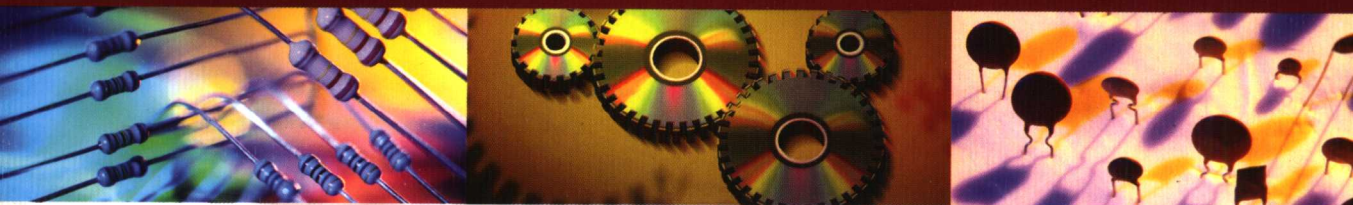




新世纪高等职业教育机电类课程教材

# 机械基础 (修订版)



主 编 朱鹏超 易春阳



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

新世纪高等职业教育机电类课程教材

---

# 机械基础

(修订版)

主编 朱鹏超 易春阳

高等教育出版社

## 内 容 提 要

本书是新世纪高等职业教育机电类课程教材之一。本书根据《高职高专机械基础课程教学大纲》编写而成,全书共分十章。主要内容包括工程力学、金属材料、极限与配合、机械零件、机构组合与创新、液压与气动等内容。

本书是高等职业学校机电类或近机类专业的通用教材,还可作为职业学校(含中职、职高、成人职业教育)非机类或近机类专业教材或岗位培训教材,也可供有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械基础 / 朱鹏超主编. —2版(修订本). —北京:  
高等教育出版社, 2006.6  
ISBN 7-04-019600-X

I.机... II.朱... III.机械学—高等学校:技术  
学校—教材 IV.TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 071672 号

责任编辑 李新宇 封面设计 吴 昊 责任印制 潘文瑞

|      |                |      |                                                                   |
|------|----------------|------|-------------------------------------------------------------------|
| 出版发行 | 高等教育出版社        | 购书热线 | 010-58581118                                                      |
| 社 址  | 北京市西城区德外大街 4 号 |      | 021-56964871                                                      |
| 邮政编码 | 100011         | 免费咨询 | 800-810-0598                                                      |
| 总 机  | 010-58581000   | 网 址  | <a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>         |
| 传 真  | 021-56965341   |      | <a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>         |
|      |                |      | <a href="http://www.hepsh.com">http://www.hepsh.com</a>           |
|      |                | 网上订购 | <a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>       |
|      |                |      | <a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a> |
|      |                | 畅想教育 | <a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>         |

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
排 版 南京理工出版信息技术有限公司  
印 刷 上海新华印刷有限公司

|     |                 |     |                 |
|-----|-----------------|-----|-----------------|
| 开 本 | 787 × 1092 1/16 | 版 次 | 2003 年 7 月第 1 版 |
| 印 张 | 19.00           |     | 2006 年 6 月每 2 版 |
| 字 数 | 459 000         | 印 次 | 2006 年 6 月第 1 次 |
|     |                 | 定 价 | 25.90 元         |

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19600-00

# 出版说明

高等教育出版社组织编写的“新世纪高职高专教改项目成果教材”自出版以来,以其适应高等职业教育人才培养模式的基本特征,以应用为主旨、以就业为导向的教学内容体系等特点,受到了广大高等职业院校师生的一致好评。

