

中等专业学校推荐试用教材

电讯类专业通用

工程力学

GONGCHENG LIXUE

上册



人民教育出版社

簡裝本說明

目前850×1168毫米規格紙張較少，本書暫以787×1092毫米規格紙張印刷，定價相應減少20%。希諒鑒。

中等專業學校推薦試用教材

電訊类专业通用

工 程 力 学

上 册

郵電部教育司編

人民教育出版社出版 高等學校教學用書編輯部
北京宣武門內承恩寺7號

北京市書刊出版業營業許可證出字第2號

京 華 印 書 局 印 刷
新華書店科技發行所發行
各 地 新 華 書 店 經 售

統一書號 15010·1068 開本 787×1092 1/32 印張 7⁰/16
字數 190,000 印數 0001—4,000 定價(5) ¥0.65
1961年7月新1版 1961年7月北京第1次印刷

目 录

第一章 引言	1
§ 1. 物质和运动	1
§ 2. 力学的对象和分类	1
§ 3. 本课程的内容及其对于通讯专业的意义	2
§ 4. 力学发展的主要阶段	3
§ 5. 我国劳动人民和科学家在力学方面的成就	6

第一編 靜力学

第二章 靜力学的基本概念和公理	10
§ 1. 刚体	10
§ 2. 力	11
§ 3. 靜力学的基本公理	12
第三章 平行力的合成和分解	15
§ 1. 作用在一点的二力的合成力的平行四边形及力的三角形	15
§ 2. 力的多边形	17
§ 3. 作用在不同点的力的合成	18
§ 4. 力分解为两个分力的基本情况	19
第四章 平行力的合成与分解	22
§ 1. 同向和反向两平行力的合成	22
§ 2. 平行力系的合成 平行力的中心	24
§ 3. 平行力的分解	27
第五章 力的投影	29
§ 1. 力在指定方向的投影的概念 投影的大小	29

§ 2. 用投影法求作用在一點的合力	31
第六章 靜力矩	35
§ 1. 對於點的力矩	25
§ 2. 萬里農定理	37
§ 3. 用萬里農定理求平行力系的合成	39
§ 4. 自由體和非自由體 約束及約束反作用力	41
§ 5. 槓桿的平衡	44
第七章 力偶	47
§ 1. 力偶 力偶矩	47
§ 2. 關於力偶的定理	50
§ 3. 分佈在一平面內諸力偶的合成	52
§ 4. 力向已知點的簡化	54
§ 5. 平面力系向已知中心的簡化	54
第八章 平面力系的平衡	60
§ 1. 平面任意力系的平衡條件 (解析形式)	60
§ 2. 支承約束反作用力及其確定	61
§ 3. 舉例	62
第九章 物體的重心與穩度	71
§ 1. 物體的重心	71
§ 2. 體積、面積和周綫的重心坐標	71
§ 3. 用圖解法確定重心 幾種圖形的重心表	75
§ 4. 關於平衡的穩定性	77

第二編 摩擦和簡單機器

第十章 摩擦	82
§ 1. 第一類摩擦	82
§ 2. 摩擦角和摩擦錐	85
§ 3. 第二類摩擦 (滾動摩擦)	87
第十一章 簡單機械	92

§ 1. 簡單機械	92
§ 2. 滑輪 滑輪系	93
§ 3. 差動滑輪 絞盤	95
§ 4. 斜面和螺旋的摩擦 螺旋壓機	96
§ 5. 制動器	103

第三編 運動學的知識

第十二章 質點運動	107
§ 1. 質點沿指定軌跡的運動規律	108
§ 2. 解決運動課題的各種方法 運動曲綫圖	111
§ 3. 等速和等變速的直綫運動	113
§ 4. 曲綫運動 曲綫運動中的速度	124
§ 5. 曲綫運動中的加速度	125
第十三章 剛體的簡單運動	137
§ 1. 物體的平移運動	137
§ 2. 物體的轉動規律 角位移	138
§ 3. 角速度和角加速度	139
§ 4. 綫速度、切向加速度和法向加速度	140
§ 5. 等速與等變速轉動	142
第十四章 質點運動的合成	148
§ 1. 複合運動	148
§ 2. 等速直綫運動的合成 速度合成的定理	149

