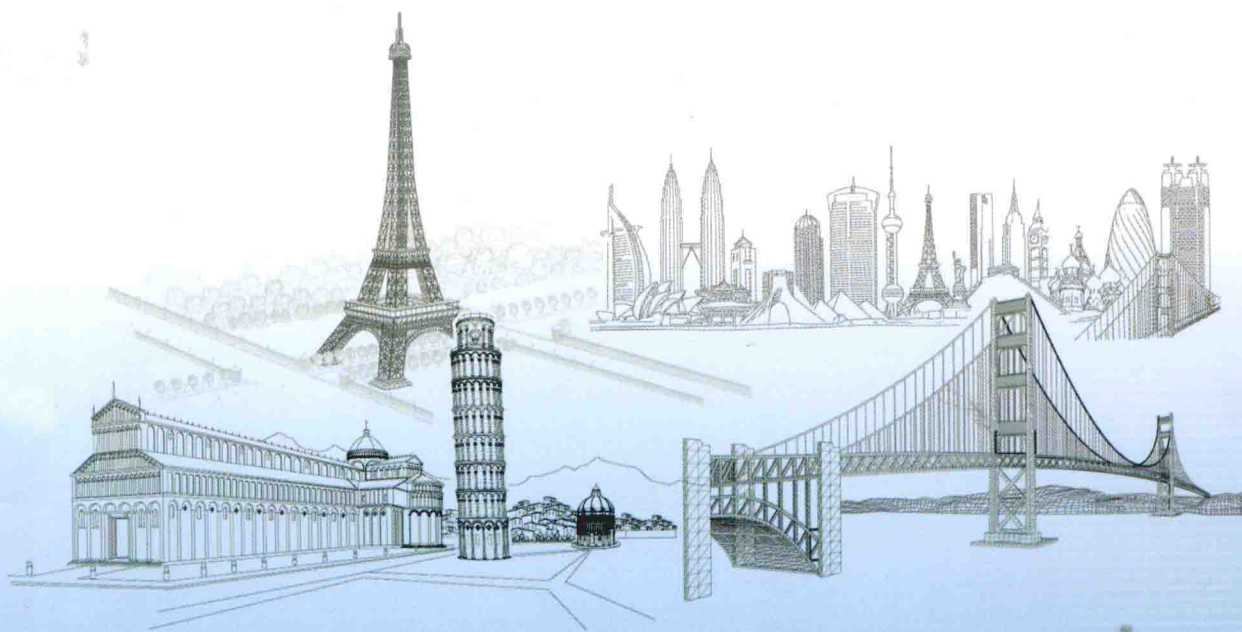




高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十二五”规划教材

建筑力学

■ 主 编 黎永索 郭 剑



武汉理工大学出版社

高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十二五”规划教材

建筑力学

主 编 黎永索 郭 剑
副主编 彭桂强 何 叶

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书是依据土建类应用型本科人才培养目标,结合应用型人才培养的特点编写的实用教材,涵盖了静力学、材料力学和结构力学的主要内容。全书共 14 章,包括绪论,建筑力学基础,平面任意力系,截面的几何参数,杆件的轴向拉伸与压缩,杆件的剪切、挤压与扭转,梁的弯曲,应力状态与强度理论,组合变形,压杆稳定,平面体系的几何组成,静定结构内力计算,静定结构的位移计算,超静定结构的内力计算。每章均配有教学目标、小结、思考题、习题,书后附有习题简答。

本书适用于 64~80 学时的教学安排,适合作为城市规划、建筑学、工程管理、工程造价、给水排水科学与工程、交通工程、水利水电工程、市政工程等专业建筑力学课程的教学用书,也可供相关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP) 数据

建筑力学/黎永索,郭剑主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2014. 1
ISBN 978-7-5629-4211-5

I. ①建… II. ①黎… ②郭… III. ①建筑科学—力学—高等学校—教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 301917 号

项目负责人:高 英 汪浪涛 戴皓华

责任编辑:高 英

责 任 校 对:夏冬琴

装帧设计:牛 力

出 版 发 行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:16.25

字 数:416 千字

版 次:2014 年 1 月第 1 版

印 次:2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:32.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87785758 87384729 87165708(传真)

• 版权所有 盗版必究 •

前 言

随着科学技术的迅速发展,学生的知识结构、教学计划和教学管理需要相应地调整。建筑力学是土建类专业传统的技术基础课,教材内容多与课时少的矛盾比较突出,不同的学科、不同的专业对课程的要求也不尽相同。编者根据应用型人才培养的目标和规律,对课程提出了不同层次的要求,结合长期讲授本课程的教学经验和教学改革成果,参照教育部力学教学指导委员会制定的“力学课程教学基本要求”,吸取国内外同类教材的经验,精选静力学、材料力学和结构力学的有关内容,编写了本书。

