

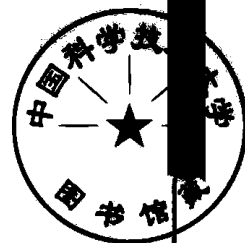
鋼橋設計

李國豪編

龍門聯合書局出版

鋼 橋 設 計

李 國 豪 編



龍 門 聯 合 書 局 出 版

鋼橋設計

李國豪編

★版權所有★

龍門聯合書局出版

上海南京東路61號101室

中國圖書發行公司總經售

華文印刷局印刷

濟甯路143弄4號

1954年1月初版

印數0001-2500冊

新定價 26,500

上海市書刊出版業營業許可證出029號

緒 言

本書是編者在同濟大學講授鋼橋設計所用的講義。初稿寫於1951年冬。其間曾用以講授兩次，並修改了兩次。雖然它還不夠完善，但因國內亟需這種資料，作為教材或實際工作參考之用，故決定把它付印，以期拋磚引玉。

編者年來講授鋼結構的課程時，把它分成兩部份。第一部份包括鋼結構設計的基本原理。拙著“鋼結構設計”即為這部份的教材。在學生掌握這些基本原理之後，才進而講授第二部份，它包括整個建築物的構造及其設計的原理和細節。本書就是關於鋼橋方面的這種講義。

本書討論的對象是固定的鐵路鋼橋和公路鋼橋。結合國內當前鋼橋建築的實際情況，對於鐵路鋼橋的敘述稍為着重一些；鈹梁橋及桁梁橋的討論又比拱橋及框架橋詳細一些；關於吊橋則僅作簡要的介紹。書中內容的安排大致按照設計的程序。為了使學生重點地對於梁橋的設計獲得完整的概念，同時為了便利課程設計的進行，梁橋的撐架及支座是跟着梁橋的構造加以講述。在書中討論設計原理及細節時，凡在“鋼結構設計”中已闡明的基本原理及計算方法，一般不再重複。

中央人民政府鐵道部在1951年十二月頒佈的“鐵路橋涵設計規程”及交通部在1951年制定的“公路工程設計準則草案”是本書編寫時的依據。為了使學生不但熟悉規範而且知其來由，編者力求從理論上來闡明和討論有關的規範條文。書中不但貫串着我國規範的內容，而且就編者能力所及，儘量採用國內現成橋梁的資料以為示例，使本書不僅僅是中文教材，而且力求其為中國教材。不過，在這方面，本書尚有待於今後在祖國大規模經濟建設中所建造的鋼橋作為實例來充實改進，並盼各方批評指正。

書末附有兩個由胡匡璋先生所作的鐵路橋的設計例題，它對於初學者運用設計原理和工程規範以進行設計有很好的幫助。胡先生並且協力校對本書，同時對書中若干地方提供了很好的改進意見。所以本書的完成是和胡先生的熱心合作分不開的。

書中的插圖大部份係由同濟大學前出版組關震榮先生及王漢銓先生為原用講義所繪製。特在此誌謝。

李國豪 一九五三年十二月於上海同濟大學

目 錄

第一章 我國鋼橋建築的歷史及其發展	1
第二章 鋼橋的構造和分類	3
一、鋼橋的構造	3
二、鋼橋的分類	4
第三章 初步設計	8
一、準備工作	8
二、初步設計的要點	8
1. 橋位選擇	8
2. 淨空、跨度及主梁式樣	9
3. 橋的縱切面佈置	10
4. 橋的橫切面佈置	11
第四章 橋上的作用力	14
一、作用力的種類	14
二、鋼橋的恆載重	15
1. 鐵路橋的恆載重	15
2. 公路橋的恆載重	16
三、動載重	17
1. 鐵路橋的動載重	17
2. 公路橋的動載重	20
3. 行人重量	22
四、動載重的衝擊力	22
1. 衝擊力的實際計算方法	22
2. 衝擊作用的理論分析簡略	23
五、離心力、制動力和車輛橫向擠壓力	28
1. 離心力	28
2. 制動力	29
3. 車輛橫向擠壓力	29
六、風力、雪載重、溫度影響及其他作用力	29

