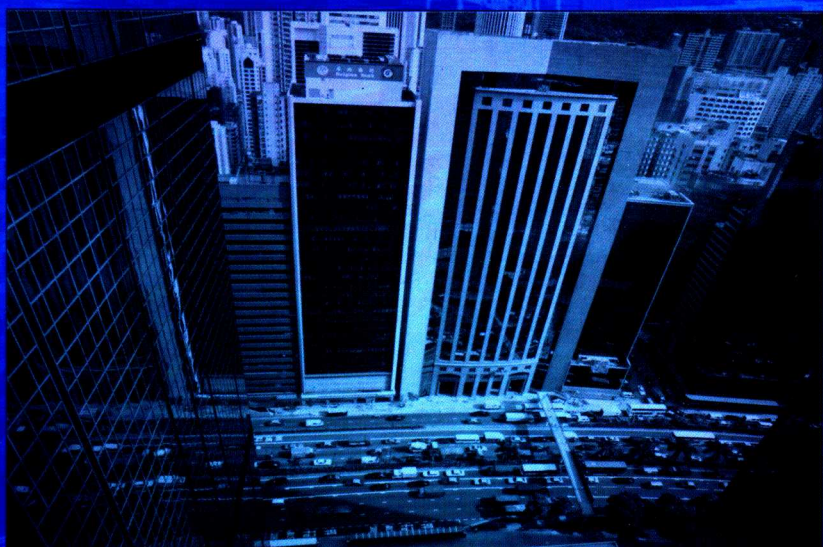




全国应用型高等院校土建类“十二五”规划教材

土木工程材料试验教程

主 编 杨崇豪 王志博
副主编 张正亚 李 慧 吴凤珍



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn



全国应用型高等院校土建类“十二五”规划教材

土木工程材料试验教程

主 编 杨崇豪 王志博

副主编 张正亚 李 慧 吴凤珍



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材根据土木工程专业的培养要求,结合相关的试验要求和规范要求,通过实际案例介绍试验过程,并且结合试验表格,对试验数据进行分析和处理,以达到最优的试验效果。本教材不仅有利于学生学习知识,更注重培养学生的创新精神,提高分析、解决问题的能力,增强专业学习的综合素质。教材内容包括:土木工程材料试验基本知识、建筑材料基本物理性质试验、钢材试验、水泥试验、混凝土用骨料试验、普通混凝土试验、混凝土力学性能试验、砂浆试验、砌墙砖试验、沥青试验、沥青混合料等。本教材可作为应用型本科院校土木工程专业的试验课程教学用书,也可作为高职高专院校建筑工程技术专业的试验课教学用书,还可以作为土木工程专业人员的自学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料试验教程 / 杨崇豪, 王志博主编. --
北京: 中国水利水电出版社, 2015.6
全国应用型高等院校土建类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-3222-9

I. ①土… II. ①杨… ②王… III. ①土木工程—建
筑材料—材料试验—高等学校—教材 IV. ①TU502

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第118620号

书 名	全国应用型高等院校土建类“十二五”规划教材 土木工程材料试验教程
作 者	主编 杨崇豪 王志博 副主编 张正亚 李慧 吴凤珍
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 13.75印张 326千字
版 次	2015年6月第1版 2015年6月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	28.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

土木工程材料是一门实践性很强的专业技术基础课程,作为土木工程学科与材料学科的交叉、渗透的产物,主要关注宏观尺度上材料的性能与行为,探究材料细观尺度甚至微观尺度的组成与结构的特征,明确材料的组成、结构特征与宏观性能、行为的关系,为土木工程材料的工程应用和性能优化提供依据。“土木工程材料试验教程”是土木工程材料理论教学的重要实践教学环节,本书主要依据《中华人民共和国土木工程材料试验检测》行业标准,并结合工程实践经验和教材特点编写而成。首先,本书从土木工程材料试验基本知识着手,使大家了解试验内容、试验数据分析与记录要求、试验数据统计与修约等相关内容,这对试验过程和试验数据的准确性起着至关重要的作用。其次,详细讲解土木工程材料基本物理性质,重点对材料的各种密度试验进行叙述。此外,本书还对土木工程材料常用室内试验进行了具体而细致的阐述,讲解试验步骤和计算公式,便于学生理解试验要点和数据处理分析。

