

统计方法应用 国家标准汇编

过程控制与测量方法的准确度卷

Tongji Fangfa Yingyong Guojia Biaozhun Huibian
Guocheng Kongzhi yu Celiang Fangfa de Zhunquedu Juan



 中国标准出版社

统计方法应用国家标准汇编

过程控制与测量方法的准确度卷

中国标准出版社第四编辑室 编

中国标准出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

统计方法应用国家标准汇编. 过程控制与测量方法的
准确度卷/中国标准出版社第四编辑室编. —北京: 中国
标准出版社, 2010

ISBN 978-7-5066-5658-0

I. 统… II. 中… III. 统计-方法-应用-国家标准-
汇编-中国 IV. C81-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 007163 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码: 100045

网址 www.spc.net.cn

电话: 68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 17.5 字数 523 千字

2010 年 2 月第一版 2010 年 2 月第一次印刷

*

定价 92.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010)68533533

出版说明

统计方法应用国家标准是用数理统计应用技术解决科研、设计、生产、贸易和管理中所遇到的某些实际问题必须遵循的依据,广泛应用于社会生活的各个领域,不仅为重大国家标准的研制提供重要的理论支持和实践指导,还直接应用在生产过程中产品抽样检验和流通领域产品质量监督等方面。因而,统计方法应用国家标准作为我国重要的基础性综合性标准,一直得到全社会的广泛关注。

为满足广大统计方法应用技术人员需要,向读者提供完整而有实用价值的技术资料,我们选编出版了《统计方法应用国家标准汇编》。此套系列汇编分为以下五卷:

- 术语符号和统计用表卷
- 统计分析与数据处理卷
- 抽样检验卷
- 过程控制与测量方法的准确度卷
- 可靠性统计方法卷

此套汇编的各卷根据其相关标准的制修订情况于1999年起陆续出版、再版。本卷为过程控制与测量方法的准确度卷,为首次出版,共收入截至2009年12月发布的过程控制与测量方法的准确度方面的国家标准7项、标准化指导性技术文件1项。

编 者

2009年12月

前 言

本标准等同采用国际标准 ISO 8258:1991《休哈特控制图》(Shewhart control charts)及其 1993 年 1 号修改单。

本标准代替 GB/T 4091.1~4091.9—1983。本标准与 GB/T 4091.1~4091.9—1983 相比,重大技术内容的变化主要有:

- 内容编排格式不同,将原系列 9 个标准合并为 1 个标准;
- 判别准则的描点排列模式有重大变化,如由原来的 7 点链改为 9 点链、原来的 7 点趋势改为 6 点趋势等;
- 将每种类型常规控制图又分为标准值给定和标准值未给定两种情形;
- 增加了“过程改进的策略”图;
- 明确规定了在 $\bar{X}$ 图与 R 图的联合应用中应该首先建立和分析 R 图。

本标准的附录 A 为提示的附录。

本标准由中国标准研究中心提出。

本标准由全国统计方法应用标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位:中国标准研究中心、清华大学经济管理学院、中国科学院数学与系统科学研究院、机械科学研究院。

本标准主要起草人:刘文、孙静、马毅林、李勤、肖惠。

本标准是对 GB/T 4091.1~4091.9—1983《常规控制图》系列标准的第一次修订。本标准于 1983 年首次发布。

引 言

制造业的传统方法有赖于制造产品的生产,有赖于检验最终产品并筛选出不符合规范的产品的质量控制。这种检验策略通常是浪费和不经济的,因为它是当不合格品产生以后的事后检验。而建立一种避免浪费、首先就不生产无用产品的预防策略则更为有效。这可以通过收集过程信息并加以分析,从而对过程本身采取行动来实现。

控制图是一种将显著性统计原理应用于控制生产过程的图形方法,由休哈特(Walter Shewhart)博士于1924年首先提出。控制图理论认为存在两种变异。第一种变异为随机变异,由“偶然原因”(又称为“一般原因”)造成。这种变异是由种种始终存在的、且不易识别的原因所造成,其中每一种原因的影响只构成总变异的一个很小的分量,而且无一构成显著的分量。然而,所有这些不可识别的偶然原因的影响总和是可度量的,并假定为过程所固有。消除或纠正这些偶然原因,需要管理决策来配置资源,以改进过程和系统。

第二种变异表征过程中实际的改变。这种改变可归因于某些可识别的、非过程所固有的、并且至少在理论上可加以消除的原因。这些可识别的原因称为“可查明原因”或“特殊原因”。它们可以归结为原材料不均匀、工具破损、工艺或操作的问题、制造或检测设备的性能不稳定等等。

