

南 京 工 程 学 院
备 课 笔 记

工程力学 AI

教材：《理论力学》（第 2 版）

王永廉 主编 机工版

穆 春 燕

材料工程学院 力学教研室

绪 论

1. 课程简介

1) 课程性质及意义

专业基础课（后续课程的基础）

2) 课程主要内容

三部分

静力学：主要研究作用于物体的平衡条件。

运动学：从几何角度研究物体运动的几何性质（轨迹、速度、加速度……）

而不研究引起运动的原因

动力学：研究物体运动规律与作用力之间的关系

2. 课程特点及注意事项

研究物体机械运动一般规律的科学。

研究对象：物体---在力的作用下其内部任意两点间的距离始终保持不变----刚体。

3. 课程安排

静力学：材料力学的基础 (§1, §2, §3, §4, §5, §6)
运动学 (§7, §8, §9, §10)
动力学：机械原理的基础 (§13, §15)

静力学

主要内容：

1) 物体的受力分析（举个简例）

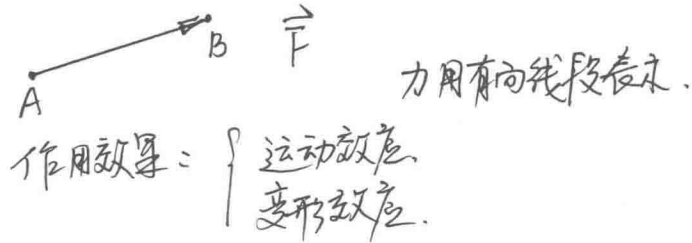
2) 力系的简化与合成（解释有关术语）

力

力是物体间相互的机械作用，这种作用使物体的机械运动状态发生变化。

表征：力的三要素 F
“大小、方向、作用点”
力系

作用于物体上的一群力。



3) 求解平衡问题 (解释有关术语)

平衡：静力学中平衡为“静止”。

物体相对于惯性参考系保持静止或做匀速直线运动。

第一章 静力学公理和物体的受力分析

§ 1-1 静力学公理

一. 二力平衡公理

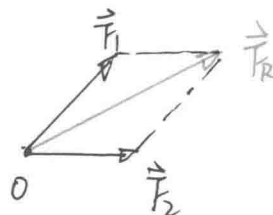


作用于刚体上二力平衡的充要条件为二力大小相等、方向相反、作用线相同。 $\vec{F}_A = -\vec{F}_B$

说明：二力构件——只受二力作用而平衡的构件。(举例说明)

二. 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的任一力系上加上或减去任一平衡力系都不会改变原力系对刚体的效应。(作图示意解释)



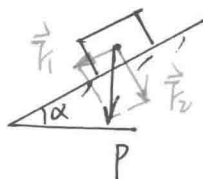
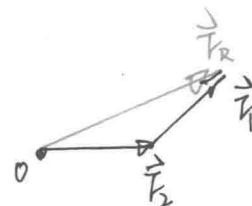
三. 力的平行四边形法则

(作图示意，简要回忆)

说明：1) 用于共点二力的合成；

2) 等效于三角形法则 (作图示意，解释说明)；

3) 可用于力的分解，常用正交分解



四. 作用力与反作用力定律

(简要回忆) $\vec{F} = -\vec{F}'$

五. 基于静力学公理的两个推论

1) 力的可传性

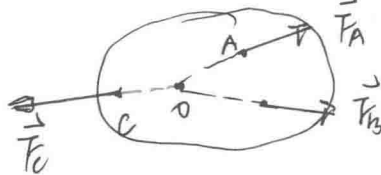


作用于刚体上某点的力, 可以沿着它的作用线移到刚体内任意一点, 并不改变

2) 三力平衡定理

作用于刚体上三力平衡, 其中两力相交于一点, 则第三力必相交于同一点, 且三力共面。(解释并证明之)

(举一简例说明应用)



§ 1-2 约束与约束反力

(先解释自由体、非自由体的概念)

约束: 限制非自由体运动的装置; 限制非自由体在某方向上的位移,

约束反力: 约束作用在被约束物体上限制其运动的力 (属被动力, 解释一下)

工程中的常见约束可分为四大类 (前两类约束为学生熟悉, 简介即可) ——

一. 柔性约束 (柔索): 单向约束 (方向是确定的).

约束反力: 拉力, 方向沿着绳索背离物体



二. 光滑接触面约束: 只能产生压力.