本书共分11章,主要介绍的试验内容有建筑材料基本物理性质试验、钢材试验、水泥试验、混凝土用骨料试验、普通混凝土试验、混凝土力学性能试验、砂浆试验、砌墙砖试验、沥青试验、沥青混合料等。每章的试验内容都是以图文结合的形式,生动形象地展示了试验过程、仪器形式和表格分析过程,易于学生对知识的理解和消化。通过上述试验,可以使学生熟悉各种仪器设备在试验项目中的使用方法,加深学生对理论知识以及土木工程材料试验原理的理解,掌握材料试验操作技能,同时提高学生的动手操作能力以及分析问题、解决问题的能力,为今后在实际工程的材料试验和检测奠定坚实的基础。本书最后附录编写整理试验表格,分别为建筑用砂试验、建筑用碎石试验、钢筋性能检测、水泥性能检测、沥青性能检测等10个分项,这样不仅便于记录和收集分析试验数据,而且有助于学生加深理解试验原理,对土木工程材料试验有序、准确、合理地进行起到良好的辅助作用。

本书由河南理工大学万方科技学院杨崇豪教授、王志博主编。河南理工大学万方科技学院王志博编写第1~3章，张正亚编写第4~6章，李慧编写第7~9、11章，由河南化工职业学院吴凤珍编写第10章，附录表格由王志博负责整理。

由于土木工程材料发展迅速，新材料、新理论不断涌现，标准、规范繁多且更新快，加之编者水平有限，书中难免有疏漏、不当之处，敬请广大读者批评指正。

编者

于郑州新区象湖

2015年3月

目 录

前言

第1章 土木工程材料试验基本知识	1
1.1 建筑材料的定义分类与发展概况	1
1.2 建筑材料检测试验内容	4
1.3 建筑材料检测试验报告记录要求	6
1.4 建筑材料检测试验数据分析	7
1.5 建筑材料检测试验数据统计	9
1.6 建筑材料检测试验数据修约	11
第2章 建筑材料基本物理性质试验	16
2.1 材料基本物理性质	16
2.2 密度试验（李氏比重瓶法）	23
2.3 表观密度试验	25
2.4 堆积密度试验	27
2.5 集料近似密度（视密度）试验	29
2.6 材料的吸水率检测	30
第3章 钢材试验	31
3.1 概述	31
3.2 建筑钢材的主要技术性能	33
3.3 建筑钢材的冷加工性能和热处理性能	37
3.4 钢材拉伸试验	38
3.5 钢材弯曲试验	42
3.6 钢材冲击韧性试验	44
3.7 钢筋的施工工艺	45
第4章 水泥试验	51
4.1 概述	51
4.2 水泥细度检验	51
4.3 水泥标准稠度用水量测定	53
4.4 水泥凝结时间测定	56
4.5 水泥安定性试验	57
4.6 水泥胶砂强度试验	59

第5章 混凝土用骨料试验	63
5.1 概述	63
5.2 骨料筛分析试验	63
5.3 骨料含泥量试验	68
5.4 骨料中泥块含量试验	70
5.5 骨料坚固性试验	71
5.6 骨料堆积密度与空隙率试验	73
5.7 粗骨料中针片状颗粒总含量试验	75
5.8 细骨料含水率试验	76
5.9 粗骨料密度及吸水率试验	77
第6章 普通混凝土试验	81
6.1 概述	81
6.2 普通混凝土拌合物和易性试验	81
6.3 泌水与压力泌水试验	87
6.4 普通混凝土拌合物含气量试验	90
6.5 普通混凝土耐久性试验	93
6.6 混凝土拌合物配合比分析试验	115
第7章 混凝土力学性能试验	119
7.1 概述	119
7.2 混凝土抗压强度试验	120
7.3 混凝土抗折强度试验	122
7.4 混凝土劈裂抗拉强度试验	124
7.5 回弹法检测混凝土强度	126
第8章 砂浆试验	130
8.1 概述	130
8.2 砂浆稠度试验	131
8.3 砂浆的分层度试验	132
8.4 砂浆抗压强度试验	133
第9章 砌墙砖试验	136
9.1 尺寸偏差测量与外观质量检查	136
9.2 石灰爆裂试验	139
9.3 砖的泛霜试验	140
9.4 砖的冻融试验	141
9.5 砖吸水率与饱和系数试验	142
9.6 砖抗压强度试验	144
9.7 砖抗折强度试验	147
9.8 体积密度试验	148

