

桥梁的格式組合体系

Н.Н. 斯特累列茨基著

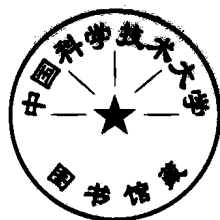
許成業譯

人民交通出版社

桥梁的格式组合体系

H.H.斯特累列茨基著

許成業譯



人民交通出版社

格式組合體系橋梁是一種結構形式新穎的橋梁。本書作者根據自己對格式組合體系橋梁的研究心得與蘇聯鋼結構設計公司的經驗寫成本書。作者對這種橋梁的計算理論、結構狀態以及製造與裝配等方面都作了系統的介紹。使用這種橋梁不但能節省工料，而且其使用價值亦很高。

本書可供橋梁的設計與施工方面的工程技術人員、科學研究工作人員以及與橋梁專業有關的師生參考。

書號：1106-京

橋梁的格式組合體系

Н.Н.СТРЕЛЕЦКИЙ

РЕШЕТЧАТЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ
СИСТЕМЫ МОСТОВ

ДОРИЗДАТ

МОСКВА 1953

本書根據蘇聯道路出版社1953年莫斯科俄文版本譯出

許成業譯

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

新華書店發行

萃斌閣印刷廠印刷

1956年3月北京第一版 1956年3月北京第一次印刷

開本 850×1168 1/32 印張：6 1/4 張

全書 166,000字 印數 1—1,300冊

定價(9)：1.65元

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號)

作 者 的 話

在蘇聯所有的科學與技術部門都呈現着生產力的蓬勃發展與技術思想的進步，其中亦包括建築技術方面的發展，例如鋼橋上部構造結構方面的發展。

第十九次黨代表大會關於1951~1955年蘇聯發展第五個五年計劃的指示中規定了國民經濟各部門的進一步高漲，其中包括建築工業的廣闊發展，工業用鋼結構製造能力的提高以及運輸能力與新建線路的增加。其中金屬結構的工廠製造能力在五年內至少將增加兩倍；新建與交付使用的鐵路比1946~1950年大約多1.5倍；修築與改建的硬面的汽車路要比1946~1950年增加5%。

由於運輸發展的需要以及工業的增長，因此就需要增建鋼橋。

本書闡述了已為蘇維埃工程師用於橋梁建築中的新式的格式組合橋梁體系。

應當指出，這種體系並不能算是某種新式桁架的發明。這種體系的出現是基於某些老式的，大家熟知的並已廣泛採用的橋梁的規律性的發展。由於目前在計算方面及上部構造結構方面的新的處理方法，因此表現出這種體系的新價值，上部構造目前看成是一個整體，其所有桿件相互間的關係都是很密切的。

本書寫作的目的在使工程師們注意到格式組合體系橋梁的高度效率，並促進這種體系的實際使用與發展。本着這個目的，本書主要是在說明格式組合體系合理利用的範圍與合理形式（該形式便於橋梁的計算方法與結構零件的解決）的選擇等問題。此外並對具有許多特殊性質的懸索格式組合體系進行了研究。

本書適用於工程設計人員，橋梁現場工作人員，科學工作者以及大學生。本書的材料按照設計次序的要求排列：在第一章中

主要是說明格式組合體系的效率與決定其合理使用的範圍；第二章主要是說明形式的選定與根據在荷載作用下的體系工作分析來選擇體系各部分的原始關係；第三章及第四章說明計算問題；第五章說明結構方面的問題。有關製造與裝配方面的生產問題主要在第一章與第五章中說明之。

本書是根據設計部門，首先是根據國立鋼結構設計公司的經驗以及作者本人的理論，設計與實驗的工作來寫成的。所搜集到的能說明這方面問題的參考資料是很少的，這正說明了這種體系是很新穎的。

本書中大部分的建議與說明都是根據作者所進行的研究結果。

作者對領導格式組合體系研究工作並參與本書校閱的技術科學博士C. A. 伊里雅塞維奇教授以及審閱原稿並提供許多寶貴指示的技術科學博士H. M. 米特羅波里斯基教授表示深切的謝意。

目 錄

作者的話

第一章 格式組合體系及其在橋梁中的地位

§ 1 格式組合體系及其外表的規律性	1
§ 2 格式組合體系的效率	7
§ 3 格式組合體系的特殊型式	23

第二章 格式組合體系在荷載下的作用

§ 1 格式組合桁架與簡單格式桁架作用的比較	27
§ 2 不連續格式組合體系的合理型式與基本關係的選擇	39
§ 3 格式組合桁架與簡單組合桁架作用的比較	43
§ 4 具有斜向懸桿懸索橋的作用特性	51

