

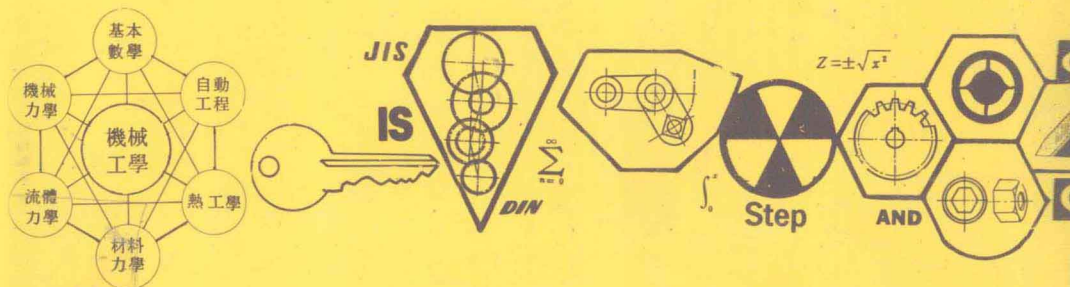
機械工學・基礎事典

機械工程師手冊

竹 中 俊 夫
高 橋 浩 爾
神 馬 敬 一
渡 部 康 集 編

大專相關之科系
本書適用參考選用

問題參考・案頭必備
科際整合・事半功倍



復漢出版社印行

機械工學・基礎事典

機械工程師手冊

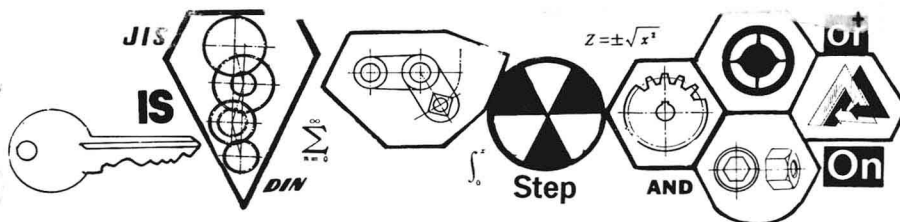
竹 中 俊 夫
高 橋 浩 爾
神 馬 敬
渡 部 康 一
集 編

大事相關之科學圖書館
本書適用參考選用

藏書音

問題參考：案頭必備

科際整合・事半功倍



復漢出版社印行

中華民國七十二年六月十日出版

機械工程師手冊

原著者：竹 中 俊 夫

譯著者：賴 耿 陽

出版者：復 漢 出 版 社

地址：台南市德光街六五一號

郵政劃撥三一五九一號

發行人：沈 岳 林

印刷者：國 發 印 刷 廠

打字者：大 大 打 字 行

地址：台南市大學路西段二三號

本社業經行政院新聞局核准登記局版台業字第〇四〇二號

版權所有
翻印必究

B 精裝 五〇〇 元

譯 者 序

在現代工業各別廣泛的產業分野中，“機械工業”佔據著重要而且大部份的地盤，無論電機、電子、材料、化工，等等，概由機械工業作為基石，而機械工業的基礎則以“機械工學”作為知識規範。由於現代“機械工學”以及技術實務日日進步，其精密化，自動化，資訊情報化，大規模化……，在在都要機械業界以及相關科系學生及工程師們也日求研進配合。

由於機械工學的主要支柱，為機械力學，材料力學，流體力學，熱力學，自動工程學，以及關連之數學等。這些基礎學識能力的高下，關係到機械工業產製的；確定設計、製作、程序、機構、裝置、精密度。和技術實務知識系統化，資料統合整理等。

本書之編撰乃基於上述之重要理念，由日本竹中俊夫等十四位工學博士，以集體的學識力量，將現代大學部，專科學校中的教材予以系統整理補充，故而本書提供“機械工學”之基本事項，資料完備充實，使有助於解決應用實務上的問題。又因文詞深入淺出，資料詳明有條理，足可供一般機械工程師和修習機械科系學生作為必備要籍。是一本“機械工學”的必備手邊參考工具書。

