



马毅林 严肇宇 编著

工业产品 抽样检验方法

机械工业出版社

工业产品抽样检验方法

马毅林 严肇宇 编著

机械工业出版社

抽样检验是检验产品质量的一种常用的方法，在工业产品的质量管理工作中使用非常广泛。

本书主要内容有计数与计量抽样检验的原理、ISO2859与MIL-STD-414内容的介绍和不合格品率的估计等。

书中着重介绍了产品检验工作中常用的抽样检验方法和它们的数学原理，特别是这些方法的使用。其中，不合格品率的估计，计量双侧抽样方案的设计原理，调整型抽样方案转移概率的计算和复合抽查特性曲线，以及抽样方案的数字模拟方法等都是较新的内容。

本书可作为学习国家标准的主要参考书。读者对象为检验人员、生产管理人员、管理专业与数理统计专业的师生以及有关的科研工作者。

工业产品抽样检验方法

马毅林 严肇宇 编著

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

金堂县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $15 \frac{5}{8}$ ·字数347千字

1984年1月北京第1版·1985年8月成都第2次印刷

印数 13,001—22,200 定价 3.30元

*

科技新书目：102—128

统一书号：15033·5538

序 言

产品的质量检验是质量管理工作的一个重要的组成部分。加强产品质量的检验对国家、对用户有特殊的重要性。目前,我国已经有了一支规模宏大的专职检验人员的队伍。如何使这支队伍掌握有关质量检验的先进技术,提高质量检验方法的科学性,是一项十分迫切的重要任务。

抽样检验是从产品的总体中抽出一部分,通过检验这一部分产品来判断总体的质量如何。在产品制造过程中使用抽样检验,有助于及时发现产品质量不稳定的苗头,以便进行调整,使制造过程保持稳定。长期以来,由于在工农业产品和进出口产品的质量检验中,日益广泛地采用抽样检验,使抽样检验的方法和理论获得了很大的进展,同时为它们的进一步发展开辟了广阔的前景。

我国已经制定出抽样检验的国家标准 GB 2828-81——逐批检查计数抽样程序及抽样表;GB 2829-81——周期检查计数抽样程序及抽样表。这两项标准目前正在我国试行、逐步普及与推广。广大读者迫切希望能够早日得到比较深入和系统地介绍抽样检验方法的书籍,本书就是应此急需而编写的。

在书中,我们较详细地介绍了计数抽样和计量抽样的原理和方法。其中,ISO 2859 抽样主表的设计特点,调整型抽样方案的转移概率的计算和复合抽查特性曲线,双侧计量抽样方案的设计原理,不合格品率的估计等部分包括了一些新

的理论和方法，还包括作者多年来从事研制抽样标准工作的一些成果。

近年来，抽样检验理论与方法的研究发展很快，如堆料（或散装料）的抽样方法以及贝叶斯（Bayes）抽样理论等，内容相当丰富。由于篇幅所限，我们没有把这些内容收入本书。

作者感谢刘源张、敖硕昌和张里千诸教授的指导和帮助。感谢电子工业部标准化研究所的领导同志为制定我国抽样标准所做的大量的组织工作。特别感谢机械工业出版社的同志们对本书的关心、支持和帮助。

由于我们水平有限，内容难免有错误和不妥之处，希望读者批评指正。

目 录

第一章 基础知识	1
1.1 单位产品	1
1.1.1 单位产品的划分	2
1.1.2 缺陷	2
1.1.3 衡量单位产品质量的方法	3
1.1.4 单位产品的合格与不合格	4
1.2 批	6
1.2.1 批的组成	6
1.2.2 批量	7
1.2.3 批的质量	8
1.3 抽样检验与抽样估计	9
1.4 随机抽样法	10
1.5 抽样检验	15
1.5.1 按合格判断规则的形式分类	16
1.5.2 按抽取样本的个数分类	16
1.5.3 按交付检验时是否组成批分类	16
1.5.4 调整型抽样方案与非调整型抽样方案	17
1.5.5 按是否直接考虑经济因素分类	17
1.5.6 按是否根据某个最优化的准则分类	18
1.6 一些常用的概率分布	18
1.6.1 概率、随机变量与概率分布	18
1.6.2 随机变量的均值与方差	25
1.6.3 超几何分布	27
1.6.4 二项分布	36
1.6.5 泊松 (Poisson) 分布	42

