

统计过程控制

- 统计：以概率统计学为基础，用科学的方法分析数据、得出结论
- 过程：有输入-输出的一系列活动
- 控制：事物的发展和变化是可预测的

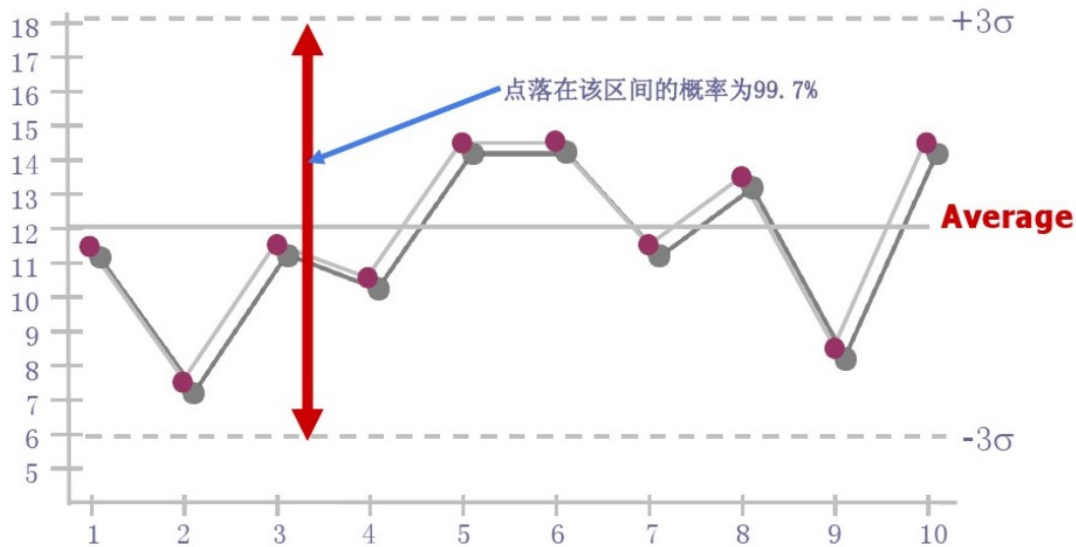
质量特性

计量型: 用仪器测出的数据

计数型: 不可用仪器测出的数据,如不合格数,焊点漏焊数

控制图构成

- 数据点
- 纵坐标:数据的质量特性或统计量
- 横坐标:按时间顺序抽样的样本编号(一批样本)
- 上虚线: 上控制界限UCL(控制界限=平均值 $\pm 3\sigma$)
- 下虚线: 下控制界限LCL
- 中实线: 中心线CL



Components of Every Control Chart:

- | | |
|----------------|------------------------|
| 1. Data Points | 3. Upper Control Limit |
| 2. Center Line | 4. Lower Control Limit |

