



高等学校规划教材

GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

建筑结构基本原理

(第三版)

宋 东 贾建东 编著
宋占海 主审



中国建筑工业出版社

高等学校规划教材

建筑结构基本原理

(第三版)

宋 东 贾建东 编著
宋占海 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构基本原理/宋东, 贾建东编著. —3 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 9
高等学校规划教材
ISBN 978-7-112-17173-6

I. ①建… II. ①宋…②贾… III. ①建筑结构-高等学校-教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 189274 号

本教材分上、下两册。本册为上册《建筑结构基本原理》，主要讲述基本理论和基本构件；下册《建筑结构设计》，主要讲述砖混房屋、平面楼盖、单层厂房、多层与高层建筑、中跨与大跨建筑的结构设计原理和结构选型。上下两册配套使用。

上册共分 8 章，内容有：绪论，建筑结构材料，建筑结构的基本计算原则，钢结构基本构件，钢筋混凝土基本构件，预应力混凝土，无筋砌体的基本构件和地基，并附有典型设计例题、计算题与思考题。

本教材系专门为高等学校建筑类各专业（含建筑学、城市规划、室内设计、建筑装饰、景观园林、建筑艺术等）编写的建筑结构课程教材，也可作为土木工程专业大专学科，以及相关专业的（环境工程、工程管理、物业管理、工程造价等）的教学用书和有关建筑工程设计与施工技术人员参考书。

责任编辑：陈 桦 王 惠

责任设计：张 虹

责任校对：姜小莲 赵 颖

高等学校规划教材

建筑结构基本原理

(第三版)

宋 东 贾建东 编著

宋占海 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市书林印刷有限公司印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：21 字数：524 千字

2014 年 11 月第三版 2014 年 11 月第二十二次印刷

定价：39.00 元

ISBN 978-7-112-17173-6

(25942)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

(邮政编码 100037)

修订版前言

本书是经高等院校土木工程专业指导委员会评审，建设部审定的高等学校建筑类各专业使用的建筑结构课程教材，也是全国高等学校规划教材。

本教材（第一版和第二版）自 1994 年出版以来，由于开创了具有建筑类（含建筑学、城市规划、室内设计、建筑装饰、景观园林、艺术设计等）专业特点的、系统的、完整的教学体系，教材内容密切联系建筑工程实际，以及全书在表述上，尽量做到基本理论深入浅出、设计方法清晰明确、语言表达通俗易懂，而深受读者欢迎，

第三版的建筑结构教材，仍然按照原教材的教学体系，全书内容分为，上下两册，上册《建筑结构基本原理》主要讲述，结构材料、结构设计原则、基本构件与地基的基本原理和设计方法；下册《建筑结构设计》主要讲述，砖混房屋、平面楼盖、单层厂房、多层与高层建筑、中跨与大跨建筑，及其基础的结构选型和一般结构设计方法，两书配套使用。

第三版主要考虑了以下几个方面：

（1）密切联系我国建筑结构工程的科学发展实际，重点阐述已纳入新规范领域的科学研究成果，努力提高教材的科学技术水平。

（2）严格按照新版的国家标准规范，对两书重新编写。本教材是在相关规范全面修订后改版的。而每部新版规范均在原规范的基础上，作了很多更新和充实。本教材不仅全面吸收了这些内容，而且按照自身的教学体系，分别引入并予以必要的说明。

（3）通过近 40 年的教学、设计与施工实践，以及吸收广大读者的有益建议，对原教材作了进一步修改、充实和加工，力求使新版教材，更趋完善、成熟。

（4）考虑到近些年来，专业知识面要求日益广泛，课程的课时偏紧，故对教材作了适当精简。如考虑到木结构在目前实际建筑结构中应用不多，新版教材对有关木结构内容，则未予陈述。

鉴于本教材适用的专业较多，计划学时不一，使用时宜针对各自专业的需要和学时的多少，酌情取舍，务求学以致用。

全书由原编著者陕西省建工集团总公司宋东（第 1 章、第 3 章、第 5 章、第 6 章、第 8 章）、西安交通大学贾建东（第 2 章、第 4 章、第 7 章）、共同编写。全书由西安建筑科技大学宋占海主审。由于水平有限，书中可能存在一些缺点和问题，敬请批评指正。

编 者

2014 年 2 月

第一版前言

长期以来,建筑学专业的建筑结构课程,一直沿用工业与民用建筑专业的四大结构教学体系,教材合并,分别讲授。地基及基础则摘取统编教材的部分内容,单独设课;结构选型、多层与高层建筑结构、建筑抗震设计等作为选修课,时有时无。这种教学方式,暴露出不少缺点和弊病。

