

鋼梁懸臂拼裝法

Л·М·塔威爾著



人民鐵道出版社

鋼梁懸臂拼裝法

鐵道部翻譯處譯

江苏工业学院图书馆
藏书章

人民鐵道出版社

一九五三年·北京

526.1

943



鋼梁懸臂拼裝法

著者：И·М·塔威爾

原出版者：蘇聯國立鐵道運輸出版社

（一九四九年出版於莫斯科）

譯者：鐵道部翻譯處

出版者：人民鐵道出版社

（北京市霞公府十七號）

發行者：新華書店

印刷者：人民鐵道出版社印刷廠

（北京市東單二條三十號）

一九五三年十二月初版

書號：149 1—5,100册 5 6,000

原 序

隨着鋼橋修建工程的發展，當我們用鋼梁跨越大河流的時候，在某些情況下，修建拼裝式質架的問題，成爲這樣複雜的一個問題，這個問題解決的順利與否，決定了整個橋梁能否修建的問題。因此，產生不用質架來拼裝鋼梁的思想，是完全合乎規律的。

十月革命以前，在我國幾乎沒有進行過懸臂拼裝。我們知道祇有過一次，就是在1908年修建基奇卡斯市附近的第聶伯河橋時，曾採用過這種拼裝法。十月革命以後，這個問題起了根本變化。在鋼梁設計方面有了一個顯著的改變，從此開始，設計鋼梁結構必須考慮製造上與安裝上的各種條件。像我們這樣的在世界上他處空前未有的工程發展，必然要求一個節省材料而又少費人力的拼裝方法。關於鋼梁的拼裝問題，曾引起許多技術熟練的工程師發生興趣。從那時起，他們就大力地轉向最新的橋梁安裝方法，特別對懸臂梁大橋，廣泛地改用了懸臂拼裝的方法。例如在1932年修建的克斯特羅姆市附近的伏爾加河橋，以及在1933——1934年修建的薩拉托夫城附近的伏爾加河橋。

在偉大的衛國戰爭期間和戰後，懸臂拼裝法開始強烈地發展。現在，我們的建橋機構大部份都已掌握和廣泛採用此種拼裝方法，並且將應用於定型簡支桁梁。目前正在陸續修建伏爾加、第聶伯、頓河及其他河流上的巨大橋梁。在這些工程中，懸臂拼裝法將產生相當大的經濟上的效果。因此，目前研究懸臂拼裝法，是迫切需要的。

本書出版的目的，是爲了幫助從事鋼梁拼裝工作的工程師，綜合分析關於鋼梁懸臂拼裝的理論與實際問題。

交通部橋梁修建總局副局長

工務與工程少將銜工程師舍梁連柯

橋梁修建總局中央設計構造處處長

工務與工程上校銜工程師西傑尼可夫

目 錄

原 序

第 一 章

懸臂拼裝和半懸臂拼裝的概念及其應用範圍。

第一節 應用懸臂拼裝和半懸臂拼裝的各種情況.....	1
----------------------------	---

第 二 章

懸臂拼裝鋼梁的裝置以及兩端拼裝時桁架的閉合。

第二節 理論根據.....	4
第三節 使桁架閉合以及將其改成懸臂式所需裝置的構造.....	14

第 三 章

鋼梁半懸臂拼裝的臨時墩架

第四節 臨時墩架的計算.....	19
一、外力的確定.....	19
二、容許應力.....	23
第五節 臨時墩架的基底.....	23
一、基底種類.....	23
二、施工方法.....	26
第六節 臨時墩架的構造.....	28

第 四 章

懸臂拼裝用的各種吊機

第 七 節	應用於懸臂拼裝的吊機類型	32
一、	懸臂吊機	32
二、	剛架式動臂吊機	33
三、	鐵路吊車	38
四、	牽繫式動臂吊機	39
五、	塔式吊機	43
六、	動臂吊機的絞車	44
七、	吊機類型的選擇	45

第 五 章

懸臂拼裝的施工

第 八 節	總則	47
第 九 節	主梁弦桿接頭位置各種方案的比較	50
第 十 節	以懸臂法及半懸臂法拼裝簡支梁和懸臂梁橋的施工順序	54
第十一節	經濟概念	56
第十二節	懸臂拼裝法施工技術規程	57

