

预应力 钢筋混凝土 通俗讲话

(苏联) Э. Г. 拉茨著

科学普及出版社

預应力鋼筋混凝土 通俗講話

〔苏联〕技术科学副博士Э. Г. 拉茨著

郑耀

江苏工业学院图书馆
藏书章

科学普及出版社

1958年·北京

本書提要

本書是根据苏联“建筑工作者”杂志 1956 年 12 期至 1957 年 3 期上連續刊登的、全苏鋼筋混凝土科学研究院裝配式鋼筋混凝土結構實驗室主任 Э. Г. 拉茨技术科学副博士的文章譯出的。作者以深入淺出的筆法和文圖并重的形式比較全面地介紹了預應力鋼筋混凝土結構，這是一本既有趣而又實用的科學普及讀物。

本書特別適于作對 建築工人介紹 預應力鋼筋混凝土知識的講義，而且也可以幫助一般讀者了解這一技術上的新成就。

在譯文編輯工作中，我們對某些部分曾作了少許必要的改動。

總號：611

預應力鋼筋混凝土通俗講話

РАССКАЗ О ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НА
ПРЯЖЕННОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОНЕ

原 著 者： Э. Г. РАТЦ

原 載：“СТРОИТЕЛЬ”
№12, 1956, №1, 2, 3, 1957

原出版者： ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬ-
СТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРО-
ИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ

譯 者： 鄭耀倫 王贊基 王學涵

校訂者： 陳 振 基

出版者： 科 學 普 及 出 版 社
(北京市西直門外郝家溝)

發行者： 新 華 書 店
北京市書刊出版業營業許可證出字第091號

印刷者： 北 京 市 印 刷 一 廠
(北京市西便門南大街乙1號)

開本： 787×1092 $\frac{1}{32}$

1958年1月第1版

1958年1月第1次印刷

印張：1 $\frac{1}{16}$

字數：24,500

印數：1,950

統一書號：15051·89

定 价：(9) 2 角

目 次

鋼筋混凝土承受荷重的情况	1
高强度鋼筋	5
預應力的實質	6
預應力的优点	11
鋼筋	14
万能台座	16
鐵路軌枕和大跨梁	18
專用台座	19
用移动模子生产制品的流水作業法	22
連續配筋法	25
梁和桁架	28
水池	33
管子	37
無筋預应力	38
裝配-整体式結構	40
用鋼弦混凝土棒配筋的結構	41
附录	
安裝鋼筋混凝土板用的工具	47

苏联共产党第二十次代表大会关于 1956—1960 年第六个五年计划的指示中，规定要在建筑工程中大力增加装配式钢筋混凝土配件和结构的生产和使用量。在 1960 年，装配式钢筋混凝土的产量应达 2,800 万立方公尺。

这样大量的钢筋混凝土需要用很多钢材、水泥和非冶金材料——碎石或卵石和砂子。

到目前为止，通常用的钢筋都是由 Ст.3^① 或 Ст.5 钢材做成的，每立方公尺钢筋混凝土中大约要用 100 公斤这种钢筋。按这样来计算钢筋用量的话，仅 1960 年中在装配式钢筋混凝土上就需要将近 300 万吨的钢材。

