

质量检验和监督教材丛书

最新质量统计 技术及其应用

机械电子工业部质量安全司 编

机械工业出版社

106.3

质量检验和监督教材丛书

最新质量统计技术及其应用

机械电子工业部质量安全司 编



机械工业出版社

(京)新登字054号

内 容 简 介

本书是《机械工业质量检验和质量监督人员培训教材》的补充教材,适于质量检验和质量监督及质量管理工程技术人员培训用。

本书是按GB/T10300标准所推荐的统计方法体系编写的,主要内容有统计概论、显著性检验、方差分析与回归分析、试验设计、质量控制图与累积和技术、统计抽样检查以及风险分析与安全性评价的理论及其应用方法。在阐述理论时举了大量实例,通俗易懂。

最新质量统计技术及其应用

机械电子工业部质量安全司 编

*

责任编辑:张保勤 版式设计:霍永明

封面设计:郭景云 责任校对:宁秀娥

责任印制:王国光

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₃₂·印张13¹/₄·字数 289 千字

1992年12月北京第1版·1992年12月北京第1次印刷

印数 0 001—7 160·定价:7.00元

*

ISBN 7-111-03435-X/TM·456

质量检验和监督教材丛书编委会

主 编 曹仿颐

副主编 阎育镇 梁国明 孟庆茂 任志康

编 委 (按姓氏笔画为序)

于克顺	马金孚	王化仁	王春元
牛景隆	艾金兰	叶琳生	刘金波
刘 蔚	李文台	李瑞根	严庆泉
余伟苓	邱 柏	杨 浚	沈庆海
陈祖义	张怀琛	张 恬	张鸿钧
何 悌	林宝和	周纪芾	周国铨
姜士俊	姚光辉	胡乐松	饶孝权
袁世龙	钱嘉贤	徐永泉	倪步高
倪国良	唐星华	陶 伟	梁铁山
盛宝忠	曾宪铮	谢佑夏	蒋鸿章
	傅建华	蔡梅英	

前 言

从1990年初,机械行业用《机械工业质量检验和质量监督人员培训教材》(原国家机械工业委员会质量安全监督司编)对质量检验和质量监督人员进行了基础知识培训,这是一次有领导、有组织、有计划的培训工作,对提高质量检验和质量监督队伍的素质取得了良好效果。

为了进一步提高质量检验人员的技能,1990年本部在《机械工业企业检验工作暂行条例》中规定:“质量检验人员必须经过培训考核,证明其胜任工作后方可发给检验操作合格证和质量检验印章。无证不能上岗”。1992年本部在《机械工业企业质量检验机构基本条件(指导性文件)》中重申了这一规定。根据这些规定,各企业在安排和招收质量检验技术人员时,除必须具备机械技术人员所需的理论知识和操作技能外,还必须用本教材进行质量统计理论知识的培训考核,经培训考核合格后方可录用;对已在工作岗位上的质量检验技术人员,也必须用本教材进行再培训考核,以进一步提高他们的技术水平。与这套教材同时出版的《机械工业质量检验员手册》,可供各工种检查工在工作中随时查阅。

本书由盛宝忠编写,其他编写人员还有周纪芾、向悌、倪国良和杨浚。在编写中,尽管做了很大努力,但肯定还有不妥之处,希望教师和学员提出指正意见,以便再版时更正。

机械电子工业部质量安全司

1992年1月

目 录

前言

第一章 统计概论	1
第一节 统计的基本要求	1
一、统计的基本观点	1
二、统计方法的基本原则	2
三、统计方法若干要点	3
第二节 数据的整理和分析	5
一、鉴别数据	5
二、数值的修约	9
三、数据的分类与收集	10
四、数据的整理	13
第三节 常用的几个统计特征数	20
一、平均数 $\bar{x}$	20
二、中位数 $\tilde{x}$	21
三、众数	22
四、样本的方差和标准差及总体的标准差	22
五、极差 R	24
六、变异系数	24
思考题	25
第二章 显著性检验	26
第一节 概述	26
一、数理统计	26
二、抽样分布	26
第二节 假设检验	34

