

统计过程控制在轮胎质量控制中的应用

张 帆

(新疆昆仑工程轮胎有限责任公司, 新疆 库尔勒 841011)

摘要:针对轮胎生产过程的质量管理问题,阐述统计过程控制(SPC)的基本原理及其在轮胎质量控制方面的应用流程,并通过实例分析 SPC 技术在轮胎质量分析与控制中的应用。

关键词:统计过程控制;质量管理;轮胎生产

随着 ISO 9000 质量管理和质量保证体系标准在全球范围内的大力推广与应用,用户的质量意识得到了普遍的提高,“质量是企业的生命”已不再是简单的口号,质量方面的竞争已成为市场竞争的焦点。所以,质量控制方面发挥极大作用的统计过程控制(Statistical Process Control,简称 SPC)技术在轮胎行业的应用也势在必行。SPC 是指在产品生产过程中,应用概率与数理统计理论监控工序质量因素的变化及其规律,使产品质量特性在允许范围内波动,达到能够稳定地生产出合格品的目的。SPC 的工作内容包括 3 个部分:收集数据,统计分析,现场管理。其中,收集数据主要指收集与产品质量直接相关的质量特性数据;统计分析过程是按照一定的准则对采集到的数据进行统计、归类、计算、绘图,从而对生产过程状态进行评判,并给予实时监控,以保证生产的正常进行。

在质量控制体系中,除了 SPC 技术以外,还有另外一种控制技术,即自动过程控制(Automatic Process Control,简称 APC)技术。两者各有特点:APC 反映敏捷,SPC 诊断准确。在整个生产过程监控中,APC 通过反馈、补偿的方式控制和调整生产过程,从而抑制、抵消波动;SPC 则采用数理统计方法来发现失控的原因,进而消除系统缺陷,从而确保产品质量稳定。APC 是从技术的角度对质量加以保证,SPC 则是从管理的

角度对质量加以控制。本文着重探讨 SPC 技术在轮胎质量控制方面的应用。

1 SPC 的基本原理

虽然 SPC 技术已发展到近百种,但其都是基于相同的基本原理,即统计学中的小概率事件原理。在 1 次观测中,小概率事件是不可能发生的,一旦发生就认为系统出现问题。把此原理转化为工程技术语言可描述为:预先假定过程处于某一状态,一旦显示出偏离这一状态的极大可能性就认为过程失控,于是需要及时调整。判断过程状态是否失控的依据是 SPC 基本控制图,SPC 基本控制图包括中心线(CL)、上控制界限(UCL)和下控制界限(LCL),并有按时间顺序抽取的样本统计量数值的描点序列。

利用 SPC 基本控制图来分析工序状态容易出现 2 类错误。第 1 类是误判,即生产正常情况下,因偶然因素点出界而判为异常,误判概率记为 α ;第 2 类是漏判,即异常生产情况下,产品质量分布偏离了典型分布但判为正常,漏判概率记为 β 。放宽控制界限可以减少误判概率 α ,但 β 会增大;反过来压缩控制界限,则可以减少 β ,但 α 又会增大。经过长期实践经验证明得出,当满足以下公式时以上 2 类错误造成的总损失较小。

