

# Analysis of Random Deformation Law of Yueyang Dongting Lake Bridge under the Cable Girder Effect of Temperature Difference

Yuanting Li<sup>1</sup>, Qiao Wen<sup>2</sup>, Cong Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>China Transport Telecommunications & Information Center, Beijing

<sup>2</sup>School of Architecture Engineering, Shandong University of Technology, Zibo Shandong

Email: liyuanting@cttic.cn, 790291848@qq.com

Received: Aug. 24<sup>th</sup>, 2018; accepted: Sep. 10<sup>th</sup>, 2018; published: Sep. 17<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

In the random factors of different structural loads, temperature is the most important factor affecting the deformation of bridges. The temperature difference effect of cable beam (tower) is one of the temperature effects of cable-stayed bridges. The internal cause of temperature difference between cable and beam is the difference of material composition and geometry between cable and beam, and the external cause is the influence of sunshine. Taking Yueyang Dongting Lake Bridge as an example, this paper analyzes the deformation law of the main girder and the middle tower of Yueyang Dongting Lake Bridge under different temperature.

## Keywords

Cable-Stayed Bridge, Cable Girder Temperature Difference, Bridge Deformation

---

# 岳阳洞庭湖大桥索梁温差效应下的随机形变规律分析研究

李缘廷<sup>1</sup>, 闻 俏<sup>2</sup>, 刘 聪<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国交通通信信息中心, 北京

<sup>2</sup>山东理工大学建筑工程学院, 山东 淄博

Email: liyuanting@cttic.cn, 790291848@qq.com

收稿日期: 2018年8月24日; 录用日期: 2018年9月10日; 发布日期: 2018年9月17日

## 摘要

在不同结构载荷的随机因素中, 温度是影响桥梁形变的最主要因素。索梁(塔)温差效应是斜拉桥温度作用之一。引起索梁温差的内因是索与梁在材料组成和几何形状方面的不同, 外因是日照的影响。本文以岳阳洞庭湖大桥为例, 针对温度效应中的索梁温差效应, 对在不同温差下岳阳洞庭湖大桥的主梁以及中塔进行形变规律分析。

## 关键词

斜拉桥, 索梁温差, 桥梁形变

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

斜拉桥是由梁、塔和索三部分组成的缆索承重的高次超静定柔性结构, 其预应力混凝土箱梁和箱型桥塔以其优良的截面特性在混凝土桥中占据主要地位。在桥梁结构设计和施工中, 日照温度变化对斜拉桥的主梁位移、桥塔偏位和索力均会产生不同程度的影响。混凝土的热传导性较差, 由此在索塔、主梁和索结构内产生不利温度场, 从而形成较大的温度应力, 严重时会引起结构的开裂。

斜拉桥的温度作用分为体系温差、索梁(塔)温差、主梁温度梯度、主塔温度梯度四个方面[1]。目前已有研究结合实测温度数据与有限元模型对 PC 斜拉桥拉压支座影响惊醒风险识别与分析[2]; 以及利用 Midas/Civil 对成桥阶段的索梁温差以及全桥整体升温、降温进行计算分析温度对形变的影响[3]; 采用大型通用有限元程序 ANSYS 对箱型截面温度进行预测, 为施工控制提供理论依据[4]。本文以岳阳洞庭湖大桥为例, 针对温度效应中的索梁温差效应, 对在不同温差作用下岳阳洞庭湖大桥的主梁以及中塔进行形变规律分析。

## 2. 温度传感器布设

温度是影响桥梁形变非常重要的因素, 为了分析温度对桥梁形变的影响, 在洞庭湖大桥上安装了温度传感器, 时刻监测大桥的温度变化。在索面交界处的桥面底部安装 2 个主机箱。采用粘贴工艺拉索上共布 12 个温度计, 选择每组拉索居中的一根(如图 1 中, S11 表示所选拉索), 粘贴在距离桥面约 200 厘米处, 面向桥面(背阳)的一侧(如图 1 所示)。

采用钻孔工艺, 主塔上共布 18 个温度计, 桥面系共布 28 个温度计, 钻孔深度以能完全掩埋温度计为准。线采用专用屏蔽线: 每一个温度计用一根导线连接至机箱, 中途根据需要采用线套保护并固定。两个主机之间用一个导线连接。单根导线的长度见表 1。

## 3. 索梁温差效应下桥梁随机形变规律分析

索梁(塔)温差效应是指结构从同一基准温度出发, 索的温度变化量与主梁的温度变化量不一致而形成索与主梁之间的温度差值。引起索梁温差的内因是索与梁在材料组成和几何形状方面的不同: 斜拉索构件单独升温或降温。斜拉索的结构尺寸比主梁及索塔的结构尺寸小得多, 同时斜拉索材料导热性能比主

