

预制拼接跨线大跨径钢箱梁不断路快速吊装技术

林自明

北京住总集团有限责任公司市政道桥工程总承包部, 北京 100028

[摘要]通过对预制拼接跨线桥钢箱梁施工过程中, 面临的上部结构断路吊装拼接交通导行审批困难, 而新建导行路进行导行费用高等问题的分析, 研究出了预制拼接跨线桥大跨径箱梁不断路吊装技术, 解决了预制拼接跨线大跨径钢箱梁需要断路吊装的难题, 加快了施工进度, 节约了工程费用, 为桥梁施工领域开辟了一项新的施工技术。

[关键词]跨线桥; 工字钢; 吊装; 制作段; 拼接; 优化

DOI: 10.33142/ec.v5i4.5824

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

Fast Hoisting Technology of Prefabricated Splicing Long-span Steel Box Girder without Circuit Breaker

LIN Ziming

Engineering Procurement Construction Department of Municipal Road and Bridge Project of Beijing Uni-construction Group Co., Ltd., Beijing, 100028, China

Abstract: Based on the analysis of the difficulties in the approval of traffic guidance for open circuit hoisting and splicing of superstructure and the high cost of new guide road in the construction of steel box girder of precast spliced overpass bridge, the non open circuit hoisting technology of long-span box girder of precast spliced overpass bridge is studied, which solves the problem of open circuit hoisting of precast spliced long-span steel box girder, speeds up the construction progress and saves the project cost, and opens up a new construction technology for the field of bridge construction.

Keywords: overpass bridge; I-beam; hoisting; production section; splicing; optimization

引言

伴随着科学技术的高速发展, 市政道路、高速公路等修建的跨线桥梁越来越多, 跨线桥的结构型式也越来越多样化。跨线桥施工除采用传统的简支预制混凝土梁结构外, 还有悬臂现浇混凝土结构、满堂支架现浇混凝土结构、预制拼接钢箱梁结构等, 因预制拼装钢箱梁具有安装速度更快, 施工质量容易得到保证、具有更好的抗震性能、钢结构自重更轻、钢材可回收利用、绿色环保等优点, 大跨径跨线桥越来越多的采用了预制拼装钢箱梁结构。然而, 预制拼装大跨径钢箱梁跨线桥拼装断路施工无法审批, 或吊装时新建临时导行路费用高等问题。如何解决上述问题, 一直以来是预制拼装大跨径钢箱梁急需解决的一大难题。

1 工程概况

北京住总集团有限责任公司承建的星火站周边市政道路配套工程姚家园北街(东四环~东五环)道路工程3#标段一跨五环主线桥, 跨越五环处桥梁上部结构采用钢混叠合梁结构, 全桥为单幅路型式, 上跨五环处跨径组合采用28.5m+58.5m+40m连续钢箱梁, 宽度26m, 钢箱梁采用非变截面结构型式, 预制钢箱梁梁高2.3m, 底板宽2.8m, 单片钢梁最长34.5m, 最大重量约85吨。桥梁横桥向由4个单箱单室钢箱组成, 钢箱梁纵向分为A、B、C、D、E五个制作段(各预制段长度分别为10.5m、30m、34.5m、27m、25m), 共计20个制作段, 钢梁接口位置设置临时支

