

青岛大学

硕士学位论文

植生纱设备控制系统的整合与开发

姓名：柳永杰

申请学位级别：硕士

专业：纺织工程

指导教师：马建伟;刘荣兴

20080610

中文摘要

我国草坪业目前以有土种植模式为主,传统草坪种植模式正在危害草坪业健康发展,以节能、环保、可持续为特点的无土种植有望成为草坪产业新的方向。在研究前人工作的基础上,本课题提出了一种新型的无土栽培技术——植生纱。植生纱是一种性能好、价格低的草坪建植材料,是在专用设备上按照特定的生产工艺,把种子肥料及杂草抑制剂等成分,按照一定的密度植在可以自然降解的纱条带基上形成的产品。草坪植生纱可用于道路护坡、城市绿化、建筑物顶层绿化等特种绿化,在我国西部、北部地区用于与保护生态环境、减少水土流失、抑制沙尘暴等相关的绿化工程。

目前,国内外还没有植生纱的专门生产设备。为此,本课题对已有梳理机的机械机构及电气控制系统进行整合、升级,使之能够实现各种规格植生纱的纺制。在原有梳理机的特定位置上安装自动草种箱,使之可以根据工艺要求实现草种定量加入;在设备后半部分重新设计安装牵伸、加捻卷绕装置,实现植生纱的牵伸、加捻及卷绕成形。利用“人机界面+PLC+步进电机”控制系统代替原继电器控制系统,选用合适的触摸屏、PLC、变频器和步进电机,将五大模块整合到一个开发系统中,可以实现草种箱电机、牵伸罗拉电机、喂入罗拉电机、锭子电机以及钢领板电机的模块化控制,设备工艺参数便于修改,自动化程度大大提高。

硕士研究生 柳永杰 (纺织工程)

指导教师 马建伟 教授; 刘荣兴 副教授

关键词: 植生纱; 梳理机; 可编程控制器; 加捻卷绕

Abstract

In our country, land plant mode is the chief mode in lawn industry, which is obstructing the development of lawn industry. So, soilless planting technique which is power frugal, environmentally friendly and sustainable, will be a new direction. Based on previous researcher's result, a new soilless planting technique which is called as lawn nursery yarn was proposed. Lawn nursery yarn, which is better in performance/price, is produced on the special device according to given production technology. It comprises seeds and fertilizer, weeds inhibitor, etc planted in strip base in terms of rated density. It can be applied in road bank protection, city virescence, and building top floor virescence. It can also be used to protect ecological environment, reduce soil erosion and control sandstorm, etc. in the western and northern areas.

At present, there is no machine which produces lawn nursery yarn at home and abroad. So we innovate a existing carding machine, and make it produce lawn nursery yarn. We designed a control system, which comprises human machine interface (HMI), programmable logic controller (PLC) and step motors, instead of the original control system. The modular control system can be achieved including seeds motor, drawing roller motor, feeding roller motor, spindle motor and ring motor, so that we can easily change equipment technical parameters and greatly improve automation of the machine.

Graduate student: Liu Yongjie(Textile Engineering)

Directed by Prof. Ma Jianwei; Liu Rongxing

Keywords: Lawn Nursery Yarn; Carding Machine; PLC; Twisting and Winding

学位论文独创性声明

本人声明，所提交的学位论文系本人在导师的指导下独立完成的研究成果。文中依法引用他人的成果，均以做出明确的标注或得到许可。论文内容未包含法律意义上已属于他人的任何形式的研究成果，也不包含本人已用于其它学位申请的论文获成果。

本人如违反上述声明，愿意承担由此引发的一切责任和后果。

论文作者签名：柳永杰 日期：2008年6月15日

学位论文知识产权权属声明

本人在导师指导下所完成的学位论文及相关的职务作品，知识产权归属学校。学校享有以任何方式发表，复制、公开阅览、借阅以及申请专利等权利。本人离校后发表或使用学位论文获与该论文直接相关的学术论文获成果时，属本单位仍然为青岛大学。

本学位论文属于：

保密 ，在 _____ 年解密后适用于本声明。

不保密

(请在以上方框内打“√”)

论文作者签名：柳永杰 日期：2008年6月15日

导师签名：马建伟 日期：2008年6月15日

第一章 引言

1.1 本课题的提出及意义

植生纱是一种性能好、价格低的草坪建植材料，是在专用设备上按照特定的生产工艺，把种子肥料及杂草抑制剂等成分，按照一定的密度植在可以自然降解的纱条带基上形成的产品。

随着社会的进步和人们生活水平的不断提高，人类对草坪的依赖程度逐步加强，草坪在人们的日常生活中发挥的作用也越来越大，草坪科学和草坪业应运而生。目前国内外草坪的种植方法主要有：种子繁殖法，营养繁殖法，喷播法和植生带法。但是，这些草坪种植方法都或多或少存在着一些问题，主要如下：

- (1) 草坪建植工序繁琐复杂，不能进行机械化种植，人力物力浪费严重；
- (2) 草坪出苗率与出苗均匀度得不到有效的保证；
- (3) 存在种子浪费现象，尤其在坡地种植时，种子流失严重；
- (4) 所种植的草坪强力低，固土能力、耐踏性和耐损伤性较差，从而造成草坪的使用寿命较短。

我国草坪业目前仍以有土种植模式为主，传统草坪种植模式正在危害草坪业健康发展。随着我国经济增长方式向集约型转移，以节能、环保、可持续为特点的无土种植将对传统的有土种植模式构成巨大挑战，并有望成为草坪产业新的方向。

但是到目前为止，尚未见关于植生纱纺制设备专门和系统的研究工作。最近几年，张吉强^[1]、周奉磊^[2]探讨了利用传统梳理机进行植生纱的试纺工作，对设备的改造做了有益的探索工作，但所用梳理机的电气控制系统是由继电器和逻辑电路板组成，各单元的动力驱动采用的是三相异步电动机，其不足是：

(1) 继电器线路接线复杂，功能单一。继电器接触控制系统的逻辑部分由许多继电器；按某一固定形式连接而成，若工艺流程发生改变，则需要改变继电器控制系统的接线，才能满足新的工艺流程要求。实际操作和维修复杂，易出故障；

(2) 可靠性不高，控制精度不够，这就势必影响了出条支数、出条定重；

(3) 继电器控制柜的体积大，占用了较大的生产空间，影响了操作。

因此，所纺的植生纱也存在很多问题：

(1) 植生纱中草种添加的数量难以控制；

(2) 植生纱捻度较小，导致强力较低；

(3) 难以实现植生纱卷绕；

(4) 植生纱生产工艺参数难以改变。

(5) 纱条出条速度与草种添加速度配合不好。

为此,本课题对已有梳理机的机械及电气控制系统进行整合、升级,使之能够实现各种规格植生纱的连续化纺制。

对传统梳理机进行改造,实现植生纱的纺制,有以下两个方面的意义:一方面,植生纱的成功纺制,为草坪业实现了一种新型的无土种植方式—植生纱无土种植模式,不仅不消耗土地资源,而且还可以从一些废弃物甚至污染物中提取矿物质作为人工基质的原料,其资源取之不竭。因此这是一个完全绿色的生产方式,对于保护耕地,消除污染都有积极的意义。另一方面,更为重要的是,传统梳理机电气控制系统的整合开发成功,为目前国内纺织老设备的改造升级提供了一个方向。通过装配专用功能的器件及自动化设备,将几项技术有机融合,将分离式硬件逻辑控制系统改为模块化集中控制改造其电气控制系统,就可以实现传统纺织设备功能的升级,可以使机械设备功能更加强大,效率提高,达到一机多用的目的。

1.2 国内外相关研究动态

目前全国研制无土种植草坪技术的单位不少,真正进入市场化的产品不多。植生纱作为一种新型草坪无土种植方式在国内外未见相关报道,植生纱生产设备的研究更是一篇空白。在国内已有对清梳联设备、传统纺纱设备、精梳机、成卷机、并卷机、整经机改造的成功经验。但是,对传统梳理机的电气控制系统进行改造使之具有全新的功能——纺制植生纱,还未见专门的研究工作。

国外利用麻纤维开发出植物培育垫,用来帮助植物发芽生长,并兼具增强和绿化作用,特别适合增加倾斜河堤的强度。

(1)瑞士开发的苧麻纤维培育垫,采用编链衬纬组织,将苧麻和丙纶(其中丙纶纤维经过特殊处理,即加入了降解组分,并可根据需要,控制添加剂的用量来调节降解时间)两种纱线编织成方形小网格,纵向组织丙纶,横向的衬纬是苧麻。

(2)德国萨克森研究所研制的一种用来增强斜坡、保持土壤、帮助草种发芽的土工布^{[3][4]}。原料为亚麻纤维,采用 Maliwatt 缝编工艺编织成亚麻纤维网,同时用一种特殊的计量器将草种均匀地置入网中,用缝合线连接而成。使用这种草皮垫,可以保护草种免遭鸟类啄食,防止草种流失帮助草种发芽。这种垫子具有多孔结构,草根极易穿过织物伸入土壤,吸取所需养料和水分。草种发芽生根后,亚麻便逐渐分解到土壤中,对环境无污染。

(3)日本秋本允、村田师男发明一种绿化植生带,其特征就在于:在底布上放置粉粒状种子、培养料、肥料等绿化物料,并在其上面铺放 3~50 旦尼尔的纤维材料,使绿化物料被一层孔隙率为 70~99.5%,厚度为 5~20mm 的毯状纤维层所覆盖,然后通过针式穿孔法将该纤维层与底布进行多点式连接。

1.3 机电一体化在纺织机械上的应用现状

国际纺织技术以电子信息技术为主导,以新材料和高精度自动化机械加工技术为基础,运用光、机、电、气动、液压等传感技术和变频调速等传动技术开发研制了一代又一代现代化新设备,实现了纺织生产过程中各种工艺参数的在线检测、显示、自动控制和自动调节,实现了设备运行的自动监测、显示、超限报警、自停、甚至故障自动排除、高度自动化的生产设备能严格按照设定的工艺要求,以定性、定量、规范化的机械动作实现传统纺织生产中依靠操作人员技术熟练程度完成的各种简单重复的手工操作,保证和提高了产品质量,提高了生产效率,降低了产品成本,增强了产品的竞争力。

近十多年来,我国纺织机械行业的机电一体化水平有了较明显的提高,在新型纺织机械上普遍采用了机电一体化技术。这项技术的内容包含了先进的信息处理和控制技术,即以计算机为核心,有 PLC、工控机、单片机、人机界面、现场总线等组成的控制系统;先进的驱动技术,有变频调速,交流伺服,步进电机等;检测传感技术和执行机构;精密机械技术等。棉纺织设备较有代表性的机电一体化产品,例如新型的粗纱机、分条整经机、浆纱机,这类机器均采用了机电一体化技术^[5],其特点是:

(1) 由计算机控制多台变频器,交流伺服驱动器,再分别控制多台电动机的同步传动系统。(粗纱机为二、三或四台电机的三种方案,分条整经机为五台电机,浆纱机为七台电机);

(2) 均采用传感技术,检测纱线张力,通过计算机实现张力控制;

(3) 采用计算机软件来完成粗纱的卷绕成形功能和实现经轴、织轴的理想卷绕。

1.3.1 PLC 在纺织上的应用和发展

1988年,IEEE 纺织工业技术年会就谈到了纺织机械中的微处理器控制^[6]。Egbers, G 报道了在 ITMA 91 上展出的各类纺织设备的控制系统,这样的设备具备高产和质量可控的优点^[7]。1999年的国际纺机会展 ITMA 就表明,几乎所有的生产商将 PLC 广泛应用于纺织设备和纺织仪器,包括嵌入和在线质量控制、自动控制、快速测试系统、模拟系统和数据处理^[8]。纺织生产设备的特征是机型较多。因此,自动系统必须满足以传统方法和专利技术为主导的纺织工业的不同需要。Ninnemann 等^[9]将西门子 SIMATIC 56 应用于纺织机械,并且讨论了具体纺织技术的自动控制的实现。2001年 Monforts 整理设备如 Qualitex5000 基本由 PLC 控制^[10]。

我国从1985年以后逐步使用于工业领域,而国产纺织机械上使用PLC是在1989年清花设备上开始使用的,后发展到细纱机、并条机、梳棉机、整经机、浆

纱机各种设备^[11]。二十世纪九十年代国内外纺织机械普遍采用了变频调速技术、可编程控制器技术和人机界面等自动化技术,对提升纺织机械机电一体化水平起了积极作用,就目前中国纺机行业每年主机配套用的变频器、PLC、人机界面三种自动化产品的数量都已超过3万台以上,普及程度很大^[12]。国外纺织行业应用计算机的最新、最显著的特点是自动化系统和信息系统的紧密结合,并使纺织行业的计算机应用主要集中在计算机集成制造系统(CIMS)和快速反应(QR)等方面,形成了一个包括人工智能、专家系统和电子数据交换在内的信息和知识管理系统。随着我国微型计算机的迅速发展,纺织机械的自动化开始加快开发步伐,计算机的应用从科研开始走向实用。将以高度自动化和集成化为主要特征的高新技术融入纺织业是具有非常重要的意义^[13]。

1.3.2 步进电机在纺织上的发展和应用

十多年来,我国纺织机械行业的自动化水平有了明显的提高,在新型纺织机械上普遍采用了自动化技术。这项技术的内容就包含了先进步进电机的驱动技术^[14]。

刘明开发了一种新型的织物卷绕纠偏控制系统,该系统步进电机驱动的调节机构解决了传统的纠偏机构惯性大、精度低的问题,在实际应用中取得了较满意的效果^[15]。刘珑龙等介绍了采用微机控制的步进电机的变频技术在高档纺织机送经装置中的具体应用^[16]。陈革等研制了一种用步进电机驱动的同步电子送经和卷取控制系统^[17]。陈革通过对直流电机、交流电机和步进电机的比较,结合织机的织轴驱动特点,得出选用步进电机有较高性价比的结论^[18]。梅顺齐等提出了一种控制往复导纱系统的新方法,该方法采用步进电机传动、微机控制,具有传动精确、可靠,自动化程度高,应用前景广泛^[19]。刁红泉等谈到了基于单片机控制的步进电机在电脑绣花机中的应用,取得良好效果。刘沛针对印染等行业中存在的位置偏差问题,设计出了基于模糊控制思想的光电式纠偏系统。该系统用三相步进电机驱动丝杠作为执行机构。通过实验证明了该系统有较高的实用性^[20]。周奉磊等^[21]采用 MCS-51 单片机控制步进电机,开发了织物掉毛量测试仪的控制系统。其控制系统指标很好地满足了测试仪提出的要求,是一种很值得推荐的纺织仪器控制方法。李曙英介绍了 ADuC824 控制步进电机实现纱线拉伸,实时测试记录各种纱线的拉力、拉伸长度和断裂时间^[22]。

1.3.3 人机界面的应用

人机交互界面器件,是可编程的具有触摸式输入功能的显示屏。触摸终端又称可编程终端或人机界面(HMI),人机界面的主要功能是取代传统的控制面板和显示仪表,同时可控制PLC、变频器、智能仪表。近年来在纺织设备上人机界面技术应用发展很快,需用量逐年增加。单机自动化程度较高的设备,设计时选用

了触摸屏人机界面,例如高产梳棉机、精梳机、新型粗纱机、数控细纱机、高档的分条整经机和浆纱机等采用触摸屏人机界面。人机界面年需用量,2007年超过为100000台。主要选用西门子公司、三菱公司、光洋公司、Digital公司的人机界面产品,其次有松下、日立、Omron、贝加莱、台达等公司的产品。

沐宝祥利用触摸屏比较容易地排除了 JAT600A 型喷气织机的非常见故障^[23]。李培春介绍了使用西门子 S7-200 系列 PLC、TPI70A 触摸屏和 MMV 变频器来提高转杯纺纱机的自动化水平的控制方案^[24]。王卉主要介绍 CLMA445G 型牛仔布预缩整理联合机的电气控制人机界面等,使 CLMA445G 成为满足市场要求的 96 型新一代牛仔布预缩整理联合机^[25]。钱坤采用触摸屏、PLC 等组成新型全自动绞纱丝光机的控制系统^[26]。张格昌介绍了人机界面在最新的七单元双浆槽浆纱机变频控制系统中的应用^[27]。覃立忠介绍了触摸屏、PLC、变频器在 F1528 型细纱机中的应用,阐述三种主要智能元器件在提高细纱机电气控制水平中的作用和实现方法^[28]。蒋高明阐述了最新推出的全电脑控制的新一代多梳花边机的触摸屏机器控制台等^[29]。