1.6.6 正态分布	47
1.6.7 指数分布	57
1.6.8 威布尔 (Weibull) 分布	65
1.6.9 χ^2 分布	74
1.6.10 t 分布与非中心 t 分布	75
第二章 计数抽样检验的原理和应用	77
2.1 计数抽样检验的原理	77
2.1.1 抽查特性曲线 (OC 曲线)	78
2.1.2 两种错误判断	93
2.2 定为标准的抽样检验表	95
2.2.1 百分比抽样和双百分比抽样	96
2.2.2 标准型抽样方案	99
2.2.3 菲利浦斯“SSS”标准	109
2.2.4 挑选型抽样标准	125
2.2.5 计数序贯抽样检验	160
2.2.6 连续型抽样方案	167
2.2.7 链形抽样检验方案	172
第三章 国际标准 ISO 2859	176
3.1 ISO 2859 简介	177
3.1.1 ISO 2859 的使用	178
3.1.2 使用中的几个问题	208
3.2 ISO 2859 的设计要点	220
3.2.1 关于主抽样检查表的设计	220
3.2.2 二次抽样方案和多次抽样方案	225
3.2.3 转移规则的设计与转移概率的计算	231
3.2.4 复合抽查特性与计算	263
3.2.5 调整型抽样方案动作特性的数字模拟	279
第四章 计量抽样检验的原理和应用	291
4.1 计量一次抽样方案	291

V

4.1.1 以均值衡量批质量的情形	291
4.1.2 以不合格品率衡量批质量的情形	310
4.1.3 以标准差衡量批质量的情形	325
4.2 计量序贯抽样方案	329
4.2.1 以均值衡量批质量的情形	329
4.2.2 以不合格品率衡量批质量的情形	347
第五章 美国军用标准 MIL-STD-414 简介	356
5.1 抽样方案的一般描述(“414”的 A 节)	357
5.2 变差未知时的标准差法	357
5.2.1 具有单侧规定限的情形	358
5.2.2 具有双侧规定限的情形	361
5.2.3 过程平均不合格品率的估计	364
5.2.4 转移规则	365
5.3 变差已知时的标准差法	366
5.3.1 具有单侧规定限的情形	366
5.3.2 具有双侧规定限的情形	368
第六章 不合格品率的估计	409
6.1 计数的情形	409
6.1.1 点估计法	409
6.1.2 区间估计法	421
6.2 计量的情形	437
6.2.1 μ 未知、 σ 已知	438
6.2.2 μ 已知、 σ 未知	441
6.2.3 μ 未知、 σ 未知	446
附表	450
参考文献	492

第一章 基础知识

在抽样检验中，首先要遇到的几个具有基本的、重要性的概念是总体、批、单位产品、样本与样品等。所谓总体，即指所检验的产品或原材料的全体。一批产品、一台设备在某段时间内所生产的同类产品的全体等，都可以叫做一个总体。抽样检验则是从产品总体中按照某个（或某些）事先规定好的抽样方案，随机抽取有限数量的单位产品或有限数量的材料，对总体做出某种统计判断。

抽样检验的用途非常广泛，从科学研究到生产，从尖端试验到日常生活，处处都可以用到。但是，使用最普遍的是在工业生产过程的统计控制（如控制图）和工业产品的质量检验（如工序检验、成品检验、出库检验、购入检验等）方面。

把数理统计方法用于质量管理就是统计质量管理。抽样检验及控制图（也叫做管理图）都是统计质量管理的基本方法。

在本书中，我们将仅讨论抽样检验方法的基本原理及其应用，而且将重点放在应用上。

1.1 单位产品

抽样检验是从产品总体中抽取一些单位产品或原材料进行检验，目的是通过检验一部分而对总体做出某种统计判断。

什么叫单位产品呢？那就是构成产品总体的基本单位。比如，一批灯泡中的每只灯泡，一批袋装洗衣粉中的每一袋，一批鞋中的每一双，一批发动机中的每一台等等，都可以看作是一个单位产品。引进单位产品这一提法，是为了使我们的讨论一般化，而不局限于具体的产品；此外，也因为有时抽检的产品是散装的或者不能自然地划分为件、只、个等基本单位。

