

预应力梁应力超限如何调整

李伟民

目前，YJK 预应力模块可以实现预应力梁的计算与设计。在计算完预应力梁之后，有时会出现指标结果超限的情况，而且指标的种类很多，比如应力校核超限、换算配筋率超限、预应力强度比超限与裂缝挠度超限等等。那么，今天主要讲解的是预应力梁指标结果中很重要的一项：应力超限该如何调整。

预应力梁的应力超限分为施工阶段应力超限与使用阶段应力超限。

①施工阶段应力超限：

依据《混凝土结构设计规范》GB50010-2010 第 10.1.11 条，施工阶段应力验算分为混凝土拉应力验算与混凝土压应力验算。从公式 10.1.11-3 可以看出，在施工荷载与构件自重不变的前提下，施工阶段应力超限通常是由预应力筋产生的应力 σ_{pc} 过大导致的，说明预应力筋线形不合适或者数量过多。

因此，可以通过调整预应力筋的线形或者数量来解决应力超限问题。若应力结果超出限值的幅度比较大，则可以先减少预应力筋的数量，再调整线形使其满足限值要求。

10.1.11 对制作、运输及安装等施工阶段预拉区允许出现拉应力的构件，或预压时全截面受压的构件，在预加力、自重及施工荷载作用下（必要时应考虑动力系数）截面边缘的混凝土法向应力应符合下列规定（图 10.1.11）：

$$\sigma_{ct} \leq f'_{tk} \quad (10.1.11-1)$$

$$\sigma_{cc} \leq 0.8f'_{ck} \quad (10.1.11-2)$$

简支构件的端部区段截面预拉区边缘纤维的混凝土拉应力允许

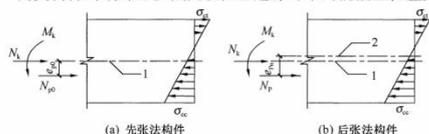


图 10.1.11 预应力混凝土构件施工阶段验算

1—换算截面重心轴；2—净截面重心轴

截面边缘的混凝土法向应力可按下列公式计算：

$$\sigma_{cc} \text{ 或 } \sigma_{ct} = \sigma_{pc} + \frac{N_k}{A_0} \pm \frac{M_k}{W_0} \quad (10.1.11-3)$$

式中： σ_{ct} ——相应施工阶段计算截面预拉区边缘纤维的混凝土拉应力；

σ_{cc} ——相应施工阶段计算截面预压区边缘纤维的混凝土压应力；

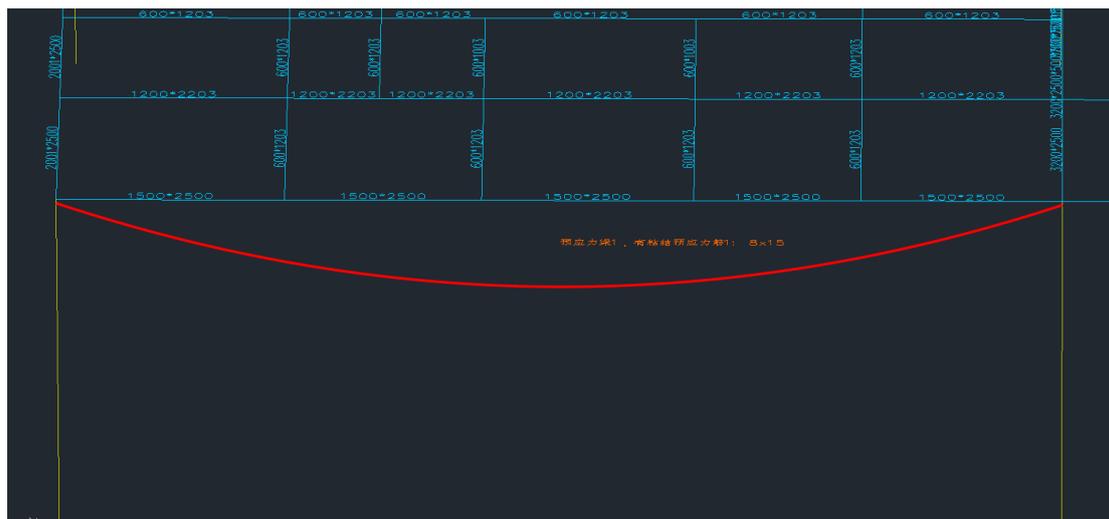
f'_{tk} 、 f'_{ck} ——与各施工阶段混凝土立方体抗压强度 f'_{cu} 相应的抗拉强度标准值、抗压强度标准值，按本规范表 4.1.3-2、表 4.1.3-1 以线性内插法分别确定；

