

全面质量管理总览 下

理论与应用

全面质量管理总览

——理论与应用（下）

〔日〕新版质量管理便览编辑委员会 编

杨启善 韩 勤 高凤林 译
鲍仲平 王 义 白 光

中国标准出版社

内 容 提 要

本书是质量管理及标准化方面的大型专著，又可作为培训有关工作中、高级人员的系统教材。它由日本著名的55位专家、学者集体编写，曾荣获日本经济质量管理文献奖，日本人称誉它给企业经营带来了新的活力。

本书论述了质量管理的历史、现状及方向；指出了各类人员对产品质量应承担的责任；明确了企业各项业务和生产活动与标准化的关系。详细介绍了统计方法、实验设计和数理这三个技术领域；对管理图法及抽样检查法作为重点论述，这些都是质量管理与标准化工作中，不可缺少的方法和手段。它对企业引进并推行全面质量管理时可能遇到的问题，给予明确而科学的回答，并指出了在质量管理中使用电子计算机的必要性与方法。此外还概要地论述了可靠性技术的主要内容及与质量管理的关系。附录中列出的近60年来质量管理大事记，对研究质量管理和标准化的近代史及日本取得成功的经验，有较大参考价值。

本书主要读者对象为从事质量管理及标准化工作的科研、教育和实际工作者；也可供高等院校及中等专业学校的理工科及经营管理专业师生参考，有些章节也很适合各级领导干部阅读。

新 版 品 质 管 理 便 览

日本规格协会 1984

全面质量管理总览

——理论与应用（下）

〔日〕新版质量管理便览编辑委员会 编

杨启善 韩 勤 高凤林 译
鲍仲平 王 义 白 光

责任编辑 汤一玄

中国标准出版社出版
(北京复外三里河)

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

版权专有 不得翻印

开本 880×1230 1/16 印张 43 字数 1 297 000

1990年5月第一版 1990年5月第一次印刷

ISBN7-5066-0118-4/TB·037

印数 1—5,000 定价 21.60 元

标 目 130—3

目 录

7. 实验设计法

〔编辑：奥野忠一〕

7.1 基本事项	(2)
7.1.1 工厂中的实验设计法 (赤尾洋二)	(2)
7.1.1.1 实验设计法	(2)
7.1.1.2 实验中采用的特性值	(4)
7.1.1.3 因果分析图	(6)
7.1.1.4 因素与水平的选定	(8)
7.1.1.5 实验的管理	(11)
7.1.1.6 实验设计的各种方法	(12)
7.1.1.7 工厂实验的实施	(13)
7.1.2 考虑方法与基本设计 (鷲尾泰俊)	(13)
7.1.2.1 实验设计法的基本考虑	(13)
7.1.2.2 单因素实验	(17)
7.1.2.3 二因素实验 (二元配置)	(34)
7.1.2.4 三个以上因素时的因素实验 (多元配置)	(46)
7.1.3 因素设计与列联法 (嶋田正三)	(49)
7.1.3.1 主效果与交互作用	(49)
7.1.3.2 2^k 设计	(53)
7.1.3.3 二因素因素设计	(56)
7.1.3.4 三因素因素设计	(62)
7.1.3.5 列联法	(63)
7.1.3.6 二方列联法	(69)
7.1.4 利用正交表的实验设计 (奥野忠一, 芳贺敏郎)	(74)
7.1.4.1 利用正交表进行设计的必要性	(74)
7.1.4.2 正交表的性质及其利用	(75)
7.1.4.3 2^k 型正交表的应用——标准型	(80)
7.1.4.4 2^k 型正交表的应用——特殊的处理	(96)
7.1.4.5 3^k 型正交表的应用	(103)
7.1.5 用于探索响应曲面的设计 (川崎浩二郎)	(111)
7.1.5.1 响应曲面探索法	(111)
7.1.5.2 选优法 (EVOP)	(120)
7.1.6 非完备型设计 (広津千尋)	(122)
7.1.6.1 非完备型	(122)
7.1.6.2 均衡型非完备区块设计 (BIB) 的构成	(123)
7.1.6.3 BIB的分析 (区块内分析)	(123)
7.2 不同对象的设计	(135)
7.2.1 生产现场的实验设计 (赤尾洋二)	(135)
7.2.1.1 生产现场与实验设计	(135)
7.2.1.2 在生产现场中采用的实验设计方法	(137)

