

河南省高等职业教育规划教材

新编机械设计 基础

主编 岳优兰 马文锁

河南大学出版社

TH122-43

Y952

河南省高等职业教育规划教材

新编机械设计基础

主 编 岳优兰 马文锁

江苏工业学院图书馆
藏书章



河南大学出版社

828086

图书在版编目(CIP)数据

新编机械设计基础/主编岳优兰,马文锁. —开封:
河南大学出版社,2003.8

河南省高等职业教育规划教材

ISBN 7-81091-109-0

I.新… II.①焦…②马… III.机械设计-高等
学校:技术学校-教材 IV.TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 073659 号

书 名 新编机械设计基础
主 编 岳优兰 马文锁

策 划 朱建伟 史锡平
责任编辑 杨道富
责任校对 李艳霞 单冬敏 彭 明
责任印制 苗 卉
封面设计 张 伟
版式设计 苗 卉

出 版 河南大学出版社
地址:河南省开封市明伦街 85 号 邮编:475001
电话:0378-2864669(事业部) 0378-2825001(营销部)
网址:www.hupress.com E-mail:bangong@hupress.com

经 销 河南省新华书店
排 版 黄河水利委员会印刷厂
印 刷 黄河水利委员会印刷厂
版 次 2003 年 8 月第 1 版 印 次: 2003 年 8 月第 1 次印刷
开 本 787mm×1092mm 1/16 印 张: 23.75
字 数 548 千字 印 数 1—2200 册

ISBN 7-81091-109-0/T·56 定 价:33.80 元

(本书如有印装质量问题请与河南大学出版社营销部联系调换)

河南省高等职业教育规划教材编写委员会

主 任:赵金昭

副主任:习 谏 拜五四 王志勤 苏万益

委 员:吴少珉 李兴亚 王伟民 薛培军

李 光 孙保平 孙五继 董奇志

时庆云 张新艳 陈 军 菅国坤

杜建根 吴勇军 陶 昆 陈家友

王朝庄 张衍昶 李玉成 董浩平

庞进生

《新编机械设计基础》作者名单

主 编:岳优兰 马文锁

参编人员:(按姓氏笔画为序)

马文锁 刘丽丽 杜玉成 张 君

周万春 岳优兰 谢建军 霍苏萍

内容提要

本教材是根据专业的培养目标和课程教学基本要求,体现高职高专教育的特点,结合课程多年的教学改革经验编写而成的。本教材精选和更新了原来的内容体系,增加了新技术、新材料、新工艺,适当拓宽了知识面,既保证必要的基本知识、基本理论,又注重专业技能和能力的培养,具有一定的科学性、先进性和实用性。

全书共分上下两篇、共九章。上篇分为两章:第一章静力学基础;第二章机械设计材料的力学性能基础;下篇共有七章:第三章机械与机械零件;第四章联接;第五章机械传动;第六章轴、轴系零件;第七章弹性零件概述;第八章现代机械设计技术;第九章创新设计及机械维修保养性设计。大部分章节附有适量的思考题和习题。

本书可作为高职高专、工程专科或中等专业学校机械类、机电结合类及相关专业的教材,也可供函授、自学考试等继续教育相关专业师生和工程技术人员参考。

本书可作为《机械基础》课程的教材

编 者 兰 蔚 岳 主 审

(机械工业出版社): 人民邮电出版社

校 长 刘 玉 柱 副 校 长 刘 文 华

总 编 审 李 海 刚 副 编 审 兰 蔚 岳 春 天 阳

序

经河南省教育厅批准,由河南省高等职业教育研究会组织编写的河南省高等职业教育规划教材,就要付梓出版了。这是我省高教事业改革发展的一项重要成果,确实值得庆贺。

大力发展教育和科学事业,培养和造就数以亿计的高素质劳动者、数以千万计的专门人才和一大批拔尖创新人才,是党的十六大明确提出的新时期教育的任务。高等职业教育,作为高等教育的一种类型,其培养的是拥护党的基本路线,适应生产、建设、管理、服务第一线需要,德、智、体、美等方面全面发展的高等技术应用性专门人才。因而,是我国全面建设小康社会的一支重要力量。就其本质属性来说,高等职业教育具有鲜明的职业特征,这就要求我们在人才培养工作中,不能沿袭学科型教材,而是编写、出版和使用技术型教材,即要认真研究和改革高等职业教育的课程教学内容和教学方法,编写和出版体现高等职业教育规律和特点的优质教材,力求体现全面建设小康社会对高等技术应用性人才培养提出的新要求。从这个意义上讲,河南省高等职业教育规划教材的编写出版,不仅非常必要,而且十分及时,它顺应了我国政治、经济、文化、科技发展的新形势,适应了高等教育尤其是高职高专教育改革发展的新趋势,对我省高职高专教育水平的提高将产生深远而积极的影响。

