

普通結構學

上 冊

蔡方蔭 著

商務印書館出版

◆(68324·IA)

普通結構學(全三冊)上冊

著作者 蔡方蔭

出版者 商務印書館

發行者 中國圖書發行公司

發行所 中華書局
印書館 開明書店
各分店

印刷者 鈔印書館印刷廠

機所有★

1946年8月初版
1951年7月5版(修訂本) 定價人民幣24,000元

(滬)6001-11000

子

再 版 序

本書於一九四六年的八月初版發行，至翌年十一月即已重印二次，足徵本書正切合我國工程界之需要，此著者所深引爲自慰而彌覺感奮者。

著者修訂本書之動機有三：其一，本書之取材，因過於求全，致所包含之材料過多，教學時選擇取舍，頗感不便。故修訂時將實用機會較少之材料，加以刪除。例如第四章桁架分析法，原有十一，茲減爲八。又因若干處之解說，過於周詳，致趨於繁瑣，或使讀者眩於繁縟之細節而昧於簡要之原理。例如求橋梁之最大反力，最大切力及最大彎矩之方法及解說，均嫌太繁，茲特將其方法，大加刪減，解說亦力求簡明，庶其原理，不致爲細節所蔽。

其次，本書上冊於三十九年三月即已脫稿，但因抗戰關係，遲至四十六年八月始出版。故本書自出版至今，雖僅三年，但自脫稿之時起算，迄今已逾十年。此十年中，由著者之教學經驗，以及所發現之新材料，均覺本書亟應加以修訂，使其內容更趨完善，以饜讀者之望。

復次，本書屬稿時間，共僅一年零四閱月，至爲匆促，出版後曾發現若干訛誤或不妥之處，而排印時亦不少手民之誤，均使本書有早日修訂之必要。

著者原擬由本書另節成一較簡單之教本，其內容與美國出版之一般英文教本相似，專供教學之用，並與本書平行發行。此項辦法，固使採用本書爲教本者較爲便利，但讀者如欲得更多之材料，又勢必參閱原書，反不便利也。著者再四考慮後，此項分爲二書之辦法，利少弊多，終於放棄。

根據上述修訂之動機將原書之十二章，合併而成十章。即將原分爲二章之長跨橋梁，略加刪節，併爲一章。又原書第六章所專論之鉸梁，一

般教學者，多在結構設計或橋梁設計學程中講授之，講授結構原理時，似無須亦無暇論及之。故將該章列入全書之末，作為附錄四，僅供讀者參考之用。

其他修訂之處值得特別指出而希望讀者注意者，即虛功法及機動法曾加以更詳明之敘述。此二法為結構學中最有興趣之方法，英文教本以其實用之處較少，均略去之。著者以為研究結構原理者必須澈底了解此二法之原理及其應用，故修訂本書時，其他方法酌量刪減，而於此二法之說明，則反增加，結構穩定之通則一節，亦加入若干新穎之材料，使所述之方法，更為完備使用。結構之變位一章，曾全部修訂，將計算桁架變位之維（Williot）氏圖解法，提前敘述，俾便講授。直梁之斷面如有改變時（即其 I 之值非一恆數），其變位之計算，一般西書及原書均採用不甚精確之圖解法，茲加入一簡易之數解法。於桁架變位之計算，亦加入一改良彈性荷重法。上述二法之精確與簡便，均非任何舊法所及，且均為任何西文教本所無。至書中原有計算結構變位之若干方法，其較為陳舊，且應用不便者，則概行刪去，以節篇幅。

本書初版時，除圖，例題及習題附有引得外，並未附有全書之題材引得，致讀者檢閱，頗感不便。茲於下册之末附入相當詳明之全書題材引得，於專門名詞，附註英文，並以檢字冠其前。又將西文人名姓氏，譯名及其年代，依英文字母之次序，列成一表，附於其後。如是則讀者如欲檢閱全書中之任何題材或人名，可一索即得，至為便利。

修訂本書時，所有繪圖工作，均係由國立南昌大學土木工程系助教王君世紀擔任，其抄寫及整理工作，則大部由南昌大學土木工程系科助教熊君祝華擔任。二君皆著者之學生，對於結構學，極有興趣，本書之修訂工作得以順利完成，王熊二君之孳孳協助，有足多者。

