



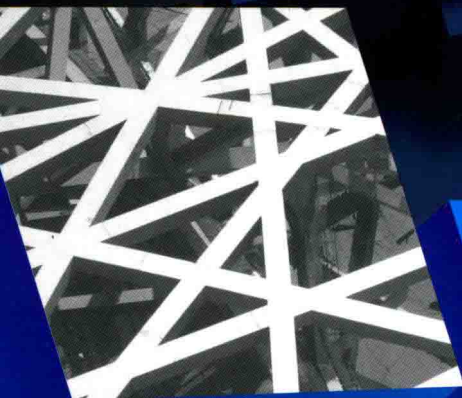
智慧图书·建筑书系

全国土木工程类实用创新型规划教材

主编 郭新柱

理论力学

LILUN LIXUE



哈尔滨工业大学出版社





智慧图书·建筑书系

全国土木工程类实用创新型规划教材

理论力学

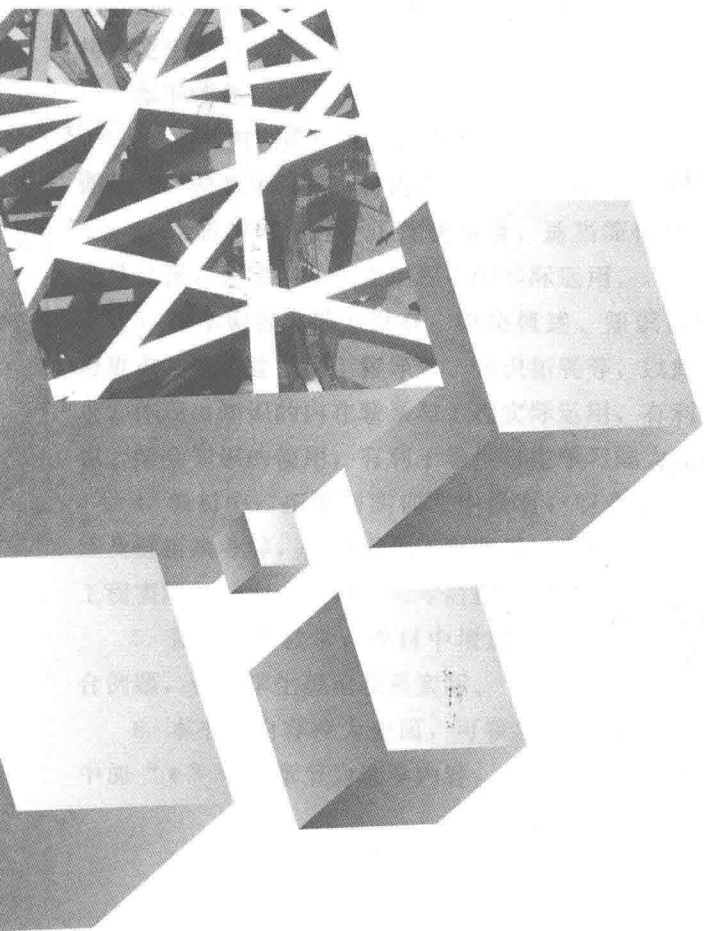
LILUN LIXUE

主编 郭新柱

副主编 黄玉果 黄剑锋 李剑光

编者 张琴 闫琴 谭喜云

吴岩



哈尔滨工业大学出版社



内 容 简 介

本书从工程实例出发,介绍了静力学、运动学和动力学等方面的知识,具有较强的工程实践指导性,充分体现了职业性、典型性、实践性和开放性的要求,实现了以能力培养为目标的教学宗旨。本书内容包括:静力学公理与物体的受力分析,平面汇交力系与力偶系,平面任意力系与摩擦,空间力系,点的运动,刚体的平面运动,动力学基本定律、运动微分方程与动量定理,动量矩定理,动能定理,达朗贝尔原理,虚位移原理等。

