

基于 LabVIEW RT 的集散控制系统

作者：苏海龙 骆宗安 张殿华

职务：高工 讲师 教授博士生导师

公司：东北大学国家重点实验室

应用领域：工业自动化

挑战：利用PXI嵌入式控制器、LabVIEW RT 开发出完成高速、高精度、多实时闭环控制任务，数据采集，逻辑控制等的多功能测控平台。

应用方案：使用National Instruments公司的RT系列的PXI嵌入式控制器、E系列多功能数采卡、LabVIEW RT、labVIEW RT控制工具包以及执行程序生成器来开发一个集多任务实时控制、数据采集、数据分析为一体的集散测控系统。

使用的产品：PXI 8186 RT ;LabVIEW RT;PXI-6052E;PXI-6527

介绍

近年来，随着我国经济的迅猛发展，测控技术，尤其是基于LabVIEW快速开发的测控系统也在各行各业得到了较好地应用。我们根据科研项目的要求开发了一个可以对多个被控对象进行高速、高精度的控制，同时对多个变量进行数据采集和分析的多功能测控平台，它对新开发实验设备控制系统的优化和改进，生产线上关键仪器仪表的测控及性能评估都具有重要的意义。

序言

我们开发的应用在冶金实验领域的实验设备，如多功能材料实验机、热镀锌实验机等，其被控对象都比较相似，对控制效果的要求也相似，即都具有液压站、高精度的位移传感器、高速伺服阀、温度控制、数据采集等，都要求闭环控制周期尽可能的短，通常位移闭环为1ms，温度闭环为10ms。根据上述情况，我们开发了一个具有通用性的测控系统，即基于LabVIEW RT的测控平台。

这个测控平台在硬件连接上采用便于安装和易于拓展的结构，在软件上采用了模块化结构，便于程序的调试、优化。对于不同的被控对象，只需要对硬件和软件做少量的修改，而总体结构不变，就可以完成对不同设备的控制，从而充分发挥了虚拟仪器的灵活性和高效率。

工艺原理简介

多功能材料实验机的工作原理是利用直接焊在试样(柱状或板状)轴心处的热电偶测量温度，采用直接电阻加热，即使试样中通过低电压，大电流的方式加热，然后通过液压缸控制锤头打击试样，使其快速变形。要求记录试样变形过程的所有相关参数。热镀锌实验机的原理也是利用直接焊在试样(片状)上的热电偶测量温度，通过红外辐射管使试样快速升温，然后通过控制液压缸将试样快速移动到事先熔化好的锌液中浸一下，再快速返回。要求记录浸镀过程的所有工艺参数。加热试样的操作箱或石英玻璃罩内都可以抽真空或充以惰性气体，以防止试样被氧化。

控制系统构成

上述实验设备中有许多模拟量控制闭环，在多功能材料实验机中的被控对象有两个液压缸控制闭环，即一个轴锤头打击控制和一个轴的试样变形量定位控制，试样温度控制、扭转控制、淬火水流量控制。在热镀锌实验机中有两个温度控制闭环，即锌液熔化炉的温度控制、试样温度控制，两个液压缸闭环控制，即锌液炉的水平移动的位置控制和被加热的试样浸镀垂直方向移动的位置控制，冷却水流量控制。由于控制闭环多且控制周期差异较大，因此采用了集散控制系统的方式，将控制周期短的闭环与控制周期长的闭环分别用两个控制器来完成，这样做能充分发挥控制器的性能且编程及调试方便。硬件配置见图1。

由于控制系统中的开关量被控制点很多且分布比较分散，同时为了节省PXI嵌入式控制器CPU的时间，而采用西门子的S7-300系列的PLC，即CPU315-2DP及ET200M组成PROFIBUS

现场总线的控制结构。

1. 控制任务的分配

根据对被控对象控制周期的长短将控制任务分为两部分，其中液压缸和液压马达的控制周期为1ms；而温度、水流量的控制周期为10ms，因此分别在两个控制器完成，这样做使得程序的结构清晰，调试方便。

模拟量的控制及数据采集都是通过PXI-6052E完成的，因为该数采卡可以硬件精确定时，可以通过PFI7针使PID的输出与数据采集为相同的时钟，因此控制更加精确。PXI嵌入式控制器与PLC控制系统之间是通过PXI-6527直接以点对点的方式进行通讯的，因为二者间需要交换的信息量很小。

