

普通高等院校基础力学系列教材

范钦珊 刘燕 王琪 编著

理论力学

清华大学出版社

普通高等院校基础力学系列教材

范钦珊 刘燕 王琪 编著

理论力学

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是根据教育部颁布的“理论力学教学基本要求”编写的,删除了与大学物理重叠的内容,同时注意与“材料力学”课程中相关内容的贯通和融合。因而,与现行同类教材相比,篇幅有较大幅度的减少。

全书内容分为3篇共13章,第1篇是工程静力学基础,包括受力分析概述、力系的等效与简化和静力学平衡问题等3章;第2篇是工程运动学基础,包括运动分析基础、点的复合运动分析和刚体的平面运动分析等3章;第3篇是工程动力学基础,包括质点动力学、动量定理及其应用、动量矩定理及其应用、动能定理及其应用、达朗贝尔原理及其应用、虚位移原理及其应用、动力学普遍方程和第二类拉格朗日方程等7章。

本书可作为高等院校理工科专业理论力学课程的教材。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

理论力学/范钦珊,刘燕,王琪编著. —北京:清华大学出版社,2004.11

(普通高等院校基础力学系列教材)

ISBN 7-302-09500-0

I. 理… II. ①范… ②刘… ③王… III. 理论力学—高等学校—教材 IV. O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 093494 号

出 版 者:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:杨 倩

文稿编辑:佟丽霞

印 刷 者:北京牛山世兴印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:170×230 印张:23.75 字数:427千字

版 次:2004年11月第1版 2004年11月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-09500-0/O·405

印 数:1~3000

定 价:29.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

普通高等院校基础力学系列教材

编委会名单

主 任：范钦珊

编 委：王焕定 王 琪

刘 燕 殷雅俊

普通高等院校基础力学系列教材包括“理论力学”、“材料力学”、“结构力学”、“工程力学(静力学+材料力学)”以及“工程流体力学”。目前出版的是前面的3种,“工程力学(静力学+材料力学)”和“工程流体力学”将在以后出版。

这套教材是根据我国高等教育改革的形势和教学第一线的实际需求,由清华大学出版社组织编写的。

从2002年秋季学期开始,全国普通高等学校新一轮培养计划进入实施阶段,新一轮培养计划的特点是,加强素质教育、培养创新精神。根据新一轮培养计划,课程的教学总学时数大幅度减少,为学生自主学习留出了较大的空间。相应地,课程的教学学时数都要压缩,基础力学课程也不例外。

怎样在有限的教学时数内,使学生既能掌握力学的基本知识,又能了解一些力学的最新进展;既能培养学生的力学素质,又能加强工程概念。这是很多力学教育工作者所共同关心的问题。

现有的基础教材大部分都是根据在比较多的学时内进行教学而编写的,因而篇幅都比较大。教学第一线迫切需要适用于学时压缩后教学要求的小篇幅的教材。

根据“有所为、有所不为”的原则,这套教材更注重基本概念,而不追求冗长的理论推导与繁琐的数字运算。这样做不仅可以满足一些专业对于力学基础知识的要求,而且可以切实保证教育部颁布的基础力学课程教学基本要求的教学质量。

为了让学生更快地掌握最基本的知识,本套教材在概念、原理的叙述方面作了一些改进。一方面从提出问题、分析问题和解决问题等方面作了比较详尽的论述与讨论;另一方面通过较多的例题分析,特别是新增加了关于一些重要概念的例题分析,著者相信这将有助于读者加深对于基本内容的了解和掌握。

此外,为了帮助学生学习 and 加深理解以及方便教师备课和授课,在出版每

IV 理论力学

门课程主教材的同时,我们还配套编写了学习指导、教师用书(习题详细解答)和供课堂教学使用的电子教案。

本套教材内容的选取以教育部颁布的相关课程的“教学基本要求”为依据,同时根据各院校的具体情况,作了灵活的安排,绝大部分为必修内容,少部分为选修内容。每门课程所需学时一般不超过 60 学时。