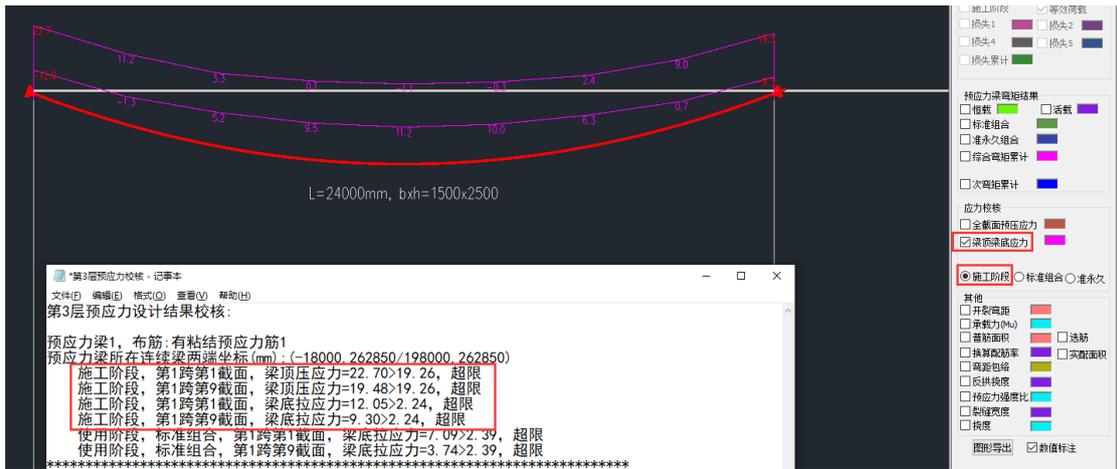
N_k 、 M_k ——构件自重及施工荷载的标准组合在计算截面产生的轴向力值、弯矩值；

W_0 ——验算边缘的换算截面弹性抵抗矩。

注：1 预拉区、预压区分别系指施加预应力时形成的截面拉应力区、压应力区；

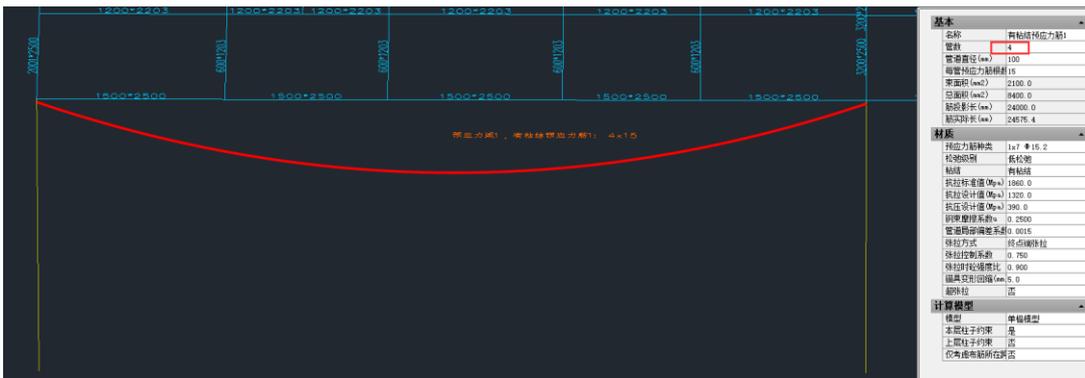
此梁布置了数量为 8x15、线形为短抛物线的预应力筋。在预应力模块计算完成后，点击校核，显示应力指标超限，包括施工阶段应力超限与使用阶段应力超限。





