

# 第四章 工序质量控制

---

## 保证产品质量的方法

传统的方法 — 质量检验，  
它只强调事后把关。

先进的方法 — 过程控制及质量检验，  
它主要强调事前预防。

“工序质量控制” 就是 “过程控制” 在实际中的应用。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 一、工序质量的波动性及其类型[P178]

工序质量在各种影响因素制约下，呈现波动特性。

- **工序质量波动：**一名工人．在同一台机器设备上，用同一种原材料，采用同种工艺方法，加工一批同种零件．并用同一种计量仪器测量其质量特性但时，所得数据却是参差不齐的这种现象。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 一、工序质量的波动性及其类型 [P178]

### 1. 正常波动

由于偶然原因造成的工序质量变化，属于工序质量的正常波动。其变化范围，处在**控制图**的上下控制界限之内，而且点子的排列呈随机变化。这种工序质量的波动是允许的，不可避免的。此时称工序过程处于**受控状态**。

### 2. 异常波动

由于系统因素引起的系统误差产生的波动。异常波动不具备随机规律，其变化范围已经超出**控制图**的上下控制界限或点子排列出现了缺陷。异常波动对工序质量的影响程度较大，是不允许的，完全可以避免。此时称工序过程处于**失控状态**。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 二、工序质量波动的原因 [P178]

### （一）工序质量波动来源分类

引起质量变动的原因通常概括为（5M1E）：  
材料（**materials**）、设备（**machines**）、方法（**methods**）、操作者（**man**）、环境（**environment**）、测量（**measure**）。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 二、工序质量波动的原因 [P178]

### (二) 工序质量波动原因的<sup>性质</sup>分类

#### 1.偶然原因

##### (正常原因)

指引起工序质量发生微小变化的，技术上难以查明和消除，或经济上不值得查明和消除的原因，例如刀具的正常磨损，设备的微小振动，同批材料的微小差异。由偶然原因引起的被动称为正常波动。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 二、工序质量波动的原因[P178]

### （二）工序质量波动原因的**性质**分类

#### **2.系统原因**

##### （异常原因）

指引起质量发生异常变化的、可以查明和消除的原因，例如刀具的严重磨损．设备故障，使用了不合格的材料等。系统性原因是一种可以避免的原因，容易被发现，采取措施后可以消除。由系统原因引起的波动称为异常波动。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 三、统计过程控制（SPC）

### （一）统计过程控制的含义

**SPC (Statistical Process Control)**，即统计制程管制(台湾称法)，也叫统计过程控制(大陆称法)。

**SPC**简单地说，就是应用统计技术对过程中的各个阶段进行监控，从而达到保证与改进质量的目的。



# 第一节 工序质量的分析与控制

## 三、统计过程控制（SPC）

### （二）统计过程控制的特点

- **SPC**是全系统的，全过程的，要求全员参加，人人有责。这一点与全面质量管理的精神完全一致。**SPC的重点在“P—过程”**。
- **SPC**强调用科学方法(主要是统计技术，尤其是控制图理论)来保证全过程的预防。
- **SPC**不仅用于生产过程，而且可用于服务过程和一切管理过程。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 三、统计过程控制（SPC）

### （三）统计过程控制的功效(3W2H)

- 找出什么时间会发生异常； (When)
- 找出发生什么具体异常； (What)
- 分析出异常的原因； (Why)
- 得出解决异常的方法； (How)
- 建立起预防方案。 (How)

通俗地说明SPC功效

看清品质状况	提前发现问题
找出问题根源	少花钱办好事
减少报表麻烦	满足客户要求
提升生产效力	降低品质成本

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 三、统计过程控制（SPC）

### （四）统计过程控制的发展简史

- 在20世纪20年代，由美国的休哈特(W.A. Shewhart)提出过程控制的概念与实施过程监控的方法，今天仍在沿用。
- 第二次世界大战后期，美国开始将休哈特方法在军工部门推行。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 三、统计过程控制（SPC）

