

建筑力学

主编 寸江峰

主审 官燕玲



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

建筑力学

主 编 寸江峰
参 编 孟 琳 雷建海
王淑红 陈胜博
主 审 官燕玲



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书按照高等院校人才培养目标以及专业教学改革的需要,依据最新标准规范进行编写。全书共分为十六章,主要内容包括绪论、静力学基础、平面汇交力系、力矩与平面力偶系、平面一般力系、材料力学基础、轴向拉伸和压缩、平面图形的几何性质、剪切与扭转、梁的弯曲、组合变形、压杆稳定、平面体系的几何组成分析、静定结构的内力分析、静定结构的位移计算、超静定结构的计算方法、影响线及其应用等。

本书可作为高等院校土木工程类相关专业的力学教材,也可供土建工程相关专业技术人员参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/寸江峰主编. —北京:北京理工大学出版社, 2018.1

ISBN 978-7-5682-5052-8

I. ①建… II. ①寸… III. ①建筑科学—力学 IV. ①TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第308980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/16.5

字 数/397千字

版 次/2018年1月第1版 2018年1月第1次印刷

定 价/72.00元

责任编辑/钟 博

文案编辑/钟 博

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

编审委员会

顾问：胡兴福 全国住房和城乡建设职业教育教学指导委员会秘书长
全国高职工程管理类专业指导委员会主任委员
享受政府特殊津贴专家，教授、高级工程师

主任：杨云峰 陕西交通职业技术学院党委书记，教授、正高级工程师

副主任：薛安顺 刘新潮

委员：

于军琪	吴 涛	官燕玲	刘军生	来弘鹏
高俊发	石 坚	黄 华	熊二刚	于 均
赵晓阳	刘瑞牛	郭红兵		

编写组：

丁 源	罗碧玉	王淑红	吴潮玮	寸江峰
孟 琳	丰培洁	翁光远	刘 洋	王占锋
叶 征	郭 琴	丑 洋	陈军川	

前 言

建筑结构的建造过程离不开力学基础知识。掌握一定的力学知识,不仅可以改善结构的受力性能从而节约建筑材料,而且还可以大大降低发生工程安全事故的概率。因此,建筑类相关专业技术人员掌握一定的力学基础知识是非常必要的。

本书以扩展力学基础知识,提高基本力学验算能力,使学生在建筑活动中能够自觉应用力学规律,在确保结构安全的前提下合理使用建筑材料,培养高质量专业技术技能人才为目的,本着先进、实用的选材原则和简明、系统的组织原则,充分吸收当前最新技术成果和教学成果,为建工类相关专业的学生提供一个充分掌握建筑力学基础常识和基本能力的平台。在学生具备一定的力学基本知识的基础上,通过引导分析和接触大量贴近实际工程的算例,使其具有基本的专业力学基础常识和结构分析验算能力,加深对建筑的理解。本书在编写过程中注重联系高中力学基础知识,把力学基础知识和基本原理逐次引入建筑工程领域,应用最简单和通俗的知识和原理解决实际建筑工程问题,使学生在解决实际问题时进行深刻的学习。

本书共分为十六章,充分考虑了高中力学基础向专业力学的过渡及学生学习的认知规律,按照由浅入深、由简单到复杂、由概念到计算理论、由普遍到具体等规律逐次介绍了力学基础、杆件的基本变形、静定结构的内力、静定结构的变形和位移、静定结构失效验算、超静定结构、影响线等方面的力学知识。

本书由寸江峰担任主编,孟琳、雷建海、王淑红、陈胜博参与了本书部分章节的编写工作。具体编写分工为:绪论、第一章、第二章、第三章、第四章、第六章、第九章、第十三章、附录由寸江峰编写;第五章、第七章、第十二章由孟琳编写;第八章、第十章、第十一章由雷建海编写;第十四章、第十五章由王淑红编写;第十六章由陈胜博编写。全书由官燕玲主审。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏及不妥之处,敬请广大读者批评指正!

