

水工设计手册



结构计算

水利电力出版社

Handbook
of
Hydraulic
Structure
Design

Structural
Analysis

3

水工设计手册

第三卷 结构计算

华东水利学院 主编

水利电力出版社

本书是《水工设计手册》的第三卷，内容包括第十一章至第十六章，钢筋混凝土结构、砖石结构、钢木结构、沉降计算、渗流计算、抗震设计。

本书主要供从事大中型水利水电工程设计的技术人员使用，同时也可供地县农田水利工程技术人员和从事水利水电工程施工、管理、科研的技术人员使用，以及有关高校、中专师生参考使用。

责任编辑

张丙申

金炎

袁耀海

水工设计手册

第三卷 结构计算

华东水利学院 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

水利电力出版社 *
新 出 书 目 录

787×1092毫米 16开本 21.5印张 679千字

1984年8月第一版 1984年8月北京第一次印刷

印数 00001—19130册 精装定价 4.80元

书号 15143·5203

《水工设计手册》组织和主编单位及有关人员

组织单位 水利电力部水利水电规划设计院

主持人 张昌龄 奚景岳 潘家铮

(工作人员有李浩钧、郑顺炜、沈义生)

主编单位 华东水利学院

主编人 左东启 顾兆勋 王文修

(工作人员有商学政、高渭文、刘曙光)

《水工设计手册》第三卷编写人和审订人

章 目	编写人	审订人
第十一章 钢筋混凝土结构	徐积善	周 氏
	吴宗盛	
第十二章 砖石结构	周 氏	顾兆勋
第十三章 钢木结构	孙良伟	俞良正
	周定荪	王国周
		许政谐
第十四章 沉降计算	王正宏	蒋彭年
第十五章 渗流计算	毛昶熙	张蔚榛
	周保中	
第十六章 抗震设计	陈厚群	刘恢先
	汪闻韶	

前 言

我国幅员辽阔，河流众多，流域面积在1000平方公里以上的河流就有1500多条。全国多年平均径流量达27000多亿立方米，水能蕴藏量约6.8亿千瓦，水利水电资源十分丰富。

众多的江河，使中华民族得以生息繁衍。至少在二千多年前，我们的祖先就在江河上修建水利工程。著名的四川灌县都江堰水利工程，建于公元前256年，至今仍在沿用。由此可见，我国人民建设水利工程有悠久的历史和丰富的知识。

中华人民共和国成立，揭开了我国水利水电建设的新篇章。三十余年来，在党和人民政府的领导下，兴修水利，发展水电，取得了伟大成就。根据1981年统计（台湾省暂未包括在内），我国已有各类水库86000余座（其中库容大于1亿立方米的大型水库有329座），总库容4000余亿立方米，30万亩以上的大灌区137处，水电站总装机容量已超过2000万千瓦（其中25万千瓦以上的大型水电站有17座）。此外，还修建了许多堤防、闸坝等。这些工程不仅使大江大河的洪涝灾害受到控制，而且提供的水源、电力，在工农业生产和人民生活中发挥了十分重要的作用。

随着我国水利水电资源的开发利用，工程建设实践大大促进了水工技术的发展。为了提高设计水平和加快设计速度，促进水利水电事业的发展，编写一部反映我国建设经验和科研成果的水工设计手册，作为水利水电工程技术人员工具书，是大家长期以来的迫切愿望。

早在六十年代初期，汪胡桢同志就倡导并着手编写我国自己的水工设计手册，后因十年动乱，被迫中断。粉碎“四人帮”以后不久，为适应我国四化建设的需要，由水利电力部规划设计管理局和水利电力出版社共同发起，重新组织编写水工设计手册。一九七七年十一月在青岛召开了手册的编写工作会议，到会的有水利水电系统设计、施工、科研和高等学校共26个单位、53名代表，手册编写工作得到与会单位和代表的热情支持。这次会议讨论了手册编写的指导思想和原则，全书的内容体系，任务分工，计划进度和要求，以及编写体例等方面的问题，并作出了相应的决定。会后，又委托华东水利学院为主编单位，具体担负手册的编审任务。随着编写单位和编写人员的逐步落实，各章的初稿也陆续写出。一九八〇年四月，由组织、主编和出版三个单位在南京召开了第一卷审稿会。同年八月，三个单位又在北京召开了与坝工有关各章内容协调会。根据议定的程序，手册各章写出以后，一般均打印分发有关单位，采用多种形式广泛征求意见，有的编写单位还召开了范围较广的审稿会。初稿经编写单位自审修改后，又经专门聘请的审订人详细审阅修订，最后由主编单位定稿。在各协作单位大力支持下，经过编写、审订和主编同志们的辛勤劳动，现在，《水工设计手册》终于与读者见面了，这是一件值得庆贺的事。

