

工业专科学校試用教科書



工 程 力 学

GONGCHENG LIXUE

第一部分 理論力学

(土建类型各专业用)

湖北省三年制工业专科学校
工程力学教材选編組选編

湖 北 人 民 出 版 社

內 容 提 要

本書包括理論力學及材料力學兩部分，並分為兩冊出版。

第一部分理論力學包括：靜力學、運動學、動力學等三編十六章。

第二部分材料力學包括：緒論，結論以及基本概念、拉伸和壓縮、拉伸和壓縮時材料強度的實驗研究、拉伸和壓縮時的強度計算與自重影響、拉伸和壓縮的超靜定問題、扭轉和剪切、梁的彎曲切力與彎矩、梁的應力、應力狀態理論、梁的變形與超靜定梁、強度理論、複合抗力、壓杆的穩定、按許用荷重法計算結構物、動力荷重、重複應力下構件的強度計算等十六章。在附錄中還包括了平面圖形的幾何性質及實驗應力分析等部分。

本書的主要讀者是三年制工業專科學校土建類型各專業的學生，也可作二年制專科同類型專業的教材。

工業專科學校試用教科書

工 程 力 學

第一部分 理論力學

(土建類型各專業用)

湖北省三年制工業專科學校

工程力學教材選編組選編

*

湖北人民出版社出版(武漢解放大道332號)

武漢市書刊出版業營業許可證新出字第1號

湖北省新华書店發行

湖北省新华印刷廠印刷

*

787×1092 毫米 $\frac{1}{32}$ · 9 1/4 印張 · 229,000 字

1961年7月第1版

1961年7月第1次印刷

印數：1—2,350

統一書號：15106·200

定 價：1.20 元

序

为解决工业专科学校基础課和各类专业共同的基础技术課的教材問題。中央教育部責成我們：組織选編高等数学、普通物理、普通化学、俄語、工程力学、画法几何及制图、机械原理及机械零件、电工学、热机学及金屬工艺学等10門課程的19种教材；同时要求在四月全部脫稿，并在質量上比現有教材有所提高。

对于我們的力量來說，这个任务是艰巨的。但我們也認識到，这是貫徹“調整、巩固、充实、提高”的八字方針和提高教學質量的重要措施之一；从当前工业专科学校教材缺乏的严重情况来看，是一項政治任务。應該尽我們最大的努力去完成。为此，我們一面紧紧依靠中央教育部和中共湖北省委宣傳部的領導，一面从我省24所高等院校中抽出91位教师集中力量进行选編工作；并承广东省教育局的协助，选派了四位教师参加。这就使我們的工作既有明确的方向：又有比較可靠的力量，保證了任务的完成。

在选編过程中，我們特別注意了如下几个問題。首先是从工业专科学校的实际出发。由于時間紧迫，而又沒有現成的工业专科学校的教材作为选編基础，我們只好从本科教材中选择一些适当的藍本进行加工。根据这种客觀情况，我們一再強調选編教材的分量与質量要从工业专科学校的教学要求出发；要注意到专科和本科的培养目标、每門課程的具体任务和学时数都是不同的。

其次，由于目前专科学校的教学条件(比如教师和学生的水准、教学仪器設備等等)还比較差，学生負担也比較重，因此我

們特別強調貫徹“少而精”的原則，吸收几年来各校对課程內容精簡、加深、更新的經驗，反对不适当“求多、求全、求深、求新”的思想。

第三，由于我們选編的是通用的基础課和基础技术課的教材，为了使學生获得比較广博和巩固的基础理論知識，对于基础課，我們特別注意了貫徹“在保持科学系統性和基本內容的前提下，密切联系实际和适当結合专业”的原則。对于基础技术課，虽然具体課程都經過具体分析，但基本上也都是根据上述原則进行选編的。

为达到上述目的，参加选編工作的教师同志們曾进行多次調查訪問，对原稿进行反复討論、修改和审查。但由于任务重，時間紧，特別是經驗不足，水平有限，我們这次选編的教材，只是解决了“有无”的問題。缺点和錯誤是在所难免的。恳切希望使用这些教材的全体师生同志們，多多給我們提供意見，以便今后进行修改，使这些教材的質量逐步得到提高。

