

高等学校教学用书

結構靜力學

(第一冊)

А·В·达尔科夫 合著
В·И·庫滋聶錯夫

人民鐵道出版社

高等學校教學用書

結 構 靜 力 學

(第 一 冊)

A·B·達爾科夫
B·И·庫滋聶錯夫
俞 忽 譯

合著

人 民 鐵 道 出 版 社

一 九 五 六 年 · 北 京

本書經苏联高等教育部認可作为铁路运输学院的教科書。現在譯本是依据該書的第四版重寫本譯成，比較前几次版本增加了一部分新的材料，又增修了各个章節，可供各种結構工程技術工作人員研究参考之用。

原書共十三章，現譯本分为三冊出版，此外並將譯者俞忽先生的补充教材彙集为参考資料另訂一冊，共成四冊。本冊为第一冊，包括梁形結構（分为死荷重和活动荷重二章）、拱形結構、立体桁架、画影响綫的机勁法五章。

結 構 靜 力 学

• (第一冊) •

СТАТИКА СООРУЖЕНИЙ

苏联А·В·ДАРКОЗ及В·И·КУЗНЕЦОВ 合著
苏联國家鐵路運輸出版社(一九五一年莫斯科俄文版)

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва 1951

俞 忽 譯

責任編輯 陈思誠

人民鐵道出版社出版 (北京市豐公府十七号)

北京市書刊出版營業許可証出字第零壹零号

新 華 書 店 發 行

人民鐵道出版社印刷厂印 (北京市建國門外七聖廟)

一九五五年六月初版

一九五六年八月初版第二次印刷平裝印1,510冊[累]5,090冊

書号: 318. 开本: 787×1092_{1/16} 印張: 10 226千字 定价 (10) 1.40元

著 者 的 話

結構靜力學第四版是根據教學計劃的修改和我們收到讀者對於前幾版的意見而重寫的，並且增加了新的材料。

因為許多高等學校的教學計劃裏面都增加了關於計算薄壁桿子的問題，著者感覺到把這一方面的理論做一個簡短的介紹是需要的。這種理論是由兩次得到斯大林獎金的 В. З. Власов 教授發現的，著者介紹的就是計算薄壁桿子的扭轉的那一部分的理論。

另外有幾章是新添的，就是關於立體桁架的計算方法，畫影響綫的機動法和計算連續梁的理論的這三章。除了這個之外，在其他幾章的裏面，也增加一部分新的內容，專門研究正規結構的計算，板樁牆的計算和其他問題。

寫 §102—108 時，我們利用了莫斯科 И. В. 斯大林鐵路運輸工程師列寧勳章學院的薄壁桿子的計算理論的教學經驗。1950 年在這裏擔任這門課的，是技術科學博士 А. Ф. Смирнов 教授。

寫第四、第五和第十三章的，是技術科學博士 В. В. Сильников 教授。

寫第十二章的，是技術科學博士 Н. И. Карякин 教授（§109—112）和工程師 А. А. Петрапповски（§102—108）。

專門研究正規結構的 §72 和 101，是技術科學候選人 Б. Н. Кутуков 寫的。

工程師 И. Ф. Барт 和 С. К. Чертков 把原稿閱讀了一遍並且幫助了這一版的編排，著者在這裏對他們二位深深的感謝。

А. В. 達爾科夫

В. И. 庫茲涅措夫

目 錄

緒 論	1
-----	---

第一章 梁形結構（死荷重應力的計算）

§ 1. 幾何形不改變的鏈桿結構	8
1. 桁架的概念，桁架和梁的比較	8
2. 計算圖	8
3. 結構的幾何形不改變時應該有什麼條件	9
§ 2. 幾何形不改變的結構的靜定條件	15
§ 3. 桁架的分類	18
§ 4. 桁架應力的求法	19
1. 分析法	19
2. 圖解法	27
§ 5. 在外形不同的桁架上，各桿的應力的分佈情形	44
§ 6. 用分析法研求結構的不變性	48
1. 可瞬時改變的結構在靜力方面的特點	48
2. 用桿子替換法研求複式結構的可瞬時改變性	51
§ 7. 多孔鉸接梁	55
1. 多孔鉸接梁的概念	55
2. 多孔鉸接梁的佈置方法	56
3. 多孔鉸接梁的計算	59
§ 8. 折綫軸綫靜定梁的圖 M 、 Q 和 N 的畫法	62

第二章 梁形結構（活動荷重應力的計算）

§ 9. 小 引	68
§ 10. 簡支梁的支座反力的影響綫	69
§ 11. 簡單梁的彎矩和剪力的影響綫	73
§ 12. 一端固定的梁的影響綫	78
§ 13. 有橫梁的基本梁的影響綫	89
§ 14. 多孔靜定梁的影響綫	82
§ 15. 桁架的桿子的應力的影響綫	84
§ 16. 再分析桁架	94

§ 17. 用桿子掉換法畫影響綫	99
§ 18. 用影響綫求應力	101
§ 19. 在結構上面求最不利的荷重地位	104
§ 20. 用等值荷重求最大的應力	112

