



# 中华人民共和国国家军用标准

FL

GJB 368.5—87

---

## 装备维修性通用规范 维修性的试验与评定

General specifications for materiel maintainability  
Maintainability test and evaluation

1987—09—12 发布

1988—03—01 实施

---

中国人民解放军总后勤部  
国防科学技术工业委员会

批准

# 目 录

1  引用标准.....	(1)
2  试验的基本程序.....	(1)
3  维修保障的评定.....	(10)
附录 A  试验方法和数据分析(补充件).....	(11)
附录 B  表格示例(参考件).....	(40)

# 中华人民共和国国家军用标准

## 装备维修性通用规范 维修性的试验与评定

GJB 368.5—87

General specifications for materiel maintainability

Maintainability test and evaluation

本标准规定的试验基本程序、方法和判据,以及评定各项维修保障要素的实施要领,供定性及定量验证装备的维修性之用。

本标准适用于可修复的各类装备。可根据装备研制和生产阶段的要求,单位使用或结合其它(如可靠性)试验一并使用,特殊试验可按专用规范实施。

### 1 引用标准

GB3187《可靠性基本名词术语及定义》

GJB862—87《平均值的计量标准型一次抽样检查程序及表》

GB4086.1~4086.6《统计分布数值表》

GB3358《统计学名词及符号》

GJB368.1—87《装备维修性通用规范 维修性管理大纲》

GJB368.2—87《装备维修性通用规范 维修性的基本要求》

GJB368.3—87《装备维修性通用规范 常用件应用的维修性要求》

GJB368.4—87《装备维修性通用规范 维修性的分配和预计》

GJB368.6—87《装备维修性通用规范 维修保障分系统的建立》

### 2 试验的基本程序

#### 2.1 试验类别的确定

根据试验的目的和要求,以及所需时间、费用与维修保障等条件,确定维修性试验种类。

##### 2.1.1 维修性验证试验

在装备设计定型、生产定型和重大设计更改时,为验证装备能否在规定的维修级别条件下满足维修性的定性定量要求所进行的试验。鉴定性试验按专用规范实施。

##### 2.1.1.1 研制单位和试验场(基地)的验证试验

a. 定性的验证:按通用规范和专用规范有关维修性基本要求的内容,重点进行维修性审核,对原设计的维修性特征作出系统的判断;审查模拟条件下验证试验的可行性及风险率;

在受试品(或样机)上验证维修的可达性、检测诊断的方便性与快速性、零部件标准化及互换性、工具操作空间、工作场地及维修的安全性等;分析维修作业程序的正确性;审查操作过程中,维修资源(即维修人员的数量与素质、工具与测试设备、备附件及技术文件等)的完备程度和适用性。

b. 定量的验证:对维修性指标预期值进行分析;在自然故障或模拟(环境模拟和实际故障模拟)的条件下,根据试验中维修作业的观测数据,验证受试装备的维修性定量指标是否达到要求。

### 2.1.1.2 部队的维修试验

装备在规定有部队试验或试用的过程中,根据部队拟定的试验大纲,评定装备能否在规定的(高低温、高负荷、恶劣气候)条件下,满足维修性的定性定量要求所进行的专门试验。

a. 定性的评定:重点在受试装备上评定其可达性、互换性、维修的安全性,以及使用过程中维修保障的适应性。

b. 定量的评定:对预防维修频率和排除故障维修频率进行实地分析考察,在现场或部队专门试验过程中,收集维修性数据并根据需要进行必要的模拟试验,评定其维修性定量指标是否达到要求。

### 2.1.2 维修性验收试验

在装备批生产交验(如工厂小型、大型或例行试验)过程中,根据验收规则或技术条件的专门规定,为检验装备能否在规定的条件下满足维修性的定性定量要求所进行的试验。

a. 定性的评定:在交验的装备上重点检验其互换性、可达性;装备拆装与检测的方便性和快速性,以及维修保障的完备程度。

b. 定量的评定:可同性能试验、可靠性试验结合进行。根据试验进行中所发生的自然故障和预防维修的频率,必要时模拟部分故障,检验其维修性指标是否达到要求。

## 2.2 维修性试验计划的拟定

试验前,根据文件或合同的规定,订出可行的试验计划,基本内容应包括:

- a. 本次试验的依据和试验目的;
- b. 试验的组织领导与分工以及参试的单位、人员等规定;
- c. 试验类别及受试品的确定,并列出具定性定量检查的项目;
- d. 试验环境与场地的选定;
- e. 试验的维修资源及其筹划;
- f. 验证的实施程序与时间进度;
- g. 试验方法的选择(根据要求的指标,由附录 A 中选取);
- h. 验证过程中的监督与管理;
- i. 特殊试验、重复试验和加试的规定及其试验方法;
- j. 试验数据的收集、整理与反馈;
- k. 试验及鉴定的总结报告;
- l. 试验经费的预算和管理。

## 2.3 受试品的确定

维修性验证用的受试品应从提交的试验批中随机抽取,并进行单独试验,或直接利用定型的样机(装备)同其它试验结合进行。为了缩短试验的时间,除主试品外,允许附加选定若干备试品。

#### 2.4 试验环境条件的准备

选择具备实际使用条件的试验场所或供专门进行各种试验用的基地进行试验,并保证备有各种环境下所需要的试验保障设施和资源,如试验室、测试设备、环境控制装置、专用仪表及有关水、气、动力、照明和成套备附件供应补给,以及运输和储存等条件。

#### 2.5 参试维修人员的培训

对参试维修人员的要求及他们所具备的技术水平和经验,应根据不同维修级别的要求,具备中等的熟练程度。

- a. 对选调的修理技师或装备的直接使用者,按试验任务和维修技术文件,由承制方进行短期的培训,并在试验过程中,同承制方的工程技术人员穿插进行维修作业;
- b. 参试维修人员的选定和调配,根据试验场所和维修级别的不同,可作相应的变换;
- c. 参试维修人员的数量,可根据规定的或通过计算出的维修作业样本量(次数)和作业的难易程度以及该装备使用与维修人员的编制而定,应能反映出维修的平均能力。

#### 2.6 试验设备及保障物资器材的准备

各种试验设备、保障物资器材和技术文件等由承试和承制单位分别负责准备。

#### 2.7 维修性验证与验收试验的实施

验证与验收应根据定性定量两个方面的要求,按审定的核对表或检查项目表逐项进行作业。定量的验证应通过完成实际维修作业任务加以评定,其实施内容包括:维修作业样本的选择与分配,故障模拟,诊断与排除,测试检查,预防维修,数据处理及总结报告。

##### 2.7.1 维修作业样本的选择与分配

###### 2.7.1.1 样本的选择

所有的维修作业应按规定的维修级别来完成。若装备在规定的条件下实施验证,能保证在试验期间发生足够次数的维修作业以满足所采用的试验方法中最小样本量的要求时,则应优先采用自然故障,而不需进行故障模拟。

###### 2.7.1.2 样本的分配

维修作业样本的分配属于统计抽样的应用范畴,是以装备的复杂性、可靠性和试验误差的概率为基础,通过模拟故障(失效)进行维修作业样本的分配。

如果采用固定样本量试验法验证维修性指标,可运用按比例分层抽样法进行维修作业分配;如用可变样本量的序贯试验法进行验证时,则应采用按比例简单随机抽样法(参见表1)。

维修作业样本按比例分配的分层步骤如下:

- a. 按部件的功能层次和维修级别,列出受试品所必需的维修项目,即将总体分成若干较均匀的单元 $i, i=1, 2, \dots, n$ ;
- b. 指出各项目数 $Q_i$ ;
- c. 根据有关可靠性有效数据或预计,确定每一项目发生的故障率 $\lambda_i$ ;

- d. 确定每一项目的总故障率  $Q_i \lambda_i$  ;  
 e. 求出每一项目故障分摊率  $C_{pi}$  (%) :

$$C_{pi} = \frac{Q_i \lambda_i}{\sum_{i=1}^n Q_i \lambda_i} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

f. 按所求的分摊率, 根据试验法中规定或求出的样本量进行分配,  $n_i$  等于  $n C_{pi}$  ;

g. 以同样方法, 可将各部分的各个作业再向各分单元进行再分配。若仅有一项作业被指定分配给某特定的单元, 而此单元又包含若干部件(零件), 且部件的故障模式各不相同, 则可通过一随机选择过程, 选出其中一个部件进行故障模拟;

h. 为了使抽样具有较高可靠性和代表性, 在条件许可的范围内, 也可取试验法规定样本量的 2~3 倍样本或根据订购方的要求进行作业分配, 以达到验证中选择作业时有充分的代表性;

当采用可变样本量的序贯试验法时, 可在根据故障相对发生频率所确定的累积范围中, 利用随机数表随机抽取。

注: 每一单元中的各组件或部件, 其故障率应相等或接近, 维修时间的估计值亦应大体相同。

### 2.7.2 故障的模拟

引入人为故障, 可采取以下方式:

- 用一个具有相应类型故障的等效件来代替一个好的零件、电路或部件;
- 接入附加的或拆除不易察觉的零件、元器件;
- 故意造成失调。

凡有某种潜在危险和不安全的故障, 一般不得模拟; 如有必要, 则应采取相应的安全措施并经批准。

在进行故障模拟时, 应由有经验的工程技术人员按试验领导小组审定的计划进行, 维修人员应避免在现场, 待操作人员启动或使用受试品直到发生故障或有故障预兆时, 再通知参试维修人员到场及时进行检测和排除故障。

### 2.7.3 故障的排除

经过训练的维修人员在排除自然或模拟故障过程中, 应使用所配备的备附件工具和检测仪器完成故障诊断、换件或原件修复、安装、调试、校正以及检验等一系列作业。

每一实施步骤均应遵循维修程序并与所规定的维修级别相一致。在故障诊断中, 采用的不同诊断技术所花费的时间, 应分别记入验证指标的观测值。

a. 人工诊断或利用外部测试仪器设备查寻故障及其它作业所花费的时间应全部记入观测值;

表1 维修作业任务分配的分层法(例)

项目 (i)	项数 ( $Q_i$ )	故障率或 频率 ( $\lambda_i$ 或 $f_i$ )	总故障率 ( $Q_i\lambda_i$ )	故障分摊率 $C_{pi}$ (%)	固定样本量 n 的分配 ( $n_i$ )	可变样本的 随机抽样累 积范围	备 注
单元 1	2	0.24	0.48	21	21 (或 6)	0~0.21	
单元 2	1	1.71	1.71	76	76 (或 23)	0.22~0.97	
单元 3	1	0.06	0.06	3	3 (或 1)	0.98~1.00	
总计	—	—	$\sum Q_i\lambda_i$ = 2.25	$\sum C_{pi}$ = $C_{p1} + C_{p2} + C_{p3}$	n=100 (或 n=30)	—	

b. 机内检测系统(BIT)的可测试性验证应作为维修性试验的独立部分单独组织实施。

排除故障维修作业实施过程中(见图 1 示例),由专职记录员按相应的表格(参见表 B1)进行记录。

#### 2.7.4 预防维修

预防维修是各类装备在试验、使用或贮存过程中保持其系统可靠性、延长其使用寿命、避免大量消耗维修费用的一项必不可少的技术勤务。

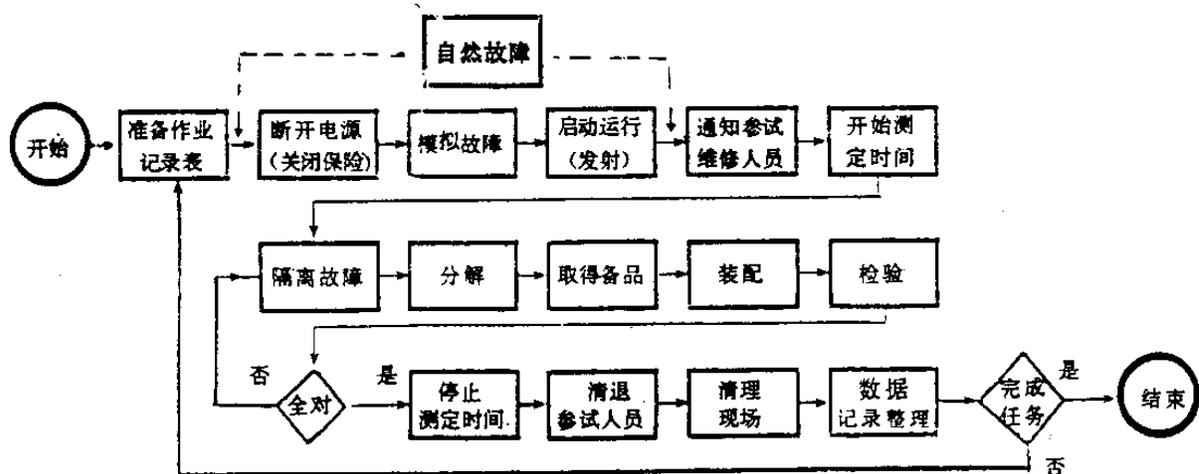


图 1 维修作业实施流程图(示例)

a. 在验证的间隔时间内,按规定的频率和时间要求所进行的一般维护保养,应记录于表 B2,作为资料归档;

b. 在使用和保管期内,间隔时间较长的预防维修,其实际频率和作业持续时间,以及非维修的停机时间均可参照表 B2 的内容进行记载,供验证预防维修规定的指标时,作为原始观测

数据处理。

为了评估预防维修工作的优度,可借助于有效系数  $K_p$ :

$$K_p = \frac{n_p}{n_p + n_x} \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $n_p$ ——预防维修工作中所发现的故障数,此数值根据装备使用日志(或履历书)的记录进行统计。

$n_x$ ——装备在使用中产生的故障数。

当  $K_p$  等于 0,说明未进行预防维修工作或维修工作效果较差;若  $K_p$  等于 1,是预防维修效果最佳的极限情况。

## 2.8 试验方法的选择

定量验证维修性指标的试验方法和判据见附录 A。选择试验方法时应经订购方审批,并根据试验的目的与要求,重点审查验证指标的要求值、风险率、维修时间的分布假设、样本量以及作业选择方式(自然失效或故障模拟)等各项条件的合理性与可行性。

表 2 汇总了通用的试验方法及其验证指标等特性。未包含的特殊试验法由装备维修性专用规范提出。

## 2.9 试验过程的监督与管理

### 2.9.1 领导小组的职责

验证任务由试验基地承担时,试验的组织领导由基地按规定实施;若验证试验在承制单位进行,则领导小组由订购方和承制方组成,对试验各阶段所发生的问题,经协商后有权作出相应的决定:

- a. 对试验过程中各项活动,进行全面监督检查,发现问题,及时纠正。
- b. 对维修试验操作数据进行审核、评定,以便确定工作时间、维修时间、停机时间及受试品的各种状态。
- c. 审核验证作业项目设置的正确性,协调有关维修保障。
- d. 对发生的争议作出裁决。
- e. 确定维修性要求达到的程度。