利用从可重复过程所得到的数据,控制图有助于检测出变差的异常模式,并提供统计失控的检验准则。当过程变异仅由偶然原因造成时,过程处于统计控制状态。这种变差的可接受水平一经确定,则对此水平的任何偏离都假定由可查明原因造成,对这些可查明原因应加以识别、消除或减轻。

统计过程控制的目的,就是要建立并保持过程处于可接受的并且稳定的水平,以确保产品和服务符合规定的要求。要做到这一点,所应用的主要统计工具就是控制图。控制图是一种图形方法,它给出表征过程当前状态的样本序列的信息,并将这些信息与考虑了过程固有变异后所建立的控制限进行对比。控制图法首先用来帮助评估一个过程是否已达到、或继续保持在具有适当规定水平的统计控制状态,然后用来帮助在生产过程中,通过保持连续的产品质量记录,来获得并保持对重要产品或服务的特性的控制与高度一致性。应用控制图并仔细分析控制图,可以更好地了解和改进过程。

目 录

GB/T 4091—2001	常规控制图	1
GB/T 4886—2002	带警戒限的均值控制图	31
GB/Z 4887—2006	累积和图 运用累积和技术进行质量控制和数据分析指南	49
GB/T 6379.1—2004	测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第1部分:总则与定义	93
GB/T 6379.2—2004	测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第2部分:确定标准测量 方法重复性与再现性的基本方法	113
GB/T 6379.4—2006	测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第4部分:确定标准测量 方法正确度的基本方法	158
GB/T 6379.5—2006	测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第5部分:确定标准测量 方法精密度的可替代方法	183
GB/T 6379.6—2009	测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第6部分:准确度值的 实际应用	232

前 言

本标准等同采用国际标准 ISO 8258:1991《休哈特控制图》(Shewhart control charts)及其 1993 年 1 号修改单。

本标准代替 GB/T 4091.1~4091.9—1983。本标准与 GB/T 4091.1~4091.9—1983 相比,重大技术内容的变化主要有:

- 内容编排格式不同,将原系列 9 个标准合并为 1 个标准;
- 判别准则的描点排列模式有重大变化,如由原来的 7 点链改为 9 点链、原来的 7 点趋势改为 6 点趋势等;
- 将每种类型常规控制图又分为标准值给定和标准值未给定两种情形;
- 增加了“过程改进的策略”图;
- 明确规定了在 $\bar{X}$ 图与 R 图的联合应用中应该首先建立和分析 R 图。

本标准的附录 A 为提示的附录。

本标准由中国标准研究中心提出。

本标准由全国统计方法应用标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位:中国标准研究中心、清华大学经济管理学院、中国科学院数学与系统科学研究院、机械科学研究院。

本标准主要起草人:刘文、孙静、马毅林、李勤、肖惠。

本标准是对 GB/T 4091.1~4091.9—1983《常规控制图》系列标准的第一次修订。本标准于 1983 年首次发布。

ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是由各国标准化团体(ISO 成员团体)组成的世界性的联合会。制定国际标准的工作,通常由 ISO 的技术委员会完成,各成员团体若对某技术委员会的工作感兴趣,均有权参加该委员会。与 ISO 保持联系的各国际组织(官方的或非官方的)也可以参加有关工作。在电工技术标准化方面,ISO 与国际电工委员会(IEC)保持密切合作关系。

由技术委员会采纳的国际标准草案提交各成员团体投票表决,需取得至少 75%参加表决的成员团体的同意才能作为国际标准正式发布。

国际标准 ISO 8258 是由 ISO/TC 69 统计方法应用技术委员会制定的。

本国际标准的附录 A 仅作为提示的附录。

引 言

制造业的传统方法有赖于制造产品的生产,有赖于检验最终产品并筛选出不符合规范的产品的质量。这种检验策略通常是浪费和不经济的,因为它是当不合格品产生以后的事后检验。而建立一种避免浪费、首先就不生产无用产品的预防策略则更为有效。这可以通过收集过程信息并加以分析,从而对过程本身采取行动来实现。

控制图是一种将显著性统计原理应用于控制生产过程的图形方法,由休哈特(Walter Shewhart)博士于1924年首先提出。控制图理论认为存在两种变异。第一种变异为随机变异,由“偶然原因”(又称为“一般原因”)造成。这种变异是由种种始终存在的、且不易识别的原因所造成,其中每一种原因的影响只构成总变异的一个很小的分量,而且无一构成显著的分量。然而,所有这些不可识别的偶然原因的影响总和是可度量的,并假定为过程所固有。消除或纠正这些偶然原因,需要管理决策来配置资源,以改进过程和系统。

