

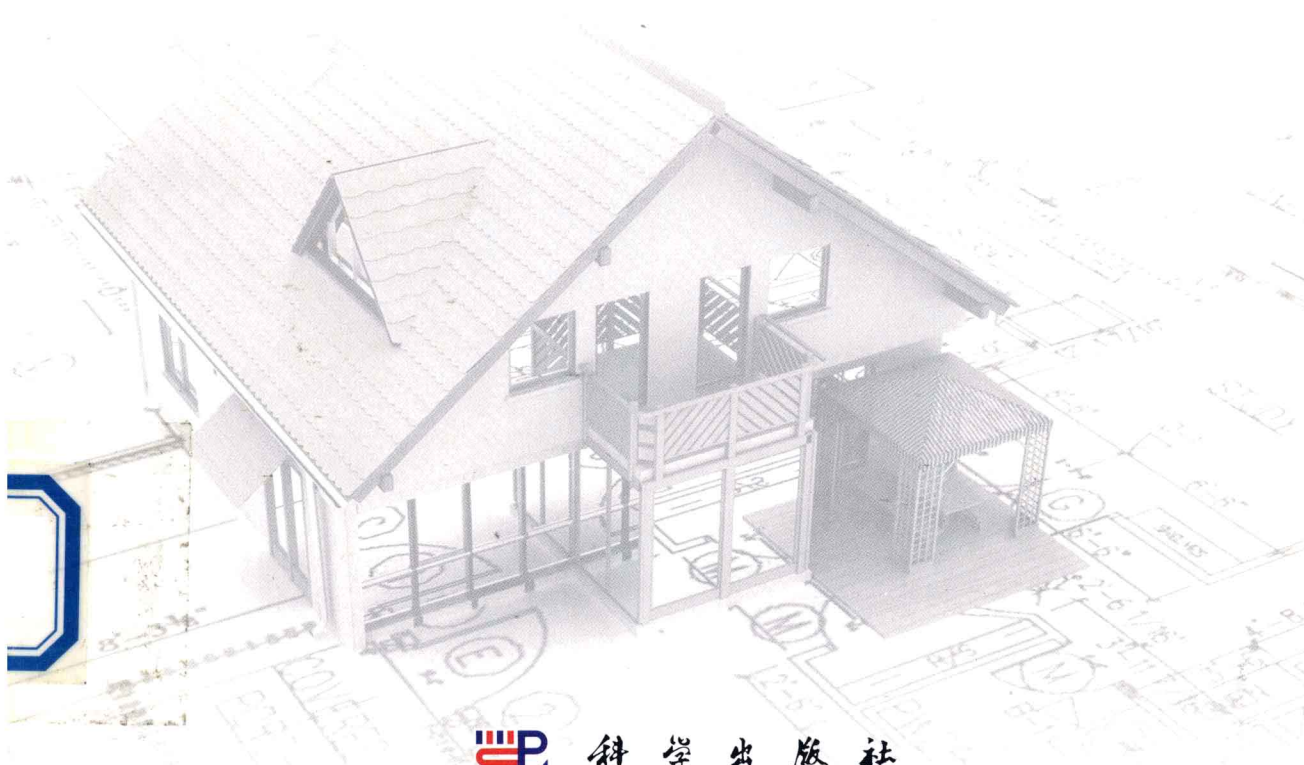


浙江省“十一五”重点建设教材

建筑力学



石立安 主编



科学出版社

浙江省“十一五”重点建设教材

建筑力学

石立安 主编

钱培翔 吴以莉 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是贯彻落实浙江省教育厅、财政厅“关于实施‘十一五’期间全面提升高等教育办学质量和水平行动计划”精神,为推进普通高校教材建设编写而成的。

全书共分10个单元,内容包括:绪论,基本结构受力图的绘制,基本结构的反力计算,构件的内力、应力及强度计算,构件在多种受力状态下的强度计算,受压杆件的稳定计算,平面体系的几何组成分析,静定结构的内力计算,静定结构的位移及刚度计算,超静定结构的内力计算,移动荷载作用下静定结构的内力计算。每个单元后有小结、思考题和习题,书后附有部分习题的参考答案。