范钦珊

2004 年 7 月于清华大学

前言

本书是为应用型大学相关专业编写的。编写本书一方面是为了满足那些对理论力学的难度要求不高,但对理论力学的基础知识有一定了解并且具有一定深度的专业的要求,更好地适应这些专业的素质教育需要;另一方面是为了适应新的教育教学改革的形势。

编写本书的一个基本原则就是从素质教育的要求出发,更注重基本概念,而不追求冗长的理论推导与繁琐的数字运算。

理论力学与很多领域的工程问题密切相关。理论力学教学不仅可以培养学生的力学素质,而且可以加强学生的工程概念。这对于他们向其他学科或其他工程领域扩展是很有利的。与以往的同类教材相比,本书的难度有所下降,工程概念有所加强,引入了一些涉及广泛领域的工程实例、例题和习题。

为了让学生更快地掌握最基本的知识,我们在概念、原理的叙述方面作了一些改进,做法之一是从提出问题、分析问题和解决问题等方面作了比较详尽的论述与讨论;做法之二是安排了较多的例题分析,而且在大部分例题的最后,都安排了“本例讨论”。我们相信这将有助于读者提高应用基本概念和基本方法分析和解决问题的能力,有助于学生加深对基本内容的了解和掌握。

本书内容的选取以教育部颁布的“理论力学教学基本要求”为依据,删除了与大学物理重叠的内容,同时注意与“材料力学”课程相关内容的贯通和融合。因而,与现行同类教材相比,本书的篇幅有较大幅度的减少。

全书分为工程静力学基础、工程运动学基础和工程动力学基础3篇共13章。工程静力学基础篇包括:受力分析概述、力系的等效与简化和静力学平衡问题等3章;工程运动学基础篇包括:运动分析基础、点的复合运动分析和刚体的平面运动分析等3章;工程动力学基础篇包括:质点动力学、动量定理及其应用、动量矩定理及其应用、动能定理及其应用、达朗贝尔原理及其应用、虚位移原理及其应用、动力学普遍方程和第二类拉格朗日方程等7章。其中第13章“动力学普遍方程和第二类拉格朗日方程基础”为选学内容。

VI 理论力学

根据不同院校的实际情况,必修部分(前 12 章)所需教学时数约为 48~64;选学部分(第 13 章)所需教学时数约为 4~6。这样的教学时数与目前大部分院校的理论力学教学时数大体接近。

作 者

2004 年 5 月于北京

目录

绪论	1
----	---

第 1 篇 工程静力学基础

第 1 章 受力分析概述	11
1.1 静力学模型	11
1.2 力的基本概念	12
1.3 工程中常见的约束与约束力	15
1.4 受力分析与受力图	19
1.5 结论与讨论	23
习题	25
第 2 章 力系的等效与简化	29
2.1 力对点之矩与力对轴之矩	29
2.2 力偶与力偶系	33
2.3 力系等效定理	36
2.4 力系的简化	38
2.5 结论与讨论	44
习题	47
第 3 章 静力学平衡问题	51
3.1 平衡与平衡条件	51
3.2 任意力系的平衡方程	52
3.3 平面力系的平衡方程	54
3.4 平衡方程的应用	55

3.5 刚体系统平衡问题	63
3.6 平面静定桁架的静力分析	67
3.7 考虑摩擦时的平衡问题	73
3.8 结论与讨论	87
习题	92

第2篇 工程运动学基础

第4章 运动分析基础	107
4.1 点的运动学	107
4.2 刚体的简单运动	117
4.3 结论与讨论	126
习题	127

第5章 点的复合运动分析	131
5.1 点的复合运动的基本概念	131
5.2 点的速度合成定理	133
5.3 牵连运动为平移时点的加速度合成定理	135
5.4 牵连运动为转动时点的加速度合成定理 科氏加速度	138
5.5 结论与讨论	147
习题	149

