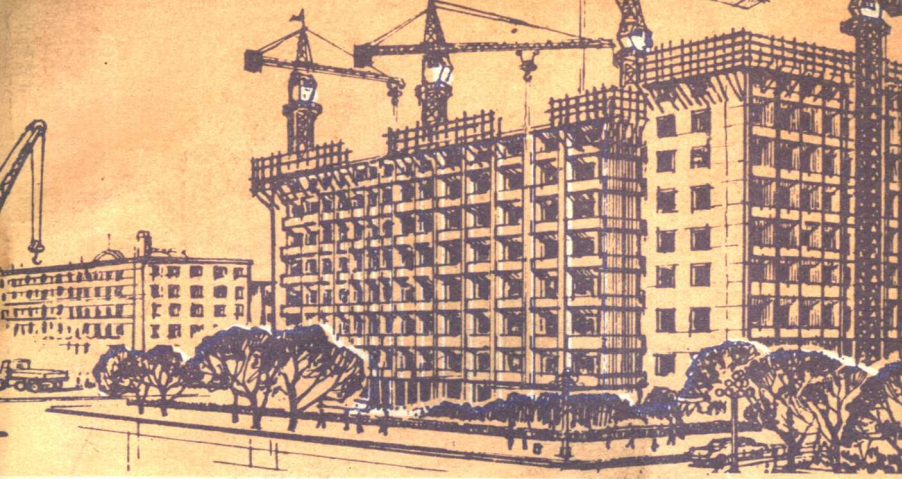




建筑工人技术学习丛书

# 预应力张拉工艺

(增订版)

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

(增订版)

陕西省建筑科学研究所

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、夹具和张拉机具的构造、使用和维护保养知识等。在张拉工艺和操作要领方面，着重总结了老工人的实践经验。此外，在附录中还附有常用锚、夹具的加工详图和张拉机具的主要技术性能。

本书可作预应力张拉工自学读物，也可作技工培训读物。

\* \* \*

本书由陕西省建筑科学研究所主编  
参加修订讨论的单位有：  
国家建委建筑科学研究院结构研究所  
陕西省第一、第二建筑工程公司  
西安市第三建筑工程公司

**建筑工人技术学习丛书**  
**预应力张拉工艺**  
(增订版)  
陕西省建筑科学研究所

\*

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  
湖北省咸宁地区印刷厂印刷

\*

开本：787×1092毫米1/32 印张：9<sup>1</sup>/<sub>4</sub>字数：207千字  
1977年11月增订版 1979年6月第四次印刷  
印数：118,236—184,335册 定价：0.58元  
统一书号：15040·3142

## 增订版说明

《建筑工人技术学习丛书》第一版于1973年起陆续出版。这里提供读者的是增订第二版。增订版同第一版比较，大体上作了以下一些补充和修改：

一、补充了近年来各地比较成熟的、行之有效的新技术、新工艺、新机具、新材料。同时，为了支援农村的社会主义建设，对各地区较有代表性的传统操作技术和简易可行的工具也作了某些反映。