第二种变异表征过程中实际的改变。这种改变可归因于某些可识别的、非过程所固有的、并且至少在理论上可加以消除的原因。这些可识别的原因称为“可查明原因”或“特殊原因”。它们可以归结为原材料不均匀、工具破损、工艺或操作的问题、制造或检测设备的性能不稳定等等。

利用从可重复过程所得到的数据,控制图有助于检测出变差的异常模式,并提供统计失控的检验准则。当过程变异仅由偶然原因造成时,过程处于统计控制状态。这种变差的可接受水平一经确定,则对此水平的任何偏离都假定由可查明原因造成,对这些可查明原因应加以识别、消除或减轻。

统计过程控制的目的,就是要建立并保持过程处于可接受的并且稳定的水平,以确保产品和服务符合规定的要求。要做到这一点,所应用的主要统计工具就是控制图。控制图是一种图形方法,它给出表征过程当前状态的样本序列的信息,并将这些信息与考虑了过程固有变异后所建立的控制限进行对比。控制图法首先用来帮助评估一个过程是否已达到、或继续保持在具有适当规定水平的统计控制状态,然后用来帮助在生产过程中,通过保持连续的产品质量记录,来获得并保持对重要产品或服务的特性的控制与高度一致性。应用控制图并仔细分析控制图,可以更好地了解和改进过程。

常规控制图

代替 GB/T 4091.1~4091.9—1983

Shewhart control charts

1 范围

本标准提供了使用与了解用于过程统计控制的常规控制图(又称休哈特控制图)法的指南。

本标准仅适用于应用常规控制图体系的统计过程控制方法。简单介绍了某些与常规控制图一致的补充资料,例如警戒限的应用、趋势模式的分析和过程能力等。另外还有一些控制图方法,它们的一般描述可参见 GB/T 17989。

2 符号

n	子组大小。单个子组中子组观测值的个数
k	子组数
X	质量特性的观测值(可用 $X_1, X_2, X_3 \dots$ 表示单个观测值),有时用其他符号。例如 Y 来代替 X
$\bar{X}$	子组平均值
$\bar{\bar{X}}$	子组平均值的平均值
μ	过程均值的真值
Me	子组中位数。对于一组升序或降序排列的 n 个子组观测值 $X_1, X_2, \dots, X_n$, 当 n 为奇数时,中位数等于该组数中间的那个数;当 n 为偶数时,中位数等于该组数中间两个数的平均值
$\overline{Me}$	子组中位数的平均值
R	子组极差。子组观测值中的极大值与极小值之差
注 1: 在单值图情况下, R 代表移动极差,即两个相邻观测值的差值的绝对值,如, $ X_1 - X_2 , X_2 - X_3 $, 等等。	
$\bar{R}$	子组极差的平均值
s	子组标准差

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$\bar{s}$	子组标准差的平均值
σ	组内过程标准差的真值
$\hat{\sigma}$	组内过程标准差的估计值
p	子组不合格品率
	p = 子组中的不合格品数/子组大小
$\bar{p}$	所有子组不合格品率的平均值
	$\bar{p}$ = 所有子组中的不合格品数/被检产品总数

np	子组不合格品数
c	子组不合格数
$\bar{c}$	所有子组不合格数的平均值
u	子组单位产品不合格数
$\bar{u}$	所有子组单位产品不合格数的平均值
$\bar{u} = \text{所有产品的不合格数} / \text{被检产品总数}$	

3 常规控制图的性质

常规控制图要求从过程中以近似等间隔抽取的数据。此间隔可以用时间来定义(例如:每小时)或者用数量来定义(例如:每批)。通常,这样抽取的子组在过程控制中称为子组,每个子组由具有相同可测量单位和相同子组大小的同一产品或服务所组成。从每一子组得到一个或多个子组特性,如子组平均值 $\bar{X}$ 、子组极差 R 或标准差 s 。常规控制图就是给定的子组特性值与子组号对应的一种图形,它包含一条中心线(CL),作为所点绘特性的基准值。在评定过程是否处于统计控制状态时,此基准值通常为所考察数据的平均值。对于过程控制,此基准值通常为产品规范中所规定特性的长期值,或者是基于过程以往经验所点绘特性的标称值,或者是产品或服务的隐含目标值。控制图还包含由统计方法确定两条控制限,位于中心线的各一侧,称为上控制限(UCL)和下控制限(LCL),参见图1。