本书共计14章。第1~3章为刚体静力学,主要内容包括绪论、建筑力学基础、平面任意力系;第4~10章为材料力学,主要内容包括截面的几何参数,杆件的轴向拉伸与压缩,杆件的剪切、挤压与扭转,梁的弯曲,应力状态与强度理论,组合变形,压杆稳定;第11~14章为结构力学,主要内容包括平面体系的几何组成、静定结构内力计算、静定结构的位移计算、超静定结构的内力计算。

本书在每章开头都有教学目标,目的是为了使读者在学习本章前能对该章节的主要内容有个系统的认识,并依据教学大纲的要求,较快地掌握该章的知识要点。每章后都附有小结、思考题和难度不等的习题,为读者学习掌握本章知识提供帮助。

参与本书编写的有:湖南城市学院的黎永索(第1、2、11、12章)、彭桂强(第13、14章)、何叶(第4、6章)、赵稳军(第3章)、杨山波(第7章),攀枝花学院的郭剑(第9、10章)、罗强(第8章),重庆大学的杜超(第5章)。全书由黎永索、郭剑负责统稿并担任主编,彭桂强、何叶担任副主编。

本书编写过程中得到很多力学同仁的指导和帮助,书中内容参考了很多力学教材,在此一并致谢。

本书虽然在内容和体系改革等方面取得了一些成果,但限于编者水平,且编写时间仓促,书中难免存在欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2013年8月

目 录

1 绪论	1
1.1 建筑力学的研究对象和任务	1
1.1.1 建筑力学的研究对象	1
1.1.2 建筑力学的基本任务	2
1.2 变形固体及其基本假定	3
1.2.1 刚体	3
1.2.2 变形固体	3
1.3 结构的计算简图	4
1.3.1 结构体系的简化	4
1.3.2 杆件的简化	5
1.3.3 结点的简化	5
1.3.4 支座的简化	6
1.4 荷载的分类	6
1.5 杆件变形的基本形式	7
2 建筑力学基础	9
2.1 力与力系	9
2.1.1 力的三要素	9
2.1.2 力对点之矩	9
2.1.3 力系	10
2.2 静力学公理	11
2.2.1 力的平行四边形法则	11
2.2.2 二力平衡公理	11
2.2.3 加减平衡力系公理	12
2.2.4 作用与反作用定律	13
2.3 约束与约束反力	13
2.4 物体的受力分析	17
3 平面任意力系	22
3.1 平面汇交力系的简化与平衡方程	22
3.1.1 平面汇交力系合成的几何法和平衡条件	22
3.1.2 力在坐标轴上的投影	22
3.1.3 平面汇交力系合成与平衡的解析法	23
3.2 平面力偶系	25
3.2.1 力偶的概念	25

3.2.2	力偶的三要素	25
3.2.3	力偶的性质	26
3.2.4	平面力偶系的合成与平衡	26
3.3	平面一般力系的简化与平衡	28
3.3.1	力的平移定理	28
3.3.2	平面一般力系的简化	29
3.3.3	平面一般力系的简化结果	29
3.3.4	合力矩定理	30
3.3.5	平面一般力系的平衡及其应用	31
4	截面的几何参数	42
4.1	截面的形心位置和面积矩	42
4.1.1	截面的形心位置	42
4.1.2	面积矩	43
4.2	惯性矩、极惯性矩、惯性积	44
4.2.1	惯性矩	44
4.2.2	极惯性矩	44
4.2.3	惯性积	44
4.2.4	组合截面的惯性矩	44
4.3	平行移轴公式	45
4.4	形心主惯性轴、形心主惯性矩	45
4.4.1	形心主惯性轴	45
4.4.2	形心主惯性矩	46
4.4.3	形心主惯性平面	46
5	杆件的轴向拉伸与压缩	50
5.1	轴向拉伸和压缩的概念	50
5.2	内力、轴力和应力	51
5.2.1	内力	51
5.2.2	轴力	51
5.2.3	应力	53
5.3	拉压杆斜截面上的应力	53
5.4	轴向拉伸或压缩时的变形	54
5.5	材料拉伸时的力学性能	56
5.5.1	低碳钢拉伸时的力学性能	56
5.5.2	铸铁拉伸时的力学性能	57
5.6	材料压缩时的力学性能	58
5.7	拉压杆的强度计算	58
5.8	应力集中	60

