

高等学校教学用书

建筑力学教程

第一卷 第二分册

И. М. 拉宾諾維奇著

高等教育出版社

高等学校教学用书



建筑力学教程

第一卷 第二分册

И. М. 拉宾諾維奇著

清華大學結構力學及鋼木結構教研組譯

高等教育出版社

本書系根据苏联國立建筑出版社 (Государственное издательство строительной литературы) 出版的拉宾諾維奇 (И. М. Рабинович) 著“建筑力学教程”(Курс строительной механики стержневых систем) 第一卷 1950 年第二版譯出。原書經苏联高等教育部審定為土建高等学校及土木系教科書。也可供建筑工程师实际工作参考之用。

本書系第一卷的后半部分,自第八章至第十四章,共七章。

本書由清華大学土木系結構力学及鋼木結構教研組譯成。初譯工作中,金濤同志担任四章,麥淑良、古國紀、陸賜麟等同志各担任一章,校訂工作由陈肇元、張良鐸、蔡益燕、古國紀、龍馭球、楊式德、金濤等同志担任。

建 筑 力 学 教 程

第一卷 第二分册

И. М. 拉宾諾維奇著

清華大学結構力学及鋼木結構教研組譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 15010·188 開本 850×1168 1/32 印張 8 15/16 字數 231,000

一九五四年五月上海第一版

一九五七年一月上海第三次印刷

印數 7,001—8,200

定價(10) 1.40

——第二分冊目錄

第八章 靜解平面桁架的計算, 梁式及翅梁式桁架	277
§ 1 關於桁架的概念	277
§ 2 桁架的分類	278
§ 3 形成桁架的最簡單規律	285
§ 4 靜解桁架的一些構造性質	289
§ 5 瞬變的鉸接桿件體系	293
§ 6 瞬變性的靜力學特徵	294
§ 7 校核瞬變性的機動法	300
§ 8 “接近可變的”體系	303
§ 9 某些特殊體系	305
§ 10 截面法的一般形式及其變相	307
§ 11 截取結點法	310
§ 12 截取結點法的另一可能的解釋	314
§ 13 截取結點法與桁架幾何構造間的關聯	315
§ 14 結點平衡的特殊情形	317
§ 15 內力圖(麥威—克利莫那圖)	321
§ 16 內力圖與桁架的“交互性”是怎樣的	325
§ 17 用聯合法繪作內力圖	326
§ 18 用“假想狀態”法繪作內力圖	327
§ 19 輪廓內部的結點承受荷載時, 內力圖的繪作	330
§ 20 對具有相交桿件的桁架, 繪作內力圖	331
§ 21 對具有相交桿件的桁架, 利用輔助桁架繪作內力圖	336
§ 22 用分解荷載法繪作內力圖	337
§ 23 回顧交互圖的歷史	338
§ 24 截面法	339
§ 25 當矩心為不可到達的點時, 截面法的應用	341
§ 26 應用截面法的舉例	342
§ 27 例題。具有不平行弦桿及斜桿腹系的桁架	349
§ 28 特殊的梁式桁架	352
§ 29 應用截面法的較複雜情形	355
§ 30 合力法	360

§ 31	兩截面法或多截面法	363
§ 32	桿件替代法	364
§ 33	聯係替代法	363
§ 34	桁架的間接計算法的一般考慮	363
§ 35	機動法。利用轉動瞬心推求內力	370
§ 36	機動法。利用速度圖案推求內力	373
§ 37	桁架對稱性的利用。分解荷載為對稱的和反對稱的	379
§ 38	承受非結點荷載的桁架的計算	383
§ 39	合成桁架的計算	385
§ 40	桁架理論發展史概述	390
第九章 梁式桁架及翅梁式桁架中內力的影響線		401
§ 1	總論	401
§ 2	用截面法或截取結點法，繪作影響線	401
§ 3	習題及例題	409
§ 4	用內力圖繪作影響線	413
§ 5	約束替代法的應用	415
§ 6	轉動瞬心的應用	417
§ 7	速度圖案的應用	424
§ 8	對於桁架理論計算的實驗校核	431
第十章 有橫力的桁架及有橫力的聯合體系		434
§ 1	有傾斜支桿的桁架	434
§ 2	三鉸拱式桁架	436
§ 3	雙弦拱式桁架中弦桿內力與壓力多邊形之間的關係	441
§ 4	拱式桁架的變相	442
§ 5	懸吊體系的一般知識	444
§ 6	用加勁梁所補強的鏈的計算	446
§ 7	關於纜索桁架一般理論的概念	452
§ 8	多弦索多邊形	453
§ 9	輻射纜索桁架計算舉例	457
第十一章 剛片組成的體系及聯合體系		461
§ 1	那裏遇見這些體系？	461
§ 2	計算的次序	462
§ 3	鉸結四邊形	462
§ 4	例題及習題	467

