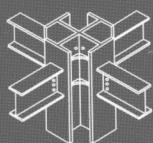


# 混凝土工程 技术问答详解



马咏梅 主 编  
陈小宝 吴珊瑚 副主编

HUNNINGTU  
GONGCHENG  
JISHU  
WENDA  
XIANGJIE



化学工业出版社

第1版 (91D) 日版新金井图

# 混凝土工程 技术问答详解

HUNNINGTU  
CONGCHENG  
JISHU  
WENDA  
XIANGJIE



化学工业出版社

· 北京 ·

北京出版集团



## 图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土工程技术问答详解/马咏梅主编. —北京:  
化学工业出版社, 2009. 12  
ISBN 978-7-122-06996-2

I. 混… II. 马… III. 混凝土施工-施工技术-  
问答 IV. TU755-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 198520 号

---

责任编辑: 朱 彤  
责任校对: 徐贞珍

文字编辑: 王 琪  
装帧设计: 刘丽华

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 刷: 北京市振南印刷有限责任公司  
装 订: 三河市宇新装订厂  
787mm×1092mm 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$  字数 387 千字 2010 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

---

在我国土木工程建设庞大的施工队伍中，有大量初级技术人员急需对混凝土工程技术全面地了解与掌握，刚入学的土木专业大、中专学生及初涉建设行业者都希望对土木专业有一定认识，掌握混凝土工程技术的基本知识。

本书针对上述人群需求，以通俗、易懂、图文并茂等方式，采用一问一答的形式介绍了混凝土工程技术的基本知识，包括材料特性、应用范围、结构形式、基本构件设计、施工技术、质量控制、耐久性及裂缝的一些防护与加固等工程技术。本书可作为土木行业施工现场的技术人员及在校大、中专学生的专业参考辅导用书，也可作为土木类工人的上岗培训用书。

本书由马咏梅担任主编，陈小宝、吴珊瑚担任副主编。参加编写的有：马咏梅（第1章，第3章，第4章，第6章，第8章，第9章9.1、9.2、9.3，第10章10.1、10.3、10.4）；何娟（第2章）；吴珊瑚（第5章）；张春梅（第7章）；邓雪松（第9章9.4、9.5，第11章）；陈麟（第9章9.6，第10章10.2）；陈小宝（第12章，第13章）；主审周建春；陈小兵、陈宁参与了文字编辑及审校编辑等大量工作。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中疏漏在所难免，敬请广大读者多予指正。

编 者  
2009年12月

# 目 录

## 第1章 混凝土结构的基本概念 ..... 1

|                                                 |   |
|-------------------------------------------------|---|
| 1.1 混凝土基本知识.....                                | 1 |
| 1.1.1 什么是混凝土? .....                             | 1 |
| 1.1.2 什么是混凝土工程? 什么是混凝土结构工程? .....               | 1 |
| 1.1.3 混凝土结构是如何分类的? .....                        | 1 |
| 1.2 混凝土的优缺点及应用 .....                            | 3 |
| 1.2.1 混凝土结构的优缺点有哪些? .....                       | 3 |
| 1.2.2 现代混凝土结构中有哪些有代表性的土木工程项目? .....             | 4 |
| 1.3 混凝土结构工程执行的规范 .....                          | 5 |
| 1.3.1 我国土木工程目前所执行的混凝土结构的规范是什么? 是自何时开始执行的? ..... | 5 |
| 1.3.2 与混凝土结构相关的规范和标准有哪些? .....                  | 5 |
| 1.3.3 与普通混凝土试验有关的规范和标准有哪些? .....                | 6 |

## 第2章 混凝土结构的材料 ..... 7

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 2.1 钢筋混凝土的组成 .....                        | 7  |
| 2.1.1 钢筋混凝土是由哪些材料组成的? .....               | 7  |
| 2.2 钢筋的分类与性能 .....                        | 7  |
| 2.2.1 钢筋混凝土使用的钢筋是如何分类和使用的? .....          | 7  |
| 2.2.2 什么是柔性钢筋和劲性钢筋? .....                 | 8  |
| 2.2.3 什么是有明显流幅和屈服点的钢筋? .....              | 8  |
| 2.2.4 什么是无明显流幅和屈服点的钢筋? .....              | 10 |
| 2.3 混凝土的分类与性能 .....                       | 10 |
| 2.3.1 混凝土是怎样分类的? .....                    | 10 |
| 2.3.2 常用水泥是如何分类的? .....                   | 10 |
| 2.3.3 什么是建筑用集料的颗粒级配和粗细程度? .....           | 10 |
| 2.3.4 混凝土有哪些技术性能? .....                   | 11 |
| 2.3.5 什么是混凝土的配料(配合比)? 如何来表示混凝土的配合比? ..... | 14 |
| 2.3.6 混凝土配合比设计有哪些基本要求? .....              | 14 |
| 2.3.7 混凝土配合比设计基本参数有哪些? .....              | 14 |
| 2.3.8 普通混凝土配合比设计的步骤有哪些? .....             | 14 |
| 2.4 钢筋与混凝土的黏结 .....                       | 14 |
| 2.4.1 为什么钢筋和混凝土能够在一起共同工作? .....           | 14 |
| 2.4.2 钢筋与混凝土之间的黏结力由哪几部分构成? .....          | 15 |
| 2.4.3 怎样保证钢筋和混凝土的黏结强度? .....              | 15 |