第三章 拱形結構

§ 21. 拱的概念, 拱和梁的比較	118
§ 22. 三鉸拱的計算: 分析法	120
1. 支座反力的求法	120
2. 求拱的內應力: 任何荷重	124
3. 求拱的內應力: 豎向荷重	125
§ 23. 三鉸拱的圖解法: 壓力多邊形	128
§ 24. 三鉸拱的合理軸綫的方程式	131
§ 25. 三鉸拱的計算: 活動荷重	132
1. 支座反力的影響綫	132
2. 內應力的影響綫	133
§ 26. 核心力矩和法向單位應力	137
§ 27. 有橫推力的鏈桿結構	139
1. 有斜向支座鏈桿的桁架	139
2. 三鉸桁架	144

第四章 立體桁架

§ 28. 小 引	147
§ 29. 空間力的平衡方程式	148
§ 30. 立體桁架的支座的佈置方法	148
§ 31. 立體靜定桁架的構成方法	150
§ 32. 立體桁架的各桿的應力的求法	153
§ 33. 一個求立體桁架的桿子上面的應力的例題	157

第五章 畫影響綫的機動法

§ 34. 小 引	160
§ 35. 機動法的基本原理	161
§ 36. 聯系的被切斷	163
§ 37. 偏移圖的畫法	165
§ 38. 偏移圖的比例尺的求法	169
§ 39. 正負號的規定	170
§ 40. 幾個畫影響綫的例題	170

緒 論

結構力學廣義的是一種專門計算結構的支承力，剛度和穩定的科學，包括幾個互相密切聯系的部門：材料力學，彈性力學，塑性力學和鏈桿結構的建築力學。最後這一部門專門計算用鏈桿構成的結構；這一部門又可分成三個小部門：結構靜力學，結構動力學，和結構的穩定。

建築力學是一門最老的科學；在他最初發展的時候，他僅僅是理論力學的一部分，還不是一門獨立的科學。

恩格斯在他的天才的著作『自然辯證法』中曾說『首先是天文學，因定日季的關係，游牧民族和農業民族絕對需要他。以後農業發展到某一個階段，在某些國家內（譬如埃及引水灌溉），尤其是城市的形成，大規模的建築和商業的發展，就須發展理論力學。到後來在航海方面和軍事方面也需要這門科學了。』

我國的大城市的建築大約在九到十世紀。

莫斯科，基輔，Новгород，Чернигов，Переяславлі，Владимир，Углич，Суздаль和其他城市的許多建築物大約在幾世紀前纔開始建築，他們的建築技術在那個時候已經很優越了。

從歷史的文件裏面，在十一世紀的初期，已經有建築橋梁的記載，這是一條跨過一條河和一條深溝的橋，建橋的地方在 Русь。在1115年，在基輔附近的 Днеpr 河河面曾造了一座浮橋。在十二世紀，Новгород 城曾在 Волхов 河上面造了一座橋。在十四世紀，伏爾加河和頓河上面也造起橋來了。一直到十七世紀，在俄國造的橋大部分是木橋。第一個大石橋的建築在1637年，就是跨過首都的莫斯科河的一條石橋。

建築這座橋的人根據經驗和若干理論推斷，居然造好這樣一座橋，他的各部分的尺寸都有相當的支承力；但是真正計算結構的科學在那個時候還沒有發展呢。

建築力學從理論力學分離開來成立一門獨立的科學，大約是在十九世紀的前半期，大部分是和鐵路的出現和橋梁的建築有關係的。

在十七世紀，著名的物理學家，數學家和天文家 Галилео Галилей（1564—1642）就注意支承力這一個問題，他的研究的結果是在1638年發表的。在 Галилей 以前好多年，美術家和工程師 Леонардо-да-Винчи（1452—1519）對於這個問題曾發表若干完全正確的意見，但是他的意義對於這門科學以後的發展並沒有什麼影響，後來也就給人忘記了。但是 Галилео 的意見就很快的給許多人知道了。

我們偉大的同胞 М. В. Ломоносов (1711—1765)，是首先研究材料的支承力問題的人中間的一個，他在科學的各種不同的部門裏面有很多的卓越的發現。М. В. Ломоносов 造了一種儀器『試驗圓徑大約一英尺半的各種石和玻璃（磨石）的硬度』，又一種『壓碎和壓縮物體的儀器』。可見得在兩個世紀以前，Ломоносов 已經在科學的基礎上用試驗的方法研究材料的機械性質了。他時常反對不經過試驗僅憑猜想來推斷自然的規律：『……現在有學問的人，尤其試驗自然物體的人，須少注意在自己腦中發生的猜想和空洞的理論，要多從真實的造作取得證明……沒有經過了多次可靠的試驗不應該作任何結論。』

