

田口式的稳健性设计

作者 吴玉印 吴以晴
译者 徐留平 王建昌

稳健性设计

玉印 吴以晴
留平 王建昌

兵器工业出版社

兵器工业出版社

(京) 新登字 049 号

内 容 简 介

本书详细地介绍了田口方法的稳健性设计理论,用许多实际的案例说明了解决具体问题的方法。本书主要介绍的是动态特性理论,对静态特性理论也做了介绍。

另外,本书的第四章介绍了不同场合信噪比的求法;第六章比较详细地讨论了分类特性问题;第七章详细介绍了复数信噪比的计算;第九章介绍了不完整数据的处理方法;第十章论述了稳健性技术开发的重要性。这些内容对实际应用田口方法有着非常高的参考价值。

本书得到质量工程学的创始人——田口玄一博士的认同。本书可做为从事设计、开发、生产的工程技术人员和企业管理人员学习和实施质量工程学的教材或参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

田口式的稳健性设计 / 王建昌等著. —北京: 兵器工业出版社, 1997.5

ISBN 7-80132-204-5

I.田… II.王… III.汽车-稳定性-设计 IV.U461.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 07981 号

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

兵器工业出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 12.5 字数: 300 千字
1997 年 5 月第 1 版 1997 年 5 月第一次印刷
印数: 3000 定价: 18 元

前 言

初期的质量控制活动是对最终产品进行检查,防止不合格品上市。后来逐渐认识到,控制生产过程减少不合格品更为有效,统计过程控制方法应运而生。随着时代的发展和认识的进一步提高,需要更上游的质量工程活动,进一步提高生产制造的有效性和经济性。

但是,如果图纸和规格确定了,产品的质量也差不多确定了:生产工程师所能做的改进没有多少余地了。今天,质量工程学,也叫田口方法,是从研究和开发阶段就起作用的质量技术。质量优化活动早在实际产品规划前,早在产品图纸设计前就开始了。那么,如何评估未来产品功能的稳健性呢?

首先应说明在研究和开发中取得高质量的思想方法。田口玄一博士强调以下观点:

(1)不要采用像不合格率或可靠性这样的用户质量做为质量活动的观察值。

(2)用动态特性 SN 比估计产品功能的稳健性。

SN 比用于通讯产品的性能评估已有几十年了。这个指标反映了信号能量和噪声的比,即期望的效应与有害效应的比。

50 年代,田口开始用这个原理来评价计测设备的质量,因为通讯产品均可做为计测设备考虑。后来,他指出这个原理和方法可用于产品功能的质量评估。

这个新理论在他的著作《实验设计法》(Experimental Design)中有详细的介绍,此书于 1958 年出版。1972 年,日本标准化协会出版了《试验和计测方法对比用的 SN 比手册》(Signal-to-Noise Ratio Manual for Test and Measurement Methods Comparison)。

这个原理的应用由此超出了原来的计测领域,深入到了各个领域的产品质量和性能的测量。1980 年,日本标准化协会和美国供应商协会(ASI)合作出版了《质量工程学》系列丛书,即田口方法。《质量评价用的 SN 比》为此丛书的第三卷,介绍了 SN 比在计测和产品功能评价中的应用方法。

在原有的概念和理论上,SN 比的应用越来越广泛。用 SN 比评价产品功能的稳健性,反映出了产品的“功能性”。用于产品或过程的评价,则可称为“转写性”。最近,应用又有了新的突破:电子电路设计、动态特性功能窗和化学反应用的复数 SN 比。

应用的越广泛,SN 比的公式越复杂,越需要完善这些新 SN 比公式。本书的目的就是介绍 SN 比的各种应用,力图有助于 STN 软件的使用,该软件的数据文件中包括了本书大量案例中的绝大部分,本书亦可用于质量工程学培训的教材。

作者在此向田口玄一博士致谢!感谢他耐心的指教和鼓励,感谢书中案例的提供者,感谢他们对本书的慷慨支持,感谢 William Bellows 博士对本书编辑中的大力协助,以及 David Wu 和 Bettina Wu 对手稿的辛勤工作。