## 第3章 混凝土构件设计的基本原理 ..... 17

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 3.1 设计基本原理 .....               | 17 |
| 3.1.1 混凝土结构构件受力的基本原理是什么? ..... | 17 |

|            |                                   |           |
|------------|-----------------------------------|-----------|
| 3.1.2      | 什么是结构上的作用?什么是作用效应?什么是结构抗力?        | 17        |
| 3.1.3      | 什么是结构的“设计基准期”?我国的设计基准期是怎样规定的?     | 18        |
| 3.1.4      | 什么是结构的可靠指标?                       | 18        |
| 3.1.5      | 结构的安全等级是如何划分的?                    | 18        |
| 3.1.6      | 结构的安全等级与结构的可靠指标之间是什么关系?           | 19        |
| 3.1.7      | 同一建筑物内各种结构构件的安全等级是否相同?            | 19        |
| <b>3.2</b> | <b>荷载的分类及特点</b>                   | 19        |
| 3.2.1      | 荷载是怎样分类的?                         | 19        |
| 3.2.2      | 什么是荷载代表值?                         | 19        |
| 3.2.3      | 什么是荷载的标准值?《建筑结构荷载规范》中是如何确定荷载标准值的? | 20        |
| 3.2.4      | 什么是荷载的设计值?荷载的分项系数是如何确定的?          | 20        |
| <b>3.3</b> | <b>材料的强度</b>                      | 20        |
| 3.3.1      | 钢筋和混凝土的强度标准值是如何确定的?               | 20        |
| 3.3.2      | 材料强度的设计值与强度的标准值是何关系?              | 21        |
| <b>3.4</b> | <b>设计方法</b>                       | 21        |
| 3.4.1      | 我国混凝土结构采用的设计方法是什么?如何划分结构的极限状态?    | 21        |
| 3.4.2      | 混凝土结构设计方法的基本公式及其意义是什么?            | 22        |
| 3.4.3      | 钢筋混凝土构件承载力极限状态计算都有哪些类型?           | 22        |
| <b>第4章</b> | <b>混凝土受弯构件</b>                    | <b>23</b> |
| <b>4.1</b> | <b>基本概念及构造要求</b>                  | 23        |
| 4.1.1      | 什么是混凝土受弯构件?                       | 23        |
| 4.1.2      | 钢筋混凝土梁、板通常要进行哪方面的计算?              | 23        |
| 4.1.3      | 混凝土梁的构造要求是什么?                     | 23        |
| 4.1.4      | 混凝土板的构造要求是什么?                     | 24        |
| <b>4.2</b> | <b>受弯构件正截面承载力计算</b>               | 26        |
| 4.2.1      | 受弯构件正截面承载力计算引入了哪些基本假定?            | 26        |
| 4.2.2      | 受压区混凝土的应力图是怎样换算成等效的矩形应力图的?        | 27        |
| 4.2.3      | 配筋率对受弯构件的破坏形态有什么影响?               | 28        |
| 4.2.4      | 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力的计算公式是怎样建立的?      | 30        |
| 4.2.5      | 如何对受弯构件进行截面设计和截面复核?               | 31        |
| 4.2.6      | 怎样保证受弯构件既不少筋又不超筋?                 | 32        |
| 4.2.7      | 正截面受弯承载力的计算系数是怎样推算出来的?            | 34        |
| 4.2.8      | 什么情况下采用双筋截面?                      | 35        |
| 4.2.9      | 怎样计算双筋矩形截面受弯构件正截面承载力?             | 36        |
| <b>4.3</b> | <b>受弯构件斜截面承载力计算</b>               | 38        |
| 4.3.1      | 什么是受弯构件斜截面破坏?                     | 38        |
| 4.3.2      | 无腹筋梁的斜截面裂缝形式有哪两种?                 | 38        |
| 4.3.3      | 影响无腹筋梁斜截面破坏主要形态的因素有哪些?            | 39        |
| 4.3.4      | 如何计算无腹筋梁斜截面受剪承载力?                 | 40        |
| 4.3.5      | 如何计算有腹筋梁受剪承载力?                    | 41        |
| 4.3.6      | 怎样防止斜拉和斜压破坏?其构造要求有哪些?             | 42        |
| <b>4.4</b> | <b>受弯构件计算实例</b>                   | 43        |
| 4.4.1      | 单筋矩形截面混凝土梁的设计与计算(一)               | 43        |
| 4.4.2      | 单筋矩形截面混凝土梁的设计与计算(二)               | 44        |
| 4.4.3      | 单筋矩形截面混凝土板的设计与计算(三)               | 45        |
| 4.4.4      | 双筋矩形截面混凝土梁的设计与计算(一)               | 45        |

