



第五章设计质量控制

2009-4-13

苏秦主编《质量管理与可靠性》
机械工业出版社



第一节 设计质量控制概述

2009-4-13

苏秦主编《质量管理与可靠性》
机械工业出版社

- ❖ 设计质量是指所设计的产品是否能够满足顾客需求、性能是否易于制造和维护、经济性是否合理、对生态环境是否造成危害、风险是否最小等。
- ❖ 在ISO9000:2000标准中，对设计的定义为：“设计和开发是将要求转换为产品、过程或体系的规定的特性或规范的一组过程。”

设计质量与产品质量

❖ 国际标准化组织（ISO）指出了产品质量包含以下四个方面：

（1）与确定产品需要有关的质量——即市场调研质量。

（2）与产品设计有关的质量——即设计质量。

（3）与产品设计的符合性有关的质量——即制造质量。

（4）与产品保障有关的质量——顾客质量。

设计质量与产品质量

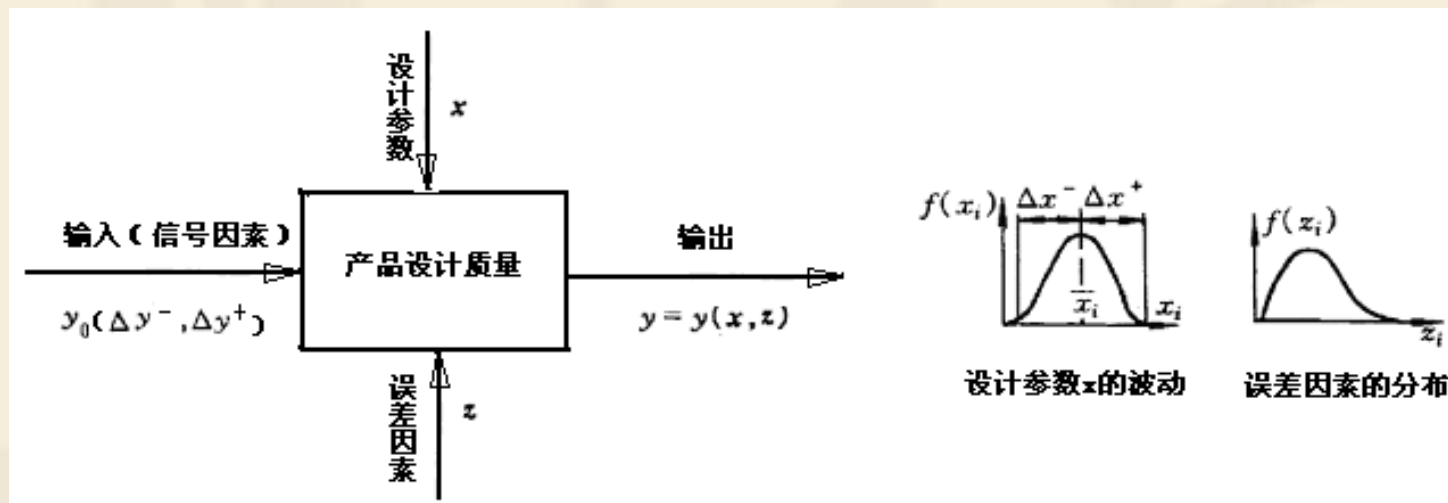
- ❖ 影响产品质量的因素
- ❖ 1. 控制因素
- ❖ 2. 标示因素
- ❖ 3. 信号因素
- ❖ 4. 误差因素

设计质量与产品质量

- ❖ 产品质量设计的模型
- ❖ 产品质量设计模型包含的基本要素有：设计参数（即可控因素）、误差因素（或噪音因素）、信号因素（即输入因素）、质量特性（即输出特性）。设计参数和误差因素影响产品的输出特性值。
- ❖ 一般而言，不能选择标示因素的水平，它只是在调节各个控制因素的水平，寻求控制因素最佳水平与最佳组合。因此，在产品质量设计模型中，将标示因素归入设计参数中，不单独列出。

设计质量与产品质量

❖ 产品质量设计模型



设计质量与产品质量

- ❖ 产品的质量特性值与对其有影响的设计参数和误差因素有关。
可用函数表示为： $y = f(x, z)$
- ❖ 产品的质量设计过程中，为了稳定产品性能，就应该使设计输出结果的均值和标准差满足以下两个条件：
条件1： $\bar{y} \equiv y_0$ ，一批产品的质量特性均值应恒等于目标特性值；
条件2： $|s| < \frac{1}{k} |\Delta y|$ ，一批产品的质量特性值的标准差应小于目标特性值极限偏差与一常数的比值。