为了进一步贯彻落实《中华人民共和国职业教育法》和《中华人民共和国劳动法》,适应全面建设小康社会对高素质劳动者和技能型人才的迫切要求,促进社会主义和谐社会建设,2005年10月28日,国务院发布了《国务院关于大力发展职业教育的决定》(以下简称《决定》),明确了今后一个时期职业教育改革与发展的指导思想、目标任务和政策措施。11月7日至8日,国务院召开了全国职业教育工作会议,深入学习贯彻党的十六届五中全会精神,全面落实科学发展观,动员和部署实施《决定》。会议强调,要把发展职业教育作为经济社会发展的重要基础和教育工作的战略重点;以服务社会主义现代化建设为宗旨,培养数以亿计的高素质劳动者和数以千万计的高技能专门人才;坚持以就业为导向,深化职业教育教学改革;依靠行业企业发展职业教育,推动职业院校与企业的密切结合;严格实行就业准入制度,完善职业资格证书制度。

为了贯彻落实《决定》和全国职业教育工作会议精神,也为了适应我国近几年高等职业教育快速发展的需要,促进教学内容、教学体系的更新,我社在2005年底启动了对“新世纪高职高专教改项目成果教材”的修订再版工作。新版系列教材坚持以“就业”为导向的原则,选取实际工作中存在的设备工具、操作方式,讲解在实际岗位工作时实际需要的知识和能力,适应高等职业教育培养学生的“就业能力”的需要;与国家技能鉴定等就业准入制度结合,注重从实际工作场合选取有代表性的实例,突出学生实际操作能力的培养。

新版系列教材出版后,我们还将不定期地举行相关课程的研讨与培训活动,并邀请一些相关行业的优秀企业共同探讨人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革,为各院校提供一个加强校企合作、交流的互动平台。

“新世纪高等职业教育机电类课程教材”适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校机电类专业使用。

高等教育出版社

2006年6月

# 前 言

随着科学技术的迅猛发展,知识量在迅速增加,知识更新的速度也在不断加快。为了满足各种机类、非机类和近机类专业对机械知识的需求,编写该教材以适应教学的需要。

本教材包含了机械基础知识方面的主要内容,有工程力学、常用工程材料、极限与配合、联接、机械传动、机械零件、标准件、机构组合与创新、液压与气压传动等,共分为十章。编写中力求体现以下特点:

一、着重对非机类专业所需机械工种基础知识的介绍,内容全面,综合性强,满足了非机类专业对机械知识的需求。

二、本着“适度、够用”的原则,对各部分内容进行了适当筛选,对理论性较深的推导过程予以省略,尽可能适应实用的需要。

三、采用简明易懂的插图,如立体图、结构简图等,以便于学生对教材内容的理解。

四、注重各部分知识的联系,前后内容互相呼应,保证了知识的连续性、系统性。

五、所采用的物理量单位及图形符号均使用新的国家标准。

本教材的第一、二、八章由湖南铁道职业技术学院易春阳副教授编写,第三章由湖南铁道职业技术学院贾崇田副教授编写,第四章由株洲职业技术学院杨国先高级讲师编写,第六章由河北理工学院张广文教授编写,第五、七、九、十章由湖南铁道职业技术学院朱鹏超副教授编写。本教材由朱鹏超同志统稿。

湖南铁道职业技术学院钟建宁教授担任主审,为该教材的编写提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

本教材的编写得到了各院校领导的高度重视和大力支持,也得到了工厂领导和工程技术人员的帮助,在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于编写的时间仓促,加之编者水平所限,教材中难免有不足之处,衷心欢迎广大读者为本教材提出宝贵意见,以便不断改进。

编 者

2006年5月

## 郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：**(010)58581897/58581896/58581879

**传 真：**(010)82086060

**E - mail:**dd@hep.com.cn

**通信地址：**北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：**100011

购书请拨打电话：(010)58581118



# 高教教师俱乐部会员信息表

(请用楷体认真填写)

|       |  |     |  |      |  |       |       |
|-------|--|-----|--|------|--|-------|-------|
| 姓 名   |  | 性 别 |  | 出生年月 |  | 身份证号码 |       |
| 学 校   |  |     |  | 学 院  |  |       | 系 (所) |
| 学校地址  |  |     |  |      |  | 邮 编   |       |
| 职 务   |  |     |  | 职 称  |  |       | 办公电话  |
| Email |  |     |  | 手 机  |  |       | 宅 电   |
| 通信地址  |  |     |  |      |  | 邮 编   |       |

● 您所教授的课程及学生层次:

● 您目前使用的教材(书名、作者、出版社):

● 您希望俱乐部提供哪些服务?