7.2.1.3 在生产中的实验	(140)
7.2.2 研究与设计部门中的实验设计(正交表在设计计算和回归分析中的应用)(田口玄一)	(142)
7.2.2.1 概要	(142)
7.2.2.2 响应分析及其一例	(143)
7.2.2.3 实验回归分析(多变量序贯近似法)	(150)
7.2.2.4 进行实验的情形	(156)
7.2.3 评价离散的实验设计(藤森利美)	(158)
7.2.3.1 离散的表示方法	(158)
7.2.3.2 用于求离散的实验设计	(159)
7.2.3.3 评价测量方法的实验设计	(165)
7.2.4 用于感官检查的实验设计(佐藤 信)	(178)
7.2.4.1 感官检查的特点与实验设计	(178)
7.2.4.2 感官检查的心理误差与概率化、均衡设计	(178)
7.2.4.3 随机区块法和特别拉丁方	(180)
7.2.4.4 序贯检验法的应用	(182)
7.2.4.5 均衡非完备型设计	(183)
7.2.4.6 完备-非完备型复合设计	(185)
7.2.4.7 一对比较法	(185)
7.2.4.8 中心复合设计	(187)
7.2.4.9 个人差的处理方法	(188)
7.2.5 用于生物检验的实验设计(柏力 木)	(189)
7.2.5.1 生物检验的含义	(189)
7.2.5.2 S形曲线的线性变换	(190)
7.2.5.3 依据对数曲线进行的总体参数估计	(190)
7.2.5.4 数值示例1 最优法与最小对数单位 χ^2 法的比较	(194)
7.2.5.5 数值示例2 相对能力的测量	(198)
7.2.6 用于寿命检验的实验设计(竹内 啓)	(200)
7.2.6.1 寿命的基本分布	(200)
7.2.6.2 关于指数分布的估计	(201)
7.2.6.3 截尾试验	(201)
7.2.6.4 关于威布尔分布的估计	(202)
7.2.6.5 几个寿命分布的比较	(203)
7.2.6.6 二元配置的情形	(205)
7.2.6.7 更复杂的情形	(206)
7.2.7 在市场研究中的实验设计(後藤秀夫)	(206)
7.2.7.1 市场研究	(206)
7.2.7.2 观察法与实验法	(207)
7.2.7.3 用于确定市场的试验	(207)
7.2.7.4 实验方法类型	(207)
7.2.7.5 实验方法中的问题(之一)	(208)
7.2.7.6 实验方法中的问题(之二)	(209)
7.2.7.7 实验设计法的应用示例	(210)
7.2.7.8 完全随机化法, 随机区块法	(210)
7.2.7.9 拉丁方法	(211)

7.2.7.10	因素设计法	(212)
7.2.7.11	协方差分析法	(213)
7.2.7.12	均衡型非完备区块设计	(214)
7.3	专论	(215)
7.3.1	实验设计模型问题	(竹内 啓) (215)
7.3.2	检验能力与稳固性	(広津千尋) (227)
7.3.3	计数值与分类值的分析	(竹内 啓) (237)
7.3.4	多重比较与多重决定方式	(広津千尋) (255)

8. 可靠性

[编辑: 茅野健・真壁肇]

8.1	可靠性的考虑方法	(茅野 健) (272)
8.1.1	质量保证	(272)
8.1.2	从质量保证到可靠性保证	(272)
8.1.3	损害可靠性的因素	(273)
8.1.4	如何把可靠性保持在规定值以上	(274)
8.1.5	可靠性工程的新领域	(274)
8.2	可靠性的统计方法	(真壁 肇) (275)
8.2.1	可靠性数据及其应用	(275)
8.2.2	寿命分布与失效率	(276)
8.2.3	寿命分布及其性质	(279)
8.2.4	失效率及其估计和检验	(282)
8.2.5	威布尔分布和威布尔概率纸	(287)
8.2.6	系统分析	(295)
8.2.7	利用寿命试验的抽样检查	(296)
8.3	可靠性实施方法	(塩見 弘) (298)
8.3.1	数据的搜集与分析	(298)
8.3.2	可靠性设计	(301)
8.3.3	可靠性试验	(309)
8.3.4	制造与可靠性	(311)
8.3.5	服务、使用、维修	(312)
8.4	可靠性管理的考虑方法	(塩見 弘) (312)
8.4.1	可靠性管理的必要性	(312)
8.4.2	可靠性管理的特征	(313)
8.4.3	可靠性管理的实施	(314)
8.4.4	可靠性程序	(317)

9. 实施方法

[编辑: 石川 馨]

9.1	概论	(石川 馨) (322)
9.1.1	绪言	(322)
9.1.2	日本的质量管理历史与特征	(322)
9.1.3	什么是管理	(326)
9.2	全面质量管理的推进	(久米 均) (332)

9.2.1	全面质量管理的两种观点	(332)
9.2.2	质量管理的组织	(333)
9.2.3	质量管理的长远规划	(335)
9.2.4	推进全面质量管理的有关问题	(342)
9.3	工程分析	(中里博明) (344)
9.3.1	工程分析的思想	(344)
9.3.2	工程分析所用的统计方法	(344)
9.3.3	工程分析的进行方法	(349)
9.3.4	工程分析的思想准备	(352)
9.4	工程管理	(大場興一) (352)
9.4.1	工程管理概要	(352)
9.4.2	工程管理的计划	(354)
9.4.3	工程管理的实施	(362)
9.5	质量保证	(狩野纪昭) (371)
9.5.1	质量保证观点的发展	(371)
9.5.2	质量保证的定义	(373)
9.5.3	产品出厂前的质量保证活动	(375)
9.5.4	产品出厂后的质量保证活动	(386)
9.5.5	质量保证部门的任务	(389)
9.6	采购管理	(池澤辰夫) (390)
9.6.1	什么是采购	(390)
9.6.2	采购活动的重要性	(390)
9.6.3	采购管理的领域与机能	(391)
9.6.4	买卖之间质量管理十原则	(391)
9.6.5	采购方针	(397)
9.6.6	供货厂的选择	(398)
9.6.7	合同条款的明确化	(399)
9.6.8	质量管理规范	(399)
9.6.9	对供应方的分级	(402)
9.6.10	供应方的质量保证判断	(403)
9.7	新产品开发与质量管理	(清水祥一) (409)
9.7.1	新产品开发的意义	(409)
9.7.2	新产品开发的管理	(411)
9.7.3	质量设计与工程设计	(415)
9.7.4	向正式生产销售体制的过渡	(419)
9.7.5	新产品开发中的质量评价	(420)
9.8	质量管理小组活动	(中里博明) (421)
9.8.1	什么是质量管理 (QC) 小组	(421)
9.8.2	质量管理小组的历史	(421)
9.8.3	质量管理小组活动的目的	(422)
9.8.4	质量管理小组活动的引进	(422)
9.8.5	质量管理小组活动的进行方法	(424)

