

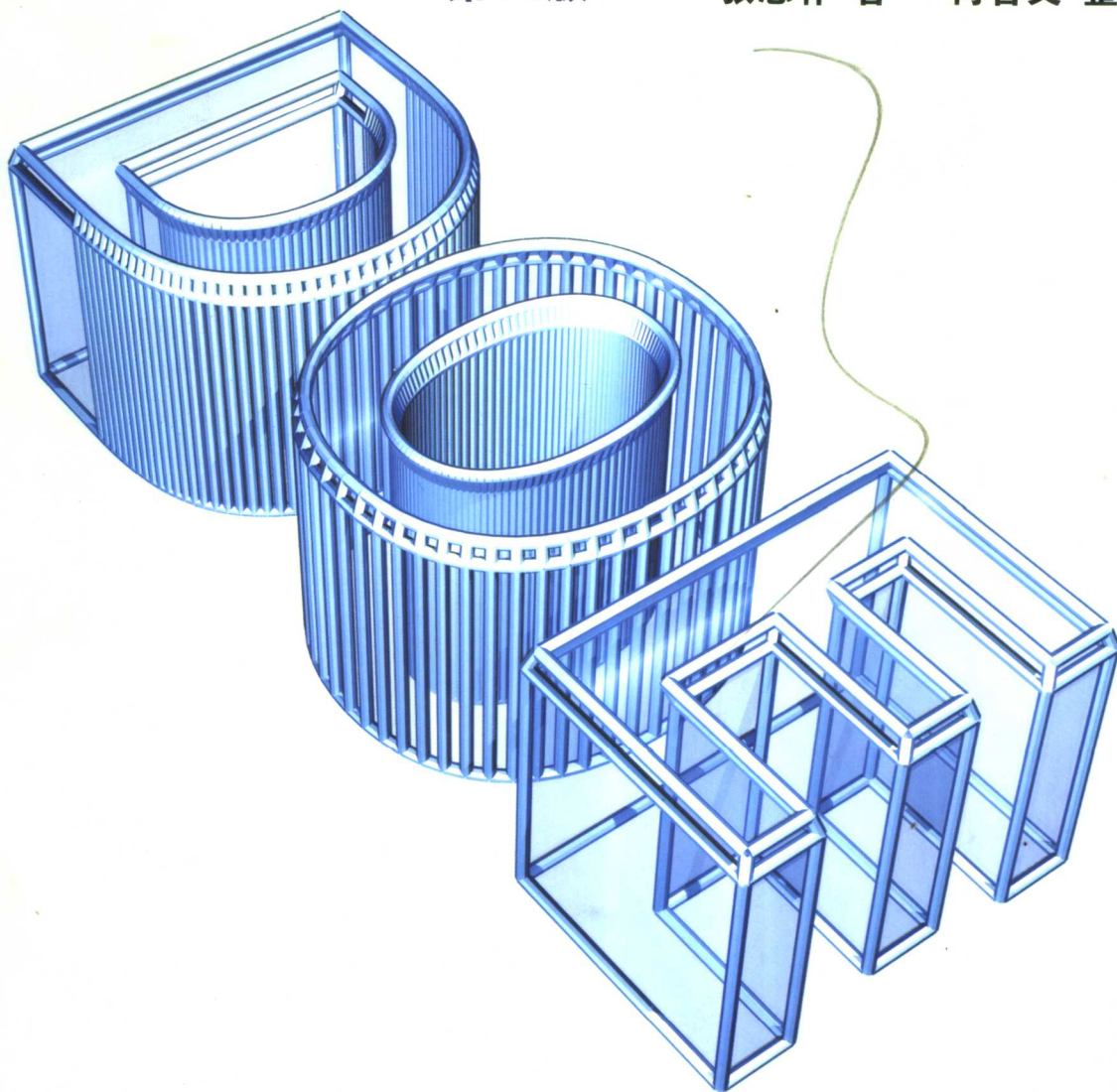
现场改善书系 1

实验设计 速学活用法

国内第一本 DOE 专著

第五版

张忠朴 著 何哲文 整理



广东省出版集团
广东经济出版社

现场改善书系 1

实验设计 速学活用法

国内第一本 DOE 专著

第五版

张忠朴 著 何哲文 整理

广东省出版集团
广东经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

实验设计速学活用法/张忠朴著,何哲文整理. — 广州:广东经济出版社, 2005.10

ISBN 7-80728-100-6

I. 实… II. ①张…②何… III. 试验设计 (生产管理)
IV. 0212.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 100510 号

出版发行	广东经济出版社 (广州市环市东路水荫路 11 号 5 楼)
经销	广东新华发行集团股份有限公司
印刷	广州市新怡印务有限公司 (广州市东圃大观中路 490 号)
开本	787 毫米 × 1092 毫米 1/16
印张	22 6 插页
字数	413 000 字
版次	2005 年 10 月第 1 版
印次	2005 年 10 月第 1 次
印数	1 ~ 5 000 册
书号	ISBN 7-80728-100-6/O·2
定价	78.00 元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与承印厂联系调换。

发行部地址:广州市合群一马路 111 号省图批 107 号

电话:(020) 83780718 83790316 邮政编码:510100

邮购地址:广州市越秀中路 125 号大院八号 邮政编码:510055

广东经济出版社读者服务有限公司 电话:(020) 83801011 83803689

网址:www.jj1234.com

• 版权所有 翻印必究 •

简体版修订五版序

