



“十二五”国家重点图书出版规划项目  
材料科学研究与工程技术系列

# 混凝土性能与检测技术

Concrete Performance and Testing Technology

● 张爱勤 李晶 张旭 王彦敏 编著

哈尔滨工业大学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目  
材料科学研究与工程技术系列

# 混凝土性能与检测技术

## Concrete Performance and Testing Technology

张爱勤 李晶 张旭 王彦敏 编著

哈尔滨工业大学出版社

## 内 容 提 要

本书分为两篇,系统地介绍了混凝土的性能与检测技术。第一篇混凝土性能,主要内容有混凝土概述,混凝土的技术性质、组成结构、组成材料,普通混凝土组成设计,混凝土质量评定及控制,特殊功能混凝土和砂浆。介绍了混凝土主要性能评价指标、混凝土微观结构,以及宏观性能与微观结构的关系;利用大量的工程案例与实体图片介绍了普通混凝土、特殊混凝土及砂浆的配合比设计方法,混凝土组成材料的选用与评价方法,混凝土施工质量控制与评价方法;以 CDIO 模式工程教育思想为主线将内容设计为一体,具有鲜明的工程实用性与可操作性。第二篇混凝土检测技术,以混凝土配合比设计工程案例为背景,通过试验设计方案介绍了混凝土组成材料性能试验、混凝土与砂浆性能试验方法和混凝土结构构件检测;将原材料的基本性能检测与混凝土性能试验按知识体系相结合,通过介绍混凝土回弹法、超声回弹综合法、超声法、低应变法检测法与声波透射法等先进的无损检测技术,将混凝土工程中试验检测项目综合设计在一起,既突出了试验在工程中的重要性,又具有很强的实用性。

本书可作为大学本科土木工程、材料科学与工程、水利工程、建筑学等专业教科书,也可作为以上专业试验检测和工程技术人员的技术参考书,是培养工程型、技术型人才的应用型图书。

### 图书在版编目(CIP)数据

混凝土性能与检测技术/张爱勤等编著. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2012.9

ISBN 978-7-5603-3795-1

I. ①混… II. ①张… III. ①混凝土-性能  
②混凝土-检测 IV. ①TU528.45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 225023 号



责任编辑 张 瑞  
出版发行 哈尔滨工业大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006  
传 真 0451-86414749  
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>  
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司  
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 17.75 总字数 400 千字  
版 次 2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5603-3795-1  
定 价 36.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

# 前 言

本书是在我校交通土建试验与测试技术专业的建设成果基础上编写的,经过十届学生的使用,在不断地教学改革中进行了反复修改。本书融入了我校 2010 年山东省教育厅重点资助教改项目“基于 CDIO 的介入式土建类应用型本科人才培养模式研究”的教材改革成果,并为了满足土建类应用型本科 CDIO 人才培养模式工程教育改革,在内容编写与编排形式上都做了精心设计,增加了 CDIO 教学方法改革思想,突出了新材料、新技术、新规程、新规范和新标准等内容,注重了混凝土材料在工程中的实用性。本书在教学使用中收到了显著效果,受到广大师生的普遍好评。

本书由山东交通学院土木工程学院张爱勤、李晶、张旭、王彦敏共同编著。在本书编写过程中,我校“基于 CDIO 的介入式土建类应用型本科人才培养模式研究”课题组负责人唐勇、材料科学与工程学院张金升教授给予了大力支持与帮助,在此表示感谢。

