



高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材

Civil Engineering Materials Experiment

# 土木工程材料试验

· 平台课课程群 ·

■ 主编 龙广成 马昆林  
■ 主审 邓德华



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材

# 土木工程材料试验

主 编 龙广成 马昆林  
主 审 邓德华



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料试验/龙广成,马昆林主编. —武汉:武汉大学出版社,2015.11  
高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材  
ISBN 978-7-307-14839-0

I. 土… II. ①龙… ②马… III. 土木工程—建筑材料—实验—高等学校—教材  
IV. TU5-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 263748 号

责任编辑:邓 瑶

责任校对:黄孝莉

装帧设计:吴 极

---

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu\_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:虎彩印艺股份有限公司

开本:880×1230 1/16 印张:7.5 字数:240千字

版次:2015年11月第1版 2015年11月第1次印刷

ISBN 978-7-307-14839-0 定价:18.00元

---

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

# 高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材

## 学术委员会名单

(按姓氏笔画排名)

主任委员:周创兵

副主任委员:方志 叶列平 何若全 沙爱民 范峰 周铁军 魏庆朝

委员:王辉 叶燎原 朱大勇 朱宏平 刘泉声 孙伟民 易思蓉

周云 赵宪忠 赵艳林 姜忻良 彭立敏 程桦 靖洪文

## 编审委员会名单

(按姓氏笔画排名)

主任委员:李国强

副主任委员:白国良 刘伯权 李正良 余志武 邹超英 徐礼华 高波

委员:丁克伟 丁建国 马昆林 王成 王湛 王媛 王薇

王广俊 王天稳 王曰国 王月明 王文顺 王代玉 王汝恒

王孟钧 王起才 王晓光 王清标 王震宇 牛荻涛 方俊

龙广成 申爱国 付钢 付厚利 白晓红 冯鹏 曲成平

吕平 朱彦鹏 任伟新 华建民 刘小明 刘庆潭 刘素梅

刘新荣 刘殿忠 闫小青 祁皑 许伟 许程洁 许婷华

阮波 杜咏 李波 李斌 李东平 李远富 李炎锋

李耀庄 杨杨 杨志勇 杨淑娟 吴昊 吴明 吴轶

吴涛 何亚伯 何旭辉 余锋 冷伍明 汪梦甫 宋固全

张红 张纯 张飞涟 张向京 张运良 张学富 张晋元

张望喜 陈辉华 邵永松 岳健广 周天华 郑史雄 郑俊杰

胡世阳 侯建国 姜清辉 姜平 袁广林 桂国庆 贾连光

夏元友 夏军武 钱晓倩 高飞 高玮 郭东军 唐柏鉴

黄华 黄声享 曹平周 康明 阎奇武 董军 蒋刚

韩峰 韩庆华 舒兴平 童小东 童华炜 曾珂 雷宏刚

廖莎 廖海黎 蒲小琼 黎冰 戴公连 戴国亮 魏丽敏

## 出版技术支持

(按姓氏笔画排名)

项目团队:王睿 白立华 曲生伟 蔡巍

## 特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。


本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

### 课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

### 课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

 本书基本数字教学资源及读者信息反馈表请登录[www.stmpress.cn](http://www.stmpress.cn)下载,欢迎您对本书提出宝贵意见。

## 丛书序

土木工程涉及国家的基础设施建设,投入大,带动的行业多。改革开放后,我国国民经济持续稳定增长,其中土建行业的贡献率达到1/3。随着城市化的发展,这一趋势还将继续呈现增长势头。土木工程行业的发展,极大地推动了土木工程专业教育的发展。目前,我国有500余所大学开设土木工程专业,在校生达40余万人。

2010年6月,中国工程院和教育部牵头,联合有关部门和行业协(学)会,启动实施“卓越工程师教育培养计划”,以促进我国高等工程教育的改革。其中,“高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划”由住房和城乡建设部与教育部组织实施。

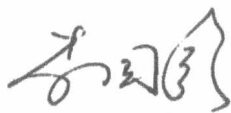
2011年9月,住房和城乡建设部人事司和高等学校土建学科教学指导委员会颁布《高等学校土木工程本科指导性专业规范》,对土木工程专业的学科基础、培养目标、培养规格、教学内容、课程体系及教学基本条件等提出了指导性要求。