1995 年寻智刚成立时，有幸与张忠朴老师共同参与一些企业界的 DOE (Design of Experiment, 实验设计法) 与 SPC 教学与辅导案。那时对我而言，实验设计法并非第一次接触，但实际见证 DOE 被速学活用在真实的改善案例中却是头一回。那时也在专题发表会上感受到学员因学习而活用的喜悦，同时也分享到学员因活用进而获得实质质量改善的成就。

成功的实验设计辅导教学案，必须有与学员产生共鸣的顾问，还有引人入胜独树一帜的讲义，皆是不可或缺的要害。依据《实验设计速学活用法》一书以往的修订历程，修订五版的时间点应该是在 2003 年，由于张忠朴老师的病逝，因此原先预定的修订时间也被迫无限期的延后。那时修订四版的书也已售罄，为了不让此书成为绝版，于是采用修订四版加印方式以先行满足读者的需求。

当我个人从单纯读者的角色演变成 DOE 的后继教学者时，当我看到两岸的读者对该书的兴趣进而购买自行研习时，再修订此书也就被排入工作日程中，只是那时还未有在中国大陆出版简体版的想法。去年接到广州迈奇普管理顾问集团顾孝锋总裁的邮件与传真，顾总裁表达了他对张忠朴老师与该书的敬爱，同时也提出引荐此书到中国大陆并出版简体版以嘉惠大陆工程师的构想。于是开始展开修订五版的工作。

对质量工作者，“持续不断改善”是一种态度也是一种使命，因此，修订此书的目标是：在原本平易近人的文章架构下，修订与加入部分内容让有意学习 DOE 并使用 DOE 进行质量提升的工作者能更有效地自学，并将 DOE 导入既有的质量改善活动中。所以修订五版的重点是：

1. 因应“潮流”：除了在各章作了些小修正外，主要修改的部分是将《概念篇》的第十六章修订为《6 σ 与 DOE》；
2. 更新“程序”：ANOVA 程序集已将先前的 DOS 版升级为 WINDOW 版，故将程序篇内容作全面修订；
3. 扩展“应用”：增加范例九《室温贴合用 PU 胶之开发》与范例十《Iron Core 制条件最佳化研究》。此两专题是 DOE 应用在化学配方与新材料开发的范例；
4. 增强“实战”：将原本仅提供于《实验设计速学活用法》教学辅导案中辅佐专题时用的 DOE 实验簿纳入实战篇中。

