

| 国家骨干高等职业院校系列教材 |

主编 卢雪红

常用机构与零件设计



项目四 减速器轴系零部件结构分析与设计

项目一 构件静力学与基本变形分析

项目五 零件极限与配合选用

项目二 常用平面机构结构分析与设计

项目三 常用机械传动结构分析与设计



煤炭工业出版社

国家骨干高等职业院校系列教材

常用机构与零件设计

主编 卢雪红

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

常用机构与零件设计/卢雪红主编. --北京:煤炭工业出版社, 2014

国家骨干高等职业院校系列教材

ISBN 978-7-5020-4485-5

I. ①常… II. ①卢… III. ①机械元件—机械设计—高等职业教育—教材 IV. ①TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 066384 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
北京玥实印刷有限公司 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 1092mm¹/16 印张 21

字数 510 千字

2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

社内编号 7317 定价 48.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

内 容 提 要

本教材主要包括构件静力学与基本变形分析、常用平面机构结构分析与设计、常用机械传动结构分析与设计、减速器轴系零部件结构分析与设计、零件极限与配合选用。

本教材适用于高等职业院校机械类专业、近机械类相关专业使用。

前 言

《常用机构与零件设计》主要介绍常用机构及通用零部件的工作原理、结构特点、基本设计理论、设计计算方法和选用原则等。通过对该课程的学习,使学生能够分析常用机械设备传动原理及结构组成,并在初步设计常用机构及机械传动的基础上,建立初步的工程设备设计概念,并通过一些实训项目的有机结合,做到理论联系实际,提高学生分析和解决实际问题的能力,为将来从事机械设备的使用、维护、保养、开发等奠定基础,同时为后续专业技能课程的学习打下坚实的基础。

本课程是兰州资源环境职业技术学院国家骨干院校建设重点专业——矿山机电及相关专业的一门非常重要的专业技术基础课程。本书在编写过程中,为突出职业能力培养,体现基于职业岗位和具体工作过程的课程设计理念,全书内容以项目为导向,采取任务驱动的模式,以真实的工作任务或设备组成部分为载体组织课程教学内容;内容编排上打破了传统学科式教学内容的编排顺序,以构件的静力分析和基本变形为切入点,通过对构件的设计,循序渐进地过渡到对常用机构、机械传动以及零部件的设计与选用,进一步对零件提出公差与配合等技术要求,形成了一个完整的设计思想。该课程结合了当前高职学生的特点,内容以“够用”为度,便于学生学习与应用。

本书由兰州资源环境职业技术学院机电工程系卢雪红任主编,朱林、张萍、郭婧任副主编,何冬花、祁贤业、车明浪参与编写。其中,绪论,项目一任务一、任务六,项目二任务三,项目五任务一由卢雪红编写;项目一任务三、任务四由朱林编写;项目五任务三由张萍编写;项目一任务二由郭婧编写;项目一任务五,项目三任务一、任务三,项目四任务二由何冬花编写;项目二任务一、任务二、任务四,项目三任务二由祁贤业编写;项目三任务四、任务五,项目四任务一,项目五任务二和附录由车明浪编写。兰州资源环境职业技术学院高峰教授和窑街煤电集团公司陈重仪高级工程师任主审。