吴玉印

吴以晴

田口玄一博士的推荐书

质量工程学(又称为田口方法)是一个在产品开发和产品设计早期阶段预测和防止质量问题的技术。这些质量问题包括在下游生产制造阶段以及市场上导致的产品功能波动、污染和高额成本等。现在市场上能购买到的有关质量工程学方面的英文版书籍和计算机软件大多是支离和不完整的,他们能应用的领域是狭窄的。但是,随着本书的问世,将能基本上解决这些问题。

我认为本书有以下特点:

1. 本书着重于介绍动态特性,并且非常详细,也用较小的篇幅介绍了静态特性。信噪比(SN比),特别是产品基本功能的SN比,是产品开发过程中表征先行性、通用性和再现性的最重要指标。静态特性SN比对产品设计也是需要的。

2. 本书列举了许多工程领域用来表征产品功能性的数据采集和应用SN比的方法。在这方面,还没有任何书能和本书相媲美。比如,在化学和生物领域,由于像生成率或残存率这样的数据先天就导致交互作用,因此,在这里就不使用它;而使用动态SN比(如反应速度)。在电子线路设计中,使用一个新的复数SN比来评价输入和输出的关系。同时也介绍了一些很有价值的案例,这些数据采集和SN比应用的研究都是崭新的,并且是刚刚被应用的。

3. 在实际的参数设计过程中,常常出现丢失的数据和异常的数据。本书直接了当运用案例进行分析并且使用软件计算很容易地得到了答案。

4. 该软件包括了本书介绍的所有的SN比,在化学、生物学或电子学的案例中,一旦得到数据,软件马上就可以完成运算。当然,在完成分析后如何运用这些结论也是非常重要的。这样,有了软件,使用者就可以集中精力研究功能性和灵敏度。

基于以上四种原因,我极力推荐本书作为质量工程学方面最优秀的英文版本,并且非常高兴看到本书和软件的出版。

田口玄一博士

1995年12月12日旧金山

目 录

第一章 引言

第一节	质量工程学的概念	(1)
第二节	质量工程学和实验设计法	(2)
第三节	交互作用和正交表	(3)
第四节	稳健性技术开发	(6)
第五节	信噪比(SN比)的引入	(8)
第六节	SN比的应用范围	(8)
第七节	SN比的概念	(10)
第八节	利用SN比的好处	(12)
第九节	简单的例子	(13)
第十节	参数设计	(18)
第十一节	参数设计过程	(21)

第二章 SN比的类型

第一节	引言	(26)
第二节	根据数据类型的分类	(26)
第三节	根据意图的分类	(27)
第四节	根据输入和输出的分类	(28)
第五节	其它分类方法	(29)

第三章 连续变量的基本动态特性SN比

第一节	引言	(30)
第二节	零点比例式	(30)
第三节	基准点比例式	(33)
第四节	线性比例式	(37)
第五节	采用正交多项式表的线性式	(40)
第六节	数控机床加工研究	(43)

第四章 各种场合

第一节	误差估计	(59)
第二节	有调整因素的场合	(62)
第三节	双信号场合(一)	(71)
第四节	双信号场合(二)	(75)

第五节	正交表中不同试验的信号因素水平不同的场合	(77)
第六节	拼合型分析	(79)
第七节	特别定义的 SN 比	(89)
第八节	信号因素真值未知的场合	(95)
第五章 静态特性问题		
第一节	引言	(106)
第二节	望目特性	(108)
第三节	望小特性	(114)
第四节	望大特性	(115)
第五节	静态特性功能窗	(116)
第六章 分类特性		
第一节	连续变量和分类特性的差别	(122)
第二节	避免交互作用的途径	(124)
第三节	分为两类 只有一种错误的场合	(125)
第四节	分为两类 有两种错误的场合	(128)
第五节	分为两类 信号因素真值未知的场合	(138)
第六节	分为三类以上 信号因素真值已知的场合	(140)
第七节	分为三类以上 信号因素真值未知的场合	(143)
第八节	分为三类以上 没有信号因素的场合 (分类是有规则的)	(146)
第七章 复数信噪比		
第一节	电子电路的理想功能	(148)
第二节	复数 SN 比	(148)
第三节	艾米(Hermitian)型	(151)
第四节	滤波电路的设计	(154)
第八章 约当块的设计和析		
第一节	使用约当块的目的	(167)
第二节	主效应计算	(168)
第三节	数字型例子	(170)
第四节	推导过程	(172)
第九章 不完整数据		
第一节	不完整数据的类型	(174)

