

一种棉花采样机械手的设计

高军霞^a, 杨国权^b

(唐山学院 a. 机电工程系; b. 交通与车辆工程系, 河北 唐山 063000)

摘要: 对以固定排列方式大批量存放并且具有统一切口尺寸的待检测棉包采样技术进行了研究, 在充分考虑棉花为软性纤维物质的基础上, 设计了一种通过液压油缸和齿轮齿条驱动的连杆式夹持器配合实现自动化棉花采样的机械手, 而且采用了一种阻尼油缸, 防止夹持器内的棉花松脱。对采样机械手主要装置进行了基于有限元的静态特性分析和模态分析, 结果表明, 设计的机械手能够满足强度及使用要求。

关键词: 棉花采样机械手; 阻尼油缸; 有限元分析

中图分类号: TP241.2; TH137.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-349X(2019)06-0022-05

DOI: 10.16160/j.cnki.tsxyxb.2019.06.006

Design of a Cotton Sampling Manipulator

GAO Jun-xia^a, YANG Guo-quan^b

(a. Department of Mechanical and Electrical Engineering; b. Department of Transportation and Vehicle Engineering, Tangshan University, Tangshan 063000, China)

Abstract: Sampling technology is studied for the cotton bales with uniform cut size stored in a fixed arrangement. With full consideration about cotton's properties of the soft fiber material, an automatic cotton sampling manipulator is designed through the cooperation of hydraulic cylinder and connecting-rod gripper driven through gear and rack meshing. Additionally, a damping cylinder is used to avoid the loosening of the cotton in the gripper. Based on finite element method, the static characteristic analysis and modal analysis is conducted about the sampling manipulator's main devices. The results show that the design could meet the strength and service requirements.

Key Words: cotton sampling manipulator; damping cylinder; finite element analysis

0 引言

棉花是国家的重要战略物资, 棉花品质更是业内关注的焦点。在原棉质量检测过程中, 首先需要从仓库内大批量以固定排列方式存放并且具有统一切口尺寸的待检测棉包中, 任意抽取一部分棉花进行采样。目前唐山某纤维检

验系统通过人工作业方式完成棉花采样工作, 劳动强度大且效率低。此外, 由于人工棉花采样过程中经常有运输机械频繁在现场工作, 存在一定的危险性, 易引发工伤事故, 因此急需设计一种棉花采样机械手, 以取代人工作业方式, 解放人力资源, 提高工作效率。

基金项目: 河北省重点研发计划项目(18211838); 唐山市科技计划项目(17110230a)

作者简介: 高军霞(1981—), 女, 河北石家庄人, 副教授, 硕士, 主要从事机电液一体化系统设计与仿真研究。

国内外相关企业、科研院所研制的棉花采样机械主要用于棉包流水线上的取样操作,不适合固定棉包排列已有切口情况下的取样过程^[1-6]。此外从皮棉滑道上取样,实质上是用工序上的半成品样品代替了最终成包原棉样品进行的质量检验,有损于样品的代表性,影响到含杂量测试结果的准确性。文献[7]研制的单手持式棉包取样器,虽然取出的样品层次优于手工抓取,但是该取样器还是需要人工操作,无法实现机械自动化。目前国内外市场尚未有适合固定棉包排列已有切口情况下的自动化棉花采样机械。

为解决上述问题,设计了一种棉花采样机械手,可从具有统一切口尺寸的棉包中自动采集一定质量的原棉样品。此外对机械手进行了基于有限元的静力学和动力学分析,以衡量该装置在正常工况下的强度、刚度及振型。

1 总体设计方案

棉包摆放方式以及人工采样方式如图1、图2所示,每个棉包重量大约114 kg,3个棉包堆放在一起,因此棉包自身具备抵抗外在负载拉动的能力,完全可以避免在抽检棉花工作过程中发生棉包移动现象。每个棉包需要采集不少于150 g棉花样品用于检验。



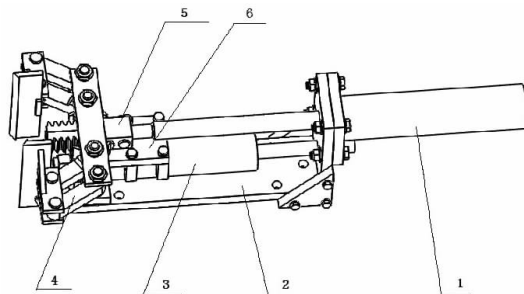
图1 棉包摆放方式

因采样对象为经过压力压紧之后的棉花,考虑到棉花为软性纤维物质,易燃,且有采样过程中禁止夹杂其他纤维等特点,故将机械手设计成竖放平行夹钳式来完成抓取动作。此外设计的机械手装置体积小,可方便地安装在移动机械上,并且亦可从移动机械上获取动力源,有效避免明火易燃事故的发生。