\* 请附教师证或工作证复印件

复印件粘贴处

高等教育出版社上海分社

联系地址:上海市虹口区宝山路 848 号

电 话:021-65878318

联 系 人:教学服务部

邮编:200081

传真:021-65878318

Email:service@hepsh.com

# 目 录

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一章 力的平衡规律.....        | 1   |
| 第一节 概述.....            | 1   |
| 第二节 约束与约束反力.....       | 3   |
| 第三节 受力分析及受力图.....      | 6   |
| 第四节 力矩和力偶.....         | 8   |
| 第五节 平面力系 .....         | 12  |
| 习 题 .....              | 21  |
| 第二章 构件的基本变形及强度计算 ..... | 25  |
| 第一节 概述 .....           | 25  |
| 第二节 轴向拉伸与压缩 .....      | 27  |
| 第三节 剪切与挤压 .....        | 35  |
| 第四节 扭转 .....           | 39  |
| 第五节 弯曲 .....           | 45  |
| 习 题 .....              | 55  |
| 第三章 常用工程材料 .....       | 58  |
| 第一节 概述 .....           | 58  |
| 第二节 钢铁材料 .....         | 62  |
| 第三节 常用钢的热处理 .....      | 73  |
| 第四节 有色金属 .....         | 83  |
| 第五节 非金属材料 .....        | 85  |
| 习 题 .....              | 88  |
| 第四章 极限与配合 .....        | 90  |
| 第一节 概述 .....           | 90  |
| 第二节 极限与配合标准制 .....     | 92  |
| 第三节 形状和位置公差.....       | 102 |
| 第四节 表面粗糙度.....         | 108 |
| 习 题.....               | 112 |
| 第五章 联接.....            | 115 |
| 第一节 螺纹联接.....          | 115 |
| 第二节 键联接和销联接.....       | 122 |



|                         |            |
|-------------------------|------------|
| 第三节 铆接、焊接、胶接和过盈联接·····  | 129        |
| 习 题·····                | 132        |
| <b>第六章 机械传动·····</b>    | <b>134</b> |
| 第一节 带传动·····            | 134        |
| 第二节 链传动·····            | 141        |
| 第三节 齿轮传动·····           | 146        |
| 第四节 蜗杆传动·····           | 166        |
| 第五节 齿轮系·····            | 171        |
| 习 题·····                | 175        |
| <b>第七章 常用机构·····</b>    | <b>178</b> |
| 第一节 平面连杆机构·····         | 178        |
| 第二节 凸轮机构·····           | 185        |
| 第三节 间歇运动机构·····         | 189        |
| 第四节 螺旋机构·····           | 192        |
| 习 题·····                | 194        |
| <b>第八章 标准件·····</b>     | <b>196</b> |
| 第一节 轴·····              | 196        |
| 第二节 轴承·····             | 201        |
| 第三节 弹簧·····             | 210        |
| 第四节 联轴器、离合器、制动器·····    | 213        |
| 第五节 减速器·····            | 220        |
| 习 题·····                | 222        |
| <b>第九章 机构组合与创新·····</b> | <b>223</b> |
| 第一节 概述·····             | 223        |
| 第二节 机构的组合方式·····        | 224        |
| 第三节 机械创新的方法·····        | 230        |
| 习 题·····                | 231        |
| <b>第十章 液压与气动·····</b>   | <b>232</b> |
| 第一节 液压与气动的基本知识·····     | 232        |
| 第二节 液压与气压元件·····        | 237        |
| 第三节 液压与气压基本回路·····      | 264        |
| 第四节 液压与气压系统的应用举例·····   | 273        |
| 习 题·····                | 277        |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 附 录 .....                             | 279 |
| 附录 A 常用单位换算表 .....                    | 279 |
| 附录 B 液压气动图形符号(摘自 GB/T 786.1—93) ..... | 280 |
| 附录 C 孔和轴的基本偏差表 .....                  | 286 |
| 参考文献 .....                            | 290 |

