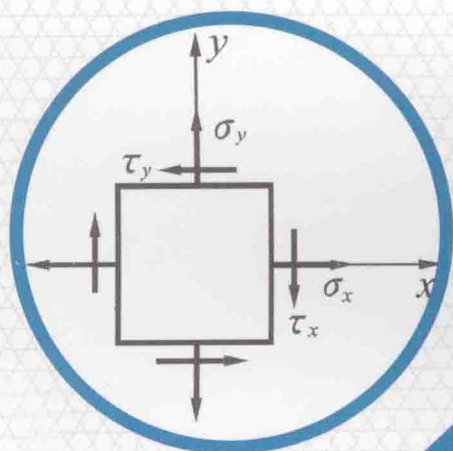




高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材

顾问 ● 张 策 张福润 赵敖生

工程力学



主编◎秦雪梅 李冬冬

GONGCHENG LIXUE



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材

顾问 ● 张 策 张福润 赵敖生

工程力学

主 编 秦雪梅 李冬冬

副主编 锅彦娣 张 敏 张慧鹏 汪 靖

GONGCHENG LIXUE



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书为高等学校工科专业中等学时的工程力学教材。教材精选理论力学和材料力学的主要部分,采用了理论力学部分和材料力学部分混合编排的形式。学完本教材需要 64~96 学时,可以满足一般工科专业工程力学的教学要求。如果仅选择静力学分析部分,需要 48~56 学时,可以满足少学时的工程力学教学要求。

工程力学是一门具有较强逻辑演绎与运算的课程,因此,学习工程力学需要大量的习题进行练习。本书配有一定量的习题以供读者练习、演算。

本教材可供高等院校工科各专业工程力学课程选用,也可供从事机电、动力、能源、工程管理等专业的实际工作者作为参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/秦雪梅,李冬冬主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.11
ISBN 978-7-5609-9475-8

I. ①工… II. ①秦… ②李… III. ①工程力学-高等学校-教材 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 261458 号

工 程 力 学

秦雪梅 李冬冬 主编

策划编辑:俞道凯

责任编辑:吴 晗

封面设计:陈 静

责任校对:祝 菲

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15.5

字 数:373 千字

版 次:2014 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:31.80 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

编审委员会

潘毓学	长春大学光华学院	李杞仪	华南理工大学广州学院
王宏甫	北京理工大学珠海学院	王龙山	浙江大学宁波理工学院
魏生民	西北工业大学明德学院		

[illegible]

秘 书 俞道凯 华中科技大学出版社

总 序

《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(2010—2020)颁布以来,胡锦涛总书记指出:教育是民族振兴、社会进步的基石,是提高国民素质、促进人的全面发展的根本途径。温家宝总理在2010年全国教育工作会议上的讲话中指出:民办教育是我国教育的重要组成部分。发展民办教育,是满足人民群众多样化教育需求、增强教育发展活力的必然要求。目前,我国高等教育发展正进入一个以注重质量、优化结构、深化改革为特征的新时期,从1998年到2010年,我国民办高校从21所发展到了676所,在校生从1.2万人增长为477万人。独立学院和民办本科学校在拓展高等教育资源,扩大高校办学规模,尤其是在培养应用型人才等方面发挥了积极作用。

当前我国机械行业发展迅猛,急需大量的机械类应用型人才。全国应用型高校中设有机电专业的学校众多,但这些学校使用的教材中,既符合当前改革形势又适用于目前教学形式的优秀教材却很少。针对这种现状,急需推出一系列切合当前教育改革需要的高质量优秀专业教材,以推动应用型本科教育办学体制和运行机制的改革,提高教育的整体水平,加快改进应用型本科的办学模式、课程体系和教学方式,形成具有多元化特色的教育体系。现阶段,组织应用型本科教材的编写是独立学院和民办普通本科院校内涵提升的需要,是独立学院和民办普通本科院校教学建设的需要,也是市场的需要。

为了贯彻落实教育规划纲要,满足各高校的高素质应用型人才培养要求,2011年7月,华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,召开了高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材编写会议。本套教材以“符合人才培养需求,体现教育改革成果,确保教材质量,形式新颖创新”为指导思想,内容上体现思想性、科学性、先进性和实用性,把握行业岗位要求,突出应用型本科院校教育特色。在独立学院、民办普通本科院校教育改革逐步推进的大背景下,本套教材特色鲜明,教材编写参与面广,具有代表性,适合独立学院、民办普通本科院校等机械类专业教学的需要。

