

开发、设计阶段的 质量工程学

〔日〕田口玄一 著

中国兵器工业质量管理协会 译

兵器工业出版社

内 容 简 介

质量工程学是产品设计和生产工序设计中一种重要的新方法，它对提高产品的生产率（包括质量和成本）具有重要的作用。本书重点介绍静态特性和动态特性中参数设计和容差设计的概念和方法，并介绍了日、美的大量实施案例。

本书可供工矿企业、研究所从事质量管理 and 产品设计的工程技术人员和高等院校管理专业的教师、研究生和本科生阅读。

质量工程学讲座 I

开发、设计阶段的质量工程学

[日] 田口玄一著

中国兵器工业质量管理协会译

兵器工业出版社出版发行

（北京市海淀区车道沟10号）

各地新华书店经销

北京市平谷县大华山印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：12.25 字数：263千字

1990年3月第一版 1990年3月第一次印刷

印数：5,000册 定价：6.00元

ISBN 7-80038-211-7/TB·8

序 言

中国兵器工业质量管理协会，从1986年开始，连续五年邀请世界著名质量管理专家田口玄一博士来华讲学，三次参加兵器工业“田口方法”应用成果发表会，亲临现场指导、咨询，他对兵器行业多年来在产品开发、研制、生产中应用“田口方法”所取得的成果，给予了较高的评价，并不断介绍质量工程学的新发展和新成就。1989年4月，田口玄一博士来华讲学期间，把《开发、设计阶段的质量工程学》和《实验设计法概论》等四本专著，赠予中国兵器工业质量管理协会。

《开发、设计阶段的质量工程学》和《实验设计法概论》，系统、完整的介绍了“田口方法”在产品开发、设计和实验设计中的应用，对如何进行实验设计、运用正交表和SN比控制质量波动，正确进行三次设计（系统设计、参数设计、容差设计）及如何通过SN实验设计法解决动态特性等方面，进行了精辟的论述。上述两本书的出版，对进一步学习、推广应用“田口方法”，提高兵器工业质量管理和产品开发、研制水平，必将起到有效的作用。

该两本书由中国兵器工业质量管理协会组织翻译、审核。

《开发、设计阶段的质量工程学》，由华东学院缪以德、范伯南同志翻译，章潜基教授审核，北京理工大学严圣武副教授和华东学院韩之俊副教授进行了审阅。

《实验设计法概论》，由六一七厂李聚荣同志翻译，严

圣武副教授、韩之俊副教授、魏林工程师、惠宁利工程师进行了审阅。

参加编审、校对的人员有：解艾兰、顾文龙、张军、刘鸣、赵素英、蒲利红、张志扬同志。

由于翻译、出版时间较紧，翻译、审核、校对人员水平有限，错误在所难免，望广大读者提出批评指正。

中国兵器工业质量管理协会

1989年12月

原发行者的话

在美国被命名，目前正在欧美受到瞩目的“田口方法”是田口玄一提倡的质量设计用的工程学。所谓质量工程学是在日本经过多年踏实积累的成果。长期致力于田口方法的研究和普及工作的日本规格协会将此进行了体系化，并希望印成单行本，这得到了在美国的田口方法推广中心即美国供应者协会的全面协助，于1987年8月开始设立了发行委员会。

在发行委员会讨论讲座的结构时，认为要理解和掌握质量工程学的方法，最重要的是要了解案例，而且这也是多数用户的希望，因此提出尽可能立刻出版案例集。除了将质量工程学的基本方法和思想汇总在4卷中外，在尽早发行其它众多领域的案例集这种整体构思的同时，还决定本讲座日文版和英文版同时出版及出版日本和欧美的案例集等，在世界规模内实现本讲座。

本讲座的标题“质量工程学”的说法未必新鲜，但区别于传统的质量管理或设计学等，它包括设计质量用的新的工程学这一含义，因此采用了该说法。本讲座的质量工程学目的是为提高生产性用的质量设计提供一种崭新的高效率的工程技术学。

希望诸位读者不但能理解、应用该质量工程学，而且也希望能对此提出各种疑问、意见并敬请指正。

日本质量工程学讲座发行委员会

前 言

质量工程学 (Quality Engineering) 大体可分为以下二部分:

- (1) 质量、特别是功能质量的评价方法;
- (2) 质量的改善方法。

企业通过生产和销售商品即通过“物品”或“商品服务”对社会作出贡献,同时本身也得到了发展。

本讲座员也介绍了“商品服务”的质量和生性方面的内容,但主要是介绍提高生产、销售产品(即“物品”)的企业生性(质量改善与成本改善)中主要的质量工程学的最新方法,并介绍了日美的各种实施案例。本书以计量研究所学部长矢野宏博士和前日本规格协会理事长森五郎氏为主进行了规划与促进,而且,赞同本讲座要旨的美国供应者学会联合承担了以美国为中心的海外实施案例的收集整理工作,使得日文版、英文版同时出版,这也是本讲座的一大特点。目前阶段,我们决定在1989年年底前完成以下7卷书的出版工作。

- 第1卷 开发·设计阶段的质量工程学(1988年8月发行)
- 第2卷 制造阶段的质量工程学(预定1989年2月出版)
- 第3卷 质量评价用的SN比(1988年4月已刊)
- 第4卷 质量设计用的实验设计法(预定1988年10月出版)
- 第5卷 质量工程学案例集 日文篇普通版(预定1988年8月出版)

第6卷 质量工程学案例集 欧美篇（预定1989年6月出版）

第7卷 质量工程学案例集 计测篇（预定1989年12月出版）

第8卷以后考虑有可能出版不同领域的实施案例。从生产性方面来看，有关产品制造业的活动大致分为以下6个阶段：

- (1) 产品规划（市场需求量决定后确定研制产品的目标功能、价格和设计寿命）
- (2) 产品设计（设计规划所决定的目标功能的产品）
- (3) 生产工艺的设计（产品设计中被开发产品生产工序的设计）
- (4) 生产（日常的生产活动）
- (5) 销售（日常的销售活动）
- (6) 商品销售后的服务（维护商品上市后产品功能的活动和索赔处理等）

本讲座的第1卷与以提高竞争力为中心的上述企业活动的(1)，(2)，(3)阶段有关。并介绍了重要的质量规格的确定方法和质量设计的方法。第5，第6，第7卷的实施案例大部分是上述方法的应用例。

第2卷作为生产，使用时的线内管理，从生产性方面给出了工序管理，产品管理以及功能维护系统的设计方法。

第3卷通过各个领域的约50个实施案例，介绍了设计时评价功能质量的具体方法。第4卷介绍了为理解第1卷，第3卷内容所必需的实验设计方法，输出数据的分析方法以及正交表的使用方法。

本讲座的特点是极力避免统计方法，选择与技术有密

切联系的内容。

本书为本讲座的第1卷，作为开发设计阶段的质量工程学，介绍了确定设计参数、工艺参数的中心值的方法，即高效率地进行参数设计以及在设计参数的中心值附近给出容差的设计方法，其目的是使与提高生产性有关的设计工作合理化。

本书中将产品和服务质量定义为产品出厂后所产生的以下3部分的损失之和

$$(\text{质量}) = (\text{功能波动的损失}) + (\text{使用成本}) + (\text{弊害项目的损失})$$

另外，成本为产品出厂前所产生的生产费用，由以下4部分之和来定义

$$(\text{成本}) = (\text{材料费}) + (\text{加工费}) + (\text{管理费}) + (\text{弊害项目})$$

本书将质量与成本之和定义为生产性，而使该和减小的做法称为提高生产性。本书介绍了在提高生产性的企业活动中技术的作用，特别是整个系统改善中重要产品（商品）设计的效率化、合理化的方法。

在设计时，如能做到不增加产品成本而使功能波动消失的话，那么，因为在广泛的条件下都能保持功能，所以可靠性就提高了，而且对零件和材料等也可给出较大的容差，从而降低了成本，增强了企业的竞争力。换言之，提高生产性的核心是在不增加成本的基础上减少功能的波动。

生产价廉物美产品的方法，以往一直认为是非线性(non-linearity, interaction)的应用，但非线性评价测度的求法，除了在通讯工程学领域中所使用的信号与噪声之比(S/N比)以外，是不存在的。本书利用数据平方和分解的二

次型数学，提供了对任何功能都是非线性测度的计算SN比的方法。SN比在美国被称为稳健性测度，在日本被称为稳定性测度。

本书第4章以后，在考虑所有功能都是能量变换这一主导思想下，介绍了求SN比的步骤及方法：

- (1) 定义什么是理想功能。
- (2) 在包含大系统或控制系统时，对系统模块（子系统，子部件）进行分析以及定义包括模块在内的理想功能。
- (3) 把输入定义为信号，把引起功能波动的原因定义为噪声，并确定信号和噪声的空间以及它们的变量范围。
- (4) 从信号与噪声空间中选择尽量少做试验的点。
- (5) 选择合理的计测特性。
- (6) 通过计算或实验求得试验点的数据。
- (7) 计算有效的SN比。

