

机械加工  
工艺手册

第3卷

机械工业出版社

# 第24章 机械加工的质量管理

主 编 倪智最(第一汽车制造厂)

审 稿 人 张国雄(天津大学)  
王小华(大连理工大学)  
王景连(大连理工大学)

责任编辑 张斌如



## 第1节 质量管理基本知识

### 1 质量

质量定义为产品、过程或服务满足规定要求的和潜在需要的各种特征和特性的总和。质量有狭义和广义两种含义：狭义的质量，是指产品质量；广义的质量，则除了产品质量之外，还包括工作质量。

#### 1.1 产品质量

产品质量概括地说就是产品的适用性。它是衡量产品在使用过程中成功地满足用户要求的程度。包括：

(1) 性能 指产品为满足使用目的所具备的技术特性。如机床的转速、功率；钢材的化学成分、强度；汽车的载重量、最大功率、速度；轧钢设备的轧制能力等。

(2) 寿命 指产品在规定条件下满足功能要求的工作时间。如钻井机钻头进尺数；轮胎行驶里程数。对于汽车、机床、工程机械这类需要维修保养才能保持其性能的产品，则将两次大修的间隔期作为它的使用寿命。

(3) 可靠性 指产品在规定时间内、规定条件下，完成规定功能的能力。它是产品投入使用后体现出来的满足人们需要的程度。如机床的精度稳定期限；拖拉机、汽车的平均无故障工作时间。

(4) 安全性 指产品在流通和使用过程中保证安全的程度。如产品在使用中，是否存在对操作人员造成伤害事故、影响人身健康、产生公害污染等情况的可能性。

(5) 经济性 指产品寿命周期总费用（包括使用成本）的大小。一般指产品的设计成本、制造成本、利税，以及用户在使用过程中的运转费用、维修费用、维持费用等使用成本。企业不仅要降低产品自身的制造成本，还要注意使用成本。

#### 1.2 工作质量

工作质量涉及企业的所有部门和人员，也就是说企业中每个科室、车间、班组，每个工作岗位都直接或间接地影响着产品质量。工作质量是产品质量的保证。抓紧对人员的培训，提高人的思想觉悟，并提高其文化技术水平，是提高工作质量的有效途径。

## 2 质量管理

质量管理是对确定和达到质量要求所必需的职能和活动的管理。是企业为了以最经济的方法，稳定地生产出用户满意的产品，对产品质量形成全过程的质量职能<sup>⊖</sup>的管理。

质量管理要达到“三个方面”、“一个目的”：

1) 认真贯彻“质量第一”的方针。

2) 充分调动企业各部门和全体职工关心产品质量的积极性。

3) 切实有效地运用现代科学技术和现代管理技术（包括数理统计方法）做好设计、制造、用户服务、市场研究等方面的工作，以预防为主，控制影响产品质量的各种因素。

目的是好、省、多、快地生产出满足用户要求的（个人的、社会的）产品。

质量管理要注意做到“三全”、“一多样”：

(1) 全员参加的质量管理 从厂长到工人，人人都要做好本职工作，个个关心产品质量，全体参加质量管理。

(2) 全过程的质量管理 产品质量有一个产生、形成和实现的过程。这个过程包括市场调查、设计、生产、销售直至售后服务等。要保证产品质量，不仅要做好生产制造过程的质量管理，还要做好设计过程和使用过程的质量管理。同时，必须树立努力为用户服务的思想，做到以防为主，防检结合，重在提高。

(3) 全企业的质量管理 企业各部门的质量管理工作都是提高产品质量不可缺少的一部分，因此要求企业各部门都要参加质量管理。

(4) 采用多种多样的质量管理方法 影响产品质量的因素很复杂，既有物的因素，也有人的因素；既有技术的因素，也有组织管理的因素；既有企业内部的因素，又有企业外部的因素。要把这一系列的因素系统地控制起来，全面管好。

## 3 质量循环圈

企业质量工作的总任务是：明确用户的需要，进而开发、设计、制造和销售满足用户需要的产品，并做好售后服务。此外，还必须注意到产品应符合市场竞争的一切法规和条例。企业执行这项任务时，有许多不同职能或部门的人员参加，共同

<sup>⊖</sup> 对质量职能的解释见本节3质量循环圈。

为实现产品的适用性而努力。在企业内部，对产品质量有直接影响的质量职能，主要有市场研究、开发设计、生产技术准备、采购、制造、检验、销售、服务等八个方面。把这些质量职能放在一个圈内，不断循环活动，称为“质量循环圈”，见图24·1-1。根据企业规模大小，有的企业是几个部门承担一种质量职能，有的是一个部门承担几种职能。质量循环圈概括了企业中对产品质量有影响的大部分职能，在这些职能部门中工作的职工都对产品质量负有一定的责任。还有一些职能未在质量循环圈中表示出来，如人事教育部门（人员培训），劳动工资部门（质量奖惩），财务部门（质量成本），这些部门对产品质量也不同程度地承担部分职能。

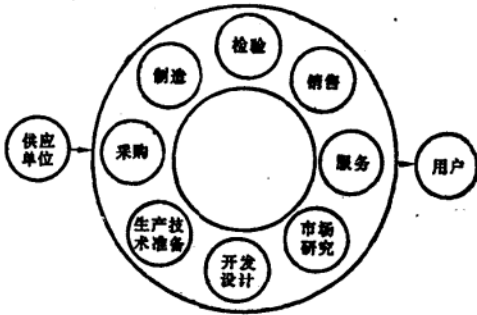


图24·1-1 质量循环圈

#### 4 可靠性

可靠性是产品在规定条件下、规定期间内，完成规定任务的能力。

衡量可靠性有如下几个指标。

##### 4.1 可靠度与不可靠度

(1) 可靠度  $R(t)$  指产品在规定条件下、规定时间内，完成规定功能的概率。

$$R(t) = P\{\tau > t\} \quad (\text{寿命 } \tau \text{ 大于时间 } t)$$

(2) 不可靠度  $F(t)$  指产品在规定条件下，在规定时间以前，丧失其规定功能(发生故障)的概率。

$$F(t) = P\{\tau < t\} \quad (\text{寿命 } \tau \text{ 不超过时间 } t)$$

根据两态假设  $R(t) + F(t) = 1$  (见图24·1-2)。

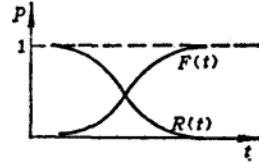


图24·1-2  $R(t)$ 与 $F(t)$ 的概率曲线

##### 4.2 失效率

失效率  $\lambda(t)$  是产品工作到某时刻  $t$ ，单位时间内发生故障的比例。失效率也称瞬时失效率。单位为%/小时或%/10<sup>3</sup>小时。

