第五节	闭路监控电视系统设计·····	214
第五章	防盗报警和出入口控制系统·····	230
第一节	报警设备·····	230
第二节	防盗报警系统组成·····	236
第三节	防盗报警系统设计·····	237
第四节	出入口控制系统的主要设备·····	243
第五节	出入口控制系统组成·····	245
第六节	出入口控制系统设计·····	246
第七节	停车库管理系统设计·····	248
第八节	访客对讲系统设计·····	255
第九节	电子巡更系统设计·····	258
第六章	楼宇设备自控系统·····	262
第一节	楼宇设备自控系统分类、组成及体系结构·····	262
第二节	供配电系统的监控·····	263
第三节	照明系统的监控·····	291
第四节	空调通风系统的监控·····	308
第五节	给水排水系统的监控·····	317
第六节	电梯系统控制·····	327
第七章	电话通信系统·····	359
第一节	电话通信系统的组成·····	359
第二节	数字程控用户交换机·····	359
第三节	电话站的机房设计·····	361
第八章	计算机网络系统·····	368
第一节	计算机通信网络的组成·····	368
第二节	计算机通信网络的拓扑结构设计·····	369
第三节	计算机机房设计·····	371

第九章 综合布线系统	379
第一节 综合布线系统的组成与结构.....	379
第二节 综合布线系统的主要构件.....	387
第三节 综合布线系统的参考标准及设计等级划分.....	392
第四节 综合布线系统的主要产品.....	395
第五节 综合布线系统的方案选择.....	397
第六节 综合布线系统设备间、交接间设计.....	402
参考文献	411



歌舞厅、厅堂扩声与公共广播系统

第一节 广播音响系统类型及基本组成



一、广播音响系统分类

广播音响系统是一种通信和宣传工具，其设备简单，维护使用方便，在各种公共建筑，如影剧院、体育场馆、宾馆、酒店、商厦、办公楼、写字楼、学校、工矿企业、候车（机、船）厅中得到广泛应用，是必不可少的弱电设备。

1. 按应用范围划分

广播音响系统按应用范围划分可以分为以下三类：

（1）业务性广播系统。

以满足业务和行政管理等要求为主的广播系统即为业务性广播系统，其主要用于办公楼、商场、教学楼、车站、客运码头及航空港等建筑物内。该系统一般较简单，在设计和设备选型上没有过高的要求，但对于语言的清晰度要求较高。

（2）服务性广播系统。

以背景音乐广播为主，在某些场合为人们消除疲劳、缓解紧张、创造轻松舒畅气氛的广播系统即为服务性广播系统，如大型公共活动场所和宾馆饭店的广播系统。该系统的声源为单声道，不需要立体声效果，声音为低压级，扬声器应能与周围环境融为一体，使听者感觉不到声源的位置。

（3）紧急广播系统。

用于火灾事故发生时或其他紧急情况发生时，指挥人员安全疏散需要的广播系统即为紧急广播系统。该系统对于具有综合防火要求的建筑物，特别是高层建筑，应设置紧急广播系统。

通常，一个广播系统常常兼有几个方面的功能，如业务广播系统也可作为服务性广播使用，火灾或其他紧急情况下，转换成火灾事故



广播。

2. 按用途划分

广播音响系统按用途划分可以分为以下六类：

(1) 客房音响。

大型现代化综合大楼通常附设高级宾馆，在宾馆客房中一般都设有客房音响设备。客房内设置广播音响设备主要有以下两个目的：

- 1) 给客人提供优美悦耳的音乐欣赏节目和新闻广播；
- 2) 为了在意外事故如火灾发生时用来指挥客人安全转移用。

(2) 背景音乐。

在大堂、餐厅、酒吧、走廊、门厅、商场、休息室等公共场所，一般都应设有背景音乐装置。设置背景音响采用计算机、CD机或磁带录音机作为音源设备，播放悦耳的音乐节目。为避免重复设置，背景音响扬声器在必要时可兼作业务性广播或火灾事故紧急广播用。

(3) 多功能厅音响。

简单的多功能厅音响系统只作为会议厅、宴会厅、群众性歌舞厅使用，而高级的多功能厅音响系统可能要作舞厅、演唱厅、放映厅、电视现场直播厅等多种用途。所以，不同用途的多功能厅音响系统，设备配置的档次及功能不同，其设计只能根据具体用途按照有关标准和规定进行。

