

建筑结构与识图

主 编 周 晖 刘赛红

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

日 期	2017.01	工程名称
	给水-10	

建筑结构与识图

主 编 周 晖 刘赛红

内 容 提 要

本书根据《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2010)、《混凝土结构设计规范(2015年版)》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范(2016年版)》(GB 50011—2010)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)等规范标准编写而成。本书共分10个项目,主要内容包括建筑力学基础,建筑结构材料,结构设计方法与设计指标,钢筋混凝土结构基本构件,钢筋混凝土楼(屋)盖、楼梯,基础,多层及高层钢筋混凝土房屋结构,砌体结构基础,钢结构基础,建筑结构施工图的识读等。

本书可作为高等院校土木工程类相关专业的教材,也可供工程造价人员学习参考,还可作为岗位培训教材或工程技术人员参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构与识图/周晖,刘赛红主编.—北京:北京理工大学出版社,2018.1

ISBN 978-7-5682-4431-2

I.①建… II.①周… ②刘… III.①建筑结构—高等学校—教材 ②建筑结构—建筑制图—识图—高等学校—教材 IV.①TU2

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第179544号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京紫瑞利印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/21.75

字 数/577千字

版 次/2018年1月第1版 2018年1月第1次印刷

定 价/82.00元(含配套图集)

责任编辑/封雪

文案编辑/封雪

责任校对/周瑞红

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



前言

《建筑结构与识图》根据《建筑结构制图标准》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范(2016年版)》(GB 50011—2010)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)等规范标准进行编写。本书可作为高等院校土木工程类相关专业的教材,也可供工程造价人员学习参考,并可作为岗位培训教材或工程技术人员的参考书。

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个项目,主要内容包括建筑力学基本知识,建筑结构材料,结构设计方法与设计指标,混凝土结构基本构件,钢筋混凝土楼(屋)盖、楼梯,基础,钢筋混凝土多层与高层结构,砌体结构基础知识,钢结构基础知识,建筑结构施工图识读等。在编写过程中,编者结合教学实践的经验,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,力求反映高等院校教育教学的特点。

本书由周晖、刘赛红担任主编,并进行了全书的统筹安排与编写。

由于编者的理论水平和实践经验有限,书中错误及不妥之处在所难免,恳请专家和读者批评指正。

编者

目 录

绪 论.....	1	任务4.2 钢筋混凝土受压构件	94
项目1 建筑力学基础	4	任务4.3 钢筋混凝土受扭构件	99
任务1.1 物体受力分析与受力图绘制 ...	5	任务4.4 预应力混凝土构件基 本知识	101
任务1.2 利用平面力系平衡条件求物 体的约束反力	16	任务4.5 钢筋混凝土结构构件 施工图	106
任务1.3 杆件的内力	26	项目5 钢筋混凝土楼（屋）盖、楼梯 ...	114
任务1.4 轴向拉压杆的内力和内力图 绘制	29	任务5.1 钢筋混凝土楼盖的类型	115
任务1.5 单跨静定梁的内力和内力图 绘制	33	任务5.2 现浇单向板肋形楼盖	121
项目2 建筑结构材料	44	任务5.3 现浇双向板肋形楼盖	127
任务2.1 钢筋与混凝土结构材料	45	任务5.4 钢筋混凝土楼梯	130
任务2.2 钢筋与混凝土的粘结	55	任务5.5 悬挑构件	135
项目3 结构设计方法与设计指标	60	任务5.6 钢筋混凝土梁板结构 施工图	137
任务3.1 建筑结构荷载与荷载效应 ...	61	项目6 基础	147
任务3.2 建筑结构的设计方法	65	任务6.1 基础的类型与初步选型	148
任务3.3 建筑结构抗震设防简介	69	任务6.2 天然地基浅埋基础	152
项目4 钢筋混凝土结构基本构件	74	任务6.3 桩基础	158
任务4.1 钢筋混凝土受弯构件	75	任务6.4 基础结构施工图	160



项目7 多层及高层钢筋混凝土房

屋结构 167

任务7.1 多层与高层结构体系 168

任务7.2 框架结构 170

任务7.3 剪力墙结构 180

任务7.4 框架-剪力墙结构 187

项目8 砌体结构基础 191

任务8.1 砌体结构的类型及力学性质 192

任务8.2 多层砌体房屋的构造要求 ... 197

项目9 钢结构基础 209

任务9.1 钢结构的连接 210

任务9.2 钢结构构件 217

项目10 建筑结构设计施工图识读 227

任务10.1 结构设计施工图概述 228

任务10.2 混凝土结构设计施工图平面整体表示方法 233

任务10.3 标准构造详图 250

参考文献..... 258



绪 论

教学目标

通过本项目的学习，掌握建筑结构的组成与分类，了解建筑结构的发展及应用概况，熟悉本课程的特点和基本要求。

教学要求

能力目标	相关知识	权重
能够说出建筑结构的组成	建筑结构的概念与建筑结构的组成	30%
能够区分建筑结构的分类	建筑结构的分类	40%
能够说出本课程的特点	课程的特点与基本要求	30%

