

常虎高速公路跨莞深一级路现浇箱梁 施工方案的设计与施工

黄海勇¹, 邱飞军²

(1.常虎高速公路18标项目部, 广东 东莞 523000; 2.常德路桥建设有限公司, 湖南 常德 415000)

摘要: 介绍常虎高速公路跨越莞深一级公路现浇箱梁施工期间交通方案的拟定、支架模板工程的设计与施工、安全措施以及现浇砼的施工方法。

关键词: 跨线现浇箱梁; 交通方案; 支架模板设计; 安全措施; 施工方法

中图分类号: U448.17

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2007)03-0008-05

Design of Construction Method and Construction for Cast in Situ Box Girder of Chang-Hu Freeway Spanning Guang-Shen First-Class Highway

Huang Haiyong¹, Qiu Feijun²

(1. The Eighteenth Project of Chang-Hu Freeway, Dongguan Guangdong 523000, China;
2. Changde Road and Bridge Construction Limited Company, Changde Hunan 415000, China)

Abstract: The design of construction schemes for cast in situ box girder of the freeway spanning highway is discussed and some points for attention such as drawing up the transportation item, supporting formwork of schemes design, safety precautions and the construction schemes are mainly introduced.

Key words: cast in situ box girder; traffic item; schemes design of formwork support; safety precautions; construction schemes

1 工程概述

常平—虎门高速公路K39+747.7桥涵2号大桥现浇箱梁跨越东莞—深圳一级公路, 交通繁忙, 两侧密集分布工厂及居民区, 地形狭窄, 无法改道、分流或封路。其中常平—虎门高速公路K39+747.7桥涵2号大桥设计孔数、孔径为: 6 m × 20 m空心板+(34 m+38 m+28 m)连续箱梁+2 m × 20 m空心板。6#墩~9#墩跨越莞深一级公路, 为34 m+38 m+28 m三跨一联现浇预应力砼连续箱梁, 净空约12 m。箱梁为等截面单箱双室结构, 梁宽17.25 m, 梁高2 m, 结构尺寸如图1。

中跨箱梁跨越的莞深一级公路宽24 m, 为双向4车道+2个副车道。由于在施工中必须始终保持莞深路的正常交通秩序和能力, 因此无法采用常规跨线桥施工

中的车辆行人分流、临时改道、封路等方法。

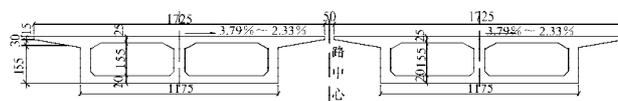


图1 箱梁截面示意图

Figure 1 The sketch of box girder section

2 总体施工方案的设计

2.1 箱梁支架方案

两边跨根据实际地形、净空高度采用轻便灵活的满堂门式支架, 施工简便、快速、安全, 能满足工期要求。中跨采用跨越式贝雷支架, 以保证桥下交通。支架纵梁、横梁均采用贝雷桁架。位于莞深路外的边部

