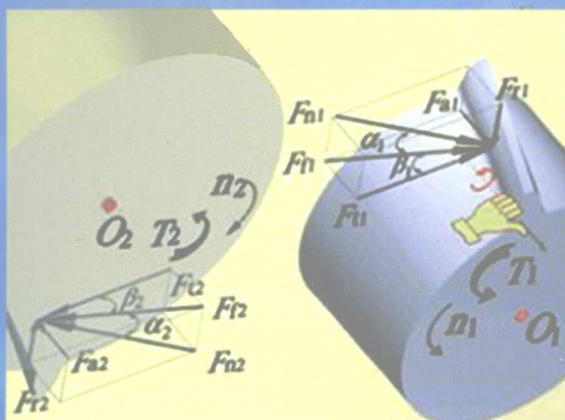


新世纪高职高专机电技术应用系列教材

机械 设计基础

李一民 / 主编

谭淑英 赵振学 陈本德 / 副主编



机械
设计基础



東南大學 出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

新世纪高职高专机电技术应用系列教材

机械设计基础

主 编 李一民
副主编 谭淑英 赵振学 陈本德

江苏工业学院图书馆
藏书章

东南大学出版社

·南 京·

内 容 简 介

本书根据高等职业技术学院培养应用人才对该课程教学要求的需要,以应用为目的,本着优化、适用、适度的原则编写的。

全书共分 5 篇。在第 1 篇物体受力分析基础,对物体所受力进行分析,介绍了平面力系和空间力系;第 2 篇常用机构,介绍了机构运动简图和自由度、平面连杆机构、凸轮机构和其他常见机构;第 3 篇联接,主要介绍了联接件的变形、螺纹连接、轴毂联接、轴间连接和弹性联接;第 4 篇传动件及传动装置。主要对齿轮传动、蜗杆传动、轮系、带传动和链传动等传动装置的结构、特点、应用范围及设计计算进行阐述;第 5 篇支承零部件介绍了常用的支承零部件轴和轴承。

本书打破了打破传统的工程力学、机械设计基础等课程的界限,将工程力学、常用机构、通用机械等教学内容有机的融合相互渗透,着力体现了高等职业教育的特色,有利于提高学生认识问题和解决问题的能力。

本书既可作为高等职业技术学院机电类专业、近机类专业机械设计基础课程的教材,也可作为有关专业师生及工程技术人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 李一民主编. —南京:东南大学出版社,
2008. 11

(新世纪高职高专机电技术应用系列教材)

ISBN 978-7-5641-1285-1

I. 机… II. 李… 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(2008)第 120750 号

机械设计基础

出版发行 东南大学出版社

出版人 江 汉

社 址 南京市四牌楼 2 号

邮 编 210096

经 销 江苏省新华书店

印 刷 盐城印刷总厂有限责任公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 20.25

字 数 502 千字

版 次 2008 年 11 月第 1 版

印 次 2008 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5641-1285-1/TH·13

印 数 1-4000

定 价 40.00 元

(凡因印装质量问题,请与我社读者服务部联系。电话:025-83792328)

新世纪高职高专机电技术应用 系列教材编委会

主任委员 韩满林

副主任委员 滕宏春 李一民 王彦辉

秘书长 李一民

委员 姜献忠 秦松祥 张裕荣 邵建中 王继勇
赵桂良 王景魁 沈 飞 沈 波 史志陶

参编单位

南京信息职业技术学院

南京工业职业技术学院

正德职业技术学院

河北工业职业技术学院

无锡商业职业技术学院

泰州职业技术学院

南京农业大学工学院

江苏信息职业技术学院

沙洲职业工学院

南京交通技师学院

前 言

随着科学技术的进步和生产的不断发展,市场竞争日益激烈,机械产品更新的周期日趋缩短。中国制造业对专人才的需求也在不断地发生变化,“市场”需要既有扎实专业理论基础、又会动手操作的高等职业技术人才。

本书遵照高等职业教育的教学特色和教学开发精神,从高等职业教育培养应用型、技能型人才的总目标出发,遵循“以应用为目的”、“以必需、够用为度”,“以掌握概念、强化应用、培养技能为教学重点”的原则,重在培养学生的认知能力、应用能力及创新能力,在编写时打破传统的工程力学、机械设计基础等课程的界限,将理论力学、材料力学、常用机构和通用机械相互融合,使力学的内容渗透到常用机构和通用机械以及与之相关的内容中,形成理论与实践紧密结合。在教学安排上,将课程中以理论体系传授为主的教学,转变为以专业运作能力训练为主的教学。

