

# Analysis of Long-Term Deflection of Monitoring Result on Gui-Du High Highways Long Span Continuous Rigid Frame Bridge —Shi Men Kan Bridge

Shirong Wei<sup>1</sup>, Bin Yang<sup>1</sup>, Chuang Chen<sup>1</sup>, Guihong Xu<sup>2</sup>, Quanming Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Road & Bridge International Communication Technology CO., LTD., Beijing

<sup>2</sup>School of Civil Engineering, Guizhou Institute of Technology, Guiyang Guizhou

Email: 973592840@qq.com

Received: Apr. 23<sup>rd</sup>, 2018; accepted: May 7<sup>th</sup>, 2018; published: May 15<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Long span continuous rigid frame bridge is widely used in China. The increase deflection is an important problem for bridge safety of long-span continuous rigid frame. According to Gui-Du highway Shi Men Kan bridge deflection monitoring results over the past 3 years, the characteristics of long span continuous rigid frame bridge deflection with time were analyzed. It provides real data for same kind bridge deflection analyzed with time.

## Keywords

Long Span Continuous Rigid Frame Bridge, Long Term Deflection, Influence Factors

---

# 贵都高速大跨径连续刚构桥——石门坎大桥长期挠度监测分析

韦仕荣<sup>1</sup>, 杨斌<sup>1</sup>, 陈闯<sup>1</sup>, 徐桂弘<sup>2</sup>, 汪权明<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中交路建交通科技有限公司, 北京

<sup>2</sup>贵州理工土木工程学院, 贵州 贵阳

Email: 973592840@qq.com

收稿日期: 2018年4月23日; 录用日期: 2018年5月7日; 发布日期: 2018年5月15日

## 摘要

大跨径连续刚构桥梁在我国得到广泛的应用，长期运营中跨中挠度的增大是影响大跨径连续刚构桥梁安全的重要问题。本文针对贵都高速路线上的石门坎大桥，进行了为期3年的跨中挠度监测，基于监测数据，分析了大跨径连续刚构桥跨中挠度随时间的变化特性，为同类大跨径连续刚构桥的跨中挠度随时间的变化提供了真实数据。

## 关键词

大跨径连续刚构桥，长期挠度，影响因素

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

大跨径连续刚构桥在我国得到广泛的应用，具有梁高小、结构刚度好、整体性强、温度应力小、桥面接缝少、行车平顺舒适、便于养护以及抗震能力强等优点[1] [2] [3]。从国内外相关研究发现，跨中持续下挠以及下挠量过大、梁体裂缝过多已成为大跨度预应力混凝土梁桥的世界性通病[4] [5] [6]。如，1997年建成通车的主跨为 270 m 的虎门大桥辅航道桥左右幅跨中在 7 年间下挠均超过 200 mm，黄石长江大桥 1995 年建成，主跨度为 245 m，经过 7 年运营后跨中挠度超过 300 mm，严重的影响桥梁的平顺性和舒适性[7] [8] [9]。如何正确的认识挠度随时间的变化规律，分析大跨径连续刚构桥跨中挠度过大的原因和影响因素，有效防止病害的产生或减少，是桥梁设计、施工以及科研工作者所要急需解决的问题[10] [11] [12]。

## 2. 工程概况及桥面高程监测

### 2.1. 工程概况

贵都高速是贵州省省会贵阳市与黔南重镇都匀市之间的快速通道，为《国家高速公路规划网》中厦门至成都、兰州至海口、上海至昆明等三条高速公路在贵州中部共用段的替代通道。路线起点在都匀市火石坡，与夏蓉高速公路相接，经都匀市的小围寨、贵定县打铁乡、昌明镇、龙里县，终点于贵阳市绕城高速烂泥沟处，与贵阳市绕城高速公路、贵阳市南出口路等十字相接，路线全长 80.969 公里。

