

科學圖書大庫

機械公式實用手冊

大專・高工
高普考 參考用書
特種考試

譯者 張澤厚

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

機械公式實用手冊

大專・高工
高 普 考 參考用書
特種考試

譯者 張澤厚

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

徐氏基金會出版

譯 序

1. 本書公式之選擇係以高工、專科學校機械工程科學生之程度為基準。
2. 本書之公式係具有關連性之編排。
3. 本書之例題均以公式之應用、啓發學生解決問題以及培養學生之計算能力為主。

本書若能與另一拙著「機械設計（原理・實例・習題）」——徐氏基金會出版——同時配合研讀，則對各種機械之設計必有莫大之幫助。

譯者學識淺陋，譯誤之處，敬請諸先進專家不吝教正，俾臻完善，深所企感。

張澤厚 謹序

民國六十七年八月二十日於台南市

目 錄

譯 序.....	III
1. 二力之合成.....	1
2. 力 矩.....	3
3. 多數力之合成.....	5
4. 平行力之合成.....	7
5. 重心與圖心.....	9
6. 作用於一點之力之平衡.....	11
7. 著力點不同之力之平衡.....	13
8. 構架之解法.....	15
9. 滑動摩擦.....	17
10. 速度與相對速度.....	19
11. 等加速度運動.....	21
12. 落體運動 (自由落體).....	23
13. 斜拋運動.....	25
14. 角運動.....	27
15. 力與運動之關係.....	29
16. 向心力與離心力.....	31
17. 動量與衝量.....	33
18. 動量不滅原理與碰撞.....	35
19. 功.....	37
20. 功 率.....	39
21. 能.....	41
22. 能與功之關係.....	43

23. 功之原理	45
24. 斜 面	47
25. 螺 旋	49
26. 輪 軸	51
27. 滑 輪	53
28. 慣性力矩	55
29. 扭矩與迴轉運動	57
30. 迴轉運動之功・功率・能	59
31. 滾動摩擦	61
32. 簡諧運動	63
33. 單 擺	65
34. 彈簧擺	67
35. 扭轉擺	69
36. 垂直應力	71
37. 剪應力	73
38. 應 變	75
39. 彈性係數	77
40. 蒲松氏比	79
41. 應力集中	81
42. 熱應力	83
43. 容許應力與安全因數	85
44. 承受內壓之薄壁圓筒	87
45. 承受內壓之厚壁圓筒	89
46. 彈性能	91
47. 衝擊負荷	93
48. 梁之支點反力	95
49. 梁之剪力與彎曲力矩	97
50. 承受集中負荷之懸臂梁	99
51. 承受等分佈負荷之懸臂梁	101
52. 承受集中負荷之兩端支持之梁	103

53. 承受等分佈負荷之兩端支持之梁	105
54. 承受數個負荷之梁	107
55. 慣性力矩與斷面係數	109
56. 彎應力	111
57. 梁之撓度	113
58. 等強度之梁	115
59. 歐拉公式	117
60. 朗肯公式	119
61. 扭轉(1)	121
62. 扭轉(2)	123
63. 合應力(1)	125
64. 合應力(2)	127
65. 合應力(3)	129
66. 螺紋之相配部之長度與面壓力	131
67. 螺栓之直徑	133
68. 壓力容器與管	135
69. 承受彎曲之軸徑	137
70. 承受扭轉之軸徑	139
71. 同時承受彎曲與扭轉之軸徑	141
72. 傳動軸徑與跨距	143
73. 摩擦離合器	145
74. 徑向端軸頸之設計	147
75. 徑向中間軸頸之設計	149
76. 根據摩擦熱來決定軸承之大小	151
77. 止推軸頸之軸承壓力與摩擦阻力矩	153
78. 臼形軸頸之設計	155
79. 軸環形軸頸之設計	157
80. 四節曲柄回轉機構	159
81. 往復滑件曲柄	161
82. 皮帶之速率比・長度・接觸面	163

