

基于全流道模拟的泵装置出水流道水力特性分析*

杨帆^{1,2} 刘超^{1,2} 汤方平² 周济人^{1,2}

(1. 扬州大学水利与能源动力工程学院, 扬州 225127; 2. 扬州大学江苏省水利动力工程重点实验室, 扬州 225009)

摘要: 为研究低扬程泵装置出水流道的水力性能,采用CFD方法对泵装置进行全流道数值计算,并通过模型试验对数值计算结果的准确性进行验证。分析了隔墩对出水流道水力性能和泵装置能量特性的影响,阐述了出水流量不平衡的问题以及环量对出水流道内部流动特性的影响。结果表明:对于低扬程泵装置,出水流道的隔墩对泵装置能量性能的影响较大,应尽量避免设置隔墩;在出水流道中,隔墩前伸会增加出水流道的水力损失,导致两孔流量分配更加不相等,隔墩后伸对两孔流量的分配无影响但会增加出水流道的水力损失,从而降低泵装置的水力性能。无环量时出水流道的水力损失与流量呈二次方关系,有环量时出水流道的水力损失增大,且内部流态变得复杂。出水流道的内外特性与泵装置的运行工况有关系,应避免将出水流道独立地从泵装置系统中脱离出来进行水力性能的计算分析。

关键词: 泵装置 流道 隔墩 水力性能 数值模拟

中图分类号: S277.1; TV131.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)03-0083-07

引言

大型轴流泵站出水流道过水断面的宽度都在3 m以上,从结构上考虑需在出水流道中设置隔墩支撑,把出水流道分为两孔,降低出水流道顶板的跨度,从而降低泵站土建投资。目前,国内外对出水流道隔墩的影响研究,主要集中于国内,国外鲜有报道,文献[1]采用Fluent软件开展隔墩对虹吸式出水流道水力特性影响的研究,该文献对隔墩的研究采取将出水流道从泵装置中独立出来进行研究,而泵装置的各过流部件是彼此相互影响的,为探究隔墩对低扬程泵装置水力性能的影响,本文通过对泵装置进行全流道的三维数值计算,采用定量和定性相结合的方法分析隔墩对出水流道水力性能和泵装置能量特性的影响,并阐述有、无环量对出水流道内流场的影响,为泵站出水流道的设计提供一定的参考价值。

1 泵装置数值方法及计算模型

1.1 数值模拟方程

泵装置内部流动为不可压缩湍流流动,该流动可用雷诺时均N-S方程和连续性方程描述,RNG

$k-\varepsilon$ 湍流模型对复杂的大曲率流动的模拟效果较好,文献[2-6]采用该湍流模型对泵及泵装置进行三维数值模拟均取得了理想效果,本文也采用RNG $k-\varepsilon$ 湍流模型,以提高计算结果的准确性和可靠性。基于大型商用CFD软件ANSYS CFX的全隐式耦合多网格线性求解器,采用有限体积法^[7]对控制方程进行离散,对所有变量整场联立求解,同时求解连续性方程和动量方程组。

1.2 泵装置计算参数

轴流泵装置采用比转数为1 350的轴流泵水力模型,叶轮直径为0.30 m,轮毂直径为0.12 m,转轮叶片数为3,导叶片数为7,计算转速为1 292 r/min,计算流量范围为180~340 L/s。计算区域共包括前池、进水流道、叶轮、导叶、弯管段、出水流道及出水池共7部分,本文为研究隔墩对泵装置性能的影响,采用了有、无隔墩两套泵装置模型进行计算,其三维模型如图1所示。叶轮与导叶采用ANSYS Turbogrid进行网格剖分,网格剖分时考虑了叶片叶顶间隙,叶顶间隙设置为0.15 mm,其余部分均采用ICEM CFD软件进行网格剖分,除出水流道外,两套泵装置各部分的网格质量及数量均相同,有无隔墩出水流道的网格质量基本相同,但其网格单元数量

收稿日期: 2013-03-11 修回日期: 2013-04-08

* 国家自然科学基金资助项目(51279173)、江苏省属高校自然科学研究重大项目(11KJA570001)和江苏省重点实验室开放课题资助项目(K11018)

作者简介: 杨帆,讲师,主要从事泵及泵装置水力特性与多目标优化研究,E-mail: sqzyyangfan@126.com

通讯作者: 刘超,教授,博士生导师,主要从事泵及泵装置理论与工程研究,E-mail: liuchao@yzu.edu.cn

略有差别,各物理量的残差收敛精度均低于 10^{-4} ,并设置监测点监测扬程的变化,该监测点采用泵装置扬程的计算公式进行设置。

1.3 泵装置边界条件

边界条件的设置采用文献[6]的方法,各边界条件设置如下:

(1) 计算域进口采用速度进口条件,速度进口设置在距进水流道一定距离的前池进口断面上,进口速度按均匀分布给出。

(2) 计算域出口采用平均静压条件,平均静压设置在距出水流道一定距离的出水池出口断面上。

(3) 固体壁面采用无滑移边界条件,前池与出水池的自由液面采用对称平面处理,叶轮与导叶、进水流道的交界面采用动-静交界面,其余区域间的拼接均采用静-静交界面。

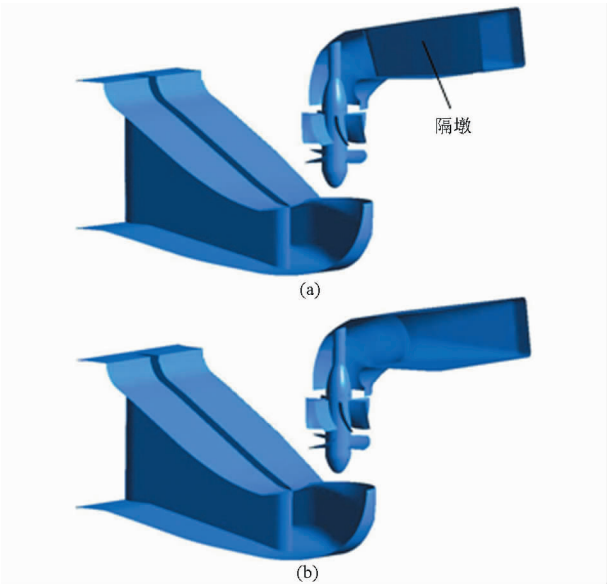


图1 立式轴流泵装置三维模型
Fig.1 3D model of vertical axial-flow pumping system
(a) 设隔墩 (b) 未设隔墩

1.4 数值计算有效性的验证

针对设置隔墩的立式轴流泵装置进行数值计算,并与模型试验结果进行对比,以验证泵装置数值计算采用的网格单元数量、湍流模型及边界条件设置的合理性,共计算180~340 L/s范围内6个工况点,数值预测与试验结果的对比如图2所示。泵装置物理模型试验在扬州大学江苏省水利动力工程重点实验室的高精度水力机械试验台上进行,泵装置能量性能试验按照SL140—2006《水泵模型及装置模型验收试验规程》中要求进行相关数据的采集,试验台的相关数据在文献[6,8]中均有介绍,本文不再赘述。

对比结果表明:预测的扬程与试验值最大相对误差为27.66%,最小相对误差为1.48%,预测的效

率与试验值最大相差8.25%,最小相差1.44%,预测值与试验值较接近的工况均处于高效区范围内,预测的扬程和效率与试验值的相对误差均小于1.5%,偏离最优工况时轴流泵内部流态更加复杂,数值预测的准确性较差,在最优工况附近数值预测结果可信度及有效性较高。

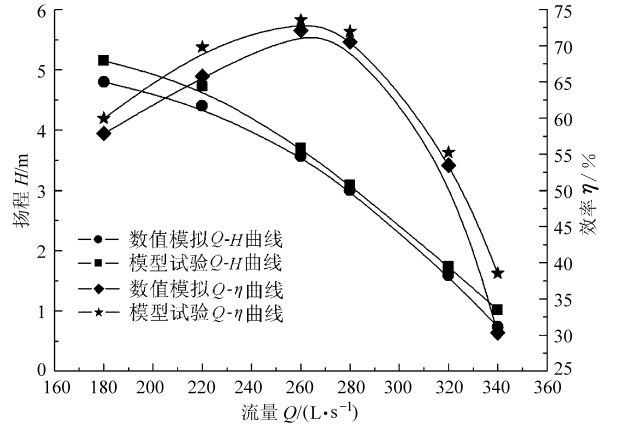


图2 泵装置外特性数据对比
Fig.2 Comparisons of pumping system performance

2 隔墩对泵装置水力性能的影响分析

2.1 隔墩对出水流道的水力性能影响

设置隔墩的立式轴流泵装置数值计算结果表明,左孔的流量大于右孔的流量,这与文献[9]通过立式泵装置试验测量所得结论一致。为了分析比较,定义流量比 n 为左孔流量与右孔流量之比,流量比 n 与流量 Q 的关系如图3所示。流量180 L/s时,流量比 n 达2.18,在流量260~340 L/s范围内,流量比 n 处于1.20~1.25之间,变化范围较小。导叶体出口的剩余环量决定了出水流道进口断面的流速分布情况,最终决定了两孔流量的分配比例。

