

典型船舶管道支架刚度试验分析*

任晋宇

(武汉交通职业学院, 湖北 武汉 430065)

摘要:文章针对船舶某典型管道支架,采用 MTS810 静动态刚度测试机,对 T 型和 J 型的三种规格的管道支架进行静态和动态刚度实验测试,共试验测试 96 组,统计优化得到 12 组典型管道支架的静动态刚度性能,并将理论计算数值与试验数值进行对比分析,结果表明:管路支架静动态刚度试验值与理论值计算存在偏差较大,其偏差的原因可能是由于设备精度及橡胶体蠕变引起,动刚度试验值比静刚度试验值偏差要大 5% 左右,偏差基本控制在 10% 以内,证明采用该测试方法进行管道支架刚度试验是可行的。

关键词: 船舶管道支架;静动态刚度;对比分析

DOI: 10.3969/j.issn.1672-9846.2015.01.018

中图分类号: U661.7

文献标志码: A

文章编号: 1672-9846(2015)01-0078-03

船舶管道系统是船舶重要的机械设备系统,管道支架对船舶管道系统起到支撑及固定作用,同时是管路系统振动噪声能量向船体结构传递的主要途径之一。对于管道支架来说,要满足管道系统安全支持的作用,同时也要实现其降低管道系统振动,到达舒适性、安静型要求。管道支架的静、动态特性是衡量安全性的重要指标,也是其隔振性能的主要依据。国内外学者开展了大量研究,国外 Sciuli^[1]研究了隔震系统及柔性系统的设计,Jansson^[2]分析了管道系统的动力学,提出了管道系统减震的模型,Dokuma^[3]提出了针对管道系统采用双隔震系统减震的理论,Yang^[4]试验测试了共振对弹性梁的影响;孙庆鸿^[5]提出了振动与噪声的阻尼控制方法理论,国内许多学者利用有限元算法,开展管道系统动力学计算,王朝等^[6]针对典型管路系统开展了抗冲击性能分析,郭庆辉等^[7]在管道设计中应用了弹簧支吊架,熊健民等^[8]对船舶上单耳无级卡箍力学性能进行了分析,邹建^[9]研发了管路系统静动态力学特性计算

软件包,罗元文^[10]用 MTS 试验机对钢丝减震器进行动刚度测试的试验研究。目前,试验测量仍是获得各种隔振元件动态特性参数的主要方法。在船舶管道支架刚度性能测试试验研究较少,本文针对典型船舶管道支架开展试验测试研究。

1 试验测试原理及方案

本测试设备采用美国 MTS 公司产 MTS 弹性体测试系统及 MTS810 测试机。实验测试标准按 GB/T15168-94 进行测试。

1.1 试验测试原理

管道支架在进行静刚度测试时,应尽可能使弹性系统接近单自由度振动系统,即载荷作用力线与减振器受试方向中心线尽可能一致。管道弹性支架为钢结构与橡胶硫化产品,由于橡胶制品的滞后现象,试样要预压三次后,进行试验测试。

K_s 为静刚度试验测试表达方法:

$$K_s = (F_2 - F_1) / (\delta_2 - \delta_1) \quad (1)$$

其中: $F_1 = (0.5 \sim 0.75)F$

$$F_2 = (1.25 \sim 1.5)F$$

*收稿日期:2014-11-20

基金项目:武汉交通职业学院校级项目“船舶管道支架刚度研究”(编号:2013q006)。

作者简介:任晋宇(1985-),男,山西太原人,武汉交通职业学院船舶与海洋工程学院工程师,主要从事船舶结构设备研究。

F—管道支架的额定负荷再测定其数值。

橡胶减振器在加载和卸载时所得的应力与应变关系可见图 1。

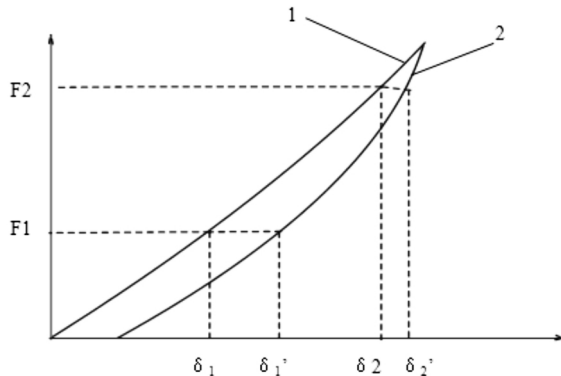


图 1 应力—应变曲线图(1—加载、2—卸载)

