

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2021.06.052

繁忙干道改造上跨铁路咽喉区桥梁顶推施工技术

李学超

(中铁二十四局集团上海铁建工程有限公司, 上海市 200070)

摘要: 北横通道新建二期工程位于上海市中心城区, 为城市繁忙干道改造跨越铁路咽喉区的关键节点工程, 共跨越八条铁路股道及地铁3、4号线。项目施工影响因素极为复杂, 安全要求高。桥梁采用单拱面下承式拱桥结构型式, 钢梁钢拱。采用步履式顶推方式进行施工, 在铁路及轨道交通运营的天窗点进行顶推作业。阐述了桥梁顶推方案设计与计算分析、实施过程及安全控制等内容, 可供类似工程借鉴。

关键词: 铁路; 轨道交通; 咽喉区; 步履式顶推; 方案设计; 施工技术

中图分类号: U445.462

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2021)06-0199-05

1 工程概况

北横通道工程天目路立交跨铁路项目, 跨越上海站机务段、京沪线共八条机走线及地铁三、四号线(地面敷设)。本工程主要施工内容为拆除既有南北高架人行道(箱梁挑臂部分切除), 新建FB辅道、ZB匝道并与既有南北高架桥拼接, 线路在铁路南侧合并, 采用整幅1-76.1 m钢拱桥跨越铁路咽喉区。桥梁在铁路南侧组拼焊接成桥后, 采用步履式顶推法顶推落位^[1,2]。桥梁周边环境见图1。

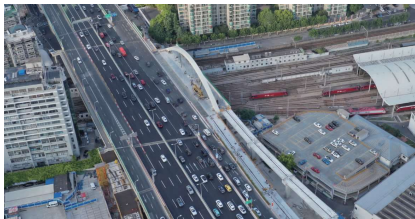


图1 桥梁周边环境

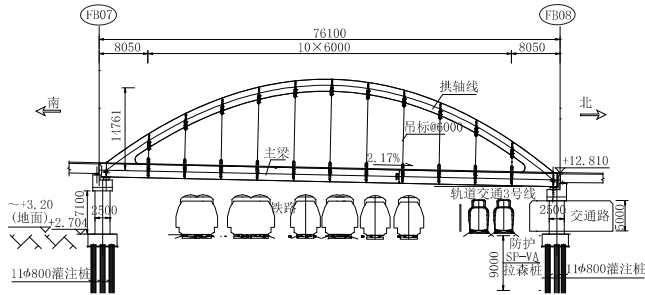
2 桥梁总体布置

跨铁路桥梁为单拱面下承式钢拱桥, 钢梁钢拱, 桥梁全长76.1 m。拱肋矢高14.761 m, 矢跨比1/5, 桥宽16.75 m。桥梁总体布置见图2。

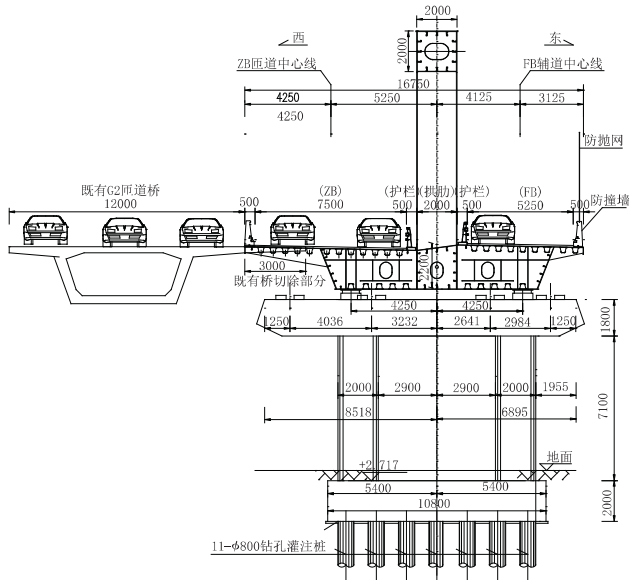
如图2所示, 新建拱桥西侧为既有30 m+47 m+30 m混凝土连续梁, 将其挑臂(原人行道)切除3 m后与拱桥通过拼接缝形成一体。

3 工程特点及重难点

桥梁位于上海繁忙的南北高架旁, 上跨铁路及



(a) 桥梁立面布置图



(b) 桥梁断面布置图

图2 跨铁路钢拱桥总体布置图(单位:mm)

