



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定
高等职业教育工程造价专业“十二五”规划教材

建筑结构

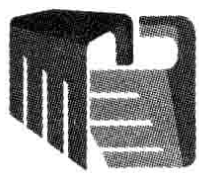
基础与识图

JIANZHU JIEGOU JICHU YU SHITU

徐锡权 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“ 十 二 五 ” 职 业 教 育 国 家 规 划 教 材
经 全 国 职 业 教 育 教 材 审 定 委 员 会 审 定

高等职业教育工程造价专业“十二五”规划教材

建筑结构基础与识图

主 编 徐锡权

副主编 王碧剑 周立军

参 编 马方兴 姜爱玲 田高燕 孙 凡 徐 鹏

主 审 王海超



机 械 工 业 出 版 社

本书是按照高等职业教育工程造价和建筑工程管理专业对于本课程的教学基本要求及国家最新的相关规范、标准编写的。全书围绕结构施工图识读能力的培养,主要研究一般结构构件的布置原则、受力特点、构造要求、施工图表示方法等建筑结构基本概念和基本知识。

全书共分 10 个单元,内容包括:学习导航,建筑力学基本知识,结构设计方法与荷载,混凝土结构基本构件,钢筋混凝土楼(屋)盖,钢筋混凝土多层与高层结构,砌体结构基本知识,钢结构基本知识,建筑基础基本知识,识读建筑结构施工图。

本书主要作为高等职业教育工程造价、建筑工程管理、建筑经济管理等专业教学用书,也可作为土建类各专业工程技术人员的岗位培训教材或参考用书。

为方便教学,本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机工教育服务网 www.cmpedu.com 注册下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构基础与识图/徐锡权主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 9
“十二五”职业教育国家规划教材 高等职业教育工程造价专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-47411-1

I. ①建… II. ①徐… III. ①建筑结构-高等职业教育-教材②建筑结构-建筑制图-识别-高等职业教育-教材 IV. ①TU3②TU204

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 161643 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李莉 责任编辑:李莉

责任校对:陈延翔 封面设计:陈沛

责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·20.75 印张·5 插页·515 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-47411-1

定价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书根据高等职业教育工程造价和建筑工程管理专业对于本课程的教学基本要求,按照国家颁布的《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)、《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2010)、《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》(11G101)等新规范、新标准编写。

本书主要以结构施工图识读能力的培养为主线展开,主要研究一般结构构件的布置原则、受力特点、构造要求、施工图表示方法等建筑结构基本概念和基本知识。全书共分10个单元,每个单元分任务进行编写,在编写中突出能力目标的训练及知识目标的掌握,内容选取以够用为原则,注重实用性和针对性,力求反映高等职业教育的特点。每单元后都编写了单元知识框架图进行单元小结。

本书由日照职业技术学院徐锡权任主编,西安建筑科技大学王碧剑、日照职业技术学院周立军任副主编。本书编写分工为:日照职业技术学院徐锡权编写单元0、单元4、单元7;西安建筑科技大学王碧剑编写单元1、单元5;日照职业技术学院周立军编写单元3;日照职业技术学院马方兴编写单元9;日照职业技术学院姜爱玲编写单元8;河南建筑职业技术学院田高燕编写单元6;日照职业技术学院孙凡编写单元2;山东金宸建筑工程设计有限公司徐鹏提供了建筑结构施工图。全书由徐锡权负责统稿,由山东科技大学土建学院王海超教授(博士)担任主审。

本书在编写过程中参阅了许多专家的著作,在此表示感谢。由于编者水平有限,加上时间仓促,书中不妥之处在所难免,衷心地希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

单元0 学习导航	1
任务1 建筑结构的含义与分类	2
任务2 课程学习指导	4
单元小结	6
同步训练	6
单元1 建筑力学基本知识	8
任务1 静力学的基本知识	9
任务2 杆件的基本变形与组合变形	27
任务3 平面体系的几何组成分析	39
任务4 静定结构的内力分析	45
任务5 静定结构的位移	55
单元小结	63
同步训练	64
单元2 结构设计方法与荷载	67
任务1 荷载效应与结构抗力	68
任务2 建筑结构设计方法	71
任务3 结构抗震基本知识	76
单元小结	81
同步训练	82
单元3 混凝土结构基本构件	83
任务1 混凝土结构用材料	84
任务2 钢筋混凝土受弯构件	92
任务3 钢筋混凝土受压构件	116
任务4 钢筋混凝土受扭构件	122
任务5 预应力混凝土构件	124
任务6 钢筋混凝土结构构件施工图基本知识	128
单元小结	133
同步训练	133
单元4 钢筋混凝土楼（屋）盖	136
任务1 钢筋混凝土楼（屋）盖的类型	137
任务2 现浇单向板肋形楼盖	142
任务3 现浇双向板肋形楼盖	148
任务4 钢筋混凝土楼梯	150

