



教育部高职高专规划教材

混凝土结构

李九宏 主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

混 凝 土 结 构

李九宏 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构/李九宏主编. —北京: 化学工业出版社, 2004
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-5746-6

I. 混… II. ①李…②金… III. 混凝土结构-高等学校: 技
术学院-教材 IV. TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 073990 号

教育部高职高专规划教材

混凝土结构

李九宏 主编

责任编辑: 王文峡

文字编辑: 李丽

责任校对: 吴桂萍

封面设计: 于 兵

化学工业出版社
教材出版中心

出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 24¼ 字数 594 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5746-6/G · 1516

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

为适应高等职业技术学院房屋建筑工程专业教育的需要,根据2002年颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002),编写了《混凝土结构》教材。

在编写过程中,力求内容翔实、精练,概念清楚,文字叙述简明,内容编排注意由浅入深、循序渐进,注重理论联系实际。通过对各种构件的受力特点、设计计算原理及计算公式、构造要求的系统介绍,致力于使读者首先系统地掌握结构构件的基本概念、配筋构造及应用,进而扩展到掌握建筑结构的组成、结构布置、受力分析及其设计计算方法。在有关章节中,结合国家建筑标准设计图集《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》(03G101—1),较系统地介绍了结构施工图平面整体表示方法,实用性强。为了便于读者掌握重点内容,各章均附有学习目标、小结、思考题与习题。

本书共分14章,主要内容包括钢筋混凝土材料的力学性能,结构设计基本原理,普通受弯、受压、受拉及受扭构件的正截面、斜截面承载力计算,受拉、受弯构件的裂缝宽度验算,受弯构件的变形验算,预应力混凝土构件的基本概念及配筋构造,混凝土梁板结构设计,单层工业厂房设计,多层框架结构设计,高层建筑结构简介等。

本书由李九宏任主编。具体编写分工为:第一章、第三章、第十一章、第十四章由李九宏编写;第九章、第十章由李乃宏编写;第五章、第十二章由金恩平编写;第二章、第四章由林伟民编写;第六章、第七章、第八章及第十三章设计实例由杨蕊编写;第十三章由张秀奇编写。

本书由郭乐工教授主审。在本书编写过程中,参考了一些公开出版和发表的文献,在此特别表示衷心感谢。

由于编者水平有限,在对规范的深入理解和使用经验等方面多有欠缺,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2004年4月

目

录

第一章 绪论	1
第一节 混凝土结构的一般概念	1
第二节 混凝土结构的发展阶段及其工程应用	2
一、混凝土结构发展的几个阶段	3
二、混凝土结构的工程应用	3
三、混凝土结构发展概况	3
第三节 本课程的特点与学习方法	5
小结	5
思考题与习题	6
第二章 钢筋混凝土材料的力学性能	7
第一节 钢筋	7
一、钢筋的化学成分、级别和品种	7
二、钢筋的强度和变形	8
三、钢筋的冷加工	9
第二节 混凝土	10
一、混凝土强度	10
二、混凝土变形	13
第三节 钢筋与混凝土之间的黏结	17
一、黏结的概念	17
二、黏结破坏的过程	17
三、黏结的应用	18
小结	18
思考题与习题	18
第三章 混凝土结构基本设计原则	20
第一节 结构的功能要求	20
一、混凝土结构的组成与作用	20
二、结构上的作用、结构抗力	20
三、结构的功能要求	21
四、结构的可靠性与安全等级	22
第二节 结构极限状态	22
一、极限状态的概念	22
二、极限状态分类	23