编者通过多年来的教学改革与教学实践,将钢结构、木结构、钢筋混凝土结构、砌体结构,地基及基础、多层与高层建筑结构、结构型式选择以及建筑抗震设计等多门学科,有机地编写成《建筑结构基本原理》和《建筑结构设计》两册教材,从而形成一整套结合建筑学专业特点的、系统的、完整的教学体系。

《建筑结构基本原理》一书,主要内容包括建筑结构的特点及应用;建筑结构的组成;建筑结构所用材料及地基土的物理力学性能;建筑结构的基本计算原则;四种结构基本构件与建筑地基的设计原理和设计方法,并附有计算例题和习题。其基本目的在于,使学生学习后能掌握一般建筑结构的基本原理和主要基本构件的设计方法,为创作结构合理、造型独特的建筑设计,并为从事一般性房屋的结构设计,奠定必要的理论基础。

《建筑结构设计》一书,主要内容包括建筑结构设计的一般知识;砖混结构房屋、单层厂房、多层与高层建筑、中跨与大跨建筑结构方案的确定;刚性方案砖混结构房屋、钢筋混凝土平面楼盖、单层厂房、框架结构房屋(高度小于40m)的结构设计方法及其建筑结构抗震构造措施;并介绍一些较为成功的国内外建筑工程实例,以及结构设计实例和习题。其基本目的在于,使学生学习后能在建筑设计增强建筑中结构的合理性与可行性,以求得建筑艺术与建筑技术的完美结合;同时,加深了解一般性的房屋结构设计方法,拓宽结构专业的知识面,充分发挥建筑师的创造能力。

《建筑结构基本原理》和《建筑结构设计》两书,虽系为建筑学专业本科的建筑结构课编写的教材,但亦可作为建筑工程相关专业(如城乡建设、城市规划等)的本科、专科和成人高校的教学参考书,还可作为建筑工程技术人员和自学者的参考书。

这套教材的主要特点有:

1. 将多门学科有机地结合起来,务求形成适合于建筑学专业应用的、完整的教学体系。

2. 除重点阐述建筑结构基本原理外,始终着眼于如何更好地结合建筑设计和一般房屋结构设计,重在实际应用。

3. 尽量采用易于接受的表达方式,力求作到论据充分可靠,原理和设计方法简单明确,语言通俗易懂,便于自学和理解。

4. 教材全部按我国近期正式批准施行的新规范编写, 努力反映我国现阶段在结构方面的新成果。

这套教材, 涉及的范围较广, 内容较多, 教学中可针对各自的需要和学时的多少, 酌情取舍。

本教材是在我校暨建筑系领导的支持下编写的。两书曾先后于 1988 年和 1991 年由我校铅印出版, 并连续在我校和其他一些院校作为建筑结构教材使用。在编写和使用过程中得到我校陈绍蕃教授、永毓栋教授、童岳生教授、王崇昌教授、王杰贤教授的审阅与指导。浙江大学、江西工业大学、湖南大学、西安交通大学、西北建筑工程学院、郑州工学院、包头钢铁学院等学校的同志们在使用后给予很大鼓励并提出一些改进意见。嗣后又经全国高等学校建筑工程学科专业指导委员会延请同行专家审阅, 提出许多宝贵意见。特别是两书主审人——同济大学张誉教授为提高教材质量作了大量的辛苦的主审工作; 两书在中国建筑工业出版社长期编审工作中多次提出富有建设性的意见。所有这些, 都对两书的出版给予很大的帮助, 这里一并致以衷心的感谢!

两书由全国高等学校建筑工程学科专业指导委员会评定, 并经建设部教育司审批, 作为高等学校建筑学专业建筑结构教学参考书。

虽然在这次出版前又作了两次慎重的修改, 但由于个人的水平和精力所限, 书中还可能存在一些缺点和问题, 希望读者发现后能够告知, 以便今后改进。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 建筑结构与建筑的关系	1
1.2 建筑结构课程的任务和学习方法	2
1.3 建筑结构的特点与应用	3
1.4 建筑结构类型、结构组成及受力特点	8
1.5 建筑结构基本构件	20
1.6 地基与基础	21
第 2 章 建筑结构材料的物理力学性能	24
2.1 钢材	24
2.2 混凝土	34
2.3 砌体	43
第 3 章 建筑结构的基本计算原则	50
3.1 结构的功能要求与极限状态	50
3.2 极限状态设计的基本原理	52
3.3 极限状态设计表达式	59
第 4 章 钢结构基本构件	67
4.1 轴心受力构件	67
4.2 受弯构件	80
4.3 拉弯和压弯构件	95
4.4 钢结构的连接构造与设计	103
第 5 章 钢筋混凝土基本构件	124
5.1 受弯构件正截面受弯承载力计算	124
5.2 受弯构件斜截面受剪承载力计算	156
5.3 受弯构件保证斜截面受弯承载力的构造措施	168
5.4 受弯构件的裂缝宽度与变形验算	175
5.5 受压构件	185
5.6 受拉构件	210
5.7 受扭构件	215
第 6 章 预应力混凝土构件的基本原理	225
6.1 预应力混凝土构件的一般概念	225
6.2 预应力混凝土构件的基本计算原理	227
第 7 章 无筋砌体基本构件	238
7.1 受压构件的承载力计算	238