任务 5 悬挑构件	155
任务 6 识读钢筋混凝土梁板结构施工图	158
单元小结	173
同步训练	173
单元 5 钢筋混凝土多层与高层结构	176
任务 1 多层与高层结构体系	177
任务 2 框架结构	179
任务 3 剪力墙结构	190
任务 4 框架—剪力墙结构	196
单元小结	198
同步训练	198
单元 6 砌体结构基本知识	200
任务 1 认识砌体结构材料	201
任务 2 了解砌体的力学性质	206
任务 3 熟悉砌体结构房屋结构设计方案	213
任务 4 了解砌体房屋的构造要求	216
任务 5 识读砌体结构房屋施工图	219
单元小结	234
同步训练	234
单元 7 钢结构基本知识	236
任务 1 认识钢结构材料	237
任务 2 钢结构的连接	239
任务 3 钢结构构件	251
任务 4 钢屋盖	261
任务 5 识读钢结构房屋施工图	272
单元小结	276
同步训练	277
单元 8 建筑基础基本知识	280
任务 1 建筑基础的类型与构造	281
任务 2 天然地基上浅基础设计	287
任务 3 识读基础施工图	296
单元小结	302
同步训练	302
单元 9 识读建筑结构施工图	304
任务 1 混凝土结构施工图平面整体表示方法	305
任务 2 识读 × × 综合办公楼结构施工图	320
单元小结	323
同步训练	323
参考文献	324
附录 A 某工业厂房屋架施工图	(见书后插页)
附录 B × × 综合办公楼结构施工图	(见书后插页)

单元0 学习导航

学习目标

✧ 知识目标

1. 掌握建筑结构的概念及其组成。
2. 熟悉建筑结构的分类。
3. 熟悉本课程的学习内容和学习方法。

✧ 能力目标

1. 熟记建筑结构的概念和分类。
2. 规划本课程的学习方案。

工作任务

1. 理解建筑结构的含义和分类。
2. 熟悉课程学习目标、内容及要求。

学习指南

建筑设计与结构设计是整个建筑设计过程中的两个重要的环节，建筑设计主要体现的是整个建筑物的外观效果，而结构设计是通过各种结构和构件的计算与验算来保证建筑物的安全、适用、经济、美观，实现建筑设计的效果。建筑设计的成果表现是建筑施工图，结构设计的成果表现是结构施工图。建筑施工是将施工图纸变成现实建筑物的过程。一般在建筑施工前都要对建筑物的造价进行预算，以便控制投资。不论建筑施工还是工程造价，都必须要看懂施工图纸。学习本课程，就是要研究一般结构构件的布置原则、受力特点、构造要求、施工图表示方法等建筑结构基本概念和基本知识，进一步培养识读结构施工图的能力，为后续课程的学习奠定基础。

本单元站在对课程整体设计的角度进行知识的介绍，目的是使学生对本课程的学习有一个整体的认识。

教学方法建议

采用多媒体教学，收集不同结构类型的建筑物图片及相关图纸，通过教师的讲解，开拓学生的视野，在了解建筑结构类型和施工图纸的基础上，激发学生学习本课程的兴趣。

任务 1 建筑结构的含义与分类

1. 建筑结构的含义

建筑是建筑物和构筑物的总称。建筑物是供人们在其中生产、生活或进行其他活动的房屋或场所，如住宅、学校、办公楼等。构筑物是服务于生产、生活的建筑设施，是人们不在其中生产、生活的建筑，如水坝、烟囱等。不论建筑物还是构筑物，都是人类在自然空间里建造的人工空间。为了能够抵抗各种外界的作用，如风、雨、雪、地震等，建筑必须要有具备足够抵抗能力的空间骨架，这个空间骨架就是建筑物的承重骨架。建筑工程中常提到“建筑结构”一词，就是指承重的骨架，即用来承受并传递荷载，并起骨架作用的部分，简称结构。

2. 建筑物的组成

按系统组成来分，建筑物由三个系统组成：结构支承系统，围护、分隔系统和设备系统。结构支承系统是指建筑物的结构受力系统以及保证结构稳定的系统，即所说的“建筑结构”。围护、分隔系统是指建筑物中起围合和分隔空间的界面作用的系统。设备系统是指电力、电信、照明、给水及排水、供暖、通风、空调、消防等系统。

按构件组成来分，建筑物的主要构成部分包括楼地层、墙或柱、基础、楼电梯、屋盖、门窗六大部分。其中，板、梁、柱、墙、基础为建筑物的基本结构构件，它们组成了建筑物的基本结构（图 0-1）。