城市轨道交通咽喉区, 铁路尤其是轨道交通运行繁忙, 桥梁施工安全风险极大。FBP07#、FBP08#桥墩施工为邻近营业线施工, 临时墩施工、钢梁顶推施工及其附属施工为营业线施工, 钢梁顶推需要停电封锁。由于顶推需要在股道间架设一座临时墩, 该临时墩的施工也会给铁路运营造成较大的影响。本工程上

收稿日期: 2020-12-31

作者简介: 李学超(1985—), 男, 本科, 工程师, 从事城市及铁路路桥工程施工管理工作。

海局集团公司管内第一次跨“双铁”(国铁、地铁)的涉铁工程,跨铁路钢拱桥的架设是本工程的重难点工程。

4 步履式顶推施工方案

4.1 总体施工方案

钢拱肋及钢箱梁首先在钢结构厂加工,运输至施工现场,在铁路南面组拼、焊接成桥后整体连续多点步履式顶推法将桥梁顶推跨越铁路至设计位置。钢拱桥节段划分示意图见图3。

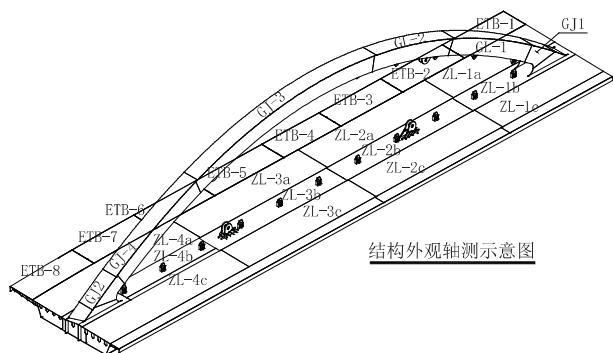


图3 钢拱桥节段划分示意图

组拼在临时墩组成的支架上完成,临时墩上布置了多台顶推设备。整座桥梁顶推重量近1250 t。顶推施工顺序主要为:架设拼装平台;钢梁、钢拱节段组拼成桥;顶推;落梁;吊杆张拉;附属施工。顶推施工总体布置见图4。

4.2 顶推设备

步履式顶推装置自成一体,施工步骤可概括为“顶、推”两步。竖向千斤顶将主梁向上顶起,水平千斤顶顶推滑块,滑块带动主梁前移,竖向千斤顶回落,将主梁落于垫梁上,滑块脱离箱梁梁底,一个顶推行程循环完毕^[3]。步履式顶推可以适应不同桥型不同线形变化的施工要求,采用全液压系统驱动,整机体积小、重量轻,控制比较平稳,液压保护齐全,有可靠的安全性。

相比拖拉式而言,步履式顶推工法通过液压电器控制,同步性和精度更易保证;能较好地控制墩顶所

受水平力(特别是改用步履式多点顶推时);竖向调整便捷,当局部箱梁应力超限时,可通过调整竖向千斤顶伸缩量控制各支点反力。

4.3 顶推的主要难点

结合本桥的结构形式及环境特点,步履式顶推施工主要有以下难点:

(1)系杆拱桥跨越多条铁路及地铁线路,对于施工进度和施工安全性要求高。

(2)最多时须18套顶推设备同步施工,对系统同步控制精度要求高。

(3)需严格控制临时支墩上承受的水平载荷。

(4)系杆拱桥底部结构受力局限性大,要求顶推设备只能将支承载力施加到系杆拱桥腹板上,且顶推设备应具有高精度的支反力调节功能。

前期对顶推的总体方案进行了较为详细的比选论证,原设计方案采用接应墩不受力的方案,优化后采用临时墩受力的方案。优化方案缩短了顶推跨度,提高了抗倾覆安全系数,取消了钢梁后导梁及压重,简化了施工步骤,确保了既有铁路线的正常运营。优化方案在反力、挠度、配重、抗倾覆、用钢量及施工周期等方面都优于初始方案,最终得以采纳并作为实施方案。