湖北省教育厅

1961年5月10日

选 編 說 明

本書的主要藍本是华东水利学院力学教研組編的“理論力学”。

为了适应三年制工业专科学校的具体情况，在选編时对上述藍本作了如下的变动：

将原書第一篇靜力学中的十一章改編为六章。除刪去原書的第五章平面力系图解法外，将原書的第二章和第三章合并改編为本書的第二章平面汇交力系与力偶系；将原書的第七章与第八章合并改編为本書的第五章空間汇交力系与力偶系；将原書的第十章縮編为本書第六章空間一般力系中的重心与平行力系中心一节；将原書第十一章縮編为本書第三章平面一般力系中的考虑摩擦阻时物体的平衡問題一节。

原書第二篇运动学共有七章，改編后变为四章。即刪节了剛体的定点运动及一般运动、剛体的合成运动两章，并将直綫运动与点的曲綫运动两章改編为点的运动一章。

将原書第三篇动力学部分的十章改編为六章。除刪节了質点的振动、点的相对运动和碰撞等三章外，并将达朗伯原理与虛位移原理两章合并改編成本書的第十六章。

在选編时，对于課程体系的安排和內容的取舍，还参考了西北工业大学理論力学教研組編的“理論力学教程”和有关的教学大綱。

本書由武汉水利电力学院毛益麟选編，罗賢光校訂，并由粟一凡負責主持。

湖北省三年制工业专科学校工程力学教材选編組

目 录

緒論	1
----------	---

第一篇 静力学

緒言	7
----------	---

第一章 静力学的基本概念与公理	9
-----------------------	---

§ 1-1 刚体与质点	9
-------------------	---

§ 1-2 力的概念	10
------------------	----

§ 1-3 静力学公理	12
-------------------	----

§ 1-4 约束与约束力。解除约束原理。示力图	16
-------------------------------	----

第二章 平面汇交力系与力偶系	25
----------------------	----

§ 2-1 平面静力学	25
-------------------	----

§ 2-2 平面汇交力系合成的几何法	26
--------------------------	----

§ 2-3 平面汇交力系平衡的几何条件	28
---------------------------	----

§ 2-4 共面不平行的三个力的平衡	31
--------------------------	----

§ 2-5 力的分解	33
------------------	----

§ 2-6 平面汇交力系合成的解析法	34
--------------------------	----

§ 2-7 平面汇交力系平衡的解析条件	35
---------------------------	----

§ 2-8 平行力的合成	38
--------------------	----

§ 2-9 力偶与力偶矩	41
--------------------	----

§ 2-10 等效力偶	43
-------------------	----

§ 2-11 平面力偶系的合成及平衡条件	46
----------------------------	----

第三章 平面一般力系	49
------------------	----

§ 3-1 力对于一点的矩	50
---------------------	----

§ 3-2 力的平行移动	52
--------------------	----

§ 3-3 平面力系的简化	53
---------------------	----

§ 3-4 平面力系简化为一个力。力矩定理	55
-----------------------------	----

§ 3-5 平面力系简化为一个力偶	59
§ 3-6 平面力系的平衡条件。平衡方程式	60
§ 3-7 静定与超静定问题的概念	67
§ 3-8 物体系统的平衡	68
§ 3-9 考虑摩擦时物体的平衡问题	72
第四章 平面静定桁架	78
§ 4-1 桁架的概念与桁架分析	78
§ 4-2 节点解析法	83
§ 4-3 截面法	87
第五章 空间汇交力系与力偶系	91
§ 5-1 空间静力学	91
§ 5-2 空间汇交力系合成的几何法及其平衡的几何条件	91
§ 5-3 空间汇交力系合成的解析法。平衡方程式	93
§ 5-4 力偶作用面的平移。等效力偶	96
§ 5-5 力偶矩作为矢量	98
§ 5-6 空间力偶系的合成及平衡条件	99
第六章 空间一般力系	103
§ 6-1 力对于一轴的矩	104
§ 6-2 力对于一点的矩作为矢量。力对于一点的矩用矢径与力的矢 积表示	106
§ 6-3 力对于一点的矩与对于经过该点的任一轴的矩之间的关系	109
§ 6-4 空间力系的简化	110
§ 6-5 空间力系简化为一个力。力矩定理	113
§ 6-6 空间力系简化为一个力偶。力螺旋	116
§ 6-7 空间力系的平衡条件。平衡方程式	117
§ 6-8 重心与平行力系中心	122