“机械设计基础”课程的主要任务是:

(1) 培养学生建立初步的工程概念,掌握机构的结构、运动特性和工程力学的基本理论及分析工程问题的基本方法和基本技能,为学习后续课程和解决工程实际问题中的力学问题打好理论基础。

(2) 培养学生运用机械零件和机械传动的基本知识、基本理论和基本技能解决简单机构和零件的设计问题,使学生初步具有分析、设计、运用和维护机械传动装置的能力。

(3) 学会运用手册、标准、规范等设计资料,具备相应的计算、使用技术资料的能力,为今后解决生产实际问题和学习新的科学技术打下坚实的专业基础。

“机械设计基础”课程的主要内容是:

(1) 主要介绍在工程实际中的常用机构和机械中的有关力学方面的必要知识,力学模型的概念;对力学模型的受力分析方法;力、力矩、力偶的概念及其基本性质。平面一般力系平衡问题的解法。四种基本变形的内力和应力分析、强度计算;减速器轴的弯扭组合变形分析及强度计算。

(2) 介绍机械中常用机构及通用零部件的类型、特点、工作原理、运动特性、工作能力设计、结构设计、组合设计以及标准零部件的选用等。

“机械设计基础”是一门综合性的职业能力课程。要学好本课程还必须多看、多练、多总结。

本课程的学习方法:

(1) 在学习本课程时,除使用教材外,还应学会利用其他学习参考教材、电子资料、杂志文献及期刊网等检索工具和实验室设备等,提高学生自主学习的能

力和兴趣。

(2) 认真阅读学习手册、课程大纲、课程设计指导手册、课程实验指导书等相关辅助资料,掌握相应的知识点,并对应具备的各专项能力有一个清晰的认识,明确学习目的。

(3) 勤于观察分析日常生活中和工程实际中的各种机械和零件,结合课程内容多思考,见多识广,有助于加深对课程内容的理解。

(4) 重视实验教学环节,积极参加各种综合型、自主设计型、创新设计型实验活动,提高动手能力和综合实验能力,培养创新能力。

本书共分五篇,分别为“物体的受力分析基础”、“常用机构”、“机械联接”、“传动件及传动装置”、“支承零部件”。李一民任主编,谭淑英、赵振学、陈本德任副主编,参加本书编写工作的同志还有滕雪梅、高华、郝钢、刘杰等。全书由李一民负责统稿和定稿。

在编写的过程中参阅了一些教材、资料和文献,并得到许多同行专家、教授的支持和帮助,在此表示衷心感谢。

尽管我们在“机械设计基础”教材建设的特色突破方面做了许多努力,但是由于编者水平有限,编写时间仓促,教材中难免有误漏、不妥之处,恳请读者及同仁批评指正,并提出宝贵的意见和建议。

本书的教学参考学时数为 90~120 学时。

编 者

2008 年 6 月

目 录

第 1 篇 物体的受力分析基础	(1)
1 物体的受力分析	(1)
1.1 力	(1)
1.2 力矩	(3)
1.3 力偶	(4)
1.4 物体的受力分析	(6)
思考题与习题	(10)
2 平面力系	(12)
2.1 概述	(12)
2.2 平面汇交力系的合成	(12)
2.3 平面任意力系的简化	(14)
2.4 平面力系的平衡方程及应用	(16)
思考题与习题	(19)
3 空间任意力系简介	(21)
3.1 概述	(21)
3.2 力在空间直角坐标系内的投影	(21)
3.3 力对轴之矩和合力矩定理	(22)
3.4 空间任意力系的平衡方程	(22)
思考题与习题	(23)
第 2 篇 常用机构	(24)
4 平面机构运动简图及自由度	(24)
4.1 概述	(24)
4.2 机械的组成	(24)
4.3 运动副及其分类	(27)
4.4 平面机构运动简图	(28)
4.5 平面机构的自由度及其具有确定运动的条件	(32)
思考题与习题	(35)
5 平面连杆机构	(37)
5.1 概述	(37)
5.2 铰链四杆机构的基本类型	(38)

