

上海展览馆拱形大厅改建为 3500人大会堂的声学设计

顾 身 信

(上海工业建筑设计院)

上海展览馆中央大厅，是五十年代建造的上海中苏友好大厦中的一个十分雄伟的薄壳拱形厅，长84米，宽45米，顶高18米，面积和体积都比较庞大。但由于回声、聚焦等严重的声学缺陷，长期来只限于大型设备的展览。为充分发挥大厅的作用，1983年由上海市政府决定改建为会堂、宴会和展览兼用的多功能厅堂。改建后大厅完全保留了原有的建筑面貌和展览功能，厅内可容纳3500多观众，主席台300个座位，并增设了六路同声翻译、闭路电视及空调装置。配合馆中原有的中小会议厅、停车场、电影院等其他辅助设施，目前已成为上海市一个大型会议及展览的中心。

测验和使用表明，该厅改建后扩声广播清晰明亮，原有的声学缺陷基本上克服。空

场混响时间已由原来的10秒下降到2.6秒左右，全厅声场不均匀度小于 ± 5 分贝，传声增益大于 -8 分贝，最高声级可达85分贝(A)，空调噪声低于45分贝(A)，各项指标基本上都达到了设计要求。荣获上海市1983年优秀工程设计二等奖。

原有建筑概况及改建计案

大厅平面呈矩形，中部为单层拱形结构，跨度30米，梁距6米，共14开间，落地拱形梁两端又各延伸框架结构7.5米宽。延伸部分的底层和大厅隔断，作为休息厅、贵宾室等辅助用房，二楼部分和大厅连通为观众楼厅，见图1。楼梯设在大厅二端部，改建时除一端改作主席台外，整个大厅的平面未作变

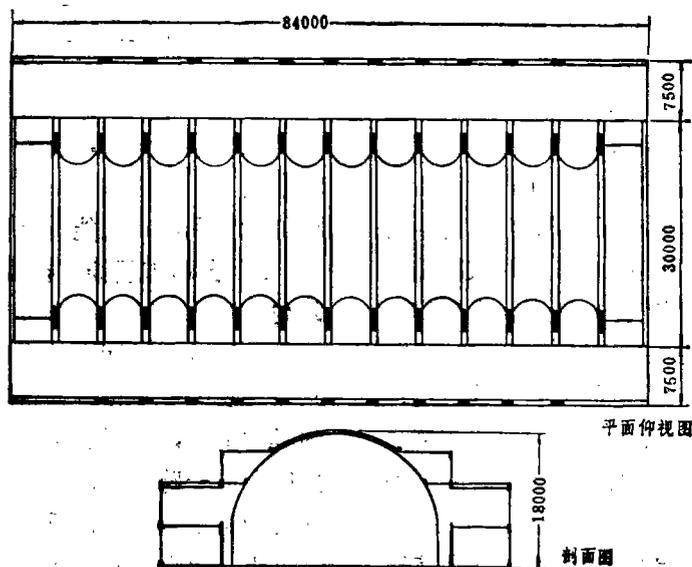


图1 大厅剖面

动。因采光需要，原有拱顶两侧都开设了老虎窗，使大厅的屋盖成为一个大拱和十四个小拱立体交叉而成，十分华丽、明亮、富有建筑特色。原设计在建筑声学上没有任何处理，也没有电声装置，除两侧大玻璃窗外，所有的壁面均为水泥粉刷和磨石子地坪。由于建筑声学上的缺陷，大厅的混响时间很长，拍手一次余音可听七秒多钟，回声清晰，语言模糊，一米外二人就无法对话。同时又要要求改建后大厅的建筑面貌保持不变。因此给改建工作带来了较大的困难。通过测试和分析，我们着重解决了如下几个问题。

1. 采用大面积吸声，控制大厅混响特性

改建前曾对大厅的空场混响特性作了实测，其 500 赫、1000 赫的混响时间都达到 10 秒左右，估算满场混响时间为 4.5 秒，远远超过了一般厅堂的要求。推究其原因有二：第一体积过大，大厅总体积为 54030 米³，以满场平均，每座占据容积 15.5 米³，为一般会堂、影剧院的 3 倍以上。第二壁面吸声系数太低，原大厅壁面没有任何吸声处理，除薄壳屋盖共振时对低频声有一定吸收外，整个大厅均为硬反射，致使声音在厅内来回振荡，久久不散。因此大幅度地降低大厅的混响时间，并将其频率特性控制到 1.5 秒左右，在工程改建中是一个十分关键的问题。为不改变大厅的建筑面貌，设计时选用了将大厅原有壁面改造为大面积吸声的方案，按会堂的混响特性要求，并结合装修效果，在大厅两端墙面及二楼平顶上分别布置了 652 米² 穿孔率为 6.4% 和 1100 米² 穿孔率为 4.1% 的玻璃棉穿孔板，重点吸收中频声。在底层观众厅侧墙上结合调箱的隔声要求，又布置了 588 米² 薄板共振结构，补充观众对低频吸声的不足。对拱顶也作了吸声处理，加上观众、座椅、窗帘的吸声作用，将使大厅的混响时间降到预定的要求。