|                      |                                   |           |
|----------------------|-----------------------------------|-----------|
| 4.4.5                | 双筋矩形截面混凝土梁的设计与计算 (二)              | 46        |
| 4.4.6                | 双筋矩形截面混凝土梁的设计与计算 (三)              | 47        |
| 4.4.7                | 受剪计算例题                            | 47        |
| 4.4.8                | T形截面混凝土梁的受剪计算                     | 49        |
| <b>第5章 混凝土轴向受力构件</b> |                                   | <b>52</b> |
| 5.1                  | 受压构件                              | 52        |
| 5.1.1                | 什么是受压构件? 常用的受压构件有哪些?              | 52        |
| 5.1.2                | 什么是受压构件的计算长度? 它是如何确定的?            | 52        |
| 5.1.3                | 受压构件的构造要求有哪些?                     | 54        |
| 5.2                  | 轴心受压构件                            | 56        |
| 5.2.1                | 什么是轴心受压构件的普通钢箍柱? 如何设计?            | 56        |
| 5.2.2                | 什么是轴心受压构件的螺旋钢箍柱? 如何设计?            | 57        |
| 5.3                  | 偏心受压构件                            | 59        |
| 5.3.1                | 大、小偏心受压破坏的破坏特征是什么? 如何判别大、小偏心受压破坏? | 59        |
| 5.3.2                | 矩形截面偏心受压构件正截面承载力的计算公式是怎样的?        | 60        |
| 5.3.3                | 如何设计对称配筋矩形截面偏心受压构件?               | 62        |
| 5.4                  | 受拉构件                              | 64        |
| 5.4.1                | 轴心受拉构件的正截面承载力是如何计算的?              | 64        |
| 5.4.2                | 如何判断偏心受拉构件的所属类型?                  | 64        |
| 5.4.3                | 大偏心受拉构件的正截面承载力是怎样计算的?             | 65        |
| 5.4.4                | 小偏心受拉构件的正截面承载力是怎样计算的?             | 65        |
| 5.5                  | 受压构件计算实例                          | 66        |
| 5.5.1                | 轴心受压构件的普通钢箍柱的设计与计算                | 66        |
| 5.5.2                | 轴心受压构件的螺旋钢箍柱的设计与计算                | 66        |
| 5.5.3                | 大偏心受压构件的设计与计算                     | 67        |
| 5.5.4                | 小偏心受压构件的设计与计算                     | 68        |
| <b>第6章 混凝土受扭构件</b>   |                                   | <b>71</b> |
| 6.1                  | 受扭构件                              | 71        |
| 6.1.1                | 什么是受扭构件? 它的主要特征是什么?               | 71        |
| 6.1.2                | 受扭构件的受力性能是怎样的?                    | 72        |
| 6.1.3                | 配筋受扭构件的破坏形态有几种?                   | 72        |
| 6.2                  | 受扭构件的承载力计算                        | 73        |
| 6.2.1                | 钢筋混凝土纯扭构件是怎样计算的?                  | 73        |
| 6.2.2                | 弯剪扭构件承载力是如何计算的?                   | 74        |
| 6.2.3                | 受扭构件有什么构造要求?                      | 77        |
| 6.3                  | 混凝土构件设计实例                         | 77        |
| 6.3.1                | 混凝土雨篷的设计                          | 77        |
| 6.3.2                | 混凝土矩形截面剪扭构件的设计                    | 79        |
| <b>第7章 预应力混凝土构件</b>  |                                   | <b>82</b> |
| 7.1                  | 预应力混凝土概述                          | 82        |
| 7.1.1                | 什么是预应力混凝土?                        | 82        |
| 7.1.2                | 预应力混凝土的优越性是什么?                    | 82        |
| 7.1.3                | 预应力混凝土的制作有哪几种?                    | 83        |
| 7.1.4                | 预应力混凝土的主要材料有哪些?                   | 85        |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 7.1.5 什么是预应力混凝土的张拉控制应力及预应力损失? ..... | 86 |
| 7.1.6 预应力混凝土是如何应用的? .....           | 90 |

## 第8章 钢筋混凝土构件的耐久性 ..... 92

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| <b>8.1 正常使用极限状态</b> .....                 | 92  |
| 8.1.1 正常使用极限状态主要考虑哪些内容? .....             | 92  |
| 8.1.2 一般钢筋混凝土受弯构件的最大裂缝宽度如何计算? 怎么控制? ..... | 92  |
| 8.1.3 混凝土梁最大裂缝的宽度计算 .....                 | 93  |
| 8.1.4 钢筋混凝土构件挠度的计算与控制是怎样进行的? .....        | 94  |
| 8.1.5 混凝土梁的挠度计算 .....                     | 95  |
| <b>8.2 结构耐久性</b> .....                    | 96  |
| 8.2.1 影响结构耐久性的因素是什么? .....                | 96  |
| 8.2.2 如何更有效地提高钢筋混凝土的耐久性? .....            | 97  |
| <b>8.3 耐久性防护</b> .....                    | 98  |
| 8.3.1 什么是耐久性防护? .....                     | 98  |
| 8.3.2 混凝土的碳化是什么? .....                    | 98  |
| 8.3.3 混凝土中的钢筋为什么会锈蚀? .....                | 98  |
| <b>8.4 混凝土结构的加固</b> .....                 | 99  |
| 8.4.1 混凝土结构有哪些常用加固方法? .....               | 99  |
| 8.4.2 混凝土结构加固原则是什么? .....                 | 100 |

## 第9章 多高层钢筋混凝土结构 ..... 101

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| <b>9.1 概述</b> .....                           | 101 |
| 9.1.1 构件约束对结构整体受力有什么影响? .....                 | 101 |
| <b>9.2 梁板结构</b> .....                         | 101 |
| 9.2.1 什么是梁板结构? .....                          | 101 |
| 9.2.2 楼盖有哪些类型? .....                          | 102 |
| 9.2.3 梁板结构承载力计算方法分为哪几种? .....                 | 104 |
| 9.2.4 如何划分单向板和双向板? .....                      | 104 |
| <b>9.3 框架结构</b> .....                         | 104 |
| 9.3.1 什么是框架结构? 框架结构的特点及适用范围是什么? 是如何分类的? ..... | 104 |
| 9.3.2 框架结构在竖向和水平荷载作用下的变形形式如何? .....           | 105 |
| 9.3.3 框架结构布置的原则是什么? 框架有哪几种布置形式? 有何优缺点? .....  | 105 |
| 9.3.4 如何确定框架结构的计算简图? 如何初定框架梁、柱截面尺寸? .....     | 106 |
| 9.3.5 框架梁、柱的内力有哪些? 框架内力有哪些近似计算方法? .....       | 108 |
| 9.3.6 分层法、反弯点法在计算中各采用了哪些假定? 有哪些主要计算规定? .....  | 108 |
| 9.3.7 水平荷载作用下的侧移如何计算? .....                   | 110 |
| 9.3.8 钢筋混凝土框架结构梁柱是如何进行承载力计算的? .....           | 110 |
| 9.3.9 多层混凝土框架结构常用的基础有哪些? .....                | 111 |
| <b>9.4 剪力墙</b> .....                          | 112 |
| 9.4.1 什么是钢筋混凝土剪力墙结构? .....                    | 112 |
| 9.4.2 剪力墙是怎样分类的? 各种类型剪力墙受力特点和计算方法是什么? .....   | 112 |
| 9.4.3 剪力墙结构布置及构造尺寸要求是什么? .....                | 114 |
| 9.4.4 剪力墙结构有什么构造要求? .....                     | 115 |
| <b>9.5 框架-剪力墙结构</b> .....                     | 116 |
| 9.5.1 什么是框架-剪力墙结构? .....                      | 116 |
| 9.5.2 框架-剪力墙结构中, 框架和剪力墙如何共同工作? .....          | 117 |