1.3.4 变频器在纺织上的应用

变频调速以其优异的调速和启、制动性能,高效和显著的节电效果,以及广泛的应用领域等诸多优点,被国内外公认为最理想、最有发展前途的调速方式。变频器作为一种高新技术产品,兼有节能与环保(当今世界经济发展的两大主题)的特点,越来越受到重视:并逐渐取代直流调速,在传动系统中具有举足轻重的地位。近年来随着纺织机械机电一体化技术的不断提高,交流变频调速已成为一种趋势。在大多数新开发的纺织机械产品中几乎无一例外地应用了交流异步电动机变频调速装置。包括开清棉机、梳棉机、条卷机、精梳机、并条机以及粗纱机、细纱机和络筒机等。对于织造机械则有浆纱机、整经机等。另外针织机、无纺布、化纤机械、印染机械上也大量适用了交流变频调速器。

1.4 本课题主要研究内容

根据植生纱设备的运行实践及当前控制领域的水平与发展,确定植生纱设备整合和开发的指导思想是:机电分离,集中控制,实时监控。其目的在于将电气控制系统与机械系统结构上相分离,以利于机电系统的维护和修理,将分离式硬件逻辑控制系统改为模块化集中控制,以提高整个设备控制水平,增强系统的可靠性。

基于上述指导思想,本课题的主要研究内容包括以下三个方面:

- (1) 机械部分改造。喂入装置、牵伸装置以及加捻卷绕装置设计、安装。
- (2) 电气控制系统的升级。硬件系统:触摸屏、可编程控制器(PLC)、变

变频器及步进电机的选型以及控制柜布局；将喂入装置加上步进电机，使喂入装置实现无级调速；将主电机由变频器控制，可无级变速；基于 VC 的步进电机控制加捻卷绕装置；软件系统：根据植生纱生产工艺，编写相应的控制程序。

(3) 电气控制系统整合：用人机界面取代传统的控制面板和显示仪表，同时可控制 PLC、单片机、变频器、智能仪表，将喂料机构起停逻辑、锡林起停逻辑、速度控制及同步处理、加捻卷绕装置起停速度控制、故障检测与处理五大模块有机整合到一个开发系统软件平台上。

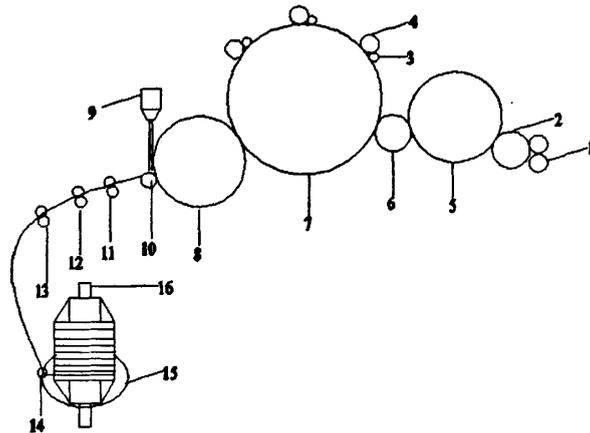
(4) 植生纱的试纺。植生纱设备机械以及控制部分改造整合成功后，探索植生纱成熟的生产工艺。

在原有梳理机的特定位置上安装自动草种箱，可以根据工艺要求实现草种定量加入；在设备后半部分安装牵伸、加捻及卷绕装置，实现植生纱的牵伸、加捻及卷绕成形，利用“人机界面+PLC+步进电机”控制系统代替原继电器控制系统，将五大模块整合到一个开发系统中，可以实现草种箱电机、牵伸罗拉电机、喂入罗拉电机、锭子电机以及钢领板电机的模块化控制，设备工艺参数便于修改，自动化程度大大提高，可更好地实现植生纱的生产。

第二章 主要机构及控制系统的整合

2.1 植生纱设备的主要机构

植生纱设备全机结构示意图如图 2.1 所示，设备主要由三大部分组成，即：梳理部分、成纱部分和纱线加捻、卷绕部分，共包括 16 部分^[30]。



1-喂入罗拉 2-刺辊 3-转移辊 4-拨取辊 5-胸罗拉 6-传送辊 7-锡林 8-道夫
9-种子箱 10-剥取辊 11-后罗拉 12-中罗拉 13-前罗拉 14-钢丝圈 15-钢领 16-锭子

图 2.1 植生纱设备全机简图

(1)喂棉装置：主要有一对喂入罗拉组成。

(2)梳理部分。主要由锡林、一系列工作辊和剥取辊组成。

(3)成纱部分。成纱杆组成。

(4)草种喂入装置。主要由一个槽中箱构成。

(5)加捻卷绕部分。由于植生纱设备和产品的特点，如纱线细度、强度和捻度力学性能等要求，与普通的纱线有着明显的不同。因此，植生纱的加捻和卷绕装置借鉴环锭捻线机的加捻、卷绕原理，加以改进制得。

2.1.1 已经解决的问题及尚存在的问题

在植生纱初步的研究过程中，草种箱的设计和加工，牵伸装置均已完成，可以直接应用。但是，植生纱的关键部件——加捻、卷绕系统还有待于进一步研究。

2.2 植生纱加捻和卷绕装置

一般纱线卷绕，为了使层次分清，都是按一定的螺旋线式绕成管纱卷绕，这就要求卷绕运动必须是由回转和往复运动两者复合而成。由于这一复合作用，纱

线按螺旋线分布在纱层上，层层相叠，逐层增大以至绕满，形成一个整齐而又规律的卷装。往复运动也称导纱运动，一般由导纱器来往完成。由钢领板带着钢领、钢丝圈作往复运动来完成导纱作用。

本装置采用环锭捻线机的卷绕原理，回转运动除了完成所要求的卷绕作用外，还要对纱线起加捻的作用。采用环锭加捻方法的设备种类很多，如棉纺、毛纺、麻纺的细纱机和捻线机等。植生纱加捻采用圆锥面短动程等螺距交叉卷绕的成形方法把纱线绕在筒管上^[31]。

2.2.1 加捻和卷绕系统机械设计方案

针对现存的一些问题并参照国外先进机型，结合机电一体化技术，参照环锭捻线机的加捻卷绕原理，利用数控技术设计了一套加捻卷绕装置，改造内容包括：电机分别传动这是实现数字柔性控制的必要条件；锭子由高速电机带动皮带传动，取消原来的滚筒和锭带张力部件；钢领板由步进电机拖动螺杆转动，再通过螺杆带动钢领板升降，取消了原来的凸轮成形和棘轮级升机构；两个电机的运动由PLC控制驱动器来控制，实现对纱线加捻卷绕的工艺目标，使加工的纱线的捻度卷绕角卷装成型符合工艺要求。本装置可以在控制范围内实现无级调速，得到不同捻度的纱线，因而控制更方便，适合小批量、多品种生产；另外，由于机械结构简单，有利于维护与保养；传动路线缩短，功耗减少，故障率低。

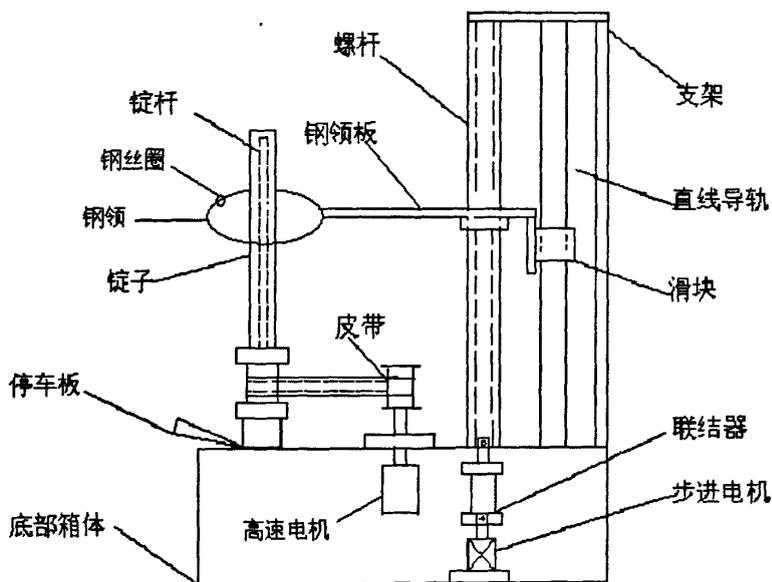


图 2.2 单锭加捻卷绕装置

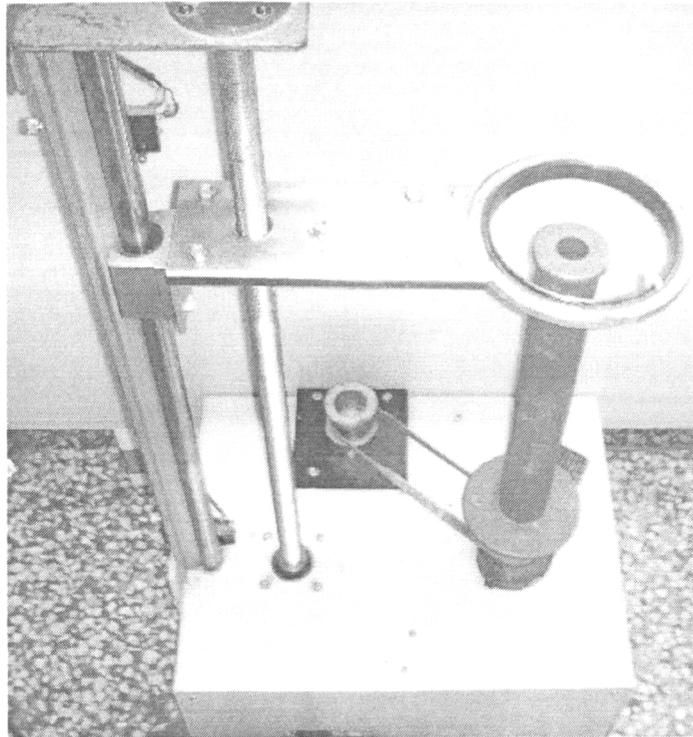


图 2.3 植生纱加捻、卷绕装置实物照片

2.3 植生纱设备外部线路图

基于触摸屏，利用可编程控制器(PLC)控制变频器来取代原机的继电器控制系统，使整个系统的操作更简便、自动化程度更高、可靠性更强^[32]。设备改造后电气控制系统以可编程序控制器(PLC)为核心，系统配置有电源模块、CPU 模块、输入模块、中断模块及输出模块、外围配备操作面板、指示灯、传感器等。改造后电气系统中由传感器检测设备的运行状态信息，经适当处理后，通过输入模块进入 CPU 模块，CPU 模块根据来自操作面板的信息和机组的状态信息进行逻辑控制，发出相应的控制信号，通过执行机构控制机组的运行。PLC 通过通讯模块可以和人机界面连接，完成车间管理任务。断路器起保护作用，虽然变频器有过流保护功能，但是根据电流大小选择合适的断路器能起到双重保护的功能。控制开关选用薄膜开关，它和指示灯都安装在控制箱的表面，具有美观大方的特点。具体的控制箱内各部件的相对位置按照电路走线和 PLC 变频器的散热要求，进行合理的安排。PLC 的输入端子接控制开关和各种工艺自停开关，输出端子接指示灯和变频器。图 2.4 为 植生纱整体设备的外部线路图^[33]。

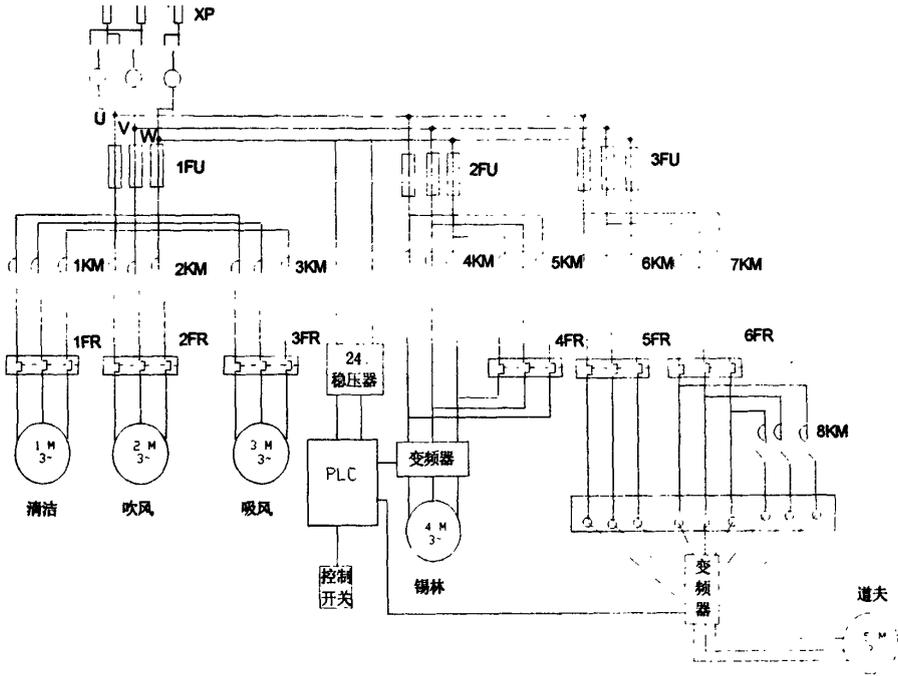


图 2.4 植生纱整体设备外部配线图

第三章 植生纱控制设备控制系统总体设计与硬件构成

3.1 控制系统总体设计

3.1.1 原有设备的不足

植生纱设备原来的控制方法是由主传动电动机经皮带轮一级减速后,再经各对齿轮分别传动各轴。使用这种控制方法,使得控制繁琐,不易控制,而且在不同工艺下,选择不同车速需要更换齿轮。而且使用了齿轮、皮带来进行变速,由于机械磨损等问题,很容易导致控制偏差而产生断条等现象。基于机械控制的这些缺点,现在使用电气结构来代替机械结构已经成为急需解决的问题。原电气控制部分采用继电器和逻辑电路板组成控制系统。该机各单元的动力驱动由三相异步电动机来完成。该控制系统有三点不足:

(1) 继电器线路接线复杂,功能单一。继电器接触控制系统的逻辑部分由许多继电器;按某一固定形式连接而成,若工艺流程发生改变,则需要改变继电器控制系统的接线,才能满足新的工艺流程要求。工人实际操作和维修复杂,易出故障;

(2) 可靠性不高,控制精度不够,这就势必影响了出条支数、出条定重;

(3) 继电器控制柜的体积大,占用了较大的生产空间,影响了工人的操作。

现在使用开环控制与闭环控制结合的方法,在此次植生纱设备的电气控制系统设计中,主电机是三相异步电机,要求精度高,采用闭环控制。其方法是使用 PLC 控制变频器驱动异步电动机,再在异步电动机上安装光电编码器,取得反馈值,之后与给定值进行叠加。钢领板及草种箱使用的电机采用步进电机,完全能达到控制要求。

3.1.2 总体设计

根据植生纱设备设计要求,该设备控制系统包括上位机和下位机。下位机主要控制植生纱单机的各种功能。上位机可以对一个厂房内所有的植生纱设备进行集中管理,使日常工作更趋向于简单化。

PLC 选用三菱 FX2N PLC,共 24 点输入,24 点输出,主要控制四台步进电机、一台异步电机的工作状态和转速;步进电机选用两相混合步进电动机,步距角 $1.8^\circ/\text{STEP}$,用于驱动钢领板和草种箱;步进电机驱动器选用 DMD402,电源电压 DC14V~40V,其作用是根据 PLC 的控制指令对电机实现脉冲和方向控制。变频器与 PLC 连接,实现主电机的速度调节与控制。控制系统的详细配置如下:

(1) 触摸屏: Eview MT506L 触摸屏;

(2) 可编程控制器 PLC: FX2N48M。

(3) 电机:

主电机: 三相异步电机 Y905-4 1.0 KW;

喂入罗拉电机: 步进电机 DM4240A 0.32 Nm;

锭子电机: 三相异步电机 Y905-4 0.1 KW;

钢领板电机: 步进电机 DM4250A 0.4 Nm;

种子箱电机: 步进电机 DM4240A 0.32 Nm;

