

提升机的弹性托货机构设计

高 琳¹, 赖雅琳²

(1. 郑州大学机械工程学院, 河南 郑州 450052 ; 2. 华侨大学机电及自动化学院, 福建 泉州 362011)

摘 要 托货机构是提升机的关键机构, 如果要求货物高速提升和高度位置精度, 托货机构必须弹性化, 以实现和货物的软结合, 缓冲货物提升到位时的冲击力. 采用弹性垂直托货机构(碟簧式), 对该机构进行设计计算和结构设计, 并对提升机的特殊故障进行了冲击校核. 结果表明该机构已通过了全方位的实验, 并被应用于军用产品中.

关键词 : 弹性托货机构 ; 碟簧 ; 惯性冲击能量

中图分类号 : TH 218 文献标识码 : A

0 引言

提升机的功能是克服重力做功, 把货物从零位提升到给定的高度位置. 对于货物低速提升和不要求提升高度位置精度, 提升机采用钢丝绳 - 滑轮机构, 对于在单位时间提升更多的货物, 必须高速提升和要求高度位置精度, 提升机采用链条 - 链轮机构或螺旋机构等^[1].

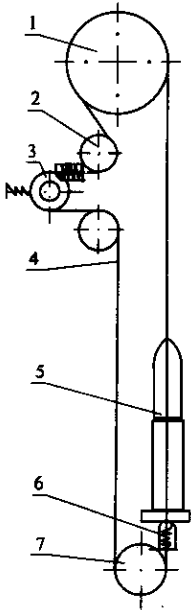
无论哪种机构形式的提升机, 要完成货物的提升功能, 都得有一个承上启下的中间关键机构 - 托货机构来完成货物的提升功能. 如果要求货物高速提升, 保证提货率和高度位置精度(偏差 1mm), 托货机构必须弹性化, 实现货物在高速提升中和货物软结合, 以及货物在提升到位时, 吸收货物的惯性冲击能量^[2, 3].

弹性托货机构的弹性结构有液压结构, 黏弹性材料结构, 钢弹性结构(螺旋弹簧、碟簧)等, 液压结构技术含量高, 经济费用高, 粘弹性材料结构费用低, 结构简单, 但寿命低, 冲击性能差, 钢弹性结构消除上述两种结构的缺点, 尤其碟簧结构抗冲击性能好. 作者采用弹性托货机构(碟簧式)并给出该机构的设计计算和结构设计^[4].

1 弹性托货机构设计计算和结构设计

提升机采用链条 - 链轮机构, 该机构示意图如图 1 所示. 弹性托货机构采用碟簧式, 根据结构

尺寸设计碟簧的排列组合形式, 根据机构的受力, 计算碟簧的总刚度 K 和碟簧的个数 n .



1—上链轮 2—过渡轮 3—主动链轮 4—链轮 ;
5—货物 6—弹性托货机构 7—下连轮

图 1 提升机

Fin.1 Lift mechanism

1.1 计算碟簧的总刚度 K 和碟簧的个数 n

(1)碟簧排列采用串联形式, 碟簧的总刚度公式为

$$\frac{1}{k} = n \frac{1}{k_a} \tag{1}$$

式中 : K 为总刚度 ; K_a 为一个弹簧刚度、 n 为碟簧个数.

由式(1)可看出 ,总柔度 f 为

$$\begin{cases} f = \frac{1}{k} = n f_a , \\ n = \frac{f}{f_a} \end{cases} \quad (2)$$

式中 : f_a 为一个碟簧的柔度.

(2) 受力分析

提升机链条的节距 $p = 38.1 \text{ mm}$,货物的重量 600 N ,托货机构间距 $H = 3 \text{ m}$,提货率 $v = 30 \text{ 个/min}$.

计算数学模型如图 2 所示. M 是货物的质量 , K 是弹簧的总刚度 , C 是摩擦阻尼 , x 碟簧总变形量.

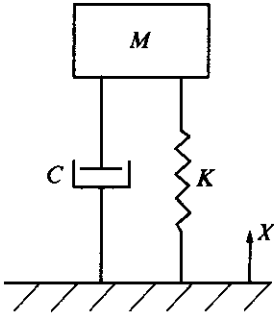


图 2 数学模型

Fig.2 Mathematical model

平衡方式 : $M\ddot{x} = C\dot{x} + Kx$ (3)

$\ddot{x} = g + a$

式中 : g 是重力加速度 , a 是启动加速度忽略摩擦阻尼 ,式(3)可导出 :

$K = \frac{M(g + a)}{x}$ (4)

$a = \frac{V}{t_1}$ (5)

$V = \frac{H}{t_2}$ (6)

由提货率可知 :每个货物提升高度 $H = 3 \text{ m}$ 时所需时间 $t_2 = 2 \text{ s}$,由式(4)-(6)式求出提升速度 V :

$V = \frac{H}{t_1} = 1.5 \text{ m/s}$ (7)

设启动时间 $t_1 = 0.2 \text{ s}$,由(5)式求出启动加速度 :

$a = \frac{V}{t_1} = 7.5 \text{ m/s}^2$ (8)

碟簧总变形量 $x = 7 \text{ mm}$,由式(4)~(8)式得

$f = \frac{1}{k} = \frac{x}{M(g + \frac{H}{t_1 t_2})} = 0.000\ 666\ 67 \text{ mm/N}(9)$

根据结构尺寸 ,由机械零件设计手册^[1]查询碟簧型号、类型 ,通过筛选、计算 ,选定碟簧尺寸如图 3 所示.

