

# 多极板电流变阀应用于避震器之研究

陈义男, 吴聪能, 郭振华, 郭文化\*,  
黄照杰, 曾敦彦, 张宜杰, 刘时颖  
(台湾大学,台北 106)

摘要: 以流动模式(flow mode)多极板之电流变阀(electrorheological valve)进行避震器阻尼力特性的研究。由于电极板的大小直接影响到流体流动的剪力及避震器的阻尼力,因此使用多极板式来探讨避震器的特性。设计有15个流道之并联及13个流道之串联多极板电流变阀的电流变避震器,并使用自制的电流变液进行实验。由研究结果显示,流动式并联极板之电流变避震器,一个流道之阻尼力最大,流道极板增加则阻尼力反而下降,而流动式串联多极板之电流变避震器之阻尼力则随极板数递增,故需要高阻尼力之避震器较适合使用串联多极板式。

关键词: 多极板; 电流变液; 电流变阀; 避震器

中图分类号: O373 文献标识码: A

## 1 引言

在电流变液各种应用的研究中,以电流变液避震器或阻尼器等减振装置的研究最多,也显示出较佳的效果。其原因为避震器为一封闭型流体流动的系统,系统的电流变液容量较少,故所需电流变液的成本较低,装置也简单。另外,避震器是用来抑制系统的振动,而系统的振动又可减小电流变液的沉淀。

为了提升电流变液避震器的阻尼力,可使用较高电流变效应的电流变液<sup>[1]</sup>或从电流变阀的结构来设计<sup>[2]</sup>,例如电极间隙、电极长度、电极宽度等。电极间隙愈小,虽可大大提高阻尼力,但是愈容易穿击<sup>[3]</sup>,故有其限制。电极长度、电极宽度亦可提高阻尼力,但避震器的长度及直径也有其使用上的限制,故可考虑使用多极板<sup>[4]</sup>。本文将以自行设计之单一流道电流变液阻尼器<sup>[5]</sup>为基础,进一步设计了并联及串联多流道极板之电流变避震器,并使用自制的电流变液进行实验,探讨多极板电流变液避震器的特性。

## 2 多极板电流变阀之电流变液避震器

流动式电流变避震器实际上是由电流变阀及压缸所组成,如图1和图2所示为并联多流道极板电流变阀避震器。当活塞压缩行程(compression cycle)时,流体从压缩室(CC)流经电流变阀到伸张室(RC);当活塞拉伸行程(rebounded cycle)时,流体从伸张室(RC)流经电流变阀到压缩室(CC),故其阻尼力大小,主要由电流变阀来控制。

当电流变液避震器内之流体受活塞挤压之后,流体流经两同心圆之电极间隙至另一个压力室。若电极未施加电场,流体被挤压流经狭窄的电极间隙为 $h_e$ ,电极长度为 $L_e$ ,在单一流道

\*\* 通讯联系人,Email: ku07921@ms22.hinet.net

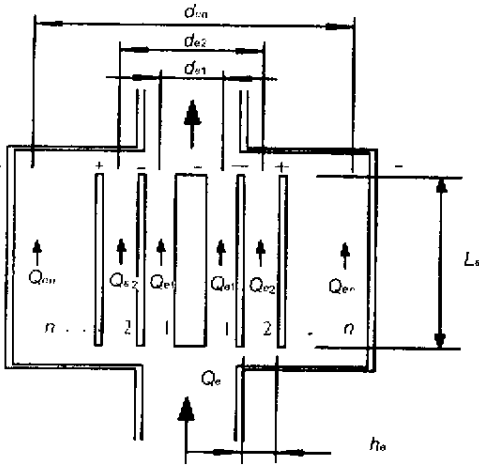


图 1 并联多流道极板电流变阀避震器

Fig.1 ER shock absorber of parallel multielectrode valve

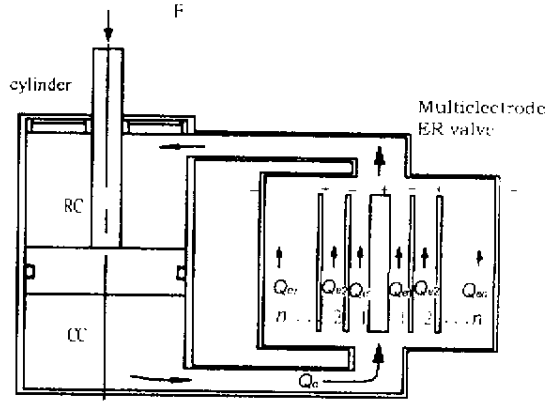


图 2 并联多流道极板电流变阀

Fig.2 Parallel multielectrode ER valve

极板两端产生的压降为  $\Delta P_v$ , 则  $\Delta P_v$  与流过电极间隙之流量  $Q_e$  的关系式为  $\Delta P_v = \frac{12\mu L_e}{bh_e^3} Q_e$ ,  $b$  为极板的宽度, 圆筒极板之宽度  $b = \pi d_e$ ,  $d_e$  为圆筒极板平均直径;  $\mu$  为流体的黏度。当电极施加电场时, 电流变流体在瞬间由牛顿流体转变为宾汉塑性体, 其屈服应力  $\tau_y$  增加流经极板间隙两端的压降  $\Delta P_{er}$ , 与电流变流体的  $\tau_y$  的关系式为  $\Delta P_{er} = \frac{2L_e}{h_e} \tau_y$ , 故流经单一流道极板间隙的总压降  $\Delta P_e$  为:

$$\Delta P_e = \frac{12\mu L_e}{\pi d_e h_e^3} Q_e + \frac{2L_e}{h_e} \tau_y \quad (1)$$