本書之特點有下述各點值得推介：

1. 本書的將機械工學分野的力學，分為機械力學，固體力學，流體力學，熱工學，分類整理各部門的關係事項，化繁雜為詳明。
2. 運用易懂的圖面，簡潔說明關連上述事項的基礎公式，盡量附加運用上的例題。使讀者易懂之外，進而活用，而養成充足的學識。
3. 網羅與機械工學密切關連的數學，力學，控制工學，等學科資料，使內容更臻完備，讀者時時翻閱更覺方便。
4. 以圖和表，列示運用基礎公式必要的物性值。
5. 本書採用“SI”制單位。（此乃國際科技潮流所趨，關於“SI”制復漢出版社，已出版“SI，JIS單位符號量符號”一書，可資參閱。）

總之，譯者願借此篇幅向日本十四位原編著者，用心良苦表示敬佩之意。同時，對於國內“機械工學”技術者和大專本科系學生得有一本

方便適用的教學，參考書而慶幸。

當此科技講求整合的時代中，對於主修電機，電子，化工，等等其他科系的學生和工程師，利用本書修習“機械工學”的知識，亦可獲得省時省力的科學化要求。

譯者謹識

機械工程師手冊 / 目次

第 1 章 基礎的數學	1
1.1 代數.....	1
1.1.1 數的分類.....	1
1.1.2 對數.....	1
1.1.3 乘冪與乘根 (m , n 為整數).....	2
1.1.4 階乘, 順列, 組合.....	2
1.1.5 乘法公式, 因數	
1.1.6 不等式, 比例.....	4
1.1.7 行列式.....	6
1.1.8 行列.....	9
1.1.9 代數方程式.....	12
1.1.10 數列與級數.....	13
1.2 三角函數.....	19
1.2.1 三角函數的定義.....	19
1.2.2 三角函數間的關係.....	20
1.2.3 平面三角法.....	22
1.2.4 逆三角函數.....	23
1.2.5 三角函數與指數函數的關係.....	24
1.3 雙曲線函數.....	25
1.3.1 雙曲線函數的定義.....	25
1.3.2 雙曲線函數的關係.....	25
1.3.3 逆雙曲線函數.....	27
1.3.4 雙曲線函數與三角函數的關係.....	28
1.4 微分.....	29
1.4.1 極限.....	29
1.4.2 微係數與導函數.....	30
1.4.3 偏微分.....	31
1.4.4 微分公式.....	31
1.4.5 偏導函數的座標變換.....	33
1.4.6 有關微分的定理.....	36

1.5	積分	38
1.5.1	不定積分	38
1.5.2	定積分	43
1.6	微分方程式	53
1.6.1	常微分方程式	53
1.6.2	偏微分方程式	66
1.7	幾何	74
1.7.1	線段	74
1.7.2	三角形	75
1.7.3	平面圖形的面積	
1.7.4	立體的體積的表面积	79
1.8	解析幾何	84
1.8.1	平面幾何	84
1.8.2	立體幾何	95
1.9	向量解析	103
1.9.1	向量的代數	104
1.9.2	向量的微分	106
1.9.3	無向量場與向量場	107
1.9.4	向量的積分	109
1.9.5	張量 (tensor)	110
1.10	複素函數	112
1.10.1	複素數	113
1.10.2	複素函數	114
1.10.3	初等函數	115
1.10.4	等角映像	119
1.10.5	複數積分	120
1.10.6	傅立葉變換	130
1.10.7	拉普拉斯變換	134
1.11	機率及統計	135
1.11.1	標本空間、事象	136
1.11.2	機率 (probability)	137
1.11.3	機率變數，機率分佈	140
1.11.4	統計	153
1.12	實用解析	159
1.12.1	數值計算	159
1.12.2	方程式的數值解法	160
1.12.3	補間法	162
1.12.4	數值微分	164
1.12.5	數值積分	167
1.12.6	常微分方程式的數值解法	168
1.12.7	連立一次方程式的解法	170
1.12.8	函數的近似表示	171

