

剧院工程机电消声隔振施工技术

杨贵喜¹, 李永明¹, 张宝贵², 陈久磊², 刘方超¹

(1. 中国建筑第八工程局有限公司; 2. 郑州城建集团投资有限公司)

【摘要】现代化的剧院对声学有着极高的要求, 其设备在运行过程中产生及传播的噪声和振动会影响剧院工程使用功能的实现。文章通过对机电系统噪声及振动产生的源头、传播方式、传播途径、受影响因素及产生的后果等进行细致分析, 对机电系统进行二次深化设计, 制定消声减振应对方案, 优化其中的关键环节, 实现对机电系统噪声和振动的控制。

【关键词】剧院; 机电设备; 消声隔振

中图分类号: TU855

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2022.03.035

Construction Technology of Mechanical and Electrical Noise Elimination and Vibration Isolation for Theater Engineering

YANG Gui-xi¹, LI Yong-ming¹, ZHANG Bao-gui², CHEN Jiu-lei², LIU Fang-chao¹

(1.China Construction Eighth Engineering Division Co., Ltd.; 2.Zhengzhou Chengjian Group Investment Co., Ltd.)

【Abstract】Modern theater has a high requirement for acoustics, and the noise and vibration generated and transmitted by its equipment in the process of operation will affect the realization of the theater engineering function. Based on the detailed analysis of the source, transmission mode, transmission path, affected factors and consequences of the noise and vibration of the electromechanical system, this paper carries on the second deepening design of the electromechanical system, formulate the response plan of noise reduction and vibration reduction, optimizes the key links among them, and realizes the control of the noise and vibration of the electromechanical system.

【Keywords】theater; electromechanical equipment; noise elimination and vibration isolation

1 项目背景

郑州大剧院位于郑州市公共文化服务区四个中心, 其设计理念为“黄河天水, 艺术之舟”, 整个外立面造型由七片迎风展开的帆船型幕墙合围而成。建成后将成为河南省体量最大、功能最齐全的文化艺术展演中心。其总建筑面积为127739.67m², 建设内容包括1687座的歌舞剧场(A区)、461座的戏曲排练厅(B区)、884座的音乐厅和421座的多功能厅(C区)以及地下商业、停车场和配套的附属用房。

郑州大剧院机电工程各系统非常复杂, 设备众多、管线密集, 机电系统运行时会产生及传播大量的噪声和振动。本文通过机电消声隔振施工技术提高了施工效率, 确保了噪声振动的控制效果。

本技术在施工前细致分析机电系统震动及噪声, 并进行针对性的深化优化设计, 制定消声减震措施。在结构及建筑分区的基础上充分考虑满足建筑功能的合理机电系统分区, 为需要进行严格消声减振控制的功能区设计独立的机电系统, 根据系统消声、减振需要确定设备(设施)技术参数及控制流体流速, 同时避免其他机电设施穿越。

在机电系统安装施工过程中, 深化设计时应充分考虑系统消声、减振功能的需要, 通过隔声、吸声、消声、隔振、阻尼等处理方法, 在机电系统中设置消声减振设备(设施), 改变或阻断噪声与振动的传播路径。如设备采用浮筑基础、减振浮台及减震器等的隔声隔振构造, 管道与结构、管道与设备、管道与支吊架及支吊架与结构(包括钢结构)之间采用消声减震的隔离隔断措施。

在机电系统设备(设施)选型时, 优先选用低噪、低振的机电设备(设施), 如箱式设备、变频设备、缓闭式设备、静音设备以及高效率、低转速设备等。引入主动式消声抗振工艺。在机电系统深化设计中, 针对系统消声减振引入主动式消声抗振工艺, 扰动或改变机电系统固有噪声、振动频率及传播方向, 达到消声抗振的目的。

2 工艺流程及操作要点

图1为工艺流程图。根据《民用建筑隔声设计规范》(GB 50118-2010)^[1], 规定每一建筑功能分区的噪声允许限值见表1。在结构及建筑分区的基础上充分考虑满足建筑功能的合理机电系统分区, 为需

要进行严格消声减振控制的功能区设计独立的机电系统。对每一机电分区的机电设备进行载荷、转速、重心分布图等减震单元选型,使敏感空间周围的设备减振效率达到92%以上,其他设备的减振效率需达到85%。同时,为降低空调机房、风机房和制冷机房等对毗邻房间的噪声干扰以及减低机房内的噪声,为设备管理操作人员创造允许的噪声环境。在进行设备隔振设计的同时,对门窗墙体天花进行吸声降噪。根据计算分析,深化隔声减振平面图,并对墙体隔声量、隔声门最小隔声限值,室内天花、墙面做法与隔声量,设备最小减震效率限值进行标注。

