基于边界层理论的叶轮的仿真

马胜利[1],席本强[1],梁　冰[2]
(1.西安科技大学,陕西 西安710054;2.辽宁工程技术大学,辽宁 阜新123000)

摘　要:根据边界层理论推导的叶片型线方程,用pro/E建立了叶轮的三维仿真模型。该模型提供了设计离心式固液两相流泵叶轮的一种方法,通过pro/E的族表功能,只要输入叶轮的基本参数就能快速生成基于边界层理论的叶轮的模型,所以建立该模型对工业生产有一定的参考价值。

关键词:仿真;叶片型线;固液两相流;pro/E
中图分类号:TH3　　文献标识码:A　　文章编号:1005-6254(2005)03-0011-03

0　引言

泵是水力输送系统的关键设备,固液混合物输送时,由于效率和寿命的原因,一般不能使用传统的清水泵[1],所以离心式固液两相流泵的叶轮设计需要采用两相流理论进行设计。目前,固液速度比设计理论[2]、三项合并理论[3]和边界层理论[3],都是离心式固液两相流泵的设计理论。近年来,边界层理论得到了很大的发展,但是并未应用到生产实际中,因此建立基于边界层理论叶轮模型必将推动该理论的发展。

1　基于边界层理论的叶轮的设计

文献[3]从边界层理论出发,推导出了无进口预旋时的叶片型线方程:

$$\begin{cases} r = r_1[\dfrac{C_r}{\sin b}]^{K_v} \\ q = K_v(\mathrm{ctg}b + b - C_{\grave{e}}) \end{cases} \quad (b\text{为参数}) \qquad (1)$$

式中,r_1为入口处向径,K_v为速度系数,积分常数$C_r=S(b_1)$、$C_q=\mathrm{ctg}(b_1)$,b为叶片安装角。

选取100型渣浆泵,输送介质为细砂、水混合液,固体颗粒粒径取中值,即$d_S=d_{50}=0.5\mathrm{mm}$,质量浓度$C_m$不超过40%,颗粒密度为$r_S=2.6\times10^3\mathrm{kg\cdot m^{-3}}$,要求泵的清水性能试验扬程不低于28m。泵的性能参数如表1

表1　性能参数表

流量 $Q/\mathrm{m^3.h^{-1}}$	清水检验扬程 H/m	转速 $n/\mathrm{r.min^{-1}}$	效率 η(%)
198	28	980	>65

若叶轮相关参数已经确定,见表2

表2　叶轮参数

入口直径 D_1/mm	入口宽度 b_1/mm	入口安放角 $\beta_1/(°)$	出口安放角 $\beta_2/(°)$	原型泵出口直径 D_2/mm	叶片数 Z
150	58	35	15	425	4

现按边界层理论,对该泵叶轮型线重新进行设计,确定该叶片型线的参数方程为:

$$r = r_1[\frac{C_r}{\sin b}]^{K_v} = 75\left(\frac{0.5736}{\sin b}\right)^{1.35} \qquad (2)$$

$$q = K_v(\mathrm{ctg}b + b - C_{\grave{e}}) = 1.35(\mathrm{ctg}b + b - 2.0390) \qquad (3)$$

2　离心式固液两相流泵叶轮在Pro / E下三维模型的建立

由式1该曲线形状由r_1,K_v,C_r,C_q四个参数确定。在本算例中,由前面计算知:r_1=75,K_v=1.35,C_r=0.5736,C_q=2.0390。

为了使模型具有较大的通用性,应先在pro/E中定义这四个实型参数,好生成该方程相应的曲线。因为叶片形状为复杂曲面,可以由扫描特性生成。扫描的母线为一直线,而迹线是满足该方程的曲线。选择‘插入’—‘模型基准’—‘曲线’,选择‘从方程建立’,选择坐标系,类型选为柱面坐标,这时弹出一个记事本,内容如下:

```
/* 对笛卡儿坐标系,输入参数方程
/* 根据t(将从0变到1)对r, theta和z
/* 例如:对在 x-y 平面的一个圆,中心在原点
```

