

# 液压冲击振动隔离问题探讨

梁向东

(武汉船舶设计研究所,武汉 430064)

**摘要:**通过分析液压系统产生流体冲击的原因,结合舰船液压系统阐述采用隔振技术隔离液压阀件冲击振动的设计思路。

**关键词:**振动与波;液压;流体冲击;阀

**中图分类号:**O353 **文献标识码:**A

## The Study about Shock and Vibration Isolation for Hydraulic Pressure System

LIANG Xiang-dong

(Wuhan Ship Design & Development Institute, Wuhan 430064, China)

**Abstract:** Based on the analysis about the shock-vibration exciting caused by hydraulic pulse in hydraulic pressure system, we have developed some ideas about valve shock and vibration isolation and put forward some ideas about noise and vibration control technology.

**Key words:** vibration and wave; hydraulic pressure; liquid shock; valve

### 引言

舰船液压系统工作时,尤其在系统启动、停止或换向时,例如在液压操舵停止和换向的瞬间,往往因液压管路内流体的流动状态突然发生变化而形成强烈的流体冲击。受流体冲击激励的作用,舰船的辐射噪声也随着突发性地增高。对于声隐蔽性要求较高的舰船,控制因液压冲击产生的噪声,无疑是一项重要的工作。

本文将围绕控制因阀件工作导致的冲击振动问题,探讨相关的隔离冲击振动的技术方案。

### 1 液压冲击噪声成因

当管道一端的流速(或压力)突然发生变化时,管内液体因此产生急剧交替的压力升降的阻尼波动过程称为液压冲击。液压冲击是管道中的非恒定流动,是流动参数阶跃变化的过渡过程,是管道的一种动态性能。管内流体流动参数发生突发变化起源于阀件的动作,液压系统中阀件的开启/关闭是诱发液压冲击的根源。阀件开启/关闭动作时间的长短对形成的冲击激励影响很大,时间越短产生的激励力越大。而液压系统的功能又往往要求阀件能在较短的时间开启/关闭,所以液压冲击在液压系统中较难避免。因此隔离此类由阀件动作产生的冲击振动无疑是一项必需的减振降噪工程课题。

阀件受流体冲击作用的力学模型可简化为图1所示的模型。设阀件的质量为  $M$ , 冲击作用的时间为  $\tau$ , 在  $\tau$  时间内的平均冲击作用力为  $F_m$ , 阀件的安装刚度为  $k$ , 阀件安装基座对阀件的反作用力为  $N$ , 该力的反作用力即为液压冲击对船体的作用力, 控制液压冲击振动的关键就在于减小该力的幅值。

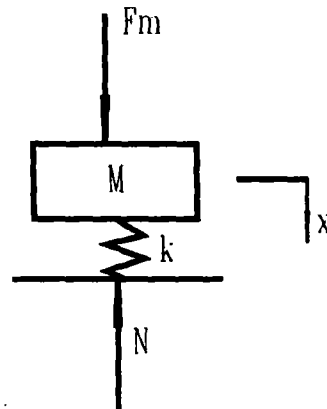


图1 外力冲击作用下的运动模型

通常,冲击作用的时间  $\tau$  比系统的基本周期  $2\pi/\omega_n = 2\pi/\sqrt{k/M}$  小得多,则冲击作用后,在阀件安装基座产生的作用力  $N'$  为<sup>[1]</sup>

$$N' = -N = kx = F_m \sin \frac{\omega_n \tau}{2} \sin \omega_n \left( t - \frac{\tau}{2} \right) \quad (1)$$

最大值为

$$N'_{\max} = F_m \sin \frac{\omega_n \tau}{2} \approx F_m \frac{\omega_n \tau}{2} = \frac{1}{2} F_m \tau \frac{\sqrt{k}}{\sqrt{M}} \quad (2)$$

因此,控制液压冲击应从调整系统的  $k$  值和  $M$

收稿日期:2005-04-11;2005-05-25

作者简介:梁向东(1961-),男,广西龙州人,壮族,大学本科,高级工程师,主要从事舰船噪声振动控制。

值着手,尽量减小船体对液压冲击的响应。

## 2 研究思路及设计方案探讨

目前,液压系统的阀件均直接刚性安装在船体结构上,阀件的冲击振动能量直接通过结构传到艇体,诱发水下噪声辐射。因此,改用弹性安装,即减小式(2)中  $k$  的量级,可以起到减小阀件冲击力向艇体传递,降低由此导致的辐射噪声的作用。但是,相对于机械设备的弹性安装,将液压系统的阀件弹性安装在船体结构上,又具有自身的特殊性。在设计冲击振动隔离装置时应着重围绕以下几个方面开展工作。