典型的失效率曲线见图24·1-3。图中区域Ⅰ称早期失效期。在这段时间内，失效率随着时间的增长而迅速下降，其失效原因是产品内部存在缺陷，应经过工艺筛选及早期应力老化将这类产品不断剔除。这一类产品的问题随着时间的增长被暴露之后， $\lambda(t)$  逐渐下降，直到失效率的变化趋向一个稳定状态。

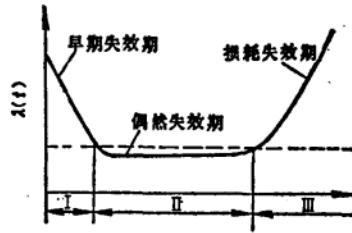


图24·1-3 浴盆曲线

图中区域Ⅱ称偶然失效期或使用寿命期。在这个时期失效率  $\lambda(t)$  达到最低值，并且几乎等于常数，有时仅有微量上升或下降。这一时期时间较长，是产品的主要工作时期。

图中区域Ⅲ称损耗失效期，这时产品进入衰老状态，失效率迅速上升，产品趋向报废。

##### 4.3 平均寿命

(1) 不可修复产品的平均寿命 不可修复产品首次失效就意味着寿命的终结，其平均寿命常以失效前平均工作时间表示，记为MTTF。

(2) 可修复产品的平均寿命 即各段工作时间的平均值，称平均无故障工作时间(或平均故障

间隔时间), 记为 MTBF。

有的可修复产品也以首次失效前平均工作时间作为指标, 记为 MTTF。

#### 4.4 维修度

维修度  $M(t)$  是一个表示可修复产品修复难易程度的定量化指标。

维修度 = 可修复产品在规定条件下、规定时间内完成维修的概率

对产品有计划地进行定点检查、试验和重新调试等称为预防维修, 发生故障之后进行的维修称为事后维修, 事后维修常以平均修复时间表示, 记为 MTTR。

#### 4.5 有效度

可修复产品的工作方式是工作时间与修理时间交替进行, 它维持其功能的能力用有效度  $A(t)$  表示。

有效度是可修复产品在规定条件下, 在任意时刻  $t$ , 维持其规定功能的概率。

用时间表示的有效度称为时间有效度  $A$ :

$$A = \frac{\text{可工作时间}}{\text{可工作时间} + \text{维修时间}}$$

当失效率  $\lambda$  = 常数时,

$$A = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

### 5 工序质量

工序是人、机器、材料、方法和环境对产品质量综合起作用的加工过程, 通常称 4M1E 因素。

(1) 人 (Man) 其中包括人的质量意识、责任感、技术和文化水平、操作熟练程度及组织管理能力等。

(2) 机器 (Machine) 指机床、工艺装备及其他有关生产工具的质量。

(3) 方法 (Method) 包括工艺方法、试验分析方法和组织管理方法等的质量。

(4) 原材料 (Material) 包括原材料、零部件及外购件等的质量。

(5) 环境 (Environment) 包括空气的温度、湿度、含尘量 (度)、噪声、振动以及工人劳动环境的文明整洁和美化的程度。

工序质量就是这五大因素对产品质量综合起作

用的加工过程的质量, 也就是工序对产品质量的保证程度。工序质量的好坏可用产品质量来衡量。

### 6 质量成本

质量成本是指企业为保证或提高产品质量, 进行的管理活动所支付的费用和由于质量故障所造成损失的总和。

企业为了使产品能满足适用性的要求, 就要在生产全过程防止缺陷产品的流转, 就必须对产品进行检验和试验, 因而发生了鉴别成本; 产品在检验或试验时可能失效, 也可能在用户使用中发生故障, 也可能在出厂前对有缺陷产品进行返修或在保修期内为用户更换或修理产品, 这就使企业不得不为此付出故障成本; 由于存在出现故障的可能性和进行鉴别的必要性, 企业还应引入预防成本, 以减少故障成本和鉴别成本。

质量成本 = 鉴别成本 + 故障成本 + 预防成本

#### 6.1 开展质量成本管理的意义

- 1) 有利于控制和降低总成本;
- 2) 从质量成本分析中寻求提高产品质量的途径;
- 3) 有利于推进质量管理工作。

#### 6.2 质量成本项目构成

(1) 内部故障成本 指产品在出厂前由于发生质量缺陷而造成的损失, 以及为处理质量故障所发生的费用之和。包括: 废品损失, 返工损失, 复检费用, 停工损失, 产量损失, 质量故障处理费, 质量降级损失。

(2) 外部故障成本 指产品在用户使用中发现质量缺陷而产生的一切费用和损失的总和。包括: 索赔费用, 退货损失, 保修费用, 折价损失。

(3) 鉴别成本 指判别产品符合规格的情况, 特别是新产品投产期的质量情况所发生的费用。包括: 进货检验费用, 工序检验费用, 成品检验费用, 试验设备维护费用, 试验材料及劳务费用。

(4) 预防成本 为了保证产品质量的稳定和提高, 控制工序质量减少故障损失而采取措施所发生的各项费用。包括: 质量计划工作费用, 设计评审费用, 工序能力研究费用, 质量审核费用, 质量情报费用, 培训费用, 质量改进措施费用。

## 7 质量管理体系

### 7.1 质量管理体系的概念

质量管理体系，是企业以保证和提高产品质量为目标，运用系统的概念和方法，把质量管理各个阶段、各个环节的质量管理职能组织起来，形成一个有明确任务、职责、权限、互相协调、互相促进的有机整体。

