侧向进水多机组泵站进水流态改善措施研究

徐月江[1]，冯建刚[2]，陈毓陵[2]

(1.上海水环境建设有限公司，上海 201203；2.河海大学，江苏 南京 212013)

摘要：结合上海市污水治理三期工程之一的汶水路泵站水力模型试验，研究和分析了侧向进水多机组泵站集水池的进水流态及产生不良流态的原因，提出了改善不良进水流态的措施，试验研究结果表明，改善措施有效地改善了进水流态和水泵运行工作性能，提高了泵站的工作效率。

关键词：泵站；侧向进水；集水池；进水流态；上海

中图分类号：TK08　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1005-6254(2004)04-0005-04

0 引言

拟建的上海市汶水路泵站是上海市污水治理三期工程主要工程之一。由于汶水路污水泵房出水是进入合流一期4#总管，管道内的水位线随雨季、旱季变化较大，所以汶水路污水泵站所需水泵扬程的范围变化也较大，设计选用10台潜水离心泵，单泵流量 Q=800 l/s~1 150 l/s，扬程为 H=18.5~10.3 m，泵站集水池最低运行水位-4.34 m，最高运行水位-2.48 m。水泵出水井采用高位井形式，最高水位13.80 m，最低水位6.90 m。泵站采用90°侧向进水方案，在配水区两侧各布置5台污水泵，来水经水泵提升后，由出水高位井进入污水管道。本文结合汶水路泵站水力模型试验研究部分内容，对侧向进水多机组泵站集水池的进水流态，以及进水流态对水泵性能的影响做了分析研究，并提出了切实可行的改善流态的措施。

1 模型设计

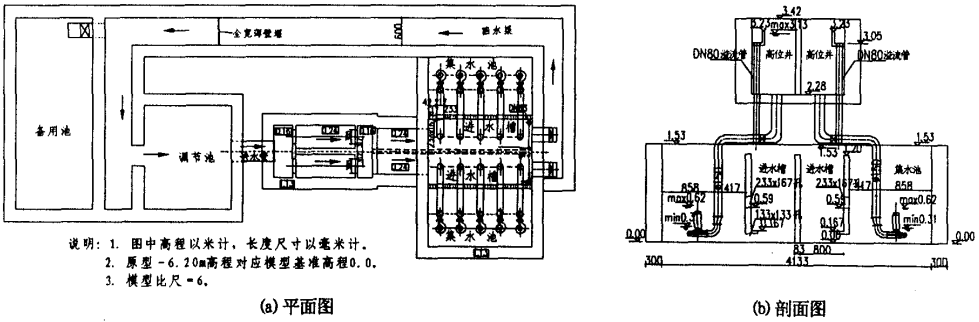
上海市汶水路泵站水力模型试验采用自循环、开敞式的水工正态模型。根据水力模型试验的目的和要求，确定模型比尺为 λ_L=6。

对于泵站集水池进水流态的模拟，因集水池中为具有自由表面的无压水，主要以重力相似准则进行模拟，即按佛汝德准则作为模型试验的基础。原型与模型的流速比尺为：$\lambda_v=\lambda_L^{0.5}$=2.45；流量比尺为：$\lambda_Q=\lambda_L^{2.5}$=88.18；时间比尺为：$\lambda_t=\lambda_L^{0.5}$=2.45。

水力模型总体布置见图1。

2 集水池进水流态研究

泵站进水水流中产生漩涡、回流，造成水泵叶轮进口断面流速和压力分布不均匀，是影响水泵性能的主要原因[1]。泵站集水池进水流态试验，首先对原设计方案集水池的水流流态进行测试，