限于经验,本书中难免存在疏漏或错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 3 月

# 目 录

## 第一篇 混凝土性能

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第1章 混凝土概述.....          | 3   |
| 1.1 混凝土发展简史 .....       | 3   |
| 1.2 混凝土的工程应用 .....      | 4   |
| 1.3 混凝土的分类 .....        | 7   |
| 1.4 混凝土相关的技术标准 .....    | 9   |
| 第2章 混凝土的技术性质 .....      | 11  |
| 2.1 混凝土拌合物的技术性质 .....   | 11  |
| 2.2 混凝土的力学性质.....       | 18  |
| 2.3 混凝土的耐久性.....        | 29  |
| 第3章 混凝土的组成结构 .....      | 34  |
| 3.1 混凝土的结构 .....        | 34  |
| 3.2 混凝土结构与性能的关系 .....   | 38  |
| 3.3 混凝土微观与亚微观分析 .....   | 44  |
| 第4章 混凝土的组成材料 .....      | 46  |
| 4.1 水泥 .....            | 47  |
| 4.2 集料 .....            | 61  |
| 4.3 混凝土拌合用水 .....       | 71  |
| 4.4 混凝土外加剂 .....        | 71  |
| 4.5 掺合料 .....           | 81  |
| 第5章 普通混凝土的组成设计 .....    | 86  |
| 5.1 混凝土组成设计概述 .....     | 87  |
| 5.2 混凝土配合比设计的技术规定 ..... | 88  |
| 5.3 普通混凝土配合比设计 .....    | 92  |
| 5.4 掺粉煤灰混凝土的配合比设计 ..... | 104 |
| 第6章 混凝土质量评定及控制 .....    | 107 |
| 6.1 混凝土的生产质量控制 .....    | 107 |
| 6.2 混凝土生产质量控制方法 .....   | 108 |
| 第7章 特殊功能混凝土 .....       | 123 |
| 7.1 轻混凝土 .....          | 123 |
| 7.2 高强混凝土 .....         | 132 |

|            |                 |            |
|------------|-----------------|------------|
| 7.3        | 高性能混凝土 .....    | 137        |
| 7.4        | 抗渗混凝土 .....     | 144        |
| 7.5        | 抗冻混凝土 .....     | 147        |
| 7.6        | 大体积混凝土 .....    | 148        |
| 7.7        | 道路混凝土 .....     | 159        |
| 7.8        | 泵送混凝土 .....     | 164        |
| 7.9        | 商品混凝土 .....     | 167        |
| <b>第8章</b> | <b>砂浆 .....</b> | <b>169</b> |
| 8.1        | 砌筑砂浆 .....      | 169        |
| 8.2        | 其他砂浆 .....      | 176        |

## 第二篇 混凝土检测技术

|             |                            |            |
|-------------|----------------------------|------------|
| <b>第9章</b>  | <b>试验设计工程案例 .....</b>      | <b>181</b> |
| 9.1         | C30 普通混凝土配合比设计 .....       | 181        |
| 9.2         | M7.5 水泥砌筑砂浆配合比设计 .....     | 187        |
| <b>第10章</b> | <b>混凝土组成材料性能试验 .....</b>   | <b>192</b> |
| 10.1        | 水泥试验 .....                 | 192        |
| 10.2        | 粗集料试验 .....                | 206        |
| 10.3        | 细集料试验 .....                | 211        |
| 10.4        | 粉煤灰试验 .....                | 215        |
| <b>第11章</b> | <b>混凝土与砂浆性能试验方法 .....</b>  | <b>220</b> |
| 11.1        | 普通混凝土基本性能试验 .....          | 220        |
| 11.2        | 路面混凝土基本性能试验 .....          | 241        |
| 11.3        | 掺外加剂混凝土基本性能试验 .....        | 244        |
| 11.4        | 砂浆基本性能试验 .....             | 248        |
| <b>第12章</b> | <b>混凝土结构构件无损检测技术 .....</b> | <b>252</b> |
| 12.1        | 混凝土结构构件检测案例 .....          | 252        |
| 12.2        | 回弹法检测混凝土抗压强度 .....         | 257        |
| 12.3        | 超声回弹综合法检测混凝土抗压强度 .....     | 264        |
| 12.4        | 超声法检测混凝土表面损伤层缺陷 .....      | 267        |
| 12.5        | 低应变法检测混凝土桩身完整性 .....       | 269        |
| 12.6        | 声波透射法检测灌注桩混凝土缺陷 .....      | 271        |
| <b>参考文献</b> | <b>.....</b>               | <b>275</b> |

# 第一篇 混凝土性能



# 第 1 章 混凝土概述

## 1.1 混凝土发展简史

混凝土是当代土木工程中用量最大、也是最主要的一种建筑材料。随着混凝土的发展,按现代混凝土的定义,它是由胶结材料、骨料、掺合料、外加剂和水按照一定比例配制,经搅拌振捣成型,在一定的条件下养护而成的一种人造石材。混凝土不仅原料丰富,价格低廉,生产工艺简单,而且还具有抗压强度高、耐久性好、强度等级范围宽等特点,因而使用范围十分广泛,在土木工程中的使用量也越来越大。然而混凝土是一种脆性材料,而且在工程结构中还存在自重、施工周期长、抗拉强度低等缺点。为解决这些问题,目前在混凝土的研究、设计与施工中已采用了众多的措施加以改善,包括提高混凝土强度而减小结构截面,如采用轻骨料制作加气混凝土、泡沫混凝土等,将混凝土断面设计成多孔型、槽型等,以达到减轻混凝土自重的目的;采用掺加早强剂的方法缩短混凝土施工周期;制成钢筋混凝土以提高混凝土的抗拉强度等,都取得了较理想的使用效果。

