

全国交通中等职业技术学校通用教材

工程力学

CONGCHENG LIXUE

〔公路（高等级公路）养护专业用〕

徐霄鹏 主编

陈雅芬 主审



人民交通出版社

全国交通中等职业技术学校通用教材

GONGCHENG LIXUE

工 程 力 学

〔公路(高等级公路)养护专业用〕

徐霄鹏 主编
陈雅芳 主审

人 民 交 通 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程力学/徐霄鹏主编.-北京:人民交通出版社, 1999
ISBN 7-114-03545-4

I.工… II.徐… III.工程力学-专业学校-教材 IV.T
B12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 69548 号

全国交通中等职业技术学校通用教材

工 程 力 学

[公路 (高等级公路) 养护专业用]

徐霄鹏 主编

陈雅芬 主审

责任印制: 杨柏力 版式设计: 刘晓方 责任校对: 王秋红

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 13.25 字数: 320 千

2000 年 2 月 第 1 版

2000 年 2 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—3000 册 定价: 22.00 元

ISBN 7-114-03545-4

U · 02551

内 容 提 要

本书是根据交通中等职业技术(技工)学校公路(高等级公路)养护专业教学计划和大纲编写的。

本书共分两篇。第一篇为静力学,内容包括:静力学基础知识,平面汇交力系,力矩和平面力偶系,平面任意力系,摩擦以及空间力系。第二篇为材料力学,内容包括:材料力学基础,拉伸和压缩,剪切与挤压,扭转,平面图形的几何性质,直梁弯曲,组合变形以及压杆稳定等,每章后附有小结、思考题和习题,全书共 14 章。

本书是交通中等职业技术(技工)学校公路(高等级公路)养护专业教材,也可供广大公路干部职工岗位培训,公路技术工人等级培训使用。

前 言

随着我国公路建设事业的迅猛发展,新技术、新工艺、新材料在工程中得到广泛应用。为了使技工学校的毕业生能更好地适应社会的需要,交通部交通职业技术学校教学指导委员会公路类(技工)学科委员会把不断提高教材质量和教学质量作为重点来抓,为此专门组织力量,对高等级公路养护专业配套教材进行了编审工作。

学科委员会根据交通中等职业技术学校公路(高等级公路)养护专业教学计划和教学大纲的要求,在教材编审中注意贯彻教材的思想性、科学性、先进性、启发性、正确性、充分体现技工学校突出技能训练的特点。

公路类(技工)学科委员会将出版公路(高等级公路)养护专业的教材有《公路工程识图》、《机械基础知识》、《微机应用基础》、《公路概论》、《公路养护机械》、《地质土质与筑路材料》、《工程力学》、《公路养护管理》、《公路测量》和《公路养护工程》10门配套教材。

工程力学课程是一门专业技术基础课,也是工程技术人员必须掌握的理论基础知识之一,其内容包括静力学和材料力学两大部分。

本书在编写中注意突出了基本概念、基本理论以及基本技能的训练,并结合本专业编写了一定数量的例题、思考题和习题。

本书由山东省公路技工学校徐霄鹏编写,浙江公路机械技工学校陈雅芬主审。

本教材在编写时得到很多技工学校、职工学校、公路部门的支持、帮助,并提出了不少宝贵意见,同时还引用了前辈们已取得的众多成果,使本教材更为丰富、充实,在此特致诚挚的谢意。由于编写时间仓促,探索认知偏颇,发展预见不足,加之编者水平有限,缺点和错误在所难免,诚望读者批评指正。

交通职业技术学校教学指导委员会
公路类(技工)学科委员会

1999年7月28日

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 静 力 学

第一章 静力学基础	2
§ 1-1 静力学基本概念	2
§ 1-2 静力学公理	3
§ 1-3 约束与约束反力	6
§ 1-4 物体的受力分析和受力图	9
小 结	12
思考题	12
习 题	12
第二章 平面汇交力系	14
§ 2-1 平面汇交力系实例	14
§ 2-2 平面汇交力系合成的几何法与平衡的几何条件	14
§ 2-3 三力平衡汇交定理	18
§ 2-4 平面汇交力系合成的解析法与平衡的解析条件以及平衡方程的应用	19
小 结	24
思考题	24
习 题	25
第三章 力矩和平面力偶系	26
§ 3-1 力对点之矩	26
§ 3-2 合力矩定理·力矩平衡条件	27
§ 3-3 平行力的合成	29
§ 3-4 力偶和力偶矩·力偶的等效及其性质	30
§ 3-5 平面力偶系的合成与平衡条件	32
小 结	33
思考题	33
习 题	34
第四章 平面任意力系	35
§ 4-1 平面任意力系工程实例	35
§ 4-2 力的平移定理	35
§ 4-3 平面任意力系向一点的简化以及简化结果的讨论	36
§ 4-4 平面任意力系的平衡条件、平衡方程及其应用	38