第四編 動力學的知識

第十五章 剛體和質點動力學原理及動力學基本定律	154
§ 1. 力學基本定律的複習 物體的質量 質量的工程單位	155
§ 2. 力的衡量和動量	160
§ 3. 動能定理	162
§ 4. 轉動物體的動能 轉動慣量(慣性矩)	167

§ 5. 極的和軸的轉動慣量, 它們之間的關係	171
§ 6. 達郎培爾原理	175
第十六章 諧和振動	183
§ 1. 諧和振動的規律	183
§ 2. 諧和振動的合成	185
§ 3. 諧和振動動力學	189
§ 4. 擺	192
第十七章 功和功率	196
§ 1. 不變力的功	196
§ 2. 在轉動中不變力的功和功率 力偶的功	200
§ 3. 轉矩, 傳遞功率和轉數三者間的關係 周向力	204
§ 4. 複合機器的效率	206

第五編 摩擦傳動和齒輪傳動

第十八章 摩擦傳動	210
§ 1. 機械傳動原理	210
§ 2. 皮帶輪的軟體傳動	214
§ 3. 開口和交叉的皮帶傳動	215
§ 4. 塔輪	220
§ 5. 皮帶輪傳動時的周向力與扭轉力矩	222
§ 6. 鍊條傳動的概念	223
§ 7. 摩擦輪傳動	224
第十九章 齒輪傳動	227
§ 1. 齒輪傳動	227
§ 2. 齒輪的齒距和模數 傳動比	228
§ 3. 用幾對齒輪的傳動	231
§ 4. 齒輪傳動靜力學 絞車	233
§ 5. 蝸桿傳動	235

第一章

引 言

§ 1. 物質和運動

宇宙中所發生的一切變化和過程都有運動伴隨着，這裏，運動是指其字面的廣義而言。運動的形態是各種各樣的。它是熱的、化學的、電的和其他各種過程的基礎。這樣，物質在它的各種形式的表現中都離不開運動。**運動是物質基本的不可分割的屬性，是物質存在的基礎。**

在與物質存在相聯系的各種運動形態中。最簡單的一種是物體在空間的位移。這種運動我們經常在地球上以及在周圍宇宙中直接見到。爲了與其他較複雜的運動形態區別，這種運動稱爲**機械運動**。機械運動是各種運動中最直接的一種運動形態，研究機械運動的科學稱爲**理論力學**。

§ 2. 力學的對象和分類

從以上的敘述中我們可以作出定義：**理論力學是研究物體運動規律的科學**。擺在理論力學面前的問題可以從兩種觀念出發去解決：

(1) 從解釋運動性質的觀點出發，而不考慮引起這運動的力。力學中有一個部分就是這樣研究運動的，它稱爲**運動學**，運動學所

研究的問題是：運動的軌跡怎樣？運動的速度怎樣隨時間而變化？在某一定時刻這個或那個點佔有什麼位置？等等。

(2) 從作用在物體上的力來確定運動的性質觀念點出發，或者反過來，由已知運動的性質來求出決定該運動的力。力學中有一部分是研究這類問題的，它稱為**運動力學**。

在地球上我們觀察到處於靜止狀態的物體（這個靜止，是相對的），很自然地，在力學問題中我們應該研究作用於物體的諸力平衡的條件。由於有關力之平衡問題的研究在工程上具有極大的重要性，通常分出專門一部分來研究這些問題，它稱為**靜力學**。用靜力學的觀點來研究作用在物體上的力，就是要求出使物體保持靜止或作等速直線運動時，這些力所必須滿足的條件。

由上述可見，靜力學中所研究的是運動力學中普遍問題的特殊情形。因此運動力學範圍中所研究的問題，又可歸入兩類：**靜力學**和**動力學**。動力學所解決的是物體在力的作用下運動的問題。

