



建设机械岗位培训教材

预应力机械 及施工技术

中国建设教育协会建设机械职工教育专业委员会
美国设备制造商协会
中国建设教育协会秘书处

组织编写



中国建筑工业出版社

建设机械岗位培训教材

预应力机械及施工技术

中国建设教育协会建设机械职工教育专业委员会
美国设备制造商协会
中国建设教育协会秘书处
组织编写

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

预应力机械及施工技术/中国建设教育协会建设机械
职工教育专业委员会等组织编写. —北京: 中国建筑工
业出版社, 2008

建设机械岗位培训教材

ISBN 978-7-112-10429-1

I. 预… II. 中… III. ①预成型机—技术培训—教材
②预应力混凝土—混凝土施工—技术培训—教材 IV. TU647
TU755

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 160599 号

预应力机械与施工技术是建设机械岗位培训教材之一, 主要内容有:
预应力基础知识, 预应力筋及锚夹具, 预应力设备, 预应力混凝土施工,
预应力技术在各领域的应用, 预应力安全管理及常见问题处理, 现场实
习。本书可作为相关基层操作人员的培训教材。

责任编辑: 朱首明 李 明

责任设计: 郑秋菊

责任校对: 安 东 陈晶晶

建设机械岗位培训教材

预应力机械及施工技术

中国建设教育协会建设机械职工教育专业委员会
美 国 设 备 制 造 商 协 会
中 国 建 设 教 育 协 会 秘 书 处
组织编写

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京永峥排版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 850 × 1168 毫米 横 1/32 印张: 5 1/2 字数: 160 千字

2009 年 1 月第一版 2009 年 1 月第一次印刷

定价: 18.00 元

ISBN 978-7-112-10429-1

(17353)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码: 100037)

《建设机械岗位培训教材》编审委员会

主任委员：荣大成

副主任委员：李守林 艾尔伯特·赛维罗（美国）

委 员：丁燕成 王 莹 王院银 王银堂 丹尼尔·茂思（美国）

马可及 马志昊 孔德俊 史 勇 田惠芬（兼秘书）

安立本 刘文兴 刘 斌 刘想才 李 云 李 红

李 凯 李增健 李宝霞 冯彩霞 赵义军 赵剑平

陈润余 苏才良 张广中 张 博 张 铁 张 健

陈 燕 郑大桥 涂世昌 郭石群 周凤东 周东蕾

周祥森 周澄非 杨光汉 盛春芳 黄 璨 黄 正

前 言

建设机械岗位培训教材《预应力机械及施工技术》，是根据建设部为提高建设机械施工队伍人员整体素质水平的指示精神，和中国建设教育协会与美国设备制造商协会签订的“建设机械培训合作项目”计划的要求，并针对我国目前从事预应力机械及施工技术人员的文化水平等实际情况而编写的。

建设机械岗位培训教材《预应力机械及施工技术》的出版发行，将对预应力机械及施工岗位培训工作产生重要的影响。该教材中借鉴了国内外许多高水平培训教材的编写理念、风格及编写的方式、方法。

本教材的读者定位是：预应力施工技术操作人员及培训教员。因此，该教材适于操作国内外各种品牌，机型的预应力机械操作人员及各种预应力工程施工人员的培训需要。

本教材力求使预应力施工技术操作人员通过对本教材的学习，掌握操作预应力施工技术所必需的安全技术方面的基础知识和通用的、基本的、实用的操作技能，保证设备安全可靠的运行。本教材语言简练、通俗易懂、图文并茂、易于理解和使用。

本教材由在预应力施工技术行业内具有国际影响力，代表预应力施工技术先进水平的知名企业编写的。他们为教材的编写工作提供了有力的支持。参加编写工作的单位为柳州欧维姆机械股份有限公司。

李军主编并统稿，刘显晖、齐宝廉副主编。黄芳玮、区锡祥主审。参加编审的人员有：朱万旭、吴志勇、黄璨、梁来、杨庆、易著伟、杨立中、曾海、玉进勇、周萍。在这里向他们表示衷心的感谢！

