

船舶空调通风系统减振降噪分析

徐成

(沪东中华造船(集团)有限公司, 上海 200000)

摘要: 噪声作为环境污染影响较为严重的内容之一, 对人们的生活和工作都产生了极深影响。尤其是对船员来说, 空调通风系统所产生的噪音, 直接影响了他们的日常工作和生活, 因此属于当前船舶空调通风系统设计研究关注的焦点。本文结合空调通风系统的计算流体动力学手段和基于知识组件的通风系统原理图, 对实际船舶空调的通风系统进行了深入研究, 由此入手提出有效的减振降噪策略。

关键词: 船舶; 空调; 通风系统; 减振降噪; 流体动力学; 知识组件

中图分类号: U66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 03—0110—03

在当前船舶空调通风系统研究分析中, 不管是计算流体动力学(CFD)手段还是基于知识组建的通风系统原理图, 都在船舶空调通风系统设计中展现出了积极作用, 前者主要用来分析系统设计的性能, 而后者可以直观呈现整体系统的原理图。由于船舶设计是一项循环迭代的过程, 会随着设计阶段的不断深化, 整体系统所包含的信息数量会越来越多, 设备安装和管路放样也会变得更加准确。因此, 要想对整体系统进行减振降噪处理, 必须要根据系统原理投入更多的研究时间和精力。

1 系统模型推导

1.1 基于知识组件的系统原理分析

结合如下图1所示的系统原理绘制模型分析可知, 设计人员要优先考虑设备的各项信息, 且所构建的数字化原理图包含设备图形符号及属性信息, 由此形成三元组:

$$SD = (A, D, P)$$

在上述公式中, $A = \{A_1, A_2 \cdots A_m\}$ 代表原理图中舱室的区域集合, m 代表舱室的数量; $D = \{D_1, D_2 \cdots D_n\}$ 代表设备集合, n 代表设备数量; $P = \{P_1, P_2 \cdots P_n\}$ 代表社会属性。

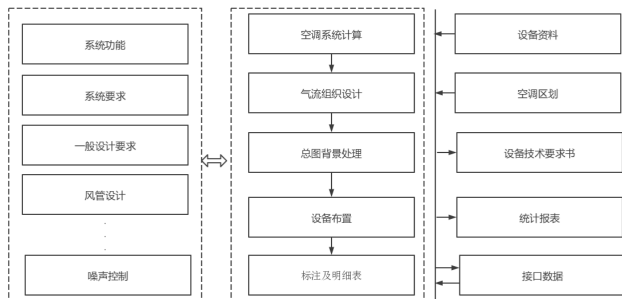


图1 系统原理绘制模型

从本质上讲, 知识组件的基本属性是利用集合来表现几何与功能, 具体二元组如下所示:

$$PC = (P_g, P_b)$$

在上述公式中, P_g 代表知识组件的几何属性, P_b 代表知识组件的功能属性。

从位置属性来看, 知识组件的位置关系属性集合可以用来展现实例化知识组件所在区域的坐标属性, 具体四元组如下所示:

$$LC = (L_a, L_d, L_c, L_p)$$

在上述公式中, L_a 代表知识组件实例化时所在区域的编号, L_d 代表所在地区的甲板编号, L_c 代表所在舱室的编号, L_p 代表坐标信息。

在邻接属性中, 这一属性集合可以用来表现实例化的知识组件和原理图其他设备之间的邻接关系, 具体二元组如下所示:

$$TC = (T_{cid}, T_a)$$

在上述公式中, T_{cid} 代表邻接设备的分类编号, T_a 代表邻接的具体方式。

在接口属性分析中, 相应集合主要用来表现系统、零件之间的接口数据信息, 具体二元组如下所示:

$$IC = (I_i, I_o)$$

在上述公式中, I_i 代表其他系统和零件之间的输入接口信息, I_o 代表输出的接口信息。

根据上述分析可以将船舶空调通风系统分成三部分内容, 具体结果如下图2所示:

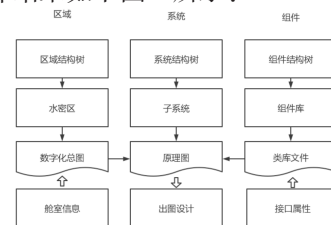


图2 原理业务模块

首先, 系统是指根据规定要求对船舶进行多级划分; 其次, 区域*i*是指船舶内部经水密隔舱划分的具体范围, 具体表示为:

$$WA_i = (W_{wi}, W_{di}, W_{ci})$$

在上述公式中, W_{wi} 代表水密区编号是 i 的各项信息, W_{di} 代表水密区所对应的甲板层集合, W_{ci} 代表水密区对应舱室集合。最后组件是根据标准要求对船舶进行划分的某类具体设备, 具体形式是类库文件, 实际公式为:

$$Ci = (C_ID_i, E_ID_i, CP_i)$$

在上述公式中, C_ID_i 代表组件分类的标识, E_ID_i 代表组件实例化, CP_i 代表主见属性的信息集合。

结合上图进行数字化的总原理图设计, 根据标准化接口完成信息融合与设计, 相应的船舶空调通风系统的数据交换和传递模型, 如下图 3 所示:

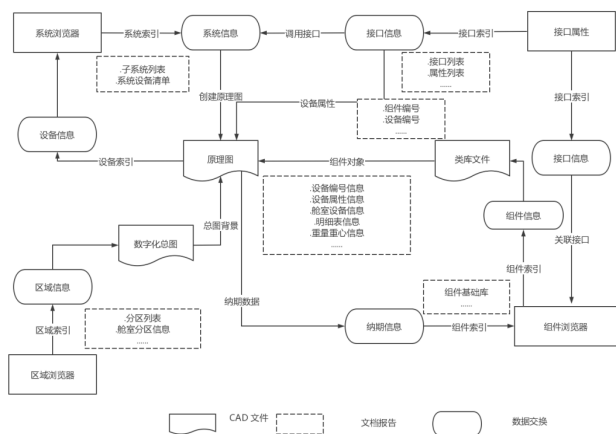


图 3 数据交换传递的模型图

1.2 CFD 方法

简单来讲, 利用 CFD 技术对船舶空调的通风系统进行研究, 拥有严谨的理论依据, 大部分模拟计算的实例, 经过实验室验证都具有有效性。常见的计算通风量公式为:

$$L = \frac{Q}{pC_p \Delta T}$$

在上述公式中, L 代表风量, 单位是 m^3/s ; Q 代表发热量, 具体单位是 kW ; p 代表空气比重, 具体数值为 $1.13kg/m^3$; C_p 代表空气比热, 具体数值为 $1.01kJ/kg \cdot ^\circ C$; ΔT 代表进出空气的温差, 本文研究设定为 $10^\circ C$ 。同时, 利用室内零方差模型根据室内空气自然对流与混合对流的直接数值模拟结果提出湍流模型, 实际模型要结合房间内部非等温流动 Rayleigh 数值范围进行分析, 最终结果提出湍流涡粘性系数正比于壁面最近的距离。实际计算湍流的粘性系数公式为:

$$\mu_t = 0.03874P \nu L$$

在上述公式中, ν 代表局部的速度数量, L 代表和最近墙面之间的距离。

依据研究流传热系数来明确边界层的传热情况, 具体公式如下所示:

$$h = \frac{\mu_{eff} C_p}{Pr_{eff} \Delta x_i}$$

在上述公式中, Pr_{eff} 代表有效普朗特数; Δx_i 代表临近墙面栅格之间的距离, μ_{eff} 代表有效粘性系数。

在研究热排效率时, 可以用来评估变压器室通风系统的排热水平, 具体公式如下所示:

$$E_r = \frac{T_e - T_0}{T_z - T_0}$$

在上述公式中, E_r 代表通风系统的牌热效率, T_e 代表实际排风温度, T_z 代表整体平均温度, T_0 代表实际进风温度。具体温度变化结果如下表 1 所示:

表 1 船舶空调通风系统的排风口温度变化

排风口	最低温度 / $^\circ C$	最高温度 / $^\circ C$	平均温度 / $^\circ C$
1.0	41.91	45.99	43.97
1.1	43.59	46.76	45.69
1.2	43.40	49.37	46.30
1.3	44.94	48.46	46.75
1.4	49.76	54.15	51.69
1.5	45.95	50.95	48.40
排风口平均温度			47.13

2 船舶空调通风系统出现噪声的主要原因

结合上述分析发现, 船舶空调通风系统产生噪声的因素有很多, 而要想进行减振降噪分析, 必须要针对影响较大的多个噪声元进行有效的处理, 只要条件允许, 噪声污染完全可以消除。需要注意的是, 中央空调系统的噪声控制指标并不能一概而论, 需要根据具体应用要求和控制标准进行有效控制。

从实践角度来看, 噪声的原因涉及到以下几点: 第一, 设计。不管是控制还是降低系统噪声, 都需要多学科和多专业的配合, 因此设计人员要在掌握船舶结构、升学控制、管道设计等基本知识的基础上, 明确认识到整体系统设计的投入成本较高, 要想真正实现控制噪声, 必须要在设计之初融合各个方面的运行情况进行有效的减振降噪设计; 第二, 安装。船舶居住区域的结构较为复杂, 整体空间划分大小不一致, 所构建的营运环境存在多样性, 在安装空调通风系统之前, 很容易出现管道之间的碰撞现象, 由此形成振动。受成本和空间等因素的限制, 连接区域大都是选用应连接的方式进行处理, 并没有考虑减振降噪的具体要求。同时所选材料也会出现固定的噪声频谱特征, 随着实际运行时间的增加, 通风系统必然会产生破洞、裂纹等现象; 第三, 管理。船舶空调所安装的空调设备拥有独立房间, 通风管道会固