编 者

目 录

绪论	1
----	---

第一章 静力学基础	9
-----------	---

第一节 静力学基本概念	9
-------------	---

一、力的概念	9
二、力的三要素	9
三、力的表示	10
四、力系与平衡	10

第二节 静力学基本公理	11
-------------	----

一、二力平衡公理	11
二、作用力与反作用力公理	11
三、加减平衡力系公理	11
四、力的平行四边形法则	12
五、三力平衡汇交定理	13

第三节 约束与约束反力	13
-------------	----

一、约束与约束反力的概念	13
二、工程中常见的约束类型	14

第四节 物体受力分析和受力图	16
----------------	----

一、物体受力分析	16
二、物体受力图	17

本章小结	19
------	----

思考与练习	19
-------	----

第二章 平面汇交力系	20
------------	----

第一节 力系的分类	20
-----------	----

第二节 平面汇交力系合成与平衡——几何法	20
----------------------	----

一、用几何法求平面汇交力系的合力	20
二、平面汇交力系平衡的几何条件	22

第三节 平面汇交力系合成与平衡——解析法	22
----------------------	----

一、力在直角坐标轴上的投影	22
二、合力投影定理	24

三、用解析法求平面汇交力系的合力	24
------------------	----

四、平面汇交力系平衡的解析条件	25
-----------------	----

本章小结	26
------	----

思考与练习	26
-------	----

第三章 力矩与平面力偶系	28
--------------	----

第一节 力对点的矩与合力矩定理	28
-----------------	----

一、力对点的矩	28
二、合力矩定理	29

第二节 力偶与力偶矩	30
------------	----

一、力偶与力偶矩的概念	30
二、力偶的基本性质	31

第三节 平面力偶系的合成与平衡条件	33
-------------------	----

一、平面力偶系的合成	33
二、平面力偶系的平衡条件	34

本章小结	35
------	----

思考与练习	35
-------	----

第四章 平面一般力系	37
------------	----

第一节 力的等效平移	37
------------	----

第二节 平面任意力系的简化	38
---------------	----

一、平面任意力系向作用面内任一点简化	38
二、平面任意力系简化结果讨论	39

第三节 平面任意力系的平衡	40
---------------	----

一、平面任意力系的平衡方程	40
二、平面任意力系平衡方程的解题步骤	41
三、平面任意力系平衡方程的应用	41

第四节 平面平行力系的合成与平衡	43
------------------	----

一、合力矩定理	43
二、平面平行力系的合力	43
三、平面平行力系的平衡方程	44

第五节 物体系统的平衡	45
本章小结	48
思考与练习	48

第五章 材料力学基础..... 52

第一节 变形固体及其基本假设	52
一、变形固体	52
二、变形固体的基本假设	52
第二节 杆件的基本变形形式	53
本章小结	53
思考与练习	53

第六章 轴向拉伸和压缩..... 54

第一节 轴向拉伸和压缩的概念	54
第二节 轴向拉伸和压缩时的内力	55
一、内力的概念	55
二、轴向拉伸和压缩时的内力——轴力	55
第三节 轴向拉压杆横截面上的正应力	57
一、应力的概念	57
二、轴向拉压杆横截面上的正应力	58
第四节 轴向拉压杆的变形与胡克定律	59
一、轴向拉压杆的变形	59
二、胡克定律	61
第五节 材料在拉伸和压缩时的力学性能	62
一、材料拉伸时的力学性能	62
二、材料压缩时的力学性能	65
三、两类材料力学性能的比较	65
四、材料的极限应力和许用应力	65
第六节 轴向拉压杆的强度条件与计算	66
一、轴向拉压杆的强度条件	66
二、轴向拉压杆的强度计算	66
第七节 应力集中的概念	71
本章小结	72
思考与练习	72

第七章 平面图形的几何性质..... 77

第一节 静矩	77
一、截面的形心位置	77
二、静矩	78
第二节 惯性矩、惯性积与惯性半径	79

一、惯性矩	79
二、惯性积	80
三、惯性半径	80
第三节 组合图形的惯性矩	80
一、平行移轴公式	80
二、组合图形的惯性矩	81
第四节 形心主惯性轴、形心主惯性矩	82
一、形心主惯性轴	82
二、形心主惯性矩	83
本章小结	83
思考与练习	83

第八章 剪切与扭转..... 85

第一节 剪切及计算公式	85
一、剪切的概念	85
二、剪切的计算公式	85
第二节 挤压及其计算公式	87
一、挤压的概念	87
二、挤压的计算公式	87
第三节 剪切胡克定律与剪应力互等定理	88
一、剪切胡克定律	88
二、剪应力互等定理	89
第四节 圆轴扭转计算	89
一、扭转的概念	89
二、圆轴扭转时的内力——扭矩	90
三、圆轴扭转时的剪应力	91
四、圆轴扭转时的强度条件	92
五、圆轴扭转时的刚度条件	93
本章小结	94
思考与练习	94