蔡方蔭 一九五〇年六月於南昌。

初版序(後記併入)

本書乃根據著者八年來(一九三一年至三九年)在國立清華大學講授此科之經驗寫成。著者之講授此科也,前此向採用美國薩鮑二氏之結構理論(Sutherland and Bowman: Structural Theory)爲教本,以其解說新穎而簡要,習題豐富而精闢,實刻下最善之西文教本也。但亦有未盡之處焉。學者或常病其解說因力求簡要致不易了解,著者則病其取材未能賅括,解說不甚周詳,至其分章方法及其先後次序,亦未盡顧及講授時之便利。故著者講授時,仍須補充材料,自定系統,固未嘗奉之爲圭臬也。

著者久欲將歷年講授之教材,依其自定之系統寫成,付諸剞劂,出而問世。乃屢以教學牽掣,未暇握管。三十七年秋,著者自歐美考察歸國,適值抗戰軍興,清華大學一遷長沙,再徙昆明,校中圖書儀器,大半蕩然無存,致著者無法進行任何研究工作,遂立志將已有之教材,加以整理及補充,寫成此書。自三十八年八月中屬稿。於四十年的六月中旬全部脫稿,歷時共二十有二閱月。惟其間因著者本人及家屬不適而中輟者約一月有半,因家屬疏散下鄉覓房遷徙亦費時約一月半,又因著者由滇赴贛商議創設南昌大學事宜往返計三閱月,故屬稿時間實際祇十六閱月耳。時間至爲匆促,訛誤之處,自屬難免,如承國內專家隨時指正,著者當不勝感幸也。

以全書之內容言,則底稿頁數共一千二百三十五,附圖大小共六百零七,影片共二十,附表共二十八,附錄共三,例題共一百三十二,習題共四百零二,以十六閱月之短促時間,完成如此繁多之篇幅,其工作之

艱鉅匆忙，不言可喻。著者偶一翻閱已成之稿，雖私心足以自慰，但回顧所耗之心力，不禁心悸。如起稿之初，即知篇幅有如是之繁多，工作有如是之艱鉅，著者縱不搖動寫此書之初志，亦必幡然改圖，縮減篇幅，蓋可斷言。

本書之寫法，雖以大學教本爲主要對象，但同時亦擬作爲工程師之參考書。故取材力求賅括，解說不厭周詳，於靜定平面結構之各種理論及方法，大致應有盡有，包羅無遺。爲便於教學起見，以大小字略軒輊其重要性，但教者對於教材之取舍，仍可自行斟酌，固不必拘泥於大字小字之間也。因篇幅較多，故分爲上中下三冊，上册計六章，所論大致限於結構學之通則及房屋等，涉及橋梁者至渺。中冊計三章，專論普通橋梁。下冊亦計三章，專論長跨橋梁及結構之變位。全書約適於一學年半或二學年之用。

寫此書時，雖曾參考西文書籍多種（主要參考書目錄見後），但既未嘗以任何書爲藍本，且有若干點係著者一得之愚，前此未曾發表者。例如第 4—17 節所論結構靜定與穩定之通則等是。亦有採用他人之結果而由著者加以改良者，例如第 4—11 節所論指數應力法之用於非平行弦桁架者，係根據美國瓦(J. A. L. Waddell)氏之法，而由著者加以改良者。更有結果雖係與他書大致相同，但其表述方法，常力求合理，不苟從同，例如附錄四中關於計算鉸梁翼緣面積之公式是。至解說時所舉之例及其附圖，常取其極簡明而有普遍性及代表性者。複雜之圖，特殊之例，盡力避免，蓋前者使學者不易明瞭，而後者易使學者滋生誤解也。

著者對於本書章節之分法及其先後次序，煞費考慮，因西文書籍於此點均有可議之處，不可取法也。例如美國出版之教本，幾一律（唯一例外，祇 Grinter 之書，即參考書中之第 3 種）將圖解力學另立一章，且置於全書之中部，任何結構之計算法，多半有數解與圖解二種。何以圖解