本手册共有42章，拟分8卷陆续出版，预计到一九八五年全书出齐，还将出版合订本。

本书主要供从事大中型水利水电工程设计的技术人员使用，同时也可供地县农田水利工程技术人员和从事水利水电工程施工、管理、科研的人员，以及有关高校、中专师生参考使用。本书立足于我国的水工设计经验和科研成果，内容以水工设计中经常使用的具体设计计算方法、公式、图表、数据为主，对于不常遇的某些专门问题，比较笼统的设计原则，尽量从简；力求与我国颁布的现行规范相一致，同时还收入了可供参考的有关规程、规范。

这是我国第一部大型综合性水工设计工具书，它具有如下特色：1.内容比较完整。本书不仅包括了水利水电工程中所有常见的水工建筑物，而且还包括了基础理论知识和与水工专业有关的

各专业知识。2.内容比较实用。各章中除给出常用的基本计算方法、公式和设计步骤外，还有较多的工程实例。3.选编的资料较新。对一些较成熟的科研成果和技术革新成果尽量吸收，对国外先进的技术经验和有关规定，凡认为可资参考或应用的，也多作了扼要介绍。4.叙述简明扼要。在表达方式上多采用公式、图表，文字叙述也力求精练，查阅方便。我们相信，这部手册问世将对我国从事水利水电工作的同志有一定的帮助。

本手册编成之后，我们感到仍有许多不足之处，例如：个别章的设置和顺序安排不尽恰当；有的章字数偏多，内容上难免存在某些重复；对现代化的设计方法如系统工程、优化设计等，介绍得不够；在文字、体例、繁简程度等方面也不尽一致。所有这些，都有待于再版时加以改进。

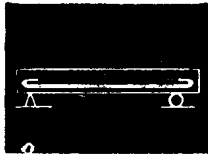
本手册自筹备编写至今，历时已近五年，前后参加编写、审订工作的约有三十多个单位一百多位同志。接受编写任务的单位和执笔同志都肩负繁重的设计、科研、教学等工作，他们克服种种困难，完成了手册编写任务，为手册的顺利出版作出了贡献。在此，我们向所有参加手册工作的单位、编写人、审订人表示衷心的感谢，并致以诚挚的慰问。已故水力发电建设总局副总工程师奚景岳同志和水利出版社社长林晓同志，他们生前参加手册发起并作了大量工作，谨在此表示深切的怀念。

最后，我们诚恳地欢迎读者对手册中的疏漏和错误给予批评指正。

水利电力部水利水电规划设计院

华 东 水 利 学 院

一九八二年五月



第十一章 钢筋混凝土结构

编 写 人

徐积善 吴宗盛 (大连工学院)

审 订 人

周 氏 (华东水利学院)

