



高职高专 **土木与建筑** 规划教材

建筑力学辅导

王长连 主 编
赵朝前 梁艳波 副主编



清华大学出版社

高职高专土木与建筑规划教材

建筑力学辅导

王长连 主 编

赵朝前 梁艳波 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是针对王长连等人编写,清华大学出版社2006年出版的《建筑力学》教材,并结合王长连主编,机械工业出版社2009年出版的普通高校“十一五”国家级规划教材《土木工程力学》而编写的一本教学参考书。本书不仅是指导该教材教学、学习与考试的配套丛书,亦可作为其他同类力学教材教学、学习与考试的指导书。本书共19章,主要内容包括:力与力的基本性质,结构的计算简图与受力图,平面体系的几何组成分析,平面力系的平衡条件,变形固体的基本概念,轴向拉压、受扭杆的内力与内力图,静定梁的内力与内力图,静定结构的内力与内力图,影响线及其应用,轴向拉压杆的应力与强度条件,剪切和扭转杆的应力与强度条件,梁的应力与强度条件,组合变形的强度计算,轴向压杆的稳定计算,静定结构的位移计算及梁的刚度校核,力法,位移法,力矩分配法,梁和刚架的塑性分析。每章内容分为四个板块:①重要内容概述;②重点知识框图;③考点及常考题型精解;④练习题选解。书末列出3套《建筑力学》期末考试卷,仅供教师和学生参考。

本书适用于高职、高专土建类学生,略加删减也适用于土建类中专学生,对于大中专力学教师以及自学《建筑力学》者,亦有较大的参考价值,是大中专层次不可多得的一本教与学的力学参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学辅导/王长连主编;赵朝前,梁艳波副主编. —北京:清华大学出版社,2009.6
(高职高专土木与建筑规划教材)
ISBN 978-7-302-19901-4

I. 建… II. ①王… ②赵… ③梁… III. 建筑力学—高等学校:技术学校—教学参考资料 IV. TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第052925号

责任编辑:刘天飞 桑任松

封面设计:山鹰工作室

版式设计:北京东方人华科技有限公司

责任校对:周剑云

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:22 字 数:527千字

版 次:2009年6月第1版 印 次:2009年6月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:33.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系
调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:030842-01

前 言

《建筑力学》是一门重要的技术基础课,是高职高专院校土木类专业的必修课程,其内容将随着科学技术的发展而日趋丰富。这就产生了一对矛盾:一方面学生因所修课程越来越多,而导致课内外时间越来越少;另一方面因技术的进步,又要求学生所学知识越来越多,这就使本来难学、难懂的《建筑力学》就更加难懂、难学了。这本《建筑力学辅导》参考书就是为了解决这一矛盾,针对王长连等人所编写的《建筑力学》教材,并结合王长连主编,机械工业出版社 2009 年出版的普通高校“十一五”国家级规划教材《土木工程力学》而编写的一本教学参考书。仔细阅读后读者会发现,它不仅是指导该教材教学、学习与考试的配套丛书,亦可作为其他同类力学教材教学、学习与考试的指导书。

本书编写的思路是:避开教科书式的编写格式,而是无论讲什么问题都不拐弯抹角,以简洁的语言直写核心知识,就像答疑一样,一言道出问题实质;通过一定数量的常考题型与练习题选解,帮助学生学会怎样运用这些核心知识去思考、去解题,从而提高学生的分析问题、做习题和考试的能力。

本书的特点如下:

(1) 与原教材同步,即完全按原教科书的章节编写,它就是原教材的提要与答疑。若学生对照着看,就可以减少学生的学习困难,提高学习能力。

(2) 每章结构一样,只是内容不同而已。

每章内容如下:

① 重要内容概述。对该章的重要理论、概念进行简明扼要的分条叙述,对一般的学习方法与解题方法进行指导。

② 重点知识框图。对重点的概念、公式以框图形式表示出来,从而使学生清晰地了解该章重点知识间的关系。

③ 考点及常考题型精解。简明地指出该章的考点,并指出哪些例题符合哪类常考题型,对于题型不足或分量不够的再进行补充,使例题题型更加完善。其解题格式还是分 3 个层次:核心知识、解题思路、解题过程。对于练习题选解和学生做作业只要求有解题过程就行了。

④ 练习题选解。只选择三分之一至二分之一的练习题进行讲解,目的在于给学生做作业以示范,其余为学生做作业的题目。

书末列出了 3 套《建筑力学》期末考试卷,仅供教师和学生参考。另外,书中涉及到不少客观题与计算题,可作为力学老师出各种考试题的参考资料。

编写分工如下:四川建筑职业技术学院赵朝前编写第 4 章、第 11 章、第 13 章,抚顺职业技术学院梁艳波编写第 2 章、第 14 章,其余各章、附录均由四川建筑职业技术学院王长连编写。王长连担任主编,负责全书的策划、统稿工作。