(4) 会议厅室扩声、即席发言和同声传译系统。

会议厅（室）是举行各种类型会议的场所，所以会议厅的广播音响也是智能大楼广播音响系统的重要组成部分之一。会议厅的基本音响设备一般由传声器、扩声功放机、录音机、监听设备和扬声器箱等组成。对于需要召开研讨会、辩论会用的会议厅室，为了便于与会代表人人即席发言、参加讨论，除了专用的会议扩声系统外，还应根据配置会议即席发言设备。对于会议代表来自不同国家的国际性会议或贸易洽谈中心，以及与会代表来自不同民族或不同语系的会议场所，为了使发言内容即时传达给每一位与会代表，必要时可配置同声传译系统。

(5) 火灾事故紧急广播。

火灾事故紧急广播的扬声器应当按照分层分区的方式布置。通

常，应在办公室、客房及建筑物的走道、门厅、娱乐场所等公共场所设置火灾事故紧急广播扬声器。在智能建筑广播音响系统中，火灾事故紧急广播系统具有最高优先权，在紧急状态时可以中断其他广播强行切换至紧急广播状态。

(6) 卡拉 OK 包厢音响。

卡拉 OK 包厢的基本设备由影碟机、卡拉功放机、多制式彩电、监视器、点歌机、扬声器/箱等组成。

二、广播音响系统组成

广播音响系统主要由节目源、信号放大和处理设备、传输线路和扬声器系统等组成。图 1-1 所示的为广播音响系统的组成。

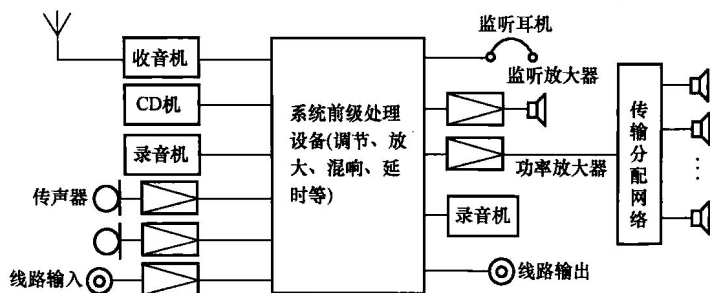


图 1-1 广播音响系统的组成

1. 节目源

节目源通常为无线电广播、激光唱机、录音卡座等，此外还包括传声器、电子乐器等。

2. 信号放大和处理设备

信号放大和处理设备包括调音台、前置放大器、功率放大器、频率均衡器、压缩限制器、延时器及混响器等。调音台与前置放大器的作用和地位相似，但是调音台的功能和性能指标更高。调音台与前置放大器的基本功能是完成信号的选择和前置放大，此外还能够对音量 and 音响效果进行调整和控制。

为了更好地进行频率均衡和音色美化，可以另外单独投入均衡器，这部分是整个广播音响系统的“控制中心”。音频处理器材主要有均衡器、混响器、延时器、压缩器、限幅器及噪声增益自动控制



器、音量控制器等，主要用于加工、校正、补偿、润色各种音频信号。

功率放大器首先将前置放大器或调音台送来的信号进行功率放大，然后通过传输线路去推动扬声器放声。

3. 传输线路

传输线路虽然简单，但随着系统和传输方式的不同而具有不同的要求。对于礼堂、剧场等，由于功率放大器与扬声器的距离不远，一般采用低阻大电流的直接馈送方式，传输线要求用专用喇叭线；而对于公共广播系统，由于服务区域广，距离长，为了减少传输线路引起的损耗，往往采用高压传输方式，由于传输电流小，所以对传输线要求不高。

4. 扬声器系统

扬声器系统要求整个系统要匹配，同时其位置的选择也要切合实际。礼堂、剧场、歌舞厅音色、音质要求高，扬声器一般采用大功率音箱；公共广播系统对音色要求不是很高，一般采用 3~6W 天花喇叭即可。

第二节 常用音响设备种类及作用



一、传声器

传声器（俗称话筒、麦克风）能够将声音信号转变为电信号。目前常用的传声器主要有动圈式和电容式两种。动圈式传声器结构牢固耐用、工作稳定，性能高、中、低各档都有，应用比较广泛；电容式传声器频响好、音色柔和，但价格较贵，多用于音质要求高的场合。

