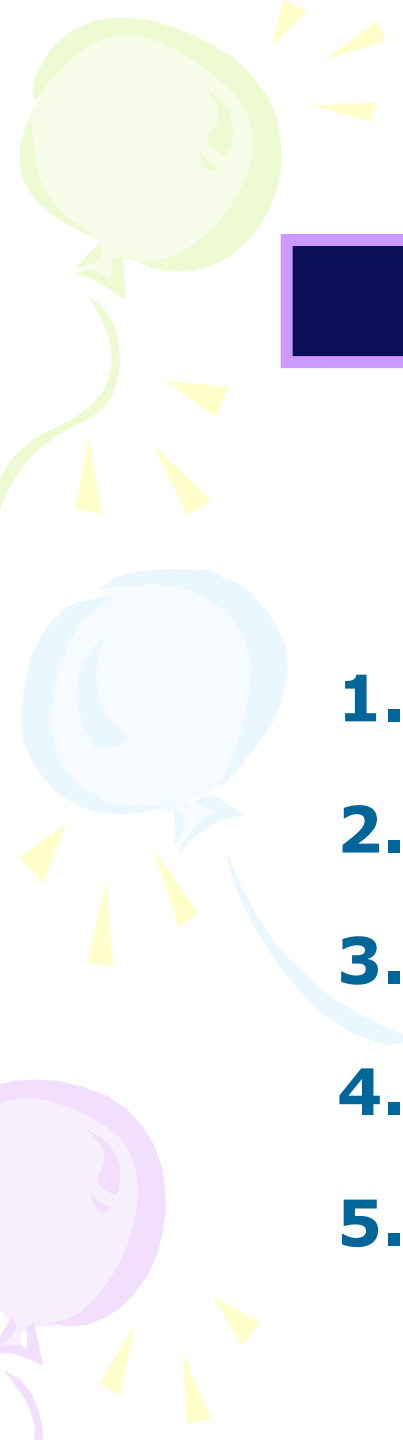


模块名称	项目名称	任务内容
模块一：钢筋混凝土结构（设计一工厂仓库主要承重构件）	1、肋梁楼盖的设计	任务 1：钢筋与混凝土的选择 任务 2：肋梁楼盖结构平面布置 任务 3：绘制计算简图 任务 4：荷载计算 任务 5：计算内力，进行配筋 任务 6：绘制梁板结构施工图
	2、钢筋混凝土柱设计	任务 1 绘制计算简图，计算内力； 任务 2 柱配筋和构造处理； 任务 3 绘制柱结构施工图
	3、结构耐久性设计	任务 1 挠度和裂缝宽度验算 任务 2 预应力混凝土构件 任务 3 结构耐久性设计