其中(1)，(2)，(3)是需要用各个产品来一个个地求解的技术问题。本书虽尽量列举了各种例子，但至于更多的例子，希望阅读本讲座第3卷“质量评价用的SN比”。对于(4)，(5)，(6)，(7)打算提供将这些效率提高到极限的方法。

在设计工作中如何选择设计参数和工艺参数的中心值来改善SN比，这属于参数设计。设计人员可以根据自己的意志来确定其中心值，并对所谓的可控因素组成水平，将它们安排在正交表中，这与以往的实验设计法相同。本书认为，SN比本身是非线性测度，因此，最好是用只安排主效应的正交表 L_{16} ， L_{18} ， L_{64} 等。有关正交表及其使用方法，只要有一些

极基础的知识就能充分理解本书中所用的设计,但更详细的说明请参阅本讲座第4卷“质量设计用的实验设计法”。本书前3章介绍了通过参数中心值的最佳化来改善SN比后,使成本与质量之和达到最小,并使其平衡的方法,即容差设计和容差的确定方法。作为设计工作的程序,这部分内容应该放在参数设计后进行的,但现在却先介绍了,这是因为这部分内容容易理解。为了使质量与成本达到平衡,需要对质量水平进行经济性评价,对各种各样的功能质量提出经济性评价的方法,这也是本讲座的特点之一。关于经济性评价的讨论及其在各个领域中的应用请参阅本讲座第5卷“质量工程学案例集,日文篇 普通版”。

技术的作用是为了提供价廉物美的商品(产品及服务),技术并不是像科学那样地进行观察,而是通过经济性(生产性)的改善,使竞争处于有利地位。为了提高经济性方面的竞争,需要进行与其它公司不同的更加合理的设计,并且用与其它公司不同的更加合理的方法来生产产品和提供服务。对创造来说,引进新概念比建立新系统更加重要,但对新概念只有等到开发(development, maturation)以后才能对该方法进行评价。

质量工程学的目的是希望通过有效的开发、设计研究比其它公司更早地完成新产品及改善原产品的设计。为此,在研究室的研究中,为了充分保证在制造过程和市场上的功能,通过使用正交表在不同条件下进行试验,并使波动原因即各种各样的噪声源的容差变大,使用这种同时提高可靠性和降低成本的稳定性设计十分重要,仅仅对于不能充分保证功能的噪声源才需要进行容差设计。本书内容主要是介绍SN比的要求法以及改善的步骤,并在不得已时进行容差设计的方法。

对于本讲座的规划与促进仰赖于前日本规格协会理事长森五郎氏和本讲座的干事、通商产业省计量研究所力学部长矢野宏博士的地方很多。本讲座是否能充分体现两位先生的意图，期望着读者的反应。同时，在此对提供各种实施案例的企业和在校对中给予帮助的日本规格协会出版部的诸位表示衷心的感谢。

发行委员长 田口玄一

1988年8月

目 录

第1章 质量与生产性	1
1.1 规划与质量问题	1
1.2 设计人员的任务	5
1.3 科学与工程学(技术)的差别	9
1.4 生产工序的设计	11
1.5 线内质量工程学	12
1.6 功能质量与企业活动	13
练习	16
问与答	16
* 1.1 企业的生产性与社会的生产性	16
* 1.2 品种、质量与销路	20
* 1.3 品种和质量能否区别?	22
* 1.4 质量和成本的平衡	25
第2章 损失函数与容差设计	27
2.1 质量评价用的特性值分类	27
2.2 损失函数	28
2.3 比例常数的求法	30
2.3.1 望目特性的场合	30
2.3.2 望小特性的场合	32
2.3.3 望大特性的场合	33
2.3.4 百分率的场合	34
2.4 安全设计的重要性	34
2.5 容差设计(1)望目特性、望小特性的场合	38
2.6 容差设计(2)望大特性的场合	40
2.7 生产工序的容差设计	42
练习	46