§ 4-5 插入端(固定端)约束	40
§ 4-6 平面平行力系的平衡条件及其应用	41
§ 4-7 物体系的平衡问题及解题基本方法	43
§ 4-8 桁架杆件内力的计算方法—节点法和截面法	46
§ 4-9 静定和超静定问题的概念	49
小 结	49
思考题	50
习 题	51
第五章 摩 擦	52
§ 5-1 滑动摩擦	52
§ 5-2 摩擦角与自锁	54
§ 5-3 考虑摩擦时物体的平衡问题	56
§ 5-4 滚动摩阻概述	59
小 结	60
思考题	61
习 题	61
第六章 空间力系	62
§ 6-1 空间汇交力系	63
§ 6-2 空间汇交力系合成的解析法、平衡条件及平衡方程	65
§ 6-3 力对轴之矩	66
§ 6-4 空间任意力系的平衡方程	67
§ 6-5 重心	69
小 结	74
思考题	75
习 题	75

第二篇 材料力学

第七章 材料力学基础	78
§ 7-1 材料力学的任务	78
§ 7-2 变形固体及其基本假设	79
§ 7-3 杆件变形的基本形式	80
第八章 拉伸和压缩	81
§ 8-1 拉压概念和实例	81
§ 8-2 轴向拉(压)杆的内力	82
§ 8-3 轴向拉压杆横截面上的正应力	84
§ 8-4 拉(压)杆的变形	85
§ 8-5 材料在拉伸和压缩时的力学性质	87
§ 8-6 拉伸或压缩时的强度计算	91
§ 8-7 拉压超静定问题	94

小 结	96
思考题	96
习 题	97
第九章 剪切与挤压	100
§ 9-1 剪切与挤压	100
§ 9-2 剪切与挤压实用计算	102
§ 9-3 铆接与焊接的计算	105
小 结	110
思考题	111
习 题	111
第十章 扭转	113
§ 10-1 扭转的概念	113
§ 10-2 扭转时的内力计算	113
§ 10-3 圆轴扭转时的应力与变形	115
§ 10-4 圆轴扭转时的强度及刚度计算	119
小 结	121
思考题	122
习 题	122
第十一章 平面图形的几何性质	123
§ 11-1 概述	123
§ 11-2 平面图形的静矩和形心位置	124
§ 11-3 惯性矩 惯性积 极惯性矩	126
§ 11-4 平行移轴定理 组合图形的惯性矩	128
小 结	130
思考题	131
习 题	131
第十二章 直梁弯曲	132
§ 12-1 弯曲的概念和实例	132
§ 12-2 梁的内力——剪力和弯矩	134
§ 12-3 剪力图和弯矩图	136
§ 12-4 剪力、弯矩与分布荷载集度三者间的关系	140
§ 12-5 用叠加法绘制梁的剪力图和弯矩图	142
§ 12-6 纯弯曲时的正应力	144
§ 12-7 梁的正应力强度条件以及正应力强度计算	145
§ 12-8 横截面上的剪应力	150
§ 12-9 提高梁弯曲强度的途径	153
§ 12-10 弯曲变形的概念	156
§ 12-11 梁的挠度与转角	156
§ 12-12 梁的挠曲线微分方程以及弯曲变形计算	156
§ 12-13 梁的刚度条件	161

小 结	162
思考题	163
习 题	163
第十三章 组合变形	166
§ 13-1 强度理论简介	166
§ 13-2 组合变形的概念	169
§ 13-3 斜弯曲	169
§ 13-4 拉伸(压缩)与弯曲的组合变形	171
§ 13-5 偏心压缩	175
小 结	176
思考题	177
习 题	178
第十四章 压杆稳定	178
§ 14-1 压杆稳定的概念	178
§ 14-2 求临界力的欧拉公式	179
§ 14-3 不同支承情况的临界力的欧拉公式	180
§ 14-4 欧拉公式的适用范围	181
§ 14-5 压杆的稳定校核(简介)	183
§ 14-6 提高压杆稳定性的措施	185
小 结	186
思考题	187
习 题	187
附录 1 主要字符表	188
附录 2 型钢表	189
附录 3 学时分配表	200

