

淮安三站振动问题分析及减振措施

蒋 勇¹, 周曰农², 丁晓唐¹, 王云极¹

(1. 河海大学土木与交通学院, 江苏 南京 210098; 2. 国务院南水北调工程建设委员会办公室, 北京 100053)

摘要 针对淮安三站的振动问题, 用有限元和现场脉动测试的方法分析淮安三站泵房结构的自振特性, 并与振源频率进行比较, 从共振角度寻找振动问题的原因, 并提出相应的减振措施。

关键词 淮安三站; 自振特性; 共振校核; 减振

中图分类号 : TB123 **文献标识码** : B **文章编号** : 1006-764X(2010)S1-0079-02

淮安三站位于江苏省淮安市楚州区南郊, 是我国首座大型灯泡式贯流式泵站。作为南水北调东线工程和江苏省江水北调工程重要的泵站之一, 淮安三站建成至今在农田灌溉、抗旱、排涝、航运水调节等方面创造了巨大的经济和社会效益。

在近年的运行中, 淮安三站出现了结构振动大等问题, 厂房地坪及上部结构有较显著的振动, 窗户因振动引起较大噪声。大的振动会对泵房结构、管道及设备造成破坏, 直接影响泵站机组的安全稳定运行, 缩短使用寿命。因此有必要对淮安三站的振动问题及相应的减振措施进行分析研究。

1 淮安三站及其自振特性

1.1 淮安三站工程概况

淮安三站为灯泡式贯流式泵站^[1], 站身采用堤身式块基结构^[2], 布置 GDN(F05)-WP-310 型后置灯泡可逆式贯流泵机组 2 台套。设计总抽水流量 $66 \text{ m}^3/\text{s}$, 总装机容量为 $3\,400 \text{ kW}$ 。站身底板尺寸为 $31.5 \text{ m}^2 \times 16.4 \text{ m}^2$, 底板顶面高程为 -0.98 m , 板厚为 1.3 m , 底板最深处高程为 -5.00 m , 上下游坎底高程为 -3.50 m 。水泵叶轮中心高程为 1.50 m , 流道总长为 26.66 m 。泵站上下游各设置 1 座工作桥, 下游侧主厂房与工作桥之间设置交通桥。

泵房结构为典型的 3 层布置形式, 高程 10.80 m 以上为上部厂房, 高程 $4.75 \sim 10.80 \text{ m}$ 为设备层, 高程 4.75 m 以下为流道层。

1.2 淮安三站动力特性分析

采用有限元数值分析和现场脉动测试的方法进

行淮安三站的动力特性分析^[3-4]。

1.2.1 有限元分析

采用通用有限元程序 ANSYS 进行泵房结构动力分析, 建立的有限元模型如图 1 所示。模型包括地基、泵房下部块基和上部厂房 3 个部分, 其中地基计算范围为块基底板沿 2 个水平方向各延伸 40 m , 沿竖直向下方向延伸 30 m ; 下部块基自下而上包括底板、廊道、进出水流道、辅机层、上下游胸墙、工作桥及厂房地坪等; 上部厂房包括屋面梁与厂房柱组成的排架结构及吊车梁等。同时, 机组自重、启闭机自重、楼面活载、水体等质量在模型中以附加质量考虑。对此模型进行有限元分析, 获得结构的自振频率。

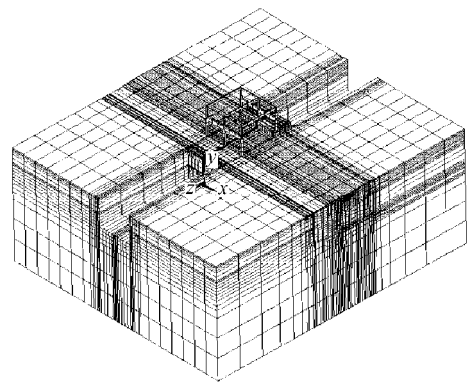


图 1 有限元模型

1.2.2 现场脉动测试

对淮安三站进行现场动力脉动测试, 在泵房上、中、下 3 个不同层位均布置测点, 采用 941B 型超低频拾振器采集脉动信号, 经 DFL 型线性放大器适调放大后, 由 DASP 多通道信号采集和分析处理系统对脉动信号进行采集, 并进行时间域和频率域分析