第二节 设计质量控制分析

2009-4-13

苏秦主编《质量管理与可靠性》
机械工业出版社

设计质量控制原则

- ❖ 1.需求原则
- ❖ 2.信息原则
- ❖ 3.系统原则
- ❖ 4.继承原则
- ❖ 5.效益原则
- ❖ 6.简化原则
- ❖ 7.定量原则
- ❖ 8.时间原则
- ❖ 9.合法原则
- ❖ 10.审核原则

设计质量特性

- ❖ 1.输出特性和原因特性
- ❖ 2.计量特性和计数特性
- ❖ 3.静态特性和动态特性
- ❖ 4.望目特性、望大特性和望小特性

设计质量特性分级

- ❖ 一个产品是由许多零部件组成的，产品的设计就包括零部件的设计，产品的设计质量也就由产品零部件的设计质量来保证。
- ❖ 如果能识别各个零部件的设计质量特性会对产品的安全性、功能、经济性等方面造成某种程度的不利影响，则在设计过程中，便可以区别对待各个零部件的设计质量特性。

设计质量特性分级

❖ 设计质量特性分级的内容

产品的设计质量特性分级涉及到整个产品及其零部件。产品的设计质量特性分级首先是对整个产品而言的；其次，产品的质量是由其零部件的质量特性来保障的，因此，设计质量特性分级也要对产品的各个零部件进行相应的质量特性分级。

设计质量特性分级

❖ 设计质量特性重要度分级方法

一般由设计人员运用专业技术知识进行设计质量特性的分级，根据产品的总功能，按照产品—→部件—→零件的步骤进行功能展开，并联系产品及其零部件的设计质量特性值的许容差进行分级。

质量特性重要度分级定义

特性分级	分级定义
关键特性	如果超过规定的特性值，回直接影响产品安全性或产品整机功能的丧失，可能引起顾客退货
重要特性	如果超过规定的特性值要求，将造成产品部分功能丧失，可以引起顾客索赔，顾客不易追究，但可能作为信息反馈
一般特性	如果超过规定的特性值要求，将会出现产品功能逐渐丧失

设计质量特性分级

- ❖ 产品设计质量重要度分级的标识常采用符号表示法和表格法。

设计质量特性分级

(1) 符号表示法

设计质量特性重要度分级的标识

设计质量特性分级	特性分级标识形式					
	1	2	3	4	5	6
关键特性	[G]	[1]	[A]	●	⊕	▽ _S
重要特性	[Z]	[2]	[B]		⊖	▽ _I
一般特性	不标注	[3]	[C]	○	不标注	

例如：有一标注为： $28_0^{+0.02}$ [Z]



表面硬度 62—64HRC [Z]

接触面积不小于 80% [A]

则其标注表示为：

尺寸的上偏差为一般特性，下偏差为重要特性；表面粗糙度为关键特性；表面硬度为重要特性；接触精度为关键特性。

设计质量特性分级

(2) 表格法

- ❖ 对于复杂的零件，宜采用表格法标注设计质量特性。
- ❖ 采用表格法标注分级要求时，设计专用的表格，规定零件的质量特性重要度分级情况和说明，作为独立的文件发放给施工人员，配合零件的设计图样进行零件的施工。

设计质量的评价指标

- ❖ 选用什么特性来表现质量问题，是专业技术人员必须考虑的。但选取什么样的特性值及其评价指标和评价方法则是设计质量控制人员应考虑的问题。
- ❖ 常常根据产品的功能特性来评价产品的设计质量特性。可用以下指标来评价产品的设计质量特性：部分缺陷、功能特性指数、质量损失函数、质量信息熵函数。

设计质量的评价方法

- ❖ 设计质量评价是根据确定的目标来测定对象的质量属性，并将这种质量属性变为客观定量的值或主观效用的行为。
- ❖ 设计质量的评价体系是由技术性评价、经济性评价、市场环境评价、生态环境评价、效益和风险评价等组成的综合评价体系。
- ❖ 常用的评价方法有以下几类：专家评价法、经济分析法、运筹学和其他数学方法、混合法。