1. 風力	29
2. 雪載重	30
3. 溫度影響	30
4. 活動支座的摩擦阻力	31
5. 橋墩台沉降的影響	31
第五章 構件切面設計的基礎	32
一、鋼料及最小切面	32
二、容許應力及安全度	33
1. 容許應力	33
2. 安全度	35
三、撓度與拱度	37
四、穩定度	38
第六章 橋道、橋道梁及欄杆	39
一、鐵路橋道及橋道梁	39
1. 鐵路橋道	39
2. 鐵路橋的縱梁及縱梁撐架	43
3. 鐵路橋的橫梁及其連接	48
4. 煞車架與橋道梁的附加應力	53
5. 鐵路橋道末端及中斷的構造	57
二、公路橋道及橋道梁	59
1. 公路橋道	59
2. 公路橋的橋道梁	62
3. 公路橋道的末端構造	63
三、行人道及欄杆	65
1. 行人道	65
2. 欄杆	65
第七章 型鋼梁橋和鈹梁橋	67
一、型鋼梁橋	67
二、鈹梁橋的各種式樣及其優缺點	69
三、鈹梁設計要點	71
四、鐵路鈹梁橋	74
五、公路鈹梁橋	79
第八章 桁梁橋	84
一、桁梁橋的式樣	84
二、桿的切面設計	86

三、桿的節點連接	89
四、桁梁橋的風架和橫撐架的構造	96
1. 風架	96
2. 橫撐架	98
第九章 梁橋的風架和橫撐架的分析	101
一、風架的計算	101
二、橫撐架的計算	105
1. 桁架式的橫撐架	106
2. 穿式桁梁橋的橋門架	108
3. 穿式桁梁橋的半框架的計算	109
第十章 梁橋的支座及鉸	114
一、支座的作用及其安排	114
二、固定支座	115
三、活動支座	118
四、錨座	123
五、鉸	125
六、支座及鉸的計算	129
1. 下支座的大小及其厚度	129
2. 上支座的厚度	132
3. 支座中接觸面的計算	132
第十一章 拱橋和框架橋	136
一、鈹拱和桁拱	137
1. 拱的各種式樣及其優缺點	137
2. 鈹拱橋	139
3. 桁拱橋	150
二、桿拱	156
三、框架橋	157
第十二章 吊橋	161
一、吊弦	161
二、吊弦兩端的錨	163
三、塔	166
四、吊桿	171
五、加勁橋	172
六、吊橋計算簡略	173

例題	175
I. 單軌鐵路鉸梁橋設計	175
一、基本條件	175
二、主梁設計	175
三、風架及橫撐架	184
四、傾覆穩定度	185
五、支座	186
II. 單軌鐵路桁梁橋設計	189
一、基本條件	189
二、橋道	189
三、主梁	196
四、橋門架設計	213
五、風架及煞車架	217
六、支座設計	223
型鋼表	

第一章 我國鋼橋建築的歷史及其發展

我國在橋梁建築上有許多傑出的發明和創造。一千多年前就發明了索橋，建造在西南各省的許多河流上。其中以1696年在西康省瀘定縣城西大渡河上建造的瀘定鐵索橋最爲特色，它與著名的趙州石拱橋遙相媲美。瀘定橋長311尺，寬九尺，由九根粗鐵鍊組成，中間五根平列，承托橋板，其餘四根分作兩邊扶欄，行人車馬都可以在橋上往來。1935年紅軍二萬五千里長征中曾英勇搶渡這座橋。瀘定橋的建造比歐洲(英國)在1779年用鑄鐵做的第一座三十一公尺的拱橋早83年，比美洲在1801年做的七十英尺的第一座鐵索橋早105年，而且它的跨度也比後面兩座橋的大很多。尤其是橋下水流湍激，如何用人力將每根重一噸半的鐵鍊繫於兩岸的橋亭下並將其絞緊，殊不簡單，可見其技術之高。

