



普通高等教育“十五”国家级规划教材

工程力学基础(II)

蒋 平 编著

高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

普通高等教育“十五”国家级规划教材

工程力学基础(II)

蒋平 编著



高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级教材。

本书在满足教育部基础力学课程教学基本要求的同时,考虑了 21 世纪对人才培养的要求,在理论力学和材料力学课程内容的融合贯通和推陈出新、引进现代科技成果、拓宽知识面、加强工程观念培养、强化力学建模和工程应用能力训练等方面进行了积极探索。教材以工程力学的基本研究方法为主线重组教学内容,提高起点、减少重复,压缩了学时,强化了基本概念、基本理论和基本方法训练。

全书分两卷。第 I 卷为《工程力学基础(I)》,包括“静力分析基础”、“变形固体力学引论”和“杆件的强度、刚度和稳定性分析”三篇,涵盖了理论力学的静力学和材料力学的基本部分。第 II 卷为《工程力学基础(II)》,包括“运动分析基础”、“动力分析基础”和“分析力学基础”三篇,涵盖了理论力学的运动学和动力学的基本部分及材料力学的动载荷部分。

本书可作为高等学校工科本科各专业基础力学课程教材,并可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学基础. II / 蒋平编著. —北京:高等教育出版社,2004.4

“十五”国家级规划教材

ISBN 7-04-013089-0

I.工... II.蒋... III.工程力学-高等学校-教材 IV.TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 082386 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 20.25
字 数 370 000

版 次 2004 年 1 月第 1 版
印 次 2004 年 4 月第 2 次印刷
定 价 23.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前言

本书是工程力学课程体系及教学内容改革项目的研究成果之一。该项目原为教育部面向 21 世纪“石油工程专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”项目的子课题。全书分为两卷:第Ⅰ卷为《工程力学基础(Ⅰ)》(工程静力学);第Ⅱ卷为《工程力学基础(Ⅱ)》(工程动力学)。全书覆盖了理论力学和材料力学的基本部分。本书为第Ⅱ卷。

本书保持了《工程力学基础(Ⅰ)》的特色,仍以工程力学的基本研究方法——力的分析、运动(变形)分析和力与运动(变形)关系研究为主线,对理论力学的运动学和动力学及材料力学的动载荷部分的教学内容进行重组,整合成“运动分析基础”、“动力分析基础”和“分析力学基础”三篇共九章,构建了工程动力学的新体系。构件动应力分析列入动静法应用中,冲击应力列在机械能守恒定律之后,在虚位移原理中增加应用于可变形系统的内容,使理论力学和材料力学课程内容融会贯通。

本书明确了与物理课程力学部分的区别,减少重复,提高起点。“运动分析基础”对点的运动学只作复习性讲述,重点介绍自然坐标法。然后,简要介绍刚体的各种运动形式及其描述,刚体基本运动不再列为专章。接着先讲刚体平面运动,再讲点的复合运动,并改名为运动刚体上动点的运动分析。“动力分析基础”对质点动力学也只作复习性讲述,重点介绍质点相对运动的动力学基本方程。然后,介绍质点系动力学的基本概念和研究方法,再按动静法、动量法和能量法的顺序,重点介绍达朗贝尔原理及其应用,质点系的动量矩定理及动力学普遍定理的综合应用,守恒定律只作简要回顾。这种安排,突出了刚体和质点系是理论力学的研究对象,与物理课程力学部分以研究质点为主有明显区别。

本书力求反映工程动力学的新进展和计算机技术对工程力学的影响,对教学内容进行了更新拓宽(文中标有“*”的部分为选学内容)。在“绪论”中就同时介绍了矢量力学和分析力学两种研究方法。在点的运动分析中同时应用矢量力学和分析力学方法。在刚体平面运动中增加了用分析力学方法分析平面机构运动过程的例题。在“动力分析概论”中也简要介绍了分析力学方法。这种安排,使在因学时太少无法讲授“分析力学基础”的情况下也能让学生初步了解分析力学方法,以适应加强分析力学的需要。在“分析力学基础”中则增加了对第一类拉格朗日方程的介绍,以反映计算机技术对分析动力学的影响。此外,在“运动分析概论”中简要介绍了刚体的定点运动和一般运动。在“动力分析基础”中介

