

公路桥鋼弦混凝土梁 設計方法指示

H.A.卡拉什尼科夫 著

楊振清 譯

人民交通出版社

本書敘述了公路橋鋼弦混凝土梁的設計問題。書中闡述了對材料的要求，計算的基本規則並對本書中的設計方法作了詳細的說明，還列有許多計算實例，可供橋梁工程人員學習和參考。

公路橋鋼弦混凝土梁設計方法指示

МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА
И ШОССЕЙНЫХ ДОРОГ СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

И. А. КАЛАШНИКОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТРУНОБЕТОННЫХ БАЛОК ДЛЯ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

АВТОТРАНСИЗДАТ
Москва 1966

本書根據蘇聯汽車運輸與公路部出版社1956年俄文版本譯出

楊振清 譯

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新華書店發行

人民交通出版社印刷廠印刷

1960年4月北京第一版 1960年4月北京第一次印刷

開本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張：1-8張

全書：36,000字 印數：1—6,500冊

統一書號：15044·1395

定價(19)：0.23元

目 录

前言.....	2
序.....	3
鋼弦混 凝土梁設計方法指示.....	6
材料.....	6
計算的基本規則.....	8
关于构造方面的指示.....	16
关于鋼弦混 凝土梁設計方法指示的說明及計算实例.....	22
关于設計方法指示的說明.....	22
計算实例.....	30
結論.....	48
符号說明.....	48
參攷書刊.....	51

前 言

由于公路建筑速度的加速和各种类型的公路构造物絕大部分过渡到采用装配式鋼筋混凝土建筑的緣故，采用鋼弦混凝土可以解决人工构造物施工快、質量好以及材料省的問題。

大批装配式鋼筋混凝土构造物构件制造工厂的投入生产，对于采用这种先进的結構类型創造了有利的条件。

以鋼弦混凝土棒作为配筋，为工业-民用建筑打开了广泛采用工厂产品的可能性，这对更換地方公路和共和国公路上的旧木桥具有特別重大的意义。

在最近期間面临着改按极限状态的計算。但是此項工作需要一些時間。为了不拖延鋼弦混凝土的应用，全苏道路科学研究所認为出版一本根据目前采用的計算方法編写的暫行指示是适合的。

本指示由苏联汽車运输与公路部道路科学研究所人工构造物科科学工作者，技术科学碩士 H. A. 卡拉什尼科夫編定，指示中攷虑了 H. M. 米特罗波尔斯基教授、技术科学碩士 O. Я. 別尔戈、Д. А. 格里戈里耶夫、工程师 Д. И. 札日列、A. C. 赫涅尔柯夫等审閱者的意見。

所有对本指示的意見和建議，請寄莫斯科，索非斯卡亚街 34 号，全苏道路科学研究所。

全苏道路科学研究所所长
技术科学碩士

H. Ф. 赫洛什洛夫
全苏道路科学研究所人工构造物科科长
技术科学碩士

В. Г. 頓欽柯

序

以各种体系的鋼絲束作为預应力鋼筋，在桥梁建筑中已广泛采用。但这需要專門的加工，例如：鋼絲束和錨碇头的制造，穿过鋼絲束的管孔的制造，或防止鋼絲束与混凝土粘結的管壳的制造，鋼絲束的灌注灰浆，預留千斤頂夹住用的或放置垫圈用的加长的鋼絲端头等。所有这些，都延长了工艺过程，增加了材料消耗。結果是鋼絲束愈多和愈短，則鋼絲束的配筋就愈貴。鋼弦混凝土在很大程度上免除了这些缺点，因此在 $l < 15$ 米的小跨径桥梁中，采用鋼弦混凝土可能比采用鋼絲束配筋更有利一些；这已被工业-民用建筑中广泛采用鋼弦混凝土所証实。