Reinforced Concrete

11

目 录

前 言

第十一章 钢筋混凝土结构

第一节 总则3-1

第二节 设计基本数据.....3-1

一、混凝土的设计强度、标准

强度和弹性模数3-1

二、混凝土抗渗标号和抗冻标号的

最小允许值3-2

三、混凝土的各项物理特性3-2

四、钢筋与钢丝的设计强度、标准

强度和弹性模数.....3-4

五、强度安全系数和抗裂安全系数.....3-5

六、钢筋混凝土及预应力混凝土受

弯构件的允许挠度.....3-5

七、钢筋混凝土结构构件最大裂缝

宽度的允许值3-5

八、钢筋计算截面面积及理论重量3-8

第三节 混凝土结构构件的强度计算3-8

一、混凝土受压构件.....3-8

二、混凝土受弯构件3-10

三、混凝土的局部承压3-10

四、混凝土结构构造钢筋3-12

第四节 钢筋混凝土结构构件的强度

计算3-12

一、轴心受压构件3-12

二、受弯构件正截面3-13

三、受弯构件斜截面3-23

四、偏心受压构件3-26

五、轴心受拉构件3-32

六、偏心受拉构件3-32

七、受扭构件3-33

八、局部承压.....3-33

九、冲切计算.....3-34

第五节 钢筋混凝土结构抗裂度、裂

缝宽度和变形验算3-35

一、抗裂度验算.....3-35

二、裂缝宽度验算3-35

三、变形验算.....3-36

第六节 预应力混凝土结构构件计算3-38

一、一般规定3-38

二、强度计算.....3-40

三、抗裂度和变形验算3-45

四、施工阶段验算3-48

第七节 构造和构件的规定3-48

一、构造的一般规定3-48

二、板的构造.....3-50

三、梁的构造.....3-52

四、柱的构造3-54

五、刚架节点的构造3-56

六、预应力混凝土的构造3-56

七、埋设件和吊环3-57

第八节 结构构件计算要点3-58

一、连续梁板.....3-58

二、牛腿3-59

三、柱下单基础.....3-60

四、预应力混凝土锚固筋计算.....3-63

第九节 设计中的一些专门问题.....3-64

一、少筋混凝土结构3-64

二、按应力图形配置钢筋的方法3-65

主要参考文献3-66

第十二章 砖石结构

第一节 总则3-69

第二节 砖石材料和砌体种类3-69

一、砖石材料3-69

二、砂浆3-69

三、砖石砌体.....3-70

第三节 砖石砌体的容许应力3-70

第四节 砖石砌体的弹性模量及其它

物理值.....3-73

第五节 砖石结构构件的计算.....3-74

- 一、轴心受压构件3-74
- 二、砌体的局部承压计算3-74
- 三、偏心受压构件3-75
- 四、砌体受剪计算3-77

第六节 工业民用房屋砖砌体的截面**强度计算**.....3-78

- 一、砌体强度值和安全系数3-78
- 二、强度计算公式3-79
- 三、配筋砌体3-81
- 主要参考文献3-83

第十三章 钢 木 结 构**第一节 钢结构**.....3-87

- 一、材料及容许应力3-87
 - (一) 结构材料3-87
 - (二) 连接材料3-87
 - (三) 钢材和连接的容许应力3-88
- 二、钢结构的连接3-88
 - (一) 对接焊缝连接3-88
 - (二) 贴角焊缝连接3-91
 - (三) 焊缝布置与钢材的工厂拼接3-92
 - (四) 普通螺栓连接3-92
 - (五) 高强螺栓连接3-95
- 三、受弯构件(梁)的设计3-97
 - (一) 钢梁的验算公式3-97
 - (二) 组合梁的截面选择3-98
 - (三) 组合梁截面沿跨度的改变3-100
 - (四) 组合梁的翼缘焊缝3-100
 - (五) 组合梁的局部稳定性和腹板加劲肋的配置3-101
 - (六) 梁的支座3-103
- 四、轴心受力和偏心受力构件的设计3-103
 - (一) 轴心受力构件的验算公式3-103
 - (二) 实腹式轴心压杆(或柱)的设计3-104
 - (三) 格构式轴心压杆(或柱)的设计3-105
 - (四) 实腹式偏心受力构件的验算公式3-107
 - (五) 实腹式偏心压杆(或柱)的设计3-108
 - (六) 格构式偏心压杆的计算3-109
 - (七) 梁与柱的连接3-110
 - (八) 轴心受压柱脚的设计3-110
- 五、普通型平面桁架的设计3-111

- (一) 桁架的型式和尺寸3-111
- (二) 桁架的支撑和桁架杆件的计算长度3-112
- (三) 桁架的杆件设计3-113
- (四) 桁架的节点设计3-115

第二节 木结构3-117

- 一、木材的含水率和选材要求3-117
 - (一) 木材的含水率3-117
 - (二) 选材要求3-117
- 二、计算的基本规定3-118
 - (一) 木材的容许应力和弹性模量3-118
 - (二) 有关钢材计算的规定3-118
- 三、木结构构件的计算3-119
 - (一) 轴心受拉构件3-119
 - (二) 轴心受压构件3-120
 - (三) 受弯构件(梁)3-121
 - (四) 偏心受拉构件3-121
 - (五) 偏心受压构件3-121
- 四、木结构的联结3-122
 - (一) 齿联结3-122
 - (二) 螺栓联结和钉联结3-123
 - (三) 钢件的连接计算3-125
- 五、桁架3-125
 - (一) 钢木桁架3-125
 - (二) 钢木桁架梁3-129

附录3-130

- 附图1 轴心受压工字形实腹截面计算图线3-131
- 附图2 圆木偏心受压构件截面选用图线3-133
- 附图3 方木偏心受压构件截面选用图线3-135
- 附表1 3号钢和2号钢轴心受压构件的稳定系数 φ 3-136
- 附表2 16锰钢和16锰桥钢轴心受压构件的稳定系数 φ 3-136
- 附表3 普通工字钢简支梁的 φ_w 值3-137
- 附表4 非弹性阶段的 φ_w' 值3-137
- 附表5 实腹式偏心受压构件在弯矩作用平面内的稳定系数 φ_p 3-138
- 附表6 3号钢和2号钢偏心受压构件在弯矩作用平面外的稳定系数 φ_1 3-139

