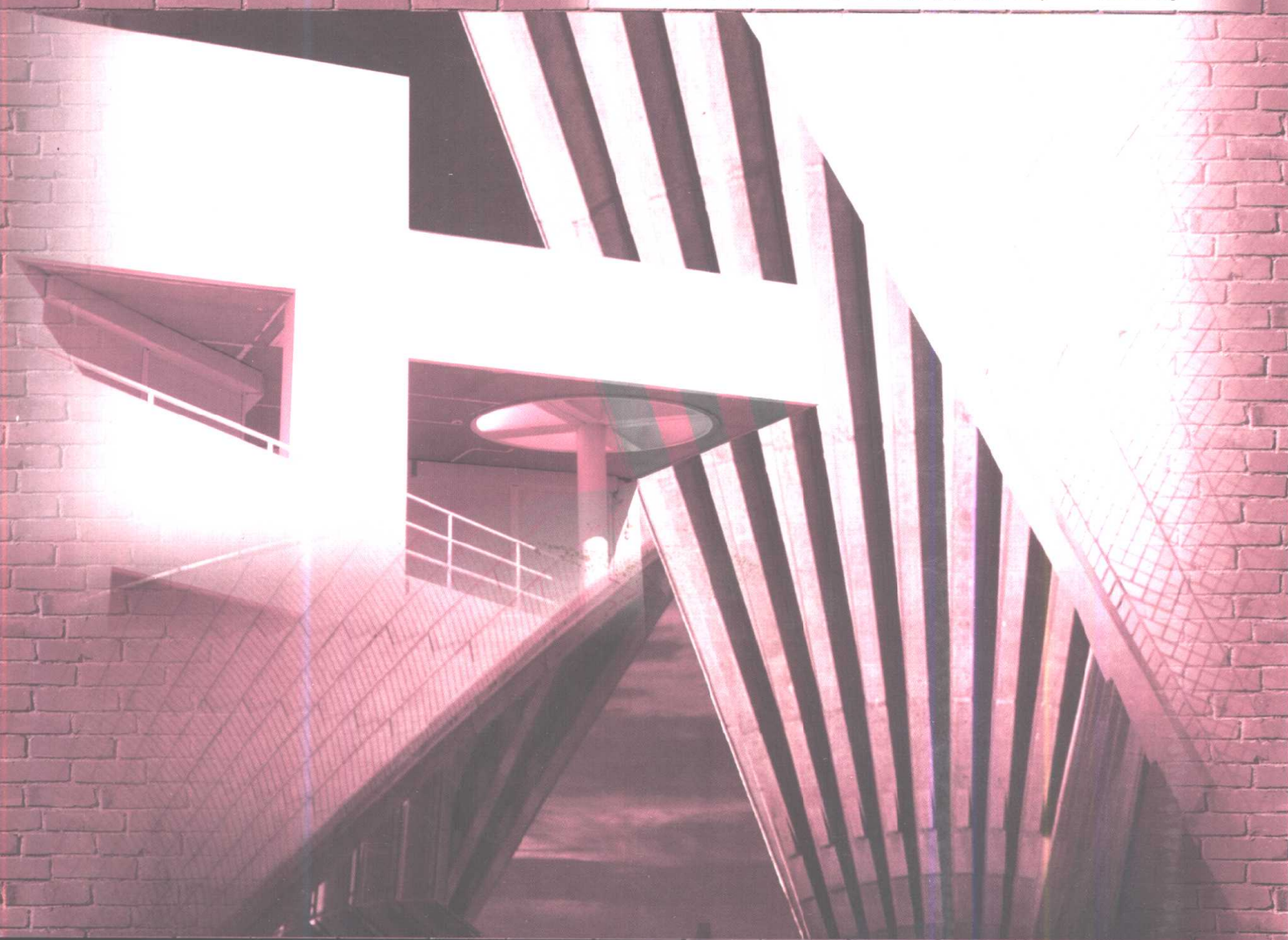


21
世纪

21世纪高职高专系列教材

建筑力学

中国机械工业教育协会 组编



机械工业出版社
China Machine Press

21 世纪高职高专系列教材

建 筑 力 学

中国机械工业教育协会 组编

主 编 大连理工大学 梁圣复
副主编 洛阳大学 乔润同
参 编 大连理工大学 李心宏 黄丽华
洛阳大学 丁梧秀
主 审 甘肃工业大学 米海珍



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据高等职业技术教学要求编写的。全书共3篇：静力平衡，构件的强度、刚度和稳定性，结构的内力分析与计算。内容包括基本知识与物体的受力分析，平面汇交力系，平面一般力系，空间力系，基本知识与构件变形的形式，轴向拉伸和压缩，剪切和联结的实用计算，扭转，梁的内力，截面几何性质，梁的应力及强度计算，梁的变形，应力状态和强度理论，组合变形的强度计算，压杆稳定，结构的计算简图，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，力法，位移法，力矩分配法。每篇写有篇前提要，各章后有小结和习题，并附有习题解答。取材尽量做到理论联系实际，以便于知识的掌握和应用。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、职工大学、业余大学、夜大学、函授大学，成人教育学院等大专层次的建筑力学教材，亦可作为大学本科少学时的建筑力学教材和有关专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/中国机械工业教育协会组编. —北京：机械工业出版社，2001.7