石门坎特大桥在贵都高速的起终点桩号分别为 K220 + 447 和 K220 + 903，上部结构构造为(118 + 220 + 118) m 三跨预应力混凝土连续刚构箱梁，全长 456 m。桥梁平面位于半径 R = 3000 的左偏圆曲线(K220 + 292.052~K220 + 896.225)与参数 A-760 的左偏缓和曲线(K220 + 896.225~K210 + 088.501)上。右线桥 K220 + 063.719 至 K220 + 903 段为全超高段，超高横坡 2.0%；左线桥 K219 + 389.043 至 K220 + 903 段为正常横坡段，桥面横坡-2.0%。纵面 R = 24,000 m 的凸形竖曲线(4.0% 与 2.5% 的单向坡)与 R = 16,000 m 的凹形竖曲线上(2.5% 与 4.0% 的单向坡上)。主桥上部构造为 118 + 220 + 118 m 三跨预应力混凝土连续刚构箱梁，箱梁根部梁高 14.0 m，跨中梁高 4.0 m，顶板厚 28 cm，底板厚从跨中至根部由 32 cm 变化为 140 cm，腹板从根部至跨中分三段采用 80 cm、60 cm、45 cm 三种厚度，箱梁高度和底板厚度按 1.8 次抛物

线变化。主桥上部构造按全预应力混凝土设计，采用三向预应力，纵、横向预应力采用高强度低松弛钢绞线，设计锚下张拉控制应力 1395 MPa，管道偏差系数为 0.0015、摩阻系数为 0.17（图 1）。

主桥下部构造墩身采用双肢等截面矩形空心墩，肢间净距 9 m，单肢截面尺寸  $7 \times 3.5$  m，壁厚 0.7 m。最高主墩约为 87 m，主墩承台厚 5 m，基础采用桩径 2.4 m 的钻孔灌注桩，每墩共 20 根桩。

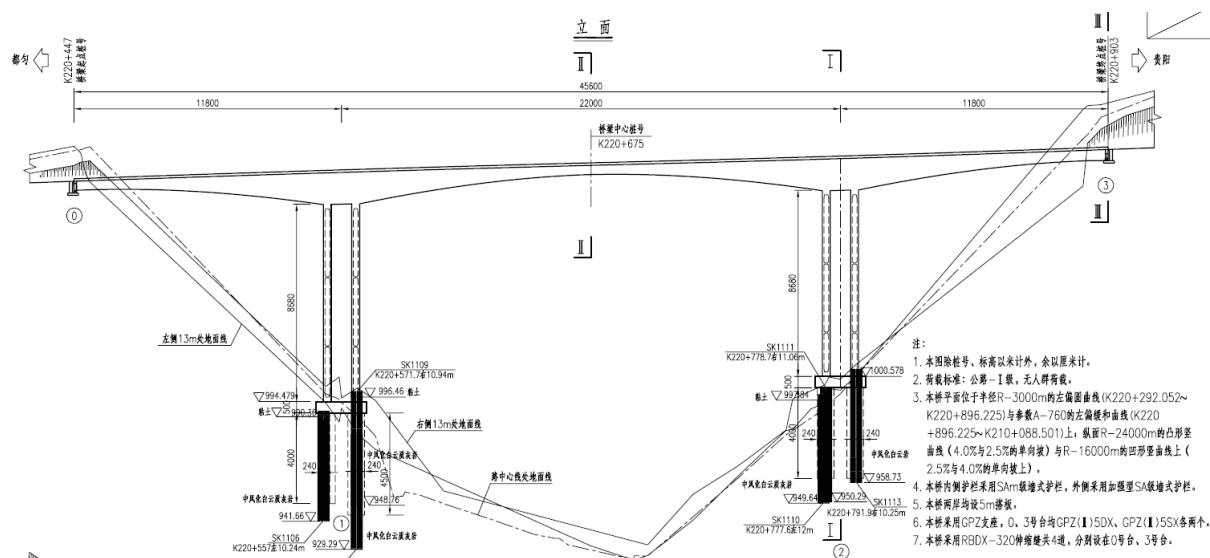
## 2.2. 桥面高程测点布置

石门坎大桥监测主要需要采用光纤传感器、解调仪、精密水准仪、全站仪、动载数据采集仪等，仪器设备见表 1。

为保证桥梁监测资料延续有效，对大桥建立永久性控制网，控制网采用自建坐标系，左右幅各布设 1 个永久基准点和 1 个共用复核控制点，共 3 个控制点。基准点在都匀侧桥头隧道出口处。

## 2.3. 桥面高程测点布置

石门坎大桥桥面高程测点顺桥向单幅边跨布置在 8 分点上，中跨布置在 16 分点上；横桥向每个断面设置测点 2 个，位于桥面两侧距离防撞护栏根部 20 cm 处，采用植入不锈钢钢钉，全桥共计 4 条测线 66 个测点，测点示意如图 2 所示。