第二篇 运动学

緒言	131
第七章 点的运动	135
§ 7-1 变矢量与矢量导数	135

§7-2	运动方程式、速度及加速度的矢量表示	138
§7-3	运动方程式、速度及加速度的直角坐标表示	141
§7-4	点的直线运动	145
§7-5	曲线的曲率、曲率半径与密切面。自然坐标轴	150
§7-6	自然法或路径表示法	152
第八章	刚体运动的基本形式——平行移动与定轴转动	160
§8-1	刚体的平行移动	160
§8-2	刚体的定轴转动	162
§8-3	定轴转动刚体内各点的速度和加速度	166
§8-4	角速度的矢量表示。以矢积表示点的速度及加速度	170
第九章	点的合成运动	173
§9-1	绝对运动、相对运动和牵连运动	173
§9-2	速度合成定理	176
§9-3	牵连运动为平行移动时加速度的合成	181
§9-4	牵连运动为定轴转动时加速度的合成	184
第十章	刚体的平面运动	191
§10-1	运动方程式。平面运动作为平动和转动的合成	191
§10-2	平面图形内各点的速度。速度瞬心	195

第三篇 动力学

緒言	203
第十一章 动力学基本定律	206
§ 11—1 第一定律(慣性定律)	206
§ 11—2 第二定律	207
§ 11—3 第三定律(作用与反作用相等定律)	209
§ 11—4 力的独立作用定律	209
§ 11—5 慣性坐标系	210
第十二章 运动微分方程式	213
§ 12—1 質点的运动微分方程式	213
§ 12—2 質点动力学第一类問題	215
§ 12—3 質点动力学第二类問題	218

§ 12—4	質点系和質点系的运动微分方程式	225
第十三章	动量定理	229
§ 13—1	动力学普遍定理概述	229
§ 13—2	質点系的質心。質心运动定理	230
§ 13—3	質点及質点系的动量	236
§ 13—4	力的冲量	238
§ 13—5	質点的动量定理	239
§ 13—6	質点系的动量定理	242
第十四章	动量矩定理	248
§ 14—1	質点的动量矩定理	248
§ 14—2	質点系的动量矩定理	251
§ 14—3	剛体繞定軸轉动的微分方程式	255
§ 14—4	轉动慣量	258
第十五章	动能定理	267
§ 15—1	質点及質点系的动能	267
§ 15—2	功与功率	268
§ 15—3	功的計算举例	274
§ 15—4	質点的动能定理	277
§ 15—5	質点系的动能定理	280
第十六章	达朗伯原理与虛位移原理	283
§ 16—1	質点的慣性力	283
§ 16—2	达朗伯原理	285
§ 16—3	虛位移	290
§ 16—4	理想約束	291
§ 16—5	虛位移原理	292
§ 16—6	用虛位移原理求約束力	296
§ 16—7	动力学普遍方程式	298

緒 論

一、理論力学的研究对象与本課程的任务

理論力学的研究对象是物体机械运动的一般規律。

物体在空間的位置随時間所发生的改变称为机械运动，它是物質运动的最簡單、最初級的一种形式。

物体机械运动規律的运用，在現代工程技术中起着重要作用。本課程的任务就是要使学生了解和掌握物体机械运动的基本規律，并能运用这些規律解决实际問題，为学习一系列后繼課程（如材料力学、机械原理、机械零件以及有关力学的专业課程），进一步掌握最新技术成就与科学研究准备条件。