本书在编写过程中得到了兰州资源环境职业技术学院相关部门及窑街煤

电集团有限公司技术人员的大力帮助，在此表示诚挚谢意。因编者水平有限，书中错误与缺憾诚请读者批评指正。

编者

2014年3月

目 次

绪论	1
项目一 构件静力学与基本变形分析	5
任务一 构件受力图绘制	5
任务二 构件平衡计算	11
任务三 杆件轴向拉伸与压缩分析	24
任务四 联接件剪切与挤压分析	34
任务五 圆轴扭转分析	40
任务六 梁平面弯曲分析	48
项目二 常用平面机构结构分析与设计	62
任务一 平面机构运动简图绘制与自由度计算	62
任务二 平面连杆机构结构分析与设计	73
任务三 凸轮机构结构分析与设计	86
任务四 间歇运动机构结构分析	99
项目三 常用机械传动结构分析与设计	106
任务一 带传动结构分析与设计	106
任务二 齿轮传动结构分析与设计	132
任务三 蜗杆传动结构分析与设计	174
任务四 螺纹连接和螺旋传动结构分析与设计	186
任务五 齿轮系组成分析与传动比计算	203
项目四 减速器轴系零部件结构分析与设计	215
任务一 减速器轴系零部件结构分析	215
任务二 减速器轴系零部件设计与选用	236
项目五 零件极限与配合选用	266
任务一 圆柱体结合的公差与配合确定及标注	266
任务二 零件几何公差选用与标注	288
任务三 零件表面粗糙度的评定与标注	310
附录	322
参考文献	327

绪 论

工作任务

【任务概述】

本课程在以构件静力分析和基本变形为切入点,在研究如何保证构件经济、安全的理论基础,研究常用机构及通用零部件的工作原理、结构特点、基本设计理论、设计计算方法和选用原则。并在设计的基础上,进一步对零件提出公差与配合等技术要求,形成了一个完整的设计思想。全书以项目为导向,采取任务驱动的模式,以真实的工作任务或设备组成部分为载体组织课程教学内容,在学中做、做中学,激发学生学习兴趣,实现“理实一体化”,提高学生的职业技能和职业素质。

【任务要求】

知识要求:

1. 掌握作用在刚体上的力系的平衡条件。
2. 掌握构件的强度、刚度计算方法,并能解决实际问题。
3. 掌握公差与配合知识在零件(部件)的设计、制造、使用 and 维修过程中作用。
4. 了解常用机构的工作原理、运动特性及机械设计的基本理论和方法。
5. 培养学生初步具有运用标准手册查阅相关技术资料的能力,具有通用零件的参数选择和简单机械传动装置的设计计算能力。

6. 得到本学科实验技能的初步训练,培养一定的创新能力。

7. 能正确绘制常用零件的零件图,简单机械产品的装配图。

能力要求:

1. 具有一些常用机构和零部件的使用与维修能力。
2. 具有分析和设计常用机构和典型零部件的能力。
3. 具有通用零部件选用和简单工程设备的拆装能力。

态度要求:

1. 激发学生的学习兴趣和,培养独立思考、乐于观察,发现新事物的能力。
2. 培养学生的动手能力和创新意识。
3. 培养自学或协同学习的能力,享受学习的乐趣。
4. 能从多渠道查看、收集、了解机械发展的前沿。
5. 提高分析、判断、决策、计划、评价能力。

相关知识

一、机械的作用

机械是机器和机构的总称。使用机械可以实现大批量生产,对生产进行严格分工和科学管理;使用机械可以实现产品的标准化、系列化、通用化。因此,机械行业发展水平也是衡量一个国家技术水平和现代化程度的重要标志之一。大量的新机械产品已经从传统的纯机械系统演变成机、电、液、气一体化的机械设备。机械产品的设计、制造进入了智能化的新阶段,其设计制造周期越来越短,对性能、质量的要求也越来越高,个性化要求越来越多,机械产品向着高速、精密、重载、智能等方面发展。

二、机器的组成及特征

1. 机器的组成

机械的种类繁多,性能、用途各异。在人们的生产和生活中广泛地使用着各种类型的机器。常见的如内燃机、机床、汽车、火车、发电机、洗衣机、计算机等。如图 0-1 所示为颚式破碎机,其主体由机架 1、偏心轴 2、动颚 3 和肘板 4 等组成。偏心轴与带轮 5 固定连接,当电动机驱动带轮运转时,偏心轴 2 则绕轴 A 转动,使动颚 3 作平面运动,轧碎动颚 3 与定颚 6 之间的矿石,从而作有用的机械功。

