

第五届建筑物理学术会议 论文选集

中国建筑学会建筑物理学术委员会编
中国建筑工业出版社



第五届建筑物理学术会议 论文选集

中国建筑学会建筑物理学术委员会编

中国建筑工业出版社

本论文选集共选录85篇,其中建筑声学40篇,建筑光学25篇,建筑热工19篇,建筑物理教育1篇。论文涉及面广,内容丰富,建筑声学方面包括:各类厅堂的音质设计、评价指标与实测分析;城市小区噪声治理;工业与民用建筑和建筑设备的噪声控制;学校、医院等民用建筑的声学标准;声学实验设计和建声测试技术。建筑光学有:光气候和天然光的应用;建筑采光设计和建筑照明技术;光环境和色环境质量的评价与设计。建筑热工包括:建筑围护结构热工性能及测试手段;建筑热环境设计;建筑节能;色彩及绿化对建筑降温的影响;新型保温、隔热材料的性能及使用;建筑朝向、间距、遮阳、通风等问题研究。另外,还有部分介绍电子计算机技术应用于建筑物理环境工程设计、科研等方面的论文。

此论文比较集中地反映了近年来建筑物理科学技术研究成果,对建筑师、工程师、建筑物理科研人员及有关大专院校师生的工作、科研、学习有重要的参考价值。

第五届建筑物理学术会议论文选集

中国建筑学会建筑物理学术委员会编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 34³/₄ 字数: 841 千字

1989年8月第一版 1989年8月第一次印刷

印数: 1—1,200 册 定价: 25.35元

ISBN 7-112-00309-1/TU·202

(5510)

前 言

第五届全国建筑物理学术会议于1986年11月17日至21日在上海同济大学召开。来自全国23个省、市、自治区的科研、设计单位，高等院校，以及生产厂家的代表将近200人出席了会议。

会议通过学术交流与专题讨论，检阅了四年来在发展建筑物理科学技术，提高建筑设计质量，改善建筑物理环境功能方面所取得的成就。在建筑声学方面包括：各类厅堂的音质设计、评价指标与实测分析；城市小区噪声治理；工业与民用建筑和建筑设备的噪声控制；学校、医院建筑的声学标准；声学实验设计和建声测试技术等。在建筑光学方面包括：光气候和天然光的利用；建筑采光和照明设计技术；光环境和色环境质量的评价与设计；采光和照明测试技术等。在建筑热工方面包括：建筑热工设计与建筑节能；围护结构的保温、隔热措施；改善建筑热环境技术；建筑热工测试技术等。特别要强调指出的是，电子计算机技术已广泛应用于建筑物理环境工程的设计计算、方案优选、科研试验和数据处理等方面，反映了建筑物理科学技术四年来的重大技术进步。此外，会议还专门就建筑物理教学与人才培养问题进行了探讨。

为了将会议的学术成果及时向国内外交流和推广，会议决定编辑出版《第五届建筑物理学术会议论文选集》，并推选王季卿、项端祈、柳孝图、章奎生、孙广荣、陈道常、戴根华、秦佑国、肖辉乾、詹庆旋、杨光曙、杨么侠、沈天行、高履泰、高执中、黄福其、陈启高、林其标、朱文鹏、王建瑚、韦延年、李根华等22位委员为论文选集编审小组成员，由王季卿、肖辉乾、黄福其分别担任声、光、热三个专业的主编。

编审小组经过认真评审，从会议宣读交流的152篇论文中，选定85篇编入论文选集，其中建筑声学40篇，建筑光学25篇，建筑热工19篇，建筑物理教育1篇。在编入的论文中，有8篇即将或已在其它期刊或会议上公开发表，因此本论文选集只刊登其摘要。

建筑物理科学技术在我国的发展已有三十多年的历史，在建筑现代化的进程中，正发挥着日益重要的作用。我们希望，这本论文选集的出版，不仅是已往历史的记录，也应该成为推动建筑物理环境工程“更上一层楼”的起点。

限于篇幅，限于时间，限于编审小组成员的水平，会议交流的论文中有将近一半未能入选，其中难免有评审不当之处，祈请原谅。在入选论文的审改和编辑加工中也难免有疏漏之处，请作者和广大读者指正。