第二节	不完整数据的处理方法	(175)
第三节	序列近似法	(177)
第四节	数字型例子	(178)

第十章 稳健性技术开发

第一节	引言	(181)
第二节	案例	(181)
第三节	质量提升必须从头做起	(182)
第四节	几个重要的概念	(182)
第五节	稳健性技术开发的特点	(187)
第六节	稳健性技术开发的优势	(188)

第一章 引言

第一节 质量工程学的概念

质量工程本来是一个一般术语,不同的人可能有不同的见解。但是,在本书中,质量工程学是由田口玄一博士定义的术语。田口玄一博士的知识体系,通常又称为田口方法,包括以下内容:

- 质量工程学
- 实验设计法
- 商业数据分析
- 部门评价系统
- 模式识别

在这些方法当中,只有质量工程学和实验设计法翻译或改写成英文。

质量工程学是研究在整个产品寿命周期内预测和防止产品在各种使用环境下可能出现的问题的一系列方法。

质量工程学包括两个方面的内容:

1. 线外:用于研究、产品和工艺开发
2. 线内:用于生产过程

在质量控制的初期,人们通常认为质量差是由于生产制造部门所导致。但是,一旦产品的图纸出来后,规格和生产工艺已经给定,此时,实际上只有很少的质量改进的余地。在参数设计(或叫线外质量工程学)以后,必须确定图纸和规格。参数设计就是确定最佳的可控因素组合,从而达到产品功能的稳健性最优和抗误差因素(噪声)干扰。所谓误差因素,是指那些影响产品功能的原因,包括用户使用环境,内部劣化以及构成产品的零件间的波动。当然,参数设计可以用于生产工艺的优化,但是,生产工艺的参数设计只能降低一种误差因素干扰:产品间的波动,生产工艺的参数设计不能降低用户使用条件(比如操作环境)的问题,同时也不能降低劣化。换句话讲,生产工艺优化的参数设计只能处理三种误差因素的一种,相反,线外质量工程学的参数设计降低所有三种误差因素。在本书中,仅介绍了线外质量工程学部分。

由于历史的原因,生产过程的质量控制基于控制图。但是控制图基本上是一个为保持当前质量水平的监控工具,这些图并没有告诉人们如何改进质量;另外一个重要的弱点是,在控制图中没有考虑经济的因素。同时,它也没有告诉人们最优的抽样频率以及抽样的数量。所有这些直接影响产品质量和成本。

线内质量工程学强调的是提高生产率,不是改进质量。例如,我们必须诊断确定最优的检查间隔和控制界限来调节工序的“健康程度”,最大限度减少不合格品。相应的工作包括确

定最优的检查间隔和控制界限来调节工序,建立预防性维护系统,设计工序联接系统朝完全自动化的目标迈进,以及合理进行检验,所有这些活动都由质量损失函数来评价。经济性的考虑始终是本方法的第一位。

在西方,有关田口方法存在一些误解。比如:

1. 田口方法就是实验设计法。
2. 田口方法就是用正交表。
3. 田口方法认为交互作用是不重要的,所以忽视了交互作用。

这些将在下面的几节中进行讨论。

第二节 质量工程学和实验设计法

实验设计法由费歇尔爵士在 20 世纪 20 年代创建,早于田口玄一博士创立质量工程学 20—30 年时间。从本质上讲,实验设计法是一个有效设计实验并分析结果的方法。它探索因果关系,用于研究领域,如生物、医学、农业和社会科学等等。

当实验设计法在科学领域应用时,只能有一种因果关系。也就是说,只有一个方程来描述特定的自然现象。然而在工程领域,存在着很多的方程,即有很多方法来设计一个产品完成特定的目标或功能。工程师们必须发现最佳的设计,这个最佳设计就是以最低成本实现抗各种误差因素干扰的稳健功能。

通过以上比较,我们可以看到质量工程学和实验设计法在目标上的不同。实验设计法可以用于质量工程学中,但方式不同。田口玄一先生已经开发了他自己的、和传统设计不一样的、独特的实验设计法。