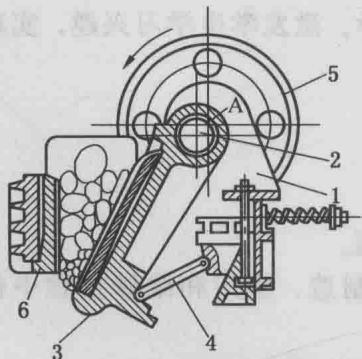


图 0-1 颚式破碎机

一台完整的机器一般由原动部分、执行部分、传动部分和控制部分 4 部分组成。

- (1) 原动部分为机器动力的来源,应用最多的是电动机。
- (2) 执行部分是直接完成生产任务的部分,其结构形式取决于机器本身的用途。
- (3) 传动部分是将原动部分的运动和动力传到执行部分的中间环节。
- (4) 控制部分是完成各种功能的操纵控制系统。

机器是执行机械运动的装置,用以变换或传递能量、物料与信息。按照功能不同,机器可分为动力机器、加工机器、运输机器和信息机器。

2. 机器的特征

- (1) 都是人为的实物组合。
- (2) 组成机器的各实物之间具有确定的相对运动。
- (3) 能实现能量转换或完成有用的机械功。

三、机构

机构是用以传递和变换运动的具有约束的物体系统,由此可知机构只有机器的前两个特征,若仅从结构和运动观点来看机器与机构二者之间并无区别。

最简单的机器只包含一个机构,如电动机。多数机器包含若干个机构,如内燃机就包含曲柄滑块机构、凸轮机构和齿轮机构等多个机构。

四、零件、部件和构件

零件是制造单元,是机器的基本组成要素。零件可分为通用零件和专用零件两类。

(1) 通用零件是在各种机械中普遍采用的零件,如螺钉、齿轮等。

(2) 专用零件只出现在特殊机械中,如汽轮机叶片、内燃机活塞等。

组成机构的各个相对运动部分称为构件。构件作为运动单元,它可以是单一的整体,也可以是由几个最基本的实物组成的刚性结构。如图 0-2a 所示的连杆是构件,其由图 0-2b 所示的 8 个零件所组成。

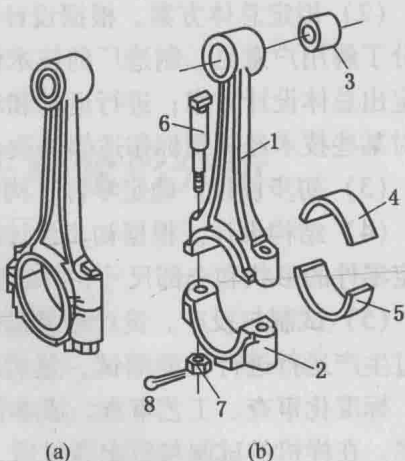


图 0-2 构件与零件的关系

机构有多种形式,其中常用的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇机构等。

此外,常把由一些协同工作且完成共同任务的零件组合称为部件,如减速器、轴承和联轴器等。

五、机械产品设计的基本要求及一般程序

(一) 基本要求

机械设计的目的是为了满足不同社会生产和生活需求,在设计中应合理确定机械系统功能,增强可靠性,提高经济性,确保安全性。机械产品设计应满足以下几方面的基本要求:

(1) 预定的功能要求。机器应能实现预定功能,并在规定的工作条件下、工作期限内正常运转。为此,必须正确选择机器的工作原理、机构的类型和机械传动方案,合理设计零件,满足强度、刚度、耐磨性等方面的要求。

(2) 满足可靠性要求。机械产品的可靠性是由组成机械的零部件的可靠性保证的。零部件的可靠性直接关系到系统的可靠性。机械系统的零部件越多,其可靠度越低。为此,要尽量减少机械系统的零件数目,对系统可靠性有关键影响的零件必须保证其必要的可靠性。

