



普通高等教育“十二五”规划教材

# 质量工程学课程 实验教材

EXPERIMENT GUIDE BOOK OF QUALITY ENGINEERING

张发平 王海燕◎主编

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



普通高等教育



# 质量工程学课程 实验教材

EXPERIMENT GUIDE BOOK OF QUALITY ENGINEERING

张发平 王海燕◎主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

“质量工程”是工业工程专业和机械制造专业的一门重要基础课程。本书针对“质量工程”教学需求,系统地设计了相关实践教学实验,每个实验从实验目的、原理、过程等几个方面进行设计,并给出了相关数据分析方法。本书所设计的实验内容基本涵盖了质量工程学的重要知识点,并联系统计学、管理信息系统等其他学科的知识,旨在提高学生的动手操作、数据分析、软件应用等各方面的能力。

该书可作为工业工程及机械制造专业质量工程课程的配套实验教学教材,也可作为相关专业工程技术人员参考用书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

质量工程学课程实验教材 / 张发平, 王海燕主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 12

ISBN 978-7-5682-1685-2

I. ①质… II. ①张…②王… III. ①质量管理-高等学校-教材 IV. ①F273.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 005383 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 10.25

字 数 / 233 千字

版 次 / 2015 年 12 月第 1 版 2015 年 12 月第 1 次印刷

定 价 / 28.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 多海鹏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

21 世纪是“质量的世纪”。随着科学技术的不断发展，人们对质量要求越来越高，完美的产品质量将给人类带来文明、舒适和幸福的生活。同时随着产品性能的提高，结构也越来越复杂，而生产方式也越来越多样化，这些都给质量管理带来了新的挑战。为了应对这些挑战，人们提出了质量工程的概念。

质量工程是以质量科学为基础，综合运用各种手段和方法来解决质量形成过程中所涉及的问题，提高产品和服务质量。质量工程学是一门理论与实际联系高度密切的学科，针对实验教学的重要性以及目前实验教学资源的匮乏，设计质量工程学课程的相关实验及编写实验指导书有很大的必要性。

作者在深入研究《现代质量工程》《质量管理》《质量工程》等多本质量工程学课程教材以及大量相关文献的基础上，系统地对质量工程相关的实践教学环节进行了实验设计。全书共分为两个部分，共 11 章内容，其中第二部分将质量工程课程的实验分为五部分：面向质量的设计、过程质量控制、质量检验、质量改进和质量信息。针对这五部分，设计了质量屋、三次设计、均值—极差控制图、随机抽样检验、测量系统分析、质量成本分析等 24 组实验，内容涵盖统计过程控制、工序能力计算、统计学原理、管理信息系统、质量成本分析等多个知识点，注重学生动手操作、数据分析、理论研究和现场调研等多方面的能力。

该书可作为工业工程及机械制造专业质量工程课程的配套实验教学教材，也可作为相关专业工程技术人员的参考用书。本书在编写过程中得到了北京理工大学梁志强副教授的帮助，本书的出版得到了北京理工大学教务处的资助，在此一并感谢。

由于作者水平有限，不当之处敬请广大读者和同行们批评指正。

编者

# 目 录

## CONTENTS

### 第一部分 质量工程基础知识

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第一章 质量工程基本原理 .....  | 003 |
| 一、质量 .....          | 003 |
| 二、质量相关概念 .....      | 003 |
| 三、质量工程 .....        | 004 |
| 第二章 面向质量的设计 .....   | 006 |
| 一、面向质量的产品设计 .....   | 006 |
| 二、三次设计 .....        | 006 |
| 三、质量功能展开 .....      | 007 |
| 第三章 统计过程控制 .....    | 009 |
| 一、统计过程控制的基本概念 ..... | 009 |
| 二、质量控制图 .....       | 009 |
| 三、工序能力 .....        | 011 |
| 第四章 抽样检验 .....      | 012 |
| 一、检验的基本概念 .....     | 012 |
| 二、检验的类型 .....       | 012 |
| 三、抽样检验的名词术语 .....   | 013 |
| 四、随机抽样方法 .....      | 014 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| <b>第五章 质量经济分析</b> | 015 |
| 一、质量成本分析          | 015 |
| 二、质量经济分析          | 016 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| <b>第六章 质量信息系统</b> | 017 |
| 质量管理信息系统的概念       | 017 |