本书按照“理论力学”教学大纲的基本要求编写,可作为普通高等院校、高职高专“理论力学”课程教材,也可供相关专业师生和工程技术人员参考。

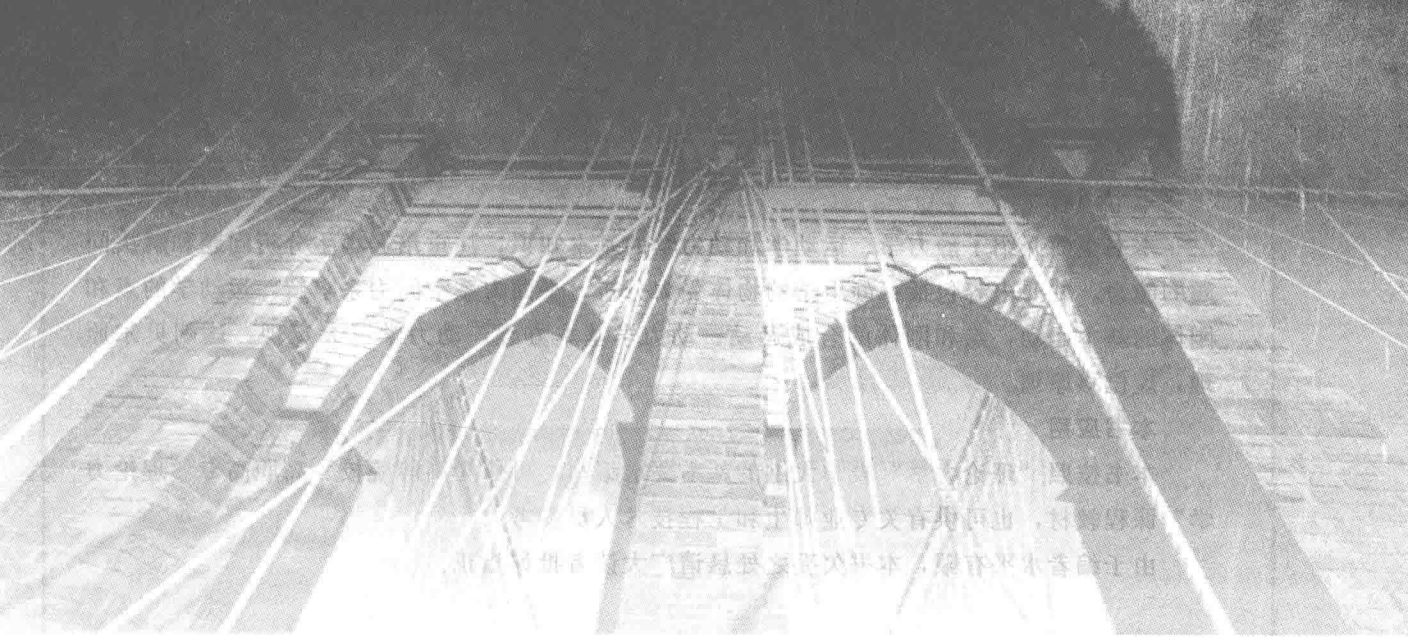
图书在版编目(CIP)数据

理论力学/郭新柱主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2014.7
ISBN 978-7-5603-4679-3
I. ①理… II. ①郭… III. ①理论力学-高等学校-教材 IV. ①O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 086973 号

责任编辑 刘 瑶
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 三河市越阳印务有限公司
开 本 850mm×1168mm 1/16 印张 14.5 字数 419 千字
版 次 2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-4679-3
定 价 31.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)



为了配合全国土木工程类实用创新型规划教材建设，我们组织兄弟院校具有丰富教学经验的老师通力合作，编写了本书。本书在编写过程中，充分吸收借鉴了近年来各兄弟院校的教学研究成果，紧密联系工程实际和科技发展成果，在内容编排上，结合职业资格认证，理论联系实际，充分体现普通高等教育特色。本书内容采用模块化结构，便于教与学。

本书特色

1. 本书内容按照课程内容的内在联系、认识规律和“理论力学”课程的一般顺序编排，将内容分为 11 个模块。

2. 对教学内容进行了优化整合，适当简化或删除了公式的详细推导过程，拓宽了知识在工程中的实际运用。

3. 教学内容编排上设有：模块概述、知识目标、能力目标、学习重点、课时建议、工程导入、知识拓展等，以此明确学习目的与要求、体现出知识的内在联系与工程实际运用，有利于学生系统掌握知识、学会知识的使用，有利于学生自主学习能力的培养与提高。

4. 教材中“拓展与实训”中设有：职业能力训练、工程模拟训练及链接执考等，借此强化工程背景，强化学生工程意识，加强解决工程实际的能力，同时也为今后执考提供了素材。

5. 强化案例教学，教材中增加了调查、分析、讨论等类型的综合例题，引导学生理论联系实际。

6. 本书的内容较为全面，可视实际授课具体情况酌情取舍，其中加“*”号的章节为选学内容。

Preface

前言

本书内容

本书全面介绍了静力学、运动学和动力学的基本知识，注重培养学生分析问题和解决问题的能力。主要内容包括：静力学的物体受力分析，平面力系空间力系求解，运动学的点和刚体的基本运动，点和刚体的合成运动，动力学基本方程，动力学三大定理，达朗贝尔原理，虚位移原理。

本书应用

本书按照“理论力学”教学大纲的基本要求编写，可作为高等院校、高职高专“理论力学”课程教材，也可供有关专业师生和工程技术人员参考。

由于编者水平有限，本书欠妥之处恳请广大读者批评指正。

编 者

编 审 委 员 会

主 任:胡兴福

副主任:李宏魁 符里刚

委 员:(排名不分先后)

胡 勇	赵国忱	游普元
宋智河	程玉兰	史增录
张连忠	罗向荣	刘尊明
胡 可	余 斌	李仙兰
唐丽萍	曹林同	刘吉新
武鲜花	曹孝柏	郑 睿
常 青	王 斌	白 蓉
张贵良	关 瑞	田树涛
吕宗斌	付春松	蒙绍国
莫荣锋	赵建军	易 斌
程 波	王右军	谭翠萍
边喜龙		