预应力混凝土构件简介



本节主要内容

1. 预应力混凝土原理；
2. 预应力混凝土分类；
3. 预应力混凝土特点；
4. 施加预应力方法；
5. 预应力混凝土构件的一般规定。



重 点

预应力混凝土、先张法、后张法的概念。

难 点

预应力混凝土的概念。

一、预应力混凝土的基本概念

预应力混凝土的基本原理

1. 为什么使用预应力混凝土？

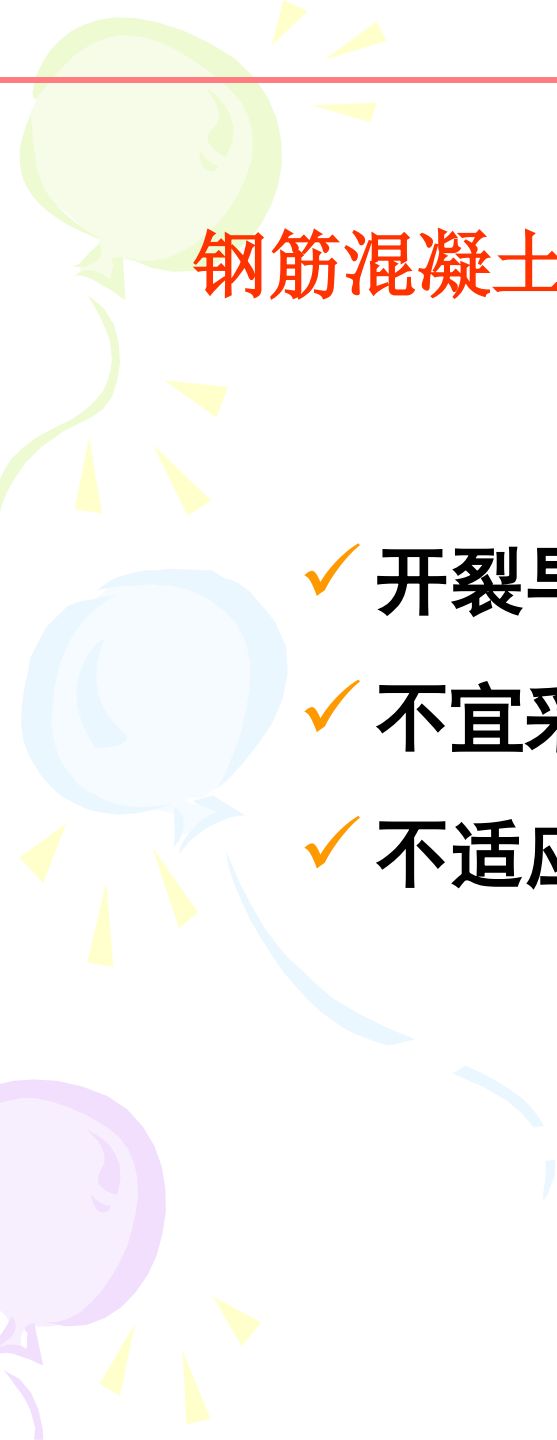
由于混凝土的抗拉性能很差，
使得钢筋混凝土构件出现了**两个问题**：

- 1、钢筋混凝土受拉、受弯等构件通常带裂缝工作；
- 2、为保证结构耐久性，必须限制裂缝宽度。

为了要满足变形和裂缝控制的要求，则需增大构件的截面尺寸和用钢量，这将导致自重过大，使钢筋混凝土结构用于大跨度或承受动力荷载的结构成为不可能或很不经济。

继续思考：

能否**借助**混凝土较高的**抗压能力**来**弥补**其**抗拉能力**的不足？



钢筋混凝土的缺欠：

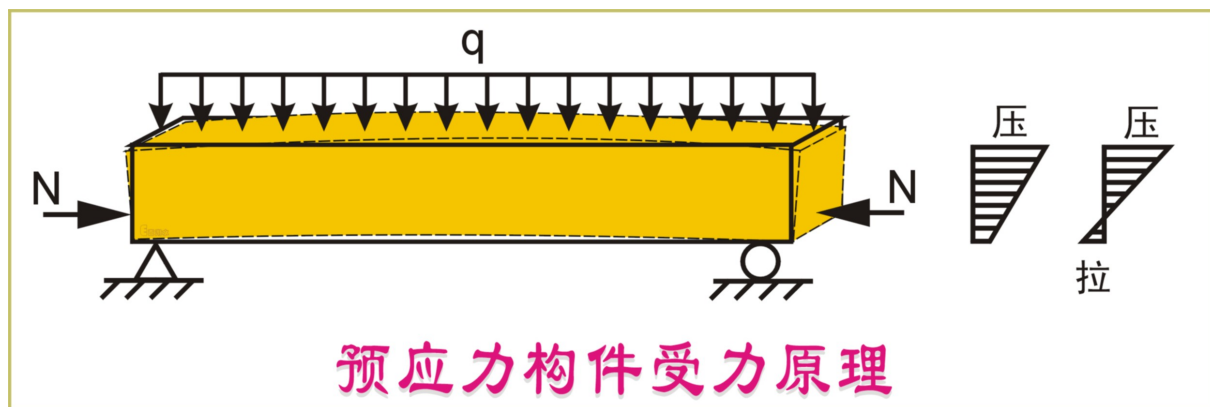
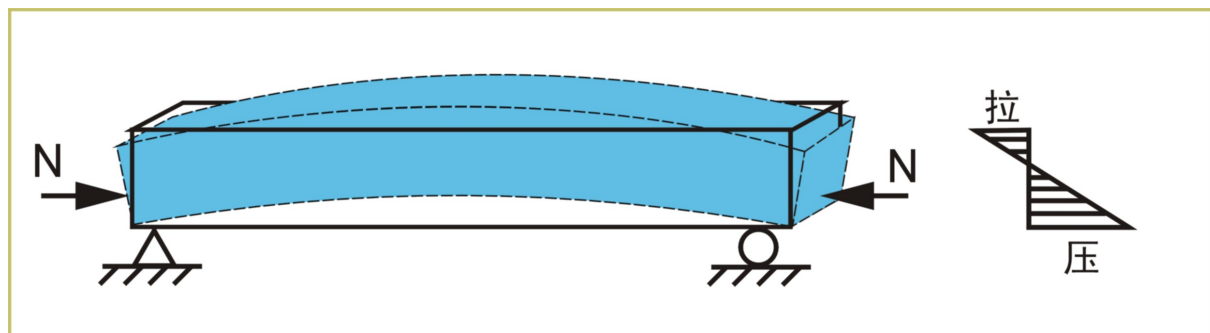
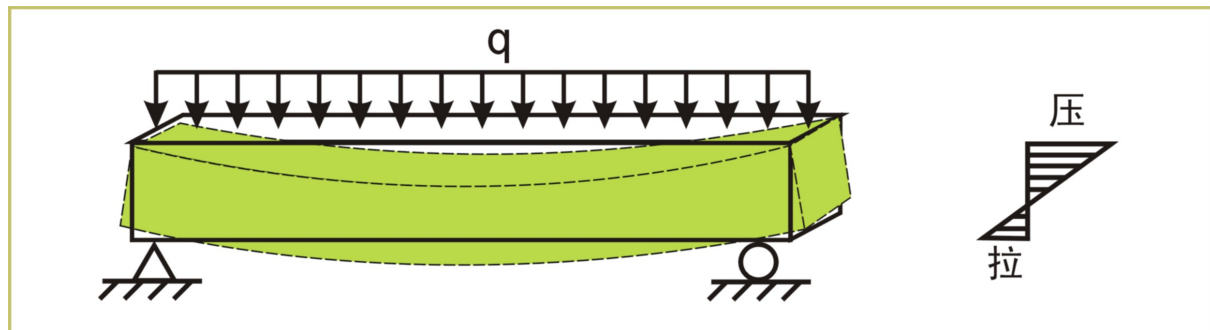
- ✓ 开裂早（仅在自重下就会开裂）；
- ✓ 不宜采用高强材料（裂缝宽度受限）；
- ✓ 不适应现代化大跨度的需要。

2. 预应力混凝土的基本原理

所谓预应力砼构件就是在构件受荷之前（制作阶段），人为给拉区砼施加**预压应力**，受荷之后（使用阶段）首先要抵消拉区砼的预压应力，若再加荷拉区砼开裂，直至破坏为止。

预应力构件 基本原理：

预先在混凝土受拉区施加压应力，使其减小或抵消荷载引起的拉应力，将构件受到的拉应力控制在较小范围，甚至处于受压状态，即可控制构件裂缝宽度，甚至可以使构件不产生裂缝。



3 预应力混凝土与钢筋混凝土的比较

- ① 预应力混凝土结构中，混凝土的强度等级要高，钢筋的强度也要高。
- ② 预应力混凝土结构刚度大，挠度小，裂缝宽度小。
- ③ 一旦预应力被克服后，预应力混凝土和普通混凝土结构就没有本质上的不同，因而正截面承载力是一样的；
- ④ 预应力混凝土梁的斜截面抗剪强度高于普通混凝土，因而预应力混凝土梁的腹板可做得较薄，大大减轻了自重。

