



机床电器 检测手册

陆俭国 曾举璋 张乃宽 主编

机械工业出版社

机床电器检验测试手册

主 编 陆俭国 曾举璋 张乃宽

编写人 (按姓氏笔划为序)

丁柏云	王广智	王存龄	王 浩
付长青	刘仁禄	刘晓林	戎兴华
孙绍敏	张乃宽	吴中杰	陆俭国
陆 宾	张萼棣	陈锡威	张新生
陈巍玲	卓维中	姚 今	赵 捷
胡德霖	钱国新	徐锐冲	曾举璋
彭孟三	蒋保福		

机械工业出版社

本书共 18 章。第 1 章叙述了机床电器的基础知识与通用性试验；第 2 章叙述了机床电器的出厂检验；第 3 章至第 18 章详细叙述了接触器、断路器、熔断器、热过载继电器、起动器、控制继电器、时间继电器、计数器、可编程序控制器、敏感开关、按钮、手动开关、微动开关、行程开关、电磁离合器、电磁铁等十多类机床电器型式试验主要项目的试验依据、试验条件、试验线路、试验方法、试验步骤与试验结果的判定，还列出了一些试验项目的试验报告格式。书后附有机床电器和低压电器的生产厂家和科研单位简况。

本书内容结合 GB14048.1~GB14048.5 等电器最新标准，作者中绝大多数是从事电器试验工作的技术人员、试验站站长，本书是他们长期从事电器试验工作的经验总结。本书叙述的试验内容虽针对机床电器产品，但也适用于大部分低压电器产品；在试验类型方面，虽主要叙述型式试验，但也对出厂检验进行了详细介绍。

本书可供从事机床电器和低压电器试验的技术人员使用，也可供机床电器和低压电器生产厂从事产品出厂检验的工人使用，还可供电器设计、科研、使用部门的技术人员与大专院校有关专业的师生参考。

机床电器检验测试手册

陆俭国等 主编

*

责任编辑：李振标 版式设计：张世琴

封面设计：姚毅 责任校对：姚培新

责任印制：何全君

*

机械工业出版社出版（北京市百万庄大街 22 号）

邮政编码 100037

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

北京京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787mm×1092mm^{1/16}·印张 35.25·字数 915 千字

1999 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

0 001—3 000 册 定价：56.00 元

*

ISBN 7-111-01771-4/TM·778

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

前 言

试验是保证产品质量与改进产品设计的重要手段之一。目前,虽已出版了一些电器试验方面的书籍,但还未见到有简明实用的电器试验手册出版。随着国民经济的不断增长和科学技术的迅速发展,光电开关、智能化电器等新产品不断涌现;同时为了与国际标准接轨,我国近几年发布了不少新的国家标准,所以电器试验标准在不断更新,电器试验项目也有所增加。因此,编写一本贯彻执行电器最新标准、简明实用的电器试验手册是一项十分必要而有意义的工作。为此,我们组织了机床电器行业主要试验站、一部分低压电器行业试验站和有关部门的专家编写了这部《机床电器检验测试手册》。

为使本手册具有先进性、系统性和实用性,在编写过程中力求突出下列特点:

1. 内容全面而系统 既介绍电器试验的基础知识,又详细介绍机床电器产品型式试验主要项目的试验方法,并列出了一些项目的试验报告格式。

2. 内容先进 不仅结合 GB14048.1~GB14048.5 等电器最新标准来编写,而且力求结合电器最新产品并介绍先进的试验设备和仪器。

3. 简明实用 力求用图表等方式简明扼要地叙述各试验项目的试验依据、试验条件、试验线路、试验方法、试验步骤与试验结果的判定。

4. 适用面广 试验内容既结合接触器、断路器、热过载继电器、起动器、控制继电器、时间继电器、计数器、可编程控制器、敏感开关、按钮、手动开关、微动开关、行程开关、电磁离合器、电磁铁等十几类主要机床电器产品,又适用于低压电器中的大部分产品;在试验类型方面,兼顾了电器产品型式试验与出厂检验,所以本手册既适用于电器试验站的技术人员,也适用于电器生产厂试验室的技术人员与生产车间从事出厂检验的工人。

