电器试验技术与试验方法

陆俭国　李志刚　主编

机械工业出版社

(京)新登字 054 号

内 容 简 介

电器试验是鉴定电器产品质量的一个重要环节，为了保证和提高电器产品的质量，必须认真进行电器产品的试验工作。为了提高试验人员的技术水平，应该研究各种电器的试验技术与试验方法，因此，本书的编写具有十分重要的意义。本书在阐述电器试验基本原理的基础上，讨论了电器的试验方法。

本书共分十七章，阐述了主要低压电器与机床电器的试验内容及方法。为使本书内容更为丰富，本书还编入了“量度继电器型式试验”、“电器抽样检查的理论与方法”以及“电器试验中的测量技术”。最后，还阐述了继电器、接触器以及量度继电器可靠性试验的内容及方法。

本书可供从事低压电器、机床电器、量度继电器试验、设计、制造、检验及管理工作的工程技术人员使用，也可供上述产品的使用部门的工程技术人员参考。本书还可作为高等院校电器专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电器试验技术与试验方法/陆俭国，李志刚主编.
北京：机械工业出版社，1995.10
ISBN 7-111-04735-4
Ⅰ.电… Ⅱ.①陆…②李… Ⅲ.①电器-试验-技术
②电器-试验-方法 Ⅳ.TM506
中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 04653 号
出版人：马九荣(北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)
责任编辑：杨映秋 版式设计：徐珏蓉 封面设计：李 伟
北京通县长凌营印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
1995 年 10 月第 1 版·1995 年 10 月第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16·13.375 印张·332 千字
0001－3000 册
定价：18.00 元

前　言

为了加速低压电器和机床电器工业的发展，进一步提高产品质量，必须进行低压电器和机床电器的试验工作。为了提高试验人员的业务水平，为从事电器试验的技术人员提供学习与参考资料，河北工学院电器教研室与天津市电器研究所受华北、西北地区低压电器行业试验协作网的委托，于1976年编写了《低压电器试验》一书，该书的内容主要以国家标准GB998—67《低压电器基本试验方法》作为编写依据。由于该书既重视电器试验的基本概念，又结合上述国家标准与产品标准，在编写安排上还注重理论联系实际，深入浅出，便于自学，所以该书出版后受到了低压电器和机床电器行业从事试验的技术人员的普遍欢迎，还曾多次作为低压电器和机床电器试验学习班的教材，受到学员普遍好评。从1976年以来，低压电器产品和试验方面的标准不断进行修订与更新，例如GB998在1982年已进行了修订；1979年还制订了GB1497《低压电器基本标准》(该标准于1985年进行了修订)；1988年国际电工委员会发布了IEC947—1《低压开关设备与控制设备第一部分：总则》，之后又陆续出版了IEC947—2至IEC947—7等产品标准，我国也制定了等同这些IEC标准的国家标准，其中已被国家技术监督局批准发布的有GB14048.1《低压开关设备与控制设备总则》、GB14048.3《低压电器、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器》、GB14048.4《接触器和电动机起动器》、GB14048.5《控制电路电器和开关元件》等。因此，电器行业当前急需一本结合现行电器标准的试验方法方面的书籍。为此，在1976年编写的《低压电器试验》的基础上编写了本书，考虑到GB14048还未全部被批准发布，目前电器行业中仍以GB998—82、GB1497—85及有关产品标准作为试验依据，所以本书编写中主要参照GB998—82及GB1497—85。

本书共分十七章，阐述了主要低压电器和机床电器的试验内容及方法，为使本书内容更为丰富、覆盖面更宽，本书还编入了“量度继电器型式试验”、“电器试验中的测量技术”、电器试验的抽样理论与方法以及电器可靠性试验等内容。

本书由河北工学院陆俭国教授、李志刚副教授、张乃宽副教授、唐义良讲师；机械部机床电器上海测试中心站戎兴华站长、张萼棣副站长、陈晓青工程师；机械部机床电器产品质量监督检测苏州分中心胡德霖主任；天津市电器研究所总工程师王存龄高级工程师；保定继电器厂总工程师孙盛典高级工程师；耀华引进电器研究所何建国所长等同志编写。陆俭国教授、李志刚副教授任主编。机械工业部成都机床电器研究所总工程师许勋周高级工程师和机械工业部机械基础装备司董德起工程师任主审。两位主审对本书进行了深入细致的审阅，并提出了很多宝贵意见，编者在此表示最衷心的感谢。

本书可供从事低压电器、机床电器、量度继电器的试验、设计、制造、检验及管理工作的工程技术人员使用，也可供上述产品的使用部门的工程技术人员参考

由于编写时间短促，书中不当和错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

1995年1月

绪　论

随着我国国民经济的迅速发展，目前，电能已成为我国工农业和交通运输业的主要动力来源。在电能的生产、运输、分配、控制和应用的过程中，电器产品获得了广泛的应用。由于生产的电气化和自动化程度迅速提高，电器产品所起的作用也越来越重要，若电器产品发生故障，往往要造成重大事故，给国家和人民带来极大的损失，因此，保证电器产品的运行可靠、性能良好具有十分重要的意义。

试验是鉴定电器产品质量的一个重要环节。试验的目的就是验证产品性能是否符合标准和技术条件的规定；检查产品在制造上是否存在影响运行的各种缺陷；另外，通过对试验结果的分析，可以找出改进设计、提高工艺性的途径。所以产品的试验不是一种消极的措施，而是设计、生产出好产品的积极手段。我们每个参加试验的工作人员，一定要认真进行产品试验，为提高电器产品的质量而努力。