绪 论

一、工程力学课程的性质、内容和任务

工程力学是一门与工程实际密切联系的技术基础课,也是工程技术人员所必须掌握的理论基础知识之一。工程力学共分两篇,第一篇为静力学,它阐述平面力系和空间力系的简化以及平衡条件。第二篇为材料力学,阐述杆件在拉伸(压缩)、剪切、扭转、弯曲和组合变形等情况下的强度、刚度计算,以及压杆稳定性计算等。通过本课程的学习,应当掌握力学的基本概念、基本理论和研究方法,并且能够对简单构件进行静力分析以及对构件的强度、刚度和稳定能进行简单的计算。

二、工程力学课程的研究对象,研究方法和在工程技术中的作用

静力学研究物体在力系的作用下处于平衡的规律。平衡是物体机械运动的一种特殊状态。机械运动是指物体在空间的位置随时间的改变,它是物体运动最简单的形式。在静力学中所采用的力学模型是刚体。材料力学研究物体在外力作用下的变形和破坏的规律,变形是材料力学的主要研究内容,因此,材料力学中的物体视为变形体。

工程力学的研究方法同其他任何一门科学的研究方法一样,都离不开人类认识的客观规律,即是从实践出发,经过抽象化、综合、归纳、建立一些基本概念、定律或公理,再用数学演绎和逻辑推理而得到定理和结论,然后再通过实践来证实并发展这些理论,从实践到理论,再从理论到实践,通过实践进一步补充和发展理论。

机械运动虽然是最简单的运动形式,然而在自然界和工程技术中却是随时随地可以遇到的。应用工程力学的知识,可以解释很多自然现象,解决许多工程技术问题。例如,工业与民用建筑、房屋、桥梁、道路、水利工程、机械等,力学不仅可以为我们提供设计所必要的基本理论和方法,而且将力学知识及其与其他有关专业知识结合在一起,可以帮助我们解决工程实际问题,促进科学技术的发展。

三、学习工程力学的方法

工程力学和其他科学一样,是由生产的需要而得到发展,因此,学习工程力学必须理论密切联系实际。观察和实验是学习工程力学的基础,要注意将感性认识上升为理性认识。由于工程力学是一门很重要的技术基础课,所以一定要下决心学好该门课程。学习中要以教材为主,牢固掌握基本概念、基本理论和基本运算方法,还要注意掌握和运用合理的假设、准确的概括与抽象以及严密的推理,同时注意课程的系统性和规律性。例如,本课程概念多,公式多,计算多,但是只要注意它们的系统性和规律性,在学习中不断总结和对比,举一反三,还是能够正确理解和解决这些问题的。另外,还应注意第一篇与第二篇之间的联系。学习中认真完成一定数量的思考题和练习题,通过练习可以帮助我们加深对基本概念和基本理论的理解,初步做到理论联系实际,以此来提高我们分析问题和解决问题的能力,把该门课程学好。

第一篇 静 力 学

第一章 静力学基础

§ 1-1 静力学基本概念

一、平衡的概念

静力学是研究物体在力的作用下的平衡规律的科学,同时,也研究力的一般性质及力系简化的规律。

平衡是指物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态。例如,地面上的房屋、道路、桥梁、各种建筑物,以及沿轨道作匀速直线运动的火车等,这些,都是物体处于平衡状态的实例。

二、力的概念

力的概念是人们在长期的生产劳动中逐步建立起来的。例如,人们在生产实践中,在推、拉、提、掷物体时,由于感到肌肉的紧张和收缩,人们就说人对物体施加了力。后来,随着生产的发展和实践经验的丰富,人们进一步认识到不仅人对物体能产生力的作用,而且物体对物体也能产生力的作用。例如,起重机能将重物垂直起吊,机车能够牵引车辆,行驶在桥上的车辆能使桥梁变弯,空中下落的物体其速度逐渐增加等等。人们在对力的感性认识的基础上,经过归纳和科学的抽象,形成了力的概念。即,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者使物体产生变形。并且把前者称为力的外效应,后者称为力的内效应。既然力是物体间相互的机械作用,所以力不能脱离实际物体而存在。在分析物体受力情况时,要注意有力必有施力物体。