第6章 刚体的平面运动分析	155
6.1 刚体平面运动方程及运动分解	155
6.2 平面图形上各点的速度分析	159
6.3 平面图形上各点的加速度分析	170
6.4 运动学综合应用举例	174
6.5 结论与讨论	178
习题	180

第3篇 工程动力学基础

第7章 质点动力学	189
7.1 质点运动微分方程	189

7.2 非惯性系下的质点运动微分方程	193
7.3 机械振动基础	196
7.4 结论与讨论	205
习题	208
第 8 章 动量定理及其应用	215
8.1 动量定理及其守恒形式	215
8.2 质心运动定理	222
8.3 结论与讨论	225
习题	228
第 9 章 动量矩定理及其应用	231
9.1 质点与刚体的动量矩	231
9.2 动量矩定理及其守恒形式	237
9.3 相对质心的动量矩定理	240
9.4 刚体定轴转动微分方程与平面运动微分方程	242
9.5 动量和动量矩定理在碰撞问题中的应用	248
9.6 结论与讨论	252
习题	252
第 10 章 动能定理及其应用	259
10.1 力的功	259
10.2 动能	264
10.3 动能定理及其应用	266
10.4 势能的概念 机械能守恒定律及其应用	270
10.5 动力学普遍定理的综合应用	272
10.6 结论与讨论	283
习题	284
第 11 章 达朗贝尔原理及其应用	289
11.1 惯性力与达朗贝尔原理	289
11.2 惯性力系的简化	294
11.3 达朗贝尔原理的应用示例	297
11.4 结论与讨论	303

习题	306
第 12 章 虚位移原理及其应用	311
12.1 引言	311
12.2 基本概念	313
12.3 虚位移原理	320
12.4 结论与讨论	330
习题	333
* 第 13 章 动力学普遍方程和第二类拉格朗日方程	337
13.1 动力学普遍方程	337
13.2 第二类拉格朗日方程	338
13.3 动力学普遍方程和第二类拉格朗日方程的应用	341
13.4 结论与讨论	348
习题	349
习题答案	352
索引	363
参考文献	366

绪 论

理论力学(classical mechanics)是研究物体机械运动规律的科学,是各力学学科分支的基础,同时也是众多工程技术学科的基础。

理论力学课程不仅与力学密切相关,而且紧密联系于广泛的工程实际。

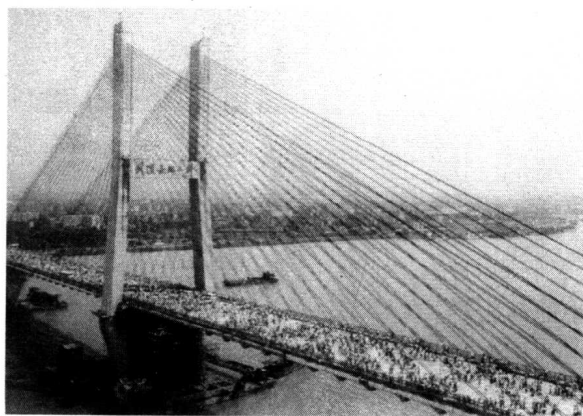
0.1 工程与理论力学

20 世纪以前,推动近代科学技术与社会进步的蒸汽机、内燃机、铁路、桥梁、船舶、兵器等,都是在力学知识的累积、应用和完善的基础上逐渐形成和发展起来的。

20 世纪产生的诸多高新技术,如高层建筑、大跨度悬索桥(图 0-1)、海洋平台(图 0-2)、精密仪器、航空航天器(图 0-3 和图 0-4)、机器人(图 0-5)、高速列车(图 0-6)以及大型水利工程(图 0-7)等许多重要工程更是在理论力学指导下得以实现,并不断发展完善的。



(a)



(b)