附表 7	16 锰钢和 16 锰桥钢偏心受压构件在 弯矩作用平面外的稳定系数 φ_1 ……	3-141
附表 8	一边、两边及四边削深为 h 时 割圆截面几何特征系数表 ……	3-142
附表 9	弓形截面面积及弦长表 ……	3-143
附表 10	方木轴心受压构件的容许压力 N (公斤) ……	3-144
附表 11	圆木轴心受压构件的容许压力 N (公斤) ……	3-146
附表 12	方木桁架支座节点齿联结下弦 容许拉力 N 及保险螺栓选用表 (应力等级 A-3) ……	3-146
附表 13	圆木桁架支座节点齿联结下弦 容许拉力 N 及保险螺栓选用表 (应力等级 A-4) ……	3-148
附表 14	圆钢拉杆、拉力螺栓的容许拉 力及钢垫板尺寸表 ……	3-149
附表 15	桁架下弦端节点抵承板选用表 ……	3-149
主要参考文献 ……		3-150

第十四章 沉降计算

第一节	概述 ……	3-153
第二节	基本资料与要求 ……	3-153
一、	基本资料 ……	3-153
二、	计算点位置 ……	3-154
三、	沉降计算一般步骤 ……	3-154
第三节	天然地基的沉降量计算 ……	3-154
一、	计算方法 ……	3-154
二、	瞬时沉降量计算 ……	3-155
三、	单向压缩分层总和法 (按 $e-p$ 曲线计算) ……	3-156
四、	单向压缩分层总和法 (按 $e-\log p$ 曲线计算) ……	3-160
五、	我国规范建议的方法 ……	3-161
六、	斯肯普顿-贝伦方法 ……	3-162
七、	黄文熙方法 ……	3-165
第四节	天然地基的沉降过程计算 ……	3-166
一、	单向固结沉降过程计算 ……	3-166
二、	固结的有限差分法计算 ……	3-170
第五节	湿陷性黄土地基的沉降量计算 ……	3-178
一、	湿陷性黄土地基的变形特征 ……	3-178

二、	变形指标的测定 ……	3-179
三、	沉降量计算 ……	3-179
第六节	预压地基和砂井地基的沉降 量计算 ……	3-179
一、	预压地基的沉降量估算 ……	3-179
二、	砂井地基的沉降量计算 ……	3-180
第七节	土坝的沉降量计算 ……	3-183
一、	坝体沉降量计算 ……	3-183
二、	坝基沉降量计算 ……	3-183
三、	沉降过程计算 ……	3-184
第八节	桩基础的沉降量计算 ……	3-185
一、	我国规范建议的方法 ……	3-185
二、	英国桩工经验 ……	3-185
主要参考文献 ……		3-189

第十五章 渗流计算

第一节	概述 ……	3-193
一、	渗流计算的任务 ……	3-193
二、	达西定律与土的渗透性 ……	3-193
三、	渗流的基本方程式 ……	3-194
四、	各向异性土和非均质土的渗流 ……	3-195
第二节	沿简单地下轮廓线渗流的解 析解 ……	3-195
一、	无限深透水地基平底板下的渗流 ……	3-195
二、	无限深透水地基绕一道板桩的 渗流 ……	3-196
三、	无限深透水地基平底板下有一 道板桩的渗流 ……	3-196
四、	有限深透水地基平底板下的渗流 ……	3-197
五、	有限深透水地基绕一道板桩的 渗流 ……	3-198
六、	有限深透水地基有一道板桩的 平底板下的渗流 ……	3-199
七、	承压水地基或排水地基平底板 下的渗流 ……	3-202
八、	承压水地基或排水地基绕一道 板桩的渗流 ……	3-202
九、	承压水地基或排水地基有一道 板桩的平底板下的渗流 ……	3-203
第三节	复杂地下轮廓线的渗流近似	

