

同位素测厚仪的应用问题探讨

郭志平 张朝宗

(清华大学核能技术设计研究院, 北京 100084)

摘要 简介同位素测厚仪测量压延胶帘布(胶片)厚度的基本原理。与手工测厚相比, 同位素测厚仪具有测量精度高、测试点代表性好、能连续测量和自动化控制等优点。同位素测厚仪应用的主要问题是仪表刻度或标定不完善、工艺条件不稳定或不配套及对软件的重视不够等, 但在轮胎行业中使用同位素测厚仪已成为一种必然趋势。

关键词 同位素测厚仪, 压延胶帘布, 测厚

在轮胎工业中, 用同位素测厚仪测量和控制压延胶帘布(胶片)的厚度已成为一种趋势, 但还存在不少问题。本文简要介绍了同位素测厚仪测量压延胶帘布厚度的基本原理及其与手工测厚的比较, 指出了同位素测厚仪应用中存在的问题及解决措施。

1 基本原理

同位素测厚仪分为透射式和反射式两类, 而射线源分为 β 或 γ 射线。同位素测厚仪测厚的基本原理是: 由同位素发出的射线在穿透被测物后会发生衰减, 即强度降低, 或在遇到被检测物表面后将不同程度地反射, 而衰减后或反射回来的射线强度与被检测物厚度有关, 因此可以用检测射线强度的方法来确定被测物厚度。

不同类型的同位素测厚仪射线强度计算公式不同。透射式 γ 射线测厚仪的射线强度计算公式为:

$$I_x = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

式中 I_0 —— γ 射线穿过被测物前的强度;

I_x —— γ 射线穿过被测物后的强度;

x ——被测物的厚度;

μ ——被测物对 γ 射线的总吸收系数。

在被测物厚度远小于 β 射线射程时, 透射式 β 射线测厚仪的射线强度计算式与式(1)相同。

反射式 γ 射线测厚仪的射线强度计算式为^[1]:

$$I_s = \sigma I_0 x + I_b \quad (2)$$

式中 I_s —— γ 射线的反射强度;

I_b ——衬底材料的反射线贡献;

σ ——被测物对射线的康普顿效应吸收系数。

现仅以透射式测厚仪为例进一步讨论。

由于胶帘布都是由多种材料组成的, 因此式(1)中

$$\mu x = \sum_{i=1}^n \mu_i x_i \quad (3)$$

$$x = \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

式中 x_i ——某组分的等效厚度;

μ_i ——某组分的吸收系数。

由此可见, 胶料组分的变化将引起 I_x 和 I_0 关系的变化, 因此一条刻度曲线或一组刻度参数不能适应不同的被测物。反射式测厚仪由于其康普顿效应吸收系数与单位体积内核外电子数成正比, 因此若用单位面积的质

作者简介 郭志平, 女, 1940年出生。副研究员。1964年毕业于哈尔滨军事工程学院核物理专业。近年来主要从事工业CT及核技术工业应用等研究工作。多次承担国家攻关和863计划科研任务。80年代末期研制成功反射式 γ 射线测厚仪。已在《橡胶工业》等国内外刊物上发表论文约20篇。

量即质量厚度($g \cdot m^{-2}$)来表示厚度 x , 则组分的变化对 I_x 和 I_0 关系的影响比透射式测厚仪小些。然而组分的变化对刻度曲线的影响或者对测量结果的影响仍然存在。

以上分析说明, 只有在了解同位素测厚仪基本原理之后, 才能正确使用同位素测厚仪, 达到既精确测量又自动化控制的目的。同时同位素测厚仪的测量结果更接近于单位面积的质量(即厚度与密度的乘积), 这是让用户最感兴趣的地方。

2 与手工测厚的比较

手工测厚, 即用剪刀加百分表测厚存在的问题是: ①测量精度低, 且不能连续测量, 不能满足自动控制的要求; ②只能断续采样, 不能保证试样的代表性, 并且对胶帘布造成局部破坏; ③百分表与胶片是接触测量的, 接触压力使胶片产生一定的变形(变形大小与胶片的硬度及温度有关), 且由于胶帘布表面不平整, 百分表只测出接触部分的最大厚度, 不能准确反应胶帘布的平均厚度变化; ④测量结果与操作人员的技术水平、责任心有关。

同位素测厚仪有许多优点: ①测量精度高, 测试厚度精度可达 $0.01 \sim 0.003$ mm, 并可连续地将厚度信息转化为电信号, 从而实现自动控制; ②传感器多为电离室型, 测量面积大(是百分表的 100 倍), 测试点代表性好, 且能连续测量; ③传感器测量时不接触胶帘布表面, 可测得胶帘布平均厚度; ④自动化控制, 测量结果受操作人员人为因素的影响很少。