学习重点

建筑结构的组成与分类。

引 例

观察身边的建筑，思考建筑由哪些构件作为承受建筑荷载的骨架？这些荷载是如何传递的？

建筑为人们提供生产、生活和其他活动所必需的场所，包括建筑物和构筑物两大类。建筑中由若干个单元按照一定的连接方式组成，将所承受的荷载和其他间接作用自上而下最终传递给地基土的骨架称为建筑结构，而这些单元就称为建筑结构的基本构件。

1. 建筑结构的组成

建筑结构的基本构件主要有板、梁、柱、墙、基础等，这些构件由于所处部位及承受荷载情况不相同，其作用也各不相同。

(1)板——水平承重构件。板直接承受着各楼层上的家具、设备、人的重量和楼层自重；同时，板对墙或柱起水平支撑的作用，传递着风、地震等侧向水平荷载，并将上述各种荷载传递给墙或柱。结构设计时，对板的要求是要有足够的强度和刚度，以及良好的隔声、防渗漏、防火性能。板是典型的受弯构件，且其厚度方向的尺寸远小于长、宽两个方向的尺寸。



(2)梁——水平承重构件。承受着板传来的荷载及梁的自重。梁的截面高度和宽度尺寸远小于长度方向的尺寸。梁主要承受竖向荷载,其作用效应主要为受弯和受剪。

(3)柱——竖向承重构件。承受着由屋盖和各楼层传来的各种荷载,并将这些荷载可靠地传递给基础。柱的截面尺寸远小于其高度。当荷载作用线通过柱截面形心时为轴心受压柱;当荷载作用线偏离柱截面形心时为偏心受压柱。设计时必须满足强度、刚度和耐久性的要求。

(4)墙——竖向承重构件。与柱的作用类似,也承受着由屋盖和各楼层传来的各种荷载,并将这些荷载传递给基础。同时,外墙有围护的功能,内墙有分隔房间的作用,所以,对墙体还常提出保温、隔热、隔声、防水、防火等要求。墙的作用效应为受压,有时还可能受弯。

(5)基础——基础位于建筑物的最下部,埋于自然地坪以下,承受上部结构传来的所有荷载,并将这些荷载传递给地基。基础是房屋的主要受力构件,其构造要求坚固、稳定、耐久,能经受冰冻、地下水及所含化学物质的侵蚀,保持足够的使用年限。

2. 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的材料、承重结构类型、使用功能、外形特点、施工方法等进行分类。

(1)按照结构所用材料分类。按照结构所用材料的不同,建筑结构可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构、混合结构等多种形式。

1)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、钢纤维混凝土结构和各种形式的加筋混凝土结构。

2)砌体结构包括砖砌体结构、石砌体结构、砌块砌体结构。砌体结构多用于多层民用建筑。

3)钢结构是由钢板、型钢等钢材通过有效的连接方式而形成的结构,广泛用于高层建筑和工业建筑中。钢结构具有轻质高强、可靠性好、施工简单、工期短等优点,是建筑结构发展的方向。

4)木结构是全部或大部分用木材制作的结构,由于砍伐木材对资源的不利影响,且木材具有易燃、易腐、结构变形大等缺点,目前已经较少采用了。

5)结构材料可以在同一结构体系中混合使用,形成混合结构。如砖混结构,楼屋盖等采用混凝土材料,墙体采用砖砌体,基础采用砖石砌体或钢筋混凝土等。

(2)按照承重结构类型分类。按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、排架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、筒体结构、拱结构、网壳结构、钢索结构等多种形式。

(3)按照其他方法分类。

1)按照使用功能可分为建筑结构(如住宅、公共建筑、工业建筑等)、特种结构(如烟囷、水池、水塔、挡土墙、筒仓等)、地下结构(如隧道、井筒、涵洞、地下建筑等)。

2)按照外形特点可分为单层结构、多层结构、高层结构、大跨结构、高耸结构等。

3)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。

3. 建筑结构的发展及应用概况

建筑结构有着悠久的历史,它随着人类社会的进步、生产力的提高而不断发展。

中国建筑结构体系大约发端于距今 8 000 年前的新石器时代。人类应用较早的建筑结构是砖石结构和木结构。万里长城、河南登封的嵩岳寺塔、河北赵县的安济桥、五台山南禅寺和佛光寺等都是建筑结构发展史上的经典之作。

国外,17 世纪工业革命时开始将生铁作为建筑材料,19 世纪初开始使用熟铁。随着 19 世纪 20 年代波特兰水泥的出现,混凝土开始广泛应用于建筑行业,随后钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、装配式钢筋混凝土结构、钢筋混凝土薄壁结构等相继出现。现代建筑结构向高、

深、轻质高强、绿色环保方向发展,其结构形式、应用范围、施工方法和设计理论等都随着科技水平的提高而迅猛发展。

建筑结构在设计理论方面也日趋成熟与完善,从1955年我国有了第一批建筑结构设计规范起,至今已修订了四次。20世纪50年代前,结构的安全度和可靠度设计方法基本处于经验性的允许应力法阶段。20世纪70年代后,结构可靠度的近似概率极限状态设计方法被广泛采用。现行的《混凝土结构设计规范(2015年版)》(GB 50010—2010)采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,全面侧重结构的性能,还明确了工程人员必须遵守的强制性条文。随着理论的深入、现代测试技术的发展、计算机的广泛应用,建筑结构的计算理论和设计方法将向更高的阶段迈进。