中国建筑学会建筑物理学术委员会

1987年7月

目 录

前 言

建 筑 声 学

声能比参量与汉语清晰度关系的初步研究.....	邵龙 王季卿	(1)
我国多功能厅堂现状与音质设计原则(摘要).....	王炳麟 王 东 沈 汪	(7)
厅堂音质的综合评价.....	包紫薇	(9)
厅堂音质的模糊评判法.....	陈金京 王 峥	(17)
厅堂音质设计中的几个问题.....	向斌南	(24)
厅堂中浮云对混响时间的影响之研究(摘要).....	车世光 康 健 王 东	(28)
几何声学——虚象空间.....	秦佑国	(29)
审听室中声场的计算机模拟及其分析.....	包紫薇 朱 峰	(40)
微型计算机在建筑声学中的一些应用.....	秦佑国	(50)
声线模拟的算法及其在厅堂音质预测中的应用.....	戴根华	(59)
室内声场的声像法计算机模拟.....	彭 杰 王季卿	(65)
京剧演员声压级的测量.....	韩 瑛 林 杰	(72)
多功能音乐录音棚的可调吸声结构.....	项端祈	(77)
厅堂体积可调的声学效应.....	李耀华 段述功	(87)
多室式强吸声录音馆的音质设计.....	章奎生	(93)
强吸声音乐录音楼的设计与研究.....	刘呈莺	(98)
磁带试听室的音质设计和测定.....	叶恒健	(105)
佛得角共和国议会堂工程会堂建声设计.....	黄哲伟	(108)
金堆城俱乐部音质设计.....	张小毛	(113)
简易消声室的声学设计与应用.....	车世光 卢贤丰	(120)
电化教育馆声学设计与使用功能的实现.....	陆以良	(126)
杭州电声厂消声室的声学设计.....	项端祈 赵一兴	(134)
消声室内纯音的自由声场偏差的计算(摘要).....	蔡 彪 王季卿	(140)
混响室声场特性的验证.....	钟祥瑞	(142)
用数字技术测量混响时间的一些讨论(摘要).....	胡春年	(150)
缩尺模型中材料吸声系数的模拟测定.....	葛砚刚	(151)
略论表观吸声系数.....	甘 桢 洪 燕	(154)
医院建筑室内噪声允许标准研究.....	朱茂林	(157)
教室的声学设计标准(摘要).....	王季卿 顾楠国	(168)
琴房的噪声标准与控制技术(摘要).....	项端祈	(170)

医院建筑声学设计——西安地区几所医院(疗养院)噪声调查总结·····	张静宜	(172)
测听室建筑的噪声与振动控制		
——北京耳、鼻、喉研究所测听室设计·····	项端祈 陈金京等	(180)
南海县黄竹岐建设区环境噪声与防治措施的研究·····	魏长文	(186)
交通噪声评价的物理模拟方法(摘要)·····	张昌龄 胡天羽	(191)
石膏板墙实用中的隔声问题·····	徐之江 朱维薇等	(192)
薄塑盒式吸声体的声学性能及其应用·····	王谥贤	(202)
室内吸声降噪·····	张建中	(207)
基础隔振弹簧的计算方法及程序·····	王 崢 陈金京	(213)
纺织厂吸声吊顶与建筑热工的关系·····	李 昂	(221)
织布车间噪声综合治理		
——长沙绒布总厂噪声治理工业生产小试·····	孙万钢 郑昌信等	(228)

建 筑 光 学

中国的辐射光当量和天然光照度·····	林若慈 吴其国等	(231)
采光设计中紫外辐射和光气候的研究·····	周允华 项月琴	(236)
将天然光引往煤矿井下的初步探讨·····	范岳华	(245)
各国天空模型研究综述·····	杨介侠	(250)
晴天采光计算·····	陈仲林	(259)
湖南师范大学美术系教学楼天然采光设计·····	王绍俊	(266)
建筑和环境色彩设计刍议——多元的、动态的建筑色彩设计·····	蒋孟厚	(271)
混光光源特性及其应用的研究·····	张绍纲 李恭慰等	(277)
眩光源亮度变化对CRT作业的识别时间和视疲劳的影响·····	张蓓玮 张方纲等	(286)
铝合金栅格在控制室照明中的应用·····	汤我武	(291)
关于我国中、小学校教室采光和照明卫生标准的若干技术问题 ·····	张绍纲 庞蕴凡等	(299)
改善图书馆书库与阅览室的照明·····	詹庆旋 李中虎等	(308)
照明可见度指数的应用研究·····	曾大敏	(314)
发展我国高杆照明应注意的几个问题·····	李景色	(325)
建筑光环境中照度与视觉心理满意度的实验研究·····	庞蕴凡 朱学梅	(331)
发展高频荧光灯对照明质量与节能的意义·····	任元会	(335)
用回归法计算路灯配光曲线·····	章海聪 秦 奇	(342)
控光压花玻璃及其应用·····	沈天行	(346)
建筑物理应用软件·····	李亚璋 谢宁穆	(356)
关于造型立体感的研究·····	曹文刚	(360)
光度计量新基准及其应用·····	高执中	(369)
微型计算机在配光曲线仪上的应用·····	刘南山	(374)
光探测器相对光谱灵敏度自动测量及匹配·····	赵田冬 叶关荣等	(385)
照明方案模型试验的照度自动测量系统·····	钱典祥 刘南山等	(392)

