

266346 基本馆藏 中等专业学校教学用书

理论力学

机械制造专业用

北京冶金专科学校力学教研組

牛实为 张成文 徐曾延 編

冶金工业出版社

3321
10385

268346

中等專業學校教學用書

理 論 力 學

(機械專業用)

北京冶金專科學校力學教研組
牛實為 張成文 徐曾延 編

冶 金 工 業 出 版 社

內 容 簡 介

本書由北京冶金專科學校力學教研組教師合編，內容適當地結合了冶金機械、壓力加工和煉鋼煉鐵等專業的要求，可作為四年制或三年制該性質中等專業學校的理論力學教學用書，也可供非冶金性質中等專業學校教學上參考。

理 論 力 學

(機械專業用)

北京冶金專科學校力學教研組

牛笑為 張成文 徐曾延 編

— * —

冶金工業出版社出版 (地址：北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行

— * —

1960年2月第 一 版

1960年2月北京第一次印刷

印數 11,020 冊

開本850×1168 • 1/32 • 230,000 字 • 印張 $9\frac{20}{32}$ •

— * —

統一書號 15062·1868 定價 1.10 元

前 言

本書是按照我校最近修訂的四年制冶金機械專業及壓力加工專業的理論力學教學大綱編寫的。初稿的前三篇由牛實為執筆，并于59年上學期試教一次，第四篇由徐曾延執筆。59年下學期初稿的靜力學又試教一遍，由張成文修改，其運動學和動力學由牛實為修改，機構與機械原理由徐曾延修改，本書插圖由劉晉錫繪制。

本書原擬附加習題及思考題，限于時間，習題的編選工作未能如期完成，以後準備單獨刊印。

由于編者業務水平有限及時間倉促，書中難免有缺點和錯誤，我們熱忱地希望採用本書的教師、學生和其他同志對本書多加批評和指正。

北京冶金專科學校力學教研組

1959年12月8日

目 录

绪 论	9
-----------	---

第一篇 静 力 学

第一章 静力学的基本定义和公理	14
-----------------------	----

§ 1-1. 静力学的任务	14
§ 1-2. 刚体与质点的概念	14
§ 1-3. 力的概念	15
§ 1-4. 静力学的基本定义和公理	16
§ 1-5. 约束与约束反作用力	20
§ 1-6. 示力图	22

第二章 平面汇交力系	25
------------------	----

§ 2-1. 平面汇交力系合成的几何法	25
§ 2-2. 力的分解	27
§ 2-3. 力在轴上的投影, 力的投影定理	30
§ 2-4. 平面汇交力系合成的解析法	32
§ 2-5. 平面汇交力系的平衡条件	34

第三章 平面力偶系	40
-----------------	----

§ 3-1. 同方向及反方向两平行力的合成	40
§ 3-2. 力偶, 力偶矩	42
§ 3-3. 力偶的等效性	43
§ 3-4. 平面力偶系的合成与平衡	44

第四章 平面任意力系	48
------------------	----

§ 4-1. 力对于点之矩, 杠杆平衡条件	48
§ 4-2. 力的平移	51
§ 4-3. 平面任意力系向已知点的简化	51
§ 4-4. 平面任意力系的合成结果, 力矩定理	53
§ 4-5. 平面任意力系的平衡条件, 静不定问题	56
§ 4-6. 平面平行力系合成与平衡条件	62

§ 4-7. 物系平衡	67
§ 4-8. 桁架的計算	70
第五章 摩擦	76
§ 5-1. 滑动摩擦	76
§ 5-2. 滑动摩擦定律	77
§ 5-3. 有滑动摩擦力存在的物体平衡問題	78
§ 5-4. 摩擦圓	85
§ 5-5. 滚动摩擦	87
第六章 空間力系	91
§ 6-1. 力的直角平行六面体	91
§ 6-2. 空間一力沿直角坐标軸的分解	92
§ 6-3. 空間匯交力系的合成与平衡	94
§ 6-4. 力对于軸之矩	96
§ 6-5. 空間一般力系的平衡条件	98
§ 6-6. 空間平行力系的平衡	102
第七章 重心	104
§ 7-1. 平行力系中心	104
§ 7-2. 物体的重心及其坐标	106
§ 7-3. 几种簡單几何圖形的重心	109
§ 7-4. 面积的靜力矩	112
§ 7-5. 复杂几何圖形的重心	113