低压电器产品的检查和试验主要分为型式试验、定期试验和出厂试验，其中出厂试验又分为常规试验和出厂抽样试验。

型式试验的目的是用以验证给定型式的电器的设计和性能是否符合基本标准以及有关产品标准的要求。

型式试验是新产品研制单位或新产品的试制和投产单位必须进行的试验。除非产品标准或技术文件另有规定，通常型式试验只需进行一次。另外，当产品设计上的更改或制造工艺、使用的原材料及零部件结构的更改可能影响其工作性能时，则需要重新进行有关项目的型式试验。

型式试验的项目有

①绝缘件的着火危险试验

②绝缘材料的相比漏电起痕指数(CTI)的测定试验

③接线端子的机械性能试验

④外壳防护等级的验证试验

⑤动作范围的验证试验

⑥温升试验和(或)功率损耗试验

⑦绝缘介电性能试验

⑧额定接通和分断能力试验

⑨过载电流试验

⑩操作性能试验

⑪机械寿命试验

⑫电寿命试验

⑬短路接通和分断能力试验

⑭额定短时耐受电流试验

⑮额定限制短路电流试验

⑯额定熔断短路电流试验

⑰和短路保护电器(SCPD)的配合协调试验

⑱抗电磁干扰试验

⑲湿热试验

⑳低温和(或)高温试验

㉑其他(运输、储存等)试验。

上面列举的型式试验的各单项试验项目并非是详尽无遗的,而且也不是所有项目都必须进行的。具体的电器产品究竟应进行哪些项目的型式试验,型式试验究竟是采取单项并列进行试验还是采取分组顺序试验以及单项试验(或每组顺序试验)的试品数量应在有关的产品标准中规定清楚。

在型式试验中,涉及安全等重大性能指标的试验项目是不允许不合格的,如有不合格,必须找出原因,改进产品并经试验合格方为有效。

在型式试验中,不构成威胁安全或严重降低性能指标的缺陷,只要制造厂能够提供充分证据说明该缺陷并不是设计上的固有缺陷,而是由于个别试品的缺陷所致,则允许复试,复试合格仍认为型式试验合格。

哪些型式试验项目不允许复试,哪些型式试验项目允许复试,复试试品数量及合格准则等应在产品标准中规定清楚。

当产品型式试验合格后,并进入稳定生产阶段,为检查产品的质量应定期进行抽查试验,简称定期试验。定期试验是指稳定投产的产品每隔一定年限(1～5年)应进行的试验,定期试验的试验项目(或试验顺序)可以从型式试验项目(或顺序)中选择,合理地精简试验项目和简化试验方法是允许的,但定期试验的项目、试验顺序、试验方法及试品规格(可以只做有代表性规格的试品)应在有关产品标准中规定清楚。

通常对于生产批量大、试验周期短、耗资少的产品及其试验项目来说,每隔1～3年试验一次;对于生产批量小、试验周期长、耗资大的产品及其试验项目来说,每隔4～5年试验一次,具体的年限应在产品标准中规定清楚。定期试验采用抽样检查,其抽样试验方案应在产品标准中规定,GB1497—85中建议首先在额定电流为40A及以下的大批量生产的接触器、继电器等小型电器的寿命试验中推行"双三制"抽样试验方案。

常规试验是出厂试验中的一种,常规试验项目是指产品出厂前制造厂必须在逐台产品上进行的试验项目和检查项目,其目的是检验材料、装配上的缺陷。

常规试验可以在与型式试验相同的条件下或经过验证认为是等效的条件下进行。换言之,常规试验可以采用等效试验或快速试验方法进行,常规试验的项目(或顺序)应在产品标准或技术文件中规定清楚。

除非产品标准另有规定,通常对于开关电器来说,常规试验的项目有

①操作(动作)试验

②过电流脱扣器或继电器整定值校正试验(如果适用的话)

③施压时间为1s的工频耐压试验。

对于常规试验项目,必须在每台产品上逐一进行,常规试验不合格的产品必须逐台退修,直到完全合格为止,若无法修复,应予报废。

出厂抽样试验是指产品正式出厂前,制造厂所必需进行的抽样检查和抽样试验,具体产品

的出厂抽样试验的项目及抽样方案，应在产品标准或技术文件中规定清楚。

由上可见，低压电器和机床电器定期试验和出厂抽样试验中均采用抽样检查，所以本书第一章首先阐述了电器抽样检查的理论与方法，第二章至第十二章阐述了电器的主要试验内客与方法，第十三章介绍了量度继电器型式试验的内容，第十四至第十六章阐述了继电器、接触器及量度继电器可靠性试验的内容与方法，第十七章阐述了电器试验中的测量技术。