本书适用于高职高专工科类学校及成人高校的建筑、桥梁、市政、道路、钢结构建造技术、水利、设计等专业,亦可供工程技术人员参考。

本课程学习网站与课件下载地址: <http://www.zjjy.net/jp02/>

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/石立安主编. —北京:科学出版社,2011

浙江省“十一五”重点建设教材

ISBN 978-7-03-029880-5

I. ①建… II. ①石… III. ①建筑力学-高等学校-教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 264216 号

责任编辑:何舒民 张雪梅 / 责任校对:刘玉靖

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年4月第一版 开本:787×1092 1/16

2011年4月第一次印刷 印张:22

印数:1—3 000 字数:500 000

定价:46.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<骏杰>)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137154(VT03)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

前言

本书是根据教育部“21 世纪全国高职高专土建类专业技能型规划教材”及浙江省“十一五”重点教材建设项目要求编写而成的。

本书力求体现高职高专教学改革的特点,注重基础性、实用性、科学性和先进性;努力打破传统教材知识框架的封闭性,尝试多方面知识的融会贯通;注重知识层次的递进,同时加强理论与实践的结合,更益于学生理解和掌握;突出针对性、适用性,图文配合紧密。

全书共分 10 个单元,内容包括:绪论,基本结构受力图的绘制,基本结构的反力计算,构件的内力、应力及强度计算,构件在多种受力状态下的强度计算,受压杆件的稳定计算,平面体系的几何组成分析,静定结构的内力计算,静定结构的位移及刚度计算,超静定结构的内力计算,移动荷载作用下静定结构的内力计算。每个单元后有小结、思考题和习题,书后附有部分习题的参考答案。书中节前加*的为选举内容。

本课程配有学习网站,地址为 <http://www.zjy.net/jp02/>

参加本书编写工作的有浙江建设职业技术学院石立安(编写绪论,第 5、6 单元)、钱培翔(编写第 10 单元)、高学献(编写第 7 单元)、刘明晖(编写第 6 单元)、崔春霞(编写第 3 单元)、宋平(编写第 4 单元),浙江工业大学浙西分校吴以莉(编写第 2 单元),浙江交通职业技术学院虞文锦(编写第 9 单元)和浙江金华职业技术学院吴育萍(编写第 1 单元)。

本书由浙江处州建设管理有限公司高级工程师葛华龙主审。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

目 录

前言

绪论

0.1 建筑力学的研究对象	1
0.1.1 变形固体	1
0.1.2 变形固体的假设	2
0.1.3 杆件及杆系结构	3
0.2 建筑力学的任务	4
0.3 建筑力学的分析方法	4
小结	5
思考题	5
习题	5

第1单元 基本结构受力图的绘制

1.1 力的性质和力在坐标轴上的投影	7
1.1.1 力的性质	7
1.1.2 刚体的概念	9
1.1.3 力在直角坐标轴上的投影和合力投影定理	9
1.2 静力学公理	11
1.2.1 力的平行四边形法则	11
1.2.2 二力平衡公理	12
1.2.3 加减平衡力系公理	13
1.2.4 三力平衡汇交定理	13
1.2.5 作用力与反作用力定律	14
1.2.6 刚化原理	14
1.3 荷载的分类	15
1.4 约束与约束反力	16
1.4.1 约束与约束反力的概念	16



1.4.2 几种常见的约束及约束反力	16
1.5 物体的受力分析图	19
1.5.1 单个物体的受力分析	20
1.5.2 物体系统的受力分析	23
1.6 杆件的基本变形	28
1.7 杆系的结构类型	29
1.8 结构的计算简图	31
1.8.1 结构计算简图的概念	31
1.8.2 计算简图简化的内容	31
小结	32
思考题	33
习题	34

第2单元 基本结构的反力计算

2.1 托架、屋架、桁架结构的反力计算	38
2.1.1 力在平面坐标轴上的投影	38
2.1.2 平面汇交力系的合成与平衡	39
2.2 平面力偶系的反力计算	44
2.2.1 力矩	44
2.2.2 力偶	45
2.2.3 平面力偶系的合成与平衡	46
2.3 梁式结构的反力计算	48
2.3.1 平面一般力系的简化	49
2.3.2 平面一般力系的平衡及应用	52
小结	55
思考题	55
习题	57