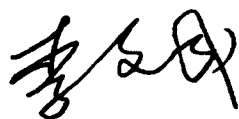
河南省高等职业教育研究会,作为省一级教育学会,在以赵金昭同志为会长的学会班子的组织和带领下,自2000年始,一直致力于高等职业教育理论与实践的研究工作,以专业建设为龙头,以教材建设为核心,以人才培养模式的建构为出发点,与时俱进,开拓创新,组织全省高职高专院校高水平的专家,研究并取得了一大批源自实践、富于特色、十分鲜活的教改成果。高等职业教育规划教材的编写、出版,正是这些研究成果的积淀和升华。

与全国其他同类教材相比,首批推出的计算机应用与维护、秘书、机电一体化等专业规划教材,有3个方面的显著特色:其一,适用性。教材编写人员,均是从事高职高专教育教学第一线的专家,全国知名的教授不乏其人。因此,规划教材体现了高职教育的特色,从而使教材的针对性和适应性得到完美的统一。其二,应用性。首批推出的高等职业教育规划教材有一个最显著的特色,就是强化和突出了应用性特征,每个专业的核心课程均配套编写了实训教材,如计算机应用与维护专业的《C语言程序设计实训》、秘书专业的《秘书实训》,机电一体化专业的《计算机工程制图实训教程》等,均将学生的实践能力培养纳入了教材建设体系。其三,新颖性。规划教材在内容的取舍上,遵循“基础理论必需、够用为度”的原则,适当精简验证性的原理阐述,大量充实新技术、新内容,及时反映本学科领域的最新科技成果,广泛吸收先进的教学经验,积极整合优秀教学成果,给人耳目一新的感觉。此外,在编写体例上,重视图表的运用,并在每章之后安排了思考题、实训题等供

学习者练习,体现出编著者以人为本、注重技术应用能力培养的教育思想。

高等职业教育教材建设是一项十分重要的工作。因为,教材的基本作用,就是集人类先进的科学文化成果,传递给下一代,培养后继创新人才。优质的特色教材,在本质上是学校水平的体现。我们在肯定已编写的高等职业教育教材所取得成绩的同时,还要认识到我们在这方面改革探索的实践还不很充分,还需要继续进行广泛、扎实、深入的研究。并随着教育教学改革的深化,对出版的教材进行必要的充实、修改,使之日臻完善。

我相信,经过3~5年的努力,随着规划教材的陆续问世,随着系列统编教材在教育教学中的广泛使用,我们一定会迎来高等职业教育事业发展繁荣的新局面。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '李文' (Li Wen), written in a cursive style.

2003年8月20日

前 言

本书是河南省高等职业教育研究会根据河南省教育厅的要求,组织编写的机电一体化专业系列教材之一。

本教材根据相关专业的培养目标和课程教学基本要求,力图体现高职高专教育特点,结合不同院校本课程的教学改革经验编写而成。本教材具有以下特点:

1. 教材内容按照课程内容的内在联系、认识规律和机械设计的一般顺序编排,将与机械设计密切相关的工程力学的内容放在教材的上篇,为下篇的学习提供方便,便于对力学基础课程的深入掌握。同时机械基础设计的内容又可为力学课程的学习提供有效的例证。对于部分学时充足的院校可对力学部分的课程在本教材的基础上适当补充。

2. 按照培养应用型生产一线工程技术人员的目标,以职业岗位技能和能力培养为中心,以少而精、突出实用为原则,以生产实际所需的基本知识、基本理论和基本技能为基础,精选教学内容,把握理论深度,删减了不必要的公式推导,更新了教学内容,增加了一些新技术、新知识、新材料,如增加了轴承类零件的类型、现代机械设计技术、创新设计及机械维修保养性设计等内容,适当扩展了知识面,加强了机械传动装置和零部件的结构工艺及使用、维护等方面内容。