在传统做法中,缺乏对独立因素之间的相互关系的研究,仅仅研究交互作用。因此,科学研究中,经常用研究交互作用来解释自然现象。

根据定义,当一个因素变化的结果影响第二个因素的变化结果时,我们就称两个因素有交互作用。例如,因素 A 有两个水平 A_1 、 A_2 ,在另外一个因素 B 处于 B_1 水平时, A_1 水平的结果和 A_2 水平的结果相比有一个量值,但当 B 处于 B_2 水平时, A_1 水平的结果和 A_2 水平结果相比的量值有了变化。因此,交互作用就是因素结果的不一致或不再现。

传统上,产品首先是设计,再是制造,最后是卖出。质量改进通常是基于市场上用户意见的反馈。在产品阶段,产品上市后的问题缺乏预测和预防,需要一套系统的、有效的方法来实现这个目标。在质量工程学中,必须在产品功能的稳健性进行优化后才设计产品。应用质量工程的最好阶段是研究和开发阶段。因此,实验室小型的研究结论必将在下游的大型生产阶段和市场销售过程中得到很好的再现。

交互作用的存在导致结论不一致或不再现,必须尽量想方设法避免可控因素之间的交互作用。这是提高研究工作有效性的最重要方法,本章还要讨论这个问题。

传统实验设计的另一个重要问题是：因素效果的重要性是通过统计方法相对随机误差进行测试的。而随机误差同统计过程控制图中的随机原因很相似。在质量工程学中，误差包括所有的波动源：环境干扰、劣化和产品间的波动。每个波动源都比随机误差大得多。在参数设计中，误差因素是有目的地引进的，并且有目的地在实验中夸大。

实验设计法是基于两个重要假设：

1. 噪声服从正态分布。
2. 噪声之间有相同的变异性。

在质量工程学中，误差因素的分布并不一定要服从正态分布。例如，产品劣化随时间的变化并不服从正态分布。但是，真正重要的是，在质量工程学中，没有相同变异性的例子。我们真正想做的是，确定可控因素两个水平的误差是否存在差异。如果存在较大差异，我们就选择误差较小的可控因素水平，这样就得到了稳健的条件。换句话讲，如果存在相同的变异性，使误差最小化的参数设计的目的就不可能达到。相同变异性假设的模式在参数设计中不存在。

田口方法不是实验设计法。传统实验设计的观点和研究方法不应和质量工程学的观点及方法混为一谈。

第三节 交互作用和正交表

对田口方法的另一个误解就是田口先生并不重视交互作用。这个想法是大错特错了。为了解释这一点，我们必须认识到存在两种交互作用。

1. 可控因素和误差因素的交互作用。
2. 可控因素之间的交互作用。

这种特点在传统实验设计中并不存在。但是，根据质量工程学的观点，前者是有利的，后者是有害的。

可控因素是指可以选择并且可以在参数设计后固定某一水平的因素，误差因素是指由于实际或经济上的原因不可能控制的因素。

为了解释第一种交互作用，我们用两种材料劣化的情况作为例子。材料的类型是可控因素，劣化是误差因素，本实验的结果显示了材料 A_1 劣化非常明显，而 A_2 不太显著。此时，材料的类型变化了，劣化的影响也变了。

二战后，田口玄一博士在日本的 M 公司帮助开发焦糖。在图 1-1 中，曲线 A_1 显示了糖果的咀嚼弹性。可以看到，此时弹性随温度的变化很大。当时想研究一种弹性不随温度变化的糖果。在实验中，可控因素为原料及含量。结果，质量（相对一致的弹性）得到改善。温度对糖果弹性的影响下降成曲线 A_2 。这两个曲线显示了可控因素（糖果成分）和误差因素（室温）之间的交互作用。

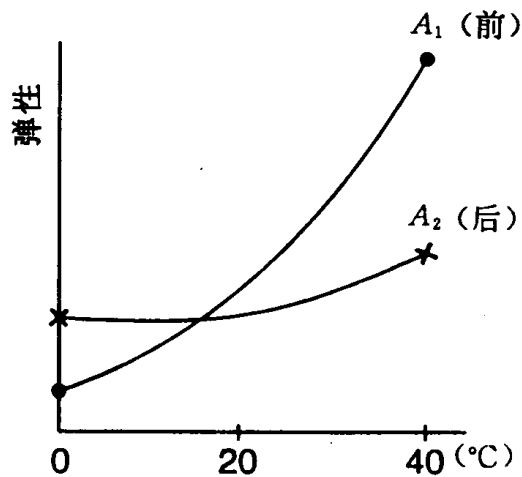


图 1-1 房间温度对弹性的影响

通过发现可控因素和误差因素之间的关系,我们可以得到一个稳健的条件 A_2 。在参数设计或稳健性设计中,这样的发现是非常重要的。

为了发现这样的交互作用,要计算和比较 SN 比。正如后面章节中介绍的,SN 比是质量水平的最佳指标。SN 比越高,劣化就越少。这样,就可以简单容易地进行分析。只比较两个可控因素水平的 SN 比就行了。