本教材适用于高职、高专土建类学生,略加删减也适用于土建类中专学生,对于大中专力学教师以及自学《建筑力学》者,亦有较大的参考价值,是大中专层次不可多得的一本教、学、考的力学参考书。

编 者

2009年3月

目 录

第 1 章 力与力的基本性质.....1	
1.1 重要内容概述.....1	
1.1.1 力与力系的概念.....1	
1.1.2 建筑力学基本定理、定律.....1	
1.1.3 力的合成与分解.....2	
1.1.4 力矩与合力矩定理.....3	
1.1.5 力偶及其性质.....3	
1.2 重点知识框图.....4	
1.3 考点及常考题型精解.....5	
1.4 练习题选解.....6	
第 2 章 结构的计算简图与受力图.....8	
2.1 重要内容概述.....8	
2.1.1 结构计算简图的概念.....8	
2.1.2 约束和约束反力.....9	
2.1.3 结构的受力图.....11	
2.1.4 平面杆件结构的分类.....12	
2.2 重点知识框图.....13	
2.3 考点及常考题型精解.....14	
2.4 练习题选解.....15	
第 3 章 平面体系的几何组成分析.....16	
3.1 重要内容概述.....16	
3.1.1 几何组成分析的名词.....16	
3.1.2 平面体系自由度 W 的计算公式.....17	
3.1.3 几何组成分析规则.....17	
3.1.4 几何组成分析方法.....18	
3.1.5 几何组成分析的技巧.....18	
3.1.6 几何组成与静力特性的关系.....19	
3.2 重点知识框图.....19	
3.3 考点及常考题型精解.....20	
3.3.1 几何组成分析的基本概念.....20	
3.3.2 体系的几何组成分析.....20	
3.4 练习题选解.....24	
第 4 章 平面力系的平衡条件.....27	
4.1 重要内容概述.....27	
4.1.1 力在坐标轴上的投影.....27	
4.1.2 合力投影定理.....27	
4.1.3 平面汇交力系合成的解析法.....28	
4.1.4 平面汇交力系的平衡条件.....28	
4.1.5 平面力偶系的合成.....28	
4.1.6 平面力偶系的平衡.....28	
4.1.7 平面一般力系的简化与简化结果分析.....28	
4.1.8 平面任意力系的平衡条件和平衡方程.....29	
4.1.9 平面平行力系的平衡条件.....30	
4.1.10 物体系统的平衡问题.....30	
4.2 重点知识框图.....31	
4.3 考点及常考题型精解.....32	
4.4 练习题选解.....36	
第 5 章 变形固体的基本概念.....43	
5.1 重要内容概述.....43	
5.1.1 建筑力学概述.....43	
5.1.2 变形固体.....43	
5.1.3 变形固体的基本假设.....43	
5.1.4 小变形条件在解决材料力学问题中的应用.....44	
5.1.5 杆件的基本变形.....44	
5.1.6 材料力学与静力学容易混淆的概念.....45	
5.2 重点知识框图.....45	
5.3 考点及常考题型精解.....46	

第6章 轴向拉压、受扭杆的内力与**内力图**.....47

- 6.1 重要内容概述.....47
 - 6.1.1 两种基本变形的特点.....47
 - 6.1.2 内力的概念.....47
 - 6.1.3 截面法.....47
 - 6.1.4 轴力与轴力图.....48
 - 6.1.5 外扭矩.....48
 - 6.1.6 扭矩与扭矩图.....48
- 6.2 重点知识框图.....49
- 6.3 考点及常考题型精解.....50
 - 6.3.1 客观性题.....50
 - 6.3.2 求指定截面的轴力,
并作轴力图.....50
 - 6.3.3 求指定截面的扭矩,
并作扭矩图.....50
- 6.4 练习题选解.....54

第7章 静定梁的内力与内力图.....58

- 7.1 重要内容概述.....58
 - 7.1.1 平面弯曲.....58
 - 7.1.2 支座的基本形式.....58
 - 7.1.3 静定梁的三种基本形式.....58
 - 7.1.4 梁的内力及其正负号规定.....59
 - 7.1.5 静定梁内力计算的一般方法.....59
 - 7.1.6 内力方程和内力图.....59
 - 7.1.7 剪力图、弯矩图的规律
及其应用.....60
 - 7.1.8 简单梁的内力图.....61
 - 7.1.9 用简捷法作内力图.....62
 - 7.1.10 用叠加法作内力图.....62
 - 7.1.11 多跨静定梁的内力计算.....63
- 7.2 重点知识框图.....64
- 7.3 考点及常考题型精解.....65
 - 7.3.1 用截面法求指定截面的内力.....65
 - 7.3.2 作单跨静定梁的内力图.....65
 - 7.3.3 作多跨静定梁的内力图.....67
 - 7.3.4 考查掌握外载、剪力、弯矩间
的微分关系及突变情况.....69

