

数 理 统 计
在质量管理工作中的应用

山西省机械工程学会

一九七九年八月

现代化的工业生产，有个基本要求，就是每种另件都要做得基本一样；能互相替换使用。这就是人们常说的要具有互换性。例如：同一型号自行车的轮胎，互相调换装上，都能合适。要做到这一点，就要每种另件都符合一定的规格。另件究竟符合或不符合一定的规格，需要对另件进行检查。

工厂为了满足用户的要求，有时候需要告诉产品的主要性能。例如：一个制表厂生产的一种手表，上一次发条后，能走四十八小时。厂方必须保证在一定期限内，这些表能走四十八小时不行的性能。如果做不到这一点，用户就可以退货。类似这样的情况，工厂为了保证产品所说的性能，需要对产品质量作检查。

不少产品，是由众多另件装成；各种另件的质量，都要有合理的配合；不然的话，只要有一件质量差的另件，就能影响整体。例如：一台收音机只要有一个元件（真空管、电阻、电容器等）质量不好，容易坏；其它另件即使件件都很好，这台收音机仍然难免要时常送去修理。所以，一台器的主要另件，必须严格检查。

一个另件往往是由许多道工序联结组成的，从每道工序生产出来的中间产品质量如何？必然会影响到最终产品的质量。而且往往一道工序出了毛病，很难依靠其它工序的努力来补救。例如：生产瓷杯，如果在做胚的一道工序上把坯做坏了，到窑里即使烧得再好，也烧不出一只好茶杯来；所以，各道工序的中间产品有没有毛病，必须作质量检查。

再扩大点来说：有些工业产品是原料或半成品；它们的质量影响到后面的半成品或成品的质量。例如：炼钢厂要求炼铁厂送来的生铁含硫量不要超过某标准；炼铁厂为了满足这个要求，又转而要求炼焦厂送来的焦炭含硫量不要超过某标准。炼焦厂呢？又去要求洗煤厂供应含硫量在一定标准以下的煤。这样，一环套一环；在各种工业原料或半成品的质量要求之间，彼此联系形成整体，要求尽量避免脱节。为了质量要求能彼此照顾，就要作质量检查。以上的这些简单事例，说明生产中必须有产品的质量检查。而怎样衡量质量的好坏、和怎样在产品出现废次品以前，就能有所察觉，从而采取预防措施。是本书所要着重介绍的。

156517

(72)



10334590

录

第一章 质量与数据	(1)
一、什么是质量	(1)
二、怎样衡量产品的质量	(4)
三、数据的收集	(5)
四、数据的整理	(7)
五、几个重要特征数	(9)
第二章 抽样检查	(12)
一、随机抽样的种类	(12)
二、判断交检批是否合格的方法	(17)
三、随机抽样的方法	(26)
四、计数抽样和计量抽样的比较	(27)
五、单式、复式和多次抽样比较	(29)
六、抽样方案表	(30)
第三章 直方图	(32)
一、频数表	(32)
二、直方图	(37)
三、直方图的观察分析	(39)
第四章 正态分布	(45)
一、正态分布的概念	(45)
二、正态分布的基本参数	(47)
三、正态分布表的查法	(50)
四、正态分布概率纸及其应用	(54)

第五章	工序能力	(57)
一、	工序能力指数的计算	(57)
二、	工序能力的判断标准	(61)
第六章	管理图的概念	(63)
一、	什么是质量管理图	(63)
二、	质量管理图的用处及种类	(64)
三、	质量管理图的基本原理	(70)
第七章	计量值管理图	(73)
一、	单值管理图 ($\bar{x}$ 图)	(73)
二、	平均数和极差管理图 ($\bar{\bar{x}} - R$ 图)	(76)
三、	中位数和极差管理图 ($\tilde{\bar{x}} - R$ 图)	(86)
第八章	计数值管理图	(90)
一、	不合格品数管理图 (P 图)	(90)
二、	不合格品率管理图 (P_n 图)	(92)
三、	缺陷数管理图 (C 图)	(109)
四、	单位缺陷数管理图 (U 图)	(111)
第九章	管理图的观察分析	(115)
一、	什么是稳定状态	(115)
二、	正常点子的运动	(116)
三、	异常点子的运动	(116)
第十章	回归分析	(124)
一、	相关图	(131)
二、	回归线 (直线场合)	(131)
三、	相关系数	(134)
四、	回归线的精度	(137)

