

◎ 张亭 秦志霞 编著



扫一扫 看微课视频



AutoCAD 2016 中文版

土木工程设计

实例教程 附教学视频



视频同步：扫描书中二维码，快速查看案例教学视频，同步学习效率高

强调基础，实例教学：采用工程实例讲解基础知识点，初学者也可快速进行设计

紧贴认证考试需求：参考 Autodesk 中国官方认证的考试大纲，上机操作和例题均选自认证考试题库

配光盘、配资源：提供配套教学视频、案例素材、PPT 课件等资源

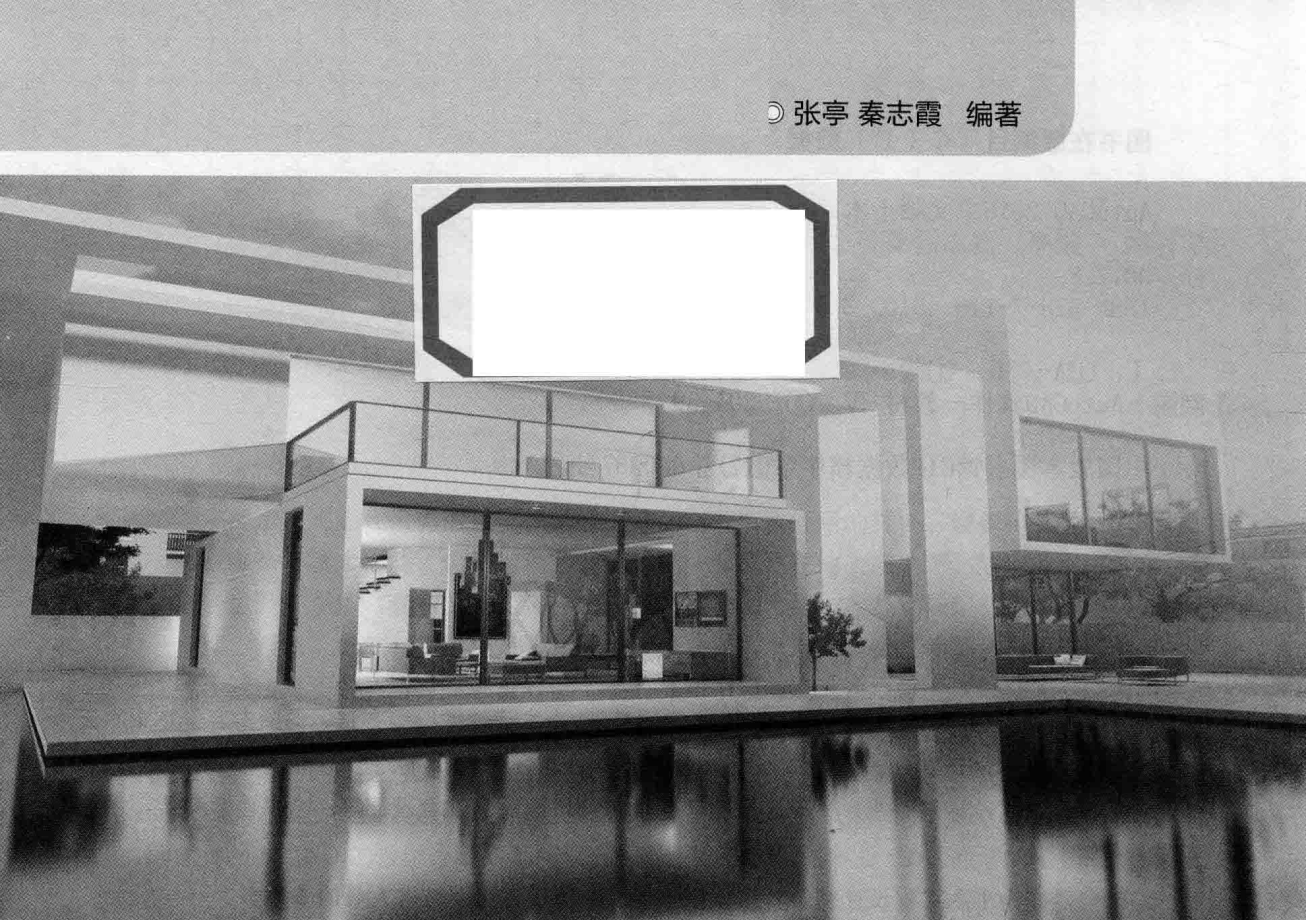


中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

张亭 秦志霞 编著

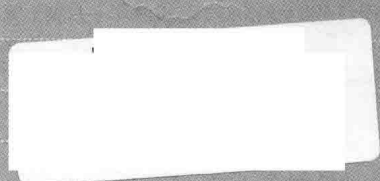


AutoCAD 2016

中文版

土木工程设计

实例教程 附教学视频



RFID

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

AutoCAD 2016中文版土木工程设计实例教程：附教学视频 / 张亨, 秦志霞编著. — 北京：人民邮电出版社, 2017.8
ISBN 978-7-115-45103-3

I. ①A… II. ①张… ②秦… III. ①土木工程—建筑制图—AutoCAD软件—教材 IV. ①TU204-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第040987号

内 容 提 要

本书以 AutoCAD 2016 为软件平台, 讲述多种 CAD 土木设计的绘制方法。主要包括土木工程设计概述、AutoCAD 2016 入门、二维绘图命令、二维编辑命令、辅助绘图工具、基础平面图设计、基础详图设计、柱设计平面图、梁设计平面图、板设计平面图和综合设计等。全书内容翔实, 图文并茂, 实例丰富。

本书可以作为土木工程设计初学者的入门教材, 也可作为工程技术人员的参考书。

◆ 编 著 张 亨 秦志霞

责任编辑 税梦玲

责任印制 陈 犇

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

三河市市中晟雅豪印务有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 19.25

2017 年 8 月第 1 版

字数: 533 千字

2017 年 8 月河北第 1 次印刷

定价: 55.00 元(附光盘)