管道支架在测试动刚度采用扫频法测试,动刚度是与在构件质量和其固有频率上有相关联系。其表达公式为:

$$K_d = m \omega_n^2 \quad (2)$$

1.2 静、动态刚度测试方案

(1)将管道支架、隔振器及测试工装安装后(如图 2 所示),固定于 MTS810 弹性体测试系统,调节弹性支架在芯轴上的位置,确保弹性支架重心与设备加载方向重合,紧固各处螺栓。

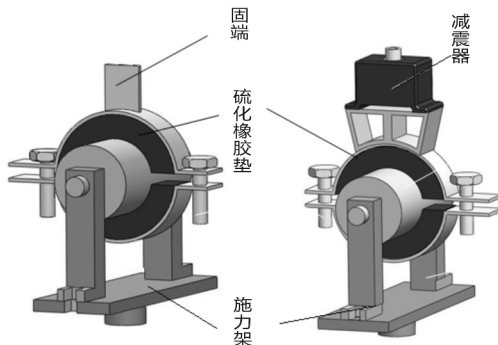


图 2 T型和J型管道支架安装测试示意图

(2)以 10mm/min 速度加载至最大载荷后卸载至 0N,开始第二轮加载,至最大载荷后卸载停留,如此往复 4 次,结果取第 4 次测试值。

(3)静态刚度测试完毕,保留上述装配,按一定频率加载正弦载荷,记录固有频率下的动态刚度,各型号弹性支架加载频率与载荷、各型号弹性支架扫描频率及动态刚度。

2 试验测试结果

MTS 试验机安装依据 MTS 原厂试验要求说明书和文献^[11]要求进行安装调试,试验方案根据 GB/T15168—94 标准开展。图 3 为管道支架动

静态测试设备原理布置图。进行管道支架静态性能测试,如图 4 所示。

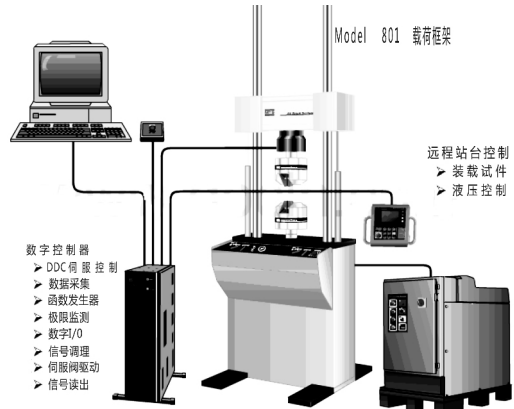


图 3 管道支架动、静测试设备系统图



图 4 T型管道支架安装测试图

以 10mm/min 速度加载至最大载荷后卸载至 0N(各型号管道支架加载载荷件如表 1 所示),停留 30s,开始第二轮加载,至最大载荷后卸载停留,如此往复 4 次,结果取第 4 次测试值。

试验共进行 96 次试验测试,取得 12 组试验数据,将试验数据记录列表。

表 1 各型号管道支架静态刚度测试条件及测试结果

型 号	加载载荷范围, N	Z 向静态刚度, N/mm
Φ36	T 0~400	260
	J 0~400	46
Φ60	T 0~2000	1141
	J 0~1000	103
Φ90	T 0~2000	2042
	J 0~2000	132

