

高职高专土建类专业规划教材
建筑工程技术专业

BUILDING

建筑力学

周任 徐广舒 主编

- ✓ 适应相关行业岗位考证，有利就业
- ✓ 既有必要的基础理论，又有实训操作内容
- ✓ 与新技术、新规范同步
- ✓ 强化识图、加强技能培训



免费提供
电子教案

教材使用调查问卷

高职高专土建类专业规划教材

建筑工程技术专业

建筑力学

一、基本信息

姓名: _____ 职称: _____ 职务: _____

所在学校: _____ 主编: 周任徐广舒

任教科: _____ 副主编: 焦卫冯秀苓 刘振霞

邮编: _____ 参编(以姓氏笔画为序)

关于教材: _____ 王英汪宁 吴卫祥

建筑力学: _____ 张智茹 陈建波

主审: 刘燕

使用的教材: _____

认为教材: _____

是否愿意参与教材编写: _____

教材名称: _____

教材内容: _____

其他: _____

二、您对本书的意见和建议(请您指出)

查看中: _____

率及: _____

对我们的其他意见和建议: _____

我们: _____

我们: _____

我们: _____

我们: _____

我们: _____

我们: _____

我们: _____

我们: _____



机械工业出版社

http://www.golden-age.com/ 机械工业出版社网站

本教材的主要内容有：平面力系的合成与平衡；杆件的轴向拉伸（压缩）与扭转；梁的弯曲；杆件的组合变形；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；超静定结构的力法、位移法以及力矩分配法；影响线及其应用等。编写时根据建筑行业相关专业对高职高专人才培养的要求，力求做到通俗易懂，使高职高专学生能够较轻松理解和掌握，并灵活运用该课程内容解决实际问题。书中带★的部分由教师根据教学实际情况取舍。

本书可作为高职高专院校土建类专业及其他成人高校相应专业的教材，也可作为相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/周任，徐广舒主编. —北京：机械工业出版社，
2008.2

高职高专土建类专业规划教材

ISBN 978-7-111-22852-3

I. 建… II. ①周… ②徐… 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(2008)第 010669 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：张荣荣 责任编辑：张荣荣 责任校对：申春香

封面设计：张 静 责任印制：洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·19.5 印张·482 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-22852-3

定价：35.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010)68326294

购书热线电话：(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010)68327259

封面无防伪标均为盗版

本教材编审委员会

主任委员 叶耀先

副主任委员 陈衍庆 刘雪梅 杨少彤

顾问 房志勇

委员(以姓氏笔画为序):

王松成 付成喜 刘凤翰 刘雁宁 闫培明

刘振华 刘晓平 吴根树 李国新 张荣荣

张智茹 邵英秀 钟振宇 侯洪涛 徐广舒

覃 辉 蔡红新 魏党生 魏 明

机械工业出版社

2005年1月

出版说明

近年来,随着国家经济建设的迅速发展,建设工程的发展规模不断扩大,建设速度不断加快,对建筑类具备高等职业技能的人才需求也随之不断加大。为了贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的精神,我们通过深入调查,组织了全国三十余所高职高专院校的一批优秀教师,编写出版了本套教材。

本套教材以《高等职业教育土建类专业教育标准和培养方案》为纲,编写中注重培养学生的实践能力,基础理论贯彻“实用为主、必需和够用为度”的原则,基本知识采用广而不深、点到为止的编写方法,基本技能贯穿教学的始终。在教材的编写中,力求文字叙述简明扼要、通俗易懂。本套教材结合了专业建设、课程建设和教学改革成果,在广泛的调查和研讨的基础上进行规划和编写,在编写中紧密结合职业要求,力争能满足高职高专教学需要并推动高职高专土建类专业的教材建设。

本系列教材先期推出建筑工程技术专业的19本教材,随后将在2008年秋推出建筑装饰工程技术专业的16本教材及与建筑工程技术专业和建筑装饰工程技术专业教材配套的十余种实训教材。在未来的2~3年内,我们将陆续推出工程监理、工程造价等土建类各专业的教材及实训教材,最终出版一套体系完整、内容优秀、特色鲜明的高职高专土建类专业教材。

本系列教材适用于高职高专院校、成人高校及二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的土建类专业使用,也可作为相关从业人员的培训教材。

机械工业出版社

2008年1月

前 言

近年来,高等职业教育取得了快速的发展。作为我国高等教育体系的重要组成部分,高等职业教育的根本任务是要从市场的实际需要出发,坚持以就业为导向,以全面素质为基础,以职业能力为本位,加强面向市场的实用内容教学,努力培养适应现时和未来建设、管理和服 务第一线需要的高素质实用技能型人才。因此,高职建筑工程类教材的编制必须紧跟时代的步伐,满足行业要求,适应市场变化,加强理论联系实际。

