



石家莊鐵道大學  
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

网络精品课程

# 混凝土结构设计

## 预应力混凝土受弯构件概述

主讲：李朝红

# 预应力混凝土受弯构件概述

❖ 预应力混凝土受弯构件根据受力特点可分为三个阶段

**预应力混凝土梁**

施工阶段

使用阶段

破坏阶段

# 预应力混凝土受弯构件概述

## ❖ 施工阶段

该阶段指构件在制作、运输、安装施工中承受不同的荷载作用的阶段。

- ❖ 构件**全截面参与工作**并处于**弹性工作阶段**。
- ❖ 计算中采用混凝土的**实际强度和相应的截面特性**。

如后张法构件，在孔道压浆前应按混凝土净截面计算，孔道压浆并结硬后则可按换算截面计算。

# 预应力混凝土受弯构件概述

❖ 依据构件受力条件不同，施工阶段又可分为：**预加应力阶段**和**运输、安装阶段**。

## 1) 预加应力阶段

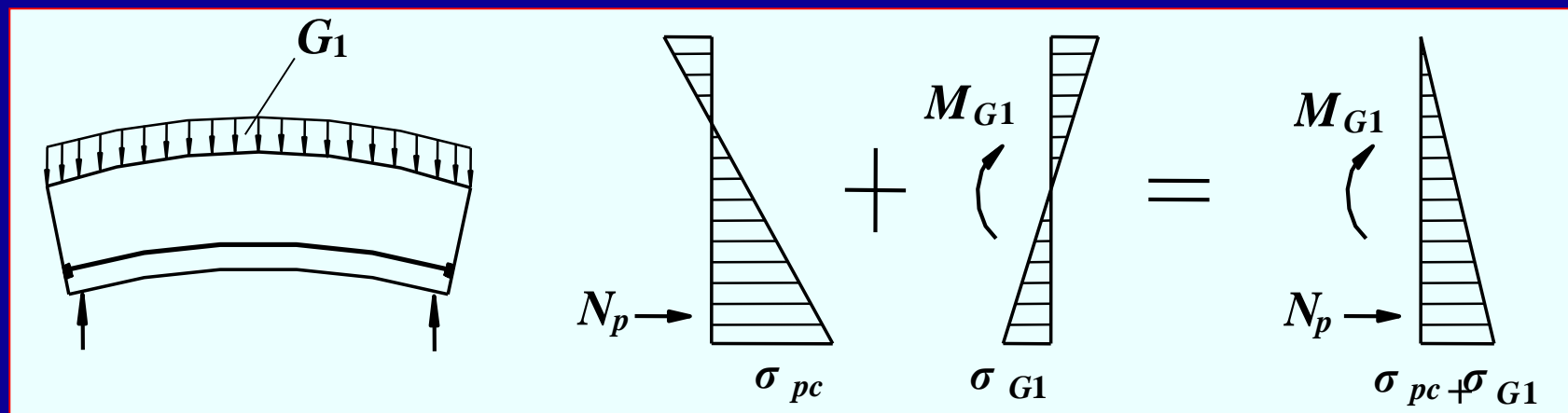
**时间**：从预应力筋的张拉开始，至预应力筋的锚固和预应力传递。

**荷载**：主要是偏心预压力（即预加应力的合力） $N_p$ 及梁的自重 $G_1$ （一期恒载）。

**受力特点**：预应力损失最小，预加力大，荷载小。

# 预应力混凝土受弯构件概述

## ➤ 预加应力阶段横截面上应力的特点：



下缘(预压区)：储备很大的**压应力**。

上缘(预拉区)：可为**拉应力、零应力、压应力**。

# 预应力混凝土受弯构件概述

## ➤ 预加应力阶段的设计计算要求:

- ① 保证控制截面上、下缘混凝土的最大拉应力和压应力都不应超出《公路桥规》的规定；
- ② 控制钢筋的最大张拉应力；
- ③ 保证锚具下混凝土局部承压承载能力，使梁体不出现水平纵向裂缝。