### 2.1 冲击振动隔振器选取

弹性安装可将瞬态、强烈的冲击能量先以位移能的形式最大限度地储存在其中,然后按弹性-阻尼系统本身的特性缓慢地将能量释放出来和耗散掉,从而减少冲击激励从阀件传递到船体的冲击激励峰值和能量。传统的方法是在阀件和船体安装基座之间安装隔振器。但对用于阀件冲击振动隔离的隔振器的选型或设计时应考虑以下几方面的因素:

加装的隔振器应能保证尽可能地减小安装基座对阀件液压冲击力的响应。这就要求隔振器应具有较小的刚度,但这样往往会使阀件自身产生较大的冲击位移。由于系统中有许多管路和阀件连接,过大的位移对液压系统工作的安全性是无益的。因此选用隔振器时必须同时考虑兼顾控制阀件的冲击位移响应。所以,隔振器应具有非线性渐硬的特征<sup>[2]</sup>,即随着隔振器的变形量增加,其刚度应逐渐增加。隔振器刚度随位移上升的速率应能满足既避免产生较大的冲击力响应又具有较小的冲击位移的要求。该类隔振器的选型或研制需要根据阀件具体的工作特性,通过反复试验确定。

物体受冲击作用运动后,只有克服阻力才能耗散运动能量。液压冲击激励的阀件振动,必须通过阻尼作用才能耗散能量。因此要求隔振器还应具有一定的阻尼系数,阻尼比应能达到  $0.15 \sim 0.35$ <sup>[3]</sup>。以保证隔振器能有效地耗散冲击能量。

### 2.2 增大阀件的附加质量

弹性安装可以减小船体结构对液压冲击力的响应,但会增加阀件自身的冲击位移。而当刚度  $k$  一定时,阀件的冲击位移与阀件自身的质量  $M$  有关。液压系统产生的冲击激励力来源于管路内的流体,可视为恒定的。由(2)式可知,当冲击力一定时,对于质量较大的物体,对安装基座产生的作用力较小。因此,在阀件上附加质量块将有利于减小阀件受冲

击后产生的位移。质量块的大小应综合考虑,合理选取。可将一些管路附件与阀件组合,装配为一个整体构件,提高受液压冲击作用的物体的总质量。同时附加质量可结合管路的位移补偿能力、隔振器的设计参数、总体对空间和重量的限制条件以及噪声控制指标的要求进行优化设计,并通过试验测试确定最终的取值范围。

### 2.3 加装流体脉动衰减器

阀件开启/关闭产生的液压冲击,不仅在阀件处产生冲击激励,还可通过管内流体沿着与阀件连接的管路传递,引发全船性的冲击振动。因此,应在管路与阀件之间加装流体脉动衰减器,吸收冲击能量和阻止液压冲击通过管路传递,减少液压系统的冲击振动能量向船体结构传播。流体脉动衰减器应依据液压系统的压力脉冲特性、系统工作压力、流量及管路通径选用蓄压器、消声器等现成产品或根据具体参数研制。

设计流体脉动衰减器的安装布置形式时,可以考虑将其兼作 2.2 所述的附加质量块与阀件刚性安装形成一个整体结构。

### 2.4 合理匹配挠性接管

阀件与船体结构实现弹性安装,在隔离冲击振动的同时必将产生一定的位移。阀件与管路接口之间也将因此产生较大的应变和应力。因此,应在阀件和管路之间加装挠性接管。挠性接管的长度应能保证与阀件运动发生的最大位移相匹配。挠性接管的刚度应低于阀件下的隔振器的刚度,避免因挠性接管刚度过大导致阀件冲击振动隔离失效。选用的挠性接管应具有与液压系统相匹配的使用寿命和工作压力,确保液压系统运行的安全性。

## 3 结语

液压冲击将导致舰船辐射水下噪声。将阀件通过隔振器弹性安装在船体结构上能有效地减小由此引起的噪声辐射。选用的隔振器的性能参数应能兼顾减小冲击力和限制过大冲击位移的作用。合理附加质量块有利于减小阀件的冲击位移响应。选配挠性接管和压力脉动衰减器是保证隔离阀件冲击振动的充分条件。

### 参考文献:

- [1] 丁文镜. 减振理论[M]. 北京: 清华大学出版社, 1988: 131-136.
- [2] 战嘉恺, 等. 振动和冲击隔离中阻尼作用与取值范围分析[J]. 噪声与振动控制, 1998, (3): 21-25.
- [3] 周文亮等. 冲击隔离发展浅谈[J]. 噪声与振动控制, 2002, (5): 22-25.