1.1.1 单位产品的划分

单位产品有时可以自然划分，有时则不能自然划分，需依据具体情况来决定。比如，鞋只能以“双”为单位；有些晶体管是配对使用的，不妨把每一对搭配好的晶体管作为一个单位产品；对于连续的产品，如电线、布料等，划分单位产品时就带有一定的任意性。

可以自然划分的情形：一个螺丝钉、一支笔、一只灯泡、一件衬衣、一袋洗衣粉、一听罐头及一台机器等，都属于可以自然划分单位产品的情形。

不可以自然划分的情形：可以用一定的长度、重量或容量等作为单位。比如，一尺电线、一尺（一米或一平方米）布料、20克尼龙纤维、一加仑汽油等都可以作为单位产品。它们的决定要根据具体情况。

1.1.2 缺陷

一个单位产品的好与坏如何区别呢？一般来讲，可以根据它有无缺陷以及所包含的缺陷的严重程度来考虑。

一个单位产品的任何一个特征不符合指定的技术要求都叫做有缺陷。由于一个单位产品可能有几项不同的技术要求，这些技术要求的重要性也可能不相同，因而，可以把缺陷分为若干类。一般分为三类：轻缺陷、重缺陷和致命（或

危险)缺陷。

轻缺陷 单位产品性能或其他技术指标,虽不符合技术要求,但不影响产品使用的那种缺陷叫做轻缺陷。例如,衬衣上的小污点,自行车漆层不均匀,电阻器的阻值超差不严重,以及一般属于产品外观上的缺陷等都可以作为轻缺陷。

重缺陷 使得单位产品不能达到预期的效用,或者使产品的实用性下降,但是不至于引起不安全情况的那种缺陷。例如,衬衣上的针脚破绽,电阻器的阻值超差过大,圆珠笔使用不流畅,收音机无声或选择性太差等,都严重影响使用效果,但是充其量使产品的实用性下降,一般不至造成不安全的问题。

致命缺陷 与上述两种缺陷不同,使用或保存带有这种缺陷的产品可能给使用者带来危险。例如,妨碍飞机、导弹、舰船正常运行的缺陷,麻疹疫苗“染菌”(即含有其他杂菌),防毒面具的通话膜穿孔以及高压容器的压力不合规定等缺陷都是致命缺陷。

根据产品的复杂程度和它的重要性等具体条件,在划分缺陷时可以灵活运用,不一定拘泥于以上的分类。有些产品可能只有一种缺陷,也有些产品可能存在三种以上的缺陷。

1.1.3 衡量单位产品质量的方法

为了衡量一批产品的质量,首先要衡量一个单位产品的质量。衡量单位产品质量的方法主要有三种:

计量的方法 当单位产品的质量特征是连续变化时,我们可以用连续的尺度衡量它。比如,棉纱的强力、金属板的硬度、弹簧的强度、煤的发热量、灯泡的寿命和砖的抗折强度等。使用连续尺度定量地衡量一个单位产品的质量的方法叫做计量的方法。

计件的方法 当单位产品的质量特征不能定量地衡量，仅把它定性地划分为两个或两个以上的类（如合格品与不合格品，或一、二、三等品等）时，叫做计件的方法。

计点的方法 当单位产品的质量特征用缺陷个数这样一种离散的尺度衡量时，叫做“计点的方法”。比如，一平方米布料上的疵点个数，一个玻璃瓶上的气泡个数及一件衬衣上污点的个数等。

为了方便起见，我们又把计件的方法与计点的方法统一称为计数的方法。

1.1.4 单位产品的合格与不合格

不含有任何缺陷的单位产品叫做合格品。这一定义是普遍适用的。但是，对于不合格品就不然了。正如同有人把不合格品叫做废品（或次品）一样，我们统称为不合格品。另一方面，我们按照不合格品所包含的缺陷的不同，把它们分别称为轻不合格品、重不合格品与致命不合格品等。

一般来讲，一个单位产品如果有缺陷就叫做不合格品，这一定义也是普遍适用的。

但是，对各种不合格品的定义可以采取不同方式。目前主要有两种不同的定义：

第一种方式 凡有轻缺陷，但没有重缺陷与致命缺陷的单位产品叫做轻不合格品；凡有重缺陷，不论有或没有轻缺陷，但没有致命缺陷的单位产品叫做重不合格品；凡有致命缺陷，不论有或没有轻、重缺陷的单位产品都叫做致命不合格品。