本手册由河北工业大学电器研究所所长陆俭国教授、张乃宽教授与成都机床电器质量监督检测中心主任曾举璋高工主编,原机械部机械基础装备司董德起主任、成都机床电器研究所总工程师许勋周高工任主审,参加编写工作的单位有成都机床电器研究所、成都机床电器质量监督检测中心、华信技术检验苏州公司、上海电器股份有限公司上海机床电器厂及上海第二机床电器厂、沈阳 213 机床电器厂、北京机床电器总厂、天津机床电器总厂、北京第一机床电器厂、无锡机床电器厂、杭州机床电器厂、长江机床电器厂、安阳机床电器厂、济南机床电器厂、北京电器厂、天津电器研究所、重庆电器科学研究所、北京低压电器厂、烟台电器厂、天津德联机床服务有限公司、河北工业大学等。本手册编写过程中得到了中国·德力西集团公司胡成中董事长、胡成国总裁、原苏州机床电器厂厂长赵瑞馨高工、苏州安泰变压器厂严关福厂长、苏州新区电器元件检测所胡德霖所长浙江耀华电器实业公司何建国总经理的支持和帮助,在此衷心地表示感谢。

由于水平所限和时间仓促,缺点和错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正,以便以后再版时加以改进。

作 者

目 录

前言	
绪论	1
第一章 基础与通用部分	3
第一节 机床电器抽样检查的原理与方法	3
第二节 机床电器通用试验	17
第三节 电子电器抗干扰试验	57
第四节 试验的主要设备和仪器	63
第五节 试验误差和数字修约	88
第二章 机床电器出厂检验	95
第一节 出厂检验项目分类	95
第二节 出厂检验项目	100
第三节 出厂检验要求及检验方法	102
第四节 出厂检验结果判定及处理原则	113
第五节 出厂检验设备及仪器仪表	113
第六节 出厂检验记录表格设计及填写方法	113
第三章 接触器试验	128
第一节 噪声试验	129
第二节 动作范围的验证试验	131
第三节 额定接通和分断能力试验	136
第四节 约定操作性能试验	148
第五节 电寿命试验	150
第六节 机械寿命试验	158
第七节 耐受过载电流能力试验	160
第八节 与短路保护电器 (SCPD) 的协调配合试验	163
第九节 辅助触头接通和分断能力试验	166
第十节 辅助触头电寿命试验	171
第十一节 辅助触头额定限制短路电流试验	175
第十二节 各试验项目的原始记录和试验报告格式	177
第四章 断路器试验	182
第一节 程序试验 I 一般工作特性	185
第二节 程序试验 II 额定运行短路分断能力	194
第三节 程序试验 III 额定极限短路分断能力	200
第四节 程序试验 IV 额定短时耐受电流	201
第五节 程序试验 V 带熔断器的断路器	203
第六节 程序试验 VI 综合试验程序	205
第七节 临界负载电流试验	206
第八节 家用及类似场所用断路器试验	206
第九节 剩余电流动作保护器试验	214
第十节 主要试验项目的试验报告格式	228
第五章 熔断器试验	231
第一节 温升试验与耗散功率测量	232
第二节 保护性能试验	236
第三节 分断能力试验	239
第四节 截流特性试验	248
第五节 I^2t 特性试验与电弧电压特性试验	248
第六节 绝缘性能试验	249
第七节 耐应力腐蚀龟裂试验	251
第六章 热过载继电器试验	252
第一节 温升试验	252
第二节 介电性能试验	255
第三节 湿热试验	257
第四节 动作特性试验	258
第五节 辅助触头通断能力试验	260
第六节 过载保护次数试验	262
第七节 辅助触头额定熔断短路电流试验	264
第八节 其他主要试验	265
第七章 起动器试验	268
第一节 温升试验	271
第二节 动作性能试验	273
第三节 接通和分断能力试验	281
第四节 约定操作性能试验	285