第九章 梁的弯曲..... 97

第一节 弯曲的概念及梁的计算简图	97
一、弯曲的基本概念	97
二、梁的计算简图	98
第二节 梁的内力及内力图	99
一、剪力与弯矩	99
二、剪力图和弯矩图	102
第三节 梁弯曲时的正应力及其强度计算	108
一、梁的弯曲正应力	108
二、正应力强度计算	111

第四节 梁弯曲时的剪应力及其强度	
计算	112
一、矩形截面梁的切应力	113
二、其他形状截面的切应力	114
三、梁的切应力强度条件	115
四、提高梁的抗弯强度的措施	116
第五节 梁变形的计算	118
一、挠曲线近似微分方程	119
二、用积分法求梁的变形	120
三、用叠加法求梁的变形	123
第六节 梁的刚度条件及提高梁抗弯刚度的措施	124
一、梁的刚度条件	124
二、提高梁抗弯刚度的措施	125
本章小结	125
思考与练习	125

第十章 组合变形..... 128

第一节 组合变形的概念	128
第二节 偏心拉伸(压缩)	129
一、单向偏心拉伸(压缩)	129
二、双向偏心拉伸(压缩)	130
三、截面核心	132
本章小结	133
思考与练习	133

第十一章 压杆稳定..... 135

第一节 压杆稳定的概念	135
一、压杆稳定失效	136
二、其他结构件的稳定失效	136
第二节 细长压杆的临界压力	137
一、两端铰支细长压杆的临界压力	137
二、不同支承下细长压杆的临界压力	137
第三节 临界应力和临界应力总图	139
一、临界应力与柔度	139
二、欧拉公式的适用范围	140
三、中柔度杆经验公式	140
四、小柔度杆	141
五、临界应力总图	141
第四节 压杆稳定性计算和提高压杆稳定性的措施	141
一、计算步骤	141

二、提高压杆稳定性的措施	143
本章小结	144
思考与练习	144

第十二章 平面体系的几何组成分析..... 148

第一节 体系几何组成分析中的基本概念	148
一、几何不变体系和几何可变体系	148
二、刚片	149
三、自由度	149
四、约束	149
五、必要约束和多余约束	150
六、平面体系的计算自由度	150
第二节 几何不变体系的组成规则	152
第三节 虚铰与瞬变体系	153
一、虚铰	153
二、瞬变体系	154
第四节 平面体系几何组成分析举例	155
本章小结	157
思考与练习	157

第十三章 静定结构的内力分析..... 159

第一节 静定梁内力计算	159
一、单跨静定梁	159
二、多跨静定梁	163
第二节 静定平面刚架	167
一、刚架的概念及特点	167
二、静定平面刚架的分类	167
三、静定平面刚架的内力计算	168
第三节 静定平面桁架	169
一、概述	169
二、静定平面桁架内力计算	171
第四节 静定结构的特性	176
本章小结	177
思考与练习	177

第十四章 静定结构的位移计算..... 180

第一节 概述	180
第二节 位移计算的一般公式	181
一、位移计算的两个状态	181
二、位移计算的一般公式	182

第三节 静定结构在荷载作用下的位移	
计算	183
第四节 图乘法	186
一、图乘法的基本原理及适用条件	186
二、图乘法的计算步骤与算例	189
第五节 静定结构温度变化时的位移	
计算	191
第六节 静定结构支座移动时的位移	
计算	193
第七节 线弹性结构的互等定理	194
一、功的互等定理	194
二、位移互等定理	195
三、反力互等定理	195
第八节 静定结构位移计算的一般	
公式	196
本章小结	196
思考与练习	196

第十五章 超静定结构的计算 方法..... 199

第一节 超静定结构概述	199
一、超静定结构的概念	199
二、超静定次数的确定	199
第二节 力法	201
一、力法的基本原理	201
二、力法典型方程	203
三、力法的计算步骤和举例	205
第三节 对称性的利用	208
一、选取对称的基本结构	208