www.ts16949.org.cn

3σ原理:若变量x服从正态分布,那么在 $\pm 3\sigma$ 范围内包含了99.73%的数值

控制限C: 由控制人员根据历史数据或实验得出

规格限T:设计给定或客户规定,通常超出控制限之外

控制图的控制作用

- 诊断:评估过程的稳定性
- 控制:决定某一过程何时需要调整
- 确认:确认某一过程的改进

读控制图

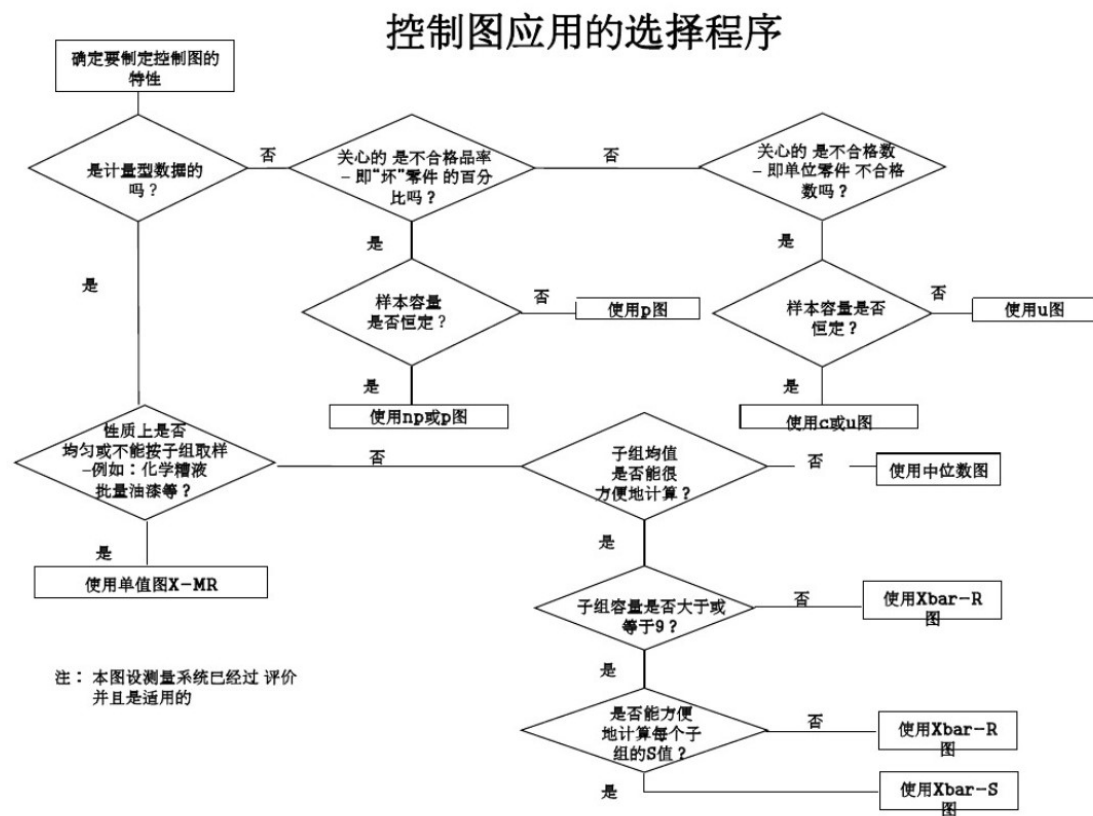
判稳准则:

- 连续25点,界外点数 $d=0$
- 连续35点,界外点数 $d \leq 1$
- 连续100点,界外点数 $d \leq 2$

判异准则: 控制图上的点没有超出控制界限且排列无规律

- 1点超出控制界限: 过程处于失控状态
- 连续3点中2点在同侧 $\pm 2\sigma$ 外: 过程中心值偏移
- 连续5点中2点在同侧 $\pm \sigma$ 外: 过程中心值偏移
- 连续7点上升或下降: 工具磨损
- 连续8点在中心线同一侧: 过程处于失控状态
- 连续8点在 $\pm \sigma$ 两侧外: 出现双峰(过程出现两个中心值)
- 连续15点在 $\pm \sigma$ 之内: 虚报数据

控制图的选择



控制图的绘制

控制图的常数和公式表^{*}

| 子组大小 | \bar{X} -R 图 | | | | \bar{X} -s 图 | | | |
|------|----------------|----------------------------|-----------|-------|----------------|----------------------------|-----------|-------|
| | 均值图 | 极差(R)图 | | | 均值图 | 极差(R)图 | | |
| | 控制限系数 | 估计 $\sigma_{\bar{X}}$ 用的除数 | 计算控制限用的系数 | | 控制限系数 | 估计 $\sigma_{\bar{X}}$ 用的除数 | 计算控制限用的系数 | |
| | A_2 | d_2 | D_3 | D_4 | A_3 | c_4 | B_3 | B_4 |
| 2 | 1.880 | 1.128 | — | 3.267 | 2.659 | 0.7979 | — | 3.267 |
| 3 | 1.023 | 1.693 | — | 2.574 | 1.954 | 0.8862 | — | 2.568 |
| 4 | 0.729 | 2.059 | — | 2.282 | 1.628 | 0.9213 | — | 2.266 |
| 5 | 0.577 | 2.326 | — | 2.114 | 1.427 | 0.9400 | — | 2.089 |
| 6 | 0.483 | 2.534 | — | 2.004 | 1.287 | 0.9515 | 0.030 | 1.970 |
| 7 | 0.419 | 2.704 | 0.076 | 1.924 | 1.182 | 0.9594 | 0.118 | 1.882 |
| 8 | 0.373 | 2.847 | 0.136 | 1.864 | 1.099 | 0.9650 | 0.185 | 1.815 |
| 9 | 0.337 | 2.970 | 0.184 | 1.816 | 1.032 | 0.9693 | 0.239 | 1.761 |
| 10 | 0.308 | 3.078 | 0.223 | 1.777 | 0.975 | 0.9727 | 0.284 | 1.716 |
| 11 | 0.285 | 3.173 | 0.256 | 1.744 | 0.927 | 0.9754 | 0.321 | 1.679 |
| 12 | 0.266 | 3.258 | 0.283 | 1.717 | 0.886 | 0.9776 | 0.354 | 1.646 |
| 13 | 0.249 | 3.336 | 0.307 | 1.693 | 0.850 | 0.9794 | 0.382 | 1.618 |
| 14 | 0.235 | 3.407 | 0.328 | 1.672 | 0.817 | 0.9810 | 0.406 | 1.594 |
| 15 | 0.223 | 3.472 | 0.347 | 1.653 | 0.789 | 0.9823 | 0.428 | 1.572 |
| 16 | 0.212 | 3.532 | 0.363 | 1.637 | 0.763 | 0.9835 | 0.448 | 1.552 |
| 17 | 0.203 | 3.588 | 0.378 | 1.622 | 0.739 | 0.9845 | 0.466 | 1.534 |
| 18 | 0.194 | 3.640 | 0.391 | 1.608 | 0.718 | 0.9854 | 0.482 | 1.518 |
| 19 | 0.187 | 3.689 | 0.403 | 1.597 | 0.698 | 0.9862 | 0.497 | 1.503 |
| 20 | 0.180 | 3.735 | 0.415 | 1.585 | 0.680 | 0.9869 | 0.510 | 1.490 |
| 21 | 0.173 | 3.778 | 0.425 | 1.575 | 0.663 | 0.9876 | 0.523 | 1.477 |
| 22 | 0.167 | 3.819 | 0.434 | 1.566 | 0.647 | 0.9882 | 0.534 | 1.466 |
| 23 | 0.162 | 3.858 | 0.443 | 1.557 | 0.633 | 0.9887 | 0.545 | 1.455 |
| 24 | 0.157 | 3.895 | 0.451 | 1.548 | 0.619 | 0.9892 | 0.555 | 1.445 |
| 25 | 0.153 | 3.931 | 0.459 | 1.541 | 0.606 | 0.9896 | 0.565 | 1.435 |