3. 根据加强实践训练、突出技能和能力培养的要求,本教材对传统的实验项目进行了改革,去掉了一些理论验证性实验,增设了一些实训项目,并将实训练习指导附在本教材之后,以便与教材配套使用。

4. 本教材采用了新国家标准、规范和设计资料,所摘引的有关标准、规范、数据、资料等,仅摘取了与阐明问题密切有关的部分。

5. 本教材内容较为全面,不同专业可视具体情况酌情取舍。

本教材由河南省教育厅主持,河南省高等职业教育研究会组织下列院校合作编写:焦作大学、中州大学、平原大学、平顶山职业技术学院、三门峡职业技术学院和济源职业技术学院。

全书由岳优兰、马文锁任主编。参加本书编写的有岳优兰(第一章、第二章习题)、杜玉成(第二章),张君(第三、四章),霍苏萍(第五章),周万春(第五章),马文锁(第五、六章)、谢建军(第五、七章、实训),刘丽丽(第八、九章)。

本教材由清华大学王先逵教授,焦作工学院赵俊伟教授、武良臣教授审阅,并提出宝贵意见,在此表示衷心感谢。

限于编者水平,书中欠妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2003年6月

目 录

上篇 机械工程力学基础

第1章 静力学基础	(1)
1.1 静力学的基本概念及物体的受力分析	(1)
1.2 力矩和平面力偶	(8)
1.3 平面力系与空间力系	(12)
1.4 摩擦力学基础	(32)
第2章 机械设计材料的力学性能基础	(43)
2.1 构件的失效形式及变形固体的基本假设	(43)
2.2 杆件内力 应力与应变及胡克定律	(44)
2.3 杆件基本变形下横截面上的应力计算	(56)
2.4 材料的力学性能与许用应力	(67)
2.5 机械零件的强度计算	(74)
2.6 杆件的变形及刚度条件	(86)
2.7 构件的疲劳强度	(95)

下篇 机械设计基础

第3章 机械与机械零件	(107)
3.1 机器的组成	(107)
3.2 机器应满足的要求和设计制造程序	(109)
3.3 机械零件的设计步骤	(113)
3.4 机械零件的结构工艺性	(115)
3.5 机械与机械零件间的摩擦	(115)
第4章 联接	(118)
4.1 螺纹联接概述	(118)
4.2 螺纹副的受力分析、效率和自锁	(121)
4.3 螺纹联接及其强度计算	(123)
4.4 螺纹联接的预紧和防松	(128)
4.5 键联接与花键联结	(130)
4.6 其他联接	(133)
第5章 机械传动	(137)

5.1 概述	(137)
5.2 V带传动	(142)
5.3 链传动	(162)
5.4 平面连杆机构传动	(177)
5.5 凸轮机构	(199)
5.6 其他常用机构和组合机构传动简介	(204)
5.7 齿轮传动	(212)
5.8 齿轮传动的计算	(232)
5.9 齿轮传动的结构设计和齿轮传动的维护与润滑	(249)
5.10 蜗杆传动	(251)
5.11 轮系传动简介	(263)
第6章 轴、轴系零件	(273)
6.1 轴	(273)
6.2 轴承	(285)
6.3 联轴器、离合器	(311)
6.4 制动器	(316)
第7章 弹性零件概述	(321)
7.1 弹簧的种类及选用	(321)
7.2 弹簧设计的几何尺寸计算及使用	(323)
第8章 现代机械设计技术	(326)
8.1 概述	(326)
8.2 机械设计 CAD	(326)
8.3 可靠性设计	(329)
8.4 优化设计	(331)
8.5 智能设计技术	(333)
第9章 创新设计及机械维修保养性设计	(338)
9.1 创新设计技术	(338)
9.2 机械维修保养性设计	(345)
附录:机械设计基础实训练习指导	(353)
实训一 平面机构运动简图的测绘和分析	(353)
实训二 机构的结构及特性分析	(354)
实训三 渐开线齿轮范成原理实验	(358)
实训四 渐开线直齿圆柱齿轮参数的测定	(362)
实训五 轴系结构的测绘与分析	(364)
实训六 减速器的结构分析和拆装	(366)

