

抽样检验方法

中国科学院数学研究所统计组 编

科学出版社

抽样检验方法

725

725

636

抽 样 检 验 方 法

中国科学院数学研究所统计组 编

科 学 出 版 社

1 9 7 7

内 容 简 介

抽样检验是检验产品质量好坏的一种常用的方法。在工农业产品的质量检验工作中，广泛地使用抽样检验方法。抽样检验可以节约管理费用。当检验带有破坏性时，采用抽样检验可以减少由于破坏产品所造成的损失。

本书着重介绍产品验收工作中所常用的抽样检验方法和它们的数学原理，特别是方法的使用。在本书中不包括生产过程的抽样控制中所使用的抽样检验方法。

本书主要内容：一次抽检、两次抽检、序贯抽检和连续抽检等。

读者对象为工农兵、生产管理人员和科学工作者。

抽 样 检 验 方 法

中国科学院数学研究所统计组 编

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1977 年 3 月 第 一 版 开本：787×1092 1/32

1977 年 3 月 第一次印刷 印张：5 3/8 插页：2

印数：0001—20,450 字数：119,000

统一书号：13031·511

本社书号：753·13—1

定价：0.50 元

毛主席语录

胸中有“数”。这是说，对情况和问题一定要注意到它们的数量方面，要有基本的数量的分析。任何质量都表现为一定的数量，没有数量也就没有质量。

力求节省，用较少的钱办较多的事。

目 录

第一章 基础部分	1
§ 1.1 引言	1
§ 1.2 衡量产品质量的方法	1
1. 单位产品的质量	2
2. 一批产品的质量	3
§ 1.3 抽样检验和抽样控制	4
1. 什么是抽样检验	4
2. 抽样检验和抽样控制	5
3. 抽样验收的控制特性	6
§ 1.4 逐批抽样检验和连续抽样检验	6
§ 1.5 制订抽检方案的一些准备工作	7
1. 决定什么是单位产品	7
2. 明确什么是单位产品的缺陷	7
3. 批的构成	9
4. 批量	10
5. 产品质量水平的表示方法	11
§ 1.6 计数抽样检验的一般原理	13
1. 抽检特性曲线	13
2. 抽检特性函数	16
3. 两种错误判断	25
§ 1.7 计量抽样检验的一般原理	28
1. 正态分布及其性质	28
2. 用总体的均值衡量产品质量情形的抽样检验方案	34
3. 用总体不合格品率衡量产品质量情形的抽样检验方案	39

§ 1.8 抽检方案的分类	43
1. 计数抽检方案和计量抽检方案	43
2. 按抽取样本的个数分类	43
3. 逐批抽检和连续抽检	44
4. 调整型抽检和非调整型抽检	44
第二章 计数抽样检验	46
§ 2.1 百分比抽样的不合理性	46
§ 2.2 标准型抽检方案	48
§ 2.3 挑选型抽检方案	50
1. 在规定第二种错判概率的条件下, 使平均检验个数最少的抽检方案	51
2. 在规定检验后合格批的最大平均不合格品率的条件下, 使平均检验个数最少的抽检方案	65
3. 实施上的考虑	70
§ 2.4 调整型抽检方案和抽检程序	84
1. 规定合格质量水平的抽检方案	85
2. 调整型两次抽检方案和程序	85
3. 实施上的考虑	95
§ 2.5 计数序贯抽样检验	95
1. 计数序贯抽检方案	96
2. 抽检特性函数	97
3. 平均抽检个数的曲线	99
4. 计数序贯抽检方案的图形表示	100
§ 2.6 连续抽样检验	103
§ 2.7 链形抽样检验方案	108
第三章 计量抽样检验	112
§ 3.1 具有双侧规定限的计量一次抽样检验	112
1. 用总体的均值衡量产品质量的情形	112
2. 用总体不合格品率衡量产品质量的情形	115
3. 判断规则的图形表示	118