附 錄

“橋梁涵洞新建及修復施工規程”第二十一篇摘錄	50
------------------------	----

第一章

懸臂拼裝和半懸臂拼裝的概念及其應用範圍

第一節 應用懸臂拼裝和半懸臂拼裝的各種情況

懸臂拼裝是一種安裝方法，使用該方法時鋼梁的拼裝部份不用質架支承，而是聯結在已經拼就的部份上，形成按拼裝進行方向逐漸增長的懸臂。

如果鋼梁在其全部跨度範圍內的拼接，均不用質架或個別的臨時墩架，則此種拼裝稱為懸臂拼裝。如果鋼梁的某些節點支承在臨時墩架上，則稱為半懸臂拼裝。

因為在拼裝時鋼梁突出部份的作用有如懸臂或是一端固定的梁，因此應當適應可能發生這種作用的若干情形，在某些情況下，它本身自成一個桁架體系，而在另一些情況下，則須人為地使其成為桁架體系。

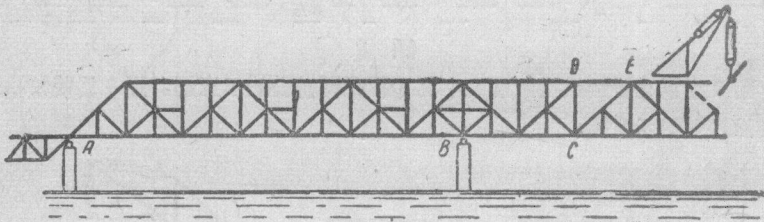


圖 1

例如在圖 1 中，主梁的懸臂 B—C 很自然地適合於懸臂拼裝，但為了用懸臂法拼裝在 B—C 上懸掛的部份應暫時用連結桿 D—E 將其牢固地連接於懸臂，以使在拼裝期中其懸掛部份成為懸臂的延長部份。進行單孔拱橋的懸臂拼裝（圖 2）應以拉桿 A—B 和 A—C—D 將主梁上部的節點連繫於設置在岸上的錨上。將拼接中的主梁改裝成懸臂的方法有時是很複雜的並且需費頗大，因此懸臂拼裝法雖然無需使用質架，但並不是在任何情況下都是最經濟的。

鋼梁的懸臂拼裝可以從一個方向進行，也可以從兩端向中間進行，但是在後一種情況下，安裝工作行將完成時必須進行一項將鋼梁閉合的工作，將鋼梁的兩部份連接成一整體（圖 2）。

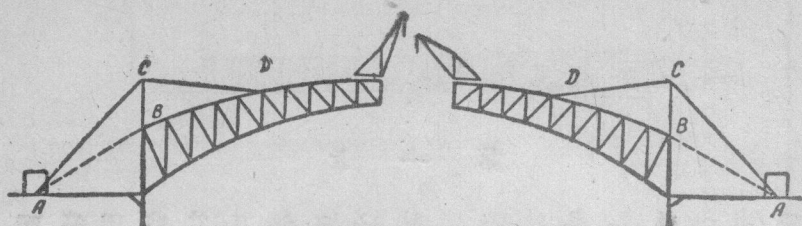


圖 2

懸臂拼裝時，懸臂的最大容許長度，決定於桁架桿件中在拼裝時所發生的應力，並且在某些非用懸臂拼裝法不可的情況下，桿件截面還應特別加大。

在另一些情況下，由於不能設置中間支點，懸臂在拼接中突出長度大於按照桁架桿件應力所容許的長度時，應設置如圖 3 所示加強桿式的分力裝置 k/nm 。爲了使這種裝置穩固受力，應在立柱 $n-l$ 下安設水壓千斤頂。