1.12.9 傅立葉級數.....	174
-------------------	-----

第2章 力 學..... 179

2.1 靜力學.....	179
2.1.1 力的平衡.....	179
2.1.2 力矩與力偶.....	180
2.1.3 作用於支點的力 與摩擦力.....	181
2.2 運動學.....	182
2.2.1 質點的運動.....	182
2.2.2 剛體的平面運動	185
2.2.3 相對運動.....	185
2.3 質點的動力學.....	186
2.3.1 運動定律.....	186
2.3.2 拘束運動.....	187
2.4 能量與功、動量與衡量.....	188
2.4.1 能量、功及動力	188
2.4.2 假想功的原理...	190
2.4.3 動量與衡量.....	191
2.4.4 角動量與力矩...	192
2.5 質點系的力學.....	192
2.5.1 運動方程式、動 量、角動量.....	192
2.5.2 質點系的能量與 假想功的原理...	195
2.5.3 一般座標與Lag- range運動方程式	196
2.6 剛體的動力學.....	198
2.6.1 剛體的旋轉運動 與慣性矩.....	198
2.6.2 剛體的平面運動	200

第3章 機械力學.....206

3.1 機械的要素與機構.....	206
3.1.1 對偶與節.....	206
3.1.2 連鎖.....	207
3.1.3 活塞曲柄機構...	208
3.1.4 凸輪.....	210
3.2 1自由度系的振動.....	212
3.2.1 彈簧質量系的自 由振動.....	212
3.2.2 扭曲振動系的自 由振動.....	213

3.2.3 擺子系的自由振動.....	214	自由振動.....	218
3.2.4 自動振動的能量.....	216	3.2.7 不衰減強制振動.....	219
3.2.5 粘性衰減自由振動.....	216	3.2.8 衰減強制振動...	221
3.2.6 有乾性摩擦時的.....		3.2.9 機械系與電系的對應.....	223
3.3 2 自由度系的振動.....	224		
3.3.1 不衰減自由振動.....	226	3.3.3 不衰減強制振動與動吸振器.....	229
3.3.2 衰減自由振動...	228		
3.4 多自由度系的不衰減自由振動.....	230		
3.5 連續體的振動.....	232		
3.5.1 線的橫振動.....	232	3.5.4 棒的縱振動.....	233
3.5.2 圓形膜的橫振動.....	232	3.5.5 棒的扭曲振動...	233
3.5.3 長方形膜的橫振動.....	233	3.5.6 氣柱的振動.....	233
		3.5.7 棒的橫振動.....	235
3.6 自激振動.....	235		
3.7 非線形振動.....	237		
3.8 旋轉機械的振動.....	239		
3.8.1 旋轉軸的危險速度.....	239	解法.....	240
3.8.2 危險速度的近似.....		3.8.3 旋轉體的不平衡與平衡.....	244
3.9 振動絕緣.....	247		
3.9.1 往基礎的絕緣...	247		248
3.9.2 來自基礎的絕緣.....		3.9.3 空氣彈簧.....	249