因此，除了节约水泥和其他材料之外，现代建筑工程主要任务之一，就是要大大降低钢筋混凝土中钢材的用量。

使用高强度的钢材是节约钢筋混凝土中钢材的最有效的办法。

钢筋混凝土结构中钢筋用的钢材强度越高，钢筋的用量就越少。举例说，如果把所用钢材的强度增加 2—3 倍，那么它的用量也会减少这么多。

但是使用高强度钢材时，还不能简单地用一种钢筋杆或钢丝代替另一种。这里还需要一些特殊的措施。

钢筋混凝土承受荷重的情況

钢筋混凝土中的钢筋主要是用来承受拉力的，这是因为：混凝土是一种石材，它能很好地抵抗压力，但抵抗拉力却很差。

^① Ст.3——为苏联普通碳钢的钢号，相当于我国钢号的 A3。其他的也可类推，如 Ст.5 相当于我国的 A5。——译者注

混凝土能抵抗的拉力約为它能抵抗的压力的 $1/10$ 。

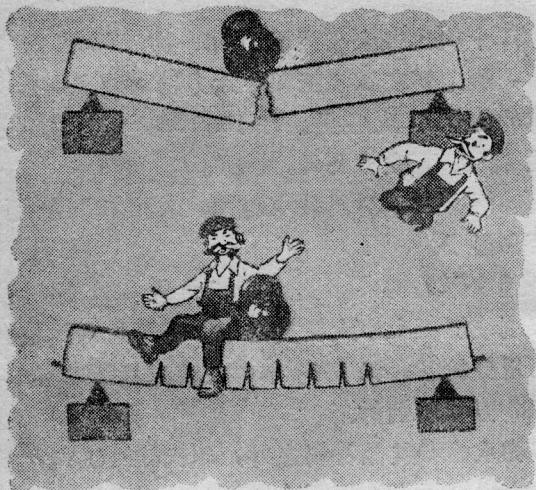


圖 1 配筋的鋼筋混凝土能承受的荷重，比不配筋的要大得多。在混凝土中出現裂縫之后，全部拉力由鋼筋來承受。

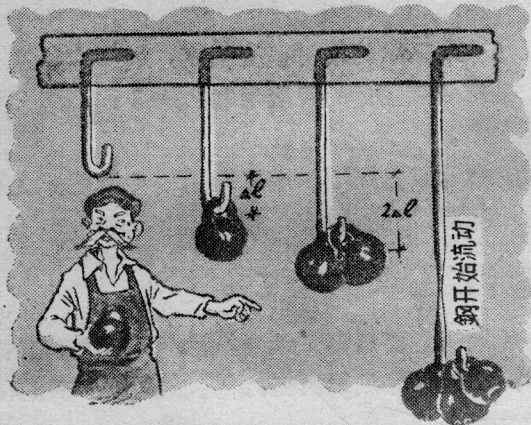


圖 2 在一定極限內，鋼材的伸長和應力成正比。到達流限時，應力不變，而發生很大的伸長（鋼開始“流動”）。

在鋼筋混凝土中鋼筋要配置得：當混凝土出現裂縫之后，鋼筋承受了全部的拉力（圖1）。這時，混凝土只用來抵抗壓力，和它的性質相適應。鋼筋和混凝土之間的連結是不應該破壞的。

普通的低碳鋼——即所謂的軟鋼，當其中的應力還沒有超過一定數值時，它具有正比的性質和彈性的性質。在這個限度內，鋼材的伸長和應力的增加是成正比的（圖2）。這就是說，鋼材伸長的倍數和它應力增加的倍數完

全相同。当应力增加1倍时，伸長也同样增加1倍，依此类推。当应力繼續增加，到达一定極限之后，鋼材的伸長要比应力的增長快得多。在某个应力下，鋼材开始“流动”。換句話說就是应力不变，而鋼材仍然伸長。这个应力的極限数值叫做流限。鋼筋到达这个应力之后，受弯的鋼筋混凝土結構一般就破坏了。

在設計鋼筋混凝土結構时，必須計算一下：荷重数值多大时才出現这个危險的情况。这个破坏荷重的数值当然應該大于結構所能承受的荷重。这样使用这个結構才是安全的。破坏荷重和使用（“允許”的）荷重的比叫做安全系数。

举例說，如果使用荷重是每平方公尺板上受1,000公斤，那么破坏这块板的荷重不应小于1,600公斤。这时安全系数就不小于1.6（圖3）。因此，如果在設計时，Ст.3的鋼筋的流