10. 质量管理与计算机

〔编辑: 芳贺敏郎〕

10.1 质量管理系统与计算机	(久米 均)	(440)
10.1.1 质量信息系统		(440)
10.1.2 设计部门的质量信息系统		(440)
10.1.3 制造、检验部门的质量信息系统		(451)
10.1.4 市场质量信息		(457)
10.2 数据分析与计算机	(芳贺敏郎)	(462)
10.2.1 使用计算机的问题		(462)
10.2.2 基本统计量和直方图		(463)
10.2.3 多元配置数据的分析		(467)
10.2.4 正交表数据的分析		(473)
10.2.5 重回归分析		(478)
10.2.6 模拟		(484)

11. 数 理

〔编辑: 森口繁一〕

11.1 数据的整理	(吉沢 正)	(492)
11.1.1 频数分布		(492)
11.1.2 分布特征的数量性描述		(494)
11.1.3 数值示例		(496)
11.1.4 二维数据		(498)
11.2 概率分布论	(户田英雄)	(501)
11.2.1 概率论基础		(502)
11.2.2 分布类型的描述		(505)
11.2.3 离散型分布		(508)
11.2.4 连续分布		(511)
11.2.5 各种分布之间的关系		(523)
11.2.6 二维正态分布		(524)
11.2.7 正态模拟随机数的发生法		(526)
11.3 样品分布论	(橘本茂司)	(528)
11.3.1 样品平均值的分布		(528)
11.3.2 中位值的分布		(531)
11.3.3 平方和、无偏方差的分布		(533)
11.3.4 平均偏差的分布		(535)
11.3.5 极差的分布		(536)
11.3.6 平均平方比(方差比)的分布		(538)
11.3.7 学生氏 t 分布		(538)
11.3.8 相关系数的分布		(539)
11.3.9 变量变换的理论		(541)
11.4 推测论	(小林竜一)	(543)
11.4.1 统计性假设检验		(543)
11.4.2 统计性估计		(546)

11.5	χ^2 检验的理论	(小林竜一)	(549)
11.6	最小二乘法	(伏見正則)	(551)
11.6.1	直线的配置		(551)
11.6.2	一般情况		(553)
11.6.3	最小二乘估计的精度		(554)
11.6.4	正交多项式的利用		(557)
11.7	回归分析的原理	(矢島敬二)	(559)
11.7.1	回归分析的步骤		(559)
11.7.2	残差的研究		(562)
11.7.3	含有分层因素的回归分析		(563)
11.7.4	变量的选择		(563)
11.8	相关分析原理	(矢島敬二)	(564)
11.8.1	散布图与相关系数		(564)
11.8.2	二维正态分布		(565)
11.9	方差分析原理	(田栗正章)	(567)
11.9.1	方差分析的考虑方法		(567)
11.9.2	一元配置		(569)
11.9.3	二元配置(无重复时)		(576)
11.9.4	二元配置(有重复时)		(581)
11.9.5	三元配置(无重复时)		(587)
11.9.6	拉丁方配置		(591)
11.9.7	因假定的错误产生的影响		(593)
11.9.8	有漏测值时的处理		(595)
11.9.9	总体参数模型与变量模型		(595)
11.10	协方差分析原理	(矢島敬二)	(599)
11.10.1	一元配置协方差分析		(600)
11.10.2	二元配置协方差分析		(602)

12. 附 录

12.1	附表	(奥野忠一, 芳贺敏郎)	(604)
12.2	质量管理年表	(藤田 董)	(631)
12.3	参考文献(略)	(日本标准协会)	(646)
12.4	质量管理名词术语 JIS Z 8101—1981	(日本标准协会)	(646)

实验设计法

7 实验设计法

7.1 基本事项

7.1.1 工厂中的实验设计法

7.1.1.1 实验设计法

(1) **何谓实验设计法** 作为客观掌握因果关系的手段,在研究室中历来就重视开展“实验”。在工厂的生产现场中,为了分析工程因素对最终产品或中间制品特性值的影响,大都是在操作状态保持不变的前提下,改变几个特定条件来进行实验。不论哪种情况,实验数据中,必然伴随有误差。这是因为在实验中,除控制的条件外,还有许多对实验结果产生影响的因素,而这些因素又难以完全控制。应当考虑到,作为这些因素导致的微小误差的集成,在同一条件下所获得的数据也将会产生离散,因而就伴有误差。

实验设计法就是在这种情况下,为适应下列各种要求而开发的一种方法。

① 为了能够从伴有误差的数据引出正确的结论,如何处理才恰当。

② 同时提出多种因素进行工厂实验时,将因实验次数大大增加而难于实现,那么,究竟有没有高效率的实验方法。

③ 把过去的信息或种种技术性信息作为基础,并同时考虑到经济性时,是否存在有能够判断某种实验设计为最佳的标准。

上述的每一个要求,目的皆为,在一定费用条件下,尽可能地获得效率好和数量多的信息量。然而,却几乎都未涉及到关于从实验中应当得到的信息的质量。应当结合科学及固有技术知识来研究有关质量。实验设计法由费希尔(R.A.Fisher)创始,从二十年代起,主要用于农业实验,而在第二次世界大战后,被广泛应用于工厂实验方面,并取得了大量的成果。