(4) 光电传感器、直流继电器、光电开关、接近开关、各类指示灯及导线等。

3.2 PLC 的选型

可编程控制器 (PLC) 作为整个系统的核心部件, 如何选型是一个十分重要的课题。

PLC 选型的基本原则是: (1) 满足系统控制功能; (2) 保证系统可靠工作; (3) 性能/价格高。被控对象不同, 控制功能要求也不一样^[34]。

·对于一般替代继电器-接触器控制电路, 或生产过程控制、上下限报警、时序控制和条件控制等, 只需 PLC 内部一般的功能即可;

·若需要进行模拟量控制, 则应选用配有模拟量输入/输出模块、内部还具有数字运算功能的 PLC;

·若须进行数据处理和信息管理, 则所选 PLC 应具有图表传送、数据库生成等功能;

·若需要进行高速计数, 则所选 PLC 应可扩展高速计数模块; 若需要进行联网通讯、连接打印机或显示器, 则所选 PLC 应具有相应接口及接口程序。

通常做法是, 对于小型单机仅需要开关量控制的设备, 一般的小型 PLC 就可以满足要求; 在工艺过程比较固定、环境条件较好的场合, 建议选用整体式结构的 PLC; 对于较复杂和要求较高的系统则最好选用模块式结构的 PLC; 对于以开关量控制为主、带少量模拟量控制的工程项目中, 选用带 A/D 转换、D/A 转换、加减运算、数据传送功能的低档机就能满足要求; 而在控制比较复杂, 控制功能要求比较高的工程项目中 (如要实现 PID 运算、闭环控制、通信联网等), 可视控制规模及复杂程度来选用中档或高档机; 对于要将 PLC 纳入自动控制网络的场合, 应选用具有通信联网功能的 PLC。一般中型以上的 PLC 提供一个或一个以上的串行标准接口 RS-232-C, 以便连接打印机、CRT、上位计算机或其他 PLC。

3.2.1 I/O 的选择

PLC 按 I/O 点数分, 可分为微型 PLC (32 I/O)、小型 PLC (256 I/O)、中型 PLC (1024 I/O)、大型 PLC (4096 I/O)、巨型 PLC (8195 I/O) 五种。PLC 与工业生产过程的联系是通过 I/O 接口模块来实现的。PLC 有许多 I/O 接口模块, 包括开

关量输入模块、开关量输出模块、模拟量输入模块、模拟量输出模块以及其它一些特殊模块，使用时应根据它们的特点进行选择^[35]。

3.2.2.1 确定I/O点数

在I/O点数的确定时，应留有裕量。目前PLC的I/O点几个还比较高，如果备用的I/O点的数量太多，就会使成本增加。因此，通常I/O点数可按实际需要的10~15%考虑裕量。表3.1列出了典型传动设备及常用电气元件所需的开关量的I/O点数^[36]。

表3.1 典型传动设备及常用电气元件所需的开关量的 I/O 点数

序号	电气设备、元件	输入点数	输出点数	序号	电器设备、元件	输入点数	输出点数
1	Y- 起动的笼型异步电动机	4	3	12	光电管开关	2	-
2	单向运行的笼型异步电动机	4	1	13	信号灯	-	1
3	可逆运行的笼型异步电动机	5	2	14	拨码开关	4	-
4	单向变极电动机	5	3	15	二档波段开关	3	-
5	可逆变极电动机	6	4	16	行程开关	1	-
6	单向运行的直流电动机	9	6	17	接近开关	1	-
7	可逆运行的直流电动机	12	8	18	制动器	-	1
8	单线圈电磁阀	2	1	19	风机	-	1
9	双线圈电磁阀	3	2	20	位置开关	2	-
10	比例阀	3	5	21	单向运行的绕线转子异步电动机	3	4
11	按钮	1	-	22	可逆运行的绕线转子异步电动机	4	5

3.2.2 I/O模块的选择

I/O部分的价格占PLC价格的一半以上。不同的I/O模块，其电路和性能不同，他直接影响着PLC的应用范围和价格，应该根据实际情况合理选择。

1.开关量I/O模块

开关量输入模块就是将外部过程的开关量信号，例如限位开关、转换开关、按钮、继电器触电、指示灯、报警器、电动机起动器等状态信号转换成CPU模块所需的标准电平信号，并传到系统接口总线上。

开关量输出模块，是将CPU模块输出的系统接口总线所采用的CMOS电平信号，转换成外部过程所需的信号电平，并以此驱动外部过程的执行机构和指示灯等负载。

2. 模拟量I/O模块

模拟量输入接口一般用来感知传感器产生的信号。在工业控制中，经常遇到连续变化的物理量，如电流、电压、温度、压力、流量、位移、速度等等。若要对这些数据进行采集并送给CPU，必须先对这些模拟量进行模数转换才能使CPU接受这些数据。模拟量输入模块的作用就是实现这种功能。模拟量输入模块也有各种类型，典型规格有-10~+10V、0~+10V、4~20mA或10~50mA几种。

选择模拟量输入模块时，需要考虑以下几个方面的问题：

- 输入路数的多少；
- 输入电压、电流信号的类型；
- 模数转换的精度；
- 模数转换的速度。

模拟量输出模块是将PLC内部的数字结果转换成外部生产过程所需的模拟信号。模拟量输出模块可用于各种电动机转速的速度给定、各种位置运动的距离给定等。

3. 特殊功能I/O模块

在选择一台PLC时，用户可能会面临一些特殊类型且不能用标准I/O实现的限定（如定位、快速输入、频率等）。常用的特殊模块有高速计数模块和快速响应I/O等。高速计数模块可用于脉冲和方波计数、实时时钟、脉冲发生器、圆形码盘译码、机电开关等信息处理过程中，为高速计数、时序控制、采样控制提供了强有力的工具。快速响应模块的作用就是为了弥补PLC输入/输出有一定延迟，即输入量的变化在一个扫描周期后才能反映到输出上这种不足，它能将输入量的变化较快地反映到输出量上，实现快速输入、输出控制，其响应的延迟仅受电路中硬件的影响，而不受PLC扫描周期的影响。

4. 智能式I/O模块

当前，PLC的一些生产厂家相继推出了一些智能式的输入/输出模块。一般智能式输入/输出模块本身带有处理器，可对输入或输出信号作预先规定的处理，并将处理结果送入CPU或直接输出，这样可提高PLC的处理速度并节省存储器的容量。智能式输入/输出模块有高速计数器（可作加法计数或减法计数）、凸轮模拟器（用作绝对编码输入）、带速度补偿的凸轮模拟器、单回路或多回路的PID调节器、ASCII/BASIC处理器、RS-232C/422接口模块等。综上所述，表2归纳了选择I/O模块的一般规则。

表 3.2 PLC 的 I/O 接口模块的一般选择规则

I/O 模块类型	现场设备或操作 (举例)	说明
离散输入模块和 I/O 模块	选择开关、按钮、光电开关、限位开关、电路断路器、接近开关、液位开关、电动机起动机触点、继电器触点、拨盘开关	输入模块用于接收 ON/OFF 或 OPENED/CLOSED (开 / 关) 信号, 离散信号可以是直流的, 也可以是交流的
离散输出模块和 I/O 模块	报警器、控制继电器、风扇、指示灯, 扬声器、阀门、电动机起动机、电磁线圈	输出模块用于将信号传递到 ON/OFF 或 OPENED/CLOSED (开 / 关) 设备。离散信号可以是交流或直流
模拟量输入模块	温度变送器、压力变送器、湿度变送器、流量变送器、电位器	将连续的模拟量信号转换成 PLC 处理器可接受的输入值
模拟量输出模块	模拟量阀门、执行机构、图表记录器、电动机驱动器、模拟仪表	将 PLC 处理器的输出转为现场设备使用的模拟量信号 (通常是通过变送器进行)
特种 I/O 模块	电阻、电偶、编码器、流量计、I/O 通信、ASCII、RF 型设备、称重计、条形码阅读器、标签阅读器、显示设备	通常用作位置控制、PID 和外部设备通信等专门用途

3.2.3 电源模块的选择

电源模块的选择比较简单: 只需考虑输出电流。电源模块的额定输出电流必须大于 CPU 模块、I/O 模块、专用模块等消耗电流的总和。

3.2.4 存储器类型及容量选择

PLC 系统所用的存储器基本上由 PROM、EPROM 及 RAM 三种类型组成, 存储容量则随机器的变化, 一般小型机的最大存储能力低于 6kB, 中型机的最大存储能力可达 64kB, 大型机的最大存储能力可上兆字节。使用时可以根据程序及数据的存储需要来选用合适的机型, 必要时也可专门进行存储器的扩充设计。为了使用方便, 一般应留有 25%~30% 的裕量, 获取存储容量的最佳方法是生成程序, 即用了多少字。知道每条指令所用的字数, 用户便可确定准确的存储容量。

PLC 的存储器容量选择有两种方法: 一种是根据编程使用的节点数精确计算存储器的实际使用容量, 这种方法可精确地计算出存储器实际使用容量, 缺点是要编完程序之后才能计算。第二种为估算法, 这种方法比较常用, 用户可根据控制规模和应用目的, 按照表 3 的公式来估算。

表3.3 PLC存储容量的估算公式

控制目的	估算公式	说明
代替继电器	$M=K_m [(10 \times DI) + (5 \times DO)]$	其中，DI表示数字（开关）量输入信号；DO表示数字（开关量）输出信号；AI表示模拟量输入信号；K _m 表示每个节点所占存储器字节数；M表示存储器容量
模拟量控制	$M=K_m [(10 \times DI) + (5 \times DO) + (100 \times AI)]$	
多路采样控制	$M=K_m \{ [(10 \times DI) + (5 \times DO) + (100 \times AI)] [1 + \text{采样点} \times 0.25] \}$	

3.2.5 编程器和外部设备的选择

在系统的实现过程中，PLC的编程问题是非常重要的。用户应当对所选择PLC产品的软件功能及编程器有所了解。通常情况下，小型控制系统一般选用价格便宜的简易编程器，如果系统较大或多台PLC共用，可以选用功能强、编程方便的图形编程器。如果有个人计算机，可以选用能在个人计算机上运行的编程软件包。同时，为了防止因干扰、锂电池电压下降等原因破坏RAM中的用户程序，可以选用EEPROM模块作为外部设备^[37]。

3.3 触摸屏的选型

3.3.1 触摸屏简介

触摸屏是一种输入、定位设备，用户可以直接用手向计算机输入坐标信息^[38]。整个触摸屏系统一般由三部分组成：触摸屏控制卡、触摸检测装置和驱动程序。触摸屏控制卡自己带有CPU和固化的监控程序，其作用是从触点检测装置上接收触摸信息，将其转化为触点坐标，并送给主机；同时，还能够接收主机发出的命令并加以执行。触摸屏检测装置直接安装在监视器前端，用来检测用户的触摸位置，并将信息传递给触摸屏控制卡。驱动程序除了驱动硬件之外，还带有用来校准触摸屏的应用。

电阻式触摸屏是一块与显示设备表面配套紧密的电阻薄膜屏。这是一种多层的复合薄膜，由一层玻璃有机玻璃作为基层，其表面涂有一层ITO，外面再覆盖一层经过硬化处理，光滑防刮的塑料层，把它与外界环境隔离开，塑料层的表面也涂有一层ITO。在两层ITO导电层之间有许多细小（小于百分之一毫米）的透明隔离点把它们隔开并绝缘，ITO层的两条边线上各涂一条银胶，一端加0 V电压，另一端加5 V，这样就能在工作面上形成均匀连续的平行电压分布。

植生纱设备主要通过触摸屏与控制系统的可编程控制器相互通讯，实现对设备的运行状态监控、生产数据统计、故障统计和系统参数设置等功能。本机为用户提供6组菜单，分别为“自动运行”、“点动调试”、“参数显示”、“参数设定”、“工艺计算”、“返回”。

- (1)“自动运行”包括主电机启动、停止、毛斗电机启动、停止、离合器结合、脱开。
- (2)“点动调试”包括主电机点动、毛斗电机点动。为方便用户在调试、维修、保养时使用。
- (3)“参数显示”包括主电机转速、毛斗电机转速、出条定重、牵伸倍数等。显示当前的电机转速和工艺参数，实现实时监控。
- (4)“参数设定”包括电机转速、条干重量不匀率，出条支数。通过改变电机转速来达到用户所需毛条工艺参数。
- (5)“工艺计算”通过输入喂入品线密度、毛条支数、捻系数、输出速度，来计算理论牵伸倍数、电机转速。
- (6)“返回”此菜单使用户返回开机屏。

3.3.2 Eview 触摸屏 MT506L

- 强大的32位嵌入式高性能CPU,支持256色真彩显示与敏捷的反应速度;
- 功能强大且简单易用的简体中文编辑软件,使你轻松完成复杂的人机界面设计;
- 独特的多视窗操作功能,大大增加可显示信息量;
- 可与几乎所有的PLC兼容;
- 创新的在线模拟功能,大大节省工程时间;
- 具有手写留言板功能,具有实现三级用户口令保护的功能;
- 具有RTC(实时时钟)和配方存储功能,支持“多屏单机”和“单屏多机”连接方式;
- 双独立串行通讯口和独立的打印接口;
- 工业级人机界面,前面板防护等级 IP65;
- 可为 OEM 用户的专用控制器开发的通信协议驱动。

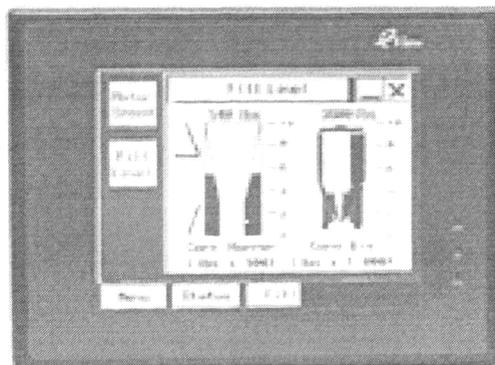


图 3.1 Eview 触摸屏

表 3.4 Eview MT506L 触摸屏

硬件规格 (Hardware Specifications)	
显示屏	5.7" 蓝色 STN 液晶屏
分辨率	320 × 240 像素
亮度	60 cd/m ²
色彩	四色灰度
对比度	15:1
背光灯	1 支 CCFL (最低保证寿命 >20000 小时)
触摸屏	4 线 精密电阻网络 (表面硬度 4H)
CPU	Intel Strong ARM RISC 32 位 133MHz
存储器	1 MB Flash ROM + 4 MB DRAM
通信端口	COM1: PC RS232 & PLC RS485/422 COM2: PLC RS232
配方存储器	标准内置 128KB + 实时时钟
打印端口	无
系统诊断	电源失效检测
一般规格 (General Specifications)	
供电电源	21 ~ 28 VDC 220mA @ 24VDC
CE 认证	符合 EN50081-2 和 EN50082-2 标准
FCC 兼容性	符合 FCC Class A
耐压测试	500 V AC 1 分钟
绝缘电阻	超过 50M 欧姆 @ 500V DC
防震测试	10 ~ 25 Hz (X、Y、Z 方向 2G 30 分钟)
防护等级	IP65 (前面板)
工作环境温度	0 ~ 45 °C
工作环境湿度	10 ~ 90 % RH (非冷凝)
外壳材料	工程塑料 ABS + PC

3.4 步进电机的选型

3.4.1 步进电机简介

步进电机作为控制执行元件,是机电一体化关键产品之一,广泛应用在各种自动化控制系统和精密机械等领域^[39]。

随着微电子和计算机技术的发展,步进电机的需求量与日俱增,在各个国民经济领域都有应用。步进电机和普通电动机不同之处是步进电机接受脉冲信号的

控制。现阶段，反应式步进电机获得最多的应用^[40]。

步进电机和普通电机的区别主要在于其脉冲驱动的形式，正是这个特点，步进电机可以和现代的数字控制技术相结合^[41]。不过步进电机在控制的精度、速度变化范围、低速性能方面都不如传统的闭环控制的直流伺服电动机。在精度不是需要特别高的场合就可以使用步进电机，步进电机可以发挥其结构简单、可靠性高和成本低的特点。使用恰当的时候，甚至可以和直流伺服电动机性能相媲美。

3.4.2 两相混合式步进电机

本课题选用 2 相 42、56 系列步进电机。该型号步进电机的步距角为 1.8° ，保持转矩为 0.32~1.0 Nm。

步距角和保持转矩是步进电机最重要的参数。当步进驱动器接收到一个脉冲信号，它就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度即为步距角。可以通过控制脉冲个数来控制角位移量，从而达到准确定位的目的；同时可以通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度，从而达到调速的目的。

