

文章编号: 1000-5773(2003)03-0235-06

六面顶压机集中控制系统的组态设计^{*}

孙 悦¹, 毕 延², 董 越², 罗湘捷¹, 丁立业¹, 杨向东¹

(1. 四川大学高温高压物理研究所, 四川成都 610065;

2. 中国工程物理研究院流体物理研究所冲击波物理与爆轰物理实验室, 四川绵阳 621900)

摘要: 将近年来流行的组态软件设计方法用于六面顶压力机控制系统的改造。测试数据表明, 短设计周期和低设计成本速成的本控制系统, 在压力和温度的跟踪、控制和保持的精度等方面都达到或超过了设计要求。通过实时组态, 实现了负载罐体内部温度/加热功率和内部压力/表观压力的直接比较和自动转换; 利用内嵌数据库能在后期分析现场数据; 还可以利用 Internet 组态, 方便地实现设备的远动和数据的远程访问。对本控制系统的改造成功, 有助于对其它类似测控装置的改造。

关键词: 六面顶压力机; 组态软件; PID 控制器; 超硬材料; 高温高压

中图分类号: O521.3

文献标识码: A

1 引 言

由于超硬材料(如人造金刚石)是在模仿天然金刚石形成的高温高压环境中合成出来的, 所以静压装置不仅要提供适当的压力源和加热源, 而且要使最大压力、加/卸载速率、保压时间及稳定性和最高温度、升/降温速率、保温时间及稳定性等可以进行 PID 动态调整。显然, 压机测控系统的技术水平也就反映了研制高压合成材料的能力^[1]。目前国内广泛使用的铰链式六面顶液压机具有制造技术成熟、多顶锤三轴向施加压力的特点^[2], 其控制系统基本上已经完成了从继电器阵列向可编程控制器(PLC)为控制核心的过渡, 这对提高产品的质量、开发旧设备的潜力奠定了良好的基础。但 PLC 的缺陷, 如大量的实验数据不易存储和管理、生产中的工艺参数和系统组件的修改必须依靠专业人员、无法实现数据的远程访问等, 都是由硬件电路先天决定的, 很难从根本上进行改善。基于 PC 的组态软件为上述问题提供了妥善的解决方案。组态即允许用户根据实际需要, 自行对应用软件进行配置的办法^[3,4]。从广义上说, 不论是否精通编程语言, 用户都能利用组态软件提供的资源将电路模块按规则“绘制”出来, 然后由系统自动生成符合 Windows 规范的计算机程序段。可见, 组态软件不仅可以快速、准确地生成应用程序, 而且编制出的软件更加适于现场的使用和维护。我们结合对国产 YL75-800 型铰链式六面顶压机控制系统的改造, 描述在工业过程控制系统中进行组态设计的方法。

2 设计与调试

YL75-800 型六面顶压机的单缸工程压力为 800 t, 最高工作油压达 100 MPa。其控制系统经过 PLC 模块化改造后, 油压波动从 ± 5 MPa 减小到 ± 2 MPa, 功率波动从 $\pm 10\%$ 减小到 3% , 最大保压时间延长到 5 h。为了使设备适应高品位超硬材料合成的需要, 该控制系统的改造目标应使: (1) 加/卸载

^{*} 收稿日期: 2002-07-26; 修回日期: 2002-10-08

基金项目: 国防科技重点实验室基金资助(99JS75.3.2.JW1910)

作者简介: 孙 悦(1956—), 男, 副研究员, 从事高温高压物理研究。

及保压过程中的油压波动降低到 ± 0.5 MPa;最大保压时间大于 24 h;(2) 升/降温及保温段的跟踪误差不大于 $\pm 1\%$;最大加热功率波动小于 1%。

选择基于 Windows 平台、支持 OPC(即过程控制的对象链接与嵌入)、ActiveX 控件和分布式数据库即报警系统的、拥有国内自主知识产权的“组态王”软件作为系统的设计平台。

图 1、图 2 分别从压力和功率/温度控制两个方面描述了系统的原理示意图。将原控制电路中的压力和功率/温度装置用 PID 为核心的闭环误差调节系统代替。当系统按预设的梯形图工作时,压力传感器将油压信号转换成 PID 调节器的反馈信号,经 PID 的调节,与给定的参考电压按电压-频率关系严格保持一致;一旦偏差大于阈值,调节器将按比例-积分-微分运算关系改变输出电压,使变频调节油泵的转速,通过油路迅速消除偏差;在高压油路中,七通阀将压力均分至 6 个压缸^[5](高压下同步性能很好,低压下可通过限压冲液同步),并增设多级泄流阀使系统能进行微量调节。在保压过程中,为了准确地维持系统的压力,高压泵不间断地工作,以维持高压油路的动态平衡。在升压过程中,变频器按误差信号控制电动机快速增压;而在降压过程中高压泵将按梯形图减速泵油,使系统获得高稳定度的油压。由于这种过程跟踪和动态补压的机制,在理论上不会出现“超调”现象,且高压系统的稳定时间为无限长。另外,用 PLC 程控器控制低压油泵完成顶锤的合拢与退出。与上述电路类似,由 PID 调节器构成的闭环控制系统精确地跟踪加热功率的变化。