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

前言

Preface

土木工程是建造各类工程设施的科学技术的统称。它既指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养维修等技术活动,也指工程建设的对象,即建造在地上或地下、陆上或水中,直接或间接为人类生活、生产、军事、科研服务的各种工程设施,例如房屋、道路、铁路、运输管道、隧道、桥梁、运河、堤坝、港口、电站、飞机场、海洋平台、给水和排水以及防护工程等。土木工程的目的是建成人类生产或生活所需要的、功能良好且舒适美观的空间和通道。随着社会的发展,工程结构越来越大型化、复杂化,超高层建筑、特大型桥梁、巨型大坝、复杂的地铁系统不断涌现,这些工程不但满足了人们的生活需求,同时也演变为国家实力的象征。

AutoCAD 是我国土木工程设计领域接受最早、应用最广泛的 CAD 软件之一,在国内拥有强大的用户群体。因此,AutoCAD 的教学也是高等院校土木工程专业和相关专业 CAD 教学的重要组成部分。目前,AutoCAD 主要用于绘制二维建筑图形,如平面图、立面图、剖面图、详图等,这些图形是土木工程设计文件中的主要组成部分。AutoCAD 的三维功能可用于建模或协助方案设计和推敲,其矢量图形处理功能还可用于一些技术参数的求解,如日照分析、地形分析、距离或面积的求解等。另外,其他一些二维或三维效果图制作软件(如 3ds Max、Photoshop 等)有时也会依赖于 AutoCAD 的设计成果。此外,AutoCAD 为用户提供了良好的二次开发平台,便于用户自行定制适用于本专业的绘图格式和附加功能。由此看来,能熟练操作 AutoCAD 软件是土木工程行业从业人员的必备业务技能之一。

为了帮助初学者学会使用 AutoCAD 进行土木工程设计,本书通过具体的工程案例,全面讲解使用 AutoCAD 进行土木工程设计的方法和技巧,并讲解了基础设计、柱设计、梁设计、板设计等的综合案例。本书具有以下特点。

1. 作者权威,经验丰富

本书作者是具有多年教学经验的业内专家,本书是作者总结多年设计经验以及教学心得体会,历时多年精心编著而成的,力求全面细致地展现 AutoCAD 在土木工程设计应用领域的各种功能和使用方法。

2. 精选实例,步步为营

书中力求避免空洞的介绍和描述,采用建筑设计实例演绎知识点,以帮助读者在实例操作过程中牢固地掌握软件功能,进而提高土木工程设计实践技能。本书实例种类丰富,有与知识点相关的小实例,有将几个知识点或全章知识点联系起来的综合实例,有帮助读者练习提高的上机实例,还有完整实用的工程案例,以及经典的综合设计案例。

3. 紧贴认证考试实际需要

本书在编写过程中,参照了 Autodesk 中国官方认证的考试大纲和土木工程设计相关标准,并由 Autodesk 中国认证考试中心首席专家胡仁喜博士精心审校。全书的实例和基础知识覆盖了 Autodesk 中国官方认证考试内容,大部分上机操作和思考题来自认证考试题库,便于想参加 Autodesk 中国官方认证考试的读者练习。

4. 提供教学视频及光盘

本书所有案例均录制了教学微视频,读者可扫描案例对应的二维码在线观看,也可通过光盘本地播

放。另外，本书还提供所有案例的源文件、与书配套的 PPT 课件，以及考试模拟试卷等资料，以帮助初学者快速提升。

本书由石家庄三维书屋文化传播有限公司的张亭和秦志霞两位老师编著，Autodesk 中国认证考试中心首席专家胡仁喜博士对全书进行了审校，刘昌丽、孟培、王义发、王玉秋、王艳池、李亚莉、王玮、康士廷、王敏、王培合、卢园、闫聪聪、杨雪静、李兵、甘勤涛、孙立明等为此书的编写提供了大量帮助，在此一并表示感谢。

书中不足之处望广大读者登录 www.sjzswsw.com 反馈或联系 win760520@126.com，作者将不胜感激。

作者
2016 年 12 月

目录

Contents

第一篇 基础篇

第1章 土木工程概述 2

1.1 土木工程基本知识	3
1.1.1 建筑结构的功能力求	3
1.1.2 结构功能力的极限状态	3
1.1.3 土木工程设计方法的演变	3
1.1.4 结构分析方法	4
1.1.5 土木工程设计规范及设计软件	5
1.2 土木工程设计要点	7
1.2.1 土木工程设计的基本过程	7
1.2.2 土木工程设计中需要注意的问题	8
1.3 土木工程设计施工图简介	9
1.3.1 绘图依据	9
1.3.2 图纸分类	9
1.3.3 名词术语	9
1.4 制图基本规定	10
1.4.1 图纸规定	10
1.4.2 比例设置	11
1.4.3 标题栏及会签栏	11
1.4.4 字体设置	12
1.4.5 图线的宽度	12
1.4.6 基本符号	13
1.4.7 定位轴线	13
1.4.8 尺寸标注	14
1.4.9 标高	15
1.5 施工图编制	15
1.5.1 编制原则	15
1.5.2 图纸组成	15
1.5.3 图纸编排	18

第2章 AutoCAD 2016 入门 19

2.1 操作界面	20
----------	----

2.1.1 标题栏	20
2.1.2 绘图区	20
2.1.3 坐标系图标	22
2.1.4 菜单栏	23
2.1.5 工具栏	24
2.1.6 命令行窗口	27
2.1.7 布局标签	27
2.1.8 状态栏	27
2.1.9 滚动条	30
2.1.10 快速访问工具栏和交互信息	
工具栏	31
2.1.11 功能区	31
2.2 设置绘图环境	32
2.2.1 绘图单位设置	32
2.2.2 图形边界设置	33
2.3 文件管理	33
2.3.1 新建文件	33
2.3.2 打开文件	35
2.3.3 保存文件	35
2.3.4 另存为	36
2.3.5 退出	36
2.3.6 图形修复	37
2.4 基本输入操作	37
2.4.1 命令输入方式	37
2.4.2 命令的重复、撤销、重做	38
2.4.3 透明命令	38
2.4.4 按键定义	38
2.4.5 命令执行方式	39
2.4.6 坐标系统与数据的输入方法	39
2.5 图层设置	41
2.5.1 建立新图层	41
2.5.2 设置图层	43
2.5.3 控制图层	45
2.6 绘图辅助工具	46
2.6.1 精确定位工具	46
2.6.2 图形显示工具	50