保持转矩（HOLDING TORQUE）是指步进电机通电但没有转动时，定子锁住转子的力矩。它是步进电机最重要的参数之一，通常步进电机在低速时的力矩接近保持转矩。由于步进电机的输出力矩随速度的增大而不断衰减，输出功率也随速度的增大而变化，所以保持转矩就成为了衡量步进电机最重要的参数之一。比如，当人们说 2N.m 的步进电机，在没有特殊说明的情况下是指保持转矩为 2N.m 的步进电机。

3.5 变频器的选型

我们选用的是松下电工的 VF0 系列的变频器，VF0 系列变频器有如下特点：

①VF0 变频器体积小，实现了同类产品中最小型化的目标，0.2kW 和 0.4kW 型，宽 78mm×高 110mm；②具有抗电源电压波动强的能力，允许电源电压 AC170V~353V；③采用了新设计的调频电位器，使调频操作简单轻松，而且用操作面板就可容易地操作正转/反转；④内装 8 段速控制制动功能、再试功能等；⑤根据外部 SW 调整频率增减和记忆功能；⑥ 400V 系列型内置制动电路；⑦采用 FP0、C.NET 适配器和双绞线，可构成 1 个主站、32 个从站的网络，全长 1200m，波特率 9600Kb/s、19200Kb/s。

主站可以采用 PLC 或市售的计算机，如采用 FP0-T32CT 为主站，可连的从站达 99 个。采用计算机作主站，可以采用 PCWAY 软件或组态王软件。适合应用于自动电梯控制，智能化停车设备及楼宇管理等^[42]。

第四章 植生纱设备控制系统的软件设计

植生纱机控制系统程序分为：控制部分、参数设定显示部分、计算采样部分、数字通讯部分和加捻卷绕部分。

(1) 控制部分：为软件主程序部分，主要依据系统开关量和传感器的输入完成纺纱过程自动控制。

(2) 参数设定显示部分：主要依据 Eview 配置完成参数设定显示菜单画面，完成产量、草种密度、锭子速度、前罗拉速度、牵伸倍数、捻度、植生纱号数等参数显示，以及参数设置画面，可完成参数的设定、错误设置提示等功能。图 4.1 为参数设定菜单程序框图。

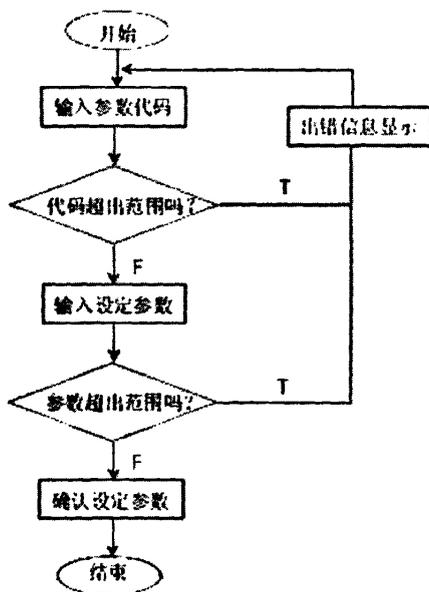


图4.1 参数设置程序框图

(3) 计算采样部分：主要依据主轴、罗拉和草种箱数据检测传感器采样结果以及设计参数完成系统计算，用以完成各类显示参数的计算及定长落纱等功能。

(4) 数字通讯部分和锭子运行曲线部分：主要采用自由口通讯协议完成与变频器的数据传输。自由口通讯控制寄存器设置为自由口通讯方式后程序通过接受中断以及发送指令控制通讯口的操作。在自由口通信方式下通信方式出程序梯形图控制。该部分程序框图如图。

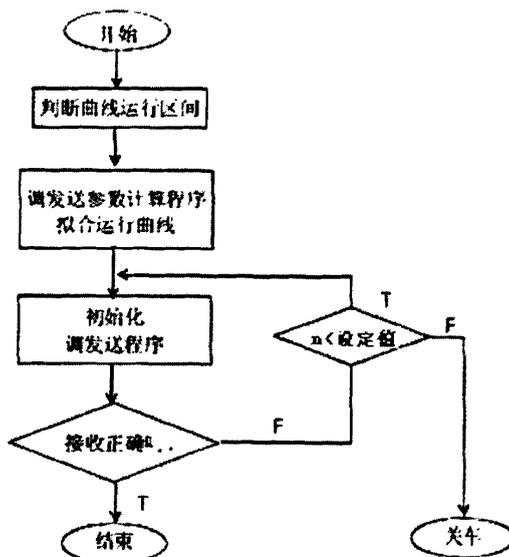


图 4.2 参数传递程序框图

根据植生纱原来的控制系统，采用PLC后，输入开关量信号包括起停按钮、行程开关、选择开关等15个开关量输入和控制电机运行的继电器、指示灯等9个开关量输出。在纺纱过程中只需要简单的开关量逻辑控制。

电气系统具有以下特点：生产过程中任何时候关车，均能自动适位停车；提高落纱时，能使钢领板自动下降并适位停车；满管后钢领板自动下降，并适位停车；开车前钢领板自动复位；异步主电机驱动主轴，高、低速运转既可手动切换，也可自动切换。

根据植生纱设备的特点，其控制系统可划分为四个模块：喂料机构起停逻辑；锡林起停逻辑；速度控制及同步处理；故障检测与处理。

4.1 PLC控制步进电机程序设计

4.1.1.控制方案的确定

由于步进电机可直接用数字信号控制，无需反馈可开环工作，无累积定位误差，控制精度高，因此被广泛用于数字控制系统和计算机控制系统。而可编程控制器(PLC)是一种适于工业现场控制的，由单片计算机(CPU)、外围大规模集成电路(LSI)、系统软件及I/O接口等构成的新型控制器，用户通过软件设计，可实现以往难以实现的各种复杂逻辑控制，PLC还具有可靠、抗扰能力强、编程简单等优点，已成为替代传统继电器控制线路的升级换代产品。因此，本系统采用可编程控制器(PLC)为控制核心，步进电动机为执行元件、红外光电传感器为检测元件的新型系统，实现了植生纱设备的计算机数字控制。其组成原理如图4.3所示。

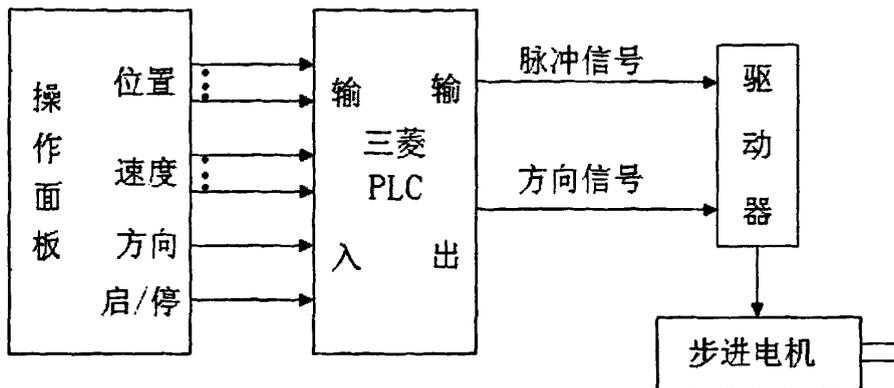


图 4.3 PLC 控制步进电机系统示意图

4.1.2 步进电机工作原理与控制

步进电机是一种将脉冲信号转换成直线位移或角位移的执行元件。步进电机的输出位移量与输入脉冲个数成正比，其速度与单位时间内输入的脉冲数(即脉冲频率)成正比，其转向与脉冲分配到步进电机的各相绕组的相序有关。所以只要控制指令脉冲的数量、频率及电机绕组通电的相序，便可控制步进电机的输出位移量、速度和方向^[43]。

基于 PLC 的步进电机控制的控制原则如下：

通过控制脉冲数量来控制角位移量，从而达到准确定位的目的；通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度，从而达到调速的目的；通过改变通电顺序，从而达到改变电机旋转方向的目的。

步进电机能作出响应而不失步的最高步进频率称为“启动频率”，与此类似，“停止频率”是指系统控制信号突然关断，步进电机不冲过目标位置的最高步进频率。而电机的启动频率、停止频率和输出转矩都要和负载的转动惯量相适应。有了这些数据，就能有效地对步进电机进行变速控制。采用 PLC 控制步进电机，应根据下式计算系统的脉冲当量、脉冲频率上限和最大脉冲数量，进而选择 PLC 及其相应的功能模块。根据脉冲频率可以确定 PLC 高速脉冲输出时需要的频率，根据脉冲数量可以确定 PLC 的位宽^[44]。

脉冲当量= 步进电机步距角×螺距/(360×传动速比)

脉冲频率上限= 移动速度×步进电机细分数/脉冲当量

最大脉冲数量= 移动距离×步进电机细分数/脉冲当量

4.1.3.控制系统的实现

1.系统组成

PLC 选用日本三菱 FX_{2N}48MR PLC，共 24 点输入(X0~X23),24 点输出

(Y0~Y23)，主要控制主电机和喂入罗拉步进电机的工作状态和转速；步进电机选用三相混合步进电动机，步距角 $1.8^\circ / \text{STEP}$ ，用于驱动主机和喂入罗拉；步进电机驱动器选用 DMD402，电源电压 DC14V~40V，其作用是根据 PLC 的控制指令对电机实现脉冲和方向控制。

2. FX2NPLC 对步进电机的控制

FX 系列 PLC 除具有一般逻辑控制与运算功能外，还具有高速计数输入(最大 10kHz)、PLS 脉冲直接输出、SPD 位置控制、PWM 脉冲输出等特殊处理功能，用于步进电机的速度控制或位置控制十分方便。

