

文章编号: 1007- 2985(2003) 03- 0069- 04

贯流式水轮机导水机构流场分析及数控加工

宋文武, 符 杰, 陈次昌, 陈晓山
(西华大学能源与环境工程系, 四川 成都 610039)

摘 要: 利用 Unigraphics 及 Fluent 软件对贯流式水轮机锥形导水机构进行三维造型设计和流场分析, 并利用 UG CAM 对导叶进行干涉检查以及模拟仿真加工, 生成刀位加工代码, 配合机床有效地加工, 更好地解决了锥形导叶全关时的空间密封问题。

关键词: 贯流式水轮机; 锥形导水机构; CFD; 数控加工

中图分类号: TV222. 2

文献标识码: A

贯流式水轮机具有水流方向基本不变、过流能力大、比转速高、效率高、结构紧凑、体积小、土建工程量小等特点, 是开发低水头水力资源的优良机型。^[1] 贯流式水轮机的导水机构运动为空间运动, 导叶瓣体呈锥形, 各截面的尺寸相差较大, 且两端面为凸、凹球面的一部分, 即瓣体凸球面的一端是轴, 另一端则是凹球面; 导叶体的进、出水边密封面为空间平面或空间曲面, 如果密封面的设计和加工不合理, 将会造成导叶关闭不严, 导致严重漏水; 同时, 导叶两端为球面, 要求加工的精度较高。正是由于贯流式机组导水机构及导叶结构的特殊性和复杂性, 不但使水流的流动情况更加复杂, 导叶的加工和装配也非常不便。笔者从锥形导水机构运动关系出发, 研究了锥形导叶流场的规律以及导叶形状的三维设计和装配, 并利用 UG CAM 对导叶进行了干涉检查以及模拟仿真加工。

1 锥形导水机构运动关系图的计算机绘制

水轮机导水机构运动关系是水轮机结构设计中的重要关系, 它表示水轮机在进行负荷调节时, 导水机构各部件(连杆、拐臂、推拉杆、控制环、导叶等)所在位置的关系。由此可确定保证导叶最大开度下的接力器行程以及导叶传动机构的尺寸等, 为水轮机的结构设计提供准确的尺寸和依据。

贯流式水轮机采用锥形导水机构, 其运动是空间运动, 连杆、转臂和控制环耳销间的相互位置关系也是空间关系, 各参数间的关系比较复杂, 需用 3 个方向视图才能表示清楚。如图 1- a 中, yoz 平面为通过水轮机中心线及导叶中心线的平面, xoy 平面为控制环耳销中心平面, 垂直于 yoz 平面, 并通过控制环耳销中心所在的平面, UAV 平面为转臂耳销中心平面, 通过转臂中心线并与导叶中心线垂直^[2]。

通过分析图 1- a, 可得到连杆、转臂和控制环耳销间相互空间运动关系。编制计算程序经计算机绘制出导水机构运动图, 如图 1- b 所示。

收稿日期: 2003- 05- 23

基金项目: 四川省科技厅重点资助项目(01GG034- 09)