定在天花板内部,但因为缺少完善的管理设计意识,致使内部空气滤网没有得到及时处理,供风口也没有进行科学清洁,最终导致内部形成附加振动;第四,环境。船舶的运营环境存在多变性,因此要想真正实现空调通风系统的减振降噪处理,必须要结合实践应用累积经验在设计初期不断探究,注重根据船员的日常需求构建舒适且安静的居住环境。

3 基于船舶空调通风系统减振降噪的设计分析

要想有效处理现阶段布风器送风所产生的噪音,本文在研究中提出了全新的技术方案。这种低噪音的布风器,包含了出风管、进风管以及连通箱体,实际管口设计在箱体的一侧,出风管设计在箱体底板上,箱体内部没有消音保温材料层,会和进风管的管口设计相对应的调节机构,其中还包含消音装置。具体设计要点分为以下内容:

3.1 科学调整进风量

调节机构可以对进风管的大小进行科学调整,运用调节手柄引导调节盘旋转,同步带动连杆旋转,促使后端和连杆活动铰接,连杆带动调节杆后端按照前端和调节盘中心进行连线移动,以此保障连接在调节杆前端的挡板和进风管截面呈现远离或靠近的状态,以此让进风管进入箱体进风腔内进行大小调整。具体设计分为以下内容:首先,船舶系统空调通风系统的调节机构涉及到手柄、挡板、调节感等内容;其次,手柄要连接在调节盘的中心区域;再次,要在调节盘中安装处在直径的连杆,其中后段处在非中心区域进行连接,前端和调节盘中心、进风管的轴向中心处在同一水平线中;最后调节感前端要和挡风刮的截面、连接挡板进行对应设计。

在完成上述设计后,利用调节机构对船舶空调的通风系统进行科学控制,可以集中管控进风管的进风数量,方便后续进行减振降噪处理。消音设备放在箱体中进行箱体分割,可以获取出风腔、进风腔、进风通道。进风管和调节机构要放在进风腔中,箱体内壁的消音材料和装置可以构成流线型的通风通道,大小等同于进风管的管径,出风腔要连接出风管。

3.2 具体的减振降噪处理

消音装置与箱体内部的消音保温材料之间可以构成流线型的进风通道,这样进风腔在经过管道进行送风时,空气受到压缩与膨胀会抵抗因为噪音声波影响而产生的速度变化,不管是装置还是材料都具有阻尼作用,声波会让材料层中的吸声材料出现振动,并在摩擦、黏滞阻力的影响下,将部分声能转变成热能逐渐吸收,以

此控制噪音的继续传递。同时,声波经过消音装置摩擦,可以让部分声能被损耗吸收,促使入射声波几乎不会受到影响,以此预防产生空气物流现象,有效减少噪音的出现。同时,要在消音装置、出风腔、进风腔等连接区域设计成外圆弧结构,出风腔内壁拐角的消音保温材料要呈现出圆弧结构,这样不仅能提升送风流动的速度,还可以有效控制空气涡流噪音的出现。

3.3 延长应用寿命

布风器箱体材料可以选择镀锌板,也可以利用铝锌板,后者的防腐性能达到前者的两倍,实际耐腐蚀性非常强,能有效延长布风器的应用时间。从实践角度来看,要利用镀锌孔板将箱体分成彼此连接的各个区域,任意一侧或两边都要安装消音保温材料层,实际通道大小要低于出风管和进风管的管径。这种设计不仅能帮助船舶空调通风系统有效进行减振降噪处理,还可以进一步保障系统运行的安全性。

4 结语

综上所述,本文以知识组件为核心的空调通风系统原理图,引用了CFD技术方法进行实证分析,结合具体问题提出了一种低噪音布风器。整体设计需要让出风管和进风管与连通箱体有效连接,在箱体一侧设计进风管,在箱体底板设计出风管,箱体内部必要安装消音保温材料,箱体内部还要配备与管口一致的调节机构。同时,保障消音装置和保温材料之间构成流线型的进风通道大小要和管径一致。这种减振降噪的设计方案,不仅能满足进风出风的各项需求,还可以达到低噪音的运行要求,整体操作结构简单,非常适合在船舶空调通风系统的末端应用。

参考文献:

- [1] 杨亢元,肖鹏安,李伟光.基于知识组件的船舶空调通风系统原理图快速生成方法[J].中国舰船研究,2021,16(2):71-77.
- [2] 陈朝锋.FPSO船舶的空调通风设计研究[J].工程建设与设计,2019,000(004):86-87.
- [3] 于鹏,杨哲,魏来.基于PTFE薄膜拍打式摩擦纳米发电机的研究[J].船舶物资与市场,2019,No.159(05):22-25.
- [4] 李爱华,戴辉阳.通风与相关专业间的影响及处理方法[J].船舶与海洋工程,2019,035(005):P.60-64.
- [5] 郁红瑾,陆建平.船舶空调制冷压缩机的液击损坏及防范措施[J].南通航运职业技术学院学报,2020,19(1):4.