§ 3.2 计量序贯抽样检验	119
1. 具有下规定限的情形	119
2. 具有上规定限的情形	128
参考文献	130
后记	131
附录	132
表 1 阶乘的对数	132
表 2 $\sum_{d=0}^c \binom{n}{d} p^d (1-p)^{n-d}$ 值表	145
表 3 $\sum_{d=0}^c \frac{m^d}{d!} e^{-m}$ 值表	155
表 4 累积标准正态分布表	164

第一章 基础部分

§ 1.1 引言

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。抽样检验是从产品的总体中抽出一部分，通过检验这一部分产品来估计产品总体的质量。在产品的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，进行调整，使制造过程保持稳定。由于在工农业产品的质量检验中，日益广泛地采用抽样检验，使抽样检验的方法和理论获得很大进展，并且为它们的进一步发展开辟了广阔的前景。

目前，在我国的许多工农业产品的技术标准中，明确规定使用抽样检验的方法。在国际上，许多国家广泛采用抽样检验，并且制订了许多专门使用于产品检验的抽样检验标准。在这些抽样检验标准中，有些已经成为国际性的标准，被许多国家共同采用。比如，由美国、英国和加拿大三个国家共同设计制订的抽样检验标准 MIL-STD-105D^[4]，道奇-罗米格抽样检验表等^[5]。

在本书中，我们将简单介绍抽样检验的原理，抽样检验的实施方法和需要注意的一些事项。希望读者通过阅读这本书，能够对抽样检验的原理和实施方法得到初步的了解。

§ 1.2 衡量产品质量的方法

首先，我们来定义“单位产品”。所谓单位产品，是指构成

产品总体的基本单位。这个基本单位有时可以自然地划分,比如一批电灯泡中的每只灯泡,可以叫做一个单位产品;有时则不能自然地划分,而是因需要的不同而变更,比如在不同的需要之下,一尺布、一丈布以至一匹布都可以作为一个单位产品。

一般讲,我们将用来进行测定(测试或检验)的每个样品单位叫做一个“单位产品”。

在本书中,除在特定的例子中不使用单位产品这个提法外,为了便于统一的叙述,均使用“单位产品”这个统一的提法。在各行各业中具体使用时,可以不用单位产品这个词,而以习惯的提法取代它。

1. 单位产品的质量

单位产品的质量可以用不同的方法来衡量。最常用的方法有“计数”和“计量”两种。

许多产品的质量特征是可测试的。例如,炮弹直径,棉纱强力,钢的化学成份,电灯泡的寿命,电阻器的阻值等,都是可以测试的。这些产品的质量都可用连续的尺度来衡量。我们把使用连续的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。

有时,单位产品的质量特征是离散的,它的质量只能用离散的尺度来衡量。比如,一尺棉布上的疵点数,一件铸件上的气泡和砂眼的个数,这些质量特征只能用离散的尺度衡量。这种衡量一个单位产品质量的方法叫做“计点的”方法。

此外,有些单位产品的质量特征不能定量地衡量,通常只把每个这样的单位产品定性地划分为好的与坏的,或合格的与不合格的。这种衡量单位产品质量的方法叫做“计件的”方法。比如,电阻器的表面上的漆层有剥落的地方,可以做为外

观不合格。有许多产品,其外观质量不能定量地衡量。

在本书中,我们将“计点的”方法和“计件的”方法统一称为“计数的”方法。

应当指出,往往出现这样的情况,尽管产品的质量特征是可以定量地衡量的,但是,为了节省检验的时间和人力物力等原因,宁愿采用计数的方法,只将每个单位产品简单地划分为合格的与不合格的。其实,当单位产品的质量可以定量衡量时,应尽量采用计量的方法,并且使用测试的数据。这样,可以为产品质量提供更多的情报。

2. 一批产品的质量

什么叫做“一批产品”呢?所谓一批产品,是指需要检验的一组单位产品。供应方根据使用方的需要,将单位产品组成批,然后交给使用方;在工厂内部,一道工序加工后的产品,可以组成批,然后交给下一道工序继续加工。制造产品的原材料,也可以组成批,交给车间进行加工。

