

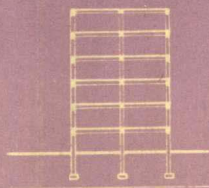
92.175/3

28873

预应力混凝土基本知识

浙江省工业设计院

《预应力混凝土基本知识》编写组



中国建筑工程出版社

预应力混凝土基本知识

浙江省工业设计院《预应力混凝土基本知识》编写组

中国建筑工业出版社

本书介绍预应力混凝土的一些基本知识，并简要介绍它的生产工艺、生产设备及其应用情况。同时，还总结了江苏、浙江一带用冷拔低碳钢丝生产预应力钢弦混凝土的经验。

本书由浙江省工业设计院《预应力混凝土基本知识》编写组编写，邵柏舟等同志执笔；书稿经江苏省建筑设计院有关同志审阅，并提供部分资料。

本书供预应力混凝土生产工人、施工技术人员阅读，也可供土建专业学员和设计人员参考。

预应力混凝土基本知识

浙江省工业设计院《预应力混凝土基本知识》编写组

*

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：3 1/2 字数：73 千字

1974年9月第一版 1974年9月第一次印刷

印数：1—79,730 册 定价：0.23 元

统一书号：15040·3172

编 者 的 话

预应力混凝土技术在世界上虽然只有四、五十年的历史，但已有了很大的发展。主要是因为采用预应力混凝土技术不但能提高结构抗裂性能，减轻结构自重，节省钢材和木材，而且还能适应大跨度和抗疲劳结构的需要。

解放前，由于帝国主义和国民党反动派的黑暗统治，我国经济极端落后，根本没有自己制作的预应力混凝土结构。解放后，在毛主席和党中央的英明领导下，随着我国社会主义革命和社会主义建设的迅速发展，预应力混凝土技术得到了大力推广。五十年代初期开始研究、使用，到第二个五年计划期间，即有了较大的发展。但是，由于刘少奇反革命修正主义路线的干扰和破坏，它的发展受到一定的影响。

伟大的无产阶级文化大革命和批林整风运动进一步推动着我国社会主义建设事业的迅速发展。在毛主席亲自制定的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线和“独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国”方针指引下，我国基本建设战线的广大革命职工，以路线斗争为纲，狠批了刘少奇、林彪一类骗子所推行的反革命修正主义路线，狠批了他们鼓吹的“洋奴哲学”、“爬行主义”等谬论，使预应力混凝土技术在全国范围内得到迅速发展和广泛应用。据不完全统计，一九七三年我国用于建筑工程方面的预应力混凝土数量，比无产阶级文化大革命以前的一九六五年增长了近六倍。预应力混凝土的应用范围、工程质量、技

AS100/04

术水平和经济效果都有很大的提高。各地在积极采用先进的预应力技术、机具和设备的同时，还因地制宜，土法上马，创造了许多行之有效的工艺方法和简易机具、设备。其中，切合我国当前具体情况的，生产中小型构件的冷拔低碳钢丝预应力混凝土，自文化大革命以来得到蓬勃发展。这对于进一步普及和发展预应力混凝土技术具有重要的意义。

为了配合进一步推广预应力混凝土技术，帮助广大革命职工掌握这方面的知识，我们曾与江苏省建筑设计院合作，在一九七一年编写过一本《什么叫预应力钢筋混凝土》的小册子，作为内部交流资料。这次编写本书，基本上仍以该资料为基础，适当补充了一些预应力基本知识和两年来的一些新经验、新成果。另外，还对易于土法上马的冷拔低碳钢丝配筋的钢弦混凝土作了一定的介绍，供读者参考。

由于我们政治思想水平和业务技术水平有限，学习和了解的情况也不全面，书中一定会存在一些缺点甚至错误，请广大读者给予帮助和批评，以便再版时更正。

编 者

一九七三年十二月

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地
建设社会主义。

独立自主，自力更生，艰苦奋斗，
勤俭建国。

要把一个落后的农业的中国改变成
为一个先进的工业化的中国，我们面前
的工作是很艰苦的，我们的经验是很不
够的。因此，必须善于学习。

目 录

一、预应力的基本概念	1
二、为什么钢筋混凝土构件要加预应力	4
三、预应力混凝土结构的优点及经济效果	7
四、哪些构件和部位适宜施加预应力	11
(一) 中心受拉构件	12
(二) 偏心受拉构件	12
(三) 偏心受压构件	13
(四) 受弯构件	13
(五) 中心受压构件	13
五、预应力混凝土主要材料的种类及性能	19
(一) 混凝土	19
(二) 钢筋	22
六、施加预应力的方法	30
(一) 先张法	31
(二) 后张法	33
(三) 自张法	38
七、预应力的控制	40
(一) 预应力值的建立	40
(二) 预应力损失	41
(三) 预应力钢筋的超张与复张	45
(四) 预应力钢筋的放松	46
八、锚具和夹具	49
(一) 锚具	49
(二) 夹具	52