21世纪高职高专系列教材

ISBN 7-111-08429-2

I. 建... I. 中... III. 建筑力学-高等学校：技术学校-教材 IV. TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第049262号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑：王春雨 版式设计：张世琴 责任校对：李秋荣

封面设计：姚毅 责任印制：路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年9月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·25.5印张·629千字

0 001—4 000册

定价：37.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

21 世纪高职高专系列教材编委会名单

编委会主任 中国机械工业教育协会 郝广发

编委会副主任 (单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰

大连理工大学 唐志宏

天津大学 周志刚

甘肃工业大学 路文江

江苏理工大学 杨继昌

成都航空职业技术学院 陈玉华

机械工业出版社 陈瑞藻 (常务)

沈阳工业大学 李荣德

河北工业大学 檀润华

武汉船舶职业技术学院 郭江平

金华职业技术学院 余党军

编委会委员 (单位按笔画排)

广东白云职业技术学院 谢瀚华

山东省职业技术教育师资培训中心 邹培明

上海电机技术高等专科学校 徐余法

天津中德职业技术学院 李大卫

天津理工学院职业技术学院 沙洪均

日照职业技术学院 李连业

北方交通大学职业技术学院 佟立本

辽宁工学院职业技术学院 李居参

包头职业技术学院 郑刚

北京科技大学职业技术学院 马德青

北京建设职工大学 常莲

北京海淀走读大学 成运花

江苏理工大学 吴向阳

合肥联合大学 杨久志

同济大学 孙章

机械工业出版社 李超群 余茂祚 (常务)

沈阳建筑工程学院 王宝金

佳木斯大学职业技术学院 王跃国

河北工业大学 范顺成

哈尔滨理工大学工业技术学院 线恒录

洛阳大学 吴锐

洛阳工学院职业技术学院 李德顺

南昌大学 肖玉梅

厦门大学 朱立秒

湖北工学院高等职业技术学院 吴振彪

彭城职业大学 陈嘉莉

燕山大学 刘德有

序

1999年6月中共中央国务院召开第三次全国教育工作会议,作出了“关于深化教育改革、全面推进素质教育的决定”的重大决策,强调教育在综合国力的形成中处于基础地位,坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育,培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力、适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此,教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议,进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务;以适应社会需要为目标;以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案;以“应用”为主旨和特征来构建课程和教学内容体系;高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要,即用人的需求;教材可以“一纲多本”,形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人,教材先行”,教育离不开教材。为了贯彻中共中央国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求,中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套《21世纪高职高专系列教材》。教材首批80余本(书目附书后)已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制(总学时1600~1800)、兼顾2年制(总学时1100~1200)的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点;专业课加强了针对性和实用性,强化了实践教学。为了扩大使用面,在内容的取舍上也考虑到电大、职大、业大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的,但每本教材又有各自的独立性。因此各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量,真正编写出有显著特色的21世纪高职高专系列教材,组织编写队伍时,采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿,以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一,在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验,出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材,在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合21世纪高职高专教育特点的系列教材。

中国机械工业教育协会

前 言

本书是根据2000年3月在北京召开的“21世纪高职高专系列教材第一次编写工作会议”的要求,结合编者多年教学改革的实践,汲取了兄弟院校教材的宝贵经验,将传统的理论力学、材料力学、结构力学统编在一起,形成了《建筑力学》教材。全书共3篇:第1篇,静力平衡;第2篇,构件的强度、刚度和稳定性;第3篇,结构的内力分析与计算。

为培养出适应社会需要的高级专门人才和高级应用型人才,体现成人高等教育的特色,本书从高职教育的实际出发,遵照“以应用为目的,以必要、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点”的编写原则,并加强了针对性和实用性,具有自己的特色。具体为:

1. 为便于自学,书中每一篇均有篇前提要,每一章都有小结和习题,并附有习题答案,以帮助读者掌握内容,了解重点与难点,加强对自学的指导。

2. 在保持原有体系的系统性、完整性的前提下,根据专业需要,在内容上进行了挑选更新、优化组合。书中删去了运动学和动力学部分、不涉及动应力和交变应力的问题等等。

3. 为在有限的学时内掌握好建筑力学基础知识,书中尽量多编入一些工程实例,加强了针对性和实用性,以开拓视野。

4. 本书编写过程中力求做到由浅入深,循序渐近,在加强物理概念叙述的同时,尽量略去某些次要的证明与繁琐的数学推导,着重培养学生分析问题和解决问题的能力。

5. 书中既保持3篇内容各自相对的独立性和理论的系统性,又注意了它们的相互联系和融合,使全书前后呼应,协调一致,成为整体。

本书总课时为120学时左右,各院校可根据实际情况酌情取舍。

参加本书编写工作的有:大连理工大学梁圣复(第1~第7章),大连理工大学黄丽华(第8~第12章),大连理工大学李心宏(第13~第15章),洛阳大学乔润同(第17、18、20、21、22章),洛阳大学丁梧秀(第16章、19章)。本书由甘肃工业大学米海珍担任主审。

