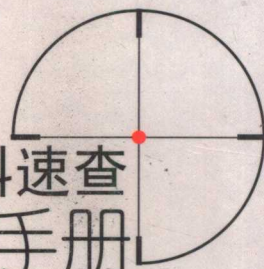


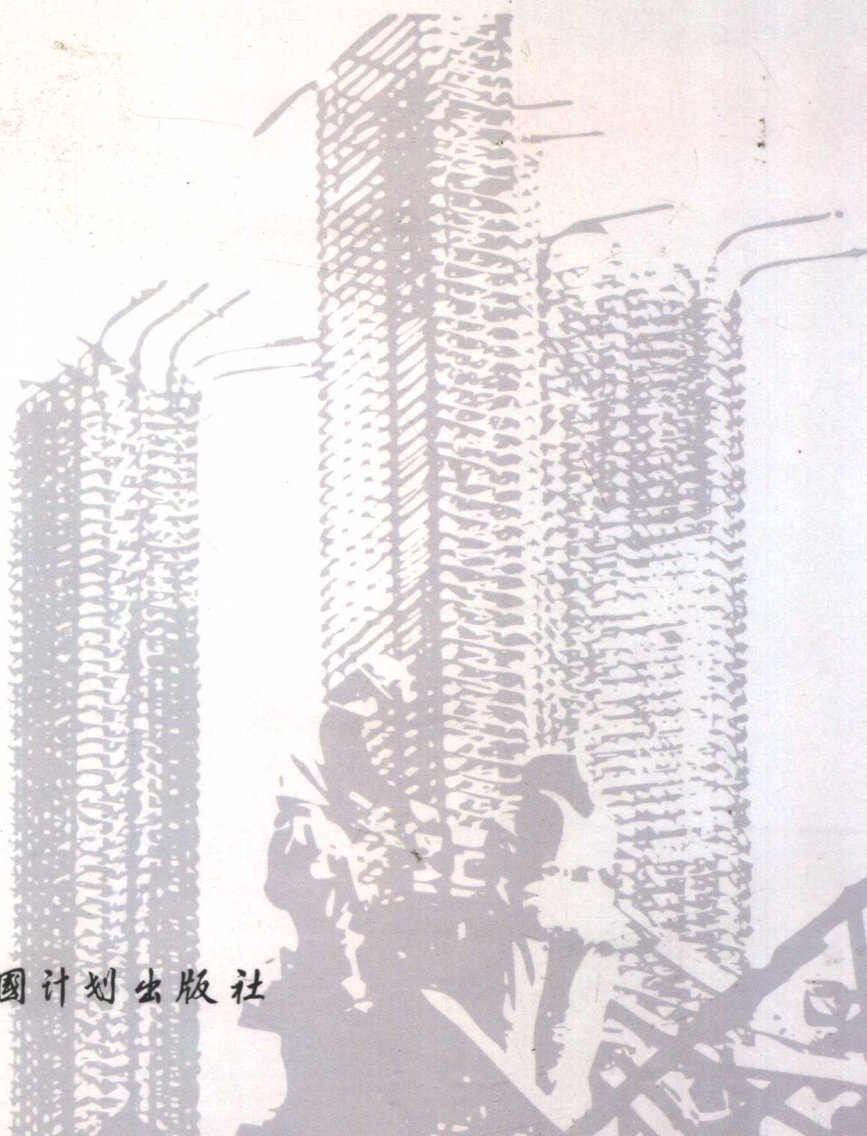
建筑标准·规范·资料速查  
系列手册



# 混凝土结构

HUNNINGTU JIEGOU

◆ 本手册编委会



中国计划出版社

建筑标准·规范·资料速查系列手册

# 混凝土结构

本手册编委会

韩欧主编

中国计划出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

混凝土结构 / 《混凝土结构》编委会编. —北京: 中国  
计划出版社, 2007. 4  
(建筑标准·规范·资料速查系列手册)  
ISBN 978-7-80177-886-4

I. 混… II. 混… III. 混凝土结构—结构设计—技术手  
册 IV. TU37-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 040132 号

**建筑标准·规范·资料速查系列手册  
混凝土结构**

本手册编委会

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码: 100038 电话: 63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

---

880×1230 毫米 1/16 43 印张 1576 千字

2007 年 4 月第一版 2007 年 4 月第一次印刷

印数 1—3000 册

☆

ISBN 978-7-80177-886-4

定价: 88.00 元

## 前 言

本书基于近年来的工程设计经验和研究成果,根据现行的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)、《轻骨料混凝土结构技术规程》(JGJ 12—2006)、《冷扎扭钢筋混凝土构件技术规程》(JGJ 115—2006)、《混凝土异形柱结构技术规程》(JGJ 149—2006)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)、《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370—2000)、《叠合板用预应力混凝土薄板》(GB 16727—1997)、《预应力混凝土空心板》(GB 14040—93)、《预应力混凝土肋形屋面板》(GB 16728—1997)、《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119—2003)、《混凝土外加剂的定义、分类、命名与术语》(GB/T 8075—2005)、《混凝土外加剂》(GB 8076—1997)、《混凝土质量控制标准》(GB 50164—92)、《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596—2005)、《用于水泥中的火山灰质混合材料》(GB/T 2847—2005)、《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046—2000)、《粉煤灰混凝土应用技术规范》(GBJ 146—90)、《冷扎扭钢筋》(JG 190—2006)、《冷扎带肋钢筋混凝土结构技术规程》(JGJ 95—2003)、《轻骨料混凝土技术规程》(JGJ 51—2002)、《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》(JGJ 85—2002)、《无粘结预应力混凝土结构技术规程》(JGJ 92—2004)、《冷拔钢丝预应力混凝土构件设计与施工规程》(JGJ 19—92)、《建筑桩基》(JGJ 94—94)、《冻土地区建筑地基基础设计规范》(JGJ 188—98)、《建筑工程冬期施工规程》(JGJ 104—97)等国家规范和技术规程编写。目的是为广大混凝土结构设计人员的设计工作、土建施工人员的现场施工管理工作以及科研教学人员的教学研究工作的,提供一本实用的标准、规范和常用资料的速查工具书。

本书的特点在于将各类有关标准规范整理并归类,读者使用本书可以快速查阅到所有与混凝土结构设计相关的标准和规范。本书还对标准规范中一些较难理解的条文规定,做了图表说明,为读者更好地理解标准规范的内容提供了便利,对于某些限于篇幅而没有介绍具体内容的规范,作者详细介绍了规范名称和标准号,方便读者查阅。此外,对规范中的强制性条文在正文中用黑体字标示,以方便读者阅读。本书所采用的标准、规范、规程等为2006年6月以前颁布。

全书共分15章:第1章 基本设计规定;第2章 建筑结构荷载和极限状态设计;第3章 混凝土基础;第4章 钢筋混凝土柱、剪力墙和牛腿;第5章 钢筋混凝土梁;第6章 钢筋混凝土板和升板结构;第7章 钢筋混凝土楼梯、雨篷和阳台;第8章 钢筋混凝土楼盖;第9章 预应力混凝土结构和构件;第10章 冷扎带肋和冷扎扭钢筋混凝土结构;第11章 轻骨料混凝土结构;第12章 高层建筑混凝土结构;第13章 钢筋混凝土结构构件抗震;第14章 混凝土结构工程施工质量验收和第15章 常用材料。

本书系有国内在混凝土结构方面具有丰富设计和施工经验的一线专家指导编写而成,有着标准规范齐备、实用设计资料极为丰富的特点,是建筑结构设计、施工和科研人员在应用混凝土结构时的必备案头工具书,同时也可供各类高等院校相关专业师生参考。

本书在编写过程中得到了许多在混凝土结构设计和施工领域颇有声望的专家的热心帮助和悉心指导,在此我们向他们表示由衷地感谢。同时也向温振宁、韩海鸥、徐哲文、杜海燕、徐益华以及本书的其他参编人员表示感谢。

