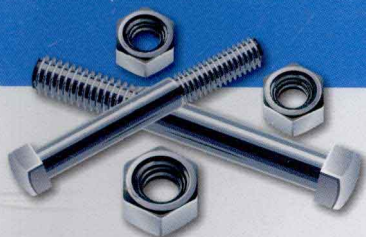


紧固件检验手册

JINGUJIAN JIANYAN SHOUC



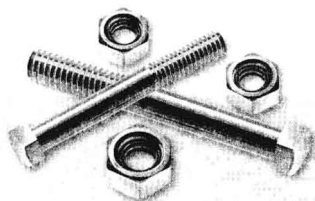
● 国家标准件产品质量监督检验中心 编著



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

紧固件检验手册

JINGUJIAN JIANYAN SHOUC



● 国家标准件产品质量监督检验中心 编著



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

紧固件检验手册/国家标准件产品质量监督检验中心编著. —北京: 中国计量出版社, 2010. 12
ISBN 978-7-5026-3393-6

I. ①紧… II. ①国… III. ①紧固件—检验—手册 IV. ①TH131-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 250179 号

内 容 提 要

本书介绍了紧固件产品的类型, 阐述了紧固件产品的抽样方法和抽样原则, 重点讲解了不同紧固件产品性能测试、金相组织检查、化学成分分析的相关标准和方法, 并对国际标准、国家标准、美国标准的相关方法进行了比较和解读, 更以实例的形式针对性地介绍了各检测结果的不确定度评估, 本书最后对相关实验室的管理活动进行了介绍。

本书可供机械行业从事理化检测、实验室管理、企业生产、品质控制、紧固件采购等相关管理和技术人员使用, 也可供大专院校理工科相关专业的师生参考。

中国计量出版社出版
北京和平里西街甲 2 号
邮政编码 100013
电话 (010) 64275360
<http://www.zgji.com.cn>
北京市迪鑫印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
版权所有 翻印必究

*

787 mm×1092 mm 16 开本 印张 19.5 字数 466 千字
2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷

*

印数 0 001—2 000 定价: 68.00 元

编审委员会

主 任 姜招喜

主 编 张青春

副主编 孙国峰 徐云峰 李 波 江纯伟 陈琦峰

编 委 (按姓氏笔画为序)

尹 强	王 蔚	王文亮	王 平
王董平	冯 梅	朱晓红	许国训
余兆新	吴彩芬	张 挺	张永新
陈正良	吴华丰	陈跃忠	沈晓坤
李 伟	李伟峰	陈伟峰	陆 勤
林仲岳	侯维明	徐晨辉	钱 波
谢灵扬	蒋佩华	樊玉龙	潘卫华

前 言

紧固件分为螺栓、螺柱、螺钉、螺母、自攻螺钉、木螺钉、垫圈、挡圈、销、铆钉、组合件和连接副、焊钉等 12 大类，广泛应用于机械设备、车辆船舶、飞机卫星、铁路桥梁、建筑结构、工具器械、仪器仪表等领域。紧固件产品的质量和可靠性对主机工作性能和结构安全性起着重要作用，因紧固件失效带来的麻烦时有发生，在许多情况下人们见怪不怪，甚至习以为常，然而，在一些重要场合或重要部位使用的紧固件却不可掉以轻心，特别是高强度紧固件，更是越来越引起重视。

影响紧固件产品质量的因素包括企业基础管理水平、人才技术能力、产品质量检验能力以及市场环境等因素。尤其在产品质量检验能力上，由于对标准理解不正确、操作方法不规范、仪器设备不符合要求、环境控制不得当等原因，造成获得的检测数据不准确、甚至完全错误，导致企业对批次产品的质量判定发生偏离，工艺调整方向错误，成品质量稳定性差，产品质量索赔、贸易纠纷不断。鉴于行业检测能力现状，国家标准件产品质量监督检验中心组织检验检测团队，在总结上千家紧固件企业检验检测问题的基础上，归纳总结现有企业生产和紧固件贸易中常用的方法标准和同行的检测资料，编制了《紧固件检验手册》，致力于提升紧固件企业基础管理水平，推进紧固件产业转型升级。

本书紧紧围绕紧固件质量检测主要知识点，加以提炼归纳，力求类别清晰，重点突出。全书以紧固件产品的试验方法为基础，深入浅出地讲解了紧固件产品抽查原理、几何尺寸检测、力学性能试验、化学成分分析、金相组织检查的方法和具体操作步骤，书中还阐述了测量不确定度的评估及实验室管理的知识，以供从事紧固件质量检验、生产制造、采购销售等相关管理和技术人员学习使用。