本教材是依据教育部高教司高职高专处《关于加强高职教育基本建设的指示精神》和 1999 年教育部制定的《高职高专教育土建类专业力学课程教学基本要求》,根据当前高职高专教学的要求和发展现状编写的。在内容的安排上尽可能做到:理论联系实际,不苛求力学理论体系的完备性,突出力学分析结果的应用性;文字表述通俗易懂,有利于教学和学生自学。

本教材共 18 章,由周任、徐广舒担任主编。绪论、材料力学的引言、第 9 章由广东科学技术职业学院周任负责编写;第 1 章、第 4 章由济南工程职业技术学院刘振霞编写;第 2 章、第 3 章由南京交通职业技术学院陈建波编写;第 5 章、第 7 章由山西综合职业技术学院王英编写;第 6 章、第 11 章由吉林建筑工程学院职业技术学院张智茹编写;第 8 章由北华航天工业学院冯秀苓编写;第 10 章、第 14 章由湖南工程职业技术学院吴卫祥编写;第 12 章、第 13 章由天津城建学院焦卫编写;第 15 章、第 16 章、第 17 章由南通职业大学徐广舒编写;第 18 章由南京交通职业技术学院汪宁编写。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

在教材编写过程中得到了机械工业出版社和东莞市建筑学会高级工程师张灿的大力支持和帮助,在此表示感谢。

编 者

目 录

出版说明

前言

绪论

第1篇 静 力 学

第1章 静力学基础	3	3.2 合力矩定理	27
1.1 静力学的基本概念	3	3.3 力偶的概念及力偶的基本性质	28
1.2 静力学的概念	4	3.4 平面力偶系的合成和平衡条件	30
1.3 力在坐标轴上的投影	5	3.5 平面力偶系平衡方程的应用	30
1.4 荷载	7	思考题	31
1.5 约束和约束反力	8	习题	31
1.6 受力分析与受力图	11	第4章 平面一般力系	34
习题	15	4.1 平面一般力系的概念和实例	34
第2章 平面汇交力系	18	4.2 力的平移定理	35
2.1 平面汇交力系的概念和实例	18	4.3 平面一般力系向一点的简化	35
2.2 平面汇交力系的合成	19	4.4 平面一般力系平衡的条件	37
2.3 平面汇交力系平衡条件	20	4.5 平面平行力系平衡的条件	41
2.4 平面汇交力系平衡方程的应用	21	4.6 平面一般力系平衡方程的应用	44
思考题	23	习题	47
习题	23		
第3章 力矩和平面力偶系	26		
3.1 力对点的矩	26		

第2篇 材 料 力 学

第5章 轴向拉伸和压缩	52	思考题	77
5.1 轴向拉(压)杆的轴力	52	习题	77
5.2 轴向拉(压)杆的应力	55	第6章 扭转	81
5.3 轴向拉(压)杆的变形及其计算	60	6.1 扭转的概念	81
5.4 材料拉伸和压缩时的力学性质	63	6.2 圆轴扭转时的扭矩及扭矩图	81
5.5 材料的极限应力、安全因数和许用应力	68	6.3 圆轴扭转时的截面应力分布	83
5.6 轴向拉(压)杆的强度条件及其应用	69	6.4 圆轴扭转时的强度计算	84
5.7 剪切与挤压问题的实用计算	71	*6.5 非圆截面构件的扭转问题	86
		思考题	88
		习题	89

第7章 截面的几何性质	90	习题	133
7.1 形心和静矩	90	第10章 组合变形杆的强度计算	135
7.2 截面二次矩(惯性矩)和惯性积	93	10.1 组合变形的概念与工程实例	135
思考题	97	10.2 斜弯曲杆	136
习题	97	10.3 偏心受压(拉)杆	140
第8章 梁的弯曲问题的强度计算	99	*10.4 弯-扭组合变形杆	145
8.1 平面弯曲的概念以及工程实例	99	习题	148
8.2 梁的弯曲内力	101	第11章 压杆稳定	150
8.3 梁的弯曲应力	111	11.1 压杆稳定的概念	150
习题	124	11.2 压杆的临界力——欧拉公式	151
第9章 应力状态	127	11.3 压杆的临界力计算	152
9.1 应力状态的概念	127	11.4 压杆稳定的实用计算	154
9.2 平面应力分析	127	11.5 提高压杆稳定性的措施	157
9.3 梁的主应力和主应力迹线	131	思考题	158
思考题	133	习题	159

第3篇 结构力学

第12章 平面杆件体系的几何组成分析	160	荷载法——图乘法	202
12.1 平面体系几何组成的目的	160	*14.3 由支座移动引起的静定杆系结构位移的计算	210
12.2 平面体系的自由度和约束	161	*14.4 弹性体系的互等定理	211
12.3 平面体系几何组成分析	163	习题	213
12.4 静定结构与超静定结构	166	第15章 超静定杆系结构的计算——力法	215
思考题	169	15.1 力法的基本原理	215
习题	169	15.2 用力法求解超静定梁和刚架结构	219
第13章 静定结构的内力计算	172	15.3 用力法求解超静定桁架	226
13.1 多跨静定梁	172	15.4 用力法求解铰接排架	227
13.2 静定平面刚架	175	15.5 结构对称性的利用	228
13.3 三铰拱	180	思考题	234
13.4 静定平面桁架	186	习题	234
13.5 静定平面组合结构	192	第16章 超静定杆系结构的计算——位移法	237
思考题	194	16.1 位移法的基本概念	237
习题	195	16.2 位移法的基本未知量及基本结构	238
第14章 静定杆系结构的位移计算	200		
14.1 概述	200		
14.2 计算静定杆系结构位移的单位			