目　录

第一章　电器抽样检查的理论与方法

所谓检查是指用某种方法对产品(或零件)进行测量,并将其结果同判定标准相比较,然后判定产品(或零件)是合格还是不合格。为了保证产品(或零件)的质量,最理想的方法是对产品(或零件)的各项指标逐个进行检查(有时也称为全数检查),对于某些关键零件(如电器的触头弹簧),逐个检查是必要的,在具有自动检验装置的情况下,零件的逐个检查也是可行的。但对于电器产品中的大多数零件来说,如果都进行逐个检查,则工作量太大,会影响生产效率,同时也是不必要的。此外,对电器产品来说,某些检查项目(如产品的寿命试验、通断能力试验等)是具有破坏性的,也不可能进行逐个检查,因此,对于大多数零件以及当检查具有破坏性(如电器产品的定期试验)时,常采用抽样检查的方法。所谓抽样检查是指从一批产品中抽取少量产品(称为样品)进行测试,并将其测试结果同判定标准相比较,以判定该批产品合格或不合格的检查方法。由于抽样检查的样品仅是整批产品中很少的一部分,因而它只能在一定程度上反映整批产品的质量。经抽样检查被判定为合格的一批产品中,难免会有一些不合格品(或称为次品),而被判定为不合格的一批产品中也难免会有一些合格品。同时,抽样检查还可能犯下列两类错误(这是不可避免的),即把质量较好的一批产品误判为不合格(除非该批产品的不合格品率为零);或把质量较差的一批产品误判为合格(除非该批产品的合格品率为零)。尽管抽样检查有上述这些缺点,但由于它既能在一定程度上反映整批产品的质量,又能减少检查工作量,因而抽样检查是检验产品质量的一种经济而又行之有效的方法。

应该指出,抽样检查的前提必须是产品的生产过程中质量是稳定的。只有这样,从整批产品中抽取一定数量的样品,才具有代表性,才能在一定程度上反映整批产品的质量。一般来说,样品数较多时,较能真实地反映整批产品的质量,但检验费用和检查工作量大些;而样品数较少时,虽能减少检验费用及检查工作量,但反映整批产品质量的真实性要差些。

在未把数理统计学用到抽样检查中时,也有采用所谓百分比抽样的方法,即在一批产品中按一定百分比抽取样品,如果所抽样品经检查均为合格品,则这批产品被判为合格,否则就判为不合格。这种抽样方法表面上看,好像很合理,实际则不然。以总数分别为 10000 个及 1000 个中抽取 1%的样品为例,如果这两批产品的实际不合格品率均为 5%,则总数为 10000 个的这批产品被判为合格的概率较小(根据后面将要介绍的接收概率计算方法,可算出此概率等于 0.6%),而总数为 1000 个的这批产品被判为合格的概率较高(可算得此概率等于 60%)。由此可见,质量相同的两批产品,当总数不同时,用百分比抽样的方法,产品被判为合格的概率相差很远。因此,百分比抽样的方法是很不合理的。从 20 世纪 40 年代起,统计学工作者开始把数理统计应用到抽样检查中,形成了一套抽样检查的基本理论,并制定了各种类型的抽样方案。为便于使用,还制定了各种抽样表,供使用者查用。

下面分别介绍抽样检查的基本原理,抽样检查方案的分类、常用的几种抽样检查方案,并对我国电器定期试验的抽样检查方案进行分析讨论,还介绍了我国国家标准 GB2828 及 GB2829 的使用方法、特点及其在电器试验中的应用。

第一节 抽样检查的基本原理

一、 超几何分布

下面讨论在总数为 N、不合格品率为 p 的一批产品中，随机地抽取 n 个样品，其中包含有 r 个不合格品的概率。

显然，该批产品中不合格品数等于 Np，而合格品数等于 $N-Np$。由 Np 个不合格品中抽出 r 个不合格品的所有组合数等于 C_{Np}^{r}，由 $N-Np$ 个合格品中抽出 $n-r$ 个合格品的所有可能组合数等于 C_{N-Np}^{n-r}，所以所抽的 n 个样品中包含 r 个不合格品，$n-r$ 个合格品的所有可能组合数等于 C_{Np}^{r} 与 C_{N-Np}^{n-r}的乘积。由于是随机地抽取样品，所以上述各种可能的组合情况发生的机会是相同的。因此，在不合格品率为 p，总数为 N 的一批产品中随机地抽取 n 个样品，其中包含 r 个不合格品的概率 P_H 为

$$P_H=\frac{C_{Np}^{r}C_{N-Np}^{n-r}}{C_N^n} \tag{1-1}$$

式中 C_N^n ——从 N 个产品中抽取 n 个样品的所有可能组合数。

在数理统计学中，上式是超几何分布的表示式。

例 1-1 设一批产品的总数 $N=100$ 个，不合格品率 $p=10\%$，问从该批产品中抽取 5 个样品时，其中包含 2 个不合格品的概率是多少？

解：在本例题中，$N=100, p=10\%, n=5, r=2$

所以

$$C_{Np}^{r}=C_{10}^{2}=\frac{10!}{2!\ (10-2)!}=45$$

$$C_{N-Np}^{n-r}=C_{90}^{3}=\frac{90!}{3!\ (90-3)!}=117480$$

$$C_N^n=C_{100}^{5}=\frac{100!}{5!\ (100-5)!}=75288000$$

按式(1-1)可得所求概率为

$$P_H=\frac{45\times117480}{75288000}=0.0702=7.02\%$$

由上例可见，当产品总数 N 较大时，用式(1-1)来计算所求概率是相当麻烦的。因此，式(1-1)一般仅用于 N 较小的情况，而当 N 较大时，常用二项概率公式或泊松概率公式来近似计算。

