

基于 LabVIEW 的玻璃钢管方管缠绕控制系统的设计

潘梁, 俞今天

(天津工业大学机械工程学院, 天津 300387)

摘要: 通过对现有方管成型工艺的比较, 认为采用缠绕工艺成型大口径玻璃钢方管是比较经济实用的方案。通过对方管与圆管成型理论比较研究, 提出了针对方管落纱点不连续的缠绕方法, 在此基础上建立了基于的方管缠绕成型控制系统。同时, 由于方管落纱点不连续, 导致缠绕过程中玻璃纤维与芯模表面无法紧密贴合, 提出在缠绕机中加入弹性压辊。实践证明, 该系统适用范围广泛、性能稳定, 提高了方管缠绕的质量与生产效率。

关键词: 纤维缠绕; 玻璃钢方管; LabVIEW

中图分类号: TQ327.1

Design of FRP square tube winding control system based on LabVIEW

PAN Liang, YUN Jintian

(Mechanical Engineering School, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387)

Abstract: Through a comparison of the existing square tube forming process, forming large diameter FRP square tube is more economical and practical solution than winding process. Through the other tube and tube winding forming the theory of comparative research, for square tube doffing point continuous winding method, based on the establishment of a control system based on LabVIEW square tube forming wound. Meanwhile, since the square pipes doffing point is not continuous, resulting in the winding process, the glass fiber and the core mold surface can not be closely attached together, to join the flexible press roller proposed in the winding system hardware. Practice shows that the system applicable to a wide range of performance stability, improve the quality and productivity of the square tube wound.

Keywords: filament winding; glass steel square tube; LabVIEW

0 引言

随着玻璃钢复合材料及其制品成型技术的不断发展, 其产品在各个领域得到了广泛的应用。针对不同的应用场合, 玻璃钢材料的新型产品也层出不穷。

玻璃钢具有质量轻, 强度高, 耐腐蚀, 寿命长, 耐气候, 阻燃, 耐高温, 产品形式多样等优越性能。随着各行业逐步加大使用玻璃钢材质产品的力度, 玻璃钢的力学性能和成型工艺将面临巨大挑战。玻璃钢的成型工艺, 决定玻璃钢产品的形状和应用前景。玻璃钢的力学性能要求, 则决定了玻璃钢能否在力学性能要求较高的行业有较大的发展空间^[1]。

方形端面管道式玻璃钢产品, 可用于空中央空调通风管道、化工厂排风管道等来替代金属管道。但在市场上, 方型玻璃钢管道并不多见。这主要是由于其存在的强度差, 易变形等缺陷。在国内方型管道的主要成型工艺是手糊, 浇铸, 注射等。此三种玻璃钢产品其本身的强度就比较差, 而且容易变形。拉挤工艺强度虽然比较好, 但无法解决大口径方管产品的一次成型问题。

本文针对方形截面形状的特殊性, 建立了基于 LabVIEW 的方型玻璃钢管道缠绕系统,

基金项目: 国家自然科学基金 (No.51205287); 天津市教委科技计划项目 (No.20110402)

作者简介: 潘梁, (1985-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向机电一体化设备及控制系统的研究。

通信联系人: 俞今天, (1970-), 男, 教授, 硕士研究生导师, 主要研究方向多体系统动力学与控制。E-mail: yunjintian@tjpu.edu.cn

该系统操作简单、人机交互界面友好,对现有微机控制缠绕设备的改动小。解决了在方型玻璃钢管道缠绕过程中的,开纱、堆叠,提高了缠绕效率,并采用模糊自适应控制算法控制主轴与缠绕小车的速度匹配。

1 方型玻璃钢管道缠绕策略

在圆管或回转体制作件缠绕时,其外表面与纤维接触的点都可作为控制缠绕轨迹的落纱点,且这些点是连续的。但在方型管道缠绕中,控制缠绕轨迹的落纱点分布在芯模的四条棱边上,对于缠绕而言,其时序相临的缠绕轨迹控制点是不连续的^[1]。

在圆管缠绕时,为了使偶数缠绕回合和奇数缠绕回合相隔一个纱片的宽度,实现纱片紧密相贴缠绕,在圆管缠绕起始处每一回合开始时导丝头静止,主轴多转过一个纱片宽对应的缠绕中心角度。但在方型管道缠绕时,由于缠绕轨迹控制点不连续,运用圆管缠绕方法会导致在主轴多转一个角度后无法缠绕到轨迹控制点,从而导致缠绕线型杂乱。