用图象数字化处理进行采光测试.....	沈天行 张神树 (403)
---------------------	---------------

建 筑 热 工

围护结构外表面在日照下的热反应.....	陈启高 (412)
房屋围护结构多孔材料层中湿分布的新理论解.....	陈启高 (416)
海南热环境的分析及其在建筑设计中的应用.....	林其标 (424)
外墙内保温复合技术及其热工特性试验研究.....	朱文鹏 (430)
用有效传热系数法估算采暖耗热量及进行建筑节能设计计算程序.....	谢守穆 (437)
计算机辅助设计建筑遮阳——SHADGS程序系统.....	李建成 (448)
采暖民用建筑底层地面保温的理论探讨.....	王从荣 (453)
地下冷库热绝缘设计与实践.....	路士禧 (461)
复合结构热湿性能的控制与数值模拟.....	黄福其 李朝显等 (467)
住宅建筑多样化与节约采暖能耗.....	杨善勤 (471)
北京居住建筑保温与太阳能利用模拟计算分析.....	蔡君馥 马 沙 (477)
北京地区住宅建筑居室热工性能的参数研究.....	周景德 王铁铮 (483)
屋面面层浅色降温性能的研究.....	沈韫元 (491)
我国建筑外窗的热工质量水平及其改善途径的探索(摘要).....	高锡九 谈恒玉 (499)
长沙地区蓄水屋面与种植屋面的设计与应用.....	邹仲康 (501)
建筑热工微型计算机测试处理系统的应用.....	任 俊 吴纪昌 (512)
兰州地区砖混结构及大板结构采暖居住建筑能耗分析与研究.....	袁光宗 任 俊等 (517)
热流传感器动态特性再分析.....	刘加平 王景云 (530)
标定热室法测定外窗保温性能.....	冯金秋 张家猷等 (535)

建 筑 物 理 教 育

略论建筑物理教育.....	柳孝图 (545)
---------------	-----------

声能比参量与汉语清晰度关系的初步研究

同济大学声学研究所 邵 龙 王季卿

一、引 言

人们早就认识到混响时间作为厅堂音质评价的唯一客观指标是不够的。混响时间只是提供了声场中声衰减特性的一个总体性质,而对声衰减的细节部分则无法反映。已有的研究表明,声衰减过程中反射声分布的细节结构对厅堂的音质很重要,因为它的差异可被人耳的听感察觉。声能比参量是取早期反射声(包括直达声)的声能量与后期反射声或总声能的比值作为评价量的。对这些声信号可根据其到达时间的先后不同所产生的效应分为有益反射声和有害反射声。前者可增加响度和提高语言清晰度等,后者则会造成语言音节的相互掩蔽,有损清晰度而降低音质。如果声信号的衰减是一个理想的指数衰减,混响时间与声能比参量则有完全对应的关系。但在实际厅堂中,往往由于声场不可能达到充分扩散,声衰减过程也就不可能是完全理想指数式的,尤其是在声衰减的初始阶段。在同一个混响条件下,声场中不同位置上由于声反射的强度——时间分布特性上的不同,可以具有不同量值的声能比,于是可认为声能比参量是混响时间参量在更精确程度上的指标。

在我国,由于长期来对声能比的测量技术未解决,因此这方面的研究工作开展较少。我们应用微计算机技术后^[1],使这一问题顺利地解决了。

有关声能比的定义目前尚不统一,主要是在确定早期反射声的时间界线及归一化方法上有所不同。其典型定义有下面几个:

(1) 明晰度 (Distinctness) (Thiele)

$$D = \int_0^{50\text{ms}} p^2(t) dt / \int_0^{\infty} p^2(t) dt$$

(2) 反射声比值 (Reflection ratio) (Lochner和Burger)

$$E = 10 \lg \left[\int_0^{95\text{ms}} \alpha(t) p^2(t) dt / \int_{95\text{ms}}^{\infty} p^2(t) dt \right]$$

(3) 清晰指数 (Clarity index) (Reichardt)

$$C = 10 \lg \left[\int_0^{80\text{ms}} p^2(t) dt / \int_{80\text{ms}}^{\infty} p^2(t) dt \right]$$

(4) 混响指数 (Reverberation index) (Beranek和Schultz)

$$R = 10 \lg \left[\int_{50\text{ms}}^{\infty} p^2(t) dt / \int_0^{50\text{ms}} p^2(t) dt \right]$$

(1)和(2)两个量是以语言评价为目的的,(3)和(4)是以音乐欣赏评价为目的的。它们在时间界线上的取法也有所不同,前者短些,后者稍长些,主要是考虑到音乐的融合性因素。

厅堂音质的优劣最后要靠人来评价,这里不可避免的引入主观因素。而语言清晰度测试则可比较客观地和定量地评价厅堂语言传递特性质量。当然,语言清晰度的测试方法也有一定的局限性。例如,在厅堂现场评价需要大量的人力和物力准备,使评价成为一个并非轻而易举之事,而且仍然或多或少地涉及到一些主观因素,如听音人的条件等。

汉语的单音节特点和西方语言有很大不同,因此有必要建立声能比参量与汉语清晰度的关系,这一关系的建立是主观评价到客观评价之间的转换,不仅能对厅堂音质评价给出一个确定的判断,而且还使厅堂的语言清晰度预测成为可能。