另有两点需特别说明：

一是在台湾出版本书时，书名为《实验计划速学活用法》。考虑到大陆读者的习惯说法，在出版简体第五版时，我们将书名改为《实验设计速学活用法》。

二是台湾与大陆在部分专业术语的命名和定义方面存在差异。为方便大陆读者阅读本书，我们使用了大陆认可/流行的命名和定义。由于两地沟通有限，这种转换可能给读者带来不便，敬请读者谅解。概念/定义的统一应该是一门科学推广应用本身的任务。我们希望通过本书大陆简体第五版的出版，加速两岸相关概念/定义的统一与规范。

在台湾企业界特别是在 PCB 行业中，张忠朴老师无疑已是一位优秀的质量工程专家，身为其弟子中的一员，希望通过《实验设计速学活用法》简体版在大陆的发行，更能将其毕生努力的成果推广到中国大陆。

最后，修订五版得以如此顺利，除了感谢顾总裁的引荐外，寻智也必须感谢大东树脂化学股份有限公司与工研院材料所两家单位，他们慷慨提供了新增的两个范例。还要感谢在幕后默默支持寻智的前辈与同好。

e 时代的来临，处处充满挑战，但我们不要忘了挑战的背后也时时隐藏着无穷的机会，期待实验设计让我们挑战此机会，让彼此更上层楼。

寻智专业顾问有限公司负责人

何哲文

2005 年 6 月 12 日

修订四版序

七年前,《实验设计速学活用法》初版发行,那时我们在台湾科技升级的禾田埋下了一粒种子。七年来,随着《实验设计速学活用法》的初版、修订二版及修订三版纷纷售罄,这粒种子开始发芽、成长。

蓦然回首,我们发现是这个时代给了我们耕耘的环境,更是每一个教学相长的机会,启示我们如何栽培这株新苗。眼看着新苗日益茁壮,在逐梦成真的喜悦里,感恩之情也油然而生。

因此,在修订四版时我们更精益求精,在《概念篇》中,我们增加了三章,分别是《迎向 e 时代的质量挑战》(第一章)、《最佳生产条件的探索》(第十二章)及《SOP 与 DOE》(第十五章)。此外,我们又增加了一个范例,就是亿光公司的《焊线参数最佳化之研究》(范例八),希望这些增修能对后学者有更大的激励与帮助。

千禧之年,本书有幸迈入第四版,我们有感恩更有期待,感恩的是全心投入 DOE 的后起之秀愈来愈多,期待的是“实验设计”能枝繁叶茂、开花结果,使台湾的科技禾场更加缤纷灿烂。

张忠朴 于 2000 年 植树节

修订三版序

依据台湾“行政院主计处”的资料，台湾的失业率在 1996 年 8 月创下了 3.19% 的新纪录。

依据 IMD 的资料，1996 年台湾地区的国际竞争力排名遽降至全球第 24 名。

这些警讯岂能让我们不关心台湾的前途？

其实，台湾的人民所得远高于亚洲新兴四小龙，因此当他们侵入了我们传统工业的领域时我们能不让出“江山”吗？我们还有机会保持传统的优势吗？

因此，竞争力下降与其说是一个坏消息，不如说是台湾必须改弦更张的另一契机。

愈来愈多的企业体会到提高创新能力、建立 KNOW-HOW 优势，才是必要的改弦更张之道。

18 个月内《实验设计速学活用法》二版再度售罄，证明愿改弦更张努力创新的有识之士愈来愈多了，这是危机中的希望。

为了与有心的朋友一起学习，共同成长，因此在修订三版中我们投入许多心血在《概念篇》《范例篇》及《实战篇》中。

在概念篇中，我们增加了《从渊博知识体系看质量工程》(第二章)、《交互作用的认识与解析》(第九章)及《全方位质量经营法》(第十五章)，此外也改写了第一章并将其余各章作了小幅修正，希望更能帮读者一目了然。