二、 二项概率及泊松概率

下面研究总数为 N、不合格品率为 p 的一批产品中随机地抽取三个样品均为不合格品的概率。显然，抽得第一个样品正好为不合格品的概率就等于该批产品的不合格率 p，当所抽的第一个样品（假设是不合格品）不放回该批产品中去时，严格地说，该批产品的不合格品率已不再是 p（应略低于 p），因而任抽第二个样品正好为不合格品的概率也不再是 p（也应略低于 p），但当 N 较大（一般当 $N>10n$）时，可以近似认为，任抽第二个样品正好为不合格品的概率亦为 p，任抽第三个样品正好为不合格品的概率也为 p。根据概率乘法定律，在不合格品率为 p，而总数 N 较大的一批产品中任抽三个样品均为不合格品的概率应等于 p^3。与此相似，在总数 N 较大、不合格率为 p 的一批产品中，任抽三个样品均为合格品的概率应等于 q^3（q 为合格

品率，$q=1-p$）。

下面再研究总数 N 较大、不合格品率为 p 的一批产品中，任抽三个样品为一个合格品、二个不合格品的概率。显然，任抽三个样品为一个合格品、两个不合格品这个总的事件由下列三个互斥事件组成：第一个事件为第一个抽到合格品，第二个及第三个均抽到不合格品；第二个事件为第一个抽到不合格品，第二个抽到合格品，第三个又抽到不合格品；第三个事件为第一个、第二个均抽到不合格品，而第三个抽到合格品。按照上面同样的理由，当总数 N 较大时，第一个事件发生的概率为 qpp，即 qp^2；第二个事件发生的概率为 pqp，也是 qp^2；第三个事件发生的概率为 ppq，也是 qp^2。根据概率的加法定律，在不合格品率为 p、总数 N 较大的一批产品中，任抽三个样品中包含一个合格品、二个不合格品这个总事件发生的概率应等于组成该总事件的上述三个互斥事件发生概率之和，即等于 $3pq^2$。与此相似，可推得在总数 N 较大、不合格品率为 p 的一批产品中任抽三个样品为两个合格品、一个不合格品的概率应等于 $3p^2q$。我们可以发现一个有趣的结果，即上述四种情况所发生的概率均可从式(1-2)所示二项式的展开式中找到。

$$(q+p)^3=q^3+3q^2p+3qp^2+p^3 \tag{1-2}$$

如果把上面分析的结果推广到任抽 n 个样品，则任抽 n 个样品中包含不同合格品数和不合格品数的各种情况所发生的概率，均可在式(1-3)所示的 $(q+p)^n$ 的展开式中找到。

$$(q+p)^n=q^n+C_n^1pq^{n-1}+\cdots+C_n^rp^rq^{n-r}+\cdots+C_n^{n-1}p^{n-1}q+p^n \tag{1-3}$$

显然，在不合格品率为 p、总数 N 较大（一般 $N>10n$）的一批产品中，任抽 n 个样品，其中 r 个为不合格品、$(n-r)$ 个为合格品的概率应为 $C_n^rp^rq^{n-r}$，我们把这个概率称为二项概率，并以符号 $P(r,n\mid p)$ 表示，即

$$P(r,n\mid p)=C_n^rp^rq^{n-r} \tag{1-4}$$

在例 1-1 中，$N=100$，$n=5$，它满足 $N>10n$ 这个条件，所以例 1-1 中所求概率可以近似用式(1-4)所示的二项概率来计算，其值为

$$P(2,5\mid 0.1)=C_5^2\times0.1^2\times0.9^3=0.0729=7.2\%$$

可以看出，用二项概率公式计算的结果与用式(1-1)计算的结果是很接近的，而式(1-4)显然要比式(1-1)简单得多，所以在 N 较大（一般当 $N>10n$）时常用式(1-4)所示的二项概率来计算例 1-1 中所求的这类概率。但是，当 N 很大时，用式(1-4)来计算仍不太方便，能否使计算更简便些呢？

可以证明，在 N 很大、$p\leqslant0.1$、$m=np<5$ 时，二项概率可近似用下式计算

$$P(r,n\mid p)=C_n^rp^rq^{n-r}\approx\frac{e^{-m}m^r}{r!} \tag{1-5}$$

式中 $e^{-m}m^r/r!$ 称为泊松概率，并用符号 $P(r,m)$ 表示，即

$$P(r,m)=\frac{e^{-m}m^r}{r!} \tag{1-6}$$

在例 1-1 中，$p=0.1$，$m=0.5$，满足 $p\leqslant0.1$ 及 $m<5$ 的条件，所以例 1-1 中所求的概率可用式(1-6)所示的泊松概率计算，其值为

$$P(2,0.5)=\frac{e^{-0.5}\times0.5^2}{2!}=0.0758=7.58\%$$

可以看出，用泊松概率公式计算所得结果与二项概率公式计算所得结果是相当接近的。

泊松概率已由统计工作者计算成表格（如表 1-1 所示），所以计算泊松概率时，实际上不需

按式(1-6)计算,只需根据 m 及 r 查表即可,这样就进一步简化了计算工作。例如,当 $m=1$、$r=3$ 时,可由表 1-1 查得相应的泊松概率值为 0.06131。

