

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 19920141152881

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

多功能静电纺丝机的研制与实验研究

Development and Experiment of Multi-functional
Electrospinning Machine

王俊清

指导教师姓名: 郑建毅 副教授

专 业 名 称: 机械电子工程

论文提交日期: 2017 年 4 月

论文答辩时间: 2017 年 5 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2017 年 05 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文(包括纸质版和电子版)，允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

()1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。

()2.不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人(签名)：

年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

目前静电纺丝技术制备的纳米纤维具有很广泛的市场应用价值,现在实验室一般采用自行搭建的简易实验平台开展静电纺丝实验,已有的市场化静电纺丝设备价格较高且实验针对性不明确;因此,开发一套集成多种功能的面向实验室需求的静电纺丝机是很有必要的。本论文针对多功能静电纺丝机的整体方案设计,机械系统的设计与制作,控制系统的设计与实现和研制样机实验测试等方面进行研究。

首先,根据静电纺丝机的技术指标与功能要求,确定了多功能静电纺丝机的系统方案。在设计多功能静电纺丝机的机械系统方案时,将机械系统分成供液模块、收集模块、运动平台模块、机械箱体与辅助模块等五大模块;设计多功能静电纺丝机的控制系统方案时,将控制系统分为供液系统控制、收集系统控制、三维运动控制、辅助系统控制与人机界面设计等五大部分。

其次,设计和研制多功能静电纺丝机的机械运动系统。供液模块分为多针头供液系统与鞘气约束喷头供液系统,多针头供液速度可以在 0.01-200.0 mL/h 范围内调节,鞘气的气压可在 0.02-0.82 MPa 范围内调节;收集模块分为平板收集、滚筒收集与卷绕收集,滚筒与卷筒的速度可达 500 rpm;采用三维移动平台来实现纺丝喷头的运动,各轴运行速度可以达到 400 cm/min,精度能达到 0.25%FS;机械箱体分为整体箱体、电控柜箱体与触摸屏箱体;辅助模块包括照明系统、供电系统、排气系统与采集系统;最后,将加工完成的各机械模块组装后经运动调试构建了多功能静电纺丝机的机械系统。

接着,基于 FX5U 系列 PLC 设计组建多功能静电纺丝机的控制系统。根据各控制模块的需求,设计确定了控制系统的总电路原理图,完成 PLC 中各 I/O 口和扩展模块的分配;供液系统控制设计实现了供液速度的控制与喷头高度的控制,收集系统控制完成了对滚筒收集电机与卷绕收集电机的控制,设计确定了对三维运动控制中喷头轨迹的运动控制,实现包括 X、Y 轴单轴直线往复轨迹、矩形轨迹、网格轨迹的控制;辅助系统控制中采用 RS485 通讯控制高压电源,采用

PID 控制鞘气约束的气压大小；最后，设计编程实现了多功能静电纺丝机控制系统的人机界面。

最后，对组装完成的多功能静电纺丝机进行实验测试。分别对 X、Y 轴的直线往复、矩形轨迹、网格轨迹、“∞”型轨迹与滚筒收集成膜实验进行了实验测试；另外研究了喷头运动速度与喷头高度对纤维线宽的影响，移动速度从 100 cm/min 逐渐增加到 400 cm/min 时，纤维线宽由 11.31 μm 下降到 8.01 μm ，当喷头高度由 1 mm 逐渐增加到 6 mm 时，纤维线宽从 12.37 μm 下降到 5.19 μm 。经过测试验证多功能静电纺丝机能够满足预期的功能要求。

关键词：静电纺丝；纳米纤维；纺丝机；PLC 控制；自动化

*本文的研究工作得到国家自然科学基金（51305371，51305373），中央高校基本科研业务费专项资金（20720140517）和福建省自然科学基金资助项目（2014J05063）的资助。

Abstract

Due to the outstanding characteristics of nanofibers, which have applied to several fields. And electrospinning technology has received extensive attention to prepare nanofibers. However, most of laboratory build a simple experimental platform to carry out the electrospinning experiment, the cost is high. So they don't suitable for the laboratory. It is necessary to development a multi-functional and low cost electrospinning machine. This paper studies the design of multi-functional electrospinning machine, the design and manufacture of the mechanical system, the design and implementation of control system, and the experimental research.