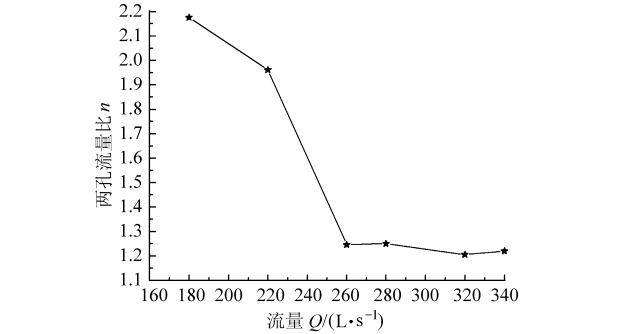


图3 左孔与右孔的流量比
Fig.3 Flow ratio of left hole to right hole

目前,GB/T 50265—2010《泵站设计规范》从结构设计角度对隔墩的起点位置进行了规定,即当流道宽度较大时,宜设置隔水墩,其起点与机组中心线间的距离不应小于水泵出口直径的2倍。规范没有从水力性能角度对出水流道隔墩起始点的位置、形

状及隔墩厚度做出一定要求,只要满足结构设计要求即可,致使隔墩的设计仍具有一定的随意性。

若隔墩在出水流道进口向前延伸,只能把两孔的流量分配比例增大,因为导叶体出口的水流是螺旋状的,向前延伸的隔墩会使水流的分配更加不均匀,隔墩的撞击损失 Δh_z 定义为

$$\Delta h_z = \frac{\xi_1 v_i^2}{2g} + \frac{\xi_2 v_z^2}{2g} \tag{1}$$

式中 ξ_1 、 ξ_2 ——水力损失系数
 v_i ——横向速度 v_z ——轴向速度
 g ——重力加速度

导叶体出口剩余环量越大, $v_i^2/(2g)$ 就越大;流量越大,隔墩前伸越大,绝对速度的轴向分速度越大, $v_z^2/(2g)$ 越大。水流扩散尚不均匀时, $v_i^2/(2g)$ 增大,最终导致撞击水头损失增大。隔墩后伸对左右两孔流量的分配没有影响,仅对出水流道水力损失产生影响,文献[10]通过对出水流道后伸长度不同的隔墩进行水力损失计算,表明隔墩长度越长,流道水力损失越大。隔墩缩短后,扩散段过流面积增加,流速变小,流速头下降,水力损失减小。有隔墩的出水流道过流面积相比无隔墩的出水流道过流面积缩减的百分比沿出流方向的变化如图 4 所示,图中 s 表示距出水流道进口起始点的长度; l 表示出水流道的总长度。

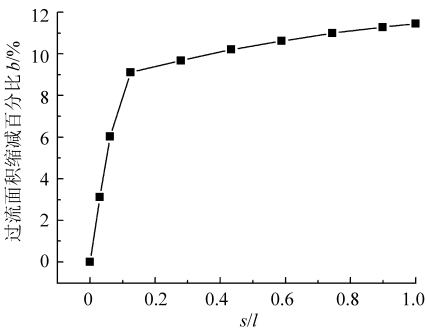


图 4 出水流道过流面积缩减百分比

Fig. 4 Decreasing percentage of flow section area

设置隔墩后,除进口断面与出口断面的面积相等外,其余各过流断面面积的缩减均达到 9% 以上,过流断面面积减小,流速增大,水力损失也相对增加。若在保证隔墩支撑强度的前提下,增加隔墩的厚度,就会减小出水流道的过流面积,增加流速,必然会增加出水流道的水力损失。从设置隔墩厚度的角度出发,保证隔墩支撑强度前提下,应尽量减小隔墩的厚度。

有、无隔墩的出水流道水力损失差与流量的关系如图 5 所示,在流量 180 L/s 时,有隔墩的出水流道水力损失反而小于无隔墩的出水流道水力损失,主要因此时导叶体出口剩余环量较大,隔墩还起到

了环量回收的作用,减小了水力损失,但这回收的差别非常小,两者仅相差 0.013 m,而在流量 260 ~ 340 L/s 范围内,出水流道水力损失差随着流量的增加先增加而后减小,在流量 340 L/s 时,水力损失差值减小,表明此时导叶体出口剩余环量小,所产生的附加水力损失也较小。