三、结构极限状态方程	23
四、结构可靠度	24
五、结构目标可靠指标	24
第三节 极限状态实用设计表达式	25
一、承载能力极限状态设计表达式	25
二、正常使用极限状态设计表达式	26
三、材料强度代表值	27
四、荷载代表值	27
小结	30
思考题与习题	31
第四章 受弯构件正截面承载力计算	32
第一节 概述	32
一、受弯构件的基本概念	32
二、板的一般构造要求	33
三、梁的一般构造要求	33
第二节 单筋矩形截面梁受力状态	35
一、梁的受力性能	35
二、适筋梁的破坏特征	36
三、配筋率对破坏特征的影响	37
第三节 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	37
一、基本假定	37
二、等效矩形应力图	38
三、界限相对受压区高度及其与配筋率的关系	38
四、基本公式及适用条件	40
五、基本公式的应用	41
第四节 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	48
一、基本公式及适用条件	48
二、基本公式的应用	49
第五节 T形截面受弯构件正截面承载力计算	52
一、概述	52
二、基本公式	54
三、基本公式的应用	55
小结	58
思考题与习题	59
第五章 受弯构件斜截面承载力计算	61
第一节 概述	61
第二节 斜截面破坏形态	62
一、无腹筋梁斜截面破坏形态	62
二、有腹筋梁斜截面破坏形态	63
三、影响梁斜截面承载力的主要因素	64

第三节 受弯构件斜截面承载力计算	65
一、基本计算公式	65
二、公式的适用范围	67
三、斜截面受剪承载力计算截面位置的确定	68
四、斜截面受剪承载力计算方法与步骤	68
五、计算实例	70
第四节 受弯构件的钢筋布置	75
一、抵抗弯矩图	75
二、纵向钢筋的构造要求	76
三、箍筋的构造要求	80
四、弯起钢筋的构造要求	80
第五节 平面整体配筋图标注法	81
一、平法制图规则的总体要求	81
二、梁平法整体配筋图的表示方法	82
三、柱平法配筋图的表示方法	88
小结	91
思考题与习题	91
第六章 受压构件的承载力计算	93
第一节 轴心受压构件正截面承载力计算	93
一、配置普通箍筋的轴心受压构件	94
二、配有螺旋式（或焊接环式）箍筋的轴心受压构件正截面承载力计算	96
第二节 偏心受压构件受力性能	97
一、偏心受压构件破坏特征	98
二、大、小偏心受压破坏的界限	99
三、附加偏心矩	99
四、偏心矩增大系数	99
第三节 矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	100
一、基本假定	100
二、承载力计算公式	101
三、垂直于弯矩作用平面的承载力验算	102
四、矩形截面对称配筋的正截面承载力计算	102
第四节 受压构件的构造要求	106
一、材料强度等级	106
二、截面形式及截面尺寸	106
三、纵向钢筋	106
四、箍筋	107
五、上下层柱的接头	107
第五节 对称配筋工字形截面偏心受压构件正截面承载力计算	108
一、大偏心受压计算	108
二、小偏心受压计算	109

第六节 偏心受压构件斜截面承载力计算	110
第七节 双向偏心受压构件的承载力计算	111
小结	112
思考题与习题	112
第七章 钢筋混凝土受拉构件承载力计算	114
第一节 轴心受拉构件正截面承载力计算	114
一、正截面承载力计算	114
二、构造要求	114
第二节 偏心受拉构件正截面承载力计算	115
一、偏心受拉构件的分类	115
二、承载力计算公式	115
三、截面设计方法及实例	116
第三节 偏心受拉构件斜截面承载力计算	118
小结	119
思考题与习题	119
第八章 受扭构件承载力计算	120
第一节 概述	120
第二节 纯扭构件的开裂扭矩	121
一、矩形截面纯扭构件的开裂扭矩	121
二、T形和工字形截面纯扭构件的开裂扭矩	122
第三节 纯扭构件的受扭承载力计算	123
一、抗扭配筋的形式	123
二、受扭构件的试验研究分析	123
三、矩形截面纯扭构件的承载力计算	124
四、T形、工字形截面的纯扭构件承载力计算	125
第四节 弯剪扭构件承载力计算	125
一、弯扭构件承载力计算	125
二、剪扭构件承载力计算	125
三、弯剪扭构件承载力计算	126
四、计算公式的适用范围和构造要求	127
小结	132
思考题与习题	133
第九章 钢筋混凝土构件的变形和裂缝宽度验算	134
第一节 受弯构件的挠度验算	134
一、受弯构件的变形特点	134
二、受弯构件的短期刚度	135
三、受弯构件考虑荷载长期作用影响的刚度	136
四、最小刚度原则与挠度计算	137
第二节 裂缝宽度的验算	140
一、裂缝的发生和分布	140

