

基于过程质量控制的品质管理研究

□ 上汽大众汽车有限公司/邹维玮 晁志峰 周宇斌 郭勇

本文介绍了基于统计学的过程质量控制方法相较于传统以产品检验为重点的品质管理方式的优势，采用概率积分变换理论将基于统计学的过程质量控制方法真正应用于生产过程要素的控制。通过对生产过程要素的监控可提前发现风险点，并采取措施进行控制，有效节约质量成本。

过程质量控制的意义

针对重要缺陷的传统品质管理以采取质量控制小组（QC小组）的形式展开，在缺陷已经发生后，通过对生产过程的人、机、料、法、环和测六个方面的分析找出缺陷发生的原因并进行整改。但是，这种分析方式通常是在缺陷问题发生之后，并且需要做大量的

调查和数据分析工作，缺陷的解决也存在滞后性。由于工作量巨大，花费时间较长，在分析阶段缺陷仍不能有效解决，而且需要花费大量的人力、物力应对缺陷问题，付出很高的质量成本。图1所示为汽车厂传统的品质管理方式，由于产品管理的滞后性往往会产生较多的返工量及报废车，要付出较高的质量成本。

板厚度比内部加强板小0.2~0.6mm的情况。以某车型A柱为例，料片状态如图10所示。

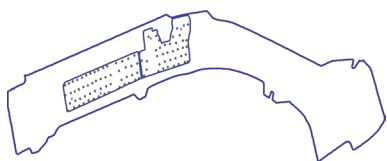


图10 A柱料片

补丁板工艺设计过程应注意料片点焊和成形后焊点检测。料片点焊可使用自动化工作站（焊接机器

人+夹具），落料时，预留两个定位孔，以便料片在夹具上定位。为了防止左右件料片在夹具上放反，可设计两个不同规格的定位孔，且一个是圆孔、一个是长圆孔，同时在焊接夹具上增加感应器，防止零件放错。零件热压调试过程应避免焊点处在R角位置，否则，容易造成焊点脱落或拉裂；调整最优焊接参数，避免焊点毛刺对模具型腔划伤。

结语

随着汽车节能减排、轻量化和安全性不断提升，热成形零件在白车身的比例会逐步提高。通过文中对五类热成形工艺描述，总结如下：目前国内零部件厂商在模具设计处理软硬分区板热压技术时，与国外公司相比，技术较落后。Patch板和TWB板应用会更加广泛，特别是一体式门环，是新技术发展趋势。AUTO1950

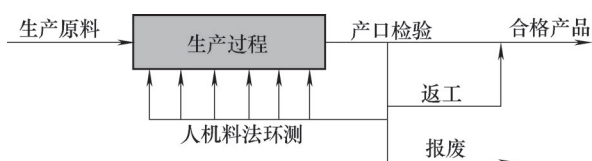


图1 传统品质管理方式

图2所示的过程质量控制则不同，它是对生产过程直接介入，并对生产重要参数进行监控，在缺陷发生前发现生产要素中的变化量，可防患于未然。过程质量控制将生产过程中的人、机、料、法、环和生产原料全部纳入监控范围，着重关注生产要素中的各变化点，消除引起产品差异性的原因，使生产过程的每一个环节控制在较为理想的生产状态，从而保证最经济地生产出符合用户要求的、合乎一定质量标准的产品。

这种质量控制方法着重于生产过程的控制，主要以预防为主。以预防为主的过程质量控制方式不仅可节约大量质量成本，避免生产中造成大量的残次品，并且也有利于加深质量人员的专业知识，培养质量深层次人才。

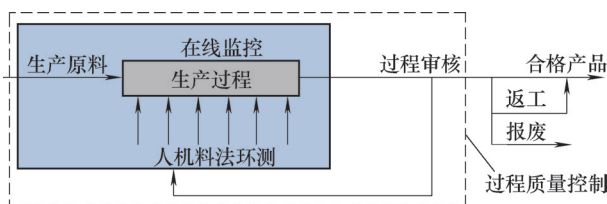


图2 过程质量控制方式

过程质量控制的实施

在产品生产过程中，导致产品之间差异性的原因可分为正常原因和异常原因。某些因素对产品的影响很小，且在允许的范围之内，它们通常很难查明或难以消除，这些因素引起的产品差异称为正常波动；由一个或多个生产要素变动所引起的质量变动，能够被查明且又必须消除，这类生产要素引起的产品差异称为异常波动。过程质量控制主要的目标是寻找引起异常波动的原因并加以消除。

目前主流的过程质量控制是采用统计学原理对生产过程中的各个要素进行评估，使其处于可接受的范围之内，保证最终产品质量的稳定性。通过对各个生产过程要素的统计分析，可以判断出该过程是否偏离正常水平，从而及时发出警告。传统的统计学分析，需要大量

的样本才能获得可信的分析结果，但对于实际生产来讲，若对大量的产品特性进行分析，工作量将是巨大的、无法接受的，传统的统计学理论在生产现场的过程质量控制中是不适用的。因此，在生产现场如何通过采集小批量的数据来获得可信的统计结果是主要问题之一。