5.3 铰链四杆机构的基本特性和曲柄存在的条件	(40)
思考题与习题	(51)
6 凸轮机构	(52)
6.1 凸轮机构的应用和分类	(52)
6.2 凸轮机构的从动件常用运动规律	(55)
6.3 盘形凸轮轮廓的设计方法	(60)
6.4 凸轮机构设计中应注意的几个问题	(63)
思考题与习题	(66)
7 其他常用机构	(68)
7.1 概述	(68)
7.2 棘轮机构	(68)
7.3 槽轮机构	(71)
7.4 不完全齿轮机构	(75)
7.5 螺旋机构	(76)
思考题与习题	(78)
第3篇 联 接	(79)
8 联接件的变形	(79)
8.1 概述	(79)
8.2 轴向拉伸与轴向压缩	(79)
8.3 剪切与挤压	(85)
思考题与习题	(88)
9 螺纹联接	(91)
9.1 螺纹	(91)
9.2 螺纹联接	(93)
9.3 螺纹联接的预紧和防松	(96)
9.4 螺纹联接的强度计算	(98)
9.5 螺纹联接的结构设计要点	(103)
思考题与习题	(105)
10 轴毂联接	(107)
10.1 键联接	(107)
10.2 键联接的尺寸选择和强度计算	(111)
10.3 花键联接	(113)
10.4 销联接	(114)
思考题与习题	(115)
11 轴间联接	(117)
11.1 联轴器	(117)
11.2 离合器	(122)
11.3 制动器	(126)

思考题与习题	(127)
12 弹性联接	(128)
12.1 弹簧的功用和类型	(128)
12.2 弹簧的材料及制作	(130)
12.3 圆柱螺旋弹簧	(130)
思考题与习题	(133)
第4篇 传动件及传动装置	(134)
13 齿轮机构	(134)
13.1 概述	(134)
13.2 齿轮机构的分类及优缺点	(134)
13.3 渐开线齿廓	(135)
13.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮	(139)
13.5 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	(145)
13.6 渐开线直齿圆柱齿轮的加工方法	(148)
13.7 齿轮传动的精度	(151)
13.8 齿轮的失效形式及常用材料的选用	(153)
13.9 直齿圆柱齿轮传动的强度计算与设计	(156)
13.10 斜齿圆柱齿轮传动	(166)
13.11 直齿圆锥齿轮传动	(172)
13.12 齿轮的结构设计	(176)
13.13 齿轮传动的润滑	(179)
13.14 齿轮传动的维护	(180)
思考题与习题	(180)
14 蜗杆传动	(182)
14.1 蜗杆传动的特点和类型	(182)
14.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	(183)
14.3 蜗杆传动的失效形式及常用材料的选用	(188)
14.4 蜗杆传动的强度计算与设计	(189)
14.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(192)
14.6 蜗杆、蜗轮的结构	(194)
思考题与习题	(198)
15 轮 系	(199)
15.1 轮系及其分类	(199)
15.2 定轴轮系传动比的计算	(200)
15.3 周转轮系传动比的计算	(204)
15.4 轮系的应用	(208)
思考题与习题	(210)
16 带传动	(213)

16.1	概述	(213)
16.2	带传动的工作情况分析	(217)
16.3	V带传动设计计算	(221)
16.4	V带传动的张紧、安装和维护	(227)
	思考题与习题	(229)
17	链传动	(231)
17.1	概述	(231)
17.2	滚子链和链轮	(231)
17.3	链传动的运动特性	(234)
17.4	链传动的设计计算	(235)
17.5	链传动的布置、张紧及润滑	(238)
	思考题与习题	(241)
第5篇	支承零部件	(242)
18	轴	(242)
18.1	概述	(242)
18.2	轴的主要变形及强度计算	(246)
18.3	轴的基本直径的估算	(264)
18.4	轴的结构设计	(265)
18.5	轴的设计	(270)
	思考题与习题	(274)
19	轴承	(277)
19.1	概述	(277)
19.2	滑动轴承	(277)
19.3	滚动轴承	(288)
	思考题与习题	(312)
	参考文献	(314)

第1篇 物体的受力分析基础

1 物体的受力分析

1.1 力

1) 力的概念

(1) 力的定义

力的概念是人们在长期生产劳动和生活实践中逐步建立起来的。例如挑担、推车、投掷物体、拧螺钉等都要用力。同样,机床加工、汽车运行等,也是力的作用。可见,力是物体之间相互的机械作用。

(2) 力的效应

力不能脱离物体而存在。力对物体的作用效应是使物体运动状态发生改变或使物体发生变形。力使物体运动状态发生变化的效应称为力的运动效应,也称为力的外效应;力使物体产生变形的效应称为力的变形效应,也称为力的内效应。力使物体产生的基本变形有:拉伸或压缩、剪切、扭转和弯曲。

