

高职高专土建类“十二五”规划教材

Higher Vocational Textbooks on Civil Engineering and Architecture for the 12th Five-Year Plan

建筑材料实训

主编 谭平

Building Material Detection Exercitation

《华中科技大学出版社
www.hustpas.com

高职高专土建类“十二五”规划教材

建筑材料实训

Building Material Detection Exercitation

本书主编 谭 平

本书副主编 高彦丛 金 涛

本书主审 张小平

本书编写委员会

谭 平 高彦丛 金 涛 李 娜

李 鹏 王艳红 袁金艳 朱忠业

华中科技大学出版社
(中国·武汉)

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料实训/谭平主编.

—武汉:华中科技大学出版社,2010.2

(高职高专土建类“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5609-5705-0

I. 建… II. 谭… III. 建筑材料—高等学校:技术学校—教材 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 169439 号

建筑材料实训

谭平 主编

责任编辑:段林彤

封面设计:张 璐

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉) 武昌喻家山 邮编:430074

电 话:(022)60266190,(022)60266199(兼传真)

网 址:www.hustpas.com

录 排:河北香泉技术开发有限公司

印 刷:河北省昌黎县第一印刷厂

开本:850 mm×1065 mm 1/16 印张:11.75

字数:250 千字

版次:2010 年 2 月第 1 版

印次:2010 年 2 月第 1 次印刷

定价:22.00 元

ISBN 978-7-5609-5705-0/TU·698

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书阐述了建筑材料试验的基础知识和材料基本物理性质试验。全书包括的建筑工程常用材料试验:水泥试验,混凝土用砂、石试验,混凝土试验,建筑砂浆试验,墙体材料试验,建筑钢材试验,防水材料试验和建筑外门窗试验;同时增加了试验测试单元和试验报告。本书从建筑工程材料员、试验员等岗位技能的角度出发,严格按照现行国家(部颁)标准及相关规范编写。

本书详细介绍了各种建筑材料检测的执行标准、取样规定、试验仪器、试验步骤及试验结果评定,并附有相关图片与试验报告,以便读者参考使用。

本书可作为高职高专院校土建类专业教材,也可供建筑材料检测厂、建筑材料制品厂及相关行业的工程技术人员参考使用。

前 言

建筑材料试验是建筑材料课程中重要的实践性教学环节。通过试验,一方面使学生增加对建筑材料的感官认识,验证、巩固所学的理论知识;另一方面使学生熟悉常用建筑材料试验仪器的操作方法和性能,并掌握基本的试验方法;同时,可以对学生进行科学研究的基本训练,培养其分析问题和解决问题的能力。

为了保证试验的准确性,学生试验时应做到以下几点。

- (1) 认真预习有关试验的目的、内容和操作步骤。
- (2) 在老师的指导下,独立、规范地完成试验并做好数据记录。
- (3) 按要求处理试验数据,填写试验报告。

参加本书编写的人员有:北京京北职业技术学院谭平(第1章,第7章,第10章,第11章);北京首钢工学院高彦丛(第5章);北京丰台城市园林建设学校金涛(第8章);浙江义乌工商职业技术学院李娜(第6章);北京交通职业技术学院李鹏(第4章);北京交通职业技术学院王艳红(第3章);沧州职业技术学院袁金艳(第2章);郑州华信学院朱忠业(第9章)。全书由谭平担任主编,高彦丛、金涛担任副主编,并由北京京北职业技术学院张小平主审。

由于水平有限,书中难免存在疏误,敬请广大读者批评指正。

编者

2010年1月

目 录

第 1 章 建筑材料试验基础知识	(1)
【学习要求】	(1)
1.1 建筑工程见证取样和送检制度	(1)
1.2 国家法定计量单位	(2)
1.3 试验数据统计与分析	(6)
1.4 试验室管理	(12)
第 2 章 基本物理性质试验	(14)
【学习要求】	(14)
2.1 密度试验	(14)
2.2 表观密度试验	(15)
2.3 孔隙率试验	(16)
2.4 吸水率试验	(16)
基本物理性质试验报告单	(18)
第 3 章 水泥试验	(20)
【学习要求】	(20)
3.1 水泥试验基本规定	(20)
3.2 细度试验	(21)
3.3 比表面积试验	(23)
3.4 标准稠度用水量试验	(28)
3.5 凝结时间试验	(31)
3.6 体积安定性试验	(33)
3.7 水泥胶砂强度试验	(34)
水泥试验报告单	(40)
第 4 章 混凝土用砂、石试验	(43)
【学习要求】	(43)
4.1 混凝土用砂、石试验基本规定	(43)
4.2 砂筛分析试验	(45)
4.3 碎(卵)石筛分析试验	(47)
4.4 砂表观密度试验	(48)
4.5 碎(卵)石表观密度试验	(50)
4.6 砂堆积密度试验	(52)