力学研究的是物質体系在相互作用下运动的客观規律。在理論力学里，假定：（一）所涉及的物質体系比較大，无須考虑質量和角动量的最小单位；（二）其运动較緩慢，无須顧及到极限速度的存在。

如果物質体系很小，在原子的大小范围里，就要用量子力学；如果其速度接近光速的范围，那就要用到相对論力学。在很强的引力場作用下，还得考虑广义相对論的效应，可見理論力学的应用范围是有一定限制的。

但是另一方面，工程技术中常見的宏观物体，和原子相比較，是很大的；其速度也远不及光速。所以在研究一般物体的力学問題时，理論力学提供了足夠精确的定律和基本公式。

理論力学的发生与发展是和生产技术紧密相結合的。生产实

踐經常向力學提出新的問題，這些問題的解決，不僅促進了生產，同時也推動着力學不斷向前發展。理論力學是現代工程技術的理論基礎，它的定律和結論被廣泛地運用於各種工程技術中，建築物、機器的設計，飛行器、火箭的運動原理的研究等等，都以理論力學的定律為基礎。現代技術正在越來越多地向力學提出新的極其複雜的問題。在今天，為了適應社會主義建設日益增長的需要，每個工程技術人員有必要掌握足夠深廣的理論力學知識。由此可以看到本課程的重要性。

本課程分作三個部分敘述：靜力學、運動學、動力學。這種敘述系統考慮到從簡單到複雜的認識過程，同時也便於與其他課程配合。

靜力學 研究物體上力系的簡化和物體在相互作用下的平衡問題。

運動學 撇開了運動的物理原因，不涉及引起物體運動變化的相互機械作用，而專門研究物體運動的過程以及路程、速度、加速度等運動學要素間的關係。

動力學 研究物體相互間的機械作用與運動量的傳遞問題，這裡要建立物體的運動變化與作用力之間的量的關係。

二、理論力學的研究方法

理論力學所研究的是物體機械運動的客觀規律。要正確地認識這種客觀規律，必須有正確的观点和方法。辯證唯物主義的世界觀，是正確認識自然的基礎；唯物辯證法是認識自然的唯一正確的方法。因此，在研究理論力學時，必須運用馬克思列寧主義的观点和方法。

正如一切其他自然科學一樣，理論力學研究的出發點是觀察、實驗和生產實踐。在對物體機械運動規律的認識過程中，生產實

踐具有決定性的意義。通過生產實踐、觀察和實驗，人們積累了大量材料。這些材料是客觀的物體機械運動的某些真實性的反映，但只是片面的和表面的；必須經過分析、概括、判斷、推理等一系列的思維過程，運用抽象化的方法來建立概念、公理或定律，也就是建立理論。例如伽利略曾利用精密的實驗，得出物體沿光滑斜面下降的速度僅決定於降落高度的結論，從而推出慣性運動定理。

所謂抽象化的方法，就是從生產實踐、觀察和實驗所得到的大量材料中，根據我們所要研究的問題的性質，把現象中最本質的屬性提煉出來，撇開那些次要的因素。例如略去物體的變形而得出剛體的概念，略去物體間的摩擦而得出光滑約束的概念。又如在研究自由落體時，由於撇開空氣阻力這一次要因素，才獲得勻加速降落的運動規律。這樣就能得到問題的初步近似的解決，它對處理某些問題已具有足夠的精確度，同時也為一些複雜的問題提供了解決的基礎。當然，為了解決某些比較複雜的問題，需要更進一步地接近實際時，就有必要考慮原來略去的某些因素的影響。例如當研究物體在外力作用下的平衡與運動的規律時，可以把物體看作剛體，但在考慮材料的強度和剛度問題時，就有必要估計到物體的變形，轉入對更複雜的變形體力學的研究。這種從簡單到複雜的研究過程，在力學里是常見的。由此可見，抽象化這一方法，在理論力學中起着十分重要的作用。在觀察和研究各種現象時只有把握了現象中最本質的屬性，我們才有可能觀察到現象的實質，才有可能獲得普遍的規律。因此正確地運用抽象化的方法，並不是脫離實際，而是更深刻地反映實際。列寧指出：“當思維從具體的東西上升到抽象的東西時，它不是離開——如果它是正確的——真理，而是接近真理。……那一切科學的（正確的、鄭重的、不是荒唐的）抽象，都更深刻、更正確、更