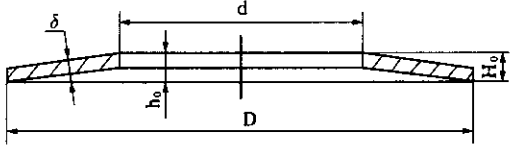


图 3 碟簧

Fig.3 papilionaceous spring

$D = 31.5 \text{ mm}$, $d = 16.3 \text{ mm}$, $\delta = 0.8 \text{ mm}$, $H_0 = 1.85 \text{ mm}$ $h_0 = 1.05 \text{ mm}$ 时 , $P_a = 700 \text{ N}$ (当 $x_a = 0.75 h_0$ 时)

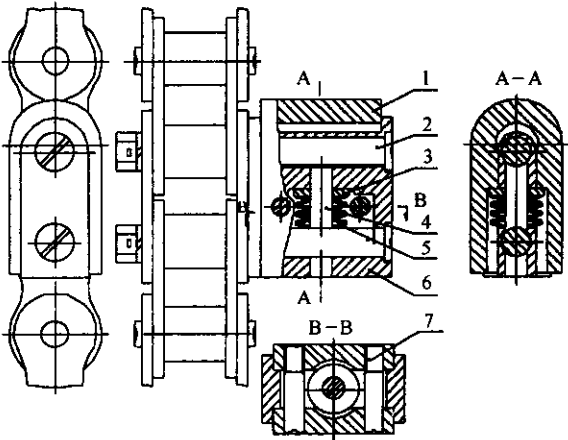
由上述碟簧的几何尺寸和物理参数可计算出一个碟簧的柔度 f_a

$f_a = x_a / p_a = 0.001\ 12 \text{ mm/N}$ (10)

由式(2) \ 式(9) \ 式(10)计算蝶簧个数 $n = f / f_a = 6.3$,经圆整 ,选取碟簧的数量 n 为 7 个.

1.2 弹性托货机构的设计如图 4 所示

根据提升机的结构以及设计计算、选定的蝶簧结构、尺寸、数量等 ,设计出弹性托货机构的结构如图 4 所示.



1—U 形体 2—沉头螺栓 3—垫圈 4—销 ;
5—碟簧 6—本体 7—螺销

图 4 弹性托货机构

Fig.4 Elastic Raiser mechanism

2 弹性托货机构冲击校核

上述按正常的传动 ,要取安全系数大于 1. 提升机有一个特殊的故障情况 ,货物在重力的作用下 ,从一定高度降落在下一个托货机构上 ,弹性托

货机构应具有足够的弹性力吸收冲击能量 ,才能使机构免遭损伤和破坏 ,所以要进行冲击校核分析 .

冲击校核分析 :

$$\text{冲击力 } F = \frac{MV}{t} = Kx$$

其中 : V 是货物落下接触前的速度 , t 是接触时间 ,根据经验取 $t = 0.1 \text{ s}$; K 是碟簧的总刚度 .

计算结果得知 :碟簧总变形量 $x = 6.000\ 03 < 7 \text{ mm}$,对机构不产生破坏冲击力 .

3 结束语

众所周知托货机构是提升机完成货物的提升中间关键机构 ,弹性托货机构则是完成高速提升和保证高度位置精度的保障机构 ,它实现提升运

行中的平稳性 ,实现了货物在高速运动中软结合 ,缓冲了货物到位的冲击力 .

托货机构的弹性化理论 ,已被应用于工业生产中 ,并生产出了可靠性高的产品 .

参考文献 :

[1] 《机械设计手册》联合编写组 . 机械设计手册(中册) [M]. 北京 :化学工业出版社 ,1985 .
[2] 倪振华 . 振动力学 [M]. 西安 :西安交通大学出版社 , 1990 .
[3] 李 俊 ,金成定 ,夏利娟 . 力激励下非线性碟形弹簧减震系统的性能研究 [J]. 振动与冲击 ,2001 ,20(1) : 28 ~ 31 .
[4] 庄表中 . 垂直升降无齿轮电梯系统的振动与噪声控制 [J]. 振动与控制 ,2004 ,23(1) :125 ~ 126 .

The Design of the Elastic Raiser Mechanism of the Lift Mechanism

GAO Lin¹ , LAI Ya - lin²

(1. School of Mechanical Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450052 ,China ;2. School of Mechanical and Automation , Huaqiao University , Quanzhou 362011 ,China)

Abstract : Raiser mechanism is the key mechanism of take up , if the speedy raising up and the precise height are required , raiser mechanism should be elasticized , combining soft - combination with the goods and amortizing the wallop when the goods are stepped up to the right position . This article designs the calculation and the structure of the mechanism , using elastic and vertical raiser mechanism(papilionaceous spring) , and makes concussion test towards the special failure of take up . This mechanism has already passed the experiment of overall , and is applied in the military products .

Key words : elastic raiser mechanism ; papilionaceous spring ; inertial percussive energy