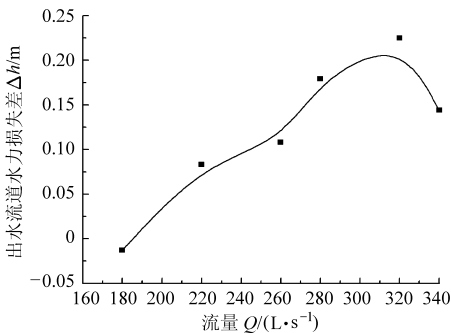


图 5 出水流道水力损失差与流量关系

Fig. 5 Hydraulic loss vs flow rate of outlet passage

图 6 为 3 种不同工况有、无隔墩的出水流道内部流线图,在流量 180 L/s 时,有隔墩的出水流道内部流态较无隔墩的好,无隔墩的出水流道内部流线紊乱,紊动水力损失较大,无隔墩的水力损失大于有隔墩的水力损失;在流量 280 L/s 时,有无隔墩的出水流道内部流线均较平顺,两者的水力损失差别主要体现在隔墩的阻流作用;在流量 340 L/s 时,无隔墩的出水流道底部流线紊乱,会适当增加紊动水力损失,此时流量较大,出水流道进口断面流速较大,隔墩所造成的水力损失大于水流自身紊动水力损失,有隔墩的水力损失大于无隔墩的水力损失。若

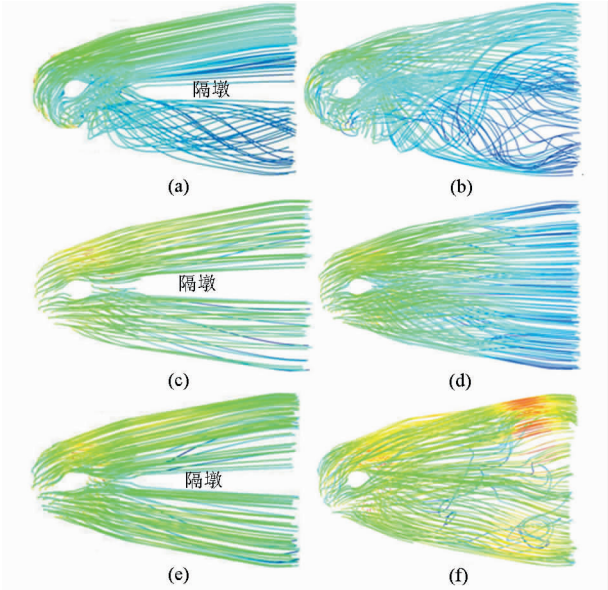


图 6 有、无隔墩时出水流道内部流态

Fig. 6 Internal flow of different outlet passages

- (a) 有隔墩, $Q = 180$ L/s (b) 无隔墩, $Q = 180$ L/s
(c) 有隔墩, $Q = 280$ L/s (d) 无隔墩, $Q = 280$ L/s
(e) 有隔墩, $Q = 340$ L/s (f) 无隔墩, $Q = 340$ L/s

仅从出水流道内部流态分析,有无隔墩时的出水流道在设计工况($Q=280\text{ L/s}$)时,内部流线均较平顺,若从出水流道水力性能方面分析,无隔墩的出水流道水力损失小于有隔墩的出水流道。

2.2 隔墩对泵装置外特性的影响

在对有、无出水流道隔墩的泵装置进行数值计算的基础上,通过对叶轮扭矩、泵装置扬程及效率进行预测,分析隔墩对泵装置水力性能的影响,泵装置扬程 H_{ps} 、转轮扭矩 T_p 及泵装置效率 η 计算式为

$$H_{ps} = \left[\sum_{i=1}^{N_{out}} \frac{(P_{sout}/(\rho g))_i}{N_{out}} + \sum_{i=1}^{N_{out}} \frac{(v_{out}^2/(2g))_i}{N_{out}} + H_{out} \right] - \left[\sum_{i=1}^{N_{in}} \frac{(P_{sin}/(\rho g))_i}{N_{in}} + \sum_{i=1}^{N_{in}} \frac{(v_{in}^2/(2g))_i}{N_{in}} + H_{in} \right] \quad (2)$$