真诚希望从事预应力施工技术操作的工作人员能够在培训教员的指导下，认真学习这本教材，让它陪伴您安全地度过每一个既紧张、又快乐的工作日。这是教材编者的最大心愿。

因时间仓促，本教材中不妥之处在所难免，恳请提出宝贵意见。

目 录

第一篇 预应力基础知识

一、预应力基本概念	1
(一) 预应力技术的基本原理	1
(二) 钢筋混凝土构件	2
(三) 预应力混凝土的基本知识	3
二、预应力理论介绍	8
(一) 预应力损失	8
(二) 有粘结和无粘结预应力的区别	8

第二篇 预应力筋及锚夹具

三、预应力筋	10
(一) 预应力混凝土用钢丝	10
(二) 预应力混凝土用钢绞线	11

(三) 预应力混凝土用钢筋	13
(四) 非金属预应力筋	13
(五) 预应力筋的其他形式	14
(六) 预应力钢材的订购与存放	16
(七) 预应力钢材的检验	16
四、预应力锚固体系及验收标准	20
(一) 钢绞线锚固体系	20
(二) 钢丝束锚固体系	32
(三) 钢筋锚固体系	36
(四) 锚、夹具验收标准	39

第三篇 预应力设备

五、张拉设备	42
(一) 液压千斤顶	42
(二) 高压油泵	50
六、固定端制作设备	58
(一) 挤压机	58
(二) 镦头器	60

(三) 压花机	65
七、灌浆设备	69
(一) 真空泵	70
(二) 灌浆泵	71
(三) 塑料焊接机	72

第四篇 预应力混凝土施工

八、后张有粘结预应力施工	74
(一) 概述	74
(二) 后张有粘结预应力施工工艺	75
(三) 预应力筋下料及制作	75
(四) 预留孔道	83
(五) 钢筋工程及混凝土工程	89
(六) 预应力筋穿束	89
(七) 预应力筋张拉	91
九、后张无粘结预应力混凝土结构施工	101
(一) 后张无粘结预应力施工工艺	101
(二) 无粘结筋检验、下料及铺设	102

(三) 无粘结筋的张拉	104
十、先张法施工工艺	105

第五篇 预应力技术在各领域的应用

十一、环形后张预应力锚固体系	109
(一) 概述	109
(二) 环锚的结构	110
(三) 环锚的安装	111
(四) 常用环锚类型及参数	111
十二、斜拉索张拉锚固工艺	114
(一) 斜拉桥及斜拉索	114
(二) OVM250 拉索体系	115
(三) 斜拉索的施工工艺	118
(四) 斜拉桥的换索	124
十三、体外索工程及应用	126
(一) 体外预应力技术简介	126
(二) OVM 体外预应力体系主要特点及基本组成	126
(三) 两种类型体外索锚具及主要尺寸	129

(四) OVM 体外预应力体系在工程上的应用	131
十四、大吨位构件液压提升及顶推牵引技术	136
十五、边坡锚固技术	143

第六篇 预应力安全管理及常见问题处理

十六、预应力安全管理	146
(一) 安全宣传与教育	146
(二) 安全管理制度	147
(三) 预应力施工安全措施	148
十七、预应力施工常见问题及处理办法	151
(一) 预应力材料、锚夹具常见问题及处理办法	151
(二) 预应力设备常见问题及处理办法	156
(三) 预应力工程常见问题及处理办法	159