2.1.2 预应力混凝土的分类

按对裂缝的要求分为全预应力混凝土和部份预应力混凝土两类。

在使用荷载作用下，不允许截面上混凝土出现拉应力的构件，称为全预应力混凝土，属严格要求不出现裂缝的构件；允许出现裂缝，但最大裂缝宽度不超过允许值的构件，则称为部分预应力混凝土，属允许出现裂缝的构件。

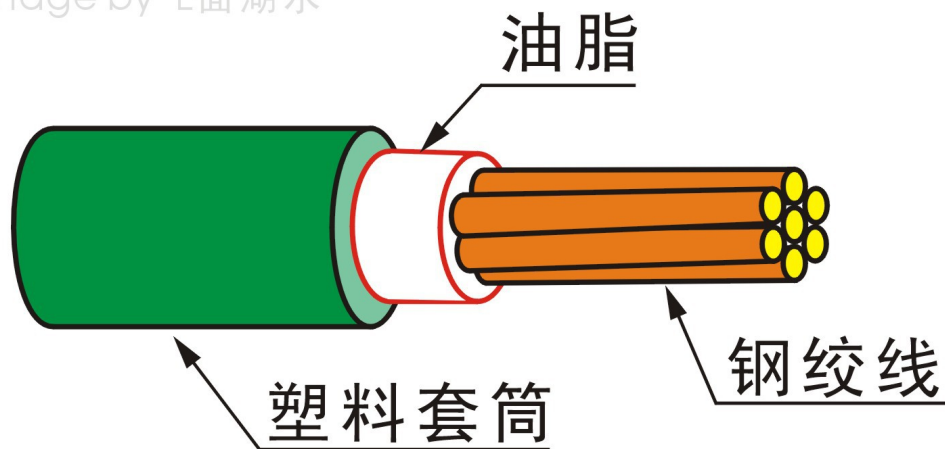
按粘结方式，分为有粘结预应力混凝土和无粘结预应力混凝土。

从 90 年代开始，无粘结束技术已在我国的某些桥梁工程中得到应用，目前最大跨度可达到 20m。

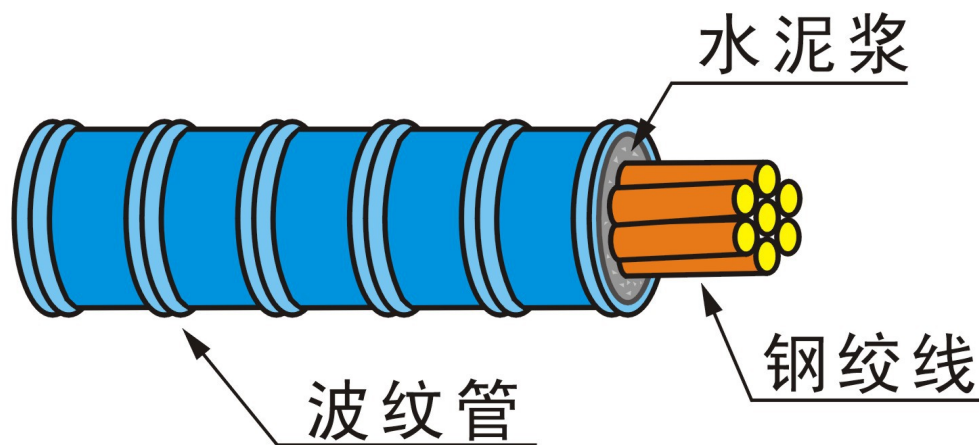
无粘结预应力钢筋是将预应力钢筋的外表面涂以沥清、油脂或其他润滑防锈材料，以减小摩擦力并防锈蚀，并用塑料套管或以纸带、塑料带包裹，以防止施工中碰坏涂层，并使之与周围混凝土隔离，而在张拉时可沿纵向发生相对滑移的后张预应力钢筋。

特点：不需要预留孔道，也不必灌浆，施工简便、快速，造价较低，易于推广应用。

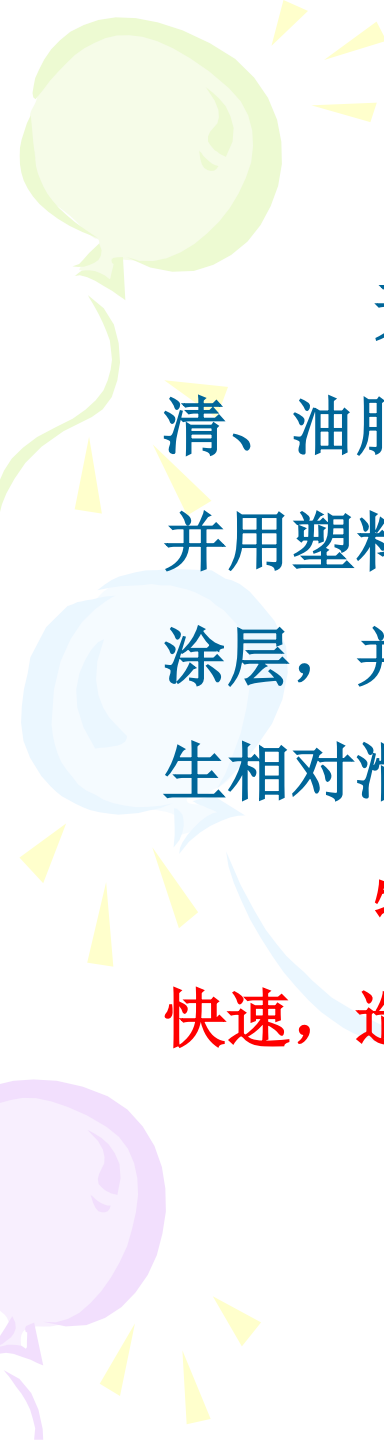
Image by E面湖水



无粘结预应力构件



有粘结预应力构件



无粘结预应力钢筋是将预应力钢筋的外表面涂以沥青、油脂或其他润滑防锈材料，以减小摩擦力并防锈蚀，并用塑料套管或以纸带、塑料带包裹，以防止施工中碰坏涂层，并使之与周围混凝土隔离，而在张拉时可言纵向发生相对滑移的后张预应力钢筋。

