

# 统计检验与质量控制

徐世朴

清华大学出版社

## 内 容 提 要

本书运用数理统计的原理和方法，阐明产品质量和生产过程质量的分析、判断与控制。全书共十三章，除介绍有关质量控制的统计基础和各种工具外，还着重讲述了统计检验、抽样理论与实践、可靠性控制和试验设计等内容。

本书注重原理分析，但不作繁复的数学推导，注重实用性，但着力于引导思路。力求通过原理与应用相结合，使读者既能解决实际问题，又取得在此领域中能进一步深入和发展的基础。

本书可供从事检测、工艺、管理及科研、试制的工程技术人员学习，也可作为高等工程院校有关专业师生的教科书或教学参考书之用。

## 统计检验与质量控制

徐世朴 著

☆

清华大学出版社出版

（北京清华园）

北京通县向阳印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

☆

开本：787×1092 1/16 印张：16.25 字数：396千字

1986年11月第1版 1986年11月第1次印刷

印数：0001—4000

统一书号：15235·232

定价：2.70元

# 目 录

<b>第一章 概论</b> .....	( 1 )
§1. 什么是质量 .....	( 1 )
§2. 什么是质量控制 .....	( 2 )
§3. 质量控制中的数据 .....	( 6 )
<b>第二章 产品质量的分析图表</b> .....	( 8 )
§1. 因果分析图 .....	( 8 )
§2. 排列图 .....	( 9 )
§3. 调查表格 .....	( 13 )
<b>第三章 直方图</b> .....	( 16 )
§1. 什么是直方图 .....	( 16 )
§2. 直方图的作图步骤 .....	( 16 )
§3. 直方图的数量特性 .....	( 18 )
§4. 直方图的分析 .....	( 21 )
<b>第四章 统计方法的常用分布</b> .....	( 24 )
§1. 母体和子样 .....	( 24 )
§2. 质量控制常用的概率分布 .....	( 25 )
§3. 统计量的分布与特性 .....	( 30 )
<b>第五章 统计检验</b> .....	( 33 )
§1. 统计检验的任务和内容 .....	( 33 )
§2. 统计检验的基本原理 .....	( 33 )
§3. 计量值均值的统计检验 .....	( 35 )
§4. 计数值不合格率和缺陷数的统计检验 .....	( 43 )
§5. 分散和分布律的统计检验 .....	( 45 )
§6. 相关与回归的统计检验 .....	( 52 )
<b>第六章 简易分析法</b> .....	( 60 )
§1. 正态概率纸的应用 .....	( 60 )
§2. 二项式概率纸的应用(一) .....	( 64 )
§3. 符号检验表与秩和检验表的应用 .....	( 66 )
§4. 二项式概率纸的应用(二) .....	( 70 )
<b>第七章 方差分析</b> .....	( 73 )
§1. 方差分析导论 .....	( 73 )
§2. 单因子数据的方差分析 .....	( 75 )
§3. 两因子数据(无交互作用)的方差分析 .....	( 78 )
§4. 两因子数据(有交互作用)的方差分析 .....	( 81 )
§5. 方差分析小结 .....	( 84 )
<b>第八章 取样</b> .....	( 85 )
§1. 取样概述 .....	( 85 )

§2. 随机(任意)取样 .....	(85)
§3. 各种取样结构 .....	(89)
§4. 工作取样 .....	(92)
<b>第九章 生产过程质量的控制图</b> .....	(93)
§1. 生产过程质量 .....	(93)
§2. 控制图的功能 .....	(94)
§3. 计量值的控制图 .....	(97)
§4. 计数值的控制图 .....	(106)
§5. 生产过程的均值调整 .....	(109)
<b>第十章 工程能力调查</b> .....	(115)
§1. 什么是工程能力 .....	(115)
§2. 工程能力的计算 .....	(116)
§3. 中心偏移的影响 .....	(119)
§4. 工程能力的判断与处置 .....	(120)
§5. 测值量仪的能力 .....	(121)
<b>第十一章 抽样检查</b> .....	(129)
§1. 检查概述 .....	(129)
§2. 抽样检查方法 .....	(131)
§3. 抽样方案与 OC 特性曲线 .....	(135)
§4. 计数值的抽样检查 .....	(138)
§5. 计量值的抽样检查 .....	(147)
<b>第十二章 可靠性控制</b> .....	(164)
§1. 概述 .....	(164)
§2. 故障(失效)的特征值 .....	(165)
§3. 衡量可靠性的尺度 .....	(168)
§4. 可靠性的分布律 .....	(173)
§5. 威布尔概率纸 .....	(175)
§6. 系统的可靠性 .....	(179)
<b>第十三章 试验设计</b> .....	(183)
§1. 试验设计概述 .....	(183)
§2. 常见试验设计法的介绍与评价 .....	(185)
§3. 正交试验设计 .....	(192)
§4. 正交试验分析 .....	(199)
§5. 正交表的改造 .....	(214)
<b>附录</b> .....	(224)
附录 1. 正态分布表 .....	(224)
附录 2. $t$ 分布表 .....	(225)
附录 3. $\chi^2$ 分布表 .....	(226)
附录 4a. $F$ 分布表( $\alpha=0.05$ ) .....	(227)