在《范例篇》中，为迎接多特性值时代的来临，我们让原来的范例一及范例六功成身退，而另行增补了三个范例，分别是硅丰股份有限公司的《改善焊线站失铝之研究》(范例一)，台湾电路股份有限公司的《提升 OSP 膜厚过程能力之研究》(范例六)，及台湾光宝电子股份有限公司的《如何改善 SUPER RED 的 OHMIC CONTACT》(范例七)，使读者能有更多借镜。

在《实战篇》中增加了四份提高实验设计专题成功率的查检表，希望今后在做实验设计专题时能帮助更多有心的朋友尝到成功的滋味。

修订三版前后努力了半年，在此要特别向提供范例的三家公司致谢，更要向投入实验设计的每一位朋友致敬。

创新，若是提高竞争力的终南快捷方式，那就让我们全力以赴吧！

张忠朴 于 1997 年 4 月 25 日

再版序

《实验设计速学活用法》一版售罄，仅可以用欣喜与感动表达再版的心情。

值得欣喜的是，台湾愈来愈多的朋友们已成为识时务的俊杰，纷纷认识到台湾已渐转型至高科技时代，是以用心地学习实验设计，让自己原有的工作能力如同猛虎添翼，而能事半功倍地开发出更多更精彩的 KNOW-HOW（技术情报）来。这种活用实验设计蔚然成风的现象，岂不值得欣喜？

令人感动的是，台湾许多卓然有成的大企业居然愿意“重回创业起点，贯彻经营革新”^①，开始大力推广并踏实使用实验设计法。例如台湾松下电器股份有限公司自 1995 年 2 月起，已刻意培训了两梯次共计 70 位的优秀干部，将实验设计法活用在产品研发及过程改善上，这种全公司上下自我砥砺更上层楼的旺盛企图心，与认真学习的精神确实令人感动。除此之外，台丰印刷电路股份有限公司，飞瑞股份有限公司，耀华精密电路股份有限公司及英群企业股份有限公司等，也都是积极活用实验设计法的佼佼者。

由于有这么朋友的激励与这么多公司的厚爱，因此从 1995 年 4 月 1 日起在下也顺理成章地成立了寻智专业顾问有限公司，与所有关心技术升级的企业及朋友们并肩响应时代的挑战，携手共创更灿烂的未来。

“寻智”的意义就是寻觅智能，因此它第一个最重要的使命就是将《实验设计速学活用法》这本书修订再版，除了改正第一版的疏失之外，修订再版最主要的特色有二：

1. 将《概念篇》由原来的十章增加至十二章，所增加的两章分别是《多特性值最适化解析法》（第八章）及《ISO 宣告统计应用时代来临》（第十章），这两章都是针对本书 1993 年 12 月初版之后，实验设计法面对的主要冲击而写，使关心实验设计的朋友们能始终站在时代尖端。

2. 在《范例篇》中增加了两个范例，分别是台湾松下的《冷气机最佳设计条件的研究》（范例五）及台丰公司《液态绿漆最佳生产条件之研究》（范例六），这两个范例均为多特性值的实验，而且分析严谨，可充分反映近两年台湾地区实验设计执行者在功力方面的提升与进步。

修订再版前后共花了五个月的时间，共同切磋琢磨的益友很多，其中张素满、林殷绪、江威龙、吴元正及廖静妮更是贡献良多，特此一并致谢！

张忠朴 于 1995 年 9 月 28 日

① 这是台湾松下电器股份有限公司 1995 年的经营方针，虽然只有短短 12 个字，但是殷切自勉意境深远。

自序

自 1986 年推动实验设计教育到现在，匆匆已经七年，七年来，华通计算机股份有限公司、电子检验中心，东海大学化工系、中原大学工业工程系等四个机构，共慷慨提供我 16 次教学相长的机会及 200 多个学以致用实例，使“实验设计速学活用法”可以从教案演变成讲义再进而编辑成书，这真是一段丰收的历程，更是令我不断为生命成长而感恩的泉源。