说明：1. 图中高程以米计，长度尺寸以毫米计。
2. 原型-6.20m高程对应模型基准高程0.0。
3. 模型比尺=6。

(a) 平面图　　(b) 剖面图

图1 水力模型总体布置

作者简介：徐月江(1965-)，男，江苏人，上海水环境建设有限公司高级工程师。

万方数据

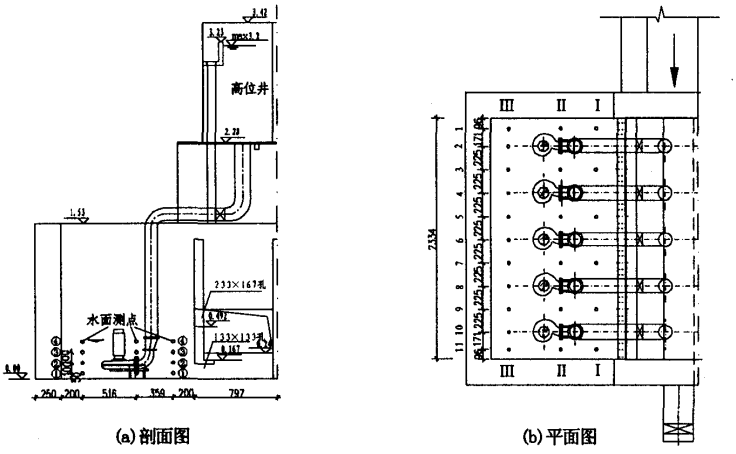
分析原设计方案在设计中存在的缺陷,提出改善措施并对其进行测试,不断加以完善,最终提出保证集水池进水流态良好,泵站运行安全高效的优化设计方案。

为全面反映泵站集水池进水流态,进水流态量测包括表面流态观测和典型过流断面流速分布量测两部分。在表面流态量测中,利用悬浮示踪物显示表面流态,结合摄像对比分析;在典型过流断面流速分布量测中,首先确定典型过流断面,再在典型过流断面上布置测线和测点,用流速仪和流速流向仪量测各测点的流速和流向,据此分析典型过流断面的流速分布。测点布置见图2。

2.1 原设计方案试验研究

汶水路泵站原设计方案采用完全侧向进水方式[2,3],水流经格珊井后,由矩形箱涵进入进水槽,在进水槽中旋转90°通过进水槽与集水池之间隔墙底部和中部的配水孔进入集水池。

试验研究结果表明,原设计方案多机组低水位运行时,进水槽表面水流流速较大,形成明显的回流区、侧向流和局部翻滚区等一系列水力现象,恶化了进水流态,影响了水泵的正常运行。集水池内由于挡水墙配水孔较小,多机组运行时底部流速较大,遇到边墙后发生倒流,表现为集水池表面为反向流,立面水流翻滚剧烈,在每台泵的进水管后区域有间歇性的小漩涡出现;同时,



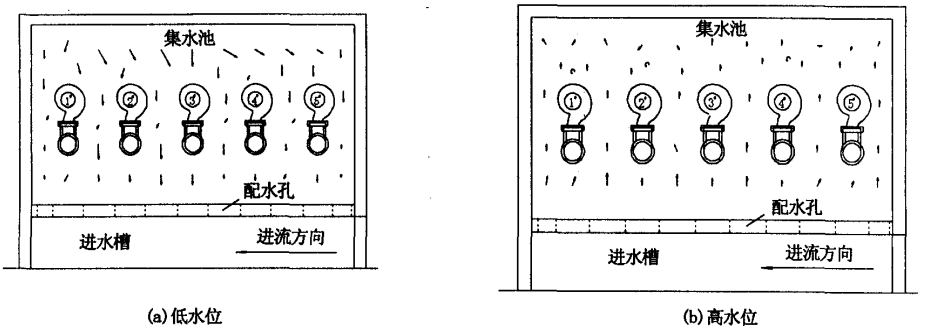
(a)剖面图　　(b)平面图

图2 流速测点布置图

在水泵后部区域存在着水流由1#泵向5#泵流动的现象,且流速较大。多机组高水位运行时,以上不良水流状态依然存在,由于第二层配水孔进水,强度有所减弱。见图3、图4。

2.2 产生不良流态的原因分析

通过对各种工况和多种开机组合情况下的运行分析,原设计方案中,存在严重的配水不均匀的现象,表现为集水池内存在表面反向流,立面水流翻滚剧烈,以及大范围回流及局部漩涡等。造成集水池内产生不良流态的主要因素有以