7.4 练习题选解.....71

第8章 静定结构的内力与内力图.....81

- 8.1 重要内容概述.....81
 - 8.1.1 静定结构的共性.....81
 - 8.1.2 静定平面刚架的特点
及其分类.....81
 - 8.1.3 刚架的内力计算步骤.....81
 - 8.1.4 拱的特点及其分类.....82
 - 8.1.5 三铰拱的内力计算步骤.....82
 - 8.1.6 合理拱轴线.....82
 - 8.1.7 桁架的特点及其分类.....82
 - 8.1.8 桁架的内力计算步骤.....83
 - 8.1.9 静定组合结构的特点.....83
 - 8.1.10 组合结构的内力计算步骤.....83
- 8.2 重点知识框图.....84
- 8.3 考点及常考题型精解.....85
 - 8.3.1 刚架的内力计算并作内力图.....85
 - 8.3.2 三铰拱的内力计算.....85
 - 8.3.3 确定三铰拱的合理拱轴.....85
 - 8.3.4 桁架的内力计算.....85
 - 8.3.5 组合结构的内力计算.....86
- 8.4 练习题选解.....95

第9章 影响线及其应用.....104

- 9.1 重要内容概述.....104
 - 9.1.1 影响线的概念.....104
 - 9.1.2 静定结构影响线的作法.....104
 - 9.1.3 结点荷载作用下静定梁
影响线的作法.....105
 - 9.1.4 用静力法作静定桁架的
影响线.....105
 - 9.1.5 利用影响线求量值S.....105
 - 9.1.6 确定最不利荷载位置.....106
 - 9.1.7 梁的内力包络图与
绝对最大弯矩.....107
 - 9.1.8 解题要点.....107
- 9.2 重点知识框图.....108
- 9.3 考点及常考题型精解.....109

9.3.1 影响线的概念	109	11.1.7 圆轴扭转时的强度条件 及其应用	143
9.3.2 影响线的作法	109	11.2 重点知识框图	143
9.3.3 影响量值的计算方法	109	11.3 考点及常考题型精解	144
9.3.4 确定最不利荷载位置	110	11.3.1 概念考查	144
9.3.5 求简支梁的绝对最大弯矩	110	11.3.2 扭转强度计算	144
9.4 练习题选解	117	11.4 练习题选解	145
第 10 章 轴向拉压杆的应力与 强度条件	123	第 12 章 梁的应力与强度条件	148
10.1 重要内容概述	123	12.1 重要内容概述	148
10.1.1 应力的概念	123	12.1.1 纯弯曲与横力弯曲	148
10.1.2 轴向拉压杆横截面上的 应力	123	12.1.2 中性层和中性轴	148
10.1.3 轴向拉压时斜截面上的 应力	124	12.1.3 静面矩	149
10.1.4 轴向拉压时变形的计算	124	12.1.4 惯性矩	149
10.1.5 材料的力学性质	125	12.1.5 抗弯截面系数	149
10.1.6 拉压杆的强度条件	126	12.1.6 弯曲正应力分析的 基本假设	149
10.1.7 拉压杆强度的计算步骤	126	12.1.7 弯曲正应力公式及其 适用条件	149
10.1.8 应力集中	127	12.1.8 弯曲切应力公式	150
10.2 重点知识框图	128	12.1.9 强度条件	150
10.3 考点及常考题型精解	129	12.1.10 应力状态的概念	151
10.3.1 概念考查	129	12.1.11 平面应力状态分析	152
10.3.2 截面应力的计算	129	12.1.12 强度理论	154
10.3.3 变形计算	129	12.2 重点知识框图	155
10.3.4 轴向拉压杆的强度条件	130	12.2.1 弯曲应力重点知识框图	155
10.4 练习题选解	134	12.2.2 应力状态与强度理论 重点知识框图	156
第 11 章 剪切和扭转杆的应力与 强度条件	140	12.3 考点及常考题型精解	156
11.1 重要内容概述	140	12.4 练习题选解	167
11.1.1 剪切与挤压的概念	140	第 13 章 组合变形的强度计算	178
11.1.2 剪切实用计算	140	13.1 重要内容概述	178
11.1.3 挤压的实用计算	141	13.1.1 组合变形的强度计算方法	178
11.1.4 剪切胡克定律	141	13.1.2 斜弯曲变形杆的强度计算	178
11.1.5 切应力互等定理	142	13.1.3 弯曲与拉(压)组合杆的 强度计算	179
11.1.6 圆轴扭转时横截面上的 应力	142	13.1.4 偏心拉(压)杆的强度计算	180
		13.1.5 截面核心	180