上篇 机械工程力学基础

机械工程力学基础,由两大部分组成。其一是刚体静力学,包括刚体上力系的简化方法及刚体在力系作用下的平衡条件;其二是构成刚体材料的力学性质。材料的力学性质是机械设计的前提,只有保证每一构件在载荷作用下能正常工作,才能保证机器和设备的整体能安全运行。故构件必须满足:

构件在载荷作用下,必须不被破坏,构件必须具有一定的强度。

构件在载荷作用下的变形必须在许可范围内,构件必须具有一定的刚度。

构件在载荷作用下,必须保持原有的平衡状态,构件必须具有一定的稳定性。

在材料的强度、刚度和稳定性满足的前提下,研究材料在不同条件下(不同的受力方式和温度)的机械性质,以达到在安全工作的前提下,经济地使用材料。



第1章 静力学基础

静力学主要研究两个问题,即作用在刚体上力系的简化方法和刚体在力系作用下的平衡条件。

(一)力系的简化

作用在刚体上的一群力,称为力系。若作用在刚体上的力系可用另一个力系来代替而不改变它对刚体的效应,则称这两个力系为等效力系。所谓力系的简化,就是用一个简单的等效力系,来取代作用在刚体上的一个复杂的力系,以此简化刚体的受力,便于进一步的分析和研究。

(二)刚体的平衡条件

刚体的平衡条件系指刚体处于平衡状态时作用于刚体上的力系应满足的条件,以此可求出作用在刚体上的未知力。

1.1 静力学的基本概念及物体的受力分析

1.1.1 静力学基本概念

(一)力和力系

力产生于物体之间的相互作用。它可以使物体的运动状态发生变化(外效应),或使物体发生形变(内效应)。

作用在物体上的力,因作用力的大小、方向、作用位置的不同,将使物体产生不同的效应,如图 1-1。故把力的大小、方向、作用点称为力的三要素。因力不仅是有大小,而且还

是有方向的量,所以力是矢量,可按矢量运算规则进行运算。

力的国际单位是牛顿(N)或千牛顿(kN), $1\text{kN}=10^3\text{N}$ 。

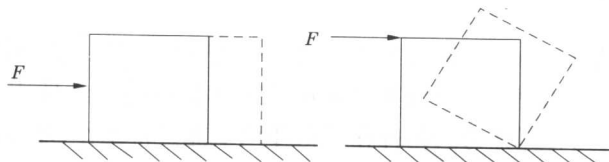


图 1-1 二力的效应

作用在物体上的一组力称为力系。使物体处于平衡状态的力系称为平衡力系,使物体具有相同运动效应的力系称为等效力系。若一个力与一个力系等效则称这个力是该力系的合力,而该力系中的每一个力是合力的分力。

(二)刚体的概念

所谓刚体,是指在力的作用下不发生形变的物体。它是一个理想化的模型。实际上,任何物体在力的作用下或多或少都会产生形变。如果物体形变不大,且形变对所研究问题没有影响,则可将物体抽象为刚体。

如果在所研究的问题中,物体的形变不能忽略,形变成为主要因素,此时须用另一模型——变形固体来代替。本章所研究的物体只限于刚体。

(三)平衡的概念

所谓平衡,是指物体在一力系作用下,相对地球静止或作匀速直线运动,称该物体处于平衡状态。作用于该物体上的力系称为平衡力系。

平衡是相对的,工程上所指物体平衡一般上是相对地球而言的。平衡状态下的运动形式是特定的,物体的平衡规律远比一般运动规律简单。在工程中往往会遇到很多机器、零件、部件等物体的平衡问题,需进行静力分析计算,故平衡规律的应用十分广泛。

使物体平衡的力系所应满足的条件称力系的平衡条件。

1.1.2 静力学基本原理

(一)二力平衡原理

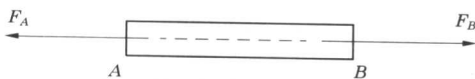


图 1-2 二力平衡

实践证明:如果刚体只受两个力的作用而处于平衡状态,则这两个力一定是大小相等、方向相反,且作用在同一直线上,这就是二力平衡原理。它是研究物体在受力复杂情况下平衡条件的基础。如图 1-2,

