

高等农业院校試用教材

理论力学

南京农学院农业机械化分院 合編
北京农业机械化学院

农业机械化专业用

农业出版社

高等农业院校試用教材

理 論 力 学

南京农学院农业机械化分院
北京农业机械化学院 合編

农业机械化专业用

农 业 出 版 社

高等農業院校試用教材
理 論 力 學

南京農學院農業機械化分院 合編
北 京 農 業 機 械 化 學 院

農 業 出 版 社 出 版

北京西總布胡同七號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 106 號)

新華書店科技發行所發行 各地新華書店經售

東單印刷廠印刷裝訂

統一書號 13144.82

1960 年 9 月北京原入教碼

開本 787×1092 毫米

1960 年 10 月初版

三十二分之二

1961 年 6 月北京第三次印刷

字數 323 千字

印張 十三又十六分之一

印數 1—6,600 冊

定價 (7) 九角五分

(1980年10月入教註印2,000冊)

序 言

1959年5月，南京农学院农业机械化分院接受中华人民共和国农业部全国农业机械化专业教材編审委员会委托，主編全国农业机械化专业理論力学教材。

而于1959年5月在南京召开了教材編写會議，有北京农业机械化学院和沈阳农学院参加。會議討論了編写原則，修訂了教学大綱，并进行了分工。會議決定：由南京农学院农业机械化分院編写靜力学部分和运动学部分，北京农业机械化学院編写动力学部分，并由南京农学院农业机械化分院审查。

1959年下半年，教材初稿陸續完成，經過互提意見，修改补充后，南京农学院农业机械化分院又于1960年2月在党委领导下組織了理論力学教材审查小組，对教材初稿进行了审查。

在編写中我們尽可能地注意了在整个內容中貫徹馬克思列宁主义思想和党的方針政策；联系实际，結合农业机械化专业；根据1952年教学改革以来教学实践的經驗，加强教材的系統性。

关于教材內容如何結合专业的問題，曾有两种不同的意見：一种意見認為只需把专业中的力学問題作为例題，不宜进行深入仔細的分析。另一种意見認為不仅应把专业中的力学問題作为例題，而且应列入与专业关系較深的內容。对于专业中的力学問題，应作适当的分析，以免脫离实际。經過討論，审查小組採納了后面一种意見。这种意見是否正确，有待在今后的教学、科学研究和生产实践中进一步加以驗證。

由于編者政治和业务水平所限，书中难免有錯漏或不妥之处，希望讀者提出批評意見，以便今后修訂。

編者 1960年4月

目 录

序言.....	IX
緒論.....	1

第一部分 靜力学

第一章 靜力学引言	12
§ 1-1 靜力学研究对象和基本命題	12
§ 1-2 剛体·质点·质点系·参考系	13
§ 1-3 力·力偶·力螺旋	15
§ 1-4 靜力学定义·靜力学公理	19
§ 1-5 約束·約束反作用力·解除約束原理	24
§ 1-6 工程中的主要約束形式及其簡化	27
§ 1-7 二力构件与三力构件	29
第二章 汇交力系	31
§ 2-1 农业机械和工程中可簡化为汇交力系的問題	31
§ 2-2 汇交力系合成的几何法	33
§ 2-3 力的分解	35
§ 2-4 力在坐标軸上的投影	36
§ 2-5 力沿坐标軸的分解	38
§ 2-6 力系合成的解析法	38
§ 2-7 汇交力系的平衡	41
§ 2-8 汇交力系平衡問題的解法	44
§ 2-9 犁的平衡	46
第三章 平行力·力偶理論	48
§ 3-1 两个平行力的合成	48
§ 3-2 已知力分解为与之平行的两个力	51
§ 3-3 力偶矩	53
§ 3-4 力偶等价定理	53
§ 3-5 力偶矩作为矢量	57
§ 3-6 力偶的合成	58
§ 3-7 力偶系的平衡条件	62
第四章 平面力系	64

