

科技用書

應力與應變之公式

Formulas for Stress
and Strain

Fifth Edition

Raymond J. Roark and Warren C. Young

王大靜譯

應力與應變之公式

Formulas for Stress and Strain

FIFTH EDITION

原著：RAYMOND J. ROARK
WARREN C. YOUNG

譯者：王大靜

大孚書局印行

六十八年元月初版

應力與應變之公式

特價二五〇元大

譯者 王大靜

發行人 傅寶泰

出版者 大孚書局



版權不准翻印

登記證

印刷者

地址：台南市德光街六十五號
郵政劃撥帳戶第三五四七五號
電話：〇六二—三六二八六五
本社登記證字號：行政院新聞局版台業字第一五四三號

合成美術印刷廠

台南市協和街一〇六號

第五版前言

在本版中的主要改變，是在許多公式擴展表的模式的最明顯修正。模式的選擇，是大為受了高速數值計算機的設計工程師的一般可用性，和手提和桌式兩者的科學數值計算機的近日發展的影響。在許多可容許的地方，有些方程式是化成使用計算尺的型式來表示；但是關於許多較為繁複的負荷，所需常數和變數的估計，需要計算機的準確度。因為三角、指數、和雙曲線函數，現在是有需要的準確度可以利用，這些函數的估計，呈現很少的困難。在第一章中所述的單一函數的一般用法，在本版中已經大量減少表示公式所需要的空間。

所有用表列舉的新公式，已經為數值計算機計劃著，而力、力矩和變形的數值，已經對假定的邊際情況作決定和核對。在空間容許的地方，係數的代表數值，用表列出，使讀者證實他自己的計劃，或者由內插法，直接使用表列係數。

加上適當的變形作為負荷的一種型式，已經大大的擴展許多表的可變性。適當的變形包括外部適當的集中角旋轉，和對樑、板和殼的側向位移，以及通過這些結構件厚度的線性溫度變化。

在本版中的主要增編如下：在第七章中（樑；直形棒的撓曲），除了在考慮中的負荷實質增加外，所有支持情況的安定組合，包括自由、簡單支持、導引和固定，被考慮到。關於在表 3 中的普通直形樑，在表 4 中的剛性架，在表 7 中的彈性基礎上的短樑，在表 8 中的彈性基礎上的長樑，和在表 10 中的軸線壓力和橫向負荷下的樑，這些已經做到。表 13 對於均勻樑的反作用和變形，已經加上，來求得被應用到的改正係數，在樑的尺寸中計算到關於錐度的許多型式和度數。在 7-2 節中在複式樑和雙金屬帶上，舉例說明關於相當的材料性

質和應力的公式用法。

在彎曲樑上的單獨一章（第八章），已經包括這種主題上由於在資料中的充實。表 17 在圓形環上，現在包括關於由於環箍應力和橫向剪力的撓曲改正，關於變形的一組詳細公式，和關於幾個特別負荷位置的用表列出的力、力矩和變形係數。關於許多實際問題，公式不需要求解。表 18 關於圓形拱包括關於直形樑和剛性架的大多數負荷，和所有前面說過的支持情況的組合。表 19 是關於垂直於彎曲平面加負荷的彎曲樑的廣泛公式表，包括支持情況的安定組合的主要部份。關於有圓形橫斷面或者有任何形狀，其中極慣性矩是彎曲慣性矩的兩倍，關於角跨距和負荷位置的幾種組合，用表列出關於力、力矩、和變形的數字係數。

在第九章（扭力）中，表 21 已經加上來列出關於薄壁開口橫斷面的扭力剛性和歪扭常數；表 22 用這些常數在薄壁樑中，在許多扭力負荷情況和大多數支持情況安定組合下，在公式中決定扭轉角度和應力。在第十章中（平板），表 24 列出廣泛數字係數以及公式表，是關於實心圓形和環形板的。表 25 列出關於圓形板的剪力撓曲量；表 26 關於有直形周邊的板，已經大為擴展。關於在雙金屬圓形板中的應力和變形，已經加在 10-4 節中。

在第十二章中（旋轉殼；壓力槽；管子），表已經大為擴展。特別是表 30 的加入，包括長短兩種薄壁圓柱形殼在軸向對稱負荷下在跨距間，而不是恰好在端部處。表 31 包括在薄壁槽中的彎曲應力，和關於錐形殼的公式已經完全修正，關於錐形參數的較廣範圍，得到較為準確的結果；關於短的錐形殼也包含在內。關於厚壁槽的本體力負荷，也包含在表 32 中，加於通常壓力負荷之上。