图2 人工取样方式

棉花采样机械手总体结构如图3所示,主要包括:夹头油缸1,油缸固定架2,阻尼油缸3,齿轮齿条平行连杆式夹持器4,导向机构5,连接架6等装置。夹头油缸的活塞杆与齿轮齿条平行连杆式夹持器4的齿条通过导向机构5的两个销轴连接起来,阻尼油缸3的阻尼缸筒与导向机构5和连接架6固连在一起。



1. 夹头油缸;2. 油缸固定架;3. 阻尼油缸;
4. 齿轮齿条平行连杆式夹持器;5. 导向机构;6. 连接架

图3 棉花采样机械手总体结构图

当需要抓取棉花进行检测时,夹头油缸1的活塞杆伸出,导向机构5向前运动,带动齿轮齿条平行连杆式夹持器4的齿轮、齿条运动,并带动连接架6与阻尼油缸3的缸筒一同向前运动,进而通过齿轮齿条平行连杆式夹持器4的连杆机构带动夹头运动,使夹头张开并伸入棉包切口之内。夹头完全切入棉包内部后,夹头油缸1的活塞杆向后运动,并带动阻尼油缸3的缸筒一同向后运动。

夹持器4的夹板随着夹头油缸后退而不断地并拢夹紧,为防止后退初期夹板内的棉花松脱,设计了阻尼油缸3,其液压原理图如图4所

示。阻尼油缸 3 的左腔跟右腔用一个单向节流阀连接起来,活塞杆两端固定。阻尼油缸 3 的缸筒随着夹持器 4 前进时,液压油通过单向阀从右腔进入左腔;阻尼油缸 3 的缸筒随着夹持器 4 后退时,液压油通过节流阀从左腔进入右腔,由于节流阀口开度较小,夹持器 4 后退产生一定阻力负载,保证了其夹板在可靠夹紧棉花的前提下夹头油缸完成后退动作。

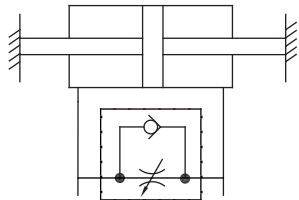


图 4 阻尼油缸液压原理图

2 有限元分析

2.1 有限元模型

采样机械手的零件材料统一使用 45 号钢,夹板材料使用 Q235,材料性能参数如表 1 所示。

表 1 材料属性

材料	泊松比	弹性模量 /MPa	密度 /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	屈服强度 /MPa
45	0.269	2.10×10^5	7.85×10^3	355
Q235	0.30	2.00×10^5	7.85×10^3	235

将齿轮齿条平行连杆式夹持器的三维模型导入 ANSYS WorkBench 中,建立有限元几何模型(如图 5 所示),采用四面体单元对其进行划分,并对划分好的单元逐一进行质量检查。

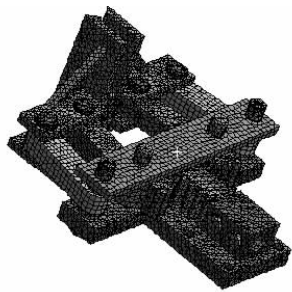


图 5 夹持器有限元几何模型

2.2 边界条件

图 6 为夹持器载荷和边界条件设置。夹持器在夹紧棉花之后,两个夹板为固定端,直接在夹头上施加固定约束,如图 6 中位置 A,B 所示。

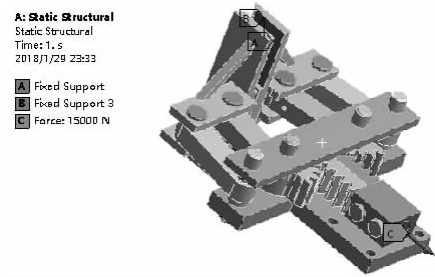
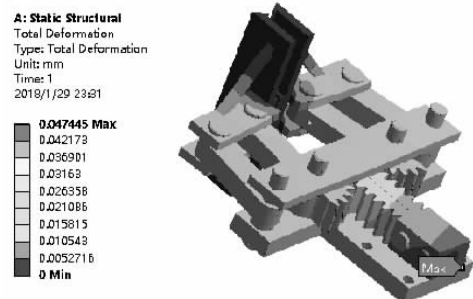