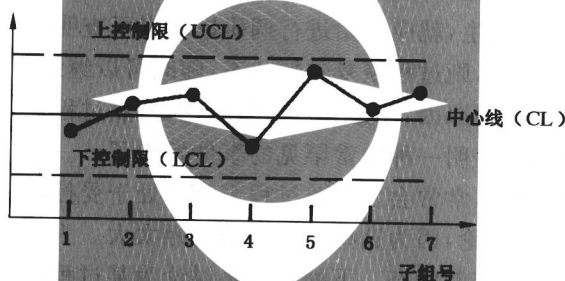


图1 控制图的示意图

常规控制图的控制限分别位于中心线两侧的 3σ 距离处。其中,为所点绘统计量的总体组内标准差。组内变异是用来度量随机变差的, σ 可用子组标准差或子组极差的适当倍数进行估计。 σ 的这种度量不包括组间变差,仅包括组内变差。 3σ 控制限表明,若过程处于统计控制状态,则大约有99.7%的子组值将落在控制界限之内。换句话说,当过程受控时,大约有0.3%的风险,或每点绘1000次中平均有3次,描点会落在上控制限或下控制限之外。这里使用“大约”这个词,是因为如果对基本假定(例如对数据分布形式的假定)有偏离,将会影响此概率数值。

应该注意,有些专业人员宁愿采用3.09来代替3,以使标称概率值为0.2%,或平均每1000次中有两次虚报^{1]}。但是休哈特不主张采用精确概率值而选择了系数3。同样地,某些专业人员对非正态分布的控制图采用真实的概率值,例如极差图、不合格品率图等。但是休哈特为了强调经验解释,常规控制图仍采用 $\pm 3\sigma$ 控制限,而不采用概率值控制限。

描点超出控制限确实是由偶然事件引起而非真实信号的可能性被定得很小,因此当一个点超出控制限时,就应采取某种行动,故 3σ 控制限有时也称为“行动限”。

许多场合,在控制图上另外加上 2σ 控制限是有益的。这样,任何落在 2σ 界限外的子组值都可作为失控状态即将来临的一个警示信号,因此, 2σ 控制限有时也称作“警戒限”。

应用控制图时可能发生两种类型的错误。第一种错误称作第一类错误。这是当所涉及的过程仍然

采用说明:

1] 这里,ISO 8258:1991 国际标准为“一次虚报”有误,本标准更正为“两次虚报”。

处于受控状态,但有某点由于偶然原因落在控制限之外,而得出过程失控的结论时所发生的错误。此类错误将导致对本不存在的问题而去无谓寻找原因而增加费用。

第二种错误称作第二类错误。当所涉及的过程失控,但所产生的点由于偶然原因仍落在控制限之内,而得出过程仍处受控状态的错误结论。此时由于未检测出不合格品的增加而造成损失。第二类错误的风险是以下三项因素的函数:控制限的间隔宽度、过程失控的程度以及子组大小。上述三项因素的性质决定了对于第二类错误的风险大小只能作出一般估计。

常规控制图仅考虑了第一类错误,对于 3σ 控制限而言,发生这类错误的可能性为 0.3%。由于在给定情形下,对于第二类错误的损失作出有意义的估计通常是不实际的,而且任意选择一个较小的子组大小(例如 4 或 5)也很方便,故采用 3σ 控制限,并将注意力集中于控制和改进过程本身的性能,是适宜且可行的。

当过程处于统计控制状态时,控制图提供了一种连续检验统计原假设的方法,该统计原假设为过程未发生变化并保持于统计控制状态。由于通常不预先确定过程特性对于有关目标值的具体偏离情况,加之第二类错误的风险,以及未根据满足适当的风险水平来确定子组大小等原因,故常规控制图不应在假设检验的意义上加以研究(参见 ISO 7966 和 GB/T 17989)。常规控制图强调的是控制图用于识别偏离过程“受控状态”的经验有效性,而非强调其概率解释。某些使用者确实在认真研究控制图的操作特性曲线,将其作为一种手段进行假设检验解释。

当一个描点值落在任一控制限之外,或一系列描点值反映出如第 7 章中所述的异常模式,则统计控制状态不再被接受。此情形一旦发生,就应开始进行调研以确定可查明原因,过程可能被终止或进行调整。一旦可查明原因被确认并消除,则过程恢复受控状态,随时可以继续。如上所述,对于第一类错误,在极少的情况下,可能找不到可查明原因,于是必须作出结论:虽然过程处于受控状态,但是某个偶然原因造成了描点落在控制限之外,这表明一种非常罕见的事件发生了。