由于本书涉及范围较广,且作者本身学识和经验有限,加之时间仓促,书中错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

# 目 录

## 第1章 基本设计规定

|                              |   |
|------------------------------|---|
| 1.1 设计依据                     | 1 |
| 1.2 极限状态                     | 1 |
| 1.2.1 极限状态的定义、分类和超过极限状态的表现形式 | 1 |
| 1.2.2 建筑结构的设计状况及其相应的极限状态设计   | 2 |
| 1.2.3 极限状态计算、验算内容和荷载的取值原则    | 2 |
| 1.3 承载能力极限状态设计               | 3 |
| 1.3.1 建筑结构的安全等级              | 3 |
| 1.3.2 承载能力极限状态设计表达式          | 3 |
| 1.4 正常使用极限状态验算               | 3 |
| 1.4.1 设计计算表达式                | 3 |
| 1.4.2 正常使用极限状态的有关限值          | 3 |
| 1.5 混凝土的耐久性                  | 4 |
| 1.5.1 混凝土耐久性的规定              | 4 |
| 1.5.2 混凝土的结构环境类别             | 5 |
| 1.5.3 混凝土结构耐久性的基本要求          | 5 |
| 1.5.4 混凝土耐久性的影响因素和设计措施       | 6 |
| 1.6 混凝土结构分析                  | 6 |
| 1.6.1 基本原则                   | 6 |
| 1.6.2 线弹性分析方法                | 7 |
| 1.6.3 其他分析方法                 | 7 |

## 第2章 建筑结构荷载和极限状态设计

|                  |    |
|------------------|----|
| 2.1 荷载分类和荷载效应组合  | 9  |
| 2.1.1 荷载分类和荷载代表值 | 9  |
| 2.1.2 荷载效应组合     | 9  |
| 2.2 承载能力极限状态计算   | 11 |
| 2.2.1 正截面承载力计算   | 11 |
| 2.2.2 正截面受弯承载力计算 | 15 |
| 2.2.3 正截面受压承载力计算 | 18 |
| 2.2.4 正截面受拉承载力计算 | 24 |
| 2.2.5 斜截面承载力计算   | 26 |
| 2.2.6 扭曲截面承载力计算  | 30 |
| 2.2.7 受冲切承载力计算   | 34 |
| 2.2.8 局部受压承载力计算  | 36 |

|                |    |
|----------------|----|
| 2.2.9 疲劳验算     | 38 |
| 2.3 正常使用极限状态验算 | 42 |
| 2.3.1 裂缝控制验算   | 42 |
| 2.3.2 受弯构件挠度验算 | 48 |

## 第3章 混凝土基础

|                      |    |
|----------------------|----|
| 3.1 地基基础设计基本规定       | 51 |
| 3.1.1 地基基础设计等级规定     | 51 |
| 3.1.2 岩土工程勘察         | 51 |
| 3.1.3 地基基础设计取值       | 52 |
| 3.1.4 地基基础设计规定       | 53 |
| 3.2 地基计算             | 54 |
| 3.2.1 承载力计算          | 54 |
| 3.2.2 变形计算           | 56 |
| 3.2.3 稳定性计算          | 59 |
| 3.3 钢筋混凝土基础一般规定      | 60 |
| 3.3.1 混凝土基础分类        | 60 |
| 3.3.2 基础的埋置深度        | 61 |
| 3.3.3 钢筋混凝土基础的强度     | 63 |
| 3.3.4 防水混凝土基础的抗渗等级   | 63 |
| 3.3.5 钢筋混凝土基础垫层      | 63 |
| 3.3.6 基础钢筋的混凝土保护层厚度  | 63 |
| 3.3.7 基础顶面标高及基础底板尺寸  | 64 |
| 3.4 高层建筑混凝土结构基础设计    | 64 |
| 3.4.1 基础设计一般规定       | 64 |
| 3.4.2 基础设置基本要求       | 66 |
| 3.4.3 基础防水混凝土抗渗等级    | 66 |
| 3.5 扩展基础             | 66 |
| 3.5.1 无筋扩展基础         | 66 |
| 3.5.2 钢筋混凝土扩展基础      | 67 |
| 3.6 柱下条形基础           | 72 |
| 3.6.1 柱下条形基础构造规定     | 72 |
| 3.6.2 柱下条形基础计算规定     | 73 |
| 3.6.3 柱下条形基础的外形尺寸要求  | 73 |
| 3.6.4 柱下条形基础的配筋      | 74 |
| 3.6.5 柱与条形基础肋梁的连接及配筋 | 75 |
| 3.7 筏形基础             | 76 |
| 3.7.1 多层砌体房屋墙下筏形基础   | 76 |
| 3.7.2 高层建筑筏形基础一般规定   | 77 |



|                     |     |
|---------------------|-----|
| 3.7.3 高层建筑筏形基础承载力计算 | 78  |
| 3.7.4 高层建筑筏形基础的配筋   | 80  |
| 3.8 箱形基础            | 81  |
| 3.8.1 箱形基础设计要求      | 81  |
| 3.8.2 箱形基础截面尺寸要求    | 82  |
| 3.8.3 箱形基础的配筋       | 84  |
| 3.9 桩基础             | 84  |
| 3.9.1 桩基础构造和计算要求    | 84  |
| 3.9.2 桩基础设计规定       | 92  |
| 3.9.3 桩基构造          | 99  |
| 3.9.4 桩基计算          | 102 |
| 3.9.5 桩基工程质量检验及验收   | 129 |
| 3.9.6 高层建筑桩基础设计     | 130 |
| 3.10 桩箱和桩筏基础        | 131 |
| 3.11 岩石锚杆基础         | 132 |
| 3.12 基坑工程           | 133 |
| 3.12.1 一般规定         | 133 |
| 3.12.2 设计计算         | 134 |
| 3.12.3 地下连续墙        | 136 |
| 3.13 基础检验和监测        | 137 |
| 3.13.1 检验           | 137 |
| 3.13.2 监测           | 138 |
| 3.13.3 需进行变形观测的建筑物  | 138 |

## 第 4 章 钢筋混凝土柱、剪力墙和牛腿

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 4.1 柱               | 139 |
| 4.1.1 柱的计算长度        | 139 |
| 4.1.2 柱的变形允许值       | 140 |
| 4.1.3 柱构件基本规定       | 140 |
| 4.1.4 柱中构造钢筋和箍筋配置要求 | 142 |
| 4.1.5 单层厂房常用柱的截面要求  | 147 |
| 4.1.6 工形柱构造规定       | 148 |
| 4.1.7 双肢柱构造规定       | 151 |
| 4.1.8 钢筋混凝土管柱       | 154 |
| 4.1.9 柱与屋架的连接       | 156 |
| 4.2 剪力墙             | 157 |
| 4.2.1 剪力墙基本规定       | 157 |
| 4.2.2 剪力墙结构布置       | 158 |
| 4.2.3 剪力墙配筋要求       | 160 |
| 4.2.4 框架—剪力墙        | 162 |
| 4.2.5 有边框剪力墙        | 163 |
| 4.3 牛腿              | 164 |
| 4.3.1 柱牛腿截面尺寸计算     | 164 |
| 4.3.2 柱牛腿配筋计算       | 165 |
| 4.3.3 柱牛腿钢筋配置要求     | 165 |
| 4.3.4 柱牛腿配筋图例       | 166 |
| 4.4 混凝土异形柱结构        | 167 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 4.4.1 结构设计的基本规定 | 167 |
| 4.4.2 异形柱结构抗震设计 | 169 |
| 4.4.3 结构计算分析    | 169 |
| 4.4.4 截面设计      | 171 |
| 4.4.5 结构构造      | 175 |