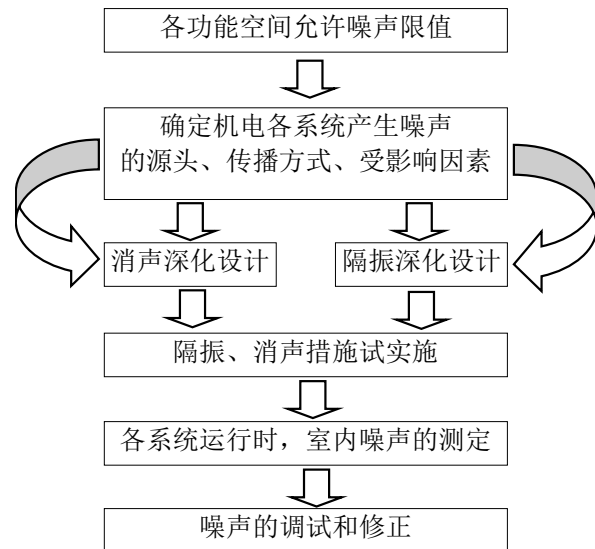


图1 工艺流程图

表1 各空间允许噪声控制指标

空间名称	背景噪声	空间名称	背景噪声
歌舞剧场	NR-25	餐厅	NR-40
音乐厅	NR-20	布景制作间	NR-35
戏曲厅	NR-25	多人化妆间	NR-35
多功能厅	NR-30	VIP化妆间	NR-30
声光控制室、调音室	NR-30	电视转播室	NR-30
排练厅、练功房	NR-30	贵宾室	NR-30
调音室	NR-20	入口大厅、休息厅	NR-45
琴房、声乐室	NR-30	会议室	NR-35
录音控制室	NR-20	管理用房	NR-35
同声传译室	NR-25	培训教室	NR-35
休息室	NR-30	商业区	NR-45

NR数即噪声评价参数,是评价噪声烦扰和危害的参数。

3 暖通系统的消声深化设计

3.1 各空间空调系统风管允许风速指标

暖通系统的消声主要包括降低沿管道传播的风

机噪声和合理控制气流噪声两方面的内容。控制气流噪声的根本措施是降低风速,各空间暖通系统风管允许风速指标见表2。

表2 空调系统风管风速允许值

背景噪声	管内气流速度允许值/(m/s)		
	主风管	次风管	房间出风口
NR-20	4.5	3.5	2.0
NR-25	5.0	4.3	2.5
NR-30	6.5	5.3	3.3
NR-35	7.5	6.0	4.0
NR-40	9.0	7.0	5.0

3.2 消声措施

3.2.1 对每一空间进行消声分析

以戏剧厅空调系统消声为例,戏剧院空调系统采用单风机变频一次回风全空气空调系统,设备主要有一台空调机组:AHU-M-D202,机组参数见表3。

表3 戏剧厅设备参数表

机组型号	风量/静压	噪声/(dB(A))	降噪标准(NR)
AHU-M-D202	30430/1150(送风)	103	25
AHU-M-D202	30430/590(回风)	97	25

3.2.2 暖通消声计算结果

AHU-M-D202送风管路系统需要在主管上安装1个有效消声长度为1.5m的消声器AHU-M-D202(-1),AHU-M-D202回风管路系统需要在主支管上分别安装2个有效消声长度为1.5m的消声器AHU-M-D202(-2)、AHU-M-D202(-3)、AHU-M-D202(-4)、AHU-M-D202(-5),才能满足戏剧院的本底噪声标准。消声单元的消声性能参数要求见表4。

3.2.3 消声风管应用

对于背景噪声要求值在NR30或更严格的区域,如观众厅、舞台、化妆间、会议室等,采用消声风管,以降低设备噪声的影响。

3.2.4 消声静压箱应用

空调系统应统一采用消声静压箱,消声静压箱不仅能稳定静压,还能对通过风管内传播的噪音起到降噪作用。消声静压箱的做法可参照图2,保温层(箱外)+箱体(≥1.5mm厚的镀锌钢板)+25mm厚的环保吸声材料(包裹玻纤布防止粉尘溢出)。消声静压箱的传声损失应符合计算表。