13.2 重点知识框图	181	第 16 章 力法	210
13.3 考点及常考题型精解	181	16.1 重要内容概述	210
13.4 练习题选解	182	16.1.1 超静定结构的特征	210
第 14 章 轴向压杆的稳定计算	185	16.1.2 超静定结构与 计算有关的性质	210
14.1 重要内容概述	185	16.1.3 确定超静定结构 次数的方法	210
14.1.1 压杆稳定的基本概念	185	16.1.4 力法解题的思路	211
14.1.2 压杆的临界力与临界应力	185	16.1.5 选取基本结构的原则	211
14.1.3 压杆的稳定条件及其应用	187	16.1.6 用力法计算一次超静定 结构	212
14.1.4 提高压杆稳定性的措施	188	16.1.7 用力法计算二次超静定 结构	213
14.2 重点知识框图	188	16.1.8 对称性的利用	213
14.3 考点及常考题型精解	189	16.1.9 用力法计算超静定结构的 要点	215
14.3.1 压杆的临界力和临界应力	189	16.2 重点知识框图	216
14.3.2 压杆的稳定计算	189	16.3 考点及常考题型精解	216
14.4 练习题选解	192	16.3.1 力法的基本概念	216
第 15 章 静定结构的位移计算 及梁的刚度校核	194	16.3.2 求一次超静定结构的内力, 作内力图	217
15.1 重要内容概述	194	16.3.3 求二次超静定结构的内力, 作内力图	217
15.1.1 结构位移的概念	194	16.3.4 对称性的利用	217
15.1.2 虚功与虚功原理	194	16.3.5 由支座移动产生的内力	217
15.1.3 结构位移计算的一般公式	194	16.4 练习题选解	227
15.1.4 结构在荷载作用下的 位移计算	195	第 17 章 位移法	235
15.1.5 支座移动、制造误差因素 作用下结构位移的计算	195	17.1 重要内容概述	235
15.1.6 图乘法	195	17.1.1 位移法的基本思路	235
15.1.7 梁的刚度校核	196	17.1.2 基本结构与基本未知量	235
15.1.8 互等定理	196	17.1.3 单跨梁的转角位移方程	236
15.2 重点知识框图	197	17.1.4 用位移法计算一个结点 位移的梁和刚架	237
15.3 考点及常考题型精解	198	17.1.5 用位移法计算两个及以上 结点位移的梁和刚架	238
15.3.1 结构位移计算的基本概念	198	17.1.6 用平衡条件建立位移方程	239
15.3.2 用积分法计算结构位移	198	17.1.7 刚架无弯矩情况的 判别准则	239
15.3.3 用图乘法求梁、 刚架的位移	198		
15.3.4 静定结构支座移动时的 位移计算	199		
15.3.5 梁的刚度校核	199		
15.4 练习题选解	205		

17.1.8 对称结构的简化计算.....	239	19.1.3 基本定理	284
17.2 重点知识框图	241	19.1.4 基本计算方法.....	284
17.3 考点及常考题型精解	242	19.1.5 静定梁的极限状态和 极限荷载	284
17.3.1 给出若干结构, 请画出基本 结构或确定基本未知数.....	242	19.1.6 超静定梁和刚架极限荷载的 特点	285
17.3.2 计算一个结点位移的 梁和刚架	242	19.1.7 连续梁的极限状态.....	285
17.3.3 计算两个结点位移的刚架....	242	19.1.8 刚架的破坏机构.....	285
17.3.4 对称结构的利用	242	19.2 重点知识框图.....	286
17.3.5 直接用平衡条件建立 位移法方程	242	19.3 考点及常考题型精解.....	287
17.4 练习题选解	248	19.3.1 客观性题	287
第 18 章 力矩分配法	254	19.3.2 求单跨静定梁或单跨静定 刚架的极限荷载.....	287
18.1 重要内容概述	254	19.3.3 求单跨超静定梁的 极限荷载	287
18.1.1 力矩分配的基本概念.....	254	19.3.4 求多跨等截面连续梁的 极限荷载	288
18.1.2 力矩分配法的三要素.....	254	19.3.5 求单跨超静定刚架的 极限荷载	288
18.1.3 单结点力矩分配法的步骤....	256	19.4 练习题选解	299
18.1.4 多个结点的力矩分配过程....	258	附录 A 型钢规格表	304
18.2 重点知识框图	259	附录 B 《建筑力学》期末考试卷 选登	317
18.3 考点及常考题型精解	259	参考文献	338
18.4 练习题选解	277		
第 19 章 梁和刚架的塑性分析	283		
19.1 重要内容概述	283		
19.1.1 塑性分析名词	283		
19.1.2 基本假定	283		