4.7 碎(卵)石堆积密度试验	(53)
4.8 砂含水率试验	(55)
4.9 岩石抗压强度试验	(56)
混凝土用砂、石试验报告单	(59)
第5章 混凝土试验	(63)
【学习要求】	(63)
5.1 混凝土试验基本规定	(63)
5.2 混凝土拌合物稠度试验	(65)
5.3 混凝土表观密度试验	(68)
5.4 混凝土抗压强度试验	(69)
5.5 混凝土劈裂抗拉强度试验	(73)
5.6 混凝土非破损检测	(74)
混凝土试验报告单	(87)
第6章 建筑砂浆	(92)
【学习要求】	(92)
6.1 建筑砂浆试验基本规定	(92)
6.2 砂浆稠度试验	(93)
6.3 砂浆分层度试验	(95)
6.4 砂浆抗压强度试验	(96)
建筑砂浆试验报告单	(99)
第7章 砌墙砖及砌块试验	(101)
【学习要求】	(101)
7.1 砌墙砖与砌块试验基本规定	(101)
7.2 烧结普通砖抗压强度试验	(105)
7.3 轻集料混凝土小型空心砌块试验	(107)
砌墙砖与砌块试验报告单	(109)
第8章 建筑钢材试验	(111)
【学习要求】	(111)
8.1 建筑钢材试验基本规定	(111)
8.2 钢筋试验	(113)
8.3 钢筋连接件试验	(119)
建筑钢材试验报告单	(123)
第9章 防水材料试验	(125)
【学习要求】	(125)
9.1 防水卷材试验	(125)
9.2 防水涂料试验	(130)

防水材料试验报告单	(140)
第 10 章 建筑外门窗试验	(142)
【学习要求】	(142)
10.1 建筑外门窗试验基本规定	(142)
10.2 建筑外门窗气密、水密、抗风压性能试验	(142)
10.3 建筑外门窗保温性能试验	(153)
附录 A 空气流量测量系统校准方法	(158)
附录 B 淋水系统校准方法	(159)
附录 C 热流系数标定	(160)
附录 D 加权平均温度的计算	(162)
建筑外门窗试验报告单	(163)
第 11 章 试验测试单元	(165)
11.1 水泥技术性质评定	(165)
11.2 水泥强度等级评定	(167)
11.3 建筑用砂性能评定	(169)
11.4 建筑用石性能评定	(170)
11.5 普通混凝土拌合物和易性评定	(172)
11.6 混凝土立方体抗压强度评定	(173)
11.7 建筑砂浆和易性评定	(174)
11.8 烧结普通砖强度等级评定	(175)
参考文献	(178)

第 1 章 建筑材料试验基础知识

【学习要求】

知识点	学习要求
建筑工程见证取样和送检制度	熟悉
国家法定计量单位	熟悉
试验数据统计与分析	掌握
试验室管理	了解

建筑材料是建筑工程的物质基础,与建筑设计、建筑结构、建筑经济及建筑施工一样,是建筑工程极为重要的组成部分。建筑材料性能检测是评定建筑材料等级,以及了解材料性能的重要手段。本章对有关建筑工程见证取样和送检制度、国家法定计量单位、试验数据统计与分析、试验室管理的相关内容进行了较为全面的介绍。

1.1 建筑工程见证取样和送检制度

建筑工程见证取样和送检是指在建设单位或工程监理单位人员的见证下,由施工单位的现场试验人员对工程中涉及结构安全的试块、试件和材料进行现场取样,并送至经过省级以上建设行政主管部门资质认可和质量技术监督部门质量认证的质量检测单位(以下简称“检测单位”)进行检测。

涉及结构安全的试块、试件和材料见证取样及送检的比例不得低于有关技术标准中规定(应取样数量的 30%)。下列试块、试件和材料必须实施见证取样和送检。

- (1) 用于承重结构的混凝土试块。
- (2) 用于承重墙体的砌筑砂浆试块。
- (3) 用于承重结构的钢筋及连接接头试件。
- (4) 用于承重墙的砖和混凝土小型砌块。
- (5) 用于拌制混凝土和砌筑砂浆的水泥。
- (6) 用于承重结构的混凝土中使用的掺加剂。
- (7) 地下、屋面、厕浴间使用的防水材料。
- (8) 国家规定必须实行见证取样和送检的其他试块、试件和材料。