本书编写过程中得到了紧固件行业有关专家、企业的大力支持和热情指导，在此表示感谢。由于作者水平有限，可能会存在一些疏漏和错误之处，欢迎广大读者批评指正。

编者

2010 年 11 月

目 录

第一章 紧固件产品抽样原则	1
第一节 我国的紧固件验收检查	1
一、统计抽样检验	1
二、抽样方案的概率计算	2
三、抽样方案的 OC 特性曲线	4
四、统计抽样检验对产品批的要求	8
五、标准内容介绍(GB/T 90.1—2002)	9
第二节 其他国家紧固件验收方案简介	15
一、德国紧固件验收检查方案	15
二、英国紧固件验收检查方案	15
三、日本紧固件验收检查方案	15
四、美国紧固件验收检查方案	15
第二章 紧固件产品简析	18
第一节 前言	18
第二节 紧固件分类	18
第三节 紧固件的螺纹	21
一、螺纹的分类	21
二、米制普通螺纹	21
三、美制统一螺纹	22
第三章 紧固件尺寸与几何精度检测	24
第一节 螺栓、螺钉、螺柱和螺母螺纹检验	24
一、检验螺纹的几个主要项目	24
二、检验螺纹的工具	24
三、内外螺纹的检验方法	24
四、实验室常用检验螺纹方法	25
第二节 螺栓、螺钉、螺柱和螺母尺寸检验	27
一、螺栓、螺钉尺寸检验	27
二、螺母尺寸检验	29
三、螺杆、双头螺柱的尺寸检验	29
第三节 其他紧固件尺寸检验简述	29
第四节 螺栓、螺钉、螺柱和螺母几何精度的测量	30

一、螺栓、螺钉、螺柱和螺母几何精度的分类	30
二、螺栓、螺钉、螺柱和螺母几何精度检验工具	31
三、螺栓、螺钉、螺柱和螺母几何精度的测量方法	31
四、螺栓、螺钉、螺柱和螺母几何精度公差	33
第四章 紧固件表面缺陷检验	38
第一节 螺栓、螺钉和螺柱表面缺陷检验	38
一、螺栓、螺钉和螺柱表面缺陷	38
二、特殊要求螺栓、螺钉和螺柱表面缺陷	41
三、螺栓、螺钉和螺柱表面缺陷的允许极限	42
四、螺栓、螺钉和螺柱表面缺陷的检查与判定	44
第二节 螺母的表面缺陷检验	44
一、适用螺母范围	44
二、螺母表面缺陷的种类、形成原因及外观特征	44
三、螺母表面缺陷的允许极限	45
四、螺母表面缺陷的检查和判定	45
第五章 外螺纹紧固件产品机械性能检测	46
第一节 国家标准介绍	46
一、GB/T 228—2002 试验方法	46
二、GB/T 3098.1—2000 试验方法	51
三、GB/T 3098.6—2000 试验方法	62
四、GB/T 3098.13—1996 试验方法	64
五、GB/T 1231—2006 试验方法	66
六、GB/T 3632—2008 试验方法	68
第二节 国外标准介绍	71
一、ASTM A370—2008 试验方法	71
二、ASTM F606—2007 试验方法	74
三、ASTM F606M—2007 试验方法	82
四、SAE J429—1999 试验方法	89
第三节 本章小结	97
一、机加工试样拉力试验	97
二、实物的抗拉强度	99
三、不锈钢断后伸长量	99
四、保证载荷	99
五、楔负载试验	100
六、扭矩试验	101
第六章 内螺纹紧固件产品机械性能检测	102
第一节 国家标准及国际标准介绍	102
一、GB/T 3098.2—2000 紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹(ISO 898-2:1992)	102