第五节	寿命试验	287	第七节	出厂试验	402
第六节	起动机与短路保护电器的协调 配合试验	289	第十二章	敏感开关试验	411
第八章	控制继电器试验	293	第一节	接近开关试验	411
第一节	动作性能试验	294	第二节	光电开关试验	425
第二节	非正常条件下的接通和分断 能力试验	296	第十三章	按钮开关试验	439
第三节	正常条件下的接通和分断能力 试验	304	第一节	概述	439
第四节	额定限制短路电流性能试验	305	第二节	主要试验	440
第五节	电寿命试验	308	第十四章	手动开关试验	461
第六节	机械寿命试验	310	第一节	概述	461
第七节	动作值测定的模拟方法	311	第二节	主要试验	461
第八节	主要试验项目的原始记录和试验 报告格式	313	第十五章	微动开关及行程开关 试验	476
第九章	时间继电器试验	322	第一节	概述	476
第一节	电子式时间继电器试验	322	第二节	主要试验	477
第二节	空气式时间继电器试验	345	第十六章	电磁离合器试验	483
第十章	计数器试验	351	第一节	概述	483
第一节	电磁式计数器试验	351	第二节	主要试验	484
第二节	电子式计数器试验	363	第十七章	电磁铁试验	498
第十一章	可编程控制器试验	377	第一节	阀用电磁铁试验	498
第一节	环境温度试验	379	第二节	牵引电磁铁试验	512
第二节	机械试验	381	第十八章	其他电器试验	521
第三节	电气试验	383	第一节	机床控制变压器试验	521
第四节	交流电源和直流电源特性 的试验	387	第二节	机床插销、插接转换器、插头 插座和耦合器试验	526
第五节	输入输出特性的检验	391	第三节	接线板试验	533
第六节	主处理机装置远程输入/输出站 及外设的检查	399	第四节	指示灯试验	535
			附录	机床电器与低压电器生产厂家及 科研单位简况	540
			参考文献	557	

绪 论

随着我国国民经济的发展,各种数控机床、组合机床及新型机床得到迅速发展,各种机床已成为我国各工业部门中的重要技术工艺装备。机床中要用到接触器、断路器、熔断器、热过载继电器、计数器、可编程序控制器、接近开关、按钮、手动开关、微动开关、行程开关、电磁离合器和电磁铁等各种机床电器。除在机床中使用外,这些电器产品作为机械基础件产品还广泛应用于各种自动控制系统和其他工业机械设备中。由于机械设备的电气化和自动化程度不断提高,机床电器产品所起的作用越来越重要,对产品质量的要求也越来越高,若机床电器产品发生故障,会使机床设备或整条生产线不能正常工作,甚至会导致重大事故而造成巨大经济损失。因此,保证机床电器产品的运行可靠、性能优良就更具有十分重要的意义。

试验是鉴定产品质量的一个重要环节。试验目的就是验证产品性能是否符合国家标准或技术条件的规定;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,而是为设计、制造出高质量产品的积极有效手段。

机床电器产品的试验主要分为型式试验、定期试验和出厂检验,其中出厂检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机床电器的设计和性能是否符合国家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。但是,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,需要重新进行有关项目的型式试验。

机床电器型式试验的项目主要有:

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。具体的机床电器产品究竟应进行哪些项目的型式试验, 试验是采取单项并列进行还是采取分组顺序进行以及单项试验 (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才算通过。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, 只要制造厂能提供充分证据说明该缺陷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, 复试的试品数量及合格准则等应在产品标准中规定清楚, 哪些型式试验项目不允许复试, 哪些项目允许复试也应在产品标准中规定清楚, 复试合格时仍可认为型式试验通过。

当产品型式试验合格 (通过) 并进入稳定生产后, 为检查产品的质量应定期进行抽查试验, 简称定期试验。定期试验每隔一定年限 (1~5 年) 进行一次, 定期试验的试验项目 (或试验顺序) 可以从型式试验的试验项目 (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 (可以只选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 年进行一次定期试验; 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, 其抽样检查方案也应在产品标准中规定清楚。

常规试验是出厂检验中的一种, 常规试验是指在产品出厂前, 制造厂必须在每台产品上进行的试验和检查, 其目的是检查材料及装配上的缺陷。

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, 亦即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, 对于开关电器来说, 其常规试验的项目通常有:

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, 制造厂必须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。

由此可见, 机床电器定期试验和出厂抽样试验中均采用抽样检查的方式, 所以本手册第一章中首先阐述了抽样检查的原理及方法, 在第一章中还阐述了机床电器通用的试验项目、电子仪器的抗干扰试验、试验用主要设备和仪器、误差和修约等内容。第二章阐述了机床电器的出厂检验。第三章至第十八章分别详细地阐述了接触器、断路器等各种机床电器的试验方法。

第一章 基础与通用部分

第一节 机床电器抽样检查的原理与方法

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（如机床电器的触头弹簧），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。但对于机床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，对机床电器产品来说，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（如机床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，而被判定为不合格的一批产品中也会有一些合格品。同时，抽样检查还可能犯下列两类错误，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会大些；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，并介绍我国国家标准 GB2828 及 GB2829 的使用方法、特点及其在机床电器试验中的应用。

一、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

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

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

$$\begin{aligned} C_{Np}^r &= C_{10}^2 = \frac{10!}{2! (10-2)!} = 45 \\ C_{N - Np}^{n - r} &= C_{90}^3 = \frac{90!}{3! (90-3)!} = 117480 \\ C_N^n &= C_{100}^5 = \frac{100!}{5! (100-5)!} = 75288000 \end{aligned}$$

按式 (1-1) 可得所求概率为

$$P_H = \frac{45 \times 117480}{75288000} = 0.0702 = 7.02\%$$

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品率 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，不合格品率为 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、两

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 qp^2 ,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、两个不合格品,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 $3qp^2$ 。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 $3qp^2$ 。我们可以发现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。

$$(q+p)^3 = q^3 + 3q^2p + 3qp^2 + p^3 \quad (1-2)$$

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。

$$(q+p)^n = q^n + c_n^1 p q^{n-1} + \cdots + c_n^r p^r q^{n-r} + \cdots + c_n^{n-1} p^{n-1} q + p^n \quad (1-3)$$

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 $c_n^r p^r q^{n-r}$,我们把这个概率称为二项概率,并以符号 $P(r, n|p)$ 表示,即

$$P(r, n|p) = c_n^r p^r q^{n-r} \quad (1-4)$$

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

$$P(2, 5|0.1) = c_5^2 \times 0.1^2 \times 0.9^3 = 0.0729 = 7.29\%$$

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 $N > 10n$) 时常用品 (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、 $P \leq 0.1$ 、 $m = nP < 5$ 时,二项概率可近似用下式计算

$$P(r, n|p) = c_n^r p^r q^{n-r} \approx \frac{e^{-m} m^r}{r!} \quad (1-5)$$

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

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

在例 1-1 中, $p=0.1$, $m=0.5$, 满足 $p \leq 0.1$ 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

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

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

$m \backslash r$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
0	0.90484	0.81873	0.74082	0.67032	0.60653	0.54881	0.49659	0.44933
1	0.09048	0.16375	0.22225	0.26813	0.30327	0.32929	0.34761	0.35946
2	0.00452	0.01637	0.03334	0.05363	0.07582	0.09879	0.12166	0.14379
3	0.0005	0.00109	0.00333	0.00715	0.01264	0.01976	0.02839	0.03834
4		0.00005	0.00025	0.00072	0.00158	0.00296	0.00497	0.00767
5				0.00006	0.00016	0.00036	0.00070	0.00123
6					0.00001	0.00004	0.00008	0.00016
7							0.00001	0.00002
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								

$m \backslash r$	0.9	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
0	0.40657	0.36788	0.22313	0.13534	0.04979	0.01832	0.00674
1	0.36591	0.36788	0.33470	0.27067	0.14936	0.07326	0.03369
2	0.16466	0.18394	0.25012	0.27067	0.22404	0.14653	0.08422
3	0.04940	0.06131	0.12551	0.18045	0.22404	0.19537	0.14037
4	0.01111	0.01533	0.04707	0.09022	0.16803	0.19537	0.11547
5	0.00200	0.00307	0.01412	0.03609	0.10082	0.15629	0.17547
6	0.00030	0.00051	0.00353	0.01203	0.05041	0.10420	0.14622
7	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 $r \leq A_c$ (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。

