

濟高工技術叢書

結構靜力學

胡 璣 編 著

大東書局出版

6-181

同濟高工技術叢書

結構靜力學

胡 璘 編 著

同濟高工技術叢書編審委員會主編

TU311.1

13

大東書局出版

一九五三年五月三版

技—0022
土—0005

同濟高工
技術叢書

結構靜力學

定價人民幣：16,000 元

~~~~~  
版權所有  
不准翻印  
~~~~~

主編者 同濟高工技術叢書
編審委員會
編著者 胡 璘
出版發行者 大東書局

上海福州路 310 號

印刷者 大東印刷廠
上海安慶路 268 弄



書號：5024(6001—8000)

同濟高工技術叢書序言

同濟高工從一九三三年設立到現在，已有十七年了。在這段時間內，我們深感到缺乏教科書和參考書的痛苦；爲着校內教學的需要，曾化去許多精力和時間編印講義、繪製藍圖來維持教學。目前，國家建設正趨高潮，要迎接這高潮，勢必先鞏固技術教育的基礎，我們願意在這方面貢獻一部份力量，因此將我們的講義整理出來，陸續出版，作爲訓練中級技術幹部的教材，並供給技術工人自修參考之用。

我們深知這部叢書不一定盡善盡美，但今天的問題不是“求精”而是“沒有”和“嫌少”的問題；只有普遍起來以後，才能進一步要求提高。因此這些書的出版，只不過作爲“拋磚引玉”，希望以後有更多、更好的書出版。

十七年來，我們如果在中級技術幹部的訓練中，曾有一點貢獻的話，也是非常微小的，因爲在舊統治者摧殘教育的政策下，絕難期望有好的果實；而且，我們的工作是孤單的，缺少與工業界密切的聯系，所以這些書只可說是我們過去工作中的一點收穫，缺點一定難免。但是我們相信：在新民主主義的道路上，在理論與實踐密切的結合裏，在與技術教育工作者的經驗交流下，我們一定盡全力，在技術教育工作中求改造，求進步。

因此，我們絕不自滿，除了經常研究，討論改進外，渴望工程界和技術教育工作者儘量給我們寶貴的批評。

同濟高工技術叢書編審委員會

一九五〇年九月

卷 首 語

編輯結構靜力學一書之原意，乃將簡單之結構理論應用於基本結構物之設計上，以便作為中等技術學校之教科書或參考書之用，在需要上言，乃迫切者。

著者擔任大學助教及中等技術學校教員有年，曾自編講義一冊，試教三次，大體上可以作為教學之用，今承大東書局協理沈長庚先生之約，促將此稿付印，乃整理一過，將不必要之敘述精而簡之，而加入例題甚多，因感中等技術學校同學對於過高之理論不易接受，不如通過例題而引導其深入，亦著者教學之經驗也。書末附有練習題，大部分於試教時被採用過，雖同學感覺過於繁雜，但若經適當指示後，亦無多大困難，而對於今後設計工作實有莫大裨益焉。

此書之成得吾師同濟高工校長朱振德教授之指示特多，而諸同仁對於此書亦有嚴正之批判，惜限於時日，不及一一更改，以達完善境界，願再版時予以糾正，並希採用此書之其他先進亦提出意見，余願為達成任務而努力。

同濟高工同學殷志建殷志達昆仲兩君，彼等以熟練之繪圖技術，在炎夏酷暑之假期中，用二周之時間，完成本書中所有附圖，使本書得早日與讀者見面，至為銘感。

余更當感謝大東書局欽關淦先生，彼能於業餘時間，悉心校閱全部文字及圖畫，使本書面目整齊，併此申謝。

胡 璘 一九五〇年八月

目 錄

第一章 概論

1.1 結構物與結構靜力學.....	1
1.2 結構物之分類.....	2
1.3 結構物之荷重及其分類.....	2
1.4 結構物受力之理想情形與實際情形.....	3
1.5 靜力學原理.....	4
1.5.1 力及力系.....	4
1.5.2 力之合成.....	5
1.5.3 力之分解.....	6
1.5.4 索線多角形.....	6
1.5.5 垂直座標軸之應用.....	9
1.5.6 力系之平衡條件.....	12
1.6 結構分析中之靜力未知數——靜力值.....	14
1.6.1 支點反力.....	14
1.6.2 內力.....	15
1.6.3 剪力及彎曲力矩之圖示方法.....	16
1.7 靜力定性與靜力不定性結構.....	17
1.8 斷面之性質.....	18
1.8.1 斷面之面積.....	18