绍了质点相对运动的动力学基本方程和相对于质心的动量矩定理。由于学时的减少,上述内容在许多院校的教学中已无法专章讲述,故采取拓宽的形式分散到有关章节。同时,增加了反映科技新成就的例题和习题。

加强力学建模和工程应用能力的培养是本教材体系的一个重要特色。对工科大学生的基本要求是能应用力学原理解决工程实际问题。计算机的广泛应用极大地提高了解算能力,而对工程技术人员力学建模能力和正确分析计算结果的能力的要求也相应地提高了。为此,本书加强了工程动力学应用的关键步骤——动力学建模。在“绪论”中就介绍了矢量力学和分析力学两种动力学建模方法。在例题的讲解中详细介绍了力学建模过程。在“分析力学基础”的最后对各种动力学建模方法进行了小结和评述。此外,在各章中增加了不少力学的工程应用内容,并大量选用实际工程问题的分析作为例题和习题。

本书从2001年起在西南石油学院机械设计及其自动化专业和土木工程专业进行了两轮试点教学。根据力学教研室、各专业教研室和兄弟院校同行的意见及试点教学情况对本教材进行了两次较大的修改。西南石油学院力学教研室全体教师对教改的基本思路、教改方案和本教材进行了多次讨论,提出了许多宝贵的意见和建议。黄云、林鸿志两位老师协助选编了部分思考题和习题。郑悦明副教授精心绘制了全部插图。教改得到学院领导、教务处、机械系和建工系的大力支持。试点班同学积极参与教改并提出了许多有益的意见。在此向他们表示衷心的感谢。在教材编写及修改过程中曾参考了许多兄弟院校的改革方案和大量国内外教材,在此向这些兄弟院校和教材的编著者们一并致谢。

本书承蒙中国矿业大学董正筑教授详细审阅,他的宝贵意见对提高本书的科学性、逻辑性和规范性大有帮助,编者谨致衷心的感谢。

限于编者水平,书中疏漏、欠妥之处在所难免,恳请广大教师和读者批评指正。

编者

2003年6月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 关于工程动力学	1
§ 1-2 工程动力学的研究方法	5

第一篇 运动分析基础

第二章 运动分析概论	11
§ 2-1 点的一般运动及其描述方法	11
§ 2-2 刚体的运动及其描述方法	16
本章小结	23
思考题	23
习 题	26

第三章 平面运动刚体上各点的运动分析	30
§ 3-1 平面运动刚体上各点的速度分析	30
§ 3-2 平面运动刚体上各点的加速度分析	37
§ 3-3 刚体绕两个平行轴转动的合成	41
本章小结	45
思考题	46
习 题	50

第四章 运动刚体上动点的运动分析	57
§ 4-1 点的复合运动的基本概念	57
§ 4-2 运动刚体上动点的速度分析	60
§ 4-3 运动刚体上动点的加速度分析	66
§ 4-4 运动分析方法的综合应用	75
本章小结	81
思考题	82
习 题	84