最初混凝土的生产大约是在 17 世纪初,比、英、德、法、俄等国家制造了水泥后,开始制作使用水泥砂浆和水泥混凝土,到 1850 年,在这些国家已普遍开始使用水泥砂浆和水泥混凝土砌筑砖石结构及构筑物工程结构物了。据记载,1865 ~ 1875 年,法国人约瑟夫·莫尼埃(J. Monier)发明了用铁丝、水泥、砂、石与水制成构筑物后,又将该方法推广,并主持建造了第一座 16 m 长的钢筋混凝土桥梁,确立了混凝土在土建工程中的地位。随着资本主义工业的发展,逐渐出现了大型工程,因此,钢筋混凝土得到了应用,但应用技术极不成熟,直到 19 世纪末,随着生产力的不断发展,在混凝土研究领域中,建立起了混凝土设计理论,相继开展了混凝土试验,其原材料和施工技术都得到了改进,才使钢筋混凝土得以快速发展至今。1928 年,法国出现了预应力钢筋混凝土,并在 1930 年得到了应用,由于预应力混凝土技术是通过外部条件提高了混凝土的抗裂性,在大跨度桥梁、高层建筑、抗震防裂等结构中取得了显著的效果,因此,预应力混凝土是混凝土技术史上的一次重大飞跃,其创造与发展促进了混凝土工程技术水平的提高,在世界各国得到了广泛应用。近 20 多年来,随着聚合物复合混凝土及混凝土外加剂的出现,又将混凝土的应用技术向前推进了一大步。

可见,混凝土的发展是随着其组成材料的发展而发展的,在混凝土 100 多年的发展历程中,其组成材料经历了几次重大变革,其中三次变革最为突出:第一次是 19 世纪中叶,法国首先出现了钢筋混凝土;第二次是 1928 年,法国出现了预应力钢筋混凝土;第三次是近 20 多年来,出现了聚合物复合混凝土与混凝土外加剂。这三次变革被称为水泥混凝土应用科学技术发展史上三次重大的突破。

此外,随着混凝土的发展和工程的需要,还出现了膨胀混凝土、加气混凝土、纤维混凝土等各种特殊功能的混凝土。随着混凝土应用范围的不断扩大,混凝土的施工机械也在不断发展,商品混凝土、泵送混凝土、混凝土滑模施工技术等的生产方法与施工工艺,给混凝土施工带来了极大方便,同时还保障了混凝土的性能要求。

近几十年来,混凝土的发展得到普遍重视,研究成果层出不穷。国际混凝土会议已举办了十一届(每五年一届),一些重要的国际水泥混凝土期刊,如美国的《Cement and Concrete Research》、《ACI Materials Journal》,英国的《World Cement》、《Advances in Cement Research》和德国的《Zement Kalk Gips》,每年都发表大量有价值的关于混凝土的学术论文。

目前,混凝土仍向着轻质、高强、多功能、高性能、绿色化的方向发展。发展复合材料、不断扩大资源、发展预制混凝土和使混凝土商品化也是今后发展的方向。同时,随着现代科学的发展和新测试技术的应用,人们对混凝土内部结构和性能之间依存关系的研究和认识也日益深入。运用现代科学理论和测试方法将混凝土的研究工作从宏观研究逐步深入到亚微观和微观级的研究,找出材料的组分、结构和性能的基本关系,以期达到能按指定性能设计混凝土材料或按已有的结构状态预测混凝土性能这一目标。

## 1.2 混凝土的工程应用

混凝土从诞生至今已经历了相当长的历史时期,在土木工程中已得到了普遍应用。混凝土的英文单词“Concrete”起源于古罗马,意指完整的建筑块体。著名的万神殿即为混凝土建筑,墙体结构材料为凝灰岩和火山灰混凝土,厚6 m,拱顶为浇筑的浮石和火山灰轻质混凝土结构,跨度40多米。随着19世纪波特兰水泥的出现,钢筋混凝土与预应力混凝土的相继问世,混凝土的应用更加广泛。