(3) 符合经济性要求。符合经济性要求设计的机械产品应先进、功能强、生产效率高、成本低、使用维护方便,在产品寿命周期内用最低的成本实现产品的预定功能。

(4) 确保安全性要求。要能保证操作者的安全和机械设备的安全,以及保证设备对周围环境无危害,要设置过载保护和安全互锁等装置。

(5) 推行标准化要求。机械产品规格、参数符合国家标准,零部件应最大限度地与同类产品互换通用,产品应成系列发展,推行标准化、系列化、通用化,提高标准化程度和水平。

(二) 机械产品设计的一般程序

(1) 制定设计任务书。根据用户的需要和要求,确定机器的功能范围和工作指标,研究实现的可能性,确定设计课题,制定设计任务书。

(2) 拟定总体方案。根据设计任务, 调查现有同类型机器的设计、生产、使用情况, 充分了解用户意见、制造厂的技术设备及工艺能力等, 在此基础上确定机器的工作原理, 拟定出总体设计方案; 进行运动和动力分析, 从工作原理上论证设计任务的可行性, 必要时对某些技术经济指标作适当修改, 然后绘制机构简图。

(3) 初步设计。确定零件、构件和机构的主要参数和尺寸, 并绘制必要的草图。

(4) 结构设计。根据初步设计结果充分考虑满足零件要求的工作能力及结构工艺性, 确定零件的形状和全部尺寸, 并绘制零件工作图, 编制各种技术文件和说明书。

(5) 试制与投产。设计结果是否满足要求, 需要经过试制和鉴定。样机制成后, 可通过生产运行进行性能测试, 然后组织鉴定, 进行全面的技术经济评价。如动力特性审查、标准化审查、工艺审查、成本预测等。同时对设计可进行适当修改, 以继续完善设计方案。在样机的试制与鉴定通过后, 就可将产品正式投产。

项目一 构件静力学与基本变形分析

任务一 构件受力图绘制

工作任务

【任务概述】

工程当中的构件或构件系统在传递力时必须承受载荷,如图1-1所示。确定构件的承载能力必须对构件进行力学分析。本学习任务主要是在静力学基础上,对工程构件进行力学分析,绘制其受力分析图,为进一步确定构件的平衡和承载能力奠定基础。

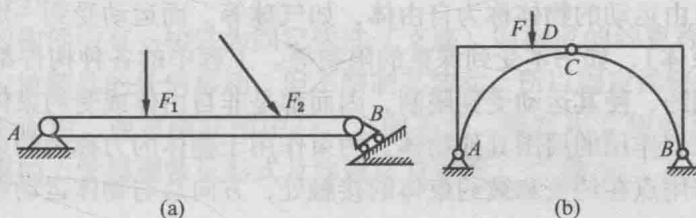


图1-1 工程中承受载荷的构件或构件系统

【任务要求】

知识要求:

1. 掌握各种常见约束的力学性质。
2. 掌握构件的受力分析方法。

能力要求:

1. 能分析构件之间约束的性能。
2. 能对构件进行受力分析。

态度要求:

1. 能主动学习,在完成任务过程中发现问题、分析问题和解决问题。
2. 能与小组成员协作、交流、配合完成本学习任务。

相关知识

力是物体之间相互的机械作用,其作用效果(也称效应)是使物体运动状态发生改变和物体发生变形,即运动效应(又称外效应)和变形效应(又称内效应)。静力学研究

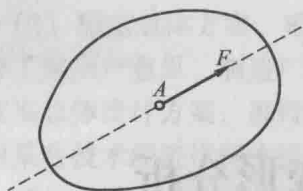


图 1-2 力的表示

力的外效应，材料力学研究力的内效应。

实践表明，力对物体的作用效应取决于力的三要素，即力的大小、方向和作用点，若改变任一要素，力对物体的作用效应也随之改变（图 1-2）。

刚体是在任何力的作用下，其大小和形状都保持不变的物体。显然刚体是一个抽象化的力学模型。在实践中，任何物体在力的作用下或多或少都会发生不同程度的变形，当物体变形不大或变形不影响所研究问题的实质时，均可视为刚体。静力学中，物体的变形对其平衡影响很小，从而可以忽略不计，则静力学的研究对象是刚体。