在上述背景下,为满足国家建设对土木工程卓越人才的迫切需求,有效推动各高校土木工程专业卓越工程师教育培养计划的实施,促进高等学校土木工程专业教育改革,2013年住房和城乡建设部高等学校土木工程学科专业指导委员会启动了“高等教育教学改革土木工程专业卓越计划专项”,支持并资助有关高校结合当前土木工程专业高等教育的实际,围绕卓越人才培养目标及模式、实践教学环节、校企合作、课程建设、教学资源建设、师资培养等专业建设中的重点、亟待解决的问题开展研究,以对土木工程专业教育起到引导和示范作用。

为配合土木工程专业实施卓越工程师教育培养计划的教学改革及教学资源建设,由武汉大学发起,联合国内部分土木工程教育专家和企业工程专家,启动了“高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材”建设项目。该系列教材贯彻落实《高等学校土木工程本科指导性专业规范》《卓越工程师教育培养计划通用标准》和《土木工程卓越工程师教育培养计划专业标准》,力图以工程实际为背景,以工程技术为主线,着力提升学生的工程素养,培养学生的工程实践能力和工程创新能力。该系列教材的编写人员,大多主持或参加了住房和城乡建设部高等学校土木工程学科专业指导委员会的“土木工程专业卓越计划专项”教改项目,因此该系列教材也是“土木工程专业卓越计划专项”的教改成果。

土木工程专业卓越工程师教育培养计划的实施,需要校企合作,期望土木工程专业教育专家与工程专家一道,共同为土木工程专业卓越工程师的培养作出贡献!

是以为序。



2014年3月于同济大学四平路校区

# 前 言

试验技术是进行材料性能测试、产品质量检验及相关科学研究的重要手段,在科学技术与社会经济发展中占有重要的地位。目前,我国正在进行大规模的基础设施建设。在基础设施建设过程中,材料质量的评价、结构与施工过程控制参数的获取、工程质量验收的依据都离不开土木工程材料试验。与此同时,新工艺和新材料在工程中的应用也越来越多,这些也都与工程材料的试验测试密切相关。

土木工程材料试验是土木工程课程教学非常重要的实践性教学环节,也是与生产实际结合最紧密的一门科学技术。通过试验教学,可以帮助学生加深对基础理论的理解,熟悉常用土木工程材料的技术性能,掌握材料试验的基本原理、基本操作技能,提高分析和解决实际问题的能力。本书的编写不仅能够满足土木工程材料试验课程的基本教学需要,还注重培养学生的综合试验能力,同时激发学生进行拓展试验的兴趣,从而培养创新型土木工程技术人员。本书分为4章,第1章为土木工程材料试验基础,主要介绍土木工程材料的试验意义以及试验技术基本知识;第2章为土木工程材料基本试验,主要介绍常用土木工程材料基本性能的相关试验技术;第3章为土木工程材料综合性试验,简要阐述常用土木工程材料主要性能的一些综合测试试验技术;第4章为土木工程材料拓展试验,着重介绍现代混凝土材料涉及的一些重要性能的试验方法与技术。本书每章后附有独立思考,以利于读者理解和掌握相关试验方法,有助于读者培养综合创新能力。

本书由中南大学龙广成、马昆林担任主编。其中,龙广成负责本书第1章和第4章第1~6节的编写,马昆林负责本书第2章、第3章和第4章第7~10节的编写。中南大学邓德华教授担任本书主审。

在本书的编写过程中,编者参考了大量相关文献成果和标准规范,同时也得到了中南大学、武汉大学各位同仁的大力支持和帮助,在此一并向他们表示最衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在诸多不妥和遗漏之处,恳请广大读者不吝赐教。