五、有关相关图、回归线的注意事项·····	(139)
第十一章 因果分析图 ·····	(142)
一、什么是因果分析图·····	(142)
二、因果分析图的作法·····	(143)
三、因果分析图制作与使用上的注意事项·····	(146)
第十二章 主次因素排列图 ·····	(149)
一、什么是主次因素排列图·····	(149)
二、主次因素排列图的作法·····	(151)
三、作主次因素排列图的注意事项·····	(158)
附录	
一、随机抽样数字表·····	(161)
二、按批允许不合格率的一次抽样表·····	(179)
三、正态概率纸·····	(184)
四、正态分布表·····	(185)
五、相关系数检验表·····	(188)
六、平方数表·····	(189)
七、平方根表·····	(196)

第一章 质量与数据

一、什么是质量

我们从“质量”这个词里，会联想到这样一些形象：

“好的东西”、“结实耐用的东西”、“用好材质做出来的东西”、“使用方便的东西”、“经过精密加工的东西”……。

这是多数人限定在产品或者物品之类有形的东西来认识的概念。实际上，产品的质量是能够满足人们的需要所具备的那些特性。以自行车为例：所谓好的自行车必须是驾驶容易和骑起来舒服，有耐久性和安全性及维修容易等。所以，这些特性，区别了不同产品的不同用途和不同的需要。而根据这些特性能不能满足人们的需要，以及满足的程度来衡量产品质量的优劣好坏。

“耐穿耐用”形象地说明了对产品的质量要求。我们把这种要求称为产品的质量特性。概括起来，有这样几个方面：

(1) 物质方面，如物理性能、化学成份等；

(2) 运行操作方面，如操作方便，运转可靠、安全等；

(3) 结构方面，如便于装配和拆卸，便于维护和修理，简单轻便等；

(4) 时间方面, 如耐用性(使用寿命长)、精度保持性(长久使用精度变化很小)等;

(5) 经济方面, 如效率高、制造成本低、使用费用(耗油耗电)低等;

(6) 外观方面, 如外型美观大方, 油漆、电镀的质量高, 包装良好等。

上述的这些特性, 也可以归纳为下述三个方面:

(1) 适用性。即产品适合使用的性能、特点等。

(2) 可靠性。从广义上讲, 它指的是寿命精度保持性、另件耐用性、安全可靠性等。它是产品在使用过程中逐步表现出来各方面满足人们的需要程度。

(3) 经济性。即指产品的重量、成本、使用中动力、燃料的消耗等等, 它用以衡量产品的经济效果。

社会上的产品种类很多, 用途不同, 要求的产品质量特性也就不同。即使同一种产品, 也会有若干不同的质量特性, 其中有关键的、主要的特性, 也有次要的质量特性。这就需要具体分析, 区别对待。

上面所述的质量, 是指产品的质量, 但质量管理上所说的质量是批量成品的整体质量, 制造厂生产的所有产品的质量, 和计划生产下去的产品质量。同时, 关于“质量”的含义除了这些产品或者物品之类有形的东西外, 还应包括:

数量 and 交货期的质量

成本的质量

工作的质量

等等这些广义的认识, 就以我们购买手表这一简单的事例来说; 在购买时会考虑以下的一些事项:

制造厂的名称和价格（该厂全面的质量）；
式样、外观、准确度（产品的质量）；
保修期及其方式方法（服务质量）。

由这些事项可以看出，“质量”不仅仅是产品的制造质量，而且包含了为充分发挥具有的工作能力（性能），从研制、设计、制造、检查、销售、服务等等全部工作质量。因此，企业必须把从研制、设计、制造、检查、销售、服务等各方面的工作和环节有机地组织起来，控制起来、协调起来。这就是我们现在所强调的产品质量的好坏是许多工作和许多环节的综合反映，要进行“全面性质量管理”的原因。