特点：不需要预留孔道，也不必灌浆，施工简便、快速，造价较低，易于推广应用。

2.1.3 预应力混凝土的特点

优点：

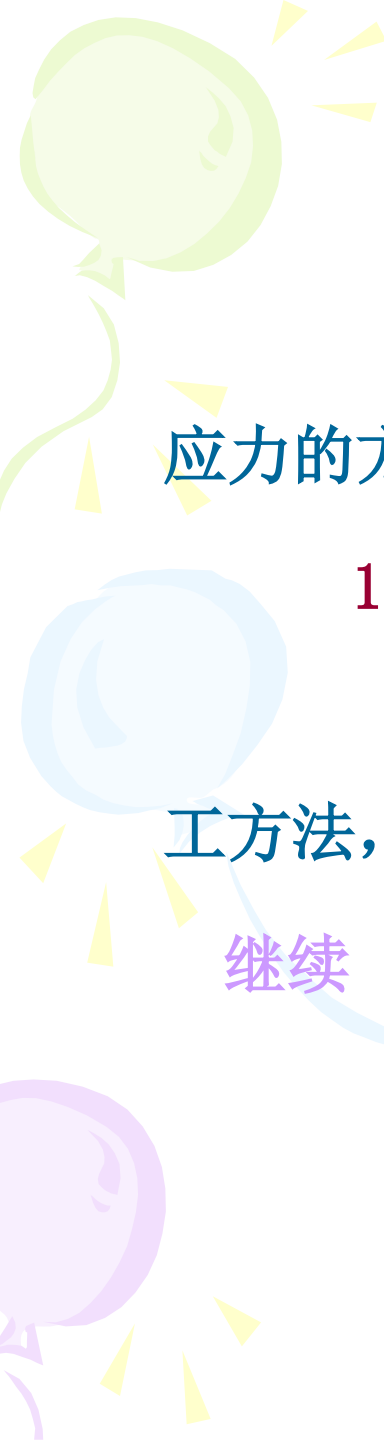
- 1、抗裂性好
- 2、节省材料、减轻构件自重
- 3、能充分利用高强度材料
- 4、提高构件的刚度
- 5、提高构件的抗疲劳能力