建立质量管理体系的作用：

- 1) 把分散在企业各有关部门的质量管理职能纳入一个统一的质量管理系统；
- 2) 把企业各单位、各环节的工作质量和产品质量系统地联系起来；
- 3) 把厂内质量管理活动与流通领域和使用过程的质量信息反馈沟通起来，从而使质量管理工作制度化、标准化、系统化，有效地保证产品质量。

### 7.2 质量管理体系的内容

质量管理体系的内容可概括为：系统的思想，前进的目标，严密的组织，科学的方法。

- 1) 必须把质量当作一个综合体、一个系统，把企业各部门有机地联系起来。
- 2) 要有明确的质量目标，而且随着体系的运转，目标要不断提高。
- 3) 要设立专职质量管理机构，建立严格的质量责任制和高效灵敏的质量信息反馈系统，实行管

理业务标准化和管理流程程序化。

- 4) 运用一切可行的科学方法，开展群众性的质量管理活动。

### 7.3 质量管理体系的构成

质量管理体系的结构形式和系统工程的结构形式一样，由“母体系”和若干“子体系”构成，见图24-1-4。

各体系之间必须协调一致，体系的信息系统必须完整有效，子体系的目标要保证总体系的目标。体系要有应变能力，即适应性。为此要不断地对体系进行审核、评价，从而针对问题进行充分协调和系统控制，使体系不断运转。

### 7.4 质量管理体系图

体系图是表达在生产流程中，质量管理活动与各职能部门相互关联的关系图表。它的作用是随着产品质量形成的过程，简明扼要地将主要质量活动的程序和各部门的相互关系在图上表示出来，给人以直观感，便于遵循。但也不可能将所有的工作内容都在一张图上表示出来，具体工作内容说明可用体系表作为补充。

体系图大体有以下几种模式：

- (1) 全厂母体系图 母体系图是反映全厂体系要素之间的关联关系的综合图表。如果是大型工厂，全厂母体系图将相当复杂，因此母体系图可简单一些，只要把关联部门在生产过程中的主要任