梁及索塔大得多，因而斜拉索的温度变化幅度要比主梁及索塔的温度变化幅度大得多。引起索梁温差的外因是日照的影响。

以岳阳洞庭湖大桥为例，在主梁与塔无温差时，我们考虑斜拉索与主梁的温差为 $5^{\circ}\text{C}$ 、 $10^{\circ}\text{C}$ 、 $15^{\circ}\text{C}$ 、 $20^{\circ}\text{C}$ 的情况下，模拟了索梁温差效应下主梁的竖向形变和中塔塔顶的形变，如图2、图3所示，以及洞庭湖大桥的形变率空间统计情况结果，如图4所示。

造成大桥主梁与索塔温度变化幅度不同的主要原因是原材料导热性能不同，这使得同一光照条件下主梁与索梁存在温差。温度变化导致主梁和索梁产生变形，主梁和索梁变形效果叠加造成大桥的变形。随着斜拉索与主梁温差的增大，主梁每部分的竖向位移不断增大；同时主梁两侧形变效果对称，其中主梁中点和两端点形变最小，主梁两侧随长度的增加，竖向位移先变大后变小，主梁距中点接近200 m的部分，竖向位移最大。随着斜拉索与主梁温差的增大，中塔塔顶的纵向位移不断增大，而竖向位移不断减小。这种变形效果会导致主梁两侧产生凹陷，在距中点200 m处凹陷效果最明显。总体在各温差条件下，桥梁形变呈一定的规律性。

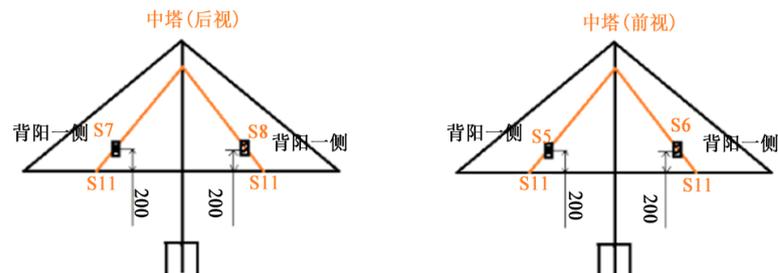


Figure 1. Schematic diagram of cable-stayed thermometer layout  
图1. 斜拉索温度计布置示意图

Table 1. Length of thermometer wiring (estimated)

表1. 温度计布线长度(预估)

		温度计(个)	距桥面顶板距离 h (m)	桥面顶板厚度 (m)	距机箱位置 (纵向)m	距机箱位置 (横向)m	合计(m)
中塔	1/3 处	2	35.2	0.32	0	11.5	94.04
	2/3 处	2	70.4	0.32	0	11.5	164.44
	顶端	2	105.5	0.32	0	11.5	234.64
左边塔	1/3 处	2	26.4	0.32	310	11.5	696.44
	2/3 处	2	52.8	0.32	310	11.5	749.24
	顶端	2	79.13	0.32	310	11.5	801.9
右边塔	1/3 处	2	26.4	0.32	310	11.5	696.44
	2/3 处	2	52.8	0.32	310	11.5	749.24
	顶端	2	79.13	0.32	310	11.5	801.9
拉索	A08 (2 根)	2	2	0.32	375	11.5	777.64
	B08 (2 根)	2	2	0.32	245	11.5	517.64
	S11 (2 根)	2	2	0.32	90	11.5	207.64
	S11 (2 根)	2	2	0.32	90	11.5	207.64
	B08 (2 根)	2	2	0.32	245	11.5	517.64
	A08 (2 根)	2	2	0.32	375	11.5	777.64
总计		30	539.76	4.8	3280	172.5	7994.12

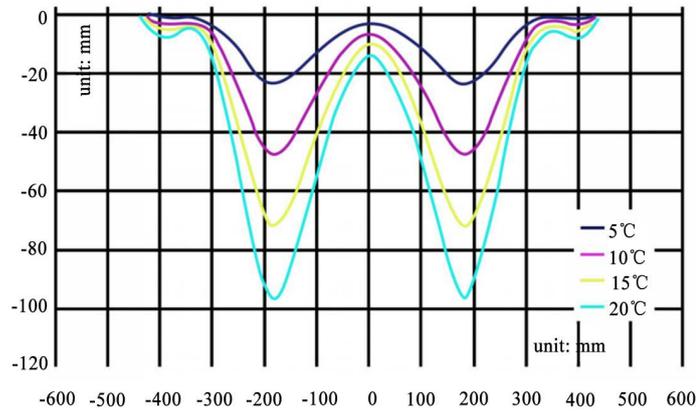


Figure 2. Simulation results of vertical displacement of girder under temperature difference effect of cable beam  
图 2. 索梁温差效应下主梁的竖向位移模拟结果

