

建筑力学与结构

王春福



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑力学与结构 / 王春福主编. -- 成都 : 电子科技大学出版社, 2013.6
高职高专精品课程规划教材
ISBN 978-7-5647-1631-8

I. ①建… II. ①王… III. ①建筑科学—力学—高等职业教育—教材②建筑结构—高等职业教育—教材 IV.
①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 106733 号

普通高等院校“校企合作”优秀教材
高职高专精品课程规划教材

建筑力学与结构

主 编 王春福
副主编 卢巧玲 胡晓玄

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑: 谢晓辉
责任编辑: 谢晓辉
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 金华市三彩印业有限公司
成品尺寸: 185mm×260mm 印张 26 字数 690 千字
版 次: 2013 年 6 月第一版
印 次: 2013 年 6 月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-1631-8
定 价: 54.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

建筑力学与结构是建筑工程技术、建筑工程管理、工程监理、工程造价等专业的专业基础课程。课程团队根据专业人才培养方案提出的“具备工程识图制图能力、具备工程计算分析能力”的要求，构建了面向工程施工和管理岗位的课程体系，打破传统力学与结构内容分割，以常见钢筋混凝土结构受力情况为主线，整合了教学内容，按照课程整合的思路，在课程团队的共同努力下，于2010年编写了《建筑力学与结构》自编教材，在浙江广厦建设职业技术学院相关专业教学中使用。随着我院教学改革不断深化及教学规范的不断更新，原教材已存在一定的瑕疵，因此，编者对原自编教材进行了修订，通过近一年的努力，调整了自编教材中章节排序，使之更加合理；删除了第四章和第六章第7节的内容，修订了第六、七、十、十五、十六章的部分内容，使教材更符合教学与工程实际。本教材具有以下特点：

1. 注重时效性。本教材将原自编教材中应用03G101图集规范编写的内容，按照最新11G101图集规范进行了修订。并按照《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)修改了教材中按《混凝土结构设计规范》(GB50010-2001)编写的内容。

2. 采用新体系。全书共分为五篇，内容编排循序渐进，突破传统的大篇幅力学理论知识主线，以常见建筑钢筋混凝土构件的受力类型为主线，采用项目导向、任务引领的教学模式，引入具体设计实例，完成常见钢筋混凝土构件的配筋设计项目，并精心安排了力学与结构知识在工程实践中常用的钢筋代换计算等项目，进一步深化力学与结构知识的应用，使抽象的力学知识变得形象生动，便于学生理解掌握。

3. 突出实用性。本教材根据专业建设的整体要求，在认识基本建筑结构的基础上，以培养结构施工图识图能力为落脚点，结合最新的混凝土结构施工图11G101图集，精心设计了结构施工图识图篇。为切合工程应用，突出力学理论与工程实际的结合，课程团队与浙江广宏建设有限公司总工室共同编写建筑力学与结构在工程中的应用篇。

本教材编写分工为：浙江广厦建设职业技术学院王春福编写第4、9、15章并统稿，卢巧玲编写第5、7、8章，胡晓玄编写第10、11、13章，叶茂林编写第2、3章，曾健欣编写第1章，义乌工商学院陈建兰编写第6、12、14章、浙江广宏建设有限公司徐道铮编写第16、17章，廖静宇、卜倩倩参与了教材的插图修改工作。王春福任主编，卢巧玲、胡晓玄任副主编。在此，对以上编写人员表示衷心的感谢！

在本教材的编写过程中，得到了编者所在单位领导、同事及兄弟院校同课程教师的指导和支持，尤其是陈建兰及课程团队在原自编教材最初的编写阶段作出较大的贡献，在此表示诚挚感谢！

由于编者水平有限，书中不免存在错漏之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2013年6月

目 录

第一篇 绪论及建筑力学基础知识

第一章 绪论	3
第一节 建筑结构的基本概念	3
第二节 建筑结构的历史和发展趋势	8
第三节 本课程的任务、内容、学习目标及学习要求	11
思考题	12
第二章 静力学基本知识	13
第一节 力的概念	13
一、力的概念	13
二、力的三要素和力的图示法	13
三、平衡和力系的概念	14
四、刚体的概念	14
第二节 静力学公理	14
一、二力平衡公理	15
二、作用力与反作用力公理	16
三、加减平衡力系公理	16
四、力的平行四边形法则	17
第三节 约束反力及主动力	18
一、约束与约束反力的概念	18
二、常见的约束反力	18
三、结构上的荷载	21
第四节 物体的受力分析及受力图	23
一、物体受力分析及受力图的概念	23
二、物体的受力图举例	24
第五节 结构计算简图	28
一、结构计算简图	28
二、平面杆系结构的分类	29
三、计算简图举例	31
第六节 平面汇交力系的合成与分解	33
一、平面汇交力系的合成	33
二、力的分解	35