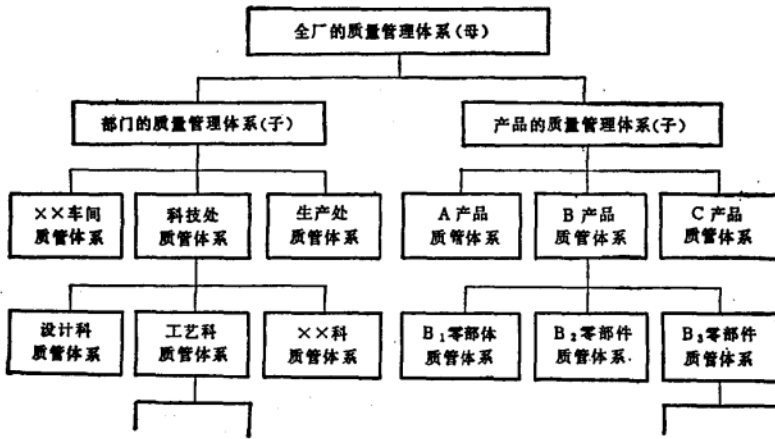


图24-1-4 体系结构

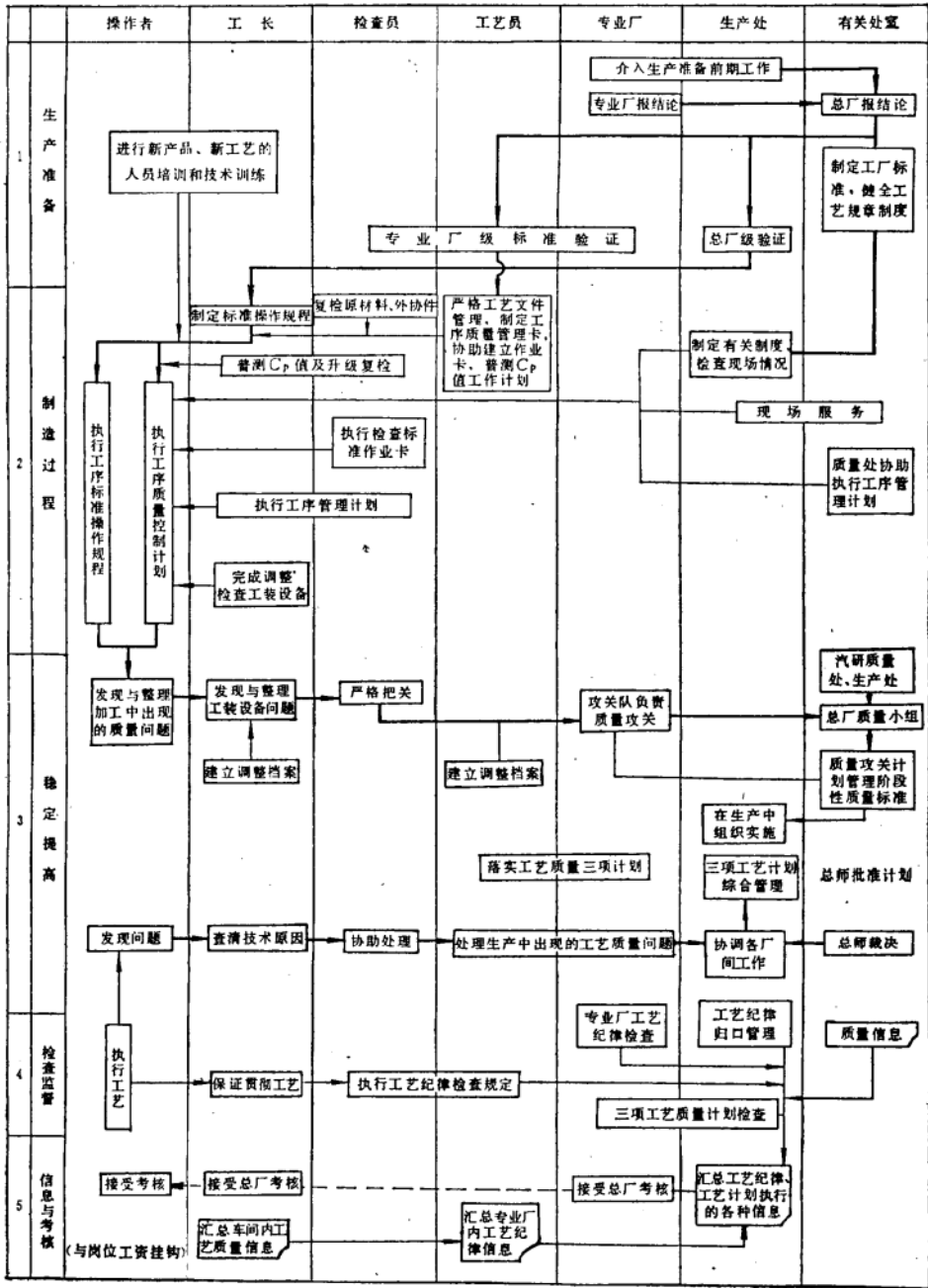


图24-1-5 制造过程质量管理体系图



务、内容和必要的信息路线规定出来即可，具体要求在各子体系图中去实现。

(2) 产品质量管理子体系图 这类子体系图可按生产阶段分为：产品开发设计质量管理体系图，生产准备质量管理体系图，制造过程质量管理体系图，装配质量管理体系图，检验质量管理体系图，协作产品质量管理体系图等等。图 24·1-5 为某厂制造过程质量管理体系图的示例。

(3) 与产品生产直接有关的部门质量管理子体系图 如机加工车间质量管理体系图，铸造车间质量管理体系图，生产技术处质量管理体系图等等。

(4) 与产品生产间接有关的部门质量管理子体系图。

### 7.5 建立体系的指导思想

- 1) 要强调有效性，着眼于解决问题；
- 2) 要强调针对性；
- 3) 要强调可行性。

## 8 质量管理的基本方法——PDCA循环

### 8.1 PDCA循环的内容

PDCA 是英文 Plan (计划)、Do (执行)、

Check (检查)、Action (处理) 四个词的 第一个字母。PDCA 循环意思是说做一切工作、干任何事情都必须经过四个阶段、八个步骤；

P (计划) 阶段 工作内容包括四个步骤；

- 1) 分析现状，找出存在的质量问题。
- 2) 分析产生质量问题的原因。
- 3) 找出影响质量问题的主要原因。
- 4) 针对找出的主要原因，制订对策计划。

D (执行) 阶段 只有一个步骤；

- 5) 实施计划。即按制订的计划和对策，严格地去执行。

C (检查) 阶段 只有一个步骤；

- 6) 检查效果。根据所制订的对策计划，检查进度和实际执行的效果，是否达到预期目的。

A (处理) 阶段 包括两个步骤；

- 7) 总结经验，巩固成绩。
- 8) 遗留问题转入下一个循环。

PDCA 循环的四个阶段、八个步骤和常用的统计工具大致关系见表 24·1-1 所示。

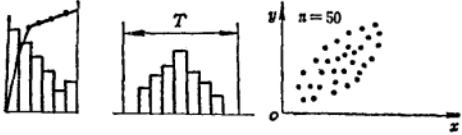
### 8.2 PDCA循环的特点

- 1) 循环的四个阶段是紧密地连在一起的，如

表24·1-1 PDCA循环四个阶段、八个步骤和常用统计工具

阶段	步 骤	方 法
P	1 找出存在的质量问题(可用排列图、直方图、控制图等工具)	
	2 找出产生质量问题的原因(可用因果分析图)	
	3 找出产生质量问题的主要原因(可用排列图、散布图)	

(续)

阶段	步	课	方	法
P	4	制订对策计划 (针对主要原因, 订好措施)	应用“5W1H”来核对措施是否落实	1. Why为什么要干 2. Where哪一个部门干 3. What干到什么程度 4. Who谁来干 5. When何时完成 6. HOW如何干
D	5	实施计划	要求: 严格按计划执行	
C	6	检查效果 (可用排列图、直方图和散布图)		
A	7	总结经验, 巩固成绩	把工作结果纳入有关的标准、规定和制度	
	8	遗留问题转入下一个PDCA循环	反映到下一个循环的计划中去, 从步骤1开始	

同一个转动着的车轮, 转动一次, 前进一步, 不停地转动, 不断地前进。每次循环应有新的目标和内容, 质量问题才能不断得到解决和提高, 如图24-1-6所示。

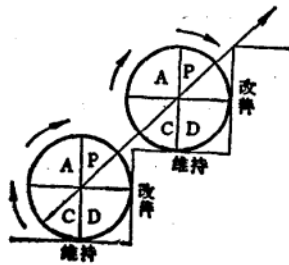


图24-1-6 PDCA循环不停地转动和提高

2) 大环套小环, 小环保大环, 相互联系, 彼此促进, 见图24-1-7。

就一个企业而言, 其循环是一个大环, 而部门、车间等是大环中的小环。大环是小环的母体或依据, 小环是大环的分解和保证。大环带动小环转动, 小环保证大环的运转, 都是围绕着企业的方针

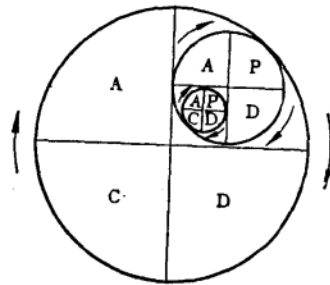


图24-1-7 大环套小环

目标, 朝着一个方向转动。通过PDCA循环把企业各项工作有机地组织起来, 彼此促进。

3) PDCA循环是一个综合性的循环, 如图24-1-8所示。

PDCA循环的四个阶段不仅紧密连成一体, 而且各阶段之间还存在着一定的交叉现象。在实际工作中, 往往是边计划边实施, 边实施边检查, 边检查边总结边调整计划, 这就是说不能机械地去转动PDCA循环。

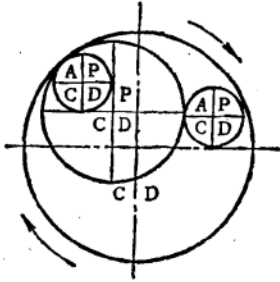


图24-1-8 PDCA循环四个阶段还有交叉

## 9 质量管理小组

### 9.1 质量管理小组概述

(1) 质量管理小组的含义 质量管理小组(QC小组)是以保证、提高和改进产品质量、工作质量和服务质量为目的,围绕生产(工作)现场中所存在的问题,由班组(或科室)工人(或技术人员)自愿组织、主动开展质量管理活动的小组。