其它：提高构件的跨越能力及刚度、减少变形、改善耐久性、增强抗渗性等。

缺点：

- 1、设计、计算比普通钢筋混凝土构件要复杂
- 2、施工工艺多且复杂，质量要求较高，需要有专门的施工设备和技术条件。
- 3、造价较高。

注意： 预应力混凝土不能提高构件的承载能力。当截面和材料相同时，预应力混凝土与普通钢筋混凝土受弯构件承载能力相同。



2.1.4 施加预应力的方法

按照张拉钢筋与浇筑混凝土的先后关系，施加预应力的方法可分为先张法和后张法两类。

1. 先张法

定义：先张拉预应力钢筋，然后浇筑混凝土的施工方法，称为先张法。

继续

张拉设备：



图6.1.3 先张法工艺过程示意图  单击演示

主要工艺过程是：穿钢筋→张拉钢筋→浇筑混凝土并进行养护→切断钢筋。

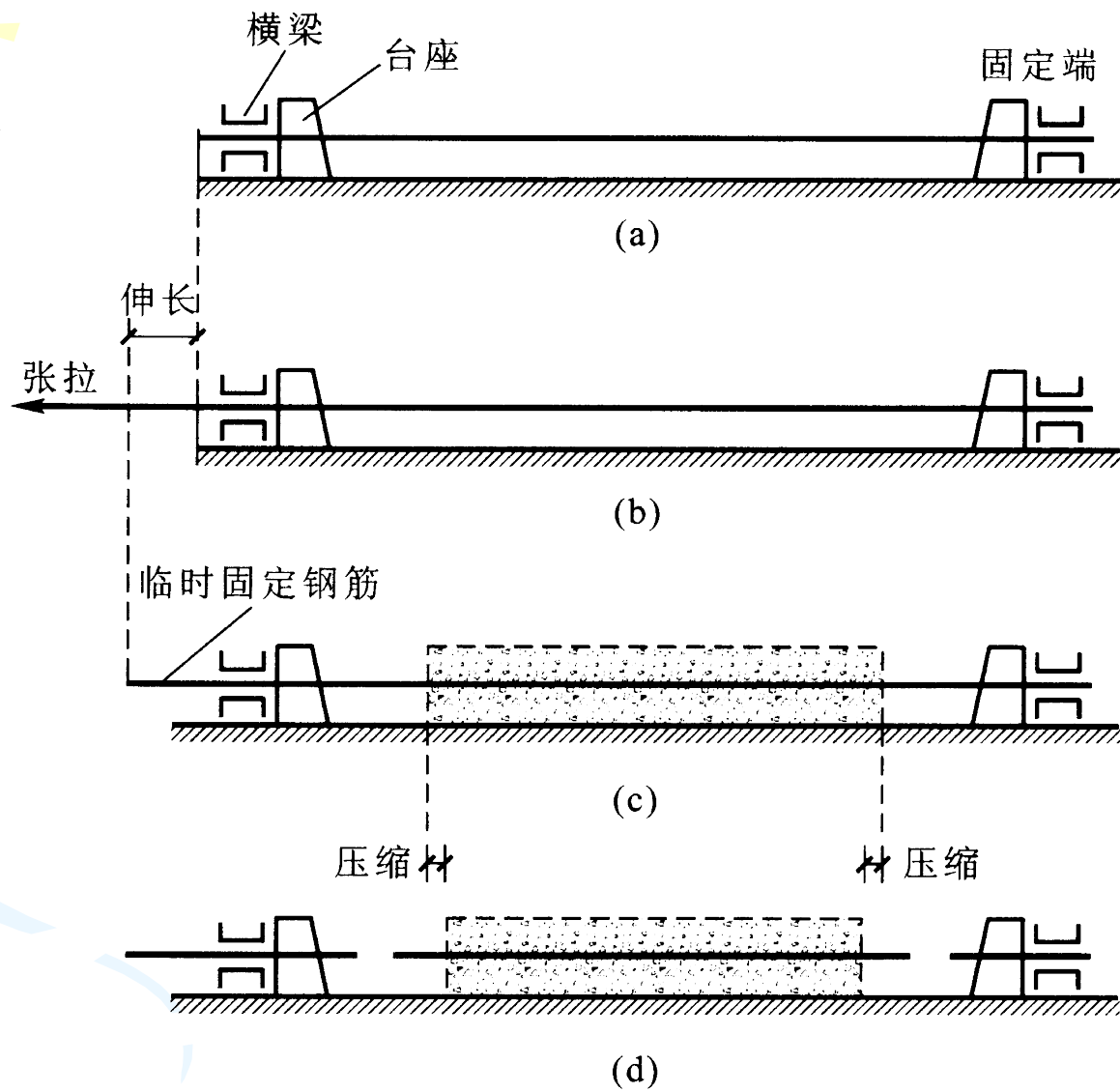


图 6.1.3 先张法工艺过程示意图

(a) 穿钢筋；(b) 张拉钢筋；(c) 浇筑混凝土；(d) 切断钢筋

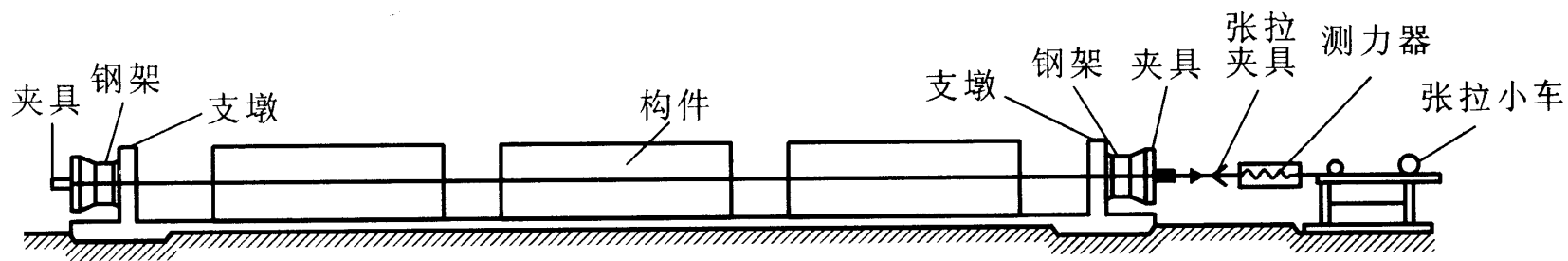
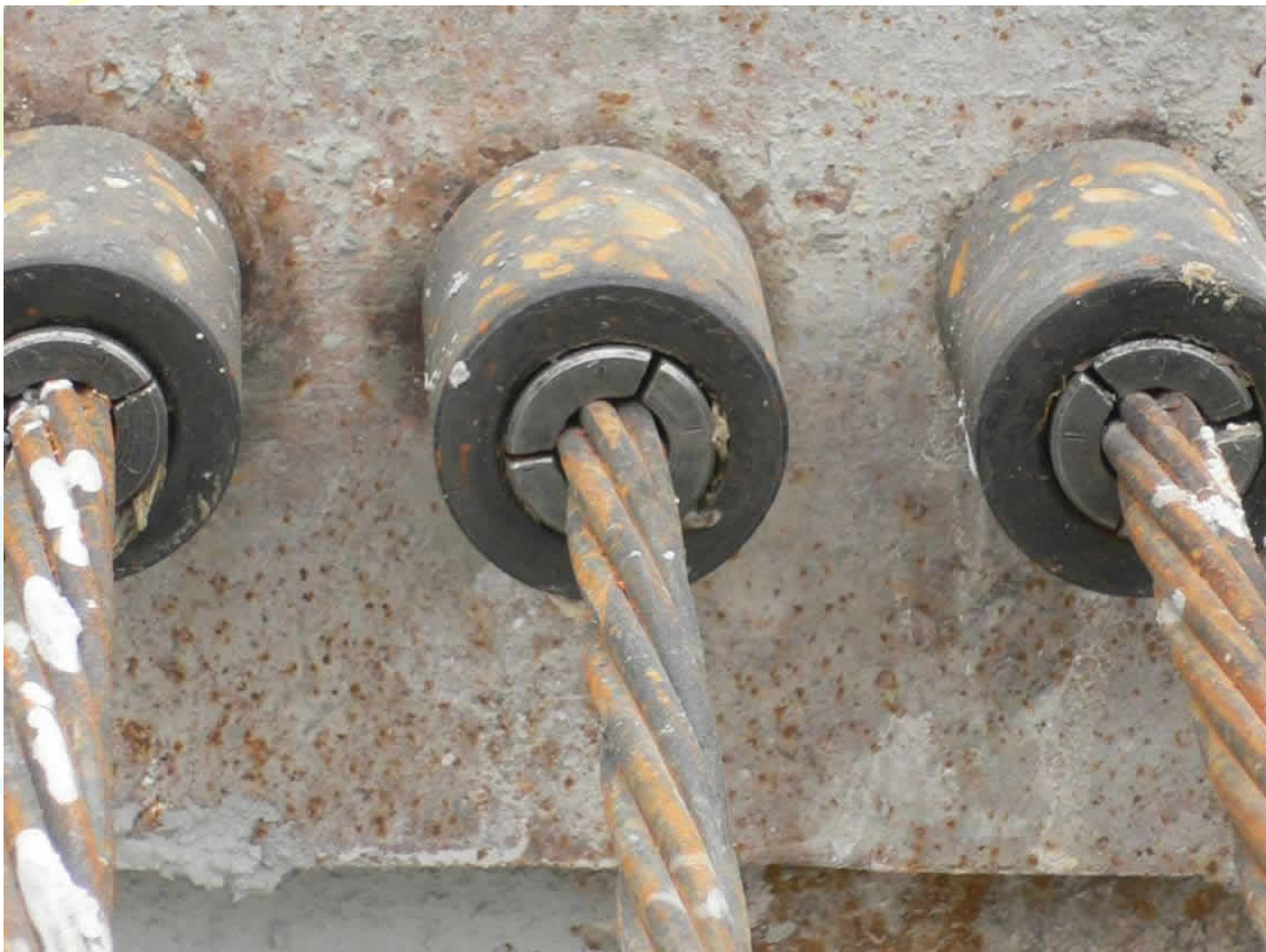