本文针对方型缠绕缠绕轨迹控制点不连续的特点,设计采用逐次递进缠绕控制。

开始奇数层缠绕时,带动丝头沿主轴轴线方向往复运动的小车先停止,主轴带动芯模旋转;主轴转过 180° , 小车开始沿正向运动,同时小车速度满足主轴转过 180° 时小车正好走过一个纱线宽的距离;然后开始整螺距段缠绕,即主轴转过 360° 小车带动丝头正好走一个螺距,其中螺距 p 计算如下:

$$p = \frac{2(a+b)}{\tan \alpha} \quad (1)$$

其中 p —螺旋缠绕的螺距; α —输入的理论缠绕角; b —芯模垂直于主轴截面短边长度; a —芯模垂直于主轴截面长边长度。

纤维在芯模上分布的示意图如图 1 所示:

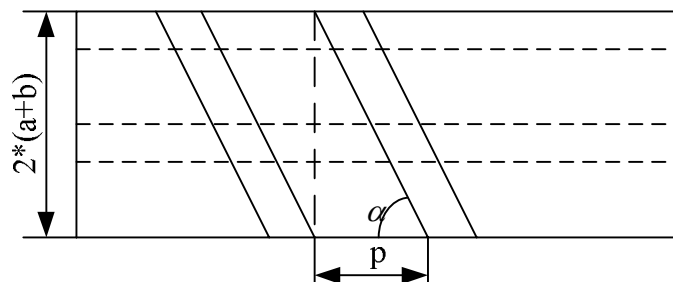


图 1 纤维在芯模上分布示意图

整螺距段缠绕结束后,小车停止;主轴继续转动 360° , 此时纱线与主轴轴线夹角变为 90° ; 小车沿反方向按正螺距段速度运动,主轴速度不变。待正螺距段运动结束后,小车回到与初始位置相差一个纱线宽的位置。

重复以上运动,直至纱线正好铺满整螺距间的间隔,即纱线铺满芯模表面,此时整个单层缠绕结束。

偶数层缠绕与奇数层缠绕的方式正好相反。在偶数层缠绕开始时,主轴转 360° , 同时小车带动丝头沿正向运动半个纱线宽;然后进行整螺距段缠绕,与奇数层方法相同;整螺距段缠绕结束,在末端小车停止,等待主轴转过 360° ;而后主轴继续转 180° , 小车正好沿反向运动一个纱线宽;然后进行整螺距缠绕;在缠绕结束时小车停止,主轴转动 180° 后停止,整个偶数层缠绕的第一个完整回合结束。在偶数层剩余的回合中,缠绕过程与第一回合

类似，只是取消了开始时主轴转 360° ，同时小车带动丝头沿正向运动半个纱线宽的运动。即剩余回合的开始缠绕都是，沿正向的整螺距段缠绕；整螺距段结束后，小车停止主轴转过 360° ；主轴继续转 180° ，同时小车带动丝头沿反方向运动一个纱线宽的位置；在沿反方向走整螺距段。在偶数层缠绕过程中，最后一个回合结束后主轴转 360° ，同时小车带动丝头沿反方向运动半个纱线宽。

2 方型玻璃钢管道缠绕机硬件系统设计

2.1 缠绕机硬件系统

该方型玻璃钢管道缠绕系统，是基于带有张力控制的微机控制四轴缠绕机系统。其自由度包括：主轴回转；导丝头延主轴轴线方向做往复运动；伸臂延垂直主轴轴线方向做伸缩运动；导丝头绕垂直于伸臂运动平面的坐标线的回转运动。该系统的特点在于，在普通的微机控制四轴缠绕机的基础上加入了张力检测及控制部分，同时设计了辅助丝线压辊结构来加强平面内玻璃纤维与芯模表面的贴合程度。该系统结构示意图如图 2：