计算	3-203	四、应用流网确定绕坝端的无压渗流	3-253
一、柯斯拉独立变数法	3-203	第九节 土的渗透变形	3-254
二、改进阻力系数法	3-206	一、渗透变形的类型	3-254
三、闸坝底板具有排水设备的渗流 计算	3-209	二、流土和管涌的判别方法	3-254
第四节 土坝和岸堤中的渗流计算	3-211	三、流土和管涌的临界坡降计算	3-254
一、不透水地基上矩形断面均质土 坝的渗流	3-211	四、反滤层选择	3-256
二、不透水地基上均质土坝的渗流	3-212	五、闸坝地下轮廓的渗径长度设计	3-257
三、不透水地基上斜墙土坝的渗流	3-213	主要参考文献	3-258
四、不透水地基上心墙土坝的渗流	3-214		
五、透水地基上均质土坝的渗流	3-214	第十六章 抗震设计	
六、透水地基上有铺盖的土坝渗流	3-216	第一节 工程地震的基本概念	3-263
七、透水地基上有截水墙的土坝渗流	3-220	一、地震的分类和序列	3-263
八、库水位下降时土坝浸润线的计算	3-222	(一) 地震的分类	3-263
九、岸堤护坡开冒水孔的减压计算	3-223	(二) 地震序列	3-263
十、土坝下游设排水减压沟井的计算	3-224	二、地震的主要参数及影响场	3-263
第五节 减压井和排渗沟的渗流计算	3-224	(一) 震源和震源深度	3-263
一、开挖基坑群井抽水的渗流计算	3-224	(二) 震中和震中距	3-263
二、排水减压井的渗流计算	3-226	(三) 地震波和震级	3-263
三、排水减压沟的渗流计算	3-236	(四) 地震影响场	3-264
第六节 侧岸绕渗	3-239	三、地震烈度	3-264
一、基本概念及计算说明	3-239	(一) 烈度表	3-264
二、直线渗源或排渗的侧面渗流	3-240	(二) 烈度的定量标准	3-264
三、不考虑河岸地下水时的水平不 透水层上的绕渗	3-241	(三) 基本烈度	3-266
四、考虑河岸地下水补给时的水平 不透水层上的绕渗	3-241	四、局部场地条件的影响	3-266
五、复杂边墩岸墙接头的绕渗近似 计算	3-242	(一) 地质构造	3-266
六、土坝三向绕渗影响	3-244	(二) 地形	3-266
七、闸基三向绕渗影响	3-245	(三) 场地土质	3-267
八、三向绕渗危害的防止	3-245	五、水工建筑物的设计地震动	3-268
第七节 有限单元法的渗流计算	3-245	(一) 设计地震加速度值	3-268
一、支配方程与定解条件	3-245	(二) 设计加速度反应谱	3-270
二、有限单元分析与计算公式	3-246	(三) 设计地震加速度波形	3-272
第八节 流网图绘法及其应用	3-248	第二节 抗震计算方法和步骤	3-274
一、流网的绘制	3-248	一、静态和动态设计的应用范围	3-274
二、流网的范例	3-249	二、静态(包括拟静态)设计	3-274
三、根据流网确定各水力要素	3-249	(一) 我国的有关规定	3-274
		(二) 日本的有关规定	3-277
		(三) 美国的有关规定	3-277
		三、动态设计	3-278
		(一) 运动方程	3-278
		(二) 振型分析法	3-279
		(三) 直接逐步积分法(时程法)	3-280
		(四) 结构和水体的相互作用	3-281

(五) 结构和地基的相互作用	3-282	第五节 土石坝的抗震设计	3-314
(六) 苏联1972年水工建筑物抗震设计 规范的规定	3-283	一、土石坝抗震设计注意事项和工 程措施	3-314
第三节 水工建筑物的动力特性参数	3-284	二、土石坝的抗震稳定分析	3-317
一、自振频率 f_j (或周期 T_j) 和振 型 X_j	3-284	(一) 拟静力法中土石坝地震荷载计算	3-317
(一) 土石坝	3-284	(二) 拟静力法中土石材料地震抗剪强 度指标选择	3-317
(二) 重力坝	3-284	(三) 稳定分析条件 (即荷载组合)	3-318
(三) 大头坝 (顺河向振动)	3-295	(四) 圆弧滑动分析	3-318
(四) 拱坝	3-300	(五) 折线滑动分析	3-319
(五) 闸墩和挡土墙	3-301	(六) 无粘性土坡面滑动分析	3-319
(六) 进水塔	3-301	第六节 混凝土坝和水闸等的抗震工 程结构措施	3-320
(七) 压力钢管	3-301	一、混凝土坝	3-320
第四节 地震动水压力和动土压力	3-303	二、水闸和其它建筑物	3-321
一、动水压力	3-303	附录 关于地基中地震时可能发生 “液化”土层的评价方法	3-322
(一) 重力坝 (包括水闸等)	3-303	(一) 土类范围	3-322
(二) 拱坝	3-309	(二) 饱和和无粘性土的判别指标	3-322
(三) 进水塔	3-309	(三) 饱和和少粘性土的判别指标	3-327
(四) 水下建筑物	3-310	主要参考文献	3-327
(五) 库水共振周期	3-310		
二、动土压力	3-313		