图 6.1.2 先张法的张拉台座设备



锚 具（一）



锚具（二）

2. 后张法

定义：先浇筑混凝土，待混凝土硬化后，在构件上直接张拉预应力钢筋，这种施工方法称为后张法。

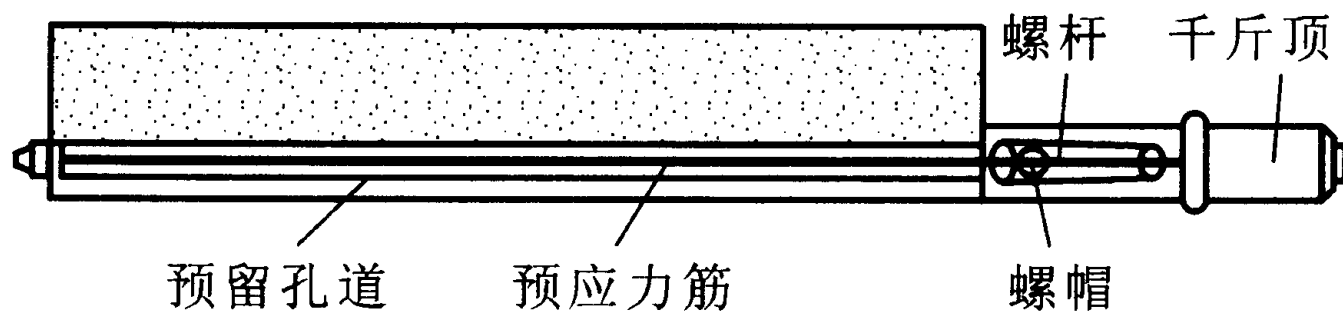


图 6.1.4 后张法的张拉设备



张拉设备

主要工艺过程：浇筑混凝土构件（在构件中预留孔道）并进行养护→穿预应力钢筋→张拉钢筋并用锚具锚固

→往



图6.1.5 后张法工艺过程示意图



单击演示

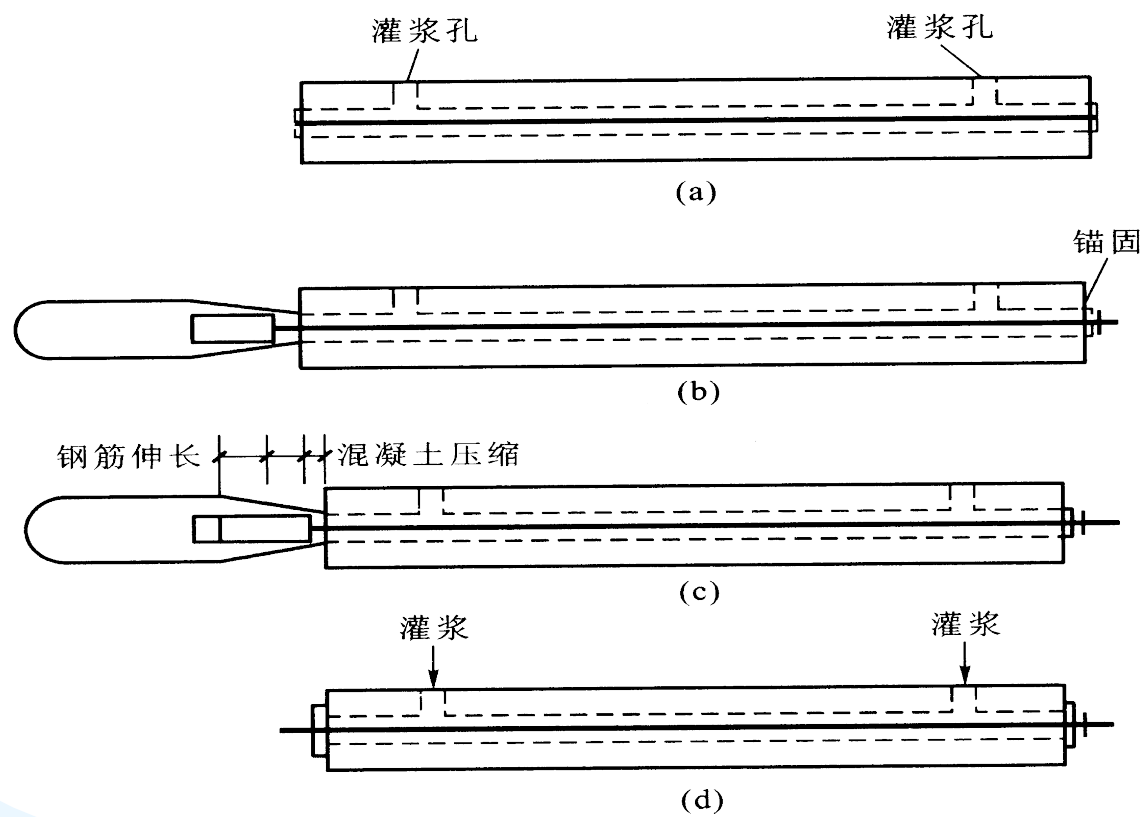


图 6.1.5 后张法工艺过程示意图

(a) 穿钢筋；(b) 安装千斤顶；(c) 张拉钢筋；(d) 锚固、灌浆

先张法

主要优点：生产工艺简单，工序少，效率高，质量易于保证，同时由于省去了锚具和减少了预埋件，构件成本较低。

适用范围：主要用于工厂化大量生产，尤其适宜用于长线法生产中、小型构件

后张法

主要优点：预应力钢筋直接在构件上张拉，不需要张拉台座，所以后张法构件既可以在预制厂生产，也可在施工现场生产。大型构件在现场生产可以避免长途搬运，故我国大型预应力混凝土构件主要采用后张法。

