

统计过程控制(SPC)在质量管理中的应用研究

刘艳秋, 时君丽, 陶学恒

(大连工业大学 机械工程与自动化学院, 辽宁 大连 116034)

摘要: 统计过程控制 (SPC) 使产品质量由事后把关转为事前预防, 大大降低了生产成本。本文介绍了 SPC 的原理, 对其两种有效的质量控制工具: 控制图和工序能力进行了详细的阐述, 并在生产实际中进行了具体的应用, 通过对具体产品的 SPC 分析, 为企业开展 QC 活动提供了思路和参考方式。

关键词: SPC; 控制图; 过程能力

中图分类号: F407 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6673 (2008) 01-069-03

0 引言

产品质量的统计观点是现代质量管理的基本观点之一, 它的核心内容是: 产品质量始终在变动之中。对于产品质量某一瞬间的变化虽然不能精确地预测, 但其变动的统计规律, 即出现多大的变动幅度及有多大的可能性是可以掌握的, 这就是产品质量的统计分布^[1]。影响产品质量因素归纳起来分为两类: 偶然因素, 又称随机因素, 特点是影响微小, 始终存在, 逐件不同, 难以除去; 异常因素, 又称系统因素, 特点是影响较大, 有时存在, 一系列产品受到同一方向的影响, 可以除去。如固定螺母松动造成机床的较大振动, 刀具的严重磨损等。

在实际生产中, 产品质量的偶然波动与异常波动总是交织在一起的。异常因素是注意的对象, 由异因造成的质量变异可用控制图发现, 一旦发现产品质量有异常波动, 就应尽快找出其异常因素, 加以排除。

1 SPC 基本原理

在生产过程中, 仅有相互独立的偶然性因素影响时, 产品特性值 x 会服从正态分布即 $N(\mu, \sigma^2)$, $P(\mu-3\sigma < X < \mu+3\sigma) = 0.9973$ 。 x 落在如图 1 所示, 以 $(\mu-3\sigma, \mu+3\sigma)$ 为上、下控制线外的概率之和只有 0.27%。这是很小的概率, 出现这样概率的事件称为小概率事件。根据概率统计理论, 小概率事件在一次实验中是不会发生的。如果发生了, 则说明原来的分布受到了异常因素的影响处于失控

收稿日期: 2007-12-12

作者简介: 刘艳秋 (1971-), 女, 黑龙江五常人, 硕士研究生, 副教授。研究方向: 工业工程。发表论文 4 篇; 时君丽 (1978-), 女, 河北沧州人, 硕士研究生, 讲师。研究方向: 质量管理与控制。发表论文 2 篇。

状态。休哈特正是根据这一理论提出了控制图方法。

(1) 控制图及控制界限: 控制图是对过程质量特性值进行测定、记录、评估和监察过程是否处于控制状态的一种统计方法设计的图。图上有中心线 (CL)、上控制界限 (UCL) 和下控制界限 (LCL), 并按时间顺序抽取的样本点序列描点。

(2) 控制图分类及选择: 按统计量分, 控制图可分为计量值控制图和计数值控制图。它们均有各自适用的范围, 应用中的合理选择十分关键。最常用、最重要的是 \bar{X} -R (均值-极差) 控制图。它可以同时控制质量特性值的集中趋势, 即平均值的变化以及其离开中心控制线的趋势, 即极差的变化。它适用范围广, 可提供较多的质量情报, 灵敏度高^[2]。

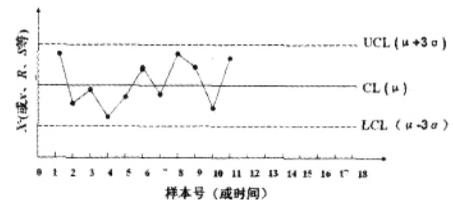


图 1 SPC 控制图

Fig.1 SPC control chart

(3) 图的获得: 首先需要将抽样采集的质量值数据进行分组, 每个组的数据组成一样本。样本大小用 n 表示, 通常 $n=3, 4, 5$ 。分组数用 m 表示, 通常 $m=20, 25$ 。其次均值和的极差中线的获得: 假定质量特性值 X 服从正态分布 $N(\mu, \sigma^2)$, 且 μ, σ 均已知。若 X_1, X_2, \dots, X_n 为大小为 n 的样本, 则样本均值为:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

令所取的 m 个样本的均值分别为 $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_m$, 则过程 μ 的最佳估计量 μ 为总平均值, 即:

$$\mu = \bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m}{m}$$

于是 \bar{X} 可作为 \bar{X} 图的中心线。令 m 个样本的极差分别为 R_1, R_2, \dots, R_m ，则平均样本极差为：

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m}$$

均值和的极差控制线的获得： \bar{X} 图的控制线如下：

$$\begin{cases} UCL_{\bar{X}} = \mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} & \bar{X} + A_2 R \\ CL_{\bar{X}} = \mu & \bar{X} \\ LCL_{\bar{X}} = \mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} & \bar{X} - \frac{\sigma}{d_2 \sqrt{n}} R = \bar{X} - A_2 R \end{cases}$$