二、内容范围比第一版有所扩大，篇幅一般都有较大的增加。充实补充了一些操作技术，特别是充实了老工人的实践经验。

三、同国家新的规范、标准不一致的地方，内容陈旧、错误的地方作了改正。

这套丛书可供具有初中文化程度的工人作自学读物，也可作技工培训参考读物。

丛书虽经增订，但肯定还有许多不足，希望广大读者提出意见，以便不断修改，使之更好地适应广大建筑工人的需要。

增订过程中，我们得到各编写单位和全国许多省、市、自治区建筑部门的大力支持和帮助，谨在此表示感谢。

中国建筑工业出版社编辑部

一九七六年十一月

# 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一章 概 述 .....         | 1  |
| 第一节 预应力混凝土的应用 .....   | 1  |
| 第二节 预应力混凝土的基本概念 ..... | 4  |
| 第三节 预应力混凝土的优缺点 .....  | 7  |
| 第四节 施加预应力的方法 .....    | 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 .....  | 20 |
| 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 .....     | 30 |
| 第四节 夹片式锚、夹具 .....     | 34 |
| 第五节 锥销式锚、夹具 .....     | 36 |
| 第六节 其它型式锚、夹具 .....    | 40 |
| 第四章 张拉设备及其它设备 .....   | 45 |
| 第一节 机具设备的分类 .....     | 45 |
| 第二节 张拉设备 .....        | 45 |
| 第三节 锚固设备 .....        | 83 |
| 第四节 刻痕及压波设备 .....     | 92 |
| 第五节 灌浆设备 .....        | 98 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第六节 张拉设备的选用 .....       | 101 |
| 第七节 张拉设备的校验 .....       | 104 |
| 第八节 张拉设备的使用、维护与保养 ..... | 109 |
| 第九节 张拉设备的故障及其排除 .....   | 111 |
| 第五章 预应力筋的制作 .....       | 115 |
| 第一节 钢筋的对焊 .....         | 115 |
| 第二节 钢筋的镦粗 .....         | 124 |
| 第三节 钢筋的冷拉 .....         | 127 |
| 第四节 预应力筋的下料 .....       | 139 |
| 第五节 编束 .....            | 146 |
| 第六章 先张法 .....           | 150 |
| 第一节 长线台座的构造 .....       | 150 |
| 第二节 预应力损失与张拉程序 .....    | 157 |
| 第三节 张拉预应力钢丝和钢筋 .....    | 161 |
| 第四节 钢丝、钢筋张拉力放松 .....    | 181 |
| 第七章 后张法 .....           | 184 |
| 第一节 构件的制作 .....         | 184 |
| 第二节 张拉原则与张拉程序 .....     | 193 |
| 第三节 张拉前的准备工作 .....      | 196 |
| 第四节 张拉方法 .....          | 200 |
| 第五节 后张自锚 .....          | 211 |
| 第六节 孔道灌浆 .....          | 218 |
| 第七节 安全须知 .....          | 219 |
| 第八章 电热张拉法 .....         | 221 |
| 第一节 电热张拉的优缺点 .....      | 221 |
| 第二节 伸长值的计算确定及应力校验 ..... | 222 |
| 第三节 电热设备的选用 .....       | 228 |
| 第四节 操作步骤与方法 .....       | 234 |
| 第五节 注意事项及安全须知 .....     | 238 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第九章 其它张拉工艺方法简介 ..... | 242 |
| 第一节 模外张拉法 .....      | 242 |
| 第二节 长线台座拉模生产工艺 ..... | 246 |
| 第三节 长线台座挤压成型工艺 ..... | 249 |
| 第四节 连续配筋法 .....      | 252 |
| 第五节 侧向张拉法 .....      | 255 |
| 第六节 折线张拉法 .....      | 257 |
| 第七节 圆形构筑物预加应力法 ..... | 259 |
| 第八节 压力管预加应力法 .....   | 263 |
| 第九节 不留孔电热后张法工艺 ..... | 267 |

## 附 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 一、预应力混凝土结构常用的锚、夹具 ..... | 270 |
| 二、几种油压千斤顶的主要技术性能 .....  | 285 |
| 三、圆钢筋的横截面面积及重量 .....    | 287 |

# 第一章 概 述

## 第一节 预应力混凝土的应用

预应力混凝土是预应力钢筋混凝土的简称，是最近数十年发展起来的一项新技术，现在世界各国都在普遍地应用，其推广使用范围和数量，已成为衡量一个国家建筑技术水平的重要标志之一。

在半封建半殖民地的旧中国，根本没有预应力混凝土结构。解放后，在毛主席和党的英明领导下，随着我国社会主义革命和社会主义建设的发展，预应力混凝土在我国也得到了迅速的发展，它对减轻结构自重、充分挖掘材料潜力、提高结构抗裂度和扩大钢筋混凝土使用范围，都越来越显示出良好的效果。

我国预应力混凝土的发展，同其他科学技术的发展一样，始终贯穿着两条路线的激烈斗争。第一个五年计划期间，我国即开始采用预应力混凝土结构，当时在使用范围和数量等方面，都取得了迅速的发展。特别是1958年以后，预应力混凝土的生产比较普遍，应用的范围也日益广泛。例如，采用了跨度为60米的块体组合式预应力混凝土拱形屋架，代替钢屋架，建成了直径37.6米，高11.5米，容量为13000立米的预应力混凝土煤气罐及容量为20000立米的装配式预应力混凝土油罐等。但是，由于刘少奇修正主义路线的干扰和破坏，预应力混凝土在1962~1966年期间发展较慢，



走了一段曲折的道路。

伟大的无产阶级文化大革命以来，粉碎了刘少奇、林彪两个资产阶级司令部，以英明领袖华主席为首的党中央又一举粉碎了王、张、江、姚“四人帮”反党集团，我国基本建设战线的广大职工，在毛主席革命路线的指引下，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，坚决贯彻执行“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线，坚持“独立自主、自力更生”的方针，破除迷信，解放思想，大搞技术革新、技术革命，积极推广应用预应力混凝土，努力提高我国建筑业的技术水平。现在我国的预应力混凝土不仅在数量上有很大增长，而且在应用范围、工程质量、技术水平和经济效益等方面也有很大的发展与提高。仅建筑工程方面的预应力混凝土年产量就比无产阶级文化大革命前增长了近六倍。