本套教材邀请有省级以上精品课程建设经验的教学团队引领教材的建设,邀请本

专业领域内德高望重的教授张策、张福润、赵敖生等担任学术顾问,邀请国家级教学名师、教育部机械基础学科教学指导委员会副主任委员、华中科技大学机械学院博士生导师吴昌林教授担任总主编,并成立编审委员会对教材质量进行把关。

我们希望本套教材的出版,能有助于培养适应社会发展需要的、素质全面的新型机械工程建设人才,我们也相信本套教材能达到这个目标,从形式到内容都成为精品,真正成为高等院校机械类应用型本科教材中的全国性品牌。

高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材

编审委员会

2012-5-1

前 言

“工程力学”是工科大学生的一门必修课程,也是学生在大学阶段比较系统地接触实际工程问题的第一门课程,在对学生大学四年的培养中起着承上启下的过渡作用。工程力学中的理论力学部分,其严谨的理论体系以及分析过程延续了数学、物理的理性思维,有助于学生科学分析能力的培养;工程力学中的材料力学部分,则通过“实验-假设-分析-结论”的过程,强调了实验以及在实验基础上的归纳与合理的假设方法对研究的作用,体现了实用的概念。因此,通过工程力学的学习,可以很好地培养学生的力学意识,有助于其建立工程概念,为以后的工作打下良好的基础。

在工科类型的高校中开设工程力学课程的专业比较多,各专业的教学要求也各不相同,所要求的学时量有 48 学时以下的少学时(如工业工程、轻化等专业),也有 80 以上的多学时(如机电、建筑等专业),更多的是安排 60~70 的中学时(如材料、纺织等专业)。本书适用于材料、纺织、能源、动力等一般工科专业,在适当删减一些教学内容后也可以作为少学时“工程力学”课程的教材使用。

工程力学主要由理论力学和材料力学两部分组成。本教材在理论力学部分,除了静力学外,对运动学和动力学进行了压缩,其中运动学包含了点和刚体的运动,动力学部分只介绍了动力学的基本定理。在材料力学部分,考虑到部分近机类专业的需要,基本保留了材料力学的主体部分,但不考虑能量法,主要介绍了结构的基本变形、应力状态分析、组合变形、动载荷与疲劳等内容。这些教学内容已经可以满足一般工程专业对力学课程的要求。

理论力学和材料力学都是研究力对物体的效应的,只不过理论力学主要研究力的外效应,而材料力学主要研究力的内效应,但对真实物体,力的外效应和内效应是不可分的。同样,工程力学的理论力学部分和材料力学部分也密切相关,不能截然分开。本教材在内容编排上考虑到这一因素,采取了理论力学部分与材料力学部分混编的方法。

本教材由秦雪梅(北京理工大学珠海学院)、李冬冬(华南理工大学广州学院)担任主编,锅彦娣(华北电力大学科技学院)、张敏(天津大学仁爱学院)、汪靖(武昌工学院)担任副主编,参加教材编写的还有张慧鹏(运城学院)。

由于我们水平所限,考虑不周,书中难免存在一些错漏之处,望各位读者指正,不胜感谢!

编 者

2014 年 7 月

目 录

第 1 章 静力学的基本概念	(1)
1.1 力和平衡的概念	(1)
1.1.1 力的概念	(1)
1.1.2 刚体和平衡的概念	(1)
1.1.3 力系、等效力系、平衡力系	(1)
1.2 静力学基本公理	(2)
1.2.1 二力平衡公理	(2)
1.2.2 加减平衡力系公理	(2)
1.2.3 力的平行四边形法则	(3)
1.2.4 三力平衡汇交定理	(3)
1.2.5 作用力与反作用力公理	(4)
1.3 约束与约束反力	(4)
1.4 物体的受力分析与受力图	(6)
1.4.1 脱离体和受力图	(6)
1.4.2 画受力图的步骤及注意事项	(6)
第 2 章 平面汇交力系	(10)
2.1 平面汇交力系合成	(10)
2.1.1 几何法	(10)
2.1.2 解析法	(11)
2.2 平面汇交力系的平衡	(15)
第 3 章 平面任意力系	(19)
3.1 力对点之矩	(19)
3.1.1 力矩	(19)
3.1.2 合力矩定理	(20)
3.2 平面力偶系	(21)
3.2.1 力偶和力偶矩	(21)
3.2.2 力偶的基本性质	(21)
3.2.3 平面力偶系的合成	(23)
3.2.4 平面力偶系的平衡条件	(23)
3.3 力的平移定理	(24)
3.4 平面任意力系向一点简化	(25)
3.4.1 简化方法和结果	(25)