R图的控制线如下：

$$\begin{cases} UCL_R = D_4 \bar{R} \\ CL_R = \bar{R} \\ LCL_R = D_3 \bar{R} \end{cases}$$

系数 A_2, D_3, D_4 为常数，可查计量型控制图系数表得到。

(4) 过程能力：是指过程的加工质量满足技术标准的能力，它是衡量过程加工内一致性的。过程能力决定于质量因素，即人、机、料、法、环，而与规范无关。过程能力指数分为无偏移双侧情形的短期过程能力指数，无偏移单侧规范情形的短期过程能力指数，有偏移情形的短期过程能力指数等^[4]。过程能力指数的计算可分为：

无偏移双侧规范情况的短期过程能力指数，当分布中心与公差中心重合时，可直接利用 C_p 值的定义进行计算：

$$C_p = \frac{T}{6\sigma} = \frac{T_U - T_L}{6\sigma_{ST}}$$

单侧规范情况的短期过程能力指数计算：

$$C_{pU} = \frac{T_U - \mu}{3\sigma} = \frac{T_U - \bar{X}}{3\sigma_{ST}} \quad (\bar{X} < T_U)$$

有偏移情形的短期过程能力指数：定义分布中心 μ 与规范中心 M 的偏移度为： $\varepsilon = |\mu - M|$ ，以及 μ 与 M 的偏移度 K 为：

$$K = \frac{\varepsilon}{T/2} = \frac{2\varepsilon}{T}$$

过程能力指数修正为：

$$C_{pk} = (1 - K) C_p = (1 - K) \frac{T}{6\sigma} \quad (0 \leq K < 1)$$

2 应用实例

作者考察某塑料彩印企业的一种包装产品—酱包，对酱包的剥离强度进行测试后的数据实行 SPC 质量控制，选择采用计量值控制图进行控制。

2.1 选择子组大小、频率和数据

(1) 子组大小。选择子组应使得一个子组内该单元中的各样本之间出现变差的机会小，在过程的初试研究中，子组一般由 4-5 个连续生产的产品的组合，这样做的目的是使每个子组内零件都是在很短的时间间隔内生产出的并且相互之间不存在其它系统关系^[5]。本例中为

同一批原料在同一车间同一班组生产出的酱包产品，选择子组产品个数为 5 个。

(2) 子组频率。其目的是检查经过一段时间后过程中的变化。这些变化的潜在原因可能是接班或操作人员更换等原因造成的。过程初始研究时，通常是连续进行分组或在很短的时间间隔内进行分组，以便检查过程在很短的时间间隔内是否有其它不稳定的因素存在。当证明过程稳定时，子组间的时间间隔可以增加。本例中子组频率：过程初始研究为 3 min，过程受控为 0.5 h。

(3) 子组数大小。通常情况下，20 或更多个子组可以很好地用来检测稳定性，本例中为 20 组。

2.2 \bar{X} -R 控制图分析

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

(2) 控制界限内的点子的排列无下列异常现象：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 12 点中至少有 12 点在中心线同一侧；连续 17A 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。

首先对酱包进行采样、分组，组数 m 为 20，样品量 n 为 5，进行了剥离强度测试，得到数据按照上述统计学方法进行处理，绘制出在 2006 年 12 月份该产品剥离强度的控制图如图 2。

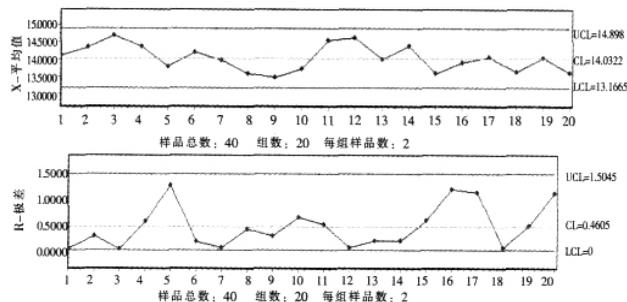


图 2 AL-CCP \bar{X} -R 控制图

Fig.2 AL-CCP \bar{X} -R control chart

由图可以看出， \bar{X} -R 图均无异常情况，点子的上下波动是由于一些不可避免的偶然因素导致，经分析这些偶然因素可能是油墨性能的变化、环境温度的变化等。

2.3 过程能力分析

当 $1.33 < C_{pk} < 1.67$ 时，表明过程能力充足，是一种理想状态。当 $1.00 < C_{pk} < 1.33$ 时，表明过程能力尚可，应该注意控制，防止发生大的波动；在 C_{pk} 值接近 1.00 时，出不合格产品的可能性增大，此时应加强对生产线检查和产出品进行抽样检验。

当 $C_{pk} = 1.00$, 过程能力不足, 应分析原因并采取必要的措施。改产品剥离强度过程能力分析图如图 3。

由实际工序能力图可知, 当分布中心与公差中心没有重合, 可按照 C_{pk} 标准判断, 图中 C_{pk} 的值是 1.5854, 表明过程能力充足, 是一种理想状态。