16.3	位移法的典型方程	240
16.4	位移法计算超静定结构示例	244
16.5	对称性的利用	251
	思考题	253
	习题	253
第17章	力矩分配法	256
17.1	力矩分配法的基本概念	256
17.2	用力矩分配法计算连续梁和	
	无侧移刚架	261
	思考题	267
	习题	267
第18章	影响线	269

18.1	影响线的概念	269
18.2	静力法绘制简支梁的影响线	270
18.3	用机动法绘制简支梁的	
	影响线	274
18.4	影响线的应用	275
18.5	简支梁的内力包络图和	
	绝对最大弯矩	281
	习题	285
附录		289
附录A	常用截面的几何性质	289
附录B	型钢表	291
参考文献		302

第3章 梁的内力

3.1	梁的内力	305
3.1.1	梁的内力	305
3.1.2	梁的内力	305
3.1.3	梁的内力	305
3.1.4	梁的内力	305
3.1.5	梁的内力	305
3.1.6	梁的内力	305
3.1.7	梁的内力	305
3.1.8	梁的内力	305
3.1.9	梁的内力	305
3.1.10	梁的内力	305
3.1.11	梁的内力	305
3.1.12	梁的内力	305
3.1.13	梁的内力	305
3.1.14	梁的内力	305
3.1.15	梁的内力	305
3.1.16	梁的内力	305
3.1.17	梁的内力	305
3.1.18	梁的内力	305
3.1.19	梁的内力	305
3.1.20	梁的内力	305
3.1.21	梁的内力	305
3.1.22	梁的内力	305
3.1.23	梁的内力	305
3.1.24	梁的内力	305
3.1.25	梁的内力	305
3.1.26	梁的内力	305
3.1.27	梁的内力	305
3.1.28	梁的内力	305
3.1.29	梁的内力	305
3.1.30	梁的内力	305
3.1.31	梁的内力	305
3.1.32	梁的内力	305
3.1.33	梁的内力	305
3.1.34	梁的内力	305
3.1.35	梁的内力	305
3.1.36	梁的内力	305
3.1.37	梁的内力	305
3.1.38	梁的内力	305
3.1.39	梁的内力	305
3.1.40	梁的内力	305
3.1.41	梁的内力	305
3.1.42	梁的内力	305
3.1.43	梁的内力	305
3.1.44	梁的内力	305
3.1.45	梁的内力	305
3.1.46	梁的内力	305
3.1.47	梁的内力	305
3.1.48	梁的内力	305
3.1.49	梁的内力	305
3.1.50	梁的内力	305
3.1.51	梁的内力	305
3.1.52	梁的内力	305
3.1.53	梁的内力	305
3.1.54	梁的内力	305
3.1.55	梁的内力	305
3.1.56	梁的内力	305
3.1.57	梁的内力	305
3.1.58	梁的内力	305
3.1.59	梁的内力	305
3.1.60	梁的内力	305
3.1.61	梁的内力	305
3.1.62	梁的内力	305
3.1.63	梁的内力	305
3.1.64	梁的内力	305
3.1.65	梁的内力	305
3.1.66	梁的内力	305
3.1.67	梁的内力	305
3.1.68	梁的内力	305
3.1.69	梁的内力	305
3.1.70	梁的内力	305
3.1.71	梁的内力	305
3.1.72	梁的内力	305
3.1.73	梁的内力	305
3.1.74	梁的内力	305
3.1.75	梁的内力	305
3.1.76	梁的内力	305
3.1.77	梁的内力	305
3.1.78	梁的内力	305
3.1.79	梁的内力	305
3.1.80	梁的内力	305
3.1.81	梁的内力	305
3.1.82	梁的内力	305
3.1.83	梁的内力	305
3.1.84	梁的内力	305
3.1.85	梁的内力	305
3.1.86	梁的内力	305
3.1.87	梁的内力	305
3.1.88	梁的内力	305
3.1.89	梁的内力	305
3.1.90	梁的内力	305
3.1.91	梁的内力	305
3.1.92	梁的内力	305
3.1.93	梁的内力	305
3.1.94	梁的内力	305
3.1.95	梁的内力	305
3.1.96	梁的内力	305
3.1.97	梁的内力	305
3.1.98	梁的内力	305
3.1.99	梁的内力	305
3.1.100	梁的内力	305