在一般工程问题中，平衡是指物体相对于地面（或机架）保持静止或作匀速直线运动状态。物体的平衡是相对的，物体也不是在任何力系的作用下都能处于平衡状态，只有该作用力系满足一定条件时才能处于平衡状态。

研究物体在力作用下的平衡条件，就需要对研究对象进行受力分析，其中周围物体对它的作用力的情况较为复杂。

一、约束类型与约束反力

在空间可以自由运动的物体称为自由体，如气球等。而运动受到一定限制的物体称为非自由体（受约束体），如书本受到课桌的限制等。工程中的各种构件都与它周围的构件互相联系，互相制约，使其运动受到限制，因而都是非自由体或受约束体。所谓约束就是对物体的运动起限制作用的周围其他物体。约束作用于物体的力称为约束反力，简称约束力。约束反力的作用点在约束和被约束体的接触处，方向总与物体运动或运动趋势的方向相反。

在工程中常见的约束，按其特点不同有柔体约束、光滑面约束和光滑圆柱铰链约束三种基本类型。

1. 柔体约束

由绳索、链条、皮带等柔性体形成的约束称为柔体约束。这种约束的特点是，只限制物体沿柔性体的中心线离开柔体的运动，承受拉力而不承受压力，因此约束反力沿柔性体的中心线背离物体，如图 1-3 所示。

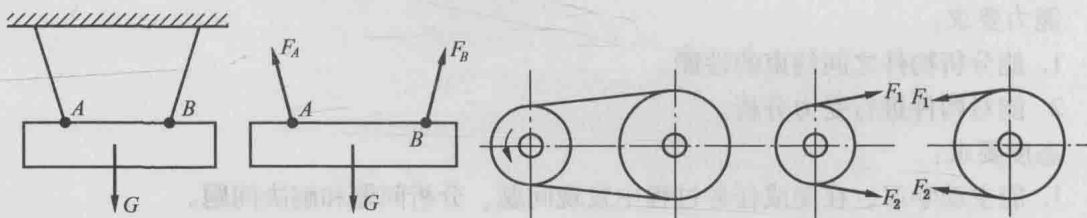


图 1-3 柔体约束

2. 光滑面约束

当两物体直接接触，并忽略接触处摩擦时，则可认为接触面是光滑的，由光滑面所形成的约束称为光滑面约束。与柔体约束相反，此类约束不限制物体沿接触面的切线方向运

动, 只能限制物体沿接触面公法线并指向支承面的运动。因此光滑面约束的约束反力作用在接触点, 方向沿着接触面的公法线而指向被约束的物体, 通常称为法向约束反力。常见的光滑面约束形式如图 1-4 所示。