杆 AB 受到两个共线力作用处于平衡状态,则必有 $F_A = -F_B$ 。

如图 1-3,构件只受两个作用力保持平衡,我们称之为二力构件。根据二力平衡原理,这两个力的方位,必定沿两个作用点 A, B 的连线。

(二)加减平衡力系原理

对刚体而言,加上一个平衡力系或减去一个平衡力系,并不影响刚体的运动状态(不管是平衡还是加速运动),即不改变力系对刚体的作用效应。这一原理称为加减平衡力系

原理。它是研究力系等效变换的理论基础。

如图 1-4, 设力 F 作用于刚体上 A 点处, 沿该力的作用线, 任取一点 B , 在 B 点加一对平衡力 $-F_1 = F_2 = F$, 不改变刚体的运动状态, a 状态与 b 状态相同。根据加减平衡力系原理, $F_1 = -F$ 也是一对平衡力, 在 b 状态中将它们从力系中去掉, 运动状态依然不变, 于是刚体只剩下 F_2 , 它的大小和方向与 F 相同。这样相当于力 F 自 A 点沿其作用线移至任一点 B , 并不改变它对刚体的作用效应, 力可沿其作用线滑动, 可将力视为滑动矢量, 也就是所谓力的可传性。用 100N 的力推质量是 20kg 的车和沿该力的

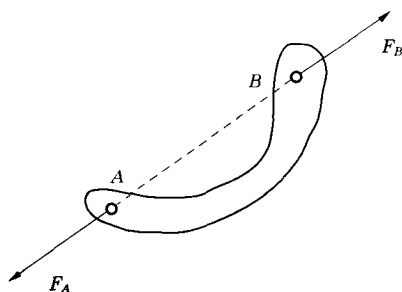


图 1-3 二力构件

作用线上任一点上推车效果是相同的。根据牛顿第二定律 $\Sigma F = Ma$, $a = \frac{F}{M} = \frac{100}{20} = 5$ (m/s^2), 方向与 F 相同(图 1-5)。

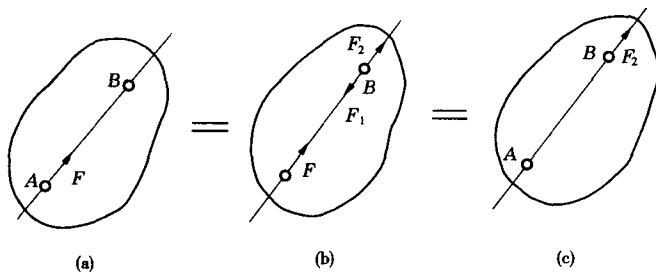


图 1-4 加减平衡力

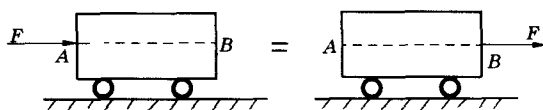


图 1-5 力的可传性

必须注意的是, 力的可传性不适用研究力对物体的变形效应。

(三) 作用与反作用原理

力产生于物体之间的相互作用。当 A, B 两个物体相互作用时, 两个物体必然都受到对方的作用, 将一方受的力称为作用力, 另一方受到的力则称为反作用力。这两个力之间的关系是“大小相等、方向相反, 沿同一直线, 但分别作用在两个物体上”, 不能互相抵消, 互成平衡。

作用与反作用原理揭示了自然界物体间相互作用的关系。作用力与反作用力成对出现, 任何一方不能单独存在, 同时产生, 同时消失, 力的性质相同。研究物体的受力经常用到作用与反作用原理。

