

双向螺旋钩式破窗器的设计研究

张丽玲¹, 王鑫², 崔丽娜¹, 李燕¹, 庄海通¹

(1. 河北科技师范学院 机电工程学院, 河北 昌黎 066600; 2. 秦皇岛高级技工学校, 河北 秦皇岛 066000)

摘要:双向螺旋破窗器是一种简易破开防盗窗的装置。将装置的两个钩子分别钩在防盗窗上, 转动扳手。由于两个钩子利用双向反向螺纹与丝杠链接, 所以转动丝杆时, 钩子向两边移动, 从而撑开防盗窗。利用双向反向螺纹连接, 不仅省力, 而且省时, 可在最短的时间内, 使人们的生命安全得到保障。双向螺旋破窗器具有结构简单、紧凑轻便、工作可靠、稳定、价格低廉、维修方便等特点。

关键词:双向螺旋; 破窗器; 防盗窗

中图分类号: TG714

而当今的社会, 家家户户都安上了防盗窗, 这样就给人们的防火逃生带来了很大的障碍。设计的双向螺旋破窗器, 就是针对上述情况, 在最短的时间内, 迅速破开防盗窗装置, 让人们得以逃生。

1 工作原理及性能分析

1.1 工作原理

产品实物如图1所示, 此装置非工作状态时, 两个钩子之间的最短距离为60mm, 足以放进任何宽度的防盗窗。当房屋发生火灾时, 取出双向螺旋破窗器。一个手拿着该装置, 另一个手转动丝杠, 使得两个钩子向两边移动, 直至钩上防盗窗。此时, 立刻取出扳手, 转动丝杠中间的部位, 使丝杠转动。两个钩子与丝杠通过反向双向螺纹连接, 当丝杠转动时, 钩子向两侧移动, 撑开一个足以使人通过的空间。此时, 立刻反转扳手, 松开钩子, 卸下该装置, 从而使人们得以逃生。



图1 实物立体图

1.2 性能分析

该产品结构简单, 连接的部位少, 只有丝杠和钩子利用螺纹连接, 性能稳定, 价格低廉, 性价比高。

2 整体方案的分析和计算

2.1 市场调研及分析

由市场调查可知, 市场上所售及家庭所用的防盗窗的类型主要有钢筋加横梁和方管加横梁焊接而成, 两竖直护栏的间距一般为100~150mm, 材料均

为Q235。

以强度较大的直径为12mm的钢筋加横梁为例计算。通过实验可知: 若横梁间距大于500mm时, 竖直部分的弯曲变化量 $y = 100\text{mm}$ 时, 即使间距 $y_{\text{原始}} = 100$, 则撑开间距 $y_{\text{max}} = 300\text{mm}$, 此时足以一个人通过。

2.2 外界环境假设及模型建立

2.2.1 撑弯防盗窗所需力的分析计算

通过实验, 确定外界力的大小, 防盗窗受力分析如图2所示, 在无横梁状态下, 两护栏在挠度 $y_{\text{max}} = 100\text{mm}$ 的状态下, 此时的力为 P 。由挠度公式可知:

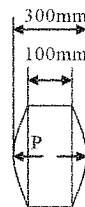


图2 防盗窗变形受力分析

$$y_{\text{max}} = \frac{PH^3}{48EI}$$

$$\text{则 } P = \frac{y \times 48EI}{H^3} = \frac{100 \times 48 \times 2 \times 10^5 \times \frac{\pi d^4}{64}}{500^3}$$

已知护栏直径: $d = 12\text{mm}$, 且 Q235 的弹性模量为 $E = 200\text{GPa} = 2 \times 10^5\text{NPa}$ 。

$$\text{其惯性矩: } I = \frac{\pi d^4}{64}$$

则计算得:

$$P = \frac{100 \times 48 \times 2 \times 10^5 \times \frac{\pi 12^4}{64}}{500^3} = 7813\text{N}$$

此状态下的外力为 $P = 7813\text{N}$; 考虑有一定大的安全系数, 则假设此时的工作外力 $F_{\text{设}} = 10000\text{N}$ 。

