

文章编号: 1674—8247(2020)06—0058—05

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.06.011

## 节间纵梁支座更换对钢桁梁上轨道的影响研究

徐 浩 乔建春 林红松 蔡文锋

(中铁二院工程集团有限责任公司,成都 610031)

**摘 要:**为研究孟加拉帕德玛大桥节间纵梁支座更换对桥上轨道受力的影响,本文通过建立轨道-桥梁一体化计算模型,分析了连续钢桁梁桥下横梁两侧节间纵梁顶升高度和扣件松开范围对桥上无砟轨道系统受力的影响规律。结果表明:(1)钢轨和扣件系统受力随顶升高度的增大而增大;(2)在相同的顶升高度下,随着扣件松开个数的增大,钢轨和扣件系统受力减小;(3)节间纵梁顶升高度大于1 mm且不松开扣件,扣件系统所受上拔力超过20 kN;(4)节间纵梁顶升10 mm,下横梁上扣件全部松开,同时伸缩缝左右两侧各松开1个扣件,此时扣件上拔力为3.2 kN;(5)考虑养护维修方便,建议节间纵梁支座更换时,节间纵梁顶升高度10 mm,并松开下横梁上全部扣件及伸缩缝左右两侧各1个扣件。本研究成果可为大跨连续钢桁梁桥上节间纵梁支座更换提供参考。

**关键词:**连续钢桁梁桥;节间纵梁;支座;无砟轨道;扣件

**中图分类号:**U213.5<sup>+</sup>3

**文献标志码:**A

58

## Study on the Influence of the Replacement of Intersegment Longitudinal Beam Support on the Track on Steel Truss Beam

XU Hao QIAO Jianchun LIN Hongsong CAI Wenfeng

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

**Abstract:** In order to study the influence of replacement of intersegment longitudinal beam support of Padma Bridge in Bangladesh on the stress of the track on the bridge, this paper analyzes the influence law of the jacking height of intersegment longitudinal beam on both sides of the lower beam of the continuous steel truss bridge and the loosening range of fasteners on the stress of ballastless track system on the bridge by establishing the integrated calculation model of track and bridge. The results show that: (1) The stress of rail and fastener system increases with the increase of jacking height. (2) Under the same jacking height, with the increase of the number of fasteners loosened, the stress of rail and fastener system decreases. (3) When the jacking height of the intersegment longitudinal beam is greater than 1 mm and the fastener is not loosened, the uplift force on the fastener system exceeds 20 kN. (4) When the intersegment longitudinal beam is lifted up to 10 mm, all fasteners on the lower beam are loosened, and 1 fastener is loosened on the left and right sides of the expansion joint at the same time, the uplift force on the fastener is 3.2 kN. (5) Considering the convenience of maintenance, it is suggested that when the support of intersegment longitudinal beam is replaced, the jacking height of intersegment longitudinal beam should be 10 mm, and all fasteners on the lower beam and 1 fastener on

收稿日期:2020-06-15

作者简介:徐浩(1989-),男,高级工程师。

基金项目:中国科协青年人才托举工程项目(2019QNRC001);中铁二院科技开发计划(KYY2017055(17-20))

引文格式:徐浩,乔建春,林红松,等.节间纵梁支座更换对钢桁梁上轨道的影响研究[J].高速铁路技术,2020,11(6):58-62.

XU Hao, QIAO Jianchun, LIN Hongsong, et al. Study on the Influence of the Replacement of Intersegment Longitudinal Beam Support on the Track on Steel Truss Beam [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(6):58-62.

the left and right sides of expansion joint should be loosened. The research results can provide a reference for the replacement of the upper intersegment longitudinal beam support of long-span continuous steel truss bridge.

**Key words:** continuous steel truss bridge; intersegment longitudinal beam; support; ballastless track; fastener

近年来,随着我国山区铁路的建设和发展,出现了大量新型特殊桥梁结构,如拱桥、斜拉钢桁梁桥、大跨度连续钢桁梁桥等。由于铁路面临气温变化大、日温差大、日照时间长、太阳辐射强等复杂服役环境,桥梁橡胶支座容易发生老化损坏<sup>[1-2]</sup>,因此需通过定期更换支座来保证铁路的运营安全。更换支座需顶升桥梁<sup>[3]</sup>,必然会对桥上轨道结构产生影响,尤其是当桥上铺设无砟轨道无缝线路时,支座更换将产生较大的钢轨应力,研究桥梁支座更换对桥上无砟轨道的影响十分必要。