图 0-1 高层建筑与大型桥梁

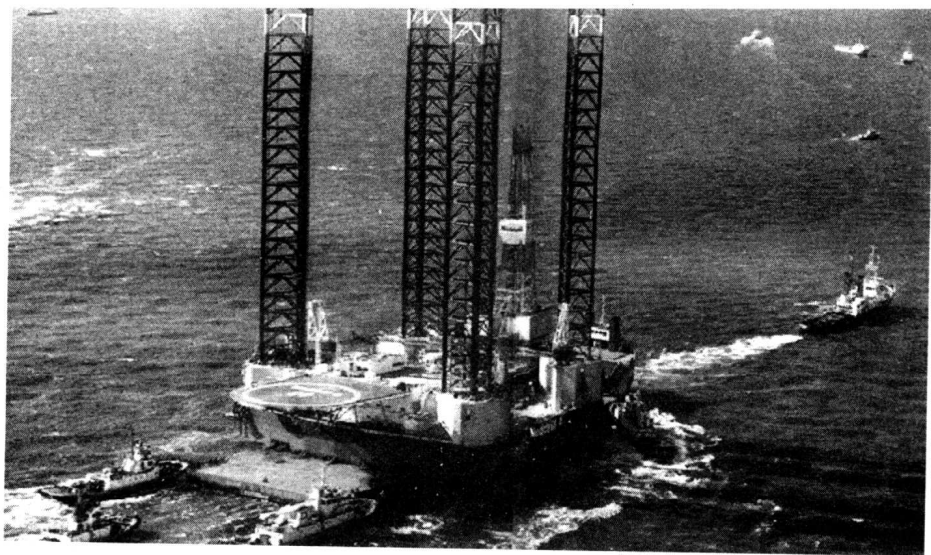


图 0-2 海洋石油钻井平台

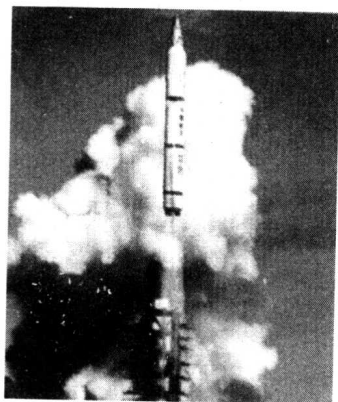


图 0-3 我国的长征火箭

20 世纪产生的另一些高新技术,如电子工程、计算机工程等,虽然是在其他基础学科指导下产生和发展起来的,但都对力学提出了各式各样的、大大小小的问题。

例如计算机硬盘驱动器(图 0-8),若给定不变的角加速度,如何确定从启动到正常运行所需的时间以及转数;已知硬盘转台的质量及其分布,当驱动器达到正常运行所需角速度时,驱动电动机的功率如何确定,等等,这些问题都与理论力学有关。