2.2.2 考虑有钢筋横梁所需外力的情况

由于横梁与竖直护栏是通过焊接连到一起的且考虑焊缝处强度相对于母材有所折减,故也可将强度上折减,变为强度受力面上的折减。一般焊缝上的折减尺寸为焊接面上个方向尺寸折减 5mm。而本实验中所用的材料为 $\Phi 12$ 的 Q235,故此处可抽象为拉断直径为 $\varphi = 7\text{mm}$ 的 Q235 所需的外力的简化模型,用强度公式:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

式中: σ ——截面强度;

F ——外力;

A ——受力截面积。

则所需外力:

$$F = \sigma A = 235 \times \pi \times \left(\frac{7}{2}\right)^2 = 9039\text{N}$$

且 $F < F_{\text{设}} = 10000\text{N}$

故此时假设的外况 $F = 10000\text{N}$ 足够撑开焊接点。

2.3 丝杠材料的选取及尺寸的确定

2.3.1 材料的选取

螺杆材料选取 45 号钢,调制处理 $\sigma_s = 360\text{N/mm}^2$ 。

由机械设计手册可以查得:手动时取 $[\sigma] = 100\text{MPa}$ 钩子选取铸钢材料。

2.3.2 初步确定螺杆的直径尺寸

对于螺杆而言,其受到的主要是来自钩子上的力产生的弯矩,钩子的受力点到丝杠的轴线距离 $L = 40\text{mm}$,由于丝杠受到的弯矩是通过螺纹的直接作用而产生的,故螺母上受到的平衡力矩是外力 F 和螺母与丝杠配合的螺纹共同作用产生的,从而使其处于平衡状态,其抽象模型如图 3 所示。



图3 螺杆受力图

若只考虑弯矩,则 $\frac{F \cdot L}{\frac{\pi}{32} d^3} \leq [\sigma]$, 则 $d \geq 34\text{mm}$ 。

采用梯形螺纹 (GB/T5796.4 - 2005) 时取公称直径 $d = 40\text{mm}$, $P = 3\text{mm}$, 中径 $d_2 = 38.5\text{mm}$, 小径 $D_1 = 37\text{mm}$ 。

中等精度:螺旋副标记为 Tr40X3—7H/Te。

校核螺杆的尺寸,由图 4 知:螺杆受到一对弯扭组合的作用。

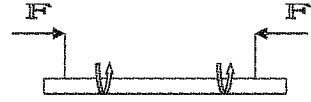


图4 螺杆的弯扭组合受力图

螺母的高度由旋合长度要求取旋合长度 $H = 24\text{mm}$, 则螺纹圈数 $N = H/P24/3 = 8$ 圈。

2.3.3 自锁性验算

由于系单头螺纹, 导程 $S = P = 3\text{mm}$, 故螺旋升角为:

$$\lambda = \arctan \frac{S}{\pi d_2} = \arctan \frac{3}{\pi \times 38.5} = 1.421^\circ$$

可知钢对钢摩擦系数 $f = 0.13 \sim 0.17$ 取 $f' = 0.15$, 可得:

$$\rho' = \arctan \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \arctan \frac{0.15}{\cos 15^\circ} = 8.82^\circ$$

故 $\lambda < \rho'$, 自锁可靠。

2.3.4 螺杆的压感稳定性计算

由公式计算可知:

$$\frac{\mu l}{i} = \frac{0.7 \times 300}{\frac{37}{4}} = 22.7 \quad \text{小于 } 40$$

故不必进行稳定性计算。

2.3.5 顶杆的效率

$$\eta = \frac{\tan \lambda}{\tan(\lambda + \rho')} \times 2 = 27.4\%$$

3 结语

设计的破窗器结构简单,双向反向螺纹,操作方便,在尽量短的时间内撑开足够大的空间,让人们顺利逃生。不仅省力,而且省时,在最短的时间,使人们的安全得到保障。

参考文献:

- [1] 肖念新,刘长荣. 工程力学[M]. 北京:中国农业科学出版社,2002.
- [2] 成大兵. 机械设计手册[M]. (第3版). 北京:化学工业出版社,1999.
- [3] 机械设计实用手册编委会. 机械设计实用手册[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [4] 纪名刚. 机械设计[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [5] 现代机械设计手册编委会. 现代综合机械设计手册(中)[M]. 北京:北京出版社,1987.