# 第一章 力的平衡规律

## 第一节 概 述

### 一、静力学的基本概念

静力学是研究物体在力系作用下的平衡规律。力系是指作用在物体上的一组力。平衡状态是物体相对地球处于静止或作匀速直线运动。物体处于平衡状态时,作用于该物体上的力系称为平衡力系。

静力学所研究的主要内容之一是建立力系的平衡条件,并借此对物体进行受力分析。静力学建立力系平衡条件的主要方法是力系的简化。所谓力系的简化,就是用简单力系代替复杂力系。当然,这种代替必须在两力系对物体作用效果完全相同的条件下进行。对于同一物体,作用效果相同的两力系彼此称为等效力系。若一个力与一个力系等效,则此力称为该力系的合力。综上所述,静力学研究的主要问题是:

- (1) 力系的简化。
- (2) 建立力系的平衡条件。

静力学研究的对象为刚体。所谓刚体,就是在任何外力作用下,其形状和大小始终保持不变的物体。

### 二、静力学公理

#### 1. 公理一(两力平衡公理)

作用在同一刚体上的两个力,使刚体处于平衡状态的必要与充分条件是:此两力必须等值、反向、共线。

两力平衡公理是刚体受最简单的力系作用时的平衡条件。如一物体仅受两个力作用而

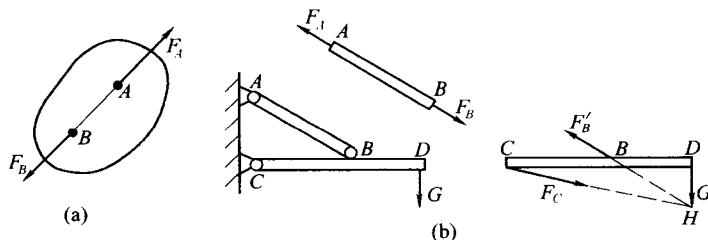


图 1-1 二力件与三力件

平衡,则两个力的作用线必定沿着此两力作用点的连线,如图 1-1a 所示,这类构件常被称为两力构件(二力件)。

## 2. 公理二(加减平衡力系公理)

在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。

推论 1(力的可传性原理)

作用在刚体某一点的力可沿其作用线移到刚体上任一点,而不会改变原力系对刚体的作用效应。

此原理证明如下:

(1) 设力  $F$  作用于刚体上  $A$  点(图 1-2a)。

(2) 在力  $F$  的作用线上任选一点  $B$ ,并在点  $B$  加一组沿  $AB$  线的平衡力  $F_1$  和  $F_2$ ,且使  $F_2 = -F_1 = F$ (图 1-2b)。

