

基于 Pro/E 平台的诱导轮参数化造型软件开发

庄宿国, 罗 鹏, 侯宁涛, 杨霞辉
(西安航天动力研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 阐述了诱导轮参数化三维造型的意义和现状, 应用自主开发的 PIND-2D 软件进行诱导轮的二维水力设计, 并分析了诱导轮三维造型结构特点。在此基础上, 采用 C++ 编程语言, 在 Pro/TOOLKIT 环境下对 Pro/E 进行二次开发, 并采用动态链接库方法实现程序与 Pro/E 和 MFC 之间的数据接口, 成功开发出了诱导轮参数化三维造型软件, 提高了诱导轮设计的效率和质量。

关键词: 诱导轮; 三维造型; 参数化; 软件开发

中图分类号: V434-34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9374 (2014) 03-0068-05

Parametrization sculpting software development for inducer based on Pro/E

ZHUANG Su-guo, LUO Peng, HOU Ning-tao, Yang Xia-hui
(Xi'an Aerospace Propulsion Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: The significance and the current situation of the three-dimensional parametrization sculpting for inducer are illustrated. The two-dimensional hydraulic drawing of inducer was designed by PIND-2D which had been developed independently. The structural features of three-dimensional sculpting of inducer were analyzed. On this basis, the secondary development of Pro/E was executed by means of VC++ programming language under the condition of Pro/TOOLKIT environment. The program data interface between Pro/E and MFC was realized by using DLL, and then the three-dimensional parametrization sculpting software of inducer was successfully developed. The efficiency and quality of inducer's design were promoted.

Keywords: inducer; three-dimensional sculpting; parametrization; software development

0 引言

诱导轮属于轴流式叶轮, 用于提高离心泵的

汽蚀性能, 其本身也可以在一定程度的汽蚀状态下工作。国内相关研究表明: 在改善泵汽蚀性能的诸多措施中, 在泵的吸入口加装诱导轮效果最

收稿日期: 2013-11-15; 修回日期: 2013-12-02

基金项目: 中国航天科技集团公司西安航天动力研究所创新基金项目(2013Da·YY4009Da)

作者简介: 庄宿国 (1986—), 男, 硕士, 研究领域为机械密封设计

为显著^[1-4]。

诱导轮的设计精度要求较高, 且由于其包角较大及叶片型线变化规律复杂等因素, 在设计时不易观察流道或叶片的空间形状, 因此诱导轮三维造型有助于及时反馈设计信息, 提高诱导轮水力设计的精确性, 并且随着 CFD 技术和快速成型技术的迅速发展, 诱导轮参数化三维造型软件的开发具有重要的研究价值和工程意义^[5-6]。张涛、郭晓梅等对诱导轮三维造型方法进行了相关研究, 但未涉及到三维造型的参数化方面^[7-8]。

选用 Pro/E 为开发工具、Pro/TOOLKIT 为二次开发平台、采用 C++为编程语言^[9], 开发了诱

导轮的参数化三维造型软件 (PIND-3D), 实现诱导轮三维造型的参数化, 进一步提高了诱导轮设计的效率和质量。

1 诱导轮结构分析

典型的诱导轮二维水力图如图 1 所示, 设计时首先根据轮毂进口直径 d_{h1} 、轮毂出口直径 d_{h2} 、轮缘直径 D_y 、轮毂轴向长度 h_h 、叶片数 Z 、进口修圆半径 R 以及包角 φ 等数据绘制诱导轮的轴面图和径向图, 然后绘制诱导轮叶片的型线展开图, 并根据经验和要求进行叶片背面加厚和相应的倒角处理。