一、含义	34
二、分类	35
三、原理和方法与步骤	36
四、显著性结果与显著性水平	39
五、两种错误	40
六、单侧检验与双侧检验	41
第三节 参数检验	42
一、概述	42
二、显著性检验	42
三、显著差检验	45
第四节 非参数检验	53
一、概述	53
二、符号检验法	54
三、秩和检验法	56
思考题	57
第三章 方差分析和回归分析	59
第一节 方差分析的基本思想	59
第二节 单因素试验的方差分析	62
一、方差分析的步骤	62
二、未知参数的估计	66
三、各水平重复试验次数不相等时的方差分析	69
四、单因素方差分析的线性模型	71
第三节 多重比较	73
一、T法	74
二、线性对比	75
三、S法	76
四、T法和S法的比较	77
第四节 双因素试验的方差分析	78
一、双因素无重复试验的方差分析	78
二、双因素等重复试验的方差分析	83

第五节 应用方差分析时应注意的问题	90
一、样本大小 m 要取得适当	90
二、试验的随机误差 σ 不应太大	91
三、要注意方差分析假设的三个条件是否满足	91
四、方差分析中常用的数据变换	91
五、异常值的处理	92
六、三个因素或更多因素试验的方差分析	92
第六节 一元线性回归分析	92
一、一元线性回归分析	94
二、回归问题的方差分析	96
三、预测问题	99
四、控制问题	99
五、有重复试验的一元回归	101
六、化曲线回归为直线回归的问题	103
第七节 多元线性回归分析	103
一、二元线性回归方程的求法	103
二、多元线性回归方程	106
三、多元线性回归的方差分析	107
四、利用多元线性回归方程进行预测和控制	108
五、可以化为多元线性回归的问题	108
第八节 变量的筛选	109
一、求最优回归子集法	109
二、前进法	109
三、后退法	110
四、逐步回归分析法	110
第九节 逐步回归分析	111
一、概述	111
二、用初等方法做逐步回归分析的具体步骤	111
三、计算能否引入回归方程的第二个变量	112
四、用求解求逆紧凑变换法做逐步回归分析	113

思考题	123
第四章 试验设计	125
第一节 析因试验与因素分析	125
一、试验设计的基本概念与记号	126
二、析因试验的数据分析	127
第二节 正交设计	133
一、正交表简介	134
二、无交互作用情况下的试验设计与分析	136
三、有交互作用情况下的试验设计与分析	143
四、有重复试验的情况	148
五、水平数不等情况下的试验设计	155
第三节 三次设计	165
一、简介	165
二、稳定性参数设计	170
三、动态特性的参数设计	187
四、容差设计简介	191
第四节 响应曲面方法	193
一、简介	193
二、一次回归的正交设计	194
三、快速登高法	197
四、二次回归的中心组合设计	201
思考题	209
第五章 质量控制图与累积和技术	211
第一节 常规控制图	211
一、常规控制图的分类和主要用途	211
二、控制图的构成	213
三、控制图的基本原理和控制界限	214
四、计量值控制图与计数值控制图的比较	215
五、判别准则	216

六、应用举例	217
七、控制图的两类错误	233
第二节 累积和控制图概述	233
一、平均链长	235
二、两类累积和	236
三、累积和控制图的绘制	238
四、累积和图的判定规则	240
五、累积和控制图的特点	243
第三节 计数型累积和控制图	244
一、计数型累积和图的坐标系及参数	245
二、累积和图参数的确定	246
三、过程质量的局部平均水平的估计	251
四、使用累积和图的程序	253
第四节 计量型累积和控制图	254
一、样本均值累积和控制图	254
二、累积和图的理论基础简介	261
三、样本极差或标准差的累积和图	264
思考题	270
第六章 统计抽样检验	273
第一节 概述	273
一、检验	273
二、全数检验	274
三、抽样检验	275
四、检验方法的选择	276
五、抽验注意要点	277
六、抽验方案的分类	277
第二节 计数抽验概念	278
一、抽验方案类型	278
二、抽验方案的操作特性	281