编 者

2014年10月

## 目 录

- 1 土木工程材料试验基础** ..... (1)
- 1.1 土木工程材料试验的意义 ..... (2)
- 1.2 土木工程材料试验的分类 ..... (2)
- 1.3 土木工程材料试验的一般程序 ..... (3)
- 1.4 土木工程材料试验的技术基础 ..... (4)
- 1.4.1 技术标准 ..... (4)
- 1.4.2 计量单位 ..... (5)
- 1.4.3 抽样技术 ..... (10)
- 1.4.4 正交试验设计方法 ..... (12)
- 1.4.5 数据处理 ..... (14)
- 1.4.6 试验报告 ..... (18)
- 独立思考 ..... (19)
- 2 土木工程材料基本试验** ..... (20)
- 2.1 基本物理性能试验 ..... (21)
- 2.2 水泥试验 ..... (23)
- 2.2.1 水泥细度试验(筛析法) ..... (23)
- 2.2.2 水泥标准稠度用水量试验 ..... (24)
- 2.2.3 水泥凝结时间试验 ..... (25)
- 2.2.4 水泥体积安定性试验 ..... (26)
- 2.2.5 水泥胶砂流动度试验 ..... (27)
- 2.2.6 水泥胶砂强度试验 ..... (27)
- 2.3 集料试验 ..... (30)
- 2.3.1 砂的筛分试验 ..... (30)
- 2.3.2 砂的表观密度试验(标准法) ..... (31)
- 2.3.3 砂的堆积密度与空隙率试验 ..... (32)
- 2.3.4 石子筛分试验 ..... (32)
- 2.3.5 石子的表观密度试验  
(简易方法) ..... (33)
- 2.3.6 石子的堆积密度与空隙率  
试验 ..... (33)
- 2.4 普通混凝土拌合物工作性试验 ..... (34)
- 2.4.1 混凝土拌制及和易性试验 ..... (34)
- 2.4.2 混凝土拌合物表观密度试验 ..... (36)
- 2.5 普通混凝土力学强度与静力受压弹性  
模量试验 ..... (37)
- 2.5.1 普通混凝土抗压强度试验 ..... (37)
- 2.5.2 普通混凝土劈裂抗拉强度试验 ..... (38)
- 2.5.3 普通混凝土抗折强度试验 ..... (39)
- 2.5.4 普通混凝土静力受压弹性模量  
试验 ..... (40)
- 2.6 建筑砂浆试验 ..... (41)
- 2.6.1 砂浆稠度试验 ..... (41)
- 2.6.2 分层度试验 ..... (42)
- 2.6.3 砂浆抗压强度试验 ..... (43)
- 2.7 建筑钢材试验 ..... (43)
- 2.7.1 建筑钢材的拉伸性能试验 ..... (44)
- 2.7.2 建筑钢材的冷弯性能试验 ..... (45)
- 2.8 砌筑材料(烧结普通砖、砌块)抗压  
强度试验 ..... (46)
- 2.9 石油沥青试验 ..... (47)
- 2.9.1 沥青延度试验 ..... (47)
- 2.9.2 沥青软化点试验 ..... (48)
- 2.9.3 沥青针入度试验 ..... (50)
- 2.10 常用建筑防水材料拉伸试验 ..... (52)
- 独立思考 ..... (53)
- 3 土木工程材料综合性试验** ..... (54)
- 3.1 普通混凝土配合比设计试验 ..... (55)
- 3.2 大流动性混凝土拌合物工作性测试  
试验 ..... (60)
- 3.3 混凝土外加剂试验 ..... (62)
- 3.3.1 坍落度损失测定 ..... (63)
- 3.3.2 减水率测定 ..... (64)
- 3.3.3 泌水率测定 ..... (64)
- 3.3.4 抗压强度比测定 ..... (65)
- 3.4 普通混凝土动弹性模量试验 ..... (65)
- 3.5 混凝土抗水渗透性试验 ..... (66)
- 3.6 混凝土抗冻性试验 ..... (68)



3.6.1 快冻法 .....	(68)	4.3.2 电通量法(库仑电量法) .....	(89)
3.6.2 慢冻法 .....	(70)	4.4 混凝土抗盐冻试验方法	
3.7 混凝土碳化试验 .....	(72)	(单面冻融法) .....	(91)
3.8 混凝土中的钢筋锈蚀试验 .....	(73)	4.5 混凝土抗硫酸盐侵蚀试验 .....	(96)
3.9 刚性辅助架测定混凝土应力-应变		4.5.1 干湿循环试验 .....	(96)
曲线试验 .....	(74)	4.5.2 全浸泡试验 .....	(98)
3.10 金属和木材的冲击韧性试验 .....	(75)	4.6 混凝土收缩变形试验 .....	(98)
3.10.1 金属材料冲击韧性试验		4.6.1 早期收缩变形性能试验	
(夏比摆锤冲击试验) .....	(75)	(非接触式方法) .....	(98)
3.10.2 木材冲击韧性试验 .....	(76)	4.6.2 收缩(湿胀)变形性能试验	
独立思考 .....	(77)	(接触式方法) .....	(100)
<b>4 土木工程材料拓展试验</b> .....	(78)	4.7 混凝土受压徐变试验 .....	(102)
4.1 自密实混凝土配合比设计试验 .....	(79)	4.8 混凝土抗裂性测试评价试验	
4.2 轻骨料混凝土配合比设计试验 .....	(82)	(刀口约束法) .....	(105)
4.3 基于氯离子传输的混凝土渗透性		4.9 回弹法检测混凝土抗压强度试验 .....	(106)
试验方法 .....	(86)	4.10 混凝土配合比设计的数字方法 .....	(108)
4.3.1 氯离子扩散系数快速测定法		独立思考 .....	(110)
(RCM法) .....	(86)	<b>参考文献</b> .....	(111)