目前,关于桥梁支座更换对桥上轨道影响的研究较少,闵子权<sup>[4-5]</sup>等人通过建立轨道-桥梁一体化力学模型,分析了连续箱梁更换桥梁支座对钢轨受力的影响,并提出了更换支座的扣件松开范围。高常亮<sup>[6]</sup>根据不同桥梁顶升的方法,建立了桥上无缝线路三维力学模型,研究了连续梁和简支桥梁顶升对轨道的影响,提出了桥梁更换支座的顶升方式和扣件松开范围。宋福<sup>[7]</sup>等人研究了简支箱梁支座更换对 CRTS II 型板式无砟轨道的影响,提出为避免对桥上轨道系统造成不利影响,施工顶升高度应控制在 5 mm 以下。上述研究主要针对混凝土简支梁和连续梁,目前仍未有针对大跨度连续钢桁梁桥上节间纵梁支座更换对桥上轨道影响的研究。

本文通过建立轨道-桥梁一体化计算模型,研究了节间纵梁顶升高度及扣件松开范围对轨道系统受力的影响规律,提出了孟加拉帕德玛大桥节间纵梁支座更换扣件松开范围的建议,可为相关工程的养护维修提供参考。

## 1 工程概况

孟加拉帕德玛大桥铁路连接线为客货共线铁路,货车最大轴重为 25 t。该线的重点控制工程孟加拉帕德玛大桥为(6×150) m 一联的大跨度连续钢桁梁桥,每 150 m 由 8 个节间组成,每个节间长 18.75 m,节间纵梁长 15.9 m,下横梁宽 2.8 m。节间纵梁通过牛腿支撑在下横梁上,节间纵梁与牛腿之间设置橡胶支座。孟加拉帕德玛大桥的节间纵梁及支座布置如图 1 所示。帕德玛大桥为公铁两用桥,上层为公路,下层为铁路。由于铁路运营环境复杂,节间纵梁下的橡胶支座

需定期更换。节间纵梁支座更换时,需顶升节间纵梁。根据桥梁的设计方案,拟在下横梁左右两侧同时顶升节间纵梁,节间纵梁最大顶升高度为 10 mm。孟加拉帕德玛大桥下横梁及节间纵梁上设有桥面板,桥面板为预制结构,长 2 m 左右,桥面板通过剪力钉与下横梁和节间纵梁连接。孟加拉帕德玛大桥在无砟轨道设计时已开工建设,受结构高度、轨道二期恒载的限制,桥上拟采用道床板与桥面板相结合的长枕埋入式无砟轨道结构<sup>[8]</sup>,每个节间上轨道结构布置如图 2 所示。

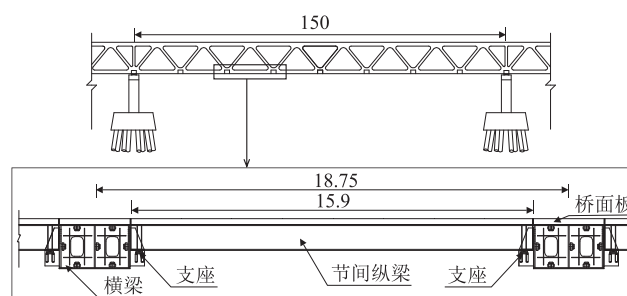


图1 节间纵梁及支座布置图(m)

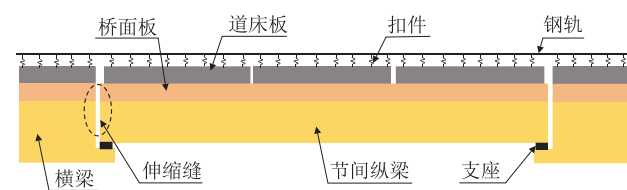


图2 每个节间上轨道结构布置示意图

## 2 轨道系统受力分析

### 2.1 计算模型

由于孟加拉帕德玛大桥桥上采用道床板与桥面板相结合长枕埋入式无砟轨道结构,长枕埋入式无砟轨道的道床板与桥面板之间采用 4 列“门型钢筋”加强连接,可视为刚性连接,桥梁的微小变形将直接作用于无砟轨道的扣件系统<sup>[9-10]</sup>。为此,本文将桥梁和长枕埋入式无砟轨道的道床结构等效为一个整体,计算模型如图 3 所示。