3.4.2 平面一般力系简化结果的讨论	(26)
3.4.3 平面一般力系的合力矩定理	(27)
3.5 平面任意力系平衡条件及其应用	(28)
3.5.1 平面任意力系的平衡条件	(28)
3.5.2 平面任意力系平衡方程的其他形式	(29)
3.6 物体系统的平衡问题	(33)
3.7 考虑摩擦时物体的平衡问题	(35)
3.7.1 滑动摩擦	(35)
3.7.2 考虑摩擦时物体的平衡问题	(36)
第4章 空间力系	(41)
4.1 力在直角坐标系上的投影	(41)
4.2 力对点的矩和力对轴的矩	(42)
4.3 空间力系的平衡	(44)
4.3.1 空间汇交力系的合力与平衡条件	(44)
4.3.2 空间力偶	(46)
4.3.3 空间任意力系的简化与平衡	(48)
4.3.4 空间平行力系的平衡条件	(49)
4.4 重心	(51)
第5章 点的复合运动	(58)
5.1 运动学基本知识	(58)
5.1.1 点的基本运动	(58)
5.1.2 刚体的简单运动	(62)
5.2 点合成运动的基本概念	(66)
5.2.1 动系和动点	(66)
5.2.2 三种运动	(66)
5.3 点的速度合成定理	(68)
5.4 点的加速度合成定理	(71)
5.4.1 牵连运动为平移时点的加速度定理	(71)
5.4.2 牵连运动为转动时的加速度合成定理	(72)
第6章 刚体的平面运动	(76)
6.1 刚体平面运动的概念	(76)
6.2 刚体平面运动的分解	(77)
6.3 平面运动图形各点的速度	(79)
6.3.1 速度合成法(基点法)	(79)
6.3.2 速度投影法	(80)
6.3.3 速度瞬心法(瞬心法)	(82)
6.4 平面图形各点的加速度	(84)

6.5 运动学综合应用举例	(86)
第7章 动力学方程	(91)
7.1 动力学的基本定律	(91)
7.2 质点运动微分方程	(93)
7.3 刚体绕定轴转动的微分方程、转动惯量	(95)
第8章 动力学普遍定理	(98)
8.1 动量定理	(98)
8.2 动量矩定理	(106)
8.3 动能定理	(111)
8.3.1 力的功	(112)
8.3.2 动能	(115)
8.3.3 动能定理	(117)
8.3.4 势力场与势能	(119)
8.3.5 机械能守恒	(121)
8.4 普遍基本定理的综合应用	(122)
第9章 材料力学基本概念	(128)
9.1 材料力学的任务及研究对象	(128)
9.2 材料力学发展概况	(129)
9.3 变形固体的基本假设	(131)
9.4 力、应力、应变和位移的基本概念	(132)
9.4.1 外力、内力、截面法	(132)
9.4.2 应力	(135)
9.4.3 应变和位移	(136)
9.5 杆件的基本变形	(138)
第10章 轴向拉伸和压缩	(140)
10.1 概述	(140)
10.2 拉压杆的轴力图	(140)
10.3 拉(压)杆的应力	(142)
10.3.1 横截面上的应力	(142)
10.3.2 拉(压)杆斜截面上的应力	(143)
10.3.3 圣维南原理	(145)
10.3.4 应力集中	(146)
10.4 拉(压)杆的强度条件	(147)
10.4.1 许用应力	(147)
10.4.2 强度条件	(147)
10.5 材料在拉伸和压缩时的力学性能	(150)
10.5.1 材料的拉伸和压缩试验	(150)

