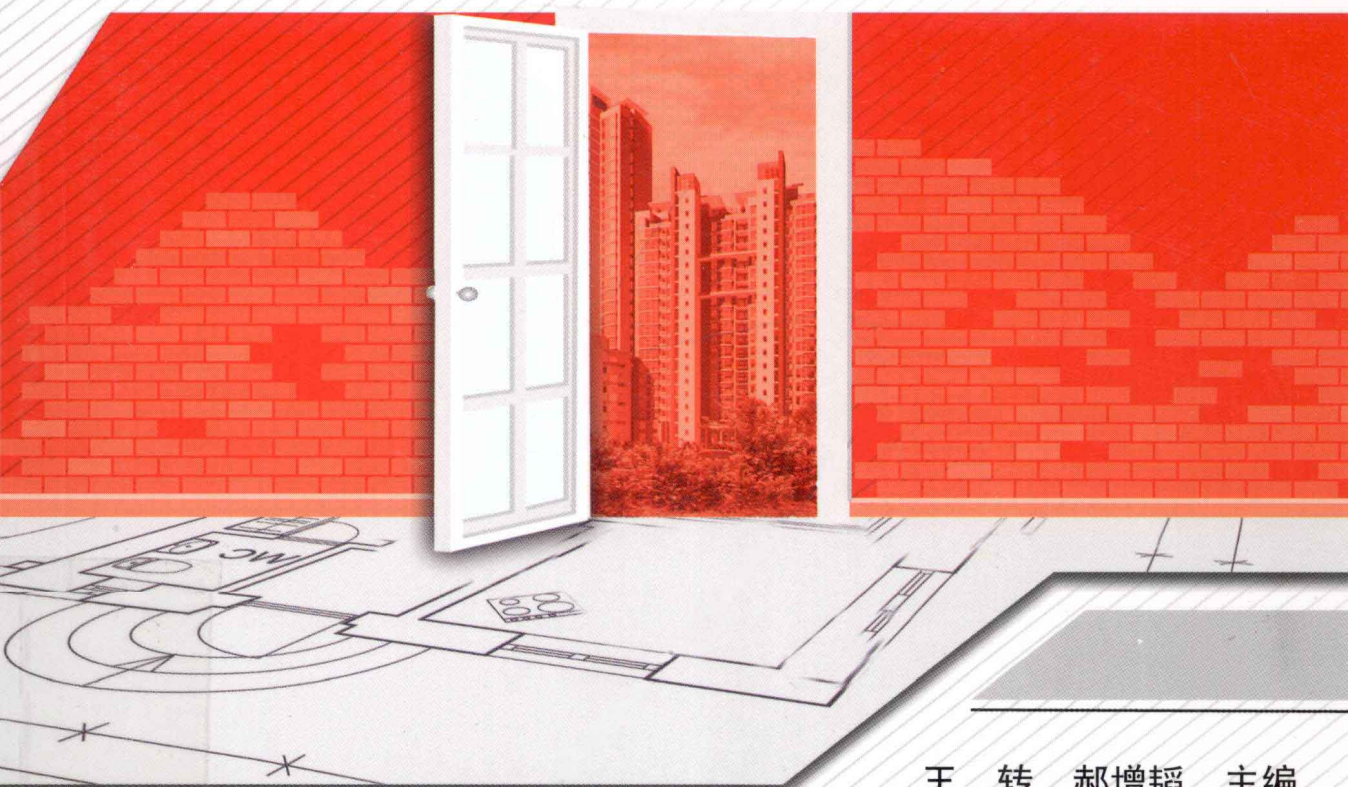




面向“十二五”高等教育课程改革项目成果

建筑力学



王 转 郝增韬 主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书共三部分十六个单元。第一部分从单元一到单元四,讨论力系的简化、平衡及对构件(或结构)进行受力分析的基本理论和方法。第二部分从单元五到单元十,讨论构件受力后发生变形时的承载力问题。第三部分从单元十一到单元十六,讨论杆件体系的组成规律及其内力和位移的问题。全书理论体系由浅入深,编排顺序符合认知规律,具有较强的实用性。

本书可作为高等院校土建类相关专业教材,也可作为专业技术人员的工作参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学 / 王转, 郝增韬主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-5640-6708-3

I. ①建… II. ①王… ②郝… III. ①建筑力学-高等学校-教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第196636号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