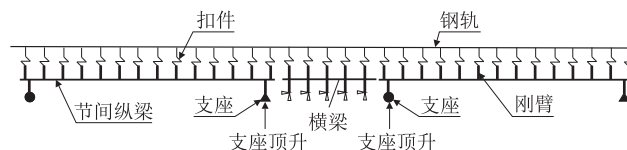


图3 计算模型图

模型中,钢轨及等效桥梁均以中性轴位置建立,用刚臂单元模拟等效桥梁上、下翼缘距中性轴的距离。钢轨采用点支撑的梁单元模拟,扣件的垂向变形采用非线性弹簧单元模拟,弹簧间距为扣件节间间距,非线性弹簧的曲线采用扣件刚度曲线。孟加拉帕德玛大桥的下横梁固定,通过约束下横梁的纵横向位移来模拟。为消除模型边界条件对计算结果的影响,在模型两端分别建立100 m长的钢轨,钢轨通过扣件连接,并约束扣件下部节点的纵横向位移。

## 2.2 计算参数

桥上无砟轨道钢轨采用UIC60钢轨,截面积为 $76.70\text{ cm}^2$ ,截面惯性矩为 $3038.3\text{ cm}^4$ 。扣件采用WJ-12型扣件系统,初始扣压力为20 kN,单个弹条刚度取 $1\text{ kN/mm}$ ,胶垫刚度取 $50\text{ kN/mm}$ 。节间纵梁上

无砟轨道扣件间距 $0.61\text{ m}$ ,横梁上扣件间距 $0.57\text{ m}$ 。等效桥梁的截面积为 $2.172\text{ m}^2$ ,截面惯性矩为 $4.281\text{ m}^4$ ,等效桥梁中心线距上翼缘的高度为 $1.112\text{ m}$ ,距下翼缘的高度为 $0.448\text{ m}$ 。

## 2.3 计算工况及判断标准

本文主要研究了顶升高度和扣件松开范围对桥上轨道系统受力的影响规律。更换支座时,支座处节间纵梁的最大顶升高度为 $10\text{ mm}$ 。研究顶升高度对桥上轨道系统受力的影响时,假定不松开扣件,节间纵梁的顶升高度分别取为 $1\text{ mm}$ 、 $2\text{ mm}$ 、 $3\text{ mm}$ 、 $5\text{ mm}$ 和 $10\text{ mm}$ ;研究扣件松开范围对桥上轨道系统受力的影响时,假定节间纵梁的顶升高度为 $10\text{ mm}$ ,扣件松开范围示意图如图4所示。

