

质量管理中的试验设计方法

ZHI LIANG

GUAN LI

CONG SHU

质量管理丛书



中国质量管理协会 编

北京理工大学出版社

质量管理中的试验设计方法

张绍镛 主编
张绍镛 严圣武 韩之俊 编著
于庆魁 主审

北京理工大学出版社

(京)新登字149号

内 容 简 介

本书是中国质量管理协会主持编写的《质量管理丛书》的一个分册,介绍质量管理中的试验设计方法。全书力求面向企业、注重实效、开拓思想、促进创新。整个内容包括六章。第一章概论,介绍质量管理与试验设计的关系,试验设计的概念、类型和正交表。第二章论述正交试验设计的基本方法。第三章论述正交试验的灵活应用及正交多项式。第四章论述三次设计。第五章论述调优运算的试验设计。第六章论述优选法。

本书服务于深化质量管理,可作为企业质量管理人员、工程技术人员的培训教材,亦可作为高等院校工业管理工程专业质量管理课或试验设计课的教材和参考书。

质量管理中的试验设计方法

中国质量管理协会 编

北京理工大学出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

地质出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 10.375印张 232千字

1991年10月第一版 1991年10月第一次印刷

ISBN 7-81013-436-1/C·26

印数: 1—11000册

定价: 5.15元

质量管理丛书编审委员会名单

- 主任:** 盛树仁 (国家计委副主任、中国质协副理事长、高级经济师)
- 顾问:** 宋季文 (中国质协理事长)
岳志坚 (中国质协顾问)
林少宫 (华中理工大学教授)
沈思聪 (中国人民大学教授)
- 副主任:** 玄 锐 (中国质协副理事长、高级工程师)
张贵华 (中国质协副秘书长、高级经济师)
朱玉龙 (国家技术监督局综合计划司司长、高级工程师)
杨文士 (中国人民大学教授)
严圣武 (北京理工大学教授)
罗国英 (中国质协副秘书长、高级工程师)
〔常务副主任: 杨文士、严圣武、罗国英〕
- 编委:** (按姓氏笔划为序)
玄 锐 (中国质协副理事长、高级工程师)
朱玉龙 (国家技术监督局综合计划司司长、高级工程师)
刘光庭 (清华大学副教授)
刘建生 (西安矿业学院副教授)
严圣武 (北京理工大学教授)
李为柱 (708所科技委主任、高级工程师)

- 余美芬 (中国质协研究部部长、高级工程师)
- 陈炳权 (同济大学教授)
- 沈 阳 (北京市质协培训部部长、工程师)
- 张贵华 (中国质协副秘书长、高级经济师)
- 张绍镛 (内蒙古工学院副教授)
- 杨文士 (中国人民大学教授)
- 罗国英 (中国质协副秘书长、高级工程师)
- 罗笃常 (西安冶金建筑学院副教授)
- 林修齐 (上海市技术监督局宣教处副处长、高级工程师)
- 金广林 (吉林工业大学教授)
- 金同颢 (机械质协培训部部长、工程师)
- 茆诗松 (华东师范大学教授)
- 梁乃刚 (东北工学院副教授)
- 钱仲侯 (北方交通大学教授)
- 盛树仁 (国家计委副主任、中国质协副理事长、高级经济师)

前 言

质量管理丛书，现在开始出版发行了。以丛书的形式编辑出版质量管理方面的著作，这在我国还是第一次。值此出版发行之际，我想说一点不成熟的意见，供读者参阅。

—

党的十一届三中全会以来，我们贯彻执行改革开放的总方针，已经十年了。同我国其他各项事业一样，十年来，质量管理事业也取得了很大的进步。就从这部丛书来看，十年前我们无论如何是编不出来的；现在能够这样做，它反映出：在改革开放的指引和推动下，随着质量管理在我国的广泛开展和不断强化，随着这方面实践的逐步深入，把质量管理作为一种专门学问来看待，我们的知识逐步丰富起来了，我们对质量管理的认识逐步深化了。

产品质量问题，是经济建设的一个战略问题；对工业企业来说，质量就是生命，这个道理，现在大家都是承认的。问题在于，究竟怎样才能做到确保产品质量和不断提高产品质量呢？除了在技术上必须大力推动企业技术进步以外，在管理上还必须相应采取什么措施呢？为了回答这个问题，十年来，我们进行了广泛的探索，付出了艰苦的努力。实践证明，建立现代工业，不仅需要现代技术，而且需要现代管理。就质量管理而言，全面质量管理就是现代的质量管理。在我国现代化建设中，为了确保产品质量和不断提高产品质

