

第二节 质量管理技术与质量检验

工序能力指标有以下用途:

- (1) 选择经济合理的工序方案
- (2) 协调工序之间的相互关系
- (3) 验证工序质量保证能力。分析工序质量缺陷因素, 估计工序不合格率, 控制工序实际加工质量。

(二) 工序能力指数

1. 工序能力指数的概念

工序能力指数是工序质量标准的范围和工序能力的比值, 用符号 C_p 表示。如工序质量标准的范围用公差 T 表示, 工序能力是 6σ 。

工序能力指数 C_p 可以表示: $C_p = \frac{T}{6\sigma}$

1. 工序能力指数的计算

(1) 双侧公差工序能力指数计算。设工序公差为 T , 公差上限和下限分别为 T_U 和 T_L , 公差中心为 M 。若样本平均值与公差中心重合, 即 $\bar{x} = M$, 此时, 这种状态被成为工序无偏; 反之, 则称为工序有偏。

当工序无偏时, $C_p = \frac{T}{6\sigma} = \frac{T_U - T_L}{6s}$

【例 5-1】某零件的厚度设计要求为 10 ± 0.025 毫米, 随机抽取样本平均值 $\bar{x} = 10$ 毫米, $s = 0.005$ 毫米, 求工序能力指数。

解: 因为公差中心 M 为:

$$M = \frac{T_U + T_L}{2} = \frac{10.025 + 9.975}{2} = 10 = \bar{x}$$

所以, 可以断定工序无偏, 则:

$$C_p = \frac{T}{6\sigma} = \frac{T_U - T_L}{6s} = \frac{10.025 - 9.975}{6 \times 0.005} \approx 1.67$$

2) 当工序有偏, 即 $\bar{x} \neq M$ 时, 工序能力指数用 C_{pk} 表示, 引入偏移量 ε 和偏移系数 k , 则:

$$\varepsilon = |M - \bar{x}|$$

$$k = \frac{\varepsilon}{T/2} = \frac{2|M - \bar{x}|}{T}$$

$$C_{pk} = (1 - k)C_p = \frac{T - 2\varepsilon}{6\sigma} = \frac{T - 2\varepsilon}{6s}$$

【例题】某零件的内径设计要求为 10 ± 0.022 毫米, 测得一批该种零件内径平均值 $\bar{x} = 9.996$ 毫米, $s = 0.005$ 毫米, 求工序能力指数。

解:

由于 $\bar{x} \neq M$, 可以断定工序有偏, 则:

$$T = 10.022 - 9.978 = 0.044 \text{ (毫米)}$$

(2) 单侧公差工序能力指数计算。

某些项目只要求控制单向公差, 如**清洁度**、**噪声**、**杂质含量**等, 仅需控制公差上限 (一般可认为公差下限为零); 而**强度**、**寿命**等则要求控制公差下限 (一般可认为公差上限为无穷大)。当只要求控制单向公差时, 工序质量特性值一般为非正态分布。分别用 C_{pu} 和 C_{pl} 代表公差上限和下限, 则

当只要求控制公差上限时: $C_{pu} = \frac{T_U - \mu}{3\sigma} = \frac{T_U - \bar{x}}{3s}$

当只要求控制公差下限时： $C_{PL} = \frac{\mu - T_L}{3\sigma} = \frac{\bar{x} - T_L}{3s}$

【例 5-3】某种药品每克中所含的一种辅助药物成分不得高于 0.01 毫克，随机抽取的样品中该种辅助药物成分含量平均值 $\bar{x}=0.0051$ 毫克， $s=0.0011$ 毫克，求工序能力指数。

解： $C_{PU} = \frac{T_U - \mu}{3\sigma} = \frac{T_U - \bar{x}}{3s} = \frac{0.01 - 0.0051}{3 \times 0.0011} \approx 1.48$

【例 5-4】某型号半导体发光二极管（LED）节能灯的设计寿命要求不低于 20000 小时，随机抽取该型号 LED 节能灯测得平均寿命 $\bar{x}=20750$ 小时， $s=250$ 小时，求工序能力指数。

解： $C_{PL} = \frac{\mu - T_L}{3\sigma} = \frac{\bar{x} - T_L}{3s} = \frac{20750 - 20000}{3 \times 250} = 1$

2. 工序能力的判断与处置

工序的质量水平按 C_p 值可划分为五个等级，按其等级的高低，在管理上可以做出相应的判断和处理。通常采用如表 5-2 所示的工序能力指数判别准则。

| 工序能力等级 | 工序能力指数 | 工序能力判断 |
|--------|------------------------|--------|
| 特级 | $C_p > 1.67$ | 过剩 |
| 一级 | $1.67 \geq C_p > 1.33$ | 充足 |
| 二级 | $1.33 \geq C_p > 1.00$ | 正常 |
| 三级 | $1.00 \geq C_p > 0.67$ | 不足 |
| 四级 | $C_p \leq 0.67$ | 严重不足 |

（1）工序能力指数过大的处置

当 $C_p > 1.67$ 时，可以认为工序能力过剩。工序能力指数太大意味着粗活细做，这样必然影响生产效率，提高产品成本。这时，应根据实际情况采取以下措施降低 C_p ：

- ①降低工序能力。如改用精度较低但效率高、成本低的设备和原材料，合理地将工序能力指数降低到适当的水平；
- ②更改设计，提高产品的技术要求；
- ③采取合并或减少工序等方法。

（2）工序能力指数过小的处置

当 $C_p \leq 1$ 时，意味着产品质量水平低。这时，要暂停加工，立即追查原因，并采取以下措施：

- ①努力提高设备精度，并使工艺更为合理和有效，进一步提高操作技能与质量意识，改善原材料质量及提高加工性能，使工序能力得到适当的提高。
- ②修订标准，若设计上允许，可降低技术要求，即用放宽公差的方法处理。
- ③为了保证出厂产品的质量，在工序能力不足时，一般应通过全检后剔除不合格品，或实行分级筛选来提高产品质量。

（3）工序能力指数适宜

当 $1 < C_p \leq 1.67$ 时，表明工序能力充足。

应进行过程控制，使生产过程处于受控或稳定状态，以保持工序能力不发生显著变化，从而保证加工质量。