二、声能比参量的测量及实验安排

通过测量室内的脉冲响应不仅可以得到混响时间(采用脉冲积分法IIM),而且可以从脉冲响应的强度——时间分布的精细结构中得到各种声能比参量值。

实验在本校的混响室($V = 268\text{m}^3$)中进行。用改变声源和接收器之间的距离来获得不同的声能比值变化,从而可以在混响条件不变的情况下,得到较大的声能比值变化范围。

测量中采用5ms宽的猝发白噪声作为脉冲声源,它具有较宽的频谱。脉冲信号由瞬态响应较好的扬声器音箱发出,这样可避免用电火花脉冲与扬声器发出语言时的辐射指向性不一致,而造成实际声能比值发生变化的情况。在接收位置用具有心形指向性的电容传声器CRQ1-2型接收,声脉冲信号经测量放大器BK2610及倍频程滤波器BK1613后,通过A/D模数转换接口进入Mic-80型微计算机进行处理,得到测点处的各声能比参量及混响时间值。测量在影响语言清晰度最主要的中心频率为500Hz,1000Hz和2000Hz三个倍频程上进行。测量过程中的脉冲响应曲线及各倍频程的最后数据结果均可由微机自动打印出。在测得某一位置的声能比参量与混响时间之后,立即将预先在消声室中录制的男女发音人的清晰度发音测试字表录音馈入扬声器进行重放,在声源与接收器位置均不变的情况下,用NAGRA III型录音机进行记录,以供进一步评价时用。这样便得到了在某一声能比值条件下的语言清晰度测试录音。

我们还对不同混响条件下所得的同一声能比值相对于语言清晰度的关系进行了研究。混响室内无规地分布吸声体后,可使混响时间从2s改变到9s。在不同的混响条件下,选择固定声能比值(如 $D = 0.54$)的各测点,来得到与之对应的语言清晰度测试结果。

我国的清晰度测试方法有两种,从字表取样到念记方式都不相同。在此我们把一种拼音记录的方法称为A方法(又称实验室法)^[2],用五字圈选的称为B方法(又称普适法)^[3]。在相同的声能比条件下,两种方法与声能比的关系均进行了研究。鉴于A方法中规定念字表的发音速率为4音节/s,我们统计了新闻广播员的播音速度是比较高的,见表1。因此,我们还对不同发音速率的字表进行了研究。A方法采用了三种发音速率:2.94音节/s,3.61音节/s和4.04音节/s。B方法的发音速率为2.78音节/s和4.32音节/s。

听音人由10名熟悉汉语拼音并无听力障碍的男女大学生担任,他们均经过严格挑选与

训练。清晰度测验采用耳机重放的方式进行。听音人评判的数据按各测试字表的要求进行数据统计处理，淘汰不合理的偏差，便得到了某一声能比条件下的语言清晰度得分。

新闻播音员的发音速率

表 1

中央人民广播电台	4.53 音节/s
上海人民广播电台	4.28 音节/s
中央电视台	5.15 音节/s

注：统计过程中去除了自然停顿。

所有声能比实测值与清晰度得分数据经计算机用最小二乘法的非线性回归进行曲线拟合，便得到声能比参量与汉语语言清晰度之间的关系曲线。各声能比参量之间也用非线性回归方法进行曲线拟合来得到关系曲线、曲线回归方程及相关系数。

三、实验结果与归纳

在同一混响条件下，声能比值随声源与接收点位置的变化，可以有很大范围的变化。这种变化不仅仅是由两者之间的距离变化而引起的，而且还由于相对于四周壁面边界条件的变化所引起的，这种变化也导致了语言清晰度的变化。实验中，在空室条件下的声能比测量结果表明，即使在一个长的混响条件下，各声能比参量的变化范围也较大。我们进行了50个测点的测量，每点测三个倍频程（中心频率分别为500Hz，1000Hz和2000Hz）。从图1中可看到在1000Hz中心频率的倍频程内，明晰度 D 的变化范围可以从 $D = 0.06$ 变化至 $D = 0.91$ ，足以包含一般实际厅堂中可能出现的变化范围。Thiele^[4]对一些剧场及教堂的声能比（明晰度）的测量表明明晰度 D 的变化范围在0.1~0.9之间。其它如Jordan^[5]测得一些大厅的清晰指数 C 的变化范围在-4.7~+2.2dB（平均值），Bradley^[6]在11个大厅内测得混响指数 R 的变化范围在-4~+8dB之间。因此在我们所测得的声能比变化范围内去建立声能比参量与语言清晰度的关系是具有代表意义的。在实验

