泵过流部件三维造型的应用

刘炜巍，李红，李安虎
（江苏大学，江苏 镇江 212013）

摘　要：在泵三维造型的基础上，论述了实体造型在流场分析中的用途。以蜗壳流道为例，建立了控制方程，设定了计算区域及边界条件，给出了分析过程和分析结果；介绍了利用实体生成二维视图、数控加工、装配、生成3D图像等应用实例。

关键词：泵；三维造型；应用；数值模拟
中图分类号：TP391.7　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1005-6254(2004)03-0011-03

0　引言

近年来Pro/Engineer、UG、SolidWorks、MDT等三维造型软件已在泵行业普及应用。在三维造型的基础上就可以进行流场分析、物质特性分析、有限元分析，并可以进行数控加工、模拟仿真等，从而全面体现CIMS的真正含义。本文以造型为基础，以FLUENT、MDT、3DS MAX、Pro/E等后处理软件为资源，在实体的应用上做些尝试，为三维造型的后继集成化做些积极的探索。

1　为数值模拟提供计算模型

泵的三维流道实体，以.stp等格式输出到CFD软件中，就可以对内流场进行数值模拟，研究内部流动状态。以目前国际上比较流行的美国公司的FLUENT软件作为分析工具，以文献[5]中的IS200-150-400离心泵蜗壳流道为研究对象，对该蜗壳内三维湍流场进行数值模拟。

1.1　建立控制方程

设蜗壳垂直x轴，轴面为y，z平面，垂直纸面向外为x轴，蜗壳内为定常流动。采用工程上广泛应用的标准$k-\varepsilon$模型并进行修正。

由于蜗壳内部流道的旋转、弯曲和强三维性以及可能出现的流动分离，使得蜗壳内部流场呈现各向异性和具有各种湍流尺度。因此，要根据蜗壳内流场高速旋转流线弯曲的特点，对适用于充分发展湍流的标准$k-\varepsilon$模型进行修正。一般有两种方法：①把C_μ、C_1、C_2等湍流模型常数不再视为常数，而是满足某种规律的函数。主要有流线曲率的影响及修正和旋转的影响及修正。②放弃湍流各向同性的假定，不再使用标量粘性系数的概念，而是按理论分析给出应力$\rho\overline{u_i'u_j'}$与k、ε、$\partial u_i/\partial x_j$等量之间的关系式，用以代替原来的Boussinesq的假定[5,6]；或者仍采用Boussinesq的假定，但仍认为μ_t是张量，且其中的C_μ也是张量并是变形率的函数。本文采用的是第一种方法。

1.2　计算区域及网格

采用SIMPLEC算法求解离散方程，导出压力方程，并通过解此方程来修正速度场及压力场。图1为FLUENT的前处理软件GAMBIT中进行网格划分后的非结构网格图及计算区域。

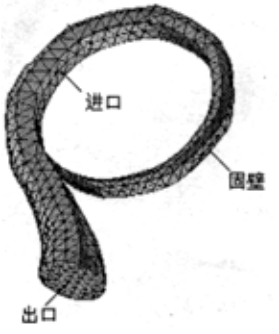


图1　计算区域及网格划分

1.3　泵主要参数及边界条件的确定

流量：$Q=400\ m^3/h$，扬程：$H=50\ m$，转速：$n=1450\ r/min$，比转速93，蜗壳基圆直径：410 mm，蜗室宽度：60 mm。