上面所指出的三個部分（運動學、靜力學、動力學）組成了理論力學。理論力學所形成的結論適用於任何物體的機械移位；例如無論是石塊落地或是地球繞太陽運動，都遵守這門科學所發現的規律。隨着工業的發展，理論力學領域內所發生的問題也就更深入了，其中包括有關各種機構和機械的研究和設計的問題。這樣，產生了新的力學課程，稱為**實用力學**（或**機構與機械理論**）。另外包括有關結構物強度的研究，稱為**材料力學**。這些課程發展了理論力學的結論，將這些結論應用到機構和機械工作時或結構受力時發生的力學現象上去。

§ 3. 本課程的內容及其對於通訊專業的意義

本課程的內容，包括有理論力學基本知識，實用力學要點和材料力學。

工程力學對於所有工程都有很大的意義，它是學習各種專門工程學科的基礎，由科學的發展過程來看這是容易理解的。對於通訊

专业来说，工程力学中关于物体的平衡，物体的运动，机械的传动以及各种构件在各种力系的影响下所生变形的一般知识，都有直接或间接的实际应用价值。无论在电信线路，电信机械或电源设备的学习或设计、建筑和安装工程中，都要广泛地应用到工程力学的各种理论知识。例如，电信线路导线长度、垂度、拉力，线径的计算，就要应用静力学中的平衡条件和材料力学中的拉伸变形，特别是柔索的理论；电信线路木杆尺寸的设计和选择，就要应用力的平衡和材料力学中弯曲的理论。又如电信机械中广泛地应用着摩擦轮、齿轮、凸轮、蜗杆、棘轮和皮带轮等各种传动装置，这些机构的学习以及运动学的学习对于电信机械的深入理解、设计、装配与维护不能不具有重大意义。动力学中谐和振动的学习可以帮助交流电路的理解，功和功率的概念和计算对于磁场和电场概念的理解以及对于电机、电信工程的学习都是有很大的帮助的。仅从以上所述，就可了解工程力学在邮电专业中的地位 and 意义。

同时讲授工程力学的任务不仅是给学生以将来研究一般技术和专业科目所必需的知識，而且还在于对学生进行辩证唯物主义的教育，使学生能对自然现象有正确的辩证的理解，从而培养他们的马克思列宁主义的世界观，提高政治思想觉悟，积极地为祖国的社会主义建设事业贡献力量。

§ 4. 力学发展的主要阶段

在远古时代，人类为了生存的斗争就迫使它们模倣一些最简单的力学现象，而且按照自己的企图运用它们。这样，在力学现象方面的经验累积在有史时期以前就已经开始了——远先于人类理解这些现象并给它们以正确解释的时期。例如，原始人类抛石块或用弓箭射箭时，并不知道解释石块或箭飞行的力学原理。遗留下来的物质文化古迹，证实人类远在它们得到理论根据以前，就早已使用多种机械工具和设备。

据我们所知，企图给力学现象以科学解释，大约开始在纪元前

四世紀。科學的發展經常是以社會生產力的發展為先決條件的。那時的機械設備和工具是極其簡單的，技術水平還只適應於奴隸社會制度。相當於這種情形，力學提出的要求也就極為膚淺。當時的機械不是指各個零件都作着很複雜的運動，並通常具有極高的速度和非常的精密度的現代機械，而是指那些稱為簡單機械的設備，象槓杆、滑車、絞盤等等，那時的力學家們所研究的主要問題，是關於機械設備中的力的平衡問題，也就是靜力學問題。

在這些學者間，占有第一流地位的有一位阿基米德（公元前287—212年），靜力學中有一系列的工作（槓杆定律，重心學說及其他）是歸功於他，阿基米德在靜力學方面的工作結束了所謂古代力學發展時期。

