泵站圆形进水池进水流态及水泵性能研究

冯建刚，徐　辉，陈毓陵，何逢标
（河海大学水利水电工程学院，江苏　南京 210098）

摘　要：结合某城市雨水污水合建式泵站水力模型试验，研究和分析了雨水污水合建式泵站圆形进水池的进水流态及进水流态对水泵性能的影响，提出了改善进水流态的措施，实施结果表明，采取所述措施后，有效地改善了进水流态和水泵运行工作性能，大大提高了泵站的工作效率。

关键词：泵站；进水流态；水泵性能
中图分类号：TV131　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1005-6254(2003)05-0008-04

0　引言

某城市雨水污水合建式泵站安装了13台机组，其中9台雨水泵为潜水混流泵，簸箕形进水流道，泵设计工作参数为 $Q=3.20\ m^3/s$、$H=10.7\ m$，$\eta=86.0\%$，$N=440\ kW$；4台污水泵为潜水离心泵，不设进水流道，设计工况点为 $Q=1.14\ m^3/s$，$H=11.0\ m$，$\eta=84.2\%$，$N=170\ kW$；不设置备用泵。污水泵常年运行，根据来水量的大小开启不同台数；雨水泵只在雨天运行。满负荷工作时，9台雨水泵和4台污水泵同时使用。本文结合该泵站水力模型试验研究部分内容，对雨水污水合建式泵站圆形进水池的进水流态，以及进水流态对水泵性能的影响进行了分析研究。

1　模型设计

根据该泵站初步设计方案，雨、污水泵以中心柱为圆心，呈扇形布置，9台雨水泵设在西南侧，4台污水泵设在东侧，13台泵设在同一圆形泵室内，共用集水池。

该泵站水力模型试验选用自循环、开敞式的水工正态模型。根据模型试验的要求和实际需要，选取模型比尺为 $\lambda_L=6$。考虑同时进行进水流态试验和水泵性能试验，模型设计时满足重力相似准则、惯性力相似准则和压力相似准则。为保证模型泵在额定转速下运行，试验中采用了变频调速器对模型泵所配电机进行调速运行。水力模型试验总体布置见图1。

2　原方案进水流态及其对水泵性能的影响

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[2]。进水池中流速分布和压力分布不均匀，易导致泵站效率下降，运行

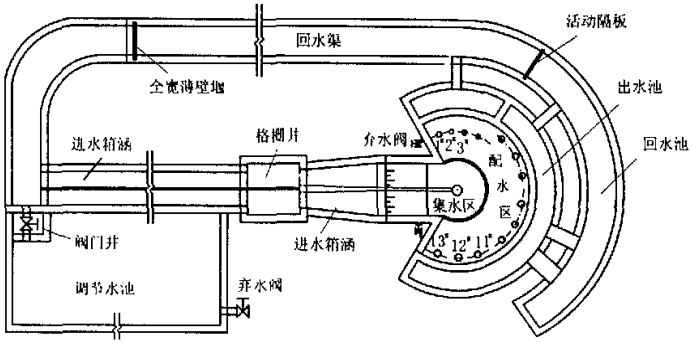


图1　水力模型试验总体布置图

作者简介：冯建刚(1976-)，男，陕西潼关人，研究生，助教，主要从事水利水电工程的教学与科研。

万方数据

工况恶化，水泵发生气蚀和水力振动[1-3]。所以，设计合理的前池、进水池和进水流道对确保水泵机组正常、高效运行十分重要。

为全面反映泵站进水流态，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。

2.1 进水流态试验研究

在不同开机台数组合情况下，对原设计方案泵站圆形进水池配水均匀性、死水区及回流区的分布、漩涡及涡带发生的位置和种类进行了分析。试验研究结果如下：

1）无论是单台污水泵运行还是多台污水泵联合运行，集水区和配水区表面流速均较小，水面较平静，无大范围回流区存在，但在4台污水泵前和10#～13#雨水泵所在的配水区，存在大范围的死水区。当4台污水泵同时运行时，污水泵后部有小范围回流区存在，污水泵之间间歇性地产生表面小漩涡，但回流区和漩涡的强度均较小，雨水泵前配水区的水流表现为沿集水区和配水区之间的圆弧形隔墙向污水泵流动。

2）当4台污水泵和雨水泵联合运行时，随着开机台数增加，流量逐渐增大，集水区和配水区的表面流态趋向紊乱，局部区域出现了漩涡和回流。当1#～4#污水泵和8#～10#雨水泵联合运行时，9#泵前产生了较大范围的高强度回流，并间歇性地产生漩涡，旋转强度相当大。1#～3#泵后存在死水区，各雨水泵之间，均有小范围的回流。以进水箱涵中间隔墙为界，集水区存在两个大范围回流区，在进水池中间隔墙顶部附近的集水区中，间歇性地产生漏斗状漩涡。

3）当1#～4#污水泵和5#～10#雨水泵共10台泵联合运行时，来水遇进水池后壁剧烈地向上翻滚，在1#～4#污水泵处配水区的表面产生反向流，并在1#污水泵前形成大范围回流。其它机组处亦存在不同程度的回流，配水区的主流明显偏向运行机组，表面水流为斜向流。

