

# 預应力混凝土理論与实验研究

(上 冊)

[法國] Y. 居易翁 著

科学技術出版社

68.2

557  
732/7768

202365

# 預应力混凝土 理論与实验研究

下 册

[法国] Y. 居易翁著

葛守善译 周念先校

科技卫生出版社

## 內 容 提 要

本書根据法国 Y. 居易翁所著預应力混凝土理論与实验研究(BÉTON PRÉCONTRAIT: ÉTUDE THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE) 1953 年再版修正本譯出, 共分上下两册出版。

本書分章論述各种主要預应力混凝土結構物的共同問題和靜定梁的彈性計算問題, 尤其对于許多特殊应力問題均作了深入的分析, 同时在对裂縫与破損計算方面更用极限狀態的理論加以核算。最后并詳尽地介紹了許多試驗的条件、过程、結果与分析, 說明了某些結合实际的理論。

本書还附有三个附录、补充說明一些專門問題, 其中附录 I 提供了專对錨头下集中应力分布的計算用图表, 因与第六章有关, 故特提前排在上册之末, 以便讀者应用。

本書可供土建工程技术人員、大專师生、以及科学研究人員研究參考之用。

## 預应力混凝土理論与实验研究

(上册)

BÉTON PRÉCONTRAIT: ÉTUDE  
THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE

原著者 (法国) Y. Guyon

原出版者 Éditions Eyrolles · 1953年版

譯者 葛 守 善

\*

科学技術出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市書刊出版业营业許可証出 079 号

科學出版社上海印刷廠 新华書店上海发行所总經售

\*

統一書号: 15119·651

开本 787×1092 毫米 1/18 · 印張 0 1/3 · 插 6 · 字數 402,000

1958年 5 月第 1 版

1958年 5 月第 1 次印刷 印數 1—1,500

定价: (10) 3.00 元

## 內 容 提 要

本書根据法国 Y. 居易翁所著 預应力混凝土理論与实验研究 (BÉTON PRÉCONTRAIT: ÉTUDE THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE) 1953 年再版修正本譯出, 共分上下两册出版。

本書分章論述各种主要預应力混凝土結構物的共同問題和靜定梁的彈性計算問題, 尤其对于許多特殊应力問題均作了深入的分析, 同时在对裂縫与破損計算方面更用极限状态的理論加以核算。最后并詳尽地介绍了許多試驗的条件、过程、結果与分析, 說明了某些結合实际的理論。

本書还附有三个附录, 补充說明一些專門問題, 其中附录 I 提供了專对锚头下集中应力分布的計算用图表, 因与第六章有关, 故特提前排在上册之末, 以便讀者应用。

本書可供土建工程技术人員、大專师生、以及科学研究人員研究参考之用。

### 預应力混凝土理論与实验研究

(下 册)

BÉTON PRÉCONTRAIT: ÉTUDE  
THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE

原 著 者 (法国) Y. Guyon

原出版者 Éditions Eyrolles·1953 年版

譯 者 葛 守 善

\*

科技卫生出版社出版

(上海南京西路 2004 号)

上海市書刊出版业营业許可証出 093 号

中華書局印刷厂印刷 新华書店上海发行所总經售

\*

統一書号: 15119·856

开本 787×1092 毫米 1/18 · 印張 18 1/9 · 字數 360,000

1958 年 10 月第 1 版

1958 年 10 月第 1 次印刷 印數 1—2,500

定价: (10) 2.50 元

## 再版序言

此再版本与初版本并无很大出入，仅將初版中未曾察覺之一些誤差予以更正，附致歉忱。

其中誤差之一为附录 I 和第六章第 10 节内有关梁端受力的符号問題。由于彈性理論中所习用的符号，恰与鋼筋混凝土方面所用的相反，而我們忘却將引証桥梁与結構會議記錄 (Les mémoires des Ponts et Charpentes) 中所用的符号予以修改。