设计质量的评价方法

❖ 质量评价分为：

- (1) 事前评价，这是在决定产品或系统是否要进行设计开发，是对产品进行规划研究时进行的评价；
- (2) 中间评价，在产品或系统的设计中期所进行的评价；
- (3) 事后评价，指完成产品或系统的设计后，评价设计输出结果是否达到预期的目标；
- (4) 跟踪评价，产品或系统经过一段时间的使用或运行后，发现某些想不到的情况，需要重新进行评价。



第三节 设计质量控制技术

2009-4-13

苏秦主编《质量管理与可靠性》
机械工业出版社

- ❖ 设计是产品开发研制的首要程序，是产品质量的源头，决定了产品的“固有质量”。
- ❖ 常用的设计质量控制技术：质量功能展开（**Quality Function Development, QFD**）、发明问题解决理论（**Theory of Inventive Problem Solving**，俄文首字母缩写为**TRIZ**）、田口方法（**Taguchi's Method**）和可靠性设计中的故障树分析法（**FTA**）、失效模式及影响分析法（**FMEA**）和失效模式、影响及危害性分析法（**FMECA**）。

质量功能展开（QFD）

- ❖ QFD概述
- ❖ 采用QFD可使检验生产质量转向检查产品的设计质量——产品的内在质量，QFD使设计成为现实之前就已引进许多无形的要素，产品质量就溶于设计之中。

质量功能展开（QFD）

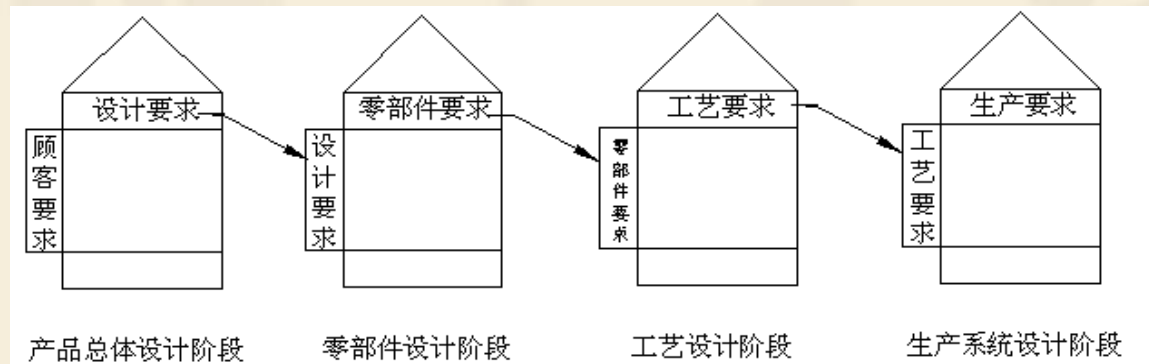
❖ QFD包含两层含义：

一 狭义的质量功能展开，即用目的手段，将形成质量的功能乃至业务，以不同的层次展开到具体的部分。

二 质量展开，是将顾客的需要转换为图纸和设计要求及产品的生产过程中各阶段的要求，以确定产品的设计质量，并将其系统、关联地展开到零部件的质量、零件质量、工艺要求以及工序要求等过程。

质量功能展开（QFD）

❖ 质量功能展开示意图



质量功能展开（QFD）

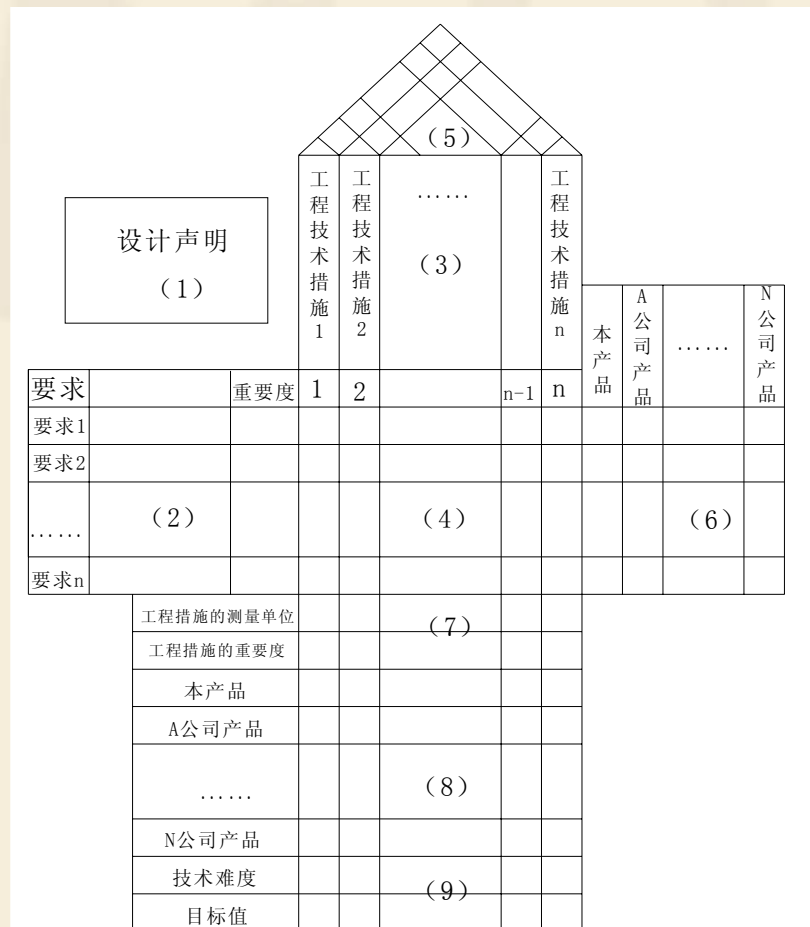
- ❖ QFD的体系结构和步骤
- ❖ QFD的核心是质量屋（House of Quality, HOQ），质量屋是由一系列的二维矩阵和图表构成的。