第1章 力与力的基本性质

有关力、力的合成与分解，力矩、力偶的定义和性质等有关概念，在初中和高中都基本学过。由多年教学实践可知，这些内容看似简单，却有不少学生没能很好地掌握，经常因对这些内容一知半解，而在力学学习中造成一些困难。原教材根据这一特点，结合建筑力学的实际进行了深化，下面就是关于这些内容导教、导学与导考等方面的简明提要。

1.1 重要内容概述

1.1.1 力与力系的概念

1. 力

力是物体间的相互作用。

力是成对出现的，力不能脱离物体而存在。力的单位是牛顿(N)、千牛顿(kN)。力对物体的作用效应取决于力的大小、方向、作用点，号称**力的三要素**。力的作用效应分为力的运动效应与力的变形效应。所谓力的运动效应是指力能使物体位置发生改变。所谓变形效应是指力能使物体的形状、尺寸发生改变。

2. 力系

两个或两个以上的力称为力系。

按照力的作用线分布的不同形式，力系分成若干种。若力的作用线不在同一平面内，则称为空间力系(本教材不予研究)。若力的作用线在同一平面内，则称为平面力系。平面力系又分为平面汇交力系、平面平行力系与平面一般力系。

1.1.2 建筑力学基本定理、定律

为了掌握力的效应，人类经过长久的科学实践与实验，发现了不少力学定理、定律。现将常用的定理、定律汇总如下。

1. 作用与反作用定律

力对物体的作用力成对出现，这对力大小相等、方向相反、作用线共线，且作用在不同的两个物体上，称为作用与反作用定律。它是一个普通定律，无论对于静态的相互作用或者动态的相互作用都是适用的，它是本书自始至终重点研究的内容之一。

2. 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力，可以合成一个合力，合力也作用于该点，合力的大小和方向为以这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线，这就是平行四边形法则。它是力系合成和力的分解的理论依据。

3. 二力平衡定理

作用在刚体上的两个力，平衡的必要与充分条件是：两个力大小相等、方向相反，并沿同一直线作用，这个规律称为二力平衡定理。它是物体平衡的最简单条件，也是应用最广泛的定理，切记要与作用与反作用定律严格区别。二者的相同点是：都是二力大小相等，方向相反，作用线共线；不同点是：作用与反作用定律作用在不同的两个物体上，二力平衡定理作用在同一个物体上。

4. 加减平衡力系原理

在承受任意作用的刚体上，加上任意平衡力系或减去任意平衡力系，都不改变原力系对刚体的作用效应。这就是加减平衡力系原理。换句话说，如果刚体是平衡的，加上或减去一个平衡力系还是平衡的；如果刚体是不平衡的，加上或减去一个平衡力系还是不平衡的。此定理多用于力的有关性质证明或力系的简化上。

5. 力学定理推论

(1) **力的可传性** 当力作用在刚体上时，只要保持力的大小和方向不变，就可以将力的作用点沿力的作用线滑动，而不改变刚体的运动效应，称为力的可传性。据此可将力的三要素改为：力的大小、方向、作用线。

(2) **三力平衡汇交定理** 在刚体上，若作用线处于同一平面内的三个力互不平行且平衡，则三力的作用线汇交于一点。这就是三力平衡汇交定理。在证明两力是否共线时常用。

(3) **力的平移定理** 作用于刚体上的力，可以平移到刚体上的任一点，但必须附加一个力偶，其附加力偶矩等于原力对平移点的力矩。这就是力的平移定理。在力系的简化上用得较多。

1.1.3 力的合成与分解

力的合成与分解的依据是平行四边形法则。所谓合成是将两个以上的力合成一个力并使其等效。所谓分解是将一个力分成两个力，并使其等效。力的分解是有条件限制的，若没有条件限制，一个力可以分解成若干对力。常见的限制条件是：给定两个力的方向求其大小，给定一个力的方向与大小求另外一个力。在工程中常把一个力 F 沿直角坐标分解，可得出两个互相垂直的分力， $F_x = F \cos \alpha$ ， $F_y = F \sin \alpha$ ，其中 α 为力 F 与 x 轴的夹角。

1.1.4 力矩与合力矩定理

1. 力矩

力矩就是力的大小与力的转动中心到力的作用线垂直距离的乘积, 力矩的计算公式为 $M_O(\mathbf{F}) = \pm Fd$, 其中力矩 M_O 角标 O 表示力的转动中心, 简称矩心, F 表示力的大小, d 表示矩心到力的作用线的垂直距离, 叫做力臂, 正负号表示力矩的转向。力学中通常规定: **力使物体绕矩心作逆时针转动时力矩为正; 反之为负。**在平面力系中, 力矩可正、可负、可为零, 因此力矩为代数量。力矩单位为牛·米($\text{N}\cdot\text{m}$)、千牛·米($\text{kN}\cdot\text{m}$)。