| | 中心线 | 控制限 | | |
|----------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|--|
| \bar{X} -R 图 | $CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$ | $UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$ | $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$ | |
| | $CL_R = \bar{R}$ | $UCL_R = D_4 \bar{R}$ | $LCL_R = D_3 \bar{R}$ | |
| \bar{X} -s 图 | $CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$ | $UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s}$ | $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s}$ | |
| | $CL_s = \bar{s}$ | $UCL_s = B_4 \bar{s}$ | $LCL_s = B_3 \bar{s}$ | |

附录 E — 控制图的常数和公式表 (续)

| 子组容量 | 中位数图** | | | | 单值图 | | | |
|------|-------------|--------------------|-----------|-------|-------|--------------------|-----------|-------|
| | 中位数图 | 极差 (R) 图 | | | 单值图 | 极差 (R) 图 | | |
| | 控制限系数 | 估计 σ_X 用的除数 | 计算控制限用的系数 | | 控制限系数 | 估计 σ_X 用的除数 | 计算控制限用的系数 | |
| | \bar{A}_2 | d_2 | D_3 | D_4 | E_3 | d_2 | D_3 | D_4 |
| 2 | 1.880 | 1.128 | — | 3.267 | 2.660 | 1.128 | — | 3.267 |
| 3 | 1.187 | 1.693 | — | 2.574 | 1.772 | 1.693 | — | 2.574 |
| 4 | 0.796 | 2.059 | — | 2.282 | 1.457 | 2.059 | — | 2.282 |
| 5 | 0.691 | 2.326 | — | 2.114 | 1.290 | 2.326 | — | 2.114 |
| 6 | 0.548 | 2.534 | — | 2.004 | 1.184 | 2.534 | — | 2.004 |
| 7 | 0.508 | 2.704 | 0.076 | 1.924 | 1.109 | 2.704 | 0.076 | 1.924 |
| 8 | 0.433 | 2.847 | 0.136 | 1.864 | 1.054 | 2.847 | 0.136 | 1.864 |
| 9 | 0.412 | 2.970 | 0.184 | 1.816 | 1.010 | 2.970 | 0.184 | 1.816 |
| 10 | 0.362 | 3.078 | 0.223 | 1.777 | 0.975 | 3.078 | 0.223 | 1.777 |

| | 中心线 | 控制线 | |
|------|--------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 中位数图 | $CL_{\bar{X}} = \bar{X}$ | $UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + \bar{A}_2 \bar{R}$ | $LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - \bar{A}_2 \bar{R}$ |
| | $CL_R = \bar{R}$ | $UCL_R = D_4 \bar{R}$ | $LCL_R = D_3 \bar{R}$ |
| 单值图 | $CL_X = \bar{X}$ | $UCL_X = \bar{X} + E_2 \bar{R}$ | $LCL_X = \bar{X} - E_2 \bar{R}$ |
| | $CL_R = \bar{R}$ | $UCL_R = D_4 \bar{R}$ | $LCL_R = D_3 \bar{R}$ |