万神殿(Pantheon)(图1.1),是至今仍完整保存的唯一一座罗马帝国时期的建筑,始建于公元前27~25年,可谓奥古斯都时期的经典建筑。公元80年的火灾,使万神殿的大部分被毁,仅余一长方形的柱廊,有12.5 m高的花岗岩石柱16根,这一部分被作为后来重建的万神殿的门廊。现今所见的万神殿主体建筑是亚德里亚诺大帝于公元120~124年所建,为43.4 m高的圆形殿堂,万神殿的基础、墙和穹顶都是用火山灰制成的混凝土浇筑而成,非常牢固。

我国的居民住宅楼(图1.2),根据国家有关政策对民用建筑高度与层数的设计规定为:4~6层为多层住宅;7~10层为小高层住宅(也称中高层住宅);10层以上则为高层住宅,分为高层塔楼、高层板楼。多层住宅一般为砖混结构,抗震性能比高层住宅差;高层住宅一般为钢筋混凝土现浇结构,抗震性能好,折旧年限长,但结构工艺比较复杂,材料性能要求高,自重大,对基础要求高,施工难度较大,建筑造价相对较高。



图 1.1 万神殿



图 1.2 居民住宅楼

山东高速胶州湾跨海大桥(图 1.3),全长 41.58 km,2011 年 6 月正式通车,是目前世界上已建成的最长的跨海大桥,是国道主干线——青兰高速的起点段。该跨海大桥为双向六车道高速公路兼城市快速路八车道,设计行车速度为 80 km/h,桥梁宽度为 35 m,设计基准期为 100 年,总投资约计 100 亿元人民币。大桥在建设中采用了多项国内外新技术,如水下无封底套箱技术、小半径大跨径滑移模架施工技术、海工高性能混凝土超长距离(900 m)泵送技术、海洋环境中水下结构干法防腐施工技术、在大跨度预应力桥梁工程中使用引气混凝土技术、在北方地区实现大体积混凝土箱梁一次性浇筑 3 391 m<sup>3</sup> 混凝土技术等。

曲胜高速公路(图 1.4),是国道 320 主干线上海—瑞丽在云南的起始段,是云南省首条六车道水泥混凝土路面高速公路。东连贵州,西通昆明,公路横贯乌蒙山,沿线山高谷深,江河纵横,喀斯特地质地貌突出,建设难度相当大。该公路建设大胆采用新材料新技术,在减少使用维护成本的前提下,使用年限比传统沥青路面提高了 2~3 倍,是全国最长钢纤维混凝土路段、全省首条不突破概预算投资的重点公路项目、全国首条与沥青路面造价相当的水泥路面高速公路,实现了全国水泥路面新技术推广应用的重大创新。

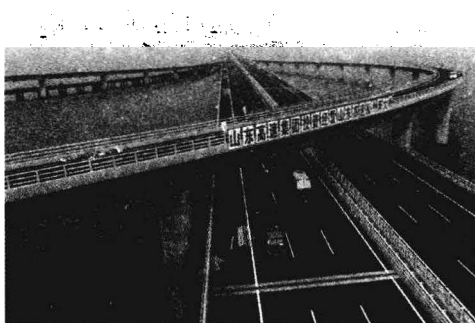


图 1.3 山东高速胶州湾跨海大桥

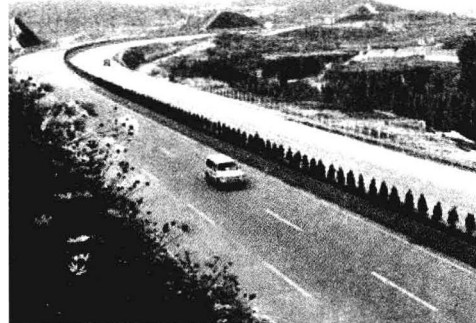


图 1.4 曲胜高速公路水泥混凝土路面

三峡大坝(图 1.5),是世界上规模最大的混凝土重力坝。三峡大坝工程包括主体建筑物工程及导流工程两部分,工程施工总工期自 1993 年到 2009 年共 17 年,分三期进行。坝顶总长 3 035 m,坝顶高程 185 m,正常蓄水位 175 m,总库容 393 亿立方米。