简要介绍本模块与整个工程项目的联系，在工程项目中的意义，或者与工程建设之间的关系等。

模块概述

包括知识目标和技能目标，列出了学生应了解与掌握的知识点。

学习目标

课时建议

建议课时，供教师参考。

技术提示

言简意赅地总结实际工作中容易犯的错误或者难点、要点等。

模块 2 平面汇交力系与力偶系

【模块概述】

平面汇交力系、力偶系是力学中重要的一种特殊状态。通过平面汇交力系和力偶系的学习，为后续学习中力矩和力偶系的学习奠定基础。在工程实际中，力偶系和力偶系的应用非常广泛。在工程实际中，力偶系和力偶系的应用非常广泛。在工程实际中，力偶系和力偶系的应用非常广泛。

【知识目标】

1. 平面汇交力系合成平衡方程的列写；
2. 力偶系和力偶平衡方程的列写；
3. 平面汇交力系和力偶系的应用；
4. 力偶系的应用；
5. 平面汇交力系和力偶系的应用。

【能力目标】

1. 能够应用平面汇交力系平衡方程求解静力学问题；
2. 能够应用力偶平衡方程求解静力学问题；
3. 能够应用平面汇交力系和力偶系平衡方程求解静力学问题。

【学习建议】

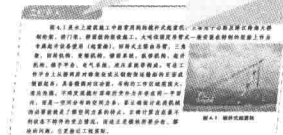
在学习过程中，应注重对力偶系和力偶系的理解，并能应用平衡方程求解静力学问题。

【学时建议】

4学时

各模块开篇前导入实际工程，简要介绍工程项目中与本模块有关的知识和它与整个工程项目的联系及在工程项目中的意义，或者课程内容与工程需求的关系等。

工程导入



4.1 空间力对点之矩和力对轴之矩

【重点】力对点之矩和力对轴之矩

1. 力在空间任意位置上的投影

设力 F 与 x 轴夹角为 α ，与 y 轴夹角为 β ，与 z 轴夹角为 γ ，则有

$$F_x = F \cos \alpha, F_y = F \cos \beta, F_z = F \cos \gamma \quad (4.1)$$

力 F 在 Oxy 面上的投影为 F_{xy} ，在 Oyz 面上的投影为 F_{yz} ，在 Oxz 面上的投影为 F_{xz} 。其投影如图 4.1 所示。在图 4.1 中，以 F 为力，则 F_x 、 F_y 、 F_z 为力在 x 、 y 、 z 轴上的投影。

$$F_{xy} = F \cos \alpha \cos \beta, F_{yz} = F \cos \beta \cos \gamma, F_{xz} = F \cos \alpha \cos \gamma \quad (4.2)$$