Ломоносов 的最偉大的貢獻就是他發明的物質不滅的普遍定律。在他寫給 Эйлер 的信裏，Ломоносов 說了下面這幾句值得注意的話『所有自然的變化都在這樣的情形之下發生，如果這個物體遭受多少損失，另一個物體必定得到同樣的收益。譬如在這一個地方我們的物質減少了若干，在那一個地方物質必增加了若干；我們花了幾個鐘頭的時間去守夜，我們就損失了幾個鐘頭的睡眠。這個普遍的自然定律也可以推廣到運動的規律上面去：一個物體用他的力去推動另一物體，這一個物體損失多少運動，那一個物體就收獲多少運動。』

在最後的一句話裏面，Ломоносов 已經把能力不滅律說出來了，這個對於建築力學的義意也是非常大的。因為我們求結構的偏移和計算結構在衝擊荷重之下發生的應力時都要借重這個定律。

著名的俄國理論力學家 И. П. Кулибин (1733—1818) 在科學的各部門有許多發明，他運用理論力學的規律在1776年設計一座 300 公尺的木拱橋，就是跨過彼得堡的 Нева 河的木拱橋。爲了定好這拱軸的形式他曾用過索綫多邊形，比理論力學書中開始採用這個多邊形時早得多。他利用模型，把三鉸拱的橫推力求得；他是用試驗方法計算橋梁結構（全部結構或部分結構的模型試驗）的創始人。

Кулибин 的拱橋模型尺寸比實在尺寸小十倍，試驗時用的荷重是 3500 蒲特，試驗的地點是俄羅斯科學院。俄羅斯科學院院士 Леонард Эйлер 曾把這個橋的全部計算和設計核對一次，他承認所有的計算和設計都是完全正確的。

爲了估計 Кулибин 在十八世紀在橋梁建築方面所起的作用，我們只須把在那個時候造好的最長的木橋和他的木拱橋的跨長對照一下就得了。1778 年在巴西的 Груберман 在 Веттинген 寺院那裏也造了一座木橋，是那時的一座最長的木橋，但是他的跨長只有 119 公尺。

Кулибин 的設計很快的得到著名的俄羅斯橋梁家如 Д. И. Журавский 的讚許，他對於 Кулибин 的拱橋曾寫了這幾句話：『這是天才的表現，他用最新最合理的科學造橋；橋面在拱的上方，用一系列的斜撐桿保持橋的剛度，這種造橋法，人家不知道在俄羅斯已經用過，却喚做美國造橋法』。

在那個時候，金屬橋，不過是小跨長的，也開始建造了，Кулибин 設計了一座 260 公尺跨長的三拱鋼橋，並且把他的模型做好。

著名的俄國工程師 С. В. Кербедз (1810—1899)、造了一座最大的生鐵拱橋，這座橋是跨過 Нева 河的（現在喚做列寧格勒的 Шрифта 中尉橋）並且爲西 Двина 河和 Лугу 河設計了兩座鋼桁架鐵路橋。

С. В. Кербедз 的圓管拱計算法把建築力學豐富起來，他又發現了一個計算多層斜交桿桁架的近似值的方法。

以後世界的橋梁建築在理論和實用方面，在著名的俄國工程師教授 Д. Н. Журавский (1821—1891) 的著作裏面又獲得進一步的發展。他發表一個計算有斜桿的桁架的理論。他的許多理論和試驗方面的研究都總結在他的經典著作『關於 Гау 式斜桿結構的橋』裏面，這一本著作到現在還是有他的地位的。這一部著名的著作得到俄國數學家 П. Л. Чебышев (1821—1894) 的高度讚許，並且得到俄羅斯科學院的 Демидов 獎金。

在 Д. И. Журавский 這本著作的裏面，他用理論的和試驗的方法建立了，在荷重作用之下，有斜桿的桁架的各部分的應力的分佈規律。他用一種自己創造的『金屬綫法』試驗桁架的模型來推得各部分的應力的大小。他用同樣粗細的金屬綫做拉桿；他用一種拉緊設備把各金屬綫拉桿都調到同一個音調。模型在荷重作用之下，各金屬綫的拉力都改變了。試驗的時候，他把小提琴的弓子在各金屬綫上面拉一下，在支座附近的金屬綫發出的音調就比在中間各節間那裏的金屬綫發出的音調高一點。這個就很顯然的證明在靠近支座那一個的節間那裏各桿上面發生的應力最大。金屬綫法在現在還有他的地位；近代的研究家也間常採用這個方法。

Д. Н. Журавский 在橋梁建築理論方面奠好了一個科學的基礎，爲後來在這一部門作廣泛的理論研究指出一條路綫。

除了這個之外，他在他的書的序裏說：『研究用許多互相支撐、聯結的桿子構成的梁，在俄國比在英國、法國和德國都早，至少在文字方面是如此；美國工程師 Long 和 奧大利人 Гера 的論文對於梁的各部分的應力的分佈並沒有給與我們任何明確的觀念。』

Д. И. Журавский 首先提議，跨度相當大的桁架橋的高度須從兩端逐漸向橋的中部增加。他是梁的剪切理論的創始人。他首先證明梁的支承力不但和軸向應力有關係（從 Галилец 時起，大家都這樣說），和剪力也有關係。