在以後的時期中，直到文藝復興時代，在力學中並沒有重大的新發現。文藝復興時代以著名的畫家、工程師、發明家 \cdot 達 \cdot 芬奇（1452—1519）和荷蘭學者斯蒂芬（1548—1620）的工作為特征； \cdot 達 \cdot 芬奇在力學的不同領域內作了一系列的發現（力的靜矩、力作功的概念等），斯蒂芬大大深入了阿基米德的靜力學原理，給出了力的平行四邊形定律，研究了斜面的力學性質等等。

在這以後由於從簡陋的手工業過渡到較完善的機器工業，並由於世界通商的發展，力學獲得巨大的進展。

在十七世紀中動力學方面的發現豐富了力學，這個發現是與伽利略（1561—1624）的名字分不開的。

伽利略認為實驗與經驗是有重大意義的，而且他本人就是一個最有技巧的實驗家。為了研究落體運動，它做了多次實驗，準確到當時測量技術可能準確的程度，測出了落體的速度，結果他對落體等加速度運動作出了最重要的發現。伽利略奠定了力學方面科學原理的基礎，這些原理使力學現象不只限於性質的描述，而且可以用數量來表示它們。

伽利略在力學領域中的工作找到了它的繼承者伊薩克 \cdot 牛頓（1642—1726）。牛頓深入了幾個被伽利略提出的定律的公式，而

且將动力学提高到严密的科学水平。由此可見，假如伽利略可以算作动力学的奠基人，則牛頓使它成形，因此伽利略——牛頓力学通常称为古典力学。

在伽利略和牛頓以后，由于許多科学家的劳动，力学的发展是很迅速的。

十八世紀中有重大意义的是解析力学的創立，专门用解析方法得出它的結論，它与古典力学不同的地方在于它广泛地应用几何的概念。解析力学的奠基人是俄罗斯学者，著名的数学家与力学家辽·欧拉(1707—1783)和它的工作繼承者拉格朗日(1736—1813)。

十九世紀的特色是力学及其应用以解决实际問題的方法在各方面有了巨大的进展。当时第一流科学家中，有一位俄罗斯学者H·E·茹科夫斯基(1847—1921)。他深邃地发展了几何法在理論力学上的应用，并且把几何法作为理論力学的附加部分。H·E·茹科夫斯基以他在航空原理上的发现，取得世界性的名望，并且創立了这一方面的俄罗斯学派。列宁称他为“俄罗斯航空之父”。同一世紀中世界有名的俄罗斯学者П·Л·車貝雪夫(1821—1894)以他的科学著作形成了一門从理論力学中分出的科学，它研究机械和机构的运动規律，即現今所謂的机构与机械理論(“实用力学”)。

理論力学又分出許多其他的分支，它們在上一世紀各自发展为独立的理論的和实用的科学。

伟大的十月社会主义革命为密切地与社会主义建設的实践相联系的科学創立了优越的强大进展的基础，使力学这門科学也进入了新的发展阶段。近年来，由于苏联成功地发射人造地球卫星、宇宙火箭，說明了苏联对宇宙空間的研究及其他一切有关科学远远超过了資本主义国家，也說明苏联在力学上的輝煌成就，这也是力学发展的更新阶段。

§ 5. 我国劳动人民和科学家在力学方面的成就

伟大的中国劳动人民已有了将近四千年的有文字可考的历史和文化。远在公元200—300年，机械原理的应用，在当时就已到达很发达的阶段。

我們祖先，为了观测天象，在古代大約春秋时期以前，就有了計算时间的仪器——壶漏。古书記載壶漏最早的是周礼夏官，同时在礼記春官中記載测量长度的仪器是圭。

在公元前1700年左右，我国劳动人民的取水工具是“桔槔”（传说是伊尹发明的），它利用槓杆原理，比埃及最早的发明，早了一二百年。我国劳动人民在灌溉上曾利用“戽斗”（在二千五六百年以前），它符合現代力学上所說的合力与分力的原理。