二、GB/T 3098.4—2000 紧固件机械性能 螺母 细牙螺纹(ISO 898-6:1994)	110
三、GB/T 3098.9—2002 紧固件机械性能 有效力矩型钢六角锁紧螺母 (ISO 2320:1997)	114
四、GB/T 3098.10—1993 紧固件机械性能 有色金属制造的螺栓、螺钉、螺柱 和螺母(ISO 8839:1986)	123
五、GB/T 3098.12—1996 紧固件机械性能 螺母锥形保证载荷试验 (ISO 10485:1991)	123
六、GB/T 3098.14—2000 紧固件机械性能 螺母扩孔试验(ISO 10484:1997)	124
七、GB/T 3098.15—2000 紧固件机械性能 不锈钢螺母(ISO 3506—2:1997)	125
八、GB/T 3098.20—2004 紧固件机械性能 蝶形螺母 保证扭矩	126
九、GB/T 1231--2006 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术 条件	128
第二节 国外标准介绍	129
一、ASTM F606—2007 测定外螺纹、内螺纹紧固件、垫圈、直接拉力 指示器和铆钉的机械性能的测试方法	129
二、ASTM F606M—2007 测定外螺纹及内螺纹紧固件、垫圈及铆钉的机械 性能的试验方法(米制)	131
三、ASTM A370—2007 钢铁产品机械性能试验方法及定义	132
四、ASTM A962/962M—2007 在低温到蠕变温度范围任意温度使用的钢制 紧固件或紧固件材料或两者通用的要求	132
五、ASTM A194/194M—2008 在高压高温下使用的螺栓配用的碳钢和合金钢 螺母	134
六、ASTM A563—2007 碳素钢和合金钢螺母规范	137
七、ASTM A563M—2007 碳素钢和合金钢螺母规范	139
八、SAE J995—1999 钢制螺母机械性能要求	140
第七章 金相与表面检测	142
第一节 金相试样的制取和腐蚀	142
一、金相试样的取样部位选择	142
二、金相试样截取的方法	142
三、金相试样的镶样	143
四、金相试样的磨光	143
五、金相试样的抛光	144
六、金相显微组织的显示方法	146
七、浸蚀剂	148
第二节 金相组织基本知识	148
一、几种基本组织的概念及显微镜下的特征	148

二、典型组织的金相照片	149
第三节 钢中非金属夹杂物的评级及其相关标准介绍	153
一、总则	153
二、非金属夹杂物检测相关标准介绍	155
第四节 宏观检验	178
一、总则	178
二、宏观检验相关标准介绍	179
第五节 紧固件表面碳势评定试验	186
一、术语定义	186
二、测量方法	187
第六节 其他金相检测相关标准介绍	189
一、GB/T 224—2008 钢的脱碳层深度测定法	189
二、GB/T 13299—1991 钢的显微组织评定方法	193
三、JB/T 9211—1999 中碳钢与中碳合金结构钢马氏体等级	196
四、GB/T 6394—2002 金属平均晶粒度测定方法	199
第七节 表面检测技术	205
一、镀层厚度检测方法及相关标准介绍	205
二、镀层耐腐蚀性能检测方法及相关标准介绍	210
第八章 紧固件用材料及成分检测	213
第一节 钢材的定义及分类	213
第二节 紧固件常用碳素结构钢	213
第三节 金属化学分析简介	221
一、金属元素的基本测定方法简介	221
二、常用的化学成分分析方法的特点介绍	224
第四节 金属化学成分仪器分析	226
一、碳素钢和中低合金钢检验	226
二、不锈钢多元素含量的检验	228
第五节 金属元素化学分析	230
一、碳硫测定	230
二、硅元素的测定	232
三、磷元素的测定	234
四、锰元素的测定(一)	235
五、锰元素的测定(二)	236
六、铬元素的测定(一)	238
七、铬元素的测定(二)	241
八、钼元素的测定	242
九、镍元素的测定(一)	243
十、镍元素的测定(二)	245

第九章 测量不确定度的评估	247
第一节 测量不确定度的定义	247
第二节 测量不确定度的分类及常用公式	247
一、A类评定标准不确定度	247
二、B类评定标准不确定度	251
三、合成标准不确定度	253
四、扩展不确定度	254
五、相对标准不确定度	254
第三节 测量不确定度实例	255
一、螺杆圆形试样拉伸试验检测结果测量不确定度的评估	255
二、金属材料夏比缺口冲击试验测量结果的不确定度评估	263
三、测钢中碳的测量不确定度评估	267
第十章 实验室管理基础	269
第一节 能力验证的作用和目的	269
一、能力验证的作用	269
二、能力验证的目的	269
三、能力验证的类型	269
四、能力验证的实施	271
第二节 实验室认可基础	273
一、常用术语和定义	273
二、法定计量单位	284
三、法定计量单位的使用规则	289
参考文献	299