二、半结构	211
第四节 结构的静力特性	214
本章小结	215
思考与练习	215

第十六章 影响线及其应用..... 218

第一节 影响线的概念	218
第二节 单跨静定梁的反力、内力	
影响线	219
一、反力影响线	220
二、剪力影响线	220
三、弯矩影响线	221
第三节 用机动法作简支梁的影响线	223
第四节 影响线的应用	225
一、利用影响线求固定荷载作用下	
的量值	225
二、利用影响线判断最不利荷载	
位置	227
第五节 简支梁的绝对最大弯矩和简支	
梁的内力包络图	231
一、简支梁的绝对最大弯矩	231
二、简支梁的内力包络图	233
本章小结	234
思考与练习	234

附录 热轧型钢常用参数表..... 237

参考文献..... 252

绪 论

一、建筑力学的研究对象与任务

(1)建筑力学的研究对象。建筑物是由基本构件组成的,常见的构件有梁、楼板、墙和柱、基础、屋架等。这些构件的用途是构成建筑物中的骨架,并承受和传递各种荷载作用。

建筑物中支承荷载、起骨架作用的部分称为结构。其按构件的几何性质可分为以下三种:

1)杆系结构。杆系结构是由若干杆件按照一定的方式连接起来组合而成的体系。杆件的几何特征是其截面高、宽两个方向的尺寸要比杆长小得多(杆件的长度尺寸大于其截面高、宽两个方向的尺寸5倍以上)。建筑力学的研究对象主要是杆系结构,如图0-1所示。

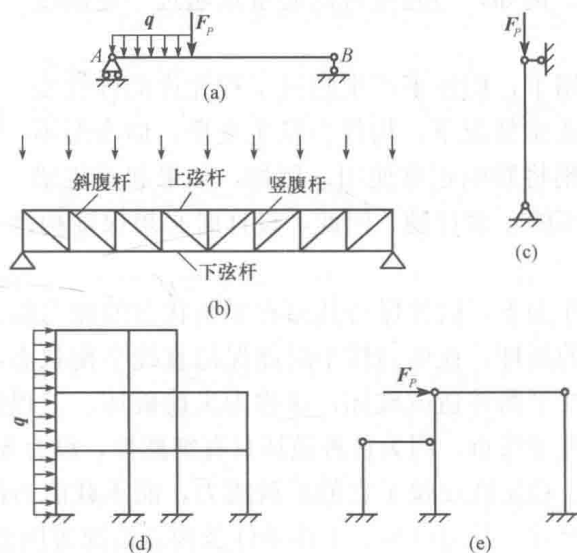


图 0-1 杆系结构

(a)梁; (b)桁架结构; (c)柱; (d)刚架; (e)排架结构

2)薄壁结构。薄壁结构由薄壁构件组成。其厚度要比长度和宽度小得多,如楼板、薄壳屋面[图0-2(a)]、矩形水池[图0-2(b)]、拱坝、薄膜结构等。

3)实体结构。实体结构本身可看作一个实体构件或由若干实体构件组成。其几何特征是呈块状的,长、宽、高三个方向的尺寸大体相近,且内部大多为实体,如挡土墙(图0-3)、重力坝、动力机器的底座或基础等。

(2)建筑力学的研究任务。在施工和使用过程中,建筑结构构件要承受及传递各种荷载作用,构件本身会因荷载作用而产生变形,存在损坏、失稳的可能。建筑力学的任务是研

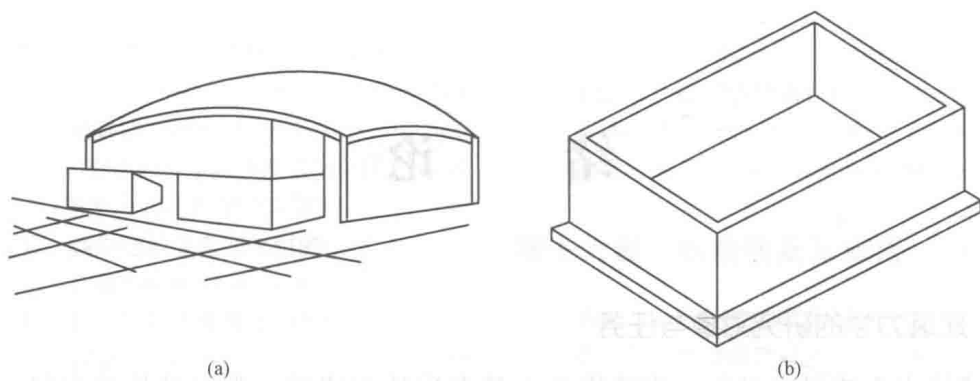


图 0-2 薄壳屋面和矩形水池

(a)薄壳屋面；(b)矩形水池

究结构的几何组成规律，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设计要求正常工作，并充分发挥材料的性能，使设计的结构既安全可靠又经济合理。

