

利用 SOLIDWORKS Flow Simulation 验证无叶风扇流量倍增技术

智诚计算机辅助设计（深圳）有限公司 王汉武

无叶风扇以其独特的造型以及高效的通风性能为世人所熟知，其安全性与创造性的设计，对风扇行业产生了较大的影响。本文以无叶风扇为研究对象，模拟了无叶风扇整机与外部流场，验证了流量倍增现象。

一、引言

风扇在传统观念里，都是指带有叶片的旋转机械，依靠旋转出风。但到了 2009 年，英国的发明家 James Dyson 推出了一款新发明——无叶风扇。无叶风扇没有传统电风扇的叶片，它吹出的风比较柔和，且无冲击感。因为它在外观上没有叶片，可以防止旋转的风扇造成误伤，使用更加安全可靠。其利用出风口的特殊结构设计，能够带动更多周围的空气向前运动，从而使空气流量增加 15 倍左右。其工作原理如图 1 所示。

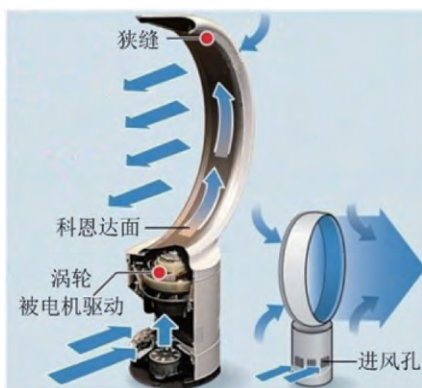


图 1 无叶风扇工作原理

二、三维模型的创建

由于无叶风扇物理原型比较复杂，且内部结构配合的装置繁杂，包括叶轮、电机和一些盖板等。为了进行数值模拟研究，将其中一些部件作了简化处理。设定入口处为一恒定流量入口。简化后的模型全流场如图 2 所示。

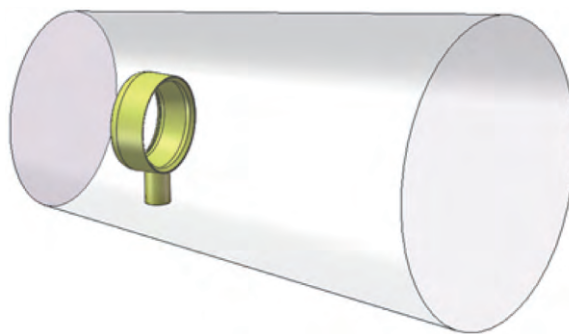


图 2

图 3 中包含了无叶风扇内部流动与外部流动情况。解释了在数值模拟时，流体从底端进口进入，通过出口狭缝流至外界。周围的空气也被从狭缝流出的空气所带动，合流向前运动。

