

基于 DASP 的泵站压力管道振动测试与分析

孙晓靖¹, 李峰光¹, 任志峰¹, 王宪²

1. 湖南安广检验检测有限公司, 湖南 常德 415137

2. 湖南科技大学, 湖南 湘潭 411100

摘 要 : 大型泵站在运行过程中, 很容易出现压力管道振动的问题, 若振动频率较高且振动幅度较大, 则会对泵站造成一定程度的损伤, 届时将直接影响到泵站系统的有序运行。因此需要对泵站进行压力管道振动测试, 并对测试结果进行系统分析, 探寻出导致振动的具体原因, 为管道的维护工作奠定基础。本文将基于 DASP 测试系统展开探讨, 分析管道振动的主要原因及振动带来的不良影响, 随后结合实际情况探索出相关的减振方案, 以求为泵站的可持续运行提供帮助。

关 键 词 : DASP; 泵站压力管道; 振动测试

Vibration Test and Analysis of Pressure Pipeline in Pumping Station Based on DASP

Sun Xiaojing¹, Li Fengguang¹, Ren Zhifeng¹, Wang Xian²

1. Hunan Anguang Inspection and Testing Co., Ltd. Changde, Hunan 415137

2. Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411100

Abstract : During the operation of large-scale pumping stations, it is easy to have the problem of pressure pipeline vibration. If the vibration frequency is high and the vibration amplitude is large, it will cause some damage to the pumping stations, at that time will directly affect the orderly operation of the pumping station system. Therefore, it is necessary to test the vibration of the pressure pipeline and analyze the test results systematically to find out the concrete causes of the vibration and lay a foundation for the maintenance of the pipeline. In this paper, based on the DASP test system, the main causes of pipeline vibration and the adverse effects of vibration are analyzed, in order to provide help for the sustainable operation of the pumping station.

Keywords : DASP; pressure pipeline of pumping station; vibration test

在我国的水利输水工程系统之中, 大型泵站具有重要地位, 可以为农业灌溉、工业生产、人畜引用等方面提供重要的水源支持, 同时可以对周边区域的生态环境做出改善。在当前阶段, 泵站压力管道振动的情况时有发生, 对于泵站的稳定运行造成了一定程度的影响。引起泵站压力管道振动的因素较为多样, 为减少振动对于泵站的影响, 需要对压力管道振动的原因进行系统分析, 从而实现泵站抗振水平的提升。

DASP 系统具有时域分析、频谱分析、功率谱分析以及测量记录等多种功能, 能够提高振动测试的效益, 同时, 其高精度的测量精度也可以提高振动测试活动的准确性, 为后续的分析工作提供详实的数据依托, 在确保泵站安全运行中具有重要意义^[1]。

一、基于 DASP 的泵站压力管道振动测试方式

(一) 振动测试的基本方法

在建筑工程领域当中, 实现振动测试的方法十分丰富, 若按照测量方式来划分, 则可以大致分为三项。首先是机械式测量法, 主要利用振动传感器, 将收集到的信息转化为机械信号, 之后再利用机械系统对其进行信号放大, 随后将这些被放大的机械信号进行统一记录, 完成对于振动的测量。这种测量方法的精度相对较低, 且能够接收到的振动频率也总体较低, 在测试结果上

相对比较粗糙。但其测量方式较为便捷, 十分适用于现场测试。

其次是光学测量法, 这种测试方式主要是将传感器获取到的振动信号转化成光学信号, 再利用相关设备进行信号的放大处理。光学测量方法相较于机械测量法具有更高的准确性, 但对系统的要求更高。

最后是电测方法, 指的是将振动信号转化为电学信号再进行放大处理的测量方式, 其核心是将机械振动量转化为电动势、电荷等电量, 随后再对电量进行测量。这种测量的准确性更高, 也是当前最为广泛的测量方法^[2]。

上述测试方法具有相似的运转模式，同样也面临着相似的缺陷，主要包括设备费用较高、实际应用不便、缺少信号储存功能、无法实时记录等，很难保证测试结果的准确性。而 DASP 系统可以直接提高测试效率，且具有采集、储存、记录、显示等多种功能，在测试活动中更加全面。

（二）DASP 测试系统

DASP 测试系统是一种具有多项功能的集成化测试处理系统，主要用于振动、噪声等测试活动。DASP 系统主要由数据采集仪、微机、拾振器等部件构成，同时还包括了系统自带的数据线和分析模块等。其中，数据采集仪主要用于获取振动信号和原始数据，也可以进行相对简单的信号分析；微机主要用于远程信号处理，通过互联网实现对振动信号的分析；拾振器则需要固定在被测试建筑上，用以获取振动信号，再通过数据线连接到 DASP 测试平台，实现对振动信号的处理和分析^[3]。

