

文章编号:1005-0523(1999)04-0034-05

液压油缸缓冲装置设计与研究

吴国栋

(华东交通大学 机械工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:从理论上分析了液压油缸缓冲减速的机理和特性,并提出了缓冲装置的设计方法^[1]。

关键词:液压油缸;缓冲装置;设计;特性分析

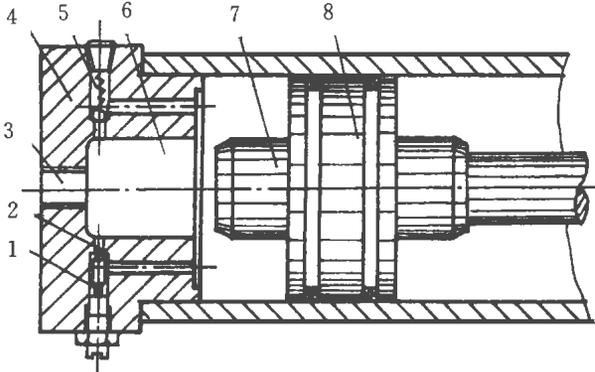
中图分类号:TH137.8 文献标识码:A

0 引言

在液压系统中使用油缸驱动具有一定质量的机构时,当油缸运动至行程终点时具有较大动能,如未作减速处理,油缸活塞与缸盖将发生机械碰撞,产生冲击破坏和噪声^[1]为缓和及防止这种危害发生,可在液压回路中设置减速装置或在缸体内设缓冲装置^[2]笔者针对后一种方案作了较详细分析^[3]

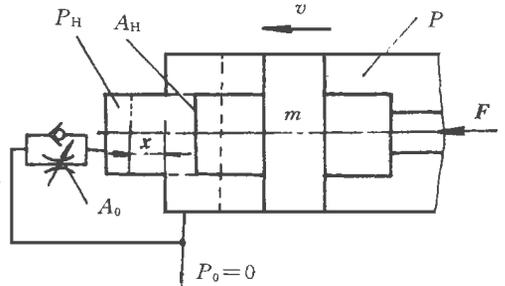
1 油缸缓冲机理

如图1所示是一种利用缓冲柱塞和节流阀配合使用的可调固定节流油缸,图2为缓冲原理简图^[3]当缓冲柱塞7进入缓冲腔后,腔内油液被迫经节流口2流出,由于节流口液阻较大,



1-缓冲阀;2-节流口;3-单向进油口;4-端盖;
5-单向阀;6-缓冲腔;7-缓冲柱塞;8-活塞^[3]

图1 节流缓冲油缸结构



F —油缸工作合力; P —系统工作压力; v —活塞速度; P_H —缓冲腔油压; A_H —缓冲柱塞面积; A_0 —节流口面积; P_0 —回油压力(背压);
 x —缓冲柱塞位移; m —运动件质量

图2 缓冲器原理简图

收稿日期:1999-05-29;修订日期:1999-08-30

作者简介:吴国栋(1964-),男,江西进贤人,华东交通大学讲师。

从而在缓冲腔内形成较高缓冲压力而实现油缸活塞减速缓冲⁽¹³⁾调节节流口 2 的开度大小,可改变活塞的缓冲速度⁽¹³⁾孔 3 为活塞向右运动时单向进油口⁽¹³⁾

2 缓冲装置设计计算及性能分析

如图 2 所示,设柱塞进入缓冲位置相对于刚开始缓冲位置为 x ,运动速度为 v ,当其继续向左移动 dx 微小位移时,油缸运动部件的机械能变化值 dE_2 经缓冲后将全部转换为缓冲腔内油液的液压能变化值 dE_1 (能量守恒原理)⁽¹³⁾

$$\begin{cases} dE_1 = p_H dx & (1) \\ dE_2 = F dx + dE_d & (2) \end{cases}$$

$$dE_d = m(v - dv)^2/2 - mv^2/2 = -mvdv + m(dv)^2/2 \quad (3)$$

把(3)式代入(2)式,去掉 $m(dv)^2/2$ 的高阶小量,又 $dE_1 = dE_2$ 得

$$(p_H A_H - F) dx = -mvdv + m(dv)^2/2 = -mvdv \quad (4)$$

式中: p_H 为缓冲腔油压力,Pa; dE_d 为运动件动能变化值, $N \cdot m$; A_H 为缓冲柱塞作用面积, m^2 ; dx 为柱塞缓冲的微分行程, m ; v 为柱塞在 x 位置时速度, m/s ; dv 为柱塞移动 dx 时速度变化值(减少值), m/s ; F 为活塞上作用总合力, N ; $F = pA - F_m \pm G_x$; p 为系统工作压力,Pa; A 为活塞右腔工作面积, m^2 ; F_m 为摩擦阻力, N ; G_x 为运动件在 x 方向上重力分量, N ⁽¹³⁾