6 杆件的剪切、挤压与扭转	64
6.1 剪切与挤压的概念	64
6.2 剪切与挤压的实用计算	65
6.2.1 剪切的实用计算	65
6.2.2 挤压的实用计算	66
6.3 扭转的概念	68
6.4 等直圆杆扭转轴的内力与应力	68
6.4.1 等直圆杆扭转的内力及内力图	69
6.4.2 薄壁圆筒扭转时的应力	72
6.4.3 等直圆杆扭转时横截面上的切应力	74
6.4.4 切应力互等定理	76
6.5 等直圆杆扭转轴的强度计算	78
6.6 等直圆杆扭转时的变形与刚度计算	79
6.6.1 扭转变形计算	79
6.6.2 刚度计算	80
7 梁的弯曲	86
7.1 平面弯曲概述	86
7.1.1 弯曲的概念	86
7.1.2 梁的计算简图	87
7.2 梁的内力与内力图	87
7.2.1 梁的剪力和弯矩	87
7.2.2 内力方程和内力图	89
7.3 简易法作梁的内力图	90
7.3.1 荷载集度、剪力和弯矩之间的微分关系	90
7.3.2 简易法绘制的内力图的步骤	91
7.4 梁的应力与强度	94
7.4.1 梁的正应力	94
7.4.2 梁的正应力强度条件	97
7.4.3 梁的切应力	99
7.4.4 梁的切应力强度条件	101
7.5 梁的变形与刚度	102
7.5.1 工程中的变形问题	102
7.5.2 梁的变形和位移	102
7.5.3 积分法计算梁的变形	103
7.5.4 叠加法计算梁的变形	105
7.5.5 梁的刚度校核	106
7.6 梁的合理设计	107

8 应力状态与强度理论	112
8.1 点的应力状态的概念	112
8.2 平面应力状态分析	113
8.2.1 斜截面上的应力	113
8.2.2 主应力与主平面	114
8.2.3 切应力极值及其作用平面	115
8.2.4 应力圆	117
8.3 常用的强度理论	120
8.3.1 强度理论的概念	120
8.3.2 四个常用强度理论	121
9 组合变形	128
9.1 组合变形的概念	128
9.2 斜弯曲	129
9.3 拉(压)与弯曲	133
9.4 偏心受压(受拉)	136
9.4.1 偏心压缩时的强度计算	137
9.4.2 偏心压缩时截面中性轴的位置	137
9.4.3 截面核心	138
9.5 弯曲与扭转	141
10 压杆稳定	148
10.1 压杆稳定的概念	148
10.1.1 压杆的两类力学模型	148
10.1.2 压杆的三种平衡状态及其临界状态	149
10.2 细长杆临界力和临界应力	149
10.2.1 两端铰支的细长受压杆的临界力	150
10.2.2 不同杆端约束细长压杆的临界力	151
10.2.3 细长压杆的临界应力	152
10.2.4 欧拉公式的适用范围	152
10.2.5 中长杆和短杆的临界应力计算	153
10.3 压杆的稳定计算	156
10.4 提高压杆稳定性的措施	163
10.4.1 适当降低压杆的柔度	163
10.4.2 合理选择压杆的材料	164
11 平面体系的几何组成	169
11.1 几何组成分析的目的	169
11.2 自由度和约束的概念	170
11.2.1 刚片	170

11.2.2 自由度	170
11.2.3 约束	170
11.3 几何不变体系的基本组成规则	173
11.3.1 三刚片规则	173
11.3.2 二刚片规则	173
11.3.3 二元体规则	173
11.4 几何组成分析实例	175
11.5 瞬变体系	176
11.6 几何构造与静定关系	178
12 静定结构内力计算	181
12.1 多跨静定梁	181
12.2 静定平面刚架	184
12.2.1 刚架特点及分类	184
12.2.2 刚架内力计算	185
12.3 静定平面桁架	186
12.3.1 理想桁架及桁架的分类	186
12.3.2 结点法	187
12.3.3 截面法	189
12.4 三铰拱	190
12.4.1 拱的概念及其分类	190
12.4.2 三铰拱简介	190
12.4.3 三铰拱的合理拱轴线	191
12.5 静定平面组合结构	192
13 静定结构的位移计算	197
13.1 结构位移基本概念	197
13.1.1 结构的位移	197
13.1.2 计算位移的目的	198
13.1.3 产生位移的主要原因及位移计算方法	198
13.2 结构位移计算一般公式	198
13.2.1 虚功	198
13.2.2 变形体系的虚功原理	199
13.2.3 位移计算的一般公式	200
13.3 荷载作用下的位移计算	201
13.3.1 荷载作用下的位移计算公式及计算位移的步骤	201
13.3.2 各类结构的位移计算公式	202
13.3.3 荷载作用下位移举例	202
13.4 图乘法	204

