

胎坯称量系统的设计及应用

孙洪喜^{1,2},于秀升²,王俊石²,孙培峰²

(1. 中国海洋大学 工程学院,山东 青岛 266071;2. 软控股份有限公司,山东 青岛 266045)

摘要:针对轮胎行业中由成型工序生产的胎坯存在质量均一性不稳定的现象,设计胎坯质量称量系统。通过组合使用动态称量技术和信息控制技术,实现质量的自动采集,同时结合正态分布等统计学算法对称量数据进行分析,对质量出现异常的胎坯及时报警。实际使用结果表明,该系统可靠性较高,有利于提高胎坯合格率。

关键词:胎坯;称量系统;正态分析;自动采集;动态称量

中图分类号:TQ330.6⁺6;TP274⁺.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2015)10-0632-04

中国作为轮胎制造大国,橡胶轮胎年产量巨大,但面临大而不强的问题,与国际轮胎巨头的差距非常明显。由于国产轮胎价格远低于国外品牌,我国轮胎出口经常遭受反倾销等贸易保护措施的影响。因此提高产品品质、扩大高端市场份额和提高利润率是目前各企业面临的问题。轮胎是安全产品,质量分布不均的轮胎在高速旋转时,不平衡的离心力作用会引起车体振动,汽车的操控性能、安全性能及乘坐舒适性均会下降,同时噪声增大。

成型是轮胎生产过程中至关重要的工序,将半成品部件按工艺要求组合为胎坯。胎坯的品质直接决定轮胎品质,是衡量轮胎合格与否的重要指标,因此对胎坯质量进行实时监测很有必要。根据胎坯质量标准进行在线检测分析,筛选出不合格的胎坯并报警,提示工艺人员进行处理,从而优化生产过程,规范工艺管控流程,以减少不良产品的出现,大幅提高产品品质。本方案在深入分析胎坯生产工艺流程的基础上,研发配套的胎坯称量系统,结合操作流程实现胎坯质量的有效控制。

1 硬件系统架构设计

本系统采用分层结构设计体系,首先应用三维数字化设计与制造技术,以数字化建模、仿真与

优化为手段,并集成设计、分析和数据处理,利用获得的分析和计算结果,保证弹性元件结构设计最合理、性能波动最小^[1],确保称量系统传感器的结构设计与制造的合理性。基于胎坯秤平台做轮胎夹紧工装,工装采用可调节方式以适应不同规格的胎坯称量,称量精度为±0.15 kg。采用 DEVICENET 总线方式采集仪表数据。上位机通过 TCP/IP 网络端口实现与 PLC(可编程控制器)的通讯,实时采集胎坯质量,异常时驱动 PLC 控制设备动作^[2]。系统设计架构如图 1 所示。

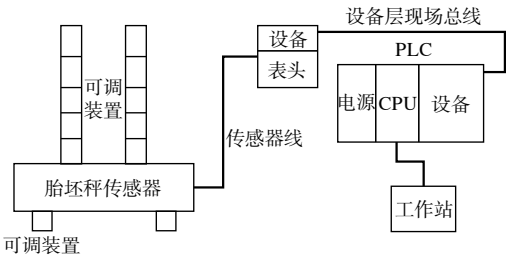


图 1 系统设计架构

对设备不断进行调试,以满足现场实际应用需要。现场应用效果如图 2 所示。

2 称量控制流程

采用高可靠性的 PLC 控制系统实现对胎坯质量的采集和控制^[3]。为判定质量合格与否,首先根据工艺规程设计胎坯的质量标准表。标准表的获取依据是厂家对质量控制标准的要求和目前抽样检测情况(各厂家因工艺和对质量的要求不同存在差异),胎坯质量标准如表 1 所示。

作者简介:孙洪喜(1980—),男,山东潍坊人,软控股份有限公司高级工程师,中国海洋大学在读硕士研究生,主要从事橡胶行业的控制系统及网络信息系统的研究开发及应用推广工作。



图 2 现场应用效果

表 1 胎坯质量标准 kg

规 格	标准质量	下限值	上限值
11R22.5 16PR	54.96	53.31	56.61
12.00R20 18PR	72.50	71.05	73.95
11.00R20 16PR	65.00	63.70	66.30
10.00R20 18PR	51.00	49.98	52.02
9.00R20 16PR	54.50	53.41	55.59