§ 4-1	农业机械和工程中可简化为平面力系的问题	64
§ 4-2	力对于一点之矩	65
§ 4-3	平面力系向已知中心的简化	66
§ 4-4	平面力系简化为一个合力的情形·伐里农定理	70
§ 4-5	平面力系简化为一个力偶的情形	75
§ 4-6	平面力系平衡的条件	75
§ 4-7	关于平面力系平衡问题的例题	76
§ 4-8	平面力系平衡方程的各种形式	79
§ 4-9	平面平行力的合成·平面平行力系的平衡条件	80
§ 4-10	杠杆的概念·杠杆在工农业生产中的应用	82
§ 4-11	由几个刚体所组成的力系的平衡	83
§ 4-12	静不定问题的概念	85
§ 4-13	悬索的平衡	87
§ 4-14	桁架的概念·李特尔法	89
第五章	摩擦	93
§ 5-1	农业机械和工程中的摩擦问题	93
§ 5-2	滑动摩擦	93
§ 5-3	欧拉关于柔体摩擦的公式	103
§ 5-4	滚动摩擦	105
§ 5-5	轮子的平衡	108
第六章	图解静力学基础	112
§ 6-1	引言	112
§ 6-2	平面力系的简化	112
§ 6-3	平面力系的平衡	114
§ 6-4	作图要点·比例尺	115
第七章	任意力系	117
§ 7-1	农业机械和工程中的任意力系问题	117
§ 7-2	力对于一点之矩作为矢量	117
§ 7-3	以矢积表示力对于一点之矩的公式	118
§ 7-4	力对于一轴之矩	119
§ 7-5	力对于给定一点之矩及其对于通过该点的轴之矩之间的关系	121
§ 7-6	力对于各坐标轴之矩的解析式	122
§ 7-7	任意力系向给定中心的简化·主矢和主矩·力系的不变量	125
§ 7-8	力系简化为合力的情况·伐里农定理	130
§ 7-9	力系简化为力偶的情况	133
§ 7-10	力系简化为力螺旋·中心轴	133
§ 7-11	在普遍情形下力系的平衡条件	137

§ 7-12 空間平行力系的平衡	138
§ 7-13 繩索牽引機卷筒的平衡	139
§ 7-14 傳動軸的平衡	140
第八章 重心·平衡的穩定性	142
§ 8-1 重心的概念·農業機械與工程中的重心問題	142
§ 8-2 平行力系的合成·平行力系中心	143
§ 8-3 重心坐標的普遍公式	144
§ 8-4 對稱物體重心的位置	146
§ 8-5 古爾定-巴布斯定理	148
§ 8-6 幾種簡單幾何形狀均質物體和圖形的重心	150
§ 8-7 複雜形狀物體和圖形的重心的求法	152
§ 8-8 應用普遍公式計算重心的坐標	154
§ 8-9 用查表法求某些簡單幾何形狀均質物體和圖形的重心	155
§ 8-10 平面圖形重心的圖介求法	157
§ 8-11 用實驗法確定物體的重心	158
§ 8-12 穩定性的概念·傾復力矩和穩定力矩·穩定係數	160
§ 8-13 拖拉機的穩定性問題	164

第二部分 運動學

第一章 引言	168
第二章 點的运动	170
§ 2-1 點的运动軌道	170
§ 2-2 矢量法	170
§ 2-3 靜止直角坐標法	172
§ 2-4 运动綫圖·速度綫圖·加速度綫圖	177
§ 2-5 自然坐標法	182
第三章 剛体运动的基本形式	195
§ 3-1 剛体的平动	195
§ 3-2 剛体的轉动	197
§ 3-3 轉动剛体内各点的运动·速度和加速度	200
§ 3-4 輪系的傳动·傳动比	202
§ 3-5 角速度·角加速度作为矢量	207
第四章 點的复合运动(一)	212
§ 4-1 相对运动·牽連运动·絕對运动	212
§ 4-2 點的相对速度和相对加速度·牽連速度和牽連加速度·絕對速度和絕對 加速度	212
§ 4-3 当牽連运动为平动时的速度合成定理和加速度合成定理	215