Х. С. Головий 教授 (1844—1904) 對於建築力學的貢獻非常的大。在1882年他提議用彈性理論方法計算彈性拱；他首先在建築力學上面用『最小工定理』並發表一個多層斜桿的桁架的近似計算法。他的『建築力學教程』這一本書是1900年出版的。

著名的俄國工程技術人員的教育家 Н. А. Белелюбский 教授 (1845—1922) 也是俄羅斯偉大的工程師和橋梁建築家之一。他設計了數目相當多的金屬橋，他設計了在他那個時候跨度最長構造最完美跨過伏爾加河的 Сывран 橋和在 Днепр-петровска 附近跨過 Днепр 河的雙層橋。

Белелюбский 是我國第一個用鋼筋混凝土造橋的人，他也是俄國的第一個建築材料試驗室的創辦人和領導者。他主張建立我國的洋灰工業，努力在俄國國內推廣鋼筋混凝土建築，他是世界上第一個用鑄鐵造橋的工程師，他證明了這種新材料的重大的進步意義。在他用鑄鐵造橋之後，各國也紛紛的用鑄鐵造橋了。

1885 年 Н. А. Белелюбский 發表了他的建築材料和建築力學教程。這是他留給我們的一個鉅大的科學遺產，在建築力學方面，他的貢獻是非常有價值的。

Ф. С. Ясинский 教授（1856—1899）的著作對於建築力學的發展有重大的意義，他研究柱的穩定理論，並且做了許多關於建築力學的工作。

Н. Л. Петров 教授（1836—1920）在前世紀的終了和本世紀的開始出版了一本關於計算鋼軌的動力原理的輝煌研究的著作。

天才的工程師和教育家 В. Л. Кирпичев 教授（1845—1913）的著作在建築力學的發展上面也起了很大的作用，他訓練好幾輩的俄國工程師。

1874 年 Кирпичев 發現了在實用方面有重大的意義的彈性相似性定律。他把這個定律說明如下：

『在外力沒有在物體上面作用以前，如果兩個用同一材料製成的物體是相似的話，那麼在外力在他們上面作用以後，如果外力是依照相似的方式分佈在兩個物體的表面上面的話，如果在兩個物體每單位表面上面相應的外力是相同的話，這兩個物體仍然是相似的。再呢，第一個物體所有的內應力等於第二個物體的相應的內應力，就是說兩個物體有同樣的支承力。』

相似理論和物理的模型法在我國很發展。

著名的工程師 В. Г. Шухов（1853—1939）的研究工作是多方面的。他的工作的大部分是和建築力學各種問題有關係的，尤其在結構靜力學這方面。他建築的雙曲綫高塔，油輪，海船，鋼架拱被世界各國廣泛的採用。

根據院士 А. Н. Крылов 的評定，Шухов 在他的工程事業的基礎上研究『結構的各部分中間的最有利的關係，並且在最有利的條件之下把他們建築起來，或叫他們給我們利用』。

在他的著作『桁架』（1867 年出版）裏，Шухов 說：『……我用分析法計算了許多桁架……關於桁架的各部分的應力的求法，各部分的重量求法，在設計時如何把桁架的各部分佈置成一個恰好的幾何圖形，桁架需要的鋼鐵的重量剛剛又最小，這幾個問題都得到了解答。』

Л. Д. Проскуряков 教授（1858—1926）的工作在計算再分析架的理論方面。第一個建築的再分析架橋（跨過 Енисей 河）就是他設計的。在重量小的關係上，在橋的剛度上和合理建築上，大家都承認他的方法是最成功的，尤其是橋的跨間是相當長的話。因為設計這個再分析架，Проскуряков 的名字就給大家知道了。他設計的時候，爲了求桁架的應力，他首先用影響綫。Проскуряков 也寫了一本很出色的建築力學教科書。

蘇聯科學院通信院員 Н. М. Беляев (1890—1944) 對於材料的支承力的科學有很大的貢獻；他寫了一本材料力學的教科書，到現在為止，還是一本最好的教科書。

在彈性理論，塑性理論，結構動力學，穩定理論，和其他問題上面，俄國的科學家也起了很大的作用。

在革命以前時候，在建築力學方面雖然有不少成就，和我國其他科學一樣，這門科學只在偉大的十月社會革命以後纔燦爛起來。由於黨，政府和民族領袖斯大林同志的親切關懷，蘇聯科學的發展是沒有任何限制的。

國民經濟和建設的驚人增漲需要建立廣大的高等技術學府，科學研究機關和設計部門網。

在蘇聯的建築力學的面前，發生的許多難題，都給我們的科學家順利的解決了。蘇聯科學家在計算殼形結構，薄壁結構，塑性理論，結構的動力學和穩定方面都有優越的研究。И. М. Рабинович 在1949年發表一本蘇聯的鏈桿結構的建築力學的成就的簡短回顧裏面就包括幾千個題目，都是蘇聯的著作。蘇聯在建築力學方面全部的成就當然就更多了。