在本书编写过程中得到了大连理工大学教务处、大连理工大学成人教育学院的大力支持,并得到了大连理工大学李心宏教授的鼎力协助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有不足、欠妥之处,恳望读者批评指正。

编者

目 录

序
前言

第 1 篇 静 力 平 衡

第 1 章 基本知识与物体的受力

分析 1

1.1 基本概念 1

1.1.1 刚体 1

1.1.2 力 1

1.1.3 力系 2

1.1.4 平衡 2

1.1.5 荷载 2

1.2 静力学公理 2

1.3 约束与约束反力 4

1.3.1 柔索约束 5

1.3.2 光滑面约束 5

1.3.3 铰链约束 5

1.3.4 链杆约束 5

1.3.5 固定铰支座 6

1.3.6 可动铰支座 6

1.3.7 固定端支座 7

1.4 物体的受力分析和受力图 9

小结 12

习题 13

第 2 章 平面汇交力系 15

2.1 概述 15

2.2 平面汇交力系合成的几何法 15

2.3 平面汇交力系平衡的几何条件 17

2.4 力的分解 18

2.5 力在轴上的投影 合力投影定理 19

2.5.1 力在轴上的投影 19

2.5.2 合力投影定理 20

2.6 平面汇交力系平衡的解析条件 平衡方程 21

小结 24

习题 24

第 3 章 平面一般力系 27

3.1 概述 27

3.2 力对点之矩 合力矩定理 28

3.2.1 力对点之矩 28

3.2.2 合力矩定理 29

3.3 力偶及其特性 30

3.3.1 力偶与力偶矩 30

3.3.2 力偶的性质 31

3.3.3 平面力偶系的合成与平衡条件 31

3.4 平面一般力系向作用面内一点 简化 32

3.4.1 力的平移定理 32

3.4.2 平面一般力系向作用面内一点 简化 33

3.5 平面一般力系的平衡条件和平衡 方程 34

3.6 平面平行力系的平衡方程 37

3.7 物体系统的平衡 静定和超静定 问题的概念 39

3.8 考虑摩擦力的平衡问题 42

3.8.1 摩擦在工程实践中的重要性 42

3.8.2 滑动摩擦 43

3.8.3 摩擦角与自锁现象 45

3.8.4 考虑摩擦时物体的平衡问题 46

小结	50
习题	52
第 4 章 空间力系	58
4.1 概述	58
4.2 力在空间直角坐标轴上的投影	59
4.3 空间汇交力系的平衡	60
4.4 力对点之矩与力对轴之矩	61
4.4.1 力对点之矩的矢量表示法	61

4.4.2 力对轴之矩	62
4.5 空间一般力系的平衡	63
4.6 物体的重心	65
4.6.1 重心的概念	65
4.6.2 求物体重心的一般公式	66
4.6.3 均质物体的重心	67
4.6.4 对称物体的重心	68
4.6.5 组合物体的重心	68
小结	71
习题	72

第 2 篇 构件的强度、刚度和稳定性

第 5 章 基本知识与构件变形的 基本形式	76
5.1 基本任务	76
5.1.1 强度要求	76
5.1.2 刚度要求	76
5.1.3 稳定性要求	77
5.2 关于变形固体的概念	77
5.3 基本假设	78
5.4 构件变形的的基本形式	78
小结	79

第 6 章 轴向拉伸和压缩	80
6.1 轴向拉压杆横截面的内力 轴力图	80
6.2 正应力 应力集中的概念	82
6.2.1 截面上一点的应力	82
6.2.2 正应力	82
6.2.3 斜截面上的应力	83
6.2.4 应力集中的概念	84
6.3 轴向拉压杆的强度计算	85
6.4 轴向拉压杆的变形计算	89
6.4.1 线变形和线应变	89
6.4.2 虎克定律	89
6.4.3 拉(压)杆的轴向变形	89
6.4.4 拉(压)杆的横向变形	90
6.5 材料在拉伸、压缩时的力学性质	92

6.5.1 试件简介	92
6.5.2 材料在拉伸时的力学性质	93
6.5.3 材料在压缩时的力学性质	96
6.6 轴向拉压超静定问题	98
小结	101
习题	103

第 7 章 剪切和联结的实用计 算	106
7.1 剪切的观念及工程实例	106
7.2 剪切的实用计算	107
7.3 挤压的实用计算	108
小结	112
习题	113

第 8 章 扭转	115
8.1 概述	115
8.2 扭矩的计算及扭矩图	115
8.2.1 传动轴上的外力偶矩	115
8.2.2 扭矩及扭矩图	116
8.3 薄壁圆筒扭转时横截面上的切应力	118
8.4 切应力互等定律和剪切虎克定律	118
8.4.1 切应力互等定律	118
8.4.2 剪切虎克定律	119
8.5 实心圆截面杆受扭时横截面上的应力及强度条件	119