当为某过程最初建立控制图时,常常会发现此过程当时未处于受控状态。根据这种失控过程的数据计算出的控制限将会导致错误的结论,因为这些控制限的间距太大。为此,在固定的控制图参数建立之前,总是有必要将过程调整到统计控制状态。下列各章将讨论为某过程建立控制图的方法。

4 常规控制图的类型

常规控制图主要有两种类型:计量控制图和计数控制图。每一种类型的控制图又有两种不同的情形:

- a) 标准值未给定;
- b) 标准值给定。

标准值即为规定的要求或目标值(见表 1、表 3 和表 5 的注)。

4.1 标准值未给定情形的控制图

这种控制图的目的是发现所点绘特性(如 $\bar{X}$, R 或任何其他统计量)观测值本身的变差是否显著大于仅由偶然原因造成的变差。这种控制图完全基于子组数据,用来检测非偶然原因造成的那些变差。

4.2 标准值给定情形的控制图

这种控制图的目的是确定若干个子组的 $\bar{X}$ 等特性的观测值与其对应的标准值 X_0 (或 μ_0) 之差,是否显著大于仅由预期的偶然原因造成的差异,其中每个子组的 n 值相同。标准值给定情形的控制图与标准值未给定情形的控制图之间的差别,在于有关过程中心位置与变差的附加要求不同。标准值可以基于通过使用无先验信息或无规定标准值的控制图而获得的经验来确定,也可以基于通过考虑服务的需要和生产的费用而建立的经济值来确定,或可以是由产品规范指定的标称值。

更适宜地,应通过调查被认为代表所有未来数据特征的预备数据来确定标准值。为控制图的有效运作,标准值应该与过程固有变异相一致。基于这类标准值的控制图,特别应用于制造业的过程控制,并使产品的一致性保持在期望的水平。

4.3 计量控制图和计数控制图的类型

考虑以下类型的控制图：

- a) 计量控制图
 - 1) 平均值($\bar{X}$)图与极差(R)或标准差(s)图；
 - 2) 单值(X)图与移动极差(R)图；
 - 3) 中位数(Me)图与极差(R)图；
- b) 计数控制图
 - 1) 不合格品率(p)图或不合格品数(np)图；
 - 2) 不合格数(c)图或单位产品不合格数(u)图。

5 计量控制图

计量数据是指对于所考察子组中每一个单位产品的特性值的数值大小进行测量与记录所得到的观测值,例如以米(m)表示的长度,以欧姆(Ω)表示的电阻,以分贝(dB)表示的噪声等。计量控制图(尤其是其最常用的类型, $\bar{X}$ 与 R 图)代表了控制图对过程控制的典型应用。

计量控制图由于以下几个原因而特别有用：

- a) 大多数的过程及其输出具有可计量的特性,所以计量控制图的潜在应用广泛。
- b) 一个计量值较之简单的“是一否”的表述包含更多的信息。
- c) 可不考虑规范来分析过程的性能。控制图从过程自身出发,并给出对过程性能的独立的描述。因此,有的控制图可以与规范比较,而有的却不可以。
- d) 虽然获得一个计量数据通常要比获得一个“是一否”的计数数据的费用更高,但计量数据的子组大小几乎总是比计数数据的子组要小得多,故更为有效。在一些情况下,这有助于减少总检验费用,并缩短零件生产与采取纠正措施之间的时间间隔。

本标准假定所有计量控制图的子组内变异服从正态(高斯)分布,偏离这一假定将影响控制图的性能。利用正态性的假设,推导出计算控制限的一些系数。由于大多数控制限是用来作出决策的经验指南,故有理由认为,对正态性的小偏离应该不会造成重大的影响。总之,由于中心极限定理,平均值总会趋向于正态分布,即使单个观测值不服从正态分布时也是如此。因此,对于 $\bar{X}$ 控制图而言,即使用于评估控制的子组大小仅为4或5,假定其正态性也是合理的。当出于研究过程能力的目的处理单个观测值时,其分布的真实形式很重要。定期检查正态性假设的持续有效性是明智的,尤其是要确保只使用单一总体的数据。应该注意,极差和标准差的分布并不是正态的,尽管在为计算控制限估计常数时,对极差和标准差的分布作了近似正态性的假设,这种假设对于经验决策程序而言还是令人满意的。

5.1 均值($\bar{X}$)图与极差(R)或标准差(s)图

计量控制图可以同时利用离散程度(产品件间变异)和位置(过程平均)去描述过程的数据。正由于这一点,计量控制图几乎总是成对地绘制并加以分析:其中,一张是关于位置的控制图,一张是关于离散程度的控制图。最常用的一对即 $\bar{X}$ 与 R 图。表1与表2分别给出了计量控制图的控制限公式和系数。