# 土木工程材料试验 基础

## 课前导读

---

### □ 内容提要

本章主要介绍土木工程材料试验的意义、分类和土木工程材料试验的一般程序，并重点对土木工程材料的技术基础进行了分类介绍。

### □ 能力要求

通过本章的学习，学生应了解土木工程材料试验的意义和分类，掌握土木工程材料试验的一般程序和相关的技术基础。

## 1.1 土木工程材料试验的意义 >>>

材料试验是进行材料性能测试及相关科学研究的重要方法。材料试验技术对材料科学研究和产品质量检验都有重要作用。在科学技术的发展史上,许多重大发现都是靠科学试验得到的。一方面,一切科学原理、定律、法则或符合科学的结论、数据,均是经过反复试验总结得出的;另一方面,试验是最有效的实践,没有试验依据的定律、法则、结论或数据都是经不起推敲,不能长期存在的。可以说,没有试验,重大科学发现就难以获得,也就没有人类今天的物质文明。试验不仅能验证理论模型的合理性,还是从实践中寻找理论模型的有效手段。因此,材料试验是获得材料物理、力学及耐久性能参数,发现新现象、新规律的主要途径。

材料性能测试试验还是解决工程实际问题的重要手段。例如,为了解决工程设计中的强度、刚度和稳定性问题,就必须了解材料的力学性能,而材料的力学性能只有通过材料试验才能测定;在研究新材料和新工艺时,也需要测定其力学性能以检验它们的质量指标和工艺要求;在研究焊接技术时,需要对焊接结构的强度和变形进行测试以及对热影响所引起的残余应力进行测量;在研究桥梁的强度和刚度时,需要对它的上、下部结构进行缺陷的无损检测、模态分析和应力测试。有些复杂的工程实际问题,用理论分析往往无法得出可靠的结论。此种情况下,试验常常是解决这些问题的有效途径。特别是对于某些边界条件不明确,甚至连材料性能都不清楚的问题,理论分析和数值计算均已无法进行,但却可以通过试验来测出其应力和变形数据,从而解决这些问题。由此可见,材料性能测试试验是工科各类专业学生应该掌握且可用来解决许多工程实际问题的基本方法之一。

材料性能测试方法应结合试验目的进行选择,并应当优先选用成熟的方法或标准。没有成熟方法和标准的,可以通过设计科学合理的试验方法对材料的性能进行表征。而对于产品的质量检验所采用的试验方法都是应当有标准严格规定的,必须按照产品标准中所规定的试验方法进行测试,这样才能保证测试的公正性。

材料试验技术的发展经历了几百年的时间。1638年,意大利伽利略首先提出了以力学性能为基础的材料强度概念;17世纪以后,胡克对材料力学性能进行了系统的测试和理论研究;19世纪初,英国设计并制造出了300t卧式拉伸试验机;1949年,美国设计并制造出了电子拉伸试验机。1960年以后,电子学、光学、声学、液压技术获得迅速发展,电子技术与无线电技术、自动控制技术、计算机技术、数字显示技术、电液伺服技术、应力-应变测量技术、近代无损检测技术等得到广泛应用,使现代测试技术飞速发展。

## 1.2 土木工程材料试验的分类 >>>

土木工程材料品种繁多,内容广泛,分类方法各异,有按材料性能划分的,也有按材料功能划分的,还有按材料结构或化学组成划分的。因此,土木工程材料试验方法的划分也有很多种。