第二篇 动力分析基础

第五章 动力分析概论	95
§ 5-1 动力学基本定律和质点动力学问题	95
§ 5-2 质点系和刚体动力学问题	108
本章小结	119
思考题	120

习 题	121
第六章 达朗贝尔原理	127
§ 6-1 达朗贝尔原理和动静法	127
§ 6-2 动静法应用于刚体约束力分析	132
§ 6-3 弹性构件的动应力分析	142
本章小结	148
思考题	148
习 题	150
第七章 动量定理和动量矩定理	158
§ 7-1 质点系的动量定理和动量矩定理	158
§ 7-2 质心运动定理及其应用	170
§ 7-3 转动刚体动力学问题	175
§ 7-4 相对质心的动量矩定理·刚体平面运动微分方程	183
本章小结	190
习 题	192
第八章 动能定理	201
§ 8-1 关于力作功的进一步讨论	201
§ 8-2 质点系的动能定理及其应用	205
§ 8-3 机械能守恒定律·冲击应力	214
§ 8-4 动力学普遍定理的综合应用	223
本章小结	231
习 题	232
第三篇 分析力学基础	
第九章 分析力学的基本概念、原理和方法简介	243
§ 9-1 分析力学的基本概念	243
§ 9-2 虚位移原理及其应用	253
§ 9-3 以广义坐标表示的质点系平衡条件	264
§ 9-4 达朗贝尔-拉格朗日原理和拉格朗日方程	273
本章小结	283
思考题	286
习 题	290
参考文献	296
习题答案	297
索引	305
Synopsis	310
Contents	312
作者简介	315

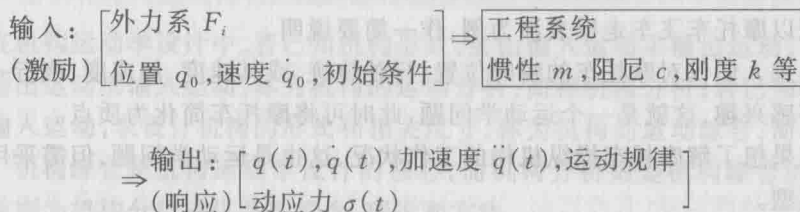
第一章 绪 论

§ 1-1 关于工程动力学

一、工程动力学的任务和研究内容

工程中的力学设计可分为静力设计和动力设计两个方面。在工程静力学中我们已经研究了处于平衡状态的物体或构件的外力、内力、变形及力与变形的关系,初步掌握了构件(主要是杆件)的强度、刚度和稳定性的计算,即构件的静力设计方法。动力设计则比静力设计复杂得多。对于处于加速运动状态的构件,要分析其运动的规律,运动与力之间的关系以及构件的动强度和动力稳定性问题,这就是工程动力学的研究内容。工程动力学的任务是为构件或机构的动力设计提供理论基础和分析计算方法。此外,动载下材料的力学性能也与静载下不同,研究材料的动态力学性能也是工程动力学的重要内容。

工程中的动力学问题可以用以下框图表示:



对于有些问题,还包括反馈子系统。

由于动力学问题远比静力学问题复杂,为了研究的方便,动力分析一般分两步进行:第一步从几何方面研究物体的运动,即只研究物体运动的规律,而不涉及运动与物体所受力之间的关系。在力学中这部分内容称为**运动学**。运动分析是动力设计的基础,学习运动学是为学习动力学奠定基础。但是,运动学在工程中还有其独立的应用。在传动和控制机构的设计中首先要求机构中各零部件能正确实现预先给定的各种运动,然后才考虑其强度、振动等问题。对仪器仪表和自动控制系统,由于各零部件受力较小,运动分析就成为设计时的主要问题。历史上,运动学的发展与对机器、机构运动的研究(机械原理)密切相关,现代运动学也主要沿着应用到机构学的方向发展。

工程运动学的任务是研究物体在空间的位置随时间变化的几何性质,提出

运动分析的一般方法。主要包括:

(1) 对既定的运动,选择合适的参量进行数学描述,即建立运动方程。

(2) 研究表征运动几何性质的基本物理量,如位移、速度、加速度、角速度和角加速度等。

(3) 研究运动的相对性及运动分解和合成的规律。

动力分析的第二步研究物体的运动与作用于其上的力系之间的关系。力学中这部分内容称为**动力学**。工程动力学还涉及弹性杆件的动应力分析和动力失效问题。主要包括:

(1) 根据牛顿提出的动力学基本规律建立适用于一般质点系的动力学普遍定理及分析力学的基本原理。

(2) 研究与运动有关的物体的力学属性——惯性,即质量和转动惯量。

(3) 研究解决动力学基本问题的方法。

动力学基本问题可分为三类:

(1) 已知系统所受的力,求其运动规律,称为**动力学正问题**(第二类问题)。

(2) 已知系统的运动规律,求产生该运动所作用于系统上的力,称为**动力学逆问题**(第一类问题)。其特殊情形我们已经作过研究,即系统处于平衡状态时,就退化为静力学问题。

(3) 已知系统中部分物体的运动规律和作用于系统的一部分力,求整个系统的运动规律和受力情况,称为**动力学混合问题**。

现以摩托车飞车走壁表演为例,作一简要说明。

如果人们仅对摩托车的瞬时位置、行驶轨迹,或其速度、加速度、绕行一周的时间等感兴趣,这就是一个运动学问题,此时可将摩托车简化为质点。

如果想了解摩托车操纵机构的工作状况,这也是运动学问题,但需采用刚体系统模型。

如果想计算摩托车行驶中轮胎的受力大小,需要多大的行驶速度才能保持摩托车在壁上不掉下来,则属于动力学逆问题(求动约束力),此时可采用刚体模型。

如果想了解发动机进排气阀的调节性能,确定正确的阀门启闭时间与活塞运动的关系,则属于运动学范围;为了设计各部件的尺寸,还需要知道它们所受的力,包括作加速运动的各构件所受到的力,则需作动力学分析;精密的分析还需考虑构件的动强度和各部件产生的变形,则属于弹性动力学的研究范围,此时可采用理想弹性体模型。

二、工程动力学的研究对象

工程中的物体系统分为结构和机构两类。结构是自由度为零的物体系统,

机构则是具有一定自由度的物体系统。工程中利用机构传递运动和力或改变运动的形式。机构及组成机构的构件就是工程动力学的主要研究对象。

以人们熟悉的内燃机的活塞——连杆——曲柄机构为例(图 1-1)。活塞 C 为原动件,作刚体平移运动;曲柄 AB 为从动件,作定轴转动。即该机构将输入运动——平移转化为输出运动——定轴转动。

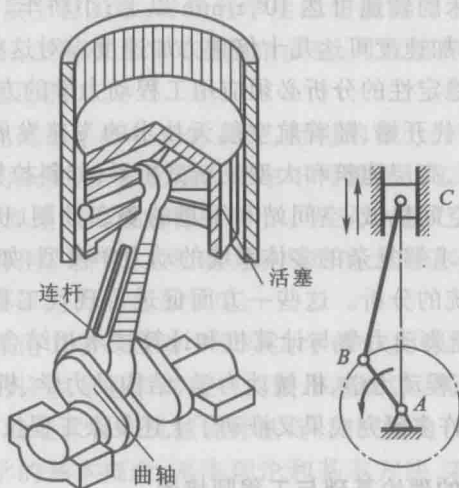


图 1-1 活塞—连杆—曲柄机构

在机构运动学设计中,若已知机构形式,要由输入运动求输出运动,或反过来由输出运动求输入运动,称为机构的运动分析,简称机构分析;若已知输出运动和输入运动,求设计机构的形式和相关尺寸,称为机构的运动综合,简称机构综合。机构综合是机构运动学设计的核心,而机构分析则是机构综合的基础。运动学则为机构分析提供基本概念、理论和方法。

在机构动力学设计中,要求计算作用于各构件上的力,这需要知道各构件的惯性及运动的加速度和角加速度。为了防止构件动力失效,还需对各构件进行动应力分析。动力学为机构动力学设计提供基本概念、理论和方法。