2.7 操作与实践	53
2.7.1 熟悉 AutoCAD 2016 的操作界面	53
2.7.2 管理图形文件	53
2.8 思考与练习	53

第3章 二维绘图命令 55

3.1 直线类	56
3.1.1 绘制直线段	56
3.1.2 实例——标高符号	56
3.1.3 绘制构造线	57
3.2 圆类图形	57
3.2.1 绘制圆	57
3.2.2 实例——锚具端视图	58
3.2.3 绘制圆弧	58
3.2.4 实例——带半圆形弯钩的钢筋端部	59
3.2.5 绘制圆环	60
3.2.6 实例——钢筋横截面	60
3.2.7 绘制椭圆与椭圆弧	61
3.3 点	61
3.3.1 绘制点	61
3.3.2 绘制等分点	62
3.3.3 绘制测量点	63
3.3.4 实例——楼梯	63
3.4 平面图形	64
3.4.1 绘制矩形	64
3.4.2 实例——机械连接的钢筋接头	65
3.4.3 绘制多边形	66
3.5 多段线	66
3.5.1 绘制多段线	66
3.5.2 编辑多段线	67
3.5.3 实例——带半圆形弯钩的钢筋	68
3.6 样条曲线	69
3.6.1 绘制样条曲线	69
3.6.2 编辑样条曲线	70
3.6.3 实例——螺丝刀	70
3.7 多线	72
3.7.1 绘制多线	72
3.7.2 定义多线样式	72
3.7.3 编辑多线	72

3.7.4 实例——墙体	73
3.8 操作与实践	76
3.8.1 绘制阶梯	76
3.8.2 绘制墙体	76
3.9 思考与练习	77

第4章 二维编辑命令 78

4.1 对象编辑	79
4.1.1 钳夹功能	79
4.1.2 修改对象属性	79
4.1.3 特性匹配	79
4.2 复制类命令	80
4.2.1 复制命令	80
4.2.2 实例——十字走向交叉口盲道	81
4.2.3 偏移命令	83
4.2.4 实例——钢筋剖面	83
4.2.5 镜像命令	85
4.2.6 实例——道路截面	86
4.2.7 阵列命令	88
4.2.8 实例——带丝扣的钢筋端部	88
4.3 改变位置类命令	89
4.3.1 移动命令	89
4.3.2 旋转命令	90
4.3.3 实例——双层钢筋配置	91
4.3.4 缩放命令	91
4.4 改变几何特性类命令	92
4.4.1 修剪命令	92
4.4.2 实例——行进盲道	93
4.4.3 延伸命令	95
4.4.4 拉伸命令	96
4.4.5 实例——箍筋	97
4.4.6 拉长命令	100
4.4.7 圆角命令	100
4.4.8 实例——带半圆弯钩的钢筋搭接	101
4.4.9 倒角命令	101
4.4.10 打断命令	103
4.4.11 打断于点	103
4.4.12 实例——花篮螺丝钢筋接头	103
4.4.13 分解命令	104
4.4.14 合并命令	104
4.5 图案填充	104

4.5.1	基本概念	104
4.5.2	图案填充的操作	105
4.5.3	编辑填充的图案	108
4.5.4	实例——绘制剪力墙	108
4.6	操作与实践	109
4.6.1	绘制桥边墩平面图	109
4.6.2	绘制桥面板钢筋图	110
4.7	思考与练习	110
第5章 辅助绘图工具		112
5.1	图块的操作	113
5.1.1	定义图块	113
5.1.2	图块的存盘	114
5.1.3	图块的插入	114
5.1.4	实例——指北针图块	116
5.2	图块的属性	117
5.2.1	定义图块属性	117
5.2.2	修改属性的定义	119
5.2.3	图块属性编辑	119
5.2.4	实例——标注标高符号	120
5.3	设计中心与工具选项板	121
5.3.1	设计中心	121
5.3.2	工具选项板	122
5.4	文本标注	123
5.4.1	设置文本样式	124
5.4.2	单行文本标注	124
5.4.3	多行文本标注	126
5.4.4	多行文本编辑	130
5.4.5	实例——坡口平焊的钢筋接头	130
5.5	尺寸标注	132
5.5.1	设置尺寸样式	132
5.5.2	尺寸标注	137
5.6	表格	139
5.6.1	设置表格样式	139
5.6.2	创建表格	141
5.6.3	编辑表格文字	142
5.7	综合实例——土木工程施工图图纸编排	143
5.7.1	施工图纸目录	143
5.7.2	土木工程设计总说明	148
5.8	操作与实践	153
5.9	思考与练习	154

