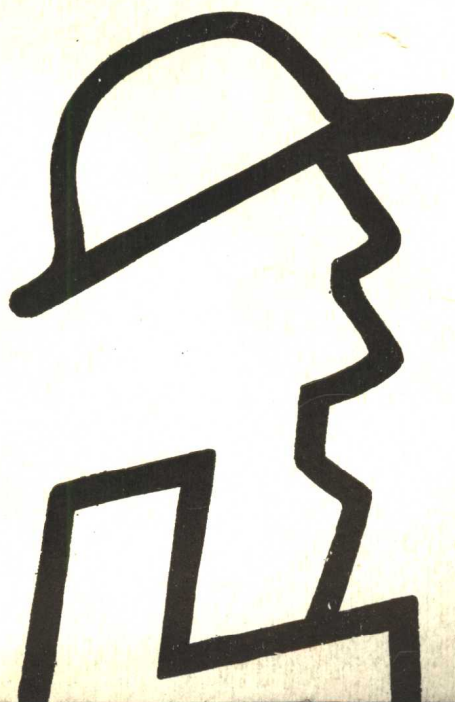


建筑工人技术学习丛书

预应力张拉工艺

(第四版)



建筑工人技术学习丛书

预应力张拉工艺

(第四版)

濮小龙 吴秋英 编

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，预应力筋和锚、夹具的制作方法及其质量检验要求，张拉工艺、操作要领、预应力质量要求、安全须知，以及常用张拉机具的性能、构造、使用和保养知识等。第四版与前一版相比，主要增加了“张拉控制应力和预应力损失”、“无粘结后张法”两章，改写了“先张法”和删去了技术内容陈旧的章、节，使本版的内容基本上反映了我国当前预应力技术的最新成就。

本书可作初、中、高级预应力张拉工自学读物，或作为技工培训教材，也可供建筑施工技术人员参考。

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

第三版：蒋季丰 濮小龙 曾昆源 徐汉康

* * *

责任编辑 朱首明

技术设计 马江燕

责任校对 杨凤荣

建筑工人技术学习丛书

预应力张拉工艺

(第四版)

濮小龙 吴秋英 编

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

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：10 字数：224 千字

1991年11月第四版 1991年11月第八次印刷

印数：2250,686—254,845册 定价：6.20元

ISBN7-112-01327-5/TU·970

(6369)

第四版说明

《建筑工人技术学习丛书》于1973年出版，并于1978、1981年相继出版了第二版、第三版，并多次重印，累计总印数达1300多万册，受到广大建筑工人的欢迎和社会的好评，曾荣获第二届全国优秀科技图书纪念奖及建设部“首届全国优秀建筑科技图书部级奖”一等奖。这里奉献给读者的是第四版。

近年来，随着我国建筑业的迅速发展，新技术、新工艺、新机具及新材料不断得到应用，与建筑施工密切相关的新标准、新规范也已陆续制定，由建设部颁发的新的“土木建筑工人技术等级标准”对建筑工人的技术素质有了更高的要求，第三版的内容已不能满足读者的需要，因此我们对这套丛书进行了全面修订，增加了中、高级工的应知、应会内容，补充了许多成熟的新技术，为了加强建筑工人对基础理论的学习，“丛书”第四版还增加了“房屋构造与建筑力学”分册。

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；对工程质量标准和安全技术也作了适当的叙述，并保持了原书的体例风格，语言简练、通俗易懂。

“丛书”可供具有初中文化程度的工人作自学读物，也可作为技工培训教材。

“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。

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.....	11
第一节 混凝土.....	11
第二节 预应力筋.....	13
第三节 预应力筋的检验.....	25
第四节 保证材料质量的重要性.....	28
第三章 锚、夹具.....	30
第一节 分类与要求.....	30
第二节 “组装机”的锚固能力.....	32
第三节 螺杆式锚、夹具.....	34
第四节 镦头式锚、夹具.....	39
第五节 夹片式锚、夹具.....	43
第六节 锥销式锚、夹具.....	49
第七节 其它型式锚、夹具.....	52
第八节 锚、夹具的质量检验.....	53
第四章 张拉设备及其它设备.....	56
第一节 机具设备的分类.....	56
第二节 张拉设备.....	56
第三节 镦粗设备.....	103
第四节 刻痕及压波设备.....	109

第五节	灌浆设备	112
第六节	张拉设备的选用	115
第七节	张拉设备的校验	117
第八节	张拉设备的使用与保养	122
第九节	液压拉伸机的故障及其排除	126
第五章	预应力筋的制作	129
第一节	钢筋的对焊	129
第二节	钢筋的镦粗	142
第三节	钢筋的冷拉	147
第四节	预应力筋的下料	157
第五节	编束	168
第六章	张拉控制应力和预应力损失	173
第一节	张拉控制应力	173
第二节	张拉力和超张拉力	175
第三节	预应力损失	176
第四节	预应力筋伸长值计算	182
第七章	先张法	185
第一节	台座	186
第二节	预应力筋的张拉	195
第三节	预应力筋的放张	209
第八章	有粘结后张法	215
第一节	构件的制作	215
第二节	张拉方法	226
第三节	张拉顺序与张拉程序	228
第四节	张拉前的准备工作	231
第五节	张拉操作步骤	236
第六节	后张自锚	248
第七节	孔道灌浆	255
第八节	安全须知	256