### （四）统计过程控制的发展简史

➤ 1950—1980年，第二次世界大战就已结束。

战后，美国成为当时工业强大的国家，没有外来竞争力量去迫使美国公司改变传统方法，过程控制方法逐渐从美国工业中消失。

反之，战后经济遭受严重破坏的日本在1950年通过休哈特早期的一个同事戴明博士，将SPC的概念引入日本。经过30年的努力，日本一跃而居世界质量与生产率的领先地位。日本成功的基石之一就是SPC。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 三、统计过程控制（SPC）

### （四）统计过程控制的发展简史

- 20世纪80年代起，SPC在西方工业国家复兴，并列为高科技之一。

美国从20世纪80年代起开始推行SPC。美国汽车工业大规模推行了SPC，如福特汽车公司、通用汽车公司、克莱斯勒汽车公司等；美国钢铁工业也大力推行了SPC，如美国LTV钢铁公司、内陆钢铁公司、伯利恒钢铁公司等；

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 三、统计过程控制（SPC）

### （五）统计过程控制的步骤

#### ➤ 培训SPC

SPC的重要性；正态分布等统计基本知识；质量管理七种工具；其中特别要对控制图格外进行深入学习；

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 三、统计过程控制（SPC）

### （五）统计过程控制的步骤

#### ➤ 确定关键变量

(1)对全厂每道工序都要进行分析(可用因果图)，找出对最终产品影响最大的变量，即关键变量(可用排列图)。如美国LTV钢铁公司共确定了大约**2000**个关键变量。

(2)找出关键变量后，列出过程控制网图：所谓过程控制网图即在图中按工艺流程顺序将每道工序的关键变量列出。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 三、统计过程控制（SPC）

### （五）统计过程控制的步骤

#### ➤ 提出或改进规格标准

(1)对步骤2得到的每一个关键变量进行具体分析；

(2)对每个关键变量建立过程控制标准，并填写过程控制标准表（见后）。

本步骤最困难，最费时间，例如制订一个部门或车间的所有关键变量的过程控制标准，大约一个人需要工作两年多。



# 第一节 工序质量的分析与控制

## 三、统计过程控制（SPC）

### （五）统计过程控制的步骤

#### ➤ 编制控制标准手册

将具有立法性质的有关过程控制标准的文件编制成明确易懂、便于操作的手册，供各道工序使用。如美国LTV钢铁公司共编制了**600本**上述手册。

#### ➤ 统计过程监控

主要应用控制图对过程进行监控。

#### ➤ 对过程进行诊断并采取措施解决问题（SPD、SPDA）。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 四、工序质量控制实例

简单的说，工序质量控制就是采用SPC方法，在关键工序或存在问题的工序设立工序质量控制点，对工序质量特性进行分析，找出影响工序质量的主导因素，运用质量管理的工具，对这些因素进行控制，从而维持工序的正常波动。

例：焊接二车间A线的控制，重点看：确定关键变量和提出或改进规格标准。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 四、工序质量控制实例

### 步骤2：确定工序质量控制点

工序质量控制点就是在工序控制中必须重点控制的对象。包括：

- 1.产品或零件的一个关键质量特性。
- 2.关键工序中需要重点控制的质量特性。

# 第一节 工序质量的分析与控制

## 四、工序质量控制实例

### 步骤2：确定工序质量控制点

确定工序质量控制点的原则：

- 对产品的技术性能，可靠性和安全性有直接影响的工序质量特性。
- 工序本身有特殊要求，质量较难控制，而对产品质量起着关键作用的关键工序的特性。
- 从用户意见或各种抽检、试验中发现有问题的相关工序的质量特性。

