



## 大跨度桥梁监控应力的误差消除方法

作者：王慧鑫 单位：山西省交通科学研究院 时间：2011-06-22 点击：次

**摘要：**在大跨度桥梁悬臂施工中，对桥梁应力断面监控应力的温度误差、收缩徐变误差提出一种更简便、更精确计算，得到外荷载作用下混凝土内部的实际应力值，并提出实际应用方法，为大跨度桥梁施工提供更好的监控。

**关键词：**应力;监控;误差;精度;中性轴

### 0 引言

预应力混凝土连续刚构桥的施工监控过程中，应力的监控是其中的一个重要因素，通过对桥墩及主梁控制截面进行混凝土应力监测，观察施工过程中桥墩墩身的混凝土应力是否在设计要求内，协助判断悬臂施工中是否有较大的不平衡弯矩。以及主梁截面混凝土应力是否在设计要求范围内，观察预应力钢束张拉锚固、恒载、体系转换等作用下箱梁混凝土应力变化等。

目前桥梁施工监控中应用的应力传感器，主要是钢弦式混凝土内部传感器，埋在混凝土内部，分为钢筋计和混凝土计两种，其主要原理是利用张紧的钢弦在长度发生变化时其振动频率也有相应变化这一特性来测试相应测点的应变值，在施工监控中，对应力传感器数值影响的因素很多，主要有：

- a) 梁段荷载变化、预应力钢束张拉引起的混凝土及钢筋应力变化<sup>[1]</sup>。
- b) 混凝土收缩徐变引起的应力变化<sup>[1]</sup>。
- c) 混凝土温度变化引起的应力变化<sup>[1]</sup>。

上述3项中，第一项是应力监控中重点关注的，是混凝土梁段在外荷载下引起的应力变化，在应力超过混凝土及钢筋极限应力时，就会产生裂缝等不利工况；而第二项和第三项也会引起应力传感器的读数变化，但在桥梁悬臂施工过程中，主梁结构可以自由伸缩，而收缩作用只是混凝土凝结初期或硬化过程中出现的体积缩小现象<sup>[2]</sup>，并不会造成混凝土内部的应力；徐变作用是指混凝土在长期荷载作用下，结构或材料承受的应力不变，而应变随时间增长的现象<sup>[2]</sup>；混凝土温度的变化将会导致梁段的拉伸或压缩，但在桥梁合拢前无约束的情况下，温度变化将不产生内应力，但因测试用的仪器材料与混凝土的线膨胀系数不一致，应力传感器将会产生读数变化，可以根据现场所测温度变化利用下面的方法进行消除。

为了准确把握现在桥梁截面的应力状况，判断应力是否超过规定应力值，判断应力是否处于正常区间，以及分析比较实测应力和理论应力的差别，必须对应力的第二项和第三项误差进行消除。

### 1 误差消除方法原理

通常应力的温度与收缩徐变误差是采用公式计算法消除，但其中收缩徐变应力公式计算法参数多而且难以确定，并且计算出的应力值一般较大，造成了误差，现介绍一种简便并且精确度较高的应力消除方法。

由引言中可以看出，在施工监控中，对应力的测试应该尽量消除第二项和第三项所产生的应力误差，而第二项和第三项与第一项应力变化的显著区别就是第一项主要是在外荷载作用下通过梁段弯曲而产生的应力，后两项主要是因为混凝土体积的变化而产生的应力。

在混凝土弯曲变形中，横截面与应力平面的交线上各点的正应力值均为零，这条交线称为中性轴<sup>[3]</sup>。由上述可见，在中性轴上，应力只有混凝土收缩徐变的应力及温度变化产生的应力。因此我们可以在混凝土中性轴埋设一个与上下缘相同规格，相同厂家的应力传感器，通过此应力传感器的测读并进行计算后作为上下缘应力测试的补偿值。应力测点布置如图1。

注：1. “○”为钢筋计；2. “⊕”为混凝土计；3. “△”为温度计；

图1 应力测点布置图

如图1所示，因中性轴处不受弯曲应力的作用，因此可以看作是收缩徐变应力和温度应力的总和，即：

$$\sigma_{n-2} = \sigma_{sx(n-2)} + \sigma_{T(n-2)} \quad (1)$$

式中： $\sigma_{(n-2)}$  为中性轴处的应力值； $\sigma_{sx(n-2)}$  为中性轴处的收缩徐变应力； $\sigma_{T(n-2)}$  为中性轴处的温度应力。

