

化工生产 Cp 值的探讨

——无定形产品的质量控制

江苏化工学院 郑明黎 金国民

摘 要

本文结合化工生产过程及产品的特点,对间歇式生产过程,连续式生产过程中的无定形产品的质量控制进行了探讨。根据 Cp 值范围的确定是建立在产品之间的质量性质是互相独立的及随机的条件下,以及提高 Cp 值主要途径是降低 σ 值。由此,提出了无定形产品在间歇式生产或在连续式生产的过程中可以通过混合的方式改善产品质量;混合后产品的质量分布服从 $u\left(\bar{X}, \sqrt{\frac{\sigma}{n}}\right)$ 的正态分布,得出提高混合数 n 可以提高 Cp 值,为化工生产中无定形产品有效的质量控制方法提出理论根据。

一、引 言

化工生产不同于一般机械工业生产,它的特点是通过单元操作过程中的化学反应,物理变化或生物反应,经过多次、多级工艺过程将原材料加工成产品,例如,聚氯乙烯产品的生产,可以通过乙炔和 HCl 合成氯乙烯单体,再经过蒸馏、精馏提纯后进行聚合反应生成聚氯乙烯,然后干燥成聚氯乙烯固体颗粒产品。硫酸生产通过焙烧、除尘、转化、吸收等工艺过程。化工生产的另一个特点是产品大部分为无定形物态,因此,产品具有可混合性质,而生产产品的方式有间歇式、连续式,有的产品或半成品都通过中间贮存容器起到混合、缓冲、调节生产的作用。本文想结合化工生产的特点对 Cp 值的应用场合进行探讨,并且提出化工生产中提高 Cp 值的有效手段——提高混合数。

二、利用 Cp 值来判断生产产品的工序能力其条件是 产品具有各自的独立性和随机性

众所周知 Cp 值的大小是衡量生产合格产品的工序能力大小,计算公式 $C_p = \frac{T}{6\sigma}$, 其取值 1~1.33 为正常。当 $C_p = 1$ 时, $T = 6\sigma = \pm 3\sigma$ 即质量标准范围值等于 $\pm 3\sigma$, 产品的合格

率为 99.7%；当 $C_p = 1.33$ ， $T = 1.33 \times 6\sigma = 8\sigma = \pm 4\sigma$ ，质量标准范围值等于 $\pm 4\sigma$ ，产品的合格率为 99.99%。如果 C_p 值大于 1.33，产品的合格率超过 99.994%，将会提高产品的成本，而小于 0.67，产品的合格率将低于 95.4%，从抽样曲线中可知，其结果是增加拒收概率。因此，产品的最佳合格率将在 99.7%—99.994% 之间，由此规定 C_p 值在 1~1.33 为最佳状态。在 C_p 值计算公式中 σ 值是产品质量服从正态分布时的标准偏差。但是，应用统计分布方法时是存在着一定条件的。首先是每个产品的质量指标是一个随机变数，其次每个产品质量指标是各自独立。例如，一批紧固件产品共 1 万件，它们中间每一个紧固件都具有自己的质量指标，而且机械产品不具备互混的性质，即产品之间不会产生 1 个 6.1 mm 的螺栓和 1 个 5.9 mm 螺栓混合以后成为两个 6 mm 的螺栓，不会由两个不合格产品互混以后成为两个合格品。所以，机械产品特点是一旦生产出来的产品能保持它的质量特性，产品性质具有独立性，在大批量生产的条件下可以通过随机的方法利用统计分布的规律对质量状态作出分析，根据分布的期望值 μ 和标准偏差 σ 计算 C_p 值，来判断生产合格产品的工序能力，分析影响因素 5 M1E。可以看出：利用 C_p 值来判断工序能力大小的两个基本因素也就是产品质量指标具有独立性和随机性，否则就失去 C_p 值的作用。

三、化工产品的生产过程和产品特点

化工产品的生产过程常有间歇式生产或连续式生产。化工产品的物态常为气体，液体，粉末状固体，细小颗粒固体。这些，我们称为无定形物态，因为化工产品具有无定形物态，所以，产品具有可混合性，即 1kg98% 硫酸和 1kg99% 硫酸互混以后成为 2kg 的 98.5% 硫酸。根据化工生产过程方式和产品可混性特点可以分为以下几种情况生产产品；