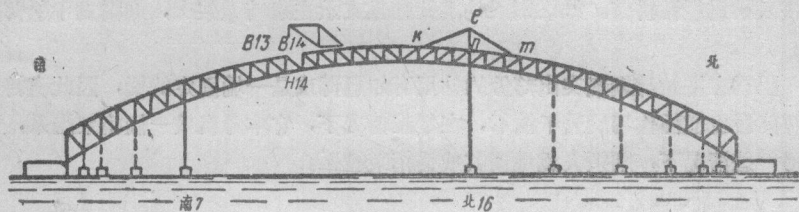


圖 3

圖 2 爲單孔雙鉸拱從兩端向中間進行懸臂拼裝的示意圖。圖 3 爲雙鉸拱以半懸臂法拼裝的示意圖。

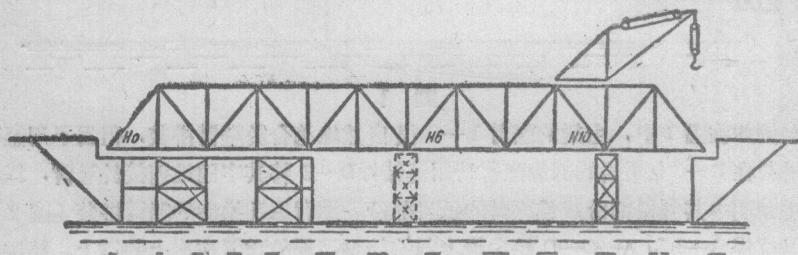


圖 4

圖 4 爲單孔簡支桁梁橋以半懸臂法拼裝的示意圖。在開始的四個節間下安設滿佈式置架；在 H6 和 H10 節點處設置臨時的間斷式墩架。使用這樣的方法可以拼裝多孔不連續桁梁橋或多孔連續桁梁橋的前數孔和懸臂梁橋的錨固跨度（端孔）。

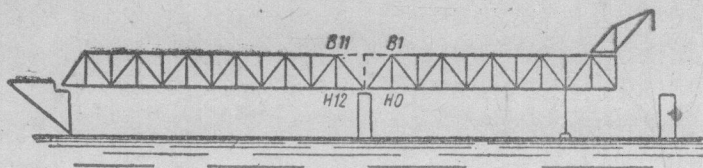


圖 5

圖 5 為多孔不連續簡支梁橋第二孔的懸臂拼裝示意圖。利用輔助桿件 B11—B1 和 H12—H0 將拼裝中的鋼梁暫時和前孔相連接。如果安裝應力超過容許應力時，則應安設臨時的間斷式墩架，其數量的多少視懸臂的最大容許長度而定。

如第二孔完全用懸臂法拼裝時，應在第一孔的前幾節中增加荷重，以保證鋼梁應有的穩定性。拼裝連續桁梁的第二孔和其他各孔，亦應同樣辦理。

如果第一孔必須要用懸臂法拼裝時，應在岸上拼裝平衡用的鋼梁，並將第一孔懸臂拼裝的鋼梁連接於平衡梁上。如有業已做好的橋台和路堤時，平衡梁可在置於路堤上面的木垛上進行拼裝，因此，用懸臂法拼好的鋼梁，與平衡梁分開之後，必須降落至橋台擋牆部份的高度。這種安裝法使用於具有數孔的橋，堪稱最為適宜，因平衡鋼梁拆散後仍可作為一孔主樑使用。

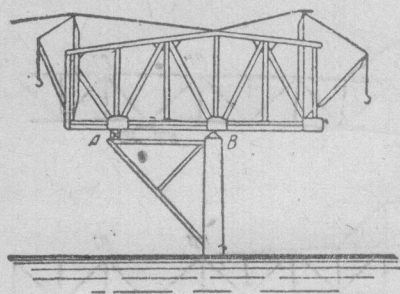


圖 6

圖 6 為均重對稱懸臂拼裝的示意圖，該法是從任一橋墩開始同時向兩端進行拼裝。

此種拼裝應由一個橋墩平衡地向兩端進行，但因實際上不可能完全平衡，為了保證鋼梁的縱向穩定性，應在橋墩上增設懸臂形鋼架，俾使鋼梁在節點 A 處承托在該項懸臂鋼架上。此項懸臂有如拼裝開始的基地，是很必要的。節點

A 處的支承結構應具有傳達正號支點反力與負號支點反力的可能性，並且具有將該節點升起或降落的可能性。節點 A 至節點 B 間的距離一般等於兩節間長，在一端多拼的最大容許程度決定於支承用懸臂鋼架中的內力和橋墩拉應力的大小。