第五章 刚体的平面运动	221
§5-1 刚体平面运动的概念·平面图形在其平面内的运动	221
§5-2 平面图形的运动分解为平动与转动	222
§5-3 平面图形内各点的速度·瞬时速度中心	224
§5-4 用瞬心法求平面图形内各点速度	225
§5-5 速度投影定理	227
§5-6 速度图	228
§5-7 布安索定理	230
§5-8 平面图形内各点的加速度·瞬时加速度中心	233
第六章 点的复合运动(二)	241
§6-1 当牵连运动为转动时的速度合成定理	241
§6-2 当牵连运动为转动时的加速度合成定理科里奥利定理	242
第七章 刚体的复合运动	247
§7-1 刚体复合运动的概念	247
§7-2 平动的合成	247
§7-3 转动和垂直于旋转轴的平动的合成	247
§7-4 螺旋运动	248
§7-5 刚体绕平行轴转动的合成	249
§7-6 周转轮系	252
§7-7 刚体绕相交轴转动的合成	254

第三部分 动力学

第一章 引言	257
§1-1 动力学的研究对象	257
§1-2 动力学的基本定律	258
第二章 质点和质点系的运动微分方程	264
§2-1 质点运动的微分方程	264
§2-2 非自由质点的运动微分方程	265
§2-3 动力学的两类基本问题	266
§2-4 质点系运动微分方程	274
第三章 动量定理	276
§3-1 质点的动量定理	276
§3-2 质点系的动量定理	281
§3-3 质点系惯性中心运动定理	285
第四章 动量矩定理	291
§4-1 质点动量矩定理	291
§4-2 质点系动量矩定理	294

§4-3 刚体转动微分方程	296
第五章 转动惯量	301
§5-1 转动惯量的概念及其普遍公式	301
§5-2 简单几何形状物体的转动惯量	302
§5-3 合成体的转动惯量	306
§5-4 对于平行轴的转动惯量定理(许泰乃尔定理)	308
§5-5 用实验方法求物体的转动惯量	309
§5-6 惯性积·惯性主轴	312
第六章 动能定理	316
§6-1 功、能概念的建立·运动的两种量度	316
§6-2 功与功率	317
§6-3 质点的动能定理	324
§6-4 质点系的动能定理	325
§6-5 势力场的概念	332
§6-6 势能的概念·能量守恒定律	336
第七章 达朗伯原理	333
§7-1 惯性力的概念·切向惯性力与离心惯性力	338
§7-2 达朗伯原理	340
§7-3 刚体运动时惯性力系的简化	342
§7-4 刚体绕固定轴转动的动力方程	346
§7-5 固定点上反作用力等于零的条件	348
§7-6 应用达朗伯原理推导刚体平面运动的微分方程	349
§7-7 轮子的运动	349
第八章 虚位移原理	353
§8-1 约束	353
§8-2 广义坐标的概念·自由度数目	355
§8-3 虚位移与理想约束	356
§8-4 虚位移原理	359
§8-5 应用虚位移原理求约束反作用力·解除约束原理	363
§8-6 平面机构的平衡·儒科夫斯基定理	364
§8-7 动力学普遍方程	368
第九章 碰撞理论	371
§9-1 碰撞现象·瞬时力	371
§9-2 碰撞力对质点的作用	372
§9-3 碰撞冲量对质点系的影响	374
§9-4 碰撞冲量对绕固定轴转动物体的作用	375

§ 9-5	对固定面的碰撞	376
§ 9-6	两物体的正碰撞	380
§ 9-7	碰撞时动能的损失	384
§ 9-8	碰撞中心	387
第十章	振动理论	389
§ 10-1	引言	389
§ 10-2	自由振动	390
§ 10-3	阻力对自由振动的影响—衰减振动	394
§ 10-4	强迫振动	397
§ 10-5	有阻力时的强迫振动	401
§ 10-6	强迫振动在工程上的应用	408