(2) **实验的目的** 质量管理的最终目标,就是面向用户开展的最终产品的质量保证。为此,必须明确其保证的质量特性。与此同时,为了对下道工序做出保证,需要分别明确影响最终特性的各工序的中间管理特性。质量管理的建立,考虑了如下几方面,即在各工序中所获得的特性值,不是停留在保证完满地符合其质量基准值(标准值),而是要确实抓住对这些特性值产生影响的各種工程因素,通过对这些因素做适当控制,以便在工程中,使每道工序都达到质量标准,并由此实现对下道工序的保证。

为此,重要的是要客观地掌握原因与结果之间的关系,强调要根据数据来进行管理。所以,在工程管理或分析中,需要有多种技巧。在其他章节中,主要提出了日常获得的数据的分析方法。而在本章中,则专门说明由实验结果所得数据的分析方法,以及为了达到实验的目的设计高效率实验的方法。

工厂中进行的实验,系指在对产品或半成品目标质量或成本等特性值产生影响的诸原因中,取出某些原因,并人为地使其条件发生变动的实验。此时,取出来的原因称之为**因素**,用符号A, B, C, …表示,而选定的条件则称为因素的**水平**,用 $A_1, A_2, A_3, \dots$ 和 $B_1, B_2, B_3, \dots$ 等符号表示。

(3) **检验与估计的必要性** 比如在影响某种化学合成过程中,产品收率的各种原因中,把添加剂的量作为因素,并按2%, 4%, 6%和8%四个水平变动,来考虑在各水平上,各自重复三次合成实验的情况。由实验结果得到的收率(%)数据,如表7.1及图7.1所示。

表 7.1 一元配置法的数据

重 复	A_1	A_2	A_3	A_4
1	80	79	86	73
2	77	80	69	76
3	65	90	82	67
平均值	74	83	79	72

在图 7.1 中似乎可以看出有二次曲线的倾向, 即伴随添加剂量的逐渐增加, 收率在添加剂量为 4% 左右时达到最高, 再增加添加剂, 收率反倒减小。由于在同一条件下的三个数据都相当离散, 因而不能马上断定有二次曲线的倾向。

另外, 收率高的 A_2 , A_3 的平均值, 分别为 $\bar{y}_2 = 83.0\%$, $\bar{y}_3 = 79.0\%$, 表面看来, A_2 的收率为最高, 但仅此还不能把作业标准由 A_3 变为 A_2 。

考虑到在同一水平上, 所得到的数据也会存在这类差异, 因而重新实施与此相同设计的实验, 数据的数值也会变得完全不同, $\bar{y}_2$, $\bar{y}_3$ 同样会发生变化, A_2 的收率也许变得低于 A_3 的收率。由于今后仍将继续制造, 因此要把 A_2 与 A_3 视作是在长远观察到的平均, 并且必须根据收率高这一点来做出决定。

若在每个水平上进一步多次实验, 就可形成如图 7.2 所示的收率分布。它被视为是在每个水平上的总体的分布。如果得到了这种结果, 则可了解到, 在总体平均值上, A_2 的比 A_3 的大, 可见以采用 A_2 为宜。

但是, 为了能根据表 7.1 的数据本身判定是否如此, 就应当采用如下检验方法。此外, 还需要有只根据数据就能估计 A_2 与 A_3 的收率上有多大差别的方法。在实际上, 为了取得条件变更的效应, 还应考虑到技术问题或经济性。

如果在实验中, 采纳的因素数目为 2 个以上, 就必须考虑各个因素水平的平均效果, 以及二个因素水平的组合效果, 而且其实验方法与结果的解释方法亦就变得愈复杂。人类的感觉对一维的变化是敏锐的, 然而在多因素组合中, 必须在多维性上进行判断时, 则能力不佳, 在这种情况下, 实验设计的各种方法却有助于做到明确迅速的判断。

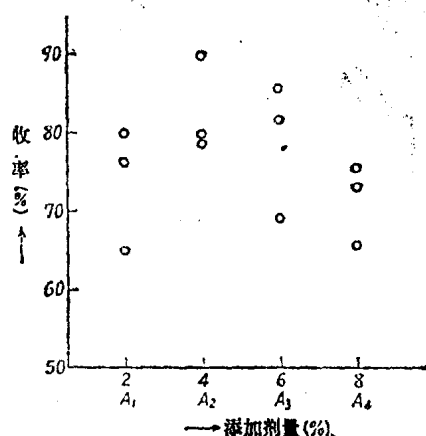


图 7.1

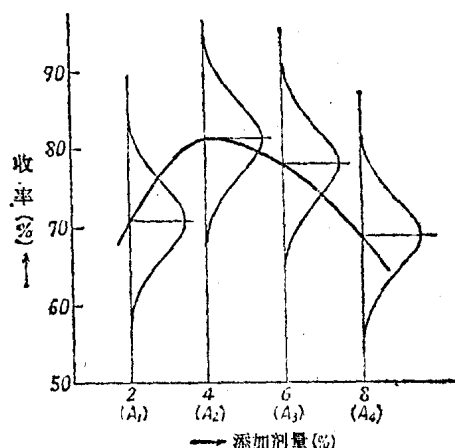


图 7.2

(4) 随机化 图 7.1 的实验, 可以看成为一天实验一个水平, 共计连续进行 4 天实验。如果是不熟练的实验人员, 开始时可能不会很好地控制条件, 而以后则会变好; 由于天气变化, 原料中的水分会发生改变, 所以也可能会使组成发生变化; 更长期继续进行实验, 反应炉的状态也会逐渐发生变化, 装入原料的品位也将改变。由这样的实验顺序导致环境条件发生系统性的变化, 就难以明确区分对应于添加剂量的收率变化, 则难以区分是由于添加剂量的不同引起的, 还是缘于环境条件的改变。在包含二个以上原因, 且又不能分开的情况下, 就称这二个原因存在着“**交错 (confounding)**”。