作者简介: 宋文武(1965-), 男, 四川省阆中市人, 硕士, 西华大学能源与环境工程系副教授, 主要从事流体机械流动理论研究。

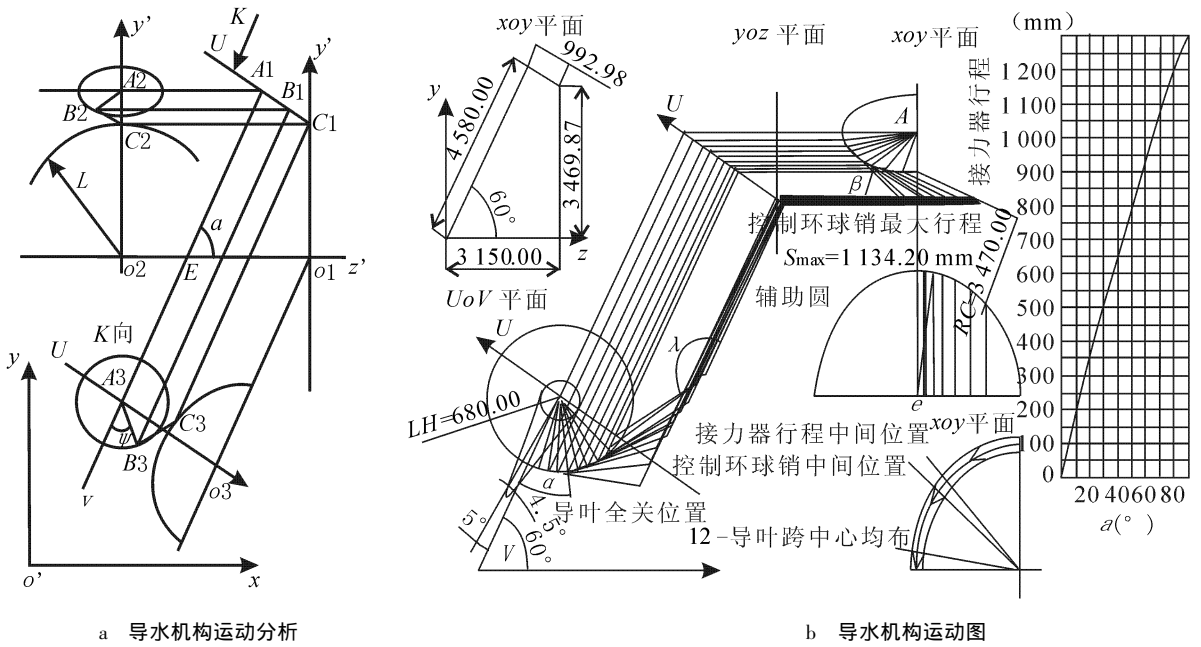


图 1 导水机构运动分析及运动图的计算机绘制

2 锥形导水机构流场分析

2.1 导叶的三维造型

根据水力计算确定导叶形状, 利用 UG 对导叶的正、背面分别作样条曲线, 再作出尾部边线和头部的圆弧, 4 条曲线在 xy 平面上封闭成翼型, 用 UG 自由特征(UG Free Form Feature) 功能将其生成三维实体. 对两端用实体造型设计出导叶轴颈, 轴颈到导叶瓣体的过渡曲面按设计图要求, 用 圆弧倒角曲面 功能作出, 导叶三维造型如图 2 所示.

2.2 导叶流场的数值分析

利用 Fluent 软件对贯流式水轮机导水机构(从固定导叶进口到水轮机转轮出口) 部分进行三维网格划分, 如图 3 所示.

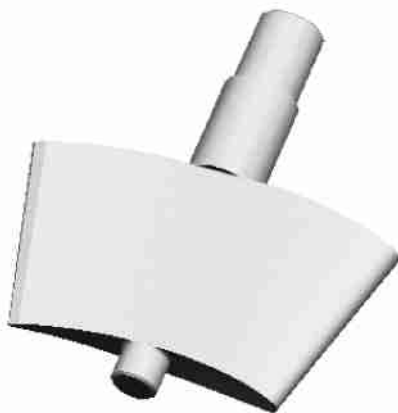


图 2 导叶三维图

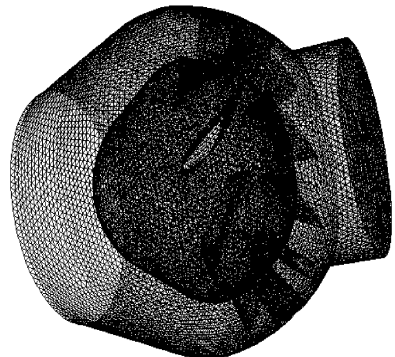
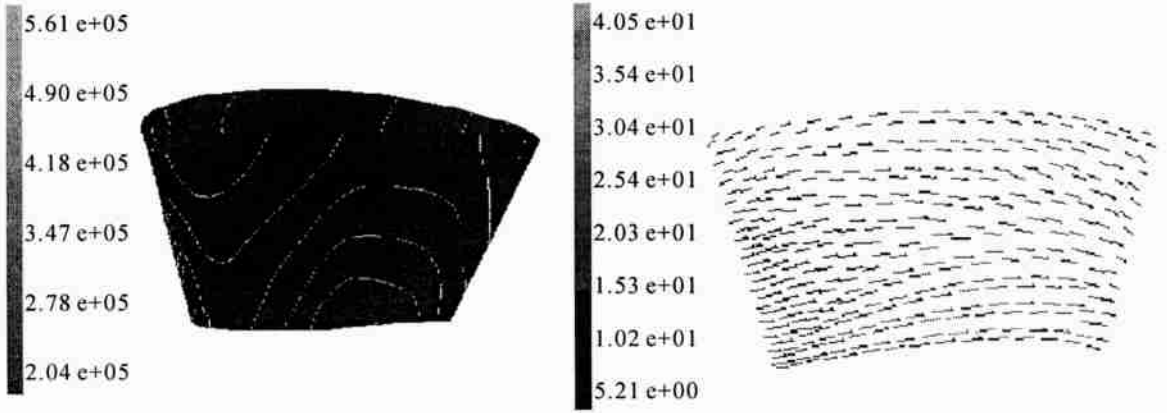