表 1-1 泊松概率数据表

r \ m	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
0	0.90484	0.81873	0.74082	0.67032	0.60653	0.54881	0.49659	0.44933	0.40657	0.36788	0.22313	0.13534	0.04979	0.01832	0.00674
1	0.09048	0.16375	0.22225	0.26813	0.30327	0.32929	0.34761	0.35946	0.36591	0.36788	0.33470	0.27067	0.14936	0.07326	0.03369
2	0.00452	0.01637	0.03334	0.05363	0.07582	0.09879	0.12166	0.14379	0.16466	0.18394	0.25012	0.27067	0.22404	0.14653	0.08422
3	0.0005	0.00109	0.00333	0.00715	0.01264	0.01976	0.02839	0.03834	0.04940	0.06131	0.12551	0.18045	0.22404	0.19537	0.14037
4		0.00005	0.00025	0.00072	0.00158	0.00296	0.00497	0.00767	0.01111	0.01533	0.04707	0.09022	0.16803	0.19537	0.11547
5				0.00006	0.00016	0.00036	0.00070	0.00123	0.00200	0.00307	0.01412	0.03609	0.10082	0.15629	0.17547
6					0.00001	0.00004	0.00008	0.00016	0.00030	0.00051	0.00353	0.01203	0.05041	0.10420	0.14622
7							0.00001	0.00002	0.00004	0.00007	0.00076	0.00344	0.02160	0.05954	0.10444
8										0.00001	0.00014	0.00086	0.00810	0.02977	0.06528
9											0.00002	0.00019	0.00270	0.01323	0.03627
10												0.00004	0.00081	0.00529	0.01813
11													0.00022	0.00192	0.00824
12													0.00006	0.00064	0.00343
13													0.00001	0.00020	0.00132
14														0.00006	0.00047

三、 抽样检查方案的接收概率

一批产品按某一抽样检查方案进行检查而被判为合格的概率,称为该抽样检查方案的接收概率。显然,接收概率与该批产品的不合格品率 p 有关,所以记作 $L(p)$。下面以最简单的一次计数抽样检查方案为例,说明其接收概率的计算方法。

所谓一次计数抽样检查方案是指在总数为 N 的一批产品中任抽 n 个样品,如果其中不合格品数 $r \leqslant A_c$(A_c 为允许不合格品数,或称为合格判定数),则认为这批产品合格;如果 $r > A_c$,则认为这批产品不合格。一次计数抽样检查方案可记作 (N, n, A_c),当 N 较大(一般当 $N>10n$)时,接收概率 $L(p)$ 基本上与 N 的大小无关,这时可记作 (n, A_c)。一次计数抽样检查方案可用框图表示(如图 1-1 所示)。

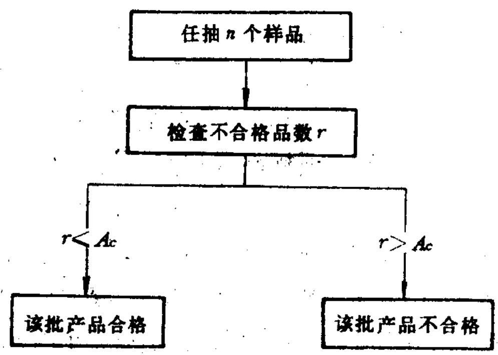

图 1-1 一次计数抽样检查方案框图

根据上述一次计数抽样检查方案的定义可以看出,它的接收概率 $L(p)$ 应等于任抽 n 个样品中不合格品数 r 分别为 $0,1,\cdots,A_c$ 时的概率之和。如果 $N>10n$,则可用二项概率公式来计算接收概率,即

$$L(p)=\sum_{r=0}^{A_c} P(r,n \mid p) \tag{1-7}$$

例 1-2 总数 $N=1000$ 的一批产品,采用 $n=6$、$A_c=1$ 的一次计数抽样检查方案,试求产品实际不合格品率 p 分别为 0.05,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5 时该抽样检查方案的接收概率。

解 由于满足 $N>10n$,所以可用式(1-7)计算该抽样方案的接收概率。

$p=0.05$ 时的接收概率为

$$L(0.05)=\sum_{r=0}^{1}P(r,6\,|0.05)=C_6^0\times0.05^0\times0.95^6+C_6^1\times0.05\times0.95^5=0.97$$

$p=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ 时的接收概率分别为

$$L(0.1)=\sum_{r=0}^{1}P(r,6\,|0.1)=C_6^0\times0.1^0\times0.9^6+C_6^1\times0.1\times0.9^5=0.888$$

$$L(0.2)=\sum_{r=0}^{1}P(r,6\,|0.2)=C_6^0\times0.2^0\times0.8^6+C_6^1\times0.2\times0.8^5=0.655$$

$$L(0.3)=\sum_{r=0}^{1}P(r,6\,|0.3)=C_6^0\times0.3^0\times0.7^6+C_6^1\times0.3\times0.7^5=0.422$$

$$L(0.4)=\sum_{r=0}^{1}P(r,6\,|0.4)=C_6^0\times0.4^0\times0.6^6+C_6^1\times0.4\times0.6^5=0.234$$

$$L(0.5)=\sum_{r=0}^{1}P(r,6\,|0.5)=C_6^0\times0.5^0\times0.5^6+C_6^1\times0.5\times0.5^5=0.102$$

四、 抽样检查方案的抽检特性曲线（OC 曲线）及参数 p_0、p_1、α、β

某一个抽样检查方案的接收概率 $L(p)$ 与产品不合格品率 p 之间的关系曲线，称为该抽样检查方案的抽检特性曲线(Operating Characteristic Curve)，一般简称 OC 曲线。例如，将例 1-2 中所求得的结果绘成 $L(p)$ 与 p 的关系曲线（如图 1-2 所示），即为该抽样检查方案的 OC 曲线。