力在空间任意位置上的投影为 F_{xy} 、 F_{yz} 、 F_{xz} 。其投影如图 4.1 所示。

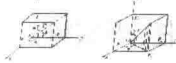


图 4.1 力在空间任意位置上的投影

【重点提示】

1. 力在空间任意位置上的投影

2. 力对点之矩和力对轴之矩

3. 力偶系和力偶平衡方程

4. 力偶系的应用

5. 平面汇交力系和力偶系的应用

6. 力偶系的应用

7. 力偶系的应用

8. 力偶系的应用

9. 力偶系的应用

10. 力偶系的应用

11. 力偶系的应用

12. 力偶系的应用

13. 力偶系的应用

14. 力偶系的应用

15. 力偶系的应用

16. 力偶系的应用

17. 力偶系的应用

18. 力偶系的应用

19. 力偶系的应用

20. 力偶系的应用

21. 力偶系的应用

22. 力偶系的应用

23. 力偶系的应用

24. 力偶系的应用

25. 力偶系的应用

26. 力偶系的应用

27. 力偶系的应用

28. 力偶系的应用

29. 力偶系的应用

30. 力偶系的应用

31. 力偶系的应用

32. 力偶系的应用

33. 力偶系的应用

34. 力偶系的应用

35. 力偶系的应用

36. 力偶系的应用

37. 力偶系的应用

38. 力偶系的应用

39. 力偶系的应用

40. 力偶系的应用

41. 力偶系的应用

42. 力偶系的应用

43. 力偶系的应用

44. 力偶系的应用

45. 力偶系的应用

46. 力偶系的应用

47. 力偶系的应用

48. 力偶系的应用

49. 力偶系的应用

50. 力偶系的应用

51. 力偶系的应用

52. 力偶系的应用

53. 力偶系的应用

54. 力偶系的应用

55. 力偶系的应用

56. 力偶系的应用

57. 力偶系的应用

58. 力偶系的应用

59. 力偶系的应用

60. 力偶系的应用

61. 力偶系的应用

62. 力偶系的应用

63. 力偶系的应用

64. 力偶系的应用

65. 力偶系的应用

66. 力偶系的应用

67. 力偶系的应用

68. 力偶系的应用

69. 力偶系的应用

70. 力偶系的应用

71. 力偶系的应用

72. 力偶系的应用

73. 力偶系的应用

74. 力偶系的应用

75. 力偶系的应用

76. 力偶系的应用

77. 力偶系的应用

78. 力偶系的应用

79. 力偶系的应用

80. 力偶系的应用

81. 力偶系的应用

82. 力偶系的应用

83. 力偶系的应用

84. 力偶系的应用

85. 力偶系的应用

86. 力偶系的应用

87. 力偶系的应用

88. 力偶系的应用

89. 力偶系的应用

90. 力偶系的应用

91. 力偶系的应用

92. 力偶系的应用

93. 力偶系的应用

94. 力偶系的应用

95. 力偶系的应用

96. 力偶系的应用

97. 力偶系的应用

98. 力偶系的应用

99. 力偶系的应用

100. 力偶系的应用

重点串联

用结构图将整个模块的重点内容贯穿起来，给学生完整的模块概念和思路，便于复习总结。

拓展与实训

包括职业能力训练、工程模拟训练和链接执业三部分，从不同角度考核学生对知识的掌握程度。

绪 论

模块 1 静力学公理与物体的受力分析

▮ 模块概述/005

▮ 知识目标/005

▮ 能力目标/005

▮ 学习重点/005

▮ 课时建议/005

▮ 工程导入/006

1.1 静力学的基本概念/006

1.1.1 力和力系/006

1.1.2 平衡的概念/007

1.1.3 刚体/007

1.2 静力学的基本公理/007

1.3 约束与约束反力/010

1.3.1 自由体/010

1.3.2 非自由体/010

1.3.3 约束和约束反力/010

1.4 物体的受力分析和受力图/013

※ 重点串联/015

※ 拓展与实训/016

✱ 职业能力训练/016

✱ 工程模拟训练/018

✱ 链接执考/018

模块 2 平面汇交力系与力偶系

▮ 模块概述/020

▮ 知识目标/020

▮ 能力目标/020

▮ 学习重点/020

▮ 课时建议/020

▮ 工程导入/021

2.1 平面汇交力系合成与平衡/021

2.1.1 平面汇交力系合成的几何法/021

2.1.2 平面汇交力系平衡的几何条件/022

2.2 平面汇交力系合成的解析法/023

2.2.1 力在直角坐标轴上的投影/024

2.2.2 平面汇交力系合成的解析法/025

2.2.3 平面汇交力系的平衡方程/026

2.3 平面力对点之矩/027

2.3.1 力对点之矩(力矩)/027

2.3.2 合力矩定理/028

2.3.3 力矩与合力矩的解析表达式/029

2.4 平面力偶系/029

2.4.1 力偶与力偶矩/029

2.4.2 同平面内力偶的等效定理/031

2.4.3 平面力偶系的合成和平衡条件/031

※ 重点串联/033

※ 拓展与实训/033

✱ 职业能力训练/033

✱ 工程模拟训练/036

✱ 链接执考/036

模块 3 平面任意力系与摩擦

▮ 模块概述/037

▮ 知识目标/037

▮ 能力目标/037

▮ 学习重点/037

▮ 课时建议/037

▮ 工程导入/038

3.1 平面任意力系/038

3.1.1 力线平移定理/038

3.1.2 平面任意力系的简化/039

3.1.3 平面任意力系的平衡/041

3.1.4 物体系统的平衡、静定和超静定问题/043

3.1.5 平面桁架/045

3.2 摩擦/048

3.2.1 滑动摩擦力与滑动摩擦定律/048

3.2.2 摩擦角及自锁现象/049

3.2.3 考虑摩擦的平衡问题/049

❖重点串联/050

❖拓展与实训/051

✱职业能力训练/051

✱工程模拟训练/054

✱链接执考/054

模块4 空间力系

☞模块概述/056

☞知识目标/056

☞能力目标/056

☞学习重点/056

☞课时建议/056

☞工程导入/057

4.1 空间力对点之矩和力对轴之矩/057

4.1.1 力在空间直角坐标轴上的投影及分解/057

4.1.2 力对点之矩——力矩矢/058

4.1.3 力对轴之矩/059

4.1.4 力对点之矩与力对轴之矩的关系/060

4.2 空间任意力系向已知点简化/061

4.2.1 空间力偶/061

4.2.2 空间任意力系向任意点的简化/062

4.3 空间任意力系的简化结果分析/064

4.4 空间任意力系的平衡方程及其应用/065