静态测试完成后,按一定频率加载正弦载荷,记录固有频率下的动态刚度,各型号管道支架加载频

率与载荷、各型号弹性支架扫描频率及动态刚度。得到了该系列支架的动刚度试验值,如表 2 所示。

表 2 各型号管道支架动态刚度测试条件及测试结果

型 号	扫描频率, Hz	Z 向动态刚度, N/mm
Φ36	T 10~200	2215
	J 4~40	115
Φ60	T 10~200	3072
	J 5~50	239
Φ90	T 5~50	4978
	J 5~30	388

3 试验结果与理论计算结果对比分析

管路支架刚度理论计算参照文献公式^[12]及试验测试数据,计算出不同规格的管路刚度支架静态刚度值。

表 3 各型号管道支架静态刚度测试结果与理论值对比分析

型 号	Z 向静态刚度 (计算值), N/mm	Z 向静态刚度 (试验值), N/mm	偏差%
Φ36	T 240	260	8.3
	J 50	46	8.0
Φ60	T 1032	1141	10.5
	J 91	103	13.2
Φ90	T 1921	2042	6.2
	J 124	132	6.4

表 4 各型号管道支架动态刚度测试结果与理论值对比分析

型 号	Z 向动态刚度 (计算值), N/mm	Z 向动态刚度 (试验值), N/mm	偏差%
Φ36	T 1956	2215	13.2
	J 98	115	17.3
Φ60	T 2893	3072	6.2
	J 221	239	8.1
Φ90	T 4599	4978	8.2
	J 361	388	7.5

根据试验测试结果与理论计算结果对比分析,得到表 3、表 4,对比分析了管道支架刚度测试试验

值与理论计算值的对比。

综上所述,管道支架采用 MTS810 进行静态刚度测试,得到的试验值与理论值计算存在偏差,动刚度试验值比静刚度试验值偏差要大 5% 左右,基本控制在 10% 以内,符合试验测试与理论数值的偏差要求。分析其偏差较大的原因可能是设备精度及橡胶体蠕变引起,证明了采用该方法试验测试管道支架刚度的正确性及可行性。

参考文献:

- [1] Sciulli D, Inman D J. Isolation design for a flexible system[J]. Journal of Sound and Vibration, 1998, (2): 251—267.
- [2] Janssion L G, ZENG L F. On modeling piping supports in dynamic analysis of nuclear—power piping system[J]. Proceedings of the 16th International Conference on Nuclear Engineering, 2008, (4): 277—283.
- [3] Dokuma Oseto, Yamashita M S, Fumio Hara. Vibration control in piping system by dual dynamic absorber[J]. JSME International Journal, 1987, (4): 254—262.
- [4] Yang Y B, Lin C L, Yau J D, Chang D W. Mechanism of resonance and cancellation for train—induced vibration on bridges with elastic bearings[J]. Journal of Sound and Vibration, 2004, (1/2): 345—360.
- [5] 孙庆鸿, 等. 振动与噪声的阻尼控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993: 83—104.
- [6] 王朝. 典型管路系统抗冲击性能分析方法新型抗冲击元器件设计研究[D]. 江苏科技大学, 2013.
- [7] 郭庆辉, 付国防. 管道设计中弹簧支吊架的应用[J]. 内蒙古石油化工, 2005, (4): 117—120.
- [8] 熊健民, 戚坤, 周金枝. 单耳无级卡箍力学性能分析[J]. 湖北工业大学学报, 2010, (4): 99—101.
- [9] 邹建. 管路系统静态动力学特性计算软件包开发[D]. 华中科技大学, 2007.
- [10] 罗元文. 用 MTS 试验机进行动刚度测试的试验研究[J]. 湖北工学院学报, 1997, (1): 55—62.
- [11] 魏兵, 陈全礼. MTS 试验机的安装[J]. 实验室研究与探索, 2007, (10): 312—314.
- [12] 张改慧, 胡时岳. 单桩的动刚度测试和数据处理方法的研究[J]. 应用力学学报, 2002, (4): 105—108.