三、百分比抽验的不合理性	287
第三节 计数抽验方案	287
一、方案设计准则与方案类型	287
二、计数调整型抽验方案	288
三、计数连续型抽验方案	306
思考题	315
第七章 风险分析与安全性评价	316
第一节 概述	316
一、风险	316
二、风险分析	317
三、风险管理	318
第二节 风险辨识	320
一、概述	320
二、分析方法	320
三、专家调查法	322
四、幕景分析法	323
第三节 风险估计	325
一、概述	325
二、主观估计的量化	326
三、概率树	327
四、蒙特卡洛法	328
第四节 风险的评价与决策	331
一、风险评价	331
二、风险型决策	333
三、不确定型决策	338
第五节 安全性评价基本概念	343
一、安全工程学	343
二、安全性评价	343
三、评价标准	345
第六节 安全性评价方法	351

一、新项目的安全性评审	351
二、安全系统管理有效性评价	357
三、行为的安全性评价	362
四、生产设备安全可靠性的评价	365
思考题	385
附表	387

第一章 统计概论

第一节 统计的基本要求

一、统计的基本观点

随着市场经济的发展，对质量提出了更高的要求，不仅要进行一般的定性管理，而且也要进行定量分析。造成质量离散的原因主要是人、机、料、法、环五大因素，其中任何一种因素的变动都会引起质量的变化，从而造成了一定的离散度存在。这些离散可以叫做误差，它们并非完全无规律可循，而是服从某种规律的。伴随这种离散的量叫做随机变量，因此，利用随机变量的分布特征，就可把握其中内在的规律。所以说统计的观点就是应用质量变化进行分析的观点。

现代专业化大生产，每天产量往往数以万计，面对产量巨大的生产如何才能保证质量呢？旧的办法是用大量的检验人员对产品进行全数检查，这显然是不很经济且较落后的办法，特别是对于破坏性的检验更是不可能的。在产品生产的全过程中，能否及时发现不良征兆，发出警报，以确保产品质量符合标准或规定的要求呢？能否从影响产品质量的众多因素中找出主要因素，并及时进行控制呢？根据生产实际所积累的数据，能否对设计参数和工艺参数进行优选，以保证达到较好的效果呢？实践证明：质量统计方法不仅仅能用在生产后，也能用在生产过程中和生产前。统计方法是质量管

理的眼睛，能为提高产品质量、降低成本、优选设计参数及工艺参数服务。所谓统计质量管理，就是由数据说话，用统计方法处理过的统计数字来表明管理结果。事实上，产品质量反映在数据的波动上，现代质量管理的技巧，主要在于数据的分析与处理。

二、统计方法的基本原则

统计方法的基本原则可归纳为“四要”。

1. 要用数据说话

一切用数据说话是我们工作的基本观点。质量检验部门在第一线工作，能直接获得有关产品质量情况的大量信息和数据，数据应是客观实际的反映，质量统计就是按照这些数据来进行分析、做出判断并采取措施的，所以数据一定要正确、可靠，虚假的数据不但无用反而有害。

2. 要有目的地收集数据

我们应该有目的地收集各种数据。收集数据的目的是了解产品质量现状；用于分析产生质量问题的原因、工序控制、设计、工艺参数的调整和质量等级评定等。然后对数据进行科学的整理，用数据揭示出质量的统计特征，对生产状况、各类参数及质量情况做出正确的判断，这样就能运用较优参数的组合，主动、及时地掌握生产过程中的质量动态，有效地预防产品质量问题的重复发生，正确地部署并指挥生产。

3. 要掌握数据的来源

掌握数据来源的目的是使数据具有可追溯性，能够方便、准确地追溯产品生产过程中的质量状况、操作者和检验者等情况，以载负更多的信息，便于分析与决策。对来历不明的数据要查清楚，并做好完整的记录。

4. 要整理数据

原始数据是各式各样的，它是质量波动的客观反映。但只有经过整理，才能把隐含在数据中的内在分布规律显示出来。因此，必须认真整理数据。

三、统计方法若干要点

1. 统计规律性

统计的研究对象是有多种可能结果的事物。质量特征很多就是有多种可能结果的事物，比如一批产品中合格品，也有不合格品，任取一件产品来检验就有“合格品”或“不合格品”这两种可能。一个圆形零件的外径尺寸的可能结果就更多了，对这类有多种可能结果的事物，要通过一次检验就来预测个别事物的结果是不可能的。但是当我们从一次检验转到大数检验时，情况就完全改变了，大数检验的平均结果却表现出明显的规律性，比如在正常生产的条件下，不合格品的频率总是稳定在一个数值的附近。因此，一批产品中的不合格品数是可以预测的，我们称这种规律为大数规律或统计规律，它构成统计的经验基础。