1)强度。构件本身具有一定的承载能力，在荷载作用下，其抵抗破坏或不产生塑性变形的能力通常称为强度。构件在过大的荷载作用下可能被破坏。例如，当起重机的起重量超过一定限度时，吊杆可能断裂。

2)刚度。在荷载作用下，构件不产生超过工程允许的弹性变形的能力称为刚度。在正常情况下，构件会发生变形，但变形不能超出一定的限值，否则将影响正常使用。例如，如果起重机梁的变形过大，起重机就不能正常行驶。因此，设计时必须保证构件有足够刚度，使变形不超过规范允许的范围。

3)稳定性。在荷载作用下，构件保持其原有平衡状态的能力称为稳定性。结构中受压的细长杆件，如桁架中的压杆，在压力较小时能保持直线平衡状态，当压力超过某一临界值时，就可能变为非直线平衡并造成破坏，这称为失稳破坏。工程结构中的失稳破坏往往比强度破坏所产生的损失更惨重，因为这种破坏具有突然性，没有先兆。

结构的强度、刚度、稳定性反映了它的承载能力，而承载能力的高低与构件的材料性质、截面的几何形状及尺寸、受力性质、工作条件及构造情况等因素有关。在结构设计中，如果将构件截面设计得过小，构件会因刚度不足导致变形过大而影响正常使用，或因强度不足而迅速破坏；如果将构件截面设计得过大，其能承受的荷载过分大于其所受的荷载，则会不经济，造成人力、物力上的浪费。由此可见，结构和构件的安全性与经济性是矛盾的。建筑力学的任务就在于合理地解决这种矛盾，即研究和分析作用在结构(或构件)上的力与平衡的关系，结构(或构件)的内力、应力、变形的计算方法以及构件的强度、刚度和稳定条件，为保证结构(或构件)既安全可靠又经济合理提供计算理论依据。

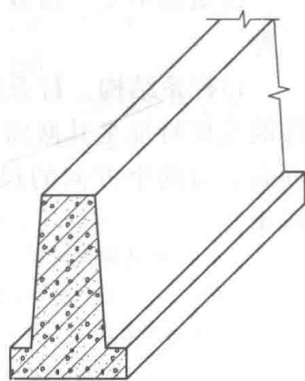


图 0-3 挡土墙

二、建筑结构的组成、分类及功能要求

建筑是供人们生产、生活和进行其他活动的房屋或场所，包括建筑物和构筑物。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。

(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同,作用也不同。

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,板对墙或柱有水平支撑的作用,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,对板的要求是具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。梁承受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。柱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。柱的设计必须满足强度、刚度和耐久性要求。

4)墙——竖向承重构件。墙与柱的作用类似,墙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,其构造要求是坚固、稳定、耐久,能经受冰冻、地下水及其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。

1)按所用材料分类。建筑结构根据承重结构所用的材料不同,可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构。

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。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;预应力混凝土结构是指在结构或构件中配置了预应力钢筋并施加了预应力的结构;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,其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的工业和民用建筑中,而且水塔、烟囱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,是因为它具有强度高、耐久性好、整体性好、可模性好、耐火性好、易于就地取材等优点;其不足之处是自重大、抗裂性能差,一旦损坏修复较困难。

②砌体结构。砌体结构是由各种块体(如烧结普通砖、空心砖、硅酸盐砖、混凝土中小型砌块、粉煤灰中小型砌块、石材等)和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构。

砌体结构的主要优点是取材方便,造价低廉,具有良好的耐火性、耐久性,以及良好的保温、隔热、隔声性能,节能效果好,施工简单;砌体结构的主要缺点是自重大、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,特别是在多层民用建筑中,砌体结构占绝大多数。

③钢结构。钢结构是指主要承重构件全部由钢板或型钢板制成的结构。

钢结构的主要优点是材料强度高、自重轻、材质均匀、施工工期短,具有优越的抗震性能;其缺点是易腐蚀、耐火性差、造价高。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。其将来的发展方向是高强度钢材和不断革新结构形式。