跟隨着鐵路和公路的修築，我國在最近數十年內，也修了若干鋼橋，例如京漢路榮澤口黃河鐵橋(1903—5)、津浦路濮口黃河鐵橋(1907—12)、浙贛路錢塘江橋(1935—7)等。但是，當時在帝國主義的壓迫和反動政權的統治下，鋼橋的修造和鐵路同樣地被帝國主義者所壟斷包辦，數量既少，質量一般也差，而且根本不可能發揮我國人民發明創造的智慧。所以在這數十年的長期間沒有什麼成績可言。

但是，在新中國成立前後的最近幾年中間，由於我們學習了蘇聯的先進技術，發揮了羣衆的高度智慧，我國在鋼橋修建方面已經取得了輝煌的初步成就。以鐵路橋梁爲例，僅僅在1949年就修復了被反動派所破壞的八千多公里路線上的橋梁2175座，共長九萬公尺，其中很多是鋼橋。很突出的一個改進舊橋的例子是京漢路黃河鐵橋的加固。解放之前，這座五公里長的鋼橋從橋面至基礎都失却養護，火車須分段在橋上駛過，費時達三小時之多。而加固之後，列車駛過僅需時五分鐘。在1950至1952的兩年中新修的一千二百餘公里鐵路上，如成渝鐵路和天蘭鐵路，許許多多的鋼橋都是我們自己設計建造的，並採用了蘇聯先進的架設方法。例如成渝鐵路上的沱江大橋是採用連結拖拉法架設的，節省了鷹架並縮短了工時。在橋梁架設方面，上海鐵路局在換一孔35公尺長150噸重的撫河大橋的鋼梁時，甚至創造了施工僅僅十八分鐘的紀錄。

三四年來鐵路上和公路上許許多多橋梁的修復、加固和修建，對於解放戰爭的迅速勝

利和國家經濟的迅速恢復，都起了極大的作用。跟隨着大規模經濟建設而來的大規模的鐵路和公路的修築，我國的鋼橋建築將空前迅速發展，我國人民又將以傑出的發明和創造在橋梁工程的科學技術上放射光芒。