标定完质量标准规范后,改造当前的 PLC 控制系统、驱动装置和称量装置,同时建立与上位机的通讯,实现称量数据的实时采集和质量标准的判定。对不符合质量标准的胎坯进行报警并控制设备继续动作。同时提示操作工联系工艺人员进行单独的处理,处理完毕后对当前设备参数进行校正。系统操作流程如图 3 所示。

系统自动采集数据后进行分析。正态分布函数分析方法在轮胎质量控制领域中应用很广,利用正态分布可以轻易确定其数值出现在任意指定范围内的概率。称量中的测量误差一般也是服从正态分布的,利用这一特点,可以进行误差分析和质量控制。

3 正态分析原理及C_{pk}(过程能力指数)计算

基于胎坯质量样本的分析,采用正态分布算法可实现对数据的分析、预测,以不断优化轮胎生产过程,提高标准,为工艺改进提供参考数据^[4]。正态分布具有如下特性。

- (1)正态分布以均值 μ 为中心,左右对称 x 取值,理论上没有边界 $(-\infty < x < +\infty)$, x 离 μ 越远,函数 $f(x)$ 值越接近于零,但不会等于零。
- (2)正态分布中,曲线下面积集中在以 μ 为中心的部分,越远离中心,曲线越接近 x 轴,曲线下面积越小,超过一定范围以外的面积(概率)可以忽略。

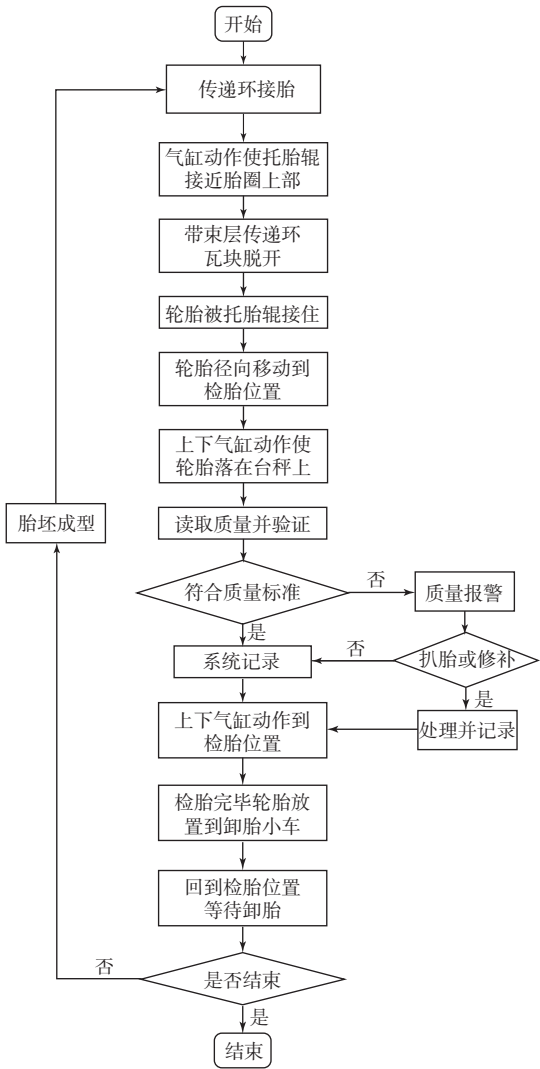


图 3 称量控制流程

(3)正态分布以均值为中心,左右对称,正态曲线(normal curve)在横轴上方均数处最高。

(4)为了方便应用,常对正态分布变量 x 作如下变量变换:

$$\bar{u} = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

式中, $\bar{u}$ 为标准正态变量或标准正态离差, μ 为位置(即均值)参数, σ 为变异(标准差)参数。

变换使原来的正态分布转化为标准正态分布,亦称 $\bar{u}$ 分布。

若 $x \in N(\mu, \sigma^2)$, 则对于任何实数 $a > 0$, 概率 P 为

$$P(\mu - a < x \leq \mu + a) = \int_{\mu - a}^{\mu + a} \varphi_{\mu, \sigma}(x) dx$$