### 2.9.2 其它问题的处理

a. 由受试品原发故障(失效)引起的二次故障,其修复时间应计入该次维修任务所用的时间,如果二次故障为模拟故障所引起则不应计入。若二次故障的原因被排除,则由二次故障所增加的维修时间应扣除。

b. 如果修理人员在进行维修作业时,由于技术文件和保障设备器材不适而终止了验证,所延误的时间不应计入维修作业时间。查明原因后,采取相应措施解决。

表2 试验方法汇总表

编号	验证指标	分布假设	样本量	推荐样本量		
1-A	均 值	对数正态 方差已知	见附录 A 的试 验方法	不小于 30		
1-B		分布无假设 方差已知				
2	临界百分位数	对数正态 方差未知		30		
3	临界维修时间或工时	无				
4	中 值	对数正态		20		
5	应计入的维修停机时间/每次运行 <sup>①</sup> (CMDT/N)	无		50		
6	维修工时率 (MI) <sup>②</sup>					
7	维修工时率 <sup>③</sup>			不少于 30		
8	均值和百分位数 ..... 对偶百分位数	对数正态 ..... 无				自 限
9	均值(修复、预防维修及总停机时间) $M_{max95}$ (第 90 或 95 百分位)	分布无假设 方差未知		不小于 30		
10	中值(修复时间, 预防维修时间) $M_{max}$ (第 95 百分位, 修复及预防维修 时间最大值)	无		不小于 50		
11	均值(预防维修时间) $M_{maxpt}$ (预防维修时间最大值, 任意百 分位)		全部任 务完成			

注: ①方法 5 用于验证装备有效度(A)的一种间接试验法;  
②方法 6 用于航空系统和分系统;  
③方法 7 用于需要模拟故障的地面电子系统。

表2 试验方法汇总表

指 标	分布假设	样本量	推 荐 样本量	任务选择	规范要求的参量	
值	对数正态 方差已知	见附录 A 的试 验方法	不小于 30	自然故障 或模拟	$\mu_0, \mu_1, \alpha, \beta$	
	分布无假设 方差已知					
分位数	30		自然故障 或模拟		$X_p, T, \alpha, \beta$	
间或工时					$T, X_p, \alpha, \beta$	
值	20			$\tilde{M}_{ct}$		
时间/每次运行 <sup>①</sup> $\Gamma/N$ )	无		见附录 A 的试 验方法	50	自然故障	$A, \frac{NCMDT}{N}$
						$\frac{DDT}{N}, \alpha, \beta$
						$MI, \Delta MI$
			不少于 30	自然故障 或模拟	$\mu_R, \alpha$	
	对数正态 ..... 无				自然故障或 随机(序贯) 抽样	均值及 $M_{max}$ ..... 对偶百分位
修及总停机时间) 百分位)	分布无假设 方差未知		不小于 30	自然故障 或模拟	$\bar{M}_{ct}, \bar{M}_{pt}, \bar{M},$ $M_{maxct}$	
防维修时间) , 修复及预防维修	无		不小于 50		$\tilde{M}_{ct}, \tilde{M}_{pt}$ $M_{maxct}, M_{maxpt}$	
间最大值, 任意百		全部任 务完成			$\bar{M}_{pt}, M_{maxpt}$	

一种间接试验法;

电子系统。

c. 由于装备设计不当而造成损坏和引起的意外维修,应计入总的维修时间,并应采取相应的纠正措施,问题解决后重新进行该项验证。

d. 试验过程中,由于利用旧次品所耗用的拆装时间(并非模拟故障)及试验仪器损坏而延误的时间,均不应计入维修时间。

e. 试验中,进行一般外观检验或规定周期停机时间内的检查应作为维护保养看待。在维护保养工作中进行的调整应作为独立的修理任务记入维修时间。

## 2.10 数据的收集和反馈

### 2.10.1 试验数据的收集与分析

a. 试验领导小组下设资源数据管理组,制定各种试验表格及记录卡。由专职记录员记录或收集所有的验证数据,并根据产同的维修级别进行分类。

b. 对验证的有效数据,进行分析,统计计算和判决。

### 2.10.2 数据反馈

a. 在作出最后判决之前,对试验的各种条件、假设及计算程序进行核查,若发现有误,则应提出复试。

b. 在确信数据正确无误之后,即可由评审组作出最后判决,并评定有关维修性指标达到的程度以及维修保障要素的适应性。

c. 在作出判决合格与否之后,需将接收情况和所获取的数据及各种资料,以及发生的重大问题(包括装备本身及保障分系统)和改进意见及时向有关部门反馈或报告。(参见图2示例)。

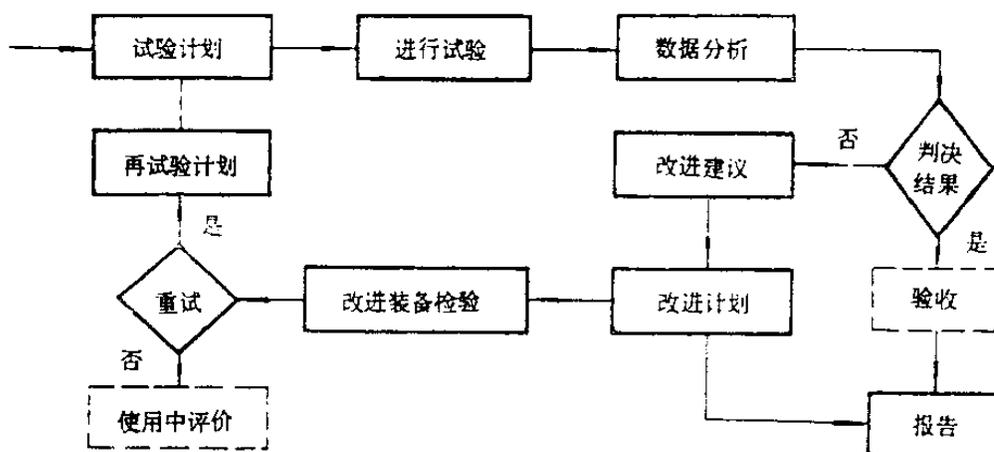


图2 数据与改进措施反馈框图(示例)

### 2.11 试验报告

验证试验结束后,由试验领导小组作出试验总结报告,报有关领导机关审批。报告基本内容包括:

- 试验计划、方案的简述;
- 试验验证情况(包括人员、物资利用、经费管理)简述;
- 试验数据分析计算;

d. 验证结论意见；

e. 对维修保障要素的评价、装备的改进及试验方法等方面提出建议。

如果维修性验证试验同其它试验结合进行，则在总结报告中应含该部分内容。

### 3 维修保障的评定

#### 3.1 评定的时机

评定工作贯穿于装备的初始设计直至批量生产或正式列装之前。重点安排在设计定型或部队试修试用中结合进行，如有必要或订购方有特殊要求时，可安排单独进行。

#### 3.2 评定的目的

a. 决定装备有效的保障方式与方法；

b. 确定对保障资源的明确要求；

c. 评定各项维修作业任务及相应的维修级别的配置状况；

d. 查明对维修有影响的各种设计参量，并提出更改设计的建议。

维修保障的验证要点参见 GJB368.6-87。

#### 3.3 评定的方法与实施要领

评定组成员应有维修技术人员参加，并要经过短时间的培训；对研制的或即将定型投入小批量生产的装备进行部队条件下的实物分解和必要的验证试验；对照“评定用核对表”或有关规范要求评定。

a. 承制方保证备齐所需的实物和技术资料；

b. 评审人员宣布规定的作业项目及允许使用的工具；

c. 装备操作者和维修人员按资料要求或守则进行各项作业；

d. 当发现同原要求不合或规定不妥之时，操作者应停止作业，并记录所发生的情况，必要时摄影录像备查；

e. 对装备协作件的维修方式和使用要领，各协作单位的代表应积极配合，并签署统一的意见。

f. 分解、结合型式相似的项目，可以省略或合并。

#### 3.4 评定报告与装备的处理

a. 将各种记录、表格、手册以及工具与测试仪器设备表等集中校核，并整理归类。根据需要向有关参加单位反馈；

b. 根据评定记录，分析结果，评价有关维修性和保障条件的适用性，作出评定总结报告，报领导机关审批或作为定型资料的附件。报告同时抄送有关参加单位；

c. 评定(试验)用过的装备的承制方作必要的修整和调试后，由订购方回收。

#### 3.5 维修性和维修保障评定用核对表

表 B3 为通用的核表示例，可用于对装备及保障分系统的评定或在全寿命过程内对图纸、技术条件、工艺规程等进行校核时作参考。此表可根据各类装备的维修性规范综合制定。对具体型号装备的要求需另订专用核对表。

## 附录 A

### 试验方法和数据分析

#### (补充件)

本附录包括定量验证装备维修性指标的试验方法、统计计算和判决规则。

#### A.1 基本要求

##### A.1.1 作业样本量的确定

维修作业样本量按选取的试验方法中的统计计算确定,也可参考所推荐的样本量进行验证(见标准中表2)。对某些试验方案,在计算样本量之前,应对作业时间分布的方差作估计。方差已知时的抽样方案确定( $\sigma$ 法)和方差未知时的抽样方案确定(S法),可参见引用标准 GB8652-87《平均值的计量标准型一次抽样检查程序及表》。

##### A.1.2 作业样本的选择

当采用故障模拟时,维修作业的样本应按标准中2.7.1的程序进行选择。采用按比例分层抽样,可能对试验程序的有效性或代表性略有影响,但相对于方案中所需的样本量而言,其影响甚微。对于序贯试验方案,应采用简单随机抽样。

##### A.1.3 试验方法的选择

待验证的指标和实际条件是选择试验方法的基本依据。采用序贯试验法所需样本量比固定样本量的试验可节约些,但一舰只有当事先(或根据预测)已知装备维修性比要求值好得多或差得多的情况下才使用。

实践表明,维修作业时间采用对数正态分布的假设是合理的。当分布为非对数正态时(如机内具有高度诊断能力的装备),可采用非参数法综合权衡,以确保不超过规定的风险。

#### A.2 符号

$X$ ——有关维修性的随机变量,如代表排除故障维修时间、预防维修时间、故障诊断时间、维修工时等。

$X_i$ ——随机变量  $X$  的第  $i$  次观测值。

$n$ ——样本量。

$\bar{X}$ ——样本均值,  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$

$Y$ —— $X$  的自然对数,  $Y = \ln X$

$\bar{Y}$ —— $Y$  的样本均值。

$\theta$ —— $Y$  的期望值,  $\theta = E(Y)$

$\sigma^2$ —— $Y$  的方差,  $\sigma^2 = E[(Y - \theta)^2]$

$S^2$ —— $Y$  的样本方差。

$\tilde{\sigma}^2$ —— $\sigma^2$  的事前估计值。

$\mu$ —— $X$  的期望值,  $\mu = E(X)$ ;  $\mu = e^{(\theta + \frac{1}{2}\sigma^2)}$

$d^2$ —— $X$  的方差,  $d^2 = E[(X - \mu)^2]$ ;  $d^2 = e^{(2\theta + \sigma^2)}(e^{\sigma^2} - 1) = \mu^2(e^{\sigma^2} - 1)$

$\hat{d}^2$ —— $X$  的样本方差,  $\hat{d}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = \frac{1}{n-1} (\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2)$

$\tilde{d}^2$  ——  $d^2$  的事前估计值。

$\tilde{M}$  ——  $X$  的中值,  $\tilde{M} = X_{0.5}$ ;  $\bar{M} = e^{\mu}$

$\alpha, \beta$  —— 承制方风险率和订购方风险率; 即分别为受试品维修性指标的期望值小于或等于可接收值时而被拒收的概率和大于或等于不可接收值时而被接收的概率。

$H_0$  —— 原假设符号, 假设参量以均值  $\mu$ 、临界百分位数  $X_p$  和临界维修时间  $T$  等表示。当验证满足要求时接受  $H_0$ , 否则拒绝  $H_0$ 。

$H_1$  —— 备择假设符号。

$X_p$  ——  $X$  的第  $100p$  百分位值 (如  $X_{0.95}$  —— 第 95 百分位的维修时间或工时值);

$$X_p = e^{(\mu + Z_p \sigma)}$$

$Z_p$  —— 对应下侧概率  $p$  的正态分布百分位数 (见表 A1)。

表 A1 常用的正态分布分位数表

p	0.01	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
$Z_p$	-2.33	-1.65	-1.28	-1.04	-0.84	-0.52	-0.25	0	0.25	0.52	0.84	1.04	1.28	1.65	2.33

$X_{cti}$  —— 第  $i$  项排除故障维修停机时间。

$X_{pti}$  —— 第  $i$  项预防维修停机时间。

$n_c$  —— 排除故障维修作业样本量 (次数)。

$n_p$  —— 预防维修作业样本量 (次数)。

$f_c$  —— 在代表性作业时间 ( $T$ ) 内发生的排除故障任务预期数。

$f_p$  —— 在代表性作业时间 ( $T$ ) 内发生的预防维修任务预期数。

$T$  —— 所记录的代表性作业时间 (周期)。

$D_t$  —— 代表性作业时间 ( $T$ ) 内维修停机时间总数。

$\bar{X}_{ct}$ 、 $\bar{X}_{pt}$ 、 $\bar{X}_{p/c}$  —— 样本平均停机时间 (平均修复时间、平均预防维修时间及其组合时间), 又以  $\bar{M}_{ct}$ 、 $\bar{M}_{pt}$  及  $\bar{M}$  表示。

$M'_{maxct}$  —— 样本最大修复时间。

$\bar{M}_{ct}$  —— 规定的平均修复时间。

$\bar{M}_{pt}$  —— 规定的平均预防维修时间。

$\bar{M}$  —— 规定的平均维修时间 (含排除故障维修和预防维修)。

$M_{max}$  —— 规定百分位的最大作业时间要求值 (如维修度为 95% 的维修时间不大于 60 分钟), 通常取第 90 或第 95 百分位 (即维修度 90% 或 95%)。

$M_{maxct}$  —— 规定的最大修复时间。

$M_{maxpt}$  —— 规定的最大预防维修时间。

$\log X_{cti}, \log X_{ct}$  ——  $X_{cti}$  及  $X_{ct}$  的以 10 为底的对数值。

$\ln X_{cti}, \ln X_{ct}$  ——  $X_{cti}$  及  $X_{ct}$  的自然对数值。

$\widetilde{M}_{ct}$  —— 修复时间中值。

$\widetilde{M}_{pt}$  —— 预防维修时间中值。

### A.3 试验方法 1: 对均值的假设检验

本试验法用于以平均值确定对维修性要求的维修性验证。试验 A 与试验 B 均为固定样本试验(最小为 30), 当计算出的样本量  $n$  小于 30 时, 则取  $n$  等于 30。

#### A.3.1 使用条件

试验 A: 维修时间按对数正态分布描述。维修时间的对数方差  $\sigma^2$  根据以前资料为已知, 或取适当精度的估计值。

试验 B: 不需要有关维修时间分布的假设。维修时间的方差  $d^2$  根据以前资料为已知, 或取适当精度的估计值。

估计方差时可由近期 10~20 组历史数据的样本方差或极差来估计。

#### A.3.2 检验假设

原假设  $H_0$ : 均值  $\mu = \mu_0$ , 当  $H_0$  成立时, 要求以  $1-\alpha$  的高概率接收;

备择假设  $H_1$ : 均值  $\mu = \mu_1 (\mu_1 > \mu_0)$ , 当  $H_1$  成立时, 要求以  $1-\beta$  的高概率拒收。

#### A.3.3 样本量

对所要求的承制方风险率  $\alpha$  和订购方风险率  $\beta$  的试验而言:

试验 A 的样本量为:

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha}\mu_0 + Z_{1-\beta}\mu_1)^2}{(\mu_1 - \mu_0)^2} (e^{\sigma^2} - 1) \dots\dots\dots (A1)$$

试验 B 的样本量为:

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha} + Z_{1-\beta}d)^2}{\mu_1 - \mu_0} \dots\dots\dots (A2)$$

