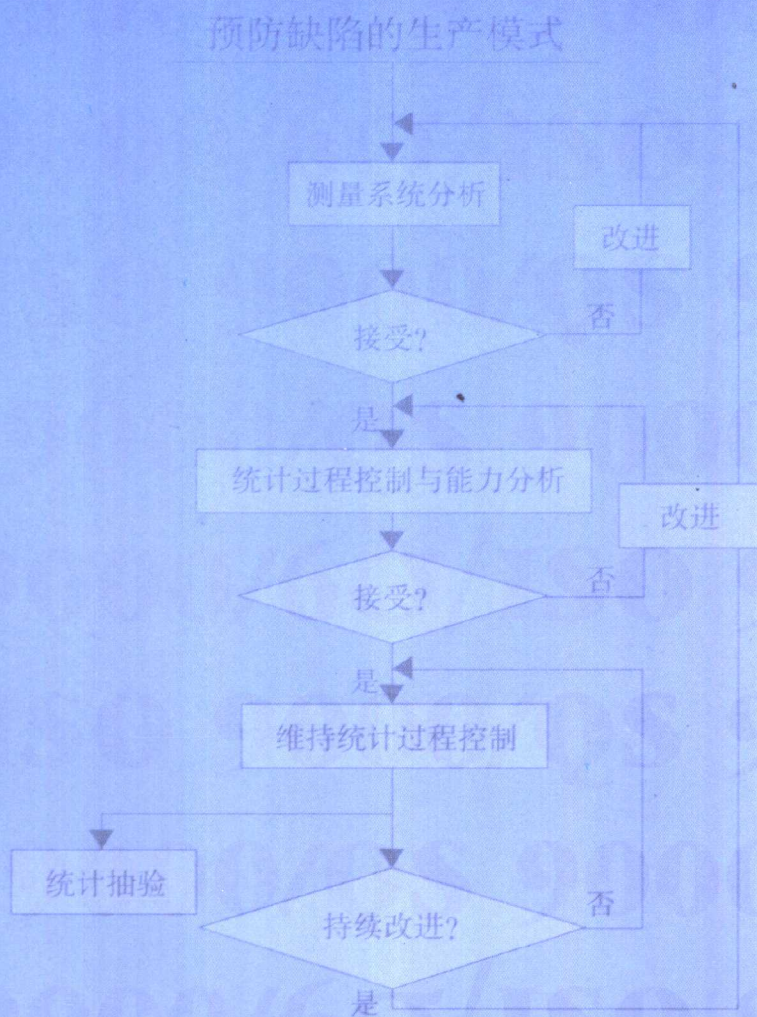


统计方法及应用软件

测量系统分析

吴遵高 编著



中国标准出版社

统计方法及应用软件

测量系统分析

吴遵高 编著

中国标准出版社

内容提要

本书阐述了作为 ISO 着重推荐的统计技术之一的测量系统分析的概念,系统论述了评价测量系统的各种统计方法,并介绍了书后所附光盘中的统计技术应用软件,读者可直接将这些软件模块用于实际工作。

本书的最大特点即联系实际,注重技能培训,可操作性强。本书的目的即帮助理解,便捷操作,推进应用。本书适用于各层次的统计技术研究人员及实际工作者、质量管理人员及审核人员。

图书在版编目(CIP)数据

测量系统分析/吴遵高编著. —北京:中国标准出版社,2003
ISBN 7-5066-3290-X

I. 测… II. 吴… III. 测量系统—系统分析
IV. P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 089506 号

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 9½ 字数 161 千字
2004 年 2 月第一版 2004 年 2 月第一次印刷

*

印数 1—3 000 定价 33.00 元

网址 www.bzcbs.com

版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533

前 言

在“ISO 9000”、“QS 9000”以及“六西格玛(6σ)”等管理活动中,测量是首当其冲的第一步。没有可靠的测量数据,就不可能有正确的分析,找不出真正的原因,也无法实现有效的改进。上述活动中的“测量”绝大部分都是在现场(而不是计量室)进行的,而且多数又是以单次测量结果为依据,并假设(习惯默认)测量是准确的,分析和结论就基于这种假设。然而,很多人却没有意识到“测量系统”和生产过程一样,存在许多影响单次测量结果的变差(误差),进而又影响基于这些数据所作的判断和结论。因而,不按预定要求,对测量系统进行分析、改进和控制,则测量结果——数据将失去有效性。解决这些问题,就是测量系统分析(简称测量分析)的任务。