以經濟觀點來看，如果合算時，可在節點 A 的下面修建臨時墩架代替支承用的懸臂鋼架（57—59 圖）。

當水位很深，修建實架或臨時墩架有困難時，橋梁的安裝可用均重對稱拼裝法進行。

鋼梁的懸臂拼裝和半懸臂拼裝在下列情況下採用之：

1. 由於水流太深，河床堵塞，通航妨礙，有流冰到來的可能性等等原因而不能修建滿佈式實架時；
2. 根據經濟觀點，為了縮減修建實架的工作量或根本避免修建實架時。

第二章

懸臂拼裝鋼梁的裝置及兩端拼裝時 桁架的閉合

第二節 理論根據

用以固定拼就的鋼梁懸臂部份的一切裝置，常常同時也可作為雙向拼裝時閉合桁架之用。因此，首先應研究一下所有可能採用的鋼梁的閉合方法。

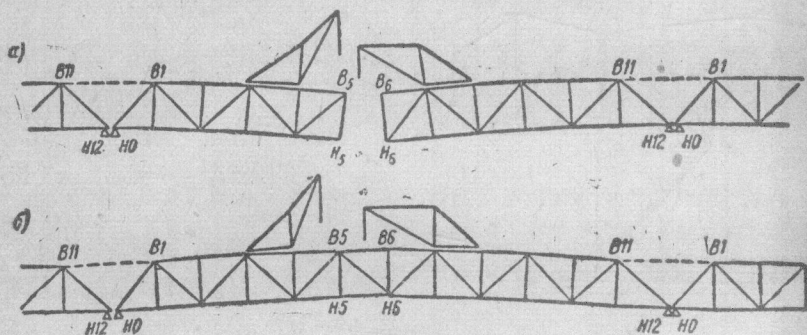


圖 7

茲假定，用懸臂法從兩端向中間拼裝多孔不連續簡支桁梁橋的一個中跨的鋼梁（如圖 7）。為了能進行此種安裝方法，拼裝中的鋼梁其兩相鄰孔的盡端應當用安裝桿件 H0—H12 和 B1—B11 相連接。在拼裝期中，每半個桁架所起的作用有如懸臂一樣，並且承受由於自重和安裝荷重（吊機重量，懸吊腳手架重量等等）所生的撓曲。此外，由於溫度的影響，兩半個拼裝中的鋼梁端頭節點間的理論距離亦將發生變化。因此，閉合節間 H5, H6, B5, B6, 亦即其中應安設連接兩半個桁架用的桿件的節間，將形成這樣的幾何輪廓，以致不能將設計長度的桿件安裝在內。（這裡所謂設計長度係指工廠的製造長度，也就是考慮桁架上彎度在內的長度）。

爲了能够安裝閉合節間內的桿件起見，兩半個鋼梁拼裝的進行，務須做到，雖然懸臂由於自重和安裝荷重而產生變形，但閉合節間仍保持着設計的幾何尺寸。加用適當長度的輔助桿件 B1—B11 和 H0—H12 即可達到此項目的（圖 7B）。但是，在這種情況下，由於計算的變形可能和實際的變形有些差別，並由於不能預先正確地計算進行閉合時的溫度，閉合節間內的桿件上的工地鉚釘孔可能和兩懸臂盡端桿件上相適應的孔眼不能吻合。爲了使牠們吻合，必須施行專門作業，將拼裝中的兩個鋼梁部份調節到能將工地鉚釘孔對準的位置。

實際上，由於橋墩位置的不够準確以及工廠製造與安裝之間不可避免的差誤，在精確地保持桁架幾何形狀的情況下，使閉合處的工地鉚釘孔完全吻合是很困難的；所以，在多數情況下，工地鉚釘孔即在工地鑽成。

十九世紀時，爲了能够安裝閉合桿件計，往往用冰將其變冷，或者相反地，用人爲的方法將其加熱。

人爲的改變閉合桿件溫度的方法，已不再採用，因爲現在已有更簡單更精確的方法。

茲假定說，將鋼梁的兩個部份調節至閉合節間內的桿件能按鉚釘孔正確地裝入的狀態。

將鋼梁調節至這種狀態，可在梁上附加幾個外力因素的辦法來達成，這些外力因素的大小根據以下幾點就能很容易地計算出來。顯然，因爲每一個在已知外力作用下不改變形狀的結構體系，只能有一個平衡狀態，因此閉合桿件能够裝入時，桁架的狀態，與按照廠製圖形拼接，使桁架自重、安裝荷重及某些附加荷重在閉合桿件中所造成的應力等於零的狀態，沒有任何區別，也就是給了桁架以拆開的可能性。這樣，求算使鋼梁兩部份達到可能閉合位置的外力因素，即等於求算廠製形狀的桁架可能分開的外力因素。

要將桁架分開，應當拆掉三個必不可缺的聯結桿，例如兩個弦桿和一個斜桿，因爲，倘若桁架沒有多餘的聯結桿，也就是說牠是靜定式的桁架，拆開後即變爲具有三相自由的體系。例如，不連續簡支梁拆開後即變爲具有三相自由的體系（兩個部份各圍繞着支座滾軸旋轉，帶有活動支座的部份向前移動）。

具有一個多餘的聯結桿的雙鉸拱，拆開後即變爲具有兩相自由的體系（兩個部份各圍繞着支座滾軸旋轉）。

具有三個多餘的聯結桿的無鉸拱，拆開後變爲穩定的靜定體系（兩個一端固定的懸臂）。在拼裝進行時，也就是在閉合之前，桁架形成相當於分裂體系的狀態，由此可見，以懸臂法拼裝少於三個多餘聯結桿的桁架時，須在每半個桁架上增加臨時聯結桿。比方說，拼裝不連續簡支梁，必須裝置兩個拉桿 B1—B11，並