当不能避免环境条件的系统性变化时, 为了避开实验顺序与因素效果的交错, 就用骰子来决定实验从哪个水平开始, 即确定实验顺序。另外, 当在各水平上采用的原料批不同, 且批之间的差异又不能忽略时, 也用骰子来确定各个水平的分摊比。这样一来, 在必须分摊时间的顺序、空间的配置、原料批以及负责作业人员等时, 为了防止上述那些条件与已采纳的因素的效果的交错, 总是采取由骰子确定的这类**无人化即随机化 (randomization)**的操作。为此, 通常要利用随机数表或随机数器具。

工厂生产现场中发生的误差, 如上所述, 多数仍然不能看成是随机事件, 但是可以依靠随机化, 把

这些误差转换成偶然误差,并且假设其分布为随机分布。统计分析的各种方法,大都是在这种随机分布的假设上导出的,为了满足这种假设,就需要随机化。

另外,如表 7.1 所示的只选取 1 个因素,把各个水平重复 2 次以上,并把其全体进行随机化而进行的实验,被称为“一元配置法”。

(5) 从前的实验错误 在过去的实验中,经常发现错误,第一,由于没有进行(4)中说明的随机化而发生“交络”,从而不能得出正确的判断。此外,因为没有注意到实验误差,故而犯有采纳无效因素的第 1 种错误和漏过了有效因素的第 2 种错误。这二种情况都不少见。

第二,目的不明确,即使今天,所见到的工厂实验还只是为了获得信息,而没有把结果与行动联系起来。从实验经费来说这就是个损失,被视作是计划方面的失误。另外,由于工厂实验大都是横跨各个工序实施的,因而,以一个技术人员的主观意志开展实验,就会使因素的选择错误和失败的危险增大。以工厂内部组织为基础编组,树立质量管理的观点并与有关人员一起加以实施的方案,是有效果的。此时,就需要充分运用过去的经验或技术知识。

第三,在按照温度、时间、原料种类、配比以及成分等来选取多个因素进行实验时,如果按逐个因素进行一元配置实验,即每次使 1 个因素改变水平而其他因素的水平都保持不变,从而求出每个因素的最佳条件的这种作法,是不妥当的。当然,这时对没有二个因素的组合效果影响时是可行的,但是,在诸如温度 A 的效果随催化剂的种类而异的这类情况下,对每一个因素都进行一元配置实验,即使把由其结果所获得的最佳条件组合起来,也不能构成正确的最佳制造条件〔见 7.1.2.1 (1) (a)〕。

第四,在把实验水平进行外推,或者把研究、实验结果直接用于工厂的生产时,常常会出现将限定的条件直接加以扩展的错误。

第五,在实验的各个阶段中都存在有误差,因而由于没有充分考虑到这些误差而引起的错误还有很多。例如,在通过改变成分调查材料强度的实验中,出现有异常数据时,就只在同一配比条件下,重复进行测量,如果测量结果大体相同,就会错误地认为没有问题。这样做只不过是检验了测量误差,并没有检查配制样品阶段中的误差。由于样品的制作方法不当,故而不论如何重复进行测量,与真值之差也不会改变。

在工厂实验的情况下,在因素水平变更方面一般来说有难有易。此时,可以不使全体随机化,而是分成某些阶段加以随机化。在这种情况下,每个阶段上会出现大小不同的误差,如果对每个阶段的误差大小不做出评价判断的话,就不可能引出正确的结论。这种实验方法,称为列联法,以后将详细说明(见 7.1.3)。在以前的实验中,虽然按列联法进行的操作,但却未对这一问题加以注意,而且将误差总括起来进行评价的例子也相当多。

由于实验的场所与应用的场所有所不同,所以实验结果不能与现场的改善做到结合,这是个非常重要的问题。关于这一问题,将在后面进行讨论。

为了不犯以上几种错误,而对实验给出设计、实施、分析以及判断和行动等步骤的方法,就是实验设计法。

7.1.1.2 实验中采用的特性值

(1) 在工厂中获得的数据 在工厂中,到处都可以获取很多数据。这些数据系为与质量或工程相关的珍贵信息,特别有利于工程的维持或改善。这些数据可按如下分类:

① 用以往的方法取得的过去的现场数据。

② 为了便于分析,特别按日常作业的原状取得的数据(例如,分层获取,为调查工程能力的获取,等等)。

③ 新近按实验设计取得的数据(例如,变更日常条件取得的数据)。

在①、②的数据分析中,可采用通常的统计方法。在现场中常采用简便方法,但对于大量的数据来说,正在普及和运用由计算机进行处理的多变量分析方法。与①相比,②的信息量更多,可以发挥更大的作用。但由于在①、②的数据中,条件变化的范围狭窄,因而难以把它们与工程的重大改善结合在一起。

