

我：请问你们公司来年的目标是什么？  
客户：希望提升 5% 市场占有率，总体的毛利也提升 10%。  
我：公司只是定个百分比是难以监控。原因是大家都不知道本来是多少，所以后面难以判断是否达到。有些公司不仅仅用百分比来制定总体目标，也用百分比监控生产，你看下面某月报：

Monthly Report for July									
Quality:	Dept	July	Monthly	% Diff	Year-to-Date	Actual	Plan or	%	This YTD as
		Actual	Average	from July		Value	Average	Diff	
On-Time Shipments (%)	20	91.0	91.3	-0.3	-0.9	90.8	91.3	-0.6	-0.3
First Time Approval (%)	12	94	70	-23.0	-10.0	69.3	70	-1.0	-0.4
Pounds Scrapped (per 1000 lbs production)	19	124	129	-3.9	0.0	132	129	+2.3	+1.5
Production:	Dept	July	Monthly	% Diff	Year-to-Date	Total or	Plan	%	This YTD as
		Actual	Average	from July		Average		Diff	
Production Volume (1000's lbs)	13	34.5	36	-4.2	-2.0	251.5	252	-0.2	-8.0
Material Costs (\$/100 lbs)	13	199.29	201.22	-1.5	-1.9	199.46	201.22	-1.4	-3.6
Manhours per 100 lbs	13	4.45	4.16	+7.0	+4.5	4.46	4.16	+7.2	+9.3
Energy & Fixed Costs / 100 lbs	13	11.34	11.27	+0.6	+11.3	11.02	11.27	-2.2	+9.2
Total Production Costs/100 lbs	13	280.83	278.82	+0.7	+0.9	280.82	278.82	+0.7	+0.4
In-Process Inventory (100's lbs)	17	28	19.7	+42.0	+12.0	21.6	19.7	+9.6	+5.9

Figure 1.1: A Typical Monthly Management Report

月报里包括当前 7 月的数字与上个月比，或与去年 7 月份比较，或比较累计值等，但是变化百分比有正有负，你看完这个表能了解生产的变化情况吗例如变好还是变差？  
客户：看不出来。  
我：所以我们有以下原则：  
要了解确实的数据的变化，应该有数字本身

但是仅有数据也无法“看”到变化，所以也需要把那些数按顺序画趋势图；比如你看下面这个八七年到八八年，美国国家总贸易逆差每月的数据趋势图，就更好了解美国贸易差这两年的变化。

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1987	10.7	13.0	11.4	11.5	12.5	14.1	14.8	14.1	12.6	16.0	11.7	10.6
1988	10.0	11.4	7.9	9.5	8.0	11.8	10.5	11.2	9.2	10.1	10.4	10.5

Figure 1.3: Monthly U.S. Trade Deficits, 1987-1988 (\$ billions)

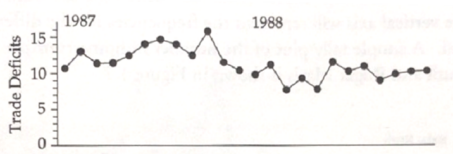


Figure 1.5: Monthly U.S. Trade Deficits 1987-1988

建立基线

有数据便可以开始建立公司基线（或者标杆）作为以后参考。你看刚才两年的美国贸易逆差数据有变化吗？  
客户 1：有变化，比如中间 87 年 10 月份就特别高，后面 88 年的 5 月份也特别高，应该是不正常。  
客户 2：我看不是，好像是后面那些数比前面低了。  
我：很好，但要判断分析数据有没有变化，很难单靠主观识别，需要有工具帮助

## 噪音还是信号

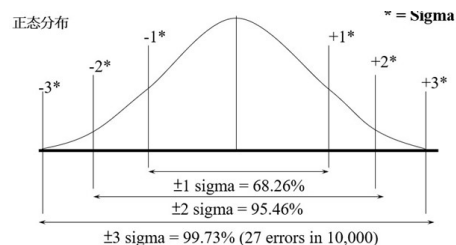
我：假设一家生产矿泉水的企业，通常一瓶水 500 毫升，为了确保每次机器装的水不会太多，也不能太少，每一轮生产都会随机抽五个样本，然后记录抽样的均值和范围（最大 - 最小）？下图是过去 22 天均值的变化：