83. 皮帶輪各部之尺寸	165
84. 皮帶之拉力	167
85. 若皮帶速度較小時之拉力	169
86. 皮帶之傳達動力與強度	171
87. 皮帶傳動裝置之設計	173
88. 三角皮帶之傳達動力	175
89. 鏈輪之尺寸	177
90. 鏈條之鏈節數與傳達動力	179
91. 滾子鏈條傳動裝置之設計	181
92. 摩擦傳動裝置	183
93. 模數與徑節	185
94. 法 節	187
95. 標準正齒輪之尺寸	189
96. 齒根過切(清角)之限界齒數	191
97. 移位係數與移位置	193
98. 移位齒輪之尺寸	195
99. 移位齒輪(續)	197
100. 跨齒厚	199
101. 魯易斯之式	201
102. 面壓強度與轉動力	203
103. 螺旋齒輪之尺寸	205
104. 螺旋齒輪假想正齒輪之齒數與強度	207
105. 斜齒輪之圓錐角	209
106. 直齒斜齒輪之尺寸	211
107. 螺 輪	213
108. 蝸齒輪裝置之尺寸(1)	215
109. 蝸齒輪裝置之尺寸(2)	217
110. 齒輪系之速率比	219
111. 行星齒輪裝置	221
112. 差速齒輪裝置	223

113.	棘 輪	225
114.	單塊狀制動器	227
115.	帶制動器(1)	229
116.	帶制動器(2)	231
117.	螺旋彈簧	233
118.	三角板彈簧	235
119.	疊板彈簧	237
120.	鑄模砂之透氣度	239
121.	影響鑄模之熔液壓力	241
122.	胚料之大小	243
123.	由鋼珠量規測定內徑	245
124.	推拔圓塞及推拔孔之測定	247
125.	由三線法測定有效徑	249
126.	壓力強度	251
127.	液體壓力計	253
128.	水壓機之原理〔巴斯加原理〕	255
129.	作用於壁面之壓力	257
130.	水流之連續性	259
131.	伯諾里定理	261
132.	托里西利定理	263
133.	雷諾指數	265
134.	根據摩擦之損失	267
135.	管內之諸損失	269
136.	流量之測定(1)	271
137.	流量之測定(2)	273
138.	射流作用於物體之力(1)	275
139.	射流作用於物體之力(2)	277
140.	水輪機之特性	279
141.	帕爾登水輪機	281
142.	法式水輪機	283

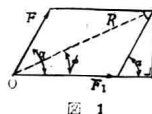
143.	泵之輸出與效率	285
144.	離心泵	287
145.	熱力學之第一定律	289
146.	$P-v$ 線圖與焓	291
147.	理想氣體之狀態式	293
148.	理想氣體之狀態變化(1)	295
149.	理想氣體之狀態變化(2)	297
150.	多變變化	299
151.	理想氣體之混合	301
152.	熱力學之第二定律	303
153.	蒸汽之狀態量	305
154.	朗肯循環	307
155.	汽流之基本式	309
156.	熱交換器	311
157.	燃 燒	313
158.	燃燒裝置	315
159.	鍋爐之性能	317
160.	汽輪機之作用	319
161.	汽輪機之性能	321
162.	內燃機之基準循環	323
163.	內燃機之輸出與效率	325
	附 錄	327

1. 二力之合成

〔1〕 如圖 1 所示 R 為合力的大小， F_1 ， F_2 為二分力， α 為二力所成的角， ϕ 為 R 與 F_1 的交角。

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha} \quad [\text{kg}] \quad (1)$$

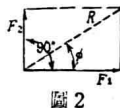
$$\tan \phi = \frac{F_2 \sin \alpha}{F_1 + F_2 \cos \alpha} \quad (2)$$



〔2〕 如圖 2 所示 R 為合力的大小， F_1 ， F_2 為二分力， $\alpha = 90^\circ$ (二力所成的角)， ϕ 為 R 與 F_1 的交角。