质量功能展开（QFD）

- ❖ QFD的质量屋基本上是由以下不同参数的矩阵图表和一项设计目标声明构成：
- ❖ （1）目标声明
- ❖ （2）顾客需求及其重要度
- ❖ （3）工程技术措施
- ❖ （4）关系矩阵
- ❖ （5）相关性矩阵
- ❖ （6）市场竞争性评价矩阵
- ❖ （7）工程技术措施特性指标及其重要度
- ❖ （8）技术竞争性评价矩阵
- ❖ （9）技术难度和目标值

质量功能展开（QFD）

❖ QFD质量屋的构成



❖ 一级质量屋举例



TRIZ理论

- ❖ TRIZ是俄文Teorijz Rezhenija Izobretatel'skich Zadach 的缩写，其英文含义为发明问题解决理论（theory of inventive problem solving, TRIZ），它是一种创新性问题解决方法指导性理论。
- ❖ TRIZ认为，创新并不是灵感的闪现和随机的探索，它存在着解决问题的一般规律，这些规律和原则可以告诉人们按照什么样的方法和过程去进行创新并对结果具有预测性和可控性。

TRIZ理论

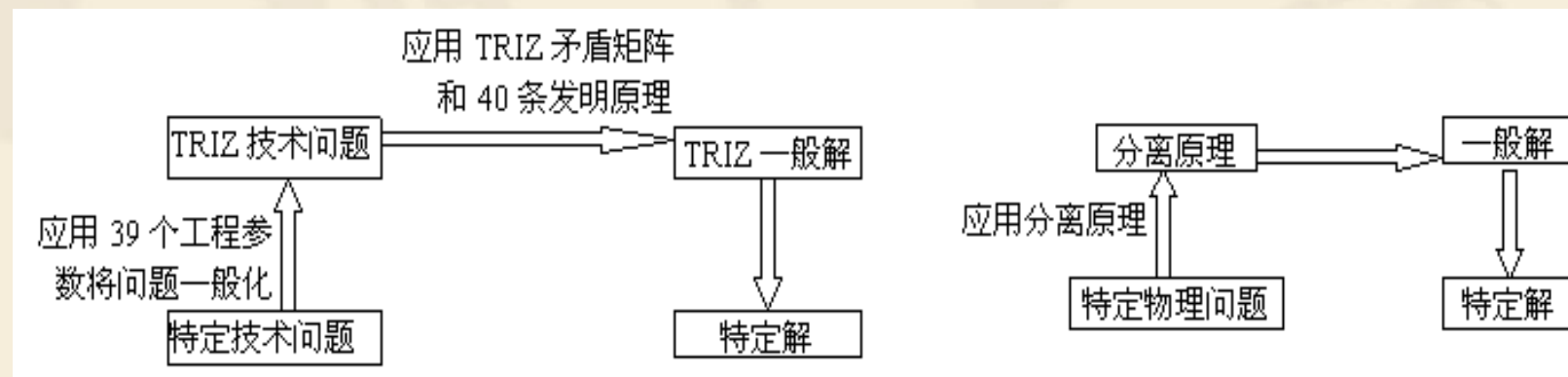
- ❖ 由于TRIZ设计理论将产品设计过程中的核心——概念设计过程具体化，为设计者提供了设计过程模型、设计工具和设计方法，因此可以很好地支持产品设计过程中设计质量的控制。

