

建筑工人技术学习丛书

预应力张拉工艺

(第三版)

中国建筑工业出版社

建筑工人技术学习丛书

预应力张拉工艺

(第三版)

蒋季丰 濮小龙 合编
曾昆源 徐汉康

中国建筑工业出版社

本书系《建筑工人技术学习丛书》之一，主要介绍预应力混凝土的基本概念，预应力钢筋、钢丝、钢绞线的制作方法、张拉工艺、操作要领、质量要求、安全须知，以及常用锚、夹具和张拉机具的性能与构造、使用和维护知识等。第三版与前一版相比，主要更新了预应力钢材、锚夹具、张拉机具及其操作方面的内容。

本书可作预应力张拉工自学读物，也可作技工培训教材。

* * *

本书初版由陕西省建筑工程局组织编写，陕西省建筑科学研究所主编。参加编写的主要人员：

第一版：徐汉康 曾昆源

第二版：蒋季丰 王发启 邓家申

建筑工人技术学习丛书
预应力张拉工艺
(第三版)

蒋季丰 濮小龙
曾昆源 徐汉康 合编

*

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 各地新华书店经销
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8 $\frac{1}{4}$ 字数：185 千字
1982年7月第三版 1982年7月第五次印刷
印数：184,336—211,435册 定价：0.67元
统一书号：15040·4217

第三版说明

《建筑工人技术学习丛书》于1973年起出了第一版，并于1978年前后相继出了增订的第二版。这里提供给读者的是第三版，主要目的是为了配合国民经济调整中对基建战线广大职工培训的需要。

这套丛书基本上是按工种编写的，着重介绍操作技术，辅以必要的理论知识；对于工程质量标准和安全技术，作了适当的叙述；各工种有关的新技术、新机具和新材料，也作了必要的介绍。丛书可供具有初中文化程度的工人作自学读物，也可供技工培训用。

第三版与前一版比较，内容范围一般有所扩大，有的工种大体上增加了更高一级技工（相当于五级工）的应知应会内容。

丛书虽经又一次修订，但肯定还有不足之处，希望广大读者提出意见，以利不断提高和~~改进~~。

中国建筑工业出版社

1981年6月

目 录

第一章 概述	1
第一节 预应力混凝土的应用与发展	1
第二节 预应力混凝土的基本概念	3
第三节 预应力混凝土的优缺点	6
第四节 施加预应力的基本方法	8
第二章 预应力混凝土中的材料	10
第一节 混凝土	10
第二节 钢筋与钢丝	11
第三节 钢筋与钢丝的检验	18
第四节 保证材料质量的重要性	19
第三章 锚、夹具	21
第一节 分类与要求	21
第二节 螺杆式锚、夹具	24
第三节 墩头式锚、夹具	29
第四节 夹片式锚、夹具	33
第五节 锥销式锚、夹具	37
第六节 其它型式锚、夹具	40
第四章 张拉设备及其它设备	42
第一节 机具设备的分类	42
第二节 张拉设备	42
第三节 墩粗设备	84
第四节 刻痕及压波设备	90
第五节 灌浆设备	94
第六节 张拉设备的选用	97

第七节	张拉设备的校验	100
第八节	张拉设备的使用、维护与保养	105
第九节	张拉设备的故障及其排除	107
第五章	预应力筋的制作	110
第一节	钢筋的对焊	110
第二节	钢筋的镦粗	119
第三节	钢筋的冷拉	122
第四节	预应力筋的下料	131
第五节	编束	140
第六章	先张法	144
第一节	长线台座的构造	144
第二节	张拉控制应力	151
第三节	预应力损失与张拉程序	152
第四节	张拉预应力钢丝和钢筋	155
第五节	钢丝、钢筋张拉力放松	173
第七章	后张法	176
第一节	构件的制作	176
第二节	张拉原则与张拉程序	185
第三节	张拉前的准备工作	188
第四节	张拉方法	192
第五节	后张自锚	206
第六节	无粘结后张工艺	213
第七节	孔道灌浆	214
第八节	安全须知	216
第八章	电热张拉法	217
第一节	伸长值的计算确定及应力校验	218
第二节	电热设备的选用	224
第三节	操作步骤与方法	229
第四节	注意事项及安全须知	235