怎样衡量一批产品的好坏呢?衡量的方法有很多,常用的有以下几种:

(1) 批中所有单位产品的某个特征的平均值。比如,一批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。

(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)。

(4) 批中每个单位产品的平均疵点数,以及每百个单位产品的平均疵点数。

(5) 批中不合格的单位产品所占的比例(即不合格品率)。

为了衡量一批产品质量的好坏,可以适当选取上述的一

种方法,规定一个限制值,然后用这个限制值来划分。衡量产品质量高低的标准,同产品的用途有着密切的联系。

§ 1.3 抽样检验和抽样控制

1. 什么是抽样检验

产品检验有两个目的,一个是决定已经生产出来的产品是否合格;另一个目的是当制造产品的过程一旦不稳定时,能够及时发现,然后通过调整使过程保持稳定。

产品检验的常用方法有过程检验、逐个检验和抽样检验。过程检验就是研究产品的整个制造过程,从原材料到成品生产的各个阶段都进行检验。逐个检验就是对产品进行百分之百的检验。这是众所周知的一种检验方法。在本书中,我们只讨论抽样检验的方法。

什么是抽样检验呢?抽样检验就是不逐个检验产品总体中所有的单位产品,而只抽取其中的一部分进行检验。抽出检验的这部分单位产品叫做“样本”。样本中所包含的单位产品的个数叫做“样本大小”。抽样检验的目的,是通过检验一个(或几个)样本而对产品总体的质量做出估计。

为了知道一批产品的质量,将批中所有的单位产品进行百分之百的检验岂不更好,为什么要采用抽样检验呢?大家知道,任何一项检验要么是破坏性的,要么是非破坏性的。比如,电灯泡使用寿命的检验是破坏性的,当测得寿命的数据后,灯泡也就报废了。电灯泡外观的检验则是非破坏性的。显然,对于带有破坏性的检验,百分之百检验往往是不实际的,只有采用抽样检验。那么,非破坏性的检验是否必须采用百分之百检验的方法呢?也不一定。小量生产的产品当然是可以的。但是,现代化工业的特点之一是生产的大量化。例如,

一个生产电子元件的工厂所生产的电子元件，其日产量往往以几万、几十万计。由于生产的大量化，采用百分之百检验的工作量十分大。人工的百分之百检验既不经济，在许多情形下也不能保证产品质量。一个熟练的工人可以同时管理若干台设备，但是，如果采用百分之百检验，一台设备所制造出来的产品，往往需要许多检验员来检验，这是很不经济的。大量生产的水制注射药剂中有无悬浮的杂质，小型阻容元件的外观，钮扣的外观，电子管内的杂质等，人工检验是比较费力的，检验员在持续较长时间的检验后，难免出现错检和漏检。百分之百的机器自动检验，在目前情况下多半做不到；即使可以做到，自动化测试仪表在长时间的使用中，仍然存在着工作稳定性的问题。由于上述种种原因，抽样检验就成了检验产品质量的一种经济的、切实可行的有效方法。

2. 抽样检验和抽样控制

为了决定已经生产的一批批的产品是否合于产品技术标准规定的要求而进行的抽样检验，叫做“抽样验收”；而为了决定产品的制造过程是否稳定，是否需要进行调整所进行的抽样检验则叫做“抽样控制”。

抽样控制通常是从生产线的某个检验点，或从一台机床上，每隔一段时间随机抽取几个单位产品，根据对这些单位产品进行测试的结果，决定制造过程是否应进行调整。“控制图法”就是常用的一种抽样控制的方法。

抽样控制是在制造产品的过程中进行的，它可以使制造过程处于统计控制的状态（即在此制造过程中所制造的每个单位产品可能成为不合格品的概率是相同的），预防产品质量出现较大的波动。因为，抽样控制是在制造过程中，而不是在产品制成后进行的，所以我们也把抽样控制叫做“预防性抽样