完全地反映着自然。”^①

人們利用抽象化的方法，把大量从观察、实验和长期生产实践中所得的结果加以归纳综合，得出一些基本定律或公理，作为力学理论的基础。必须指出，基本定律或公理的出现，是人们对于物体机械运动规律的認識不断提高的结果，而人们所以能从错综复杂的规律中找出共同的基础，则是由于这些规律本身是相互联系着的。

从理论力学的基本定律和公理中，可以运用数学演绎法，得出对某些问题的具体結論。同在一切其他科学中一样，归纳法和演绎法不是彼此排斥，而是互相补充，缺一不可的。由于理论力学中着重研究数量的关系，因此在推演时，广泛地应用数学推导和计算。例如从普遍的万有引力定律，就可以进行行星运动的计算。

但是无论是基本概念、定律和公理，或是以它们为基础所得到的结果，所有这些理论的正确性的唯一标准是实践。理论，只有当它们符合客观实际，能足够精确地反映并解释客观世界中的有关现象，只有当应用它们去指导实践能得到科学的预期结果时，才能認為是正确的。

所以理论力学的研究方法，正如一切科学一样，遵循着列宁所指出的道路：“从生动的直观到抽象的思维，并从抽象的思维到实践，这就是認識真理、認識客观实在的辯证的途径。”^②

綜上所述，可見理论力学的研究，必须以馬克思列宁主义为指导思想，运用辯证唯物主义的观点和方法，理论密切联系实际。

三、力学发展簡史

远在我国黄帝时代(距今四千多年前)，劳动人民已开始制作舟車和耕作机械，建筑宮室。到战国时代，已經在机械制造和建

① 列宁：“哲学笔记”，人民出版社，1956年版，第155頁。

② 同上。

筑結構上有着巨大的成就。同時代的墨子則在力學理論上也有了很大成就。

可見力學的產生在一開始就密切地依賴着生產實際，在後來的發展中也一樣。

在封建社會，因生產停滯不前，力學的進展也差不多陷于停頓。直到十五世紀西方文藝復興，資本主義興起，貿易、航海發展起來，建築、航海等的發展向力學提出了新的刻不容緩的任務，實踐要求更完整的理論來指導。因而，力學就隨之有了空前的發展。哥白尼(1473—1543)創立了太陽中心說，在科學界引起了宇宙觀的大革命。刻卜勒(1571—1630)根據哥白尼的發現，並繼承了第谷·勃拉格(1546—1601)對行星繞日運動多年的觀察研究，得出了著名的行星運行三大定律，這三大定律又成為牛頓發現萬有引力定律的基礎。此後，伽利略(1564—1642)從觀察落體運動中提出了加速度的概念，又在對物體沿斜面運動的研究中確立了慣性定律，從而奠定了動力學的初步基礎。他在力學方面研究的重要意義，不僅在於他所獲得的一些研究成果，而且也由於他在力學中有系統地引用了實驗的方法。牛頓(1643—1727)總結了前人的成就，確立了若干基本定律，創立了現代的經典力學。但是必須指出，牛頓在自然科學方面還表現了形而上學與唯心主義的錯誤觀點。他在古典力學的基礎中引入了所謂“絕對空間”與“絕對時間”的概念，一方面承認時間與空間的客觀性，但卻又認為它們與物體運動完全無關。

在十八世紀，為了適應機械工業發展的需要，力學便沿着數學分析的方向發展。俄國彼得堡科學院院士歐勒(1707—1783)創立了分析動力學。法國數學家及力學家拉格朗日(1736—1818)的著作“分析力學”達到了很高的成就。拉格朗日將虛位移原理與達朗伯原理結合起來，得到了動力學普遍方程式。