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 / 15.5

字 数 / 348千字

版 次 / 2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

定 价 / 42.00元

责任编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

对本书内容有任何疑问及建议, 请与本书编委会联系。邮箱: bitdayi@sina.com

图书出现印装质量问题, 请与本社市场部联系, 电话: (010) 68944990

前 言 Preface

建筑力学是为土建类专业学生开设的一门理论性、实践性较强的专业基础课。建筑结构设计人员只有在掌握建筑力学知识的前提下,才能正确地对结构进行受力和力学计算,保证所设计的结构既安全可靠又经济合理。建筑施工技术及管理人员,也只有在掌握建筑力学知识,了解结构和构件的受力情况、各种力的传递途径以及结构和构件在这些力的作用下会发生怎样的破坏等的前提下,才能避免质量和安全事故的发生,确保建筑施工正常进行。建筑力学的任务是研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;是土建类相关专业一门十分重要的专业基础课程。

本书共三部分十六个单元。第一部分从单元一到单元四,讨论力系的简化、平衡及对构件(或结构)进行受力分析的基本理论和方法。要求学生掌握力、力系的概念,熟悉静力学的基本公理,熟悉荷载的性质,理解合力投影定理,能熟练地对物体进行受力分析;掌握力矩、力偶及力偶矩的分析、计算;掌握力的平移定理及一般力系的简化方法,熟悉平面一般力系的平衡条件及平衡方程式的应用。第二部分从单元五到单元十,讨论构件受力后发生变形时的承载力问题。要求学生能够为设计既安全又经济的结构构件选择适当的材料、截面形状和尺寸;掌握构件承载力的计算;掌握杆件变形的基本形式,熟悉内力、应力的概念及应力集中对构件强度的影响;掌握拉(压)杆件的应力计算、强度条件和强度计算;掌握物体的重心和形心坐标的计算;掌握剪切、挤压的概念及相关计算,掌握圆轴扭转时的强度条件与强度计算;掌握梁的弯曲内力计算;掌握组合变形的强度条件与强度

计算；掌握压杆的稳定条件及相关计算。第三部分从单元十一到单元十六，讨论杆件体系的组成规律及其内力和位移的问题。要求学生熟练掌握平面体系的几何组成分析；掌握静定平面刚架、静定平面桁架及三铰拱的受力分析、内力计算和内力图的绘制；掌握静定结构的位移计算；了解超静定结构的概念、类型，熟练使用位移法计算超静定梁的内力。

本书根据当前高等院校对建筑力学课程的能力要求，以适应社会需求为目标，以培养技术能力为主线组织编写。在编写内容上以“够用”为度，以“实用”为准，充分吸收高等教育力学课程改革的成果，着力体现高等教育特色，对传统静力学、材料力学和结构力学的内容进行了精选，对知识体系作了必要而有效的调整，使多门与土木工程有关的力学学科内容融为一体。全书理论体系由浅入深，编排顺序符合认知规律；基本理论满足专业需求，内容上突出工程实用性。

因编者专业水平有限，编写时间仓促，书中疏漏及不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录 Contents

