复合材料学报 第17卷 第1期 2月 2000年
ACTA MATERIAE COMPOSITAE SINICA Vol. 17 No. 1 February 2000

文章编号: 1000-3851(2000)01-0111-04

树脂基复合材料热固化过程微机控制系统

王振清 杨连军 张自国 李树存
(北京航空航天大学 材料科学与工程系, 北京 100083) (* 保定螺旋桨制造厂)

摘 要: 介绍了一种基于 IBM-PC 机的多参数、高精度控制系统, 运用 VB、VC 语言编程, 包括 A/D 转换、多路转换和 I/O 控制, 应用于树脂基复合材料热固化过程控制及其他类似系统。

关键词: 复合材料; 热固化过程; 计算机控制; VB 编程
中图分类号: TB332 **文献标识码**: A

A PC CONTROL SYSTEM FOR THERMAL CURING OF POLYMER MATRIX COMPOSITES

WANG Zhen-qing YANG Lian-jun ZHANG Zi-guo LI Shu-cun
(Materials Science and Engineering Department, Beijing University of Aeronautics and Atronautics, Beijing 100083)
(* BaoDing Propeller Manufacturer)

Abstract: This paper describes a control system with multi-parameters and hish precision based on IBM-PC, which is programmed by VB and VC computer language, including A/D converter, multi-channels converter and I/O control. This system was designed for controlling the thermal curing of polymer matrix composites. It can also be applied to in other similar systems.

Key words: composites; thermal curing; computer control; VB programming

树脂基复合材料的固化工艺有多种, 其最终控制目标不外乎固化温度和固化压力。某直升机关键部件是由树脂基复合材料制成的, 其加温加压主设备为一 50 吨位的热压机, 该热压机加热加压环节复杂: 温度测试点多达 9 个, 合模压下量范围宽且精度高, 因此形成一个极为复杂的测量控制系统。显然, 此复合材料成型设备必须由计算机测控方可达到工艺要求。本文中主要介绍该复合材料热固化成型设备的计算机测控系统的硬件组成、软件配置等重要环节。

1 测控微机系统硬件组成

为满足上述工艺要求, 所用微机系统见图 1 所示。图 1 中心框内为一工业控制微机(IPC), 其特点为: (1) 工业机机箱, 14 个 ISA 总线槽, 2 个 PCI 总线槽, 可满足较复杂的测控要求; (2) 机箱自带冷却风扇, 再加上电源风扇及 CPU 风扇, 使得机箱内部散热良好, 可满足长时间连续工作的需要; (3) 总线型工业级主机, 其布线、刚性、信号驱动等均可满足工业控制要求; (4) I/O 板为光电隔离型, 具有较高的抗干扰能力; (5) 控制信号由变送器保证其稳定、准确和可靠性; (6) 奔腾计算机在速度、容量和兼容性方面都为上成。

2 信号采集、输入环节

由图 1 可知, 本系统采集的信号有温度、压力、位移等连续信号和机床状态的位式信号。

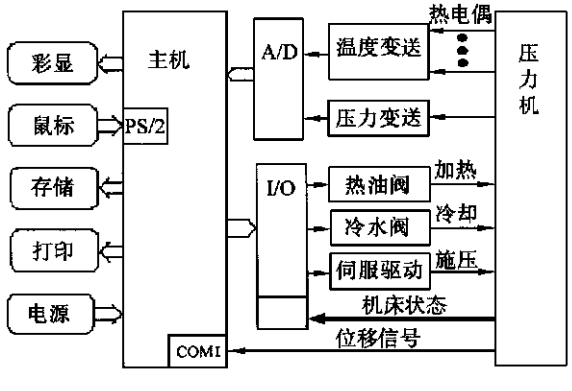

图 1 热压机测控硬件框图

Fig. 1 Hardware block diagram of measurement and control

收稿日期: 1998-11-11; 收修改稿日期: 1999-05-06
作者介绍: 王振清(1948), 男, 教授, 主要从事材料学科计算机应用研究, 开展的工作有热工艺CAPP, 热工艺微机控制, 热处理设备CAD 及材料工程微机测控等.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

温度信号包括上下平台的不同区域、模具本身及油槽温度等,共有 10 路左右。为了减少变送环节的烦琐性,采用了多路切换-公共变送方式。线路原理如图 2 所示

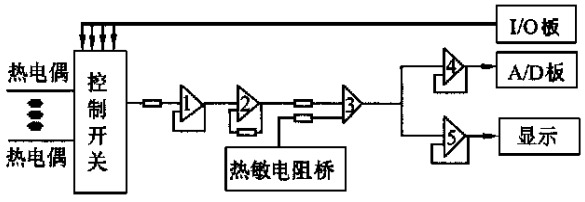

图 2 多路温度信号变送、切换采集框图

Fig. 2 Block diagram of multi-channel transmission, switch and acquisition of temperature signals