海港码头(图 1.6),材料普遍为混凝土材料,结构形式有重力式、高桩式和板桩式。重力式码头靠建筑物自重和结构范围的填料重量保持稳定,结构整体性好,坚固耐用,适用于较好的地基。高桩码头由基桩和上部结构组成,桩的下部打入土中,上部高出水面。近年来广泛采用长桩、大跨结构,并逐步用大型预应力混凝土管柱或钢管柱代替断面较小的桩,而成为管柱码头。板桩码头由板桩墙和锚碇设施组成,并借助板桩和锚碇设施承受地面使用荷载和墙后填土产生的侧压力。



图 1.5 三峡大坝

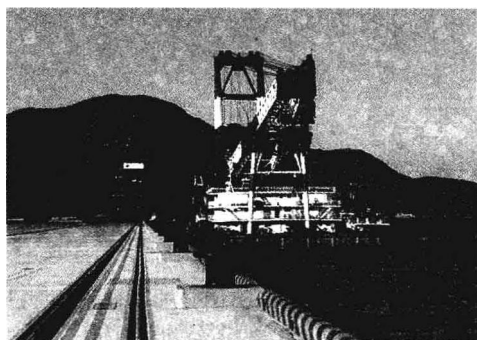


图 1.6 海港码头

京沪高速铁路(图 1.7),是继三峡工程、南水北调工程之后,中国的又一个超大型工程,正线全长约 1 318 km,设计时速 300 km/h(设计最高运行时速 380 km/h),总投资 2 209 亿元人民币。混凝土桥梁长度约 1 140 km,占正线长度 86.5%。京沪高铁全线纵贯我国经济发展最活跃和最具潜力的地区,是中国客货运输最繁忙、增长潜力巨大的交通走廊。

洛茨堡山底隧道(Lotschberg Base Tunnel)(图 1.8),为前所未有之世界级硬岩山岳隧道,全长 34 km。2007 年 6 月开通,是目前世界上最长的陆地隧道。该隧道的建造目的主要是为减少瑞士道路上重型卡车的拥堵问题,该隧道允许装载车辆的火车从德国出发,途径瑞士后在意大利卸载,同时也为游客去往阿尔卑斯山滑雪提供了更加便捷的路线。其未来目标是每天为 110 辆火车运输提供线路,其中旅客列车最高时速可达到 322 km/h。

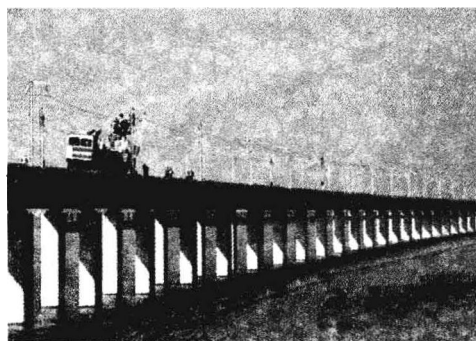


图 1.7 京沪高速铁路

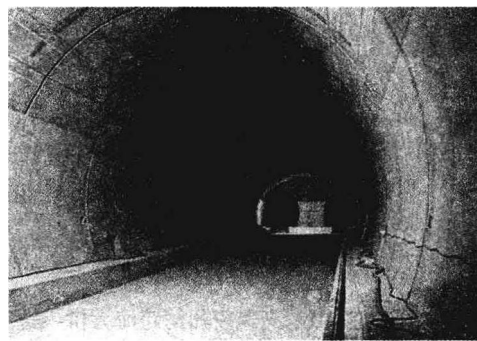


图 1.8 洛茨堡山底隧道

随着近代高速公路、高速铁路、大型桥梁工程、水利水电工程、城市新建与改建工程等重大项目建设的快速发展,土木工程对混凝土的性能与技术都提出了更高的要求。

## 1.3 混凝土的分类

随着混凝土的发展,其品种日益增多,性能和应用也各不相同。目前,主要从混凝土的组成、结构、特性和功能等不同角度进行分类。

### 1. 按胶结材料分类

按胶结材料的种类,可将混凝土分为无机胶结材料混凝土、有机胶结材料混凝土、无机与有机复合胶结材料混凝土三大类。

#### (1) 无机胶结材料混凝土

无机胶结材料混凝土主要有水泥混凝土、硅酸盐混凝土(即石灰-硅质胶结材料混凝土)、石膏混凝土等,其中水泥混凝土(以砂石作为骨料)是土木工程中应用广泛的一种混凝土,亦称为普通混凝土或混凝土,简称为砼(tóng)。

