

JIANZHU  
GONGCHENG  
ZHILIANG  
JIANCE  
SHIYONG  
SHOUCE

建筑工程  
质量检测  
实用手册

王国富 主编

山东大学出版社

# 建筑工程质量检测实用手册

王国富 主编

山东大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

建筑工程质量检测实用手册/王国富主编. — 济南: 山东大学出版社, 2007. 12  
ISBN 978-7-5607-3515-3

I. 建...

II. 王...

III. 建筑工程—工程质量—质量检验—技术手册

IV. TU712-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 192073 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码: 250100)

山东省新华书店经销

济南景升印业有限公司印刷

787×1092 毫米毫米 1/16 30.5 印张 700 千字

2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

定价: 55.00 元

**版权所有, 盗印必究**

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社营销部负责调换

# 《建筑工程质量检测实用手册》

## 编委会

主 编	王 国 富		
副主编	张 爽	赵宗元	
编 委	王 国 富	张 爽	赵宗元
	张建军	刘其贤	杨庆云
	马全安	董全文	万立华
	郑光明	刘海东	陈欣乐
	王 志	乔永峰	胡春梓
	王素梅	王可鑫	
主 审	卢同和		

# 前 言

随着我国经济社会的发展,工程建设事业呈现出蓬勃发展的势头,但工程质量管理工作也面临着许许多多的问题,尤其是作为工程质量管理工作关键环节的工程质量检测活动,亟待加强监督管理。为此,国家建设部出台了《建设工程质量检测管理办法》(建设部令第141号),山东省建设厅也颁发了《山东省建设工程质量检测管理规定》(鲁建发[2006]26号)。根据国家和山东省管理规定,对地基基础工程、主体结构工程、建筑幕墙工程、钢结构工程专项检测和见证取样检测实行资质管理,对于建筑节能、室内环境检测等资质管理范围外项目的检测则由各地市实施备案管理。为方便对备案管理检测项目的监督管理,我们编写了本手册,可作为对从业人员进行培训考核的教材,也可作为工程质量检测人员及工程参建各方主体的实用工具书。

本手册是依据现行国家有关标准、规范编制而成的。内容包括检测基本知识、检测流程、检测原始记录和检测报告的要求、检测中应注意的问题,包括建筑节能、智能建筑、建筑门窗、民用建筑室内环境污染物、建筑电器、墙体材料、塑料管材(件)、建筑防水材料、建筑装饰涂料、陶瓷砖等十类常用建筑材料(设备)的检测依据、取样方法和数量、主要检测项目、技术要求、检测方法。

由于编者水平有限,本手册难免存在不足之处,敬请广大读者提出宝贵的意见和建议,以便我们不断修订和完善。

编 者  
2007年9月

# 目 录

1 检测基础知识 .....	(1)
1.1 专业基础知识 .....	(1)
1.2 资质认定相关规定 .....	(15)
1.3 法律、法规知识 .....	(28)
2 建筑节能检测 .....	(38)
2.1 概 述 .....	(38)
2.2 组成材料 .....	(43)
2.3 外保温工程现场检测 .....	(76)
2.4 保温节能围护结构现场实体检测 .....	(84)
3 智能建筑检测 .....	(86)
3.1 “智能建筑”概念 .....	(86)
3.2 检测依据 .....	(87)
3.3 抽样方法与数量 .....	(87)
3.4 主要检测项目及技术指标 .....	(87)
3.5 智能建筑的常用检测方法 .....	(102)
4 建筑门窗检测 .....	(103)
4.1 概 述 .....	(103)
4.2 未增塑聚氯乙烯(PVC-U)塑料窗 .....	(104)
4.3 铝合金窗 .....	(114)
5 民用建筑室内污染物检测 .....	(116)
5.1 概 述 .....	(116)
5.2 无机非金属建筑主体材料和装修材料 .....	(116)
5.3 室内用人造木板及饰面人造木板 .....	(118)