SN 比在通讯领域中的应用已近一个世纪,质量工程中应用 SN 比始于 50 年代。早在质量工程学引入 SN 比的概念来发现可控因素和误差因素的交互作用之前,这个概念已有应用,当时称之为**直接产品设计**。因为交互作用的计算十分繁复,需要大量的时间,引入 SN 比是为了简化数据的分析。

第二种交互作用,即可控因素之间的交互作用,在质量工程学中是有害的,必须设法避免。也许你会问,交互作用是客观存在的,能避免或消除吗?回答是,交互作用的存在决定于应用什么样的测量体系进行分析。换句话讲,这取决于用来分析的质量特性的类型。当然,传统的实验设计是没有认识到这个原理的。

诸如前言,交互作用是**不一致、不再现**的同义词,质量工程学的目标就是在预测那些可能市场上出现的问题,从而指导产品研究或产品设计。即根据实验室的结论设计产品。这些结论必须无交互作用,在大型生产或用户使用时具有再现性。

那么,如何去选择一个好的质量特性去避免交互作用呢?用 SN 比,特别是动态的 SN 比。大量的案例研究已经证明,运用这样的 SN 比,实验的结论将在下游得到很好再现。

但是,很难确保所选择的 SN 比在可控因素之间没有或有较小的交互作用。因此,在实验室研究时,需要检验交互作用是否存在。为了达到这个目的,采用正交表。

表 1-1 正交表 $L_{12}(2^{11})$

No.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	结果
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	y_1
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	y_2
3	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	y_3
4	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	y_4
5	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	y_5
6	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	y_6
7	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	y_7
8	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	y_8
9	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	y_9
10	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	y_{10}
11	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	y_{11}
12	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	y_{12}

表 1-1 是一个 L_{12} 正交表, 其中可控因素 A, B, \dots, K 分别安排在 1, 2, \dots , 11 列, 我们可以看到, 每两列, 四种不同的组合, (1 1), (1 2), (2 1) 和 (2 2) 出现的频次相同, 此时, 就称为正交, 表明因素是公平比较的。

为了比较 A 的影响, 我们分别计算 A_1, A_2 的结果的平均值。 A_1 的平均值从第 1 号到第 6 号得到, A_2 的平均值从第 7 号到第 12 号得到。在 A_1 的 6 行中, 所有其它因素条件都变化了, A_2 的情况也是这样。 A_1 和 A_2 的平均值的比较是在其它因素条件变化的情况下完成的。因此, 如果 A_1 和 A_2 平均值的区别和其它因素的区别相比非常大, 这就表明可得到像 A_2 比 A_1 好这样的结论。如果所有因素的影响几乎一致相似时, 这些因素效果可能由于交互作用而分不清, 那么此时的结论就不可靠。为了确保结论正确, 正交试验所得到的最佳条件要进行验证实验。当质量工程学应用正交表时, 也必须进行验证实验。

当因素填满正交表的所有列, 而没有安排交互作用, 并且结论为验证试验所证实时, 得到的结论就是稳健的。这就是说, 当一些没有研究的其它因素(如未知的顾客使用条件)变化时, 这样的结论将会再现。

传统实验以“一次一个因素”的模式进行, 即其它因素保持不变时, 改变某一因素。这似乎是很有效、简单和容易理解的。如果没有交互作用, 单因素试验就是最佳的方法。但是没有人能告诉我们交互作用究竟多大。

如果存在交互作用, 就不能使用这种试验模式。从这种类型试验得到的最佳条件可能是

最差条件,原因是存在交互作用。

对于交互作用,质量工程学推荐运用以下战略:

- 选择合适的质量特性
- 用动态 SN 比
- 用完备正交表
- 用验证试验和预测方程

第四节 稳健性技术开发

在早期阶段,质量工程学的目标是减少由于环境条件、劣化和产品间差异导致的产品波动。这样,减少波动和调节平均值到特定目标就是质量工程学的主要内容,这些特定的目标值包括 0,无穷大,或特定名义值。在今天的术语中,我们称之为静态特性。静态特性涉及到的是固定值,这些固定目标类型质量由静态特性 SN 比来计算。

在 60 年代中期,质量工程学的发展主要在评价和改进测量体系方面。在测量中,像一个试验装置或一个分析方法不仅是用于测量只有一个特定值的样品,而是用于测定一系列在一定范围内不同值的样品,这就要求不仅在测某一特定值时误差小,而且在给定的整个范围内误差小。这就导致了动态 SN 比的创立,动态 SN 比用来评价整个输出的误差情况。

在 70 年代,SN 比除去用于测量外,还广泛应用于产品和工艺的优化。有趣的是,在此阶段,静态 SN 比比动态 SN 比的应用要多得多。静态特性包括以下内容:

- 望目特性 (目标=名义值)
- 望小特性 (目标=0)
- 望大特性 (目标=无穷大)
- 功能窗 (目标=无穷大)

有段时期,也能看到有关产品功能的动态应用案例。有一些在数字系统应用 SN 比的最新报道,其中一个例子是分离烟叶和烟梗的实验。还有许多 SN 比应用于电子和机械领域计算机仿真的报道。

在 80 年代,SN 比开始应用于一些新的领域:对产品功能性的评价。即对一组产品的功能进行优化,而不是针对某一特定产品。在静态特性研究中,是针对某一特定产品作为目标的。在参数设计中,运用两步优化法:第一步,通过使 SN 比最大化,得到某一产品的稳健性,第二步,将产品输出的平均值调到目标。这样,产品就开发出来了。可是每开发一个产品就必须进行一次研究。这时,我们引进了动态研究,这样就可能在一次研究中开发一组产品。在动态研究中,前叙的两步优化战略也首先用来使 SN 比最大。在第三章,我们将看到,动态 SN 比包括输入和输出的线性关系、灵敏度和响应的波动等。根据定义可知,当 SN 比最大时,输入和输出之间的线性度和灵敏度将得到改善。这样只要改变输入就可以调节输出。根

据稳健性设计的观点,一系列产品就得到改进。因此,隶属于这一组的每一个新产品的开发就能在很短的时间内完成。至此,质量工程学就深入到了基础研究和开发领域。今天,这样的新方法称为稳健性技术开发。

应用稳健性技术开发的好处:

先行性

在产品策划前开始研究和开发活动,可以利用小型的实验室规模的条件,通过对试验件的研究,优化一组产品的基本功能。

通用性

改进一组产品而不是单个产品,一旦产品功能的稳健性得到优化,只要通过直接的调节,计划开发的新产品就能迅速完成设计,并且在生产中保持稳健性。这样就能以最低的开发成本在最短时间内得到新产品的输出特性。

再现性

上游的实验室水平的研究结论,能够在下游的生产和用户使用中得到再现。

这些好处缩短了产品开发周期,使你能在竞争对手之前将产品推向市场,可在相似产品进入市场前得到最大的效益。

为了实现稳健性技术开发,必须完成以下三个步骤:

- (1) 确定产品、系统或分系统的基本功能。
- (2) 用 SN 比,特别是动态 SN 比做为功能稳健性的指标。
- (3) 用正交表预测研究的结论是否在下游(制造过程中或市场上)再现。

在传统产品开发或产品设计中,通常是:

- 设计产品来解决问题
- 分析波动或问题的原因
- 测试或观察现象并据此进行数据分析

所有这些研究导致选择错误质量特性,第十章将描述下面四种质量特性:

- 下游质量
- 中游质量
- 上游质量
- 源游质量

前面介绍的研究方法往往采用下游或中游质量特性,因而研究结论不能很好地再现,下面解释其原因。

下游质量称做用户质量,比如汽车噪音、油耗、振动等。中游质量称为符合性质量,如尺寸、规格等。上游质量是稳健性质量,利用静态特性解决。源游质量称为功能质量,用动态 SN 比解决。有关这些内容在后面的章节中介绍。

在上述四个质量中,和下游质量有关的交互作用经常发生,和中游质量有关的交互作用不明显但也经常发生,和上游质量有关的交互作用发生比较少,和源游质量有关的交互作用的发生是微乎其微的。交互作用意味着不一致、差的不可加性或再现性,因此,质量特性的选择