# 第一节 工序质量的分析与控制

---

## 四、工序质量控制实例

### 步骤3：开展工序分析

找出影响工序质量的主要因素,并确定管理办法,制订“工序质量表”，并对诸因素实施控制。

- 1.工序因素的展开

- 2.对基本要素实施管理

## 第二节 工序质量控制图[P177]

### 一、控制图概念[P177]

**控制图**是过程控制的一种常用统计图。

它可用来观察和分析产品质量特性随时间的推移而变化的趋势，判断产品过程和加工过程是否处于稳定状态。

# 第二节 工序质量控制图

---

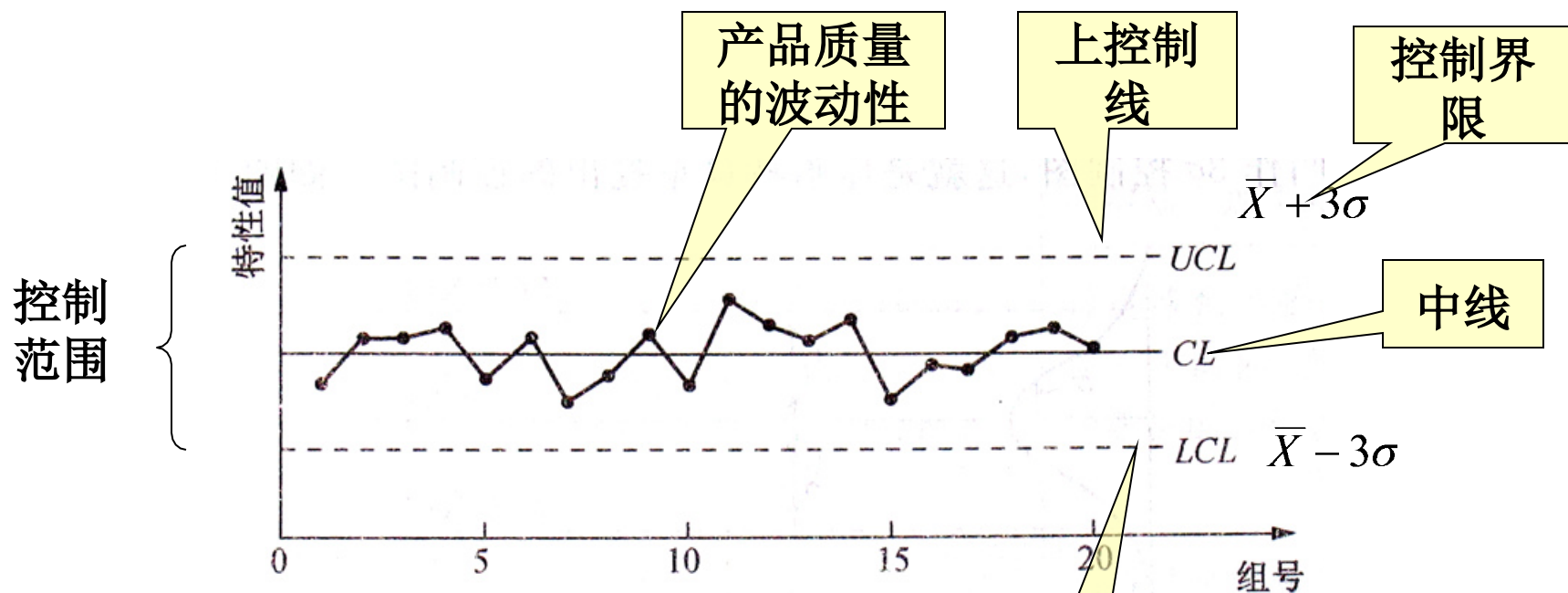
## 二、控制图的原理

“3 $\sigma$ ”原理或称之为“千分之三法则”

“成对使用”

# 第二节 工序质量控制图

## 二、控制图的原理



控制界限的确定  $CL=u$

$$UCL=u + 3 \sigma_x$$

$$LCL=u - 3 \sigma_x$$

下控制线



## 第二节 工序质量控制图

### 三、控制图的两类错误及检出力 [P178]

#### ➤ 第 I 类错误虚发警报(弃真)

:

把正常的过程误判为异常，其概率记为 $\alpha$ 。

受控制界限幅度的影响，犯第 I 类错误的概率不同。当采用3倍标准差原则时，犯第 I 类错误的概率为0.27%。

【注】国际上大多数国家均采用3倍标准差原则设计控制图。只有英国等少数国家是以犯第 I 类错误的概率0.01为控制界限设计原则，相当于2.33倍标准差

## 第二节 工序质量控制图

### 三、控制图的两类错误及检出力

#### ➤第Ⅱ类错误漏发警报(取伪)

:

把已经异常的过程误判为正常，其概率记为 $\beta$ 。

漏发警报的计算与失控状态时的总体分布有关，很难对做出确切的估计。常规控制图只考虑犯第一类错误的概率。

## 第二节 工序质量控制图

### 三、控制图的两类错误及检出力

#### ➤ UCL与LCL间隔距离

控制图共有三根直线，若此UCL与LCL间隔距离增加，则 $\alpha$ 减少， $\beta$ 增大，反之则 $\alpha$ 增大， $\beta$ 减少。故无论如何调整上、下控制限的间隔。两种错误都是不可避免的。

经验证明休哈特所提出的 $3\sigma$ 方式较好，接近最优间隔距离，使两种错误造成的总损失最小。

#### ➤ 检出力

指控制图应用过程中，当过程发生异常时，控制图把异常变化正确地检查出来的概率

## 第二节 工序质量控制图

### 四、质量数据的统计特征数[P163]

#### 1、表示数据集中趋势的特征数

1) 平均值  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

式中（ $i=1,2,-----,n$ ）表示第 $i$ 个质量数据， $n$ 为质量数据个数。

## 第二节 工序质量控制图

### 2) 中位数

$$\tilde{X} = \begin{cases} X_{(k+1)} & \text{当 } n=2k+1 \\ \frac{1}{2}(X_{(k)} + X_{(k+1)}) & \text{当 } n=2k \end{cases}$$

## 第二节 工序质量控制图

### 2. 表示数据离散程度的特征数

1) 极差  $R = (x_i)_{\max} - (x_i)_{\min}$

### 2) 方差与标准差

样本数据的方差计算公式为:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

标准偏差又称标准差，其计算公式为:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

其中  $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$  为数据

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum X_i$$

## 第二节 工序质量控制图

### 五、控制图应用实例

例：A型机轴轴径的技术规格为59.995-60.015mm，  
为设计控制图从生产过程中取得以下30组数据  
( (实测轴径- 60mm) x 1000 ) :

## 第二节 工序质量控制图

### 五、分析用控制图和控制用控制图（用途）

#### ➤分析用控制图

主要目的是：

- 1.分析生产过程是否处于统计稳态,若过程不处于稳态，则须调整过程，使之达到稳态；
- 2.分析生产过程的**过程能力**是否满足技术要求，即**技术稳态**。若不满足，则需调整过程能力，使之满足。



## 第二节 工序质量控制图

### 五、分析用控制图和控制用控制图（用途）

#### ➤分析用控制图

表 3.4.1-1 状态分类

统计稳态 技术稳态		统计稳态	
		是	否
技术 稳态	是	I	II
	否	III	IV

当过程达到了我们所确定的状态后，才能将分析用控制图的控制线延长作为控制用控制图，由前者转为后者时应有正式交接手续。

## 第二节 工序质量控制图

### 五、分析用控制图和控制用控制图（用途）

#### ➤ 控制用控制图

应用控制用控制图的目的是使生产过程保持在确定的状态。

从数学的角度看，分析用控制图的阶段就是过程参数未知的阶段，而控制用控制图的阶段则是过程参数已知的阶段。

## 第二节 工序质量控制图

### ➤均值—极差控制图的绘制

- 1.搜集数据
- 2.计算各组均值
- 3.计算均值的均值
4. 计算各组极差
- 5.计算极差的均值
- 6.计算均值控制图的控制界限
- 7.计算极差控制图的控制界限
- 8.做图