4）13台泵全开时，与10台泵联合运行时相似，1#～4#污水泵后部水流向上翻滚的强度进一步加剧，5#～12#雨水泵进水流道口前间歇地产生漏斗状漩涡。

试验研究结果表明，进水流态对4台污水泵影响较小，对4台污水泵和雨水泵联合运行时影响较大，并且随着开机台数的增加，流量的加大，进水流态进一步恶化。在4台污水泵和雨水泵多机组运行时，圆形进水池产生了回流和漩涡。

2.2 进水流态对水泵性能的影响

进水流态对4台污水泵的影响较小，同工况条件下运行时，各水泵单泵运行时的流量、效率与多泵联合运行时其流量、效率相比较，变化较小。见图2。

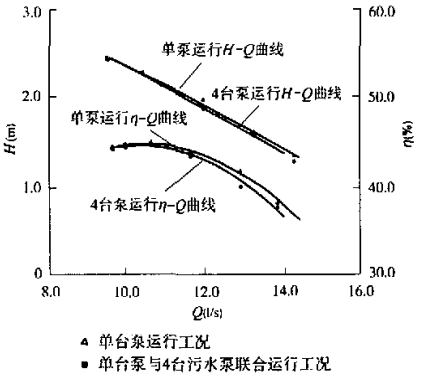


图2　1#泵不同运行工况的性能差异曲线

相比之下，不良进水流态对9台雨水泵的影响较大。随着开机台数的增加，集水区和配水区中流态紊乱，局部区域回流和漩涡强度增大，各雨水泵性能均有所下降，见表1。

表1　8#、13#泵工作性能参数

开机组合	4台污水泵和3台雨水泵（4+3）		4台污水泵和6台雨水泵（4+6）		4台污水泵和9台雨水泵（4+9）	
	8#机组	13#机组	8#机组	13#机组	8#机组	13#机组
Q(l/s)	39.6	38.4	40.3	39.2	41.4	39.8
η(%)	45.9	45.9	42.4	40.7	37.9	35.8
Δη(%)	-0.9	-1.3	-1.2	-3.2	-2.2	-5.4

注：$\Delta\eta = \eta - \eta_0$；$\eta$为模型泵实测效率；$\eta_0$为模型泵单机运行效率。

从表1看出，中间机组运行效率下降幅度较小，而边机组的下降幅度则大一些。在（4+3）、（4+6）、（4+9）三种运行工况下，8#泵效率分别下降了0.9%、1.2%和2.2%，而在相同工况下，13#泵则分别下降了1.3%、3.2%和5.4%。可

万方数据

见，进水流态对雨水泵的运行产生了很大的影响，流态的紊乱明显降低了水泵的效率。

3 改善进水流态的研究

3.1 改善进水流态的措施

针对该雨水污水合建式泵站结构、圆形进水池等特殊要求，经试验分析研究，提出如下改善进水流态的措施：

1）拆除集水区和配水区之间的圆弧形隔墙，使水流不再通过配水孔配水，以减少自下而上的水流翻滚强度。

2）将集水池前部矩形进水槽的边壁改为沿进水箱涵边墙扩散的形式，与两侧机组翼墙的连接也改为圆弧过渡形状。同时拆除集水池前部自进水箱涵出口至集水池中心立柱的纵向隔墙，这样通过两个进水箱涵的水流流至集水池前部时形成汇流，有利于水流均匀扩散，减少回流强度。

3）在雨水泵进水流道口上增设圆弧形隔墙，以防止雨水泵之间产生回流或旋涡。

4）综合考虑排沙防淤和改善进水流态的需要，自进水箱涵出口至4台污水泵吸水区，在集水池底部设置排沙廊道，使4台污水泵所抽排的水流由排沙廊道输送，而9台雨水泵所抽排的水流则从排沙廊道顶上流过。

改进措施对模型整体受力结构的影响不大，满足水工结构设计的要求。采用上述措施后，集水区和配水区中的流态大为好转，水流平稳，断面流速分布趋于均匀，表面无大范围的回流和漩涡，反向水流基本消失，进水流态显著优化，见图3。

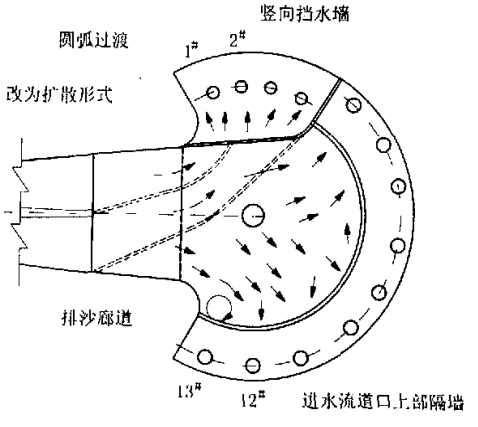


图3　13台泵同时运行时进水池表面流态

3.2 改善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，流量的增大，尽管各雨水泵在各工况运行时，比单泵运行时效率仍然有所下降，但下降的幅度明显减小，见表2。