④木结构。木结构是指全部或大部分用木材制成的结构。这种结构易于就地取材,制作简单,但易燃、易腐蚀、变形大,而且木材的使用受到国家严格限制,因此已很少采用。

2)按结构体系分类。建筑结构按组成房屋主体结构的形式和受力系统即结构体系,可分为框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、筒体结构等。

①框架结构。框架结构是采用梁、柱组成的框架作为房屋的竖向承重结构,并同时承受水平荷载的结构。其中,梁和柱整体连接,其间不能自由转动、可以承受弯矩的称为刚接框架结构;梁和柱非整体连接,其间可以自由转动、不可以承受弯矩的称为铰接框架结构。

②剪力墙结构。剪力墙结构是利用墙体承受竖向和水平荷载,起着房屋维护与分割作用的结构。剪力墙在抗震结构中也称抗震墙,其在水平荷载作用下侧向变形很小,适用于建造较高的高层建筑。剪力墙的间距不能太大,平面布置不灵活,因此,其多用于12~30层的住宅、旅馆中。

③框架-剪力墙结构。框架-剪力墙结构是在框架结构纵、横方向的适当位置,在柱与柱之间设置几道剪力墙所组成的结构。该种结构形式充分发挥了框架结构、剪力墙结构各自的特点,在高层建筑中得到了广泛的应用。

④筒体结构。由剪力墙构成的空间薄壁筒体,称为实腹筒;由密柱、深梁框架围成的体系称为框筒;筒体的四壁由竖杆和斜杆形成的桁架组成称为桁架筒;如果体系是由上述筒体单元组成的,则称为筒中筒或成束筒,筒中筒(成束筒)一般由实腹的内筒和空腹的外筒构成。筒体结构具有很大的侧向刚度,多用于高层和超高层建筑中,如饭店、银行、通信大楼等。

(3)建筑结构的性能要求。通常情况下,建筑结构应满足下列各项性能要求:

1)安全性。要求建筑结构能承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种作用,以及在偶然事件发生时和发生后,仍能保持必需的整体稳定性。

2)适用性。要求建筑结构在正常使用时具有良好的工作性能,不出现过大的变形和裂缝。

3)耐久性。要求建筑结构在正常维护下具有足够的持续性,即建筑结构在正常维护条件下能够正常使用至规定的设计使用年限。

将上述性能要求概括起来称为结构的可靠性。结构的可靠性用可靠度来度量,若建筑结构在规定的使用年限内,在正常设计、正常施工和正常使用的条件下,其安全性、适用性和耐久性均能满足要求,则该结构是可靠的。

三、刚体和变形固体的概念

(1)刚体。实践表明,任何物体受到力的作用后,都会产生一些变形。但在通常情况下,绝大多数构件或零件的变形都是很微小的。研究证明,在很多情况下,这种微小的变形对物体的外效应影响非常小,可以忽略不计,即认为物体在力的作用下大小和形状保持

不变。在力的作用下不产生变形的物体称为刚体。

刚体只是人们将实物理想化的一个力学模型。事实上，自然界中任何物体受到外力作用都会发生不同程度的变形，只是有时变形很小，对所研究的问题影响甚小，可忽略不计。例如，建筑中最常见的梁，在研究它的平衡问题时，可认为它是刚体。在研究它的强度、刚度时，又必须把它看作变形体。所以，刚体的概念是相对的。

(2)变形固体。工程中构件和零件都是由固体材料制成的，如铸铁、钢、木材、混凝土等。这些固体材料在外力的作用下或多或少都会产生变形，称为变形固体。

无论是刚体还是理想变形固体，都是针对所研究问题的性质，略去一些次要因素，保留对问题起决定性作用的主要因素，而抽象化形成的理想物体。它们在生活和生产实践中并不存在，但在解决力学问题时，它们是必不可少的理想化的力学模型。

四、结构的计算简图

实际结构是很复杂的，完全按照结构的实际情况进行力学分析是不可能的，也无此必要。因此，在对实际结构进行力学计算前，需将它简化为既能反映其主要力学性能又便于计算的理想模型。这种在结构计算中用来代替实际结构的理想模型，称为结构的计算简图。