**Figure 1.** Bridge layout plan of Shimenkan  
**图 1.** 石门坎大桥桥型布置图

**Table 1.** Instrument and equipment

**表 1. 仪器设备**

序号	名称	型号	单位	数量
1	精密电子水准仪	Leica DNA03	台	1
2	全站仪	Leica TPS1201+	台	1
3	光栅表面应变计	FBGTECH FSS0221DS	支	54
4	光栅温度计	FBGTECH FST2111DS	支	16
5	光纤光栅传感器智能分析仪	FBGTECH FAS-B-08	台	1
6	桥梁模态测试系统	DH5907	台	9
7	笔记本电脑	Lenovo Y470N2410	台	2

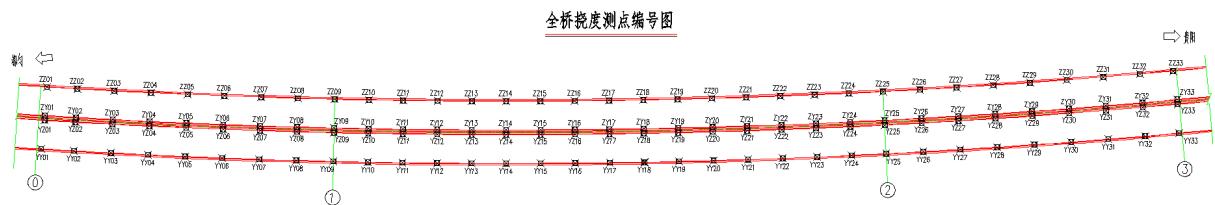


Figure 2. Measuring points layout of Shimenkan bridge

图 2. 石门坎大桥测点布置图

### 3. 石门坎大桥运营期监测结果分析

#### 3.1. 桥面高程监测结果分析

图 3~6，分别为石门坎大桥左幅左侧、左幅右侧、右幅左侧、右幅右侧的桥面高程累积差值结果图。从图 3 中可看出，石门坎大桥的左幅左侧中跨部位桥面高程累计差值随着时间的增加而逐渐增大。其中第 3 次与第 4 次测量的结果高程差值较大，为 11.47 mm，第 9 次测量结果与第 10 次测量的结果高程差值较大，为 16.05 mm，第 9 次与第 8 次测量的结果高程差值较大，为 22.48 mm，ZZ17 监测点挠度最大值为 112.88 mm。图 4 中可以看出石门坎大桥的左幅右侧中跨部位 ZY17 桥面高程累计值最大为 131.04 mm。第 10 次测量与前期测量结果相差为 26.3 mm。

由图 5 可知，石门坎大桥的右幅左侧中跨部位 YY17 点最大挠度为 148.34 mm。其中第 10 次测量结果与第 9 次测量的结果高程差值较大，为 18.68 mm。

图 6 可知，右幅右侧中跨部位 YY17 点挠度最大值为 144.03 mm。其中第 10 次测量结果与第 9 次测量的结果高程差值较大，为 17.65 mm。第 4 次与第 5 次监测结果相差 17.59 mm，第 3 次测量结果与第 2 次测量结果相差较大，为 13.45 mm。

#### 3.2. 跨中挠度随时间变化特性

为分析石门坎大桥监测点随时间的变化特性，分别选取，监测起点(ZZ1)、第 1 跨跨中(ZZ5)，1 号墩顶\*(ZZ9)，第 2 跨跨中(ZZ17)，2 号墩顶(ZZ25)，第 3 跨跨中(ZZ29)，监测终点(ZZ33)进行分析。图 7~10 为石门坎大桥左幅左侧、左幅右侧、右幅左侧、右幅右侧的桥面监测点挠度随时间变化特性图。

由图 7 可知，各监测点挠度出现波动现象，但总体趋势是随时间的增长而增加。ZZ17 点，第 2 跨跨中点挠度最大，从第 1 次测量到最后 1 次测量累积挠度值达 72.49 mm，经过 1992 天后增加到 151.41，其余监测点的挠度在 10~30 mm 左右不等。