法不能與數解法相提並論，而必另立一章，著者未見其當也。又有將感應圖另立一章（例如 Matthews 與 Soneson 二氏及 Urquhart 與 O'Rourke 二氏之書，即參考書中之第 10 及 23 種），其病亦同。更有將橋梁桁架在呆荷重，均佈活荷重及集中活荷重下之應力分爲二章或三章（例如 Johnson, Bryan 與 Turneaure 三氏 Matthews 與 Soneson 二氏及 Urquhart 與 O'Rourke 二氏等之書，即參考書中之第 6，第 10 及第 23 種），致其各章之內容，殊難免有重複之處。上述之分章方法，既不合乎邏輯，且不便於講授，其不可取法至爲明顯。本書之分章方法，全憑著者之管見，自信其或較合乎邏輯，且便於講授也。

習題爲習結構學時必需之重要工作，而欲學者明瞭習題之作法，必有例題。故本書對於例題及習題二項，曾嚴加選擇。例題必擇其有代表性者，其解答則必按步驟列，力求簡明。習題則必擇其有意義而足以啓發學者之思想者。習題之選擇，貴精而不在多。凡意義相同祇尺寸及荷重之數量不同者，盡力免去，否則習題太多，教者反有不易選擇之苦。第二至第四章習題中之結構，多不合乎實際情形，其功用蓋在訓練學者之思想，而使其澈底明瞭各種理論及方法之應用。其餘各章之習題，則力求與實際情形相符。於第五至第九章中，若干例題及習題均有連貫性，蓋分之則各自成一題，合之則成爲某一結構之全部計算。此外若干不甚重要之理論及證明，多借例題表出，或列爲習題，蓋藉以節省篇幅也。所有習題，除少數係採自 Sutherland 與 Bowman 二氏及 Timoshenko 與 Young 二氏（即參考書中之第 20 及 22 種）及他氏之書外，其餘習題之來源有三：（一）著者在清華大學講授此科時歷年所命之月考及期考考題，（二）著者爲歷屆清華留美考試及中英庚款留英考試所命結構學之考題，及（三）著者爲本書新擬之題。習題有難易之分者，其排列常依先易後難之次序。較難者常附以提示，以免學者解答時有無從下

手之苦。但有若干習題，頗爲繁難，學者非三復深思，恐不易得其解答。蓋本書之目的，在使學者澈底明瞭結構學中之各種理論及方法，並能加以靈敏之應用，以解答任何複雜之靜定結構。

本書中冊中關於鐵路及公路橋梁之討論，概依照我國前交通部一九三八年所公佈之規範及準則。關於鐵路橋梁之中華活荷重制之各種圖表，承前交通部橋梁設計處錢少平技正賜予參考。又關於鐵路橋梁部份屬稿時，得與橋梁設計處唐文悌工程師不時商榷，獲教良多。本書之一部承唐工程師暨著者同事施嘉揚，劉仙洲，張有齡諸先生校閱一過，多所正是，均深銘感。

著者日間忙於課業及校務，鮮有握管之暇。惟晚間八時以後，始能努力工作。夜闌人靜，思路通順，效率既高，興致自豪。因此常繼續至翌晨三時左右而不倦，如是者十六閱月如一日，所謂「夙夜匪懈」，殆非虛語。

寫此書時最繁重之工作，厥爲例題之計算及附圖之繪製。例題爲習題之例，故計算必力求簡明精確。且因須交互校核，答案之有效數字常須算至四位以上，致計算時算尺亦不能利用。所有例題之計算，皆著者自任之，未嘗假手他人。附圖之可描自西籍者，百不一二。故皆須著者先畫一草圖，由助教以規矩繪成鉛筆圖，再由繪圖員描成墨筆圖。附圖中之中文仿宋字之書寫，又常係另一人之工作。鉛筆圖有若干幅較複雜者（例如屬於圖解法之附圖），且須著者以規矩自繪。其餘第一至第三章之鉛筆圖，係劉君蕙快所繪。第四章之前半者，係茅君榮林所繪。自第四章後半以後至第十二章者，幾全係鄒君承曾所繪。鄒君任事勤謹而有條理，對於結構學既感興趣，且有心得，故於繪圖之工作能努力從事，孳孳不倦，著者至爲銘感。設無鄒君之襄助，則此書之脫稿，恐不能如此順利而迅速。墨筆圖之描繪，除一小部分係由張明貴，龐瑞二君擔任外，其餘

