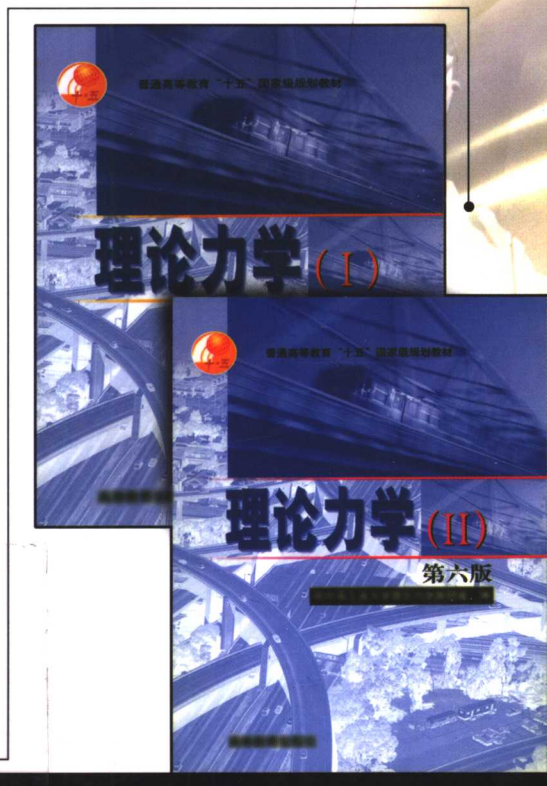




成功笔记系列丛书

# 理论力学 成功笔记

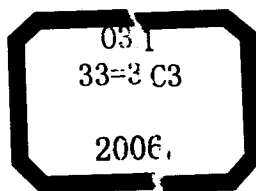
成功笔记系列丛书编写委员会◎编



NOTES TO SUCCESS

哈尔滨工程大学出版社

成功笔记系列丛书



# 理论力学成功笔记

(配哈工大理论力学研究室第六版教材·高教版)

成功笔记系列丛书编写委员会 编

哈尔滨工程大学出版社

## 内 容 简 介

本书是配合哈尔滨工业大学理论力学研究室编写的《理论力学》而编写的辅导书。全书按教材的章节顺序编排,对教材中的重点、难点进行了细致的总结和讲解,并给学生留下了自己进行总结和小结的空间,旨在帮助学生掌握《理论力学》的基本知识,达到将书“读薄、读透”的目的。

## 图书在版编目(CIP)数据

理论力学成功笔记/《成功笔记系列丛书》编写委员会编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2006.12  
(成功笔记系列丛书)  
ISBN 7-81073-910-7

I.理… II.成… III.理论力学-高等学校-教学参考资料 IV.O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 127057 号

---

出版发行 哈尔滨工程大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号  
邮政编码 150001  
发行电话 0451-82519328  
传 真 0451-82519699  
经 销 新华书店  
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂  
开 本 787mm×960mm 1/16  
印 张 6.75  
字 数 84 千字  
版 次 2006 年 12 月第 1 版  
印 次 2006 年 12 月第 1 次印刷  
印 数 1—2 000 册  
定 价 10.80 元  
<http://press.hrbeu.edu.cn>  
E-mail: [heupress@hrbeu.edu.cn](mailto:heupress@hrbeu.edu.cn)

---

# 成功笔记系列丛书编委会

主任 罗东明

副主任 李刚俊 王卫国

编委 陈明 杨怡琳 胡乃文

王彩霞 刘剑秋 石岭

经过精心的策划和组织,与高等学校优秀教材相配套的成功笔记系列丛书出版面世了。

一直以来,课堂上“老师讲、学生记”已经成为学校教学约定俗成的习惯。但是,很多学生因为忙于记录而忽略了对知识的理解和吸收,影响了课堂听课效果。而且近几年来教学方法和手段也在不断地发展和变化,多媒体教学和双语教学等也越来越广泛,而在这些过程中学生也根本来不及记录笔记。

本套丛书的编辑出版正是为了解决学生遇到的以上问题。丛书以大学课程的教学大纲为依据,以国内通用的权威教材为基础,收集、整理了部分课程的笔记,总结和归纳了相关知识点,帮助学生从机械记录老师板书或教案的工作中解脱出来,有更多的时间和精力、更大的自由来灵活掌握老师的讲解,汲取更多的知识。本套丛书有如下特点:

1. 优秀教师编写。笔记与教材内容紧密结合,而更强调知识体系的连贯性和完整性,对教材中的主要内容进行细致讲解,知识结构清晰明了。丛书是集中了多位在教学第一线的优秀教师多年教学过程中对知识的总结和概括,而不是书本的简单重复,帮助学生真正做到将书“读薄,读透”。

2. 随文安排加宽的空白处(即 Margin 部分),给学生以听课过程中随堂补充记录对知识的补充、说明、理解、例题、习题的空间,这样一方面便于学生课上结合笔记学习,提高学习效率,另一方面,也便于学生课后对老师讲授的内容进行有效、有序的复习。并且书中的每一章最后都有小结及学习体会部分,方便学生进行自我总结和自我归纳,加深理解。

3. 版本小巧,携带方便。

希望本套丛书的出版能够真正地帮助同学们的课堂和课后的学习,使其摆脱临摹老师的板书和教案的负担,有更多的时间扎实、认真地对课堂知识进行理解和吸收,从而走向成功之路。

由于时间仓促,本书还有很多的不足之处,欢迎读者提出宝贵的意见和建议,来信请寄哈尔滨工程大学出版社。E-mail: cbs\_shil@hrbeu.edu.cn

## 第一册

## 静力学

引言 .....	1
第1章 静力学公理和物体的受力分析 .....	1
1.1 静力学公理 .....	1
1.2 约束和约束力 .....	2
1.3 物体的受力分析和受力图 .....	4
本章小结与学习体会 .....	5
第2章 平面汇交力系与平面力偶系 .....	6
2.1 平面汇交力系合成与平衡的几何法 .....	6
2.2 平面汇交力系合成与平衡的解析法 .....	6
2.3 平面力对点之矩的概念及计算 .....	7
2.4 平面力偶 .....	7
本章小结与学习体会 .....	9
第3章 平面任意力系 .....	10
3.1 平面任意力系向作用面内一点简化 .....	10
3.2 平面任意力系的平衡条件和平衡方程 .....	11
3.3 物体系的平衡·静定和超静定问题 .....	12
3.4 平面简单桁架的内力计算 .....	13
本章小结与学习体会 .....	14
第4章 空间力系 .....	15
4.1 空间汇交力系 .....	15
4.2 力对点的矩和力对轴的矩 .....	16
4.3 空间力偶 .....	17
4.4 空间任意力系向一点的简化·主矢和主矩 .....	18
4.5 空间任意力系的平衡方程 .....	19
4.6 重心 .....	20
本章小结与学习体会 .....	21

<b>第 5 章 摩擦</b> .....	22
5.1 滑动摩擦 .....	22
5.2 摩擦角和自锁现象 .....	23
5.3 考虑摩擦时物体的平衡问题 .....	23
5.4 滚动摩擦阻的概念 .....	24
本章小结与学习体会 .....	25

### 运动学

<b>第 6 章 点的运动学</b> .....	26
6.1 矢量法 .....	26
6.2 直角坐标法 .....	26
6.3 自然法 .....	27
6.4 点的速度和加速度在柱坐标和极坐标中 的投影 .....	29
6.5 点的速度和加速度在球坐标中的投影 .....	29
本章小结与学习体会 .....	30
<b>第 7 章 刚体的简单运动</b> .....	31
7.1 刚体的平行移动 .....	31
7.2 刚体绕定轴的转动 .....	31
7.3 转动刚体内各点的速度和加速度 .....	32
7.4 轮系的传动比 .....	32
7.5 以矢量表示角速度和角加速度·以矢积表示 点的速度和加速度 .....	33
本章小结与学习体会 .....	34
<b>第 8 章 点的合成运动</b> .....	35
8.1 相对运动·牵连运动·绝对运动 .....	35
8.2 点的速度合成定理 .....	35
8.3 点的加速度合成定理 .....	36
本章小结与学习体会 .....	37
<b>第 9 章 刚体的平面运动</b> .....	38
9.1 刚体平面运动的概述和运动分解 .....	38

9.2 求平面图形内各点速度的基点法 .....	38
9.3 求平面图形内各点速度的瞬心法 .....	39
9.4 用基点法求平面图形内各点的加速度 .....	40
9.5 运动学综合应用举例 .....	40
本章小结与学习体会 .....	41