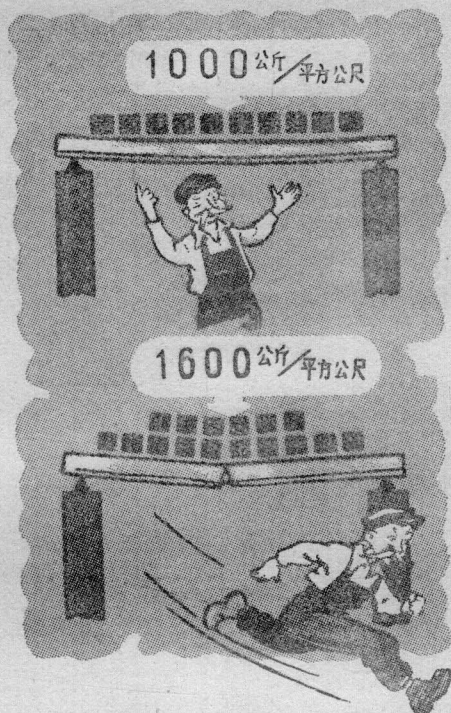


圖3 为了在荷重下結構的工作可靠起見，設計时在强度上都多算些。它們的破坏荷重大大超过使用的荷重，圖上是一塊鋼筋混凝土板，它的强度的安全系数为1.6。

限取为2,850公斤/平方公分，那么正常使用这种結構时，鋼筋

中的应力大約等于 1,780 公斤/平方公分。

我們已經說过，鋼的伸長是和应力成正比的。这个正比关系可以用应力与伸長之間的比值来表示，并稱它为彈性模数。各种鋼筋鋼材的彈性模数几乎是相同的，約等于 2,000,000—2,100,000 公斤/平方公分。

因此，当鋼筋的应力为 1,780 公斤/平方公分时，它的相对伸長就是 0.00085^①，換句話說，每公尺鋼材的伸長为 0.85

公厘。

受拉的鋼筋在混凝土中依靠粘着力和混凝土相連結在一起。因此，在混凝土未出現裂縫之前，鋼筋是和混凝土一起受拉的。

但是混凝土是無力承受那么大的伸長的。当伸長达到 0.0001—0.00015 时，混

凝土中就出現了裂縫，这些裂縫往往是看不出来的，也是沒有

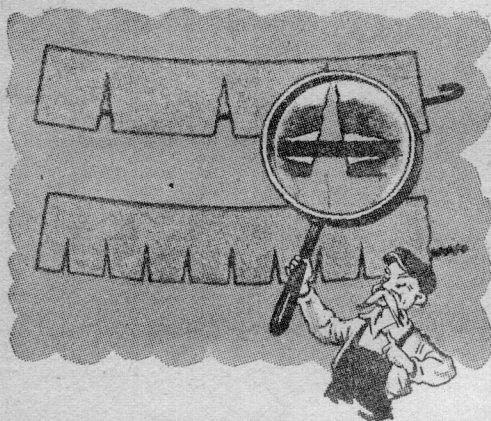


圖 4 在用光面鋼筋配筋的鋼筋混凝土構件中，裂縫間隔很远，开展得也很寬。这时裂縫兩边鋼筋和混凝土之間的粘着力就破坏了。使用規律变形鋼筋时裂縫較密，开展較小。因此在第二种情况下，鋼筋混凝土構件的承載能力要大些。

$$\textcircled{1} \quad \text{彈性模数} = \frac{\text{应力}}{\text{伸長}} \left(E = \frac{\sigma}{\Delta l} \right) \quad \text{所以} \quad \text{伸長} = \frac{\text{应力}}{\text{彈性模数}} \left(\Delta l = \right.$$

$$\left. \frac{\sigma}{E} \right) \text{即} \frac{1,780}{2,100,000} \approx 0.00085. \text{——譯者注}$$