8.5.1 横截面上的应力	119	转轴公式	152
8.5.2 强度条件	122	10.3.1 平移轴公式	152
8.6 等直圆杆的扭转变形、刚度条件和扭转超静定问题	123	10.3.2 组合截面惯性矩、惯性积的计算	153
8.6.1 扭转变形	123	10.3.3 转轴公式	154
8.6.2 刚度条件	124	10.4 主惯性轴和主惯性矩	155
8.6.3 扭转超静定	125	小结	158
小结	126	习题	159
习题	128	第 11 章 梁的应力及强度计算	162
第 9 章 梁的内力	131	11.1 梁纯弯曲时横截面上的正应力	162
9.1 工程实际中的弯曲问题	131	11.2 纯弯曲理论在横力弯曲中的推广 梁的正应力强度条件	165
9.2 梁的计算简图	132	11.2.1 纯弯曲理论的推广	165
9.2.1 结构简化	132	11.2.2 梁的正应力强度条件	167
9.2.2 支座简化	132	11.3 梁的合理截面形状及变截面梁	168
9.2.3 梁的荷载	132	11.3.1 合理截面	168
9.2.4 支反力的计算	133	11.3.2 变截面梁	169
9.3 梁的内力及其求法	133	11.4 矩形截面梁的切应力	169
9.3.1 剪力和弯矩	133	11.5 工字形截面梁及其他形状截面梁的切应力	171
9.3.2 剪力与弯矩的正负号规定	133	11.5.1 工字形截面梁	171
9.3.3 计算指定截面的剪力、弯矩值	134	11.5.2 圆形截面梁的切应力	172
9.4 梁的内力图——剪力图和弯矩图	136	11.5.3 薄壁环形截面	173
9.4.1 剪力方程和弯矩方程	136	11.6 梁的切应力强度条件	174
9.4.2 剪力图和弯矩图	136	小结	176
9.5 弯矩、剪力与荷载集度间的关系	139	习题	176
9.6 叠加法作剪力图和弯矩图	143	第 12 章 梁的变形	180
小结	144	12.1 概述	180
习题	145	12.2 梁的挠曲线近似微分方程式	180
第 10 章 截面几何性质	148	12.3 二次积分法计算梁的变形	181
10.1 静矩和形心	148	12.4 叠加法计算梁的变形	185
10.1.1 静矩	148	12.5 梁的刚度校核和提高梁刚度的措施	188
10.1.2 形心	148	12.5.1 梁的刚度校核	188
10.2 惯性矩和惯性积	150		
10.2.1 惯性矩	150		
10.2.2 惯性积	150		
10.2.3 惯性半径	150		
10.3 惯性矩和惯性积的平移轴和			

12.5.2 提高梁刚度的措施	189	13.8.3 屈服准则——第三、第四强度理论	215
12.6 简单超静定梁	191	13.8.4 四个强度理论的适用范围	216
小结	193	小结	220
习题	194	习题	222
第13章 应力状态和强度理论	197	第14章 组合变形的强度计算	225
13.1 应力状态的概念	197	14.1 组合变形的概念	225
13.1.1 应力状态的概念	197	14.2 两相互垂直平面内的弯曲——斜弯曲	225
13.1.2 研究应力状态的目的	197	14.2.1 正应力计算	226
13.1.3 研究的内容	198	14.2.2 正应力强度条件	227
13.2 平面应力状态分析的解析法	198	14.3 拉伸(压缩)与弯曲的组合变形	229
13.2.1 斜截面上的应力	198	14.4 偏心拉伸(压缩)	231
13.2.2 主应力与主平面	200	14.4.1 单向偏心拉伸(压缩)时的正应力计算	231
13.2.3 切应力极值及其所在平面	200	14.4.2 双向偏心拉伸(压缩)	232
13.3 平面应力状态分析的图解法	201	14.5 弯曲与扭转的组合变形	234
13.3.1 基本原理	201	小结	236
13.3.2 应力圆的作法	201	习题	237
13.3.3 用应力圆求 α 面上的应力 σ_α 与 τ_α	201	第15章 压杆稳定	239
13.3.4 用应力圆求主应力、主平面及最大切应力	202	15.1 概述	239
13.4 梁的主应力迹线的概念	206	15.1.1 稳定的概念	239
13.5 空间应力状态简介	207	15.1.2 压杆稳定性的概念	239
13.6 广义虎克定律	208	15.2 压杆临界力的欧拉公式	240
13.6.1 平面应力状态下的广义虎克定律	208	15.2.1 两端铰支压杆的临界力	240
13.6.2 空间应力状态下的广义虎克定律	209	15.2.2 杆端约束不同的压杆临界力	241
13.6.3 应力与体积应变的关系	210	15.3 欧拉公式的适用范围 临界应力总图	243
13.7 复杂应力状态下的弹性变形能和比能	210	15.3.1 临界应力和柔度(长细比)	243
13.7.1 轴向拉(压)的弹性变形能和比能	210	15.3.2 欧拉公式的适用范围	244
13.7.2 复杂应力状态下的比能	211	15.3.3 压杆的临界应力总图	245
13.8 强度理论	212	15.4 压杆的稳定计算	245
13.8.1 强度理论的概念	212	15.4.1 实际压杆的稳定系数	245
13.8.2 断裂准则——第一、第二强度理论	214	15.4.2 压杆的稳定计算	248
		15.5 提高压杆稳定性措施	252

