



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校建筑(市政)施工专业教学用书

建设行业技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

建筑工程材料检测

白 燕 刘玉波 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校建筑(市政)施工专业教学用书
建设行业技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

建筑工程材料检测

主 编 白 燕 刘玉波

副主编 梅小明 王英林

参 编 柏明利 李 梅

杨 晶 李忠坤

王 波

主 审 康立中 许金渤



机械工业出版社

本教材是按《中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》中的主干课程“建筑工程材料检测”的教学基本要求，同时参照建筑工程质量控制岗位人员资格要求编写的建筑类中等职业教育国家推荐教材。

主要内容包括：检测管理及基础知识；建筑用砂、石、水泥、粉煤灰、外加剂的性能检测；建筑用钢材、沥青及防水材料性能检测；混凝土、砂浆配合比计算、调整；混凝土拌合物性能检测；混凝土力学性能检测；建筑材料现场检查、验收与控制。

本教材在编写过程中本着“必需、够用”的原则，结合了试验工岗位要求标准，有很强的实用性。在内容上力求将新的检测标准、检测方法、评定标准及检测注意事项贯穿其中，并配备相关的检测训练项目，注重学生动手操作技能的培养，授课时可采用项目教学法进行。

本教材可作为中等职业学校建筑(市政)施工专业材料检测教材，也可作为相关专业岗位培训教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程材料检测/白燕, 刘玉波主编. —北京: 机械工业出版社, 2006. 7

教育部职业教育与成人教育司推荐教材. 中等职业学校建筑(市政)施工专业教学用书. 建设行业技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

ISBN 7-111-19594-9

I. 建... II. ①白... ②刘... III. 建筑材料—检测—专业学校—教材 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 080560 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 李俊玲 责任编辑: 李俊玲 王靖辉

版式设计: 张世琴 责任校对: 陈延翔

封面设计: 饶薇 责任印制: 李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 10.75 印张 · 254 千字

0001—4000 册

定价: 16.00 元

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)68326294

编辑热线电话(010)88379540

封面无防伪标均为盗版

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校建筑(市政)施工专业教学用书
建设行业技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

编委会名单

主任委员 沈祖尧 中国建设教育协会中等职业教育专业委员会主任

副主任委员(按姓氏笔画排)

王大喆 北京城市建设学校
邓小娟 北京水利水电学校
方崇明 武汉市建设学校
孙云祥 嘉兴市建筑工业学校
白家琪 天津市建筑工程学校
刘宝春 天津铁路工程学校
吴承霞 河南省建筑工程学校
陈晓军 辽宁省城市建设学校
李涤新 合肥市城市建设学校
苏铁岳 河北城乡建设学校
武佩牛 上海市建筑工程学校
贾小光 北京城建集团职工中等专业学校
周铁军 成都市建设学校
荆得力 山东省城市建设学校
黄志良 常州建设高等职业技术学校
蔡宗松 福州建筑工程职业中专学校
潘东林 南京职业教育中心

委 员(按姓氏笔画排)

王军霞 卢秀梅 厉建川 白 燕
闫立红 刘克良 刘英明 张文华
杨秀方 肖建平 李明庚 张 洁
陈爱萍 张福成 金同华 周 旭
周雪梅 耿文忠 常 莲 蔺伯华
李俊玲(常务)

出版说明

本系列教材是根据教育部、建设部发布的《中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》(以下简称《指导方案》)的指导思想和最新教学计划编写的,是教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

2004年10月,教育部、建设部发布了《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》,并组织制订了《指导方案》,对建筑(市政)施工、建筑装饰、建筑设备和建筑智能化四个专业的培养目标与规格、教学与训练项目、实验实习设备条件等提出了具体要求。

为了配合《指导方案》的实施,受教育部委托,在中国建设教育协会中等职业教育专业委员会的大力支持和协助下,机械工业出版社于2005年3月专门组织召开了全国中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养教学研讨和教材建设工作会议,对指导方案进行了认真学习和研讨,在此基础上,组织编写了建筑(市政)施工、建筑装饰两个专业的系列教材。

