

复合材料液压机新型全行程调平电气控制系统*

王玮洋

(天津市天锻压力机有限公司,天津 300142)

摘要:随着汽车轻量化的全世界推广,多种新型复合材料的逐渐应用,对复合材料液压机的调平精度有了更高的要求。文中主要介绍了新型全行程主动四角调平电气控制系统,通过对压机空载下行过程、压制过程、保压过程、脱模过程进行全行程调平和全行程闭环控制,从而提高了复合材料液压机四角调平的精度,提升了产品的均匀度。主动式四角调平系统的应用,解决了被动式四角调平系统不能进行全行程调平的弊端,从而进一步提高了复合材料合格产品的成型率。

关键词: 液压机;全行程调平;主动调平;闭环控制

中图分类号:TH122 文献标识码:A 文章编号:1001-2354(2019)S1-0344-04

DOI:10.13841/j.cnki.jxsj.2019.s1.082

New electrical control system for full-range leveling of composite hydraulic press

WANG Wei-yang

(Tianjin Tianduan Press Co., Ltd., Tianjin 300142)

Abstract: With the popularization of automobile lightweight and the gradual application of a variety of new composite materials, there is a higher demand for the leveling accuracy of the composite hydraulic press. This paper mainly introduces a new type of full-stroke active four-angle leveling electrical control system, through the press no load down process, pressing process, pressure maintaining process, demoulding process of full-stroke leveling and full-stroke closed-loop control, so as to improve the composite hydraulic press four-angle leveling accuracy, improve the product uniformity. The application of active quadrangle leveling system solves the disadvantage that passive quadrangle leveling system can't carry out full stroke leveling, thus further improving the molding rate of qualified composite products.

Key words: hydraulic press; full stroke leveling; active leveling; closed-loop control

复合材料液压机主要用于 SMC, BMC, DMC, GMT, D-LFT, G-LFT 等热固性、热塑性复合材料的模压成型。

近年来,随着汽车、高铁、地铁、轻轨、卫浴等行业板材技术的不断更新,复合材料产品凭借自身的高强度、高韧性、耐腐蚀、低质量、低成本,迅速成为钢材制件的理想替代品。

在复合材料制品的生产过程中,普遍存在模具放料不均匀的状况,从而导致在产品成型过程中存在较大的不规则应力,这对压机和模具的水平精度有了更高的要求。而目前的复合材料压机和模具在不配备四角调平系统时,生产出的产品不具备较高的均匀度和精度,因此提高产品制件的均匀度和精度成为了复合材料压机需要解决的问题。

四角调平系统的研发成功完美地解决了复合材料制品均匀度不高、精度低的问题。目前运用在复合材料压机上的四角调平系统基本上是被调平系统。被动四角调平系统虽然能改善产

品在成型瞬间受力不均的问题,但是被动调平系统不能保证产品在整个成型及脱模过程中受力均匀,从而降低了产品成型的合格率,导致部分产品有裂纹,边缘部分还存在薄厚不均匀的问题。为了进一步提高产品的合格率,因此在被动四角调平系统基础上进一步研发,开发出了新一代全行程主动四角调平系统。

文中将对新型全行程主动四角调平电气控制系统进行详细的介绍。

1 电气控制系统设计概述

1.1 电气控制系统原理

新型全行程主动四角调平电气控制系统的设计原理是:主控 PLC 和运动控制器通过西门子 Profinet 网络进行连接相互配合,由主控 PLC 进行指令发送,同时接收位移传感器的实时位

* 收稿日期:2019-02-15;修订日期:2019-04-25

基金项目:北辰区科技创新专项资助项目(京津冀协同创新项目)——汽车轻量化复合材料制品模压成形工艺和成套装备开发(KJCX-XTCX-2018-01)

置反馈信息和压力传感器的压力反馈信息,经过运动控制器进行计算,最终由执行元器件高频响应伺服阀进行主动输出,从而实现四角调平缸对滑块的位置调平和力控调平,完成整个全行程的主动调平,如图1所示。

