

质量控制中非正态分布数据 过程能力算法研究

徐月芳 桂云苗

(南京航空航天大学 民航学院 江苏 南京 210016)

摘要 过程能力是 6 σ 管理中质量控制的重要指标,在控制过程中会出现各种类型数据,而 6 σ 管理现有控制系统只提供了正态分布数据的过程能力计算方法,对非正态分布数据没有提供相应的分析工具。这对某些行业,特别是服务业引进 6 σ 管理带来了困难。提出了一种针对非正态分布数据(包括离散型的和连续型的)的过程能力指数的计算方法,为服务业应用 6 σ 管理提供了支持。

关键词 6 σ 管理 非正态分布数据 过程能力 质量控制

中图分类号 F062.4

文献标识码 A

文章编号 1001-7348(2006)03-0043-02

0 前言

6 σ 管理^[1]是一种全新的管理手段和方法,一种灵活的综合性系统方法。通过实施 6 σ 管理,企业能够准确理解顾客需求,规范使用和统计处理事实和数据,密切关注和优化企业流程,使企业获得和保持在经营上的成功,使经营业绩最大化,并可不断获得新的企业知识,创建企业的核心竞争力。在 6 σ 管理体系中,质量控制是实施成败的关键因素,而其实施过程以流程分析为中心,从流程分析开始,到流程改进和控制结束。所以流程分析是 6 σ 管理中质量控制的核心问题。在流程分析中,过程能力分析^[2]是测量流程的现有绩效和评估流程改进空间的重要指标,也为流程设计和再造提供了方向和依据。由于 6 σ 管理首先用于制造业,过程能力计算涉及到的变量一般服从正态分布,所以现有的 6 σ 管理中质量控制只提供了正态分布的连续数据过程能力计算的方法。但是 6 σ 管理已开始应用到服务业,在流程分析过程中常常遇到非正态分布类型的数据,而现有的 6 σ 管理质量控制系统未能提供针对

这类数据的过程能力计算方法,这给在服务业中推行 6 σ 管理造成了严重困难。为了能在服务业中推行 6 σ 管理,必须解决评估和测量非正态分布数据的过程能力指数的计算问题。本文将提出一种针对非正态分布数据(包括离散型的和连续型的)的过程能力指数的计算方法,供应用 6 σ 管理进行质量控制的参考。

1 过程能力指数的计算依据

1.1 正态分布数据的过程能力指数计算

在 6 σ 管理质量控制方法中,过程能力指标体系由过程能力指数和过程性能指数构成,其中过程性能指数用于评价流程的一般表现,根据流程长期数据进行计算,它不要求过程稳定,也不要求流程数据服从正态分布,而过程能力指数则用于评价流程的短期表现,它要求过程稳定和流程数据服从正态分布。

正态分布连续型数据的过程能力计算方法分 3 种情况^[3]考虑:

(1) 受控过程中心 u 与规范中心 M 重合时,过程能力指数 C_p 计算公式为:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (1)$$

其中 USL 为规范上限, LSL 为规范下限, σ 为过程的标准差。

(2) 受控过程中心与规范中心不重合时,过程能力指数 C_{pk} 计算公式为:

$$C_{pk} = \frac{\min\{USL - u, u - LSL\}}{3\sigma} \quad (2)$$

(3) 规范为单侧上限或下限,过程能力指数计算公式为:

$$\text{单侧下限过程能力指数 } C_{pl} = \frac{u - LSL}{3\sigma} \quad (3)$$

$$\text{单侧上限过程能力指数 } C_{pu} = \frac{USL - u}{3\sigma} \quad (4)$$

1.2 过程能力指数的计算依据

在 6 σ 管理体系中,流程的数据类型主要有两大类:一种是正态分布的连续型数据;另一种是非正态分布(离散的或连续的)的数据。离散数据包括计不合格品数(Defectives)和计缺陷数(Defects)。对于离散数据,在 6 σ 管理体系中以 FTY ^[4](First Time Yield)表示经过一个操作或流程,单元(或产