录 目

7.2 墙、柱高厚比验算	247
7.3 砌体局部受压承载力计算	252
7.4 轴心受拉、受弯、受剪构件的承载力计算	261
第8章 地基	263
8.1 土的物理性质指标与地基岩土的分类	263
8.2 地基设计的基本规定	275
8.3 地基承载力计算	278
8.4 地基变形计算	282
8.5 地基稳定性计算	293
思考题与计算题	297
附录	310
附录一: 材料强度指标与弹性模量	310
附录二: 型钢规格表	316
附录三: 钢结构轴心受压构件稳定系数	325
附录四: 钢筋截面面积表	327
参考文献	329

第1章 绪论

1.1 建筑结构与建筑的关系

一个良好的建筑，不论大小，除应满足必要的建筑功能要求和追求良好的建筑艺术效果外，必须做到结构坚固耐久、施工先进可行，还应以最少的代价获得最大的经济效益。

建筑结构设计若不遵从最简捷最有效的结构形式，以及细节上不考虑建筑材料的特点，想要得到良好的艺术效果也会困难重重。建筑艺术与其他艺术的区别之一就在于建筑艺术在很大程度上是由与设计者的个性无关的客观法则所决定的。近代著名建筑工程大师 P. L. 奈尔维 (Pier Luigi Nervi) 从多年的实践与研究得出结论认为：“一个技术上完善的作品，有可能在艺术上效果甚差，但是，无论是古代还是现代，却没有一个从美学观点上公认的杰作而在技术上却不是一个优秀的作品的。”实践也证明：一个好的建筑结构，不一定是好的建筑；而一个好的建筑，必定是好的建筑结构。看来，良好的建筑结构对于良好的建筑来说，虽不是充分的，但却是一个必要的条件。

建筑设计是按照建筑功能要求，运用力学原理、材料性能、结构造型、设备配置、施工方法、建筑经济等专业知识，并与人文理念、艺术感观相融合，经过不断加工、精心雕琢的创作过程。这种过程，奈尔维称其为建筑技术与建筑艺术的统一，其核心即为建筑结构与建筑艺术的统一。诚然，在此过程中，建筑师应是协调各专业共同建成现代化建筑的统领。学习建筑结构，除为设计合理的房屋结构所必需外，也是了解其他与建筑有关专业需要具备的基础，因为建筑结构学科本身是力学原理在建筑设计中的具体应用。作为一个建筑师，不懂或缺乏建筑结构知识，就很难做出受力合理、性能可靠、具有创造性的建筑设计。所以，建筑结构知识应该是建筑师必须具备的知识之一。

作为一名建筑师，懂得建筑结构知识，还可以从材料性能和结构的造型能力中得到启迪与构思，创造出新型的、壮观的建筑。从古至今，这类成功的例证不胜枚举。我国唐代长安大雁塔用砖砌筑的近乎方筒的结构体系，可以说是建筑艺术与建筑结构的巧妙结合，也说明结构的造型能力在建筑设计中的重要作用。又如奈尔维设计的意大利佛罗伦萨体育场大看台，巧妙地利用压杆和拉杆的联合体系与悬伸结构相平衡，从而做到建筑技术（力学、结构、施工、经济）与建筑艺术的协调统一。相反，如果不具备建筑结构知识，就不可能以建筑结构为主体通过造型艺术进行创作，而只能把精力注重在外表的装饰，无休止地增加造价，或者只停留在图面的“理想方案”上。

综观我国已全面进入小康社会的总趋势,要求我国未来的建筑师,在努力掌握一般建筑结构设计原理的基础上,学会一般建筑的结构设计方法,不断提高具有独特建筑风格的别墅型住宅、高层建筑和大跨建筑的结构造型能力,已提到设计日程中来。

1.2 建筑结构课程的任务和学习方法

学习建筑结构课程的任务,就是使建筑类专业学生在掌握一般建筑结构基本原理的基础上,具备进行一般建筑的结构设计能力,以及具备对于功能复杂、技术先进的大型建筑的结构造型能力。