5 顶推临时结构设计

临时结构包括:设备平台、临时墩、导梁等。

5.1 顶推平台与临时墩设计

顶推支墩既作为钢拱桥组拼的平台,又作为顶推时的滑动平台,需在支墩平台上布置钢梁滑移系统及导向装置。

铁路南侧钢拱桥顶推支墩平台沿桥梁轴线布置在FBP03#~07#墩之间,总长110 m;北侧顶推支墩布置于FBP08#主墩旁,顶推最大悬臂跨度为50 m。

根据道路线形需要,本桥的竖曲线为单坡,为了保证顶推的平顺、安全,采用水平顶推,各个顶推平台做成标高一致,根据FBP07#墩钢梁底设计标高作

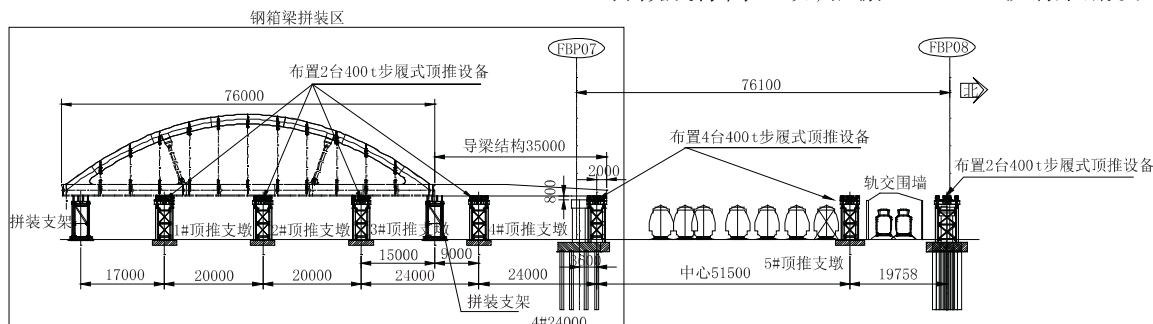


图4 顶推总体布置图(单位:mm)

为顶推平台基准标高。顶推到位后进行落梁,FBP08#墩位置钢梁降落1.798 m达到设计标高。

临时墩共有4种形式,其中位于铁路股道中间的5#顶推临时支墩最为关键,其设置的目的是为了减小顶推的最大悬臂长度。该临时墩距离安全线外钢轨中心线1.88 m,距离轨道交通三、四号线围墙最小仅为0.5 m,临时墩体系与系杆拱钢桥横桥向斜交18°,构造断面见图5。

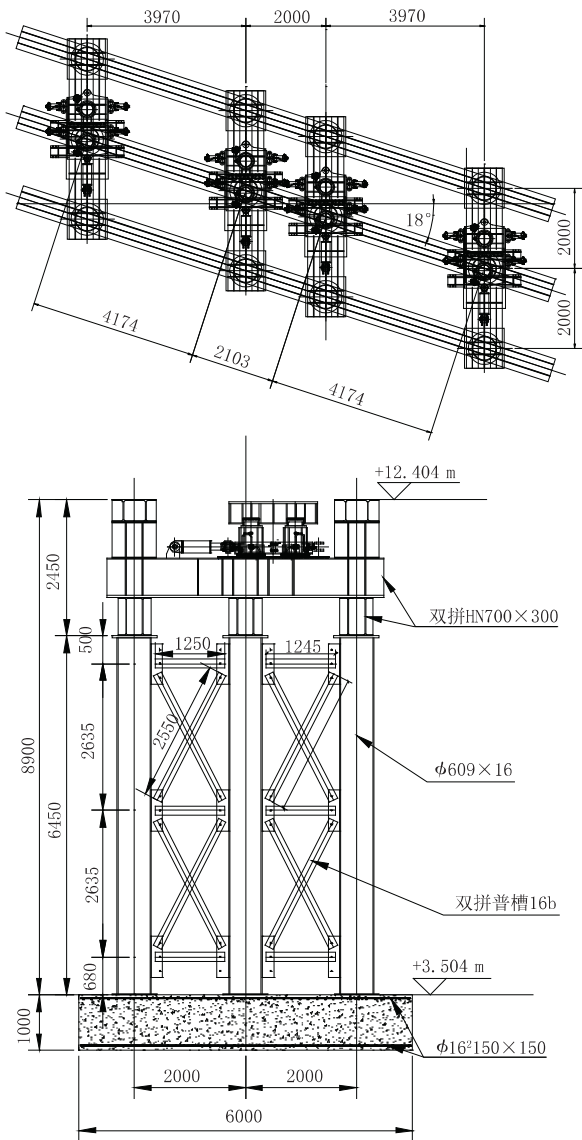


图5 临时墩构造(5#顶推支墩)(单位:mm)