收稿日期 2005-06-02

作者简介 徐月芳(1964-),女,南京航空航天大学民航学院副教授,研究方向为航空运输规划与管理。

品)一次通过的合格率,用以评价流程的表现。常用的非正态连续分布主要有威布尔分布等。

在6 σ 管理体系中,过程能力指数虽然产生于对正态分布数据的流程分析,但由于它与流程不合格率(或合格率)指标有着一一对应的关系,所以不管流程数据的分布如何,都存在如下的等价性原理:对于服从不同分布的流程数据,如果产品的不合格率相等,则流程的过程能力指数也相等。

本文提出的非正态分布数据的过程能力计算方法将建立在以上的等价性原理之上。本小节首先给出基本计算公式。

(1)不合格率与过程能力指数的关系。对于正态分布的数据,FTY与过程能力指数之间存在如下关系:

$$\begin{aligned} \text{FTY} &= \Phi(3C_{pu}) - \Phi(-3C_{pk}) = \Phi(3C_{pu}) + \Phi(3C_{pk}) - 1 \\ \text{或 } \Phi(3C_{pu}) + \Phi(3C_{pk}) &= 1 + \text{FTY} = 2 - P(d) \quad (5) \end{aligned}$$

当 $LSL = -USL$ 时,

$$\Phi(3C_p) = (1 + \text{FTY})/2 = 1 - P(d)/2 \quad (6)$$

其中 $\Phi(x)$ 是标准正态分布函数,可通过查阅标准正态分布表获得相应的概率值。

因此知道了FTY或P(d),可以通过反查正态分布表获得过程能力指数。为便于查阅,下一节的表3-1给出了部分P(d)和C_p对应关系的结果。

(2)离散数据不合格率的计算。计不合格数是0-1型数据,服从二项式分布,流程的FTY由计算每个环节的合格率的乘积获得。

计缺陷数服从泊松分布,所以它的FTY的计算公式为:

$$\text{FTY} = p(X=0) = \frac{e^{-\text{DPU}} \text{DPU}^0}{0!} = e^{-\text{DPU}} \quad (7)$$

其中DPU表示单元缺陷比。

$$\text{DPU} = \frac{\text{全部的缺陷数(total number of defects)}}{\text{全部的单元数(total number of units)}}$$

而不合格率

$$P(d) = 1 - \text{FTY} \quad (8)$$

(3)非正态分布连续型数据的不合格率计算。设流程数据x的分布密度函数是f(x),且质量要求规定的该数据的上下限值USL和LSL,则通过该流程产品的合格率是:

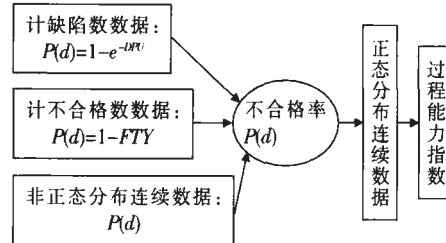
$$1 - P(d) = \int_{LSL}^{USL} f(x) dx$$

$$\text{所以 } P(d) = 1 - \int_{LSL}^{USL} f(x) dx \quad (9)$$

应用上述公式,对非正态分布连续型数

据,只要给出了流程数据的分布密度函数,就可以计算流程的不合格率,再根据P(d)与C_p的关系(式5)或(6)求得过程能力指数。

因此,对任何类型的流程数据,都可以根据等价性原理,由产品的不合格率确定一个等价于正态分布数据的过程能力指数值。用等价性原理计算过程能力指数的方法可以归纳成附图所示的流程。



附图 过程能力指数计算流程图

2 非正态分布数据的过程能力计算方法

2.1 离散数据过程能力的计算方法

从上一节的讨论可以看出,在过程能力指数计算中,正态分布连续数据的C_p与不合格率P(d)存在确定的函数关系,附表列出了部分C_p与P(d)之间的对应关系,详细的推算可见参考文献[3]。

附表 C_p与P(d)对照表

C _p	P(d)	C _p	P(d)
0.2	0.5486	1.2	0.00032
0.4	0.2302	1.3	0.0001
0.6	0.0718	1.33	0.000065
0.67	0.0456	1.4	0.000027
0.8	0.0164	1.5	0.0000068
0.9	0.007	1.6	0.0000016
1	0.0027	1.67	0.00000062
1.1	0.00096	2	0.000000002