目前，预应力混凝土不仅较广泛地应用于工业与民用建筑、桥梁、轨枕、压力管道、电杆、桩、储液池等方面，而且已应用到矿井支架、海港码头、水压机架、岩体加固和水泥船等方面。如61米拱形屋架、12米跨度200吨吊车梁、5000吨水压机架、大跨度薄壳结构、144米悬臂拼装公路桥和11万立方米容量的煤气罐等都已应用成功。

在预应力混凝土生产工艺和设备方面也有不少发展和革新。长线法折线配筋、电热连续缠丝、后张自锚、镦粗锚固、多孔板拉模生产和挤压成型等新工艺，对提高预应力混凝土技术水平和生产工效起了很大作用。螺杆式、镦头式、夹片式、锥销式等各种锚夹具；台座式、拉杆式、穿心式、锥锚式千斤顶及电动、手动张拉机（器）等各类张拉设备，以及绕丝机、镦粗机、刻痕机、压波机和测力器等在品种上有了新的发展，在质量上也有不断改进，并逐步定型化、系

列化。

我国自力更生发展的低合金高强钢筋，已广泛用于预应力混凝土结构中。

无产阶级文化大革命以来，在中小型构件中采用冷拔低碳钢丝配筋的预应力混凝土得到了蓬勃发展。用冷拔低碳钢丝生产预应力混凝土构件，设备比较简单，材料易于解决，便于土法上马，普及推广。在全国农业学大寨群众运动中，在“五小”工业和农村建筑方面广泛应用冷拔低碳钢丝预应力混凝土中小型构件，很受群众欢迎，从而使预应力技术深入发展到县和社队，为推广和发展预应力混凝土开创了新的途径。

我国预应力混凝土技术的迅速发展，是无产阶级文化大革命的辉煌成果，是毛主席无产阶级革命路线的伟大胜利。

随着预应力混凝土新型结构的不断出现，生产技术的不断提高，预应力筋的张拉工艺已逐步变成专业的工种，要求努力掌握预应力筋张拉的先进技术，大量生产日益创新的预应力混凝土结构，切实把好质量关。张拉预应力筋的工作进行得正确与否，直接关系到预应力结构的安全使用，因此必须在思想上加以重视，在技术上要认真负责、一丝不苟，要克服那种认为“张拉工只是拉拉钢筋，紧紧螺帽”没啥学问的错误思想。要认识到张拉工不仅要熟悉钢筋的张拉工序，还应知道钢筋性能、夹具和锚具的应用、张拉机具的操作方法等多方面知识，才能正确地掌握预应力筋的张拉技术，才能保证结构构件的质量。我们应该象白求恩同志那样，对技术精益求精，不断地提高预应力混凝土的生产技术水平，使我国的预应力混凝土结构的生产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）。

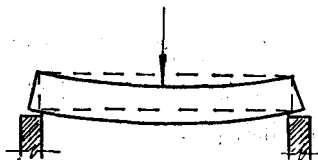


图 1-1 橡皮受弯曲

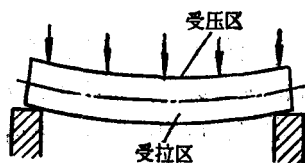


图 1-2 受弯构件示意图

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

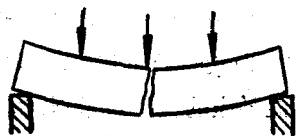


图 1-3 混凝土梁

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

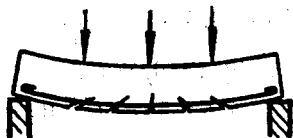


图 1-4 钢筋混凝土梁

毫米时，钢筋就会生锈，相应于这个裂缝宽度时的钢筋应力<sup>①</sup>，光面钢筋大约为 1200 公斤/厘米<sup>2</sup>，螺纹钢筋大约为 1800 公斤/厘米<sup>2</sup>。这就说明钢筋混凝土梁存在的缺点，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。

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。”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，当钢筋拉长到一定数值时，把钢筋锚固在混凝土上，然后放松张拉力，此时钢筋立即产生弹性回缩，由于钢

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<sup>2</sup>。

筋已被锚固住，故其回缩力传给混凝土，从而使混凝土受到压力而压紧，我们通常称这种压力叫预应力。由于预应力的作用，能增强钢筋混凝土构件的抗裂性和充分发挥钢筋的强度，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，由于预先给下部混凝土的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延缓混凝土裂缝的出现，并且通过合理的设计和准确施加预应力，也可以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。