自从初版以来，新式錨头續有出現或者續有改进，故在再版本中加入一些新的类型。

在初版以后，关于混凝土受拉时的塑性变形現象，曾有过討論。因此本書第十六章末对此曾作簡略說明。

究竟混凝土受拉时有无塑性变形，是否只是表面現象，而实質上还是看不見的髮縫？从实际上来看，結論近乎相同，因此可以正确地認為無論在何种假定中，預应力都同样地推迟了裂縫的发生。为此我們再三強調必須要考虑到这个非常重要的現象。

在此我們对于帮助校閱本書的各位表示謝意。

經過这次校閱以后，我們决定除了作出上列更正与补充以外，本書初版本在大体上并不需要基本的改动。

## 弗 序

对于本書我有些不便表示意見，因为它的作者是我多年的同事，書中所討論的理論原理和应用思想又是我毕生的心血。因此我对本書的讚揚会有被認為在炫耀自己的危險，何况这样的責难是含有一小部分真实性的，那我就格外冒險了。事实上，在許多主要的观点上，居易翁（Guyon）氏的思想都是和我一致的，而在任何重要的問題上我們都沒有不同的見解；尤其其他对我所首倡的思想还作出我所不能超过的那样有力的与有生气的肯定。

可是居易翁氏完全保持了他在智慧方面的独立性。虽然書中的一部分是我教他的，而他却从其他方面也搜集了些資料，对于一本有教材性的書，这是正常的；所不同于一般的是他也提供了不少他自己的資料。他个人的思考和他所組織的与分析的試驗在本書中占据着一个重要的地位。此外，居易翁氏是十分忠实的，我相信他不可能对一个概念在沒有消化成为他自己的下意識思想以前，就会給予保證的。只有在此以后，再根据这种基础，运用他自己的方式方法来发展出表示他独立性的理論。即使偶而他所得出的結論与我的相同，这也不过是一个巧合而并非抄襲。

但是可能在某些次要的問題上我們的意見并不相同，这主要是因为个别見解的不同。例如，討論靜定梁时，居易翁氏不需要对混凝土的某些变形現象給予：犹如在超靜定复杂体系研究中才应当估計到的、作用在彈性范围边界上的、甚至超出彈性范围以外的、某些部分的混凝土变形那样的重視。

我从這本書中找到居易翁氏对于預应力的价值和命运所具有的忠誠信念的証据。这个証据是由一个具有真理与明見的，智慧高明而又正确的人，以淵博的数学为武器，通过劳动和良知而得出的。在这样一个有助于我多年来所卫护的思想的杰出工作面前，我深深地受到感动并对作者致以衷心的謝忱。

由于他的高貴品德，居易翁氏才特別有資格来承当第一次嘗試澄清預应力領域里的一小部分工作。也正是由于缺乏或者短少这种品質，某些印着“預应力”字样的書籍才不会令人发生兴趣；虽然我們知道自从这个字风行以来这类的書已是出得怎样的多了。

讀者中未能充分思考技術人員活动的条件的，或者不了解这些的，可能会惊詫为什么我会在技術問題中把品德問題提得如此重要。我可以向他們保證的說：假

使在这半世紀的研究和工作期內、所得到的一些肯定的成績中、有一个的确是可靠的話，对工程师來說，那就是品格上的美德——勇敢、正直、对于所接受的任务的重視与热爱——肯定比智慧不知道要重要多少，智慧只不过是被人掌握的一个工具而已。

即使預应力的应用帶來了很可观的技术后果，而采用預应力的决定却与整个技术无关。这只是一个科学家对于外界事物为了能更好地掌握自然界而准备負起更大責任和作出更大努力所采取的立場。这种立場問題亦可說是道德性大問題中的一个問題，这个問題的解决方案支配了人类社会的进步。所謂解决方案、就是如何能使我們的需要和滿足这些需要的方法之間得到平衡。人們可以选择的解决方案不外乎下面两种：可以少花一些力气而仅接受几乎直接由自然界所賦予的物質条件；或者尽量設法，用对自然界越来越精通的認識、和对自然界变化規律越来越全面的掌握，从自然界里謀取最大物質利益的滿足。事实上，在現代的文明中，我們宁可作出更大的努力来尽量謀取更好的生活。

.....

