

高新技术在硫化仪中的应用

郑尚德

(中国纺织大学,上海 200051)

摘要 温度变结构预测控制、扭矩傅里叶变换、多媒体人机界面等新技术的采用,极大地改善了硫化仪的性能。模块化结构的采用,使仪器工作可靠,维修方便,并为今后的升级提供了方便。

关键词 橡胶,硫化仪,变结构控制,多媒体

近年推出的 LH-95硫化仪计算机测控系统,不但大量采用了高新技术,使橡胶硫化仪的性能有了极大的改进,而且一改传统的仪器设计概念,应用模块化的结构,使仪器构成灵活,升级方便。尽可能采用市场上成熟的通用部件,不但提高了仪器的性能价格比,可

靠性,而且使维修方便迅速,免除了用户的后顾之忧。

LH-95硫化仪计算机测控系统模块化结构示意图如图 1所示,其构成由相对独立的 3部分组成:执行模块、测控模块和多媒体计算机。

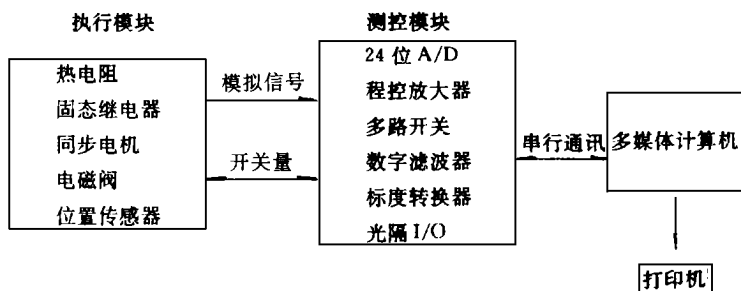


图 1 LH-95硫化仪计算机测控系统模块结构示意图

下面分别就测量的准确性、操作的方便性和工作的可靠性来阐述 LH-95硫化仪计算机测控系统所采用的高新技术及其应用效果。

1 测量的准确性

1.1 对模腔测控温精度的要求及变结构预测控制技术的应用

橡胶的硫化特性与硫化温度关系极大。温度稍有变化,硫化特性曲线就可能有很明显的改变。在文献 [1]中提到,硫化温度每提高 10°C ,橡胶的硫化反应速度将提高 1 倍左右。

为了提高硫化试验的重复性和再现性,无论是有关国际标准^[2]还是国家标准^[3],对硫化仪模腔温度的测量控制精度都有比较严格的规定。对温度的要求有 2个:稳态测控温精度和动态恢复速度。化工部 JJG(化) 101-91 橡胶圆盘摆动硫化仪检定规程在技术要求中规定,在温度范围 $100-200^{\circ}\text{C}$,温度灵敏度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$;试验温度在稳定状态下,上、下模体温度波动范围不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。国家标准 GB9869-88则规定,试验模腔在稳态下温度波动不得超过 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$,控制精度为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。国家标准与国际标准^[2]规定相同。就

目前的控温技术而言,要达到这样的稳态测控温精度并非十分困难,只要选用精度和稳定性较高的器件,并在电路设计中注意干扰和漂移问题即可。我们采用了著名的 ANA-LOG DEVICES 公司近期推出的高精度 24 位 A/D 转换器,使稳态测控温精度很容易达到 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 的高精度,与标准规定相比,具有较大的裕量。

比较难达到的是温度的动态恢复速度。温度的恢复速度,在很大程度上决定了硫化试验的重复性和再现性,温度恢复越快,恢复时间越一致,试验结果受不定因素如气温、操作人员熟练程度和试样大小等的影响就越小^[1]。

国家标准规定,放入冷试样后,模腔温度应在 2min 内恢复到初始温度的 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 内;国际标准则更为严格:温度在 2min 内必须恢复到初始温度的 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 内。除了孟山都公司最新型的 2000 型硫化仪可以达到国际标准要求外,国内广泛使用的各种型号硫化仪绝大部分都达不到这个要求,孟山都公司的早期产品 100 型和 100S 型硫化仪也达不到这个要求。我们曾用进口的 OMRON 公司的 E5AX-A 控温仪表在孟山都的 100 型硫化仪上做过试验,该仪表功能比较齐全,具有 PID 自整定功能。在进行了 PID 参数自整定之后,实测试验模腔的温度在 5min 后才恢复稳定在初始温度的 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内,而且温度超调达到 2°C 左右,显然没有达到标准要求。

