

中等工業學校臨時教材

應用力學

中央人民政府重工業部工業教育司編

序 言

教育處一九五〇年編印的『應用力學』一書，業已試用一年，根據這一年來各校試講的結果，這次已將原書作了必要的改訂，可惜因時間短促，仍然有許多地方沒有作到適當的修正（如在例題和習題等部分），所以在這本教材裡，還是存在着問題的，即或改訂過的地方，也難免有更改上的錯誤，希教者學者仍能多提意見，俾作再一次的修改。

本教材整個內容分為兩部分，第一部分是靜力學，第二部分是動力學，先講靜力學，繼續講動力學，就力學的理論系統來說，應該先講動力學，靜力學祇是動力學中的一個特例，但為了學者容易接受，所以採取了由片面到全面的講法，這一點還值得討論的。

第一章裡把力學方面的某一些基本概念與原理作了一個提綱的複習，是以後各章討論力學問題的基本根據，這些基本概念與原理的學習，應該在物理學力學部分中業已完成，這裡祇是更明確化罷了，所以教師對於這一章的講授可以根據學生物理學的基礎確定其進度和講授的方法。

第二章中主要的是討論兩個問題，即力的合成與力的平衡，而且討論的範圍也僅限於同平面的力系，空間力系略去未談（以後各章有時會遇到空間力系），所以這一章的重點是很明確的，教師講授的時候，應該着重分析問題和解決問題的方法。

第三章討論摩擦，關於摩擦問題就理論說是很簡單的，因為在工程實用上的重要，故單闢一章來講，主要的討論了一部分簡單機

械的摩擦，從而導出了許多公式。這裡不應該着重於公式的背誦，應該特別注意培養學生分析問題和解決問題的能力，要學生能自己把這些公式導出來（有幾個公式除外）。

第四章求物體的重心，這裡講了幾個求重心的方法，理論的根據是平行力的中心，應該使學生明瞭重心的求法有計算和實驗兩種，這裡祇是討論一些計算的方法，且以『求組合形體的重心』，為這一章的重點。

第五章提出了動力學的理論基礎，這裡僅作了提綱的敘述，關於這一部分的學習，應該是物理學中力學部分的重點。必須要在學物理學中的力學時弄得明確而穩固。

在動力學中所討論的內容，主要的是以物體的移動及轉動為對象。

第六章討論了物體的移動，而且只是談了移動中的幾個簡單運動，即等速直線運動，等加速直線運動及其合成運動，導出其運動規律，用數學式表之，即成為運動方程式，物體移動時的相對運動也是這一章的重點。

第七章討論了物體的轉動，與第六章中相對照這裡也祇談了對固定軸的等角速度轉動及等角加速度轉動，導出其運動方程式，這裡把慣性矩作了提要的介紹，是物體一個重要的力學性質，離心力和向心力在工程實用上是很重要的問題。也是學生容易含糊的地方，可惜時間不足，這裡仍保持原書的寫法，沒有做到適當的更改（因時間不足仍保持原樣的地方還很多），希望教師作明確具體的補充，似乎也是必要的。

第八章中保存原書的寫法，僅僅討論了某幾個重要的週期運動，這一章似乎也應有修改的地方，可惜這次沒有作到。

解決動力學的問題，有三種武器（1）運動方程式（第六章，第七章中所講），（2）功能方程式，（3）衝量動量方程式，在第九章中主要的就是要介紹出功能方程式，功率及機械效率的計算也是重要的一部分，在這一章中要使學生明瞭某些力學問題，用功能方程式解決比較方便，尤其培養學生能掌握這一原理（功能方程式），去解決某些力學上的問題。

第十章介紹衝量與動量的觀念，進而導出衝量動量方程式，應用這個方程式可以解決力學中一部分的問題，例如在流體力學中及討論物體衝擊的問題常用到這一方程式。在這裡已經把向心直衝擊用來具體說明這一方程式的應用，在衝擊問題中，恢復係數是一實驗常數，不加入這一常數，衝擊問題還是不能得到圓滿的解決。