工作介质为清水，并认为牛顿流体且局部各

作者简介：刘炜巍（1974-），男，江西宜春人，硕士研究生，主要从事流体机械CAD/CFD方向的研究。

万方数据

项同性。蜗壳垂直 x 轴，轴面为 y，z 平面，垂直纸面向外为 x 轴。

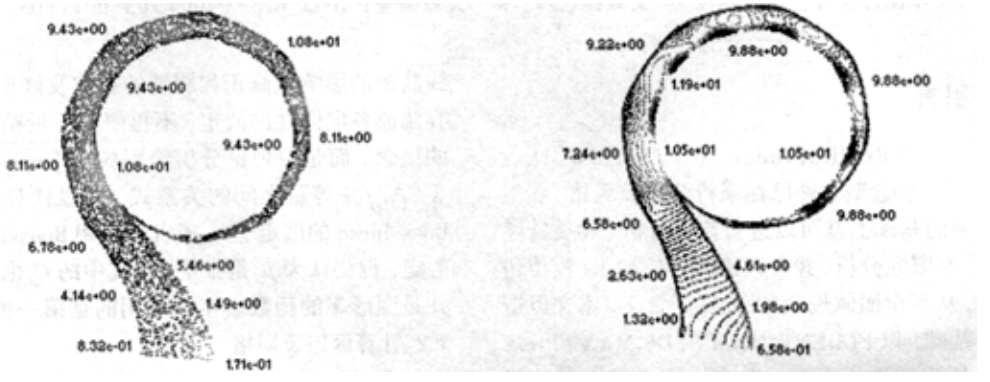
边界条件包括进口边界条件、出口边界条件及压力边界条件等，参见文献[4]。

1.4 计算结果与分析

由图 2 可见，流体在蜗壳进口附近流速较均匀，随着流体流向出口，速度逐渐变低，在靠近出口处速度明显减小，这与蜗壳的设计方法 $V_u R = K_2$（常数）相符合。还可以观察到，靠近蜗壳外壁处已经出现了回流，这与实际情况相符。

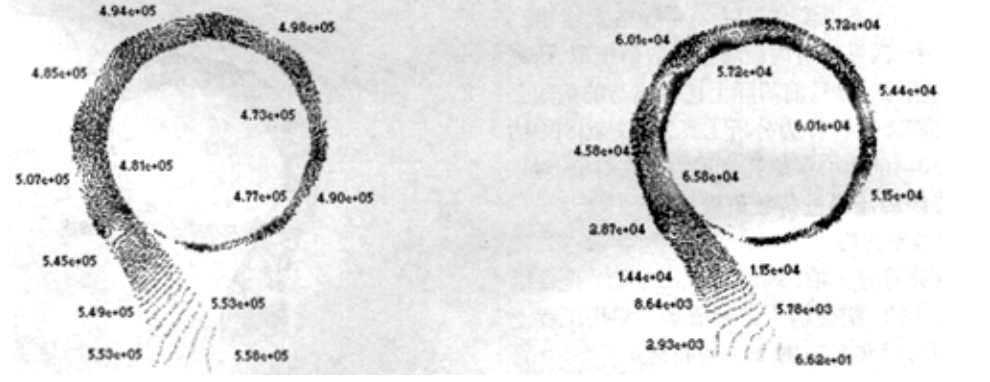
图 3 给出了压力分布图。压力沿着蜗壳流道逐渐加大，在进口处有个波动，经过这个波动后沿宽度范围压力变化的比较均匀，在接近蜗壳弯管处的流道已经没有液体加入，形成一面压力较低，一面压力较高，这可能是转弯处液体产生的回流所致。压力值从隔舌处到进口和出口分别呈递减和递增趋势，证明了梯形断面蜗壳有将动能转化为压力能的功能。另外，图 3 b 和图 2 b 的分布趋势相似，这是因为动压值与速度值的平方成比例关系。

由以上分析可知，上述结论基本符合离心泵蜗壳内部流动规律。



(a) 速度分布图(m/s)　　(b) 速度等值线分布图(m/s)

图 2　速度分布图



(a) 静压等值线分布图(pascal)　　(b) 动压等值线分布图(pascal)

图 3　动压力分布图

2　三维造型的其它应用

2.1 生成二维视图

水泵部件的三维实体造型完成后，就可以调用MDT的“出图”命令，创建零件、部件以及整个产品的各种视图。这种视图的表达方法有两个突出的优点：一是可以自动生成各种二维视图；二是实体生成视图的参数化，即不管是更改三维实体还是更改某一视图的尺寸都能驱动三维模型和所有视图自动更改。图 4 是将叶轮沿叶轮轴线剖