第二章 鋼橋的構造和分類

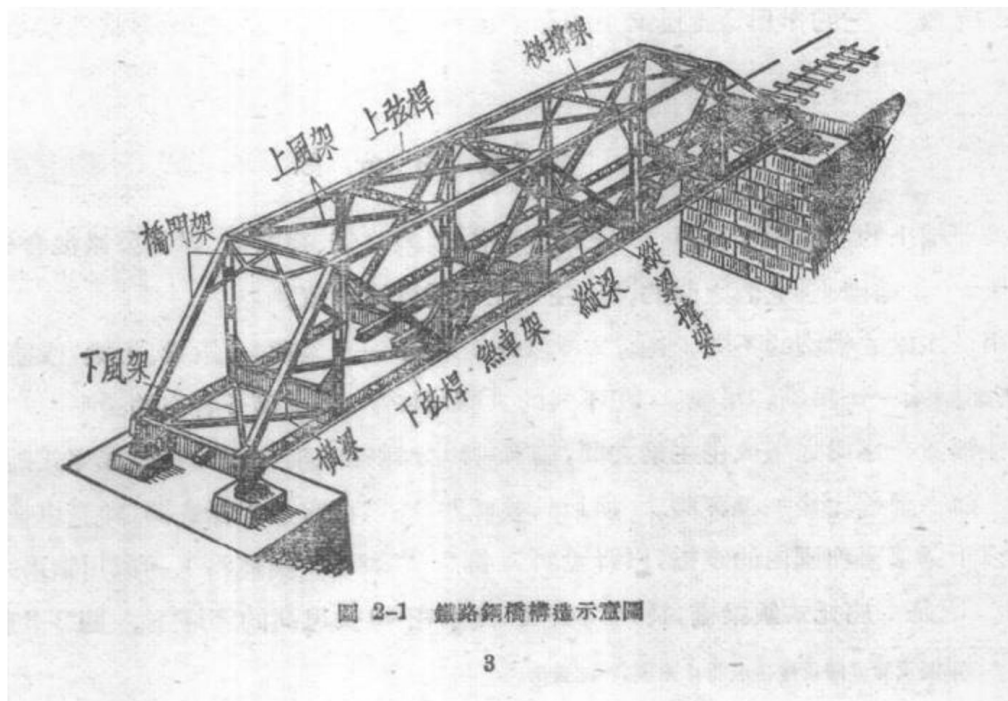
一、鋼橋的構造

一座橋普通是由上部建築及下部建築所組成。橋台、橋墩及基礎統稱為下部建築；支座以上的承重結構叫做上部建築。所謂鋼橋是指主梁由鋼製成的橋梁。

鋼橋有許多優點。第一、由於鋼料有很高的強度，鋼橋本身的重量比較小，因而它可以達到很大的跨度。第二、鋼橋的構件可以在工廠中製造，既迅速又準確，而且可以保證製作的品質。第三、可以先做好很大的構件或整個鋼梁，然後運到工地，運用機械迅速架設。第四、在妥善的保養下，鋼橋的壽命很長，但是次於石橋和鋼筋混凝土橋。

鋼橋也有它的缺點，主要是鋼料的銹蝕。因此鋼橋需要妥善的和經常的檢查養護，特別是及時的油漆。在設計的時候，則須注意構件上不得有積藏雨水的死角。其次，在目前國內情況下，鋼橋的造價一般比鋼筋混凝土橋的高些。

鋼橋的主要構成部份如下(參閱圖 2-1)：



1. 橋道和行人道。它是直接承受車輛的或行人的重量的結構。
2. 橋道梁。它是支承橋道的結構，一般是由和主梁平行的縱梁及和它垂直的橫梁所組成。橋道上的載重普通先傳至縱梁，然後通過橫梁而到達主梁。
3. 主梁。它把恆載重(橋的本身重量)和動載重通過支座而傳遞到橋墩和橋台，最後傳遞到基礎。

橋道梁和主梁一般都是在鉛垂面的平面結構，只適於承受鉛垂的載重。爲了承受橫向的和縱向的水平力，橋上還需要裝設各種撐架。
4. 風架及橫撐架。風架是用以承受水平的橫向風力及火車的橫向搖擺力。此外它還有一個重要的作用，即支撐主梁的壓翼緣或壓弦，以減少其側向的屈折長度。

橫撐架的作用，視其所在的位置而不同。中間橫撐架的作用，一方面是把沒有被風架支撐住的主梁翼緣或弦桿所受的風力傳遞到風架，另一方面是增加整個橋梁的抗扭勁度，調整主梁之間不均等的載重。兩端橫撐架或橋門則把上風架末端的支承力傳遞到橋台及橋墩。
5. 縱梁撐架及煞車架。在比較大的、用明橋道的，即枕木直接支承在梁上的鐵路橋上，須裝設縱梁撐架，以承受火車的橫向搖擺力，使縱梁不致受到太大的水平彎矩，並藉以防止縱梁的上翼緣(壓翼緣)向旁屈折。此外須裝設煞車架，以承受火車煞車或加速時所引起的縱向水平力，使橫梁不致受到太大的水平彎矩。
6. 支座。它的作用是把橋梁上的鉛垂載重及各種水平力由主梁傳遞到橋墩或橋台上去。