由实践和经验可知,力对物体的作用效应取决于力的大小、力的方向和力的作用点这三个要素。

力的大小 反映了两物体间相互机械作用的强弱程度,在法定计量单位制中(SI单位),力的单位是牛顿,简称牛(N)或千牛(kN),1千牛=1 000牛。

力的方向 反映了力的作用线在空间的方位和力沿作用线的指向。

力的作用点 反映了力在物体上作用的位置,它是物体间机械作用位置的抽象化。

物体相互接触时,力总是分布地作用在一定的长度上、面积上(或体积上)。如果作用的面积很大,这种力就称为分布力,如水坝上的水压力。如果作用的面积与物体相比很小则可以近

似地看成作用在一个点上,这样的力就称为**集中力**,而此点就称为力的作用点。如,用绳索拉车时,绳索的拉力为一集中力。而在另一些情况下,例如,重力虽然分布在物体的整个体积上,但在研究物体的外效应时,我们可以把它简化为一个作用于物体的重心上的集中力。

力的三要素表明力是一个矢量,因此它可以用一个有方向的线段来表示。即,先确定一定的比例尺,然后用有向线段的长度代表力的大小,线段的方位和指向表示力的方向,线段的起点或终点表示力的作用点。如图 1-1 所示。

图中线段 AB 代表力的大小;起点 A 或终点 B 代表力的作用点;箭头表示力的方向;通过力的作用点沿力的方位的直线 KL 称为力的作用线。

本书中矢量都用大写黑体字母表示,如 $\mathbf{F}$,手写时在字母上加一横线,如 $\overline{F}$,而力的大小用不带横线的相应字母 F 表示。

三、力 系

力系是指作用在同一物体上的一组力(或一群力),如图 1-2 所示。

图中物体共受到重力 $\mathbf{W}$,拉力 $\mathbf{T}$,摩擦力 $\mathbf{F}$ 以及法向反力 $\mathbf{N}$ 四个力的作用,该四个力就构成一个力系。

若一个力系可用另一个力系来代替,而不改变原力系对物体的作用效应,则这两个力系就称为**等效力系**或**互等力系**。若一个力系与一个力等效,则称这个力为该力系的**合力**,而把该力系中的各力称为这个合力的**分力**。求合力的过程称为力的合成,反之,将一个力分解为几个力的过程称为力的分解。

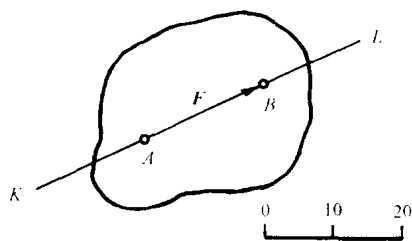


图 1-1

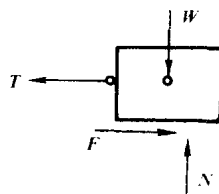


图 1-2

四、刚体的概念

刚体是指在任何外力作用下,大小和形状始终保持不变的物体。显然,刚体是一个理想化的力学模型。实际上,任何物体在力的作用下都将产生不同程度的变形。所以,刚体实际上是不存在的。但在工程实际中,由于物体的变形往往很小,并且此变形对所研究的问题的影响又十分微小,则此变形可略去不计,所以可将物体视为刚体,这样可以使问题的研究大大简化。

在静力学中,主要研究物体受力的平衡问题,因此,往往不考虑物体的变形,而将物体视为刚体。

在今后的学习中,静力学中所指的物体(除非特别指明考虑物体的变形外)都可视为刚体。

§ 1-2 静力学公理

静力学公理是人类对自然界中客观规律的认识和总结,它们来自实践,并经实践所验证,

静力学的基本理论均是建立在公理的基础之上。

公理一 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。合力的作用点也在该点。合力的大小和方向,由这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线确定。

如图 1-3a)所示。设在物体的任意一点(A 点)上作用着力 F_1 和 F_2 ,由公理一知,该两力可以合成为一个合力 R ,合力 R 的作用点也在 A 点上,合力的大小和方向则以该两力为邻边所构成的平行四边形的对角线来确定。即: $R = F_1 + F_2$ 。