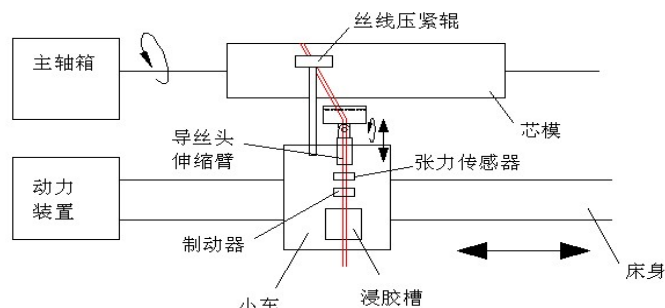


图 2 方型玻璃钢管道缠绕系统结构简图

2.2 控制系统硬件及控制方法

缠绕的线型轨迹，是主轴回转、运动小车水平往复运动、导丝头伸臂伸缩以及特定条件下导丝头回转运动四个自由度的复合运动结果。本系统运动控制采用基于电子齿轮的位置跟踪控制方式驱动各个轴进行同步运动。具体控制方式为：输入主轴旋转的参数，上位机控制通过控制变频器实现主轴转速控制；通过编码器采集主轴的旋转信号，根据编码器反馈的位置脉冲信号通过电子齿轮方式基于模糊自适应控制算法实现小车和伸臂电机同步跟踪主轴的运动控制。运动控制器以位置模式使小车和伸臂与主轴编码器形成闭环工作^[2]。

本方型玻璃钢管道缠绕机控制系统采用研华工控机和美国 NI 公司的 PCI-7344 运动控制卡及 PCI-6221 数据采集卡构成上位机系统，主要是完成运动状态显示、缠绕参数的设定、人机交互界面的管理等。下位机系统由伺服电机的驱动器和变频器组成，主要是根据上位的指令实现对电机等的实时控制。由于工作现场可能要求远距离数据传输，所以上位机与下位机之间基于 MODBUS 通讯协议通过 RS485 总线来实现通讯^[3]。控制系统结构原理如下图 3：

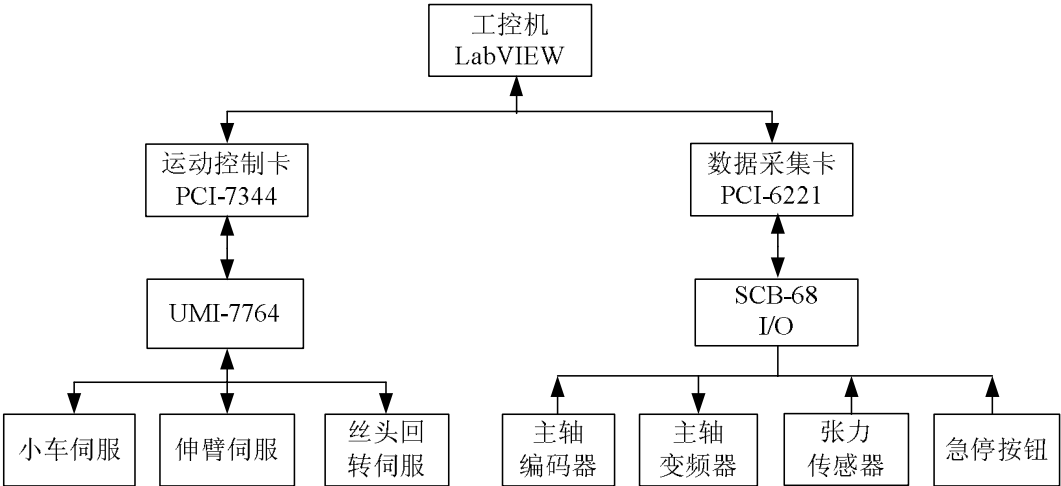


图 3 控制系统结构原理图

3 方型玻璃钢管道缠绕机控制系统程序设计

LabVIEW 是一种图形化的编程软件，它用图标代替文本来创建应用程序。传统的编程语言都根据语句和指令来决定程序的先后执行顺序，而 LabVIEW 则采用数据流线的编程方式，程序图框中节点与节点之间的数据流向决定了程序的先后执行顺序，在程序中它用图标代替传统的函数，用连线来表示数据的流向，用户可以非常清晰的看懂程序的数据流向^[4]。

