

3.0版轮胎硫化测温仪简介

姚钟尧¹, 姚耀文²

(1. 华南理工大学 高分子系, 广东 广州 510640; 2. 华南理工大学 计算机系, 广东 广州 510640)

摘要:介绍了3.0版轮胎硫化测温仪的技术指标、功能、用途及特点。3.0版轮胎硫化测温仪由笔记本式电脑、进口数据采集器、交流和直流电源构成,采用Borland C++ Builder4作开发工具和面向对象的编程技术,从而组成新的分布式计算机测温系统。新测温仪可在轮胎硫化过程中同时测定各部位在不同时刻的温度;在测温的同时可计算各部位的等效硫化时间、车间最佳硫化时间等;可利用测温存盘或其它来源的温度-时间数据计算等效硫化效应。阐述了与测温仪和轮胎测温有关几个问题。

关键词:测温仪; 轮胎; 橡胶; 等效硫化

中图分类号: T Q330.4⁺7 文献标识码: B 文章编号: 1000-890X(2001)02-0101-06

1993年华南理工大学轮胎CAD组为广州轮胎厂研制了1.0版轮胎硫化测温仪(由286电脑等构成,12路测温)^[1],1997年为广州珠江轮胎有限公司研制了2.0版轮胎硫化测温仪(由486电脑等构成,20路测温)^[2]。这两种版本的轮胎硫化测温仪至今仍在使用中,其质量和功能赢得了用户的赞扬,也为用户取得了效益^[3,4]。2000年应广州宝力轮胎有限公司的要求,又研制了3.0版轮胎硫化测温仪,最近已获得预期的圆满成功。

1 技术指标

3.0版轮胎硫化测温仪的技术指标如下:

(1)测温范围:室温~250℃。

(2)测温点数:20点,也可以任选 N 点($1 \leq N \leq 20$)。

(3)测温精度:±0.5℃。

(4)温度传感件:推荐分度号为T的铜-铜镍(或叫康铜)热电偶。

(5)测温热电偶冷端不用冰点,也无需补偿导线,温度补偿可随室温变化自动实现。

(6)采样/显示/存盘周期:10,15,20,30和

60s共5档,可以任选其中一档。

(7)能同时显示/打印20个测温点在不同时刻的温度和等效硫化时间,并生成轮胎硫化测温报告表和各测温点等效硫化效应计算结果表等。

(8)能根据测试的结果绘制出温度-时间关系图,以便对硫化过程进行更直观的分析。

(9)可利用其它来源的温度-时间数据进行计算和绘图,得到各测温点等效硫化效应计算结果表和温度-时间曲线图等。

2 功能和用途

3.0版轮胎硫化测温仪的功能是在轮胎硫化过程中同时测定各部位在不同时刻的温度;在测温的同时可计算各部位的等效硫化时间、车间最佳硫化时间等;可利用测温存盘或其它来源的温度-时间数据计算等效硫化效应。

图1~4和表1~2虽然只是3.0版轮胎硫化测温仪的部分输出,但也可见其功能、用途和特点。这些图表是仪器调试过程的产物,并非实测数据的反映。在这些图表中, T_0 表示硫化仪测试温度, t_{90} 表示胶料的正硫化时间, E 表示胶料的硫化反应表现活化能。