在活動支座端，裝置一個橫撐（H0—H12）（圖 7）。爲了使雙鉸拱可能用懸臂法拼裝起見，每半個拱應用拉桿 C—B 固定（圖 2）。拼裝無鉸拱無需引用附加的聯結桿，因爲拼裝時每半個拱本身即成爲剛性的懸臂，雖然在這種情況下常常也引用附加的聯結桿，但那是爲了減少拼裝中的桁架桿件中的應力和變形的（圖 15）。

如果桁架有三個以上必不可缺的多餘聯結桿時，拆開後將自成兩個桁架，並且二者或是其中之一將爲靜不定式。

例如，具有四個多餘的聯結桿的（支承聯接桿的）五孔連續梁（圖 8）；若我們加一水平聯接桿，變五號支點爲不移動的支點，並在第三孔將梁切斷，我們便取消了三個聯結桿，並且改成了具有 $4+1-3=2$ 個多餘聯結桿的兩個二孔連續梁體系。

能够藉以拆開桁架的外力因素有下列幾種：

1. 可在節點 a、b、c、d 處（圖 9）放置順沿桿件中心軸的相等而相反的力，力量的大小應保證能够將拆開處節間中的聯結桿除去。爲此，務須使這些桿件中的應力等於零，並使以這些桿件連接起來的節點間的距離 $l + \Delta$ 變爲 l （此式中 l 等於廠製桁架圖形中節點中心間的距離， Δ 等於桿件的伸長或縮短）。

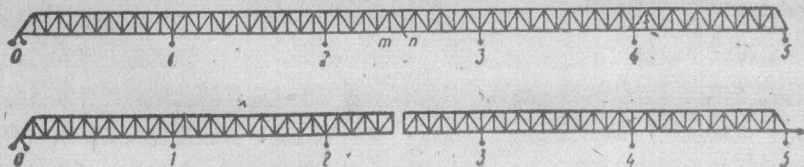


圖 8

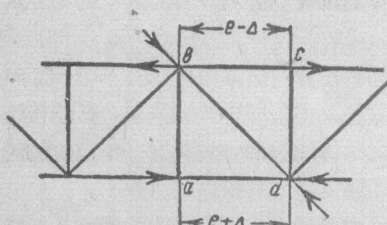


圖 9

對於沒有多餘聯結桿的體系，取消桿件所需要放置在節點上的力，等於作用在這些桿件中的應力。實際上，在結構體系中取消一個聯結桿並代以相等於該桿件應力的外力之後，我們便得到一個當節點間距等於 l 或 $l \pm \Delta$ 時均屬平衡的機構體系。至於具有多餘聯結桿的結構體系，取

消其中某一桿件須在該桿件所連接的節點上放置的外力，一般說來，不等於該桿件中的應力。

顯而易見，爲了進行閉合必須在閉合節間中節點上加以應力，其值與拆開該桁架所需的應力相等。

加置於節點上的相等而相反的外力可以用連接這些節點的裝有螺旋式或水壓式千斤頂的臨時桿件來達成。這些桿件的構造應使牠們不妨礙閉合桿件的安裝。這種結構是複雜的，因此，上述閉合方法很少採用，一般是和其他方法配合使用。

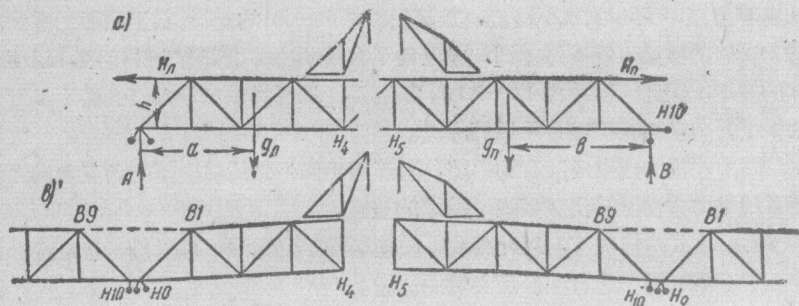


圖 10

2. 變第一支點為不移動的支點，並加置水平力 H_n 和 H_n 於節點 B1和B9處，便可將不連續的簡支桁梁在節間 4~5 處拆開（圖10）。這些力的大小應當這樣選定，務使桿件中的應力等於零，並且可能將它們除去。顯然，將它們除去後，兩半個梁均將形成懸臂或是一端固定的梁，而應力 H_n 和 H_n 將等於下列的工程式：