今日預应力思想之所以迅速扩展，正因为它是整个人类为謀取美好生活而作出的努力之一。这种努力把人类推向物質力量的发展，同时也推向某些道德任务的提高。

預应力在应用方面虽然并不簡易，可是它的原理是非常簡單的：就是对結構物加上一个力  $C$ ，俾在組成結構物的材料的任何一点上都发生一个隨着力  $C$  增加的应力  $N$ ， $\frac{dN}{dC}$  的关系無論如何是从发现应变定律以后早就知道了的。

因此，在結構物的各点上和在各个方向中均存在着： $N=KC+A$  的关系，其中  $K$  值和  $A$  值可能是時間的函数与受力情况的函数。

如果所有的  $N$  值、都在某些限值  $N_a$  和  $N_b$  的範圍以內，則安全就有保障，并在每个方向中，可得： $N_a < KC + A < N_b$ 。

显然只有知道了結構物各点上的和在每个方向中的  $A$  值以后，才能計算出該結構物在破坏以前所能承受的最大荷載  $C$ 。

为便于計算起見，一般建筑者們都把  $A$  值統一指定为零，尽管事实上几乎永不可能有这样的。这样做当然是非常便利的，但是結果上就否定了許許多多的可能性；因为显然除了少数特例之外——有时“零”是最好的数值——这个条件不允許得到  $C$  的最高值。簡單地說利用預应力就是拒絕接受  $A=0$  的簡便計算法；也就是迫使自己去发现和應用对  $A$  最有利的数值系統。所以这是一个堅強意志的表現；是一个純粹属于道德性的决定。

一經决定采用預应力以后，接着产生的就是智慧的問題；首先要記住  $A$  值不能

完全任意規定，它的数值与造成預应力的方式有关。事实上，預应力总是由加在結構物上相互間平衡的一个系統的外力造成的。因此預加应力的問題在任何情况下均在于确定一个系統的力，这些力加在所研究的結構物上就造成应力  $A$  的系統，使得与这个系統相适应的力  $C$  的限值和允許的疲劳应力限值对上述問題提供了最好的解决方案；此后这种体系一經决定，便要找出实现的方法。

为此，科学家应当探寻各种应用在不同情况中的技术，其中許多是新的，有的还等待着发明。在另一方面，往往可以得到不論从經濟方面、美观方面和安全方面看来都比用旧方法所能做到的要高明得多的結果。此外在决定采用預应力以后，还要应用得很正确，既不可粗枝大叶又不可欺騙伪装，否則非但所預期的效果会落空，而且結構物將肯定是很坏的。所以預应力結構要求設計者与施工者都必须更为正直、更为勇敢和更为忠实。总的說来：就是要比从事旧技术者更要信賴与热爱他們的專業。因此，預应力漸漸提高了他們的專業和道德水平。

居易翁氏的書虽然仅限于研究支承在两点上的直梁，可是將見到即使在这样簡單的情况中还产生了许多复杂的問題。

其实靜定梁只不过是各种梁的綜合研究中的第一步和短短的一节；而預应力梁本身也不过是用受拉鋼束的預应力結構物研究中的一章。除此以外，还有一大堆的結構物并不用鋼束預加应力，而是靠抵住在附近土壤上的千斤頂預加应力的。例如：堤岸、水坝、水閘、隧道和地下油池等等都是；并且似乎这些工程在大小方面和种类方面都超过了用受拉鋼束的預应力結構物。

由于应用数量的日益众多，結構物形狀、尺寸和功用的日益变化，并且由于材料和机具設備的进步，預应力技术发展得非常迅速。两年以前我曾經从事于編写預应力工程的汇报，才写了几章，我就发现預应力的变化比我編写工作的进展还要来得快。