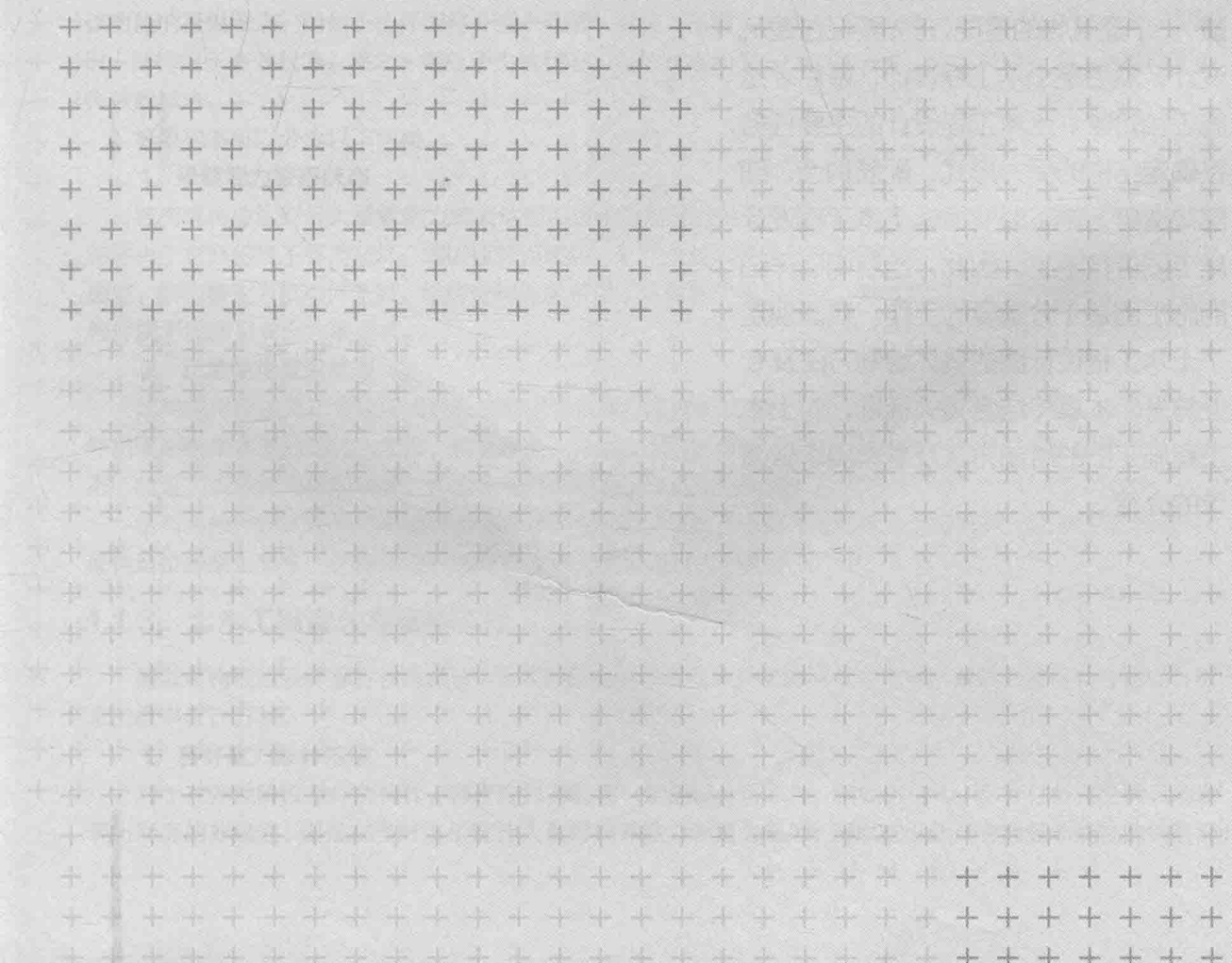
第二篇 实例篇

第6章 基础平面图设计		157
6.1	基础平面图概述	158
6.2	别墅基础平面布置图设计	158
6.2.1	建立新文件	158
6.2.2	创建新图层	158
6.2.3	绘制轴线	160
6.2.4	标注轴线	160
6.2.5	绘制构造柱	162
6.2.6	绘制框架柱	163
6.2.7	标注尺寸	166
6.2.8	标注文字	168
6.3	别墅基础梁平面配筋图设计	170
6.3.1	编辑旧文件	170
6.3.2	绘制框架梁	170
6.3.3	绘制吊筋	173
6.3.4	标注尺寸	173
6.3.5	标注文字	174
6.4	插入图框	178
6.5	操作与实践	178
第7章 基础详图设计		180
7.1	基础详图概述	181
7.2	别墅基础详图绘制实例一	181
7.2.1	绘图准备	181
7.2.2	绘制柱截面	182
7.2.3	绘制预留柱插筋	184
7.2.4	绘制底板配筋	185
7.2.5	标注尺寸	187
7.2.6	标注文字	189
7.3	别墅基础详图绘制实例二	190
7.4	别墅基础详图绘制实例三	191
7.5	别墅基础详图柱表绘制实例	192
7.6	操作与实践	194
7.6.1	绘制楼梯详图	194
7.6.2	绘制基础平面详图	195
第8章 柱设计平面图		196
8.1	钢筋符号	197
8.1.1	一般钢筋的表示方法	197