#### A.3.4 判决规则

取维修时间的随机样本  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , 并计算样本均值和方差:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots (A3)$$

$$d^2 = \frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2 \right) \dots\dots\dots (A4)$$

$$\text{对试验 A: 如果 } \bar{X} \leq \mu_0 + Z_{1-\alpha} \frac{d}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (A5)$$

则接受  $H_0$ , 否则拒绝  $H_0$ 。

式中:  $d = [\mu_0^2(e^{\sigma^2} - 1)]^{\frac{1}{2}}$

$$\text{对试验 B: 如果 } \bar{X} \leq \mu_0 + Z_{1-\alpha} \frac{d}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (A6)$$

则接受  $H_0$ , 否则拒绝  $H_0$ 。

当  $d$  未知时, 考虑维修性的验证一般多为孤立批, 且样本量较大 ( $n$  大于或等于 30), 允许以样本均方差  $\hat{d}$  代替判决规则中的  $d$ 。

### A.3.5 举例

现对某装备的平均修复时间按下述条件检验: 设可接收值为  $\mu_0$  等于 30 分钟, 不可接收值为  $\mu_1$  等于 45 分钟,  $\alpha$  等于  $\beta$  等于 0.05。在这种情况下:

$$H_0: \mu = \mu_0 = 30 \text{ 分钟}$$

$$H_1: \mu = \mu_1 = 45 \text{ 分钟}$$

若使用方法 A 进行检验

在对数正态假设条件下, 设装备修复时间对数方差的事前估计值为  $\hat{\sigma}^2$  等于 0.6, 由表 A1 查得  $Z_{1-\alpha}$  等于  $Z_{1-\beta}$  等于 1.65, 利用 (A1) 式求得样本量为:

$$n = \frac{(1.65 \times 30 + 1.65 \times 45)^2}{(45 - 30)^2} (e^{0.6} - 1) = 55.955; \text{ 归整为 } n = 56.$$

当排除了作为样本的  $n$  等于 56 个自然 (或模拟) 故障后, 得到修复时间的样本观测值为:

26	80	14	21	30	70	69	20	21	18	65	16	35	26	16	40	28	42	33
19	19	43	54	12	18	13	26	10	61	52	30	10	31	28	60	23	16	49
60	67	24	40	21	46	50	26	28	19	16	14	43	16	42	46	18	30	

将样本观测值代入 (A3)、(A4) 两式得:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 33.03$$

$$\hat{d}^2 = \frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n X_i^2 - n \bar{X}^2 \right) = 324.7$$

由 (A5) 左右边得:

$$\mu_0 + Z_{1-\alpha} \frac{[\mu_0^2 (e^{\hat{\sigma}^2} - 1)]^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{n}} = 30 + 1.65 \times \frac{[30^2 (e^{0.6} - 1)]^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{56}} = 36.00$$

因为  $\bar{X}$  等于 33.03 小于 36.00, 所以接受  $H_0$ , 即认为该装备的平均修复时间是满足要求的。

若使用方法 B 进行检验:

在非分布假设的条件下, 设装备修复时间方差的事前估计值为  $\tilde{d}^2$  等于 900 (或  $\tilde{d}$  等于 30), 利用 (A2) 式求得样本量为:

$$n = \left[ \frac{1.65 + 1.65}{(45 - 30)} \times 30 \right]^2 = 43.56; \text{ 归整为 } n = 44.$$

当排除了作为样本的  $n$  等于 44 个自然 (或模拟) 故障后, 将样本观测值 (从略) 代入 (A3)、(A4) 两式求出:  $\bar{X} = 34.14, \hat{d}^2 = 365.6$ 。用  $\tilde{d}$  代替  $d$  代入 (A6) 式, 由 (A6) 式右边得:

$$\mu_0 + Z_{1-\alpha} \frac{\tilde{d}}{\sqrt{n}} = 30 + 1.65 \times \frac{30}{\sqrt{44}} = 37.46$$

因为  $\bar{X}$  等于 34.14 小于 37.46, 所以接受  $H_0$ , 即认为该装备的平均修复时间是满足要求的。

### A.3.6 OC 曲线

本试验方法为计量标准型一次抽样检验。其特性(OC)函数为:

$$L(\mu) = \Phi\left(\frac{\bar{X}_a - \mu}{d/\sqrt{n}}\right) \dots\dots\dots (A7)$$

式中:  $\bar{X}_a = \frac{\mu_0 Z_{1-\alpha} + \mu_1 Z_{1-\beta}}{\mu_0 Z_{1-\alpha} + \mu_1 Z_{1-\beta}}$  (用于试验 A)

$$\bar{X}_a = \frac{Z_{1-\alpha} \mu_1 + Z_{1-\beta} \mu_0}{Z_{1-\alpha} + Z_{1-\beta}} \quad \text{(用于试验 B)}$$

本例中试验 A 的 OC 曲线见图 A1, 它表明了平均修复时间各值 (20~60 分钟) 的接收概率。如果平均修复时间  $\mu$  等于 40 分钟, 则其接收概率为 0.21。

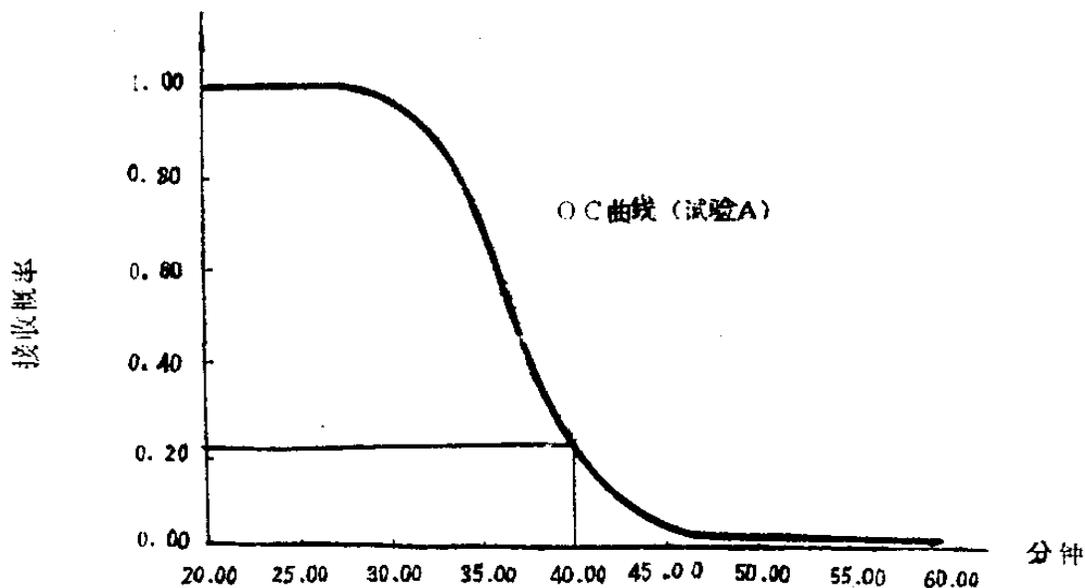


图 A1 用试验 A 作均值检验的 OC 曲线

本例中试验 B 的 OC 曲线见图 A2, 在这种情况下, 如果平均维修时间  $\mu=40$  分钟, 则其接收概率为 0.29。

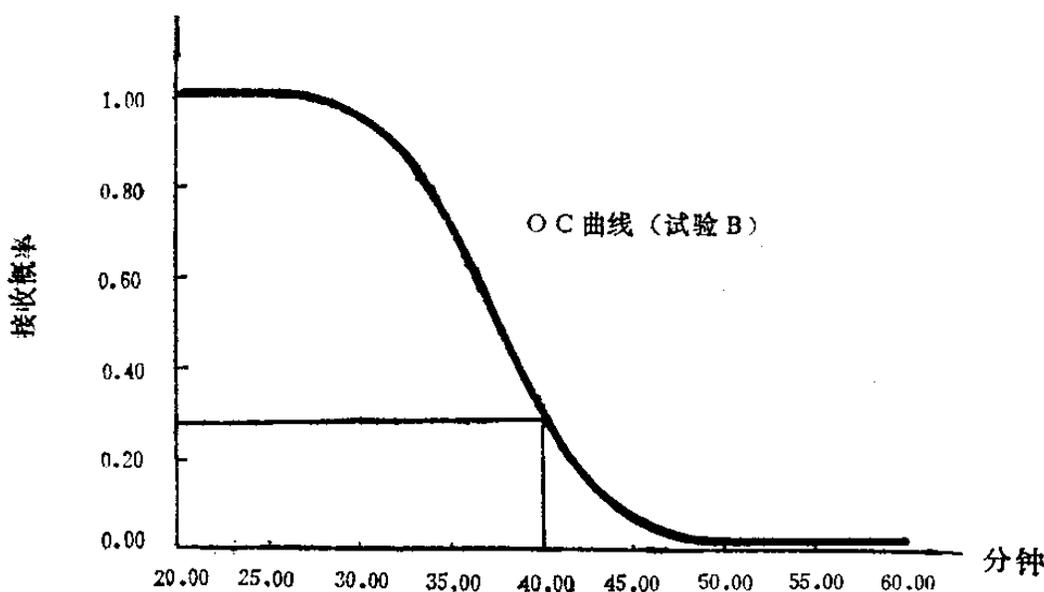


图 A2 用试验 B 作均值检验时的 OC 曲线

**A.4 试验方法 2: 规定临界百分位数的假设检验**

本试验法用于维修性要求按百分位数规定的维修性验证。若临界百分数定为 50% (维修度 50%), 即为中值试验。本试验法为固定样本量 (最小为 30)。

**A.4.1 使用条件**

维修时间按对数正态分布描述。维修时间的对数方差  $\sigma^2$  未知, 为确定样本量可根据以前资料取适当精度的估计值。

**A.4.2 检验假设**

$H_0$ : 第 95 百分位值  $X_p = X_{0.95} = T_0$

$H_1$ : 第 95 百分位值  $X_p = X_{0.95} = T_1$  ( $T_1 > T_0$ )

**A.4.3 样本量**

为符合规定的风险率  $\alpha$  和  $\beta$ , 需要的样本量为:

$$n = \left(\frac{2 + Z_p^2}{2}\right) \sigma^2 \left(\frac{Z_{1-\alpha} + Z_{1-\beta}}{\ln T_1 + \ln T_0}\right)^2 \dots \dots \dots (A8)$$

求出的  $n$  可归整为临近的整数。

**A.4.4 判决规则**

计算  $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln X_i \dots \dots \dots (A9)$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n (\ln X_i)^2 - n \bar{Y}^2 \right] \dots \dots \dots (A10)$$

$$X^* = \ln T_0 + Z_{1-\alpha} \sigma \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{Z_p^2}{2(n-1)}} \dots \dots \dots (A11)$$

$$\bar{Y} + Z_p S \leq X^* \dots \dots \dots (A12)$$

如果  
则接受  $H_0$ , 否则拒绝  $H_0$ 。

本试验法的判决规则基于：在对数正态假设下，第  $100p$  百分位值  $X_p = e^{(\mu + Z_p\sigma)}$ ，取对数得  $\ln X_p = \mu + Z_p\sigma$ ，且对正态参量  $\mu$  和  $\sigma$  使用极大似然估计值，则：

$\ln \bar{X}_p = \bar{Y} + Z_p S \sqrt{\frac{n-1}{n}}$ ，表明  $\bar{Y}$  等于  $\hat{\mu}$  是对  $\mu$  的估计值，而  $S \sqrt{\frac{n-1}{n}}$  是  $\sigma$  的极大似然估计值，当  $n$  较大时即可用  $S$  代替  $\sigma$ 。

#### A.4.5 举例

在  $\alpha$  等于  $\beta$  等于 0.10 和以下假设条件下试验：

$$H_0: X_{0.10} = 1.5 \text{ 小时} = T_0; \ln T_0 = 0.4055$$

$$H_1: X_{0.10} = 2.0 \text{ 小时} = T_1; \ln T_1 = 0.6932$$

$\tilde{\sigma}^2$  事前估计为 1.0，利用 (A8) 式求  $n$ ：

$$n = \left( \frac{2 + 1.65^2}{2} \right) \times 1.0 \times \frac{(1.28 + 1.28)^2}{(\ln 2.0 - \ln 1.5)^2} = 186.957; \text{ 归整 } n = 187$$

临界值  $X^*$  由公式 (A11) 求出：

$$\begin{aligned} X^* &= \ln T_0 + Z_{1-\alpha} \sigma \sqrt{\frac{1}{187} + \frac{Z_p^2}{372}} \\ &= \ln 1.5 + 1.28 \sigma \sqrt{\frac{1}{187} + \frac{1.65^2}{372}} \\ &= 0.4055 + 0.1437 \sigma \end{aligned}$$

式中的  $\sigma$  以估计值  $\tilde{\sigma}$  或  $S$  代入，得出  $X^*$ ，然后根据 (A12) 式判决。

#### A.4.6 OC 曲线

本试验为计量标准型一次抽样检验，其特性 (OC) 函数为：

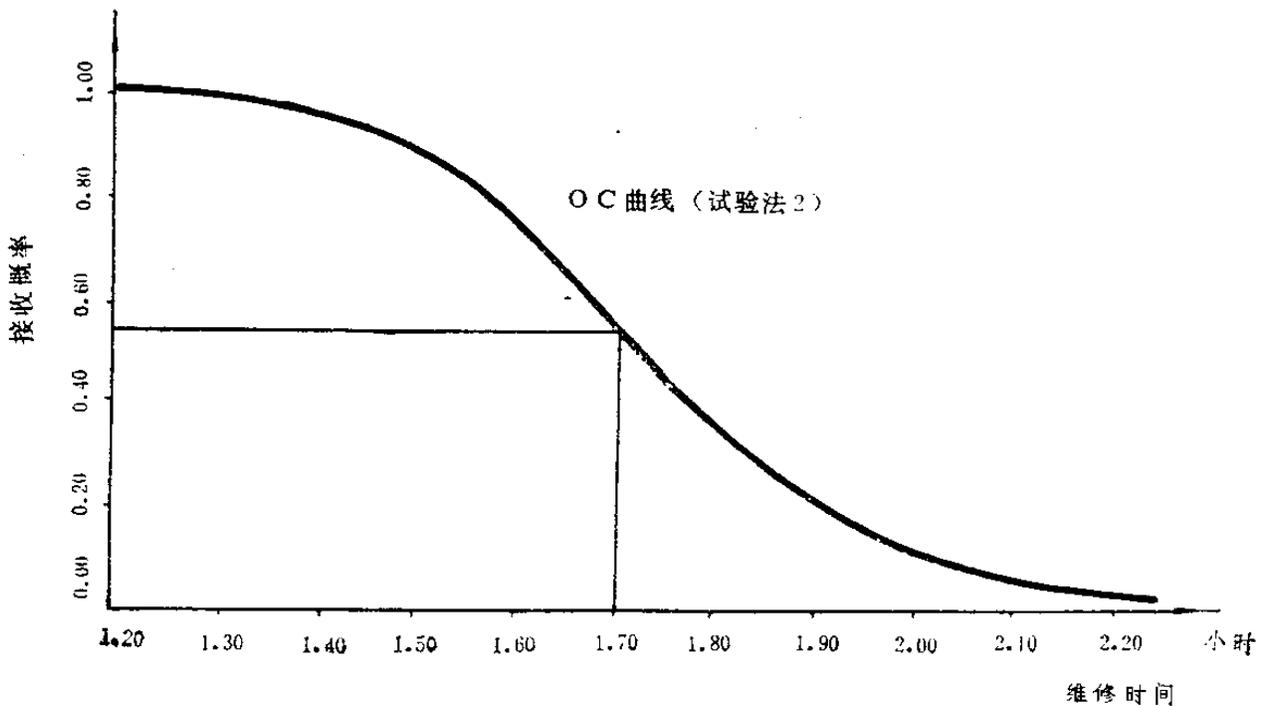


图 A3 规定百分位检验的 OC 曲线

$$L(T) = \Phi\left(\frac{X^* - \ln T}{\sigma\left(\frac{1}{n} + \frac{Z_{\alpha}^2}{2(n-1)}\right)^{\frac{1}{2}}}\right) \dots\dots\dots (A13)$$