第七篇 现场实习

十八、穿心式千斤顶的拆装	165
十九、YDC240QX 前卡式千斤顶的拆装	168
二十、ZB4-500 电动油泵的结构	171

二十一、现场张拉实习	173
主要参考文献	174
后记	175

第一篇 预应力基础知识

一、预应力基本概念

(一) 预应力技术的基本原理

预应力就是结构在承受荷载之前预先施加的力，目的是为了在结构中预先产生内力或整体变形，以抵消或减弱结构在荷载作用下产生的内力或变形。

在几个世纪前人们就已经开始使用预应力技术，当时人们用竹皮或绳索缠绕木桶，并通过沿桶壁鼓形轮廓收紧而使桶箍受拉，从而在桶板之间产生预压力，当木桶盛水后，水压产生的环向拉力只能抵消木板与木板之间的一部分预压力，而木板与木板之间仍保持受压的紧密状态。这就是预应力的简单原理。

20 世纪 20 年代，法国 E.Freyssinet 成功的将预应力技术运用到工程上面，从而推动了预应力材料、设备及工艺的发展。施加了预应力的钢筋混凝土被称为预应力混凝土，预应力混凝土目前在工程上运用很广，那么它有哪些优点呢？要了解预应力混凝土，首先要了解钢筋混凝土。



(二) 钢筋混凝土构件

1. 钢筋混凝土的概念

(1) 混凝土是一种用水泥、水及砂石骨料按一定比例混合而成的人造石料，混凝土抗压能力较强而抗拉能力很弱；钢材抗拉和抗压能力都很强；两者结合成为钢筋混凝土，其中混凝土主要承压，钢筋主要承拉。

(2) 钢筋混凝土的优点

钢筋混凝土除了合理利用钢筋和混凝土两种材料的性能外，还有下列优点：

1) 整体性好：钢筋混凝土结构特别是现浇钢筋混凝土结构的整体性能好，具有较好抵抗房屋荷载和地震作用的能力。

2) 耐久性好：混凝土的强度随时间的增长而增加，同时，混凝土对钢筋起到保护作用，正常情况下钢筋不易腐蚀。

3) 耐火性好：钢筋被混凝土所保护，火灾时钢筋不会很快达到软化温度而导致结构的整体破坏。

4) 可模性好：可以根据设计的需要浇筑成各种形状和尺寸的结构构件。

5) 取材方便：钢筋混凝土构件除钢筋和水泥外，所需大量的砂石材料，可以就地取材，便于组织运输。



钢筋混凝土构件的主要缺点是自重较大，现浇钢筋混凝土比较费工、费模板，施工周期长，施工时间受季节影响大；抗裂、隔热和隔声性能较差；补强修复比较困难等。

2. 混凝土强度等级

我国以混凝土立方体抗压强度标准值来表示混凝土强度等级，混凝土强度等级共 14 级，即：C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75、C80，其中 C 表示混凝土，C 后面的数字表示立方体抗压强度标准值的大小（单位： N/mm^2 ）。

《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2002）规定：预应力混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C30，当采用碳素钢丝、钢绞线、热处理钢筋作为预应力筋时，要求混凝土强度等级不宜低于 C40。

3. 钢筋的种类

钢筋混凝土结构所用的钢筋，按照其生产工艺、机械性能和加工方法的不同，可以分为热轧钢筋、冷拉钢筋和热处理钢筋。

（三）预应力混凝土的基本知识

1. 预应力混凝土的原理

在钢筋混凝土结构中施加预应力，就会获得预应力钢筋混凝土，简称预应力混凝土。一般来



说,混凝土在结构中承受压力,结构中的拉力主要由钢筋来承受,钢筋混凝土的受力情况如图 1-1 所示:

在普通钢筋混凝土结构中,正常使用荷载作用下钢筋拉应力达到 $20 \sim 40 \text{ N/mm}^2$ 时,混凝土就开裂了。要使钢筋混凝土构件不出现裂缝,则钢筋强度就不能充分利用,要想充分利用钢筋强度,则裂缝开展过大就会影响耐久性。要解决钢筋混凝土存在的上述问题,关键就在于消除受拉区混凝土裂缝的出现与开展过大的问题。解决的方法是在结构构件承受外荷载之前,预先施加一个力,使在荷载作用下的受拉区混凝土预先存在预压应力。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 1-2 所示。