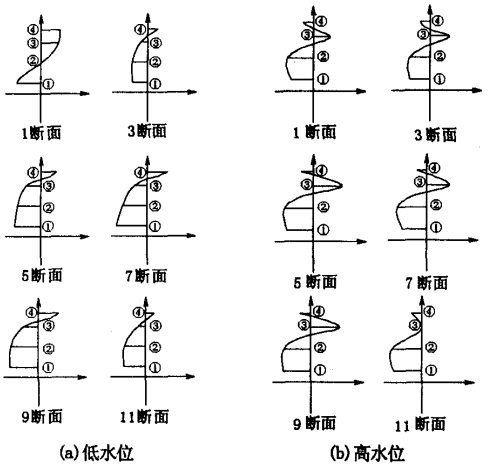


(a)低水位　　(b)高水位

图3 5台泵运行时集水池的表面流态

万方数据

下几个方面。



(a) 低水位　　(b) 高水位

图4　5台泵运行时Ⅱ－Ⅱ横断面①-④层的断面流速分布图

1. 进水箱涵到进水槽有 1.45 m 的跌水。水流由进水箱涵进入进水槽后，由于存在较大的落差，主流直冲向前，造成靠近进水箱涵一侧 5# 泵配水孔进水流量偏小，远离进水箱涵一侧 1# 泵配水孔进水流量明显偏大。

2. 采取矩形箱涵进水。水流进入进水槽后不能均匀扩散，水流主流区位于进水槽靠近中间隔墙处，致使各台水泵配水不均匀。

3. 底孔配水不均匀。由于底孔采取均匀对称布置，而进水槽中水流分布并不均匀，从而导致 1# 泵配水偏大，5# 泵配水偏小。

4. 底孔过流断面偏小。由于底孔过流断面偏小，水流由底孔进入集水池后，底部流速较大，造成立面翻滚，表面产生反向流。

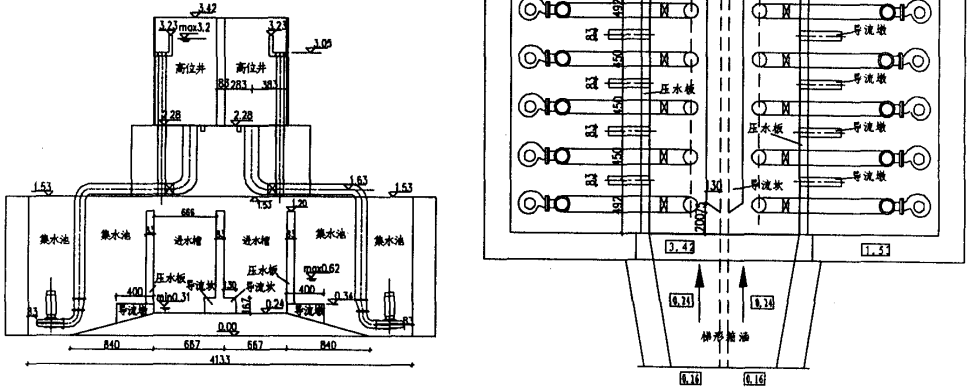
2.3　改善进水流态的措施

针对侧向进水多机组泵站结构、配水方式等的特殊要求，经试验分析研究，提出如下改善进水流态的措施，见图 5。

1. 采取渐扩梯形箱涵进水。原设计方案采取矩形箱涵进水，进水箱涵偏向于中间隔墩，致使水流主流区位于进水槽靠近中间隔墙处，对靠近进水箱涵一侧水泵配水影响较大。优化方案采用渐扩断面的梯形箱涵进水，可以减小进入进水槽后水流的不均匀性，消除水流突然扩散引起的回流和漩涡，改善进水槽内水流流态。