(3) 力的三要素

力对物体的作用效果,决定于三个因素,即力的大小、力的方向、力的作用点。这三个因素称为力的三要素。三要素中任何一个要素的改变,都会使力的作用效果改变。

力是一个具有大小和方向的量,所以力是矢量。力矢量常用一个带箭头的有向线段表示,线段的长度 AB 按一定的比例表示力的大小;线段箭头的指向表示力的方向;线段的始点 A 或终点 B 便是力的作用点,如图 1.1 所示。

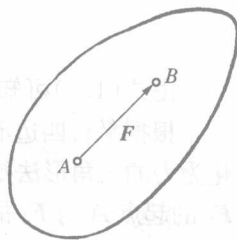


图 1.1 力

在国际单位制中,力的单位为 N (牛[顿])或 kN (千牛[顿])。

(4) 平衡及平衡力系

所谓平衡,是指物体相对于地球静止或作匀速直线运动。平衡是相对的,是有条件的。

由若干个相互关联的力组成的系统称为力系。若力系使物体处于平衡状态,该力系称为平衡力系。力系平衡所满足的条件称为力系的平衡条件。

(5) 刚体的概念

在外力作用下形状和大小保持不变的物体称为刚体。实际上,任何物体受到外力的作用都将发生变形,但微小变形对研究结果不产生显著影响,可以略去不计。

2) 力的基本公理

所谓公理,就是符合客观实际的真理。力的基本公理是人类对客观实际长期观察、分析、抽象、归纳、总结而得出的结论,不需要证明,易为人们所公认,故称为公理。

(1) 公理 1: 二力平衡公理

刚体在两个力作用下保持平衡的必要和充分条件是: 这两个力大小相等, 方向相反, 且作用在同一直线上。如图 1.2 所示的拉杆(图 1.2(a))或压杆(图 1.2(b)), 同时受到等值、反向、共线的两个力 F_A 和 F_B 的作用, 显然, 该刚体是平衡的。

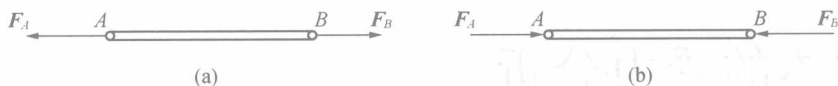


图 1.2 二力平衡

必须注意, 本公理只适用于刚体, 对于变形体, 这个条件是不充分的。例如, 一根绳索或链条的两端受到等值、反向、共线的两拉力作用能平衡, 若是压力则将弯曲而不能平衡。

在机构中, 凡是只受到两个力作用而处于平衡状态的构件, 称为二力构件。

(2) 公理 2: 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力可合成为一作用于该点的合力, 其大小和方向是以这两个力为邻边而构成的平行四边形的对角线。如图 1.3(a) 所示, 图中 F_R 是 F_1 、 F_2 的合力, 即合力等于两个分力的矢量和:

$$F_R = F_1 + F_2 \quad (1.1)$$

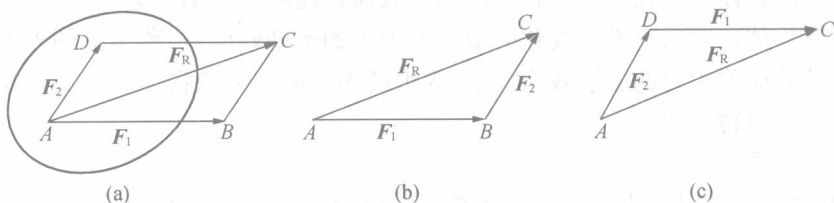


图 1.3 力的平行四边形法则、三角形法则

由式(1.1)可知, 一个力也可以按力的平行四边形法则分解为两个分力。

根据平行四边形的性质, 在运用作图法求合力时, 只需画出力平行四边形的一半, 即可简化为力的三角形法则, 其作图方法为: 从 A 点作一矢量 $AB = F_1$, 过 B 点再画矢量 $BC = F_2$, 连接 F_1 的起点 A 与 F_2 的终点 C, 矢量 AC 就是力 F_1 、 F_2 的合力 F_R , 如图 1.3(b) 所示。显然若改变 F_1 、 F_2 合力的顺序, 其结果不变, 如图 1.3(c) 所示。

(3) 公理 3: 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的任何力系中加上或减去一个平衡力系, 不改变原力系对刚体的作用效应。