第二篇 运 动 学

引言	117
第八章 点的平面运动	119
§ 8-1. 点的运动方程式	119
§ 8-2. 点的变速运动的速度	122
§ 8-3. 点的变速运动的加速度	124
§ 8-4. 点的匀变速运动与匀速运动	129
§ 8-5. 点的平面运动总结	133
§ 8-6. 点的速度与加速度在坐标軸上的投影	134
第九章 剛体的平动与轉动	139

§ 9-1. 刚体的平移运动	139
§ 9-2. 刚体繞定軸的变速运动	141
§ 9-3. 刚体繞定軸的匀变速轉动及匀速轉动	144
§ 9-4. 轉动刚体内任一点的路程、速度及加速度	146
第十章 点的合成运动	151
§ 10-1. 点的合成运动的概念	151
§ 10-2. 点的合成速度	152
§ 10-3. 点的相对运动	155
第十一章 刚体的平面运动	153
§ 11-1. 刚体平面运动的概念	153
§ 11-2. 用合成法求平面圖形上任意一点的速度	160
§ 11-3. 用瞬时中心法求平面圖形上任一点的速度	162

第三篇 动 力 学

第十二章 动力学引言	168
§ 12-1. 动力学的任务与内容	168
§ 12-2. 动力学的基本公理	163
§ 12-3. 單位制	171
第十三章 质点动力学	174
§ 13-1. 质点运动的微分方程式	174
§ 13-2. 慣性力	178
§ 13-3. 达朗伯原理, 动静法	180
第十四章 刚体动力学	184
§ 14-1. 外力与内力	184
§ 14-2. 刚体平移的动力学基本方程式	184
§ 14-3. 刚体繞定軸轉动的动力学基本方程式	187
§ 14-4. 轉动慣量	188
§ 14-5. 轉动慣量的基本定理	189
§ 14-6. 几种簡單几何形狀物体的轉动慣量	191
§ 14-7. 刚体繞定軸轉动的动力学基本方程式应用	194
第十五章 动量与冲量	198
§ 15-1. 动量与冲量的概念	198

§ 15-2. 質点的动量定理	199
§ 15-3. 質点系动量定理	202
第十六章 功与动能	206
§ 16-1. 不变力的功	206
§ 16-2. 变力的功	206
§ 16-3. 重力的功	208
§ 16-4. 轉矩的功	210
§ 16-5. 功率	212
§ 16-6. 質点的动能定理	215
§ 16-7. 質点系的动能定理	217

第四篇 机构与机械原理

第十七章 緒論	222
§ 17-1. 机构与机械原理課程的中心任务	222
§ 17-2. 机械与机构的概念	223
§ 17-3. 运动付	224
§ 17-4. 运动鏈	224
§ 17-5. 自由度与約束	225
第十八章 連杆机构	229
§ 18-1. 四連杆机构的組成	229
§ 18-2. 四連杆机构的标准类型	230
§ 18-3. 四連杆机构的演变	235
§ 18-4. 冶金机械中常用的連杆机构	238
§ 18-5. 曲柄滑塊机构的运动分析	241
§ 18-6. 摆动杆机构的运动分析	246
第十九章 傳动机构	250
§ 19-1. 傳动机构的分类	250
§ 19-2. 皮帶傳动	250
§ 19-3. 鏈傳动	254
§ 19-4. 繩傳动	255
§ 19-5. 摩擦輪傳动	256
§ 19-6. 齒輪傳动	261

§ 19-7. 輪系	264
§ 19-8. 周轉輪系	267
§ 19-9. 討論課參考題	275
第二十章 常用的几种基本类型机构	279
§ 20-1. 凸輪机构	279
§ 20-2. 偏心輪机构	286
§ 20-3. 螺旋付机构	287
§ 20-4. 間歇机构	289
§ 20-5. 反向机构	291
§ 20-6. 万向联轴节	293
§ 20-7. 安全机构	294
第二十一章 机器动力学	296
§ 21-1. 机器运动方程式	296
§ 21-2. 机械效率	297
§ 21-3. 机器速度的調整及常用的調整机构	301
§ 21-4. 机械的平衡	303

緒 論

(一)

整个自然界中存在着各种各样的物質。一切物質都按照自己所具有的規律不断地繼續运动着。因此，物質运动的形态是多种多样的，其中有的簡單，有的复杂：前者如物質在空間位置的变化；后者如分子运动（發热）、光子运动（發光）、电子运动（电流）等。