#### (2) 有机胶结材料混凝土

有机胶结材料混凝土主要有沥青混凝土、聚合物混凝土等。沥青混凝土,通常采用石油沥青作为胶结材料,是道路工程中最主要的路面材料。聚合物混凝土主要以纯聚合物为胶结材料制成,与水泥混凝土相比,提高了混凝土的抗渗、抗冻、耐蚀等耐久性能。

#### (3) 无机与有机复合胶结材料混凝土

无机与有机复合胶结材料混凝土主要有聚合物水泥混凝土、聚合物浸渍混凝土、水泥沥青混凝土等。聚合物水泥混凝土、聚合物浸渍混凝土具有聚合物混凝土的优点,可应用于抗渗、抗冻、耐蚀等环境混凝土工程及修补混凝土裂缝。水泥沥青混凝土是一种提高路面耐磨性的新型路面材料。

### 2. 按混凝土的结构分类

按混凝土的结构,可将混凝土分为普通结构混凝土、细料混凝土、大孔混凝土和多孔混凝土。

#### (1) 普通结构混凝土

普通结构混凝土由粗集料、细集料和胶结材料制成,其中以碎石(或卵石)、砂、水泥和水制成的混凝土为普通水泥混凝土,应用最为广泛。

#### (2) 细料混凝土

细料混凝土由细集料和胶结材料制成,主要用于制造各种薄壁构件。

#### (3) 大孔混凝土

大孔混凝土由粗集料和胶结材料制成。集料外包胶结材料,集料彼此以点接触,集料之间有较大的空隙。这种混凝土主要用于墙体间隔层等填充部位。

#### (4) 多孔混凝土

多孔混凝土无粗细集料,全由磨细的胶结材料和其他粉料加水拌制成料浆,用机械方法或化学方法使之形成许多微小的气泡后,再经硬化制成。

### 3. 按混凝土的体积密度分类

按混凝土体积密度(干表观密度),可将混凝土分为重混凝土、普通混凝土和轻混凝土。

### (1) 重混凝土

通常将干表观密度大于  $2\,500\text{ kg/m}^3$  的混凝土称为重混凝土,主要用于防辐射工程,屏蔽各种射线的辐射。应采用各种高密度集料(如铁矿石、重晶石等)配制混凝土,其干表观密度可以达到  $3\,200\text{ kg/m}^3$ ,有的甚至能达到  $6\,400\text{ kg/m}^3$ 。

### (2) 普通混凝土

干表观密度为  $2\,000\sim 2\,800\text{ kg/m}^3$ ,主要采用普通砂石(如天然砂、碎石或卵石等)作为骨料,可普遍用于各种承重结构。

### (3) 轻混凝土

干表观密度一般小于  $1\,950\text{ kg/m}^3$ ,包括轻集料混凝土和多孔混凝土,主要用于承重结构和承重隔热制品以及用作保温隔热材料等,亦可以用于大跨度钢筋混凝土桥梁以减轻结构自重。

## 4. 按混凝土的坍落度分类

根据混凝土拌合物的流动性,按照坍落度指标,可将混凝土分为大流动性混凝土、流动性混凝土、塑性混凝土、干硬性混凝土。

### (1) 大流动性混凝土

大流动性混凝土是指混凝土拌合物的坍落度不低于  $160\text{ mm}$  的混凝土,较大的流动性给施工带来了极大的方便,如泵送混凝土、自密实混凝土,在现代混凝土施工中得到了较为普遍的应用。

### (2) 流动性混凝土

流动性混凝土是指混凝土拌合物的坍落度为  $100\sim 150\text{ mm}$  的混凝土,具有较好的流动性,常被用于一些振捣困难的结构部位和场合。

### (3) 塑性混凝土

塑性混凝土是指混凝土拌合物的坍落度为  $10\sim 90\text{ mm}$  的混凝土,这种混凝土施工工艺简单,容易振捣密实,同时由于在配合比设计中可以相对减少胶凝材料用量,因此,在大体积工程应用中亦具有较大的优势。