式中 P_s ——断面各节点的静压
 H ——断面几何中心的位能
 v ——断面各网格节点的绝对速度
 N ——断面的网格节点数总和
 ρ ——流体密度

下角 out,in 分别代表出水流道、进水流道的出口、进口断面。

$$T_p = - \sum_{i=1}^M (P - P_{ref}) And \quad (3)$$

式中 P ——作用在叶片上的压力
 M ——作用面的个数
 d ——力臂,叶片上的力到轴线的垂直距离
 P_{ref} ——基准压力 A ——叶片面积
 n ——作用力的单位法向量

$$\eta = \frac{30\rho gQH_{ps}}{\pi n_y T_p} \quad (4)$$

式中 n_y ——叶轮旋转速度

依据式(2)~(4),对两套泵装置进行性能预测,预测的结果如图7所示。在6个工况点时,两套泵装置的扭矩预测值最大差别为0.5%,最小差别为0.03%,可以忽略扭矩预测值对泵装置效率预测的影响。由图7b可知,无隔墩的泵装置扬程、效率均高于有隔墩的泵装置,且流量 Q 大于220 L/s时,效率差更加明显,最优工况时,无隔墩的泵装置相比有隔墩的泵装置效率提高了2.25%,此时扭矩的相对差为0.099%,对于低扬程泵装置,若出水流道满足其结构要求,应尽量避免设置隔墩。若泵站出水流道内设置隔墩,出水流道的出口采用普通分块拍门进行开停机的打开与关闭,此时因出水流道左右孔流量分配不均匀不但直接造成左右两孔拍门开启不等,进而还造成出水池内的流态紊乱,文献[11]获得拍门处的水流流态验证了该结论。水泵正常运

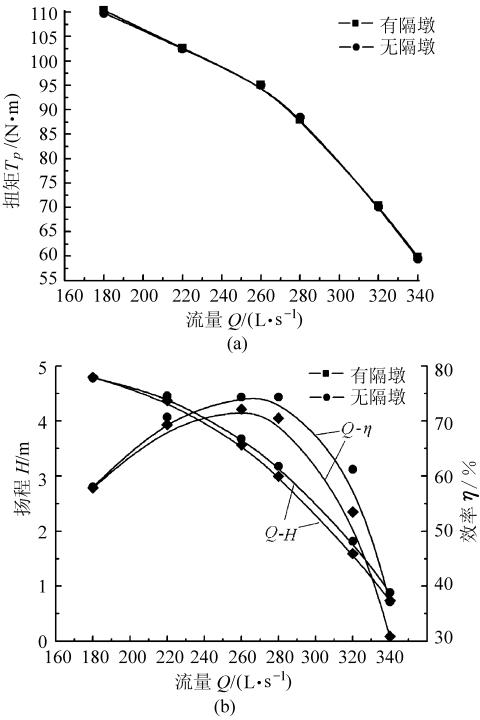


图7 泵装置性能预测结果对比
Fig.7 Comparisons of the performance curves of pumping system
(a) 扭矩与流量曲线 (b) 扬程、效率与流量曲线

行时,左右两孔流量不等,使得两孔拍门开启角度不等,直接影响泵装置的能量效率。

3 环量对出水流道水力性能的影响

通过基于泵装置整体的三维流场计算,可知隔墩对出水流道的影响。为进一步说明导叶体出口剩余环量对出水流道水力性能的影响,对无环量的泵装置出水流道进行了数值模拟,分析了有、无环量对出水流道水力性能的影响,环量的数值计算方法参照文献[12]。

对泵装置(出水流道未设隔墩)导叶体出口剩余环量、流量及出水流道水力损失三者之间的关系如图8所示。在流量 $Q=260\sim 280\text{ L/s}$ 范围内导叶体出口剩余环量在 $0.40\sim 0.55\text{ m}^2/\text{s}$,此时泵装置效率处于高效区范围内,相比其他计算工况,导叶体出口剩余环量较小,由导叶体出口剩余环量与流量关系曲线可知,导叶体出口剩余环量存在最小值,出水流道水力损失并未与环量呈现出某一特定的规律。

为进一步阐述导叶体剩余环量对出水流道水力损失的影响,对无环量入流的出水流道进行了计算,弯管及出水流道三维透视模型及出水流道进口断面如图9所示,边界条件设置参照文献[1]。

有、无环量的出水流道进口断面的静压及流线如图10所示。无环量轴向均匀流进入弯管后受离心力的作用,出水流道纵向对称面 $A-A$ 附近水体

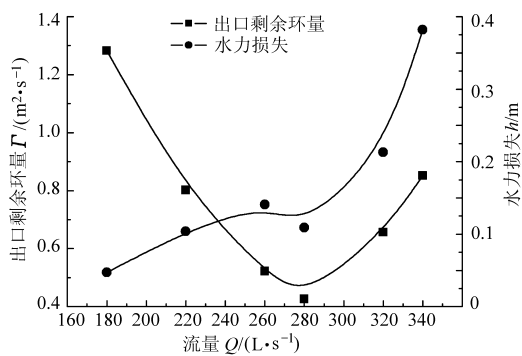


图 8 不同工况时剩余环量和水力损失关系曲线
Fig. 8 Relationship of hydraulic loss and residual circulation under different conditions