15.5.1 合理地选用材料	252
15.5.2 适当降低柔度	252

小结	253
习题	254

第3篇 结构的内力分析与计算

第16章 结构的计算简图	256
--------------------	-----

16.1 基本任务	256
16.2 杆件结构的计算简图	257
16.2.1 计算简图	257
16.2.2 杆件结构的简化	257
16.2.3 计算简图示例	260
16.3 杆件结构的分类	261
16.4 荷载的分类	262
小结	262

第17章 平面体系的几何组成分析	263
------------------------	-----

17.1 几何组成分析的目的	263
17.2 平面体系自由度的概念	263
17.3 几何不变体系的组成规则	265
17.4 几何组成分析的步骤和举例	267
17.5 静定结构和超静定结构	269
小结	270
习题	270

第18章 静定结构的内力分析	272
----------------------	-----

18.1 静定梁	272
18.1.1 单跨静定梁	272
18.1.2 多跨静定梁	275
18.2 静定刚架	276
18.3 三铰拱	279
18.4 平面静定桁架	285
小结	291
习题	291

第19章 静定结构的位移计算	296
----------------------	-----

19.1 计算结构位移的目的	296
19.2 功 虚功原理	296
19.3 计算结构位移的一般公式	298
19.4 荷载作用下的位移计算	299
19.5 图乘法	302
19.6 支座移动时的位移计算	307
19.7 弹性体系的几个互等定理	308
小结	310
习题	311

第20章 力法	315
---------------	-----

20.1 超静定结构概述	315
20.2 力法的基本概念	316
20.3 超静定次数的确定	318
20.4 力法的典型方程	320
20.5 力法计算举例	322
20.6 对称性的利用	331
20.7 超静定结构的位移计算和内力图的校核	336
20.8 单跨超静定梁的杆端内力	338
小结	341
习题	341

第21章 位移法	346
----------------	-----

21.1 位移法的基本概念	346
21.2 位移法的基本未知量数目	347
21.3 用位移法计算刚架	348
21.4 位移法的典型方程	358
小结	362
习题	362

第22章 力矩分配法	364
------------------	-----

22.1 力矩分配法的基本概念	364
-----------------------	-----

22.2	力矩分配法计算连续梁及无侧移刚架	368
22.3	连续梁内力包络图的概念	375
22.4	超静定结构总结	378
小结		379

习题	379
附录	382
附录 A 主要符号表	382
附录 B 型钢表	383
参考文献	393

第 1 篇 静 力 平 衡

本篇的中心是研究物体在力系的作用下的平衡问题，它包括力的基本性质、力系的合成规律以及力系平衡的理论。

必须特别指出，静力平衡原理是本门课程最基本的问题之一。通过学习，要求对结构物的平衡有清晰明确的概念，能较熟练地运用平衡条件进行计算。平衡条件是物体受力分析必须满足的条件，其应用很广，在工程技术中有着重要的地位和作用，以后各章和后续的某些课程也都离不开力的平衡分析，而其理论基础就是本篇中论述的。

第 1 章 基本知识 with 物体的受力分析

1.1 基本概念

1.1.1 刚体

刚体就是在力的作用下不发生变形的物体。在本篇中所研究的物体都是刚体。实际上，任何物体在力的作用下都将发生变形，但有许多物体（例如，工程结构物的构件或机器的零件）受力时其变形很小，以致在所研究的问题中忽略此变形后对研究结果的精确度并无显著影响，而且还可使问题大大简化。因此，对这样不考虑变形的物体视为刚体。由此可见，刚体是由实际物体抽象得出的一种理想的力学模型。

1.1.2 力

1. 力的定义 力是物体间相互的机械作用，这种作用使物体的运动状态发生改变或引起物体变形。

2. 力的三要素 力的大小、方向、作用点是力的三要素。力的三要素表明力是矢量，这个矢量可用一个带箭头的线段来表示，此有向线段的起点或终点表示力的作用点，故力是定位矢量。本书中用黑体字 F 表示力矢量。图 1-1 就表示了物体在 A 点受到力 F 的作用。

在力的三要素中，力的大小表示物体相互间机械作用的强弱程度；力的方向表示物体间的机械作用具有方向性；力的作用点表示物体所受机械作用的位置。力的三要素中的任何一个如有改变，则力对物体的作用效果也将改变。