斯大林獎金獲得者 Б. Г. Галеркин 院士，Н. И. Мухелишвили 院士，和蘇聯科學院通信院員 А. А. Ильюшин 在彈性理論和塑性理論方面發表的著作都很出色。

關於無黏性顆粒的靜力學方面，我們有斯大林獎金獲得者蘇聯科學院通信院員 В. В. Соколовский 的名著；И. П. Прокофьев 教授著的著名的科學家和工程師的工作有很大的科學價值，讀起來也很有味。

蘇聯科學家斯大林獎金獲得者院士 Г. П. Передрии 和 Е. О. Патон，還有蘇聯科學院通信院員 Н. С. Стрелецкий 和 Г. К. Евграфов 教授對於橋梁和施工的建築力學都有重大的貢獻。

蘇聯科學院通信院士 И. М. Рабинович 在建築力學的各方面發表了許多有價值的科學著作。最重要的是他提出了一種有拉索的桁架，並且告訴我們計算靜不定結構的時候，可以同時用幾種不同的基本結構。

在計算複雜的靜不定結構方面，蘇聯的專家也解決了許多問題（見 И. П. Прокофьев 教授，Б. Н. Жемочкин 教授，А. А. Гвоздев 教授，П. Л. Пастернак 教授，Н. И. Безухов 教授和其他的著作）。

蘇聯科學家（А. Н. Динник 院士，К. С. Завриев 院士，С. А. Бернштейн 教授，Н. М. Беляев 教授，Н. И. Безухов 教授，Н. В. Корноухов 教授，А. Ф. Смирнов 教授，Н. К. Снитко 教授，А. П. Локшин 教授，Н. Я. Штаерман 教授）的著作把計算動力荷重在結構上面發生的作用和結構的穩定這兩個重要和難解的問題的研究大大的向前推進一步。

關於梁，樞架和平版放在彈性基礎上面的計算也獲得鉅大的成就。這裏首先要

把 А. Н. Крылов 院士的名著提出，這本書是 1932 年出版的。他在本書內給與我們一種數學解法可以求出梁在彈性基礎上面發生的彎曲形變。В. Г. Шухов 在 1903 年就已經用起始常數法計算這樣的梁，以後又有蘇聯科學家 Н. П. Пузыревский, Г. Д. Дутов, В. А. Киселёв 和其他更具體的研究這個方法。

研究放在彈性半空間和彈性半平面上面的梁的計算，我們有 Г. Э. Проктор 教授，蘇聯科學院通信院員 Н. М. Герсевич, М. М. Филоненко-Бородич 教授，Б. Н. Жемочкин 教授，М. И. Горбундов-Посадов 教授和其他。

在計算薄壁構造方面，蘇聯科學家獲得非常鉅大的成績。

В. З. Власов 創立一種計算殼形結構和薄壁桿件的支承力，穩定和振動的理論。因在這一方面的出色的科學工作，В. З. Власов 教授曾兩次被授與斯大林獎金。他在蘇聯是科學學校的領導，他把他的許多學生團結在一起。

在上面有受拘束的扭矩的薄壁桿子的計算理論方面，А. А. Уманский 教授獲得巨大的成就，他的桿子的橫截面可能是一個關閉格子或幾個互相繫聯的格子，他的桿子的軸綫也可能是一根曲綫。

蘇聯科學以前和現在的發展都是不斷的和實際結合的。

我們很難估計現代的建築力學的實際意義。設計結構的人拿他的規律和定理把自己武裝起來之後，他不但能設計一個可靠耐久適用而且還很經濟的結構。這門科學的發展在過去尤其在現在和實驗是分不開的。實驗方法的重要性一年一年的增加。用這種方法，我們可以很可靠的推斷各種材料在各種工程建築在各種荷重作用之下的性能。根據種種假定和條件的陳舊的計算工程結構的方法已經讓位給新的方法。我們要用實驗，要在實用情形之下全面的研究工程結構。鐵路運輸部門建立許多橋梁試驗室，尤其是斯大林鐵路運輸工程師學院的莫斯科列寧勳章試驗室，都可用靜力法和動力法做計算橋梁的實驗。蘇聯的試驗儀器都是人家沒有用過的，在蘇聯國內各種材料的支承力都有新的評定。蘇聯的建築力學學校的科學研究工作的深入和規模，和解決的問題的數目的多，在世界上佔第一位。

現在蘇聯在建築力學的主要的發展，是在計算薄壁構造方面，在改進穩定和動力荷重的計算方面，也在計算材料的塑性方面。

在最近幾年塑性理論在蘇聯獲得很大的發展，已經廣泛的被採用來解決各種工程問題。根據這個理論計算材料的支承力和穩定，就可求得各部分的真正的後備支承力，這樣就大大的節省材料。利用材料的塑性可以叫工程結構在比較大的荷重，壓力和速度之下勝任的工作。