临时墩采用钢管桩, 位于莞深路面的中间 2 个临时墩采用贝雷桁架组拼成的板式贝雷支墩, 拼装拆卸简便、快速、安全, 并能有效减少临时墩对公路路面的

占用范围和时间。模板采用方木作横肋、竖肋, 面板采用 $\sigma = 18 \text{ mm}$ 厚光面竹胶模。半幅支架中心线处的总体布置如图 2。

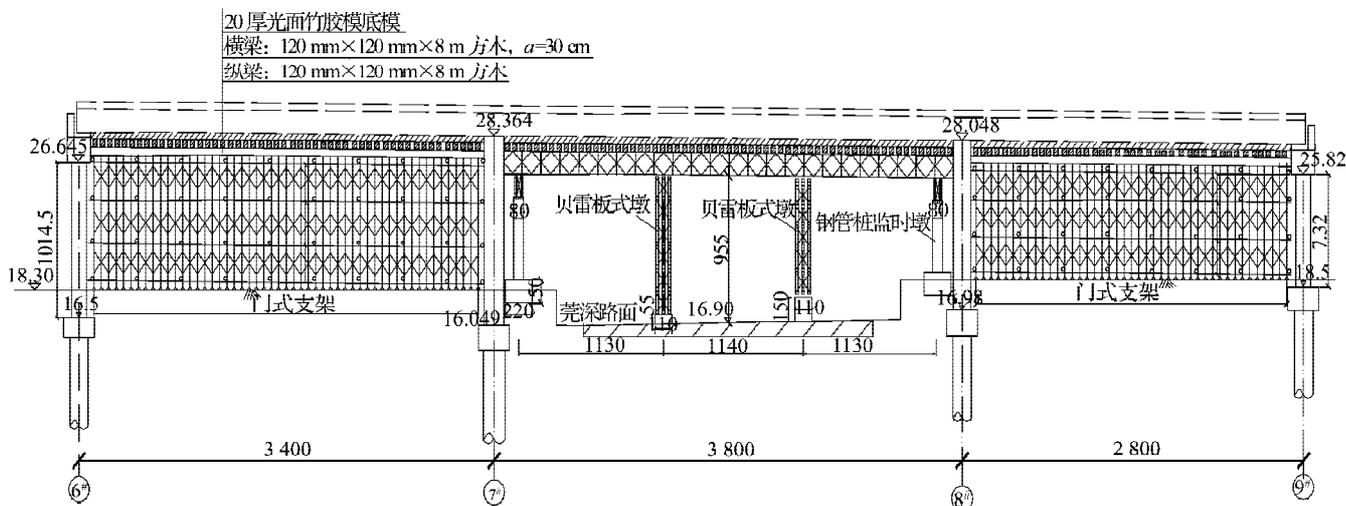


图 2 支架模板总体布置图

Figure 2 The layout of bracket and formwork

为减少在公路上进行支架组拼拆卸次数以及占用公路的时间, 加快施工进度, 左右幅支架同时搭设^[2]。

2.2 施工期间莞深路交通导流方案 (见图 3)

2.2.1 车辆通行

车辆通行采用如图 3 所示方案, 将公路面划分为双向 4 车道, 保证每个车道宽度在 4 m 左右, 其余部分用以设置支架临时墩、防撞栏, 即图 3 中的 A~D 4 个临时墩。

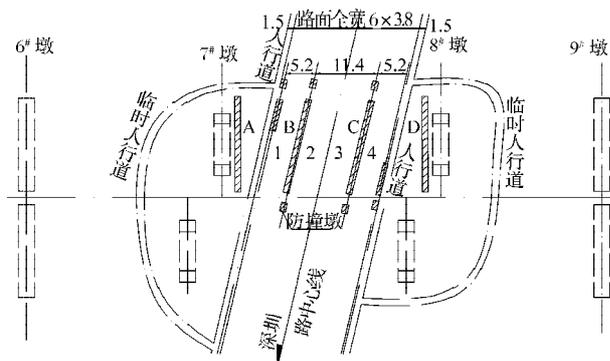


图 3 交通导流示意图

Figure 3 The sketch of traffic diversion

2.2.2 行人通行

行人通行在中跨支架的边部临时墩处设置 1.5 m 宽的人行道。

2.2.3 限空标志

由于净空较高, 不用设置限空标志, 在桥位上下行方向设置减速带 (见图 4), 强制车辆减速通过。

2.3 施工顺序

1) 先拼装 7#~8# 墩的中跨贝雷支架, 将人行道改至两边跨中通过 (即图 3 中的临时人行道);

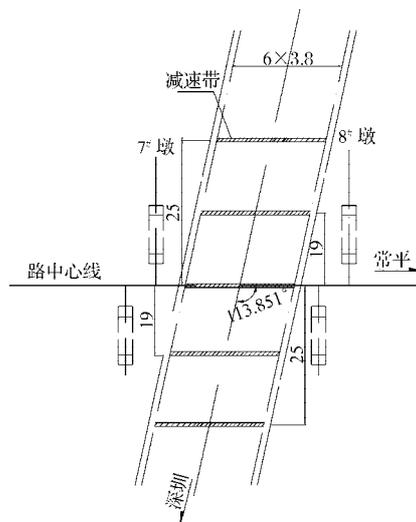


图 4 减速带布置图

Figure 4 The layout of decelerating belt

2) 拼装时按 AB 段→BC 段→CD 段的顺序进行, 每段拼装时封闭该段处的行车道, 通行其余车道, 每段拼完后即挂好安全网进行下一段的组拼;