10.5.2 低碳钢拉伸时的力学性能	(151)
10.5.3 其他金属材料在拉伸时的力学性能	(154)
10.5.4 金属材料在压缩时的力学性能	(155)
10.5.5 塑性材料和脆性材料的主要区别	(156)
10.6 拉(压)杆的变形	(157)
10.7 简单拉压静不定问题	(158)
10.8 拉(压)杆接头的计算	(160)
10.8.1 剪切和剪切强度计算	(161)
10.8.2 挤压和挤压强度计算	(162)
第 11 章 扭转	(166)
11.1 扭转的概念	(166)
11.2 扭矩图	(167)
11.2.1 外力偶矩的计算	(167)
11.2.2 扭矩和扭矩图	(167)
11.3 圆轴扭转时横截面上的应力和强度条件	(170)
11.3.1 薄壁圆筒扭转时横截面上的应力	(170)
11.3.2 圆轴扭转时横截面上的应力	(170)
11.4 圆轴扭转时的强度条件	(173)
11.5 圆轴扭转时的变形和刚度条件	(175)
第 12 章 弯曲	(180)
12.1 弯曲的概念	(180)
12.1.1 平面弯曲的概念	(180)
12.1.2 梁的计算简图及其分类	(181)
12.2 剪力与弯矩	(181)
12.3 剪力、弯矩方程与剪力、弯矩图	(184)
12.4 剪力、弯矩与载荷集度间的关系	(187)
12.4.1 F_s 、 M 与 q 间的微分关系	(187)
12.4.2 F_s 、 M 与 q 间的积分关系	(189)
12.5 弯曲正应力	(190)
12.5.1 纯弯曲梁的正应力	(190)
12.5.2 横力弯曲梁的正应力	(194)
12.6 梁的强度条件	(195)
12.7 弯曲变形	(196)
12.7.1 挠度和转角的基本概念	(197)
12.7.2 挠曲线近似微分方程	(197)
12.7.3 用积分法计算梁的弯曲变形	(198)
12.7.4 用叠加法计算梁的弯曲变形	(199)

12.7.5 梁的刚度条件	(200)
12.8 梁的合理设计	(200)
12.8.1 从强度方面考虑	(200)
12.8.2 从刚度方面考虑	(205)
第 13 章 应力状态分析和强度理论	(211)
13.1 应力状态的概念	(211)
13.1.1 一点的应力状态	(211)
13.1.2 研究一点应力状态的方法	(211)
13.1.3 主平面和主应力	(211)
13.1.4 应力状态的分类	(212)
13.2 应力圆	(212)
13.2.1 二向应力状态分析	(212)
13.2.2 应力圆的概念	(214)
13.2.3 三向应力状态分析	(215)
13.3 广义胡克定律	(216)
13.3.1 简单应力状态下的胡克定律	(216)
13.3.2 空间应力状态下的广义胡克定律	(216)
13.4 强度理论	(217)
13.4.1 最大拉应力理论	(217)
13.4.2 最大拉伸线应变理论	(217)
13.4.3 最大切应力理论	(218)
13.4.4 形状改变比能理论	(218)
第 14 章 组合变形	(221)
14.1 组合变形的概念	(221)
14.2 拉伸(压缩)与弯曲组合变形	(222)
14.3 弯曲与扭转的组合变形	(222)
第 15 章 压杆稳定	(226)
15.1 压杆的稳定及临界载荷	(226)
15.2 欧拉公式的适用范围	(229)
15.3 压杆稳定性校核及合理设计	(230)
15.3.1 压杆稳定性校核	(230)
15.3.2 压杆的合理设计	(232)
参考文献	(234)

第 1 章 静力学的基本概念

1.1 力和平衡的概念

1.1.1 力的概念

1. 力的定义

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改变。

物体间的相互机械作用可分为两类:一类是物体间的直接接触的相互作用,另一类是场与物体之间的相互作用。

力的两种作用效应为外效应和内效应。外效应也称为运动效应,它使物体的运动状态发生改变;内效应也称为变形效应,它使物体的形状发生变化。

静力学研究物体的外效应。

2. 力的三个要素

力的三要素是指力的大小、方向和作用点。

力的大小反映物体之间相互机械作用的强度,在国际单位制(SI)中,力的单位是牛(N);在工程单位制中,力的单位是千克力(kgf)。两种单位制之间力的换算关系为 $1 \text{ kgf} = 9.8 \text{ N}$ 。