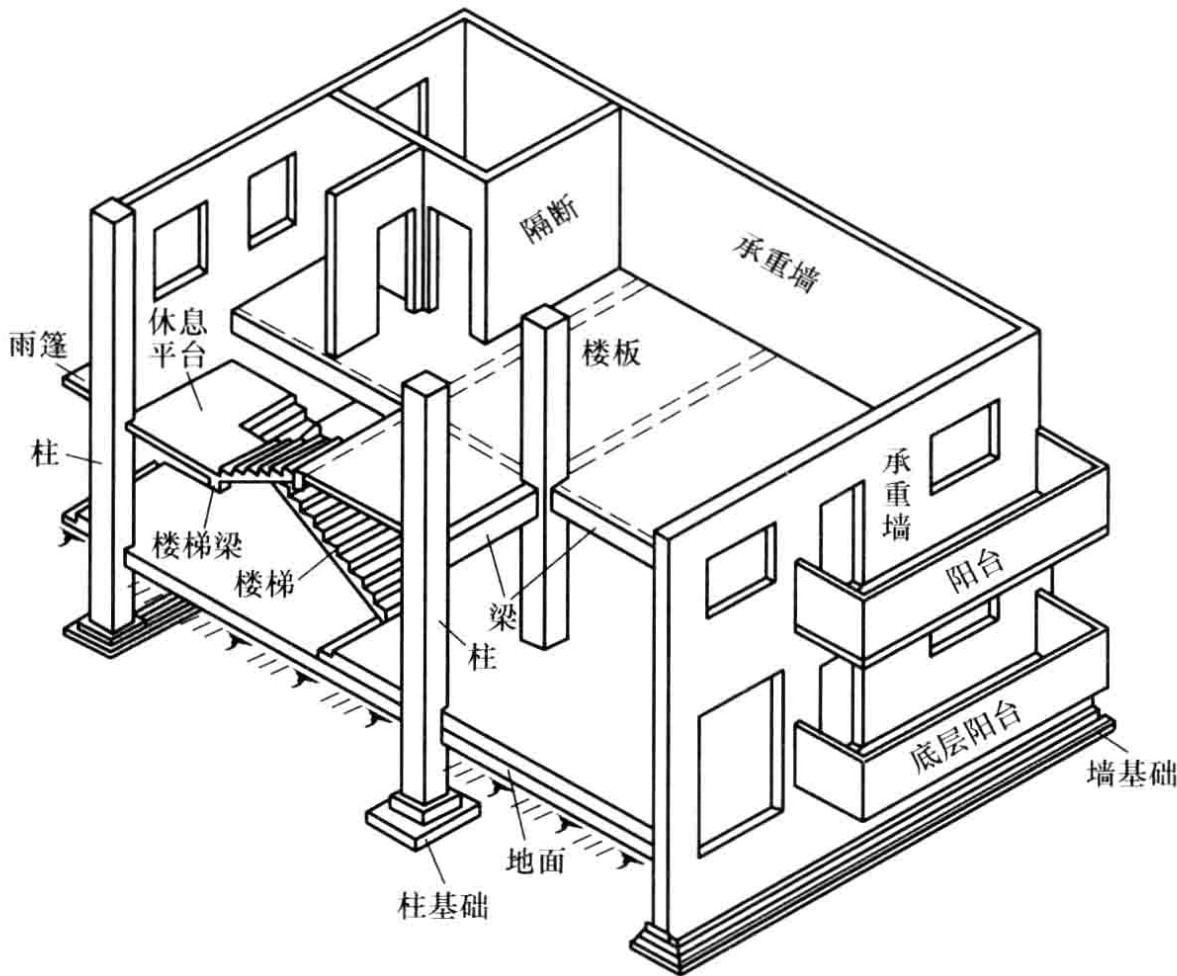


图 0-1 建筑物的基本结构

3. 建筑结构的分类

建筑结构的分类方法有多种,一般可以按照结构所用材料、承重结构类型、外形特点、使用功能、施工方法等进行分类。

(1) 按照承重结构所用材料分类

建筑结构按承重结构所用的材料不同,主要分为木结构、砌体结构、混凝土结构、钢结构、组合结构。

1) 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,并且木材的使用受到国家严格限制,已很少采用。目前仅在仿古建筑、山区、林区和农村有一定的使用。

2) 砌体结构。由块材和铺砌的砂浆粘结而成的材料称为砌体,由砌体砌筑的结构称砌体结构。因块材有石、砖和砌块,故而砌体结构又可分为石结构、砖结构和砌块结构。砌体强度较低,在建筑物中适宜将砌体用作承重墙、柱、过梁等受压构件。在生活中常见柱、墙采用砌体材料,基础采用砖、石砌体或钢筋混凝土,屋盖或楼盖采用钢筋混凝土梁板结构的建筑,一般称混合结构,通常是层数不多的住宅、宿舍、办公楼、旅馆等民用建筑。