万方数据

切后自动生成的图形。

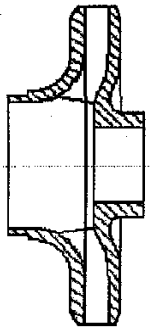


图4 自动生成的2D图

2.2 物质属性的计算及有限元分析

生成实体造型以后，可以直接对实体的属性进行计算，得到实体模型的质量、体积、质心、惯性矩、惯性积、回转半径、主惯性矩等，进而再对实体进行各种动力学分析。

MDT本身提供了这一功能，调用命令“AMPARTPROP”，输入材质、密度等就可以完成上述计算。计算结果可以保存在一个扩展名为.ppr的文件中。

还可以进一步对实体进行有限元分析。MDT生成的实体即可以与有限元分析软件，如ANSYS等实现对接，也可以利用其自身的有限元分析功能进行计算。如果选用MDT本身提供的有限元工具，在给定边界条件以后，就可以快速获得零件的应力和应变的分布。

2.3 零部件装配

实体模型完成后可以直接对零部件进行装配模拟。装配模拟时按统一的用户坐标系进行。装配完成后，可以调用MDT的“AMINTERFERE”命令检查零部件间的干涉关系，显示几处干涉并询问是否生成干涉部分实体。如果同意生成干涉实体，则可以将干涉实体移出以研究干涉部分的形状和干涉区域的大小。

对于叶轮来说，由于造型时内部干涉问题已经避免，干涉检查主要是在其它部件模型相继建立后，各个部件模型间装配时的干涉检查和运动干涉检查。图5为叶轮与泵轴间的装配。

2.4 数控加工模拟

生成实体模型以后，可以将实体模型直接送到数控机床，实现“无图加工”，最终实现CAD与CAM的集成。在将实体数据送到数控机床之前，还可以借助CAM软件，在屏幕上进行加工模拟，观察刀具的走刀路线，进行干涉检查。

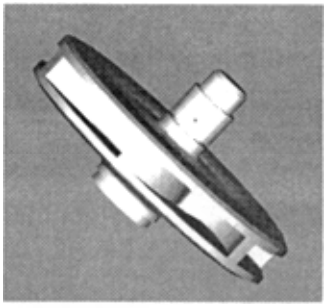


图5 部件装配

2.5 生成真实感的3D图象

为了展示自己的设计成果，可以直接对模型进行渲染，从而形成具有真实感的3D图象。本文选用Autodesk公司旗下discreet公司推出的三维动画软件3D Studio MA4.0来进行渲染。由于同为Autodesk公司产品，在数据格式匹配上更可信赖，两者之间有多种数据交换关系。经过反复试验，用.wrl格式从MDT中向3D Studio MA4.0导入文件效果最理想。图6为在3D Studio MA4.0中以不同材质赋予叶轮并配合简单场景进行渲染后的叶轮效果图。

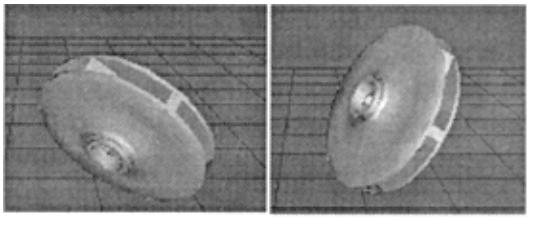


图6 叶轮渲染图

3 结论

大量事实表明，CAD系统的巨大效益往往不在于本身的某一个单独模块，而是在于系统能够为用户提供全面的、统一服务的集成性，即集计算机制图、参数化设计、有限元分析、数控加工、空间运动分析等为一体的功能。随着三维造型技术的逐步成熟，泵的集成制造已经成为可能，也是未来泵行业发展的必然趋势，深入探索泵三维造型的后处理其现实意义也就不言而喻了。

参考文献：

[1] 王福军. 水泵叶轮的计算机三维实体造型研究. 农业机械学报[J]. 1997(2): 67～69.