1.8.2 斷面之重心	18
1.8.3 斷面之慣性轉量及斷面係數	19

第二章 梁

2.1 概說	32
2.2 簡單梁	32
2.3 挑梁	46
2.4 簡單梁之一端挑出者	48
2.5 簡單梁之兩端挑出者	52
2.6 複式梁	58

第三章 梁上受有活動荷重時各種靜力值之求法

3.1 概念	63
3.2 簡單梁上各種影響線之繪法	63
3.3 其他各式梁之影響線示例	68
3.4 影響線之應用	70
3.5 鐵路公路橋梁設計規範中之活重制概要	74
3.6 A —索線	75
3.7 梁上某斷面最大彎曲力矩及產生絕對最大力矩之位 置之求法	79

第四章 桁構

4.1 桁構之形成及其理想情形	83
4.2 桁構之靜力定性與靜力不定性	84
4.3 桁構各部分之名稱及其種類	86
4.4 桁構桿件應力之求法	87
4.4.1 節點數解法	87
4.4.2 節點圖解法	93
4.4.3 剖切法	99

4.4.4 切力及力矩圖解法	103
----------------	-----

第五章 結構物之變形

5.1 概說	116
5.2 由彎曲力矩所產生之變形	117
5.2.1 歐拉氏彈性曲線微分方程式	117
5.2.2 莫爾氏彈性荷重法	125
5.3 由彈性變形解決靜力不定性結構之一般應用	132

第六章 連續梁

6.1 概論	135
6.2 克拉皮龍三力矩方程式	137
6.3 由已知支點力矩求支點反力法	139
6.4 連續梁荷重之不利情形	144
6.5 應用表格及公式	149

第七章 土壓力及土抗力

7.1 概論	166
7.2 哥倫勃及浪金之理論	166
7.3 邦賽萊德之圖解法	163
7.4 哥孟氏圖解法	170
7.5 各種土壤性質及有關設計上之實用數字	170
7.6 方修斯氏之計算公式	172
7.7 有關土壓力計算之實際問題	174
7.8 土抗力	176
7.9 數字實例二則	177

第八章 抗壓線

8.1 圬工牆及壩	180
8.2 拱圈	182

第一章	練習題(1—13).....	189
第二章	練習題(14—25).....	192
第三章	練習題(26—30).....	195
第四章	練習題(31—38).....	197
第五章	練習題(39—45).....	200
第六章	練習題(46—50).....	201
第七章	練習題(51—52).....	204
第八章	練習題(53—58).....	205

第一章

概論

(1.1) 結構物與結構靜力學

凡事物依據確定之方法組成互有關係之一體者，皆可稱為結構，但工程中結構一詞，乃指在一定力系之下維持平衡之一部或數部之合體而言，如梁、柱、房屋、橋梁、涵洞、堤、壩等，普通稱為工程結構物。建造工程結構物乃土木工程師主要任務之一，且因與其他工程部門，息息相關，故結構工程乃土木工程中最重要者。在建造之先必經詳密之設計，而其步驟如下：

(一)就建造該工程之目的，需要與其所在地等具體情況而決定型式，選擇適當工程材料，確定荷重及定出各部主要尺寸等，通常稱為規劃工作。

(二)根據結構靜力學及材料強度學之原理算出結構物受力後所發生之最大應力，通常稱為結構分析工作。

(三)根據應力大小，選定結構物各部份大小尺寸及其合理之接合形式，通常稱為結構設計工作。

(四)利用製圖技術，繪製結構物全部總圖及各部分圖，作為建造之準則，通常稱為結構製圖工作。

是故結構靜力學者，乃在根據靜力學之基本原理，分析結構物受有荷重後應力之分佈及大小，爲設計一工程結構物之第一步工作。

(1.2) 結構物之分類

結構物之分類方法甚多。依材料來分：有木料結構，鋼鐵結構，圬工結構及各部材料混合之結構。就其構成之形式來分：有實心結構及架成結構二大類。前者係實心者，例如重力壩、橋墩、鈹梁、鈹拱、鈹架等，後者係以直桿或梁柱依一定方法聯合成網狀之一體者，例如常見之橋架及屋架等。如按其接合方法而言，則有桁構及固結框構兩種，當視接合處是否活動而定。但任何結構物不外由下列基本成分所組成：