根据上述 3 个公理, 可以推导出下面两个推论。

① 推论 1: 力的可传性定理

作用于刚体上的力可沿其作用线任意移动, 而不改变该力对刚体的作用效应。

如图 1.4 所示, 在小车上 A 点的作用力 F 和在小车上 B 点的作用力 F' 对小车的效果是相同的。由此可见, 力对刚体的效应与力的作用点在作用线上的位置无关, 因此, 对于刚体, 力的三要素可改为力的大小、方向和作用线。

② 推论 2: 三力平衡汇交定理

刚体受 3 个共面但互不平行的力作用而平衡时, 3 个力的作用线必汇交于一点。如图

1.5 所示。

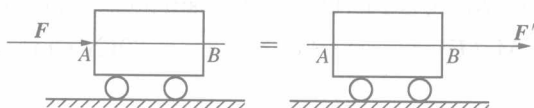


图 1.4 力的可传性

(4) 公理 4: 作用力与反作用力公理

两物体间的作用力与反作用力总是大小相等、方向相反,沿同一直线,分别作用在两个物体上。

这个公理阐明了力是物体间的相互作用,其中作用与反作用是相对的,力总是以作用与反作用的形式存在,且以作用与反作用的方式进行传递。

此外,必须把作用力和反作用力公理与二力平衡公理严格区分开来,作用力和反作用力公理是说明两个物体之间相互作用的力学性质,而二力平衡公理则说明一个刚体在两个力作用下处于平衡时两力应满足的条件。二者的主要区别在于前者中的两力分别作用在两个物体上,后者的两力则作用于同一物体。

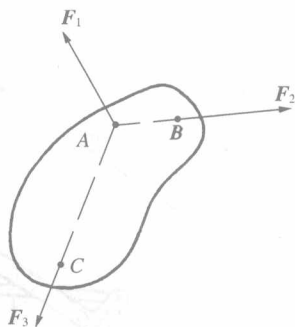


图 1.5 三力平衡

1.2 力矩

1) 力对点之矩

如图 1.6 所示,当用扳手拧紧螺母时,若作用力为 F ,转动中心 O 到力作用线的垂直距离为 d , d 称为力臂,由经验可知,扳动螺母的转动效应不仅与力 F 的大小和方向有关,且与力臂 d 的大小有关,故力 F 对物体转动效应的大小可用两者的乘积 Fd 来度量。当然,若力 F 对物体的转动方向不同,其效果也不相同。表示力使物体绕某点转动效应的量称为力对点之矩(简称力矩)。转动的中心 O 称为矩心。

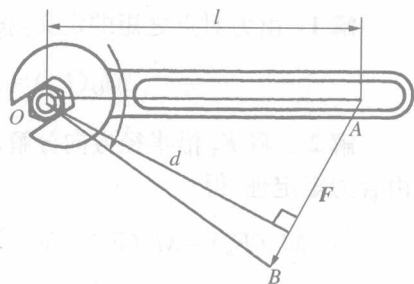


图 1.6 扳手的力矩

力对点之矩为一代数量,它的大小为力的大小 F 与力臂 d 的乘积,它的正负号表示力使物体绕矩心的转向。一般规定,力使物体绕矩心逆时针方向旋转的力矩为正,顺时针为负。并记作:

$$M_O(F) = \pm Fd \quad (1.2)$$

由力矩的定义和式(1.2)可知:

(1) 当力的作用线通过矩心时,力臂值为 0,力矩值也必定为 0。

(2) 力沿其作用线滑移时,不会改变力对点之矩的值,因为此时并未改变力、力臂的大小及力矩的转向。

力矩的单位为 $\text{N} \cdot \text{m}$ (牛·米)。

【例 1.1】 汽车操纵系统的踏板装置如图 1.7 所示。已知工作阻力 $R=1700 \text{ N}$, 驾驶员脚的蹬力 $F=200 \text{ N}$, 尺寸 $a=400 \text{ mm}$, $b=50 \text{ mm}$, $\alpha=60^\circ$, 试求工作阻力 R 和蹬力 F 对 O 点之矩。