肯定是后面比之前的下跌了，但是如果等到最后 D 点才行动就太晚了，已经跌了太多，但是在那个点开始有变？

这也是 20 年代美国电话公司要解决的问题：很多电话线路与设备都埋在地下，调配工作很困难，如何能尽量减少无用的调配工作？公司也利用生产线大量生产电话设备，需要调试生产线的各种设备参数，但工程师发现难以把生产线调试到稳定状态，如果按系数低了调高，或者高了调低，反而会越调越乱。针对这难题，Dr Shewhart（当时在 Bell Labs 工作）发明了控制图，用来区分是过程的噪音还是信号。你们高中的时候学统计学有听过正态分布吗？

客户：有印象，但全都还给老师了。



我：上图是正态分布，正负三个标准差包括了 99% 以上的面积。记得我们前面说过中线极限定理吗？任何分布如果随机抽样够多的话，它的均值就是接近正态分布。所以控制图按样本的平均值的标准差，用方程式计算上限和下限，如果后面有点超出了上下限范围（因上下限是按正负三个标准差出来，所以任何后面的点超出这范围，它发生的概率是少于 1%。）利用控制图帮我们区分那些波动是噪音，那些波动（异常点）是信号。（想了解各种常用于生产管理的控制图，参考附件）

注意：虽然上面用正态分布来理解为什么选上下三个标准差为控制图上下限，但 Shewhart 先生的控制图方法没有规定或假定数据必须是正态分布。

回到两年美国贸易逆差数据，刚才不是说十月份超高吗，但是如果用控制图发现它还是在范围之内。如果我们多看两个月，11 月 12 月，又发现贸易逆差又跌下来

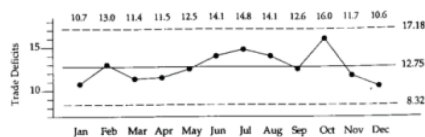


Figure 2.8: Process Behavior Chart for Monthly U.S. Trade Deficits in 1987

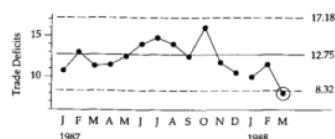


Figure 2.10: Process Behavior Chart for U.S. Trade Deficits, 1987-early 1988

我们继续看，发现三月有异常点，后面在五月份也有异常点。如果我们再看后面月份的逆差数据，看见明显比前面降低。

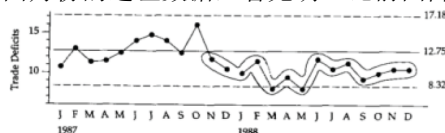
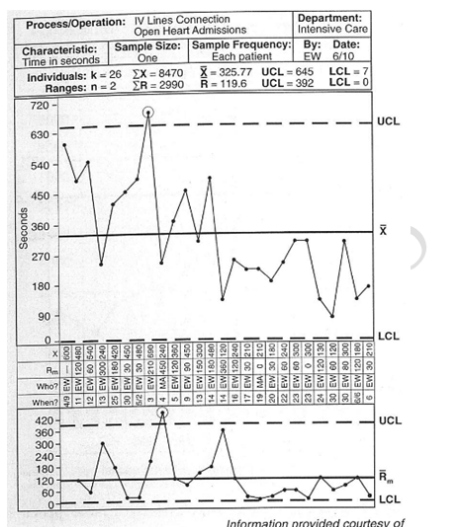