1986 年起，台币升值的压力，加快了台湾地区企业往高科技发展的步伐，此一演变，使我深深感觉必须配合高科技之发展，发展出一套更简单而且更有效的实验设计教材与教法，因此，我给自己订下了两个充满挑战的目标——“速学”与“活用”。

为什么要将“速学”订为目标呢？这一方面为了让学生花更少的时间去学习，更重要的是要逼迫自己更深入地了解实验设计法，直到能达到融会贯通去芜存菁的境界，这一方面我最钦佩的前辈是日本的中理博明先生，1986 年他出版《简易实验设计法》时，所规划的是 56 小时的教学课程，与当时日本标准的 DOE 课程相比，他的教学计划只用了不到 1/3 的时间，真可谓划时代的突破。十年来，在坚持帮助学生“速学”的目标下，我们不断地引进新方法（如 CASE STUDY），及新工具（如 ANOVA 程序），而终于能将“速学”的目标逐步实现，目前已可将一个实验设计课程浓缩至 36 小时之内完成。

至于“活用”这个目标，其理易明，尤其对于已在企业界工作的工程师，学习当然应该以“活用”为目的，但是事实上，真能帮助工程师“活用”的教案与教学法却不多，而这一方面助我开窍的是亚洲管理学院。1984 年负笈亚洲管理学院时，我最大的领悟就是他们充分运用 CASE STUDY、WORKSHOP、WORK OUT 等教学法，使学生在学习中，不知不觉地学会“活用”，而不是事后让学生自己去摸索如何活用。因此，回台服务后，我一直提醒自己——帮助学生“活用”是一份神圣的职责，七年来，若在“活用”方面小有成就，要归荣耀给我在亚洲管理学院的师长们。

既然“速学”与“活用”是我从事实验设计的目标，因此也就顺理成章地将此书命名为《实验设计速学活用法》。

张忠朴

本书导读

在一个客户导向的时代，身为一位作者也应该考虑读者各种不同的需要，根据实际的经验，有兴趣研读 DOE 书籍的读者或可分为四种类型：

- 一、过去从未学过 DOE，但却有意开始急起直追的初学者（初学者）。
- 二、立志推动 DOE 的主管（推动者）。
- 三、学过 DOE，但希望更上层楼的同道（实战者）。
- 四、从事 DOE 的教学与辅导者（辅导者）。

本书在编写时，已充分考虑这四群读者各有不同的需要，所以特别将此书分为六篇，每篇自成体系，以分别达到一个特定而明确的目的，试逐一说明如下：

篇 名	目 的
概念篇	提供完整的 DOE 学理架构
个案篇	澄清观念并仿真练习
工具篇	汇集常用之统计工具
程序篇	用 PC 来为实验解析代劳
范例篇	通过范例，加速累积经验
实战篇	精通 DOE 之实验技巧

明白各篇目的之后，建议读者先确认自己的类型，然后可参考下表中的顺序研读此书。

读者类别 篇 别	初学者	推动者	实战者	辅导者
概念篇	1	1	1	1
个案篇	2	3	2	2
工具篇	3	5		3
程序篇	5			4
范例篇	4		2	5
实战篇	6	4	3	4

目 录

壹：概念篇

第一章 迎向 e 时代的质量挑战	2
第二章 从渊博知识体系看质量工程	10
第三章 高科技时代与实验设计	17
第四章 实验策略	24
第五章 实验因子选择法	31
第六章 直交表的认识与应用	38
第七章 直交表的熟练与精通	48
第八章 ANOVA 的认识与应用	55
第九章 ANOVA 的熟练与精通	62
第十章 交互作用的认识与解析	79
第十一章 多特性值最适化解析法	85
第十二章 最佳生产条件的探索	93
第十三章 KNOW-HOW 的产生	98
第十四章 实验成功秘诀	103
第十五章 SOP 与 DOE	108
第十六章 6 σ 与 DOE	112
第十七章 如何证明新方法较好	125
第十八章 全方位质量经营法	131