### 动力学

<b>第 10 章 质点动力学的基本方程</b> .....	42
10.1 动力学的基本定律 .....	42
10.2 质点的运动微分方程 .....	42
本章小结与学习体会 .....	44
<b>第 11 章 动量定理</b> .....	45
11.1 动量与冲量 .....	45
11.2 动量定理 .....	46
11.3 质心运动定理 .....	47
本章小结与学习体会 .....	48
<b>第 12 章 动量矩定理</b> .....	49
12.1 质点和质点系的动量矩 .....	49
12.2 动量矩定理 .....	49
12.3 刚体绕定轴的转动微分方程 .....	50
12.4 刚体对轴的转动惯量 .....	51
12.5 质点系相对于质心的动量矩定理 .....	52
12.6 刚体的平面运动微分方程 .....	52
本章小结与学习体会 .....	53
<b>第 13 章 动能定理</b> .....	54
13.1 力的功 .....	54
13.2 质点和质点系的动能 .....	55
13.3 动能定理 .....	56
13.4 功率·功率方程·机械效率 .....	57
13.5 势力场·势能·机械能守恒定律 .....	58
13.6 普遍定理的综合应用举例 .....	59



本章小结与学习体会 .....	60
<b>第 14 章 达朗贝尔原理(动静法)</b> .....	61
14.1 惯性力·质点的达朗贝尔原理 .....	61
14.2 质点系的达朗贝尔原理 .....	61
14.3 刚体惯性力系的简化 .....	62
14.4 绕定轴转动刚体的轴承动约束力 .....	63
本章小结与学习体会 .....	64
<b>第 15 章 虚位移原理</b> .....	65
15.1 约束·虚位移·虚功 .....	65
15.2 虚位移原理 .....	66
本章小结与学习体会 .....	67

**第二册**

<b>第 1 章 非惯性系中的质点动力学</b> .....	68
1.1 非惯性系中质点动力学的基本方程 .....	68
1.2 非惯性系中质点的动能定理 .....	69
本章小结与学习体会 .....	70
<b>第 2 章 碰撞</b> .....	71
2.1 碰撞的分类·碰撞问题的简化 .....	71
2.2 用于碰撞过程的基本定理 .....	71
2.3 质点对固定面的碰撞·恢复因数 .....	72
2.4 碰撞问题举例 .....	73
2.5 碰撞冲量对绕定轴转动刚体的作用·撞击中心 .....	73
本章小结与学习体会 .....	74
<b>第 3 章 分析力学基础</b> .....	75
3.1 自由度和广义坐标 .....	75
3.2 以广义坐标表示的质点系平衡条件 .....	75
3.3 动力学普遍方程 .....	76
3.4 第一类拉格朗日方程 .....	76
3.5 第二类拉格朗日方程 .....	76
3.6 拉格朗日方程的初积分 .....	77

本章小结与学习体会 .....	78
<b>第4章 机械振动基础</b> .....	79
4.1 单自由度系统的自由振动 .....	79
4.2 计算固有频率的能量法 .....	81
4.3 单自由度系统的有阻尼自由振动 .....	81
4.4 单自由度系统的无阻尼受迫振动 .....	83
4.5 单自由度系统的有阻尼受迫振动 .....	84
4.6 转子的临界转速 .....	85
4.7 隔振 .....	86
4.8 两个自由度系统的自由振动 .....	86
4.9 两个自由度系统的受迫振动·动力减振器 .....	87
本章小结与学习体会 .....	88
<b>第5章 刚体定点运动、自由刚体运动、刚体运动的合成·陀螺仪近似理论</b> .....	89
5.1 刚体绕定点运动的运动学描述 .....	89
5.2 自由刚体的运动 .....	90
5.3 刚体运动的合成 .....	90
5.4 陀螺仪近似理论 .....	91
本章小结与学习体会 .....	92
<b>第6章 变质量动力学</b> .....	93
6.1 变质量质点的运动微分方程 .....	93
6.2 变质量质点的动力学普遍定理 .....	94
本章小结与学习体会 .....	95