建筑结构课程涉及多门学科,理论性和实践性都很强,在学习中,建议应注意以下几个问题。

1) 要突出重点,主次分明,详略得当

由于本门课程涉及的范围较广,内容较多,在学习中如果不抓住重点,必然会造成杂乱无章,主次不分的恶果。本门课程学习内容的重点只有两个:第一是基本构件,第二是结构造型。对于基本构件,只有真正熟悉基本构件的受力状态和受力性能,才能理解计算方法与相应采取的构造措施,在具体设计中才能灵活运用。在基本构件中,钢结构的轴心受力构件、混凝土结构的受弯构件和砌体结构的受压构件,又是重点的重点。只要把这几个基本构件学深学透、学懂会用,其余基本构件以至整个结构体系就容易接受,所用学时也会相应减少。对于结构造型,只有在已学过建筑力学与建筑结构基本原理的基础上,加强对房屋整体结构和结构体系的受力分析和结构布置方案的学习,才能在未来的建筑设计中得到充分应用。对于非重点内容,例如结构设计方法,在教材中应力求详尽、程序齐全并结合工程实际;学习时则可根据实际需要进行取舍,且应以自学、运用为主。

2) 在学习中应防止面面俱到和大删大减

本课程已建立的建筑类专业适用的、统一的、完整的建筑结构教学体系,绝不是将几门学科“拼盘”式地合成一门课程。所以,不能过分强调以往每门课程的系统性与完整性,要集中学习各种结构的共性,避免重复。另一方面,也要防止大删大减,否则势必造成基础理论的削弱和总体结构知识的短缺,这对学生独立分析和解决实际工程问题能力的培养十分不利。

3) 学习要紧密联系实际,力求通过设计实践加以应用

建筑结构课的本身是一门解决实际建筑工程问题的专业技术课,只有联系实际才能学懂会用。联系实际的途径可以有三条:一是在学习中联系实际。例如,一个具有大学(或中等)文化基础和具备一定生活实践经验的本科生(或专科生),可以面对用水泥、砂、石、水和钢筋浇筑在一起的钢筋混凝土大梁,思考它正处在怎样的受力状态,此时截面内的混凝土和钢筋的应力如何分布,进而思考和学习当大梁达到破坏阶段将会发生怎样的变化(宏观的和微观的),在此基础上再来学习试验结果与设计方法(如何确定截面尺寸,如何计算配筋,如何满

足构造要求等)。这样,使学生有如“身临其境”,可提高学习兴趣,并对混凝土受弯构件有较深入的理解。二是要联系建筑设计实际,即逐步对正在进行的设计方案或已经完成的建筑设计,从结构、施工与经济等方面予以评价,把建筑技术的优劣作为建筑设计的评定标准之一。这既是实际设计之必需,反过来,对建筑结构的学习也是个促进。三是结合工程实际。学生可以利用课余时间(例如假期)承接较简单的实际工程设计任务,在教师或工程师指导下同时完成建筑设计和结构设计,这对毕业后参加实际工作会有很大好处。

4) 必须掌握基本构件的计算原理和计算方法,培养亲自动手独立计算的能力

运用基本原理和计算方法,对基本构件的典型计算题切实地、逐步地、完整地进行计算和设计,是学习建筑结构的重要教学环节之一,这也是必经的实践过程。对此必须从严要求,亲自动手,独立完成。

5) 要结合本专业特点,不断增强学习建筑结构的信心

建筑类专业学生,由于数学、力学学时较少,在学习建筑结构课之前,往往产生“数学、力学难学、结构更难学”的恐惧感。其实,本门课固然以数学、力学为基础,但并未涉及数学、力学的高深领域。只要充分利用丰富的形象思维这一有利条件,从事物的客观规律中寻求基本原理和计算方法的实质,变“高难”为浅易,再结合实际构件或结构,学一点,掌握一点,便可不断增强学习建筑结构的信心。这样,不仅在建筑设计中可以做出良好的结构方案,就是学会一般结构设计也是完全可能的。

1.3 建筑结构的特点与应用

1.3.1 钢结构

1) 钢结构的发展概况

早在公元前 200 多年的秦始皇时代,我国已经用铸铁建造桥墩。公元 200 年前的汉朝,已经开始建造铁链悬索桥。据记载,公元 50~70 年建造的兰津铁链悬索桥是世界上各国公认的最古老的铁桥(它比美洲 1801 年建造的第一座 23m 长的铁索桥早一千七百多年)。建于 1705 年的泸定大渡河桥,全桥共有 13 根铁链,桥面用条石砌成,大桥净长 100m,宽 2.8m,铁链两端系在直径 200mm,长 4m 铁铸的锚桩上。

钢结构大量用于房屋建筑,是在 19 世纪末,20 世纪初。由于炼钢和轧钢技术的改进,铆钉和焊接连接的相继出现,特别是近些年来高强度螺栓的应用,使钢结构的适用范围产生巨大的突破,并以其日益创新的建筑功能与建筑造型,为现代化建筑结构开创了更加宏伟的前景。

2) 钢结构的特点

钢结构和其他结构相比,有如下一些特点:

(1) 材料强度高,塑性与韧性好。钢材和其他建筑材料相比,强度要高得多,而且塑性、韧性也好。强度高,可以减小构件截面,减轻结构自重(当屋架

的跨度和承受荷载相同时,钢屋架的重量最多不过是钢筋混凝土屋架的 $1/3 \sim 1/4$),也有利于运输吊装和抗震;塑性好,结构在一般条件下不会因超载而突然断裂;韧性好,结构则对动荷载的适应性强。

(2) 材质均匀,各向同性。钢材的内部组织比较接近于匀质和各向同性体,当应力小于比例极限时,几乎是完全弹性的,和力学计算的假定比较符合。这为计算准确和保证质量提供了可靠的条件。

(3) 钢结构的可焊性好,制造简便,并能用机械操作,精确度较高。构件常在金属结构厂制作,在工地拼装,可以缩短工期。

(4) 钢材耐腐蚀性差,必须对钢结构注意防护。这使维护费用比混凝土结构高。不过在没有侵蚀性介质的一般厂房中,构件经过彻底除锈并涂上合格的油漆,锈蚀问题并不严重。

(5) 钢材耐热但不耐火。钢材长期经受 100°C 辐射热时,强度没有多大变化,因此具有一定的耐热性能;但温度达 150°C 以上时,就必须用隔热层加以保护;当温度超过 $500 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 时,钢材就会变软,从而丧失承载能力。钢材不耐火,重要的结构必须注意采取防火措施。

3) 钢结构的应用

钢结构的合理应用范围不仅取决于钢结构本身的特性,还受到国民经济具体发展情况的制约。当前钢结构的适用范围,就民用和工业建筑来说,大致如下:

(1) 大跨度结构

结构跨度越大,自重在全荷载中所占比重也就越大,减轻自重可以获得明显的经济效益。钢结构强度高而重量轻的优点对于大跨度结构来说特别突出,所以,常用于飞机库、体育馆、大型展览馆、会堂等。例如陕西秦始皇兵马俑陈列馆的三铰拱架总跨度为 72m ,有的体育馆跨度已达 110m ,飞机装配车间跨度一般在 60m 以上。

(2) 重型厂房结构

钢铁联合企业和重型机械制造业有许多车间属于重型厂房。所谓“重”,主要指吊车吨位较大(常在 100t 以上)和使用频繁(如每天 24h 运行)。

(3) 受动态荷载影响的结构

由于钢材具有良好的韧性,设有较大锻锤与产生动力作用的其他设备的厂房或铁轨、桥梁等,即使跨度不很大,也往往采用钢结构。对于抗震性能要求高的结构,也适宜采用钢结构。

(4) 可拆卸的结构

钢结构不仅重量轻,还可以用螺栓或其他便于拆装的手段来连接。需要搬迁的结构,如建筑工地生产和生活用房的骨架,临时性展览馆等,最适宜采用钢结构。混凝土结构施工用的模板支架,现在也趋向于用工具式的钢桁架。

(5) 高耸结构和高层建筑

高耸结构包括塔架和桅杆结构,如高压输电线的塔架、广播和电视发射用的塔架和桅杆等。广州和上海的电视塔高度分别为 200m 和 205m 。1977年建成的北京环境气象塔,塔高 325m ,是五层拉线的桅杆结构。超高层建筑的结构骨架,

也是钢结构应用范围的一个重要方面。

(6) 轻型钢结构

钢结构重量轻不仅对大跨度结构有利,对使用荷载不大的小跨结构也有优越性。因为当使用荷载特别轻时,小跨结构的自重也成为一个重要因素。冷弯薄壁型钢屋架在一定条件下的用钢量可以不超过钢筋混凝土屋架的用钢量。

(7) 容器和其他构筑物

在冶金、石油、化工企业中,大量采用钢板做成容器结构,有如油罐、煤气罐、高炉、热风炉等。此外,经常使用的还有皮带通廊栈桥、管道支架、钻井和采油塔架,以及海上采油平台等其他钢构筑物。

1.3.2 钢筋混凝土结构

1) 钢筋混凝土的一般概念及其发展概况

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土这两种性质截然不同的材料所组成。混凝土的抗压强度较高,而抗拉强度很低,尤其不宜直接用来受拉和受弯;钢筋的抗拉和抗压强度都很高,但单独用来受压时容易失稳,且钢材易锈蚀。二者结合在一起工作,混凝土主要承受压力,钢筋主要承受拉力,这样就可以有效地利用各自材料性能的长处,更合理地满足工程结构的要求。在钢筋混凝土结构中,有时也用钢筋来帮助混凝土承受压力,这在一定程度上可以起到提高构件的承载能力、适当减小截面、增强延性以及减少变形等作用。