引言 / 1

单元一 建筑力学基础知识 / 2

1-1 建筑力学的基本概念 / 2

1-2 静力学基本公理 / 3

1-3 约束与约束反力 / 5

1-4 受力分析 / 8

单元二 平面汇交力系 / 13

2-1 力的合成与分解 / 13

2-2 平面汇交力系的平衡条件 / 18

2-3 平面汇交力系平衡条件的应用 / 19

单元三 力矩与力偶 / 22

3-1 力对点的矩 / 22

3-2 合力矩定理 / 23

3-3 力偶及其基本性质 / 25

3-4 平面力偶系的合成与平衡 / 27

单元四 平面力系 / 30

4-1 力的平移定理 / 30

4-2 平面一般力系的简化 / 32

4-3 平面平行力系的简化 / 36

4-4 平面力系的平衡条件及应用 / 36

单元五 轴向拉伸与压缩 / 44

5-1 轴向拉伸和压缩的概念 / 44

5-2 轴向拉(压)杆的内力与轴力图 / 45

5-3 轴向拉(压)时横截面上的应力 / 48

5-4 轴向拉(压)时的变形 / 50

5-5 强度条件、连接件的强度计算 / 54

单元六 梁的弯曲 / 61

6-1 梁弯曲的概念 / 61

6-2 梁的内力图——剪力图和弯矩图 / 70

6-3 弯矩、剪力与分布荷载集度之间的关系 / 77

单元七 梁的弯曲应力 / 84

7-1 梁的弯曲正应力 / 84

7-2 平面图形的几何性质 / 86

7-3 梁的弯曲剪应力 / 94

7-4 梁的强度条件及其应用 / 96

7-5 提高梁强度的措施 / 99

单元八 组合变形 / 104

8-1 组合变形的概念 / 104

8-2 拉伸或压缩与弯曲的组合 / 105

单元九 压杆稳定 / 109

9-1 概述 / 109

9-2 细长压杆的临界力和临界应力 / 110

9-3 压杆的稳定校核 / 115

9-4 提高压杆承载力的措施 / 119

单元十 剪切(挤压)与扭转 / 122

10-1 剪切与挤压、扭转的概念 / 122

10-2 剪切与挤压的实用计算 / 123

10-3 薄壁圆管扭转 / 127

10-4 圆轴扭转时横截面上应力和强度刚度计算 / 131

单元十一 平面杆系几何组成分析 / 136

11-1 概述 / 136

11-2 几何组成分析的相关概念 / 137

11-3 瞬铰与瞬变体系 / 140

11-4 几何不变体系组成规则 / 142

11-5 平面体系几何组成分析 / 144

11-6 静定结构和超静定结构 / 146

单元十二 静定结构内力计算 / 149

12-1 静定梁内力计算 / 149

12-2 静定平面刚架 / 157

12-3 三铰拱(选修内容) / 160

12-4 静定平面桁架 / 165

12-5 静定结构的特性 / 172

单元十三 静定结构位移计算 / 177

13-1 概述 / 177

13-2 变形体的虚功原理 / 178

13-3 图乘法 / 187

单元十四 力法 / 195

14-1 概述 / 195

14-2 力法的基本原理与典型方程 / 198

14-3 应用力法求解超静定结构示例 / 201

14-4 等截面直杆的形常数和载常数 / 206

14-5 超静定结构的特性 / 209

单元十五 位移法 / 215

15-1 概述 / 215

15-2 等截面直杆的转角位移方程 / 219

15-3 用位移法计算超静定结构 / 221

单元十六 力矩分配法 / 229

16-1 力矩分配法基本概念和原理 / 229

16-2 用力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架 / 235

参考文献 / 240

引言

一、《建筑力学》的研究对象

在建筑物中承受并传递荷载从而起骨架作用的部分叫作建筑结构,简称结构。组成结构的单个物体叫构件。构件一般分三类,即杆件、薄板式薄壳构件和实体构件。在结构中应用较多的是杆件。

当构件长度方向的尺寸比其他两个方向的尺寸大得多时,称为杆件;

当构件两个方向的尺寸远大于另一个方向的尺寸时,称为薄板或薄壳;

当构件三个方向的尺寸均接近时称为实体构件。

对土建类专业来讲,《建筑力学》的主要研究对象就是杆件和杆件结构。

1. 结构——建筑物中支撑荷载并起骨架作用的部分。

2. 构件——结构中的基本部分。

3. 强度、刚度、稳定问题:

强度——结构或构件的安全问题,考虑安全系数。

刚度——为保证结构的正常工作,变形一定要控制。

稳定——细长杆件,在压力小于强度值时,直线平衡状态已不稳定,稍有扰动结构就有破坏的现象。

二、《建筑力学》的主要任务

《建筑力学》的任务就是为解决安全和经济这一矛盾提供必要的理论基础和计算方法。建筑力学主要研究杆系结构在荷载作用下的平衡条件以及承载能力的问题,使之能够正常工作,有足够的强度、刚度、稳定性。

三、《建筑力学》的内容简介

第一部分讨论力系的简化、平衡及对构件(或结构)进行受力分析的基本理论和方法。第二部分讨论构件受力后发生变形时的承载力问题,为设计既安全又经济的结构构件选择适当的材料、截面形状和尺寸,掌握构件承载力的计算。第三部分讨论杆件体系的组成规律及其内力 and 位移的问题。