图 6 夹持器载荷和边界条件设置

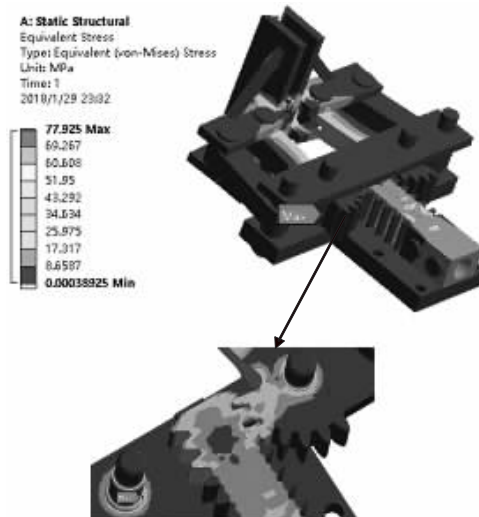
为满足夹紧力的要求,夹头油缸的拉力施加在夹头油缸与齿轮齿条平行连杆式夹持器的连接处,拉力大小为 15 kN,方向如图 6 位置 C 所示。在进行整体分析时,需将两两发生接触的面建立绑定接触。

2.3 静态特性分析

齿轮齿条平行连杆式夹持器的静态特性分析结果如图 7 所示。



(a)位移分布



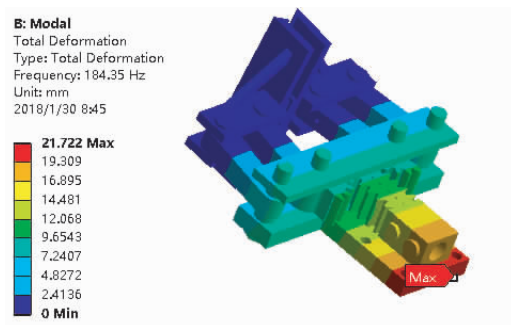
(b)应力分布

图 7 夹持器的静态特性分析结果

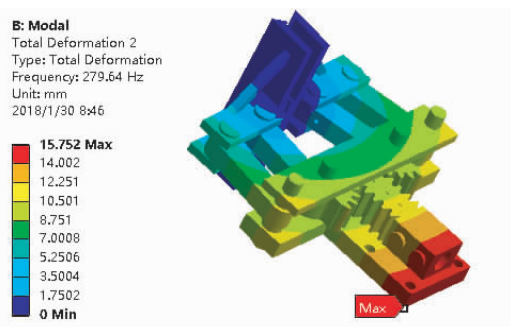
由图 7(a)的位移分布图可以看出,最大位移量为 0.047 mm,夹紧状态下机械手夹持器的变形量很小,可以忽略不计;图 7(b)中得出最大应力为 77.925 MPa,小于材料的屈服强度,能够满足材料强度要求。

2.4 模态分析

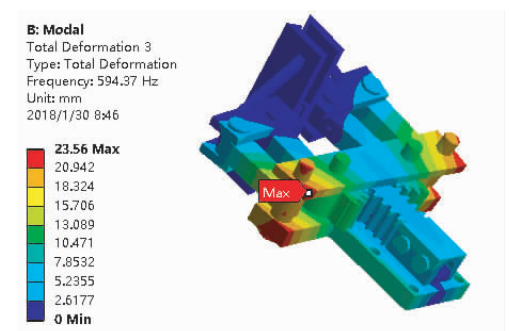
去除施加载荷,仅施加约束,获得齿轮齿条平行连杆式夹持器的前 6 阶振型模态,如图 8 所示。前 6 阶振型固有频率如表 2 所示。因机械手采样的工作频率远远小于 184 Hz,因此这种机械手设计结构不会发生共振现象。



