



焦点工程|使用 E-Coustic 可变混响系统提升 纽约派克大街兵工厂的收听体验

作者：Steve Barbar，Anthony Nittoli

此文根据作者在第 59 届 AES 国际会议上的发言稿编译

编辑导读：纽约派克大街兵工厂（Park Avenue Armory）占据了曼哈顿中城的整个城市街区，比一个商用飞机棚还大。巨大的内部体积产生超过三秒的混响时间。然而，它同时又是一个多功能艺术场地，曼彻斯特国际艺术节的戏剧表演和林肯中心赞助的音乐演出常在此地上演。2015 年 7 月 15-17 日在加拿大蒙特利尔举办的第 59 届 AES 国际会议中，E-Coustic Systems 的 Steve Barbar 与 Akustiks 的 Anthony Nittoli 与大家分享了纽约派克大街兵工厂排演厅的音响系统设计，向大家介绍了场地独特的声学环境以及特定条件制约下的系统选择，并展示了不同演出的具体系统配置。

1. 场地简介

始建于 1861 年的纽约城第七兵工厂（Seventh Regiment Armory），也称纽约派克大街兵工厂，位于纽约市派克大街 643 号。它占据了 66 至 67 街的一个城市街区，从派克大街延伸至辛顿大道（Lexington Ave），原是纽约国民警卫队第七队的军事基地和社交俱乐部，现已被列为美国国家历史性地标（National Historic Landmark）。



图 1：纽约派克大街兵工厂始建于 1861 年，位于纽约市派克大街 643 号

本工程的重点是兵工厂内的韦德·汤普森排演厅 (Wade Thompson Drill Hall)。该大厅占地面积超过 5,110 平方米，可通行体积为整个纽约城之最。它具有美国最古老的“气球状棚式”天花板——外露的桁架上方覆盖着拱形屋顶。地面空间非常大，停靠一架 Boeing 767 飞机绰绰有余。8,495 立方米的内部体积产生超过三秒的混响时间。



图 2：韦德·汤普森排演厅 (Wade Thompson Drill Hall)

纽约派克大街兵工厂现在是一个多功能的表演艺术机构，适用于需在非传统设置中完成的演出项目，这些项目可以利用兵工厂内庞大的排演厅和星罗棋布的其它房间达到特定的演出目的。它与纽约市主要的文化机构就非常规的项目展开合作，将军工厂作为一个艺术空间推介给纽约市民。

2. 声学考虑

项目、艺人、合作者和赞助商的非同一般，决定了需要采用同样独特的方式来优化整个场地的声学条件。如果翻新井口建筑物和功能厅，当然可以采用“典型”材料进行建声处理，但是韦德·汤普森排演厅面临的是一点也不典型的挑战。在过去的半个世纪，韦德·汤普森排演厅维护较差，且经历了对原貌破坏较大的改造。如何既维持兵工厂独特的历史风貌，又提供必要的翻新以保证公共安全，是一个敏感话题。因此，改变建筑表面或增加“固定”的建声处理材料，为某种类型的演出减少过于浓重的混响，是不可能的事情。



2013年，派克大街兵工厂与林肯中心合作，推出可利用韦德·汤普森排演厅独特性质的演出活动。此次活动的高潮是柏林爱乐乐团（Berlin Philharmonic Orchestra）《马太受难曲》的演出，坐席采用与柏林爱乐音乐厅类似的“葡萄园式”（vineyard-style）布局（见图3）。Akustiks公司接受委托，与派克大街兵工厂和林肯中心一道负责声学及音响设计。他们发现，要满足《马太受难曲》演出的声学需求，需要大量的临时建声处理和一个可变混响系统。



图3 柏林爱乐音乐厅

只在一次演出中使用这些处理，成本太过高昂。即便提前几个月就进行准备，租赁成本也非常吓人。但是，他们发现如果购买核心设备和处理材料，将它们用在音乐会之前举办的演出中，所收的票钱可以支付这笔费用。本来，这笔费用要用以租赁类似设备。

决定购买设备之后，Akustiks 公司就将精力集中在提供可支持各种类型节目的核心设备上。在每一种演出中，核心设备将与纽约租赁公司提供的租赁设备组合在一起使用。

3. 基础设施

典型的多功能表演艺术场地一般具有舞台/表演区和观众坐席。这样方便安排重要的基础设施，如机房和电力设施等。但是派克大街兵工厂的排演厅专为集合骑兵而设计，并没有所谓的“固定”基础设施。因此，每有一种类型的演出，就要进行基础设施的设计，如找到临时的“机房”位置，为这些位置供电，并提供所需的散热。这里没有固定的电缆通路，派克大街兵工厂也不拥有任何线缆。不管出于什么目的（音频、灯光、投影等）而需要使用正上方位置，都得通过链条电动葫芦悬挂桁架。这些链条电



