

高等学校教学用书

理 論 力 学

LILUN LIXUE

南京农学院农业机械化分院 合編
北京农业机械化学院

人 民 教 育 出 版 社

高等学校教学用书

三 論 力 学

LILUN LIXUE

南京农学院农业机械化分院
北京农业机械化学院 合編

人民教育出版社

本书系高等农业院校农业机械化专业教材之一，由南京农学院农业机械化分院(主编)与北京农业机械化学院合编，并经南京农学院农业机械化分院审查。

全书分三部分：静力学、运动学、动力学。可供高等农业院校农业机械化专业学生使用。

理论力学

南京农学院农业机械化分院 合编
北京农业机械化学院

人民教育出版社出版 高等学校教学用书编辑组
北京宣武门外大街永泉寺7号

(北京市书刊出版业营业许可出字第2号)

崇文印刷厂印制 新华书店发行

统一书号 13210·817 开本 787×1092 1/32 印张 13 3/16

字数 329,000 印数 0001—12,000 定价(8) 1.00

1967年12月第1版 1966年12月北京第1次印刷

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编审委员会委托，主编全国农业机械化专业理论力学教材。根据全国农业机械化专业教材编写会议的精神，编写教材应根据下列原则：

(一)教材应具有高度的政治思想性。

(二)教材应该是科学的、先进的、中国的、群众的。

(三)专业课的教材应当面向全国，基础课的教材应当结合专业。

(四)在编写教材时，应把过去的教材加以审查和总结，取其精华，去其糟粕。

(五)教材应有严密的系统性、逻辑性、要注意文字的鲜明性、准确性与生动性。

(六)编写教材工作应贯彻百家争鸣的方针。

(七)编写教材应在党委的领导下，采取教师、学生、生产能手相结合的方式来进行，并要充分发挥教师的主导作用。

根据上述情形，南京农学院农业机械化分院于1959年5月在南京召开了教材编写会议，有北京农业机械化学院和沈阳农学院参加。会议讨论了编写原则，修订了教学大纲，并进行了分工。会议决定：由南京农学院农业机械化分院编写静力学部分和运动学部分，北京农业机械化学院编写动力学部分，并由南京农学院农业机械化分院审查。

1959年下半年，教材初稿陆续完成。经过互提意见，修改补充，南京农学院农业机械化分院于1960年2月在党委领导下组织了理论力学教材审查小组，对教材初稿进行了审查，并予以通过。

根据南京农学院农业机械化分院工程力学教研组所提出的报告，

本教材有下列主要特点:

(一)不仅在緒論部分,而且在整个内容中注意了貫徹馬克思列宁主义思想、党的教育工作方針和党的方針政策。

(二)在整个内容中注意了联系实际,結合农业机械化专业。

(三)根据 1952 年教学改革以来教学实践的經驗,加强了教材的系統性。

关于教材内容如何結合专业的问题,目前存在两种不同的意見:一种意見认为只需把专业中的力学問題作为例题,不宜进行深入仔細的分析。另一种意見认为不仅应把专业中的力学問題作为例题,而且应列入与专业关系較深的内容。对于专业中的力学問題,应作适当的分析,以免脱离实际。经过討論,审查小組采納了后面一种意見。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檢驗。

本教材由南京农学院农业机械化分院主編,北京农业机械化学院副編,并由南京农学院农业机械化分院审查。

参加編写本教材执笔的有下列同志:

緒論及靜力学部分——南京农学院农业机械化分院工程力学教研組潘君拯

运动学部分——南京农学院农业机械化分院工程力学教研組楊璘
武

动力学部分

第一、二、三、四、六、八章——北京农业机械化学院理論力学教研組戴錦軒

第五、七章——北京农业机械化学院理論力学教研組李紹文

第九章——北京农业机械化学院理論力学教研組郎需惠

第十章——北京农业机械化学院理論力学教研組許本文

最后,希望讀者提出宝貴意見,以便改进。

編者 1960 年 4 月

目 录

序言.....	IX
緒論.....	1

第一部分 静力学

第一章 静力学引言.....	12
§ 1-1 静力学研究对象和基本命题.....	12
§ 1-2 刚体·质点·质点系·参考系.....	13
§ 1-3 力·力偶·力螺旋.....	15
§ 1-4 静力学定义·静力学公理.....	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简化.....	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简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 力在坐标轴上的投影.....	36
§ 2-5 力沿坐标轴的分解.....	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 羣的平衡.....	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	导言	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	平面圖形重心的圖分求法	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·穩定系數	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	230
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	326
§ 6-5 势能的观念	332
§ 6-6 势能的概念·能量守恒定律	336
第七章 达朗伯原理	338
§ 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·虚科夫斯基定理	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	406

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（特別是光的過程），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，再从抽象的思維到實踐。

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，亦即自己思維的此岸性。”^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，又通過實踐而證實真理和發展真理，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：“論列寧主義基礎及論列寧主義底幾個問題”，外國文書出版社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、最簡單的形态开始。先理解了这些最低級最簡單的形态，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讲，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、生物学和一切社会科学的起点。

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。

现在，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問題，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問題，是巩固和发展我国社会主义的政治經濟基础的問題。这是我国社会主义建設的根本問題。

因此，“实现农业技术改造，尽快地使农业生产机械化、水利化、化

^① “毛澤东选集”第一卷，人民出版社 1952 年第二版，第 280 頁。

學化和電氣化，這是當前我國社會主義經濟建設中一項頭等重要的任務，尤其是我國工人階級的光榮任務。”

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工人階級知識分子。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，