TRIZ理论

- ❖ **TRIZ**设计理论的主要内容和工具有：产品的进化理论、**39**个工程参数、**40**条发明原理、物理矛盾、分离原理、物质——场分析、科学和技术成果数据库、**ARIZ**算法等。
- ❖ **TRIZ**理论认为，产品在设计过程中，存在着管理、技术和物理三种矛盾冲突，**TRIZ**理论只研究技术矛盾和物理矛盾。

TRIZ理论

技术矛盾解决过程 物理矛盾解决过程



TRIZ理论

❖ TRIZ设计理论中常用到的内容和工具

(1) 产品的进化分析

- ❖ TRIZ认为，从历史的观点看，产品处于不断进化之中，是其核心技术从低级向高级变化的过程。TRIZ根据时间与产品利润、产品专利数量、专利发明的级别三组曲线的进化分析，相关联来综合评价、预测产品性能的技术成熟度，并用分段线性S曲线来表示，分为婴儿期、成长期、成熟期和衰退期。

TRIZ理论

(2) 39个工程参数

- ❖ TRIZ理论对技术矛盾进行一般化处理，提出用39个通用工程参数描述实际设计问题的技术矛盾，把设计过程中的具体设计矛盾转化为一般的或标准的技术矛盾。

TRIZ理论

(3) 40条发明原理

- ❖ **RIZ**提出了解决技术矛盾的**40**条发明原理，它是对不同领域的已有创新成果进行分析、总结后得到的具有普遍意义的规律，提示设计者最有可能解决问题的方法，是解决技术矛盾的关键。

TRIZ理论

(4) 矛盾矩阵

- ❖ TRIZ提出了矛盾矩阵，将39个工程参数与40条发明原理建立了对应关系，很好地解决了选择发明原理的难题。

TRIZ理论

(5) 分离原理

- ❖ TRIZ在总结解决物理矛盾的各种方法的基础上，提出了四种分离原理解决物理矛盾：空间分离；时间分离；基于条件的分离；整体与部分的分离。

TRIZ理论

(6) 分离原理与发明原理的关系

- ❖ 解决物理矛盾的分离原理与解决技术矛盾的发明原理之间存在一定的关系，对于一条分离原理，可以有多条发明原理与之对应。

分离原理与发明原理的关系

分离原理	发明原理（序号）
空间分离	1、2、3、4、7、13、17、24、26、30
时间分离	9、10、11、15、16、18、19、20、21、29、34、37
条件分离	1、7、25、27、5、22、23、33、6、8、14、25、35、13
整体与部分分离	12、28、31、32、35、36、38、39、40

稳健设计方法（田口设计方法）

- ❖ 稳健设计是一种低成本、高质量的统计分析设计方法，起源于20世纪70年代日本的田口玄一（Taguchi）提出的“三次设计法”，国际上又称为“田口方法”。
- ❖ 田口博士认为，产品质量是“产品出厂后，直到使用寿命完结止，给社会带来的有形与无形的损失程度。”该定义与传统的产品质量定义不同，田口的观点是用产品的可用质量对顾客和社会造成的损失来衡量。

稳健设计方法（田口设计方法）

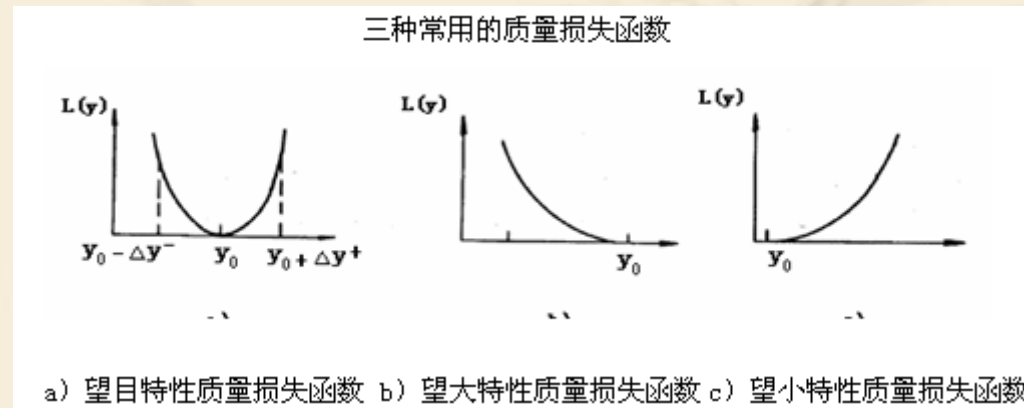
- ❖ 稳健设计的基本原理就是在设计产品或工艺时，就考虑到产品在制造和使用中各种因素发生偏差，以及在规定的寿命期间内产品发生老化、性能变差时，都能使产品的性能保持稳定的一种设计方法。
- ❖ 即使选用价格廉价的零部件（指要求的加工精度低或二级、三级品等类零部件），通过稳健设计，调整影响产品质量的可控因素（即设计参数）的水平和组合以及容许差，使总的产品性能对其它质量因素的敏感程度降低，提高和稳定产品抗干扰的能力，以获得低成本高性能的产品。