8.1.2	钢筋焊接接头的表示方法	198	9.4.2	绘制框架梁	238
8.1.3	钢筋在构件中的画法	199	9.4.3	绘制框架柱	241
8.2	别墅框架柱布置图	199	9.4.4	绘制吊筋	243
8.2.1	编辑旧文件	199	9.4.5	标注尺寸	244
8.2.2	标注尺寸	201	9.4.6	标注文字	246
8.2.3	标注文字	202	9.4.7	绘制剖切符号	248
8.3	别墅柱配筋详图	203	9.5	斜屋面梁平面配筋图	250
8.3.1	绘制配筋	203	9.5.1	编辑旧文件	250
8.3.2	标注文字	205	9.5.2	绘制框架梁	251
8.4	别墅柱纵剖面图	206	9.5.3	绘制吊筋	254
8.4.1	绘制钢筋	206	9.5.4	标注尺寸	255
8.4.2	绘制柱断面	207	9.5.5	标注文字	255
8.4.3	标注尺寸	208	9.6	操作与实践	257
8.4.4	标注文字	208			
8.5	别墅柱截面型式图	209	第 10 章	板设计平面图	259
8.5.1	绘制上下柱边平型式	209	10.1	别墅二层板平面配筋图绘制实例	260
8.5.2	绘制 $C<6e$ 柱截面	210	10.1.1	编辑旧文件	260
8.5.3	绘制 $C\geq 6e$ 柱截面	211	10.1.2	绘制板	260
8.5.4	绘制 A 型柱截面	211	10.1.3	绘制配筋	263
8.5.5	绘制 F 型柱截面	212	10.1.4	标注尺寸	266
8.5.6	绘制 I 型柱截面	213	10.1.5	标注文字	267
8.6	别墅箍筋大样图	213	10.2	别墅三层板平面配筋图绘制实例	270
8.7	别墅柱表	214	10.2.1	编辑旧文件	270
8.8	操作与实践	218	10.2.2	绘制梁	271
第 9 章	梁设计平面图	219	10.2.3	绘制配筋	272
9.1	梁平法标注规则	220	10.2.4	标注尺寸	274
9.1.1	梁平法施工图的表示方法	220	10.2.5	标注文字	274
9.1.2	平面注写方式	220	10.3	绘制斜屋面板平面配筋图	278
9.1.3	梁集中标注的内容	221	10.3.1	编辑旧文件	278
9.1.4	梁原位标注的内容	222	10.3.2	绘制配筋	278
9.2	别墅二层梁平面配筋图	224	10.3.3	标注尺寸	282
9.2.1	编辑旧文件	224	10.3.4	标注文字	282
9.2.2	绘制框架梁	225	10.4	操作与实践	286
9.2.3	绘制吊筋	229			
9.2.4	标注尺寸	230	第 11 章	综合设计	287
9.2.5	标注文字	231	11.1	医院基础平面图	288
9.3	别墅三层梁平面配筋图	233	11.2	医院基础梁钢筋图	293
9.3.1	编辑旧文件	233	11.3	医院板布置平面图	298
9.3.2	标注文字	235			
9.4	标高 10.070 梁平面配筋图	237			
9.4.1	编辑旧文件	237			

第一篇

基础篇



第1章

土木工程设计概述

■ 一个建筑物的落成,首先要经过建筑设计,然后是土木工程设计,最后才是施工和验收。土木工程设计的主要任务是确定结构的受力形式、配筋构造、细部构造等。施工时要根据土木工程设计施工图进行施工。因此,绘制明确详细的施工图是十分重要的工作。我国规定了土木工程设计图的具体绘制方法及专业符号。本章将结合相关标准,对土木工程施工图的绘制方法及基本要求做简单的介绍。

1.1 土木工程设计基本知识

本节简要讲述与土木工程设计相关的基础知识，为后面学习具体的土木工程设计进行理论准备。

1.1.1 建筑结构的功能要求

根据我国《建筑结构可靠度设计统一标准》，建筑结构应该满足的功能要求可以概括为以下几个方面。

1. 安全性

建筑结构应能承受正常施工和正常使用时可能出现的各种荷载和变形，在偶然事件（如地震、爆炸等）发生时和发生后保持必需的整体稳定性，不致发生倒塌。

2. 适用性

结构在正常使用过程中应具有良好的工作性。例如，不产生影响使用的过大变形或振幅，不发生足以让使用者不安的过宽的裂缝等。

3. 耐久性

结构在正常维护条件下应具有足够的耐久性，完好使用到设计规定的年限，即设计使用年限。例如，混凝土不发生严重风化、腐蚀、脱落，钢筋不发生锈蚀等。

良好的土木工程设计应能满足上述要求，这样设计的结构是安全可靠的。

1.1.2 结构功能的极限状态

整个结构或者结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计指定的某一功能要求。这个特定状态称为该功能的极限状态，例如，构件即将开裂、倾覆、滑移、压屈、失稳等。也就是说，能完成预定的各项功能时，结构处于有效状态；反之，则处于失效状态。有效状态和失效状态的分界，称为极限状态，是结构开始失效的标志。

极限状态可以分为以下两类。

1. 承载能力极限状态

结构或构件达到最大承载能力或者达到不适于继续承载的变形状态，称为承载能力极限状态。当结构或构件由于材料强度不够而破坏，或因疲劳而破坏，或产生过大的塑性变形而不能继续承载，结构或构件丧失稳定；结构转变为机动体系时，结构或构件就超过了承载能力极限状态。超过承载能力极限状态后，结构或构件就不能满足安全性的要求。

2. 正常使用极限状态

结构或构件达到正常使用或耐久性能中某项规定限度的状态称为正常使用极限状态。例如，当结构或构件出现影响正常使用的过大变形、裂缝过宽、局部损坏和振动时，可认为结构和构件超过了正常使用极限状态。超过了正常使用极限状态，结构和构件就不能保证适用性和耐久性的功能要求。

结构和构件按承载能力极限状态进行计算后，还应该按正常使用极限状态进行验算。通常在设计时要保证构造措施满足要求，这些构造措施在后面章节的绘图过程中会详细介绍。

1.1.3 土木工程设计方法的演变

随着结构效应及计算方法的进步，土木工程设计方法也从最初的简单考虑安全系数法发展到考虑各种因素的概率设计方法。

1. 容许应力设计方法

对于在弹性阶段工作的构件，容许应力方法有一定的设计可靠性，例如钢结构。尽管材料在受荷后期表现出明显的非线性，但是在当时由于设计人员对线弹性力学更为熟悉，所以在设计具有明显非线性的钢筋混