为了超出日常的变动范围来探求最佳条件,就必须掌握使条件实际变化时,对产品特性值的影响。在不仅为维持而且也为进一步改善工程,从而提高工程能力时,实验设计是特别有效的方法。在新产品或新工程的初期,由于条件本身大多系情况不明,所以运用实验设计法就会更加有效。

(2) 特性值的选择 在实验中应如何选择采用特性值,这是属于与7.1.1.1 (2)中叙述的实验目的直接相关的问题。在以往进行的实验中,多数是照搬过去习惯采用的特性值,然而正确的方法是应根据实验的目的来选择合适的特性值。在某道工序的制造方法研究中,不仅要取得该道工序的最终特性,而应当是把对后道工序的影响、与中间产品质量的关系以及包括与最终产品质量的关联等,都置于考虑之中。另一方面,当欲评价的产品质量确实难以测定或者费用太高时,还需要探求可由简易测量得到的代用特性。

一般来说,用户对产品所要求的功能与制造者能够具体做出保证的产品质量特性之间存在有距离,这就需要以某些方法把前者转换成后者。用于这一目的的可行方法之一,在日本提倡制作质量表。所谓质量表,就是把用户要求的功能依据价值分析(VA)的功能分析方法展开,并把这些功能与可能测量的质量特性(代用特性)用矩阵的形式加以对应,从而把要求功能转换成设计质量表。在明确形成的消费者要求功能之“树”与质量特性之“树”的相互关联点上,应标上标志。

在表7.2中示出了质量表之一例。根据表7.2可以一目了然地看出抗拉强度对用户的哪种要求或状况给出了保证。综合分析各种使用状况与要求功能,就可以规定抗拉强度至少应为多少 kg/cm^2 。

在旧版《品质管理便览》中,田口先生指出,“在制造研究之前,应当先行研究消费者希望的质量,如果先进行要求质量的研究,则将取什么做特性值的问题就不会困难。在日本的研究中,如果把制造的研究作为中心,就等于提供了日本是属于后进国的证据”。从这之后已经过了15年,在呼吁自主开发的今天,强调田口早已指出的观点,可以说是揭示了历史的必然性。

最终产品的质量特性,必须进一步与子系统或零部件的质量特性、工程要素、中间特性值等保持联系并加以展开,关于这一问题将在7.2.1中做出说明。如上所述,作为质量管理活动的一环,在工厂实验中采用的特性值必须选择与真正的质量直接相关的特性值,关于这一点极为重要。

选择特性值时的另一个观点是,要灵敏地反映工程的状态,并且测量误差的大小应适当。另外,从数据的分析角度出发,希望选择能够给予数据分析的效果以尽可能满足加法性的一类特性值。

表 7.2 质 量 表

要 求 质 量					代 用 特 性							
绞接式车篷…… 应能用于……,要求耐用……年					厚度	重量	抗拉 强度	伸长 率	撕裂 强度	耐揉 强度	耐折曲 疲劳性	… 其他
一 次	二 次		三 次									
1	保护乘客安全	11	不漏风雨	111	无破裂、孔洞 及龟裂							
				112	无针孔	○						
		12	在通道内无气 压变化	121	不透汽	○						
		13	即使受力也不 破裂	131	不因风压而破 坏		○	○	○			
				132	(因倚靠而产 生的)由内向外 挤压、冲撞也 不会破坏		○	○	○			
				133	起动、停止的 冲击也不会产 生破坏		○	○	○			

续表 7.2

要 求 质 量					代 用 特 性							
绞接式车篷… 应能用于……, 要求耐用…~…年					厚度	重量	抗拉 强度	伸长 率	撕裂 强度	耐揉 强度	耐折曲 疲劳性	… 其他
一 次	二 次	三 次										
1	保护乘客安全	14	不会发生火灾	141	不致因微弱火 种而失火							
2	易于缝制	21	易于翻转剪裁	211	不粘连							表面 粗糙 度
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮							
4	长期保持牢固	41	反复折曲 而不损坏	411	皮膜不会因为 折曲而产生龟 裂和孔洞					○		
						⋮ ± ⋮ mm	⋮ ± ⋮ g/m ²	纵向… kg/cm ² …以 上, 横向… kg/cm ² …以 上	纵向… 以 上, 横向… 以 上	纵向… 以 上, 横向… 以 上	…次… 无异常 …万次折 曲级… kg/cm ² 以上	

(3) 特性值的变换 作为特性值伴随误差的分布,通常设有正态性、等方差性以及独立性的假设。其中,所谓服从正态分布的假设也可以相当宽容,即使稍微偏离了正态,对于检验或估计的结果也不会产生过大影响(有稳固性)。关于等方差性假设,也是这样,如果重复次数相等,就认为没有什么问题。在重复数据的 R 超出管界限 $D, \bar{R}$ 而判断为处于失控状态时,可以按 7.1.1.5 (2) 所述方法进行处理。

即使是处于管理状态,在实验前有时也会明确预料到不成等方差性,此时可以预先把特性值进行变换。例如,如果取玻璃板厚度为因素对强度进行测量,则厚度大的玻璃的强度离散就大。这时,把强度做对数变换或平方根变换,就会趋近于不随板的厚度(水平)而变的等方差,在这种情况下,多数都近于正态分布。这样,在因平均值的大小导致方差变化时,可以考虑进行适当的变换。