约束反力: 法向反力 (支持力) 方向沿接触表面的公法线, 并指向受力物体

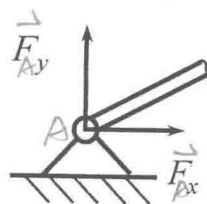


三. 光滑铰链约束

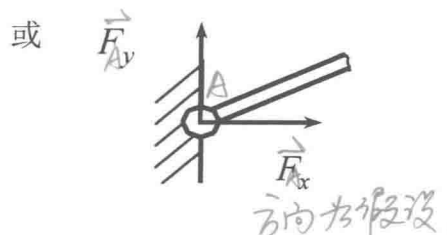
特性: 只能限制相对移动, 不能限制相对转动 (举些实例, 教本 P10~13)

光滑铰链又可分为 3 种——

1) 固定铰链



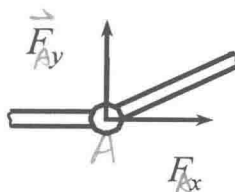
简图:



约束反力: 方向一般无法确定, 常用正交分量表达 (解释平面与空间情况)

2) 中间铰链

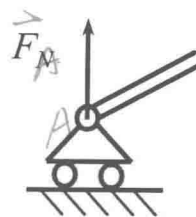
简图:



约束反力: 方向一般无法确定, 常用正交分量表达 方向为假设.

3) 可动铰链 (活动铰支座)

简图:

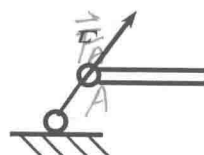


约束反力: 法向反力 (注意到可动铰链不能限制切向移动) 方向为假设.

四. 链杆约束

链杆: 仅在两端通过铰链与其它物体联结的杆件, 可视为约束装置。

简图: 可视为简单的二力杆.

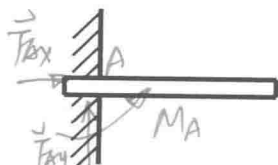


约束反力: 沿着链杆的轴线方向

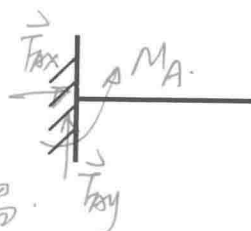
五. 固定端约束

特性: 限制被约束物体的所有运动

简图:



或



约束反力: (以后介绍): 一对正交分力, 再加一个力偶.

§ 1-3 物体的受力和受力图

(结合实例说明受力分析的一般步骤, 然后交代注意点)

一. 受力分析的一般步骤:

- 来;
- 1) 确定研究对象;
 - 2) 取分离体: 解除研究对象所受的全部约束, 将其从周围物体中分离出来;
 - 3) 作受力图。

二. 作受力图的注意点:

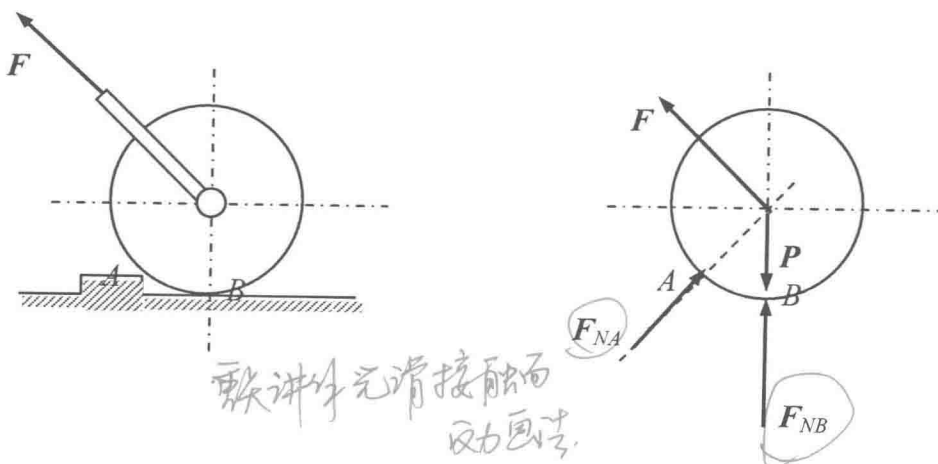
- 1) 要取分离体;
- 2) 判别二力杆; 可能受力图
- 3) 正确表达作用力与反作用力之间的关系;
- 4) 正确判断约束类型, 正确表达约束反力