緒 論

理論力學是研究物體機械運動普遍規律的科學。

就最一般的意義來說，運動是物質的存在形式、物質的固有屬性。它包括宇宙中所發生的一切變化和過程，從簡單的位置變動（位移）起直到思維止。

辯證唯物主義從自然界的事物和現象的運動和變化的多種多樣形式中，把運動劃分為下列五種基本形式：機械的、物理的、化學的、生物的和社會的。

機械運動是最簡單的一種運動形式。它就是物體彼此在空間的相對的位置變動。力學所研究的就是這種運動形式的規律。

恩格斯寫道：“一切運動都是和某種位置變動相聯系的，不論這是天體的、地球上的質量的、分子的、原子的或以太質點的位置變動。運動形態愈高級，這種位置變動就愈微小。位置變動決不能把有關的運動性質包括無遺，但是卻不能和運動分開。所以首先必須研究位置變動。”^①

物理的運動形式，包括熱力學和統計物理學所研究的热過程，電動力學和光學所研究的電磁過程（特別是光的过程），量子力學所研究的原子過程，原子核物理學所研究的原子核過程，是比較複雜的運動形式。

物體內發生的化學過程，形成一種特殊的運動形式，即化學的運動形式。

隨着地球上有機體的生命出現，產生了新的運動形式，即生物學

① 恩格斯：“自然辯證法”，人民出版社 1955 年版，第 46 頁。

所研究的生物的运动形式。

随着人类社会的出现,产生了社会的运动形式(社会过程,人类社会的发展)。这是自然界中最高级的一种运动形式。

*

*

*

力学发展的过程,是辩证唯物主义与形形色色的唯心主义和形而上学的唯物主义进行斗争的过程,是辩证唯物主义不断战胜唯心主义和形而上学唯物主义的过程。

唯心主义企图证明运动是非物质的。唯心主义把运动看做是一种和物质不相联系的东西,企图把运动和物质分开,想消灭物质概念本身。

与此相反,辩证唯物主义明确指出:物质运动的源泉是在物质本身中,是包含在一切物质的客体和现象所固有的矛盾中。没有运动的物质是没有的,而且不可能有的。本身没有任何变化的物质也是没有的。运动是物质的永恒的存在形式,物质和运动是不可分的。

形而上学的唯物主义企图把高级运动形式归结为低级运动形式。它把运动看做是物体在空间的简单的位置变动,并把运动的一切形式都归结为这种简单的机械运动的形式。

辩证唯物主义和形而上学唯物主义不同,辩证唯物主义认为物质运动的形式具有质的特殊性,不能把一种形式机械地归结为另一种形式。

每一种较高级的运动形式都是在较低级的运动形式的基础上产生的,并且必然包含这些运动形式。但较低级的运动形式的规律性,并不能完全包括那种在较低级的形式的基础上形成的较高级的形式的实质。因此,较高级的运动形式并不归结为,也不可能归结为某些较低级的运动形式。

并且,较高级的运动形式的规律性也不能搬到较低级的运动形式上去。

* * *

辯證唯物主義，也就是馬克思列寧主義的世界觀和方法論的統一，是理論力學以及其他各門科學的共同的理論基礎。它是正確了解自然界的基礎，也是科學研究的基礎。

辯證唯物主義研究自然界、社會以及認識的變化和發展的最一般的客觀規律，並給客觀世界的各種現象以唯物主義的解釋。這些一般的規律是客觀存在的，即不依賴於人們的意識而存在的，它們和各種物質運動形式所固有的特殊規律有不可分割的聯繫。

馬克思主義的哲學是教導我們科學地看待、解釋和理解世界一切現象的科學世界觀。研究辯證唯物主義，我們就能認識整個世界；而認識整個世界，就能幫助我們理解自然界和社會中的各種現象，因而也能幫助我們理解各種科學。

認識的過程是從生動的直觀到抽象的思維，再從抽象的思維到實踐。

毛澤東同志指出：“認識的過程，第一步，是開始接觸外界事情，屬於感覺的階段。第二步，是綜合感覺的材料加以整理和改造，屬於概念、判斷和推理的階段。只有感覺的材料十分豐富（不是零碎不全）和合於實際（不是錯覺），才能根據這樣的材料造出正確的概念和理論來。”^①

實踐証實了生動的直觀和抽象的思維的統一，不僅是認識的基礎和真理的標準，而且是認識客觀世界的目的。

因此，馬克思列寧主義認為，理性認識依賴於感性認識。馬克思曾寫過：“人的思維是否具有對象的真理性，這個問題並不是一個理論問題，而是一個實踐的問題。人應該在實踐中證明自己的思維的真理性，即自己思維的現實性和力量，亦即自己思維的彼岸性。”^② 恩格斯在批