基本操作流程如下：先把测试所需要的各部分仪器按照特定的连接方式进行连接，并且需要确保连接的牢固与稳定；随后将加密狗与微机的 USB 接口进行连接，在微机上打开 DASP 软件；在进入操作页面后，需要优先调节工程单位的设置，随后再设定基本的参数，最后再进行示波采样操作。通过上述流程可以保证采样活动的准确性，以及振动测试最终成果的可靠性^[4]。

二、泵站压力管道振动的主要原因

（一）机械振动

一方面，机械的固有频率将会引发振动，若在泵站工作时机械的固有频率和压力管道的频率趋同，则会引起共振现象，从而压力管道出现振动。另一方面，机械设备的不精确、不标准，或机器磨损等情况也会导致管道产生机械振动。在这种情况下，若其中心与转轴中心线未能重合，则会在离心力的作用下出现振动。此外，机械设备的材料不合规、安装环节的操作失误、设备零件的脱落以及生产精度未达标等情况都会使转子的转速出现变化，从而产生机械振动。

（二）水流激励引起的振动

水流激励引起的振动主要是由于水流在管道内流动时的不顺滑导致，其具体原因可以分为以下几个方面：第一，机组的工作效率与实际需求不符，造成送水量过低或过高，从而引起了管道内部的振动。若送水量小于最低流量需求时，则有可能会产生水流脱流的情况，而送水量过大则会造成水流过于湍急，从而引起振动^[5]。第二，离心泵的设计不够合理，出现不对称的现象，将使得相关部件在转动过程中产生不均的压力，造成水流紊乱，从而引发的振动。第三，由于汽蚀作用造成的振动。当输送水流的绝对压力值减小至水流的气化压力值之后，水流将会产生汽化，产生大量蒸汽和气泡，当气泡被高压水流压破之后，水流将以极快的速度填充到空缺当中，从而产生水击作用，以极高的频率对管道造成冲击，从而引起压力管道的振动。

（三）电力原因导致的振动

电力原因导致的振动可以具体分为电机机械原因和电气原

因。电机机械原因主要指的是相关电气设备运转过程中出现的失误所引起的振动，可能由于装配过程的不规范、个别部件的故障或机械地基不稳定等原因引起的泵站系统振动；而电气原因造成的振动主要是源自电机磁场的非对称性，同时，内部零件的不牢固也会造成电磁力的不对称，使得管道产生振动。在磁力非对称性的影响下，将会出现定子的不稳定，从而形成振动，若此时的振动频率同电动机的固有频率相同，则会在共振作用的影响下出现强烈的压力管道振动。

（四）其他原因导致的振动

除了上述三种原因造成的振动之外，泵站工程的基础刚度不够也会引起压力管道振动现象。若泵站地基的刚度未能满足需求，则会对泵站造成重大影响，从而引起管道振动，同时，机械设备基础零件的强度不够也会引起系统振动的加大。另外，相关机械设备安装的不合理也会造成压力管道的振动，在安装过程中缺少完整的支撑结构会导致管道发生变形或线路偏移的情况，当水流通过后产生强烈的振动^[6]。

三、泵站压力管道振动带来的不良影响

第一，压力管道的大幅度振动将会使管道部分附件出现磨损或松动的现象，严重的振动甚至会使的管道与附件的连接处出现破裂，从而造成管道系统的损坏。

第二，管道振动将会直接影响到动力机械的工作效率。在高频率振动的影响下，相关机械设备将出现更大的功率消耗。

第三，过度的管道振动可能会使相关操作人员产生不适感，令操作人员在工作过程中更加疲惫，降低工作人员的注意力集中程度和工作效率，从而引发操作失误，甚至出现安全事故^[7]。

总之，压力管道振动将会对泵站的有序运行造成较大的影响，并造成较为严重的破坏，因此需要通过各类措施进行减振，降低管道振动所带来的一系列不良影响。

四、泵站压力管道的常用减振方案

（一）降低管道中气流脉冲振动

气流脉冲振动是引起压力管道振动的重要原因之一，降低管道中的气流脉冲振动可以有效减少管道振动的频率。可以对管道内的气柱固有频率进行调节，避免气柱频率与管道产生共振，从而出现压力管道振动现象。同时，共振的频率与管道的直径、配管的容积、气体的温度等具有重要联系，因此在管道设计过程中需要做好提前计算，以此实现对气柱固有频率的合理调整，使气柱的固有频率与管道频率脱离，降低共振现象发生的概率^[8]。若压力管道中的脉动过大，则需要及时采取措施减少广岛脉动，进而减少管道的振动现象。