[例 1] 用力 F 拉动碾子来压路面, 重 P 的碾子受到石块的阻碍。要求画出碾子的受力图。

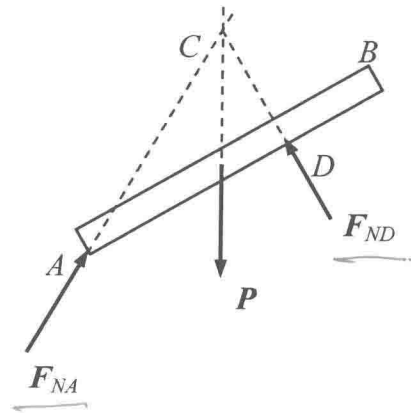
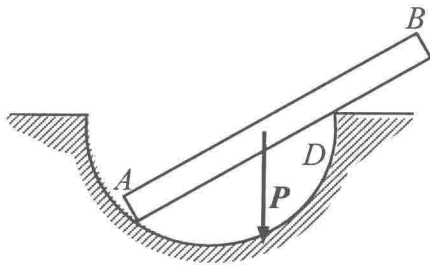
解: 1、取碾子为研究对象

2、画主动力 (P 、 F)

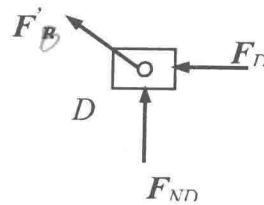
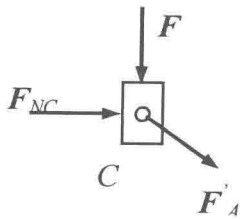
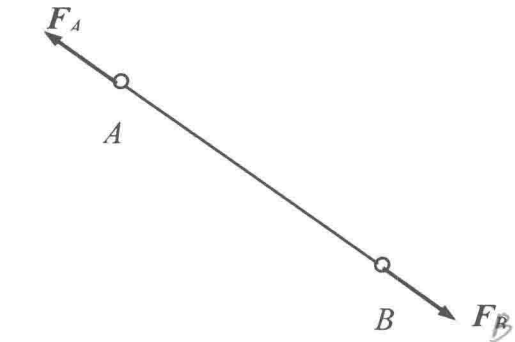
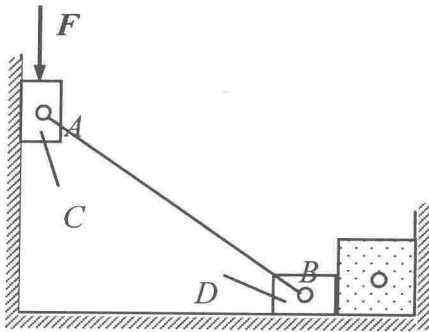
3、画约束反力。(不计摩擦: F_{NA} 、 F_{NB})



[例 2] 讲光滑接触面画法!



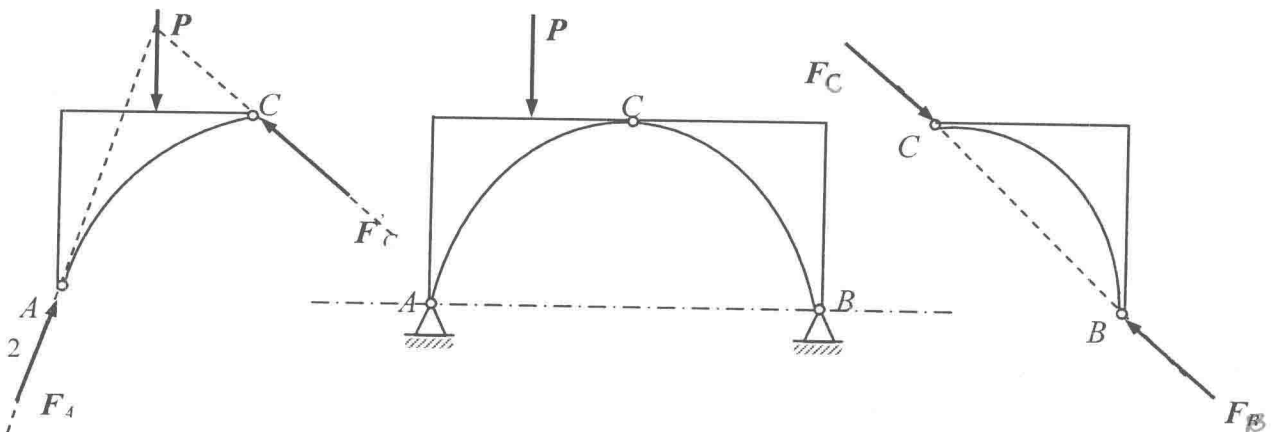
[例 3]