Figure 2.11: Process Behavior Chart for U.S. Trade Deficits, 1987-1988

客户：理解了。这个对于我们定基线有什么作用啊？

我：从刚才贸易差的数据，我们就不能把两年的数据的均值与范围（极差）作为基线，应该是以后面降低后的那些点，才能真正反应当前的水平和分布。

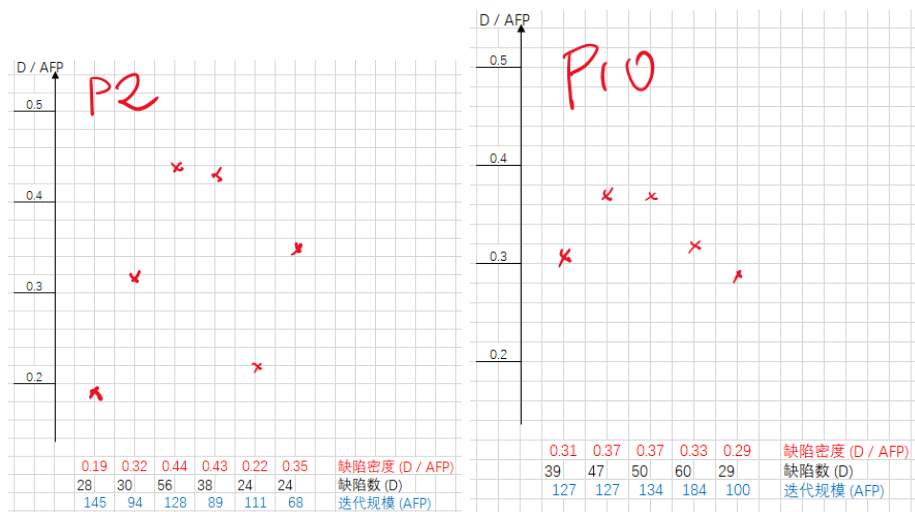
如果不是工业生产，不一定有这么多数据去随机抽样、求均值，怎么办呢？可以用 ImR 图 (或 XmR)，比如下图就是某个医院做外科心脏手术所花的时间的统计，想看看开心手术的时间是否稳定，因为外科手术特别危险，越长时间那个病人的存活机会就越低，也看到是有异常点。



ImR 控制图相关公式，详见附件。

客户：可以用于我们软件开发吗？

我：是或者不是，比如一些已经进了维护期的产品都很稳定的，你就可以用控制图来识别有没有变化。但是一些全新的过程可能变化很大，可能控制图就不一定适用。但如果你是比如客服收多少投诉，每天都是很稳定、连续的，应该可以用。下面是两个项目的迭代缺陷密度趋势图，请问你觉得那个项目的数据可以用统计图？



客户：右面 P10 应该可以，左面 P2 的数据太散了。

我：是的，例如，你会发现 P2 的控制图上下限非常宽，所以必须首先要知道是什么原因导致，完善后稳定，才可以用控制图。

## 控制图的应用

某企业非常关注交付有没有延误，每月都收集各个部门发生投产延误的次数，除以项目发布投产总数，统计并每月汇报高层。

并从 2021 年初开始使用控制图，计算上限与下限 (0.98, 0.93)，3 月份统计发现系数是 0.92，超出了下线范围，改进小组启动根因分析。

每月的统计数是从 7 个模块汇总来，改进小组利用 80/20 原则，识别出贡献最大的头两个模块已占总数之 73%，便专门调研这两个模块。使用问卷，面谈等，找出主因：

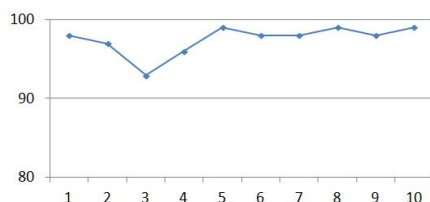
1. 新进项目经理较多，对里程碑管理、关闭条件等要求不清楚
2. 项目有点难，和用户沟通效果不佳

对应改进行动：

- 对项目经理的里程碑管理过程进行改进。包括：
  1. 培训（讲解项目管理工具的使用，和里程碑管理要求）
  2. 考核（明确如果出现里程碑红灯的考核标准）

3. 预防（建立专项沟通小组，对存在进度风险的项目，提醒项目经理尽快推进项目经理或和用户提前沟通准备变更）

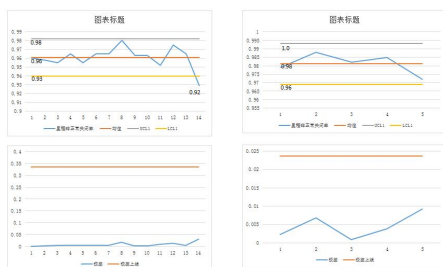
我问：效果如何？过程改进组长：请看下图今年到 10 月份的趋势图，从 3 月份的低点后面就明显改善：