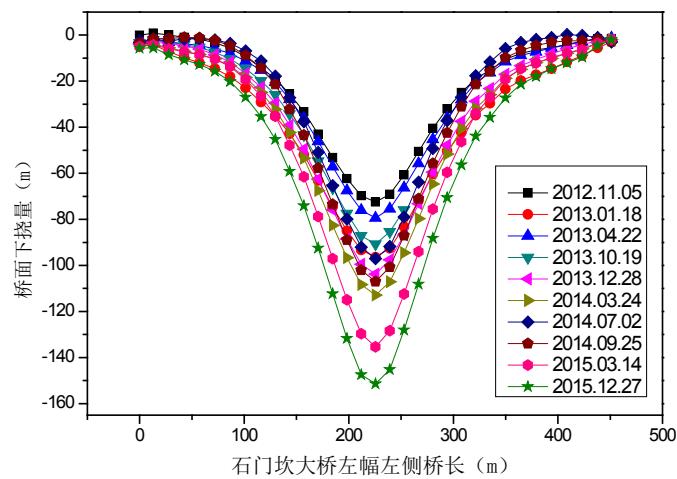
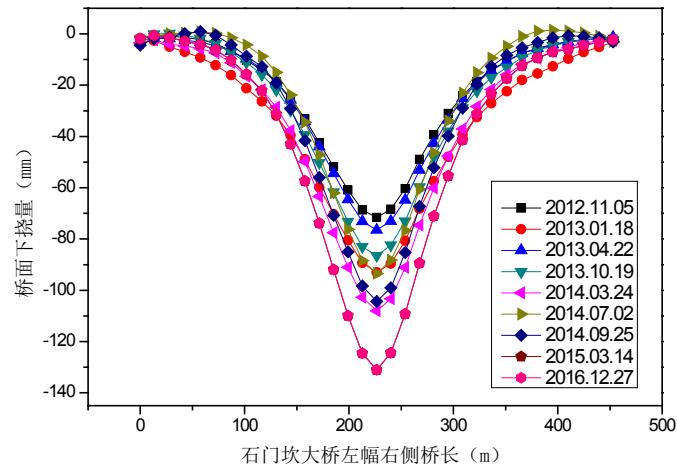
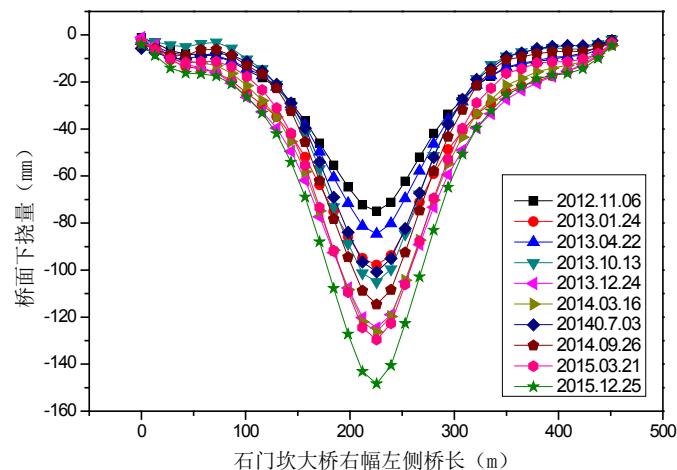
由图 8 可知，芭茅冲大桥左幅右侧桥面监测点随时间增长桥，跨中挠度逐渐增大，ZY17 点的跨中挠度在 1992 天的时间内，由 71.59 mm 增加到 131.04 mm。

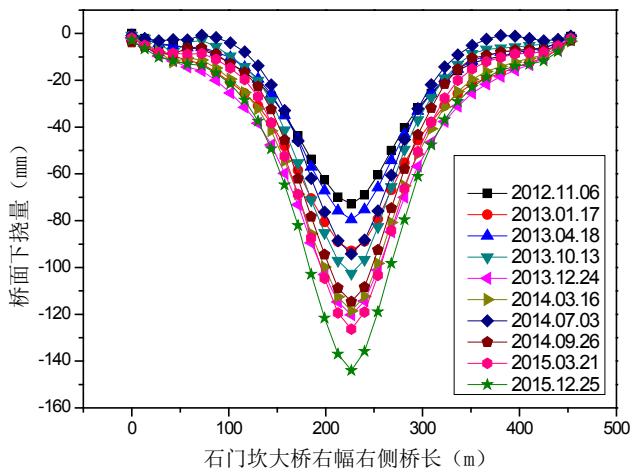
由图 9 可知，监测点竖向位移随时间的增长，总体上呈下降趋势。其中 ZZ17 点，第 2 跨跨中点的竖向位移最大，总累积挠度为 131.04 mm。对于梁端测点挠度为 0.2 mm 左右，其余监测点的挠度在 2~10 mm 左右不等。