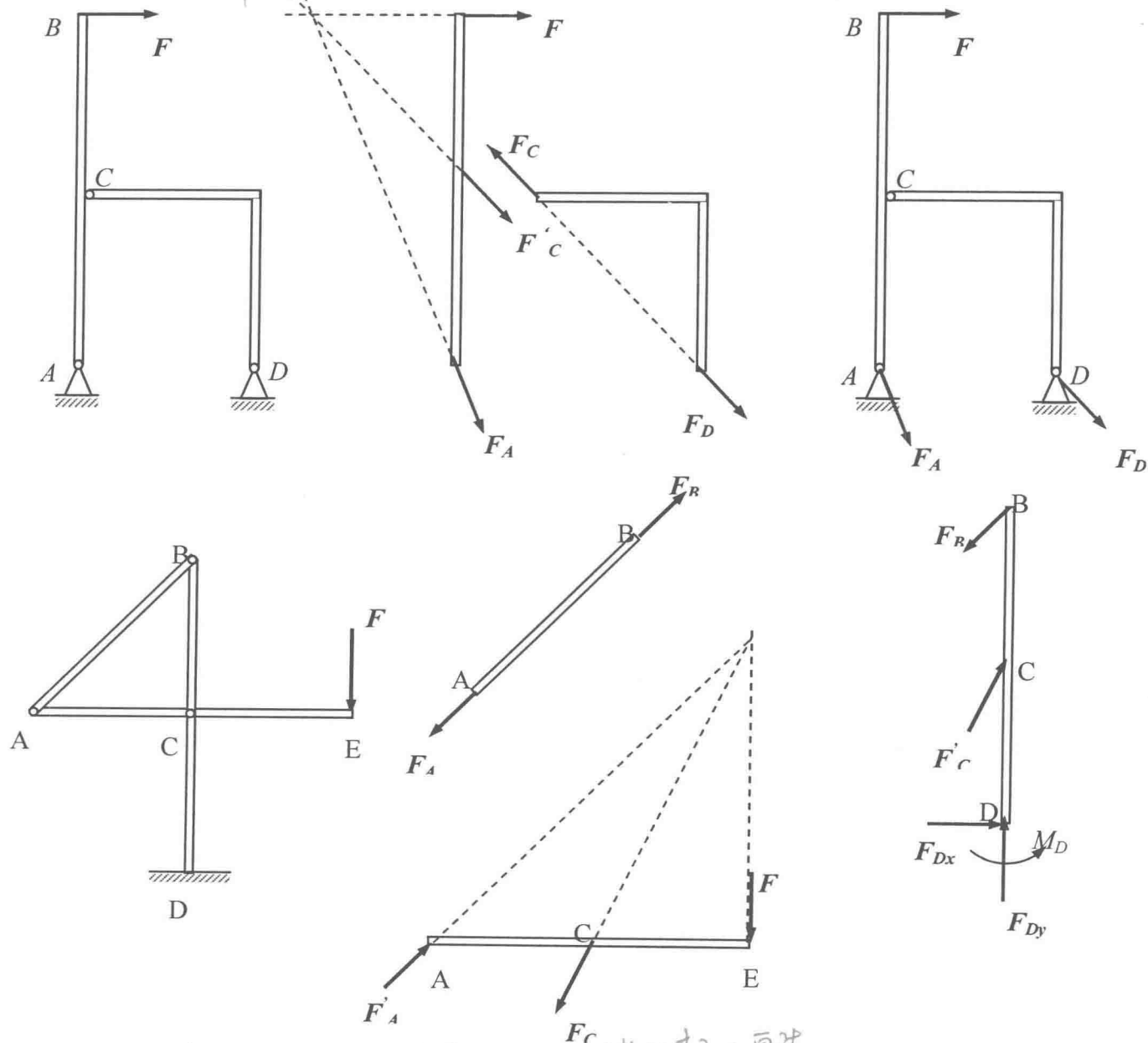
讲二力杆及光滑接触面

作用力及反作用力关系

[例 4] 如图所示的三铰拱桥，由左、右两拱铰接而成。设各拱自重不计，在拱 AC 上作用有载荷。
(指定二力杆、三力平衡及反作用应用)