第二种方式 凡有轻缺陷的单位产品叫做轻不合格品；凡有重缺陷的单位产品叫做重不合格品；凡有致命缺陷的单位产品叫做致命不合格品。

第一种方式的使用比较普遍。例如,美国军用标准 MIL-STD-105D^[1]及国际标准 ISO2859^[2]都规定采用这种方式。

第二种方式的使用不如第一种方式普遍。我国第四机械工业部部颁标准《计数抽样检查程序及抽样表》^[3]及日本工业标准 JIS Z 9015^[4]都规定采用这种方式。

例:一批玻璃瓶,共 1000 只,规定瓶上有小气泡为轻缺陷;如果有残破则为重缺陷。那么,一只瓶上如果同时有轻缺陷与重缺陷;按方式 1,它只算做一个重不合格品;按方式 2,它既算做轻不合格品,又算做重不合格品。

如果从这批瓶中,随机抽取 100 只检验,发现其中有 5 只同时有轻、重缺陷,有 10 只仅有轻缺陷,还有 5 只仅有重缺陷。按第一种方式,我们说共有 20 个不合格品,各种不合格品之间没有重叠。如果按第二种方式,则轻、重不合格品各有 15 只。这时,不能笼统地说在 100 只样品中有 25 个不合格品,而必须分开来说,有 15 个轻不合格品和 10 个重不合格品。

以上两种定义方式各有优缺点,可以斟酌使用。第一种方式由于在不合格之间没有重叠现象,比较容易计算,不至混淆。它的缺点则在于重不合格品上的轻缺陷以及致命不合格品上的重缺陷被忽视了,因而损失了一些有用的情报,对全面反映产品质量来说是一个损失。

第二种方式,由于各种不合格品之间可能出现重叠的情况,统计稍费事,各种不合格品之个数的总和可能超过所检验的单位产品的总数,因而初看来不太习惯。然而,它的优点则表现在比较能够全面地反映产品的质量。不过,实际上也存在这样的情况,即有时单位产品上的一种缺陷会掩盖另一些缺陷。比如,收音机“无声”这一缺陷就把选择性、灵

6
敏度等性能上的缺陷掩盖了。

把单位产品划分为合格品与各种不合格品，是为了施行计数抽样检验的准备步骤之一。

1.2 批

工序、成品、进出库检验以及购入检验等经常是以整批的形式交付检验的。不论是一件件的产品，还是散装料，一般都要组成批，而后提交检验。有些情形，中间产品由于条件的限制不允许组成批以后再交给下一道工序进行检验。这时，可采用连续抽样检验（见第二章），当然在条件许可的情况下，最好组成批。

批的含义很广泛。我们所说的批是指一组需要检验或验收的单位产品。它的构成是有一定条件的。它与为了运输、储存的方便，由各种产品临时组成的批不同，所以，我们称它为检验批。为了简便，通称它为批。对于散装产品，可以把一次提交的同一规格的散装料作为批。比如，一次交货的同一规格的散装矿石等。

1.2.1 批的组成

构成一个批的单位产品应当尽可能整齐，就是说，它的不同部分（如，不同的包装箱等）的不合格品率只能有随机波动，不能有较大的本质的差别。应当由条件基本相同，生产时期大约相同的同形式、同等级、同种类、同尺寸以及同成分的单位产品组成批。这样做，主要是为了抽取样品的方便与使样品更具有代表性，从而使抽样检验更有效。如果有证据表明，不同的机器设备、不同的操作者或不同批次的原材料等条件的变化对产品质量有明显的影响，那么，应当尽可能以同一机器设备、同一操作者或同一批次的原材料所

生产的产品组成批。

构成批的上述各种条件，通常很少能够同时满足。如果使它们都得到满足，往往需要把批分得比较小，而这样做，会使检验工作量大大增加，反而不能达到抽样检验应有的经济效益。所以，除非产品质量时好时坏、波动较大时，必须采用较小的批以保证批的整齐外，当产品质量较稳定时（比如，生产过程处于统计控制状态），采用大批量是经济的。当然，在使用大批量时，应当考虑到堆放产品的场地以及不合格批的返工等可能造成的困难。