3) 混凝土结构。主要以混凝土为材料组成的结构称为混凝土结构。混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。其中,由钢筋混凝土基础、柱、梁、楼板组成一个承重的骨架,砖墙或砌块砌体只起围护作用的框架结构应用最为广泛,此结构常用于多(高)层或大跨度房屋建筑中。

4) 钢结构。钢结构主要是指用钢板、热轧型钢、冷加工成型的薄壁型钢和钢管等构件经焊接、铆接或螺栓连接组合而成的结构以及以钢索为主材建造的工程结构,如房屋、桥梁等。它是土木工程的主要结构形式之一。目前,钢结构在房屋建筑、地下建筑、桥梁、塔桅和海洋平台中都得到了广泛采用。

5) 组合结构。组合结构是指钢与混凝土共同承受荷载的结构。按其组成方式可分为钢骨混凝土结构和混合结构。钢骨混凝土结构是指将型钢(工字钢、角钢或槽钢)配置在钢筋混凝土的梁、柱中而形成的结构,如型钢混凝土框架结构;混合结构是指结构中一部分为钢筋混凝土结构,而另一部分为钢结构,如钢框架-钢筋混凝土筒体、型钢框架-钢筋混凝土筒体。

(2) 按承重结构类型和受力体系分类

按照承重结构类型和受力体系,建筑结构可分为砖混结构、框架结构、剪力墙结构、框架剪力墙结构、筒体结构、排架结构、深梁结构、拱结构、网架结构、钢索结构、网壳结构等多种结构形式。

(3) 按照使用功能分类

按照使用功能可分为建筑结构(如民用建筑、工业建筑等)、特种结构(如烟囱、水池、水塔、挡土墙、筒仓等)、地下结构(如地下建筑、隧道、井筒、涵洞等)。

(4) 按照外形特点分类

按照外形特点可分为单层结构、多层结构、大跨度结构、高耸结构等。

(5) 按照施工方法分类

按照施工方法可分为现浇结构、装配式结构、装配整体式结构、预应力混凝土结构等。

任务 2 课程学习指导

1. 课程定位

“建筑结构基础与识图”是工程造价、建筑工程管理等专业的一门重要的专业基础课，该课程集理论与实践为一体，是为学生掌握建筑力学与结构方面的基本理论知识，培养学生直接用于建筑工程管理、工程监理、工程造价等岗位工作中所必需的结构分析能力和建筑结构施工图的识读能力而设置的一门课程，它在基础课与专业课之间起着承上启下的作用。

本课程按房屋建造过程中基本构件的受力类型为主线，以建筑结构施工图的识读为落脚点，以典型结构施工图为例，以识读结构施工图这一工作过程组织安排学习内容。通过本课程的学习，应熟练掌握建筑力学和建筑结构的基本概念、基本理论、基本方法以及结构施工图的识读方法，重点培养识读建筑结构施工图的能力，为学习后续课程、正确计算工程量以及理解和解决工程实际中与建筑力学和建筑结构有关的问题奠定基础，同时应培养工程意识、安全意识和实事求是的作风，提高自主学习的能力。

2. 课程目标

(1) 知识目标

整个教学过程从高职培养目标和学生的实际出发，对基本理论的讲授以应用为目的，教学内容以必需、够用为度，重点讲授物体的受力分析、平面力系的平衡、简单静定结构的内力、构件的强度和刚度及稳定性计算、混凝土结构的简单设计计算、各类结构的结构构造、建筑结构施工图识读，掌握直接用于建筑工程管理、工程监理、工程造价等岗位工作中所必需的建筑结构施工图识读的基本知识。

(2) 职业技能目标

具有对一般结构进行受力分析、内力分析和绘制内力图的能力；具有对构件进行强度、刚度和稳定性计算的能力；具有正确选用各种常用结构材料的能力；具有对常用结构构件进行计算、设计和验算的基本能力；具有处理施工中有关结构问题的一般能力；具有正确识读结构施工图和相关标准图的基本能力，为计算结构工程量奠定基础。

(3) 职业素质培养目标

培养学生勤奋向上、严谨细致的良好学习习惯和科学的工作态度；具有创新与创业的基本能力；具有爱岗敬业与团队合作精神；具有公平竞争的意识；具有自学的能力；具有拓展知识、接受终身教育的基本能力。

3. 课程内容

本课程的学习内容、职业技能目标及建议学时见表 0-1。

表 0-1 学习内容、职业技能目标及建议学时

单元	学习内容	职业技能目标	建议学时
0	学习导航	对本课程的学习内容和学习方法有一个整体了解	1
1	建筑力学基本知识	能进行平面体系的几何组成分析；能进行静定结构的内力分析和内力计算；能进行静定结构的位移计算	16

(续)