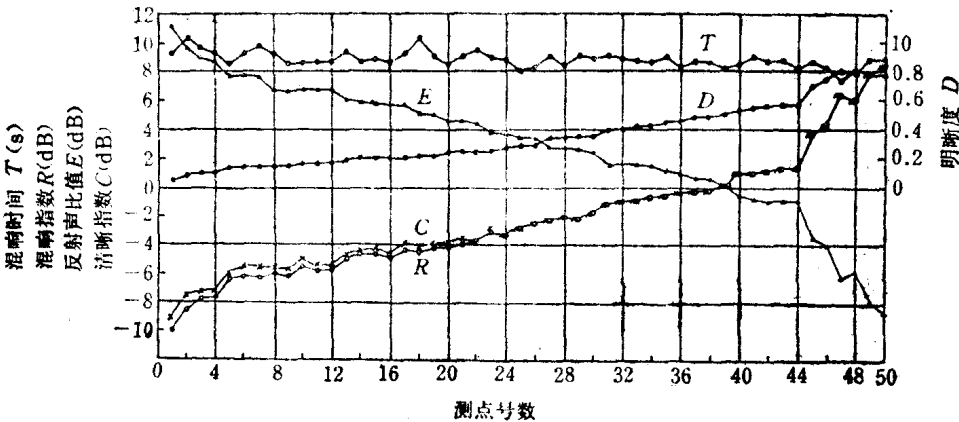


图 1 在同济大学混响室内（ $V = 268 \text{ m}^3$ ）随着接收点离声源的位置不同，实测声能比值可有较大的变化范围（中心频率为1000Hz的倍频程）

中，与语言清晰度相对应的各个声能比参量值是由前面所述的三个中心频率的倍频程测量结果平均而等到的。

图 2 所示在三个声能比值下，混响时间从 2s 改变至 9s 时的语言清晰度评价结果。它们与空室时（固定混响时间）所建立的明晰度与语言清晰度曲线相比较，吻合得很好，见图

3 所示。由此可见。明晰度 D 是一个相对独立的参量。

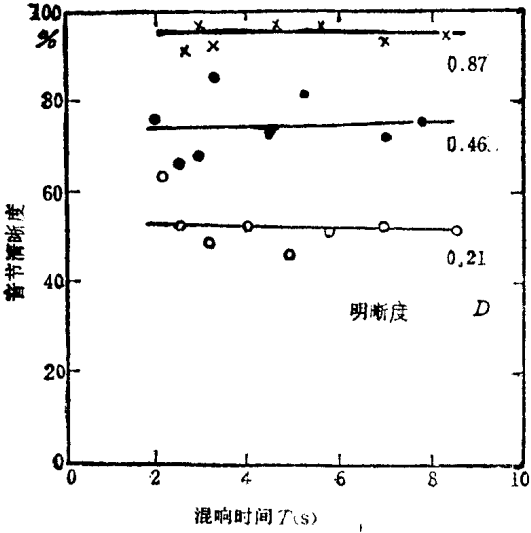


图 2 以明晰度 D 为参量的混响时间与语言清晰度关系（中心频率为 1000Hz 的倍频程）

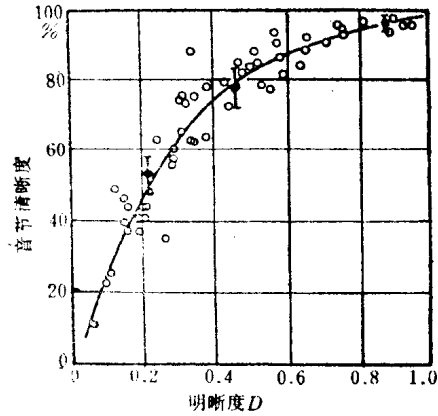


图 3 在相同混响时间（○）和不同混响时间（●）条件下的明晰度 D 与清晰度关系。（中心频率为 1000Hz 的倍频程）I 为各明晰度对语言清晰度的方差范围

采用语言清晰度测试 A 方法所得到的不同定义声能比值与语言清晰度的关系曲线如图 4 所示。分别为：（1）明晰度 D ，（2）混响指数 R ，（3）反射声比值 E 和（4）清晰指数 C 与语言清晰度关系曲线，每一曲线在数据处理过程中用计算机进行曲线拟合，这里只进行到三次幂的回归，便得到了与原始数据吻合很好的曲线方程。由于采用最小二乘法原理，所以曲线具有最佳的相关性。每个声能比参量与语言清晰度的相关系数均大于 0.98，这表明四种声能比参量与汉语语言清晰度之间可建立完全对应的关系。它们之间亦有很好的相关性，相关系数可达到 0.99。关于这点 Lehmann 和 Wilkens^[7] 及 Bradley^[6] 在他们各自进行的厅堂音质评价的调查中也得到了同样的结果。Bradley^[6] 推荐使用一个加上噪声修正过的 C 参量 U_s 作为厅堂评价指标。而我们认为既然不同定义的声能比都可以很好地说明汉语清晰度，则应选择最为简明的明晰度 D 作参量较为合适，它也最早为人们所熟悉。

清晰度测试字表的发音速率对语言清晰度测试结果有着重要的影响，发音速率不同，所得清晰度结果也不同。

图 5 表明了随着语言发音速率的增加，整个语言清晰度曲线随之下降。图 5 是用 A 方法测试时，在三种不同发音速率情况下的明晰度与语言清晰度之关系曲线，发音速率（a）2.94 音节/s，（b）3.61 音节/s，（c）4.04 音节/s。图 6 所示为国家标准（草案）两种语言清晰度测试方法与明晰度 D 的关系曲线比较。曲线 e 和 d 分别为：发音速率为 2.78 音节/s 的 B 方法和发音速率为 4.32 音节/s 的修正 B 方法时的结果。修正 B 方法即在原 B 方法的单