5.4	室内用涂料 .....	(124)
5.5	室内用胶粘剂 .....	(130)
5.6	室内用水性处理剂 .....	(131)
5.7	工程地点土壤中的氡 .....	(132)
5.8	室内环境污染物 .....	(133)
6	建筑电器检测 .....	(141)
6.1	建筑电器基础 .....	(141)
6.2	插 座 .....	(141)
6.3	开 关 .....	(145)
6.4	配电箱 .....	(151)
6.5	电线、电缆 .....	(164)
7	墙体材料 .....	(173)
7.1	墙体材料的分类 .....	(173)
7.2	烧结普通砖 .....	(176)
7.3	烧结多孔砖 .....	(183)
7.4	烧结空心砖和空心砌块 .....	(187)
7.5	非烧结普通粘土砖 .....	(191)
7.6	粉煤灰砖 .....	(195)
7.7	普通混凝土小型空心砌块 .....	(199)
7.8	轻集料混凝土小型空心砌块 .....	(203)
7.9	粉煤灰小型空心砌块 .....	(206)
7.10	蒸压加气混凝土砌块 .....	(208)
7.11	金属面聚苯乙烯夹芯板 .....	(212)
8	塑料管材(件) .....	(217)
8.1	塑料管材(件)的分类及应用 .....	(217)
8.2	冷热水用聚丙烯管材 .....	(218)
8.3	冷热水用聚丙烯管件 .....	(223)
8.4	给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材 .....	(226)
8.5	给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管件 .....	(234)
8.6	建筑排水用硬聚乙烯(PVC-U)管材 .....	(238)
8.7	建筑排水用硬聚乙烯(PVC-U)管件 .....	(241)
8.8	冷热水用聚丁烯(PB)管材 .....	(243)
8.9	冷热水用聚丁烯(PB)管件 .....	(246)
8.10	给水用聚乙烯(PE)管材 .....	(249)
8.11	排水用芯层发泡硬聚氯乙烯(PVC-U)管材 .....	(254)

9 建筑防水材料 .....	(259)
9.1 防水材料的分类及应用 .....	(259)
9.2 沥青复合胎柔性防水卷材 .....	(261)
9.3 改性沥青聚乙烯胎防水卷材 .....	(265)
9.4 塑性体改性沥青防水卷材 .....	(269)
9.5 弹性体改性沥青防水卷材 .....	(273)
9.6 氯化聚乙烯防水卷材 .....	(277)
9.7 聚氯乙烯防水卷材 .....	(283)
9.8 高分子防水片材 .....	(287)
9.9 聚氨酯防水涂料 .....	(296)
9.10 石油沥青玻璃纤维胎油毡 .....	(302)
9.11 铝箔面油毡 .....	(306)
9.12 水乳型沥青防水涂料 .....	(309)
10 建筑装饰涂料 .....	(314)
10.1 概 述 .....	(314)
10.2 合成树脂乳液外墙涂料 .....	(314)
10.3 合成树脂乳液内墙涂料 .....	(321)
11 陶 瓷 砖 .....	(324)
11.1 陶瓷砖的分类 .....	(324)
11.2 检测依据 .....	(325)
11.3 取样方法与数量 .....	(325)
11.4 主要检测项目及技术指标 .....	(328)
11.5 检测方法 .....	(344)
12 检测流程及原始记录、检测报告的要求 .....	(355)
12.1 检测流程 .....	(355)
12.2 检测原始记录的要求 .....	(356)
12.3 检测报告的要求 .....	(357)
13 检测中应注意的问题 .....	(359)
13.1 检测任务的接收 .....	(359)
13.2 检测前期准备 .....	(359)
13.3 检测方法的选择 .....	(359)
13.4 样品的控制管理 .....	(359)
13.5 环境条件的监控和记录 .....	(360)