13.4.1	图乘法的计算公式	204
13.4.2	图乘法分段和叠加	206
13.4.3	图乘法应用举例	207
13.5	支座移动的位移计算	208
13.6	线性变形体的互等定理	208
13.6.1	功的互等定理	208
13.6.2	位移互等定理	209
13.6.3	反力互等定理	209
14	超静定结构的内力计算	214
14.1	概述	214
14.2	力法的基本原理	215
14.2.1	超静定次数的确定	215
14.2.2	力法的基本原理和步骤	216
14.3	力法的算例与典型方程	218
14.4	等截面单跨超静定梁的杆端内力	221
14.4.1	支座位移引起的杆端内力计算	221
14.4.2	几种常用的杆端内力	222
14.4.3	杆端内力计算通式	224
14.5	位移法基本思路	225
14.6	力矩分配法	228
14.7	结构的静力特性	230
附录 1	简单荷载作用下梁的挠度和转角	235
附录 2	型钢表	238
	习题简答	243
	参考文献	250

1 绪 论

教学目标

- (1) 了解建筑力学课程的性质、任务
- (2) 了解建筑力学的基本概念与基本假设
- (3) 熟悉结构计算简图的选取原则及简化的内容
- (4) 了解荷载类型与分类特点
- (5) 了解杆件变形的基本形式

1.1 建筑力学的研究对象和任务

人们建造各种各样的建筑物或构筑物用于日常生产和生活,这些建筑物或构筑物不仅要实现其使用功能,而且要确保在安全前提下的经济性与合理性。对建筑物或构筑物进行结构设计时,对结构的力学分析和计算具有非常重要的地位。**建筑力学**就是研究建筑物或构筑物设计中有关力学分析与计算问题的一门课程。

1.1.1 建筑力学的研究对象

建筑力学的研究对象是各种各样的建筑物或构筑物。

建筑物中承受荷载而起骨架作用的部分称为**结构**,组成结构的每一部分称为**构件**。结构和构件承受的荷载有其自重、风荷载、人群荷载、屋面积雪、吊车压力等,同时,还承受其他因素的影响,如温度变化、支座沉降、地震作用等。图 1.1 为单层工业厂房,其结构一般由屋面板、连系梁、屋架、吊车梁、柱、基础等构件组成。

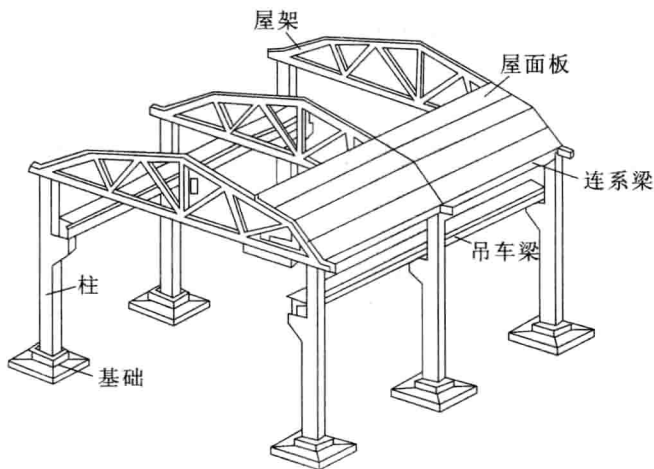


图 1.1

结构的类型很多,按照结构构件的形状和几何尺寸,可以将结构分为杆件结构、板壳结构和实体结构三类。

杆件结构是由若干根杆件相互连接而成,图 1.1 所示厂房即为杆件结构。杆件的几何特征是其长度远大于截面的宽度和高度,如图 1.2(a)所示。杆件轴线为直线的称为直杆,杆件轴线为曲线的称为曲杆。各种结构中,杆件结构最多,本书讨论的也主要是杆件结构。