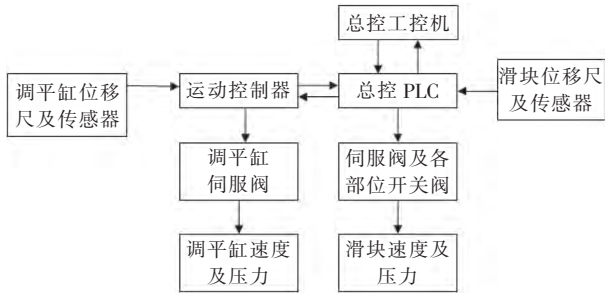


图1 控制结构图

1.2 电气控制系统的控制过程

压机滑块的位移传感器、压力传感器、高频响应伺服阀接入到主控PLC中。四角调平缸的位移传感器、压力传感器、高频响应伺服阀接入到运动控制器中。由主控PLC和运动控制器进行相互配合,实现对滑块和四角调平缸的控制。在整个调平过程中分为空载过程的位置调平、成型过程的位置和力控调平、保压过程的力控调平、脱模过程的位置调平,从而达到全行程的主动调平。

首先主控PLC给运动控制器发送指令,运动控制器指挥四角调平缸同步到达初始调平位置。其次主控PLC控制滑块快速下行,到达初始调平位置前开始减速,同时运动控制器控制四角调平缸开始主动退回。在调平缸的下降过程中,滑块会以略大于调平缸的速度与调平缸进行紧密接触。此时运动控制器会不断地发出指令调整四角调平缸,保证四角调平缸以相同的速度和位置进行主动退回,从而调整滑块空载姿态,实现滑块的空载位置调平。当滑块下行过程中即将遇到模具料片时,运动控制器给四角调平缸发送指令,变换四角调平的调平方式,由单纯的位置调平

转换成位置和力控相结合的调平方式。四角调平缸由主动退回迅速变换为主动顶出,并提供顶出合力。当滑块遇到料片负载时,由于料片的敷设不均匀,会导致滑块产生一定的偏载和不规则应力,单纯的调节滑块位置很难抵消偏载产生的不规则应力。而四角调平缸主动顶出并提供调平力,可以迅速调整滑块在带载时的姿态,抵消滑块偏载产生的不规则应力,实现料片成型时的位置调平和力控调平。当滑块迅速上压,模具合模完成后,四角调平缸会维持当前的主动顶出状态,并保证四角调平缸位置保持同步并输出稳定的合力,持续调整滑块的姿态,保证滑块的水平精度,从而实现保压过程内的力控调平。这样可以使料片在模具中融化后具有良好的流动性,保证产品成型后的均匀度。保压过程完成后,滑块泄压时,运动控制器控制四角调平缸退出力控调平状态,并维持当前位置不变。滑块泄压完成后,四角调平缸再次转换为位置调平方式,主动顶出,同步微速脱模。脱模过程中,运动控制器可以对四角脱模缸的位置迅速进行调整,维持四角脱模缸始终处于同样的位置,并以同样的速度持续顶出,很大程度上避免了产品在脱模过程中产生的微小裂痕,从而实现脱模过程中的位置调平。脱模结束后,四角调平缸增加顶起速度,快速顶起到初始调平位置,滑块同时迅速回程到停止位置,调平过程结束。

主控PLC和运动控制器的无缝连接、相互配合,位移传感器和压力传感器的实时反馈,高频响应伺服阀的高速输出,实现了压机滑块与四角调平缸的精密调节,进而实现了复合材料压机整个制件过程中的全行程调平。