2. 随机抽样

统计工作一般可分为：描述数据、分析数据和进行预测三类。这三类工作都是从研究对象的全体中抽取一部分进行检验所得数据为依据的，我们称研究对象的全体为总体，其中每一个元素为个体，所抽得的一部分个体为样本。抽样最重要的一点是要求样本能代表总体。随机抽样就是一个较好的办法。当然也并不是万无一失的。所谓随机抽样是指总体中的每个个体，均有同等被抽取可能的一种抽样方法。抽样时必须保证方法的随机性，从而保证样本的代表性。其中一法称为抽签法，把总体中的每个个体编上一个号码，再把这

些号码写在签条上，每张签条一个号码，放入袋内充分搅拌后任意地抽取一张，记下号码，把签条放回袋中，充分搅拌再抽一张……，等到抽满 n 张为止。然后从总体选出那些签条相同号码的个体，这样就得到一个随机样本。目前较简便而又客观的随机抽取方法是利用随机数表（附表一）来进行抽样的。

3. 统计推断的两类错误

凭借样本来推断总体，即用研究对象中的局部来推断全体，因样本毕竟来自于总体，具有相当的代表性，因而其推断结论一般说来是可靠的。但是既然是样本，一则因其为局部，代表性有限；二则由于抽样的随机性，因此，用样本来推断总体不可避免地会犯错误。以抽验为例，凡将合格批判为不合格批而被拒收，称为第Ⅰ类错误。由于它对生产方不利，所以称犯第Ⅰ类错误的概率为生产方风险，其以 α 记之；凡将不合格批判为合格批而被接受称为第Ⅱ类错误。由于它对使用方不利，所以称犯第Ⅱ类错误的概率为使用方风险，其以 β 记之。两类错误在统计推断中总是不可避免的，但能控制。

4. 质量管理中的数据必须处于控制状态

产品质量之所以有变异，原因众多。从形成机理上不外乎是两大类原因。一类称系统原因，其造成的误差称系统误差，波动属异常波动。这种误差或波动的特点是：波动幅度大，且有明显的方向性，因此，这类原因造成的波动是可以识别的，因而不允许其存在，必须予以排除。另一类称随机原因，由其造成的误差称随机误差，波动属正常波动。其特点是波动幅度小且无方向性，但却遵循一定的规律。采取措施虽可降低随机波动的幅度，但却不能消灭。因此，随机波

动允许在公差范围内波动。要使产品质量在一个较长时期内能够保持稳定，在统计上必须使观测数据处于控制状态。所谓控制状态就是在影响质量的诸因素中不允许有造成异常波动的系统原因存在。因此，在工序控制中的质量控制图就是一种用于鉴别工序中是否有系统原因存在的统计工具。

要使质量统计真正有效，必须掌握上述四个要点。

第二节 数据的整理和分析

一、鉴别数据

1. 数据的误差

如前所述，对原始数据必须做科学的整理和分析，以去粗存精、去伪存真，找出数据所蕴含的变化规律，可为质量的控制提供有用的信息。但是由于数据往往要受各种因素的影响，所以搜集来的数据不可能绝对精确，数据与其真值之间必然存在一些误差。这些误差按其形成原因的性质可分为三类。

(1) 系统误差 在偏离预先规定条件时或由于观测方法所引起的因素，按照某种确定规律而造成的误差，称为系统误差。如检验指导书的不同，测量方法的变化，仪器、操作和试剂的误差，这变化不是偶然的，而带有普遍性。其可分：

1) 定值系统误差 其中可分已定系统误差和未定系统误差。

2) 变值系统误差 其中可分周期性系统误差、累积性系统误差和按照复杂规律变化的系统误差。

(2) 随机误差 在相同的条件下，对同一个被检验物进行重复检验，误差的绝对值和符号以不可预定方式变化的