13.6	设备的选择和使用	(360)
13.7	试验过程的控制	(360)
13.8	检后的必要工作	(360)
13.9	检测过程的监督	(360)
13.10	原始记录的填写和检测报告的编制	(360)
<b>附 录</b>		(361)
附录 1	《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T10801.1-2002	(361)
附录 2	《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)》GB/T10801.2-2002	(365)
附录 3	《泡沫塑料和橡胶表观(体积)密度的测定》GB/T6343-1995	(370)
附录 4	《硬质泡沫塑料压缩试验方法》GB 8813-1988	(372)
附录 5	《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定——防护热板法》 GB/T10294-1988	(375)
附录 6	《塑料试样状态调节和试验的标准环境》GB/T2918-1998	(401)
附录 7	《建筑材料燃烧性能分级方法》GB8624-1997	(402)
附录 8	《塑料燃烧性能试验方法——氧指数法》GB/T2406-1993	(406)
附录 9	《硬质泡沫塑料拉伸性能试验方法》GB/T 9641-1988	(416)
附录 10	《建筑构件稳态热传递性质的测定——标定和防护热箱法》 GB/T 13475-1992	(420)
附录 11	《增强材料——机织物试验方法》GB/T 7689.5-2001 第 5 部分:玻璃纤维拉伸断裂强力和断裂伸长的测定	(441)
附录 12	《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》JGJ110-1997	(446)
附录 13	《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671-1999	(452)
附录 14	《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145-2004	(465)
附录 15	《建筑节能工程施工验收规范》GB50411-2007	(471)
附录 16	《建筑材料可燃性试验方法》GB8626-1988	(474)

# 1 检测基础知识

## 1.1 专业基础知识

### 1.1.1 建设工程质量检测的现状

建筑业是一个关系到国计民生的支柱性基础产业。随着我国加入 WTO,对于整个建筑业的冲击必将产生深远的影响。在 WTO 协议中,建筑业所属领域为服务贸易协议范畴。从服务贸易协议的内涵看,目前我国建筑领域在当前国际贸易中基本处在劳动密集型阶段,而发达国家则已经是技术、知识和资本密集型阶段。从总体上讲,我国建筑业与国际水平存在相当大的差距,我国加入 WTO,就必须要按照 WTO 有关协议中关于权利和义务平衡的原则,在享受一定权利的同时,还要履行相应的义务,承担开放市场所面临的风险和压力。

作为建筑行业的一个组成部分,工程质量检测正逐步被人们重视起来。过去,检测工作基本上都是作为建筑行业的附属部分出现的:一是建筑施工企业的内部试验室;二是科研院所内部的教学科研性质的试验室;三是各级质量监督管理部门设立的带有政府色彩的监督检测室。这三种形式的检测单位一直以来都按照各自的工作领域开展检测工作,并且一直按照附属于母体部门的形式进行运作,还没有形成独立企业运作的理念。但是,随着入世的冲击,检测机构根据国际通用要求必须成为具有独立法人资格的机构,应该是第三方独立的服务中介机构。为了适应形势发展,使国内检测行业能够在今后的国际性竞争中有立足之地,建设部于 2005 年 9 月 28 日发布 141 号部长令,要求于 2005 年 11 月 1 日起开始实施《建设工程质量检测管理办法》,《办法》第四条规定:“检测机构是具有独立法人资格的中介机构。”这就明确了我国检测行业的定位,要想从事建筑工程质量检测,就必须具备独立承担民事责任的法人资格。

目前,我国建筑工程质量检测正处于转型阶段,虽然国家有了新的管理办法,但由于检测工作的地域性和专业性很强,具体情况千差万别,很多地方具体管理办法严重滞后,致使管理依据缺失,检测管理面临着“一抓就死,一放就乱”的尴尬局面。由于形成了管理真空,检测市场十分混乱,检测机构的数量与日俱增,鱼龙混杂,建设工程质量很难得到保障。在这种情况下,我省根据《建设工程质量检测管理办法》,结合我省实际出台了《山东省建设工程质量检测管理规定》,其中第三条指出:“山东省建筑工程管理局(以下简称省建管局)负责对全省建设工程质量检测活动实施监督管理和检测机构资质审批。设区的市、县(市)建设行政主管部门负责对本行政区域内的建设工程质量检测活动实施监督管理。建设行政主管部门所属的建设工程质量监督机构,负责对建设工程质量检测机构资质审批和备案的具体工作,对检测活动进行监督检查。”这就明确了对建设工程质量检测管理的责任归属,从而使监管部门的监督工作有法可依。以《规定》为基础,我省还出台了《进鲁检测机构备案管理办法(暂行)》、《山东省建设工程质量检测机构、人员管理手册暂