在桥梁规范中可知沿梁高方向的自由应变（纵向纤维之间不受约束时）

$$\epsilon_{T(y)} \text{ 与温度梯度一致，即 } \epsilon_{T(y)} = \alpha_c \times T_{(y)} \quad [4]$$

$$\begin{aligned} \text{故 } \sigma_{T(n-2)} &= \epsilon_{T(n-2)} \times E_C \\ &= \alpha_c \times T_{(n-2)} \times E_C \end{aligned} \quad (2)$$

式中： $\alpha_c$  为混凝土线膨胀系数； $T_{(n-2)}$  为中性轴处温度； $E_C$  为弹性模量。

又因为：收缩应变公式  $\epsilon_{cs}(t, t_s) = \epsilon_{cs0} \times \beta_s(t - t_s) \quad [4]$ ，

徐变应变公式  $\phi_{cs}(t, t_0) = \phi_0 \times \beta_c(t - t_0) \quad [4]$ ，

式中： $t$  为计算考虑时刻的混凝土龄期， $d$ ； $t_s$  为收缩开始时刻的混凝土龄期， $d$ ； $t_0$  为加载时混凝土龄期， $d$ 。

从收缩、徐变应变公式可知收缩、徐变应力只与混凝土龄期有关，因此中性轴处的收缩、徐变应力与上下缘处的收缩徐变应力值相等。所以从公式（1）、（2）可以推出，截面的混凝土收缩徐变应力：

$$\sigma_{sx(n-2)} = \sigma_{n-2} - \alpha_c \times T_{(n-2)} \times E_C$$

故如图1所示，上下缘混凝土计可由下式计算：

$$\sigma_{hj(n-m)} = \sigma_{h(n-m)} - \alpha_c \times T_{(n-m)} \times E_h - (\sigma_{h(n-2)} - \alpha_c \times T_{(n-2)} \times E_h) \quad (3)$$

上下缘钢筋计可由下式计算：

$$\sigma_{gj(n-m)} = \sigma_{g(n-m)} - \alpha_c \times T_{(n-m)} \times E_g - (\sigma_{g(n-2)} - \alpha_c \times T_{(n-2)} \times E_g) \quad (4)$$

式中： $\sigma_{h(n-m)}$  为  $n-m$  位置处混凝土计实测应力 ( $m=1,3,4,5,6$ )； $\sigma_{g(n-m)}$  为  $n-m$  位置处钢筋计实测应力 ( $m=1,3,4,5,6$ )； $\sigma_{hj(n-m)}$  为荷载作用下混凝土修正应力 ( $m=1,3,4,5,6$ )； $\sigma_{gj(n-m)}$  为荷载作用下钢筋修正应力 ( $m=1,3,4,5,6$ )； $\alpha_c$  为钢筋混凝土的线膨胀系数，取  $1 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ； $E_h$  为混凝土弹性模量； $E_g$  为钢筋弹性模量。

## 2 实际应用方法

在实际应用中，当桥梁的测试断面较少时，可在每个普通应力测试断面中性轴上加布应力仪器和温度计以及在上下缘加布温度计，按上述方法测量并计算。

当测试应力较多时，可只在其中一个断面按上述方法在中性轴加布应力仪器和温度计以及在上下缘加布温度计，其余断面只在中性轴加布应力仪器，然后在夜晚和清晨两个时间段对中性轴和上下缘温度计进行测量，确定在温度较恒定情况下上下缘和中性轴温度相同的时间段，并在此时间段进行应力测量，然后将公式（3）、（4）简化为公式（5）、（6）进行计算。

上下缘混凝土计可由下式计算：

$$\sigma_{hj(n-m)} = \sigma_{h(n-m)} - \sigma_{h(n-2)} \quad (5)$$

上下缘钢筋计可由下式计算：

$$\sigma_{gj(n-m)} = \sigma_{g(n-m)} - \sigma_{g(n-2)} \quad (6)$$

## 3 结语

通过上述方法对测量应力值的温度、收缩徐变误差的修正，可以方便对应力计算的分析，提高应力误差消除的精度，更好的掌握桥梁施工监控中的应力状态，保证桥梁安全，指导桥梁施工，对桥梁施工监控具有一定的参考意义。

参考文献：

- [1] 雷俊卿. 桥梁悬臂施工与设计[M]. 北京：人民交通出版社，2000.
- [2] 罗旗帜. 桥梁工程[M]. 广州：华南理工大学出版社，2002.
- [3] 李庆华. 材料力学[M]. 成都：西南交通大学出版社，1994.
- [4] 中交公路规划设计院. JTG D62—2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S]. 人民交通出版社，2004.

上一篇：[浅谈改善高速公路交通安全的有效方法](#)

下一篇：[自动变速器失速试验的总成台架等效试验方法研究](#)