二、平均裂缝宽度	140
三、最大裂缝宽度及验算	141
第三节 混凝土结构的耐久性	143
一、耐久性的概念与主要影响因素	143
二、耐久性设计	144
小结	146
思考题与习题	146
第十章 预应力混凝土构件	147
第一节 概述	147
一、预应力混凝土的基本概念	147
二、预应力混凝土结构的优缺点	148
三、施加预应力的方法	148
第二节 预应力混凝土的材料与锚夹具	150
一、预应力混凝土的材料	150
二、锚具和夹具	151
第三节 张拉控制应力和预应力损失	153
一、张拉控制应力	153
二、预应力损失	153
三、预应力损失的组合	157
第四节 预应力混凝土轴心受拉构件的计算	158
一、轴心受拉构件应力分析	158
二、预应力轴心受拉构件的计算	161
第五节 预应力混凝土受弯构件的计算	167
一、预应力混凝土受弯构件应力分析	167
二、预应力混凝土受弯构件计算	170
第六节 预应力混凝土构件的构造要求	179
一、一般规定	179
二、先张法构件的构造要求	180
三、后张法构件的构造要求	181
第七节 无黏结预应力混凝土的简介	182
小结	182
思考题与习题	183
第十一章 梁板结构设计	185
第一节 概述	185
第二节 现浇式单向板肋形楼盖	187
一、单向板的概念	187
二、单向板楼盖的结构布置	188
三、连续梁、板按弹性理论的内力计算	189
四、连续梁、板考虑内力重分布的计算	195
五、连续板的截面设计与构造	199

六、次梁的计算与构造·····	201
七、主梁的计算与构造·····	202
八、单向板肋形楼盖设计例题·····	205
第三节 现浇双向板肋梁楼盖·····	212
一、双向板的受力特点及试验结果·····	212
二、按弹性理论计算双向板·····	212
三、双向板的构造要求·····	215
四、双向板支撑梁的设计·····	215
五、双向板肋形楼盖设计例题·····	216
第四节 装配式楼盖·····	219
一、铺板式楼盖的构件形式·····	219
二、楼盖梁·····	220
三、结构平面布置与预制构件的选择·····	221
四、装配式钢筋混凝土楼盖的连接构造·····	222
五、装配式楼盖的计算要点·····	224
第五节 楼梯及雨篷设计·····	225
一、楼梯·····	225
二、雨篷·····	231
第六节 其他楼盖简介·····	233
一、无梁楼盖·····	233
二、叠合式楼盖·····	235
三、无黏结预应力混凝土楼盖·····	237
小结·····	238
思考题与习题·····	239
课程设计任务书·····	239
附表 11-1 集中荷载作用下等跨连续梁的内力系数·····	240
附表 11-2 按弹性理论分析矩形双向板在均布荷载作用下的弯矩系数表·····	241
第十二章 单层工业厂房 ·····	244
第一节 概述·····	244
一、单层厂房的特点·····	244
二、单层厂房的结构分类·····	245
第二节 单层工业厂房的结构组成与结构布置·····	245
一、结构组成·····	245
二、结构布置·····	247
第三节 单层厂房结构主要构件选型·····	255
一、国家建筑标准设计图集介绍·····	255
二、屋面主要构件选型·····	256
三、屋架(屋面梁)的选型·····	257
四、吊车梁的选型·····	258
五、排架柱选型·····	258

