

计方法。

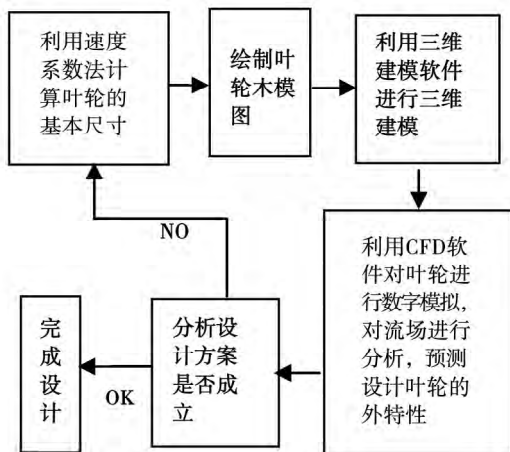


图 1 目前国内常用的设计程序

Fig. 1 Commonly-used design programs in domestics

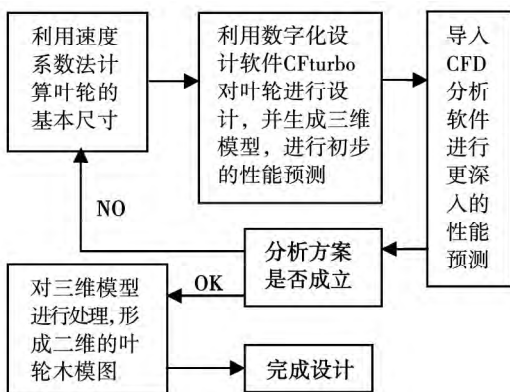


图 2 运用数字化软件系统的设计程序

Fig. 2 Design program using digitized software systems

运用数字化设计软件对叶轮进行水力设计的内容有: (1) 运用 CFturbo 软件对离心泵叶轮的轴面投影进行确定; (2) 在 CFturbo 软件中调整并控制离心泵叶轮叶片流道的面积变化, 保证面积变化光顺; (3) 在 CFturbo 软件中查询叶轮的性能曲线, 评估叶轮是否符合要求; (4) 运用 ANSYS - CFX 对叶轮的性能进行精确评估; (5) 运用 UG 对三维模型进行处理, 抽取二维工程图纸。在 CFturbo 软件中确定轴面投影时外形可以有贝塞尔曲线 (bezier curve)、圆弧与直线结构 (circular arc + straight line) 供设计者选择。在调整轴面投影形状时可以通过查询窗口查看流道的光滑性, 为轴面投影的调整提供依据。在后续的参数设置完成后就可即时生成三维

模型, 可以对空间流道的面积变化规律进行查询并评估是否符合要求。

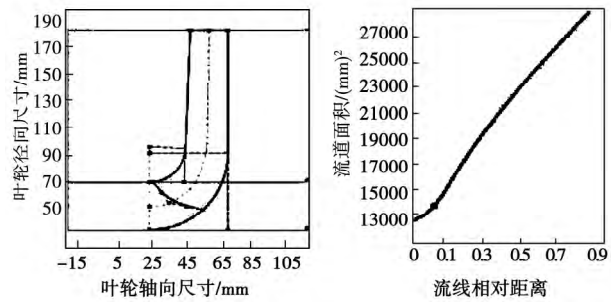


图 3 轴面投影的调整与流道光滑性检查

Fig. 3 Adjustment to the shaft-surface projection and check of the smoothness of the flow passage

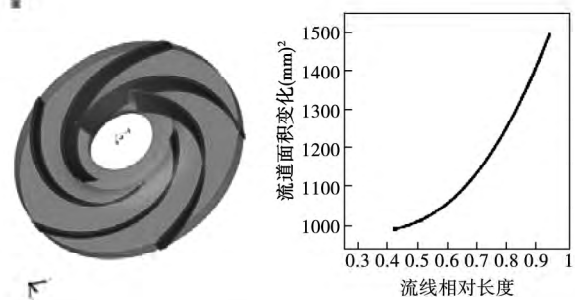


图 4 CFturbo 中生成的计算域三维模型与流道面积变化曲线

Fig. 4 Three - dimensional models and variation curves of the area of the flow passage generated in CFturbo

对于设计出的叶轮可以在 CFturbo 软件中进行初步的性能预测, 如图 5 所示, 同时可利用 CFturbo 软件与 CFD 软件的接口接入 CFD 分析软件对叶轮的性能进行更精确的外特性分析。