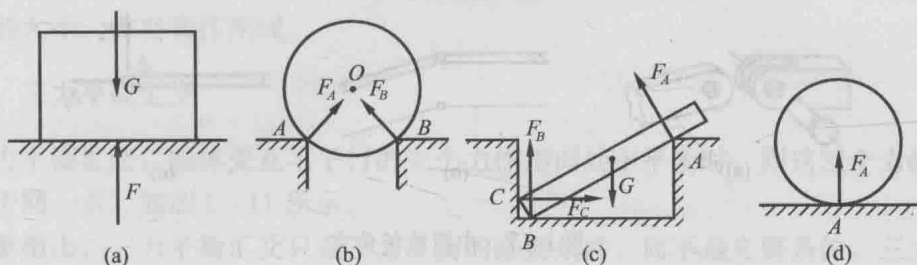


图 1-4 光滑面约束

3. 光滑圆柱铰链约束

两个带有圆孔的物体, 用光滑圆柱相连接而形成的约束称为光滑圆柱铰链约束。光滑圆柱铰链约束可分为固定铰链约束、活动铰链约束和中间铰链约束 3 种。

1) 固定铰链约束

当铰链连接的构件中有一构件为固定构件(支座)时构成的约束称为固定铰链约束, 它限制构件在固定铰链处的任何移动, 但不限制其转动。所以固定铰链约束的反力在垂直于圆柱销轴线的平面内, 通过圆柱销中心, 方向不定, 通常用互相垂直的两个分力来表示。固定铰链约束的力学模型常见形式及约束反力如图 1-5 所示。

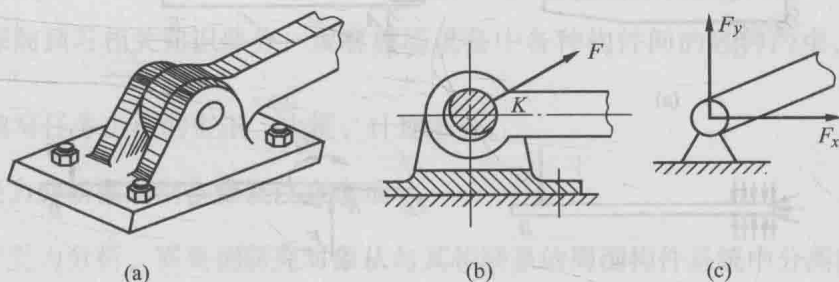


图 1-5 固定铰链约束

2) 活动铰链约束

如果在固定铰链支座的座体与支承面之间加圆形滚子, 支座可以沿支承面左右方向移动而不受限制, 这种约束称为活动铰链约束(或称活动铰链支座), 如图 1-6a 所示。它的特点是不限制支承面切线方向的运动, 只限制支承面上法线方向的运动, 因此活动铰链的约束反力是一个垂直于支承面, 通过销钉或销轴中心的力, 如图 1-6b 所示。

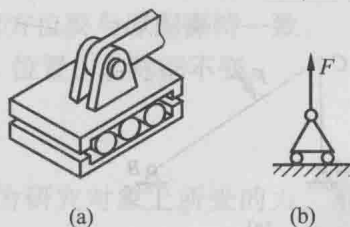


图 1-6 活动铰链约束

3) 中间铰链约束

当铰链连接的两构件均为活动构件时构成的约束为中间铰链, 中间铰链约束的力学模型常见形式及约束反力如图 1-7 所示。

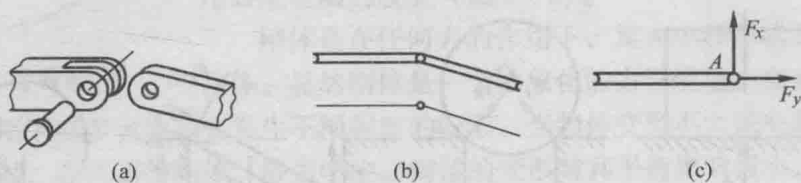


图 1-7 中间铰链约束

4. 固定端约束

构件的一端固嵌于另一构件时形成的约束称为固定端约束, 如图 1-8a、图 1-8b 所示。这种约束的特点是, 既限制构件在约束处沿任何方向的移动, 也限制构件在约束处的转动。其约束反力比较复杂, 如图 1-8c 所示。在平面问题中, 将固定端约束简化为约束处 A 点一反力 F_A 和一个约束反力偶 M_A , 因 F_A 的方向尚不能确定, 通常用两个正交分解的分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 表示, 如图 1-8d 所示。

