

840D 复合材料铺放系统及其控制策略

杨 涛 高殿斌 李开越 葛 邦

(天津工业大学机械电子学院,天津 300160)

文 摘 结合大梁带铺放工艺设计了预浸带铺放设备。铺放设备总体采用龙门式结构。分析了铺放设备运动规律和控制要求。采用西门子 840D 的 Gantry功能对龙门架 x 向移动和横梁的 y 向移动实现双边同步驱动。针对大梁带铺放工艺要求采用 840D 的三轴联动和插补功能实现铺带头主运动,两个光栅传感器检测龙门位置 (x, y 坐标),一个旋转编码器用于控制铺放头摆动位置 (z 坐标)。采用 S7 - 300完成多数字 I/O 并行控制,搭建了铺带专用数控系统,很好的完成了铺带运动控制要求。

关键词 预浸带铺放,铺放头,840D,数控,复合材料

Automated Tape Laying Machine and Numerical Control Strategy Based on 840D

Yang Tao Gao Dianbin Li Kaiyue Ge Bang

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160)

Abstract The composites tape laying equipment was designed for windstick. The equipment was gantry machine. The mechanism and control of the equipment was analyzed. The gantry function of SIEMENS sinumerk 840D was used for simultaneous multi-axis driving for x -axis and y -axis of the tape laying equipment. The 3-axis tracking control function was used for movement of the tape laying head. Two raster rulers were used for inspecting x -axis and y -axis coordinate of the tape laying head and one encoder was used for inspecting rotated angle coordinate of the tape laying head. S7 - 300 was used for I/O control. The composites tape laying NC built can meet the request of tape laying.

Key words Automated tape laying, Tape laying head, 840D, Numerical control (NC), Composites

0 引言

纤维铺放成型技术是在缠绕基础上发展起来的一种全自动制造技术^[1~2]。该技术通过使用铺放头按照结构所确定的铺层方向和厚度,用多自由度的铺放头将多组纤维预浸纱束/窄带自动铺放在的芯模表面,并用压紧辊压实。铺放成型设备主要由芯模和多自由度的铺放头系统构成,通过计算机协调、控制成型过程。目前,复合材料铺放成型技术在我国尚属空白,但在积极探索之中^[3~5]。国内复杂的铺放制品基本上以手工铺层为主,其生产效率低、铺层质量不稳定、材料利用率低、制造周期长,难以实现复杂的结构设计要求,制约了我国航空构件制造技术的发展和水平的提高。本文针对大梁带铺放工艺的特点,设计了基于西门子 Sinumerik 840D 的大梁带铺放系统及其

控制策略。

1 大梁带铺放工艺

大梁带的铺放工艺见图 1。

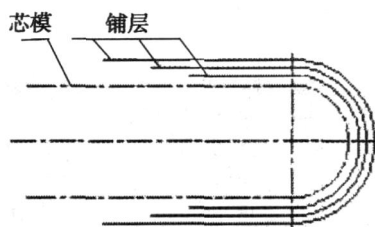


图 1 大梁带铺放工艺

Fig 1 Tape laying procedure

在系统的控制下铺放头按设定的轨迹运动,保证铺放头能够始终与芯模表面垂直接触并保持一定压力,从最内层开始逐层铺放,直至铺成所需的形状。

收稿日期:2007-12-11;修回日期:2008-02-14

作者简介:杨涛,1970年出生,副教授,主要从事机电一体化、复合材料成型技术与装备的研究。E-mail: yangtao@tjpu.edu.cn

由于大梁带的铺放特性,其铺放模式为立式铺放,不同于水平铺放模式,使其铺放工艺、控制、设备具有特殊性。

2 铺放设备总体设计

由于大梁带芯模较长(9 m),宽度较窄(50 mm),故其铺放设备设计为龙门式结构(图2)。

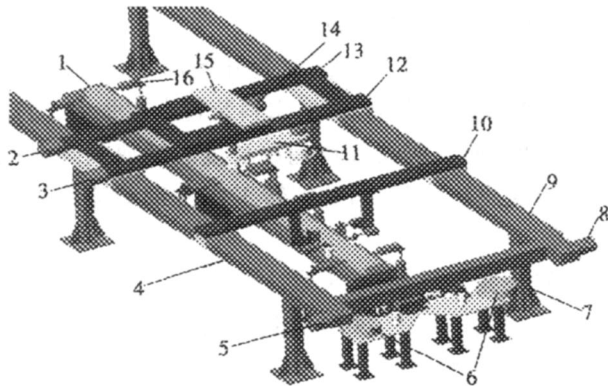


图2 大梁带铺放系统

Fig 2 Structure of composites tape laying equipment

1—芯模;2—电机 MY1;3—电机 MY2;4—x向导轨 1;5—电机 MX1;6—辅助装置;7—支撑立柱;8—电机 MX2;9—x向导轨 2;10—碾压装置;11—铺放头;12—x向导轨 1;13—x向导轨 2;14—轴旋转电机;15—滑台;16—压紧气缸。