行管理办法》等文件,使我省检测管理工作更具有可实施性。在这种情况下,我省各地的工程质量检测管理工作正在有序进行,大体可分为四个阶段:制定办法、人员考核、资质就位、正常监管。目前已进入到资质就位工作阶段。相信,随着检测管理工作的深入,我省的检测市场会逐步规范起来,我省的建设工程质量会充分得到保障,建设工程质量检测行业也会得到迅猛的发展。

### 1.1.2 统计抽样基础

#### 1.1.2.1 抽样检验的基本概念

1. 统计抽样检验的定义:利用从产品批或过程中随机抽取的样本,对检验的全数样本,作出判定是否符合规定要求,由此判定产品批是接收还是拒收的活动。

#### 2. 统计抽样检验的过程

(1)确定产品检验批  $N$ ;

(2)按照常规的抽样方案(方法),随机抽取样本单位产品数;

(3)对样本单位产品进行全检即测量、检验或试验,获取检验结果;

(4)检验结果与标准对比,判断,评价交验批接收或拒收。

统计抽样检验过程应保证最大限度地达到“无偏”的方式,无偏就是要求样本对总体具有代表性。统计抽样的无偏是指以随机抽样来保证抽样的无偏性。随机抽样即等概率抽样,也就是说:总体中每一个个体被抽到的概率(可能性)是完全相等的,即抽样间哪一个个体被抽到是不确定的(随机的)。

#### 3. 统计抽样的术语

##### (1)单位产品、批和样本

单位产品是为实施抽样检验的需要而划分的基本单位。为实施抽样检验汇集起来的单位产品,称为检查批或批,它是抽样检验和判定的对象。从批中抽取用于检验的单位产品,称为样本单位,也称为样品,样本单位的全体,称为样本。样本中所包含的样本单位数,称为样本大小,通常用符号  $n$  表示。

##### (2)批的质量

抽样检验的目的是判定批的质量,而批的质量是根据其所包含的单位产品的质量统计出来的。根据不同的统计方法,批的质量可以用不同的方式表示。对于计件检验,可以用每百单位产品不合格品数  $p$  表示,即  $p = \text{批中不合格品总数} / \text{批量} N$ ;对于计点检验,可以用每百单位产品不合格数  $p$  表示,即  $p = \text{批中不合格总数} / \text{批量} N$ ;当谈到一批产品是否合格时,若以不合格品率为批质量指标,首先应规定对批的质量要求  $p_0$ 。当批的实际不合格品率  $p \leq p_0$  时,该批为合格批(满足规定的要求),当批的实际不合格品率  $p > p_0$  时,该批为不合格批(不满足规定的要求)。 $p_0$  是受检总体(批)合格与否的定义,是质量监督(核查)工作的“基本法”;如果没有这样一个定义,即使全检得出一个非零的不合格品率的真值,也无法判定该总体(批)是否合格。

##### (3)样本的质量

样本的质量是根据各样本单位的质量统计出来的。

对于计件检验,当样本大小  $n$  一定时,可用样本的不合格品数即样本中所含的不合格

品数  $d$  表示。对于计点检验,当样本大小  $n$  一定时,可用样本的不合格数即样本中所含的不合格数  $d$  表示。当样本中含有不合格品数  $d \leq Ac$  时,称为样本合格(样本满足规定的要求),样本合格就接收该批,此时并不能保证批合格,也就是说接收该批与该批合格是两个不同的概念。

#### 4. 统计抽样检验的分类

##### (1) 按统计抽样检验的目的分类

a. 预防性抽样检验:它是半成品在制造过程中使用的抽样检验,其目的是及时发现过程中的不稳定因素,保证整个制造过程处于统计控制状态,保障生产出质量优良的产品。

b. 验收性抽样检验:它是对产品批进行抽样检验,其目的是确定一批产品是否可以接收。

c. 监督抽样检验:它是为了保证产品质量和保护消费者的利益,由第三方独立对产品进行的、决定监督总体是否可以通过的抽样检验。

##### (2) 按单位产品的质量特性分类

a. 计数抽样检验:指按照不合格品率,或者只计算不合格品数,然后根据样本的检验结果,按预先规定的判定准则来确定接收还是不接收一批产品。

b. 计量抽样检验:指对单位产品质量特征,必须用其中与之对应的连续量(如时间、质量、长度等)实际测量,然后根据统计计算结果(如均值、标准差或其他统计量等)是否符合规定的接收判定值或接收准则来决定是否接收一批产品。