问与答	48
* 2.1 关于损失函数	48
* 2.2 安全设计	49
* 2.3 反馈控制的公式	50
第 3 章 容差的确定方法	54
3.1 目的	54
3.2 安全系数的求法	54
3.3 损失函数与安全系数	56
3.4 望目特性与容差	59
3.5 望小特性、望大特性与容差	61
3.6 下位特性(原因特性)容差的确定方法	62
3.7 公差分配方法是错误的	66
3.8 初期特性与老化特性	67
练习	69
问与答	70
* 3.1 公差的分配问题	70
第 4 章 望小特性的参数设计	73
4.1 望小特性与SN比	83
4.2 磨损的实验例,分贝值的计算与最佳设计	74
4.3 柴油机的No _x 例	80
练习	82
问与答	87
* 4.1 望小特性时应注意的问题	87
* 4.2 正交表与SN比	88
* 4.3 工序平均的估计方法	92
第 5 章 望大特性的参数设计	93
5.1 望大特性,粘接强度的改进例	93
练习	97
问与答	101

* 5.1	望大特性的损失函数	101
* 5.2	工程平均的估计	105
第 6 章	望目特性的参数设计——有理论公式的场合	107
6.1	简单的交流电路例	107
6.2	因素的分类, 可控因素及误差因素	109
6.3	参数设计的方法	113
练习		118
问与答		119
* 6.1	求响应方法存在的问题	119
* 6.2	用正交表进行实验的意义与稳定性	122
第 7 章	通过实验的望目特性的设计	127
7.1	瓷砖尺寸的实验	127
7.2	微分特性的实验例	132
7.3	数据分析与结论	135
练习		137
问与答		141
* 7.1	质量与方差	141
第 8 章	计数分类值的参数设计	147
8.1	计数分类值的情况	147
8.2	干洗功能的实验	148
8.3	数字数据时 SN 比的省略	153
8.4	离合器弹簧的实验	154
练习		164
问与答		167
* 8.1	数量化	167
* 8.2	精密累积法	169
第 9 章	动态特性的分类与 SN 比	170
9.1	动态特性的概念	170
9.2	动态特性的分类	171

9.3	输入、输出均为计量值时的SN比	172
9.4	数学模型与SN比	174
9.5	与以往实验设计法的区别	179
练习		182
问与答		185
* 9.1	稳定性设计与以往的方法	185
第10章 动态特性(主动)的参数设计		190
10.1	设计的实验例	190
10.2	卡车操纵性的实验例	195
练习		206
问与答		209
* 10.1	关于操纵性实验	209
第11章 被动功能的参数设计		213
11.1	被动动态特性的概念	213
11.2	简值的比较例	213
11.3	惠斯登电桥的设计	216
11.4	质量设计的小结	223
练习		227
问与答		232
* 11.1	信号的大小与可加性	232
* 11.2	被动信号的动态特性	233
第12章 开、关系统的参数设计		236
12.1	开、关系统	236
12.2	送纸机构的实验	240
12.3	综合用的预备实验	246
12.4	无时间滞后时的接通、断开功能	251
练习		252
问与答		254
* 12.1	计测特性的选择	254

* 12.1	0, 1数据的分析法	254
第13章	数字系统的质量设计	259
13.1	输入、输出表	259
13.2	总输出的分解	263
13.3	校正后SN比的求法	264
13.4	数字信息系统的实验	267
13.5	数字系统的SN比, 化学的场合	271
练习		274
问与答		277
* 13.1	标准SN比的分析与一般的分析	277
第14章	向量的SN比	283
14.1	彩色复印机复印质量的实验	283
14.2	三维机构的动作功能的情形	293
14.3	误差因素的引进	295
14.4	三维机构的设计研究与SN比	299
14.5	各种应注意的问题	300
练习		302
问与答		303
* 14.1	关于向量的SN比	303
* 14.2	关于映像浓度	304
第15章	平方和的分解	308
15.1	局部近似和整体近似	308
15.2	平方和的分解	312
15.3	零点比例式场合的SN比	315
15.4	基准点比例式的SN比	317
15.5	线性式校正的SN比	317
15.6	各种应注意的问题	319
练习		320
问与答		321

* 15.1 SN比用的方差分析.....	321
第16章 SN比及其作用.....	323
16.1 比例式为理想功能的场合.....	323
16.2 传统方法与SN比的比较.....	328
练习.....	331
问与答.....	333
* 16.1 各种功能与SN比.....	333
第17章 正交表及其作用.....	336
17.1 正交表 L_1	336
17.2 正交表 L_{12} 的设计与分析.....	342
17.3 各种分析方法.....	346
17.4 用正交表进行设计的方法.....	349
17.5 使用正交表的目的.....	350
练习.....	351
问与答.....	352
* 17.1 正交表的作用(1).....	352
* 17.2 正交表的作用(2).....	354
附表.....	356
附表1 正交多项式.....	356
附表2 变换表.....	359
附表3 正交表与点线图.....	366