四、《建筑力学》的学习方法

《建筑力学》是土建类专业的一门重要的专业基础课,学习时要注意理解它的基本原理,掌握分析问题的方法和解题思路;多做练习,并善于总结做题中出现的错误。

单元一 建筑力学基础知识

单元重点

1. 力的基本概念；
2. 静力学公理；
3. 约束类型及其约束反力；
4. 物体的受力分析与受力图。

1-1 建筑力学的基本概念

一、力的概念

力是人们从长期生产实践中经抽象而得到的一个科学概念。例如，当人们用手推、举、抓、掷物体时，由于肌肉伸缩逐渐产生了对力的感性认识。随着生产的发展，人们逐渐认识到，物体运动状态及形状的改变，都是由于其他物体对其施加作用的结果。这样，建立了由感性到理性的力概念：力是物体间相互的机械作用，其作用结果是使物体运动状态或形状发生改变。

实践表明，力的效应有两种，一种是使物体运动状态发生改变，称为力对物体的外效应；另一种是使物体形状发生改变，称为力对物体的内效应。在静力学部分将物体视为刚体，只考虑力的外效应；而在材料力学部分则将物体视为变形体，必须考虑力的内效应。

力对物体作用的效应取决于力的三个要素：力的大小、方向和作用点。

力的作用点是指物体承受力的那个部位。两个物体间相互接触时总占有一定的面积，力总是分布于物体接触面上各点的。当接触面面积很小时，可近似将微小面积抽象为一个点，这个点称为力的作用点，该作用力称为集中力；反之，当接触面积不可忽略时，力在整个接触面上分布作用，此时的作用力称为分布力。分布力的大小用单位面积上的力的大小来度量，称为载荷集度，用 $q(\text{N}/\text{cm}^2)$ 表示。

力是矢量，记作 F ，如图 1-1 所示。没有固定作用点的矢量称为自由矢量；作用点固定的矢量称为定位矢量；无须表明它的作用点却有固定作用线的矢量，称为滑移矢量。

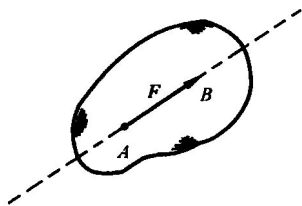


图 1-1 力的矢量表示

依据力系中各力作用线的相互位置，力系可分为空间力系和平面力系。依据力系中各力作用线间的相互关系，又可将力系分为汇交力系、平行力系与任意力系。汇交力系、平行力系是任意力系的两种特殊情形。

二、平衡的概念

静力学中的平衡是研究物体在力系作用下的平衡规律的科学。静力学的平衡是相对于地面保持静止或作匀速直线运动。平衡是物体运动的一种特殊形式。

三、刚体、变形固体的概念

刚体是受力作用时不发生变形的物体，即在受力作用时刚体内部任意两点间的距离始终保持不变。

变形固体是在力的作用下会产生变形的固体材料。

变形固体的基本假设：

(1) 变形固体的各向同性、均匀、连续的假设；

(2) 结构及构件的微小变形假设。变形固体在荷载作用下会产生弹性变形和塑性变形。常用的工程材料在荷载不超过一定范围时，可以看作只有弹性变形没有塑性变形，这种材料成为理想弹性体，由于变形微小，考虑变形后结构的平衡时可以忽略这些变形值，按变形前结构及构件的原始尺寸计算且荷载位置不变，使计算大为简化。

1-2 静力学基本公理

在生产实践中，人们对物体的受力进行了长期观察和试验，对力的性质进行了概括和总结，得出了一些经过实践检验是正确的、大家都承认的、无须证明的正确理论，这就是静力学公理。

公理 1：力的平行四边形公理

作用在物体上同一点的两个力可以合成为一个合力，其合力作用点在同一点上，合力的方向和大小由原两个力为邻边构成的平行四边形的对角线决定(图 1-2)。这个性质称为力的平行四边形公理。其矢量式为 $\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$ ，即合力矢 $\mathbf{R}$ 等于二分力 $\mathbf{F}_1$ 和 $\mathbf{F}_2$ 的矢量和。