附录 4b.	$F$ 分布表( $\alpha=0.01$ )	(228)
附录 5.	$K-S$ 数表	(229)
附录 6.	相关系数检查表	(230)
附录 7.	符号检验表	(231)
附录 8.	秩和检验表	(232)
附录 9a.	随机数表 I	(233)
附录 9b.	随机数表 II	(235)
附录 9c.	随机数表 III	(237)
附录 10.	正态概率纸	(239)
附录 11.	二项式概率纸(统计分析纸)	(240)
附录 12.	威布尔概率纸	(241)
附录 13.	正交拉丁方表	(242)
附录 14.	平衡不完全区组表	(243)
附录 15.	尧敦区组表	(244)
附录 16.	正交表	(245)

# 第一章 概 论

## § 1. 什么是质量

1. 质量：产品具有的能满足消费者某种需要的程度，即为质量。

这里所说的“消费者”，具有比日常用语更加广泛的含义。它不仅限于成品的使用者，而且泛指任何的承受前导部门工作成果的对象。例如生产部门是设计部门的“消费者”，销售部门则是生产部门的“消费者”；炼钢厂是生铁厂的“消费者”，轧钢厂则是炼钢厂的“消费者”；磨外圆工序是车外圆工序的“消费者”，车外圆工序则是打中心孔工序的“消费者”，等等。从这个意义上说，下道工序就是消费者。因此，可以认为：每项工作成果的质量都是为了满足下道工序的某种需要。

2. 质量特性：消费者的需要总是表现为要求产品具有特定的属性，即质量特性。

质量特性有狭义和广义之分。

狭义的质量特性主要是指产品功能方面的属性，如纯度、强度、精度、效率、可靠性、寿命、外观，以及各种物理、化学性能等等。

广义的质量特性则除功能方面的属性外，还包括有关经济方面的属性，如成本、利润、销售价格、消耗定额、损耗等等；也包括服务方面的属性，如保证期限、另部件的互换性、检修方法及使用方法、对消费者意见的征集和处理、三包的执行与效果，以及市场调查等。可见，广义质量的实质乃是效益。

3. 质量的评价：为了确切地评价质量，必须使之数量化。现代科学技术的发展，要求越来越精确地掌握数量化的质量，因此在测试手段和测量方法方面的研究被给予极大的重视。以至过去通常要靠五官作判断的质量特性，如颜色、声音、嗅、味、触觉等，如今也在数量化上有很大的进展。至少，在做官能检查时，已不使用标准样品，而采用极限样品。

4. 统计的质量：对于任何产品，特别是批量生产的产品，要求其某项质量特性具有一个绝对精确的值，是既不可能也无必要的。

无论消费者或是生产者，只能期望集团的产品具有合理幅度的质量特性，即统计的质量。所谓集团的产品，即不是以一个个产品为单独的考虑对象，而是以同样条件下生产出的成批量的产品为整体的考虑对象。所谓合理的幅度，即不是固定的唯一的数值，而是在一定范围内分散和分布的数值。

5. 质量的四种水平：不同的职能和权限部门，其质量规格具有不同的含意和水平。如果对它们之间的区别缺乏明确的认识，会导致责任的混乱。

由技术、设计部门承担的，根据消费者的要求而提出的，将在今后一定时期达到的质量水平，叫作质量目标。

由生产、制造部门承担的，在现有条件下加以控制所能达到，也必须达到的质量水平，叫作质量标准。

由营业、销售部门承担的，在按规定正确使用条件下，向消费者保证的质量水平，叫作保证质量，或保证成包。

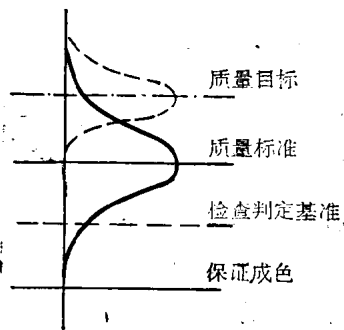


图 1.1

由检查部门承担的，能够通过验收的质量水平，叫作检查判定基准。由于存在着抽样，测量或试验误差，所以该项质量水平一定要高于保证成色才行。

以上四种各不相同的质量水平之间，存在着如图 1.1 所示的关系：(1)质量目标是在现行质量标准下，部分优质产品已能达到的基础上制定的，表明要达到此目标既是可能的，又是需要改进和提高的。(2)保证成色应置于现行质量指标之下，即便处于最差水平的是少量产品，也不能在保证成色上潜在大的

危害。(3)检查判定基准应高于保证成色，这是为了把检验误差估计进去，以免造成过大的误收率，损害用户利益的。

## § 2. 什么是质量控制

1. 质量控制与全面质量控制：质量控制就是运用科学的技术与方法，主要是概率与数理统计的理论来管理和控制生产过程，以便在最佳经济效果下生产出质量符合消费者要求的产品。全面质量控制是指包括设计、制造、用户服务和市场调查等各方面工作在内的综合性管理体系。为此，要明确以下三点：

(1) 全面质量控制是全过程、全企业、全员的管理方法。要求各个环节配合，各个部门协同，所有的人员负起责任来；

(2) 质量控制是企业管理的组成部分，而且是它的中心枢纽。实践证明，抓住质量问题，也就抓住了全面改善企业生产技术经营活动，提高企业管理水平的关键。

(3) 搞好质量控制的思想基础，实际上就是对人民负责，为人民服务。这本来就是社会主义企业的宗旨与目的。

实行质量控制的效果必然是质量提高，而且均匀、可靠；效率提高，且降低消耗、降低成本；技术提高，且合理使用技术力量、加快新产品新工艺的开发。

2. 质量控制的历史与发展：可分三个阶段。

(1) 质量检验阶段：二十世纪初，由泰勒(F.W.Taylor)提出“科学管理”的理论，创设了“泰勒制度”。其重大主张之一就是计划与执行二者严格分开，设置独立的专职的检验环节，以解决产品的质量问题的。这种方法实际上只是逐个地事后检验，它没有预防废品产生的作用，也不能在破坏性检验下保证产品质量。