是避免交互作用的关键,这是非常重要的。

一旦避免交互作用,小型实验的研究结论就能在下游再现。

第一步确定基本功能是最重要的,也是最困难的,要根据专业领域,如机械、电子或化学工程的知识,对产品或系统的基本功能进行彻底的讨论。

一旦正确确定基本功能,表达输入和输出关系的 SN 比就能选定并用来分析数据。但是,产品或系统的基本功能是互不相同的。即使是相同的基本功能,由于某些约束条件,在不同实验条件下的 SN 比也是不同的。这就是为什么选择一个正确的 SN 比比在餐馆选择菜单要难得多。通常,要专门研究一个 SN 比公式。

已有很多不同情况下的 SN 比案例,对初用者来说,最快的方法就是参照已经发表的不同工业领域的 SN 比的例子。本书的目的就是介绍大量的应用案例供读者参考。

第五节 信噪比(SN 比)的引入

SN 比曾在历史上作为通讯领域中通讯系统的质量指标。在质量工程学中,田口玄一先生引用 SN 比的概念评价产品或生产工艺的质量。

从概念上看,SN 比是信号和噪声能量的比值。例如,收音机是一个接收系统,SN 比表明期望的信号(有用部分)和噪声(有害部分)的比,可评价收音机的功能。例如,一个便宜的袖珍收音机音量较高时,噪音很大,而一个较贵的收音机,由于使用高频接收,就降低了噪音的水平,甚至音量较高时,噪音也较低。这些收音机的质量通常用 SN 比来表明。当然,前者 SN 比低,后者 SN 比高。

从另外一个观点看,SN 比代表灵敏度(或静态特性中的平均值)和波动。传统上,对于一个产品或生产工艺的研究有一个目标值,一个固定的目标值。例如,设计一个线路是为了产生一个特定的输出电压,或设计一个系统去维持特定的温度,只有产品在市场上出现问题时,才考虑波动。固定的目标和平均值或灵敏度有关。现在的高等教育对波动研究的很少,如机械、电子或化学工程专业,只是在工业工程中才有研究。

一些质量专家建议分别研究平均值和波动。如果这样研究的话,那么波动最小的情况就是平均值最小的情况。再举收音机的例子,如果单独研究波动,波动最小的条件就是音量为 0。但是,灵敏度—音量或平均值也变成 0。每个硬件都有一个 SN 比来表明产品的质量,参数设计是通过改变可控因素的参数水平使 SN 比最大。

第六节 SN 比的应用范围

60 年代,SN 比用来评价和改进测量系统,例如试验或分析方法。这是质量工程学最早

的 SN 比应用。传统上,测量系统的评价由两个方面进行:偏离和波动。但是,这两个因素并非总能严格区分,比如手表不能将两者分开,因为时间从一个时刻到另一个时刻都在不断变化。

例如,一个真值是 5 的样品经三次测量得到结果 7.2,7.0 和 6.8。平均值是 7.0,偏离是 $7.0 - 5.0 = 2.0$,波动是三个结果对 7.0 的变化。手表的例子,可用测量手表时间和标准时间的偏差来解决。若没有办法进行重复测量,就不能将噪声分成偏离和波动。