5.2 导梁

在钢箱梁前端安装由型钢组成的钢导梁。前导梁全长35 m,分2节,第一节长17 m,第二节长18 m。导梁与钢梁、导梁节段间采用高强螺栓连接。导梁由钢板加工成工型,两工型截面中心间距2 m,通过横向桁架连接。由根部向前,上下翼缘板厚度由30 mm、25 mm、20 mm变化,宽度由900 mm、600 mm、400 mm变化;腹板由20 mm、16 mm变化;梁高由2.2 m渐

变至2.0 m;钢导梁腹板设置竖向和纵向加劲肋,板厚采用14 mm两种,横向加劲肋间距2.0 m左右,纵向加劲肋共设置上下两层,板厚采用14 mm,距离翼缘板0.5 m。整套前导梁重约65 t。

6 顶推施工步骤及受力分析

6.1 顶推施工步骤

桥梁顶推过程及步骤主要如下:

- (1)临时支墩、支架施工、顶推设备安装;
- (2)组装钢梁、钢拱、导梁;
- (3)模拟前端悬挑50 m危险工况(将4#临时墩和FBP07#桥墩上的顶推设备脱空进行模拟);
- (4)试顶推3 m;
- (5)逐次顶推,直至到达设计位置;
- (6)整体落梁;
- (7)拆除支架及拱肋临时钢支撑,张拉吊杆;
- (8)附属工程施工。

顶推施工每天仅可在凌晨0:30~4:30的铁路及轨道交通停运窗口期内进行,顶推施工过程中的典型工况示意图见图6。

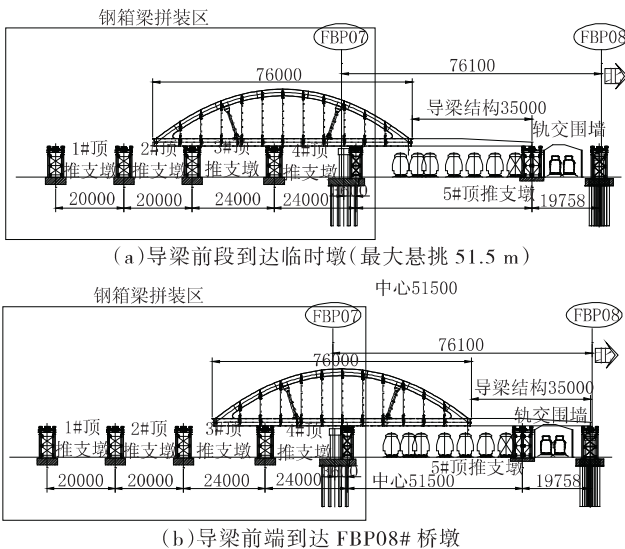


图6 桥梁顶推过程关键步骤示意图(单位:mm)

6.2 顶推过程结构受力分析

针对本项目,顶推过程主要进行了以下计算:

- 顶推过程各千斤顶支点反力计算;
- 主梁、拱肋、导梁等关键部位的挠度计算;
- 主梁、拱肋、导梁强度及稳定性验算,尤其关注顶推支点(腹板)处的局部稳定性验算;
- 导梁强度、稳定性验算,钢导梁两节段间及导梁与主梁螺栓连接计算;
- 顶推工况桥梁顺、横桥向抗倾覆稳定验算;
- 桥墩、临时支墩基础验算、顶推设备验算。

顶推施工计算模型见图7。

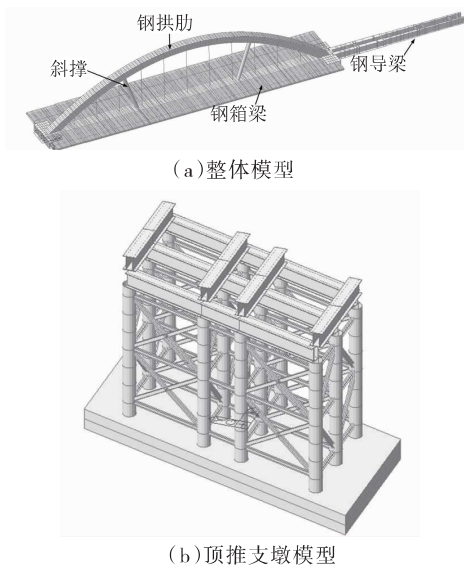


图7 顶推施工计算模型

主要计算结果:

(1)顶推各步骤支反力计算,用于对各临时墩的设计验算。

(2)对顶推过程中结构变形进行计算,如导梁、主梁、拱肋等关键位置,导梁最大下挠220 mm。

(3)主梁(导梁)在顶推施工全过程最大正应力100 MPa,最大剪应力30 MPa,顶推过程中结构强度满足要求。导梁到达5#临时墩前(悬挑51.5 m)弯矩及正应力见图8。施工过程中钢拱桥主梁、拱肋及导梁腹板强度、整体稳定及局部稳定均满足规范要求。

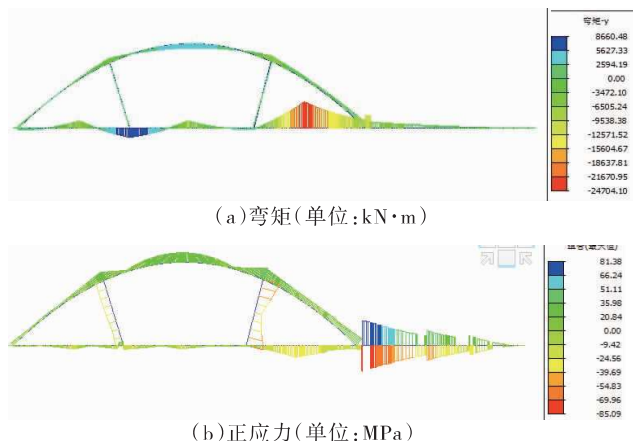


图8 导梁到达5#临时墩前(悬挑51.5m)弯矩及正应力图

(4)抗倾覆稳定验算:主要考虑风荷载作用下的倾覆稳定性,导梁前端达到5#临时墩前出现纵向倾覆可能性最大,此时3#、4#临时墩脱空,倾覆支点为FBP07#桥墩,顺桥向倾覆稳定系数 $12.8 > 1.5$,满足要求。横桥向倾覆稳定系数考虑横向风荷载,按同样方式进行计算,也满足要求。

7 顶推施工要点

7.1 导梁上墩措施及改进

导梁前端到达中间支墩前挠度值的确定对于导梁能否顺利上墩非常关键,若实际挠度比计算值大,则可能需要采取临时顶升等措施。本次顶推前,将导梁前端预抛高350 mm,方便导梁上墩。同时,导梁内嵌长行程液压千斤顶,以防挠度偏大上墩困难时,通过长行程液压千斤顶及竖向千斤顶互换起顶,逐步放置垫板直至导梁前端达到设计高程。

7.2 顶推就位后落梁

桥梁顶推到位后,梁底距支座尚有1.8 m,需要高位落梁,采用小行程循环落梁法落梁。首先拆除顶推机械结构,将设备蘑菇头滑块去掉,利用设备顶升部分先落梁0.5 m,取出墩顶钢垫梁和其他辅助结构,更换为方木垫梁。接下来拆除顶推设备,单独使用顶升千斤顶循环落梁,至梁底距支座0.2 m时,更换为采用400 t三向千斤顶,调整钢箱梁和支座的平面位置,落梁到永久支座上,完成落梁。

7.3 顶推施工注意事项

桥梁在顶推过程中外部约束条件时刻在变,结构受力也一直在变化。应对钢梁挠度、横向位移、梁体的中线偏移、墩顶的水平竖向位移全程观测,确保梁体在允许误差范围内走行。

顶推过程中应对钢导梁标高、螺丝是否有松动、导梁连接处是否有变形、箱梁局部变形等情况随时监测,如有异常立即停止顶推,进行分析处理并采取应对措施。

此外,应注意顶升力、平移力、下降力的变化,若发现顶推力骤升,及时停止并查明原因,特别是检查蘑菇头滑板^[4]。

7.4 涉铁工程施工方案的改进

原设计建议的方案为先切除老桥挑臂、后顶推新桥,后经过研究比选调整了施工顺序,调整为先顶推新桥、后拆除老桥。

由于新建桥梁为钢拱桥,新老桥重叠部分的翼缘板可暂时不拼装,待新建钢桥顶进落位后拆除老桥人行道,在老桥人行道完全拆除、预应力补张拉完后再拼接新建钢桥翼缘板。该做法的优点是可将新建的钢桥作为施工作业平台,不必占用南北高架机动车道,极大地缓解了南北高架的交通压力;吊车在新桥上作业,吊臂可不必再伸向铁路方向,不对铁路构成侵限。既减小了涉铁施工的安全风险,也为后