(2) 统计质量控制阶段：本世纪二十年代中期，美国贝尔研究所的休哈特(W.A.Sherwhart)、道奇(H.F.Dodge)和罗米格(H.G.Romig)，运用数理统计原理，先后提出了“质量控制图”和“抽样检验表”，成为把数理统计学引入质量控制的先驱。但在三十年代世界资本主义危机下，这些科学方法远未发挥其应有的作用。直到四十年代，第二次世界大战初期，美国军事工业面临着因不能预防废品而拖延交货期，以及因军需品多属破坏性检验而不能逐个检查的问题。于是统计质量控制受到国防部的重视，颁布了《美国战时质量管理标准》，该方法得到了普遍推行，并在战后扩大民用工业生产中去，

(3) 全面质量管理阶段：六十年代以来，随着社会生产力发展的需要，由朱兰(J.M. Juran)、费根堡(A.V. Feigenbaum)等人提出了全面质量控制的概念。他们的主要论点是，第一，数理统计学只是控制生产过程的主要手段之一，为了适应现代化管理的要求，还有运筹学价值分析、系统工程、线性规划等方法 and 一系列的组织管理工作；第二，质量控制不能只限于加工制造的活动范围，因为产品质量有个形成、发展的过程，所以质量控制应包括市场调查、研制、设计、制订计划；配置设备与工装、采购、加工制造、工序控制、检验与测试；销售、服务等所有环节。

3. 戴明(W.E. Deming)循环——PDCA：由戴明提出的PDCA循环，反映了做事情的一般规律，即计划、执行、检查、处理。质量控制也是遵循这四个阶段进行的(见图1.2)：第一阶段是制定计划、目标，包括作出设计等；第二阶段是实施和执行，包括生产、加工等；第三阶段是检查，即确认效果及找出问题；第四阶段是对问题的处置，成功的予以肯定，失败的加以纠正，并形成标准。

该循环具有以下特点：

(1) 大环套小环，彼此联系，相互协调。PDCA作为企业的科学管理方法，适用于各个部门和各级管理机构。全企业是个大的PDCA循环，下面的部门和单位又相应地有各自的PDCA，依次还有更下一级的PDCA循环(如图1.3所示)，直至具体落实到每个人。上下级的PDCA循环有机地联系，前者为后者的根据，后者是前者的贯彻和具体落实。

(2) 周而复始地不断循环，爬楼梯。四个阶段反复不停地转动，每转一圈意味着解决了新的质量问题，实现了新的质量目标，产品质量有了新的提高。犹如爬楼梯，步步登高(见图1.4)。

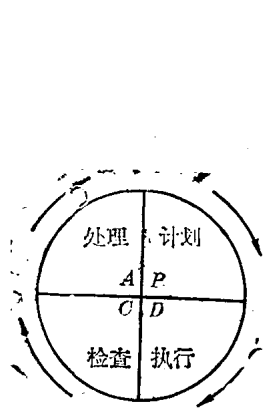


图 1.2

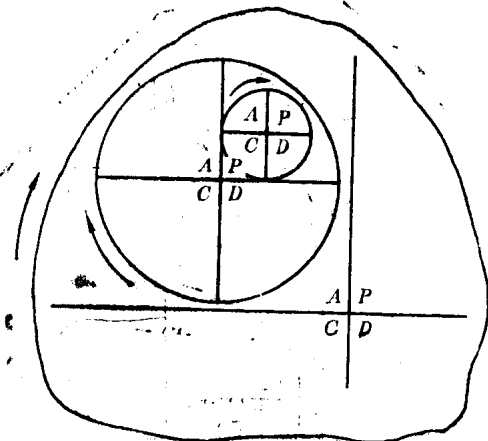


图 1.3

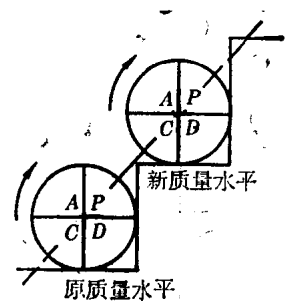


图 1.4

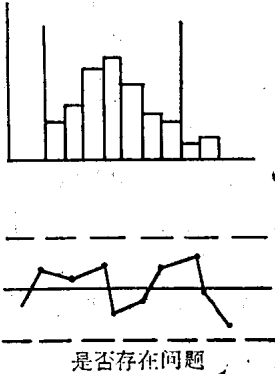
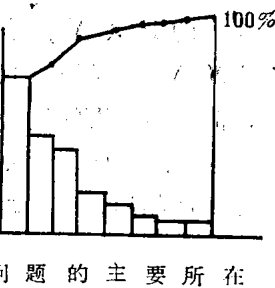
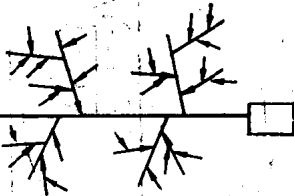
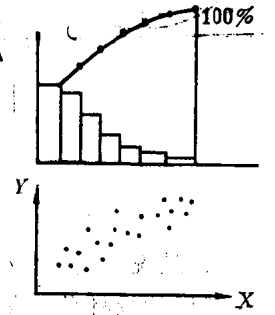
(3) 关键在于A阶段，即处理。就是说，要总结经验教训，采取有效措施。而且应把这些措施“标准化”、“制度化”，使得其后的循环免蹈复辙。可以想见，如果对此关键阶段抓不得力，就如同一阶楼梯爬了一多半又坠到原位上去，功亏一篑，前功尽弃。