這個教材裡面存在的問題還很多，有許多還需要大家共同討論，這裡不預備詳談，待以後作深入的討論，俾再一次的修正。

茲將本教材講授的時間預定如下：

第一章	約	3	小時
第二章	約	20	小時
第三章	約	8	小時
第四章	約	6	小時
第五章	約	3	小時
第六章	約	7	小時
第七章	約	7	小時

第八章 約 4 小時

第九章 約 9 小時

第十章 約 5 小時

按以上各章分配的時間共需 72 小時，一個學期授課的週數以 18 週計，每一週講授 4 小時即可將全部教材講授完畢，計劃時數，為 90 小時，其中有 18 小時為教師指導復習演題或總結時間。如果感到講授時間不足也可將下列各節刪去不講：

§ 19	滑車
§ 20	滑車組
§ 28	楔
§ 31	樞的摩擦力矩
§ 32	皮帶摩擦
§ 59	簡諧運動
§ 60	單擺
§ 61	複擺
§ 62	圓錐擺
§ 77	衝擊
§ 78	物體向心直衝擊
§ 79	球對固定面的衝擊

改訂者 1951.8.

應用力學 目 錄

第一編

第一章 基本概念與原理	1
1. 應用力學的意義	1
2. 質點和剛體	1
3. 力的意義	2
4. 力的單位	3
5. 向量與數量	3
6. 靜力學基本原理	3
第二章 力系的合力與平衡	8
7. 力系	8
共面共點力系	8
8. 共點力的合力與平衡	8
9. 兩力的平衡	13
10. 三力的平衡	13
11. 力的分解	17
12. 共點力的合力與平衡	20
13. 力矩及力矩定律	24
14. 共點力的平衡	28
共面平行力系	32
15. 二平行力的合力	32

16. 平行力的力矩定理.....	34
17. 偶力.....	35
18. 平行力的合力與平衡.....	38
19. 滑車.....	45
20. 滑車組.....	45
共面不共點，不平行力系.....	48
21. 不共點，不平行力的合力與平衡.....	48
第三章 摩 擦	57
22. 摩擦.....	57
23. 靜摩擦，動摩擦與最大摩擦.....	57
24. 摩擦定律.....	58
25. 摩擦係數和摩擦角.....	59
26. 考慮摩擦的平衡問題.....	62
27. 斜面.....	68
28. 楔.....	71
29. 螺旋.....	75
30. 軸的摩擦：摩擦圓.....	81
31. 樞的摩擦力矩.....	84
32. 皮帶摩擦.....	86
33. 滾動摩擦.....	88
第四章 重 心	91
34. 平行力的重心.....	91
35. 物體的重心.....	92

36. 對稱形體的重心	92
37. 簡單幾何形體的重心	93
38. 組合形體的重心	101
39. 重心的實驗求法	106

第二編 動力學

第五章 動力學基本概念與原理 107

40. 概說	107
41. 質點的運動	107
42. 運動定律	110
43. 質點運動的方程式	111

第六章 剛體的移動 113

44. 移動	113
45. 等速直線運動	113
46. 等加速度運動	114
47. 運動的合成與分解	116
48. 相對運動	116
49. 剛體移動時的作用力	120

第七章 剛體的轉動 124

50. 轉動	124
51. 轉動體內質點的運動和轉動的關係	125
52. 等角速度轉動	130
53. 等角加速度轉動	131
54. 剛體轉動時作用的力矩	132

55.	慣性矩.....	134
56.	有關慣性矩的定理.....	136
57.	迴轉半徑.....	137
58.	離心力和向心力.....	140
第八章 週期運動		143
59.	簡諧運動.....	143
60.	單擺.....	146
61.	複擺.....	148
62.	圓錐擺.....	151
第九章 功 與 能		154
63.	功.....	154
64.	功的單位.....	154
65.	力系所作的功.....	155
66.	重力所作的功.....	156
67.	彈力所作的功.....	158
68.	力矩所作的功.....	159
69.	功的圖解.....	159
70.	功率.....	161
71.	能.....	165
72.	動能和功的關係.....	168
73.	能量不減原理.....	171
74.	機械效率.....	172
第十章 衝量與動量		174
75.	衝量與動量.....	174
76.	角衝量與角動量.....	174
77.	衝擊.....	175
78.	物體向心衝擊.....	176
79.	球對固定面的衝擊.....	181