第七节 力矩与力偶.....	36
一、力矩	36
二、力偶	38
第八节 平面一般力系的合成与平衡.....	39
一、力的平移定理.....	39
二、平面一般力系的合成.....	40
三、平面一般力系的平衡.....	42
四、平面力系平衡的特例.....	43
第九节 物体系统的平衡.....	48
第十节 静定与超静定问题.....	51
思考题	52
第三章 材料力学基本性质.....	53
第一节 变形固体的基本假设.....	53
一、变形固体.....	53
二、基本假设.....	53
第二节 内力、应力的概念.....	54
一、内力	54
二、应力	54
第三节 杆件变形.....	55
一、杆件	55
二、杆件变形的基本形式.....	56
第四节 强度、刚度、稳定性的概念.....	57
第五节 截面的几何性质.....	57
一、形心和面积矩.....	57
二、惯性矩	59
三、惯性矩的平行移轴公式.....	60
思考题	62

第二篇 常见钢筋混凝土结构构件

第四章 建筑结构设计基础知识.....	65
第一节 建筑结构设计方法.....	65
一、结构的功能要求.....	65
二、极限状态.....	65
三、实用设计表达式.....	67
第二节 荷载代表值及荷载效应组合.....	68
一、荷载代表值.....	68
二、荷载分项系数.....	72

三、荷载效应（内力）组合设计值 S 的计算.....	73
第三节 混凝土结构的材料性能及设计值.....	75
一、钢筋	75
二、混凝土	78
三、钢筋和混凝土之间的黏结力.....	80
思考题	81
第五章 受弯构件	82
任务——外伸梁设计.....	82
一、题目：某钢筋混凝土外伸梁设计.....	82
二、设计任务与要求.....	83
三、计算书	83
四、绘制梁的配筋图.....	88
第一节 钢筋混凝土受弯构件的构造要求.....	88
一、钢筋级别及混凝土强度等级的选择.....	88
二、混凝土保护层厚度.....	90
三、钢筋的弯钩、锚固与连接.....	91
四、梁板的截面形式及尺寸.....	95
五、梁、板的配筋.....	97
第二节 静定梁的内力计算及内力图绘制.....	102
一、指定截面的内力计算.....	103
二、剪力图和弯矩图.....	107
第三节 力学解算器软件介绍及应用——各类结构的内力图绘制.....	116
一、各类结构的荷载及内力特点.....	116
二、力学解算器软件的操作.....	117
三、力学解算器软件操作举例.....	118
四、运用力学求解器软件求解各类结构内力图显示.....	120
五、超静定结构内力图总结.....	122
第四节 矩形截面梁平面弯曲时横截面上的应力.....	122
一、弯曲正应力.....	123
二、弯曲剪应力.....	124
第五节 受弯构件正截面承载力计算.....	124
一、单筋矩形截面.....	124
二、单筋 T 形截面	134
三、双筋截面受弯构件的概念.....	140
第六节 受弯构件斜截面承载力计算.....	141
一、受弯构件斜截面受剪破坏形态.....	141
二、斜截面受剪承载力计算的基本公式.....	143
三、斜截面受剪承载力计算.....	145
四、保证斜截面受弯承载力的构造措施.....	148