|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| <b>9.6 筒体结构</b>                                     | 117 |
| 9.6.1 什么是筒体结构?筒体结构有哪些类型?                            | 117 |
| 9.6.2 筒体结构体系的结构布置有哪些要求?对外筒柱距及外墙洞口面积有哪些要求?           | 118 |
| 9.6.3 实腹筒的受力特点、变形特点和破坏机理是怎样的?                       | 119 |
| 9.6.4 框筒结构的受力特点是怎样的?                                | 120 |
| 9.6.5 框筒结构的剪力滞后指的是什么?是怎样形成的?与哪些因素有关?采取哪些措施可以减小剪力滞后? | 120 |
| 9.6.6 框架筒体结构中刚性加强层应该如何设计?                           | 120 |
| 9.6.7 角柱刚度对筒体结构受力性能有何影响?                            | 121 |
| 9.6.8 在筒体结构中在关于设置伸臂的方案时应该如何考虑?                      | 121 |
| 9.6.9 如何确定筒中筒结构的楼板方案?板的构造有什么要求?                     | 121 |
| 9.6.10 如何估算筒体结构截面尺寸及选定材料强度等级?                       | 122 |
| 9.6.11 筒体结构截面设计和主要构造有什么要求?                          | 123 |
| 9.6.12 筒体结构如何进行简化计算?                                | 125 |

## 第10章 钢筋混凝土结构形式的应用 128

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| <b>10.1 排架结构</b>                                              | 128 |
| 10.1.1 单层工业厂房是什么结构形式?它的结构组成和主要特点是什么?                          | 128 |
| 10.1.2 钢筋混凝土单层工业厂房结构计算的主要原则和方法是什么?                            | 128 |
| <b>10.2 钢-混凝土组合结构</b>                                         | 130 |
| 10.2.1 什么是钢与混凝土组合结构?主要分为哪几种类型?                                | 130 |
| 10.2.2 型钢混凝土组合结构的特点是什么?                                       | 130 |
| 10.2.3 型钢混凝土组合结构的设计原则是什么?                                     | 131 |
| 10.2.4 型钢混凝土构件的保护层厚度是怎样确定的?                                   | 131 |
| 10.2.5 型钢混凝土梁柱节点有几种形式?构造要求有哪些?                                | 132 |
| 10.2.6 什么叫钢管混凝土?钢管混凝土结构有什么特点?                                 | 132 |
| 10.2.7 钢管混凝土结构除了满足一般钢结构设计规范与施工的规程外,还应保证哪些构造要求?钢管长度方向的连接有几种形式? | 133 |
| 10.2.8 压型钢板与混凝土组合楼板在结构设计和施工方面有什么优点?                           | 134 |
| 10.2.9 影响组合板抗弯承载力的因素有哪些?组合板在什么情况应该配置钢筋?                       | 135 |
| 10.2.10 钢与混凝土组合梁的设计原理及其优缺点是什么?                                | 136 |
| <b>10.3 混凝土桥梁结构</b>                                           | 137 |
| 10.3.1 混凝土桥梁结构的基本组成是什么?它的分类及适用范围是什么?                          | 137 |
| 10.3.2 几种混凝土桥梁结构的特点是什么?                                       | 137 |
| <b>10.4 混凝土大坝</b>                                             | 138 |
| 10.4.1 什么是混凝土大坝?它的分类和结构受力特点是什么?                               | 138 |

## 第11章 混凝土结构抗震 141

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>11.1 地震概述</b>          | 141 |
| 11.1.1 什么是地震?             | 141 |
| 11.1.2 地震有哪些类型?会导致哪些灾害?   | 141 |
| 11.1.3 什么是震源、震中、震中距、震源深度? | 142 |
| 11.1.4 什么是地震震级?           | 142 |
| 11.1.5 什么是地震烈度?           | 142 |
| 11.1.6 什么是地震作用?           | 144 |
| 11.1.7 什么是自振周期?           | 145 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| <b>11.2 结构抗震的基本知识</b> .....        | 146 |
| 11.2.1 抗震设计基本要求及基本思想是什么? .....     | 146 |
| 11.2.2 抗震设计中如何选择场地和地基基础? .....     | 147 |
| 11.2.3 如何选择有利于抗震的建筑物结构平面和立面? ..... | 148 |
| 11.2.4 结构平面和立面不规则类型有哪些? .....      | 148 |
| <b>11.3 混凝土结构震害现象及其分析</b> .....    | 149 |
| 11.3.1 结构布置不当引起的震害有哪些? .....       | 149 |
| 11.3.2 框架结构的震害有哪些? .....           | 150 |
| <b>11.4 多高层钢筋混凝土结构的构造要求</b> .....  | 151 |
| 11.4.1 最大适用高度及抗震等级如何确定? .....      | 151 |
| 11.4.2 如何设置防震缝? .....              | 152 |
| 11.4.3 抗震墙的抗震构造要求是什么? .....        | 153 |
| 11.4.4 框架结构的抗震构造要求有哪些? .....       | 153 |

