

关于预应力施工的两点建议

黎春源 许琼萍 何奎林

(萍乡公路分局 萍乡 337055)

摘要：施工中对采用有自锚性能的夹片式锚具的预应力筋的张拉，为了减少钢绞线回缩对预应力筋中的应力损失，应采用超张拉程序，即使是低松弛钢绞线也应一样；施工规范中所采用的计算理论伸长值的公式，其本身已考虑了管道摩阻力及曲线阻力的影响，因此，在初应力以下的“推算伸长值”建议采用按理论伸长值公式计算的数据，这样比采用现场量得到的相邻板伸长值更准确方便。

关键词：桥梁工程；预应力张拉；初应力；建议

0 前言

预应力混凝土梁采用后张法施工时，由于锚具其特有的结构性能，从理论上分析，往往不能达到最佳的张拉效果。本文就在预应力施工中的超张拉及推算长度的选取方面提出一些建议供参考。

1 关于超张拉的建议

在预应力桥梁上部构造梁板的生产中，均大量采用后张法施工，预应力钢筋普遍采用低松弛钢绞线($R_{yb}=1860\text{MPa}$)，及具有自锚性能的夹片式锚具。

锚具之所以具有自锚性能，首先因为千斤顶的零部件系统配备有一块限位板，限位板与锚圈之间有一间隙，一般为6mm左右，因此张拉过程中，夹片最多只能后退6mm，就会被限位板挡住，不可能再后退了。当张拉到规定的应力，持荷2分钟后，电动油泵归零，进行锚固操作时，由于失去了张拉力，原来被张拉长了的钢绞线便立即回缩，并带动夹片，将夹片拖入锚孔内，由于夹片与锚圈的锥形配合，使得钢绞线在回缩过程中，越回缩越被自己拖入的夹片锚紧，直到不能再回缩，则已被锚固。

由于夹片与锚圈的锥形配合，及限位板只有6mm左右的间隙，所以在钢绞线的回缩自锚过程中，夹片被绞线带动前进，最多也只有6mm，就会被钢绞线锚固，也就是说，钢绞线最多回缩6mm。

“公路桥涵施工技术规范”JTJ041-2000(简称“施工规范”)中规定，预应力采用应力控制方法张拉时，应以伸长值进行校核，实际伸长值与理论伸长值的差异应控制在6%以内，即 $(\Delta L - \Delta L_{理}) / \Delta L_{理} \leq 6\%$ 。

锚下的张拉控制应力 σ_{con} ，在“公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范”JTJ023-85(简称“设计规范”)中规定 σ_{con} 应 $\leq 0.75 R_{yb}$ (R_{yb} 为

钢绞线的标准强度)，且在任何情况下不应超过 $0.8 R_{yb}$ 。一般在设计图中多采用 $\sigma_{con} = 0.75 R_{yb} = 0.75 \times 1860 = 1395\text{MPa}$ 。在理论伸长值($\Delta L_{理}$)的计算中，张拉端的张拉力也是采用 σ_{con} 。

预应力梁一般跨径最短的为10m，长的到30m不等，现以20m长T梁与30m长箱梁的张拉伸长情况，来说明两者要达到现行施工规范的要求，将实际伸长值与理论伸长值的差异控制在6%以内，采用两端张拉时，其难易程度是不同的，对于20m梁来说，是难以达到的。

为简单清晰地说明情况，现假设20m梁和30m梁的预应力筋都是直线型，没有管道摩阻力，并且不考虑锚口损失，这样按施工规范中理论伸长值的计算公式：

$$\Delta L_{理} = \frac{P_p L}{A_p E_p} = \frac{P L}{A_p E_p} = \sigma_{con} \frac{L}{E_p}, \text{ 则:}$$

$$20\text{m 梁 } \Delta L_{理} = 1395 \times \frac{20000}{190000} = 146.84\text{mm}$$

$$30\text{m 梁 } \Delta L_{理} = 1395 \times \frac{30000}{190000} = 220.26\text{mm}$$

现场实际张拉时，也假设处于理论状态，按施工规范要求，从10% σ_{con} 拉到100% σ_{con} ，持荷2分钟，测量这一阶段的伸长值。由于是处于理想状态，所以伸长值就与用理论公式计算的相一致。持荷2分钟后，油泵归零，钢绞线回缩，自行锚固。前面已做分析，在自锚过程中，钢绞线的回缩值，最大约为6mm，则此阶段的伸长值为：

$$\Delta L_1 = (100\% - 10\%) \sigma_{con} L / E_p - 6 - 6\text{mm}$$

则此阶段20m梁的伸长量：

$$\Delta L_1 = 90\% \times 1395 \times \frac{20000}{190000} - 6 - 6 =$$

132. $15-6-6=120.15\text{mm}$

则此阶段 30m 梁的伸长量:

$$\Delta L_1 = 90\% \times 1395 \times \frac{30000}{190000} - 6 - 6 =$$

198. $23-6-6=186.23\text{mm}$

从 0 到 $10\% \sigma_{\text{con}}$ 阶段的伸长量也按照理想状态计算, 则此阶段

20m 梁的伸长量:

$$\Delta L_2 = 10\% \times 1395 \times \frac{20000}{190000} = 14.68\text{mm}$$

30m 梁的伸长量:

$$\Delta L_2 = 10\% \times 1395 \times \frac{30000}{190000} = 22.03\text{mm}$$

故 20m 梁的实际伸长量为:

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 = 120.15 + 14.68 = 134.83\text{mm}$$

30m 梁的实际伸长量为:

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 = 186.23 + 22.03 = 208.26\text{mm}$$