第 10 章 沥青试验 149

10.1 概述..... 149

10.2 黏滞性..... 149

10.3 沥青延度试验..... 156

10.4 沥青软化点试验..... 158

10.5 沥青密度试验或相对密度..... 161

10.6 沥青闪点及燃点试验..... 163

10.7 沥青薄膜加热试验方法..... 166

第 11 章 沥青混合料 169

11.1 沥青混合料试件制作方法（击实法） 169

11.2 沥青混合料试件制作方法（轮碾法） 173

11.3 压实沥青混合料密度试验（水中重法） 176

11.4 沥青混合料马歇尔稳定度试验..... 177

11.5 沥青混合料车辙试验..... 180

11.6 沥青路面芯样马歇尔试验..... 182

附录 185

参考文献 212

第 1 章 土木工程材料试验基本知识

1.1 建筑材料的定义分类与发展概况

1.1.1 建筑材料的定义

建筑材料是用于建造建筑物和构筑物所有材料和制品的总称。从地基基础、承重构件（梁、板、柱等），直到地面、墙体、屋面等所用的材料都属于建筑材料。水泥、钢筋、木材、混凝土、砌墙砖、石灰、沥青、瓷砖等都是常见的建筑材料，实际上建筑材料还远不止这些，其品种达数千种之多。

1.1.2 建筑材料的分类

建筑材料种类繁多，为了方便使用和研究，常按一定的原则对建筑材料进行分类。根据材料来源，可分为天然材料和人工材料；根据材料在建筑工程中的功能，可分为结构材料和非结构材料、绝热吸声材料、建筑装饰材料、防水材料等；根据材料在建筑工程中的使用部位，可分为墙体材料、屋面材料、地面材料、饰面材料等。最常见的分类原则是按照材料的化学成分来分类，分为无机材料、有机材料和复合材料三大类，各大类中又可细分，见表 1.1。

表 1.1 建筑材料的分类		
无机材料	金属材料	黑色金属（铁、碳钢、合金钢） 有色金属（铝、锌、铜等及其合金）
	非金属材料	天然石材（包括混凝土用砂、石） 烧结制品（烧结砖、饰面陶瓷等） 玻璃及其制品 水泥、石灰、石膏、水玻璃 混凝土、砂浆 硅酸盐制品
有机材料	植物质材料	木材、竹材 植物纤维及其制品
	合成高分子材料	塑料 涂料 胶黏剂
	沥青材料	石油沥青及煤沥青、沥青制品

续表

复合材料	无机非金属材料与 有机材料复合	玻璃纤维增强塑料、聚合物混凝土 沥青混凝土、水泥刨花板等制品
	金属材料与非金属 材料复合	钢筋混凝土、钢丝网混凝土、塑铝混凝土等
	其他复合材料	水泥石棉制品、不锈钢包覆钢板、人造大理 石、人造花岗岩等

1. 1. 3 建筑材料的历史现状与发展

建筑材料是随着社会生产力和科学技术水平的发展而发展的，根据建筑物所用的建筑材料，大致分为 3 个阶段。

(1) 天然材料。天然材料是指取之于自然界，进行物理加工的材料，如天然石材、木材、黏土、茅草等。早在原始社会时期，人们为了抵御雨雪风寒和防止野兽的侵袭，居于天然山洞或树巢中，即“穴居巢处”。进入石器、铁器时代，人们开始利用简单的工具砍伐树木和茅草，搭建简单的房屋，开凿石材建造房屋及纪念性构筑物，比天然巢穴进了一步。进入青铜器时代，出现了木结构建筑及“版筑建筑”（指墙体用木板或木棍做边框，然后在框内填入黏土，用木杵夯实之后将木板拆除的建筑物），建造出了舒适性较好的建筑物。

(2) 烧土制品。到了人类能够用黏土烧制砖、瓦，用石灰岩烧制石灰之后，建筑材料才由天然材料进入了人工生产阶段。虽然我国古代建筑有“秦砖汉瓦”、描金漆绘装饰艺术、造型优美的石塔和石拱桥的辉煌，但实际上在封建社会时期，生产力发展停滞不前，使用的建筑材料不过砖、石和木材而已。