如图 1-6, 将两弹簧称钩在一起, 若施以一对拉力, 则两弹簧称的读数相等, 方向相反并作用在同一直线上, 两力分别作用在两个弹簧称上。

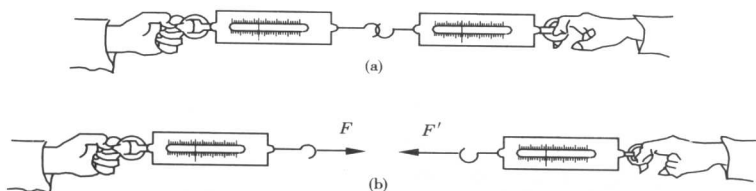


图 1-6 作用与反作用原理

1.1.3 约束的基本形式及约束反力

(一) 约束与约束反力

力学中通常将物体分为两类,一类是能在空间作任意运动的物体,称为自由体。例如,空中飞行的飞机,翱翔蓝天的小鸟及飘浮空中的气球等,均属自由体。而另一类是物体在空间的运动受到某些条件的限制,不能自由运动,则称之为非自由体。例如,在轨道上行驶的火车,发动机气缸中的活塞,架在支座上的桥梁等,均属非自由体。火车受轨道的限制,活塞受气缸的限制,桥梁受支座的限制,这种先给定用以限制物体某一方向运动的一切装置,统称为约束。

约束施加于被约束物体的力称为约束反力,简称反力。约束反力的方向总是与约束所能限制运动的方向相反,这是确定约束反力方向的准则,约束反力的大小,可由平衡方程求出。为了区别约束反力,把凡能主动引起物体运动或使物体有运动趋势的力称为主动力。一般情况下主动力是已知的,工程中称主动力为载荷,如重力、风力、推力等。约束反力是由主动力的作用而引起的,所以又称为被动力,它随主动力的改变而改变。对非自由体的平衡可看作主动力与被动力(约束反力)的平衡。求解约束反力的大小与方向,为材料力学的强度与刚度的计算奠定了基础。

(二) 约束反力的基本形式

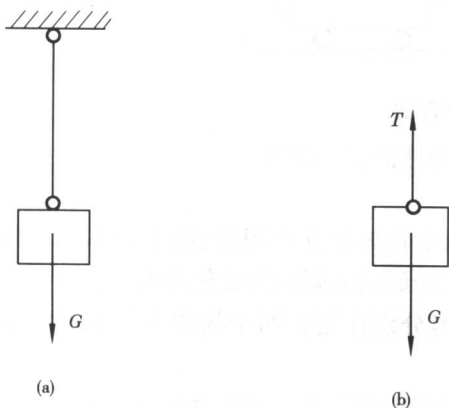


图 1-7 柔性约束

(1) 柔性约束

绳子、链条、皮带、钢丝等柔性体,只能阻止物体沿柔性体伸长方向运动,而不能阻止其他任何方向的运动。如图 1-7(a),表示绳子悬挂一重物。绳可以阻止物体向下(沿绳子伸长的方向)的运动,它所产生的约束反力 T 竖直向上。如图 1-7(b),柔性体产生的约束反力只能是拉力,不能是压力,因柔性体受压时不能阻碍物体的运动。

(2) 理想光滑面约束

若物体接触面上的摩擦力与其他力相比小很多,可以忽略不计时,这样的接触面可以认为是光滑的。光滑接触面不能限制物体沿接触面的切线方向的运动,而只能限制物体沿接触面公法线指向约束的运动。因此,光滑面约束反力的方向,为过接触点的公法线而

且指向物体。在轮与轨道接触时,如图 1-8(a),若不计钢轨的摩擦,则钢轨可视为光滑面约束,车轮在主动力 G 的作用下向下运动的趋势,而约束反力 F_N 沿公法线且铅直向上。圆筒容器在拼装过程中搁在托轮上,如图 1-8(b),容器与托轮分别在 A, B 点处接触,托轮作用于容器的约束反力 R_A 和 R_B 沿接触点的公法线,即沿圆筒容器的半径,指向圆心。

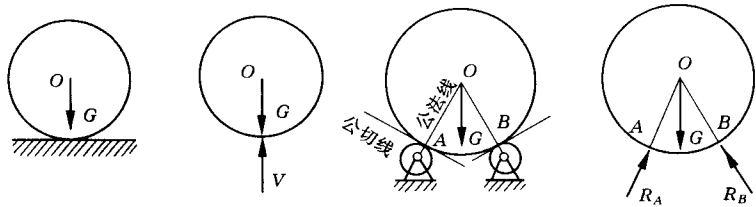


图 1-8 理想光滑面约束

若具有光滑面的物体搁在支承物的尖端上,则约束对物体的约束反力,其方向应垂直于物体和尖端接触处的公切线,由于尖端处的切线是不定的。此时公切线的方位根据物体来确定。例如,起重杠杆 ABC 支承在尖角 B 处,如图 1-9(a),杠杆在主动力 F 的作用下,尖角 B 对杠杆的约束反力 R_B 的作用线应与杠杆相垂直。至于重物在 A 点对杠杆的作用力 R_A ,由于杠杆的 A 点为尖端,切线方位不定,根据重物来确定切线方向, R_A 的方向与公切线垂直,如图 1-9(b)。