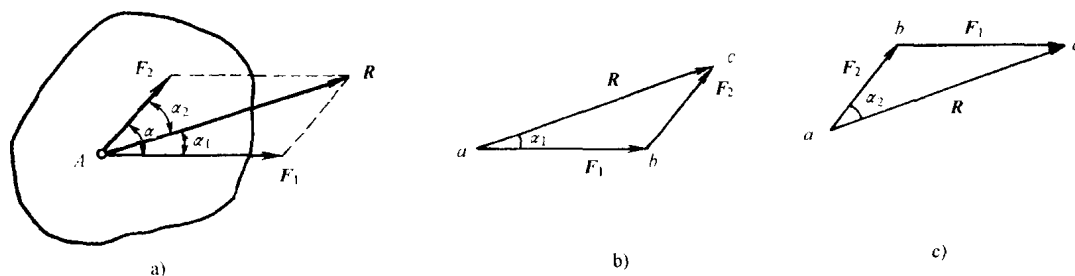


图 1-3

应注意,式中的每一项均包含大小和方向的意义,且合力 R 的作用点仍在 A 点。该式说明合力 R 等于力 F_1 和 F_2 的矢量和,它与代数和完全不同。

合力的大小和方向可以直接用作图法确定,即先按选定的比例尺作力平行四边形,然后分别量出合力的大小和方向。

由于平行四边形对边平行且相等,所以在作图时可以不作出整个平行四边形,而只需画出半个平行四边形就可求出合力的大小和方向。其作法如图 1-3b)所示。任选一点 a 作矢量 $\overline{ab} = F_1$,再由 b 点作矢量 $\overline{bc} = F_2$,然后连接起点 a 和终点 c ,则矢量 $\overline{ac}$ 即表示合力 R 的大小和方向。此处三角形 $\triangle abc$ 称为力三角形。此种求合力的方法称为力三角形法则。显然,在作力三角形时,力 F_1 和 F_2 的先后次序并不影响合力 R 的大小和方向。如图 1-3c)所示。

另外,合力的大小和方向也可按几何关系计算求得,如图 1-3a)所示的合力 R 可由三角形的余弦和正弦定理求得,

即:合力 R 的大小为:

$$\left. \begin{aligned} R &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2\cos(180^\circ - \alpha)} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha} \\ \text{合力 } R \text{ 的方位:} \quad \sin\alpha_1 &= \frac{F_2}{R}\sin\alpha \\ \sin\alpha_2 &= \frac{F_1}{R}\sin\alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

应该指出,力的这一性质无论对于刚体或变形体都是适用的。

公理二 二力平衡公理

作用在刚体上的两个力,使刚体处于平衡的必要和充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,且在同一直线上。

如图 1-4 所示,任意刚体在力 F_1 、 F_2 作用下而保持平衡,则这两个力必然大小相等,方向相反,且作用在同一直线上。

在工程中,通常把只受两个力作用而处于平衡状态的构件称为二力构件。当二力构件是

一根直杆时,则称为二力杆。应该指出,二力构件的两个力一定是沿着它们的作用点的连线作用,且大小相等,方向相反。

二力平衡公理总结了作用于刚体上的最简单的力系平衡时必须满足的条件。对于刚体,这个条件既是必要条件又是充分条件,而对于变形体这个条件是不充分的。例如,对于柔软的绳索,当其两端分别受到大小相等、方向相反并且共线的两个拉力作用时,可以平衡,而受到等值,反向的压力作用时,绳索就不能平衡。

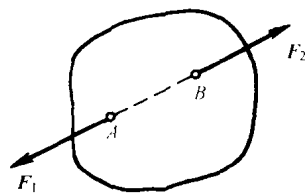


图 1-4

公理三 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的任意力系中,加上或去掉任意一个平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用。

根据该公理可以得出以下推论:

推论 力的可传性原理

作用于刚体上某点的力,可以沿着它的作用线移到刚体内任意一点,而不改变该力对刚体的作用效果。

证明:设有力 F 作用于小车的 A 点,在力 F 的作用线上任取一点 B ,并在 B 点加一平衡力系 F_1 和 F_2 ,令 $F_1 = F_2 = F$,如图 1-5 所示。

由公理三知,新的力系 F 、 F_1 、 F_2 对刚体的作用与原来的力 F 单独作用的效果相同。由于 F 与 F_2 等值、反向、共线,根据公理二, F 与 F_2 组成一平衡力系,再由公理三知,可以将它们从刚体上取消。于是刚体上就只剩下力 F_1 ,而 F_1 又与力 F 的大小相等,方向相同,这就相当于力 F 沿着它的作用线移到了 B 点,证毕。