我：建议你用控制图方程式计算，从五月份到现在的统计图。

第二天，过程改进组长展示之前，之后的两个控制图：

下面左图是 3 月份 0.92 与之前一年多的控制图，右图是改进后 5 月份开始的控制图



我：从左右控制图看得出改进后的下限从本来的 0.93 升到 0.96。除了画图，也可以计算过程能力指数 (Cpk) 反映过程能多满足客户要求 (Cpk 计算公式，详见附件)

正与你说公司本来要求不能低于 0.93 (客户要求规格)，所以三月份之前的能力指数  $Cpk = 1.0$  但现在过程收窄了， $Cpk = (1-0.93) / (1-0.96) = 1.75$  上升了。

如果公司因看到提现，也是收窄的规格范围，要求把下限调高到 0.96

你们的指数能力指数 Cpk 又变回了 1.0

所以可用来代表过程满足客户要求的能力系数。

过程改进组长：从五月后数据更新的控制图一直都很稳定，没有异常点，是否表示我们就没有在提升的空间，下限 0.96 已经是最佳状态？

我：不一定，你三月份分析时，不是说利用二八原则，识别出两个影响最大的板块吗？现在你的控制图是把所有板块的总数的控制图，建议你试试针对那两个影响最大的板块，画他们的控制图看看。有机会能看到一些异常点。

第二天，过程改进组长：确实看到有较大的波动，但还没有超出上下限，我们会继续观察。

从以实例帮我们了解：

### 1. 基线

从历史数据得出基线范围能帮助我们区分后面哪些波动是自然噪音，哪些是信号。信号表示过程可能有基本变化，需要更新基线。控制图帮助我们做好这区分。

### 2. 过程能力 (Process Capability)

- 识别
  - 过程的声音 (过程的自然波动范围)
  - 客户的声音 (客户规格上限下限)
- 计算过程能力指数 (Cpk) 反映过程能多满足客户要求

### 3. 细分

- 不仅仅看总的综合的统计图
- 从组成主墙的统计图可能发现异常点信号

(详见附件有另一个细分例子)

### 总结

以上是如何利用统计图帮继续改地过程的典型案例，所以不要误以为控制图的目的只是为了控制不要发生异常点忽略了也要利用异常点看看过程有显著变化，是否启动根因分析，并采取纠正措施。

很多公司制定改进目标还是依赖主观判断，定一个“合理”提升百分比，使用统计图后便可以有当前过程的基线范围作参考，制定有具体范围的提升目标。

## 附件

### 如何画 ImR 控制图

- 1/ 计算单值 (X) 平均数 (X-bar)
- 2/ 计算移动极差 (mR moving Range) 均值
- 3/ 利用以下方程式，计算 X 的上下限  

$$UNPL = X\text{-bar} + (2.66 * mR \text{ 均值})$$

$$LNPL = X\text{-bar} - (2.66 * mR \text{ 均值})$$
- 4/ 利用以下方程，计算移动极差的上限  

$$URL = 3.27 * mR \text{ 均值}$$
- 5/ 如果 X 或 mR 有超出范围，表示有过程变化的信号，过程不稳定
- 6/ 也不应该有连续 8 个或以上的点都持续提升，因这种发生的概率低于百分之一

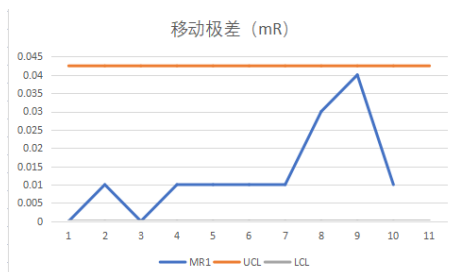
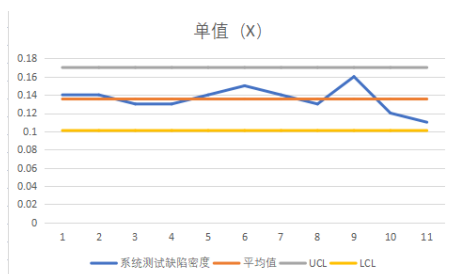
Note:

UNPL=Upper Natural Process Limit  
 LNPL=Lower Natural Process Limit  
 URL=Upper Range Limit

例子:

系统测试缺陷密度	移动极差
0.14	0
0.14	0.01
0.13	0
0.13	0.01
0.14	0.01
0.15	0.01
0.14	0.01
0.13	0.03
0.16	0.04
0.12	0.01
0.11	0.01

- 1/ 计算单值 (X) 平均数  $(\bar{X}) = 0.135 [(0.14+0.14+\dots+0.11)/11]$
- 2/ 计算移动极差 (mR moving Range) 均值如第一移动极差为  $0.14-0.14=0$ ; 第二移动极差为  $0.14-0.13=0.01$ ; 10 点的均值  $= 0.0128$
- 3/ 计算 X 的上下限: 用上面公式  $UCL=0.135+2.66*0.0128=0.17$   $LCL=0.135-2.66*0.0128=0.10$
- 4/ 计算移动极差的上限用上面公式  $UCL=3.27*0.0128=0.042$   $LCL=0$
- 5/ 下面 2 图加上这些上下限与平均线:



各种控制图

生产线用连续数据的控制图有两部分：

- 均值或中位数
- 标准差或者范围

两个图都要看。通常一些数据本身的值有异常点的话，很可能它的标准差变化也会有异常点。

下面就是各种对连续数据的控制图方法，大部分都是按抽样样本的大小制定，比如抽样的样本数大于 10，我们就可以用平均值和标准差来做控制图：

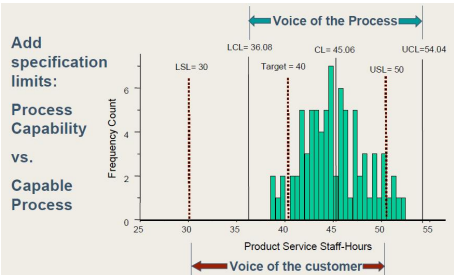
500px

过程能力 (Process Capability)

过程能力反应能否满足客户要求：

500px

中间的图就是客户的声音，USL 和 LSL 是客户要求的规格上下限，右上面图就代表过程分布太宽，只有中间部分能满足客户规格要求，左图虽然过程变化范围满足，但偏离了，也不能完全满足客户要求。下图看到过程的范围是不能完全满足客户的规格范围要求：



以下方程式可以计算过程能力指数，这个指数越大就代表过程也是中间和没有偏移

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

不考虑是否偏移，只考虑分布范围

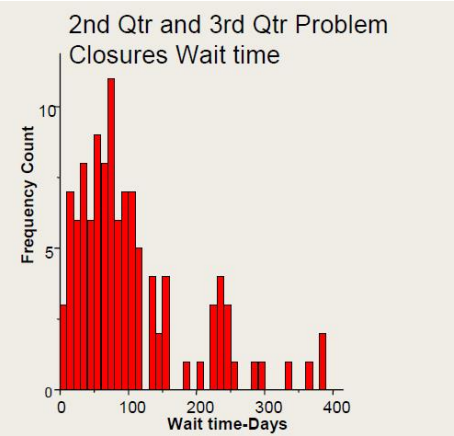
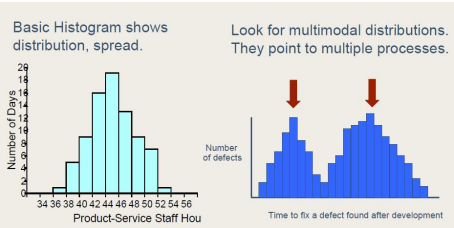
$$C_{pk} = \min\left\{\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right\}$$

如果考虑偏移，计算 (USL-μ)/(3σ), (μ-LSL)/(3σ) (选其中最少数)