應 用 力 學

第一編 靜 力 學

第一章 基本概念與原理

§ 1. 應用力學的意義 力學是討論物體的運動及運動原因的科學 目的在於以簡單的法則說明自然界普遍的運動現象。

為研究方便起見，有人把力學分為靜力學及動力學二部分：在靜力學中主要研究物體的平衡。所謂平衡，就是說物體雖然受到使它運動的原因，但各種原因所生的效果恰能互相抵消，結果物體仍保持原有的靜止或作等速運動的狀態。

動力學又分為運動學及運動力學二部分，前者不研究物體運動的原因，僅研究物體既動以後的狀況，即僅研究運動所經過的路程，速度，加速度及時間等相互間的關係，後者專研究運動的原因，常常也稱為動力學。

應用力學是應用力學的法則，去解決工程上的問題的科學 隨學者意見的不同，所涉及的範圍也不同 有人把力學及材料力學合稱為應用力學，有人把熱力學和水力學也包含在應用力學的範圍內。

本書僅涉及靜力學及動力學的若干基礎事項，而且偏重應用。

§ 2. 質點和剛體 討論物體運動時，若物體的大小和它運動的範圍相較很小 為方便起見對物體本身各部分的運動不加以考慮，這時物體稱為質點。質點與物體的實際大小沒有關係；討論氣

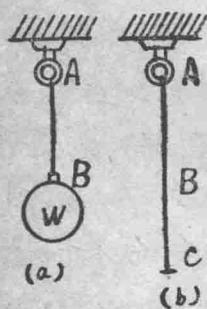
體分子運動時，氣體分子是質點，討論太陽系的運動時，月和地球也是質點。多數同類東西的集團叫做系，質點的集團叫做質點系，力的集團叫做力系。

討論物體運動時，若需要考慮物體本身各部分的運動，而且假定物體的形狀和體積是不變的，這時的物體稱為剛體。

本書中所說的物體，有時是當做質點來看的，有時是當做剛體來看的。

§ 3. 力的意義 力是一個物體對於另外一個物體所加的作用。這種作用能發生兩種效果；一種是外效果；即使受力物體改變運動狀況，或使受力物體受其它物體的反作用力，另一種是內效果，即使物體生形變及應力。內效果屬於材料力學的範圍，本書僅討論力的外效果。

當一個物體加力於另外一個物體上時，另外的物體也必以相等的反作用力，加在這個物體上，所以力的意義永遠包含兩個物體互相間的作用。但在討論物體運動時，為簡便起見僅僅考慮物體所



受的力。而不考慮物體的反作用力。

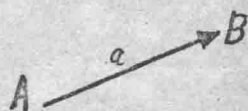
圖 1 表示一個球，重量為 W ，懸在繩 AB 上，這時我們可以說球以等於自身的重量，沿 AB 的方向，於 B 點加力於繩上。所以我們要確定一個力時，必須說明三件事，就是 (1) 力的大小，(2) 力的作用方向，(3) 力的作用點；這三件

第 1 圖 事情叫做力的三要素。

§ 4. 力的單位 在理論力學中，所用的單位為達因。所謂一達因的力乃指能使質量一克的物體，沿力的方向發生每秒每秒一厘米的加速度的力而言。應用力學中所用的單位為克或仟克，就是質量一克或一仟克的物體所受重力的大小。

§ 5. 向量與數量 力學中所用的量概可分為二種，一種是有大小及方向的量，叫做向量。力就是向量的一種，除了力之外，速度，加速度，位移等也都是向量，還有一種是數量，就是僅有大小而無方向的量，如質量，體積等。

表示向量時，可作直線段，用直線段的長度表示向量的大小，另在線上加箭頭，表示向量的方向。用文字說明時



第 2 圖

，可以寫“向量 a ”或“向量 $\overrightarrow{AB}$ ”。

（見圖 2）， A 表示起點， B 表示終點，所以 $\overrightarrow{AB} = -\overrightarrow{BA}$ 。

力既是向量，所以表示力時，可作直線段，用直線段的長度表示力的大小，另在線上加箭頭表示力的方向，線段的任一端點均可用以表示力的作用點。此附有箭頭的有向線段稱為矢。

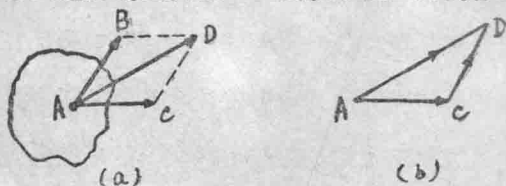
§ 6. 靜力學基本原理 在解決靜力學的問題時，有幾個基本定律用作研究的根據，是為靜力學的基本原理。茲述如下：