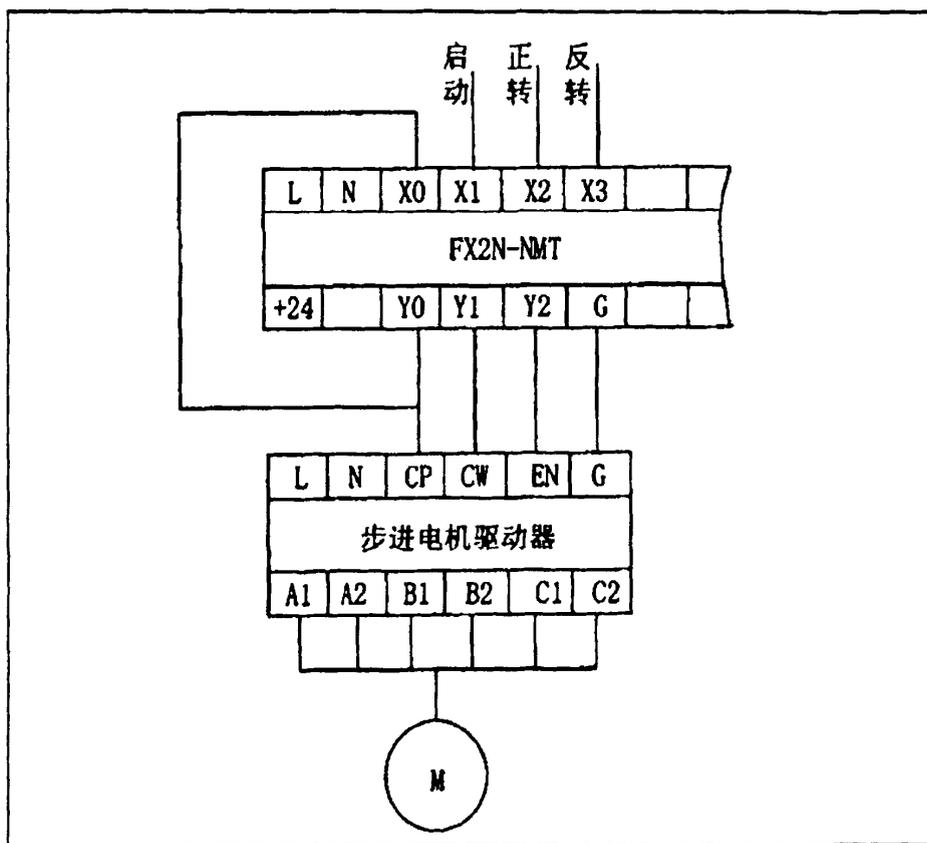


图 4.4 步进电机的 PLC 控制系统 I/O 接线图

其中：输入端为 X0、X1、X2、X3；

输出端为 Y0 驱动 A 相功放电路；

Y1 驱动 B 相功放电路；

Y2 驱动 C 相功放电路。

3. PLC 控制步进电机的梯形图

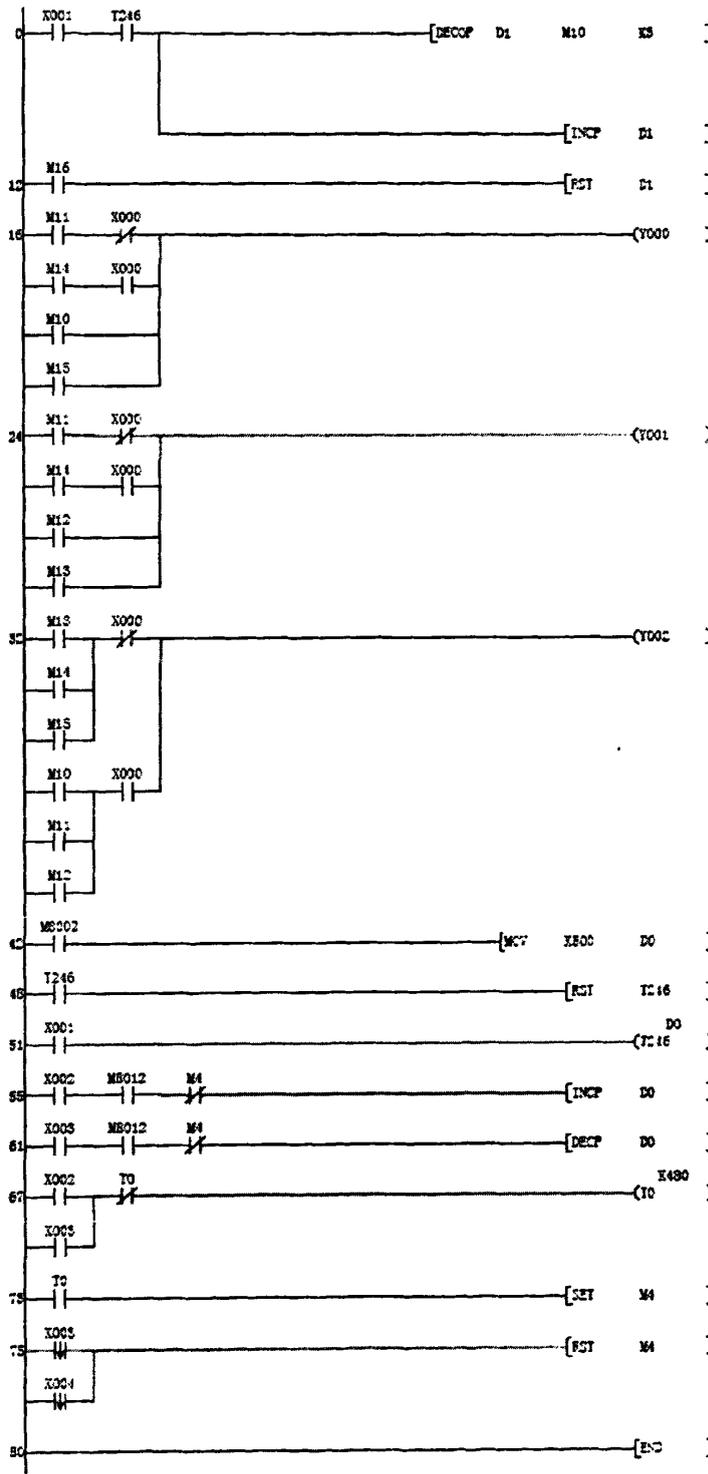


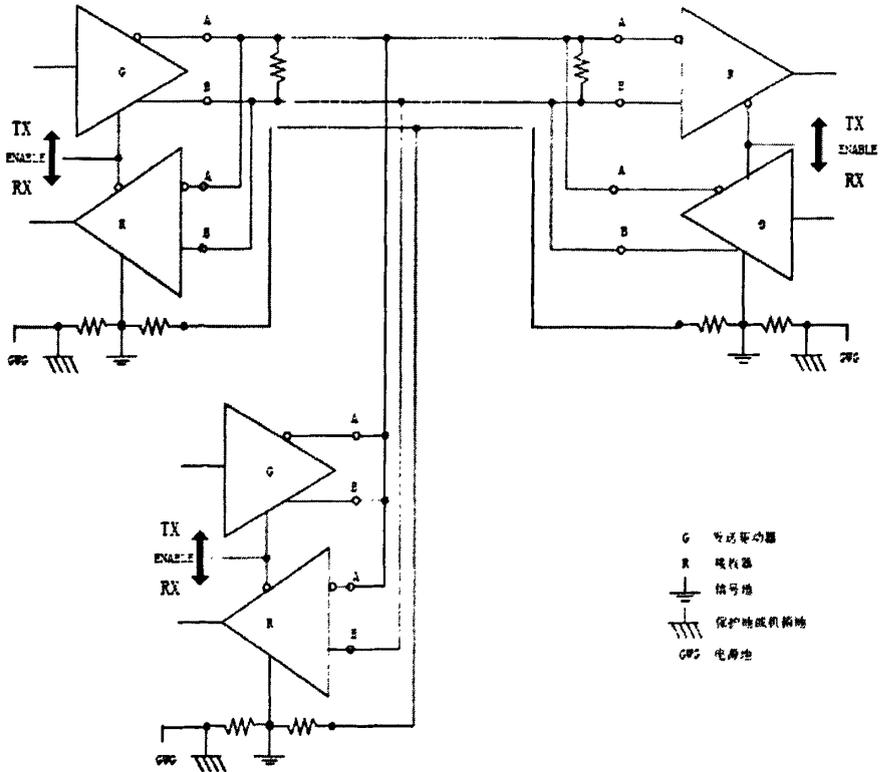
图 4.5 PLC 控制步进电机的梯形图

4.2 PLC 与变频器的 RS485 通信

4.2.1 RS-232 与 RS-485 的比较

常用的串行通信有两种，一种为RS-232 串行通信，一种为RS-485 串行通信。由于串行通信使用方式简便易用，工业控制领域大多都使用串行通信作为其数据交换的手段。但是工业设备的使用环境经常比较恶劣，可能会存在噪声或者电源谐波干扰，RS-232 在如此环境下抗干扰的能力远不及RS-485，除此之外，RS-232 只能是一对一控制，而RS-485 则可以实现一对多控制；RS-232 一般是9 针公头，而RS-485 则是两根线就可以控制。因此工业环境下的串行通信大多都采取RS-485 串行通信方式。RS-485 总线的共模输出电压在-7V 至+12V 之间，具有抑制共模干扰的能力，数据传输速率最大为10Mbit/s，当波特率为1200bps时最大的传输距离理论上可达15千米^[45]。

RS-485一般采用二线与四线方式，二线制可实现真正的多点双向通信，其中的使能信号控制数据的发送或接收，如图4.6所示：



4.6 RS-485 通信

在PLC 与变频器的综合应用中，比较传统的应用一般是使用PLC 的硬接点输出控制变频器的运行及停止，使用多段速度或D/A 输出控制变频器的转速变

化,在这种应用方式中,PLC与变频器通过外部接线完成连接,不能进行内部数据的传递;而使用RS-485 通讯控制,仅通过一条通讯电缆连接,无需其他外部接线,不但能完成传统应用的所有功能,还能进行内部的数据通讯,可方便地从变频器中获取所驱动的电动机各种电参数如:运行频率、电流、电压、功率等等,配以人机界面的话,可将上述电参数直接显示在人机界面上。下面介绍三菱的FX 系列PLC与三菱变频器的FR- S540 的RS-485 通讯。

4.2.2 PLC 与变频器通讯的硬件连接

三菱变频器有一个称为PU 的口,用于连接变频器的操作单元。这个PU 口是个RS-485 的接口,利用这个接口可以用上位机(PLC 或计算机)对变频器进行参数读写、开机、关机、改变运行频率等操作。RS-485 接口采用差动输入和差动输出,具有较强的抗干扰能力,非常适合于环境恶劣的现场工作。由于采用RS-485 连接,因此1 台计算机最多可控制32 台变频器。对一般计算机,机上只配有RS-232C 接口,因此为与变频器的PU 口相连,必须配置有485 接口卡或RS-232C /RS-485 转换器。变频器通过网线与PLC (FX2N) 485BD 通信板连线如图4.7所示。

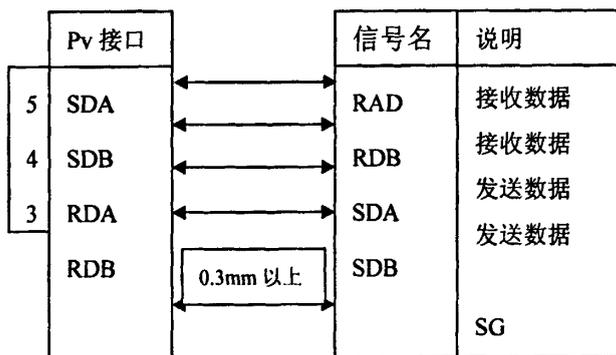


图4.7 变频器的PU 接口与PLC 通信板连线

4.2.3 PLC 与变频器的编程协议

为了正确地建立通信,必须在变频器内设置与通信有关的参数如站号、波特率、奇偶校验等^[46]。

PLC和变频器通讯可分为三个阶段:变频器的通讯请求阶段、变频器对收到数据的响应阶段和PLC根据变频器返回数据的响应阶段。在每个阶段,根据指令代码和应答数据的不同,通讯数据格式不一样。要求电动机运转,常用指令代码为HED (运行频率的写入)、H6F (输出频率)和HEA (电动机运行指令),PLC和变频器通

讯时,使用十六进制数,数据在它们之间自动使用ASC II码传输。

1. 通讯协议和数据格式

PLC 和变频器之间进行通讯, 通讯规格必须在变频器的初始化中设定, 如果没有进行设定或有一个错误的设定, 数据将不能进行通讯。且每次参数设定后, 需复位变频器。确保参数的设定生效。以从PLC 到变频器的通讯请求数据为例: 数据写入

数据写入

格式A

*3	变频器	*5				
ENQ	站号	指令代码	等待时间	数据	总和校验	*4

数据读出

格式B

*3	变频器		*5			
ENQ	站号	指令代码	等待时间	总和校验	*4	

2. 通信数据定义

所有指令代码和数据均以ASCII 码(十六进制) 发送和接收。例如:(频率和参数) 依照相应的指令代码确定数据的定义和设定范围。变频器站号可用十六进制在H00 和H1F(站号0~31)之间设定^[47]。

* 3 表示控制代码;

* 4 表示CR(回车符) 或LF(换行符) 代码; 当数据从PLC传输到变频器时, 在有些计算机中代码CR(回车符) 和LF(换行符) 自动设置到数据组的结尾, 因此变频器的设置也必须根据计算机来确认;

* 5 规定变频器收到计算机来的数据和传输应答数据之间的等待时间。指令代码由变频器手册给出, 对于不同的运行指令有不同的数据。总和校验码是由被校验的ASCII 数据的总和(二进制的)的最低一个字节(8 位)表示的2 个ASCII 数字(十六进制)。和校验范围从“站号”开始到“数据”结束。

4.2.4 PLC 串行数据通讯指令简介

要实现PLC 对变频器的通讯控制, 必须对PLC 进行编程; 通过程序实现PLC 对变频器的各种运行控制和数据的采集。PLC 程序首先应完成FX2N- 485BD 通讯适配器的初始化、控制命令字的组合、代码转换和变频器应答数据的处理工作。PLC通讯运行程序设计流程如图4.8所示。

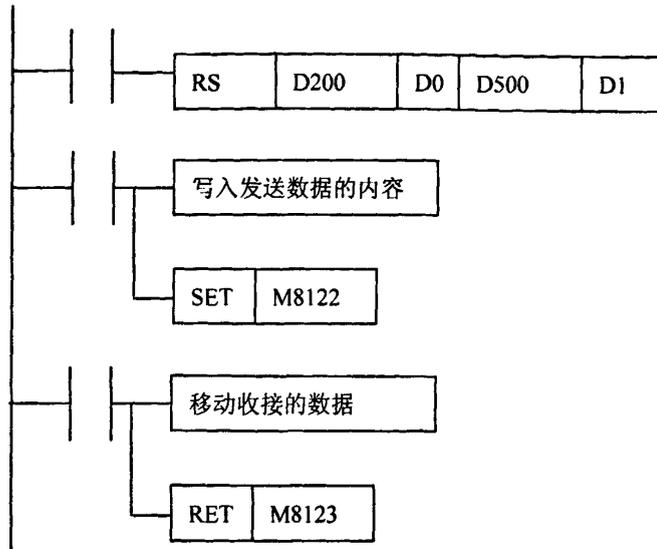


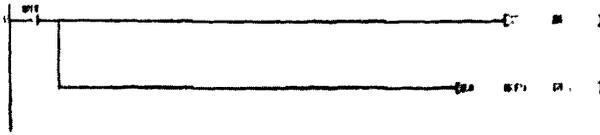
图4.8 PLC通讯运行程序设计流程

- 1) 该RS 指令为使用RS- 232C 及RS- 485 功能扩展板及特殊适配器, 进行发送接收串行数据的指令数据的格式可以通过特殊数据寄存器D8120 设定, 并要与变频器的数据格式类型完全对应; 通过PLC 传送指令把通讯数据装到D200 开始的连续单元中;
- 2)D200: 发送数据的首地址(指针) ;
- 3)D0: 发送数据的字节数(点数) , 根据协议可以用常数直接指定字节数, 在不进行发送的系统中, 将数据发送点数设定为K0;
- 4)D500: 接收数据的首地址(指针) ;
- 5)D1: 数据接收的字节数(点数) , 根据协议可以用常数直接指定字节数, 在不进行接收的系统中, 将数据接收点数设定为K0;
- 6) 发送通讯数据时请使用脉冲执行方式, SET M8122 即可。2.4 PLC 可编程控制器的通讯格式D8120为了使用串行数据的发送和接收, 在变频器和PLC 可编程控制器的通讯格式必须一致, PLC 可编程控制器的通讯参数通过D8120 来设定。

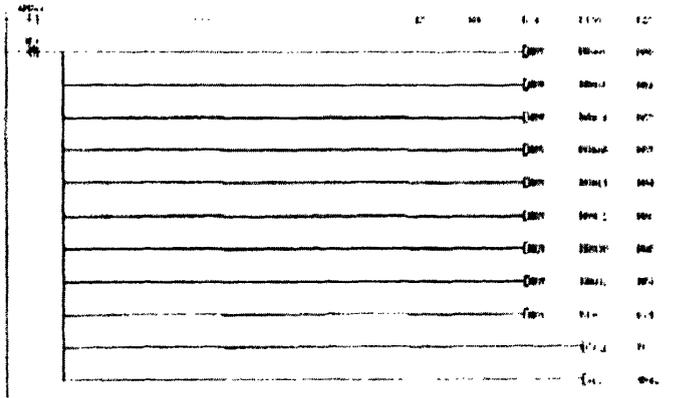
4.2.5 软件设计

要实现PLC 对变频器的通讯控制, 必须对PLC 进行编程; 通过程序实现PLC 对变频器的各种运行控制和数据的采集。PLC 程序首先应完成FX2N- 485BD 通讯适配器的初始化、控制命令字的组合、代码转换和变频器应答数据的处理工作。以PLC 通过RS- 485 通讯控制变频器正转起动运行, M70控制电动机停转, 启动为例说明, 运行程序以梯形图形式说明。设定通讯模式程序, 其中“M8161=1”为8 位数据处理模式, “D8120=H0E70”根据D8120 的格式设定, 数据长度7位, 无奇偶校验, 1位停止位, 波特率4800BPS。控制变频器正向启动程序如图所示:控

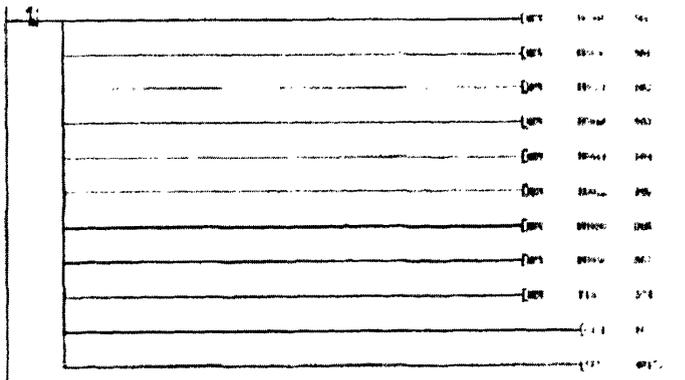
制变频器停转程序:总和校验子程序:



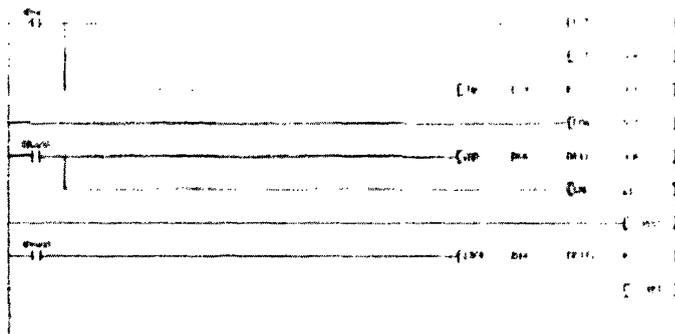
控制变频器正向启动程序如图所示:



控制变频器停转程序:



总和校验子程序:



4.3 触摸屏和 PLC 的连接与通信

植生纱设备采用的是 Eview MT506L 系列触摸屏，它的性能规格已在第三章简述。

4.3.1 MT506 系列触摸屏的连接方式

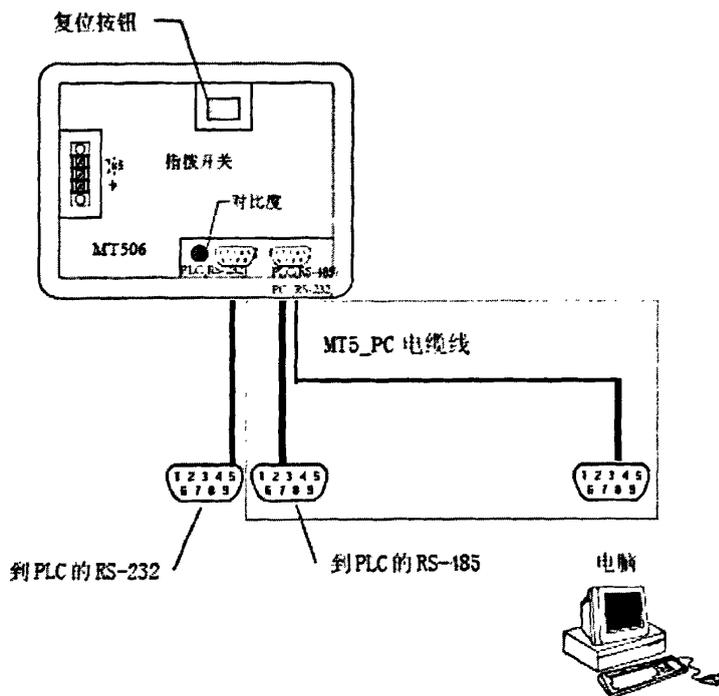


图4.9 MT506触摸屏与PLC及PC的连接方式

4.3.2 MT506 系列人机的优点

MT506 系列人机除了一般的人机所拥有的功能外,还提供了许多如下特有

的功能:：

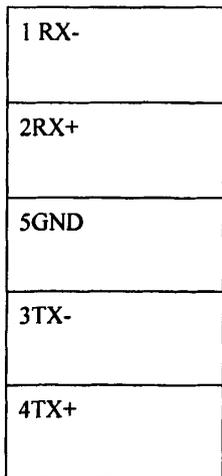
- A. 可以同时开启6个弹出窗口；
- B. 可以拥有和WINDOWS95/98 系列一样的任务栏和快选窗口——工作按钮；
- C. 利用工作按钮可以呼叫快选窗口（其设计方式和基本窗口一样，EasyBuilder 将其预设为第4个窗口），可在快选窗口放置要经常显示的元件或直接切换窗口的开关。
- D. 可在弹出窗口中放置窗口控制功能键，使弹出窗口可以最小(大)化，及任意移动窗口；
- E. 新增留言板功能，可更改笔的粗细，颜色，并可使用橡皮擦功能等；
- F. 方便易用而又强大的在线模拟和离线模拟功能，使繁杂的程序设计变的轻松有效，并可节约大量的工程调试时间；
- G. 256 色显示方式使触摸屏的表达更加丰富多彩，效果胜人一筹；
- H. 方便快捷的主从连接方式使多台触摸屏的互连通信简单易行，稳定可靠而又效率出众；
- I. 强大的32位RISC处理器的应用使MT500拥有更快的处理速度；
- J. 和绝大多数主流PLC的直接连接使MT500拥有更广阔的市场和应用；
- K. 简但单易用而又功能强大的EasyBuilder500 组态软件使用户能以最快的速度掌握其设计方法，并设计出一流的作品。

