

双流道叶轮的三维造型设计

齐学义, 张 静, 侯祎华, 杨国来

(兰州理工大学 流体动力与控制学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 分析了双流道式污水泵叶轮造型的特殊性及其特点, 研究了采用三维建模软件对双流道叶轮进行三维造型的方法. 用投影方法生成空间流道中线, 以此作为原始轨迹, 各断面形状作为混合用截面, 使用扫描混合命令形成内流道. 按内流道中线规律延长内流道中线到叶轮外径, 以投影方法得到空间曲线作为原始轨迹, 按外流道截线位置放置适当截面, 由扫描混合命令形成外流道. 指出在二维绘图转化为三维造型时, 叶轮可能会出现无法形成有效内流道的问题, 此时先调整断面的空间安放方向与位置, 再调整断面形状和流道中线.

关键词: 污水泵; 双流道; 叶轮; 三维建模软件; 三维造型

中图分类号: TB237 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-6254(2008)02-0015-04

Design for modeling 3D double-channel impeller in Pro/E

Qi Xue-yi, ZHANG Jing, HOU Yi-hua, YANG Guo-lai

(College of Fluid Power and Control, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China)

Abstract: The impeller of double channel sewage pump is different from common centrifugal pump. So the method of building 3D model needs to be further explored. Modeling 3D shape of the impeller in Pro/E was carried out. 3D passage center-line is generated by projection, then it is made as the original trajectory to produce inner passage by command sweep and blend, with passage cross-sections as sections. Inner passage center-line is extended to the outer diameter of the impeller with its rule formula, the curve resulted is regarded as a original trajectory, and sections are placed in proper position through outer passage profile line. Then the outer passage can be made by command sweep and blend. A failure to form double-inner-channel is very likely to be encountered during the process of transforming 2D drawing to 3D model of double-channel impeller. If such thing happens, the position and direction of cross-section should be adjusted first, then the shape of cross section and passage center-line can be changed.

Key words: sewage pump; double channel; impeller; Pro/E; 3D model

双流道式污水泵以其过流性及平衡性良好, 运行平稳可靠等优点, 在污水输送及污水处理工程中得到广泛应用^[1,2]. 双流道式叶轮由双叶片叶轮变化而来的, 叶片与前后盖板演变成流道, 过流断面由渐扩变成渐缩. 从进口向出口方向, 内流道由1个

部分逐渐分为对称的两个部分, 延伸的外流道相当于叶片的压力面^[3-5]. 因此双流道叶轮的设计与造型同一般的离心泵已有很大区别.

设计中常见的一种失败情况是, 内流道在进入外流道之前还没有分成两部分. 单纯平面设计无法

收稿日期: 2007-10-16

基金项目: 甘肃省科技攻关计划项目(2GS047-A52-011)

作者简介: 齐学义(1945—), 男, 辽宁台安人, 教授, 博士生导师(Qixy@lut.cn), 主要从事流体机械的理论与技术及中小型水电机组增容改造的研究.

张 静(1971—), 女, 甘肃玉门人, 讲师(zhjing@lut.cn), 主要从事流体机械内部流场、AutoCAD二次开发在液压中应用的研究.

验证这种情况,需要三维造型来校核,或者在叶轮绘型设计过程中便与三维造型相结合,以确保设计的合理性.另外在研究叶轮内的水动力学特性时,进行 CFD 计算也需要三维造型.因此,叶轮的三维造型对于双流道式污水泵设计和内部流动与性能研究都具有重要意义.由于双流道叶轮的形状及设计过程的特殊性^[3,6],本研究使用 Pro/E 进行造型比较简便.

1 双流道叶轮造型分析

双流道叶轮是由对称的两个流道组成.在做叶轮造型时,一般先做一个流道曲面造型,再旋转 180°复制完成整个流道.要想得到叶轮模型,先用由前后盖板及进出口型线偏移适当壁厚旋转而成的实体,用流道面组进行切剪操作得到.