影响温度恢复速度的因素主要是哪些呢?显然,模腔的热惯性、加热盘热阻所引起的滞后是其中最主要的因素。美国孟山都公司的 2000 型硫化仪的模腔结构设计十分精巧,把被加热部分压缩到最小限度,保温措施也比较完善,这就使试验模腔的热惯性和滞后大为减小,温度恢复速度自然也十分迅速。这犹如重载巨轮不易加速,而轻载小舟则可随意进退。由于我国在基础工业和工艺水平方面与国外先进水平相比,尚有不小的差距,

如此精巧的模腔国内有关生产厂一时还难以制作生产,要较大幅度地提高模腔的温度恢复速度,唯一的出路就只能在温度控制技术上来求得突破。如前所述,若采用普通的 PID 调节仪表,不管其功能如何完善,都难以达标。在 LH-95 硫化仪计算机测控系统中,借助于近年发展起来的现代控制技术——变结构预测控制 (Variable Structure Predictive Control, 简称 VSPC),较好地解决了这个问题。

变结构预测控制功能结构框图如图 2 所示。

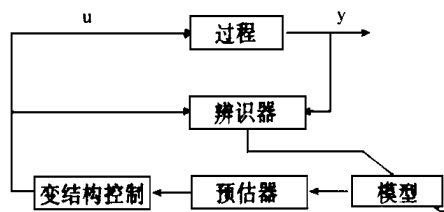


图 2 变结构预测控制功能结构框图

变结构控制是一种优异的现代控制技术。它的控制快速,对被控对象的参数变化和外界干扰不敏感。但它也有一个致命的缺点:对被控对象的惯性和滞后十分敏感,常因此造成控制上的颤振或失稳。这一缺点影响了这种控制技术的推广应用。变结构预测控制则是在变结构控制的基础上加入了参数辨识器和状态预估器。辨识器通过在线收集到的数据不断对过程进行辨识,估计过程模型的参数,状态预估器则依据此模型对系统状态进行预估,以克服系统所存在的滞后和惯性。变结构控制也依据此模型整定控制参数,并依据预估状态对系统进行快速的结构切换,使系统状态沿着滑模超平面迅速而无超调地到达设定状态^[4]。

变结构预测控制使硫化仪在试验模腔具有大惯性、大滞后的不利条件下,极大地改善了温度恢复性能,基本达到了最为严格的国际标准要求。图 3 为进口高级自整定控温仪和变结构预测控制对同一模腔的温度恢复曲

线对照。变结构预测控制不仅使温度恢复迅速,而且超调很小,仅在 $0.2 \sim 0.3^{\circ}\text{C}$ 范围内,十分理想。

高精度 A/D 转换器和变结构预测控制技术的应用,使传统硫化仪的温度测控性能有了根本的突破,这就为硫化试验的重复性和再现性提供了基本保证。如果有关生产厂在试验模腔的结构工艺上能有所突破,试验模腔的控温性能将更臻完善。

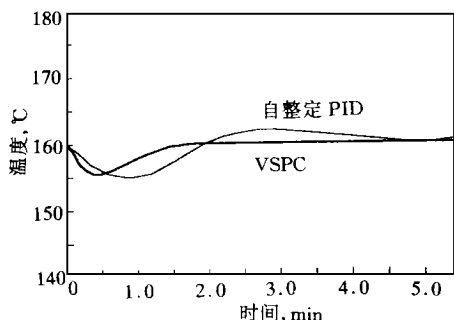


图 3 温度恢复速度对照

1.2 转矩测量和傅里叶变换

由于硫化仪的圆盘形转子是以 $100 \text{周} \cdot \text{min}^{-1}$ 的频率振荡的,所以转子的转矩实际上是一条正弦曲线。而所谓硫化曲线就是这些连续正弦曲线的包络线。传统的方法是取正弦波的峰值作为硫化曲线,虽然简单,但缺点很多。转矩传感器输出的是 mV 级的小信号,不可避免地会混有噪声和干扰。这些噪声和干扰迭加在正弦波信号上,使正弦波的峰值具有随机性,表现在硫化曲线上,则是许多毛刺,据此计算出来的测量结果,误差自然也很大。在国产的一些简易型硫化仪中,这个问题比较严重。为了解决这个问题,国内近期开发出的一些智能型硫化仪,加强了滤波措施,使硫化曲线光滑一些。但随之也带来了响应速度过于迟钝的问题:与实际情况相比,硫化曲线被拉得较为平直,变形较大,硫化时间与实际值不能很好吻合。显然,这不是从根本上解决问题的方法。孟山都公司的 2000 型硫化仪采用傅里叶变换的方法,较好地解决了这