作者简介:马胜利(1962-),男,陕西西安人,副教授,副院长,主要从事仿真技术应用及流体传动与控制。

万方数据

/* 半径 = 4,参数方程将是:

/* r = 4

/* theta = t * 360

/* z = 0

/ * ————————————

分析,所求曲线的方程参数为 b,其取值范围为:15°~35°,而 Pro/E 中参数方程的变量是 t,取值范围为 0~1,所以可将 b 变换为:15+20×t,另外注意到的三角函数默认单位为弧度,所以在三角函数中应改为:

$$(15+20t)p/180=0.26+0.35t \quad (4)$$

在弹出的记事本中输入方程的表示为:

$r=r_1$*(sin(0.26+0.35*t)/Cr)^(-Kv)

theta=Kv*((tan(0.26+0.35*t))^(-1)+15+20*t-C0)

$z=0$

Pro/E 中没有余切函数,最好不要把三角函数写在除号"/"的下面,如:1/tan(0.26+0.35*t 就会提示表达式错误。

正确输入公式后,即生成基准曲线,该曲线如图 1 所示。

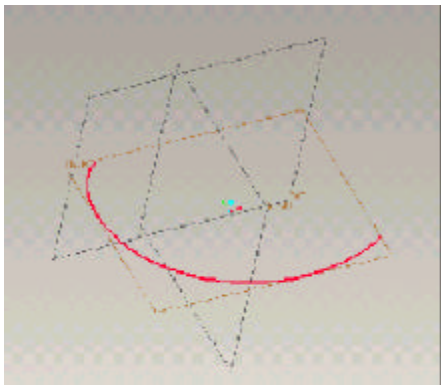


图1 基准线

实际上,叶片的厚度是不均匀的,但是本仿真主要为理论分析而用的模型,而叶片主要失效形式是磨损,进行磨损分析时,只要研究表面的受力情况就可以了。所以在建模时可以忽略厚度变化的影响,利用薄板扫描特性生成叶片如图 2。再利用旋转特性草绘截面,生成前后盖板,再利用旋转复制特性,复制出其余三个叶片,即可生成如图 3 叶轮模型。



图2 扫描生成的叶片

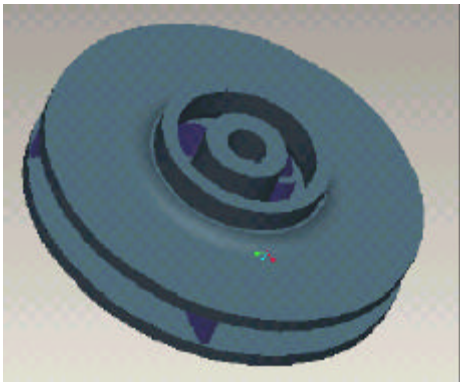


图3 叶轮的模型

3 建立族表实现动态建模

Pro/E 系统以表为驱动的参数化设计功能:族表(FAMILY TABLE)是软件在设计方面的一个亮点。它可以集合共同变化的尺寸,将相异的尺寸、特征、参数等变化性项目填入表内,系统就自动读取此表的内容再一一产生每一个零件,这样做可以大大提高工作效率,如果在公司内部大家集体合作,将会生成庞大的模型库。

在族表管理器中加入所需参数(即插入列),生成族表,可以填写一组数值就能动态生成一个叶轮,如图 4 填入 16 组参数,即可得到 16 个参数不同的叶轮。

该模型在下次打开时即弹出选择框,可以选择一个实例,也可以直接输入叶轮参数,生成符合需要的叶轮。

4 结语

根据边界层理论推导的叶片型线方程,用 pro/E 建立了叶轮的三维仿真模型。该模型中的叶片是以边界层理论推导出的叶片型线的参数方程为基准线,利用 Pro/E 的薄板扫描特性而生成的,因此该模型符合边界层理论。利用 Pro/E 的族表特性,使该叶轮实现了动态建模,由此族