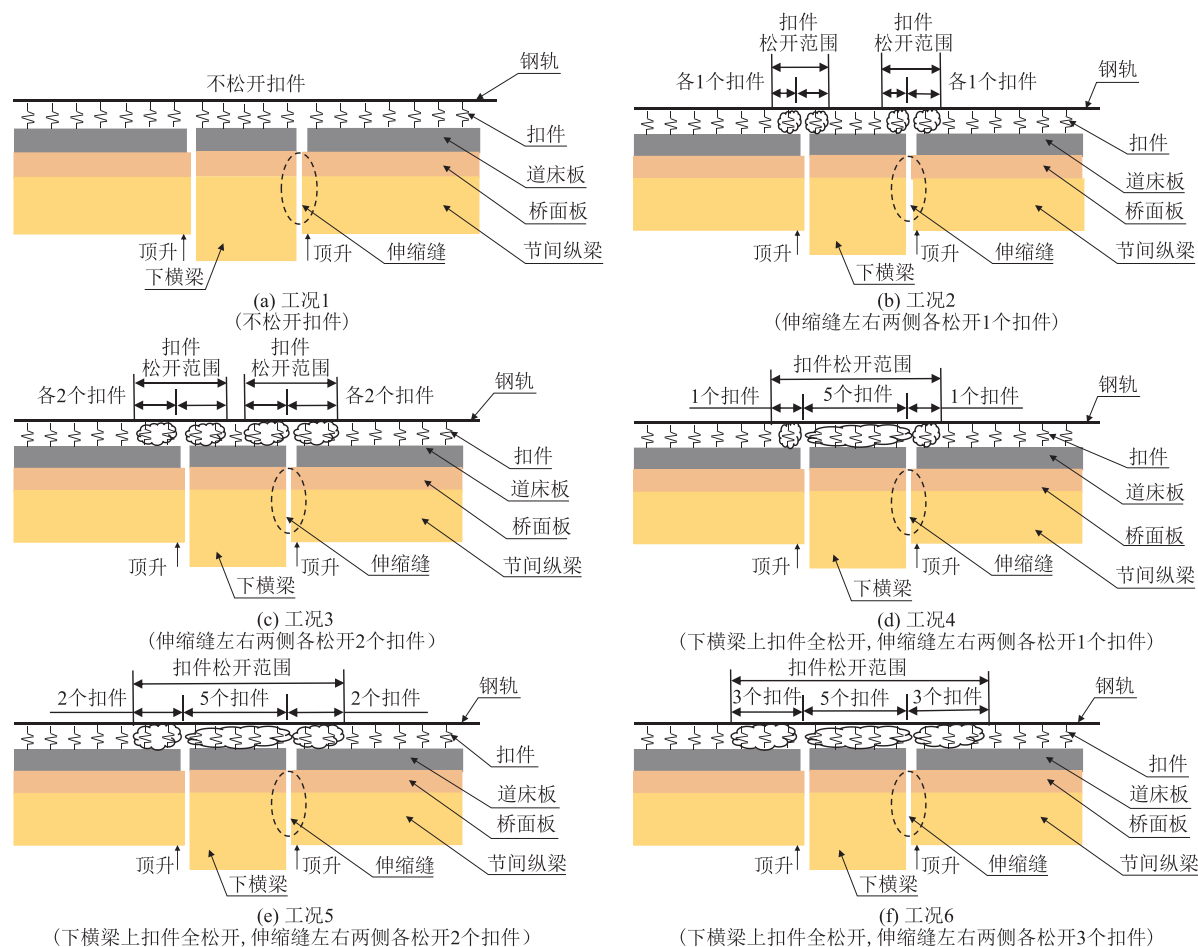


图4 不同扣件松开范围图

确定不同工况下节间纵梁支座更换时的顶升高度限值,应从钢轨强度和扣件受力两方面判断:(1)顶升节间纵梁时产生的钢轨应力不得大于钢轨的屈服强度;(2)扣件的上拔力不得超过WJ-12扣件系统的扣压力。

## 3 支座更换对轨道的影响

### 3.1 顶升高度对轨道的影响

当在下横梁左右两侧同时顶升节间纵梁且不松开扣件系统更换支座时,不同顶升高度下扣件和钢轨的

受力如图5所示。

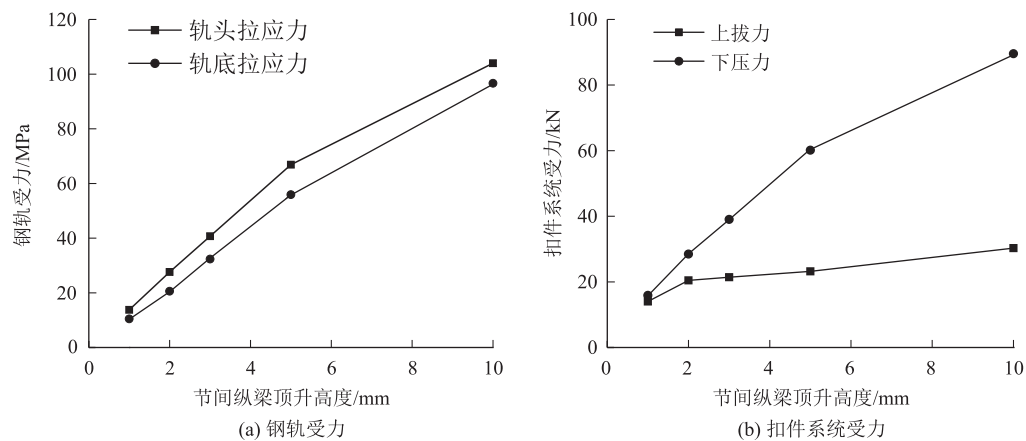


图5 不同顶升高度下轨道系统受力图

从图5可以看出,当下横梁左右两侧同时顶升且不松开扣件时,钢轨应力和扣件系统受力均随节间纵梁顶升高度的增大而增大。当节间纵梁顶升1 mm时,钢轨的轨头拉应力和轨底拉应力分别为13.78 MPa和10.45 MPa,扣件系统所受上拔力和下压力分别为14.02kN和15.90 kN;当节间纵梁顶升10 mm时,钢轨的轨头拉应力和轨底拉应力分别为103.99 MPa和96.63 MPa,扣件系统所受上拔力和下压力分别为30.29 kN和89.56 kN,钢轨轨头拉应力和轨底拉应力分别增大了6.54倍和8.25倍,扣件系统所受上拔力和下压力分别增大了1.16倍和4.63倍。当下横梁附近不松开扣件且节间纵梁顶升2 mm时,扣件系统所受上拔力为20.47 kN,超过WJ-12型扣件系统的扣压力(为20 kN),易造成扣件系统破坏。因此,当同时顶升横梁左右两侧的节间纵梁且不松开扣件更换支座时,节间纵梁抬升高度不应大于1 mm。