这两种抽样检验方法各有优缺点,计数抽样检验不需要复杂的计算,使用方便,但是由于它不能较充分利用样本所提供的信息,所以其功效不如计量抽样检验。计量抽样检验需要较复杂的计算,使用不如计数抽样检验便利,所以它的使用远不如计数抽样检验广泛;但是它有两大优点:一是充分地利用样本所提供的信息;二是样本量往往可以比计数抽样检验少得多。

##### (3) 按抽取样本的次数分类

a. 一次抽样检验:指只需抽取一次样本就可以作出是否接收一批产品的判定。

b. 二次抽样检验:先抽第一样本,若能作出是否接收的判定,则检验工作终止;否则,再抽第二样本,然后作出判定。

c. 多次抽样检验:与二次抽样类似,需要多次才能作出接收的判定。

d. 序贯抽样检验:抽取样本的次数事先不固定,每次只抽取一个单位产品,然后把前面所有抽检结果累积起来,作出接收、拒收或继续抽取一个单位产品的判定。

##### (4) 按是否调整抽样方案分类

按是否调整抽样方案,可将统计抽样检验分为:

a. 调整型抽样检验:根据一系列批产品质量的变化情况,按照预先确定的转移规则,适当地调整抽样方案。调整型抽样检验能充分利用一系列的质量历史,在保证批质量的前提下,达到节约成本,降低检验费用的目的。

b. 非调整型抽样检验:一般不利用产品质量的历史,使用中也没有调整规则。如标准抽样方案。

### 1.1.2.2 计数抽样检验的基本原理

#### 1. 计数抽样检验方案

抽样检验方案是实施抽样检验的主要依据。是一组特定的规则,用于批产品进行检验、判定。计数抽样检验方案,包括样本量  $n$  和判定数组  $A_c$  和  $R_e$ 。

$A_c$  是批作出接收判定时,样本中发现的不合格品(或不合格数)数上限值,只要样本中发现的不合格品(或不合格)数等于或小于  $A_c$ ,就可以接收该批产品。

$R_e$  是对产品批作出不接收判定时,样本中发现的不合格品(或不合格)数等于或大于  $R_e$  时,则判定该产品不接收。

在计数抽样检验中,根据抽样方案。对批作出判定以前允许抽样检验抽取的样本的个数,分为一次、二次、多次和序贯等各种类型的抽样方案。

##### (1) 一次抽样方案

由样本量和判定组组成,简记为  $(n|A_c, R_e)$ 。

从批中抽取  $n$  个单位产品的样本,若  $A_c$ (接收数)  $\leq d$ (样本的不合格品不合格)数则批为接收;若  $R_e$ (拒收数)  $> d$  则批判为拒接。

##### (2) 二次抽样方案

由两个样本量和判定组组成,简记为  $(n_1, n_2 | A_{c1}, R_{e1}; A_{c2}, R_{e2})$  其中  $R_{e2} = A_{c2} + 1$ 。这类抽样方案,当第一样本  $n_1$  不能对批作出是否接收的判定时,允许抽取第二样本  $n_2$ ,根据这两个样本的检验结果,就能对批作出判定。其实施步骤是:从批中抽取有  $n_1$  个单位产品的第一样本,经逐个检验以后,如果发现的不合格品数或不合格数,小于等于第一接收数  $A_{c1}$ ,则接收该批;如果大于或等于第一拒收数  $R_{e1}$ ,则拒收该批;如果大于第一接收数  $A_{c1}$ ,小于第一拒收数  $R_{e1}$ ,则必须抽取第二样本  $n_2$ ,把两个样本发现的不合格品(或不合格数)相加,如果累积的不合格品数(不合格数)小于等于第二接收数  $A_{c2}$ ,则接收该批;如果等于或大于第二拒收数  $R_{e2}$ ,则拒收该批。