2. 改底孔配水为压水板进水方式，并在进水槽内设置导流坎和在压水板处集水池一侧加设四块导流墩。原设计方案底孔配水不均匀，由于底孔均匀对称布置，而主流区又偏向背离进水箱涵一侧，导致 1# 泵配水偏大，5# 泵配水偏小。优化方案改底孔配水为压水板进水方式，在压水板后设置导流墩，在进水槽中隔墙一侧设置导流坎，可以弥补靠近进水箱涵侧两台水泵进水不足的问题。

3. 抬高进水槽底高程并把集水池底部做成斜坡。原设计方案箱涵到进水槽有 1.45 m 的跌水，水流由进水箱涵进入进水槽后，由于存在较



(a) 剖面图　　(b) 平面图

图5　改善进水流态措施布置图

万方数据

大的落差,主流直冲向前,造成进水槽内水流分布不均匀。优化方案把进水槽底板整体垫高至与进水箱涵底板在同一高程,使水流在一个高程范围扩散,改善配水的均匀性;同时,优化方案把集水池内底板改为由进水槽向水泵方向的斜坡,可以使进入集水池的水流分布趋于均匀,并有效改善集水池内泥沙淤积状况,提高水泵性能。

4. 调整水泵安装位置。原设计方案水泵安装位置距离池壁间距较大,造成水流碰壁后形成立面翻滚等不良水力现象;优化方案调整水泵安装位置到距离边墙 0.5 m(原型)位置,可以改善水泵与边墙间流态,有效消除由于底部流速较大引起的水流立面翻滚等不良水力现象。

试验表明,综合采用上述措施以后,集水池内水面水流平稳,自下而上的水流翻滚现象大幅度减弱,表面无大范围的回流和漩涡,典型过流断面流速分布趋于均匀。各台水泵吸水口进水的均匀性得到提高,表面流流速分布均匀、平缓,立面流变化过程平稳,流态改善明显,见图 6、图 7。

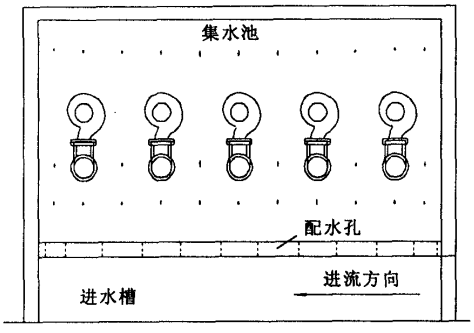


图 6　改善措施后 5 台泵运行时集水池表面流态(高水位)

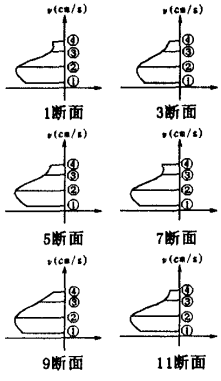


图 7　改善措施后 5 台泵运行时Ⅱ－Ⅱ横断面①~④层的断面流速分布图(高水位)

2.4　改善前后进水流态对水泵性能的影响

水泵性能试验结果表明，采用优化方案后，随着开机台数的增加,流量的加大,尽管各水泵在各工况运行时,多机组组合运行时各水泵的单泵流量、效率,与单机组运行时水泵的流量、效率相比,仍然有所下降,但下降的幅度明显减小。采用优化方案后，边机组的水泵性能明显提高,与中间机组之间的性能差异明显减小。以模型泵的各项工作参数为例,例如 5# 水泵在 1#~51 同时运行时(设计工况下),采取优化措施后,流量和效率分别比原设计方案条件下增加了 0.32 l/s 和提高了 1.86%,见图 8。试验结果说明,采用优化方案后,有效地改善了水泵的配水条件,提高了水泵的效率。