钢筋和混凝土之所以能够共同工作,是由于混凝土硬结后与钢筋之间形成很强的粘结力,在外荷载作用下,能够保证共同变形,不产生或很少产生相对滑移。这种粘结力又由于钢筋和混凝土的热线膨胀系数十分接近(钢筋的线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$;混凝土的线膨胀系数为 $1 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$),而不会遭到破坏。

此外,混凝土作为钢筋的保护层,可使钢筋在长期使用过程中不致锈蚀。

钢筋混凝土结构是十九世纪后期出现的。作为后起的钢筋混凝土结构,由于它具有良好的工作性能,特别是其中大部分材料可以就地取材,不仅直接造价低,保养维修费用也较少。随着预应力混凝土的运用,较成功地解决了混凝土抗裂性能差的缺点,从而在二十世纪,钢筋混凝土结构迅速地在各个领域中得到广泛应用。近些年来,采用型钢和混凝土浇筑而成的型钢混凝土结构,不仅在国外已有较多应用,在我国也已逐渐取用。它吸收了钢结构和混凝土结构的长处,还可以利用型钢骨架承受施工荷载。在用于超高层建筑结构中,既省钢、省模板,又具有相当大的侧移刚度和延性。

2) 混凝土结构的特点

(1) 混凝土结构除了能够合理地利用钢筋和混凝土两种材料的性能外,还有以下的优点:

(A) 耐久性好。混凝土本身的特性之一是其强度不随时间增长而降低,且略有提高,钢筋因得到混凝土的保护而不降低承载力,所以混凝土结构的耐久性很好。

(B) 耐火性好。混凝土本身的耐高温性能好,且可保护钢筋不至在高温下

发生软化,所以耐火性优于钢、木结构。

(C) 整体性好。混凝土构件多由整体浇筑而成,特别是整体式混凝土结构,节点的连接强度也较高,这对提高整个结构的刚度和稳定性十分有利。

(D) 可模性好。可以根据设计要求,制成所需的模板,浇筑成任意形状的结构形式。

(E) 就地取材。这里主要是指混凝土中的粗、细骨料,产地比较普遍,可以降低结构的造价。

(F) 节约钢材。在很大程度上可以用混凝土结构代替钢结构,从而达到节约钢材的目的。

(2) 混凝土结构和其他结构相比有如下的缺点,可以采取相应的措施加以改进:

(A) 自重。一般混凝土自重为 $22\text{kN/m}^3 \sim 24\text{kN/m}^3$,重混凝土达 25kN/m^3 以上,钢筋混凝土为 25kN/m^3 。这对抗震不利,也使混凝土在大跨度结构和高层结构中的应用受到限制。为减轻自重,材料本身应向轻质高强方向发展。目前,国际上已开始采用 C80~C100 强度等级的混凝土,最高已达 C150。轻混凝土自重可降低到 14kN/m^3 以下。

(B) 抗裂性能差。往往由于裂缝宽度的限制妨碍高强钢筋的应用。为增强混凝土的抗裂性能常采用预应力混凝土结构。即在构件使用之前,通过预先张拉钢筋,靠钢筋回弹使受拉区混凝土预先受到压应力。到使用阶段,在外荷载作用下,受拉区混凝土产生的拉应力若小于预压应力,或最终的拉应力很小,就能达到不开裂或开裂很小的目的。

(C) 费工费模板。为此应多采用装配式预制构件和采用可以多次重复使用的钢模板来代替木模板,以及采用滑模、顶升等新的施工工艺或机械化施工方法。

(D) 隔声隔热性能差。可以在构件内部填充保温隔热或隔声材料加以解决。

3) 混凝土结构的应用,
混凝土结构在基本建设中的应用极为广泛。

在一般性民用建筑中,利用砖墙承重,预制或现浇混凝土梁板作楼盖和屋盖的砖混结构房屋,已经得到普遍应用。

在工业厂房中,大量采用混凝土结构,而且,在很大程度上可以利用钢筋混凝土结构代替钢柱、钢屋架和钢吊车梁。

在多层与高层建筑中,多采用钢筋混凝土框架结构、框架—剪力墙结构、剪力墙结构和筒体结构,在高 200m 以内的绝大部分房屋可采用混凝土结构代替钢框架,目前最高的混凝土结构房屋已建到 76 层,高 262m。

在大跨度结构中,采用预应力混凝土桁架和混凝土壳体结构,可以部分或大部分代替钢桁架和钢薄壳。

此外,在水利工程(水闸、水电站……)、港口工程(船坞、码头……),桥隧工程(桥梁、隧道、枕木……)、地下工程(矿井、巷道、地铁……),大型容器(水池、料仓、贮罐……)、其他结构(烟囱、水塔、搅拌楼、电视塔……)