动葫芦由吊装人员通过升降设备临时安装在天花板的横梁上（见图 4）。然后，租来的电缆进行端接，按照要求运行。



图 4：一场活动典型的准备现场

将设备固定安装在中控室的机架中，这种“典型”的安装方法对派克大街兵工厂并不适用。系统设计必须将“基础设施可位于任何地方”的事实考虑在内。

这样核心设备可以根据需要，安装在中央位置，或分布到各个位置。要将核心设备与租赁设备连接，必须采用最简单和最常见的方法。但是，核心设备也必须能够与典型的巡演系统连接——尤其是能够与大中型调音台标准的多通道数字音频实现互联。

3.1 建声处理

由于各种原因，排演厅不允许通过固定式建声处理减少低频和中频段的混响时间。小规模临时建声处理实验表明，由于场地的维度较长，产生的反射和混响非常惊人。如果在观众坐席的边界处，将跨度较大的厚实幕帘从接近天花板的桁架垂挂而下，直铺地面并横穿排演厅的宽度，可以充分降低本来与硬表面相互作用的声音能量。另一端也以同样的方式垂挂幕帘。也可以根据特定演出的设计需求，使用跨度较小的幕帘。这样的声学处理充分降低了混响电平，让扩声系统和可变混响系统在最优化的环境中工作。

3.2 扩声音箱

要优化派克大街兵工厂的扩声，必须 1) 将低频输出降至最小；2) 使用可提供低频指向性控制的设备；3) 将没有打向观众的声音能量降至最低。这并不是什么新概念，但是低频指向性控制通常需要

尺寸足够大的音箱，才能控制关键的最低频率。控制 250 Hz 以下的频率是非常吓人的任务，所需的音箱尺寸可能根本就无法移动、安装和有效定向。我们发现，如果选择 250 Hz 作为低频指向性控制的截止频率，并在 250 Hz 以下使用搁架滤波器，可以为节目提供所需的音质而不受过多混响的影响。但是还有另一个考虑，这些音箱也要用于可变混响。它们不能染色，而很多指向性控制设备都表现出染色特征，将自己暴露成一个突显的、可定位的音源。使用几个候选音箱试验后，最终决定 E-Coustic 系统的 LCF-799 是最优化的选择（图 5）。16 个单元即可满足《马太受难曲》表演的需求，也为前面的演出节目提供足够的扩声。



图 5：E-Coustic 系统 LCF-799 音箱

3.3 可变混响音箱

主要用于可变混响的音箱需要以较宽的覆盖角度（120 度）提供连贯的全频声能量。它悬挂在接近天花板的桁架上，必须能产生足够的声音输出，并为兵工厂的地面提供所需的能量。重量也是一个考量，因为所需的音箱密度必须与桁架的承受力一致。

3.4 核心处理

信号处理系统需连接来自大型数字调音台的多通道音频信号以及来自磁盘录音系统和演出控制系统（show control system）的多通道信号。它必须兼容数字和模拟音频信号。另外根据场地需要，来自可变混响话筒和声学处理器的多通道信号需要独立处理，或与其它信号（直达声、声音效果、环绕声等）混合。兵工厂内的“装置艺术”（Art installation）项目还要求系统可以容纳预先录好的多通道音频文件，让它们经过处理器后，发送到多个输出通道进行播放。

系统扩展性也是另一个重要考量：比如，是否能够随时调整整个系统物理输入、输出和信号通路的数量和类型，调整是否可以轻松实现。

要在兵工厂排演厅如此大型的场地满足这些需求，系统处理器必须具有“点对点”（point-to-point-to-point）矩阵，能够处理 512 个通道，根据不同演出的需求，使用 390 路输入和输出。

- 64 SR 数字输入 MADI
- 64 SR 数字输入 AES EBU
- 64 SR 模拟输入
- 64 可变混响话筒输入
- 64 经处理的可变混响信号
- 64 话筒信号

这些输入信号将经过处理，根据需要混合，并分类至特定演出所需的输出。系统可通过 MADI 提供 390 路输出，可根据需要转换成 AES-EBU 数字音频或模拟信号。

3.5 安装

由于需要根据不同演出的需求，将设备放置在排演厅的不同区域，因此不能使用典型固定安装中常用的机柜。设备必须放置在减震箱体内，既可轻松安装在一个房间里，也可根据需要分布在整个场馆。一般电线接口位于单个“固定安装”的箱体内，但是在这个应用中，需要定制的接线面板，以实现核心设备和租赁设备互联。例如，模拟音频输出面板既为每个通道提供 XLR 接口，也为连接分开线缆的蛇形线提供多对接口（multi-pair connector）。这样并不熟悉所有设备的雇工也能高效完成连接。图 6 展示了为《马太受难曲》表演作准备的一次演出中，客户拥有的设备和租赁设备的配置。