板壳结构又称薄壁结构,是指长度和宽度远大于其厚度的结构。形状为平面的板壳结构称为板,如图 1.2(b)所示;形状为曲面的板壳结构称为壳,如图 1.2(c)所示。

实体结构是指三个方向的尺寸比较接近,为同一量级的结构,如图 1.2(d)所示的挡土墙,堤坝、块式基础等也是实体结构。

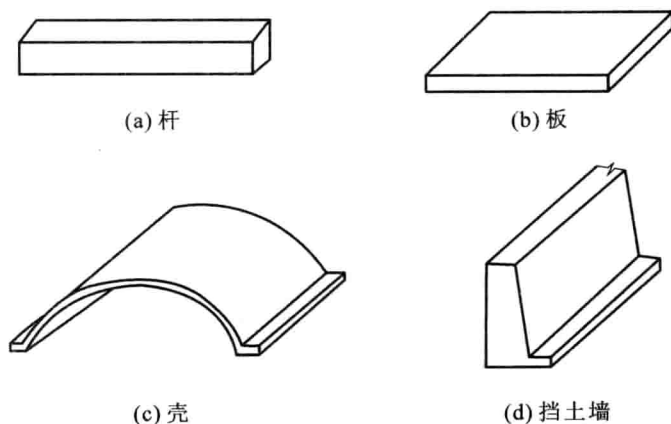


图 1.2

1.1.2 建筑力学的基本任务

任何建筑物或机器设备都是由若干构件或零件组成的。在正常工作情况下,组成建筑物和机器设备的各个构件通常都要受到各种外力的作用。例如,房屋中的梁要承受楼板传给它的重量、轧钢机受到钢坯变形时的阻力等。

要想使建筑物和机器设备正常工作,就必须保证组成它们的每一个构件在荷载作用下都能正常工作。为了保证结构和构件正常安全地工作,要求结构和构件必须满足以下要求:

(1) 构件必须按照一定的几何组成规则组成结构,以确保在荷载作用时能够维持几何形状不发生改变。

(2) 强度要求

强度是指材料或构件抵抗破坏的能力。材料强度高,是指这种材料比较坚固,不易破坏;材料强度低,则是指这种材料不够坚固,较易破坏。结构或构件必须具备一定的承载能力,否则在荷载或其他因素作用下就会发生破坏,甚至造成灾难性的事故。

(3) 刚度要求

刚度是指构件或结构抵抗变形的能力。构件的刚度大,是指构件在荷载作用下不易变形,即抵抗变形的能力大;构件的刚度小是指构件在荷载作用下较易变形,即抵抗变形的能

力小。任何物体在外力作用下,都会产生不同程度的变形。在工程中,即使构件强度足够,如果变形过大,也会影响其正常工作。例如,楼板梁在荷载作用下产生的变形过大,下面的抹灰层就会开裂、脱落。因此,在实际工程中,为保证构件在荷载作用下产生的变形不超过一定的范围,就要求构件具有一定的刚度。

(4) 稳定性要求

受压的细长杆和薄壁构件,必须保持原有的平衡,即要求具备一定的**稳定性**。当压力增加时,构件突然失去初始平衡而破坏的现象,称为失稳。构件失稳将导致结构物的破坏。例如,房屋中受压柱如果是细长的,当压力超过一定限度后,就有可能显著地变弯,甚至弯曲折断,由此酿成严重事故。因此,细长的受压构件,必须保证其具有足够的稳定性。

建筑力学的任务是研究结构的几何组成规则,以及在荷载作用下结构和构件的强度、刚度和稳定性问题。其目的是保证结构按照设计要求正常工作,使所设计的结构和构件安全可靠、经济合理。

1.2 变形固体及其基本假定

1.2.1 刚体

刚体是指在任何外力的作用下,大小和形状始终保持不变的物体,或者说在力的作用下其内任意两点间的距离不变的物体。实际上,任何物体受到力的作用后都会产生或大或小的变形,但在一些力学问题中,物体变形这一因素对所研究的问题影响甚微,这时,就可将物体视为刚体,从而使问题得到简化。

1.2.2 变形固体

(1) 变形固体的概念

自然界中的任何物体在外力作用下,都会产生或大或小的变形。由于固体的可变形性质,所以又将固体称为变形固体。严格地讲,自然界中的一切固体均属变形固体。

在建筑力学中,通常将物体抽象化为两种计算模型,即刚体模型和理想变形固体模型。在一些力学问题中,可以不考虑物体的变形,将物体视为刚体,从而使所研究的问题得到简化。如在第3章中研究物体的平衡问题时,可将物体视为刚体。而有一些力学问题,物体的变形是不可忽略的,不考虑物体的变形就得不到问题的正确解答,故将物体视为变形固体。

(2) 变形固体的基本假设

① **连续性假设**:连续性是指材料内部没有空隙。

② **均匀性假设**:均匀性是指材料的力学性质各处都相同。

③ **各向同性假设**:即材料沿不同的方向具有相同的力学性质。

按照连续、均匀、各向同性假设而理想化了的变形固体称为理想变形固体。采用理想变形固体模型不但使理论分析和计算得到简化,而且计算所得的结果,在大多数情况下都能满足工程精度要求。