第一章 紧固件产品抽样原则

每个紧固件都应符合相应标准的全部规定，但在大量生产中并非都能如此。如果对产品进行全数检验，时间和费用成本较高，并且不适用破坏性检验项目。鉴于全数检验存在的缺点，抽样检验就成为一种非常有效的检验方式。

第一节 我国的紧固件验收检查

抽样检验是指按预先确定的抽样方案，从交验的一批紧固件产品(批量为 N)中，随机抽取规定数量的样品构成一个样本(有 n 个单位产品组成)，进行检验，从而对批产品质量作出推断的过程。其目的是用尽量少的样本量来尽可能准确地判定总体(批)的质量。由于采用随机检验，对检验批中实际存在的不合格紧固件数量，允许以不同程度的概率推导出有差异的结论。该概率取决于样本大小。那么，如何在实际工作中选择适宜的抽样方法，使合格的紧固件产品批有较高的接收概率，而不合格的紧固件产品批有较高的被拒收概率，还需要对统计抽样检验有一个相对全面的认识。

一、统计抽样检验

1. 术语和定义

(1)抽样检验：从批量为 N 的一批产品中随机抽取其中的一部分单位产品组成样本，然后对样本中的所有单位产品按产品质量特性逐个进行检验，根据样本的检验结果判断产品批合格与否的过程。

(2)检查批：从同一供方一次接收的相同标记、一定数量的紧固件。

(3)批量(N)：一批中包含的紧固件数量。

(4)样本：从一个检查批中随机抽取(即该批紧固件有均等的机会被抽到)一个或多个紧固件。

(5)样本大小(n)：样本中所包含的紧固件数量。

(6)特性：规定了极限范围的尺寸要素、机械性能或其他可标识的产品性能。例如：头部高度、杆部直径、抗拉强度或硬度。

(7)缺陷：特性偏离了特定的技术要求。

(8)不合格紧固件：有一个或多个缺陷的紧固件。

(9)合格判定数(A_c)：在任一给定的样本中，同一特性所允许的最大缺陷数，如超出，则拒收该批产品。

(10)抽样方案：根据方案抽取一个样本，以获得信息并确定一个批的可接收性。

(11)合格质量水平(AQL)：一个抽样方案中，同一高的接收概率相对应的质量水平。

(12)极限质量(LQ):一个抽样方案中,同一低的接收概率相对应的质量水平。

(13)生产者风险:实际质量水平达到规定的 AQL 值时,在一个抽样方案中一批产品仍被拒收的概率。

(14)接收概率(P):对一个已知质量的批,在给定的抽样方案中判定该批可接收的概率。

2. 统计抽样方案

抽样方案是由样本量和对样本的要求两部分组成。抽样方案有计数型和计量型两种类型。计数型抽样方案可记为: (n, c) , n 表示样本量, c 表示对样本的要求,即从一批产品中抽取 n 个样品, (n 当然不能大于批量), 逐个检验这 n 个产品, 若在其中发现有 d 个不合格品, 若 d 不大于 c , 判为总体可接收, 若 d 大于 c , 判为总体不可接收。计数型抽样方案又分为计件和计点两种情况。

抽样检验方案是根据对总体的质量要求, 用数理统计理论设计出来的。对总体的质量要求不同, 对样本的要求也就必然不同。例如要求总体不合格品率不超过万分之一, 所用的抽样方案与要求总体不合格品率不超过百分之一所用的抽样方案必然不同。所以说应先有对总体的质量要求, 才能有抽样方案; 如果没有对总体提出质量要求, 抽样方案也无从谈起。这里应特别指出, 总体不合格品率与样本不合格品率是两个不同的概念, 在数值上不能混为一谈。例如从批量为 10000 的一批产品中抽取两件样品, 样本不合格品率仅有三个值: 0, 50%, 100%。两件都合格样本不合格品率是零, 其中有一件不合格, 样本不合格品率为 50%, 两件都不合格样本不合格品率是 100%, 但总体不合格品率的真值可能不是上述三个值中的任何一个值, 综上所述, 样本不合格品率与总体不合格品率不一定相等。

二、抽样方案的概率计算

在规定废品率的产品批中抽样, 其样本中出现各个缺陷件数的次数多少应服从概率分布规律。下面介绍几种概率的计算方法。

1. 全概率计算(超几何分布)

产品批的不合格品率为 4%, 样本大小 $n=32$ 件, 批量 N 为 1000 件, 计算样本中出现不同缺陷数的概率。

对上述条件, 可记作 $N=1000$, $D=1000 \times 4\% = 40$, $n=32$, 计算 $d=1$ (样本中有 1 个缺陷件) 出现的概率。