4. 课程的特点和基本要求

《建筑结构与识图》是工程造价专业的重要基础课程,其主要由建筑力学基础知识、建筑材料基础知识、钢筋混凝土结构、多高层结构、砌体结构、钢结构、建筑基础、建筑结构施工图识读等部分组成。本课程以培养学生的结构施工图识读能力为主线,主要研究一般结构构件的受力特点、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,为学生以后正确计算结构工程量奠定基础。

为了学好建筑结构基础与识图这门课程,应注意以下几个方面:

(1)学习本课程时,应加强基本概念的理解。本课程内容多、符号多、计算公式多、构造要求多,在学习中不应死记硬背,要注重对概念的理解。除课堂教学外,要通过思考题和习题等作业,进一步巩固和理解学习内容。

(2)重视结构设计规范[《混凝土结构设计规范(2015年版)》(GB 50010—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—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(现浇混凝土框架、剪力墙、梁、板)》(16G101-1)等]的学习。在本课程学习的同时,应熟悉并掌握现行的相关规范。课程中涉及的构造措施和相关规定要予以重视,弄懂其中的道理。许多构造要求是大量的工程经验和科学实验的总结,其地位与计算结果同等重要,需通过平时的作业和课程设计逐步掌握一些基本的构造要求并学会应用有关规范和标准。

(3)注重实践锻炼,做到理论联系实践。本课程的理论本身很多来自于工程实践,是实践经验的总结。多到施工现场参观、学习钢筋的下料、绑扎,混凝土的浇筑等内容,这样才能加深对知识的理解。

(4)注重识图能力的培养和提高。识读建筑图和结构图是工程造价专业学生的重要能力之一。要求学生必须熟悉结构施工图的表示方法(传统表示方法和平面整体表示方法),掌握基本的结构知识,理解构造要求,能熟练准确地识读板、梁、柱、剪力墙、楼梯、基础等的结构施工图。在学习过程中,应准备多套图纸进行实际的图纸识读和会审训练。





项目 1

建筑力学基础

教学目标

通过本项目的学习，理解静力学的基本概念；掌握常见约束类型及其约束反力；能快速画出物体(物体系)受力分析图；能准确运用平面力系的静力平衡条件求出约束反力；能熟练运用截面法求出指定(或任意)截面的内力；能快速准确地绘制出轴心受力构件、受弯构件的内力图。

教学要求

能力要求	相关知识点	权重
能在实际工程中运用静力学基本概念对简单结构进行受力分析	力的基本概念、力的效应、力的平衡、静力学公理、力系、力矩、力偶、力的分解、常见约束及其约束反力、受力图的步骤	25%
能计算约束反力	平面力系平衡条件	15%
能正确计算出简单结构的内力	内力及应力的基本概念	15%
能计算轴向拉压杆的轴力并绘制轴力图	计算轴力的步骤、 $\sigma=\frac{N}{A}$	15%
能绘制单跨静定梁的内力并绘制内力图	单跨静定梁的基本形式、计算单跨静定梁内力的方法	30%

学习重点

约束的类型，支座反力的计算，用截面法计算杆件的轴力、剪力及弯矩。

引 例

案例一 三层砖混结构的办公楼，由梁、预制混凝土空心板、砖砌体墙和钢筋混凝土基础等构件组成，这些构件相互支承，形成主要受力骨架。楼面由预制混凝土空心板铺成，空心板支承在梁上，梁支承在墙体上，墙体支承在基础上。墙厚为 240 mm，楼面由预制混凝土空心板铺成，其结构平面布置图如图 1-1(a)所示。



案例二 五层现浇钢筋混凝土框架结构教学楼，由现浇的梁、板、柱和基础等构件组成，这些构件整体浇筑在一起。楼面是现浇的钢筋混凝土板，由现浇的钢筋混凝土框架梁支承着，现浇钢筋混凝土柱支承着梁，柱固结于现浇钢筋混凝土基础上。楼面做法：楼面面层为水磨石(10 mm 面层，20 mm 水泥砂浆打底)，天花板采用 15 mm 混合砂浆抹灰。图 1-1(b)所示为其构件平面布置示意图。