第十一章 钢筋混凝土结构*

第一节 总 则

(1) 本章主要依据《水工钢筋混凝土结构设计规范(SDJ20-78)》规定编写的,适用于水工建筑中的水上和水下的混凝土和钢筋混凝土结构的设计。水工建筑中的水上结构,当其运用条件和施工质量符合《钢筋混凝土结构设计规范(TJ10-74)》规定时,也可按该规范设计。

(2) 水工建筑中的重力坝、隧洞等不按极限强度理论设计的结构,不能应用本章的设计理论及数据,应按专门规范设计。

(3) 水工建筑物的级别划分、作用荷载及其组合,见本手册第十七章和各种建筑物专章,以及有关规范。水工结构的抗震设计,见本手册第十六章及有关规范。

(4) 水工建筑结构的材料和施工质量必须符合《水工建筑物混凝土及钢筋混凝土工程施工技术暂行规范》的要求。

(5) 混凝土和钢筋混凝土结构构件的计算,按单一安全系数极限状态设计方法进行。设计所采用的安全系数,必须与相应的设计强度配套使用。

(6) 混凝土结构构件应进行强度计算,并在必要时验算其稳定性。混凝土结构不得用作轴心受拉和偏心受拉构件,对重要的受力部位,不宜用作受弯构件和合力作用点超出截面范围的偏心受压构件。

(7) 钢筋混凝土结构构件应分别按基本荷载和特殊荷载组合进行强度计算,并根据使用条件分别情

况按基本荷载进行抗裂度、裂缝宽度或变形的验算。

(8) 混凝土结构受力部位采用的混凝土强度标号,不宜低于R100。钢筋混凝土结构的标号,不宜低于R150;采用II、III级钢筋时,不宜低于R200;装配式钢筋混凝土结构,不低于R200;预应力混凝土,不低于R300。

第二节 设计基本数据

一、混凝土的设计强度、标准强度和弹性模数

混凝土强度标号系指20厘米的立方体试块,在28天龄期用标准试验方法得出的抗压极限强度。设计中根据建筑物的型式、地区的气候条件以及开始承受荷载的时间,也可采用60天或90天龄期的抗压强度。如采用180天龄期的后期强度时,应有必要的论证。

采用本章表11-2-8、11-2-9、11-2-10、11-2-11的安全系数时,混凝土的设计强度可按表11-2-1a采用。

混凝土的标准强度可按表11-2-1b采用。

混凝土受压或受拉时的弹性模量 E_s ,可按表11-2-2采用。

泊松比可采用1/6。

表 11-2-1a 混凝土的设计强度(公斤/厘米²)

项次	强度种类	符 号	混 凝 土 标 号								
			75	100	150	200	250	300	400	500	600
1	轴心抗压	R_c	42	55	85	110	145	175	230	285	325
2	弯曲抗压	R_w	52	70	105	140	180	220	290	355	405
3	抗 拉	R_t	6.8	8	10.5	13	15.5	17.5	21.5	24.5	26.5
4	抗 裂	R_f	8.5	10	13	16	19	21	25.5	28.5	30.5

注 1. 设计现浇的钢筋混凝土轴心受压及偏心受压构件时,如截面的长边或直径小于30厘米,则表中混凝土的设计强度应乘以系数0.8。当构件质量(如混凝土成型、截面和轴线尺寸等)确有保证时,可不受此限制。

2. 离心混凝土的设计强度应按专门规定取用。

* 本章包括“水工混凝土结构”的内容。

表 11-2-1b 混凝土的标准强度 (公斤/厘米²)

项次	强度种类	符号	混 凝 土 标 号								
			75	100	150	200	250	300	400	500	600
1	轴心抗压	R_c^b	52	70	105	140	175	210	280	350	420
2	弯曲抗压	R_b^b	65	90	130	175	220	260	350	440	525
3	抗拉	R_t^b	8.5	10	13	16	19	21	25.5	30	34

表 11-2-2 混凝土的弹性模量

项次	混凝土标号	弹性模量 E_h (公斤/厘米 ²)
1	75	1.55×10^5
2	100	1.85×10^5
3	150	2.30×10^5
4	200	2.60×10^5
5	250	2.85×10^5
6	300	3.00×10^5
7	400	3.30×10^5
8	500	3.50×10^5
9	600	3.65×10^5

