

泵站进水流道内部流态模型试验方法研究

陆林广, 冷 豫, 吴开平, 祝 婕

(扬州大学水利科学与工程学院, 扬州, 225009)

摘 要: 设计了泵站进水流道流态模型试验装置, 不带模型泵进行了进水流道内部流态模型试验; 介绍了“半肘形”进水流道和对拼钟形双向进水流道两种形式流道内内部流态的模型试验情况; 结合应用实例, 简述了不带模型泵、单独对进水流道进行模型试验研究的特点。

关键词: 泵站; 进水流道; 流态; 模型试验; 研究方法

中图分类号: TV131 文献标识码: A 文章编号: 1005-6254(2005)03-0017-03

1 问题的提出

如果泵站进水流道设计不当, 就有可能在流道内产生水下涡带(submerged vortices or wall vortices)。涡带的一端生于流道的侧壁或底壁, 另一端则伸入泵内。在涡带中心附近, 水流高速旋转, 导致压力降低。当压力低于大气压到一定程度以后, 溶解在水流中的空气就会大量析出, 形成涡带的气核^[1]。在泵站进水流态模型试验中, 可以透过透明的流道观察到这种涡带。涡带的发生, 多见于设计不当的开敞式进水池、钟形进水流道及双向进水流道等。

进水流道内的涡带危害性很大, 轻则引起水泵机组振动和水泵的汽蚀, 重则引起水泵机组的强烈振动直至被迫停机。对水泵机组运行的稳定性、安全性影响很大。因此, 避免流道内产生涡带这一问题在进水流道的设计中历来受到高度的重视。对于一些重要的大型泵站, 为确保进水流道内没有不良流态, 通常还需进行水泵装置模型试验, 以检验设计是否有误; 若发现问题, 则对原设计进水流道进行必要的修改。

有关进水流道涡带的模型试验过去都是在水泵装置中进行的, 其原因主要是可以同时进行水泵装置的性能试验, 另一方面, 也是习惯性地认为进水流道内的流动受到水泵的影响。有关进水流道涡带的模型试验一般都要带上模型泵及出水流道。在水泵装置中做进水流态模型试验, 不仅费用较多, 周期较长, 同时, 由于受装置安装及场地等条件的限制, 对进水流道内流态的观察和摄

影也受到一定影响。因此, 尽管流道内的涡带是一个很受关注的问题, 但有关进水流道内涡带模型试验研究方面的文章却很少, 有关进水流道内涡带的照片更为少见。

实际上, 在低扬程轴流泵装置中, 水泵转轮的运动对位于其上游的进水流道内的流动所能产生的影响微乎其微。从理论上讲, 如果只是为了研究进水流道内的流态, 而不是为了测试水泵装置的性能, 模型试验装置可以不带模型泵, 只需几何相似及流量模拟即可。为了验证这一设想, 我们设计了一个进水流道模型试验装置, 除可用于测试进水流道的水力损失外, 还可对流道内部的流态进行较为全面的观察研究。采用这样的装置研究进水流道的水力特性, 不仅费用少、周期短, 而且测试准确、观察清楚。本文采用这一装置进行了“半肘形”进水流道和对拼钟形双向进水流道流态模型试验, 取得了满意的结果。

2 相似准则和试验流量

进水流道内部流态的模型试验应采用什么试验准则? 迄今并未有明确的规定。多年来, 在国内所进行的水泵装置模型试验中, 能量试验、汽蚀试验及进水流道内部流态的试验均采用了 $nD=C$ 的试验准则。水利部行业标准《水泵模型验收试验规程》未提及进水流道内部的流态试验, 但也要求在水泵装置模型试验中模型泵试验扬程与原型泵的扬程一致, 即 $nD=C$ ^[2]。按此准则, 原型流量与模型试验流量的比值为模型比的平方, 即 $Q_{\text{模型}}=Q_{\text{原型}}/I_L^2$ 。在本文进行的不带模型

泵的进水流道流态模型试验中,采用与水泵装置模型试验相同的试验准则确定试验流量。

3 试验装置

进水流道流态模型装置为一立式循环系统,见图1。由一台管道泵供水,供水能力满足试验流量范围的要求;采用闸阀调节试验流量;流量测量采用上海光华仪表厂生产的电磁流量计;流

量测试的满量程精度为 $\pm 0.5\%$ 。兼顾减小比尺效应和减少试验费用这两个方面的要求,模型进水流道的进口内径定为120 mm。进水流道模型与原型保持几何相似,进水流道模型和进水池全部采用透明有机玻璃制作。在此装置中,由于具有流道全透明、灯光照明有效到位等有利条件,便于对进水流道内的涡带发生及流动情况进行清楚细致的观察及录像。