### (1) 按材料结构分类

#### ① 微观试验。

微观试验采用现代测试技术研究材料原子、分子、晶体、非晶体等与物质性质的关系。微观试验一般针对空间线度在微米级及以下的结构,由微观结构到目视范围内的亚微观结构,也包括在微观测试技术内。例如,利用X射线衍射仪研究晶体、非晶体形态;利用电子显微镜观察原子结构;利用红外光谱分析有机化合物的官能团;利用差热分析仪观察材料在温度变化时的热反应;利用压汞仪对材料的孔结构进行分析等。

## ② 宏观试验。

宏观试验利用各种仪器设备对材料的物理或物理化学性能(包括材料力学性能、物理性能、化学性能、热工性能、光学性能、声学性能、装饰性能等)进行试验研究。本书主要介绍土木工程材料宏观性能的试验测试技术。

### (2)按材料性能分类

土木工程材料涉及物理性能、化学性能、力学性能、热学性能、声学性能、光学性能等诸多性能,因而按材料性能可将其试验技术分为以下几种。

- ① 物理性能试验:材料的密度、表观密度、孔隙率、吸水性等;
- ② 化学性能试验:材料的耐酸性、耐碱性、抗腐蚀性等;
- ③ 力学性能试验:拉伸、压缩、剪切和弯曲强度,弹性、塑性、脆性、韧性、冲击强度、硬度、疲劳强度等;
- ④ 热学性能试验:绝热性、热变形性、传热性等;
- ⑤ 声学性能试验:吸声性、隔声性等;
- ⑥ 光学性能试验:光泽度、白度、色度等。

土木工程材料在建筑物中不同的部位有不同的功能要求,对材料性能的要求也不同。如屋面材料主要用来遮挡日光、风、雨、露、雪,因此屋面材料主要应具有足够的防水性和隔热性。墙体材料主要用作围护、遮挡隔断,同时还应具有传递荷载的功能,因此墙体材料应具有足够的绝热性和强度。地面材料则应具有足够的强度、硬度和耐摩擦性。但是,多数材料都必须具有足够的强度,以承受外力或自身的重量。这里所说的强度,包括承载能力和变形两个方面。土木工程材料试验测试技术以测试材料的力学性能为主,同时也包括一些基本的物理性能和化学性能。

### (3)按材料破损状况分类

土木工程材料试验方法按测试后材料试件破损或无破损可分为材料破损试验与材料非破损试验两大类。材料破损试验是常用的测试方法,用各种试验机施加荷载,直到试件破坏为止。材料非破损试验,如声发射试验、超声波试验、表面硬度试验、辐射试验、电磁试验等,测试后试件不破坏,仍有使用价值。

土木工程材料试验方法分类还有很多,如按测量获得数据的方法分为直接测量与间接测量,按被测量的状态分为静态测量与动态测量,按测量时是电量或是非电量分为电测量与非电测量等。

## 1.3 土木工程材料试验的一般程序 >>>

为准确获得土木工程材料性能试验参数,通常应遵循如下程序。

### (1)取样

在进行性能测试试验之前,首先应在明确检验批数量的基础上,对检验批进行取样,且所取样品必须具有代表性。取样原则为随机取样,即在若干堆(捆、包)材料中,对任意堆放材料随机抽取试样。同时,为确保取样具有代表性,应保证取样的数量。不同材料的取样数量有不同的要求,如对袋装水泥检验批进行取样时,需要随机对检验批的至少20个不同部位进行取样,所取样品不少于12kg。

### (2)仪器的选择

试验仪器设备的精度要与试验要求一致,并且要有实际意义。量程要有一定的精度,如试样量程精度要求为0.1g,则应选择感量为0.01g的称量设备。对试验机量程也有选择要求,试件极限荷载值宜为所选试验机量程的20%~80%。

### (3)试件测试前的准备工作

试验前一般应将取得的试样进行处理、加工或成型,以制备满足试验要求的试样或试件。

#### (4) 试验测试

进行试验测试时,应严格按照试验测试步骤进行试验,包括试件的安装、对中、加荷速率控制等。具体试验步骤和方法可以参考相应的试验操作规程。

#### (5) 试验结果评定

对各次试验结果进行数据处理,一般取  $n$  次平行试验结果的算术平均值作为试验结果。试验结果应满足精度与有效数字的要求。试验结果经计算处理后应给予评定,看是否满足标准要求或评定其等级,在某种情况下还应对试验结果进行分析,并得出结论。