## 第二部分 实验设计

|                    |     |
|--------------------|-----|
| <b>第一章 面向质量的设计</b> | 021 |
| 实验一 质量屋            | 021 |
| 实验二 三次设计           | 026 |
| 实验三 正交实验设计         | 043 |
| 实验四 可靠性度量模拟        | 049 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>第二章 过程质量控制</b>          | 053 |
| 实验五 加工误差统计分析与工序能力计算        | 053 |
| 实验六 排列图                    | 057 |
| 实验七 散点图                    | 061 |
| 实验八 因果图                    | 065 |
| 实验九 均值—极差控制图               | 069 |
| 实验十 均值—标准差控制图              | 074 |
| 实验十一 不合格品数和不合格品率控制图        | 077 |
| 实验十二 C 控制图和 U 控制图          | 081 |
| 实验十三 单值—移动极差控制图和单值—移动均值控制图 | 086 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <b>第三章 质量检验</b>       | 091 |
| 实验十四 随机抽样检验           | 091 |
| 实验十五 一次抽样检验及 OC 曲线的绘制 | 097 |
| 实验十六 测量系统分析           | 101 |
| 实验十七 假设检验             | 110 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| <b>第四章 质量改进</b> | 116 |
| 实验十八 质量成本分析     | 116 |
| 实验十九 顾客满意度调查及分析 | 120 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| <b>第五章 质量信息</b> | 124 |
| 实验二十 质量管理信息系统设计 | 124 |

|       |                 |     |
|-------|-----------------|-----|
| 实验二十一 | 统计过程控制综合实验..... | 127 |
| 实验二十二 | 计数调整型抽样检验.....  | 138 |
| 实验二十三 | 抽样检验综合实验.....   | 147 |
| 实验二十四 | 质量管理综合实验.....   | 150 |

# 第一部分 质量工程基础知识



# 第一章

## 质量工程基本原理

### 一、质量

21 世纪是质量的世纪。质量是经济、文化、教育和科技实力的综合反映，是一个民族物质文明的象征，也是一个组织综合实力的体现。树立质量意识，努力提供优质产品和服务，满足人们生活、物质、文化的需求是我国经济发展的重要战略问题。

中国的发展已经进入了由“数量经济”向“质量经济”跨越的阶段，迫切需要正确的概念、适宜的方法和工具以及卓有成效的行动来从事质量活动。随着时代的发展，人们对质量的认识不断变化，也不断充实、完善和深化。目前，对于质量的定义主要有以下几种。

#### 1. 美国著名质量管理学家的定义

美国著名的质量管理学家朱兰（J. M. Juran）博士从顾客的角度出发，提出了产品质量就是产品的适用性，即产品在使用时能成功地满足用户需要的程度。用户对产品的基本要求就是适用，适用性恰如其分地表达了质量的内涵。

美国质量管理专家克劳斯比从生产者的角度出发，曾把质量概括为“产品符合规定要求的程度”；美国的质量管理大师德鲁克认为“质量就是满足需要”；全面质量控制的创始人菲根堡姆认为，产品或服务质量是指营销、设计、制造、维修中各种特性的综合体。

#### 2. 日本著名质量管理学家田口玄一的定义

日本著名质量管理学家田口玄一（Taguchi）从社会损失的角度对质量作出了如下定义：质量就是产品上市后给社会造成的损失，但由于产品功能本身产生的除外。

#### 3. ISO9000 中质量的定义

国际标准化组织（ISO）2005 年颁布的 ISO9000：2005《质量管理体系基础和术语》中对质量的定义是：一组固有特性满足要求的程度。

### 二、质量相关概念

#### 1. 产品质量

产品是过程的结果。通常的产品有以下四种类型：服务（如运输）、软件（如字典、计算机程序）、硬件（如发动机零件）和流程性材料（如润滑油）。

产品的质量就是指产品的固有特性满足人们要求的程度。

(1) 就机械类产品而言, 它的产品质量大致可以归纳为以下几个方面的特征:

①性能: 为了满足使用目的而需要具备的技术特性。

②可信性: 产品可用的程度及其影响因素, 包括可靠性、可维修性和维修保障性等。

③安全性: 产品在存储、流通和使用过程中不会产生因质量不佳而导致的人员伤亡、财产损失和环境污染的能力。

④适应性: 产品适应外界环境变化的能力。

⑤经济性: 产品合理的寿命周期费用。

⑥时间性: 满足顾客对产品交货期和交货数量的能力。

(2) 软件产品质量的六个方面特性包括性能、可靠性、安全性、保密性、专用性和经济性。

## 2. 服务质量

服务是一种向消费者个人或组织提供的满足其特定需求的经济活动, 服务的目的是满足对方某种特定的需求。服务通常是无形的, 是在与组织和顾客接触时完成的一项活动。服务的特性包括: 不可触性(但可感性)、生产与消费的同时性、质量的差异性、活动的易逝(不可储存)性等。服务也有六个方面的质量特性, 即功能性、经济性、安全性、时间性、舒适性和文明性。

## 3. 过程质量

过程是“将输入转化为输出的一组彼此相关的资源和活动”。过程的基本功能是将输入转化为输出, 那么过程质量一方面可以通过构成过程的要素(如投入的资源)与相关活动满足明确和隐含需要的程度来考虑, 另一方面也可以通过过程输出(如产品和劳务等有形或无形产品)的质量好坏来间接地反映。即:

(1) 过程必须是一种增值的转换;

(2) 每一过程还会与其他过程有着相互关系;

(3) 所有工作通过过程来完成。

## 4. 质量管理

质量管理是指确定质量方针、目标和职责, 并通过质量体系中的质量策划、控制、保证和改进, 从而实现所有活动。现代质量管理的代表人物——质量管理学家朱兰将质量管理分为三个过程: 质量策划、质量控制和质量改进, 即所谓的朱兰质量三部曲。质量策划是围绕着组织来进行的质量目标策划、运行过程策划、确定相关资源等活动的过程, 包括质量计划与作业的改进。质量控制是将生产过程中的质量数据与预期目标进行比较, 找出存在的差异, 并分析产生差异的原因, 研究解决办法, 控制质量水平, 该过程通常要用到一些统计知识与技术, 如帕累托图、质量控制图和统计抽样等。质量改进是指为了给本组织及顾客提供更多的收益, 在整个组织内所采取的旨在提高活动和过程效益的各种措施。

# 三、质量工程

工程是以一组设想的目标为依据, 利用相关的科学知识和技术手段, 通过一群人有组织的活动, 将某个现有的实体转化为带有预期使用价值的人造产品的过程。GJB 1405—1992中质量工程的定义如下:

将现代质量管理的理论及其实践与现代科学和工程技术成果相结合，以控制、保证与改进产品质量为目标而开发、应用的技术和技能。

从以上的定义可以看出：管理与技术是质量工程的两个重要的基石，两者相互配合，缺一不可。如果没有质量工程技术的支持，那么质量管理将会成为空洞的理念和模式；如果离开了质量管理的指导，那么质量工程技术将会失去方向，失去其意义和作用。

质量工程技术是在工业化进程中逐渐产生的，包括一系列应用产品和过程中质量特性的需求论证、设计分析、试验评估、检验控制与缺陷分析的理论和方法。这些理论与方法具有共性和通用的特征，普遍适用于大部分的产品和过程。因此，质量工程技术是质量工程师掌握及熟练应用的基础。

## 第二章

# 面向质量的设计

### 一、面向质量的产品设计

“质量是设计和制造出来的，不是检验出来的”，“质量管理在于源头”。这些说法都说明了一个道理：设计过程的质量管理对产品质量的保证至关重要。设计过程就是把顾客需求转化为对产品或服务的技术要求的活动。那么如何在设计过程中将顾客的需求最大化地转化到产品设计之中？如何在设计过程中确保并尽量提高产品的质量？