以及许多设备基础中,均已大量地采用混凝土结构。

混凝土结构,由于自重大、抗拉强度较低、抗裂性能差,以及工期长和劳动量大等原因,仍然在一定程度上限制它向更高、更大跨度发展。

1.3.3 砌体结构

1) 砌体结构的一般概念及其发展概况

砌体主要指用砖(石)和砂浆砌筑而成的砖(石)砌体,以及用中、小型砌块和砂浆砌筑而成的砌块砌体,并统称为无筋砌体。这些砌体除强度有所不同外,其主要计算原理和计算方法基本相同。无筋砌体抗压强度较高,抗拉、抗剪、抗弯强度很低,故多用于受压构件,少数用于受拉、受剪或受弯构件。因为砌体是由砌块和砂浆砌筑而成,所以无筋砌体的强度要比砖、石、砌块本身的强度低得多。

当构件截面受到限制或偏心较大时,亦可采用配筋砌体或组合砌体。

无筋砌体、配筋砌体和组合砌体组成的结构,统称为砌体结构。本书主要讲述无筋砌体。

砖石结构的应用,历史悠久。约在 8000 年前,人类已开始用晒干的砖坯和木材共同建造房屋。我国在西周以前就出现了瓦,战国时期生产了精制砖,进而用砖结构代替木材作承重构件。砖石结构在我国更有其独特的创造发明与成功经验,为当今世人所仰慕。如万里长城距今已有两千多年的历史;公元 523 年建造的河南省登封县嵩山寺塔,是我国现存的年代最久的密檐式砖塔,塔高 39.5m;公元 652 年兴建的西安大雁塔,塔高 66m。到了宋朝所建的砖塔多用双层套筒式结构体系,具有很大的结构刚度以抵抗风力和地震作用。河北省定县宋开元寺塔就采用这种结构型式,塔身为八角形,共 11 层,高达 70m,虽经多次地震也未损坏。更值得称颂的是隋朝公元 605~617 年建造的河北省赵县安济桥(赵州桥),该桥为单孔并列弧券式石拱桥,净跨 37.37m,高 7.23m,两肩各有两个小石券,造型优美、轻巧。该桥是世界上最早的空腹式石拱桥,它无论在结构型式、使用材料、艺术造型和经济效果等方面都达到了很高的水平,对现代建筑也有着深远的影响。当代南京长江大桥的公路引桥所采用的结构型式就运用了它的结构原理。

砌体结构,由于自重大、抗拉强度低等原因,很少单独用来作为整体承重结构。除拱式结构、贮池等外,现今最常用的是由砖墙和钢筋混凝土楼(屋)盖组成的砖混结构。这种结构房屋,由于耐火性和保温隔热性能好,居住舒适,而且施工方便,造价低,所以在民用建筑中至今仍然是主要的结构型式。随着硅酸盐砌块、工业废料(炉渣,矿渣、粉煤灰等)砌块、轻质混凝土砌块以及配筋砌体、组合砌体的发展与应用,使得砌体结构进一步展示其广阔的发展前途和不断创新的光明前景。

2) 砌体结构的特点

(1) 砌体结构的主要优点:

- (A) 较易就地取材,天然石材,黏土,砂等,来源广泛而经济;
- (B) 有很好的耐火性、化学稳定性和大气稳定性;

(C) 可节省水泥、钢材和木材,不需模板;

(D) 施工技术与施工设备简单;

(E) 保温隔热性能好,居住舒适;

(2) 砌体结构的主要缺点:

① 自重大。因砌体的强度低,构件的截面和体积相应增大,因而加大自重。在一般砖混结构住宅建筑中,砖墙自重约占建筑物总重的一半,随之材料用量增多,运输量加大,因而主要应向轻质高强方向发展。

② 砌筑工作繁重。在一般砖混结构住宅建筑中,砌砖用工量占 1/4 以上,而且目前基本上还是用手工方式操作,故此应充分利用各种机具搬运提升,以减轻劳动量,同时应尽量采用空心砖和砌块等砌体,以及优先采用工业化施工方法。

③ 砌块和砂浆间的黏结力较弱。砌体的抗拉、抗弯、抗剪强度低,抗震性能差。在 6 度以上的地震区,需要采用必要的设防措施。

④ 普通黏土砖砌体的黏土用量大,往往占用农田过多,影响农业生产。所以应加强对利用工业废料和地方性材料代替黏土砖的研究工作与推广应用。

3) 砌体结构的应用

砌体结构的应用也颇为广泛,而且经久不衰。一般五、六层以下的民用房屋大多采用砖墙承重和围护。国内在非地震区砖混房屋已建到九层以上,国外有建成二十层以上的砖墙承重房屋。用毛石砌体承重建造房屋,在国内目前已有高达五层的。中、小型工业厂房也可用砖石砌体作为承重结构。起重量不超过 3t 时,亦可考虑采用砖拱吊车梁。在大型工业厂房中,常用砌体作围护结构。