2 电气控制系统的软硬件结构

2.1 控制系统的硬件构成

全行程主动四角调平的电气控制系统硬件构成包括主控PLC及其从站、运动控制器、工控机、位移传感器、交换机、不间断电源UPS等,如图2所示。

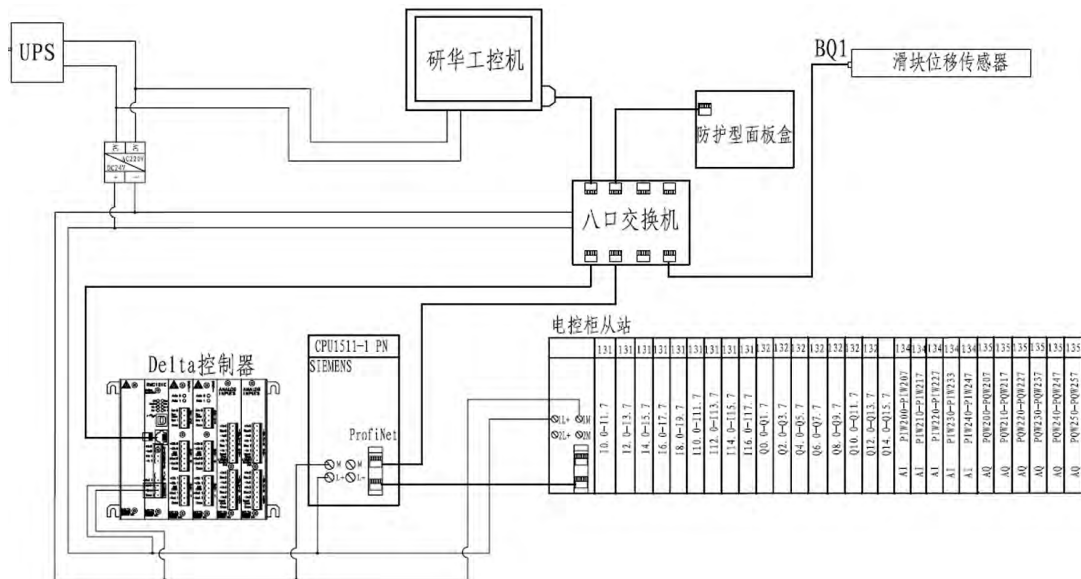


图2 电气控制系统的硬件构成

主控 PLC 采用德国西门子公司的 S7-1500 系列 PLC,由高速 CPU 处理单元、数字量输入模块、数字量输出模块、模拟量输入模块、模拟量输出模块等组成。数字量输入模块接收外部发讯元件的电信号(例如机械限位、接近开关、压力继电器、按钮及其旋钮开关等)。数字量输出模块通过中间继电器可以控制电磁铁的吸合,从而控制电磁阀的开闭。模拟量输入模块读取压机各部位压力传感器的压力反馈。模拟量输出模块控制滑块的高频响应伺服阀,进而控制滑块的下行和回程速度及滑块的压力。

运动控制器采用美国 DELTA 公司所生产的新一代 RMC 高速控制器,由 CPU 单元、四轴 SSI 输入模块、模拟量输出模块、模拟量输入模块组成。四轴 SSI 输入模块读取四角调平缸位移传感器的位置反馈,模拟量输出模块控制四角调平缸的高频响应伺服阀,模拟量输入模块读取四角调平缸上下腔压力传感器的压力反馈。通过各模块的相互配合从而精确调整四角调平缸的位置、速度、压力、运动方向。

工控机采用台湾研华公司研制的 IPC6152A,其中包括英特尔 I5 高速 CPU 处理器,大容量的内存和硬盘等。可触摸的工控机操作系统可以显示压机各部分发讯元件的开关状态,滑块和四角脱模缸的实时位置、速度、压力,滑块的实时位置和压力曲线,四角调平缸的位置和压力曲线等。同时工控机还可以设定滑块和四角调平缸的调节参数,例如设定位置、设定速度、设定压力,调平零点矫正等。

位移传感器包括检测滑块位置的 Profinet 接口总线位移传感器,检测四角调平缸位置的 SSI 接口位移传感器。位移传感器可以实时检测滑块和四角调平缸的位置,并且将位置实时传输给主控 PLC 和四角调平缸运动控制器。

2.2 调平控制系统的软件控制

全行程主动调平控制系统的核心是主控 PLC 和运动控制器。主控 PLC 接收外部的输入信号和命令信号,经过内部的程序处理给运动控制器发送主动调平命令。运动控制器接收到主控 PLC 的调平命令,开始执行各种调平动作。

RMC 运动控制器是一种高速、高精度的运算控制器,其扫描周期最短可达到 1 ms/次。运动控制器主要控制四角调平缸的主动位置调平和主动力控调平。

四角调平缸的主动位置调平主要调整滑块到达预压位置后滑块空载下行水平精度和滑块接触到料片后的瞬时水平精度。运动控制器不断接收到四角调平缸的位置反馈,经过运动控制器的程序运算得到四角调平缸的平均位置,如图 3 所示。

```
Expression
// Update Position
_Axis[4].CustomCounts:=EMA(( _Axis[0].ActPos+_Axis[1].ActPos+_Axis[2].ActPos+_Axis[3].ActPos) / 4.0, _Axis[4].ActPos, 0.1);
// Update Force
_Axis[4].SecCustomCounts:=EMA( _Axis[0].ActFrc+_Axis[1].ActFrc+_Axis[2].ActFrc+_Axis[3].ActFrc, _Axis[4].ActFrc, 0.1);
```

图 3 四角调平缸平均位置程序

滑块接触到四角调平缸后,会影响到四角调平缸的当前位置,造成四角调平缸产生一定的偏载,此时四角调平缸经过运动控制器的精准运算,通过四角高频响应伺服阀不断变换的开口

调节,迅速调整四角调平缸的自身位置,不断追随四角调平缸的平均位置,使四角调平缸始终保持在同一位置,同时保证四角调平缸以同一速度不断退回,从而不仅能保证滑块在生产过程中的精确压制速度还能保证滑块空载下行和接触料片一瞬间的水平精度,如图 4 所示。

