

## 长沙市浏阳河人行景观桥体系转换研究

宁舟

(长沙芙蓉区建设工程质量安全监督站, 湖南 长沙 410000)

**摘要:**以长沙市浏阳河人行景观桥(汉桥)为工程背景,介绍了曲线形连续钢桁架桥的整体施工方案和体系转换施工方案,提出了体系转换施工流程;对支承转换后钢桥下弦杆和千斤顶下部钢平台的受力及支墩卸载后钢桥变形和受力进行验算,分析曲线形连续钢桁架桥在施工及体系转换中的受力和变形特点。

**关键词:**桥梁;人行景观桥;异形钢桁架梁;体系转换

中图分类号:U445.4

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2019)02-0121-04

钢桁架桥是钢桥中最常见的结构形式,分为钢桁梁桥、钢桁架拱桥、钢桁梁拱桥、钢桁梁斜拉桥、钢桁悬索桥等。连续梁桥具有受力合理、结构刚度大、行车平顺、抗震性好、经济等优点,在中国大中跨径桥梁中应用越来越普遍。钢桁架连续梁结构可大大改善结构的延性及抗震性能,随着制造工艺、设计水平、经济实力和审美观念的不断提高,空间网格桁架钢桥接连出现,并在一定范围内得到认同。曲线形连续钢桁架桥外形美观,成为很多地区的标志性建筑,但其施工困难。该文以一座三跨连续钢桁架梁人行桥为例,研究曲线形连续钢桁架桥的体系转换,为同类桥梁施工提供参考。

## 1 工程概况

长沙市浏阳河人行景观桥(汉桥)为三跨连续钢桁架梁人行桥,跨径布置为(50+120+55)m,平面为月牙形,桥宽 21.523 m(桁架立面中心距),桥面横坡为单向 1.5%(见图 1)。



图 1 汉桥整体效果

主桁为 N 形桁架,整体焊接节点,边跨桁高 1.5~7.5 m,主跨桁高 7.5 m。分为内弧桁和外弧桁两片,桁架间距 6 m。外弧桁平面曲线半径 200 m,桁架节间长度 5 m;内弧桁平面曲线半径 194 m,桁架节间长度 4.85 m。下弦杆为箱形截面,外高 1.2 m,内宽 1.0 m,厚 16~44 mm;上弦杆为箱形截面,外

高 1.0 m,内宽 1.0 m,厚 16~40 mm。

桥面系采用正交异性钢板面板结构,桥面板厚 12 mm。采用板式加劲肋,板厚 10 mm,高 120 mm,间距 300 mm。横梁间距为 2.5 m,桥面板由 I 型小纵梁支撑,小纵梁高 700 mm,钢板厚 14 mm。

## 2 整体施工方案

钢桥安装采用“主桁架分段吊装,悬挑及人行道分块吊装,其余次要杆件散件吊装”的施工方案。主桁架分段在无桥墩支座处设置临时钢管桩,钢管桩以单根钢管桩为承载基本单元,在主桁分段处的下部均设置钢管桩。主桁下部钢管桩由 4 根独立的钢管桩通过联系梁形成格构式体系,沿桥纵向设置 4 组组合式钢管桩,每组由 8 根独立钢管桩组成,并在桩顶设置 H 形钢平台,主桁荷载通过该平台传递至钢管桩体系。