第十二章 有單向聯系的結構的計算.....	470
§ 1 有單向聯系的結構舉例.....	470
§ 2 單向聯系結構的計算特點.....	471
§ 3 具有矛盾聯系的體系。四鉸拱.....	472
§ 4 具有單向聯系的有條件的不變體系及無條件的不變體系.....	475
§ 5 關於單向聯系體系的計算.....	476
第十三章 平面桁架的結點位移與桿件位移.....	479
§ 1 緒論.....	479
§ 2 位移圖的概念.....	480
§ 3 在較為一般的情形下繪作位移圖.....	483
§ 4 繪作三鉸拱的位移.....	485
§ 5 無極位移圖案.....	487
§ 6 用位移圖繪作桁架的撓度曲線.....	488
§ 7 作為索多邊形來繪作撓度曲線.....	488
§ 8 繪作撓度曲線的慕爾法.....	493
§ 9 弦桿及腹桿的形變對於桁架撓度的影響.....	494
§ 10 桁架變形圖的一個應用。“零”桿的計算.....	495
第十四章 空間桿件體系.....	499
§ 1 計算空間體系的意義.....	499
§ 2 空間力的合成.....	499
§ 3 將力分解成與它交於一點的三個分量.....	502
§ 4 力或力系在六個方向上的分解.....	505
§ 5 分解一力為六個方向的不確定情形.....	507
§ 6 空間鉸接桿體系的幾何不變性與不動性的特徵.....	508
§ 7 空間剛架體系及聯合體系的幾何不變性與不動性的特徵.....	511
§ 8 用截取結點法確定桁架內力.....	515
§ 9 將桁架分解為平面體系以求內力.....	517
§ 10 用桿件替代法求內力.....	519
§ 11 習題及例題.....	521
§ 12 靜解“雙片結構”各部件內力的推求.....	528
§ 13 空間體系計算領域中的一些派別.....	531
附 錄 關於平面鉸接機構的幾種基本作圖法.....	535
§ 1 轉動瞬心及其基本性質.....	535
§ 2 簡單機構的轉動瞬心的作法.....	536

§ 3 較複雜機構的轉動瞬心的作法.....	537
§ 4 有極速度圖案的作法.....	540
§ 5 無極速度圖案的作法.....	542
華俄名詞對照表.....	544
俄華名詞對照表.....	550

第八章 靜解平面桁架的計算.梁式 及翅梁式桁架

§ 1 關於桁架的概念

兩端彼此用鉸聯結的桿件所組成的幾何不變體系，稱為桁架。我們將假設鉸是理想光滑，毫無摩阻的，各桿的軸線，都經過鉸的幾何中心。

此後，在全部計算中，我們所要使用的計算圖，將與上述桁架的觀念相符合。我們知道，所有計算圖都是它所代表的實際結構的簡化。這裏，主要的簡化在於理想鉸這一假定。實用上稱為桁架的那些工程結構，在其桿端聯結處多少有些剛度，因此它們在工作性能上，與前面提到的計算圖有些差別。這些差別的意義，只能在本書第二編，所謂剛架體系的計算理論中加以說明。截面巨大的梁，在實用上常稱為桁架（“實體桁架”），然而在建築力學課程裏，這裏的術語可能引起誤解。

桁架常具有這樣一種佈置，使荷載完全由結點傳至桁架。不難證明，若有這種佈置，則任何荷載在任一桿件中所引起的，只是沿着聯接桿端的直線而作用的內力。實際上，假如任一桿件 AB （圖 298）與其他桿件，只是在 A, B 兩端聯結，則內力只能由此兩點傳到這個桿件。但兩個力只能在一種情形下互相平衡，就是兩力互等，方向相反，而且沿着同一直線；故 S_1, S_2 兩力的方向是沿着 AB 直線。



圖 298

由此可見，桁架桿件最好是直的，就是說，具有通過鉸的中心的直軸。這樣，每一桿件將只受有軸向內力，就是中心的，軸向的拉力或壓力。例如圖 299，由結點傳至圖 a 及圖 b 各桿的力是完全相同的，但在第一體系的曲桿中，同時發生軸力，剪力及撓矩，而在