在国外文献中曾有关于修复战时被毀桥梁时，部份采用鋼弦混凝土的資料。

尽管鋼弦混凝土有显著的优点，但直到現在，在苏联的桥梁建筑中还没有采用。首先应该說明，鋼弦混凝土的合理应用，只有在工厂制造的条件才有可能，在过去，桥梁对于鋼弦混凝土的需求是不大的：每1000公里公路大約需要4000立方米的鋼弦混凝土（用于上部构造）。因此，專門設立鋼弦混凝土构件的制造工厂可能作用不大。

现在情况有剧烈的变化。第一，近年来公路和桥梁建筑的速度均有提高，工作量也有所增加；第二，为了公路事业的需要，建立了制造装配式鋼筋混凝土构件的專門工厂或預制場。在这些工厂內可以建立制造鋼弦混凝土构件用的台座。

因此，現在已經到了向鋼弦混凝土方面急劇轉變的時候了。

鋼弦混凝土在小型公路构造物（桥梁，矩形涵洞，挡土墙，柱子，栏杆等）中应迅速占居优势。

下列情况亦说明了鋼弦混凝土的效用：工业部門准备制造配筋用的鋼材，其中包括为提高强度的軋压变形鋼。为了避免不容許的裂縫，合理地利用这些鋼料，不能不預加拉力，近5年来甚至用3号鋼和5号鋼配筋的許多桥梁結構已經观察到有裂縫出現。

本指示的目的，在于給公路桥鋼筋混凝土梁的設計定出基本标准，从而促进鋼弦混凝土在公路构造物中的应用。

本指示只是一个暫行規定，它仅仅是根据工业-民用建筑的經驗分析而制定的。在桥梁建筑中采用鋼弦混凝土的外國經驗見諸文献的还很少。因此某些条文是采取假定的，缺乏足够的实验資料。这主要是指当采用蒸汽养护时和初应力很高（当 $\sigma_{an} > 0.65\sigma_p$ ）的鋼筋弛松时引起的預应力的損失值。但是求算这些数值可能发生的錯誤，对鋼弦混凝土构造物的强度不会有严重的影响。

本指示中附有确定推荐指标的說明。为了在設計时便于利用本指示，在本指示中附有算例。

本指示中推荐的計算方法如下：

1) 鋼筋和混凝土的截面选择按破坏荷載理論的公式进行，可以最迅速地解决；

2) 抗裂性和横向力的計算按弹性阶段进行，这是最符合于預应力鋼筋混凝土在使用条件下的受力情况的。

此外，建議求算在使用荷載作用下，各特征截面的混凝土和鋼筋的法向应力。

法向应力对主拉应力的计算是必要的，法向应力能表征出在使用过程中结构的受力情况。

在本指示中首次引用了联结各根梁的横向钢筋的近似计算方法。

鋼弦混凝土梁設計方法指示

材 料

§ 1. 作为預应力的鋼筋建議采用：光面纜用鋼絲 (МПУ 2204-49)；預应力鋼筋混凝土結構用的炭素圓鋼絲 (ГОСТ 7348-55) (見表 1)；普通鋼筋混凝土結構和預应力鋼筋混凝土結構用的、流限不小于4000公斤/平方厘米的低炭規律變形鋼筋 (ГОСТ 7314-55)，以及其他直徑不小于2平方毫米的高強度鋼絲^①。

附注：所用的鋼筋強度愈高，預应力的应用效果將愈大。

按ГОСТ7348-55規定的鋼絲斷裂強度 表 1

鋼絲直徑, 毫米	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	10.0
斷裂強度, 公斤/平方毫米	200	190	180	170	160	150	140	100

§ 2. 当采用高強度光面鋼絲作为配筋时，应保證鋼絲与混凝土有可靠的粘結。鋼絲与混凝土的粘結应以下列方法之一加以保證：

1) 通过工程师阿瓦科夫式的小型輾压机將鋼絲压扁 (适用于直徑大于4毫米的鋼絲)；

2) 在自动机床上整直鋼絲时，將鋼絲形成螺紋狀刻痕；

^① Временные технические условия для проектирования предварительно напряженных мостов (До риздат, 1952, см, табл. 1). 預应力鋼筋混凝土桥設計暫行技术规范 (道路出版社, 1952, 參看表 1)。 (人民交通出版社有中譯本)。