贰：个案篇

个案主题	138
------	-----

参：工具篇

- 第一章 基本统计方法摘要 152
第二章 常用直交表与点线图 159

肆：程序篇

- ANOVA 程序集说明 166

伍：范例篇

- 范例一 液态绿漆白化现象之研究 174
范例二 如何提高阻抗值 183
范例三 AOI 测试效率之研究 195
范例四 改善焊线站失铝之研究 207
范例五 多功能冷气机最佳设计条件之研究 221
范例六 提升 OSP 膜厚过程能力之研究 233
范例七 如何改善 SUPER RED 的 OHMIC CONTACT 245
范例八 焊线参数最佳化之研究 258
范例九 室温贴合用 PU 胶之开发 275
范例十 Iron Core 制作条件最佳化研究 294

陆：实战篇

- 实战一 专题改善程序 306
实战二 实验成功诀窍 310
实战三 DOE 实验簿 317

实 验 设 计 速 学 活 用 法

壹： 概念篇



第一章 迎向 e 时代的质量挑战

1. e 时代的来临

1999 年下半年, 美国 Nasdaq 指数一路狂飙, 其背后最大的动因, 就是投资者疯狂追逐网络产业股, 一般公认股票市场是实体经济市场的领先指针, 因此若依据此一看法, 那么 Nasdaq 的股价狂飙其实就是宣告 e 时代的来临。

翻开台湾地区出版的杂志, 在公元 2000 年 1 月出版的杂志中几乎不约而同地报道 e 时代的发展, 及 e 时代对传统的冲击, 例如《世界经理文摘》(EMBA) 几乎有一半的文章与 e 时代的经营管理有关, 《天下杂志》更为了突显 e 时代而出了一份《e 天下》别册, 这也证明 e 时代对全世界是一种实时且同步的冲击。

既然 e 时代的冲击已经莫之能御, 那么我们对这个趋势能不多加重视吗? 我们是否已关心 e 时代对质量会造成哪些新的冲击呢? 我们是否也已准备好了因应 e 时代质量挑战的锦囊妙计呢? 这些问题都值得有心的科技工作者一起来探索、来研究。

2. e 时代的特质

e 时代的舞台是架构在众生平等、实时分享的网络平台上, 这个网络平台有一些迥异于传统的特质, 许多新的商机与挑战都是从这些特质衍生出来的, 因此在响应 e 时代的质量挑战之前, 首先需要重视的就是 e 时代的下列特质。

2.1 信息更透明、更公开

在网络世界的 e 时代, 封锁消息、掌控媒体的想法愈来愈不切实际, 任何质量缺失会在弹指之间传越千里, 更可以在一夜之间汇集抗议的人气, Intel 在 1994 年发生的 Pentium 浮点运算事件可说是 e 时代的警世教材, 6 周之内让 Intel 损失了 4.75 亿美元, 这可说是全世界首次见识到 e 时代信息透明化的威力。

2.2 信息快速传播

随着软件及硬件功能的快速升级, 信息传输的速度愈来愈快, 现在只要 1/8 秒就可以将信息从地球的一端传送到一万公里之外的另一端, 这对传统慢条斯理的做法会造成致命的冲击。

2.3 意见的众生平等性

人类在追求民主的过程中一直强调众生平等，但可惜这个理想几乎从来未曾真正实现过，然而在 e 时代中，信息取得已愈来愈公平，意见表达更是无论何人一律平等，因此众生平等的理想在 e 时代似乎真的有可能实现。

2.4 e 启蒙运动的发展

当 e 时代使众生平等可能实现后，另一次的启蒙运动也随之悄然进行，这次的启蒙运动与文艺复兴时代的启蒙运动大不相同，这一次不再是少数精英教导多数人脱离君权神授的启蒙运动，这一次是多数人通过网络互相启发的 e 启蒙运动，e 启蒙运动的影响势必更深、更快也更广。