在第十四章（彈性安定性），關於在柱上同時有負荷加在多於一個位置的歪曲，在數值資料中，實際已經有增加。在第十五章中（動力和溫度應力），表 36 關於許多連續構件，包括樑和平板，列出自然頻

第一版前言

率和節點位置。

著者誠懇的希望，在本版中所作的修正，和由Raymond J. Roark在前版中所施行的原理一致。他假定優良的工程判斷，配合着關於類似形狀結構件的樣子的足夠資料，對於某一問題，應該使讀者找到適當的解答。本書是已經繼續獻身於使這些資料易於利用。

現在應該瞭解，雖然這裡是包括許多新的參考，沒有方法保證很優良的工作沒有被忽略或者省去。

著者誠心的感謝那些人士的協助，他們已經細心的核對在前版中的公式，和注意錯誤和省略，以及那些個人、出版社、學會和公司，他們慷慨的供給在本版中所用的資料。那些自願供給未出版的資料，對於本書的用途，增添了無法估計的價值，特別感謝。

Warren C. Young

第一版前言

本書編寫的目的，在將屬於材料力學的公式、事實和原理，簡潔的適當綜合，作成便於利用。主要意圖是作為參考書，和相信代表企圖迎合設計工程師的需要。

這種需要是從由於工程實務的趨勢，迫使需要較為準確的應力分析方法。那種趨勢是走向機械的較大速率和複雜性，結構的較大尺寸和繁複性，和設計的更為經濟和精細。由於這種發展，熟習的問題，關於它的近似解答，以前認為適當，現在是時常發現需要較精確的處理，和許多較不熟習的問題，曾經祇是理論上的興趣，已經實際上變為大大的重要。所需要的解答和數據，是時常祇在高級論文中發現，或者分散在廣大的文獻中，而結果常常不用這種型式表達，到適合於工程師的需要。把這些資料收集在一起，到容易證明是一般有用，和用方便的形式表達，曾經是著作者的目的。

書的範圍和排列，是由目次表示。在第一部份中把所有的名詞下定義，否則它的準確意義可能不大清楚。在第二部份中，說明某些有用普通原理；應力分析的分析和實驗方法，作簡單說明，而且列舉關於材料在應力下的樣子資料。在第三部份中，在各種負荷情況下討論結構元件的樣子，和列舉關於應力、應變和強度的計算公式的廣泛表格。

因為它們被認為不適合於本書的目的，公式的導出和詳細的說明，比如在教科書中是適當，而被略去，但是包括數量足夠的舉例，來說明各種公式和方法的應用。對於較為詳細討論的無數參考是已經列出，但是關於大多數部份，這些是限於一般合用的來源，而已經沒有從事搜集作成毫無遺漏的研究提要。

言前詞一第

像這樣導出的書籍，幾乎全部來自別人的工作，是不證自明，而且這是作者的希望，這裡所表示的資料的直接來源，已經作了當然的感謝。對於出版者和其他人士，他們已經被慷慨允許使用資料，他希望表示他的感謝。他的同事 E. R. Maurer, M. O. Withey, J. B. Komms, 和 K. F. Wendt 教授的有幫助的批評和建議，是無限的感激。在生產品工程中，已經時時刻刻出版大量的公式表，而因此貢獻了關於安排的批評和研究，大大有利。

最後應該這樣說，雖然已經採取每一種注意來避免錯誤，過份熱誠希望沒有會逃過看破的；關於讀者的任何建議需要改正的，著者將很感激。

Raymond J. Roark

應力與應變之公式 目 錄

第一部份 定 義

第一章 定 義	3
---------------	---

參 考	15
-----------	----

第二部份 事實；原理；方法

第二章 物體在應力下的樣子	19
---------------------	----

2-1 負荷方法	19
----------------	----

2-2 彈性；應力和應變的比例	21
-----------------------	----

2-3 影響彈性的因數	22
-------------------	----

2-4 物體的負荷變形關係	23
---------------------	----

2-5 塑 性	24
---------------	----

2-6 在長時間負荷下的潛變和破壞	24
-------------------------	----

2-7 彈性失效和破壞的準則	26
----------------------	----

2-8 疲 勞	29
---------------	----

2-9 脆性破裂	35
----------------	----

2-10 應力集中	36
-----------------	----

2-11 形狀和比例在強度上的影響；破壞因數	39
------------------------------	----

2-12 預加應力	41
-----------------	----

2-13 彈性安定性	43
------------------	----

參 考	44
-----------	----

第三章 原理和分析方法..... 51

3-1	運動和平衡方程式.....	51
3-2	重疊原理.....	52
3-3	反復撓曲原理.....	52
3-4	一致變形法（應變一致）.....	53
3-5	包括應變能量的原理和方法.....	53
3-6	因次分析.....	55
3-7	在公式使用上的注意.....	57
參 考		58