- 3) 鋼絲在鹽酸溶液中浸蝕;
- 4) 在構件端部裝設錨碇;
- 5) 用 2 股或 3 股鋼絲捻成捻合鋼絲，每隔約 20 倍鋼絲直徑有一捻結。這種方法適用於直徑為 2.0—2.6 毫米的鋼絲。

容許採用經試驗證明能保證鋼絲與混凝土粘結的其他方法。

未經表面加工及無錨碇的光面冷拉鋼絲不宜採用。

附注：1. 為了減少阿瓦科夫式輾压机軋軸的磨損起見，鋼絲壓扁的長度可以這樣考慮，使鋼絲與混凝土構件的鋼絲末端，在等於鋼絲直徑的 50—60 倍的長度上，加以整形。

2. 當浸蝕鋼絲時，應考慮到鋼絲強度減低 8—10%（低限是指直徑為 5 毫米的鋼絲，高限是指直徑為 2 毫米的鋼絲）。浸蝕的方法參見 § 24。

§ 3. 容許將直徑為 8—25 毫米的 5 號熱壓鋼經阿瓦科夫輾压机冷壓成規律變形鋼筋。冷壓鋼筋应符合ГОСТ 6234-52（鋼筋混凝土結構配筋用的冷壓變形鋼筋）的要求。

§ 4. 在輾压机上冷壓后的高強度鋼絲應有寬度為 0.85 倍直徑的壓痕。每個壓痕的長度及壓痕間的距离應為 5 毫米。前述強度的鋼絲，如能經彎心直徑為 5 倍鋼絲直徑的 180° 冷彎試驗，可作冷壓處理。

§ 5. 計算中用的鋼筋截面積採用冷壓前原有的鋼筋截面積。

§ 6. 按照鋼筋的種類，混凝土標號不應低於下列規定：

- 1) 當用規律變形鋼筋及用 5 號圓鋼筋在阿瓦科夫式輾压机上冷壓的鋼筋時，不低於 200 號；
- 2) 當以冷拉高強度鋼絲制成壓扁鋼絲或設有錨碇時，不低於 300 號；
- 3) 當用其他種類的高強度鋼絲時，不低於 400 號。