细分例子

过程的分布柱状图也可以帮我们细分找出主要原因，比如，下图右边这种柱状图表明这个分布可能有两个组成：



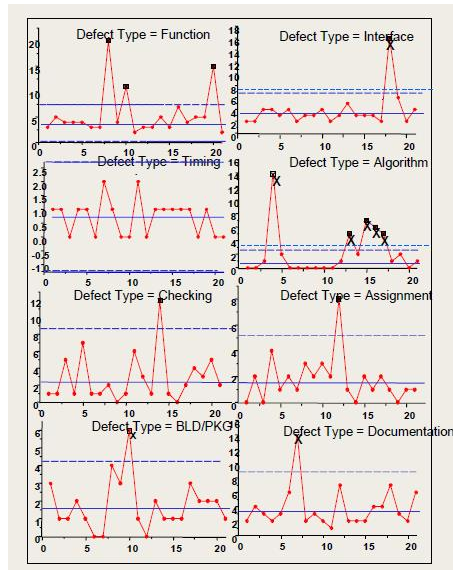


上图是关于客户的等待时间是多少天，可以看到 150 天以下和以上很可能是两个不同过程，所以我们分析的时候需要按这种细分，控制图也可以帮我们细分。

Component	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Totals
Defects	12	16	18	32	22	16	23	35	15	27	16	25	20	26	20	23	23	36	22	27	17	471
Defect Type	Number of Defects per Type per Component																					
Function	3	5	4	4	4	3	3	20	4	11	2	3	3	5	3	7	4	5	5	15	2	115
Interface	2	2	4	4	3	4	2	3	3	4	2	3	5	3	3	3	2	16	6	2	4	80
Timing	1	1	0	1	1	0	2	1	0	0	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	15
Algorithm	0	0	1	14	2	0	0	0	0	0	1	5	2	7	6	5	1	2	0	1		47
Checking	1	1	5	1	7	1	1	2	0	1	6	3	1	12	1	0	2	4	3	5	2	59
Assignment	0	2	0	4	1	2	1	3	2	3	2	8	1	0	2	1	2	1	0	1	1	37
Build/Pkg	3	1	1	2	1	0	0	4	3	6	1	0	2	1	1	1	3	2	2	2	1	37
Document	2	4	3	2	3	6	14	2	3	2	1	7	2	2	2	2	4	4	7	3	2	81

Component	组件	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Totals 总数
Defects 缺陷数		12	16	18	32	22	16	23	35	15	27	16	25	20	26	20	23	23	36	22	27	17	471
Defect Type 类型		Number of Defects per Type per Component 缺陷数/类型/组件																					
Function 功能		3	5	4	4	4	3	3	20	4	11	2	3	3	5	3	7	4	5	5	15	2	115
Interface 接口		2	2	4	4	3	4	2	3	3	4	2	3	5	3	3	3	2	16	6	2	4	80
Timing 时序		1	1	0	1	1	0	2	1	0	0	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	15
Algorithm 算法		0	0	1	14	2	0	0	0	0	0	0	1	5	2	7	6	5	1	2	0	1	47
Checking 检查		1	1	5	1	7	1	1	2	0	1	6	3	1	12	1	0	2	4	3	5	2	59
Assignment 分配		0	2	0	4	1	2	1	3	2	3	2	8	1	0	2	1	2	1	0	1	1	37
Build/Pkg 构建		3	1	1	2	1	0	0	4	3	6	1	0	2	1	1	1	3	2	2	2	1	37
Document 文档		2	4	3	2	3	6	14	2	3	2	1	7	2	2	2	2	4	4	7	3	2	81

比如上图，某产品有 21 个组件，统计了每个组件的缺陷数，如果只是看总缺陷数的分布，平均在 22.4，看不出有什么显著变化，没有异常点，但是如果按缺陷的 8 个缺陷种类，画成 8 个控制图（下图），就很明显看到有很多异常点：



—==((( END )))==—

:TableJ1059BreyfogleScreenshot\_2022-11-05\_100956.jpg