4.4.1 空间任意力系的平衡方程/065

4.4.2 空间约束/067

4.4.3 空间力系平衡方程的应用/067

4.5 平行力系的中心及物体的重心与质心/070

4.5.1 平行力系的中心/070

4.5.2 重心和质心/071

❖重点串联/076

❖拓展与实训/077

✱职业能力训练/077

✱工程模拟训练/081

✱链接执考/081

模块5 点的运动

☞模块概述/082

☞知识目标/082

☞能力目标/082

☞学习重点/082

☞课时建议/082

☞工程导入/083

5.1 点的运动和刚体的基本运动/083

5.1.1 点的运动的描述方法/083

5.1.2 刚体的平移及其运动特征/093

5.1.3 刚体绕定轴的转动/094

5.1.4 定轴转动刚体内各点的速度和加速度/095

5.2 点的复合运动/100

5.2.1 绝对运动、相对运动和牵连运动/100

5.2.2 点的速度合成定理/102

5.2.3 牵连运动为平移时点的加速度合成/104

❖重点串联/107

❖拓展与实训/107

✱职业能力训练/107

✱工程模拟训练/112

✱链接执考/112

模块6 刚体的平面运动

☞模块概述/114

☞知识目标/114

☞能力目标/114

☞学习重点/114

☞课时建议/114

☞工程导入/115

6.1 刚体平面运动概述和运动分析/115

6.1.1 刚体平面运动的特征/115

6.1.2 刚体平面运动的简化/115

6.1.3 刚体平面运动的方程/116

6.1.4 刚体平面运动的分解/116

6.2 平面图形上各点的速度分析/117

6.2.1 基点法/117

6.2.2 投影法/119

6.2.3 瞬心法/120

6.3 平面运动刚体上各点的加速度分析/123

❖重点串联/124

❖拓展与实训/124

✱职业能力训练/124

✱工程模拟训练/127

✱链接执考/128

模块7 动力学基本定律、运动微分方程与动量定理

模块概述/129

知识目标/129

能力目标/129

学习重点/129

课时建议/129

工程导入/130

7.1 动力学基本定律和运动微分方程/130

7.1.1 动力学基本定律——惯性坐标系/130

7.1.2 质点运动微分方程/132

7.1.3 质点动力学的两类基本问题/133

7.2 动量定理/136

7.2.1 动力学普遍定理概述/136

7.2.2 质点的动量、力的冲量及质点的动量定理/136

7.2.3 质心、重心、形心及质心运动守恒/138

重点串联/141

拓展与实训/141

职业能力训练/141

工程模拟训练/144

链接执考/144

模块8 动量矩定理

模块概述/145

知识目标/145

能力目标/145

学习重点/145

课时建议/145

工程导入/146

8.1 动量矩定理及动量矩守恒/146

8.1.1 动量矩/146

8.1.2 动量矩定理/148

8.2 刚体定轴转动微分方程/151

8.2.1 刚体定轴转动微分方程/151

8.2.2 转动惯量/152

8.2.3 刚体定轴转动微分方程的应用/156

8.3 刚体平面运动微分方程/158

8.3.1 相对于质心的动量矩定理/158

8.3.2 刚体平面运动微分方程/158

重点串联/160

拓展与实训/160

职业能力训练/160

工程模拟训练/163

链接执考/164

模块9 动能定理

模块概述/165

知识目标/165

能力目标/165

学习重点/165

课时建议/165

工程导入/166

9.1 功的概念与计算方法/166

9.1.1 功的概念/166

9.1.2 功的计算方法/166

9.2 质点和质点系的动能/169

9.2.1 质点的动能/169

9.2.2 质点系的动能/169

9.3 动能定理/170

9.3.1 质点的动能定理/170

9.3.2 质点系的动能定理/171

9.3.3 理想约束及内力做功/171

9.4 功率、功率方程及机械效率/173

9.4.1 功率/173

9.4.2 功率方程/174

9.4.3 机械效率/174

9.5 势力场、势能及机械能守恒定律/175

9.5.1 势力场/175

9.5.2 势能/175

9.5.3 机械能守恒定律/176

9.6 动力学普遍定理在工程中的应用/177

重点串联/180

拓展与实训/181

职业能力训练/181

工程模拟训练/184

链接执考/185

模块10 达朗贝尔原理

模块概述/186

知识目标/186

☞能力目标/186

☞学习重点/186

☞课时建议/186

☞工程导入/187

10.1 惯性力及惯性力系的简化/187

10.1.1 惯性力的概念/187

10.1.2 惯性力系及其简化/189

10.2 达朗贝尔原理/192

10.2.1 质点达朗贝尔原理/192

10.2.2 质点系达朗贝尔原理/193

10.3 定轴转动刚体的动反力及动平衡的概念/195

10.4 达朗贝尔原理的应用/196

❖重点串联/198

❖拓展与实训/198

✱职业能力训练/198

✱工程模拟训练/201

✱链接执考/201

模块 11 虚位移原理

☞模块概述/202

☞知识目标/202

☞能力目标/202

☞学习重点/202

☞课时建议/202

☞工程导入/203

11.1 约束方程/203

11.2 虚位移的计算/205

11.2.1 虚位移/205

11.2.2 虚位移的计算/207

11.3 虚位移原理/207

11.3.1 虚功/207

11.3.2 理想约束/208

11.3.3 虚位移原理/208

11.3.4 虚位移原理的应用/209

11.4* 自由度与广义坐标/213

11.4.1 自由度/213

11.4.2 广义坐标/214

11.5* 以广义力表示质点的平衡条件/215

11.5.1 以广义力表示的质点系平衡条件/215

11.5.2 广义力的计算/215

❖重点串联/217

❖拓展与实训/218

✱职业能力训练/218

✱工程模拟训练/220

✱链接执考/221

参考文献/222



绪论

1. 理论力学的研究对象

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

物体在空间的位置随时间的改变,称为机械运动。机械运动是人们生活和生产实践中最常见的一种运动。平衡是机械运动的特殊情况。机械运动包括静止、移动、转动、振动、变形、流动、波动及扩散等。