图 1 为双流道叶轮的轴截面图,图 2 为 A-A 剖面图.由设计实践来看,从设计图纸到三维造型,比较容易出现的问题是无法形成双内流道.这种情况下,内流道实体造型的对称部分从入口的重合到出口仍部分相交,反映到叶轮上就会出现从入口开始是一个内流道,直到外流道处才分为两个出口.这样的话在设计上就完全失败了.这种情况在设计比转速较高的叶轮时更容易出现.因此,较合理的设计最终应作出三维造型加以检验.

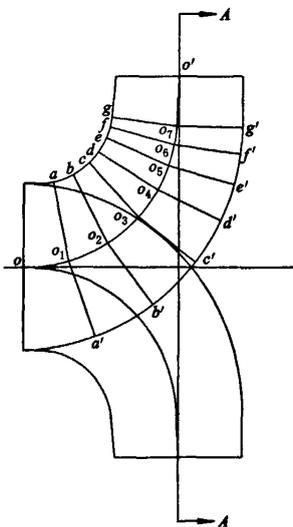


图 1 轴截面
Fig. 1 Axial plane profile

由于双流道式污水泵叶轮的每一个流道形状,是由流道中线及其各分点上的断面形状和安放位置

决定的,所以双内流道无法形成时就需要调整上述三处的设计值.一般先调整断面的空间安放方向与位置,看双内流道是否可以形成;如不行,再调整断面形状和流道中线.

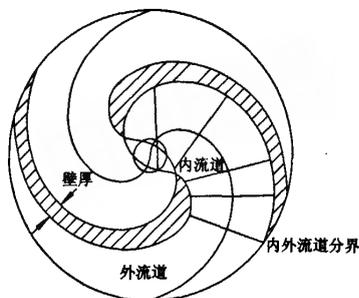


图 2 A-A 剖面图
Fig. 2 A-A profile

叶轮绘型一般参考文献[3]~[6],它给出的断面形状位置如图 3 所示^[1],这表明其断面的椭圆长轴(或短轴)始终垂直于轴截面.有的图纸则如图 4 所示,这表明其断面的椭圆长轴与轴截面有一定的夹角.图 3 的安放法中,如果与轴截面垂直的是短轴,则不容易形成双内流道,如果是长轴却又可能造成较大的壁厚.图 4 的情形中,如果不借助三维造型软件来确定各断面安放方向的变化,则容易形成不够光滑的流道表面.

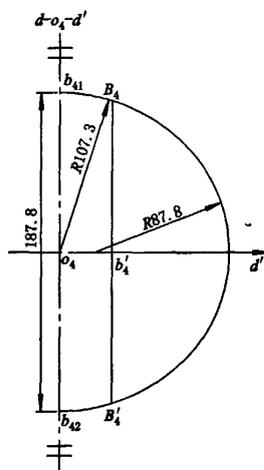


图 3 断面形状(垂直于轴截面)
Fig. 3 Section shape (normal to axial plane)

各断面空间放置方向并不一定,应根据有利于光滑流道形成原则来确定,也就是首先要保证能形成双内流道,其次是在此基础上要使流道表面光滑^[6].

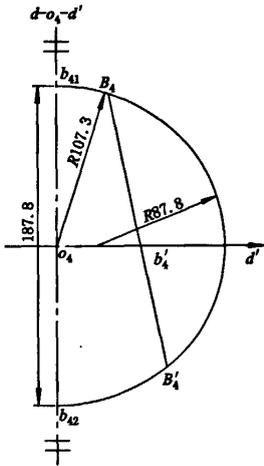


图 4 断面形状(与轴截面有一定夹角)
Fig. 4 Section shape(tilt to axial plane)

面,绘制椭圆断面形状.这里分两种情况来说明,以图 3 的断面中, $b_{41} - b_{42}$ 与 A_0 轴重合;图 4 的断面中, $b_{41} - b_{42}$ 与 A_0 轴中则有夹角,大小为 $b_{41} - b_{42}$ 与 $B_4B'_4$ 之间的夹角(见图 6).

