

21世纪

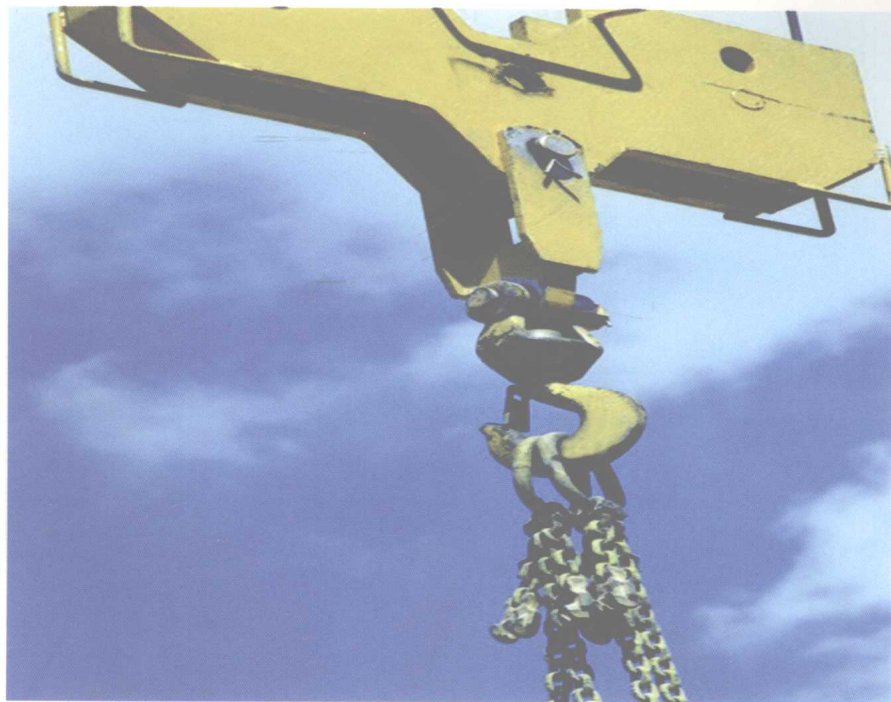
普通高等学校工程管理专业规划教材
建设部高等学校工程管理专业指导委员会 审订

工程力学

GONGCHENGLIXUE

主编 经来旺 陈国平

G
O
O
G
L



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

普通高等学校工程管理专业规划教材
建设部高等学校工程管理专业指导委员会 审订

工 程 力 学

主 编 经来旺 陈国平
副主编 宫能平 江向阳 侯景鹏

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

【内 容 提 要】

本书是普通高等学校工程管理专业规划教材之一。是在综合考虑了工程管理、土木工程、工程地质、环境工程、材料科学、工业设计等专业需求的基础之上,经反复研讨后编写而成的。

全书共分 19 章,第 1~3 章为静力学部分,第 4~12 章为材料力学部分,第 13~14 章为运动学部分,第 15~19 章为动力学部分。具体内容包括:静力学基本概念、平面力系、空间力系、轴向拉伸与压缩、剪切、扭转、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、应力状态和强度理论、组合变形、压杆稳定、刚体的基本运动、刚体平面运动、动力学基本方程、达朗伯原理、动能定理、动量定理和动量矩定理、振动等。

本教材可作为高等学校工科本科工程管理、土木工程、工程地质、环境工程、材料科学、工业设计等专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/经来旺,陈国平主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2008. 8

ISBN 978-7-5629-2748-8

I. 工…

II. ① 经… ② 陈…

III. 工程力学-高等学校-教材

IV. TU372

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 129910 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编 430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:湖北地矿印业有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:27.75

字 数:710 千字

版 次:2008 年 8 月第 1 版

印 次:2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—3000

定 价:42.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。本社购书
热线电话:(027)87394412 87397097

普通高等学校工程管理专业规划教材 编审委员会名单

主任委员:

- 任 宏 建设部高等学校工程管理专业指导委员会主任委员
重庆大学建筑管理学院院长,教授,博导
- 丁烈云 建设部高等学校工程管理专业指导委员会副主任委员
华中师范大学党委书记,教授,博导

副主任委员:

- 王乾坤 湖北省工程建设专家委员会委员
武汉理工大学副校长,教授,博导
- 张希黔 建设部高等学校工程管理专业评估委员会副主任委员
中国建筑第三工程局顾问总工程师,教授
- 乐 云 中国建筑学会建筑经济分会理事
同济大学建设管理与房地产系主任,教授,博导
- 雷绍锋 武汉理工大学出版社社长,教授,博导
- 刘永坚 武汉理工大学出版社副社长

委 员:(以姓氏笔画为序)

卜良桃	方 俊	王长永	王成刚	王孟钧	王俊安
邓铁军	田道全	江 萍	齐俊峰	刘永坚	何清华
宋 敏	沈 巍	陈国平	陈起俊	陈敬武	严捍东
徐 扬	张云波	张长清	张建新	周述发	经来旺
杨 宇	杨志勇	赵 彬	赵世强	骆汉宾	姜早龙
黄如宝	黄学军	董晓峰	雷绍锋	谭大璐	魏小胜

秘书长:田道全

总责任编辑:徐 扬

出版说明

“工程管理”是一门研究工程技术活动中所涉及的计划、组织、资源配置、指挥与控制等管理问题的学科。随着我国新型工业化进程中大规模建设工作的展开和企业的快速发展,工程管理领域迫切需要大量掌握现代化科学技术、精通管理业务,又具有战略眼光的工程管理人才。高等学校工程管理专业教育的培养目标,就是为国家经济与社会发展培养具有工程技术、管理学、经济学基本知识,掌握现代管理科学的理论、方法和手段,能在国内外工程建设领域从事工程技术活动管理的复合型高级管理人才。

高等学校工程管理专业是教育部1998年颁布的《普通高等学校本科专业目录》中设置的新专业,整合了原“建筑管理工程”、“国际工程管理”、“房地产经营管理”等专业,具有较强的综合性和较大的覆盖范围。如何办好这一新专业,从而有效地为国家经济与社会发展培养工程建设领域的高级专业管理人才,是摆在全国设置了该专业的高等学校面前的一个重大课题。同时,高等学校对该专业的人才培养目标、课程结构体系、专业方向设置、课程教学大纲、教材建设等产生了十分迫切的需求。为此,建设部高等学校工程管理专业指导委员会已编制了教学指导文件:《全国高等学校土建类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求——工程管理专业》。

武汉理工大学出版社一贯以出版反映我国高等教育和教学改革阶段性成果的精品教材、教学参考书为己任。在广泛调查研究的基础上,为了进一步推动我国高等学校工程管理专业本科教学改革,整合各门课程内容,决定组织编写出版一套代表我国当前教学水平、反映阶段性教改成果并适合教学需要的系列教材——《普通高等学校工程管理专业规划教材》。

该系列教材的编写将立足于我国工程建设行业的人才培养需求,内容涵盖工程技术、管理、经济、法律等知识平台,以及工程项目管理专业方向、房地产经营与管理专业方向、工程投资与造价管理专业方向等,每门课程均出版配套的多媒体教学课件。

我们将在建设部高等学校工程管理专业指导委员会的具体指导下,邀请全国多所高等学校致力于“工程管理”专业本科教学改革与教材建设的专家和教授,共同编写本套系列教材(或制作多媒体教学课件)。

系列教材编审委员会由各位主编、本学科知名专家及我社资深编辑共同组成。编审委员会的主任委员、副主任委员将由工程管理界知名教育专家担任。教材编写工作实行主编负责制,主编对编写大纲、结构体系及章节内容安排等负总责。本套系列教材计划分批组织编写和出版,系列教材首批推出21种(于2008年秋季、2009年春季分批出版)。

面向新世纪的中国高等教育正在经历前所未有的变革和发展,我社将秉承为高等学校教学和科研工作服务的宗旨,以服务于学校师资队伍建设和教材建设为特色。我们愿与各校教师真诚合作,共同努力,为新世纪的高等教育事业作出更大的贡献。

武汉理工大学出版社

2008年5月

前 言

随着高等学校教学改革的不深入,学时数的大幅度减少,教学内容的更新和教材的更替已势在必行。目前,工科类专业工程力学课程(包括静力学、材料力学、运动学和动力学)的学时数已从20世纪80年代的120~140学时降至70学时,但大多数学校所用教材依然未作相应更新,这显然不符合时代的要求。过去的工程力学教材中有很多内容与物理学中的内容相重复,且该部分内容在高中阶段和大学一年级的物理学中已经教授给学生,如静力学中物体的重心问题和摩擦力问题,运动学中点的运动问题等,这些已经学过的内容重复出现在工程力学中,一方面对学时的影响较大,另一方面也不利于学科之间的界限区分。