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 $0, 1, \dots, A_c$ 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

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

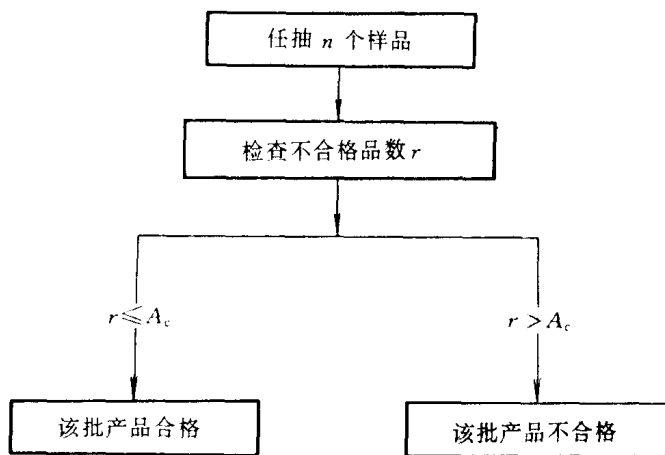


图 1-1 一次计数抽样检查方案框图

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

$$L(0.05) = \sum_{r=0}^1 P(r, 6 | 0.05) = c_6^0 \times 0.05^0 \times 0.95^6 + c_6^1 \times 0.05 \times 0.95^5 = 0.97$$

$p=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ 时的接收概率分别为

$$L(0.1) = \sum_{r=0}^1 P(r, 6 | 0.1) = c_6^0 \times 0.1^0 \times 0.9^6 + c_6^1 \times 0.1 \times 0.9^5 = 0.888$$

$$L(0.2) = \sum_{r=0}^1 P(r, 6 | 0.2) = c_6^0 \times 0.2^0 \times 0.8^6 + c_6^1 \times 0.2 \times 0.8^5 = 0.655$$

$$L(0.3) = \sum_{r=0}^1 P(r, 6 | 0.3) = c_6^0 \times 0.3^0 \times 0.7^6 + c_6^1 \times 0.3 \times 0.7^5 = 0.422$$

$$L(0.4) = \sum_{r=0}^1 P(r, 6 | 0.4) = c_6^0 \times 0.4^0 \times 0.6^6 + c_6^1 \times 0.4 \times 0.6^5 = 0.234$$

$$L(0.5) = \sum_{r=0}^1 P(r, 6 | 0.5) = c_6^0 \times 0.5^0 \times 0.5^6 + c_6^1 \times 0.5 \times 0.5^5 = 0.102$$

(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 $L(p)$ 每 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。

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 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。