2. 合力矩定理

合力对某点的力矩等于各分力对同一点力矩的代数和, 这就是合力矩定理, 其数学表达式为

$$M_O(\mathbf{F}) = M_O(\mathbf{F}_1) + M_O(\mathbf{F}_2) + \cdots + M_O(\mathbf{F}_n) = \sum M(\mathbf{F}_i) \quad (1-1)$$

它常用在当求一个力对某一点之矩时, 力臂很难确定, 可将作用力分解为两个相互垂直的分力, 然后用合力矩定理求原力对矩心的力矩。

1.1.5 力偶及其性质

1. 力偶

在力学中, 能使物体产生转动效应的一对大小相等、方向相反、作用线平行的力, 称为力偶。力偶与力一样是力学中的基本量, 并具有一些独特的性质, 它既不能与一个力平衡, 也不能合成为一个力, 只能使物体产生转动效应。力偶中两个力作用线所决定的平面, 称为力偶的作用面, 两个力之间的距离 d 称为力偶臂, 力偶使物体转动的方向, 称为力偶的转向。

力偶对物体的转动效应, 取决于力偶中的力与力臂的乘积, 称为力偶矩, 记作 $M(\mathbf{F}, \mathbf{F}')$ 或 M , 它与力矩的表达区别在于 M 没有角标 O 。力偶矩表达式为

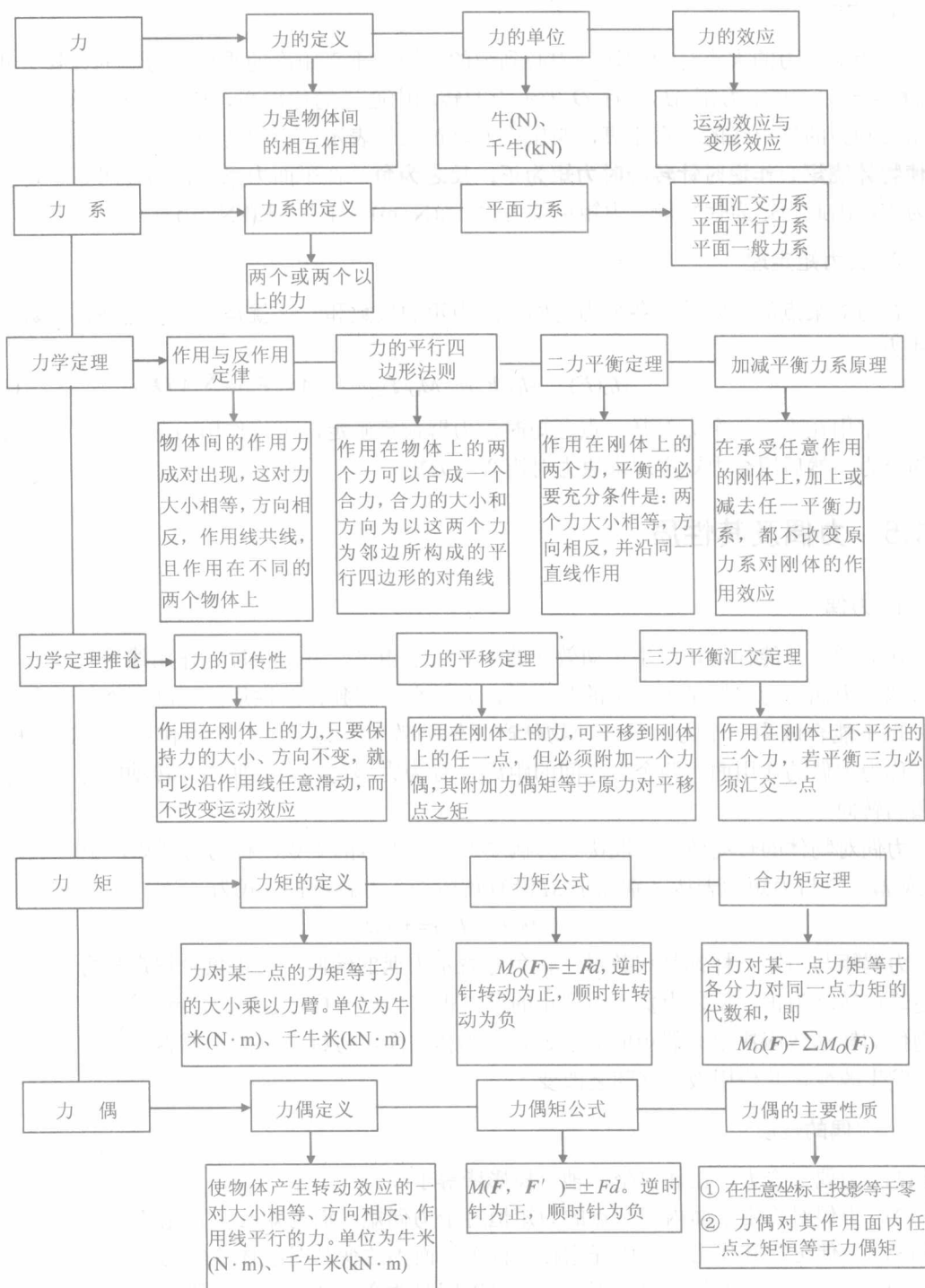
$$M = M(\mathbf{F}, \mathbf{F}') = \pm Fd \quad (1-2)$$