第3单元 构件的内力、应力及强度计算

3.1 轴向拉压杆的内力、应力及强度计算	62
3.1.1 轴向拉伸与压缩的概念	63
3.1.2 轴向拉(压)杆的内力与轴力图	64
3.1.3 轴向拉(压)时横截面上的应力	66
3.1.4 安全因数、许用应力和强度条件	70
3.1.5 连接件的强度计算	73
3.2 等截面圆轴扭转的内力、应力及强度计算	78
3.2.1 扭转的概念及外力偶矩的计算	79



3.2.2 圆轴扭转时横截面上的内力	79
3.2.3 扭矩图	82
3.2.4 等直圆轴扭转时横截面上的剪应力	84
3.2.5 等直圆轴扭转时的强度计算	86
3.3 直梁的内力、应力及强度计算	87
3.3.1 直梁的弯曲概念	87
3.3.2 直梁的内力及内力图	88
3.3.3 直梁的应力计算	102
3.3.4 梁的强度条件	107
3.4 梁的应力状态与强度理论	112
3.4.1 应力状态的概念	112
3.4.2 平面应力分析	113
3.4.3 梁的主应力和主应力迹线	116
小结	118
思考题	120
习题	121

第4单元 构件在多种受力状态下的强度计算

4.1 构件多种受力状态的概念及计算方法	129
4.1.1 构件多种受力状态的概念	129
4.1.2 构件多种受力状态的计算方法	130
4.2 梁在斜弯曲状态下的强度计算	131
4.2.1 梁斜弯曲的概念	131
4.2.2 梁斜弯曲时的应力计算	131
4.2.3 梁斜弯曲时的强度计算	132
4.3 柱在多种受力状态下的强度计算	135
4.3.1 柱单向偏心压缩(拉伸)的强度计算	135
4.3.2 柱双向偏心压缩(拉伸)的强度计算	138
4.3.3 截面核心	139
小结	140
思考题	140
习题	141

第5单元 受压杆件的稳定计算

5.1 压杆稳定的概念	145
5.2 临界力和临界应力	146
5.2.1 细长压杆临界力的计算公式——欧拉公式	146
5.2.2 欧拉公式的适用范围	148



5.2.3 中粗杆的临界力计算——经验公式和临界应力总图	149
5.3 压杆的稳定计算	154
5.4 提高压杆稳定性的措施	158
小结	159
思考题	159
习题	160

第6单元 平面体系的几何组成分析

6.1 几何组成分析的目的	163
6.1.1 几何不变及几何可变体系	163
6.1.2 平面几何组成分析的目的	164
6.2 平面体系的自由度	164
6.3 几何不变体系的组成规则	166
6.3.1 三刚片的组成规则	166
6.3.2 两刚片的组成规则	166
6.3.3 二元体规则	167
6.4 几何组成分析的应用	168
6.5 静定结构和超静定结构	169
小结	170
思考题	170
习题	171

第7单元 静定结构的内力计算

7.1 多跨静定梁内力图的绘制	173
7.1.1 多跨静定梁的几何组成	173
7.1.2 多跨静定梁内力的计算及内力图的绘制	175
7.1.3 多跨静定梁的受力特征	178
7.2 刚架内力图的绘制	179
7.2.1 静定平面刚架的特点	179
7.2.2 静定刚架的内力计算及内力图	179
7.3 桁架的内力计算	186
7.3.1 概述	186
7.3.2 桁架内力的计算方法	187
7.4 三铰拱的内力计算	192
7.4.1 概述	192
7.4.2 三铰拱的计算	194
7.4.3 拱的合理轴线	199
7.5 静定结构的基本特性	200