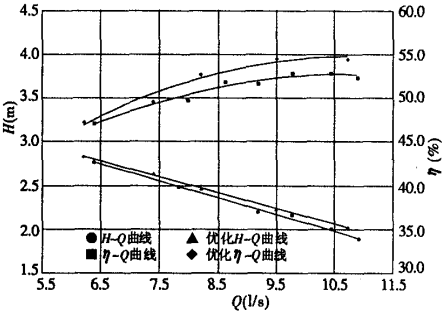


图 8　优化前后 1#~5# 泵运行 5# 泵性能比较

3　结 语

(1) 原设计方案采用配水孔进行配水,由于泵站为侧向进水,从而造成配水不均匀。其中 5# 泵配水明显不足，表现为集水池内存在大范围回流、立面翻滚、局部漩涡等不良水力现象。采取综合改善措施后,基本满足配水均匀的要求,并有效地提高了水泵运行效率。

(2) 该研究成果和研究方法对同类型泵站的结构设计、改造和进水流态的改善有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 丘传忻. 泵站工程[M]. 武汉:武汉大学出版社,2001.
[2] 仲付维. 泵站工程[M]. 南京:河海大学出版社,1994.
[3] 成立,刘超 等.泵站侧向进水流态及其改善措施机理探讨[J]. 排灌机械,2001,19(1):31~34.

(下转第 13 页)

万方数据

参考文献：

[1] 兰才有 等. 南水北调东线工程水泵机组选型方法探讨[J]. 排灌机械, 2004,22(1):1-7.

[2] 历明祥. 南水北调大型泵结构设计研究[J]. 排灌机械, 2003,21(3):1-5.

The Choice of Umbrella-Gear Transmission Routing Through Pump Unit's Structure Types in Luyang Pumping Station Project of the Channel Which Leading Huaihe River Into Sea

YANG Hong-qun[1], HUANG Liang-yong[2], XIA Jue[3], WANG Jian[2]

(1.Technology consultation center of water conservancy project in Jiangsu province, Naijing 210000, China; 2. Building and managing bureau of channel which leading Huaihe river into sea in Jiangsu province, Naijing 210000, China; 3.Yancheng institute of irrigation works, Yancheng 224000, China)

Abstract: The character of the hydraulic model, gear, axletree, seal and shaft coupling which adopted in Huge umbrella-gear transmission routing through unit are introduced. The merits of the selected unit which has simple structure, convenience run and maintenance, less install task and high efficiency are expatiated. It supplies reference for the design of pumping station unit.

Key words: Routing through pump; Umbrella-gear transmission; Character; Selection

(上接第 2 页)

Theoretical Research the Balancing Axial Thrust by Increasing the Back Sealing Ring of the Impeller

LI Qi-fei, LIU Zai-lun, LI Ren-nian, CHEN Yun-fu

(College of Fluid Power and Control Engineering, Lanzhou University of Science and Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: The axial thrust is always a problem which researcher pay attention to. The former researcher has brought forward many methods of balancing axial thrust of the pump. In this paper the theory is proved that increasing back sealing ring can balance the axial thrust, and the theory is testified by quoting experiment result of literature[7]. This method is simply in practice and can realize pump operation under negative axial thrust.

Key words: Axial thrust; Theory research; Increasing back sealing ring

(上接第 8 页)

Research on the Measures to Improve Inlet Flow Pattern for Multi-sets Pumping Station With Side-inlet

XU Yue-jiang, FENG Jian-gang, CHEN Yu-ling

(Shanghai Water & Environment Construction Comany, Shanghai 201203, China)

Abstract: According to the theses on the hydraulic characteristic of the Wenshui Road pumping station in the Third Period Shanghai Disposal Sewage project, the methods were discussed to the inlet flow patterns and the influence of the inlet flow patterns, and the measures were put forward to ameliorate the flow pattern in the paper. The conclusion from the paper were valuable in ameliorating flow patterns and improving pump performance and the efficiency of the pump and the pumping station were enhanced.

Key words: Pumping station; Side-inlet; Sump; Inlet flow pattern; Shanghai

万方数据