第三章 不變作用形式的格式組合體系的計算方法

§ 1 靜不定問題的精確解法	70
§ 2 靜不定問題的簡易解法	77
a) 簡易解法的基本說明	77
b) 用「單彎矩」法的解法程序	83
b) 具有等節間簡單三角形格架的單跨平行桁構桁架 的簡易解法	104
§ 3 作用力、彎矩與撓度計算值的計算	107
§ 4 各種不同計算方法的應用條件	117

第四章 變化作用形式的具有斜向懸桿懸索橋梁的計算方法

§ 1 起始情況	123
§ 2 輔助圖形的計算	126
§ 3 作用圖形的計算基礎	130
§ 4 採用梁式基本體系作用圖形的計算程序	135
§ 5 採用懸式基本體系作用圖形的計算特點	142

第五章 格式組合橋梁的結構

§ 1 上承式斜格架平行桁構橋梁·····	145
§ 2 下承式三角形格架平行桁構橋梁·····	149
§ 3 下承式弓形橋梁·····	158
§ 4 上承式拱形橋梁·····	168
§ 5 具有斜向懸桿的懸索橋梁·····	173
附錄 I 弓形桁架計算實例·····	180
附錄 II 具有斜向懸桿懸索桁架計算實例·····	197

第一章 格式組合體系及其在橋梁中的地位

§ 1. 格式組合體系及其外表的規律性

在現代穿式主桁架的金屬橋梁體系中可以劃分出一定的類型，這種類型的特點是在其橋面平面內有剛勁梁，有柔性桁構，在桁構與梁之間有格架，這種體系稱為格式組合體系。這個術語是與上面所指出的格式桁架與梁組合體系的本質相符的。

雖然已經決定的式樣很多，但所有這些格式組合體系都有一定的共同特點。研究這些特點，以及從橋梁建築中實際使用格式組合體系的觀點上來研究各種形式是本書的任務。

將它們與廣泛使用的類似橋梁相比較，格式組合體系的本質就能明顯地顯露出來。

具有主桁架的橋梁，其主桁架由軸桿組成而僅於節點處承受外界荷載，在這種荷載下計算時只容許考慮軸向作用力，這種橋梁稱為簡單格式橋梁。所有穿式橋梁中用得最普遍的與已經充分研究的簡單格式橋梁示例如圖 1 所示。

凡橋梁的上部構造在橋面平面內有剛勁梁，有柔性桁構，在剛勁梁與桁構之間有聯桿（該聯桿並不傳遞剪切力，而僅由立柱或懸桿所組成），則我們稱之為簡單組合橋梁。桁構可以承拉，也可以承壓。在個別情況下，桁構可以是桁架弦桿、懸索、鏈、柔性拱等式樣。簡單組合橋梁的示例亦如圖 1 所示。

顯然，在每一種簡單格式體系中，如果將位於橋面平面內的弦桿換成剛勁梁，就能得到格式組合體系。如果將每個簡單組合體系內的立柱式懸桿代以傳遞梁與桁構間剪切力的斜桿，則同樣能得到格式組合體系。