## 第 12 章 混凝土工程的施工 .....

155

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| <b>12.1 混凝土工程施工前的主要准备工作</b> .....              | 155 |
| 12.1.1 混凝土工程施工前编制施工技术方案吗? .....                | 155 |
| 12.1.2 混凝土工程施工前的技术准备内容有哪些? .....               | 155 |
| 12.1.3 混凝土工程施工前应准备哪些机具? .....                  | 155 |
| <b>12.2 混凝土的钢筋及模板施工</b> .....                  | 156 |
| 12.2.1 钢筋下料长度如何计算? .....                       | 156 |
| 12.2.2 钢筋代换的原则是什么? 钢筋代换的注意事项是什么? .....         | 156 |
| 12.2.3 钢筋的焊接方法有哪几种? 适用范围怎样? .....              | 157 |
| 12.2.4 钢筋验收的内容有哪些? .....                       | 158 |
| 12.2.5 钢筋如何取样和检验? .....                        | 158 |
| 12.2.6 施工现场钢筋应怎样保管? .....                      | 158 |
| 12.2.7 受拉钢筋绑扎接头的搭接长度是如何规定的? .....              | 158 |
| 12.2.8 钢筋常用的机械连接接头的种类有哪些? .....                | 158 |
| 12.2.9 什么是套筒挤压连接? 什么是螺纹套筒连接? .....             | 159 |
| 12.2.10 钢筋安装完毕后, 应检查哪些方面? .....                | 159 |
| 12.2.11 基础组合钢模板的配置有哪些特点? .....                 | 160 |
| 12.2.12 柱组合钢模板的支设方法有哪几种? 安装时应注意哪些问题? .....     | 160 |
| 12.2.13 梁组合钢模板支设时应注意哪些问题? 安装时应注意哪些问题? .....    | 161 |
| 12.2.14 墙模板的定位应注意哪些问题? 安装时应注意哪些问题? .....       | 162 |
| 12.2.15 什么是永久性模板? .....                        | 162 |
| 12.2.16 侧模板和底模板的拆除应注意什么? .....                 | 162 |
| 12.2.17 混凝土模板工程应注意哪些问题? .....                  | 163 |
| 12.2.18 为什么要控制模板的拆除时间? .....                   | 165 |
| 12.2.19 模板与支架的主要事故原因及防治? .....                 | 166 |
| <b>12.3 混凝土工程</b> .....                        | 167 |
| 12.3.1 混凝土常用的水泥有哪些? 如何选用? .....                | 167 |
| 12.3.2 怎样妥善保管水泥? 如何处理过期和受潮的水泥? .....           | 168 |
| 12.3.3 砂的品种及选择要求有哪些? 配制混凝土用砂的级配范围是如何规定的? ..... | 168 |
| 12.3.4 粗集料的技术指标是怎样规定的? .....                   | 169 |
| 12.3.5 如何控制粗集料的最大粒径? .....                     | 169 |
| 12.3.6 如何控制混凝土的搅拌工艺? .....                     | 169 |
| 12.3.7 对混凝土试件取样、制作、养护、测试强度有哪些要求? .....         | 172 |

|         |                    |     |
|---------|--------------------|-----|
| 12.3.8  | 混凝土拌和物运输的基本要求是什么?  | 173 |
| 12.3.9  | 如何做好混凝土的浇筑?        | 177 |
| 12.3.10 | 如何控制混凝土浇筑时的振捣工艺?   | 179 |
| 12.3.11 | 施工缝是如何设置与处理的?      | 181 |
| 12.3.12 | 新浇混凝土构件如何养护?       | 183 |
| 12.3.13 | 混凝土施工在夏季高温时应注意什么?  | 184 |
| 12.3.14 | 雨季混凝土施工现场应注意什么?    | 186 |
| 12.3.15 | 冬季低温时混凝土施工应注意哪些事项? | 187 |

## 第13章 混凝土工程质量控制及事故处理 188

|        |                        |     |
|--------|------------------------|-----|
| 13.1   | 质量控制                   | 188 |
| 13.1.1 | 混凝土工程质量控制要点是什么?        | 188 |
| 13.1.2 | 混凝土工程质量控制的内容有哪几类?      | 188 |
| 13.1.3 | 钢筋工程的质量控制有什么内容?        | 192 |
| 13.1.4 | 模板工程的质量控制的内容是什么?       | 195 |
| 13.2   | 检验、检测                  | 195 |
| 13.2.1 | 施工现场常用检测混凝土构件的方法有哪些?   | 195 |
| 13.2.2 | 混凝土强度的检测方法有哪些?         | 196 |
| 13.2.3 | 回弹法是怎样应用回弹仪检测混凝土强度的?   | 196 |
| 13.2.4 | 如何对混凝土结构实体进行检验?        | 198 |
| 13.2.5 | 钢筋保护层厚度是如何检验的?         | 199 |
| 13.3   | 质量验收、鉴定                | 200 |
| 13.3.1 | 混凝土工程质量验收的基本内容是什么?     | 200 |
| 13.3.2 | 混凝土结构工程质量验收评定的依据是什么?   | 201 |
| 13.4   | 混凝土工程质量缺陷案例分析          | 204 |
| 13.4.1 | 为什么不能使用过期和受潮的水泥?       | 204 |
| 13.4.2 | 骨料中若含有过量的杂质有什么危害?      | 206 |
| 13.4.3 | 怎样处理混凝土麻面、掉角、蜂窝、露筋和空洞? | 208 |
| 13.4.4 | 钢筋位置不当会有什么影响?          | 213 |
| 13.4.5 | 混凝土结构的其他事故原因还有哪些?      | 219 |

## 附录 220

## 参考文献 225

# 第 1 章

## 混凝土结构的基本概念

### 1.1 混凝土基本知识

#### 1.1.1 什么是混凝土？

混凝土是一种人工石材，它的神奇之处是和天然石材一样具有很强的抗压能力，而抗拉能力却很弱。

混凝土是由石子（粗骨料）、砂（细骨料）、水泥（胶凝材料）、外加剂和水按一定比例（配合比）拌和成一种塑性体浇筑在模具中经过一段时间养护硬化而成的。

在混凝土中，砂、石子起骨架作用，因此称为骨料。水泥和水形成的水泥浆，包裹在砂粒表面并填充砂粒间的空隙而形成水泥砂浆，水泥砂浆又包裹在石子表面并填充石子空隙。在混凝土硬化前，水泥浆起润滑作用，赋予混凝土拌和物一定的流动性，便于施工；硬化后，则将骨料胶结成一个坚实的整体，而且产生一定的力学性能。混凝土材料结构如图 1-1 所示。