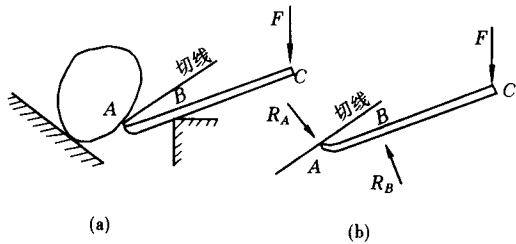


图 1-9 理想光滑面约束

(3)平面铰链约束

这是一种常见的约束。图 1-10(a)所示为一种平面铰链,其主要结构是将两个物体各钻圆孔,中间用圆柱形销钉 A 连接起来。销钉与圆孔的接触面,在一般情况下可认为是光滑的,物体可以绕销钉 A 的轴线任意转动。销钉 A 的约束作用,是阻止物体在与销钉 A 的轴线相垂直的平面内沿任何方向的移动。因此,平面铰链可以产生通过销钉中心、沿任意方向的约束反力。通常把它分解为沿 x 方向和 y 方向的两个互相垂直的约束反力,用 X_A 和 Y_A 表示见图 1-10(b)。其指向一般随主动力的作用而定,图 1-10(c)所示是这种铰链的简化示意图,图 1-10(d)是约束反力的简化表示法。

平面铰链在工程上的应用很广,例如,梁的固定铰链支座,径向轴承与轴的接触,往复压缩机中曲柄销与连杆的连接,连杆与活塞销的连接等都可作为平面铰链来处理。

(4)辊轴支座约束

工程上为了适应某些结构物的变形需要,往往采用可以滚动的辊轴支座见图 1-11

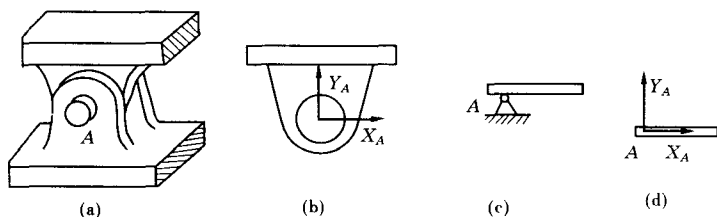


图 1-10 平面铰链钩

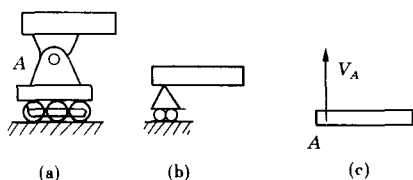


图 1-11 辊轴支座约束

(a)。它是在铰链支座下面装上几个辊轴构成的,辊轴支座除了能阻止物体沿着支承面法线趋向支承面运动外,由于这种支座通常还有特殊装置,也能阻止物体沿着支承面法线离开支承面的运动,但不能阻止物体沿着支承面切线运动,也不能阻止物体绕销钉 A 的轴线转动。它的简化示意图如图 1-11(b)。它对物体的约束反力与支承面垂直,如图 1-11(c)所示。

生产时需要加热的一些卧式容器的支座,为了适应容器的热胀冷缩的变化,常常一端用固定鞍座而另一端用滚动鞍座见图 1-12。滚动鞍座是一种辊轴支座。输送煤气的管道和回转干燥器的支承也常采用辊轴支座。

在梁的支承中常用的活动铰链支座,也是辊轴支座的一种。

(5) 球形铰链约束

理想的球形铰链是将连在物体上的圆球装在支承物的球窝里而构成的结构图 1-13(a)。一般假定,球和球窝的接触是绝对光滑的。球形铰链可阻止物体沿 x, y, z 三个直角坐标轴方向的移动,但不能阻止物体绕任一轴的转动。一般说来,它可以在 x, y, z 三个方向产生约束反力,但不能对任一轴产生约束反力偶如图 1-13(b)。工程上的某些约束,只要能阻止物体沿任何方向的移动,但不能阻止它绕任何一轴的转动,就可用球形铰链这一模型来代替。常用的止推轴承可近似地用球形铰链代替。只有二力构件两端用球形铰链连接时,球形铰链的约束反力方向才可用一个力来代替,其方向就是二力构件上两个着力点的连线方向。