因此，各式各樣的格式組合體系都有完備的規律性。無論是

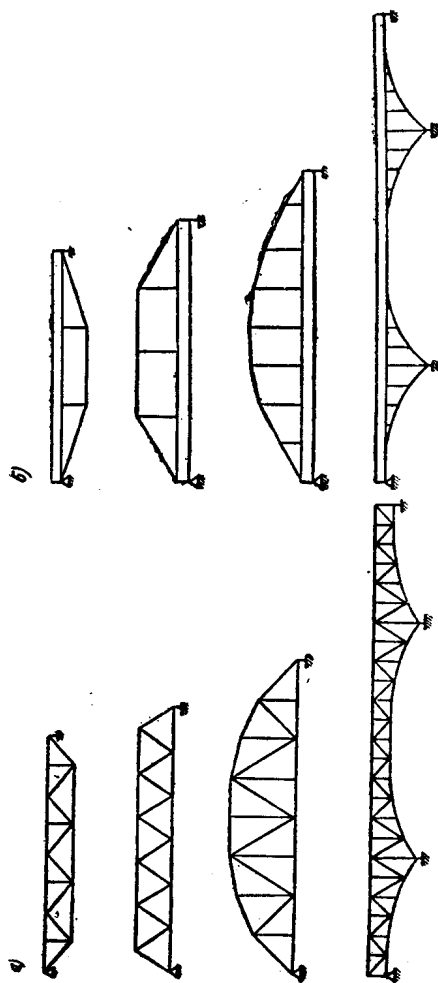


圖1 簡單格式橋梁與簡單組合體系圖例：

a—簡單格式體系； 6—簡單組合體系

簡單格式橋梁，簡單組合橋梁以及格式組合體系均可為：

- a) 無外推力的與有外推力的；
- 6) 連續梁，不連續梁以及鉸裝懸臂梁；
- б) 上承式的與下承式的；
- г) 不同的桁架輪廓外形（如平行於梁的桁構，多邊形桁構等等）。

本書主要是說明整個格式組合體系的規律性與特點。用具體的實例來說明這些規律性，並對某些實際作用較大的格式組合體系將單獨研究之。這種格式組合體系的示例如圖 2 所示，其中有：

1) 無外推力的不同格架形式的上承式與下承式平行桁構不連續橋梁（圖 2, a 及 2, б）。

2) 無外推力的弓形桁構橋梁，多半為下承式（圖 2, в）。

3) 無外推力的三跨格式組合上承式橋梁，其外形為拱狀（圖 2, г）。

4) 有斜向懸桿的單跨懸索橋（圖 2, д）。

梁在格式組合體系中的作用實際上與剛勁梁在簡單組合體系中的作用有所不同。在後一種體系中梁是不發生變化的。這種體系的變化只有在均佈節點荷載下才有可能。

格式組合體系如果沒有梁在彎曲方面的剛性當然就變成簡單格式體系了，也就是說它在任何性質的節點荷載時保持了全部的不變性、承重能力及剛度。在格式組合桁架中，梁的高度普通均較全部桁架的高度小得多。因此，梁只承受了外界力矩的小一部分，一般說來，並不作為節點荷載桁架作用中的必要桿件。在格式組合體系中，採用梁的主要目的在承受位於格架節點之間的局部荷載。然而梁的使用對整個桁架的作用來說也有着次要的影響，首先是對於格架方面，這樣增加極少的桁架重量即可使其承受局部荷載。

不久以前才出現了與這種體系的實際作用相符合的，構造合理的格式組合體系橋梁。這種體系在規劃上的優越性與使用的廣泛性當歸功於蘇維埃的橋梁工作者。其中首先應當指出的是 Г. Д. 波波夫工程師、К. Г. 普羅塔索夫教授與 Н. Н. 波尼伐洛夫講師。在圖 2 中介紹了這種體系橋梁中的某幾種形式，其簡單的發展過程將在進一步研究這種體系時於第五章中介紹之。

許多現代的格式組合體系是由早經使用的，與此相類似的橋梁體系發展而成的。

格式組合體系在相當大的程度上是起源於具有局部撓曲弦桿

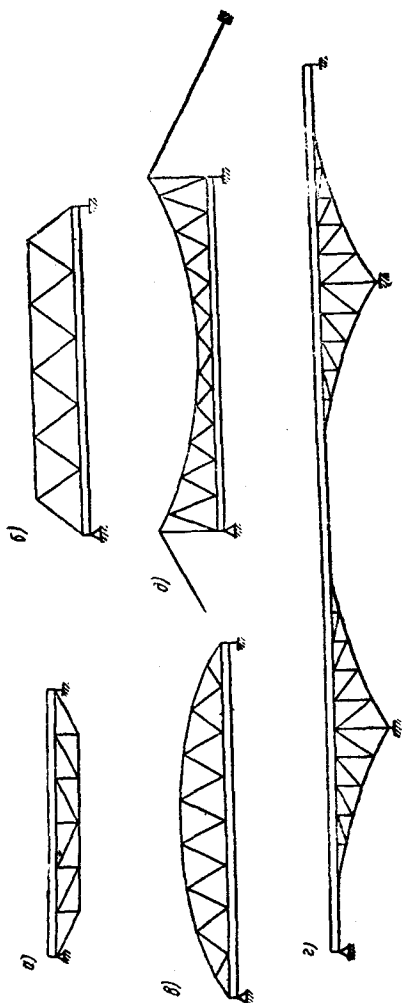


圖2 格式組合體系示例：

a—上承式平行桁構；b—下承式平行桁構；c—U形桁構；d—拱式上承式；
e—聯以斜向懸臂的懸式桁梁
f—聯以斜向懸臂的懸式桁梁

的格式桁架（圖3，a）。起初是具有很小節點間距的多格桁架，後來則改為格架較簡單的桁架。在這些跨度較小的上承式橋梁中，車道是直接置於弦桿之上。這些弦桿截面當然是比較大的，而且可以看成是剛勁梁，但實際上它並不是剛勁梁。此時，既不考慮連續弦桿對桁架格架的減載作用，亦不考慮到惡化剛勁弦桿撓曲

