

CFD方法在流体机械设计中的应用

夏正廷

兰州信息科技学院 甘肃兰州 730300

摘要: 在我国科技水平不断提升的时代背景下, CFD已经成为流体机械设计中经常会应用到的重要技术手段, 能够精确计算出低速、超音速之间产生的无粘性流体情况, 以及所表现出的物理特性, 进而为流体机械设计提供精确的数据参考, 使流体机械设计更加科学、合理。基于此, 从实际角度出发, 分析CFD方法在流体机械设计中的应用情况是十分必要的。

关键词: CFD; 流体机械设计; 应用

Application of the CFD method in fluid mechanical design

Zhengting Xia

Lanzhou Institute of Information Science and Technology, Lanzhou 730300, China

Abstract: Under the background of the increasing level of science and technology in China, CFD has become an important technology often used in fluid mechanical design. It can accurately calculate the non-cohesive fluid between low speed and supersonic speed, as well as the physical characteristics, and then provide accurate data reference for fluid machinery design, making fluid machinery design more scientific and reasonable. Based on this, from a practical point of view, it is necessary to analyze the application of the CFD method in fluid machinery design.

Keywords: CFD; fluid mechanical design; application

1. 引言

随着科学技术的进步和经济的发展, 许多领域(特别是石油化工、航空等)对高性能的流体机械需求越来越迫切。为了适应社会的需求, 需要进行试制和大量试验参数测量等工作, 为此需要耗费大量的资金和时间。显然, 为了设计出高性能的流体机械, 传统的设计方法已满足不了需要, 必须采用现代设计理论和方法。这就要求设计者必须详细掌握流体机械性能和内部流动状况, 从而给流体机械内部流动理论和试验研究提出了新的课题。

研究流体流动的方法有理论分析、实验研究和数值模拟三种。对叶轮机械、喷管、管道等内部流动实验测量时, 要求的实验装置复杂庞大且实验成本较高, 研制周期长, 因而使实验研究受到了很大的限制。而数值模拟将以其自身的特点和独特的功能, 与理论分析及实验研究一起, 相辅相成, 逐渐成为研究流体流动的重要手段, 形成了新的学科——计算流体力学。近年来, 随着高速、大容量、低价格计算机的相继出现, 以及CFD方法

的深入研究, 其可靠性、准确性、计算效率得到很大提高, 展示了采用CFD方法用计算机代替试验装置和“计算试验”的现实前景。CFD方法具有初步性能预测、内部流动预测、数值试验、流动诊断等作用。

在设计制造流体机械时, 一般的过程为设计、样机性能试验、制造。如果采用CFD方法通过计算机进行样机性能试验, 能够很好地在图纸设计阶段预测流体机械的性能和内部流动产生的漩涡、二次流、边界层分离、尾流、叶片颤振等不良现象, 力求将可能发生故障的隐患消灭在图纸设计阶段。

2. CFD方法概述

2.1 内涵原理

CFD是计算流体力学的英文简称, 是流体力学体系的重要构成, 作为近代流体力学领域重大研究成果存在, 由计算机科学、数值数学构成, 具有极强的学科交叉性。就其原理来看, CFD以计算机方法为手段, 以不同类型的离散化数学方法为辅助, 在计算机超强运算能力的作用下, 围绕流体力学各项问题开展全方位的分析、

模拟计算、数值实验等计算活动,最终得出流体控制方程的近似解。从发展的角度来说,CFD诞生兴起于20世纪60年代,90年代后期受计算机技术迅猛发展态势的影响,而得以实现了快速的发展。21世纪初期在计算机硬件工业的强大支持下,CFD实现了飞速发展,并基于其方法具备模拟复杂亦或是理想过程,且实验分析成本较低等诸多优势,而被广泛应用于各种实验场景中。

2.2 方法技术

CFD方法是以电子计算机为手段,在离散化数学方法的基础上所建立起来的一门学科,综合了计算机科学、数值数学、流体力学等学科之优势于一体。因此,就其方法技术而言也在很大程度上带有这些学科的影子。具体来讲,CFD方法技术主要包括以下几方面:

(1)有限体积法(FVM),该方法是当前发展最成熟的一种CFD算法。该方法的基本原理是,通过对计算区域进行控制体积的明确划分,以体积为节点借助守恒型微分方程来进行积分后离散求解。该方法的优点在于守恒性、灵活性突出,能够克服泰勒展开离散的缺点,适用于各种复杂工程问题的解决。

(2)有限差分法(FDM),该方法最早被应用于数值模拟运算当中,对CFD的早期发展起到了极关键的作用,因此,FDM也是所有CFD方法中应用最广泛的一种方法。该方法的基本原理是,通过对空间、时间区域的网格划分,将原有的连续求解域以有限的网格节点替代,将表示变量连续变化关系的偏微分方程离散为有限个代数方程,在逐个计算的基础上,求出不同时间段下各网格节点溶质浓度。该方法的优点在于表达简单、直观,有助于我们理解。

(3)有限元法(FEM),该方法建立在加权余量法、变分原理的基础上,被广泛运用于泊松方程、拉普拉斯方程相关物理场景中。其原理是以单元为单位,对计算域进行离散剖分,并为每一单元选择相应的基函数,以此逼近单元真解。该方法常被运用于结构力学、电磁力学、流体力学的计算工作,能够对预判设计阶段的实验测试起到很好的替代作用,极大地节省了成本。