理論力学是研究物質运动的最簡單形态的科学，即研究物体机械运动規律的科学。所謂机械运动是指一个物体相对于另一个物体在空間位置的变化。又因为物体的平衡是物体机械运动的一种特殊情况，所以在理論力学中也研究物体的平衡問題。

物体机械运动在自然界和生产劳动中随时随地都可以遇到，例如星球的运动，水的流动，以及各种机器的运动等。因此許多自然科学和工程技术，如天体力学、流体力学、材料力学、机械零件、起重运输机械等都是以理論力学为基础的。从而可知：我們研究理論力学掌握物体运动的普遍規律，不仅在于能解釋我們周圍所發生的許多現象，更重要的是运用这些規律为生产服务，为社会主义建設服务。社会主义建設要求不断的提高生产率，要求高度的机械化和自动化。因此，我們必須具备有足够的理論力学知識，应用到有关的專業中，从事生产，以完成这一光荣的任务。

理論力学中，我們所要研究的，按其發展次序分成四大部份：

- (1) 靜力学——研究作用于物体的力的平衡規律；
- (2) 运动学——研究物体运动的几何性質，而不涉及作用于物体的力；
- (3) 动力学——研究物体的运动与作用于物体上的力兩者之

間的关系；

(4)机械与机械原理——研究一般机器所共有的力学原理。

(二)

理論力学和其他科学一样，起源于生产实践，其發展也与生产实践紧密相連；它是几千年来人类劳动智慧的結晶。远在上古时代，人类就知道投擲石塊，或拉弓射箭以獵取野兽，作为生活資料。以后由于生产内容日益丰富，劳动人民运用許多簡單机械，如槓杆、斜面、滑輪等进行生产，积累了許多經驗，因而逐漸形成了理論力学这門科学。

我們祖先在生产劳动中也积累了許多經驗，并利用这些經驗从事生产，取得了光輝的成就。远在黄帝时代（据考証在公元前2600多年）就發明了車子及独木舟。到了夏朝（公元前1700多年）并發明了取水用的桔槔，这比埃及要早200多年。

周朝末年，我国出現了一位大發明家公輸班（公元前570～431年），他从生产劳动中創造了木鳶、云梯并改良了战船。战国时代，偉大的学者墨翟（公元前468～376年）根据交易上的需要，研究了秤的平衡問題；同时他对于力的概念也有較明确的論述，例如他說：“力，形之所以奋也。”这句话的意思相当于“力是使物体运动的原因”。墨子这样从运动观点来認識力比当时西方学者只从靜力学观点来認識力是先进了一步。

到了汉代，劳动人民創造了深井取水用的轆轤，冶煉用的風箱等生产工具。此外王充（公元90年左右）建立了功的概念，張衡（公元87～139年）發明了候風地动仪、渾天仪等。三国时魏人馬鈞（公元230年左右）創造了龙骨水車、記里鼓車、指南車等。晋代杜預（公元222～284年）發明了碾米用的碾子等。这些都說明，我們的祖先很早就利用了槓杆平衡原理和齒輪傳动理論，以制作机器，从事生产，从而推进了社会生产力的發展。

自唐到明末，我国处于封建社会的中期，生产关系阻碍了生

产力的發展；同时唯心主义和科举制度的盛行，也阻碍了生产和科学技术的發展。因而力学的发展也受到了限制。尽管如此，但是劳动人民在生产中仍有許多創造和發明，如火药炮，紡織机和帆船等的改进，以及宮殿和桥梁等的建筑。这些对当时社会生产力的提高都起到巨大的作用。

解放后，我国人民在党和毛主席的领导下，积极参加社会主义建設，在工农业等生产劳动中，有許多惊人的創造和發明；其中有許多是与力学原理有关的，如噴汽式飞机、汽車、船舶、機車、拖拉机、重型起重机、采煤机、紡織机、軋鋼机、各种車床以及許多精密仪器等。

此外，我国自大躍进以来，新的工程技术飞躍發展，提出了許多新的力学問題，如三峡水坝的振动問題，重型机械因振动而引起的强度問題等。我国的科学技术人員都正在进行这方面的研究；因此，我国的力学科学和其他科学一样，将会获得更輝煌的成就。

(三)