解:根据式(1.2)可求得工作阻力 R 和蹬力 F 对 O 点的力矩分别为:

$$M_O(R) = Rb \sin \alpha = 1700 \times 0.05 \times \sin 60^\circ = 73.6 (\text{N} \cdot \text{m})$$

$$M_O(F) = Fa = -200 \times 0.4 = -80 (\text{N} \cdot \text{m})$$

2) 合力矩定理

平面汇交力系的合力对平面上任一点之矩,等于所有各分力对同一点力矩的代数和。

由于合力与原力系对物体的作用等效,故有:

$$M_O(F_R) = \sum M_O(F_i) \quad (1.3)$$

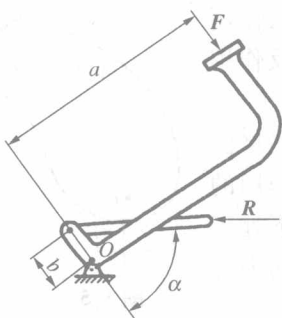


图 1.7 汽车操纵系统踏板装置

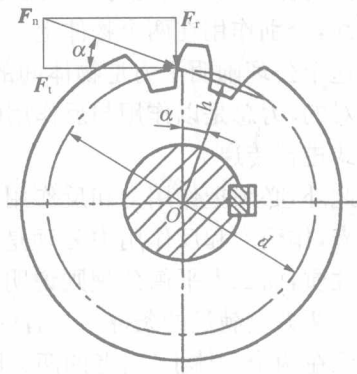


图 1.8 直齿圆柱齿轮简图

【例 1.2】 如图 1.8 所示直齿圆柱齿轮的齿面受一啮合角 $\alpha = 20^\circ$ 的法向压力 $F_n = 1 \text{ kN}$ 的作用,齿面分度圆直径 $d = 60 \text{ mm}$ 。试计算力对轴心的力矩。

解 1: 由力对点之矩的定义,按图 1.10,得

$$M_O(F_n) = F_n h = F_n \frac{d}{2} \cos \alpha = -28.2 (\text{N} \cdot \text{m})$$

解 2: 将 F_n 沿半径方向分解成一组正交的圆周力 $F_t = F_n \cos \alpha$ 与径向力 $F_r = F_n \sin \alpha$, 由合力矩定理,得

$$M_O(F_n) = M_O(F_t) + M_O(F_r) = F_t \frac{d}{2} + F_r \cdot 0 = F_n (\cos \alpha) \frac{d}{2} = -28.2 (\text{N} \cdot \text{m})$$

1.3 力偶

1) 力偶的概念

一对大小相等、方向相反、相互平行的力组成的力系称为力偶。

人们在日常生产生活中常用到力偶,如人用手拧水龙头开关(见图 1.9(a))、司机用双手转动方向盘(见图 1.9(b))、钳工用双手转动丝杠攻螺纹(见图 1.9(c))等。

组成力偶中两力之间的垂直距离 d 称为力偶臂(见图 1.9(d)),力偶所在的平面称为力偶的作用面。

由实践可知,在力偶的作用面内,力偶对物体的转动效应,取决于组成力偶两反向平行力的大小 F 、力偶臂 d 的大小以及力偶的转向。在力学中用乘积 Fd 冠以适当的正负号作为度量力偶在其作用面内对物体转动效应的物理量,称为力偶矩,以 $M(F, F')$ 或 M 表示,即

$$M(F, F') = \pm Fd \quad (1.4)$$

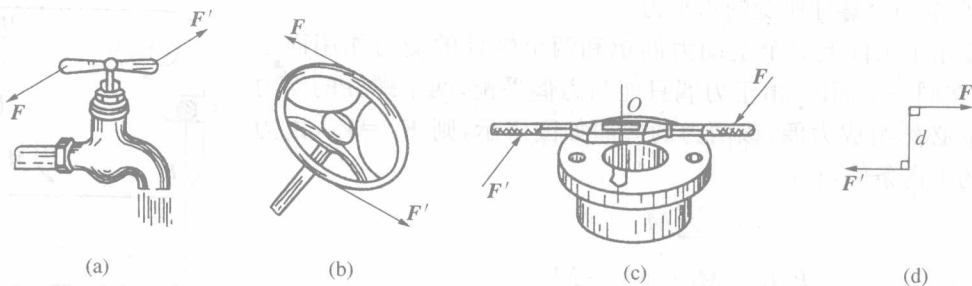


图 1.9 力偶

一般规定,逆时针转动的力偶取正号,顺时针转动的力偶取负号。

力偶矩的单位为 $\text{N} \cdot \text{m}$ (牛·米)。

力偶对物体的转动效应取决于力偶的大小、力偶的转向及力偶作用面的方位三个要素,凡三要素相同的力偶彼此等效。

2) 力偶的性质

(1) 力偶无合力:因为组成力偶的两个力在其作用面内任一坐标轴上的代数和等于 0。

(2) 力偶只能用力偶来平衡:由于力偶对刚体只能产生转动效应,没有移动效应,所以力偶不能用一个力来代替。

(3) 力偶的等效性:在同一平面内的两个力偶,如果力偶矩的大小相等,转向相同,则两个力偶等效。

3) 平面力偶系的合成与平衡

设在刚体某平面上有力偶系 $M_1, M_2, \dots, M_n$ 的作用,根据力偶的性质,力偶对刚体只产生转动效应,受若干个力偶共同作用时,也只能使刚体产生转动效应,可以证明,力偶系对刚体的转动效应等于各分力偶转动效应的总和,即平面力偶系可以合成为一个合力偶,其合力偶矩等于各分力偶矩的代数和,即