传声器的性能指标主要有：频率响应（高保真的最低要求为 50~12 500Hz）、灵敏度、指向性、输出阻抗、等效噪声级（ $\leq 26\text{dB}$ ）和动态范围等。

传声器国外的著名厂家和品牌有：德国的 NEUMANN（纽曼）、SENNHEISER（森海塞尔），美国的 SHURE（思雅、舒尔）、EV（电声），奥地利的 AKG 和日本的 SONY、铁三角等。此外，还有无线传声器，它按载波频率分为 VHF 型和 UHF 型。由于 VHF 型容易

受干扰，所以要求高时都采用 UHF 型无线传声器。

二、调音台

调音台能够将多路信号进行放大、混合、分配、音质修饰和音响效果加工。它的输入路数有 4~56 路等，常用的有 8 路、12 路、16 路、24 路。24 路以上的调音台属于大型调音台，并具有编组和矩阵输出等功能。

调音台分为录音用调音台、扩声用调音台、迪斯科专用调音台（DJ 混音台）等。录音调音台属最高档，而会议、演出等一般是使用扩声调音台。

常用扩声调音台的品牌有：SOUNDCRAFT（声艺）、MACKIE（美奇）、SOUNDTRACK（声迹）、DDA、ALLRN&HEATH（艾伦赫赛）、YAMAHA（雅马哈）、SONY（索尼）等。选用调音台时，除了要求质量可靠之外，主要应注意调音台的输入路数和输出路数是否满足使用需要。

三、功率放大器

功率放大器的作用是功率放大，输出足够的功率以推动音箱扩声。所以，选用功率放大器主要是看输出功率，此外还要看其有哪些保护措施。功率放大器输出功率应等于或大于音箱总功率。

四、扬声器系统（音箱）

扬声器系统（又称音箱、扬声器箱）能够将音频电能转换成相应的声能。由于从音箱发出的声音是直接放送到人耳。所以，其性能指标将影响到整个放声系统的质量好坏。

音箱可分家用音箱和专业音箱两大类。家用音箱主要用于家庭音响系统放音，一般用于面积小、听众少、环境安静的场合；而专业音箱主要用于厅堂扩声等的专业音响系统放音，一般用于面积大、听众多、环境嘈杂的公众场所。家用音箱在设计上追求音质的纤细、层次分明、解析力强，外形较为精致、美观，放音声压不太高，承受的功率较小，音箱的功率一般不大于 100W，灵敏度 $\leq 92\text{dB}/(\text{W} \cdot \text{m})$ ；而专业音箱具有较大的功率、较高灵敏度[一般 $\geq 98\text{dB}/(\text{W} \cdot \text{m})$]，结构牢固结实，便于吊挂使用，以达到强劲乃至震撼的音响效果。

专业音箱按频带分为：全频带音箱、低音音箱和超低音音箱等；



按用途分为：主扩声音箱、监听音箱（供调音师用）、返听音箱（舞台监听音箱，供演员等用）等。

专业音箱的性能指标主要有：频率应、灵敏度、最大声压级、指向性和输出功率等。

第三节 音质设计与室内声学

一、厅堂音质设计的一般要求

一般认为，良好的音质感受主要有以下几个方面：

1. 合适的响度

响度是厅堂听音的最基本的要求。与响度密切相关的客观指标是声压级。对于语言声，一般要求声压级在 60~65dB 之间，信噪比 ≥ 10 dB。对于音乐声，一般要求声压级在 75~96dB 之间。

2. 在混响感（丰满度）和清晰度之间有适当的平衡

语言和音乐都要求声音清晰，但语言要求更高些，音乐则要求足够的混响感（丰满度），而混响感（丰满度）对于语言则是次要的。与此密切相关的物理指标是混响时间。如果房间的混响时间过长，则导致清晰度下降；如果混响时间过短，就会影响丰满度。以音乐演出为主的厅堂，混响感（丰满度）占有重要地位；而会议、报告用的厅堂则以语言清晰度为主。通常，对以听语言声为主的房间，混响时间不可过长，以 1s 左右为宜；对听音乐为主的房间，以 1.5~2s 为宜。

3. 具有一定的空间感

对于音乐厅，要求观众厅的侧墙距离不要过大，侧墙宜修建成坚硬的声反射面或布置专用反射板。对于室内聆听立体声，由于这时立体声的空间感是由扬声器组经立体声效果处理后提供的，故对室内声学的要求有所不同。