混凝土结构时,仍然采用材料力学的方法。

2. 破损阶段设计方法

破损阶段设计方法相对于容许应力设计方法的最大贡献就是:通过大量的钢筋混凝土构件试验,建立了钢筋混凝土构件抗力的计算表达式。

3. 极限状态设计方法

相对于前两种设计方法,极限状态设计方法的创新点如下。

(1)首次提出两类极限状态:抗力设计值 $\geq$ 荷载效应设计值;裂缝最大值 $\leq$ 裂缝允许值;挠度最大值 $\leq$ 挠度允许值。

(2)提出了不同功能工程的荷载观测值的概念,在观测值的基础上提出了荷载取用值的概念:荷载取用值=大于1的系数 $\times$ 荷载观测值。

(3)提出了材料强度的实测值和取用值的概念:强度取用值=小于1的系数 $\times$ 强度实测值。

(4)提出了裂缝及挠度的计算方法和控制标准。

尽管极限状态设计方法有创新点,但是也存在某些缺点,具体如下。

(1)荷载的离散度未给出。

(2)材料强度的离散度未给出。

(3)荷载及强度系数仍为经验值。

4. 半概率半经验设计法

半概率半经验设计方法的本质是极限状态设计法,但是与极限状态设计方法相比,又有一定的改进,如下。

(1)对荷载在观测值的基础上通过统计给出标准值。

(2)对材料强度在观测的基础上通过统计分析给出材料强度标准值。

但是对于荷载及材料系数仍然是人为经验所定。

5. 近似概率设计法

近似概率设计法将随机变量 R 和 S 的分布只用统计平均值 μ 和标准值 σ 来表征,且在运算过程中对极限状态方程进行线性化处理。

但是此设计方法也存在一些缺陷,如下。

(1)根据截面抗力设计出的结构,存在着截面失效不等于构件失效,更不等于结构失效的问题,因此不能很准确地表征结构的抗力效应。

(2)未考虑不可预见的因素的影响。

6. 全概率设计方法

全概率设计方法就是全面考虑各种影响因素,并基于概率论的结构优化设计方法。

1.1.4 结构分析方法

结构分析应以结构的实际工作状况和条件为依据,并且在所有的情况下均应对结构的整体进行分析。结构中的重要部分、形状突变部位以及内力和变形有异常变化的部分(例如较大孔洞周围、节点极其附近、支座和集中荷载附近等),必要时应另做更详细的局部分析。结构分析的结果都应有相应的构造措施作保证。

所有的结构分析方法的建立都基于3类基本方程,即力学平衡方程、变形协调(几何)条件和本构(物理)关系。其中,力学平衡条件必须满足;变形协调条件对有些方法不能严格符合,但应在不同程度上予以满足;本构关系则需合理地选用。

现有的结构分析方法可以归纳为5类。各类方法的主要特点和应用范围如下。

1. 线弹性分析方法

线弹性分析方法是最基本、最成熟的结构分析方法,也是其他分析方法的基础和特例,适用于分析一切形式的结构和验算结构的两种极限状态。至今,国内外的大部分混凝土结构的设计仍基于此方法。

结构内力的线弹性分析和截面承载力的极限状态设计相结合,实用上简易可行。按此设计的结构,其承载力一般偏于安全。少数结构因混凝土开裂部分的刚度减小而发生内力重分布,可能影响其他部分的开裂和变形状况。

考虑到混凝土结构开裂后刚度减小,应对梁、柱构件分别采取不等的折减刚度值,但各构件(截面)刚度不随荷载大小的变化而变化,而结构的内力和变形仍可采用线弹性方法进行分析。

2. 考虑塑性内力重分布的分析方法

考虑塑性内力重分布的分析方法一般用来设计超静定混凝土结构,具有充分发挥结构潜力、节约材料、简化设计和方便施工等优点。

3. 塑性极限分析方法

塑性极限分析方法又称塑性分析或极限平衡法。此法在我国主要用于周边有梁或墙等有支承的双向板设计。工程设计和施工实践经验证明,按此法进行计算和构造设计简便易行,可保证安全。

4. 非线性分析方法

非线性分析方法以钢筋混凝土的实际力学性能为依据,引入相应的非线性本构关系后,可准确地分析结构受力全过程的各种荷载效应,而且可以解决一切体形和受力复杂的结构分析问题。这是一种先进的分析方法,已经在国内一些重要结构的设计中被采用,并不同程度地纳入国外的一些主要设计规范。但这种分析方法比较复杂,计算工作量大,各种非线性本构关系尚不够完善和统一,至今应用范围仍然有限,主要用于重大结构工程,例如水坝、核电站结构等的分析和地震作用下的结构分析。

5. 试验分析方法

结构或其部分的体形不规则和受力状态复杂,又无恰当的简化分析方法时,可采用试验分析方法。例如,剪力墙及其孔洞周围,框架和桁架的主要节点,构件的疲劳,平面应变状态的水坝等。

1.1.5 土木工程设计规范及设计软件

在土木工程设计过程中,为了满足结构的各种功能及安全性的要求,必须遵从土木工程设计规范,主要有以下7种。

(1)《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010

本规范是为了在混凝土结构设计中贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量。此规范适用于房屋和一般构筑物的钢筋混凝土、预应力混凝土以及素混凝土承重结构的设计,但是不适用于轻骨料混凝土及其他特种混凝土结构的设计。

(2)《建筑抗震设计规范(附条文说明)》GB 50011-2010

本规范的制定目的是贯彻执行《中华人民共和国建筑法》和《中华人民共和国防震减灾法》,并实行以预防为主方针,使建筑经抗震设防后,减轻建筑的地震破坏,避免人员伤亡,减少经济损失。

按本规范进行抗震设计的建筑,其抗震设防的目标是:当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时,一般不受损坏或不需修理可继续使用;当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时,可能损坏,经一般修理或不需修理仍可继续使用;当遭受高于本地区抗震设防烈度预估的罕遇地震影响时,不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。

(3)《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012

本规范是为了适应建筑土木工程设计需要,以符合安全适用、经济合理的要求而制订的。此规范是根据《建筑结构可靠性设计统一标准》规定的原则制定的,适用于建筑工程的土木工程设计,并且设计基准期为50年。建筑土木工程设计中涉及的作用包括直接作用(荷载)和间接作用(如地基变形、混凝土收缩、焊接变形、温度变化或地震等引起的作用)。本规范仅对有关荷载做出规定。

(4)《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010

本规程适用于10层及10层以上或房屋高度超过28m的非抗震设计和抗震设防烈度为6~9度抗震设计

的高层民用建筑结构,其适用的房屋最大高度和结构类型应符合本规程的有关规定。但是本规程不适用于建造在危险地段场地的高层建筑。

高层建筑的设防烈度必须按照国家规定的权限审批、颁发的文件(图件)确定。一般情况下,抗震设防烈度可采用中国地震烈度区划图规定的地震基本烈度;对已编制抗震设防区划的地区,可按批准的抗震设防烈度或设计地震动参数进行抗震设防,并且高层建筑土木工程设计中应注重概念设计,重视结构的选型和平、立面布置的规则性,择优选用抗震和抗风性能好且经济合理的结构体系,加强构造措施。在抗震设计中,应保证结构的整体抗震性能,使整个结构具有必要的承载能力、刚度和延性。