(5)正态分布完全由 μ 和 σ 决定, μ 决定分布

曲线在横轴的偏移位置。在 σ 一定时, μ 增大, 曲线沿横轴向右移动; 反之 μ 减小, 曲线沿横轴向左移动。 σ 决定分布曲线的形态, σ 越大, 曲线的形状越“矮胖”, 表示数据分布越分散; σ 越小, 曲线的形状越“瘦高”, 表示数据分布越集中。

(6) 正态曲线下的面积分布有一定的规律, 即所有的正态分布曲线在 μ 左右相同倍数的标准差范围内面积相同; 特殊情况下, 如 $\mu \pm \sigma$ 范围内的面积约为 68.3%, $\mu \pm 1.96\sigma$ 范围内面积约为 95%, $\mu \pm 2.58\sigma$ 范围内面积约为 99%, $\mu \pm 3\sigma$ 范围内面积约为 99.7%。

(7) 基于正态分布算法对数据分析后, 可通过样本计算对应的 C_{PK} , 以检验过程指标。假设样本数据为 n , 样本变量为 $x_i (i \text{ 为 } 1 \sim n)$, 建立正态分布函数 (μ, σ) 。其 C_{PK} 计算方法为

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \tag{1}$$

$$C_P = \frac{T}{6\sigma} = \frac{T_h - T_l}{6\sigma} \tag{2}$$

$$C_{PK} = (1 - K) C_P \tag{3}$$

$$K = \frac{2|M - \mu|}{T} \tag{4}$$

式中, T_h 为上限; T_l 为下限, T 为技术公差幅度, M 为中值。

通过对 C_{PK} 的分析和历史数据对比能够发现当前产品控制过程应该改进之处。

通过上述算法分析, 11R22.5 规格胎坯质量正态分布如图 4 所示。

4 软件架构功能

胎坯质量称量管理系统结构如图 5 所示。该

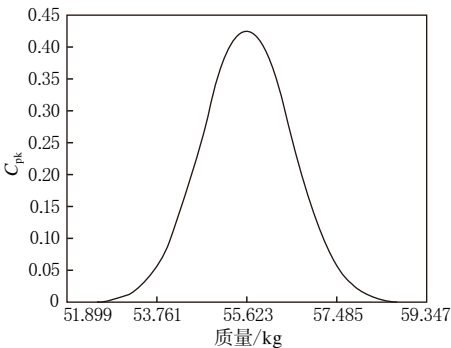


图 4 11R22.5 规格胎坯质量正态分布

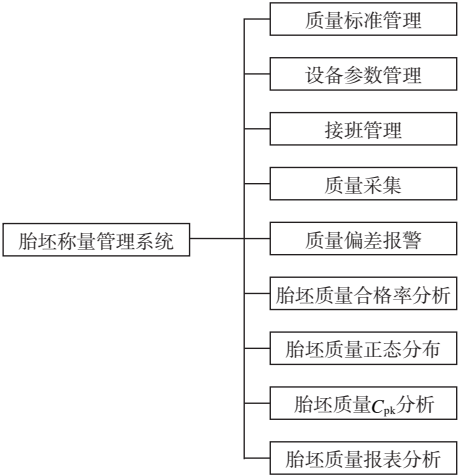


图 5 胎坯质量称量管理系统结构示意图

系统可实现质量信息的采集、统计和分析。通过数据的分析, 预测出偏差的原因, 根据不同的原因制定对应的局部措施或者系统措施以进行规避。

4.1 质量标准管理

维护胎坯质量标准, 对每种胎坯的标准质量、标准上限和标准下限进行统一标准化管理。

4.2 设备参数管理

维护设备的各项具体参数, 对秤通讯的波特率、串口、数据位、校验位、IP 地址和 PLC 的通讯参数进行具体配置。

4.3 接班管理

对人员接班信息进行管理, 记录人员、班次、班组和岗位, 对应到机台和日期。胎坯称量时关联对应接班信息, 建立追溯关系, 可以根据胎坯条码追溯到接班信息和称量信息。能够从人员、班次、班组、岗位、日期和机台不同维度分析称量的合格率。