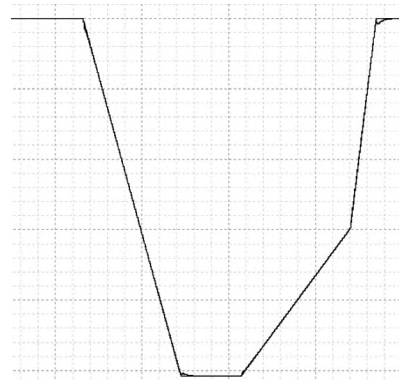


图 4 主动四角调平位置曲线

四角调平缸的主动力控调平主要保证滑块在料片的成型过程中及滑块的保压过程中所受调平合力的稳定,同时还要保证滑块的水平精度。料片在滑块压制成型过程中产生的不规则应力会导致滑块瞬间产生很大的偏载,此时的偏载很难通过四角调平缸的主动位置调平进行纠正。这时就需要四角调平缸的主动力控调平产生的力矩去迅速调整滑块的偏载。料片所受的合力=滑块的压制力-四角调平缸的调平力,如果四角调平缸的调平力不断变化,会使料片所受的合力不断变化,料片的流动性变差,最终会导致产品的均匀度受到影响,甚至还会使产品产生裂痕和缺陷现象。滑块在下行过程中接触到料片后,四角调平缸会由主动退回马上转为主动顶出,并且迅速产生调平合力。四角调平缸的主动力控调平会不断产生调平力矩调整滑块的姿态,保证滑块的水平精度,同时还能保证调平合力的稳定输出,从而保证料片在压制过程中所受合力的稳定,提升产品的均匀度和良品率,如图 5 所示。

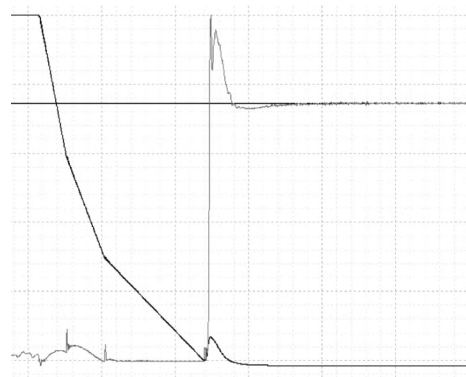


图 5 主动四角调平力控及位置曲线

3 全行程主动调平的优势

复合材料压机新型全行程主动四角调平系统是在原有被动

四角调平系统上的一种改进和创新。

全新的主动调平系统改进了被动调平系统的调平方式,由原来的控制器控制四角调平缸被动排油退回变为调平缸的主动退回。主动退回的优势在于调平缸的响应更快,追随性更好,调平精度更加精准,并且控制方式更加多样。

不同于被动调平系统的是,主动调平控制系统创新式的引入了力控调平方式。在产品的成型过程中及保压定型过程中,传统的被动式调平只能保持四角调平缸处于相同位置,而没有真正的调平力矩去调整滑块在此过程中的姿态。这种调平方式虽然对产品成型的均匀度有一定的改善,但还是不能达到很高的精度。而主动调平控制系统拥有了力控调平方式,力控调平在产品的成型过程中及保压定型过程中不仅可以保证四角调平缸处于相同的水平位置,还能够通过四角调平缸输出不同的调平力矩并保持输出合力稳定,从而实时地调整滑块的偏载,这样可使生产出的产品具有很好的均匀度和极高的精度,有效地提高了产品的良品率。

4 结论

随着复合材料领域的不断发展,多种新型复合材料的研发

成功,随之带来的就是制造装备的转型升级。将新型全行程四角调平控制系统应用到实际生产中,不仅是复合材料工艺升级的需要,更提高了企业的生产效率,使复合材料压机更加智能化、柔性化、集成化、专业化,进而提升了产品的良品率,更提高了产品的竞争力。

参考文献

- [1] 张万忠,刘明芹. 电器与 PLC 控制技术[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
- [2] 美国 DELTA 公司. DELTA 运动控制器用户手册 Version 2.00[Z], 2012.
- [3] 许瑞峰,刘康珍. PID 在工业自动化控制中的应用[J]. 中国高新技术企业,2009(2):76-77.
- [4] 章光灿,魏建华. 玻璃钢制品压机四角调平控制系统的设计[D]. 杭州:浙江大学,2014.

作者简介:王玮洋(1987—),男,工程师,学士,主要从事液压技术方面的电气控制工作。E-mail:tdjszx@126.com