思考：案例中的板和梁是否平衡，怎样达到平衡的，会产生怎样的变形？

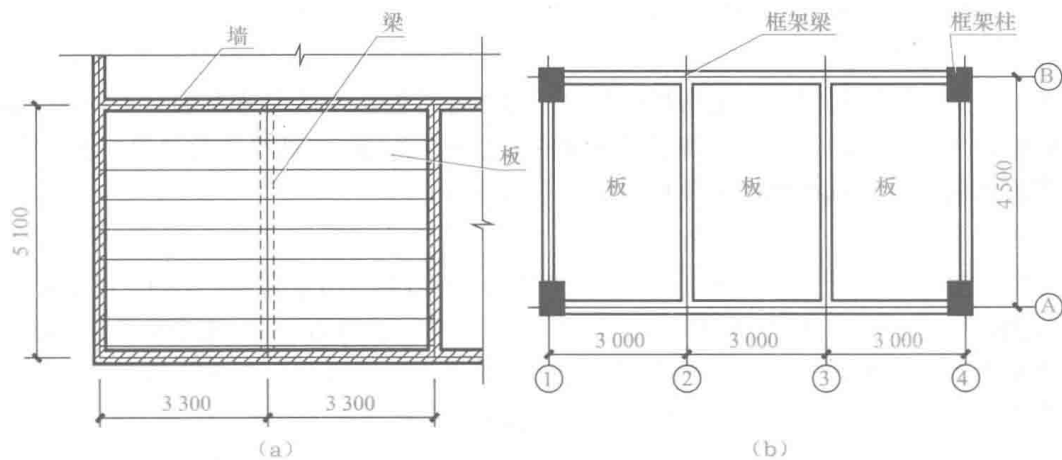


图 1-1 案例一和案例二中的楼面

任务 1.1 物体受力分析与受力图绘制

知识导航

1.1.1 力与平衡的基本概念

1. 力的概念

力是物体间的相互机械作用，这种作用使物体的运动状态或形状发生改变。力对物体作用的效应取决于力的三要素，即力的大小、方向和作用点。

(1) 力的大小反映物体之间的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) 力的方向表示物体之间的相互机械作用具有方向性，包含力的作用线在空间的方位和指向，如水平向右、铅直向下等。

(3) 力的作用点是指力对物体的作用位置，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。

力总是按照各种不同的方式分布于物体接触面的各点上。当接触面面积很小时，可以将微小面积抽象为一个点，这个点称为力的作用点，那么该作用力称为集中力，用 $F(N)$ 表示；当力在整个接触面上分布作用，则此时的作用力称为分布力。分布力的大小用单位面积上的力的大小来度量，称为荷载集度，用 $q(N/m^2)$ 表示；力是矢量，记作 $\boldsymbol{F}$ ，用一段带有箭头的直线(AB)来表示。其中，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，如图 1-2 所示。线段所

在的直线称为力的作用线。

力可以分为外力和内力。外力是指其他物体对所研究物体的作用力；内力是指物体系内各物体之间的相互作用力。外力和内力的区分并不是绝对的，将由研究对象的不同而异。

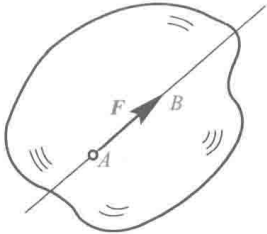


图 1-2 力的表示

2. 刚体和平衡的概念

刚体——在力作用下不产生变形或变形可以忽略的物体。刚体是对实际物体经过科学的抽象和简化而得到的一种理想模型，绝对的刚体实际并不存在。

平衡——在一般工程问题中是指物体相对于地球保持静止或做匀速直线运动的状态。显然，平衡是机械运动的特殊形态，因为静止是相对的、暂时的，而运动才是绝对的、永恒的。建筑力学研究的平衡主要是指物体处于静止状态。

3. 力系、等效力系、平衡力系的概念

(1)作用在物体上的一组力，称为力系。按照各力作用线是否位于同一平面内，力系可以分为平面力系和空间力系两大类，如平面力偶系、空间一般力系等。在静力学中一般遇到的是平面力系。

按照平面力系中各力作用线分布的不同形式，平面力系又可分为以下四类，如图 1-3 所示。

- 1)平面汇交力系——力系中各力作用线位于同一平面内并汇交于一点。
- 2)平面力偶系——力系由若干力偶组成。
- 3)平面平行力系——力系中各力作用线位于同一平面内并相互平行。
- 4)平面一般力系——力系中各力作用线位于同一平面内，且既不完全交于一点，也不完全相互平行。