3.2	梁的内力	305
3.2.1	梁的内力	305
3.2.2	梁的内力	305
3.2.3	梁的内力	305
3.2.4	梁的内力	305
3.2.5	梁的内力	305
3.2.6	梁的内力	305
3.2.7	梁的内力	305
3.2.8	梁的内力	305
3.2.9	梁的内力	305
3.2.10	梁的内力	305
3.2.11	梁的内力	305
3.2.12	梁的内力	305
3.2.13	梁的内力	305
3.2.14	梁的内力	305
3.2.15	梁的内力	305
3.2.16	梁的内力	305
3.2.17	梁的内力	305
3.2.18	梁的内力	305
3.2.19	梁的内力	305
3.2.20	梁的内力	305
3.2.21	梁的内力	305
3.2.22	梁的内力	305
3.2.23	梁的内力	305
3.2.24	梁的内力	305
3.2.25	梁的内力	305
3.2.26	梁的内力	305
3.2.27	梁的内力	305
3.2.28	梁的内力	305
3.2.29	梁的内力	305
3.2.30	梁的内力	305
3.2.31	梁的内力	305
3.2.32	梁的内力	305
3.2.33	梁的内力	305
3.2.34	梁的内力	305
3.2.35	梁的内力	305
3.2.36	梁的内力	305
3.2.37	梁的内力	305
3.2.38	梁的内力	305
3.2.39	梁的内力	305
3.2.40	梁的内力	305
3.2.41	梁的内力	305
3.2.42	梁的内力	305
3.2.43	梁的内力	305
3.2.44	梁的内力	305
3.2.45	梁的内力	305
3.2.46	梁的内力	305
3.2.47	梁的内力	305
3.2.48	梁的内力	305
3.2.49	梁的内力	305
3.2.50	梁的内力	305
3.2.51	梁的内力	305
3.2.52	梁的内力	305
3.2.53	梁的内力	305
3.2.54	梁的内力	305
3.2.55	梁的内力	305
3.2.56	梁的内力	305
3.2.57	梁的内力	305
3.2.58	梁的内力	305
3.2.59	梁的内力	305
3.2.60	梁的内力	305
3.2.61	梁的内力	305
3.2.62	梁的内力	305
3.2.63	梁的内力	305
3.2.64	梁的内力	305
3.2.65	梁的内力	305
3.2.66	梁的内力	305
3.2.67	梁的内力	305
3.2.68	梁的内力	305
3.2.69	梁的内力	305
3.2.70	梁的内力	305
3.2.71	梁的内力	305
3.2.72	梁的内力	305
3.2.73	梁的内力	305
3.2.74	梁的内力	305
3.2.75	梁的内力	305
3.2.76	梁的内力	305
3.2.77	梁的内力	305
3.2.78	梁的内力	305
3.2.79	梁的内力	305
3.2.80	梁的内力	305
3.2.81	梁的内力	305
3.2.82	梁的内力	305
3.2.83	梁的内力	305
3.2.84	梁的内力	305
3.2.85	梁的内力	305
3.2.86	梁的内力	305
3.2.87	梁的内力	305
3.2.88	梁的内力	305
3.2.89	梁的内力	305
3.2.90	梁的内力	305
3.2.91	梁的内力	305
3.2.92	梁的内力	305
3.2.93	梁的内力	305
3.2.94	梁的内力	305
3.2.95	梁的内力	305
3.2.96	梁的内力	305
3.2.97	梁的内力	305
3.2.98	梁的内力	305
3.2.99	梁的内力	305
3.2.100	梁的内力	305

绪论

容内始究研学代般重 0.0

0.1 建筑力学的任务

建筑物和构筑物需要承受各种力，如风力、人和设备的重力、建筑物各构件自重以及地震引起的力等，这些力在工程上被称之为荷载。

建筑物中用来承受荷载并传递荷载作用的部分，被称为结构；结构中的各部件称为构件，如屋架、楼板、梁、柱、基础等共同构成建筑的结构，各梁、柱、楼板等则为组成结构的各构件。图 0-1 是一个常见厂房的结构及构件的示意图。

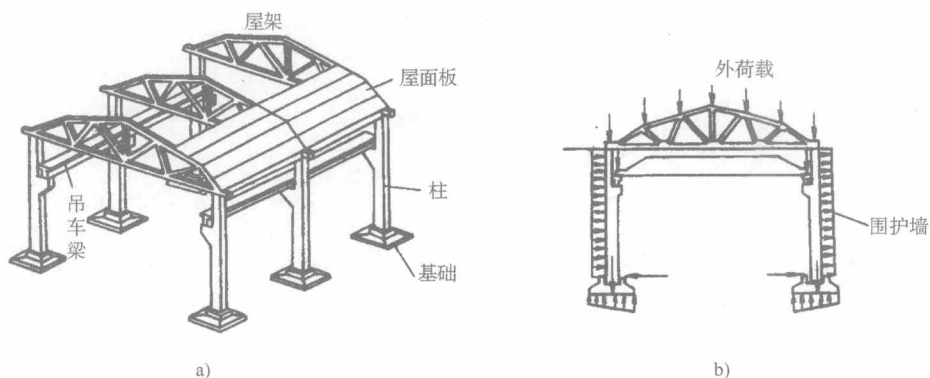


图 0-1

在承受荷载和传递荷载时，建筑结构及其各构件必须满足两个方面的基本要求：

1. 安全方面的要求

- (1) 强度要求 即建筑结构及其各构件不能发生破坏。
- (2) 刚度要求 即建筑结构及其各构件不能产生过大的变形。
- (3) 稳定性要求 即建筑结构及其各构件不能失稳。