① “毛澤東選集”第一卷，人民出版社1952年第二版，第279頁。

② “費爾巴哈與德國古典哲學的終結”一書附錄，人民出版社1957年第三版，第50頁。

評康德及其他唯心主義者所謂世界不可認識和“自在之物”不可認識的意見，而堅持唯物主義認為我們的知識是確實知識這一著名原理時寫道：“把這些以及其他一切哲學上的謬論駁斥得最徹底的是實踐，即實驗和工業。”^① 列寧也曾寫過：“實踐高於（理論的）認識，因為實踐不僅有普通性的優點，並且有直接的現實性的優點。”^②

但是，實踐如果不和理論聯繫起來，就會變成盲目的實踐。斯大林曾經寫過：“理論若不和革命實踐聯繫起來，就會變成無對象的理論，同樣，實踐若不以革命理論為指南，就會變成盲目的實踐。”^③

因此，毛澤東同志指出：“通過實踐而發現真理，又通過實踐而証實真理和發展真理，從感性認識而能動地發展到理性認識，又從理性認識而能動地指導革命實踐，改造主觀世界和客觀世界。實踐、認識、再實踐、再認識，這種形式，循環往復以至無窮，而實踐和認識之每一循環的內容，都比較地進到了高一級的程度。這就是辯證唯物論的全部認識論，這就是辯證唯物論的知行統一觀。”^④

生動的直觀、抽象的科學思維和實踐的統一使我們能更深刻地反映自然界。由生動的直觀到抽象的思維，再由抽象的思維到實踐，這就是認識真理的道路。

認識物體機械運動規律的道路，也是如此。

在研究理論力學時，我們從實踐出發，經過抽象化、公式化，數理演繹法再到實踐驗證。

最初的實踐過程是生動的直觀或感性認識的過程，抽象化、公式化和數學演繹法是抽象的思維或“經過思考作用，將豐富的感覺材料加以

① 恩格斯：“費爾巴哈與德國古典哲學的終結”，人民出版社1957年第三版，第14頁。

② 列寧：“哲學筆記”，人民出版社1956年版，第201頁。

③ 斯大林：“論列寧主義基礎★論列寧主義底幾個問題”，外國文書籍出版局1950年版，第23頁。

④ “毛澤東選集”第一卷，人民出版社1952年第二版，第285頁。

去粗取精，去偽存真，由此及彼，由表及里的改造制作工夫，造成概念和理論的系統，”^① 从感性認識跃进到理性認識的过程，而再实践的过程則是檢驗理論和发展理論的过程，是从理性的認識到革命的实践的飞跃过程。

*

*

*

研究运动的性質，应当从运动的最低級、最简单的形态开始。先理解了这些最低級最简单的形态，然后才能对較高級、較复杂的形态有所闡明。

物体的机械运动，由于它是自然界一切运动形式中最低級的一种形式，因而是各种較高級运动形式的共同基础。

因此，研究物体机械运动的規律，对于研究無論何种科学的人来講，都是必要的，因为：

一、物体的机械运动是物体各种运动形式的共同基础，物体机械运动的規律是物体各种运动形式的最一般的規律。因此，研究物体的机械运动的規律是研究物理学、化学、生物学的起点。

二、在实践方面，物体的机械运动的規律构成机械設計、建筑工程以及其他工程設計的基础，因此它在工程技术中有其特殊的意义。

現在，在我国社会主义建設时期，为了加速建成社会主义，并为消灭城乡差別、工农差別、脑力劳动和体力劳动的差別，为过渡到共产主义創造条件，就必须彻底实现农业生产的全面机械化和电气化。

以現代技术装备农业，不仅仅是減輕农民的体力劳动强度、提高农业劳动效率和大大发展农业生产的问题，而且是如何正确处理工业和农业、工人和农民相互之間的关系问题，是巩固和发展我国社会主义的政治經濟基础的问题。这是我国社会主义建設的根本问题。