力的方向是指静止物体在该力作用下可能产生的运动(或运动趋势)的方向。沿该方向画出的直线称为力的作用线。力的方向包含力的作用线在空间的方位和指向示之。

1.1.2 刚体和平衡的概念

1. 刚体

在受力作用后不产生变形的物体称为刚体。刚体是对实际物体经过科学地抽象和简化而得到的一种理想模型。当变形在所研究的问题中成为主要因素时(如在材料力学中研究变形杆件),一般就不能再把物体看作是刚体了。

2. 平衡

平衡是指物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态。显然,平衡是机械运动的特殊形态,因为静止是暂时的、相对的,而运动才是永恒的、绝对的。

1.1.3 力系、等效力系、平衡力系

1. 力系

力系是指作用在物体上的一组力。

按照力系中各力作用线分布的不同形式,力系可分为汇交力系、力偶系、平行力系和一般力系。

汇交力系中各力作用线汇交于一点;力偶系中各力可以组成若干力偶或力系由若干力偶组成;平行力系中各力作用线相互平行;一般力系中各力作用线既不完全交于一点,也不完全相互平行。

按照各力作用线是否位于同一平面内,上述力系各自又可以分为平面力系和空间力系两大类,如平面汇交力系、空间一般力系等。

2. 等效力系

两个力系对物体的作用效应相同,则称这两个力系互为等效力系。当一个力与一个力系等效时,则称该力为力系的合力;而该力系中的每一个力称为其合力的分力。把力系中的各个分力代换成合力的过程,称为力系的合成;反过来,把合力代换成若干分力的过程,称为力的分解。

3. 平衡力系

若刚体在某力系作用下保持平衡,则称该力系为平衡力系。在平衡力系中,各力相互平衡,或者说,诸力对刚体产生的运动效应相互抵消。可见,平衡力系是对刚体作用效应等于零的力系。

1.2 静力学基本公理

静力学公理是人们从实践中总结得出的最基本的力学规律,这些规律的正确性已被实践反复证明,是符合客观实际的。

1.2.1 二力平衡公理

作用于刚体上的两个力平衡的充要条件是这两个力大小相等、方向相反、作用在同一直线上。

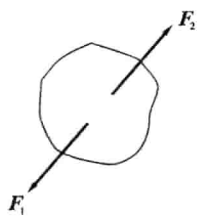


图 1-1

这一结论是显而易见的。如图 1-1 所示,在刚体的两端施加一对大小相等、方向相反、作用在同一直线上的力 F_1 、 F_2 ,可使刚体平衡。

应当指出,该条件对于刚体来说是充分而且必要的;而对于变形体,该条件只是必要的而不充分。如当柔索受到两个等值、反向、共线的压力作用时就不能平衡。

在两个力作用下处于平衡的物体称为二力体,若为杆件,则称为二力杆。根据二力平衡公理可知,作用在二力体上的两个力,它们必通过两个力作用点的连线(与杆件的形状无关)且等值、反向。

1.2.2 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的已知力系上,加上或减去任意平衡力系,不会改变原力系对刚体的作用效应。这是因为在平衡力系中,诸力对刚体的作用效应相互抵消,力系对刚体的效应等于零。根据这个原理,可以进行力系的等效变换。

推论 1 力的可传性原理

作用于刚体上某点的力,可沿其作用线任意移动作用点而不改变该力对刚体的作用效应。利用加减平衡力系公理,很容易证明力的可传性原理。如图 1-2 所示,设力 F 作用于刚体上的 A 点,现在其作用线上的任意一点 B 上加一对平衡力系 F_1 、 F_2 ,并且使 $F_1 = -F_2 = F$,根据加减平衡力系公理可知,这样做不会改变原力 F 对刚体的作用效应,再根据二力平衡条件可知, F_1 和 F 亦为平衡力系,可以撤去。所以,剩下的力 F_2 与原力 F 等效。力 F_2 即可看成为力 F 沿其作用线由 A 点移至 B 点的结果。同样必须指出,力的可传性原理也只适用于刚体而不适用于变形体。