由经验知,在 A 点用力 F 推车,与在 B 点用力 F_1 拉车如图 1-5a)、c),当 $F = F_1$ 时两者的作用效果是相同的。

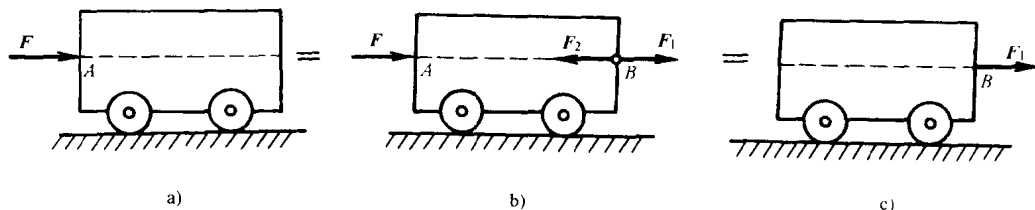


图 1-5

应注意,该推论只适用于刚体而不适用于变形体。

公理四 作用力与反作用力公理

两物体间的作用力和反作用力总是同时存在,且两力大小相等,方向相反,沿着同一直线,分别作用在这两个物体上。

这个公理概括了自然界中的物体相互作用的关系。表明两物体间的作用力和反作用力总是成对出现的,且两物体间相互作用的力是互为作用力和反作用力,它们同时存在同时消失。虽然它们的大小相等,方向相反,作用在同一直线上,但不能认为作用力和反作用力相互平衡,组成平衡力系,因为它们分别作用在两个物体上。

例如,如图 1-6 所示,重为 G 的球放在光滑的桌面上,则球对

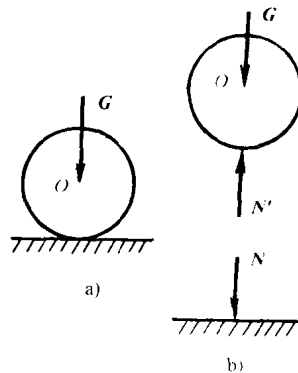


图 1-6

桌面有一作用力 N ,桌面对球有一反作用力 N' (或者说桌面对球有一作用力 N' ,球对桌面有一反作用力 N),它们大小相等,方向相反,作用在同一直线上,但它们分别作用在两个物体上,前者作用于桌面上,而后者则作用于球上,因此不能认为它们相互平衡。而对于单独的球来讲,球受到重力 G 和桌面对球的反作用力 N' 的作用,在该两力的作用下球处于平衡状态,该两力才使球处于两力平衡状态。

§ 1-3 约束与约束反力

一、基本概念

1. 自由体——一个物体,如果在空间任何方向都能够自由运动,这样的物体就称为自由体。例如,空中自由飞行的飞机、人造卫星等等。

2. 非自由体——若一个物体在空间某些方向的运动受到限制,这样的物体,就称为非自由体。例,放在桌面上的球,桌面限制了球沿铅垂方向向下运动,使之不能自由运动,因此,球就是一个非自由体。

3. 约束——阻碍非自由体运动的物体,力学中称为约束。在上例中,对球来说,桌面限制了球的自由运动,桌面就是球的约束。又如,两端搁置在桥墩上的水平梁,由于桥墩的支持,限制了梁沿铅垂方向向下运动,使梁不致下落,所以对梁来说,桥墩是梁的约束。

4. 约束反力——约束限制着物体的运动,使物体在某些方向的运动成为不可能。当物体沿着约束所能阻碍的方向有运动趋势时,约束就对该物体有力的作用,以阻碍物体的运动。这样,由约束而引起的对物体的作用力称为约束反力,简称反力。

应注意,约束反力的大小一般是未知的,而约束反力的方向总是与约束所能阻碍物体运动的方向相反,约束反力的作用点就在约束与被约束物体的接触点上。

5. 主动力——约束反力阻碍物体的运动,而工程中有些力则促使物体运动或使物体有运动的趋势。如,重力、水压力、风力、牵引力等。工程中把这些促使物体运动或使物体有运动趋势的力称为主动力,也称为荷载。主动力通常是已知的。

二、工程上常见的约束及约束反力的特性

1. 柔体约束

由绳索等柔软物体构成的约束称为柔体约束。其约束的特性为只能承受拉力,不能承受压力。约束反力的作用点在联接点上,方向沿着柔体,而背离物体,如图 1-7 所示,柔体约束反力通常用字母 T 或 S 来表示。