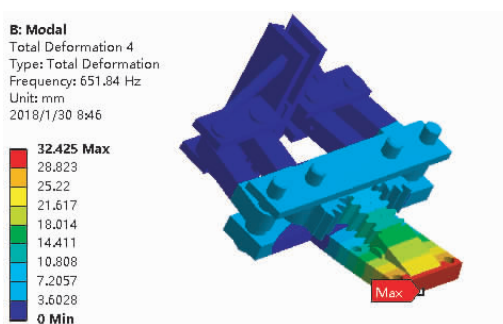
(a)1 阶振型



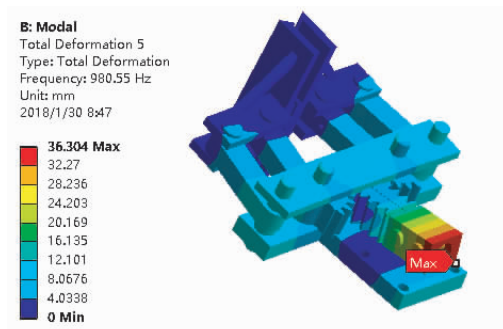
(b)2 阶振型



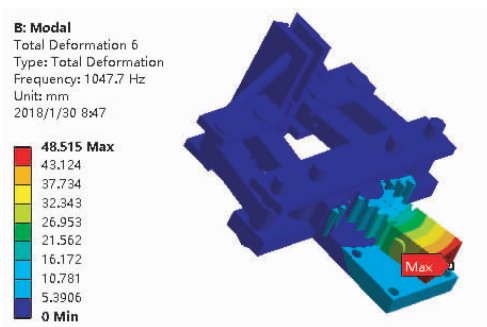
(c)3 阶振型



(d)4 阶振型



(e)5 阶振型



(f)6 阶振型

图 8 夹持器的模态分析结果

表 2 夹持器前 6 阶振型固有频率

阶数	频率/Hz
1	184.35
2	279.64
3	594.37
4	651.84
5	980.55
6	1 047.7

3 结论

针对以固定排列方式大批量存放并且具有统一切口尺寸的待检测棉包,设计了一种自动化棉花采样机械手。在充分考虑棉花为软性纤维

维物质的基础上,通过液压油缸和齿轮齿条驱动的连杆式夹持器配合实现设计目的。装置中的阻尼油缸,可防止夹持器内的棉花松脱,并且简化了液压系统油路。对采样机械手主要装置进行静态特性分析和模态分析,结果表明,所设计的棉花采样机械手能够满足强度及使用要求。

棉花采样机械手体积小、操作方便,能够较好地完成棉花采样任务。因此,此棉花采样机械手的设计思路及设计原理可以为纤维检验自动化设备的设计提供参考。

参考文献:

- [1] MANSFIELD J H, CAMPBELL K, ROBERTS C A. Cotton sampling system: US,61147881[P]. 2015-04-17.
- [2] HART J H. Method and apparatus for preparing a bale sample from a bale of fibrous

material, and a bale sample produced thereby:US,50973140[P]. 2017-03-21.

- [3] 周广泉,赵洁,唐敏峰,等.一种棉包检验中的棉样取样机械手:中国,CN102778365A[P]. 2012-11-14.
- [4] 陆维民,俞方,赵雨薇,等.一种棉花取样机械手:中国,CN102998140B[P]. 2013-04-24.
- [5] 徐守东,刘从九,吴国新,等.一种皮棉棉包取样装置:中国,CN206648830U[P]. 2017-11-17.
- [6] 沈丹峰,赵辉,叶国铭.棉花异性纤维分拣机器人总体结构的优化设计[J]. 东华大学学报(自然科学版),2012,38(3):323-326.
- [7] 王一庚,杜斌. MQJ-I 型棉包取样器试用体会[J]. 中国棉花加工,2003(1):22.

(责任编辑:夏玉玲)

(上接第 4 页)用户管理等功能模块,该系统对所有代储点油库进行统一管理,并可查询油库的历史数据,分析代储点油库储油量的变化情况,在油罐报警模式打开的情况下可以实时监测油罐液位变化,当液位变化量超过所设阈值时,将向代储点油库管理员和上级管理员的手机发送报警短信,从而实现所有代储点的安全防盗管理。

参考文献:

- [1] 唐炳祥,陈智勇,王丰. 油库管理实务[M]. 北京:中国物资出版社,2005:3-4.
- [2] 杨卜. 油罐区监控系统设计与研究[D]. 武汉:武汉大学,2008.
- [3] 宋春红. 信息化和自动化在成品油库监控系统中的应用[J]. 自动化与仪表,2013(6):57-60.
- [4] 于顺安. 信息化是企业转型的动力和标志[J]. 中国石油企业,2010(4):70-71.
- [5] 孙德明,何正嘉. 快速构建基于 Web 的远程测控系统[J]. 计算机工程与应用,2003(23):160-162.
- [6] 易铃芳,吕涛,周燕媚,等. 基于 GPRS 的电

力远程监管系统设计[J]. 仪器仪表学报,2006,27(6):2554-2555.

- [7] LIU Z J. Multi point temperature measurement system based on DS18B20 [J]. Advance Materials Research, 2013, 756: 556-559.
- [8] 刘东. 基于 B/S 模式的粮仓检测信息系统[J]. 科学技术与工程,2013(3):673-676.
- [9] 任秦明. 基于 B/S 结构的软件开发技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2006:33-37.
- [10] 刘庆敏,田岚,何国圆,等. 智能化 GPRS DTU 的嵌入式混合文件系统[J]. 计算机工程,2009,35(12):256-258.
- [11] LI Y X, ZHANG M L, NIU D M, et al. Design and implementation of embedded system based on modbus TCP/IP[J]. Advanced Materials Research, 2012, 532: 667-671.
- [12] 刘举涛,陈华杰,金文,等. 基于 Modbus 通讯协议的远程测控设计[J]. 导弹与航天运载技术,2012(2):50-53.

(责任编辑:李秀荣)