表4 AHU-M-D202 消声单元的消声性能参数表

编号	位置(压损)	频率/Hz							
5MSAHU-M-D20(-1)	1600×1000(35)	7	11	18	31	42	34	23	13
5MSAHU-M-D20(-2)	1600×630(22)	7	11	18	31	42	34	23	13
5MSAHU-M-D20(-3)	1600×630(22)	7	11	18	31	42	34	23	13
5MSAHU-M-D20(-4)	1600×630(22)	7	11	18	31	42	34	23	13
5MSAHU-M-D20(-5)	1600×630(22)	7	11	18	31	42	34	23	13
送风静压箱	1000×800×500	12	17	20	19	20	16	15	14
回风静压箱	1000×800×500	10	17	20	19	20	16	15	14

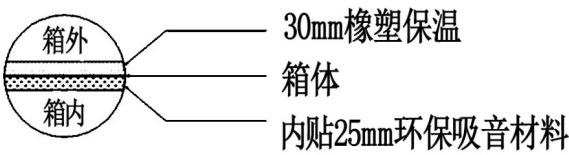


图2 成品消声静压箱节点做法

3.2.5 消声器应用

消声器的制作或采购以及安装应根据消声器配置表来确定,并且由专业厂家进行复核计算,提供暖通消声计算书于声学顾问方审核后方可施工。消声器的安装位置、串联的距离和与弯头的距离有一定的技术要求,宜大于管道当量直径的5倍,如果放置不当会产生过大的气流噪声,从而影响整体效果。

4 设备隔振深化设计

机电设备的噪声除了通过空气传播到室外,还会通过建筑物的结构和基础进行传播。削弱由机器传给基础的震动,是由消除它们之间的刚性连接来达到。对所有风机、水泵、空调机组等会产生较强震动噪声的设备均由设备厂家做了隔振计算,对每台设备选择了合适的形式与规格的减震器。

以本工程歌剧厅负一层餐厅用空调机组为例。该机组总重量约为860kg,风机转速为 $n=1230\text{r/min}$,允许传递率设为 $T=20\%$,计划采用橡胶减震垫。

①查询减震传递曲线得,当 $T=20\%$ 时, $f/f_0=2.5$,计算得 $f_0=8\text{Hz}$ 。

②查询减震基础计算曲线得,当 $n=1230\text{r/min}$, $T=20\%$,静态形变值为 $\delta=0.4\text{cm}$ 。

③查表得弹性体厚度 $h=3\text{cm}$ 。

④采用四个橡胶减震垫,则减震基座断面 $F=860/(1.6\times 4)=134\text{cm}^2$ 。

通过以上计算,橡胶减震垫选用 $14\text{cm}\times 10\text{cm}\times$

3cm 。

通过对所有重要机电设备管线进行深化设计,针对不同设备管道,采取了不同的吸音隔振措施。主要有橡胶垫隔振、弹簧减震器隔振、橡胶减震器隔振几种,空调机组橡胶垫隔振示意图如图3所示。

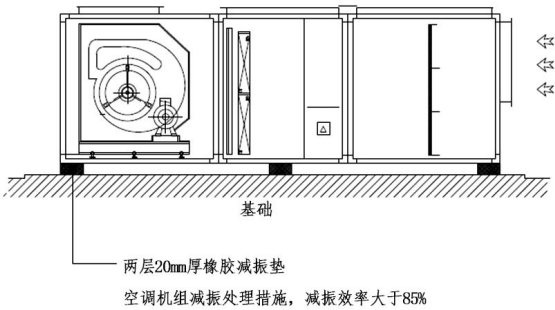


图3 空调机组橡胶垫隔振

5 声学检测

在施工过程中,使用Dirac软件对舞台、观众厅及设备机房等重点区域进行了定期检测。测试结果显示,设备运行时的噪声符合设计要求。

6 结语

综上所述,本工法适用于大、中型公共建筑工程机电系统消声减振施工,特别适用于广播电视中心、音乐厅、大剧院、会议中心等对于声学有极高要求的工程。郑州大剧院项目施工过程中成功推广了《剧院工程机电消声隔振施工工法》,通过科学组织、精心施工,节约了成本,保证了施工质量。该工法的成功实施,提高了施工效率,减少了噪声污染,提升了声学效果,确保了郑州大剧院的成功建设。

参考文献

[1] GB 50118-2010.民用建筑隔声设计规范[S].