4.3.3 触摸屏和 PLC 的详细接线图

EasyView MT500 触摸屏

PLC RS485 端口

9 针 D 形公座



MITSUBISHI PLC

FX 系列RS485BD 模块

RS485 端口

5 点接线端子

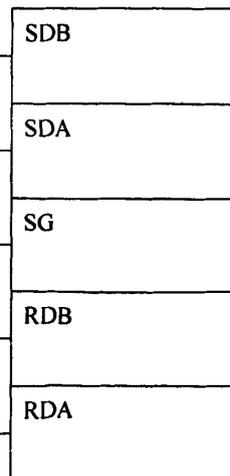
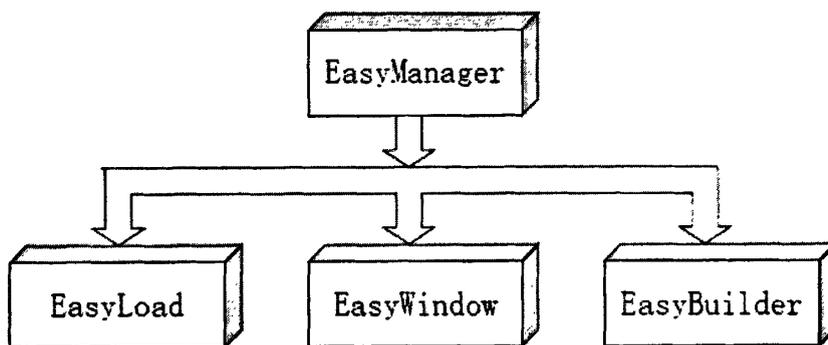


图4.10触摸屏和PLC的详细接线图

4.3.4 Easy Manager 软件及设置

Easy Manager 是整套EasyView500 软件的系统综合软件,整个EasyView500 系统共包含 3 个模块: EasyLoad[Upload(上传)和 Download(下载)], EasyWindow(在线模拟和离线模拟)及Easybuilder。Easybuilder是组态软件,用来配置各种元件,一般简称EB500。在Easybuilder 中也可以下载及在线(或离线)模拟,但是它是通过asyManager 来调用其它2 个模块的方式来实现的.在Easybuilder 中下载,(离)线模拟时并不需要打开EasyManager 窗口,但是必须先设定好 EasyManager 上的相关参数(比如通信口,通信速率等),否则这些操作可能会不能进行。



4.11 EasyManager 的结构关系图

4.3.5 EasyBuilder500 软件设置

参数项	推荐设置	可选设置	注意事项
PLC 类型	MITSUBISHI FX2N	MITSUBISHI FX2N MITSUBISHI FX0n/FX2 MITSUBISHI FX0n/FX2/FX2N COM	采用不同的PLC 时, 应选择对应的PLC 类型 *
通信口类型	RS485	RS232/RS485	
数据位	7	7 or 8	必须与 PLC 通信口设定相同
停止位	1	1 or 2	必须与 PLC 通信口设定相同
波特率	9600	9600/19200/38400/ 57600/115200	必须与 PLC 通信口设定相同
校验	偶检验	偶检验/奇校验/无	必须与 PLC 通信口设定相同

人机站号	0	0-255	对此协议不需要设定
PLC 站号	0	0-255	必须与 PLC 通信口设定相同
多台人机互连	关闭	关闭/主机/副机	仅用于多台人机互连
人机互连通信速度	115200	38400/115200	仅用于多台人机互连
PLC 超时常数	3.0	1.5-5.0	请采用默认设定

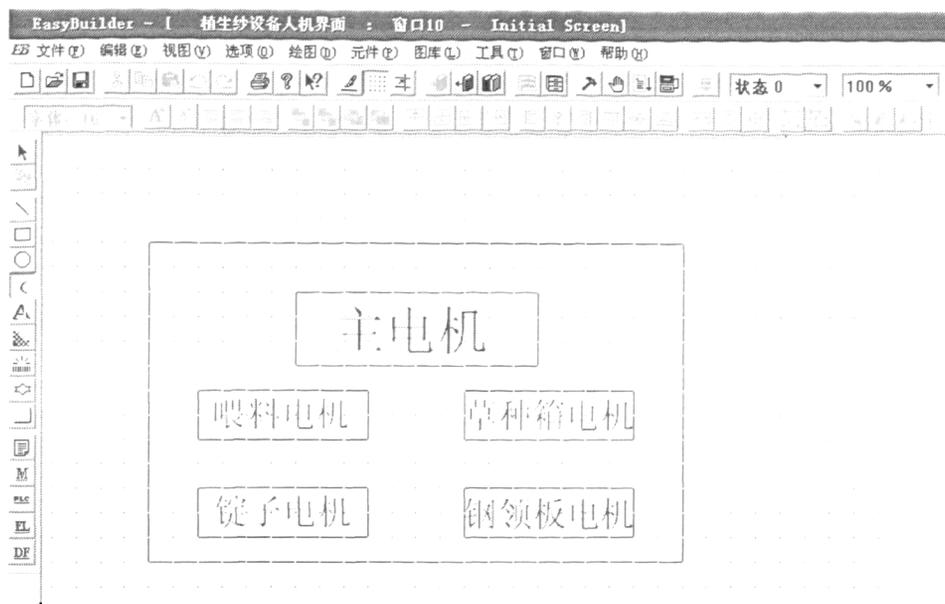
可操作的地址范围

PLC	地址类型	可操作范围	格式
X	0-377	OOO	外部输入节点
Y	0-377	OOO	外部输出节点
M	0-7999	DDD	内部辅助节点
SM	8000-9999	DDD	特殊辅助节点
T	0-255	DDD	定时器节点
C	0-255	DDD	计数器节点
TV	0-255	DDD	定时器缓存器
CV	0-199	DDD	计数器缓存器
CV2	200-255	DDD	计数器缓存器（双字32
D	0-7999	DDD	数据寄存器
SD	8000-9999	DDD	特殊数据寄存器

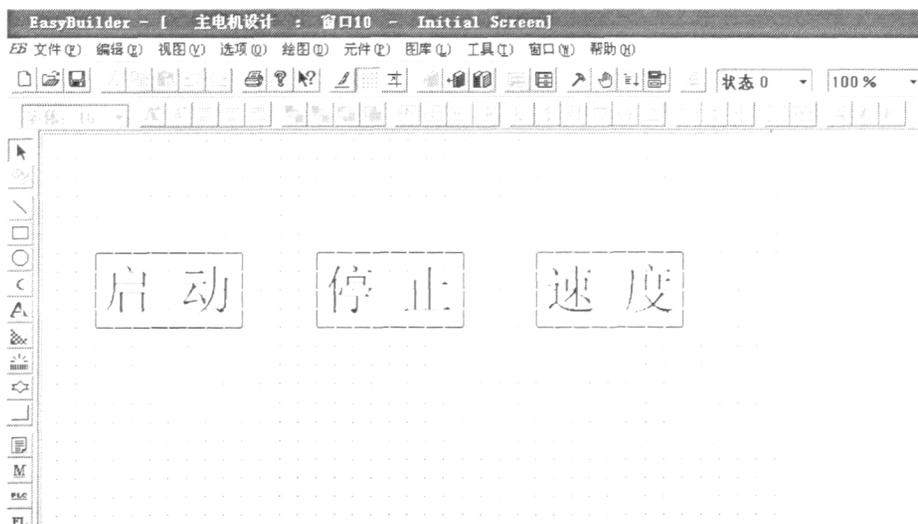
说明：①D 表示十进制，O 表示八进制，范围为0-7。

②上表可操作范围为MT500 触摸屏可操作范围，实际PLC 的范围可能小于或大于此范围

4.3.6 MT506 触摸屏界面设计



4.12 植生纱设备人机界面设计



4.13 植生纱设备人机界面主电机设计

4.4 植生纱加捻卷绕装置

本装置的设计，采用环锭捻线机的卷绕原理，回转运动除了完成所要求的卷绕作用外，还要对纱线起加捻的作用。采用环锭加捻方法的设备种类很多，如棉纺、毛纺、麻纺的细纱机和捻线机等。植生纱加捻采用圆锥面短动程等螺距交叉卷绕的成形方法把纱线绕在筒管上。

4.4.1 细纱的成形过程

管纱的成形要求卷绕紧密、层次清楚、不相纠缠，有利于后道工序高速退绕。管纱的卷装尺寸或容量除直接纬纱受梭子内腔尺寸限制外，应尽量增大容量，以减少细纱工序落纱和后道工序退绕时的换管次数，提高设备利用率和劳动生产率以及后工序高速轴线退绕时不脱圈，便于运输和存储等。细纱管纱都采用圆锥形交叉卷绕形式(又称短动程升降卷绕)，如图 1，图 2 所示，截头圆锥形的大直径，即管身的最大直径 d_{\max} (通常比钢领直径约小 3 mm)，小直径 d_0 就是筒管的直径。每层纱的绕纱高度 h 一般为 46~56mm，管纱的成形角 $r/2$ 为 $12.5^\circ\sim 14^\circ$ 。为了完成管纱的全程卷绕，每次卷绕一层纱后钢领板要有一个很小的升距 m (俗称为级升)。在管底卷绕时，为了增加管纱的容量，每层纱的绕纱高度和级升均较管身部分卷绕时小。从空管卷绕开始，绕纱高度和级升由小逐层增大，直至管底卷绕完成，才转为常数 h 和 m ，即管底阶段卷绕时， $h_1 < h_2 < h_3 < \dots < h_n = h$ ， $m_1 < m_2 < m_3 < \dots < m_n = m$ 。为使相邻的纱层次分清，不相重叠纠缠，防止退绕时脱圈，一般钢领板向上卷绕时纱圈密些，称为卷绕层，钢领板向下卷绕时纱圈稀些，称为束缚层。这样在两层密绕纱层间有一层稀绕纱层隔开。因此，要完成纱圈的圆锥形卷绕，钢领板的运动应满足以下要求^[48]：

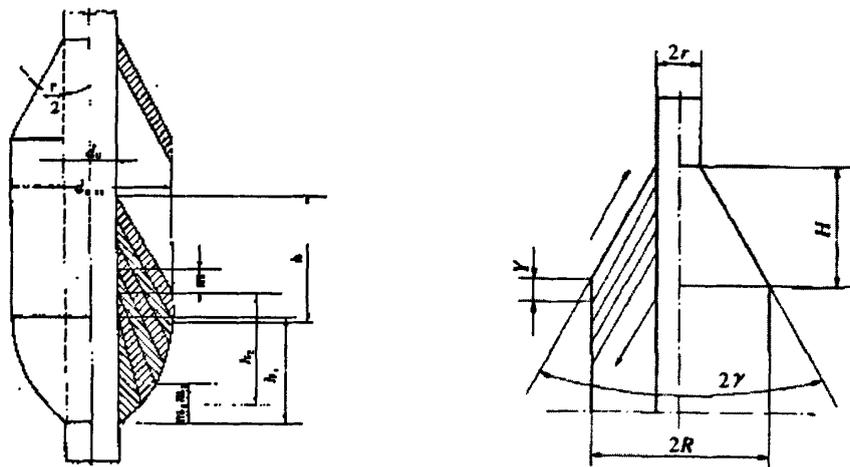


图4.14 管纱的成形及卷绕示意图

- (1)短动程升降，一般上升慢、下降快；
- (2)钢领板每次升降后要改变方向，还应有级升；
- (3)管底成形阶段绕纱高度和级升由小逐层增大；

4.4.2 卷绕方程

4.4.2.1 主要参数的分析与计算

为了使纱线卷绕层次分明、有条不紊，应按一定的螺旋线形式绕成管纱，纱圈螺旋线如图 4.13 所示。

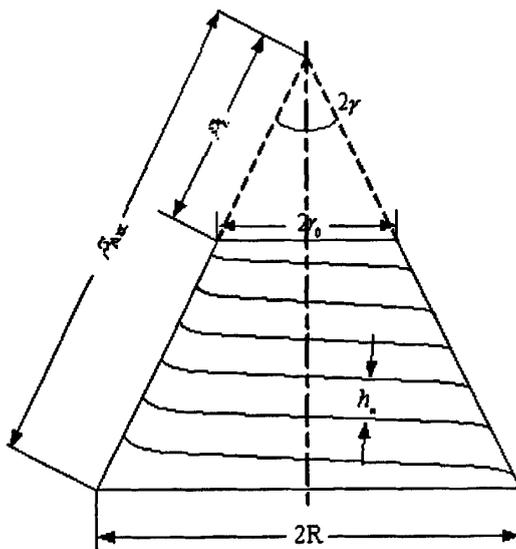


图4.15 纱圈螺旋线

(1) 法向螺距 h_n : 是相邻纱圈之间的最短距离。 h_n 必然与纱圈垂直。为使相邻纱层层次分明而不紊乱,以利退绕时不易脱圈断头,要求导纱机构在上升时慢而下降时快。如此使上升时的螺距 $h\uparrow$ 和下降时的螺距 $h\downarrow$ 疏密不等。螺距小而卷绕密的上升过程,称为卷绕层;螺距大而卷绕稀的下降过程,称为束缚层。卷绕层与束缚层交替相间,便使层次分清而不乱。 $i_n = \frac{h\downarrow}{h\uparrow} \approx 2\text{---}3$ 。一般卷绕层法向

螺距 $h\uparrow$ 等于纱线直径 d 的四倍, $d \approx \frac{1.25}{\sqrt{N_m}} \text{mm}$, 其中 N_m 为棉纱公支数,

$$N_m = \frac{\text{棉纱长度 (m)}}{\text{公定回潮率 (8.5\%) 时棉纱重量 (g)}}。$$

$$\text{所以, } h\uparrow \approx 4d = \frac{5}{\sqrt{N_m}} \text{mm}, \quad h\downarrow \approx \frac{5i_n}{\sqrt{N_m}} \text{mm}。$$

(2) 最大卷绕半径 R : 也就是卷装半径。卷装半径小,有利于锭子速度的提高,但落纱次数频繁,降低了劳动生产率;反之,放大卷装半径,则不利于锭子的高速度,耗电多,但却可以减少落纱次数,提高劳动生产率。一般选用 $\phi 42 * 180$ 或 $\phi 35 * 180$ 的卷装。

(3) 空筒管半径 r_0 : 也就是最小卷绕半径。 r_0 取小,可以增大卷装容量,但 r_0 太小,则将增加纺至小半径(即 r_0)时的纺纱张力,增加断头。一般经验数

$$\text{据为: } \frac{2r_0}{\text{钢领直径}} = 0.4\text{---}0.5。$$

(4) 锥角 2γ : 锥角不宜太小或太大。太小将减少卷装容量, 太大时则在高速退绕或投梭冲击下极易脱圈。一般 $\gamma=10^\circ \sim 15^\circ$ 。

(5) 等距螺旋线的纱线长度。由纺织学原理, 直接引用其推论所得, 卷绕层的绕纱长度为: $L \uparrow = \frac{\pi(R^2 - r_0^2)}{h \uparrow \sin \gamma}$ 。束缚层的绕纱长度为: $L \downarrow = \frac{\pi(R^2 - r_0^2)}{h \downarrow \sin \gamma}$

4.4.2.2 步进电机控制参数

步进电机用来控制锭子和导纱机构的运动。通过分析卷绕过程可知, 导纱机构的运动由两方面组合而成, 短动程升降和级升, 又分为两个阶段, 管底成形和管身卷绕。系统应当控制导纱机构的升降位置与速度, 使纱线在筒管表面卷绕成等距螺旋线。