在西洋各国，力学的发展也取得了很大的成績。古代埃及建筑金字塔时，劳动人民就利用簡單机械搬运和提升很大的石塊。以后阿基米德（公元前287~212）总结了这許多經驗，創立了平衡定律，發現了浮力定律，研究了物体的重心，因而奠定了靜力学的基础。

到了中世紀，由于封建与神权的統治，力学的发展和其他科学一样几乎陷于停滯状态。

直到文艺复兴时代，随着商業資本、手工業、海运事業的發展，力学也迅速發展起来。在这个时期，伽利略（564~1642）首先用实验方法研究力学，他發現落体运动定律，建立慣性定律，并研究拋射体的运动，因而奠定了动力学的基础。以后牛頓（1643~1727）在前人研究的基础上總結出动力学基本定律和万

有引力定律；这更丰富了动力学的内容。

自牛顿以后，力学的发展是很快的，许多学者在这方面作出了巨大的贡献。如俄罗斯院士欧拉（1707~1783）创立了解决力学问题的分析方法；法国数学家达朗贝尔（1717~1783）创立了用静力学的平衡理论解决有关动力学问题的方法；法国力学家拉格朗日（1730~1813）系统地运用分析方法解决了机械系统的动力学问题。

在理论力学发展的过程中，俄罗斯和苏维埃的学者作出了巨大的贡献。早在18世纪，罗蒙诺索夫（1711~1765）就发现了能量不灭定理，使理论力学进入一个新的发展阶段。П.А.切贝雪夫（1821~1894）创立了四十多种机械，奠定了机械原理这门科学。Н.Е.茹可夫斯基（1847~1921）发展了几何方法在力学上的应用，并研究了机翼的升力理论，推进了空气动力学的发展。С.А.查甫雷金（1869~1942）奠定了气体动力学的基础，确立了超音速飞机、火箭及导弹的运动法则。近几年来，苏联的力学和其他科学技术的发展及其成就是更惊人的，例如1957年两个人造卫星的发射，以及1959年两个宇宙火箭的发射都充分说明了苏联的力学和其他科学技术的研究成果远远超过了英美等资本主义国家；这也是社会主义制度优于资本主义制度的具体表现。

（四）

理论力学研究的出发点和和其他自然科学一样，也是观察、试验和实践。但是观察现象时，须根据所研究的目的，确立问题的本质，而略去一些非本质的情况，这样使问题易于解决。例如我们研究两支点对于梁的反作用力时，从实验发现：如果梁的弯曲变形极小，则反作用力的大小可以认为只取决于支点的位置，与这种微小的变形无关。因此，我们在计算反作用力的大小时，可以将梁视为不变形的杆件；这就需要引入刚体的概念。又如我们研究地球绕太阳运行的规律时，由于地球的体积比其运行的轨道小

的很多，因此可以將地球視為一個小點；這就需要引入質點的概念。像這種根據所研究的目的，抽出問題的本質而加以模型化的方法稱為抽象化方法。理論力學是以剛體和質點作為研究對象的。

，應用抽象化方法就可以將人類在生產勞動中所得到的無數經驗加以概括與綜合，總結出一些基本公理，作為分析問題的基礎。這一過程稱為公理化。在研究靜力學及動力學的問題時，我們會遇到許多公理。

從公理出發，再根據嚴密的數學推演和計算，就可以導出理論力學的全部公式，從而可以計算有關的工程實際問題。這就要應用數學演繹方法。

最後還有一個方法是實踐。實踐是真理的准繩。實踐不但能驗證理論，而且更能指導實際。理論力學是來自生產實踐，但是它的定理公式還需通過有關的工程實際問題，驗證其正確性，從而能指導生產。理論力學就是運用這些方法進行研究而不斷繼續發展的。

第一篇 靜 力 學

第一章 靜力學的基本定義和公理

§ 1-1 靜力學的任务

在日常生活及生产实际中，我們常常遇到这样的一种力学現象，即物体在几个力同时作用下保持靜止或作匀速直綫运动如火車停止在軌道上或沿着直綫軌道作匀速运动，这种力学現象称为物体的平衡。靜力学主要是研究物体平衡的科学，其中心問題为：