思考题	153
第六章 纵向受力构件	154
第一节 纵向受力构件的内力	154
一、概述	154
二、轴心受力构件的内力	155
三、简单桁架的内力求解	157
第二节 轴向拉压杆的应力与变形计算	160
一、轴向拉（压）杆件横截面上的应力及强度条件	160
二、轴向拉（压）杆件变形计算	161
第三节 理想弹性体的压杆稳定	163
一、问题的提出	163
二、压杆平衡的稳定性	163
三、细长压杆的临界力	164
四、细长压杆临界应力的欧拉公式	166
五、欧拉公式的适用范围	166
第四节 受压构件的构造要求	168
一、材料强度	168
二、截面形式及尺寸要求	168
三、配筋构造	168
第五节 轴心受压构件承载力计算	171
一、轴心受压构件的破坏特征	171
二、普通箍筋柱的正截面承载力计算	173
三、螺旋箍筋柱简介	177
第六节 偏心受压构件的破坏特征及大小偏心区分	177
一、偏心受压构件破坏特征	177
二、大小偏心受压破坏的界限（受拉破坏与受压破坏的界限）	179
思考题	179
第七章 受扭构件	180
第一节 受扭构件内力计算	180
一、作用在受扭构件上的荷载	180
二、内力计算	181
第二节 钢筋混凝土受扭构件	182
一、受扭构件受力特点	182
二、受扭构件的配筋构造要求	186
第三节 雨篷	186
一、雨篷的组成、受力特点	186
二、雨篷板和雨篷梁的承载力能力计算	187
思考题	188

第八章 预应力混凝土构件简介	189
第一节 预应力混凝土的基本概念	189
一、预应力混凝土的基本原理	189
二、预应力混凝土的分类	191
三、预应力混凝土的特点	191
四、施加预应力的方法	192
第二节 预应力混凝土构件的材料及构造要求	194
一、预应力混凝土材料	194
二、预应力混凝土构件的一般要求	195
思考题	197
第九章 钢筋混凝土楼梯与楼（屋）盖	198
任务——板式楼梯设计	198
第一节 钢筋混凝土楼梯	203
一、钢筋混凝土楼梯的类型	203
二、现浇楼梯的计算与构造	204
三、装配式楼梯的类型与构造	214
第二节 现浇钢筋混凝土楼（屋）盖概述	215
第三节 现浇钢筋混凝土肋形楼（屋）盖	216
一、受力特点	216
二、单向板肋形楼盖	217
三、双向板的构造要求	245
第四节 装配式楼盖	247
一、预制铺板的形式及特点	247
二、楼盖梁	248
三、装配式混凝土楼盖的连接构造	248

第三篇 常见建筑结构及抗震

第十章 建筑结构抗震基本知识	253
第一节 地震基本知识	253
一、地震的基本概念	253
二、地震的破坏作用	255
三、建筑抗震设防	257
四、抗震概念设计的基本要求	258
第二节 多层及高层钢筋混凝土房屋抗震措施	261
一、震害特点	261
二、抗震设计的一般规定	261
三、框架结构抗震构造措施	263

思考题	266
第十一章 多层及高层钢筋混凝土房屋简介	267
第一节 常用结构体系	267
一、框架结构	267
二、剪力墙结构	268
三、框架-剪力墙结构	269
四、筒体体系	270
第二节 框架结构	272
一、框架结构的类型	272
二、框架结构的结构布置	272
三、框架结构的受力特点	275
四、框架结构的构造	275
五、框架结构的抗震设计要求	276
第三节 剪力墙结构	276
一、剪力墙结构的受力与裂缝特点	276
二、剪力墙结构的构造	277
三、剪力墙墙面和连梁开洞时构造要求	278
第四节 框架-剪力墙结构	278
一、框架-剪力墙结构的受力特点	278
二、框架-剪力墙结构的构造	279
思考题	279
第十二章 砌体结构	280
第一节 砌体结构的砌体材料、种类及力学性能	280
一、砌体材料	281
二、砌体结构的种类及力学性能	282
第二节 砌体结构的平面布置与墙、柱	283
一、砖混结构体系的结构布置	283
二、墙、柱的高厚比验算	285
第三节 过梁、挑梁与圈梁	290
一、过梁	290
二、挑梁	291
三、圈梁	291
第四节 砌体结构的抗震要求	293
一、一般规定	293
二、钢筋混凝土构造柱的设置	295
三、圈梁的设置	297

第十三章 钢筋混凝土结构单层厂房.....	299
一、单层厂房的类型和结构组成.....	299
二、单层厂房的支撑体系.....	301
三、主要构件的类型.....	303
四、主要构件之间的连接.....	309
五、钢结构常用图形与符号补充.....	311
思考题	312

