

# 液压减振器的设计与测试

姜伟

(冰轮环境技术股份有限公司, 山东 烟台 264002)

**摘要:**为解决传统减震器的功效与结构强度问题,本文对传统减震器的结构进行了深入研究,并提出一种结构简单、精度较高的液压减振器的设计与测试方法,以期能够为相关设计人员提供参考。

**关键词:**液压减振器;设计;测试

中图分类号:TH137.5

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2021)39-0116-02

## 0 前言

减振器有机械式、机械-液压力式、液压力式和油气混合式等类型,本文介绍了一种结构简单的液压减振器,具体可依据需要减振的设备及其工况设计制造。

## 1 技术参数

(1)工作液:YH-10 航空液压油。

(2)最大行程:60mm。

(3)固定节流孔工作特性。

运行速度:  $v_n=50\text{mm/s}$ ; 阻尼力:  $F_n=10000\text{N}$ 。

(4)变节流孔开始工作点。

运行速度:  $v_n=60\text{mm/s}$ ; 阻尼力:  $p_g=12000\text{N}$ 。

(5)工作频率:  $f=0.1\sim 5\text{Hz}$ 。

(6)极限载荷:  $F_{\max}=20000\text{N}$ 。

## 2 减振器的设计

### 2.1 总体设计

减振器结构形式如图 1 所示。

固定节流孔采用小孔节流形式,在减振器活塞上设置一个节流小孔;变节流孔采用溢流形式,在活塞上下两端各反装一个蝶形弹簧片。

减振器油腔分为内腔和外腔,内腔为工作油腔,外腔为储油腔,内外腔通过一储油盖隔离,储油盖上设单向活门,可向内腔补充油液。

### 2.2 工作原理

减振器的工作原理如图 2、图 3 所示。

减振器产生的阻尼力由活塞杆在外力作用下运动、进而使上下两腔产生压力差而形成。

减振器的工作分为两个阶段:当载荷  $F \leq p_g$  时,压力油经固定节流孔流向低压腔(如图 2 所示);当载荷  $F > p_g$  时,压力油克服弹簧片的预紧力,同时经固定节流孔和变节流孔流向低压腔(如图 3 所示),阻尼刚度变小,避免产生过大的对抗载荷。

减振器的工作曲线如图 4 所示。

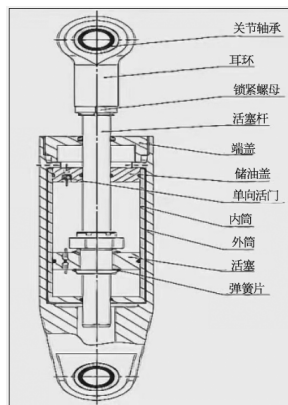


图 1 减振器结构

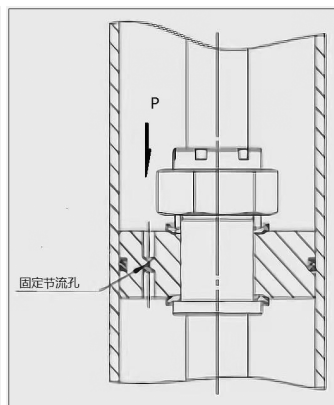


图 2 固定节流孔工作

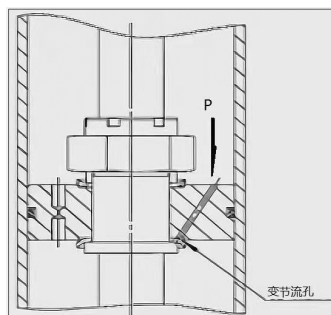


图 3 变节流孔工作

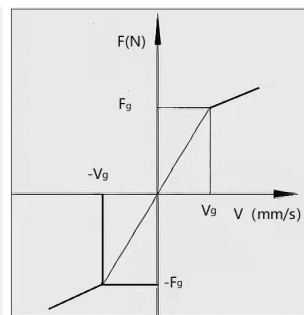


图 4 阻尼力-速度曲线

### 2.3 主要零件设计与强度校核

#### 2.3.1 内筒的设计与校核

内筒采用 45 钢并调质,内孔直径 50mm,壁厚 4mm。

强度校核如下:

已知减振器工作极限载荷为 20000N,取活塞杆直径为 25mm,对应工作时压力为  $p_n=13.6\text{MPa}$ 。

爆破压力  $p_E$  应不小于  $4p_n$ ,以保证安全使用,即:

$$p_E = 2.3 \sigma_b \log(D_1/D) \quad (\text{MPa}) \quad (1)$$

式中:  $D$ -内径,mm;  $D_1$ -外径,mm;  $\sigma_b$ -材料的抗拉强度,MPa,

$\sigma_0=800\text{MPa}$ 。

将各数值代入式(1)中,得出  $p_E$  值为 118MPa,满足要求。

注:从上述校核结果看,强度满足要求,但裕度较大,这是为了兼顾结构刚度的设计结果。

### 2.3.2 外筒的设计与校核

外筒采用 45 钢并调质,内孔直径 64mm,壁厚 4mm,与端盖的连接螺纹为 M68×2。

螺纹处为危险截面,校核其强度如下:

螺纹处的合成应力应满足下式:

$$\sigma_n=1.3\sigma \leq \sigma_p \text{ (MPa)} \quad (2)$$

螺纹处的拉应力为:

$$\sigma=4KF_{\max}/\pi(D_w^2-D_0^2) \text{ (MPa)} \quad (3)$$

式中: $F_{\max}$ -外筒端部承受的最大推力(N), $F_{\max}=20000\text{N}$ ;  $D_w$ -外径,mm, $D_w=72\text{mm}$ ;  $D_0$ -螺纹大径,mm, $D_0=68\text{mm}$ ;  $K$ -拧紧螺纹的系数,取  $K=1.5$ ;  $\sigma_p$ -材料的许用应力,MPa, $\sigma_p=\sigma_s/n=640/2.5=256 \text{ (MPa)}$ ;  $\sigma_s$ -缸底材料的屈服极限,MPa;  $n$ -安全系数,取  $n=2.5$ 。

将各数值代入式(3)中,得出  $\sigma$  值为 68MPa,则  $\sigma_n=1.3\sigma=88.4\text{MPa}$ ,小于许用应力  $\sigma_p$ ,满足式(2)要求。

### 2.3.3 活塞杆的设计与校核

活塞杆采用 45 钢并调质,直径取 25mm,与耳环的连接螺纹为 M20×1.5;活塞杆外表面镀硬铬,以提高耐磨性。

螺纹处为危险截面,校核其强度如下:

螺纹处的合成应力应满足式(2)。

螺纹处的拉应力为:

$$\sigma=4KF_{\max}/\pi d^2 \text{ (MPa)} \quad (4)$$

式中: $F_{\max}$ -外筒端部承受的最大推力(N), $F_{\max}=20000\text{N}$ ;  $d$ -螺纹直径(mm), $d=20\text{mm}$ ;  $K$ -拧紧螺纹的系数,取  $K=1.5$ ;  $\sigma_p$ -材料的许用应力(MPa), $\sigma_p=256\text{MPa}$ ;  $\sigma_s$ -缸底材料的屈服极限(MPa);  $n$ -安全系数,取  $n=2.5$ 。

将各数值代入式(4)中,得出  $\sigma$  值为 96MPa,则  $\sigma_n=1.3\sigma=125\text{MPa}$ ,小于许用应力  $\sigma_p(256\text{MPa})$ ,满足式(2)要求。

## 2.4 节流孔的设计计算

减振器的性能取决于两个节流孔,即固定节流孔和变节流孔。

变节流孔因结构特殊,无现成的计算公式,设计时可先选择一定厚度的蝶形弹簧片,确定其承受液压力的面积,然后通过液压测试确定弹簧片预紧变形值,并通过试验验证确定最终结构尺寸。