于是我体会到全面地叙述預加应力的各种方法及其应用，已經远远超出我的能力之外，并且亦將轉移我的余力所能进行的研究。对我來說能够創造一种新型的蓄水池或水閘比写几頁書来得更为重要，因为这种將要成为全集的一部分的写著，亦是需要有好几个專家的合作才行的。居易翁氏認為現在已經可以試行給出关于靜定直梁的第一部全集的輪廓。因为在运用預应力的各种場合中，这是已知因素对未知因素的比数最大的一个，也是在实施与試驗中研究得最深入的一个；并且在靜定梁中对数学解說的必要簡化最为容易和最少危險；最后，由于我們在混凝土变形規律方面的認識不足而遭遇到的困难也最小。不过，即使在上述特殊情况中，仍然发生許多关于預应力的一般性問題，居易翁氏曾以較簡略的方式一一予以解說。

对于其中很多的問題，我們的解答均尚在初步認識阶段，这是因为我們对于混



凝土的真正的力学性質还知道得很少。可靠的試驗資料实在少得可怜，并且在重要的問題上各个权威的意見又不同。原因在于确定混凝土的必要参数非常之多，在于它对一切外界影响都有反应并且長期不易消失的那种象有生命的特性，于是“偶然”的重要性就显得很大；此外，还在于混凝土的变化現象非常緩慢，以致几乎不可能研究其复原性。

一切在这些事物方面的有价值研究都需要有充沛的物質条件，尤其須要有余力和有耐心的而且能力很高的人来分析試驗的結果。

非常幸运地我們即使并不全面了解，而只要付出加大安全度的代价，預应力結構物仍然可以建造的。当缺乏准确的現象分析时，在实有結構物上所进行的試驗和实验可以供給我們有效的指南，所以居易翁氏正确地对于試驗的叙述和討論給予一个重要的位置。因此我認为凡是能够努力吸取本書內容的工程师、不仅能够制造預应力梁，并且还可以建造更复杂的結構物，因为他在这里除了求得知識之外，还找到工程师的重要品德的范例：正直、勇敢和信念。

E. 弗来西奈 (E. Freyssinet)

## 序 言

無疑的，對於任何結構問題預應力都能提供一種解決方案，而且往往是革命性的。因此，預應力不單是一種技術，而是一個廣泛性的原理。

不管受預應力的是涵管、梁、沉箱、隧道、飛機場跑道、基礎、水壩或者是其他，思想總是一樣的，就是預加在有利方向中確知的永存力。但是所採用的方法可以多式多樣。

全面敘述預應力的各種可能形式似乎是做不到的，除非可以把所有的土木工程都全部檢閱一遍。

但是，如果不能全面敘述，則在幾種特殊應用方面作較細致的研究也必能闡明其廣泛性的原理，並將某些施工方法予以說明，以便其他方面應用。

這就是本書的目的。

\*  
\* \*

根據這個目標，本書基本上先只討論靜定的直梁。從表面上看來，這是一個很狹窄的題目，並且事實上它也只不过是預應力領域內很小的一个部分。

但是，一旦深入研究時，就會發現一系列的問题和疑問，如能得到解決或答案，則亦可在很多其他結構體系上應用。

因此，我們在这些一般性的問題上討論得多些，尤其在本書的第一篇內更多，所以這一篇可以認為是能供多方面應用的共同部分。

在这些一般性的問題中，有的實際已經獲得解決，有的則離此尚遠。

例如鋼的徐變即如此，能更準確地預先估計鋼的徐變是很重要的，並且若能在足夠有規則的條件下予以實在的減低，則可能比提高鋼的強度更為有利。這個廣闊的問題只有在冶金界的合作下才能得到解決。