## 第 5 章 钢筋混凝土梁

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 5.1 梁截面选择                 | 183 |
| 5.1.1 梁的截面形式              | 183 |
| 5.1.2 梁的截面高度              | 183 |
| 5.1.3 梁的截面宽度              | 184 |
| 5.1.4 梁的跨度                | 185 |
| 5.1.5 梁的支承长度              | 185 |
| 5.2 梁纵向受力钢筋               | 186 |
| 5.2.1 纵向受力钢筋的最小直径         | 186 |
| 5.2.2 梁内纵向受力钢筋的间距和配筋方法    | 186 |
| 5.2.3 纵向受力钢筋伸入支座的根数       | 187 |
| 5.2.4 纵向受力钢筋在支座中的锚固       | 187 |
| 5.2.5 纵向受力钢筋的弯起           | 189 |
| 5.2.6 梁支座截面负弯矩纵向受拉钢筋      | 191 |
| 5.3 梁纵向构造钢筋               | 192 |
| 5.3.1 梁的架立钢筋              | 192 |
| 5.3.2 梁侧面纵向构造钢筋及拉筋        | 192 |
| 5.3.3 梁受集中荷载时的附加横向钢筋      | 193 |
| 5.4 箍筋                    | 194 |
| 5.5 梁柱节点                  | 197 |
| 5.5.1 框架梁纵向钢筋伸入节点的锚固      | 197 |
| 5.5.2 框架柱纵向钢筋伸入节点的锚固      | 197 |
| 5.6 梁的折角处配筋               | 199 |
| 5.7 圈梁                    | 200 |
| 5.7.1 圈梁的设置要求             | 200 |
| 5.7.2 圈梁的配筋要求             | 202 |
| 5.8 梁垫                    | 202 |
| 5.9 受扭及受弯剪扭作用的梁           | 203 |
| 5.10 梁腹上开洞                | 206 |
| 5.10.1 梁腹有矩形孔洞的梁          | 206 |
| 5.10.2 梁腹有圆形孔洞的梁          | 210 |
| 5.11 深受弯构件                | 212 |
| 5.11.1 深受弯构件一般规定          | 212 |
| 5.11.2 深梁                 | 214 |
| 5.11.3 深梁的配筋              | 214 |
| 5.11.4 深梁开洞               | 217 |
| 5.11.5 短梁                 | 219 |
| 5.12 叠合式受弯构件              | 219 |
| 5.12.1 施工阶段不加支撑的叠合式受弯构件   | 219 |
| 5.12.2 施工阶段设有可靠支撑的叠合式受弯构件 | 220 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 5.12.3 叠合式受弯构件的其他计算规定 ..... | 221 |
| 5.12.4 叠合式受弯构件的构造规定 .....   | 223 |

## 第 6 章 钢筋混凝土板和升板结构

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 6.1 板的类型和配筋要求 .....       | 224 |
| 6.1.1 单向板和双向板 .....       | 224 |
| 6.1.2 悬臂板的配筋 .....        | 226 |
| 6.1.3 抗冲切板的配筋 .....       | 227 |
| 6.1.4 基础筏板 .....          | 228 |
| 6.2 现浇钢筋混凝土板的截面设计 .....   | 228 |
| 6.2.1 现浇钢筋混凝土板的厚度要求 ..... | 228 |
| 6.2.2 板的最小厚度 .....        | 228 |
| 6.2.3 现浇钢筋混凝土板的计算跨度 ..... | 229 |
| 6.2.4 现浇板的厚度与跨度最小比值 ..... | 230 |
| 6.2.5 板的支承长度 .....        | 231 |
| 6.3 现浇钢筋混凝土板的配筋 .....     | 231 |
| 6.3.1 板的受力钢筋 .....        | 231 |
| 6.3.2 板的分布钢筋 .....        | 233 |
| 6.3.3 板的构造配筋 .....        | 234 |
| 6.4 板的配筋方法 .....          | 237 |
| 6.4.1 分离式配筋 .....         | 238 |
| 6.4.2 弯起式配筋 .....         | 240 |
| 6.4.3 钢筋焊接网配筋 .....       | 241 |
| 6.4.4 板上开洞时配筋要求 .....     | 245 |
| 6.5 板上小型设备基础 .....        | 248 |
| 6.6 现浇无梁楼板 .....          | 249 |
| 6.6.1 现浇无梁楼板一般规定 .....    | 249 |
| 6.6.2 无梁楼板的配筋 .....       | 250 |
| 6.7 钢筋混凝土升板结构 .....       | 252 |
| 6.7.1 设计计算和施工的基本规定 .....  | 252 |
| 6.7.2 升板的设计 .....         | 253 |
| 6.7.3 柱的设计 .....          | 260 |
| 6.7.4 板柱节点设计 .....        | 268 |
| 6.7.5 升板结构的抗侧力设计 .....    | 270 |
| 6.7.6 柱的施工 .....          | 283 |
| 6.7.7 板的制作 .....          | 285 |
| 6.7.8 板的提升与固定 .....       | 286 |
| 6.7.9 墙体和筒体的施工 .....      | 287 |

## 第 7 章 钢筋混凝土楼梯、雨篷和阳台

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 7.1 楼梯设计基本要求 .....       | 290 |
| 7.1.1 楼梯设计的基本要求和分类 ..... | 290 |
| 7.1.2 楼梯间的选型 .....       | 291 |
| 7.2 楼梯及楼梯间的细部尺寸规定 .....  | 292 |
| 7.2.1 楼梯的统一模数 .....      | 292 |
| 7.2.2 楼梯段 .....          | 292 |
| 7.2.3 休息平台宽度 .....       | 293 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 7.2.4 楼梯的坡度、踏步及其扶手尺寸 ..... | 293 |
| 7.2.5 楼梯剖面净空尺寸 .....       | 294 |
| 7.3 各建筑对楼梯的要求 .....        | 295 |
| 7.4 板式楼梯 .....             | 297 |
| 7.4.1 截面尺寸规定 .....         | 297 |
| 7.4.2 梯段板的配筋和构造要求 .....    | 298 |
| 7.4.3 平台梁板的配筋和构造要求 .....   | 299 |
| 7.5 梁式楼梯 .....             | 300 |
| 7.5.1 单梁楼梯 .....           | 300 |
| 7.5.2 双梁楼梯 .....           | 302 |
| 7.6 悬挑式楼梯 .....            | 306 |
| 7.6.1 常见悬挑式楼梯形式 .....      | 306 |
| 7.6.2 悬挑式楼梯的截面尺寸 .....     | 306 |
| 7.6.3 悬挑式楼梯的构造要求 .....     | 306 |
| 7.7 雨篷 .....               | 308 |
| 7.7.1 雨篷梁 .....            | 308 |
| 7.7.2 雨篷板 .....            | 308 |
| 7.7.3 雨篷的构造配筋 .....        | 310 |
| 7.8 阳台 .....               | 311 |
| 7.8.1 阳台设计基本规定 .....       | 311 |
| 7.8.2 现浇悬臂板阳台 .....        | 312 |

## 第 8 章 钢筋混凝土楼盖

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 8.1 现浇式钢筋混凝土井字式<br>楼盖和密肋式楼盖 ..... | 314 |
| 8.1.1 井字式楼盖 .....                 | 314 |
| 8.1.2 单向式密肋楼盖 .....               | 316 |
| 8.1.3 双向式密肋楼盖 .....               | 317 |
| 8.1.4 构造要求 .....                  | 320 |
| 8.1.5 井字梁及双向密肋梁构造图例 .....         | 322 |
| 8.2 钢筋混凝土无梁楼盖 .....               | 323 |
| 8.2.1 无梁楼盖设计计算要求 .....            | 323 |
| 8.2.2 无梁楼盖构造措施 .....              | 325 |
| 8.2.3 无梁楼盖构造图例 .....              | 327 |