小结	201
思考题	201
习题	202

第8单元 静定结构的位移及刚度计算

8.1 材料的力学性能	205
8.1.1 标准试样	206
8.1.2 低碳钢拉伸时的力学性能	206
8.1.3 其他材料拉伸时的力学性能	208
8.1.4 材料压缩时的力学性能	209
8.2 拉压杆的变形及刚度计算	210
8.2.1 轴向变形与胡克定律	210
8.2.2 横向变形与泊松比	211
8.2.3 拉压杆的刚度计算	212
※8.3 等直圆轴扭转时的变形及刚度条件	213
8.3.1 圆轴扭转时的变形	213
8.3.2 圆轴扭转的刚度条件	214
8.4 梁的变形及刚度计算	216
8.4.1 挠度和转角	216
8.4.2 用叠加法求梁的变形	216
8.4.3 梁的刚度条件	219
8.4.4 提高梁刚度的措施	220
8.5 静定结构的位移计算	221
8.5.1 计算结构位移的目的	221
8.5.2 结构位移计算的一般公式	221
8.5.3 静定结构在荷载作用下的位移计算	223
8.5.4 静定结构支座移动时的位移计算	231
小结	233
思考题	233
习题	234

第9单元 超静定结构的内力计算

9.1 超静定结构的力法计算	240
9.1.1 力法原理	240
9.1.2 超静定梁的力法计算	246
9.1.3 超静定刚架的力法计算	249
9.1.4 超静定桁架的力法计算	254
9.1.5 支座移动时的力法计算	256



9.2 超静定结构的位移法计算	258
9.2.1 位移法原理	258
9.2.2 超静定梁的位移法计算	266
9.2.3 超静定刚架的位移法计算	270
9.3 超静定结构的力矩分配法计算	274
9.3.1 力矩分配法的基本概念	274
9.3.2 力矩分配法计算	278
小结	282
思考题	284
习题	284
第10单元 移动荷载作用下静定结构的内力计算	
10.1 静定结构的影响线	292
10.1.1 影响线的概念	292
10.1.2 静力法作静定梁的影响线	293
10.1.3 机动法作静定梁的影响线	297
10.1.4 机动法作连续梁的影响线	302
10.2 影响线的应用	303
10.2.1 利用影响线求固定荷载下的量值	303
10.2.2 荷载最不利位置的确定	305
10.3 绝对最大弯矩及简支梁的内力包络图	308
小结	309
思考题	310
习题	310
附录1 主要符号表	313
附录2 型钢规格表	315
部分习题参考答案	331
主要参考文献	340

绪论



【教学目标】

了解建筑力学的研究对象和任务。

了解静定结构的平衡、强度、刚度、稳定性。

【学习重点与难点】

建筑力学的研究对象和任务。

静定结构的平衡、强度、刚度、稳定性。

我们在日常生活和生产实践中常常碰到各种各样的问题，如水稻秆和麦秆为什么是空心的，航天飞机为什么能飞上太空，导弹能发射多远，潜舰为什么能在水下航行，风格各异的高楼大厦为什么能拔地而起等，它们都要用到力学知识。

力学是研究机械运动规律及其应用的学科。建筑力学是力学中最基本的、应用最广泛的部分，它是将静力学、材料力学、结构力学三门课程的主要内容融合为一体的力学。

0.1 建筑力学的研究对象

在建筑物或构筑物中起骨架（承受和传递荷载）作用的主要物体称为**建筑结构**，组成建筑结构的基本部件称为**构件**。

0.1.1 变形固体

工程上所用的构件都是由固体材料如钢、铸铁、木材、混凝土等制成的，它们在外力作用下会或多或少地产生变形，有些变形可直接观察到，有些变形可以通过仪器测出。在外力作用下会产生变形的固体称为**变形固体**。



变形固体在外力作用下会产生两种不同性质的变形：一种是当外力消除时变形随着消失，这种变形称为弹性变形；另一种是当外力消除后变形不能消失，这种变形称为塑性变形。一般情况下，物体受力后既有弹性变形又有塑性变形，称为弹塑性变形。但工程中常用的材料，当外力不超过一定范围时塑性变形很小，可忽略不计，认为只有弹性变形，这种只有弹性变形的变形固体称为完全弹性体。只引起弹性变形的外力范围称为弹性范围。本书主要讨论材料在弹性范围内的变形及受力。

