

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.05.020

气钉枪跌落实验系统

林杰, 彭伟, 章巧芳

(特种装备制造与先进加工技术教育部/浙江省重点实验室(浙江工业大学), 浙江 杭州 310014)

摘要:针对目前气钉枪跌落试验在跌落姿态控制及跌落冲击力等关键数据测量上的难题,通过一套柔性连接装置实现了气钉枪跌落姿态的控制;利用作用力反作用力原理,通过特别设计的冲击平台以及加速度传感器实现了跌落冲击力等关键数据的测量,最后综合设计制造了一套适合气钉枪跌落实验的实验系统。实验证明,该系统满足气钉枪任意姿态的跌落且得到稳定可靠的实验数据。

关键词:气钉枪;跌落试验;跌落姿态;实验参数

中图分类号:TB12

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2014)05-0084-04

Pneumatic Nailer Drop Test System

LIN Jie, PENG Wei, ZHANG Qiaofang

(Key Laboratory of E&M (Zhejiang University of Technology), Ministry of Education & Zhejiang Province, Hangzhou 310014, China)

Abstract: Nowadays, pneumatic nailer drop test can't control its drop gesture and measure drop impact, this paper used a flexible connecting device to control its drop gesture and used acceleration sensor to measure its drop impact. Finally, designed and manufactured a set of experiment system for pneumatic nail gun drop test. The experiments show that the system satisfies each drop gesture and can get accurate data.

Key words: pneumatic nailer; drop test; drop gesture; experiment data

气钉枪是一种利用气泵供应的高压气体所产生的冲击力,将射钉打入建筑体的工具^[1-2]。由于它常在高空作业,容易跌落损坏,因此气钉枪的抗跌落测试十分重要。跌落实验的一个重要问题是姿态控制问题,传统的跌落试验方法是由测试人员手持气钉枪到一定高度进行释放,观察是否破坏即可。因此,人们需要一个可以控制跌落姿态且能得到实验数据的试验系统来对钉枪进行较为精确的跌落性能测试和分析。沈阳新乐精密机械公司的于治会^[3]、清华大学的李鸿儒^[4]、西安工业大学的袁艳等^[5]针对不同产品的跌落状况,分析跌落原理并设计出了跌落冲击试验台。但目前国内还没有气钉枪的专用跌落实验台,本文通过对跌落实验的深入研究,旨在设计制造一种针对气钉枪的专用跌落试验系统。该系统可供企业钉枪跌落性能测试,帮助学校和研究单位做跌落仿真分析的验证。

1 气钉枪跌落实验系统的研制

1.1 跌落装置的设计

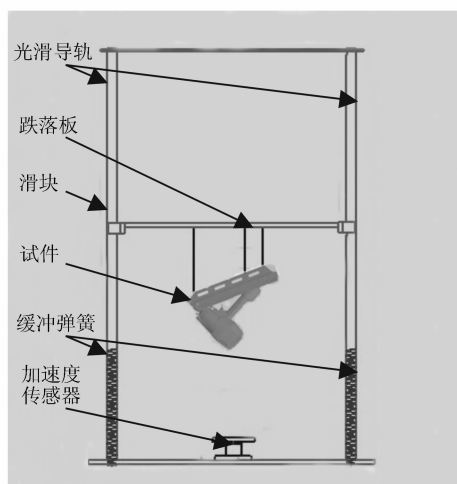
气钉枪结构复杂且质量较重,使用传统装夹工具装夹较为困难,也无法控制它的跌落姿态,如何固定气钉枪以及控制它的跌落姿态是整个气钉枪跌落实验台的关键所在。

参考最近几年的新型跌落控制装置^[6-7],文章选择一种柔性固定装置对气钉枪进行跌落实验:用几根尼龙线将气钉枪悬挂在一个跌落架上,试验时让气钉枪随着跌落架同时下落,当气钉枪与台面碰撞瞬间即通过缓冲装置让跌落架停止下落。跌落架结构见图1。

跌落架由1块跌落板和2块滑块组成。考虑到气钉枪最大宽度可达到120 mm,最大长度可达到600 mm,跌落板选择1 000 mm × 120 mm × 10 mm的Q235A钢板。按照气钉枪结构特点在跌落板上打满小孔,用以连接尼龙线。滑块穿在导轨上,导轨的摩擦系数很小,因此只要保证导轨的垂直度以及跌落板的