如图 2 所示,先安装通航孔位置的主桁梁段,再

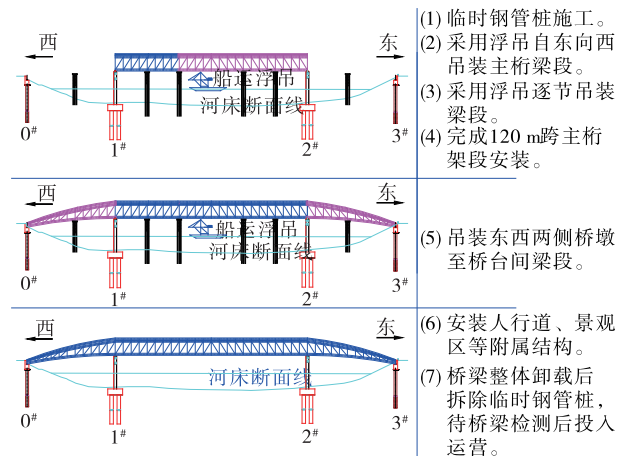


图 2 汉桥上部结构整体施工流程

向东西两岸逐步推进吊装完成 120 m 跨度桥墩间梁段,最后完成两侧桥墩、桥台间梁段。

### 3 体系转换施工方案

#### 3.1 体系转换原则

在钢结构主桥吊装完成、达到验收标准后进行结构体系转换。体系转换是将主跨钢桥从支托受力状态转换到支座受力状态的过程,遵循卸载过程中主桥受力与变形协调、均衡、变化过程缓和、结构多次循环微量下降并便于现场施工操作,即“分节、等量、均衡、缓慢”的原则。

#### 3.2 体系转换条件

体系转换前需达到如下条件:1) 钢结构主桥全部安装完成;2) 钢结构主桥焊接完成且检验合格;3) 两边跨主桥配重安装完成;4) 所有支座注浆完成,注浆强度达到设计要求;5) 卸载时气候条件较好,风力不超过 4 级。

#### 3.3 体系转换施工顺序

钢结构体系转换施工顺序为卸载前准备→同时卸载主跨 2 组钢管临时墩(卸载点 1、2)→同时卸载两边跨钢管临时墩(卸载点 3、4)→完成体系转换(见图 3)。

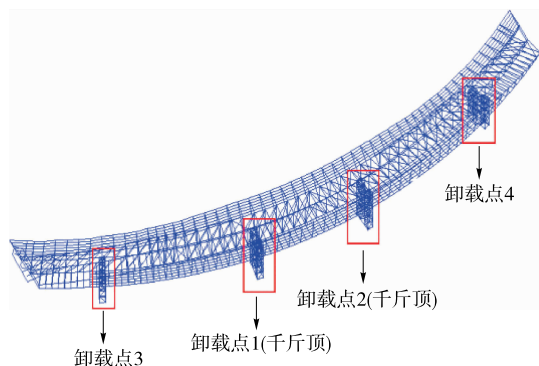


图3 汉桥卸载点布置

#### 3.4 卸载前的准备

(1) 松开砟桥墩上支座的固定螺栓,使支座处于自由工作状态。

(2) 拆除砟桥墩上支座位置的临时钢管支撑,使支座受力。

(3) 松开钢管临时墩与主桥钢结构的固定措施(卡码)。

#### 3.5 卸载

主要采用千斤顶卸载方式,千斤顶同步卸载直至结构不再产生向下的位移。卸载过程中监测变形

控制点的位移,如出现较大偏差则立即停止,查明原因并排除后再继续进行。

##### 3.5.1 千斤顶的布置

在主跨临时墩的每个支撑平台上设置千斤顶,共 8 台千斤顶,对称布置在支撑方管两侧(见图 4)。因主跨卸载后两边跨临时墩位置的主桥上拱,两边跨临时墩上不设置千斤顶。

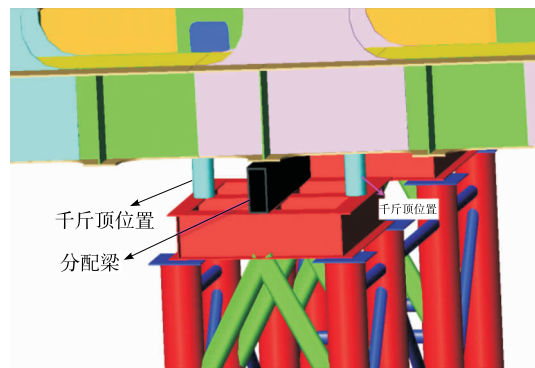


图4 千斤顶布置位置示意图

##### 3.5.2 千斤顶规格

主跨临时墩位置支承反力和主桥卸载高度见表 1,临时墩顶至主桁架下表面净空为 620~650 mm。根据以上计算结果和现场条件,选用表 2 所示规格的千斤顶。

表1 临时墩位置支承反力和主桥卸载高度

位置	支承反力/t	千斤顶规格要求/t	卸载变形值/m
Z1~Z4	372	2×200	-108
Z5~Z8	565	2×300	-128
Z9~Z12	355	2×200	-104
Z13~Z16	504	2×300	-125