检验”。

3. 抽样验收的控制特性

抽样验收除了决定一批批的产品是否合格外,对改进产品质量也有帮助。通过分析抽样检验的结果,可能发现质量特别好或者特别坏的情况,及时调查研究出现这些情况的原因,有助于发现改进制造过程的办法。经常地分析抽样检验的资料,还可以发现质量变化的趋势,在出现质量下降的趋势时,采取措施消除产生这种趋势的根源。比如,在抽样验收过程中,发现产品外观不合格的情况比较多,检验员应及时将情况反映给生产厂或生产车间,以防这种缺陷进一步出现。

§ 1.4 逐批抽样检验和连续抽样检验

凡是将产品组成批后进行的抽样检验,叫做“逐批抽样检验”。产品的抽样验收多半采取这种检验办法。按照这种办法,从需要检验的一批产品中抽取一个样本,根据检验此样本所得到的结果来判断此批产品是否合格,决定接收还是拒收此批产品。

除逐批抽样检验外,还有一种抽样检验形式,叫做“连续抽样检验”。粗略地讲,连续抽样检验就是在生产线上的某一指定的检验点,不经过将产品组成批,而直接检验产品。按照选定的连续抽样检验方案,通过交替地使用抽样检验和逐个检验来保证一定的产品质量。一个完全自动化的生产线上,每道工序加工的产品,往往不允许划分成批以后,再进行下一道工序的加工。整个制造过程一个环节紧接另一个环节,此时,作为工序间的质量检验,也可以采用连续抽样检验。关于这种抽样检验方法的讨论放在本书的 § 2.6。

§ 1.5 制订抽检方案的一些准备工作

抽样检验方案(以下简称抽检方案或方案)是为了实行抽样检验而确定的一组规则。一个抽检方案须规定从需要检验的批中如何抽取样本,抽取多大的样本,以及为了决定接收还是拒收此批产品所需的判断规则。

在制订方案前,需要做好如下一些准备工作。

1. 决定什么是单位产品

对于一件件制造的产品而言,一般讲,一件产品就是一个单位产品。一批灯泡中的每个灯泡,一批螺钉中的每个螺钉都是一个单位产品。但是,有些产品的单位产品是不明确的。比如,棉布是连续生产的,不能自然地划分为单位产品,因此,单位产品的划分带有任意性。由于需要的不同,可以将每尺布作为单位产品,也可以将每米,甚至每匹布作为一个单位产品。

此外,并非所有一件件制造的产品都可作为一个单位产品。比如,检验鞋的质量时,常以一双而不是一只作为单位产品。

2. 明确什么是单位产品的缺陷

在决定什么是单位产品后,需要明确什么是单位产品的缺陷。必要时,应根据缺陷的轻重程度及其影响大小的不同,将缺陷划分为几个等级。

什么叫做“缺陷”呢?单位产品的性能或其他技术指标偏离技术标准的要求时,叫做有缺陷的。一般讲,可将缺陷分成三个等级:轻缺陷,重缺陷和危险缺陷。

轻缺陷是指产品性能或其他技术指标,虽然不符合技术

标准的要求,但是不影响产品效用的那种缺陷。

重缺陷是指使产品不能达到预期的效用,或者使产品的实用性下降,但是,不至引起不安全情况的那种缺陷。比如,电阻器的外观上的缺陷以及阻值偏离标准值,但不严重。这些缺陷通常都可认为是轻缺陷。但是,如果阻值超差过大,使用这样的电阻器将使设备的实用性下降,则认为是重缺陷。

危险缺陷不同于上述两种缺陷,使用或保存带有这种缺陷的产品,可能给使用者带来危险或者不安全的情况。比如,根据经验或者理论上的判断,认为有可能妨碍飞机、舰船和导弹等正常运行的缺陷都是危险缺陷。又如,防毒面具的外观不干净,是轻缺陷;但是,如果它的通话膜穿孔,将给使用者带来生命危险,所以这个缺陷是危险缺陷。