2.5 最终客户导向时代真正来临

在 e 启蒙运动普及之后，个人自主性会快速提升，同好族群会自然凝聚，进而取得不容忽视的影响力，跳过中间商的代言权（Disinter Mediation），逐渐形成一个真正被最终客户主导的新市场机制。

2.6 e 时代喜新厌旧

e 时代主人翁的平均年龄会日渐下降，新生的 e 时代族群特别喜新厌旧，这种特质一方面会使产品寿命愈来愈短，另一方面也会造成需求波动大起大落，这些影响可能会彻底解构传统的学习曲线，并颠覆以往质量改善的想法与做法。

3. e 时代对质量的新需求

在认识了 e 时代的上述特质之后，值得进一步探索这些特质会对质量提出哪些新的要求，我们试着将其因果关系整理成图，如图 1-1 所示。

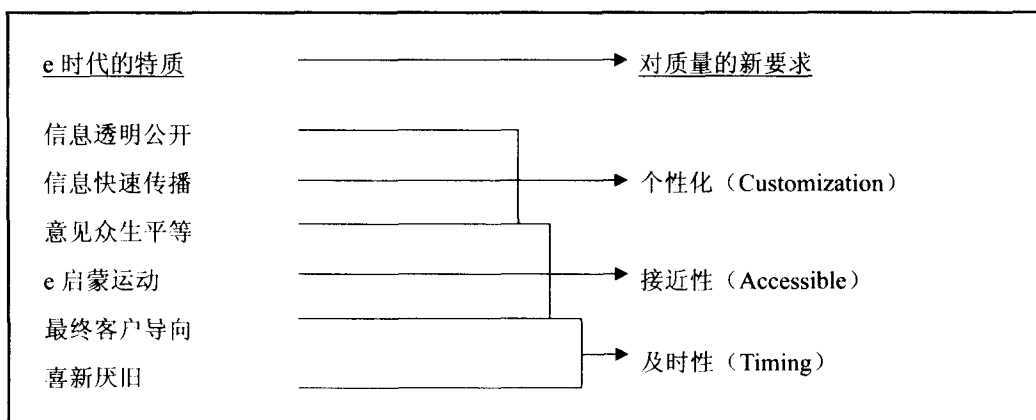


图 1-1 e 时代的特质与对质量的新要求的关系图

实验设计速学活用法

如果容许我们大胆臆测，那么无论制造业或服务行业，都即将面对最终客户在个性化、接近性和及时性上的强烈需求，这是在 e 时代最不容漠视的顾客之声。

4. e 时代的质量功能展开

e 时代的顾客既然强烈需求个性化、接近性和及时性，这对供货商而言到底意味着什么呢？我们到底该如何将 e 时代的顾客需求转化成内部的质量挑战呢？

在图 1-2 中，我们尝试用质量功能展开的架构，将客户的要求逐步加以转换。

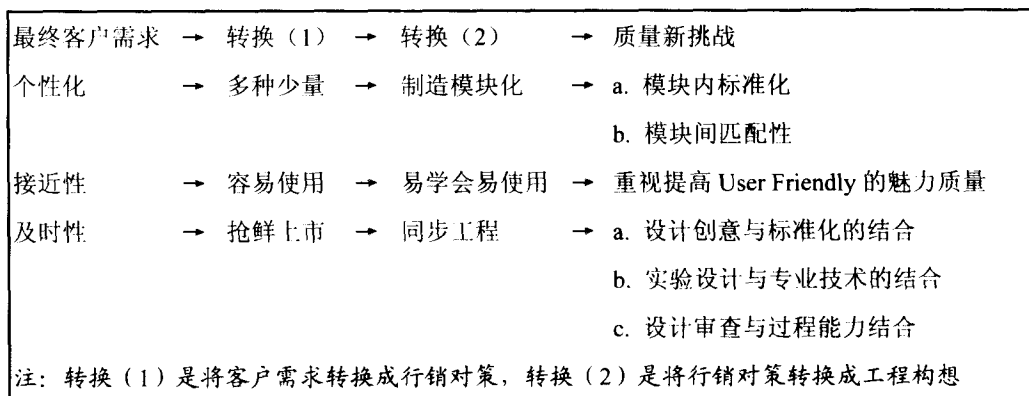