表1 常规计量控制图控制限公式

统计量	标准值未给定		标准值给定	
	中心线	UCL 与 LCL	中心线	UCL 与 LCL
$\bar{X}$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$ 或 $\bar{\bar{X}} \pm A_3 \bar{s}$	X_0 或 μ	$X_0 \pm A\sigma_0$
R	$\bar{R}$	$D_3 \bar{R}, D_4 \bar{R}$	R_0 或 $d_2 \sigma_0$	$D_1 \sigma_0, D_2 \sigma_0$
s	$\bar{s}$	$B_3 \bar{s}, B_4 \bar{s}$	s_0 或 $c_4 \sigma_0$	$B_5 \sigma_0, B_6 \sigma_0$

注: X_0, R_0, s_0, μ 和 σ_0 为给定的标准值。

表 2 计量控制图计算控制线的系数表

子组中观测值个数 n	控制限系数												中心线系数			
	A	A_2	A_3	B_3	B_4	B_5	B_6	D_1	D_2	D_3	D_4	C_4	$1/C_4$	d_2	$1/d_2$	
2	2.121	1.880	2.659	0.000	3.267	0.000	2.606	0.000	3.686	0.000	3.267	0.797 9	1.253 3	1.128	0.886 5	
3	1.732	1.023	1.954	0.000	2.568	0.000	2.276	0.000	4.358	0.000	2.574	0.886 2	1.128 4	1.693	0.590 7	
4	1.500	0.729	1.628	0.000	2.266	0.000	2.088	0.000	4.698	0.000	2.282	0.921 3	1.085 4	2.059	0.485 7	
5	1.342	0.577	1.427	0.000	2.089	0.000	1.964	0.000	4.918	0.000	2.114	0.940 0	1.063 8	2.326	0.429 9	
6	1.225	0.483	1.287	0.030	1.970	0.029	1.874	0.000	5.078	0.000	2.004	0.951 5	1.051 0	2.534	0.394 6	
7	1.134	0.419	1.182	0.118	1.882	0.113	1.806	0.204	5.204	0.076	1.924	0.959 4	1.042 3	2.704	0.369 8	
8	1.061	0.373	1.099	0.185	1.815	0.179	1.751	0.388	5.306	0.136	1.864	0.965 0	1.036 3	2.847	0.351 2	
9	1.000	0.337	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	0.547	5.393	0.184	1.816	0.969 3	1.031 7	2.970	0.336 7	
10	0.949	0.308	0.975	0.284	1.716	0.276	1.669	0.687	5.469	0.223	1.777	0.972 7	1.028 1	3.078	0.324 9	
11	0.905	0.285	0.927	0.321	1.679	0.313	1.637	0.811	5.535	0.256	1.744	0.975 4	1.025 2	3.173	0.315 2	
12	0.866	0.266	0.886	0.354	1.646	0.346	1.610	0.922	5.594	0.283	1.717	0.977 6	1.022 9	3.258	0.306 9	
13	0.832	0.249	0.850	0.382	1.618	0.374	1.585	1.025	5.647	0.307	1.693	0.979 4	1.021 0	3.336	0.299 8	
14	0.802	0.235	0.817	0.406	1.594	0.399	1.563	1.118	5.696	0.328	1.672	0.981 0	1.019 4	3.407	0.293 5	
15	0.775	0.223	0.789	0.428	1.572	0.421	1.544	1.203	5.741	0.347	1.653	0.982 3	1.018 0	3.472	0.288 0	
16	0.750	0.212	0.763	0.448	1.552	0.440	1.526	1.282	5.782	0.363	1.637	0.983 5	1.016 8	3.532	0.283 1	
17	0.728	0.203	0.739	0.466	1.534	0.458	1.511	1.356	5.820	0.378	1.622	0.984 5	1.015 7	3.588	0.278 7	
18	0.707	0.194	0.718	0.482	1.518	0.475	1.496	1.424	5.856	0.391	1.608	0.985 4	1.014 8	3.640	0.274 7	
19	0.688	0.187	0.698	0.497	1.503	0.490	1.483	1.487	5.891	0.403	1.597	0.986 2	1.014 0	3.689	0.271 1	
20	0.671	0.180	0.680	0.510	1.490	0.504	1.470	1.549	5.921	0.415	1.585	0.986 9	1.013 3	3.735	0.267 7	
21	0.655	0.173	0.663	0.523	1.477	0.516	1.459	1.605	5.951	0.425	1.575	0.987 6	1.012 6	3.778	0.264 7	
22	0.640	0.167	0.647	0.534	1.466	0.528	1.448	1.659	5.979	0.434	1.566	0.988 2	1.011 9	3.819	0.261 8	
23	0.626	0.162	0.633	0.545	1.455	0.539	1.438	1.710	6.006	0.443	1.557	0.988 7	1.011 4	3.858	0.259 2	
24	0.612	0.157	0.619	0.555	1.445	0.549	1.429	1.759	6.031	0.451	1.548	0.989 2	1.010 9	3.895	0.256 7	
25	0.600	0.153	0.606	0.565	1.435	0.559	1.420	1.806	6.056	0.459	1.541	0.989 6	1.010 5	3.931	0.254 4	
资料来源:ASTM,Philadelphia,PA,USA.																