万方数据

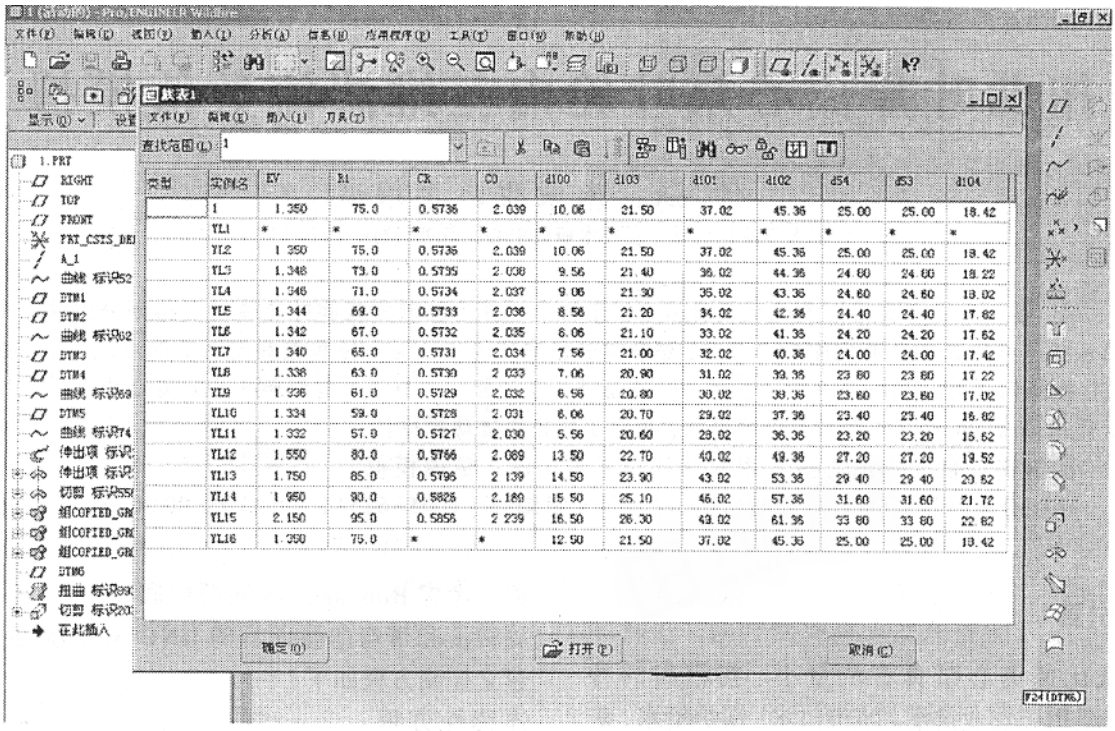


图4 族表及实例

表所生成的实例也都符合边界层理论,这对边界层理论的进一步研究提供了条件。

参考文献:

[1] Herbich. Characteristics of a Model Dredge Pump. Lehing Uni. Report No.33, Sep.1961.

[2] 许洪元. 离心式固液两相流泵原理出口参数的计算和选择[J]. 沈阳:水泵技术,1989(13):8.

[3] 何希杰. 渣浆泵叶轮和泵体型线设计[J]. 石家庄:华北水泵,1994(2):1~6.

[4] 梁 冰,朱玉才. 固液两相流泵的边界层理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,2003.

Simulation of the Impeller Based on Boundary Layer Theory

MA Sheng-li[1], *XI Ben-qiang*[1], *LIANG Bin*[2]

(1.Xian University of Science and Technology, Xian 710054, China; 2.Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: The 3-D semulation model of a impeller that based on the blade type line equation derived from boundary layer theory has been set up with pro/E. This model offers one design method to the solid-liquid two-phase flow centrifugal pump, using the clan form of pro/E, so long as inputting impeller's basic parameters which can easily form the impeller model. Thus there is certain reference value to industrial production.

Keyword: Simulation; Blade type line; Solid-liquid two-phase flow; Pro/E

展会信息

2005 江苏国际泵、阀门、管道设备技术展览会

展会时间:2005 年 9 月 10 日~12 日

展会地点:南京国际展览中心

主办单位:江苏省人民政府;南京市人民政府

支持单位:江苏省环境保护厅;南京市环保局

万方数据