表2　改造后水泵工作性能参数

机组号	8#	13#
Q(l/s)	42.4	41.7
η(%)	38.7	39.2
$\triangle\eta$(%)	-1.6	-2.2

以13#泵为例，在13台泵全开时的流量、效率，与同样的运行水位条件下，其单独运行的流量、效率相比，只下降了1.8 l/s和2.2%；而在原设计方案下运行时分别下降了3.2 l/s和5.4%。进水流态的改善有效地改善了水泵运行工作性能，提高了泵站的工作效率。进水流态改善前后机组全开时13#泵的性能差异如图4所示。

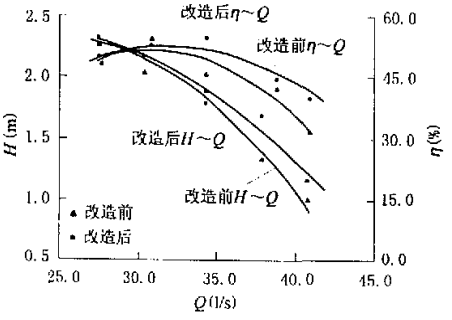


图4　13台泵全开时13#泵性能差异曲线

4 结语

1）原设计方案在进水池中设置以进水池中心立柱为圆心的圆弧形隔墙，由隔墙底部的配水孔向各台泵配水，当雨污水泵同时运行时，底部的高速水流和配水的不均匀，使配水区产生自下而上的水流翻滚和配水区上部水流的反向运动。原设计进水池前部的矩形进水槽及槽中设置的延伸至进水池中心立柱间的纵向隔墙，不利于进水池的水流扩散，从而造成进水池中水流居中，边机组水流转弯角度偏大，配水不充分，居中水流进入配水区后，产生由中间流向两侧的斜向流和周向流，并由此产生回流和漩涡等不良流态。不良流态虽然对小流量蜗壳式污水泵的性能影响不

（下转第48页）

万方数据

验设备和计量器具，配备相应的检验人员，并对检验人员进行上岗培训，确保检验结果的正确性。加强生产过程中产品质量的控制，严格按工艺操作规程的规定，做好中间过程的检验工作，把好每一道关，保证产品符合有关标准的要求。坚持做好产品的出厂检验工作，杜绝不合格产品出厂。加强对检验设备和计量器具的维护，确保其满足使用要求。

3.5 掌握市场动态，加强企业协作

随着改革开放的深入和我国加入WTO，泵企业必将面对日益激烈的市场竞争，那些品种少、质量不稳定、管理方式落后、经济效益差的企业就会被市场淘汰。因此，泵企业应重视市场信息和科技信息的采集、分析和利用，积极参加与企业有关的行业活动和社会活动，做好企业的宣传推广工作，扩大企业的知名度。要加强企业自身的建设，提高企业产品的档次，避免盲目仿制、一哄而上造成的恶性竞争，应根据企业自身的特点，开发生产附加值高、适应市场需求的产品。同时，中小企业应联合起来，扬长避短，向集团化协作方向发展，进一步扩大市场，并逐步打入国际市场，在激烈的竞争中站稳脚跟。

The Existing Problems and Countermeasures of the Pumps Products in Jiangsu

MA Xin-hua

(The Office of Jiangsu Technology Supervision Zhenjiang Test Station, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China)

Abstract: According to the proof-test of the pumps products warrant, the supervise and checkout of the pumps products in Jiangsu, the status quo and the main existing problem of the pumps enterprise are analyzed, and the countermeasures to improve the production level of the enterprises, to improve the quality of the productions, and to improve the competition are brought forward.

Keyword: Pumps; Quality; Existing problems; Countermeasures

(上接第 10 页)

大，但在雨、污水泵同时运行时，造成大流量雨水泵的性能下降，并使得边机组雨水泵的性能较之中间机组有明显地降低。

2)改进方案拆除了集水池中的圆弧形隔墙，改原设计底部大阻力配水为全断面均匀配水。同时，改进方案取消进水箱涵出口至进水池中心立柱间的纵向隔墙，将进水池前部的两侧翼墙改为向两侧扩散，均有利于水流的均匀扩散，对改善进水流态具有积极的作用。试验表明，改进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。

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

参考文献：

[1] 仲付维. 泵站工程[M]. 南京，河海大学出版社，1994.

[2] 丘传忻. 泵站工程[M]. 武汉，武汉大学出版社，2001.

[3] 徐 辉，田家山. 大型污水泵站前池进水流态的研究[J]. 给水排水，1995，(4).

Research on the Inlet Flow Patterns and Pump Performance of Round Sump for the Urban Pumping Station

FENG Jian-gang, XU Hui, CHEN Yu-ling, HE Feng-biao

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing, Jiangsu 210098, China)

Abstract: According to the hydraulic model test of the urban pumping station which combined sewage with storm water, the inlet flow patterns and the influence of the inlet flow patterns on pump performance of the pumping station are studied, and some measures to ameliorate flow patterns are adopted. The result shows that the flow patterns and pump performance are improved, and the efficiency of the pump and the pumping station are enhanced greatly.

Keywords: Urban pumping station; Inlet flow patterns; Pump performance

万方数据