4.4 质量采集

PLC 与称量仪表进行通讯, 将数据采集到 PLC 中。PLC 与上位机进行通讯, 将质量实时采集到数据库中保存。

4.5 质量偏差报警

上位机采集到胎坯质量后, 自动下载质量标准并且与其进行对应, 对不符合标准者进行报警, 控制设备继续动作, 提醒操作人员进行处理, 处理完毕后进行异常启动, 继续生产。

4.6 胎坯质量合格率分析

针对日期、机台、班次和班组对胎坯合格率进

行分析,为合理安排生产计划和改进工艺技术提供数据支持。

4.7 胎坯质量正态分布

针对日期、机台、班次、班组选取样本类型,进行质量正态分布分析,找出偏差原因,并采取措施改进,以提高过程控制质量。

4.8 胎坯质量 C_{PK} 分析

针对日期、机台、物料、班次和班组进行 C_{PK} 分析,根据分析结果,确定影响过程性能的变差因素,并进行优化改进,以提升各项性能指标。

4.9 胎坯质量报表分析

基于日期、机台、物料、班次和班组分析称量数据,能够实时展示称量明细报表、称量异常报表、异常处理报表、均值分析报表、极值分析报表、合格率分析报表和不合格率分析报表,为优化排产、改进工艺提供最优的数据。

5 结语

集自动称量、自动控制、信息化为一体的胎坯

称量系统能够自动对胎坯质量数据进行采集,根据轮胎规格参数自动下载质量标准,对不良品进行报警和控制,以提高产品合格率。该系统与工厂信息系统无缝集成,可实现信息共享。通过该系统可提高轮胎产品的品质,从而提高企业经济效益和轮胎行业的社会效益。该系统已经过多家企业的实际现场应用,能够准确发现并避免质量不合格、漏部件和用错料等缺陷的产品,对企业优化排产、改进工艺和保证轮胎品质作用显著。

参考文献:

- [1] 刘九卿. 提高称重传感器准确度和稳定性的若干问题[J]. 科技应用, 2013, 42(5): 1-6.
- [2] 李乐. 高精度智能化称重模块研究[D]. 太原: 中北大学, 2008.
- [3] 王锦芳. 动态称重系统的研究和开发[D]. 浙江: 浙江大学, 2006.
- [4] 孔军, 蒋敏, 汤心溢. 多均值正态分布图像规定化处理[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(21): 10-12.

收稿日期: 2015-05-06

Design and Application of Tire Weighing System

SUN Hong-xi^{1,2}, YU Xiu-sheng², WANG Jun-shi², SUN Pei-feng²

(1. Ocean University of China, Qingdao 266071, China; 2. MESNAC. Co., Ltd, Qingdao 266045, China)

Abstract: In this study, the green tire weighing system was designed in order to improve the quality of the tire building procedure. By combining dynamic weighing technology and information control technology, the weight data were automatically acquired. The weighing data were then analyzed by using statistic algorithm such as normal distribution and the outliers were reported. The production results showed that this system was reliable and the number of unqualified tire was reduced.

Key words: green tire; weighing system; normal mode analysis; automatic acquisition; dynamic weighing

轮胎硫化机中心机构及轮胎硫化机

中图分类号: TQ330.4⁺7 文献标志码: D

由软控股份有限公司申请的专利(公开号 CN 104742284A, 公开日期 2015-07-01)“轮胎硫化机中心机构及轮胎硫化机”, 涉及的轮胎硫化机中心机构包括中心杆、环座缸体、缸盖, 环座缸体包括环座和缸筒, 环座上设有蒸汽流道并连接蒸汽导管, 缸盖上开有蒸汽喷射孔, 胶囊下端固装

在环座上, 中心杆与环座之间设有位于缸盖下方的密封结构, 包括层状多道 U 型密封圈和支撑环, 支撑环底部配合嵌入 U 型密封圈的 U 型槽内。该发明在中心杆与环座之间设置由 U 型密封圈与支撑环上下交错布置构成的层状密封结构, 密封点少, 密封性强, 可降低泄漏故障, 提高产品质量, 减少对密封结构的磨损, 提高使用寿命。

(本刊编辑部 马 晓)