第 4 章 材料力學.....255

4.1 材料力學的基本假定.....	255
4.2 拉伸與壓縮.....	255

4.2.1 單純應力與應變	268
4.2.2 自重所致的應力與變形	263
4.2.3 離心力所致的應力與變形	265
4.2.4 旋轉圓輪的應力	
4.3 材料試驗	281
4.3.1 拉力試驗	282
4.3.2 理想化的應力—應變曲線	285
4.3.3 硬度試驗	288
4.3.4 衝擊試驗	289
4.4 應力與應變	295
4.4.1 3次元應力狀態	295
4.4.2 2次元應力狀態	297
4.4.3 應力與應變的座標變換	300
4.4.4 應變的測定	304
4.4.5 薄肉容器的應力與變形	306
4.5 扭曲	309
4.5.1 圓軸的扭曲	309
4.5.2 扭曲的基本式	313
4.5.3 圓形以外之斷面的棒之扭曲	315
4.6 梁的應力	317
4.6.1 梁的種類	317
4.6.2 剪斷力與彎矩	318
4.6.3 梁的彎曲應力	321
4.6.4 斷面2次矩	323
4.6.5 梁的剪斷應力	326
4.7 梁的撓曲	329
4.7.1 撓曲曲線的基本方程式	329
4.7.2 平等強度的梁	335
4.7.3 剪斷應力所致的撓度	336
4.7.4 不靜定梁	338
4.7.5 連續梁	341

4.8 梁的非對稱彎曲.....	347
4.8.1 斷面的主軸.....	347
4.8.2 非對稱彎曲.....	349
4.9 彎曲梁.....	352
4.9.1 彎曲梁的應力與撓度.....	352
4.9.2 薄肉彎曲梁.....	355
4.10 受組合荷重的圓棒.....	358
4.10.1 承受組合荷重的圓棒之應力.....	358
4.10.2 螺旋彈簧.....	361
4.11 厚肉圓板與厚肉圓筒.....	362
4.11.1 厚肉圓板的基本式.....	363
4.11.2 組合圓筒.....	365
4.11.3 旋轉圓板.....	368
4.12 應變能.....	370
4.12.1 Maxwell 定理.....	370
4.12.2 應變能.....	370
4.12.3 Castigliano 定理.....	372
4.12.4 假想功的原理.....	376
4.12.5 衝擊荷重所致的應力.....	377
4.13 長柱的挫曲.....	378
4.13.1 彈性挫曲.....	378
4.13.2 柱的設計公式.....	380
4.14 材料的彈性舉動.....	383
4.14.1 應力集中.....	383
4.14.2 彈性破損.....	384
4.15 彈性基本式.....	385
4.15.1 3 次元應力狀態.....	385
4.15.2 平面應力狀態.....	389

第 5 章 流體工學..... 392

5.1 主要的物理量.....	392
5.1.1 密度與比重.....	392
5.1.2 流速.....	392
5.1.3 加速度.....	393
5.1.4 作用於流體的力.....	397
5.1.5 粘性.....	396
5.1.6 壓縮性.....	397
5.1.7 表面張力.....	397

5.2	流體的靜力學.....	399
5.2.1	Pascal原理.....	399
5.2.2	壓力的傳達.....	400
5.2.3	作用於平面壁的 靜水壓.....	401
5.2.4	作用於曲面壁的 靜水壓.....	404
5.2.5	浮力.....	407
5.2.6	相對平衡.....	409
5.3	動力學的基礎.....	411
5.3.1	連續的定理.....	411
5.3.2	Euler的運動方 程式.....	415
5.3.3	流體粒子的變形 與旋轉.....	416
5.3.4	Bernoulli 定理	419
5.3.5	能量方程式.....	424
5.3.6	動量理論.....	426
5.4	管路的流態.....	432
5.4.1	層流與亂流.....	432
5.4.2	管摩擦.....	433
5.4.3	管內的速度分佈	435
5.4.4	管路的損失.....	438
5.4.5	管路系.....	442
5.4.6	動力的傳達.....	446
5.5	開水路的流態.....	447
5.5.1	流路斷面均勻的 開水路.....	447
5.5.2	最適水路斷面.....	450
5.5.3	流路斷面不均勻 的開水路.....	452
5.6	物體周圍的流態.....	455
5.6.1	邊界層.....	455
5.6.2	摩擦阻力.....	459
5.6.3	形狀阻力 (壓力 阻力)	460
5.6.4	作用於物體的流 體阻力.....	461
5.7	非隱定流動.....	462
5.7.1	水擊作用.....	462
5.7.2	波動.....	469
5.8	位流.....	471
5.8.1	複素位.....	473
5.8.2	等角映像.....	479
5.8.7	3 次元軸對稱位 流.....	483
5.9	粘性流體的流動.....	489
5.9.1	Stokes 的構成 方程式.....	489