概係李晶女士擔任。附圖中文仿宋字之書寫，則先後由張明貴，李紫磨及龔乾一三君擔任。抄寫則先後由張明貴，陳達文，陳其亨，陸雲龍，李紫磨，張仲文諸君擔任。描圖及抄寫諸君，工作俱甚努力，惜多不諳本書之內容，致不免訛誤稍多，其校正必須著者自任之。且諸君係先後繼續工作，每易一生手，著者又須自示以工作之方法。凡此皆使著者深感不便，否則本書之完成，或尚可提早一二月。

上述襄助諸君，均係國立清華大學及國立西南聯合大學之助教職員或學生，其襄助著者之完成此書，多荷梅校長月涵先生之贊同，著者對於梅校長之提倡學術，鼓勵著述之至意，至為欽佩，固不僅私人銘感已也。

或以本書之篇幅太多，講授時必須加以選擇與刪減，教者學者，將感不便，恐與著者以本書為教本之目的相違背。其實教者如對於其所授之學科如富有研究與經驗，則講授時必不為教本所囿。無論教本之取材如何精當，決不能與教者之見解完全吻合，而講授時毫無增減，故某書之是否適於為教本，在其寫述之方法，與其篇幅之多寡固無關也。勤奮之學者，對於一般教本每多病其內容簡略，語焉不詳，欲求貫通，必須參考他書多種。本書取材力求賅括，解說不厭周詳，正所以矯正一般教本之通病，而為學者謀便利也。

本書上中二冊之大部分，著者既於四十年度在國立西南聯合大學曾用作教本，初稿中不妥或訛誤之處，大約俱已修正。下冊則著者尚未經試用，但其內容經鄒承曾，袁隨善二君細心校閱，偶贊一詞，常見嘉納，不妥或訛誤之處，亦多已修正。本書之校對工作承著者門人金君啓嘯擔任，於此一併致謝，惟校讎工作，最為繁瑣而不易嚴密，疏漏之處恐仍不免，望讀者於此三致意焉。

蔡方蔭 昆明國立西南聯合大學，一九四〇年六月。

例 言

1. 所有名詞，若係已習見或涵義甚顯者，如「荷重」，「力系」等，一概不註英文。其有不甚習見，或涵義有易發生誤解者，如「縱梁」「矩心」等，均附註英文。但祇以首次用該項名詞之處爲限。

2. 外國人名及地名除習見者如牛頓等，採用已通用之譯名外，其餘皆以一字譯其首音，如 Whipple 譯作費氏，並註明原文，以免全字譯音，佶屈聱牙，讀之不順。同名重見，且於已隔註明原文之處甚遠時，並再註明原文。

3. 長度以公尺計，重量以公噸計，且皆寫作不名數。其有已習用他種單位者，如單位應力以「公斤/平方公厘」計，則仍從之。至長度之較小者以公厘計，重量之較小者則以公斤計，惟均當特別註明，以免含混。

4. 圖中之直角，概以雙圓弧線表之，如h，此乃德國書中之方法，甚可取也。

5. 凡書中所稱「我國規定」，於鐵路橋梁，係指我國前交通部於一九三八年七月所公佈之鐵路鋼橋規範所規定者而言，於公路橋梁係指我國前全國經濟委員會於一九三六年九月所訂之公路橋梁涵洞工程設計暫行準則（已由前交通部公路總局於一九四三年八月及四七年修訂公佈）所規定者而言，並於括弧內註明條數。於鐵路橋梁規範用方括弧，如[413]，於公路橋梁準則用圓括弧，如(11)，以便參考。

6. 本書之寫成，所參考之西文書籍及期刊甚夥，於特殊之著作，均於註脚中詳細註明，以便讀者可以參考原著。其較普通者，則概不列舉。主要西文參考書之目錄詳見下頁。

主要參考書目次

(以著者姓氏首字母之次序爲次序)