见证人员应由建设单位或该工程的监理单位中具备建筑施工试验知识的专业技术人员担任,并由建设单位或该工程的监理单位书面通知施工单位、检测单位和负责该工程的质量监督机构。在施工过程中,见证人员应按照见证取样和送检计划对施工现场的取样和送检进行见证,取样人员应在试样或其包装上作出标识、封志;标识和封志应标明工程名称、取样部位、取样日期、样品名称和样品数量,并由见证人员和取样人员签字;见证人员应制作见证记录,并将见证记录归入施工技术档案;见证人员和取样人员应对试样的代表性和真实性负责。

见证取样的试块、试件和材料送检时,应由送检单位填写委托单,委托单应由见证人员和送检人员签字。检测单位应检查委托单及试样上的标识和封志,确认无误后方可进行检测。见证取样和送检的检测报告必须加盖见证取样检测的专用章。

1.2 国家法定计量单位

1.2.1 法定计量单位的构成

国务院于1984年2月27日发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》(以下简称《计量法》),并要求逐步废除非国家法定计量单位。《计量法》规定:“国家采用国际单位制,国际单位制计量单位和国家选定的其他计量单位,为国家法定计量单位。”国际单位制是我国法定计量单位的主体,国际单位制如有变化,我国国家法定计量单位也将随之变化。

国际单位制构成如图1-1所示。

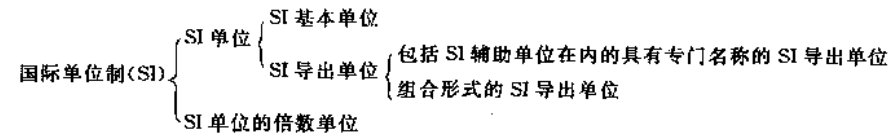


图 1-1 国际单位制构成示意图

1.2.2 SI 基本单位

SI 基本单位是 SI 的基础,其名称和符号如表 1-1 所示。

表 1-1 SI 基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s

续表

量的名称	单位名称	单位符号
电流	安[培]	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

1.2.3 SI 导出单位

为了便于区分某些具有相同量纲和表达式的单位,在历史上出现了一些具有专门名称的导出单位。SI 从中选用了 21 个作为可以合法使用的导出单位,未被选用的,如电能单位“度”(即千瓦时),光亮度单位“尼特”(即坎德拉每平方米)等,不得继续使用。包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位如表 1-2 所示。

表 1-2 具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 本单位和 SI 导出单位表示
[平面]角	弧度	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$
立体角	球面度	sr	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 1$
频率	赫[兹]	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
力	牛[顿]	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
压力,压强,应力	帕[斯卡]	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
能[量],功,热量	焦[耳]	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
功率,辐[射能]通量	瓦[特]	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
电荷[量]	库[仑]	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
电压,电动势,电位,(电势)	伏[特]	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$
电容	法[拉]	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
电阻	欧[姆]	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
电导	西[门子]	S	$1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$
磁通[量]	韦[伯]	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$
磁通[量]密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$
电感	亨[利]	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$

续表

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 本单位和 SI 导出单位表示
摄氏温度	摄氏度	℃	1 ℃=1 K
光通量	流[明]	lm	1 lm=1 cd · sr
[光]照度	勒[克斯]	lx	1 lx=1 lm/m ²
放射性活度	贝可[勒尔]	Bq	1 Bq=s ⁻¹
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	1 Gy=1 J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	1 Sv=1 J/kg

注:单位符号和其他表示式可以等同使用。如力的单位牛顿(N)和千克米每二次方秒(kg · m/s²)是完全等同的。

1.2.4 SI 单位的倍数单位

基本单位、具有专门名称的导出单位,以及直接由它们构成的组合形式的导出单位都称为 SI 单位,具有主单位的含义。在实际使用时,量值的变化范围很大,仅用 SI 单位表示很不方便。因此,SI 中规定了 20 个构成十进倍数和分数单位的词头,这些词头不能单独使用,也不能重叠使用,仅与 SI 单位(kg 除外)构成 SI 单位的十进倍数单位和十进分数单位。需要注意的是:相应于因数 10³(含 10³)以下的词头符号必须用小写正体,等于或大于因数 10⁶的词头符号必须用大写正体;从 10³到 10⁻³是十进位,其余是千进位(见表 1-3)。

表 1-3 用于构成十进倍数和分数单位的词头

所表示的因数	词头名称	词头符号
10 ²⁴	尧[它]	Y
10 ²¹	泽[它]	Z
10 ¹⁸	艾[可萨]	E
10 ¹⁵	拍[它]	P
10 ¹²	太[拉]	T
10 ⁹	吉[咖]	G
10 ⁶	兆	M
10 ³	千	k
10 ²	百	h