0.1.2 变形固体的假设

变形固体有多种多样，其组成和性质是非常复杂的。对于用变形固体材料做成的构件，进行强度、刚度和稳定性计算时，为了使问题得到简化，常略去一些次要的性质，而保留其主要的性质，因此对变形固体材料作出以下几个基本假设。

1. 均匀连续假设

假设变形固体在其整个体积内用同种介质毫无空隙地充满了物体。

实际上，变形固体是由很多微粒或晶体组成的，各微粒或晶体之间是有空隙的，且各微粒或晶体彼此的性质并不完全相同。但是由于这些空隙与构件的尺寸相比是极微小的，同时构件包含的微粒或晶体的数目极多，排列也不规则，所以物体的力学性能并不反映其某一个组成部分的性能，而是反映所有组成部分性能的统计平均值，因而可以认为固体的结构是密实的，力学性能是均匀的。

有了这个假设，物体内的一些物理量才可能是连续的。在进行分析时，可以从物体任何位置取出一小部分来研究材料的性质，其结果可代表整个物体，也可将那些大尺寸构件的试验结果应用于物体的任何微小部分上去。

2. 各向同性假设

假设变形固体沿各个方向的力学性能均相同。

实际上，组成固体的各个晶体在不同方向上有着不同的性质。但由于构件所包含的晶体数量极多，且排列也完全没有规则，变形固体的性质是这些晶粒性质的统计平均值。这样，在以构件为对象的研究问题中，就可以认为是各向同性的。工程使用的大多数材料，如钢材、玻璃、铜和高标号的混凝土可以认为是各向同性的材料。根据这个假设，当获得了材料在任何一个方向的力学性能后就可将其结果用于其他方向。

在工程实际中也存在不少的各向异性材料，例如轧制钢材、合成纤维材料、木材、竹材等，它们沿各方向的力学性能是不同的。很明显，当木材分别在顺纹方向、横纹方向和斜纹方向受到外力作用时，它所表现出的力学性质都是各不相同的。因此，对于由各向异性材料制成的构件，在设计时必须考虑材料在各个不同方向的不同力学性质。