第九章 其它张拉工艺方法简介	238
第一节 模外张拉法	238
第二节 长线台座拉模生产工艺	242
第三节 长线台座挤压成型工艺	245
第四节 圆形构筑物预加应力法	248
附 录	
一、几种油压千斤顶的主要技术性能	253
二、圆钢筋的横截面面积及重量	258

第一章 概 述

第一节 预应力混凝土的应用与发展

预应力混凝土是预应力钢筋混凝土的简称。自1928年法国的弗来西奈首先研究成功后，经过数十年的推广应用与改进提高，已成为一项专门技术。其使用范围和数量，可以说是衡量一个国家建筑技术水平的重要标志之一。

新中国成立后，预应力混凝土得到了迅速的发展。它对减轻结构自重、提高抗震能力、充分发挥材料的强度、降低工程造价、改善结构构件受力性能和扩大钢筋混凝土使用范围等方面，都显示出良好的效果。应用范围包括工业与民用建筑、桥梁、轨枕、压力管道、电杆、桩、储液和储气储罐等各方面。如18~61米跨度的各种预应力混凝土屋架，9~12米跨度的屋面板，整体式或拼装式的公路与铁路桥梁，5000~20000立方米容量的装配式预应力混凝土油罐等。在农村建筑中，大量采用了冷拔低碳钢丝小型预应力混凝土构件。此外，在矿井支架、海港码头、水压机架、岩体加固和水泥船等方面，也都已成功地应用。

在预应力混凝土生产工艺和张拉设备方面，亦有不少革新和发展。长线法折线张拉、电热连续缠丝、后张自锚、镦粗锚固、多孔板拉模生产等新工艺，对提高预应力混凝土技术水平与生产工效、减轻劳动强度，起到了显著作用。各种锚夹具、各类张拉设备，以及绕丝机、镦头机、刻痕机、压

波机和测力器等，在品种上有了新的发展，在质量上亦不断改进，并逐步定型化、系列化。在工厂生产中，模外先张机组流水工艺有一定发展。采用这种工艺，机械化程度和生产效率高，劳动强度小，构件质量好，为预应力构件实现工业化生产，积累了经验。近几年来无粘结后张工艺的试验研究与试点应用，为现场生产预应力结构构件，简化了操作工序。采用冷拔低碳钢丝生产预应力混凝土构件，生产工艺较易掌握，设备较简单，材料易解决，便于土法上马，普及推广，从而使预应力技术深入到县和社队，给发展预应力混凝土开创了新的途径。此外，预应力技术还应用于建筑物加固。

我国研制与发展的低合金高强钢筋，已广泛地用于预应力混凝土构件中。预应力陶粒混凝土亦已试点采用。

近一、二十年来，随着现代工业和交通运输的发展，国内外预应力混凝土结构在高耸、大跨工程、能源工程、海洋工程、巨型船舶等方面扩大了许多新的应用领域。例如，我国建成了12米跨200吨吊车梁、144米悬臂拼装公路桥、11万立方米容量的煤气罐等。国外建成了一批各具特色的新型预应力结构，例如，加拿大建造了553米高的预应力混凝土电视塔，美国120万千瓦核电站的外壳采用了预应力压力容器等。为了改善结构的抗震性能，由过去的单个预应力构件，向整体预应力结构发展。出现了例如预应力板柱结构，用后张竖向预应力筋（束）拼装的高层结构及高层、多层墙板结构等。还出现了将先张法构件用后张法拼装成的预应力装整体式结构。这类结构用钢量省，抗震性能好，很有发展前途。近几年来，国内外重视研究与发展部分预应力混凝土结构。这种采用预应力与非预应力混合配筋的结构，具有良好

的抗震性能，且由于预应力程度较低，能简化张拉、锚固工艺，为预应力混凝土结构的发展，开辟了更广阔的途径。

随着预应力混凝土生产技术的不断提高，预应力筋(束)的张拉，已成为专业工种。张拉工作进行得正确与否，直接关系到预应力结构构件的安全使用。做好预应力张拉，要求具备多方面的知识，其中包括钢筋、机械、电工等几个工种的技术知识。还必须切实了解预应力的基本原理，熟练掌握预应力的工艺技术，以促进我国预应力混凝土技术更加迅速地向前发展。