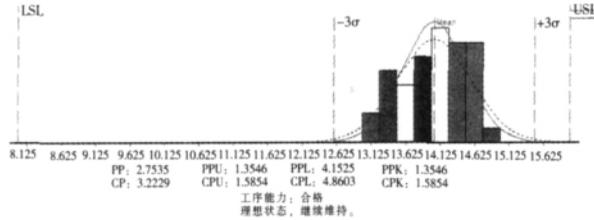


图 3 AL-CCP 过程能力分析图

Fig.3 AL-CCP process ability chart

3 结论

企业要想加入全球的产业链中, 就必须按照国际统

The Application of SPC in Quality Management

LIU Yan-Qiu, SHI Jun-Li, TAO Xue-Heng

(School of Mechanical Engineering & Automation, Dalian Polytechnic University, Dalian Liaoning 116034, China)

Abstract: SPC is an important tool of quality control, which plays a role of monitoring and predicting in production. This paper described the theory of SPC, introduced the control chart and process capability, and applying these two tools to the reality. By the analyzing of SPC for the product, supplied an idea for the enterprise to quality control.

Key words: SPC; control chart; process ability

一的质量管理标准和方法进行质量管理, SPC 正是这样一种有效的质量管理工具。通过对过程质量进行动态、连续的监控, 不断地分析质量问题中的各种影响因素, 并进行针对性预防, 达到了持续改进的目的。作者在某塑料彩印企业中成功地实施了 SPC, 运用 SPC 工具对企业产品进行了分析, 在质量控制中起到极好的警示和预防作用, 从而为提高产品质量、降低生产成本起到事半功倍的效果, 为企业带来丰厚的利润。

参考文献:

- [1] 钱夕元, 等. 统计过程控制(SPC)及其应用研究[J]. 计算机工程, 2001, 19.
- [2] 苗瑞, 孙小明, 李树刚, 杨东. 基于小批量生产的统计过程质量控制研究[J]. 计算机集成制造系统, 2005, 11.
- [3] 张公绪, 孙静. 新编质量管理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [4] 余忠华, 吴昭同. 面向小批量制造过程的质量控制方法研究[J]. 机械工程学报, 2001, 8.
- [5] Rogers GG, Bottaci L. Modular production system: a new manufacturing paradigm [J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 1997, 8.

(上接第 68 页) 3.3 机架

机架设计和选用主要考虑的因素是强度和刚度, 机架刚度不足是造成皮带跑偏的原因之一。设计时建议尽量采用中式或低式头架, 高式头架由于刚性较差, 运行时容易出现晃动, 对大功率输送机更加明显; DT 型输送机的机架作了较大改进, 头架采用三角形箱形结构, 受力较为合理。中间架材料型号比 TD75 型大, 以 $B=500$, $L=6000$ 的标准中间架为例, TD75 采用 $63 \times 63 \times 6$ 的角钢, 重量为 73kg, DT 采用 10 号槽钢, 重量为 121.7kg。

3.4 清扫器

带式输送机在运行过程中粘附在输送带上的小煤粒随后又传给下拖辊和改向滚筒^[2], 粘结积聚使其外形发生改变, 加剧输送带磨损。TD75 型输送机头部清扫器只提供了弹簧清扫器一种, 弹簧清扫器存在刮不干净, 使用一定时间后弹簧易变形等问题, 使用情况不太理想, 重锤刮板清扫器可以补偿变形, 保证刮板始终紧贴带面, 当输送带粘料严重时, 可以选用其他型式如硬质

合金刮板清扫器、合金橡胶清扫器等, 合金橡胶清扫器可以用两级配合使用 (H 型和 P 型), 效果更为理想。

上述是选煤厂输送机部件选型设计中经常遇到的问题, 其他零部件如输送带、托辊的选择等问题也很重要, 在此不一一讨论。

4 结束语

选煤厂带式输送机有其自身特点, 设计选用时应考虑到这一点, 因地制宜, 才会得到比较理想的结果。

(1) 整个选煤厂输送机的规格品种较多, 在综合考虑技术性和经济性的前提下, 应适当减少功率档次, 这样可以增加设备的互换性, 给维护和管理带来便利。

(2) TD75 型输送机型谱中的零部件不能完全满足实际需要, 通过对几个部件的分析, 认为输送机的选型应综合考虑其它型谱和虽未列入型谱, 但应用成熟的产品。

参考文献:

- [1] 梁日兴. 浅谈带式输送机的拉紧装置[J]. 山西焦炭科技, 2007.
- [2] 刘兴. 普通带式输送机清扫装置使用分析[J]. 煤矿机械, 2002, 11.

Study on Power Configuration and Parts Selection of Belt Conveyor in Coal Preparation Plant

TANG Yan-Yun

(Foshan Institute of Science and Technology, Foshan Guangdong 528000, China)

Abstract: The analysis of coal preparation plant on the basis of the characteristics of belt conveyor, the paper researches some issues about power configuration and parts selection of belt conveyor in coal preparation plant.

Key words: belt conveyor; power configuration; parts selection