图 3 是六面顶控制系统的电原理框图。其中压力和功率/温度控制单元均用 Shimaden 智能调节器为核心;压力的变化通过安装在总油路上的传感器传入 PID 调节器控制变频电源驱动高压泵;用压力效应很小的双铂铑高温热电偶作温度传感器(信号直接取自叶蜡石负载,从绝缘的顶锤上直接引出),经 Philip 智能表的校正后,送入调节器,对负载形成闭环控制;用 Philip PLC 对压机的各种动作和行程进行组合程控;最后用 MOXA 1-4 RS232 转换器与上位机交换数据。从可靠性的角度考虑,系统还设置了“手动”开关。通过功率变送器将上位机计算出的加热功率送入数字显示器,并根据电偶信号与预置梯形图值之差控制加热线圈。压力和温度的控制梯形图分别在各自的调节器中预置,并且可在任意时刻通过数字窗口方便地更改。值得注意的是,压力和温度都是惯性较大的物理量,在不同过程中其值也不同(特别是温度的测量,选取的电偶材料和采用的测量方法都直接影响测温的精度和可靠性^[6]),所

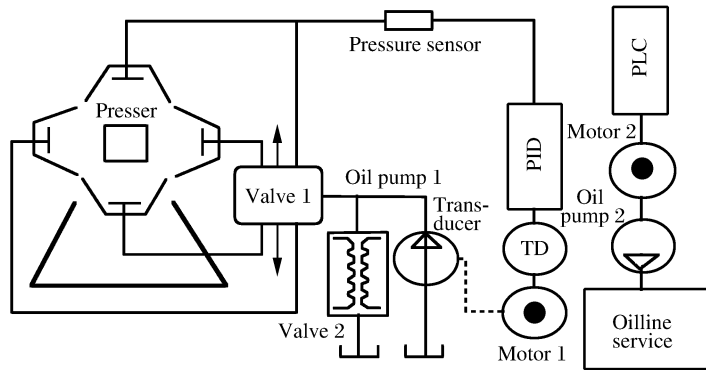


图 1 压力控制系统示意图

Fig. 1 Sketch of controlling system for pressure

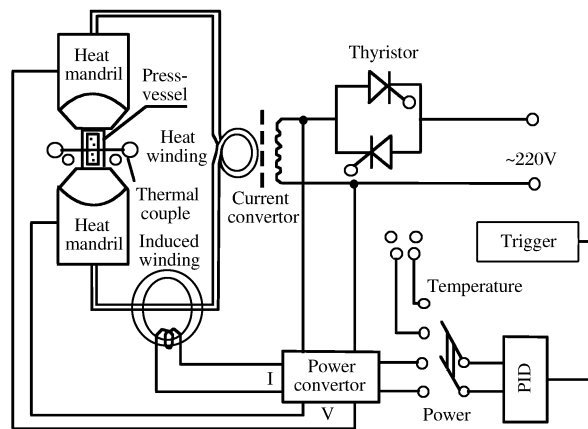


图 2 功率/温度控制系统示意图

Fig. 2 Sketch of controlling system for power and temperature

历史数据库的控件,对液压管路和电气线路及各主要部件进行动画设计,设计报表的编辑控件以及建立基于 WEB 的数据远程访问的监护等。以图 4 的设计为例:打开组态王的工程浏览器界面,选择“新建”按钮,填入画面名称和存储文件名,选择“覆盖方式”建立窗口后,进入开发系统界面;选择“实时趋势曲线”控件作为主监测窗口;通过“数据词典”的变量选择,分别将设定油压(内部变量)/实际油压(I/O 变量),设定功率(内部变量)/实际功率(I/O 变量)对应于 4 条动态曲线;再设计数字显示窗口,其中字符要通过动画连结;最后利用工具箱、图库和调色板选择适当的前景和背景色,剩下的工作由系统自行完成。这是因为在建立“数据词典”时,设计的 4 个变量已指向实时/历史数据库和 I/O 端口,而 I/O 端口也已通过系统的硬件驱动程序库,在上电时就被初始化了。