十九与二十世紀中，由于工业建設的发展与現代航空技术的发达，力学向着专门方向发展。如彈性力学，流体力学，气体动力学各方面都有了极大的进步。其中俄国与苏联的科学家們有着杰出的貢獻。

十月革命以后的四十年間，苏联的科学技术以前所未有的速度向前发展。1957年10月4日，苏联成功地发射了世界上第一个人造地球卫星，开辟了人类进入宇宙空間的新紀元。后来又发射了一系列的人造卫星和宇宙火箭，将科学技术研究事业推向新的阶段。1961年4月又成功地发射了世界上第一个載人宇宙飞船。苏联在征服宇宙空間上的偉大成就，不仅标志着苏联的力学居于世界第一位，还标志着苏联在一系列科学技术部門已居于世界第一位。

在偉大的十月革命以后，苏联科学技术之所以得到空前的发展和巨大的成就，是由于苏联共产党的英明領導。只有共产党才能最正确地估計形势，掌握社会生产发展規律，从而在生产推动科学发展中指出正确的方向。党和政府在发展科学的各个方面給予大量的最有效的支持，使其获得一切必要的条件。

1949年我国解放以后，在共产党的领导下，我国也进入了新的历史阶段。在偉大的社会主义建設中，特别是1958年大跃进以来，科学技术获得了巨大的发展和卓越的成就。在力学方面，也有了突飞猛进的发展。力学工作者的队伍正在不断扩大、加强。此外，我国已建成武汉长江大桥，佛子岭等大、中型水庫，人民大会堂等宏偉建筑；并制造成功噴气式飞机，远洋輪船，功率巨大的汽輪机等巨型机械。随着工农业生产的持續大跃进，不断地出現了新的力学課題，从而促使力学科学不断跃进。在社会主义建設总路綫的光輝照耀下，我国的力学，与其他科学一样，正以惊人的速度飞跃前进。可以断言，在中国共产党的领导下，在馬克思列宁主义思想的指导下，我国力学事业必将获得更大的成就。

第一篇 靜力学

緒言

靜力学研究物体机械运动的一种特殊情形——物体在力作用下的平衡。最简单的平衡状态是靜止。应当指出，靜止总是相对的，绝对的靜止是没有的。設选定某一个物体作为参考，称为参照体，如果所考察的物体对于这参照体的相对位置保持不变，那么，它对于这参照体來說就是靜止的，否則就不是靜止的。如以地球为参照体，房屋、桥梁等建筑物都是靜止的。但因它們都随同地球一起繞太阳运动，如以太阳为参照体，它們就不是靜止的。在大多数問題中，我們都是以地球为参照体。

研究物体在力作用下的平衡，在工程技术中，特別在土木工程中，有着非常重大的意义。因为任何建筑物，不論是房屋、桥梁、閘、坝或是其他建筑，都是在一些力作用下成平衡的。在設計一个建筑物时（如設計长江大桥，北京人民大会堂，佛子岭連拱坝，或第一汽車厂厂房时），要使它既經濟又安全，首先必須求出該建筑物各部份結構上及各結構的每一构件上所受的力，而要求这些力，就要以靜力学的理論为根据。

作用在物体上的力常常是相当多的，有时还是很复杂的。如屋架上所受的力，除了有屋頂的重力以外，还有风、雪的压力等等。为了清楚地了解这些力的作用，常常要把这些力加以簡化。这也是靜力学中所要研究的重要課題。

作用在所考察的物体上的一群力（不論是两个、三个或更多

个)称为**力系**。除据以上所述,可見静力学所研究的问题,具体說来,有以下两个:

- (1) 力系的简化;
- (2) 力系的平衡条件。

这两个问题又是密切联系着的,要研究力系的平衡条件必须先研究力系的简化。

静力学的系統理論的基础是几个基本概念和公理。这些概念和公理都是从实践中总结出来的,并经过实践証明是正确的。在第一章中将說明一部分基本概念和全部静力学公理。