工程中大多数构件在荷载作用下,其几何尺寸的改变量与构件本身的尺寸相比都很小,

称这类变形为“小变形”。由于变形很小,所以在研究构件的平衡、运动等问题时,可忽略其变形,采用构件变形前的原始尺寸进行计算,从而使计算大为简化。在材料力学中,是把实际材料看作连续、均匀、各向同性的可变形固体,且大多数情况下是在弹性变形范围内和小变形条件下进行研究。

1.3 结构的计算简图

1.3.1 结构体系的简化

建筑结构一般都是空间结构,各部分相互连接成为一个空间整体,以承受各个方向可能出现的荷载。多数情况下,常忽略一些次要的空间约束而将实际结构分解为平面结构,使计算得以简化,本书主要讨论平面结构的计算问题。

按连接方法,常见杆件结构的计算简图如图 1.3 所示。

梁:梁由受弯构件组成,杆件轴线一般为直线。梁一般分为单跨梁[图 1.3(a)]、多跨梁[图 1.3(b)]或连续梁。

刚架:由梁和柱组成的结构,具有刚结点[图 1.3(c)、图 1.3(d)]。

拱:一般由曲杆构成。在竖向荷载作用下,支座产生水平反力[图 1.3(e)]。

桁架:由若干直杆用铰链连接组成的结构[图 1.3(f)]。

组合结构:由桁架和梁或刚架组合在一起形成的结构,其中含有组合结点[图 1.3(g)]。

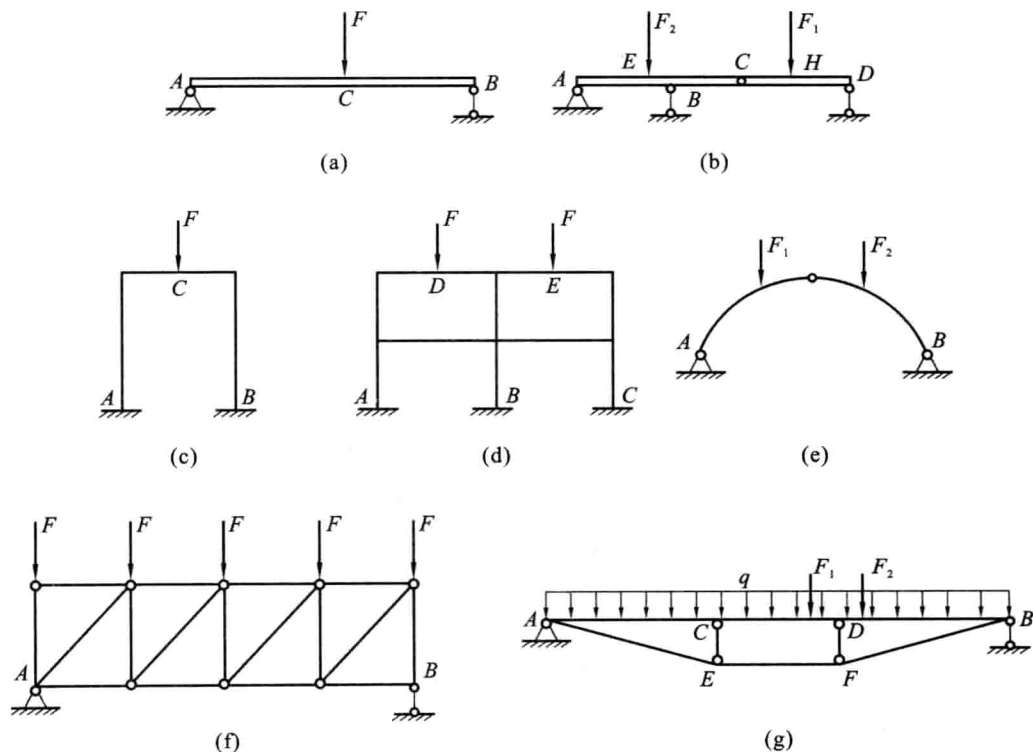


图 1.3

1.3.2 杆件的简化

杆件一般简化成轴线,杆件之间的连接区一般简化成结点,杆长用结点间距表示,荷载作用简化至杆件的轴线上。

1.3.3 结点的简化

杆件之间的连接区通常简化成为铰结点、刚结点和组合结点三种理想的结点形式,如图 1.4 所示。

铰结点的特征是其所连接各杆件可以绕结点自由转动,杆件间的夹角可以改变,但杆件间不能发生相对移动,故铰结点只传递力(轴力和剪力),不传递力矩(弯矩)。在计算简图中,铰结点用一个小圆圈表示。图 1.4(a)所示屋架的杆件间的连接对相对转动的约束不强,受力时杆件可发生微小的转动,这种结点可近似地按照铰结点处理[1.4(b)]。