缸筒外接式并联多流道极板电流变阀示意图, 如图 2, 由单一流道极板进一步推导, 可得到流经并联多流道极板电流变阀总流量  $Q_e$  与总压降  $\Delta P_{emp}$  的关系式如下:

$$\Delta P_{emp} = \frac{12\mu L_e}{\pi h_e^3 (d_{e1} + d_{e2} + \dots + d_{en})} Q_e + \frac{2L_e}{h_e} \tau_y \quad (2)$$

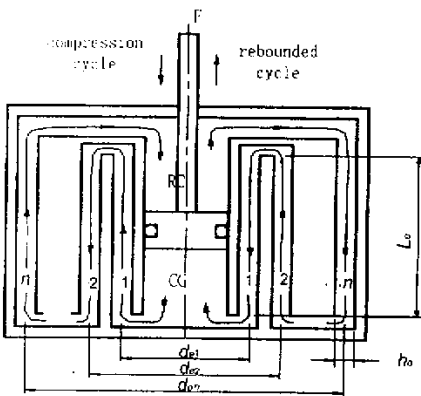


图 3 串联多流道极板电流变避震器

Fig.3 Serial multielectrode ER shock absorber

串联多流道极板电流变避震器示意图如图 3, 当活塞压缩时(如图 3 左半部所示), 流体在压缩室(CC)受活塞挤压, 流经第一组同心圆之电极间隙 1, 经转弯至第二组同心圆之电极间隙 2, 再转弯至第三组同心圆之电极间隙 3, 直到最后一组同心圆之电极间隙  $n$  之后, 流到伸张室(RC)。拉伸时(如图 3 右半部所示), 流体则依原流道流回压缩室。若电极未施加电场, 流体被挤压流经每一组同心圆之电极间隙为  $h_e$ , 而每一流道的电极长度为  $L_e$ , 流经每一流道两端所产生的压降为  $\Delta P_{v1}$ 、 $\Delta P_{v2}$ 、 $\dots$ 、 $\Delta P_{vn}$ , 电极未施加电场的总压降为  $\Delta P_{vs}$ , 而流经每一流道之流量为  $Q_{e1}$ 、 $Q_{e2}$ 、 $\dots$ 、 $Q_{en}$ , 总流量为  $Q_e$ 。在串联的流道中, 总流量与流经每一流道之流量相等, 因此由串联流道进一步可推导出  $n$  层串联总压降为

$$\Delta P_{ens} = 12\mu L_e \left( \frac{1}{\pi h_e^3 d_{e1}} + \frac{1}{\pi h_e^3 d_{e2}} + \dots + \frac{1}{\pi h_e^3 d_{en}} \right) Q_e + \frac{2nL_e}{h_e} \tau_y \quad (3)$$

若以上三种型式避震器在压缩室及伸张室之间总压降均为  $\Delta P$ , 则避震器的阻尼力  $F = A_p(\Delta P) + F_{fp} + F_a$ , 其中  $A_p$  为活塞受压面积;  $F_{fp}$  为摩擦力及黏滞阻力, 由实验获得;  $F_a$  为惯性力。总压降  $\Delta P$  是影响阻尼力最主要的因素, 故由总压降即可了解避震器阻尼力的特性。若避震器的几何尺寸不变, 而电极流道数改变, 由(1)、(2)、(3)式比较则  $\Delta P_{ens} > \Delta P_e > \Delta P_{emp}$ , 即串联多流道极板压降( $\Delta P = \Delta P_{ens}$ )大于单一流道极板压降, 而单一流道极板压降又大于并联多流道极板压降。因为电流变效应所产生的压降中, 在并联多极板流道与单一流道极板是相等的, 因此就电流变效应而言, 以并联多流道极板设计的避震器是无意义。如欲提高阻尼力, 则以串联多流道极板设计为宜。

本研究分别设计并联多流道极板和串联多流道极板电流变减震器,利用计算机仿真来探讨其性能。由图4a结果显示,并联多流道极板数(Layers)设计,在伸长及压缩行程时,其阻尼力(damping force)下降,图4b为串联多流道极板减震器极板数与阻尼力关系图,显示串联多流道极板之减震器确实可提升阻尼力。