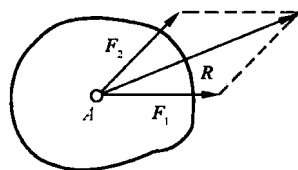


图 1-2 力的平行四边形公理

这个公理说明力的合成是遵循矢量加法的，只有当两个力共线时，才能用代数加法。

两个共点力可以合成为一个力，反之，一个已知力也可以分解为两个力。但是将一个已知力分解为两个力可得无数组解答。以一个力的矢量为对角线的平行四边形，可作无数个。

推论：三力平衡汇交定理

一刚体受共面不平行的三个力作用而平衡时，这三个力的作用线必相交于一点。

注意：三力平衡汇交定理常常用来确定物体在共面不平行的三个力作用下平衡时其中未知力的方向。

公理 2：二力平衡公理

作用在刚体上的两个力使刚体处于平衡的充要条件是：这两力等值、反向且作用在同一直线上，如图 1-3 所示。

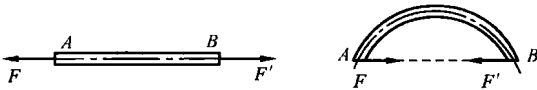


图 1-3 二力平衡公理

这个公理说明了作用在物体上的两个力的平衡条件，在一个物体上只受到两个力的作用而平衡时，这两个力一定要满足二力平衡公理。如把雨伞挂在桌边，雨伞摆动到其重心和挂点在同一铅垂线上时，雨伞才能平衡。因为这时雨伞向下的重力和桌面的向上支撑力在同一直线上。

注意：不能把二力平衡问题和作用与反作用关系混淆起来。二力平衡公理中的两个力是作用在同一物体上的。作用与反作用公理中的两个力是分别作用在不同物体上，虽然是大小相等，方向相反，作用在同一直线上，但不能平衡。

二力杆：若一根直杆只在两点受力作用而处于平衡，则作用在此两点的二力的方向必在这两点的连线上。此直杆称为二力杆。

二力构件：对于只在两点受力作用而处于平衡的一般物体，称为二力构件。

公理 3：加减平衡力系公理

在作用于刚体上的已知力系上，加上或减去任意的平衡力系，将不会改变原力系对刚体的作用效应，如图 1-4 所示。

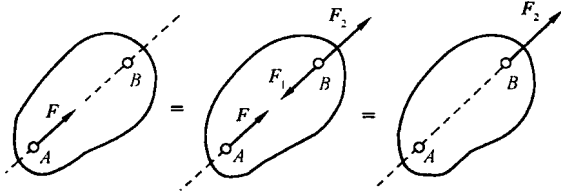


图 1-4 加减平衡力系公理及力的可传性

因为平衡力系不会改变物体的运动状态，即平衡力系对物体的运动效果为零，所以在物体的原力系上加上或去掉一个平衡力系，不会改变物体的运动效果。

推论：力的可传性原理

作用在刚体上的力可以沿其作用线移动到刚体上任意一点，而不改变原力对刚体的作用效果，如图 1-4 所示。

力的可传性原理是人们日常生活中常见的。如：用绳拉车，或者沿同一直线，以同样大小的力推车，对车产生的运动效果相同。

根据力的可传性原理可知，力对刚体的作用效应与力的作用点在作用线上的位置无关。

因此,力的三要素可改为:力的大小、方向和作用线。

注意: 加减平衡力系公理和力的可传性原理都只适用于研究物体的运动效应(外效应),而不适合于研究物体的变形效应(内效应),即只能研究刚体。

公理 4: 作用和反作用公理

任何两物体间相互作用的一对力总是等值、反向、共线的,并同时分别作用在这两个物体上。这两个力互为作用力和反作用力,这就是作用与反作用公理。

这个公理概括了两个物体间相互作用力的关系。

1-3 约束与约束反力

一、约束与约束反力概念

有些物体在空间的位移不受任何限制,如飞行的飞机、气球、炮弹和火箭等,这种位移不受任何限制的物体称为自由体。而有些物体在空间的位移却受到一定的限制,如机车受到铁轨的限制,只能沿轨道运动;电机转子受轴承的限制,只能绕轴线转动;重物被钢索吊住而不能下落等。这种位移受到限制的物体称为非自由体。对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体称为约束。如铁轨对于机车、轴承对于电机转子、钢索对于重物等,都是约束。

约束限制非自由体的运动,能够起到改变物体运动状态的作用。从力学角度来看约束对非自由体有作用力。约束作用在非自由体上的力称为约束反力,简称为约束力或反力。约束反力的方向必与该约束所限制位移的方向相反,这是确定约束反力方向的基本原则。至于约束反力的大小和作用点,前者一般未知,需要用平衡条件来确定;作用点一般在约束与非自由体的接触处。若非自由体是刚体,则只需确定约束反力作用线的位置即可。