在战国时（約在紀元前四世紀前），我国就有了第一部有系統的科学著作——墨經。該书为墨子全集的一部分，其中，如梁本經上第21条，写着「力，形之所以奋也」。这句话，用現在語言來說，“形”就是物体，“奋”就是运动。即是說：力是使得物体运动的因素。这已是2000年以前的事。可見我們祖国很早已有了力学的研究了。其中还有秤的平衡問題，天秤等，应用着現代槓杆原理。在战国时，我国还出現了一位大发明家公輸班，他是魯国人（公元前570—481年），曾創造了云梯（攻城用）和改良战船等。秦、汉而后，我国在力学和机械原理方面进步很快，其中如东汉时，我国大科学家兼大发明家张衡在天文仪器制造上有特殊的貢獻，他生于公元78年，公元117年制成“渾天仪”，用漏水使它自己轉动，是現代假天仪的原始鼻祖。公元132年，张衡又制成了“候风地动仪”，利用地震时的橫波震动，并利用重心傾斜和槓杆的推动作用，使仪器动作，可准确地测知地震发生的方位。

“車”在我国发展得最早，周礼考工記已有車的制造程序，和分工的記載。根据殷墟出土的車和甲骨文的記載，可知車在殷代已很完善，那时已用有輻的車輪来代替无輻的車輪。至周代，并用动物

油制造潤滑剂。到汉代更应用了鉄制軸承和軸頸，来代替木制軸承和軸頸，从而减少了因摩擦所起的損耗。在汉代已有独輪車，历史上称为“鹿車”(即今日的牛角車)，行动方便，实为交通上的一大貢獻。

起重滑輪曾在汉代流行得很普遍，并創造了差动滑輪用在井上供取水之用，这比“桔槔”是进一步的发展。在历史上把輪軸和滑輪一起統称“轆轤”，現在乡村間仍普遍地应用着。

“指南車”据传在汉代张衡时已有，但可靠的材料則系三国时魏人馬鈞(公元235年)所制造，在这車上装有齿輪传动系統，为近代輪系和差动輪系的基础。“記里鼓車”是我国劳动人民在自动机械上的精巧創造，車上装有齿輪系。

馬鈞是巧思絕世的大技师，并首先成功地試用水力作为动力。据雲堂所藏古器物图，証明那时并已发明了棘輪。

我国对于变换回轉运动为往复运动的机构，也較西方发明为早。汉时杜詩曾用水力带动风箱，称为“水排”，成为近代曲柄活塞机构的鼻祖。晋代的科学家杜預(公元222—284年)在公元二百六七十年左右，发明了連机碰，他的天才創造已利用水力激动水輪和凸輪机构。

明代的机械工程师王徵(公元1577)曾自制虹吸、鶴飲、輪壺代耕和自轉磨等，集成諸器图說一部，又譯有远西奇器图說一部，这两部书为我国第一部完备的机械工程学。在此同时，并有徐光啓著有农政全书，并制造天文仪器多件；宋应星著有天工开物，是一本很完备的工程书籍，方以智著有广雅和物理小識二书。这些书籍反映了作者当代劳动人民的智慧，是极为宝贵的。

我国劳动人民过去在机械工程方面虽然有很多傑出的貢獻，但是在反动政权統治下，特别是近百年来遭受帝国主义的殘酷侵略和剝削，这些成果不但沒有得到应有的重視，而且倍受摧殘和压制，严重地阻碍了进一步的发展。

解放后，为了把我国建成一个具有現代工业、現代农业和現代

科学文化的伟大的社会主义国家，在党的领导下，大力发展科学技术工作，加强了研究机构，迅速培养了大批科学技术人材，在轰轰烈烈的技术革命和技术革新运动中，广大劳动人民积极参加了科学活动，新发明、新创造不断出现，在党的亲切关怀和大力鼓舞下，不但使现代的科学技术在我国生根发展，而且发掘了散处在民间和典籍中的大量科学技术遗产，整理研究了传统技术和理论，把它们提高到现代科学的水平。在短短的几年中，我国科学技术随着社会主义建设的飞速发展，出现了崭新的面貌，打下了科学技术事业发展的巩固基础。我国轰轰烈烈的社会主义建设，给予了工程技术科学提出了更新的任务，因此带动了基础科学的进一步研究，工程力学这门科学在我国社会主义建设中，有了更为广阔的发展天地，因此在理论和应用上也有了更多新的进展。

