

橡胶混炼质量控制模型

张 敏

(上海理工大学 出版印刷学院, 上海 200093)

摘要: 基于硫化仪在炼胶过程中提供的最大转矩、正硫化时转矩、最小转矩、焦烧时转矩、焦烧时间和正硫化时间 6 个特性参数数据, 根据橡胶制品生产的实际状况和工艺规程, 确定炼胶工艺质量控制的容许区间, 并建立回归分析模型。经实际生产应用, 该模型对稳定和提高胶料的物理性能有显著效果。

关键词: 控制模型; 回归分析; 工艺参数; 质量控制

中图分类号: TQ330.6⁺3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-890X(2004)08-0494-02

在橡胶制品的加工过程中, 炼胶是一个关键工序。由计算机控制的硫化仪可在炼胶过程中的若干个时间点上对工艺条件及胶料的物理性能进行实时监测, 然后根据胶料的物化性能相应地控制加工条件, 从而实现炼胶过程的工艺质量控制。

本工作基于硫化仪在炼胶过程中提供的检测信息, 根据橡胶制品加工过程中的实际状况和工艺规程, 建立了炼胶过程工艺质量控制模型并应用于实际生产。

1 炼胶过程工艺参数的容许区间控制模型

在对炼胶工艺条件的控制中, 硫化仪主要对炼胶和硫化工艺的 6 个特性参数进行检测, 即最大转矩 (M_H)、正硫化时转矩 (M_{90})、最小转矩 (M_L)、焦烧时转矩 (M_{10})、焦烧时间 (t_{10}) 和正硫化时间 (t_{90})。

在上海 MS 橡胶厂正常生产的流水线上, 随机抽取了 50 车胶料在炼胶过程中 6 个特性参数及相应的物理性能——硬度与塑性值的数据。所抽取的 50 车胶料性能均达到标准要求。在正常生产条件下, M_{10} , M_{90} , t_{10} 和 t_{90} 四个工艺参数可视作正态随机变量。根据获得的样本, 分别对其总体的正态性进行检验。检验结果表明, 在显著性水平 $\alpha=0.05$ 时, 可以接受其总体为正态的假设。根据样本, 分别获得对应正态总体未知参数——数学期望值 (μ) 的估计值 ($\hat{\mu}$) 与方差 (σ^2) 的估计值

($\hat{\sigma}^2$) 如下:

$$\begin{aligned} M_{10}: \hat{\mu}_1 &= \bar{X}_1 = 17.97, \quad \hat{\sigma}_1^2 = S_1^2 = 0.6185 \\ M_{90}: \hat{\mu}_2 &= \bar{X}_2 = 57.116, \quad \hat{\sigma}_2^2 = S_2^2 = 2.3055 \\ t_{10}: \hat{\mu}_3 &= \bar{X}_3 = 1.6198, \quad \hat{\sigma}_3^2 = S_3^2 = 0.01772 \\ t_{90}: \hat{\mu}_4 &= \bar{X}_4 = 2.9564, \quad \hat{\sigma}_4^2 = S_4^2 = 0.02646 \end{aligned}$$

在一般的质量控制中, 分别以样品的平均值 $\bar{X}$ 和平均值的方差 S^2 替代总体的 μ 和 σ^2 。然后根据“ 3σ ”原则^[1], 得到控制范围为 $[\bar{X} \pm 3S]$ 。然而, $\bar{X}$ 和 S^2 是具有一定分布的随机变量。因此, 上述控制范围的确定未考虑由样本获得的估计量与总体被估参数的偏差。这对于大批量连续生产胶料的质量控制极为不利。为了科学、合理地对炼胶过程的工艺质量进行控制, 应用容许区间的统计模型确定 M_{10} , M_{90} , t_{10} 和 t_{90} 的控制界限^[2]。对于正态总体, 设控制界限为 $\bar{X} \pm \lambda S$, λ 为转换因数, $F_{\mu, \sigma}(X)$ 为 $N(\mu, \sigma^2)$ 的分布函数, 概率范围为 $0 < \beta < 1, 0 < \gamma < 1$, 确定 γ , 使

$$\begin{aligned} P[F_{\mu, \sigma}(\bar{X} + \lambda S) - F_{\mu, \sigma}(\bar{X} - \lambda S)] &\geq \\ 1 - \beta &\geq 1 - \gamma \end{aligned}$$

上述容许区间的控制模型建立在总体分布 $N(\mu, \sigma^2)$ 的基础上, 使得被控对象落在控制界限 $\bar{X} \pm \lambda S$ 之内的概率不低于 $(1 - \beta)$ (如 99%), 同时在一定的概率 $(1 - \gamma)$ (如 95%) 下控制了样本随机性引起的总体分布的偏差。