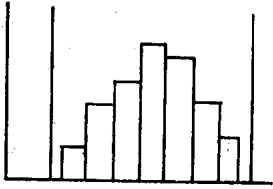

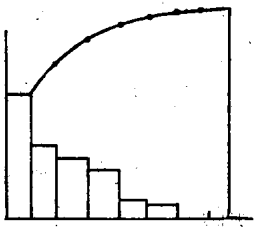
4. 解决质量问题的步骤与方法：沿着上述PDCA循环的四阶段顺序，解决与改进生产过程中出现的质量问题，可参照表1.1所示的步骤和方法(工具)。本书下面的有关章节中将详细介绍这些方法。

5. 全面质量控制的工作体系：建立这一体系的目的在于，把整个企业从试验研制、设



表 1.1 解决质量问题的步骤与方法

阶段	步骤	方法或工具	备注	
P (计划)	1	找出存在的主要问题	 <p>是否存在问题</p>	直方图： 考察图的形态并与标准界限值相比较 控制图： 考察超越控制限之点及点的排列缺陷
			 <p>问题的主要所在</p>	排列图： 考察一个或几个主要的问题，即图中偏左诸项
	2	列出问题的发生原因		特性要因图： 集思广益地提供线索
	3	找出主要的原因所在		排列图： 按原因影响的大小次序排列 相关散布图： 考察影响程度的大小
4	制定措施	Why What 5WH: Where When Who How	必要 目的 地点 时间 人员 方法	

阶段	步骤		方法或工具	备注
D(执行)	5	采取行动	执行计划 实现措施	
C(检查)	6	调查效果	 直方图: 同1比较, 考察是否消除了不合格品  控制图: 同1比较, 考察是否消除了异常点, 生产过程是否正常。 主要问题	
			 排列图: 问题排列顺序是否有变化 有无问题	
A(处理)	7	巩固措施	措施“标准化”: 制定或修订有关的标准或规范	
	8	遗留问题	反馈到下一循环的计划中去	再从步骤1开始循环

计、生产、销售到服务等所有影响产品质量的环节和因素全部控制起来,使企业生产经营活动的全过程置于质量控制之下。

(1) 设计过程的质量控制: 这里指的是广义的设计过程,既包括产品设计、工艺设计,也包括试验、研制、鉴定等,即产品正式投产前的全部技术准备过程。

此项质量控制的主要内容是:在系统调查和充分掌握资料的条件下,制定质量目标;在产品设计和工艺设计的每个阶段,以质量目标为根据对设计进行评议审查;通过试制的样机,对新产品或改进产品的质量,做出技术鉴定和经济分析;保证技术文件的正确、完整和统一及其收发、修改和销毁的规定程序;此外,还包括对标准化工作的管理。

(2) 制造过程的质量控制:它不仅通过检验起把关作用,更重要的是通过统计分析起预估和控制作用。

该项质量控制的主要内容有:在建立和健全质量原始记录的制度下,按规定的各项质量指标采取集数据;利用各种统计图表工具经常而准确地掌握质量动态;通过统计方法,分析废次品,发现问题,采取措施,防止或减少废次品的再发生,使制造过程处于工艺稳定状态。

另外，合理地选择检验方式和方法，正确地设计检查方案，讲求实效地建立专业人员的检验队伍和生产工人的自检、互检制度，也是制造过程质量控制的组成部分。

(3) 辅助过程的质量控制：辅助工作虽不直接参与制造产品，但同样地影响产品质量。因此对于如物资、工具、工装的供应，设备维修，动力供应等这些辅助工作的质量都应进行控制。而且，不但要控制这些项目本身的质量，还要控制它们的服务质量——因为它们是服务性部门。

(4) 使用过程的质量控制：使用过程既是质量控制的归宿点，又是质量控制的出发点，因为它既是现有产品质量的最终评价，又是改进产品质量的原始依据。所以，作好使用过程的质量控制，是极为重要的。

该项质量控制的主要内容有：一是对用户开展技术服务工作，包括编写实用的产品说明书，传授安装、使用和维修技术，以至协助安装试车和解决技术疑难、供应备件等；二是调查使用效果和使用要求，考察产品在使用中是否实现了原设计质量目标下的保证成色，收集用户对原设计质量指标之外的要求和预计今后可能的新要求；三是认真处理出厂产品的质量问題，对于因用户使用不当而造成问題者，应协助掌握技术；对于因厂方责任而造成质量问題者，应包修、包换、包赔。

6. 统计质量控制的特点：同一般的质量检验方法相比，统计质量控制方法的特点是：

(1) 统计质量控制中可采用抽样检查。其样品数要比全数检查少得多(比如10%、5%或1%)，大大减少了工作量，降低了生产费用(当然这并不意味着抽检在任何场合任何方面都优于全检的方法)。