3) 贝雷架的拼装尽量安排在夜间及凌晨人车流量较小时进行;

4) 贝雷桁架组拼完毕并挂好安全网后, 再将人行道改回至原位置, 恢复原有行车秩序;

5) 处理两边跨地基, 搭设门式支架;

6) 支架拆除时先拆除两边跨门式支架, 将人行道再改至临时人行道后, 开始拆卸中跨贝雷支架;

7) 贝雷支架拆卸时, 仍按 AB 段→BC 段→CD 段的顺序进行, 同时进行相应车道的封闭和通行。

2.4 设置足够的安全设施

除图4中所设置减速带外,还须在临时墩两端设置防撞墩、防撞栏。支架上设置通行指示灯,保证夜间通行的视线等。在距桥位50m处的路面上开始设置数道醒目警示牌。

3 中跨贝雷桁架的设计与施工

由图2知,边部支墩位于路外,地基条件比路面临时墩稍差,同时亦为减少纵梁挠度,将纵梁组拼成连续梁,跨度为11.3m+11.4m+11.3m。纵梁采用14榧贝雷桁架拼成,由于与莞深路斜交,半幅支架内外侧跨度不等,在外侧跨度较大处增设辅助墩,减少纵梁挠度,水平撑、斜撑设为6m一道。计算时以跨度最大的支架中心线处断面(即图2)为代表进行计算。

横梁采用6节贝雷桁架拼成,全长18m,中间板式临时墩上用3榧贝雷片组成,边部钢管桩临时墩上用2榧贝雷片拼成。

边部临时墩均采用 $\Phi 80\text{ cm}$ 、 $\sigma=20\text{ mm}$ 钢管桩,内填砂,用水密法灌实。墩基础采用C20扩大基础。基底1m深度内换填碎石土,用40t振动压路机压实,压实度达到96%后即施工基础。辅助墩亦采用 $\Phi 80\text{ cm}$ 钢管桩。

中部临时墩采用多层3榧贝雷板式支墩,上下层用桁架螺栓连接。支墩通过预埋角钢固定于C20砼基础上。

模板底模通过纵梁上的方木横梁支承,方木横梁与纵梁间垫150mm高的硬质对口木楔,以便于拆模。

本联箱梁横坡由临时墩和基础形成。

3.1 贝雷纵桁梁检算

贝雷纵梁由14榧贝雷桁架组成,承担由底模横梁传递的竖向荷载。因底模横梁间距仅为0.3m,故可将纵梁上竖向荷载化为线均布荷载。

3.1.1 荷载组合

① 砼自重荷载:因桥墩处砼自重为墩身承担,实际情况应以梁体跨中横断面计算为准。

梁体跨中横断面积为:

$$A_{\text{翼板}}+A_{\text{底、腹板}}=0.825 \times 2+8.475=10.13\text{ m}^2,$$

$$q_1=10.13 \times 26=263.38\text{ kN/m};$$

② 模板自重力:

$$q_2=(P_{\text{面板}}+P_{\text{内模支撑}}+P_{\text{翼板支撑}}+P_{\text{横梁}})/L_{\text{梁长}}=(202.6+428.5+75.6+129.08+103.3)/99=9.49\text{ kN/m};$$

$$\text{③ 施工荷载: } q_3=2.5 \times 17.25=43.1\text{ kN/m};$$

$$\text{④ 砼振捣荷载: } q_4=2.0 \times 17.25=34.5\text{ kN/m};$$

$$\text{⑤ 纵梁自重荷载: } q_5=546.9/36=15.2\text{ kN/m};$$

$$\text{⑥ 砼倾倒产生的荷载: } q_6=2.0 \times 17.25=34.5\text{ kN/m};$$

纵梁总竖向荷载为:

$$q_{\text{总}}=q_1+q_2+q_3+q_4+q_5+q_6=400.2\text{ kN/m};$$

单排纵梁桁片竖向荷载为:

$$q=400.2/14=28.5\text{ kN/m}。$$

3.1.2 强度、挠度及稳定性的检算

由布置图知,支架中心线处纵梁跨度最大,为11.3m+11.4m+11.3m,可按每跨为11.3m的3等跨连续梁计算,其受力简图如图5。

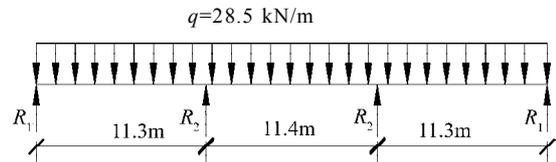


图5 纵梁受力简图

Figure 5 The sketch of carling longeron stress

在强度计算中注意应考虑纵梁是由单层多排组成,允许应力应折减;在挠度计算中不计入振捣荷载,按3等跨连续梁检算的结果均满足要求。其中计算下挠度为4.5mm,亦能满足施工技术规范中关于结构模板变形的要求。

3.2 贝雷横梁检算

根据纵、横梁支承方式知,横梁承担纵梁的支点反力。由纵梁受力简图5知,中间支墩处横梁承受的纵梁支反力最大,单片纵梁支反力为355.68kN,故取中间支墩横梁检算(横梁自重忽略不计),见图6。

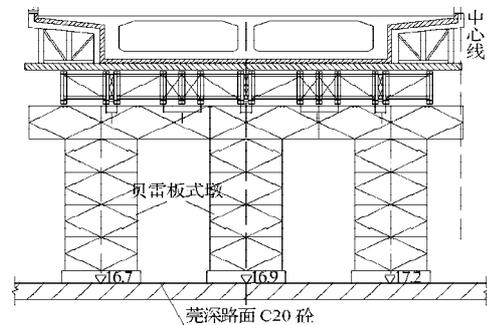


图6 板式临时墩布置示意图

Figure 6 The sketch of slat temporary pier

横梁由3榧贝雷桁架组成,上弦与纵梁支承处及临时墩支承处必须设置加强竖杆。因翼板上荷载较小,故按2跨连续梁计算。

中跨支点上单排横梁均布荷载:

$$q=355.68 \times 14/12/3=138.32\text{ kN/m},$$

经检算,强度和挠度均能满足要求。

3.3 贝雷板式墩检算

由贝雷桁架结构知:竖杆材料用I8, $A=9.52\text{ cm}^2$,几何长度 $L=70\text{ cm}$,自由长度 $L_0=0.9 \times 70=63\text{ cm}$ 。考虑到桁架属于临时性的限制荷载结构,对16Mn钢,理论压应力取为 $1.3 \times 210\text{ MPa}$ 。每个贝雷板式墩由3榧桁架拼成,每片桁架有3根竖杆,经计算竖杆承载力满足要求。

贝雷板式墩支承在莞深一级公路水泥砼路面上, 承载力亦能满足要求^[5]。

3.4 边部钢管桩临时墩及基底压应力检算

边部临时墩布置如图7。

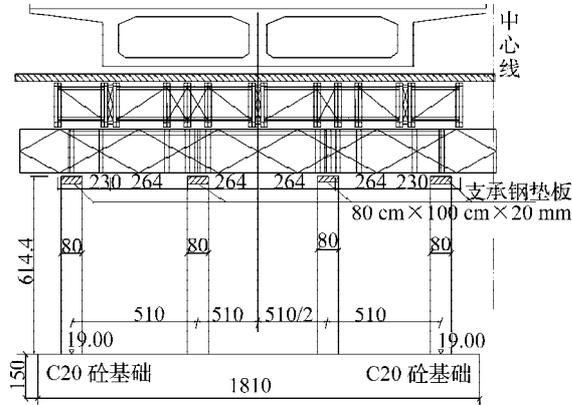


图7 钢管桩临时墩布置示意图

Figure 7 The sketch of temporary pier of steel pipe pile

每座边部钢管桩临时墩由4根组成, 单榀贝雷横梁上均布荷载 $=128.82 \times 14/15.3/2=58.9 \text{ kN/m}$, 计算简图如图8。