## 第 9 章 预应力混凝土结构和构件

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 9.1 预应力混凝土材料 .....          | 331 |
| 9.1.1 材料选用要求 .....          | 331 |
| 9.1.2 无粘结预应力钢绞线 .....       | 332 |
| 9.1.3 无粘结预应力专用润滑脂 .....     | 334 |
| 9.1.4 冷拔钢丝 .....            | 335 |
| 9.2 预应力混凝土加工机具 .....        | 336 |
| 9.2.1 预应力筋用锚具夹具和连接器 .....   | 336 |
| 9.2.2 无粘结预应力筋锚具的选用和做法 ..... | 342 |
| 9.3 预应力混凝土结构构件计算要求 .....    | 343 |
| 9.3.1 一般规定 .....            | 343 |
| 9.3.2 预应力损失值计算 .....        | 347 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 9.3.3 预应力钢筋的最小锚固长度                | 352 |
| 9.3.4 先张法构件预应力钢筋的<br>预应力传递长度      | 353 |
| 9.3.5 预应力混凝土受弯构件中的<br>纵向受拉钢筋配筋率要求 | 354 |
| 9.4 预应力混凝土结构构件构造要求                | 354 |
| 9.4.1 预应力混凝土构件构造规定                | 354 |
| 9.4.2 采用先张法预应力混凝土构件规定             | 354 |
| 9.4.3 后张法预应力混凝土构件构造规定             | 355 |
| 9.5 无粘结预应力混凝土结构构件                 | 357 |
| 9.5.1 设计与施工一般规定                   | 357 |
| 9.5.2 设计计算和构造                     | 359 |
| 9.6 冷拔钢丝预应力混凝土<br>构件设计规定          | 376 |
| 9.6.1 构件设计                        | 376 |
| 9.6.2 构造规定                        | 384 |
| 9.7 叠合板用预应力混凝土薄板                  | 387 |
| 9.7.1 标记                          | 387 |
| 9.7.2 规格尺寸                        | 387 |
| 9.7.3 技术要求                        | 388 |
| 9.8 预应力混凝土空心板                     | 390 |
| 9.8.1 标记                          | 390 |
| 9.8.2 规格尺寸                        | 390 |
| 9.8.3 截面尺寸                        | 390 |
| 9.8.4 技术要求                        | 391 |
| 9.9 预应力混凝土肋形屋面板                   | 393 |
| 9.9.1 标记                          | 393 |
| 9.9.2 规格尺寸                        | 393 |
| 9.9.3 截面尺寸                        | 394 |
| 9.9.4 技术要求                        | 397 |

## 第 10 章 冷轧带肋和冷轧扭钢筋混凝土结构

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 10.1 冷轧带肋钢筋混凝土结构  | 399 |
| 10.1.1 材料要求       | 399 |
| 10.1.2 基本设计规定     | 400 |
| 10.1.3 构造规定       | 402 |
| 10.2 冷轧扭钢筋混凝土构件   | 406 |
| 10.2.1 材料         | 406 |
| 10.2.2 基本设计规定     | 408 |
| 10.2.3 承载能力极限状态计算 | 410 |
| 10.2.4 正常使用极限状态验算 | 413 |
| 10.2.5 构造规定       | 416 |

## 第 11 章 轻骨料混凝土结构

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 11.1 轻骨料混凝土结构材料要求  | 418 |
| 11.1.1 轻骨料混凝土密度标准值 | 418 |
| 11.1.2 轻骨料混凝土强度标准值 | 418 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 11.1.3 轻骨料混凝土强度设计值    | 419 |
| 11.1.4 轻骨料弹性模量        | 419 |
| 11.1.5 轻骨料混凝土其他参数     | 419 |
| 11.2 基本设计规定           | 420 |
| 11.2.1 一般规定           | 420 |
| 11.2.2 耐久性规定          | 420 |
| 11.2.3 预应力计算          | 421 |
| 11.3 设计计算要求           | 422 |
| 11.3.1 承载能力极限状态计算     | 422 |
| 11.3.2 正常使用极限状态验算     | 429 |
| 11.4 构造及构件规定          | 430 |
| 11.4.1 构造规定           | 430 |
| 11.4.2 构件规定           | 431 |
| 11.5 轻骨料混凝土结构构件抗震设计   | 434 |
| 11.5.1 现浇轻骨料混凝土房屋抗震等级 | 434 |
| 11.5.2 材料             | 434 |
| 11.5.3 框架梁、框架柱及节点     | 434 |
| 11.5.4 剪力墙            | 437 |

## 第 12 章 高层建筑混凝土结构

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 12.1 高层建筑承受荷载和地震作用    | 439 |
| 12.1.1 竖向荷载           | 439 |
| 12.1.2 风荷载            | 439 |
| 12.1.3 地震作用           | 446 |
| 12.2 高层建筑混凝土结构设计基本规定  | 452 |
| 12.2.1 一般规定           | 452 |
| 12.2.2 房屋适用高度和高宽比     | 452 |
| 12.2.3 结构平面布置         | 454 |
| 12.2.4 结构竖向布置         | 457 |
| 12.2.5 高层建筑结构楼盖设计要求   | 458 |
| 12.2.6 水平位移限值要求       | 459 |
| 12.2.7 构件承载力设计表达式     | 461 |
| 12.2.8 抗震等级           | 462 |
| 12.2.9 构造要求           | 465 |
| 12.3 高层建筑结构计算分析       | 466 |
| 12.3.1 一般规定           | 466 |
| 12.3.2 计算参数           | 468 |
| 12.3.3 计算简图处理         | 468 |
| 12.3.4 重力二阶效应及结构稳定    | 469 |
| 12.3.5 薄弱层弹塑性变形计算     | 470 |
| 12.3.6 荷载效应和地震作用效应的组合 | 471 |
| 12.4 框架结构设计           | 473 |
| 12.4.1 框架结构设计一般规定     | 473 |
| 12.4.2 框架结构截面设计       | 474 |
| 12.4.3 框架梁构造要求        | 475 |
| 12.4.4 框架柱构造要求        | 478 |
| 12.4.5 框架结构钢筋的连接和锚固   | 481 |