(5)《钢结构设计规范》GB 50017-2003

本规范适用于工业与民用房屋和一般构筑物的钢结构设计,其中,由冷弯成型钢材制作的构件及其连接应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002 的规定。

本规范的设计原则是根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068-2001 制定的。按本规范设计时,取用的荷载及其组合值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012 的规定;在地震区的建筑物和构筑物,尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范(附条文说明)》GB 50011-2010、《中国地震动参数区划图》GB 18306-2001 和《构筑物抗震设计规范》GB 50191-2012 的规定。

在钢土木工程设计文件中,应注明建筑结构的设计使用年限、钢材牌号、连接材料的型号(或钢号)和对钢材所要求的力学性能、化学成分及其他的附加保证项目。此外,还应注明所要求的焊缝形式、焊缝质量等级、端面刨平顶紧部位及对施工的要求。

(6)《木结构设计规范》GB 50005-2003

为了贯彻执行国家的技术经济政策,坚持因地制宜,就地取材的原则,本规范要求合理选用结构方案和建筑材料,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量。本规范适用于建筑工程中下列砌体的土木工程设计,特殊条件下或有特殊要求的应按专门规定进行设计。

- 砖砌体。包括烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖无筋和配筋砌体。
- 砌块砌体。包括混凝土、轻骨料混凝土砌块无筋和配筋砌体。
- 石砌体。包括各种料石和毛石砌体。

(7)《无粘结预应力混凝土结构技术规程(附条文说明)》JGJ 92-2004

本规程适用于工业与民用建筑和一般构筑物中采用的无粘结预应力混凝土结构的设计、施工及验收。采用的无粘结预应力筋指埋置在混凝土构件中或者体外束。无粘结预应力混凝土结构应根据建筑功能要求和材料供应与施工条件,合理的设计与施工方案,编制施工组织设计,做好技术交底,并由预应力专业施工队伍进行施工,严格执行质量检查与验收制度。

随着设计方法的演变,一般的设计过程都要对结构进行整体有限元分析,因此要借助计算机软件进行分析计算,国内常用的4种结构分析设计软件如下。

(1) PKPM 土木工程设计软件

此软件是一套集建筑设计、土木工程设计、设备设计及概预算、施工软件于一体的大型建筑工程综合CAD系统,并且采用独特的人机交互输入方式,使用者不必填写烦琐的数据文件。输入方式很直观,可用鼠标或键盘在屏幕勾画出整个建筑物。软件有详细的中文菜单指导用户操作,并提供了丰富的图形输入功能,可有效地帮助输入。实践证明,这种方式对设计人员来说很容易掌握,而且效率比传统方法高十几倍。

其中,结构类包含17个模块,涵盖了土木工程设计中的地基、板、梁、柱、钢结构、预应力等方面。本系统具有先进的结构分析软件包,容纳了国内流行的多种计算方法,例如平面杆系、矩形及异形楼板、高层三维壳元及薄壁杆系、梁板楼梯及异形楼梯、各类基础、砖混及底框抗震、钢结构、预应力混凝土结构分析等。全部结构计算模块均与设计规范同步更新,全面反映了新规范要求的荷载效应组合,设计表达式,抗震设计新概念要求的强柱弱梁、强剪弱弯、节点核心、罕遇地震以及考虑扭转效应的振动耦连计算方面的内容。

同时,本系统有丰富、成熟的结构施工图辅助设计功能,可完成框架、排架、连梁、结构平面、楼板配

筋、节点大样、各类基础、楼梯、剪力墙等施工图绘制,并在自动选配钢筋,按全楼或层、跨剖面归并,布置图纸版面,人机交互干预等方面独具特色。在砖混计算中可考虑构造柱共同工作,可计算各种砌块材料,底框上砖房结构 CAD 适用任意平面的一层或多层底框。可绘制钢结构平面图、梁柱及门式刚架施工详图,桁架施工图。

(2) SAP2000 结构分析软件

SAP2000 是 CSI 开发的独立的基于有限元的结构分析和设计程序。它提供了功能强大的交互式用户界面,配有多种工具可帮助用户快速且精确地创建模型,同时具有分析复杂工程所需的分析技术。

SAP2000 是面向对象的,即用单元创建模型来体现实际情况。一个与很多单元连接的梁用一个对象建立,和现实世界一样,与其他单元相连接所需要的细分由程序内部处理。分析和设计的结果对整个对象产生报告,而不是对构成对象的子单元,信息提供更容易解释并且和实际结构更协调。

(3) ANSYS 有限元分析软件

ANSYS 软件主要包括 3 个部分:前处理模块、分析计算模块和后处理模块。

前处理模块提供了一个强大的实体建模及网格划分工具,用户可以方便地构造有限元模型;分析计算模块包括结构分析(可进行线性分析、非线性分析和高度非线性分析)、流体动力学分析、电磁场分析、声场分析、压电分析以及多物理场的耦合分析,可模拟多种物理介质的相互作用,具有灵敏度分析及优化分析能力;后处理模块可将计算结果以彩色等值线、梯度、矢量、粒子流、立体切片、透明及半透明(可看到结构内部)等图形方式显示出来,也可将计算结果以图表、曲线形式显示或输出。

ANSYS 提供了 100 多种单元类型,用来模拟工程中的各种结构和材料。该软件有多种不同版本,可以运行在从个人机到大型机的多种计算机设备上,例如 PC、SGI、HP、SUN、DEC、IBM、CRAY 等。