§ 7. 粒料的顆粒大小應按照鋼絲或鋼絲束間的距离而定，

最大顆粒的尺寸應不超過鋼絲或鋼絲束間的淨距，並不大于構件截面最小尺寸的0.25倍。

計算的基本規則

§ 8. 鋼弦混凝土結構構件中產生的內力，按建築力學中作為彈性體的規定計算。

§ 9. 鋼弦混凝土構件按破壞條件的強度以及抗裂的穩定性計算；此外，並按變形（撓曲）進行驗算。

§ 10. 在法向力和彎矩作用下，構件強度按破壞內力計算。鋼弦混凝土構件的任何受力階段均應遵守下列條件：

$$\Phi_p \geq K\Phi_n$$

式中： Φ_p ——破壞內力；

Φ_n ——實際內力；

K ——按預應力鋼筋混凝土橋設計暫行技術規範（BTY-52）表4規定的強度安全係數。

材料強度的計算特徵按預應力鋼筋混凝土橋設計暫行技術規範（BTY-52）表6和7的規定採用。

受橫向力的構件強度按容許應力計算，容許應力是以鋼筋混凝土考慮了預應力狀況，在彈性階段的受力情況決定的。

在使用荷載作用下，僅有構造鋼筋配筋的肋壁內的剪應力和主拉應力，應滿足下列條件：

$$\tau \leq 2\sigma_n$$

$$\sigma_{rn} \leq \sigma_n$$

式中： τ ——由作用荷載引起的剪應力；

σ_{rn} ——主拉應力；

σ_n ——混凝土的容許拉應力。

σ_n 值按預應力鋼筋混凝土橋設計暫行技術規範（BTY-52）

表 9 第三行采用，并应考虑同章 § 35 附注的规定。

附注：按计算配筋的肋壁应按预应力钢筋混凝土设计暂行技术规范（BTY-52）的规定计算。

§ 11. 构件的抗裂稳定性按钢筋混凝土弹性受力阶段计算，即按预应力钢筋混凝土桥设计暂行技术规范（BTY-52）公式 70 计算：

$$M_T = K_T M = (\sigma_{0n} + \gamma R_p) W \quad (1)$$

系数 γ 可按下列式求得：

$$\gamma = \frac{2S}{W} \quad (2)$$

式中： S ——通过计算截面的重心作水平轴，在水平轴以上或以下部分的钢筋混凝土截面对该水平轴的静力矩；

K ——按预应力钢筋混凝土桥设计暂行技术规范（BTY-52）表 5 采用的抗裂稳定性安全系数。

对于联合的截面，即由预应力钢筋混凝土和无预应力钢筋混凝土联合组成的截面，第一次出现裂缝时的力矩可按下列式求得：

$$M_T = (\sigma_{10n} + \gamma R_{1p}) W - \left(\frac{W}{W_1} - 1 \right) M_1 \quad (1')$$

式中：字母符号下端«加注»的符号（ σ_{10n} ； R_{1p} ； W_1 ）表示仅属于预应力钢筋截面部分的特征，而没有符号的（ W ）——是指全部截面。

M_1 ——预应力钢筋混凝土与无预应力钢筋混凝土联合以前，作用于预应力钢筋混凝土上的荷载产生的弯矩。

§ 12. 不论是单筋或双筋截面，混凝土中的预加应力按预应力钢筋混凝土桥设计暂行技术规范（BTY-52）公式（40）求得：

$$\sigma_{\text{бп}} = N_{\text{пр}} \left(\frac{1}{F_{\text{бп}}} + \frac{e_x v}{J} \right) \quad (3)$$

式中： $N_{\text{пр}}$ ——在所計算的构件受力阶段中，鋼筋中由預加应力产生的內力，不考慮混凝土彈性壓縮的損失；
 e_x ——計算截面的重心（考慮預应力鋼筋）至合力 $N_{\text{пр}}$ 的距离；

$F_{\text{бп}}$ 和 J ——計算截面的面积和慣性矩。

§ 13. 具有双肋預应力鋼筋的构件，构件內的纖維应力可簡易地由下式求出：

下層纖維

$$\sigma_{\text{бп}} = \frac{\sigma_{\text{ап}} F'_a Z'_{\text{ян}} - \sigma'_{\text{ап}} F'_a Z'_{\text{яв}}}{W} \quad (4)$$

上層纖維

$$\sigma'_{\text{бп}} = \frac{\sigma'_{\text{ап}} F'_a Z'_{\text{яв}} - \sigma_{\text{ап}} F'_a Z'_{\text{ян}}}{W'} \quad (5)$$

式中： $\sigma_{\text{ап}}$ ； $\sigma'_{\text{ап}}$ ——在所計算的构件受力阶段中，相当于下部及上部鋼筋中的預加应力，不考慮混凝土彈性壓縮的損失；

$Z_{\text{яв}}$ ； $Z'_{\text{яв}}$ ——由上部鋼筋重心至換算截面核心下緣或上緣的距离；

$Z_{\text{ян}}$ ； $Z'_{\text{ян}}$ ——由下部鋼筋重心至換算截面核心下緣或上緣的距离。

$Z_{ЯН}$; $Z'_{ЯН}$; $Z_{ЯВ}$; $Z'_{ЯВ}$ (核心力臂) 的数值由下式計算:

$$Z_{ЯН} = e_{ХН} - h'_Я = e_{ХН} - \frac{W'}{F} \quad (6)$$

$$Z'_{ЯН} = e_{ХН} + h'_Я = e_{ХН} + \frac{W}{F} \quad (7)$$

$$Z_{ЯВ} = e_{ХВ} + h'_Я = e_{ХВ} + \frac{W'}{F} \quad (8)$$

$$Z'_{ЯВ} = e_{ХВ} - h'_Я = e_{ХВ} - \frac{W}{F} \quad (9)$$

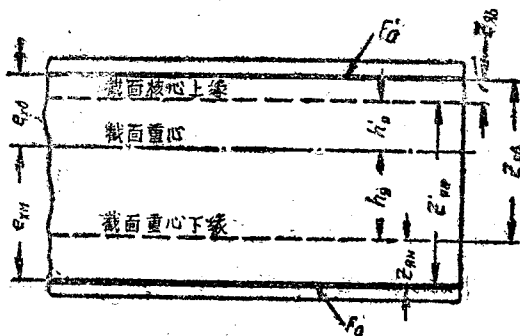


图1 符号说明图

符号詳见图 1。

如取 $F'_a = 0$ ，則公式 (4) 及 (5) 用于計算单筋的构件。因此，当代入绝对值时，公式将成为一 (負) 值，計算結果將出現拉应力。

§ 14. 当鋼筋放松的瞬間, 混凝土中的最大預加压力不应超过 $0.8R_n$ 。

在运输和安装过程中, 在考虑全部內力的作用下, 混凝土中的最大压应力不应超过 $0.7R_n$, 式中 R_n 为被驗算时刻的混凝土受弯情况下的抗压强度。

§ 15. 在混凝土中由于鋼筋預加拉力而产生的法向拉应力 (考虑混凝土由于收缩和蠕变的损失), 不应超过“預应力鋼筋混凝土桥設計暫行技术規范 (BTy-52)”表 9 第 3 行規定的容許应力再加 10% (考虑到工厂制造的条件)。

由預加拉力产生的法向拉应力, 当鋼筋放松时及运输和安装过程中, 考虑到自重的作用, 不应超过 R_p , 即不应超过被驗算时刻的混凝土抗拉强度。

附注: 对于那些因恒載而产生的压应力已超过預加拉应力的截面, 上述的要求是不必要的。在这种情况下, 当位于受压 (由垂直荷載产生的) 区域的鋼筋截面能满足安装荷載时的强度条件时, 甚至可容許出現裂缝。

§ 16. 鋼筋在使用荷載作用下的控制应力, 以及最大应力, 不应超过 $0.65\sigma_p$ 。

当混凝土采用蒸汽或加温养护时, 鋼筋中的控制应力容許提高至 $0.75\sigma_p$, 但需遵守下列条件:

1) 考虑到由于鋼的蠕变, 鋼筋中預加应力的附加损失为 σ_{ak} 值的 3%;

2) 当拉力传到混凝土上以后, 应使鋼筋中的拉应力在任何情况下不超过 $0.65\sigma_p$;