3 结果与讨论

从安全角度考虑,在调试中最高压力的测试控制在 90 MPa。保压测试分五段进行:90 MPa、30 MPa、85 MPa、40 MPa、80 MPa 和 60 MPa,每段保压 1 min,见图 5;平均压力偏差不大于 0.1 MPa(设计指标为 2%FS(Full Scal),即 0.2 MPa)。在不跟踪条件下,实测最大升压速度为 0.78 MPa/s(设计指标为 0.75 MPa/s)。常态升压跟踪测试:从 10 MPa 升到 90 MPa,历时 4 min;由于梯形图在 89~90 MPa 之间设置了 1 MPa/min 的延时缓冲段,彻底消除了压力上升的拐点上冲(约 38 s 的延时,0.8 MPa 以上),上升段的跟踪偏差不大于±0.3 MPa(设计指标亦为±0.3 MPa),见图 6。

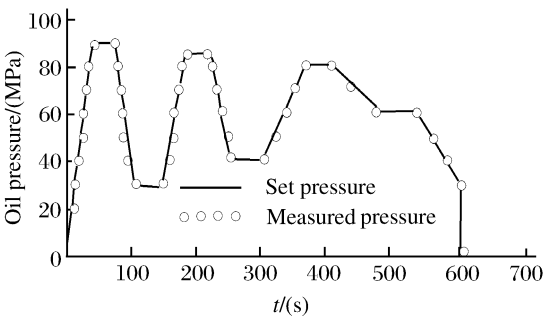


图 5 压力测控曲线
Fig. 5 Curves for pressure

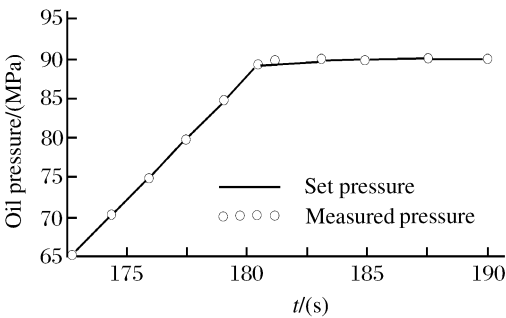


图 6 压力缓冲设置的效果
Fig. 6 Effect of setting pressure cushion

卸载段的测试历时 3 min,从 90 MPa 下降到 30 MPa,跟踪压力偏差不大于±0.2 MPa(设计指标亦为±0.2 MPa);经过 24 h、90 MPa 的保压测试,证实压力偏差不大于±0.1 MPa(设计指标为±0.2 MPa)。基于安全的考虑,最高加热功率的测试限制在 11.5 kW(最大加热功率为 16 kW);功率保持的测试结果见表 1,不难看出,其最大加热功率点的平均偏差小于±1%的设计指标。在以 5.75 kW/min 的高速升温测试中,由于设置了 0.45 kW/s 的缓冲段,彻底消除了功率“超调”现象。在 30 min、10~11 kW 的慢升功率段的测试中,平均偏差小于±5.2‰,与表 1 中 10 kW 功率保持段的偏差相当,从 11~1.5 kW 的快速降功率段的测试历时 2 s,测试数据与梯形图基本吻合,见图 7;最高温度的测试利用 11 kW 功率的等效负载进行,实测温度为 1000 ℃;在升温速度不大于 60 ℃/min 时,系统跟踪偏差小于 2 ℃;而降温速度不大于 30 ℃/min 时,系统跟踪偏差亦小于 2 ℃;在 1000 ℃

表 1 功率保持误差

Table 1 Correlation error in power maintainence

Power/(kW)	Correlation error (‰)
11.5	4.3
10.0	5.0
8.0	5.0
6.0	6.7
4.0	7.8

的保温段,偏差不大于 $\pm 1\%$ (设计指标亦为 $\pm 1\%$);在 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温段,偏差均不大于 $\pm 1\%$;在升温至 $930\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,设置梯形图缓冲段能消除拐点处约 $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的超调,见图8。

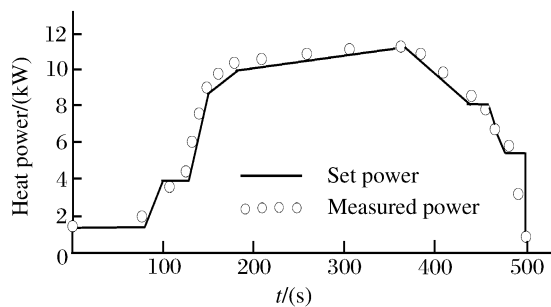


图7 功率测控曲线

Fig. 7 Working curves for power

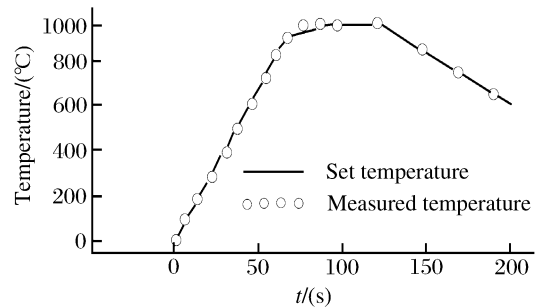


图8 温度测控曲线

Fig. 8 Working curves for temperature

4 结 语

本改造项目能够在很短的开发周期内完成的事实说明,即使是普通用户也能利用组态工具设计出较为复杂的控制系统,并且在保证性能指标的前提下,大大降低开发成本。由于组态软件提供的开放式设计平台,能满足大多数场合的需要,且应用软件与被测量、各种硬件驱动程序以及数据库的这类棘手的接口程序编制,都能通过画面上的变量定义和链接自动完成,所以有利于计算机应用技术在各个行业的推广和提高。