# 第一册

## 静力学

### 引言

**刚体:**绝对不变形的物体,或物体内任意两点间的距离不改变的物体。

**力:**物体间相互的机械作用,作用效果是使物体的机械运动状态发生变化。

**力的三要素:**大小、方向和作用点。力是矢量。

**力系:**一群力。可分为平面汇交(共点)力系、平面平行力系、平面力偶系、平面任意力系、空间汇交(共点)力系、空间平行力系、空间力偶系和空间任意力系。

**平衡:**物体相对于惯性参考系(如地面)静止或作匀速直线运动。

## 第1章 静力学公理和物体的受力分析

### 1.1 静力学公理

#### 公理1 力的平行四边形法则

作用在物体上同一点的两个力,可以合成为一个合力。合力的作用点也在该点,合力的大小和方向,由这两个力为边构成的平行四边形的对角线确定,即合力矢等于这两个力矢的几何



和。

$$F_R = F_1 + F_2$$

此公理表明了最简单力系的简化规律,是复杂力系简化的基础。

### 公理 2 二力平衡条件

$$F_1 = -F_2$$

它是使刚体平衡的充分必要条件,是最简单力系的平衡条件。

### 公理 3 加减平衡力系原理

在已知力系作用的某一刚体上,加上或是减去任何一个平衡力系,都不改变原力系对该刚体的作用效果。

#### 推理 1 力的可传性

作用于某一刚体的力,可以沿其作用线将其作用点任意移到该刚体上其他的点,并不改变此力对该刚体的作用效果。

#### 推理 2 三力平衡汇交定理

作用于同一刚体上的三个力使刚体处于平衡状态,当其中的两个力的作用线相交于一点,则第三个力的作用线必与该两个力的作用线共面,且通过此相交点。

### 公理 4 作用和反作用定律

作用力和反作用力总是同时存在、同时消失的,等值、反向、共线,分别作用在相互作用的两个物体上。

### 公理 5 刚化原理

变形体在某一力系的作用下处于平衡状态,若在该位置将变形体刚化为刚体,则其平衡状态保持不变。

此定理反之不一定成立,这是因为刚体平衡的充分必要条件,对于变形体是必要条件而非充分条件。

## 1.2 约束和约束力

**约束:**对非自由体的某些位移起限制作用的物体。

**约束力:**约束对非自由体的作用力。它的方向与该约束所能阻碍的位移方向相反,作用点为接触处。



### 1. 具有光滑接触面(线、点)的约束(光滑接触约束)

光滑支承接触面对非自由体的约束力,作用在接触处,方向沿接触处的公法线,并指向受力物体,故称为法向约束力,用  $F_N$  表示。

### 2. 由柔软的绳索、胶带或链条等构成的约束

绳索对物体的约束力沿着绳索背向被约束物体。

绳索只能受拉力,又称张力,用  $F_T$  表示。

胶带或链条对轮的约束力沿轮缘的切线方向,为拉力。

### 3. 光滑铰链约束

#### (1) 向心轴承(径向轴承)

约束特点:轴在轴承孔内,轴为非自由体,轴承孔为约束。

约束力:当不计摩擦时,轴与孔在接触处为光滑接触约束,即法向约束力。

约束力方向:作用在接触处,沿径向指向轴心。

#### (2) 圆柱铰链和固定铰链支座

圆柱铰链:与轴承一样,可用两个正交分力表示。

固定铰链支座:与圆柱铰链相同。

以上三种约束(向心轴承、圆柱铰链和固定铰链支座)的约束特性相同,均为轴与孔的配合问题,都可称为光滑圆柱铰链。

### 4. 其他类型约束

#### (1) 滚动支座

约束特点:在固定铰链支座与光滑固定平面之间装有光滑辊轴而构成。

约束力:构件受到垂直光滑面的约束力,且通过铰链中心。

#### (2) 球铰链

约束特点:通过圆球与球壳将两个构件连接,构件可以绕球心任意转动,但构件的球心不能有任何位移。

约束力:当忽略摩擦时,球与球座是光滑约束的问题。

约束力方向:通过接触点,并指向球心,是一个不能预先确

定的空间力,可用三个正交分力表示。

### (3) 止推轴承

约束特点:止推轴承比径向轴承多一个轴向的位移限制。

约束力:止推轴承比径向轴承多一个轴向的约束力,亦有三个正交分量  $F_{Ax}$ ,  $F_{Ay}$ ,  $F_{Az}$ 。

## 1.3 物体的受力和受力图

### (1) 作用在物体上的力的分类

主动力——重力、风力、气体压力等,一般是已知的;