收稿日期:2013-12-30;修回日期:2014-04-03

作者简介:林杰(1989),男,浙江龙游人,硕士,主要研究方向为便携设备的跌落碰撞及产品的可靠性检测。E-mail:550485156@qq.com



(a) 跌落架



(b) 跌落试验系统

图 1 气钉枪跌落试验系统

Figure 1 Pneumatic nailer drop test system

水平度,跌落板的跌落基本上能等效于自由跌落。参考电梯导轨标准,为了保证跌落架正常跌落且能等效于自由跌落,要求跌落钢板的直线度不能大于 2 mm,导轨的垂直度不能大于 0.1 mm。

1.2 缓冲装置的设计

缓冲装置有液压缓冲器,油压缓冲器,弹簧等,这里选择弹簧作为缓冲。弹簧的设计标准为:既要保证气钉枪碰撞后能立即停止跌落板下落,又要保证气钉枪跌落过程中不会对跌落板产生影响,同时还要兼顾节省资源。

弹簧需要抵消跌落架的动能,因此

$$\frac{1}{2}kx^2 = mg[h - (s - f)] \quad (1)$$

其中: k 为弹簧的倔强系数, f 为弹簧的压缩长度, s 为弹簧的自然长度, h 为气钉枪的跌落初始高度。

弹簧的压缩量占全长的比例较大为宜,因为相同的压缩长度,比例越大,弹簧全长越短,整个试验台的可用跌落高度就越高。试验选择最大压缩量占全长的 40%。

钢板加上滑块质量为 10 kg,跌落高度为 1.8 m,钢板离地最近高度为 0.4 m,按弹簧最大压缩量为全长的 40% 计算,可得 $k = 1\,929.4 \text{ N/m}$,圆整为 $k = 2\,000 \text{ N/m}$ 。

选择弹簧材料为 60Si2Mn,类型为 II 类圆柱螺旋弹簧。

由机械设计手册可知

$$\tau = \frac{8FD_2K}{\pi d^3} = \frac{8FKC^3}{\pi D_2^2} \leq \tau_p \quad (2)$$

$$f = \frac{8FD_2^3n}{Gd^4} \quad (3)$$

$$K = \frac{F}{f} = \frac{Gd^4}{8D_2^3n} \quad (4)$$

其中: τ_p 为许用切应力, F 为弹簧的工作载荷, d 为材料直径, D_2 为弹簧中径, C 为旋绕比, K 为曲度系数, n 为弹簧的有效圈数, G 为切变模量。

经计算,弹簧尺寸为 $s = 0.65 \text{ m}$, $D_2 = 0.04 \text{ m}$, $d = 0.005 \text{ m}$, $k = 2\,000 \text{ N/m}$, $n = 48$ 。

1.3 测量系统的组建

气钉枪跌落实验,主要测量的是碰撞瞬间的冲击力和冲击加速度,脆值理论中一般以加速度为衡量标准,因此文中选择加速度传感器。

由牛顿碰撞定律可知:碰撞后两球的分离速率 $v_2 - v_1$ 与碰撞前两球的接近速率 $v_{10} - v_{20}$ 成正比,恢复系数 e 取决于两球的材料,即

$$e = \frac{v_2 - v_1}{v_{10} - v_{20}} \quad (5)$$

系统满足冲量定理,因此

$$F\Delta t = m_1(v_1 - v_{10}) \quad (6)$$

由式(5)和式(6)可得到碰撞加速度的计算公式

$$a = \frac{-(1+e)\sqrt{2gh}}{\Delta t} \quad (7)$$

钢与钢碰撞的时间在 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3} \text{ s}$ 之间,选取 $1 \times 10^{-4} \text{ s}$ 进行计算,实验架最高跌落高度为 1.5 m, e 取 0.4,代入式(7),可得 $70\,488 \text{ m/s}^2$ 。求得的加速度为碰撞时间内平均加速度,实际碰撞瞬间加速度可能还需要增大几倍,因此为了防止测量过量程,实验选择的加速度传感器量程为 $5 \times 10^5 \text{ m/s}^2$,灵敏度为 $0.002\,9 \text{ pC/m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

传感器的安装方式对冲击实验的测量十分重要。目前传感器安装方式有3种可供选择:①直接安装在冲击台面冲击中心上,将试件对准传感器跌落,试件碰撞到传感器,测得数据;②安装在冲击台面冲击中心旁边,避免试件的直接冲击,根据碰撞产生的冲击波来测量数据;③安装在冲击台面中心,且在传感器上再盖上一层薄钢板,通过力的作用力和反作用力来测量数据^[8]。