由图 10 可知，石门坎大桥右幅左侧桥面各监测点挠度随时间的增长，总体上呈下降趋势。其中 YY17 点，竖向位移最大累积挠度为 144.03 mm。

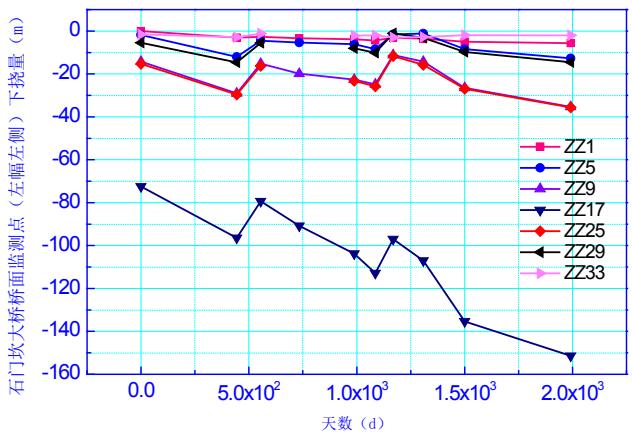
### 4. 结论与展望

本文通过对石门坎大桥固定水准点高程，进行 3 年的监测，计算各测点竖向累计挠度并绘制分析该测点挠度随时间的变化曲线。分析结果表明：石门坎大桥最大下挠部位位于跨中 17 号测点，桥墩部位挠

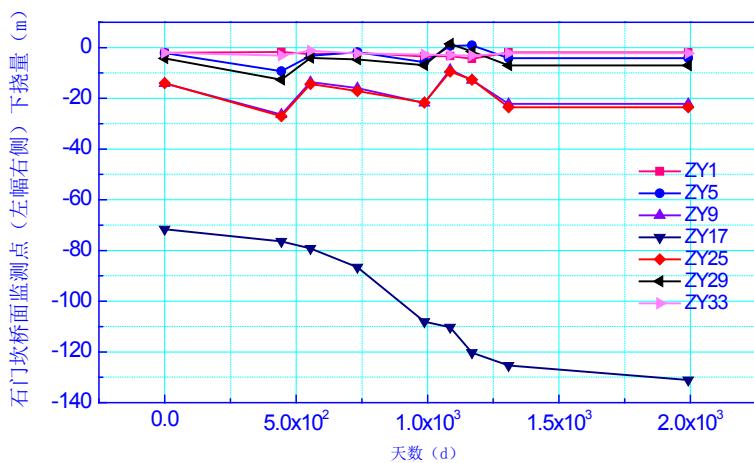
**Figure 3.** Left monitoring results of left bridge**图 3. 左幅左侧桥面高程监测结果****Figure 4.** Right Monitoring results of the left bridge**图 4. 左幅右侧桥面高程监测结果****Figure 5.** Left monitoring results of right bridge**图 5. 右幅左侧桥面高程监测结果**



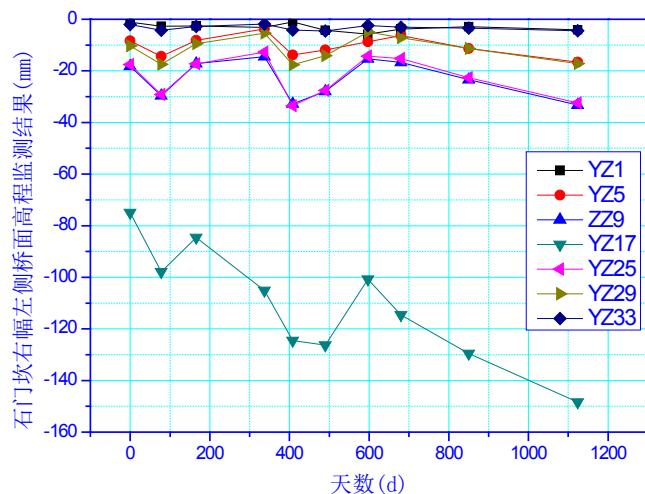
**Figure 6.** Right monitoring results of the right bridge  
**图 6.** 右幅右侧桥面高程监测结果



**Figure 7.** Deflection varying with time of monitoring points on the right side of right bridge  
**图 7.** 摆鲁坡大桥右幅右侧桥面监测点挠度随时间变化