3. 力的单位 本书采用国际单位制。力的国际单位是 N （牛顿）、 kN （千牛）；习惯用的工程单位是 kgf （千克力）、 tf （吨力）。两种单位制的换算关系是：

$$1kgf = 9.8N$$

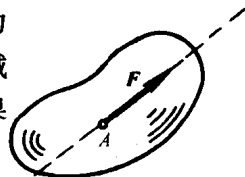


图 1-1

4. 力的作用效应 力对物体的作用要同时产生两种效应：运动效应与变形效应。改变物体运动状态的效应叫运动效应（或外效应）；使物体变形的效应叫变形效应（或内效应）。内效应在第2篇和第3篇中研究，本篇只研究外效应。

1.1.3 力系

作用在物体上的一组力称为力系。一个较复杂的力系，总可以用一个和它作用效果相等的简单力系来代替。在不改变作用效果的前提下，用一个简单力系代替复杂力系的过程，称为力系的简化或力系的合成。如果一个物体在两个力系分别作用下其效应相同，则此二力系称为等效力系。若一个力系与一个力等效，则此力称为力系的合力，而力系中的各力称为合力的分力。

1.1.4 平衡

物体相对于地面处于静止或作匀速直线运动的状态称为平衡。平衡是相对的，又是有条件的。要使物体平衡，作用在它上面的力系必须满足一定的条件，这些条件，称为力系的平衡条件。使物体平衡的力系称为平衡力系。

1.1.5 荷载

主动作用于结构的外力称为荷载。在工程结构物所受的荷载中，除了其作用范围可以不计的集中荷载外，有时还可有作用于整个物体或其某一部分上的分布荷载。当荷载分布于某一体积上时，称为体荷载（如物体的重力）；当荷载分布于物体的某一面积上时，称为面荷载（如风、雪、水等对物体的压力）；而当荷载分布于长条形状的体积或面积上时，则可简化为沿其长度方向中心线分布的线荷载。

物体上每单位体积、单位面积或单位长度上所承受的荷载分别称为体荷载集度、面荷载集度或线荷载集度，它们各表示对应的分布荷载密集的程度。荷载集度要乘以相应的体积、面积或长度后才是荷载（力）。如荷载是均匀分布的则称为均布荷载；否则，即为非均布荷载。

线荷载集度的单位是 N/m （牛/米）等，而面荷载集度与体荷载集度的单位则分别为 N/m^2 （牛/米²）与 N/m^3 （牛/米³）等。

1.2 静力学公理

在静力分析方面，经长期经验积累与总结，又经实践反复检验、证明是符合客观实际的普遍规律，称为静力学公理。它们是力学中基本的客观规律，是研究力系的简化和平衡的主要依据。

【公理一】 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力可合成为作用于该点的一个力，此合力的大小和方向由以原来二力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示（图 1-2a）。如以 F 表示合力，以 F_1 、 F_2 分别表示原来的两个力（称为分力），则有

$$F = F_1 + F_2 \quad (1-1)$$

即合力等于两分力的矢量和。

为了简便，在利用作图法求两共点力的合力时，只须画出力平行四边形的一半即可。其方法是：先从两分力的共同作用点 O 画出某一分力，再自

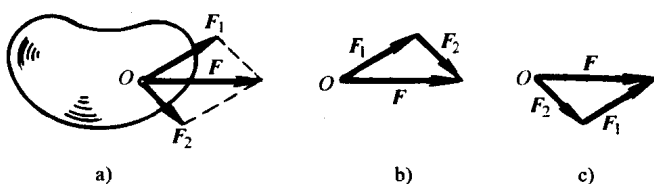


图 1-2

此分力的终点画出另一分力，最后由 O 点至第二个分力矢的终点作一矢量，即为合力 F ，这称为力的三角形法则（图 1-2b、c）。

力的平行四边形法则是力系合成的法则，是力系合成、分解的基础。因每个矢量包含大小、方向两个量，故式 (1-1) 共有六个量。要使合成、分解有惟一确定的解，就必须知道任何四个量。

【公理二】 二力平衡原理

刚体在两个力作用下保持平衡的必要与充分条件是：此二力等值、反向、共线。图 1-3 所示为某刚体同时受到等值、反向、共线的两个力 F 和 F' 的作用，显然，该刚体是平衡的。

应当指出，本原理只适用于刚体。对变形体，这个平衡条件是不充分的。例如，一根绳索两端受大小相等、方向相反的拉力能平衡，若是压力则不能平衡。

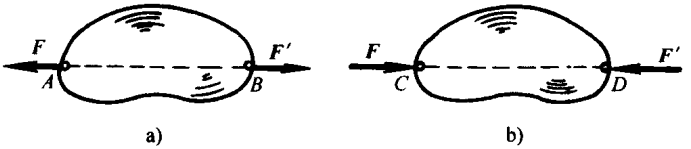


图 1-3

【公理三】 加减平衡力系原理

在作用于刚体上的任一力系中加入或减去一个平衡力系，并不改变原来力系对刚体的作用效果。这就是加减平衡力系原理。

因平衡力系对刚体的运动效应为零，它不能改变刚体的运动状态，故本原理的正确性是显而易见的。而对于变形体，加减平衡力系会改变其受力情况，而引起物体内、外效应的改变，故本原理只适用于刚体。