$$M_R = M_1 + M_2 + \dots + M_n = \sum_{i=1}^n M_i \quad (1.5)$$

由于平面力偶系合成的结果只能是一个合力偶,当其合力偶等于 0 时,表明使物体顺时针转动的力偶矩与使物体逆时针转动的力偶矩相等,作用效果相互抵消,物体保持平衡状态。因此,平面力偶系平衡的必要和充分条件是:组成力偶系的各分力偶力偶矩的代数和等于 0。即

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0 \quad (1.6)$$

【例 1.3】 如图 1.10 所示,用多轴钻床在水平工件上钻孔,每个钻头的切削刃作用于工件的力在水平面内构成一个力偶,设已知三个力偶矩分别为 $M_1 = M_2 = 13.5 \text{ N} \cdot \text{m}$, $M_3 = 17 \text{ N} \cdot \text{m}$,求工件受到的合力偶矩。如果在 A、B 两处用螺柱固定,A 和 B 之间的距离 $L = 0.2 \text{ m}$,试求两个螺柱所受的水平力。

解:取工件为研究对象。

① 求三个主动力偶的合力偶矩:

$$M = \sum_{i=1}^3 M_i = -M_1 - M_2 - M_3 = -13.5 - 13.5 - 17 = -44 (\text{N} \cdot \text{m})$$

② 求两个螺柱所受的水平力

作用于工件上三个主动力偶矩和两个螺柱的受力作用而平衡,且在同一平面内,由于力偶只能与力偶平衡,两个螺柱的受力 F_A 、 F_B 必然组成力偶,该两力的方向如图所示,则 $F_A = F_B$,由力偶系的平衡条件,有:

$$\sum_i M_i = 0$$

$$F_A L - M_1 - M_2 - M_3 = 0$$

可解得:

$$F_A = F_B = \frac{M_1 + M_2 + M_3}{L} = \frac{44}{0.2} = 220(\text{N})$$

所得 F_A 和 F_B 为正值,说明图 1.10 假设方向与真实方向相同。

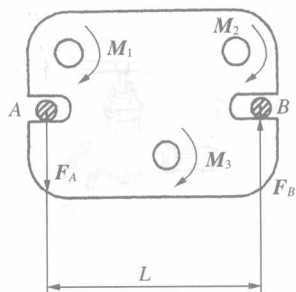


图 1.10 例 1.3 用图

1.4 物体的受力分析

1) 约束与约束反力

物体所受的力可以分为主动力和约束反力,能够使物体产生运动或运动趋势的力,称为主动力。主动力通常都是已知的。

当一个物体的运动受到周围物体限制时,这种限制称为约束。例如火车受铁轨的限制,只能沿着轨道运行;房梁受立柱的限制,使它在空间得到稳定的平衡。

约束对物体的运动起到限制作用的力,称为约束反力。约束反力的方向总是与该约束所能阻碍的运动方向相反。

约束反力是未知力,它的确定与约束类型及主动力有关。现介绍工程中常见的几种约束类型。

(1) 柔性约束

由绳索、链条、皮带等柔性物体形成的约束称为柔性约束。柔性约束反力是未知拉力,因此柔性约束的约束反力作用在接触点上,方向沿着柔体而背离受力物体,通常用符号 F_T 表示。