危險的。

当受弯構件的受拉区出現裂縫之后，裂縫兩边混凝土和鋼筋之間的粘着力就破坏了，这时裂縫就扩大了，或者就像一般說的那樣，裂縫开展了（圖4）。

裂縫开展得太大是有危險的，因为这时鋼筋可能腐蝕。按剛度的条件來講，過大的裂縫也是不允許的——結構將产生很大的下垂。

試驗証明，当裂縫的寬度不超过0.2公厘时，它是沒有危險的。

高強度鋼筋

苏联的冶金工業除了生产計算流限为2,850公斤/平方公分的Ст.3鋼材外，还生产着強度更高的几种鋼筋用鋼：Ст.5和25ГЦ①，它們的計算流限各为3,500和4,500公斤/平方公分。

在这些鋼材中，正常使用时的应力可以达到2,200和2,800公斤/平方公分，和它相应的相对伸長②約为0.001和0.0013。伸長这样大时就不能使用光面鋼筋了，因为裂縫將會开展得很大。

怎样才能利用这些可以节约20—35%金屬的鋼材的高強度呢？

这时要把高强度的鋼材軋成不是光面的、而是帶有依次重复的凸凹表面的鋼筋杆，也就是軋成規律变形的鋼筋杆。

这样，裂縫的間隔就比用光面鋼筋的密了。裂縫一密，它

① 25ГЦ为苏联的合金鋼鋼号。——譯者注

② 相对伸長——又叫做單位伸長，它是絕對伸長和原来長度的比值。相对伸長一般用 ϵ 表示，即 $\epsilon = \frac{l_2 - l_1}{l_1} = \frac{\Delta l}{l}$ ，或相对伸長 $= \frac{\text{絕對伸長}}{\text{原来長度}}$ 。——譯者注

們开展得就小，由此看来就可以使用高强度的鋼筋，而不会有金屬銹蝕和結構下垂的危險了。

鋼筋有了这种形狀的表面，它和混凝土之間就粘着得更好，而在出現裂縫之后，鋼筋和混凝土之間的連結，也只有較短的一段被破坏了。

除了上面講的几种鋼筋之外，冶金工業还生产一种直徑为2.6—6公厘的含碳冷拉高强度鋼絲。

这种高强度鋼絲的强度——也就是鋼絲拉断时的应力——等于14,000—20,000 公斤/平方公分。这种鋼絲沒有流限。在設計时，就把剩余伸長^①等于試件原来長度0.02%时的应力假定为它的流限。对高强度鋼絲說来，这个“流限”一般占它强度極限的70—80%，也就是等于11,000—15,000 公斤/平方公分。

这就比我們知道的其他几种鋼筋的計算流限大2—4倍。

使用这样高强度的鋼筋，鋼材的用量就可以减少为原来的几分之一。資金也同样節約了。一吨这种鋼絲比Cr.3或Cr.5鋼材的价格貴1—1.5倍。但是一吨这种鋼絲却能代替3—5吨价廉的鋼。举例說，如果1立方公尺鋼筋混凝土中100公斤的Cr.3鋼材，用20公斤貴兩倍的高强度鋼絲来代替，那么它的价格將等于60公斤的軟鋼的价格，因此，我們就節約了40%的用在鋼筋上的資金。