例：自学P180例7-12

# 第二节 工序质量控制图

## 六、控制图分类

表 1 常规控制图（休哈特控制图）

数 据	分 布	控 制 图	简 记	备 注
计量值	正态分布	均值—极差控制图	$\bar{X}$ -R 控制图	本图必须先作 R 图，由于要求样本量 $n < 10$ ，故建议淘汰，而只采用 $\bar{X}$ -s 图
		均值—标准差控制图	$\bar{X}$ -s 控制图	必须先作 s 图
		中位数—极差控制图	$\bar{X}$ -R 控制图	必须先作 R 图，由于精度比 $\bar{X}$ -s 图小 20%，故建议淘汰
		单值—移动极差控制图	X-R <sub>m</sub> 控制图	必须先作 R <sub>m</sub> 图
计件值	二项分布	不合格品率控制图	p 控制图	当样本量 n 变化时，UCL、LCL 均呈凹凸状，对界内点不能判稳、判异。故建议应用通用不合格品数 ( $np_T$ ) 控制图
		不合格品数控制图	np 控制图	当样本量 n 变化时，UCL、CL、LCL 均呈凹凸状，对界内点不能判稳、判异。故建议应用通用不合格品数 ( $np_T$ ) 控制图
计点值	泊松分布	单位不合格数控制图	u 控制图	当样本量 n 变化时，UCL、LCL 均呈凹凸状，对界内点不能判稳、判异。故建议应用通用不合格数 ( $c_T$ ) 控制图
		不合格数控制图	c 控制图	当样本量 n 变化时，UCL、CL、LCL 均呈凹凸状，对界内点不能判稳、判异。故建议应用通用不合格数 ( $c_T$ ) 控制图

注：虽然表中常规控制图共有 8 种，但实际上常用的只有： $\bar{X}$ -s 图、X-R<sub>m</sub> 图、( $np_T$ ) 图与 ( $c_T$ ) 图四种而已。