(2) 统计的质量控制不同于事后检查，它能起及时分析生产过程状态和控制其稳定性的作用，从而保证产品质量的均匀和预防超过规定限度的废次品产生。

(3) 统计方法可以用来调查工程能力，从而为科学地确定生产设备和工艺装备的实际精度，合理地编制工艺规程提供依据。

(4) 分析统计质量控制中所积累的数据资料还能揭示产品质量的潜力，提出新的质量指标，从而有利于开发新产品或改进原有产品。

### § 3. 质量控制中的数据

1. 数据的收集：既然对质量的评价要求数量化，质量控制显然离不开数据。作为统计的质量控制，归根结底是通过有目的地收集充分而必要的数椐，从中获取有关产品质量和生产过程状态的信息，然后将这些信息反馈再去管理和控制生产。

收集数据时，应注意下列事项：

(1) 必须明确收集数据的目的。例如，为掌握生产现状、为控制生产过程、为分析研究问题、为判断产品质量等不同目的而收集数据时，其收集的方式、方法和内容有所不同，比如是否按时序收集，是否为抽样收集等，因此首先要确认为什么而收集。

(2) 要详尽记录所收集的数据的背景情况。如日期、班次、加工者、测量者、设备编号、仪器编号等等，均应一一载明。这样，有利于按不同条件把数据分层，便于分析。

(3) 应该设计和编制适用的记录格式，以便于以后进行统计分析为原则。例如使用直观而又明细的表格等。

(4) 力求收集到能反映客观事实的可靠数据。为此，必须讲究诸如取样方法、测量方法、归纳整理数据方法等这类问题。

2. 数据的分类：根据数据本身的特性，可将其分为两大类

(1) 连续型数据——计量值数据：可用计量仪器测量的数据。如长度、重量、时间、硬度等皆属此类，其特点是数据之间可连续取值；如1与2间可连续取1.1, 1.2, 1.3..., 1.1与1.2之间还可连续取1.11, 1.12, 1.13...

(2) 离散型数据——计数值数据：判断属性的数据，通常不一定用计量仪器测量，一般只有整数，无小数。如不合格品数、不合格品率、缺陷数、单位缺陷数等皆属此类，其特点是数据之间不可连续取值，只能是1个、2个、3个、...，在1个与2个之间不会再出现数据。当然，不合格品率、单位缺陷数之类的质量特性数也可能出现小数，那是由于出现的某事件个数被总数量去除而导致的，而作为被收集数据的某事件个数仍为整数计数值。

计数值又分为计件值与计点值。前者用于根据某项质量特性按件划分产品，如废品多少件、返修品多少件、合格品多少件；后者用于考察单位产品上的某项质量缺陷，如一匹布上的疵点数，一铸件上的砂眼数一月内事故数等。

3. 数的修约规则：在数据的测定和运算中，若出现超出规定的有效数位的数字时，就有个如何取舍的问题。在统计分析中，取舍的规则不完全相同于一般的四舍五入。

(1) 拟舍去的数字中，最左方数位的数字小于5时则舍去。如将27.2434修约为只留一位小数，则应为27.2。

(2) 拟舍去的数字中，最左方数位的数字大于5时则进1。如将16.2721修约为只留一位小数，则应为16.3。

(3) 拟舍去的数字中，最左方数位的数字等于5而其后数字不全为“0”时则进1。如将4.6501修约为只留一位小数，则应为4.7。

(4) 拟舍去的数字中，最左方数位的数字等于5而其后数字皆为“0”时，如保留数字的末位是奇数则进1；如为偶数或“0”则舍去。例如将下列数字修约为只留一位小数，则0.05修约为0.0；0.15为0.2；0.25为0.2；0.35为0.4。

(5) 拟舍去的数字个数大于1时，不得连续修约，只按拟舍去数字的最左位数字处理。例如，将25.4846修约为整数；若25.4846→25.485→25.49→25.5→26则是错误的；若25.4846→25则是正确的。

## 第二章 产品质量的分析图表

### § 1. 因果分析图

1. 什么是因果分析图：任何一项质量问题的发生或存在，肯定有其原因，而且经常是多种复杂因素平行或交错地共同作用所致。要有效地解决质量问题，首先必须不遗漏地找出这些原因入手，而且要从粗至细追究到最原始的因素。

因果分析图，又名特性要因图或因其形状而称为鱼骨图，就是把对某项质量特性具有影响的各种主要因素加以归类 and 分解，并在图上用箭头表示其间关系的一种工具。由于它的简便而有效，在质量控制活动中应用颇广。

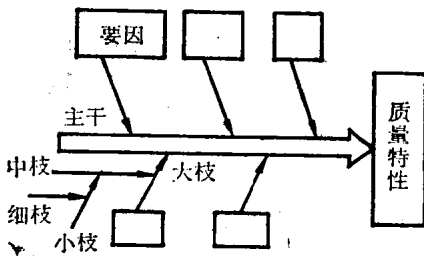


图 2.1

因果分析图是由以下几部分组成的(见图 2.1)  
(1) 质量特性：希望对其改善或进行控制的某种属性，它可以是尺寸、重量、纯度之类也可以是不合格率、缺陷数、事故件数之类，还可以是工时、产量、成本之类。

(2) 要因：对质量特性施加影响的主要因素。要因一般是导致质量特性发生分散的几个主要来源。加工质量的要因常可归纳为 5M，即材料、机器、操作人员、方法和测量，有时还要加上 1E，即环境。