# 预应力混凝土受弯构件概述

## 2) 运输安装阶段

荷载不变，计算图示变化，拉应力增加。

- 吊梁时产生负弯矩，增加上缘的拉应力；
- 起吊放梁的冲击作用，加大了拉应力效应。

《公路桥规》：验算构件支点或吊点截面混凝土的拉应力时计入1.2或0.85的动力系数，荷载效应有利时取0.85，不利时取1.2。

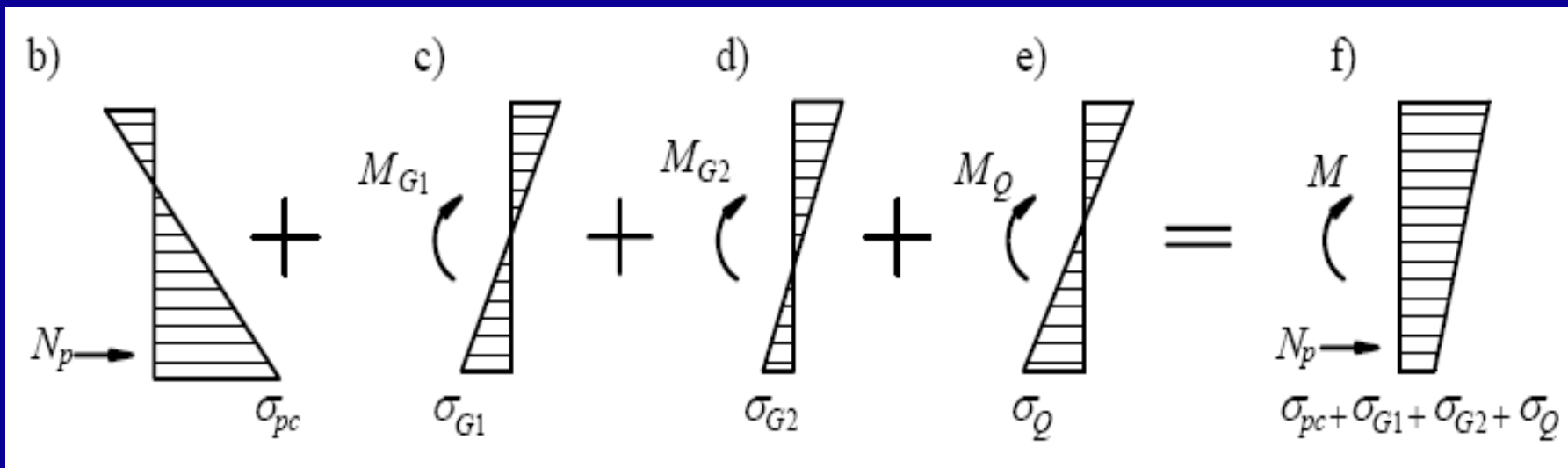
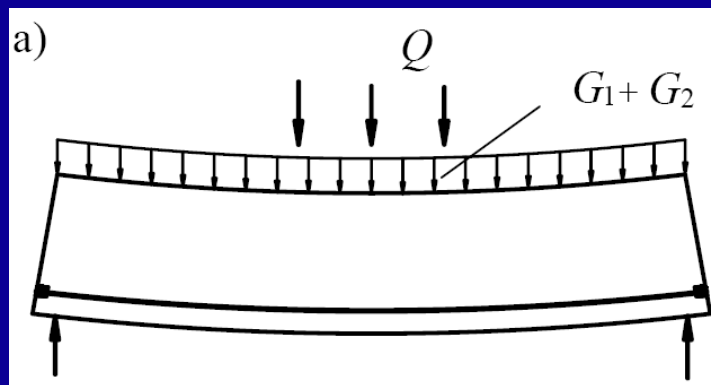
# 预应力混凝土受弯构件概述

## 2、使用阶段

- 时间：桥梁建成营运通车整个工作阶段，它经历了**消压、裂缝出现和带裂缝工作**。
- 工作状态：弹性工作阶段。
- 荷载：偏心预加力 $N_p$ +梁的一期恒载 $G_1$ +二期恒载 $G_2$ （桥面铺装、人行道、栏杆等）+车辆、人群等活荷载 $Q$ 。
- 受力特点：预应力损失全部完成，形成永存预应力 $\sigma_{pe}$ 。



# 预应力混凝土受弯构件概述



使用阶段各种作用下控制截面的应力分布

# 预应力混凝土受弯构件概述

使用阶段又可分为如下几个受力过程：

## 1) 加载至受拉边缘混凝土预压应力为零 (消压阶段)

构件在永存预加力 $N_p$ 作用下，其下边缘混凝土的有效预压应力为 $\sigma_{pc}$ ，当构件加载至某一特定荷载，其下边缘混凝土的预压应力恰被抵消为零，此时在控制截面上所产生的弯矩 $M_0$ 即为消压弯矩。