方法②测试误差较大^[9],方法①相对方法②来说较为精确,但是很容易造成传感器工作表面的破坏而导致误差更大,方法③测试数据较准确且对传感器的影响较小,因此选择方法③来安装传感器。图2为系统工作原理框图。

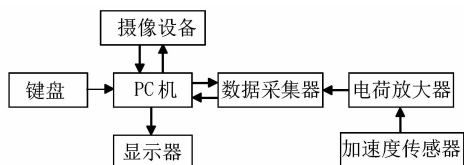


图2 系统工作原理框图

Figure 2 Working principle of the system

2 气钉枪跌落实验

测试时,气钉枪通过尼龙线固定在跌落板下,通过PC机设定数据采集器采样频率,量程及传感器相关设定,然后将跌落板上升到需要跌落高度后将其释放,气钉枪撞击到传感器后,PC机得到加速度、力等实验数据。

实验系统能达到技术指标为:

最大跌落高度为1.5 m;

最大试件尺寸为800 mm × 500 mm × 300 mm;

最大冲击加速度为 $5 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 。

用某款质量为4.25 kg,外形尺寸为445 mm × 375 mm × 95 mm的90气钉枪进行跌落试验,跌落高度为0.5 m,试验重复3次。

图3为气钉枪跌落姿态。其中图3(b)为高速摄影仪拍摄到的碰撞瞬间气钉枪姿态。观察高速摄影拍摄画面,气钉枪通过最后一个方格用时0.006 5 s,方格规格为0.02 mm × 0.02 mm,计算求得气钉枪碰撞速度为3.08 m/s,与理论值3.13 m/s误差在2%以内。误差主要原因为计算所得碰撞速度为该距离内的平均速度,而非碰撞时的瞬时速度。

对比图3(a)与图3(b),气钉枪跌落姿态得到完全控制,符合实验要求。对实验数据进行处理,得到3次实验加速度-时间平均曲线如图4(a),3次实验加速度峰值-时间曲线如图4(b)。

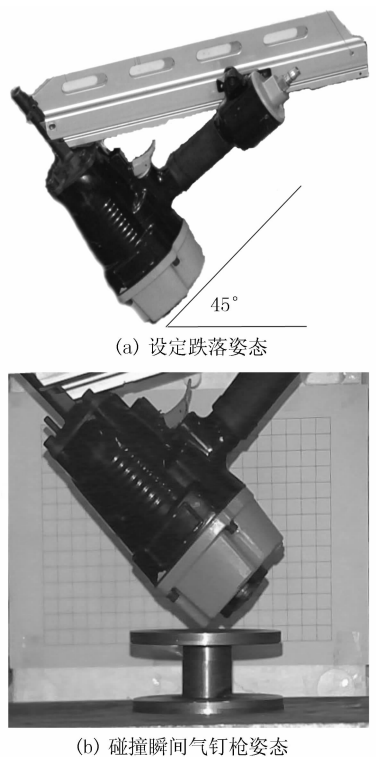


图3 跌落姿态

Figure 3 Drop gesture

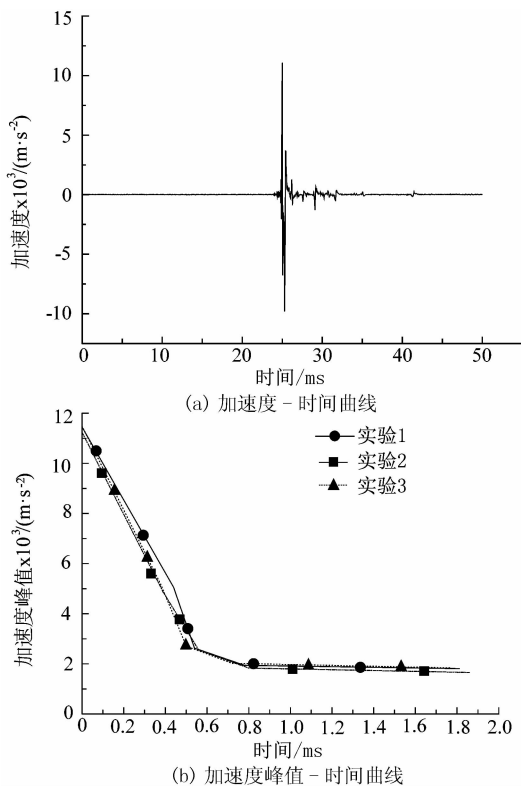


图4 跌落实验数据

Figure 4 Drop test data

(下转第90页)