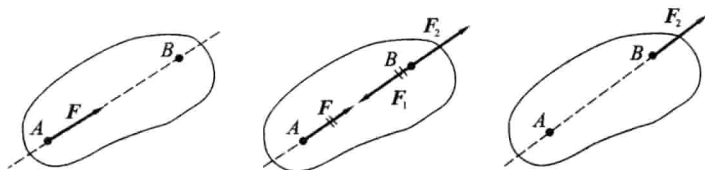


图 1-2

1.2.3 力的平行四边形法则

作用于物体同一点的两个力,可以合成为一个合力,合力也作用于该点,其大小和方向用以两个分力为邻边的平行四边形的对角线表示,即合力矢等于这两个分力矢的矢量和,如图 1-3(a)所示。其矢量表达式为

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-1)$$

在求两共点力的合力时,为了作图方便,只需画出平行四边形的一半,即三角形便可,如图 1-3(b)所示。其方法是自任意点 O 开始,先画出一矢量 $\mathbf{F}_1$,然后再由 $\mathbf{F}_1$ 的终点画另一矢量 $\mathbf{F}_2$,最后由点 O 至力矢 $\mathbf{F}_2$ 的终点作一矢量 $\mathbf{F}_R$,它就代表 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 的合力矢。合力的作用点仍为 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 的汇交点 A 。这种作图法称为力的三角形法则。显然,若改变 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 的顺序,其结果不变。

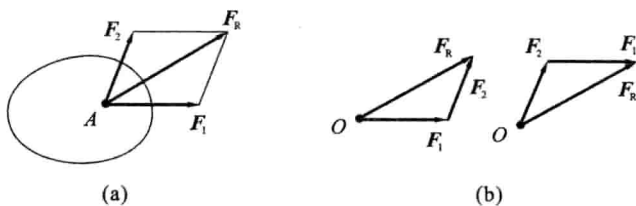


图 1-3

1.2.4 三力平衡汇交定理

作用于刚体上平衡的三个力,如果其中两个力的作用线交于一点,则第三个力必与前面两个力共面,且作用线通过此交点,构成平面汇交力系。这是物体上作用的三个不平行力相互平衡的必要条件。请读者自行证明。

应当指出,三力平衡汇交定理只说明了不平行的三力平衡的必要条件,而不是充分条件。它常用来确定刚体在不平行三力作用下平衡时,其中某一未知力的作用线。

1.2.5 作用力与反作用力公理

两个物体间相互作用的一对力,总是大小相等、方向相反、作用线相同,并分别而且同时作用于这两个物体上。

这个公理概括了任何两个物体间相互作用的关系。有作用力,必定有反作用力;反过来,没有反作用力,也就没有作用力。两者总是同时存在,又同时消失。因此,力总是成对地出现在两相互作用的物体上的。要区别二力平衡公理和作用力与反作用力公理之间的关系,前者是对一个物体而言,而后者则是对物体之间而言。

1.3 约束与约束反力

限制物体运动的物体称为约束物体,简称约束。约束必然对被约束物体有力的作用,以阻碍被约束物体的运动或运动趋势,这种力称为约束反力,简称反力。

约束反力位于约束与被约束物体的连接或接触处,其方向必与该约束所能阻碍物体的运动方向或运动趋势相反。运用这个准则,可确定约束反力的方向和作用点的位置。

1. 柔体约束

用柔软的皮带、绳索、链条等阻碍物体运动而构成的约束称为柔体约束。这种约束作用是将物体拉住,且柔体约束只能受拉力,不能受压力,所以约束反力一定通过接触点,沿着柔体中心线背离被约束物体的方向,且恒为拉力,如图 1-4 所示。

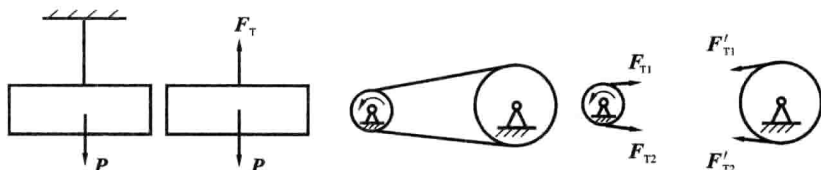


图 1-4

2. 光滑接触面约束

当两物体在接触处的摩擦力很小而略去不计时,其中一个物体就是另一个物体的光滑接触面约束。这种约束不论接触面的形状如何,都只能在接触面的公法线方向上将物体顶住或支撑住,所以光滑接触面的约束反力过接触点,沿着接触面的公法线指向被约束的物体,只能是压力,如图 1-5 所示。