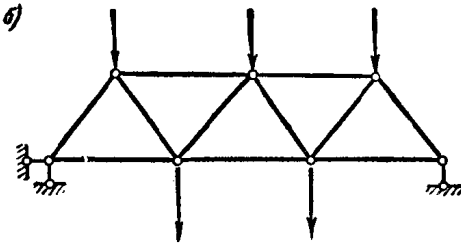
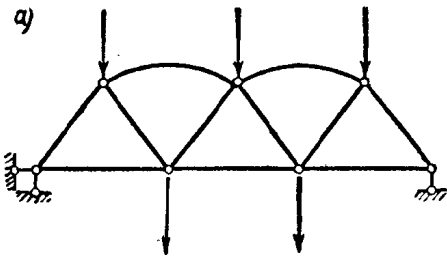


圖 299

該兩體系的直桿中，卻只有簡單的拉力或壓力。

我們知道，當桿件受有撓曲，或撓曲及軸力的合併作用時，其截面中的法向應力並非均勻分佈：有些纖維承受巨大應力，也有些纖維承受微小應力。若桿件只承受軸力，則材料的費用將因此減少。這樣便可得到雙重的經濟，因結構的自重若減低，則不獨直接地節省了材料，並且由於恆載（即自重）的減低，間接地也節省了材料。

這種更好地利用材料的可能性，是桁架超過於梁的重要優點，因此，可用桁架來跨越比用梁要大得多的跨度。

只有當曲桿的缺點為桁架的特殊優點（例如製造的簡化）所抵銷時，方可將使用直桿這一原則加以變通。具有曲木上弦的木桁架，即所謂“弓形桁架”（圖 300），是這種變通的一個例子。



