原声追逐

——音乐厅与歌剧院声学设计

法国蒂塞尔声学股份有限公司
中国中元国际工程有限公司 著

中国建筑工业出版社

原声追逐
——音乐厅与歌剧院声学设计

法国蒂塞尔声学股份有限公司
中国中元国际工程有限公司 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目（CIP）数据

原声追逐——音乐厅与歌剧院声学设计／法国蒂塞尔声学股份有限公司，中国中元国际工程有限公司著．—北京：中国建筑工业出版社，2015.12

ISBN 978-7-112-18626-6

Ⅰ.①原… Ⅱ.①法…②中… Ⅲ.①音乐厅－声学－设计 ②歌剧院－声学设计 Ⅳ.①TU112.4

中国版本图书馆CIP数据核字（2015）第253849号

本书分为上下两篇，上篇主要介绍建筑声学的相关概念，简要回顾和介绍了20世纪厅堂声学研究及历史上一些具有代表性的厅堂实例，并提出了新的模型研究方法。下篇通过一系列设计案例，介绍了上篇提及的设计方法和模型工具在实践中的应用。本书可供声学设计师、建筑设计师和室内设计师参考。

责任编辑：陆新之　张　明
书籍设计：锋尚制版
责任校对：李欣慰　关　健

原声追逐

——音乐厅与歌剧院声学设计

法国蒂塞尔声学股份有限公司
中国中元国际工程有限公司　**著**

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）
各地新华书店、建筑书店经销
北京锋尚制版有限公司制版
北京顺诚彩色印刷有限公司印刷

*

开本：880×1230毫米　1/16　印张：17　字数：381千字
2015年11月第一版　2015年11月第一次印刷
定价：158.00元

ISBN 978－7－112－18626－6
（27834）

版权所有　翻印必究
如有印装质量问题，可寄本社退换
（邮政编码 100037）

序 一

“原声”即事物之本源，“追逐”即寻求之方式。

在设计旅程中追求事物的本源，是当今建筑设计业内的共识。随着人们对自然、人文、美学、技术认知的深入，建筑设计领域所涵盖的内容越来越丰富，专项技术能力愈加细分。

建筑承载着人们对美好的期望，空间将传递给人们美好的体验。在人们丰富的体验当中，声音是重要的组成部分。此书在“中法中元蒂塞尔声学工作室”（SINO-FRANCE IPPR-TISSEYRE ACOUSTIQUE ASTUDIO）建立十周年之际出版，承载了中法双方在声学设计领域的不懈追求和国内外设计研究的学术成果与工程实践。其中列举了大量与中外建筑师、室内设计师的合作，重点阐述了针对观演建筑新的声学设计思想和在全过程工程实践中的体会。

希望此书的出版在关注城市建设和建筑品质的今天，有助于社会的进步和行业的发展。

丁 建

2015年9月

序　二

在有形的建筑空间中，声音是一种无形的传播媒介来显示空间界面的存在。而对空间界面反射性的选择，便可控制声音的传播状态。在当今信息时代，这种古老的无形秘籍已经可以变成有形的数据模型，阿兰·蒂塞尔就是通过这种魔法般的转换技巧把更美好的声音送进人的耳腔和心灵。

祝贺本专著的出版！

崔　愷

2015年8月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

“凿户牖以为室，当其无，有室之用”，老子的哲学思想认为：只有外壳的室，虽已为“有”却无用途，当凿开了门窗，当其为“无”却成就了室的使用价值。这种“有”与“无”的观念正说明了建筑为人所用才具有价值。“无”即为建筑的实用性，除功能之外还包括了身临其境的感受，观演场所更是如此，“声”是其中最为核心的诉求，不仅仅对于观者，演者更是如此。无论是艺术家、建筑师、室内设计师、舞台设计者、建造者乃至观众都以不同视角对“声”提出了越来越高的要求。

随着观演建筑的发展，建筑师将有机会触及针对各种不同艺术门类、不同表演样式、不同艺术团体、不同艺术家营造特定观演场所的机会，而每一个场所都有着属于艺术自身的“无”，建筑师在追逐无穷尽的“无”的旅途之中自然与声结下不解之缘。这本《原声追逐》所阐述的不仅仅是对声学本身的见解，更多的是面对当今不同观演场所营造中与建筑师、室内设计师的共同创作，用对艺术本源的追逐表达对艺术和艺术家的尊重。

