

质量工程学丛书

制造阶段的质量工程学

(日) 田口玄一 著

中国兵器工业质量管理协会

兵器工业出版社

质量工程学丛书

制造阶段的质量工程学

〔日〕田口玄一 著
缪以德 译

(京) 新登字 049 号

内容简介

本书介绍了生产现场管理部门日常采用的管理方式的基本公式及其应用。该书着重介绍对出厂产品质量的定量方面的评价方法；生产中重要产品的质量标准，尤其是容差的确定方法；加工工序反馈控制用的最佳系统的设计和工序维修方式的设计及出厂产品维修系统的设计等内容。

本书可供企、事业单位从事质量管理和生产管理技术人员阅读。

制造阶段的质量工程学

〔日〕田口玄一 著

缪以德 译

*

兵器工业出版社 出版发行
(北京市海淀区车道沟 10 号)

兵器工业出版社印刷厂印刷

* *

开本：787×1092 1/32 印张 9 字数 200 千字

1992 年 2 月第一版 1992 年 2 月第一次印刷

印数：1~6000 定价：6.00 元

ISBN7-80038-430-6/TB·20

质量工程学丛书编审委员会

主 任：解艾兰

副主任：高志强 顾文龙

编 委：解艾兰 高志强 周星如
顾文龙 章渭基 严圣武
韩之俊 曾凤章

原发行者的话

在美国被命名，目前正在欧美受到注目的“田口方法”是田口玄一提倡的质量设计用的工程学。所谓质量工程学是日本经过多年积累的成果。长期致力于田口方法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（American Supplier Institute, Inc.）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，并出版日本和欧美的案例集等，在世界范围内实现本讲座。

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的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，而且也希望对此提出各种疑问、意见，并敬请指正。

质量工程学讲座发行委员会

1988年3月

前 言

第一次产业革命使现场第一线的加工作业实现了机械化，把人类从体力劳动中解放出来。现在，现场第一线的操作人员所进行的工作是原材料的投入、中间产品的运输、加工机械的安装、程序变换等生产管理和加工工序的诊断、控制、检查工作等质量管理。管理工作的合理化和机械化属第二次产业革命，我们正生活在这中间。

在管理工作的合理化、自动化中，当务之急是确立管理工作的理论方面和经济方面的基础。本书介绍了生产现场管理部门日常采用的管理方式和基本公式及其应用，用该理论基础进行系统设计和经济计算时，与其它许多同类书不同。

本书由以下内容构成：

(1) 出厂产品质量的定量方面的评价方法。通常，不合格品不能出厂，因此，不合格品问题不会给消费者带来影响，这不是质量问题而是成本问题。预测合格品在市场上会产生怎样的故障，这属于质量的评价问题。本书第1章介绍了企业的质量保证体系和制造部门对于质量所担负的责任。

(2) 在第2章中介绍了生产中重要产品的质量标准，尤其是容差的确定方法。并在介绍用定量方面的估计方法使质量接近理想值和目标值的重要性的同时，还介绍了在验收和合同方面公差确定方法。其特点是介绍了以前曾模糊采用的安全系数的新的确定方法。

(3) 工序反馈控制，又称为工序控制，即以一定的间隔检查产品的特性值和工序条件等。如果该值在某个界限内则

继续生产，当超出该界限时便要进行工序调整的这种反馈系统的设计方法。从第3章到第5章全都是介绍加工工序反馈控制用的最佳系统的设计。

本书的特点是以经济方面的系统设计为基础使检查和调整费用与出厂的产品质量的经济水平平衡。在第5章的内容中还包括了测量误差校正系统的设计。

(4) 第6章，第7章，第8章介绍了工序维修方式的设计，即当得不到焊接好坏等计量值或管理用量规因形状复杂、设计困难，而只能用检查量规检查工序时的管理方法的设计。另外，工序的预防维修（预防的质量管理）也很重要，因此还介绍了包括预防维修等管理方式在内的基本公式及各种应用。