在传统的统计过程控制中，通过采集大量的过程质量参数绘制出过程质量参数的分布，制定出该参数的控制范围，从而得出控制图。一般认为过程控制参量服从正态分布，可设 $A_1, A_2, \dots, A_r$ 服从正态分布 $N(\mu, \delta^2)$ 的随机样本数据，即 $A_1, A_2, \dots, A_r$ 所代表的过程质量参数是在人员、设备、原材料、工艺、环境皆无明显差异下产生的，这样样本均值及方差可分别表示为：

$$\bar{A} = \frac{1}{r} \sum_{j=1}^r A_j, \quad r = 1, 2, \dots \quad (1)$$

$$S_r^2 = \frac{1}{r-1} \sum_{j=1}^r (A_j - \bar{A})^2, \quad r = 2, 3, \dots \quad (2)$$

随着样本量逐渐增大，和也逐渐向 μ 和 δ^2 逼近，但是在生产现场若采集大量的过程质量数据样本，将会付出大量的人力和时间成本；而如果样本量不足够大，由此得出的数据又会产生误差，最终导致缺陷误判。但是利用数理统计中的概率积分变换理论可实现采集少量数据样本便可获取过程质量参数的均值和方差。概率分布密度可表示为：

$$u = \int_{-\infty}^T \frac{1}{\sigma} e^{-\frac{A^2}{2\sigma^2}} dA \quad (3)$$

式中 T ——统计量，无量纲，且服从正态分布， $T \sim N(0, 1)$ 。

在公式(3)中不含样本量参数，所以可实现少量的过程质量样本参数，即可获得过程质量参数的均值和方差。

过程质量控制应用

由以上分析可知，通过概率积分变换理论，基于统计学机理的过程质量控制才能真正应用于生产过程，通过过程质量分析最终改善生产过程。下面以改善某车型PVC气泡缺陷为案例介绍基于统计学的过程质量控制在生产过程中的应用。

PVC是汽车涂装车间的重要工序，用于车身焊缝的密封和底部喷胶，其主要作用是防腐蚀和抗石击，此外还有消声、减振、隔热和加强钢板强度等作用。这

道工序不仅关系着整车装配出厂是否漏雨的问题，也能起到车身的防腐、防振、抗石击等作用，关系到汽车的使用寿命。而四门两盖PVC气泡不仅对汽车外观造成不良影响，严重时甚至会影响整车的密封和防腐性能，因此将四门两盖PVC气泡纳入过程质量控制的常规检查。图3所示为PVC气泡单车平均数量统计。

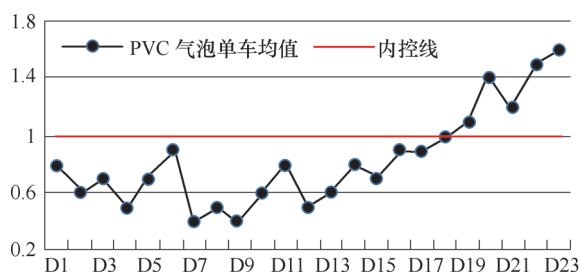


图3 PVC气泡单车平均数量统计

由统计图分析结合公式（1）、（2）和（3）可以得出：在统计的前12天内过程质量参数的平均值为0.83，方差为0.11，已超过控制限值0.1。可判断出在PVC的生产过程要素中有超过允许范围的变动。而在统计的第19天开始，PVC气泡的单车平均数显著增加，超过内控线的范围，且有逐渐增加的趋势。通过过程质量要素的监控可提前对缺陷提出预判并及时采取措施应对。对PVC气泡的位置进行进一步分析，PVC气泡的位置分布如4图所示。

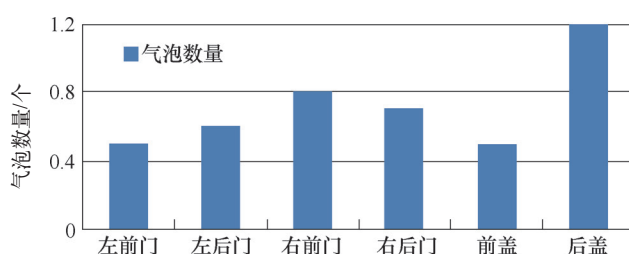


图4 PVC气泡的位置分布

由图4可知，后盖的PVC气泡数量明显大于其他部位的数量，因此可初步判断后盖的PVC存在异常，在排除油漆问题后对后盖进行解剖，如图5所示。通过解剖图可以看出，后盖在发生PVC气泡缺陷处的黑胶涂胶量很少。后盖折边处PVC胶具有良好的触变性，堆积一定厚度时能保持棱角状态，不产生流淌。

在热烘烤下，PVC胶发生胶化反应，变成不可逆转的一种弹性物质，胶化机理是：PVC胶变稠（黏度增加）→增塑剂开始进入PVC粒料→使之膨胀（胶黏度上



图5 后盖解剖图

升、液相消失）→胶化过程继续直至固化。残留在折边区域的空气，在油漆烘房中受热膨胀，将尚未固化的PVC胶顶起，产生PVC气泡。

了解PVC气泡的产生机理和部位后，通过调整后盖折边处的黑胶涂胶量，快速解决了此缺陷。

结语

过程质量控制侧重于控制产品的生产过程，可以在缺陷未大量爆发之前发现生产要素的变化点并迅速控制。过程质量控制可节约大量质量成本，避免生产中造成大量的残次品。传统的统计学因样本量巨大无法直接应用于现场，通过概率积分变换理论，基于统计学机理的过程质量控制方法才能真正应用于生产过程，通过过程质量分析最终改善生产过程，提升产品质量。

作者简介：邹维玮、上汽大众汽车有限公司，质量保证经理，车身油漆质量控制。AUTO1950