2.1 缓冲器的位移特性

根据缓冲腔内液体流量方程得

$$Q = A_H v$$

$$\text{节流孔流量方程} \quad Q = K A_0 \frac{\Delta p}{p_H - p_0} = K A_0 \frac{p_H - p_0}{p_H - p_0} = K A_0 \frac{p_H}{p_H} \quad (5)$$

式中: Q 为缓冲腔内液体的流量(即节流口流出流量), m^3/s ; K 为节流孔流量系数, $K = 0.028 \sim 0.030 m^2 \cdot s^{-1} N^{-2}$; A_0 为节流孔面积, m^2 ;一般取 $A_0 = (0.05\% \sim 2\%) A_H$; p_0 为节流孔回油压力(设系统回油背压力 $p_0 = 0$),Pa⁽¹³⁾

由(5)、(6)式流量相等可得

$$\text{把(7)式代入(4)式得} \quad p_H = A_H^2 v^2 / (K^2 A_0^2) \quad (7)$$

$$dx = mvdv / [F - A_H^2 v^2 / (K^2 A_0^2)] \quad (8)$$

令 $A_H^3 / (K^2 A_0^2) = B$,对(8)式积分整理后得

$$x = -m [\ln(F - Bv^2)] / 2B + C \quad (9)$$

当 $x = 0$ 时,(刚开始进入缓冲), $v = v_0$, v_0 是刚开始缓冲时活塞速度, m/s ⁽¹³⁾

把 $x = 0, v = v_0$ 代入(9)式得

$$C = m [\ln(F - Bv_0^2)] / 2B; x = m [\ln(F - Bv^2) / (F - Bv_0^2)] / 2B \quad (10)$$

2.2 缓冲器的速度特性

由(10)式变换后可得

$$v^2 = \frac{F}{B} (1 - e^{-\frac{2Bx}{m}}) + v_0^2 e^{-\frac{2Bx}{m}} \quad (11)$$

上式说明活塞速度随缓冲行程 x 增加而减少,但在保持油缸作用合力不变(右腔进油压力不变)条件下,即使缓冲行程 x 无限长,活塞速度理论上不可能为零,而是趋于某一恒定值 v_∞ (称残余速度)(13)当 $c \rightarrow \infty$ 时(13)

$$v_\infty = \overline{F/B} = \overline{Fk^2 A_0^2 / A_H^3} \quad (12)$$

2.3 缓冲器的负加速度特性

把(4)式两边同时除以 dt , 得

$$a = dv/dt = (F - p_H A_H) / m = (F - Bv^2) / m \quad (13)$$

把(11)代入(13)式得

$$a = \frac{F}{m} \left(1 - \frac{v_0^2}{v_\infty^2} \right) e^{-\frac{2Bx}{m}} \quad (14)$$

当 $x=0$ 时

$$a = a_0 = \frac{F}{m} \left(1 - \frac{v_0^2}{v_\infty^2} \right) \quad (15)$$

把(14)式除以(15)式得

$$a/a_0 = e^{-\frac{2Bx}{m}} \quad (16)$$

上式说明缓冲器负加速度特性呈指数衰减变化规律(13)

2.4 缓冲器压力特性

把(11)式代入(7)式得

$$p_H = \frac{F}{A_H} \left(1 - e^{-\frac{2Bx}{m}} \right) + \frac{B}{A_H} v_0^2 e^{-\frac{2Bx}{m}} \quad (17)$$

由上式可看出,当 $x=0$ 时, p_H 有极大值(13)

$$p_{H\max} = p_{H0} = \frac{B}{A_H} v_0^2 = \frac{F}{A_H} \cdot \frac{v_0^2}{v_\infty^2} \quad (18)$$

为降低 $p_{H\max}$, 可采用增大缓冲柱塞面积 A_H 办法(13)反之 A_H 减少, $p_{H\max}$ 增大, 增压油缸便是例证(13)一般取 $A_H = (0.25 \sim 1) A$ (油缸内径面积) 或 $d_H = (0.5 \sim 1) D$ (油缸内径)(13)