(5) 适应控制。即采用工序的反馈控制来研究产品的特性值，并使工序回到制造出该产品前的状态。这是一种改变由此往下进行的工序处理条件，将最终特性值调整到目标值的方法。例如，在胶片和铁的生产中采用研究购入的骨胶和矿石等原料，找到符合原料状况的配方和反应条件来进行生产。第9章介绍根据环境来调整工序的方式即所谓的适应控制。

(6) 产品管理。即对每一个产品进行质量项目的测定，调整与目标值的偏差，当不能调整时则作报废处理，这种方法又称为广义的检查，但与(3)，(4)，(5)的方法不同，其特点是对产品一个一个地进行处理。

(7) 出厂产品维修系统的设计。生产系统、通信系统、运输系统进行着制造产品和服务等工作，因此，合理管理生产产品及服务系统的工作十分重要。产品出厂，用于生产产品及服务时重要的是设计与该产品及服务的生产系统相应的

维修方法。第 11、12 章介绍了这方面的内容，生产工序的工作效率也属于其中。

将本书作线内工序管理用的讲义时，如果每天进行 6 小时的讲课和练习，1 天 2 章，共计讲授 6 天。如以 2 天为 1 单位，则讲授 3 次。以 3 天为 1 单位，则讲授 2 次。也可以每天讲授 7 小时，以 5 天为一次课程，如时间充裕，练习可在授课时间内做，时间不够时，将练习作为课外作业，这点很重要。在学校作为教材使用时，以 4 学分的教学计划可考虑作为与生产管理同等的课程。

根据 1979 年生产技术国际学会上美国 M.E.麦夏特博士的讲演，预计占当时美国人口 22% 的第二产业到公元 2000 年将骤减到占人口比例的 2% 左右。

工厂生产无人化以令人吃惊的速度前进着，但是，即使管理工作自动化，也还需要对自动管理系统本身进行管理。在本书第 7 章中还打算就自动控制装置等管理系统的设计提供其理论基础。

关于在质量管理方面最重要的线外质量工程学，在第 1 章中稍有涉及，详细内容希阅读本讲座第 1 卷《开发、设计阶段的质量工程学》。

本书中的各种实例有不少是由日本规格协会的工序调整分科会以及 QRG（旧称 QCRG）和中部质量管理研究会的诸位帮助提供的。

另外，有关本书的出版、校对得到了日本规格协会出版科的诸位帮助，在此深表感谢。

发行委员长 田口玄一

1989 年 3 月

目 录

第 1 章 生产性与质量	(1)
1.1 产品成本的分析	(1)
1.2 生产部门的责任	(3)
习题	(4)
讨论	(4)
1.1* 工序管理与生产性	(4)
1.2* 物品、能量与信息	(7)
1.3* 质量保证部门的作用	(7)
 第 2 章 容差和质量水平	(11)
2.1 质量的评价	(11)
2.2 容差的确定方法	(12)
2.3 工厂中的质量水平——望目特性的场合	(20)
2.4 工厂中的质量水平——望小特性的场合	(23)
2.5 工厂中的质量水平——望大特性的场合	(25)
习题	(28)
讨论	(29)
2.1* 误差因素影响的调查方法	(29)
2.2* 生产部门的责任	(30)
 第 3 章 质量特性的反馈控制	(34)
3.1 用质量特性进行的反馈控制系统的设计	(34)
3.2 分批生产工序的情形	(41)
3.3 管理用量规 (限量规) 的设计	(46)

习题	(51)
讨论	(53)
3.1* 预测误差与修正量	(53)
3.2* 观测值的漂移	(55)
第4章 工序条件的反馈控制	(56)
4.1 工序条件的控制	(56)
4.2 反馈控制系统的设计 (1)	(57)
粘度的控制	
4.3 反馈控制系统的设计 (2)	(60)
温度的反馈控制	
习题	(63)
讨论	(64)
4.1* 工序条件的容差与调整 (管理) 界限 D ...	(64)
4.2* 调整界限 D 与测量误差	(65)
第5章 测量误差校正方式的设计	(67)
5.1 测量误差的容差 (功能界限) 和 误差方差的估计	(67)
5.2 最佳校正系统的设计	(69)
5.3 用块规进行的测量误差的校正	(74)
习题	(77)
讨论	(79)
5.1* 测量管理人员的任务	(79)
第6章 工序的诊断与调节	(82)
6.1 生产时的质量管理体系及其成本	(82)