第四篇 结构施工图

第十四章 结构施工图.....	315
第一节 概述	315
一、结构施工图的主要内容和用途.....	315
二、常用构件的表示方法.....	315
三、混凝土和钢筋混凝土.....	316
四、钢筋	317
五、钢筋混凝土结构施工图的图示特点.....	319
六、结构施工图的识读方法.....	319
第二节 结构设计说明.....	320
一、结构设计说明所表达的内容.....	320
二、结构设计说明的阅读.....	320
第三节 基础施工图.....	320
一、基础结构平面图的形成和表示方法.....	320
二、基础结构平面图的识读.....	321
第四节 楼层结构平面布置图.....	321
一、楼层结构平面图的形成和表示方法.....	321
二、楼层结构平面图的识读.....	322
第五节 楼梯结构详图.....	323
一、楼梯结构平面图的形成和表示方法.....	323
二、楼梯结构剖面图.....	324
三、楼梯配筋图.....	325
第六节 混合结构施工图识读案例.....	325
一、基础图的识读.....	325
二、结构平面布置图的识读.....	327
三、梁板结构详图的识读.....	329
思考题	332

第十五章 混凝土结构施工图平面整体表示方法	333
第一节 柱平面整体表示方法	333
一、柱平法施工图的表示方法.....	333
二、运用柱平法构造详图进行钢筋长度计算实例.....	336
三、柱的标准构造.....	339
第二节 梁平面整体表示方法	339
一、梁平法施工图的表示方法（即制图规则）.....	339
二、运用梁平法构造详图进行楼层梁钢筋长度计算实例.....	343
三、抗震屋面框架梁 WKL 纵向钢筋构造.....	348
四、钢筋混凝土梁——标准构造详图拓展.....	349
第三节 剪力墙平面整体表示方法	350
一、列表注写方式.....	350
二、截面注写方式.....	354
三、剪力墙洞口的表示方法.....	354
四、附加说明.....	356
第四节 楼面板与屋面板等其他构件详图	357
一、板的制图规则.....	357
二、板的标准构造详图.....	358
第五节 现浇板式楼梯	361
一、楼梯结构图的传统表示方法.....	361
二、楼梯结构详图的平面整体表示法.....	361
三、AT 钢筋计算分析.....	364
思考题	367

第五篇 建筑力学与结构知识在工程中的应用

第十六章 建筑力学与结构知识在施工中的应用	371
第一节 钢筋代换	371
一、代换原则.....	371
二、等强度代换方法.....	371
三、代换注意事项.....	373
四、钢筋代换实例.....	373
第二节 扣件式钢管脚手架的设计计算	375
一、脚手架概述.....	375
二、扣件式钢管脚手架的设计实例.....	376
三、梁底纵向支撑小楞的强度和刚度验算.....	378
四、梁底横向支撑钢管的强度验算.....	380
五、梁跨度纵向支撑钢管计算.....	381

六、扣件抗滑移的计算.....	383
七、不组合风荷载时，立杆的稳定性计算.....	383
八、组合风荷载时，立杆稳定性计算.....	384
九、模板支架整体侧向力计算.....	384
十、立杆的地基承载力计算.....	385
第十七章 建筑工程事故案例分析.....	392
一、建筑工程质量事故与安全事故概述.....	392
二、案例分析.....	392
思考题	395
附录	396
参考文献	400

第一篇

绪论及建筑力学基础知识

JIANZHU LIXUE YU JIEGOU



第一章 绪 论

能力目标:

1. 能区分构件与结构的区别, 树立作用的两个方面;
2. 按材料能说出几种常见的结构类型及优缺点;
3. 能说出课程的作用、地位、学习方法。

第一节 建筑结构的基本概念

建筑是供人们生产、生活和进行其他活动的房屋或场所。各类建筑都离不开梁、板、墙、柱、基础等构件, 它们相互连接形成建筑的骨架。建筑中由若干构件连接而成的能承受作用的平面或空间体系称为建筑结构, 在不致混淆时可简称结构。这里所说的“作用”, 是指能使结构或构件产生效应(内力、变形、裂缝等)的各种原因的总称。作用可分为直接作用和间接作用。直接作用即习惯上所说的荷载, 是指施加在结构上的集中力或分布力系, 如结构自重、家具及人群荷载、风荷载等。间接作用是指引起结构外加变形或约束变形的原因, 如地震、基础沉降、温度变化等。

建筑结构由水平构件、竖向构件和基础组成。水平构件包括梁、板等, 用以承受竖向荷载; 竖向构件包括柱、墙等, 其作用是支撑水平构件或承受水平荷载; 基础的作用是将建筑物承受的荷载传至地基。