所以說，使用高强度鋼絲的好处是十分明显的。

預应力的实質

在普通鋼筋混凝土結構中是不可能使用高强度鋼材的。鋼

① 当鋼材的应力超过流限之后，即使应力消除，伸長也不能恢复为零。留下来的那部分伸長叫做剩余伸長。——譯者注

筋伸長过大会引起过大的裂縫，并使結構剧烈地下垂。規律变形鋼筋这时也無济于事。

用什么方法才能充分而安全地把高强度鋼材用作鋼筋混凝土結構中的鋼筋呢？

現代的科学有效地解决了这个問題。

在加有預应力——混凝土受压和鋼筋受拉——的鋼筋混凝土結構中，鋼筋鋼材的任何强度几乎都可以被充分利用。

預应力加于鋼筋混凝土結構的方法的实質，就是把結構使用中將受到拉力那部分的混凝土預先加以压縮。

預应力的原理常常用在技术中和日常生活中。

你想拿起一叠書来。如果你光用手拿着兩头的書，那这一叠書就会散落(圖 5)，因为書和書之間並沒有連在一起，也就不能抵抗这一叠書因書的重量而弯曲时产生的拉力。

然而，只要用力压紧这一叠書的兩边，那它就有能力抵抗弯曲了。



圖 5 如果把一叠書的兩边压得很紧的話，那么它就能保持在水平狀態。

如果木桶的板不用鉄箍箍紧的話，那么拼起来的这个木桶就不能盛水(圖 6)。



圖 6 用鉄箍將木桶板箍成木桶，就是一種裝配式的預應力結構。

鉄箍有力地箍紧在木桶板的外面，就把各塊木桶板挤得很紧，这样，在垂直縫之間就有了預压应力。如果这时再往桶中

倒水，那么內压力并不会脹开木桶板，仅仅是抵消一些原有的預压力而已。

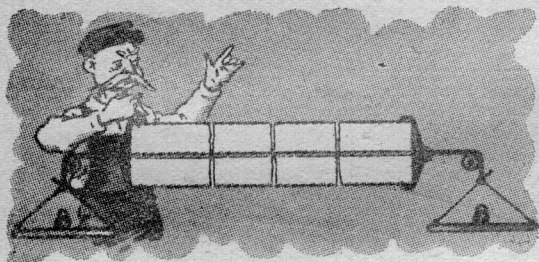


圖 7. 未加預應力的鋼筋混凝土構件只能承受不大的拉力。力时，我們也可以看到原理相同的这种現象。

首先，我們来研究一根在結構使用时用来承受拉力的最簡單的鋼筋混凝土構件(圖 7 和圖 8)。

当未加預應力的混凝土的相对伸長为 0.00015 时，也就是說，当鋼筋中的应力約等于 300 公斤/平方公分时，混凝土中就

出現了裂縫。当拉力繼續增加时，鋼筋中的应力也会增加，而混凝土中的裂縫就扩大了(圖7)。

現在我們假定这个構件是用預应力方法制成的(圖8)。这样，首先要把高强度鋼絲拉長，并在支座上把它固定成拉紧的

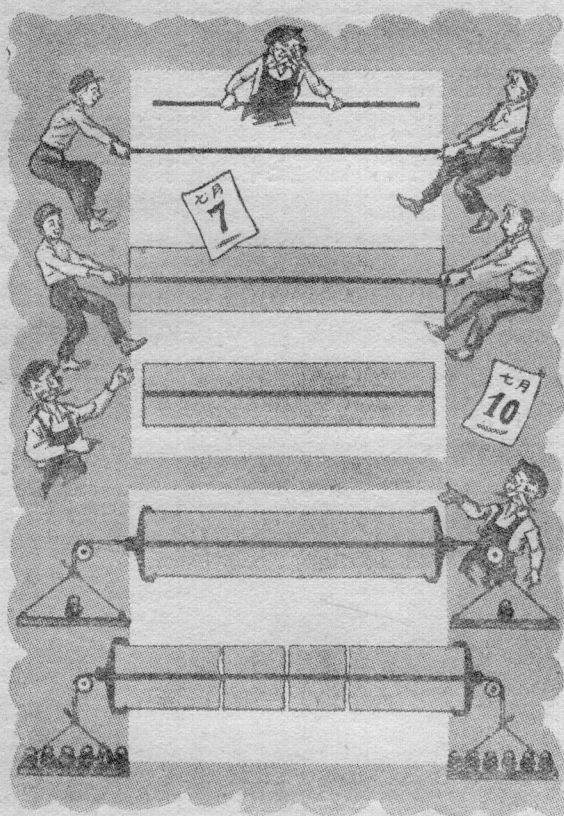


圖 8 如果把鋼筋混凝土構件中的鋼筋預先張拉(拉紧)，然后澆灌混凝土，并在混凝土达到足够强度之后放松鋼筋，那么就可以制得預应力的構件，它抵抗拉力的能力要比未加預应力的相同構件大 5 倍。