正確的運用建築力學的原理可以叫我們保證結構在實際建築方面有足夠的但不多餘的支承力，剛度和穩定，同時在節省物力和時間的條件之下，可以延長使用年限。

所有這些，對於我國依照斯大林同志在 1946 年二月九日在他的歷史性演講裏提出的鉅大工作計劃勝利的進行艱鉅戰後建設，是有非常重大的意義的。

由於斯大林同志的提議，我們開始建築古比雪夫，斯大林格勒和 Кахов 水力發電站，圖克門，南烏克蘭， Северо-Крым 和伏爾加—頓河運河，這樣就可加速發展國內的生產力，並且在短時期內建立一個共產主義的強大的物資和技術的基地。

世界上還沒有看見過規模這樣大的創造工作；只有在我國纔能够，同時解決各種和國民經濟有關的重要複雜問題，如電力工業，幾千萬 hectare（等於十五市畝）的田地的灌溉，新河道的開挖和新工業區域的建立等。

斯大林時代的偉大建設是蘇聯全民族的力量，包括學者，工程技術員和工人的力量在內。

學者研究各偉大的建築區域內和自然環境改變有關的各項問題，解決水的平衡問題，決定鉅大水庫的地點，作各種結構的支承力的計算，並研究新的建築材料。科學研究工作包括各種建築技術問題，而且在建築力學方面提出許多需要解決的問題。

在我國的共產主義的偉大建設進行的過程中間發現的各種需要解決的複雜工程問題，在學者，工程師和工人緊密合作之下，現在都一個一個的順利的解決了。

第一章 梁形結構

(死荷重應力的計算)

§1. 幾何形不改變的鏈桿結構

1. 桁架的概念，桁架和梁的比較

用電焊，鉚釘或螺栓或其他方法在聯結點把許多直桿聯結起來的結構，普通喚做鏈桿結構。

在這一章裏面說的平面桁架就是這種結構的一種。他們的作用和實心的梁相同。跨間相當長的時候，用桁架比實心梁經濟（如果用工字梁，依照圖1的單位應力圖，一部分材料就不能好好的利用）。如果高度相當大，鉸梁的腹鉸就可能摺皺，因此就須把他加強，這樣就更不經濟了。

我們用桁架來代替實心梁就是這個緣故。在集中荷重在聯結點作用之下，桁架的各部分（就是各桿）主要是用壓力或拉力工作的。這樣就可能很好的利用桁架的材料，因為在這種情形之下，每根桿的法向單位應力圖在實際上都是一個矩形。因為這樣，如果跨長相同，桁架的重量總要比實心梁輕一點。

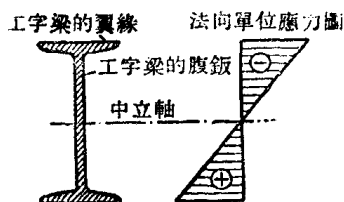


圖 1

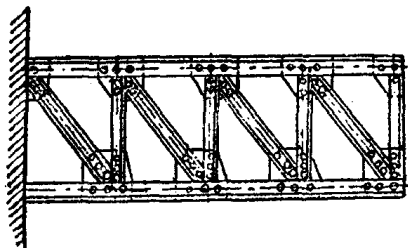


圖 2

圖2表示的結構就是桁架的一個例子。除了所有的桿子的軸綫都在一個平面上面的平面桁架之外，我們還有立體桁架，他的各部分的軸綫是不在一個平面上面的（圖3）。立體桁架的計算在多數情形之下，可以變成計算幾個平面的桁架。

2. 計 算 圖

在大多數情形之下，桁架的各桿在各聯結點的聯接是剛性的，就是說不是鉸接的。

有這樣的聯結點的桁架是一個許多次靜不定結構，計算起來非常麻煩。如果桁架的剛性聯結點都假定改成鉸接，他的計算就可大大的簡化，只須根據已知的條件用幾個靜力方程式就把問題解決了。試驗的資料和理論的研究都證明這樣的修改是許可的，因為在一個有剛性聯結點的桁架上面的應力和一個鉸接結構上面的應力是沒有多大差別的。因此我們以後計算桁架時，總是用各桿假定都是鉸接的計算圖（圖 4, a）。