由于“技能型紧缺人才培养培训工程”是一个新生事物,各学校在实施过程中也在不断摸索、总结、调整,我们会密切关注各院校的实施情况,及时收集反馈信息,并不断补充、修订、完善本系列教材,也恳请各用书院校及时将使用本系列教材的意见和建议反馈给我们,以使本系列教材日臻完善。

本系列教材编委会

前 言

本教材是以培养学生专业操作技能和提高技术服务能力为出发点，紧密结合《中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》的标准和要求，以企业现行需求为依据，为学生未来从事土建行业中材料检测及工程质量控制工作而配备的一本专业教材。

编写组在编写前进行了大量的市场调研，取得了诸多宝贵的实用依据和编写意见。编写教师均为常年从事建筑材料检测工作和专业教学工作的双师型教师，具有扎实的理论基础和丰富的实践经验。教材内容突出新、实、精、简、够的特点，且全部采用建筑行业最新的材料检测标准，突出技能培养特色，有很强的实用性。同时，教材配有：思考题、练习题及各种检测训练项目，便于学生课后学习巩固。

本教材由白燕、刘玉波任主编，梅小明、王英林任副主编。全书编写分工如下：

辽宁省城市建设学校白燕编写绪论及单元1，李忠坤、李梅编写单元2，刘玉波、王英林编写单元3，杨晶编写单元4，王波编写单元5；成都市建设学校梅小明编写单元6；天津铁路工程学校柏明利编写单元7。全书由辽宁省沈阳市建设工程质量监督站教授研究员级高级工程师康立中，辽宁省建朋建筑技术咨询有限公司总工程师、高级工程师许金渤主审。

限于编者水平，教材中不妥之处在所难免，敬请批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

绪论..... 1

复习思考题..... 3

单元 1 检测管理和基础知识 4

课题 1 检测管理 4

课题 2 数据统计分析及处理 6

单元小结 10

复习思考题 11

单元 2 混凝土、砂浆用原材料性能

检测..... 12

课题 1 水泥概述 12

课题 2 水泥主要技术指标 13

课题 3 水泥主要技术指标检测 15

课题 4 骨料概述 30

课题 5 砂子主要技术指标
及检测 31

课题 6 石子主要技术指标
及检测 41

课题 7 粉煤灰概述 53

课题 8 外加剂概述 57

单元小结 64

复习思考题 64

单元 3 混凝土性能检测..... 66

课题 1 普通混凝土性能概述 66

课题 2 普通混凝土配合比设计 71

课题 3 掺粉煤灰混凝土配合比
设计 80

课题 4 普通混凝土拌合物性能
检测 82

课题 5 预拌混凝土及泵送混凝土
工作性能检测 85

课题 6 普通混凝土力学性能
检测 91

单元小结 94

复习思考题 94

单元 4 砂浆性能检测..... 96

课题 1 砂浆性能概述 96

课题 2 砂浆配合比设计 98

课题 3 砂浆拌合物性能检测 101

课题 4 砂浆力学性能检测 103

单元小结 105

复习思考题 105

单元 5 常用建筑钢材及钢筋焊接 性能检测 106

课题 1 常用建筑钢材性能检测 106

课题 2 常用钢筋焊接性能检测 119

单元小结 123

复习思考题 123

单元 6 沥青和防水材料性能检测 ... 124

课题 1 沥青性能概述 124

课题 2 防水材料性能检测 128

课题 3 沥青防水卷材主要技术
指标检测 137

单元小结 140

复习思考题 140

单元 7 工程材料质量现场评定、控制 及验收 142

课题 1 工程材料质量控制原则 142



课题2 工程材料现场检查评定	143	复习思考题	152
课题3 工程材料质量控制	147	附表	153
课题4 工程材料进场验收	149	参考文献	162
单元小结	151		