(一) 间歇式生产，每次产品不互相混合。这种生产方式，其特点是类似于机械产品生产状况，每次生产所得到的产品质量指标都可以认为独立的和随机的。所以，可以应用 C_p 值的计算方法以及规定的范围对生产产品的工序能力进行判断，用直方图来分析产品质量的状况。例如，某工厂生产聚氨脂整理剂产品，生产周期 15 小时，每天生产 1 次，每次 1 吨产品，分装成桶。现将生产共 36 次的产品中的质量指标含固量数据见表 1。产品中含固量标准范围为 27%—30%。

表 1 聚氨脂整理剂中的含固量

| 序 号 | 含 固 量 (%) | 序 号 | 含 固 量 (%) | 序 号 | 含 固 量 (%) | 序 号 | 含 固 量 (%) |
|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|
| 1 | 28 | 10 | 27 | 19 | 25 | 28 | 32 |
| 2 | 27 | 11 | 30 | 20 | 33 | 29 | 31 |
| 3 | 20 | 12 | 26 | 21 | 32 | 30 | 25 |
| 4 | 30 | 13 | 27 | 22 | 27 | 31 | 27 |
| 5 | 32 | 14 | 30 | 23 | 28 | 32 | 28 |
| 6 | 25 | 15 | 27 | 24 | 29 | 33 | 29 |
| 7 | 27 | 16 | 28 | 25 | 28 | 34 | 31 |
| 8 | 31 | 17 | 26 | 26 | 29 | 35 | 28 |
| 9 | 30 | 18 | 27 | 27 | 30 | 36 | 26 |

通过计算得 $\bar{X} = 28.52\%$ $S = 2.14\%$

$$C_p = \frac{T}{6\sigma} = \frac{30\% - 27\%}{6 \times 2.14\%} = 0.23 < 0.67$$

由于工程能力非常不足, 则对 5M 1E 进行分析, 寻找原因提出改进方案提高工序能力。但是, 这产品是液体, 具有可混性的特性。因此, 可以利用可混性来改变产品的质量指标, 提高 C_p 值。

(二) 间歇式生产, 每 3 ~ 5 次产品相混合作为最终产品。

这种生产方式, 由于每次生产的产品不是直接装桶出厂而是将 3 ~ 5 次生产的产品进入大的贮槽进行混合, 所以, 产品的质量指标可以通过混合的过程进行调节和改善。提高了 C_p 值。例如, 将上例中产品每 3 次产品进行混合, 混合后产品的含固量如表 2 所示:

表 2 3 次 产 品 混 合 $n = 3$

| 序 号 | 含 固 量 (%) | 序 号 | 含 固 量 (%) |
|-----|-----------|-----|-----------|
| 1 | 28.0 | 7 | 30.0 |
| 2 | 29.0 | 8 | 28.0 |
| 3 | 29.7 | 9 | 28.3 |
| 4 | 27.6 | 10 | 29.3 |
| 5 | 28.0 | 11 | 28.0 |
| 6 | 27.0 | 12 | 28.3 |

$$\text{计算得 } \bar{X} = 28.52 \quad S = 0.92\%, \quad C_p = \frac{3\%}{6 \times 0.92} = 0.54\%。$$

如果采用 4 次产品混合作为最终产品则可以得到 $\bar{X} = 28.52$, $S = 0.72$ $C_p = 0.69$ 。

从上述可以看出, 当产品具有可混性时, 混合后工序能力指数 C_p 是随着混合数 n 的增大而提高, 根据统计分布的原理, 混合后产品质量的分布可以看作 \bar{X} 的分布, 当 n 数大于 3 时可近似为正态分布, 则 \bar{X} 的分布应服从 $u(\bar{X}, \frac{\sigma}{\sqrt{n}})$ 的分布。由此可得到混合以后

$$\begin{aligned} \text{的工序能力指数 } C_{p\text{混}} &= \frac{T}{6\sigma_{\text{混}}}, \text{ 由于 } \sigma_{\text{混}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \text{ 所以 } C_{p\text{混}} = \frac{T}{6 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{T}{6\sigma} \sqrt{n} \\ &= C_p \sqrt{n}。 \end{aligned}$$

通过上述公式可知, 在化工生产中, 特别对无定形产品, 为了保证工序能力指数 C_p 值保持在 1~1.33 之间, 则可以通过产品的混合方法达到。可以不通过 5 MIE 的分析来改进, 提高 C_p 值, 这就是化工生产和其他机械产品生产的最大区别。例如, 在上例中, 为了达到

$C_{p\text{混}} = 1$, 则混合数 $n = \left(\frac{C_{p\text{混}}}{C_p}\right)^2 = \left(\frac{1}{0.23}\right)^2 = 18.9 \approx 19$ 次即将 19 次产品进行混合就可以使工序能力达到 1, 产品的合格率在 99.7% 以上。