##### (3) 多次抽样方案

与第二次抽样方案类似,不再赘述。

### 2. 抽样检验的基本统计理论

(1) 样本质量指标(不合格品率)不一定等于总体质量指标(不合格品率)。

(2) 抽样检验不能保证被接收的总体(批)中的每件产品都是合格品。

(3) 抽样检验所犯的两类错误

a. 在抽样检验中,将合格批误判为不合格所犯的误差称为弃真错误,犯弃真错误的概率称为弃真概率,记为  $\alpha$ ,它也称为生产方风险。

b. 在抽样检验中,将不合格批误判为合格所犯的误差称为存伪错误,犯存伪错误的概率称为存伪概率,记为  $\beta$ ,它也称为使用方风险。

### 1.1.3 数值修约方法

在检测工作中,我们经常需要根据标准要求对检测数字进行取舍,这就涉及数值修约的问题,我们目前一般采用的都是全数值修约的方法,所依据的标准是《数值修约规则》(GB/T8170-1987)。

### 1.1.3.1 数值修约相关术语

1. 修约间隔:修约间隔是确定修约保留位数的一种方式。修约间隔的数值一经确定,修约值即应为该数值的整数倍。修约间隔一般以  $k \times 10^n$  ( $k=1,2,5;n$  为正、负整数) 的形式表示。

2. 末:所谓末,指的是任何一个数最末一位数字所对应的单位量值。例如:11.3 对应的末为 0.1,11.889 对应的末为 0.001 等。

3. 有效数字(有效位数):当近似数的绝对误差的模小于 0.5(末)时,从左边的第一个非零数字算起,直到最末一位数字为止的所有数字即为有效数字。

测量结果的数字,其有效位数代表结果的不确定度。有效位数不同,它们的测量不确定度也不同。

### 1.1.3.2 数值修约规则

#### 1. $k=1$ 时

(1)拟舍弃数字的最左一位数字小于 5 时,则舍去,即保留的各位数字不变。

(2)拟舍弃数字的最左一位数字大于 5,或者是 5,而其后面有并非全部为 0 的数字时,则进一,即保留的末位数字加 1。

(3)拟舍弃数字的最左一位数字为 5,而右面无数字或皆为 0 时,若所保留的末位数字为奇数,则进一;为偶数,则舍去。

#### 2. $k=5$ 时

将拟修约数值乘以 2,按指定数位依上述规则修约,所得数值再除以 2。

#### 3. $k=2$ 时

将拟修约数值乘以 5,按指定数位依上述规则修约,所得数值再除以 5。

#### 4. 通用修约方法

国家标准 GB/T8170-1987《数值修约规则》,虽然对“1”、“2”、“5”间隔的修约方法分别作了规定,但使用时比较繁琐,对“2”和“5”间隔的修约还需要进行计算。下面介绍一种适用于所有修约间隔的修约方法,只需直观判断,简便易行:

(1)如果在为修约间隔整数倍的一系列数中,只有一个数最接近拟修约数,则该数就是修约数。例如:将 1.150001 按 0.1 修约间隔进行修约,此时,与拟修约数 1.150001 邻近的为修约间隔整数倍的数有 1.1 和 1.2(分别为修约间隔的 11 倍和 12 倍),然而只有 1.2 最接近拟修约数,因此 1.2 就是修约数。又如:要求将 1.0151 修约至十分位的 0.2 个单位。此时,修约间隔为 0.02,与拟修约数 1.0151 邻近的为修约间隔整数倍的数有 1.00 和 1.02(分别为修约间隔 0.02 的 50 倍和 51 倍),然而只有 1.02 最接近拟修约数,因此 1.02 就是修约数。再如,将 1.2505 按“5”间隔修约至十分位。此时,修约间隔为 0.5。1.2505 只能修约成 1.5 而不能修约成 1.0,因为只有 1.5 最接近拟修约数 1.2505。

(2)如果在为修约间隔整数倍的一系列数中,有连续的两个数同等地接近修约数,则这两个数中,只有为修约间隔整数倍的那个数才是修约数。例如:要求将 1150 按 100 修约间隔修约。此时,有两个连续的、修约间隔整数倍的数  $1.1 \times 10^3$  和  $1.2 \times 10^3$  同等地接近于 1150,因为  $1.1 \times 10^3$  是修约间隔 100 的奇数倍(11 倍), $1.2 \times 10^3$  是修约间隔的偶数倍(12 倍),因而  $1.2 \times 10^3$  为修约数。