(3) 钢筋混凝土。18—19 世纪，资本主义兴起，由于大跨度厂房、高层建筑和桥梁等建筑工程建设的需要，旧有材料在性能上满足不了新的建设需求，建筑材料在有关科学技术的发展下，进入了一个新的发展阶段，相继出现了钢材、水泥、混凝土、钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土及其他材料。近几十年来，随着科学技术的进步和建筑工程发展的需要，一大批新型建筑材料应运而生，出现了塑料、涂料、新型建筑陶瓷与玻璃、新型复合材料（纤维增强材料、夹层材料等），但当代主要结构材料仍为钢筋混凝土。

随着社会的进步、环境保护和节能降耗的需要，对建筑材料提出了更高、更多的要求。因而，今后一段时间内，建筑材料将向以下几个方向发展：

(1) 轻质高强。现今钢筋混凝土结构材料自重（重约 2500kg/m³），限制了建筑物向高层、大跨度方向进一步发展。通过减轻材料自重，以尽量减轻结构物自重，可提高经济效益。目前，世界各国都在大力发展高强混凝土、加气混凝土、轻骨料混凝土、空心砖、石膏板等材料，以适应建筑工程发展的需要。

(2) 节约能源。建筑材料的生产能耗和建筑物使用能耗，在国家总能源中一般占 20%~35%，研制和生产低能耗的新型节能建筑材料，是构建节约型社会的需要。

(3) 利用废渣。充分利用工业废渣、生活废渣、建筑垃圾生产建筑材料，将各种废渣尽可能资源化，以保护环境、节约自然资源，使人类社会可持续发展。

(4) 智能化。智能化材料是指材料本身具有自我诊断和预告破坏、自我修复的功能以

及可重复利用性。建筑材料向智能化方向发展，是人类社会向智能化社会转变的需要。

(5) 多功能化。利用复合技术生产多功能材料、特殊性能材料及高性能材料，这对提高建筑物的使用功能、经济性及加快施工速度等有着十分重要的作用。

(6) 绿色化。产品的设计是以改善生产环境、提高生活质量为宗旨，产品具有多功能，不仅无损且有益于人的健康；产品可循环或回收再利用，或形成无污染环境的废弃物。因此，生产材料所用的原料尽可能少用天然资源，大量使用尾矿、废渣、垃圾、废液等废弃物；采用低能耗制造工艺和对环境无污染的生产技术；产品配制和生产过程中，不使用对人体和环境有害的污染物质。

1.1.4 建筑材料的技术标准

标准是指对重复事物和概念所作的统一规定，它以科学、技术和实践的综合成果为基础，经有关方面协调一致，由主管部门批准发布，作为共同遵守的准则和依据。

与建筑材料的生产和选用有关的标准主要有产品标准和工程建设类标准两类。产品标准是为保证建筑材料产品的适用性，对产品必须达到的某些或全部要求所规定的标准，包括品种、规格、技术性能、试验方法、检测规则、包装、储存、运输等内容。工程建设类标准是对工程建设中的勘察、规划、设计、施工、安装、验收等需要协调统一的事项所制定的标准。其中结构设计规范、施工及验收规范中有与建筑材料的选用相关的内容。

建筑材料的采购、验收、质量检验均应以产品标准为依据，建筑材料的产品标准分为国家标准、部门行业标准和企业标准三类，其含义、代号及举例见表 1.2。

表 1.2 建材产品标准种类及代号

标准种类	说明	代 号
国家标准 (简称“国标”)	国家标准是对全国经济、技术发展有重要意义而必须在全国范围内统一的标准。主要包括：基本原料、材料标准；有关广大人民生活的、量大面广的、跨部门生产的重要工农业生产标准；有关人民安全、健康和环境保护的标准；有关互换配合，通用技术语言等的标准；通用的零件、部件、器件、构件、配件和工具、量具标准；通用的试验和检验方法标准	(1) GB 是“国标”两字的汉语拼音字头。各类物资（建材）的国家标准，均使用此代号 (2) GBJ 是“国建标”3 字的汉语拼音字头，它代表工程建设技术方面的国家标准
部门行业标准 (简称“部标”)	行业标准主要是指全国性的各专业范围内统一的标准。由各行业主管部门组织制定、审批和发布，并报送国家标准局备案。行业标准分为强制性和推荐性两类	(1) JCJ 是建筑材料工业部（国家建材局）部颁标准的代号（老代号为“建标”“JG”等） (2) JGJ 是建设部部颁标准的代号（老代号“BJG”“建规”“JZ”） (3) YBJ 是冶金工业部部颁标准的代号 (4) SYJ 是石油、能源部颁标准的代号
企业标准 (简称“企标”)	凡没有制定国家标准、部标准（行业标准）的产品，都要制定企业标准。为了不断提高产品质量，企业可制定出比国家标准、行业标准更先进的产品质量标准	QB 是企业标准的代号