表2 千斤顶的规格

项目	参数值	项目	参数值
型号	超高压 400 t	缸体高度/mm	325
缸体外径/mm	φ420	行程/mm	110
活塞杆直径/mm	φ250		

因千斤顶行程小于计算卸载高度,需进行二次置换。

##### 3.5.3 卸载步骤

(1) 安装千斤顶。千斤顶顶部和底部各设置垫板,板厚 16~20 mm,尺寸为 440 mm×440 mm,顶部垫板高度不小于 80 mm。每个千斤顶下方临时墩顶平台上设置 6 块加劲板,板厚 20 mm。千斤顶顶部垫板范围内主桁架设置隔板(见图 5)。

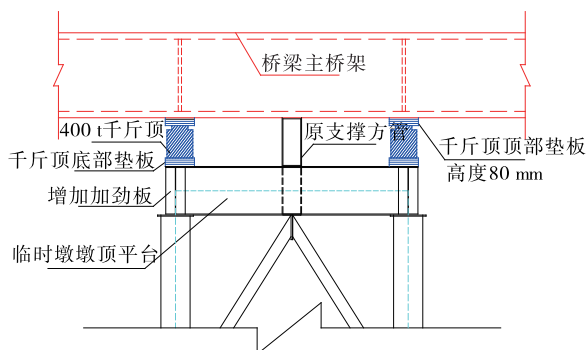


图5 安装千斤顶

(2) 千斤顶行程上升至顶部托盘紧顶主桁架底,千斤顶预顶 120 t;拆除支撑方管,转换为千斤顶受力(见图6)。

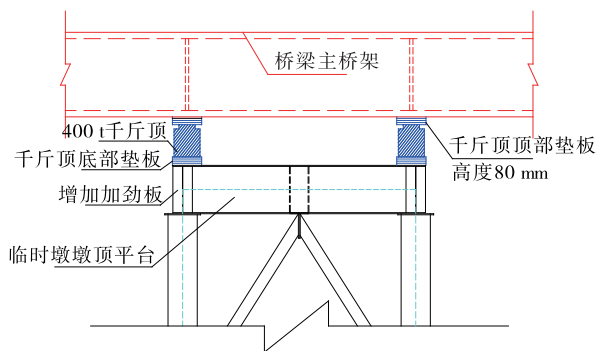


图6 千斤顶预顶 120 t

(3) 在原支撑方管的位置设置置换支撑,支撑比主桁架低 80 mm(见图7)。

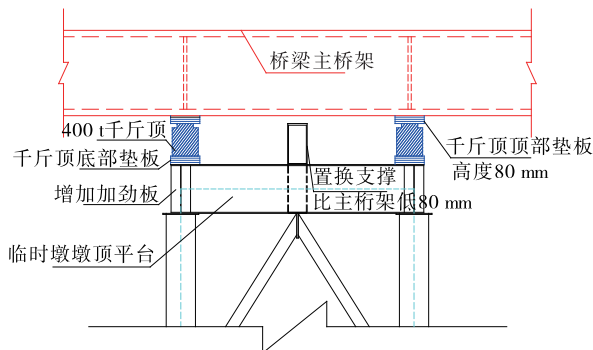


图7 设置支撑

(4) 千斤顶同步卸载,卸载 80 mm 后转换为置换支撑受力(见图8)。

(5) 拆除千斤顶顶部垫板(见图9)。

(6) 千斤顶行程上升,主桁架脱离置换支撑,转换为千斤顶受力(见图10)。

(7) 拆除置换支撑,千斤顶同步卸载,直至主桁架脱离(见图11)。

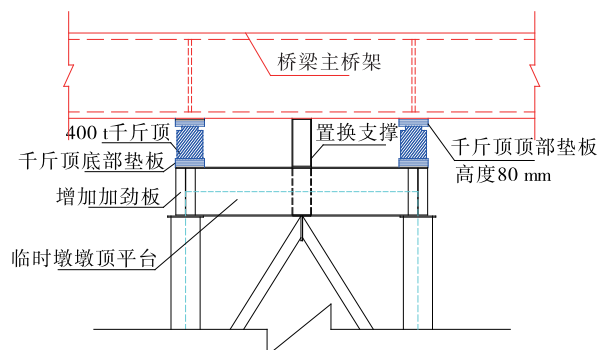


图8 转换支撑受力

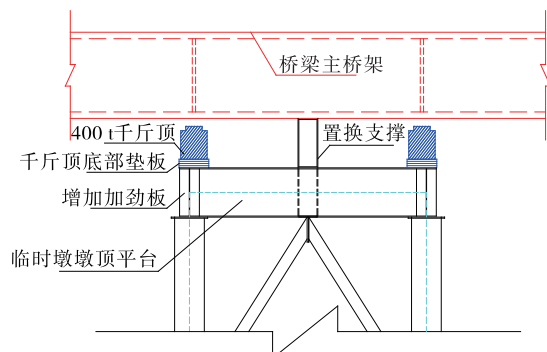


图9 拆除千斤顶顶部垫板