架, 接口连接采用高强螺栓栓接。钢箱梁结构形式及临时支架位置如下图1、图2所示。

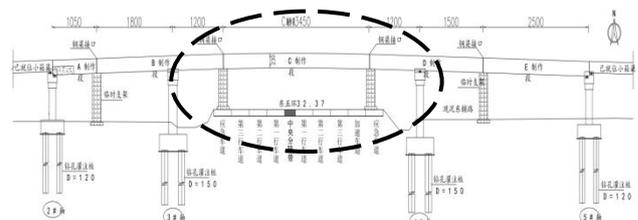


图1 跨五环桥梁纵断面图

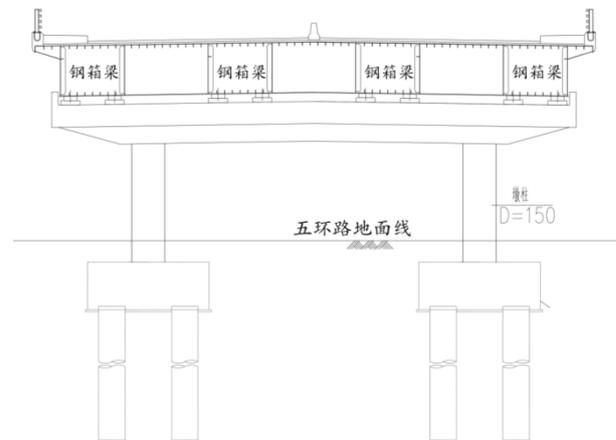


图2 跨五环桥梁剖面图

按照图纸钢箱梁拼接吊装时需临时断路。但因五环路作为北京市城市主要交通疏散干道,按照目前五环路交通流量及重要性,预判,箱梁吊装不具备断路实施条件。

2 原施工技术方案

本工程钢箱梁横桥向由4个单箱单室钢箱组成,钢箱梁纵向共分为A、B、C、D、E五个制作段,各制作段长度分别为A=10.5m、B=30m、C=34.5m、D=27m、E=25m。全桥共设置4个临时支架,临时支架均位于制作段拼接口位置,其中2处临时支架位于五环路应急车道位置,箱梁吊装前首先将临时支架安装就位。箱梁吊装时按照A、E→B、D→C的吊装顺序进行吊装。

吊装A、E、B、D时可正常吊装,但C制作段跨越五环路内、外环所有行车道,按照《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》、《起重机械安全规程第1部分:总则》、《建筑机械使用安全技术规程》等安全操作规程要求,起重吊装时,起重机下及被吊物下不可站人和车辆通行,因此,C制作段吊装时需断路或新建导行路进行导行以完成箱梁吊装,面对施工遇到的问题,拟定了两种方案。

2.1 断路施工

桥梁C钢梁制作段吊装时将五环路临时断交。五环路为北京疏解主要交通干道,车流量大。尤其东五环作为天津、通州城市副中心、河北廊坊等地交通疏解的大动脉,每日交通压力极大,五环路交通枢纽的特殊无可替代性,决定了东五环目前不具备断交施工的条件。断路施工方案不具有实施性。

2.2 新建导行路

在五环两侧新建临时道路作为五环路的导行路。箱梁吊装期间为保证五环路的正常通行,新建导行路将车辆导流至导行路无疑是最好的保障措施,但现况跨越位置五环路两侧为绿化林地,无辅路及其它可利用道路,若修建导行路需将五环两侧大片林地伐移后花费上两百万修建临时导行路和交通设施,实施工期也是正常施工工期的2~3倍,即破坏了绿化生态环境,又需要支付大量的临时工程费用,实施方案不合理。

3 问题分析

结合本工程特点,需要探究出一种新型预制拼接跨线桥不断路吊装技术,该技术具有如下特点:

- ①不断路施工。箱梁吊装过程中,被跨越现况道路在不可断交的情况下,需要完成新建桥梁的吊装施工;
- ②吊装施工方法简单、快捷,尽可能缩短施工时间,减轻交通影响;
- ③安全可靠。要求箱梁吊装施工投影区域范围内形成封闭区域,与通行车辆互不干扰,便于箱梁吊装焊接等工作,保证现况道路通行车辆行驶在安全区域;
- ④尽可能降低工程造价。桥梁施工要求对车辆通行影响小的同时,减少拆改移及修建临时导行路费用,节约工程成本。
- ⑤保证施工质量。施工质量是工程的灵魂,桥梁施工完成后的质量不低于正常钢箱梁拼装施工质量。

4 新技术的探索与优化

经过现场调查、分析总结,主要从三个方面进行了探索和优化。

4.1 优化施工区域与箱梁拼装接缝分段问题

要减少施工对五环路的影响,就要尽量少占用五环道路。如何做到少占用五环路,需要重点缩小箱梁吊装拼接占路区域和占路吊装箱梁制作段长度。把箱梁吊装占路施工范围和箱梁制作段长度问题合理匹配作为问题的关键优化点。

结合本工程箱梁重量及北京市场重型吊车型号,匹配400吨汽车吊可满足吊装需求。以一台ZAT400V汽车吊,吊装半径16m,最大起荷载为88t为例。要达到少占用五环路的目的,尽量采用一台吊车单机吊装,这就限制了单片钢箱梁的重量不得大于汽车吊起吊荷载的80%=88×0.8=70.4吨,要求单片箱梁重量不超过70.4吨。