续表

所表示的因数	词头名称	词头符号
10^1	十	da
10^{-1}	分	d
10^{-2}	厘	c
10^{-3}	毫	m
10^{-6}	微	μ
10^{-9}	纳[诺]	n
10^{-12}	皮[可]	p
10^{-15}	飞[母托]	f
10^{-18}	阿[托]	a
10^{-21}	仄[普托]	z
10^{-24}	幺[科托]	y

SI 单位加上 SI 词头后不再称为 SI 单位,而称为 SI 单位的倍数单位,或者 SI 单位的十进倍数或分数单位。

1.2.5 国家法定的非 SI 单位

在日常生活和一些特殊领域中,还有一些广泛使用的、重要的非 SI 单位不能废除,因此,我国选定了部分非 SI 单位与 SI 单位一起作为国家法定计量单位(见表 1-4)。

表 1-4 国家法定的非 SI 单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分	min	1 min=60 s
	[小]时	h	1 h=60 min=3600 s
	天(日)	d	1 d=24 h=86 400 s
平面角	[角]秒	"	1"=($\pi/64\ 800$) rad
	[角]分	'	1'=60"=($\pi/10\ 800$) rad
	度	°	1°=60'=($\pi/180$) rad
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min=(1/60) s ⁻¹
长度	海里	n mile	1 n mile=1852 m (只用于航程)

续表

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
速度	节	kn	1 kn=1 n mile/h=(1852/3600) m/s (只用于航行)
质量	吨	t	1 t=10 ³ kg
	原子质量单位	u	1 u≈1.660 540×10 ⁻²⁷ kg
体积	升	L, (l)	1 L=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
能	电子伏	eV	1 eV≈1.602 177×10 ⁻¹⁹ J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1 tex=10 ⁻⁶ kg/m
面积	公顷	hm ²	1 hm ² =10 ⁴ m ²

注:① 周、月、年(y)为一般常用时间单位。

② []内的字是在不致混淆的情况下,可以省略的字。

③ ()内的字为前者的同义语。

④ 角度单位度、分秒的符号不处于数字后时,应加括弧。

⑤ 升的符号中,小写字母 l 为备用符号。

⑥ r 为“转”的符号。

⑦ 人民生活和贸易中,质量习惯称为重量。

⑧ 公里为千米的俗称,符号为 km。

⑨ 10⁴称为万,10⁸称为亿,10¹²称为万亿,这类数词的使用不受词头名称的影响,但不应与词头混淆。

我国法定的非 SI 单位包括 10 个由国际计量局(The international Bureau for Precision in Measurement,简称 BIPM)确定的允许与 SI 并用的单位及 3 个暂时保留与 SI 并用的单位(海里、节、公顷)。此外,根据我国的实际需要,还选取了“转每分”“分贝”和“特克斯”3 个单位,共 16 个非 SI 单位,作为国家法定计量单位的组成部分。

1.3 试验数据统计与分析

建筑施工中,要对大量原材料和半成品进行试验并取得大量数据,对这些数据进行科学的分析,能更好地评价原材料及工程质量并提出改进意见。以下简要介绍常用的数据统计方法。

1.3.1 算术平均值

算术平均值是最常用的一种方法,用来了解一批数据的平均水平,计算式如下:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \cdots + X_n}{n} = \frac{\sum X}{n} \quad (1-1)$$

式中 $\bar{X}$ ——算术平均值;

$X_1, X_2, \dots, X_n$ ——各试验数据值;

$\sum X$ ——各试验数据值的总和;

n ——试验数据个数。

1.3.2 均方根平均值

均方根平均值主要反映一组数据值的离散程度,计算公式如下:

$$S = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum X^2}{n}} \quad (1-2)$$

式中 S ——各试验数据的均方根平均值;

$X_1, X_2, \dots, X_n$ ——各个试验数据值;

$\sum X^2$ ——各试验数据值平方的总和;

n ——试验数据个数。

1.3.3 加权平均值

加权平均值是各试验数据和其对应数的算术平均值,计算公式如下:

$$m = \frac{X_1 g_1 + X_2 g_2 + \dots + X_n g_n}{g_1 + g_2 + \dots + g_n} = \frac{\sum Xg}{\sum g} \quad (1-3)$$

式中 m ——加权平均值;

$X_1, X_2, \dots, X_n$ ——各试验数据值;

$g_1, g_2, \dots, g_n$ ——试验数据的对应数;