图1 进水流道内部流态模型试验装置

4 对拼钟形双向进水流道流态模型试验

A 泵站承担灌溉和排涝的双重任务,为降低工程造价,采用了对拼钟形双向流道。该站在试运行时机组发生较为强烈的振动,试运行4 h 后被迫停机。通过对泵站现场水泵机组振动情况的分析,初步推断该站进水流道内存在涡带,引起了水泵机组的振动。为了确认进水流道内的流态是否存在问题,进行了该站水泵装置模型试验。图2 为该站双向进水流道的单线图。

在模型试验中果然发现进水流道内存在侧壁

附壁涡带,沿水流方向的位置在水泵中心线附近、略偏于流道盲端一侧,立面方向上在流道中部略偏上的位置。经过反复试验研究,找到彻底消除进水流道内涡带的改造方案,如图2 中虚线所示,A 泵站按此方案改造后已可正常运行。

事隔十多年后,为了检验不带模型泵进水流道内流态模型试验的新方法,采用新方法重复了A 泵站进水流道内涡带的模型试验。在试验中,透过有机玻璃制作的进水流道可以清楚地观察到起源于流道侧壁的涡带。涡带发生的位置在水泵中心线附近、偏向流道盲端一侧,在立面

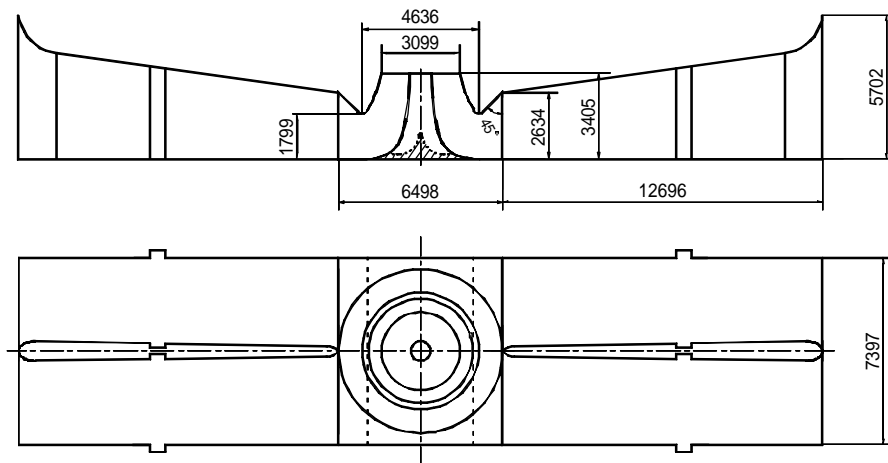


图2 A 泵站对拼钟形双向进水流道单线图

方向上位于流道上中部区域,距流道底壁 $1/2 \sim 2/3$ 的高度。这一结果与十多年前该站水泵装置模型试验的观察结果基本一致。图3所示为拍摄到的进水流道内涡带。

还采用新试验方法重复了A泵站进水流道的消涡试验,消涡措施与当年模型试验采用的方案相同。试验结果表明:涡带完全消失,也与当年泵装置模型试验的结果完全一致。



图3 A泵站对拼钟形双向进水流道内的涡带

5 半肘形进水流道流态模型试验

B泵站建于20世纪70年代,进水流道为平面蜗壳钟形流道,水泵运行时汽蚀严重,有间歇性的强烈振动与噪音,实测水泵装置效率较低。后来将进水流道改为半肘形进水流道,图4为该站半肘形进水流道的透视图。改造后,水泵运行情况虽有所好转,但汽蚀声响及振动仍较大。

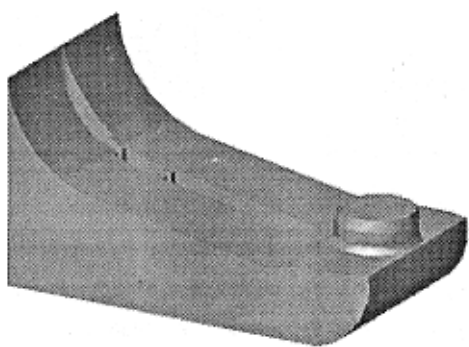


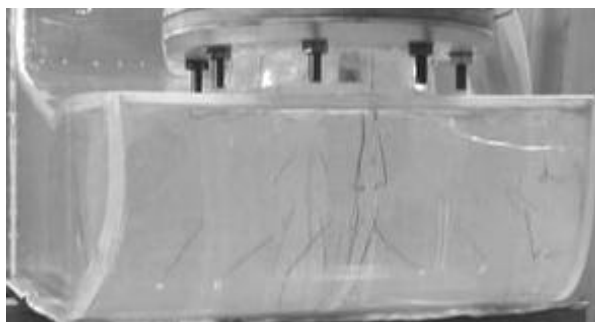
图4 B泵站半肘形进水流道透视图

为了进一步验证本文提出的新方法,我们又对B泵站进行了进水流道流态模型试验。透过有机玻璃进水流道可以清楚地观察到:在试验流量范围内,进水流道内频繁出现起源于流道侧壁的细小涡带。流量愈大,涡带出现的频率愈高。涡带发生的位置在水平方向上位于水泵中心线附近,在立面方向上位于距流道顶部 $2 \sim$