图1中EQT表示到该时刻时累计的等效硫化时间,OK表示到该时刻时正好达到等效

作者简介:姚钟尧(1945-)男,广东潮阳人,华南理工大学副教授,工学硕士,从事橡胶应用科技、试验设计应用和计算机应用方面的教学和研究工作。



图1 测温仪系统在测温的同时计算等效硫化效应的屏幕输出



图2 测温仪系统在测温时的屏幕输出

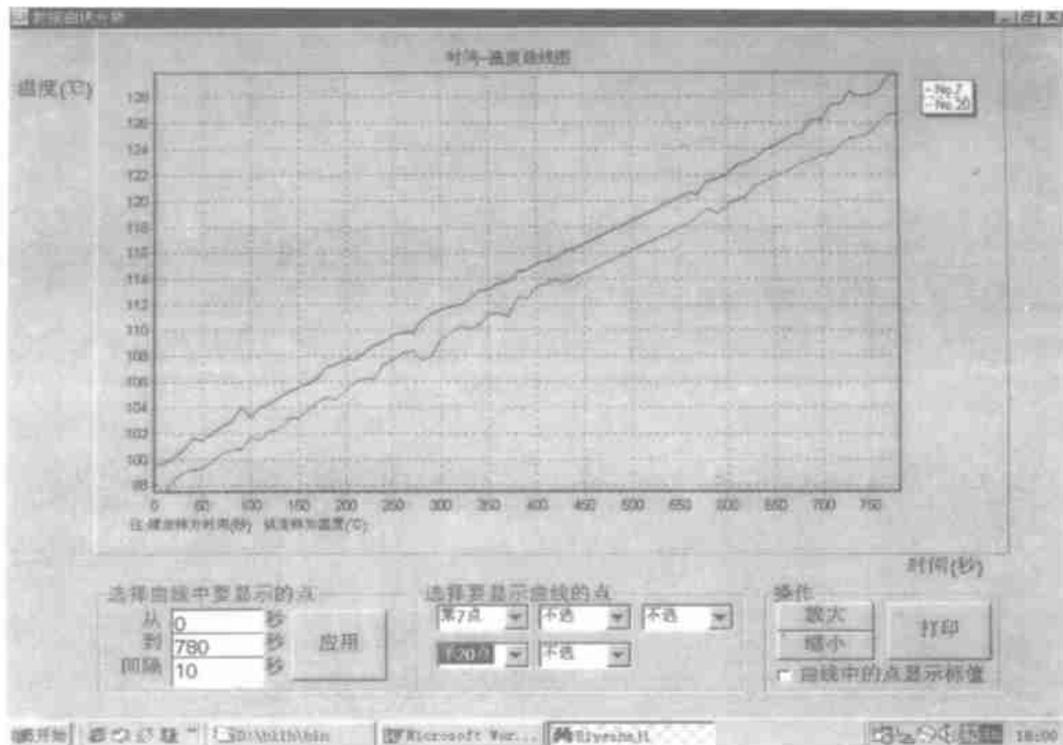


图 3 模具加热的位置-温度-时间曲线图(屏幕输出)

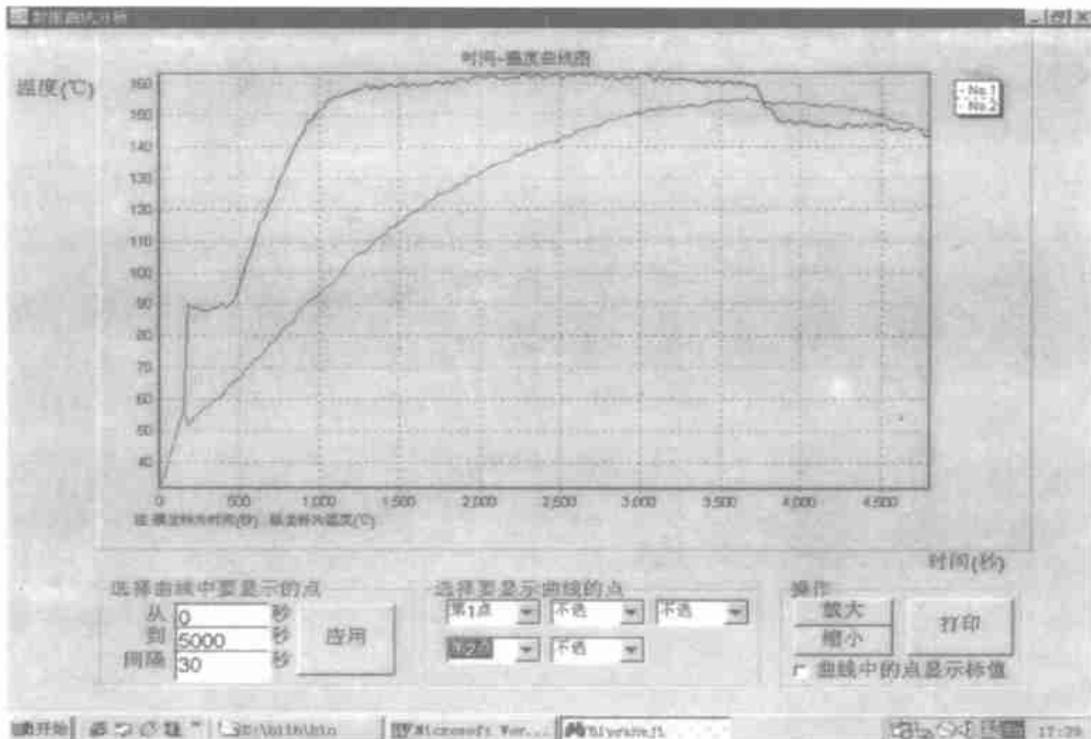


图 4 轮胎的两个测温点在硫化全过程的温度-时间曲线图(屏幕输出)

