

多机组泵站复合前池水流流动数值模拟研究

吴东恒¹, 顾春雨¹, 杨晓红¹, 周 杨²

(1. 江阴市水利工程公司, 江苏 无锡 214431;

2. 江阴市重点水利工程建设管理处, 江苏 无锡 214431)

摘要: 对某多机组泵站复合前池水流流动进行了 CFD 数值模拟计算, 结果表明: 复合前池各自泵房机组水流流动区域都出现了大范围回流区和低速区, 水流流态紊乱, 严重影响进水池进水均匀性; 各泵房进水池有多台机组处于流速分布低速区和前方进水回旋等不良进水条件, 甚至出现大尺度回旋; 该多机组泵站复合前池平面布置图不合理, 须进行 CFD 数值模拟或水工模型试验水力优化, 获得最优水力性能。

关键词: 复合前池; 水流流态; 流速分布; 数值模拟

中图分类号: TV131

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 08-0048-04

Numerical simulation on the water flow in the compound forebay of multi-unit pumping station

WU Dongheng¹, GU Chunyu¹, YANG Xiaohong¹, ZHOU Yang²

(1. Jiangyin Water Conservancy Engineering Company, Wuxi 214431, Jiangsu;

2. Jiangyin Key Water Conservancy Construction Management Office, Wuxi 214431, Jiangsu)

Abstract: The CFD numerical simulation was carried out on the flow of compound forebay in a multi-unit pumping station. The result showed that there were a wide range of recirculation zone and low speed zone in the flow region of each pump unit, and the water flow regime was disorder, which seriously affected the water inlet uniformity in the intake sump. There were several pump units in bad influent conditions such as low velocity zone and cycled inlet water, even cycled in large scale. The layout plan of the compound forebay of this multi-unit pumping station was unreasonable, which could obtain the optimal hydraulic performance through CFD numerical simulation or hydraulic optimization on hydraulic model test.

Key words: compound forebay; water flow regime; velocity distribution; numerical simulation

0 引言

泵站进水前池基本类型为正向进水前池和侧向进水前池, 正向进水前池与进水方向一致, 水流平稳扩散, 水流流态良好; 侧向进水前池与进水池水流方向正交或斜交, 池中易形成较大回流区, 流态紊乱^[1-3]。复合进水前池结构上一般存在两座泵房, 集中了正向、侧向前池的优缺点, 即有正

向进水和侧向进水流动方向。复合前池存在水流分流与弯曲流动等流动状况, 易形成大尺度回流区, 造成复合前池水流流态更加紊乱, 水泵工作效率下降, 严重时机组振动明显^[4]。多机组泵站复合前池在设计时要充分考虑池内水流流态, 可通过 CFD 数值模拟进行前瞻性研究, 合理优化复合前池结构设计。

收稿日期: 2017-05-23

作者简介: 吴东恒 (1976-), 男, 工程师, 主要从事水利工程管理工作。

度等)的分布,以及这些物理量随时间的变化情况,确定旋涡分布特性、空化特性及脱流区等。

3.2 控制方程

控制方程采用三维雷诺时均 N-S 方程来描述该泵站复合前池不可压缩湍流流动,方程式如下:

$$\text{连续性方程: } \partial(\rho \bar{u}_i) / \partial x_i = 0$$

雷诺时均 N-S 方程:

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(v + v_t) \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right]$$

3.3 边界条件设置

在 fluent 计算中,采用 Realizable(可实现) $k-\varepsilon$ 模型,一阶迎风格式;进口设置为速度进口;出口设置为 outflow(自由出流);水流与空气接触面设置为 symmetry(对称);河道所有边壁均设为无滑移壁面;迭代残差值为 5×10^{-4} 。

4 计算分析

多机组泵站在实际运行过程中全开启或部分开启水泵机组。因此,计算工况分为 3 种,即全开

启运行、泵房 1 开启与泵房 2 开启。

4.1 复合前池水流流态

通过计算得知,当机组全开启时,水流流态如图 5(a) 所示,一部分水流分流至泵房 1 机组,沿涵洞圆弧段大曲率弯曲流动,在泵房 1 机组左侧区域形成大尺度回流区;另一部分水流未表现出正向流动特点,在泵房 2 机组前方中间侧形成大尺度回流区;机组全开启复合前池的水流流态紊乱,大尺度回流区易泥沙沉淀淤积,更不利于水泵机组运行。

当机组半开启时,水流流态如图 5(b)、(c) 所示,泵房 1 机组水流流动仍大曲率弯曲流动,左侧区域回流区范围略有减小,说明了复合前池平面布置图中有关泵房 1 机组左侧区域布置不够合理,须通过水力优化设计。泵房 2 机组水流流动较接近正向前池水流流动特点,中间侧水流回流区范围大幅度减小,且远离泵房 1 机组,对泵房 1 机组运行影响有限。