3.2 扣件松开范围的影响

当下横梁伸缩缝附近左右两侧松开扣件,且节间纵梁同时顶升10 mm时,不同扣件松开范围下扣件和钢轨受力如表1所示。

表1 不同扣件松开范围下轨道系统受力表

计算 工况	钢轨		扣件	
	轨头拉应力 /MPa	轨底拉应力 /MPa	上拔力 /kN	下压力 /kN
工况1	103.99	96.63	30.29	89.56
工况2	92.09	90.24	21.81	56.64
工况3	50.52	54.95	24.92	26.88
工况4	6.28	9.68	3.2	3.9
工况5	4.56	9.68	3.2	3.9
工况6	4.25	9.68	3.2	3.9

由表1可知,随着扣件松开范围的增大,钢轨应力

和扣件的下压力逐渐减小,扣件所受拉力先减小后增大,再急剧减小而后基本不变,这说明顶升节间纵梁更换支座对扣件系统的受力影响范围有限。当在下横梁左右两侧同时顶升节间纵梁时,下横梁上扣件系统承受拉力。当伸缩缝左右两侧各松开2个扣件(工况3)时,下横梁上仍有1个扣件承受拉力,故扣件所受上拔力增大。当下横梁上扣件全部松开,且抽掉胶垫时,承受上拔力和下压力的扣件系统均位于节间纵梁上,故扣件所受上拔力和下压力基本不变。

当节间纵梁单侧顶升10 mm,伸缩缝左右两侧各松开1个或2个扣件时,扣件系统所受的上拔力和下压力分别为21.81 kN和24.92 kN,超过WJ-12型扣件系统的扣压力。当下横梁上扣件系统全部松开,且伸缩缝左右两侧各松开1个扣件,并抽掉橡胶垫板时,扣件所受上拔力仅为3.2 kN,钢轨所受拉应力为9.68 MPa,远小于WJ-12型扣件系统的扣压力和钢轨允许应力。

控制扣件松开范围及顶升高度的因素是扣件上拔力,考虑到无缝线路的稳定性,扣件松开范围不宜过大。因此,本文针对伸缩缝左右各松开1个扣件(工况2)、伸缩缝左右各松开2个扣件(工况3)和下横梁上松开5个扣件、伸缩缝左右各松开1个扣件(工况4)等工况,研究了不同顶升高度对扣件上拔力的影响,如图6所示。

从图6可以看出,当下横梁伸缩缝附近左右两侧同时松开扣件时,扣件上拔力随节间纵梁顶升高度的增大而增大。对于工况2和工况3,当顶升高度达到8 mm时,扣件上拔力分别为21.05 kN和20.24 kN,超过WJ-12型扣件系统的扣压力。对于工况4,当顶升



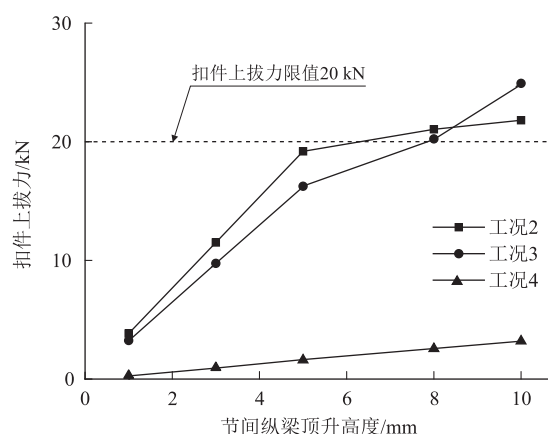


图6 不同工况下扣件上拔力图

高度达10 mm时,扣件上拔力仅为3.2 kN,远小于扣件系统的扣压力。

综上所述,为保证轨道系统受力安全及养护维修便利,若采用下横梁两侧同时顶升节间纵梁的方法更换支座,建议节间纵梁顶升10 mm,下横梁上扣件系统全部松开,且伸缩缝左右两侧各松开1个扣件。