根据上一小节的讨论,为了计算针对离散型数据的过程能力指数,可以首先计算出不合格率,然后从附表中查出对应的过程能力指数。对于不能直接查到的值,可以首先查出两个相邻的过程能力指数,然后采用内插法计算出对应的过程能力指数。

2.2 非正态分布的连续数据过程能力的计算方法

非正态分布的连续数据过程能力计算方法分为3种情况:

(1)受控过程中心与规范中心重合。对于这种情况,若流程数据服从正态分布,由本文上一小节的结果立即可得:

$$\phi(3C_p) = 1 - \frac{P(d)}{2} \quad (10)$$

所以对于此类数据首先根据概率密度函数,计算该流程的不合格率P(d),然后根据上面的C_p与P(d)的转换关系通过查标准正态分布函数表,得出等价于正态分布的过程能力C_p值。

(2)受控过程中心与规范中心不重合。在该种情况下,服从正态分布数据的不合格率为:

$$P(d) = P_L + P_U = p(x < LSL) + p(x > USL)$$

$$P(d) = \phi\left(\frac{LSL - u}{\sigma}\right) + \left[1 - \phi\left(\frac{USL - u}{\sigma}\right)\right]$$

$$\text{假设 } M = u, \text{ 则 } C_{pk} = C_{pu} = \frac{USL - u}{3\sigma}$$

$$\text{又因为 } \frac{LSL - u}{\sigma} = \frac{(USL - u) - (USL - LSL)}{\sigma} = C_{pk} - 2C_p$$

所以 $P(d) = \phi[3(C_{pk} - 2C_p)] + 1 - \phi(3C_{pk})$; 又因为 $C_{pk} = (1 - k)C_p$, 其中 $k = \frac{2|M - u|}{USL - LSL}$, 故:

$$P(d) = 2 - \phi\left(\frac{3+3k}{1-k} C_{pk}\right) - \phi(3C_{pk}) \quad (11)$$

已知P(d)时,根据式(11)即可求得相对应的正态分布的过程能力C_{pk}值。但该方程不能直接求得精确解,只能用近似方法求出C_{pk}的近似解。因为本文发现了如下关系,因此用二分法求解特别方便:

$$\text{因为 } C_{pk} = (1 - k)C_p, k = \frac{2|M - u|}{USL - LSL}, \text{ 故 } 0$$

$k < 1$, 又 $\frac{3+3k}{1-k} > 3$, $C_{pk} > 0$, 所以 $\phi\left(\frac{3+3k}{1-k} C_{pk}\right) < \phi(3C_{pk})$, 故我们有:

$$2 - 2\phi\left(\frac{3+3k}{1-k} C_{pk}\right) < P(d) < 2 - 2\phi(3C_{pk})$$

求解时,首先从

$$P(d) = 2 - 2\phi\left(\frac{3+3k}{1-k} C_{pk}\right) \quad (12)$$

查正态分布表得 $C_{pk1} = \alpha_1$

$$\text{再由 } P(d) = 2 - 2\phi(3C_{pk}) \quad (13)$$

得 $C_{pk2} = \alpha_2$

那么 $\alpha_1 < C_{pk} < \alpha_2$,

显然,当 $k=0$ 时, $\alpha_1 = \alpha_2$, 那么 $C_{pk} = \alpha_1 = \alpha_2$

当 $0 < k < 1$ 时, 设 $\delta > 0$ 是精度要求的误差限, 若 $|\alpha_2 - \alpha_1| < \delta$ 当 $0 < k \ll 1$ 时可能出现这种情况, 那么 $C_{pk} = \alpha_1 = \alpha_2$; 若 $|\alpha_2 - \alpha_1| > \delta$, 那么应用二分法进行迭代计算, 直到满足 $|\alpha_2 - \alpha_1| < \delta$ 为止, 因而求出C_{pk}的近似解。

(3)规范为单侧上限或单侧下限情况。此时的正态分布数据的过程能力指数与不合格率关系如下:

循环经济的价值增值与超循环理论

张则强 程文明 吴 晓 王金诺

(西南交通大学 机械工程学院 四川 成都 610031)