现场测量意味着“测量”与产品过程密不可分。实际上,我们把测量结果——数据就当作一种“产品”,全面接受早已被证实并在统计过程领域行之有效的所有概念、原理和工具(各种统计技术)。这与一般计量有所不同。实际上,测量系统分析是质量体系中计量工作的延伸(到现场)和改进,是质量精化的必须。它是 ISO 着重推荐的 12 种统计技术之一,又是美国 QS 9000 的配套手册的主要内容之一。但在我国质量体系中,测量系统分析是弱项(统计技术)中的弱项,从逻辑性(测量先于其他)和实用性(有实际案例分析,涉及诸多统计技术:如描述性统计、试验设计、假设检验、回归分析、方差分析、SPC 图)来讲,对急需补课的我国有关人员(联系实际学用统计技术),应把测量系统分析作为第一课。但我国目前有关测量系统分析的专著极少,中国汽车技术研究中心翻译的美国的《Measurement Systems Analysis》——《测量系统分析(MSA)》(第二版)是利用统计技术对测量系统进行分析

的参考手册,是 QS 9000 配套手册中文版之一,以下简称为“QS 手册”。

此次,作者参考了“QS 手册”及其他诸多资料,编写了这本更适合国内读者的《测量系统分析》。本书坚持联系实际,结合软件应用,注重技能培训,可操作性强。本书具有如下特点:

1. 提供了用 Excel 解决问题的思路、方法;
2. 简化了公式、常数、记录、计算表格,并增进理解;
3. 提供确定 R&R 最优方法——ANOVA 法专用软件;
4. 书后附赠一张光盘,包含用 Excel 快速分析和处理稳定性、重复性、再现性、偏倚、线性、数据分级数(有效分辨率)、量具特性曲线(GPC)等涉及描述性统计、试验设计、假设检验、回归分析、方差分析、SPC 图等统计技术的方法软件。读者也可将它当作模块,用于处理自己面临的一些实际问题。所附软件作者均不收取开发研制费,其中部分软件列举如下:

➤ 正态性及样本异常值检验(依据 GB/T 4882; GB/T 4883; ISO 5479);

➤ 相关分析;

➤ ANOVA 法确定量具 R&R 的数据分析及报告;

➤ R&R 的均值-极差法(示范件,帮助理解方法);

➤ 量具特性曲线——GPC;

➤ 图示技术(示范件,帮助理解方法);

➤ 无正态概率纸的正态概率图法(因为 Excel 中无正态概率纸)。

归结起来,本书的宗旨就是帮助理解、便捷操作、推动应用。

由于作者水平有限,难免有错误或不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2003 年 6 月于北京

目 录

第 1 章 测量系统分析概述

1.1 导言	3
1.1.1 测量数据的质量	3
1.1.2 有关测量的几个术语定义	4
1.1.3 适用范围	4
1.2 测量系统的统计特性	5
1.2.1 理想的测量系统与现实的测量系统	5
1.2.2 测量系统与测量数据的统计特性	5
1.2.3 不同用途要求不同的统计特性	6
1.2.4 管理层的责任	6
1.2.5 测量系统共有的统计特性	6
1.3 测量标准及传递	7
1.3.1 测量标准	7
1.3.2 标准传递(按精度)等级体系	7
1.3.3 基准值与测量标准	8
1.4 评定测量系统的通用指南	9
1.4.1 评定测量系统的步骤	9
1.4.2 测量系统的评定阶段	9
1.4.3 文件化试验的程序	9
1.4.4 选择、制定评定方法应考虑的问题	10

第 2 章 评价测量系统的方法

2.1 导言	13
2.1.1 范围及特点	13
2.1.2 测量系统变差(误差)类型	13
2.1.3 相应术语、概念的可操作定义	16
2.1.4 测量系统的主要变差源、统计特性、相互关系和表示符号	20
2.1.5 测量系统的统计特性(及主要变差源)综合图解	20
2.1.6 测量系统方差的理解	21
2.2 测量系统的分析	23
2.2.1 测量系统的分辨率(力)	23
2.2.2 稳定性分析研究	28
2.2.3 偏倚的分析研究	34
2.2.4 线性的分析研究	37
2.2.5 重复性分析研究	48
2.2.6 再现性分析研究	51
2.2.7 零件间变差分析	52
2.3 测量系统 R&R 评定指南	55
2.3.1 极差法	56
2.3.2 均值—极差($\bar{x}-R$)法(结合示例讨论)	56
2.3.3 方差分析(ANOVA)法	61
2.3.4 关于零件(产品)内变差过大的处理	70
2.3.5 权宜之计	70
2.4 量具特性曲线(GPC)	71
2.4.1 研究和绘制 GPC 的目的	71
2.4.2 概念	71
2.4.3 示例	72