|                                                 |     |                                     |     |
|-------------------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| 12.5 剪力墙结构设计 .....                              | 483 | 14.2.1 一般规定 .....                   | 563 |
| 12.5.1 基本规定 .....                               | 483 | 14.2.2 模板安装 .....                   | 563 |
| 12.5.2 截面设计和构造 .....                            | 484 | 14.2.3 模板拆除 .....                   | 566 |
| 12.6 框架—剪力墙、板柱—剪力墙<br>结构设计 .....                | 492 | 14.3 钢筋分项工程 .....                   | 566 |
| 12.6.1 一般规定 .....                               | 492 | 14.3.1 一般规定 .....                   | 566 |
| 12.6.2 截面设计 .....                               | 494 | 14.3.2 原材料 .....                    | 567 |
| 12.7 筒体结构设计 .....                               | 497 | 14.3.3 钢筋加工 .....                   | 567 |
| 12.7.1 一般规定 .....                               | 497 | 14.3.4 钢筋连接 .....                   | 568 |
| 12.7.2 框架—核心筒结构 .....                           | 497 | 14.3.5 钢筋安装 .....                   | 571 |
| 12.7.3 筒中筒结构 .....                              | 498 | 14.4 预应力分项工程 .....                  | 572 |
| 12.8 复杂高层建筑结构设计 .....                           | 500 | 14.4.1 一般规定 .....                   | 572 |
| 12.8.1 一般规定 .....                               | 500 | 14.4.2 原材料 .....                    | 573 |
| 12.8.2 带转换层高层建筑结构 .....                         | 500 | 14.4.3 制作与安装 .....                  | 574 |
| 12.8.3 带加强层高层建筑结构 .....                         | 508 | 14.4.4 张拉和放张 .....                  | 576 |
| 12.8.4 错层结构 .....                               | 509 | 14.4.5 灌浆及封锚 .....                  | 577 |
| 12.8.5 连体结构 .....                               | 509 | 14.5 混凝土分项工程 .....                  | 578 |
| 12.8.6 多塔楼结构 .....                              | 510 | 14.5.1 一般规定 .....                   | 578 |
| 12.9 混合结构设计 .....                               | 511 | 14.5.2 原材料 .....                    | 579 |
| 12.9.1 混合结构设计一般规定 .....                         | 511 | 14.5.3 配合比设计 .....                  | 581 |
| 12.9.2 结构布置和设计 .....                            | 512 | 14.5.4 混凝土强度的检验评定 .....             | 581 |
| 12.9.3 型钢混凝土构件的构造要求 .....                       | 515 | 14.5.5 混凝土施工质量验收 .....              | 582 |
| <b>第 13 章 钢筋混凝土结构构件抗震</b>                       |     | 14.6 现浇结构分项工程 .....                 | 584 |
| 13.1 混凝土结构抗震设计要求 .....                          | 519 | 14.6.1 一般规定 .....                   | 584 |
| 13.1.1 建筑抗震设防分类和设防标准 .....                      | 519 | 14.6.2 外观质量 .....                   | 585 |
| 13.1.2 建筑设计和建筑结构的规则性 .....                      | 521 | 14.6.3 尺寸偏差 .....                   | 585 |
| 13.1.3 抗震对结构材料和施工技术的要求 .....                    | 523 | 14.7 装配式结构分项工程 .....                | 587 |
| 13.2 多层和高层钢筋混凝土房屋<br>抗震设计 .....                 | 523 | 14.7.1 一般规定 .....                   | 587 |
| 13.2.1 一般规定 .....                               | 523 | 14.7.2 预制构件 .....                   | 587 |
| 13.2.2 框架结构抗震构造措施 .....                         | 531 | 14.7.3 结构性能检验内容和要求 .....            | 588 |
| 13.2.3 剪力墙结构抗震构造措施 .....                        | 541 | 14.7.4 结构性能检验方法 .....               | 591 |
| 13.2.4 框架—剪力墙结构剪力墙构造措施 .....                    | 544 | 14.7.5 装配式结构施工 .....                | 593 |
| 13.2.5 板柱—剪力墙结构抗震设计 .....                       | 545 | 14.8 混凝土结构子分部工程 .....               | 594 |
| 13.2.6 筒体结构抗震设计要求 .....                         | 547 | 14.8.1 结构实体检验内容 .....               | 594 |
| 13.3 高强混凝土结构抗震设计规定 .....                        | 549 | 14.8.2 结构实体检验用同条件养护<br>试件强度检验 ..... | 595 |
| 13.4 预应力混凝土结构抗震设计 .....                         | 550 | 14.8.3 结构实体钢筋保护层厚度检验 .....          | 595 |
| 13.4.1 抗震设计的一般规定 .....                          | 550 | 14.8.4 混凝土结构子分部工程验收 .....           | 596 |
| 13.4.2 6、7、8 度时先张法和后张有粘结<br>预应力混凝土结构的抗震设计 ..... | 553 | 14.9 混凝土结构工程施工质量验收表格 .....          | 597 |
| 13.4.3 预应力混凝土框架和门架 .....                        | 554 | <b>第 15 章 常用材料</b>                  |     |
| 13.4.4 预应力混凝土板柱结构 .....                         | 559 | 15.1 通用硅酸盐水泥 .....                  | 616 |
| <b>第 14 章 混凝土结构工程施工质量验收</b>                     |     | 15.1.1 定义和分类 .....                  | 616 |
| 14.1 基本规定 .....                                 | 562 | 15.1.2 材料要求 .....                   | 616 |
| 14.2 模板分项工程 .....                               | 563 | 15.1.3 组分要求 .....                   | 617 |
|                                                 |     | 15.1.4 水泥强度要求 .....                 | 617 |
|                                                 |     | 15.1.5 水泥技术要求 .....                 | 618 |
|                                                 |     | 15.1.6 通用硅酸盐水泥的选用 .....             | 618 |

|                             |     |                              |     |
|-----------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 15.2 骨料.....                | 619 | 15.6 混凝土.....                | 643 |
| 15.2.1 骨料的质量控制 .....        | 619 | 15.6.1 混凝土的分类 .....          | 643 |
| 15.2.2 粗骨料.....             | 620 | 15.6.2 混凝土的强度等级定义及选用规定 ..... | 645 |
| 15.2.3 细骨料.....             | 622 | 15.6.3 混凝土强度标准值.....         | 646 |
| 15.3 拌合用水 .....             | 625 | 15.6.4 混凝土强度设计值.....         | 646 |
| 15.3.1 拌合用水的类型和技术要求 .....   | 625 | 15.6.5 混凝土弹性模量及其他计算指标.....   | 646 |
| 15.3.2 混凝土拌合用水的物质含量限值 ..... | 625 | 15.6.6 混凝土保护层的最小厚度 .....     | 647 |
| 15.4 外加剂 .....              | 626 | 15.6.7 混凝土配合比设计.....         | 648 |
| 15.4.1 混凝土外加剂的分类.....       | 626 | 15.6.8 有特殊要求的混凝土配合比设计要求 ...  | 654 |
| 15.4.2 混凝土外加剂应用规定 .....     | 626 | 15.6.9 控制碱骨料反应配合比设计 .....    | 657 |
| 15.4.3 混凝土外加剂应用技术要求 .....   | 628 | 15.7 钢筋.....                 | 660 |
| 15.5 矿物掺合料.....             | 638 | 15.7.1 钢筋选用和计算指标 .....       | 660 |
| 15.5.1 矿物掺合料的定义和分类 .....    | 638 | 15.7.2 钢筋的锚固 .....           | 663 |
| 15.5.2 粉煤灰.....             | 639 | 15.7.3 钢筋的连接 .....           | 666 |
| 15.5.3 矿渣.....              | 641 | 15.7.4 纵向受力钢筋的最小配筋率 .....    | 673 |
| 15.5.4 沸石粉.....             | 641 |                              |     |
| 15.5.5 硅粉.....              | 642 | 参考文献.....                    | 674 |
| 15.5.6 复合及其他矿物掺合料 .....     | 643 |                              |     |

# 第 1 章

## 基本设计规定

### 1.1 设计依据

混凝土结构设计采用以概率理论为基础的极限状态设计法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用以分项系数的设计表达式进行设计。（引自《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002）

### 1.2 极限状态

#### 1.2.1 极限状态的定义、分类和超过极限状态的表现形式

混凝土结构设计中，当整个结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能要求，此特定状态称为该功能的极限状态。

极限状态的分类和超过极限状态的表现形式见表 1.1。（引自《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068—2001）

表 1.1 极限状态的分类和超过极限状态的表现

| 序号 | 极限状态分类       | 极限状态说明                                                                               | 超过极限状态的表现形式                                                                                                                                          |
|----|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 承载能力<br>极限状态 | 承载能力极限状态对应于结构或结构构件达到最大承载力、出现疲劳破坏或不适于继续承载的变形。<br>当结构或结构构件出现本表右侧所列状态之一时，应认为超过了承载能力极限状态 | (1) 整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡（如倾覆等）；<br>(2) 结构构件或连接因超过材料强度而破坏（包括疲劳破坏），或因过度变形而不适于继续承载；<br>(3) 结构转变为机动体系；<br>(4) 结构或结构构件丧失稳定（如压屈等）；<br>(5) 地基丧失承载能力而破坏（如失稳等） |
| 2  | 正常使用<br>极限状态 | 正常使用极限状态对应于结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值。<br>当结构或结构构件出现本表右侧所列状态之一时，应认为超过了正常使用极限状态        | (1) 影响正常使用或外观的变形；<br>(2) 影响正常使用或耐久性能的局部损坏（包括裂缝）；<br>(3) 影响正常使用的振动；<br>(4) 影响正常使用的其他特定状态                                                              |

### 1.2.2 建筑结构的设计状况及其相应的极限状态设计

建筑结构设计时,应根据结构在施工和使用中的环境条件和影响,区分不同设计状况,见表 1.2;不同设计状况对应的极限状态设计见表 1.3。(引自 GB 50068—2001)