## 1.4 土木工程材料试验的技术基础 >>>

### 1.4.1 技术标准

技术标准(规范)是对产品与工程建设的质量、规格及其检验方法等所作的技术规定。技术标准在经济和社会发展中占据重要的地位。土木工程材料技术标准(规范)是针对原材料及产品(制品)的组成、性能、规格、检验方法、评定方法、应用技术等作出的技术规定。它是在从事材料产品生产、使用、科学研究以及商品流通领域中所需共同遵循的技术法规。显然,技术标准的类型众多,不同类型的技术标准都有其适用范围。

#### (1) 技术标准的等级分类

根据《中华人民共和国标准化法》的规定,按照适用范围将标准划分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四个层次。

##### ① 国家标准。

国家标准是指由国家标准化主管机构批准发布,对全国经济、技术发展具有重大意义,且在全国范围内统一的标准,是四级标准体系中的主体。国家标准在全国范围内适用,其他各级标准不得与之相抵触。国家标准由国务院标准化行政主管部门编制计划,协调项目分工,组织制定(含修订),统一审批、编号及发布。我国颁布实施的《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)、《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081—2002)等属于国家标准。

##### ② 行业标准。

行业标准是指对没有国家标准而又需要在国家某个行业范围内的统一的技术要求所制定的标准。行业标准是对国家标准的补充,是专业性、技术性较强的标准。行业标准的制定不得与国家标准相抵触,当同一内容的国家标准公布实施后,相应的行业标准即行废止。行业标准由行业标准的归口部门统一管理。行业标准的归口部门及其所管理的行业标准范围,由国务院有关行政主管部门提出申请,国务院标准化行政主管部门审查确定,并公布该行业的行业标准代号。如《水泥强度快速检验方法》(JC/T 738—2004)、《铁路混凝土强度检验评定标准》(TB 10425—2003)、《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006)、《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)等分别属于我国建筑行业、铁路行业、水利行业和交通行业的行业标准。

##### ③ 地方标准。

地方标准又称区域标准,是指对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的工业产品的安全、卫生要求所制定的标准。地方标准由省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门和国务院有关行政主管部门备案,仅仅在本行政区域内适用,不得与国家标准和行业标准相抵触。在国家标准或者行业标准公布实施后,相应的地方标准即行废止。如《回弹法检测砌体中普通粘土砖抗压强度技术规程》(DB34/T 234—2002)属于安徽省地方标准。

#### ④ 企业标准。

企业标准是对企业范围内需要协调、统一的技术要求、管理要求和工作要求所制定的标准。企业标准由企业制定,企业法人代表或法人代表授权的主管领导批准、发布,是企业组织生产、经营活动的依据。《中华人民共和国标准化法》规定:“企业生产的产品没有国家标准和行业标准的,应当制定企业标准,作为组织生产的依据。企业的产品标准须报当地标准化行政主管部门和有关行政主管部门备案。已有国家标准或者行业标准的,国家鼓励企业制定严于国家标准或者行业标准的企业标准,在企业内部适用。”

我国各级技术标准,根据需要分为试行标准和正式标准两类,又分为强制性标准与推荐性标准。如《自密实混凝土应用技术规程》(JGJ/T 283—2012)是推荐性标准。

#### (2) 技术标准的代号与编号

每个技术标准都有自己的代号与编号。标准代号反映该标准的等级或发布单位,用汉语拼音字母表示,见表 1-1。编号采用阿拉伯数字由顺序号及年代号组成,中间加一横线分开;名称以汉字表达,它反映该标准的主要内容。例如,《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)中,GB 为代号,表示国家标准,175 为顺序号,2007 为标准年代号,通用硅酸盐水泥为名称,所以 GB 175—2007 表示国家标准 175 号,2007 年颁布的通用硅酸盐水泥标准。又例如,《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081—2002)中,GB/T 表示国家推荐性标准,其标准号为 50081,是 2002 年颁布的普通混凝土力学性能试验方法标准。

表 1-1

技术标准所属行业及代号

所属行业	标准代号	所属行业	标准代号
国家标准	GB	铁路行业	TB
建材行业	JC	冶金行业	YB
建筑行业	JG	水利行业	SL
交通行业	JT	电力行业	DL