第四章 實驗方法..... 60

4-1	應變的量測.....	60
4-2	偏光彈性分析.....	63
4-3	塑性降服的探查.....	65
4-4	類 似.....	65
4-5	模 型.....	67
參 考		69

第五章 平面面積的性質..... 75

第三部份 公式和例子

第六章 張力，壓力，剪力和組合應力..... 87

6-1	受軸線張力（或者壓力）的棒；普通情況.....	87
6-2	棒受張力（或壓力）；特別情況.....	89
6-3	複雜構件.....	93
6-4	構 架.....	96

6-5	物體受純剪應力	99
6-6	正交剪力負荷的情況	101
6-7	組合應力	102

第七章 樑；直形棒的撓曲 109

7-1	受彈性應力的直形樑（普通情況）	109
7-2	複式樑和雙金屬片條	138
7-3	三力矩方程式	143
7-4	剛性架子	145
7-5	在彈性基座上的樑	158
7-6	由於固定支持的彈性變形	180
7-7	同時在軸向和橫向負荷的樑	180
7-8	有變化斷面的樑	208
7-9	開槽的樑	221
7-10	深度比較大的樑	222
7-11	寬度比較大的樑	226
7-12	有寬凸緣的樑；剪力遲延	230
7-13	腹板很薄的樑	233
7-14	在對稱平面內未加負荷的樑；撓曲中心	234
7-15	直形均勻的樑（普通情況）；極限強度	239
7-16	塑性，或極限強度，設計	247
參 考		249

第八章 彎曲樑 255

8-1	在彎曲平面內的彎曲	255
8-2	大半徑彎曲樑的撓曲	261
8-3	圓形環和拱	264
8-4	橢圓環	301

8-5	加負荷在和彎曲平面垂直的彎曲樑	303
參 考		340

第九章 扭 力 343

9-1	在純扭力下的均勻圓形斷面直形棒	343
9-2	在純粹扭力下的非圓形均勻斷面棒	345
9-3	端部限制的效果	357
9-4	縱向應力的影響	379
9-5	棒在扭轉中的極限強度	380
9-6	彎曲棒的扭轉；螺旋彈簧	382
9-7	關於圓形軸的各種公式	384
參 考		386

第十章 平 板 389

10-1	一般情況	389
10-2	有圓形邊際的均勻厚度板的彎曲	390
10-3	圓形板由於剪力的撓曲量	444
10-4	雙金屬圓板	445
10-5	圓形板的不均勻負荷	450
10-6	在彈性基礎上的圓板	451
10-7	變化厚度的圓板	454
10-8	盤形彈簧	455
10-9	在繞它的軸線的分佈扭矩下的窄環	457
10-10	有直邊際的均勻厚度板的彎曲	458
10-11	大撓曲量的效果；薄膜應力	479
10-12	板的塑性分析	483
10-13	極限強度	483
參 考		484