刚结点的特征是被连接的杆件在连接处既不能相对移动,又不能相对转动,故刚结点既可以传递力(轴力和剪力),又可以传递力矩(弯矩)。图 1.4(c)中钢筋混凝土的梁和柱现浇在一起,连接方式就是刚结点,计算简图见图 1.4(d)。

组合结点在杆件连接处,如果将其中一部分杆件之间的连接视为刚性连接,而另一部分杆件之间的连接视为铰链连接,则称这样的结点为**组合结点**。图 1.4(e)所示为厂房内的组合式吊车梁,上弦为钢筋混凝土 T 形截面梁,梁内的预埋钢板在 C、D 点与下面的角钢焊接形成组合结点;角钢之间为焊接,简化为铰结点,如图 1.4(f)所示的 E、F。

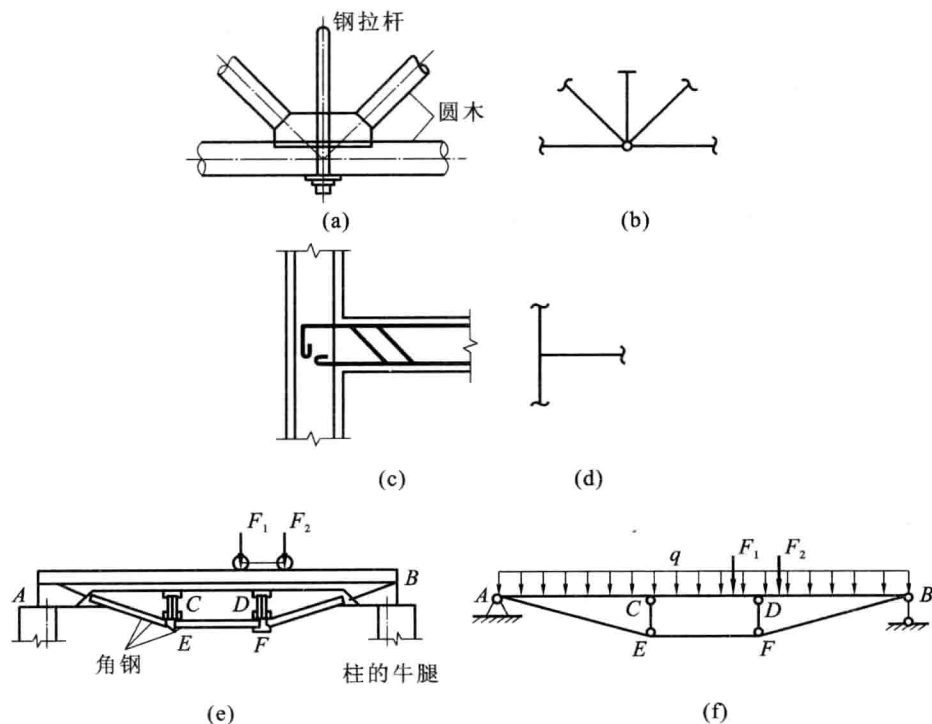


图 1.4

1.3.4 支座的简化

平面杆件结构的支座通常有固定端支座、固定铰支座和可动铰支座三种简化形式。

固定端支座不允许在 A 端发生任何移动和转动,可用水平和竖向分力 X 和 Y 及反力矩 M 表示[图 1.5(a)]。固定铰支座可绕 A 转动,但不能发生移动,则可用水平和竖向分力 X 和 Y 表示[图 1.5(b)]。可动铰支座可绕 A 转动,又可沿平面水平移动,则可用竖向力 Y 表示[图 1.5(c)]。

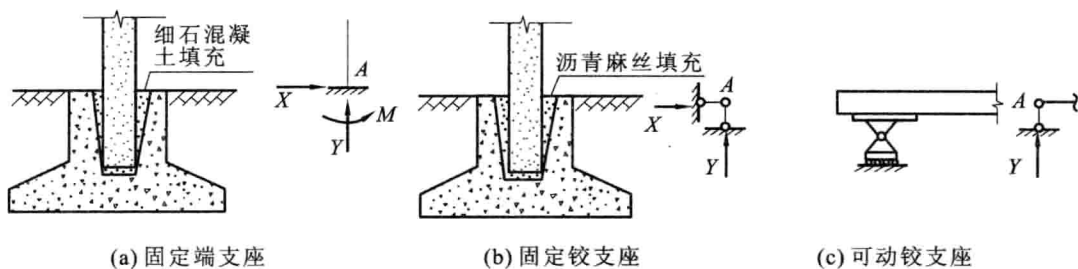


图 1.5

图 1.5 中,当杯形基础内填充细石混凝土时,将支座简化为固定端支座;当杯形基础内填充沥青麻丝时,将支座简化为固定铰支座。

1.4 荷载的分类

建筑物在施工过程及建成后的使用过程中,均受到各种各样的作用,使建筑物整体或局部发生变形、位移甚至破坏。工程中,对引起建筑物变形、位移甚至破坏的作用均称为**荷载**。