# 预应力混凝土受弯构件概述

$$\sigma_{pc} - M_0 / W_0 = 0$$

或：
$$M_0 = \sigma_{pc} W_0$$

$\sigma_{pc}$ —由永存预加力 $N_p$ 引起的梁下边缘混凝土的有效预压应力；

$W_0$ —**换算截面**对受拉边的弹性抵抗矩。

## 预应力混凝土受弯构件概述

受弯构件在 $M_0$ 和 $N_p$ 的共同作用下，只有控制截面下边缘纤维的混凝土应力为零（消压），而截面上其它点的应力都不为零（并非全截面消压）。

消压以前的状态是预应力混凝土所特有的，消压后与钢筋混凝土受弯构件处于同一“起点”。

## 预应力混凝土受弯构件概述

### 2) 加载至受拉区裂缝即将出现

在使用荷载作用下截面下边缘经历了**压应力—零应力—拉应力—混凝土开裂。**

$$M_{cr} = M_0 + M_{cr,c}$$

$M_{cr,c}$ ——相当于同样截面钢筋混凝土梁的开裂弯矩。

$$M_{cr} = (\sigma_{pc} + \gamma f_{tk}) W_0$$

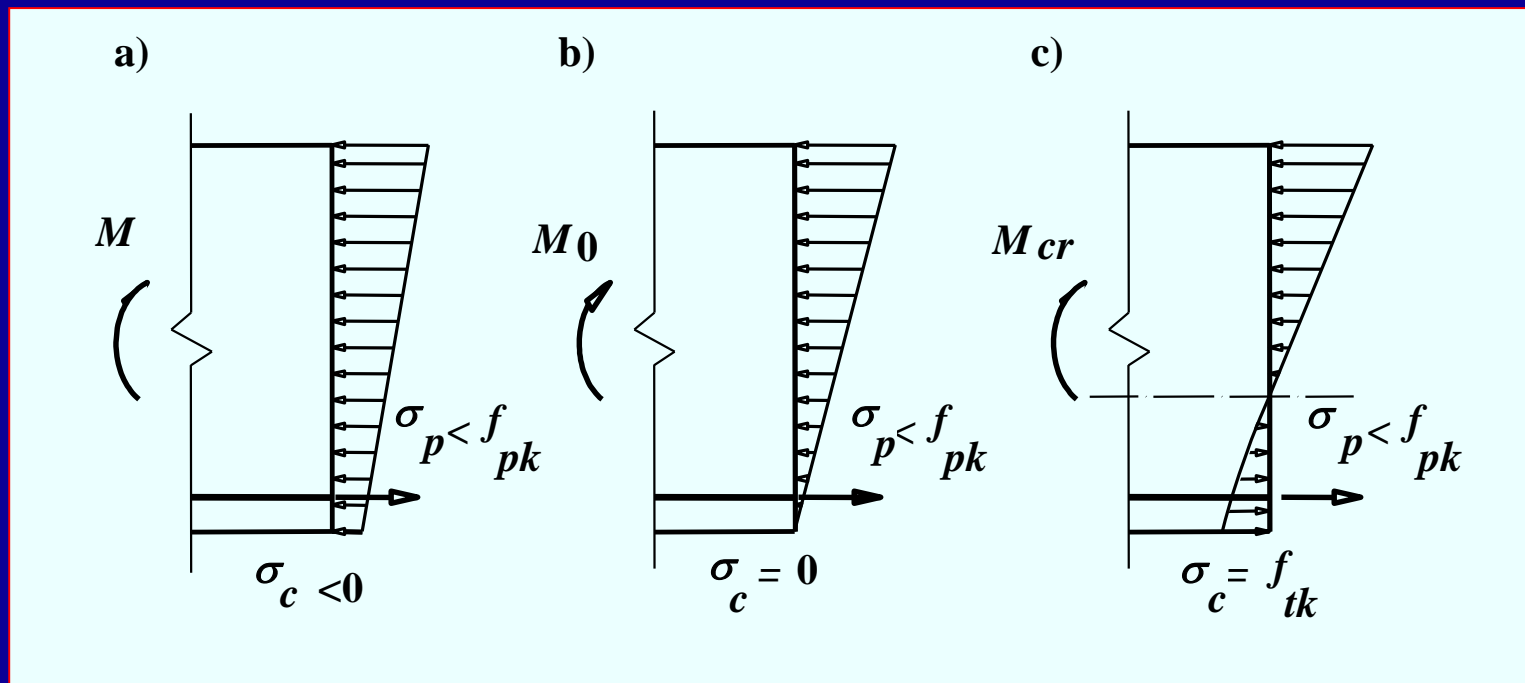