(2) 质量管理小组活动的特点

- 1) 具有明确的目的性;
- 2) 具有严密的科学性;
- 3) 具有广泛的群众性和高度的民主性。

(3) 质量管理小组的作用

- 1) 有利于改变旧的管理习惯;
- 2) 有利于开拓全员管理的途径;
- 3) 有利于推动产品创优活动;
- 4) 有利于传播现代管理思想和方法;
- 5) 能创造更多的经济效益;
- 6) 有利于促进精神文明建设。

### 9.2 质量管理小组的建立

(1) 按劳动组织建立质量管理小组 以班组、岗位、工种、部门为中心,在共同劳动(工作中),以技术骨干和全面质量管理积极分子为主,自愿结合形成的小组。

(2) 按工作性质建立质量管理小组 有以工人为主体,以稳定提高产品质量降低消耗为目的的“现场型”小组;以“三结合”为主,以攻关为目的的“攻关型”小组和以科室职能部门为主,以提高工作质量为目的的“管理型”小组。

(3) 按课题内容建立质量管理小组 由与活动课题有关的人员采取自愿结合和行政组织的方式

而建立起来的,以某一课题为活动内容。课题完了,转入下一个活动课题,或更新人员,或自行解散。

### 9.3 质量管理小组的活动

(1) 选择活动课题

- 1) 首先选择周围易见的课题。
- 2) 选择小组成员共同关心的关键问题和薄弱环节。
- 3) “先易后难”,注重现场、岗位能解决的问题。

4) 选择具体的课题,要有目标值,便于检查效果。

(2) 选好小组组长 质量管理小组中的核心人物是组长。初次组织小组可由生产班组长担任组长,小组活动开展起来以后,可由有能力的成员担任组长,也可由技术人员担任组长。

(3) 掌握活动程序 质量管理小组活动要想取得预期的目标值,从选题开始就要进入管理状态,按活动程序开展活动。QC小组的基本活动程序是PDCA循环,按PDCA的四个阶段、八个步骤开展活动。

(4) 搞好成果发表

1) 发表成果的好处:一是为工人提供了讲台,对质量管理小组是一个很大的鼓舞;二是互相交流经验,看到别人的成绩,找出自己的差距,有利于推动QC小组活动的深入;三是为小组成员提供了极好的学习和锻炼机会;四是让成果公诸于众,是一次最好的群众性的鉴定和评价。

2) 发表成果的内容:一般是在总结上一次PDCA循环的基础上,从选择课题、活动过程到最后全过程内容的发表。

3) 成果评价:对各级质量管理部门召开的成果发表会来说,一般都成立一个由领导、工程技术人员和专家学者组成的评委会,对每一个成果进行评价。

## 10 不合格品管理

企业对各生产环节所产生的不合格品及时的检验、确认、隔离和处理,统称为不合格品管理。通过加强对不合格品的管理,使企业做到,不合格的原材料、外购外协件不进厂,不合格的在制品不转工序,不合格的零部件不装配,不合格的产品不出厂。

10.1 不合格品的种类

(1) 废品 指产品、零件不合格，又不能修复的不合格品。

(2) 返修品 指产品、零件不合格，但通过返修可以达到合格的不合格品。

(3) 回用品 指产品、零件不合格，但其缺陷的项目和数值对产品的性能、寿命、安全性、可靠性、互换性及用户的正常使用均无明显影响，也不会引起用户提出疑义或申诉索赔的不合格品。

10.2 不合格品的管理

(1) 不合格品的标记 凡经检验判定为不合格品的产品、半成品，应根据不合格品的种类，分别涂以不同的颜色或做出特殊的标记。如在废品的致废部位涂上黄漆，在返修品上涂以红漆，在回用品上打上“回用”的印章等办法，以示区别。

(2) 不合格品的隔离 对各种不合格品在涂上标记后，应立即进行隔离存放，避免在生产中发生混乱。废品在开废品单后，应及时放入废品箱或废品区域隔离，严加保管，任何人不得动用。

(3) 不合格品的统计和分析 对废品、返修品、回用品均应由检验部门根据检验员上报的各种检验票证，定期进行分类统计、汇总分析上报，并按月对生产车间进行考核。

是客观事实的反映，是质量管理的科学依据。在实际工作中，经常要收集数据，对数据进行统计、分析和整理，这就需要采用数理统计。数理统计方法的应用使质量管理水平获得明显的提高。

1 调查表

调查表又叫检查表，用以记述调查原因，是统计图表的一种形式。利用这种统计图表进行数据收集和整理，并在此基础上粗略地分析原因。调查表因调查项目和质量特性的要求不同，格式也不同。下面介绍几种有代表性的调查表。

1.1 缺陷项目调查表

主要调查生产中出现的各种缺陷项目。格式见表24-2-1。

表24-2-1 缺陷项目调查表

缺陷项目	缺陷频数	小计
表面疵病		22
砂眼		15
形状不良		7
尺寸超差		33
变形		5
其他		6
合计		88

第2节 质量管理的数理统计方法

现代的质量管理工作都以数理统计和现代化管理作为基本手段，来控制 and 预防质量问题。质量管理不能凭感觉和经验行事，必须根据事实，而数据

1.2 缺陷位置调查表

外伤、油漆脱落、脏污、铸件表面缺陷以及机构漏水、漏油、漏气等，常常需要具体了解缺陷的部位。为此，采用缺陷位置调查表（表24-2-2）。

表24-2-2 缺陷位置调查表

车型	日期	年月日
代号	检查者	
工序	喷漆	调查数

调查结果：  
色斑25处  
流漆6处  
尘粒3处



• 色斑  
× 流漆  
▲ 尘粒

### 1.3 矩阵调查表

矩阵调查表是把缺陷和造成缺陷的因素，分别排成行和列，在其交叉点上标出调查的数字。

表 24·2-3 是一张工人和缺陷类型的矩阵调查表。表中共有 47 个因工人差错造成的缺陷。第 3 类缺陷共有 19 个，而工人 B 就占 16 个。表上还表明，除第 3 类缺陷外，B 很少出别的缺陷，因此不难找出工人 B 出第 3 类缺陷的特殊原因。第 5 类缺陷，共计 13 个，6 名工人都或多或少犯有这样差错，这通常是属于管理上的原因。还应注意工人 E 的一列数字，他是出差错最多的，而且每种差错都有，原因也需要进行特别分析。