如图 1.11(a)所示的重物用钢绳悬挂在固定架上;如图 1.11(b)所示的带传动中,重物和皮带轮分别受到钢绳和皮带的拉力均属于此类约束反力。

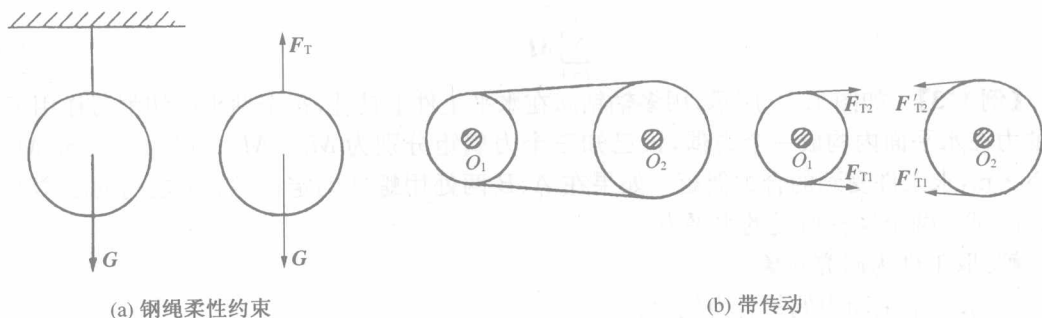


图 1.11 柔性约束

(2) 光滑面约束

两直接接触物体,忽略摩擦,把物体的接触面看成是完全光滑的刚性接触面,简称光滑面约束。光滑面约束反力通过接触点,沿着接触面公法线方向并指向受力物体。用符号 F_N 表示,如图 1.12 所示。

图 1.13(a)中直杆与方槽 A、B、C 点接触,这三点的约束反力均沿两者接触点的公法线,方向指向物体,如图 1.13(b)所示。

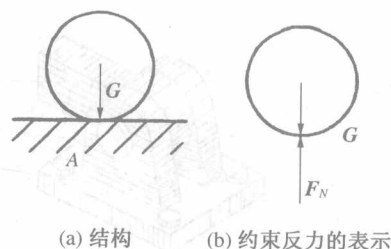


图 1.12 光滑面约束

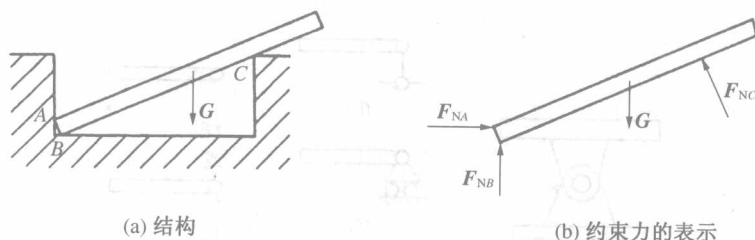


图 1.13 直杆与方槽

(3) 光滑铰链约束

两物体采用圆柱销所形成的联接为铰链联接。这种约束是采用销钉插入构件 1 和 2 的孔内而构成,其接触面是光滑的,这样的约束称为光滑铰链约束,如图 1.14(a)所示。它在机械工程中有许多具体应用形式。

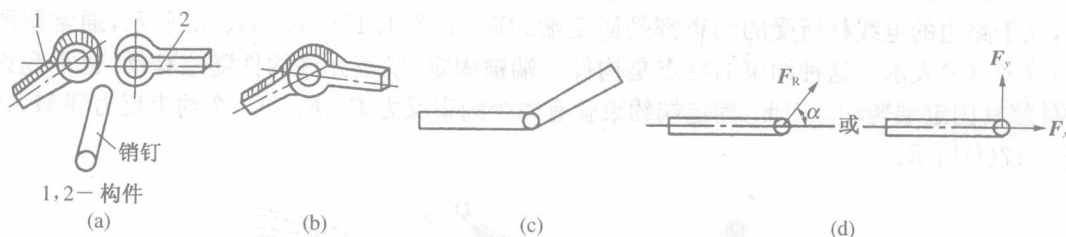


图 1.14 中间铰约束

① 固定铰链和中间铰链

若相联接的构件中有一个固定在地面或机架上如图 1.15(a)所示,通常用图 1.15(b)表示,则这种约束称为固定铰链约束,若两构件都不固定如图 1.14(b)所示,用图 1.14(c)表示,则称为中间铰链。

这类约束反力沿圆柱面接触点的公法线,通过销钉中心,方向不确定,通常用两个正交分力 F_x 、 F_y 来表示,如图 1.14(d)、图 1.15(c)所示。

必须强调,当中间铰链或固定铰链约束的是二力构件时,其约束反力满足二力平衡条件,沿两约束反力作用点的连线,方向是确定的。

② 活动铰链支座

支座下面装上滚子,使它能在支承面上任意移动,称为活动铰链支座,如图 1.16(a)所示,通常用图 1.16(b)、(c)、(d)表示,其约束反力通过铰链中心,并垂直于支承面(见图 1.16(e)),其方向随载荷的情况而定。活动铰链常用于桥梁、屋架等结构中。