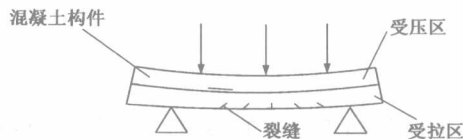


图 1-1 钢筋混凝土受力情况



图 1-2 反拱

受荷载后,梁开始向下弯曲,下部混凝土中的预应力随之减小,即由外荷载在构件中所引起的拉应力被预压应力抵消了一部分,梁的反拱也随之减小,随着荷载的增加,梁继续向下弯曲,当预压应力全部抵消时,混凝土中的应力等于零,梁恢复平直状态,如图 1-3 所示。



继续增加荷载，梁继续向下弯曲，使下部混凝土出现拉应力，如图 1-4 所示。

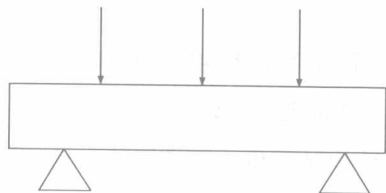


图 1-3 预压应力全部被抵消

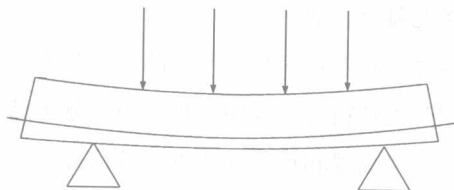


图 1-4 混凝土中出现拉应力

当拉应力超过混凝土抗拉强度的限值后，结构将出现裂缝，如图 1-5 所示。

2. 采用预应力混凝土具有的优点

预应力混凝土结构构件一般是通过张拉预应力筋的回弹、挤压，使混凝土截面受到预压力，部分或全部抵消使用荷载产生的应力。由此可见，预应力是为改善结构构件的裂缝和变形性能，在使用前预先施加的永久性内应力，预应力筋中的拉应力与混凝土中的压应力组成了一个自平衡体系。

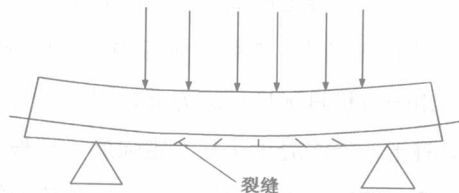


图 1-5 结构出现裂缝



预应力不能提高混凝土的强度，预应力构件常选用高强混凝土，预应力构件承载力的提高得益于高强混凝土，而不是预加应力。

通过消除使用荷载下形成的多数裂缝，预加应力能较好的改善混凝土构件的耐久性。

据有关资料分析表明：预应力混凝土结构能够节约钢材、降低造价、延长使用寿命，并有耐火、耐高压、耐高温和耐震等优点，且适应性强，既可用于陆地结构又可用于海洋结构，是一种综合性能较好的结构型式。预应力混凝土的不足之处主要有：施工工序多，制作复杂，需要专门的张拉和锚固设备，对施工人员要求较高，为了确保安全和工程质量，从事预应力施工的人员最好经过专门培训，经考核通过并由建设部颁发上岗证以后才上岗。

3. 预应力混凝土施加预应力的方法

预应力混凝土施加预应力的方法按施加预应力的时间可分为先张法和后张法。

(1) 先张法：先张拉预应力筋、后浇筑混凝土的方法。具体过程是，先在台座上按设计规定的拉力用张拉机具张拉预应力筋，用夹具（通俗称为工具锚）将其临时固定在台座或模板上，然后浇筑混凝土，待混凝土达到一定强度（一般不低于设计强度的75%）后，把张拉的预应力筋放松，预应力筋回缩时产生的回缩力，通过预应力筋与混凝土之间的粘结作用传递给混凝土，使混凝土获得了预压应力。先张法构件中的预应力是依靠预应力筋和混凝土之间的粘结力建立起来的。

先张法一般用于生产中小型构件，施工工艺简单，可以大批量生产预应力混凝土构件，重复利