其中: N ——产品批批量;

D ——整批产品中的缺陷件总数($D=N \cdot P$)。

从排列组合原理可知: 从母样的 40 件($1000 \times 4\%$)废品中抽到 1 件废品的组合有 C_{40}^1 种, 而从 960 件合格品中抽取 31 件合格样本的组合有 C_{960}^{31} 种, 而 1000 件产品抽取 32 件样本的组合有 C_{1000}^{32} 种, 故从 1000 件产品中抽取 32 件样本, 其中带有 1 件缺陷件的概率为:

$$P_{(d=1)} = \frac{C_{40}^1 C_{960}^{31}}{C_{1000}^{32}} \text{ 即 } P_{N, D, n, d} = \frac{C_D^d C_{N-D}^{n-d}}{C_N^n}$$

C_N^n 的组合数计算按下述公式:

$$C_N^n = \frac{N!}{(N-n)! n!}$$

2. 缺陷件数计算

计算 $N=1000$, $D=40$, $n=32$ 样本中出现 0 件、1 件、2 件、3 件、4 件、5 件缺陷件数的概率。

按公式展开：

$$P_{N, D, n, d} = \frac{D! (N-D)! n! (N-n)!}{N! d! (D-d)! (n-d)! (N-D-n+d)!}$$

以计算出的数据 P (见表 1-1) 为纵坐标, 缺陷数 d 为横坐标做图, 可以得到与试验数据相似的图形。数学上把这种分布称为超几何分布 (见图 1-1)。

表 1-1 缺陷数据统计表

缺陷数	$\log P$	P	200 次抽检出现的频次
$d=0$	-0.5765	0.2651	53
$d=1$	-0.4373	0.3656	73
$d=2$	-0.6244	0.2375	48
$d=3$	-1.0136	0.0969	19
$d=4$	-1.5544	0.02790	6
$d=5$	-2.2198	0.0060	1

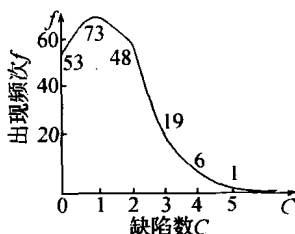


图 1-1 统计概率曲线

从上述例子可以看到有以下几点规律：

(1) 虽然每次抽样时, 32 件样本中的缺陷数不能确定, 但经过多次抽检后, 可以看到样本中有 1 个缺陷件出现的概率最大 ($f=73$ 次)。当缺陷数 d 小于 1 或大于 2 时, 在 200 次抽检中出现的频次都降低。在 200 次抽检中出现 $d \geq 5$ 的情况可能性极小, 视为小概率事件。

(2) 用样品的废品率不能全面反应整批产品废品率的高低, 因为每次抽样时样本中的缺陷件数是变化的, 不可能每次抽样时抽到的缺陷件数相同。在上述计算中, 如果某一次 32 件样本中抽到 2 个缺陷件, 就说产品批的废品率达到了 6.25%, 肯定是错误的, 因为我们事先已知整批产品的废品率仅为 4%。

(3) 过程平均不合格率

将上述计算结果中每次出现的缺陷件进行平均, 即：

$$\bar{p} = \frac{0 \times 53 + 1 \times 73 + 2 \times 48 + 3 \times 19 + 4 \times 6 + 5 \times 1}{200 \times 32} \times 100\% = 3.985\%$$

经过多次抽检, 每次抽检样本查出的缺陷件的平均值趋近于整批产品的废品率。

我们把 $\bar{p}$ 称为过程平均不合格率，它与产品批的废品率非常接近。也就是多次抽样检验后，样本的平均废品率与批废品率一致。

(4) 百分比抽样检验不合理。通过上述试验还可以看出，如果要求产品合格品的废品率不大于 4%，并且每次都采用一次抽样方法，那么用样本的废品率来衡量整批产品是否合格，显然是不合适的。上述示例中产品批的废品率已经知道是 4%，故在试验时每一次抽样都应该是合格的。但由于随机抽样的概率问题，有时会在样本中出现废品数超过 1 件的情况，说明采用百分比抽样检验是不行的。上述试验中 32 件样本中废品率不超过 4% 的有二种情况，即 32 件样本中的缺陷数是 0 件、1 件。这二种情况在 200 次试验中出现了 126 次，用百分比抽样有 63 次判产品为合格，也就是接收概率 $P=0.63$ ；还有 37 次因样本中的废品率超过规定的废品率而被当作不合格品拒收（样本中的缺陷数 ≥ 2 时），显然这种称为百分比抽样的抽样方案也是很科学的。它把 37% 的合格品批错判为不合格批而拒收了。