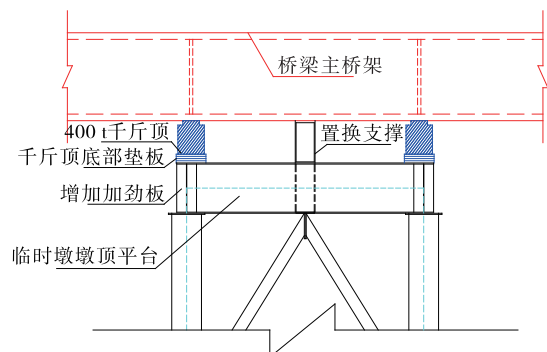


图10 千斤顶受力

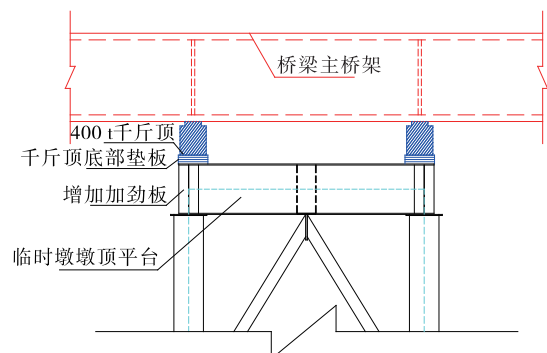


图11 拆除置换支撑,支座受力

### 3.6 卸载工况计算

#### 3.6.1 卸载情况说明

根据桥梁施工方案,钢桥共设置 4 组临时支墩,

其中中跨2组、两边跨各1组。根据卸载工况计算结果,卸载完成后中跨竖向变形最大达215 mm,边跨在中跨卸载后跨中呈上翘趋势,变形较小(见图12)。为确保卸载时结构安全,在中跨2组支墩(卸载点1和2)上设置油压千斤顶,通过钢桥支承转换为油压千斤顶,利用油压千斤顶缓慢收缸的方式实现缓慢卸载。

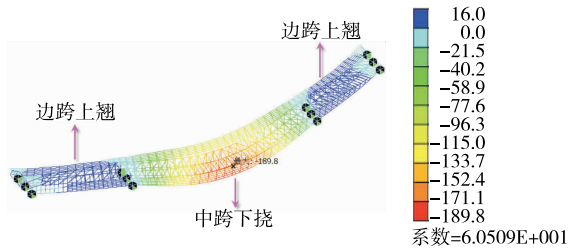


图12 汉桥卸载完成后竖向变形(单位:mm)

### 3.6.2 卸载计算结果分析

(1) 根据钢管支墩平台上油压千斤顶设置位置,计算模拟时将钢桥由分配梁支承状态转换成两侧千斤顶支承状态,需对转换后钢桥下弦杆、千斤顶下部钢平台受力进行验算,结果见图13~15。由图13~15可知:支承转换后,钢桥整体杆件最大应力为-79.9 MPa,千斤顶处钢桥下弦杆最大应力为-63.8 MPa,均小于钢材的强度设计值270 MPa;千斤顶处钢平台(H600×300×12×17)最大应力为-290.9 MPa,小于钢材(Q345材质)的强度设计值310 MPa。

(2) 采用油缸千斤顶转换后对支墩进行卸载,中跨支墩先卸载,边跨因中跨卸载后产生上翘变形,支墩与钢桥自然脱空。支墩卸载后钢桥变形和应力

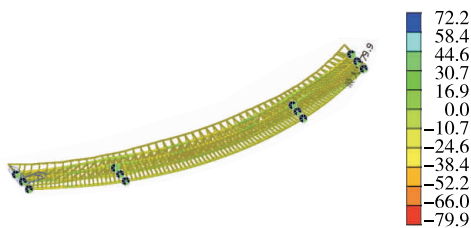


图13 支承转换后的钢桥杆件应力(单位:MPa)