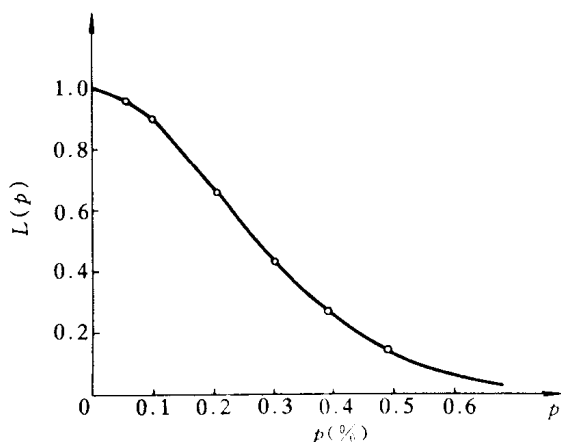


图 1-2 $n=6, A_c=1$ 的一次计数
抽样方案的 OC 曲线

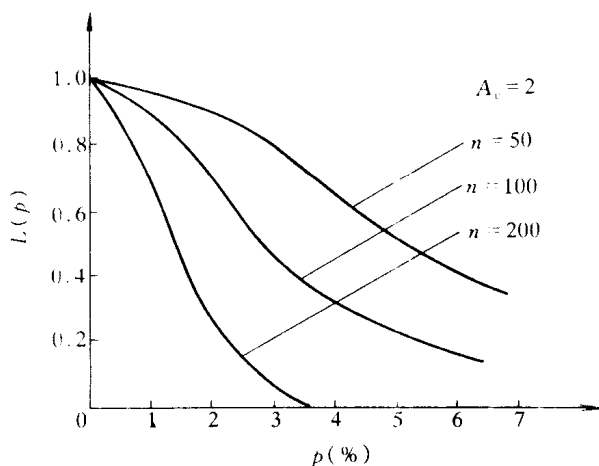


图 1-3 A_c 相同、 n 不同时,各个一次抽样
检查方案的 OC 曲线

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 $p \leq p_y$ 时,产品应判为合格,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,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。

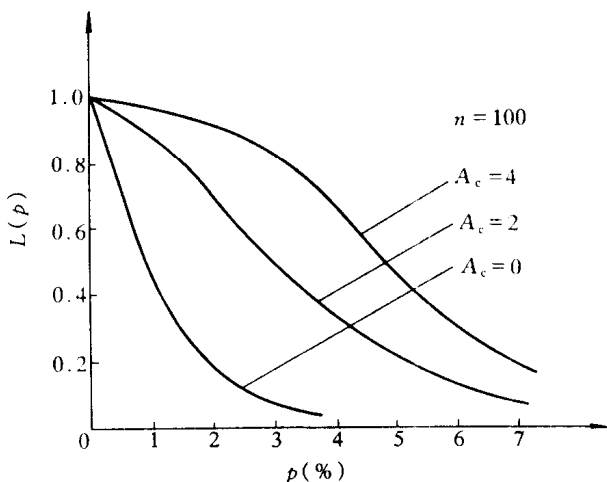


图 1-4 n 相同、 A_c 不同时,各个一次抽
样检查方案的 OC 曲线

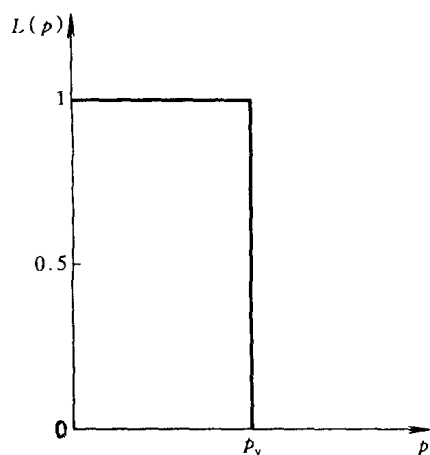


图 1-5 理想抽样检查方案的 OC 曲线

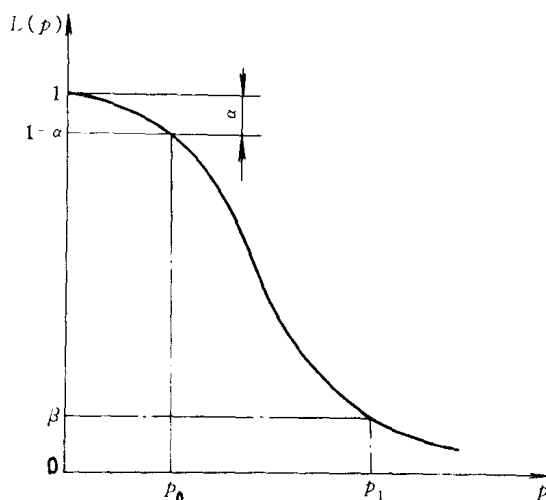


图 1-6 典型的 OC 曲线

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 $p \leq p_0$ 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，简称为 AQL），在有些资料中，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 Defect，简称为 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 $p_1 \geq 3p_0$ ，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

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

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

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

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 1-2 及表 1-3 是最常用的一次抽样检查表,下面举例说明其用法。

表 1-2 计数型一次抽样检查辅助表

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

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

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 $p_0 = 0.901\% \sim 1.12\%$ 这一行和 $p_1 = 1.81\% \sim 2.24\%$ 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 $p_1/p_0 = 2.2 \sim 2.0$ 这一行查出 $A_c = 15$, $n = 5.02/p_0 + 10.65/p_1$,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 $n = 1035$, $A_c = 15$ 。