2. 经济方面的要求

在满足安全方面要求的前提下，尽可能使结构和构件的造价经济。

为了满足上述两个基本要求，使结构和构件安全、经济，需要相应的学科为结构和构件的设计提供科学的理论及实验依据，建筑力学就是上述学科的理论基础。建筑力学的任务是：研究受力结构和构件的平衡问题、构件的承载能力及材料的力学性能，为保证结构（或构件）安全可靠及经济合理提供理论基础和计算方法。

0.2 建筑力学研究的对象

建筑物、构筑物的建筑形式各异，建筑结构与构件的形状也多种多样，各类构件及结构

第1篇 静力学

本篇主要介绍受力物体的平衡问题，具体内容包括力的基本性质、力系的合成规律、力系作用下物体和物系的平衡条件及其平衡条件的应用。

静力学部分是本课程最基本的部分，其分析方法和计算方法是学习本课程后续内容的基础。

第1章 静力学基础

本章要点

本章主要介绍了静力学的基本概念和静力学的四个公理；讲述了力在轴上的投影规则，荷载的类型、约束的类型和约束反力的分析方法，以及受力分析和受力图的画法。

1.1 静力学的基本概念

1.1.1 力的概念

力是物体之间的相互机械作用，这种作用的效果会使物体的运动状态发生变化（外效应），或者使物体发生变形（内效应）。

力的概念是人们在长期的生产劳动和日常生活中逐渐形成并建立起来的，例如人推小车时，人对小车施加了力，使小车由静到动，同时感到小车也在推人。这种力的作用，在物体与物体之间经常发生，例如，空中落下的物体由于受到地球引力的作用而使运动速度加快，桥梁受到车辆的作用而产生弯曲变形等等。

1.1.2 刚体的概念

在任何外力作用下大小和形状保持不变的物体称为刚体。

实际上，任何物体在力的作用下，都会引起大小和形状的改变，即发生变形，但是许多物体受力前后的形状改变比较小，例如建筑物中的梁，它在中央处最大的弯曲下垂一般只有梁长度的 $1/500$ 左右。这样微小的变形对于讨论物体的平衡问题影响甚少，可以忽略不计，可将这些物体看成是不变形的。

在静力学部分，我们把所讨论的物体都看作是刚体。

1.1.3 力系的概念

同时作用在一个研究对象上的若干个力或力偶，称为一个力系。若这些力或力偶都来自于研究对象的外部，则称为外力或外力系。外力系中一般可能有：集中力、分布力、集中力偶、分布力偶。

1.1.4 等效力系的概念

若一个力系作用于物体的效果与另一个力系的作用效果相同，则称这两个力系互为等效力系。

1.1.5 平衡力系的概念

若物体在力系作用下处于平衡状态，则这个力系称为平衡力系。

1.2 静力学的概念

1.2.1 二力平衡公理

作用于同一刚体上的两个力使刚体平衡，其必要与充分条件是：两个力作用在同一直线上，大小相等，方向相反。这一性质也称为二力平衡公理。

当一个构件只受到两个力作用而保持平衡，这个构件称为二力构件，如图 1-1 所示，二力构件是工程中常见的一种构件形式。由二力平衡公理可知，二力构件的平衡条件是：两个力必定沿着二力作用点的连线，且等值、反向。

二力平衡公理对刚体而言是既必要又充分的条件，而对于非刚体，这个条件虽然必要但不充分。例如，当柔软的绳索受到两个等值反向的拉力作用时可以平衡，但受到两个等值反向的压力作用时就不能平衡。

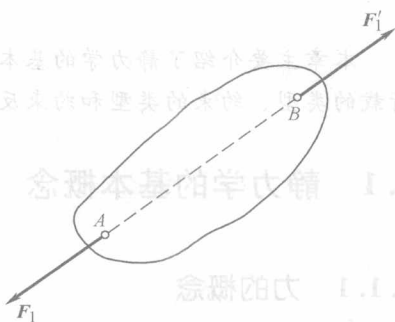


图 1-1

1.2.2 加减平衡公理

在作用于某物体的力系中，加入或减去一个平衡力系，并不改变原力系对物体的作用效果，这是因为一个平衡力系作用在物体上，对物体的运动状态是没有影响的，所以在原来作用于物体的力系中加入或减去一个平衡力系，物体的运动状态是不会改变的，即新力系与原力系对物体的作用效果相同。