根据上述三个公理，可以推导出下面两个重要的推论。

（推论 1） 力的可传性原理

作用在刚体上的力可沿其作用线移动，而不改变该力对刚体作用的效应。这就是力的可传性原理。

设力 F 作用于刚体上的 A 点（图 1-4a）。今在力的作用线上任选一点 B ，并于 B 点处加入互相平衡的两个力 F_1 与 F_2 （图 1-4b），且使

$$F_1 = -F_2 = F \quad (1-2)$$

由加减平衡力系原理可知， F_1 、 F_2 、 F 三个力所组成的力系与原来的力 F 等效。再从该力系中减去由 F 与 F_2 组成的平衡力系后留下的力 F_1 （图 1-4c）也应与原来的力 F 等效。由此力的可传性原理便得到了证明。

显然，力的可传性原理只适用于刚体而不适用于变形体。因若改变变形体所受之力的作用点，则物体上发生变形的部位也将随之而改变，这就改变了力对物体的作用效应。

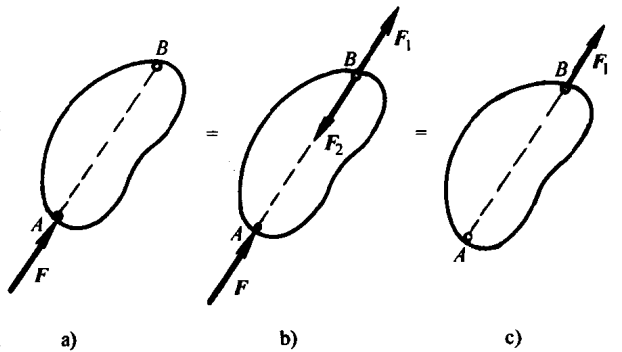


图 1-4

（推论 2） 三力平衡汇交定理

刚体上共面且不平行的三个力若平衡，则此三力的作用线必汇交于一点。这就是三力平衡汇交定理。

设作用于刚体上的平衡力系由三个不

平行的力 F_1 、 F_2 与 F_3 组成。且其中任意二力（例如 F_1 与 F_2 ）的作用线交于一点 O （图 1-5a）。今将力 F_1 与 F_2 均沿各自的作用线移到 O 点使其成为两共点力并求出它们的合力 F_{12} （图 1-5b）。由于 F_{12} 与其两分力 F_1 和 F_2 等效，所以 F_{12} 应与 F_3 平衡。再由二力平衡条件可知， F_3 必与 F_{12} 共线，亦即 F_3 的作用线也必通过 O 点并与 F_1 、 F_2 共面。

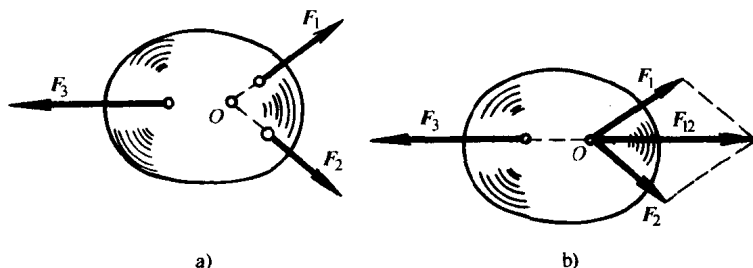


图 1-5

【公理四】 作用与反作用定律

两个物体之间的作用力和反作用力，总是大小相等、方向相反、作用线共线、且作用在不同的两个物体上。这一普遍规律叫做力的作用与反作用定律。它指出了物体之间相互作用力的关系，同时也表明，对于两个相互作用的物体，力有成对出现的性质。

人站在地面，则人对地面作用一个压力，而地面对人也作用一个向上的反力；当我们用拳头碰击墙壁时，手给墙壁一个作用力 F ，而拳头也会受到墙壁的一个反作用力 F' （图 1-6）；图 1-7 中所示的挂车受到汽车的拉力 F 的作用，与此同时，挂车以力 F' 反作用于汽车。这里共列举了三对作用力与反作用力的例子，其中任何一对均等值、反向、共线且同时存在并分别作用于两个不同的物体上。

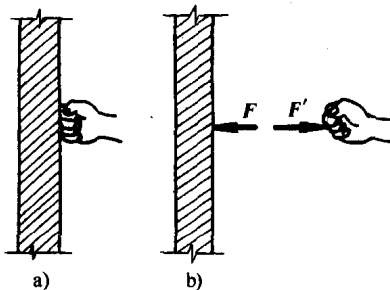


图 1-6

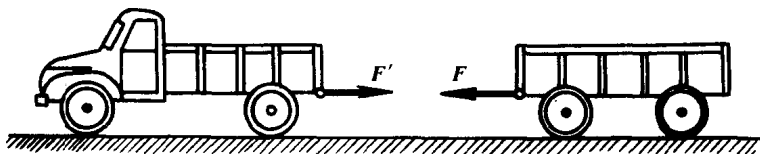


图 1-7

1.3 约束与约束反力

我们知道，任何物体都是不能独立存在的，都要受到其他物体的制约。在工程中，将能自由地向空间任意方向运动的物体称为自由体，如工地上工人上抛的砖就属于自由体。在空间某一方向运动受到阻碍或阻止的物体称为非自由体。其实组成建筑物的各种构件都不能自由运动，所以都属于非自由体。本书只研究非自由体。