3 应用中存在的问题及解决措施

虽然同位素测厚仪测厚与手工测厚比较有许多明显的优点, 但由于这一技术在我国推广的时间还不长, 使用者对其基本原理认识还不够, 不能完全正确地使用这种测试仪器, 因此应用中还存在不少问题。

(1) 仪表刻度或标定不完善。前面已经

提到, 同位素测厚仪的标定是很复杂的, 仅以最简单的情况考虑, 即式(1)中 I_x 与 x 为一条衰减指数曲线, 其标定就远比普通的曲线刻度复杂, 再加上各种修正因素, 实际上 I_x 与 x 并非成严格的指数关系。好在现在的二次仪表都是采用单片微机制作的所谓智能化的仪器, 可以用一组数据来模拟任何形状的曲线。然而这一组数据只能对某一工艺下某一胶料配方合适, 对其它工艺或胶料配方就要产生误差。这就需要仪器制作人员在操作人员的配合下, 大量积累数据, 从而得到各种条件下的标定参数。然而在实际中很难做到。对于自动化闭环控制系统, 也同样需要对不同工艺及胶料配方作校正参数表, 即“黑匣子”。但由于多方面原因, 操作人员往往不知道“黑匣子”的结构, 或由于操作人员的技术水平不够或责任心不强, 不能保证“黑匣子”中的数据随使用条件的改变而进行调整和修正, 造成系统偏差或使用中出现时好时坏的现象。改进途径之一是设计能够自学或自适应的控制系统, 即只要输入必要的技术参数, 如配方编号、压辊温度、张力和帘布运行速度及反馈回来的产品检验数据等, 系统就能根据运行中的误差统计自动修正“黑匣子”中的数据, 不断提高测量精度。

(2) 工艺条件不稳定或不配套。胶帘布的产品质量是受多种因素制约的。但目前所用自动测厚系统的传感器只是输入厚度信息, 因而输出信号只调整辊距或轴交叉, 即仅涉及那些与厚度有关的机械设备。而实际上厚度并不仅与辊距或轴交叉有关, 如果工艺条件不稳定或配方发生变化, 压辊处胶帘布与冷却后胶帘布的厚度对应关系也不同, 而自动控制系统仅控制压辊附近的厚度, 因此有时产品质量不稳定并不是测厚控制系统不良造成的。

(3) 仪器稳定性, 尤其是温度稳定性不好。同位素测厚仪的集成电路耐环境温度性能差, 而压延机工作时同位素测厚仪所在位

置的温度较高,有时高达 70°C ,从而使同位素测厚仪的元器件参数漂移,不能正常工作,造成测量结果不可靠。这一问题在 80 年代生产的同位素测厚仪中较多见,而现在生产的同位素测厚仪已基本解决了这一问题。

(4)受传统观念的影响,只要同位素测厚仪测量结果与手工测厚结果不一致,就认定是仪表测量不准确。前面已经分析了手工测厚中试样的选取、试样的温度和硬度对测量结果影响很大,因此用手工测量结果来判断同位素测厚仪的准确与否是不合适的。鉴定同位素测厚仪可靠性的一种有效方法是:用同一试样在不同的时间进行测量,若结果不同,就可确定仪器稳定性有问题。通常情况下测试结果不一致并不是仪器不稳定,而是反映了两种测量方法的差异。

(5)操作人员对放射性物质的恐惧心理造成对同位素测厚仪的不信任。应该承认,若使用不当,同位素测厚仪会对人体造成伤害。但如果严格按照国家制定的有关法规操作,是可以保证操作人员长期(即终身)操作安全的。

(6)国产产品,尤其是软件价格过低。国内同位素测厚仪的售价一般是国外同类产品

1/10 左右,而使用厂家往往以价格高低作为判断产品优劣的主要标准。这样就造成了国产同位素测厚仪销售不畅,导致制造厂家处境困难及无力深入研究,更加“因陋就简”,有时甚至“省去”了现场安装完成以后的软件调试。但同位素测厚仪测量的准确与否,还决定于对不同的工艺或胶料配方作出不同的刻度曲线,而这要靠现场积累大量的数据才可行,精减了这一步,同位素测厚仪就会“元气大伤”,很难长期稳定地工作。“软件廉价”的思想大大制约了我国同位素测厚仪的发展。

4 结语

近十多年来,虽然我国对同位素测厚仪的推广应用作了很大努力,但结果仍不尽人意。从国外轮胎生产发展状况及国内一些轮胎企业的成功经验来看,轮胎行业广泛使用同位素测厚仪是十分必要的。因此尽快解决同位素测厚仪应用中存在的问题是我国轮胎行业迫切的要求。

参考文献

- 1 郭志平,张朝宗. γ 反散射橡胶测厚仪. 无损检测, 1993, 15(1): 7~9

收稿日期 1998-09-01