推论(力的可传性原理)：作用在物体上的力可沿其作用线移到物体的任一点，而不改变该力对物体的运动效果，如图 1-2 所示。

1.2.3 力的平行四边形法则

力的平行四边形法则：作用在物体上同一点的两个力的合力，其作用点仍是该点，其方向和大小由以这两个力的力矢为邻边所构成的平行四边形的对角线确定。

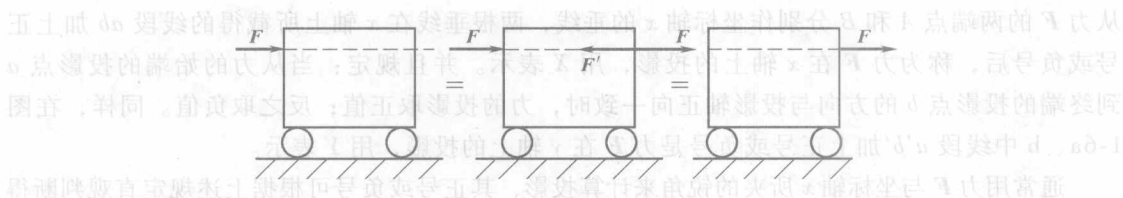


图 1-2

如图 1-3 所示,作用在 A 点的两个力 F_1 和 F_2 , 它们的合力就是平行四边形的对角线所确定的 R 。

运用平行四边形法则可以把两个共点力合成为一个合力,也可以把一个力分解为两个分力。不过当进行这种分解时,必须指定两个分力的方位,解答才是唯一的。

推论:三力平衡汇交定理

三力平衡汇交定理是:由三个力组成的力系若为平衡力系,其必要的条件是这三个力的作用线共面且汇交于一点。

如图 1-4 所示,已知物体受三个力 F_1 、 F_2 、 F_3 作用而处于平衡,且已知 F_1 和 F_2 的作用线有交点 O 。把物体刚化,把力 F_1 和 F_2 沿作用线移到交点 O ,运用平行四边形法则得 F_1 和 F_2 的合力 R ,则可知 F_3 和 R 是一对平衡力,并可知 F_3 的作用线必通过 O 点。

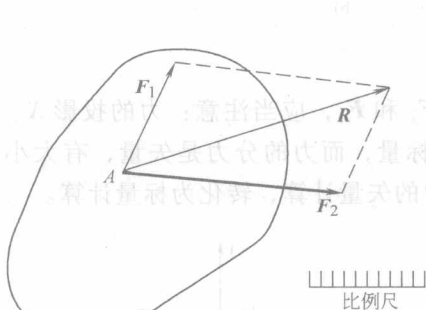


图 1-3

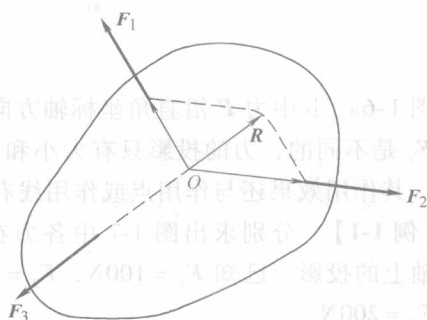


图 1-4

1.2.4 作用与反作用公理

两个物体间的作用力和反作用力总是大小相等,方向相反,沿同一直线,并分别作用在这两个物体上。

这个公理概括了两个物体间相互作用力的关系。如图 1-5 所示,物体 A 对物体

B 施作用力 F ,同时物体 A 也受到物体 B 对它的反作用力 F' ,且这两个力大小相等、方向相反、沿同一直线作用。

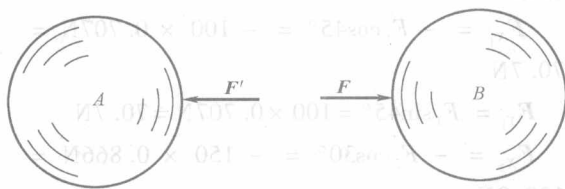


图 1-5

1.3 力在坐标轴上的投影

如图 1-6 所示,设力 F 作用于物体的 A 点,取直角坐标系 Oxy ,使力 F 在 Oxy 平面内。

从力 F 的两端点 A 和 B 分别作坐标轴 x 的垂线, 两根垂线在 x 轴上所截得的线段 ab 加上正号或负号后, 称为力 F 在 x 轴上的投影, 用 X 表示。并且规定: 当从力的始端的投影点 a 到终端的投影点 b 的方向与投影轴正向一致时, 力的投影取正值; 反之取负值。同样, 在图 1-6a、b 中线段 $a'b'$ 加上正号或负号是力 F 在 y 轴上的投影, 用 Y 表示。