一个单位产品如果有缺陷,就叫做“不合格品”。如果它只有轻缺陷,叫做“轻不合格品”;如果它有重缺陷,但是没有危险缺陷,就叫做“重不合格品”;如果单位产品包含有危险缺陷,叫做“危险不合格品”。不包括上述任何一种缺陷的单位产品叫“合格品”。

许多工厂习惯于把它们所生产的产品只划分为废(次)品和合格品。对于那些具有普通用途,或者对产品性能及其他技术指标要求不高的产品来说,这样粗略地划分就可以了。然而,对于精密的产品或者对产品性能及其他技术指标要求较高的产品,这样划分就不够了。对于此类产品,往往根据单位产品缺陷的轻重及其影响的大小,把它们的缺陷划分得细一些。

关于单位产品的缺陷和各种不合格品的提法,是考虑到各行各业中提法的不同而采取的一个普遍的提法。具体使用本书所讨论的各种方法时,可以按照各行业的习惯,将这些名称换成惯用的名称。

3. 批的构成

前面已经提到，一个检验批就是需要检验的一组单位产品。通常把检验批简称为“批”。

批的形式有“稳定的”和“流动的”两种。所谓稳定批，是将整批产品贮放在一起，即批中所有单位产品是同时提交检验的。流动批则不然。流动批中的各单位产品是一个个从检验点通过，由检验员直接进行检验。

只要条件允许，最好采用稳定批的形式。稳定批也是经常采用的一种形式。它的优点在于容易进行抽样检验，当采用序贯抽样检验时尤其便利。采用稳定批的形式，有时需要较大的贮放处（特别是体积较大、检验批量也较大的产品），而流动批则不需要。这是流动批的一个优点。

由于上述原因，成品的检验常采用稳定批的形式。在工序检验中也可采用流动批的形式。

构成一个批的所有单位产品应当尽可能整齐。所谓整齐，就是说，一批产品中不同部分（如，不同的包装箱）的不合格品率只能有随机的波动，不能有较大的本质差别。因此，一个批应当由在基本相同的条件下，并且在大约相同的时期内所制造的同形式、同等级、同种类、同尺寸以及同成份的单位产品构成。也就是说，需考虑下列诸因素：不能混合来源不同或由不同批的原料所生产的单位产品；不能混合从不同生产线或用不同方法生产的单位产品；不同班次生产的单位产品不宜相混合；不同形状、不同式样、不同时期生产的单位产品也不宜相混。因为，混合不同质量的产品将难以分辨产品的质量，给使用方带来不便。

构成批的上述各条件，通常很少能够同时得到满足。要使它们都得到满足，往往需要把批划分的比较小。批中单位

产品少,就需要从批中抽取占较大比例数的单位产品进行检验,因此,使总的检验工作量大大增加。所以,除非产品质量时好时坏、波动较大时采用较小的批量以保证批的整齐外,当产品质量较稳定时,采用较大的检验批是适宜的,尽管这样做可能影响产品的整齐性。

如果产品质量不太稳定,而又需要构成较大的批时,最好把一个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产品单位进行检验。这样,可使所抽取的单位产品更具有代表性。

稳定批的置放方式应使检验员能够比较容易地抽到批中任何一个单位产品。当然,对于流动批不存在此种问题,因为各单位产品是从生产线上直接抽取的。

当采取流动批的形式时,为了不致将一批产品弄乱,可将流动批的第1个被检验的单位产品和最后一个被检验的单位产品加上标签,在完成检验后再将标签去掉。

4. 批量

需要检验的一批产品中所包含的单位产品的总数叫做“批量”。稳定批的批量是可以变化的。

一个工厂内部的产品(原材料、半成品和成品等)检验所采取的批量,应当因时、因地制宜地确定。体积小、质量稳定的产品,批量可取得大些。但是,也不要过大。批量过大,一方面不容易取得具有代表性的样本,另外,这样的批一旦被拒收,其影响较大。如果需要进行百分之百的挑检或返工时,将会给生产管理造成困难。

在本书所讨论的各部分中,除特别指出外,所说的批都是指稳定批。