2. 传感器执行器的选择

PXI-8186RT 控制器的运行速度很快，且能保证实时控制的确定性。为此，就要求控制系统中的DAQ卡、传感器和执行器与控制器的性能相适应，才能真正完成一个控制周期短的闭环控制。否则虽然控制器的速度快，而传感器和执行器的速度慢，尽管控制器计算了几次PID，但采集的数据没有变化，输出了几次后的数据才起作用。因此我们选择的执行器如三级伺服阀（MOOG阀），开口度从0到最大的时间小于6ms，定做的温度变送器的响应时间小于10ms。

3. 系统的抗干扰措施

上述两台实验设备都属于精密仪器，无论对控制实时性还是对数据采集的精度和速度方面都要比实际生产上要求高得多，因此必须采取措施，确保整个系统的精度要求。1.为了更好地滤掉干扰信号，将被采集的信号通过带有低通滤波的信号调理模块，同时所有的被测信号均采用差分输入的接线方式以减小共模干扰；2.整个控制系统做一个标准的接地线，并保证接地电阻小于2Ω；3.模拟量信号的屏蔽层在靠近传感器端一点接地；4.所有的线圈电压为220VAC的接触器、电磁阀的线圈两端都并联了阻容吸收模块、所有的线圈电压为24VDC继电器的线圈两端反并联一个二极管，以减少其对控制系统的干扰；5.为传感器、放大器、PLC输入节点供电的开关电源输入端并联电源滤波器。6.采用了交流电源净化器来减少由于电网波动和来自其他大负载的干扰，同时利用UPS电源来避免由于突然停电而不能正常关机，及液压站不能迅速卸油而造成人身和设备的损伤事故。

系统软件

1. 软件的总体结构及功能

控制系统的软件分为管理和控制两部分，管理部分的软件运行在WINDOWS平台下，完成人机界面（HMI），数据分析、处理、报表等功能。控制部分的软件为Real-time控制程序，运行在实时操作系统下，完成实时控制任务、通讯、数据存储等功能。管理部分软件通过TCP/IP协议分别与两个控制器通讯，传送控制参数及接收数据。其任务分配见图2。

2. 调度程序的结构

在管理和控制程序的每个部分都有一个中心调度程序，其结构为LabVIEW提供的状态机，它由While Loop内部的一个Case结构和位移寄存器中所携带的Case选择器组成，这种Case结构的每个框架都可以向下一个迭带中的其他框架传输控制或直接终止While Loop。但此结构中如果触发的事件特别多时，就会使用较多嵌套的Case，过多使用Case将导致程序运行速度急剧下降。为此采用了多个Select函数和两个Case结构就可以对原来的状态机进行优化，这样做省去了多个嵌套的Case，极大地提高了程序的运行效率。具体结构见图3。当然在LabVIEW6.1以后的版本中，也可以选择Event来响应触发事件。管理部分的不同程序是由主界面上的按钮来触发运行的，而不同的控制是由人机界面通过通讯发送到PXI控制器的不同编码来触发运行的。优化后的状态机结构见图5。

3. 控制程序间的切换问题

由于工艺过程的复杂性和结构化编程思想的要求，使得一个程序不可能完成所有的控制任务，必须由多个控制程序相互协调配合才能完成，因此就存在控制程序间的切换问题。如在多功能材料试验机中，当PXI开机后就运行一个接收控制编码及控制液压马达保持二轴原位不动的子程序，当接收到某种控制编码后就转到相应的控制程序中，由于每个程序开始运行时都要Configure，结束时要Clear，因此在上一个程序结束到下一个程序开始之间，有一瞬间失控状态，因此要保持上一个程序结束时PID输出电压值，直到下一个程序开始为止。而在LabVIEW7.0以后的版本中，由于DAQ底层驱动程序速度的提高，程序的切换问题迎刃而解。

结束语

本测控平台的控制精度高，实时性好，结构灵活，可以随时增减被控对象。随着LabVIEW不断地升级，极大地减少了编程量，同时由于使用LabVIEW次数的增多，编程速度和调试技巧都有了较大的提高，因此大大地缩短了整个系统应用软件的开发时间。

该测控平台得到了国家985科技创新平台项目经费的支持，对提高实验室综合测控水平，更好地为生产实践和工艺性新实验的开发提供强大的技术支撑。