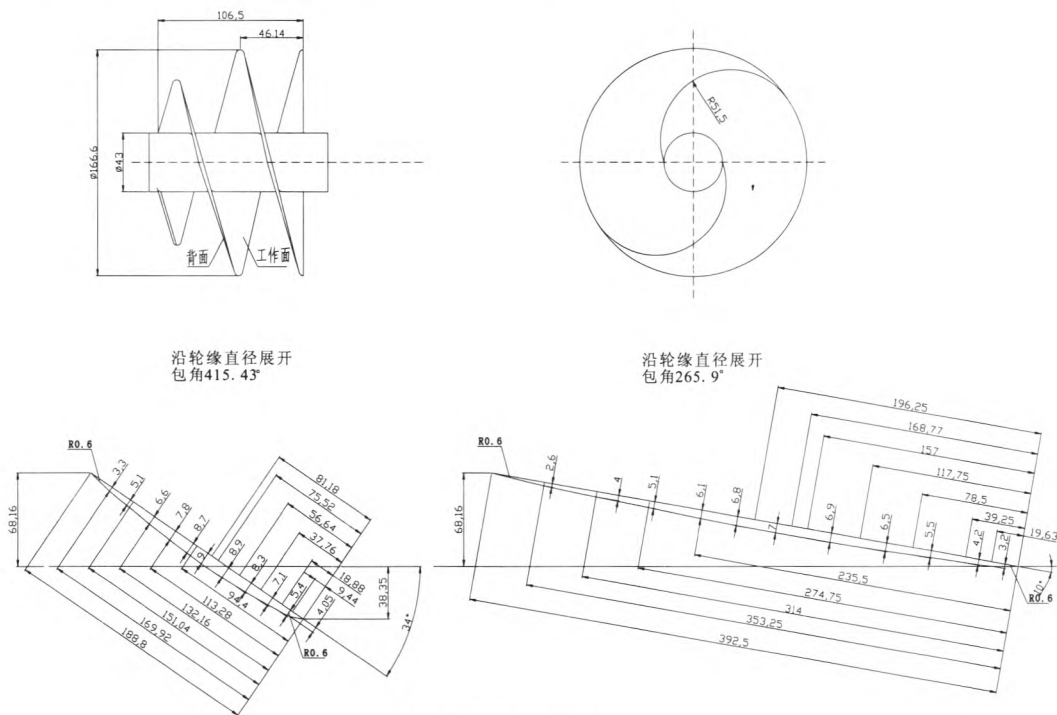


图 1 诱导轮水力图
Fig. 1 Hydraulic design drawings of inducer

2 建立诱导轮三维实体模版

在对诱导轮结构分析的基础上, 进行诱导轮的三维造型, 步骤如下:

1) 根据型线展开图尺寸数据, 计算诱导轮叶片型线各点的圆柱坐标 (R, θ, Z) , 其中轮缘进口修圆部分按轴面图及径向图尺寸计算, 并将各点拟合成空间曲线, 如图 2(a)所示。

2) 将空间曲线以边界混合命令生成曲面, 并合并各曲面, 如图 2(b)所示, 保证曲面封闭。
3) 生成叶片实体, 并根据叶片数进行阵列, 如图 2(c)所示。

4) 根据设计尺寸, 建立轮毂, 如图 2(d)所示。
在进行诱导轮三维造型的过程中, 进行尺寸标注, 实现几何图形的全约束, 保证设计参数与三维模型设计变量相互对应。

