

物理学史中的一月

1919年1月10日 建筑声学的先驱赛宾逝世
(译自 APS News 2011年1月)



萧如珀¹ 杨信男² 译

(1. 自由业; 2. 台湾大学物理系 10617)

作曲家一向都知道演出场地音响效果的重要性,有许多作曲家还会修饰他们创作的音乐来配合场地。举例来说,以长残响时间著名的中世纪大教堂就很适合演出格雷果圣歌(Gregorian chants),也适合演出风琴曲目,例如巴哈的《D小调触技曲》。相较之下,莫扎特和海登所写的音乐则适合于陈设密集的室内,给小规模、近距离的听众演奏。他们的曲目在高度残响的空间演奏会失去曲子的清晰度。

但是一直到19世纪末,才有人真正考虑到如何设计演奏厅或歌剧院,以达到最佳的音效;它多半靠着尝试摸索,很少有声学理论,来提供几百年来的实验架构。

现代建筑声学之父是一位美国物理学家叫做赛宾(Wallace Clement Sabine)。赛宾1868年出生,1886年毕业于俄亥俄州州立大学,之后到哈佛大学上研究生。到了1895年,他成为哈佛物理系一位年轻的物理助理教授。因为他资历浅,所以被交付改进音效极差,位于大学内才刚建好的佛格艺术博物馆(Fogg Art Museum)里面的佛格演讲厅的困难任务。

赛宾对于声音并没特别的专长——他甚至没有博士学位,虽然他是位极佳的讲师和研究员——但



赛宾(Wallace Sabine)

是他很坚毅地接受了这个挑战,就像做其他的物理实验一样。他认为室内的声音具有能量扩散体的特性,而非采取比较传统19世纪的几何观点,专注于操作音波的传播。他集中研究不同材质的吸音特性,以及它们对于残响时间的效应。

为此,赛宾花了几年研究博物馆演讲厅,以及被公认为音效最佳的哈佛大学桑德斯戏院(Sanders Theater)的声音质量,以便测定声音质量不同的可能原因。特别是,他试图找出一些客观的公式或标准,用以测量评估演出地点设计的音效。

这并不是件容易的工作,因为需要考虑的变量非常多。他和助理们

反复在不同情况下测试每个地方,把材料在两个厅搬来搬去,只带着一只风琴管和一个马表仔细地测量。他计算不同频率的声音在各种不同的情况下渐弱到听不见的时间,考虑的因素包括有没有厚的东方地毯、坐垫、坐在位置上的不同人数等等。他发现一般人的身体减少残响的时间最多可抵6个椅垫。

基于这些实验,赛宾可以确定室内音效的质量和室内的大小,及其吸音的表面积有确定的关系。他想出一个计算残响时间的公式,定义为声音强度从开始起减少60分贝所需的秒数。现在它仍是估

算一个空间音响质量的重要因素： $RT60=0.49 V/SA$ ， V 是室内的体积(以立方英尺表示)， SA 是总吸音(以平方英尺表示)， A 代表室内的平均吸音系数， S 则是表面积。现在声音吸收的单位“赛宾”即以他命名，也被认为是今日建筑声学最重要的定量方法。

赛宾下结论说，佛格演讲厅的残响时间太长——说出来的话语会残留 5.5 秒，对比最理想的残响时间 2.25 秒——因此，共鸣、回音太大。他在室内放置了吸音材料来减少“回声效应”，才解决了此问题。

他的成功巩固了他的声望，所以他接续担任波士顿交响厅设计的音效顾问。赛宾建议交响厅的设计采用了欧式音乐厅偏爱的鞋盒结构，来取代美国当时音乐厅建造较典型的宽扇形，加上缩窄的包厢，声音才不会绕在里面，然后把舞台墙面向内堆砌使声音集中。所使用的建材是砖、钢铁和灰泥，这些都是硬的残响表面，配上木地板以增加“软”的触觉。因为赛宾的建议，建筑师用平顶镶板装饰屋顶，以提供厅内每一个座位都有最好的音效。

波士顿交响厅于 1900 年首次启用，先由盖利克 (Maestro Wilhelm Gericke) 所指挥的一个慈善募款音乐会开始庆祝。就音质来说，它仍被认为是当今全球最好的音乐厅之一。但厅内有一个装饰并非

赛宾所建议的，在舞台前部的拱顶围绕有匾牌，其中只有一面匾牌有镌刻，上面刻着伟大作曲家贝多芬的名字。原先是要在每一面匾牌上刻上一位作曲家的名字，但最后主管们认为只有贝多芬有资格获此殊荣。

最终于 1906 年，赛宾担任了哈佛大学应用科学研究所所长，直到 1915 年研究所解散为止。他在第一次世界大战期间任职于洛克斐勒战争救济委员会 (Rockefeller War Relief Commission)，也是美国国家航空咨询委员会 (National Advisory Committee for Aeronautics) 的一员。然而，他在战时沉重的负担对他原就虚弱的身体造成很大的伤害，所以于 1919 年 1 月 10 日，就在他刚预订要搬进芝加哥郊外一个由慈善家法布安上校 (Colonel George Fabyan) 为他所盖的新实验室之前，因肾感染术后并发症过世。建筑声学自他死后发展成为一声誉很高的专门领域，赛宾被广泛认为是此领域的开创者。

进一步阅读：

Wallace C. Sabine, *Collected Papers on Acoustics*. Los Altos, US: Peninsula Publishing, 1993.

(本文转载自台湾大学科学教育发展中心“CASE 报科学”，网址 <http://case.ntu.edu.tw/blog/?cat=3145>)

科苑快讯

声波牵引光束在半空中穿针引线

研究人员在利用声波悬浮物体方面取得重大突破。佩戴两个网格扬声器后，科学家发现一种将多种物体悬浮起来的方法，甚至可以做反重力的缝纫活。

研究人员曾用声波使单个物体悬浮。今年早些时候，科学家制造出一种“声波牵引光束”，将一个 16 厘米宽的泡沫聚苯乙烯球悬浮在空中。

现在，同一研究团队已经研究出如何在半空中保持、旋转和移动众多物体的过程。利用 256 个扬声器

组成的两个网格和一种新颖的计算机算法，他们设法独立地操纵 25 个直径为 1~3 毫米的聚苯乙烯小球——和蚂蚁一般大小——与此同时利用它们创建立方体和金字塔形状。为了进一步证明精度，科学家把一根线栓在两个小球上，利用声学设备使其穿过织物上的一个洞，织物和线、小球同样漂浮在空中。

(高凌云编译自 2018 年 12 月 21 日 www.sciencemag.org)