因此，实现农业技术改造，尽快地使农业生产机械化、水利化、电

① “毛澤东选集”第一卷，人民出版社 1952 年第二版，第 280 頁。

氣化。這就是現階段我們國家社會主義經濟建設中一項頭等重要的任務。

為了完成這項光榮任務，必須培養大批具有共產主義政治覺悟、文化科學知識，既能從事腦力勞動又能從事體力勞動的又紅又專的農業機械專業幹部。他們應當具備農業機械以及其他有關機械的研究、設計、製造、改裝特別是運用和修理方面的必要知識和技能，而這些知識和技能的某些基礎是在本課程中奠定的。

通過本課程的學習，可以使學生獲得力學方面的理論知識和實際技能，並能運用這些知識和技能以及其他有關知識和技能來分析農業機械以及其他有關機械的機構、構件和零件的受力情況和運動規律，以便對現有的農業機械以及其他機械的機構、構件和零件進行審核；又能根據生產需要，運用這些知識和技能以及其他有關知識和技能來設計新的機器，包括機構設計以及根據材料和結構來決定構件和零件的尺寸。

本課程是一門技術基礎課，它的內容主要是為材料力學、機械原理、機械零件及起重運輸機械、農業機械以及拖拉機及汽車等課程服務的。在學習本課程以前，應當具備普通物理和高等數學等方面的必要知識。

本課程包括下列主要內容：

靜力學——研究力學系統相對平衡的條件。

運動學——研究機械運動而不考慮加在運動對象上的力。

動力學——研究機械運動而聯系到加在運動對象上的力。

*

*

*

力學是最古老的科學部門之一，它的發生與發展與其他科學部門一樣，是與生產密切聯系的。

遠在古代的我國、埃及、希臘和羅馬等國家中，由於從事農業以及建築長城、金字塔、宮殿、城堡、水利工程和交通運輸等各方面的需要，

我們的祖先早就開始使用杠桿、斜面、滑輪、輪軸等各種簡單機械，並且從使用這些簡單機械的生產實踐中獲得了最初的力學知識。

我國古代在漢以前就使用杠桿、斜面、滑輪、輪軸、車輪和齒輪等。在我國很早就出現了利用杠桿原理的踏碓（公元前 26 世紀）和桔槔（公元前 17 世紀）。遠在周代，我們的祖先已會造車。到了春秋戰國時代，出現了兩位大科學家：一位是墨翟（公元前 468—376 年），他所著的“墨經”是我國以及世界最早記載力學知識的書籍之一。另一位是公輸般，他製造了礮、木鳶和雲梯。

在歐洲，根據記載，阿基米德（公元前 287—212 年）正確地解決了杠桿平衡問題以及許多其他力學問題，奠定了靜力學的基础。

我國封建社會初期，由於當時的生產關係適應了生產力的性質，推動了生產力的進一步發展，因而力學和其他科學部門也有了相應的發展。秦漢至隋（公元前 221—公元 618 年）是我國力學史上的黃金時代。這時期的發明有轆轤、水排、渾天儀、候風地動儀、指南車和記里鼓車等。除了杠桿原理外，還廣泛地應用了齒輪傳動、凸輪傳動、重心和慣性等原理。

中世紀的特征是：封建的生產關係嚴重地阻礙了生產力的進一步發展，力學和其他科學部門的發展一般緩慢下來。統治階級對農奴的極其殘酷的剝削以及唯心主義哲學和宗教在思想領域中的統治，成為生產和科學發展的桎梏。即使如此，在勞動人民的辛勤勞動下，生產和科學還是一直有所發展的。例如，我國在中世紀出現了三大發明——火藥、羅盤、印刷術。在力學方面，值得注意的是火箭的發明以及紡織機械和造船技術的重大發展。明代王征（1571—1644 年）曾自制虹吸、鶴飲、輪壺、代耕、自轉磨及自行車諸器，並著有“諸器圖說”及譯有“遠西敬器圖說”，這兩本書是我國機械工程方面的最早專著。明代宋應星所著的“天工開物”相當詳盡地介紹了當時工程技術方面的具體情況，是一本比較完備的工程技術書籍。