力偶矩与力矩一样都是代数量, 正负号表示力偶的转向, 其正负号规定与力矩一样, 即逆时针转动为正, 反之为负。力偶矩的单位也与力矩一样, 也是 $\text{N}\cdot\text{m}$ 或 $\text{kN}\cdot\text{m}$ 。力偶对物体的转动效应决定力偶矩的大小、转向和作用面, 号称力偶的三要素。只要其中一个要素发生改变, 其作用效应就随之改变。

2. 力偶的性质

- (1) 力偶无合力, 在任何坐标轴上投影皆等于零。
- (2) 力偶对作用平面内任一点的力矩恒等于力偶矩, 而与矩心位置无关。
- (3) 力偶可在其作用平面内任意移动位置, 而不改变其对刚体的转动效应。
- (4) 只要保持力偶的三要素不变, 就可以同时改变力偶中力与力偶臂的大小。

1.2 重点知识框图



1.3 考点及常考题型精解

这一章重点阐述力的含义及力的基本性质，其概念、定理颇多，切忌死记硬背，要理解记忆。本章常见考点有两个。

一、考查概念、定理理解程度。一般不直接考概念、定理的定义，而是通过填空、选择、判断等客观题，考查读者对概念、定理的掌握程度，示范如下。

1. 填空题

力是_____间的相互作用，力是_____出现的，力不能脱离_____而存在，力的效应决定力的_____、_____和_____，称为力的三要素。

2. 多项选择题

力偶的主要性质是()。

- (1) 力偶没有合力。
- (2) 力偶对作用面内任一点的力矩恒等于力偶矩。
- (3) 力偶与力矩的作用效应是一样的。
- (4) 力偶在任意一个轴上的投影都等于零。

3. 判断题

力与力的基本性质这一章中的概念、定理只适合于刚体而不适合于变形固体。()

参考答案：

1. 物体，成对，物体，大小，方向，作用点

2. (1)，(2)，(4)

3. ×

二、考查力矩的计算方法。力矩的计算方法有两种，一是直接按力矩定义计算，二是用合力矩定理计算，教材中例 1.1 讲的是直接用力矩定义计算，例 1.2 讲的是用合力矩定理计算。下面再各举一个示例。

例 1.1 图 1.1(a)、(b)所示为用小手锤拔起钉子的两种加力方式。两种情形下，加在手柄上的力 F 的数值都等于 100N，方向如图 1.1 所示，手柄长度 $l=300\text{mm}$ 。试求：两种情况下，力 F 对点 O 之矩。

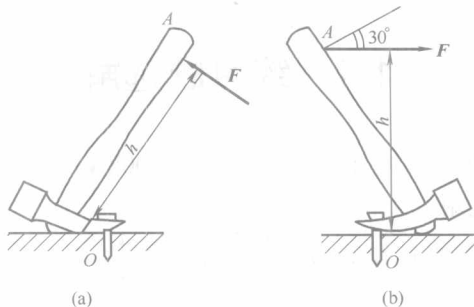


图 1.1 小手锤拔钉子

解: [核心知识] 力矩概念, 力矩公式 $M_O(\mathbf{F}) = \pm Fd$, 力矩定理。

[解题思路] ①利用力矩公式直接计算; ②利用力矩定理计算。

[解题过程]

(1) 图 1.1(a)中的情形。

这种情形下, 力臂为点 O 到力 $\mathbf{F}$ 作用线的垂直距离等于手柄长度, 力 $\mathbf{F}$ 使手锤绕 O 点逆时针方向转动, 所以 $\mathbf{F}$ 对 O 点之矩为

$$M_O(\mathbf{F}) = Fh = Fl = 100\text{N} \times 300 \times 10^{-3}\text{m} = 30\text{N} \cdot \text{m}$$

(2) 图 1.1(b)中的情形。

这种情形下, 力臂为

$$h = l \cos 30^\circ$$

力 $\mathbf{F}$ 使手锤绕 O 点顺时针方向转动, 所以 $\mathbf{F}$ 对 O 点之矩为

$$M_O(\mathbf{F}) = -Fh = -Fl \cos 30^\circ = -100\text{N} \times 300 \times 10^{-3}\text{m} \times \cos 30^\circ = -25.98\text{N} \cdot \text{m}$$

例 1.2 图 1.2 所示为一个货箱, 一名工人采用滚动方法要使它换个位置, 作用力为 $\mathbf{F}$, 问力 $\mathbf{F}$ 对 A 点之矩为多少?