(5) 统计抽样检验存在风险，这是因为抽样检验是根据一定的抽样方案从交验批中抽取一部分作为样本进行检验，并依据所确定的接收准则来推断该批产品是否可以接收，所以，由于样本仅仅是交验批中的一部分，有可能做出错误的判断，即将本来质量合格的批次，判为不接收，出现生产方风险，或将本来质量不合格的批次，判为接收，出现使用方风险。在抽样检验中这两种风险是无法避免的，即生产方和使用方都要承担一定的风险。因此选用抽样检验方案，不仅要考虑到所能承受的抽检费用的大小，还应考虑到尽可能减小两类风险，使生产方提供的质量合格的批次尽可能以高概率被接收，而质量不合格的批次尽可能以高概率被拒收。

3. 抽样概率的近似计算——二项分布

当批量 N 与抽样数的比例较大时（如 $N \geq 20n$ ），批量 N 对抽样的概率影响不大，这时可用二项分布来近似计算抽样概率。

$$P = C_n^d p^d (1-p)^{n-d}$$

由于式中 $(1-p)^{n-d}$ 为一个二项式的展开式，故命名为二项分布。其中 p 为产品废品率， d 为样本中的缺陷数。

现在用二项分布来计算抽样概率。仍以上面的示例来计算， $n=32$ 、 $p=0.04$ ，求样本中 $d=1$ 出现的概率：

$$\begin{aligned} P_{d=1} &= C_{32}^1 \times 0.04^1 \times (1-0.04)^{32-1} \\ &= 0.3611 \end{aligned}$$

三、抽样方案的 OC 特性曲线

示例：已知一批产品的废品率为 4%，抽样方案为 $n=32$ 、 $A_c=1$ ，求该抽样方案的特性曲线。 $n=32$ 、 $A_c=1$ 的方案，只有样品中不合格件数 ≤ 1 件时，能判定为合格（ $C=0, 1$ ）。

我们借助二项分布的概率表查得：

$P=4\%$ 的产品批抽 32 件样本时，32 件样本中废品为 0 件的概率为 0.2708；废品为 1 件的概率为 0.3611。32 件样本出现 0 件和 1 件废品的总概率，也就是接收概率：

$$P_{a=1} = 0.2708 + 0.3611 = 0.6319$$

如果产品批的废品率不是 4%，而是高于 4% 或低于 4% 时，仍采用 $n=32$ 、 $A_c=1$ 的抽样

方案进行抽样,那么,不同废品率的产品批接收概率就会变化。随着废品率的增大,接收概率就会下降;随着废品率的降低,接收概率就会上升如表 1-2 所示。

表 1-2 废品率与接受概率的关系

产品批的废品率 $p \times 100\%$ (AQL)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0
接收概率	0.9593	0.8660	0.7507	0.6319	0.5200	0.1564	0.0366	0.0071

如用产品的废品率作横坐标,以抽样方案的接收概率作纵坐标,标出以上示例的数据,将各点连成线,这条曲线就成为抽样方案($n=32$ 、 $A_c=1$)的特性曲线,又称 OC 曲线,如图 1-2 所示。

1. 有一个抽样方案,就有一条特性曲线

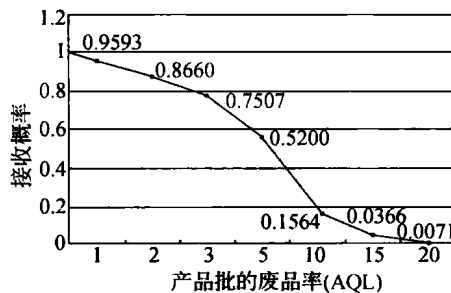


图 1-2 OC 特性曲线

如上所述,在抽样方案确定后(n 、 A_c),分别计算出在验收不同废品率产品时的接收概率(当 $p=1, 2, 3, 4 \dots$ 时),就可以做出一条抽样方案的特性曲线。因此,不同抽样方案的抽样特性曲线是不同的,而抽样数或判定数不同,特性曲线也不同。不同的抽样方案在抽检时会产生不同的结果。若对同一批产品采用一个抽样方案不能通过验收,而采用另一个方案就可能通过。这就反映了不同的抽样方案存在宽严的问题,或可视为抽样方案“把关”能力强弱的问题。