(1)芯模放置在水平的工作台上。

(2)x向导轨:龙门框移动称为x向移动,由x向两根11 m长的标准导轨组成。由两套西门子1FT系列电机(MX₁、MX₂)通过齿型带轮、齿型带拖动龙门框在标准导轨沿x向运动(双龙门同步移动)。

(3)y向导轨:龙门框上设计一个滑台,滑台移动为龙门框横梁移动,称为y向移动。y向采用两根2 m长导轨,并通过两个直流电机(MY₁、MY₂)驱动导轨上的滑台沿y向运动,可以实现滑台的y方向自由移动。铺放过程中x、y向配合铺放头完成插补运动。

(4)铺放头:铺放头通过悬挂梁9和涡轮-蜗杆

悬挂在滑台下面,通过西门子1FT伺服电机拖动蜗杆蜗轮副,带动铺放头旋转,蜗杆轴上另一端装有旋转编码器检测旋转角度。铺放头结构见图3,预浸料盘的放卷由磁粉制动器控制,预浸料经过导辊、PE膜收卷辊、张力调整装置进入预浸料铺放轮,铺放轮后接一压力传感器。同时一侧安装超声波切刀,铺放结束后,气缸推动切断刀伸出将预浸料切断,然后开始新一层铺放。实现预浸料的进给、加压、剪切、脱PE膜、张力控制等功能。

(5)两侧夹紧气缸:根据工艺要求气缸分别动作,芯模两侧各布置多组气缸。

在铺放过程中,铺放头通过x、y、z向的耦合运动,在840D控制下,把预浸带铺放到芯模上。

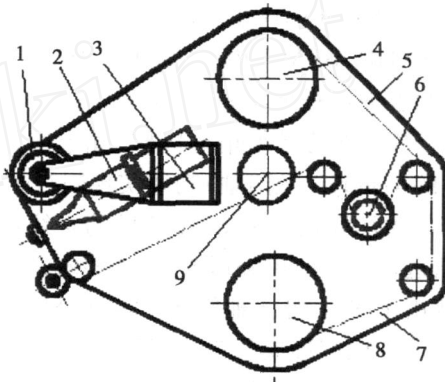


图3 铺放头

Fig 3 Composites tape laying head

1—铺放轮;2—切刀;3—压力传感器;4—收PE膜;5—PE膜;6—张力传感器;7—预浸料;8—料盘;9—悬挂梁。

3 基于840D的铺放控制策略

选择西门子Sinumerik 840D作为大梁带铺放设备的控制系统。840D数控和驱动的接口信号是数字量,通过驱动总线接口,挂接各轴驱动模块,可以实现五轴联动。基于840D的大梁带铺放设备控制策略见图4。

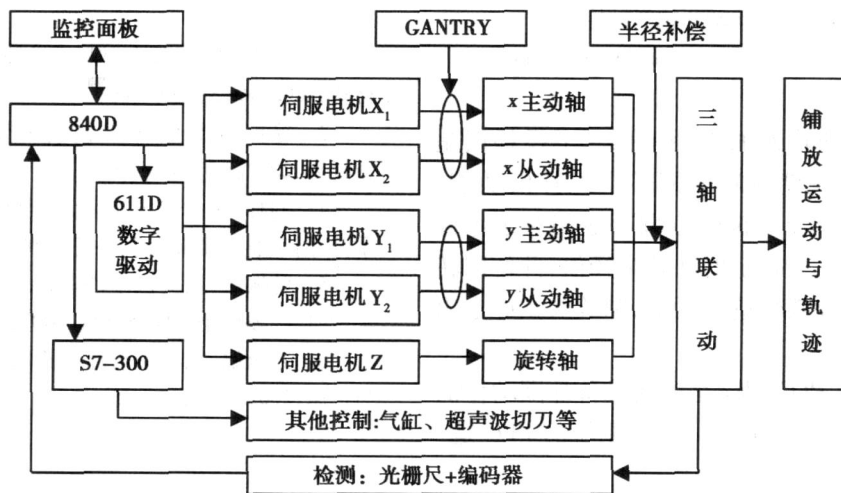


图4 基于840D的大梁带铺放控制系统

Fig 4 Control system of automated tape laying based on Sinumerik 840D

(1)龙门框在两边导轨上移动必须同步,即两边伺服电机 MX_1 、 MX_2 的驱动必须精确同步。如两边驱动不能很好的同步,影响铺放设备的工作精度和工作安全^[6]。铺放设备采用 840D 的 Gantry (龙门轴) 功能对龙门架移动或横梁的上下移动双边同步驱动。编程时将 MX_1 、 MX_2 定义为 x 向龙门轴组。840D 将 MX_1 作为一个主动轴来操作及编程,从动轴 MX_2 运动与主动轴精确同步。对编程而言,从动轴是“不存在的”。当龙门轴移动时 840D 控制器连续监控耦合轴的实际位置,检查它们间的偏差。当从动轴的实际位置偏离主动轴的差值大于设定值时,控制器报警并会自动停下所有龙门组的轴,以免损坏铺放设备。参数设置为:

MX_1 GANTRY MASTER AXIS

MX_2 GANTRY SYNCHRONIZED AXIS

(2)滑台在龙门框横梁移动必须同步,即两边伺服电机 MY_1 、 MY_2 驱动必须精确同步,如上所述同样采用 840D 的 Gantry (龙门轴) 功能实现同步驱动。

(3)铺放运动轨迹见图 5,在芯模的直线部分铺放头运动轨迹由 x 、 y 向插补形成,在芯模端部圆弧部分运动轨迹由 x 向、 y 向、 z 轴旋转三轴插补联动。通过光栅尺的位置检测形成位置的闭环控制;通过旋转编码器检测形成旋转闭环控制。

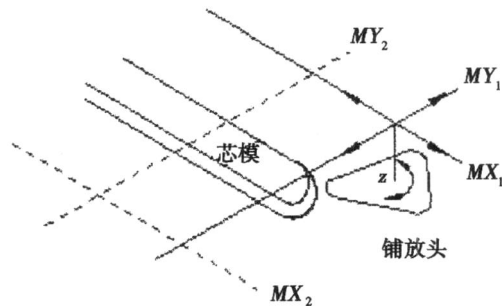


图 5 大梁带铺放运动三轴联动控制

Fig 5 The 3-axis control of automated tape laying

(4)铺放头运动轨迹的半径补偿。半径补偿是指铺放过程中铺放头绕 z 轴的回转半径补偿功能。这样能使铺放头绕 z 轴回转中心自动地相对于零件实际轮廓向外偏离一个指定的回转半径值,并使回转中心在这偏离后的补偿轨迹上运动,铺放头正好走出所需的轮廓形状。

(5)其他控制: PLC 程序是铺放设备外围动作的软件核心,是连接 NC 的桥梁。840D 系统的 PLC 是

SMATIC S7 - 300, PLC 包含基本 PLC 程序和用户 PLC 程序两部分。开发的用户程序完成铺放头预浸料张力控制,多个气缸、超声波切刀等其他控制,实现对铺放长度、速度、圈数、料盘直径等参数的检测。

4 控制流程及动作

(1)启动开关,系统初始化,铺放头归零;同时通过监控面板设置铺放参数。

(2)启动铺放按钮,铺放头开始铺放,预浸料盘被动放卷,磁粉制动器制动,送料装置产生张力,力矩电机收 PE 膜,编码器计算铺放长度。铺放到圆弧位置时,实现插补运算,同时旋转工作台带动铺放头随之旋转。

(3)夹紧气缸动作,夹紧。

(4)铺放过程中,实时监测及闭环控制预浸带张力及压实辊压紧力。

(5)编码器计算铺放长度,铺放至所要求长度时自动停止。

(6)电磁阀启动剪切气缸带动超声切刀伸出,剪切预浸带。

(7)第一层铺放完毕,转入铺放第二层。循环上述过程。

5 结论

(1)大梁带铺放设备为龙门式结构。由芯模、 x 、 y 向导轨、铺放头、夹紧气缸等组成。

(2)采用西门子 Sinumerik 840D 数控系统和 SIMATIC S7 - 300 PLC 组成铺放设备硬件控制系统。

(3)840D 是控制中心,完成铺放系统的插补运算和控制、龙门架移动和横梁移动的同步驱动等功能。PLC 用于完成铺放设备外围动作。

参考文献

- 1 Grant C G Fiber placement process utilization with worldwide aerospace industry. SAMPE Journal, 2000; 36 (4): 7 ~ 12
- 2 李勇,肖军. 复合材料纤维铺放技术及应用. 纤维复合材料, 2002; 19 (3): 39 ~ 41
- 3 徐再,吴耀楚. FRP 铺放成型技术的研究. 玻璃钢 / 复合材料, 2002; (5): 44 ~ 46
- 4 刘林,文立伟,陈瑞斌. 复合材料自动铺带机专用数控系统. 南京航空航天大学学报, 2007; 39 (4): 486 ~ 490
- 5 韩振宇,孟庆鑫,路华. 新型纤维铺放头的方案设计与实验研究. 玻璃钢 / 复合材料, 2007; (3): 45 ~ 47
- 6 赵全锦. 龙门式数控机床的多轴同步驱动. 制造技术与机床, 2002; (5): 43 ~ 45

(编辑 吴坚)