状态。然后澆灌混凝土拌合物。当混凝土結硬了并具有足够强度后，由支座上放松張紧了的鋼絲。鋼絲本身是一种彈性体，它有恢复为原来較短長度的趋势。但是依靠粘着力而和鋼絲結合在一起的混凝土却阻碍了它的縮短。

因此，原来拉紧而后又由支座上放松的鋼絲就把和它結合在一起的混凝土压得紧紧的了。

放松鋼絲使它压紧混凝土，叫做把預应力傳遞給混凝土。

这样我們就制成了預应力的鋼筋混凝土結構。在这种結構中，在受外力作用之前，混凝土中就有了預压应力，同时鋼筋中也有了預拉应力。

如果預先制造一个帶有縱向孔道的混凝土構件，然后再把兩端有螺紋的鋼筋杆穿在这个孔道里，我們同样可以得到預应力的結果（圖9）。旋轉螺帽而張拉这根鋼筋，我們也就对它加了預应力，因为混凝土阻擋了螺帽的移动，于是螺帽对混凝土进行压縮，而同时鋼筋杆却受到張拉。

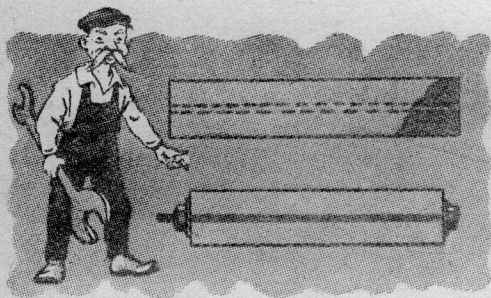


圖9 把鋼筋穿在做好的混凝土構件的孔道里，張拉这根鋼筋也可以制成預应力的鋼筋混凝土構件。

試驗証明，在很長的一段時間里，部分預应力是会損失的，而剩余的部分則保留不变。部分預应力損失的原因是：混凝土因收縮而会縮短，拉紧鋼筋的压力因而减弱。此

外，混凝土在經常作用的压力之下有一种漸漸縮短的性能，这种徐变就使制品也縮短，因此减弱了預应力。

还有一些預应力的損失是因为鋼材在經常作用的拉力影响下也会漸漸伸長，以致使其張力減弱。

可能損失的預应力的數值必須在設計時考慮進去，并且預先把鋼筋多拉一些，以便補償這部分損失。

必須記住，鋼筋因混凝土的收縮和徐變以及鋼筋的伸長而產生的預应力損失為 1,200—2,000 公斤/平方公分。

預应力的優點

回頭來再繼續研究我們的例子。

預应力的損失出現之後，結構中就留下經常作用的壓縮混凝土的和張拉鋼筋的預应力了。

現在假設在我們的預应力結構上作用一個張拉它的外部荷重。

這個外力企圖張拉混凝土。但是混凝土當中原有很大的預压应力，因此混凝土中不會產生拉应力，只是稍微減弱了預压应力。

假設舉例說，有着一種強度為 400 公斤/平方公分的混凝土，其中經常作用的預压应力為 150 公斤/平方公分，也就是已經把各種損失減去了。

要想讓這個預应力構件中出現裂縫，必須從外部加這樣一個拉力，它的大小首先抵消 150 公斤/平方公分的預压应力，然後再克服混凝土的抗拉能力 27 公斤/平方公分。因此，只有當外部拉力達到 $150 + 27 = 177$ 公斤/平方公分的數值時，混凝土中才會出現裂縫。這個數值比 27 公斤/平方公分——未加預应力的混凝土的抗拉能力——要大 5 倍左右。