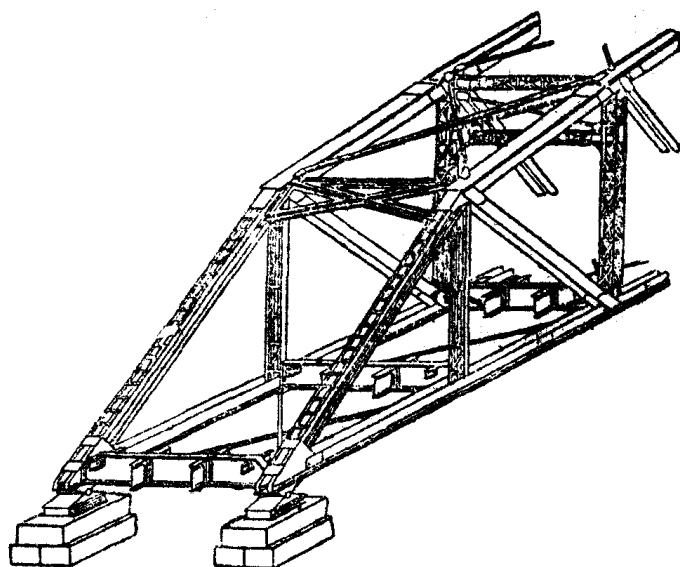


圖 3

這樣的桁架在集中力在他的各（鉸接的）聯結點作用的時候，他的各桿只發生軸向力（壓力或拉力）。爲了證明這個，我們從桁架上把一根桿子分離開來，

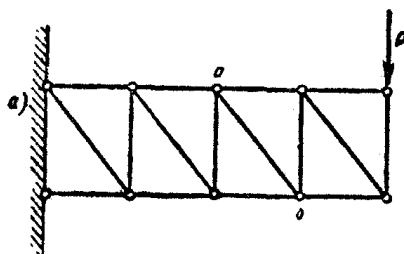
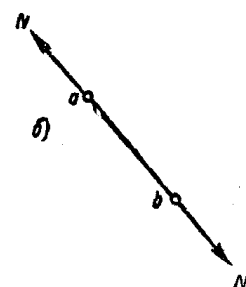


圖 4

（圖 4, b），然後來考慮他的平衡條件。



因爲各桿在聯結點是用理想的鉸（沒有摩擦力）聯接的緣故，鉸和各桿中間互

相作用的力必定要經過鉸的中心。如果一根桿子 ab 的本身上面沒有外來荷重，那麼在這根桿子上面作用的力只有他的兩端兩個鉸的壓力，這兩個壓力 N 只有在他們的數值相等，方向相反，而且同在經過鉸 a 和 b 的中心的直線上面作用時纔能平衡。假如桁架（圖 5）有彎桿的話，那麼在這些桿的各橫截面的上面，除

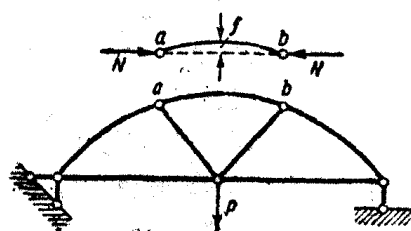


圖 5

了軸向力 N 之外，還發生引起另外的法向單位應力的彎矩，這些彎矩的最大值是 $M = Nf$ 。

3. 結構的幾何形不改變時應該有什麼條件

在圖 6, a 表示的結構上面（代表三根互相聯接的桿子），把所有的剛性聯結

都改成鉸，我們就得一個幾何形不改變的結構（圖 6, δ ），就是說一個只在他的各部分發生形變時纔能改變形狀的結構。

圖 7, a 表示的是一個用四根桿子互相聯結的結構（四邊形），如果我們同樣把他的剛性聯結點都換成鉸，我們就得到一個幾何形可改變的結構（圖 7, δ ），就是他的各部分不發生形變，他的形狀也是可以改變的。

用桿子聯成的最簡單的幾何形不改變的結構（鉸接桁架）是用三根桿子鉸接成功的三角形（圖 6, δ ）。

假定桿子的數目超過三個，我們怎樣把他聯成幾何形不改變的結構呢？

我們首先把一個只有兩根桿子的結構（圖 8）研究一下，他的兩根桿子都在一根直線上，他們把聯結點 C 和兩個固定點 A 和 B 聯結起來。如果我們把桿 AC 和 BC 在 C 點分開，那麼桿 AC



圖 8

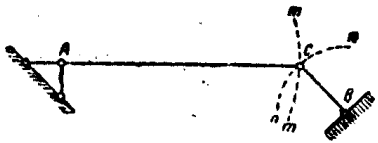


圖 9

的 C 端就可在圓周 $m-m$ 上面移動，桿 BC 的 C 端就可在圓周 $n-n$ 上面移動。這兩個圓周有一根公共的切綫。可見得如果這兩根桿子的任一根桿子的 C 點在和 AB 垂直的方向裏面得到一個極小極小的移動，其餘一根桿子是能够阻止這個移動的。這樣我們的結構是幾何形可改變的，因為他的形狀不需要改變兩桿的長度，就是說不需要他的各部分發生形變，就可改變的。

如果 AC 和 BC 兩桿不在一根直線上（圖 9），情形就不同了；在這種情形之下，圓周 $m-m$ 和 $n-n$ 沒有公共的切綫，因此桿子不發生形變時，公共點 C 是不可能同時在兩個圓周上面移動的。

用兩根在一條直線上面的桿子構成的結構（圖 8），以後就喚做可瞬時改變的結構，因為在 C 點從 AB 綫移動一個很小的距離的瞬時之後，我們的結構就變做幾何形不改變的結構了。