二、混凝土抗渗标号和抗冻标号的最小允许值

混凝土抗渗标号系按28天龄期的标准试件确定的。也可根据实际承受水压的时间,利用60天或90天龄期的增长值。

混凝土抗渗标号,应根据建筑物所承受的水头、水力梯度以及下游排水条件、水质条件和渗透水的危害程度等因素确定,并且不低于表11-2-3的规定。

混凝土抗冻标号按28天龄期的试件确定。

混凝土抗冻标号应根据建筑物所在地区的气候条件、建筑物的结构类别以及工作条件等确定,并且不

表 11-2-3 混凝土抗渗标号的最小允许值

项次	结构类型及运用条件	抗渗标号	
1	大体积混凝土结构的下游面外部或建筑物内部	S_2	
2	大体积混凝土结构的挡水面外部	$H < 30$	S_4
		$H = 30 \sim 70$	S_6
		$H > 70$	S_8
3	混凝土及钢筋混凝土结构构件 (其背水面能自由渗水者)	$i < 10$	S_4
		$i = 10 \sim 30$	S_6
		$i > 30$	S_8

注 1.表中H为水头(米), i 为最大水力梯度,水力梯度系指作用水头与该处结构厚度之比。

2.当建筑物外部混凝土表层设有专门可靠的防渗层时,表中规定的抗渗标号可适当降低。

3.承受侵蚀水作用的建筑物,其抗渗标号不得低于 S_4 。

4.埋置在地基中的混凝土或钢筋混凝土结构构件(如基础防渗墙等),可根据防渗要求参照表中第3项的规定选择其抗渗标号。

5.对背水面能自由渗水的混凝土及钢筋混凝土结构构件,当水头小于10米时,其抗渗标号可根据表中第3项降低一级。

6.采用抗渗标号大于 S_8 时,必须提出论证。

低于表11-2-4的规定。对于严寒和寒冷地区的1、2、3级建筑物,其水位涨落区的外部混凝土,必须掺加气剂。要求抗冻的混凝土,其水灰比必须严格控制,在水位变动部位不能超过0.50~0.55。

三、混凝土的各项物理特性

混凝土各项物理性质的数据,一般由试验确定。

当无试验资料时,可按下列数值采用。

1.容重 以石灰岩或砂岩为骨料,不经捣固的: 2300公斤/立方米;经捣固的: 2400公斤/立方米。

用花岗岩、玄武岩等火成岩为骨料的混凝土,按上列标准加100公斤/立方米。一般钢筋混凝土结构,其容重可近似地采用2500公斤/立方米。

2.线性膨胀系数 $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 。

表 11-2-4 混凝土抗冻标号的最小允许值

气候条件	抗冻标号 结构类别	工作条件	水位涨落区的外部混凝土冻融循环总次数		水位涨落区以 上的外部混凝土
			≤50	>50	
严寒气候条件(最冷月月平均气温 低于-10°C)	钢筋混凝土 混凝土		D200	D250	D100
			D150	D200	
寒冷气候条件(最冷月月平均气温 在-3°~ -10°C之间)	钢筋混凝土 混凝土		D150	D200	D50
			D100	D150	

- 注 1. 冻融循环总数是指一年内气温从+3°C以上降至-3°C以下, 然后回升至+3°C以上的交替次数, 或一年中月平均气温低于-3°C的期间内, 因水位涨落而产生的冻融交替次数(此期间水位每涨落一次算一次冻融)。
 2. 气温资料应根据连续五年以上实测资料统计其平均值。一年中月平均气温低于-3°C期间的水位涨落次数, 可根据设计时预定的运行条件估算。
 3. 对于重要的薄壁建筑物、承受动力荷载的建筑物或一年中冻融循环总次数高于150次的部位, 其混凝土抗冻标号应适当提高。
 4. 在无抗冻要求的地区, 即在最冷月月平均气温高于-3°C的地区, 对1、2、3级建筑物水位涨落区的外部混凝土, 应根据具体情况提出D50或D100的要求, 以保证建筑物的耐久性。

表 11-2-5a 钢筋设计强度 (公斤/厘米²)