如果产品质量不太稳定，又需要构成较大的批时，最好把大批分成若干个比较整齐的小批，然后，按比例地在各小批中抽取样品，这样可使样品更具有代表性。

提交检验的批在放置时，应尽量考虑使检验员能够比较方便地从各部位抽取样品。

1.2.2 批量

一批产品中所包含的单位产品的总数叫做批量，一批砖由一万块砖组成，我们说这批砖的批量为一万块。一批 500 对晶体管，如果每一对晶体管当作一个单位产品，批量就是 500 对。一批 100 公斤合成纤维，欲检验其长度是否符合标准，全检是不现实的，如果规定每 10 克纤维为一个单位产品，那么这批产品的批量即为 10000。

无论是一个工厂内部的产品检验还是使用方的购入检验，所采取的批量都要因时因地制宜。比如，质量不太稳定的产品以小批量为宜。采用大批量时，由于抽取有代表性的样品比较困难，容易作出错误的判断。会把合格批错判为不合格，或者把不合格批错判为合格批，对生产与使用双方都不利。

工厂内部的原材料、半成品、成品、进出库等检验，对于体积小又容易检验的，或者质量比较稳定的产品，批量可取大些，但是不要过大。批量过大，一方面有可能由于抽不到有代表性的样品造成错误判断；另外，这样的批一旦被拒收将使检验工作量突然增加，有可能影响生产的正常进行。

1.2.3 批的质量

衡量一批产品质量的方法不胜枚举，总起来可分为两大类，即计数的与计量的，常用的有下面几种。

计数的方法：

- 1) 批中不合格单位产品所占的比例(即不合格品率)。
- 2) 批中每个单位产品平均包含的缺陷个数以及每百个单位产品平均包含的缺陷个数。

一批产品中不合格单位产品所占的比例叫做不合格品率。一般用百分数表示不合格品率，也可以用小数表示。一批产品的不合格品率为 15% (或 0.15)，就是说，这批产品的每一百个单位产品中平均有 15 个不合格品。不合格品率是表示一批产品的质量的一个应用最广的质量指标，人们一般习惯叫做废品率或次品率等。在本书中，我们统一称为不合格品率。产品可以划分为几种不合格品（轻、重及致命不合格品等），就可以有几种不合格品率。这样做不仅便于我们进行一般的讨论，同时，在必要时也可以把批质量划分得更细一些。

例如，一批灯泡，批量 1000 只，已知其中 999 只是合格的，则

$$\text{批不合格品率} = \frac{\text{批中不合格品个数}}{\text{批量}} \times 100\% = 0.1\%$$

如果以小数表示，则说批不合格品率为 0.001。

又如，一批保温瓶，批量500只，已知其中有10只各有2个缺陷，20只各有1个缺陷。则

$$\begin{aligned}\text{每单位产品平均缺陷个数} &= \frac{\text{缺陷个数}}{\text{批量}} = \frac{10 \times 2 + 20}{500} \\ &= 0.08\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{每百单位产品平均缺陷个数} &= \frac{\text{缺陷个数}}{\text{批量}} \times 100 \\ &= \frac{10 \times 2 + 20}{500} \times 100 = 8\end{aligned}$$

计量的方法：

1) 批中所有单位产品的某个特征的平均值。例如，灯泡的平均使用寿命。

2) 批中所有单位产品的某个特征的标准离差。例如，产品的某个特征的均匀性和炮弹的炮口速度的标准离差等。

3) 批中所有单位产品的某个特征的变异系数（即标准离差与平均值的比值）。例如，棉纱的支数不匀率。

1.3 抽样检验与抽样估计

前面已经提到，抽样检验是通过检验一批产品的一部分来评价这批产品的质量，判断它是否合格；或者从生产过程中抽取一部分样品进行检验，以判断这一过程是否稳定。除此之外，它还可以用于核对账目及清查库存、检查印刷品的印刷质量等方面。把抽样检验用于产品验收的目的就叫做抽样验收。如果抽取样品的目的仅是估计产品的平均质量（不合格品率也是一个平均的质量指标）以及它的能变性。例如，不合格品率，平均使用寿命，平均亩产量，水库中某种细菌的浓度，煤中灰分的平均值，布的平均缩水率，维尼纶