# 预应力混凝土受弯构件概述

## 3) 带裂缝工作

**混凝土开裂退出工作，裂缝向截面上缘发展，钢筋应力增加直到屈服，中性轴上移，受压混凝土应力变大。**

**在消压状态后，预应力混凝土梁的受力情况，同普通混凝土梁一样。但预应力混凝土梁在外荷载作用下裂缝的出现被大大推迟。**

# 预应力混凝土受弯构件概述



## 预应力混凝土梁加载至开裂截面应力分布

# 预应力混凝土受弯构件概述

使用阶段计算内容:

- 混凝土的正应力、主应力、预应力筋的应力均应满足要求;
- 进行构件的正截面、斜截面抗裂性验算;
- 构件维持正常使用的变形验算。



# 预应力混凝土受弯构件概述

使用阶段计算的特点:

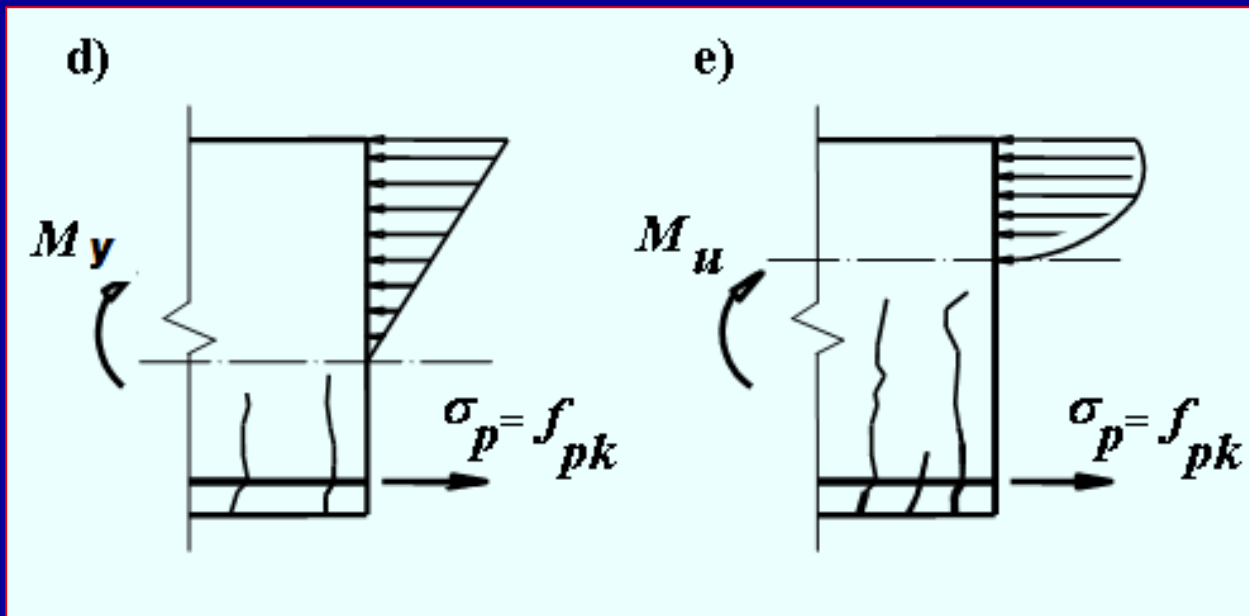
- 预应力损失大部分已经发生，有效预应力减小；
- 外荷载最大，包括全部使用活载；
- 用**换算截面**几何特性；
- 计算方法：采用材料力学方法。

# 预应力混凝土受弯构件概述

## 3、破坏阶段

该阶段对应极限承载力状态，受拉钢筋先屈服，裂缝迅速发展，之后受压区混凝土压碎，构件破坏，此时对应极限弯矩称为**破坏弯矩**。破坏时的应力状态与钢筋混凝土梁相似，计算方法相同。

# 预应力混凝土受弯构件概述



## 预应力混凝土梁破坏阶段截面应力分布



# 预应力混凝土受弯构件概述

预应力混凝土结构的极限承载力也是以材料强度耗尽而结束。

施加预应力不能提高构件的抗弯承载能力，但是能够改善构件的抗裂性能，提高构件的开裂荷载。