建筑结构有多种分类方法, 现分别按材料和接受力来分类并作介绍。

1. 按材料分类

根据所用材料的不同, 建筑结构可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构和混合结构。

(1) 混凝土结构 混凝土结构是钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和素混凝土结构的总称。素混凝土结构是指由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构, 在建筑工程中一般只用作基础垫层或室外地坪。

钢筋混凝土结构是指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。在混凝土内配置受力钢筋, 能明显提高结构或构件的承载能力和变形性能。图 1.1.1 所示素混凝土梁和钢筋混凝土梁, 截面尺寸、跨度及荷载相同, 混凝土强度等级均为 C20。试验结果表明, 当 $F = 8\text{kN}$ 时素混凝土梁即发生断裂破坏, 并且破坏是突然发生的, 无明显预兆。

而钢筋混凝土梁破坏前的变形和裂缝都发展得很充分, 呈现出明显的破坏预兆, 且破坏荷载提高到 36kN 。

由于混凝土的抗拉强度和抗拉极限应变很小, 通常地说, 混凝土的抗拉能力较差这使得钢筋混凝土结构在正常使用荷载下一般是带裂缝工作的。这是钢筋混凝土结构最主要的缺点——即抗裂度较差。为了克服这一缺点, 可在结构承受荷载之前, 在使用荷载作用下可能开裂的部位, 预先人为地施加压应力, 以抵消或减少外荷载产生的拉应力, 从而达到使构件在

正常的使用荷载下不开裂，或者延迟开裂、减小裂缝宽度的目的，这种结构称为预应力混凝土结构。

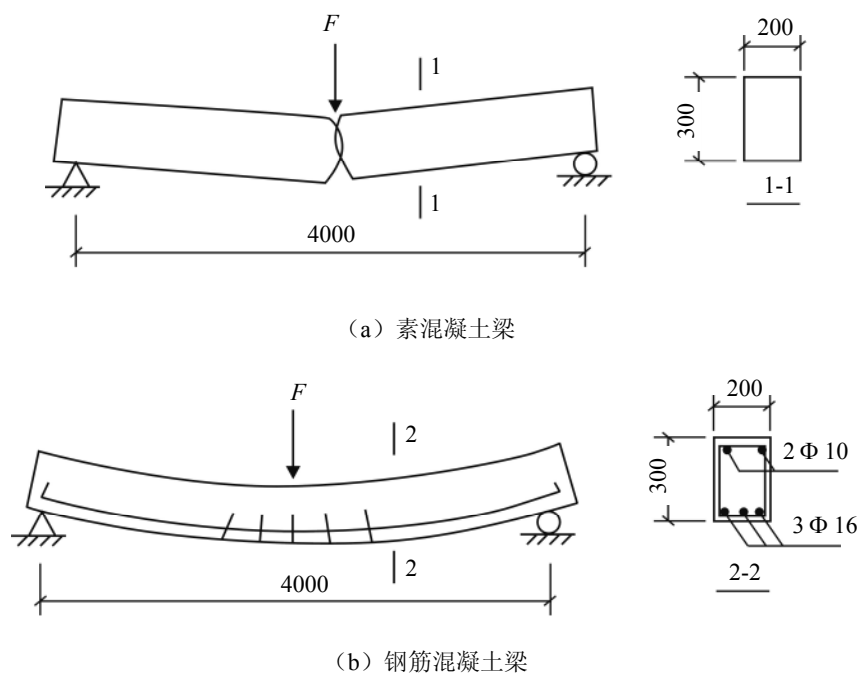


图 1.1.1 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的破坏情况比较

钢筋混凝土结构是混凝土结构中应用最多的一种，也是应用最广泛的建筑结构形式之一。它不但被广泛应用于多层与高层住宅、宾馆、写字楼以及单层与多层工业厂房等工业与民用建筑中，而且水塔、烟囱、核反应堆等特种结构也多采用钢筋混凝土结构。钢筋混凝土结构之所以应用如此广泛，主要是因为它具有如下优点：