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \quad (3)$$

$$\tan \phi = \frac{F_2}{F_1} \quad (4)$$



【例題】 設 30 kg 與 40 kg 之二力作用於一點， $\alpha = 60^\circ$ ，試求其合力之大小。

【解答】 設 $F_1 = 30 \text{ kg}$ ， $F_2 = 40 \text{ kg}$ ， $\alpha = 60^\circ$ ，由式(1)，(2)得

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{30^2 + 40^2 + 2 \times 30 \times 40 \times \cos 60^\circ} \\ &= \sqrt{3700} = 60.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tan \phi &= \frac{40 \times \sin 60^\circ}{30 + 40 \times \cos 60^\circ} \\ &= \frac{40 \times 0.866}{30 + 40 \times 0.5} = 0.693 \end{aligned}$$

$$\therefore \theta = 34^\circ 45'$$

【例題】水平面上放置重量 100 kg 之物體如圖 3 所示，若該物體將承受水平方向 50 kg 之力時，試求水面上因受物體重量之作用，究竟能承受多少力。

【解答】水平面上所承受之力如圖 3 所示具有 100 kg 與 50 kg 時之合力 R 。

設 $F_1 = 100 \text{ kg}$ ， $F_2 = 50 \text{ kg}$ ，將代入式(3)，(4)

$$\text{則得} \quad R = \sqrt{100^2 + 50^2} = 112 \text{ kg}$$

$$\tan \phi = \frac{50}{100} = 0.5$$

$$\phi = 26^\circ 34'$$

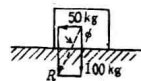


圖 3

【例題】有一艘船將連結二條繩索如圖 4 所示，兩繩索間之角度為 120° ，每一條繩索之拉力為 15 kg 時，試求此艘船之行駛方向及推進應為若干。

【解答】此船之行駛方向推進力為兩繩索之拉力之合力，

$$\text{設 } F_1 = F_2 = 15 \text{ kg}, \cos \alpha = \cos 120^\circ = \cos (180^\circ - 60^\circ) = -\cos 60^\circ = -0.5$$

將以上諸值代入式(1) 得

$$R = \sqrt{15^2 + 15^2 - 2 \times 15 \times 15 \times 0.5} = 15 \text{ kg}$$

合力之方向：因二力相等之故，其兩力間之角度為 120° ，因之，合力方向即在此 120° 之二等分線上。

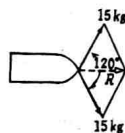


圖 4

註：若二力不作用於 1 點，而作用於 2 點時，可將二力移動至各作用線之交點為止，再應用式(1)，(2)計算之。

2. 力 矩

〔1〕 力 矩 (如圖 1(a) 所示)

$$M = Fl = F'l' \cos \theta$$

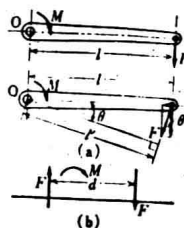
$$= F \cos \theta l' \quad [\text{kg cm}]$$

(1)

〔2〕 力偶矩 (如圖 1(b) 所示)

$$M = Fd \quad [\text{kg cm}]$$

(2)



〔3〕 力矩之合成

$$M = \Sigma M_i = \Sigma F_i l_i \quad (= \Sigma F_i d_i)$$

(3)

【例題】 如圖 2 所示，試求繞此軸之力矩。

【解答】 將 $F = 15 \text{ kg}$ ， $l = 20 \times \cos 30^\circ + 10 = 27.32 \text{ cm}$ 代入式(1)

即得 $M = 15 \times 27.32 = 409.8 \text{ kg cm}$ (反時鐘方向)