技术标准代号按标准名称、部门代号、编号和批准年份的顺序编写，按要求执行的程度分为强制性标准和推荐标准（在部门代号后加“/T”表示“推荐”）。与建筑材料技术标准有关的部门代号有 GB——国家标准、GBJ——建筑工程国家标准、JGJ——建设部行业标准（曾用 BJG）、JG——建筑工业行业标准、JC——国家建材局标准（曾用“建标”）、SH——石油化学工业部或中国石油化学总公司标准（曾用 SY）、YB——冶金部标准、HG——化工部标准、ZB——国家级专业标准、CECS——中国工程建设标准化协会标准、DB——地方性标准、QB——企业标准等。例如，国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》（GB 175—2007），部门代号为 GB，编号为 175，批准年份为 2007 年，为强制性标准；国家标准《碳素结构钢》（GB/T 700—1988），部门代号为 GB，编号为 700，批准年份为 1988 年，为推荐性标准。现行部分建材行业标准有两个年份，第一个年份为批准年份，随后括号中的年份为重新校对年份，如《粉煤灰砖》[JC 239—1991（1996）]。

技术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不断提高，需要对标准进行修订，修订标准实施后，旧标准自动废除，如国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》（GB 175—1999）已废除。

工程中使用的建筑材料除必须满足产品标准外，有时还必须满足有关的设计规范、施工及验收规范或规程等的规定。这些规范或规程对建筑材料的选用、使用、质量要求及验收等还有专门的规定（其中有些规范或规程的规定与建筑材料产品标准的要求相同）。例如，混凝土用砂，除满足《建筑用砂》（GB/T 14684—2001）外，还须满足《普通混凝土用砂的质量标准及检验方法》（JGJ 52—1992）的规定。

国家标准或者部门行业标准，都是全国通用标准，属国家指令性技术文件，均必须严格遵照执行，尤其是强制性标准。

采用和参考国际通用标准、先进标准是加快我国建筑材料工业与世界接轨的重要措施，对促进建筑材料工业的科技进步、提高产品质量和标准化水平、建筑材料的对外贸易有着重要作用。常用的国际标准有以下几类：

- （1）美国材料与试验协会标准（ASTM），属于国际团体和公司标准。
- （2）德国工业标准（DIN）、欧洲标准（EN），属于区域性国家标准。
- （3）国际标准化组织标准（ISO），属于国际化标准组织的标准。

1.2 建筑材料检测试验内容

建筑材料的质量检测，是利用一定的检测方法和仪器设备，对建筑材料的一项或多项质量特性进行测量、检查、试验或度量，并且将结果与相关的技术标准或规定要求相比较，从而确定每项特性的合格情况。建筑材料检测试验工作内容可概括为“测、比、判”3个环节。

建筑材料的质量检测是一项非常重要的技术工作，它与建筑物的使用功能、安全、经济效益关系密切，不仅是判定和控制建筑材料质量、监控施工过程、保障工程质量的手段和依据，而且也是推动科技进步、合理使用材料、降低生产成本、提高企业效益的有效途径。建筑材料的质量检测贯穿于工程设计和施工的全过程，建筑材料的各项检测结果，是

工程施工及工程质量验收的基本技术依据。建筑材料的质量检测工作，均以现行的技术标准及有关的规范、规程为依据。技术标准或规范主要是对材料产品在工程建设的质量、规格及其检测方法等方面所作的技术规定，也是生产、建设、科研及商品流通中一种共同遵守的技术依据。建筑材料的质量检测，实际上就是按照这些技术依据，检查所用建筑材料是否符合要求。

1.2.1 建筑材料检测主要工作过程

在进行建筑材料检测试验的过程中，其主要工作包括建筑材料见证取样、检测仪器选择、建筑材料测试、结果计量与评定。

(1) 建筑材料见证取样。材料见证取样和送检是指在建设单位或工程监理单位人员见证下，由施工单位的现场取样人员对工程中涉及结构安全的试块、试件和材料在现场取样，并且送至经省级以上建设行政部门对其资质认可和质量技术监督部门对其计量认证的质量检测单位进行检测。