孙宗列

2015年9月

感言二

在这本书中，我们着重讨论以自然声方式使用的厅堂音质设计，包括多用途剧场、音乐厅和歌剧院。

人们定性地描述对声音的感知相对比较容易，对一个乐队或者歌手的声音感受相对容易表达。但是，要将主观感知通过客观参数来定量描述厅堂的音质却是非常复杂的。

20世纪，科学家们在声学领域的大量研究成果已经能够使我们对各种声学感知现象进行鉴别，并通过各种客观参数对厅堂音质进行定量评价（即客观评价量）。

我很幸运地出生在那个声学大发展的时代，并有幸师从于厅堂声学大师克雷默（L. Cremer）教授和拉莫尔（R. Lamoral）教授 。1980年代声学研究的蓬勃发展恰逢计算机技术的突飞猛进与广泛运用，使得此前难以实现的声学客观评价的可视化难题得到突破性解决。

在讨论所有客观音质评价量之前，有必要回顾一下我们对传统剧场最基本的声学要求：那就是能够完整清晰地理解和辨识演唱者及演奏者发出的声音信号。

遗憾的是，在世界范围内，我所见过的多数厅堂至今都未能满足这一看似简单的要求。恰恰因为总不能达到这个基本要求，厅堂音质逐渐在建设方和建筑师的心目中形成难以把握甚至有些神秘的印象。于是就存在这样一个现象：建筑师在设计厅堂时，经常复制其他现有厅堂的平面布置和内部装饰，而不是进行一个真正的设计过程。

在本书中，我们尽力追本溯源，从古代的剧场分析开始，从中寻求解决厅堂音质问题的答案。从而使建筑师、业主以及使用者了解声学处理方法的来龙去脉。将参与剧场和音乐厅建筑设计的各个专业分离，势必导致各自为政，使整个设计缺乏系统性。霍拉斯（Horace）[注]曾说：“还有什么能比一个厅堂的声学融合到建筑当中更美妙？”

一个厅堂的自然声效果取决于其建筑声学的优劣。厅堂的布局、内部形态、空间容积都会对该空间内人员活动所发出的声音予以反馈，产生声音的

注：霍拉斯（Horace，公元前65年–公元前8年）古罗马奥古斯都时期的著名抒情诗人。

放大现象，这正是剧场观众厅所需要的。然而，这种现象如发生在人群熙攘的场所则可能成为公害。

以当今观演建筑的建造设计方式，声学设计师的工作是与当代建筑设计脱节的，没能乘着一个世纪来的建设大潮，伴随着建筑设计的发展而发展。

在演艺场所的设计当中，声学问题始终不断地困扰着设计师，因其声学性能往往在建成之后才被认识或感知到。

古希腊时期由建筑师建造的露天剧场，观众座位围绕着舞台呈半圆形布置；古罗马人又在此基础上通过环绕剧场建造围墙的方式，以减少露天剧场因缺乏有效反射声所造成的音量不足。

在16世纪前将近2000年的历史长河中，演艺场所的声学研究几乎没有什么发展。声学效果的好坏总是在建成之后才能得知，无法通过计算预测。结果导致，在已建成的厅堂中再去进行声学改造，其效果也有好有坏。

直到16、17世纪，随着抒情乐和意大利式歌剧的出现，带来了建筑声学研究的首次发展。这个时期建造的剧场直接反映了那个时代的文化发展，运用泥灰、纤维灰浆、石材雕刻，木材或石膏制成了浮雕、雕像、壁龛。声学效果是由建筑手法和风格所决定的，过去是这样，现在也依然如此。当然，除了一些在书中将要列举的个别案例外，绝大部分厅堂的音质仍是由建筑设计师而不是物理学家所设计的。

尽管当时对观演厅堂的音质已越来越重视，但伽涅尔（Garnier）在设计巴黎歌剧院的过程中，他依然自信地说“不需要担心任何音质问题，我成功建造了一个具有优美音质的厅堂。”