$$UCL = \mu + 3\sigma$$

$$CL = \mu$$

$$LCL = \mu - 3\sigma$$

式中, μ 为平均值, σ 为标准偏差。

SPC 基本控制图见图 1。

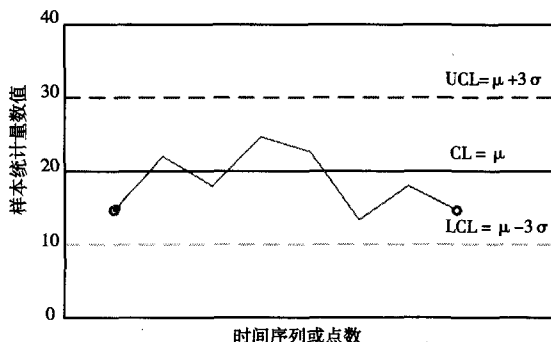


图 1 SPC 基本控制图

运用 SPC 分析主要判断生产过程是否处于统计控制状态,即进行工序稳定性分析。生产过程处于统计控制状态的判断条件如下。

(1) 连续 25 个点中没有 1 点在限外,或连续 35 个点中最多 1 点在限外,或连续 100 个点中最多 2 点在限外。

(2) 控制界限内的点的排列无下列异常现象: 连续 15 点距离中心线 1σ 控制线以内;连续 7 点或更多的点在中心线同一侧;连续 7 点或更多点呈上升或下降趋势;连续 11 点中至少有 10 点在中心线同一侧;连续 14 点中至少有 12 点在中心线同一侧;连续 17 点中至少有 14 点在中心线同一侧;连续 20 点中至少有 16 点在中心线同一侧;连续 3 点中至少有 2 点或连续 7 点中至少有 3 点落在 2 倍与 3 倍标准差控制界限之间;点集中在中心线附近;点呈周期性变化。

对控制图的判断分析就是依据以上条件,根据绘制控制图时取得的统计数据,判断控制图中的点是否出现不满足以上条件的异常情况。如有异常情况出现,则给出异常产生的样本范围和异常类型,此时的生产处于非统计控制状态,应及时进行调整。

2 SPC 在轮胎质量控制方面的流程

在轮胎产品生产过程中,质量保证涉及的内容很多,包括质量计划、质量检测、质量信息库、质量评估、质量控制等方面。为了能最理想化的在

产品设计及产品加工工艺设计的同时保证产品质量,可以通过制定加工质量保证工艺示意图(见图 2)来指导轮胎质量保证工作的实施与贯彻。

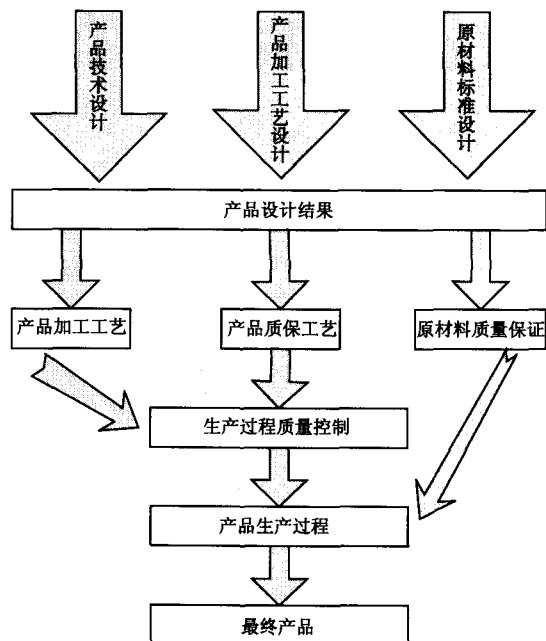


图 2 轮胎质量保证工艺示意

从图 2 可以看出:在质量保证工艺中,以质量控制为出发点,可以建立一个基于 SPC 带有反馈功能的系统质量控制流程,以便运用并行工程的原理,在各类流程与规范控制的框架下,构建用于轮胎生产的质量保证体系。此体系的内容如下。

(1) 质量保证贯穿整个产品生命周期,即从产品开发到成品检验阶段。使整个质量保证过程规范化,以便更好地按照质量保证体系流程完成相应的工作。

(2) 产品的质检部分包括:半成品检验、成品检验和产品测试 3 个环节,覆盖产品生产的全过程。半成品检验、成品检验侧重于轮胎直观特性的检测;产品测试侧重于物理特性的检测,从不同方面、不同阶段保证总体产品质量检测的正确性与可靠性。

(3) 运用数理统计的方法,科学地分析、处理现场提取的质量信息数据,通过应用直方图、控制图等手段,清晰、简单、实时的反映出生产状况。同时,通过储存、管理相应的数据图表信息,不但能完成生产的在线分析,也能科学地进行离线统