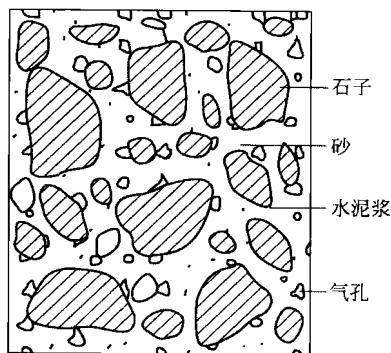


图 1-1 混凝土材料结构

#### 1.1.2 什么是混凝土工程？什么是混凝土结构工程？

通常将配料、拌制、运输、浇筑、养护、拆模等一系列施工过程称为混凝土工程。随着社会生产和科学研究的发展，混凝土工程技术有了很大进步，许多施工过程（如混凝土的拌制）已经做到了机械化或半机械化，但有些过程仍需要人工操作来完成（如混凝土的浇筑），所以混凝土工程是一项技术上有一定要求、施工比较繁重、材料消耗较大的活动。

混凝土结构是将各种受力混凝土构件（如梁、板、柱）按其形式和受力特点组成的结构，与混凝土结构有关的设计、施工及加固维修等过程称为混凝土结构工程。

混凝土工程是对施工方面而言的，而混凝土结构工程却是涵盖了与混凝土和结构有关的各个阶段。

#### 1.1.3 混凝土结构是如何分类的？

混凝土结构分为素混凝土结构、钢筋混凝土结构、劲性钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、纤维混凝土结构等。

（1）素混凝土结构 是指未配置钢筋和其他钢材，只是用混凝土一种材料制作而成的结构。由于这种结构的承载能力低、性质脆、易开裂、破坏前无预兆，一般只将其作为基础的垫层或室内外地坪，很少将其做成房屋结构的主要受力构件。

（2）钢筋混凝土结构 是指配置了钢筋但并未对结构施加预应力的混凝土结构。图 1-2 所示为常见钢筋混凝土结构和构件的配筋实例。其中，图 1-2(a) 所示为钢筋混凝土简支梁的配筋情况，图 1-2(b) 所示为钢筋混凝土简支平板的配筋情况，图 1-2(c) 所示为装配式

钢筋混凝土单层工业厂房边柱的配筋情况,图 1-2(d) 所示为钢筋混凝土杯形基础的配筋情况,图 1-2(e) 所示为两层单跨钢筋混凝土框架的配筋情况。由图 1-2 可见,在不同的构件中,钢筋的位置及形式各不相同,即使是同属于受弯构件的梁和板,其配筋的位置及形式也不完全相同。因此,在钢筋混凝土结构构件中,钢筋和混凝土不是任意结合的,而是根据结构构件的形式和受力特点,在适当部位布置一定形式和数量的钢筋。

(3) 劲性钢筋混凝土结构 不但可以采用圆钢筋配筋,而且可以采用型钢或用钢板焊接成型钢形式的钢材配筋。由于型钢或用钢板焊接成的型钢刚度比圆钢筋大,因此将这种结构称为劲性钢筋混凝土结构。在我国有时也将这种结构称为型钢混凝土结构。图 1-3 和图 1-4 所示为劲性钢筋混凝土梁、柱截面形式。

(4) 预应力混凝土结构 是在结构构件承受作用荷载之前预先对混凝土受拉区施加压应力的结构。预先施加的压应力,以抵消或减少作用荷载产生的拉应力,使构件在正常的使用荷载下不开裂,或者裂缝开得晚一些、裂缝开展的宽度小一些。

图 1-5 所示的混凝土受弯构件,如果在构件使用前在其两端中和轴以下的截面核心区内施加一对集中压力,则构件各截面均处于全截面受压状态 [图 1-5(a)]; 在使用荷载 ( $g_k + q_k$ ) 作用下,截面中和轴以下纤维受拉,中和轴以上纤维受压,应力分布如图 1-5(b) 所示;利用材料力学的叠加原理,便得到预应力混凝土构件使用阶段的应力图 [图 1-5(c)],这时,截面上的拉应力大为减少。这就是预应力混凝土的基本原理。