$$H_n = \frac{g_n a}{h} \quad \text{和} \quad H_n = \frac{g_n b}{h}$$

式中： g_n = 桁架左部的重量。

a = 從左面支點至桁架左部重心的距離。

h = 桁架高度。

g_n 和 b = 桁架右部同樣的數值。

支點反力 $A = g_n$ 和 $B = g_n$ 。

很明顯的，外力 H_n 和 H_n 等於使桁架兩部份形成懸臂所不可少的（圖10.b）附加桿件 B1—B9 中所產生的應力。

為了將桁架兩部份圍繞支點 A 和 B 旋轉至可以進行閉合的位置，必須在聯結桿 B1—B9 內設置螺旋式或水壓式千斤頂，依靠這些千斤頂的作用，可使這些聯結桿伸長或縮短。很明顯的，此時聯結桿中的應力將永遠等於 H_n 和 H_n ，因為如果沒有這些桿件，每半個桁架將各成一個可以圍繞支點 A 和 B 旋轉的不穩體系。

為了彌補溫度變化的影響，兩半個桁架的一個（例如右半個）應以改變聯結桿H10—H0長度的方法，使其具有向前移動的可能性。

爲了將兩半個桁架在進行閉合時的必需的移動減低到最小程度，應當預先計算在閉合時配置在節點B₉和B₁的拉桿B₉—B₁的長度。爲此，應當檢驗在承受自重，安裝荷重，和H_n及H_n外力的情形下的中孔閉合桁構，以及承受自重和H_n及H_n的邊孔桁構，並且用維利奧圖解法或用馬克思威爾—慕爾公式的分析計算法求算節點B₁及B₉的水平移動，並算出拉桿B₉—B₁的變形。爲了須要考慮到計算的和實際的移動可能有些差別，並且爲了在接頭處必須留有少許空隙，以便利桿件的製造，因此應將拉桿B₉—B₁再事縮短，以便調整工地鉚釘孔時不必將兩半個桁架升高，而相反地是將牠們降低。

爲了在接頭處做成應有的空隙，因而兩半個桁架能够旋轉的角度求出之後，便可用幾何方法計算出該項應予縮短的數值。

3. 在某些情況下，以升高或降低桁架支點的方法，可以很容易地將拼裝中的桁架調節到爲了進行閉合所必需的位置。

假定說，須將一座從兩端向中央拼裝的三孔連續梁在中孔內閉合，很顯然，這個題目與用懸臂法從兩端向中央拼裝三孔不連續簡支梁，或是拼裝三孔懸臂梁橋的中孔的閉合是一樣的，因爲要使懸臂拼裝可能進行，在第一種情況下，中孔鋼梁的兩半個梁應與邊孔鋼梁連接，而在第二種情況下，安裝時應使樞鉸失去作用。如此，不連續簡支梁橋或懸臂梁橋的兩端拼裝法與連續梁的拼裝法相同。

根據上述，我們可以轉過來解決相反的題目，即假定要将拼裝好的梁在H₁₂—H₁₃節間處（圖11）拆開。須將支點A和D降低 Δ_A 和 Δ_D ，使擬行拆除的節間內的桿件（即弦桿H₁₂—H₁₃，B₁₂—B₁₃和斜桿H₁₂—B₁₃）中的應力適等於零。不難相信，若弦桿B₁₂—B₁₃和斜桿H₁₂—B₁₃中的應力等於零，則H₁₂—H₁₃弦桿中應力亦將等於零，因爲這是根據具有活動支點的半個桁架成爲平衡狀態的條件得出來的。如此，我們就有兩個可以求出未知數 Δ_A 和 Δ_D 的條件。

拋掉已降低的支點A和D，並用反力 X_A 和 X_D 來代替牠們，我們將得到支承在支點B和C上的有如雙懸臂梁似的基本體系，並可按馬克思威爾—慕爾公式作爲求算承受自重，安裝荷重和 X_A 及 X_D 力的雙懸臂桁架的末端撓度一樣地求出 Δ_A 和 Δ_D 的數值。