对机构进行研究时,工程动力学针对不同的问题建立了各种力学模型。

(1) 刚体系统。由某些约束连接的若干个构件的力学模型。本课程中着重研究二维空间中的简单刚体系统——平面机构。

(2) 刚体。单个构件的力学模型。

(3) 质点。如果刚体的形状尺寸对所研究的问题无影响,(如刚体平移),或研究构件上某些特殊点的运动,可采用质点模型。在运动学中由于不涉及力和惯性,质点的质量也可忽略,可进一步简化为点。

(4) 理想弹性体。用于构件动应力分析。

(5) 一般质点系。用于涉及流体、气体、弹塑性体等问题。

三、工程动力学与工程的关系

在现代工程领域中,机械和机构越来越向高速、大加速度运行的方向发展。燃气轮机、离心压缩机的转速可达 3×10^4 r/min;陀螺仪表中的陀螺、计算机的硬盘驱动器、精密磨床的转速可达 10^5 r/min 以上;小轿车、高速火车、飞机和火箭在启动或刹车时的加速度可达几十倍重力加速度。对这些机构和物体的运动规律、动强度和动力稳定性的分析必须应用工程动力学的方法。

从 20 世纪 60 年代开始,随着航空航天技术的飞速发展,海洋石油的开发,快速交通系统的建立,高层建筑和大型及新型桥梁(如斜拉桥)的建造,生物力学的发展,关于复杂的空间机械、空间站和卫星的姿态控制、机器人和高速车辆等的研究都涉及建立和求解复杂的多体系统的动力学模型,如多刚体系统、柔性多体系统、流固耦合系统的分析。这些一方面促进了现代工程动力学的建立和发展,另一方面也促使经典动力学与计算机和计算技术相结合,由此产生了许多新的力学分支,如现代工程动力学、机械动力学、结构动力学、机械振动、弹性动力学等。而工程动力学的许多研究成果又推动了上述复杂工程技术问题的解决。

四、工程动力学的理论基础与工程师培养

工程动力学与物理课程中的力学部分都建立在共同的理论上,即由伽利略(Galileo)奠基、牛顿(I. Newton)集大成的经典力学,主要研究宏观物体远低于光速的运动。但二者在研究对象、研究内容和研究方法上又有很大的不同。

在物理课程的力学部分中主要介绍力学的物理基础,力学的基本概念和基本定律;研究对象以质点和单个刚体为主;所研究的具体问题一般比较简单,如点的一些特殊运动(直线运动、匀速圆周运动和二维曲线运动)、刚体的基本运动(平移和转动)以及与上述运动形式相关的动力学基本定律和定理。因此,所应用的分析解决问题的方法有很大的局限性。工程动力学则要全面系统地研究质点的一般运动,刚体的平面运动,并简要介绍刚体的定点运动和一般运动,因而要系统地研究一般质点系的动力学普遍规律,并将其应用于二维空间中运动的简单刚体系统,即平面机构的运动和动力分析问题。研究对象也从质点和单个刚体扩大到刚体系统和一般质点系。因此,所应用的分析解决问题的方法具有普遍性。

从研究方法来说,物理课程主要用归纳法,从对自然界或实验现象的观察出发,建立概念,归纳出物质运动的规律。这种方法有利于认识自然规律。工程动力学则主要用演绎法,首先建立研究对象的力学模型,然后应用已知的力学原理和规律,运用数学演绎方法推导出有关定理和推论,并据此对具体工程系统的力

学性能作出预测,提供工程师完成其任务所需的设计准则和计算方法。可见,这种方法有利于解决工程实际问题。综上所述,在物理课程中力学是以自然科学的面貌出现,而在工程动力学中它成为一门技术科学,即应用科学。

由于工程力学是大学本科中第一门需要学生自己选择研究对象,建立力学模型进行分析,进而建立数学模型求解的课程,其理论系统完整、数学演绎严密、逻辑性强、又密切联系工程实际,对培养学生的建模能力、逻辑思维能力和工程意识很有帮助。另外,工程动力学问题复杂多变,可以培养学生灵活应用力学原理解决工程实际问题的能力。