二、工程中常见的约束及其反力

下面对工程中一些常见约束进行分类分析,并归纳出其反力特点。

(1)理想光滑面约束。在约束与被约束体的接触面较小、且比较光滑的情况下,忽略摩擦因素的影响,就得到了理想光滑面约束。其约束特征为:约束限制被约束物体沿着接触处公法线趋向约束体的运动。故约束反力方向总是通过接触点,沿着接触点处公法线而指向被约束物体。例如轨道对车轮的约束如图 1-5(a)所示;一矩形构件搁置在槽中,其受力如图 1-5(b)所示。

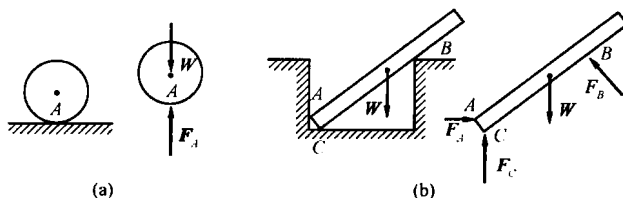


图 1-5 光滑约束

图 1-6 所示为机械夹具中的 V 形铁、被夹物体及压板的受力情况，各接触点处均为光滑接触。

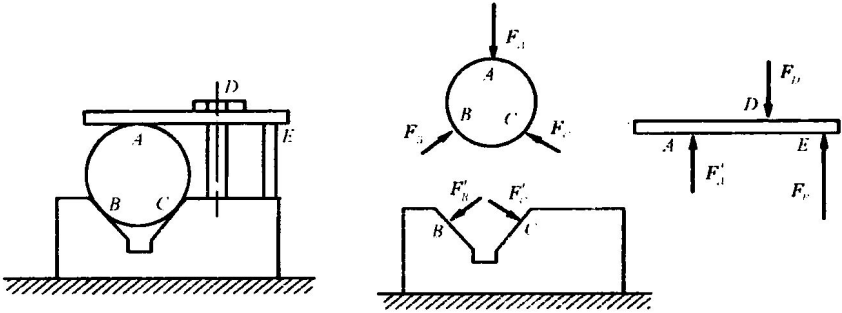


图 1-6 光滑接触

(2) 柔性约束。绳索、链条、皮带、胶带等柔性物体所形成的约束称为柔性约束。这种柔性体只能承受拉力。其约束特征是只能限制被约束物体沿其中心线伸长方向的运动，而无法阻止物体沿其他方向的运动。因此，柔性约束产生的约束反力总是通过接触点、沿着柔性体中心线而背离被约束的物体(即使被约束物体承受拉力作用)。

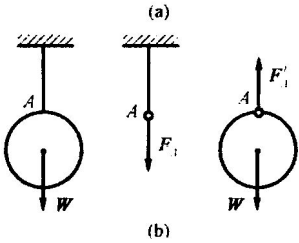
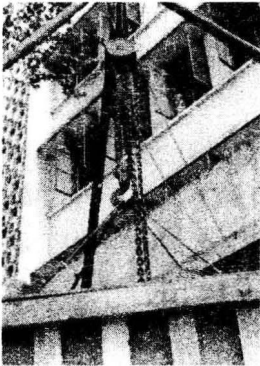


图 1-7 柔性约束(一)

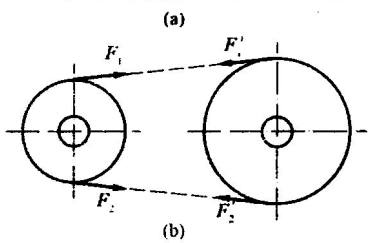
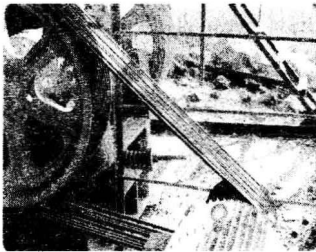


图 1-8 柔性约束(二)

如图 1-7(a)所示，绳索悬挂一重物，绳索只能承受拉力，对重物的约束反力 F'_A 如图 1-7(b)所示。链条或胶带绕在轮子上时，对轮子的约束反力沿轮缘切线方向，如图 1-8 所示。

(3) 光滑圆柱铰链约束。圆柱形铰链是将两个物体各钻圆孔，中间用圆柱形销钉连接起来所形成的结构。销钉与圆孔的接触面一般情况下可认为是光滑的，物体可以绕销钉的轴线任意转动，如图 1-9(a)所示。如门、窗用的合页，起重机悬臂与机座之间的连接等，都是