本教材一方面在满足国家教学大纲的基础之上,删除了与物理学完全相重复的内容;另一方面,基于理论联系实际的考虑,大部分章节都增加了工程实例的相关内容,使得学生更为清楚地了解本课程各部分理论在工程实践中的作用。各章后面配备的习题也大多来自于工程实践,这对学生较早地熟悉工程实践具有极大的促进作用。

本教材是经建设部高等学校工程管理专业指导委员会审订的普通高等学校工程管理专业规划教材之一,读者对象主要包括工程管理专业、土木工程专业、机械类非制造类专业、工程地质专业、材料类专业、安全工程专业、资源与环境专业等专业的本科学生,对现场工程技术人员同样具有很高的参考价值。

本书由经来旺教授和陈国平教授主编,副主编有宫能平教授、侯景鹏副教授和江向阳博士。宫能平编写了静力学、材料力学、运动学和动力学四部分的引言,侯景鹏编写了第1、2、3章,经来旺编写了第4、5、6章,江向阳编写了第7、8、9章,冯彧雷编写了第10、11、12章,杨华编写了第13、14章,樊清华编写了第15章,姜忠宇编写了第16章,吕庆洲编写了第17、18、19章,附录一和附录二由刘丹丹编写。静力学、运动学和动力学部分由陈国平教授审核,全书由经来旺教授修改、审核和定稿。

本书在编写过程中得到了安徽理工大学理学院领导、力学系领导、力学系全体教师的大力支持;安徽理工大学陈树峰教授认真地审阅了书稿,郝朋伟老师和考四明老师对书稿提出了宝贵的意见和建议。在此一并致谢!

本书还受到了安徽省教育厅和安徽理工大学的资助,在此深表感谢!

由于编者水平所限,成稿仓促,谬误之处在所难免,恳请有关专家及读者批评指正,以利完善。

编者

2008年8月30日

目 录

第一篇 静 力 学

1 静力学的基本概念	(2)
1.1 刚体的概念	(2)
1.2 静力学公理	(2)
1.3 约束与约束反力	(5)
1.3.1 光滑面约束	(5)
1.3.2 柔性约束	(5)
1.3.3 光滑铰链约束	(6)
1.3.4 其他类型约束	(7)
1.4 物体的受力分析	(9)
本章小结	(11)
复习思考题	(11)
2 平面力系	(15)
2.1 平面汇交力系	(15)
2.1.1 平面汇交力系合成与平衡的几何法(矢量法)	(15)
2.1.2 平面汇交力系合成与平衡的解析法	(17)
2.2 平面力偶系	(20)
2.2.1 力矩	(20)
2.2.2 力偶与力偶矩	(21)
2.2.3 平面力偶系的合成	(22)
2.2.4 平面力偶系的平衡条件	(23)
2.3 平面任意力系	(24)
2.3.1 力的平移定理	(24)
2.3.2 平面任意力系向一点简化、主矢和主矩	(25)
2.3.3 简化结果分析及合力矩定理	(26)
2.3.4 平面任意力系的平衡	(28)
2.4 工程中的平面力系问题	(31)
本章小结	(35)
复习思考题	(36)
3 空间力系	(39)
3.1 力在空间坐标轴上的投影	(39)
3.2 力对轴之矩	(41)

3.3 空间力系的平衡·····	(43)
3.4 工程中的空间力系问题·····	(47)
本章小结·····	(49)
复习思考题·····	(50)