未知數 X_A 和 X_D 很容易求出來，因爲結構體系在拆開的情況下，可以作爲兩個靜定式單懸臂梁看待。

可見，爲了要将桁架閉合，應將支點A和D降低 Δ_A 和 Δ_D 這麼大的數值。俟閉合節間內的桿件拼鉚完了之後，再將支點A和D安設在設計的水平上。

爲彌補溫度變化的影響，閉合時應使一端的半個桁架向前移動。進行拼裝時，支點A和D均應保持不動。

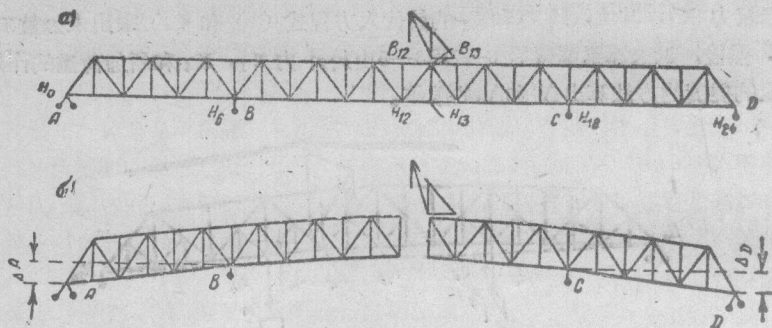


圖 11

茲再研究一下閉合五孔連續桁架的中孔的情況，根據上述，這種情況與五孔的不連續梁橋或懸臂梁橋在中孔閉合的情況相同。像往常一樣，我們轉過來解決相反的關於拆開桁架的問題。

假定說，我們將支點1降低 Δ_1 和支點4降低 Δ_4 （圖8）的方法，在第2—3孔的m—n節間處拆開五孔連續桁架。

拋掉已降低的支點1和4，並用反力 X_1 和 X_4 來代替牠們，我們將得到 支承於支點0, 2, 3和5上的承受自重，架設荷重和 X_1 及 X_4 力的三孔連續桁架，將支承在支點0和5上的梁當作基本體系，可以寫出下列聯立方程式：

$$X_1 \cdot \delta_{21} + X_2 \cdot \delta_{22} + X_3 \cdot \delta_{23} + X_4 \cdot \delta_{24} + \delta_{2p} = 0; \dots\dots(1)$$

$$X_1 \cdot \delta_{31} + X_2 \cdot \delta_{32} + X_3 \cdot \delta_{33} + X_4 \cdot \delta_{34} + \delta_{3p} = 0. \dots\dots(2)$$

式中： X_2 和 X_3 ——支點2和3處的支承反力。

δ_{21} ——由於外力 $X_1 = 1$ 所造成的節點2的位移；

δ_{31} ——由於外力 $X_1 = 1$ 所造成的節點3的位移；

δ_{22} ——由於外力 $X_2 = 1$ 所造成的節點2的位移；

δ_{23} ——由於外力 $X_3 = 1$ 所造成的節點2的位移；

δ_{24} ——由於外力 $X_4 = 1$ 所造成的節點2的位移；

δ_{33} ——由於外力 $X_3 = 1$ 所造成的節點3的位移；

δ_{34} ——由於外力 $X_4 = 1$ 所造成的節點3的位移；

δ_{2p} 和 δ_{3p} ——由於桁架自重和安裝荷重所造成的節點2和3的位移。

所有位移均為基本體系的位移。

因為桁架在節間 m—n 處拆開後，我們可以將全部結構體系當作支承在支點 0—2 和 3—5 上的承受自重和 X_1 及 X_4 力的兩個單懸臂梁，因之，我們可以以外力 X_1 和所加荷重的函數來表示支點反力 X_2 ，而以外力 X_4 和所加荷重的函數來

表示反力 X_3 。其次，將 X_2 和 X_3 的值代入方程式 (1) 和 (2) 求出未知數 X_1 和 X_4 ，然後，以求算單懸臂梁 0—2 與 3—5 由於外力 X_1 ， X_4 和所加荷重的作用而產生的撓度的方法算出 Δ_1 和 Δ_4 的數值。