全面性质量管理是同以往的产品检验相比较而产生的新概念，它包括对产品质量的保证、预防、提高、协调、以及服务用户的广泛含义。

我们在前面叙述产品检查的必要性，就是企业中检查部门所做的产品检查，这种检查的作用，主要是“把关”（事后检查），即根据质量标准的要求，把废次品经过检验剔出来，不使之混入合格品出厂。这种事后检查，对于防止不合格品出厂，保证产品质量是完全必要，今后还须坚持。但是，也要看到，光靠检查，毕竟还是被动。因为质量检查再严，也只能把废品挑出来，不能解决废品产生的问题，废品还是照样出来。能不能在废品发生之前，就有所预见，有所控制呢？由于质量控制统计法是伴随着生产过程的抽样检查，将检查得来的数据记录在“管理图”上，及时观察和分析产品质量和工艺过程进行情况。如果遇到工艺过程失调，产品质量不稳定和有发生废品的危险，就马上发出信号，由有关人员分析原因，采取措施，消除隐患。因而，质量控制

统计法是防止废次品发生的有效方法。

二、怎样衡量产品的质量

控制统计(数理统计)法是利用测量得出的数据,作出管理图、分布图来达到管理生产过程和产品质量的目的,因此,它的基础是数据。另外,说明产品的质量如何?也要有数据,根据目的、方法的不同,数据可分为计量值数据和计数值数据。

1、计量值数据

长度、直径、重量、寿命、强度、光洁度、速度、化学成份等等质量标准;一般可以用各种计量仪器或量具(如游标卡尺、千分尺、天平、硬度计、拉力测验机等)来衡量(如身长可以用尺来度量,直径可以用卡尺来度量等等);得出的数据称为计量值数据。

2、计数值数据

由于不是一切说明质量问题的数据,都能用仪表尺寸来衡量。所以在遇到这种情况时,需要采取计数的办法得出数据;这类数据称为计数数据,它又分计件数据和计点数据两种。

计件数据就是对一批产品,计数其中具有某种属性的产品件数,来衡量这批产品的质量。例如废品数、次品数、一等品数、优等品数、破损数、污损数等等。它是以一件为整体对象来考察。计件数据有两种表示法;一种是直接把计件数据写出来;如在一批钢管中,任意抽出一个含有一百根的样组,经检查后发现其中两根是废品,于是废品计件数是2。另一种是把它们折算成百分率数据写出来;如上例,钢

管的废品率 $2 \div 100 = 0.02$ 或百分之二。

计点数据是观察一个件（或一组）里边的一部分某种情况有多少。即有些产品的质量不要求对一批产品计件，而是要求计数在一件产品上或者一单位产品上出现的某种质量上的特点。例如检查一批电镀件，看各个电镀件上有多少缺陷（此例是以一件产品作为检查单位）；检查一丈丈的布匹样品，看在各丈布上有多少个疵点（一匹布是一件产品，一丈布是一匹布的一部分，此例是以一件产品的一部分，作为检查单位）；又如检查五件铸件的表面砂眼总数（此例以每五件产品作为检查单位）。

有了数据后，我们就能反映客观事实的长度、时间、不合格率……等等。例如我们对手表的准确度，有了数据，就能说这块手表在连续走动一百个小时，只有十秒之差，比另一块手表在同样小时内有二十秒之差的，准确度要高。又如：一匹布按规定允许有十个疵点，现在对一匹布检查的结果，发现只有九个疵点。它实际的疵点数在允许的范围內，所以它是合格的。因此，数据是以定量的方式去衡量产品质量的依据，有了它，就可以避免个人的意见加入夸张的成分，造成错误的印象。

三、怎样收集数据

为了要做出正确的判断，不是仅仅收集大量的数据就行了。来历不明的数据，虚假的数据，不仅是无用的，甚至是有害的，弄清数据的性质，使之合于需要，是收集数据的目的。在实际工作中，常常根据以下几个方面来收集数据：

（1）以掌握现状为目的而收集数据，掌握现状是什么

现状；是工序，还是产品；是设备，还是操作方法或质量管理其它方面的现状。

(2) 以分析问题为目的而收集数据。

(3) 为检查自己所做的工作，或检查其它人所做工作为目的而收集的数据。

(4) 为调查作业目的而收集数据；如机床、工作方法、工艺规程、生产线等。

(5) 为判断产品质量（合格与否）为目的而收集数据。

数据收集后，为了适应于收集数据的目的，就必须把数据分层，分层就是把收集来的数据按照不同的目的加以分类，把性质相同，在同一生产条件下收集到的数据归在一起。这样，可使数据反映的事实暴露得更明显、突出、便于找出问题，对症下药。