(3) 除去  $F$  与  $F_1$  所组成的一对平衡力,刚体上只剩下  $F_2$ ,且  $F_2 = F$ (图 1-2c)。

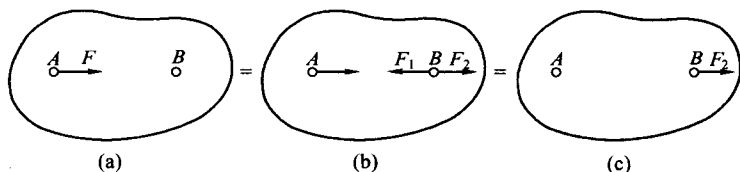


图 1-2 力的可传性原理

## 3. 公理三(力的平行四边形公理)

作用在物体某一点上的两个力的合力也作用于该点,其大小和方向由此两力为邻边所构成的平行四边形的对角线来确定(图 1-3)。其矢量<sup>①</sup>合成为

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

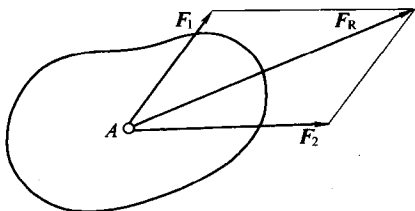


图 1-3 力的平行四边形公理

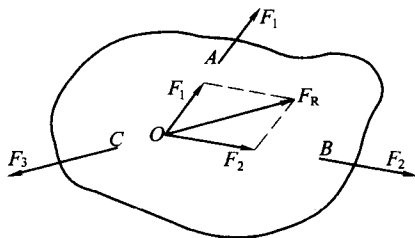


图 1-4 三力平衡汇交定理

推论 2(三力平衡汇交定理)

如刚体受同一平面内互不平行的三力作用而处于平衡状态,则此三力必汇交于一点。

<sup>①</sup> 为体现职业教育特色,便于教学,本书中力、力矩等物理量,除特别指出是矢量时用黑体字母表示外,其余皆用白体字母表示。

证明

(1) 设刚体在  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点分别受共面力  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  的作用(图 1-4)。根据推论 1, 将  $F_1$ 、 $F_2$  沿作用线移至交点  $O$ , 并根据公理三将  $F_1$  与  $F_2$  合成为合力  $F_R$ 。

(2) 现刚体上只作用有  $F_3$  与  $F_R$ , 根据公理一,  $F_3$  与  $F_R$  必在同一直线上, 所以  $F_3$  必通过  $O$  点, 于是  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  均通过  $O$  点。

刚体只受同平面三力作用而处于平衡状态, 称为三力构件。若三个力中已知两个力的交点及第三个力的作用点, 即可判断出第三个力的作用线的方位(图 1-1b)。

#### 4. 公理四(作用与反作用公理)

两个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这两个物体上。

公理四说明, 物体间的作用力总是同时存在, 同时消失。这里应该注意公理一与公理四之间的区别, 前者叙述了作用在同一刚体上的两个力的平衡条件, 后者却是描述了两个物体之间相互作用的关系。

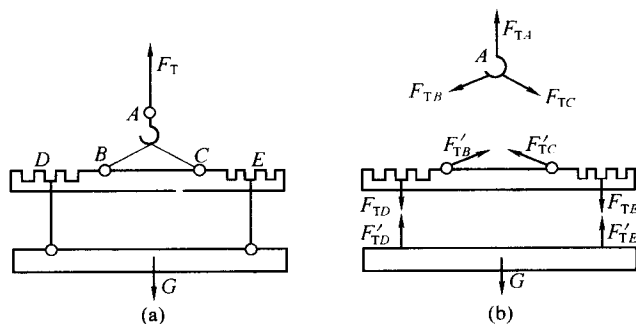
## 第二节 约束与约束反力

一个物体的运动受到周围物体限制时, 这种限制物体运动的周围物体, 称为该物体的约束。约束限制了物体可能产生的某种运动, 因此约束有力作用于物体。这种力称为约束反力(简称约束力)。

约束反力总是作用在被约束物体与约束物体的接触处, 其方向也总是与该约束所能限制的运动或运动趋势的方向相反。据此可确定约束反力的位置及方向。

### 一、柔性约束

由柔索、链条和胶带形成的约束称为柔性约束。柔性约束只能限制物体沿柔索伸长方向的运动, 因此它对物体的约束反力沿柔索的中心线背离被约束物体, 即使物体受拉力, 常用符号  $F_T$  (或  $T$ ) 表示, 如图 1-5 所示。