九、预应力钢筋的张拉设备	54
(一) 机械张拉	54
(二) 电热张拉	64
(三) 半人工、半机械的简易张拉	67
(四) 测力装置	71
十、台座的种类及构造	73
(一) 重力式台座	74
(二) 柱式台座	75
(三) 简易台座	76
十一、钢弦混凝土的生产	81
(一) 生产工艺	83
(二) 钢弦混凝土的种类和经济效果	90
十二、预应力混凝土的发展和应用	96
(一) 建筑构件、配件中的应用	97
(二) 储液池和压力管中的应用	97
(三) 组合构件的发展和应用	98
(四) 结构补强中的应用	100
(五) 其他	103

一、预应力的基本概念

预应力混凝土是预应力钢筋混凝土的简称。预应力钢筋混凝土就是在普通钢筋混凝土上加了“预应力”。那么“预应力”又是什么呢？这要从“力”和“应力”讲起。

“力”这个名词，在人们日常生产和生活中是经常遇到的，比如挑担子，拉车子都有“力”的作用。工程上为了表示一个力的大小，通常以“公斤”或“吨”表示。比如 200 公斤重的荷载放在一块钢筋混凝土板上，这块板就受到 200 公斤的力。象这样使构件（如梁、板、柱等都叫做构件）受到压缩的力叫做“压力”；用以使构件拉伸的力叫做“拉力”。但是仅以力的总值表示压力或拉力的大小是不够的。为了进一步说明力学问题，还必须以每个单位面积上所分摊的力来表示这个压力或拉力的强度，即所谓“压强”或“拉强”。比如前面所说的那块钢筋混凝土板，若它的面积为 100 平方厘米，而外加的 200 公斤压力又是均匀地压在上面，那么这块板承受的“压强”为每平方厘米 2 公斤，通常以 2 公斤/厘米²表示。

构件受到外力作用后，组成构件的材料内部将产生与外力相平衡的抵抗力。“应力”，就是构件受外力后，材料内部每个单位面积上所产生的抵抗力。还是以前面那块板为例，在 200 公斤均匀的压力作用下，这块板内将产生每平方厘米 2 公斤的抵抗力，如图 1 所示。这就是我们常称的“应力”。压力产生“压应力”，拉力产生“拉应力”。

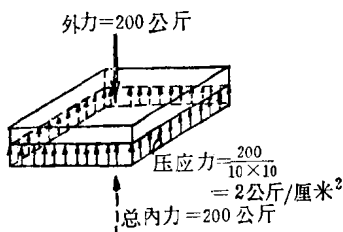


图 1 应力的示意图

“预应力”，就是当一个构件尚未安装和使用之前，在它受外力后可能被拉开的部位事先施以压力，促其产生预应力，以抵消外力作用时产生的拉应力。犹如为了“备荒”，预先“储粮”一样。这个预先施加的压应力简称“预应力”。施加预应力于钢筋混凝土梁，称这种梁为预应力钢筋混凝土梁，简称预应力混凝土梁。施加预应力的钢筋混凝土构件，简称为预应力构件。

“一切真知都是从直接经验发源的。”勤劳勇敢的广大劳动人民在生产和生活的实践中，很早就开始创造性地运用“预应力”了。比如在木桶上加竹箍，把竹箍张紧了，木桶就不漏水了。这就是人们在制作木桶，并用力把竹箍张紧的时候，实际上就在竹箍上施加了预拉应力，从而使木桶装水后，可能被水推开的拼缝得到预压而紧密的缘故，如图 2。