被动力——约束对于物体的约束力。

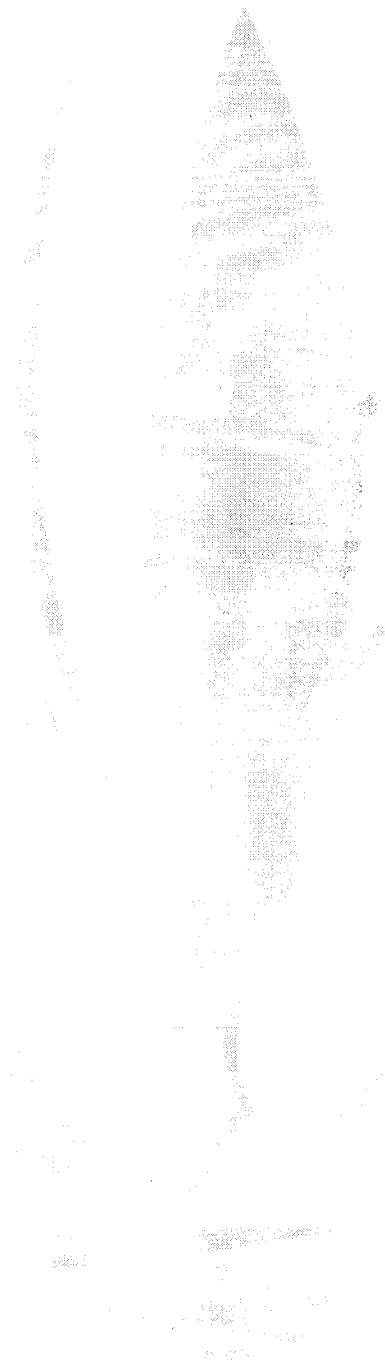
### (2) 画受力图的步骤

取所要研究的物体为研究对象(隔离体),画出其简图;

画出所有的主动力;

按约束性质画出所有的约束力。

## 本章小结与学习体会



## 第 2 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

#### 1. 平面汇交力系合成的几何法、力多边形法则

平面汇交力系可以化简为一个合力,其合力的大小和方向等于各分力的矢量和,合力的作用线通过汇交点。即

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \cdots + \mathbf{F}_N = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i$$

如果力系中各力的作用线都沿同一条直线,则力系为共线力系。若沿直线的某一指向为正,相反为负,则力系合力的大小与方向决定于各分力的代数和,即

$$F_R = \sum_{i=1}^n F_i$$

#### 2. 平面汇交力系平衡的几何条件

平衡条件:  $\sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i = 0$ 。

平衡的几何条件:力多边形自行封闭。

### 2.2 平面汇交力系合成与平衡的解析法

#### 1. 平面汇交力系合成的解析法

合力的大小:  $F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ 。

方向余弦:  $\cos(\mathbf{F}_R, \mathbf{i}) = \frac{\sum F_{xi}}{F_R}$ ,  $\cos(\mathbf{F}_R, \mathbf{j}) = \frac{\sum F_{yi}}{F_R}$ 。





作用点:力的汇交点。

## 2. 平面汇交力系的平衡方程

平衡条件:力系的合力  $F_R$  等于零。

平衡方程:  $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$ 。

## 2.3 平面力对点之矩的概念及计算

### 1. 力对点之矩(力矩)

力矩作用面的作用大小:力与力臂的乘积。

力矩作用面的作用方向:力使物体绕矩心逆时针转向时方向为正,反之为负。

### 2. 合力矩定理与力矩的解析表达式

合力矩定理:平面汇交力系的合力对于平面内任一点之矩等于所有各分力对于该点之矩的代数和。即

$$M_o(\mathbf{F}_R) = \sum_{i=1}^n M_o(\mathbf{F}_i)$$

合力  $\mathbf{F}_R$  对坐标原点之矩的解析表达式为

$$M_o(\mathbf{F}_R) = \sum_{i=1}^n (x_i F_{yi} - y_i F_{xi})$$

## 2.4 平面力偶

### 1. 力偶与力偶矩

由两个等值、反向且不共线的平行力组成的力系称为力偶,记作  $(F, F')$ 。

力偶作用面:力偶中两力所在的平面。

力偶臂:力偶两力之间的垂直距离。