由于技术标准是根据一个时间阶段的技术水平制定的,因此它只能反映该时期的技术水平,具有暂时相对的稳定性。随着科学技术的发展,可能原有的标准不仅不能满足技术水平发展的需要,还会限制和束缚技术的发展。因此,技术标准应根据技术发展的速度与要求不断进行修订。我国约五年修订一次技术标准。

#### (3) 国际标准化组织

国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO),是世界最大的非政府性标准化专门机构,是国际范围和作用最大的标准组织之一。ISO 的主要任务是促进全球范围内的标准化及其有关活动,以利于国际间产品制定国际标准;协调世界范围内的标准化工作;报道国际标准化的交流情况以及与其他国际性组织合作研究的有关标准化问题等。我国是国际标准化协会成员国,当前我国各项技术标准正向国际标准靠拢,这将有利于我国科学技术的交流与提高。我国评价水泥强度等级的胶砂强度试验方法采用了 ISO 标准。

### 1.4.2 计量单位

#### (1) 法定计量单位的构成

土木工程材料试验过程涉及的计量单位均使用国际单位制单位或国家选定的非国际单位制单位。

##### ① 国际单位制单位。

国际计量委员会采用米、千克、秒、安培、开尔文、摩尔和坎德拉作为基本单位,将其实用计量单位制命名为“国际单位制”,并规定其符号为“SI”。

国际单位制由于结构合理、科学简明、方便实用,适用于众多科技领域和各个行业,可实现世界范围内计量单位的统一,已成为科技、经济、文教、卫生等各界的共同语言。

##### a. 国际单位制的构成。

国际单位制的构成如图 1-1 所示。

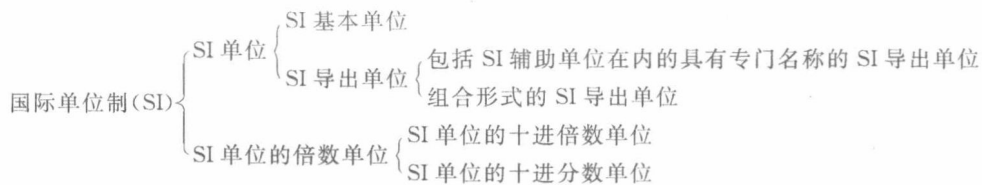


图 1-1 国际单位制(SI)的构成示意图

b. 国际单位制的基本单位。

国际单位制(SI)基本单位的名称和符号见表 1-2。

表 1-2 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
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

c. 国际单位制的导出单位。

国际单位制的导出单位是用基本单位以代数形式表示的单位。为了读写和应用的方便,并且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。国际单位制选用了 21 个导出单位,如表 1-3 所示。国际单位制导出单位的符号和表示式可以等同使用。例如,力的单位牛顿(N)和千克米每二次方秒( $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ )是完全等同的。

表 1-3 包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
[平面]角	弧度	rad	$1\text{rad}=1\text{m}/\text{m}=1$
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	$1\text{N}=1\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
压力,压强,应力	帕[斯卡]	Pa	$1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$
能[量],功,热量	焦[耳]	J	$1\text{J}=1\text{N} \cdot \text{m}$
功率,辐射通量	瓦[特]	W	$1\text{W}=1\text{J}/\text{s}$
电荷[量]	库[仑]	C	$1\text{C}=1\text{A} \cdot \text{s}$
电压,电动势,电势	伏[特]	V	$1\text{V}=1\text{W}/\text{A}$
电容	法[拉]	F	$1\text{F}=1\text{C}/\text{V}$
电阻	欧[姆]	$\Omega$	$1\Omega=1\text{V}/\text{A}$
电导	西[门子]	S	$1\text{S}=1\Omega^{-1}$
磁通(量)	韦[伯]	Wb	$1\text{Wb}=1\text{V} \cdot \text{s}$
磁通密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	$1\text{T}=1\text{Wb}/\text{m}^2$
电感	亨[利]	H	$1\text{H}=1\text{Wb}/\text{A}$
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C}=1\text{K}$
光通量	流[明]	lm	$1\text{lm}=1\text{cd} \cdot \text{sr}$