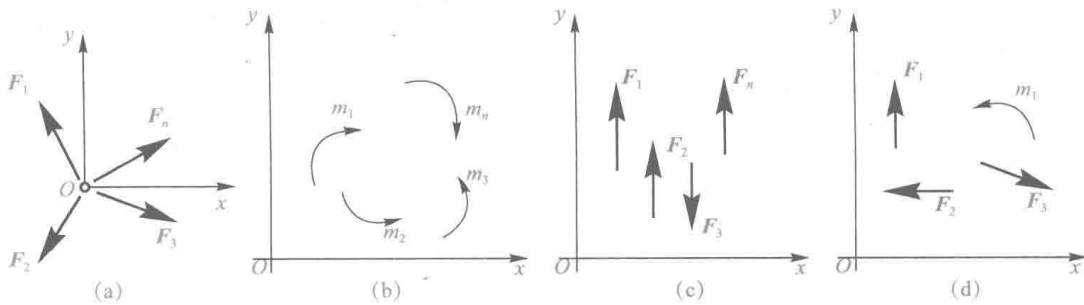


图 1-3 平面力系的分类

(a)平面汇交力系；(b)平面力偶系；(c)平面平行力系；(d)平面一般力系

(2)等效力系——如果某一力系对物体产生的效应，可以用另外一个力系来代替，则这两个力系称为等效力系。

合力——当一个力与一个力系等效时，则称该力为此力系的合力。

分力——当一个力与一个力系等效时，称该力系中的每一个力为这个力的分力。

把力系中的各个分力代换成合力的过程，称为力系的合成；反之，把合力代换成若干分力的过程，称为力的分解。

(3)平衡力系——若刚体在某力系作用下保持平衡，则该力系称为平衡力系。

1.1.2 静力学公理

1. 二力平衡公理

作用于刚体上的两个力平衡的充分与必要条件是：这两个力大小相等、方向相反、力的作

用线在同一条直线上,如图 1-4 所示。



图 1-4 二力平衡公理

应当指出的是,对于刚体,该条件是充分而且必要的;而对于变形体,该条件只是必要的而不是充分的。如柔索受到两个等值、反向、共线的压力作用时就不能平衡,如图 1-5 所示。

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。根据二力平衡公理可知:作用在二力构件上的两个力,它们必须通过两个力作用点的连线(与杆件的形状无关),且大小相等、方向相反。

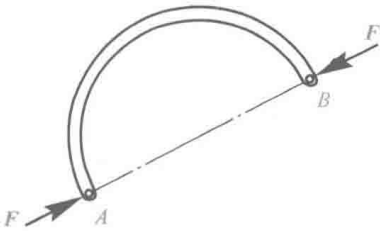


图 1-5 柔体受二力作用

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。因为任意一个平衡力系的作用效应等于零,增加一个零和减去一个零并不改变刚体原有的运动效果。

【推论】 力的可传性原理

作用于刚体上某点的力,可沿其作用线移动到刚体内任意一点,而不改变该力对刚体的作用效应。如图 1-6 所示,在力的作用线上任取一点 B,加上一对平衡力 $F_1 = F_2 = F$,由公理 2 可知,刚体的运动状态不改变,即力系 (F_1, F_2, F) 与力 (F) 等效。又 F_2 与 F 构成一对平衡力,可以去掉,即力系 (F_1, F_2, F) 与力 (F_1) 等效。所以,作用于 A 点的力 F 与作用在 B 点的力 F_1 是等效的。同样必须指出,力的可传性原理也只适用于刚体而不适用于变形体。

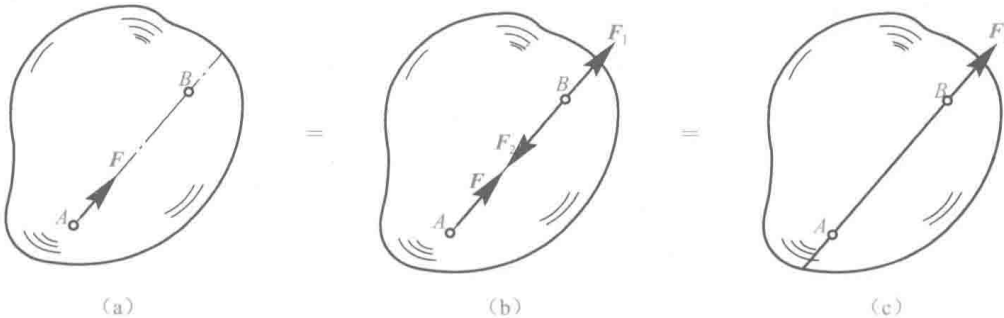


图 1-6 力的可传性

3. 力的平行四边形法则或三角形法则

作用于物体同一点的两个力,可以合成为一个合力,合力也作用于该点,其大小和方向由以两个分力为邻边的平行四边形的对角线表示。如图 1-7 所示,其矢量表达式为

$$\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 = \mathbf{F}_R \tag{1-1}$$

在求两共点力的合力时,为了作图方便,只需画出平行四边形的一半,即三角形便可。其方法是自任意点 O 开始,先画出一矢量 $\mathbf{F}_1$,然后再由 $\mathbf{F}_1$ 的终点画另一矢量 $\mathbf{F}_2$,最后由 O 点至力矢量 $\mathbf{F}_2$ 的终点 R 作一矢量 $\mathbf{F}_R$,它就代表 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 的合力矢。合力的作用点仍为 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 的汇交点 A。这种作图法称为力的三角形法则。显然,若改变 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 的顺序,其结果不变,如图 1-8 所示。



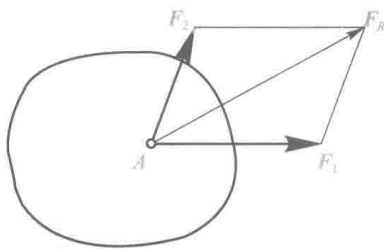


图 1-7 力的平行四边形法则

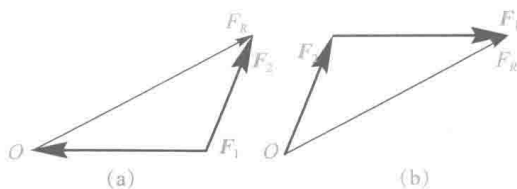


图 1-8 力的三角形法则

利用力的平行四边形法则或三角形法则，可以求两个力的合力，也可以把一个已知力分解成与其共点的两个力。如要得出唯一解，必须给出限制条件，如已知一分力的大小方向求另一分力或已知两分力的方向求其大小等。在实际计算中，常将力 F 沿 x 轴、 y 轴正交分解成两个分力 F_x 和 F_y ，如图 1-9 所示。