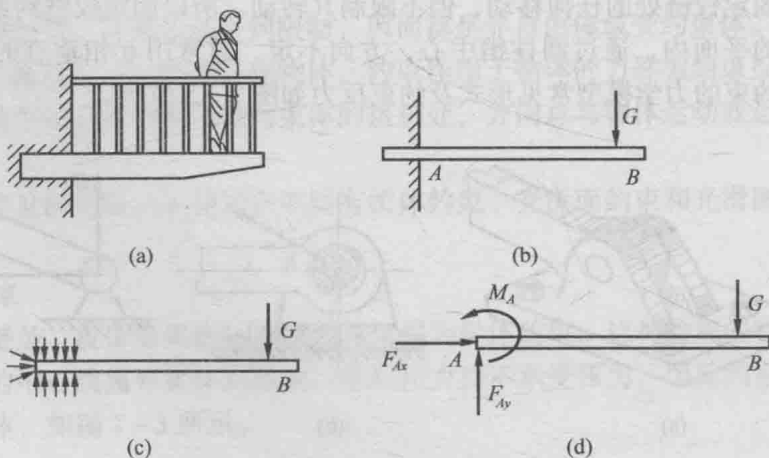


图 1-8 固定端约束

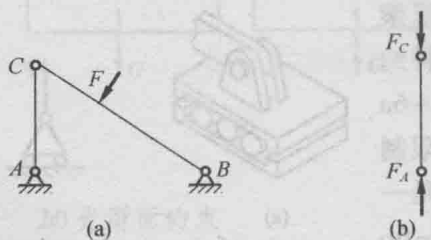


图 1-9 二力构件

二、二力构件

仅受两个力作用且处于平衡状态的构件称为二力构件。图 1-9a 所示的三铰架中 AC 就是二力构件, 它所受的力满足二力平衡条件, 即两力作用线必沿 A、C 两点的连线, 且等值、反向。二力构件的受力与形状无关。

三、力的可传性

如图 1-10 所示,作用在刚体上某点的力,可沿其作用线移至刚体上任意一点而不改变该力对刚体的作用效果,这种性质称为力的可传性。由力的可传性得出:力的三要素可变为力的大小、方向和作用线。

四、三力平衡汇交

三力平衡汇交:刚体受互不平行的三个力作用而处于平衡时,则这三个力的作用线必定汇交于同一点,如图 1-11 所示。

需要指出,三力平衡汇交只是三力平衡的必要条件,而不是充要条件。三力平衡时作用线一定汇交,但三个作用线交于一点的力不一定平衡。

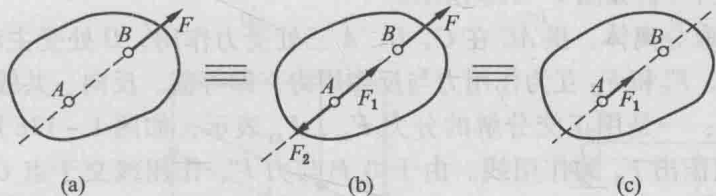


图 1-10 力的可传性

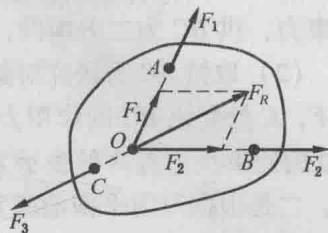


图 1-11 三力平衡汇交

任务实施

一、工作准备

- (1) 课前预习相关知识部分,观察现场设备中各种构件间的各种约束,分析其约束反力特点。
- (2) 填写任务工单的资讯、决策、计划部分。

二、受力分析图绘制步骤及注意事项

为便于受力分析,需要把研究对象从与其相联系的周围构件系统中分离出来,这种分离出来的研究对象称为分离体。在分离体上画出该物体所受全部主动力和约束反力的图形称为受力图。

1. 受力分析图绘制步骤

- (1) 根据题意,确定研究对象,画出分离体。研究对象根据需要可以选单个物体,也可选整体或几个物体组成的物系。分离体的大小、形状及方位要与原图保持一致。
- (2) 画出作用在研究对象上的主动力。主动力的尺寸、位置、名称都不变。
- (3) 画出全部的约束反力。