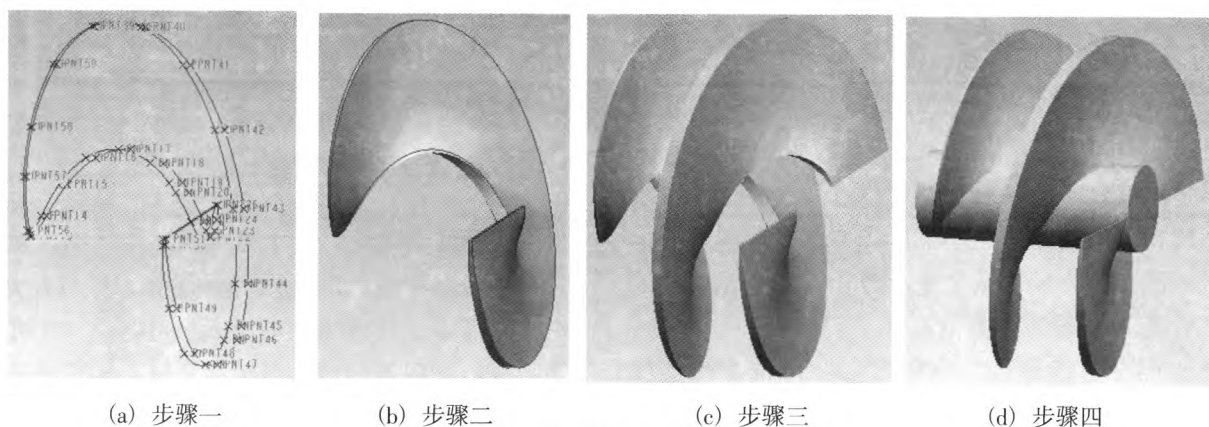


图2 诱导轮三维造型步骤

Fig. 2 Steps of inducer three-dimensional sculpting

3 诱导轮参数化三维造型软件开发

诱导轮参数化三维造型流程如图3所示,它包括手动输入数据和读入 PIND-2D (诱导轮二维水力设计软件,目前集成于 PCAD 软件中)^[10]数据两个模块,数据满足条件后,软件会自动生成三维造型。以读入 PIND-2D 数据为例,首先应用 PCAD 的 PIND-2D 模块进行诱导轮的二维水力设计,然后读取二维水力设计数据并判断几何尺寸是否完全封闭,接着通过主函数对三维实体模版各尺寸参数进行更新并通过尺寸驱动重新生成需要的三维实体^[11]。

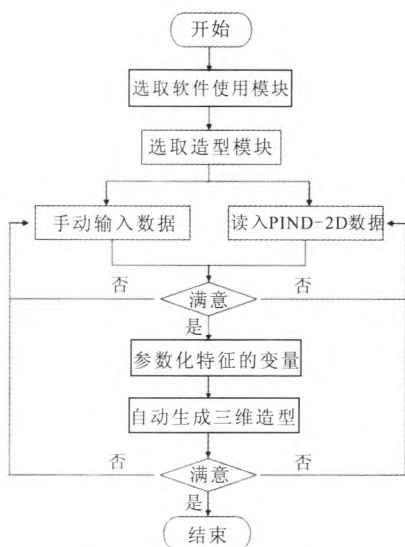


图3 软件开发流程图

Fig. 3 Flow chart of software development

3.1 读取并检查数据

在 PCAD 中进行二维水力设计后得到诱导轮的二维水力模型。PCAD 中诱导轮程序是通过定义一个结构体来保存三维造型所需的数据,相关函数为 getdata () 和 savedata ()。

在本程序中定义同样结构的结构体来获取水力设计产生的数据,然后把读取的结构体中的数据赋给相应的控制参数。读取轮毂进口直径 d_{h1} 、轮毂出口直径 d_{h2} 、轮毂轴向长度 h_h 、沿轮毂型线展开的各点坐标及沿轮缘型线展开的各点坐标等数据。因为需要通过曲面建立诱导轮的实体特征,所以要判断是否可以形成完全封闭的曲面。

3.2 接口程序开发

在 Pro/E 平台上利用 Pro/TOOLKIT 为开发工具进行二次开发。在进行数据传输和数据交换时,需要考虑程序与 Pro/E 以及同用户之间的交互性问题。利用 MFC 强大对话框功能实现程序与用户的交互,应用同步 DLL 方法实现程序与 Pro/E 同步^[12]。