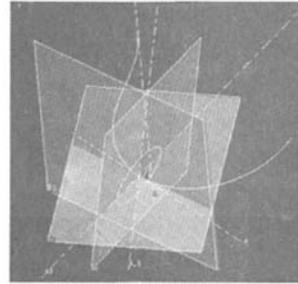


图 6 断面空间位置
Fig. 6 Section 3D position

2 在 Pro/E 中的叶轮造型过程

2.1 流道中线的生成

流道中线生成的步骤:①将得到的流道中线沿轴旋转 360° 形成曲面 a;②确定了流道中线的型式(阿基米德螺线或等角螺线等)后,用公式生成或样条命令描点作平面图上的流道中线 b;③将曲线 b 投影到曲面 a 上就得到空间流道中线(见图 5).

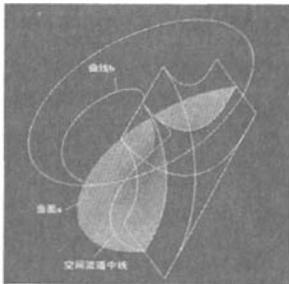


图 5 生成的空间流道中线
Fig. 5 Generated 3D passage center-line

2.2 内流道曲面的生成

在流道中线上确定出口点,测量入口到出口的空间长度,均分为七段^[7-9].下面以第四分点 P_4 为例来说明流道截面的设计方法与作图过程.经过 P_4 第四分点作垂直于空间流道中线的基准面 D_1 ,再经过该点作垂直于旋转轴的基准面 D_2 ,用上面得到的基准面相交形成基准轴 A_0 ,再经过 P_4 点作垂直于 A_0 的基准平面 D_3 .以 D_1 作为草绘平面, D_3 作为参考平

断面应是椭圆沿对称轴 $b_{41} - b_{42}$ 对折角度 $\angle do_4d'$ 后得到.也可以将对折的椭圆沿 $\angle do_4d'$ 角平分线投影作为新的椭圆断面的方法来造型.其他分点处断面的设计均可如此类似地作出.设计并放置好各断面后,用混合的方法即得到了内流道段的曲面(如图 7 所示).

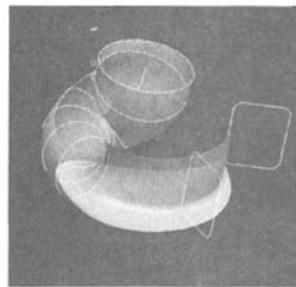


图 7 由断面混合生成的流道
Fig. 7 Passage produced by command

2.3 外流道曲面的生成

不妨将平面图上的流道中线按照内流道中线的变化规律延长到适当长度;从出口点到终点,放置几个依据外流道截线图所得的断面;然后将各断面扫描混合成曲面,即得到了外流道段的曲面.

2.4 叶轮流道及叶轮的实体造型

得到叶轮内外流道曲面后,切除多余部分,并将各曲面闭合后转化为实体,旋转 180° 复制,即得到流道的实体造型(如图 8 所示).

要得到叶轮实体,用考虑了盖板厚度旋转成的实体减去流道实体就得到整个叶轮实体(见图 9).