工程静力学研究处于平衡状态的系统,但它的静力分析方法也完全适用于处于加速运动状态的系统,在工程动力学中不再重复。工程静力学是工程动力学的基础,但平衡是加速度为零的特殊情形。从这个意义上说,工程静力学又可看成工程动力学的特例。所以,工程动力学是研究力的运动效应的主体,而在工程静力学中我们主要研究力的变形效应。

本课程涵盖了理论力学的运动学和动力学部分及材料力学的动载荷部分,对于高等工科院校的许多专业来说是一门技术基础课,既是解决实际工程问题的基础,又是一系列后继课程如机械设计基础、机械振动、结构动力学等的基础。深入掌握工程动力学的基本概念、基本理论和基本方法,对于后继课程的学习,对于培养未来科技人员的工程意识、建模能力、逻辑思维能力和灵活应用力学原理解决工程实际问题的能力以及工程专业素质是十分必要的。

§ 1-2 工程动力学的研究方法

一、基本研究方法

在工程静力学中我们介绍了从静力、几何、物理三方面进行理论分析以解决构件静力设计的问题。在工程动力学中仍然应用这一基本方法,静力分析与工程静力学中相同,变形(几何)分析改为运动分析,物理(力与变形关系)分析则改为研究力与运动的关系。这是因为在工程静力学中主要研究力的内效应——变形,而在工程动力学中则主要研究力的外效应——运动。三方面分析构成理论力学的静力学、运动学和动力学的研究内容。

工程动力学的中心问题是对给定系统的力学模型进行分析,建立描述其运动状态的数学模型,称为动力学建模。动力学建模有两种方法,矢量力学方法和分析力学方法。下面先对这两种方法作一简介。

二、矢量力学方法

矢量力学是由伽利略奠基,牛顿集大成,而由欧拉和达朗贝尔发展完成的。牛顿力学是归纳了天体运动的大量观测资料而产生的理论。与工程中的物体运动相比较,天体运动更接近于理想化的自由质点运动。18世纪随着航海事业和机器大生产的发展,要求对刚体和受约束机械系统的运动进行分析。欧拉(L. Euler)用矢量力学方法建立了刚体定点运动的运动微分方程,解决了船舶的摇摆运动规律问题。达朗贝尔(J. LeR. d'Alembert)建立了与牛顿第二定律等效的达朗贝尔原理,将约束归结为约束力的作用,提供了解决约束质点系统动力学问题的一般方法,从而发展完善了以牛顿、欧拉方程为代表的矢量力学方法。

矢量力学从力、力矩、力偶、位矢、速度和加速度等矢量的概念出发,以牛顿定律为基础,应用矢量几何分析方法建立动力学方程。牛顿定律以及由此推出的质点系动力学普遍定理,达朗贝尔原理和动静法构成矢量动力学的主要内容。

在运动分析时矢量力学引入动参考系,通过对速度和加速度等矢量的几何关系分析,应用运动合成方法直接得到速度合成定理和加速度合成定理,而无需建立物体的运动方程。

矢量力学方法的优点是直观,它是物理课程中力学知识的延伸,物理意义明显,便于理解和接受,一些重要的力学基本概念均在矢量力学中建立。其次,它比较适用于简单问题的运动和动力学瞬时分析计算。因此,矢量力学一直是工程力学课程的主要内容。