有些情况下，要因项目又可按加工工序排列，该法使作图更简便，但分析问题不如 5M1E 那样直观和系统。

(3) 枝干：把全部要因同质量特性联系起来的是主干；把个别要因同主干联系起来的是大枝；把逐层细分的因素(一直细分到可以采取具体措施的程度为止)同各个要因联系起来的是中枝、小枝和细枝。

2. 因果分析图的作法：以精磨内燃机的曲轴连杆轴颈偏小这一质量问题的因果分析为例(图 2.2)，按下列步骤进行：

(1) 确认质量特性：质量特性是准备改善和控制的对象。应当通过有效的调查研究加以确认，本步骤可用本章 §2 中将介绍的排列图方法完成。

在本例中，已知曲轴的质量问题是以连杆轴颈磨后偏小为主要问题所在，故确认它是要改进的质量特性。

(2) 画出主干和大枝：在大枝的尾端标记出要因项目。本例属于加工质量问题，故应列出 5M 的要因项目。又由于磨床上附有主动测量，所以与机床关联的那部分测量因素列入“机床”的要因项目中。

(3) 对大枝的要因进行追究细分，以逐步画出中、小、细枝：这一步骤很重要，是否分得足够细，列得足够全，关系到该图最后的实用效果。

比如，机床的误差引起轴颈偏小，是大枝；砂轮头架退刀延迟构成机床误差的原因是中

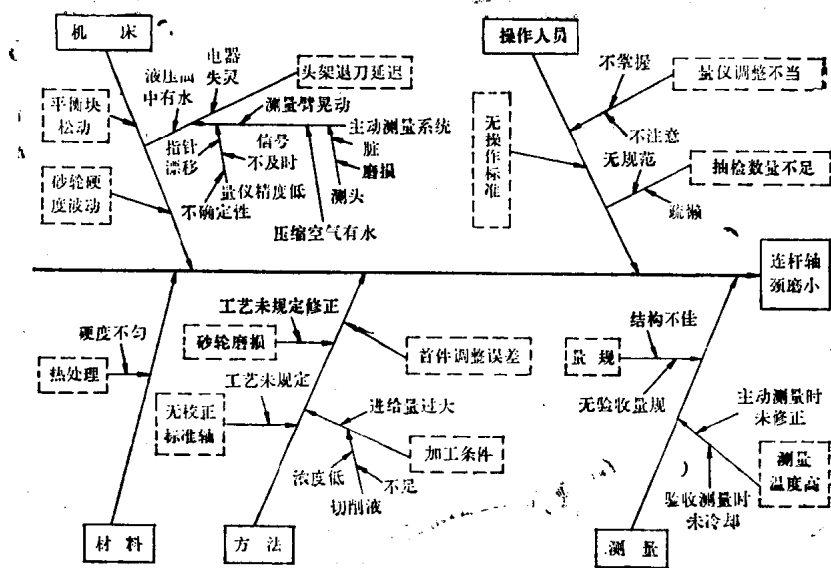


图 2.2

枝；测量系统的误差是造成头架退刀延迟的因素之一，是小枝；测头是测量系统误差的来源之一，是细枝；测头的磨损导致其位置不能正确反映轴颈直径，是更细的分枝。这就追究到了能采取具体措施的最后环节——更换测头。

对所有的要因都进行上述追究和细分，最后便得到如图 2.2 所示的因果分析图。

(4) 经过检查确信各项主要因素和细分因素没有遗漏之后，再用本章 §2 要讲到的排列图找出各项因素在对质量特性施加的影响中所占的比重，以确定采取什么措施。

### 3. 作图的注意事项：

(1) 要求解决的质量特性问题应提得具体，不能只说某另件不良，而要指出哪项质量指标没达到，是尺寸还是缺陷？是哪一个尺寸？是什么缺陷？等等。

(2) 因此要解决同一个另件上的不同质量问题时，必须分别作各自的因果图，就是说每一个质量特性作一个图。

(3) 作图不是目的，目的在于找出能对其采取具体改善措施的因素。为此，必须尽可能地逐步细分，追究到底。

(4) 要广泛而充分地汇集各方面的意见，包括技术人员、生产人员，检验人员，以至辅助人员等。因为问题涉及面常常很广。各种可能的因素不是少数人能考虑周全的。尤其要重视有实际经验的现场人员的意见。

(5) 细小的因素未必不是构成质量问题的重大原因，因此不容忽视。以图 2.2 为例，也许测头磨损恰是轴颈磨小的主要诱因，尽管它位于比细枝还小的分枝上。

## § 2. 排列图

1. 什么是排列图：排列图又叫巴雷特图，因为它最早是由意大利经济学家巴雷特提出用来分析社会财富分布状况，并发现少数人占有大量财富的现象，所谓“关键的少数与次要的多数”这一关系。后来美国的朱兰将此法则应用于质量控制，因为在质量问题中也存在

着“少数不良项目造成的不合格产品占据不合格品总数的大部分”这样一个规律。

排列图的构成如图2.3所示：两个纵坐标，一个横坐标，几个直方形和一条曲线（实际上是折线）。

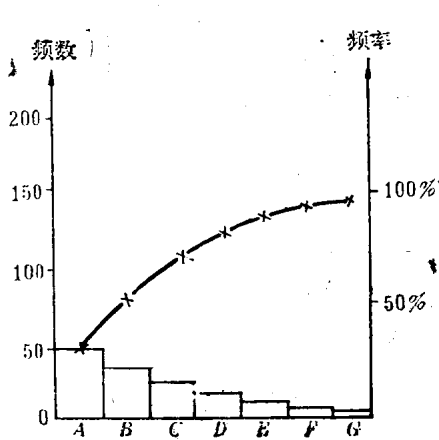


图 2.3

左边的纵坐标表示频数（件数、次数、时间、金额等），右方的纵坐标表示频率，即百分比；横坐标表示影响质量的各项因素，按影响程度的大小自左至右顺序排列。各直方形的高度表示该因素影响的大小；曲线则表示各影响因素逐项累计所得频数和频率，此即巴雷特曲线。