个问题。我们在转矩测量中也采用了这个技术。对转矩的正弦信号进行连续采样,所得的数据在经傅里叶变换处理之后,就消去了混杂在其中的噪声和干扰。由此取得的硫化曲线光滑流畅,无畸变,保证了测量结果的准确一致。

2 操作的方便性

许多精密仪器,测量精确,性能优良,但操作繁琐,难以掌握。因此,易用性,也就是操作的方便性,是衡量仪器设计是否完善的又一重要标准。

在 LH-95 硫化仪计算机控制系统中,所采用的高新技术是复杂的、高深的,但这种技术上的复杂性和高深度却不可以直接面对用户。显然,必须有一种中介技术,把高深的专业技术包装起来,转化为简单直观的用户操作。在 LH-95 中,采用了多媒体触摸屏彩色图形界面 (WINDOW S) 来解决这个问题。用彩色图形来动态地表示仪器的状态、测量结果及当前所允许进行的操作,无疑是一种最直观清晰的表达方法了。而灵活的多画面切换,又使画面集中显示当前操作所必需的信息,一切无关的信息都被屏弃,十分简洁清楚,避免了一般多功能仪器按键、旋钮多而杂,容易误操作的缺点。在画面上有关当前操作的简要说明和提示,更为操作人员带来了方便:不用再麻烦地去翻阅说明书了。触摸屏则使用户的操作简捷直观。简单地按一下屏上显示的立体按键图形,仪器就会执行与键上标示的名称对应的操作。即使是从未接触过计算机的人员,也能迅速掌握使用,再不用面对计算机那一大堆按键而无从下手了。参数设定更为简单:点一下所要设定数据的显示区域,就能进入此数据的设定画面,方便地进行设定。对于上下模腔温度和转子转矩,仪器可同时以数字和曲线两种形式实时显示,并以不同颜色加以区分。仪器的开合模状态和转子的振荡,也以动画显示,使人对仪器的

工作状态一目了然。

仪器的自动化程度也十分高。在检测到合模后,自动启动转子电机开始试验。试验时,仪器会自动根据设定值和所测得的转矩数据大小调整曲线坐标,不用人工干预。试验終了,仪器自动关闭转子电机,计算并显示出最大扭矩、最小转矩 t_{10} 和 t_{90} 等数据。按一下打印键,喷墨打印机就打印出精细的全过程试验曲线,包括上下模温度曲线和硫化曲线,并在同一张纸上打印出最大扭矩、最小转矩、试验終了时的上下模温度、初期硫化时间 t_{s1} 和 t_{s2} ,到全硫化的百分比时间 t_{10} , t_{50} 和 t_{90} 等。再不用像老式硫化仪那样在硫化曲线上用尺量,用人算,既不方便也不准确。试验结果可以按需要打印任意份数。如果配用彩色打印机,其打印效果将更为理想。

对于高级用户,可以加配升级软件,为试验结果建立通用数据库,并与上位计算机联网,共享数据,作为整个企业计算机管理网络的一部分。应用先进的 DDE 和 OLE 功能,可以方便地用其它 WINDOWS 应用程序对数据进行分析、排序、列表等工作。

3 工作的可靠性

3.1 结构模块化

如前所述, LH-95 硫化仪计算机控制系统采用了模块化的结构方式,各模块间相对独立。除了微弱小信号之外,模块间的相互联系均采用高耐压的光隔离器把模块间的电系统隔离开来。这样做有两个好处:防止强电部分的干扰窜入测控模块,导致仪器精度下降;隔离故障,防止扩大。仪器的可靠性因此得以大大提高。即使某个模块出了故障,更换也相当简便,不像传统仪器那样维修十分麻烦。所有的模块均力求采用技术上成熟的高可靠性的市场产品,除了在可靠性和性能价格比方面的考虑之外,也是为了消除用户在维修方面的后顾之忧。

3.2 软件纠错和容错

一切可靠性都是相对的,如果片面追求硬件上的可靠性,不但代价昂贵,一旦出了错,系统仍会崩溃。比较聪明的办法是,除了在成本允许情况下尽可能提高硬件的可靠性之外,在万一出错的情况下,检测出错误并纠正它。如果错误不可纠正,那至少也应能够剔除它,使它不致影响到正常运行。这就是软件纠错和容错。如果措施得当,软件纠错和容错可以在不增加硬件成本的基础上大大提高仪器的精度和可靠性。在这方面, LH-95 硫化仪计算机控制系统采用了以下几种措施:

(1) 自校准。仪器的放大器和 A/D 转换器都存在着漂移,这种漂移是不定的,随时间和温度而变,迭加在有用信号上,造成误差。自校准方法先测出漂移值,再从迭加有漂移值的测量结果中将其扣除。这样,用较低的成本就能获得比昂贵的低漂移器件更高的精度。

(2) 测量数据的数定滤波和野值剔除。在微弱信号中,不可避免地会混入噪声、干扰和毛刺。对噪声来说,其幅值是随机的,但统计平均值为零,相对于被测信号其频率也比较高,采用数字低通滤波器将其滤除。在仪器的使用场合,通常比较强的干扰是工频干扰,用针对工频及其高次谐波的数字滤波器可以高效率地将其滤除。至于毛刺,常常是因外界强干扰如大功率电机的启停、雷电等引起,属偶然因素。用软件判别并作为野值剔除。

(3) 自恢复。在遇到突发强干扰时,计算机执行程序有时会紊乱,也就是一般所说的程序“飞掉”。此时仪器不能再正常工作,必须关机后再重新开机,才能恢复正常工作。这当然是十分麻烦的。LH-95 硫化仪计算机控制系统在硬件上加了许多有效的抗干扰措施,一般不会发生这种情况。为了防止万一,特别设置了软件“看门狗”,时刻监视程序运行,一旦觉察程序运行异常,就会自动强迫程序复位,恢复正常运行,无须人工干预。

以上所采用的措施共同作用的结果,使 LH-95硫化仪计算机控制系统工作可靠,维修方便。

4 结语

上述高新技术的采用,确实使硫化仪的性能和可靠性有了根本性的突破。但其意义还不仅局限于此。这还是一次突破传统仪器设计模式的尝试。由于模块的高通用性,在硫化仪上得到成功应用的那些高新技术很容易移植到其它仪器中去。高性能新仪器的设计将会是高效和节省的。这一点对于小批量多品种的仪器生产,特别有意义。除了设计和生产费用大为节省之外,新产品推出周期缩短,可以方便地细分品种以适合用户的不同要求。

——这之中所包含的经济效益和社会效益是更为巨大的。

参考文献

- 1 Dimauro P J and Pawlowski H Improved cure testing. Presented at the 132nd Meeting Rubber Division, American Chemical Society Cleveland, Ohio. October 6- 9, 1987
- 2 ISO 3417- 197 橡胶用振荡圆盘硫化仪测定硫化特性. 西北橡胶工业制品研究所出版, 1979, 4
- 3 GB 9869- 88 橡胶胶料硫化特性的测定(圆盘振荡硫化仪法). 国家技术监督局. 1989, 5
- 4 郑尚德. 变结构预测控制. 信息与控制, 1993; 22(6): 347- 352
- 5 王世一. 数字信号处理. 北京: 北京工业学院出版社, 1987 96

收稿日期 1996-07-11

Application of New Technology to Curometer

Zheng Shangde

(China Textile University, Shanghai 200051)

Abstract A new curometer with high performance has been developed by using new technology, such as Variable Structure Predictive Control (VSPC) of temperature and Fast Fourier Transform of Torque (FFT). The module structure used in the instrument results in higher reliability, higher maintainability and easier upgrade in future.

Keywords rubber, curometer, variable structure control, multimedia

Conti Tech推出环保胶管

美国《橡胶和塑料新闻》1996年 6月 17日 16页报道: Conti Tech胶管公司正在为环保、挣钱两不误而尽自己的本份。该公司是大陆轮胎公司的子公司,目前正在销售一种据称可将有害物逸出量减少 93% 的胶管。

Conti Tech的专利技术是在胶管上增加一薄层不含增塑剂的聚酰胺衬里,它实际上可消除污染物的逸出。这层薄膜在两个方向上收缩,因此与管壁贴合严密,污染物逸出量降低到只有无薄膜 IIR胶管的十二分之一。

贴有 0.06mm 厚薄膜衬里的冷冻剂胶

管保持了原有的屈挠性,在移动或弯曲和施加应力引起的变形下,胶管性能不受影响。

虽然这种胶管不只用于空调器,但在此领域用得最多。由于空调器对地球温室效应有很大影响,所以 8年前 Conti Tech决定制造一种降低冷冻剂泄漏量的胶管。这种胶管的另一优点是其可设计成低噪声和低振动的高压胶管,其工作温度从 - 30+ 140℃。

Conti Tech 在德国的科尔巴赫厂每年生产约 503万 m (1650万英尺)各种规格的冷冻剂胶管,销售额约为 3270万美元。

(萧 仪摘译)