## 第二节 工序质量控制图

### 七、控制图的分析判断[P184]

#### ➤ 受控状态的判断（判稳准则）

- 点绝大多数落在控制界限内；（且）

$$\frac{0}{25} \quad \frac{1}{35} \quad \frac{2}{100}$$

- 点在控制界限内的排列是随机的。

## 第二节 工序质量控制图

### 七、控制图的分析判断[P184]

#### ➤失控状态的判断（判异准则）

- 点超出控制界限外或恰好在控制界限上；（或）
- 点在控制界限内的排列方式有缺陷，即为非随机排列。

## 第二节 工序质量控制图

### 七、控制图的分析判断[P184]

#### ➤失控状态的判断（判异准则）

点在控制界限内的排列方式有缺陷，即为非随机排列。

1. 点在中心线一侧多次出现。

$$\begin{array}{ccc} 0 & 10 & 16 \\ \hline 7 & 11 & 20 \end{array}$$

教材P160

# 第二节 工序质量控制图

## 七、控制图的分析判断

### ➤ 失控状态的判断（判异准则）

- 点在控制界限内的排列方式有缺陷，即为非随机排列。

- 2. 点按次序连续上升或连续下降



## 第二节 工序质量控制图

### 七、控制图的分析判断

#### ➤失控状态的判断（判异准则）

- 点在控制界限内的排列方式有缺陷，即为非随机排列。

#### 3.点密集在控制线附近的情况

判定方法为检查超出 $2\sigma$ 点子的情况。

$$\frac{2}{3} \quad \frac{3}{7} \quad \frac{4}{10}$$

## 第二节 工序质量控制图

### 七、控制图的分析判断

#### ➤ 失控状态的判断（判异准则）

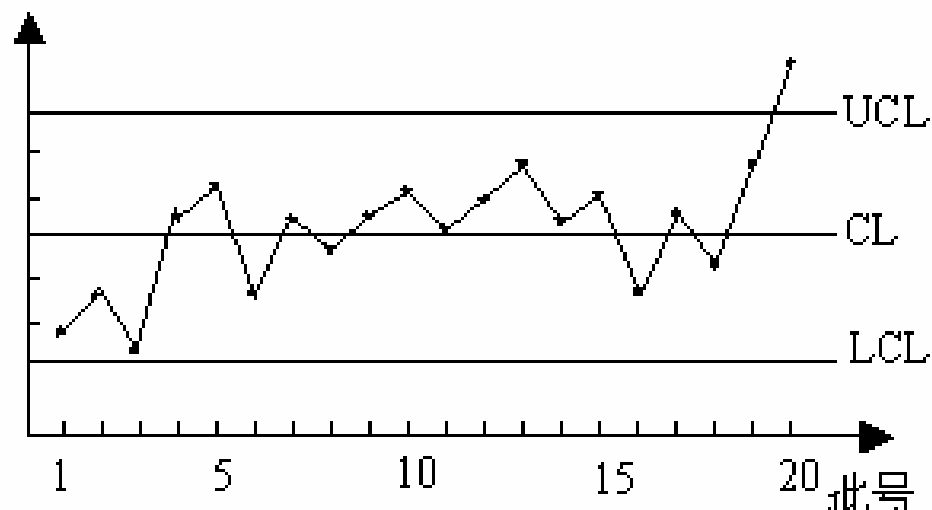
- 点在控制界限内的排列方式有缺陷，即为非随机排列。

#### 3. 点有周期变动

## 第二节 工序质量控制图

根据控制图的判异准则，指出下图中应判异的地方，填入下列判异表中。

### 七、实例



判异表

异常部位	批号	依 据
A 处		
B 处		
C 处		
D 处		
E 处		

## 第二节 工序质量控制图

### 八、控制图的绘制和使用

- 1) 确定控制项目和质量特性。（质量控制点）
- 2) 选定控制图。对于不同控制项目或不同质量特性，应选用不同类型的控制图。
- 3) 确定样本组。样本组大小的确定，应从控制图的类别、需要控制质量特性值的时间间隔及经济性等方面来考虑。
- 4) 确定抽样方法。抽样方法不同，控制图所反映出来的质量特性变化不同。注意工序控制的变化情况，采取合适的抽样方法。
- 5) 收集预备数据作分析用控制图。必须采取近期生产中的数据，一般需20—25组数据，每组数据的多少由控制图种类及其经济性来决定。根据预备数据作分析用控制图。

## 第二节 工序质量控制图

### 八、控制图的绘制和使用

6) 稳定状态的判断。用预备数据作出了分析控制图后，观察过程**是否处于控制状态**。若未发生异常情况则进行下一步骤；若发生了异常情况，则要查明原因，采取措施，消除异常，不再出现。直到处于控制状态后将控制措施纳入标准，再进行下一步。

7) 同标准对比。利用分析用控制图的全部数据作**直方图**，并同标准对比。如满足标准，即可进行下一步；如不满足标准，要采取措施进行处理，以消除异常原因。对没有满足标准的已生产出来的产品，要进行全数检验和批量处理。

8) 转化为控制用控制图进行日常控制。当过程处于稳定状态时，在分析用控制图上**延长控制界限**(界限用点划线画出)，收集数据打点。若发现过程有异常情况，就要立即追查原因。采取措施，并保留记录。

## 第二节 工序质量控制图

### 八、控制图的绘制和使用

9) 控制界限的再计算。如果过程能继续处于控制状态时，要定期评价控制界限。当操作者、原材料、机器设备、操作方法发生变化时，要进行控制界限再计算，继续实施过程控制。

## 第二节 工序质量控制图

### 八、控制图的绘制和使用

#### ➤ 控制图应用中常见错误

- (1) 在5M1E因素未加控制,工序处于不稳定状态时就使用控制图管理工序.
- (2)  $CP < 1$ 的情况下,就使用控制图.
- (3) 用公差代替控制界限,或用压缩的公差线代替.
- (4) 仅打点而不做分析判断.
- (5) 不及时打点而不能及时发现工序异常.
- (6) 当5M1E发生变化时,而未及时调整控制界限.
- (7) 画法不规范、不完整

# 企业实施 S P C 的认识误区

## （1）缺少适宜的测量工具。

计量值控制图需要用测量工具取得质量特性值的实际数据。控制图对测量系统有很高的要求，否则，管制图不能识别过程的实际变化。有些企业忽略了这一点，导致作出的控制图无法有效应用，甚至造成误导。