(1) 短动程升降参数。根据成形要求和纱圈螺旋线的几何规律有:

$$\frac{v_h}{v} = \frac{h_n}{2\pi r_k}$$

式中: v_h ——往复导纱速度 (导纱机构升降速度);

v ——纱线卷绕速度 (锭子线速度);

h_n ——法向螺距 (出纱支号计算, 为常量);

r_k ——当前卷绕半径。

经计算, 有:

$$r_k = \sqrt{(R^2 - r_0^2) \frac{l}{L} + r_0^2}$$

式中: l ——本轮当前的绕纱长度;

L ——本轮总绕纱长度。

另有:

$$L = \frac{\pi(R^2 - r_0^2)}{h_n \sin \gamma}$$

三式联立求解并化简, 可得导纱机构的运动速度为:

$$v_h = \frac{h_n v}{2\sqrt{\pi l h_n \sin \gamma + \pi^2 r_0^2}}$$

在纺小纱的阶段, γ 由 0° 上升到最大值 (10° 或 15°), 用查表法或参数递增法修正其取值, 误差可忽略。之后, γ 保持最大值不变。

(2) 级升分析。纱线要绕满一个筒管, 需要一个均匀的上提运动, 这便是级升运动, 如图 4.14 所示。

由纺织学理论和几何知识可推算得到每次级升的高度为 (K 为绕纱密度):

$$Km = \frac{1}{KN_m \sin \gamma} \left(\frac{1}{h \uparrow} + \frac{1}{h \downarrow} \right)$$

纺棉纱时, $h \downarrow = 3h \uparrow$, $h \uparrow = \frac{5}{\sqrt{N_m}}$, $K \approx 0.54$, 代入上式得:

$$m \approx \frac{0.494}{\sqrt{N_m \sin \gamma}} \text{ mm}$$

在管底成形阶段, 级升高度为变量, 其值应由小变大, 管底成形后转为常量 m (注: 本式中的 γ 为最大值不变)。

对卷绕成形系统进行分析后, 我们用导纱电机来驱动导纱机构, 将锭子转速和输入的纱支号代入公式计算, 可确定导纱电机驱动脉冲的频率。

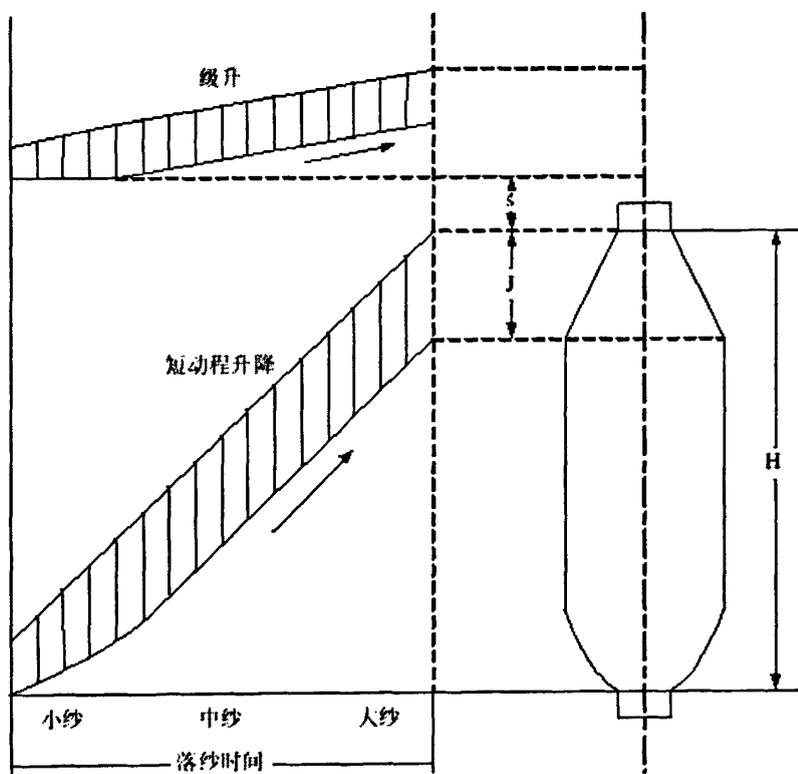


图4.16 导纱机构的级升

(3) 对小纱阶段成形参数的分析。由管纱结构图可知, 在小纱阶段, 一方面, γ 从 0 逐渐增大到最大值; 另一方面, 出于管底成形的需要, 级升也由小变大到最大值 m 。经分析, 可在小纱阶段对变量 $\sin \gamma$ 和 m 作如下处理: 将小纱高度作 n 等分, 同样对 $\sin \gamma$ 和 m 的值也作 n 等分并用表格保存, 导纱机构每次级升到分段处, 便细纱机管纱卷绕成形运动控制系统的研究对参数 $\sin \gamma$ 和 m 的值

查表调整。这样， $siny$ 和 m 在小纱阶段逐步上升到定值，符合成形要求。控制导纱电机时，有： $H\uparrow$ =动程高度， $H\downarrow$ =动程高度-级升 m 。

4.4.3.主程序设计（圆锥形交叉卷绕形式）

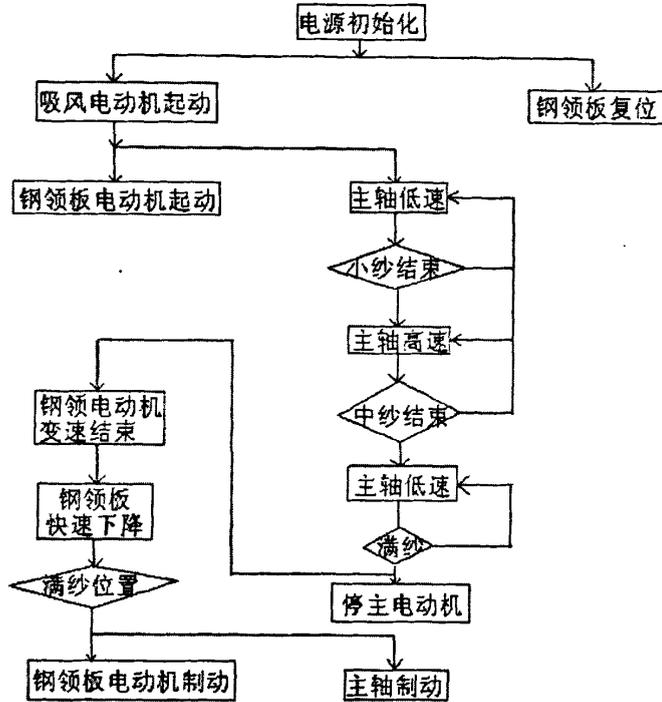


图4.17 植生纱纱管成型控制系统流程图

```

if((m_juli>=m_maxjuli*m_tempsc && m_up==100) && m_s==1){
    if(m_juli>=m_maxjuli*0.25){
        m_tempsc=m_tempsc-m_m;
        OnDown();
        m_s=2;
    }
    else{
        m_tempsc=m_tempsc-m_m;
        m_m=m_m+0.005;
        OnDown();
    }
}
}
if((m_juli<=m_maxjuli*m_tempsc && m_up==-100) && m_s==1){
    m_tempsc=m_tempsc+m_h;

```

```

        m_h=m_h+0.01;
        OnUp();
    }
    if((m_juli>=m_maxjuli*m_tempsc && m_up==100) && m_s==2){
        if(m_juli>=m_maxjuli*0.85){
            m_tempsc=m_tempsc-m_m;
            m_m=m_m-0.005;
            m_s=3;
            OnDown();
        }
        else{
            m_tempsc=m_tempsc-m_m;
            OnDown();
        }
    }
    if((m_juli<=m_maxjuli*m_tempsc && m_up==-100) && m_s==2){
        m_tempsc=m_tempsc+m_h;
        OnUp();
    }
    if((m_juli>=m_maxjuli*m_tempsc && m_up==100) && m_s==3){
        m_tempsc=m_tempsc-m_m;
        m_m=m_m-0.005;
        OnDown();
        if(m_juli>=m_maxjuli*1){
            OnStop();
        }
    }
    if((m_juli<=m_maxjuli*m_tempsc && m_up==-100) && m_s==3){
        m_tempsc=m_tempsc+m_h;
        m_h=m_h-0.01;
        OnUp();
    }
}

```



图4.18 程序控制界面

4.4.4 结论

经过改造后的单锭加捻卷绕装置，初步试验结果表明，试制的传动控制系统能实现加捻卷绕装置的工艺目标，改造后的单锭加捻卷绕装置在实验室进行了试运行，在运行过程中，管纱成形好，尺寸满足设计要求，断头明显减少，退绕工序无故障，可实时显示各类参数，各项功能满足设计要求。说明本装置结构合理，控制准确，可靠。试验时锭速5000转/分，卷绕速度25米/分，往复导纱频率30次/分。导纱动程150毫米。

本装置设计过程中应用了先进的机电一体化技术，淘汰了落后的机械传动装置，简化了机器结构，减轻了震动，磨损，噪声。采用人机对话方式，由键盘输入相关的工艺参数，十分便捷方便，特别适合当今纱线生产小批量，多品种的要求。同时机器的加捻，卷绕运动程序准确控制，纱线张力，捻度，卷绕成形，卷绕密度等也能得到很好的控制，确保了纱线生产的质量。提高机器的自动化水平，提高纱线生产质量和生产效率，是当今国内外捻线机发展的新趋势，具有良好的应用前景。

第五章 植生纱纺纱工艺探讨

在植生纱的生产过程中，主要考虑加入植生纱中草种多少的影响因素，植生纱加捻的多少对其强力、断裂伸长率、加入植生纱中草种多少等的影响和原因分析^[48]。

5.1 草种密度

草种密度是指单位长度内单位细度的植生纱体内所包含的草种粒数。草种密度与植生纱纱线支数、捻度密切相关。草种密度对于植生纱产品的种子发芽率、发芽周期均有重要影响。

5.1.1 成纱支数对植生纱草种密度的影响

对于植生纱草种密度与纱线支数，我们通过几组实验数据来进行分析两者之间的量化关系。

试验条件：种子箱草种转轮的转速为 3 r/min，调整纤维（本章试验中所用纤维原料为棉纤维）的喂入量，使植生纱的成纱细度分别为 370、440、510、581、649、719 特克斯。在所生产的每种植生纱上截取 10 段每段长度均为 1m 的植生纱，计算每段植生纱的草种密度(粒/m)。表 5-1 给出了不同成纱支数时的草种密度。

表 5.1 不同出纱支数时植生纱的草种密度

成纱支数 (N_{tex})	370	440	510	581	649	719
草种密度 (粒/m)	95	135	185	230	251	271

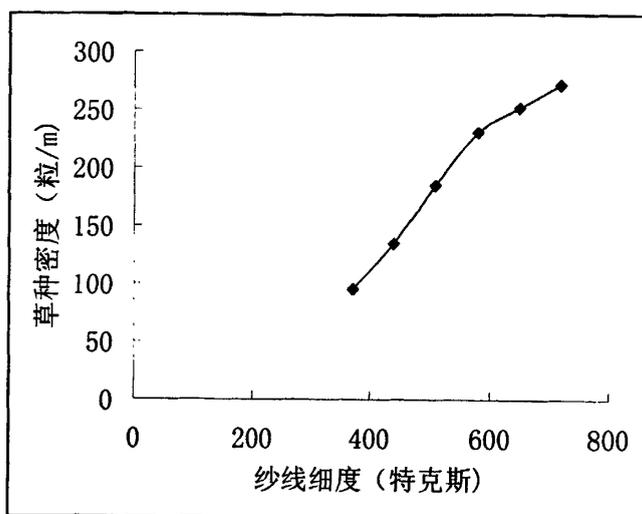


图 5.1 植生纱细度与草种密度关系曲线

纱线的直径 d 与体积重量 δ 、公制支数 N_{tex} 的关系为

$$d = k \sqrt{\frac{N_{\text{tex}}}{\delta}}$$

从而得出, $d^2 \propto N_{\text{tex}}$

而草种密度 n 又正比于纱线的横截面积, 所以 $n \propto d^2$

从而得出, $n \propto N_{\text{tex}}$

从图 5.1 中可以看出, 随着梳理机出纱线细度的增大, 加入到纱线中的草种数量会逐渐增加。当纱线细度逐渐增大时, 植生纱草种密度发生非线性变化。当纱线细度增大到一定程度后, 加入到纱线中的草种并不是无限制的增加下去, 其增加的数量会渐渐降低, 最终, 加入到植生纱中的草种会保持在一定的水平, 不再发生变化。

当草种从种子箱种出来掉落到卷绕成纱器上时, 草种会被卷绕成纱器上的层层纤维包缠住, 进而形成植生纱。但是, 当纤维的喂入量很少时, 那么从道夫上剥取到卷绕成纱器上的纤维就会相应的很少, 在这种情况下, 少量的纤维只能包缠住较少的草种, 其它的草种由于没能被纤维包缠住, 受不到束缚力, 便会掉落下去, 被纤维包缠住的草种则会被齿条上的齿牙往成纱端推进, 在推进的过程中, 又被其它纤维层层包缠。当纤维的喂入量较多时, 从道夫上剥取到卷绕成纱器上的纤维的量就会多, 由于缠绕在卷绕成纱器上的纤维较多, 当草种落到卷绕成纱器上时, 这些纤维就会包缠住更多的草种, 没有被纤维包缠而落下去的草种的量就会减少。当喂入量达到一定量时, 植生纱所能包含的草种数量达到饱和, 草种

密度基本不发生变化。

5.1.2 捻度对植生纱草种密度的影响

我们以两种不同条件下生产的植生纱为试验对象,通过测量它们在不同捻度时的含种量,来分析捻度对加入植生纱中草种多少的影响。

实验方法:分别在种子箱草种转轮转速为 3 转/分,成纱支数为 1.96 和种子箱草种转轮转速为 3 转/分,成纱支数为 2.27 条件下生产植生纱,对生产出的植生纱分别施加 11.9、12.74、14.26、17.85、19.11 捻回/10cm。分别取上面生产出的植生纱各 20 段,每段长度为 1 米,计量出每段中所含有的草种数量。对于不同工艺参数条件下生产的两组植生纱,其草种密度的变化趋势如图 5.2。

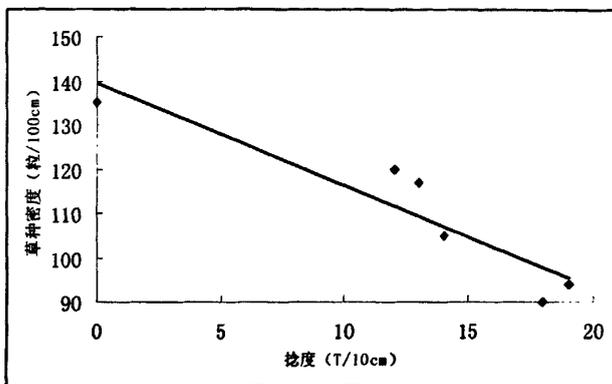


图 5.2 植生纱的捻度与其所含草种的数量的关系

从图 5.2 我们可以看出,随着植生纱所加捻度值的逐渐增大,加入到植生纱中的草种数量并不是一成不变的,而是呈现出一种递减的趋势。这说明,随着捻度的增加,植生纱的草种数量会逐渐减少。随着所加捻度的增加,加入到植生纱中草种数量的变化是非线性的。当植生纱从无捻到加上 11.9 个捻度时,草种数量下降速度相对缓慢;随后,下降速度增加。从 14.26 开始,草种数量的变化开始减缓。对散点图添加趋势线,得到草种密度与捻度的关系方程为

$$y = -2.3156x + 139.5$$

由植生纱的生产工艺可知,植生纱刚成形时,几乎没有捻度,纱线较蓬松,纱线中纤维间的空隙较大,纤维间纠缠抱合的程度较小,草种所受的纤维缠绕力和抱合力较小,因而草种在纱线中的位置几乎不会发生变化。当给植生纱加上一定的捻度后,植生纱中纤维相互之间的缠绕力、抱合力增大,纤维间的空隙减小,因而植生纱中的草种,在纤维间挤压力的作用下,就会向植生纱的外部运动,嵌在植生纱表面纤维中的草种就会脱落,从而使得植生纱的草种密度减小。随着植生纱的捻度的增大,纱线中纤维间的抱合力增大,纤维对包缠在其内的草种挤压

力就会越大,草种被挤出的几率越大,植生纱的草种密度进一步减小。试验表明,当给植生纱施加的捻度达到一定数值后,植生纱中几乎所有的草种都被挤压到纱的表面,包含在纱线内部的草种数量极少,那些被挤压到纱线外部的草种,由于失去了纤维缠绕、抱合的束缚,在加捻后的卷绕、织造工序以及后面的运输、种植过程中,草种容易的脱离植生纱,既影响了植生纱的含种量,还会造成种子浪费。