此外,民用与工业企业中的烟囱、料仓、地沟、管道支架以及对防水要求不高的水池;交通工程中的桥梁、隧道、渠道、涵洞与挡土墙;水利工程中的水坝、堰和渡槽等,亦常用砌体建造。

1.4 建筑结构类型、结构组成及受力特点

建筑结构,主要指的是建筑物的承重骨架。其作用就是保证建筑物在使用期限内把作用在建筑物上的各种荷载或作用可靠地承担起来,并在保证建筑物的强度、刚度和耐久性的同时,把所有的作用力可靠地传到地基中去。

建筑结构,由于建筑功能要求的不同,其组成形式也有多种多样。这里仅就砖混房屋、单层厂房、多层与高层建筑和中跨与大跨建筑的结构组成及其特点,予以概要介绍。

1.4.1 砖混房屋

常见的砖混房屋结构,有单层和多层砖房(图 1-1a)、上柔下刚的多层房屋(图 1-1b)、上刚下柔的多层房屋(图 1-1c)和多层内框架房屋(图 1-1d、e)等几种结构类型。

现以单层和多层砖房为例,说明其结构组成及特点。

单层砖房,多以竖向荷载作用为主,水平荷载(如风力,吊车制动力等)一

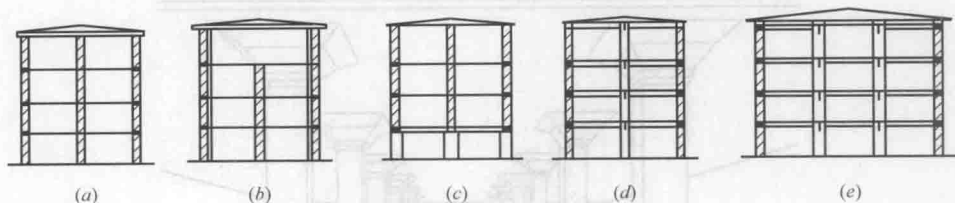


图 1-1 几种砖混房屋结构类型

般属于次要荷载。在竖向荷载作用下，墙、柱可视作上端为不动铰支承于屋盖，下端嵌固于基础的竖向构件。多层砖房，在竖向荷载作用下，墙、柱在每层高度范围内，可近似地视作两端铰支的竖向构件；在水平荷载作用下，墙、柱可视作竖向连续梁。

单层和多层砖房的屋盖和楼盖（通称楼盖），也是砖混结构的重要组成部分。

目前应用较多的整体式钢筋混凝土平面楼盖，主要有单向板肋梁楼盖（一般板的长边与短边之比大于 2）、双向板肋梁楼盖和无梁楼盖等，分别参见图 1-2、图 1-3 和图 1-4。

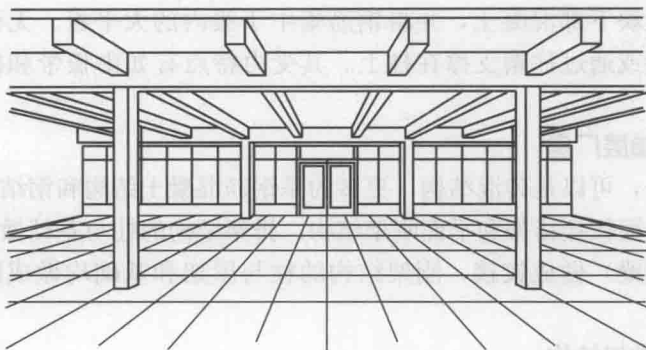


图 1-2 单向板肋梁楼盖

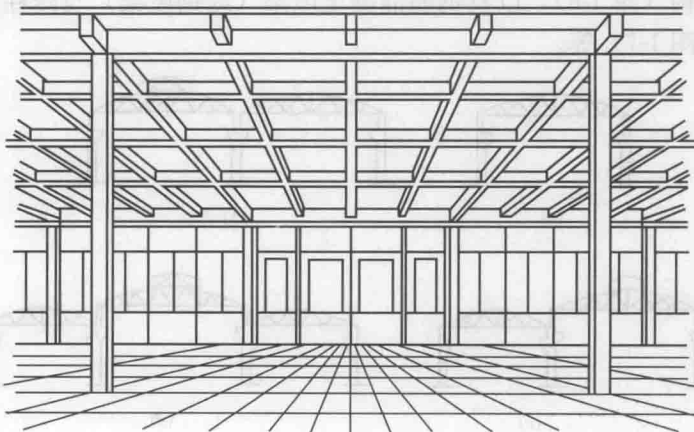


图 1-3 双向板肋梁楼盖