第二节 预应力混凝土的基本概念

拿一块橡皮为例，橡皮两端搁在两个支点上（图1-1），从上面压下，橡皮便会产生弯曲变形，由虚线形状变成实线形状，橡皮上部边线缩短，说明橡皮的上部受压力，而下部边线伸长，说明橡皮的下部受拉力。作为建筑构件的梁或板也是这样，当其承受荷载后，就会向下弯曲，上部承受压力（称为受压区），下部承受拉力（称为受拉区），这种构件通称为受弯构件（图1-2）。

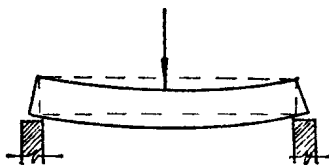


图 1-1 橡皮受弯曲

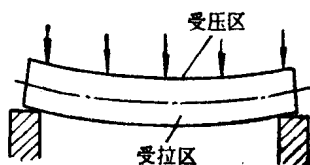


图 1-2 受弯构件示意图

如果梁用混凝土制成的话，会出现怎样的结果呢？由于混凝土能承受较大的压力，但抵抗拉力的能力却很低，大约

只等于抗压能力的十分之一，因此，混凝土梁就承受不了很大的荷载而断裂（图1-3）。

针对混凝土抗拉能力很低的特点，如果在混凝土梁的受拉区内配上适当数量的钢筋，使混凝土和钢筋结成一个整体，当梁承受荷载时，让混凝土和钢筋共同受力，混凝土受压力，钢筋受拉力，各自发挥自己的特长，那就比混凝土梁强得多，这种梁称为钢筋混凝土梁（图1-4）。

但是，钢筋混凝土梁仍然存在着一一定的缺点：由于混凝土受拉时的极限伸长率只有0.00015左右，超过这个限度，混凝土就会出现裂缝。一般认为，当混凝土裂缝宽度超过0.2毫米时，钢筋就会生锈，相应于这个裂缝宽度时的钢筋应力^①，光面钢筋大约为1200公斤/厘米²，螺纹钢筋大约为1800公斤/厘米²。这就说明，钢筋混凝土梁既难以避免出现裂缝，影响结构的耐久性，又不能充分发挥钢筋的强度。

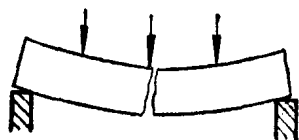


图 1-3 混凝土梁

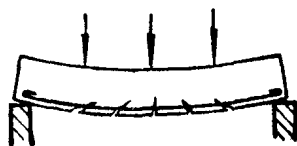


图 1-4 钢筋混凝土梁

为了克服钢筋混凝土存在的缺点，人们采用了预应力的办法。什么是预应力呢？我们以日常使用的木桶或木盆为例，木桶外面所以要加上一、二道铁箍，就是预先给它一个挤压力，使木桶的各块木板之间的缝隙压紧，以抵抗木桶盛水后产生的环向张拉力，这就是一种预应力。目前修建圆形

① 应力：构件在外力作用下，其截面上单位面积所产生的内力，单位为公斤/厘米²。

预应力混凝土蓄水池，同样是运用这个道理。

人们经过长期生产斗争和科学实验的实践，引用木桶箍铁箍的道理，在制作钢筋混凝土构件时也预先给混凝土一个挤压力。即在混凝土的受拉区内，用预先加力的方法，将钢筋拉长到一定数值，并锚固在混凝土上，然后放松张拉力，此时钢筋立即产生弹性回缩，由于钢筋已被锚固住，故将回缩力传给混凝土，从而使混凝土受到压力而压紧。这种压力通常称为预应力。用这种方法制成的构件，就称为预应力混凝土构件。

那么，预应力在构件中能起多大的作用呢？以图 1-5 的预应力混凝土梁来说：当梁制作完毕未承受荷载时，由于下部混凝土有预压应力而产生一定的压缩变形，使梁向上弯曲（称为反拱），如图 1-5 甲，受荷载后，梁开始向下弯曲（称为挠度），使下部混凝土中的预应力随之减小，梁的反拱也随之减少；随着荷载的增加，梁继续向下弯曲，当预压应力全部被抵消时，混凝土中的应力等于零，梁恢复平直状态，如图 1-5 乙，继续增加荷载，梁继续向下弯曲，使下部混凝土