$\sum Xg$ ——各试验数据值和其对应数的乘积总和;

$\sum g$ ——各对应数的总和。

1.3.4 误差计算

1. 范围误差

范围误差也叫极差,是试验值中最大值和最小值之差。如3块砂浆试件抗压强度分别为5.21 MPa, 5.63 MPa, 5.72 MPa, 则这组试件的极差或范围误差为(5.72 - 5.21) MPa = 0.51 MPa。

2. 算术平均误差

算术平均误差的计算公式如下:

$$\delta = \frac{|X_1 - \bar{X}| + |X_2 - \bar{X}| + \dots + |X_n - \bar{X}|}{n} = \frac{\sum |X - \bar{X}|}{n} \quad (1-4)$$

式中 δ ——算术平均误差;

$X_1, X_2, \dots, X_n$ ——各试验数据值;

$\bar{X}$ ——试验数据值的算数平均值;

n ——试验数据个数。

3. 标准差(均方根差)

只知试件的平均水平是不够的,要了解数据的波动情况及其带来的危险性,还需知道其标准差,标准差(均方根差)是衡量波动性(离散性大小)的指标。标准差的计算公式为:

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (1-5)$$

式中 S ——标准差(均方根差);

$X_1, X_2, \dots, X_n$ ——各个试验数据值;

$\bar{X}$ ——试验数据值的算数平均值;

n ——试验数据个数。

4. 极差估计法

极差表示数据离散的范围,也可用来度量数据的离散性,是数据中最大值和最小值之差,计算式如下:

$$W = X_{\max} - X_{\min} \quad (1-6)$$

当一批数据不多时($n \leq 10$),可用极差法估计总体标准差,计算式如下:

$$\hat{\sigma} = \frac{1}{d_n} W \quad (1-7)$$

当一批数据很多时($n > 10$),要将数据随机分成若干个数量相等的组,对每组求极差,并计算平均值,计算式如下:

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^m W_i}{m} \quad (1-8)$$

则标准差的估计值可用下式计算:

$$\hat{\sigma} = \frac{1}{d_n} \bar{W} \quad (1-9)$$

式中 d_n ——与 n 有关的系数(见表 1-5);

m ——数据分组的组数;

n ——每一组内数据拥有的个数;

$\hat{\sigma}$ ——标准差的估计值;

$W, \bar{W}$ ——分别为极差、各组极差的平均值。

极差估计法的特点是计算方便,但反映实际情况的精确度较差。

表 1-5 极差估计法 d_n 系数表

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_n	—	1.128	1.693	2.059	2.326	2.534	2.704	2.847	2.970	3.078
$1/d_n$	—	0.887	0.591	0.486	0.430	0.395	0.370	0.351	0.337	0.325

1.3.5 变异系数

标准差是表示绝对波动大小的指标,当测量值较大时,绝对误差一般较大;测量值较小时,绝对误差一般较小。为考虑相对波动的大小,可用平均值的百分率表示标准差,即变异系数,计算式为:

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \quad (1-10)$$

式中 C_v ——变异系数(%);

S ——标准差;

$\bar{X}$ ——试验数据的算数平均值。

【例题】甲、乙两厂均生产 32.5 级矿渣水泥,甲厂某月生产的水泥抗压强度平均值为 38.8 MPa,标准差为 1.67 MPa。同月乙厂生产的水泥抗压强度平均值为 35.6 MPa,标准差为 1.62 MPa,求两厂的变异系数。

【解】甲厂

$$C_v = \frac{1.67}{38.8} \times 100 = 4.30\%$$

乙厂

$$C_v = \frac{1.62}{35.6} \times 100 = 4.55\%$$

【分析】从标准差看,甲厂大于乙厂;但从变异系数看,甲厂小于乙厂。说明乙厂生产的水泥强度相对波动比甲厂大,产品稳定性较差。

1.3.6 可疑数据的取舍

在一组条件完全相同的重复试验中,如发现某个过大或过小的可疑数据,应按数理统计方法给以鉴别并决定取舍。常用方法有三倍标准差法和格拉布斯法。

1. 三倍标准差法

三倍标准差法是美国混凝土学会标准(ACI 214—1997)的修改建议中所采用的方法,标准是 $|X_i - \bar{X}| > 3\sigma$ 时不舍弃。另外规定 $|X_i - \bar{X}| > 2\sigma$ 时保留,但需存疑,如发现试件制作、养护、试验过程中有可疑的变异时,该试件强度值应予舍弃。

2. 格拉布斯法

格拉布斯法假定测量结果服从正态分布,并根据顺序统计量来确定可疑数据的取舍,确定步骤如下。