缠绕机系统控制程序主要分为点动（手动）控制、初始化、螺旋缠绕、环向缠绕共四个模块。缠绕机的程序总体流程图如图 4 所示。

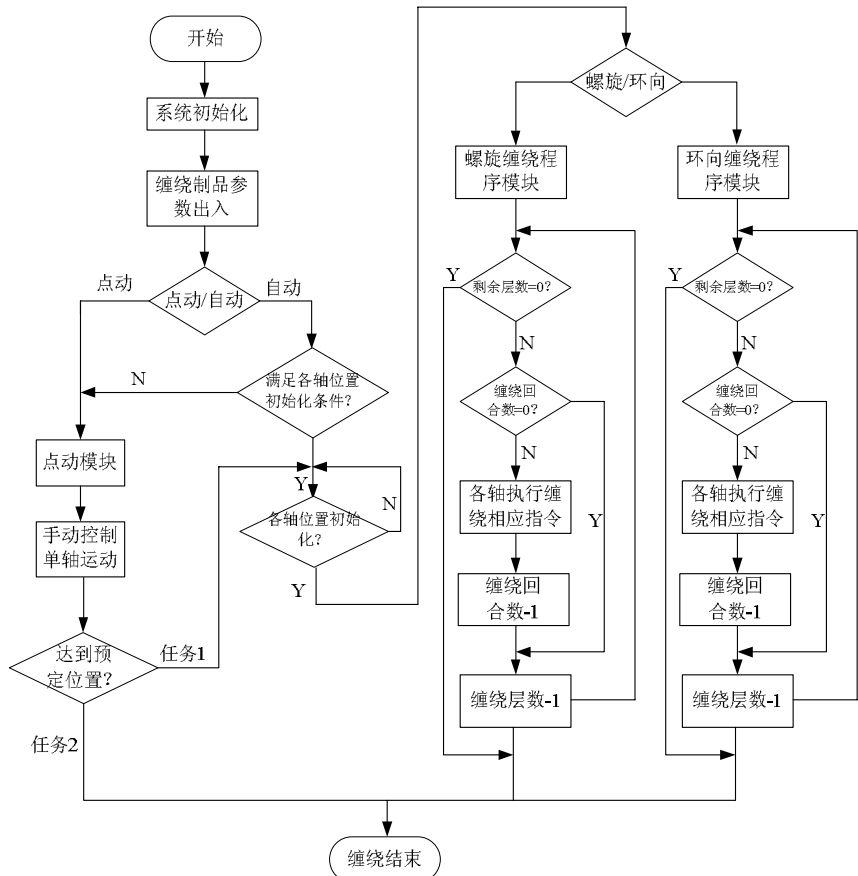


图 4 控制系统流程

115 其中，任务 1 是表示在进行螺旋缠绕开始前，需要对小车的位置、芯模的位置以及伸臂、丝头旋转位置进行初始化，使各轴位置到达设定原点，在各轴不满足该初始化时，通过点动（手动）对各个轴的位置进行微调，达到满足初始化的位置条件；任务 2 则是在缠绕生产过程中通过点动来对局部的线型进行误差弥补以及手动缠绕等操作。

系统的总程序操作面板如下图 5 所示：



图 5 总程序操作界面

120 根据缠绕要求，可在环向缠绕与螺旋缠绕两种方式间方便选择，同时在缠绕过程中能实时显示采集的张力变化曲线，辅助操作工人通过调节磁粉制动器调来调节张力的大小，使之在合理的范围之内，从而保证缠绕质量；同时，也能方便制造商采集缠绕中的数据，建立完善的缠绕参数数据资料，为控制缠绕质量以及进一步研究参数对性能的影响提供数据依据。