在进行材料检测试验之前，首先要选择具有代表性的材料作为试样。取样的原则是代表性和随机性，即在若干批次的材料中，按照相应规定对任意堆放的材料抽取一定数量的试样，并且依据测试结果对其所代表的批次的质量进行判断。取样方法因材料的不同而不同，有关的技术标准或规范中都做了明确的规定。

(2) 检测仪器选择。材料检测试验仪器的选择，关系到材料检测的质量和精度，要充分考虑到所选仪器的精度和量程的要求。在通常情况下，称量精度大致为试样的 0.1%，有效量程以仪器最大量程的 20%~80% 为宜。在称取试样或称量试样的质量时，如果试样称量的精度要求为 0.1g，则应选用感量为 0.1g 的天平。

(3) 建筑材料测试。在进行材料检测之前，一般应将取得的试样进行处理、加工或成型，以制备满足检测要求的试样或试件。制备方法随检测项目的不同而不同，应严格按照各个试验所规定的方法进行。如混凝土抗压强度的检测，要制成标准的立方体试件。

(4) 结果计量与评定。对于每次检测的结果，都要进行数据处理。在一般情况下，取 n 次平行检测结果的算术平均值作为检测结果。检测结果应满足精度和有效数字的要求。检测结果经计算处理后，应给予相应的评定，评定其是否满足标准要求及等级。有时根据需要还应对检测结果进行分析并得出相应的结论。

1.2.2 建筑材料检测试验具备的条件

由于建筑材料自身的复杂性，存在这样或那样的不同，其检测的结果也不完全一致。同一种材料在检测条件发生变化时，质量特性也会有很大的不同，导致得出不同的检测结果。建筑材料的检测试验条件主要包括检测温度、检测湿度、试件尺寸、受荷面的平整度和加载速度等。

(1) 检测温度。试验时的温度对材料的某些检测结果影响很大，特别是在温度冷热极端的情况下更加明显。在常温下进行检测，对一般材料影响不大，但对于敏感性强的材料，必须严格控制温度。在一般情况下，材料的强度会随着检测时温度的升高而降低。

(2) 检测湿度。试验时试件的湿度对材料检测数据也有明显影响，试件的湿度越大，测得的强度也越低。在物理性能的测试中，材料的干湿程度对检测结果的影响更加明显。

因此，在检测时试件的湿度应当控制在一定范围内。

(3) 试件尺寸。由材料力学性能可知，当试件受压时，对于同一材料小试件强度比大试件强度高。相同受压面积的试件，高度大的试件强度要比高度小的试件强度小。因此，对于不同材料的试件尺寸都有明确的规定。例如，混凝土立方体抗压强度试件，试件的标准尺寸为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ ，如果不采用标准试件尺寸，则应乘以相应的折算系数。

(4) 受荷面的平整度。材料试件受荷面的平整度也会对检测强度造成影响，如果受荷的面不平整，表面凹凸不平或较粗糙，会引起应力集中而使强度大为降低。混凝土强度检测表明，不平整度达到 0.25mm 时，强度可能会降低 30% 左右，向上突出时引起的应力集中更加明显。所以，受压面必须平整，如成型面受压，必须用适当强度的材料找平。

(5) 加载速度。施加于试件的加载速度对强度检测结果有较大影响，加载的速度越慢，测得的强度越低。这是由于应变有足够的时间发展，应力还不大时变形已达到极限应变，试件即发生破坏。因此，对各种材料的力学性能检测必须有加载速度的规定。

1.3 建筑材料检测试验报告记录要求

材料检测试验的主要结果应在其检测试验报告中反映，检测报告的格式可根据实际需要而设置，但一般都应由封面、扉页、报告主页、附件等组成。工程的质量检测报告内容一般包括：委托方的名称和地址，报告日期，样品编码，工程名称，样品产地和其名称，规格及代表数量，检测条件，检测依据，检测项目，检测结果和结论，审核与批准信息，有效性声明等一些辅助备注、说明等。检测试验报告反映的是质量检测经过数据整理、计算、编制和处理的结果，而不是检测过程中原始记录，更不是计算过程的罗列，必须符合简明、准确、全面、规范的要求。经过整理、计算后的数据可以用图表等形式表示，起到一目了然的效果。