计、分析、诊断,以便更好的进行生产系统的管理。

3 SPC 在轮胎质量控制中的应用实例

现以某轮胎企业实际生产为例,应用 SPC 进行生产过程质量状况的分析与控制。在某生产周期的轮胎生产中,经检验得出有外观质量问题的轮胎总数为 2491 条,其具体质量信息见表 1。

按照 SPC 的分析方法:以频数为纵坐标,从大到小依次列出各质量缺陷轮胎数量,做一个由若干方框相连的从左至右逐渐下降的排列图。排列图可用于找出影响质量的少数关键因素,如图 3 所示。

从图 3 可以看出:欠硫、缺胶、处理轮胎及脱层在此阶段生产的问题轮胎中占了 76.19%的比例,成为影响此批产品质量的主要因素。要对此批产品进行质量控制,则重点要加强对这 4 种缺陷的控制,即通过分析这 4 种缺陷的共计 1898 条轮胎出现的状况,判断生产状况是否处于受控状态。

根据现有检验规则,本过程每组抽检 125 条

表 1 轮胎外观质量缺陷统计表

质量缺陷项目	数量/条	累计数量/条	比例/%	累计比例/%
欠硫	683	683	27.42	27.42
缺胶	477	1160	19.15	46.57
处理轮胎	386	1546	15.49	62.06
脱层	352	1898	14.13	76.19
胎里不平	168	2066	6.75	82.94
胎体变形	63	2129	2.52	85.46
过硫	56	2185	2.25	87.71
胎冠不平	56	2241	2.25	89.96
杂物	51	2292	2.05	92.01
胎冠露线	46	2338	1.85	93.86
花纹圆角	42	2380	1.68	95.54
装错轮胎	32	2412	1.28	96.82
钢丝上抽	26	2438	1.05	97.87
其他	53	2491	2.13	100.00