运动是物质存在的形式,它的范围很广,包括物体位置的变化、发光、发热、化学变化甚至人脑的思维等。

理论力学属于古典力学的范畴。古典力学是以伽利略和牛顿所建立的基本定律为基础建立起来的力学理论。所谓古典力学是对相对论力学和量子力学而言的。相对论力学研究速度接近光速(300 000 km/s)的物体的运动。量子力学研究微观粒子的运动。古典力学研究运动速度远小于光速的宏观物体的运动。虽然古典力学具有一定的局限性,但是大多数工程实际的力学问题都属于古典力学的研究范畴。由于古典力学是在生产和科学实践中发展起来的,因而在一般情况下具有足够的准确性。因此,对于宏观物体在速度远小于光速时的运动,特别是对绝大多数工程实际的力学问题的计算,仍以古典力学的定理为依据。

2. 理论力学发展简史

力学是一门古老的科学,也是最早获得发展的科学之一。远在奴隶社会时代,人们就已经通过劳动所积累的经验开始创造一些简单的工具。我国劳动人民积累了比较丰富的力学知识,如杠杆原理、功的原理、滚动摩擦的原理。我国古代的《墨经》是一部最早记述有关力学原理的著作,对于力的定义及杠杆平衡提出了正确的见解,后来在欧洲相继出现了亚里士多德的《物理学》和阿基米德的《论比重》等著作,建立了有关杠杆平衡原理、重心、浮力原理等理论,奠定了静力学的基础。

西方于15世纪后期进入文艺复兴时期,由于商业资本的兴起,生产力发展很快,手工业、航海、建筑及军事技术等领域提出了新的问题,推动了力学和其他科学的迅速发展。意大利著名画家、物理学家莱奥纳多·达·芬奇研究了物体沿斜面运动和滑动摩擦的问题,他发现了惯性原理,研究平衡问题时提出了力矩的概念。波兰科学家尼古拉·哥白尼创立了宇宙“日心说”,引起科学界宇宙观的革命。德国学者约翰·开普勒提出了行星运动三大定律,为牛顿发现万有引力定律打下了基础。意大利著名科学家伽利略通过实验方法验证了自由落体运动定律,并提出了惯性定律和加速度的概念,从而奠定了动力学的基础。英国伟大的科学家牛顿在总结前人的研究成果后,写出了《自然哲学的数学原理》一书,对动力学做了系统的描述,提出了牛顿三大定律,奠定了古典力学的基础。

18~19世纪是理论力学发展的成熟时期,特别是西方工业革命后,天文、军事、水利、建筑、航海、航空、机械和仪器等工业的迅速发展,给力学提出了许多新的问题,同时数学的发展也为力学的发展提供了有利条件,使得力学发展成为理论严谨、体系完整的学科。瑞士数学家约翰·伯努利最先提出了重要的虚位移原理。瑞士数学力学家莱奥纳多·欧拉的名著——《力学》给出了用微分方程表示的分析方法来解决质点的运动问题,发展了摩擦、刚体运动等方面研究。1743年,法国

科学家达朗贝尔在他的著作《动力学专论》中提出了达朗贝尔原理，提供了非自由质点动力学的普遍解法。随后，法国数学家、力学家拉格朗日在分析力学方面获得了辉煌的成就，他把虚位移原理与达朗贝尔原理相结合，导出了拉格朗日方程。19世纪上半期，由于大量机器的使用，功和能的概念在科学技术中得到了发展；能量守恒与转化定律不但在工程技术中得到了应用，而且沟通了各门科学之间的联系。

19世纪末20世纪初，随着物理学和其他学科的迅速发展，出现了许多古典力学无法解释的现象，使得牛顿力学的普遍性受到了怀疑。伟大的物理学家爱因斯坦创立了相对论力学，否定了绝对空间和绝对时间的概念，为力学的发展做出了巨大贡献。

20世纪初发明的量子力学，是研究微观粒子的运动规律的物理学分支学科，它主要研究原子、分子、凝聚态物质，以及原子核和基本粒子的结构、性质的基础理论，它与相对论一起构成了现代物理学的理论基础。

3. 我国力学成就简介

我国古代（14世纪以前）在力学的发展上始终走在世界的前列，只是在近代封建社会的统治下，才变得比较落后。

在力学的发展史上，我国不乏光辉的成就。早在2300多年前，我国古代思想家墨子所著《墨经》中就包含了丰富的关于力学、光学、几何学、工程技术知识和现代物理学、数学的基本要素。现在研究杠杆所用的动力、阻力、动力臂、阻力臂等概念，在《墨经》中分别称为重、权、本、标。

万里长城（图0.1）是我国也是世界上修建时间最长、工程量最大的一项古代防御工程。自公元前七八世纪开始，延续不断修筑了2000多年，分布于我国北部和中部的广大土地上，总计长度约达50000 km，被称之为“上下两千多年，纵横十万余里”。如此浩大的工程不仅在我国就是在世界上也是绝无仅有的，因而在几百年前就与罗马斗兽场、比萨斜塔等列为中古世界七大奇迹之一。