绪 论

1. 建筑工程材料检测的定义

建筑工程材料检测,是指根据标准及其性能的要求,采用相应的试验手段和方法进行各种试验的过程。

2. 建筑工程材料检测的目的

检测试验工作的主要目的是取得代表质量特征的有关数据,科学地评价工程质量。根据各种试验检测的数据能够合理地使用原材料,达到既保证工程质量又降低工程造价的目的;通过试验研究能够推广和发展新材料、新技术。

最近二十年来,我国的建筑行业发展得很快,建筑技术水平不断地提高,新的一些建筑方法应用到了工程实践中,建筑材料也不断地更新换代。虽然从施工招标、工程管理、施工监理等方面可以对工程和质量进行一定的控制,但是最直接能够体现材料质量的,还是通过对建筑材料的检测所得出的各种数据。对于低价中标来说,在工程上偷工减料以降低工程造价的事情时有发生,最近几年工程倒塌的事故屡见不鲜,这其中工程材料的质量问题占了很大的比例。要保证工程质量,就必须做好检测工作,检测的目的不仅仅是及时发现不合格的原材料,也不仅仅是作一个合格的档案资料,而更主要的是进行施工全过程质量问题的预防和控制。

3. 建筑材料的标准化

目前,我国绝大多数的建筑材料都制定出了产品的技术标准,其主要内容包括:产品规格、分类、技术要求、检测方法、验收规则、包装与标志、运输和贮存及抽样方法等。建筑材料的技术标准是建材产品质量的技术依据,它可以实现生产过程合理化,设计、施工标准化,而技术标准又是供需双方产品质量验收的依据,是保证工程质量的先决条件。

(1) 标准的分类 建筑材料的技术标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准,分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。中国国家质量技术监督局是国家标准化管理的最高机关。国家标准和行业标准都是全国通用的标准,是国家指令性技术文件,各级生产、设计、施工等部门均必须严格遵照执行。

(2) 各级标准的相应代号 各级标准有各自的部门代号(表 0-1),其表示方法由标准名称、部门代号、标准编号和颁布年份 4 部分组成。例如《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB 175—1999),部门代号为 GB,标准编号为 175,颁布年份为 1999 年。

表 0-1 各级标准的相应代号

标准级别	标准代号及名称
国家标准	GB——国家标准; GB/T——推荐性国家标准
	ZB——国家级专业标准(有关建筑材料的为 ZBQ)
行业标准	JGJ——建设部行业标准; JC——建设部建筑材料标准; JC/T——推荐性建材标准



(续)

标准级别	标准代号及名称
地方标准	DB——地方标准
企业标准	QB——企业标准

随着建筑市场的国际化,一些建筑工程中常会涉及到其他国家的标准,我们也应有所了解。例如“ASTM”代表美国国家标准、“BS”代表英国国家标准、“DZN”代表德国国家标准,另外,在世界范围内统一执行的标准为国际标准,其代号为“ISO”。标准是根据一定时期的技术水平制定的,因而随着技术的发展与使用要求的提高,标准也需要不断进行修订。本教材虽然全部使用最新的标准与规范,但随着时间的发展,讲授本教材时仍然要注意搜索与本教材所对应的新标准与新规范。

4. 材料检测的现状与发展

检测行业从开始出现发展到今天,大都是作为建筑行业的附属部分出现的,由于政策垄断成分高,因此一直没有形成一套独立运作发展的管理模式。通常,检测单位对设备场地等硬件和技术培养等方面的投入较少,造成了技术门槛低的现状。同时,检测单位被动地接受施工单位的委托,在共同利益的驱使下,施工方与检测方之间难免存在着众多的问题,如肆意涂改建筑检测数据,出具虚假检测报告等,因此导致检测市场上评价一个检测单位工作质量的标准不是严谨,而是能否灵活和方便。