1.3.1 材料检测试验记录基本要求

(1) 完整性。检测记录的完整性要求是：检测记录应信息齐全，以保证检测行为能够再现；检测表格内容应齐全；记录齐全，计算公式齐全，应附加的曲线和资料齐全；签字手续完备、齐全、正确；工程检测记录档案应齐全、完整。

(2) 严肃性。检测记录的严肃性要求是：按规定要求记录、修正检测数据，保证检测记录具有合法性和有效性；记录数据应清晰、规整，保证其识别的唯一性；检测、记录、数据处理及计算过程的规范性，保证其校核的简便、正确。

(3) 实用性。检测记录的实用性要求是：记录应符合实际需要，记录表格应按参数技术特性进行设计，栏目先后顺序应有较强的逻辑关系；表格栏目内容应包括数据处理过程和结果；表格应按检测需要设计栏目，避免检测时多数栏目出现空白现象；记录用纸应符合归档和长期保存的要求。

(4) 原始性。检测记录的原始性要求是：检测记录必须当场完成，不得进行追记或重新抄写，不得事后采取回忆方式补记；记录的修正必须当场完成，不得事后再进行修改，记录必须按规定使用的笔完成；记录表格必须事先准备统一规格的正式表格，不得采用临

时设计的未经过批准的非正式表格。

(5) 安全性。检测记录的安全性要求是：所有记录应有编码，以保证其完整性；记录应定点有序存放保管，不得丢失和损坏；记录应按照保密要求妥善保管；记录的内容不得随意扩散，不得占有利用；记录应及时整理，全部上交归档，不得私自留存。

1.3.2 检测原始记录基本要求

(1) 所有的检测原始记录应按规定的格式填写，书写时应使用规定的蓝黑墨水的钢笔或签字笔，要求字迹端正、清晰，不得出现漏记、补记和追记。记录数据应占到记录格的 $\frac{1}{2}$ 以下，以便修正记录错误。

(2) 修正记录错误应遵循“谁记录谁修正”的原则，由原始记录人员采用“杠改”方式进行更正。更正后要加盖修改人的名章或签名，其他人不得代替原始记录人修改。

(3) 在任何情况下都不得采用涂抹、刮涂或其他方式销毁原始错误的记录，并且应保持原始记录清晰可见。更不允许以重新抄写的记录代替原始记录。

(4) 原始记录要使用法定的计量单位，按标准规定的有效数字的位数进行记录，正确进行数据修约。

(5) 原始记录是材料检测的重要资料，在检测期间应由检测人员妥善保管，不得丢失和损坏，并且将原始记录用书面方式按规定归档保存。

(6) 原始记录一般属于保密文件，归档后无关人员不得随意借阅，借阅时需按有关规定程序批准，阅后要及时归还。

(7) 原始记录的保存期应根据要求确定。如根据我国目前的有关政策规定，水利工程的检测记录要求在工程运行期内不得销毁。

1.4 建筑材料检测试验数据分析

1.4.1 试验数据误差

在材料检测中，由于测量仪器设备、方法、人员或环境等因素，测量结果与被测量的真值之间总会有一定差距。误差就是指测量结果与真值之间的差异。

1. 绝对误差和相对误差

绝对误差是测试结果 X 减去被测试的量的真值 X_0 所得的差，简称误差，即 $\Delta = X - X_0$ 。绝对误差往往不能用来比较测试的准确程度，为此，需要用相对误差来表达差异。相对误差是绝对误差 Δ 除以被测量的量的真值 X_0 所得的商，即

$$s = \frac{\Delta}{X_0} \times 100\% = \frac{X - X_0}{X_0} \times 100\% \quad (1.1)$$

2. 系统误差和随机误差

系统误差是指在重复条件下（指在测量程序、人员、仪器、环境等尽可能相同的条件下，在尽可能短的时间间隔内完成重复测量任务），对同一量进行无限多次测量所得结果的平均值与被测量的量的真值之差，称为系统误差。系统误差决定测量结果的正确程度，其特征是误差的绝对值和符号保持恒定或遵循某一规律变化。

随机误差是指测量结果在重复条件下，对同一被测量进行无限多次测量所得结果的平均值之差。随机误差决定测量结果的精密程度，其特征是每次误差的取值和符号没有一定规律，且不能预计，多次测量的误差整体服从统计规律，当测量次数不断增加时，其误差的算术平均值趋于零。