公元前250年，李冰建成了至今闻名中外的都江堰（图0.2）。它是岷江上的大型引水枢纽工程，也是现有世界上历史最长的无坝引水工程。



图 0.1 万里长城



图 0.2 都江堰

东汉时期，我国频繁发生地震，为了测定地震方位，张衡经过多年的潜心研究，终于在公元132年（东汉顺帝阳嘉元年），发明了世界上第一台测定地震方位的科学仪器——候风地动仪（图0.3）。

591~599年，隋代的李春建成了赵州桥（图0.4）至今已有1400多年历史。它跨度为37.4 m，采用拱高只有7 m的浅拱——敞肩拱，敞肩拱的运用为世界桥梁史上的首创，并有“世界桥梁鼻祖”的美誉。



图 0.3 地动仪

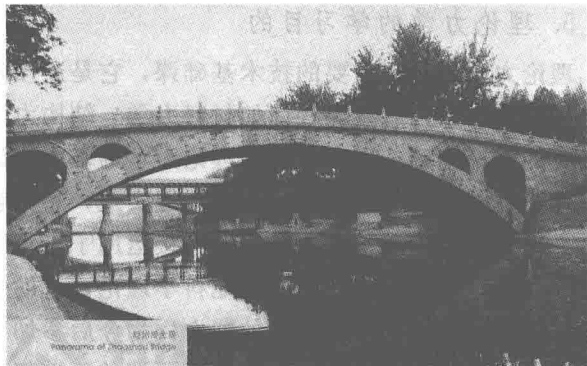


图 0.4 赵州桥

山西应县木塔(图 0.5)于 1056 年建成,采用筒体结构和各种斗拱结构,900 多年来经受过多次地震的考验。

钱塘江大桥(图 0.6)位于浙江省杭州市西湖之南六和塔附近的钱塘江上,由我国著名桥梁专家茅以升主持设计,是我国自行设计、建造的第一座双层铁路、公路两用桥,横贯钱塘江南北,是连接沪杭甬铁路、浙赣铁路的交通要道。该桥于 1934 年 8 月 8 日开始动工兴建,1937 年 9 月 26 日建成,经历了 70 多年的风风雨雨,钱塘江大桥至今依然屹立在钱塘江之上。

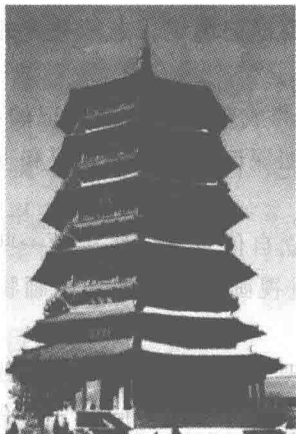


图 0.5 山西应县木塔



图 0.6 钱塘江大桥

以上建筑成就需要综合诸如理论力学、材料力学、结构力学等一系列多学科综合知识,标志着我国古代力学已经发展到了一个较高的水平。

4. 理论力学的研究方法

力学是人类通过长期的生活实践、生产实践和科学实验积累了大量有关机械运动的素材,经过抽象、综合、归纳和数学演绎建立概念和理论体系,再回到实践中去检验及指导新的实践,获得进一步的发展。理论力学的研究方法从观察实验出发,经过抽象化和归纳建立概念和理论,用数学演绎的方法推导定理和结论,再回到实践中去验证理论和解决实际问题。理论力学的产生和发展就是人类对于物体机械运动认识的深化过程,是通过长期的生产实践和无数次科学实验而形成的。人们经过无数次实践—理论—再实践的反复过程,使人类对力学问题的认识不断提高和深化,逐步总结和归纳形成了物体机械运动一般规律的理论。

理论力学问题的解决方法通常是把研究对象抽象为力学模型,再根据力学理论把力学量之间的数量关系建立方程,然后通过数学运算进行求解。理论力学来源于实践,应用于实践,我们只有不断地把所学到的理论应用到生产实践中去,经常应用所学理论解决工程技术问题,才是研究理论力学的正确方法。

5. 理论力学的学习目的

理论力学是一门重要的技术基础课，它是连接基础课与专业课的桥梁与纽带，起着承前启后的作用，它为一系列后续课程诸如材料力学、结构力学、弹性力学、机械原理、机械设计等专业课提供必要的理论基础。所以，没有理论力学的基本知识，就无法学习后续课程。

理论力学的许多问题均来自于工程实践，它为了解决工程实际问题提供了必要的理论基础和计算方法。理论力学的理论和方法能够直接运用于工程实际，可以直接用来解决工程实际问题。

学习理论力学有助于学习其他科学理论，有助于培养历史唯物主义和辩证唯物主义世界观，有助于培养分析问题和解决问题的能力，为今后参加工程实践，从事科学研究打下良好基础。

随着科学技术的发展，许多学科领域的研究都需要理论力学的知识，所以理论力学是工程技术人员必备的理论基础。

6. 理论力学的学习方法

理论力学是一门理论性、逻辑性和系统性较强的课程，是许多专业课的基础。因此，对于大多数理工科学生来说，学好理论力学显得尤为重要。要想学好理论力学，应该注意以下几点：