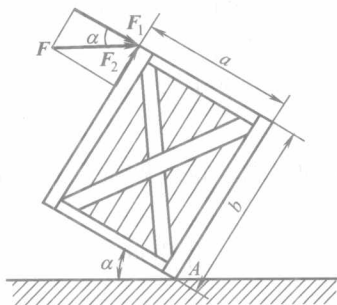


图 1.2 货箱移位

解: [核心知识] 力矩概念, 合力矩定理。

[解题思路] 先分解力, 再利用合力矩定理。

[解题过程] 货箱作用力 $\mathbf{F}$ 的力臂没有直接给出, 若计算很复杂, 一般处理方法是, 将其作用力沿货箱长、宽方向分解为 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$, 应用合力矩定理, 得

$$\begin{aligned} M_A(\mathbf{F}) &= M_A(\mathbf{F}_1) + M_A(\mathbf{F}_2) \\ &= -Fb \cos \alpha - Fa \sin \alpha = -F(b \cos \alpha + a \sin \alpha) \end{aligned}$$

1.4 练习题选解

1. (原 1) 已知力作用在平面板 A 点处, 且知 $F=100\text{kN}$, 板的尺寸如图 1.3(原图 1.25)所示。试计算力 $\mathbf{F}$ 对 O 点之矩。

解: 此题有两种解法。先计算 $\sin \alpha = \frac{3}{5}$, $\cos \alpha = \frac{4}{5}$ 。

(1) 直接用力矩公式 $M_O(\mathbf{F}) = \pm Fd$ 计算。

作垂直线 OB ，设 OB 为 d ， $d = 4 \times \sin \alpha = 4 \times \frac{3}{5} = \frac{12}{5}$

$$M_O(\mathbf{F}) = -Fd = -100 \times \frac{12}{5} = -240(\text{kN} \cdot \text{m})$$

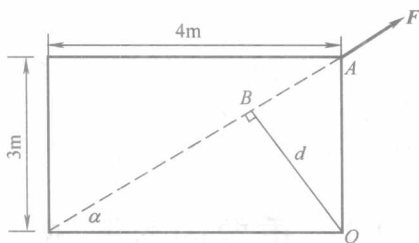


图 1.3 力对点之矩

(2) 利用合力矩定理 $M_O(\mathbf{F}) = \sum M_O(\mathbf{F}_i)$ 计算。

垂直分力 $F_2 = F \sin \alpha = 100 \times \frac{3}{5} = 60(\text{kN})$ ， $d_2 = 0$

水平分力 $F_1 = F \cos \alpha = 100 \times \frac{4}{5} = 80(\text{kN})$ ， $d_1 = 3(\text{m})$

$$M_O(\mathbf{F}) = -80 \times 3 + 60 \times 0 = -240(\text{kN} \cdot \text{m})$$

两种计算方法其结果一样，又具体证明了合力矩定理的正确性。

2. (原 3) 托架受力如图 1.4(原图 1.27)所示，作用在 A 点的力为 $\mathbf{F}$ 。已知 $F=500\text{N}$ ， $d=0.1$ ， $l=0.2\text{m}$ 。试求力 $\mathbf{F}$ 对 B 点之矩。

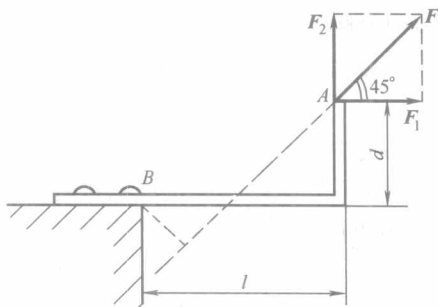


图 1.4 力对点之矩

解： B 到力 $\mathbf{F}$ 作用线的垂直距离不好计算，故用合力矩定理求 $\mathbf{F}$ 对 B 点之矩较方便。

$$\begin{aligned} M_B(\mathbf{F}) &= M_B(\mathbf{F}_1) + M_B(\mathbf{F}_2) = -F \cos 45^\circ \times d + F \sin 45^\circ \times l \\ &= -500 \times 0.707 \times 0.1 + 500 \times 0.707 \times 0.2 \\ &= 500 \times 0.707 \times (-0.1 + 0.2) \\ &= 500 \times 0.707 \times 0.1 \\ &= 35.35(\text{N} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$