二、抽样检查方案的分类

抽样检查方案可按其性质、用途、抽样次数以及进行方式等进行分类,下面分别予以介绍。

(一) 按性质分类

抽样检查按其性质可以分为属性抽样和计量抽样两类,其中属性抽样最为常用。

1. 属性抽样(也称计数抽样或计件抽样)

它是指从一批产品中抽取一定数量的样品进行检查,根据检验结果将样品分成合格品和不合格品两类,然后将检查出的不合格品数与事先规定的“合格判定数”进行比较,来判断该批产品是否合格。

2. 计量抽样

它是指从一批产品中抽取一定数量的样品,测量每个样品的某一特定的特征参数,并用统计方法计算出此特征参数的数值,然后与规定的标准值进行比较,来判断该批产品是否合格。

(二) 按用途分类

抽样检查按其用途可以分为质量抽样检查和可靠性抽样检查两类,质量抽样检查,是指为了检查产品质量而进行的抽样检查,例如,对外购原料及外购件进行的入库检查,对生产过程中的零部件进行的质量检查,对产品进行的定期试验以及出厂检验等。可靠性抽样检查是为了检查产品的可靠性而进行的抽样检查,例如,产品的失效率抽样检查等。

(三) 按抽样次数分类

(续)

编 号	术 语	定 义	符 号	计量单位
100150	吃刀量	是两平面间的距离, 该两平面都垂直于所选定的测量方向, 并分别通过作用切削刃上两个使上述两平面间的距离为最大的点	$a_s (a)$	mm
100151	背吃刀量	在通过切削刃基点并垂直于工作平面的方向上测量的吃刀量 (图 1·1-36~44)	$a_{sp} (a_p)$	mm
100152	侧吃刀量	在平行于工作平面并垂直于切削刃基点的进给运动方向上测量的吃刀量 (图 1·1-38~41、43)	$a_{se} (a_e)$	mm
100153	进给吃刀量	在切削刃基点的进给运动方向上测量的吃刀量 (图 1·1-36、38~44)	$a_{sf} (a_f)$	mm
100154	切削层	由切削部分的一个单一动作 (或指切削部分切过工件的一个单程, 或指只产生一瞬过渡表面的动作) 所切除的工件材料层		
100155	切削层公称横截面积	在给定瞬间, 切削层在切削层尺寸平面里的实际横截面积 (图 1·1-36、44)	A_D	mm ²
100156	总切削层横截面积	若用多齿刀具切削时, 在给定瞬间, 所有同时参与切削的各切削部分的切削层横截面积之总和	A_{Dtot}	mm ²
100157	切削层公称宽度	在给定瞬间, 作用主切削刃截形上两个极限点间的距离, 在切削层尺寸平面中测量 (图 1·1-36、37a、44)	b_D	mm
100158	切削层公称厚度	在同一瞬间的切削层横截面积与其公称切削层宽度之比	h_D	mm
100159	切削层局部厚度	在给定瞬间和选定点, 沿法平面与工作基面的交线所测量的切削层厚度	h_i	mm
100160	通切层	刀具在一次进给行程中所切除的工件材料层		
100161	通切层横截面积	通切层的实际横截面在垂直于进给运动方向的平面上的投影	A_T	mm ²
100162	材料切除率	在特定的瞬间, 单位时间里所切除材料的体积	$Q (Q_L)$	mm ³ /s
100163	刀具总切削力	刀具上所有参与切削的各切削部分所产生的总切削力的合力		N
100164	刀具总扭矩	刀具总切削力对某一规定轴线所产生的扭矩	M	N·m
100165	切削扭矩	刀具总切削力对主运动的回转轴线所产生的扭矩	M_c	N·m
100166	一个切削部分总切削力	一个切削部分切削工件时所产生的全部切削力	F	N
100167	总切削力几何分力	将总切削力沿任何选定轴系作矢量分解所推导出的各分力		N
100168	运动方向和垂直运动方向上的分力	将总切削力沿不同运动方向和与这些运动相垂直的方向作正投影而分解出的力		N