第二篇 材料力学

4 轴向拉伸与压缩 ·····	(58)
4.1 工程实例·····	(58)
4.2 截面上的内力·····	(59)
4.2.1 内力·····	(59)
4.2.2 截面法、轴力、轴力图·····	(59)
4.3 截面上的应力·····	(60)
4.3.1 应力·····	(60)
4.3.2 拉(压)杆横截面上的正应力·····	(60)
4.3.3 拉(压)杆斜截面上的应力·····	(61)
4.4 轴向拉伸和压缩变形的计算·····	(63)
4.4.1 纵向变形与横向变形·····	(63)
4.4.2 虎克定律·····	(63)
4.5 轴向拉伸和压缩时材料的力学性能·····	(66)
4.5.1 拉伸试验·····	(66)
4.5.2 材料在压缩时的力学性能·····	(68)
4.6 轴向拉伸和压缩时构件的强度条件·····	(69)
4.6.1 极限应力、许用应力和安全系数·····	(69)
4.6.2 拉(压)杆的强度计算·····	(69)
4.7 应力集中的概念·····	(71)
4.8 变形能的概念 功能原理·····	(72)
4.8.1 功能原理·····	(72)
4.8.2 外力功·····	(73)
* 4.9 拉伸和压缩静不定问题·····	(74)
4.9.1 静不定的概念及解法·····	(74)
4.9.2 静不定问题求解步骤总结·····	(76)
4.9.3 装配应力·····	(77)
4.9.4 温度应力·····	(78)
本章小结·····	(79)
复习思考题·····	(79)
5 剪切 ·····	(84)
5.1 剪切和挤压的工程实例·····	(84)
5.2 剪切的实用计算·····	(84)

5.2.1	剪切的概念	(84)
5.2.2	剪切的计算	(85)
5.3	挤压的概念及挤压实用计算	(87)
5.4	焊接实用计算	(89)
5.4.1	对接焊接	(89)
5.4.2	搭接焊接	(89)
	本章小结	(90)
	复习思考题	(90)
6	扭转	(93)
6.1	工程实例	(93)
6.2	扭转构件横截面上的内力	(93)
6.2.1	外力偶矩的计算	(93)
6.2.2	扭矩的计算和扭矩图	(95)
6.3	切应力互等定理	(97)
6.4	圆轴扭转时的应力	(97)
6.4.1	圆轴扭转时的应力	(98)
6.4.2	强度条件	(101)
6.5	圆轴扭转时的变形和刚度条件	(103)
6.5.1	圆轴扭转时的变形	(103)
6.5.2	刚度条件	(104)
6.5.3	关于空心圆轴的讨论	(104)
*6.6	扭转变形能	(105)
*6.7	扭转静不定问题	(106)
	本章小结	(106)
	复习思考题	(107)
7	弯曲内力	(111)
7.1	工程实例	(111)
7.1.1	平面弯曲	(111)
7.1.2	梁的计算简图	(112)
7.2	剪力与弯矩	(113)
7.3	剪力图与弯矩图	(115)
7.3.1	剪力方程和弯矩方程	(115)
7.3.2	剪力图和弯矩图	(116)
7.4	剪力、弯矩和分布载荷集度之间的微分关系	(120)
7.4.1	荷载集度、剪力和弯矩之间的微分关系	(120)
7.4.2	几种常见载荷作用下梁的内力图特征	(121)
	本章小结	(123)
	复习思考题	(124)

8	弯曲应力	(128)
8.1	工程实例	(128)
8.2	平面图形的基本性质	(129)
8.2.1	静矩和形心	(129)
8.2.2	惯性矩	(130)
8.2.3	惯性积	(130)
8.2.4	平行移轴公式	(131)
8.2.5	转轴公式	(131)
8.2.6	主惯性轴、形心主惯性轴	(131)
8.3	梁弯曲时的正应力	(132)
8.3.1	变形几何关系	(132)
8.3.2	物理关系	(134)
8.3.3	静力学关系	(134)
8.3.4	横力弯曲时的正应力	(136)
8.3.5	横截面上的最大正应力	(136)
8.4	梁弯曲时的切应力	(137)
8.4.1	矩形截面梁的切应力	(137)
8.4.2	工字形截面梁的切应力	(140)
8.4.3	薄壁圆环形截面梁的切应力	(141)
8.4.4	圆形截面梁的切应力	(141)
8.5	弯曲梁的正应力强度条件	(142)
*8.6	弯曲中心的概念	(146)
8.6.1	开口薄壁杆件的弯曲切应力	(147)
8.6.2	开口薄壁杆件的弯曲中心	(148)
8.7	提高梁承载能力的措施	(149)
8.7.1	选择合理的截面形状	(150)
8.7.2	合理安排梁的受力情况	(151)
8.7.3	采用变截面梁或等强度梁	(152)
	本章小结	(153)
	复习思考题	(154)
9	弯曲变形	(160)
9.1	工程实例	(160)
9.1.1	工程实践中的弯曲变形问题	(160)
9.1.2	弯曲变形的基本概念	(160)
9.2	梁的挠曲线近似微分方程	(162)
9.3	积分法计算梁的变形	(163)
9.4	用叠加法计算梁的变形	(168)
9.5	梁的刚度条件	(172)