常用的分层方法有：

(1) 按不同时间分：如按早班与晚班，昨天和今天，这个星期和那个星期等进行分类；

(2) 按操作人员分：如按新、老工人，男、女工人，高级工、低级工进行分类；

(3) 按使用的设备分：如按不同型号的机床，不同的工夹具进行分类；

(4) 按操作方法分：如按不同的切削用量，温度，压力等作业条件进行分类；

(5) 按原材料分：如按不同供料单位，不同的进料时间，不同成份的材料进行分类；

(6) 按检测手段，检测人员分类；

(7) 其它分类：如按不同的工厂，使用单位，使用条件，气候条件等进行分类。

质量管理工作中应用数理统计，是为了预防出现废品，所以要把所收集的数据，注明收集的地点、时间、收集人、采用的方法及测试手段等，以便于分析判断问题。

四、数据的整理

为了搞清楚问题发生的原因及其处理办法，把数据加以分层是十分必要。但这还不够，我们还要从数据中看出数据在那些值的周围分布（中心趋势），分布的扩散情况又如何（偏差范围）。为此，就需要对数据加以整理。

要整理数据，首先必须了解数据的属性。例如，在二十天内，从维尼纶厂正常生产时，生产报表上看到维尼纶纤度（表示纤维粗细程度的一个量）的记录情况，有如下一百个数据：

1.36 1.49 1.43 1.41 1.37 1.40 1.32 1.42 1.47 1.39
1.41 1.36 1.40 1.34 1.42 1.42 1.45 1.35 1.42 1.39
1.44 1.42 1.39 1.42 1.42 1.30 1.34 1.42 1.37 1.30
1.37 1.37 1.37 1.37 1.44 1.45 1.32 1.48 1.40 1.45
1.39 1.46 1.39 1.53 1.36 1.48 1.40 1.49 1.38 1.40
1.36 1.45 1.50 1.43 1.38 1.43 1.41 1.48 1.39 1.45
1.37 1.37 1.39 1.45 1.31 1.41 1.44 1.44 1.42 1.47
1.35 1.36 1.39 1.40 1.38 1.35 1.42 1.43 1.42 1.42
1.42 1.40 1.41 1.37 1.46 1.36 1.37 1.27 1.37 1.38
1.42 1.34 1.43 1.42 1.41 1.41 1.44 1.48 1.55 1.37
1.27 1.35 1.37 1.38 1.39 1.41 1.42 1.42 1.44 1.47

1.30 1.35 1.37 1.38 1.39 1.41 1.42 1.42 1.44 1.48
 1.31 1.36 1.37 1.38 1.39 1.41 1.42 1.43 1.45 1.48
 1.32 1.36 1.37 1.38 1.40 1.41 1.42 1.43 1.45 1.48
 1.32 1.36 1.37 1.39 1.40 1.41 1.42 1.43 1.45 1.48
 1.34 1.33 1.37 1.39 1.40 1.41 1.42 1.43 1.45 1.48
 1.34 1.36 1.37 1.39 1.40 1.41 1.42 1.43 1.45 1.49
 1.34 1.36 1.37 1.39 1.40 1.42 1.42 1.44 1.46 1.50
 1.34 1.36 1.37 1.39 1.40 1.40 1.42 1.44 1.46 1.53
 1.35 1.37 1.37 1.39 1.40 1.42 1.42 1.44 1.47 1.55

由这些数据，可以看出，有如下特性：

(1) 波动。在同样条件下，生产出来的纤维度并不完全一样，表现一定的波动，即其数值具有扩散性。

(2) 规律性。数据虽有波动，但不是杂乱无章，而是呈现出一定的规律性，由整理后的数据，可以看出，分布扩散在1.27到1.55之间。而在1.36到1.44之间，数值出现的次数多一些，表现了它的集中趋势。在其它数值之间，出现的次数就少得多。如果在同样的生产条件下，再抽取一批数据，将发现纤维度的波动的情况和前一批数据十分相似；而且纤维度落在任一范围内的数目，在该批数据中的比例是比较稳定的。也就是说：纤维度散布的情况是有规律性的。