如果, 上述的混合过程采用非随机方法, 即利用每次生产的产品选择性的进行混合。例

如,在生产中利用2个贮槽,每贮槽为3次的混合量,这样,可以对产品进行选择性的混合,混合数 $n=3$ 。例如,对表1中产品可以采用选择性混合,前3次都为合格品混合后装桶。第4次30%进A槽,第5次32%进B槽,第6次25%进B槽,第7次28%进A槽,第8次31%进B槽,这样B槽混合后为 $\frac{32\%+25\%+31\%}{3}=29\%$,通过选择性混合的方法最终可以使

产品的合格率达100%,但是,由于选择性的混合,失去随机性,所以不再符合 $u\left(\bar{X}, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$ 的分布, C_p 值将失去其原来的作用。

(三) 连续生产过程,产品连续产出。

这种类型的化工生产过程又可以分为

1. 原料不断进入反应器,在反应器中不断进行反应形成产品,并不断产出如图1。这种生产的方式也类似于机械产品。

2. 反应器连续产出的产品都经过一个中间混合贮槽再连续产出产品,如图2。这里,贮

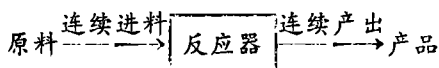


图 1

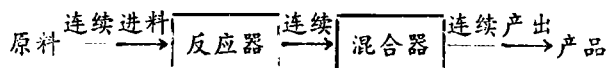


图 2

槽内混合均匀程度,以及混合量的大小对最终产出产品的工序能力指数 C_p 值有很大的影响。为此,假定在混合贮槽内是混合充分均匀,在此情况下最终产出的产品质量分布可以看作

$u\left(\bar{X}, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$ 的分布,其中混合数 n 在连续性的生产过程中可以用 $n = \frac{v}{q}$ 求得。

其中 v : 混合器中的混合重量。

q : 进入或流出混合器产品的流量。例如:混合器内混合重量为5000kg,每小时流入混合器的产品为500kg,(每小时流出混合器的产品也为500kg)则:

混合数 $n = \frac{5000}{500} = 10$ 。流出混合器的产品的质量指标可以近似为 $n=10$ 的移动平均值。

移动平均值 $\bar{X}_i = \frac{\bar{X}_{i-1}(n-1) + X_i}{n}$, ($i > n$)。

同样的理由,提高 n 值将提高 C_p 值,从 $n = \frac{v}{q}$ 式中可知,在化工实际的生产中加大混合重量 V 和降低流入量都可以提高 n 值,这是连续生产方式提高 C_p 值的有力手段。

综合上述化工生产的各种方式,对于无定形产品的质量在于无定形产品可以通过混合改变其产品的质量分布,并服从 $u\left(\bar{X}, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$ 的正态分布。

对于无定形产品,只要总体的平均值 \bar{X} 和质量标准范围的中值接近,那末,提高产品的 C_p 值最有效的办法是提高混合数 n 。为此,在实际化工生产中由于 n 值的加大而使 C_p 值 >1.33 并使通常分析5M1E的方法来提 C_p 值失去积极的作用。

在化工生产过程中采用选择性混合方法,保证了产品的质量。采用选择性混合前提是全

样分析, 适合于间歇式生产, 但是混合方法失去随机性, 因此, 产品质量分布不符合 $u\left(\bar{X}, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$ 的分布。

参 考 文 献

- [1] James, L. Riggs, 《Production Systems: Planning, Analysis and Control》, (1976).
- [2] M. 费史著, 王福保译, 《概率论及数理统计》上海科学技术出版社 (1962).
- [3] 第三机械工业部三〇一研究所《全面质量管理基础》(1980), 内部资料。
- [4] 中国化工质量管理协会, 《化工企业全面质量管理》(1981), 内部资料。

An Approach to Cp Value in the Chemical Industry Production ——Qc of Shaplees Product

Zheng Mingli and Jin Guoming

ABSTRACT

The article, based on the process of chemical industry production and product quality, provides a good approach to the quality control of unshaped production intermittent and continuous production. Accordins to the fact that the determination of Cp range is established between product quality under the independent and random condition and the way to raise Cp value is to reduce σ value, The article points but that product quality can be improved by mixed method and quality distuibution, of mixed product obey the normal distribution $u\left(\bar{X}, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$. Therefore the article comes to the conclution that Cp value can be raised by the increment of the numerical value N and the article advances a new theory for effectcire quality control of shapless products in the chemical industry production.