預应力大大提高了結構抗裂的能力。

設計結構時，不僅要使正常使用時混凝土中不出現裂縫，

而且最好是根本不出現拉應力。因此加在混凝土上的經常作用的預壓應力要大於荷重所能引起的拉應力的數值。

再要繼續增加拉力的話，混凝土中就會出現裂縫，以後，全部拉力僅由鋼筋來承受了。

如果現在除去外部荷重，則裂縫就會閉合，因為預張拉的鋼筋重新壓緊了混凝土。然而，在普通的鋼筋混凝土中，荷重除去後，裂縫是不能全部閉合的。

預應力鋼筋混凝土結構具有很高的彈性。

還應該注意：在外力作用下，鋼筋的預拉應力增加得並不多。鋼筋和預壓緊的混凝土同時伸長，因此拉力是由鋼筋和混凝土兩者分担的，而且大部分是混凝土承受的。在我們的例子中，混凝土的強度為 400 公斤/平方公分，在使用荷重作用之下，在預張拉的鋼筋上增加 700—800 公斤/平方公分的應力，這只占預應力數值的 7—8% 而已。

因為鋼筋在使用荷重作用之下應力增加得不多，所以有可能產生達鋼筋受拉強度極限的 60—70% 的很大的預應力，舉例說，強度為 18,000 公斤/平方公分時可達 10,000—12,000 公斤/平方公分。

我們比較詳細地談過了受拉的預應力鋼筋混凝土構件之後，就可以稍微熟悉一下受彎的預應力結構（圖 10）。

這裡張拉的主要是在梁或板使用時受拉的那面的鋼筋。

當鋼筋把張力傳遞給混凝土時，在梁的高度各點上應力的分布是不均勻的。張拉鋼筋所在的那一面，混凝土中的壓應力最大。混凝土的受壓愈往上就愈小，而在另一面則可能產生混凝土預張拉的現象。為了避免這種不利的現象，為了防止裂縫起見，一般在梁的受壓區也同樣要配置少量的預應力鋼筋。

外部荷重張拉混凝土下面的纖維，但是因為原來有預壓應

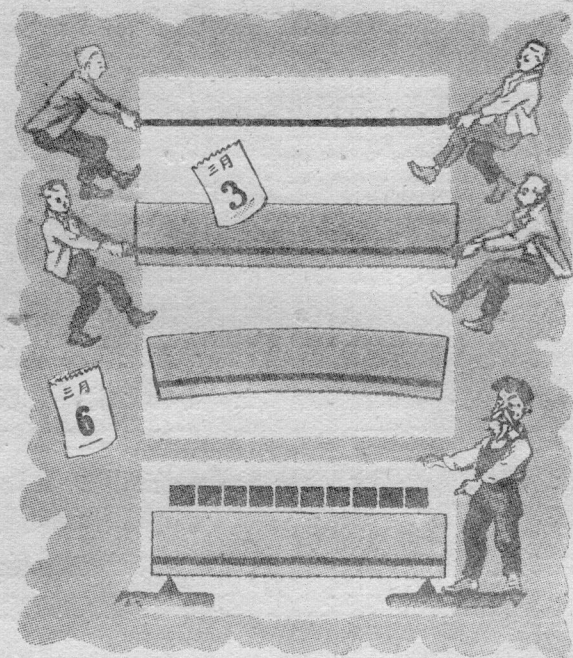


圖 10 制造預应力鋼筋混凝土受弯構件（梁或板）的几个阶段。
下——这个構件承受荷重的情况。

力，所以無論使用多高强度的鋼材也不会有裂縫出現和开展的危險。

因为預应力受弯構件的混凝土中沒有裂縫，所以它的下垂要比可能产生裂縫的普通鋼筋混凝土的下垂小得多。

預应力鋼筋混凝土結構具有很高的抗弯剛度。

*

*

*

上面所講預应力鋼筋混凝土的优点，使它在建筑工程中得到了广泛的应用。

目前生产的有各种供住宅、公用和工業房屋屋盖和楼盖用