(4) TBSA 系列程序

TBSA 系列程序是由中国建筑科学研究院高层建筑技术开发部研制而成,主要是针对国内高层建筑而开发的分析设计软件。

TBSA、TBWE 多层及高层建筑结构三维空间分析软件,分别采用空间杆-薄壁柱模型和空间杆-墙组元模型,完成构件内力分析和截面设计。

TBSA-F 建筑结构地基基础分析软件,可计算独立、桩、条形、交叉梁系、筏板(平板和梁板)、箱形基础,以及桩与各种承台组成的联合基础;按相互作用原理,结合国家规范,采用有限元法分析;考虑不同地基模式和土的塑性性质、深基坑回弹和补偿、上部结构刚度影响、刚性板和弹性板算法、变厚度板计算;输出结果完善,有表格和平面简图表达方式。

1.2 土木工程设计要点

设计一个建筑物,首先要进行建筑方案设计,然后才能进行土木工程设计。土木工程设计不仅要注意安全性,还要同时关注经济合理性,而后者恰恰是投资方看得见摸得着的。因此,土木工程设计必须经过若干方案的计算比较,其结构计算量几乎占土木工程设计总工作量的一半。

1.2.1 土木工程设计的基本过程

为了更加有效地做好建筑土木工程设计工作,进行土木工程设计时要遵循以下步骤。

(1) 在建筑方案设计阶段,结构专业应该关注并适时介入,给建筑专业设计人员提供必要的合理化建议,积极主动地改变被动接受不合理建筑方案的局面,只要土木工程设计人员摆正心态,尽心为完成更完美的建筑创作出主意、想办法,建筑师也会认同的。

(2) 建筑方案设计阶段的结构配合,应选派有丰富土木工程设计经验的设计人员参与,及时给予指点和提醒,避免不合理的建筑方案直接面对投资方。如果建筑方案新颖且可行,只是造价偏高,就需要结构专业

提前进行必要的草算,做出大概的造价分析以供建筑专业和投资方参考。

(3) 建筑方案一旦确定,结构专业应及时配备人力,对已确定建筑方案进行结构多方案比较,其中包括竖向及抗侧力体系、楼屋面结构体系以及地基基础的选型等,通过广泛讨论,选择既安全可靠又经济合理的结构方案作为实施方案,必要时应对建筑专业及投资方作全面的汇报。

(4) 结构方案确定后,作为结构工种(专业)负责人,应及时起草本工程土木工程设计统一技术条件,其中包括:工程概况、设计依据、自然条件、荷载取值及地震作用参数、结构选型、基础选型、所采用的结构分析软件及版本、计算参数取值以及特殊结构处理等,以此作为土木工程设计组共同遵守的设计条件,提升协调性和统一性。

(5) 加强设计组人员的协调和组织,每个设计人员都有其优势和劣势,作为结构工种负责人,应透彻掌握每个设计人员的素质情况,在责任与分工上要以能调动起大家的积极性和主动性为前提,充分发挥出每个设计人员的智慧和能力,集思广益。设计中的难点问题的提出与解决应经大家讨论,群策群力,共同提高。

(6) 为了在有限的设计周期内完成繁重的土木工程设计工作量,应注意合理安排时间,结构分析与制图最好同步进行,以便及时发现问题并及时解决,同时可以为其他专业返提资料提前做好准备。在结构布置作为资料提交各专业前,结构工种负责人应进行全面校审,以免给其他专业造成误解和返工。

(7) 基础设计在初步设计期间应尽量考虑完善,以满足提前出图要求。

(8) 计算与制图的校审工作应尽量提前介入,尤其对计算参数和结构布置草图等,一定经校审后再实施计算和制图工作,保证设计前提的正确才能使后续工作顺利有效地进行,同时避免带来本专业内的不必要返工。

(9) 校审系统的建立与实施也是保证设计质量的重要措施,结构计算和图纸的最终成果必须至少有 3 个不同设计人员经手,即设计人、校对人和审核人,而对每个不同层次的设计人员都应有相应的资质和水平要求。校审记录应有设计人、校审人和修改人签字并注明修改意见,校审记录随设计成果资料归档备查。

(10) 建筑土木工程设计过程中,难免存在某个单项的设计分包情况,对此应格外慎重对待。首先要求承担分包任务的设计方必须具有相应的设计资质、设计水平和资源,签单项分包协议,明确分包任务,提出问题和成果要求,明确责任分工以及设计费用和支付方法等,以免造成设计混乱,出现问题后责任不清的情况,这此问题是土木工程设计中必须避免的。

1.2.2 土木工程设计中需要注意的问题

在对结构进行整体分析后,也要对构件进行验算。验算要根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求,分别按下列规定进行计算。

(1) 承载力及稳定。所有结构构件均应进行承载力(包括失稳)计算;对混凝土结构失稳的问题不是很严重的,尤其是对钢结构构件,必须进行失稳验算,必要时应进行结构的倾覆、滑移及漂浮验算。

有抗震设防要求的结构还应进行结构构件抗震的承载力验算。

(2) 疲劳。直接承受吊车的构件应进行疲劳验算;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作疲劳验算。

(3) 变形。对使用上需要控制变形值的结构构件应进行变形验算。例如预应力游泳池,变形过大会导致荷载分布不均匀,荷载不均匀会导致超载,严重的会造成结构的破坏。

(4) 抗裂及裂缝宽度。对使用上要求不出现裂缝的构件,应进行混凝土拉应力验算;对使用上允许出现裂缝的构件,应进行裂缝宽度验算;对叠合式受弯构件,应进行纵向钢筋拉应力验算。

(5) 其他。结构及结构构件的承载力(包括失稳)计算和倾覆、滑移及漂浮验算,均采用荷载设计值;疲劳、变形、抗裂及裂缝宽度验算,均采用相应的荷载代表值;直接承受吊车的结构构件,在计算承载力及验算疲劳、抗裂时,应考虑吊车荷载的动力系数。

预制构件还应按制作、运输及安装时相应的荷载值进行施工阶段验算。预制构件吊装的验算,应将构件自重乘以动力系数,动力系数可以取 1.5,但可根据构件吊装时的受力情况适当增减。