3. 小变形假设

在实际工程中，构件在荷载作用下，其变形与构件的原尺寸相比通常很小，可以忽略不计，则称这一类变形为小变形。所以，在研究构件的平衡和运动时，可按变形



前的原始尺寸和形状进行计算。在研究和计算变形时,变形的高次幂项也可忽略不计。这样,计算工作将大为简化,而又不影响计算结果的实用精度。

0.1.3 杆件及杆系结构

根据构件的几何特征,可以将各种各样的构件归纳为如下四类。

1. 杆

杆如图 0.1 (a) 所示,它的几何特征是细而长,即 $l \gg h$, $l \gg b$ 。杆又可分为直杆和曲杆。

2. 板和壳

板和壳如图 0.1 (b) 所示,它的几何特征是宽而薄,即 $a \gg t$, $b \gg t$ 。平面形状的称为板,曲面形状的称为壳。

3. 块体

块体如图 0.1 (c) 所示,它的几何特征三个方向的尺寸都是同量级大小的。

4. 薄壁杆

如图 0.1 (d) 所示的槽形钢材就是一个薄壁杆例子。它的几何特征是长、宽、厚三个尺寸相差都很悬殊,即 $l \gg b \gg t$ 。

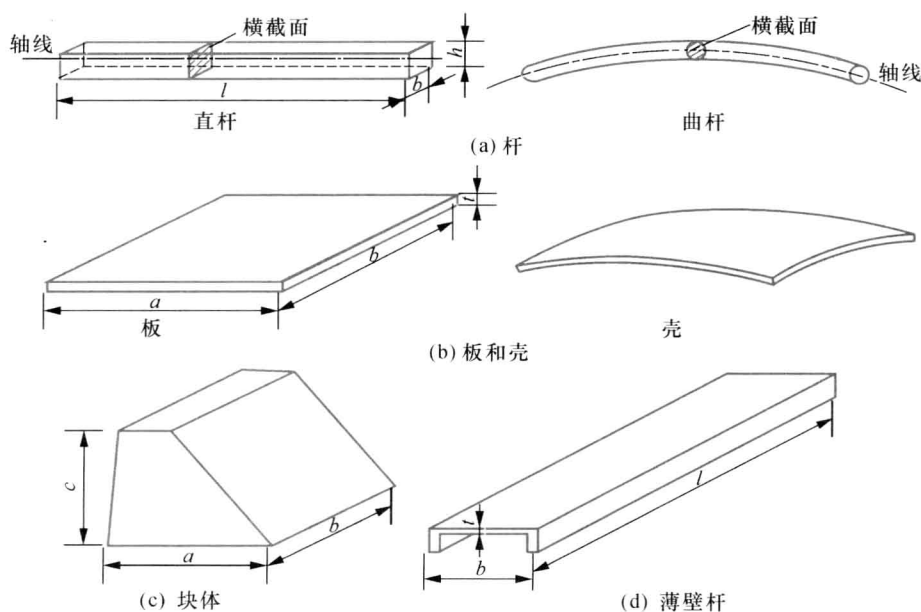


图 0.1 构件几何特征图示

由杆件组成的结构称为杆系结构。杆系结构是建筑工程中应用最广的一种结构。

本书所研究的主要对象是均匀连续的、各向同性的、弹性变形的固体,且限于小变形范围的杆件和杆件组成的杆系结构。



0.2 建筑力学的任务

杆系结构是由杆件组成的一种结构，它必须满足一定的组成规律，才能保持结构的稳定，从而承受各种作用。结构的形式各异，但必须具备可靠性、适用性和耐久性。

首先，我们要研究结构在外力作用下的平衡规律。所谓平衡，是结构相对于地球保持静止状态或匀速直线平移。其次，我们要研究结构的强度、刚度和稳定性。

所谓**强度**，是指结构抵抗破坏的能力，即结构在使用寿命期限内，在荷载作用下不允许破坏。

所谓**刚度**，是指结构抵抗变形的能力，即结构在使用寿命期限内，在荷载作用下产生的变形不允许超过某一额定值。

所谓**稳定性**，是指结构保持原有平衡形态的能力，即结构在使用寿命期限内，在荷载作用下原有平衡形态不允许改变。

建筑力学的任务就是通过研究结构的强度、刚度、稳定性，材料的力学性能和结构的几何组成规则，在保证结构既安全可靠又经济节约的前提下，为构件选择合适的材料、确定合理的截面形状和尺寸提供计算理论及计算方法。

0.3 建筑力学的分析方法

建筑力学的分析方法包括理论分析、实验分析和数值分析三种，过程如图 0.2 所示。

建筑力学是一门力学的分支课程，在理论分析中应用了力学的许多基本概念及基本方法。在学习时要注意对基本概念的理解，同时要学习力学的基本研究方法，提高分析问题和解决问题的能力。

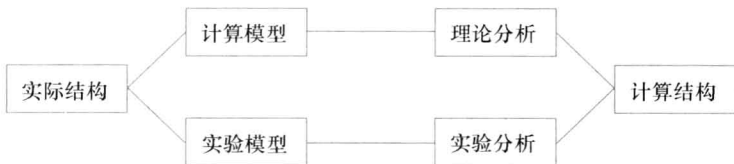


图 0.2 分析过程图

建筑力学是一门土建类专业的技术基础课程，具有承上启下的作用，本课程的学习为后继课程学习打基础，也为终身继续学习打基础。在学习掌握知识的同时，应当重视力学分析和工程实际相联系；重视分析能力、计算能力、自学能力、表达能力和创新能力的培养。



小结

本绪论主要讨论如下内容:

1. 建筑结构是在建筑物或构筑物中起骨架(承受和传递荷载)作用的主要物体。
2. 变形固体是在外力作用下会产生变形的固体。
3. 弹性变形是外力消除时变形随着消失的变形。
4. 变形固体的基本假设:

(1) 均匀连续假设: 假设变形固体在其整个体积内用同种介质毫无空隙地充满了物体。

(2) 各向同性假设: 假设变形固体沿各个方向的力学性能均相同。

(3) 小变形假设: 构件在荷载作用下其变形与构件的原尺寸相比通常很小, 可以忽略不计, 称这一类变形为小变形。

5. 杆系结构是由杆件组成的结构。杆系结构必须满足一定的组成规律, 才能保持结构的稳定, 从而承受各种作用。结构的形式各异, 但必须具备可靠性、适用性和耐久性。

6. 所谓强度, 是指结构抵抗破坏的能力。所谓刚度, 是指结构抵抗变形的能力。所谓稳定性, 是指结构保持原有平衡形态的能力。

7. 建筑力学分析方法包括理论分析、实验分析和数值分析。

8. 研究对象是均匀连续的、各向同性的、弹性变形的固体, 且限于小变形范围的杆件和杆件组成的杆系结构。

9. 建筑力学的任务是通过研究结构的强度、刚度、稳定性, 材料的力学性能和结构的几何组成规则, 在保证结构既安全可靠又经济节约的前提下, 为构件选择合适的材料、确定合理的截面形状和尺寸提供计算理论及计算方法。

思考题

- 0.1 建筑力学的研究对象是什么?
- 0.2 何谓结构或构件的弹性变形?
- 0.3 建筑力学中变形固体的三个基本假设是什么?
- 0.4 建筑力学中杆件的几何特征是什么?
- 0.5 建筑力学的任务是什么?
- 0.6 何谓结构的平衡?
- 0.7 结构的强度、刚度、稳定性是指什么?

习题

一、填空题

1. 讨论机械运动规律及其应用的学科称为_____。



2. 组成建筑结构的基本部件称为_____。
3. 在外力作用下, 会产生变形的固体称为_____。
4. 当外力消除后, 不能消失的变形称为_____。
5. 假设变形固体沿各个方向的力学性能均相同, 称为_____。

二、单选题

1. 构件保持原来平衡状态的能力称为 ()。
A. 刚度 B. 强度 C. 稳定性 D. 极限强度
2. 结构抵抗破坏的能力称为 ()。
A. 刚度 B. 强度 C. 稳定性 D. 极限强度
3. 结构抵抗变形的能力称为 ()。
A. 刚度 B. 强度 C. 稳定性 D. 极限强度
4. 变形固体在其整个体积内用同种介质毫无空隙地充满了物体, 称为 ()。
A. 均匀连续假设 B. 各向同性假设
C. 弹性变形假设 D. 小变形假设

三、判断题

1. 在建筑物或构筑物中起骨架作用的主要物体称为建筑结构。()
2. 在外力作用下会产生变形的固体称为固体。()
3. 当外力消除时变形随着消失, 这种变形称为塑性变形。()
4. 它的几何特征是细而长, 即 $l \gg h$, $l \gg b$, 称为杆。()
5. 平衡是结构相对于地球保持静止状态或匀速直线平移。()

第1单元

基本结构受力图的绘制



【教学目标】

熟悉力、平衡的概念及力的性质。

了解力在坐标轴上的投影、静力学公理、荷载及其分类。

熟悉工程中常见的几种约束，掌握其约束反力的画法，能正确画出单个物体及物体系的受力图。

了解结构的计算简图、杆系结构的分类和杆件的基本变形。

【学习重点与难点】

静力学公理，工程中常见的几种约束及约束反力的画法，单个物体及物体系的受力图。

力 在生活中无处不在。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变化。在传统武术中增加实力的功法俯拾皆是。例如，徒手的俯卧撑、单腿屈伸、铁板桥可以发达肌肉；打烛光、打井水可以锻炼身体弹性；现代体育器材中的哑铃、杠铃、壶铃、吊环、肋木、健身器、速度球等对发达肌肉、增强身体的弹性也有很好的效果。人们用手提东西，用肩扛重物，时间一长就会感到吃力，这说明是力的作用。

1.1 力的性质和力在坐标轴上的投影

1.1.1 力的性质

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变化。

力的概念是人们从长期的生产劳动实践中抽象总结出来的。人们最初是由于推、拉、举时肌肉紧张的感觉而对力产生了感性认识。随着生产的发展，人们又逐渐认识到：物体运动状态和形状的改变都是由于其他物体对该物体施加力的结果。这些力大