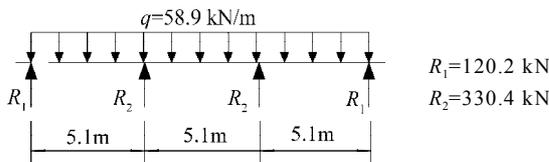


图8 钢管桩临时墩上横梁受力简图

Figure 8 The sketch of beam stress of temporary pier of steel pipe pile

临时墩用A3钢 $\Phi 800 \text{ mm}$, 壁厚20 mm钢管桩, $[\sigma_s]=145 \text{ MPa}$, 内部充填砂容重 $\gamma=16 \text{ kN/m}^3$ 。单个临时墩自重(按平均7 m高度计): $P_1=P_{\text{钢管}}+P_{\text{水泥砂}}=66.5 \text{ kN}$, 最大墩身截面应力由 R_2 引起, 经计算: 强度及稳定性满足要求。

基底压应力检算: 经计算临时墩基底总荷载为3 563 kN, 根据地质资料, 地基承载力为300 kPa。为安全起见, 基底以下1 m深度内换填碎石土。分3层回填、压实, 压实度要求达到96%以上。经地基承载力触探试验, 地基承载力达到300 kPa后再施工临时墩基础, 以利安全。

4 边跨门式支架的设计与施工

边跨采用满布式落地门式支架。先进行地基处理, 在6#墩~7#墩、8#墩~9#墩之间清理场地, 回填碎石土, 分3层回填, 用40 t振动压路机分层压实, 直至达到要求。在回填完后的表面用低标号砼进行封闭, 顶面设双向2%横坡排水。

在地基处理外侧四周作好排水设施, 保证施工过

程中顺利排水。地基处理好后, 在处理好的地基上铺设 $4\ 000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 垫木, 垫木下用石粉找平, 然后在垫木上搭设门式支架。门式支架采用 $1\ 930 \text{ mm} \times 1\ 210 \text{ mm}$ 规格(表述不准确), 再配以 $934 \text{ mm} \times 1210 \text{ mm}$ 的规格(表述不准确)进行高度调整, 以满足梁的设计标高。

门式支架在顺桥向、横桥向、和支架高度内分别用 $\Phi 48 \text{ mm} \times 3.5 \text{ mm}$ 钢管扣件设置剪刀撑、扫地杆、纵横连接杆。立杆顺、横桥向间距均为 $0.6 \text{ m} \times 0.6 \text{ m}$ 。在荷载组合下, 支架的强度及稳定性均满足要求。

5 模板工程的选择与施工

所有面板均采用大块、 $\sigma=18 \text{ mm}$ 厚的防水光面竹胶板。底模支承体为横桥向的底模方木横梁, 截面尺寸为 $120 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \times 8\ 000 \text{ mm}$ 。在门式支架上, 方木横梁直接支承于顺桥向的方木纵梁上, 方木纵梁的截面尺寸与方木横梁相同; 在贝雷桁架上, 底模方木横梁直接用对口木楔支承于贝雷纵梁上, 如图9所示。

腹板采用 $\Phi 18$ 穿心拉杆, 上下2排, 顺桥向间距设为80 cm, 拉杆用硬塑PVC套管包裹。

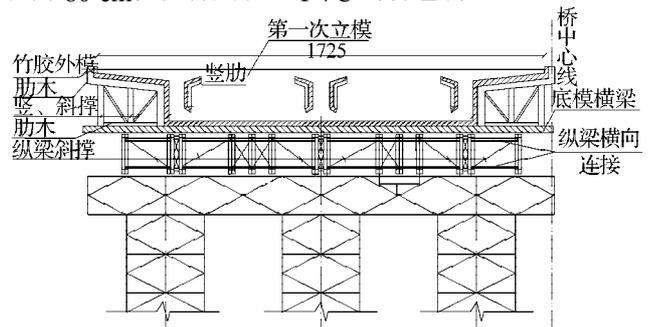


图9 模板示意图

Figure 9 The sketch of framework

箱室内模采用2排 $934 \text{ mm} \times 1\ 210 \text{ mm}$ 的门式支架作支撑, 顺桥向间距设为80 cm, 支架承托上放置顶板底模纵梁, 便于装拆, 减轻在箱室内的作业强度, 加快作业进度, 见图10。