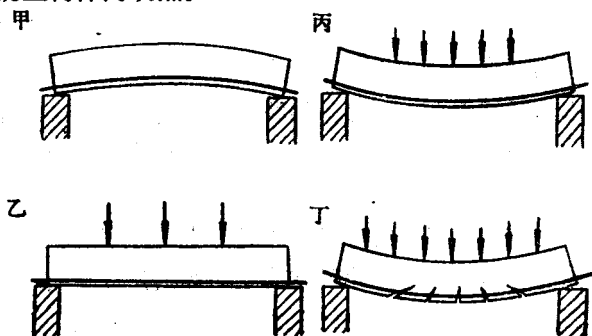


图 1-5 预应力混凝土梁承受荷载的几个阶段

### 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. 提高构件的抗裂度<sup>①</sup>和刚度<sup>②</sup>** 因为预应力的作用，增强了构件混凝土的抗拉能力，可以使混凝土不过早地出现裂缝，还可以按照构件的特点，控制它在使用过程中不出现裂缝。同时，由于预应力的作用，构件承受荷载后，向下弯曲的程度减小，就提高了构件的刚度。

**2. 增加构件的耐久性** 预应力混凝土能避免出现裂缝，构件内的钢筋就不容易锈蚀，因而相应地延长了构件的使用年限。

**3. 节约材料** 预应力混凝土可以充分发挥钢材强度，做到物尽其用，无论钢材还是混凝土用料都能相应减少。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拱形屋架与同跨度的钢屋架相比，可节省钢材74%。又如预应力混凝土空心楼板用冷拔低碳钢丝配筋，与同类型的钢筋混凝土空心楼板相比，可节省钢材30~50%。

**4. 减轻构件自重** 由于采用高强度材料，构件截面尺寸相应减小，自重也就减轻了。如24米跨度的预应力混凝土屋

---

① 抗裂度：评定构件在承受荷载时，裂缝出现迟早或裂缝开展大小程度的性能指标。

② 刚度：评定构件在承受荷载时，抵抗变形程度（如受弯构件是抵抗向下弯曲程度）的性能指标。

架与同跨度的钢筋混凝土屋架相比，可减轻自重19.2%。

但是，制作预应力混凝土构件时，要增加张拉工序和张拉机具及锚固装置等，制作技术也比钢筋混凝土较为复杂。

## 第四节 施加预应力的方法

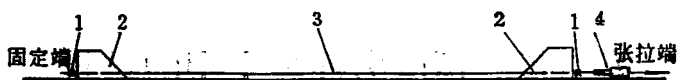
目前，制作预应力混凝土的方法，按施加预应力的时间分，可以分为两类：一类叫先张法，一类叫后张法。按张拉钢筋的方法分，一般又可分为机械张拉和电热张拉两种。

### 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，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，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

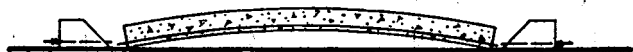
先浇捣混凝土，后张拉钢筋的方法，称为后张法。具体是：在构件中配置预应力钢筋的部位上，一般预先留出孔道，等混凝土达到一定强度（不低于设计标号的70%）后，把钢筋穿进去，再用机械张拉或电热张拉方法张拉钢筋，用锚具将其锚固在构件两端，张拉的钢筋要回缩便给混凝土预加了压力，然后在预留孔道内灌入水泥浆或水泥砂浆（图1-7）。



张拉钢筋



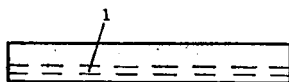
浇灌混凝土



放松(割断)钢筋

图 1-6 先张法

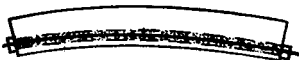
1—夹具, 2—台座, 3—钢筋, 4—张拉机具



浇灌混凝土



张拉钢筋



孔道灌浆

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、Ⅴ级钢筋（热处理）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。

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混凝土中所用的预应力钢筋，其强度比钢筋混凝土中的钢筋高好几倍，所以混凝土的标号也要相应提高，使钢筋与混凝土的强度有一定的比例，共同承受外力，从而可以减小截面尺寸，减轻构件自重，并节约材料用量。同时标号较高的混凝土，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<sup>2</sup>计）。

各种混凝土标号及其设计强度见表 2-1。

混凝土的设计强度（公斤/厘米<sup>2</sup>）

表 2-1

| 项 次 | 强度种类    | 符 号   | 混 凝 土 标 号 |      |      |      |      |      |
|-----|---------|-------|-----------|------|------|------|------|------|
|     |         |       | 200       | 250  | 300  | 400  | 500  | 600  |
| 1   | 轴 心 抗 压 | $R_a$ | 110       | 145  | 175  | 230  | 285  | 325  |
| 2   | 弯 曲 抗 压 | $R_w$ | 140       | 180  | 220  | 290  | 355  | 405  |
| 3   | 抗 拉     | $R_t$ | 13        | 15.5 | 17.5 | 21.5 | 24.5 | 26.5 |
| 4   | 抗 裂     | $R_f$ | 16        | 19   | 21   | 25.5 | 28.5 | 30.5 |