4. 具有良好的音色

具有良好的音色，即低、中、高音适度平衡，不失真。以语言清晰度为主的厅堂应用较短的混响时间，并采用平（或接近平直）的混响时间频率特性；以歌剧和音乐演出为主的厅堂，混响时间应选用较长的值，混响时间频率特性曲线应中、高频平直，而低频高于中频，

这样可使演唱和音乐富有低音感，起到美化音色的作用。

5. 低噪声

低频噪声会影响语言和音乐，不连续出现的噪声会破坏室内的宁静气氛。所以，必须尽量消除低频噪声的干扰，并将其控制在允许的范围。

二、声压级及其计算

1. 室内声音的组成

在一房间中，如有一点声源，当声源发声时，发出的声波以球面波方式传播，在声源附近其声强将随离声源的距离平方成反比而降低。但是，离声源一定距离后，房间界面对声波的反射将影响室内的声级。如图 1-2 所示，如果声源发出脉冲声，则在室内任一点听到的声音，按照声音到达的先后可以分为直达声、近次反射声（又称早期反射声）和多次反射声（又称混响声）。

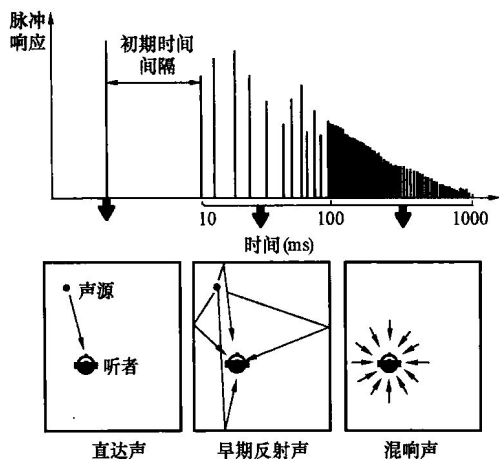


图 1-2 声音在室内的传播

(1) 直达声。

直达声是声音的最主要信息，是由声源直接到达听音点的声音。在传播过程中，直达声的声强基本上按照与声源距离的平方成反比而衰减。

(2) 近次反射声。



在直达声之后相对延迟时间为 50ms 内到达的反射声即为近次反射声。这些短延时的反射声主要是由室内界面一次、二次及少数三次等反射后到达接收点的声音。由于人耳对于延时在 50ms 内的反射声难以和直达声分开，所以这些反射声会对直达声起到加强作用。尤其是大厅内来自侧墙的反射声，对声音的空间感和声音洪亮感起着重要的作用。

(3) 多次反射声。

多次反射声是在近次反射声后陆续到达的，经过多次反射的声音。由于声波每入射、反射一次，界面要吸收掉一部分声功率，所以多次反射声强度是逐渐衰减的。在离声源较远的远场，多次反射声的声强对于接收点的声音强度起着决定作用，而且多次反射声衰减率的大小对音质有着重要的影响。

由于一系列的反射声的缘故，室内形成与室外不同的复杂声场，使声音在空间的分布发生变化，从而产生与室外不同的音质。房间对声音的主要影响有：①引起一系列的反射声；②由于房间的共振而引起室内声音在某一频率的加强或减弱；③使声音在空间的分布发生变化，由此而形成与室外不同的音质。

2. 扬声器电功率与声压级的关系

在厅堂扩声中，一般声源是通过电声设备放大在扬声器重放，即扬声器可以看作扩声系统的声源，此时直达声压级 L_p 可表示为

$$L_p = L_0 + 10\lg P_L - 20\lg r \quad (1-1)$$

式中 P_L ——加到扬声器的电功率，W；

r ——扬声器到听音点的距离，m；

L_0 ——扬声器的输出声压级（即扬声器平均轴向灵敏度），它是指在扬声器加上 1W 功率时在轴向 1m 处测得的声压级，dB。

由上式可见：

(1) 如果扬声器的电功率加倍，即 $10\lg(2P_L) = 3\text{dB} + 10\lg P_L$ ，则声压级 L_p 增加 3dB。

(2) 如果听音距离加倍，则声压级 L_p 减少 6dB。

当供声点偏离有指向性的扬声器轴线成 θ 角时，其直达声声压级 $L_p(\theta)$ 可按式 (1-2) 计算

$$L_p(\theta) = L_p + 20\lg(r/r_0) + 20\lg D(\theta) \quad (1-2)$$

式中 L_p ——式 (1-1) 的 dB 值;

r ——辐射距离 (即听音点至扬声器轴心点的距离), m;

r_0 ——离轴成 θ 角供声点辐射距离, m;