## 4 结论

本文针对孟加拉帕德玛大桥建立了轨道-桥梁一体化计算模型,研究了大跨连续钢桁梁桥节间纵梁支座更换对桥上轨道系统的影响,得出以下结论:

(1)同时顶升下横梁两侧节间纵梁时,钢轨和扣件系统受力随顶升高度的增大而增大;在相同的顶升高度下,随扣件系统松开个数的增加,钢轨和扣件系统受力减小。

(2)若不松开扣件,同时顶升下横梁两侧节间纵梁,顶升高度大于1 mm时,扣件系统所受上拔力超过其扣压力限值,因此采用不松开扣件系统更换节间纵梁支座时,节间纵梁顶升高度不应大于1 mm。

(3)更换桥梁支座节间纵梁顶升10 mm时,为保证轨道系统受力满足要求,扣件松开范围应为下横梁上5个扣件全松开,且伸缩缝左右两侧各松开1个扣件。

## 参考文献:

[1] 韩倩,王健.城市轨道交通桥梁支座更换施工技术探讨[J].北京建筑大学学报,2015,31(1):42-46.  
HAN Qian, WANG Jian. Brief Analysis of Construction Technology of Bridge Bearing for Urban Rail Transit [J]. Journal of Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2015, 31(1): 42 -

46.

- [2] 田春香,熊维.成绵乐铁路无砟轨道结构设计与思考[J].铁道工程学报,2016,33(3):23-28.  
TIAN Chunxiang, XIONG Wei. The Design and Consideration of Ballastless Track Structure for Chengdu-Mianyang-Leshan Railway PDL[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2016, 33(3): 23 - 28.
- [3] 孙武鹏.高速铁路桥梁支座更换整治技术的探讨[J].上海铁道科技,2015(1):62-64.  
SUN Wupeng. Discussion on Replacement and Renovation Technology of High Speed Railway Bridge Bearing [J]. Shanghai Railway Science & Technology, 2015(1): 62 - 64.
- [4] 闫子权,谷爱军.城市轨道交通桥梁更换支座对桥上无缝线路的影响[J].山西建筑,2008,34(30):31-32.  
YAN Ziquan, GU Aijun. The Influencing of Urban Orbit Bridge Renewal Bearing on the Seamless Circuit [J]. Shanxi Architecture, 2008, 34(30): 31 - 32.
- [5] 闫子权,谷爱军.城轨桥梁更换支座对桥上无缝线路的影响[J].都市快轨交通,2008,21(5):48-52.  
YAN Ziquan, GU Aijun. Effects of Replacing the Bearings of Urban Railway Viaduct on Continuous Welded Rail [J]. Urban Rapid Rail Transit, 2008, 21(5): 48 - 52.
- [6] 高常亮.城市轨道交通桥梁更换支座对轨道结构影响分析[D].北京:北京交通大学,2009.  
GAO Changliang. Effects of Replacing the Bearings of Urban Railway Viaduct on the Track Structure [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2009.
- [7] 宋福,石秋君,班新林,等.高速铁路简支箱梁盆式橡胶支座更换方法研究[J].铁道建筑,2014,54(7):34-37.  
SONG Fu, SHI Qiujun, BAN Xinlin, et al. Tong Jiaming. Study on Replacement Method of Simply Supported Box Girder Rubber Bearing in High-speed Railway [J]. Railway Engineering, 2014, 54(7): 34 - 37.
- [8] 徐浩,林红松,代丰,等.孟加拉帕德玛大桥无砟轨道结构型式适应性分析[J].高速铁路技术,2018,9(4):30-34.  
XU Hao, LIN Hongsong, DAI Feng, et al. Structural Adaptability Analysis of Ballastless Track on Bangladesh Padma Bridge [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(4): 30 - 34.
- [9] 徐浩,林红松,田春香,等.重载铁路无砟轨道单侧梁端转角限值研究[J].铁道工程学报,2017,34(10):39-43.  
XU Hao, LIN Hongsong, TIAN Chunxiang, et al. Limit Value Research on the Single Angles of Rotation at Bridge End of Heavy Haul Railway Ballastless Track [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2017, 34(10): 39 - 43.
- [10] 田春香.坡度对连续梁桥梁端扣件上拔力的影响研究[J].铁道工程学报,2015,32(11):62-67.  
TIAN Chunxiang. Research on the Influence of Bridge Slope on Uplift Force of the Fasteners at Continuous Beam Ends [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2015, 32(11): 62 - 67.