表 1.2 建筑结构设计的设计状况

| 序号 | 设计状况 | 状况定义                                          |
|----|------|-----------------------------------------------|
| 1  | 持久状况 | 在结构使用过程中一定出现,其持续期很长的状况。持续期一般与设计使用年限为同一数量级     |
| 2  | 短暂状况 | 在结构施工和使用过程中出现概率较大,而与设计使用年限相比,持续期很短的状况,如施工和维修等 |
| 3  | 偶然状况 | 在结构使用过程中出现概率很小,且持续期很短的状况,如火灾、爆炸、撞击等           |

表 1.3 不同设计状况下需要进行的极限状态设计

| 序号 | 不同设计状况下需要进行的极限状态设计      |
|----|-------------------------|
| 1  | 对三种设计状况,均应进行承载能力极限状态设计  |
| 2  | 持久状况,尚应进行正常使用极限状态设计     |
| 3  | 对短暂状况,可根据需要进行正常使用极限状态设计 |

### 1.2.3 极限状态计算、验算内容和荷载的取值原则

结构构件应根据承载能力极限状态及正常极限状态的要求进行计算和验算。

极限状态的计算和验算要求及荷载作用取值见表 1.4。(引自 GB 50010—2002)

表 1.4 极限状态的计算和验算要求及荷载取值

| 序号 | 项 目                 | 计算或验算要求 | 结构构件                                          | 荷载或作用取值                                                                |
|----|---------------------|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 承载能力<br>极限状态<br>的计算 | 承载力计算   | 所有结构构件                                        | 应采用荷载设计值，在计算吊车时应考虑动力系数                                                 |
|    |                     | 抗震承载力验算 | 有抗震设防要求的结构                                    | 采用重力荷载代表值及相应荷载标准值                                                      |
|    |                     | 疲劳验算    | 直接承受吊车的构件应验算，但直接承受安装或检修用吊车的构件，根据使用情况和设计经验可不验算 | 采用相应的荷载代表值，计算吊车时应考虑动力系数                                                |
|    |                     | 失稳计算    | 所有有关结构构件                                      | 采用荷载设计值                                                                |
|    |                     | 倾覆验算    | 必要时                                           |                                                                        |
|    |                     | 滑移验算    |                                               |                                                                        |
|    |                     | 漂浮验算    |                                               |                                                                        |
|    |                     | 施工验算    | 预制构件<br>现浇结构（必要时）                             | 采用制作、运输及安装时相应的荷载值，预制构件吊装的验算，应将构件自重乘以动力系数，动力系数可取 1.5，但可根据构件吊装时的受力情况适当增减 |
| 2  | 正常使用<br>极限状态<br>的验算 | 抗裂验算    | 使用上要求不出现裂缝的构件                                 | 采用相应的荷载代表值<br>计算吊车时应考虑动力系数                                             |
|    |                     | 裂缝宽度验算  | 使用上允许出现裂缝的构件                                  | 采用相应的荷载代表值                                                             |
|    |                     | 变形验算    | 使用上需要控制变形值的结构构件                               |                                                                        |
|    |                     | 钢筋拉应力验算 | 叠合式受弯构件                                       |                                                                        |

## 1.3 承载能力极限状态设计

### 1.3.1 建筑结构的安全等级

根据建筑结构破坏后果的严重程度, 建筑结构可划分为 3 个安全等级, 设计时应根据具体情况, 按照表 1.5 的规定选用相应的安全等级。(引自 GB 50010—2002)

表 1.5 建筑结构的安全等级

| 序号 | 安全等级 | 破坏后果 | 建筑物类型  |
|----|------|------|--------|
| 1  | 一级   | 很严重  | 重要的建筑物 |
| 2  | 二级   | 严重   | 一般的建筑物 |
| 3  | 三级   | 不严重  | 次要的建筑物 |

注: 对有特殊要求的建筑物, 其安全等级可根据具体情况另行确定。

建筑物中各类结构构件使用阶段的安全等级, 宜与整个结构的安全等级相同, 对其中部分结构构件的安全等级, 可根据其重要程度适当调整, 但不得低于三级。

### 1.3.2 承载能力极限状态设计表达式

结构设计时, 所有结构构件均应进行承载能力极限状态的计算, 以满足结构安全性的要求。满足正常使用极限状态的要求。

对于承载能力极限状态, 结构构件应按荷载效应的基本组合或偶然组合, 采用下列极限状态设计表达式:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (1.1)$$

$$R = R(f_c, f_s, a_k, \dots) \quad (1.2)$$

式中  $\gamma_0$ ——重要性系数: 对安全等级为一级或设计使用年限为 100 年及以上的结构构件, 不应小于 1.1; 对安全等级为二级或设计使用年限为 50 年的结构构件, 不应小于 1.0; 对安全等级为三级或设计使用年限为 5 年及以下的结构构件, 不应小于 0.9; 在抗震设计中, 不考虑结构构件的重要性系数;

$S$ ——承载能力极限状态的荷载效应组合的设计值, 按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定进行计算;

$R$ ——结构构件的承载力设计值; 在抗震设计时, 应除以承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$ ;

$R(\cdot)$ ——结构构件的承载力函数;

$f_c, f_s$ ——混凝土、钢筋的强度设计值;

$a_k$ ——几何参数的标准值; 当几何参数的变异性对结构性能有明显的不利影响时, 可另增减一个附加值。

## 1.4 正常使用极限状态验算

### 1.4.1 设计计算表达式

对于正常使用极限状态, 结构构件应分别按荷载效应的标准组合、准永久组合或标准组合并考虑长期作用影响, 采用下列极限状态设计表达式: (引自 GB 50010—2002)

$$S \leq C \quad (1.3)$$

式中  $S$ ——正常使用极限状态的荷载效应组合值;

$C$ ——结构构件达到正常使用要求所规定的变形, 裂缝宽度和应力等的限值。

### 1.4.2 正常使用极限状态的有关限值

#### 1.4.2.1 挠度限值 (引自 GB 50010—2002)

受弯构件的最大挠度应按荷载效应的标准组合并考虑荷载长期作用影响进行计算, 其计算值不应超过表 1.6 规定的挠度限值。

表 1.6 受弯构件的挠度限值

| 序号 | 构件类型       |                                         | 挠度限值 (以计算跨度 $l_0$ 计算)   |
|----|------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| 1  | 吊车梁        | 手动吊车                                    | $l_0/500$               |
|    |            | 电动吊车                                    | $l_0/600$               |
| 2  | 屋盖、楼盖及楼梯构件 | 当 $l_0 < 7\text{m}$ 时                   | $l_0/200$ ( $l_0/250$ ) |
|    |            | 当 $7\text{m} \leq l_0 \leq 9\text{m}$ 时 | $l_0/250$ ( $l_0/300$ ) |
|    |            | 当 $l_0 > 9\text{m}$ 时                   | $l_0/300$ ( $l_0/400$ ) |

注: ①表中  $l_0$  为构件的计算跨度;

②表中括号内的数值适用于使用上对挠度有较高要求的构件;

③计算悬臂构件的挠度限值时, 其计算跨度  $l_0$  按实际悬臂长度的 2 倍取用;

④如果构件制作时预先起拱, 且使用上也允许, 则在验算挠度时, 可将计算所得的挠度值减去起拱值; 对预应力混凝土构件, 尚可减去预加力所产生的反拱值;

⑤混凝土结构的验算挠度  $f$  = 构件的计算挠度  $f_1$  - 构件的起拱值  $f_2$  (见图 1.1), 预应力混凝土构件的挠度  $f$  = 构件的计算挠度  $f_1$  - 构件的起拱值  $f_2$  - 预加力所产生的反拱值 (见图 1.2)。