【推论】 三力平衡汇交定理

一刚体受不平行的三个力作用而平衡时，此三力的作用线必共面且汇交于一点，如图 1-10 所示。

应当指出，三力平衡汇交定理只说明了不平行的三力平衡的必要条件，而不是充分条件。它常用来确定刚体在不平行三力作用下平衡时，其中某一未知力的作用线。

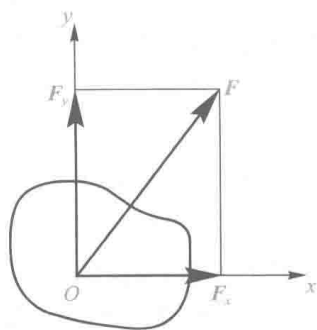


图 1-9 力的分解

4. 作用力与反作用力公理

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

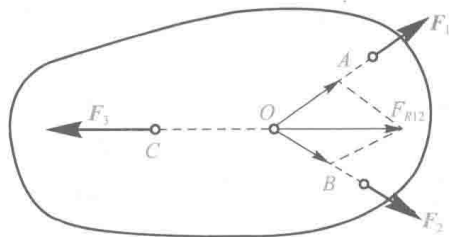


图 1-10 三力汇交平衡力系

1.1.3 约束与约束反力

约束——阻碍物体运动的限制条件，约束总是通过物体之间的直接接触而形成。例如，讲台是粉笔盒的约束，轨道是火车的约束，柱是梁的约束。

约束反力——约束对物体必然作用一定的力，这种力称为约束反力或约束力，简称反力。约束反力的方向总是与物体的运动或运动趋势的方向相反，它的作用点就在约束与被约束物体的接触点。

凡能主动引起物体运动或使物体有运动趋势的力，称为主动力，如重力、水压力、风压力等都是主动力。作用在工程结构上的主动力又称为荷载。通常情况下，主动力是已知的，而约束反力是未知的。

下面列举几种工程中常见的约束及其约束反力的特征：

(1) 柔体约束。由柔软且不计自重的绳索、胶带、链条等构成的约束统称为柔体约束。柔体约束的约束反力为拉力，沿着柔体的中心线背离被约束的物体，用符号 F_T 表示，如图 1-11 所示。

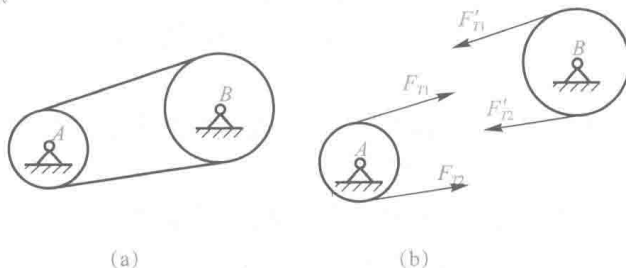


图 1-11 柔体约束

(2)光滑接触面约束。物体之间光滑接触，只限制物体沿接触面的公法线方向并指向物体的运动。光滑接触面约束的反力为压力，通过接触点，方向沿着接触面的公法线指向被约束的物体，通常用符号 F_N 表示，如图 1-12 所示。

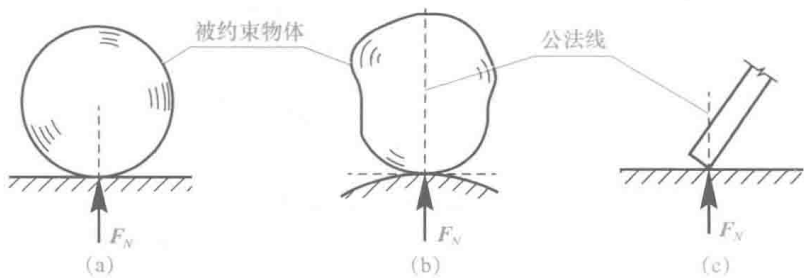


图 1-12 光滑接触面约束

(3)链杆约束。两端各以铰链与其他物体相连接且中间不受力(包括物体本身的自重)的直杆称为链杆，如图 1-13 所示。链杆的约束反力总是沿着链杆的轴线方向，指向不定，常用符号 F 表示。