3.CFD方法在流体机械设计中的应用

3.1 CFD方法在水泵设计中的应用

水泵属于流体机械的一种,而CFD方法在流体机械设计中的应用比较广泛,所以CFD技术也能够使用在水泵的设计当中。水泵是一种输送液体水的工具,生活中常见的水泵有单极轴流叶轮机械,主要组成部分为静子与转子。常用的CFD技术软件为FLUENT,只

要是跟流体机械设计有关的工业都可以使用FLUENT。不仅能够提升数值计算的准确性,建立更加完善的物理模型,还具备强大的处理功能,为水泵设计的可靠性提供了基本保障。

(1)建立模型。FLUENT软件的使用是建立在模型的基础上,所以要想充分发挥出FLUENT软件的重要作用,构建模型是非常必要的。在构建模型的时候,需要根据转子片数和静子片数进行分析,假设静子和转子都只有一个叶片,且转速为1200r/min,利用假设实验对水流流动问题进行分析,将预先设定好的数据输入到FLUENT软件当中,就可以开始建立模型了。模型构建完毕后还要适当的进行简化,简化到一定程度之后就可以进行网络划分与网格设置。

(2)数值计算。水泵模型构建结束之后,需要根据模型进行数值计算。利用FLUENT软件中的三维单精度求解器进行分析,在三维单精度求解器中选择恰当的计算模型,然后根据所选择的标准进行函数分析,通过使用混合面来对水泵进行喷水实验,观察静子和转子的运动情况。另外,在模拟的过程中,还需要对外界环境进行设置,因为CFD技术在使用的时候非常容易受到外界环境因素的影响,如果不进行科学的控制,就会影响到最终的实验结果。除了外界环境以外,还要检查进口压力,当所有的条件都在相关标准的控制之下,就可以利用FLUENT软件中的3D技术对模型进行数值计算,从而描绘出比较真实的水泵运行模拟图。

3.2 CFD方法在压缩机设计中的应用

压缩机也属于流体机械,主要用于输送压缩气体和提高气体压力。在使用CFD方法设计压缩机的时候,需要对压缩机的缸壁和活塞进行设置。缸壁用圆柱体来表示,活塞用运动壁面来表示。一般情况下,会将曲柄角度设置为 180° ,让活塞自下而上进行运动,一点一点对缸内气体进行压缩,当活塞压缩到一定程度的时候,或者是当曲柄角度为 360° 的时候,活塞又会重新回到原来的位置,但是这一次运动的曲柄角度不再是 180° ,而是 540° 。

利用CFD方法中的Gambit软件进行压缩机模型的构建,模型构建完毕后还要适当的进行简化,简化的时候要严格遵守相关的简化步骤进行,指导压缩机模型简化到一定程度之后就可以进行网络划分与网格设置。当压缩机模型建立结束之后,就要开始根据模型进行数值计算了。依然是采用FLUENT三维软件对压缩机模型进行数值计算,根据三维单精度求解器的设置进行分析,启

动非稳态的求解器, 确保压缩机模型数值分析的准确性与可靠性。

4.CFD方法未来发展趋势

经过多年的发展, 我国CFD方法理论研究体系不断完善, 并且经过不断的推广、实践, 已经被广泛运用于航空航天、船舶制造、气象监测、武器装备、建筑工程、水利设计、汽车制造、环境卫生、等工程领域当中, 取得了十分傲人的成绩。2019年9月, 在重庆成功召开了汽车空气动力学分会学术年会, 以“CFD新技术应用及发展趋势展望”为主题, 邀请国内外科研机构、企业、高校等行业专业人士对CFD未来发展趋势进行了积极的展望。其探讨内容包括CFD在新能源汽车热管理开发、机器深度学习、工具使用、简易化界面设计, 以及与风洞试验的融合运用等CFD相关热点话题。由此可见, CFD方法在未来的发展中, 会逐步朝着便捷化、多功能化的方向发展, 以此适用于工业生产日益网络化、智能化的发展趋势, 为精准化、全面化仿真实验奠定坚实的基础。此外, 为有效解决CFD方法在多领域的普遍性适用问题, 我们还必在加大对CFD研究的基础上, 早日研发出更加贴合我国产业发展需要的国产CFD软件。

5. 结语

综上所述, CFD方法作为目前一种先进、有效的流体力学分析方法, 其实际效用已经得到了社会各界专业

人士的高度认可, 并凭借该方法在计算机计算、数学逻辑分析等方面的显著优势, 被广泛地应用在社会各领域中, 对流体机械设计的优化、功能的完善等都起到了极为显著的促进作用。在未来的工作中, 我们要在以往工作成效的基础上, 继续砥砺前行, 加大对CFD方法的研究力度, 深度挖掘该方法在流体机械设计方面的潜在功效, 使其能够更好地为流体机械设计服务, 以此促进我国工业化发展水平、发展程度的加深。

参考文献:

- [1]王琳.CFD方法在流体机械设计中的应用研究[J].中国设备工程, 2021(09): 111-112.
- [2]马斐.CFD方法在流体机械设计中的应用[J].机械管理开发, 2020, 35(11): 291-292.DOI: 10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2020.11.120.
- [3]张明慧.CFD方法在流体机械设计中的运用分析[J].山东工业技术, 2017(01): 109.DOI: 10.16640/j.cnki.37-1222/t.2017.01.094.
- [4]严庆生.CFD方法在流体机械设计中的应用[J].电子制作, 2013(20): 36.DOI: 10.16589/j.cnki.cn11-3571/tm.2013.20.169.
- [5]赵兴艳, 苏莫明, 张楚华, 苗永淼.CFD方法在流体机械设计中的应用[J].流体机械, 2000(03): 22-25+4.