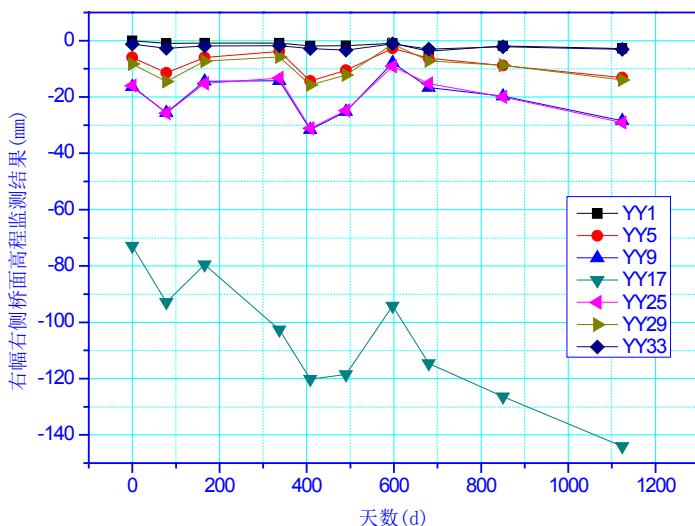


**Figure 8.** Deflection varying with time of monitoring points on the right side of left bridge  
**图 8.** 石门坎大桥左幅右侧桥面监测点挠度随时间变化



**Figure 9.** Deflection varying with time of monitoring point on the left side of right bridge

**图 9.** 石门坎大桥右幅左侧桥面监测点挠度随时间变化



**Figure 10.** Deflection varying with time of right side on the right Shimenkan Bridge

**图 10.** 石门坎大桥右幅右侧桥面监测点挠度随时间变化

度值最小。通过对挠度随时间的变化曲线可知，随着时间的增长，跨中挠度的变化出现了波动现象，但挠度的总体呈增长的趋势，且前期增长速度快，后期增长速度降低。

影响大跨径的长期挠度的因素众多，涉及设计计算、施工、材料、防治技术等一系列环节，其中一些影响因素很复杂且与连续刚构桥相互耦合，一些因素也尚不完全清楚，要全面解决我国大跨径连续刚构桥过大的下挠问题，还有大量艰苦的理论与技术研究工作。

## 基金项目

贵都高速大跨径连续刚构桥运营监测技术研究项目(2013-ZJLQ-011)，国家自然科学基金(51508121)，贵州省科技厅基金项目(黔科合 LH 字[2014]7374，黔科合 J 字[2015]2063)，贵州省高层次人才科研启动基金。

## 参考文献

- [1] 范立础. 桥梁上程(上册) [M]. 北京: 人民交通出版社, 2012.
- [2] 杨琪, 辛镜坤, 石雪飞. 大跨径 PC 梁桥长期下挠成因分析与加固对策研究[J]. 广东公路交通, 2010(1): 22-27.
- [3] 向中富, 黄海东, 许宏元. 大跨径连续刚构桥加固技术研究与实践[C]//第十八届全国桥梁学术会议论文集(下册). 北京: 人民交通出版社, 2008: 1512-1517.
- [4] 孙剑川. 大跨连续刚构桥预应力损失对后期下挠影响分析[J]. 四川建筑, 2011, 31(2): 126-128.
- [5] 解文成, 李子特, 徐艳昭. 混凝土徐变对连续刚构桥长期下挠的影响研究[J]. 河南城建学院学报, 2012, 21(1): 4-7.
- [6] 熊英. 连续刚构桥跨中下挠影响因素分析及防治措施研究[J]. 公路交通科技, 2011(8): 262-264.
- [7] 刘长勇, 赵青山. 特大跨预应力混凝土连续刚构桥开裂和下挠防治措施研究[J]. 铁道建筑技术, 2010(2): 48-52.
- [8] 翁梅泽, 胡娟, 申林杰. 某 V 型墩连续刚构箱梁收缩徐变分析[J]. 科学之友, 2008(23): 38-39.
- [9] 廖娟, 叶贵如, 徐兴. 预应力混凝土箱形连续梁桥裂缝成因分析及对方案的评价[J]. 中国公路学报, 2004(1).
- [10] 刘海彬. 高墩多跨连续刚构桥合拢顺序及长期变形分析[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2011.
- [11] 吴坤铭, 王建国, 谭晓慧, 毕卫华. 基于可靠度敏感性的 2 种响应面法究边坡稳定性[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2011(8): 82-87.
- [12] 杨志平, 等. 预应力混凝土连续刚构桥挠度长期观测[J]. 公路, 2004(8): 287-289.

**Hans** 汉斯

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页 <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)