20世纪里，物理学家对厅堂音质做了大量的研究工作。他们的工作主要分为两类：

——学术研究；

——设计应用工作，通过对现有厅堂资料的搜集、整理，探索声现象与感知的内在联系。

从那时起，很多声学论著的作者，不断地编纂有关音乐厅、剧场和歌剧院的案例选，却往往忽略了对音质效果本质特性的探索。他们一方面试图用大量的客观参数去定量描述声传播现象以及人对声音的感知；另一方面用已

建成的厅堂来验证各种客观参数对音质定量分析的有效性。

本书不希望再以相同的思路重复同样的工作。

在我看来，厅堂的设计过程一直缺乏对音质参量与建筑本身相互联系的描述。因此，本书对观演厅堂案例的编纂整理，主要围绕以下两个思路：

——不同时期的演艺建筑间有何联系（如果这种联系存在的话）？其发展演化的历程是什么？另外，经过了几个世纪的发展，对声现象的认知是如何演化的？

——设计当代和未来的歌剧院、音乐厅都需要哪些相应的理论和知识？需要经过哪些程序？运用哪些工具？

以上课题涵盖巨大，颇具挑战性，但我幸运地发现自己站在了该领域学科的历史交汇点上，这得益于我的合作导师拉莫尔教授五十年的专业经验和学识，也得益于我们从20世纪80年代起，就已经对数字声学分析技术所展开的研究与应用，并且圆满设计了多个大型歌剧院和音乐厅。

这本书介绍了我们在自然声观演建筑领域所做的工作。

阿兰·蒂塞尔

2015年8月

导 读

这本书是法国蒂塞尔声学股份有限公司和中国中元国际工程有限公司的合作之作。其中有一部分为阿兰·蒂塞尔（Alain Tisseyre）本人的总结。从目录上，你能看出，他们想把有关厅堂音质设计的方方面面的事情都说给读者听。从历史到现在，从艺术到技术，从概念到数据，不一而足。

与一般的著作大不相同，本书有着自己鲜明的特色。如果读者看过很多剧场、音乐厅建筑声学的大部头著作，应该容易留下如下的印象：

（1）概念多。特别是主观的评价方面。包括对于目前世界知名厅堂的评价，以及对于各种声学做法（例如体形、造型、选材等等）的概念性评价。

（2）样例多。不管与作者本人是否有工程上或者设计上的关联，尽可能罗列并给予评价，尽可能大而全。

（3）建筑师角度的描述多。很奇怪的一点，在世界范围内，建筑师出身的声学专家好像更多一些。有名气的“大师”里，非物理学专业出身的似乎也更多一些。他们对于音质、做法等等描述，更像是建筑师在介绍自己的作品。

（4）批评少，一团和气。对于现有工程案例，极少提出有针对性的批评。

而这位阿兰·蒂塞尔先生似乎有点与众不同，似乎可以罗列如下：

（1）他是物理专业出身，物理系学生的特点比较明显。本书中，很多分析的过程带有明显的逻辑性，而不像一位工科生在论述。

（2）工程经验多。从年轻时候一直到现在，阿兰·蒂塞尔先生就在不断地做工程设计，而且是亲力亲为。这一点，在与他本人的交流中感觉明显。一个有几十年工程经验的成熟的设计师，看待问题的角度和方式和一般人有很多不一样。在欧美，工程的数量及实施速度没有办法和最近二十年的中国相比，几年专注做一件事，是西方设计师的习惯。而我们的这位蒂塞尔先生不同，他似乎一直想不断地挑战自己，并且停不下来。

（3）他同时也做扩声系统设计。这一点，在西方设计师里很少见。我一直认为，一个有着丰富厅堂扩声系统设计经验的建筑声学设计师，必定比纯粹的建筑声学设计师，有着更为全面而均衡的控制能力。因为，扩声系统的很多经验可以为建筑声学所借鉴，并且，很多厅堂是复用的，必须同时考虑扩声系统使用条件下的建筑声学环境。

在校审本书的时候，我一直也在想，什么样的人应该看这本书呢？答案似乎在这样的几方面：

（1）有经验的声学设计师。从本书中，你会找到很多相似问题的不一样的解决方案，并且说得简洁明了。我们不能简单地说谁的方案是最佳的，但是兼听则明，你一定会有所收获。

（2）初出茅庐的声学设计师。很遗憾地说一句，国内高校声学专业缺少一门课——“厅堂声学发展史”。在教学过程中，这一部分都是一笔带过。在这里你首先能补上这一门课。并且，是尽可能数值化的，而不是简单地讲概念。另外，基本面的厅堂建声设计流程和做法，数目庞大的改造项目的描述及分析一定会让你茅塞顿开。