第四节 排架内力分析	259
一、排架计算简图	259
二、排架荷载计算	260
三、排架内力计算	264
四、排架荷载组合和内力组合	267
第五节 单层工业厂房柱的设计	268
一、柱的形式及其截面尺寸的确定	268
二、柱的截面配筋设计	268
三、牛腿设计	269
四、预埋件	271
第六节 柱下钢筋混凝土独立基础设计	271
一、基础的类型	271
二、基础底面尺寸的确定	271
三、基础高度的确定	274
四、基础底板配筋计算	275
五、构造要求	276
第七节 单层工业厂房设计实例	278
一、结构方案及主要承重构件选用	279
二、计算简图及柱截面尺寸的确定	279
三、荷载计算	280
四、内力计算	282
五、最不利内力组合	285
六、柱子设计	286
七、基础设计	290
小结	295
思考题与习题	295
第十三章 多层框架结构	302
第一节 框架结构体系及布置	302
一、框架结构体系	302
二、变形缝	304
三、框架梁、柱截面尺寸	305
四、框架结构计算简图	306
第二节 多层框架结构房屋的荷载	307
一、竖向荷载	307
二、水平荷载	308
第三节 竖向荷载作用下框架内力分析的近似方法	308
一、分层法	309
二、弯矩二次分配法	310
第四节 水平荷载作用下框架结构内力和侧移的近似计算	310
一、反弯点法	310

二、改进反弯点法 (D 值法)	312
三、框架结构侧移的近似计算	318
第五节 荷载效应组合原则和构件设计	320
一、荷载效应组合	320
二、构件截面设计	323
三、框架结构的构造要求	323
第六节 基础设计	325
一、基础设计一般原则	325
二、条形基础	327
三、十字交叉条形基础	328
第七节 框架结构计算实例	331
一、结构计算单元及计算简图	332
二、荷载标准值的计算	332
三、梁、柱线刚度计算	335
四、荷载作用下框架的内力分析	335
五、内力组合	341
六、构件配筋计算	344
小结	348
思考题与习题	349
第十四章 高层建筑结构简介	350
第一节 高层建筑设计的特点和结构类型	350
一、高层建筑设计的特点	350
二、高层建筑的结构类型	351
第二节 结构的体系与典型布置	353
一、框架结构体系	353
二、剪力墙结构体系	354
三、框架-剪力墙及框架-筒体结构体系	356
四、筒中筒结构体系	358
五、多筒结构体系	359
第三节 结构的总体布置及变形缝	361
一、控制结构高宽比	361
二、结构平面形状	361
三、结构平面布置	361
四、结构竖向布置	362
五、楼盖结构	363
六、防震缝	364
七、伸缩缝及减少温度收缩影响的措施	364
八、基础和沉降缝处理	365
第四节 剪力墙的配筋构造	366
一、剪力墙的截面尺寸	366

二、剪力墙的加强部位.....	366
三、剪力墙的配筋.....	366
四、剪力墙边缘构件.....	367
五、剪力墙钢筋的锚固与连接.....	369
六、连梁的配筋.....	369
七、剪力墙的洞口配筋构造.....	369
小结.....	370
思考题与习题.....	370
主要参考文献	371

第一章

绪论

学习目标

通过本章学习，掌握混凝土结构的一般概念，钢筋和混凝土这两种性质不同的材料能够组合在一起共同工作的条件以及混凝土结构的优缺点。熟悉混凝土结构在房屋建筑工程、交通土建工程、水利工程及其他工程中的应用；掌握混凝土结构课程的特点和学习方法。

第一节 混凝土结构的一般概念

混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构。素混凝土结构是由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构；钢筋混凝土结构是由配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构；预应力混凝土结构是由配置受力的预应力钢筋通过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土制成的结构。

钢筋和混凝土都是土木工程中重要的建筑材料，钢筋的抗拉和抗压强度都很高，但价格也相对较高；混凝土的抗压强度较高而抗拉强度却很低。为了充分发挥材料的性能，把钢筋和混凝土这两种材料按照合理的方式结合在一起共同工作，使钢筋主要承受拉力，混凝土主要承受压力，就组成了钢筋混凝土。