在工程中，将限制或阻碍物体运动的其他物体称为约束，或者可以理解为一个物体对另一个物体的支持作用。显然，约束就是一种力的作用，它是通过约束物体对被约束物体所施加的力来体现的。研究对象受到约束对它施加的力称为约束反力，约束反力的方向通常与受约束限制的位移方向相反。

现以几种常见的约束为例,说明如何确定其约束反力。

1.3.1 柔索约束

由拉紧的绳索、链条、带等柔软物体构成的约束统称为柔索约束。其约束反力的作用线沿柔体中心线,方向背离被约束的物体,解除约束后使被约束物体受到一个拉力。在图 1-8a 所示的起重装置中,桅杆和重物一起所受绳子的约束反力分别为 F_1 、 F_2 和 F_3 (图 1-8b),而重物单独受绳子的约束反力则为 F_4 (图 1-8c)。在图 1-9a 所示的带轮中,带对两轮的约束反力分别为 F_1 、 F_2 和 F'_1 、 F'_2 (图 1-9b)。

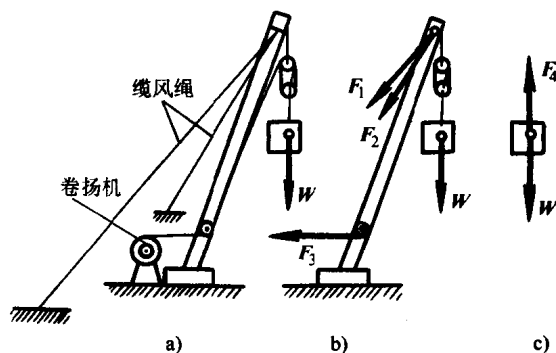


图 1-8

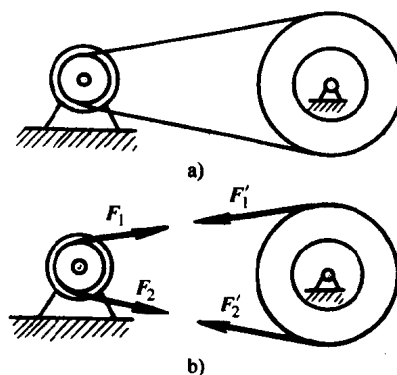


图 1-9

1.3.2 光滑面约束

由光滑表面的刚性物体构成的约束称为光滑面约束。由于接触面光滑,则被约束物体可无障碍地沿接触面的公切面运动,但却不能沿通过接触点的公法线并朝向约束它的物体一侧运动。因此,光滑接触面对物体的约束反力应作用于接触点并沿接触面的公法线且指向被约束的物体,如图 1-10 所示。此时约束反力的方向已知。

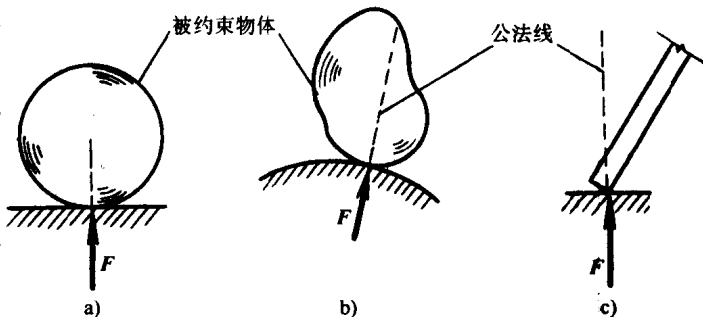


图 1-10

1.3.3 铰链约束

在两个物体上分别穿直径相同的

的圆孔,再将一直径略小于孔径的圆柱体(称为销钉)插入该两物体的孔中便构成了铰链约束(图 1-11a)。连接件本身简称为铰或中间铰。这样,物体既可沿销钉轴线方向运动又可绕销钉轴线转动,但却不能沿垂直于销钉轴线的方向移动而脱离销钉。若不计摩擦,则物体与销钉为光滑面接触,物体所受到的约束反力应通过接触点和图孔中心(图 1-11b)。由于接触点随主动力而变,故约束反力 F_R 的大小和方向均为未知,一般将它分解为两个互相垂直的分力 F_x 与 F_y (图 1-11c)。其力学简图与约束反力表示法如图 1-11d、e 所示。

1.3.4 链杆约束

两端用铰链与物体连接且中间不受力(自重忽略不计)的刚性杆称为链杆(图 1-12a),链杆也称为二力杆。这种约束能阻止物体沿着链杆轴线方向运动,但不能阻止其他方向的运动。所以链杆的约束反力只能是沿着链杆的轴线,其指向或背离物体(拉力),或朝向物体(压