(1) 在上课之前应该对老师即将讲授的内容做到心中有数，提前预习，把不懂的内容记下来，当老师讲到该内容时应重点听。这样做的好处是化被动学习为主动学习，掌握学习的主动权，长期坚持，有助于培养学生的自学能力。

(2) 课堂上要认真听讲，积极思考，紧跟老师的思路，简明扼要地记笔记，老师补充的内容特别是补充的习题、例题，要认真记录，便于日后复习。

(3) 课后应该认真仔细地阅读教材，及时复习，及时消化。要养成坚持做读书笔记的好习惯，简明扼要地概括每章的基本概念、基本理论及基本公式，这样能够加深记忆，便于复习和理解，达到“提要钩玄”的目的。

(4) 本着先入门再提高的原则，开始先做一些简单的题目，树立自信心，而后再做一些难度较大的题目便于提高。解题要讲究方法，解理论力学习题时一定要重视画图，静力学要画物体受力图，以便帮助解题。

(5) 学好理论力学要做到理论联系实际。理论力学的概念和定理来源于实践应用于实践，具有深刻的工程实际背景。要多观察、多思考，善于在日常生活中和工程实际中发现问题，结合所学理论和知识去分析问题、解决问题，这样做对理论和概念的学习有很大的帮助。

模块

1

静力学公理与物体的受力分析

【模块概述】

约束、约束反力、平衡、力与力系是理论力学中最基本的概念，平面汇交力系是对构件进行力学分析简化后的基本力学模型，本模块既是对已学物理知识的深化，又是对工程实际力学分析计算的基础，是模块2的先行基础，是学好理论力学的必备基础。

本模块以刚体为主要研究对象，以物体受力分析为主线，以平衡为求解条件，以不同类型的典型受力体为实例，主要介绍力、约束、平衡的基本概念，以及物体受力分析方法、受力图的绘制。

【知识目标】

1. 力、刚体、平衡、等效等重要概念；
2. 静力学公理；
3. 恰当地选取分离体，正确地进行受力分析和画受力图；
4. 基本约束类型的性质及其约束反力。

【能力目标】

1. 能明确约束、约束反力、刚体、平衡及刚体的概念；
2. 能借助五个公理推出两个推论；
3. 能识别约束反力类型，正确画出受力图。

【学习重点】

约束、约束反力、刚体、平衡的基本概念以及五个公理、两个推论、物体受力分析及受力图的绘制。

【课时建议】

1~6课时

工程导入

图 1.1 所示为 1974 年竣工的美国伊利诺斯州芝加哥西尔斯大厦，高 443 m，地上 119 层，地下 3 层。大厦采用钢框架构成的束筒结构，外形逐渐上收，既减小风压又获得外部造型渐变的效果，保持了世界上最高建筑物记录 25 年。

图 1.2 所示为哈利法塔（原名迪拜塔，又称迪拜大厦或比斯迪拜塔），由韩国三星公司负责建造。该大厦位于阿拉伯联合酋长国迪拜，一共有 162 层、总高 828 m。哈利法塔于 2004 年 9 月 21 日开始动工，2010 年 1 月 4 日竣工，为当前世界第一高楼与人工构造物，造价达 70 亿美元。总共使用 33 万 m^3 混凝土、3.9 万 t 钢材及 14.2 万 m^2 玻璃。大厦内设有 56 部升降机，速度最高达 17.4 m/s，另外还有双层的观光升降机，每次最多可载 42 人。

哈利法塔仅大厦本身的修建就耗资至少 10 亿美元，还不包括其内部大型购物中心、湖泊和稍矮的塔楼群的修筑费用。为了修建哈利法塔，共调用了大约 4 000 名工人和 100 台起重机。建成之后，它不仅是世界第一高楼，还是世界第一高建筑。



图 1.1 西尔斯大厦



图 1.2 哈利法塔

这些成功的建筑设计的共同点之一就是，材料选择得当、结构设计合理，而现代设计中要想做到这一点的前提是进行正确的受力分析与计算。



1.1 静力学的基本概念

1.1.1 力和力系

力是物体间的相互作用，这种作用使物体的运动状态和物体的形状发生变化。物体间相互作用力的形式多种多样，归纳起来可分为两大类：一类是物体间的直接接触作用产生的作用力，如压力、摩擦力等；另一类是通过场的作用产生的作用力，如万有引力场、电磁场对物体作用的万有引力和电磁力。

力是物体间的相互作用。有一个力，就必然有一个施力物体和一个受力物体，离开物体间的相互作用是不能进行受力分析的。

从观察和实验可知，力对物体的作用效果完全取决于力的三要素，即力的大小、方向、作用点。其中任何一个要素发生变化，力的作用效应也随之发生变化。

力是具有大小和方向的量，即为矢量。它常用带箭头的直线线段来表示，其中线段的长度（按一定的比例）表示力的大小，线段的方位和所带箭头的指向表示力的方向，线段的起点表示力的作