量，推行全面质量管理是一条必由之路。

我国推行全面质量管理，始于70年代末期。当时，一批先行者在接受了这种新知识以后，立即率先在企业中试行，一些企业不久就取得了比较明显的效果。在这些成功事例的影响和推动下，全面质量管理的推行工作迅速扩展开来。

“六五”期间，由少数工业企业到多数工业企业，由工业的个别行业到各行各业，由工业企业到交通运输企业，由工交企业到建筑、商业企业，全面质量管理在全国范围内开展起来了。这种情况说明，经过实践，全面质量管理的科学性、实用性和有效性，已逐步得到了广泛的确认，全面质量管理已开始在我国扎下了根子。在此基础上，原国家经委1986年决定，“七五”期间，要在全国所有大中型工业企业中普遍推行全面质量管理；并按此逐年制定了实施规划。目前，这项工作仍在继续进行中，进展情况总的说来是好的。

应当着重指出，全面质量管理的推行工作之所以能收到如此效果，一条重要的经验就是：教育必须先行，必须坚持一贯。产品质量的形成有它自己的规律；如何通过加强管理来确保质量和提高质量，也有它自己的规律。特别是，随着现代科学技术和现代工业的飞速发展，形成产品质量的因素愈来愈复杂，质量管理也就相应复杂起来。在这样的情况下，要想取得推行工作的成功，不学习是绝对不行的；不仅要学习基础知识，而且要坚持不懈地学习新知识，才能适应推行工作的需要。正因为如此，值此全面质量管理推行十年之际，我们认为，在十年实践的基础上，编辑出版一套质量管理丛书，对于总结经验，推动学习，促进全面质量管理的继续深入发展，加快各行各业发展品种提高质量的步伐，将是很有意义的。

前面说过，现代科学技术和现代工业的飞速发展，使得质量管理愈来愈复杂。为了加强质量管理，不仅需要掌握各种学科的知识，而且需要把这些知识有机结合起来，以利系统地解决确保质量和促进质量提高的各种复杂问题。这次编辑出版这套丛书，就是把质量管理所需的各种知识加以汇集的一种尝试。虽然还不能说我们的认识已十分成熟，也不能说把质量管理作为一门科学我们已形成了自己的学术体系，但十年的实践确使我们积累了丰富的经验和增长了多方面的知识，编写这样一套丛书的条件，应当说已基本具备了。

这套丛书，经多方征求意见和反复研究，初步确定暂由二十一种书组成。为了使读者在总体上有一个比较清晰的轮廓，这些书可以大致归并为以下几类：一是综合论述类的书有三种，即《质量管理概论》、《质量体系》和《宏观质量管理》；二是过程管理类的书有五种，即《方针目标管理》、《产品开发设计的质量管理》、《生产制造的质量管理》、《采购供应的质量管理》和《销售服务的质量管理》；三是管理技术类的书有六种，即《质量特性的试验设计》、《可靠性》、《统计工序控制》、《质量数据的统计分析》、《质量评定与定量化》和《质量信息管理》；四是专业管理类的书有五种，即《质量成本》、《质量审核》、《质量检验》、《质量监督》和《质量改进》；五是专门论著，有两种，即《质量法制》和《质量心理》。毋庸讳言，以上编写方案，虽经反复研究，仍是不够全面完善的。好在丛书的编辑出版有一个过程；上述各书既是整个丛书相互关联的一个组成部分，同时又具有相对的独立性，在出版过程中，如发现重大疏漏或明显不妥之处，还可及时作些

调整增减。

还需说明，这套丛书，着重考虑了它的普遍适用性，没有编入专门论述各个行业的质量管理论著。这类论著的重要性是不言而喻的，因为不同行业无论在技术上或管理上都有不同的特点，都需要从各自的特点出发在加强质量管理上有所侧重；总的道理是一致的，但具体实施时又小有差别甚至差别很大，比如机械工业企业和化学工业企业在推行全面质量管理时的具体做法就是很不相同的。近年来，这类专著已出版不少，在此基础上，我们希望各行各业继续努力，编辑出版一些在理论上实践上都更加成熟的具有更高水平的专著。

三

这套论述质量管理的丛书，其本身的质量如何，我想读者一定是十分关心的。作为编者，我们能够向读者报告的是：这个问题从一开始就提上了编写工作的重要议程，并且自始至终地予以重视。我们认为，如果论述质量管理的书不讲质量，编写质量管理丛书不讲质量管理，那对质量管理工