图 1-1 (a) 为一用素混凝土制成的简支梁，由试验可知，由于混凝土抗拉强度很低，在不大的荷载作用下，梁下部受拉区边缘的混凝土即出现裂缝，而受拉区混凝土一旦开裂，裂缝迅速发展，梁瞬时断裂而破坏。此时受压区混凝土的抗压强度还远远没有充分利用，梁的承载力很低。如果在梁的底部受拉区配置抗拉强度较高的钢筋 [见图 1-1 (b)]，形成钢筋混凝土梁，当荷载增加到一定值时，梁的受拉区仍会开裂，但钢筋可以代替混凝土承受拉力，裂缝不会迅速发展，梁的承载能力还会继续提高。如果配筋适当，梁可以在较大的荷载作用下才被破坏，破坏时钢筋的应力可以达到屈服强度，受压区混凝土的

抗压强度也能得到充分利用。而且在破坏前，裂缝充分发展，梁的变形迅速增大，有明显的破坏预兆。因此，在混凝土中配置一定形式和数量的钢筋形成钢筋混凝土构件后，可以使构件的承载力得到很大提高，构件的受力性能也得到显著改善。

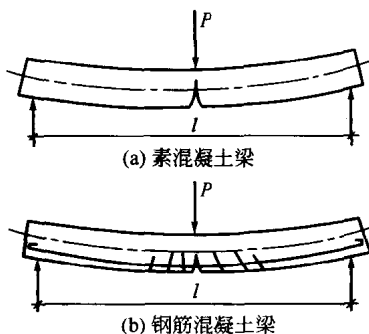


图 1-1 素混凝土梁和钢筋混凝土梁的破坏情况

钢筋和混凝土是两种物理力学性能很不相同的材料，它们能够有效地结合在一起共同工作的主要原因如下。

(1) 钢筋和混凝土之间存在黏结力，使两者之间能传递力和变形。黏结力是使这两种不同性质的材料能够共同工作的基础。

(2) 钢筋和混凝土两种材料的线胀系数接近，钢筋为 $1.2 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$ ，混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$ ，所以当温度变化时，钢筋和混凝土的黏结力不会因两者之间过大的相对变形而破坏。

钢筋混凝土结构由一系列受力类型不同的构件所组成，这些构件称为基本构件。钢筋混凝土基本构件按其受力特点的不同可以分为以下几种。

- (1) 受弯构件 如各种单独的梁、板以及由梁组成整体的楼盖、屋盖等。
- (2) 受压构件 如柱、剪力墙和屋架的压杆等。
- (3) 受拉构件 如屋架的拉杆、水池的池壁等。
- (4) 受扭构件 如带有悬挑雨篷的过梁、框架的边梁等。

也有一些构件受力情况较复杂，如弯扭构件、压弯构件、拉弯构件等。

钢筋混凝土结构在土木工程结构中得到广泛应用的原因是它有很多优点，其主要优点如下。

- (1) 强度高 和砌体、木结构相比，其强度高。在一定条件下可以用来代替钢结构，达到节约钢材、降低造价的目的。
- (2) 整体性好 现浇式或装配整体式的钢筋混凝土结构整体性好，对抗震、抗爆有利。
- (3) 耐久性好 在一般环境条件下，钢筋可以受到混凝土的保护不易生锈，而且混凝土的强度随着时间的增长还会有所增长，能减少维护费用。
- (4) 耐火性好 当发生火灾时，由于有混凝土作为保护层，混凝土内的钢筋不会像钢结构那样很快达到软化温度而破坏。
- (5) 可模性好 可以根据需要浇筑成各种形状和尺寸的结构。
- (6) 易于就地取材 在混凝土结构中，钢筋和水泥这两种工业产品所占的比例较小，砂、石等材料所占比例虽然较大，但属于地方材料，可就地供应。