（下转第24页）

万方数据

轴承内的润滑油。

4)稀油润滑金属轴承的密封采用三只骨架油封，里边两只骨架油封开口向内封油，外面一只骨架油封开口向外封水，在封油骨架油封和封水骨架油封之间设置一回油(水)环，将骨架油封中漏出的油或渗进的水，通过回油(水)管及时引出泵外，这样就保证了从骨架油封中漏出的油不会进入水中，也保证了从骨架油封中渗进的水不会进入轴承内。

5)泵轴轴颈处，采用成熟的堆焊硬质合金加工工艺，提高摩擦付的表面硬度和粗糙度。

5 结束语

稀油润滑金属轴承和弹性金属塑料瓦水导轴承的主要优点是：可以承受较大的径向载荷，也可以承受径向的脉动载荷(即抗冲击性能强)，这是目前国内同类机组水导轴承无法实现的，也是非常适用实际工况的；润滑系统简单，可靠性好，使用寿命长，一般都在20 000 h以上。

改造后的秦淮新河泵站机组于2003年投入运行，两种结构的轴承温度正常，油润滑导轴承通过取油样做含水量试验，密封效果良好。这也表明水导轴承的结构和材料选择是合理可行的，当然，这还需经过今后较长时间运行的检验。

参考文献：

[1] 高盘林. 南水北调与斜式轴流泵[D]. 中国流体机械学会，2002年论文集.

[2] 杨树雄. 大型卧式轴流泵水导轴承的研究[J]. 排灌机械，2003，21(1)：15～17.

[3] 郑冬梅. 弹性金属塑料轴瓦在水口电厂1号机水导轴承上的应用[J]. 大电机技术，1997(6).

[4] 阮复兴，许跃华. 大型低扬程轴流泵的述评[J]. 排灌机械，2002，20(2)：13～14.

Research on Water Pilot Bearings at Pump Station Set

YANG Hong-qun, WU Ling-ling

(Jiangsu Water Science Consultant, Nanjing 210029, China)

Abstract: The selection of Water Pilot Bearings is a very complex issue for the construction of large horizontal pump station. Unsuitable selection may cause serious problems during the pump running. A comprehensive analysis on this issue is given, which is experienced from the Reconstruction Project of Qinhuaxinhe Pump Station.

Key works: Horizontal pump; Water Pilot bearing; Lubrication

(上接第13页)

[2] 刘厚林，袁寿其，施卫东，何志刚. 离心泵水力元件三维实体造型研究[J]. 水泵技术，2003(3)：22～33.

[3] 李春，倪建华，苏进. 离心泵叶轮叶片三维参数化造型技术研究[J]. 水泵技术，2003(2)：22～25.

[4] 刘厚林，袁寿其，施卫东，孔繁余. 双流道叶轮内湍流的数值模拟[J]. 排灌机械，2002(4)：5～8.

[5] 李安虎. 基于MDT的离心泵三维造型及应用[D]. 江苏大学硕士论文，2004.

[6] 陶文铨编著. 数值传热学(第2版)[M]. 西安：西安交通大学出版社，2002：1～10.

Application of 3D-model for Centrifugal Pump Flowpassage Parts

LIU Wei-wei, LI Hong, LI An-hu

(Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: Based on the 3D-model of pump, introduces the application of centrifugal pump flowpassage parts, explains the important functions of the solid in the post process. Discusses indetail the role of solid model in the analysis of flow field, takes the channel of volute as an example, establishes the controlling equation, sets the computational region and boundary conditions, gives the process and result of analysis, finally introduces the aspects including transforming solid model into 2D-model drawings, machining of numerical control, assembly and so on, and also shows the illustrations of application.

Key words: Pump; 3D-model; Application; Numerical Simulation

万方数据