铰链约束的实例。

铰链连接简图如图 1-9(b)所示, 销钉阻止被约束两物体沿垂直于销钉轴线方向的相对横向移动, 而限制连接件绕轴线的相对转动。因此, 根据光滑面约束特征可知, 销钉产生的约束反力 F_R 应沿接触点处公法线, 必过铰链中心(销钉轴线), 如图 1-9(c)所示。但接触点位置与被约束构件所受外力有关, 一般不能预先确定, 因此, F_R 的方向未定, 通常用过销钉中心, 且相互正交的两个分力 F_{Rx} 、 F_{Ry} 来表示。

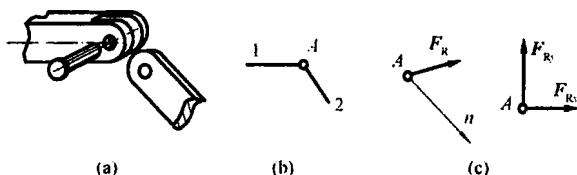


图 1-9 光滑圆柱铰链约束

(4) 支座约束。

①固定铰支座。铰链结构中有两个构件, 若其中一个固定于基础或静止的支承面上, 此时称铰链约束为固定铰支座。固定铰支座的结构简图及其约束反力如图 1-10 所示。此外, 工程中的轴承也可视为固定铰支座约束。

②可动铰支座。又称为辊轴约束。这是一种特殊的平面铰链, 通常与固定铰支座配对使用, 分别装在梁的两端。与固定铰支座不同的是, 它不限制被约束端沿水平方向的位移。这样当桥梁由于温度变化而产生伸缩变形时, 梁端可以自由移动, 不会在梁内引起温度应力。由于这种约束只限制了竖直方向的运动, 因此, 其约束反力沿滚轮与支承接触处的公法线方向, 指向被约束构件。其结构与受力简图如图 1-11 所示。

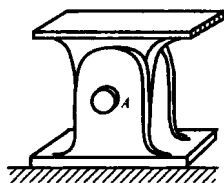


图 1-10 固定铰支座

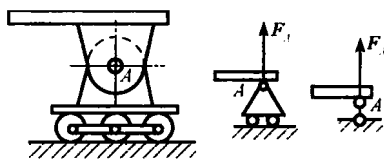
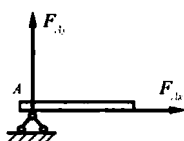
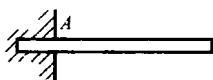
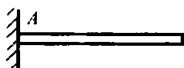


图 1-11 可动铰支座

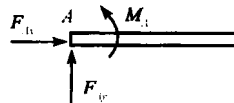
(5)固定端约束。固定端约束结构如图 1-12(a)所示, 该约束既限制构件沿任何方向的移动, 又限制构件转动。如对于嵌在墙体內的悬臂梁来说, 墙体即为固定端约束。其结构简图及约束反力分别如图 1-12(b)、(c)所示。



(a)



(b)



(c)

图 1-12 固定端约束

(6)空间球形铰链约束。空间球形铰链的结构如图 1-13(a)所示,通常,将构件的一端做成球形后置于另一构件或基础的球窝中。其作用是限制被约束体在空间的移动但不限制其转动。如电视机、收音机天线与机体的连接,车床床头灯与床身的连接等都是球形铰链约束。

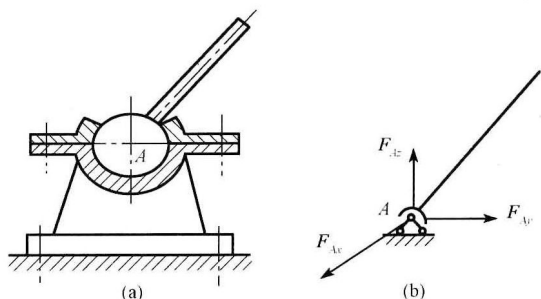


图 1-13 空间球形铰链约束

球形铰链约束的特征是限制了杆件端点沿三个方向的移动,但不限制其转动,所以约束反力是通过球心,但方向不能预先确定的一个空间力。可用三个相互正交的分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 、 F_{Az} 来表示,如图 1-13(b)所示。工程中的止推轴承可视为空间球铰链约束。