检测市场要改变现状,就必须实现产业化管理,从而最终成为真正意义上的第三方公正性中介机构。建筑工程质量检测行业,作为一个比较特殊的行业,面临着重大转变和探索,作为整个行业来讲,面对的不仅仅是同行内日益激烈的竞争,更应清醒地认识来自国外同行的竞争。在“入世”后的转变中,建筑工程质量检测行业遇到的困难和挑战更大。因此,检测行业应该积极应对,树立起全面质量意识,掌握现代企业管理经验,强化服务和人才意识,才能适应将来的国际竞争,才能保证行业的健康发展。

5. 课程的内容、任务、学习方法

(1) 课程的内容、任务 本课程的主要内容包括:水泥、集料、普通混凝土、外加剂、建筑砂浆、建筑钢材、防水材料的试验方法和检测规则,同时介绍了误差和数据处理的基本方法。重点要求掌握材料的技术性能指标,并必须具备对常用建筑材料主要技术性能指标进行检测的能力。

本课程是一门实践性较强的专业技术课,通过对课程的学习,掌握一定的试验技能,使学生在今后的工作实践中学会鉴定和检验常用建筑材料质量的方法,从而培养严谨的科学态度、实事求是的工作作风和较强的科研能力。

(2) 学习方法

- 1) 抓住重点内容,即常用建筑材料的技术性能指标、检测标准和方法。
- 2) 采用对比、归纳的学习方法,切忌死记硬背。
- 3) 认真做好材料的检测,及时写好试验报告,掌握一定的试验技能。
- 4) 密切联系工程实际,充分利用参观、实习的机会,提出一些问题,在实践中验证和补充在书本上所学的内容。