在植生纱的实际生产过程中,我们要结合所采用的草种,选择适当的捻度,既要保证植生纱的含种量,避免种子浪费,又要保证植生纱的强力,以满足制造的需要。

5.2 植生纱力学性能

加捻之后的植生纱就具有一定的强力,作为经纱,可以进行植生布的织造。为了保证织造工艺的顺利进行,植生纱需要具有一定的强力。我们通过给植生纱施加一定的捻度来使其具有一定的强力。对于普通纱线,一般捻度越大,纱线的强力也越大,反之则越小^[49]。对于内部含有草种的植生纱,研究植生纱的强力与捻度关系具有一定的生产指导意义。

5.2.1 植生纱强力试验

对于内部含有草种的植生纱,本章通过拉伸试验,研究其强力和断裂伸长与捻度之间关系。从图 5.3 和图 5.4 中可以看出,在对五种不同捻度的植生纱测试时,强力和断裂伸长随着捻度的变化均发生了明显的变化。

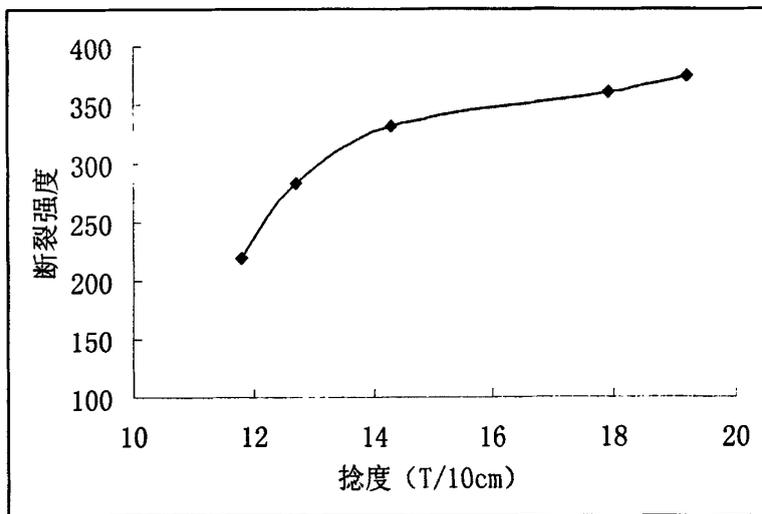


图 5.3 不同捻度下植生纱的断裂强力曲线

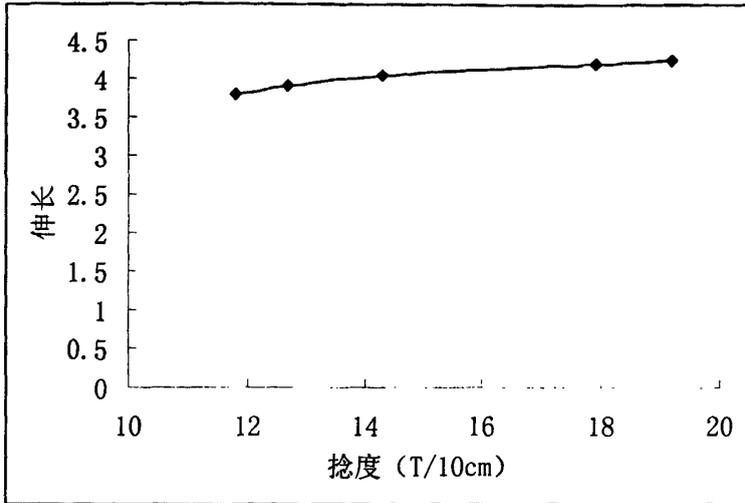


图 5.4 不同捻度下植生纱的断裂伸长率曲线

5.2.2 断裂强度的数据分析及影响因素

图 5.3 表明, 纱线中加入草种后生产出的植生纱, 同传统的粗纱、细纱一样, 其强力随着对其施加捻度的增加而逐渐增大, 但增加幅度有所不同。当加的捻度较小时, 其强力与所加的捻度几乎成正比例关系, 但随着所加捻度的增加, 当捻度超过 14.26 T/10cm 时, 其强度的增加幅度会逐渐变小。在捻度较小的条件下, 植生纱的强度会随着捻度的增加, 增大幅度很大, 这主要是因为, 加捻作用此时主要表现为改善纱线的强度不匀率, 和减少纱线断裂时的滑脱纤维根数。但随着捻度的逐渐增加, 植生纱强力的增加幅度逐渐减小, 主要因为此时的加捻作用主要表现为增加纱中纤维的预应力, 减小纤维强度的轴向分力^{[50][51]}。对散点图添加趋势线, 得到草种密度与捻度的关系方程为

$$y = 1.0242x^3 - 51.362x^2 + 860.82x - 4466.9$$

在植生纱的实际生产中, 我们应当根据植生纱工艺确定应对植生纱所施加的捻度的大小。

5.2.3 断裂伸长率的数据分析及影响因素探讨

从图 5.4 中可以看出, 随着植生纱捻度的逐渐增加, 植生纱的断裂伸长率逐渐增大, 但增加幅度较小。植生纱的断裂伸长率与所加的捻度成正比例关系。植生纱在拉伸力作用下断裂时所产生的伸长, 主要是有四部分组成的^[52]: 一是植生纱中纤维相互滑移而产生的伸长; 二是植生纱中纤维自身因受外力作用而产生的伸长; 三是纱的捻角变小和直径变小而产生的伸长; 四是植生纱中的草种的影响因素。

对散点图添加趋势线, 得到草种密度与捻度的关系方程为

$$y = -0.0071x^2 + 0.278x + 1.5105$$

随着捻度的逐渐增加，植生纱纤维间的摩擦逐渐增大，有纤维滑移而产生的这部分伸长会逐渐减小。此外，随着捻度的增加，纱的捻角和纱的强度增大，在拉伸断裂过程中，纱中纤维受到的拉伸作用和产生的伸长会增大，由捻角变小和直径变小而产生的伸长也会增加。在实际可能采取的捻系数范围内，后两部分伸长是主要的。与传统粗纱不同，植生纱中加入草种后，尤其是当加入纱中的草种密度较大或纱中的草种较密集时，会减少纱中纤维间的相互接触面积，从而减少纤维间的相互纠缠抱合，有利于纤维的滑移和伸长^[53]。这也是影响植生纱断裂伸长率的一个重要因素。

第六章 结论

本课题从目前植生纱纺制中所存在的问题出发,基于已有设备,对其进行了改造升级,实现了植生纱的实验室规模的生产。本人主要进行了三个方面的研究工作。

(1)机械部分改造。喂入装置、牵伸装置以及加捻卷绕装置设计、安装;

(2)电气控制系统的升级。触摸屏、可编程控制器(PLC)、变频器及步进电机的选型以及控制柜布局;将喂入装置加上步进电机,使其可无级调速;将主电机由变频器控制,可无级变速;基于步进电机控制加捻卷绕装置;

(3)电气控制系统整合:用人机界面,取代传统的控制面板和显示仪表,同时可控制 PLC、变频器、智能仪表,将喂料机构起停逻辑、锡林起停逻辑、速度控制及同步处理、加捻卷绕装置起停速度控制、故障检测与处理五大模块有机整合到一个开发系统软件平台上。

基于以上工作得出如下结论:

(1)在改造后的梳理机上可以实现植生纱的加工。实验室规模所生产的植生纱的各项性能基本符合要求

(2)以可编程控制器 PLC 为中心的控制方案,即 PLC+变频器+异步电机或者 PLC+驱动器+步进电机,为目前国内纺织老设备的改造升级提供了一个方向。通过装配专用功能的器件及自动化设备,将几项技术有机融合,将分离式硬件逻辑控制系统改为模块化集中控制改造其电气控制系统,就可以实现传统纺织设备功能的升级,可以使机械设备功能更加强大,效率提高,达到一机多用的目的。

参考文献

- [1] 张吉强. 植生纱的研制与开发. 青岛: 青岛大学纺织服装学院, 2004
- [2] 周奉磊. 基于梳理机改造的植生纱研究开发. 青岛: 青岛大学纺织服装学院, 2006
- [3] Bottcher, P., Technische Textilien, 1990, 33(2):38.
- [4] Souba J. T., Geotechnical Fabrics Report, 1989, 7(5):12.
- [5] 柳永杰, 马建伟. 基于触摸屏和 PLC 对梳棉机电气系统的改造[J]. 纺织服装科技, 2007, 28(5): 29~31
- [6] Anon, Economy and ecology Source: Textile Month, n NOV, November, 2001, p 43.
- [7] 顾琪, 赵刚. 浅谈可编程控制器在工业中应用及发展[J]. 河南纺织科技.2003, 24(1):2~4.
- [8] 吕渭贤. 展望第九届中国国际纺机展机电一体化技术的发展趋势[J]. 江苏纺织.2004(9):14~15.
- [9] 朱新杰, 陈宗农. 基于 PLC 的织机集散监控系统[J]. 纺织学报.2001,22(6):379~380,388.
- [10] 王卫京. 认识触摸屏[J]. 微型计算机, 2000(12): 88~91.
- [11] 沐宝祥. JAT600A 型喷气织机非常见故障的排除[J]. 棉纺织技术, 2002(4):56~ 57.
- [12] 李培春. 触摸屏、变频器、PLC 技术在转杯纺纱机上的应用[J]. 纺织机械, 2003(3):27~28.
- [13] 王卉. CLMA445G 牛仔布预缩整理联合机的电气控制[J]. 纺织机械.2004(3):34~37.
- [14] 柳永杰, 马建伟. 基于触摸屏和 PLC 对梳棉机电气系统的改造[J]. 纺织服装科技, 2007, 28(5):29~31
- [15] 刘明, 严晓燕. 用于织物卷绕的纠偏控制系统[J]. 纺织学报, 1996,17(1):34~36.
- [16] 刁红泉, 胡伟雄, 颜钢锋. 基于单片机的改进型五相混合式步进电机驱动器设计[J]. 工程设计学报.2004, 11(1):19~ 22.
- [17] 陈革, 过于清, 林中. 织机织轴驱动系统的设计[J]. 纺织学报, 2006(1):30~32.
- [18] 周奉磊, 马建伟. 织物掉毛量测试仪控制系统[J]. 上海电器技术, 2004(4):44~46.
- [19] 梅顺齐, 张智明, 尤洪松. 基于成形步进控制的往复导纱系统的研究[J]. 机电产品开发与创新.2003(4):64~65.
- [20] 刘沛. 基于 PLC 实现的光电式纠偏系统[J]. 机电产品开发与创新.2004(5):83~85.
- [21] 周奉磊, 马建伟. 基于 PCI 总线的运动控制卡及其应用[J]. 国内外机电一体化技术, 2006(1):41~45.
- [22] 李曙英. 基于 ADuC824 的单纱强力机的设计[J]. 江苏技术师范学院学报.2005, 11(2): 57~61.
- [23] 沐宝祥. JAT600A 型喷气织机非常见故障的排除[J]. 棉纺织技术, 2002(4):56~57.
- [24] 李培春. 触摸屏、变频器、PLC 技术在转杯纺纱机上的应用[J]. 纺织机械, 2003(3):27~28.

- [25] 王卉. CLMA445G 牛仔布预缩整理联合机的电气控制[J]. 纺织机械.2004(3):34~37.
- [26] 钱坤, 刘基宏, 朱广平等. 自动绞纱丝光机工艺参数的设置[J]. 印染, 2003(8):37~38.
- [27] 张格吕. 浆纱机全数字化控制系统[J]. 纺织机械.2004(4):25~27.
- [28] 覃立忠. 触摸屏、PLC、变频器在棉纺细纱机控制系统中的应用[J]. 纺织机械, 2004(5):36~38.
- [29] 蒋高明. 新一代多梳花边机的结构与原理探讨[J]. 针织工业.2005(6):1~3.
- [30] 周奉磊. 基于 PLC 和步进电机的梳理机电气改造[J]. 纺织科技进展, 2005(2):42~43.
- [31] 荣竑. 捻线机卷绕成型的柔性控制[J]. 棉纺织技术, 2002, 30 (5) :276~280.
- [32] 周奉磊, 马建伟. FNT-18 兔毛纺梳理机的电气改造. 纺织机械,2005(5):28~30.
- [33] 周奉磊. 基于 PLC 和步进电机的梳理机电气改造. 纺织科技进展 2005(2):42~43.
- [34] 白新庄. PLC 的选型探讨[J]. 石油化工自动化, 2005, 5 (5) : 22~24.
- [35] 廖常初. 可编程程序控制器应用技术[M].重庆: 重庆大学出版社, 1998.163~167
- [36] 柳永杰, 马建伟.梳棉机控制系统改造中对 PLC 的选型探讨[J]. 成都: 纺织科技进展, 2007 (6) : 48~49
- [37] 智爱娟. 如何选择可编程控制器 PLC[J].机床与液压, 2005, 6 (6) : 200~201
- [38] 王卫京. 认识触摸屏[J]. 微型计算机, 2000(12): 88~91.
- [39] Acarnley, P.P., Stepping Motors- A guide to modern theory and practice, Peter Peregrinvs Ltd, 1982.
- [40] 丁伟雄 杨定安 宋晓光, 步进电机的控制原理及其单片机控制实现[J] 煤矿机械.2005(6): 127~129.
- [41] Takashi Kenjo, Stepping motors and microprocessor controls, Oxford University Press, 1984.
- [42] 松下电工. 松下电工 VF0/VF8X/VF8E/VF8F 变频器选型资料.
- [43] 赵红顺. 步进电机的 PLC 控制[J]. 机床电器, 2004(1):40~41.
- [44] 宣财鑫. PLC 脉冲控制步进电机技术[J]. 计算机应用, 2002(1):31~32.
- [45] 吴伟. 基于 RS-485 的 PLC 与多台变频器通信的实现及应用[J]. 自动化仪表, 2005, 26(9): 55~ 57
- [46] 张智明. 基于 RS-485 的变频器与 PLC 的通讯技术的研究[J]. 数控加工技术, 2005(12): 28~ 29.
- [47] 邵杰. 基于 RS-485 的 PLC 与变频器的通讯[J]. 工业控制计算机, 2007, 20(7): 92~93
- [48] 张吉强. 植生纱的研制与开发: [学位论文] 青岛: 青岛大学纺织系, 2003.
- [49] 程隆棣. Solospun 纱线捻幅与强力的关系研究[J]. 纺织科学研究, 2003 (1):38~41.
- [50] B.Schwabe, P. Voidel. 纺纱区纱线强力和捻度的关系[J]. 国际纺织导报, 2003(2): 23~25.
- [51] 朱文俊. 不同捻接方法对捻接强力的影响分析[J]. 棉纺织技术[J].2002,30(3): 47~48.
- [52] 瞿建增, 阎磊. 精确检测原纱强力的技术[J]. 棉纺织技术, 2000(7): 60~63.
- [53] 张娟芬, 滕继群. 纱线强力测试[J]. 物流科技, 1998(1):28~30.

在校期间发表的论文

- [1] 柳永杰, 马建伟. 基于触摸屏和 PLC 对梳棉机电气系统的改造[J]. 纺织服装科技, 2007, 28 (5) : 29~31.
- [2] 柳永杰, 马建伟. 梳棉机控制系统改造中对 PLC 的选型探讨[J]. 成都: 纺织科技进展, 2007 (6) : 48~49.
- [3] 柳永杰, 马建伟. 基于触摸屏和三菱 PLC 对梳理机控制系统的改造[J]. 国内外机电一体化, 2008 (4)

致谢

本课题是在我的导师马建伟教授的悉心指导下完成的。在这期间，无论是从资料的搜集，还是实验的安排与进行，一直到论文的撰写，都得到了马老师的精心指导。马老师不仅在学业上对我悉心指导，在生活方面也给予了我无微不至的关怀。他宽容的态度和认真严谨的治学作风，不仅在学业上、更是在做人上将会使我终生受益。值此论文完成之际，谨向马老师致以我最衷心的感谢和深深的敬意！

在课题的进行和论文的撰写中，青岛大学纺织服装学院刘荣兴、刘世广老师，青岛乔工、李工都给予了大力的帮助和支持，在此表示衷心的感谢。

借此机会，向所有在本论文完成过程中给予我关怀和帮助的人表达我最衷心的感谢！