6.2 最佳诊断间隔	(87)
6.3 最佳定员的求法	(89)
习题	(93)
讨论	(93)
6.1* 公式说明	(93)
6.2* 关于诊断错误	(98)
补注: 公式的证明	(101)
第7章 质量管理体系三要素的改善	(105)
7.1 生产工序的改善和定期更换方式的并用.....	(106)
7.2 是否采用长寿命工具的问题.....	(110)
7.3 诊断方法的改善.....	(114)
7.4 诊断位置的确定.....	(116)
7.5 备用机和备用模具的用途.....	(120)
7.6 在机器运转管理中的应用.....	(124)
习题	(128)
讨论	(130)
7.1* 预防维修与定期诊断	(130)
7.2* 质量项目的漏检问题	(134)
7.3* 工序故障与无人化问题	(138)
7.4* 公式 (7-42) 的证明	(139)
第8章 工序连接的系统设计	(140)
8.1 有关工序连接的问题.....	(140)
8.2 单独工序与连接工序.....	(144)
8.3 平均加工时间.....	(147)
8.4 汽缸体的加工工序.....	(147)

8.5	连接方式的设计.....	(153)
8.6	有关各种问题.....	(159)
	习题	(161)
	讨论	(161)
8.1 *	周期时间	(161)
8.2 *	有关设计计算的时间	(164)
第 9 章	适应 (前馈) 控制	(166)
9.1	选择装配.....	(166)
9.2	调整系统的设计.....	(168)
9.3	适应控制系统的设计.....	(171)
	习题	(176)
	讨论	(177)
9.1 *	适应控制	(177)
9.2 *	公式说明	(177)
第 10 章	检查设计	(179)
10.1	检查目的与临界不合格率	(179)
10.2	索赔损失的评价	(184)
10.3	检查的经济性	(186)
10.4	故障 (保证) 单位、检查单位和处理单位 ...	(189)
10.5	检查特性表、 γ 和 δ 的估计	(193)
10.6	检查设计	(194)
10.6.1	临界不合格品率的求法	
	情况 (1) $a=b=c$	
10.6.2	临界不合格品率的求法	
	情况 (2) $a=b < C=N$	

10.6.3 临界不合格品率的求法

情况 (3) $a < b = c$

10.6.4 用户进行接收检查的情况

习题	(208)
讨论	(209)
10.1* 工序管理和检查	(209)
10.2* 特性值的波动和异品、异常品	(212)

第 11 章 预防维修方式的设计, 定期维修

和定期检查	(214)
11.1 预防维修的种类	(214)
11.2 维修方式的设计 (1) 定期维修的情况	(216)
11.3 维修方式的设计 (2) 定期检查的情况	(222)
11.4 维修方式的设计 (3) 定期维修和定期 检查的并用	(226)
习题	(233)
讨论	(234)
11.1* 平均维修间隔与故障率	(234)
11.2* 定期维修与定期检查	(236)

第 12 章 安全系统的设计与维修

12.1 对安全装置的预防维修 (1) 定期维修	(238)
12.2 对安全装置的预防维修 (2) 只和定期 检查并用的情况	(241)
12.3 显示装置的预防维修	(245)
习题	(248)
讨论	(249)

12.1 破坏试验的情形 (249)

《制造阶段的质量工程学》中的损失函数

公式集 (251)

1 线内工序管理有关公式 (251)

2 线内产品管理有关公式 (251)

3 产品售后服务有关公式 (251)

参考文献 (270)

田口玄一简历及主要著作 (271)

第 1 章 生产性与质量

本章论述了生产性的定义和生产部门的责任。在实际生产现场，改善工作条件、改善机器或装置的运转方法等虽然很重要，但这在生产技术上属于线外的改善，故在本书中不作论述。本书并不是介绍改善工序的方法，而是介绍通过工序检查来进行管理和通过预防维修来维持工序的方法，即线内实时处理的工序管理和产品管理的系统设计的一般常识。