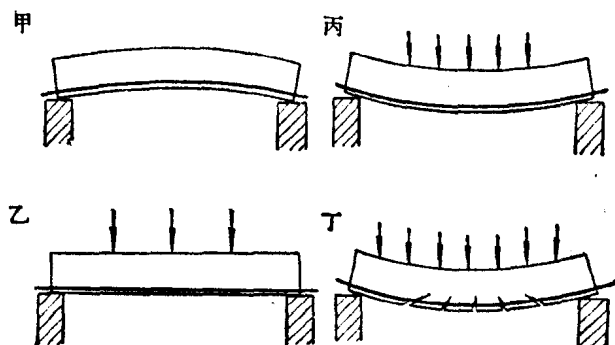


图 1-5 预应力混凝土梁承受荷载的几个阶段

土出现拉应力并逐渐增大，如图 1-5 丙；再继续增加荷载到下部混凝土伸长至极限伸长值时，就出现裂缝，如图 1-5 丁。不难看出，预应力混凝土构件可以控制混凝土裂缝的出现，或者通过合理的设计和准确施加预应力，使它在承受一定荷载范围内不出现裂缝，这样就弥补了钢筋混凝土构件的缺点。

第三节 预应力混凝土的优缺点

预应力混凝土与钢筋混凝土相比，具有如下的主要优点：

1. 改善和提高构件的受力性能。因为预应力的作用，提高了构件混凝土的抗拉能力，这样，就可以按照构件受力特点和使用条件，控制混凝土出现裂缝的时间和裂缝开展程度。这对某些抗裂度要求较高的构件有极重要的意义。例如，在侵蚀性环境中使用的构件，以及水池、油罐、压力管等，当采用预应力后，就可以获得很好的抗裂和抗渗效果。

由于预应力的作用，使梁、板类构件产生一定的反拱（即向上的反挠度），构件承受荷载后，向下弯曲的程度减小，也就是提高了构件的刚度。

2. 提高构件的耐久性。预应力能根据构件的使用条件，控制混凝土出现裂缝的时间和裂缝开展的程度，使构件内的钢筋少受或免受外界有害因素的侵蚀，从而可延长这类构件使用年限。例如，露天结构，化工厂房，高湿度车间等，都最适宜采用预应力混凝土结构。

3. 节约钢材和混凝土，降低工程成本。在预应力混凝土中，钢筋强度的发挥，不再受混凝土极限伸长值过小的约

束，这样，就能采用高强度钢筋，使钢材耗用量较大幅度降低。预应力混凝土构件还能减小截面，节约混凝土耗用量。材料节省了，成本相应地降低。如24米跨度的预应力混凝土屋架与同跨度的钢筋混凝土屋架相比，可以节省钢材58.4%，混凝土15.9%。跨度愈大，材料节省愈显著。如61米跨度的预应力混凝土块体组合屋架，与同跨度的钢屋架相比，可节省钢材74%。根据某构件厂对 1.5×6 米大型屋面板与6米跨圆孔空心楼板的主要经济指标比较，用预应力混凝土代替钢筋混凝土，可节省钢材20%，混凝土近20%，降低成本5~10%。

4.减轻结构自重，提高抗震能力。由于采用高强度材料，构件截面减小，构件自重就相应减轻了。如24米跨度的预应力混凝土屋架，与同跨度的钢筋混凝土屋架相比，可减轻自重19.2%。又如一般常用构件，其自重约可减轻20~30%左右。而由于构件自重减轻，相应的柱子、基础也可减小，从而整个建筑物的重量，亦随之减轻。

在一定条件下，作用在结构上的地震荷载的大小，是与结构的重量成正比的。由于预应力结构自重减轻，它受到的地震荷载就小，而分配到每个构件上的地震荷载也相应地小。这就是说，能够提高结构的抗震能力。

预应力混凝土的优点，是与钢筋混凝土相比较而体现的。就当前情况来说，采用预应力后，混凝土体积减小了，而混凝土的标号要提高，水泥用量就随之增加。同时，还相应地增加必要的张拉机具、锚固装置等，生产工艺也要比钢筋混凝土构件复杂一些。

第四节 施加预应力的基本方法

目前，制作预应力混凝土的方法，按施加预应力的时间可分为两类：一类叫先张法，一类叫后张法。按张拉钢筋的方法，一般又可分为机械张拉和电热张拉两种。

一、先 张 法

先张拉钢筋，后浇捣混凝土的方法，称为先张法。具体是：在浇捣混凝土以前，用机械张拉或电热张拉方法张拉钢筋，用夹具将其临时固定在台座上（或模板上），然后浇捣混凝土，等混凝土具有一定强度（不低于设计标号70%）后，