慣性定律——前面已經講過力對於物體所發生的外效果是使物體改變運動狀況，但不受外力影響時，物體均有維持其原有運動或靜止狀況的特性，稱為物體的慣性，即當物體不受外力影響時，則靜者恒靜，動者恒沿一直線等速直線運動。

等速直線運動者，乃物體作一定方向的運動，其在每單位時間

內所行經的距離相等。

平行四邊形定律——設有方向不同作用於物體一點A的兩力，分別以 $\overline{AB}$ 及 $\overline{AC}$ 表示之(圖3a)，則此兩力的作用與以 $\overline{AB}$ 及 $\overline{AC}$ 為邊所成平行四邊形的對角線 $\overline{AD}$ 所表示的一力的作用相同。



第 3 圖

力 $\overline{AD}$ 稱為 $\overline{AB}$ 及 $\overline{AC}$ 兩力的合力，而 $\overline{AB}$ 及 $\overline{AC}$ 兩力稱為力 $\overline{AD}$ 的分力，所以一力的作用與其各分力的作用相同。

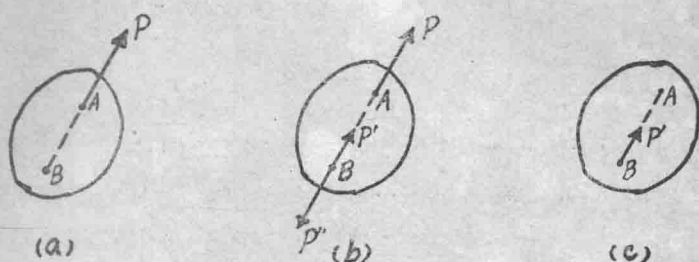
合力 $\overline{AD}$ 亦可由完成三角形 ACD 求之(圖3b)，由 $\overline{AC}$ 的終點 C 作 $\overline{CD}$ 平行且等於 $\overline{AB}$ ，於是第三邊 $\overline{AD}$ 即表示合力其方向由 $\overline{AC}$ 的起點 A 至 $\overline{CD}$ 的終點 D ，如此所得的矢 $\overline{AD}$ 稱為矢 $\overline{AC}$ 及矢 $\overline{CD}$ 的幾何和(或向量和)，由此可得到一個結論：就是作用於物體上一點A的兩力，若以兩矢表示此兩力的大小，方向，則此兩矢的幾何和即合力的大小，方向，合力的作用點當然也在A點，三角形 ACD 稱為力的三角形。

平衡定律——設數個力同時作用於一物體上，而該物體並無外效果產生(即物體仍保持原來的運動或靜止狀況)則謂此數力平衡，物體受數平衡的力作用時，亦可謂此物體平衡，茲將平衡的基本定律敘述如下：

1. 若兩力作用於一物體上，僅當此兩力大小相等，方向相反，兩作用線重合時，才能平衡。

2. 若在作用於同一物體的諸力中，加上或減去平衡的數力後，其結果對物體的作用與原有諸力所生的作用相同。

按以上的定律可知：設有一力 P 作用於物體上，其作用點為（圖4a），若在力 P 的作用線上 B 點加兩力 P' 及 P'' 其大小相等，方向相反， P' 及 P'' 均等於 P ，且與 P 同在一作用線 AB 上（圖4b），



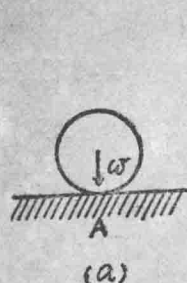
第 4 圖

但因 P 及 P' 平衡故可移去，而效果仍不變（圖4c），於是可得下定理：“一力作用在物體上，無論作用點在作用線上何處，所生的外效果完全相同”。

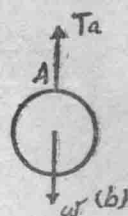
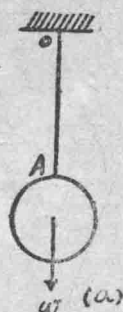
這個定理叫做力的可傳性定理，注意這個定理僅限於討論外效果的問題時適用，若討論內效果如變形及應力時，則力的作用點不可任意移動。