图 6：典型的临时机房

4. 演出

预订的核心设备，包括音箱送达时，刚好赶上来自英国曼彻斯特的戏剧演出。此前没有员工见过设备，他们大都没有处理、安装和吊装这些设备的经验。

4.1 《机器人》(*The Machine*)

《机器人》是一部戏剧，情节围绕 IBM “深蓝” 计算机与象棋冠军卡斯帕罗夫 (Gary Kasparov) 那场著名的对弈展开。戏剧在观众围绕而坐的中心舞台上演，舞台设置好比一个拳击比赛场 (图 7)。



图 7 : 《机器人》演出现场

除了腰包式无线话筒，还在座位区的四角吊挂了线阵列话筒。这些话筒成对馈送 Mainframe III 处理器中独立的 E-Coustic 系统 “声学引擎”。这样，当演员面对一对话筒时，信号将发送至他们背后及两侧的观众区，保持语音清晰度。体积较大的 ECS-LCF-799 音箱安装在 “计分板” 视频显示屏之上，以维持指向性和冲击感 (图 8)，ECS LCF-599 音箱则安装在每个观众区域的正上方，提供分布式扩声、声音效果和环绕声。黑色幕布悬挂在每个观众区域的边缘，使声音与远方硬表面的互相影响降至最低。没有使用现场音源——所有的音乐和效果都是通过系统特定部分播放的音频文件，这样也将声音溢出降至最低。



图8：《机器人》演出中的ECS-LCF-799音箱

4.2 《旅客》(Passenger)

下一个演出《旅客》是一部歌剧。主题与游轮上的两个人有关。女方是纳粹集中营的一名军官，她认为自己看见的另一名乘客，是她在集中营中参与杀害的一个人。这场演出非常复杂，集中营的场景设置中有铁轨和移动的车辆，上方还搭建了游轮的架构用以表现船上的场景，管弦乐团位于舞台左侧。



图9：《旅客》的舞台

线阵列话筒用于拾取舞台前方的歌唱家，以及火车和甲板上的合唱团的声音。专有的声学引擎为管弦乐团和观众提供最优化的输出。同样的，位于管弦乐团上方的话筒馈送分别输出至舞台和观众的声学引擎。LCF-799 音箱用于覆盖后场观众区混响声场（图 10），而 ECS LCF-599 音箱为舞台和管弦乐团提供可变混响效果。



图10：《旅客》中使用的ECS-LCF-799音箱

4.3 《马太受难曲》

《马太受难曲》的演出面临着和《机器人》和《旅客》同样的挑战。与《机器人》一样，演出在观众围绕而坐的中心舞台进行，只不过观众规模会大得多。与《旅客》一样，这个演出将启用管弦乐团、合唱团和歌剧歌手，但是两个歌手和合唱团将位于舞台中央，并朝各个方向辐射。因此，线阵列话筒的使用方式将与《机器人》演出类似。另外，管弦乐团、合唱团和观众都具有专利的声学引擎，它们都经过调节，可为场馆的每个部分提供最优化的输出。幸运的是，系统专为这场演唱会的需求而设计，而且前面的演出为系统的成功应用，提供了宝贵的经验。

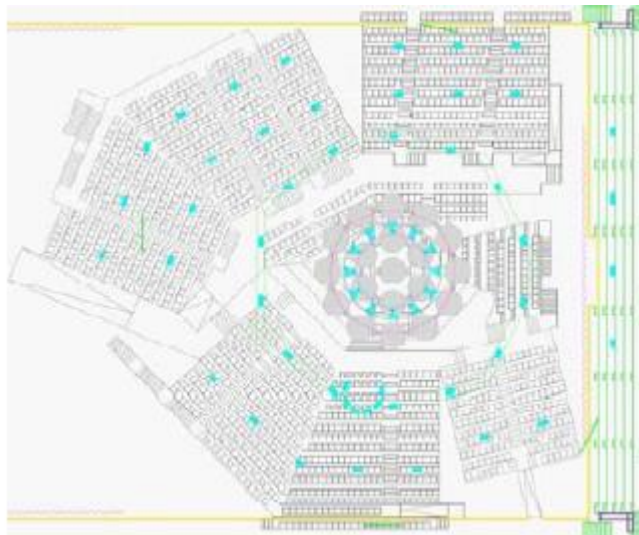


图11：《马太受难曲》单元布局

图 11 展示了规划的单元布局，图 12 展示了演出的舞台布局。



图12：《马太受难曲》的舞台布局

5. 结论

我们已经向派克大街兵工厂和林肯中心证明这种方法可以取得成功。而且，所有演出都赢得了评论界的赞美。我们也展示了，E-Coustic 系统的电子架构可以和背包式话筒组合使用，模拟一种“自然”的声学环境。但是，您不能“忽略”场地自然的建筑声学属性。临时的声学处理可以应用到每场演出中，以减少混响电平或控制有问题的晚期反射。