3.3 主要函数

Pro/TOOLKIT 应用程序的核心是用户初始化函数 user_initialize () 和用户结束中断函数 user_terminate ()。user_initialize () 函数是 Pro/E 和 Pro/TOOLKIT 的通信入口,在该函数中设置用户的交互接口,如设置菜单、调用对话框或直接调用所需函数等^[13]。程序的主要部分如下:

```
int user_initialize ()
```

```

{
ProError status;
ProFileName MsgFile;uiCmdCmdId
PushButton_cmd_id1,PushButton_cmd_id2;
ProStringToWstring (MsgFile, " Message.txt") ;
//设置菜单信息文件名
status=ProMenubarMenuAdd (" UserMenu" , "
INDUCER" ," Utilities" , PRO_B_TRUE,
MsgFile) ;
//设置菜单按钮 (直接读取 PCAD 数据) 的动作
函数
ProCmdActionAdd (" PushButtonAct1" ,
(uiCmdCmdActFn) ydl1,uiCmdPrioDefault,
AccessAvailable,          PRO_B_TRUE,
PRO_B_TRUE,&PushButton_cmd_id1) ;
//添加菜单按钮
ProMenubarmenuPushbuttonAdd (" UserMenu" , "
ydl1" , " ydl1" ," ydl1 anniu" , NULL,
PRO_B_TRUE, PushButton_cmd_id1, MsgFile) ;
//设置菜单按钮 (手动输入数据) 的动作函数
ProCmdActionAdd (" PushButtonAct2" ,
(uiCmdCmdActFn) ydl2,uiCmdPrioDefault,
AccessAvailable,          PRO_B_TRUE,
PRO_B_TRUE,&PushButton_cmd_id2) ;
//添加菜单按钮
ProMenubarmenuPushbuttonAdd (" UserMenu" , "
ydl2" , " ydl2" ," ydl2 anniu" , NULL,
PRO_B_TRUE, PushButton_cmd_id2, MsgFile) ;
return status;
}
void user_terminate ( )
{ AFX_MANAGE_STATE
(AfxGetStaticModuleState ( )) ;
}

```

对诱导轮三维模型中的设计参数进行赋值时, 必须一一对应。更新赋值后即可进行模型再生。诱导轮参数化造型主要控制函数为 inducer (), 程序的主要部分如下:

```

void inducer ( )      //对零件进行赋值
{
.....

```

```

ProMdl  model; //定义三维实体参数
ProModelitem modelitem;
wchar_t ParamName;
ProParameter param;
ProParamvalue value;
.....
if (status==PRO_TK_NO_ERROR)
{
//获得参数值 (RW1)
ProParameterValueGet (&param, &value) ;
value.value.d_val=RW0+0.5;
//新的参数值设置 (RW1)
ProParameterValueSet (&param, &value) ;
}
.....
if (Dh1<=Dh2)
{
ProStringToWstring (&ParamName,R0 [i]) ;
//指定参数名
status=ProParameterInit (&modelitem,&ParamName,
&param) ;
//根据指定的参数名获得参数对象指针
if (status==PRO_TK_NO_ERROR)
{
//获得参数值
ProParameterValueGet (&param, &value) ; value.
value.d_val=Dh1/2+pt1 [0] [i] [1] * (Dh2-Dh1)
/2/pt1 [0] [12] [1] -0.01;
//新的参数值设置
ProParameterValueSet (&param, &value) ;
}
}
.....
}

```

3.4 加载、运行及卸载

注册 Pro/TOOLKIT 应用程序, 就是向 Pro/E 系统提供该程序的相关信息。注册文件是一个文本文件, 注册文件名为 protk.dat, 保存在<盘符: >\ 程序子目录。

选择 Pro/E 的工具/辅助应用程序菜单项, 选择“注册”按钮注册应用程序。注册成功后选择

“启动”按钮运行应用程序。图 4(a)为注册 PIND-3D 应用程序的界面。如果在注册文件中包含了多个应用程序的注册内容,则在列表框中显示相应的应用程序名^[14]。