轮胎,为检验判断该过程是否为受控状态,现随机选取 25 个样本子组,记录不合格轮胎数量和单位不合格率来研究过程的控制状态,轮胎单位不合格率统计情况见表 2。

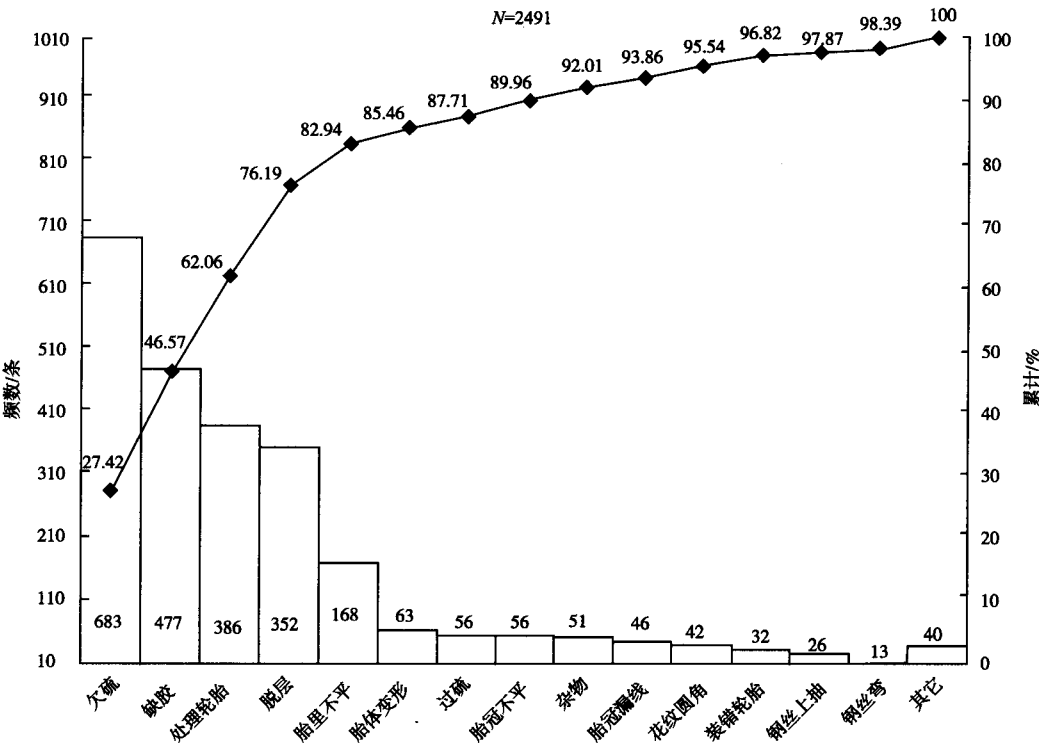


图 3 轮胎质量缺陷排列

表2 轮胎单位不合格率统计情况

子组号 i	不合格轮胎数量/条	单位不合格率 μ	子组号 i	不合格轮胎数量/条	单位不合格率 μ
1	74	0.59	3	82	0.661
2	79	0.63	15	82	0.66
3	82	0.66	16	72	0.58
4	72	0.58	17	79	0.63
5	77	0.61	18	82	0.66
6	70	0.56	19	75	0.60
7	74	0.59	20	73	0.58
8	80	0.64	21	81	0.65
9	73	0.58	22	73	0.58
10	82	0.66	23	80	0.64
11	72	0.58	24	73	0.58
12	82	0.66	25	63	0.50
13	73	0.58	ΣC	1898	
14	75	0.60			

计算得到:

$$CL = \mu = \Sigma C / \Sigma n = 1898 / 3125 = 0.60$$

$$\sigma = (\mu/n)^{1/2} = (0.6/125)^{1/2} = 0.069$$

$$UCL = \mu + 3\sigma = 0.6 + 3 \times 0.069 = 0.807$$

$$LCL = \mu - 3\sigma = 0.6 - 3 \times 0.069 = 0.393$$

式中: C , 每个子组不合格轮胎数量; ΣC , 不合格轮胎总数量(此处 ΣC 为 1898 条); n , 每个子组检验的数量(此处 n 为 125 条); Σn , 被检产品总数量(此处 Σn 为 $125 \times 25 = 3125$ 条)。

根据计算结果进行绘图。横坐标为子组样本序号 i , 纵坐标为单位不合格率 μ , 在图上绘出中心线 CL , 然后在图的相应位置上描出各样本 UCL 及 LCL 的点, 用虚线相连。最后在图的相应位置上描出 μ_i 值的点, 用实线相连, 不合格轮胎 SPC 控制图见图 4。

可以看出, 虽然所有点都在控制界限内, 但是连续 25 个点都集中在中心线附近, 符合连续 15 点距离中心线 1σ 以内的判异准则, 表明点排列太规则、不随机, 存在异常因素。

通过上述分析可知该批轮胎生产过程存在异常因素, 进一步分析发现产生轮胎欠硫、花纹圆角、处理轮胎及脱层的原因主要有: 硫化设备泄漏比较严重, 导致硫化过程温度波动较大; 模具设计

不合理, 排气孔数量较少; 成型工序操作工技能水平不高。

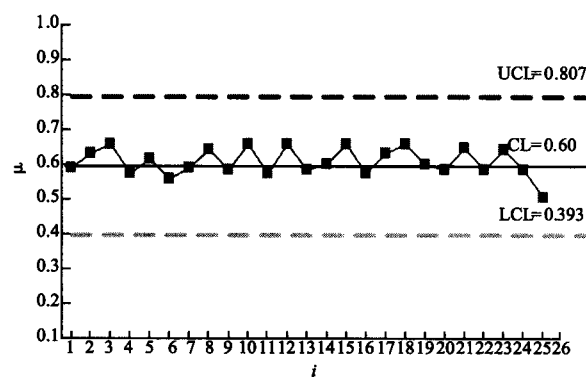


图4 不合格轮胎 SPC 控制图

4 结语

本工作以某轮胎生产过程质量控制为对象, 通过 SPC 理论和方法的分析与探讨, 建立了 SPC 系统在轮胎生产过程中的应用流程。由实例分析可知此方法能够对产品生产过程质量控制的稳定性进行定性分析, 从而预测生产状况、防止由变异引起的质量问题的产生, 从而有针对性对产生变异的原因采取相应的措施, 达到提高产品合格率, 降低质量成本的目的。