握裹問題同樣也很重要，因為它在造成預應力的某些技術方面起着很大的作用；至於對於這個問題的解答雖然已經有了一些，可是還很不完善。

此外，關於梁端應力的問題：這是一個一般性的而並非專與預應力有關的問題。不過它在這裡的重要性比在他處更大，因為集中作用的力很大。

當然，我們不能等待並且也未曾等待這些問題全部都解決以後，再用預應力混凝土來建築。不過由於不了解而付出的代價是高的，因為這是一個附加的危險，

对于它,我們只能从增加安全度方面来得到保証。相反地,在認識方面的一切提高,自可降低这种安全度,所以有必要將当前这些問題統計一下,我們認為把一切尚待澄清的問題列一清單是有益的。

本書第二篇討論靜定直梁的彈性計算。其中許多原則都可以应用到其他結構体系的研究中去。特別是,如果只从彈性理論的观点看来,一旦对于超靜定梁能够計算出支点上的附加反力时,靜定梁和超靜定梁之間並沒有基本的差別;从而認為任何一个截面中力的减小因素是已知的以后,則驗算的方法或者决定尺寸的規則,对于两种梁都是一样的。

这一点也不是說不需要对超靜定体系进行專門的研究,因为預应力給这些超靜定体系的彈性理論帶來了特殊的問題,这种問題是要加到不受預应力的体系所用的普通材料力学<sup>①</sup>里去的;預加应力实际上造成了应当承受的或者抵消的外加变形;可是这只是計算或者产生支承反力的問題,关于这点將在另一集內討論;并且假定这些問題解决以后,这里所說的彈性理論无需更改即能应用。

这些彈性理論只不过是材料力学在預应力結構物上的应用,我們有一切的理由来相信經驗將証实理論的安全。

当对若干已經完成的和按照这样計算的工程进行各种試驗时,发现到正如以上所述的情况。

可是这样是否算尽量利用了全部材料呢?肯定不是的,因为这些理論只能不顧下列两个阶段之間的距离,即由于彈性变形而使結構物中的某一应力达到极限应力的阶段,和由于在恰好等于极限应力的大致不变的应力下发生的、塑性变形中所引起的实际破損阶段之間的距离。

估計这个距离的大小是很重要的。

如此就等于要研究材料的受力情况和接近破損时与裂縫时內力的分布情况。

这种研究,或者更适当地說,这种只能以試驗为根据的研究性試探工作將为本書第三篇的內容。

虽然在这方面我們現在所研究的还很少,可是我們已經能够見到各种預应力結構物所共有的某些現象。根据这些現象,再經多次試驗,当能明确肯定一些可以安全应用的規律。

我們認為其中有一个現象是主要的:就是抵抗裂縫的能力随預应力的加大而增加;这种抵抗力的增加在某些条件下是很可觀的。这是一种特別与預加应力有关的現象;其原因尚未能得到肯定的解釋,不过它是的确存在的,并且如果要避免硬鋼的浪費,就必須考虑到它。

① 法文中的 Résistance des matériaux 指材料力学与結構力学——譯者注。

这种已經得到的試驗結果应当加以利用。为了这个目的，愈来愈显得有改进現有計算方法的必要，并且需要以彈塑性計算来补充(如果不是代替的話)彈性計算，因为彈塑性計算能讓我們利用由于塑性造成的安全度。本書最后一章內对这个問題給出一些指示。显然地，为了能使这些計算方法有确定的形式起見，还有許多工作要做；我們所建議的方式很簡單，但是它是以某些已被試驗証实的假說和近似計算为基础的。

大体上看来，以上是本書的內容。前面已經說过，在另一集內，我們將要研究連續梁和各种超靜定体系的計算，并且象对靜定梁一样試行从試驗結果中得出一些結論。此外，对圓形結構物的預加应力亦將予以說明。最后將叙述某些已完成的工程，这些工程能讓我們以实在的形式来介紹某些实际施工方法。