单台ZAT400V汽车吊架立完成后,经核算吊装时需占用2.5个车道(按照3车道占用)。另需运梁车将梁运输到吊车平型位置(最大梁宽约4m),考虑到人员配合吊梁,运梁车站位需占用2车道。

通过分析汇总,汽车吊装需占用3车道,运梁车需占用2车道,汽车吊和运梁车位置需合理布置才能减少占路施工范围。结合现场桥梁施工位置五环路道路情况(五环路外环为4车道+1应急车道,内环为3车道+1应急车道),决定将吊车放置于外环靠近中央分隔带侧,占用3车道,留1车道+1应急车道供车辆通行;运梁车放置于内环靠近中央分隔带侧,占用两车道,留1车道+1应急车道供车辆通行。

经核算,箱梁吊装施工共占用五环路5车道和1中央隔离带(隔离带宽3m),合计约22m。施工区域的宽度决定了箱梁合拢段(C制作段)的长度不得大于22m。考虑施工边界的安全性接箱梁变形量,经过计算和优化,将跨五环处A、B、C、D、E箱梁长度由原来的10.5m、30m、34.5m、27m、25m调整为18.5m、29m、20.5m、34m、25m,如下图3所示,即C制作段长度确定为20.5m(同时对临时支架位置进行了优化,五环应急车道位置的临时支架移出五环路)。经计算,20.5m长的钢箱梁单片重量约为60吨,小于70.4吨,满足单台ZAT400V汽车吊吊装能力,同时,箱梁长度可满足在导行占路区域吊装长度要求。

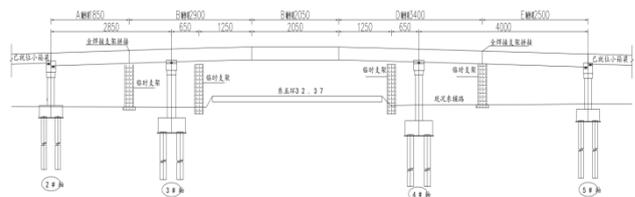


图3 优化后箱梁各预制段长度及支架布置图

4.2 优化吊装工序缩短吊装时间

五环路作为北京市主要的交通通道,白天占路吊装施工势必会造成五环路的严重拥堵,对社会影响巨大。为减少吊装影响,根据以往城市桥梁吊装经验,箱梁吊装安排在夜间凌晨00:00至05:00,其余时间恢复五环路正常通行。每

日可供施工的时间不超5个小时,为此,如何既能将钢箱梁安装就位时间控制在5小时内,亦是需要合理优化关键项目。

根据以往经验,临时占路施工顺序按照:码放交通警示设施,将施工区域与行车区隔离→箱梁吊装机械及梁车进场、吊装机械组装→箱梁正式吊装就位→吊装机械拆除及梁车同时撤离→交通设施逐步回收,恢复交通。

按照上述顺序,五环路施工临时交通警示设施码放、回收需要1.0个小时,考虑时间的充裕性,按照1.5小时考虑;一台重型吊装机械的安装、拆除时间控制在1.5小时,按照2.0小时考虑,夜间可供吊装剩余时间为1.5小时。上述时间的约束,吊装机械要求机动、灵活,选用汽车吊吊装是最合适的选择。

4.3 优化箱梁制作段间连接方式

综上所述,按照夜间吊装每晚吊装1片箱梁计算,可供箱梁制作段连接使用的时间仅有1.5小时。采用传统箱梁吊装连接方案,对箱梁加工精度要求极高,尤其是箱梁拼接位置预留螺栓孔精度必须准确,避免高强螺栓穿孔栓接时,经常出现的螺栓孔不对中,无法穿连接螺栓的现象。上述情况的发生往往造成单片梁安装时间无法确定。如何在有限的时间内(1.5小时)将箱梁吊装就位并快速完成连接是钢箱梁拼接面临的难题。

经过研讨,可利用扁担原理,将闭合段(C制作段)直接挂设于待闭合位置完成吊装(此时开始撤离吊装设备)。然后采用登高车进行箱梁制作段间的连接固定;箱间连接螺栓孔均采用现场打孔,降低了螺栓孔不对中的精度问题。该方法可大大缩短了箱梁吊装就位时间。为此,利用该方法,经过综合比选和计算,确定选用工字钢作为扁担梁。工字钢梁从承载能力和变形量控制均可满足计算要求。扁担梁是在待闭合段箱梁(C制作段)两端各设置两根工字钢(工字钢型号、规格、尺寸根据吊装箱梁制作段重量经计算确定),钢箱梁吊装前先将工字钢一端与钢箱梁栓接(为保证箱梁稳定,箱梁每端工字钢不少于2根),工字钢与箱梁栓接位置不少于两处(栓接螺栓数量经计算确定),另一端悬出钢箱梁。工字钢梁做法及与钢箱梁连接示意图如下图4、图5、图6、图7所示。