3 cm处。图5为拍摄到的进水流道内涡带的照片,其中图5a是从流道上方拍摄的照片,表明了涡带在平面方向上的位置,图5b是在流道末端一侧迎着水流方向拍摄的照片,表明了涡带在立面方向上的位置。



(a)



(b)

图5 B泵站半肘形进水流道内的涡带

由于进水流道在宽度方向上未作相应的收缩,侧后壁空间较大,水流紊乱,易产生不良流态。在B泵站水泵装置模型试验中,也曾发现在进水流道出口叶轮中心线两侧紧贴流道顶部有非常明显的附壁涡带。这一结果与本文模型试验的观察结果一致。

6 结论

不带模型泵对进水流道内部流态进行模型试验的方法具有费用少、周期短和便于观察、录像等优点,所得试验结果与水泵装置模型试验的结果一致。

参考文献:

- [1] Jost Knauss. Swirling Flow Problems at Intakes. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 1987. 23~24.
- [2] 中华人民共和国行业标准. 水泵模型验收试验规程. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.

(下转第48页)

45kW、500HDB-50、75kW 两种型号产品。其中400HDB-50、45kW 与QKSG710-500/300 高压矿用潜水泵组成接力排水系统在河南平顶山某矿的实际运行中安全运行2600h,其中充油式混流潜水泵在380V电压下,电流87A无过载现象安全运行。排积水至井底约0.5m处。系统抢险工作完成后,对400HDB-50、45kW 充油式混流潜水泵进行了全面检查、拆检,性能指标满足设计要求,机械结构完好,达到了预期效果。

3 结束语

充油式混流潜水电泵技术创新点为:

1) 该型潜水电泵可以适合于大淹没深度下的安全运行。

2) 选择了合理的接力泵泵型,适合于在流

量、扬程变化范围大的情况下,无须旁路分流,接力泵不超功率、不超电流,高效、安全运行。

由河南矿山抢险救灾排水站和合肥三益江海泵业有限公司共同研发的《充油式混流潜水电泵与大型矿用潜水电泵组成的接力排水系统》,已完成设计,并通过工厂试验和二次成功的现场抢险排水运行,达到预定的技术要求,2004年获得河南省科技进步二等奖。

参考文献:

- [1] 关醒凡. 现代泵技术手册[M]. 北京:宇航出版社,1995.
- [2] 武汉水利电力学院主编. 水泵及水泵站[M]. 北京:水利出版社,1981.
- [3] 冯立杰. 中国农村水利水电[J]. 2003(8).
- [4] 机械设计手册. 机械工业出版社,1999.

Improvement of Relayed Drainage System of Large Scale Mine Submerge Motor Pump

HU Wei Jin Lei

Hefei Sanyi Janghai Pump Co., Ltd. Hefei 230011 China

Abstract: Aimed at the problems existing in dealing with mine drainage emergency in our country, the disadvantage of the relayed drainage system composed by original entirely tubular axial-flow submerged pump and large-scale mine submerged pump is analyzed. A new relayed drainage system made up by oil-filled mixed-flow submerge pump and large-scale mine submerged pump is put forward. The merits of this system is the characteristics of strong drainability, reliable operation through trial-production and spot-operation, it can solve the problems of deep and big runoff drainage, availability and security for the resuming exploitation of the submerged underground coal mine, iron ore, etc

Key words: Oil-filled Mine Submerge motor pump Drainage

(上接第19页)

Study on Method for Model Test of Flow Pattern in Suction Box of Pumping Station

LU Lin-guang, LENG Yu, WU Kai-ping, ZHU Jie

College of Hydraulic Science & Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009 China

Abstract: A special system of model test for flow pattern in a suction box of pumping station was designed, and a new method is put forward to carry out the model test for verifying a vertices band in suction box without relative model pump. Examples of model test applying the new method to verify vertices band in both "half elbow" suction box and "bell-like" two-way suction box are illustrated respectively. Based on the two examples the advantages of the new method are summarized.

Key words: Pumping station Suction box Flow pattern Model test Research method