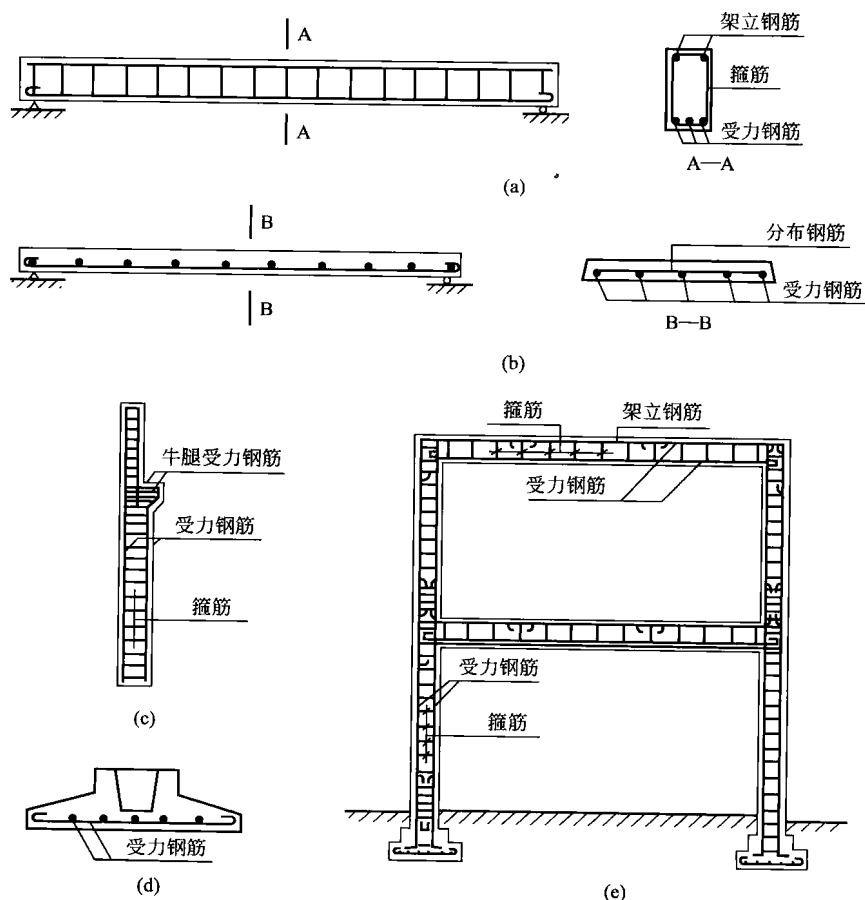


图 1-2 常见钢筋混凝土结构和构件配筋

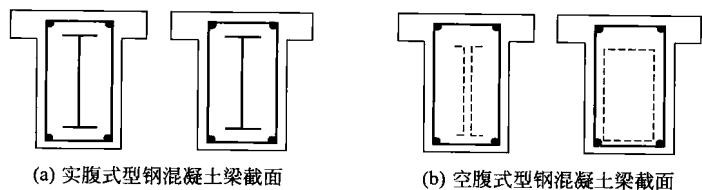


图 1-3 劲性钢筋混凝土梁截面形式

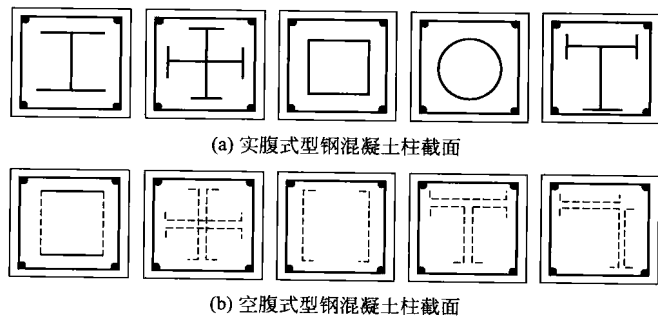


图 1-4 劲性钢筋混凝土柱截面形式

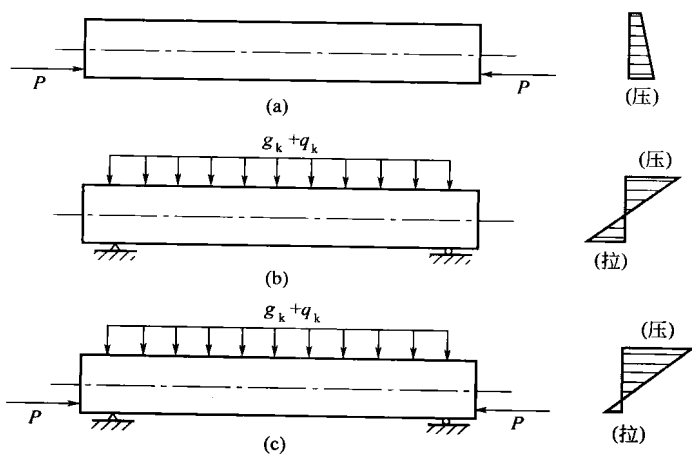


图 1-5 预应力混凝土构件受力分析

## 1.2 混凝土的优缺点及应用

### 1.2.1 混凝土结构的优缺点有哪些？

1. 混凝土之所以能广泛地应用是与它具有如下优点分不开的。

(1) 材料利用合理 钢筋和混凝土两种材料的强度都可以充分发挥，结构的承载力和刚度的比例合适，基本无局部稳定失稳。

(2) 可模性 混凝土的拌和物具有良好的可模性，可以浇筑成任意形状和尺寸的构件或构筑物。



(3) 应用范围广 改变原材料的品种和数量时可以制得不同物理、力学性质的混凝土,因此能满足不同工程的要求。

(4) 高强耐久 混凝土硬化后具有较高的抗压强度,随着时间的延长,强度不断提高,因此具有良好的耐久性。

(5) 价格低廉 混凝土中占80%以上的砂、石材料资源丰富,能耗低,就地取材,价格低廉。另外,在一般环境中使用时维护费用低。

(6) 有利环保 可充分利用工业废料作为骨料或外掺料,降低环境污染。

## 2. 混凝土同样也有一些缺点。

(1) 混凝土容重大 (一般为  $2.0\text{kN/m}^3$ ), 运输安装不方便。

(2) 抗拉强度低, 易干缩、开裂, 属脆性材料。

(3) 因混凝土养护硬化需要一段时间, 所以施工周期较长, 特别是整体现浇的结构。

(4) 现浇成型需大量模板, 因而增加了费用。

(5) 现浇混凝土受气候影响很大, 尤其冬季低温对混凝土的凝结影响较大。

(6) 混凝土的加固维修较困难。

尽管混凝土有以上缺点, 但是随着科学技术的发展, 混凝土已发展成为性能更全面、施工更合理、更科学的主要结构工程材料, 特别是高层建筑, 发展高性能混凝土很有前途。今后, 混凝土材料仍然是结构工程的主要材料, 在国家基本建设中占有重要地位。

### 1.2.2 现代混凝土结构中有哪些有代表性的土木工程项目?

马来西亚吉隆坡 City Center 的双塔大厦 (图 1-6), 高 450m, 为钢骨混凝土结构。

我国上海金茂大厦 (图 1-7), 其主体为钢筋混凝土结构, 部分柱配置了一些钢骨, 88 层, 高 382m; 广州中信广场大厦 (图 1-8) 也是钢筋混凝土建筑, 80 层, 高 322m; 广州国际金融中心, 也称广州西塔 (图 1-9), 混凝土结构, 103 层, 高 432m。