复习思考题

- 0-1 建筑材料的标准分为哪几级？应如何表示？
- 0-2 简述建筑材料课程的内容和任务。

单元 1 检测管理和基础知识

单元概述

本单元介绍了检测单位的业务管理、工作流程、见证取样检测制度的相关内容及检测数据处理方法。

学习目标

通过本单元的学习，了解检测单位的性质、特点，掌握见证取样的规定内容及数值修约规则。

课题 1 检测管理

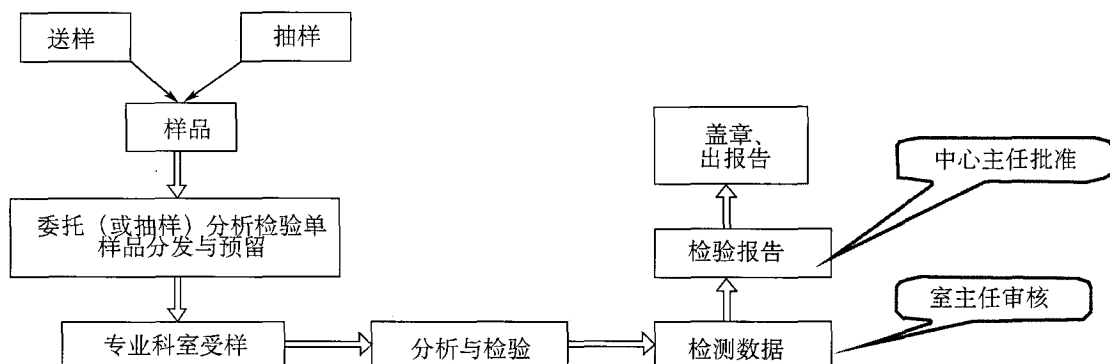
1.1.1 检测单位业务的管理

- 1) 检测单位必须严格执行国家和省的有关技术标准，并在检测报告中注明所采用的技术标准。
- 2) 检测单位应参照《实验室认可准则》(CNAL/AC01:2005)建立质量体系，积极参加实验室能力认证和实验室之间的对比试验，以保证检测工作的可靠性和公正性。
- 3) 检测单位完成检测业务后，应当及时出具检测报告，检测报告的内容、数据及结论必须准确可靠，须出具鉴定意见的，应明确提出，并由电脑打印，不得涂改。检测报告必须具有试验员、审核人及技术负责人的签字，加盖计量认证章(CMA章)和检测报告专用章。检测机构对其出具的检测报告承担相应的法律责任。
- 4) 工程中涉及到结构安全的试块、试件以及有关建筑材料的质量检测，实行见证取样送检制度和监督抽检制度。未经见证取样送检的检测报告，一律不得作为竣工验收资料。
- 5) 检测单位在受理委托检测时，应对试样的见证取样或监督抽查送检的有效性进行确认，经确认后的检测项目，其检测报告应加盖“有见证检验”或“监督抽检”印章。
- 6) 检测单位应建立档案管理制度。检测合同、委托单、检测报告应当按年度统一编号，编号应连续，不得随意抽撤。
- 7) 检测单位应当单独建立不合格检测项目台账。



1.1.2 检测工作的流程

检测工作的流程如下：



如对检测结果有异议，可在规定日期内对预留样品进行复测。抽样方法按我国现行的国家标准实行。

1.1.3 见证取样检测制度

取样是指按有关技术标准、规范的规定，从检测对象中抽取试验样品的过程。取样要有代表性，这直接关系到试验结果的准确性。不具代表性的样品不能真实反映材料批的质量，故每种材料各检验项目的取样方法及取样数量在相应的标准、规范中均有规定。取样人员要熟悉各种材料标准中取样的规定，同时应规范操作，以保证所取样品的代表性。比如，标准规定对同一批进厂的袋装水泥，应从不少于 20 袋的水泥中随机抽取等量样品混匀，样品总量至少 12kg。因此，那种一次性从半袋水泥或一袋水泥中取 12kg 水泥作为样品的做法是不符合要求的。

样品抽取后，应将其从施工现场送至有法定资格的工程质量检测单位进行检验，从抽取样品到送至检测单位检测的过程是工程质量检测管理工作的第一步。为了强化这个过程的监督管理，杜绝因试件弄虚作假而出现试件合格而工程实体质量不合格的现象，建设部颁发了《建设工程质量检测管理办法》（建质[2005]141号）。在建设单位和监理单位人员见证下，由施工人员在现场取样，送至试验室进行试验。

1.1.4 见证取样与送检的范围

下列试块、试件和材料必须实施见证取样和送检。

- 1) 水泥物理力学性能检验。
- 2) 钢筋力学性能检验。
- 3) 砂石常规检验。
- 4) 混凝土、砂浆强度检验。
- 5) 混凝土外加剂检验。
- 6) 预应力钢绞线、锚夹具检验。



7) 沥青、沥青混合料检验。

1.1.5 委托单、原始记录的填写

1) 送试各种原材料检验的单位，必须认真填写试验委托单。例如，水泥试验委托单要写明水泥生产厂名及牌号、水泥品种、强度等级、出厂合格证号、出厂日期、工程名称、委托单位、进厂数量、委托日期和要求做试验的项目。委托单必须有取样见证人和送试人签名或盖章。

2) 收件人将验证委托单填写齐全，并确认其与试样相符合后，登记在收样台账上，通知试验员。试验员接到委托单，按顺序在委托单上编写试验编号。试验编号应根据委托单的进场吨数而定，如袋装水泥总量不超过 200t，散装水泥总量不超过 500t，可作为一组水泥试件的一个试验编号，如果多个委托单由一家送试，且都是同一水泥厂生产的同品种、同强度等级、总批量不超过 200t 的袋装水泥，可打小号组合成一组水泥试件编号。

3) 原始记录是一种书面的、规范的具体表现形式。原始记录要求在试验过程中填写，并且对完成的检验结果提供客观依据。若某项填写错误，不允许涂抹，应在错项上划二横杠，将正确的填写在其上方，并在此处盖上修改人的试验章。