No. 1 表示胎冠点; No. 2 表示胎肩点

表 1 测温仪系统输出的各测温点等效硫化效应计算结果表

编号	测温位置	$T_0/^\circ\text{C}$	t_{90}/s	$E/(\text{J}\cdot\text{mol}^{-1})$	等效硫化时间/s	硫化程度/%	车间最佳硫化时间/s
1	左胎趾	160	240	80 000	287	119.6	250
3	左胎圈	160	240	6 000	259	107.9	270
7	左胎肩	160	200	7 000	280	140.0	210
20	f	150	180	86 315	487	270.6	120

注: 轮胎规格为 187/70SR14TL; 硫化机编号为 2[#]; 测试日期为 2000 年 6 月 16 日 16 时 46 分; 车间实际硫化时间为 290 s。

表 2 测温仪系统输出的轮胎硫化测温报告表

硫化轮胎规格		187/70SR14TL		硫化机编号		2 [#]	
室 温		35 $^\circ\text{C}$		测试日期		2000 年 06 月 16 日 16 时 46 分	
内部过热水温		170 $^\circ\text{C}$		采样/显示/存盘的控制周期			
外部蒸汽温度		143 $^\circ\text{C}$		测温 点数	20 路	采样 周期	10 s
硫化总时间		4 min					
热电偶类型		T					
热 电 偶 编 号 和 测 试 位 置							
1	左胎趾	2	右胎趾	3	左胎圈		
4	右胎圈	5	左胎侧	6	右胎侧		
7	左胎肩	8	右胎肩	9	气密层与胶囊之间		
10	胎体与带束 层之间	11	胎面与带束 层之间	12	胎面与模型 之间		
13	进水管	14	排水管	15	a		
16	b	17	c	18	d		
19	e	20	f				
备 注	硫化条件说明:						
测试人员	姚钟尧		签名				

于 t_{90} 的硫化时间(或称车间最佳硫化时间)。在这样的图中, 不仅测温位置-温度-时间的关系一清二楚, 而且各测温位置胶料累计的等效硫化时间、硫化结束时总的等效硫化时间以及车间最佳硫化时间、各部位同步硫化状态也清清楚楚。由于测温现场比较复杂, 为了简便, 多数情况是只测温而不同时计算等效硫化效应, 在这种情况下便是图 2 的屏幕输出。与之对应的等效硫化效应计算可在测温结束后, 或在现场、或办公室进行。不管现场只测温还是测温的同时计算等效硫化效应, 都可以利用测温仪系统存盘的数据计算和生成如表 1 所示的等效硫化效应结果表, 这种表的作用与图 1 有类似之处, 可计算出测温点总的等效硫化时间、车间

最佳硫化时间以及硫化程度(即总的等效硫化时间与 t_{90} 之比)。

温度-时间曲线图是测温仪系统的另一项输出。图 3 为长方体模具的两个点在 25 t 电热油压平板硫化机中的升温情况, 这两个点在同一水平面上, 相距只有 60 mm, 可见模具中的温度并非均匀分布。图 4 描绘了轮胎在加热硫化和离罐冷却整个过程中两个部位的温度变化, 是利用已有的数据生成的。注意图 3 和 4 中的选择框和按钮便可意识到, 可从 20 条曲线中任选 5 条叠合在同一图中, 曲线可缩小或放大, 还可按间隔标示曲线点的纵坐标值。

利用已有的温度-时间数据和胶料的硫化性质和参数, 应用测温仪软件系统也可以生成图 2~4 和表 1~2 之类的图表。

综上所述, 测温仪不仅是测温仪器, 也是一种研究硫化工艺的工具。

3 特点

以前研制的 1.0 和 2.0 版轮胎硫化测温仪是由台式电脑和自制电路板构成, 软件基于 DOS。相比之下, 3.0 版轮胎硫化测温仪无论是在硬件构成还是在软件方面都已更新换代, 全面升级。新测温仪采用笔记本式电脑作上位机、进口数据采集器作下位机构成分布式计算机测温系统, 采用 Borland C++ Builder4 作设计软件, 在编程实现方法上采用面向对象的编程技术, 因此, 3.0 版测温仪具有许多外观和内在的新特点, 给人以全新的感觉。同时, 由于吸收了前两个版本的制作经验和不同类型厂家(斜交轮胎厂和子午线轮胎厂, 国营厂和合资厂)的使用经验, 3.0 版测温仪将给予用户更大的可靠性、更高的实用性和更大的方便性。