### 1.1.3.3 修约时应注意的问题

数据修约导致的不确定度呈均匀分布,约为修约间隔的 $1/2$ 。在进行修约时还应注意:不要多次连续修约,这样会累积不确定度。

### 1.1.4 检测结果不确定度评定

#### 1.1.4.1 概述

测量的值 $x_i$ 与被测物的真值 $a$ 的差值为绝对误差 $q_i$ ,同一条件下多次测量,每次的绝对误差为 $q_i = x_i - a$ 。测量误差=测量结果-真值=(测量结果-总体均值)+(总体均值-真值)=随机误差+系统误差。

实际上,真值是量的定义的完整体现,是无法得到的(不存在完美无缺的测量),其本质上是不能得到的。因此,在测量上,采用约定真值,以测量不确定度来表征真值处于的范围。所以,测量结果与真值之差的测量误差,也是无法确定的或确切获知的。这是被人们普遍认为的“误差公理”。

过去的观点是通过误差分析,给出被测量值不能确定的范围即是误差。按现在的观点,误差一词不宜用来定量表明测量结果的可靠程度。

测量误差是表明测量结果偏离真值的差值,它客观存在但人们无法准确得到。例如:测量结果可能非常接近真值(误差很小),但由于认识不足,人们赋予的值却落在一个较大区间(误差)内,另一方面测量结果可能远远偏离真值(误差很大),而人们赋予的值却落在一个较小区间(误差)内。如何较准确地确定一个这样的区间,即这个区间表征被测量之值与真值之间的分散性,就是说,测量结果可信的程度在什么水平上?根据现代计量学观点,计量或测量结果可信的程度是需要通过分析和评定来确定的。

测量不确定度是用来表征被测量之值所处范围的一种评定。

我国于1999年,经国家质量技术监督局批准,颁布实施由全国法制计量技术委员会提出的《测量不确定度评定与表示》(JJF1059-1999)。适用范围包括国家计量基准、标准物质、测量及测量方法、计量认证和实验室认可、测量仪器的校准和检定、生产过程的质量保证和产品的检验和测试、贸易结算以及资源测量等测量技术领域。

#### 1.1.4.2 有关误差的基本术语概念

##### 1. 按误差来源分类

设备误差——检测器具(计量器具)示值不准

环境误差——温度、湿度、振动、电磁等差异性、不稳定

人员误差——技术熟练、生理差异

方法误差——方法不完善

测量对象——测量对象自身变化

##### 2. 按误差性质分类

随机误差——测量结果在重复性条件下,无限次重复测量同一个量所得结果与平均值之差

系统误差——在重复性条件下,无限次重复测量同一个量所得结果的平均值与被测量真值之差

粗大误差——超出规定条件下预期的误差,即明显歪曲测量结果的误差

3. 有关与误差共生的基本术语

精度——与误差相反角度的描述,误差小即精度高,误差大即精度低

精密度——反映测量数据分散性大小的程度

正确度——反映测量数据偏移真值大小的程度

准确度——是定性概念,采用级、等、准确度符合××标准

重复性——在相同测量条件下,对同一被测量进行连续多次测量所得结果之间的一致性

复现性——在不同测量条件下,对同一被测量进行连续多次测量所得结果之间的一致性

权——在不同条件下对同一量进行测量时,测量结果的质量不同,用数字表征测量结果的质量指标叫权  $P$ ; 权  $P$  与测量结果的方差  $\sigma^2$  成反比,即  $P \propto 1/\sigma^2$

等精度测量——权相等的测量

实验标准差——对同一被测量作  $n$  次测量,表征测量结果分散性的量,表示为:

$$s(\delta_{\bar{x}}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1.1.4.1)$$