(一)拉桿——祇受有沿桿軸方向上之拉力者。

(二)壓桿——祇受有沿桿軸方向上之壓力者，但因桿之長度太大，厚度太小時有彎曲現象發生者亦屬之。

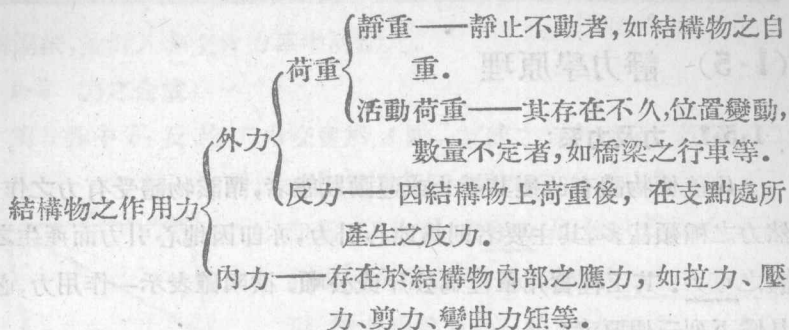
(三)梁——受彎曲力矩爲主要應力者。

(四)軸——受扭轉爲主要應力者，但在土木工程中甚少見，且當儘量避免之。

但工程結構物中兼受上述四種基本應力之二種以上者，亦常有之事，應力分析時，自可分別處理，而後合併其結果。

(1.3) 結構物之荷重及其分類

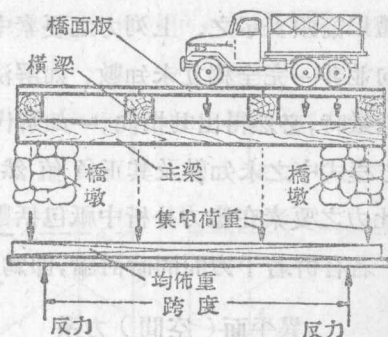
結構物上之荷重或稱作用力，大別可分外力及內力兩種。前者係結構物外來之作用力，包括結構物之自重及因荷重後在擱置處或支點處之反力在內，後者則爲結構物因外力之作用，內部發生之力，俗稱應力。今列表以明之：



荷重之估計，先常根據經驗，經初步設計完成後再加以詳密之計算而得，其中自重之估計以實際重量計算，自較容易，但活動荷重必須累積無數經驗定出規範，以求劃一，例如各大都市房屋設計規範，橋梁設計規範等，以為設計之遵循。

(1.4) 結構物受力之理想情況與實際情形

第1圖表示橋梁上有一載貨之汽車，行經橋上之受力情形，貨車之自重及其所載重量經車輪而傳至橋面板上，俗稱輪壓。再加板之自重傳至橫梁上，再加橫梁之自重傳至主梁上，主梁乃結構物之主要部份，其自重必須估計在內。自重平均分佈於該梁上，故稱均佈荷重。輪壓及橫梁之作用實際並非集中於一點，但為簡單起見，假



第1圖

設其集中於一點，故稱集中荷重。主梁支持於橋墩上，墩上必有一反力，此項反力實際上分佈於該接觸面上，其分佈狀況若何，吾人亦難確定，因此我人亦假設集中於橋墩之一點，而其作用之方向相反。

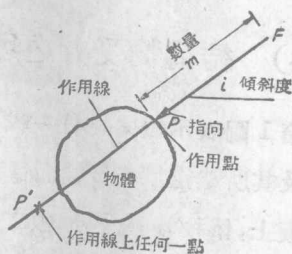
(1.5) 靜力學原理

1.5.1 力及力系：

凡能使物體有改變其靜止或運動狀態者，謂該物體受有力之作用。然力之種類甚多，其主要者則為地心引力，亦即因地心引力而產生之物體之重力。其工程實用單位為公斤或公噸。欲明確表示一作用力，必需具備下列三個要素：

(一)數量 (二)作用點 (三)傾向

傾向實際包括傾斜度及指向二義，要之，力乃有方向之量，俗稱向量或矢量，作用點與傾斜度相合即為力之作用線。其實以作用線表示方向已足，因根據力之傳遞原理，作用點究在何處，亦不甚了然，第2圖中表示 F 力作用於某物體，其作用點為 P ，數量為 m ，與水平方向作 i 之傾斜度，而指向物體以箭頭表示之。上列力之要素中指向並非一完全獨立未知數，如解決其數量時，必然得出其指向，一如解代數方程式中之未知數及其正負值然。