续在天窗点外拆除老桥创造了条件。

对于防护平台的安装时机,在将钢桥顶进提前到老桥拆除之前的前提下,将防护平台与钢桥设计成一个整体,防护平台与钢桥同步拼装,同时顶进,近老桥侧的钢梁挑臂待顶推完成后再拼装(见图9)。防护平台的施工无须在铁路上方进行,不再受天窗时间限制,可大幅提高施工效率,减小对铁路运营的影响。

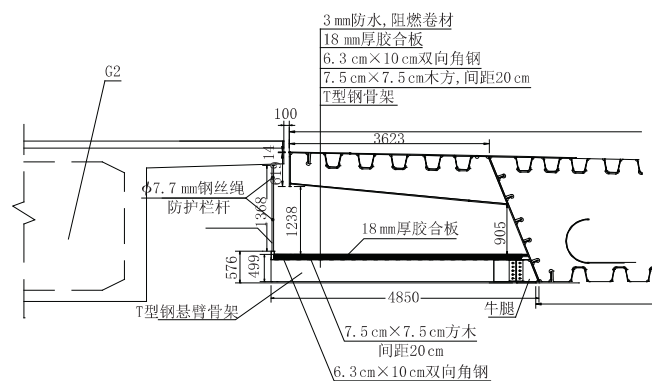


图 9 老桥切割防护平台示意图

6 顶推施工的安全控制措施

本工程跨越铁路咽喉区,施工风险大,对安全控制措施要求极为严格,顶推施工过程主要采取了以下安全控制措施^[5]:

(1)临时结构:为保证顶推临时结构的安全,临时结构的设计应根据施工全过程模拟计算得到的最大支反力进行设计,应考虑足够安全系数。临时结构应由第三方咨询单位进行独立检算。

(2) 全过程的结构受力分析, 落实过程受力安全: 对顶推施工全过程进行计算分析, 验算各工况主梁、拱肋、导梁、临时撑杆的强度、变形、稳定性及连接, 根据计算对永久结构及临时结构进行必要的加强、优化。

(3)智能化施工全过程监控技术的应用:通过采用北斗监测平台智能化监控技术,对顶推过程中主体结构及导梁等临时结构关键受力变形参数进行施工全过程监控,信息化施工,并应严格落实监控指令,确保施工过程的安全,实现设计所要求的成桥受力状态。

(4) 优化工艺,减少桥梁在铁路上方长时间停滞情况的出现:根据顶推过程分析对顶推工艺进行优化,做好应对的措施,避免结构在应力、应变及大悬臂等不利工况的出现,减少停滞时间。

7 结 语

本文以城市繁忙干道跨越铁路咽喉区的单跨系杆拱桥为工程背景,工程施工环境苛刻,包含的施工内容复杂,工程在同类工程中具有很好的代表性。重点介绍了该桥顶推方案设计、施工等关键技术,包括顶推方案设计、施工步骤、顶推过程安全控制等关键方面。通过多次论证,不断优化改进方案,结合施工过程,总结出了一套较为完整的钢拱桥拼装顶推施工技术及相关经验,具备一定的普适性和推广价值,可为类似工程提供一定的借鉴。

参考文献:

- [1] 卞永明, 刘广军. 桥梁结构现代施工技术[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2017.
- [2] 阎永风. 步履式顶推跨铁路钢箱梁施工技术[J]. 铁道建筑技术, 2014(1): 58-62.
- [3] 刘显晖, 张毅, 李海峰, 等. 步履式顶推系统及施工关键技术研究[J]. 装备制造技术, 2016(5): 153-157.
- [4] 翁方文, 田卿, 田飞. 大跨连续钢箱梁桥顶推施工控制技术研究[J]. 公路, 2018(3): 89-92.
- [5] 李兰强. 上跨既有铁路混凝土箱梁顶推施工安全控制技术研究[J]. 铁道建筑技术, 2019(12): 72-76.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴，为您提供平台，携手共同发展！

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com