5.2 单值(X)控制图

在某些过程控制情形下,取得合理的子组或者不可能或者不实际。由于测量单个观测值所需要的时间太长或费用太大,所以不能考虑重复观测。当测量很昂贵(例如破坏性试验)或者当任一时刻的输出都相对均匀时,即出现上述典型情形。其他还有一些情形只有一个可能的数值,例如仪表读数或一批输入原材料的性质,在这些情况下,需要基于单个读数进行过程控制。

在单值控制图情形下,由于没有合理子组来提供批内变异的估计,故控制限就基于经常为两个观测值的移动极差所提供的变差来进行计算。移动极差就是在一个序列中相邻两个观测值之间的绝对差,即第一个观测值与第二个观测值的绝对差,然后第二个观测值与第三个观测值的绝对差,如此等等。从移动极差可以计算出平均移动极差($\bar{R}$),然后用于建立控制图。同样,从整个数据可算出总平均值($\bar{\bar{X}}$)。表 3 给出了单值控制图的控制限公式。

对于单值控制图应注意下列各点:

- a) 单值控制图对过程变化的反应不如 $\bar{X}$ 和 R 图那么灵敏。
- b) 若过程的分布不是正态的,则对于单值控制图的解释应特别慎重。

c) 单值控制图并不辨析过程的件间重复性,故在一些应用中,采用子组大小较小(2 至 4)的 $\bar{X}$ 与 R 控制图可能会更好,即使要求子组之间有更长的间隔时间。

表 3 单值控制图的控制限公式

统计量	标准值未给定		标准值给定	
	中心线	UCL 与 LCL	中心线	UCL 与 LCL
单值 X	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm E_2 \bar{R}$	X_0 或 μ	$X_0 \pm 3\sigma_0$
移动极差 R	$\bar{R}$	$D_4 \bar{R}, D_3 \bar{R}$	R_0 或 $d_2 \sigma_0$	$D_2 \sigma_0, D_1 \sigma_0$
注				
1 X_0, R_0, μ 和 σ_0 为给定的标准值。				
2 $\bar{R}$ 表示 $n=2$ 时观测值的平均移动极差。				
3 系数 d_2, D_1, D_2, D_3, D_4 以及 $E_2 (=3/d_2)$ 由表 2 中 $n=2$ 行查得。				

5.3 中位数(Me)控制图

对于具有计量数据的过程控制,中位数图是另一种可以替代 $\bar{X}$ 与 R 图的控制图。由中位数图获得的结论与 $\bar{X}$ 与 R 图相似且具有某些优点。它们易于使用,计算较少。这点可以增加现场操作人员对控制图法的接受程度。由于对单个数据(象中位数一样)进行了描点,中位数图表明了过程输出的离散程度,并给出过程变差的一种动态描述。

中位数图的控制限可以用两种方法进行计算:利用子组中位数的中位数和极差的中位数;或者利用子组中位数的平均值和极差的平均值。后一种方法更简易方便,故本标准采用这种方法。

控制限的计算如下所述。

5.3.1 中位数图

中心线 $= \overline{Me}$ = 子组中位数的平均值

$UCL_{Me} = \overline{Me} + A_4 \bar{R}$

$LCL_{Me} = \overline{Me} - A_4 \bar{R}$

中位数图的建立方法与 5.1 中的 $\bar{X}$ 和 R 图相同。

常数 A_4 的值见表 4。

应该注意,具有 3σ 控制限的中位数控制图对于失控状况的反应比 $\bar{X}$ 图要慢。

表 4 A_4 的值

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_4	1.88	1.19	0.80	0.69	0.55	0.51	0.43	0.41	0.36