[例 5] 讨论二力杆及三力平衡的应用



[例 6] 二力杆、三力平衡的应用 固定端的反力画法

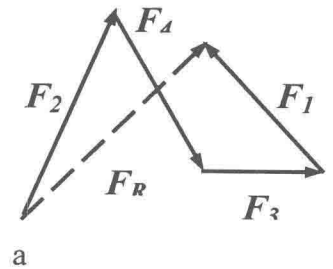
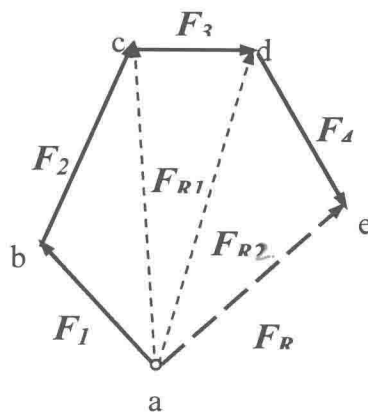
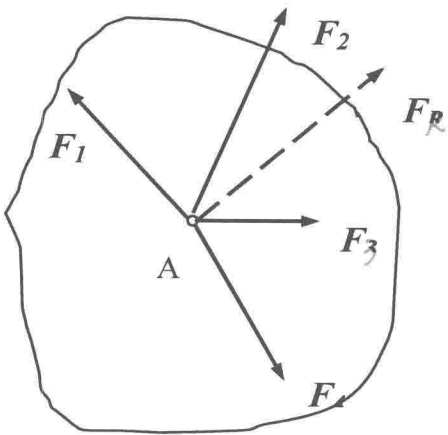
第二章 平面汇交力系与平面力偶系

§2-1 平面汇交力系合成与平衡的几何法

一. 平面汇交力系合成的几何法

平面汇交力系的合成结果是一个作用线通过汇交点的合力，其合力矢可通过力多边形法则由几何作图法求得。

力多边形法则：将各分力矢依次首尾相连构成一开口多边形，则由该开口多边形的始点指向终点的封闭边矢量即为其合力矢。



二. 平面汇交力系的平衡条件

其合力为零。 $F_R = 0$

三. 汇交力系平衡的几何条件

其力多边形自行封闭。（指出利用该几何条件可求解平面汇交力系的平衡问题，例略）

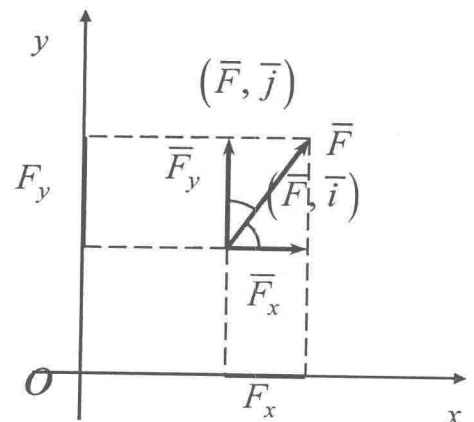
§2-2 平面汇交力系合成与平衡的解析法

一. 力坐标轴上的投影

1. 定义 (作图示意)

力 F 在 x 轴上投影: $F_x = F \cos(\bar{F}, \bar{i})$

力 F 在 y 轴上投影: $F_y = F \cos(\bar{F}, \bar{j})$



说明：力的投影为代数量，其正负号由力的方向

余弦确定。（亦可直接判断，说明方法）

1° 注意 F_x, F_y 正负号判断。
2° $\vec{F}_x$ 和 F_x 异同。

2. 已知投影求力

大小

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

方向余弦

$$\cos(\vec{F}, \vec{i}) = \frac{F_x}{F}, \quad \cos(\vec{F}, \vec{j}) = \frac{F_y}{F}$$

3. 分力与投影之间的关系

（说明之）

$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}$$

二. 平面汇交力系合成的解析法

1. 合力投影定理

（由矢量表达式导出结论，并指出可推广至任意矢量）

力系的合力在任一坐标轴上的投影就等于其各个分力在同一轴上投影的代数和，即

$$\begin{cases} F_{Rx} = \sum F_{ix} \\ F_{Ry} = \sum F_{iy} \end{cases}$$

2. 用解析法求合力

大小：

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(\sum F_{ix})^2 + (\sum F_{iy})^2}$$

方向余弦：

$$\cos(\vec{F}_R, \vec{i}) = \frac{F_{Rx}}{F_R} = \frac{\sum F_{ix}}{F_R}, \quad \cos(\vec{F}_R, \vec{j}) = \frac{F_{Ry}}{F_R} = \frac{\sum F_{iy}}{F_R}$$

[例 1] 教本 P23 例 2-3

$$\text{也 } \tan \alpha = \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} \Rightarrow \alpha.$$

三. 平面汇交力系的平衡方程

（由其合力为零引出）

$$\star \begin{cases} \sum F_{ix} = 0 \\ \sum F_{iy} = 0 \end{cases}$$

说明: ①可解两个未知量

②两个方程

四. 求解平衡问题的基本步骤

1. 选取适当的研究对象, 取分离体, 作受力图
2. 建立坐标轴, 列平衡方程
3. 解方程, 求未知量

举例: 书上例题及习题2-5. 讲了几何法及解析法求平衡问题.