有统计资料表明，一个产品质量的 70% 是在产品的设计阶段确定的。这一点可以从用户对质量的反馈中得到证明。日本的一项统计表明：质量问题的投诉中，有 70% 是由设计过程的因素所造成的，剩下的 30% 是由制造、搬运等过程中的因素所造成的。值得注意的是：设计问题所占的比例还有上升的趋势。因此，许多大公司已经把质量管理的重点从产品的制造过程转移到了产品的设计过程，在产品的设计过程中投入越来越多的精力，采用多种在设计阶段控制产品质量的工具、手段和方法来提高产品的设计质量。这些方法统称为面向质量的设计 (Design for Quality, DFQ)，其中包括三次设计、质量功能展开 (Quality Function Deployment, QFD)、故障失效模式分析 (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) 等。

### 二、三次设计

三次设计理论是由日本著名质量管理学家田口玄一在 20 世纪 70 年代创立的一种系统化设计理论。三次设计的核心是在产品的设计阶段就进行质量控制，争取用最低的生产成本制造出满足顾客需求的、对社会造成的损失最小的、质量最高的产品。田口博士将产品设计过程分为三个阶段：系统设计阶段、参数设计阶段和容差设计阶段。

#### 1. 系统设计（一次设计）

系统设计（也称为第一次设计）即功能设计，类似于传统的设计。它主要依靠专业技术来完成，目的在于设计一个基本模型系统，确定产品的基本结构，使产品达到所要求的功能。例如：机械生产过程中选择什么样的原材料，采用什么样的加工方式；化工生产工程中依据什么样的化学反应，在什么温度下进行，等等。系统设计的质量取决于专业技术水平的高低。对于某些结构复杂、多参数、多特性值的产品，要全面考虑各种参数组合的综合效应，单凭专业技术往往无法定量地确定经济合理的最佳参数组合。系统设计只能根据直觉或预测，从各个系统中挑选几个重要的系统进行研究。尽管如此，系统设计仍是整个设计的基础，它为选择需要考察的因素和待定的水平提供了依据。系统设计对于减少产品质量特性的

波动和降低制造费用都具有重要的作用。

### 2. 参数设计（二次设计）

参数设计是产品健壮性设计的核心，是在系统设计的基础上，通过选择系统中各种可控因素的最佳水平（即最佳参数）组合，减少各种干扰的影响，使产品输出特性波动最小，以保证这些系统中各参数值的最佳水平及最优组合。系统设计是凭借专业知识推定出待考察的因素和水平，但无法综合考虑减小质量波动、降低成本等因素。而参数设计是一种非线性设计，它综合运用正交试验、方差分析等方法来研究各种参数组合与输出特性之间的关系，以便找出特性值波动最小的最佳参数组合。因此，参数设计也称参数组合的中心值设计。

### 3. 容差设计（三次设计）

确定系统要素的中心值后，接着就要对这些因素的波动范围进行设计，即容差设计。由于某些输出特性的波动范围仍然较大，若想进一步控制波动范围、提高产品的最终质量，就需要考虑选择更好的原材料、零件和加工方式，但这样会提高成本。因此有必要将产品的质量和成本进行综合平衡。容差是从经济性角度考虑允许质量特性值的波动范围。容差设计是指通过研究容差范围与质量成本之间的关系，对质量和成本进行综合平衡，进行最经济的设计及生产出高质量的产品。

## 三、质量功能展开

质量功能展开（Quality Function Deployment, QFD），也称质量机能展开和质量功能配置，是20世纪60年代后期在日本制造业产生的一种系统分析方法。丰田公司采用了QFD技术后，取得了巨大的经济效益，其新产品的开发成本下降了61%，开发周期大大缩短，产品质量也相应提高。随着该技术在日本的成功推广与应用，QFD得到迅速发展，并逐渐被应用到建筑业、服务业、医学等领域，产生了巨大的作用。