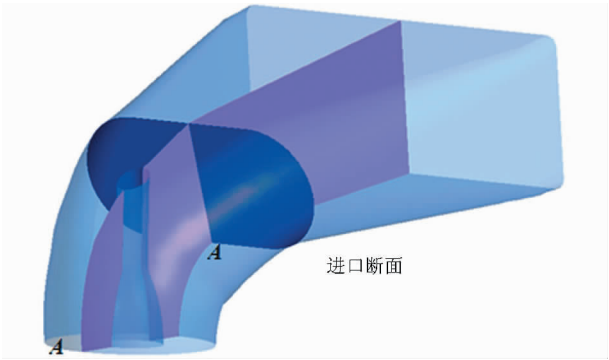


图 9 出水水道断面图
Fig. 9 Sectional drawing of outlet passage

远离侧壁面,流动阻力较小,依靠惯性向弯管两对称外侧流动,再沿两侧边壁流回内侧,从而形成两个关

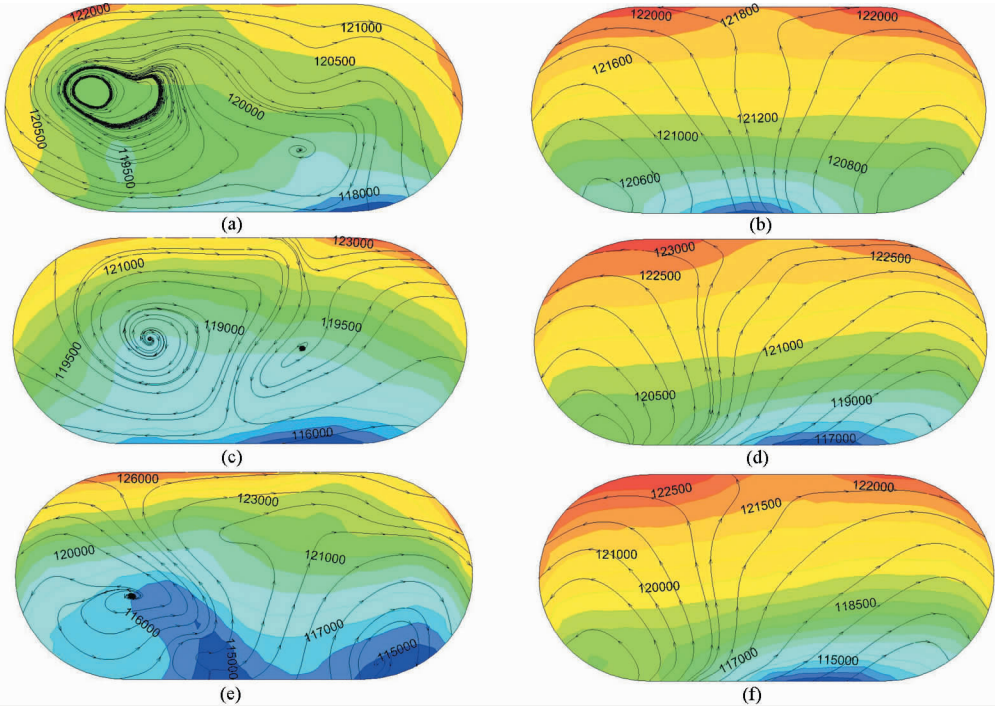


图 10 有、无环量时水道进口断面静压及流线图
Fig. 10 Static pressure and flow lines of outlet section of outlet passage
(a) 有环量, $Q = 180 \text{ L/s}$ (b) 无环量, $Q = 180 \text{ L/s}$ (c) 有环量, $Q = 280 \text{ L/s}$
(d) 无环量, $Q = 280 \text{ L/s}$ (e) 有环量, $Q = 340 \text{ L/s}$ (f) 无环量, $Q = 340 \text{ L/s}$

于对称面 $A-A$ 对称、旋转方向相反的二次漩涡,如图 10b、图 10d 和图 10f 所示。在 $Q = 180 \text{ L/s}$ 时,出水水道进口断面的静压呈对称分布,关于对称面 $A-A$ 对称的漩涡范围基本一致,随流量的增大,进口断面的静压分布呈现出进口左侧压力高于右侧,对称面 $A-A$ 两侧的漩涡区表现为左侧的漩涡区范围小于右侧漩涡区,出水水道进口断面底部的低压区偏向右侧,高压区偏向进口断面的顶部左侧。