主要缺点：生产周期较长；需要利用工作锚锚固钢筋，钢材消耗较多，成本较高；工序多，操作较复杂，造价一般高于先张法。

先张法与后张法的比较

(1)、张拉顺序

先张法——先张拉钢筋，后浇注混凝土

后张法——先浇注混凝土，后张拉钢筋

(2)、工艺过程

先张法——穿钢筋→拉钢筋→浇混凝土→养护至 75 %→断钢筋

后张法——留孔道→浇混凝土→养护至 75 % →穿钢筋→拉钢筋

→锚钢筋→压力灌浆。

(3)、预压应力的传递

先张法——传递主要靠钢筋和混凝土间的粘结力，因此，必须待混凝土达到设计强度 75 %以上，方可切断钢筋；

后张法——主要通过工作锚具传递，因此，张拉钢筋时，混凝土强度必须达到设计强度 75 %以上。

(4)、适用范围

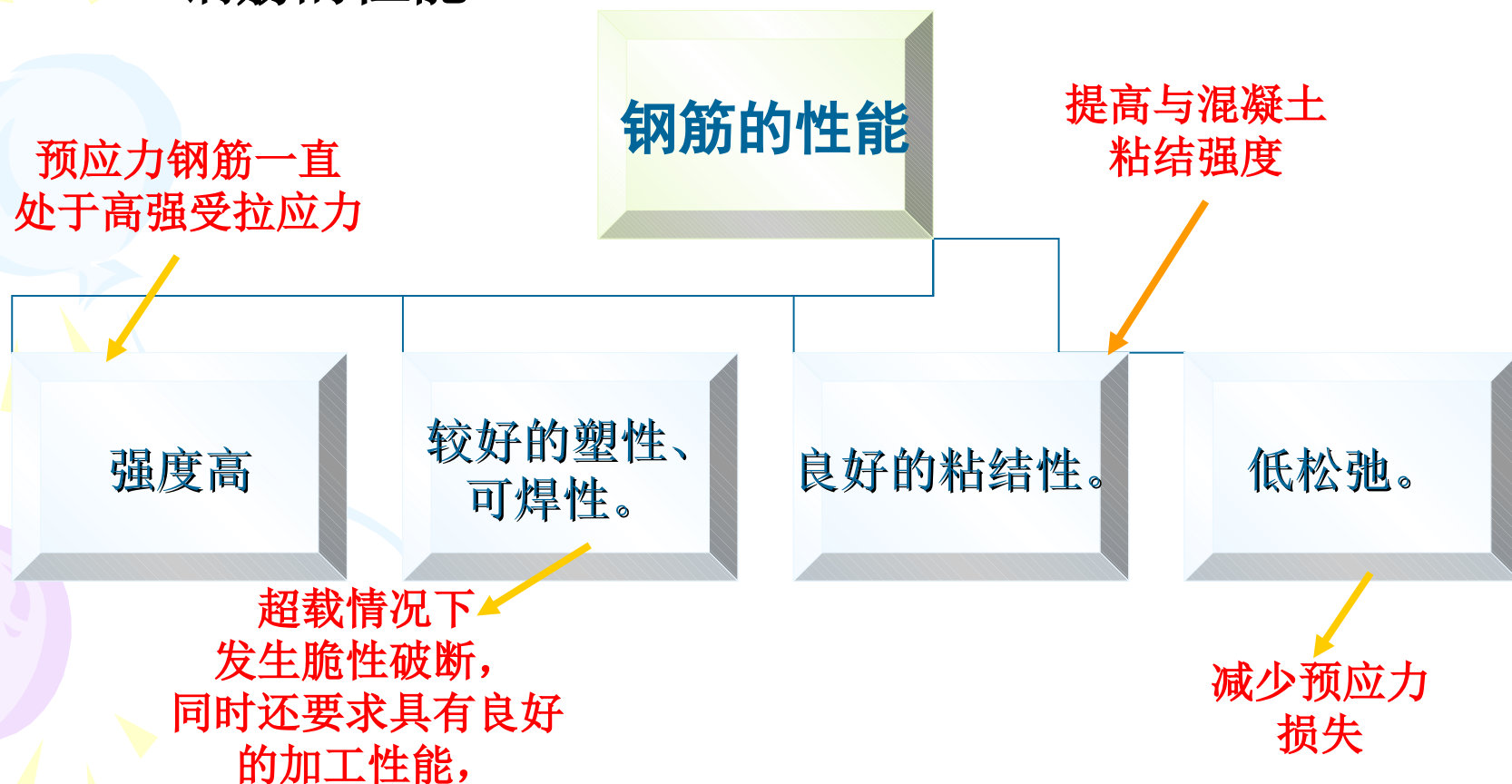
先张法——适合于批量生产的中、小型预应力混凝土构件。

后张法——适合于运输不便的大、中型预应力混凝土构件。

2.5 预应力混凝土构件的一般规定

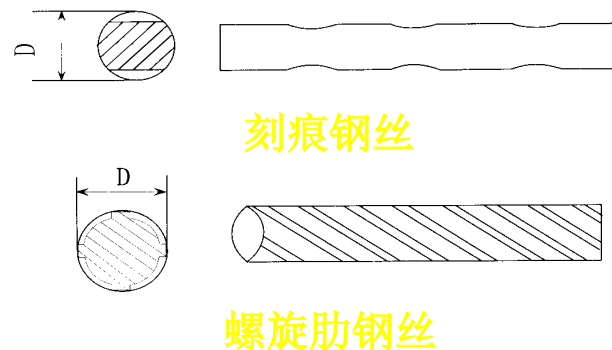
预应力混凝土材料性能要求

1 钢筋的性能



2 预应力钢筋的种类

2.1 消除应力钢丝包括光面（ Φ ^P）、螺旋肋（ Φ^H ）、三面刻痕（ Φ^I ）



消除应力钢丝见《预应力砼用钢丝》GB/T5223，是用高碳镇静钢轧制成的盘园，经过加温、淬火（铅浴）、酸洗、冷拔、回火矫直等处理工序来消除应力，而成的碳素钢丝可提高抗拉强度（光面钢丝 $f_{py}=1250\text{N/mm}^2$ ，其余 $f_{py}\geq 1110\text{N/mm}^2$ ），这样钢直径4~9mm，强度高、低松驰。

2.2 钢绞线

由多根冷拉钢丝在绞线机上咬合并经消除应力回火而成的总称。

有 **1×3** 捻用于先张法。**1×7** 捻是外层钢丝围绕一根直径大 **20%** 的中心钢丝绞成后张法中应用广泛。



直径用 Φ^s 表示，外径 **8.6~15.2mm**， $f_{py}=1110 \sim 1320$ N/mm²，强度高、低松弛、伸直性好，比较柔软，盘弯方便，粘结性好。

2.3 热处理钢筋

将合金钢（40Si2Mn、48Si2Mn、45Si2Cr）经过调质热处理而成，达到提高抗拉强度（ $f_{Py}=1040\text{N/mm}^2$ ），改善塑性性能。 ΦHT 表示。

这种筋具有强度高（节省钢材）低松弛的特点，其 $\Phi=6\sim 10\text{mm}$ 以盘园形式供给省去焊接，有利施工。

2.4 冷拉低合金钢和冷拔低碳钢丝

由于强度低，不再列入钢筋砼规范。

《规范》规定，预应力钢筋宜采用**预应力钢绞线、消除应力钢丝、也可采用热处理钢筋**。无粘结预应力钢筋则采用高强钢丝和钢绞线。预应力钢筋的发展趋势是高强度、低松弛、粗直径、耐腐蚀。

3. 混凝土



《规范》规定：预应力砼结构强度等级不宜低于 **C30**，当采用钢绞线、钢丝、热处理钢筋时预应力砼结构强度等级不宜低于 **C40**。

2.6、张拉控制应力

在张拉预应力钢筋时所达到的规定应力，称为张拉控制应力，用 σ_{con} 表示

张拉控制应力适当取高些是有利的，但不是越高越好。控制应力与预应力钢筋的强度设计值越接近时，构件的开裂弯矩与极限弯矩就越接近，构件延性就越差。