其中, 施工阶段, 第 1 跨第 1 截面, 梁底拉应力=12.05>2.24, 可以看出应力超出限值的幅度比较大。

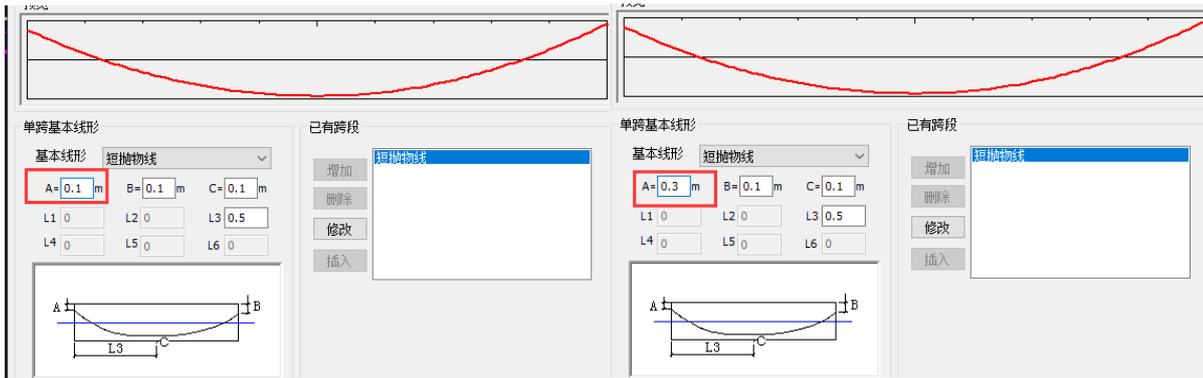
为此, 需要把预应力筋的数量减少。双击预应力筋, 把管数由 8 改成 4, 即预应力筋由 8×15 减少至 4×15, 重新计算, 可以看到校核结果中, 第 1 截面与第 9 截面的梁顶压应力超限不再显示, 说明压应力已经满足限值要求。但是第 1 截面与第 9 截面的梁底拉应力仍显示超限, 所以接下来可以调整线形使其拉应力满足要求。



第3层预应力设计结果校核:

预应力梁1, 布筋: 有粘结预应力筋1
预应力梁所在连续梁两端坐标(mm): (-18000, 262850/198000, 262850)
施工阶段, 第1跨第1截面, 梁底拉应力=5.02>2.24, 超限
施工阶段, 第1跨第9截面, 梁底拉应力=3.06>2.24, 超限

点击线形修改, 查看预应力筋 1 的线形, 左端参数 A=0.1。现在把 A 由 0.1 改为 0.3, 从而减小预应力筋的偏心距, 可以降低预应力筋产生的拉应力, 重新计算, 校核结果里第 1 截面梁底拉应力仍显示超限, 所以需要继续调整参数 A。经几次调整, 当 A=0.9 时, 校核结果中, 第 1 截面梁底拉应力超限不再显示, 说明拉应力已经满足限值要求。



第3层预应力校核 - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

第3层预应力设计结果校核:

A=0.3

预应力梁1, 布筋: 有粘结预应力筋1

预应力梁所在连续梁两端坐标 (mm) : (-18000, 262850/198000, 262850)

施工阶段, 第1跨第1截面, 梁底拉应力=4.22>2.24, 超限

施工阶段, 第1跨第9截面, 梁底拉应力=3.00>2.24, 超限

第3层预应力校核 - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

第3层预应力设计结果校核:

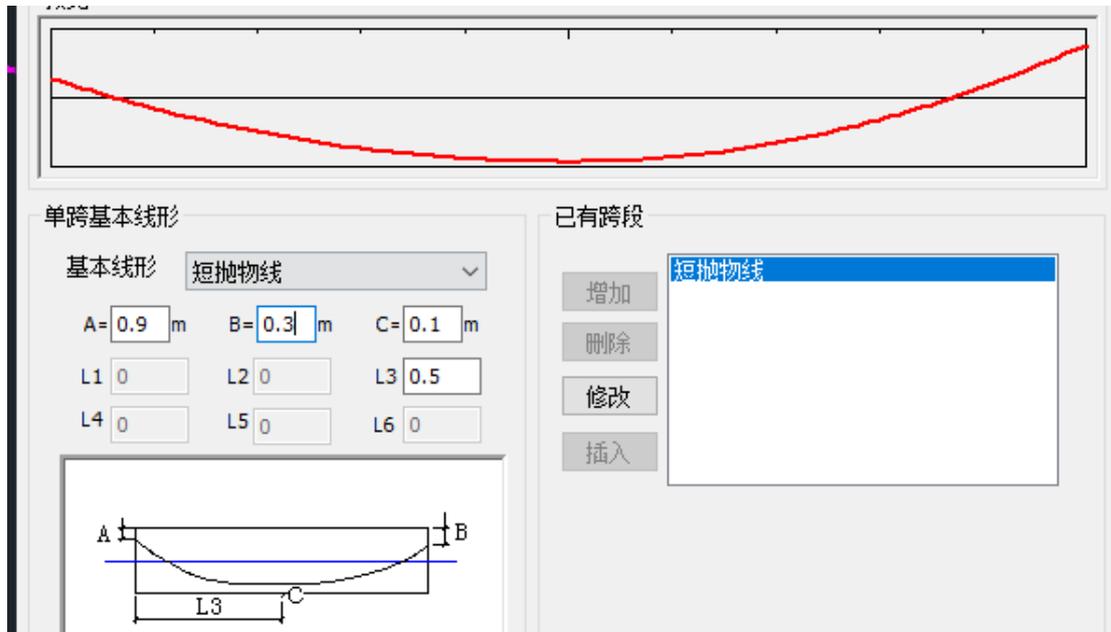
A=0.9

预应力梁1, 布筋: 有粘结预应力筋1

预应力梁所在连续梁两端坐标 (mm) : (-18000, 262850/198000, 262850)

施工阶段, 第1跨第9截面, 梁底拉应力=2.83>2.24, 超限

同样方法, 对第9截面的右端参数 B 进行调整, 当 B=0.3 时, 校核结果显示 ok, 说明第9截面梁顶拉应力已满足限值要求。



第3层预应力设计结果校核: A=0.9,B=0.3

预应力梁1, 布筋:有粘结预应力筋1

预应力梁所在连续梁两端坐标 (mm) : (-18000, 262850/198000, 262850)

验算 ok

②使用阶段应力超限:

依据《混凝土结构设计规范》GB50010-2010 第 7.1.1 条, 一、二级裂缝控制时, 预应力梁在荷载标准组合下, 混凝土拉应力需满足相应限值要求。

7 正常使用极限状态验算

7.1 裂缝控制验算

7.1.1 钢筋混凝土和预应力混凝土构件, 应按下列规定进行受拉边缘应力或正截面裂缝宽度验算:

1 一级裂缝控制等级构件, 在荷载标准组合下, 受拉边缘应力应符合下列规定:

$$\sigma_{ck} - \sigma_{pc} \leq 0 \quad (7.1.1-1)$$

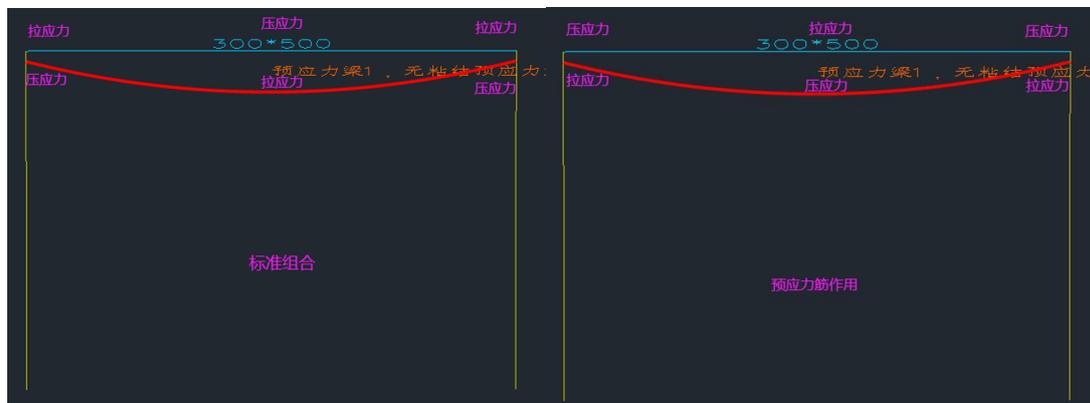
2 二级裂缝控制等级构件, 在荷载标准组合下, 受拉边缘应力应符合下列规定:

$$\sigma_{ck} - \sigma_{pc} \leq f_{tk} \quad (7.1.1-2)$$

通常情况下,

标准组合: 梁端截面顶部与跨中截面底部产生拉应力, 梁端截面底部与跨中截面顶部产生压应力。

预应力筋作用: 梁端截面顶部与跨中截面底部产生压应力, 梁端截面底部与跨中截面顶部产生拉应力。



因此, 使用阶段拉应力超限可分为以下两种情况:

第一种超限情况:

公式表达: 使用阶段混凝土拉应力=预应力筋产生的混凝土拉应力-标准组合下的混凝土压应力。

发生位置：梁端截面底部或梁跨中截面顶部。

现象原因：通常是由预应力筋产生的拉应力较大导致的，说明预应力筋线形不合适或者数量过多。

调整方法：与施工阶段应力超限调整方法一致，可以调整预应力筋的线形或减少预应力筋的数量。

继续看前文中预应力梁的初始校核结果，可以看到，不仅施工阶段应力超限，还存在使用阶段的应力超限提示。其中，第 1 截面梁底与第 9 截面梁底均为梁端截面底部，与第一种情况使用阶段应力超限的发生位置相符，所以，可以减少预应力筋的数量或调整线形来满足要求。

*第3层预应力校核 - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

第3层预应力设计结果校核：

预应力梁1，布筋：有粘结预应力筋1

预应力梁所在连续梁两端坐标(mm)：(-18000, 262850/198000, 262850)

施工阶段，第1跨第1截面，梁顶压应力=22.70>19.26，超限

施工阶段，第1跨第9截面，梁顶压应力=19.48>19.26，超限

施工阶段，第1跨第1截面，梁底拉应力=12.05>2.24，超限

施工阶段，第1跨第9截面，梁底拉应力=9.30>2.24，超限

使用阶段，标准组合，第1跨第1截面，梁底拉应力=7.09>2.39，超限

使用阶段，标准组合，第1跨第9截面，梁底拉应力=3.74>2.39，超限

在预应力筋由 8x15 减少至 4x15 后，校核结果中不再显示使用阶段的应力超限提示，说明使用阶段拉应力已经满足限值要求。

第3层预应力设计结果校核：

预应力梁1，布筋：有粘结预应力筋1

预应力梁所在连续梁两端坐标(mm)：(-18000, 262850/198000, 262850)

施工阶段，第1跨第1截面，梁底拉应力=5.02>2.24，超限

施工阶段，第1跨第9截面，梁底拉应力=3.06>2.24，超限

第二种超限情况：

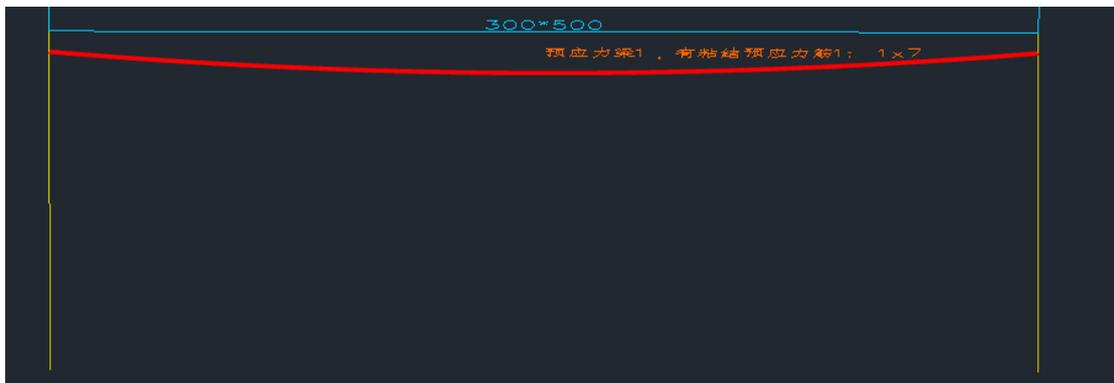
公式表达：使用阶段混凝土拉应力=标准组合下的混凝土拉应力-预应力筋产生的混凝土压应力。