以上只介绍了几种常见约束,在工程中约束的类型远不只这些,有的约束比较复杂,分析时需加以抽象、简化。

1-4 受力分析

一、脱离体和受力图

在力学求解静力平衡问题时,一般首先要分析物体的受力情况,了解物体受到哪些力的作用,其中哪些是已知的,哪些是未知的,这个过程称为对物体进行受力分析。工程结构中的构件或杆件,一般都是非自由体,它们与周围的物体(包括约束)相互连接在一起,用来承担荷载。为了分析某一物体的受力情况,往往需要解除限制该物体运动的全部约束,将该物体从与它相联系的周围物体中分离出来,单独画出这个物体的图形,称之为脱离体(或研究对象)。然后,再将周围各物体对该物体的各个作用力(包括主动力与约束反力)全部用矢量线表示在脱离体上。这种画有脱离体及其所受的全部作用力的简图,称为物体的受力图。

对物体进行受力分析并画出其受力图,是求解静力学问题的重要步骤。因此,必须掌握熟练选取脱离体并能正确地分析其受力情况的方法。

二、画受力图的步骤及注意事项

(1)确定研究对象取脱离体。应根据题意的要求,确定研究对象,并单独画出脱离体的

简图。研究对象(脱离体)可以是单个物体,也可以是由若干个物体组成的系统,这要根据具体情况确定。

(2)根据已知条件,画出全部主动力。应注意正确、不漏不缺。

(3)根据脱离体原来受到的约束类型,画出相应的约束反力。对于柔性约束、光滑接触面、链杆、可动铰支座这类约束,可以根据约束的类型直接画出约束反力的方向;而对于铰链、固定铰支座等约束,经常将其反力用两个相互垂直的分力来表示;对固定支座约束,其反力则用两个相互垂直的分力和一个反力偶来表示。约束反力不能多画,也不能少画。如果题意要求明确这些反力的作用线方位和指向时,应当根据约束的具体情况并利用前面的有关公理进行确定。同时,应注意两个物体之间相互作用的约束力应符合作用力与反作用力公理。

(4)要熟练地使用常用的字母和符号标注各个约束反力,注明是由哪一个物体(施力体或约束)施加。注意要按照原结构图上每一个构件或杆件的尺寸和几何特征作图,以免引起错误或误差。

(5)受力图上只画脱离体的简图及其所受的全部外力,不画已被解除的约束。

(6)当以系统为研究对象时,受力图上只画该系统(研究对象)所受的主动力和约束反力,不画成对出现的内力(以及内部约束反力)。

(7)对系统中的二力杆应当明确地指出,这对系统的受力分析很有意义。

下面举例说明如何画物体的受力图。

【例 1-1】 连杆滑块机构如图 1-14 所示,受力偶 M 和力 F 作用,试画出各构件和整体的受力图。

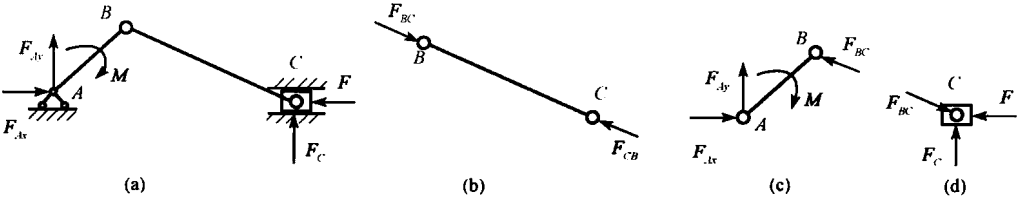


图 1-14 例 1-1 图

解: 整体受力如图 1-14(a)所示。作用于研究对象上的外力有力偶 M 和力 F 。A 处为固定铰,约束力用 F_{Ax} 、 F_{Ay} 表示,滑道约束力 F_C 的作用线垂直于滑道;各力假设指向如图中箭头所示。

杆 BC 的受力如图 1-14(b)所示。注意自重不计时,杆 BC 是二力杆。约束力 F_{CB} 与 F_{BC} 沿 B 、 C 二点的连线,图中假设指向是压力方向。

图 1-14(c)是杆 AB 的受力图。外载荷有力偶 M (因此不是二力杆)。A 处固定铰约束力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 也是铰链 A 作用于杆 AB 的力,故应注意与整体图指向假设的一致性。B 处中间铰作用在 AB 杆上的约束力 F'_{BC} 与作用在 BC 杆上 F_{BC} 互为作用力与反作用力,故 F'_{BC} 应依据图 1-14(b)上的 F_{BC} 按作用力与反作用力关系画出。

图 1-14(d)为滑块的受力图。铰链 C 处的约束力 F'_{CB} 与作用于 BC 杆上的 F_{CB} 互为作用