如图所示，A、B两项已占去了整个频数的一半以上，而C、D、E、F、G五项因素之和只占不到一半的频数，可见A、B两项是影响最大的主要因素。

## 2. 排列图的作法：

排列图横坐标的划分项目根据调查对象而定，通常是：

- (1) 按结果分：如按不良项目、事故种类、缺陷种类等划分；
- (2) 按原因分：即按产生不良事故或缺陷的原因划分。

以某种塑料制品的不良为例，说明排列图的制作步骤：

- (1) 确定组成排列图横坐标的划分项目，即图2.3中的A、B、C…所各自表示的内容。

收集数据时将按这些划分项目进行。

本例按结果划分，即按不良项目排列，计有表面斑点、气孔、成型不良、色斑、形状不佳和其它诸项。

(2) 确定作图的期间，即收集数据的起迄时间。对此一般无硬性规定，可根据不同情况和条件而考虑：比如产品批量大、工艺成熟、生产过程稳定，期间可取长些；反之，则取短些。通常可按时、日、周、月、季等时间单位计之。

本例中取一周为作图期间。

(3) 收集和统计每个项目在该期间的数据。累计诸项目出现的频数。再以全部项目的总频数为100%，计算出各个项目所占百分比并累计之，是为频率。

在本例中，收集和统计的是各种不良项目出现的频数和频率，其数据如右表。

不良项目	出现频数	出现频率	累积频数	累积频率
表面斑点	37	47.4%	37	47.4%
成型不良	24	30.8%	61	78.2%
气孔	9	11.5%	70	89.7%
色斑	3	3.8%	73	93.6%
形状不佳	2	2.6%	75	96.2%
其它	3	3.8%	78	100.0%
总计	78	~100%		

(4) 在坐标纸上适当地标度纵坐标轴后，即可按统计数据的大小顺序，自左至右地将分类项目等宽地排列在横轴上；再沿纵坐标以各个项目的频数(或频率)为高度，在各个分类项目的宽度上绘制直方形。

本例中是按表面斑点、成型不良、气孔……的顺序，沿横坐标等宽排列，再以各自的频数 37、24、9……沿左方纵坐标为高度，作出直方形(见图 2.4)。

(5) 在图上标出各序号分类项目的累积频数(或累积频率)的坐标点，顺序连接这些点得到折线，即为巴雷特曲线，

本例中按照上表计算的累积频率、顺序标记 47.4%、78.2%、89.7%……诸点并连接之。

(6) 记下作图背景，如产品、工序、生产者、检查者、数据收集期间等，皆应详记。

### 3. 作图的注意事项：

(1) 一般说来，主要的因素是一、二个、至多不超过三个，就是说它们所占的频率必须高过 50% (如果分类项目少时，则应高过 70~80%)。达不到这样的比重，就失去寻找主要矛盾的意义，应考虑重新进行原因分类。

(2) 不重要的项目很多时，为了避免横坐标过长，通常合并列入“其它”栏内，并置于最末一项。

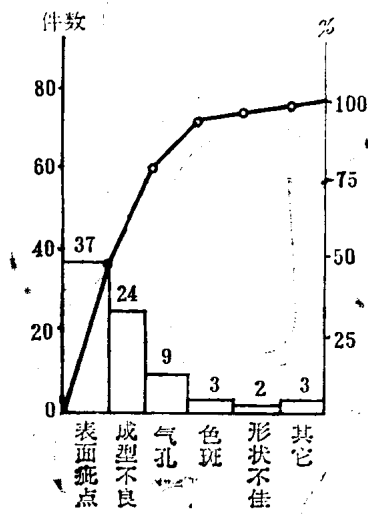


图 2.4

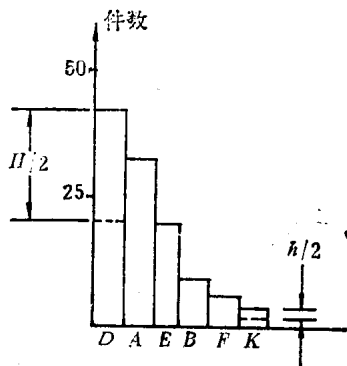


图 2.5

(3) 为作排列图而取数据时，应考虑不同的原因、状况或条件而进行分层，比如按时间、设备、人员、原料来源等分层，以取得更有效的信息(分层问题以后另有专述)。

### 4. 排列图的应用：

(1) 排列图可以指明改善某项质量特性的重点：在质量控制中，为了获取更大的效果，应合理地确定采取措施的对象。从排列图可以看出，直方形高的前 2~3 项对质量影响大，对它们采取措施，质量改善的效果要显著得多。如图 2.5 如果把因素 D 所产生的不良品减半( $H/2$ )和把 K 的不良品减半( $h/2$ )所花费的力量相同，则当然选 D 作为改善对象是上策。所以从排列图上选定前 1~2 项为改善重点，这是质量控制的重要起始步骤。