发生位置：梁端截面顶部或梁跨中截面底部。

现象原因：通常是由预应力筋产生的压应力较小导致的，说明预应力筋线形不合适或者数量过少。

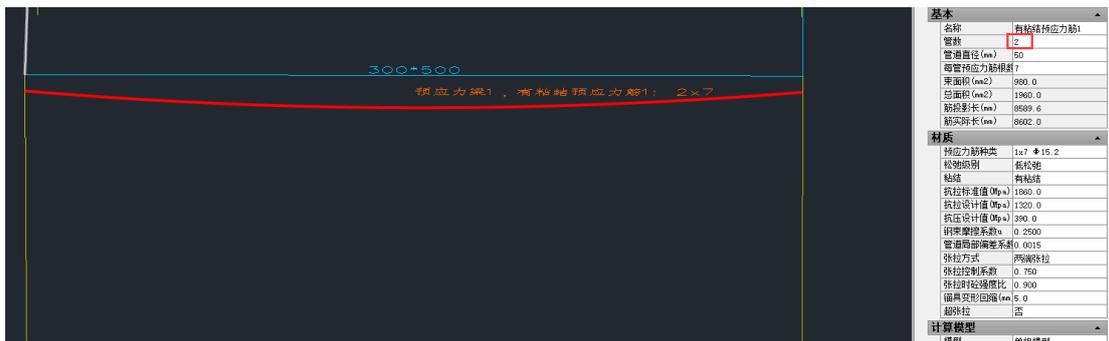
调整方法：调整预应力筋的线形或增加预应力筋的数量。

下梁布置了数量为 1×7、线形为短抛物线的预应力筋。在预应力模块计算完成后，点击校核，发现使用阶段应力指标超限。其中，第 1、9 截面梁顶与第 5 截面梁底均与第二种情况使用阶段应力超限的发生位置相符，所以，可以增加预应力筋的数量或调整线形来满足要求。若应力结果超出限值比较大，可以先增加预应力筋的数量，再调整线形使其满足限值要求。

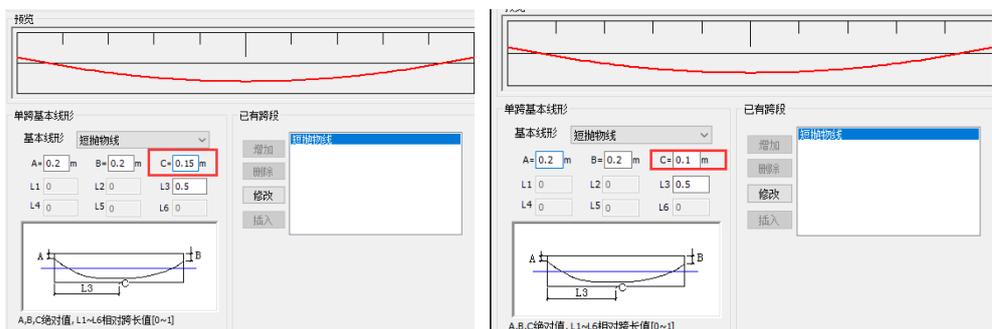




双击预应力筋, 把管数由 1 改成 2, 即预应力筋由 1×7 增加至 2×7 , 重新计算, 可以看到校核结果中, 第 1 截面与第 9 截面的梁顶拉应力超限不再显示, 说明此位置处拉应力已经满足限值要求。但是第 5 截面的梁底拉应力仍显示超限, 所以接下来可以调整线形使其拉应力满足要求。



点击线形修改, 查看预应力筋 1 的线形, 跨中截面参数 $c=0.15$, 把 A 由 0.15 改为 0.1, 从而加大预应力筋的偏心, 提高预应力筋产生的压应力, 重新计算, 校核结果显示 ok, 说明第 5 截面梁底拉应力已满足限值要求。



第1层预应力设计结果校核:

预应力梁1, 布筋:有粘结预应力筋1

预应力梁所在连续梁两端坐标 (mm) : (76949, -1268/85538, -1268)

验算 ok

总结:

- ①预应力梁的应力超限分为施工阶段应力超限与使用阶段应力超限。
- ②施工阶段应力超限可以通过调整预应力筋的线形或者数量来解决应力超限问题。若应力结果超出限值的幅度比较大, 可以先减少预应力筋的数量, 再调整线形使其满足限值要求。
- ③使用阶段应力超限分两种情况:
按本文中的第一种情况调整方法与施工阶段应力超限调整方法相同。
按本文中的第二种情况, 可以增加预应力筋的数量或调整线形来满足要求。若应力结果超出限值的幅度比较大, 可以先增加预应力筋的数量, 再调整线形使其满足限值要求。