

多工况可调节吊具的设计及分析

王江勇 崔卫国 邱红亮 刘慧芬 陈霞 杨爱萍

(山西航天清华装备有限责任公司, 长治 046012)



摘要: 针对总装装配线筒类产品吊点位置不变、重心变化的特点, 设计一种可调节吊具, 通过调节链条长度适应不同的起吊工况。通过作图法计算链条长度, 计算出链条的额定载荷。设计箱形吊梁、转接板结构及有限元分析, 仿真结果满足使用要求, 并通过加载试验验证。该研究结果可为同类吊具的设计、仿真、试验提供参考。

关键词: 吊具; 有限元; 多工况; 加载

Design and Anylysis of Adjustable Spreader with Multiple Working Conditions

Wang Jiangyong Cui Weiguo Qiu Hongliang Liu Huifen Chen Xia Yang Aiping

(Shanxi Aerospace Qinghua Equipment Co., Ltd., Changzhi 046012)

Abstract: Focused on the characteristics of fixed hanging point and changing position of gravity for the cylinder product in the assembly line, an adjustable spreader is designed, which can adapt to different lifting conditions by adjusting the length of the chains. The chain's lengths are calculated by mapping method, and the rated load of the chain is calculated. The structure design and finite element analysis of the box girder and the adapter plate are carried out, and the simulation results meet the requirements of the use, which are verified by loading test. The research results can provide reference for the design, simulation and test of similar spreaders.

Key words: spreader; finite element; multiple working conditions; loading

1 引言

在航天产品总装装配线中, 筒类产品起吊十分普遍。该类产品往往存在空载、满载、更换部件等不同工况, 导致重心和质量变化, 而吊点位置一般固定不变, 转载时需要设计专门吊具^[1, 2]。传统的吊具设计一般采用改变吊梁上吊点位置、更换吊带等方式调整重心, 使用过程中更换麻烦, 散件较多, 容易出错, 具有一定的安全隐患^[3]。

本文针对不同的工况及起吊要求, 采用单吊梁起吊方式, 设计一种箱形吊梁, 计算出链条长度, 在起吊过程中, 通过缩链器调节链条长短, 即可满足筒体起吊要求。

2 链条计算

2.1 总体方案

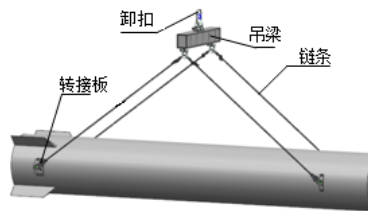


图1 总体方案图

方案采用单起吊梁的型式, 如图1所示。吊梁垂直于筒体轴线, 吊梁上方通过柔性环形吊带与桁车吊钩连接, 吊梁下方左右各一个吊耳, 通过卸扣连接两

基金项目: 中国航天科技集团公司重大工艺研究项目(ZDGY2016-04)。

作者简介: 王江勇(1987), 工程师, 机械电子工程专业; 研究方向: 工艺装备及非标设备的设计与研究。

收稿日期: 2018-11-02

根链条。针对产品吊耳特点，设计专用转接板，实现与产品的快速可靠连接。通过链条缩链器调节链条长短，使不同工况下吊梁始终与产品中心在竖直方向重合，保证筒体起吊时保持水平。

2.2 筒体起吊要求

筒体左右两侧各安装有 2 个吊点，吊点沿轴向间距为 6390mm。筒体使用时共包含四种工况，不同工况对应不同的重量和质心位置，结果见表 1。

表 1 不同工况质心及质量

	质量	质心（距前吊点）/mm
工况 1	m_1	3074
工况 2	m_2	2673
工况 3	m_3	2354
工况 4	m_4	1882

筒体起吊时要求不同的工况链条与筒体纵轴的夹角需大于一定数值，防止筒体轴向受压过大。起吊要求见表 2。

表 2 起吊角度要求 / (°)

	前链条与筒体纵轴夹角	后链条与筒体纵轴夹角
工况 1	≥ 36	≥ 36
工况 2	≥ 45	≥ 32
工况 3	≥ 50	≥ 29
工况 4	≥ 60	≥ 27

2.3 链条长度选择

根据筒体尺寸和表 2 参数计算链条长度，计算需满足两点：

- a. 吊梁上吊点中心与筒体中心在竖直方向重合，保证起吊过程中筒体不发生倾斜；
- b. 满足最小起吊角度要求。

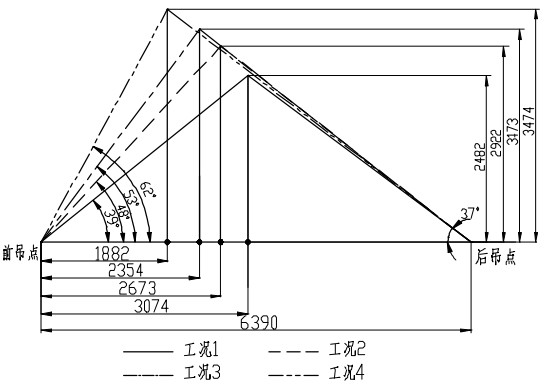


图 2 链条长度计算

链条长度计算采用作图法，如图 2 所示。在重心位置作竖直线，根据角度要求作出前链条，得到前链条与竖直线的交点，连接交点与后吊点即为后链条。测量得出后链条与水平纵轴的夹角均满足要求。测量得到各种工况下的链条长度。

测得四种工况下前链条长度为 3945~3957mm，为简化调整过程，前链条统一长度，取 3951mm，只对后链条长度进行调节。根据使用工况，按表 3 数据调整链条长度。链条长度留有一定余量，两根前链条长度为 4200mm，两根后链条长度为 5800mm。