#### 1.1.4.3 测量结果标准不确定度

依据《测量不确定度评定与表示》(JJF1059-1999),测量结果标准不确定度分为 A 类和 B 类两种方法。A 类评定方法是计算出测量数据的平均值标准差  $s(\delta_{\bar{x}})$ ,即公式(1.1.4.1)的数值;B 类评定方法需要了解测量仪器、技术资料、测量方法、检定证书。水工金属结构制造与安装所涉及的重要测量参数一般是几何尺寸的测量。因此,A 类评定方法是可以容易实现的。B 类评定方法包含了评定人员的经验和不确定度的传递。如检测仪器检定的标准不确定度  $u_1$ ,仪器分辨率标准不确定度  $u_2$ ,测量时检测人员布点(测点)的位置偏离引起的不确定度等等。同时,具有多个不确定度的分量  $u_i$ ,需要对逐个分量进行合成,即  $u = \sqrt{\sum (u_i^2 + s(\delta_{\bar{x}})^2)}$ 。计算不确定度分量时,涉及包含因子的选择,而包含因子的选择与概率分布形式和置信概率的大小有关,在确定诸多不确定度分量及其包含因子时,需要对被测量重要性进行分析和判断并作出合理的选择。合成标准不确定度  $u$  仍然是标准差,它表征了测量结果的分散性。扩展不确定度是为提供测量结果一个区间的要求而附加的不确定度,是由合成不确定度的倍数来表示的,即  $U = ku$ ,通常  $k$  取 2 和 3,取决于被测量的重要性、效益和风险。

**例 1** 对某被测物进行 10 次等精度测量(重复性测量),仪器分辨率  $2\mu\text{m}$ ,仪器检定证书给出不确定度是标准差的 2 倍(包含因子 2),其值为  $50\mu\text{m}$ ,测量数据列表 1.1.4.3,进行测量不确定度的 A 类和 B 类评定,并给出测量结果。

由表 1.1.4.3 得知:

$$\bar{x} = 999.79, \sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2 = 0.0070, n = 10$$

A 类评定:

$$s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \times 0.007} = 0.009 = 9\mu\text{m}$$

表 1.1.4.3

序号	$x_i$ (mm)	$\bar{x}$ (mm)	$x_i - \bar{x}$ (mm)	$(x_i - \bar{x})^2$ (mm)
1	999.76	999.78	-0.03	0.0009
2	999.77		-0.02	0.0004
3	999.78		-0.01	0.0001
4	999.75		-0.04	0.0016
5	999.80		0.01	0.0001
6	999.80		0.01	0.0001
7	999.82		0.03	0.0009
8	999.81		0.02	0.0004
9	999.83		0.04	0.0016
10	999.82		0.03	0.0009

B类评定:

① 检定证书表明,测量仪器标准不确定度  $u_1 = \frac{50}{2} = 25\mu\text{m}$ 。

② 仪器分辨率  $\lambda = 2\mu\text{m}$ , 区间半宽  $a = \frac{\lambda}{2}$ , 查 JJF1059-1999 附录 B, 分辨率不确定度按矩形均匀分布, 概率为 100% 时, 查表得包含因子  $K = \sqrt{3}$ , 仪器分辨率标准不确定度  $u_2 = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.2\mu\text{m}$ 。

③ 测量时检测人员布点(测点)的位置偏离 0.01mm( $10\mu\text{m}$ ), 由此引起的不确定度区间半宽  $a = \frac{10}{2} = 5\mu\text{m}$ , 按正态分布, 置信概率 50%, 查得包含因子 0.67, 测量位置不确定度  $u_3 = \frac{5}{0.67} = 7.5\mu\text{m}$ 。

④ 确定合成不确定度  $u = \sqrt{\sum s_i^2 + \sum u_i^2} = \sqrt{9^2 + 25^2 + 1.2^2 + 7.5^2} = 27.6\mu\text{m}$ 。

⑤ 确定扩展不确定度, 按正态分布, 以 99.73% 的置信概率给出最佳区间, 则扩展不确定度为:  $U_{99.73} = ku = 3 \times 27.6 = 82.8\mu\text{m}$  (对于相关性的扩展不确定度以及自由度的内容在此暂不讨论)。

⑥ 测量结果:  $X = \bar{x} \pm U_{99.73} = 999.79\text{mm} \pm 0.08\text{mm}$ , 扩展不确定度  $U_{99.73} = 0.08\text{mm}$ , 置信概率  $p = 99.73\%$ 。

例 2 对闸门门高  $h$  进行复现性测量, 分别独立测得数据: 甲全站仪 37000.5mm, 乙