(i) 將作用于物体上的許多力簡化为一个簡單的力羣或一力；

(ii) 求物体在許多力作用下处于平衡的条件。

在靜力学中，我們講到物体的靜止，系指相对的靜止；即相对于地球來說，这个物体的位置是不变的。

§ 1-2 剛体与質点的概念

在緒論中我們已提到理論力学中以剛体与質点作为研究对象的意义，現在我們进一步討論剛体与質点的概念。所謂剛体是指这样的一种物体，即此物体在任何力的作用下，其体内各点間的距離永不改变；亦即此物体的大小及形狀永不改变。事实上，这种物体是不存在的，因为任何物体受力作用时或多或少总有些变形。例如放在兩支座上的鋼梁在重物的作用下要發生弯曲变形。但在一般情况下，尤其是工程中，固体受力作用时的变形是很微小的，因此在理論力学中我們將所研究的物体看成是剛体。

在理論力學中，研究物體的運動時，如果物體的體積對問題的研究不起實際作用，則將此物體看成一個質點。所謂質點應該理解為具有一定質量的幾何點，只佔有空間位置，而沒有尺寸大小。例如在研究地球繞太陽的運行時，因為地球的體積與其運行的軌道相比較，顯得很小，所以在這樣情況下，就不必考慮地球的體積，而把它當作一個質點來處理。

同一物體，有時可以看做質點，有時可以看做剛體，這要看對此物體研究的要求而定。例如：研究地球公轉時，可以將它看做質點；但在研究地球自轉時，則必須將它看做剛體。

另外，剛體也可以視為由無數的質點所組成，這些質點間的距離是保持不變的。因此剛體是一各質點間距離不變的質點系。本書中，以後所提到的物體都是指剛體而言的。

§ 1--3 力的概念

力的概念是力學的基本概念之一。人們最初是從日常生活中体会到這個概念的，例如：當我們用手拋石塊或推小車時，由於自己筋肉的緊張收縮而感到手對石塊或小車施加了力，同時又看到石塊或小車在此力的作用下發生了運動。以後我們對周圍的現象不斷地深入觀察，最後認識到：不僅肌肉可以施力，而且兩個物體的相互作用，或改變其靜止狀態，或改變其速度也是力的表現。例如物體自由下落時，其速度越來越大，這是由於地球對物體的引力所引起的；又如火車在制動後，其速度就越來越小，這是由於鐵軌給火車以一種阻力的緣故。

從上面的討論可知，力是物體間的相互作用，此作用表現為使物體的運動狀態發生改變，因此力不能離開物質及物質運動而單獨存在。

由實驗得知，力對於物體的作用，決定於三個要素：力的作用點、力的方向與力的大小。

力的作用點是物體上承受此力作用的部份，是一幾何點。

力的方向即为静止质点在此力作用下所产生的运动方向。通过力的作用点并顺着力的方向画出的直线，称为此力的作用线。

力的大小，如用静力学的方法来表示，是将此力与某一被选定为单位的力相比较。在工程单位制中力的单位定为公斤(kg)。度量力的大小的仪器称为测力计。最简单的测力计是弹簧秤。

在力学中，我们常遇到两种物理量：一种量只有大小，如长度、温度等，我们称之为无向量、或标量；另一种量不仅有大小，而且有方向，如速度、加速度等，我们称之为向量或矢量。力是矢量，因为力对物体的作用不仅决定于它的大小，而且还决定于它的方向。

由于力是一个矢量，因此力可用一有箭头的直线段表示之。例如作用于A点上的一力，其大小为40公斤，其方向与水平线成 30° 角，指向右方。现在用下法作出，如图1-1所示：过A

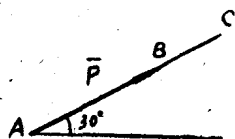


图 1-1

点作与水平线成 30° 的直线AC，即为此力的作用线。设取力的比例尺为20公斤/厘米，在此力的作用线上作 $AB = 2$ 厘米，指向由箭头表示，则力 $\vec{P}$ 的三要素完全由矢量 $\vec{AB}$ 表示。在叙述中，凡是矢量均

在其代表符号上加一横划，如力 $\vec{P}$ ；如不加横划仅写成“P”，则只表示力的大小而不表示其方向。

§ 1-4 静力学的基本定义和公理

静力学中经常要用到以下几个基本定义。

同时作用在一个物体上的一群力称为力系。如图1-2中物体上的四力 $\vec{P}_1$ 、 $\vec{P}_2$ 、 $\vec{P}_3$ 、 $\vec{P}_4$ 组成一力系。

如作用在一物体上的力系不改变此物体原有的运动状态，则此力系称为平衡力系。平衡力系中任一力对于其余力而言，称为