第九章 无粘结后张法	258
第一节 无粘结筋的制作	259
第二节 无粘结筋的铺放和端部安装	262
第三节 无粘结筋的张拉	266
第四节 锚具和外露筋的防护处理	270
第十章 电热张拉法	272
第一节 伸长值的计算及应力校验	273
第二节 电热设备的选用	279
第三节 操作步骤与方法	285
第四节 注意事项及安全须知	290
附录一 千斤顶主要技术性能	294
附录二 预应力混凝土结构常用锚、夹具加工图	299
附录三 圆钢筋的横截面面积及重量	311
附录四 常用计量单位名称、符号对照表	312
参考资料	313

第一章 概 述

第一节 预应力混凝土的应用与发展

预应力混凝土自1928年法国学者弗莱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。它是衡量一个国家建筑技术水平的主要标志之一。

近一、二十年来，随着现代工业、交通运输和能源建设的发展，预应力混凝土不仅广泛应用于工业与民用建筑、桥梁、轨枕、压力管道、电杆、桩、水塔、储液和储气罐等，而且已扩大到高层建筑、特种结构、抗震结构、能源工程、海洋工程、海洋运输和土木工程等许多新的领域。例如，德国建成了悬挂的高层建筑和室内净空面积为 $270 \times 100 \text{ m}^2$ 的预应力悬索大跨空间结构；英国用悬臂法施工箱形桥梁，其最大跨度已达240m；西班牙建成跨度为440m的预应力混凝土斜拉桥；加拿大建成高553.20m的预应力混凝土电视塔；美国建造排水量为637000kN（即65000t）的预应力混凝土驳船。此外，海上石油开采平台和核电站的反应堆压力容器及安全壳也都采用了预应力混凝土。

我国自五十年代中期开始采用预应力混凝土，至七十年代中期的二十年间，已在各个领域广泛应用。其推广速度之快、应用面之广，是由于没有受国外推广的预应力经验的束缚，而是结合我国实际，既采用高强度钢材制作跨度大、荷

载重和技术要求高的预应力混凝土结构，又采用中、高强度钢材制作中、小跨度的预应力混凝土构件，以满足城乡建设的需要。已大量推广采用的预应力混凝土构件有12~18m屋面梁，18~36m屋架，6~9m大型屋面板，6~12m吊车梁，12~33m T形梁和双T形梁，V形折板，马鞍形壳板，圆孔板，檩条，轨枕和整体式或拼装式的公路、铁路桥等。此外，还建成了9m跨4000kN、12m跨2000kN的吊车梁，61m跨度的屋架，20000m³容量的装配式预应力混凝土油罐，110000m³容量的煤气罐，以及水泥船等。

我国的预应力混凝土，在经过二十年的推广应用之后，又有了不少新的应用与发展，特别是近十余年来发展较快，并已建成了一批各具特色的新颖预应力混凝土结构，例如：南京五台山综合训练馆35m大跨度部分预应力混凝土框架结构；同济大学图书馆为16层预应力混凝土悬挑结构；斜拉桥有天津永和桥和广东九江大桥，跨度分别为260m、320m；正在建造的有北京电视塔，高380m，为目前亚洲之冠；63层广东国际大厦，是当前世界上采用无粘结平板结构最高的一座高层建筑。同时，预应力锚杆（锚杆是统称，按其使用场合、用途不同，可分为拉锚、岩锚和土锚三种）技术也有不少新的应用与发展，如：大吨位预应力拉锚已在葛洲坝和龙羊峡水电站大坝的闸墩工程中应用；预应力岩锚已在梅山水库、刘家峡水坝、陕西泾惠渠溢流坝等坝基和龙羊峡水电站岩体加固中应用；预应力土锚在北京京城大厦和上海太平洋饭店等深基础垂直开挖中已开始应用。

此外，为了增强结构的整体性，以提高结构的抗震能力，预应力技术已由单个预应力构件向整体预应力房屋结构发展；由单向预应力向双向、三向预应力发展；由全预应力

向部分预应力发展。所以，整体预应力结构和预应力连续结构在现浇或预制的多层、高层建筑中发展较快。例如，已建成的有三向部分预应力多层装配式砖板住宅建筑，12层整体预应力板柱结构，18层竖向部分预应力剪力墙结构等。

在预应力钢材方面，除原有的冷拔低碳钢丝、冷拉Ⅱ~Ⅳ级钢筋、热处理钢筋、碳素钢丝和钢绞线等外，近年来不但上述钢材的产量增加，而且钢材的品种也有较大的发展。如增加了中强钢丝、新Ⅲ级钢筋、低松弛钢绞线和精轧螺纹钢等新品种。