二、鋼 橋 的 分 類

按照橋上的交通種類，橋可以分爲行人道橋、公路橋、鐵路橋、鐵路公路混合橋以及運河橋等。在結構上，它們之間的區別主要在於橋道的構造。

由於主梁的構造的不同，鋼橋又可以分爲梁橋——型鋼梁、軋梁、桁梁，或簡支梁、伸臂梁、連續梁——拱橋和吊橋。在不同的具體條件下，三種橋各有它的優點。

視橋道在主梁之上或主梁之間，橋又可以分爲托式橋(上承式橋)或穿式橋(下承式橋)。前一種橋比後一種經濟。所以只要條件許可，應當採用托式橋，詳見以後。

以下略舉幾座國內的鋼橋，以資說明。圖 2-2* 表示天蘭鐵路上刁家川鋼塔式山谷高架橋。它是一座托式軋梁橋，長 89.9 公尺，支承在 40 公尺高的鋼塔上。圖 2-3 表示津浦

* 本圖承陳盛錫教授仿照照片繪製，特此致謝。

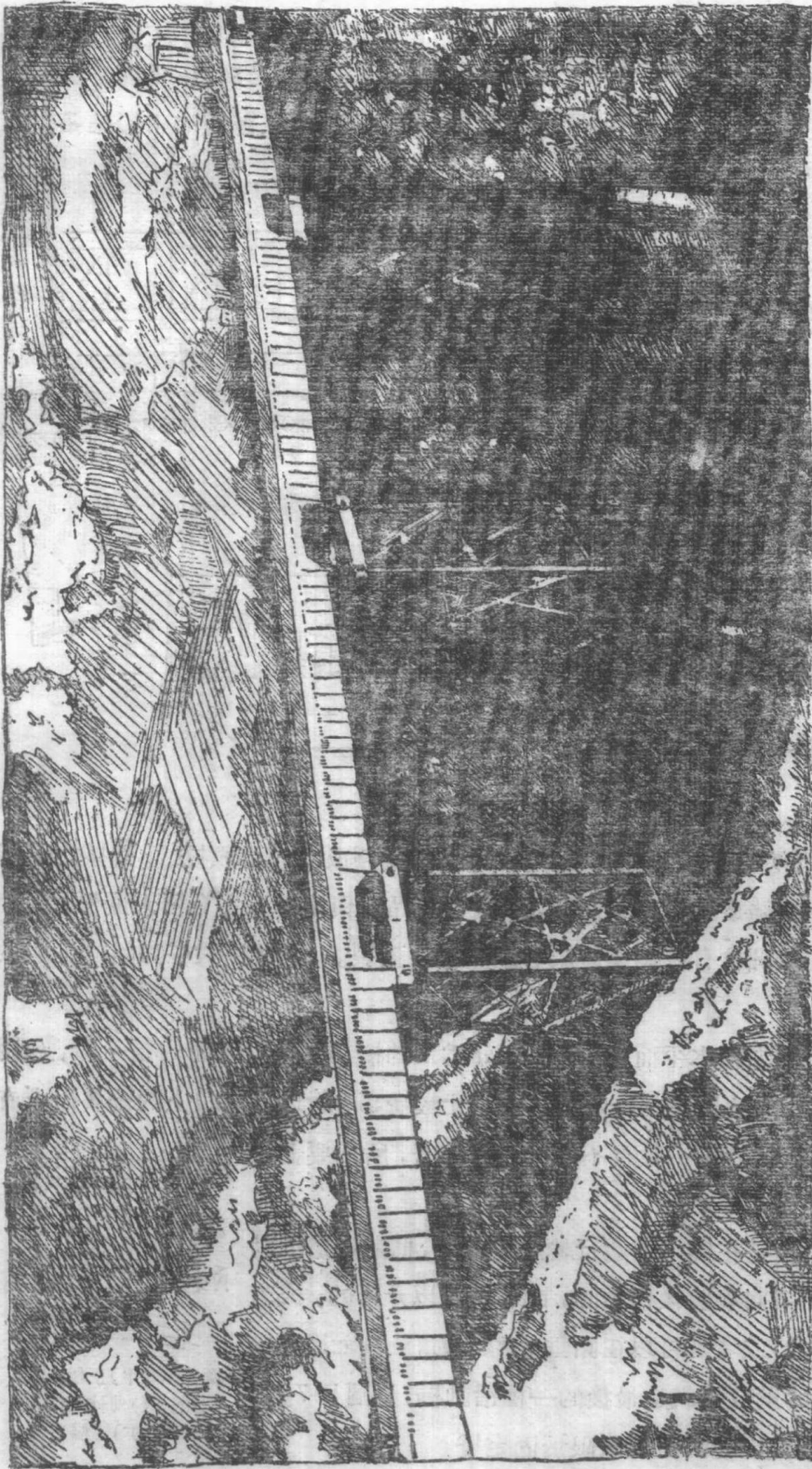


圖 2-2 天蘭鐵路上的——座高架鋼橋

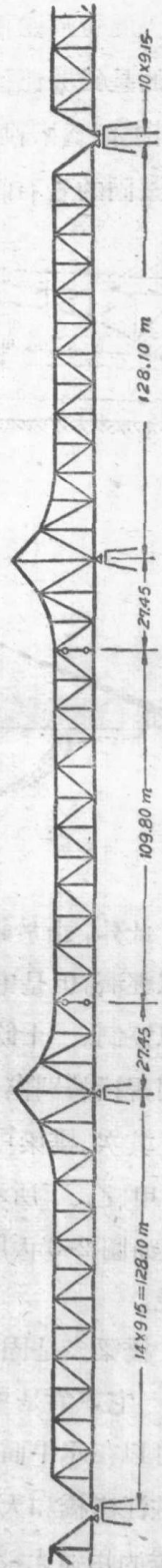


圖 2-3 津浦鐵路漢口黃河鐵橋

鐵路上的黃河鐵橋，它是穿式桁梁橋，引橋是簡支桁梁，正橋却是三孔伸臂桁梁。圖 2-4 表示的是錢塘江橋。這是一座鐵路公路混合橋，上層是公路，下層是鐵路，正橋是簡支桁梁，引橋則為桁拱。圖 2-5 則表示滇緬公路瀾滄江上的一座吊橋，懸纜的兩端是錨在兩岸的堅固的岩石的裏面。