3.1 先进的数据采集器系统

3.0 版轮胎硫化测温仪采用的进口数据采

集器(简称 YY)是一种拥有广泛和多样特性的数据采集和控制系统,内核中拥有一个 CPU,通过通讯端口与上位计算机通讯,实现多路数据的采集和处理,具有现场总线和模块化设计的概念和思想。在过程和制造控制系统中,现场总线的概念会改变控制环境和设备特性。这是因为与传统的控制系统相比,它减少了布线、调试及安装费用,并且现场总线系统具有更高的可靠性。模块化设计可以让用户更加容易地创建专门的应用系统。YY 具有许多特点,这里只介绍用户比较关注的几点。

(1)减少系统维护和故障处理

(a)硬件自检和软件诊断

YY具有两种诊断方式:硬件自检和软件诊断。它们可以帮助用户检查和鉴别各种系统或 I/O 模块的故障。

(b)看门狗定时器管理

看门狗定时器会对微处理器进行监控并能使系统自动复位,这种设计减少了现场的维护工作。

(2)适合工业环境

(a)三端隔离

电磁干扰可能会通过 I/O 模块、电源或通讯进入用户的应用系统。YY 提供了 I/O 模块隔离(3 000 V_{DC})、电源隔离(3 000 V_{DC})和通讯隔离(2 500 V_{DC})。三端隔离设计避免了接地环路并减少了电磁干扰对系统的影响。它还提供电源保护以避免电压尖峰对用户系统造成破坏。

(b)未调理电源反相保护

可以接受未调理的电压+10~+30 V_{DC};可以在电源意外反相后对系统进行保护。

(c)宽温工作范围

YY 模块的工作温度范围可以从-10℃到+70℃,无需另外花费来控制温度。

3.2 基于 Windows、面向对象和可视化程序设计的软件

面向对象和可视化程序设计是当今计算机科学技术领域的主流,在 Windows 环境下使用已成为用户普遍的要求,我们放弃已成熟、已熟悉的 DOS 下的测温仪软件,采用 Borland C+

+ Builder4(简称 BCB)开发基于 Windows 的新测温仪软件。

BCB 是 Borland 公司(现更名为 Inprise)继 Delphi 之后推出的又一个优秀的可视化编程环境,它在 32 位 Windows 环境下提供了一种极具吸引力的快速 Windows 应用程序开发系统(RAD)。它是 C++ 和 VCL 强强联合的新产品,基于最流行的面向对象程序设计语言 C++,采用领先的数据库技术,并结合使用了图形用户界面(GUI)的许多先进特性和设计思想。C++ 是一种优秀的计算机程序设计语言,其语法简捷精炼,程序代码效率高,较之 C 有更加丰富的数据结构及更加强大的功能,因此很多开发者都把它作为首选的开发语言。VCL 是可视化组件库的简称,是一个面向对象的函数库,完全支持所有面向对象编程的标准概念,如继承、多态和封装等。VCL 是 Delphi 和 BCB 的基础。

在前面展示的 3.0 版轮胎硫化测温仪的部分输出中,我们特意选用了屏幕输出的图 1~4,正是为了向读者说明新版测温仪的这个新特点,用过 Windows 的读者自然明白,尤其是既用过 DOS 下的应用程序、又用过 Windows 下的应用程序的读者对于这个新特点所带来的方便性必然更有体会,这里就不赘述。

4 几个相关问题

自从研制出 1.0 版轮胎硫化测温仪后,时常有读者询问与测温仪和轮胎测温有关的问题,有些问题已在参考文献[1]和[2]及交流中做过说明,下面再阐述几个相关问题。

4.1 测温仪的其它用途

轮胎是典型的厚橡胶制品,几何形状复杂,构成材料复杂,其硫化过程是一个非稳态的传热过程,现在还比较难预测轮胎在硫化过程中其内部温度的分布,需要多点埋线同时测温以便确定轮胎的硫化程度和合适的硫化时间。针对轮胎行业这种普遍需要的情况,我们将测温仪称为“轮胎硫化测温仪”。事实上,测温仪也可用于类似轮胎的厚橡胶制品(例如房屋等建筑物的防震橡胶件、护弦等)的测温,只需把一