(4) 中间特性值与辅助特性值 在对最终产品质量 y 产生影响的原因之中,在采用 A, B 等作为实验因素的情况下,有时希望弄清这些因素对中间特性值会产生何种影响,或与最终质量有什么关系。作为这种情况下的分析方法,有田口的逐次修正法(见 7.2.3.3)。

另一方面,如果原料中的某种特定成分随机发生变化,那么在分析 A, B 对 y 产生的影响时,这种变化就作为干扰项而加以采纳。为了消除由 α 产生的影响,而从 A, B 的效果引出更高精度的判定,有时也把 α 作为辅助特性予以利用。此时的分析方法被称为协方差分析法。例如,抗生素是把由器皿培养出的培养液中的抗生素加以精制而获得的物质,但其精制收率 y 受精制前的每个器皿中,抗生素的不同浓度的影响。因而,如果作为辅助测量值来测量这个 α , 并采用协方差分析法进行分析,就可以消除它的影响,从而更精确地评价因素 A, B 的效果。

此外,可以用一批原料进行 A, B 的全部组合的实验,而 A, B 的每一组合各用一批原料时,可以取批的品位作为辅助测量值。

7.1.1.3 因果分析图

(1) 特性值发生波动的各种原因 在工程中对质量特性产生影响的原因不计其数。作为例子,在图 7.3 中列出了影响钛酸钡陶瓷电容器质量特性(质量保证项目)的各种原因。

这样分解得出的原因称之为因素,其效果则称为因素效果。除这些因素之外,还有大约多达 2000 个。可是,由于这些因素不会全部都产生同样程度的影响,所以,只要找到对特性值波动影响率大的因

素，并将与其相关的因素水平的幅度控制在适当界限之内即可。

此时考虑一下形成产品的过程。在初期，对质量特性产生影响的各种原因尚不明确，应当根据科学技术方面的基础知识、文献情报、固有技术以及以往的经验等，对有关被认为会给出决定性影响的因素，依次反复进行基础实验、应用实验与试验。在这个阶段中，也可以采用实验设计法。

即使在形成产品之后的最初流通时期，还会有许多未知因素的影响。在研究之初就认为会产生较大影响的因素，在此时已被控制在具有适当幅度的条件之内，因而在这些原因的波动范围内，对最终特性的影响率将会很小。相反，迄今尚未注意的未知因素有时倒会给出很大影响。

在按某一确定制造条件进行的工程中，当各个因素发生具有某一幅度的波动时，如果把由此求得的各个因素的效果用对结果特性产生波动的影响率表示，凭经验得知，图 7.4 所示的巴列特原则就成立。

图 7.4 是某有机合成反应中，由利用正交表 $L_{16}(2^{15})$ 的实验得到的平方和按大小顺序排列表示的图表。在图中，把作业人员、氧化温度…等各个因素的主要效果（平均效果）用 K, C, … 一类符号表示，二个因素的组合效果（把其称为交互作用效果）用 $I \times J$ 一类符号表示。

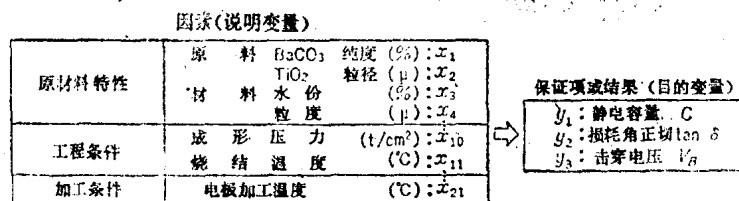


图 7.3

因为工厂实验的目的是要找到影响率大的若干因素，并对此制订出对策，所以，建议从一开始就画出已列举的认为是重要因素的因果分析图。

在列举因素时，需要注意到 6M，即 Man（人），Machine（机器），Material（材料），Method（方法）4M，以及 Measurement（测量），Management（管理）2M。

（2）因果分析图的分类 因果分析图指的是在有箭头的主干尖端标注特性、在分枝和小枝上标注因素的示意图。有时也把这种分析图按分类整理型、原因追究型与对策追究型加以分类。在图 7.5、图 7.6 中，示出了这些类型分析图示例。

在信息相当少的阶段或分析的初期阶段，要依靠有关人员的集体创造性思考分析共同提出因素，并对因素进行分类整理。把大类、小类在主干和小枝上对照分类的类型，称为**分类整理型**。工程差别或 4M、6M 均可供分类参考。

对原因积极进行追究分析的类型则为**原因追究型**。在实验设计法中，为提高收率或降低不合格品率，采用因果分析图也许最为适宜。在原因追究型上重新整理，也可得到分类整理型。

将分析重点放在对策上的类型即为**对策追究型**。在一开始就采用这种类型，有时并不适当。在没有明确查清原因之前就转向对策分析有时反倒会失败。如果经过分类整理→原因追究并通过数据分析，再进一步以此为基础开展对策追究分析，则这种类型将会起到重要作用。

因果分析图也可以分为分析用和管理用二种类型。图 7.5 和图 7.6 是属于分析用的因果分析图，而图 7.7 则是管理用因果分析图，它明确示出了管理项目或检验项目的相互关联。立足于改善分析结果的标准化与管理项目的明确化，至关重要。在因果分析图上应明确制成日期，经过一段时间即进行修订。