- ① 就地取材。钢筋混凝土的主要材料是砂、石，水泥和钢筋所占比例较小。砂和石一般都可由建筑工地附近提供，水泥和钢材的产地在我国分布也较广。
- ② 耐久性好。钢筋混凝土结构中，钢筋被混凝土紧紧包裹而不致锈蚀，即使在侵蚀性介质条件下，也可采用特殊工艺制成耐腐蚀的混凝土，从而保证了结构的耐久性。
- ③ 整体性好。钢筋混凝土结构特别是现浇结构有很好的整体性，这对于地震区的建筑物有重要意义，另外对抵抗暴风及爆炸和冲击荷载也有较强的能力。
- ④ 可模性好。新拌和的混凝土是可塑的，可根据工程需要制成各种形状的构件，这给合理选择结构形式及构件断面提供了方便。
- ⑤ 耐火性好。混凝土是不良传热体，钢筋又有足够的保护层，火灾发生时钢筋不致很快达到软化温度而造成结构瞬间破坏。

钢筋混凝土也有一些缺点，主要是自重较大，抗裂性能差，现浇结构模板用量大、工期长等等。但随着科学技术的不断发展，这些缺点可以逐渐克服。例如采用轻质、高强的混凝土，可克服自重大的缺点；采用预应力混凝土，可克服容易开裂的缺点；掺入纤维做成纤维混凝土可克服混凝土的脆性；采用预制构件，可减小模板用量，缩短工期。

应当注意的是，钢筋和混凝土是两种物理力学性质不同的材料，在钢筋混凝土结构中之所以能够共同工作，是因为：

① 钢筋表面与混凝土之间存在黏结作用。这种黏结作用由三部分组成：一是混凝土结硬时体积收缩，将钢筋紧紧握住而产生的摩擦力；二是由于钢筋表面凹凸不平而产生的机械咬合力；三是混凝土与钢筋接触表面间的胶结力。其中机械咬合力约占 50%；

② 钢筋和混凝土的温度线膨胀系数几乎相同（钢筋为 1.2×10^{-5} ，混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ ），在温度变化时，二者的变形基本相等，不致破坏钢筋混凝土结构的整体性；

③ 钢筋被混凝土包裹着，从而使钢筋不会因大气的侵蚀而生锈变质。

上述三个原因中，钢筋表面与混凝土之间存在黏结作用是最主要的原因。因此，钢筋混凝土构件配筋的基本要求，就是要保证二者共同受力，共同变形。

（2）砌体结构

由块体（砖、石材、砌块）和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构称为砌体结构，它是砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构的统称。

砌体结构主要有以下优点：

① 取材方便，造价低廉。砌体结构所需用的原材料如黏土、砂、天然石材等几乎到处都有，因而比钢筋混凝土结构更为经济，并能节约水泥、钢材和木材。砌块砌体还可节约土地，使建筑向绿色建筑、环保建筑方向发展。

② 具有良好的耐火性及耐久性。一般情况下，砌体能耐受 400°C 的高温。砌体耐腐蚀性能良好，完全能满足预期的耐久年限要求。

③ 具有良好的保温、隔热、隔音性能，节能效果好。

④ 施工简单，技术容易掌握和普及，也不需要特殊的设备。

砌体结构的主要缺点是自重较大，强度低，整体性差，砌筑劳动强度大。

砌体结构在多层建筑中应用非常广泛，特别是在欠发达地区多层民用建筑中，砌体结构占绝大多数。目前高层砌体结构也开始应用，最大建筑高度已达 10 余层。

（3）钢结构

钢结构系指以钢材为主制作的结构。

钢结构具有以下主要优点：

① 材料强度高，自重轻，塑性和韧性好，材质均匀；

② 便于工厂生产和机械化施工，便于拆卸，施工工期短；

③ 具有优越的抗震性能；

④ 无污染、可再生、节能、安全，符合建筑可持续发展的原则，可以说钢结构的发展是 21 世纪建筑文明的体现。

钢结构易腐蚀，需经常油漆维护，故维护费用较高。钢结构的耐火性差。当温度达到 250°C 时，钢结构的材质将会发生较大变化；当温度达到 500°C 时，结构会瞬间崩溃，完全丧失承载能力。

钢结构的应用正日益增多，尤其是在高层建筑及大跨度结构（如屋架、网架、悬索等结构）中，如 2008 年北京奥运会国家体育馆——鸟巢（如图 1.1.2）即为钢结构建筑。

（4）木结构

木结构是指全部或大部分用木材制作的结构。这种结构易于就地取材，制作简单，但易燃、易腐蚀、变形大，并且木材使用受到国家严格限制，因此已很少采用。

（5）混合结构

由两种及两种以上材料作为主要承重结构的房屋称为混合结构。