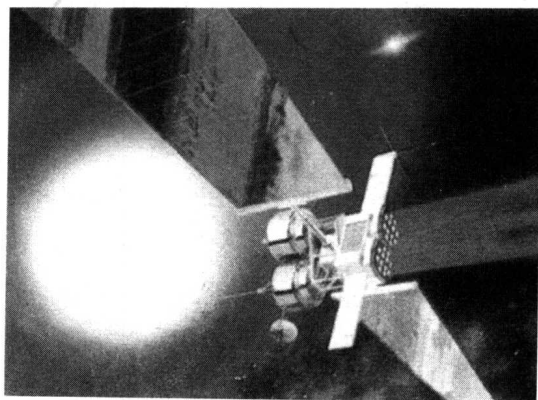


图 0-4 新型航天器

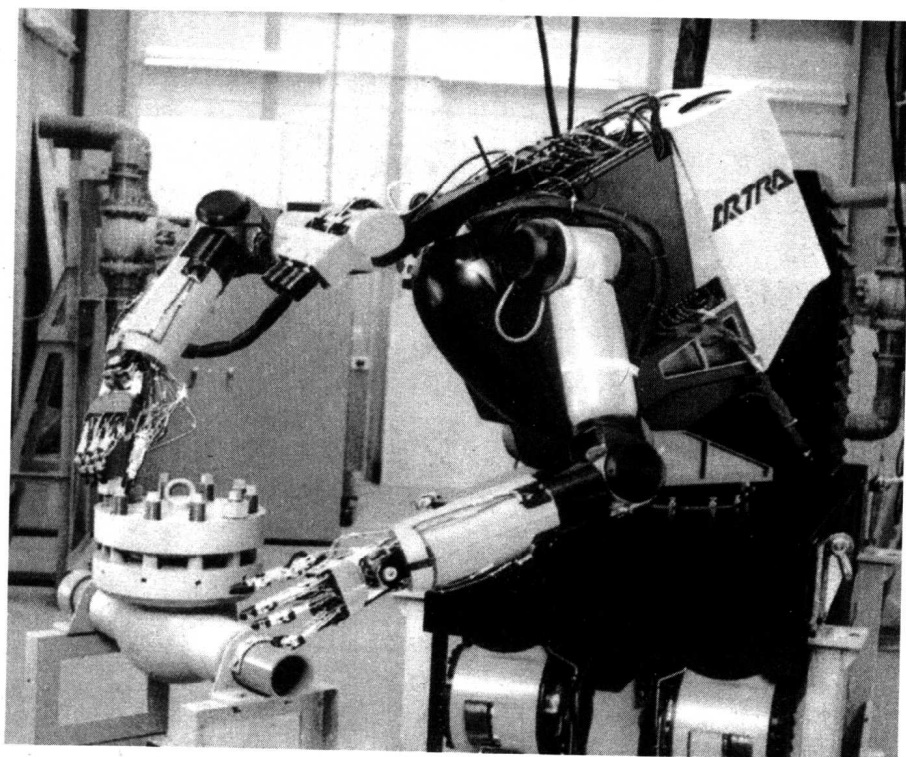


图 0-5 特殊工作环境中的机器人

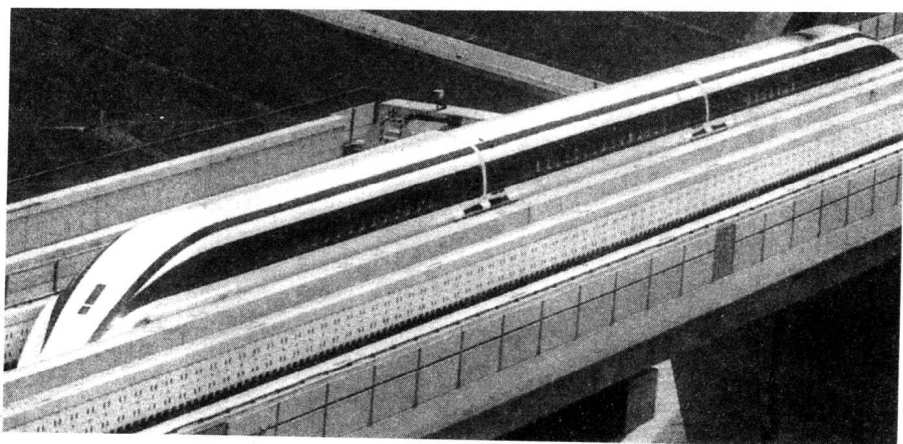


图 0-6 高速列车

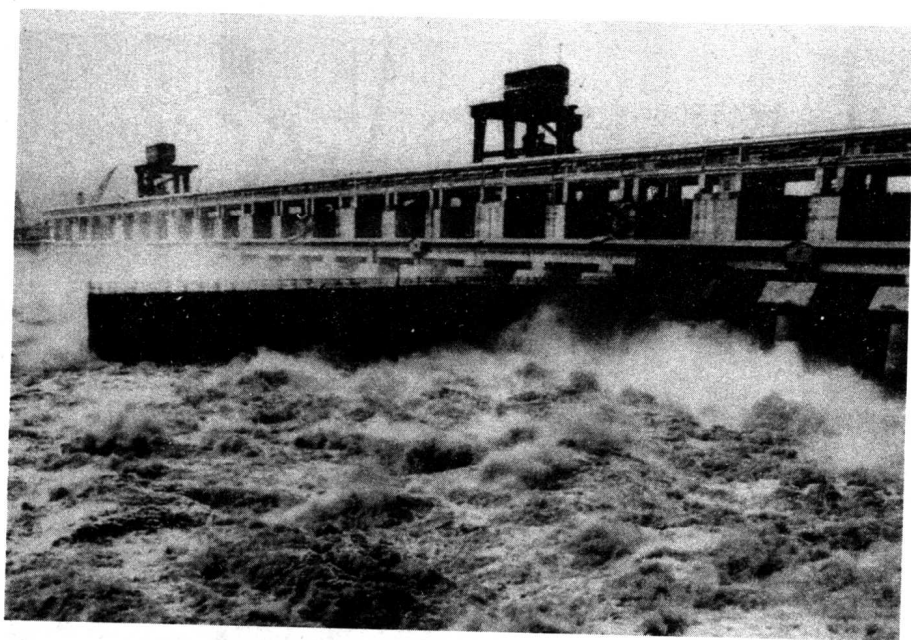


图 0-7 我国的葛洲坝水力枢纽工程