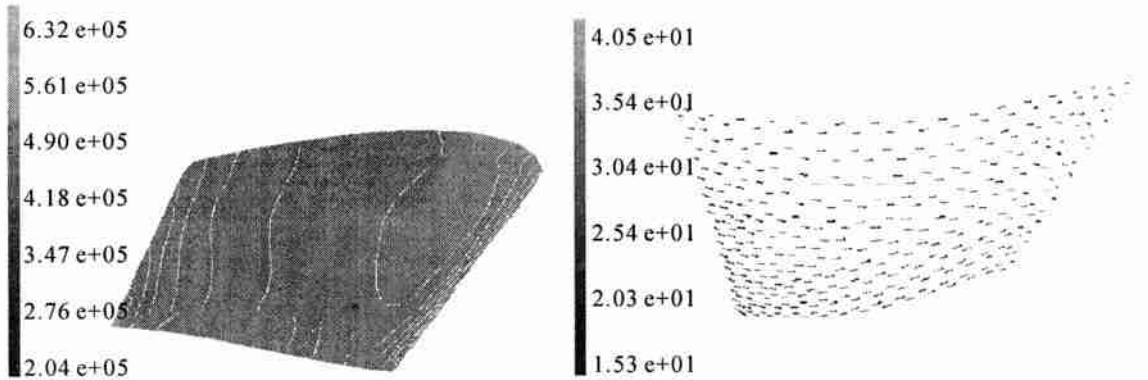
图 3 导水机构部分三维网格图

采用考虑流体粘性的基于 $k-\epsilon$ 模型的湍流计算方法, 对导水机构的流场进行稳定流动计算和性能预估, 得到水流流经导叶时的压力-速度分布, 如图 4 所示. 从图 4 可知, 压力分布从导叶进口到出口逐渐

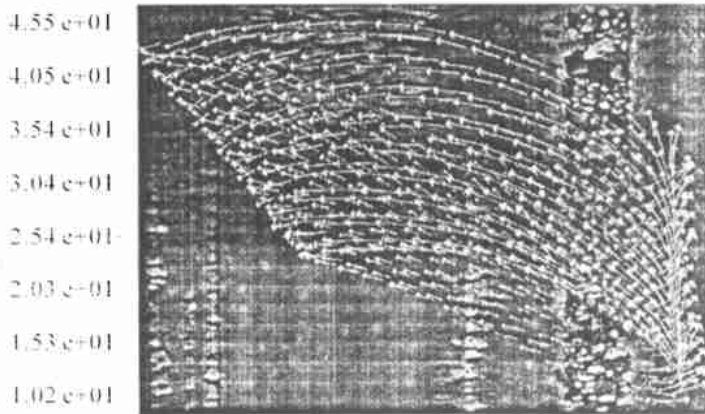
减小, 导叶叶片压力面的压力值明显高于吸力面的压力值; 速度分布遵循从导叶进口到出口逐渐增大的趋势, 导叶叶片压力面的速度值明显高于叶片吸力面的速度值. 同时, 利用 UG 可检测导叶在全关状态下的密封情况, 分析出全关时导水机构的最大漏水量. 在保证设计要求的前提下, 通过改变导叶尾部密合点的位置、改变密合线交汇点的位置、改变导叶头部型线等方法反复修正活动导叶的设计, 从而解决了锥形导水机构在全关时的漏水问题.