表 24·2-3 矩阵调查表

缺陷类型	工人						总计
	A	B	C	D	E	F	
1	0	0	1	0	3	1	5
2	1	0	0	0	4	0	5
3	0	16	1	0	2	0	19
4	0	0	0	0	2	0	2
5	2	1	3	1	4	2	13
6	0	0	0	0	3	0	3
合计	3	17	5	1	18	3	47

调查表的形式是多种多样的。现在工厂里常用的各种统计报表，实际上很多都可以看作是一种调查表。有些表格如进一步加上数据整理和原因分析，内容将更为完善。

## 2 排列图

排列图又称为帕累托 (Pareto) 图。它是寻找影响质量主要因素的重要工具。

排列图有如下优点：

- 1) 主次分明，简单明瞭，便于在群众中推广应用，是吸引群众进行质量控制的一种有效方法。
- 2) 有助于在质量分析中养成科学地运用数据、依靠数据说话的习惯。
- 3) 应用面较广，除产品质量外，还可用来分析生产、财务等方面。

### 2.1 排列图的结构

排列图的形式见图 24·2-1。左边纵坐标表示频

数 (件数、金额、工时等)，右边纵坐标表示频率 (以百分比表示)。横坐标表示影响质量的各种因素，柱形条的高度表示某个因素影响大小，从高到低，从左到右顺序排列。折线表示各影响因素大小的累计百分数，是由左向右逐渐上升的，这条折线称为帕累托曲线。通常把累计百分数分为三类：80% 以下为 A 类，是主要因素；80~90% 为 B 类，是次要因素，90~100 为 C 类，属一般因素。

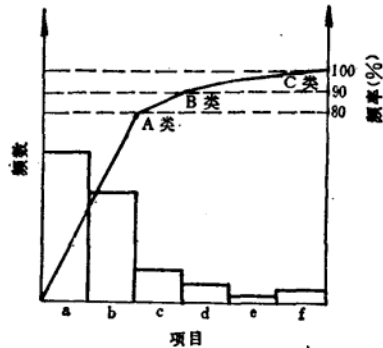


图 24·2-1 排列图

### 2.2 排列图的画法

(1) 作图方法与步骤 以分析某厂传动轴十字头废品为例。

- 1) 收集一定时期的废品数据。本例收集的是 566 件十字头废品数据。
- 2) 将收集的数据分类整理，填入数据统计表 (见表 24·2-4)。
- 3) 按一定比例，在左右两个纵坐标上标出表 24·2-4 所列的废品数和累计百分数。

表 24·2-4 十字头加工废品统计表

序号	废品原因	废品数 (频数)	频率 (%)	累计频率 (%)
1	长度短	283	50.0	50.0
2	对称超差	160	28.2	78.2
3	夹具失灵	40	7.0	85.2
4	精磨尺寸小	35	6.2	91.4
5	机床失灵	28	5.0	96.4
6	其他	20	3.6	100
	合计	566		

4) 将各类因素造成的废品件数, 依次在横坐标上画出柱形条并注明原因。

5) 按右边纵坐标的比例, 画出每个废品原因的累计百分比点子, 从原点开始, 逐一连接各点, 画出帕累托曲线。

6) 在左边纵坐标的内侧上方注明废品总数 ( $N = 566$ )。在柱形条的上方注明各自的频数。在累计百分比点旁注明累计百分数。

7) 在排列图的下方要注明排列图名称、收集数据的时间、绘图者等可供参考的事项。

按上述步骤画的排列图见图24·2-2。

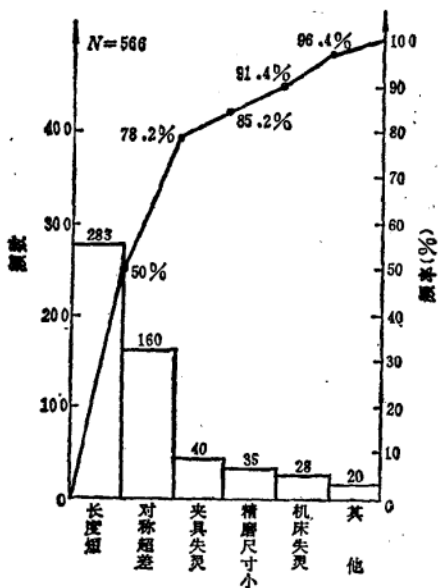


图24·2-2 十字头废品排列图

(2) 画排列图的注意事项

1) 纵坐标的高度与横坐标的宽度之比一般以(1.5~2):1为好。

2) 纵坐标一般用件数作为频数, 但如果不合格品项目损失的金额差别较大, 可考虑用金额作为频数。有时也可用工时、时间作为频数。原则是只要能更好地找到主要因素为准。

3) 一般, 影响质量的主要因素只能是1~3项, 如发现的主要因素很多, 有必要重新确定分层原则, 再行分层。

4) 不太主要的项目很多时, 可以把最次要的

几个项目合并为“其他”项, 排列在柱形条的最右边。

### 3 因果分析图

因果分析图又叫特性要因图, 因其形状似“树枝”和“鱼刺”, 故又称树枝图和鱼刺图。

#### 3.1 因果分析图及其用途

质量问题的产生, 往往是多种复杂原因影响的结果。主要有人、机、料、法、环五个方面。在这些错综复杂的原因中, 理出头绪, 找出其中真正起作用的原因是很困难的。因果分析图就是能系统地分析和寻找影响质量问题原因的简便而有效的方法。它以结果作为特性, 以原因作为因素, 在它们之间用箭头联系起来, 表示因果关系(见图24·2-3)。