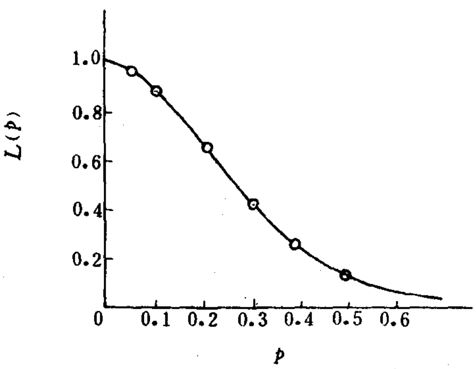

图 1-2　$n=6$、$A_c=1$ 的一次计数抽样方案的 OC 曲线

不同抽样检查方案的 OC 曲线也各不相同，图 1-3 所示为合格判定数 A_c 相同（均等于 2），而样品数 n 不同时，各个一次计数抽样检查方案的 OC 曲线。图 1-4 所示为样品数 n 相同（均等于 100），而合格判定数 A_c 不同（分别等于 0，2，4）时，各个一次计数抽样检查方案的 OC 曲线。

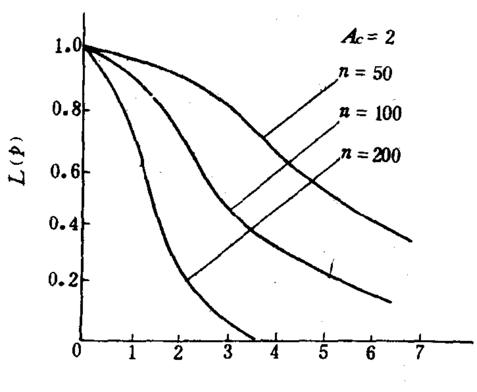

图 1-3　A_c 相同、n 不同时，各个一次抽样检查方案的 OC 曲线

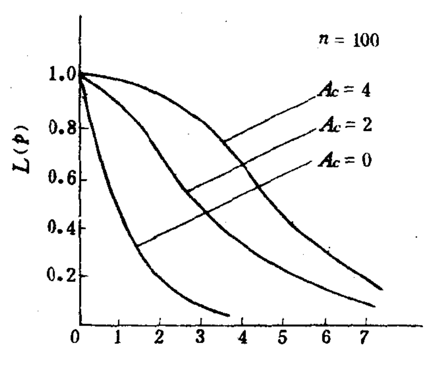

图 1-4　n 相同、A_c 不同时，各个一次抽样检查方案的 OC 曲线

理想的抽样检查方案应该是：先规定一个允许不合格品率 p_y，当产品实际不合格品率 $p\leqslant p_y$ 时，产品应被判为合格，即其接收概率 $L(p)$ 应等于 1；当产品实际不合格品率 $p>p_y$ 时，产

品应被判为不合格，即其接收概率 $L(p)$ 应等于零。所以理想抽样检查方案的 OC 曲线应为阶跃形，如图 1-5 所示。但是这种理想的抽样检查方案是不存在的，因为即使产品的实际不合格品率很低，但只要它不是很接近于零，产品的接收概率 $L(p)$ 总达不到 100%。例如，在 1000 个开关中，如果不合格品率 $p=1\%$，则这批开关中共有 10 个不合格品，应该说这批开关的质量是很好的，但如果采用 $n=10$、$A_c=2$ 的一次计数抽样检查方案，则完全有可能在所抽取的 10 个样品中包含 3 个或 3 个以上的不合格品，因而这批开关有可能被判为不合格，所以其接收概率 $L(p)$ 达不到 100%；反之，即使产品实际不合格品率很高，但只要不是很接近于 100%，产品仍然有被误判为合格的可能，即它的接收概率 $L(p)$ 不会等于零。例如，在 1000 个开关中，不合格品率 p 达 99%，即这批开关中只有 10 个是合格品，这批开关的质量当然是很糟的，但是也完全有可能在抽取的 10 个样品中包含 8 个或 8 个以上的合格品，因而这批产品也有可能被误判为合格，所以它的接收概率不等于零。因此，实际的 OC 曲线不可能是阶跃形的，典型的 OC 曲线如图 1-6 所示。