本减振器弹簧片材料为冷作硬化的 1Cr18Ni9 板材,厚度为 0.3mm,通过专用工装冲压成型后低温回火定型。

固定节流孔为小孔节流形式,节流公式为:

$$Q=0.25\pi d_0^2 C_d (2\Delta p/\rho)^{1/2} \quad (5)$$

式中: $Q$ -通过节流孔的流量, $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $d_0$ -节流孔直径,m;  $C_d$ -流量系数,取  $C_d=0.82$ ;  $\Delta p$ -节流孔两端压差, $\text{N}/\text{m}^2$ ;  $\rho$ -油液密度, $\text{kg}/\text{m}^3$ , $\rho=850\text{kg}/\text{m}^3$ 。

已知:

(1)固定节流孔工作特性为:载荷  $F_n=10000\text{N}$  时,运行速度  $v_n=50\text{mm}/\text{s}$ ;

(2)活塞面积  $A=0.25\pi(50^2-25^2)=1472(\text{mm}^2)$ ,则:

$$\Delta p=F_n/A=10000/1472=6.8 \text{ (MPa)}=6.8\times 10^6 \text{ (N}/\text{m}^2)$$

$$Q=Av_n=1472\times 50=73600(\text{mm}^3/\text{s})=7.36\times 10^{-5}(\text{m}^3/\text{s})$$

将各数值代入式(5)中,得出:

固定节流孔直径  $d_0=0.95\text{mm}$ 。

## 2.5 设计及试验验证结果

### 2.5.1 节流孔设计结果

(1)固定节流孔取值 0.95mm。

(2)变节流孔处结构尺寸如下:

弹簧片厚度 0.3mm; 活塞上安装弹簧片的沉台直径 32mm、台阶深度 0.7mm,活塞杆上压紧弹簧片的轴肩直径 25mm。

### 2.5.2 试验验证结果

经过试验验证,上述设计满足技术要求和图 4 所示 F-V 曲线。

## 3 减振器的测试

### 3.1 测试设备

测试设备是一套伺服加载系统,包括:

#### 3.1.1 油源

额定压力 21MPa,额定流量 30L/min。

#### 3.1.2 伺服液压缸

技术参数和配置如下:

缸径 63mm,杆径 45mm,行程 50mm;工作频率 0.1~5Hz;配置 30kN 拉压力传感器;配置量程 50mm 位移传感器;配置额定压力 21MPa、额定流量 30L/min 的伺服阀。

#### 3.1.3 伺服控制器

包含传感器的信号采集系统。

#### 3.1.4 测试台架

可立式安装伺服液压缸和减振器,其高度与伺服缸行程和减振器高度匹配。

### 3.2 测试方法

(1)将减振器活塞杆朝上,立式安装到测试台架上,活塞杆与伺服缸活塞杆连接。

(2)给伺服缸供压 21MPa。

(3)通过伺服控制器给伺服缸输入控制信号,使伺服缸活塞杆以 0.1~5Hz 的频率、以可输出 0~15000N 力的振幅做简谐振动,录取输出力和速度关系曲线,即为减振器的 F-V 曲线,从曲线上可直观看出减振器的性能。

## 4 结语

本文介绍的液压减振器已成功用于某机械设备,文中所述技术参数、结构、工作原理以及设计和测试方法,可供工程技术人员进行主机设计选择或减振器设计参考。

### 参考文献

- [1] 雷天觉.新编液压工程手册[M].北京:机械工业出版社,1998.
- [2] 成大先.机械设计手册[M].北京:化学工业出版社,2010.

收稿日期:2021-09-19

作者简介:姜伟(1990—),男,汉族,山东烟台人,本科,助理工程师,主要从事机械液压等专业设计工作。