Firstly, according to the performance indicators and the functional requirements of multi-functional electrospinning machine, the scheme is determined. The mechanical system is designed and divided into five modules: liquid supply module, collection module, motion platform module, mechanical box body and auxiliary module. The control system is designed and divided into five modules: liquid supply system control, collection system control, motion platform control, auxiliary system control and the design of the human machine interaction (HMI).

Secondly, the mechanical system of multi-functional electrospinning machine is developed. The liquid supply module is made of multiple needle liquid supply system and electrospinning nozzle liquid supply system constrained by sheath gas, the rate of liquid supply can be adjusted in the range of 0.01-200.0 mL/h, the pressure of sheath gas can be adjusted from 0.02 MPa to 0.82 MPa. Collection module is contain flat collection, roller collection and coiling collection. The maximum speed of roller and coiling are both 500 rpm. The movement of the spinning nozzle is controlled by a three-dimensional mobile platform, the maximum speed and accuracy is 400 cm/min and 0.25%FS, respectively. Mechanical box body is divided into integral box, electric control cabinet box, touch screen box, the auxiliary module includes the lighting system

and other parts. At last, the components are assembled together to form the mechanical system of the multi-functional electrospinning machine.

Thirdly, the control system is designed based on the FX5U series PLC. According to the requirements of each control module, the circuit diagram is designed, and the I/O ports and the extension modules are assigned. Liquid supply system control includes the control of velocity and the nozzle height, collection system control includes the control of the collection motors, motion platform includes X, Y axis linear reciprocating trajectory, rectangular trajectory and grid trajectory. High voltage power is controlled by RS485 communication, air pressure is controlled by PID. The design of the whole HMI control system is completed.

Finally, the mechanical property test and electrospinning experiment are studied. The following cases are experimentally verified, such as X, Y axis linear reciprocating, rectangular trajectory, grid trajectory, "∞" type trajectory and roller collecting film experiment. Furthermore the influence of the moving speed of the nozzle and the height of the nozzle on the fiber line width are studied, when the moving speed increases from 100 cm/min to 400 cm/min, the fiber line width decreases from 11.31 μm to 8.01 μm , and the fiber line width decreases from 12.37 μm to 5.19 μm with the height of the nozzle increases from 1 mm to 6 mm. The test results indicated that the multi-functional electrospinning machine can meet the expected functional requirements.

Keywords: Electrospinning; Nanofiber; Electrospinning machine; PLC Control System; Automation

*This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (51305371, 51305373), the Fundamental Research Funds for the Central Universities (20720140517), and the Natural Science Foundation of Fujian Province of China (2014J05063).

摘 要.....	I
目 录.....	VII
第一章 绪论	1
1.1 静电纺丝纳米纤维概述.....	1
1.1.1 纳米纤维	1
1.1.2 静电纺丝技术的原理	1
1.1.3 静电纺丝技术的研究进展	2
1.1.4 静电纺丝技术的应用	4
1.2 静电纺丝纤维的制造技术.....	7
1.3 静电纺丝设备国内外研究现状.....	10
1.4 本文的研究内容.....	14
第二章 多功能静电纺丝机系统方案设计.....	15
2.1 多功能静电纺丝机的技术指标与功能要求.....	15
2.1.1 多功能静电纺丝机的技术指标	15
2.1.2 多功能静电纺丝机的功能要求	15
2.2 多功能静电纺丝机系统的方案设计.....	18
2.2.1 机械系统的方案设计	18
2.2.2 控制系统的方案设计	19
2.3 多功能静电纺丝机总方案设计.....	20
2.4 本章小结.....	21
第三章 多功能静电纺丝机机械系统的设计与制作.....	23
3.1 多功能静电纺丝机供液系统的设计.....	23
3.1.1 多针头供液系统设计与制作	23
3.1.2 鞘气约束电纺喷头供液系统设计与制作	26