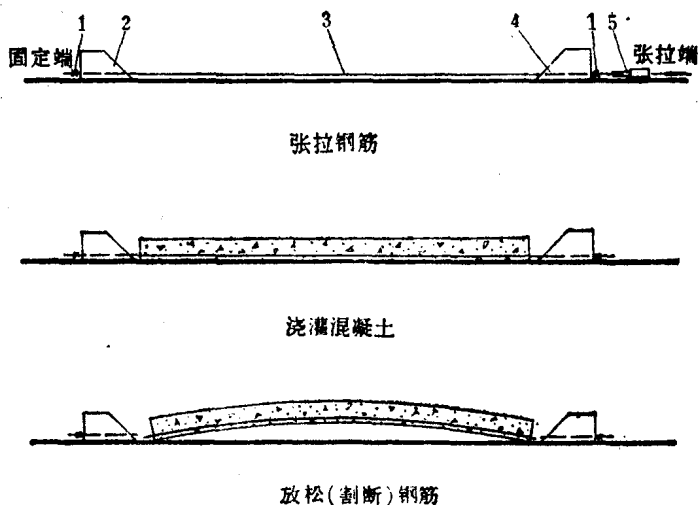


图 1-6 先张法

1—夹具；2、4—台座；3—钢筋；5—张拉机具

把张拉的钢筋放松，这时钢筋要回缩，而混凝土已与钢筋粘结在一起，阻止钢筋的回缩，于是钢筋的回缩力把混凝土压紧，便给混凝土预加了压力（图1-6）。

二、后 张 法

先浇灌混凝土，后张拉钢筋的方法，称为后张法。具体是：在构件中配置预应力钢筋的部位上，一般预先留出孔道，等混凝土达到一定强度（不低于设计标号的70%）后，把钢筋穿进去，再用机械张拉或电热张拉方法张拉钢筋，用锚具将其锚固在构件两端，张拉的钢筋要回缩，便给混凝土预加了压力，然后在预留孔道内灌入水泥浆或水泥砂浆（图1-7）。

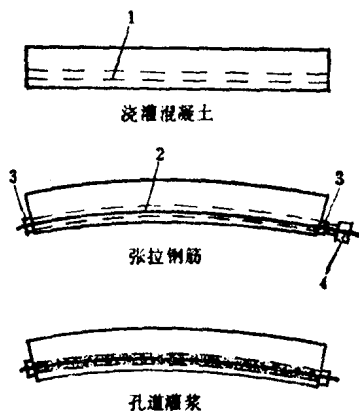


图 1-7 后张法

1—预留孔道；2—钢筋；3—锚具；
4—张拉机具

第二章 预应力混凝土中的材料

第一节 混 凝 土

预应力混凝土结构的混凝土标号不宜低于300号，当采用碳素钢丝、钢绞线、热处理钢筋（V级钢筋）作预应力钢筋时，混凝土标号不宜低于400号。

目前，某些重要的预应力混凝土结构，混凝土标号已采用500~600号，而且逐渐向更高的标号发展。

在预应力混凝土结构中，采用比较高的混凝土标号是因为预应力钢筋的强度一般要比钢筋混凝土中钢筋的强度高好几倍，所以混凝土的标号也要相应提高，使钢筋与混凝土更有效地共同承受外力，从而减小截面尺寸，减轻构件自重，并节约材料用量。同时，还可以提高钢筋与混凝土之间的粘结力，保证钢筋在混凝土中有更好的锚固性能。混凝土的标号系指按照标准方法制作养护的边长为20厘米的立方体试块，在28天龄期，用标准试验方法所得的抗压极限强度（以公斤/厘米²计）。

各种混凝土标号及其设计强度见表2-1。

各种混凝土受压或受拉时的弹性模量 E_n ① 值见表2-2。

在预应力混凝土构件中（包括孔道灌浆）不能掺用对钢

① 弹性模量：材料在受拉或受压时，反映材料弹性特征的一种常数，数值为其应力与应变之比值，单位为公斤/厘米²。应变：材料在受拉或受压时产生变形，其伸长值或压缩值与原来长度之比值称为应变。