在预应力生产工艺和张拉设备方面也有新的进展，如无粘结后张法生产工艺；JM_F型锚具（最大张拉力为1000kN）、XM型锚具和QM型锚具（最大张拉力为5000kN）；与这些生产工艺和锚具配套的新的张拉设备有开口式双缸千斤顶、YC—18、YC—20D、YCD和YCQ型千斤顶。

高强度预应力钢材、张拉工艺和张拉机具的发展，不但反映了我国预应力技术水平的提高和预应力混凝土已成为主要结构材料之一，而且为进一步推广应用预应力混凝土结构创造了良好条件，随着四化建设的进程，我国的预应力技术必将得到越来越大的发展。

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)。

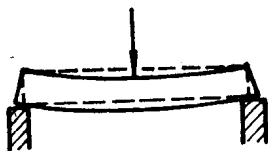


图 1-1 橡皮受弯曲

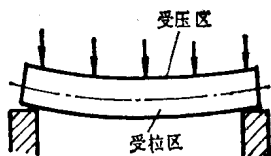


图 1-2 受弯构件示意图

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)。

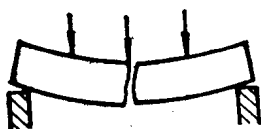


图 1-3 混凝土梁

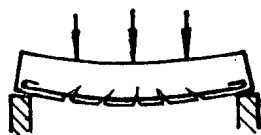


图 1-4 钢筋混凝土梁

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 mm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 120MPa (N/mm^2)^②，螺纹钢筋大约为 180MPa 。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。

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，引用用铁箍箍木桶的道理，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(a)；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

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 Pa 。

② 标准、规范中使用的应力、强度单位大都为 N/mm^2 ，而本书中则一律采用法定计量单位 MPa 。 $1\text{MPa} = 1\text{N/mm}^2$ 。

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(b)；继续增加荷载，梁继续向下弯曲，使下部混凝土出现拉应力并逐渐增大，如图1-5(c)；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(d)。由此不难看出，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。

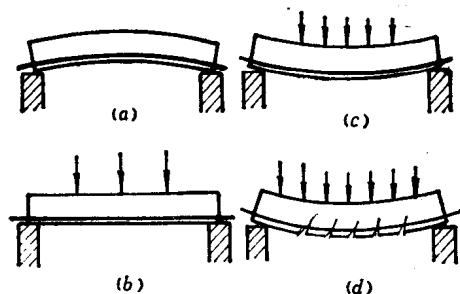


图 1-5 预应力混凝土梁承受荷载的几个阶段

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展开程度。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。控制混凝土出现裂缝的时间和裂缝展开的程度，可以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24m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61m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1.5×6m大型屋面板与6m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24m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。在后张法中，由于预应力筋分为有粘结筋和无粘结筋，所以张拉方法相应地也分为有粘结后张法和无粘结后张法两种。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（不低于设计强度70%）后，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）。

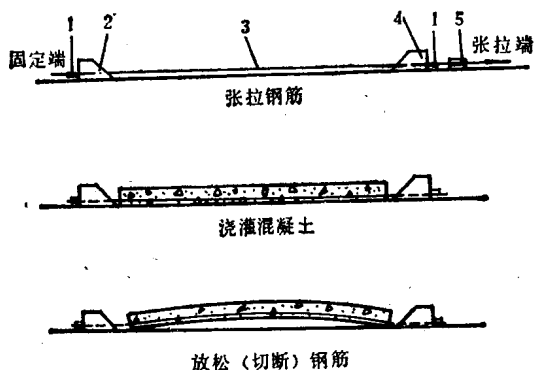


图 1-6 先张法

1—夹具；2、4—台座；3—钢筋；5—张拉机具

二、有粘结后张法

先浇筑混凝土，后张拉钢筋，再进行孔道灌浆，使预应力筋与混凝土之间产生粘结的方法，称为有粘结后张法。具体作法是：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（不低于设计强度的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）。

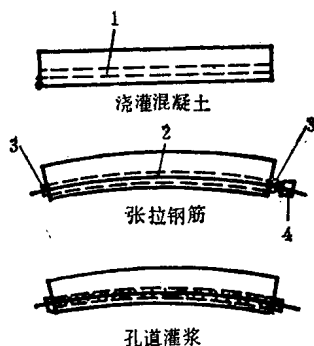


图 1-7 后张法

1—预留孔道；2—钢筋；
3—锚具；4—张拉机具

三、无 粘 结 后 张 法

先浇捣混凝土，后张拉无粘结预应力筋，靠无粘结预应力筋上的涂料和包裹物将预应力筋与混凝土隔离的方法，称为无粘结后张法。具体作法是：无粘结预应力筋象钢筋混凝土中的钢筋一样，先铺设在模板内，然后浇捣混凝土，待混凝土达到设计规定强度后，用机械张拉方法张拉无粘结预应力筋，用锚具将其锚固在构件的两端，张拉的预应力筋要回缩，便给混凝土预加了压力。

无粘结后张法集先张法和有粘结后张法之优点，既不需台座，也不需留孔、穿筋和灌浆等工序，施工简便，适应性强，特别适用于现浇混凝土的多层、高层建筑和高耸构筑物的高空作业。