再如人们横端一叠书时，会很自然地用双手把这叠书从两端压紧，然后把它端起，见图 3(2)。这种常见的生活实例，其实也包含了“预应力”的原理。因为这叠书，就象一根横卧的“梁”，在端起时，它的下部将因书“梁”弯曲而拉开，此时若不把受弯后可能被拉开的部位预先压紧，那么这叠书就很难端起，见图 3(1)。同时在加压时，人们都常

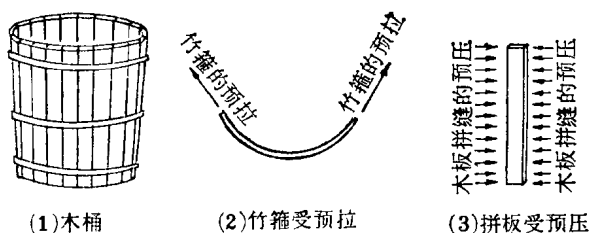


图 2 木桶加预应力后的受力简图

把压力加在书的偏下部,而决不会加在上部,见图 3 (3)。因为这根书“梁”受弯后可能被拉开的部位在下部,假若在上部加压,不但不会帮助下部压紧,反而会使下部更快的拉开,这样,书就更难端起来了。

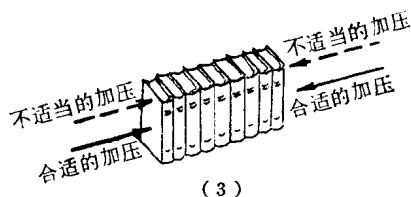
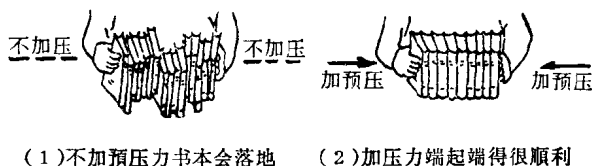


图 3 端书时的预应力原理

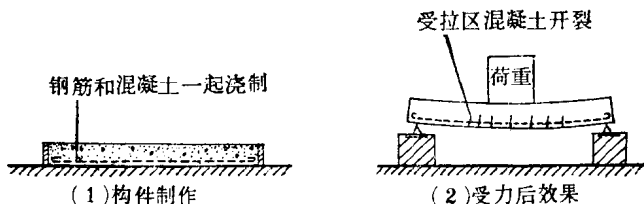
由此可见,“预应力”本来就是劳动人民创造的、广大工农兵都能掌握的极为普通的知识,并没有什么神秘。

二、为什么钢筋混凝土 构件要加预应力

混凝土是一种人造石材，可以用来代替天然石。有了混凝土，人们就可以根据工程建设的需要，浇制不同大小、不同长短、各种形状的构件，比开山凿石要方便得多，自由得多。这是科学技术的一大进步。

但是，混凝土同天然石一样，是属于脆性材料，经得起压，经不起拉。用以做梁、板等构件，在受外力（即加到构件上的重量）而弯曲时，在受拉区就会产生开裂现象，显出它抗压有余，抗拉不足的矛盾。为了解决这个矛盾，人们就在构件弯曲时会产生裂缝的受拉区配置抗拉性能较好的钢筋，以弥补混凝土抗拉不足的弱点。这样，混凝土就发展成为钢筋混凝土，这是科学技术的又一进步。

毛主席教导我们：“一切事物中包含的矛盾方面的相互依赖和相互斗争，决定一切事物的生命，推动一切事物的发展。”混凝土配置钢筋后，提高了混凝土构件的抗拉强度，但是它并不完善，仍有缺陷。大家知道，钢筋是一种强度很高、应变能力（即材料在外力作用下适应变形的能力）很强的韧性材料，就普通钢筋混凝土中常用的Ⅰ、Ⅱ级钢（如三号钢和16锰钢）的钢筋来说，受拉时通常每米拉长20~50毫米还不会发生裂缝；而一般混凝土的伸长能力却很小，通常每米只能拉长0.1~0.15毫米，超过这个数值就会断裂。在普通钢筋混凝土构件中，韧性的钢筋与脆性的混凝土是牢牢地粘结在一起，成为一个整体的，它们是一起浇制、共同受力、共同变形的。也就是说，在外力作用下，当钢筋伸长多