一般来说，确定结构计算简图的原则如下：

(1)从工程实际出发。计算简图要能够反映实际结构的受力和变形特点，使计算结果安全可靠。

(2)简化计算。应抓住主要因素，略去次要因素，力求计算简便。

1)荷载的简化。实际结构受到的荷载，一般是作用在构件内各处的体荷载(如自重)，以及作用在某一面积上的面荷载(如风压力)。在计算简图中，常将它们简化为作用在构件纵向轴线上的线荷载、集中力和集中力偶。

2)支座的简化。支座是结构的支撑装置，也称约束。在实际的工程结构中，支座随着结构形式或者材料的差异而各不相同。在选取其计算简图时，可根据实际构造和约束情况进行。平面杆系结构的支座，常用的有可动铰支座、固定铰支座和固定端支座。

3)结构的简化。杆件相互连接处称为结点。在计算简图中，通常将结点分为铰结点和刚结点两种。

①铰结点。铰结点的特征是各杆端可以绕结点中心自由转动，但不能有任何方向的相对移动。图 0-4(a)所示为某木屋架的结点构造，此时各杆端虽不能绕结点任意转动，但由于联结不可能很严密牢固，因而杆件之间仍有微小相对转动的可能。事实上，结构在荷载作用下，杆件间所产生的转动也相当小，所以该结点应被视为铰结点，其计算简图如图 0-4(b)所示。

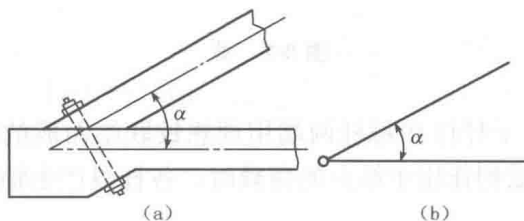


图 0-4 铰结点

②刚结点。刚结点的特征是汇交于结点的各杆端之间既不能发生相对移动，也不能发生相对转动。图 0-5(a)所示为钢筋混凝土刚架的结点，上、下柱和横梁在该处用混凝土浇筑成整体，钢筋的布置也使各杆端相对于结点不能发生任何移动或转动。计算时这种结点应被视为刚结点，其计算简图如图 0-5(b)所示。当结构发生变形时，汇交于刚结点各杆端的切线之间的夹角将保持不变[图 0-5(c)]。

