

混流式水轮机叶片的三维造型

田亚斌¹, 齐学义¹, 孔源¹, 胡家旺²

(1. 兰州理工大学能源与动力工程学院, 甘肃 兰州 730050 ;
2. 中国石油天然气集团大庆石化公司热电厂, 黑龙江 大庆 163714)

摘要 :针对传统混流式水轮机叶片设计较为复杂 ,且都是利用 AutoCAD 二维木模图进行表达 ,在直观表达上存在缺陷等问题 ,以混流式水轮机叶片的二维木模图为基础 ,利用 Pro/E 软件进行叶片的三维实体造型。采用虚拟上冠、确定叶片下缘处尖点及切割叶片的一系列方法 ,对叶片进行修型 ,从而可以准确得到混流式水轮机叶片的三维实体造型 ,为水轮机转轮内流动 CFD 分析、性能预测等提供了基础。

关键词 :混流式水轮机 ;水轮机叶片 ;Pro/E ;三维造型

中图分类号 :TK733⁺.1 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2010)04-0064-03

Three-dimensional modeling of blades of Francis turbines//TIAN Ya-bin¹, QI Xue-yi¹, KONG yuan¹, HU Jia-wang²
(1. School of Energy and Power Engineering , Lanzhou University of Technology , Lanzhou 730050 , China ;2. PetroChina Daqing Petrochemical Company , Daqing 163714 , China)

Abstract :The traditional design of blades of Francis turbines based on two-dimensional pattern drawings by CAD software is relatively complex. It has defects in visual expression and manufacturing. Three-dimensional modeling of blades was designed on the basis of two-dimensional pattern drawings of blades by use of Pro/E. The blades were adjusted by means of a series of methods of assuming crowns , determining blade spires and cutting blades. Three-dimensional modeling of blades of Francis turbines was accurately obtained so as to provide reliable foundation for their CFD calculation and performance prediction.

Key words :Francis turbine ; blade ; Pro/E ; three-dimensional modeling

转轮是叶片式流体机械中直接进行能量转换的部件 ,是叶片式流体机械最关键的部件^[1]。混流式水轮机转轮由上冠、下环和一定数目的叶片组成。其中 ,叶片设计的好坏直接关系到水轮机能否满足工作要求。

目前 ,在水轮机叶片的造型中 ,主要用木模图来描述叶片形状。但叶片形状非常复杂 ,是空间扭曲的曲面体^[2] ,而且由于木模图轴面截线有限和软件本身缺陷等原因 ,生成的叶片三维立体模型会出现不正常的凹凸现象 ,不能准确地表达叶片的真实形状。

针对这一问题 ,笔者利用 AutoCAD 提供的叶片木模图 ,在 Pro/E 中生成三维立体图形 ,并对三维图形进行叶片表面光滑性检查和修型 ,以便得到一个较好的叶片三维模型。

1 木模图的导入

利用 AutoCAD 打开转轮木模图 ,将所要导入的

二维截面复制 ,重新打开 AutoCAD ,粘贴 ,并将文件另存为 * .dwg 格式。

启动 Pro/E 进入零件设计状态 ,选择 Front 面 ,按照木模图中进口边与上冠交点和第 1 条截线之间的距离确定 A1 基准面 ,选择系统默认参照 ,点击工具栏中的草绘 ,选择数据来自文件。将已经另存的二维截面导入 ,按照木模图尺寸比例将二维截面的尺寸放大或缩小相应的倍数 ,删除多余尺寸标注 ,完成草绘。用同样的方法 ,导入木模图所提供的所有二维截面 ,如图 1 所示。

2 叶片表面延展

木模图所给出的二维截面只包含所有轴面截线 ,但叶片的进口边与上冠的交点和尖点部分都是以点的形式存在 ,在木模图中采用尖点与转轮轴的距离来表示 ,不能直接导入 Pro/E 中 ,所以利用二维截面生成的三维模型是不完整的。为了得到一个完



图1 叶片截线示意图

整的三维模型,笔者采用虚拟上冠的方法对叶片进行延展^[3]。如图2所示,由于上冠处翼型及叶片形状变化不大,因此就利用3截面的叶片形状向上延伸,得到一个虚拟的0截面及1、2截面的出口边位置。从而得到虚拟上冠及1、2截面完整的表面截线。延展后的叶片截线见图3。

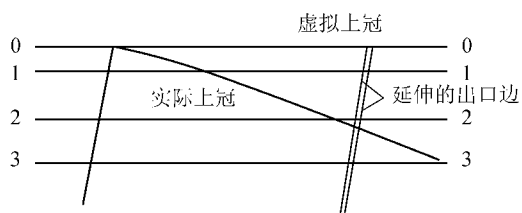


图2 虚拟上冠的形成



图3 延展后的叶片截线示意图

3 叶片尖点的确定

叶片出口边和下环的交点即为叶片下缘处的尖点。根据木模图中叶片轴面图的尺寸,找到工作面尖点所在平面,并作出草绘面。在该草绘面上沿出口边水平投影画1条辅助直线,以该直线为参考,根据木模图中叶片工作面尖点位置尺寸,用作基准点的方式定出尖点在该直线上的具体位置^[4],得到尖点 PNT1,如图4所示。同样,可以确定背面的尖点位置。

4 叶片表面的生成

分别连接工作面曲线的前缘点和后缘点,得到



图4 叶片骨架示意图

2条边界曲线,并且2条曲线均结束于叶片尖点。执行操作:右侧工具栏点选插入基准曲线→经过点→完成→单个点→依次将点连接→确定。从叶片顶部开始到下缘依次边界混合,即得到叶片工作面,执行操作:右侧工具栏点选边界混合工具→按下 CTRL 键并同时将要边界混合的截线依次选中→完成操作。