圖 300

§ 2 桁架的分類

分類可按照若干不同的依據而進行：

1. 依據桁架的用途 現時，桁架應用於工程方面，是如此之多且繁，按照其用途作一詳盡的分類，是多餘的。這裏，我們只限於簡略的



圖 301

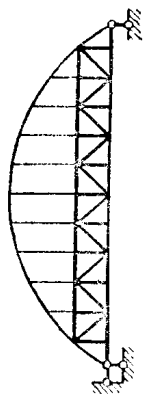


圖 302

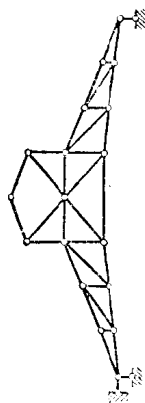


圖 303

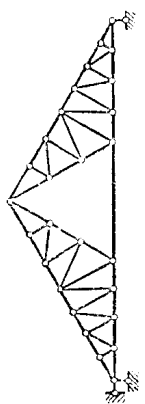


圖 304

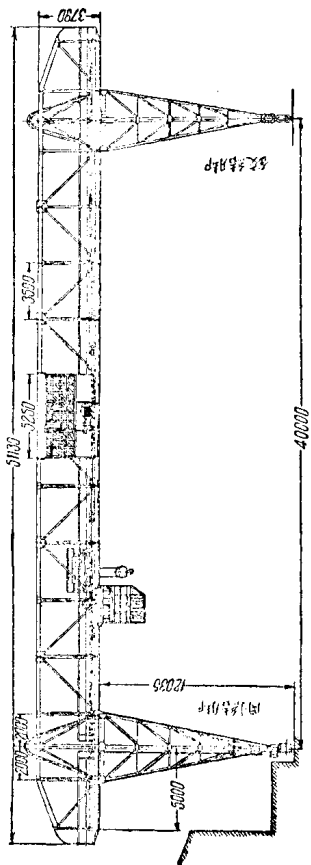


圖 305

列舉。

桁架的一個重要應用，就是用作橋跨結構（橋梁的桁架）。各種式樣的橋梁桁架，為數甚多。圖301表示按И. Д. 普羅斯庫利亞科夫教授設計而建成的一座橋梁的桁架圖。

還有一些屋架，其中含有很多的體系及形式。圖 302 及圖 303 示兩種屋架，其第二種具有上層結構作為透光之用。

圖 304 示一種覆蓋體系，這是由拱形弦桿和加勁桁架組成的；圖 305 及圖 306 各示橋式及塔架起重機桁架；圖 307 示工廠中車間房屋

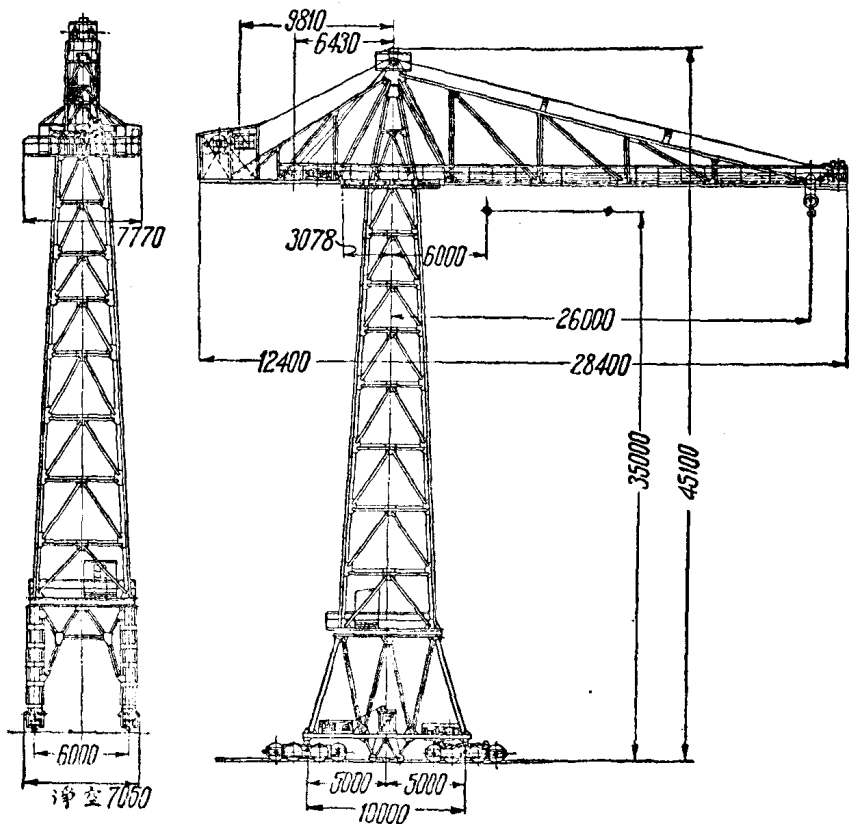


圖 306

的桁架骨架(此處並以示意圖表示一橋式起重機)；圖 308 示一塔架式桁架，用以懸掛電纜，圖 309 示一廣播電台的塔架，圖 310 示一飛機庫。

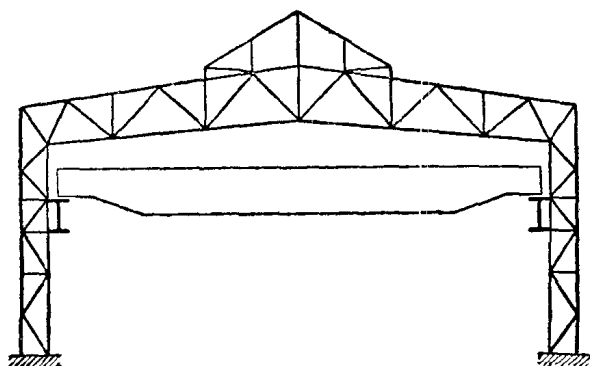


圖 307

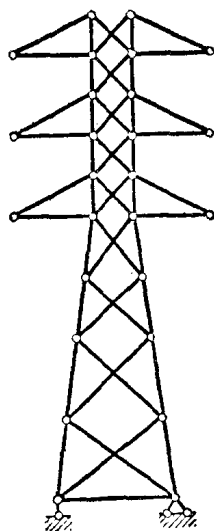


圖 308

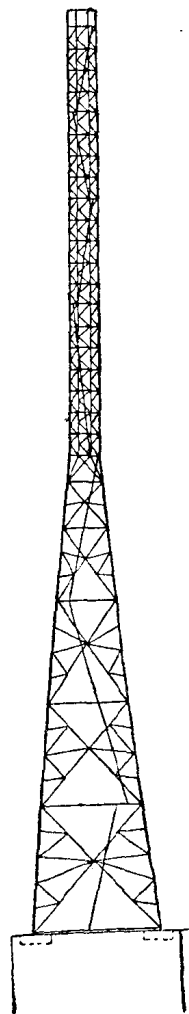


圖 309

2. 依據由豎向荷載引起的支座反力的方向 桁架可能為無橫力的及有橫力的。第一類可依次分為梁式的(圖 302),翅梁式的(圖 311),

及翅式的(圖 312)。第二類可分為拱式的(圖 313)及懸吊式的(圖 314)。更有聯合的體系,例如拱與梁式桁架的聯合(圖 315),懸吊式與梁式體系的聯合(圖 316),拱式附有懸吊式桁架(圖 317),拱式附有繫桿(圖 318)。