如果在注册文件中设置 ALLOW_STOP 为 TRUE,可以手动中止应用程序的运行即卸载。选择需终止运行的应用程序,先选择“停止”按钮,再单击“删除”按钮,如图 4(b)所示。



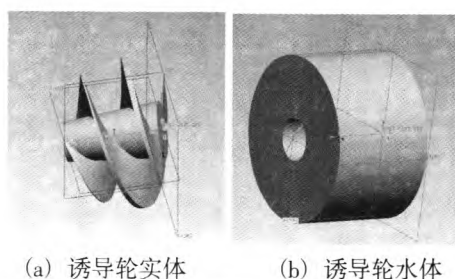
(a) 运行程序 (b) 卸载程序

图 4 运行或卸载辅助应用程序

Fig. 4 Auxiliary procedures of running or unload

4 诱导轮三维造型软件的设计实例

图 5 为使用 PIND-3D 软件的诱导轮实体和水体的三维造型。该诱导轮的设计参数如下:
 $Q_i=22.2 \text{ L/s}$, $H_i=2.8 \text{ m}$, $n=1\,450 \text{ r/min}$ 。



(a) 诱导轮实体 (b) 诱导轮水体

图 5 诱导轮三维造型实例

Fig. 5 Instance of inducer three-dimensional sculpting

由图 5 可知,软件生成的诱导轮的三维模型过渡光滑且 Pro/E 光顺性检查表明叶片表面光顺性良好,可以满足工程应用的要求。

5 结论

分析了诱导轮的结构特点,成功建立了诱导轮实体模型,开发了诱导轮三维造型的参数化软件。应用实例表明,软件运行结果可靠且具有良

好的通用性;为诱导轮水力设计检查提供了保障,进一步提高了诱导轮设计的效率和质量;同时,提高了诱导轮数值计算的效率,缩短了诱导轮的研制周期。

参考文献:

- [1] 庄宿国. 诱导轮设计方法及其在船用泵的应用[D]. 镇江: 江苏大学, 2012.
- [2] 关醒凡. 现代泵技术手册[M]. 北京: 宇航出版社, 1995.
- [3] 刘厚林, 庄宿国, 俞志君, 等. JW200-1000-315 型离心泵诱导轮设计[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(12): 14-17.
- [4] 朱祖超. 低比转速高速离心泵的理论与设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [5] FUJII A, MIZUNO S, HORIGUCHI H, et al. A method for the suppression of rotating cavitation by an accumulator at the inlet of an inducer [J]. Journal of Fluid Science and Technology, 2008, 3(7): 838-845.
- [6] YOSHIDA Y, TSUJIMOTO Y, KATAOKA D, et al. Effects of alternate leading edge cutback on unsteady cavitation in 4-bladed inducers [J]. Journal of Fluids Engineering-Transactions of the ASME, 2001, 123 (4): 762-770.
- [7] 张涛. 诱导轮 CAD 优化设计及内部三维流场分析 [D]. 镇江: 江苏大学, 2003.
- [8] 郭晓梅, 李增芳, 王铁流, 等. 基于 Pro/E 诱导轮三维造型的研究与应用[J]. 煤矿机械, 2009, 30(3): 174-176.
- [9] 李世国. Pro/TOOLKIT 程序设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [10] 庄宿国, 刘厚林, 俞志君, 等. 诱导轮水力设计及其 CAD 软件开发[J]. 流体机械, 2011, 39(7): 50-54.
- [11] 张继春. Pro/ENGINEER 二次开发实用教程[M]. 北京: 北京大学出版社, 2003.
- [12] 吴贤芳, 谈明高, 刘敏, 等. 双流道泵叶轮参数化三维造型[J]. 中国农村水利水电, 2009 (11): 103-106.
- [13] 刘厚林, 谈明高. 双流道泵[M]. 镇江: 江苏大学出版社, 2012.
- [14] 刘敏. 泵的参数化三维造型及其软件开发[D]. 镇江: 江苏大学, 2006.

(编辑: 陈红霞)