必须指出的是,国产工控软件“组态王”的功能还有待进一步开发与提高。例如本文中提及的内压与内温实时比较中的标准数据,只能在“事件触发”模块中手工添加,且在同一时刻只能响应一个事件等。另外,在组态的智能程度、函数功能和控件规模等方面,尤其是仪表的“虚拟化”与国外的优秀工控软件相比,如 Labview,也还有不小的差距。

References:

- [1] Chen Q W. Synthetic Technics for Artificial Diamond [J]. Chinese Journal of Geology and Exploration, 1994, 30 (5): 62—67. (in Chinese)
陈启武. 人造金刚石合成工艺 [J]. 地质与勘探, 1994, 30(5): 62—67.
- [2] Li J R. Improving on the Hydraulic Pressure System and It's Components of the Type YL75-4800 Hexa-Orient-ation Press [J]. Chinese Journal of Zhengzhou Spin Univ, 1995, (1): 12—18. (in Chinese)
李进瑞. YL75-4800 六面顶压机液压系统及元件的改进 [J]. 郑州纺织工学院学报, 1995, (1): 12—18.
- [3] Cai Y H. Optimal Control for Making Artificial Diamond [J]. Chinese Journal of Hunan Non-Ferrous Metal, 1995, 11(3): 47—49. (in Chinese)
蔡运洪. 人造金刚石的最佳控制 [J]. 湖南有色金属, 1995, 11(3): 47—49.
- [4] Chen H, Li S F. Advanced Configurational Tools for the Controlling Systems of Industrial Computers [J]. Chinese Journal of Industrial Instruments and Auto-Equipments, 1994, 4: 25—27. (in Chinese)
陈红, 李嗣福. 工业计算机控制系统高级组态工具 [J]. 工业仪表与自动化装置, 1994, 4: 25—27.
- [5] Fang X H. Artificial Diamond and Cubic Nitride Boron [M]. Beijing: Published by Chemistry Publishing Company, 1996. 36—240. (in Chinese)
方啸虎. 人造金刚石及立方氮化硼 [M]. 北京. 化学工业出版社. 1996, 36—240.

- [6] Luo X J, Luo B C, Liu Q, et al. Study on the Effect of the Phase Transition of Pyrophyllite on the Resistance of the Heating Graphite Tube in High Pressure Reaction Cell [J]. Chinese Journal of High Pressure Physics, 1997, 11 (1): 70—75. (in Chinese)
罗湘捷, 罗伯诚, 刘 强, 等. 高压腔内叶蜡石相变对发热石墨管电阻的影响 [J]. 高压物理学报, 1997, 11(1): 70—75.
- [7] Liu X Y, Zhao X D, Hou W M, et al. Transformation of Boron Oxide B_2O_3 under High Pressure and High Temperature [J]. Chinese Journal of High Pressure Physics, 1995, 9(3): 213—217. (in Chinese)
刘晓旻, 赵旭东, 侯为民, 等. 高温高压条件下三氧化二硼相变过程的研究 [J]. 高压物理学报, 1995, 9(3): 213—217.

Configurational Design for Centralized Control System of Hexa-Orientation Press

SUN Yue¹, BI Yan², DONG Yue², LUO Xiang-Jie¹,
DING Li-Ye¹, YANG Xiang-Dong¹

- (1. *Institute of High Pressure and High Temperature Physics ,
Sichuan University, Chengdu 610065, China ;*
2. *Laboratory for Shock Wave and Detonation Physics Research ,
Institute of Fluid Physics, CAEP, Mianyang 621900, China*)

Abstract: The control system of a hexa-orientation press is consisted of measurement and control units for high pressure and high temperature. By applying the configuration software, the precision of tracking control and temperature and pressure maintainence have reached or exceeded original projects under the guarantee with remarkably shortening period of design and saving invest on project. Through this approach, the direct comparison and auto-convert of inner temperature vs. heating power and inner vs. outer pressure of the load bulk were realized; the locale data were analyzed with online database after the event; and remote device controlling and teledata accessing are convenient to realize.

Key words: hexa-orientation press; configuration software; PID controller; superhard material; high temperature and high pressure