单元	学习内容	职业技能目标	建议学时
2	结构设计方法与荷载	能理解与极限状态设计法有关的基本概念和基本知识；能应用相关公式计算荷载效应的基本组合值、标准组合值、频遇组合值和准永久组合值	4
3	混凝土结构基本构件	能够对单筋矩形截面梁进行正截面设计和截面复核；能够进行简单的斜截面抗剪承载力计算，并能够正确地确定腹筋的用量；能够快速、正确地识读钢筋混凝土构件的结构施工图	10
4	钢筋混凝土楼（屋）盖	能判别楼（屋）盖类型；能根据不同楼（屋）盖和楼梯、雨篷的受力特点和构造要求识读钢筋混凝土梁板结构施工图	9
5	钢筋混凝土多层与高层结构	能快速判断出框架梁、柱的控制截面；能识别并应用非抗震设防、抗震设防下现浇框架的构造要求；能够识读钢筋混凝土框架结构施工图	6
6	砌体结构基本知识	掌握砌体结构基础知识；能够识读砌体结构施工图	6
7	钢结构基本知识	掌握钢结构基本知识；能够识读钢结构施工图	6
8	建筑基础基本知识	掌握基础的类型及其构造要求；能应用所学基础知识识读基础结构施工图	6
9	识读建筑结构施工图	掌握混凝土结构梁、柱、剪力墙的平法施工图识读规则；能识读混凝土结构施工图	8
合计			72

4. 学习方法与要求

通过本课程的学习，应掌握建筑力学和建筑结构的基本概念、基本理论、基本方法以及结构施工图的识读方法，重点培养识读建筑结构施工图的能力。在本课程的学习过程中要注意做到以下几点：

- 1) 学习本课程时，要与建筑制图、建筑构造、建筑材料等课程的相关知识相联系，加强基本概念和基本原理的理解。要多做一些练习题，进一步巩固和理解学习内容。
- 2) 要注意熟悉规范，并正确运用规范。设计建筑结构施工图的直接依据是《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)、《建筑制图标准》(GB/T 50105—2010)、《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》(11G101) 等新规范、新标准。这是大量的工程经验和科学实验的总结，因此，在课程学习中必须结合学习内容理解掌握相关的规范条文，并力求在理解的基础上加以记忆。
- 3) 要理论联系实际，注重感性认识的学习。本课程的计算理论枯燥，但实践性又较强，在课程的学习中要经常到施工现场进行参观，不断积累工程经验，结合实际构件加强对

施工图的识读。

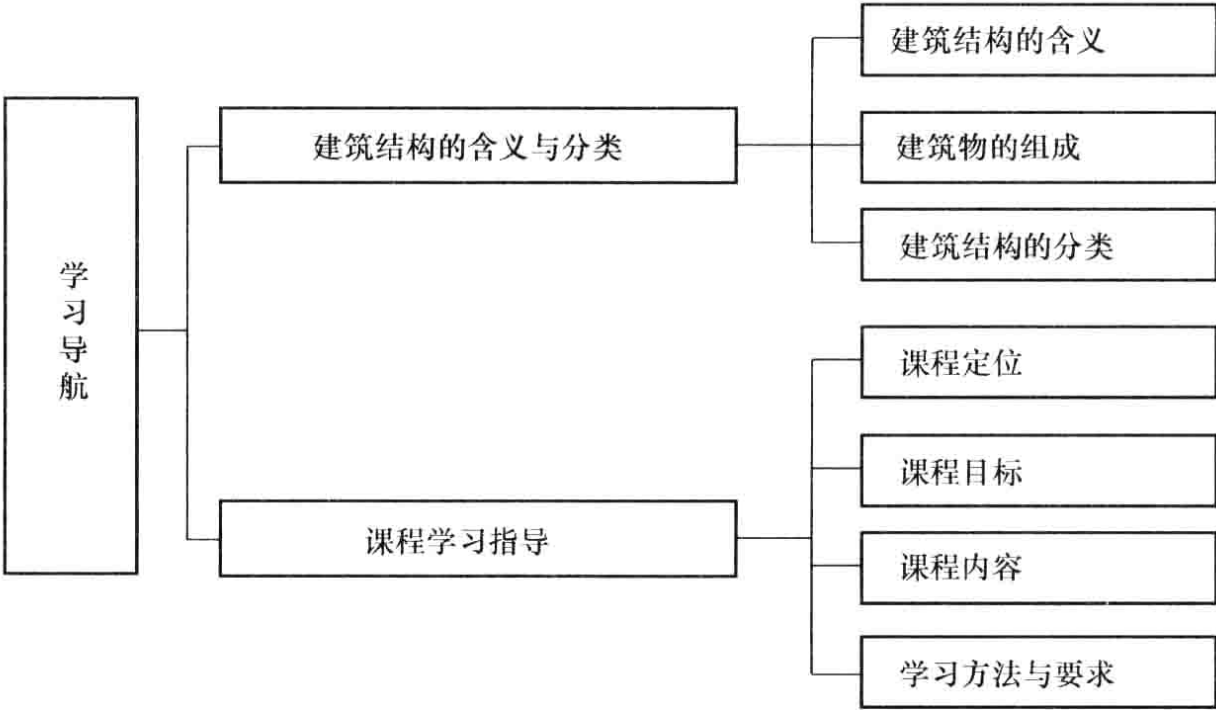
4) 要注意培养自己综合分析问题的能力。建筑结构设计常常会遇到这样的问题，即使同样的构件，承受同样的荷载，设计出的结构形式、结构截面、截面配筋等也不一定相同，要综合考虑安全、实用、经济、美观等诸多因素，为此要培养综合分析问题的能力。