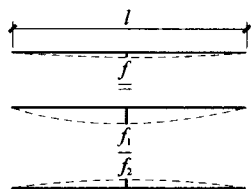


图 1.1 混凝土结构挠度验算示意图

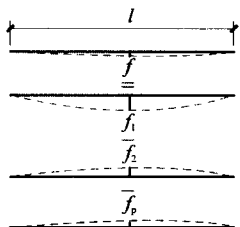


图 1.2 预应力混凝土结构挠度验算示意图

1.4.2.2 结构构件的裂缝控制等级

结构构件正截面的裂缝控制等级分为 3 级。裂缝控制等级的划分和说明见表 1.7。

表 1.7 结构构件正截面的裂缝控制等级

| 序号 | 裂缝控制等级 | 说 明                                                                                                |
|----|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 一级     | 严格要求不出现裂缝的构件，按荷载效应标准组合计算时，构件受拉边缘混凝土不应产生拉应力                                                         |
| 2  | 二级     | 一般要求不出现裂缝的构件，按荷载效应标准组合计算时，构件受拉边缘混凝土拉应力不应大于混凝土轴心抗拉强度标准值；按荷载效应准永久组合计算时，构件受拉边缘混凝土不宜产生拉应力，当有可靠经验时可适当放松 |
| 3  | 三级     | 允许出现裂缝的构件，按荷载效应标准组合并考虑长期作用影响计算时，构件的最大裂缝宽度不应超过表 1.8 规定的最大裂缝宽度限值                                     |

1.4.2.3 最大裂缝宽度限值

结构构件应根据结构类别和结构的环境类别，按表 1.8 的规定选用不同的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值  $\omega_{lim}$ 。

表 1.8 结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值

| 序号 | 环境类别 | 钢筋混凝土结构 |                     | 预应力混凝土结构 |                     |
|----|------|---------|---------------------|----------|---------------------|
|    |      | 裂缝控制等级  | $\omega_{lim}$ (mm) | 裂缝控制等级   | $\omega_{lim}$ (mm) |
| 1  | 一    | 三       | 0.3 (0.4)           | 三        | 0.2                 |
| 2  | 二    | 三       | 0.2                 | 二        | —                   |
| 3  | 三    | 三       | 0.2                 | 一        | —                   |

注：①表中的规定适用于采用热轧钢筋的钢筋混凝土构件和采用预应力钢丝、钢绞线及热处理钢筋的预应力混凝土构件；当采用其他类别的钢丝或钢筋时，其裂缝控制要求可按专门标准确定；  
②对处于年平均相对湿度小于 60%地区一类环境下的受弯构件，其最大裂缝宽度限值可采用括号内的数值；  
③在一类环境下，对钢筋混凝土屋架、托架及需作疲劳验算的吊车梁，其最大裂缝宽度限值应取为 0.2mm；对钢筋混凝土屋面梁和托梁，其最大裂缝宽度限值

应取为 0.3mm；

- ④在一类环境下，对预应力混凝土屋面梁、托梁、屋架、托架、屋面板和楼板，应按二级裂缝控制等级进行验算；在一类和二类环境下，对需作疲劳验算的预应力混凝土吊车梁，应按一级裂缝控制等级进行验算；  
⑤表中规定的预应力混凝土构件的裂缝控制等级和最大裂缝宽度限值仅适用于正截面的验算；  
⑥对于烟囱的结构构件，其裂缝控制要求应符合专门标准的有关规定；  
⑦对于处于四、五类环境下的结构构件，其裂缝控制要求应符合专门标准的有关规定；  
⑧表中的最大裂缝宽度限值用于验算荷载作用引起的最大裂缝宽度。

1.5 混凝土的耐久性

1.5.1 混凝土耐久性的规定

混凝土耐久性的规定见表 1.9。(引自 GB 50010—2002)

表 1.9 混凝土耐久性一般规定

| 序号 | 内 容                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 一类环境中，设计使用年限为 100 年的结构混凝土应符合下列规定：<br>(1) 钢筋混凝土结构的最低混凝土强度等级为 C30；预应力混凝土结构的最低混凝土强度等级为 C40；<br>(2) 混凝土中的最大氯离子含量为 0.06%；<br>(3) 宜使用非碱活性骨料；当使用碱性骨料时，混凝土中的最大碱含量为 3.0kg/m <sup>3</sup> ；<br>(4) 混凝土保护层厚度应按表 15.35 的规定增加 40%；当采取有效的表面防护措施时，混凝土保护层厚度可适当减少；<br>(5) 在使用过程中，应定期维护 |



续表

| 序号 | 内 容                                                       |
|----|-----------------------------------------------------------|
| 2  | 二类和三类环境中, 设计使用年限为 100 年的混凝土结构, 应采取专门有效措施                  |
| 3  | 严寒及寒冷地区的潮湿环境中, 结构混凝土应满足抗冻要求, 混凝土抗冻等级应符合有关标准的要求            |
| 4  | 有抗渗要求的混凝土结构, 混凝土的抗渗等级应符合表 1.12 和表 1.13 的要求                |
| 5  | 三类环境中的结构构件, 其受力钢筋宜采用环氧树脂涂层带肋钢筋; 对预应力钢筋, 锚具及连接器, 应采取专门防护措施 |
| 6  | 四类和五类环境中的混凝土结构, 其耐久性要求应符合有关标准的规定                          |
| 7  | 对临时性混凝土结构, 可不考虑混凝土的耐久性要求                                  |

### 1.5.2 混凝土的结构环境类别

混凝土结构的耐久性应根据表 1.10 的环境类别和设计使用年限进行设计。(引自 GB 50010—2002)

表 1.10 混凝土的结构环境类别

| 序号 | 环境类别 | 条 件                                         |
|----|------|---------------------------------------------|
| 1  | —    | 室内正常环境                                      |
| 2  | 二    | a 室内潮湿环境, 非严寒和非寒冷地区的露天环境, 与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境 |
|    |      | b 严寒和寒冷地区的露天环境, 与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境           |
| 3  | 三    | 使用除冰盐的环境; 严寒和寒冷地区冬季水位变动的环境, 滨海室外环境          |
| 4  | 四    | 海水环境                                        |
| 5  | 五    | 受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境                           |

注: 室内潮湿环境可理解为相对湿度大于 60% 的环境。

严寒与寒冷地区的划分应符合下列规定:

- ①严寒地区: 最冷月平均气温  $\leq -10^{\circ}\text{C}$ , 日平均气温  $\leq 5^{\circ}\text{C}$  的天数  $\geq 145$  天;
- ②寒冷地区: 最冷月平均气温  $0^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ , 日平均气温  $\leq 5^{\circ}\text{C}$  的天数为 90~145 天。

### 1.5.3 混凝土结构耐久性的基本要求

一类, 二类和三类环境中, 设计使用年限为 50 年的结构混凝土耐久性应符合表 1.11 的规定。(引自 GB 50010—2002)

表 1.11 结构混凝土耐久性的基本要求

| 序号 | 环境类别 |   | 最大水灰比 | 最小水泥用量 (kg/m³) |       | 最低混凝土强度等级 | 最大氯离子含量 (%) | 最大碱含量 (kg/m³) |
|----|------|---|-------|----------------|-------|-----------|-------------|---------------|
|    |      |   |       | 素混凝土           | 钢筋混凝土 |           |             |               |
| 1  | —    |   | 0.65  | 200            | 225   | C20       | 1.0         | 不限制           |
| 2  | 二    | a | 0.60  | 225            | 250   | C25       | 0.3         | 3.0           |
| 3  |      | b | 0.55  | 250            | 275   | C30       | 0.2         | 3.0           |
| 4  | 三    |   | 0.50  | 275            | 300   | C30       | 0.1         | 3.0           |

注: ①氯离子含量系指其占水泥用量的百分率;

②预应力构件混凝土中的最大氯离子含量为 0.06%, 最小水泥用量为  $300\text{kg}/\text{m}^3$ ; 最低混凝土强度等级应按表中规定提高两个等级;