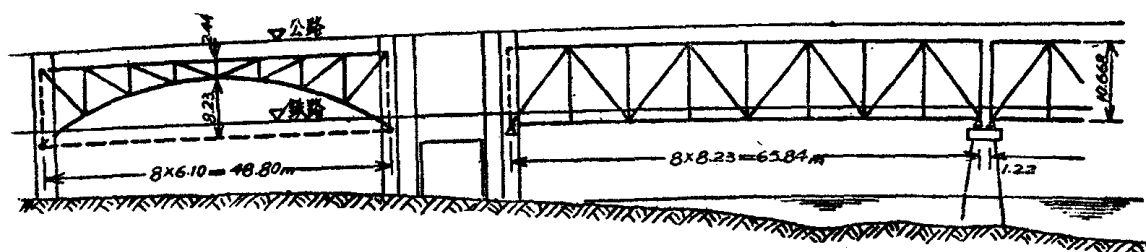


圖 2-4 浙贛鐵路錢塘江橋

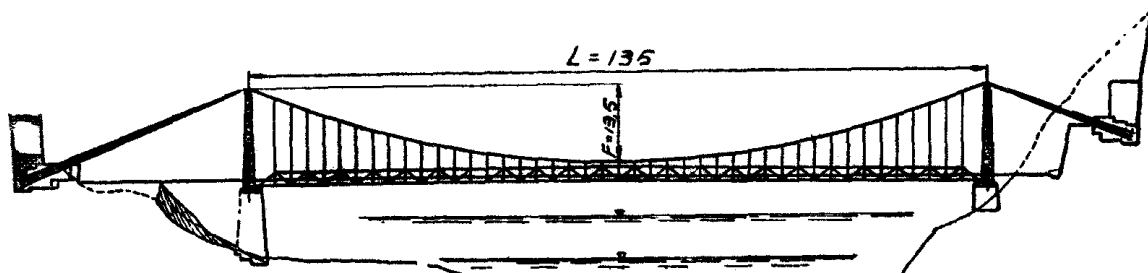


圖 2-5 滇緬公路瀾滄江橋

此外，由於鋼料的連接的方法不同，鋼橋也常被稱為鉚成橋或焊成橋。焊接比鉚接簡單經濟，但是它的耐勞強度一般比鉚接低，而且它的品質與施焊工作有極大關係，比較難以控制。十餘年前歐洲曾有好幾座焊成的鋼橋發生斷裂。因此一般在鐵路橋上對於採用焊接特別慎重。

其次，橋梁可以按照它在水平面上的形狀，分為正的橋、斜的橋、彎曲的橋三種，如圖 2-6 甲、乙、丁所示。彎曲的橋在設計及製造上都比較費事，所以在曲線上的橋多做成直的，如圖 2-6 丙所示。斜的橋一般也不如正的橋經濟，所以要盡量避免。

橋梁多是固定的，但是在橋下須通行輪船的情形，也常建造活動橋。它或者是可以在縱向朝前後推動的，或者是可以升降的，或者是可以在水平面轉動的，或者是可以在鉛垂面轉動的。例如廣州市的珠江鐵橋和天津市的解放橋就是最後的一種活動橋，見圖 2-7。活動橋的用途比較少，因此以後的討論只限於固定橋。

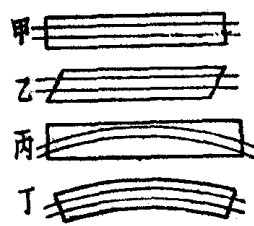


圖 2-6 甲) 正橋，乙) 斜橋，丙) 曲線上的直橋，丁) 彎橋。

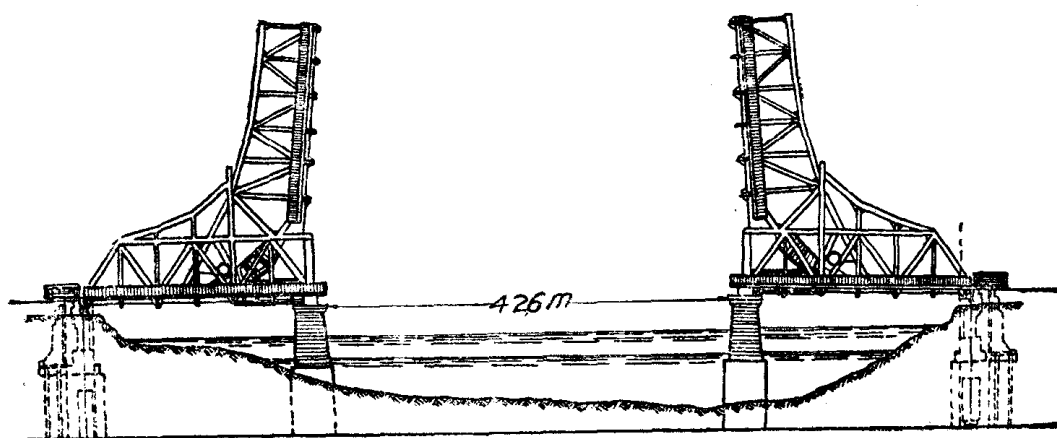


圖 2-7 天津市解放橋

第三章 初步設計

一、準備工作

一座橋的設計普通分成三個步驟。首先是了解情況，然後進行初步設計，最後才作技術設計。前兩個階段的工作對於整個橋梁的建築，從經濟上而至於技術上，都起決定性的作用。它的重要性比技術設計和施工架設有過之無不及，所以必須做得十分週密細緻。

了解情況、準備資料的工作包括下列各項。

1. 了解橋的具體任務，即橋上交通的種類、範圍及其要求。例如橋上行駛的車輛是汽車、電車或火車，需要幾個車道，車輛的載重情形（目前的及預備增加的）及其往來的密度，行人道的要求等等。