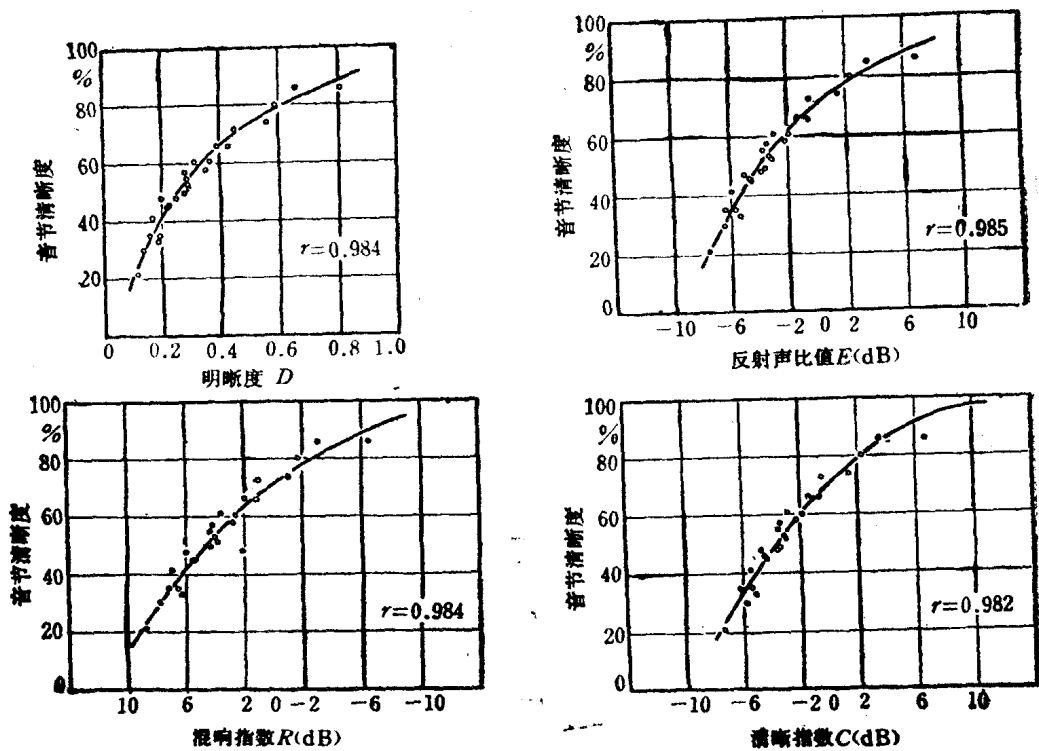


图 4 声能比参量与采用语言清晰度测试 A 方法之语言清晰度关系

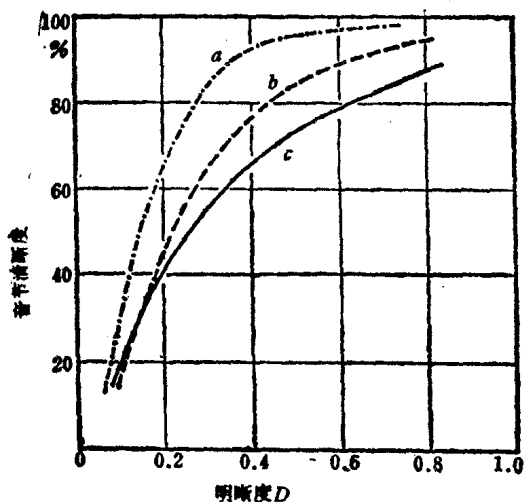


图 5 在不同发音速率下, 用实验室法得出的语言清晰度与清晰度 D 的关系

a—2.94 音节/s, b—3.61 音节/s,
c—4.04 音节/s

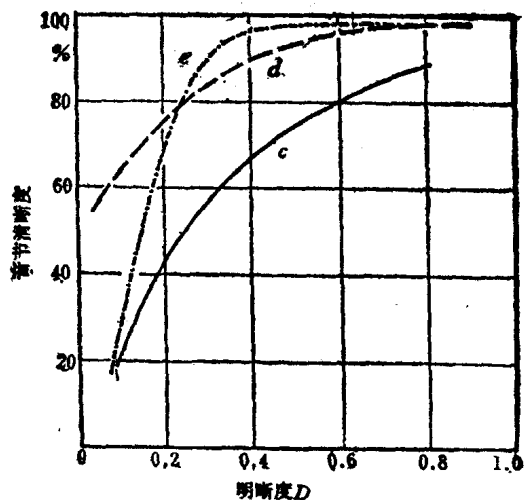


图 6 三种清晰度测试方法得出的语言清晰度与明晰度 D 的关系

c—实验室法, 4.04 音节/s; d—修正的普适法,
4.32 音节/s; e—普适法, 2.78 音节/s

个测试字前后, 各加一个意义不相关连的字, 组成类似 A 方法的三字连读形式, 但只圈选中间一个字。曲线 c 即图 5 中的 A 方法 c 曲线。A 方法规定发音速率为 4 音节/s。B 方法