三、分析力学方法

18世纪随着机械工业的迅速发展,各个工业部门先后应用机器进行大规模生产,对自由度较多的受约束系统的动力学问题进行研究需要新的力学分析方法,拉格朗日(J. - L. Lagrange)于1788年发表了名著《分析力学》,建立了约束系统动力学的理论和方法。与牛顿用矢量描述运动不同,拉格朗日用广义坐标描述系统的运动,直接对标量方程求导计算速度和加速度;采用数学分析的方法,并借助变分原理建立力与运动的关系,从而建立了一个与牛顿的矢量力学体系完全不同的新体系,即经典力学的分析力学体系。虚位移原理、拉格朗日第一类方程和第二类方程构成分析力学的主要内容。1834年哈密顿(W. R. Hamilton)将动力学基本原理归纳为变分形式的哈密顿原理,把拉氏第二类方程变换为正则方程,从而建立了分析力学的另一个分支——哈密顿力学。由于以能量这一更带普遍性的概念取代力和加速度作为基本概念,使得分析力学的基本原理不仅适用于离散系统(质点系、刚体系统),也适用于更广泛的系统,如连续介质、机电耦合系统、控制系统,还适用于微观物质系统,因此推动了量子力学和统

计力学的发展,成为从经典力学向现代物理学过渡的桥梁。

与牛顿定律以单个质点为研究对象不同,分析力学以力学系统的整体为研究对象,正视系统所受的约束,即使受有各种约束的复杂系统也能得到有效的解决。同时,标量便于作坐标变换;广义坐标的引入又使它具有很大的灵活性和广泛的适应性。

分析力学解决问题的思路与矢量力学有很大的不同。在研究系统的平衡问题时,它不直接给出平衡条件,而是将系统的平衡构形与其邻近的无数个非平衡构形相比较,应用变分原理所确定的判据从中找出平衡构形。在解决动力学问题时,它不直接建立运动规律,而是将系统的真实发生的运动与其邻近的无数个可能发生的运动相比较,并提供能将真实运动从可能运动中挑选出来的准则。这就是力学的变分方法。矢量力学应用的是非变分方法。

本书主要介绍矢量动力学,并简要介绍分析力学的基本概念和原理。对分析力学感兴趣的读者可进一步参看有关的分析力学教材。

第二章 运动分析概论

§ 2-1 点的一般运动及其描述方法

第一篇 运动分析基础

本篇研究物体运动的几何性质,提出运动分析的一般方法,为机构运动分析提供基本的概念、理论和方法,并为机构综合和动力分析奠定基础。本篇第一部分介绍运动分析的基本概念、点的运动的描述方法及点的一般运动的分析,介绍刚体的各种运动及其描述。第二部分介绍平面运动刚体的运动分析。第三部分应用运动的合成法分析运动刚体上动点的运动。本篇主要研究平面机构的运动分析问题。

运动分为直线运动和曲线运动。物理课程中主要介绍了直线运动和刚体的平面曲线运动,如圆周运动、转动等。本书还要研究一般刚体的运动。

确定点的运动的主要物理量都是矢量,位移(位置矢量) r ,路程 s ,速度 v ,加速度 a 。点的运动方程为:

$$r = r(t) \quad (2-1)$$

上式反映了点的空间位置随时间变化的规律,它唯一确定了点的运动。用矢量力学方法进行点的运动分析实质上是建立某瞬时该点的位置矢量的各分量之间的几何关系,故也称为几何法。分析力学引入广义坐标和约束方程的概念,从建立运动方程出发,直接对标量方程求导计算速度和加速度分量,称为动力学法。分析法可直接应用计算机求解,适用于复杂机械运动全过程的分析。而几何法比较直观,适用于对一定瞬时的运动进行分析,也便于定性分析。随着计算机的发展和普及,分析法在工程计算中的重要性不断提高。即使采用几何法,在作数值计算时,也必须将矢量向坐标方向投影,化作标量进行计算和积分运算。两种方法各有所长,读者都应掌握。

在矢量力学描述点的运动通常应用矢量法及其投影投影法、复数坐标法、自然坐标法和向线坐标法。物理课程中介绍了前两种方法。矢量法和坐标法,表达式简单,与坐标系的选择无关,适用于理论推证。复数坐标法和向线坐标法,表达式简单,与坐标系的选择无关,适用于理论推证。复数坐标法和向线坐标法,表达式简单,与坐标系的选择无关,适用于理论推证。