1.1 产品成本的分析

生产制造部门担负着用给定的生产工序生产给定规格产品的日常生产任务。生产工序的设计是生产技术部门的责任。生产技术部门将加工机械，工艺装置等硬件和各工序中应该管理的质量特性，主要工序条件的目标值以及管理界限等作为技术标准和操作标准提供给生产制造部门。生产部门的人员接受这些标准，但工序条件的疏忽及管理界限的调整常常作为工序的校正（调整）问题委托生产部门去完成。生产成本的划分如下：

$$\begin{aligned} (\text{生产成本}) = & (\text{材料费}) + (\text{加工费}) \\ & + (\text{管理费}) + (\text{公害费}) \cdot (1-1) \end{aligned}$$

另外，管理费用又分为生产管理费用和质量管理费用。产品设计部门进行的是与式（1-1）右边的全部费用有关的工作，关于这点，请参阅质量工程学讲座第 1 卷《开发、设计阶段的质量工程学》。生产技术部门担负的责任是设计尽量

能均匀平稳生产保持设计产品初期特性（出厂时的特性值）的生产工序（选择加工机械、加工装置以及确定传输条件），其责任的重点是式（1-1）右边的第2项到第4项之和。

产品设计人员可以说与全部项目有关，其责任不是考虑加工的工序能力，而是要完成使产品在各种环境条件下、在设计寿命（设计能保持多少年称为设计寿命）期间能充分保持其功能的设计，尤其是产品设计中参数设计的方法，是一种提高产品功能稳定性的方法，即给生产部门较宽的容差，以便于生产部门容易制造产品。例如，将稳定性提高1倍（提高6分贝），这样，即使所有的波动原因都增加1倍，目标特性值的波动也不会改变。生产技术部门的任务是将设计部门提供的初期特性的容差作为参考，在不增加费用的前提下，设计稳定性好的生产工序，也就是要找出使实际生产的产品特性的波动尽可能变小的生产工序，并使该工序与成本相平衡。

但是，不管生产工序如何稳定，如果不进行工序管理（控制），就一定会生产出不合格品。因此，不仅要进行工序管理，而且在工序非常稳定时应设法提高生产速度，降低成本。通常，如提高生产速度，就会增加波动，这种场合，生产成本与质量波动造成的损失平衡并非简单，这部分内容在本讲座的第1卷中作为容差设计已进行了介绍。

在生产过程中，应通过工序管理（质量和工序条件的反馈控制），将目标特性的波动控制在适当的水准上。

这也就是要使式（1-1）中的最后一项与因质量和库存等造成的损失相平衡。如果成本比质量和库存增加造成的损失重要若干倍，那么，在后面的计算中，成本最好设作所有

实际费用的若干倍。据曾担任过麻省理工学院 (MIT) 高级技术研究所所长特拉巴斯教授说, 施尔公司曾经将价格定为每个产品的生产成本的 4 倍, 产品的生产成本中因不包括研制费、营业费、总公司的费用等。因此, 如不以生产成本的若干倍出售, 企业就不能盈利。

1.2 生产部门的责任

原则上讲, 价格是对消费者的最初损失, 因此, 也可以说成本比质量重要。成本与质量的平衡从这个意义上讲就成了价格与质量的平衡。本讲座所说的质量中包括象第 1 卷《开发、设计阶段的质量工程学》中所介绍的以下项目。

- ① 经营费用。
- ② 由功能波动造成的损失。
- ③ 由弊害项目造成的损失。

本讲座以①, ②, ③项的总和为重点, 但①和③项大体上是由设计决定的损失。第①项的经营费用通常是在标准使用条件下进行评价, 第②、③两项采用与理想值偏差的平方, 用损失函数来进行评价, 但在日常的生产活动中, 只用产品的初始值与目标值的偏差的平方的平均来评价由②、③两项造成的经济损失, 即本书中所说的质量水平。这种场合, 设产品初始特性值超出规格时的损失为 A 日元, 与目标值的偏差的平方平均为 σ^2 , 其特性值的容差为 Δ , 并用下式评价质量水平。

$$L = \frac{A}{\Delta^2 \times \sigma} \quad (1-2)$$

有关这些的详细介绍请参阅第 2 章。