如果张拉控制应力取值过低，则预应力钢筋经过各种损失后对混凝土产生的预压力过小，达不到使用效果。

表 6.1 张拉控制应力限值

钢筋种类	张拉方法	
	先张法	后张法
消除应力钢丝、钢绞线	$0.75 f_{ptk}$	$0.75 f_{ptk}$
热处理钢筋	$0.70 f_{ptk}$	$0.65 f_{ptk}$

当符合下列情况时，表中张拉控制应力限值或提高 $0.05f_{ptk}$ 。

- 1、要求提高构件在施工阶段的抗裂性能而在使用阶段受压区设置的预应力钢筋。
- 2、要求部分抵消由于应力松弛、摩擦、钢筋分批张拉及预应力钢筋与张拉台座之间的温差等因素产生的预应力损失。

张拉控制应力值均不应小于 $0.40 f_{ptk}$

三、预应力损失

预应力损失共有以下六种：

(1) 张拉端锚具变形和钢筋内缩引起的预应力损失 σ_{l1}

(2) 预应力钢筋与孔道的摩擦引起的预应力损失 σ_{l2} ，

(3) 混凝土加热养护时，预应力钢筋与台座间温差引起的预应力损失 σ_{l3} （只发生在采用蒸汽养护的先张法构件中）。

(4) 预应力钢筋应力松弛引起的预应力损失 σ_{l4}

(5) 混凝土收缩和徐变引起的预应力损失 σ_{l5} ，

(6) 环形构件采用螺旋预应力筋时局部挤压引起的预应力损失 σ_{l6} （后张法才有）。

- 预应力损失值的组合
- 预应力总损失值：
 - 先张法构件 100N/mm^2
 - 后张法构件 80N/mm^2
- 各阶段预应力损失值的组合

预应力损失值的组合	先张法构件	后张法构件
混凝土预压前（第一批）的损失	$\sigma_{l1} + \sigma_{l2} + \sigma_{l3} + \sigma_{l4}$	$\sigma_{l1} + \sigma_{l2}$
混凝土预压后（第二批）的损失	σ_{l5}	$\sigma_{l4} + \sigma_{l5} + \sigma_{l6}$



小 结

预应力混凝土、先张法、后张法的概念。

The background features a light cream color. On the left side, there are three balloons: a green one at the top, a blue one in the middle, and a purple one at the bottom. Each balloon has a small yellow starburst next to it. Scattered across the center and right are several green leaf-like shapes of different sizes and orientations. In the center, there is a rectangular box with a dark red border and a light yellow background. Inside this box, the text "结束!" and "谢谢大家!" is written in a bold, dark red font.

结束！
谢谢大家！