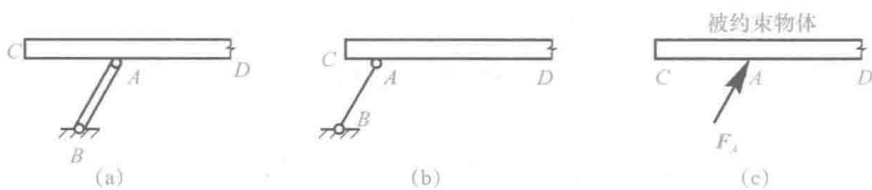


图 1-13 链杆约束

(4)圆柱铰链约束。两个物体分别被钻上直径相同的圆孔并用销钉相连接，如果忽略销钉与销壁之间的摩擦，则这种约束称为光滑圆柱铰链约束，简称铰链约束，如图 1-14 所示。铰链的约束反力作用在与销钉轴线垂直的平面内，并通过销钉中心，但方向待定，如图 1-14(c)所示的 F_A 常分解为通过铰链中心的相互垂直的两个分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 来表示[图 1-14(d)]。

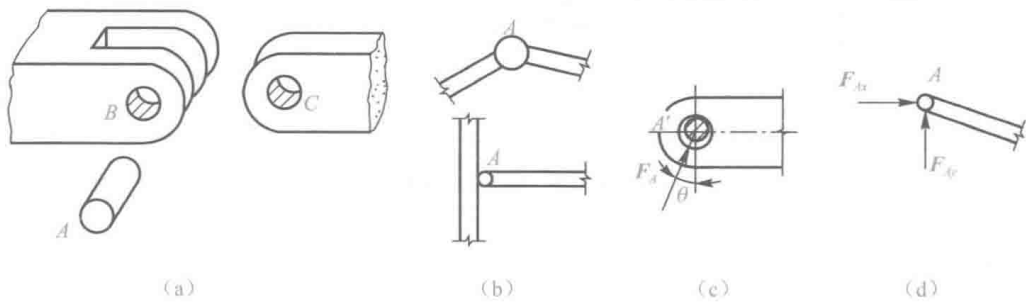


图 1-14 圆柱铰链约束

(5)固定铰支座。将构件或结构连接在支承物上的装置称为支座。用光滑圆柱铰链把构件或结构与支承底板相连接，并将支承底板固定在支承物上而构成的支座，称为固定铰支座，如图 1-15 所示。工程中，为避免构件打孔削弱构件的承载力，常在构件和底板上固结一个用来穿孔的物体，如图 1-15(a)所示。

固定铰支座的约束反力与圆柱铰链相同，其约束反力也应通过铰链中心，但方向待定。为方便起见，常用两个相互垂直的分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 表示，如图 1-15(b)所示。力学计算时，其简图可用图 1-15(c)、(d)表示。



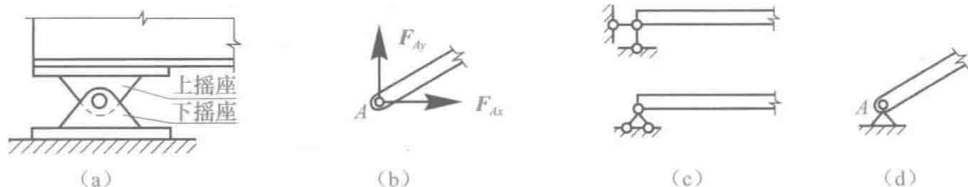


图 1-15 固定铰支座

(6) 可动铰支座。如果在固定铰支座的底座与固定物体之间安装若干辊轴，就构成可动铰支座，如图 1-16 所示。可动铰支座的约束反力垂直于支承面，且通过铰链中心，但指向不定，常用 R (或 F) 表示，如图 1-16(b) 所示。力学计算时，其简图可用图 1-16(c)、(d) 表示。

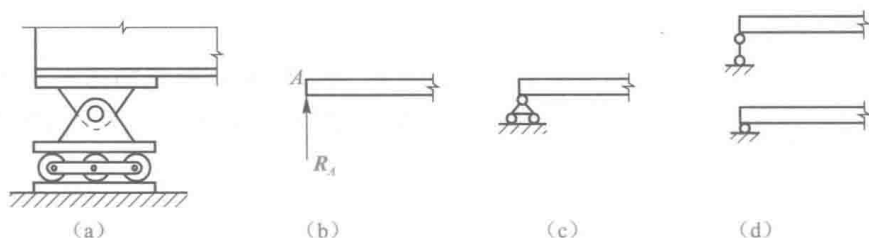


图 1-16 可动铰支座

(7) 固定端支座。如果构件或结构的一端牢牢地插入支承物里面，如房屋的雨篷嵌入墙内[图 1-17(a)]，底层柱与基础整体浇筑在一起等，就形成固定端支座。这种约束的特点是连接处有很大的刚性，不允许被约束物体与约束物体之间发生任何相对的移动和转动，即被约束物体在约束端是完全固定的一个整体。其约束反力一般用三个反力分量来表示，即两个相互垂直的分力 F_{Ax} (或 X_A)、 F_{Ay} (或 Y_A) 和反力偶 M_A ，如图 1-17(b) 所示。其力学计算简图可用图 1-17(c) 表示。