若考虑水力模型(叶轮和导叶体),则出水水道进口断面的静压及速度分布需考虑导叶体出口剩余环量、二次流及泵轴旋转的共同影响。导叶体出口剩余环量会导致进入出水水道内部的水流为旋转流动,在流量 $Q = 180 \text{ L/s}$ 时,出水水道进口断面静压分布沿对称面 $A-A$ 已不对称,顶部的左侧出现小范围高压区,底部右侧出现小范围低压区,且左侧的漩涡强于右侧。当流量增大至 280 L/s 时,导叶体出口环量减小,进口断面的高压区与低压区均在对称面 $A-A$ 的右侧,流量 $Q = 340 \text{ L/s}$ 时,进口断面出现了 2 个低压区及 1 个高压区,进口断面的漩涡强度低于其他两个工况。由图 10 可知,进口断面的静压分布及流线受导叶体出口剩余环量及二次流的影响很大,出水水道内部流态分析应综合考虑导叶体出口剩余环量的影响,对各运行工况时出水水道的水力性能分析需将叶轮及导叶体加入整个计算数学模型中。

对有、无环量轴向均匀入流的出水流动水力损失进行计算,结果如图 11 所示。无环量轴向均匀入流时,出水流动进口断面虽受弯管内二次流的影响,其水力损失与流量的二次方成正比,在计算工况范围内,无环量轴向均匀入流条件下的出水流动水力损失均小于有环量轴向均匀入流条件下的出水流动水力损失。在流量 $Q = 220 \text{ L/s}$ 时,有环量条件时出水流动的水力损失是无环量时其水力损失的 6.018 倍,在流量 $Q = 280 \text{ L/s}$ 时,导叶体出口剩余环量最小,有环量条件时出水流动水力损失是无环量时其水力损失的 2.471 倍。导叶体出口剩余环量的存在会增加该出水流动的水力损失。出水流动的流态非常复杂,不仅与出水流动的形状和尺寸有关,还与导叶体出流条件密切相关,实际轴流泵压水室中因有泵轴穿过,水泵转动时水流绕过高速旋转的泵轴,必然会进一步增加出水流动内部流态的紊乱。因此对出水流动内部流态的分析需考虑泵装置所选的水力模型及其运行工况,出水流动的水力性能分析应建

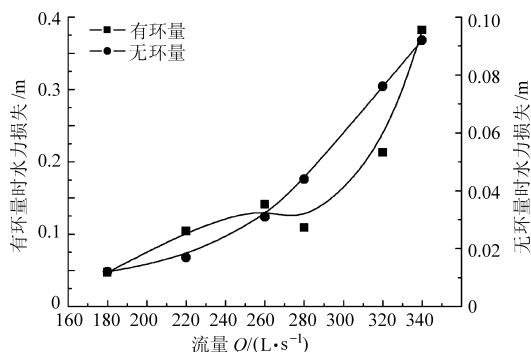


图 11 有、无环量时出水流动水力损失

Fig. 11 Hydraulic loss of outlet passage with and without velocity circulation

立在泵装置全流动数值模拟的基础上。

4 结论

(1) 出水流动的隔墩对低扬程泵装置水力性能的影响较大,在出水流动满足结构要求的前提下应尽量不设置隔墩,若设置隔墩,隔墩的起始位置离泵轴中心线不宜太近,宜靠出水流动出口侧较近。出水流动设置隔墩的泵站,隔墩两侧流量分配的不均衡直接导致两孔普通拍门开启角度的不一致,会影响泵站运行的效率,出水流动设置隔墩的泵站,其断流方式不宜选用拍门。

(2) 影响隔墩两侧流量分配不均衡的原因是导叶体出流剩余速度环量未完全消除,流动中流量不平衡会影响出水池中水流流态。在出水流动中,进一步向前延伸隔墩长度会增加出水流动的水力损失,导致两孔流量分配更加不均衡,进一步向后延伸隔墩长度对两孔流量的分配无影响但同样会增加出水流动的水力损失,从而降低泵装置的水力性能。运行工况不同时,泵装置出水流动隔墩两侧的流量比是不同的。

(3) 当弯管进口为无环量轴向均匀入流时,出水流动的水力损失与流量呈二次方关系,流动水力损失均小于有环量轴向均匀入流时流动的水力损失。降低出水流动的水力损失应尽可能减小导叶体出口剩余环量。出水流动的水力性能受导叶体出口环量的影响,导叶体与叶轮存在一定的匹配关系,不同工况时各水力模型导叶体出口剩余环量值也不相同,因此出水流动的数值分析应综合考虑所选的水力模型及泵装置运行工况。