（二）改变管道的支撑结构

当管道的敷设方式确定之后，其固有频率将成为定数，若此时受到了外界的振动影响，则容易引发共振现象，造成管道的剧烈振动。在这种情况下，可以通过改变管道的支撑结构或改变管

道的支撑数量，从而改变管道的固有频率，降低共振现象发生的概率，进而实现管道减振，保证泵站的有序运行。一方面可以通过加强管道支撑结构刚度的形式改变管道的固有频率，随着结构刚度的提高，管道的固有频率也会随之增大，在这种情况下，固有频率将远超外部的激振力频率，从而实现管道减振。另一方面，也可以反过来减小支撑结构的刚度，使管道的固有频率变小，从而绕开外部的激振力频率，同样可以达到减振的效果。

（三）设置滤波器、孔板、缓冲器等部件

首先，可以使用滤波器实现气流脉动的衰减，通过滤波器将某一特定频率的气流阻隔在管道之外，从而降低不均匀压力对于管道的影响，减少管道振动的概率。滤波器相较于缓冲区具有更加明显的减振效果，但其型式较为复杂，且使用成本较高，需要结合实际情况进行考虑^[9]。其次，可以在适当的位置上设置孔板来降低管道的振动，将孔板作为阻力减小气流脉动，实现对管道振动的防护。当流体经过孔板时，局部受到的压力将会明显降低，使管线中原有的压力驻波成为单向行波，以此降低振幅。最后，可以通过设置缓冲器的形式吸收气体脉动，并改变管道内的气柱固有频率，以最简单的方式实现管道减振。^[10]

（四）降低管道内两相流振动

在实践中，可以采用降低管道内两相流振动的方式降低管道振动，可以通过对管道内流体的流速进行合理控制，减少管道的激振力。利用缩减管道长度、降低气体含量的方式实现两相流振动的降低。也可以提高管道支架的刚度，以此抵御对管道内两相流产生的激振力，通过管道的支架设计加强管道的抗振能力，降低激振力对于管道的影响。同时需要避免两相流振动与管道产生的共振，时刻保证两相流振动与管道的固定振动频率不相等，降低管道振动所带来的影响。可以采用改变强度的方式实现对两相流频率的调整，从而达到避开共振的效果。

五、结束语

综上所述，泵站压力管道的安全性直接影响着泵站的经济效益，而管道的振动则会对泵站的稳定运行带来较大破坏，因此，需要对管道的振动进行测试，并针对测试结果探索出相应的减振措施。利用 DASP 系统可以提高泵站压力管道振动测试结果的准确性，为后续的防振减振活动提供更加直观的数据参考。

参考文献

- [1] 姚泽良, 白国良, 党发宁, 等. 设备激励下山西河津电厂结构振动测试研究 [J]. 振动、测试与诊断, 2023, 43(6): 1198-1204.
- [2] 朱前坤, 刘艺, 崔德鹏, 等. 结构人致振动舒适度无线评估系统实现与工程实践 [J]. 振动工程学报, 2023, 36(4): 1024-1032.
- [3] 高毅雄. 独柱墩连续箱梁桥异常振动研究 [J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(6): 70-72.
- [4] 薛蒲昌, 武永刚, 谢亮亮. 精密摇摆主轴的振动测试分析 [J]. 机电工程技术, 2021, 50(10): 215-218.
- [5] 侯慧敏, 周冬蒙, 田俊蛟, 等. 泵站压力管道振动特性分析及减振优化设计 [J]. 水电能源科学, 2020, 38(8): 95-99.
- [6] 乔镜铭. 大型泵站电气设备运行与维护管理措施研究 [J]. 新疆有色金属, 2024, 47(4): 83-84.
- [7] 高武林. 水利泵站工程建设施工管理 [J]. 价值工程, 2024, 43(23): 150-153.
- [8] 周成, 金黎明. 浮坞式泵站的无人值守控制系统分析研究 [J]. 陕西水利, 2023(11): 139-141.
- [9] 王华. 泵站远程自动控制系统的研究及应用 [J]. 模具制造, 2024, 24(8): 177-179.
- [10] 严应佳. 关于地基排水固结法在泵站软土地基上处理技术应用研究 [J]. 水利电力技术与应用, 2024, 6(14).