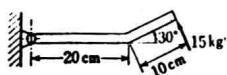


圖 2

【例題】 如圖 3 所示試求繞此軸之力矩。

【解答】 設 順時針向之力矩為 (+) 時

由式(1)，(3)得

$$M = 10 \times 50 \times \cos 60^\circ - 20 \times 20 + 10 \times 40$$

$$= -650 \text{ kg cm} \quad (\text{反時針向})$$

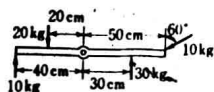


圖 3

【例題】 如圖 4 所示係正方形之零件承受 4 力之作用，試求此時軸 O 可承受何種力之作用。

【解答】 4 力係由 100 kg 與 50 kg 之 2 力偶所構成，由式(2)·(3)得

$$\begin{aligned} M &= 100 \times 10 - 50 \times 20 \times \cos 45^\circ \\ &= 293 \text{ kg cm (順時針向之力偶)} \end{aligned}$$

【例題】 如圖 5 所示，由軸僅離 l 之位置，有一力 F 作用時，試求軸可承受何種力之作用。

【解答】 設有 2 力大小相等，方向相反作用於一點時，就力學上而言，等於與此 2 力無作用時，有同一效果，如圖 5 所示，設與 F 相等之 2 力 F' ， F'' 作用於軸時，則此軸必承受 $M = Fl$ 之力偶矩，且承受與 F 同方向之力 F' ($=F$)。

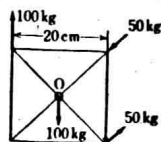


圖 4

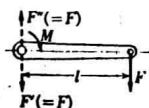


圖 5

註：① Σ 係表示總和之符號。茲將式(3)詳細書成如下所示。

$$\Sigma M_i = M_1 + M_2 + M_3 + \dots$$

$$\Sigma F_i l_i = F_1 l_1 + F_2 l_2 + F_3 l_3 + \dots$$

② 力偶係純粹僅有迴轉之原動力。若物體承受力偶之作用時，不論該物體之任何處將軸安上，則此軸之周圍使物體迴轉之能力是相同。因之，力偶矩與力矩是同樣無中心。

3. 多數力之合成

〔1〕 力作用於1點之場合（如圖1所示）

作用於1點之周圍之力矩之合成 $M = 0$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(\sum F_i \cos \alpha_i)^2 + (\sum F_i \sin \alpha_i)^2} \text{ [kg]} \quad (1)$$

$$\tan \phi = \frac{R_y}{R_x} = \frac{\sum F_i \sin \alpha_i}{\sum F_i \cos \alpha_i} \quad (2)$$

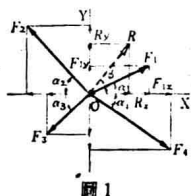


圖 1

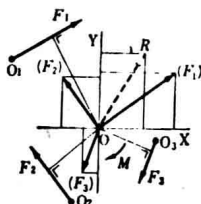


圖 2

〔2〕 着力點不同之場合（如圖2所示）

作用於某點O之合力R可由式(1)・(2)求得

$$M = \sum M_i$$

可參考 2. 力矩圖 5 例題

【例題】 試求作用於1點之4力之合成。

$F_1 = 7 \text{ kg}$, $F_2 = 6 \text{ kg}$, $F_3 = 5 \text{ kg}$, $F_4 = 4 \text{ kg}$, $\angle F_1 F_2$ (F_1 與 F_2 所成的角) $= 90^\circ$, $\angle F_2 F_3 = 60^\circ$, $\angle F_3 F_4 = 60^\circ$

【解答】 如圖3所示・ F_1 重合於X軸・ F_2 重合於Y軸・

註：只有重合於XY軸之力可不必作力之分解。

$$\begin{cases} F_{1x} = -F_1 \cos 30^\circ = -5 \times 0.866 = -4.33 \text{ kg} \\ F_{1y} = F_1 \sin 30^\circ = 5 \times 0.5 = 2.5 \text{ kg} \\ F_{4x} = -F_4 \cos 30^\circ = -4 \times 0.866 = -3.46 \text{ kg} \\ F_{4y} = -F_4 \sin 30^\circ = -4 \times 0.5 = -2 \text{ kg} \end{cases}$$