4) 归档时，要求委托单、发出报告、原始记录，每 50 份一装订，并且每份试验编号三单要一致。

水泥试验委托单见表 1-1。

表 1-1 水泥试验委托单

(取送样见证人签章)		试验编号: _____
委托日期: _____年____月____日		建设单位: _____
委托单位: _____		工程名称: _____
主要使用部位: _____		水泥品种及标号: _____
生产厂名: _____		出厂合格证号: _____
出厂日期: _____年____月____日		进场数量: _____
主要检测项目(在序号上画“√”): 1. 抗压强度 2. 抗折强度 3. 凝结时间 4. 体积安定性		
其他检验项目: _____		
送样人: _____	收样人: _____	

1.1.6 不合格材料的处理

各检测单位根据原材料和单位工程的不同，建立各种不同的登记台账。对于不合格材料的处理方式，一般检测单位的工作程序是：首先建立“不合格台账”，接着把不合格结果及时通知给送检单位和主管监督机构，然后定期向工程质量监督站反馈不合格信息。各施工、建设单位应根据实际情况，认真记好工地材料的不合格台账，对不合格的项目做出妥善处理，并及时将处理结果反馈给主管部门。

课题 2 数据统计分析及处理

为了得到准确的检测结果，检验人员不仅要认真操作，还要运用统计分析的方法，从多



次的测量数据中，估算出最接近真值数据的测量结果。

1.2.1 检测数据的真值

从测量者的主观愿望来说，总想测出物理量的真值。然而任何实际测量中都有误差，误差贯穿于测量的全过程。在试验科学中真值的定义为无限多次观测值的平均值。但实际测定的次数总是有限的，由有限次数求出的平均值，只能近似地接近于真值，可称此平均值为近似真值。

1.2.2 误差的种类及表示方法

1. 误差的种类

(1) 系统误差 系统误差是由某些固定不变的因素引起的，在测量之前就存在，并具有规律性、可预测性。试验条件一经确定，系统误差就是一个客观上的恒定值，多次测量的平均值也不能减弱它的影响。产生系统误差的原因是环境的因素、操作人员的习惯和偏向、动态测定时的滞后现象、试验设计原理的失误等。通常，系统误差会使测量值产生过高或过低的偏差，偏差量大致相同。

(2) 随机误差 随机误差是由某些不易控制的因素造成的。在相同条件下做多次测量，其误差数值是不确定的，时大时小，时正时负，没有确定的规律，这类误差称为随机误差或偶然误差。这类误差产生原因不明，因而无法控制和补偿。随着测量次数的增加，随机误差的算术平均值趋近于零，所以多次测量结果的算术平均值将更接近于真值。

(3) 粗大误差 粗大误差是一种与实际事实明显不符的误差，误差值可能很大，且无一定的规律。它主要是由于试验人员的粗心大意、操作不当造成的，如读错数据，操作失误等。在测量或试验时，只要认真负责就可以避免这类误差。存在粗大误差的观测值，在试验数据整理时应该剔除。

2. 误差的表示方法

(1) 绝对误差 绝对误差是指测量值(X 是单一测量值或多次测量的均值)与实际值(X_i)之差，它有正负之分。

$$\text{绝对误差} = X - X_i$$

(2) 相对误差 相对误差是指绝对误差与实际值之比(常以百分数表示)。

$$\text{相对误差} = \frac{X - X_i}{X_i} \times 100\%$$

1.2.3 准确度、精密度和精确度

1. 准确度

准确度是指测量值与真值(或公认值)的偏差程度。准确度高，说明测量结果的近似真值与真值非常接近，系统误差小。

2. 精密度

精密度是指当多次重复测量时，不同测量值彼此间偏差量的大小。如果多次测量时，彼此间结果皆很接近，则视为精密度较高。精密度表示测量数据的集中程度，精密度高，说明



测量数据集中，随机误差小。

3. 精确度

精确度是指测量值与真值的一致程度。精确度高，说明随机误差和系统误差都小，测量数据集中在真值附近。

1.2.4 统计分析的方法

1. 算术平均值 \bar{X}

算术平均值表示测量数据的集中量。

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \cdots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

式中 n ——测量次数；

X_i ——各次的测量值。

2. 均方根平均值 S

均方根平均值表示对数据的跳动反应敏感度。

$$S = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \cdots + X_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n}}$$