2.5 计数型量具研究	74
2.5.1 概述	74
2.5.2 小样法	74
2.5.3 大样法	75
2.5.4 不用正态概率纸的计数型量具的 GPC 做法	78
2.6 小结与提示	81
2.6.1 两个评定阶段	81
2.6.2 确定量具的 R&R 的方法选用指南	81
2.6.3 计量型测量系统变差的试验研究	81
2.6.4 特别建议	83
2.6.5 学用方法	83
2.6.6 现代制造业的生产模式	84

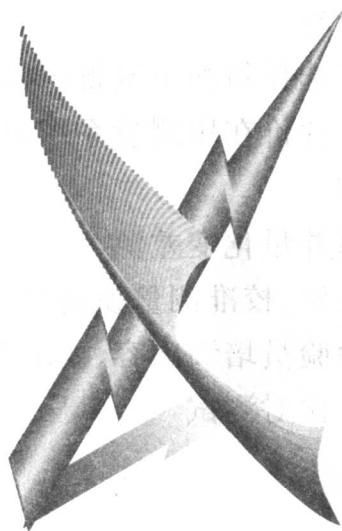
第 3 章 软件应用介绍

3.1 概况	87
3.2 正态性及正态样本异常值检验模块	88
3.2.1 直方图法	88
3.2.2 正态概率图法	92
3.2.3 标准法	96
3.3 相关分析(一元线性)模块	101
3.3.1 概述	101
3.3.2 示例	102
3.3.3 有关术语和统计解释问题	105
3.4 其它相关软件模块综合简介	108
3.4.1 R&R 方差分析(ANOVA)法	108
3.4.2 量具特性曲线——GPC	108
3.4.3 计数型量具	108

3.4.4	可视分辨率	108
3.4.5	稳定性	108
3.4.6	线性、偏倚的研究	108
3.4.7	R&R 的均值—极差法	108
3.4.8	图表分析	108
附录 1 GB/T 4882—1985 节录		109
附录 2 GB/T 4883—1985 节录		117
附录 3 GB/T 4882—2001 节录		125
主要参考文献		143

第 1 章

测量系统分析概述



- ◆ 测量系统分析 (Measurement Systems Analysis, 缩写 MSA) 简称测量分析, 即测量误差分析 (准确地说, 是评价测量系统不确定度)
- ◆ 用于生产现场 (如车间环境) 测量误差分析
- ◆ 用于过程分析 (如确定过程能力)
- ◆ 用于过程控制 (如计量型常规控制图)
- ◆ 用于确定按给定限对产品错误分类的概率 (如产品检验)
- ◆ 用于选择新测量设备 (仪器、量具)
- ◆ 用于评价在用测量系统是否还继续满足预期使用目的
- ◆ 分离并量化变差源
- ◆ 为维修、校准测量设备提供依据
- ◆ 为检验员培训内容、要求提供依据
- ◆ 用于比对测试

1.1 导 言

1.1.1 测量数据的质量

现在,生产现场的测量数据的使用以往任何时候都更频繁、更广泛。如,是否调整制造过程,普遍根据由测量数据计算出的统计量(如均值 $\bar{x}$, 极差 R) 在 SPC 图上的表现来决定;过程能力(与过程能力指数)要靠其受控状态下的测量数据来确定;一种模塑件的关键尺寸与浇注温度的关系,也要依据测量数据用回归分析的方法来获得;产品检验(存在错误分类的概率)更不例外;……。质量管理的八项原则中过程方法、系统方法、决策方法、持续改进都依赖测量数据。ISO 9001:2000 质量管理体系是一个智能化、自我修复、自我完善的体系。其“测量、分析和改进”如同人的耳目、大脑和四肢协同工作。改进需要信息,信息来自数据分析,数据(客观证据)源于测量。因此,测量数据的质量至关重要。