5) 要关注结构的发展动态，注重学习新知识。随着现代科学技术的进步，结构技术也在不断更新发展，在学习基本原理和方法的同时，也要关注结构的发展，不断学习新知识。

6) 要加强职业素质的培养。结构的设计原理理论性强，设计、管理、施工、造价计算都要有严谨的科学态度，都必须一丝不苟，在学习中要注意培养严谨认真的工作作风和工作方法。

7) 要注重识图能力的培养与提高。本课程主要培养识读建筑结构施工图的能力，为此在学习的过程中要注意准备多套不同结构类型的施工图纸，进行实际的图纸识读和会审训练。

单 元 小 结



同 步 训 练

一、填空题

- 1. 建筑是建筑物和构筑物的总称。() 是供人们在其中生产、生活或进行其他活动的房屋或场所，如住宅、学校、办公楼等。() 是服务于生产、生活的建筑设施，是人们不在其中生产、生活的建筑，如水坝、烟囱等。
- 2. 建筑物的主要构成部分包括楼地层、()、()、楼电梯、屋盖、门窗六大部分。
- 3. 建筑结构按照施工方法可分为()、装配式结构、装配整体式结构、预应力混凝土结构等。
- 4. “建筑结构基础与识图”是工程造价、建筑工程管理等专业的一门重要的()课。
- 5. 通过本课程的学习，应掌握建筑力学和建筑结构的 basic 概念、基本理论、基本方法

以及结构施工图的识读方法，重点培养（ ）的能力。

二、名词解释

1. 砌体结构。
2. 混凝土结构。
3. 木结构。
4. 钢结构。

三、简答题

1. 什么是建筑结构？
2. 建筑结构按照结构所用材料可以分为哪几种结构？
3. 建筑物由哪三大系统组成？按构件组成来分，建筑物包括哪六大主要构成部分？其中基本结构构件主要指哪些构件？
4. 通过学习，请结合自身实际，认真思考如何学好本门课程。

四、综合训练

根据本课程的主要内容和特点，结合自己的学习情况和学习条件，制订一份本课程的学习方案。

训练要求：

- 1) 学习方案中要包括以下几部分内容：学习目标、学习内容、学习安排（课前、课中、课后）、企业实践安排、学完本课程后对未来职业的设想等。
- 2) 字数不少于 2000 字。

单元 1 建筑力学基本知识

学习目标

✧ 知识目标

1. 掌握静力学的基本概念和基本公理。
2. 了解杆件的基本变形和组合变形。
3. 掌握平面体系的几何组成分析。
4. 掌握静定结构的内力分析。
5. 掌握静定结构的位移计算。

✧ 能力目标

1. 掌握平面体系的几何组成分析方法。
2. 掌握静定结构的内力分析方法。
3. 掌握静定结构的位移计算方法。

工作任务

1. 熟悉静力学的基本知识。
2. 了解杆件的变形形式。
3. 熟悉几何组成的基本规则。
4. 熟悉静定结构的常见类型。
5. 熟悉静定结构的位移。

学习指南

建筑力学一般包括静力学、材料力学、结构力学三部分内容。静力学主要研究刚体在力的作用下处于平衡的规律，以及如何建立各种力系的平衡条件。材料力学主要研究单根杆件在各种外力作用下产生的应变、应力、强度、刚度、稳定和导致各种材料破坏的极限。结构力学主要研究若干杆件组成的工程结构受力和传力的规律，以及如何进行结构优化。

本单元主要介绍建筑力学的一些基本知识，使学生具备对一般物体进行受力分析和对基本杆件求解内力的能力，分为五个学习任务，学生应沿着如下流程进行学习：静力学的基本知识和基本方法→杆件的基本变形与组合变形→平面体系的几何组成分析→静定结构的内力分析→静定结构的位移。

教学方法建议

采用“教、看、学、做”一体化进行教学，教师利用相关多媒体进行理论讲解和图片、

动画展示,同时可结合本校的实训基地和周边施工现场进行参观学习,让学生对力和结构有一个直观的感性认识,为以后的学习奠定理论和实践基础。在教师的指导下,让学生对某一结构案例进行力学简化,绘制受力图,或进行几何组成分析,或进行静定结构内力分析和位移计算,通过实践提高学生学习的能力。