2. 合格质量水平(AQL)

一个抽样方案中,同一个较高的接收概率相对应的质量水平称为合格质量水平,用 AQL 表示。GB/T 90.1 规定,这一高的接收概率应 ≥ 0.95 。在图 1-2 的 OC 曲线上,相当于废品率为 1% 的质量水平。

应当注意:合格质量水平 AQL 是用废品率表示的,即 $AQL=1$ 时,产品批的废品率 $p=1\%$,而不用产品的合格率表示(合格率为 99%)。

由图 1-2 可见,抽样方案中,产品的质量在 AQL 点上时($P_a=1\%$),验收方案($n=32$ 、 $A_c=1$)的接收概率 $P_{a=1}=0.9593$ 。也就是说 $n=32$ 、 $A_c=1$ 的抽样方案对该批产品验收时,检查 100 次可以通过 95 次以上,即有较高的接受概率,在概率上称为显著性事件。图 1-2 中,在 OC 曲线上方有一线段标注为 α ,这一部分表示“该抽样方案将这些批产品拒收的概率”(用 α 表示),称为抽样方案的第一种误判概率。因为是将合格的产品错判为不合格的风险,故也称作生产者风险。 $\alpha=1-P_{P=0.01}=0.0407$,表示验收 100 次发生这种事件的可能性为 4 次。在概率中一般将 5% 以下的概率称为小概率事件,表示不大可能发生。因此可以说用这样的

抽样方案对处于合格质量水平的产品批进行验收检查时,几乎是检验一批,通过一批,发生错判或拒收的情况极少。

当然在实际生产过程中,不可能将产品质量都控制在 AQL 的水平上,每一批产品的废品率都没有任何差异。对实际生产或交付的产品批,质量都会在一定范围内波动。只要是在 AQL 附近波动,例如产品批的废品率达到了 1.5% 附近,这个抽样方案仍有较高的接收概率。图 1-2 的抽样方案中,当产品批的废品率达到 2.0% 时, $P_{p=0.02}=0.87$, 即检查 100 次能通过 87 次,仍有较高的接收概率。所以在实际中,产品的质量水平不可能就是标准中要求的只是一个点(如 $AQL=1.0\%$),也不可能准确地认定送检批的废品率并不能完全代表母体中的废品率,只能说是质量靠近或偏离 AQL 规定的质量水平。

以上提到对统计的抽样检验,为使合格的产品批在检验时都能通过,规定了一个合格判定数 A_c ,这样,合格的产品接受概率是高了,但会不会将不合格产品误判为合格产品而接收了呢? 上述示例已经说明:少许偏离 AQL 仍会有较高的接收概率。

3. 极限质量(LQ)

GB/T 90.1 中指出,极限质量是抽样方案中,同一个低的接收概率相对应的质量水平,记作 LQ。

在图 1-2 的 OC 曲线中可以看到,当检查批的质量下降时(废品率提高),相对应的接收概率也降低,当检查批的废品率超过 10% 时,抽样方案的接收概率降到 0.1。即对该质量状况的产品进行检查,10 批产品只能通过 1 批。这种把不合格批误判成合格批的概率,称为第二误判概率。由于是将不合格产品误判成合格产品会对用户造成危害,因此将这一误判又称作用户风险,记作 p_β 。

第二误判概率是用接收概率等于 0.1 的质量水平表示的,它不是一个概率数字,而是用对应这一接收概率时的废品率来表示的。在图 1-2 中, $p_\beta=11.5\%$, 或用 $LQ_{10}=11.5\%$ 表示。对该抽样方案来说,这种质量水平的检查批,检查 10 批,用户将拒收 9 批,只有 1 批误判为合格而被接收。

这一个抽样方案的数据对用户来说是非常重要的,可以用它来衡量用已定的抽样方案接收到的最差质量,这一数值可以给用户考虑是否选用这个抽样方案或选用其它较严格的抽样方案。

这应指出:对使用者来说,用户风险在理论上是存在的。但真正极限质量的产品在实际验收中交到使用者手中的微乎其微。生产厂生产 100 批,通过检验只能出厂 10 批,90 批产品拒收不能出厂;而出厂的 10 批产品中,9 批又被用户拒收,只接收 1 批。试想,哪一个工厂能在这样的状况下再继续生产? 通常,当连续两三批产品不合格,不能通过出厂验收时,就会提出警告,要求制造者采取措施。