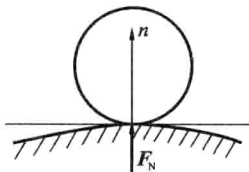


图 1-5

3. 光滑圆柱铰链约束(简称铰约束)

光滑圆柱铰链约束的约束性质是限制物体平面移动(不限制转动),其约束反力是互相垂直的两个力(本质上是一个力),指向任意假设。铰约束有固定铰支座与可动铰支座及中间铰链等形式。

1) 固定铰支座

图 1-6(a)是固定铰支座的示意图。构件与支座用光滑的圆柱铰链连接,构件不能产生沿任何方向的移动,但可以绕销钉转动,可见固定铰支座的约束反力与圆柱铰链约束相同,

即约束反力一定作用于接触点,通过销钉中心,方向未定。固定铰支座的简图及约束反力如图 1-6(b)所示,这里用一个水平力 F_{Ax} 和垂直力 F_{Ay} 表示。

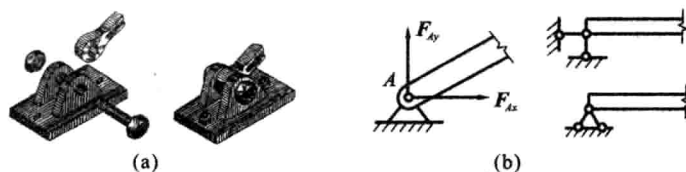


图 1-6

2) 可动铰支座

图 1-7(a)是可动铰支座的示意图。构件与支座用销钉连接,而支座可沿支承面移动,这种约束,只能约束构件沿垂直于支承面方向的移动,而不能阻止构件绕销钉的转动和沿支承面方向的移动。所以,它的约束反力的作用点就是约束与被约束物体的接触点,约束反力通过销钉的中心,垂直于支承面,方向可能指向构件,也可能背离构件,视主动力情况而定。这种支座的简图及约束反力如图 1-7(b)所示。

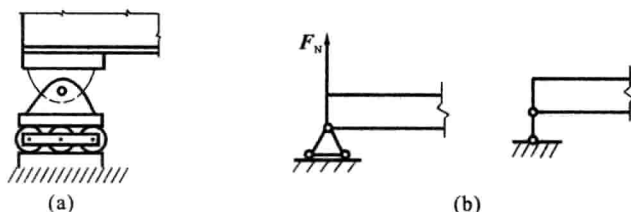


图 1-7

3) 中间铰链

中间铰链是用来连接两个可以相对转动但不能移动的构件,如用来连接曲柄连杆机构中曲柄与连杆、连杆与滑块。通常在两个构件连接处用一个小圆圈表示铰链。由于接触点一般难以预先确定,所以约束力常用一对通过铰链中心的正交分力表示,其指向可假设,如图 1-8 所示。

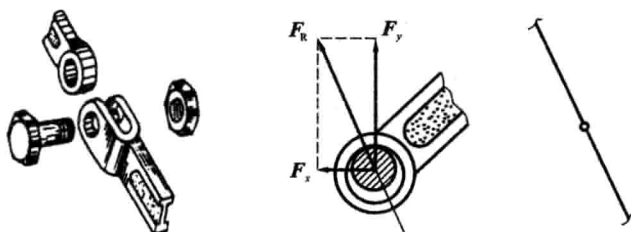


图 1-8

4. 固定端支座

整浇钢筋混凝土的雨篷,它的一端完全嵌固在墙中,一端悬空,这样的支座称为固定端支座。在嵌固端,既不能沿任何方向移动,也不能转动,所以固定端支座除产生水平和竖直方向的约束反力外,还有一个约束反力偶(力偶将在第 3 章讨论)。这种支座简图如图 1-9(a)所示,其支座反力如图 1-9(b)所示。