质量功能展开是一种集成的开发技术，核心是在产品的开发过程中把顾客对产品的需求进行多层次的分析，转化为产品的设计要求、零部件特征、工艺要求和生产要求，使生产出来的产品最大限度地满足顾客的需求。质量功能展开是一种系统性的决策技术，在设计阶段，它可以保证将顾客的需求准确无误地转换为产品的定义；在生产准备阶段，它可以将顾客的需求准确无误地转换为产品的制造工艺过程；在生产加工阶段，它可以保证制造出来的产品完全满足顾客的要求。质量功能展开技术可以保证顾客的需求完整地、不被放大或缩小地反映在最终的产品中，避免出现冗余功能，大大节省了设计成本和制造成本。

质量屋（House of Quality）是实施质量功能展开的一种非常有力的工具，它是一种形状如房屋的图形，故称为质量屋。一般地，质量屋主要由以下几部分组成：

- （1）左墙：顾客的需求；
- （2）右墙：市场评价表；
- （3）天花板：技术要求；
- （4）房间：关系矩阵表；
- （5）地板：质量规格；
- （6）地下室：技术评价表；
- （7）屋顶：技术要求之间的关系矩阵。

此外，还可能包括一些其他部分，如各项需求对顾客的重要程度、技术要求的满意度方向、技术重要程度等。

图 1-2-1 所示为质量屋的基本结构。

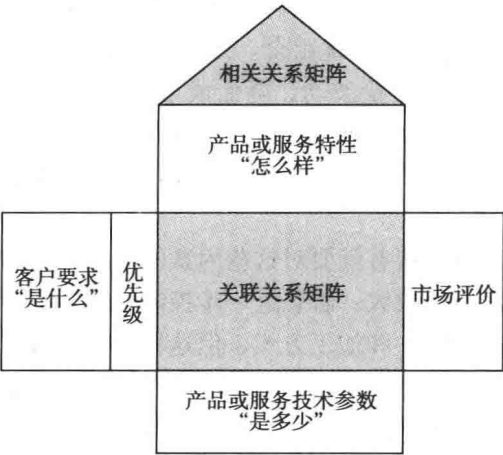


图 1-2-1 质量屋的基本结构

图 1-2-2 所示为一个蜡烛的质量屋。

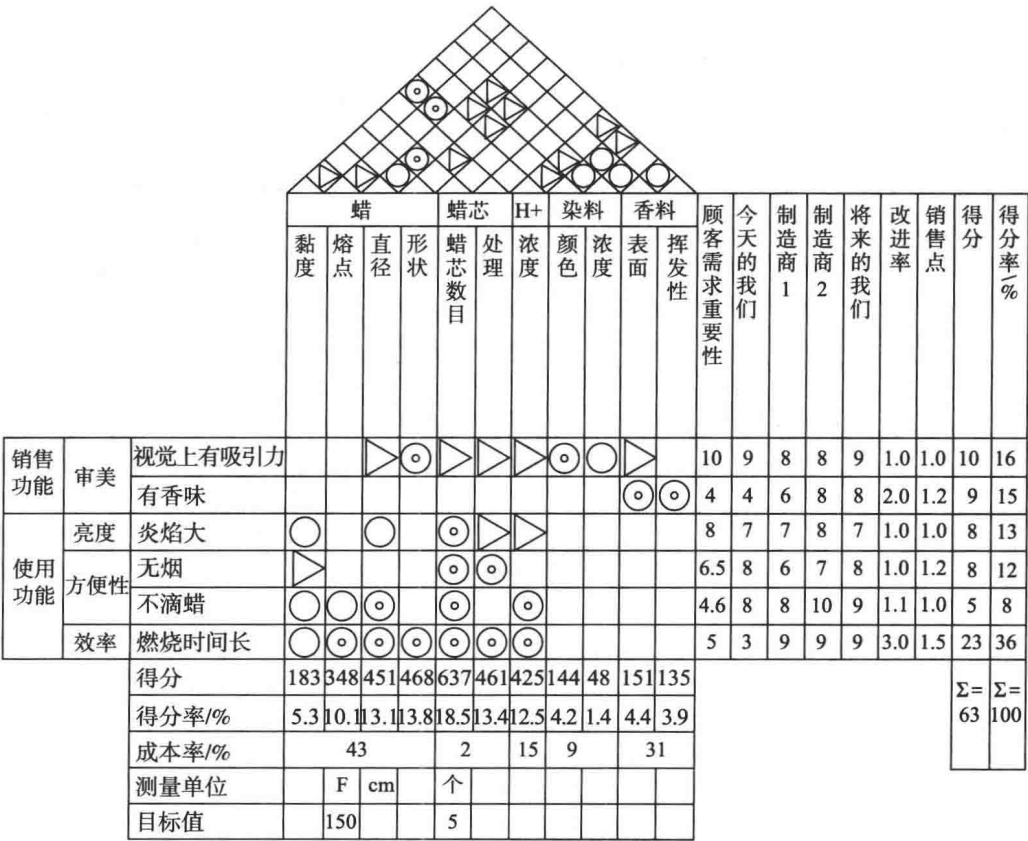


图 1-2-2 某蜡烛产品的质量屋