③素混凝土构件的最小水泥用量不应少于表中数值减  $25\text{kg}/\text{m}^3$ ;

④当混凝土中加入活性掺合料或能提高耐久性的外加剂时, 可适当降低最小水泥用量;

⑤当有可靠工程经验时, 处于一类和二类环境中的最低混凝土强度等级可降低一个等级;

⑥当使用非碱活性骨料时, 对混凝土中的碱含量可不作限制。

防水混凝土的设计抗渗等级，应符合表 1.12 的规定。

表 1.12 防水混凝土设计抗渗等级

| 序号 | 工程埋置深度 (m) | 设计抗渗等级 | 序号 | 工程埋置深度 (m) | 设计抗渗等级 |
|----|------------|--------|----|------------|--------|
| 1  | <10        | P6     | 3  | 20~30      | P10    |
| 2  | 10~20      | P8     | 4  | 30~40      | P12    |

注：①本表适用于Ⅳ、Ⅴ级围岩（土层及软弱围岩）；

②山岭隧道防水混凝土的抗渗等级可按铁道部门的有关规范执行。

当采用防水混凝土时，防水混凝土的抗渗等级应根据地下水的最大水头的比值，按表 1.13 选用，且其抗渗等级不应小于 0.6MPa。

表 1.13 防水混凝土抗渗等级

| 序号 | 最大水头 ( $H$ ) 与防水混凝土壁厚度 ( $h$ ) 的比值 | 设计抗渗等级 (N/mm <sup>2</sup> ) |
|----|------------------------------------|-----------------------------|
| 1  | $H/h < 10$                         | 0.6                         |
| 2  | $10 \leq H/h < 15$                 | 0.8                         |
| 3  | $15 \leq H/h < 25$                 | 1.2                         |
| 4  | $25 \leq H/h < 35$                 | 1.6                         |
| 5  | $H/h \geq 35$                      | 2.0                         |

#### 1.5.4 混凝土耐久性的影响因素和设计措施

影响混凝土耐久性的因素和耐久性设计时可采取的措施见表 1.14。

表 1.14 混凝土耐久性的影响因素和设计时可采取的措施

| 序号 | 项 目          | 内 容          |
|----|--------------|--------------|
| 1  | 影响混凝土耐久性的因素  | 混凝土的炭化       |
|    |              | 化学侵蚀         |
|    |              | 冻融破坏         |
|    |              | 温湿度变化的影响     |
|    |              | 碱骨料反应        |
|    |              | 机械和生物作用      |
| 2  | 耐久性设计时可采取的措施 | 限制混凝土的水灰比    |
|    |              | 适当提高混凝土的强度等级 |
|    |              | 保证混凝土的抗冻性能   |
|    |              | 提高混凝土的抗渗能力   |
|    |              | 合理使用环氧涂层钢筋   |

续表

| 序号 | 项 目          | 内 容                   |
|----|--------------|-----------------------|
| 2  | 耐久性设计时可采取的措施 | 构件上避免积水               |
|    |              | 构件表面增加防护层使构件不直接承受环境作用 |
|    |              | 规定构件的维修年限或局部更换        |

#### 1.6 混凝土结构分析

##### 1.6.1 基本原则

结构分析是结构设计的关键，合理的结构分析是结构设计的基本保证。在任何情况下，均应对结构的整体进行分析计算，结构中的关键部位、受力复杂的部位、形状突变部位以及内力和变形有异常变化的部位，在必要时应作更加详细的局部分析，并按计算的较大值配筋。

结构分析的基本原则和分析方法见表 1.15。（引自 GB 50010—2002）

表 1.15 结构分析基本原则和分析方法

| 序号 | 项 目  | 内 容                                                                                            |
|----|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 基本原则 | 结构按承载能力极限状态计算和按正常使用极限状态验算时，应按国家现行有关标准规定的作用（荷载）对结构的整体进行作用（荷载）效应分析；必要时，尚应对结构中受力状况特殊的部分进行更详细的结构分析 |
| 2  | 基本要求 | （1）当结构在施工和使用期的不同阶段有多种受力状况时，应分别进行结构分析，并确定其最不利的作用效应组合；                                           |

续表

| 序号 | 项 目    | 内 容                                                                                                                                                                                                         |
|----|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2  | 基本要求   | (2) 结构可能遭遇火灾、爆炸、撞击等偶然作用时, 应进行相应的结构分析;<br>(3) 结构分析所需的各种几何尺寸, 以及所采用的计算图形、边界条件、作用的取值与组合、材料性能的计算指标、初始应力和变形状况等, 应符合结构的实际工作状态, 并应具有相应的构造保证措施;<br>(4) 结构分析中所采用的各种简化和近似假定, 应有理论或试验的依据, 或经工程实践验证。计算结果的准确程度应符合工程设计的要求 |
| 3  | 结构分析条件 | (1) 应满足力学平衡条件;<br>(2) 应在不同程度上符合变形协调条件, 包括节点和边界的约束条件;<br>(3) 应采用合理的材料或构件单元的本构关系                                                                                                                              |
| 4  | 结构分析方法 | (1) 线弹性分析方法;<br>(2) 考虑塑性内力重分布的分析方法;<br>(3) 塑性极限分析方法;<br>(4) 非线性分析方法;<br>(5) 试验分析方法                                                                                                                          |
| 5  | 分析程序结果 | (1) 结构分析所采用的电算程序应经考核和验证;<br>(2) 对电算结果, 应经判断和校核; 在确认其合理有效后, 方可用于工程设计                                                                                                                                         |

## 1.6.2 线弹性分析方法

倍构件截面高度时, 可按杆系结构计算, 当符合条件时, 还可进行适当的简化计算。

线弹性分析方法可用于混凝土结构的承载能力极限状态及正常使用极限状态的作用效应分析, 杆件长度大于 3

采用线弹性方法细则及规定见表 1.16。(引自 GB 50010—2002)

表 1.16 线弹性分析方法细则

| 序号 | 项 目              | 内 容                                                                                                                                                                                                |
|----|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 杆系结构计算图形确定方法     | (1) 杆件的轴线宜取截面几何中心的连线;<br>(2) 现浇结构和装配整体式结构的梁柱节点、柱与基础连接处等可作为刚接; 梁、板与其支承构件非整体浇筑时, 可作为铰接;<br>(3) 杆件的计算跨度或计算高度宜按其两端支承长度的中心距或净距确定, 并根据支承节点的连接刚度或支承反力的位置加以修正;<br>(4) 杆件间连接部分的刚度远大于杆件中间截面的刚度时, 可作为刚域插入计算图形 |
| 2  | 杆系结构分析方法         | (1) 杆系结构宜按空间体系进行结构整体分析, 并宜考虑杆件的弯曲、轴向、剪切和扭转变形对结构内力的影响;<br>(2) 杆系结构宜采用解析法、有限元法或差分法等分析方法。对体形规则的结构, 可根据其受力特点和作用的种类采用有效的简化分析方法                                                                          |
| 3  | 杆系结构简化计算条件       | (1) 体形规则的空间杆系结构, 可沿柱列或墙轴线分解为不同方向的平面结构分别进行分析, 但宜考虑平面结构的协同工作;<br>(2) 杆件的轴向、剪切和扭转变形对结构内力的影响不大时, 可不计及;<br>(3) 结构或杆件的变形对其内力的二阶效应影响不大时, 可不计及                                                             |
| 4  | 杆系结构中杆件的截面刚度确定方法 | (1) 截面惯性矩可按匀质的混凝土全截面计算;<br>(2) T 形截面杆件的截面惯性矩宜考虑翼缘的有效宽度进行计算, 也可由截面矩形部分面积的惯性矩作修正后确定;<br>(3) 端部加腋的杆件, 应考虑其刚度变化对结构分析的影响;<br>(4) 不同受力状态杆件的截面刚度, 宜考虑混凝土开裂、徐变等因素的影响予以折减                                   |