5.9.2	Navier-Stokes 的運動方程式.....	491	5.9.4	邊界層方程式.....	497
			5.9.5	潤滑面的理論.....	500
5.9.3	渦度輸送方程式.....				
5.10	其他流動.....	503			
5.10.1	固液 2 相流.....	503	5.10.4	非牛頓流體.....	509
5.10.2	固氣 2 相流.....	505	5.10.5	電磁流體.....	513
5.10.3	氣液 2 相流.....	508			
5.11	流動的相似律.....	517			
5.11.1	流動的相似律.....	517	5.11.2	π 定理.....	520
5.12	流體計測法.....	522			
5.12.1	壓力的測定.....	522	5.12.3	流量的測定.....	526
5.12.2	流速的測定.....	523			

第六章 熱工學 532

6.1	熱力學的物理量與其定義.....	532			
6.1.1	溫度.....	532	6.1.4	密度.....	535
6.1.2	壓力.....	533	6.1.5	熱量、比熱、熱容量.....	535
6.1.3	體積.....	534			
6.2	熱力學的第 1 定律.....	536			
6.2.1	系及狀態量.....	536			540
6.2.2	熱平衡的概念.....	538	6.2.5	第 1 定律的定式化.....	540
6.2.3	可逆過程與不可逆過程.....	539	6.2.6	絕對功與工業功.....	542
6.2.4	能量與其不減律.....				
6.3	理想氣體與其性質.....	543			
6.3.1	理想氣體的狀態式.....	543		狀態量.....	547
6.3.2	理想氣體的性質.....	546	6.3.4	理想氣體的狀態變化.....	549
			6.3.5	理想氣體的混合.....	553
6.3.3	理想氣體的熱量.....				

6.4 熱力學的第2定律.....	555
6.4.1 循環.....	555
6.4.2 熱機與作業機...	556
6.4.3 Carnot 循環 ...	558
6.4.4 Carnot 函數與 熱力學溫度刻度	560
6.4.5 熵.....	561
6.4.6 熱力學的第2定 律.....	563
6.4.7 熵的計算與 T - S 曲線圖.....	564
6.4.8 有效能量與無效 能量.....	567
6.4.9 化學變化與平衡	570
6.4.10 熱力學的第3定 律.....	572
6.5 熱力學的一般關係式.....	574
6.5.1 數學的基礎.....	574
6.5.2 關連能量式的一 般關係式.....	575
6.5.3 關連熱量狀態量 的一般關係式...	577
6.6 實在流體與其熱力學性質.....	579
6.6.1 相與相變化.....	579
6.6.2 Clapeyron - Clausius 方程 式.....	582
6.6.3 臨界點的性質...	584
6.6.4 濕蒸氣的性質...	584
6.6.5 節流現象.....	587
6.6.6 實在流體的狀態 式.....	589
6.6.7 對應狀態原理...	591
6.6.8 熱力學曲線圖...	592
6.6.9 2成分系混合物	593
6.6.10 濕空氣與濕度...	595
6.7 實在流體循環.....	597
6.7.1 理論循環.....	597
6.7.2 Rankine 循環...	598
6.7.3 冷凍循環.....	603
6.8 氣體的流動.....	606
6.8.1 流動的基本式...	606
6.8.2 音數與馬赫數...	608
6.8.3 氣體的熱對流動	608
6.8.4 升壓器.....	610
6.8.5 理想氣體的噴嘴 內流動.....	611
6.8.6 衝擊波.....	614
6.9 氣體循環.....	615