象纤维度这样的例子，在生产实践中是经常遇到的，例如炼铁厂每炉铁水的含碳量，某种产品的废品率，某种橡胶产品的损耗量和强力等等。它们都有上述两个性质。即既有波动也有规律，数理统计就是从有波动的数据中找出其规律性的一种方法。整理数据也就是要从其规律性中看其发展趋势，来寻求预防废品出现的措施。

五、几个重要的特征数 $\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$

为了今后的叙述方便，我们介绍几个重要的特征数，同时引进几个概念。

1、总体和个体

我们所研究的对象的全体叫做总体，其中的一个单位则叫做个体。如上例，研究在正常生产条件下维尼纶的纤度，那么，凡是正常生产条件下生产的纤维，其纤度的全体就是一个总体，而每一个纤度则是一个个体。当研究的对象改变时，总体和个体也随之改变，在整理数据之前，必须把它们弄清楚。

2、样本

总体的一部分叫样本，如上面列举的一百个数据，就是从正常生产条件下的纤度这个总体中抽出的样本，样本中所含个体的数目（如上例为一百），叫做样本的大小（或容量）。

一个总体所含个体的数目可以很多，甚至无穷，以致不可能一一加以考察。如纤度这个总体，它的个体数目数不清。还有另一种情况，数据的测定是破坏性的，如测量炮弹的杀伤半径，测量一个就要爆炸一个。因此，尽管总体所含个体的数目不是很多，也不允许全部加以考察。我们只能通过样本来了解总体。

3、平均数

在处理数据时，我们经常用算术平均数来代表这个总体的平均水平。数理统计中称这个算术平均值为“样本均值”，并记为 $\bar{x}$ 。

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j$$

式中记号“ Σ ”是求和的意思， $\sum_{j=1}^n x_j$ 表示从 x_1 加到 x_n 。

$\bar{x}$ 。

平均数是度量数据离散程度的基准。

4、中位数

有时候，为了减少计算，把数据 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 按大小次序排列，用排在正中间的一个数表示总体的平均水平，称为中位数。当 n 为奇数时，正中间的数只有一个；当 n 为偶数时，正中间的数有两个，这时中位数等于这两个数的算术平均数。

在某些情形下，中位数是比平均数更为有用的集中趋势的测度。例如少数特别大或特别小的数值，可引起平均数的过大变动，而这时中位数，却保持不变，因而更能代表总体。

5、极差

只反映平均水平，经常是不够的，例如纤维度太大、太小都不好，即使平均水平符合要求，如数据波动太大，这批产品的质量还是不能令人满意。因此，数据波动的大小也是一个重要的指标。如何度量波动的大小呢？一种简单的方法是用极差。极差是以数据中的最大值减去最小值的差。

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

式中： R 表示极差

$x_{\max}$ 是数据中的最大值

$x_{\min}$ 是数据中的最小值

极差用以描述波动的大小，优点是便于计算。但因极差仅由一组数据中的两个数据确定，没有充分反映其它数据的波动情况。所以，一般来说，极差并不是离散程度（波动大小）的良好测度。

6、标准离差

因极差反映实际情况的精确度较差，于是用另一个测度——标准离差来衡量数据的波动。

标准离差或简称标准差，并记为S

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

也可用它的平方——方差 S^2 来衡量数据的波动。 S 越大，波动越大； S 越小，波动越小。 S 比极差反映问题精确，但计算比极差复杂的多。各有各的缺点，看具体情况加以利用。

上述几个数据的特征数，在以后的许多章节中还要叙述和应用。所以，本节只是简单地提一下。

（此处原文有较多模糊不清的文字，疑似为“标准离差的平方称为方差”等内容的误录，故略去。）

（此处原文有较多模糊不清的文字，疑似为“标准离差的平方称为方差”等内容的误录，故略去。）

（此处原文有较多模糊不清的文字，疑似为“标准离差的平方称为方差”等内容的误录，故略去。）

（此处原文有较多模糊不清的文字，疑似为“标准离差的平方称为方差”等内容的误录，故略去。）

（此处原文有较多模糊不清的文字，疑似为“标准离差的平方称为方差”等内容的误录，故略去。）