图 1-2

经过了上述转换后，一方面我们知道在 e 时代质量将会面对哪些新的挑战，另一方面我们也逐渐明白现有的品管系统可能有哪些力有未逮之处。

5. e 时代的学习曲线

此外，在最终客户对质量新需求的呼声日益强烈的冲击下，市场起伏必将瞬息万变，其幅度之大早已颠覆了传统的学习曲线，以产量学习曲线为例，传统的产量需求是缓步上升，而且从上市到退市有足够长的寿命周期，然而在 e 时代中，产量会一夕暴增，然后又一夕消失，其强烈对比可能与图 1-3 十分形似。

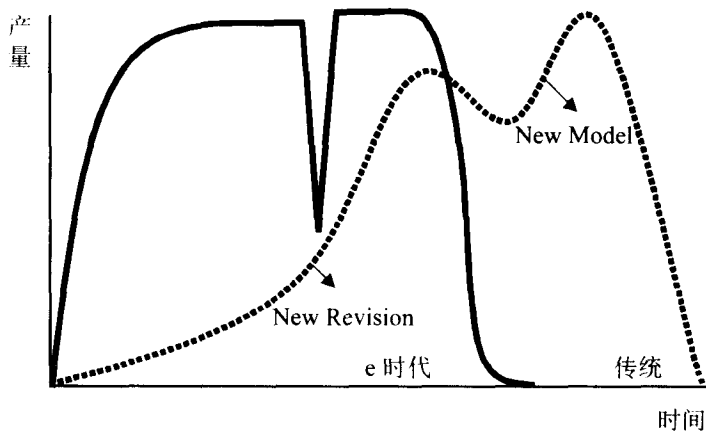


图 1-3 产量学习曲线（产品周期曲线）

除了产量学习曲线会急速变化外，质量学习曲线更是值得警惕，其可能的趋势如图 1-4 所示。

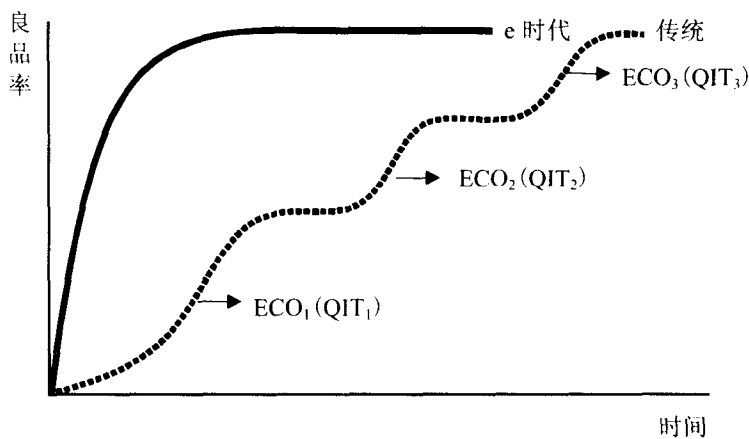


图 1-4 质量学习曲线

注：ECO——Engineering Change Order

QIT——Quality Improvement Team（质量改善小组）

在 e 时代，产品一上市就要达到极高的良率，因为 e 时代的最终客户根本没有耐性等待铁杵磨成绣花针式的持续改善（Continues Improvement），因此质量策略就必须改为采用预见预防型（Prevention by Prediction）的新品管手法，否则新产品可能难逃夭折的命运。