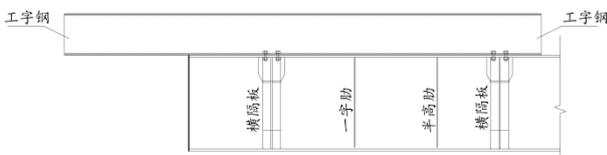


图4 工字钢与箱梁顶板连接立面图

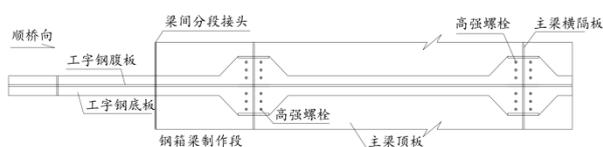


图5 工字钢与箱梁顶板连接平面图

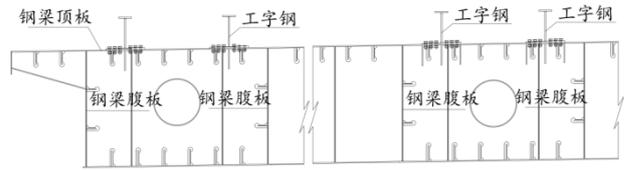


图6 工字钢与箱梁顶板连接剖面图

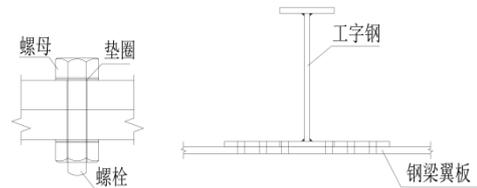


图7 工字钢与箱梁采用高强螺栓连接大样图

5 预制拼接跨线大跨径箱梁不断路快速吊装技术介绍

5.1 施工流程

预制拼接跨线大跨径箱梁不断路快速吊装工艺流程如下图8所示:

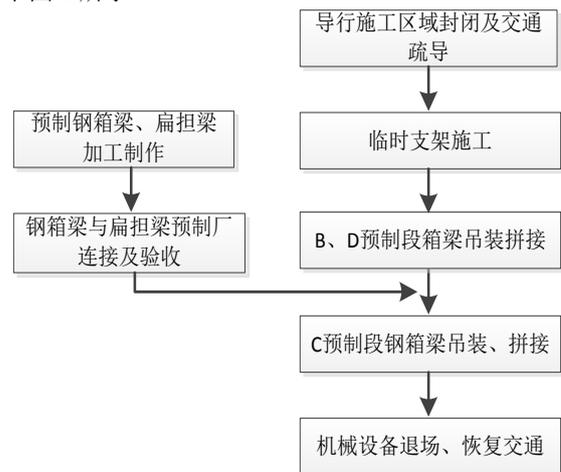


图8 跨线大跨径箱梁不断路快速吊装工艺流程图

5.2 施工方法

5.2.1 两侧边跨钢箱梁安装

施工流程:交通导行→临时支架施工→A、E钢箱梁制作段吊装→交通导行→B、D钢箱梁制作段吊装拼接。

经过计算,五环路两侧临时支架基础距五环路边缘最近距离约1m,支架施工过程中为保证道路行车安全,对五环路进行导行,临时占用五环路两侧应急车道,待临时支架安装完成后立即恢复通行。施工工序分三步,具体如下。