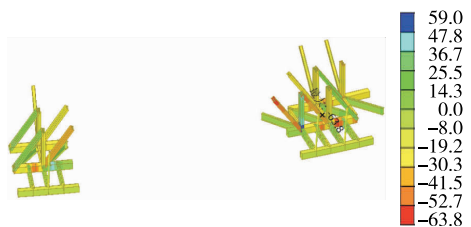


图14 支承转换后千斤顶处钢桥下弦杆应力(单位:MPa)

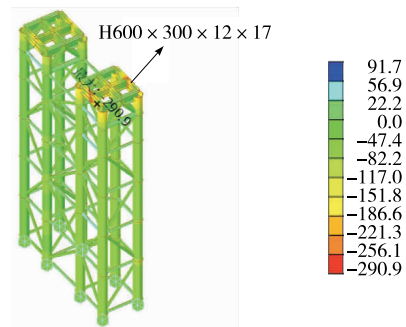


图15 支承转换后千斤顶下部钢平台应力(单位:MPa)

验算结果见图16~19。由图16~19可知:中跨支墩卸载后,钢桥中跨最大竖向变形为-175.1 mm,钢桥最大杆件应力为100.1 MPa;边跨支墩卸载后,钢桥中跨最大竖向变形为-189.8 mm,钢桥最大杆

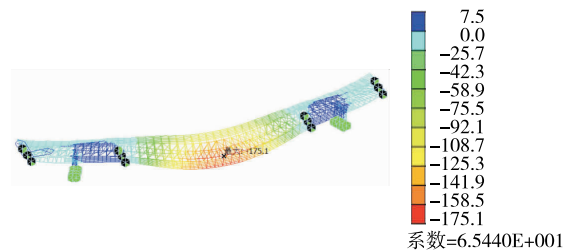


图16 中跨支墩卸载后钢桥竖向变形(单位:mm)

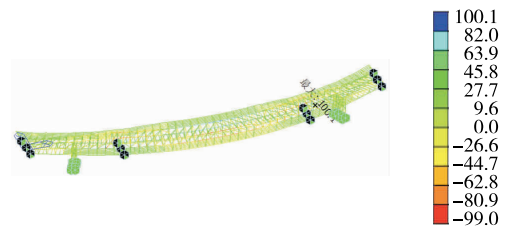


图17 中跨支墩卸载后钢桥应力(单位:MPa)

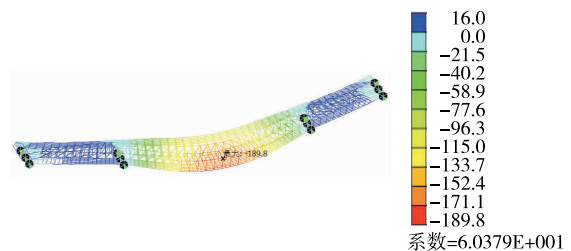


图18 边跨支墩卸载后钢桥竖向变形(单位:mm)

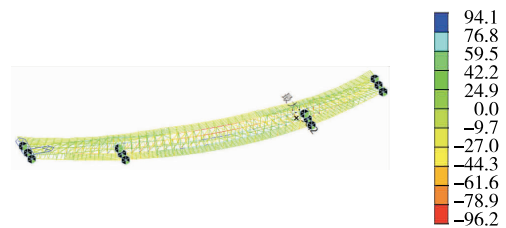


图19 边跨支墩卸载后钢桥应力(单位:MPa)

(下转第139页)

30.343 °C

$$\tau_f = -0.022\ 7 \times 30.343 + 1.493\ 1 = 0.804\ \text{MPa}$$

$$\tau_R = \tau_f / K_t = 0.804 / 1.2 = 0.67\ \text{MPa}$$

隧道中部的温度变化不大,故其温度场对路面结构层产生的温度疲劳破坏相对较小。当沥青路面面层厚度为 8 cm 时,  $\tau_a = 0.296\ 5\ \text{MPa} < \tau_R = 0.67\ \text{MPa}$ ,隧道中部沥青路面面层厚度宜采用 8 cm。