但是钢筋混凝土结构也存在一些缺点，主要是结构自重大、抗裂性较差、一旦损坏修复比较困难、施工受季节环境影响较大等，这也使钢筋混凝土结构的应用范围受到某些限制。随着科学技术的发展，上述缺点已在一定程度上得到了克服和改善。如采用轻质混凝土可以减轻结构自重，采用预应力混凝土可以提高结构或构件的抗裂性能，采用植筋或粘钢等技术可以较好地发生局部损坏的混凝土结构或构件进行修复等。

第二节 混凝土结构的发展阶段及其工程应用

混凝土结构是在 19 世纪中期开始得到应用的，与砌体结构、木结构、钢结构相比，是

一种出现较晚的结构形式,但是由于混凝土结构具有很多明显的优点,使其在各方面的应用发展很快,现已成为世界各国占主导地位的结构。

一、混凝土结构发展的几个阶段

混凝土结构的发展,大体上可分为三个阶段。

第一阶段是从钢筋混凝土发明至 20 世纪初。这一阶段,所采用的钢筋和混凝土的强度都比较低,主要用来建造中小型楼板、梁、拱和基础等构件。计算理论套用弹性理论,设计方法采用容许应力法。

第二阶段是从 20 世纪初到三四十年代前后。这一阶段混凝土和钢筋的强度有所提高,预应力混凝土结构的发明和应用,使钢筋混凝土被用来建造大跨度的空间结构。混凝土结构的试验研究开始进行,在计算理论上已开始考虑材料的塑性,已开始按破损阶段计算结构的破坏承载力。

第三阶段是从 20 世纪三四十年代以后到现在。这一阶段的特点是随着高强混凝土和高强钢筋的出现,预制装配式混凝土结构、高效预应力混凝土结构、泵送商品混凝土以及各种新的施工技术等广泛地应用于各类土木工程,如超高层建筑、大跨度桥梁、跨海隧道、高耸结构等。在计算理论上已过渡到充分考虑混凝土和钢筋塑性的极限状态设计理论,在设计方法上已过渡到以概率论为基础的多系数表达的设计公式。

二、混凝土结构的工程应用

1. 房屋建筑工程

在房屋建筑工程中,厂房、住宅、办公楼等多高层建筑广泛采用混凝土结构。在 7 层以下的多层房屋中虽然墙体大多采用砌体结构,但其楼板几乎全部采用预制混凝土楼板或现浇混凝土楼盖。采用混凝土结构的高层和超高层建筑已十分普遍。

在大跨度建筑方面,预应力混凝土屋架、薄腹梁、V 形折板、SP 板,钢筋混凝土拱、薄壳等已得到广泛应用。

2. 桥梁工程

在桥梁建设方面,中小跨度桥梁中很大一部分采用钢筋混凝土建造,结构形式有梁、拱、桁架等。一些大跨度桥虽已采用钢悬索或钢斜拉索,但其桥面结构也有用混凝土结构的。

3. 特种结构与高耸结构

混凝土结构在道路、港口工程中也有大量应用,许多贮水池、贮仓构筑物、电线杆、上下水管道等均可见到混凝土结构的应用。由于滑模施工技术的发展,许多高耸建筑可以采用混凝土结构。

4. 水利及其他工程

在水利工程中,因混凝土自重大,其中砂石比例大,易于就地取材,故常用来修建大坝。长江三峡水电站拦河大坝为混凝土重力坝,坝高 178m,坝顶高程 185m,总水库容量 $3.93 \times 10^{10} \text{ m}^3$,其中防洪库容 $2.215 \times 10^{10} \text{ m}^3$,能有效地控制长江上游暴雨形成的洪水,是我国最大的水利枢纽工程,也是世界上最大的水利枢纽工程之一。

混凝土结构在其他特殊的结构中也有广泛的应用,如地下铁道的支持养护和站台工程,核电站的安全壳,飞机场的跑道,海上采油平台,填海造地工程等。

三、混凝土结构发展概况

混凝土已成为现代最主要的工程结构材料之一,今后混凝土仍将是一种重要的工程材