本例试验的 OC 曲线示于图 A3, 它给出了维修时间分布的第 95 百分位的各值的接收概率。若  $X_{0.95}$  的期望值为 1.7 小时, 则接收概率为 0.57。

### A. 5 试验方法 3: 规定临界维修时间的假设检验

本试验法用于维修性要求按临界维修时间或临界工时规定的维修性验证。此试验为非参数时, 不需规定分布形式, 适用于拟建立对完成特定的维修任务时间或工时的临界上限值的控制。本试验中原假设和备择假设均系时间固定, 而百分位改变, 这与试验法 2 中百分位不变而时间改变的情形不同。

#### A. 5.1 使用条件

维修时间或工时的分布不需要特定的假设。

#### A. 5.2 检验假设

$H_0: T = t_{1-p_0}$  ( $X_{1-p_0}$  为  $1-p_0$  百分位点的维修时间)

$H_1: T = X_{1-p_1}$  ( $X_{1-p_1}$  为  $1-p_1$  百分位点的维修时间)

#### A. 5.3 样本量 $n$ 和接收数 $c$ 的确定

当不合格率  $p_0$  值较大时, 用二项分布趋近正态分布来确定  $n$  和  $c$ , 当  $n$  很大  $p_0$  很小时, 以泊松分布近似。 $n$  和  $c$  的计算公式如下:

当  $0.20 \leq p_0 \leq 0.80$  时 ( $p_i = 1 - q_i, i = 0, 1$ ):

$$n = \left(\frac{Z_{1-\beta} \sqrt{p_1 q_1} + Z_{1-\alpha} \sqrt{p_0 q_0}}{p_1 - p_0}\right)^2 \text{ (归整为较大的整数)} \dots\dots\dots (A14)$$

$$c = n \left(\frac{Z_{1-\beta} \sqrt{p_0} \sqrt{p_1 q_1} + Z_{1-\alpha} \sqrt{p_0 q_0}}{Z_{1-\alpha} \sqrt{p_0 q_0} + Z_{1-\beta} \sqrt{p_1 q_1}}\right) \text{ (修约为较小的整数)} \dots\dots\dots (A15)$$

当  $p_0 < 0.20$  时,  $c$  与  $n$  应满足下两式的最小整数:

$$\sum_{d=0}^c \frac{e^{-np_0} (np_0)^d}{d!} \geq 1 - \alpha \dots\dots\dots (A16)$$

$$\sum_{d=0}^c \frac{e^{-np_1} (np_1)^d}{d!} \leq \beta \dots\dots\dots (A17)$$

表 A2 提供了当  $p_0$  小于 0.20 时相应于各种  $\alpha$  和  $\beta$  及  $p_1/p_0$  比值的抽样方案。

#### A. 5.4 判决规则

抽取维修作业时间大小为  $n$  的一个随机样本, 其观测值为  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , 统计其中超过规定时间  $T$  值的观测值的个数  $r$ 。

若  $r \leq c$ , 则接受  $H_0$   $\dots\dots\dots$  (A18)

若  $r > c$ , 则拒绝  $H_0$   $\dots\dots\dots$  (A19)

#### A. 5.5 举例求 $n$ 和 $c$

验证要求：中值为 30 分钟可接受，若 30 分钟为第 25 百分位值则不可接受。今有  $\alpha$  等于  $\beta$  等于 0.10，假设：

$H_0$  : 30 分钟 =  $X_{0.50}$  = 第 50 百分位值

$H_1$  : 30 分钟 =  $X_{0.25}$  = 第 25 百分位值

则由表 A1 得： $Z_{1-\alpha}$  等于  $Z_{1-\beta}$  等于 1.28，而维修时间不合格率  $p_0$  等于 0.50， $p_1$  等于 0.75，利用(A14)式及(A15)式求得：

$$n = 1.28^2 \times \left( \frac{\sqrt{0.75 \times 0.25} + \sqrt{0.50 \times 0.50}}{0.25} \right)^2 = 22.819 ; \text{归整 } n=23$$

$$c = 23 \times \frac{1.28 \times 0.5 \sqrt{0.75 \times 0.25} + 1.28 \times 0.75 \sqrt{0.50 \times 0.50}}{1.28 \sqrt{0.50 \times 0.50} + 1.28 \sqrt{0.75 \times 0.25}} = 14.581 ; \text{修约 } c=14$$

表 A2 当  $p_0$  较小(例如  $p_0 < 0.20$ )时,相应于  $p_0, p_1, \alpha$  和  $\beta$  规定值的抽样方案

K = $\frac{p_1}{p_0}$	$\alpha=0.05$						$\alpha=0.10$						$\alpha=0.20$					
	$\beta=0.05$		$\beta=0.10$		$\beta=0.20$		$\beta=0.05$		$\beta=0.10$		$\beta=0.20$		$\beta=0.05$		$\beta=0.10$		$\beta=0.20$	
	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D
1.5	66	54.1	54	43.4	39	30.2	51	43.0	40	33.0	29	23.2	36	31.8	27	23.5	17	14.4
2	22	15.7	18	12.4	14	9.25	17	12.8	14	10.3	10	7.02	12	9.91	9	7.29	6	4.73
2.5	13	8.46	10	6.17	8	4.70	10	7.02	8	5.43	6	3.90	7	5.58	5	3.84	3	2.30
3	9	5.43	7	3.96	6	3.29	7	4.66	5	3.15	4	2.43	4	3.09	3	2.30	2	1.54
4	6	3.29	5	2.61	4	1.97	4	2.43	3	1.75	2	1.10	3	2.30	2	1.54	1	0.824
5	4	1.97	3	1.37	3	1.37	3	1.75	2	1.10	2	1.10	2	1.54	1	0.824	1	0.824
10	2	0.818	2	0.818	3	0.353	1	0.532	1	0.532	1	0.532	1	0.824	1	0.824	0	0.227

对于给定的  $p_0, p_1, \alpha$  和  $\beta$ , 为求样本量  $n$ , 将相应的 D 值除以  $p_0$ , 归整为小于商的最大值。

例： $p_0 = 0.05, p_1 = 0.20, \alpha = 0.10, \beta = 0.05$ , 而  $K = \frac{0.20}{0.05} = 4$ , 则  $n = \frac{D}{0.05} = \frac{2.43}{0.05} = 48$ , 可接受的  $c$  值为 4。

### A. 5.6 OC 曲线

本试验为计数标准型一次抽样检验, 其特性(OC)函数为:

当  $0.20 < p \leq 0.80$  时  $L(p) = \sum_{d=0}^c C_n^d p^d (1-p)^{n-d} \approx \Phi\left(\frac{c-np}{\sqrt{npq}}\right)$  ..... (A20)

当  $p < 0.20$  时  $L(p) = \sum_{d=0}^c \frac{(np)^d}{d!} e^{-np}$  ..... (A21)

本例试验的 OC 曲线示于图 A4. 它给出了维修时间相应于  $p$  值(不合格率)由 0.3 到 1.0 的接收概率。由图可见, 若给出临界维修时间 T 值为第 40 百分位, 即对应不合格率  $p$  值为 0.6, 则接收概率为 0.61。

### A. 6 试验方法 4: 装备修复时间中值( $\tilde{M}_{ct}$ )的试验

本方法供维修性验证用,前提是维修性要求按装备修复时间中值( $\tilde{M}_{ct}$ )的规定进行评定,这种要求在某些装备的专用规范中有所规定。

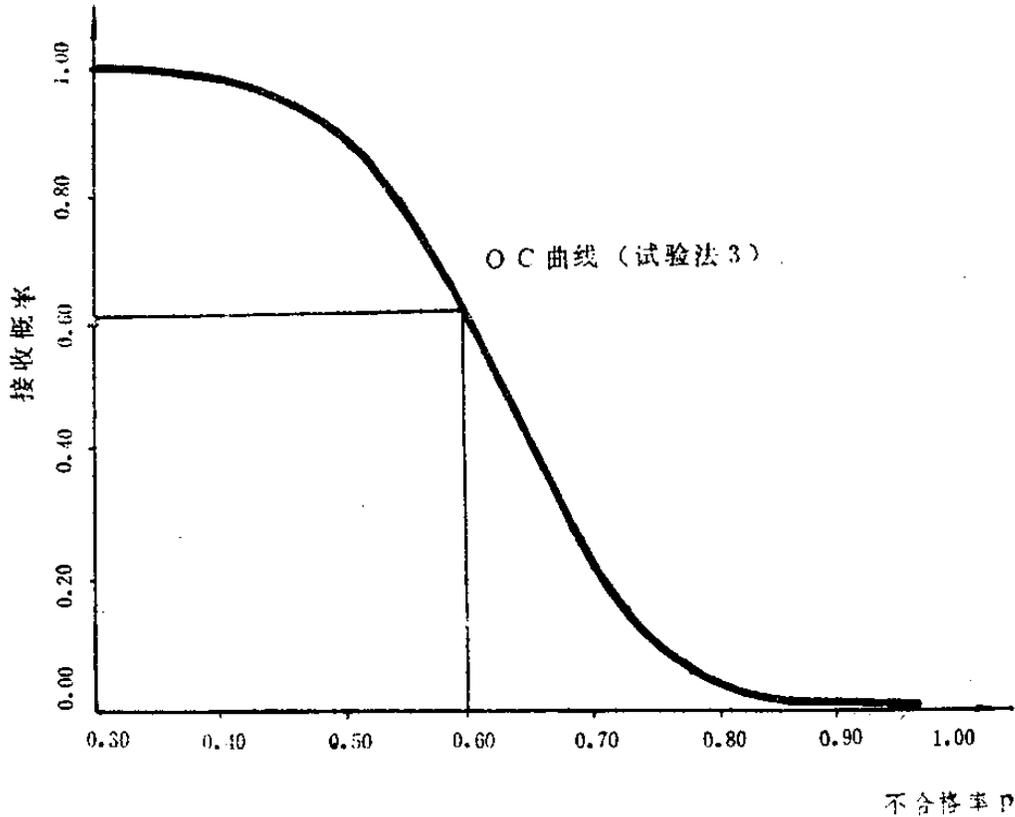


图 A4 规定临界维修时间检验的 OC 曲线

A.6.1 使用条件

假定修理时间服从对数正态分布。

A.6.2 样本量

所需样本量为 20,利用本试验法所述的公式,必须采用这样大的样本。

A.6.3 维修作业的选择与实施

维修作业应根据标准中 2.7.1 的程序选择。试验中,记录每一维修作业的持续时间  $M_{cti}$ ,并用来计算下列统计量:

$$\log \tilde{M}'_{ct} = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} (\log M_{cti})}{n_c} \dots\dots\dots (A22)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_c} (\log M_{cti})^2}{n_c} - (\log \tilde{M}'_{ct})^2} \dots\dots\dots (A23)$$

式中:  $\tilde{M}'_{ct}$  —— 样本的修复时间中值。

A.6.4 判决规则

当测得的  $\tilde{M}_{ct}$  和均方差  $S$  满足下列表达式时, 则应认为受试品已符合规定的装备修复时间中值  $\tilde{M}_{ct}$  的要求:

$$\log \tilde{M}'_{ct} \leq \log \tilde{M}_{ct} + 0.397S \dots \dots \dots (A24)$$

#### A. 6. 5 $\tilde{M}_{ct}$ 规定值的确定

在合同或专用规范中,  $\tilde{M}_{ct}$  的规定值按下式确定:

$$\tilde{M}_{ct} (\text{规定值}) = 0.37 \tilde{M}_{ct \max} \quad (\tilde{M}_{ct \max} \text{ 为修复时间中值的最大值})$$

$$\tilde{M}_{ct \max} = 0.45 M_{\max ct} \quad (\text{第 95 百分位}).$$

#### A. 7 试验方法 5: 每次运行应计入的维修停机时间的试验

本试验法用来通过验证航空等特殊装备每次运行应计入的维修停机时间, 达到间接验证有效度(要求值)的目的。

##### A. 7. 1 使用条件

本试验法不需任何关于每次运行应计入维修停机时间的分布假设。为使中心极限定理有效, 本试验法的样本量(运行次数)至少应为 50, 或根据 A. 7. 3 加以确定。

##### A. 7. 2 每次运行 CMDT 的计算

由有效度的定义可得:

$$A = 1 - \frac{CMDT + NCMDT + DDT}{TOT} \dots \dots \dots (A25)$$

式中:  $A$ ——有效度: 当需要在某个随机时刻执行运行任务时, 装备处于可工作的或可战斗的状态的概率。

TOT——总活动时间, 以小时计。在此时间内包括装备正在运行或准备运行、正在进行维修以及由于供应或管理等原因致使维修被延误的时间。

CMDT——应计入的维修停机时间: 维修人员在装备上进行作业的时间(以小时计); 属于不应计入维修停机时间(NCMDT)的维修作业除外。

NCMDT——不应计入的维修停机时间, 包括如下:

- a. 由于技术指令、人员培训等原因造成的修理或操作失误;
- b. 杂项作业, 如飞机滑行或牵引出作业区等;
- c. 意外修理或改善性质的维修工作;
- d. 由于测试仪器失调或损坏引起的维修。

DDT——延误的停机时间: 应进行维修, 但由于供应或管理等原因而延误维修的停机时间(以小时计)。

$$\text{因为} \quad N = \frac{(TOT)(DUR)}{24(AOL)} \dots \dots \dots (A26)$$

式中:  $DUR$ ——日利用率: 每天运行的小时数。

$AOL$ ——平均运行时间: 每次运行的小时数。

$N$ ——运行次数(等同于样本量  $n$ )。

可得每次运行的 CMDT 要求值:

$$\frac{CMDT}{N} = \frac{24(AOL)}{DUR} - \frac{24A(AOL)}{DUR} - \frac{NCMDT}{N} - \frac{DDT}{N} \dots\dots\dots (A27)$$

上式等号左方为待验证的要求值；等号右方：第一、二项中的 AOL 及 DUR 为不同型号装备在使用中的规定值，后两项为与工作环境有关的参量，应在招标书中提出，或承制方根据订购方的要求来提供；有效度 A 应在招标书中明确规定。

示例：

若已知 A=0.75

DUR=2 小时/每日

AOL=4 小时/每次运行

$\frac{NCMDT}{N} = 0.2$  小时/每次运行

$\frac{DDT}{N} = 1$  小时/每次运行

则按(A27)式求得

$$\begin{aligned} \frac{CMDT}{N} &= \frac{24 \times 4}{2} - \frac{0.75 \times 24 \times 4}{2} - 0.2 - 1.0 \\ &= 10.8 \text{ 小时/每次运行} \end{aligned}$$

#### A.7.3 样本量(运行次数)的计算

采用中心极限定理，所需的样本量 n 按下式求取：

$$n = \left( \frac{Z_{1-\alpha} + Z_{1-\beta}d}{M_1 - M_0} \right)^2 \dots\dots\dots (A28)$$

式中：M<sub>1</sub> —— 每次运行应计入的最大平均维修停机时间(假设值)。

M<sub>0</sub> —— 每次运行所需要的应计入的平均维修停机时间(规定值)。

如果求出的 n 小于 50，则应取 n 等于 50。

示例：

假定：要求 M<sub>0</sub> = 2.0，经协商确定 α=β=0.10，M<sub>1</sub> - M<sub>0</sub> = 0.30，d=1.0。

查表 A1：Z<sub>1-α</sub> = 1.28，Z<sub>1-β</sub> = 1.28

应用公式(A28)：

$$n = \frac{(1.28 + 1.28)^2}{(0.3)^2} = 72.818; \text{ 归整 } n = 73$$

#### A.7.4 判决规则

验证时，测量每次运行应计入的维修停机时间(X<sub>i</sub>)，在试验结束时，将总的应计入的停机时间除以总的运行次数，以求得 CMDT 的样本均值( $\bar{X}$ )和样本均方差( $\hat{d}$ )：

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (A29)$$

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2)} \dots\dots\dots (A30)$$

若  $\bar{X} \leq M_0 + \frac{Z_{1-\alpha}d}{\sqrt{n}}$ , 则符合要求; .....