2. 光滑面约束

两个相互接触的物体如果接触处很光滑,摩擦力很小可忽略不计,则这种接触面所构成的约束,称为光滑面约束。其约束反力的特性为:约束反力必通过接触点,方向沿光滑面接触点处的公法线并指向被约束的物体。光滑面约束反力通常用字母 N 表示。如图 1-8 所示,在 a) 图中,放在光滑支承面上的球,支承面只能限制球沿 A 点处法线指向支承面的运动,而不能限制球沿 A 点处法线离开支承面或沿其他方向的运动。因此,其约束反力只有 N_A 。在 b) 图中,直杆在 B 、 C 处分别受光滑水平面和铅垂面的约束,其约束反力分别垂直于水平面和铅垂面,如图中 N_B 、 N_C 。而在 A 处的公法线,应垂直于直杆,因此,其约束反力为图示中 N_A ,其反力方

向指向直杆的内部。

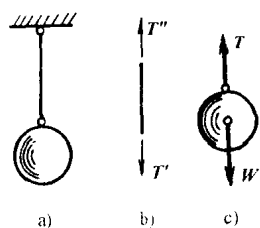


图 1-7

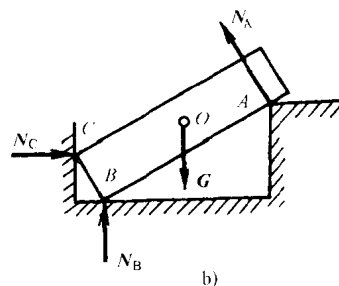
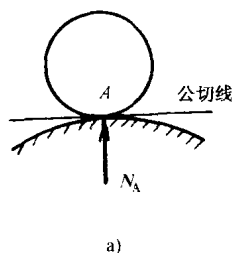


图 1-8

3. 铰链约束

如图 1-9a)所示,工程中常用一圆柱形销钉将两个或更多个构件连结在一起,这种连接,称为铰链。由铰链构成的约束,称为铰链约束。

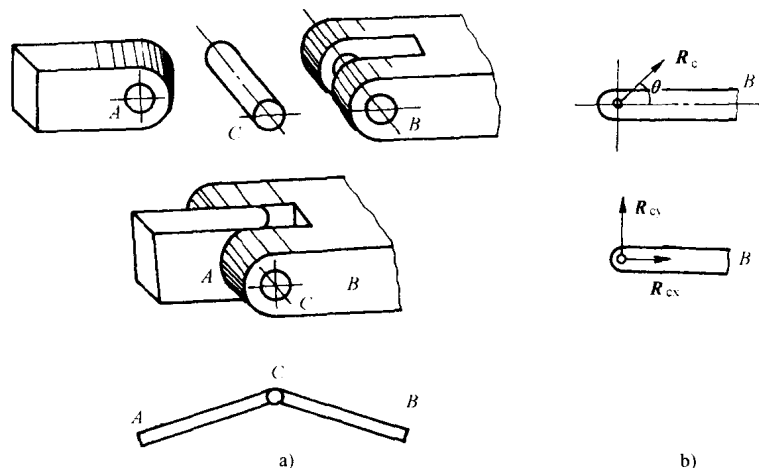


图 1-9

这种约束只能限制被约束物体沿垂直于销钉轴线平面内任意方向的相对移动,但不能限制构件绕销钉的转动和沿其轴线方向的相对移动。其约束反力特性为约束反力作用在构件上的圆孔与销钉的接触点上,且垂直于销钉轴线并通过销钉中心。铰链约束反力常用字母 R 表示,其大小和方向一般都是未知量,铰链约束的力学简图和约束反力的画法如图 1-9b)所示。

在铰链约束中,当其中一个构件为固定构件时,这种铰链约束又称为铰链支座约束。铰链支座约束在桥梁、房屋等结构中常用到。

工程中常用的铰链支座约束有两种,一种为固定铰链支座约束,另一种为活动铰链支座约束,图 1-10a)为固定铰链支座,它是由固定部分和活动部分中间穿以圆柱销钉构成,这样被约束的物体只能绕销钉的轴线转动,而不能产生相对移动。如果销钉与固定部分和活动部分的接触面是完全光滑的,则约束力必通过接触点,并沿接触面的法线。由此可知,约束力的作用线必通过圆孔的中心,如图 1-10b)所示。而约束力的方向不能只由约束的性质来决定,而与约束物体所受的其它力有关。因此,固定铰链支座的约束反力不仅大小未知,而且作用线的方向也是未知的,它有两个未知量。为了便于计算,通常把它分解为水平分力 R_x 和垂直分力 R_y ,如