反作用定律——物體受外力作用且被另外的物體所支持時，則此物體在支持點上常產生壓力或牽力，例如一球體為水平面所支持（圖5a）球體受重力 w 作用，則球體在接觸點 A 必產生一壓力於水平面上，又如一球體懸於繩上（圖6a）球體受重力 w 作用，則球體在懸點 A 必產生一牽力於繩 OA 上，反之水平面於接觸點 A 同時也有

一大小相等，方向相反的壓力作用於球體上，繩OA 也有一相等，



第5圖



第6圖

相反的牽力作用於球體上，於是有反作用定律如下：

某物體若有壓力或牽力作用於支點時，則支點同時必產生大小時等，方向相反的壓力或牽力作用於某物體上，此即作用力等於反作用力惟其方向相反，

在討論平衡問題時吾人常假想常將支持物移去而代以反作用力如圖 5b，假想將水平面移去而代以在A點作用於球體上的反作用力 R_a ，又如圖 6b 假想將繩移去而代以在A點作用於球體上的反作用力 T_a 。

附 表

我國現在使用的長度和重量的單位還混有英制，現在將公制和英制兩個系統單位間的關係列表如下：

長度單位比較表

厘米(cm)	米 (m)	仟米(km)	吋 (in)	呎 (ft)	哩 mile
1	0.01	—	0.8337	0.0328	—
100	1	0.001	39.37	3.28	0.000621
—	1000	1	—	3280.8	0.6213
2.54	0.025	—	1	0.0833	—
30.479	0.30479	0.000304	12	1	0.0001894
—	1609.3	1.6093	—	5280	1

附：1米=3 市尺

重量單位比較表

克 (g)	仟克(kg)	噸 (t)	噸 (oz)	磅 (lb)	噸(ton)	英噸
1	0.001	—	0.03527	0.002204	—	—
1000	1	0.001	35.274	2.2046	0.0009842	—
—	1000	1	—	2204.6	0.9842	—
28.35	0.02835	—	1	0.0625	—	—
453.59	0.4536	—	16	1	0.000446	—
—	1016.0	1.016	—	2240	—	1

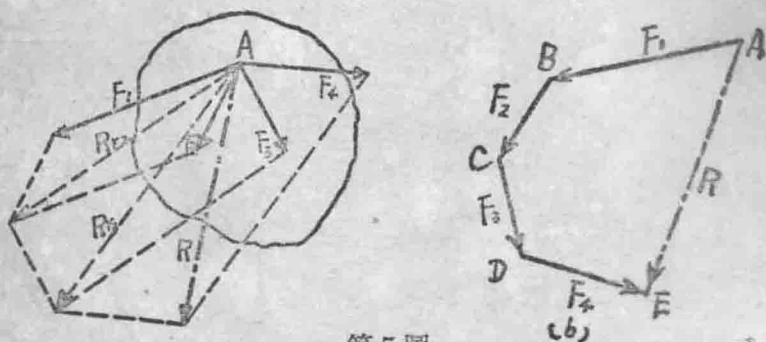
附：1 仟克 = 2 斤

第二章 力系的合力與平衡

§7. 力系 任何數個力合併討論時，此數個力叫做力系，本書以後所要討論的力系，僅限於作用於同一平面內的諸力，在同一平面內作用的諸力又可分為(1)共點力系(2)平行力系和(3)不共點不平行力系。

共面共點力系

§8. 共點力的合力與平衡 圖解法若將一個力系簡化成為一個最簡單的力系，其作用與原力系完全相同，這個最簡單的力系稱為原力系的合力，而原力系中的各力稱為分力，求合力的方法稱為力的合成，今設有 F_1, F_2, F_3, F_4 諸力同在一平面內作用於物體上一點A(圖7a)這一組力成為共面共點力系，欲求此力系的合力，可應用力的平行四邊形定律，先求 F_1 及 F_2 之合力 R_{1-2} ，再求 R_{1-2}



第7圖

及 F_4 的合力 R_{1-2-3} ，最後將 R_{1-2-3} 及 R_4 合併則得合力 R ，此合力 R 即 F_1, F_2, F_3, F_4 諸力的“合力”。若繼續應用力的平行四邊形定律，即