2. 注意事项

- (1) 分清施力构件和受力构件,受力图上所画的力均为研究对象上所受的力,不得画该分离体对其他物体的反作用力。
- (2) 若分离体与二力杆相连,应先画二力杆的受力图。

三、实例分析

【实例 1】如图 1-12a 所示的 AB 梁，若自重不计，分别作用有 F_1 、 F_2 ，试画出 AB 梁的受力图。

解 (1) 取 AB 梁为研究对象，取分离体。

(2) 画出其主动力。将主动力 F_1 、 F_2 按原方向、原位置画出。

(3) 画出约束反力。 A 点为固定铰链约束，用 F_{Ax} 、 F_{Ay} 两个相互垂直的分力表示， B 点为活动铰链约束，只受一个力 F_B ，受力图 1-12b 所示。

【实例 2】如图 1-13a 所示的三铰拱桥 ABC ，由 AC 和 CB 两部分组成，不计自重，在点 D 作用有载荷 F ，试分别画出拱 AC 、 BC 的受力图。

解 (1) 取拱 BC 为研究对象，取分离体。由于不计自重，拱 BC 仅在两端受铰链的约束力，拱 BC 为二力构件，受力分析如图 1-13b 所示。

(2) 取拱 AC 为研究对象，取分离体。拱 AC 在 C 、 D 、 A 三处受力作用， D 处受主动力 F ， C 处受拱 BC 的作用力 F'_C ， F'_C 和 F_C 互为作用力与反作用力，即等值、反向、共线。 A 处的约束反力有两种表示方法：一是用正交分解的分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 表示，如图 1-13c 所示，二是根据三力平衡汇交定理作出 F_A 的作用线。由于力 F 与力 F'_C 作用线交于点 O ， F_A 的作用线必沿 A 、 O 两点的连线，如图 1-13d 所示。

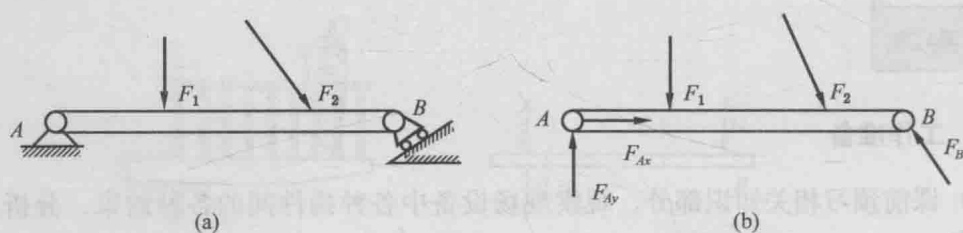


图 1-12 实例 1

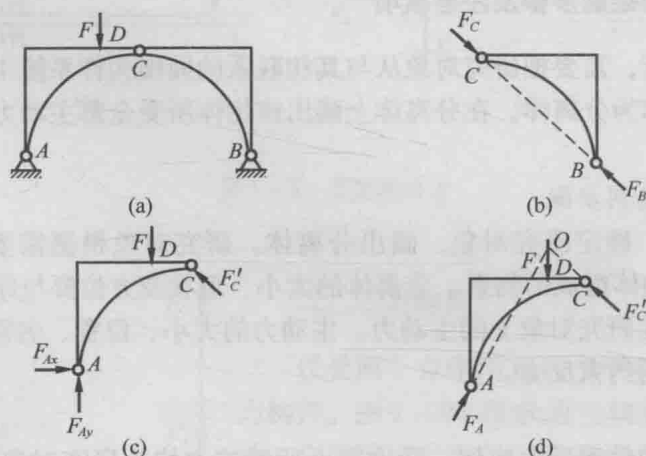


图 1-13 实例 2