稳健设计方法（田口设计方法）

- ❖ 田口博士提出的“三次设计法”是指对产品的设计优化过程分为三个阶段：系统设计；参数设计；容差设计。
- ❖ 田口提出的三阶段设计是稳健设计的核心，因此田口设计方法也是狭义范围内的稳健设计。

稳健设计方法（田口设计方法）

- ❖ 质量损失函数
- ❖ 产品的质量特性值偏离目标值时，不管偏离多少都给社会和顾客造成一定的损失。为了定量地描述产品质量波动造成的损失，田口提出用质量损失函数 $L(y)$ 来度量。



稳健设计方法（田口设计方法）

- ❖ 不仅产品质量波动偏差超过容许差的不合格产品会造成质量损失，即使在容许差范围内的合格产品，相对于目标值而言也存在质量损失，偏差愈大质量损失就愈大。因此产品的输出特性值偏离目标值愈大，造成的质量损失就愈大。

望目、望大、望小特性的质量损失函数

序号	质量特性的类型	质量损失函数表达式	平均质量损失函数
1	望目特性	$L(y) = K(y - y_0)^2$	$\overline{L(y)} = (\frac{1}{N} \sum (y_i - y_0)^2)$
2	望大特性	$L(y) = Ky^2$	$\overline{L(y)} = K(\frac{1}{N} \sum y_i^2)$
3	望小特性	$L(y) = K\frac{1}{y^2}$	$\overline{L(y)} = K(\frac{1}{N} \sum \frac{1}{y_i^2})$

稳健设计方法（田口设计方法）

- ❖ 正交试验设计
- ❖ 运用正交试验设计技术可构造一些正交向量，从许多试验因素组合中选择出最具有代表性的少量试验，就能获得可靠的试验结果。
- ❖ 正交试验设计的试验步骤为：（1）应先确定各个试验因素的个数及其水平数；（2）分析各个影响因素之间是否有相互作用；（3）根据人力、物力、时间、费用等确定大概的试验次数；（4）最后选用合适的正交表，安排试验。

稳健设计方法（田口设计方法）

- ❖ 信噪比（SN比）
- ❖ SN比指影响产品质量特性的主效应与误差效应的比值。即主效应相当于信号，误差效应相当于噪音。在设计质量控制中，用SN比模拟误差因素（即噪音效应）对产品的设计质量特性的影响。

稳健设计方法（田口设计方法）

- ❖ 对于设计质量特性是望目特性和望大特性的，**SN**比愈大，产品设计质量特性愈好、愈稳定。而对于望小质量特性，则**SN**比愈小，产品质量特性愈好。

望目、望大、望小特性信噪比的计算公式

序号	质量特性的类型	信噪比表达式	信噪比度量说明
1	望目特性	$10\log(S_m - V_e)/(N \times V_e)$	信噪比愈大，质量特性愈好
2	望大特性	$-10\log(\frac{1}{N} \sum \frac{1}{y_i^2})$	信噪比愈大，质量特性愈好
3	望小特性	$-10\log(\frac{1}{N} \sum y_i^2)$	信噪比愈小，质量特性愈好