任务1 静力学的基本知识

1.1.1 静力学的基本概念

1. 力和平衡

(1) 力

力在人类生活和生产实践中无处不在,力的概念是人们在长期生产劳动和生活实践中逐渐形成的。在建筑工程活动中,当人们拉车、弯钢筋、拧螺母时,由于肌肉紧张,便感到用了力。例如,力作用在车子上可以让车由静止到运动,力作用在钢筋上可以使钢筋由直变弯。由此可得到力的定义:力是物体间相互的机械作用,这种作用的效果会使物体的运动状态发生变化(运动效应或外效应),或者使物体发生变形(变形效应或内效应)。静力学研究物体的外效应。

由于力是物体与物体之间的相互作用,因此力不可能脱离物体而单独存在,某物体受到力的作用,一定是有另一物体对它施加作用。实践表明,力对物体作用的效应决定于力的三个要素:力的大小、方向和作用点。

1) 力的大小。力的大小反映物体之间相互机械作用的强弱程度。力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。

2) 力的方向。力的方向表示物体间的相互机械作用具有方向性,它包括力所顺沿的直线(称为力的作用线)在空间的方位和力沿其作用线的指向。例如重力的方向是“铅垂向下”,“铅垂”是力的方位,“向下”是力的指向。

3) 力的作用点。力的作用点是指力作用在物体上的位置。通常它是一块面积而不是一个点,当作用面积很小时可以近似看作一个点。

力是一个有大小和方向的量,所以力是矢量,记作 F (图1-1)。用一段带有箭头的线段(AB)来表示:线段(AB)的长度按一定的比例尺表示力的大小;线段的方位和箭头的指向表示力的方向。线段的起点 A 或终点 B (应在受力物体上)表示力的作用点。线段所沿的直线称为力的作用线。用字母符号表示矢量时,常用黑斜体字 F 、 P 表示,而 F 、 P 只表示该矢量的大小。

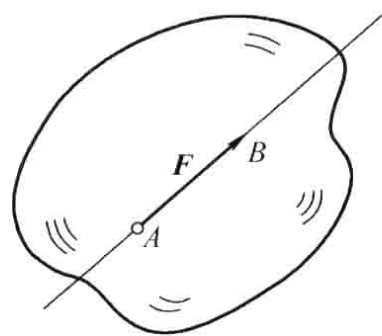


图1-1 力

(2) 刚体和平衡

1) 刚体的概念。实践表明,任何物体受力时多少总要产生一些变形,但是,工程实际中的机械零件和结构构件在正常工作情况下的变形,一般是很微小的,甚至只有用专门的仪器才能测量出来。在许多情况下,这样的微小变形对物体的机械运动影响甚微,可以略去不计,从而使问题的研究得以简化。通过对实际物体进行抽象简化,在理论力学中提出了物体

的一种理想模型——刚体。刚体是在任何情况下保持其大小和形状不变的物体。静力学中所研究的物体只限于刚体，所以又称为刚体静力学，它是研究变形体力学的基础。

2) 平衡的概念。平衡是指物体相对于惯性参考系处于静止或作匀速直线运动的状态。显然，平衡是机械运动的特殊形式。在工程实际中，一般可取固连于地球的参考系作为惯性参考系，这样，平衡是指物体相对于地球静止或作匀速直线运动。运用静力学理论来研究物体相对于地球的平衡问题，其分析计算的结果具有足够的精确度。

2. 静力学基本公理

为了便于以后的研究，首先明确静力学的几个基本定义。

力系：作用在物体上的一组力，称为力系，分为空间力系和平面力系。

空间力系：力系中各力的作用线不在一个平面内，称为空间力系。

平面力系：力系中各力的作用线在一个平面内，称为平面力系。平面力系又可分为平面汇交力系、平面平行力系、平面一般力系和平面力偶系。

平面汇交力系：力系中各力的作用线都作用在同一个平面内且汇交于一点，称为平面汇交力系。

平面平行力系：力系中各力的作用线都作用在同一个平面内且相互平行，称为平面平行力系。

平面一般力系：力系中各力的作用线都作用在同一个平面内且力系中各力作用线既不完全交于一点，也不完全相互平行，称为平面一般力系。

平面力偶系：作用在物体上的一群力偶或一组力偶，称为力偶系；作用在物体上同一平面内的两个或两个以上的力偶，称为平面力偶系。

等效力系：两个力系对物体的作用效应相同，则称这两个力系互为等效力系。当一个力与一个力系等效时，则称该力为力系的合力；而该力系中的每一个力称为其合力的分力。把力系中的各个分力代换成合力的过程，称为力系的合成；反过来，把合力代换成若干分力的过程，称为力的分解。

平衡力系：若刚体在某力系作用下保持平衡，则称某力系为平衡力系。在平衡力系中，各力相互平衡，或者说，诸力对刚体产生的运动效应相互抵消。可见，平衡力系是对刚体作用效应等于零的力系。