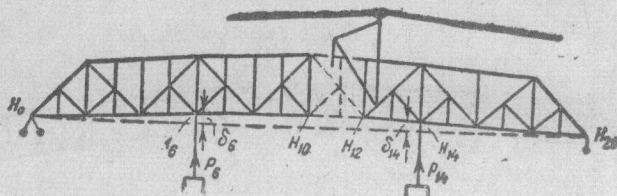


圖 12

在許多情況下，以降低支點來閉合桁架的方法是最簡單的，因為它不須要任何複雜的特殊裝置。加斯特羅母城伏爾加河橋的鋼梁即用這種方法閉合的。

4. 對於從兩端進行懸臂拼裝的鋼梁，可在其上附加從下至上的豎直作用的外力以閉合其行將拼合的部份。

實際上，為了達成這些外力，必須設置在安裝時有利於將懸臂拼合部份長度縮短的臨時支點。因此，這種閉合方法適用於半懸臂拼裝。

求算上述力量的大小，根據前述必須轉過來解決相反的問題，也就是研究一下該項在承受自重與安裝荷重時的桁架被拆開的情況。

第十二圖表示用半懸臂法安裝的簡支梁，安裝時最後的臨時支點設置在節點 H_6 和 H_{14} 處（其他支點在閉合時已拆掉）。要確定在閉合時節點 H_6 和 H_{14} 應當升起的高度 δ_6 和 δ_{14} 的數值，應計算行將接合的桁架在承受自重，安裝荷重和作用於節點 H_6 與 H_{14} 的豎向力 P_6 和 P_{14} 的情況下的撓度，垂直力 P_6 和 P_{14} 的數值，按照令大節間內桿件的應力等於零的情況求算。（伯蒂氏桁架中兩個節間成爲一個大節間——譯者）

不難相信，若該節間內兩個桿件中的應力（例如上弦的和斜桿的應力）變爲零，則下弦的應力也將等於零，這是由於具有活動支座的右部桁架處於平衡狀態的結果。

如此，令閉合節間內兩個桿件的應力等於零，是求算 P_6 和 P_{14} 二力不可缺少的條件。

在拆開的時候，每半個桁架將各自成爲支承於兩個支點上的帶懸臂的梁，外力 P_6 和 P_{14} 可以很容易的被求出。

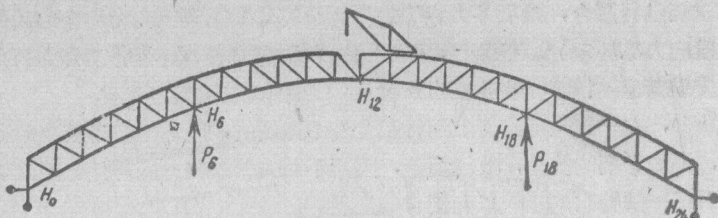


圖 13

撓度 δ_6 和 δ_{14} 可按馬克斯威爾——慕爾公式求算。

爲了在節點 H_{12} 處拆開三鉸拱桁架，可在其上加置兩個垂直力 P_6 和 P_{18} ，力量的大小按照在通過節點 H_{12} 中心的斷面上令法向力和橫向力都等於零的情況求算。拆開後每半個拱即將各自成爲一個具有支點 H_0 和 H_6 的，和一個具有支點 H_{24} 和 H_{18} 的單懸臂梁，此時節點 H_6 和 H_{18} 上的支承反力即等於所要求算的力 P_6 和 P_{18} 。用半懸臂法拼裝桁拱，閉合時臨時支點 H_6 和 H_{18} 上的反力也將等於 P_6 和 P_{18} 。

爲了閉合桁拱，須將節點 H_6 與 H_{18} 抬起的高度 δ_6 和 δ_{18} ，可以比照求算三鉸拱由於自重，安裝荷重與外力 P_6 和 P_{18} 的作用，在節點 H_6 和 H_{18} 處所產生的撓度的辦法求算。

第三圖所示的橋可以作爲用臨時支點將跨度爲503.5公尺的雙鉸拱閉合起來的範例。

桁拱的拼裝是在一系列的臨時支點上逐次地從兩端向中間進行的。閉合時除了南面的支點南7和北面的支點北16而外，其餘支點都被拆掉。閉合過程分爲兩個階段。在第一階段中桁拱在節點 H_{14} 處閉合，一如具有臨時樞鉸的三鉸拱，並使設置在支點南7和北16上的千斤頂的壓力等於零。

爲了將拱變爲雙鉸式，必須安裝上弦桿 $B_{13}-B_{14}$ ，爲此，應在安裝時給予該桿件以相當於它在雙鉸拱內所承受的應力，爲了達成該項應力應在支點北16處設置千斤頂，造成一種壓力，使雙鉸拱承受自重和安裝荷重時其桿件 $B_{13}-B_{14}$ 中的計算應力等於零。在這以後，即可將該項桿件安裝於設計位置上。

5. 在某些情況下，可以兼用1、2、3項中所述的方法，進行閉合。

作爲示例，我們來研究一下使截面均等不變的無鉸式桁拱閉合的可能方法。桁拱常常是在中央截面處進行閉合，因爲這樣計算和施工都可簡化。根據這個原因，在閉合時，最好使所有的安裝荷重對於拱的中心互相對稱。

若用不設中間墩架的懸臂法拼裝兩半個桁拱，須在拱頂處加置相等而相反的