即使在稳定条件下,对某一基准进行多次测量,结果可能各不相同,总体呈现集中和分散双重性。所谓集中,就是多数测量值集中于某个位置(如全部数据的平均值或中位数)附近;所谓分散,就是每次单个测量数据各不相同,它们分布在位置两边的某个范围,通常呈现正态分布规律。集中位置(测量平均值)与基准值(标准或被测‘真值’)之差,用偏移(Bias, 偏移、偏倚两种译法,本书以后将只用‘偏倚’)表征,就是“系统误差”(这是传统用语,但不科学);分散用方差(或标准差)表征,就是“随机误差”。表征测量数据质量的主要是偏倚和方差这两大统计特性。它们综合起来就是测量不确定度,即通常所说的测量误差。所以,测量数据质量问题,就是测量误差问题。测量误差是由误差源产生的,在统计技术中把一切偏离期望都统称变异(Variation),也译成“变差”。变差特指定量,变异为泛指,包含定性、定量,所以,在以后的讨论中,很少再用“误差”一词,而广泛应用“变差”。

绝大部分变差都是不希望有的,唯一例外的是,当被测特性变化所引起的变差是有用的,而且越灵敏越好时。管理一个测量系统的工作重点是监视和控制变差。否则,难以获得高质量数据。如果测量数据的质量很差,不能接受,必须改进,但通常不是改进数据本身,而是通过改进测量系统来完成的。

1.1.2 有关测量的几个术语定义

测量:赋值给具体事物以表示它们之间关于特定特性的关系。

测量过程:赋值过程定义为测量过程,所赋之值定义为测量值。根据这个定义,应将测量过程看成一个制造过程,其产品就是数据。这种看法非常有用,因为它允许我们接受那些早已在统计过程控制领域中证明十分有用的所有概念、原理和工具,将其用于测量系统分析。

测量系统:用来对被测特性赋值的操作、程序、测量设备、软件、以及有关人员的集合;或者说用以获取测量结果(数据)的整个过程。由于测量系统分析应用于生产环境,通常总是伴随生产过程,所以(生产)过程范围(相当过程能力)成为这个测量系统的重要部分。

量具:经常用来特指用于车间任何获取测量结果(数据)的装置。

1.1.3 适用范围

本书主要参考 QS-9000 配套手册,阐述的基本原理和方法尽管通用任何测量系统,但主要用于工业界的测量系统,特别适合整个汽车工业,焦点是每个产品能重复读数的测量系统(破坏性测量就不是这样!)。为了含义直观明确,往往又用“零件”代替“产品”。在没有特别声明的情况下,都默认为计量型测量系统。介绍的方法基本、典型、实用,适合我国相应人群学习和应用。

1.2 测量系统的统计特性

1.2.1 理想的测量系统与现实的测量系统

一个理想的测量系统在每次使用时,都应只产生“正确”的测量结果,即与被测“真值”相符。这样理想的测量系统的以下三个统计特性:偏倚、方差和对产品错误分类概率都应该为零。但实际上理想的测量系统是不存在的,现实测量系统的三个统计特性都不会等于零。应当指出,前两个特性是最基本的,错误分类概率是相对某个分类“限”而言,这是传统的“目标柱”思维方式,用于日常检验。见图 1.1。

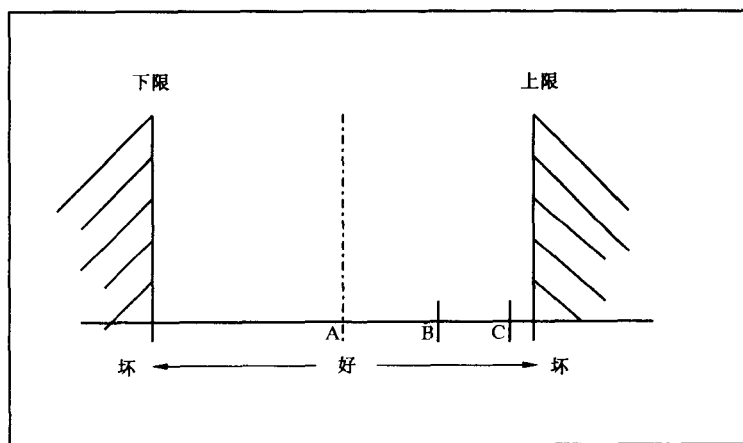


图 1.1 “目标柱”思维方式

图 1.1 中 A、B、C 处的零件都一样“好”，合格，接收。

1.2.2 测量系统与测量数据的统计特性

测量数据是测量系统的输出,即测量系统工作(即测量过程)的结果。生产过程的重要统计特性是用产品特性数据的统计特性来描述的。如同生产过程与产品一样,测量系统的重要统计特性是用测量数据的统计特性(如偏倚和方差,两者综合构成测量结果的不确定度)来描述的。测量系统的质量和测量数据的质量也存在类似的关系。一个测量系统的质量,经常仅仅用其测得数据的统计特性来确定。其它特性,如成本、使用方便程度等虽然也很重要,但是,确定一个测量系统质量的正是其测得数据的统计特性。这也和用产品特性的统计特性表