4.2 复合前池水流速度分布

水流流速分布能在一定程度上反映水流流动均匀性等特性。复合前池水流流速分布如图 6 所

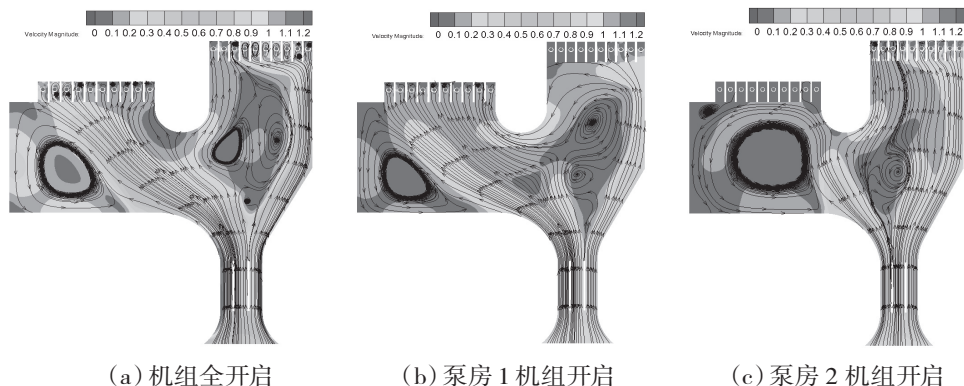


图 5 多机组泵站复合前池水流流态云图

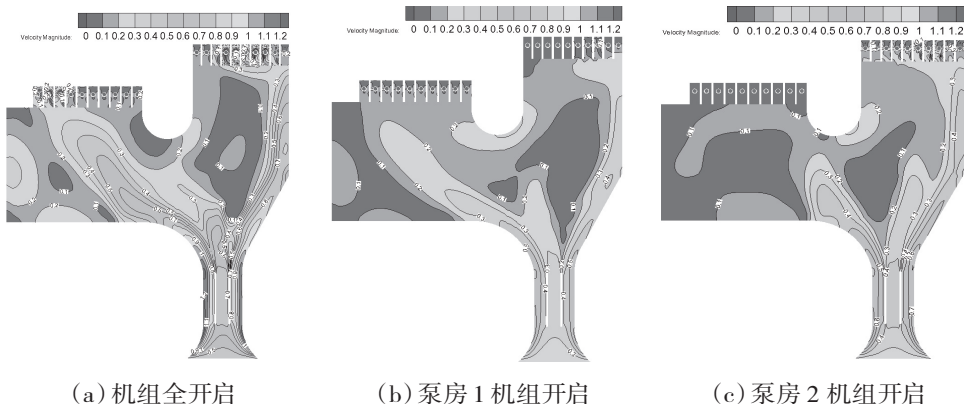


图 6 多机组泵站复合前池水流流速分布云图

示,当机组全开启时,流向泵房1机组水流主流弯曲流动,两侧区域为低速区,其中左侧区域回流速度超过 0.3 m/s; 流向泵房1机组水流偏向岸墙侧,中间区域大范围低速区,这严重影响机组运行。当机组半开启时,水流流动特性显示了正向、侧向水流流动特点,水流流向机组方向所在的区域低速区范围明显减小,但受到各自不运行机组前方区域死水区的影响,使得工作区域水流流速分布不均匀。

4.3 进水池水流特性

当机组全运行时,泵房1机组由于水流斜向大曲率弯曲流动的影响,有7台机组进水池处于低速区,速度范围在 0 ~ 0.2m/s 之间,其中靠近左侧3台机组进水池出水管前方出现回旋区; 泵房2机组由于中间区域大尺度回流的影响,水流主流偏向岸墙侧,导致左右两侧机组进水池流速分布处于低速区,中间机组进水池出现大尺度回旋。见图7。

5 结论

(1) 多机组泵站复合前池各自泵房机组水流流动区域都出现了大范围回流区和低速区,水流流态紊乱,严重影响进水池进水均匀性。

(2) 各泵房进水池有多台机组处于流速分布低速区和前方进水回旋等不良进水条件,甚至出现大尺度回旋。

(3) 该多机组泵站复合前池平面布置不合理,

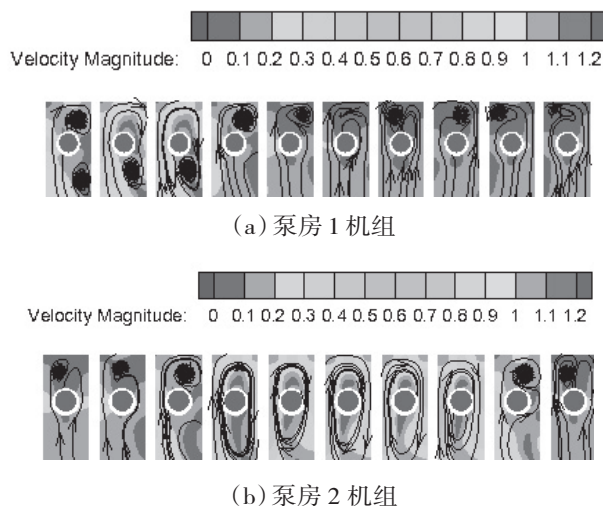


图7 进水池水流流态及流速分布图

须进行CFD数值模拟或水工模型试验水力优化,获得最优水力性能。

参考文献:

- [1] 刘超. 水泵与水泵站[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2003: 162-173.
- [2] GB50265-2011, 泵站设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2011: 32-33.
- [3] 丘传忻. 取水输水建筑物丛书—《泵站》[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002: 380-390.
- [4] 刘超, 成立等. 取水前池复杂流动数值模拟[J]. 华北水利水电学院学报, 2001, 22(3): 35-39.

(责任编辑: 王宏伟)