2.5 缓冲器工作行程设计

由以上位移、速度、负加速度及缓冲压力特性分析可知,随缓冲行程 x 增加,负加速度减少极快,而且缓冲行程越长,缓冲效果也越差(图3)(13)一般认为当 $a = (1\% \sim 5\%) a_0$ 时,缓冲效果消失,据此条件可求出缓冲最大长度 L_{\max} (13)由(16)式得

$$a/a_0 = e^{-\frac{2Bx}{m}} = (1\% \sim 5\%) \quad (19)$$

$$L_{\max} = x_{\max} = -m (1_n 0.01 \sim 1_n 0.05) / 2B = (1.5 \sim 2.3) m v_0^2 / F \quad (20)$$

若将缓冲最大压力 $p_{H,\max}$ 作为限定条件,即

$$p_{H,\max} \leq 3p \quad (21)$$

据此条件可求出缓冲最小长度 L_{\min} (13)缓冲长度小于此值,则缓冲压力就太大(13)

将(21)式代入(18)、(19)式整理后,得

$$L_{\min} = x_{\min} \geq (1.5 \sim 2.3) m v_0^2 / (3p A_H)$$

所以设计缓冲器行程长度范围为

$$(1.5 \sim 2.3) m v_0^2 / (3p A_H) \leq x \leq (1.5 \sim 2.3) m v_\infty^2 / F$$

3 结束语

对固定节流式缓冲装置,开始时冲击压力很大,设计时应考虑缓冲装置的最高耐压,进入缓冲后缓冲效果衰减很快,适于活塞速度较低,负载(惯性)质量较小的场合,但结构紧凑简单是其优点,在液压驱动油缸上应用较多

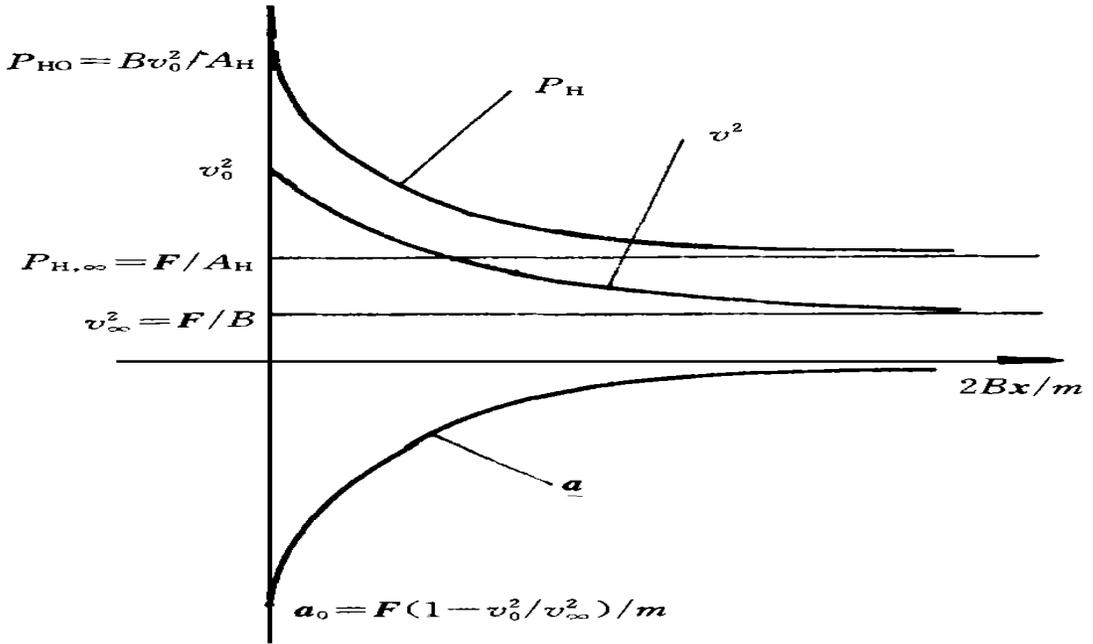


图 3 缓冲器特性曲线

[参 考 文 献]

- [1] 聂先荣. 建筑机械油缸缓冲理论探讨[M], 建筑机械, 1997. (10) 19.
- [2] 李诗久主编. 工程流体力学[M], 北京:机械工业出版社, 1981 19.
- [3] 吉林工业大学等校主编. 工程机械液压与液力传动[M], 北京:机械工业出版社, 1984 19.
- [4] 何存兴主编. 液压元件[M], 北京:机械工业出版社, 1981 19.

Design and Analysis of Hydraulic Buffer For Hydraulic Cylinder

WU Guo-dong

(College of East Mechanical Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper describes the principle of hydraulic buffer. It also provides a design method for hydraulic buffer.

Key words: hydraulic cylinder; hydraulic buffer; design; analysis