在对叶轮进行性能预测后, 并确定叶轮的水力性能符合要求, 再运用三维建模软件 UG 对在 CFturbo 软件中生成的模型进行处理, 形成二维水力图。将三维模型导入 UG 中后, 运用不同角度的面截叶片^[12], 产生不同角度上的断面线, 如图 6 所示。再将这些不同角度上的截线旋转到轴面截线上, 就形成了轴面截线图。将 UG 中的轴面截线图导出成二维 dwg/dwf 格式, 再利用电子图版对二维轴面截线图进行处理, 绘制等高线, 完成截线坐标表以及叶片的木模图, 如图 7 所示。

基于数字化软件对离心泵叶轮进行水力设计是

在给定设计参数的条件下完成设计,在没有二维图的条件生成三维模型。后续的工作就是要将三维模型进行处理,将二维工程图抽取出来,完成离心泵的水力设计。

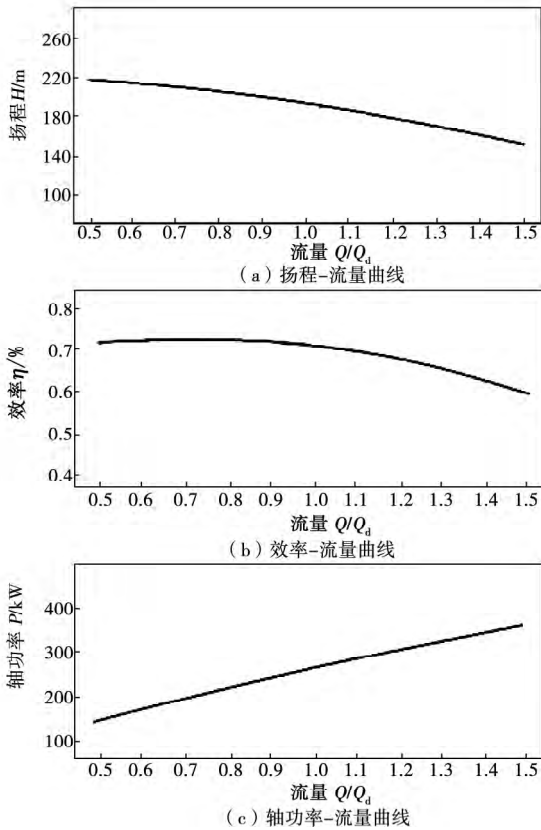


图 5 在 CFturbo 软件中叶轮性能预测曲线
Fig. 5 Curves for predicting the performance of impellers in the software CFturbo

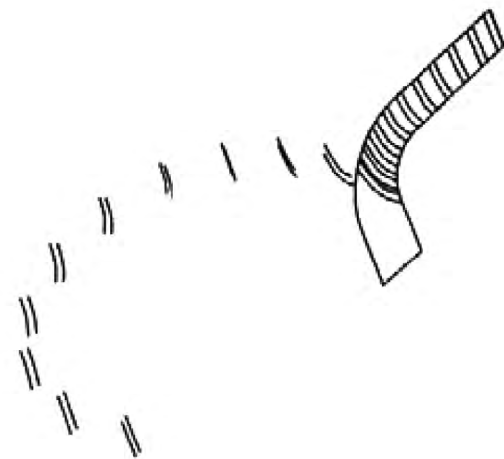


图 6 UG 中各断面截线与轴面截线图
Fig. 6 Chart showing the cutting lines in various cross sections and on the shaft surface in UG

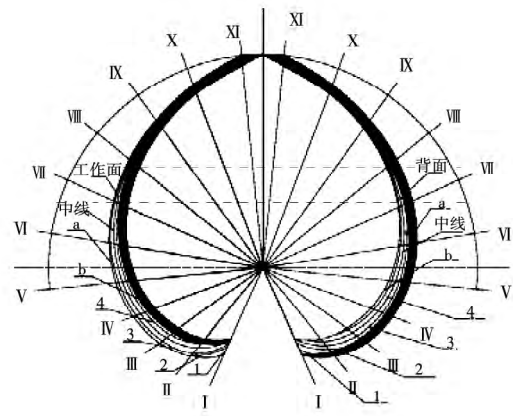


图 7 抽取出的木模图
Fig. 7 Chart showing the wooden model taken out or drawn

2 性能对比分析

运用数字化软件系统设计出的叶轮的性能优劣需要和传统方法设计出的叶轮相比较才能确定。因此,本研究中将相同参数的离心叶轮,运用两种不同的方法进行设计,并进行性能对比。分析两种方法的各自的特点。