a 导叶正面压力-速度分布



b 导叶背面压力-速度分布



c 导叶表面速度分布

图 4 导叶表面压力-速度分布

3 导叶的加工

3.1 用 UG CAM 进行模拟仿真加工

在 UG CAM 下选择加工环境(Machining Environment)为平面铣(Mill Planar),从标准化刀具库里提取刀具或自定义刀具,对导叶进行粗加工、半精加工、精加工等操作。为提高加工效率,导叶辨体共分成 4 个区域,对不同的区域采用不同的加工方法、使用不同的刀具。进水边和出水边的区域采用平底刀(80 mm 铣刀),轴颈中间的这一带状和过渡曲面采用球头刀。加工粗铣工步(Operation)采用沿参数线的 Z 之字型(Zig-Zag)走刀,按百分比控制加工区域,以便控制进出刀和改善刀具的切削条件,并按切削行数控制切削行宽(Stepover),不进行干涉检查(Gouge Check),从而提高粗加工效率。在精铣的工步中采用固定轮廓铣中的 Z 之字型走刀,利用粗加工所得曲面作为驱动面(Drivesurface)并延伸进出刀方向的边界,避免进刀时直接插入被加工表面,进行干涉检查。切削行宽方向由残余高度(Scallop Height)控制。^[3,4]锥形导叶曲面的数控加工刀位图如图 5 所示。

3.2 导叶的数控加工

采用五轴联动数控铣床的侧铣和端铣分别对导叶的正、背面,进、出水边编程加工,曲率较大的曲面片可采用小直径的铣刀加工,反之则采用大直径铣刀加工,但最大不超过 180 mm。对导叶的正、背面采用切削效率较高的端铣,对叶片的出水边和进水面则采用侧铣,同时考虑刀具的干涉问题。对生成的刀位进行后置处理(UG Post Process)生成加工代码(见图 6),使之更有效地配合机床加工。

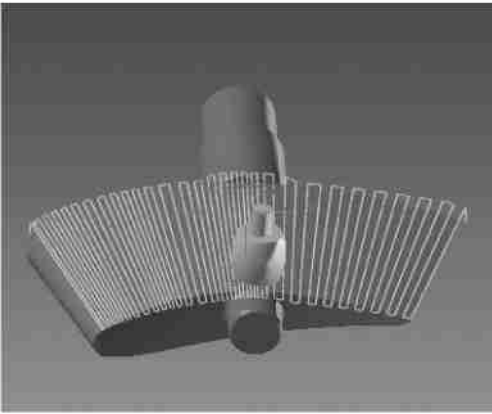


图 5 导叶数控加工刀位图

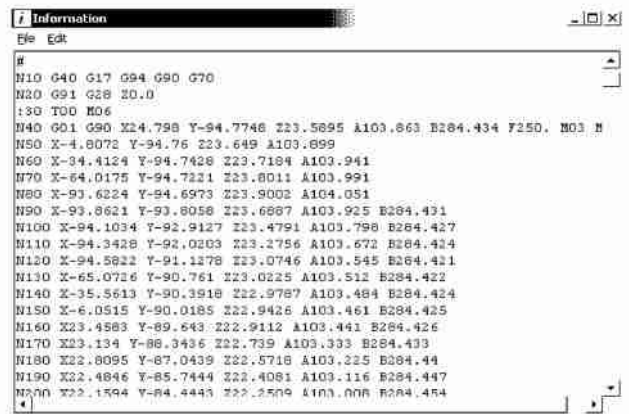


图 6 加工代码

参考文献:

- [1] 宋文武. 贯流混流式水轮机水力设计研究 [J]. 大电机技术, 1992, (6): 43-46.
- [2] 哈尔滨大电机研究所. 水轮机设计者手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1976.
- [3] 马秋成, 肖良红, 张高峰, 等. UG-CAM 篇 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [4] 黄毓荣, 顾崧, 刘其荣. UG 多轴铣制造过程培训教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.

Flow Analysis of Straflo Turbine's Guide Apparatus and Numerical Control Processing

SONG Wen-wu, FU Jie, CHEN Ci-chang, CHEN Xiao-shan

(Dept. of Energy and Environmental Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, China)

Abstract: Three-dimensional modeling design and flow analysis of strafflo turbine's cone guide apparatus are made by using Unigraphics and Fluent software. And by UG CAM interference check and simulated processing of the guide are conducted, producing tool position processing codes which are able to make the tool-processing more effective and give a better solution to special airtight of the guide when it is completely shut off.

Key words: strafflo turbine; stapler guide apparatus; CFD; numerical control machining