1. Bleich, Fr.—Theorie und Berechnung der eisernen Brücken, 1924, Berlin.
2. Fuller, A. H. and Kerekes, F.—Analysis and Design of Steel Structures, 1936, New York.
3. Grinter, L. E.—Theory of Modern Steel Structures, Vols. I and II, 1936, New York.
4. Hool, G. A. and Kinne, W. S.—Stresses in Framed Structures, 1923, New York.
5. Hool, G. A. and Kinne, W. S.—Movable and Long-Span Steel Bridges, 1923, New York.
6. Johnson, J. B., Bryan, O. W. and Turneaure, F. E.—The Theory and Practice of Modern Framed Structures, Part I, 10th. Ed., 1926, and Part II, 9th. Ed., 1916, New York.
7. Kirchhoff, R.—Die Statik der Bauwerke. Bd. 1, 2. Aufl., 1928, Berlin.
8. Kirkham, J. E.—Highway Bridges, 1932, New York.
9. Kunz, F. C.—Design of Steel Bridges, 1914, New York.
10. Matthews, J. H. and Soneson, P. E.—Analysis of Framed Structures, 1935, New York.
11. Müller-Breslau, H.—Die graphische Statik der Baukonstruktionen. Bd. I, 5. Aufl., 1912, und Bd. II, Abt. I, 5. Aufl., 1922, Stuttgart und Leipzig.
12. Ostenfeld, A.—Teknisk Statik, I., 1913, Copenhagen.
13. Pippard, A. J. S. and Baker, J. F.—The Analysis of Engineering Structures, 1936, London.
14. Salmon, E. H.—Materials and Structures, Vol. II, The Theory and Design of Structures, 1938, London.
15. Scharper, G.—Fest stählerne Brücken. 6. Aufl., 1934, Berlin.
16. Shedd, T. C. and Vawter, J.—Theory of Simple Structures, 1931, New York.
17. Spofford, C. M.—The Theory of Structures, 3rd Ed., 1928, New York.
18. Steinman, D. B.—Suspension Bridges, 2nd Ed., 1929, New York.
19. Steinman, D. B.—The Wichert Truss, 1932, New York.
20. Sutherland, H. and Bowman, H. L.—An Introduction to Structural Theory, and Design—Theory, 2nd Ed., 1935, New York.
21. Swain, G. F.—Structural Engineering—Stresses, Graphical Statics and Masonry, 1927, New York.
22. Timoshenko, S. and Young, D. H.—Engineering Mechanics—Statics, 1937, New York.
23. Timoshenko, S. and Young, D. H.—Theory of Structures, 1945, New York.
24. Urquhart, L. C. and O'Rourke, C. E.—Stresses in Simple Structures, 2nd Ed., 1932, New York.
25. Waddell, J. A. L.—Bridge Engineering, Vols. I and II, 1916, New York.

總 目

上 冊

第一章 緒論

第二章 靜力學要則

第三章 反力,切力及彎矩之通則

第四章 桁架應力之通則

第五章 屋頂桁架及工廠排架之應力

圖,例題及習題引得

中 冊

第六章 橋梁之反力,切力及彎矩

第七章 橋梁桁架之應力

第八章 橋梁在側力及縱力下之應力

附錄一 古柏氏 E-60 級活荷重制力矩表

附錄二 古柏氏 E-60 級活荷重制之相當均佈荷重

附錄三 中華十六級活荷重制之最大切力及最大彎矩表

圖,例題及習題引得

下 冊

第九章 長跨橋梁——三鉸拱橋,三鉸加勁懸橋,
懸臂橋及威氏桁架橋

第十章 結構之變位

附錄四 鈑梁

圖,例題及習題引得

全書引得(附檢字並包括中英文名詞對照表)

西文人名引得

上 册 目 次

第一章 緒論	1
1—1. 結構之定義	1
1—2. 結構之分類	1
1—3. 結構工程之內容	4
1—4. 結構所受之力	5
1—5. 結構之實際與理想情形	7
1—6. 本書之範圍	8
1—7. 本書所用之單位	8
第二章 靜力學要則	11
2—1. 力及力系	11
2—2. 力之合成	13
2—3. 力之分解	18
2—4. 力之合成及分解爲靜力學之骨幹	22
2—5. 索線多邊形	24
2—6. 用索線多邊形求力矩	30
2—7. 索線多邊形之透視軸	31
2—8. 經過二定點或三定點之索線多邊形	32
2—9. 力系之平衡	37
2—10. 力系平衡之定理	41
第三章 反力, 切力及彎矩之通則	46
3—1. 反力之原素及分力	46