第一步:临时支架施工

为保证行车安全,保证施工区域距离车辆通行区距离不小于2m,道路两侧临时支架安装时,对应急车道进行导行,其他车道保持正常通行。

导行时段为夜间0:00~次5:00,临时支架施工导行图如下图9所示。

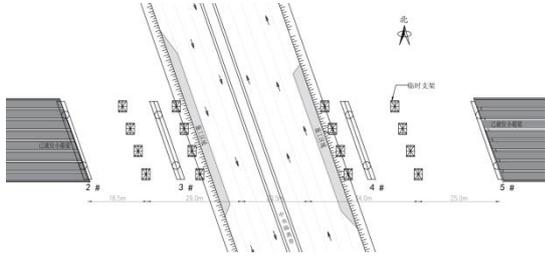


图9 临时支架施工导行平面图

5.2.2 A、E 钢箱梁制作段吊装

A、E 钢箱梁预制段吊装按照常规桥梁吊装方案进行完成吊装，如下图 10 所示。

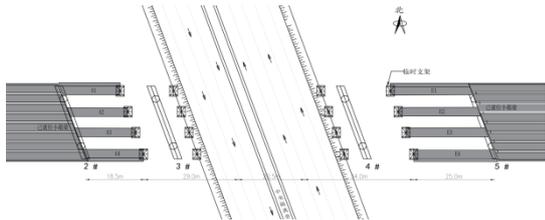


图10 A、E 钢箱梁制作段吊装平面图

5.2.3 B、D 钢箱梁制作段导行及箱梁吊装

占用内环第二、第三车道及应急车道，第一车道保持通行，吊装 B 段箱梁。占用外环第三车道、第四车道及应急车道，第一、第二车道保持通行，吊装 D 段箱梁。导行时段为夜间 0:00~次 5:00。导行方法示意图及吊装示意图如下图 11、图 12 所示。

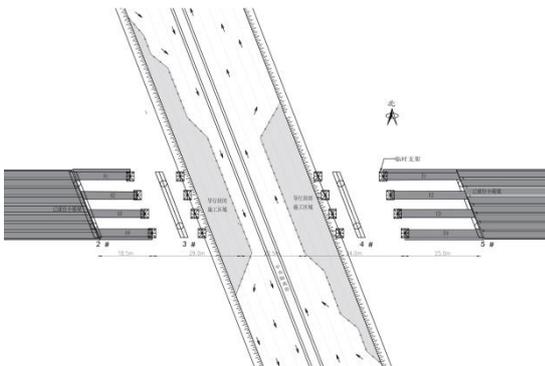


图11 B、D 钢箱梁制作段导行平面图

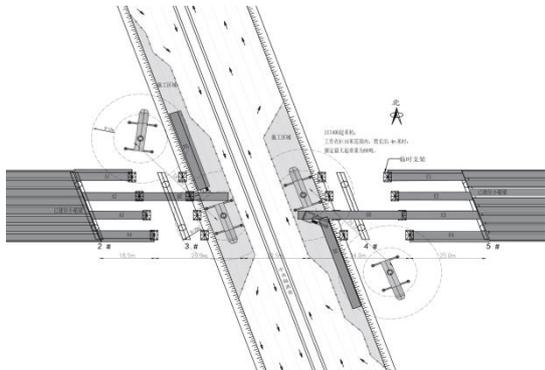


图12 B、D 钢箱梁制作段吊装图

5.3 闭合段 C 钢箱梁制作段安装

施工流程：扁担工字钢梁与 C 钢箱梁制作段工厂连接完成→交通导行→C 钢箱梁制作段运输及吊装→C 钢箱梁制作段与 B、D 钢梁制作段拼接

5.3.1 扁担工字钢梁与 C 钢箱梁制作段工厂连接

工字钢梁与 C 钢箱梁制作段在工厂提前连接，连接螺栓采用 10.9S 级高强度大六角头螺栓 (GB1228-1231-2006)，连接位置不少于两处，连接螺栓数量及规格、工字钢梁规格型号及长度经过计算确定。工字钢与钢箱梁连接大样图按照本文中图 4、图 5、图 6、图 7 进行连接。

5.3.2 C 钢箱梁制作段吊装前交通导行及吊装

占用内环第一、第二车道，第三车道，应急车道保持通行。占用外环第一、第二、第三车道，第四车道及应急车道保持通行。吊装 C 段箱梁。导行时段为夜间 0:00~次 5:00。导行方法示意图及吊装示意图如下图 13、图 14 所示。