#### 4 结论

(1) 层间状态为完全连续时层间剪应力较大,水泥砼板厚度、基层板厚度对层间最大剪应力的影响较小。

(2) 沥青面层厚度逐渐增加,则层间最大剪应力逐渐降低。沥青路面设计时,可通过适当增加沥青面层厚度来减小层间剪应力,使路面更耐久。

(3) 隧道进出口与中部因温度场不同,层间剪应力有较大差别,进出口与中部沥青面层的设计厚度应不同。一般情况下,隧道中部沥青面层厚度可比进出口处的小 2 cm 左右。

#### 参考文献:

- [1] 李英涛.老山隧道路面型式选择及结构设计研究[D].南京:东南大学,2006.

- [2] 马磊,王航,刘江,等.隧道进出口过渡段及其长度[J].中外公路,2013,33(3).
- [3] 黄优,刘朝晖,李盛,等.不同层间结合状态下刚柔复合式路面的剪应力分析[J].公路交通科技,2015,32(6).
- [4] 刘朝晖.连续配筋混凝土刚柔复合式沥青路面研究[D].长沙:长沙理工大学,2007.
- [5] 刘朝晖,黄优,李盛.层间结合状态对刚柔复合式路面剪应力的影响分析[J].公路,2015(1).
- [6] 兰光欣,孙湘俊.公路隧道路面结构设计及施工[J].公路与汽运,2008(1).
- [7] 李盛.连续配筋混凝土复合式沥青路面结构厚度研究[D].长沙:长沙理工大学,2010.
- [8] 刘朝晖,林佛光,华正良.连续配筋混凝土复合式沥青路面温度应力分析[J].交通科学与工程,2009,25(1).
- [9] JTG D70—2004,公路隧道设计规范[S].
- [10] 刘静.凿毛台车在复合式路面界面处治中的应用研究[J].公路与汽运,2017(4).
- [11] 陈明,肖杰,杨和平,等.旧水泥砼路面加铺沥青层的三维有限元分析[J].公路与汽运,2018(4).
- [12] 张草原.基于环境因素的隧道沥青路面抗滑性能研究[D].重庆:重庆交通大学,2017.
- [13] 袁明,凌天清,张睿卓,等.复合式路面层间剪应力分析[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2011,30(6).

收稿日期:2018—06—23

(上接第 124 页)

件应力为 -96.2 MPa。杆件应力均小于钢材的强度设计值 270 MPa。

#### 4 结论

(1) 根据桥梁施工方案,钢桥共设置 4 组临时支墩,其中中跨 2 组、两边跨各 1 组。卸载完成后,中跨竖向变形最大达 215 mm。

(2) 支承转换后,钢桥整体杆件最大应力为 -79.9 MPa,千斤顶处钢桥下弦杆最大应力为 -63.8 MPa,均小于钢材的强度设计值 270 MPa;千斤顶处钢平台(H600×300×12×17)的最大应力为 -290.9 MPa,小于钢材(Q345 材质)的强度设计值 310 MPa。

(3) 中跨支墩卸载后,钢桥中跨最大竖向变形为 -175.1 mm,钢桥最大杆件应力为 100.1 MPa;边跨支墩卸载后,钢桥中跨最大竖向变形为 -189.8 mm,钢桥最大杆件应力为 -96.2 MPa。杆件应力均小于钢材的强度设计值 270 MPa。

#### 参考文献:

- [1] 邵旭东.桥梁工程[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [2] JTG D62—2012,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [3] 范立础.预应力混凝土连续梁桥[M].北京:人民交通出版社,1997.
- [4] 潘峰.新型钢连梁控制结构抗震性能研究[D].南宁:广西大学,2004.
- [5] 潘志明.新型组合连梁控制结构抗震性能研究[D].南宁:广西大学,2007.
- [6] 徐冬晓.钢桁架连梁抗震性能试验研究[D].南宁:广西大学,2008.
- [7] 邓志恒,胡强,潘志明,等.钢桁架连梁耗能性能试验研究及损伤分析[J].自然灾害学报,2009,18(6).
- [8] 陆振华,鄧才富.钢桁架人行桥空间受力特征探讨[J].城市道桥与防洪,2010(11).
- [9] 裴现伟.一种新型组合结构在桥梁工程中的应用[J].公路与汽运,2018(1).

收稿日期:2018—07—05