6.9.1	內燃機的循環	615	6.9.3	壓縮機、送風機 的循環	621
6.9.2	氣體輪機、噴射 引擎循環	618			
6.10	燃燒	623			
6.10.1	燃燒反應與其生 成氣體	623	6.10.2	發熱量與火災溫 度	624
6.11	熱傳導	625			
6.11.1	Fourier 定律	625	6.11.4	非穩定熱傳導問 題	628
6.11.2	熱傳導的微分方 程式	625	6.11.5	熱傳導的數值及 圖式解法	629
6.11.3	穩定熱傳導問題	627			
6.12	熱傳達	631			
6.12.1	無次元數的定義	631	6.12.7	高速氣流的熱傳 達	637
6.12.2	平板強制對流熱 傳達	632	6.12.8	粗面的對流熱傳 達	638
6.12.3	平板自然對流熱 傳達	633	6.12.9	伴有物質移動的 熱傳達	639
6.12.4	管內強制對流熱 傳達	635	6.12.10	伴有沸騰的熱傳 達	640
6.12.5	管外面的強制對 流熱傳達	636	6.12.11	伴有凝結的熱傳 達	641
6.12.6	管外面的自然對 流熱傳達	637	6.12.12	熱通過與熱交換 器	642
6.13	熱放射	646			
6.13.1	放射的基本定律	646		射熱交換	647
6.13.2	2 固體面間的放		6.13.3	氣體的放射、吸 收	648

第七章 控制工學 651

7.1	自動控制	651
7.1.1	控制、自動控制	652
		651
7.1.2	回饋控制與順序	653
7.2	控制系的數學模型與其處理	654
7.2.1	系的數學模型	654
7.2.2	拉普拉斯變換計算法	655
7.2.3	回饋控制的種類	653
7.2.4	傳達函數	659
	方塊圖	660
7.3	控制系的過渡響應與穩定特性	664
7.3.1	控制系的過渡響應	664
7.3.2	穩定偏差	669
7.3.3	根軌跡	671
7.4	控制系的周波數響應	673
7.4.1	周波數響應	673
7.4.2	向量軌跡圖	675
7.4.3	Bode 曲線圖	675
7.4.4	增益相位曲線圖	678
7.5	控制系的安定判別	678
7.5.1	安定判別的基礎	678
7.5.2	Routh 的安定判別法	679
7.5.3	Nyquist 的安定判別法	680
7.6	控制系的安定度	682
7.6.1	Vazsonyi 的方法	682
7.6.2	相位邊際與增益	684
7.6.3	Nichols 曲線圖	683
7.7	控制系的合成	687
7.7.1	串聯補償	687
7.7.2	回饋補償	690
7.8	統計學的方法	692
7.8.1	不規則信號	692
7.8.2	相關函數	693
7.8.3	頻譜密度	694
7.8.4	控制系的不規則信號	695
7.9	非線形控制理論	696
7.9.1	非線形控制系	696
7.9.2	非線形控制系的	

特有現象.....	696	7.9.4 記述函數法.....	698
7.9.3 線形化.....	697	7.9.5 相位面解析.....	702
7.10 抽樣值控制理論.....	705	7.10.6 周波數譜 (頻譜)	712
7.10.1 抽樣值信號.....	705	7.10.7 抽樣時刻間的響應.....	713
7.10.2 Z - 變換.....	706		
7.10.3 逆 Z - 變換.....	708		
7.10.4 脈衝傳達函數...	708		
7.10.5 安定判別.....	710		

附 錄	716
1 物性質.....	716
2 SI 單位及可併用的單位.....	719
3 量記號.....	731
4 無次元參數.....	746
5 希臘字母.....	749
6 數學記號.....	750
7 單位換算表.....	755
8 蒸氣曲線圖.....	761
9 物性值表.....	765