图 2 的 1、2、3、4、5 分别为不同的运算放大器。冷却补偿由热敏电阻组成的桥路输出完成。多路热电偶的切换(开关)由微机 I/O 口的 4 根输出线(位)完成,这样很方便的实现多路温度采集的准确对应。压力信号只有 1 路,因此不需要多路切换,其他电路与图 2 所示相同,不再赘述。

位移是一精度高(几到几十微米)、范围大(几百毫米)的采集量。因此采用了滚动光栅结构见图 3。

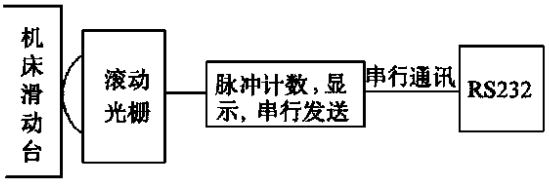

图 3 位移测量框图

Fig. 3 Block diagram for displacement measurement

由图 3 可以看出,机床滑动台的位移经滚动光栅变为脉冲信号,经变送器识别、处理、计数后,一方面可以直接显示,另一方面产生二进制的串行或并行通讯信号。本系统中采用了串行通讯信号传输方式,与计算机的 232 串行口匹配,完成位移信号的采集、变送及置数和清零等控制操作。

机床系统还有一些状态信号,例如压力过高、过低;油路堵塞;缸体过限等。这些均为位置触点信号,通过光电隔离后接至 I/O 的输入端口(位)即可。这些信号的采集输入电路见图 4。

当某一状态出现时,触点开关闭合,发光管L导通,由于L 安装在驱动箱面板上,起到指示作用。同时,光隔离管导通、耦合光电管导通,使得微机采集到此信号。

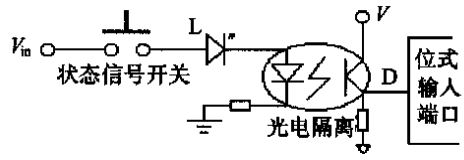

图 4 机床状态信号采集输入示意图

Fig. 4 Schematic of signal acquisition input of the machine status

3 控制输出环节

由图 5 可知,控制目标为温度和位移两种,目的是让这两种参数严格按工艺曲线要求运行。

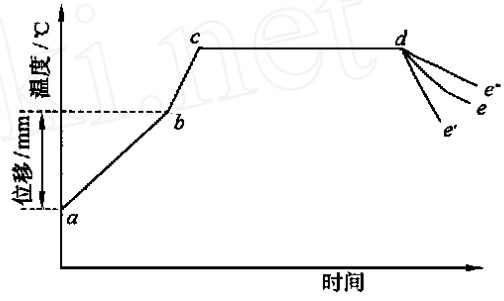

图 5 树脂基复合材料固化曲线

Fig. 5 Curing curve for resin-matrix composites

(1) 温度的升温、保温段(图 1 中 a, b, c 段)是靠热油对模具(平台)加热完成的,控制器为电磁(通断)阀(再带动气控阀)。控温环节硬件组成见图 6。

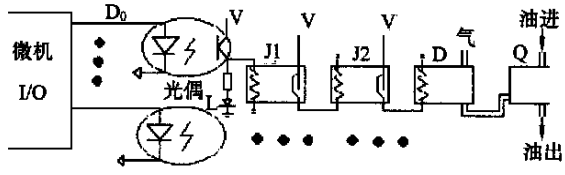

图 6 控温输出线路图

Fig. 6 The output circuit of temperature control

其中,光耦起到微机系统与现场隔离的作用;J1 为微机系统继电器;L 为发光二极管,位于驱动电路箱面板上,可指示控温输出动作;J2为外围继电器,它以常开点带动电磁阀D,后者带动控制热油通断的气动阀。降温环节与加热环节在硬件上相同,只是最终的冷却阀中流动的是水而已。

(2) 滑动(下)平台位移动作的控制原理与上面相同,不再赘述。

4 系统软件及运行状态

由于本系统的测控主机为奔腾 IPC,具备了运

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

行复杂高级软件的环境, 因此, 整个系统选用Visual Basic(VB)语言编程。

VB 的特点是面向对象和事件的实时处理, 而本系统的测控项目均为定时处理事件, 测控过程中的人为操作也可视为事件。VB 的另一优点是人机界面直观, 编程环境提供各种控件, 其属性和外观可由编程者设定, 由此构成功能框架, 为操作带来极大方便。