2. 假如橋梁跨過河流，則須了解河流的水文情況（包括最高水位，洪水量及流冰等），河床和兩岸的冲刷或淤積以及河道的變遷。假如有航運，並須了解航運所需要的淨空。

3. 測量初步擬定的橋址附近的地形，鑽探地質，探測地下水，並將所得結果製成平面圖、縱切面圖和橫切面圖。

4. 其他。例如了解在當地和在運輸上對於施工有利的或不利的具體情況。

二、初步設計的要點

初步設計的內容和目的是，根據前述的具體情況，選擇幾種式樣不同的橋梁（包括主梁結構式樣、跨度、孔數和橋道寬度等），約估它們的造價和保養費用，並繪製草圖和風景畫或製成模型，以作經濟上及美術上的比較。茲將初步設計中幾個主要的問題略述於後。

1. 橋位選擇

在準備工作開始之前，橋的位置就須先初步擬定。等到準備工作完成之後，才能進一步權衡各種利弊把它確定。在選擇橋址的時候，需要把交通、經濟、安全、國防等等各種因素加以考慮。

在交通方面,有兩點需要考慮。第一、必須注意,一座橋梁普通不僅是一條路線的而且是一個區域的交通孔道,它的位置對於相當大的範圍以內的交通起着匯集或疏散的作用。因此選擇橋址的時候,一方面要讓主要使用這座橋的車輛不繞或少繞彎路,另一方面要避免造成區內交通擁擠的困難。例如在城市中交通稠密的地方修橋,就會使交通更加擁擠;汽車幹道的橋梁建造在市區就會影響市內的交通。第二、爲了行車的便利和安全,橋的位置最好很自然地順着路線的方向,橋的兩端要避免半徑太小的彎道。必要時須採用斜橋(但是它比正的橋貴些!)。斜橋的墩台的排列一般都是順着橋下的水流或交通的方向,以減少阻礙。

就經濟和安全而言,橋址須選擇在河面比較狹、基礎地質比較好和冲刷比較少的地方,以減低造價和維持費用,並防止因冲刷過甚而發生倒坍的危險。因此在河流拐彎的地方一般是不適於造橋的。

從國防方面來考慮橋址,則以軍事運輸的便利爲首要的因素。在可能範圍內橋的防護問題,主要是對於空襲的防護,應當加以兼顧。

2. 淨空、跨度和主梁式樣

橋下需要的淨空須視橋下的交通、水位及流冰等情形而定。航運(船舶或木筏)需要的淨空須與有關的航運機關商量決定。假如橋下無航運,淨空僅僅決定於水位和流量,則橋梁的下緣須高出最高的流冰水位 0.75 公尺及最高水位 0.25 公尺。支承墊石的頂面亦須超出最高水位 0.25 公尺。最高水位在幹線橋梁應以一百年中最高洪水位爲準,在支線橋梁可以五十年中最高洪水位爲準。

橋孔的淨寬或淨寬的總和以能夠宣洩上述的最高洪水位的流量爲準,同時須儘量避免或減少河床的冲刷。冲刷前後的橋下水流面積的比例叫做冲刷係數。它在深橋基不得超過 1.4,在有防護冲刷設置的淺橋基不得超過 1.2,在無防護冲刷設置的淺橋基不得超過 1.0。

橋孔淨寬決定之後,在初步設計中可以近似地求出橋的跨度和橋墩厚度。多孔的簡支梁橋須在橋墩上分別支承。跨度在 50—200 公尺的橋,橋墩上支座中心的距離需 1.2 至 2.5 公尺。在支座的兩邊橋墩尚需相當的寬度,以便承重。因此橋的跨度必然比橋孔淨寬大些。它可以近似地按下列公式來估計:

$$l = 1.01 w + 0.45 \quad (l < 20 \text{ m 的情形}),$$

或

$$l = 1.017 w + \frac{5}{w} \quad (l > 20 \text{ m 的情形}),$$