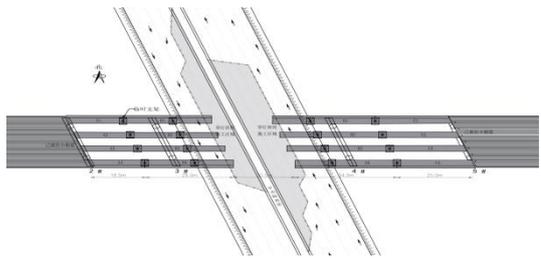


图13 C 钢箱梁制作段导行平面图

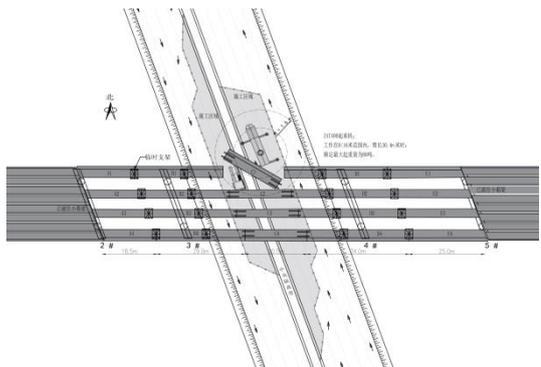


图14 C 钢箱梁制作段吊装图

5.3.3 C 钢箱梁制作段与 B、D 钢梁制作段拼接

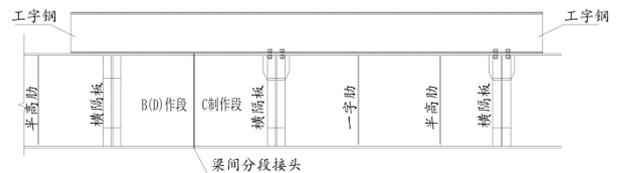


图15 C 钢箱梁制作段与 B、D 钢箱梁制作段拼装立面图

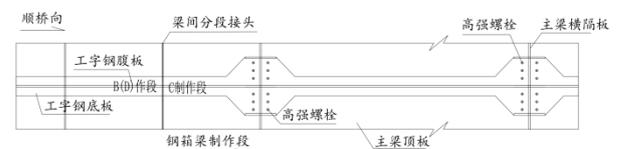


图16 C 钢箱梁制作段与 B、D 钢箱梁制作段拼装平面图

C 钢梁制作段吊装就位复核无误后,开始拆卸吊装机械;同时,使用登高车开始进行 C 制作段与 B、D 制作段之间的拼接板安装,如图 15、图 16 所示。拼接板安装采用高强螺栓栓接,螺栓孔采用现场钻孔。

6 施工技术总结

通过查阅相关领域文献,结合朝阳站周边市政道路配套工程姚家园北街(东四环~东五环)道路工程 3#标段一跨五环主线桥施工经验,总结如下:

①通过对预制箱梁各制作段长度及吊装占路范围的优化,使箱梁预制段长度与吊车吊装占路范围相协调,缩小箱梁吊装的占路施工范围。通过本次吊装施工经验总结,箱梁吊装占路宽度最少 4 车道(约 20m)可满足桥梁吊装施工需求。

②本工程桥梁吊装通过研究,研发出一种工字钢扁担梁。工字钢扁担梁的使用,保证了箱梁的快速安装,节省工期的同时,也提高了箱梁安装质量,具有广泛的推广价值。

③该技术的使用,除正常的交通导行费用外,无其它增加费用,避免了修建大量临时导行路和拆改工程,节约了工程投资;同时,避免了城市主干道(快速路、高速)因桥梁施工断交问题,减小了对市民的出行和社会不利影响。

④该方法桥梁吊装施工区域与车辆通行区域进行了隔离,相互之间影响较小,施工安全性高、安全可靠。

⑤本施工方法开创了北京市首次使用预制拼接跨线大跨径钢箱梁不断路吊装的先河,为桥梁施工领域积累了一定的施工经验。

[参考文献]

- [1]郭德明. 钢箱梁施工质量控制措施[J]. 大陆桥视野,2017(10):178.
- [2]王燕伟. 钢箱梁施工质量的控制[J]. 城市建设理论研究(电子版),2013(13):12.
- [3]刘常俊. 高架桥钢箱梁施工质量控制措施研究[J]. 江西建材,2020(9):89-90.
- [4]黄涛. 赵玉华. 赵体. 宽幅城市桥梁多箱分体悬拼吊装有限元分析[J]. 工程质量,2013(31):464-466.
- [5]何昕. 机床床身结构性能分析及优化[D]. 武汉:华中科技大学,2011.

作者简介:林自明(1985.9-)男,河北省沙河市,汉族,本科生,土木工程(公路工程与管理方向),事业单位主任工程师。