## 第三章

# 统计过程控制

### 一、统计过程控制的基本概念

统计过程控制（Statistical Process Control, SPC）的概念由美国数理统计专家休哈特（W. A. Shewhart）于 20 世纪 20 年代提出，它是采用数理统计的方法对工艺过程的各个阶段进行控制，从而达到改进与保证产品质量的目的。统计过程控制认为产品质量总是具有变异的，变异具有统计规律，强调采用科学的方法，即统计的方法，以预防为主来达到目的。稳定状态是统计过程控制的目标，预防为主是过程控制的重要原则，SPC 不仅可用于制造过程，也可用于服务过程。统计过程控制由统计质量控制发展而来，实现了质量管理的三个根本性的转变：由以定性描述为主转向以定量分析为主；从以事后检验为主转向以事前控制为主；从以产品检验为主转向以过程控制为主。在数据和质量特性值的处理方法中，直方图、频数分布表等方法表示的都是质量数据在一定时间内的静止状态。但是在实际的生产加工过程中，要实现对制造过程的实时监控，做到随时发现问题、随时处理问题，仅靠这些静态的数据处理方法是不足的，还需要能够动态地显示数据变化及动态处理数据的方法，即统计过程控制方法的内涵。

对于企业来讲，产品的质量就是企业的生命，而工程质量控制就是提高质量的基石。统计过程质量控制的流程主要有九个步骤：确定关键工序、确定关键质量特性、工序能力分析、确定抽样方案及控制图的类型、按抽样方案随机抽样、计算中心线及上限和下限控制线、控制图的建立与判稳、控制图的使用与判异、判断是否需要修改控制图等。具体的质量统计过程控制流程如图 1-3-1 所示。

### 二、质量控制图

控制图（Control Chart）是实现统计过程控制的有力工具。通过控制图，可以实现对制造过程中质量数据的实时收集和实时处理，及时发现并分析解决问题，从而实现在生产制造过程中对质量的控制。运用控制图的方法，采集生产加工过程中的质量数据（通常分为计量值数据和计数值数据），并按照一定规则在控制图上表达出来。通过分析质量数据曲线与控制图上下界的关系，可以较为准确地判断出生产加工过程是否属于受控状态，进而分析生产过程中的异常因素。