项次	钢筋种类		符 号	受拉钢筋设计强度 R_s 或 R_y	受压钢筋设计强度 R'_s 或 R'_y
1	I级钢筋(3号钢)		Φ	2400	2400
	II级钢筋(20锰硅) 直径8~25毫米 直径28~40毫米		Φ	3400 3200	3400 3200
	III级钢筋(25锰硅)		Φ	3800	3800
	IV级钢筋(45硅2锰钛, 40硅2锰钒, 45硅锰钒)		Φ	5500	4000
	5号钢筋		Φ	2800	2800
2	V级钢筋(热处理钢筋)		Φ'	12000	4000
3	冷拉I级钢筋(直径≤12毫米)		Φ'	2800	2400
	冷拉II级钢筋	双控 单控	Φ'	4500 4200	3400
	冷拉III级钢筋	双控 单控	Φ'	5300 5000	3800
	冷拉IV级钢筋	双控 单控	Φ'	7500 7000	4000
	冷拉5号钢筋	双控 单控	Φ'	4500 4000	2800

- 注 1. 在钢筋混凝土结构中, 轴心受拉和小偏心受拉构件的受拉钢筋设计强度大于3400公斤/平方厘米时, 仍应按3400公斤/平方厘米取用; 其它构件的受拉钢筋设计强度大于3800公斤/平方厘米时, 仍应按3800公斤/平方厘米取用; 对于直径大于12毫米的I级钢筋, 如经冷拉, 不得利用冷拉后的强度。
 2. 当钢筋混凝土结构的混凝土标号为100号时, 仅允许采用I级钢筋和5号钢筋, 此时受拉钢筋设计强度应乘以系数0.9。
 3. 构件中配有不同种类的钢筋时, 每种钢筋根据其受力情况采用各自的设计强度。

表 11-2-5b 钢筋的标准强度
(公斤/厘米²)

项次	钢筋种类	钢筋的标准强度 R_s 或 R_s'
1	I级钢筋	2400
	II级钢筋	3400
	III级钢筋	3800
	IV级钢筋	5500
	5号钢筋	2800
2	V级钢筋	15000
3	冷拉I级钢	2800
	冷拉II级钢	4500
	冷拉III级钢	5300
	冷拉IV级钢	7500
	冷拉5号钢筋	4500

3. 导热系数 $\lambda = 2.3$ 大卡/米·小时·°C。
4. 比热 $C = 0.24$ 大卡/公斤·°C。
5. 导温系数 $a = 0.004$ 米²/小时。
6. 从敞开的混凝土表面传至空气的传热系数 β
冬季 $\beta = 20$ 大卡/米²·小时·°C; 夏季 $\beta = 16$ 大卡/米²·小时·°C。

7. 线性收缩系数 $\alpha_1 = 0.03$ 毫米/毫米/克/克。
8. 线性湿膨胀系数 $\alpha_2 = 0.005$ 毫米/毫米/克/克。
9. 湿扩散系数 $a_2 = 5 \times 10^{-6}$ 米²/小时。

10. 敞开混凝土表面的导湿系数 $\beta_2 = 0.0002$ 平方米/小时。

四、钢筋与钢丝的设计强度、标准强度和弹性模数

采用本章表11-2-9、11-2-10、11-2-11的安全系数时，钢筋和钢丝的设计强度按表11-2-5a、11-2-6a采用。其标准强度按表11-2-5b、11-2-6b采用。

表 11-2-6a 钢丝设计强度 (公斤/厘米²)

项次	钢筋种类	符 号	受拉钢筋设计强度		受压钢筋设计强度 R_s 或 R_s'
			R_s 或 R_s'		
1	冷拔低碳钢丝	ϕ^b	I组	II组	
			6000 5600 5200	5600 5200 4800	
			3600		3600
			2800		2800
2	碳素钢丝	ϕ^c	$\phi 2.5$	15200	3600
			$\phi 3.0$	14400	
			$\phi 4.0$	13600	
			$\phi 5.0$	12800	
3	刻痕钢丝	ϕ^d	I组	II组	3600
			15200	12800	
			14400	12000	
			13600	11200	
			12800	10400	
4	钢绞线	ϕ^e	7.5(7 $\phi 2.5$)	14400	3600
			9.0(7 $\phi 3$)	13600	
			12.0(7 $\phi 4$)	12800	
			15.0(7 $\phi 5$)	12000	

- 注 1. 冷拔低碳钢丝用作预应力钢筋时，应按表11-2-6b规定的钢丝标准强度逐盘进行检验，其设计强度按甲级采用，乙级冷拔低碳钢丝仅要求分批检验，主要用作焊接骨架、焊接网和箍筋。
2. 波形、扭结钢丝的设计强度按上表中碳素钢丝的数值乘以0.9~0.95。
3. 刻痕钢丝组别应在订货合同中注明，未注明时，钢厂按II组供应。如现场自行刻痕时，其设计强度应根据系统试验结果确定。