1.4.2 可疑数据的取舍

在一组条件完全相同的重复检测中，当发现有某个过大或过小的可疑数据时，应按数理统计方法给予鉴别并决定取舍。常用方法有以下两种。

1. 格拉布斯方法

- (1) 把试验所得数据从小到大排列： $X_1, X_2, X_i, \dots, X_n$ 。
- (2) 计算统计量 T 值。

设 X_i 为可疑值时，则

$$T = \frac{\bar{X}}{S} - \frac{X_i}{S} = \frac{\bar{X} - X_i}{S} \tag{1.2}$$

式中 $\bar{X}$ ——试件平均值， $\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$ ；

X_i ——测定值；

n ——试件个数；

S ——试件标准值， $S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$ 。

- (3) 选定显著性水平 a （一般取 0.05），查表 1.3 中相应于 n 与 a 的 $T(n,a)$ 的值。

表 1.3 $n、a$ 和 T 值的关系

$a/\%$	当 n 为下列数值时的 T 值							
	3	4	5	6	7	8	9	10
5.0	1.15	1.46	1.67	1.82	1.94	2.03	2.11	2.18
2.5	1.15	1.48	1.71	1.89	2.02	2.13	2.21	2.29
1.0	1.15	1.49	1.75	1.94	2.10	2.22	2.31	2.41

- (4) 当计算的统计量 $T \geq T(n,a)$ 时，则假设的可疑数据是对的，应予舍弃。当 $T \leq T(n,a)$ 时，则不能舍弃。

这样判决犯错的概率为 $a=0.05$ 。

2. 三倍标准差法

三倍标准差法是美国混凝土标准（ACT214 的修改建议）中所采用的方法。其准则是： $|X_i - \bar{X}| \leq 2S$ （ S 为样本标准差）时应予舍弃； $|X_i - \bar{X}| \geq 2S$ 时则保留，但需存疑。当发现试件制作、养护、检测过程中有可疑的变异时，该试件强度值应予舍弃。

以上两种方法，三倍标准差法最简单，但要求较宽，几乎绝大部分数据不可舍弃。格拉布斯方法适用于标准没有规定的情况。

1.5 建筑材料检测试验数据统计

1.5.1 试验数据的均值

测试结果的真值是一个理想概念,一般情况下是不知道的。根据统计规律,当测试次数足够多时,测试结果的均值便接近真值。但在工程实践中,测试次数不可能太多,一般检测项目都规定了进行有限次平行测试,将各次测试数据的均值作为测试结果。

1. 算术平均值

算术平均值是最常用的一种均值计算方法,用来了解一批数据的平均水平,度量这些数据中间位置,按式(1.3)计算,即

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \cdots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1.3)$$

式中 $\bar{X}$ ——算术平均值;
 $X_1, X_2, \cdots, X_n$ ——各个测试数据值;
 n ——测试数据个数。

2. 均方根平均值

均方根平均值对数据大小跳动反应较为灵敏,计算公式为

$$X_s = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \cdots + X_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum X^2}{n}} \quad (1.4)$$

式中 X_s ——各测试数据的均方根平均值;
 $X_1, X_2, \cdots, X_n$ ——各个测试数据值;
 n ——测试数据个数。

3. 加权平均值

测试数据均值的大小不仅取决于各个测试数据的大小,而且取决于各测试数据出现的次数(频数),各测试数据出现的次数对其在平均数中的影响起着权衡轻重的作用。因此,可将各测试数据乘以其出现的次数,加总求和后再除以总的测试次数,得到的数值称为加权平均值。其中,各测试数据出现的次数叫作权数或权重。计算公式为

$$M = \frac{X_1 g_1 + X_2 g_2 + \cdots + X_n g_n}{g_1 + g_2 + \cdots + g_n} = \frac{\sum X g}{\sum g} \quad (1.5)$$

式中 M ——加权平均值;
 $X_1, X_2, \cdots, X_n$ ——各个不同测试数据值;
 $g_1, g_2, \cdots, g_n$ ——各个不同测试数据值的频数;
 n ——总的测试数据个数。

建筑材料检测中,计算水泥的平均强度通常采用加权平均值。

1.5.2 试验数据的中位数

将一组数据按大小顺序排列,位于中间的数据称为中位数,也叫中值。当数据的个数 n 为奇数时,居中者即为该组数据的中位数;当数据的个数 n 为偶数时,居中间的两个数