作就会是一个不小的讽刺。当然，尽管我们对丛书质量是重视的，也认真采取了一些保证质量的措施，但由于编者水平有限，对作为一套丛书的如此众多书籍的质量保证措施也较难十分严密，加之实践还正在发展，许多新问题还有待探索、总结、回答，因此，如果读者能作出这样的评价：这套丛书是力求理论上的科学性并尽可能集中反映十年实践经验的，它已达到一定的质量水平，但还需继续努力创造出更高的水平，我们就十分满意了。我们希望丛书和读者见面以后，能够得到学者、专家、企业家和广大质量工作者的指教，促使

我们进一步完善这套丛书，并依靠大家的智慧和共同努力，逐步形成我国自己的质量管理的学术体系，有力推进质量管理事业的发展，更好地为社会主义现代化建设服务。

盛树仁

一九八九年七月

编者的话

本书是中国质量管理协会教育及普及工作委员会主持编写的《质量管理丛书》的一个分册。编写大纲经丛书编委会审定通过。第一章和第三章由严圣武教授编写，第二章、第五章和第六章由张绍镛副教授编写，第四章由韩之俊副教授编写，全书由张绍镛主编并总纂，于庆魁教授负责主审。

试验设计是以概率论、数理统计为理论基础，经济地、科学地安排试验的一种通用技术。试验设计在专业固有技术和工业管理领域有着广泛的应用价值，为优化管理决策、优化设计开辟了新的途径。

现代质量管理重视统计的思考方法。美国质量管理专家W. E戴明博士认为：“所谓统计质量管理是指为了最经济地生产十分有价值、在市场上畅销的产品，要在生产的所有阶段使用统计方法。”质量管理基本思想之一是着眼于预防，而预防决然离不开统计分析工具。工业企业的生产活动，质量问题客观存在，从生产技术和开发角度而言，要求质量管理不断的有所转移。世界各国质量管理专家普遍认为：一般产品的设计质量约占全部质量问题的50—70%。质量管理的重点正在按下述方式不断的转移：即由检验型质量管理→现场型质量管理→设计开发型质量管理。在产品质量管理中重视设计、开发，广泛应用试验设计技术，这是一些国家经济快速发展的重要原因之一。

企业在实施产品开发性质量管理时，涉及到：开发什么

产品？产品应具备什么质量特性？影响质量特性的因素是什么？这些问题可归结为多因素分析问题。即哪些因素与设想方案的目标关系密切？哪些因素仅引起目标值的偶然波动？

工业企业管理工作涉及的系统容量如此之大，研究对象涉及的因素如此之多，因素之间的作用交错复杂。实际工作者仅仅依靠直觉经验与专业技术知识是不能正确判断，作出科学决策的。

从质量管理的角度看，许多问题涉及技术革新、工艺改革、产品开发设计与科学试验等开发性领域。人们希望能找到一种实证的方式进行正确判断。实践证明，试验设计是实现这些要求的通用技术。或者说，试验设计是通过试验的方法以提高获得信息效率的一种通用的技术。

试验设计早在1920年就由英国著名统计学家R. A费歇尔发展起来。他在农业试验的统计工作中，对高产小麦品种遗传的研究作出统计证明。他抛弃了传统的逐一因素依次实验法，采用多元配置法对不同因素的每一种水平组合进行试验。再用方差分析评价因素对目标的影响。1925年他在《研究工作中的统计方法》一书中称这种方法为“试验设计”。事实上，他所谓的“试验设计”当因素和水平增加时，导致试验次数剧增，使试验周期长、成本上升，甚至根本无法实施试验。

40年代D. J芬尼提出多因素试验的部分实施方法，奠定了现代试验设计的基础。

50年代初，日本电讯研究所（ECL）以田口玄一博士为首的一批研究人员，接受了研究和开发新产品的任务，以改进产品和系统质量、提高生产率。他们在费歇尔多元配置法试验设计的基础上开发正交试验设计技术，应用一套规格化