3. 依據弦桿的輪廓 桁架可區分為平行弦的(圖 319)及折弦的(或折曲的);後者常稱為曲弦桁架,因其具有的形式,使可繪作某一曲線經過弦桿的各結點。圖 320 示一桁架具有一個折曲弦,圖 321 所示者,具有兩個折曲弦。圖 321 表示一個魚形的桁架。圖 321 中,一弦或兩弦各結點如位於一拋物線上,則桁架名為拋物線桁架,如位於一圓周上,則名為圓弧桁架,其他倣此。

4. 依據腹系的體系 斜桿腹系就是在桁架的每一半,都有斜桿及豎桿交互更迭形成的曲折線(圖 322)。在兩方的半個桁架中,如果斜桿的傾向不同,則中央豎桿並不在此曲折線內,其作用與其他豎桿的作用,性質並不相同。

三角形腹系是這樣一種腹系,其中各斜桿形成曲折線而更迭變換其傾向(圖 323)。除基本的曲折線外,可具有不在曲折線內的豎桿(圖 324)。這種腹系稱為具有附加豎桿的三角形腹系。

半斜桿腹系是這樣一種腹系,其中各斜桿並不由一弦聯接至另一弦,而是由一弦聯接至豎桿的中間點(圖 325)。

雙斜桿桁架,雙腹桿桁架,多斜桿桁架,及多腹桿桁架,是這樣一些桁架,其腹系為兩個或若干個斜桿或三角形腹系組成。圖 326 示雙斜桿腹系,圖 327 示雙腹桿腹系,圖 328 示四腹桿腹系。

斜桿腹系及三角形腹系又稱為簡單腹系,而多斜桿腹系及多腹桿腹系又稱為複雜腹系。

下述腹系常稱為合成腹系;其組成包括簡單的基本的屬於斜桿或三角形類型的腹系,以及一些附加桿件(副桿),其目的大都為了以若干較小節間替代較大節間(圖 329)。除去這裏所述的各類型的腹系外,