3) 当张拉鋼筋时, 在应力为 $1.05\sigma_{ak}$ 的作用下持續 10 分鐘, 然后将应力减少至計算的 σ_{ak} , 并将鋼筋固定在座架上。

§ 17. 当采用蒸汽养护时, 除混凝土由于蠕变和收缩引起的預应力损失外, 必須考虑由蒸汽加热引起的损失。当蒸汽养护

时产生的附加损失按下式求得：

1) 对于用高强鋼絲做的鋼筋

$$\sigma_{nn} = 20 (t_2^0 - t_1^0) \alpha \quad (10)$$

2) 对于用热轧鋼筋通过阿瓦科夫輾压机压扁的鋼筋，以及低炭鋼做的鋼筋

$$\sigma_{nn} = 25 (t_2^0 - t_1^0) \alpha \quad (11)$$

式中： t_1^0 ——张拉鋼筋时制梁車間的溫度；

t_2^0 ——当混凝土用蒸汽或加溫养护时达到的最高溫度；

α ——在拉力传给混凝土以前，考虑到鋼筋固定点間距变化的系数。

系数 α 可按下列式求得：

$$\alpha = \frac{\epsilon_{6t} - \epsilon_{3t}}{\epsilon_{6t}} \quad (12)$$

式中： ϵ_{6t} ——当溫度由 t_1^0 变化至 t_2^0 时，鋼弦混凝土构件的相对变形；

ϵ_{3t} ——在同一的溫度变化情况下，固定点間距的相对变化。

当缺乏关于相对变形的資料时，容許采用：1) 如鋼弦混凝土用台座制造，当鋼筋固定在嵌入地中或混凝土中的座架上进行张拉时， $\epsilon_{3t} = 0$ 及 $\alpha = 1$ ；2) 如用流水作业法制造，当作为座架的鋼模型与制品共同受热时，則

$$\varepsilon_{st} = \varepsilon_{gt} \text{ 及 } \alpha = 0$$

§ 18. 鋼弦混凝土构件在拉力作用下縱向的穩定性，无需驗算。

§ 19. 由 5 号鋼冷压的鋼筋，計算流限取等于 6500 公斤/平方厘米。

§ 20. 当鋼筋放松时，混凝土的立方体强度 R' 应不小于計算强度 R 的 70%，并不得小于：

1) 200 公斤/平方厘米——对經冷压或有鉗碇的規律变形鋼筋而言；

2) 350 公斤/平方厘米——对其他各种鋼筋而言；

R' 的数值应在施工詳图上說明。

§ 21. 当利用震动物器，震压器等捣实混凝土时，鋼弦混凝土的单位体积重量取 2500 公斤/立方米。

当鋼筋的含量超过单位体积重量的 2% 时，应以鋼弦混凝土每单位容积的混凝土和鋼筋重量的总和計算。

§ 22. 当計算支点截面时，預加应力 σ_{gn} 取直綫增长，构件端点为 0，增长至距端点 80 倍鋼絲直径 d 处为按公式 (4) 及 (5) 求出的数值 (参看图 2)。

§ 23. 当上部构造中的鋼弦混凝土构件利用預加应力的橫向鋼筋联結时，在跨径中部半个跨长范圍內，橫向鋼筋的預加拉力 (N) 应滿足下列条件：

$$N \geq \frac{K_1 M}{0.9 h_0} \quad (13)$$

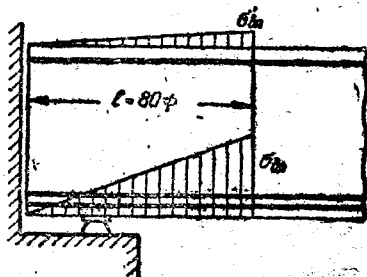


图2 在构件端点附近，混凝土中法向預加应力的变化图式

$$N \geq \frac{K_2 Q}{\varphi} \quad (14)$$

式中： N ——由橫向鋼筋預加拉力產生的內力，按每米上部構造長度上通過的鋼筋計算；

M ——垂直於橋梁方向的最大彎矩，按每米上部構造的長度計算；

h_0 ——由行車道板頂面至橫向鋼筋預加拉力重心之間的距離；

Q ——在每米上部構造長度上通過的最大橫向力；

φ ——在各個梁間的摩擦係數；

K_1 及 K_2 ——安全係數。

在跨徑兩端各四分之一跨長處，橫向鋼筋的數量和拉力均減少一半。

在光滑的模板中製備的混凝土與混凝土之間的摩擦係數，可取 $\varphi=0.55$ 。

安全係數的數值建議 $K_1=K_T$ ， $K_2=2.0$ 。

M 和 Q 值建議按全蘇道路科學研究所的表值^①確定。

對於近似的計算， M 和 Q 的最大值可用下式求得：

$$M_{\max} = \frac{(B-c)^2 - P}{8B} \quad (15)$$

$$Q_{\max} = \frac{(B-c)P}{2B} \quad (16)$$

式中： B ——上部構造的寬度（圖3）；

c ——邊緣中心間的距離或履帶外緣間的距離；

① В.Г.Донченко Пространственный расчет балочных автодорожных Мостов Автогосиздат, 1953.