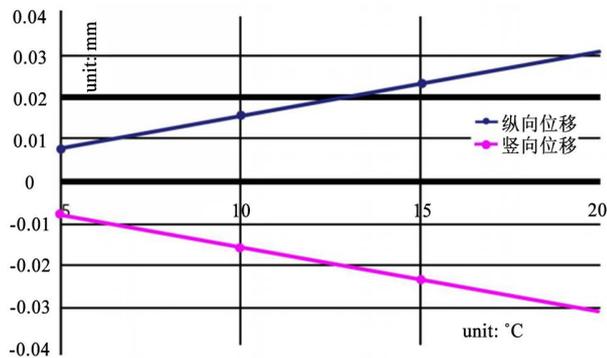


Figure 3. Simulation results of tower top displacement under temperature difference effect of cable beam  
图 3. 索梁温差效应下中塔塔顶位移模拟结果

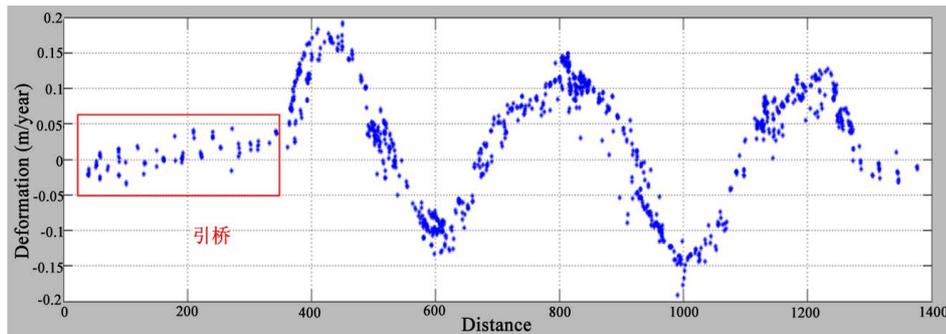


Figure 4. Spatial statistics of deformation rate of Dongting Lake Bridge  
图 4. 洞庭湖大桥形变率的空间统计情况

如图 4 所示, 从形变信息, 内陆地区相对稳定, 基本不存在地面沉降; 而岸边地面沉降现象比较明显, 沉降速率明显大于内陆地区; 洞庭湖大桥形变速率有正有负, 形变率在空间上存在较大差异。洞庭湖大桥引桥部分相对稳定, 几乎不存在形变; 三座桥塔位置存在明显向上形变; 桥塔之间、以及桥塔与引桥之间的桥面存在明显向下形变。总体来看, 桥梁在空间上呈现波浪形起伏形变现象。

#### 4. 小结

在不同结构载荷的随机因素中, 温度是影响桥梁形变的最主要因素。本文通过对洞庭湖大桥在索梁

温差效应下的随机形变规律分析, 进行模拟实验, 结果表明, 由于日照温度的影响, 结合桥梁材料的导热性能不同等原因, 索梁温差效应对桥梁影响在空间形变上呈波浪起伏现象, 具有一定的规律性。对斜拉桥温度效应进行分析研究后得到基准影像和从图像干涉, 得到桥梁随机形变差值, 最终从 PS-InSAR 技术提取的形变信息中剔除这种随机形变差值。在考虑温差效应之后, 后续研究我们将结合车载、风载(即结构载荷的随机性)等随机性的同时也考虑结构物理特性的不确定性(即结构材料特性的随机性和结构几何尺寸的随机性), 从而建立目标桥梁的随机场模型及多维随机变量有限元模型, 以完善桥梁安全评估体系, 为桥梁日常养护和安全使用提供技术手段, 为桥梁管理部门提供新的技术支撑。

## 基金项目

国家重点研发计划资助(2017YFB0503803)。

## 参考文献

- [1] 邓小伟, 石雪飞, 阮欣. 超大跨径钢斜拉桥的温度荷载调研与温度效应分析[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2010, 23(3): 57-62.
- [2] 田仲初, 黄莹颖, 王博, 周琼. 温度荷载对 PC 斜拉桥拉压支座影响风险识别与分析[J]. 中外公路, 2013, 33(6): 148-152.
- [3] 王晶. 部分斜拉桥整体变温和索梁温差效应分析[J]. 四川建材, 2017, 43(4): 103-104, 106.
- [4] 宋志仕. 箱型截面混凝土斜拉桥温度场分析及其对施工控制的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 长沙理工大学, 2015.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [hjce@hanspub.org](mailto:hjce@hanspub.org)