可能還有其他類型，我們沒有加以分類的。

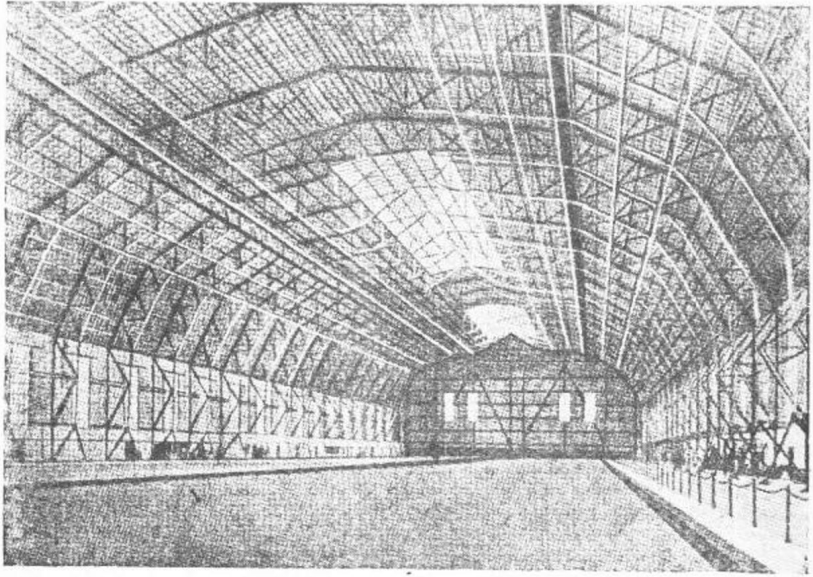


圖 310

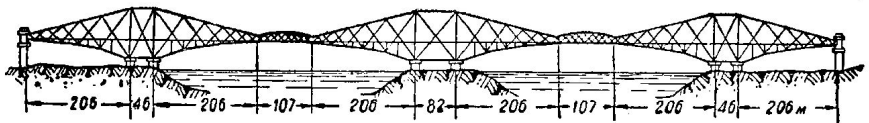


圖 311

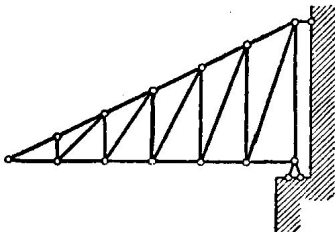


圖 312

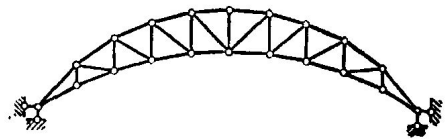


圖 313



圖 320

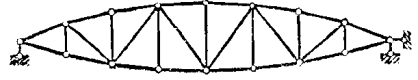


圖 321

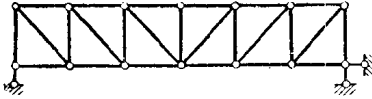


圖 322

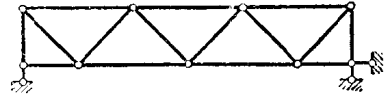


圖 323

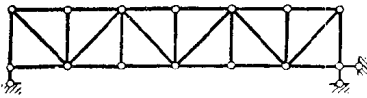


圖 324

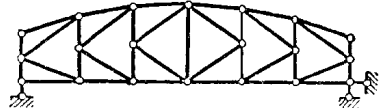


圖 325

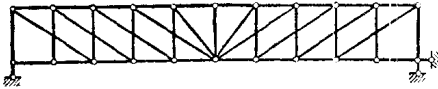


圖 326

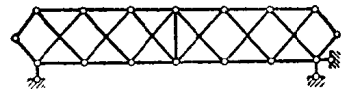


圖 327

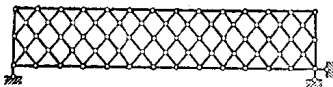


圖 328

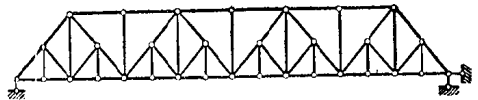


圖 329

§ 3 形成桁架的最簡單規律

由上文，我們已知，一個自由的（不與地面相連接的）圖形，由 Y 個結點組成，結點間以 C 個桿件用鉸聯結，則只有在下列條件之下，才是幾何不變的，同時並不含有冗桿：

$$C = 2Y - 3$$

此條件是必要的，但不足以保證幾何不變性。

包括上文所述在內的更普遍的條件如下：一個圖形必須具有保證

其不變性的機動或幾何構造；易言之，不僅桿件數及結點數而且它們互相聯結的序次本身必須符合幾何不變性的要求。例如圖 330, *a* 是幾何不變的，但圖 330, *b* 雖具有同一桿件數及結點數，然而有一個能夠自由轉動的桿件 2。我們可以說，第一圖的構造，就幾何不變性說來，是可接受的，而第二圖形則不能接受。在一般情形下，即當結點的座標具有任意數值時，可接受的構造保證給定圖形為幾何不變的，但不能同時保證其瞬變性的不存在（參閱下文第五節）。

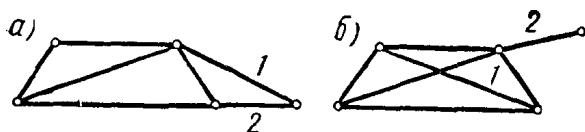


圖 330

在 II, 7 節中，我們已討論過關於平面的不變的靜解體系的幾何構造這一問題。但大多數桁架具有大量的桿件及結點，因此它們的構造問題，具有特別重大意義。

欲使一個具有 Y 個結點及 $2Y-3$ 個桿件的圖形成為可接受的構造，必須而且祇須其中並無具有冗桿的幾何不變的圖形。

爲了證明此語，假設在一個體系中，有一個含有 Y' 個結點及 C' 個桿件的圖形，這裏，

$$C' = 2Y' - 3 + K, \dots\dots\dots (1)$$

$K > 0$ 是冗桿數。圖形的其他部分中的結點數及桿件數，分別等於 $C - C'$ 及 $Y - Y'$ 。由 $C = 2Y - 3$ 式中，減去 (1) 式：

$$C - C' = 2(Y - Y') - K。$$

由所得的公式，可見體系的其他部分沒有充分地固定在圖形上，因爲凡具有 $Y - Y'$ 個結點的圖形若與上述圖形聯結不動，需要 $2(Y - Y')$ 個桿件；故缺少 K 個桿件。總之，凡可設想由一個體系分離出來的任何圖形，必須遵守下列條件：

$$2Y' - C' \geq 3。 \dots\dots\dots (2)$$