125 缠绕程序显示面板如下图所示：

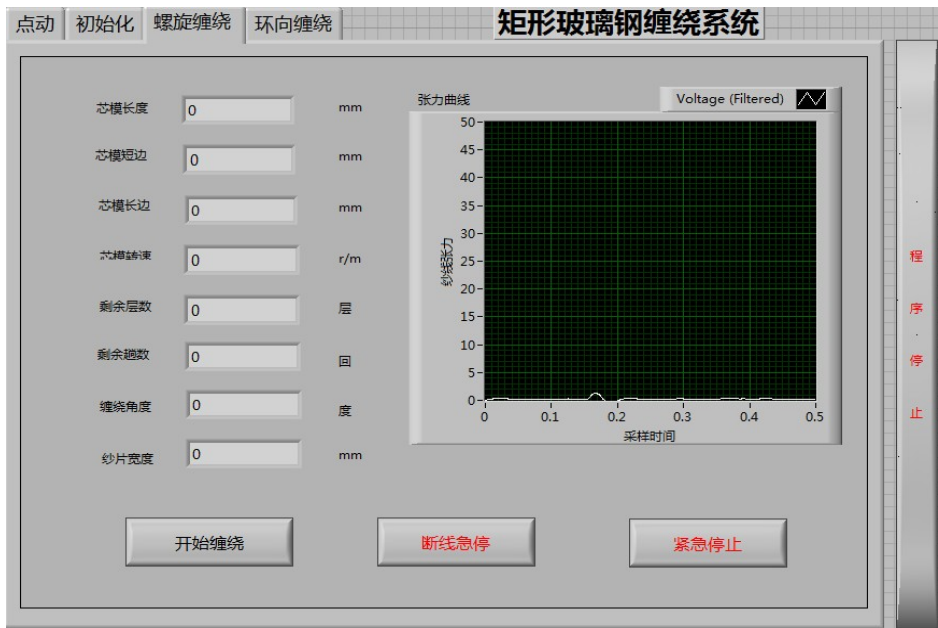


图 6 缠绕过程显示面板

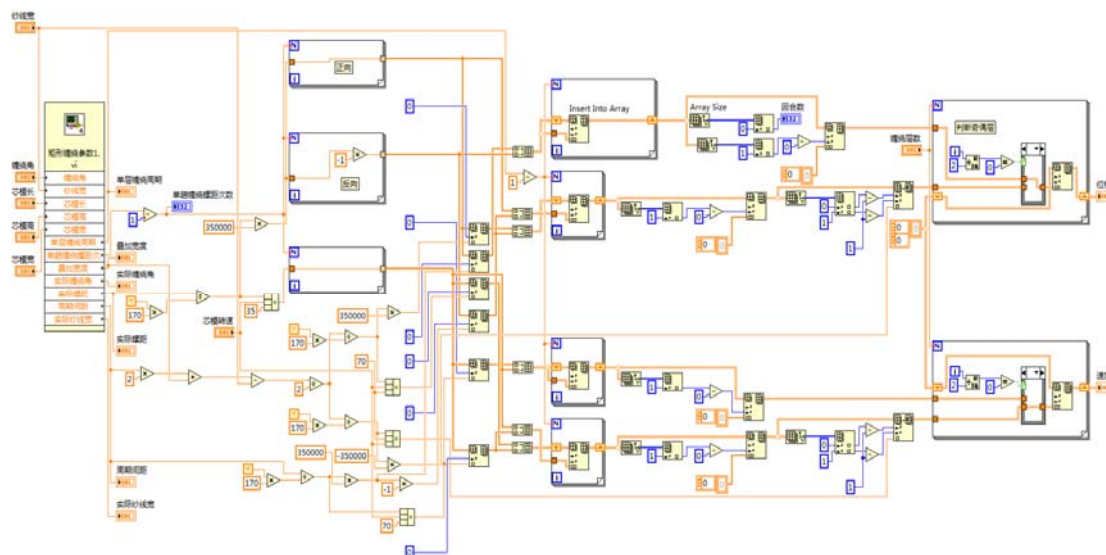


图 7 运动参数计算程序框图

4 结论

本文对四轴缠绕机平台进行了针对方型管件缠绕的结构改进，基于 LabVIEW 开发的控制系统，因其图形化的编程语言和数据流编程方式，程序编写简单易懂，出现错误很容易找出^[5]。该系统操作简单、性能稳定、可扩展性强，与传统手工缠绕相比提高了生产效率与缠绕质量。

[参考文献] (References)

- [1] 娄小杰, 王春雨, 张宪忠, 伊翠云. 大口径玻璃钢方管成型工艺研究[J]. 纤维复合材料, 2009, (3): 14-18.
- [2] 尤波, 王广辉, 许家忠, 张礼勇. 三轴玻璃钢容器缠绕机控制系统设计[J]. 玻璃钢/复合材料, 2005, (1): 41-43.
- [3] 许恒迎. 基于 RS-485 总线的温室环境监测系统[J]. 仪表技术与传感器, 2012(3): 60-61.
- [4] 陈锡辉, 张银鸿. LabVIEW 8.20 程序设计从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [5] 汪敏生. LabVIEW 基础教程. 电子工业出版社[M], 2002