本系统软件由主屏、设备运行屏、工艺曲线屏、系统测试屏和工艺数据库屏等软件窗口组成。与系统测控关联最为紧密的设备运行屏见图 7。

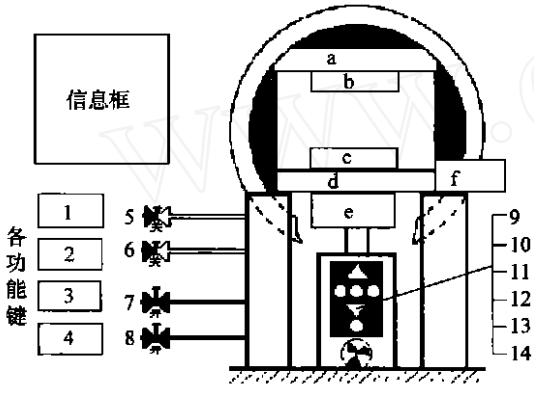

图 7 设备运行状态示意图

Fig. 7 Schematic of the operation status of the equipment

上图中的数字表示可由鼠标激发的控制动作(其中 1 至 4 表示各功能键, 5 至 8 为可控阀门, 9 至 14 为操作按钮), 由这些控件实现操作者对程序的控制。图中字母表示该处有需要控制的参数, 可将采集到的各个参数填入对应的数据框中(图中 a 至 d 为温度, e 为压力, f 为位移), 便于随时观察, 由此实现了良好的人机对话。

在上图的运行过程中, 其他各屏也在工作, 可随时观察。例如, 鼠标激发转屏功能键, 即可观察实时工艺曲线见图 8。

由图 8 可以看出, 其形式与图 5 类似, 只不过这是实际的运行曲线图。离散的点就是实测温度点波动曲线, 是实时测控结果的集合, 在实时测控中用不同颜色的线表示, 对比十分明显。在曲线下面有一警报条, 当温度超限时出现警示条(在彩显上变红), 并且此警示信息可存储, 以便随时观看。

对于不同的工件, 围绕其不同的控温曲线, 组织了不同的工艺库, 将其温度、位移、对应的速率和时间等参数存储起来, 测控时调用, 程序将按给出的工艺参数进行控制。

5 关键软件的实现

VB 语言易学好用, 为开发者提供了广阔的天地。本套测控软件的关键之处在于 I/O 插板的控制、温度调节超标信息的存储和再现及两级测控算法的自学习功能:

(1) 口操作指令的编制。由于VB 没有提供直接口操作的语句, 因此不能直接对A/D 转换板和 I/O 板进行控制, 而C 语言语句丰富, 功能强大, 对口地址的操作尤其方便。因此, 本软件用C 语言编写A/D 转换和 I/O 控制程序, 经编译后生成windows 操作系统中的标准连接库文件(即 DLL 文件), 再由VB 通过函数形式调用。

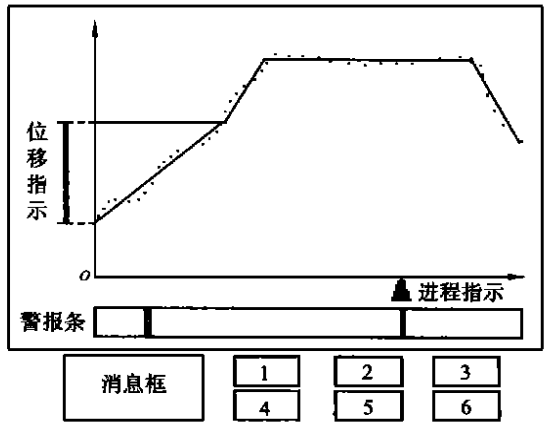

图 8 测控实时曲线图

Fig. 8 Real time curve of measurement and control

(2) 报警信息实时指示和记录。由于所生产零件为关键部件, 因此要求有严格、详细的生产记录。由于控制时间长, 要求精度高, 所以记录数据量很大。本软件在曲线屏(见图 8)设立了一个报警条, 此报警条由VB 控件中的标签控件组成, 共有 248 个之多。利用标签控件的标题属性, 记录对应时间段内的生产数据(温度、压力、位移), 并在超标时给出警告信息(对应时间段的标签颜色变红)。因此可以很详细的记录生产过程中的不正常情况, 为以后的工件质量分析提供参考。

(3) 控制算法参数的自学习。本测控系统在运行过程中, 所生产的工件型号不同, 且相差较大, 造成测控算法中的各参数(平台-模具温差, 通断比)各

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

不相同, 即使是同一型号部件, 由于装模条件和环境的差异, 也会造成控制参数的不同。因此, 为适应不同的生产条件, 本套软件设计了自学习的功能, 具体如下: 在长时间不运行(环境、装配条件发生变化)或开发新型号时, 空机运行(工件热容很小, 对整个测控影响不大), 软件将自动分析每次运行情况, 调整测控算法中的控制参数, 并形成文件记录下来, 当下一次运行时, 从该文件中取出新的控制参数, 如此反复几次, 控制参数将逼近理想的数值, 由此形成软件的自学习功能, 成为本套软件的一个特色。

参 考 文 献

[1] 欧阳璨. 电路基础 [M]. 北京: 航空工业出版社, 1993. 46～50.

[2] Wathan Gurewich and Ori Gurewich. Visual Basic 3.0 for Windows [M]. Ny: SAMS Publishing, 1996. 234～236.

[3] Frank Colueci. Aerospace composites and materials [J]. *The American Society for Testing Material*, 1991, 3(2): 8.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net