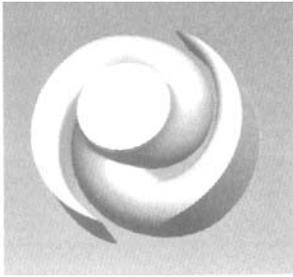


图 8 流道实体
Fig. 8 Passage body

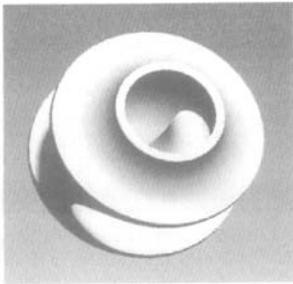


图 9 双流道叶轮
Fig. 9 Double channel impeller

3 结 论

1) 双流道叶轮的三维造型是否成功主要看是否能形成双内流道以及流道是否光滑。双内流道无法形成时需要调整下面三处的设计:流道中线、各分点上的断面形状以及安放的位置与方向。若仍无效,就需要修改流道的设计。

2) 在某些情况下,比如转速较高,而叶轮宽度数值较小时,由于流道中线较短,要在较短的空间路径上完成较大的面积变化设计上有难度,在造型时容易失败,即不能形成双内流道。流道中线较长时有利于形成内流道,此时,断面面积变化有较大余地。

3) 各断面面积变化规律对双内流道的形成有重要影响,入口段面积变化稍快,出口段变化稍缓,有利于内流道的形成。

4) 面积变化规律一定的情况下,各断面空间放置方向的不同,极大地影响着内流道能够形成与否。

5) 设计双流道叶轮时,建议平面设计后,用三维造型检验设计是否合理。

参考文献 (References)

[1] 施卫东,曹卫东,刘厚林,等.不同叶轮结构型式对

污水泵性能的影响[J].农业工程学报,2003,19(2):114-116.

SHI Wei-dong, CAO Wei-dong, LIU Hou-lin, et al. Influence of different impeller structures on performance of sewage pump[J]. *Transactions of the CSAE*, 2003, 19(2):114-116. (in Chinese)

[2] KSB A G. Sewage pump designed for high efficiency [J]. *World Pumps*, 1996(4): 42-43.

[3] 施卫东,桑一萌,王 准,等.高效无堵塞泵的研究开发与发展展望[J].排灌机械,2006,24(6):48-52.

SHI Wei-dong, SANG Yi-meng, WANG Zhun, et al. Development and prospect of non-clogging pump with high-efficiency[J]. *Drainage and Irrigation Machinery*, 2006, 24(6): 48-52. (in Chinese)

[4] 关醒凡.现代泵技术手册[M].北京:宇航出版社,1995.

[5] 许洪元.离心式渣浆泵的设计理论研究与应用[J].水力发电学报,1998(1):76-84.

XU Hong-yuan. The study and application of design theory for centrifugal slurry pump [J]. *Journal of Hydroelectric Engineering*, 1998(1): 76-84. (in Chinese)

[6] 刘厚林,关醒凡,李幼康.双流道叶轮的设计方法[J].流体机械,1999,27(9):15-17.

LIU Hou-lin, GUAN Xing-fan, LI You-kang. The design method of double channel impeller[J]. *Fluid Machinery*, 1999, 27(9):15-17. (in Chinese)

[7] 李 红,袁寿其,袁建平,等.基于泵内纸浆悬浮液数值计算的纸浆泵设计[J].江苏大学学报:自然科学版,2007,28(1):51-55.

LI Hong, YUAN Shou-qi, YUAN Jian-ping, et al. Stock pump design based on numerical simulation of pulp fiber suspension in pump[J]. *Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition*, 2007, 28(1): 51-55. (in Chinese)

[8] 刘小龙,施卫东,曹卫东,等.双流道泵三维实体造型过程的研究[J].流体机械,2003,31(4):12-14,48.

LIU Xiao-long, SHI Wei-dong, CAO Wei-dong, et al. Research of 3-Dimension solid model on the double channel pump [J]. *Fluid Machinery*, 2003, 31(4): 12-14, 48. (in Chinese)

[9] 倪合玉.双流道污水泵叶轮的设计方法与设计实践[J].通用机械,2004(6):67-69.

NI He-yu. The design method and practice of double channel impeller[J]. *General Machinery*, 2004(6): 67-69. (in Chinese)

(责任编辑 赵 鸥)