参 考 文 献

- 1 朱红耕. 大中型水泵装置过流部件内流数值模拟与性能预测[D]. 镇江:江苏大学,2006.
Zhu Honggeng. Internal flow simulation for large and medium sized pumping systems and performance prediction[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2006. (in Chinese)
- 2 Wang Zhengwei, Peng Guangjie, Zhou Lingjiu, et al. Hydraulic performance of slanted axial pump system[J]. Engineering Computations, 2010, 27(2): 243–256.
- 3 李晓俊,袁寿其,潘中永,等. 诱导轮离心泵空化条件下扬程下降分析[J]. 农业机械学报,2011,42(9):89–93.
Li Xiaojun, Yuan Shouqi, Pan Zhongyong, et al. Analysis of cavitation head drop in centrifugal pump with inducer[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(9): 89–93. (in Chinese)
- 4 Spezial C G, Thangam S. Analysis of an RNG based turbulence model for separated flows[J]. International Journal of Engineering Science, 1992,30(10): 1379–1388.
- 5 Jafarzadeh B, Hajari A, Alishahi M M, et al. The flow simulation of a low-specific-speed high-speed centrifugal pump[J]. Applied Mathematical Modeling, 2011, 35(1): 242–249.
- 6 杨帆,刘超,汤方平,等. 斜轴伸泵装置水动力数值计算与模型试验[J]. 机械工程学报,2012,48(18):152–159.
Yang Fan, Liu Chao, Tang Fangping, et al. Numerical simulation on the hydraulic performance and model test of slanted axial pumping system[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2012, 48(18): 152–159. (in Chinese)
- 7 孙纪宁. ANSYS CFX 对流传热数值模拟基础应用教程[M]. 北京:国防工业出版社,2010.
- 8 Liu Chao, Jin Yan, Zhou Jiren, et al. Numerical simulation and experimental study of a two-floorstructure pumping system[C]// ASME 2010 Power Conference, 2010:777–784.

9 仇宝云,冯晓莉,袁寿其,等. 大型泵站双孔出水流道偏流分析[J]. 水力发电学报,2005,24(6):110-114,120.
Qiu Baoyun, Feng Xiaoli, Yuan Shouqi, et al. Analysis of flow deviation in two-channel discharge passage of a large pump station [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2005, 24(6): 110-114, 120. (in Chinese)

10 梁金栋,陆林广,刘荣华,等. 中隔墩对大型泵站出水流道水力性能的影响[J]. 排灌机械工程学报,2011,29(1):77-81.
Liang Jindong, Lu Linguang, Liu Ronghua, et al. Influence of middle division pier on hydraulic performance in pumping station outlet conduit[J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2011, 29(1): 77-81. (in Chinese)

11 杨帆,周济人,刘超. 泵装置拍门阻力损失数值模拟与试验[J]. 农业机械学报,2011,42(9):108-112,44.
Yang Fan, Zhou Jiren, Liu Chao. Numerical simulation and experiment on resistance loss of flap gate[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(9): 108-112, 44. (in Chinese)

12 陈玉璞. 流体动力学[M]. 南京:河海大学出版社,1990.

Analysis of Hydraulic Performance of Outlet Passage Based on Simulation of Steady Flow in Whole Passage of Axial-flow Pumping System

Yang Fan^{1,2} Liu Chao^{1,2} Tang Fangping² Zhou Jiren^{1,2}

(1. School of Hydraulic, Engineering and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China
2. Hydrodynamic Engineering Laboratory of Jiangsu Province, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: In order to investigate the influence of dividing pier on the hydraulic performance of a low-lift axial-flow pumping system,CFD method was used to simulate the three-dimensional internal flow of a low-lift pumping system with different outlet passages. The performance of the pumping system was estimated, and was compared with test data. Focusing on analyzing of the influence of dividing pier on the hydraulic performance of outlet passages and external characteristic of the pumping system, flows in two channels of the outlet passage are unequal to each other,the flow imbalance problem and the influence of velocity circulation on the hydraulic performance were analyzed as well. Results show that the dividing pier has great influence on the performance of the low-lift pumping system and should be avoided. Protrusive dividing pier makes the hydraulic loss of outlet passages increased and flow distribution more unequal. Backward extension of dividing pier does not influence the flow distribution, but makes hydraulic loss of outlet passage increase which induces degradation of the performance of the pumping system. Under the condition of zero velocity circulation, the hydraulic loss of outlet passage is in proportion to the square of flow, and the hydraulic loss is larger than that with velocity circulation and the flow is more complex. The internal and external performance of outlet passages has the relationship with the running condition of the pumping system,so it should avoid calculating the flow patterns of a separated outlet passage.

Key words: Pumping system Passage Dividing pier Hydraulic performance Numerical simulation