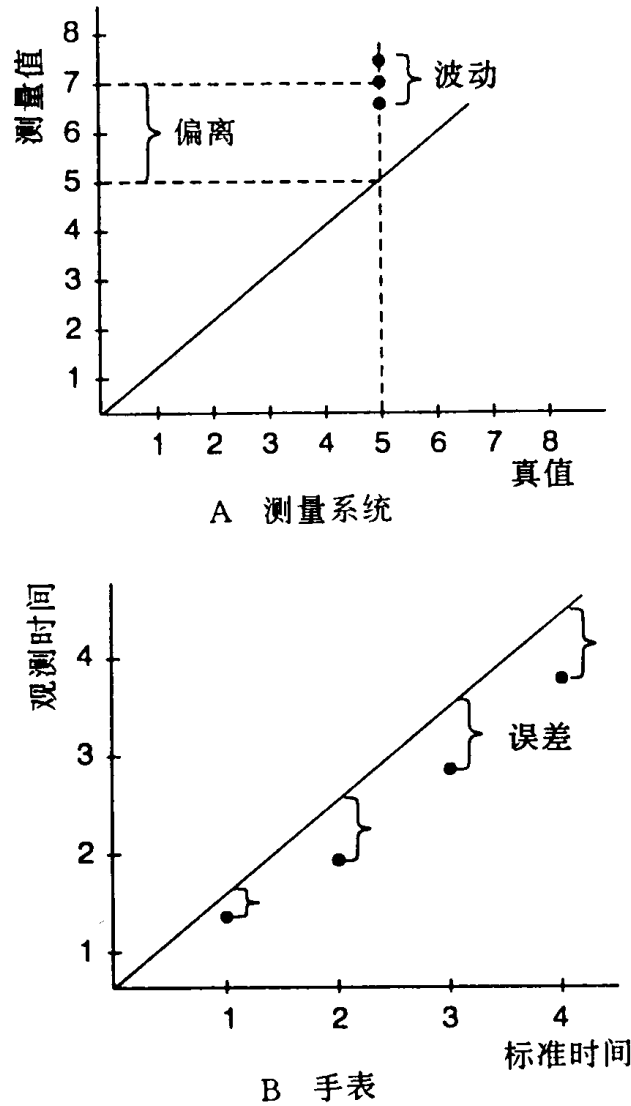


图 1-2 输入和输出

在汽车工业,评价测量系统的三个方面:重复性、再现性和稳定性。重复性是由同一个人,在相同样品上进行的测量的结果之间的差异。再现性是相同样品由不同人测量产生的差异。稳定性是不同时间进行测量的结果之间的差异。但是,根据质量工程学的观点,这三个方面除去由于噪声导致的波动外都没有什么意义。

传统上,测量系统的质量改进要将偏差的原因分成三个方面:重复性,再现性和稳定性。

一旦偏差的源泉确定后,就努力消除或降低偏差的原因。在质量工程学中,这个活动被看成容差设计,因为此时它处理噪声。质量工程学认为在容差设计前最好进行参数设计,这样噪声的效果就可以以低成本的有效方法得到降低。此外,传统方法并不包括两个重要的因素:灵敏度和线性度。灵敏度是指区别目标(这里指样品)的能力。例如卡车上的刻度表不如卫生间用刻度表的灵敏度佳,而卫生间的刻度表则不如化学平衡用仪表灵敏。线性度和测量系统校准有关。

在测量系统中,研究的是输入和输出的关系。测量的目标真值是输入,测量的结果是输出。一个好的测量系统必须对不同的输入灵敏,可以容易地进行校正并且具有很小的波动。当用 SN 比评价测量系统时,所有三个因素都结合在一个指标当中,这样,工程师就可以容易地进行评价和改进。

在 80 年代,SN 比是从调整性的角度考虑的。灵敏度在静态特性中和平均值相关,但是在动态特性中,它和调整性有关。在设计一个特定目标的产品时,不需要调整目标。例如,我们设计一个电路,它的输出电压是 110V,一旦产品设计完成并投入生产,只要我们继续生产和销售这种产品,我们就不需要改变输出电压。因此,平均值被认为是灵敏度并且是 SN 比的分子。但是,在动态系统中,比如控制系统,总是需要用特定的输入信号来调整输出达到目标值。调整性就变成设计的核心内容。在这种情况下,输入输出的关系是比例或线性关系就非常重要。即,线性度是调节系统的关键。线性度越大,输入输出的关系越陡,则调整性越好。因此,斜率就是灵敏度,是 SN 比的分子。在动态系统中,有三个要求:灵敏度,线性度和波动。

80 年代,动态 SN 比的概念在技术开发领域得到开发。通过技术开发,得到一组产品,从而避免重复的研究工作,研究和开发的周期就缩短了。有关详细内容,参见第十章。

第七节 SN 比的概念

诚如前节所述,SN 比首先用于测量,然后,扩展到产品和产品设计、工艺设计上。根据质量工程学的观点,这两者都叫做动态特性的 SN 比。但是,前者叫做被动型,后者叫做主动型。之所以将测量过程的 SN 比叫做被动型,是因为用结果(输出)来估计样品的真值(输入)。而在控制系统中,目标是改变输出,因此叫做主动型。这两种模式如下图所示:

测量系统(被动)