\*  
\* \*

本書內常常提到弗来西奈氏的名字。人們將以为我們的研究主要的是弗来西奈預应力的研究。

这話实在是對的。因为，首先我們認為並沒有分別属于某些发明家的好几种預应力。預应力只有一种，就是弗来西奈氏的預应力。

\*  
\* \*

这并不是說在弗来西奈氏以前从沒有人想到过对混凝土預加力。可是这种嘗試所得到的只是不值得注意的結果或者是全面的失敗。他們其实只在細節上改善鋼筋混凝土，就是靠加拉力于普通鋼筋来延迟裂縫的发生。加力的方法种类很多，可是經過一个短时期以后，預加拉力就会由于一种以往所忽略的或者被否定的現象而消失，这种現象就是混凝土的徐变。

是由弗来西奈氏在对該問題經過長時間的思考以后，把这种現象以肯定的和无可辯駁的方式来闡明的，并且給出它的規律；这些就是著名的勃魯加斯戴勒(Plougastel) 桥的試驗，其試驗結果在經過長时期的研究以后已于1926年公布。

弗来西奈氏还辨別和說明了在怎样的条件下，尽管有徐变存在，仍然可以保持住靠受拉鋼絲所产生的永存預压力。这种条件主要是要使鋼絲能得到这样一个引伸度，务使其經過混凝土的徐变收縮以后所剩余的数值，依然是初始引伸度中足够大的一部分；因此必須完全放弃軟鋼而采用强度尽可能高的鋼，并且尽可能拉足。

同时，鋼的作用也完全改变了；以往它只不过是鋼筋——是代替不能受拉力的混凝土的一种被动材料——，在預应力混凝土中，鋼就成为能由工程师来支配的一个力，能讓他使混凝土具有均匀体和彈性体的性質，并且还考虑到結構物以后在外荷作用下將受到的应力情况，对混凝土預先造成最有利的初始受力状态。

現在我們對這些思想熟悉得好象它們是理所當然的那樣；要想到在初次發現它們的時代里，這真是一個奇異的飛躍進展，好象在建築史內有數的幾次進步一樣。

這次的進步是弗來西奈氏造成的。

雖然這是肯定的，可是好象對待一切成功的創造一樣，對於弗來西奈氏稱之為新原理“預應力”的人們、正在想法尋找最意想不到的和最遙遠的始祖。

把各種實施方法的發源——創造思想——作為一個無名的公共財產以後，便試用熟知的手法將注意力對準在各種實施方法上，這樣就更容易奪取發明者的名義。

在預應力混凝土方面，這種方法却未能得逞。因為儘管有爭論，創造思想總是弗來西奈的，弗來西奈的實踐精神使他立刻研究出如何利用這種思想的各種方法；於是作為根據的基本思想就很快地由各種實施方法鞏固起來。弗來西奈式預加應力法是不勝枚舉的，即使是簡略的示例，也會勝過一切的雄辯。

弗來西奈氏的預加應力方式有：用受拉鋼絲預加應力，不用鋼絲的預加應力，靠外面的重型抵座預加應力、盤繞受拉鋼絲預加應力於水管，用擴張內胆法預加應力於水管、用擴大外箍鋼筋的預製拱塊襯砌層來預加應力於隧道、用壓漿法預加應力於隧道襯砌層、分批預加應力於蓄水池等等許多偉大的原理——其中我們只提到少數幾種——由此可以得到很多的应用。

\*  
\* \*

為了限制在本書內所研究的一些較有限的問題上起見，所討論的主要是如何解決錨固的方法。我們所研究的兩種已實用的錨固方式，即摩阻錨固和握裹錨固都早在弗來西奈氏的專利中已經明晰地下了定義。因此，我們並不認為一遇到要舉例時就幾乎完全限於敘述弗來西奈的錨固方法，從任何角度上看來，這是要減少內容的廣泛性的。