复 习 題

- (1) 物质和运动的关系如何？物质是否能脱离运动而存在，或者运动脱离物质而存在？
- (2) 什么是机械运动？理论力学是研究什么的科学？它研究那些问题？为什么说静力学是动力学的特例？
- (3) 工程力学包括那些内容？实用力学和理论力学的关系如何？材料力学研究什么问题？
- (4) 你怎样认识工程力学在通讯专业中的作用？你准备以怎样的学习态度来完成这门课程的学习？
- (5) 从力学的发展史和我国劳动人民在力学上的成就，你的体会是什么？

第一編 靜力學

第二章

靜力學的基本概念和公理

§ 1. 剛 體

理論力學的第一部分——靜力學——是研究作用於剛體上力的平衡的學問。在靜力學中研究的主要是兩個問題：(1)將作用於剛體上的已知諸力代換為另一個與之相等的力，即求合力；(2)剛體在外力作用下處於靜止狀態的一般條件的推證（作用於剛體上的力的平衡條件）。因此，在研究靜力學時，經常要碰到的基本概念就是剛體與力的概念。

在靜力學中，物體被視為絕對剛體。所謂絕對剛體，就是這種物體，它的各質點間的距離在任何情況下均保持不變。換句話說，絕對剛體不管如何受力作用將永遠保持其本身的幾何形狀（不變形）。我們知道，這種物體事實上是不存在的。但是在靜力學中將受力物體仍舊看成是絕對剛體，這是因為：1)如物體的變形不大，則此變形可以略去不計，而根據絕對剛體的假設所得的結論，可以認為是可靠的，它具有在實用上足夠的準確性；2)把物體看成絕對剛體，會大大的簡化力對於物體的作用以及力所處的平衡條件問題的研究。並且只有在研究過絕對剛體靜力學以後，才能進一步研

究彈性體平衡的問題，即在平衡情況下研究變形與作用在物體的外力的關係（材料力學）。

§ 2. 力

從日常的經驗與觀察中，我們可以體會出力的概念。力在物體上的作用表現為運動狀態的改變。在宇宙中力是不能脫離物質以及物質的運動而存在的。由此可見力是不同物體互相作用的結果，例如現實環境中時常碰到的重力、蒸氣壓力、摩擦力、帶電體的引力和排斥力等等。由實驗得知力對於已知物體的作用，完全由下列三個因素而決定。決定力的第一個因素是**力的大小**。這是由日常體驗而發現的一種事實。第二個因素是**力的方向**。例如列車受到與運動一致方向的牽引力時，它使運動加快，如受到與運動方向相反的阻力（摩擦力）時，它使運動緩慢下來；而方向與運動方向成一角度的力（例如軌道給車輪之側壓力），它使直線運動變為曲線運動。因之為了判定力對物體的力學狀態所引起的影響，還需要知道力的作用方向。第三個因素是**力的作用點**。設想，用槓桿抬起重物 G ，圖1—1。如所知，用來抬起重物的力，加在離支點 C 愈遠的地方，則費力愈少（假定力的作用方向相同，大小相同）。因此為了確定力的作用，還須知道它的作用點。力的作用點是力所直接作用於

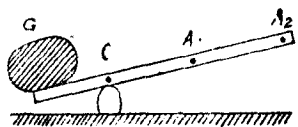


圖 1—1

物體的部分，是一個質點。力的方向就是在這個力的作用下，靜止質點所產生的運動方向。力所在的線就是稱為這個力的作用線。在工程單位制中以1公斤為力的單位，以1公尺為長度的單位，以1秒為時間的單位。

在力學中，我們必須區別兩種量：**矢量與標量**。當確定某一個量時，不僅須標明其數值的大小與單位，還須考慮它的方向，這樣的量就稱為**矢量**。由此可知力是**矢量**。但有的量，方向沒有任何意義，只須標明其數值的大小與單位就行，這種量叫做**標量**，如面