 (A31)

若  $\bar{X} > M_0 + \frac{Z_{1-\alpha}d}{\sqrt{n}}$ , 则不符合要求 .....

 (A32)

式中: d 允许以  $\bar{d}$  代替。

#### A.8 试验方法 6: 每飞行小时维修工时的试验

本试验法适用于航空装备(含分系统)的研制阶段对每飞行小时的维修工时(工时率)的验证。

##### A.8.1 工时率的计算

$$\text{工时率} = \frac{\text{总的应计入的维修工时}}{\text{总的验证飞行小时}} \dots\dots\dots (A33)$$

##### A.8.2 判决规则

若 工时率(验证值)  $\leq$  工时率 MI(要求值) +  $\Delta$ MI, 则符合要求。 .....

 (A34)

式中:  $\Delta$ MI——工时率容许的最大偏差。此值按工时率要求值的百分数由订购单位提出, 或根据预期的验证持续时间及类似装备(或分系统)的先前经验加以确定。由于不规定风险率, 则  $\Delta$ MI 的提出应适当。

##### A.8.3 数据来源

为确定应计入的维修工时, 通常应把正式的验证试验维修人员在研制验证阶段所完成的, 并以书面文件所提供的全部维修作业时间的累积数和按合同规定验证飞行小时的总数作为验证数据的基础。若研制阶段达不到验证总时数, 则应在使用中继续累积其验证小时数。

##### A.8.4 机型的配置

工时率的要求必须与合同中提供的飞机配置相一致, 如果验证阶段采用不同的配置进行飞行, 则在计算总的应计入的维修工时中, 增加适当的应计入工时。

#### A.9 试验方法 7: 地面电子系统的工时率试验

本试验法用于对地面电子系统采用故障模拟方式验证工时率。

##### A.9.1 使用条件

为验证工时率必须具备:

- a. 受试品(系统)的预计的总失效率  $\lambda_T$ ;
- b. 修理作业样本量  $n$  应不小于 30;
- c. 承制方风险率  $\alpha$ ;
- d. 工时率的要求值  $\mu_R$

##### A.9.2 验证工时率的计算

$$\text{工时率} = \frac{\text{总的应计入的维修工时}}{\text{总工作时间}}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n X_{cti} + PS}{T} \dots\dots\dots (A35)$$

式中:  $X_{cti}$  —— 第  $i$  项修理任务的工时;

$n$  —— 修理作业样本量;

$PS$  —— 在工作时间等于  $n(MTBF)$  小时内所估计的维护保养工作的总工时;

$MTBF$  —— 单元(或系统)的平均无故障工作时间,  $MTBF = \frac{1}{\lambda_T}$ ;

$\frac{\sum_{i=1}^n X_{cti}}{n}$  —— 每项修理任务的修理工时的平均值  $\bar{X}_{ct}$ ;

$T$  —— 总工作时间,  $T = n(MTBF)$ 。

试验按要求的程序模拟维修作业任务, 由于:

$$\frac{\sum_{i=1}^n X_{cti} + PS}{T} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{cti} + PS}{n(MTBF)} = \frac{1}{MTBF} \left[ \bar{X}_{ct} + \frac{PS}{n} \right] \dots\dots\dots (A36)$$

上式除  $\bar{X}_{ct}$  外, 其它所有成分均可认为是常量(已知)。因此, 当  $n$  较大时, 由中心极限定理可知,  $\bar{X}_{ct}$  可认为具有方差为  $\frac{d^2}{n}$  的正态分布变量。

### A. 9.3 判决规则

如果工时率要求值为  $\mu_R$ , 当

$$\bar{X}_{ct} \leq \mu_R(MTBF) - \frac{PS}{n} + Z_{1-\alpha} \frac{d}{\sqrt{n}}, \text{ 则符合要求。} \dots\dots\dots (A37)$$

若  $d$  未知, 允许用样本均方差  $\hat{d}$  代替。

### A. 10 试验方法 8: 均值与百分位要求的组合序贯试验

本试验法用于对装备的修复时间均值和第 90 或 95 百分位的最大修复时间对偶(组合)要求的维修性序贯验证试验。修复时间为对数正态分布。

#### A. 10.1 使用条件

- a. 均值同第 90 或第 95 百分位组合试验中, 均值规定应不小于 10 分钟和不大于 100 分钟;
- b. 第 90 百分位的最大修复时间与均值之比不大于 2; 第 95 百分位的最大修复时间与均值之比不大于 3;
- c. 时间的分布均为对数正态;
- d. 风险率  $\alpha$  和  $\beta$  不大于 0.16。

#### A. 10.2 讨论

该序贯试验法实际使用表明, 用修复时间均值和第 90 或 95 百分位的最大修复时间进行组合, 相当于用第 61 百分位的最大修复时间和第 90 或 95 百分位的最大修复时间进行组合, 这是因为两者存在对偶要求的同一条件, 以便利用绘制的 OC 曲线, 查得试验方案的接收概率。

图 A5 表明,在对数正态分布下,30 分钟均值( $\mu_1$ )和第 95 百分位的 60 分钟( $M_{maxct}$ )这一组合,同时确定了满足这一对偶条件对  $\theta$  和  $\sigma$  要求的各种可能值(交点及其左下斜线部);而由两个百分位最大修复时间组成对偶条件(即第 61 百分位的最大修复时间为 30 分钟和第 95 百分位的最大修复时间为 60 分钟的组合),也同样能够确定出对偶条件中对  $\theta$  和  $\sigma$  要求的各种可能值,见图 A6 的两直线交点及其左下斜线部。

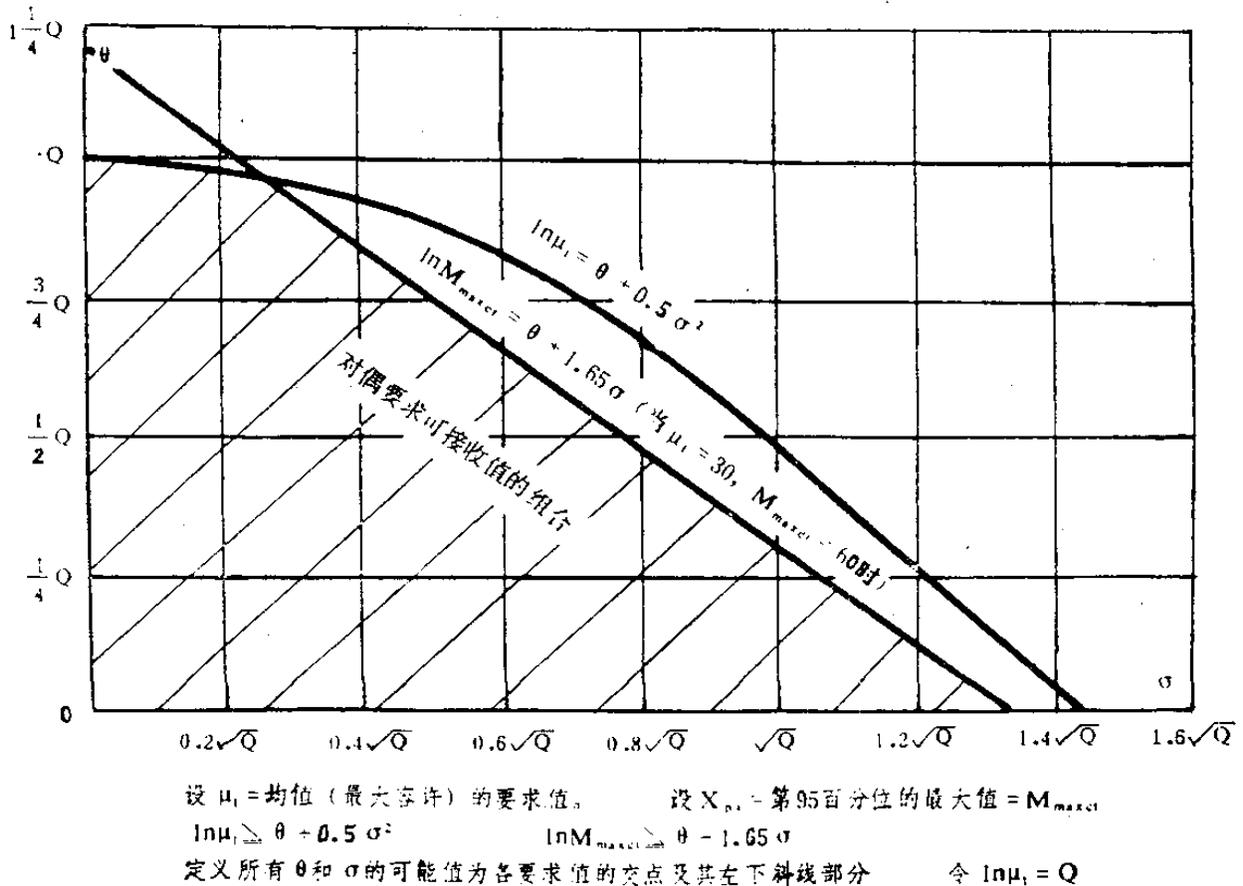


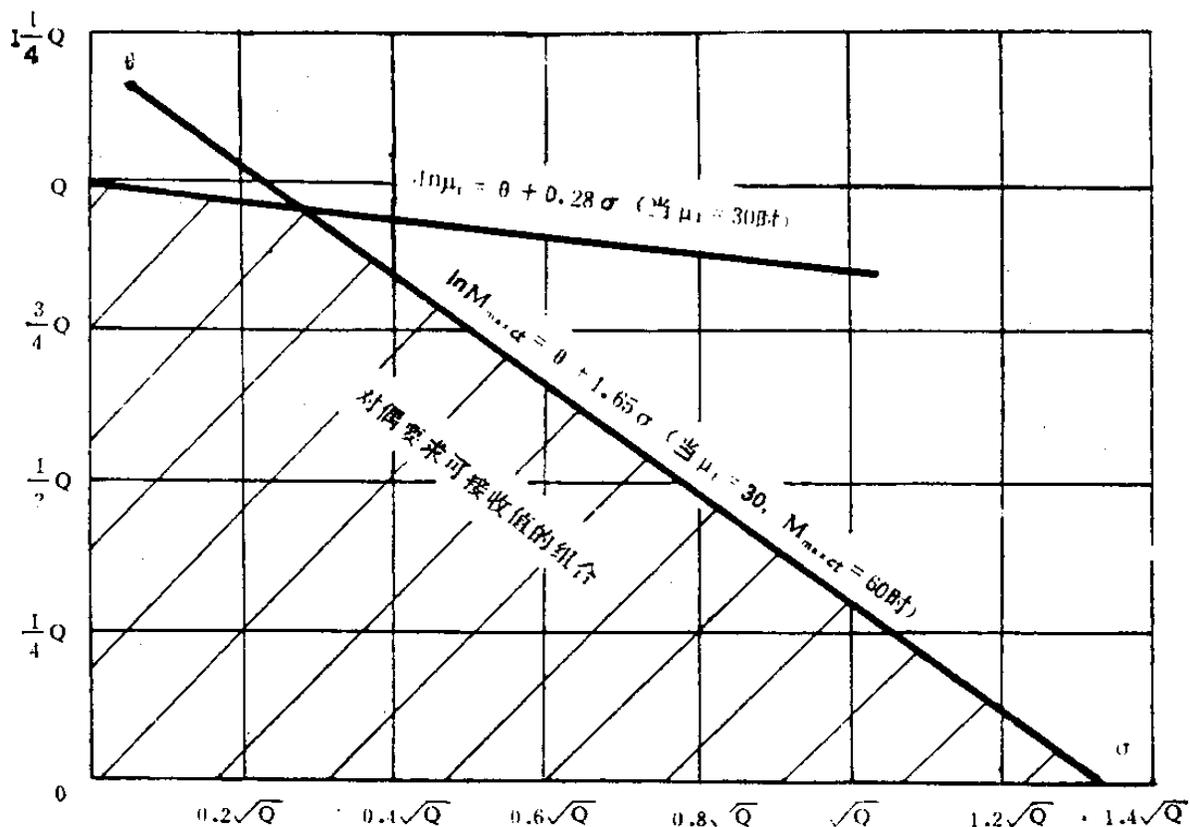
图 A5

图 A7 是图 A5 和图 A6 的迭加。可见,若能满足两个百分位的要求规定,则同时即能找出相应的  $\theta$  和  $\sigma$  可能值来满足均值和  $M_{maxct}$  的对偶要求,因此,两者的判据是统一的。由于两个百分位的组合试验互不相关,因此试验时应取相同的样本,必要的话可同时进行。

### A. 10.3 作业任务选择与序贯试验程序

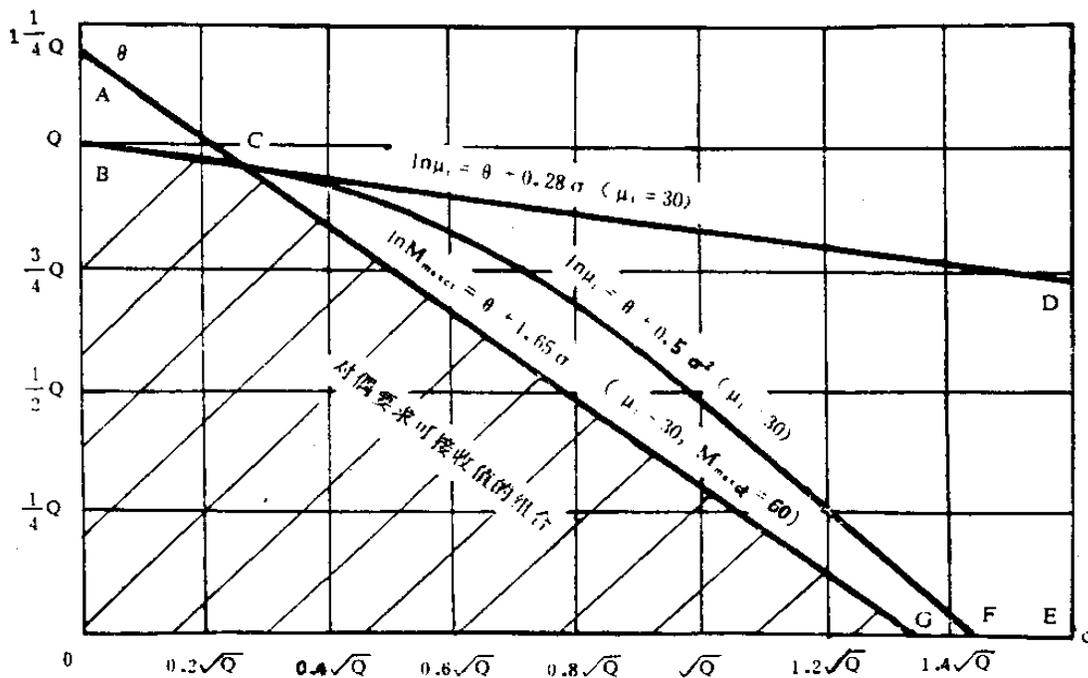
根据标准中 2.7.1 对序贯试验的要求,进行随机抽样。

按“计数序贯抽样检验法”中的接收(拒收)概率比,所制定出的表 A3 和 A4 或表 A5,分别适用于均值(或第 61 百分位)和  $M_{maxct}$  (第 90 百分位)或  $M_{maxct}$  (第 95 百分位)的组合试验,并列出了接收和拒收的判决标准。采用此方法时,必须同时规定出  $\bar{M}_{cr}$  和  $M_{maxct}$  的要求值(或两个百分位对偶要求值)。试验中将观测到的大于或小于规定值的作业任务次数分别进行累积,并同表中的判决数进行比较。