9.6	弯曲变形能	(173)
*9.7	静不定梁	(174)
9.7.1	静不定梁的基本概念	(174)
9.7.2	用变形比较法求解静不定梁	(175)
9.8	提高梁抗弯曲变形能力的措施	(177)
9.8.1	增大梁的抗弯刚度	(177)
9.8.2	减小梁的跨度	(177)
9.8.3	改变加载方式和支座位置	(177)
	本章小结	(178)
	复习思考题	(178)
10	应力状态和强度理论	(184)
10.1	应力状态的概念	(184)
10.2	材料的破坏形式	(185)
10.3	平面应力状态	(186)
10.3.1	平面应力状态应力分析的解析法	(186)
10.3.2	平面应力状态应力分析的图解法	(190)
10.4	空间应力状态	(192)
10.4.1	三向应力状态	(192)
10.4.2	广义虎克定律	(192)
10.5	强度理论	(193)
10.5.1	第一强度理论——最大拉应力理论	(193)
10.5.2	第二强度理论——最大伸长线应变理论	(194)
10.5.3	第三强度理论——最大切应力理论	(194)
10.5.4	第四强度理论——最大形状改变比能理论	(195)
10.6	应用举例	(195)
	本章小结	(197)
	复习思考题	(199)
11	组合变形	(203)
11.1	工程实例	(203)
11.2	斜弯曲	(204)
11.2.1	斜弯曲的概念	(204)
11.2.2	斜弯曲时杆件的内力、应力的计算	(204)
11.3	弯曲与拉伸(压缩)组合变形	(206)
11.3.1	横向力与轴向力共同作用	(206)
11.3.2	偏心拉伸(压缩)	(208)
11.3.3	截面核心	(209)
11.4	弯曲与扭转组合变形	(210)
	本章小结	(214)

复习思考题·····	(215)
12 压杆稳定 ·····	(219)
12.1 工程实例·····	(219)
12.2 细长压杆的临界压力·····	(220)
12.2.1 两端铰支细长压杆的临界压力·····	(220)
12.2.2 其他支座条件下细长压杆的临界压力·····	(221)
12.3 欧拉公式的适用范围,中小柔度杆的临界应力·····	(223)
12.3.1 临界应力和柔度·····	(223)
12.3.2 欧拉公式的适用范围·····	(224)
12.3.3 中柔度压杆的临界应力公式·····	(224)
12.3.4 小柔度压杆·····	(225)
12.3.5 临界应力总图·····	(226)
12.4 压杆的稳定性计算·····	(227)
12.5 提高压杆稳定性的措施·····	(231)
本章小结·····	(232)
复习思考题·····	(232)

第三篇 运 动 学

13 刚体的基本运动 ·····	(238)
13.1 点的平面运动·····	(238)
13.1.1 矢量法·····	(238)
13.1.2 直角坐标法·····	(239)
13.1.3 自然坐标法·····	(241)
13.2 刚体的平行移动·····	(246)
13.3 刚体的定轴转动·····	(247)
13.4 转动刚体上各点的速度和加速度·····	(248)
13.5 轮系的传动比·····	(249)
13.5.1 齿轮传动·····	(250)
13.5.2 皮带轮传动·····	(251)
13.6 工程应用·····	(252)
13.6.1 点的平面运动在工程中的应用·····	(252)
13.6.2 刚体的平动和定轴转动在工程中的应用·····	(253)
本章小结·····	(255)
复习思考题·····	(256)
14 刚体平面运动 ·····	(261)
14.1 点的合成运动·····	(261)
14.2 刚体平面运动的分解·····	(266)
14.3 平面图形上各点的速度·····	(268)

14.3.1	速度合成法(基点法)	(268)
14.3.2	速度投影定理	(269)
14.3.3	瞬心法	(270)
14.4	平面图形上各点的加速度	(273)
14.5	工程应用	(274)
14.5.1	点的合成运动在工程中的应用	(274)
14.5.2	平面运动在工程中的应用	(276)
	本章小结	(278)
	复习思考题	(278)