這樣，在一個幾何形不改變的結構構成的過程中間，我們每加一個新聯結點，我們至少須用兩根軸綫不在同一直綫上面的桿子把他聯結起來。

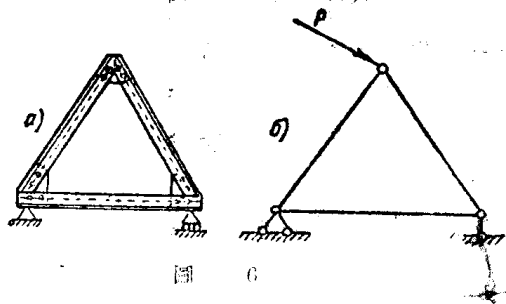


圖 6

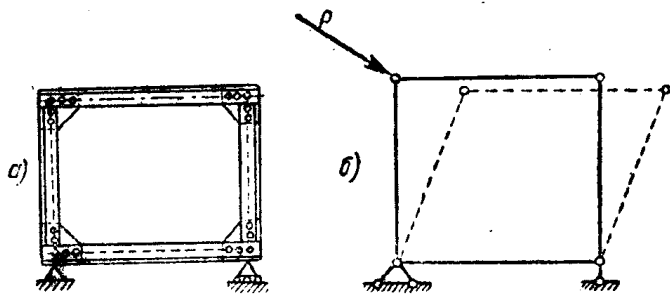


圖 7

拿兩根不在一根直線上面的桿子把每一個新聯結點和兩個老聯結點聯結起來，我們就得到許多三角形，這樣用許多鉸接的三角形構成的結構是幾何形不改變的，就是說他的幾何結構是不改變的。這樣的結構就喚做單式結構，其他的結構都喚做複式結構。複式結構往往是單式結構被修改後的結果，修改的方法普通是把一根桿子換成另一根桿子，或把一個單式結構放在另一個結構上面。

圖10表示的各種桁架都是單式結構。每個結構都有一個基本的鉸接三角形 abc ，其餘各三角形是依照圖上註明的數字的次序聯結起來的。任一個用三根桿子聯成的三角形都可做我們的基本的三角形。

用三角形構成的桁架是幾何形不改變的。核對單式桁架的幾何的不變性有時也可以倒過來看，就是我們把他的聯結點一個一個的拆走，每拆走一個聯結點，同時拆走兩根把這個聯結點和桁架的其餘部分聯結起來的桿子。這樣拆走的結果如果我們的桁架最後只剩一個鉸接的三角形，那麼這個桁架是幾何形不改變的。

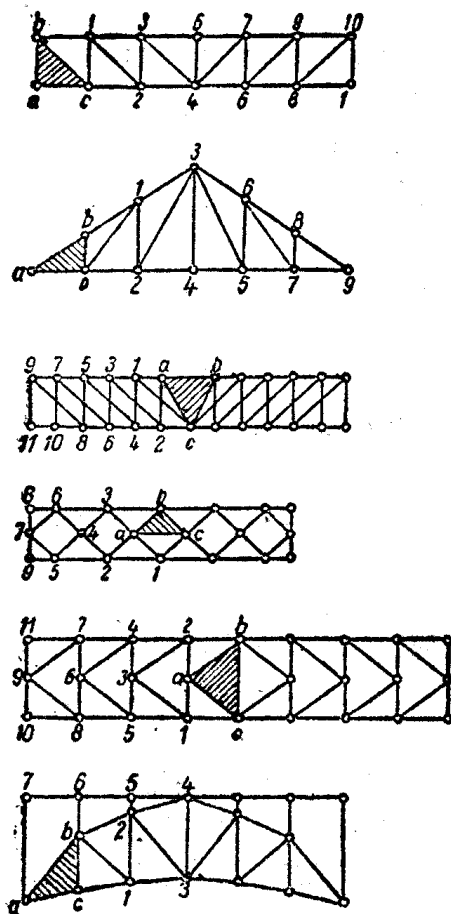
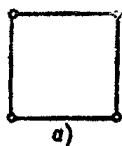
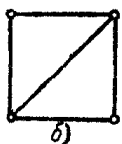


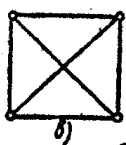
圖 10



a)



b)



c)

圖 11

現在我們打算把單式結構的聯結點的數目和桿子的數目中間的關係求得。剛才說過，這種結構的構成都是從一個基本的鉸接三角形開始，以後再把各聯結點一個一個的聯結上去，每加一個新聯結點，我們都要用兩根不在同一直線上面的桿子。

拿 S 代表這樣一個桁架的桿子的數目， K 代表聯結點的數目。基本的三角形有三個聯結點和三根桿子；此外另有 $K-3$ 個聯結點，每個聯結點，需要兩根桿子把他聯結上去。因此在一個幾何形不改變的結構上面，桿子的數目等於

$$S = 3 + 2(K - 3) = 2K - 3.$$

如果桿子的數目 $S < 2K - 3$ ，這就表示這個結構的組成部分還沒有構成一個幾何形不改變的結構必定需要的最小數目的桿子。因此，在這種情形之下，我們的結構是幾何形可改變的。四邊形(圖11, a)就是這種結構的一個例子，在這個結構上面