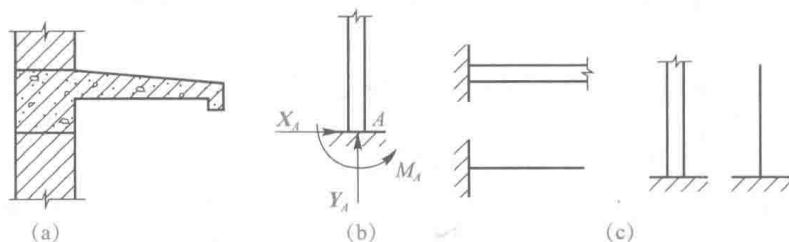


图 1-17 固定端支座

能力导航

1.1.4 物体的受力分析与受力图绘制

进行力学分析时需要了解物体的受力情况，其中哪些是已知力，哪些是未知力，这个过程称为对物体进行受力分析。工程结构中的构件或杆件，一般都是非自由体，它们与周围的物体(包括约束)相互连接在一起以承担荷载。为了分析某一物体的受力情况，往往需要解除限制该物体运动的全部约束，将该物体从与它相连系的周围物体中分离出来，单独画出这个物体的图形，称之为脱离体(或研究对象)。然后，将周围各物体对该物体的各个作用力(包括主动力与约束反力)全部用矢量线画在脱离体上。这种画有脱离体及其所受的全部作用力的简图，称为物体的受力图。

正确对物体进行受力分析并画出其受力图，是求解力学问题的关键。



受力图绘制步骤如下:

(1)明确研究对象,取脱离体。研究对象(脱离体)可以是单个物体,也可以是由若干个物体组成的物体系统,这要根据具体情况确定。

(2)画出作用在研究对象上的全部主动力。

(3)画出相应的约束反力。

(4)检查。

其中需要注意以下事项:

(1)应注意两个物体之间相互作用的约束力应符合作用力与反作用力公理。

(2)要熟练地使用常用的字母和符号表示各个约束反力。注意要按照原结构图上每一个构件或杆件的尺寸和几何特征作图,以免引起错误或误差。

(3)受力图上只画脱离体的简图及其所受的全部外力,不画已被解除的约束物体。

(4)当以系统为研究对象时,受力图上只画该系统(研究对象)所受的主动力和约束反力,而不画系统内各物体之间的相互作用力(称为内力)。

(5)正确判断二力杆,二力杆中的两个力的作用线是沿力作用点的连线,且等值、反向。

下面举例说明如何绘制受力图。

【例 1-1】 重量为 G 的梯子 AB , 放置在光滑的水平地面上并靠在竖直的墙上, 在 D 点用一根水平绳索与墙相连, 如图 1-18(a)所示。试画出梯子的受力图。

【解】

(1)根据题意取梯子为研究对象, 画出脱离体图。

(2)在脱离体上画上主动力即梯子的重力 G , 作用于梯子的重心(几何中心), 方向铅直向下。

(3)在脱离体上画约束反力。根据光滑接触面约束的特点, A 、 B 处的约束反力 F_{NA} 、 F_{NB} 分别与墙面、地面垂直并指向梯子; 绳索的约束反力 F_{TD} 应沿着绳索的方向离开梯子, 为拉力。图 1-18(b)即为梯子的受力图。

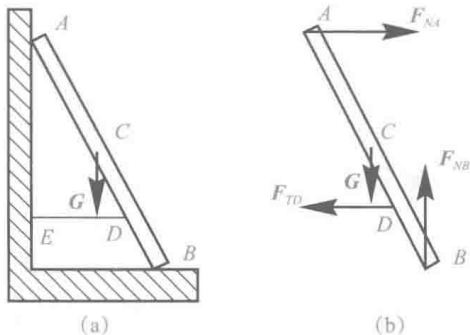


图 1-18 例 1-1 图

案例点评

求解该案例时要注意光滑接触面约束的约束反力方向沿着接触面的公法线指向被约束的物体。

【例 1-2】 如图 1-19(a)所示, 简支梁 AB , 跨中受到集中力 F 的作用, A 端为固定铰支座约束, B 端为可动铰支座约束。不计梁的自重, 试画出梁的受力图。

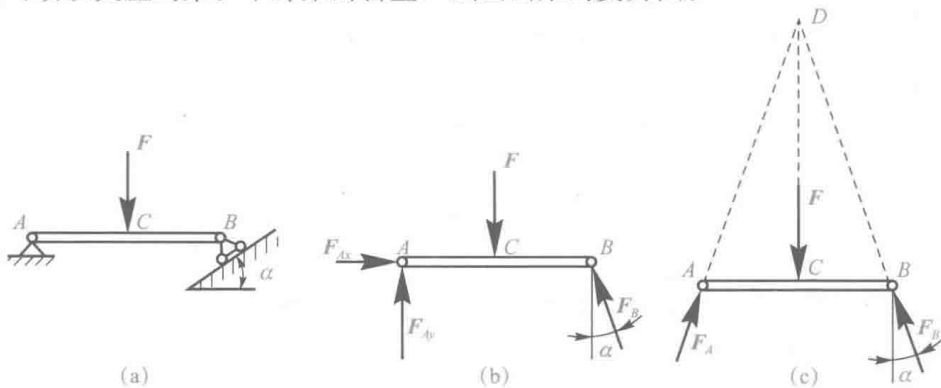


图 1-19 例 1-2 图