（3）建筑设计师和室内设计师。书中一直强调在厅堂设计过程中，声学设计师和建筑、室内设计师的互动和交流，这一点我深以为然。从本书中，建筑、室内设计师一定能感受到作者的良苦用心，尽可能做到形式和功能的统一，而不是简单粗暴地把声学放在一个高位。同时，与一般的建筑师出身的建筑声学设计师不同，他们不会随便迁就建筑和室内设计师的自由度，其良好的手段就是通过数值化分析进行调整，尽可能达到交集。从本书中，你会发现很多漂亮而灵活的建筑、室内解决方案，达到了声学的要求，从而实现真正意义上的统一。

（4）批评家。法国人的浪漫无处不在，即便是一个物理系毕业的法国人。有时候，你会发现蒂塞尔说话东一榔头西一棒的，正好是拿出来说话的谈资。

在这里，希望每一位读者，都能从这本书中受益。同时，也要感谢中法中元蒂塞尔声学工作室，特别是阿兰·蒂塞尔先生本人这些年来，在中国留下的为数不少的优秀作品。历史也将记录下这位博学、认真、勤奋的法兰西声学家。

朱 恒

2015年9月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目 录

序一 III
序二 IV
感言一 V
感言二 VI
导读 IX

前言 1

上篇
理论篇

第一章 封闭空间内的声传播 6
1.1 声传播 7
1.2 声反射波形 10

第二章 最佳混响时间与自然声 12
2.1 混响时间的提出 13
2.2 基本观点 16
2.3 每座容积与最佳混响时间 19
2.4 多用途厅堂 20

第三章 声音的空间与时域响应特性以及混响 23
3.1 20世纪厅堂声学研究的简要回顾 24
3.2 感知 26

第四章 初始反射声研究 38
4.1 研究方法 39
4.2 研究结论 40

第五章 常用厅堂体形及对混响的影响 42
5.1 扇形和矩形厅堂 43
5.2 六边形厅堂 47

5.3 尽端舞台的厅堂 49
5.4 歌剧院 50
5.5 宗教乐演奏厅 52
5.6 小结 55

第六章 声扩散 57
6.1 基本观点 58
6.2 表面形状和尺寸 60
6.3 表面的形状与三维图案 69
6.4 16～20世纪厅堂中常用的饰面图案与造型 74
6.5 小结 76

第七章 乐队声平衡 78

第八章 历史上的厅堂 81
8.1 希腊厄庇道鲁斯剧场（Epidauros，公元前360年） 82
8.2 意大利维琴察奥林匹克剧院（Teatro Olimpico，1580年） 85
8.3 意大利帕尔马剧院（Teatro PARMA，1600年） 86
8.4 意大利那不勒斯圣卡罗剧院
（Teatro San Carlo in Naples，1737年） 86
8.5 意大利都灵皇家歌剧院（Teatro Turin，1740年） 87
8.6 意大利罗马阿根提那剧院（Teatro d'Argentina，1729年） 88
8.7 意大利博洛尼亚市府剧院
（Teatro Comunale di Bologna，1763年） 88
8.8 法国巴黎老歌剧院（皇宫第二厅，
Second Hall of the Palais Royal- France，1770年） 89
8.9 法国波尔多剧院（Grand Theatre of Bordeaux，1780年） 90
8.10 德国曼海姆剧院（The Mannheim Theatre，1770年） 91
8.11 歌剧院在德国的发展——拜罗伊特节日剧院
（the Festspiehaus-Theatre in Bayreuth） 91
8.12 伦敦的剧院与英式剧院 92
8.13 来自16至18世纪的经验 93

第九章 利用模型进行研究 96
9.1 赛宾公式和吸声系数 97
9.2 在缩尺模型中运用的几何方法 99
9.3 缩尺模型方法 100
9.4 WATTERS模拟装置（缩尺模型的可听化方法） 102
9.5 20世纪70年代由拉莫尔展示的计算机模型 104
9.6 20世纪70年代以来计算机模型的演变 106
9.7 Hall Acoustics（厅堂声学软件） 107
9.8 结论 110