### (4) 干硬性混凝土

干硬性混凝土是指混凝土拌合物的坍落度小于  $10\text{ mm}$  的混凝土,这种混凝土具有较低的水胶比,成型较困难,因此在现浇混凝土、多配筋或截面小的结构中很少使用,只有在一些对混凝土性能要求较高的预制构件(如高强混凝土枕轨)中较多采用。

## 5. 按混凝土强度分类

按混凝土 28 d 抗压强度标准值,可将混凝土划分为低强混凝土、中强混凝土、高强混凝土。

### (1) 低强混凝土

低强混凝土 28 d 抗压强度标准值低于  $20\text{ MPa}$ ,主要用于土木工程基础结构,如桩基、楼底板等。

### (2) 中强混凝土

中强混凝土 28 d 抗压强度标准值为  $20\sim 60\text{ MPa}$ ,在土木工程中应用最为广泛。

### (3) 高强混凝土

高强混凝土 28 d 抗压强度标准值不低于 60 MPa,属于特殊功能混凝土范畴,可用于高层建筑、大跨度桥梁、电视塔、海洋工程等建筑。

### 6. 按混凝土配筋方式分类

按混凝土的配筋方式,可将混凝土分为素混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土三类。

#### (1) 素混凝土

无钢筋或钢筋网的混凝土称为素混凝土。

#### (2) 钢筋混凝土

配有钢筋的混凝土称为钢筋混凝土。

#### (3) 预应力混凝土

为提高混凝土构件的抗裂性能,在钢筋与混凝土结合之前,预先张拉钢筋,使得构件在承受外力之前,钢筋受到一个预加的拉应力,而混凝土受到一个预加的压应力,这种混凝土称为预应力混凝土。

### 7. 按混凝土应用方式分类

在土木工程中,按混凝土的应用方式,可将混凝土分为现浇混凝土和预制混凝土构件两种类型。

#### (1) 现浇混凝土

在施工现场直接现浇混凝土,具有灵活性大、结构整体性好的优点,但也存在诸如现场钢筋张拉较困难、成型养护条件易受环境影响、原材料堆放量大及施工噪声大等缺点。现浇混凝土一般常用于构筑物基础、框架等结构部位。

#### (2) 预制混凝土构件

预制混凝土构件在工厂浇筑完成,然后吊装到构筑物上,可以避免现浇混凝土的缺点而保证构件质量,但是受预制构件生产规格和形状的限制,对一些特殊部位很难实现。因此,在工程中通常两种方式结合使用,取长补短。

### 8. 按混凝土施工工艺分类

按混凝土施工工艺分类,主要有离心混凝土、真空混凝土、灌浆混凝土、喷射混凝土、碾压混凝土、泵送混凝土等。

### 9. 按混凝土用途分类

按混凝土用途分类,主要有结构用混凝土、隔热混凝土、装饰混凝土、耐酸混凝土、耐碱混凝土、耐火混凝土、海洋混凝土、道路混凝土、大坝混凝土、收缩补偿混凝土、防护混凝土等。

## 1.4 混凝土相关的技术标准

技术标准是保证混凝土的组配设计、技术性能、施工质量达到要求,以及保证结构物能够正常施工与使用的重要依据。目前与混凝土相关的主要技术标准有国家标准、行业标准(主要包括建工行业、交通行业、建材行业、水工行业标准等)以及国外相关的技术标准。目前,混凝土工程主要涉及的相关现行技术标准见表 1.1。