5.3.2 极差图

中心线 $= \bar{R}$ = 所有子组的 R 值的平均值

$UCL_R = D_4 \bar{R}$

$LCL_R = D_3 \bar{R}$

常数 D_3 和 D_4 的值见表 2。

6 计量控制图的控制程序与解释

常规控制图体系规定,若过程的产品件间变异和过程平均在当前水平(分别由 $\bar{R}$, $\bar{\bar{X}}$ 估计得出)下保持不变,则单个的子组极差(R)以及平均值($\bar{X}$)将仅由偶然因素引起变化,极少超出控制限。换言之,除了可能会由于偶然原因发生而引起的变化外,数据将不呈现某种明显的变化趋势或模式。

$\bar{X}$ 控制图显示过程平均的中心位置,并表明过程的稳定性。 $\bar{X}$ 图从平均值的角度揭示组间不希望出现的变差。 R 控制图则揭示组内不希望出现的变差,它是所考察过程的变异大小的一种指示器,也是

过程一致性或均匀性的一个度量。若组内变差基本不变,则 R 图表明过程保持统计控制状态,这种情况仅当所有子组受到相同处理时才会发生。若 R 图表明过程不保持统计控制状态,或 R 值增大,这表示可能不同的子组受到了不同的处理,或是若干个不同的系统因素正在对过程起作用。

R 控制图的失控状态也会影响到 $\bar{X}$ 图。由于无论是对子组极差还是对子组平均的解释能力都依赖于件间变异的估计,故应首先分析 R 图。应遵守下列控制程序:

6.1 收集与分析数据,计算平均值与极差。

6.2 首先点绘 R 图。与控制限进行对比,检查数据点是否有失控点,或有无异常的模式或趋势。对于极差数据中关于可查明原因的每一个征兆,分析过程的运行,以便找出原因,进行纠正,并防止它再次出现。

6.3 剔除所有受到某种已识别的可查明原因影响的子组;然后重新计算并点绘新的平均极差($\bar{R}$)和控制限。当与新控制限进行比较时,要确认是否所有的点都显示为统计控制状态,如有必要,重复“识别—纠正—重新计算”程序。

6.4 若根据已识别的可查明原因,从 R 图中剔除了任何一个子组,则也应该将它从 $\bar{X}$ 控制图中除去。

应利用修正过的 $\bar{R}$ 和 $\bar{\bar{X}}$ 值重新计算平均值的试用控制限 $\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$ 。

注2:排除显示失控状态的子组并不意味着“扔掉坏数据”。更确切地说,通过剔除受到已知可查明原因影响的点,可以更好地估计偶然原因所造成变差的背景水平。这样做,同样也为那些用来最有效地检测出未来所发生变差的可查明原因的控制限提供最适宜的基础。

6.5 当极差控制图表明过程处于统计控制状态时,则认为过程的离散程度(组内变差)是稳定的。然后就可以对平均值进行分析,以确定过程的位置是否随时间而变动。

6.6 点绘 $\bar{X}$ 控制图,与控制限比较,检验数据点是否有失控点,或有无异常的模式或趋势。与 R 控制图一样,分析任何失控的状况,然后采取纠正措施和预防措施。剔除任何已找到可查明原因的失控点;重新计算并点绘新的过程平均值($\bar{\bar{X}}$)和控制限。当与新的控制限进行比较时,要确认所有数据点是否都显示为统计控制状态,如有必要,重复“识别—纠正—重新计算”程序。

6.7 当用来建立控制限基准值的初始数据全部包含在试用控制限内时,则在未来时段内延长当前时段的控制限。这些控制限将用于当前过程的控制,责任人(操作者或监督者)将对 $\bar{X}$ 图或 R 图中任何失控状态的信号作出反应,并采取即时的行动。

7 变差的可查明原因的模式检验

图2给出了一组用于解释常规控制图的八个模式检验示意图。这些检验的更为完整的讨论参见参考文献[5]和[6]。

虽然上述模式检验可以作为一组基本的检验,但是分析者还应留意任何可能表明过程受到特殊原因影响的独特模式。因此,每当出现可查明原因的征兆时,这些检验就应该仅仅看作是采取行动的实用规则。这些检验中所规定的任何情形的发生都表明已出现变差的可查明原因,必须加以诊断和纠正。

上下控制限分别位于中心线之上与之下的 3σ 距离处。为了应用上述检验,将控制图等分为6个区,每个区宽 1σ 。这6个区的标号分别为A、B、C、C、B、A,两个A区、B区及C区都关于中心线对称。这些检验适用于 $\bar{X}$ 图和单值(X)图。这里假定质量特性 X 的观测值服从正态分布。