第十章 设计方法对未来有何启示? 112
10.1 设计方法 113
10.2 对未来的启示 119

下篇
实例篇

第十一章 法国蒂塞尔声学股份有限公司的声学设计案例 124
11.1 阿波利斯会议中心阿波罗音乐厅 125
11.2 重庆人民大礼堂 130
11.3 新礼拜中心 133
11.4 亚穆苏克罗和平圣母大教堂 137
11.5 马约门会议中心大剧场 140
11.6 上海大剧院大剧场 143
11.7 兰尼埃三世音乐厅 149
11.8 波城音乐学校音乐厅（教堂改造）项目 154
11.9 福尔米市剧院 160
11.10 内利圣安娜多功能音乐厅 163
11.11 摩洛哥国家高等音乐与舞蹈艺术学院音乐厅 169

第十二章 中法中元蒂塞尔声学工作室完成案例 174
12.1 梅兰芳大剧院 175
12.2 巴中友谊中心 183
12.3 国泰艺术中心 189
12.4 鲅鱼圈保利大剧院 203

第十三章 设计方案集锦 212
13.1 沈阳艺术中心（音乐厅） 213
13.2 厦门五缘湾音乐厅 216
13.3 布加勒斯特爱乐大厅 220
13.4 北京大学歌剧研究院与艺术学院 224
13.5 中央歌剧院（竞标方案） 230

附录一 声学专业词汇 233
附录二 客观参数 237
附录三 材料吸声现象 249
附录四 参考文献 253
后记 258

前言

前　言

古人云，“此曲只应天上有，人间能得几回闻。”

当我们纵观几个世纪以来全球范围观演建筑厅堂的声学设计时，发现它们大多彼此相似，鲜有创新；厅堂音质在建成前的不可预知使音质设计充满神秘，甚至被称为“玄学”。是什么造成了理想与现实的背离？厅堂音质设计真的神秘莫测吗？

自美国物理学家赛宾提出混响时间这一具有标志性的室内声学概念以来，混响时间已成为厅堂音质设计最重要、能够根据建筑图纸准确计算并被规范化的客观声学参数。然而，本书通过对20世纪以来物理学家们在厅堂音质领域进行的大量学术研究和技术成果的介绍，对欧洲剧院发展、演化历程的回顾，以及造成厅堂建设、设计中理想与现实背离、音质神秘莫测成因的分析，明确提出自然声厅堂音质设计成功的关键不是对混响时间的精确控制，而是早后期反射声的平衡以及实现平衡的技术途径与工作方式。

这是一部由法国蒂塞尔声学股份有限公司和中国中元国际工程有限公司合作完成的关于厅堂声学设计的专著。中国中元国际工程有限公司（简称“中国中元”）是具有国家工程设计综合资质甲级、国内屈指可数的具备专业声学设计能力的综合设计机构；法国蒂塞尔声学股份有限公司（TISSEYRE & ASSOCIES，简称“蒂塞尔公司”）由阿兰·蒂塞尔(Alain Tisseyre)于1979年在法国创建，具有三十多年建筑声学、电声学、环境声学等专业顾问、咨询、设计经历。中法中元蒂塞尔声学工作室由中国中元与蒂塞尔公司共同组建，于2005年11月正式成立。由中法双方的专业人员组成技术团队，致力于通过准确的分析及可视化的手段与建筑师、室内设计师等各专业设计师、业主等相关方形成良好的互动及交流；坚持厅堂设计应该全过程的参与和控制，践行着这一创新工作模式。

与多数厅堂音质论著不同，本书不是单纯的理论阐述和对现有知名厅堂的罗列，而是集理论与编著者的设计实践、亲身体验紧密结合、具有创新性理论观念的涉及声学、建筑、装饰设计领域的专著。

书中列举的大量国内外案例，不仅包括17世纪以来欧洲古典、现代剧场建筑的介绍，更是汇集了编著者亲身参与、负责音质设计的中外厅堂的最新案例，为建筑师、室内设计师及声学师的厅堂设计提供参考与借鉴。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com