变形条件：共同变形，共同拉长。

应变能力：钢筋大，混凝土小，难相适应。

最后效果：梁底开裂，刚度降低，挠度大增。

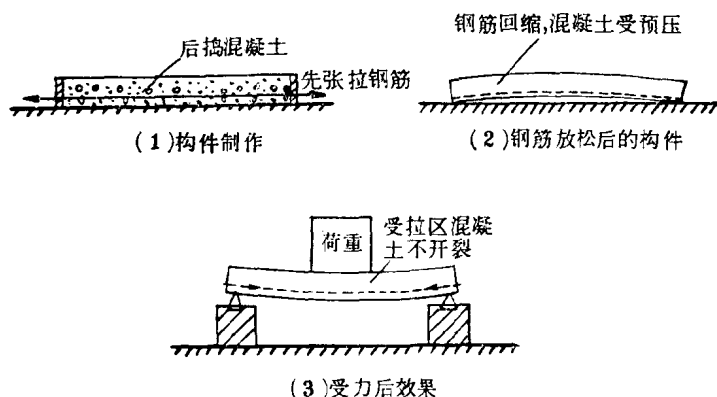
图 4 普通钢筋混凝土梁、板中钢筋与混凝土的
内在联系示意图

少时，混凝土也同样要伸长多少的。由于混凝土的应变能力比钢筋小得多，因此，当外力达到一定数值后，混凝土会先于钢筋而断裂，使构件产生裂缝，影响质量和使用，见图4。这样，钢筋和混凝土应变能力的相差悬殊与承担外力时又要求它们的变形必须一致，就构成了钢筋与混凝土之间的一对矛盾。这使普通钢筋混凝土的进一步发展和应用受到很大的限制。还以Ⅰ、Ⅱ级钢的钢筋为例，它们的实际使用强度在1600~2400公斤/厘米²左右。在普通钢筋混凝土中，假若要混凝土不裂缝，则钢筋的伸长值就需限制在混凝土的极限伸长值以内。此时钢筋强度一般只能用到300~400公斤/厘米²；倘欲充分利用这些钢筋强度，则钢筋的伸长值就会大大超过混凝土的极限伸长值，从而使构件开裂，影响使用和安全。以强度最低的Ⅰ级钢的钢筋为例，当使用强度达到1600公斤/厘米²时，它的伸长值每米将接近0.75毫米左右，已为混凝土极限伸长值的5~8倍。这样，混凝土将发生较大的裂缝。裂缝大，构件的挠度（即构件弯曲后的下垂度）也

大，位于裂缝处的钢筋将因失去保护而加快锈蚀，最后导致构件的破坏。这些现象对于正常的使用都是不允许的。所以，过去在普通钢筋混凝土结构中，为了适当提高钢筋强度的利用率而同时又不致严重影响耐久性，设计时允许构件出现一些细小的裂缝（一般允许裂缝宽在 $0.1 \sim 0.3$ 毫米左右）。可是，由于梁、板出现裂缝后，它的刚度（即构件受外力后抵抗弯曲变形的能力）会降低很多，因此为了不使梁、板受外力后产生过大的挠度而影响正常使用，又不得不采取增加梁、板断面高度的办法。这样做，既多费了材料，还增加了自重和造价。尽管采取了这些措施，勉强使钢筋和混凝土的应变大致适应，可是钢筋在普通混凝土中的实际使用强度一般仍不会超过 $1600 \sim 2400$ 公斤/厘米²。对于强度比这高得多的低合金钢和碳素钢（最高的使用强度可达 $8000 \sim 10000$ 公斤/厘米²），如用作普通钢筋混凝土构件，则会造成更大的浪费。

那么，能不能既充分发挥钢筋的作用，又使钢筋和混凝土这两种性质截然不同的材料在受外力后变形一致，共同工作呢？伟大领袖毛主席教导我们：“**在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。**”人们在长期的生产斗争中，经过“**实践、认识、再实践、再认识**”这样多次的反复，把生活实践中遇到的一些预应力原理成功地应用到钢筋混凝土构件的生产上，即对钢筋预先进行张拉，并利用它的回缩使混凝土得到预压，这就是常见的预应力混凝土构件。这种预加应力的措施从根本上改变了钢筋与混凝土的内在联系（如图 5），既提高了混凝土的抗裂性能，又使钢筋摆脱了混凝土应变能力很小的约束，为充分发挥高强度钢筋潜力和提高