工程中,作用在结构上的荷载是多种多样的,可从不同的角度进行分类。

(1) 按其作用时间分为恒载和活载

作用于结构上的荷载作用位置、荷载大小和方向长时间不变化的荷载为**恒载**,如结构的自重、固定在结构上的附属物和设备的重量等。

在建筑物的施工过程和使用期间可能存在的,其大小、方向、作用位置均可随时间的延续而变化的荷载称为**活载**。活载又可分为分布荷载(如人群、冰雪的重量、风压等)和可移动的集中荷载(如车辆、吊车的轮压等,其特点是大小、方向、各荷载间的距离不变,只有作用位置可在建筑物上移动)。

(2) 按作用性质分为静载和动载

静载的特点是,自作用开始,其值保持不变或者变化过程非常缓慢,不会引起结构的显著振动。**动载**是随时间迅速变化的荷载,会使结构产生明显的振动。土木工程中大多数荷载都按照静载分析,但诸如机械振动、地震和爆炸冲击等,则需按动力荷载处理,以反映其动力效应。

(3) 按作用位置分为移动荷载和固定荷载

(4) 按作用位置分布情况分为分布荷载和集中荷载

分布范围很小,可近似认为作用在一点的荷载称为**集中荷载**;沿直线或曲线分布的荷载

称为**线分布荷载**(单位: kN/m);沿平面或曲面分布的荷载称为**面分布荷载**(单位: kN/m^2);沿物体内各点分布的荷载称为**体分布荷载**(单位: kN/m^3)。

工程中,荷载的分布情况往往比较复杂,但在很多情况下,都可简化为沿直线和平面均匀分布的荷载进行分析计算。分布荷载的合力作用在分布区域的中心,指向不变,其大小等于分布集度的大小 q 乘以分布范围。

1.5 杆件变形的基本形式

工程中的杆件所受的外力是多种多样的,其变形也是各种各样的,而杆件的基本变形形式只有以下四种:

(1) 轴向拉压变形

在一对方向相反、作用线与杆轴线重合的外力作用下,杆件的主要变形是沿轴线方向的长度增加或减小,这种变形形式称为**轴向拉伸**[图 1.6(a)]或**轴向压缩**[图 1.6(b)]。

(2) 剪切变形

在一对大小相等、方向相反且相距很近的横向外力作用下,杆件的横截面将沿外力作用方向发生错动[图 1.6(c)],这种变形形式称为**剪切**。

(3) 扭转变形

在一对转向相反、作用面垂直于杆轴线的外力偶作用下,杆件任意两个横截面将发生相对转动,但轴线仍维持直线,这种变形形式称为**扭转**[图 1.6(d)]。

(4) 弯曲变形

在一对转向相反、作用面在杆件的纵向平面(即包含杆轴线在内的平面)内的外力偶作用下,杆件将在纵向平面内发生弯曲,这种变形形式称为**弯曲**[图 1.6(e)]。

工程中的杆件可能同时承受不同形式的外力,同时发生两种或两种以上的基本变形,这种变形情况称为**组合变形**。本书将先分别讨论杆件的每一种基本变形,然后再分析比较复杂的组合变形问题。

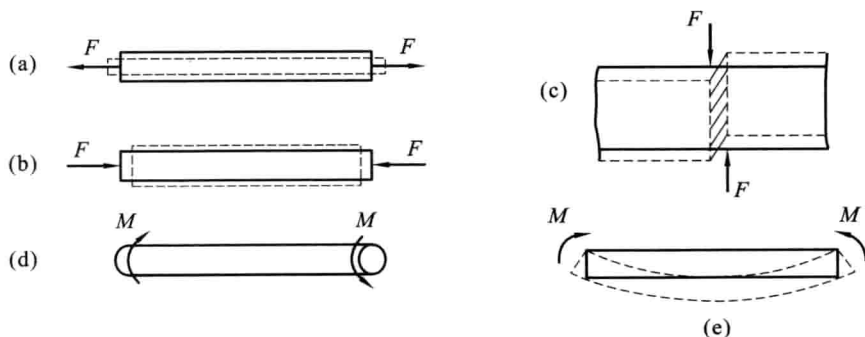


图 1.6