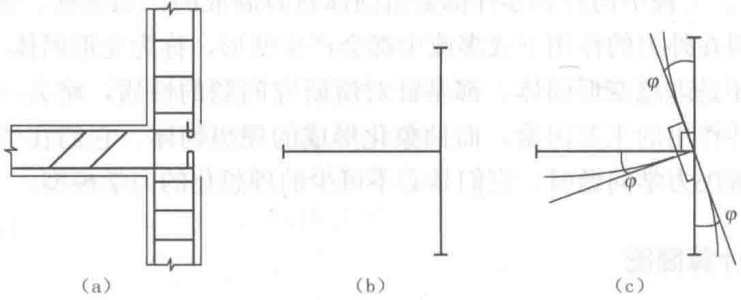


图 0-5 刚结点

五、平面杆件结构的分类

按照不同的构件特征和受力特点，平面杆件结构可分为以下几类：

(1)梁。梁是一种受弯杆件，其轴线通常为直线。它可以是单跨的[图 0-6(a)、(c)]，也可以是多跨连续的[图 0-6(b)、(d)]。

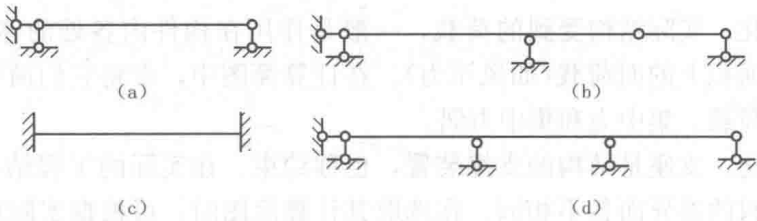


图 0-6 梁

(2)拱。拱的轴线通常为曲线。它的特点是在竖向荷载作用下能产生水平反力。水平反力的存在将使拱内弯矩远小于跨度、荷载及支承情况相同的梁的弯矩(图 0-7)。

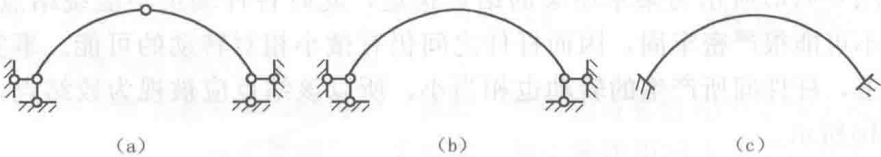


图 0-7 拱

(3)桁架。桁架是由若干杆件在每杆两端用理想铰联结而成的结构(图 0-8)。其各杆的轴线一般都是直线，当只受到作用于结点的荷载时，各杆只产生轴向力。

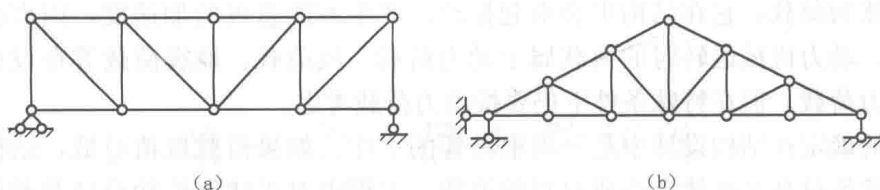


图 0-8 桁架

(4)刚架。刚架是由梁和柱等直杆、全部或部分刚结点组合而成的结构(图 0-9)。刚架中各杆件常同时承受弯矩、剪力及轴向力,但多以弯矩为主要内力。

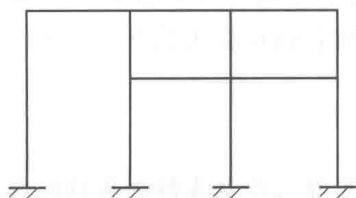


图 0-9 刚架

(5)组合结构。由只承受轴向力的链杆和主要承受弯矩的梁或刚架杆件组合形成的结构,称为组合结构(图 0-10)。在工业厂房中,当吊车梁的跨度较大(12 m 以上)时,常采用组合结构,工程界称之为桁架式吊车梁。

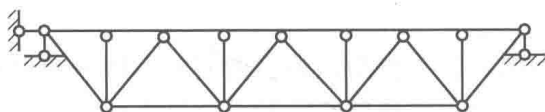


图 0-10 组合结构

六、荷载的分类

荷载是指作用在结构上的主动力,是一种直接作用,如结构的自重、挡土墙上的土压力等。结构在荷载作用下会出现内力和变形,但除了荷载以外,还有一些其他原因也可以引起结构的内力和变形,如温度变化、基础沉降等。从广义上来说,这些因素也可以叫作荷载。

荷载可以按不同的方法进行分类,具体有以下几种:

(1)根据荷载作用的时间,可分为恒载和活载两类。恒载是指长期作用在结构上的不变的荷载,如结构的自重或土压力;而活载是指建筑物在施工和使用期间可能存在的可变荷载,如楼面活荷载、屋面活荷载、风荷载、吊车荷载等。

(2)按荷载的作用位置是否变化,可分为固定荷载和移动荷载。恒载和大部分活载都是固定荷载,但有些活载在结构上的作用位置是变动的,例如,桥梁上运行的列车、厂房中移动的吊车都是移动荷载的实例。

(3)根据荷载对结构所产生的动力效应的大小,可分为静力荷载和动力荷载。静力荷载的大小、方向和作用位置不随时间的变化而变化或者变化极为缓慢,在结构上不会引起显著的加速度,因而可以不计惯性力的影响,结构的自重就属于静力荷载;动力荷载是指随

时间迅速变化的荷载，它在结构中会引起振动，产生不能忽视的加速度，因而必须考虑惯性力的影响。动力机械运转时的荷载属于动力荷载。风荷载、地震荷载等在设计中有时可以简化为静力荷载，但在特殊条件下仍要按动力荷载考虑。

对荷载的确定在结构设计中是一项很重要的工作。如果荷载取值过低，结构的安全性不能保证；取值过高又必然会造成材料的浪费。工程中对于建筑结构设计荷载的取值，应根据《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)来进行。

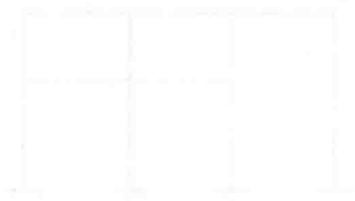


图 10-1 图



图 10-2 图