表 3 链条实际长度 mm

工况	吊点至筒体中心竖直距离	前链条长度	后链条长度
1	2482	3951	4142
2	2922	3951	4728
3	3137	3951	5134
4	3473	3951	5691

2.4 链条选型

吊具额定载荷为 20t，同侧两根链条的合力为 10t。根据表 3、图 2，链条受力情况如图 3 所示。

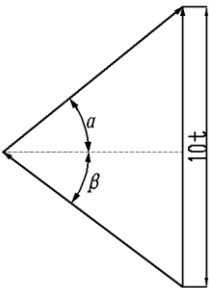


图 3 链条受力图

α ——前吊点链条与水平方向夹角，四种工况分别为 39°、48°、53°、62°； β ——后吊点与水平方向夹角，取 37°，可得公式：

$$\begin{cases} F_1 \times \sin \alpha + F_2 \times \sin \beta = 10 \\ F_1 \cos \alpha = F_2 \cos \beta \end{cases} \quad (1)$$

F_1 ——前吊点链条载荷； F_2 ——后吊点链条载荷。

将四种工况下的 α 、 β 值分别代入式 (1)，求得 $F_1=8.0\sim 8.3t$ ， $F_2=4.82\sim 8.1t$ 。由此选型链条的额定载荷为 10t，链环直径为 16mm。

3 吊梁设计

3.1 结构设计

吊梁是整套吊具的关键部件之一,直接关系到起吊安全及使用寿命。吊梁设计按额定载荷 20t 设计,结构采用典型的箱形结构,由 Q345A 钢板拼焊而成,上下吊耳采用双面角焊缝焊,如图 4 所示。吊梁总重 211kg,长 1620mm,宽 220mm,高 450mm。

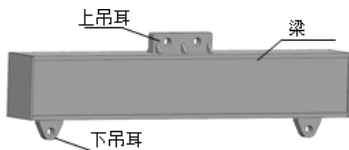


图 4 吊梁

3.2 有限元分析

由于吊梁为轴对称模型,因此取吊梁的一半进行有限元分析^[4]。对称面施加对称约束,上吊耳、下吊耳分别施加轴心力,网格选用四面体网格。应力结果如图 5 所示。可得吊梁的最大等效应力在上吊耳轴孔处,大小为 125MPa,材料选用 Q345A,屈服强度为 345MPa,安全系数为 2.7,满足吊具设计要求。

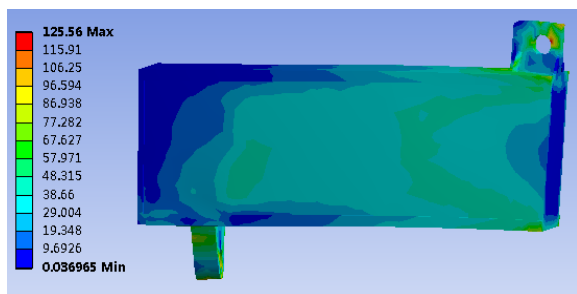


图 5 吊梁应力云图

3.3 焊缝强度计算

上吊耳采用双面角焊缝,焊高 $K=8\text{mm}$,焊缝长 $l=300\text{mm}$,额定载荷为 20t,根据机械设计手册角焊缝强度计算公式^[5]:

$$a = 0.7K = 5.6\text{mm}$$

$$\tau = \frac{P}{2al} = \frac{200000}{2 \times 5.6 \times 300} = 119\text{MPa} < 345\text{MPa} \quad (2)$$

下吊耳采用双面角焊缝,焊高 $K=8\text{mm}$,焊缝长 $l=120\text{mm}$,额定载荷为 10t,则:

$$a = 0.7K = 5.6\text{mm}$$

$$\tau = \frac{P}{2al} = \frac{100000}{2 \times 5.6 \times 120} = 74\text{MPa} < 345\text{MPa} \quad (3)$$

焊缝强度均满足设计要求。

4 转接板设计

4.1 结构设计

筒体上吊点结构如图 6 所示。该吊点通过螺栓连接在筒体上,起吊部分为一圆柱形结构,外侧通过六角螺母限位。

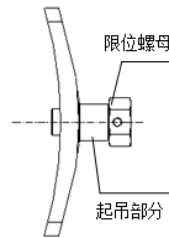


图 6 吊点结构

为实现链条与筒体的连接,针对吊点结构特点,设计一转接板结构,如图 7 所示。上方孔用于连接卸扣,下方孔连接产品吊耳。吊点连接处采用上大下小的结构,可以不拆卸产品螺母,通过较大孔套入起吊耳;起吊时,小孔部分与产品吊耳接触,螺母实现限位,连接可靠。

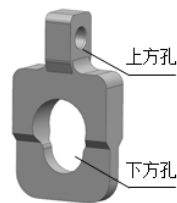


图 7 转接板结构

4.2 有限元分析

有限元分析转接板,应力结果如图 8 所示,最大等效应力为 269MPa,位于卸扣孔处。该材料选用锻件 30CrMnSiA,热处理后屈服强度可达到 900MPa,安全系数为 3.3,满足吊具设计要求。

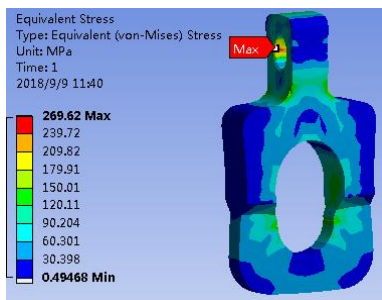


图 8 转接板应力云图

5 加载试验

为进一步验证吊具强度,吊具生产完成后进行加
(下转第 18 页)