跟踪目标的雷达(图 0-9)怎样在不同的时间间隔内,通过测量目标与雷达之间的距离和雷达的方位角,准确地测定目标的速度和加速度,这也是理论力学中最基础的内容之一。

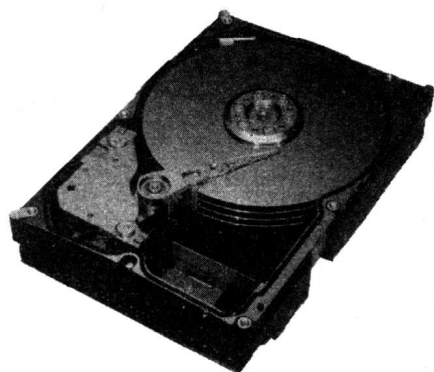


图 0-8 计算机硬盘驱动器

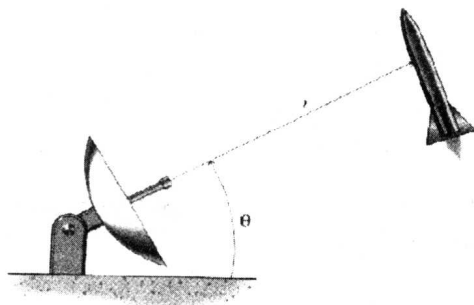


图 0-9 雷达确定目标的方位

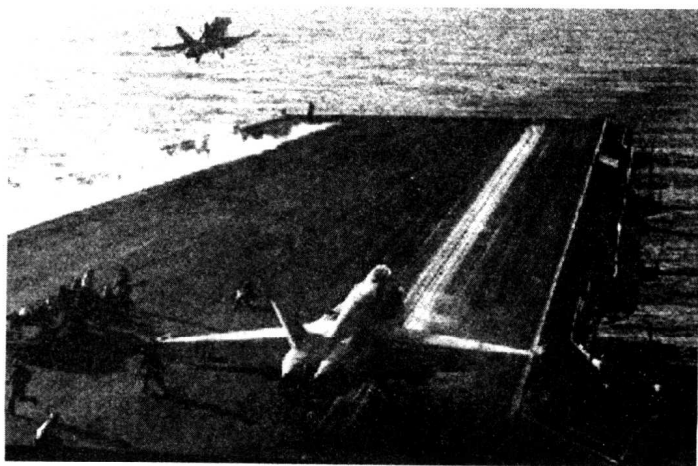


图 0-10 舰载飞机从甲板上起飞