作用條件的桁架節點的柔軟情況。在桁架的結構中沒有採用那些在引剛勁梁時所能達到的優點。

具有立柱或懸桿等填充桿件，但添加了有利於受拉作用以增加剛度的某些斜桿的簡單組合體系也是過渡到格式組合體系的一種體系。這些斜桿以及所謂「加勁索鏈」是用之於懸索橋以及具有剛勁梁及柔性拱的無推力桁架等結構中（圖3, 6）。

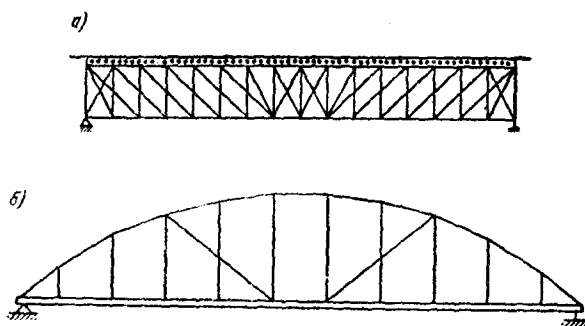


圖3 開始格式組合體系發展的橋梁體系

a—具有桁架弦桿局部撓曲的多格式橋梁；b—具有附加斜桿的簡單組合體系橋梁

在1930年採用的具有斜向懸桿的拱橋（圖4）是近似於格式組合體系，而且這種橋梁主要是由鋼筋混凝土或鋼筋混凝土配合鋼料所造成的。具有剛勁拱與柔性橋面系或者代替柔性拱與剛性梁成為適當的格式組合體系形式乃是具有斜向懸桿拱橋的特點。

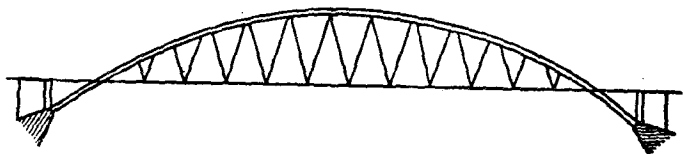


圖4 具有斜向懸桿的拱橋

現代格式組合體系橋梁與所有指出的老式體系在性質上的區別是這種橋梁已不僅局限於主桁架的體系，而是一種考慮到主桁架與橋面系之間有利關係的橋梁。在這種橋梁中具有一剛勁梁，

該梁既屬於主桁架也屬於橋面系，可以看成是主桁架以及橋面系的梁構，而作為桁架平面內的特殊縱向梁。

現時廣泛採用的穿式簡單格式體系橋梁，其主桁架與橋面系在結構方面均有顯著的不同，這種現象可以說是淵源於歷史上的原因。而格式組合體系的出現，該體系在相當程度上代替了簡單格式體系並且考慮到主桁架與橋面系之間的有利關係，這樣的情況也是很符合規律的。

應當指出，在實際採用結構形式基礎上發展起來的計算方法，其本身就對結構的形式有影響。

橋梁建築的第一個階段——在工程計算方法未發展以前——主要的是憑直覺，「為了較大的可靠性」因此在建築物中採用了多餘的聯接系。

第二個階段是以平面桿件體系的桿件結構力學的成就為基礎，主要是靜定結構。特殊簡單的結構形式也就意味著使結構成為簡單的平面計算形式。因而，結構就偏限在儘可能免於發生附加相互作用方面。諸如橫梁鉸式支承於主桁架上以及縱梁的分段等均屬於這方面的實例。在這個階段結構係採用附加聯接系數量最少的形式。

橋梁建築的第三個階段，也就是目前階段，其特點是在結構形式中採用現代結構力學所提供一切可能性的傾向，這就可以將橋梁看成是一個空間整體。橋梁疊層，在桁架之間有充份的聯結系以保證橋梁框架在扭轉下有利作用的上部構造、車道與主桁架的共同作用。以及採用格式組合體系都是為了這個方針。在橋梁中附加作用聯結系的數量是有所增加的，但這與結構的複雜化並沒有什麼關係，而且無論在考慮增加既有的聯結系方面或者在去除一些不必要的鉸接與切斷方面都是合適的。