征产品质量,用产品质量表征其制造系统(过程)质量一样。

1.2.3 不同用途要求不同的统计特性

测量数据的用途如同产品功能一样重要,一个偏倚、方差都很小的坐标测量机,其测得的数据对分析一个制造过程可能十分有用,但在辨别好坏产品方面,错误分类的概率可能很大而不能接受。

如图 1.2(原理见本书 2.4 节“量具特性曲线(GPC)”)所示:虚线和实线分别代表两个测量系统,且方差一样,但偏倚不一样(一个为 0,一个为 δ),错误分类概率(简称错分率)就不一样。如紧靠分类限的好产品:

偏倚为 0 的测量系统,有约 50% 的概率判为坏产品;

偏倚为 δ 的测量系统,判为坏产品的概率要小得多。

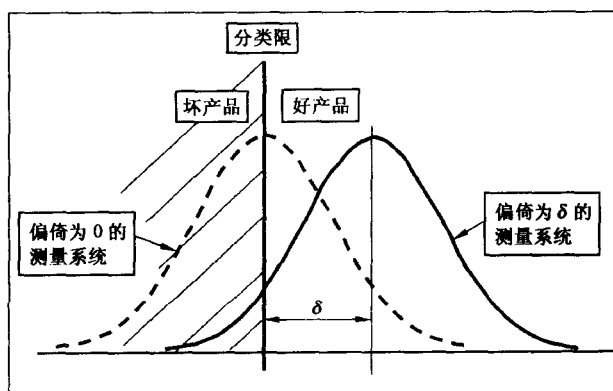


图 1.2 错分率与统计特性有关

1.2.4 管理层的责任

管理层有责任识别最终使用最重要的统计特性,并确保用那些统计特性作为选用一个测量系统的基础。

1.2.5 测量系统共有的统计特性

依据用途,每个测量系统可能要求具备不同的统计特性,但以下几个特性应是所有的测量系统所共有的:

1) 测量系统必须处于统计控制(又称统计稳定性,后面将详细讨论)中,这意味着测量系统中的变异只能由普通原因而不是由特殊原因造成;

2) 测量系统的变差必须小于制造过程的变差及容差;

3) 测量系统的随机变差(即后面要详细讨论的量具 R&R)必须小于过程变差和公差带两者中最小者,一般为其 1/10。

1.3 测量标准及传递

1.3.1 测量标准

将测量从标准传递到其它测量系统的程序称为“校准”程序(即计量检定规程)。测量标准和传递测量程序同等重要。传递是通过一个传递等级体系进行的,目的是使其它测量系统与它产生的测量结果一致(可溯源)。可溯源性对减少组织与顾客因测量结果不一致所产生的矛盾特别有用,可溯源标准是消除由测量结果不一致引起矛盾的有效手段。确定测量系统的偏倚要使用可溯源标准;执行破坏性测量的测量系统要使用可溯源标准。一般地,不使用可溯源标准时确定一个测量系统的准确度是困难的,破坏性测量尤其如此。但对某些以重复性为主要矛盾的测量系统可以例外。

1.3.2 标准传递(按精度)等级体系

美国的标准传递等级体系如表 1.1:

表 1.1

等级和递等路线	拥有者	备 注
国家标准 ↓	国家标准机构	制标、行政执法等
一级标准 ↓	企业等	经常为公司拥有,故又称公司标准。由其计量部门保持和使用。
二级标准 ↓		
工作标准	车间	由生产人员保持,又称生产标准。

我国情况大体与之相同,最主要的差别在“工作标准”。在美国,工作标准又称生产标准,通常用来校准生产中建立的测量系统,并由公司的生产部门而不是计量部门(保持和使用公司标准)保持和使用。一般来说,越是远离国家标准的标准,就越耐环境变化、越经济、越容易保持,但这些优点是以降低精度为代价的。在生产中,评定测量系统通常要用到工作标准。我国基本没有开展生产中测量系统分析工作,仅由计量部门对车间量具进行定期校准、维修而已。

1.3.3 基准值与测量标准

基准值(Reference Value):同意作为比较基准的一个数值。与基准值同义使用的术语有:标准值;标准测量值;参考值;指定值;惯用值;惯用真值;接受值;接受基准值;最佳估计值。

可见,标准值和标准测量值是测量标准所提供的量值,而基准值含义更广。如有时将多次测量平均值当作基准值。