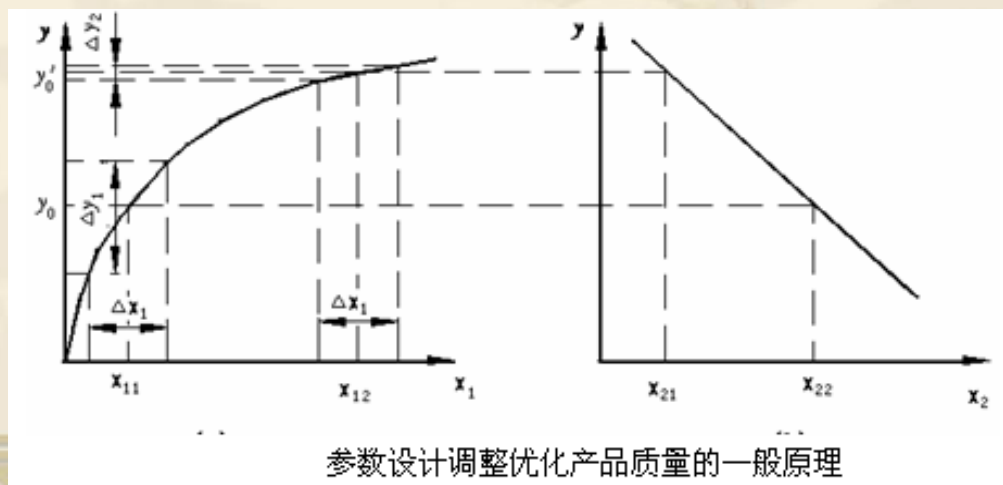
稳健设计方法（田口设计方法）

- ❖ 系统设计
- ❖ 产品设计的第一次设计称为系统设计，是指决定产品功能和结构的设计。
- ❖ 系统设计的方式有：
 - （1）技术引进、利用专利的方式；
 - （2）自行设计与技术引进相结合的方式；
 - （3）独立研制方式。

稳健设计方法（田口设计方法）

❖ 参数设计

- ❖ 产品设计的第二次设计称为参数设计，它是稳健设计的核心，这一阶段是为了提高和保证产品性能，同时考虑成本因素，以优化产品性能为目标，设计出质量稳定、成本合理的产品。



2009-4-13

参数设计调整优化产品质量的一般原理

机械工业出版社

稳健设计方法（田口设计方法）

❖ 参数设计的一般程序为：

（1）运用专业知识，选出主要的质量因素及其水平，包括控制因素、标示因素、信号因素和误差因素；

（2）根据质量因素的个数及其水平数，选取合适的正交表和试验次数；

（3）按照正交表中的各个因素水平，进行试验；

（4）根据试验数据，计算SN比，并用SN比代表每组试验的特性值，进行方差分析；

（5）根据分析结果，选取最佳参数水平及其组合，作出参数设计结论。

稳健设计方法（田口设计方法）

- ❖ 容差设计
- ❖ 产品设计的第三次设计称为容差设计
- ❖ 容差设计就是在产品质量设计过程中，通过控制可控因素的容差，衰减或缩小误差因素所引起的产品质量波动，调整产品质量与成本关系的一种设计方法。

稳健设计方法（田口设计方法）

- ❖ 容差设计的目的是确定各种影响产品质量波动因素的主次，即确定哪一项是质量波动的主要原因，哪些是次要的，这样就针对性地衰减或缩小主要因素的引起的质量波动。
- ❖ 如果参数设计后，产品的质量特性能达到要求，则不需要进行容差设计。

QFD、TRIZ和稳健设计的集成应用

- ❖ 在产品的设计质量控制中，采用**QFD**方法，得到顾客对产品的要求，知道顾客想要什么样的产品，确定了设计的方向和目标，但它无法进一步向设计人员提供可操作的解决产品创新设计的具体方法。
- ❖ **TRIZ**设计理论正是实现产品创新设计的有力工具，它将产品创新的核心——概念设计（在稳健设计中称为系统设计）过程具体化，并提出了规则、算法与发明创新原理供设计人员使用。

QFD、TRIZ和稳健设计的集成应用

- ❖ 再通过稳健设计，对用TRIZ创新设计理论得到系统功能原型进行参数设计和容差设计，得到产品各个设计参数的最佳水平值及其组合，就能获得价格合理、质量性稳定的产品。



第四节 设计质量控制实施

2009-4-13

苏秦主编《质量管理与可靠性》
机械工业出版社

设计质量控制实施

- ❖ 产品设计质量控制是按规定程序和规范进行控制和协调各个设计阶段的工作，以设计质量保证产品质量，从源头上抓产品的质量，及时地以最少的耗费完成设计工作。
- ❖ **ISO9000:2000**标准规定设计质量控制实施的主要活动有：设计策划、设计输入、设计输出、设计评审、设计验证、设计确认和设计更改七个控制环节。