的正交表来安排试验；采用程序化的计算方法来分析试验结果。由于这种设计方法试验次数少，分析简便，重复性好，可靠性高，适应性强，因而在日本得到迅速普及。1957年，田口在《实验设计法》一书中又提出了信噪比（SN比）实验设计，以解决产品设计中的动态特性和稳定性问题。这为试验设计充实了新内容，为工业产品的优化设计开辟了新的途径。与此同时，G. E博克斯和J. S亨特尔在1959年提出了调优运算的试验设计，实现了生产过程的动态优化。在化工、石油部门取得了显著效果。1977年田口博士又提出了设计质量管理技术的“三次设计法”(Design of experiment three Subject)，为企业产品开发研究过程中的质量与成本问题的协调及其试验设计技术提供了系统的方法。该法的主要技术手段就是灵活使用SN比实验法进行试验设计，充分利用产品或系统中存在的非线性效应，取得了高质量、低成本的综合效果。在此基础上80年代田口博士又编著了《质量工程学》丛书。

由于质量管理作为提高企业素质、取得经济效益的现代化管理科学技术在国内外大力推行，试验设计也正在工业各行业广泛应用，成为设计、开发质量管理和优化的重要技术手段。本书以面向企业、注重实效、开拓思路、促进创新的指导思想、按照“博采众长、融合提炼、以我为主、自成一家”的方针，学术上力求赶上国内外先进潮流；方法上注重可操作性；案例选择上注重启发性。希望能与读者一起，共同为建立具有中国特色的质量管理科学体系，发展科学技术，振兴我国经济而尽力。

目 录

第一章 概论

第一节 质量管理与试验	(1)
第二节 试验设计综述	(4)
一、试验设计基本概念及常用术语	(4)
二、试验设计的基本类型	(11)
第三节 正交表	(22)
一、正交性	(22)
二、正交表	(26)
三、点线图	(28)

第二章 正交试验设计的基本方法

第一节 正交试验的直观分析	(32)
一、单指标的正交试验设计	(32)
二、多指标的正交试验设计	(39)
三、混合型正交试验设计	(47)
四、具有交互作用的正交试验设计	(51)
第二节 方差分析	(60)
一、常用统计量及其计算	(61)
二、单因素方差分析	(67)
三、双因素方差分析	(80)
第三节 正交试验的方差分析	(94)
一、基本原理	(95)
二、正交试验方差分析的几种情况	(104)

第三章 正交试验设计的灵活应用

第一节 常用的灵活运用方法	(120)
一、并列法	(120)
二、拟水平法	(124)
三、组合法	(125)
四、分割法	(131)
五、拟因素法	(144)
六、直和法	(161)
第二节 正交多项式及其应用	(168)
一、正交多项式	(168)
二、切比雪夫正交函数的正交多项式	(172)
三、应用举例	(176)

第四章 三次设计

第一节 概述	(183)
一、什么叫三次设计	(183)
二、质量波动及干扰源	(185)
三、质量损失函数	(187)
四、质量因素与质量特性值	(190)
第二节 望目特性的参数设计	(194)
一、望目特性的SN比	(194)
二、气动换向装置的参数设计(内、外表法)	(196)
三、电感电路的参数设计(综合误差因素法)	(204)
第三节 望小、望大特性的参数设计	(210)
一、望小特性的损失函数与SN比	(210)
二、钛合金磨削工艺参数的优化设计	(214)
三、望大特性的损失函数与SN比	(219)
四、胀裂剂生产工艺参数的优化设计	(221)

第四节 动态特性的参数设计	(226)
一、动态特性SN比的定义.....	(226)
二、SN比的估算.....	(226)
三、印染工艺参数的优化设计	(232)
四、汽车操纵特性的优化设计	(238)
第五节 容差设计	(246)
一、容差的决定方法.....	(246)
二、单因素容差设计.....	(252)
三、多因素容差设计.....	(259)

第五章 调优运算的试验设计

第一节 概述	(266)
第二节 调优运算试验设计的思路和步骤	(267)
一、试验设计的思路.....	(267)
二、调优运算试验设计的步骤.....	(267)
第三节 二因素调优运算的试验设计计算	(270)
一、平均值计算.....	(272)
二、效应的计算.....	(275)
三、标准差的计算.....	(276)
四、误差限的计算.....	(279)
第四节 三因素调优运算的试验设计	(282)
一、试验条件及试验设计过程.....	(282)
二、数据的计算.....	(284)

第六章 优选法

第一节 概述	(295)
第二节 单因素优选法	(296)
一、平分法.....	(296)
二、黄金分割法.....	(297)

三、分数法.....	(300)
四、抛物线法	(301)
五、分批试验法.....	(303)
第三节 多因素优选法.....	(304)
一、纵横对折法.....	(304)
二、平行线法.....	(307)
三、等高线法.....	(309)
四、陡度法.....	(312)
参考文献	(313)