2. 保持原有建筑特色，消除拱顶聚焦现象

大厅原有拱顶结构十分富有建筑特色，采光也比较良好，但在声学上却造成了很大的缺陷，因此如何在保留原有拱顶特色的基础上消除各种声学弊病，是改建中另一个十分关键的问题。经过反复比较，最后选中了麻袋布玻璃棉强吸声的方案。即在大厅拱顶下沿其弧形走向铺设预制麻袋布玻璃棉吸声板，利用吸声材料的作用，使入射的声音大部分被吸收。预制吸声板由杉木框架制作，见图 2，上铺以下脚涤纶棉毯，面向观众的一面蒙钉本色麻袋布，框架上装有吊钩，可在现场吊挂在乙型槽条上，乙型槽条由膨胀螺栓固定在拱形梁上。预制吸声板的单体尺寸，根据拱顶的间距定为 850 × 1700 毫米，全厅共 1000 块，两侧也做成老虎窗形式，从而完全保留了原有拱顶的特色。为提高吸声性能，涤纶棉毯选取 10 公分厚，并和原有混凝土屋盖保留了 40 公分的空腔，两板间还留有 8 公

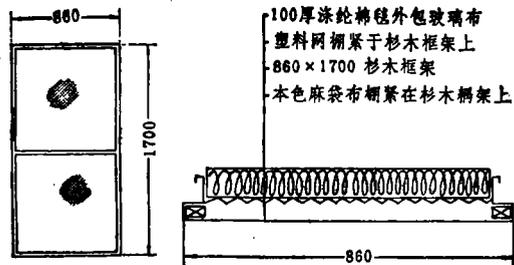


图 2 预制吸声板

分缝隙。实践证明，这种预制吸声板具有吸声系数高，施工方便，造价便宜等优点，其装修效果和吸声性能都是比较理想的。

3. 合理布置扬声器位置，提高大厅声场均匀度

大厅改建后厅内的声场条件大为改善，从而为安装电声设备提供了条件。根据大厅的具体情况，采用了声柱分区供声方案。在主席台前一跨两侧落地拱形梁的壁面上，各安装一组组合声柱，重点解决底层前区观众的供声。组合声柱由 4 只低频扬声器和 4 只高频扬声器组成(分频点为 3000 赫)，主声轴

供声距离约15米，经计算每组声柱匹配功率为20瓦。在主席台前三跨两侧又安装一组组合声柱，解决后区的供声，由六只低频扬声器和六只高频扬声器组成，匹配功率40瓦。

对于看不见主席台的二楼观众，在电声布置时只以语言清晰度为主，不强求视听方位一致。原考虑在每跨平顶中央暗装一组小声柱，经调试发现不够理想，后也改为声柱侧向供声。

大厅主席台的情况和一般会堂有所不同，该厅常用于大型会议，要求面积大就座人数多，单靠直达声就难以满足使用要求。为此在台上也设置了二组落地小声柱。为避免反馈，这二组小声柱采用四只5英寸扬声器组成，要求指向性强，功率小，移动方便。大厅的整个扩声系统见图3，共设有18路话筒输入，9路功放输出，以及供录音、电视转播的线路，每路输出都单独接配了扩大机，

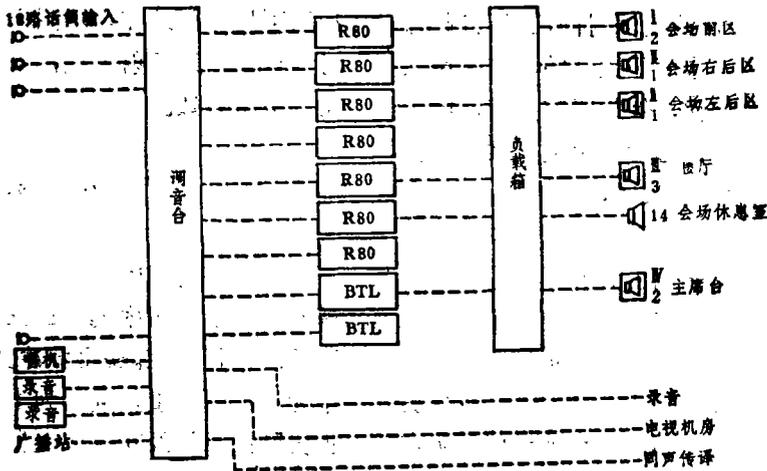


图3 大厅扩声系统

以适应各种会议的需要。

4. 改进空调箱性能，降低大厅本底噪声

大厅改建后增设了空调装置。为节省空调能量并减少管道穿墙工作量，大厅采用了分层空调方案，底层主会场由十多台空调箱负责，二楼空调及整个大厅的新风补充则由安装在二楼平顶中的风道系统解决。由于柜式空调箱布置在侧墙面和观众十分接近，因此要求噪声特别低。目前国内产品还不能满足这种要求。为此专门设计、试制了带消声器的柜式空调箱，图4。新型空调箱除了选用国产低噪声风机外，还进一步降低了风机转速。并在风机进风口设计安装了二个片式消声器，出风口安装了一个片式弯头消声器，消声量为15分贝左右。此外，还结合保温处理，空调箱内壁面都粘贴了阻尼吸声材料，

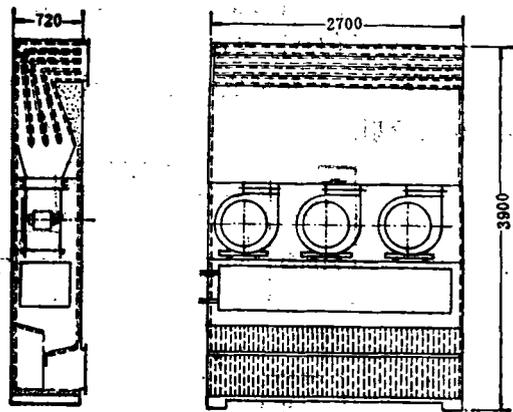


图4 消声柜式空调箱

风机的进、出风口与支架上安装了软接头及减振垫。从而使空调箱的噪声从62分贝(A)下降到40分贝(A)左右，达到了相当于大厅背(下转第34页)