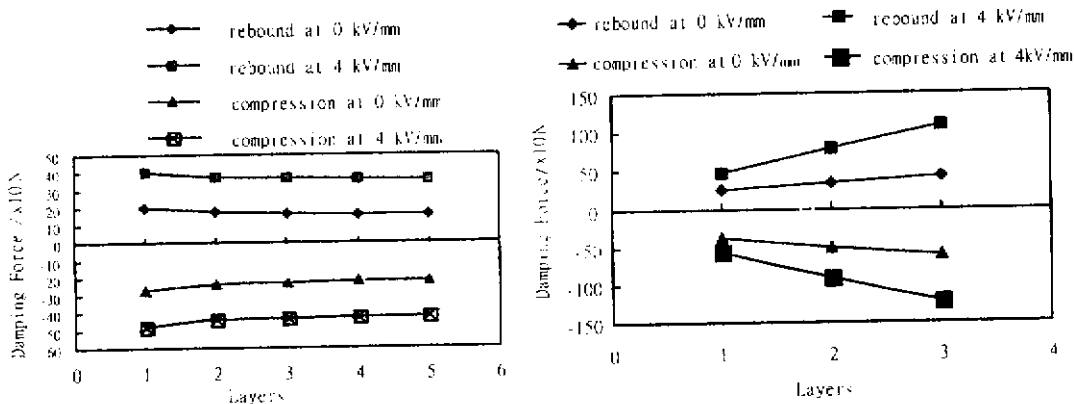


图4 计算机仿真并联多流道极板减震器极板数与阻尼力之关系图

Fig.4 The relations of parallel multi-electrode layers and damping force of computer simulation

### 3 实验结果

根据以上分析的结果,设计及制作并联五流道电极之电流变液减震器进行实验,图5为阻尼力(damping force)与多流道极板数的关系图,与计算机仿真极为吻合,而串联多流道极板电流变液减震器之实验,将待后续进行。

### 4 结论

由以上计算机仿真分析与实验的结果,可综合下列结论:

1. 并联多极板流道的设计对阻尼力与单一流道极板比较,并不会增加,反而减小。因此欲以并联多极板流道设计来提升阻尼力是得不到效果的,反而徒增结构的复杂性,增加制造成本。

2. 串联多流道极板的设计对阻尼力的增加非常显著,若欲提升减震器的阻尼力,则宜采用串联多流道极板的结构设计。

3. 串联多流道极板的极板数目增加,虽可增加阻尼力,但受限于外形尺寸限制,不可能毫无限制地增加,因此可视电流变液的效应大小,选择适当的极板数来设计,以达到最经济的效益。

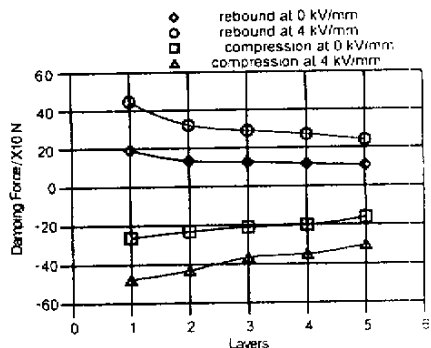


图5 并联多流道极板减震器极板数与阻尼力关系之实验结果

Fig.5 The relations of parallel multi-electrode layers and damping force of experimental results

### 参 考 文 献

[1] Marksmeier T M, Wang E L, Gordaninejad F. *J. Intelligent Material System and Structures*, 1998, **9**: 693  
 [2] Wolff C, Fees G. *Proc. Instn. Mech. Engrs. Part I*, 1998, **212**: 159  
 [3] Mhittle M, Atkin R J, Bullough W A. *International J. Modern Physics B*, 1996, **10**: 2933

- [ 4 ] Choi S B. *Mechatronics* , 1997 , 7 : 37
- [ 5 ] Cheng Yinan ( 陈义男 ) , Wu T.N. ( 吴聪能 ) , Kuo W.H. ( 郭文化 ) , Huang J.J. ( 黄照杰 ) . Proceedings of the 17th National Conference on Mechanical Engineering , The Chinese Society of Mechanical Engineers ( 中国机械工程学会 第十七届全国学术研讨会论文集 ) , 2000 , 169

## Study on the Shock Absorber Using Multielectrode Electro – Rheological Valve

Cheng Y.N. , Wu T.N. , Kuo C.W. , Kuo W.H. \* ,  
Huang T.C. , Tseng T.Y. , Chung Y.C. , Liu S.Y.

( *Institute of Naval Architecture and Ocean Engineering , Taiwan University , Taipei 106* )

**Abstract** This paper studies the generation of damping forces of shock absorbers using the multielectrode electrorheological valve ( ER valve ) of flow mode. Due to the fact that the size of electrode affects the magnitude of damping force , we design two shock absorbers using the multielectrode ER valves to study the effect of multielectrode arrangement. One of the absorber utilizes one to five electrode gaps of parallel arrangement , while the other has one to three electrode gaps of serial arrangement. The silicone oil – based ER fluid is prepared in our lab for the experiments. The results from theoretical and experimental studies show that the damping force generated using the one electrode gap is the maximum among the multielectrode of parallel arrangement. The resultant damping force is larger as the number of gaps is increased for the serial arrangement of the multielectrode. Thus , we conclude that the serial arrangement of multielectrode is more suitable for shock absorbers which require high damping force output.

**Key words** Multielectrode , Electrorheological fluid , Electrorheological valve , Shock absorber

\* To whom correspondence should be addressed , Email : ku07921@ms22.hinet.net