3.2 多功能静电纺丝机收集系统的设计	27
3.2.1 平板收集系统设计与制作	27
3.2.2 滚筒收集系统设计与制作	28
3.2.3 卷绕收集系统设计与制作	33
3.3 多功能静电纺丝机三维移动平台的设计	35
3.4 多功能静电纺丝机机械箱体的设计与制作	36
3.4.1 整体箱体设计与制作	37
3.4.2 电控柜箱体的设计与制作	38
3.4.3 触摸屏箱体的设计与制作	39
3.5 多功能静电纺丝机其他结构的设计与选型	40
3.5.1 照明系统设计	40
3.5.2 其他部分选型	41
3.6 多功能静电纺丝机机械系统的组装	41
3.7 本章小结	42
第四章 多功能静电纺丝机控制系统的设计	43
4.1 多功能静电纺丝机控制系统方案	43
4.2 多功能静电纺丝机控制系统硬件设计	44
4.2.1 系统的控制电路	44
4.2.2 I/O 口设计	45
4.3 多功能静电纺丝机控制系统软件设计	47
4.3.1 供液系统控制	48
4.3.2 收集系统控制	49
4.3.3 三维运动控制	50
4.3.4 辅助系统控制	53
4.4 人机界面设计	55
4.4.1 欢迎界面	55
4.4.2 自动操作界面	55
4.4.3 手动操作界面	57
4.5 本章小结	58
第五章 多功能静电纺丝机的实验研究	59

5.1 多功能静电纺丝机验证实验目的与方案	59
5.2 多功能静电纺丝机验证实验设计	61
5.2.1 多功能静电纺丝机验证实验准备	61
5.2.2 多功能静电纺丝机验证实验过程	62
5.3 多功能静电纺丝机验证实验结果分析	63
5.3.1 喷头运动轨迹	63
5.3.2 纳米纤维成膜实验	65
5.3.3 参数变化对纤维线宽的影响	66
5.4 本章小结	68
第六章 总结与展望	69
6.1 总结	69
6.2 展望	70
参考文献	73
攻读硕士期间取得的科研成果	79
致谢	81

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Table of Contents

Abstract	I
Table of Contents	VII
1 Introduction	1
1.1 Overview of Electrospinning and Nanofiber	1
1.1.1 Nanofiber	1
1.1.2 Principles of Electrospinning Technology	1
1.1.3 Research Progress of Electrospinning Technology.....	2
1.1.4 Application of Electrospinning Technology	4
1.2 Manufacturing Technology of Electrospinning Fibers	7
1.3 Research Status of Electrospinning Machine	10
1.4 Main Works	14
2 System Scheme Design of Multi-functional Electrospinning Machine	15
2.1 Technical Index and Functional Requirements	15
2.1.1 Technical Index	15
2.1.2 Functional Requirements	15
2.2 Scheme Design	18
2.2.1 Scheme Design of Mechanical System.....	18
2.2.2 Scheme Design of Control System	19
2.3 Overall Scheme Design of Multi-functional Electrospinning Machine	20
2.4 Summary	21
3 Design and Manufacture Mechanical System of Multi-functional Electrospinning Machine	23
3.1 Design Liquid Supply System	23
3.1.1 Design and Manufacture Multiple Needle Liquid Supply System	23
3.1.2 Design and Manufacture Sheath Gas Constrained Electrospinning Nozzle Liquid Supply System.....	26
3.2 Design Collection System	27

3.2.1 Design and Manufacture Flat Collection System	27
3.2.2 Design and Manufacture Roller Collection System	28
3.2.3 Design and Manufacture Coiling Collection System	33
3.3 Design Motion Platform	35
3.4 Design and Manufacture Mechanical Box Body	36
3.4.1 Design and Manufacture Integral Box	37
3.4.2 Design and Manufacture Electric Control Cabinet Box	38
3.4.3 Design and Manufacture Touch Screen Box.....	39
3.5 Design or Select Other Structure	40
3.5.1 Design Lighting System.....	40
3.5.2 Select other Structure	41
3.6 Assembly Mechanical System	41
3.7 Summary	42
4 Design Control System of Multi-functional Electrospinning Machine.....	43
4.1 Control System Program.....	43
4.2 Hardware Design of Control System.....	44
4.2.1 Circuit Design of System	44
4.2.2 Design of I/O Ports	45
4.3 Software Design of Control System	47
4.3.1 Control Liquid Supply System	48
4.3.2 Control Collection System	49
4.3.3 Control Motion Platform	50
4.3.4 Control Auxiliary System	53
4.4 Design HMI	55
4.4.1 Welcome Interface	55
4.4.2 Automatic Operation Interface.....	55
4.4.3 Manual Operation Interface	57
4.5 Summary	58
5 Experimental Study for Multi-functional Electrospinning Machine.....	59
5.1 Experimental Purpose and Experimental Scheme	59

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库