## （2）生产过程未经验证，

直接使用控制图。在使用控制图之前，一定要对生产过程进行验证，其目的是确定生产过程处于稳定的受控状态，并且过程能力是符合要求的。否则，控制图无法区分质量波动中的正常原因和异常原因。



# 企业实施 S P C 的认识误区

## （3）没有将控制图用于质量改进。

大部分企业的控制图都是应客户的要求而建立的，往往只是用于侦测与预防过程异常变异的发生，很少有助于过程改进的。其实，当控制图显示有异常原因出现时，正是过程改善的契机。如果从异常点切入，能回溯到造成异常发生的 5 M 1 E 的变化，问题的症结也就找到了。用控制图进行过程质量改进时，如与 S P C 其他方法结合使用，会取得很好的效果。

# 企业实施 S P C 的认识误区

## （4）使用控制图是质量管理部门或人员的事情。

S P C 成功的必要条件，是全员参与。每一个员工，都要了解变差、正常原因、异常原因等概念，都要能看懂控制图。技术人员一定要了解适度调整的概念等。如果缺乏必要的培训，控制图最终只能被认为是质量管理部门或人员的事。其实，质量特性指标的过程变差及均值更多的是由生产过程设计人员及调机的技术人员所决定的。

# S P C 的实施现状及发展

中国的许多企业开始进入“新质量管理时代”，它以建立企业质量优势为核心。S P C的质量管理方法是企业在“新质量管理时代”的有力工具和质量保证手段。S P C 正以其显而易见的功效得到企业的普遍认可。

现在，大多数的中国企业无论是从企业的信息管理硬件，还是从掌握信息应用的人员来说，都已经具备了实施 S P C 的企业环境。

- 越来越多的企业开始采用 S P C 来进行质量管理；
- 大型企业也开始要求供应商采用 S P C 控制质量。

# S P C 的实施现状及发展

S P C 的理论研究和实际应用呈现如下特点。

## 1 分析功能强大，辅助决策作用明显

在众多企业的实践基础上发展出繁多的统计方法和分析工具，应用这些方法和工具可根据不同目的、从不同角度对数据进行深入的研究与分析，在这一过程中 S P C 的辅助决策功能越来越得到强化。

## 2 体现全面质量管理思想

随着全面质量管理思想的普及，S P C 在企业产品质量管理上的应用也逐渐从生产制造过程质量控制扩展到产品设计、辅助生产过程、售后服务及产品使用等各个环节的质量控制，强调全过程的预防与控制。

# S P C 的实施现状及发展

S P C 的理论研究和实际应用呈现如下特点。

## 3 与计算机网络技术紧密结合

现代企业质量管理要求将企业内外更多的因素纳入考察监控范围，企业内部不同部门管理职能同时呈现出分工越来越细与合作越来越紧密两个特点，这都要求可快速处理不同来源的数据并做到最大程度的资源共享。适应这种需要，S P C 与计算机技术尤其是网络技术的结合越来越紧密。

## 4 系统自动化程度不断加强

传统的 S P C 系统中，原始数据是手工抄录，然后人工计算、打点描图，或者采用人工输入计算机，然后再利用计算机进行统计分析。随着生产率的提高，在高速度、大规模、重复性生产的制造型企业里，S P C 系统已更多采取利用数据采集设备自动进行数据采集，实时传输到质量控制中心进行分析的方式。

# S P C 的实施现状及发展

S P C 的理论和实际应用呈现如下特点。

## 5 系统可扩展性和灵活性要求越来越高

企业外部和内部环境的发展变化速度呈现出加速度的趋势，成功运用的系统不仅要适合现时的需要，更要符合未来发展的要求，在系统平台的多样性、软件技术的先进性、功能适应性和灵活性以及系统开放性等方面提出越来越高的要求。

要注意的是，S P C 不是处理质量问题的万灵丹，处理质量问题不能局限于 S P C 或其他任何管理工具，而是依靠公司全员由上而下确知质量问题的重要影响，如质量与销售量、质量与生产力、质量与利润、质量与竞争力的关系等。

- 质量工具的应用在国内的应用还是处于初始阶段，大部份的质量工作者对相关的知识和应用还比较陌生。