摘 要 面对当前资源与环境等诸多问题,循环经济成为可持续发展的必然选择。论述了循环经济的价值增值的本质所在,从超循环理论角度展现了循环经济的循环结构及其实现。分别从企业层面的小循环、区域层面的中循环以及社会层面的大循环等角度详细论述了超循环结构及其形成。并进一步得出了物流和信息流是促进循环经济形成超循环结构的重要基础。

关键词 循环经济 超循环 物流 环境

中图分类号:F069.9

文献标识码:A

文章编号:1001-734X(2006)03-0045-02

随着科技的进步,人类改造自然、征服自然的能力得到极大地增强,在享受工业革命带来硕果的同时,环境污染、能源枯竭等诸多问题已摆在人类面前。人类经过反思,深刻意识到以“高投入、高消耗、高污染”为特征的传统工业发展模式已难以为继。实现经济增长方式的转变是节约资源、保护环境的根本,一个重要解决途径就是发展循环经济^[1-3]。德、日等发达国家已将循环经济作为一项重要战略^[4],在我国亦已引起政府和社会高度重视。

1 循环经济与价值增值

所谓循环经济,就是为保护环境、实现物质资源的永续利用及人类的可持续发展,按照生态循环体系的客观要求,通过清洁生

产、市场机制、社会调控等方式,促进物质资源在生产与生活中循环利用的一种经济运行形态^[5]。它要求把经济活动组成一个“资源—产品—消费—再生资源”的反馈式流程;其特征是自然资源的低投入、高利用和废弃物的低排放,其目标是实现社会、经济、环境的协调、可持续发展。循环经济本质上是一种生态经济,它要求运用生态学规律来利用自然资源和环境容量,实现经济活动的生态化和绿色化转向,指导人类社会的经济活动,把生态设计、清洁生产、资源综合利用、生态工业和绿色消费等融为一体。循环经济系统如图1所示。

循环经济以减量原则、再用原则、循环原则为运行原则:减量原则(Reduce)。减少进入生产和消费过程的资源,减少污染物的

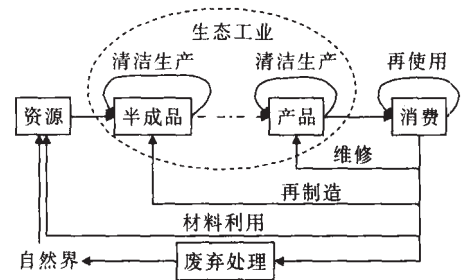


图1 循环经济系统图

产生和排放;再用原则(Reuse)。提高产品、装备和服务的利用效率。减量与再用原则由于经济利益的驱动,许多企业和个人已经自觉地在遵循着。循环原则(Recycle)。把产品在完成其使用功能后能重新变成可以利用的资源以减少末端处理负荷。循环原则是3原则中最根本也是在实际中最易忽视的一

$$\text{单侧下限 } \phi(3C_{pl})=1-P(d) \quad (14)$$

$$\text{单侧上限 } \phi(3C_{pu})=1-P(d) \quad (15)$$

根据上述关系(14)和(15),查相应的标准正态分布函数表,得到该种类型数据等价于正态分布数据的过程能力指数。

3 结论

为了计算非正态分布数据的过程能力指数,本文提出了一个等价性原理,并进一

步根据该等价性原理,建立了过程能力指数和不合格率的关系。根据这一关系,提出了一种计算非正态分布数据的过程能力指数的方法,因而弥补了现有6 σ 管理工具箱的不足。为服务业推行6 σ 管理提供了方便。

参考文献:

[1] 美]彼得·S·潘德,罗伯特·P·纽曼.6 管理法:追求卓越的阶梯[M]北京:机械工业出版社,

2001.

[2] 上海质量管理科学研究院.六西格玛核心教程——黑带读本[M]北京:中国标准出版社,2002.

[3] 韩之俊,曹秀玲.ISO9000族标准统计技术[M]北京:科学出版社,2002.

[4] Thomas Pyzdek.六西格玛手册[M]孙静译.北京:清华大学出版社,2003.

(责任编辑 胡俊健)

收稿日期:2005-07-11

作者简介:张则强(1978-),男,浙江东阳人,西南交通大学博士研究生,主要研究方向绿色物流、物流信息化等;程文明(1963-),男,西南交通大学教授,博导,博士,从事物流工程等方面研究。