设计对象参数为: $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$, $H = 174.2 \text{ m}$, $n = 2985 \text{ r/min}$ 的离心叶轮的水力模型进行设计,叶轮的主要参数如表 1 所示。在运用两种设计方法设计完成后,然后运用 ANSYS - CFX 软件对设计出的水力模型进行性能预测,将两种设计方法设计出的离心叶轮的性能进行对比分析。采用本研究中提出的方法设计出的叶轮为 1 号叶轮,采用传统方法设计出的叶轮为 2 号叶轮。

表 1 离心叶轮的主要几何参数
Tab. 1 Main geometrical parameters of the centrifugal impeller

叶轮的外径 D_2/mm	叶片的出口安放角 $\beta_2/(\text{°})$	叶轮的进口直径 D_1/mm	叶片出口宽度 b_2/mm	叶片数 Z	叶片包角 $\varphi/(\text{°})$
372	23	176	24	5	150

2.1 运用 CFD 软件对两组叶轮进行性能预测

在完成两种方法的设计后,使用 ANSYS - ICEM 的接口将生成的三维模型导入 ICEM 中绘制网格,再将网格导入 ANSYS - CFX 中进行流场解析,对两种方法设计出的叶轮进行进一步的性能预测。数值模拟采用 ANSYS - CFX14.0 求解雷诺时均方程,采用 RNG $k - \epsilon$ 双方程模型封闭方程组。

并且采用无滑移壁面, 叶轮与蜗壳利用“冻结转子”法进行耦合。流动区域离散使用非结构网格, 1 号叶轮的网格数量为 1190114, 2 号叶轮的网格数为 1036542, 蜗壳的网格数量为 761512, 保证网格的质量在 0.3 以上, 计算工况范围为 $(0.6 - 1.4) Q_d$ (Q_d 为设计工况下流量)。同时为保证叶轮进出口流动稳定性, 将在进、出口处延伸 3 倍、5 倍外径的长度。



图 8 计算域网格

Fig. 8 Mesh in the computation domain

2.2 结果分析

在运用 ANSYS - CFX 流体动力分析软件对离心泵叶轮进行流畅解析完成后, 完成离心泵的内外特性分析, 将两种不同设计路径设计出的叶轮的性能的各自特点进行充分的认识。

对流场的解析结果分析可得到离心叶轮的性能曲线, 如图 9 所示。由性能曲线可以清楚地看出通过数字化软件系统构建的设计方法设计出的离心泵在功能性指标上和传统方法设计出的叶轮没有太大的差别。从整体性能上分析, 新方法设计出的叶轮在效率上要高于传统方法设计出的叶轮, 轴功率

要低于传统方法设计出的叶轮。

高效区域都比较宽, 最高效率点在设计工况点附近。从性能特性曲线上分析, 两种设计方法设计出的叶轮都是成功的。由经济指标对比来看, 通过新方法设计出的叶轮的性能要优于传统方法设计出的叶轮。

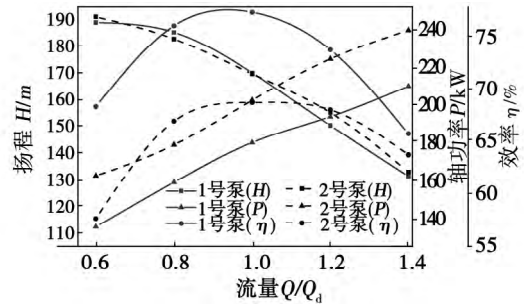


图 9 模型泵的性能曲线对比

Fig. 9 Comparison of the performance curves of the model pumps

通过内部流场的观察可以清楚地了解流动不稳定、不合理的部位, 对模型的优化和对比有着重要的指导意义。由于数值计算时采用的是稳态流场解析, 是对叶轮在某一固定位置时的流场的解析。由于存在隔舌的干涉因素存在, 以及稳态独有的特性, 因此在图中表现出的流场是不呈现出周期对称的。由于叶轮是周期性旋转工作的, 因此稳态的结也可反映出整个流场中的基本特性。