三、网格划分

为了保证在狭缝处的计算精度需要设置最小间隙为 2mm，全局网格为 4 级最终划分网格数量约为 320 万，网格切面图如图 4 所示。

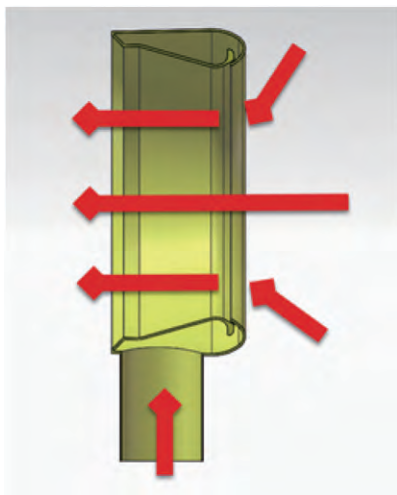


图3 无叶风扇内部气体流动方向

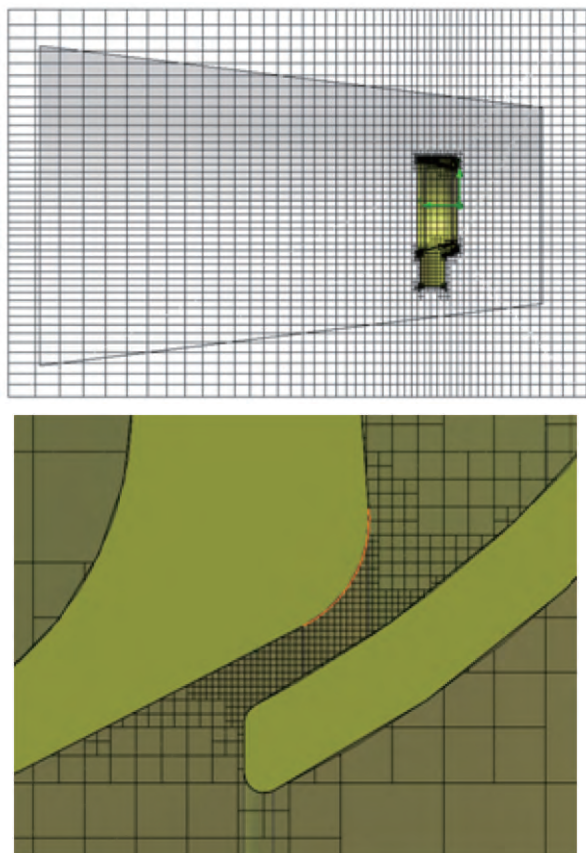


图4 网格结果

四、设定边界条件

本研究中三维数值计算以体积流量进口为进口边界条件；以环境压力为出口边界条件。入口条件为恒定体

积流量 $27\text{m}^3/\text{h}$ 。计算域模型直径为 640mm、1000mm 和 1200mm，分别进行计算模拟和流动分析，以便获取较为合理的计算域。下面就从速度分布角度来研究这 3 种不同计算域的流场分布情况。

五、速度分布结果

图 5 为不同计算域模型 XY 平面速度等高线图，从中可以发现，几种尺寸的计算域速度大小接近，速度梯度分布大致相同，基本符合周围气流被带动的效果。



640mm 计算域



1000mm 计算域



1200mm 计算域

图5 速度分布

流动中，除了 640mm 模型，其余 2 个模型风圈背后且靠近狭缝处有小面积的相对高速区域，且形状较为接近。而

640mm 模型由于流动计算区域尺寸较小的原因,此相对高速区域较大,几乎覆盖整个风圈中心区域,此现象极可能是由于计算区域较小造成的流体流动受挤压汇聚而引起的。

六、流量倍增原因解析

通过查看结果中的表面参数可以得到参考面的体积流量约为 $0.0923\text{m}^3/\text{s}$,结果如图 6 所示。

基座进口处的体积流量设为 Q_1 :

$$Q_1=0.0075\text{m}^3/\text{s}$$

出口处的体积流量设为 Q_2 ,由于流场每一个横截面上的质量流量数值均有差别,所以这里以图 6 所示的截面体积流量为例来计算说明倍率关系:

$$Q_2=0.0923\text{m}^3/\text{s}$$

增大倍数定义为 K ,即:

$$K=Q_2/Q_1=0.0923/0.0075=12.3$$

由于本研究只考虑了科恩达曲面对流场的影响,而忽略了涡轮的影响,因此流量增大倍数和相关文献中提到的约为 15 倍有一定差别。

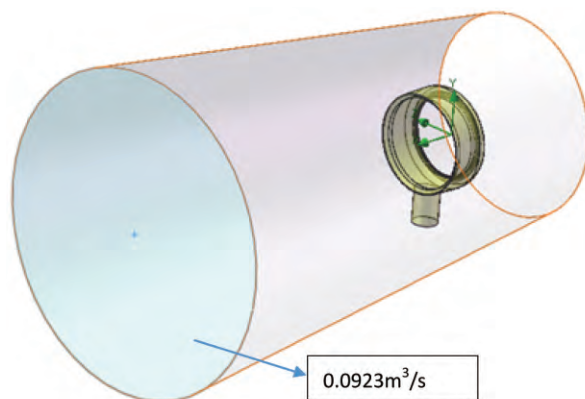


图 6 截面体积流量

七、结语

本文介绍了使用 SOLIDWORKS Flow Simulation 模拟无叶风扇的流动情况。介绍了模型的简化、网格的划分以及边界条件的设定。分别模拟了不同计算域对模拟结果的影响。通过参数捕捉验证了无叶风扇流量倍增的现象。IM

《智能制造》杂志征稿通知

一、征文范围

1. 数字化设计与制造
 2. 智能设计理论、方法及系统
 3. 自动化与现代制造系统
 4. 机器人技术及应用
 5. 虚拟设计与虚拟样机
 6. 网络化控制与制造技术
 7. 绿色设计与绿色制造中的智能技术
 8. 智能加工、智能检测与控制
 9. 数字企业与数字化工厂
 10. 制造系统建模、运行、控制、优化与调度
 11. 先进制造模式与战略
 12. 制造信息与知识处理
 13. 数控技术与数字化装备
 14. 现场总线与无线传感网技术
- 注:以上内容范畴仅供参考,围绕智能制造全领域,具体题目

请自拟。

二、论文遴选、刊录出版和基本要求

1. 《智能制造》编辑部组织编委会有关专家,对投稿进行审查、遴选,择优刊登。审查遴选期限为自编辑部收到稿件后的三个月。对于刊登的论文,编辑部提供正式录用通知。
2. 论文内容必须是作者未正式发表过的研究成果,论文主题与智能制造相关,投稿作者须恪守学术道德规范,文责自负,严禁一稿多投及中途撤稿。论文字数 4000 ~ 7000 字。
3. 论文应包括以下项目:论文题目;作者简介(200 字以内,包括姓名、工作单位、通信地址、电话、手机、电子信箱等);中文摘要、关键词、标题和正文、参考文献。

三、编辑部投稿联系方式

联系人:张友苹
联系电话:010-68993880-293
邮箱:imchina@idnovo.com.cn