叶片表面曲面如图5所示。同样的方法,可以得到背面曲面。

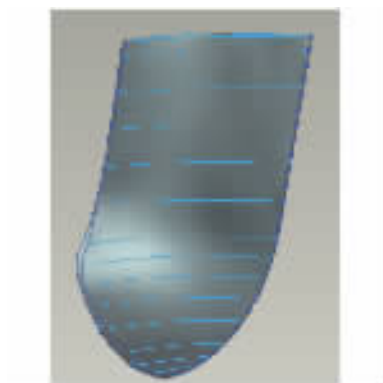


图5 叶片表面示意图

5 叶片表面的光滑性检查

为减少水力损失,提高水轮机的能量指标,转轮叶片表面必须光滑^[5]。但直接导入 Pro/E 生成的三维模型会出现不正常的凹凸现象,利用 Pro/E 的曲面分析工具对叶片表面进行光滑性分析,对于不光滑的叶片区域,可以适当调整相应位置的截线形状,直至叶片表面光滑为止。

6 叶片实体的生成

叶片实体化是为下一步叶片的切割修型和叶片流道的形成与流场计算奠定基础。只有封闭的曲面才能生成实体,因此,在叶片的进口、出口、顶部和下缘分别用边界混合的方法作出辅助面,使叶片成为一个封闭的曲面体^[6],将这些曲面合并,执行操作:选择所要合并的2个曲面→右侧工具栏点选合并工

具→完成操作。然后将合并后的曲面实体化,执行操作 选择合并后的曲面体→编辑中选择实体化→完成操作。

7 叶片的切割修型

由于叶片在造型中采用了虚拟上冠的方法,所以叶片上冠形状与原始模型有较大差别。将木模图中叶片工作面(或背面)中真实上冠的型线导入 Pro/E 中,并将其旋转,利用旋转面切割叶片上冠,切割后的叶片与木模图给出的原始叶片形状完全一致,执行操作 过转轮轴线和叶片下缘尖点做草绘面→导入叶片原始上冠型线,并沿轴线作中心线→退出草绘→点选右侧工具栏旋转工具→特征控制栏中点选作为实体旋转和去除材料→选择所要切割部分→完成操作。切割后的叶片如图 6 所示。

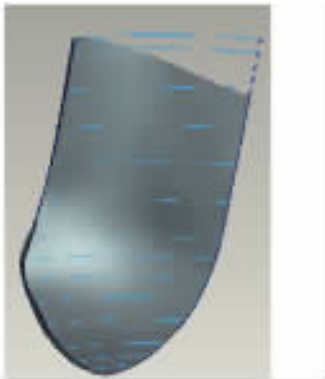


图 6 切割后的叶片

8 叶片进口边倒圆

对叶片进口边进行倒圆,具体操作如下:从工具栏中选择倒圆角工具,选取叶片进口边,在圆角类型中选择完全倒圆角,完成操作。如图 7 所示。这样,整个叶片的造型即已完成。



图 7 完整的叶片

9 结 论

a. 采用 AutoCAD 所提供的混流式水轮机叶片二维截面木模图,将其导入 Pro/E 生成三维立体图

形,数据之间传递较为方便,表达准确直观。

b. 针对叶片进口边和上冠交点不能直接导入的问题,采用叶片延展和虚拟上冠的方法,将叶片上部截面曲线延长,用木模图提供的原始上冠型线切割延展后的叶片,使切割后得到的叶片与原始模型相符。通过修改各截面曲线的形状,调整叶片表面的光滑性,可以较方便地得到平顺、光滑的叶片表面,有很强的可操作性和工程实用性。

c. 基于 Pro/E 的叶片三维准确造型,可为转轮内部流场的 CFD 计算和性能预测提供可靠的基础。

参考文献:

- [1] 齐学义. 流体机械设计理论与方法[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.
- [2] 刘大恺. 水轮机[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.
- [3] 梁武科, 罗兴, 吴广宽. 混流式水轮机叶片自由曲面的延展[J]. 水利学报, 2003(5): 69-73.
- [4] 齐学义, 江良荣, 张新杰, 等. 基于 PRO/E 的混流式水轮机叶片的三维造型[J]. 兰州理工大学学报, 2008, 34(2): 41-44.
- [5] 曹璧, 姚志民. 水轮机原理及水力设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 1991.
- [6] 侯 华, 齐学义, 常一乐, 等. 基于 PRO/E 的水轮机转轮三维造型[J]. 排灌机械, 2006, 24(1): 14-16.

(收稿日期 2009-12-09 编辑: 方宇彤)

(上接第 24 页)

- [6] 江苏省水利厅. 淮河流域水文资料(1968 年第 5 卷第 4 册)[G]. 南京: 江苏省水利厅, 1969.
- [7] 江苏省水利厅. 淮河流域水文资料(1974 年第 5 卷第 4 册)[G]. 南京: 江苏省水利厅, 1975.
- [8] 江苏省水利厅. 淮河流域水文资料(1981 年第 5 卷第 4 册)[G]. 南京: 江苏省水利厅, 1983.
- [9] 江苏省水利厅. 淮河流域水文资料(1975 年第 5 卷第 4 册)[G]. 南京: 江苏省水利厅, 1977.
- [10] 江苏省水利厅. 淮河流域水文资料(1985 年第 5 卷第 4 册)[G]. 南京: 江苏省水利厅, 1986.
- [11] 江苏省水利厅. 淮河流域水文资料(1986 年第 5 卷第 4 册)[G]. 南京: 江苏省水利厅, 1989.
- [12] 周名德. 治淮闸坝工程水力学论文集[M]. 北京: 海洋出版社, 2002.

(收稿日期 2009-03-01 编辑: 方宇彤)