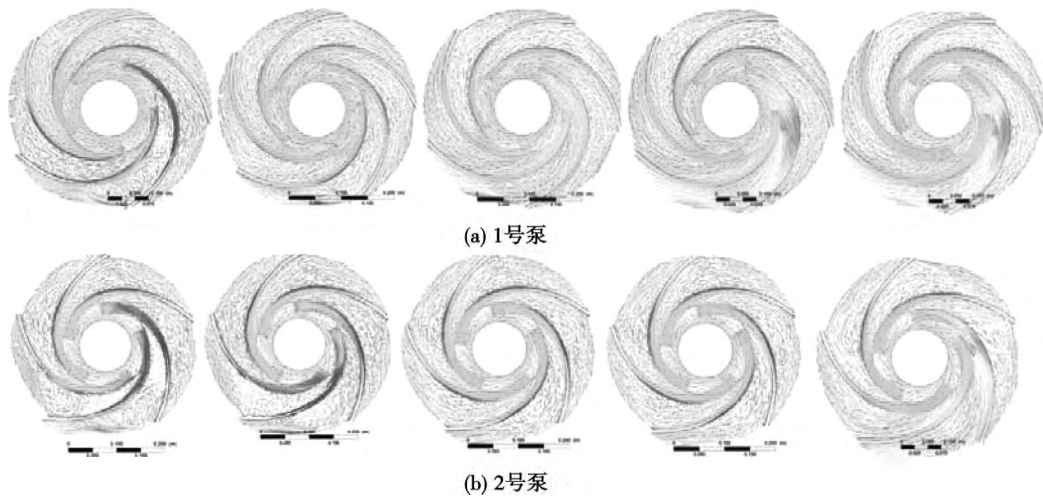


图 10 叶轮内部速度矢量图

Fig. 10 Chart showing the velocity vectors inside the impeller

图 10 中为 1 号泵和 2 号泵由左到右分别为流量系数从 0.6 - 1.4 的 5 个工况点的叶轮内部的流

动情况。

从图中可以看出,对应工况下 1 号泵中流体的流态要比 2 号泵中流体的流态要好的多。2 号泵甚至在大流量工况下流道内还有脱流的现象发生。在小流量工况下 2 号泵叶轮流道中出现涡流的情况要比 1 号泵严重的多。造成这种现象的原因有以下两个方面:(1) 传统方法设计叶轮时只考虑简化后的几何流道的光滑性,新的设计方法不仅考虑到轴面投影的面积变化的光滑性,还兼顾到叶轮流道过流断面空间几何面积均匀变化。(2) 由图 10 可看出 2 号泵的叶轮单个流道的扩散要比 1 号泵的扩散严重。作者分析以上两个方面是造成 1 号泵优于 2 号泵的原因。

3 结 论

运用所提出的基于数字化软件系统的离心泵叶轮设计新方法可以很好的控制设计出的离心泵叶轮的空间几何特性,进而可以保证水力部件的水力性能。同时,可以大大地缩短离心泵叶轮的设计开发周期,可以在无二维图纸的情况下快速生成三维模型,节省了水力设计中绘制二维图纸所耗费的时间,在设计方案满足要求后再抽取出二维图纸。

采用新方法设计出的离心叶轮与传统方法设计出的叶轮的性能对比分析后,可以清楚地看到新方法设计出的叶轮在外特性和内特性上都要优于传统方法设计出的叶轮。

参考文献:

- [1] 关醒凡. 现代泵理论与设计 [M]. 北京: 中国宇航出版社 2011.
GUAN Xin-fan. Modern pump theory and design [M]. Beijing: China Astronautics Publishing House 2011.
- [2] 严 敬,曹树森,严 利,等. 扭曲叶片绘形新方法[J]. 农业机械学报 2006 37(2): 48-50.
YAN Jing, CAO Shu-sen, YAN Li, et al. A new method for plotting the shape of twisted blades [J]. Transactions of Agricultural Machinery 2006 37(2): 48-50.
- [3] 严 敬,周平月,王中洲. 离心泵可控包角扭曲叶片绘形新方法[J]. 排灌机械 2006 36(3): 39-41.
YAN Jing, ZHOU Ping-yue, WANG Zhong-zhou et al. A new method for plotting the shape of twisted blades with controllable covering angles in centrifugal pumps [J]. Drainage and Irrigation Machinery 2006 36(3): 39-41.
- [4] 赖喜德. 叶片式流体机械的数字化设计与制造 [M]. 成都: 四川大学出版社 2007.
LAI Xi-de. Digitized design and manufacturing of blade type fluid machinery [M]. Chengdu: Sichuan University Press 2007.
- [5] 阎楚良,杨方飞,张书明. 数字化设计技术及其在农业机械设计中的应用[J]. 农业机械学报 2004 35(6): 211-214.
YAN Chu-liang, YANG Fang-fei, ZHANG Shu-ming. Digitized design technology and its applications in agricultural machinery design [J]. Transactions of Agricultural Machinery 2004 35(6): 211-214.
- [6] 潘紫薇. 数字化设计与制造的进程与发展[J]. 安徽工业大学学报 2003 20(4): 333-339.
PAN Zi-wei. Progress and development of digitized design and manufacturing [J]. Journal of Anhui University of Technology, 2003 20(4): 333-339.
- [7] 阎楚良,杨方飞. 农业机械产品数字化设计技术及展望[J]. 中国工程科学 2006 8(9): 13-18.
AN Chu-liang, YANG Fang-fei. Agricultural mechanical product digitized design technology and prospects [J]. China Engineering Science 2006 8(9): 13-18.
- [8] 刘厚林,商明华. 双流道泵 [M]. 镇江: 江苏大学出版社 2012.
LIU Hou-lin, SHANG Ming-hua. Dual-flow-channel pumps [M]. Zhenjiang: Jiangsu University Press 2012.
- [9] 邓建刚,辛大兰,肖云峰. 离心风机数字化设计与实验研究 [J]. 风机技术 2013(4): 40-43.
DENG Jian-gang, XIN Da-lan, XIAO Yun-feng. Digitized design and experimental study of centrifugal fans [J]. Fan Technology, 2013(4): 40-43.
- [10] Lobanoff. Centrifugal pumps design & application [M]. Houston: Gulf Publication, 1994.
- [11] Johann Friedrich Gülich. Centrifugal Pumps [M]. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008.
- [12] 吴玉林,刘 娟,陈铁军,等. 叶片泵设计与实例 [M]. 北京: 机械工业出版社 2011.
WU Yu-lin, LIU Juan, CHEN Tie-jun, et al. Blade pump design and examples [M]. China Machine Press 2011.

(丛 敏 编辑)

tion dispatch

基于数字化软件系统的离心泵叶轮水力设计及性能对比分析 = **Hydraulic Design of the Impeller of a Centrifugal Pump Based on a Digitalization Software System and Performance Contrast and Analysis** [刊 汉]

JIN Yong-xin ,SONG Wen-wu ,XU Yao-gang (College of Energy Source and Power Engineering ,West China University ,Chengdu ,China ,Post Code: 610039) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015 30(2) . -272 -276

To design and develop best quality centrifugal impellers ,proposed was a digitalization system established by using the digitalization software Cfturbo ,Ansys-CFX and UG to conduct a hydraulic design and development of impellers for centrifugal pumps ,thus forming a new method for designing and developing impellers for centrifugal pumps. To verify the performance of the centrifugal impellers thus designed ,the authors conducted a contrast and analysis of the impellers designed by using the new method with that of impellers designed by using the traditional method and fully understood the characteristics of the impellers designed by using both methods ,further judging the feasibility of the new method. **Key Words:** digitalized design ,hydraulic design ,centrifugal impeller ,performance contrast and analysis

微量溶解氧传感器结构的研究 = **Study of the Structure of a Trace Dissolved Oxygen Sensor** [刊 汉]YANG

Wei-guo (Military Representative Office of the Naval Forces of Chinese PLA Resident in Shanghai Region Responsible for Naval Vessel Design and Research ,Shanghai ,China ,Post Code: 200011) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015 30(2) . -277 -281

Molecule-state oxygen in air becomes dissolved oxygen when it is dissolved in water and constitutes one of indexes for monitoring water quality ,representing an important index indicating the self-purification ability of a body of water. The authors mainly described the fabrication process of a dual-electrode dissolved oxygen sensor. The development of a dual-electrode dissolved oxygen sensor mainly includes the study of the structure and performance of working electrodes ,auxiliary electrodes and oxygen penetration membrane. It has been found during the tests that the surface area of the electrode under investigation ,purity and surface area of the auxiliary electrode may influence the performance of the sensor being tested and the thickness of the oxygen penetration membrane may affect the reaction speed on the electrodes. From this ,one can arrive at a conclusion that the diameter of the working electrode should