相同工艺条件下加工一批零件，若加工误差的大小和方向不变，或者随加工顺序呈现

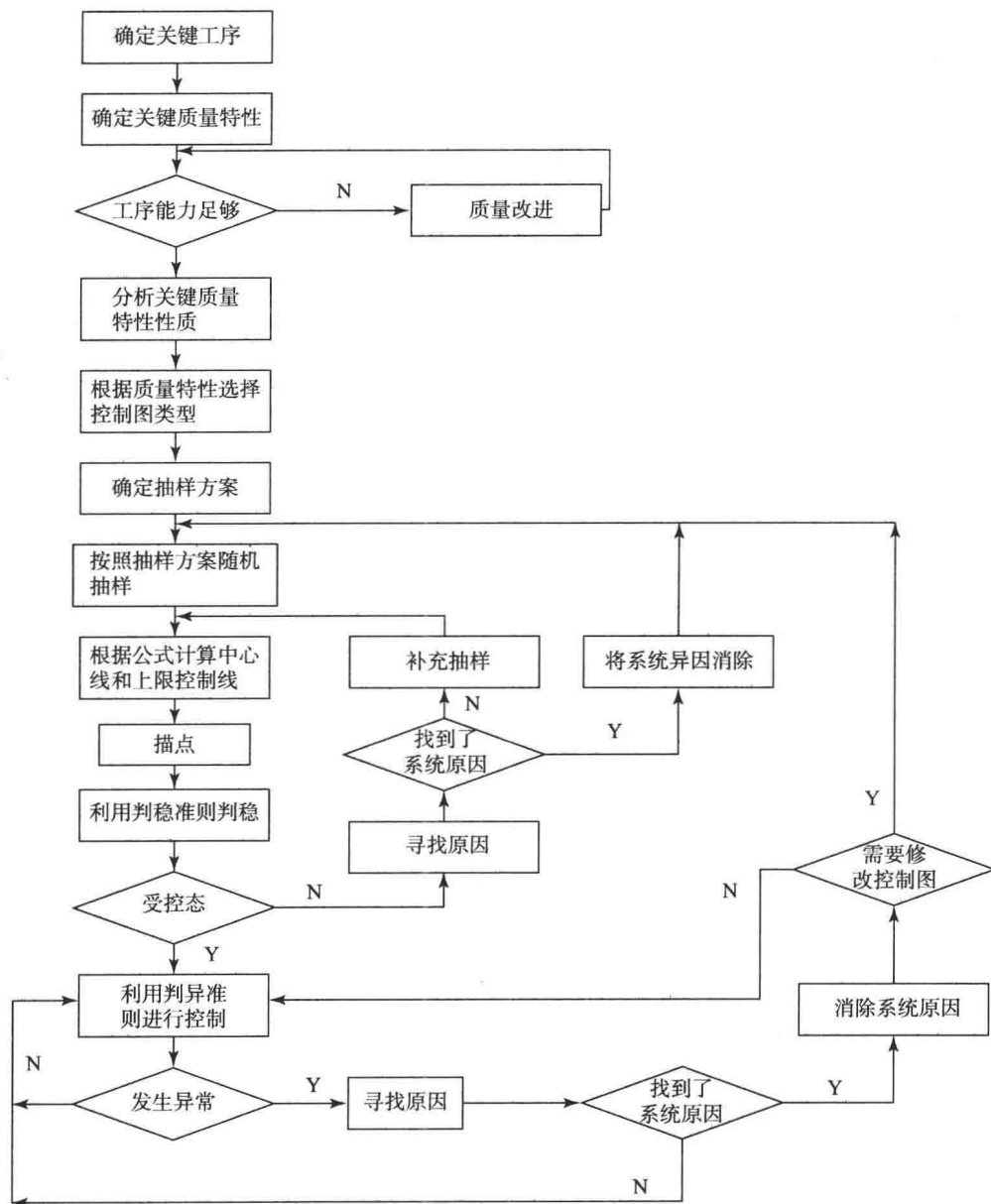


图 1-3-1 统计过程控制流程

规律性变化，这种误差叫作系统误差；若加工误差的大小和方向不同且无固定的变化规律，这种误差叫作随机误差。如果生产过程中只产生随机误差，则可以认为生产过程处于受控状态；如果生产过中出现了系统误差，则说明存在异常因素，生产过程出现了问题。

质量控制图是将生产线上产品的关键质量数据，按照加工的时间顺序依次描述在图表中，通过观察质量数据的变化趋势，以及是否跃出控制界限来判断生产过程是否处于受控状态。控制界限一般有三条：中心线、上限控制线和下限控制线，分别记作 CL、UCL 和 LCL。中心线指的是产品质量数据的平均值，控制上限和控制下限是生产处于受控状态时质量数据