在橋梁建築中，與結構形式劃分有關的以前各階段的傳統勢力是格式組合體系在橋梁建築中實際上採用得很少的原因之一。

在很多情況下，雖然採用格式組合體系並不在於解決空間結構計算問題，而是要利用靜不定體系構件結構力學，到目前為

止，所有這些格式組合體系的計算還是非常複雜的。這種體系計算的複雜以及研究的不够也是這種體系不能廣泛採用的原因之一。本書對格式組合體系的特性及其計算方法的闡述，當有助於這種橋梁的實際使用與發展。

§ 2. 格式組合體系的效率

根據橋梁體系或上部構造的效能，我們可以瞭解到決定某種體系的採用與決定採用這種體系合理程度的所有綜合指標。這些指標有：

- a) 材料的用量（重量指標）；
- б) 製造的勞動量指標；
- в) 裝配的特點；
- г) 使用指標；
- д) 外形特點。

將格式組合體系與相應的簡單格式橋梁根據重量與生產方面的指標相比較是有很重要的意義的。

這些橋梁體系之間的主要不同點在於用來承受局部荷載結構的構造。

在格式組合體系橋梁中，其組成部分係剛勁梁，此梁我們一般都認為是主桁架的一個構件，而局部荷載或者經由直接支承的橋面系的車道，或者經由某些橋面系的格梁傳到此剛勁梁上。在這種情況下，因為構梁可以不必考慮格架節點位置而固定在主梁上，所以格梁完全可以按照已定的橋梁橫斷面做成最方便的形式。

在簡單格式橋梁中，承載局部荷載都要求在橋面系中有格梁的裝置，因為直接將車道設在主梁上是辦不到的。此外，在主桁架的格梁中常常要添加一些僅對局部荷載起作用的附加桿件。橫梁只能在格架節點處設在主梁上，這就要求橋面系的節間長度與主梁的節間長度相等。

根據格梁的裝置，橋面系可分為四種基本形式（圖5）：

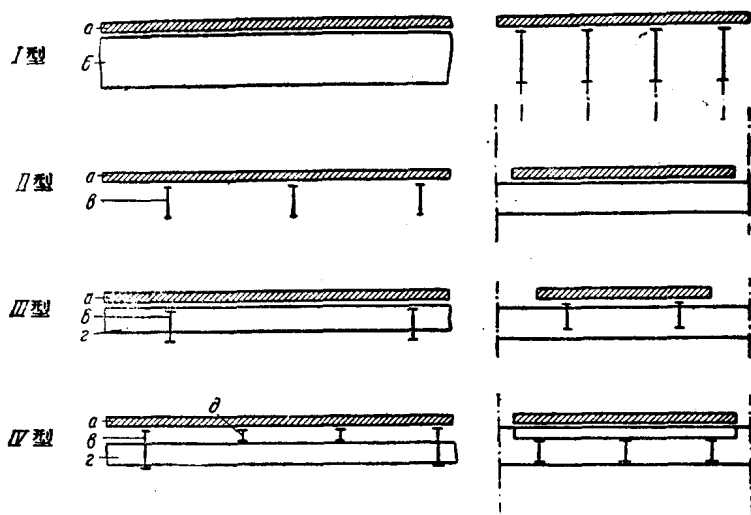


圖5 不同類型格梁的橋面系：

a—車道；b—主桁架梁；B—橫梁；Г—縱梁；Д—副橫梁

第一種型式——車道直接支承在主梁上的橋面系。

第二種型式——具有格梁（僅由橫梁組成）的橋面系。

第三種型式——具有格梁（由橫梁與支承在其上的縱梁組成）的橋面系。

第四種型式——具有格梁（由橫梁、縱梁與副橫梁組成）的橋面系。

橋面系的選擇決定於車道的佈置，主梁間的距離，橋梁的用途，車道的類型以及上部構造的形式。

在簡單格式橋梁中採用第二、第三、第四種類型的橋面系。在格式組合體系橋梁中則採用第一、第二、第三種類型的橋面系，也可採第一、第二和第一、第三的組合類型。應當充份估計到，在各種不同的條件下，由簡單格式橋梁轉為格式組合體系橋梁時在橋面系方面可能有的優越性。