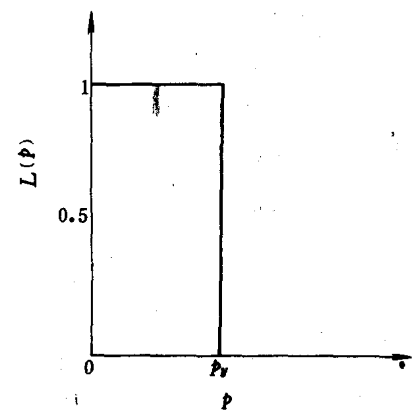

图 1-5 理想抽样检查方案的 OC 曲线

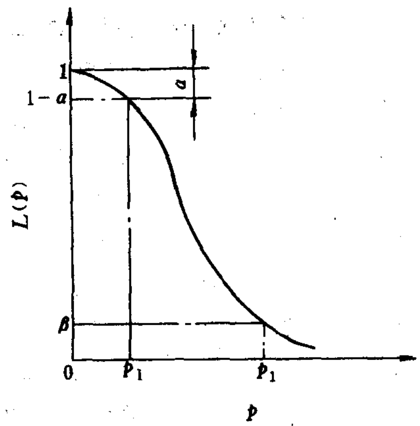

图 1-6 典型的 OC 曲线

由上可见，采用抽样检查的方法时，不合格品率低的“优质批”有被误判为不合格的可能，同样，不合格品率高的“劣质批”也有被误判为合格的可能。怎样来解决这个矛盾呢？通常是尽量减少上述这两种可能性。一般规定两个不合格品率（p_0 及 p_1），当产品实际不合格品率 $p\leqslant p_0$ 时，应认为该批产品是合格的，p_0 称为可接受的质量水平（Acceptable Quality Level），简写为 AQL，在有些资料中，例如在我国国家标准 GB2828《逐批检查计数抽样程序及抽样表》中将 p_0 称为合格质量水平，由图 1-6 可以看出，当 $p=p_0$ 时接收概率 $L(p_0)=1-\alpha$，拒收的概率为 α，本应被判为合格的这批产品被误判为不合格，这样的判断错误叫作犯第一类错误，这给生产者带来了损失，所以将 $p=p_0$ 时误判为不合格而拒收的概率 α 称为生产者风险率。p_1 称为批不合格品率容限（Lot Tolerance Percent Deffect），一般简写为 LTPD，在我国国家标准 GB2829《周期检查计数抽样程序及抽样表》中，将 p_1 称为不合格质量水平，由图 1-6 可以看出，当 $p=p_1$ 时，接收概率 $L(p_1)=\beta$，本应被判为不合格的这批产品被误判为合格，这样的判断错误叫作犯第二类错误，这给用户带来不利，所以将 $p=p_1$ 时误判为合格而接收的概率 β 称为使用者风险率。显然，α 及 β 应该尽量取得小些，一般取 $\alpha=0.05$，$\beta=0.1$，在使用要求高的地方，β 可取为 0.05 或更小些。

p_0 与 p_1 的数值应由制造厂家和用户协商确定，它要求综合考虑制造厂家的生产能力及制造成本，用户对产品的质量要求以及抽样检查所花的时间及费用等各方面的因素。一般先由

用户根据经济上、技术上的需要提出一个 p_0 值，制造厂家通过计算过程平均不合格品率来估计自己的生产能力，在此基础上双方协商确定 p_0 值。至于 p_1 的数值，一般由用户根据可允许的批最大不合格品率来确定。显然，所确定的 p_0 及 p_1 的数值应满足 $p_1>p_0$，实际上最好 $p_1\geqslant 3p_0$，因为当 p_1 与 p_0 接近相等时，所需的样品数 n 将非常大。

五、 根据参数 p_0、p_1、α、β 的数值来制订一次计数抽样检查方案

由图 1-6 可得出下列关系

$$\left.\begin{aligned}1-L(p_0)=\alpha\\ L(p_1)=\beta\end{aligned}\right\}\tag{1-8}$$

对于一次计数抽样检查方案，当产品总数 $N>10n$ 时，式(1-8)可写成

$$\left.\begin{aligned}1-\sum_{r=0}^{A_c}P(r,n\mid p_0)=\alpha\\ \sum_{r=0}^{A_c}P(r,n\mid p_1)=\beta\end{aligned}\right\}\tag{1-9}$$

由上可见，参数 p_0、p_1、α、β 与一次计数抽样检查方案是一一对应关系。如果已确定参数 p_0、p_1、α、β 的数值，则可由式(1-9)解出 n 和 A_c。但是式(1-9)是非线性联立方程组，所以一般采用试探法求解，即假设一组 n 及 A_c 值，将它们代入式(1-9)，看看是否满足，如果不满足式(1-9)，则应重新假设 n 及 A_c 值，一直到满足为止。实际上，统计工作者已经算出了一些一次抽样检查表，使用者可根据已确定的 p_0、p_1、α、β 值从这些表上直接查出相应的一次计数抽样检查方案的 n 及 A_c 值。表 1-3 及表 1-2 是最常用的一次抽样检查表，下面举例说明其用法。

例 1-3 如果已给定 $p_0=1\%$，$p_1=2\%$，$\alpha=0.05$，$\beta=0.1$，试确定相应的一次计数抽样检查方案的 n 及 A_c。

解 由表 1-3 查得 $p_0=0.901\%\sim1.12\%$ 这一行和 $p_1=1.81\%\sim2.24\%$ 这一列的相交处为符号“·”，所以应继续查表 1-2。根据给定的 p_0、p_1 值可得 $p_1/p_0=2$，所以从表 1-2 中 $p_1/p_0=2.2\sim2.0$ 这一行中查出 $A_c=15$，$n=5.02/p_0+10.65/p_1$，将给定的 p_0、p_1 值代入上式，可求得 $n=5.02/0.01+10.65/0.02=1034.5$，取 $n=1035$，所以所求的一次计数抽样检查方案为 $n=1035$，$A_c=15$。