3. 偏差 d

为了解测量数据与平均值的偏离程度，于是定义每一个数据与平均值的差值，称为偏差。

$$d_1 = X_1 - \bar{X}, d_2 = X_2 - \bar{X}, \cdots, d_n = X_n - \bar{X}$$

4. 方差 σ^2

方差是指测量数据与其算术平均值差的平方的平均数。

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

5. 标准差 σ

标准差是指描述数据分散程度经常使用的统计量。 σ 越小，数据越集中于均值附近。

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

6. 变异系数 δ

考虑相对波动的大小，用平均值的百分率表示标准差，即变异系数。

$$\delta = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\%$$

7. 极差 R

极差是指一组测量值中最大值(X_{\max})与最小值(X_{\min})之差，表示误差的范围。

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$



[例 1-1] 某高层建筑，现浇 C30 混凝土，做试件 11 组（配合比基本一致）。试压强度代表值分别为： $f_{cu1} = 30.8$ 、 $f_{cu2} = 31.8$ 、 $f_{cu3} = 33.0$ 、 $f_{cu4} = 29.8$ 、 $f_{cu5} = 32.0$ 、 $f_{cu6} = 31.2$ 、 $f_{cu7} = 34.0$ 、 $f_{cu8} = 29.0$ 、 $f_{cu9} = 31.5$ 、 $f_{cu10} = 32.3$ 、 $f_{cu11} = 28.8$ ，单位为 MPa。求算术平均值及标准差。

$$\text{[解]} \quad \text{算术平均值 } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{30.8 + 31.8 + 33.0 + \cdots + 28.8}{11} \text{MPa} = 31.3 \text{MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{标准差 } \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(30.8^2 + 31.8^2 + 33.0^2 + \cdots + 28.8^2) - 11 \times 31.3^2}{10}} \text{MPa} \\ &= \sqrt{\frac{10796.34 - 10776.59}{10}} \text{MPa} = \sqrt{\frac{19.75}{10}} \text{MPa} = 1.40 \text{MPa} \end{aligned}$$

1.2.5 有效数字及其计算

1. 有效数字的定义

测量结果中准确数和一位估计数合称为测量值的有效数字。比如，米尺的最小刻度是 mm，如果测的某个物体长度为 58.6mm，则认为这 3 个数字是客观有效的数字。

在一些测量结果中，往往包括若干个“0”，它算不算有效数字呢？这要具体分析。例如：0.05060km，其中包括了 4 个“0”。中间的“0”为准确数字，最后的“0”为估计数，均为有效数字。而前面 2 个“0”，只起定位作用，不算有效数字。随着单位的变换，小数点的位置会发生相应变化。例如：0.04080km = 40.80m = 4080cm。

2. 有效数字的科学表达方法

例如：582cm = 5.82m = 5820mm。前 2 个均为 3 位有效数字，第 3 个却为 4 位有效数字。这样的变换不符合有效数字的规则，应该为 5.82×10^3 mm，这种表示方法比较科学，故称为科学计数法。它的具体要求是：整数部分只保留一位，且不能为“0”，其他数字均放在小数部分，然后乘以 10 的幂，即： $X.XX \cdots \times 10^n$ （单位）。

3. 尾数的舍入方法

尾数的舍入方法应严格遵照《中华人民共和国国家标准数值修约规则》（GB/T 8170—1987）的规定，即：四舍六入五考虑，五后非零则进一，五后皆零视奇偶，五前为偶应舍去，五前为奇则进一。不许连续修约，拟修约数字应在确定修约位数后 1 次修约获得结果。

[例 1-2] 将下列数据修约到只保留一位小数：12.5426、13.3631、18.8533、18.8500、18.7500。

[解] 按照上述修约规则，即：

- | | |
|---------|------|
| 1) 修约前 | 修约后 |
| 12.5426 | 12.5 |
| 2) 修约前 | 修约后 |