在主桁架間的距離不太大的上承式橋梁中，轉為格式組合體系時可以採用第一種類型的橋面系，這也就是說全部不用橋面系

格梁。這就充份保證了橋梁中金屬重量的適當減少，亦保證了生產指標的實際增高，縮減了起裝標號的數量以及工廠接頭與裝配接頭的數量等等。

應當指出，對大多數適宜於直接將車道支承在主梁的上承式橋梁來說，在現有的幾種車道型式的情況下，桁架間有相當距離，且容許將車道設在桁架上的結構是最合適的。根據《鋼結構設計公司》的經驗，在上承式的公路橋梁中以及跨徑在100公尺或100公尺以上的橋梁中，多桁架結構是合理的。在單綫上承式鐵路橋梁中，其上直接按裝橋枕者其主桁之間的距離採用2.2公尺。當跨度大於40公尺而需利用特製的風架來加強其水平剛度時，這種不用格梁的橋梁也是有利的（參閱第五章第一節）。不用格梁的橋梁用於上承式道碴橋面的鐵路橋梁中亦有些成效。

在公路橋梁、城市橋梁以及具有道碴橋面的鐵路橋梁中，無論是上承式或是下承式，只要其桁架距離較大時，則格式組合體系可以不用第三或第四種型式的橋面系而採用第二種型式的橋面系。這就可以不用格梁中的縱梁，有時還可以不用起輔助作用的輔助橫梁。在這種情況下，橫梁僅置於設有車道的地段上。

在公路橋梁中，如果其結構中有縱梁的話，則每一公尺橋梁長度內橫梁的重量一般都比同樣橋梁長度內的縱梁重量要小。因此，在減少節間長度而不用縱梁的情況下，雖然每公尺長度橋梁內的橫梁重量此時有所增加，但是格梁的整個重點却是減少的。

為各式公路下承式橋梁所做的計算說明了格梁在金屬用料方面能有很大的節省。

例如，對淨空為 $\Gamma-7$ 、荷載為 $H-13/60$ 的石路橋梁來說，當車道鋼筋混凝土的橋面板厚16公分、橋面系節間長度由8.75公尺（簡單格式橋梁所特有）變到2.80公尺時，就使格梁的重量減少30~40%。當鋼筋混凝土板的厚度增加到20公分且節間長度為4.16公尺時，則格梁的重量可以減少60%。

對於與此相類似的，淨空為 $r-12$ 的橋梁，當節間長度由8.67公尺減至3.75公尺時，由於不用縱梁而使其格梁的重量減少50%。

對淨空為 $\Gamma-6.5$ 、荷載為 $H-10/60$ 的橋梁，當其車道為木板橋面時，節間長度由6.57公尺減至3.15公尺就能省去簡單格式橋梁中所有的縱梁與輔助橫梁，而其全部格梁的重量亦能減少50%。

當改用格式組合體系第二種類型的橋面系時，在所有指出的情況下與第三種與第四種類型橋面系的簡單格式橋梁相比較，都有着製造方面的實際優越性。這些優越性在減少了起裝標號型號的數量及其總數，也減少了接頭的數量。

所介紹的關於採用第二種類型橋面系在橋梁方面節省材料的資料適合於車道僅僅支承在橫梁上的情況。然而在很多場合下，例如在雙桁架的上承式橋梁中，格式組合體系完全有可能採用第一類型與第二類型組合的橋面系使橋面板既支承在橫梁上也支承在主梁上（圖6）。此時，格式組合體系橋面系的相對節省量顯得遠要高一些。

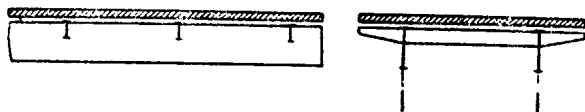


圖6 車道沿外緣支承的橋面系

使用格式組合體系並不能在格梁中完全不用縱梁。在上承式或下承式鐵路橋梁中，其桁架之間有相當距離且路軌置於橋梁方枕上時，則必須採用縱梁。在公路與城市格式組合橋梁中很少用到縱梁，但有時候也用縱梁的，例如，在橋梁寬度較大，採用的橋面板僅能跨越幾個小跨孔與鋪有電車軌道的橋梁等情況下使用之。由於在主桁架中採用了剛勁梁，所以這種橋梁在絕大多數情況下均減少了格梁的重量。

在格式組合體系橋梁中應用第三種類型橋面系，如果不考慮桁架節點位置而置設的橫梁之間的距離用得合理的話，那麼也能節省格梁的用料。

在單綫鐵路橋梁中，橋面系節間的距離在5.5公尺左右時是最省料的。在中跨度與較大跨度的簡單格式橋梁中，為了適應主