表 1-2 计数型一次抽样检查辅助表

$\dfrac{p_1}{p_0}$	A_c	n
17 以上	0	$\dfrac{0.0256}{p_0}+\dfrac{1.15}{p_1}$
16～7.9	1	$\dfrac{0.178}{p_0}+\dfrac{1.94}{p_1}$
7.8～5.6	2	$\dfrac{0.409}{p_0}+\dfrac{2.66}{p_1}$
5.5～4.4	3	$\dfrac{0.683}{p_0}+\dfrac{3.34}{p_1}$
4.3～3.6	4	$\dfrac{0.985}{p_0}+\dfrac{4.00}{p_1}$
3.5～2.8	6	$\dfrac{1.64}{p_0}+\dfrac{5.27}{p_1}$
2.7～2.3	10	$\dfrac{3.08}{p_0}+\dfrac{7.70}{p_1}$
2.2—2.0	15	$\dfrac{5.02}{p_0}+\dfrac{10.65}{p_1}$
1.99～1.86	20	$\dfrac{7.04}{p_0}+\dfrac{13.50}{p_1}$

注：$\dfrac{p_1}{p_0}<1.86$ 时，算出的 n 值非常大，这是不希望的，故表中未列入。

表 1-3　计数型一次抽样检查表

($\alpha=0.05,\beta=0.1$)

p_1(%) ╲ p_0(%)	0.71~0.90	0.90~1.12	1.13~1.40	1.41~1.80	1.81~2.24	2.25~2.80	2.81~3.55	3.56~4.50	4.51~5.60	5.61~7.10	7.11~9.00	9.01~11.2	11.3~14.0	14.1~18.0	18.1~22.4	22.5~28.0	28.1~35.5	p_1(%) ╲ p_0(%)
0.090~0.112	•	400 1	300 1	300 1	250 1	60 0	60 0	50 0	50 0	40 0	30 0	30 0	25 0	20 0	15 0	15 0	10 0	0.090~0.112
0.113~0.140	•	500 2	300 1	250 1	250 1	200 1	50 0	50 0	40 0	40 0	30 0	25 0	25 0	20 0	15 0	15 0	10 0	0.113~0.140
0.141~0.180	•	500 2	400 2	250 1	200 1	200 1	150 1	40 0	40 0	30 0	30 0	25 0	20 0	20 0	15 0	15 0	10 0	0.141~0.180
0.181~0.224	•	•	400 2	300 2	200 1	150 1	150 1	120 1	30 0	30 0	25 0	25 0	20 0	15 0	15 0	15 0	10 0	0.181~0.224
0.225~0.280	•	•	500 3	300 2	150 2	150 1	120 1	120 1	100 0	25 0	25 0	20 0	20 0	15 0	15 0	15 0	10 0	0.225~0.280
0.281~0.355	•	•	•	400 3	200 3	200 2	120 1	100 1	100 1	80 1	20 0	20 0	15 0	15 0	15 0	10 0	10 0	0.281~0.355
0.356~0.450	•	•	•	500 4	250 2	200 2	150 2	100 1	80 1	80 1	60 1	15 0	15 0	15 0	15 0	10 0	7 0	0.356~0.450
0.451~0.560	•	•	•	•	300 3	250 3	150 2	120 2	80 1	60 1	60 1	50 1	15 0	15 0	10 0	10 0	7 0	0.451~0.560
0.561~0.710	•	•	•	•	400 4	300 4	200 3	120 2	100 2	60 1	50 1	50 1	10 0	10 0	10 0	7 0	7 0	0.561~0.710
0.711~0.900	•	•	•	•	500 6	400 6	250 4	150 3	100 2	80 2	50 1	40 1	40 1	40 1	7 0	7 0	5 0	0.711~0.900
0.901~1.12		•	•	•	•	•	300 6	200 4	120 3	80 2	60 2	40 1	40 1	40 1	15 1	7 0	5 0	0.901~1.12
1.13~1.40			•	•	•	•	500 10	250 6	150 4	100 3	60 2	50 2	30 1	25 1	25 1	20 1	5 0	1.13~1.40
1.41~1.80				•	•	•	•	400 10	200 6	120 4	80 3	50 2	40 2	25 1	20 1	15 1	15 1	1.41~1.80
1.81~2.24					•	•	•	•	300 10	150 6	100 4	60 3	40 2	30 2	20 1	15 1	15 1	1.81~2.24
2.25~2.80						•	•	•	•	250 10	120 6	70 4	50 3	30 2	25 2	15 1	10 1	2.25~2.80
2.81~3.55							•	•	•	•	200 10	100 6	60 4	40 3	25 2	20 2	10 1	2.81~3.55
3.56~4.50								•	•	•	•	150 10	80 6	50 4	30 3	20 2	15 2	3.56~4.50
4.51~5.60									•	•	•	•	120 10	60 4	40 4	25 3	15 2	4.51~5.60
5.61~7.10										•	•	•	•	100 10	50 6	30 4	20 3	5.61~7.10
7.11~9.00											•	•	•	•	70 10	40 6	25 4	7.11~9.00
9.01~11.2												•	•	•	•	60 10	30 6	9.01~11.2
p_0(%) ╲ p_1(%)	0.71~0.90	0.90~1.12	1.13~1.40	1.41~1.80	1.81~2.24	2.25~2.80	2.81~3.55	3.56~4.50	4.51~5.60	5.61~7.10	7.11~9.00	9.01~11.2	11.3~14.0	14.1~18.0	18.1~22.4	22.5~28.0	28.1~35.5	p_0(%) ╲ p_1(%)

注：1. 表中印有·的地方可查表 1-2。

2. 表中有数字的每小格中，左边的数字表示相应的一次抽样方案的 n 值，右边的数字表示 A_c 值。