Wold-Wolfowitz 提出了计算的近似方法^[2], 设 $\Phi(X)$ 为 $N(0, 1)$ 的分布函数, 求 b , 使

$$\Phi(1/n^{1/2} + b) - \Phi(1/n^{1/2} - b) = 1 - \beta$$

再求 $\lambda = b(n-1)^{1/2} / [X_{n-1}^2(\gamma)]^{1/2}$

区间 $[\bar{X}-\lambda S, \bar{X}+\lambda S]$ 即为所求的容许区间。

在 $n=50, \beta=0.01, \gamma=0.05$ 时,应用 Wold-Wolfowitz 方法计算得 $\gamma=2.251$ 。由此得 M_{10}, M_{90}, t_{10} 和 t_{90} 的控制界限如下:

$M_{10}: 17.97 \pm 1.770$ —— $[16.20, 19.74]$
 $M_{90}: 57.116 \pm 3.418$ —— $[53.70, 60.53]$
 $t_{10}: 1.619 \pm 0.300$ —— $[1.32, 1.92]$
 $t_{90}: 2.956 \pm 0.366$ —— $[2.59, 3.32]$

在炼胶过程中,运用这些容许区间的控制模型,根据硫化仪的实时检测值可及时控制和调整加工工艺条件,将 M_{10}, M_{90}, t_{10} 和 t_{90} 四个参数控制在相应的范围内。

2 硬度和塑性值的回归控制模型

目前的检测手段尚不能在炼胶过程中对胶料的硬度和塑性值进行实时监测,但硫化仪可对最大转矩(M_H)和最小转矩(M_L)进行实时检测。经“散点图”分析发现,硬度和塑性值数据分别与 M_H 和 M_L 线性相关。

设 y_1 为 M_H, x_1 为硬度, y_2 为 M_L, x_2 为塑性值,分别建立相应的线性回归模型^[3]。在回归模型的指导下,通过硫化仪直接将 y_1 和 y_2 控制在适当的范围内,从而间接控制 x_1 和 x_2 的范围,实现对胶料质量的控制^[4]。

回归模型的计算结果如下:

$y_1 = b_{01} + b_{11}x_1 = -33.1025 + 1.5635x_1$
 $r_1 = 0.9845, \hat{\sigma}_1 = 0.2937$
 $y_2 = b_{02} + b_{12}x_2 = 32.778 - 52.5511x_2$
 $r_2 = -0.9899, \hat{\sigma}_2 = 0.1165$

式中, r 为相关因数,在 $\alpha=0.01$ 时,上述回归方程均高度显著。

在正常生产条件下,首先根据样本确定 x_1 和 x_2 的容许区间。在 $n=50, \beta=0.01, \gamma=0.05$ 时, $\lambda=2.251$,且 $S_1=1.0437, S_2=0.01531$ 。于是得到:

$$\begin{aligned}\bar{X}_1 \pm \lambda S_1 &= 60.82 \pm 2.439 \\ \bar{X}_2 \pm \lambda S_2 &= 0.3748 \pm 0.03446\end{aligned}$$

利用回归模型,分别得到 M_H 和 M_L 的质量控制范围如下:

y_1 上限: $65.662 + 3\hat{\sigma}_1 = 66.5433$
 y_1 下限: $58.1762 - 3\hat{\sigma}_1 = 57.2951$
 y_2 上限: $14.8951 + 3\hat{\sigma}_2 = 15.2446$
 y_2 下限: $11.2690 - 3\hat{\sigma}_2 = 10.9195$

3 结语

在正常生产条件下,根据硫化仪的检测信息,利用回归模型得到各工艺参数的控制界限,可及时调整炼胶工艺,实现加工过程的质量控制。统计控制模型的建立可明显减少废料的产生,控制不合格胶料流入后续工序。上海 MS 橡胶厂使用该控制模型后,成品的一级品率由 70% 左右提高到约 85%,废品率由 0.8% 左右下降到约 0.2%,经济效益显著。

参考文献:

[1] 郎志正. 质量控制方法与管理[M]. 北京:国防工业出版社, 1996.
[2] 陈希孺,倪国勋. 数理统计学教程[M]. 上海:上海科技出版社,1998.
[3] 茆诗松,丁元,周纪芾,等. 回归分析及其实验设计[M]. 上海:华东师范大学出版社,1981.
[4] 张敏,王惠萍. 利用回归模型寻求最优橡胶配方[J]. 应用概率统计,1988,4(4):430-433.

收稿日期:2004-02-17

双星瀚海公司实现胶料下水冷却半自动化

中图分类号:TS943.714 文献标识码:D

胶鞋生产中胶料下水冷却人工操作劳动强度大、工作效率低,特别是夏天胶料冷却不充分而易焦烧,给产品质量埋下了隐患。双星瀚海公司根据胶料下水冷却的特点,组装了一个小型“摆线针轮减速机”,即用 DG20 钢管把挂胶架焊接在水槽

上,按功率大小配装电机、交流接触器、启动阀和挂料杆等,使悬挂的胶料可以根据工艺条件浸入水中或提升。

该机的研制成功降低了工人的劳动强度,提高了胶料的冷却效果,使胶料下水冷却实现了半自动化。

(双星集团 张艾丽供稿)