计数型数据用控制图

| | 中心线 | 控制限 | |
|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| p 图用于某一分类的件数比例 | $CL_p = \bar{p}$ | 样本容量不必恒定 | |
| | | $UCL_{p_i} = \bar{p} + 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n_i}}$ | $LCL_{p_i} = \bar{p} - 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n_i}}$ |
| | | 如果样本容量恒定 (n) | |
| | | $UCL_p = \bar{p} + 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n}}$ | $LCL_p = \bar{p} - 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n}}$ |
| np 图用于某一分类的件数 / 比率 | $CL_{np} = \bar{np}$ | $UCL_{np} = \bar{np} + 3 \sqrt{\bar{np}(1 - \frac{\bar{np}}{n})}$ $= \bar{np} + 3 \sqrt{\bar{np}(1 - \bar{p})}$ | $LCL_{np} = \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np}(1 - \frac{\bar{np}}{n})}$ $= \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np}(1 - \bar{p})}$ |
| c 图用于一个或多个分类发生的数量 | $CL_c = \bar{c}$ | $UCL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$ | $LCL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$ |
| u 图用于在每个单位上一个或多个分类发生的数量 | $CL_u = \bar{u}$ | 样本容量不必恒定 | |
| | | $UCL_{u_i} = \bar{u} + 3 \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n_i}}$ $= \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$ | $LCL_{u_i} = \bar{u} - 3 \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n_i}}$ $= \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$ |
| | | 使用平均样本容量 | |
| | | $UCL_u = \bar{u} + 3 \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{\bar{n}}}$ $= \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$ | $LCL_u = \bar{u} - 3 \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{\bar{n}}}$ $= \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$ |
| | | 如果样本容量恒定 (n) | |
| | | $UCL_u = \bar{u} + 3 \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}}$ $= \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$ | $LCL_u = \bar{u} - 3 \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}}$ $= \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$ |

过程能力与性能指数

| | | | |
|---------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| T | 技术规范范围 | $T=T_U-T_L$ | T_U : 规范上限 T_L : 规范下限 |
| ε | 中心偏移量 | $\varepsilon = \mu - M $ | μ : 质量特性值分布的平均值 |
| K | \bar{x} 与 M 偏移度 | $K=2 \varepsilon / T$ | |
| σ_{ST} | 过程能力指数标准差 | $\sigma_{ST} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{s}}{c_4}$ | |
| σ_{LT} | 过程性能指数样本标准差 | $\sigma_{LT} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}$ | |

| | | | |
|----------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| C_P | 无偏移过程能力指数 | $C_P = \frac{T}{6\sigma} \approx \frac{T_U - T_L}{6\sigma_{ST}}$ | $\sigma = \sigma_{ST}$ |
| C_{PU} | 无偏移上单侧过程能力指数 | $C_{PU} = \frac{T_U - \mu}{3\sigma} \approx \frac{T_U - \bar{x}}{3\sigma_{ST}}$ | $\sigma = \sigma_{ST},$ $\bar{x} < T_U$ |
| C_{PL} | 无偏移下单侧过程能力指数 | $C_{PL} = \frac{\mu - T_L}{3\sigma} \approx \frac{\bar{x} - T_L}{3\sigma_{ST}}$ | $\sigma = \sigma_{ST},$ $\bar{x} > T_L$ |
| C_{PK} | 有偏移过程能力指数 | $C_{PK} = \min(C_{PU}, C_{PL})$ | $\sigma = \sigma_{ST}$ |

| | | | |
|----------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| P_P | 无偏移过程性能指数 | $P_P = \frac{T}{6\sigma} \approx \frac{T_U - T_L}{6\sigma_{LT}}$ | $\sigma = \sigma_{LT}$ |
| P_{PU} | 无偏移上单侧过程性能指数 | $P_{PU} = \frac{T_U - \mu}{3\sigma} \approx \frac{T_U - \bar{x}}{3\sigma_{LT}}$ | $\sigma = \sigma_{LT},$ $\bar{x} < T_U$ |
| P_{PL} | 无偏移下单侧过程性能指数 | $P_{PL} = \frac{\mu - T_L}{3\sigma} \approx \frac{\bar{x} - T_L}{3\sigma_{LT}}$ | $\sigma = \sigma_{LT},$ $\bar{x} > T_L$ |
| P_{PK} | 有偏移过程性能指数 | $P_{PK} = \min(P_{PU}, P_{PL})$ | $\sigma = \sigma_{LT}$ |

[参考1](#)

[参考2](#)