(2) 排列图可以反复应用：在解决质量问题的过程中，排列图可以而且应该反复使用，使问题逐步具体化；并在采取措施之后，再反复使用以确认效果。

比如对内燃机曲轴的废品进行排列图分析，发现连杆轴颈磨小是所有废品中占比重最大的项目(如图 2.6)。

于是对拐颈(即连杆轴颈)磨小这一质量问题作因果分析图(见图 2.2)。

再对该图所示的诸因素又一次作排列图分析(图 2.7)。发现无校正标准轴和电器失灵为主要原因所在。

于是对该二项因素采取改善措施，其后再作排列图以考察和验证措施的效果(图 2.8)。而且还通过重作曲轴废品排列图，证实拐颈磨小的废品比重已从第一位降低到第五位(图 2.9)。

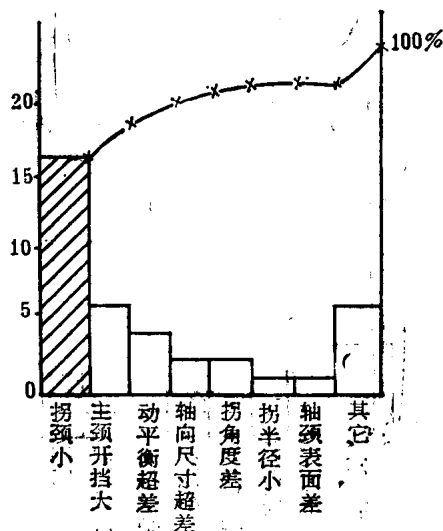


图 2.6



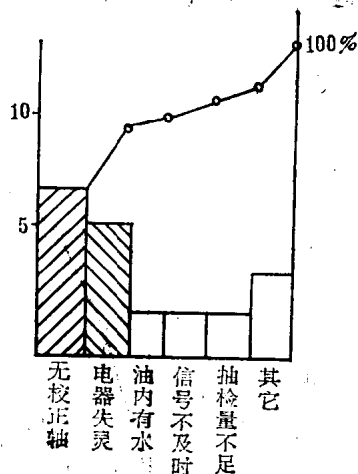


图 2.7

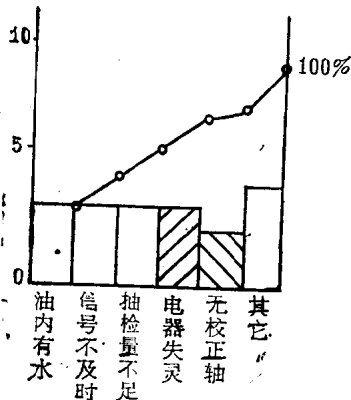


图 2.8

由此可见，在质量控制中，为了一层一层找出主要因素和为了一步一步确认措施后的效果，常要反复多次地使用排列图。

(3) 排列图可以广泛地应用：对于任何问题的改善，皆可运用排列图。根据第一章中对质量特性的广义解释，排列图除应用于分析产品属性外，还可应用于效率、成本、安全等各种领域。

如图2.10，为使仓库管理员的后勤工作更加合理化而作的排列图。横坐标所列为其业务内容的分类项目；纵坐标则为各项业务所需时间。由图可知，把出纳业务作为采取措施的改善对象，将产生更大的效果。

如图 2.11，为解决操作人员的人身安全问题而制作的排列图。横坐标为安全事故发生在人身上各部位的分类项目；纵坐标为事故发生的频数。由图可见，手指是工伤事故发生最多的部位。因此可对指伤的原因作进一步分析，从而以手指伤为改善对象采取处置措施，会取得显著效果。

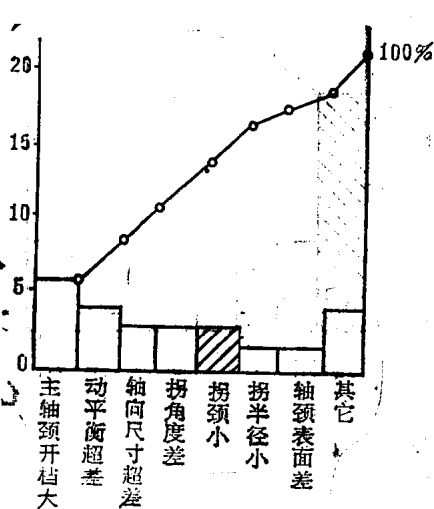


图 2.9

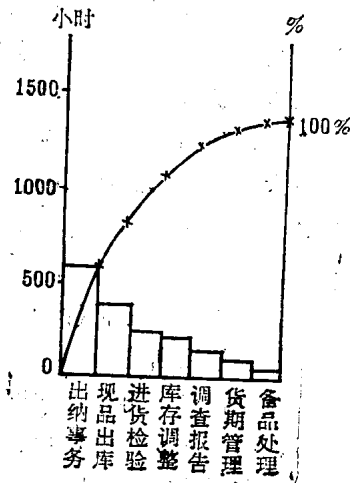


图 2.10

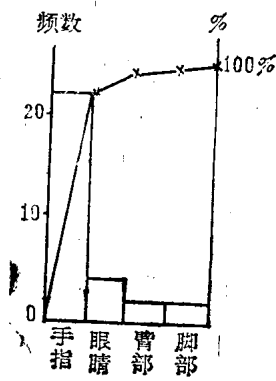


图 2.11