续表

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
(光)照度	勒[克斯]	lx	1lx=1lm/m <sup>2</sup>
放射性活度	贝可[勒尔]	Bq	1Bq=1s <sup>-1</sup>
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	1Gy=1J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	1Sv=1J/kg

d. 国际单位制单位的倍数单位。

国际单位制(SI)的导出单位在实际使用时,量值的变化范围很宽,仅用 SI 单位来表示量值并不方便。为此,SI 中规定了 20 个构成十进倍数和分数单位的词头所表示的因数。这些词头既不能单独使用,又不能重叠使用。它们仅用于与 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。书写过程中相应于因数  $10^3$  (含  $10^3$ ) 以下的词头符号必须用小写正体,大于或等于因数  $10^6$  的词头符号必须用大写正体。从  $10^{-3}$  到  $10^3$  是十进位,其余是千进位,具体详见表 1-4。SI 单位加上 SI 词头后两者结合为一整体称为 SI 单位的倍数单位,或者称为 SI 单位的十进倍数或分数单位。

表 1-4

SI 中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
$10^1$	十	da
$10^{-1}$	分	d
$10^{-2}$	厘	c
$10^{-3}$	毫	m
$10^{-6}$	微	$\mu$
$10^{-9}$	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

② 国家选定的非国际单位制(SI)单位。

在日常生活和一些特殊领域,还有一些广泛使用的、重要的非 SI 单位不能废除,尚需继续使用。因此,我国选定了若干非 SI 单位与 SI 单位一起,作为国家法定计量单位。它们具有同等的地位,详见表 1-5。



表 1-5

国家选定的非 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	1min=60s
	[小]时	h	1h=60min=3600s
	天(日)	d	1d=24h=86400s
平面角	[角]秒	"	1"=( $\pi/64800$ )rad
	[角]分	'	1'=60"=( $\pi/10800$ )rad
	度	°	1°=60'=( $\pi/180$ )rad
旋转速度	转每分	r/min	1r/min=(1/60)s <sup>-1</sup>
长度	海里	n mile	1n mile=1852m(只用于航程)
速度	节	kn	1kn=1n mile/h=(1852/3600)m/s (只用于航行)
质量	吨	t	1t=10 <sup>3</sup> kg
	原子质量单位	u	1u≈1.660540×10 <sup>-27</sup> kg
体积	升	L、(l)	1L=1dm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
能	电子伏	eV	1eV≈1.602177×10 <sup>-19</sup> J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1tex=1g/km
面积	公顷	hm <sup>2</sup>	1hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>

我国选定的非 SI 单位包括 10 个由 CGPM 确定的允许与 SI 并用的单位,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,一共 6 个基本非 SI 单位,作为国家法定计量单位的组成部分。

## (2) 法定计量单位的使用规则

### ① 法定计量单位的名称。

有关单位的名称及其简称也有明确的规定,简称在不致混淆的情况下可等效于它的全称使用。例如,在一些十进倍数单位中,可只用“毫安”而不用“毫安培”,但也不排斥使用“毫安培”。

组合单位的名称与其符号书写的次序一致。符号中的乘号没有对应名称,符号中的除号对应名称为“每”,无论分母中有几个单位,“每”只在除号的地方出现一次。例如,电能量的常用单位符号 kW·h,名称应为“千瓦小时”;加速度 SI 单位的符号是 m/s<sup>2</sup>,其名称为“米每二次方秒”而不是“米每秒每秒”。

乘方形式的单位名称,其顺序是指指数名称在单位的名称之前,相应指数名称由数字加“次方”二字组成。例如,断面惯性矩单位指数“m<sup>4</sup>”的名称应为“四次方米”。

指数为“-1”的单位,或分子为“1”的单位,其名称以“每”字开头。例如,线膨胀系数的 SI 单位℃<sup>-1</sup>或 K<sup>-1</sup>,其名称为“每摄氏度”或“每开尔文”。

如果长度的 2 次方和 3 次方是指面积和体积,则相应的指数名称为“平方”和“立方”,并置于长度单位的名称之前。

书写单位名称时,在其中不应加任何表示乘或除的符号或其他符号。例如,力矩的 SI 单位 N·m 的名称写为“牛顿米”,也可简写为“牛米”。

### ② 法定计量单位的符号。

计量单位的符号分为单位符号(即国际通用符号)和单位的中文符号(即单位名称的简称),一般推荐使用单位符号。十进制单位符号应置于数据之后,单位符号按其名称或简称读,不得按字母读音读。

单位符号字母一般为小写体,但如果单位名称来源于人名,则符号的第一个字母为大写体。单位符号后,不得附加任何标记,也没有复数形式。

组合单位符号书写方式举例见表 1-6。