第2圖

因此力之要素在應力分析中祇包括數量，作用線上一點及傾斜度三項。

若合併若干力而同時討論，即為力系或稱力羣。力系之分類如下：

力系	{	異平面(空間)力系	{	平行力系
		同平面力系		非平行力系
				{
			{	非會於一點之力系

實際上非平行力系必為交會力系，但吾人因限於圖紙交會點可能

遠離圖紙，故併入非交會力系中討論之。

1.5.2 力之合成：

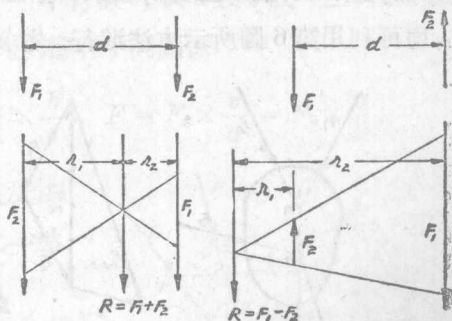
第3圖中 F_1 及 F_2 二力交會於 A 點，其間之夾角為 θ ，若以該二力作為平行四邊形之二邊，其對角線 AB 即為 F_1 及 F_2 之合力 R 。如以 F_1 、 F_2 及 R 作成三角形亦可，前者稱為力之平行四邊形，後者稱為力之三角形。如規定一力之比例尺，例如一公分等於二公斤，將 F_1 及 F_2 依比例尺繪出，則可得 R 為若干公斤。此即用圖解方法求合力之數量。如採用計算方法，則應用下列公式：

第3圖

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$$

圖解方法與計算方法各有其長處，圖解方法可使演算全貌一目了然，錯誤易被發覺，而計算方法，則較精確可靠也。

若 F_1 及 F_2 相互平行，其間相距 d ，且指向相同，如第4圖左所示則合力 $R = F_1 + F_2$ 。其指向與 F_1 及 F_2 相同，亦屬明顯。至於合力之作用線之確定，可用如下之方法決定之：於 F_1 上量得 F_2 之數量，於 F_2 上量得 F_1 之數量，將 F_1 及 F_2 之首尾連結，作成一交叉線，其交點即為合力 R 作用線上一點，其傾斜度與 F_1 及 F_2 相同。 R 之作用線與 F_1 及 F_2 之距離亦可計算出：



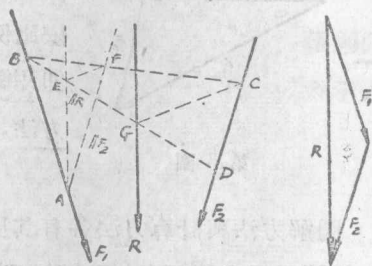
第4圖

$$r_1 = \frac{F_2}{F_1 + F_2} \times d$$

$$r_2 = \frac{F_1}{F_1 + F_2} \times d$$

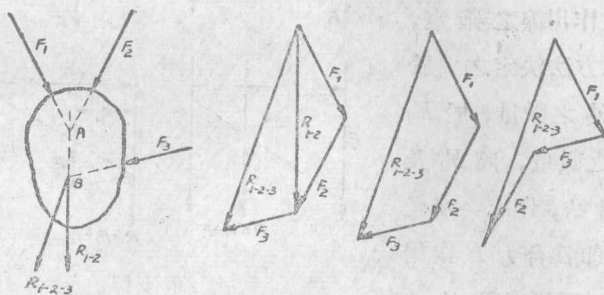
若 F_1 與 F_2 之方向相反時，作圖法及上列公式仍屬有效，但當注意 F_1 及 F_2 之指向有正負之不同，合力 R 之指向與數量較大之一力相同。

若 F_1 及 F_2 近於平行，兩作用線之交點太遠，不易直接經過交點而得其合力之作用線，於此先作力之三角形如第 5 圖右所示，求得 R 之數量，傾斜度及指向，然後經 F_1 之作用線上任何一點 A ，作 AF 與 F_2 相平行，並作 AE 與 R 相平行，再任作 BC 及 BD 各交 R 及 F_2 之平行線於 E 及 F 點，連結 EF ，並由 C 點作 EF 之平行線，與 BD 相交於 G 點，此點即 R 作用線上之一點，通過此點作 R 之平行線即為 R 之作用線。