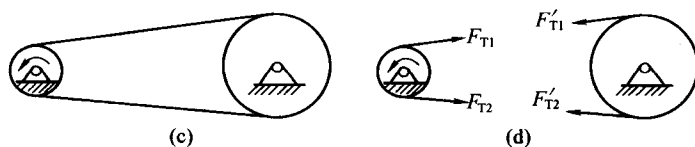


图 1-5 柔性约束

## 二、光滑面约束

当两物体直接接触并可忽略接触处的摩擦时,约束只能限制物体沿接触面的公法线指向约束物体的运动,故约束反力必通过接触点沿接触面的公法线并指向被约束物体,即使物体受压力,通常用符号  $F_N$  (或  $N$ ) 表示,如图 1-6 所示。

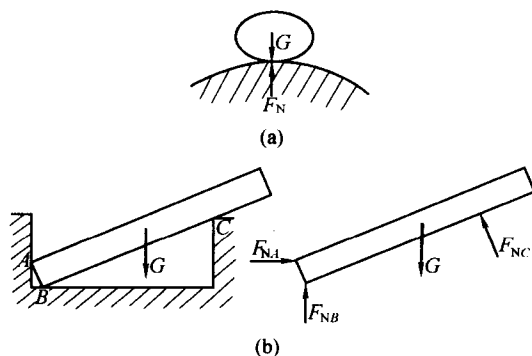


图 1-6 光滑面约束

## 三、铰链约束

两构件采用圆柱销形成的联接为铰链联接。其接触处不计摩擦且只限制两构件相对移动。

### 1. 圆柱形铰链约束

圆柱形铰链是由一圆柱销钉将两个或更多的构件联接在一起所形成的联接,如图 1-7a 所示(也称中间铰链约束)。

这类约束的本质即为光滑面约束,因接触点位置未定,故只能确定铰链的约束反力为一通过圆销中心的大小、方向均未定的力,通常此力用两个大小未知的正交分力  $F_x$ 、 $F_y$  (或  $F'_x$ 、 $F'_y$ ) 表示,如图 1-7c、d 所示。

### 2. 固定铰链支座

在工程实际中,常将支座用螺栓与基础或机架固定,再将构件用销钉与支座联接构成固

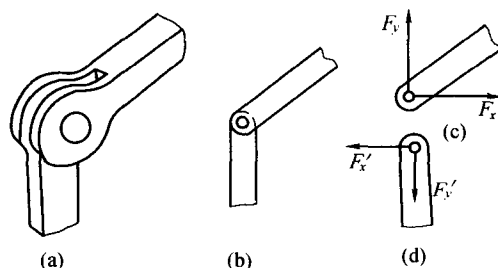


图 1-7 圆柱形(中间)铰链约束

定铰链支座,图 1-8a 所示。

约束反力的表示方法与中间铰链相同,如图 1-8e 所示。

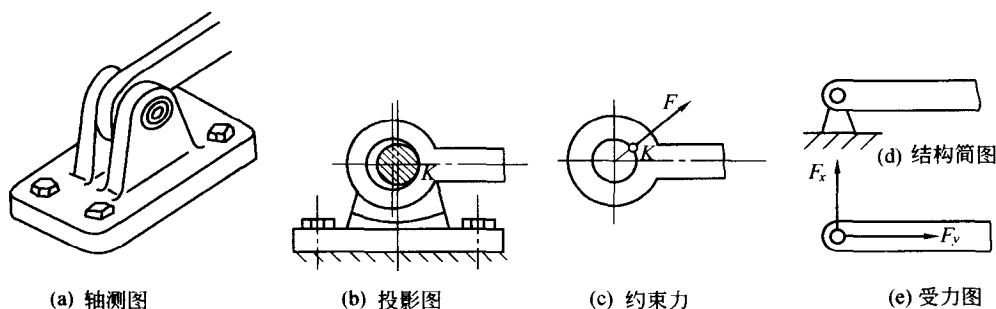


图 1-8 固定铰链支座

### 3. 活动铰链支座

在大型桥梁、屋架等结构中,常常使用一种放置在一个或几个辊子上的铰链支座,这种支座只允许构件沿支承面作微小的移动,而不允许在其垂直方向有运动,称为活动铰链支座,如图 1-9a 所示。