极限质量可以衡量一个抽样方案的宽严程度。很显然,极限质量比较低的抽样方案应该是越严格的,即越精确。

4. 抽样方案特性曲线的变化因素

抽样检验方案由交验批的批量 N 、抽样样本量 n 和合格判定数 A_c 等三个参数构成,一般记为 $[N, n, A_c]$ 。

(1) 样本大小对抽样方案的影响

为了弄清样本大小对抽样方案的影响,应规定合格判定数不变,来看样本大小的变化对抽样特性曲线的影响。以图 1-3, ($n=30$ 、 $A_c=1$) 的抽样特性曲线为例。判定数 $A_c=1$ 不变,当样本大小 $n=30$ 变为 $n=10$ 、 $n=50$ 时,观察抽样特性曲线有何变化。

为了便于比较,将这 3 条特性曲线做于一张图中(见图 1-3)。

从图 1-4 可见,样本大小不一样时,各条特性曲线在 AQL 附近相差不大,这时的接收概率 P 分别是 0.9957、0.9831 和 0.96(样本数从小到大),而 p_β 有很大变化。随着样本数增大, p_β 从 $n=10$ 的 0.33 减小为 0.06 左右,发生了很大的变化。同时也比较出了抽样方案的宽与严的问题。对 $n=50$ 、 $A_c=1$ 的抽样方案,产品废品率为 0.06 时接收概率只有 1/10(极限质量),而抽样方案为 10/1 的极限质量达到了 0.33,即废品率为 33%时,10 批还通过 1 批。即当抽样检验方案中的 N , A_c 为确定值时, n 由小到大变化时,OC 曲线由右向左移动, A_c 由大变小对 OC 曲线的影响相似,即抽样方案随样本量 n 的增大,逐渐变严。要使抽样方案严格,就应选用样本数大的方案。但用样本数大的方案将增加检验工作量和检验成本。

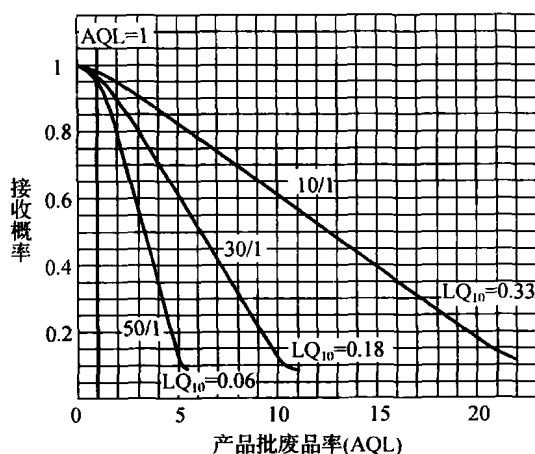


图 1-3 不同样本大小(判定数不变)时的抽样特性曲线

(2) 合格判定数改变对抽样特性曲线的影响

样本数不变,当 $n=30$,分别做出 $A_c=0$ 、1、2 时的 3 条 OC 曲线(见图 1-4)。

合格判定数为 0 的抽样方案($n=30$), $p_a=0.7397$, 对 $AQL=1$ 的产品,约检查 4 批有 1 批要被拒收。判定数为 1 时, $p_a=0.9639$, 判定数为 2 时, $p_a=0.9967$, 它们的 LQ_{10} 分别为 0.08、0.20 和 0.25。

在同样抽样数的情况下,抽样数固定,判定数越大的方案,曲线后半部分翘得越高,也就是抽样方案不严格(LQ_{10} 大),容易造成误判,把不合格品放过去。

从曲线中还可以看到,判定数为 0 的抽样方案的接收概率 P 达不到 0.95~0.98 的要求 ($P_{p=0.01}=0.7397$)。生产者风险 $\alpha=1-P_{p=0.01}=1-0.7397=0.2603$ 。不到 4 批就要拒收 1 批产品,这是生产者不能接受的。这也是判定数为零的抽样方案的最大弊病。因此,除了破坏性检查样本数较少时用判定数为零的方案以外,一般不推荐采用判定数为零的抽样方案(增大用户风险)。

当抽样检验方案中的 N , n 为确定值时, A_c 的变化对 OC 曲线的影响如图 1-4 所示。 A_c