处理 ,从而可得其自振频率。

1.2.3 计算和实测结果比较分析

通过有限元计算和现场脉动测试得到的淮安三站振型相同的前几阶自振频率结果见表 1。

表 1 泵房结构自振频率的有限元计算结果和实测结果

阶次	计算频率/Hz	阶次	实测频率/Hz	误差/%
1	2.727	1	2.732	- 0.18
2	2.962	2	3.215	- 7.87
3	4.041	3	3.633	11.23
4	4.716	4	4.684	0.68
32	21.075	5	18.275	15.32
36	22.431	6	20.991	6.86

由表 1 可知 ,修正模型的有限元计算结果与实测结果误差不大 ,吻合较好。这说明模型建立基本合理 ,现场脉动实测数据基本正确。

2 共振校核

GB/T 50265—97《泵站设计规范》规定：“机墩自振频率与强迫振动频率之差和自振频率之比值应不小于 20% ”,以此作为判别淮安三站结构是否发生共振的标准^[3]。引起泵站结构振动的原因主要有水力、机械和电气等 ,根据文献[5]分析得出的淮安三站的各类振源频率(表 2)和淮安三站实测得的自振频率 ,对淮安三站进行共振校核 ,校核结果见表 3。

表 2 淮安三站振源频率

序号	振源频率 f /Hz	振源描述
1	2.27	额定工况下机组机械振动
2	4.21	飞逸工况下机组机械振动
3	4.55	发电机引起的振动
4	6.82	发电机引起的振动
5	9.10	发电机引起的振动
6	18.19	水力引起的振动

表 3 共振校核结果

自振 频率/Hz	错开度/%					
	$f=$ 2.27 Hz	$f=$ 4.21 Hz	$f=$ 4.55 Hz	$f=$ 6.82 Hz	$f=$ 9.10 Hz	$f=$ 18.19 Hz
2.732	16.91	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30
3.215	29.39	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30
3.633	> 30	15.88	25.24	> 30	> 30	> 30
4.684	> 30	10.12	2.86	> 30	> 30	> 30
18.275	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	0.47
20.991	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	13.34

从表 3 可知 :①结构可能与额定工况的机械振源(频率为 2.27 Hz)共振 ,额定工况为机械正常工作状况 ,且结构频率为基频 ,因此 ,这可能是淮安三站现存振动问题的主要原因之一。②结构可能与飞逸工况的机械振源(频率为 4.21 Hz)及电气振源(频率为 4.55 Hz)发生共振 ,飞逸工况为偶然工作状况 ,电气振源为发电机定子与转子间气隙不对称引起的振

源 ,对这 2 种共振的影响也应予以重视。③结构可能与水力振源(频率为 18.19Hz)发生共振。水力振源脉动压力作用时间长 ,且直接作用于下部流道 ,引起泵房下部结构振动 ,影响机械仪器设备正常使用。这可能是导致淮安三站现存振动的另一主要原因。

3 减振措施

为避免共振 ,应使泵房结构的自振频率尽可能避开振源频率 ,且保持 20% 以上的错开度。振源频率一般较难改变 ,因此只能通过改变泵房结构的自振频率来寻求解决方案。可以通过提高厂房结构梁、柱等的当量刚度 ,增加厂房结构梁、柱节点刚度 ;增加上部厂房排架数 ,增加厂房地坪板的厚度 ,加大厂房地坪板的支撑梁尺寸等改变上部厂房和下部块基结构刚度的措施 ,提高泵房结构的自振频率 ,避免共振。

4 结 语

目前 ,淮安三站运行时振动较大。本文从共振角度对淮安三站的振动原因进行探讨。通过有限元分析及现场脉动测试的方法得到了淮安三站泵房结构的自振特性 ,并与淮安三站的振源频率进行了比较分析。通过共振校核找出了可能引起淮安三站结构振动问题的主要原因。可以通过改变其自振频率的一系列措施 ,避开共振区 ,减少结构的振动 ,保证泵站的运行稳定安全 ,延长结构及设备的使用寿命。

参考文献 :

[1] 徐辉. 贯流式泵站[M]. 北京 :中国水利水电出版社 , 2008.
[2] 丘传忻. 泵站工程[M]. 武汉 :武汉大学出版社 , 2001.
[3] 丁晓唐 ,王云极 ,江泉 ,等. 淮安第三抽水泵站贯流泵房动力特性的数值和测试研究[J]. 河海大学学报 :自然科学版 , 2008 ,36(5) :615 - 619.
[4] 王新 ,李同春 ,潘树军. 淮阴三站泵房振动分析[J]. 水利水电科技进展 , 2008 ,28(5) :49 - 53.
[5] 肖烨. 灯泡贯流泵站结构动力特性分析与研究[D]. 南京 :河海大学 , 2008.

(收稿日期 2009-08-13 编辑 :方宇彤)