图 1-10c)所示。固定铰链支座的力学简图和约束反力的画法如图 1-10d)、e)所示。

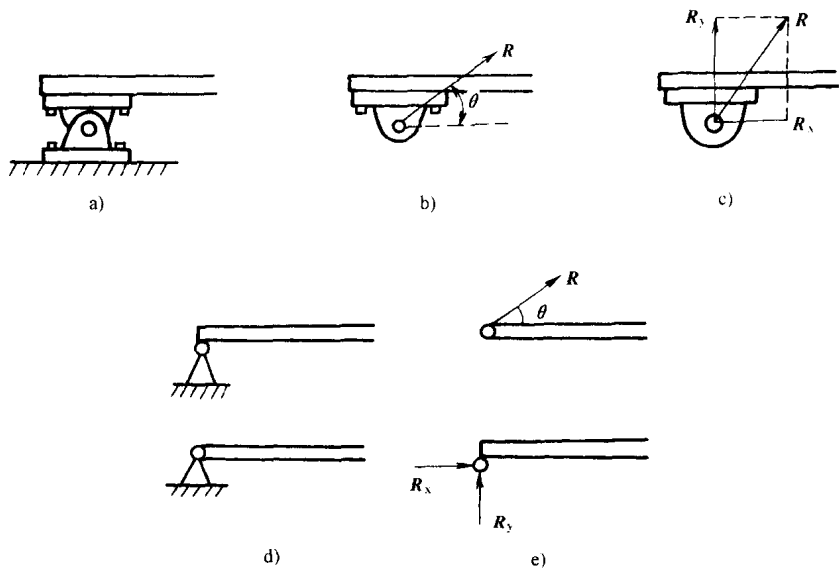


图 1-10

图 1-11a)为活动铰链支座约束,它是将铰链支座用几个辊轴支承在水平面上构成的。设各接触处均为光滑面,则这种支座不能阻止被支承构件绕销钉的转动和沿支承面方向的运动,而只能阻止构件上的 A 点,在垂直于支承面方向向下运动,在附加特殊装置后也能阻止其向上运动。因此,活动铰链支座的约束反力垂直于支承面且通过销钉中心,其大小和指向待定。活动铰链支座的力学简图和约束反力的画法如图 1-11b)、c)所示。

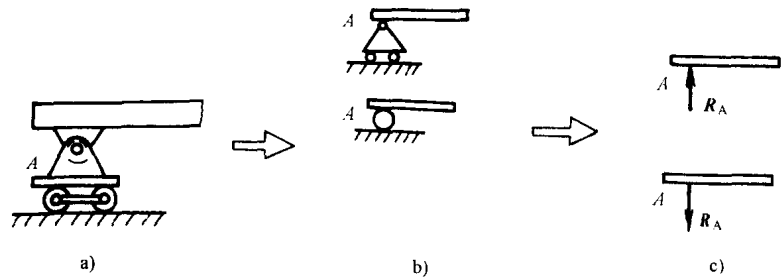


图 1-11

4. 链杆

自重不计的直杆在两端分别用光滑的圆柱形销钉与其他两物体连接起来,即为链杆约束,如图 1-12a)所示。链杆 AB 只是在两端分别受到销钉 A、B 的约束反力作用。设链杆处于平衡状态,根据两力平衡公理可知销钉 A、B 对链杆的力一定是大小相等,方向相反且沿着链杆的中心线,即链杆为二力杆。作用在链杆上的两力,可能是拉力,也可能是压力,图 1-12b)所示,所以链杆对

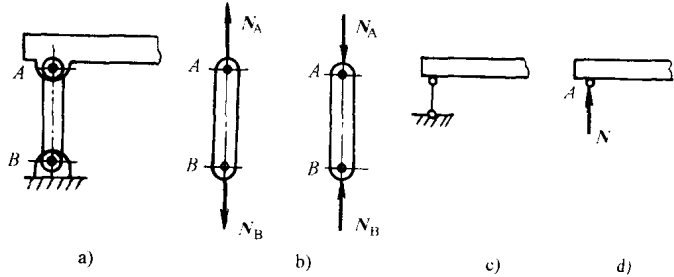


图 1-12