第四篇 动 力 学

15	动力学基本方程	(285)
15.1	动力学基本定律	(285)
15.2	质点的运动微分方程	(286)
15.2.1	矢径方法	(286)
15.2.2	直角坐标方法	(287)
15.2.3	自然坐标方法	(287)
15.3	刚体绕定轴转动的微分方程 转动惯量	(290)
15.3.1	刚体绕定轴转动的微分方程	(290)
15.3.2	刚体对轴的转动惯量	(291)
15.4	工程应用	(296)
	本章小结	(300)
	复习思考题	(301)
16	达朗伯原理	(304)
16.1	质点的达朗伯原理 惯性力	(304)
16.1.1	质点的达朗伯原理	(304)
16.1.2	惯性力	(305)
16.2	质点系的达朗伯原理	(308)
16.3	刚体惯性力系的简化	(312)
16.3.1	刚体的平动	(313)
16.3.2	刚体的定轴转动	(313)
16.3.3	刚体的平面运动	(313)
16.4	加速平动和匀速转动时的应力分析	(314)
16.5	工程应用	(317)
	本章小结	(319)
	复习思考题	(321)
17	动能定理	(325)
17.1	力的功	(325)

17.1.1	常力在直线运动中的功	(325)
17.1.2	变力在曲线运动中的功	(326)
17.1.3	合力的功	(326)
17.1.4	几种常见力的功	(326)
17.1.5	质点系内力的功	(329)
17.1.6	约束力的功	(329)
17.2	质点、质点系的动能定理	(330)
17.2.1	质点和质点系的动能	(330)
17.2.2	质点和质点系的动能定理	(332)
17.3	功率 功率方程 机械效率	(335)
17.3.1	功率	(335)
17.3.2	功率方程	(335)
17.3.3	机械效率	(336)
17.4	构件加速平动和匀速转动时的应力分析	(337)
17.4.1	加速平动构件的动应力计算	(337)
17.4.2	匀速转动构件的动应力计算	(338)
17.5	工程应用	(339)
17.5.1	动能定理应用——简单刚体系统	(339)
17.5.2	动能定理应用——定常流系统	(340)
	本章小结	(342)
	复习思考题	(344)
18	动量定理和动量矩定理	(347)
18.1	动量定理	(347)
18.1.1	质点的动量定理	(347)
18.1.2	质点系的动量定理	(348)
18.2	质心运动定理	(350)
18.2.1	质心的概念	(350)
18.2.2	质心运动定理	(351)
18.2.3	质心运动守恒定理	(352)
18.3	动量矩定理	(354)
18.3.1	动量矩	(354)
18.3.2	刚体的转动惯量和平行移轴定理	(355)
18.3.3	动量矩定理	(357)
18.4	工程应用	(361)
18.4.1	质点系动量定理应用于简单刚体系统	(361)
18.4.2	质点系动量守恒定理在工程上的应用	(364)
	本章小结	(366)
	复习思考题	(368)

19 振动	(373)
19.1 工程实例.....	(373)
19.2 质点的自由振动.....	(374)
19.2.1 自由振动的力学模型.....	(374)
19.2.2 自由振动的微分方程.....	(375)
19.2.3 自由振动的等效质量和等效刚度.....	(378)
19.2.4 计算固有频率的能量法.....	(379)
19.3 质点的阻尼振动.....	(381)
19.3.1 阻尼.....	(381)
19.3.2 阻尼振动的微分方程.....	(381)
19.4 质点的受迫振动.....	(385)
19.4.1 受迫振动的微分方程.....	(385)
19.4.2 稳态受迫振动.....	(387)
19.5 受迫振动下的构件应力计算.....	(392)
19.6 振动的消除和利用.....	(394)
19.6.1 振动的消除或抑制.....	(394)
19.6.2 振动的利用.....	(395)
本章小结.....	(395)
复习思考题.....	(397)
附录一 习题答案	(401)
附录二 型钢表	(411)
参考文献	(426)

第一篇

静 力 学

作为各门力学课程的基础,静力学是研究物体在力系作用下平衡规律的科学。对平衡规律的研究不仅对材料力学、结构力学的学习有巨大的作用,而且对各种动力学和运动学的研究也具有非常重要的意义。