些名称和参数更改即可。

此外,这种测温仪可以用于其它的多点同时测温,无论是用哪种(分度号)热电偶,无论是用热电偶还是用热敏电阻,也无论传送温度的信号是电势、电阻还是电流,都可按用户的需要加以改变。

4.2 轮胎测温用热电偶

选用何种热电偶主要取决于测温范围和要求精度。国内轮胎硫化测温常用分度号为 T 的铜-铜镍热电偶,也有用分度号为 E 的镍铬-铜镍热电偶。两种热电偶的技术参数见表 3。由于铜-铜镍热电偶的精度高,故我们推荐使

表 3 两种热电偶的技术参数^[5]

分度号	热电偶丝材料	热电偶丝直径/mm	最高使用温度/℃		允差等级	允差(参比端处于 0℃)		材料电阻率 ^{**} /($\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$)	
			长期	短期		允差值适用范围/℃	允差值(±)*	材料电阻率 ^{**} /($\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$)	
								正极	负极
E	镍铬-铜镍	0.3; 0.5	350	450	I	-40~800	1.5℃或 0.004 t	0.70±	0.49±
		0.8; 1.0; 1.2	450	550	I	-40~800	1.5℃或 0.004 t	0.05	0.01
		1.6; 2.0	550	650	II	-40~900	2.5℃或 0.0075 t		
T	铜-铜镍	0.2	150	200	I	-40~350	0.5℃或 0.004 t	0.017	0.49±
		0.3; 0.5	200	250	II	-40~350	1℃或 0.0075 t		0.01
		1.0	250	300	II	-40~350	1℃或 0.0075 t		

注: *t 为被测温度(℃),在同一栏内给出的两种允差值中取绝对值较大者; **为 20℃时热电偶丝材料电阻率。

用这种热电偶。

目前轮胎硫化测温用的铜-铜镍热电偶丝还是进口产品较好,参考文献[2]中所提及的纱缠绕的铜-铜镍热电偶丝是美国产品,不仅细(直径为 0.320 04 mm),而且柔软耐折,不易断裂。

4.3 阿累尼乌斯公式和测温采样周期

我们历来推荐阿累尼乌斯公式而不用范特霍夫公式(即硫化速度因数等于 2)来计算等效硫化时间^[1,2],这是一个定积分问题。由于被积函数使用离散的测温值,因此要用近似的方法计算定积分。这样一来,积分精度不但与测温周期(测温时间间隔)有关,也与计算方法有关。从理论上说,3种计算定积分近似方法,精度从高到低依次是辛普生法、梯形法、矩形法。按我们的经验,在合适的测温周期下,采用不同的计算方法计算的结果差异甚小,故建议测温周期不大于 30 s,且越短越好。

5 结语

3.0 版轮胎硫化测温仪采用基于 Windows、面向对象和可视化程序设计的软件,应用

先进的数据采集器系统,与笔记本式电脑一道构成分布式计算机测温系统,从而实现了硬件和软件同时更新换代和全面升级。新测温仪不仅保留了 1.0 和 2.0 版的优点和功能,而且具有许多外观和内在的新特点。它不单是测温仪器,还是一种研究轮胎等厚制品硫化工艺的有力工具,在橡胶热性能和热参数的测试方面将大有作为。

致谢:广州宝力轮胎有限公司技术部姚志敏先生在仪器研制过程中,多次来校测试仪器和提出有益的建议,特此鸣谢。

参考文献:

- [1] 姚钟尧,姚耀文. 微机等效硫化效应测定仪[J]. 轮胎工业, 1993, 13(9): 23-24.
- [2] 姚钟尧,姚耀文. 微机测温仪与轮胎硫化测温[J]. 特种橡胶制品, 1998, 19(6): 37-41.
- [3] 蔡大扬. 缩短定型硫化机外胎硫化时间的试验情况[J]. 轮胎工业, 1996, 16(7): 412.
- [4] 姚钟尧,王丽斋. 轮胎硫化测温与经济效益[J]. 轮胎工业, 1999, 19(3): 141-143.
- [5] 叶江祺. 热工测量和控制仪表的安装[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998: 13.