通常用力 F 与坐标轴 x 所夹的锐角来计算投影, 其正号或负号可根据上述规定直观判断得出。由图 1-6a、b 可见, 投影 F_X 和 F_Y 可用公式(1-1)计算, 式中 α 为力 F 与 x 轴所夹的锐角。

$$\left. \begin{aligned} F_X &= \pm F \cos \alpha \\ F_Y &= \pm F \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

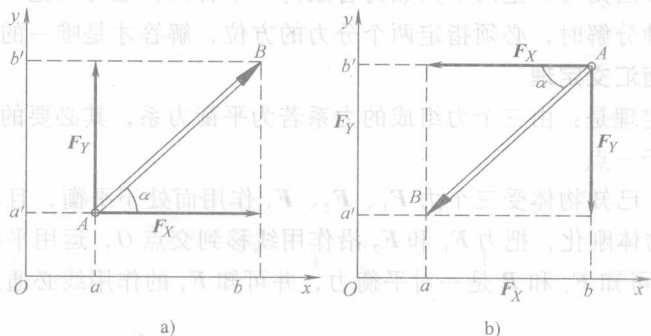


图 1-6

图 1-6a、b 中力 F 沿直角坐标轴方向的分量为 F_x 和 F_y , 应当注意: 力的投影 X 、 Y 与 F_x 、 F_y 是不同的, 力的投影只有大小和正负, 它是标量, 而力的分量是矢量, 有大小、有方向, 其作用效果还与作用点或作用线有关, 引入力的矢量计算, 转化为标量计算。

【例 1-1】 分别求出图 1-7 中各力在 x 轴和 y 轴上的投影。已知 $F_1 = 100\text{N}$, $F_2 = 150\text{N}$, $F_3 = F_4 = 200\text{N}$ 。

【解】 由式(1-1)得出各力在 x 、 y 轴上的投影为

$$F_{x_1} = -F_1 \cos 45^\circ = -100 \times 0.707\text{N} = -70.7\text{N}$$

$$F_{y_1} = F_1 \sin 45^\circ = 100 \times 0.707\text{N} = 70.7\text{N}$$

$$F_{x_2} = -F_2 \cos 30^\circ = -150 \times 0.866\text{N} = -129.9\text{N}$$

$$F_{y_2} = -F_2 \sin 30^\circ = -150 \times 0.5\text{N} = -75\text{N}$$

$$F_{x_3} = F_3 \cos 90^\circ = 200 \times 0\text{N} = 0$$

$$F_{y_3} = -F_3 \sin 90^\circ = -200 \times 1\text{N} = -200\text{N}$$

$$F_{x_4} = F_4 \cos 60^\circ = 200 \times 0.5\text{N} = 100\text{N}$$

$$F_{y_4} = -F_4 \sin 60^\circ = -200 \times 0.866\text{N} = -173.2\text{N}$$

由本例可知, 当力与坐标轴垂直时, 力在该轴上的投影为零; 当力与坐标轴平行时, 力在该轴上的投影的绝对值等于力的大小。

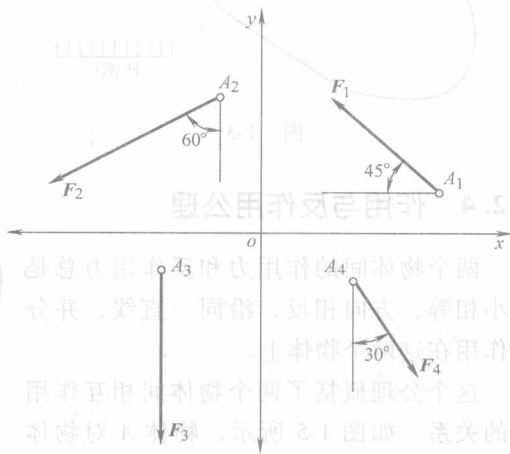


图 1-7

1.4 荷载

1.4.1 荷载的概念及荷载的分类

荷载是主动作用于结构上的外力,例如,结构自重、风压力、人群及设备、家具的自重等。实际工程中的荷载根据其不同特征主要有下列分类:

1. 按荷载作用时间的长短划分为恒载和活载

恒载(永久荷载)是长期作用在结构上的不变荷载,如结构自重以及永久固定在结构上的设备自重等。

活载(可变荷载)是临时作用在结构上的荷载,如风荷载、雪荷载、人群等。有些活载在结构上的作用位置是移动的,这类荷载又称为移动荷载,如吊车、汽车荷载等。

2. 按荷载作用的性质划分为静力荷载和动力荷载

静力荷载的大小、位置 and 方向不随时间变化或变化极为缓慢。荷载的加载过程比较缓慢,不会使结构产生显著的加速度,因而惯性力的影响可以忽略,如结构自重就是静力荷载。

动力荷载是随时间迅速变化或在短暂时段内突然作用或消失的荷载。在动力荷载作用下,结构产生显著加速度,因而惯性力的影响不能忽略,例如动力机械运转时产生的干扰力就属于动力荷载。