$20\lg D(\theta)$ ——扬声器的指向性系数, 通常由厂家提供。

3. 考虑混响声的室内声压级的计算

在离声源足够远时, 混响声的作用增强。当一点声源在室内发声时, 假设声场充分扩散, 此时室内的稳态声压级可由式 (1-3) 计算

$$L_p = L_w + 10\lg\left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R}\right) \quad (1-3)$$

式中 L_w ——声源声功率级, $L_w = 10\lg \frac{P}{10^{-12}} = 10\lg P + 120$, dB;

r ——离开声源的距离, m;

Q ——指向性因数;

R ——房间常数, m^2 ; $R = \frac{\bar{S}\alpha}{1-\alpha}$, 其中 S 为室内总表面积, m^2 ; $\bar{\alpha}$ 为室内平均吸声系数。

指向性因数 Q 为考虑到声源所处的位置时需加的修正值。 Q 的取值主要有以下几种情况:

- 1) 当声源在房间中间或舞台上时, $Q=1$;
- 2) 在一面墙或地面上时, $Q=2$;
- 3) 在二墙的交线处时, $Q=4$;
- 4) 在三界面交角处时, $Q=8$ 。

图 1-3 给出了相对声压级 ($L_p - L_w$) 与 r 的关系曲线。

在厅堂扩声中, 通常使用有指向性的号筒组合音箱等, 它可看作指向性声源, 此时指向性因数 Q 值可按式 (1-4) 计算

$$Q = \frac{180^\circ}{\sin^{-1}\left(\sin \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\beta}{2}\right)} \quad (1-4)$$

式中 α ——音箱的水平指向性角度, ($^\circ$);

β ——音箱的垂直指向性角度, ($^\circ$)。

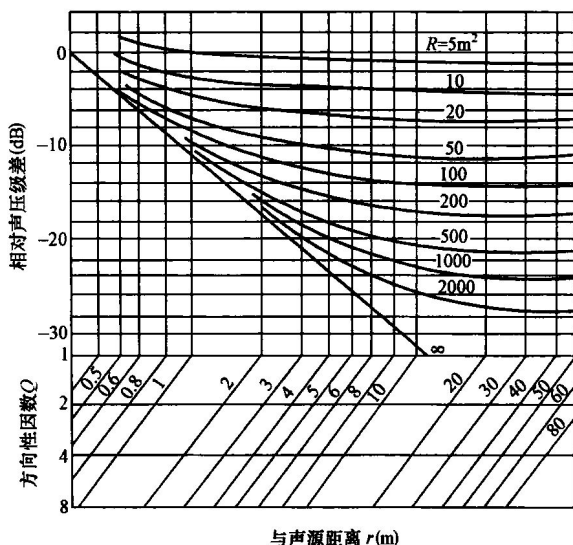


图 1-3 室内声压级计算图表

4. 临界距离 r_c

由式 (1-3) 可知, 当 $\bar{\alpha}$ 接近于 1 时, 房间常数 $R \rightarrow \infty$, 即混响声趋近于零。这时在室内的任一点上只有直达声, 即图 1-3 中的 $R = \infty$ 的斜线。当 $\bar{\alpha}$ 很小时, 房间常数 R 也很小, 离开声源一段距离后就进入稳态的混响声场, 即室内各点的声压级主要决定于混响声。所以, 当房间常数 R 为某一数值时, 必然有一个由直达声场转变为混响声场的转变点 (即该点的直达声能密度等于混响声能密度), 将该点与声源的距离称为临界距离 r_c (又称混响半径), 单位为 m。当听音点在临界距离以内时 (即 $r < r_c$), 直达声起主要作用; 当听音点在临界距离以外 (即 $r > r_c$) 时, 混响声起主要作用。

根据式 (1-3) 中的相对声压级部分, 使得 $\frac{Q}{4\pi r_c^2} = \frac{4}{R}$, 即可得出 r_c 的计算式为

$$r_c = \sqrt{\frac{RQ}{16\pi}} = 0.14 \sqrt{QR} \quad (1-5)$$

在厅堂扩声系统设计时, 扬声器到听众席的最大距离即为最远供