第 5 圖

若力系由二個以上力所組成，無論其是否相互平行，或交會於一點，均可利用第 6 圖所示方法進行。先求任何二力之合力，再求此合力



第 6 圖

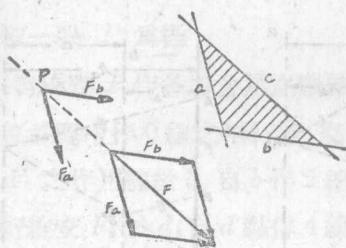
與第三個力之合力，依次遞進，即可求得所有諸力之合力，至於作圖之先後，與結果無關。此項圖形稱為力之多角形。在此圖形中有一點應注意者，即諸力之指向係按同順序者，而合力之指向適與之相反。

1.5.3 力之分解：

力之分解，其意義與步驟適與力之合成相反。原則上任何一力可以分解成任何數目之分力，但一力分成二分力之方法為其根本，且在結構靜力學中應用甚多，今敘述各種情形如下。

(a) 已知二分力之傾斜度，求其數量：

欲將第7圖中 F 力分解成 a, b 二方向之二分力時，可在 F 之首作一線與 a 平行，再於 F 之尾作一線與 b 平行，即得力之三角形，其二邊之長，即為二分力之數量。其指向當自 F 之首順序指向 F 之尾。此二分力之作用線可以置於 F 之作用線上任何一點 P 上。若在第7圖之右上角，作 F 之平行線 c ，與 a 及 b 成一三角形，即得



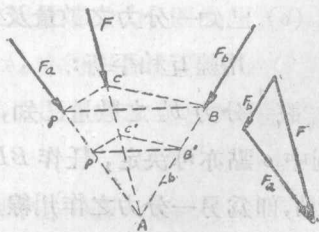
第7圖

傾度三角形，設其邊長為 a, b, c ，則當有下列關係：

$$F_a = F \times \frac{a}{c}; \quad F_b = F \times \frac{b}{c}; \quad F = F_a \times \frac{c}{a} = F_b \times \frac{c}{b}.$$

(b) 已知一分力之作用線及其
他一分力作用線上之一點，
求二分力之數量：

在第8圖中先將 F 之作用線與
一分力之作用線 b 相交，得 A 點，連
結 A 點及已知點 P ，即得二分力之



第8圖

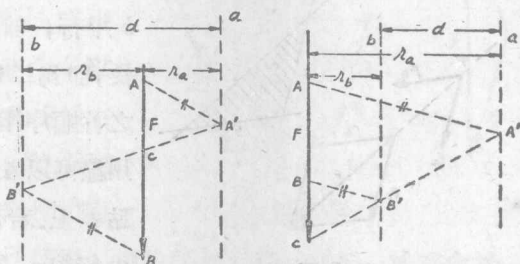
作用線。如前節所述再作力之三角形，即得二分力之數量。然當 F 之作用線與已知一分力之作用線接近平行時，則其交點 A 必遠離圖面，則吾人可自 P 點作任意三角形 PBC ，再作一相似三角形 $P'B'C'$ ，其對應邊，互相平行， PP' 線即為另一分力之作用線，上述困難得以解決。

(c) 已知一分力之傾度及數量，求另一分力之傾度及其數量：

作力之三角形以一分力之數量及 F 之數量為三角形之二邊，其傾度已知，則另一分力之傾度及數量當可完全確定。

(d) 二分力之作用線 a 及 b 與已知力 F 之作用線相平行，求其數量：第 9 圖。

自 F 之首 A 點任作一斜線與 a 線相交於 A' ，又自 F 之尾 B 點作 BB' 線平行於 AA' ，連結 $A'B'$ 與 F 相交於 c 點，則 $Ac = F_b$ ， $cB = F_a$ ，其指向依 $Ac-cB$ 之順序，若 ab 線均在 F 之一旁，其圖解法亦相同。若以計算法解之，則得：



第 9 圖

$$F_a = F \times \frac{r_b}{d}; \quad F_b = F \times \frac{r_a}{d}.$$

(e) 已知一分力之數量及作用線，求他分力之數量及作用線，兩作用線互相平行：

設一分力 F_a 之數量已知，因兩作用線互相平行，則 $F - F_a = F_b$ 。第 9 圖中 c 點亦可決定，任作 BB' 線，連結 $B'c$ 並引長之與 AA' 相交於 A' 點，即為另一分力之作用線上一點。而 $Ac = F_b$ ； $cB = F_a$ 。

1.5.4 索線多角形：