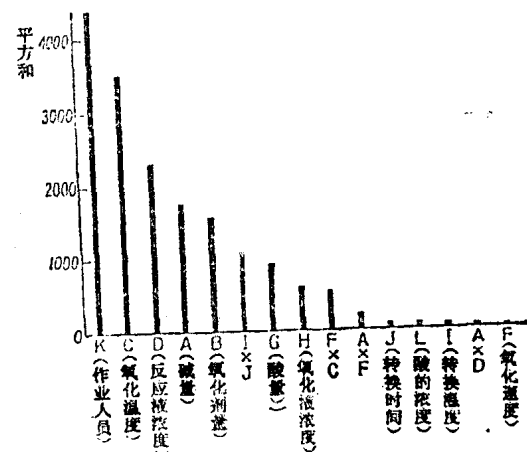


图 7.4

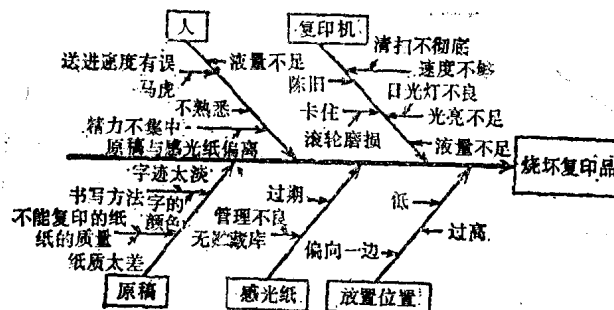
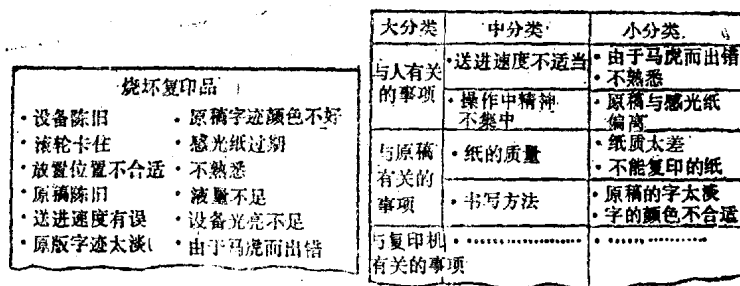


图 7.5 分类整理型

7.1.1.4 因素与水平的选定

无论在哪个实验中，实验成功与否，都取决于为进行比较而采纳的处理条件是否适宜。因此可以说，实验处理条件的选定是实验设计的最大重点。为此，应尽可能收集过去的经验或技术情报；此外，需要明确规定希望由实验求得什么，即应明确规定期待实验给出的信息内容。

下面，将从有效地获得信息的观点出发，说明关于处理条件的选定。被认为对最终特性值产生影响，并在实验中采用的原因称为**因素**，而因素取定的条件称为**水平**。因此，上述的课题就变成了因素与水平的选择问题。

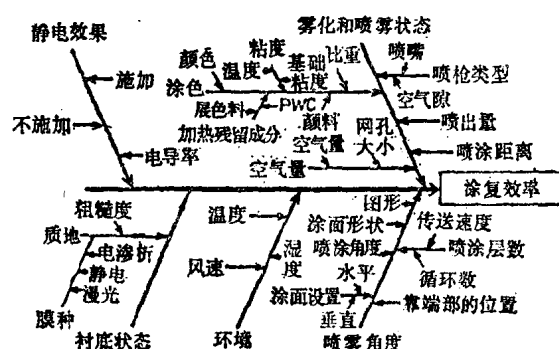


图 7.6 涂复效率因果分析图 (原因追求型)

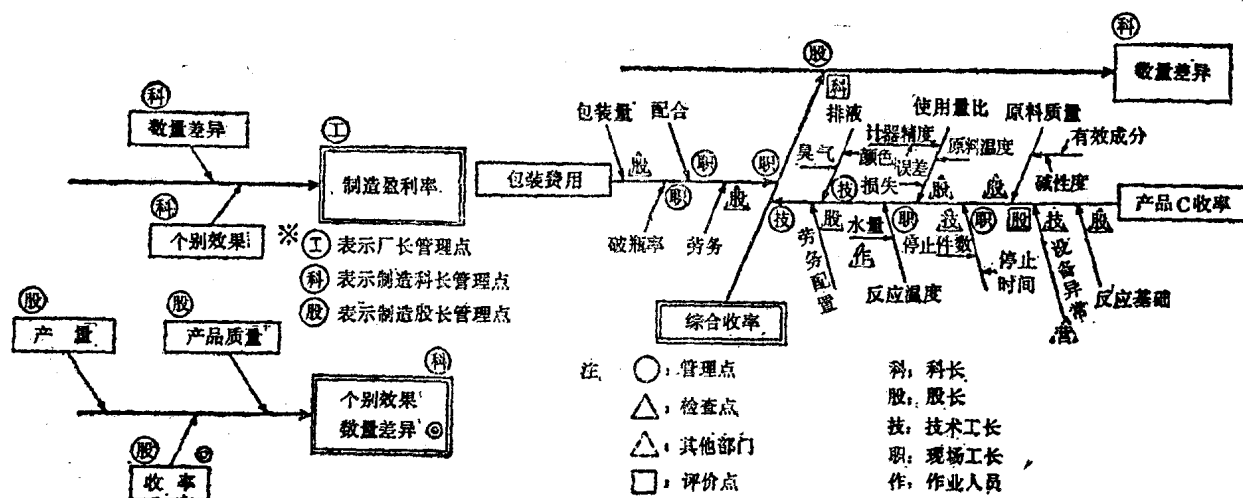


图 7.7 管理用因果分析图 (日本化学制药公司示例)