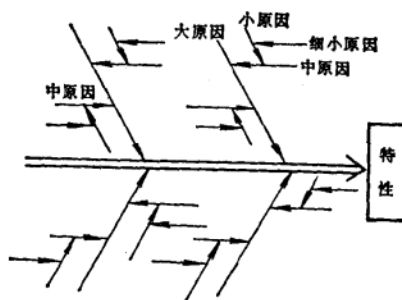


图24·2-3 因果分析图的形式

#### 3.2 画因果分析图的步骤

(1) 明确提出存在的问题(特性), 画出主干线和特性;

- 1) 主干线的箭头要指向右, 指向特性;
- 2) 特性要尽量做到定量表示;
- 3) 特性要提得明确、引人注意;
- 4) 特性要提得符合本企业方针或问题。

(2) 明确影响质量的大原因, 画出大原因分枝线(见图24·2-4);

- 1) 大原因的确定, 通常按4M1E来分类;
- 2) 大原因分枝线与主干线之间的夹角以 $60^\circ \sim 75^\circ$ 为好。

(3) 分析、寻找影响质量的中原因、小原因……画出分叉线;

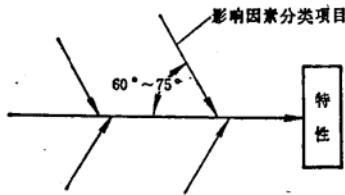


图24-2-4 特性与要因

- 1) 原因之间的关系必须是因与果的关系;
- 2) 分析、寻找原因,直到可采取措施为止。
- (4) 找出影响质量的关键因素,并用长方形作标记,作为制订改进措施的重点。

在分析、寻找关键因素时,只凭经验是不够的,需作进一步的确认。通常确认的方法有:

- 1) 由参加分析讨论者投票表示;
- 2) 采用现场调查,作进一步试验。

(5) 注明画图者、参加讨论的分析人员、讨论时间等可供参考的事项。

### 3.3 因果分析图的应用实例

图24-2-5是某厂为解决砂芯烘干开裂质量问题的应用实例。通过分析找到了烘干温度、烘干时间、涂料种类、砂芯本身温度等主要因素,使废品率有了明显下降。

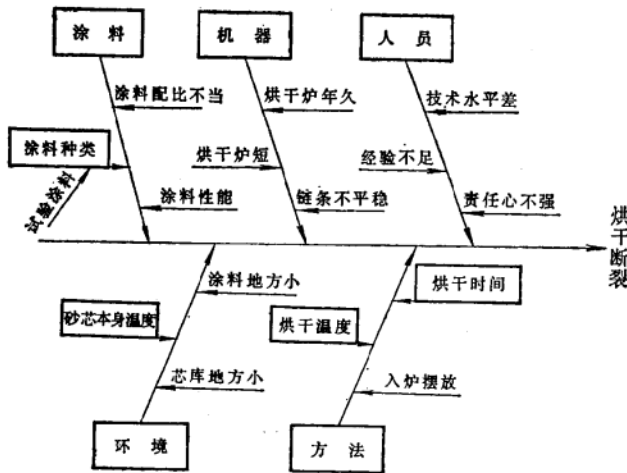


图24-2-5 因果分析图实例

### 3.4 画因果分析图的注意事项

- 1) 画图时应结合对质量问题进行分析,边开会,边画图;
- 2) 应邀请有经验的工人和有关的技术人员、管理人员及领导干部参加讨论;
- 3) 讨论分析时,要注意听取反面意见和少数人的意见;
- 4) 对关键原因采取措施后,应再用排列图等检验其效果。

## 4 直方图

### 4.1 直方图及其用途

直方图,又称频数直方图,是整理数据的一种基本方法。如果将数据按大小顺序排列整理,并将其分成若干间隔相等的组,以组距为底边,以该组距相应的频数为高度,画成形似柱状的图,就称直方图。

直方图的主要用途:

- 1) 能比较直观地看出产品质量特性值的分布状态;
- 2) 判断工序是否处于稳定状态;
- 3) 对总体进行推断,判断其总体质量分布情况;
- 4) 调查工序能力(见第3节),并通过工序能力来估算生产过程的不合格品率。

### 4.2 直方图的画法

下面结合实例说明直方图的画法。

〔例〕零件名称为滚子轴,其外径尺寸要求为  $\phi 5_{-0.02}^{+0.04}$  mm。现场随机抽样100个,实测数据见表24-2-5。测量精度为0.01 mm。试画出直方图。

步骤:

(1) 收集数据 要求至少有50个以上的数据,一般宜取100个为好。数据个数以符号N表示。本例N=100。

(2) 找出数据中的最大值

表24-2-5 滚子轴直径数据表

mm									
4.81	4.83	8.85	4.87	4.83	4.88	4.85	4.85	4.89	4.85
4.83	4.85	4.88	4.82	4.85	4.88	4.86	4.87	4.86	4.90
4.82	4.84	4.85	4.84	4.86	4.87	4.84	4.88	4.84	4.88
4.85	4.86	4.87	4.88	4.89	4.84	4.83	4.88	4.85	4.84
4.82	4.84	4.86	4.85	4.87	4.88	4.89	4.83	4.84	4.86
4.86	4.89	4.87	4.83	4.86	4.85	4.87	4.86	4.85	4.86
4.83	4.85	4.86	4.85	4.87	4.86	4.85	4.84	4.87	4.85
4.85	4.83	4.85	4.86	4.85	4.84	4.87	4.86	4.85	4.86
4.86	4.85	4.83	4.84	4.87	4.85	4.85	4.85	4.84	4.85
4.87	4.86	4.84	4.85	4.84	4.86	4.84	4.86	4.85	4.85

和最小值, 计算极差  $R$  本例:  $x_{max} = 4.90$  mm,  
 $x_{min} = 4.81$  mm

$$R = x_{max} - x_{min} = 4.90 - 4.81 = 0.09 \text{ mm}$$

(3) 确定组数  $k$  组数  $k$  的确定可根据表 24-2-6 选择。本例取  $k = 9$ 。

表24-2-6 数据个数与组数

数据个数 $N$	组数 $k$	常用组数 $k$
50~100	6~10	10
100~250	7~12	
250以上	10~12	

(4) 计算组距  $h$  组距即组与组之间的间隔, 组距  $h$  用下式计算:

$$h = \frac{x_{max} - x_{min}}{k} = \frac{R}{k}$$

本例:  $h = \frac{R}{k} = \frac{0.09}{9} = 0.01 \text{ mm}$

为了避免数据值恰好落在边界值上, 组距的确定一般取整数和奇数。

(5) 确定各组组界 首先要确定第一组的上、下界, 用下式确定:

$$x_{min} \mp \frac{h}{2}$$

本例:  $x_{min} \mp \frac{h}{2} = 4.81 \mp \frac{0.01}{2}$

$$= (4.805 \sim 4.815) \text{ mm}$$

第一组的上下界确定之后, 第二组的下界等于第一组的上界, 第二组的上界等于本组下界加组距, …… , 以此类推。

(6) 计算各组的中值  $x_i$  中值是每组中间的数值, 按下式计算:

$$x_i = \frac{\text{本组的下界值} + \text{本组的上界值}}{2}$$

本例:

第一组中值  $x_1 = \frac{4.805 + 4.815}{2} = 4.81 \text{ mm}$

第二组中值  $x_2 = \frac{4.815 + 4.825}{2} = 4.82 \text{ mm}$

⋮

(7) 统计各组频数, 建立频数分布表 (表 24-2-7)

(8) 计算各组简化的中值  $x'_i$  令频数最大一组的中值为  $x_0$ , 用下式简化:

$$x'_i = \frac{x_i - x_0}{h}$$

本例: 第一组简化的中值

$$x'_1 = \frac{x_1 - x_0}{h} = \frac{4.81 - 4.85}{0.01} = -4$$

第二组简化的中值

$$x'_2 = \frac{x_2 - x_0}{h} = \frac{4.82 - 4.85}{0.01} = -3$$

其余各组计算依次类推。

确定简化的中值实际上可按下列方法进行:

先设频数最大的一组为 0, 向上各组依次分别为 -1, -2, -3 …… , 向下各组依次为 1, 2, 3, ……。

(9) 计算各组的  $f_i x'_i$  和  $f_i x'^2_i$  (见表 24-2-7)

(10) 计算  $\Sigma f_i x'_i$  和  $\Sigma f_i x'^2_i$

本例:  $\Sigma f_i x'_i = f_1 x'_1 + f_2 x'_2 + \dots + f_n x'_n = 42$

$$\Sigma f_i x'^2_i = f_1 x'^2_1 + f_2 x'^2_2 + \dots + f_n x'^2_n = 16 + 27 + \dots + 25 = 322$$

(11)  $\Sigma f_i = N = 100$

(12) 计算均值  $\bar{x}$



表24-2-7 频数分布表

组号	上下界值 (mm)	中值 $x_i$ (mm)	频数统计	$f_i$	$x'_i$	$f_i x'_i$	$f_i x'^2_i$
1	4.805~4.815	4.81		1	-4	-4	16
2	4.815~4.825	4.82		3	-3	-9	27
3	4.825~4.835	4.83		9	-2	-18	36
4	4.835~4.845	4.84		15	-1	-15	15
5	4.845~4.855	4.85		28	0	0	0
6	4.855~4.865	4.86		19	1	19	19
7	4.865~4.875	4.87		12	2	24	48
8	4.875~4.885	4.88		8	3	24	72
9	4.885~4.895	4.89		4	4	16	64
10	4.895~4.905	4.90		1	5	5	25
				100		42	322
				$\Sigma f_i$		$\Sigma f_i x'_i$	$\Sigma f_i x'^2_i$

$$\bar{x} = x_0 + h \frac{\Sigma f_i x'_i}{\Sigma f_i} = 4.85 + 0.01 \times \frac{42}{100} = 4.8542 \text{ mm}$$

(13) 计算标准偏差  $s$

$$s = h \sqrt{\frac{\Sigma f_i x'^2_i}{\Sigma f_i} - \left(\frac{\Sigma f_i x'_i}{\Sigma f_i}\right)^2} = 0.01 \times \sqrt{\frac{322}{100} - \left(\frac{42}{100}\right)^2} = 0.0174 \text{ mm}$$

(14) 画直方图 纵坐标表示频数，横坐标标明分组的各组组长。以各组组长为底边，以各组的频数为高，画长方形（图24-2-6）。

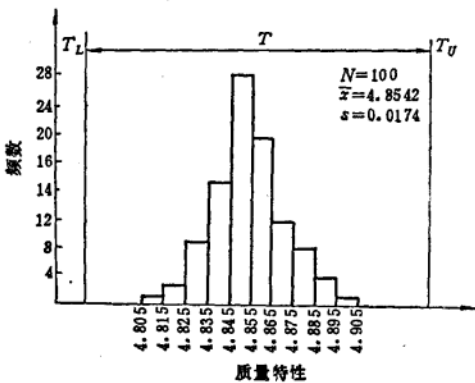


图24-2-6 滚子轴直径  $\phi 6_{-0.014}^{+0.008}$  直方图

(15) 记入必要的事项 在图中右上方记入数据总数  $N$ ，均值  $\bar{x}$  和标准偏差  $s$ 。图的下方注明图名、绘制者、日期等可供参考的事项。

### 4.3 对直方图的观察分析

#### 4.3.1 直方图的形状分析

直方图绘制后，通过对其形状的观察分析，可判断总体（生产过程）的正常和异常，进而可寻找异常的原因。

(1) 正常型（图24-2-7 a） 又称对称型。它的特点是中间高，两边低，左右基本对称，说明工序处于稳定状态。

(2) 偏向型（图24-2-7 b、c） 有偏左和偏右之分，一些有形状公差等要求的特性值往往是偏向型分布。有时也因加工习惯造成这样的分布，如孔加工往往偏小，而轴加工往往偏大等等。

(3) 双峰型（图24-2-7 d） 直方图出现两个顶峰，往往是由于两个不同的分布混在一起所致。例如两个操作者或两台设备加工同一批产品混在一起作直方图，就会产生这种情况。

(4) 锯齿型（图24-2-7 e） 大多是由于分组不当或检测数据不准而造成，应查明原因，采取措施，重新作图分析。

(5) 平顶型（图24-2-7 f） 直方图没有突出的顶峰，往往是由于生产过程中有缓慢变化的因素在起作用所造成。如刀具的磨损，操作者疲劳等。应采取措施，控制该因素稳定地处于良好的水