我們認為本書中關於機具設備和梁端布置的几章，已經能使讀者可將同樣的原理引用到其他各種錨固方式上，或者他種類型的鋼束上去的。

# 目 录

再版序言 .....	1
弗序 .....	2
序言 .....	6
第一篇 各种主要預應力混凝土結構物的共同問題	
第一章 概述 .....	1
(一) 預应力梁的簡例 .....	1
(二) 預应力数值随時間而消滅。預应力經過一个長时期后的极限数值。 預应力在活荷載作用下的实际不变性 .....	8
(三) 用預应力抵消靜荷載作用的可能性。用弯起鋼絲束預加应力 .....	15
(四) 其他几种預加应力的方式 .....	24
(五) 抗剪能力 .....	26
第二章 預应力混凝土結構物用的施工机具 .....	31
I. 在混凝土凝固与結硬以后用縱向張拉鋼絲法制造的預应力杆件 .....	31
(一) 用弗来西奈式錐形錨头的設備 .....	31
1. 鋼絲束 .....	32
2. 錨錐 .....	37
3. 弗来西奈式拉伸千斤頂 .....	41
4. 預加应力操作过程 .....	42
5. 善后工作: 灌漿与外露鋼絲头的埋藏 .....	44
6. 只有一端用錨錐的鋼絲束 .....	44
7. 錨錐中綫之間最小的距离。为千斤頂操作須預留的空处 .....	48
8. 其他几种弗来西奈式的錨固方式 .....	49
(二) 成对鋼絲用鋼楔卡住的錨固法 .....	51
9. 馬涅尔-勃拉东(Magnel-Blaton) 預加应力法 .....	51
(三) 用承力强大的鋼絲束和錨头預加应力 .....	52
10. 弗来西奈式承力强大的鋼絲束 .....	52

11. 鋼絲束埋固在大錨杯內的預加应力法	52
12. 加力千斤頂澆在結構干体内的預加应力法	53
(四) 用有螺紋的鋼杆和螺母的錨固法	56
13. 这类預加应力法的概述	56
(五) 總結	57
14. 錨錐的安全性試驗	60
<b>II. 各种預加应力的方法</b>	60
15. 用預張的柔性鋼絲繩預加应力	60
16. 利用两端預先錨固好的鋼絲束的几何变形来預加应力	62
17. 用盤旋扭轉一束平行鋼絲的方法进行預加应力	63
<b>III. 不用鋼筋的預应力混凝土結構物, 靠支持在桥台式外抵座上的千斤頂</b>	
<b>預加应力</b>	64
18. 設備	65
19. 扁千斤頂的应用实例	66
<b>IV. 鋼絲着力在成品两端以外的先張法</b>	69
20. 長綫先張法	69
21. 个别澆制的先張法	70
22. 着力在大梁模板上的先張法	71
23. 增加鋼絲握裹力的各种方法	72
<b>第三章 預应力混凝土的材料</b>	73
<b>I. 混凝土</b>	73
<b>混凝土的变形</b>	74
1. 受荷后的縱向变形	77
2. 应变的大小, 以及混凝土与此有关的一些不同的性質	80
3. 在長度不变的受压混凝土中, 应力随時間而降低	83
4. 凝縮和膨脹	86
5. 抗压强度	87
6. 抗拉强度	88
7. 增加混凝土强度的各种施工方法	89
<b>II. 鋼</b>	91
(一) 一般性質	91
8. 軟鋼	91
9. 硬鋼、常用的几种类型	91
10. 高强度鋼絲的主要特点	92