(1) 二力平衡公理

作用于刚体上的两个力平衡的充分必要条件是这两个力大小相等、方向相反、作用线在同一条直线上（简称二力等值、反向、共线）。

这个公理概括了作用于刚体上最简单的力系平衡时所必须满足的条件。对于刚体，这个条件是既必要又充分的；但对于变形体，这个条件是必要但不充分的。如图 1-2 所示，即 $F_1 = -F_2$ 。



图 1-2 力的作用与反作用

在两个力作用下处于平衡的物体称为二力构件；若为杆件，则称为二力杆。如图 1-3 所示，根据二力平衡公理可知，作用在二力构件上的两个力，它们必通过两个力作用点的连线

(与杆件的形状无关)，且等值、反向。

(2) 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的已知力系上，加上或减去任意一个平衡力系，不会改变原力系对刚体的作用效应。

这是由于平衡力系中，各力对刚体的作用效应相互抵消，力系对刚体的效应等于零。根据这个原理，可以进行力系的等效变换。

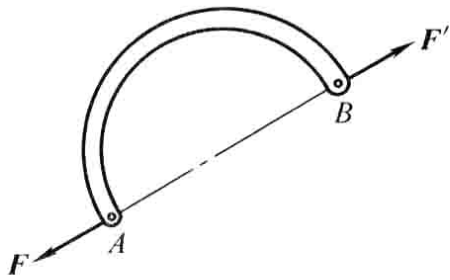


图 1-3 二力杆件

推论 力的可传性原理

作用于刚体上的力可沿其作用线移动到刚体内任意一点，而不改变它对刚体的作用效应。

利用加减平衡力系公理，很容易证明力的可传性原理，如图 1-4 所示，小车 A 点上作用力 F ，在其作用线上任取一点 B ，在 B 点沿力 F 的作用线加一对平衡力。使 $F = F_1 = -F_2$ ，根据加减平衡力系公理得出，力系 F_1 、 F_2 、 F 对小车的的作用效应不变，将 F 和 F_2 组成的平衡力系去掉，只剩下力 F_1 ，与原力等效，由于 $F = F_1$ ，这就相当于将力 F 沿其作用线从 A 点移到 B 点而效应不变。

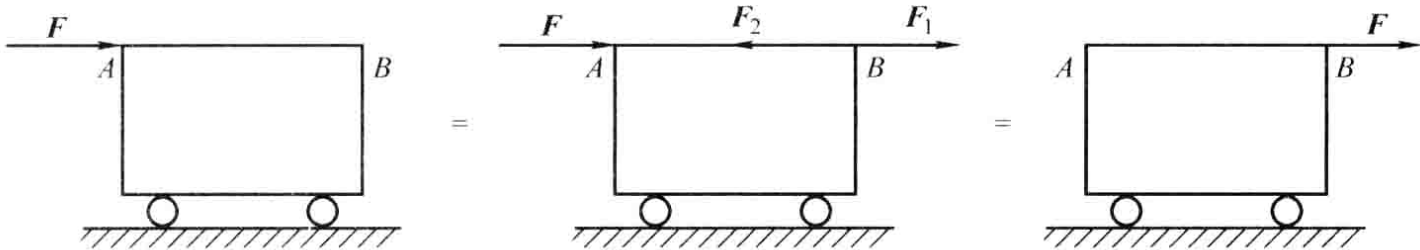


图 1-4 力的可传性

由此可知，力对刚体的作用效果与力的作用点在作用线上的位置无关，即力在同一刚体上可沿其作用线任意移动。由此对于刚体来说，力的作用点在作用线上的位置已不是决定其作用效果的要素。必须要注意的是力的可传性原理只适用于刚体而不适用于变形体。

(3) 作用力与反作用力公理

两个物体间相互作用的一对力，总是大小相等、方向相反、作用线相同，并分别而且同时作用于这两个物体上。

由此可知，力总是成对出现的。甲物体给乙物体一作用力时，乙物体必给甲物体一反作用力，且两者等值、反向、共线。应当注意，作用力和反作用力并非作用于同一物体上，而是分别作用于不同的两个物体上。因此，对于每一物体来说，不能把作用力和反作用力看成是一对平衡力。在分析若干个物体所组成的系统的受力情况时，借助此公理，我们能从一个物体的受力分析过渡到相邻物体的受力分析。

(4) 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力可合成为一个力，此合力也作用于该点，合力的大小和方向由以原两力矢为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示，如图 1-5 所示， F_1 和 F_2 为作用于刚体上 A 点的两个力，以这两个力为邻边作出平行四边形 $ABCD$ ，图中 F_R 即为 F_1 、 F_2 的合力。

这个公理说明了力的合成遵循矢量加法，其矢量表达式为：