按照施工规范的要求, 计算它们各自的实际伸长值与理论伸长值的差值, 分别为:

20m 梁的差值百分比: $(134.83 - 146.84) \div 146.84 = -8.18\% > 6\%$, 不符合规范要求,

30m 梁的差值百分比: $(208.26 - 220.26) \div 220.26 = -5.45\% < 6\%$, 符合规范要求。

许多中小桥中采用 10m 预应力空心板, 下面分析一下其进行一端张拉时的情况:

$$\Delta L_{\text{理}} = 1395 \times \frac{10000}{190000} = 73.42\text{mm}$$

$$\Delta L_1 = 90\% \times 1395 \times \frac{10000}{190000} - 6 - 6 =$$

60.07mm

$$\Delta L_2 = 10\% \times 1395 \times \frac{10000}{190000} = 7.34\text{mm}$$

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 = 60.07 + 7.34 = 67.41\text{mm}$$

10m 板的差值百分比: $(67.41 - 73.42) \div 73.42 = -8.18\% > 6\%$, 不符合规范要求, 若进行两端张拉, 其差值更大。

显然, 10m 板、20m 梁和 30m 梁钢绞线的回缩量都相同, 这样对不同的跨径, 其回缩量对差值的影响就大, 即长跨径回缩量对差值的影响小, 短跨径回缩量对差值的影响大。

因此, 为了减少自锚时钢绞线回缩对伸长值的影响, 不论是普通松弛钢绞线, 还是低松弛钢绞线, 张拉时都应该比理论伸长值 ($\Delta L_{\text{理}}$) 多拉长 12mm, 以抵消钢绞线的回缩量, 即应该进行适当地容许超

张拉。

以 20m 跨径, 预应力筋处于直线, 无管道摩擦力的理想状态为例, 来说明要多拉长 6mm, 张拉应力需要超张拉到什么值, 即:

$$\Delta L_{\text{理}} + 12\text{mm} = 146.84 + 12 = 158.84 = \sigma_{\text{超}} \frac{20000}{190000},$$

$$\sigma_{\text{超}} = 158.84 \times \frac{190000}{20000} = 1508.98\text{Mpa} = 1.0817 \sigma_{\text{con}} = 0.8112 R_y^b$$

但超张拉到 $0.8112 R_y^b$ 是不允许的, 因为设计规范要求, 任何情况下, $\sigma_{\text{超}}$ 不大于 $0.8 R_y^b$, 所以, 对于 20m 梁的预应力张拉, 只能超张拉到 $1.05 \sigma_{\text{con}}$ 为宜。实际上只要经过油泵归零, 钢绞线回缩自锚后, 超过锚下应力的部分 (即 $0.05 \sigma_{\text{con}}$) 就会因为钢绞线的回缩而被释放, 因而实际超张拉对提高双控的合格率是很必要的, 否则 20m 梁的预应力张拉其伸长率的差值要控制在 6% 之内将不可能。

施工规范中对采用有自锚性能的夹片式锚具的预应力筋的张拉, 为了减少预应力筋的应力松弛损失, 因而采用了超张拉程序, 而本文是考虑为了减少钢绞线回缩对预应力筋中的应力损失, 也应采用超张拉程序, 即使是低松弛钢绞线也应一样。

2 初应力推算伸长值的选取

施工规范中说明初应力以下的推算伸长值, 可采用相邻级的伸长值, 例如: 初应力 σ 为 $10\% \sigma_{\text{con}}$ 时, 其伸长值可采用由 $10\% \sigma_{\text{con}}$ 到 $20\% \sigma_{\text{con}}$ 时的伸长值。

但是, 由于目前施工场所采用的压力表还不是很理想, 指针的运行有时不是很稳定, 同时因为达到初应力的张拉力比较小, 指针的行程很短, 特别是 10m 板, 油泵一开动, 指针很快就到达了 $10\% \sigma_{\text{con}}$ 的位置, 马上就要稳压, 做好测量标记后, 接着加油升压, 指针又很快到达了 $20\% \sigma_{\text{con}}$ 的位置, 再稳压测量, 得出相邻级 ($10\% \sigma_{\text{con}}$ 到 $20\% \sigma_{\text{con}}$) 的伸长值, 之后, 再继续升压, 现场要测量, 又要读数, 准确性就不会很高, 我们曾在现场分几级进行测量: $10\% \sim 20\%$ 、 $20\% \sim 30\%$ 、 $30\% \sim 40\%$, 几次测量出来的伸长值很难一致。另外, 现场在钢绞线上划线标记、伸长值测量都存在一定的误差, 不可能与在实验室里做一样的准确。

如果从 $10\% \sigma_{\text{con}}$ 一直匀速拉到所需要的应力 (σ_{con}), 则钢绞线在管道中一直在均匀地运动、

伸长，此时是克服滑动摩阻力的过程；如果中途停顿后再启动，则以首先要克服静摩阻力，因此中途的停顿、启动对张拉力的大小及伸长值都会有一定的影响。

施工规范中所采用的计算理论伸长值得公式，其本身已考虑了管道摩阻力及曲线阻力的影响，同时，由于理论伸长值与实际伸长值之差必须在 6%以内，那么，在初应力（0~10%）的范围内的伸长差值应该在 0.6%以下了。

因此，在初应力以下的“推算伸长值”建议采用按理论伸长值公式计算的来的数据，这样比采用

现场量得的相邻板伸长值更准确方便。

作者在预应力梁的后张法施工中，运用这两点方法，都能达到良好的施工效果。

参考文献：

- [1] 《公路桥涵施工技术规范》JTJ041-2000
- [2] 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTJ023-85