11. 机制原鋼絲	93
12. 冷拔鋼絲	95
13. 热冶机制鋼絲	95
14. 他种鋼絲	95
15. 选择鋼絲的实用規則	96
(二) 硬鋼的变形与徐舒現象	98
16. 鋼的急变	98
17. 預加应力(鋼絲受拉)自动提高彈限	99
18. 硬鋼在固定拉力下的徐变	100
19. 鋼在固定長度下之徐舒	100
20. 徐舒与应力应变曲綫的关系	104
21. 預应力杆件的鋼絲在各个阶段中的应力变化	107
<b>第四章 預加应力时鋼絲束与管道之間的摩阻影响。摩阻力造成 的拉应力損失。弯道中的拉应力損失</b>	<b>110</b>
1. 試驗室試驗資料之一。摩阻系数 $f$ 的数值对应力損失系数 $e^{-fa}$ 的影响	111
2. 試驗室試驗資料之二。公式 $T = T_0 e^{-fa}$ 的驗證和 $f$ 值的測定	117
3. 工地試驗資料之一。弯道部分拉应力損失的測定	120
4. 工地試驗資料之二。弯道部分和直綫部分的应力損失	123
<b>第五章 耐火性</b>	<b>128</b>
1. 結構物关于耐火性方面应当具有的品质。耐火性规范	129
2. 火对于結構物的影响	134
3. 高溫影响下硬鋼的强度	136
4. 巴尔氏的鋼絲束預应力梁試驗	143
5. 英国科学与工业研究处和消防委员会联合組成的防火研究机构所做的各种楼 板的耐火性試驗。試驗汇报摘要	143
6. 溫度高低的估計及上述試驗中試件坍落时鋼絲达到的溫度	153
7. 根据鋼絲所达到的溫度对梁的抗弯力矩的估算	155
8. 关于梁內溫度分佈的几点說明	158
9. 燒伤的結構物修复重用的可能性	161
10. 英国对預应力混凝土方面的建議	162
<b>第六章 杆件頂端預加力着力面附近的內力(在用鋼絲束預加应力 的梁中)</b>	<b>163</b>
<b>I. 杆件端部的应力計算</b>	<b>163</b>
1. 在只有一个对中法向力的情况中	166



2. 在用多个作有規則分布的力来对中預加应力的情况中	171
3. 在有一个偏心力的情况中,“对称棱柱体”定律	172
4. 在用按照綫性定律分布的多个偏心作用的力来預加应力的情况中,应力分格定律对此情况的推論	174
5. 在用不規則分布的法向力对中預加应力的情况中,或者在用非綫性分布的法向力偏心預加应力的情况中	176
6. 对上述情况的近似經驗計算法。力的作用的分层計算法(續分合力計算法)	177
7. 在預加力稍向梁的中軸傾斜的情况中	181
8. 作用在豎直面和水平面上的拉力	183
9. 对非矩形截面梁的情况的推論	183
10. 梁端受法向力或斜向力的棱柱体中軸上应力的計算用表	185
11. 对集中力研究的結論	190
A. 在預加力垂直于着力面的情况中,亦即力的作用方向平行于梁的縱軸	190
B. 在力斜向加在梁端的情况中	192
12. 錨头下允許有的法向承压应力	192
<b>II. 箍筋布置的实用規則</b>	<b>195</b>
13. 在每个基层力下面的箍筋布置(基层箍筋)。在用弗来西奈式錨錐的情况中	195
14. 例1. 在綫性分布的情况中	200
15. 例2. 在非綫性分布的情况中	201
16. 在非矩形梁的情况中	207
17. 在非矩形梁中力未能做到綫性分布的情况时	209
<b>第七章 先張法預应力梁中的握裹錨固</b>	<b>215</b>
1. 縱向拉力的傳遞,拉力作用于埋在混凝土內的鋼筋自由端上	216
2. 在預应力混凝土中的握裹錨固作用	221
3. 鋼絲相对于混凝土的位移的測定	223
4. 混凝土縮短的測定	227
5. 鋼絲中应力的測定	229
6. 鋼絲中拉应力变化的規律。彈性握裹与摩阻握裹	229
7. 握裹对錨住力变化的适应	233
8. 彈性錨固的特征長度 $\lambda$ 的估算	234
9. 关于两个錨固区段之間的分界点位置的附注	236
10. 握裹理論的实际效果。自由端鋼絲的內縮和錨固長度的关系	237
11. 用光滑鋼絲做的各种試驗的結果	239
12. 增加握裹力所用的各种方法	242
<b>第八章 先張法預应力杆件中两端的应力。箍筋</b>	<b>245</b>