表 1.1 混凝土相关的技术标准

|      |                                          |
|------|------------------------------------------|
| 国家标准 | 《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)                   |
|      | 《水泥细度检验方法(筛析法)》(GB/T 1345—2005)          |
|      | 《水泥比表面积测定方法(勃氏法)》(GB/T 8074—2008)        |
|      | 《水泥密度测定方法》(GB/T 208—1994)                |
|      | 《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T 1346—2011) |
|      | 《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》(GB/T 17671—1999)     |
|      | 《水泥化学分析方法》(GB/T 176—2008)                |
|      | 《水泥取样方法》(GB 12573—2008)                  |
|      | 《建设用砂》(GB/T 14684—2011)                  |
|      | 《建设用卵石、碎石》(GB/T 14685—2011)              |
|      | 《建材用粉煤灰及煤矸石化学分析方法》(GB/T 27974—2011)      |
|      | 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB 1596—2005)            |
|      | 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046—2008)     |
|      | 《混凝土外加剂》(GB 8076—2008)                   |
|      | 《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119—2003)            |
|      | 《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)         |
|      | 《粉煤灰混凝土应用技术规范》(GBJ 146—1990)             |
|      | 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)               |
| 行业标准 | 《混凝土强度检验评定标准》(GB 50107—2009)             |
|      | 《混凝土质量控制标准》(GB 50164—2011)               |
|      | 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006)        |
|      | 《混凝土用水标准》(JGJ 63—2006)                   |
|      | 《公路工程混凝土外加剂》(JT/T 523—2004)              |
|      | 《公路工程集料试验规程》(JTGE 42—2005)               |
|      | 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》(GB/T 50080—2002)      |
|      | 《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081—2002)       |
|      | 《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30—2005)         |
|      | 《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)          |
|      | 《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ D40—2011)            |
|      | 《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)              |
|      | 《砌筑砂浆配合比设计规程》(JGJ/T 98—2010)             |
|      | 《水工混凝土外加剂技术规程》(DL/T 5011—1999)           |
|      | 《水工混凝土试验规程》(SL 352—2006)                 |
|      | 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》(JTG/T 70—2009)          |
|      | 《水泥胶砂流动度测定方法》(GB/T 2419—2005)            |
|      | 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51—2009)        |
|      | 《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50—2011)             |
|      | 《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ T23—2011)         |
|      | 《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》(CECS 02:2005)       |
|      | 《超声法检测混凝土缺陷技术规程》(CECS 21:2000)           |
| 国外标准 | 《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106—2003)               |
|      | 《公路工程基桩动测技术规程》(JTG/T F81—01—2004)        |
|      | ASTM(美国试验与材料学会)                          |
|      | AASHTO(美国联邦高速公路运输部)                      |
|      | ACI(美国混凝土协会)                             |

## 第2章 混凝土的技术性质

普通混凝土是以水泥为胶结材料,用普通砂石为骨料,与水按一定的配合比,经搅拌、成型、养护而得到的复合材料,简称为普通混凝土或混凝土。

普通水泥混凝土具有原料丰富,便于施工和浇筑成各种形状的构件,硬化后力学性能优越、耐久性好,节约能源,成本低廉等优点,因此,在土木工程中得到了广泛应用。

以第1章中居民住宅楼(图1.2)为例,在一种干燥环境中建造楼房,首先要设计,然后要施工,最后要使用。其中,作为主体的混凝土材料要适应和满足这个工程过程,就必须具备优良的技术性能。普通混凝土的主要技术性质包括:新拌混凝土的工作性、硬化后混凝土的力学性质和耐久性。

可见,在混凝土工程中我们应考虑诸多有关混凝土材料性能的工程问题,如:

1. 普通混凝土三大技术性质的具体含义是什么?
2. 混凝土拌合物的工作性含义是什么?对混凝土的施工有何影响?其影响因素有哪些?可采取哪些措施予以改善?
3. 混凝土拌合物工作性的表征指标有哪些?何谓坍落度?在混凝土拌合物坍落度试验中,黏聚性和保水性应如何判断?
4. 在混凝土施工过程中,为什么会出现泌水现象?应如何解决?
5. 混凝土的力学性质包括哪些内容?
6. 混凝土立方体拉压强度、立方体抗压强度标准值和强度等级的含义,以及三者之间的关系?
7. 影响混凝土强度的因素有哪些?采取哪些措施可以提高混凝土的强度?
8. 引起混凝土产生变形的因素有哪些?采取哪些措施可以减小混凝土的变形?
9. 导致混凝土失效的原因有哪些?
10. 混凝土耐久性的含义是什么?环境与混凝土耐久性有何关系?混凝土工程应如何保证其耐久性?

### 2.1 混凝土拌合物的技术性质

混凝土在尚未凝结硬化以前称为混凝土拌合物(亦称新拌混凝土)。目前生产实践中,混凝土拌合物的技术性质包括工作性(或称和易性)、泌水性、凝结时间等,混凝土拌合物最基本的技术性质为工作性。混凝土工程施工时,混凝土拌合物必须具有良好的工作性(图2.1),才能保证混凝土获得良好的浇灌质量。