所谓平衡是指物体的运动状态保持不变,即物体相对于地球静止或作匀速直线运动。如地面建筑物、房屋中的家具、作匀速直线行驶的火车都是处于平衡状态。平衡是物体运动的一种特殊形式。

工程中和日常生活中,作用于物体上的力通常有若干个,对于数量超过两个以上的力的系统,称为力系。若一个力系作用于物体上并使其保持平衡状态,则称此力系为平衡力系。

依据静力学的性质,静力学研究的内容主要包括以下三个方面:

(1) 物体的受力分析

分析物体受力的数量,各个力作用线的位置、大小和方向。

(2) 力系的等效与简化

将作用在物体上的一个力系用另一个与它等效的力系来代替,则称这两个力系互为等效力系。用简单力系等效地替换复杂力系,称为力系的简化。

在研究力系等效替换的问题时,物体并不一定处于平衡状态,我们可以暂不考虑物体的运动,而仅研究作用力的替换。例如:一架飞行的飞机,受到风力、重力、空气阻力等作用,这群力错综复杂地分布在飞机的各部位,每个力都会影响它的运动。要想确定飞机的运动规律,必须分析这个力系的总的效果,这就需要用一个简单的等效力系来代替这个复杂的力系,然后再进行运动的分析。

(3) 力系作用下的平衡条件及其应用

力系平衡条件是指物体平衡时,作用在物体上的各种力系必须满足的条件。

所谓力系平衡条件的应用是指根据力系的平衡条件,解决工程实际问题。力系的平衡条件在工程实际中有着十分重要的意义。在设计建筑物的构件和机械零件时,需要应用静力学平衡条件计算所受的未知力,然后依据材料力学和弹性力学的强度、刚度和稳定性条件,对构件和零件的材料选取、尺寸确定进行分析计算。所以,静力学在工程实际中有着广泛的应用。

静力学分析物体受力情况的方法较为简单,故而作为一种简化问题研究过程的手段经常被应用于其他非静力学领域,如本门课程中动力学部分的一个重要理论——达朗伯原理就是将复杂的动力学问题用简单的静力学方法进行求解的典型理论。

1

静力学的基本概念

1.1 刚体的概念

静力学是研究物体平衡的科学。静力学的研究对象是刚体。所谓刚体,就是在力的作用下,其内部任意两点之间的距离不变,即形状和大小保持不变的物体。在实际工程中,刚体是不存在的。任何物体在力的作用下,或多或少都要发生变形,我们称之为变形体。在一些工程问题中,一些微小的变形对研究物体的平衡问题不起主要作用,这样的物体,我们把它抽象为刚体,这对于研究问题来说是非常有必要的。例如,房屋结构中的梁和柱,在力的作用下会产生变形,当研究梁、柱平衡问题时可以不考虑它们受力后的微小变形,而将其视为不变形的刚体,这样可以简化其平衡问题的分析计算。

1.2 静力学公理

静力学公理是人们在长期生活实践中总结概括出来的。这些公理无须证明而为大家公认。静力学的全部理论,都是建立在这些公理的基础之上的。

公理一 二力平衡公理 刚体在两个力作用下保持平衡的必要和充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,并且作用在同一条直线上,如图 1.1 所示。

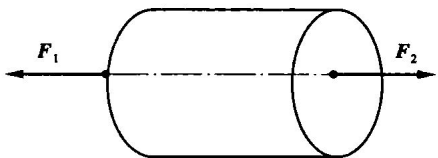


图 1.1

公理一揭示了作用于刚体上的最简单力系的平衡条件。对于刚体来说,这个条件是充分和必要的;但对于变形体来说,这个条件是非充分的。例如绳索在等值、反向、共线拉力作用时可以平衡,但在等值、反向、共线压力作用时就不能保持平衡。

工程中把只在两点各受一个集中力而平衡的刚体称为二力体,在结构分析中又称为二力构件。当二力构件的长度尺寸远大于横截面尺寸时,称为二力杆。二力构件、二力杆如图 1.2、图 1.3 所示。

公理二 加减平衡力系公理 在已知力系上加上或减去任意一个平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应,即新力系与原力系的作用效应相同。

这个公理是研究力系等效替换的重要依据。