第十一章 柱和其他壓力構件.....493

11-1 柱；普通情況.....493

11-2 局部皺曲.....505

11-3 格子柱子的強度.....512

11-4 偏心負荷；初期曲率.....514

11-5 在壓力和彎曲組合下的柱子.....517

11-6 有加強物的薄板.....520

11-7 在偏心負荷下的短稜柱.....523

參 考.....529

第十二章 迴轉形殼；壓力槽；管子.....532

12-1 應力的環境和一般情況.....532

12-2 旋轉薄殼在分佈負荷下，祇產生薄膜應力.....532

12-3 在集中或者不連續負荷下的旋轉薄殼；產生彎曲和薄膜應力.....544

12-4 薄型多元件旋轉殼.....594

12-5 在外面壓力下的旋轉薄殼.....601

12-6 旋轉厚殼.....603

12-7 在分段處支持的管子.....610

參 考.....611

第十三章 在直接承載和剪切應力下的物體.....618

13-1 在彈性物體間由於壓力的應力.....618

13-2 鉚釘和鉚接接頭.....629

13-3 雜項情況.....632

參 考.....635

第十四章 彈性安定性..... 640

14-1 一般考慮..... 640

14-2 棒的皺曲..... 641

14-3 平坦和彎曲板的皺曲..... 657

14-4 殼的皺曲..... 658

參 考..... 670

第十五章 動力和溫度應力..... 680

15-1 動力負荷；一般情況..... 680

15-2 在已知運動情況中的物體..... 680

15-3 撞擊和突發負荷..... 691

15-4 撞擊和突發負荷；近似公式..... 699

15-5 在由於撞擊的應力上的摘要..... 701

15-6 溫度應力..... 702

參 考..... 708

表 次

1 斷面的性質.....	78
2 關於組合應力的公式.....	106
3 關於樑的剪力，力矩，斜率和撓曲量的公式.....	118
4 關於剛性架的反作用和撓曲量的公式.....	147
5 關於用在表 7 中的函數數值.....	164
6 關於用在表 7 中的分母數值.....	165
7 關於定長樑在彈性基礎上的剪力、力矩、斜率和撓曲量的公式.....	166
8 關於半不定樑在彈性基礎上的剪力、力矩、斜率和撓曲量的公式.....	174
9a. 關於同時在軸線和橫向負荷下的樑的反作用和撓曲量係數： 懸臂端支架.....	182
9b. 關於同時在軸線和橫向負荷下的樑的反作用和撓曲量係數： 簡單支持端部.....	183
9c. 關於同時在軸線和橫向負荷下的樑的反作用和撓曲量係數： 左端簡單支持，右端固定.....	184
9d. 關於同時在軸線和橫向負荷下的樑的反作用和撓曲量係數： 固定端部.....	185
10 關於同時在軸線壓力和橫向負荷下的樑的剪力，力矩，斜 率和撓曲量公式.....	190
11 關於同時在軸線張力和橫向負荷下的樑的剪力，力矩，斜 率和撓曲量公式.....	203
12 在端部處作反抗水平位移的限制的樑.....	207
13a. 關於錐形樑的反作用和撓曲係數.....	211

慣性矩按 $(1 + Kx/l)^n$ 變化，式中 $n = 1.0$

13b. 關於錐形樑的反作用和撓曲係數.....	213
慣性矩按 $(1 + Kx/l)^n$ 變化, 式中 $n = 2.0$	
13c. 關於錐形樑的反作用和撓曲係數.....	215
慣性矩按 $(1 + Kx/l)^n$ 變化, 式中 $n = 3.0$	
13d. 關於錐形樑的反作用和撓曲係數.....	217
慣性矩按 $(1 + Kx/l)^n$ 變化, 式中 $n = 4.0$	
14. 關於不同斷面彎曲中心 Q 的位置.....	236
15. 關於樑的形狀因數.....	241
16. 關於彎曲樑在彎曲平面內承受彎曲的公式.....	256
17. 關於圓形環的公式.....	270
18. 關於圓形拱的反作用和變形公式.....	292
19. 關於彎曲樑垂直於彎曲平面加負荷的公式.....	306
20. 關於扭轉變形和應力的公式.....	348
21. 在薄壁開口橫斷面中關於扭轉性質和應力的公式.....	360
22. 關於均勻薄壁彈性構件在扭轉負荷下的扭轉角公式.....	364
23. 關於用在表 24 中的函數值.....	398
24. 關於一定厚度的平坦圓形板的公式.....	400
25. 關於一定厚度的平坦圓形板的剪力撓曲量.....	442
26. 關於有直形周邊和一定厚度的平板公式.....	460
27. 標準柱公式.....	496
28. 關於短稜柱加偏心負荷的公式; 不可能的應力交變.....	525
29. 在薄壁壓力槽中關於薄膜應力和變形的公式.....	536
30. 關於長和短薄壁圓柱形殼在軸向對稱負荷下的剪力, 力矩, 斜率 and 撓曲量公式.....	548
31. 在薄壁壓力槽中關於彎曲和薄膜應力和變形的公式.....	566
32. 關於厚壁槽在內部和外方負荷下的公式.....	606
33. 關於由於壓力在彈性物體上或者中間的應力和應變公式.....	620
34. 關於棒、環和樑的彈性安定公式.....	644

35. 關於板和殼的彈性安定公式.....	660
36. 關於連續構件的自然振動頻率.....	695
37. 關於彈性應力 (k) 的應力集中因數.....	712
38. 有些重要結構材料的代表性質.....	732