构件抗裂性能创造了极有利的条件。预应力钢筋混凝土构件既能比较充分地利用钢筋的强度，又能相对地提高混凝土的抗裂性能，使钢筋和混凝土两种性质不同的材料，基本上达到了取长补短，物尽其用的目的。这就是钢筋混凝土构件为什么要加预应力的道理。



变形条件：钢筋先受拉，混凝土受预压。

应变能力：混凝土受拉能力有了储备。

最后效果：裂缝消失，挠度减小，构件刚度增加。

图 5 预应力混凝土梁、板中钢筋与混凝土的内在联系示意图

三、预应力混凝土结构的优点及经济效果

预应力钢筋混凝土与普通钢筋混凝土相比，有下列优点：

(一) 提高构件的抗裂性和抗渗性

由于对构件受拉后可能开裂的部位加了预压应力，就可

避免普通钢筋混凝土构件在正常使用情况下出现裂缝。这对某些抗裂性和抗渗性要求较高的构件是一个极重要的改进。例如钢筋混凝土屋架的下弦和钢筋混凝土的水池、油罐、压力管等，当采用预应力后，就可获得很好的抗裂和抗渗的效果。

（二）提高构件的耐久性

由于预应力混凝土构件在使用荷载下不会产生裂缝，使构件中的钢筋免受外界有害因素的侵蚀，从而大大提高了这类构件的耐久性。如露天结构、化工厂房、高湿度车间等最适宜采用预应力混凝土构件。

（三）提高构件的刚度

普通钢筋混凝土构件在开裂后，刚度很快下降，有时甚至可降低一半以上。但预应力混凝土构件在使用荷载下可避免裂缝的产生，相对地提高了构件的刚度。同时，预应力钢筋还会使梁类构件产生一定的反拱（即梁在预压后向上产生的反挠度）。所以，使用荷载下，预应力混凝土梁的挠度往往只有同样大小的普通钢筋混凝土梁的几分之一。

（四）节省钢材和混凝土，降低工程造价

由于预应力混凝土中钢筋强度的发挥不再受混凝土极限伸长值过小的约束，就有可能在预应力混凝土构件中采用高强度钢筋，使钢材耗用量大幅度降低。如采用低合金钢和冷拔低碳钢丝作预应力主筋，一般可比普通钢筋混凝土构件节省钢材20~50%。倘若有条件采用高强度的碳素钢丝作预应力主筋时，则可节省钢材60~70%。同时，由于预应力混凝土构件能减小断面和做成薄壁构件，因此能减少混凝土的耗用量，一般能节省10~30%左右。材料节省了，工程造价相应降低。

（五）减轻结构自重

由于预应力混凝土可以发挥高强材料的潜在能力，并具有较好的力学性能，因而能减小构件的截面，减轻结构自重。同样跨度并受相同荷载的梁，它的梁截面就可做得小些，还可做成薄壁构件。例如一般的普通钢筋混凝土梁和檩条，它的梁高常取梁长的 $1/14 \sim 1/20$ ，而预应力混凝土梁则可取 $1/20 \sim 1/30$ 。以 1.5×6.0 米大型屋面板为例，普通钢筋混凝土屋面板的主肋高为30厘米，而预应力混凝土屋面板的主肋仅为18~24厘米。薄壁构件的腹板厚度，在普通钢筋混凝土中一般常在10~12厘米，而预应力混凝土中则常在4~8厘米。因此就大大地减轻了结构的自重。通常可减轻自重20~30%左右。

（六）提高受压构件的稳定性

受压构件在受到一定的压力后会被压弯。压弯后，构件即将丧失承载能力，这就是压杆失稳。为了保证受压构件的安全使用，必须防止和避免发生失稳现象。普通钢筋混凝土受压构件加预应力后，由于钢筋已如弓弦一样地被张拉得既直又紧，不易压弯，这样就帮助钢筋周围的混凝土提高了抵抗压弯的能力，从而提高了构件的稳定性。以截面为 25×25 厘米、长度为10米的钢筋混凝土桩为例，当这类桩加预应力后，它的稳定性可比同规格普通钢筋混凝土桩的稳定性提高50%左右。

（七）提高构件的抗剪能力

近几年来，薄壁构件有较快的发展，如薄壁T型梁、薄腹工字梁、空腹梁等。可是用普通钢筋混凝土制成的这类构件，在使用荷载下，靠近搁置处的薄壁，往往由于剪力产生斜向裂缝，因而影响了这类构件更广泛的采用。实践证明，