设计质量控制实施

- ❖ 设计策划
- ❖ ISO9000:2000标准中对设计策划的实施，规定为：

“7.3.1 设计和开发策划

组织应对产品的设计和开发进行策划和控制。

在进行设计和开发策划时，组织应确定：**a)** 设计和开发阶段；**b)** 适合于每个设计和开发阶段的评审、验证和确认活动；**c)** 设计和开发的职责和权限。

组织应参与设计和开发的不同小组之间的接口进行管理，以确保有效的沟通，并明确职责分工。”

设计质量控制实施

- ❖ 质量设计输入控制
- ❖ ISO9000:2000标准中对设计输入的要求为：
- ❖ “7.3.2设计和开发输入

应确定与产品要求有关的输入，并保持记录。这些输入应包括：**a)** 功能和性能要求；**b)** 适用的法律、法规要求；**c)** 适用时，以前类似设计提纲的信息；**d)** 设计和开发所必需的其他要求。

应对这些输入进行评审，以确保输入是充分与适宜的。要求应完整、清楚，并且不能自相矛盾。”

设计质量控制实施

- ❖ 组织应对影响产品设计和开发过程的输入进行识别，以满足相关的需求和期望。输入可包括：
 1. 内部输入
 2. 外部输入
 3. 那些对确定安全和功能起关键作用的产品或过程的特性的其他输入

设计质量控制实施

- ❖ 设计质量输出
- ❖ ISO9000:2000标准中对设计输出的要求为：

“7.3.3设计和开发输出

设计和开发的输出应以能够针对设计和开发的输入进行验证的方式提出，并应在放行前得到批准。

设计和开发输出应：**a)** 满足设计和开发输入要求；**b)** 给出采购、生产和服务提供的适当信息；**c)** 包含或引用产品接受准则；**d)** 规定对产品的安全和正常使用所必需的产品特性。”

设计质量控制实施

- ❖ 设计质量评审
- ❖ ISO9000:2000标准中对设计评审的要求为：

“7.3.4设计和开发评审

在适宜的阶段，应依据所策划的安排对设计和开发进行系统的评审，以便：

- a) 评价设计和开发的结果满足要求的能力；
- b) 识别任何问题并提出必要的措施。

评审的参加者应包括与评审的设计和开发阶段有关的职能的代表。评审结果及任何必要措施的记录应予保持。”

设计质量控制实施

- ❖ 设计质量验证
- ❖ ISO9000:2000标准中对设计验证的要求为：

“7.3.5 设计和开发验证

为确保设计和开发输出满足输入的要求，
应依据所策划的安排对设计和开发进行验证。
验证结果及任何必要措施的记录应予保持。”

设计质量控制实施

- ❖ 设计质量确认
- ❖ ISO9000:2000标准对设计确认的要求为：

“7.3.6 设计和开发确认

为了确保产品能够满足规定的使用要求或已知的预期用途的要求，应依据所策划的安排对设计和开发进行确认。只要可行，确认应在产品交付或实施之前完成。确认结果及任何必要措施的记录应予以保持。”

设计质量控制实施

- ❖ 设计质量更改
- ❖ ISO9000:2000标准中对设计更改控制的要求为：

“7.3.7设计和开发设计更改的控制

应识别设计和开发的更改。在适当时，应对设计和开发的更改进行评审、验证和确认，并在实施前得到批准。设计和开发更改的评审应包括评价更改对产品组成部分和已交付部分的影响。

更改的评审结果及任何必要措施的记录应予保持。”

小结

- ❖ 产品质量包含四个部分：确定产品需要有关的质量——即市场调研质量；与产品设计有关的质量——即设计质量；与产品设计的符合性有关的质量——即制造质量；与产品保障有关的质量——顾客质量。
- ❖ 设计质量是产品质量的一部分，但却是最关键、最核心的部分，它直接决定了产品质量。

小结

- ❖ 在设计过程中应遵循以下原则：需求原则、信息原则、系统原则、继承原则、效益原则、简化原则、定量原则、时间原则、合法原则、审核原则。

小结

- ❖ 产品的设计质量特性值有以下几类：输出特性和原因特性、计量特性和计数特性、静态特性和动态特性、望目特性、望大特性和望小特性。

小结

- ❖ 根据设计所处的阶段，质量评价分为：事前评价、中间评价、事后评价。
- ❖ 用于评价设计质量的方法很多，常用的评价方法有以下几类：专家评价法、经济分析法、运筹学和其他数学方法、混合法。每一类评价方法又可分成很多种方法。