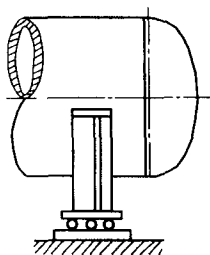


图 1-12 辊轴支座约束

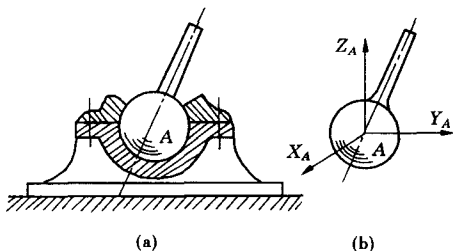


图 1-13 球形铰链约束

1.1.4 分离体和受力图

当一个非自由的物体受到主动力作用时,在物体受到约束的地方将有约束反力对它作用。取非自由体作为主体进行研究,则约束反力是随主体施于约束的力而同时产生的,互为作用力和反作用力,若不把主体和约束分开,约束反力就无法表示出来。为了清晰地表示主体受力情况,就必须将约束解除,而以相应的约束反力来代替约束的作用。

解除约束后的物体,称为分离体。作用在分离体上的力一般有两种,即主动力和约束反力。对分离体而言,在形式上已成为自由体,而解除约束之后,约束反力在形式上亦与主动力无区别。因此,作用在分离体上的力,统称为该分离体的外力。表示分离体及其所受外力的图,称为受力图。绘受力图是解决工程力学问题的基本环节,是必须熟练掌握的。下面通过实例说明受力图的画法。

【例 1-1】 定滑轮在轮心 A 处受到平面铰链约束如图 1-14(a), 在绳的一端施一力 P 将重量为 G 的物体匀速吊起, 设滑轮本身重量可以不计, 滑轮与轴间的摩擦亦不计。试分别绘出重物 and 滑轮的受力图。

解: 将重物解除约束, 取作分离体, 作用在它上面的力有重力 G 和绳子的拉力 T , 如图 1-14(b) 所示。

将滑轮解除约束, 取作分离体, 作用在它上面的力有主动力 P 、绳子的拉力 T' 和平面铰链的约束反力 X_A 及 Y_A , 如图 11-4(c) 所示。

这里 T 和 T' 互为作用力和反作用力, 二者大小相等、方向相反, 作用在不同物体上。

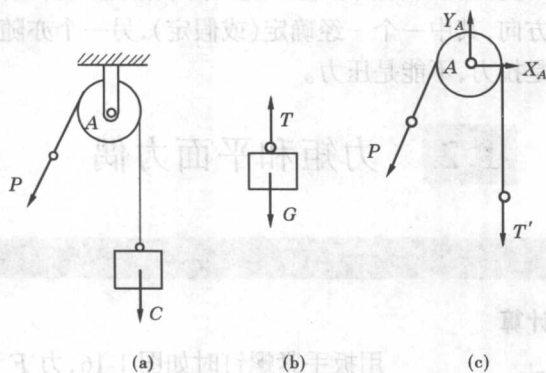


图 1-14 重物和滑轮受力图

【例 1-2】 重量为 G 的管子置于托架 ABC 上。托架的水平杆 AC 在 A 处以支杆 AB 撑住如图 1-15(a)。 A, B, C 三处均可视为平面铰链连接, 水平杆和支杆的重量较小, 可略去不计, 试绘下列物体的受力图: (1) 管子; (2) 支杆; (3) 水平杆。

解: 管子的受力如图 1-15(b) 所示。作用力有重力 G 和 AC 杆对管子的约束反力 V 。

支杆的 A 端和 B 端, 均为平面铰链连接, 在一般情况下, A, B 处所受的力, 应分别画成一对互相垂直的力如图 1-10(b) 或 (d) 所示; 但在支杆本身重量不计的情况下, 支杆就成为二力构件。根据二力构件的特点, S_A 和 S_B 的方位必沿 AB 连线, 如图 1-15(c) 所示。在绘二力构件的受力图时, 必须注意这一特点。