3—2.	靜定之反力	47
3—3.	反力與結構之穩定	49
3—4.	反力之靜定法	54
3—5.	結構支座之實際	59
3—6.	反力之圖解法	64
3—7.	反力之數解法	76
3—8.	用虛功原理求反力	82
3—9.	用機動原理求反力	85
3—10.	切力及彎矩之定義	90
3—11.	關於切力及彎矩之理論	93
3—12.	切力圖及彎矩圖	95
3—13.	荷重圖, 切力圖及彎矩圖之關係	99
3—14.	切力圖及彎矩圖之圖解法	102
3—15.	橫梁對於切力圖及彎矩圖之影響	110
第四章	桁架應力之通則	115
4—1.	桁架之原素及接合	115
4—2.	桁架之發展	117
4—3.	桁架分析之略史	119
4—4.	桁架之理想情形	120
4—5.	桁架本身之靜定與穩定	125
4—6.	桁架分析法之一(節點之數解法)	132
4—7.	桁架分析法之二(彎矩之數解法)	136
4—8.	桁架分析法之三(切力之數解法)	140
4—9.	桁架分析法之四(節點之圖解法)	146

4—10	桁架分析法之五(圖解隔離法).....	152
4—11	桁架分析法之六(指數應力法).....	153
4—12	桁架分析法之七(代替法).....	161
4—13	桁架分析法之八(虛功及機動法).....	166
4—14	多系腹桿桁架之近似分析法.....	176
4—15	合併外力內力考慮結構之靜定與穩定.....	179
4—16	鉸節剛節並用結構之靜定與穩定(奧式方程).....	185
4—17	結構穩定之通則.....	189
第五章	屋頂桁架及工廠排架之應力	206
5—1	屋頂之形式及構造.....	206
5—2	屋頂桁架及工廠排架之型式.....	207
5—3	屋頂之呆荷重	212
5—4	屋頂之活荷重.....	214
5—5	屋頂桁架之支座及反力.....	226
5—6	工廠排架之接合及反力.....	229
5—7	屋頂桁架之應力.....	235
5—8	工廠排架之應力.....	246
5—9	屋頂桁架及工廠排架之支撐.....	253
5—10	多柱式及多層式排架之應力.....	255
5—11	三鉸拱屋頂桁架之應力	263
	圖, 例題及習題引得.....	267

普通結構學

上 冊

第一章 緒論

1—1. 結構之定義 廣義言之，凡若干事物，依確定方法，組成互有關係之一體，皆可稱為結構。^①但於工程中，結構一名詞，乃指在一定力系之下而維持平衡之一部或數部之合體而言，如梁，柱，牆，房屋，橋梁及堤壩等是。

於工程中，結構乃用以承受荷重於其作用點(point of application)而傳達於適宜之支點。如圖 1—1 示一梁，受一荷重 P 於 a 點而傳達於兩端之柱。此梁在其荷重及其支力之作用下，維持平衡，故成爲一結構。同時二柱自梁端承受一部份荷重而傳達於地基，並維持其平衡，故亦爲一結構。若合而視之，則梁及二柱之合體，亦爲一結構，即建築史上最早之結構，常稱為梁柱結構(posts and lintel structure)。

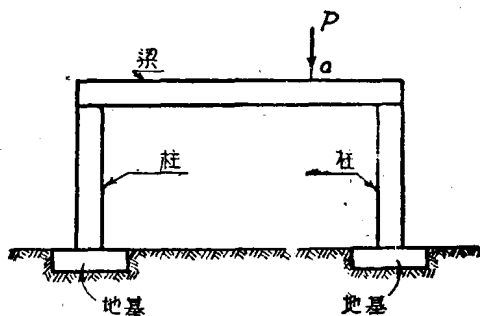


圖 1—1. 梁柱結構

1—2. 結構之分類 結構之分類，可依各種之標準爲之。依其所用之材料，結構可分爲：(1)木

① 如社會學家常用「社會結構」，經濟學家常用「經濟結構」，地質學家常用「地質結構」等名詞。