活动铰链支座的约束反力  $F$  的方向必垂直于支承面,且通过铰链中心。如图 1-9c 所示。

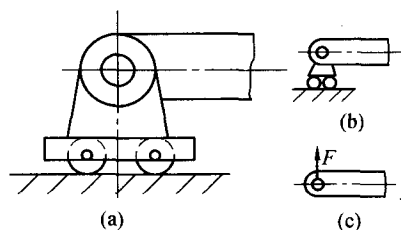


图 1-9 活动铰链支座

## 四、固定端约束

工程中还有一种常见的基本约束,如图 1-10 所示。

建筑物上的阳台、跳水的跳台、壁扇座、埋入地下的电线杆等,都是一端固定不动的。这些对物体的一端固定不动的约束,称固定端约束。

约束反力一般用两正交分力  $F_x$ 、 $F_y$  限制物体的移动,用约束反力偶  $M$  限制物体的转动。

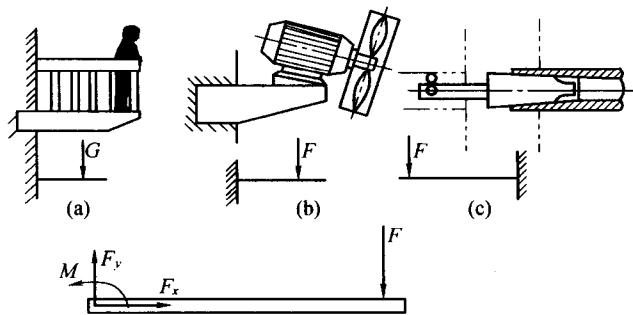


图 1-10 固定端约束

### 第三节 受力分析及受力图

工程中,构件总是承受着各种载荷的作用,并以一定的形式与周围其他构件相互联接。因此,在进行工程设计计算时,必须对构件的受力状态进行分析,以作为设计的依据。

研究物体(或物系)的平衡时,若物体(或物系)和周围物体的约束联系在一起,则约束反力将无法显现,因此必须将约束解除,用约束反力代替原有约束对物体(或物系)的作用。解除约束后的物体(或物系),称为分离体(或研究对象)。

研究对象所受的力可分为外力和内力。研究对象以外的物体作用在研究对象上的力,称为外力;研究对象内部各个物体之间或各个部分之间相互作用的力,称为内力。将研究对象所受的全部外力画在研究对象上,所得到的图形称为受力图。

画受力图的步骤是:

- (1) 确定研究对象(即取分离体);
- (2) 画出研究对象所受的全部主动力(载荷及物体自重等);
- (3) 画出研究对象所受的全部约束反力;
- (4) 校核。

例 1-1 圆球  $O$  重  $G$ ,用绳索  $BC$  系住,放在与水平面成  $\alpha=30^\circ$  角的光滑斜面上,如图 1-11a 所示,画出球  $O$  的受力图。

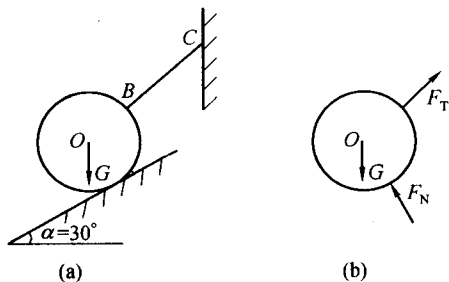


图 1-11 例 1-1 图

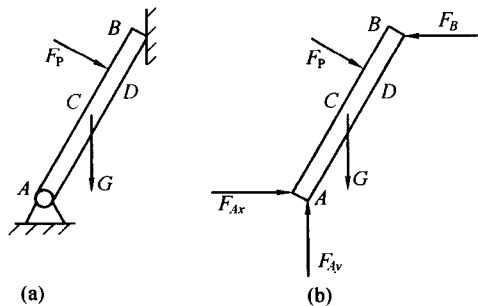


图 1-12 例 1-2 图



解:

(1) 取研究对象 将研究对象圆球  $O$  从系统中分离出来,单独画出它的简图。

(2) 画主动力 研究对象圆球  $O$  受到的主动力为重力  $G$ ,作用在球心上,方向垂直向下。

(3) 画约束反力 绳索  $BC$  的约束反力  $F_T$ ,沿着绳索  $BC$  的中心线,背离球体;光滑斜面的约束反力  $F_N$ ,沿着接触面的法线方向指向球表面。

(4) 校核 圆球  $O$  的受力图如图 1-11b 所示,分离体上所画的力正确、齐全。

例 1-2 匀质杆  $AB$  重  $G$ ,  $A$  端为固定铰链支座,  $B$  端在光滑的垂直墙面上,在  $D$  处受有与杆垂直的  $F_P$  力作用,如图 1-12a 所示,画  $AB$  杆的受力图。

解:

(1) 取研究对象 将研究对象杆  $AB$  从系统中分离出来,单独画出杆  $AB$  的简图。

(2) 画主动力 杆  $AB$  所受的主动力有  $G$  与  $F_P$ 。

(3) 画约束反力  $B$  点为光滑接触面,约束反力  $F_B$  垂直墙面,作用在  $B$  点,指向物体;  $A$  点为光滑固定铰链支座,约束反力方向不定,用  $F_{Ax}$ 、 $F_{Ay}$  两个分力代替。

$AB$  杆的受力图如图 1-12b 所示。

例 1-3 均质水平梁  $AB$  重  $G_1$ ,用斜杆  $CD$  支撑,  $A$ 、 $C$ 、 $D$  三处为光滑固定铰链联接,其上放置一重  $G_2$  的电动机,如图 1-13a 所示。不计杆  $CD$  的自重,试分别画出杆  $CD$  和梁  $AB$  的受力图。

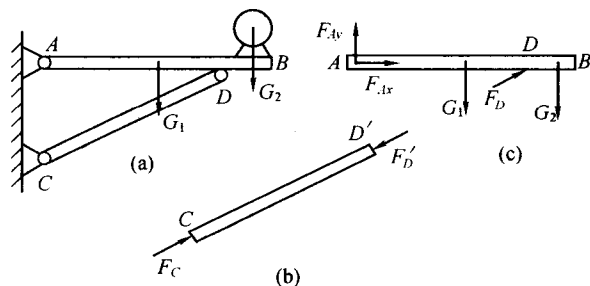


图 1-13 例 1-3 图

解:

(1)  $CD$  杆的受力图 取  $CD$  杆为研究对象,单独画出  $CD$  杆的分离体图。由于  $CD$  杆的自重不计,因此只在杆的两端分别受到铰链的约束反力  $F_C$  和  $F_D'$  的作用。 $CD$  杆的受力图如图 1-13c 所示。

(2) 梁  $AB$  的受力图 取梁  $AB$  为分离体,梁上受有  $G_1$ 、 $G_2$  两个主动力作用,梁在铰链  $D$  处受到二力杆  $CD$  给它的约束反力  $F_D$ 。梁在  $A$  处为固定铰链支座,该处的约束反力可画为  $F_{Ax}$  和  $F_{Ay}$  两个互相垂直的力。梁  $AB$  的受力图如图 1-13b 所示。

例 1-4 图 1-14a 所示的三铰拱,由左、右两个半拱铰接而成。若拱重不计,在  $AC$  半拱上作用有载荷  $F$ ,试分别画出  $AC$  和  $CB$  半拱的受力图。

解:

(1) 先画  $CB$  半拱的受力图 取  $CB$  半拱为分离体,由于  $CB$  自重不计,且只在  $C$ 、 $B$  两