1.4.2 作用在建筑结构上常见荷载的简化及计算

工程结构计算中,通常需要将梁、板等构件所受的荷载予以简化,下面通过讨论两个简单的问题来说明荷载的简化及计算。

1. 等截面梁自重的简化及计算

一矩形截面梁如图 1-8 所示,其截面宽度为 b , 截面高度为 h , 设此梁的单位体积重(重度)为 γ (kN/m^3), 则此梁的总重是

$$Q = bhL\gamma \quad (1-2)$$

梁的自重沿梁跨度方向是均匀分布的,所以沿梁轴每米长的自重 q 是

$$q = Q/L \quad (1-3)$$

将 Q 代入式(1-3)得

$$q = bh\gamma$$

式(1-2)、式(1-3)中 b 、 h 的单位均为 m , Q 和 q 的单位为 kN/m 。

Q 值就是梁自重简化为沿梁轴方向的均布线荷载值,均布线荷载 q 也称线荷载集度。

2. 均布面荷载化为均布线荷载计算

图 1-9 中的平板板宽为 b , 板跨度为 l , 若在板上受到均匀分布的面荷载 q' 的作用,那么在这块板上受到的全部荷载 Q 是

$$Q = q' \cdot b \cdot l \quad (1-4)$$

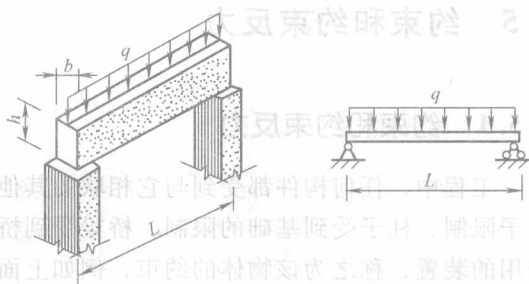


图 1-8

而荷载 Q 是沿板的跨度均匀分布的, 于是, 沿板长度方向均匀分布的线荷载 q 大小为

$$q = b \cdot q' \quad (1-5)$$

公式(1-4)、公式(1-5)中 b 、 l 单位为 m , q' 和 q 的单位为 kN/m^2 , Q 的单位为 kN 。

可见均布面荷载简化为均布线荷载时, 均布线荷载的大小等于均布面荷载的大小乘以受荷宽度。

图 1-10 是某楼面的结构示意图。平板支承在大梁上, 其跨度为 l_1 , 梁支承在柱上, 跨度为 l_2 。当平板上受到均布面荷载 q' 时, 梁 AB 沿其轴线方向受到板传来的均布线荷载 q 应当怎样计算呢? 由于梁的间距为 l_1 , 跨度为 l_2 , 所以梁 AB 的受荷范围是图 1-9 中阴影所占有的面积, 即梁的受荷宽度为 l_1 。于是, 利用公式(1-5)很容易就能算出梁 AB 受到板传来的均布线荷载值

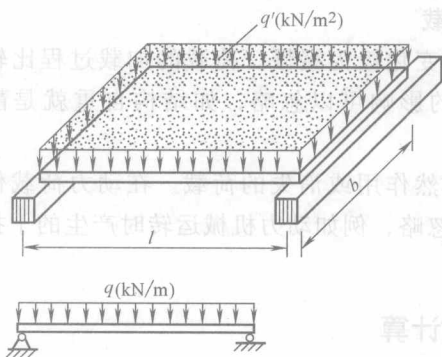


图 1-9

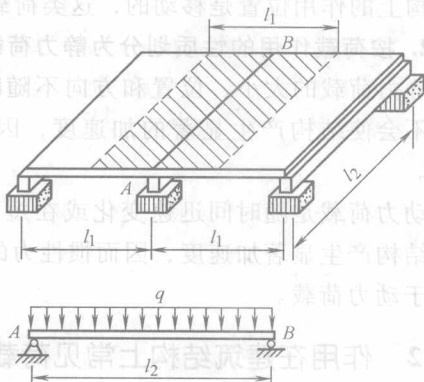


图 1-10

$$q = l_2 \cdot q'$$

1.5 约束和约束反力

1.5.1 约束和约束反力

工程中, 任何构件都受到与它相联的其他构件的限制, 不能自由运动。例如, 大梁受到柱子限制, 柱子受到基础的限制, 桥梁受到桥墩的限制等等。对一个物体的运动趋势起制约作用的装置, 称之为该物体的约束, 例如上面所提到的柱子是大梁的约束, 基础是柱子的约束, 桥墩是桥梁的约束。

物体受到的力一般可以分为两类: 一类是使物体运动或使物体有运动趋势的力, 称为主动力, 例如重力、水压力、土压力等, 主动力在工程上称为荷载。另一类是约束对物体的运动起限制作用时产生的力。物体受到主动力作用时, 会产生运动趋势, 约束则因其阻碍物体的运动必然产生对物体的作用力, 这种作用力因主动力的存在而被动产生, 并随着主动力的变化而改变, 故称之为约束反力, 简称反力。约束反力的方向总是和该约束所能阻碍物体的运动方向相反。