规定为 3 音节/s。从曲线中可见,在某一声能比条件下, *A* 方法测试的清晰度结果相对 *B* 方法及修正 *B* 方法要更敏感些,而修正 *B* 方法在一定程度上又较 *B* 方法敏感些。实际上,无论是 *A* 方法, *B* 方法或修正的 *B* 方法测试结果都明显地受到语言发音速率的影响。因此测试时必须严加控制。

四、结 论

本研究工作表明,在厅堂语言传递特性的评价方面,建立主观评价与客观评价参量之间的对应关系是可能的。声能比参量可以与汉语语言清晰度之间建立具有良好相关性的联系。无论是 *A* 方法还是 *B* 方法或修正 *B* 方法,均可用声能比参量来反映语言清晰度的变化。声能比参量与语言清晰度的关系不因混响条件变化而改变。而且对混响时间在一定程度上有其相对独立性。对不同定义的声能比参量之间相关性的研究表明,四个声能比参量 *D*、*E*、*C* 和 *R* 是一致的,完全可以通过其变换关系进行互换。可见声能比时间界线的选取并无严格限制。这里,从声能比参量与语言清晰度关系曲线的敏感性,及定义的简明性来看,我们推荐使用明晰度 *D* 作为评价指标。清晰度测验字表的发音速率直接对清晰度评价得分有较大影响,因此在清晰度评价中必须严格控制发音速率,建立统一标准,才具有互比性和实用价值。

参 考 文 献

- [1] 邵龙“用微计算机测量声能比参量”。“电声技术”杂志,待发表。
- [2] “语言清晰度测试方法(草案)”中科院声学研究所。
- [3] “汉语清晰度测试方法(草案)”南京大学声学研究所。
- [4] Thiele, R., “Richtungsverteilung und zeitfolge der schallruckwurfe in raumen”, *Acustica* 3 (1953) 291-302.
- [5] Jordan, V.L. “A group of objective acoustical criteria for concert halls” *Applied Acoustics*, 14 (1981) 253-266.
- [6] Bradley, J.S., “New acoustics measurements in a Variable acoustics halls” 11th ICA., Paris, 1983.
- [7] Lehmann, F. and Wilkens, H., “The Connection between subjective judgements of Concert hall and criteria of room acoustics” *Acustica*, 46 (1980) 261.

我国多功能厅堂现状与音质设计原则(摘要)

清华大学 王炳麟 王东 沈汪

近年来我国城乡纷纷兴建影剧院、礼堂等多功能厅堂,但有不少音质不佳。即使是使用了二、三十年的厅堂,音质较为理想的也为数不多。因此,多年沿用的多功能厅堂的音质设计原则有重新探讨的必要。

一、我国多功能厅堂的使用现状

据调查,我国多功能厅堂,使用最多的是放映电影,约占全部场次的70~90%以上。而国外的多功能厅堂与此不同,例如日本的音乐、戏剧、演出约占全部使用次数的70~80%,电影很少。

目前我国的多功能厅堂,不论大小,都装有电声系统,除极少数严肃音乐之外,连传统戏曲也几乎全用电声扩声。近年来流行的通俗音乐更自不待言。

因此,这种使用现状使一直沿用至今的“以自然声为主,电声为辅”的多功能厅堂音质设计原则落了空。

二、多功能厅堂的音质现状

统计表明,我国多功能厅堂的混响时间多数都远远高于电声与语言用的最佳值,因此清晰度不高,电影还音效果不佳。在观众不满场时,情况尤其。

电声扬声器多采用声柱,指向性不能满足清晰度均匀分布的要求,也不能有效控制声反馈。

三、我国多功能厅堂使用情况展望

据预测,在可以预见的将来,我国多功能厅堂中不可能以音乐、戏剧演出为主,多数场次仍将是放映电影。但我国电影观众虽多,欣赏条件,包括音质条件太差,亟需改善。

关于电声的使用,问题不是取消电声,而是要努力改善电声系统的质量。

四、结论和建议

从实际情况出发,需要把多功能厅堂音质设计原则从以自然声为主,电声为辅改为以满足放映电影和使用电声的要求为首要目标。建议:

1.混响时间的电影、讲演的最佳值。满场混响时间按2/3场或70%上座率计算。但厅堂

仍应有足够的容积，以尽可能减小上座率变化引起的混响时间的改变。

2. 体型设计不必强调反射面。这也可使厅堂建筑多样化。

3. 重视电声系统的设计，改善电声设备的质量。

4. 适当缩小舞台和舞台空间。除确有必要者外，不设乐池。这不仅对音质有利，也可以大大节省投资。

厅堂音质的综合评价

南京大学声学研究所 包紫薇

一、前言

60年代以来,厅堂音质第二参量一直是大家感兴趣的问题。不少作者提出过各种因子,如明晰度、声学比、早期声能衰减时间、视在信噪比(其测量方法称为 STI 测量法或 $RASTI$ 测量法)等,各从某些方面反映了厅堂音质的主、客观关系^[1]。本文作者根据声音主观评价的研究所得^[2],提出一个“综合评价”的概念,先从多维的音质主观参量(确切地说是听感参量)中选出一批与厅堂音质关系较密切的参量,即清晰度 A 、丰满度 R 、平衡度 B 、亲切感 I , (简称 $ARBI$),将它们与厅堂的几个主要客观声学性能($STUFED$)联系起来。联系的纽带,是一组衡量厅堂声学指标实测值与最佳值偏离的等级因子。经适当处理后,可以通过客观测量来推断厅堂的综合音质。

二、厅堂音质综合评价的参量

1. 主观参量

描述声音主观属性的参量经初步讨论至少有12个^[3]。用于厅堂音质,作者认为首选的是四个:

清晰度 A 指语言易懂度和乐队层次是否清晰。

丰满度 R 指声音优美动听的程度。

平衡度 B 在音质评价中指节目各声部的比例和立体声左右声道的一致性。借用于厅堂,还衡量视、听的一致性,即声音是来自舞台还是侧墙和后墙。

亲切感 I 衡量演奏者和欣赏者的关系是否密切,台上台下有无感情交流。这固然与演奏及指挥水平有关,但厅堂(包括扩声)特性也起着重要作用,处理不当时,往往会造成隔着一重纱幕听音的遥远感或声音铺天盖地而来的紧迫感。

2. 客观参量

根据前人及作者既有经验,选择以下六个物理量代表厅堂(包括扩声)的客观属性,即听音点的:

信号声压级 S 假定噪声已被控制到不影响听音的声级。

混响时间 T 。

混响时间按频率分布的不均匀度 U 。

声压幅频特性 F 即从声源经房间传输到听音点的频率响应。

有益—有害声能比 E 两种声能的时间界线取80ms

直达声方向 D 主直达声可以来自前方,也可来自听音点附近的侧墙上的扬声器。二

者的时差和级差的共同作用，决定人对声象的方位感。

每个听音点上都存在一组具体的 $ARBI$ 和 $STUFED$ 。听音点可按国标“厅堂扩声特性测量方法”的规定选取。

三、节目类型和厅堂功能—— $ARBI$ 的功能权

节目有各种不同的分类方法，作者将它们分成四大类：

- 1.语言类 主要指开会作报告的语言，对厅堂音质的要求，着重在清晰度。
- 2.电影类 指以对白为主的电影和话剧，它们既要求声音清晰度高，还要求有一定的丰满度。
- 3.通俗乐类 指通俗音乐和歌曲，包括电声乐队，音质重在丰满度和亲切感。
- 4.严肃乐类 包括正统音乐和歌曲，以及传统戏曲。它们对 $ARBI$ 都有较高的要求。

因此，作者认为，在评价一座厅堂时，应当根据它的功能，对 $ARBI$ 提出不同的要求。换言之， $ARBI$ 四个主观参量，在不同功能的厅堂中不是等价的，应当按厅堂的功能将 $ARBI$ 的重要性加以权重。表1为作者考虑的计权因子，称为“功能权”：

ARBI 的功能权 (w_{ij})					表 1
w_{ij} / j	1. A	2. R	3. B	4. I	
1.会场(以语言为主)	w_{11} 0.5	w_{12} 0.3	w_{13} 0.1	w_{14} 0.1	
2.电影院(以电影类为主)	w_{21} 0.4	w_{22} 0.4	w_{23} 0.1	w_{24} 0.1	
3.剧场和体育馆(以通俗乐为主)	w_{31} 0.1	w_{32} 0.4	w_{33} 0.1	w_{34} 0.4	
4.音乐厅(以严肃乐为主)	w_{41} 0.1	w_{42} 0.3	w_{43} 0.3	w_{44} 0.3	

四、 $ARBI$ 与 $STUFED$ 的关系——贡献权

$ARBI$ 与 $STUFED$ 是交叉的复杂关系。每个主观参量与六个客观参量都有关系，而任一客观参量，在每个主观参量中都起作用，但是 $STUFED$ 六项客观参量对 $ARBI$ 四项主观参量各有不同的贡献。例如对清晰度而言混响时间和声级是首要的，丰满度则除 S 、 T 之外，有益一有害声能比也较重要。平衡感从高低音配比角度看主要取决于频响，从视

贡 献 权 (m_{jk})							表 2
m_{jk} / K	1. S	2. T	3. U	4. F	5. E	6. D	
1. A	0.30	0.30	0.10	0.10	0.15	0.05	
2. R	0.25	0.25	0.10	0.10	0.25	0.05	
3. B	0.10	0.05	0.15	0.30	0.05	0.35	
4. I	0.25	0.10	0.05	0.05	0.25	0.30	