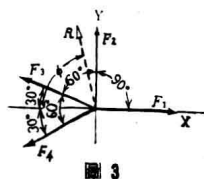
由式(1)得

$$\begin{cases} R_x = 7 + 0 - 4.33 - 3.46 = -0.79 \text{ kg} \\ R_y = 0 + 6 + 2.5 - 2 = 6.5 \text{ kg} \end{cases}$$

$$\therefore R = \sqrt{0.79^2 + 6.5^2} = \sqrt{42.87} = 6.55 \text{ kg}$$

$$\tan \phi = -\frac{6.5}{0.79} = -8.23$$

$\therefore \phi \div 83^\circ$ ($\because \tan \phi$ 爲負, $\therefore$ 由 $-X$ 向 Y 軸)



4. 平行力之合成

〔1〕 同一方向之2平行力之合成 (如圖1所示)

$$R = F_1 + F_2 \quad (1)$$

$$l_1 = l \frac{F_2}{F_1 + F_2} \quad l_2 = l \frac{F_1}{F_1 + F_2} \quad (2)$$

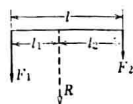


圖 1

l_1 : 合力 R 與力 F_1 之作用線間之距離 [cm]

l_2 : 合力 R 與力 F_2 之作用線間之距離 [cm]

l : 力 F_1 與力 F_2 之作用線間之距離 [cm]

〔2〕 方向相反之2平行力之合成 (如圖2所示)

$$R = F_1 - F_2 \quad (3)$$

$$l_1 = l \frac{F_2}{F_1 - F_2} \quad l_2 = l \frac{F_1}{F_1 - F_2} \quad (4)$$

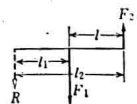


圖 2

合力 R 係在較大之力之外側且同一方向

〔3〕 多數之平行力之合成 (如圖3所示)

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + \dots = \Sigma F_i \quad (5)$$

$$l = \frac{F_1 l_1 + F_2 l_2 + F_3 l_3 + \dots}{R} = \frac{\Sigma F_i l_i}{\Sigma F_i} \quad (6)$$

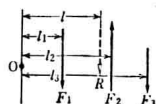


圖 3

F_i : 各平行力 [kg]

l_i : 由任意點 O 至力 F_i 之距離 [cm]

l : 由點 O 至合力 R 之距離 [cm]

【例題】 2 平行力 40 kg 與 10 kg 其 2 力作用線間之距離為 5 cm 時，試求 2 力為同一方向與相反方向時之合力各為若干。

【解答】 2 力為同一方向時，可由式(1)・(2)得之

設 $F_1 = 40 \text{ kg}$, $F_2 = 10 \text{ kg}$

$$R = 40 + 10 = 50 \text{ kg}$$

$$l_1 = 5 \times \frac{10}{40 + 10} = 1 \text{ cm}$$

2 力爲相反之方向時，可由式(3)・(4)得之

$$R = 40 - 10 = 30 \text{ kg}$$

$$l_2 = 5 \times \frac{10}{40 - 10} = 1.67 \text{ cm}$$

【例題】 如圖 4 所示試求 4 平行力之合力應爲若干。

【解答】 設力之作用方向，向下者爲正，力矩則以順時針向者爲正。

設 $F_1 = 50 \text{ kg}$ ， $F_2 = -80 \text{ kg}$ ， $F_3 = 70 \text{ kg}$ ，

$F_4 = 40 \text{ kg}$ ， $l_1 = 0$ ， $l_2 = 20 \text{ cm}$ ，

$l_3 = 30 \text{ cm}$ ， $l_4 = 50 \text{ cm}$ ，將以上諸值代入式(5)・(6)，即得

$R = 50 - 80 + 70 + 40 = 80 \text{ kg}$ (向下)

$$l = \frac{-80 \times 20 + 70 \times 30 + 40 \times 50}{80} = \frac{2500}{80} = 31.3 \text{ cm}$$

力矩之合成爲 2500 kg cm (以順時針向)，因之，合力 R 係作用於由 F_1 向右 31.3 cm 之處。

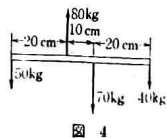


圖 4