设  $\mu_1$  = 均值 (最大容许) 的要求值。 设  $X_{.95}$  = 第95百分位的最大值 =  $M_{max,t}$   
 此处均值的要求值为采用第61百分位的最大值。  
 $\ln \mu_1 \geq \theta + 0.28\sigma$        $\ln M_{max,t} \geq \theta + 1.65\sigma$       令  $\ln \mu_1 = Q$

图A6



图A7

当任一方案作出接收判决时，此试验方案即可中止，继续执行另一方案直到作为判决为止。若其中任一方案被拒收，则装备都将被拒收，只有两个方案(对偶)均作出接收判决时，装备方被接收。如果在 100 次观测时仍未作出接收或拒收的判决时，则按下列规则作出决策：

方案 A<sub>1</sub> —— 只有在超过  $\bar{M}_{\alpha}$  规定值的观测次数不大于 29 时方可接收；

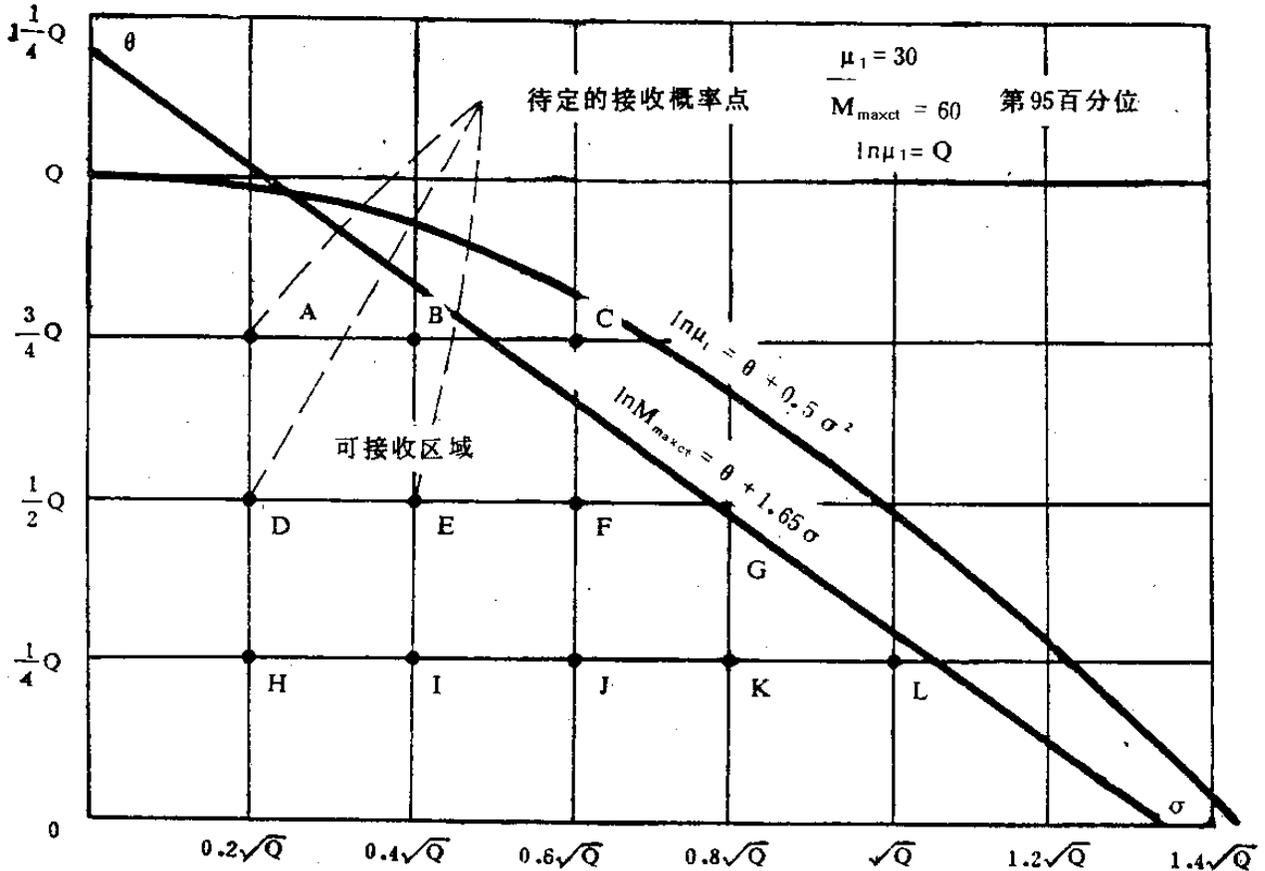


图 A8

方案 B<sub>1</sub> —— 只有在超过  $M_{maxct}$  规定值的观测次数不大于 5 时方可接收；

方案 B<sub>2</sub> —— 只有在超过  $M_{maxct}$  规定值的观测次数不大于 2 时方可接收。

A. 10.4 OC 曲线

图 A9、A10、A11 的抽检特性(OC)曲线是通过如图 A8 中可接收或不可接收区域内各点的接收概率(1-α;β)绘制而成的，其变换特性(OC)函数由下式求得：

$$L(p) = L\left\{1 - \Phi\left(\frac{\ln \mu - \theta}{\sigma}\right)\right\} = P(Y) \dots \dots \dots (A38)$$

式中：L(p) —— 对应不同的维修时间不合格率 P 的接收概率，可按计数序贯抽验方案求取，取 L(p) 与组合试验的各组试验方案的接收概率 P(Y) 相对应；

μ —— 规定百分位的对数正态分布最大维修时间要求值；

$\frac{\ln \mu - \theta}{\sigma}$  —— 对数正态分布参量的标准正态分位数  $Z_p = Y$ ； $1 - \Phi(Y) = p$ 。

图 A8 的纵座标  $\theta$  能过  $Q$  的系数  $c$ , 此处  $Q = \ln \mu$ , 横座标  $\sigma$  通过  $\sqrt{Q}$  的系数  $k$ , 表示对任一点  $(\sigma, \theta)$  都将被唯一地确定下来。如点 B, 只能是  $c = \frac{3}{4}$ ,  $k = 0.4$  的对应点, 而各点又均为特定的对数正态分布的参考点。对任一点, 其相应的接收概率等于  $\mu_1$  (试验方案  $A_1$ ) 试验的接收概率与  $M_{maxct}$  (试验方案  $B_1$  或  $B_2$ ) 百分位试验的接收概率的积。

为了直接利用这些 OC 曲线, 则对任意给定的  $\theta$  和  $\sigma$  (一个特定点) 的单组独立试验方案  $A_1$ 、 $B_1$  或  $B_2$  可通过计算对应的参量  $Y_{A_1}$ 、 $Y_{B_1}$  或  $Y_{B_2}$  查得接收概率  $P_{A_1}$ 、 $P_{B_1}$  或  $P_{B_2}$ 。参量计算方程如下:

$$Y_{A_1} = \frac{\sqrt{Q}(1-c)}{k} \dots \dots \dots (A39)$$

$$Y_{B_1} = Y_{B_2} = \frac{\ln M_{maxct} - cQ}{k\sqrt{Q}} \dots \dots \dots (A40)$$

在图 A9、图 A10 或图 A11 上分别标出  $Y_{A_1}$ 、 $Y_{B_1}$  或  $Y_{B_2}$  的值, 即可对应查到该试验方案的接收概率。将  $P_{A_1}$  和  $P_{B_1}$  或  $P_{B_2}$  的值相乘, 结果即获得一个由  $c$  和  $k$  所决定的具有特定值  $\theta$  和  $\sigma$  要求的组合试验接收概率。

注,  $\theta$  与  $\sigma$  可分别由  $\ln X$  的样本均值和样本方差求估计值。在建立组合试验接受概率点时, 两组(均值与百分位)的  $c$  及  $k$  可取近似相等。即同一座标点。

图 A12 为组合试验条件下, 待定为 ( ) 的各接收概率点。点的位置偏下及偏左时, 其接收概率越高。

表 A3 关于试验方法 8 中方案 A<sub>1</sub> 的接收或拒收判决标准  
 ( $\alpha = \beta = 0.06$ ;  $p_0 \leq 0.22$ ,  $p_1 \geq 0.39$ )

进行试验的次数 N	超过 $\bar{M}_{et}$ 或第 61 百分位的观测次数		进行试验的次数 N	超过 $\bar{M}_{et}$ 或第 61 百分位的观测次数	
	接 收	拒 收		接 收	拒 收
5	#	5	53	12	20
6	#	6	54	12	20
7	#	6	55	13	20
8	#	6	56	13	21
9	#	7	57	13	21
10	#	7	58	14	21
			59	14	21
11	#	7	60	14	22
12	0	7			
13	0	8	61	14	22
14	0	8	62	15	22
15	1	8	63	15	23
			64	15	23
16	1	9	65	16	23
17	1	9			
18	2	9	66	16	24
19	2	9	67	16	24
20	2	10	68	17	24
			69	17	24
21	2	10	70	17	25
22	3	10			
23	3	11	71	17	25
24	3	11	72	18	25
25	4	11	73	18	26
			74	18	26
26	4	12	75	19	26
27	4	12			
28	5	12	76	19	27
29	5	12	77	19	27
30	5	13	78	20	27
			79	20	27
31	5	13	80	20	28
32	6	13			
33	6	14	81	20	28
34	6	14	82	21	28
35	7	14	83	21	29
			84	21	29
36	7	15	85	22	29
37	7	15			
38	8	15	86	22	30
39	8	15	87	22	30
40	8	16	88	23	30
			89	23	30
41	8	16	90	23	31
42	9	16			
43	9	17	91	23	31
44	9	17	92	24	31
45	10	17	93	24	32
			94	24	32
46	10	18	95	25	32
47	10	18			
48	11	18	96	25	33
49	11	18	97	25	33
50	11	19	98	26	33
51	11	19	99	26	34
52	12	19	100	26	34

注:遇表中“#”的情形,尚不能判为接收。

表 A4 关于试验方法 8 中方案 B<sub>1</sub> 的接收或拒收的判决标准 $(\alpha = \beta = 0.10; p_0 \leq 0.02, p_1 \geq 0.10)$ 

进行试验的次数 N	超过第 90 百分位的 $M_{maxct}$ 的观测次数		进行试验的次数 N	超过第 90 百分位的 $M_{maxct}$ 的观测次数	
	接 收	拒 收		接 收	拒 收
2	#	2	51	1	4
3	#	2	52	1	4
4	#	2	53	1	4
5	#	2	54	1	5
6	#	2	55	1	5
7	#	2	56	1	5
8	#	2	57	1	5
9	#	2	58	1	5
10	#	2	59	1	5
			60	1	5
11	#	2	61	1	5
12	#	2	62	1	5
13	#	2	63	1	5
14	#	2	64	1	5
15	#	2	65	2	5
16	#	3	66	2	5
17	#	3	67	2	5
18	#	3	68	2	5
19	#	3	69	2	5
20	#	3	70	2	5
21	#	3	71	2	5
22	#	3	72	2	5
23	#	3	73	2	5
24	#	3	74	2	6
25	#	3	75	2	6
26	0	3	76	2	6
27	0	3	77	2	6
28	0	3	78	2	6
29	0	3	79	2	6
30	0	3	80	2	6
31	0	3	81	2	6
32	0	3	82	2	6
33	0	3	83	2	6
34	0	4	84	2	6
35	0	4	85	3	6
36	0	4	86	3	6
37	0	4	87	3	6
38	0	4	88	3	6
39	0	4	89	3	6
40	0	4	90	3	6
41	0	4	91	3	6
42	0	4	92	3	6
43	0	4	93	3	6
44	0	4	94	3	6
45	0	4	95	3	6
46	1	4	96	3	7
47	1	4	97	3	7
48	1	4	98	3	7
49	1	4	99	3	7
50	1	4	100	3	7

表 A5 关于试验方法 8 中方案 B<sub>1</sub> 的接收或拒收的判决标准  
 $(\alpha=\beta=0.10; p_0 \leq 0.01, p_1 \geq 0.05)$

进行试验的次数 N	超过第 90 百分位的 $M_{maxot}$ 的观测次数		进行试验的次数 N	超过第 90 百分位的 $M_{maxot}$ 的观测次数	
	接 收	拒 收		接 收	拒 收
2	#	2	51	#	3
3	#	2	52	#	3
4	#	2	53	#	3
5	#	2	54	0	3
6	#	2	55	0	3
7	#	2	56	0	3
8	#	2	57	0	3
9	#	2	58	0	3
10	#	2	59	0	3
11	#	2	60	0	3
12	#	2	61	0	3
13	#	2	62	0	3
14	#	2	63	0	3
15	#	2	64	0	3
16	#	2	65	0	3
17	#	2	66	0	3
18	#	2	67	0	3
19	#	2	68	0	3
20	#	2	69	0	3
21	#	2	70	0	3
22	#	2	71	0	4
23	#	2	72	0	4
24	#	2	73	0	4
25	#	2	74	0	4
26	#	2	75	0	4
27	#	2	76	0	4
28	#	3	77	0	4
29	#	3	78	0	4
30	#	3	79	0	4
31	#	3	80	0	4
32	#	3	81	0	4
33	#	3	82	0	4
34	#	3	83	0	4
35	#	3	84	0	4
36	#	3	85	0	4
37	#	3	86	0	4
38	#	3	87	0	4
39	#	3	88	0	4
40	#	3	89	0	4
41	#	3	90	0	4
42	#	3	91	0	4
43	#	3	92	0	4
44	#	3	93	0	4
45	#	3	94	1	4
46	#	3	95	1	4
47	#	3	96	1	4
48	#	3	97	1	4
49	#	3	98	1	4
50	#	3	99	1	4
			100	1	4