美国休斯敦贝壳广场大厦为轻混凝土结构, 52 层, 高 215m。

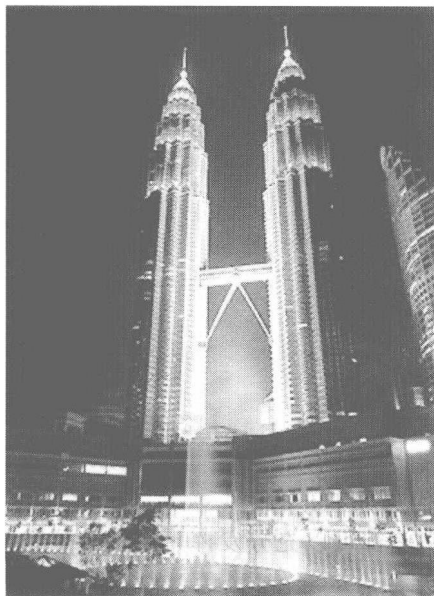


图 1-6 马来西亚吉隆坡 City Center 的双塔大厦

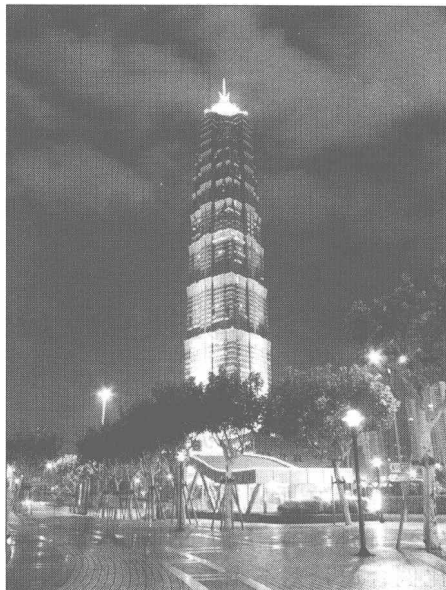


图 1-7 上海金茂大厦



图 1-8 广州中信广场大厦

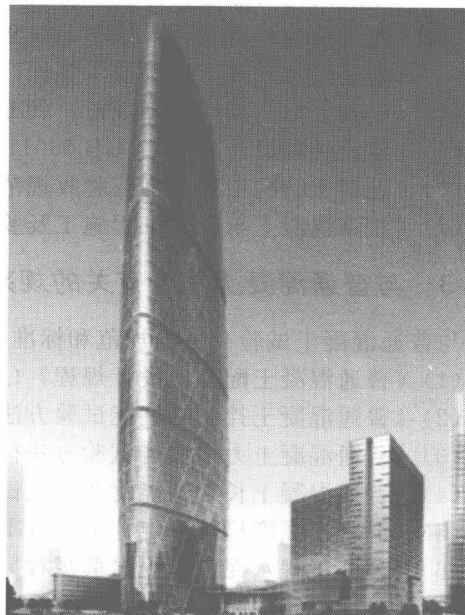


图 1-9 广州西塔

意大利都灵展览馆是跨度为 95m 的混凝土建筑,其拱顶由装配式混凝土构件组成。

美国西雅图金群体育馆为混凝土薄壳结构,采用圆球壳,跨度达 202m。

加拿大多伦多电视塔,高 549m (混凝土结构部分),采用预应力混凝土。

中国最高的电视塔——上海电视塔,高 415.2m,主体为混凝土结构。

克罗地亚克尔克 II 号桥是世界上跨度最大的混凝土拱桥,它是敞肩拱桥,跨度达 390m,拱圈厚 6.5m。

四川涪陵乌江桥是我国最大的混凝土拱桥,全长 351.83m,主跨 200m。

上海杨浦大桥为斜拉桥,主跨 602m,其桥塔和桥面均为混凝土结构。

瑞士狄克桑斯大坝是世界上最高的混凝土重力坝,坝高 285m,坝顶宽 15m,坝底宽 225m,坝长 695m。

龙羊峡水电站的拦河大坝是我国最高的混凝土重力坝,坝高 178m,坝顶长 393.4m,坝顶宽 15m,坝底宽 80m。

## 1.3 混凝土结构工程执行的规范

### 1.3.1 我国土木工程目前所执行的混凝土结构的规范是什么?是自何时开始执行的?

我国土木工程目前所执行的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)是 2002 年 4 月 1 日开始实施的。

### 1.3.2 与混凝土结构相关的规范和标准有哪些?

与混凝土结构相关的规范和标准如下。

- (1) 《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)。
- (2) 《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)。
- (3) 《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)。
- (4) 《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367—2006)。
- (5) 《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)。
- (6) 《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB 50204—2002)。
- (7) 《铁路混凝土与砌体工程施工及验收规范》(TB 10210—2001)。

### 1.3.3 与普通混凝土试验有关的规范和标准有哪些?

与普通混凝土试验有关的规范和标准如下。

- (1) 《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ/T 55—2000)。
- (2) 《普通混凝土拌和物性能试验方法标准》(GB/T 50080—2002)。
- (3) 《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081—2002)。
- (4) 《普通混凝土长期性能耐久性能试验方法》(GBJ 82—1985)。
- (5) 《混凝土强度检验评定标准》(GBJ 107—1987)。
- (6) 《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ 053—1994)。
- (7) 《早期推定混凝土强度试验方法》(JGJ 51—1983)。
- (8) 《铁路混凝土制品工厂试验规程》(TB/T 2173.11—1990)。
- (9) 《铁路混凝土强度检验评定标准》(TB 10425—1994)。
- (10) 《回弹法检验混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T 23—2001)。
- (11) 《混凝土质量控制标准》(GBJ 50164—1992)。
- (12) 《混凝土拌和物稠度试验方法》(TB/T 2181—1990)。