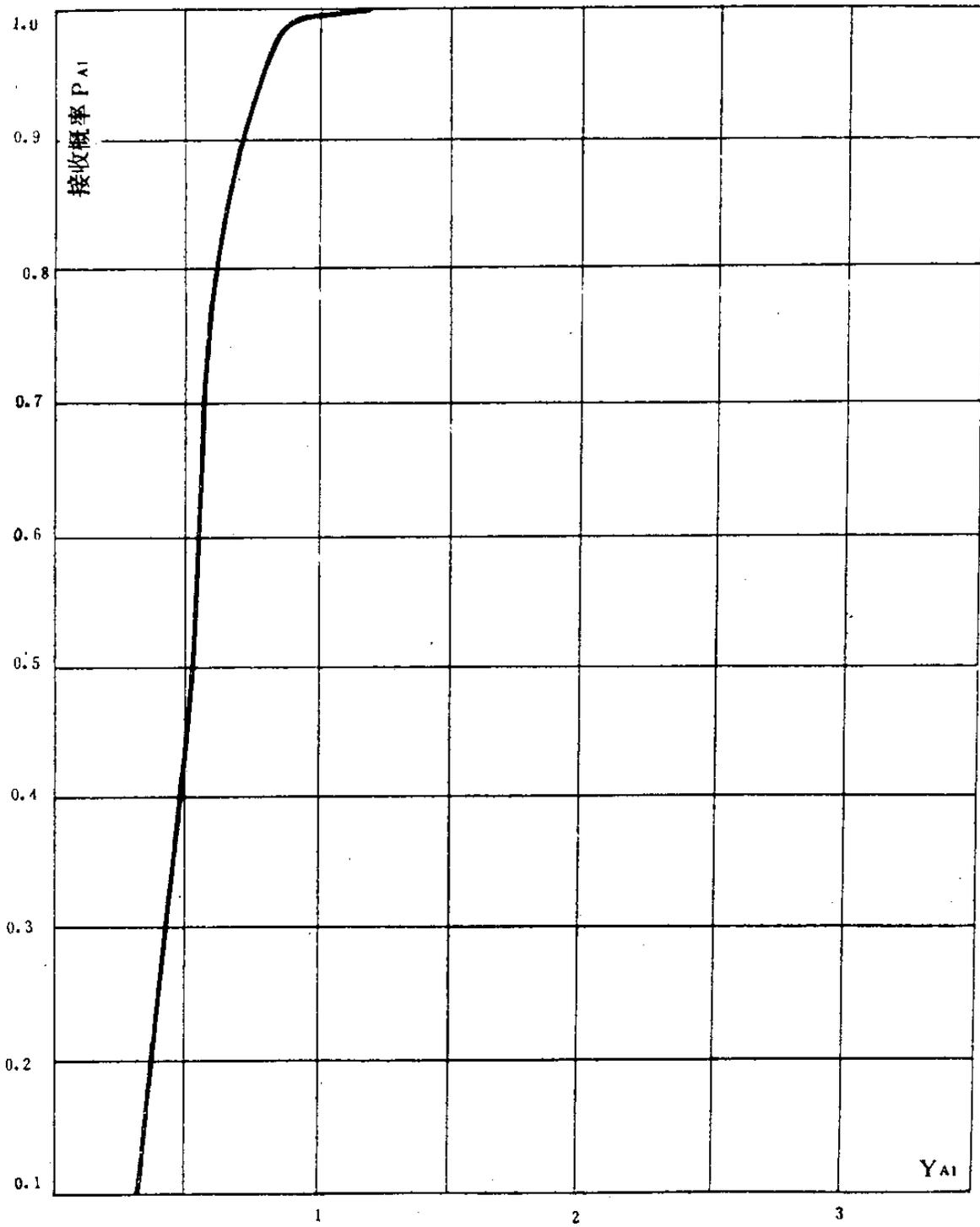
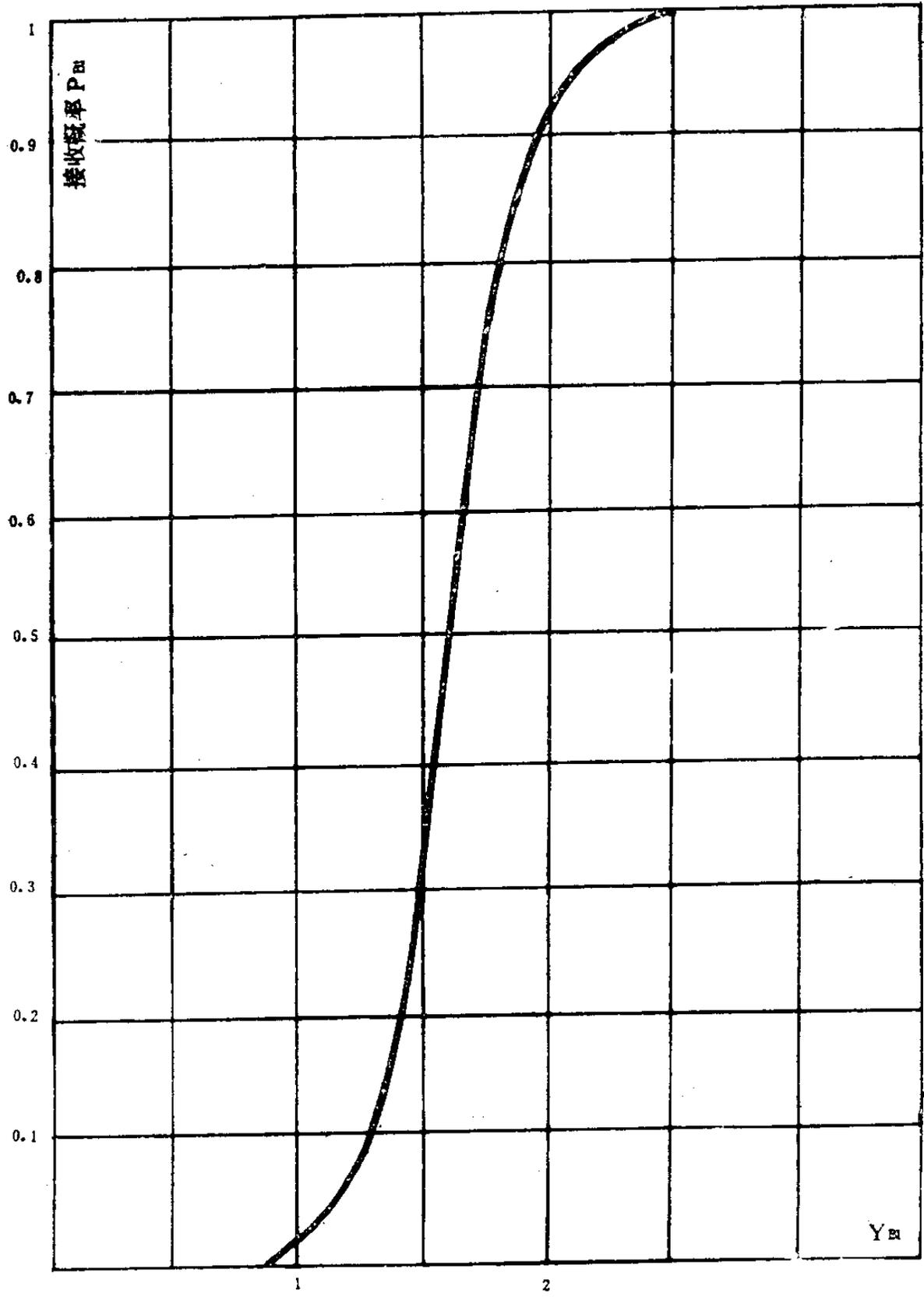
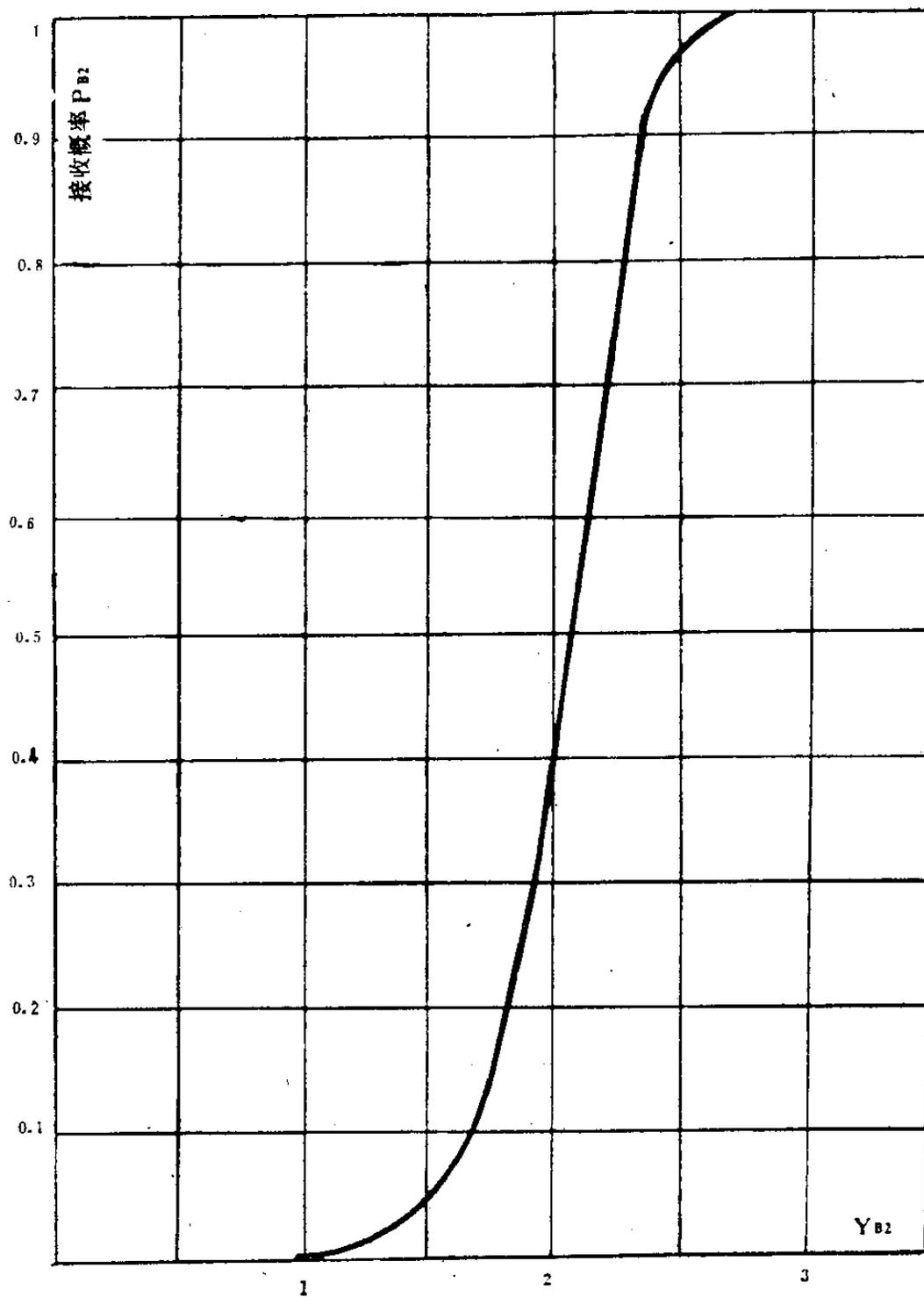


图 A9



图A10



图A 11

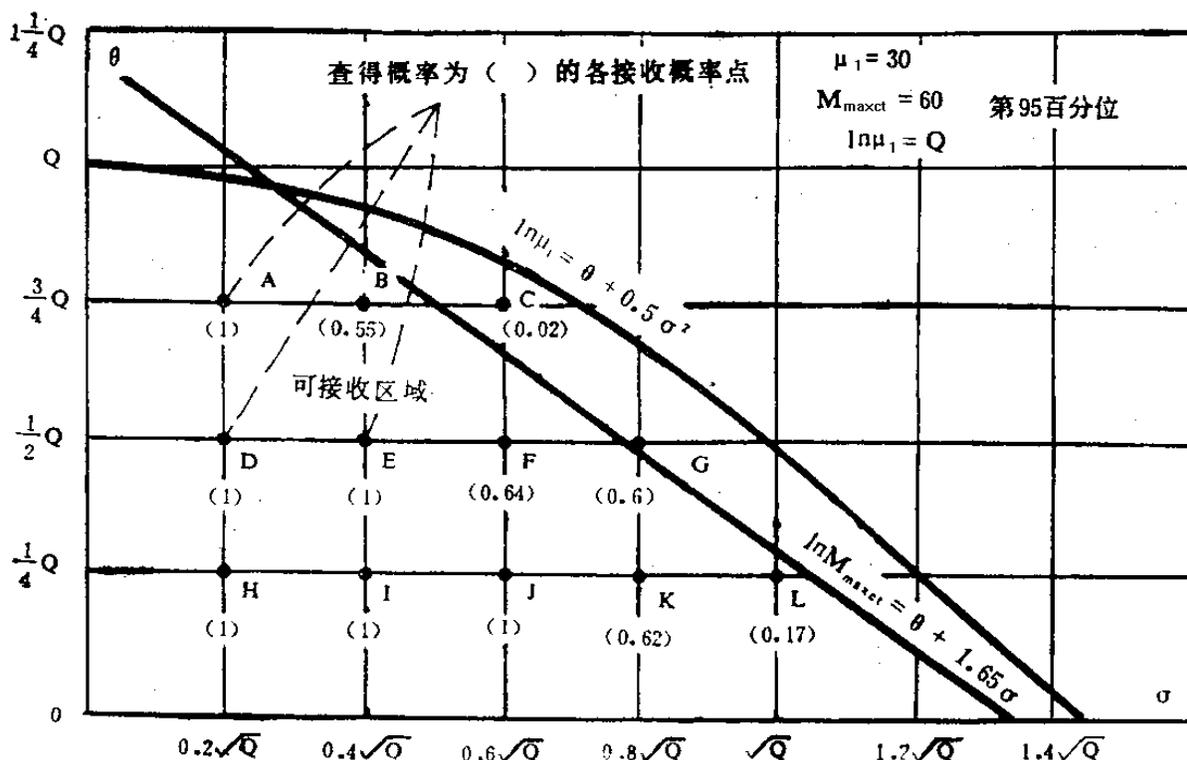


图 A12

## A. 10.5 举例

现对某设备进行维修性组合序贯试验,条件为:

设维修时间均为对数正态分布,均值(或第61百分位最大值) $\mu_1 = 30$ 分钟;第90百分位最大值  $M_{\max ct} = 60$ 分钟。实施步骤如下:

a. 因场地所限,首先进行均值检验(试验  $A_1$ )

根据方案  $A_1$  的要求,如果已知维修性较好,则应测得排除故障维修时间至少为12次的随机样本。其观测值为:

20 14 21 30 20 21 18 16 26 16 28 19分钟。

查表 A3,由于未出现超过均值(或第61百分位最大值)的观测次数,则试验  $A_1$  符合要求。

说明:如果已知维修性较差,则至少应从5次样本开始,逐次试验并按拒收数判决;如果12次中只有1次超过要求,则应继续再随机抽取3个样本进行检验,此3次观测值均未超过要求,则试验  $A_1$  仍判为合格。

b. 继续进行第90百分位最大值的检验(试验  $B_1$ )

为了节约维修作业样本,将试验  $A_1$  的观测值,取作试验  $B_1$  的样本看待,于是再继续随机至少抽取14个样本,观测值为:

19 43 54 12 18 13 26 10 60 52 30 10 31 28分钟。

查表 A4,由于未出现超过最大值要求的次数,故试验  $B_1$  符合要求。

c. 根据试验  $A_1$  和试验  $B_1$  均合格,则此项组合序贯试验判决为合格。

d. 求组合试验的接收概率  $P_{A_1 B_1} = P_{A_1} \cdot P_{B_1}$

根据(A39)及(A40)式:  $Y_{A1} = \frac{\sqrt{Q}(1-c)}{k}$ , 此处  $Q = \ln \mu_1 = \ln 30 = 3.4$

$$Y_{B1} = \frac{\ln M_{maxc1} - cQ}{k\sqrt{Q}}$$

式中:  $c = \frac{\theta}{Q}, k = \frac{\sigma}{\sqrt{Q}}$ ; 其中  $\theta$  和  $\sigma$  取样本极大似然估计值:

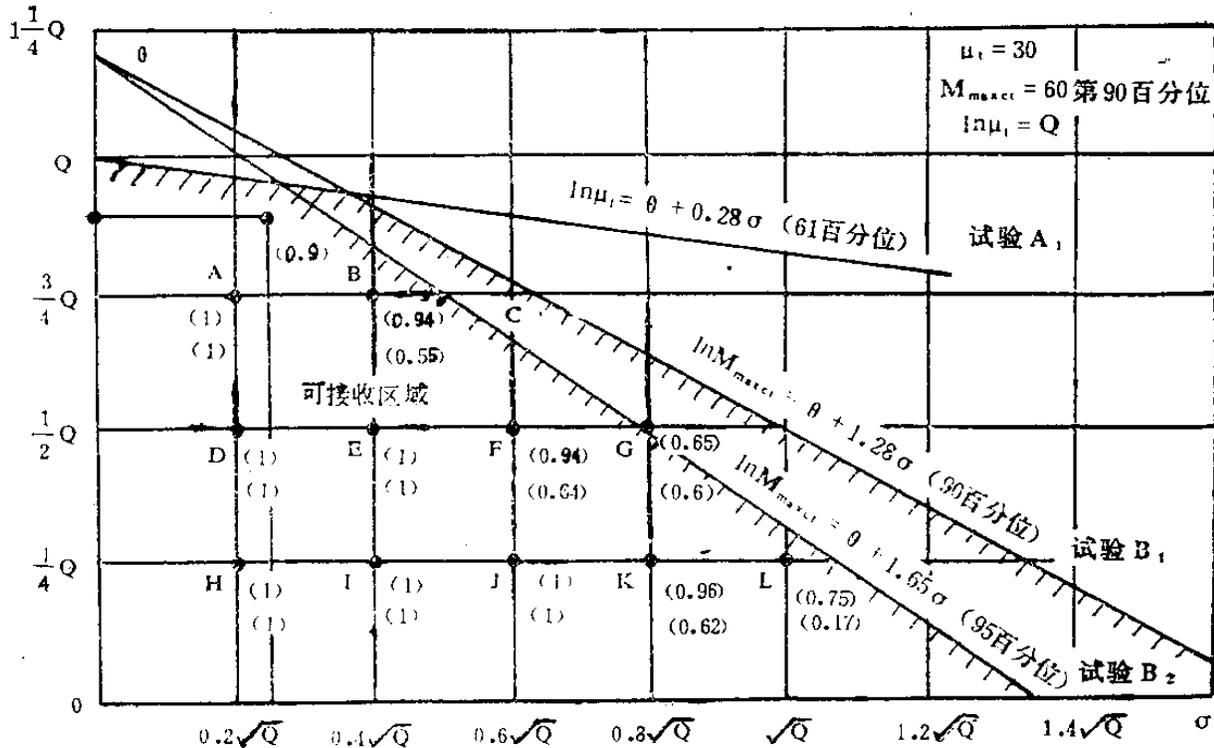
$$\theta_{A1} \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln X_{A1i}; \quad \theta_{B1} \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln X_{B1i} \text{ (此处 } n_{A1} = 12, n_{B1} = 26 \text{)}$$

$$\sigma_{A1} \approx S_{A1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n (\ln X_{A1i})^2 - n \bar{Y}_{A1}^2 \right]}$$

$$\sigma_{B1} \approx S_{B1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n (\ln X_{B1i})^2 - n \bar{Y}_{B1}^2 \right]}$$

经计算:  $c_{A1} \approx 0.89, k_{A1} \approx 0.12, Y_{A1} = 1.69$

$c_{B1} \approx 0.90, k_{B1} \approx 0.25, Y_{B1} = 2.24$



例图: 本例试验接收  $R_{A1} \cap R_{B1}$  及组合概率上( )与接收域  $R_{A1} \cap R_{B1}$  及组合概率下( )的比较

查图 A9 和图 A10, OC 曲线  $P(Y)$  得  $P_{A1} \approx 1, P_{R1} \approx 0.96$ , 则  $P_{A1B1} \approx 0.96$

e. 列出该组组合试验如图 A12 所示的由  $c$  和  $k$  所决定的组合接收概率点

首先按  $\ln \mu_1 = \theta + 0.28\sigma$  ( $\mu_1 = 30$ ) 及  $\ln M_{\max ct} = \theta + 1.28\sigma$  ( $\mu_1 = 30, M_{\max ct} = 60$ ) 方程在坐标图  $(\theta, \sigma)$  中绘出两条直线; 本例取统一的较大的  $c, k$  值, 即  $c=0.9, k=0.25$ , 代入 (A39) 及 (A40) 式, 得  $Y_{A1} = 0.74, Y_{B1} = 2.24$ 。查图 A9 及图 A10, 得  $P_{A1} = 0.94, P_{B1} = 0.96$ , 于是其组合接收概率  $P_{A1B1} = 0.94 \times 0.96 = 0.90$ , 此值因  $c, k$  取较大值而略小, 故保守些。

如例图所示, 对应本例所给定的维修时间要求值, 所有可能试验结果的可接收域和组合接收概率, 取决于最大值的百分位点和系数  $c$  与  $k$ 。显而易见, 虽然给定的要求参量相同, 而百分位点不同, 则百分位要求低的组合试验, 其可接收域和某些对应点的组合接收概率, 均大于百分位要求高的组合试验。

### A.11 试验方法 9: 均值和最大修复时间的中心极限定理大样本试验

本试验法用于装备的平均修复时间  $M_{ct}$ 、平均预防维修时间  $\bar{M}_{pt}$ 、平均维修时间  $\bar{M}$  及最大修复时间  $M_{\max ct}$  的验证

#### A.11.1 使用条件

a. 修复时间  $\bar{M}_{ct}$  的验证程序基于中心极限定理; 方差  $d^2$  未知; 除  $M_{\max ct}$  需要对数正态分布假设外, 均不需任何分布假设。

b. 样本量最小为 30; 实际样本量可根据受试品的种类不同或订购部门同意后而定; 验证预防维修指标时, 需另附加 30 个预防维修作业样本。

c. 定量指标要求值按合同规定或装备专用规范提出; 对  $M_{\max ct}$  要求值的百分位数应明确规定。

d. 订购方风险率  $\beta$  应明确规定。

#### A.11.2 作业任务选择与统计计算

维修作业样本应根据标准中 2.7.1 的程序选择。每一作业任务的持续时间应加以记录, 并计算下列统计量:

$$\bar{X}_{ct} = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} X_{cti}}{n_c} \dots\dots\dots (A41)$$

$$\bar{X}_{pt} = \frac{\sum_{i=1}^{n_p} X_{pti}}{n_p} \dots\dots\dots (A42)$$

$$\bar{X}_{p/c} = \frac{f_c \bar{X}_{ct} + f_p \bar{X}_{pt}}{f_c + f_p} \dots\dots\dots (A43)$$

$$M_{\max ct} = \exp \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n_c} \ln X_{cti}}{n_c} + Z_{\beta} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_c} (\ln X_{cti})^2 - (\sum_{i=1}^{n_c} \ln X_{cti})^2 / n_c}{n_c - 1}} \right] \dots\dots\dots (A44)$$

式中  $Z_p$  取 1.65 或 1.28, 根据最大值的百分位而定。

A. 11.3 判决规则

按下式计算分别进行判决:

$$\text{若 } \bar{M}_{ct}(\text{规定值}) \geq \bar{X}_{ct} + Z_{1-\beta} \frac{\hat{d}_{ct}}{\sqrt{n_c}} \dots\dots\dots (A45)$$

则符合要求。  $\hat{d}_{ct}$  为样本修复时间均方差。

$$\text{若 } \bar{M}_{pt}(\text{规定值}) \geq \bar{X}_{pt} + Z_{1-\beta} \frac{\hat{d}_{pt}}{\sqrt{n_p}} \dots\dots\dots (A46)$$

则符合要求。  $\hat{d}_{pt}$  为样本预防维修时间均方差。

$$\text{若 } \bar{M}(\text{规定值}) \geq \bar{X}_{p/c} + Z_{1-\beta} \sqrt{\frac{n_p(f_c \hat{d}_{ct})^2 + n_c(f_p \hat{d}_{pt})^2}{n_c n_p (f_c + f_p)^2}} \dots\dots\dots (A47)$$

则符合要求。

$$\text{若 } M_{maxct}(\text{规定值}) \geq M'_{maxct} \dots\dots\dots (A48)$$

则符合要求。

A. 12 试验方法 10: 最大维修时间和维修时间中值未知分布的试验

本试验法用于验证  $M_{maxct}$ 、 $M_{maxpt}$ 、 $\tilde{M}_{ct}$  及  $\tilde{M}_{pt}$ , 是一种固定样本量、只控制承制方风险率  $\alpha$  的假设检验法。

A. 12.1 使用条件

a. 各维修作业任务时间的分布为未知; 本试验方案控制置信度 75% 或 90% (即  $\alpha=0.25$  或  $\alpha=0.10$ )。

b. 规定样本量均为 50。

c. 采用规范的要求值, 对于  $\tilde{M}_{ct}$  及  $\tilde{M}_{pt}$  取第 50 百分位; 对  $M_{maxct}$  及  $M_{maxpt}$  取第 95 百分位。

A. 12.2 作业任务选择与实施

维修作业任务根据标准中 2.7.1 的程序选择, 每一任务的持续时间按要求值掌握, 并在 50 个作业中记录按百分位要求的超过时间的作业次数  $r$ 。

A. 12.3 判决规则

若  $r \leq c$ , 则符合要求。不同置信度所对应的可接收数  $c$  见表 A6。

表 A6 可接收数  $c$ —50 个作业任务中超出时间要求的任务最大数

置信度	c	百分位数	
		50% (验证 $\tilde{M}_{ct}$ 及 $\tilde{M}_{pt}$ )	95% (验证 $M_{max}$ )
75%		22	1
90%		20	0

### A.13 试验方法 11: 预防维修时间的专门试验

本试验法用于验证  $\bar{M}_{pt}$  或  $M_{maxpt}$  以及要求完成全部预防维修任务的一种特定方法。

#### A.13.1 使用条件

要求完成全部预防维修任务,且不考虑对时间分布的假定:采用规范或根据需要提出定量的指标要求; $M_{maxpt}$  的百分位应按实际需要明确规定。

#### A.13.2 任务选择与实施

“完成全部预防维修任务”这一总体,可定义为所有每个任务的加权,它与任务的发生频数相关。在建立的参考时间间隔内,确定所有各项任务发生的频数时,如果在规定的百分位(为计算  $M_{maxpt}$ ),特定的任务发生频数含有小数位时,则应把它进成整数。例:规定百分位为 90%,几个预防维修时间按最短到最长的顺序排列,当  $n$  等于 35 时,应选取排在第 32 位(即  $32 \approx 90\% \times 35 = 31.5$ ) 上的维修时间值作为  $M'_{maxpt}$ 。

#### A.13.3 判决规则

A.13.3.1 验证  $\bar{M}_{pt}$  样本平均值按下式计算:

$$\bar{M}'_{pt} = \frac{\sum_{j=1}^m f_{pj}(X_{pj})}{\sum_{j=1}^m f_{pj}} \dots\dots\dots (A49)$$

式中:  $f_{pj}$  ——参考时间间隔内第  $j$  项任务出现的频数;

$m$  ——不同预防维修任务的项数;

$\sum f_{pj}$  ——总体中预防维修任务的总数。

$$\text{若 } \bar{M}'_{pt} \leq \bar{M}_{pt} (\text{规定值}) \dots\dots\dots (A50)$$

则符合要求。

A.13.3.2 验证  $M_{maxpt}$  将预防维修任务按最短到最长的量值加以排列。如果实际完成任务的时间值,在规定的百分位上等于或小于要求值  $M_{maxpt}$ ,则装备作出接收的决定,即:

$$\text{若 } M'_{maxpt} \leq M_{maxpt} \dots\dots\dots (A51)$$

则符合要求。

**附 录 B**  
**表格示例**  
(参考件)

表 B1 排除故障维修作业记录表(示例)

编号	单元、零部件名称	故障方式 (自然或模拟)	工具	排除故障人数	诊断	修复	校验	合计	工时	备注
					小 时					
验证负责人意见									月 日	
订购方意见									月 日	

表 B2 预防维修作业记录表(示例)

编号	单元、零部件名称	作业名称	等级	材料与备件	设备与工具	参加人数	实际维护时间	工时	备注
验证负责人意见									月 日
订购方意见									月 日

表 B3 装备维修性与维修保障评定用核对表(示例)

序号	要 求 内 容	备注
	<u>(一) 一般原则</u>	
1	减少所需维修任务的工作量、频数与复杂性。	
2	节约全寿命过程的维修费用。	
3	降低所需维修技能水平并简化其训练层次。	
4	提供装备零部件的修复时间,减少平均修复时间。	
5	确定需要进行预防维修(视情维修)最大限度的频数(周期)与范围。	
6	精简维修用出版物的篇幅与复杂性。	
7	保证装备操作方便性,维修可达性及检测的快速性。	
8	精简维修工具。尽可能不配专用工具。	
9	保证最大限度的互换性。	
10	提供装备的故障鉴别方法,尽可能设置机内检测系统(BIT)。	
11	保证满足维修的人素工程要求,如可操作性,人力限制等。	
12	保证设计标准化、单元化、小型化及最佳标志与密封。	
13	保证维修时的人机安全。	
:	.....	
:	.....	
	<u>(二) 可达性</u>	
1	凡需要维修、检查、分解和更换的零部件是否有适当的可达性?	
2	某些常用的易损器件是否有难于移动的大件妨碍其通道?	
3	在需要伸入双手工作的通孔内是否有足够的空间?	
4	从整个装备上装卸器件时是否沿着合理的路线进出?	
5	通孔口部是否存在伤人和损坏衣物的凸起与锐边?	
:	.....	
:	.....	
	<u>(三) 互换性</u>	
1	当能互换安装时,是否存在功能互换性?	
2	是否在相似的装备或系统中尽可能采用了相同的零部件?	
3	在整个系统中,特别是在重要的装置中,各种零件、紧固件、线路通道及电线等是否标准化?	
4	具有高故障率的元件是否有互换性?	
:	.....	
:	.....	

续表 B3

序号	要 求 内 容	备注
(四) 安全性		
1	所有可能危害人体的运动部分是否设有机防护装置?	
2	在可能发生火险的部位是否设置了灭火器?	
3	是否设计有故障定位系统,使得险情发生之前即可发现正在失效的元件或零件?	
4	在高电压或辐射源处是否设有适当的报警装置?	
:	.....	
:	.....	
制定各类装备的核对表,可参见 GJB368.2-87		

## 附加说明:

本标准由中国人民解放军总后勤部军械部提出,军械工程学院归口主编。

本标准由中国人民解放军沈阳军区后勤部军事代表办事处起草。

本标准主要起草人:王启文。