由图9可算出底模横梁的最大跨度位于中跨贝雷桁架上, $L=1.84 \text{ m}$ 。

横梁沿梁长排距0.3 m, 每排由3根(每根长8 m)方木交错拼成21 m长, 横梁方木选用杉木。

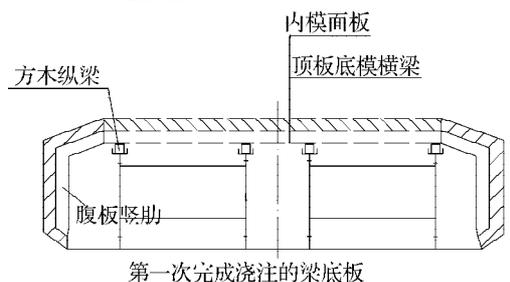


图10 内模支撑示意图

Figure 10 The sketch of framework support

底模横梁的荷载组合：砼自重力+上构模板自重力+施工荷载+砼振捣荷载+倾倒砼荷载。

底模横梁按简支梁，取最大跨度进行检算。经检算，底模横梁强度、挠度及抗剪均能满足施工技术规范要求。

6 支架预压方案

采用砂袋等荷载预压。对于翼板荷载集度取为 7.5 kN/m^2 ；对于腹板、底板、横梁及顶板，虽然腹板、横梁处荷载集度较底板顶板要大，但由于腹板、横梁下布置了双排贝雷桁架加强，以及底模下纵、横梁的有效分担，故对于腹板、底板、横梁以及顶板荷载考虑在平均分摊在底板上进行预压，计算荷载集度为 18.1 kN/m^2 。

由于左、右幅的支架结构、地基条件基本相同，为加快施工进度，避免不必要的作业，同时也为了减少砂袋预压对模板表面不可避免的损伤，预压时只选取最不实处、且具有代表性的部位进行预压，以便取得相关观测分析数据。左幅中跨贝雷支架、6#~7#墩门式支架高度最高，对该2跨进行预压，取得相关数据用于全桥施工。

在底模上设置观测点，精确测量各控制点的原始高程。预压开始后逐日进行沉降观测，沉降稳定的标准为沉降量 $< 1 \text{ mm/d}$ 。通过各阶段观测数据分析，确定支架体系的非弹性变形和弹性变形数据，为预留拱度提供参考数据。底模标高的第2次调整通过对口木楔实现。

7 箱梁砼浇注方案简述

由于箱梁支架是全幅同时搭设，因此，具备了左右幅交叉施工的条件。砼施工顺序按：左幅底板、腹板→右幅底板腹板→左幅顶板翼板→右幅顶板翼板进行，分4次浇注完成。采用6台砼搅拌车运输供应，输送距离较长的采用德国产SCHWING混凝土输送泵车进行浇注。

顶板模板上预设天窗，用于拆除顶板模板用。天

窗尺寸为 $1000 \text{ mm} \times 1500 \text{ mm}$ ，等模板全部拆除后，立即封窗，绑扎窗口处钢筋，浇筑顶板。

由于半幅箱梁截面较大，如对称浇注可能导致各断面砼供应不足而形成施工缝，故每次浇注采用从6#墩开始向9#墩全断面推进的方法，以保证浇注的连续性。每次浇注砼时，按照导流方案中的通车秩序，安排专人指挥交通，进行人车的分流。

8 结论

实践证明：在地形复杂、交通繁忙、无法改道分流或封闭的交通主干道上施工跨线桥时，只要支架设计合理，制定严格的施工程序，进行严密的劳动组织，安全、质量、工期都是可以保证的。关键要根据实际情况，谨慎分析，比较方案，严格制定施工工艺顺序，完善安全措施，才能在高空、立体、平行、交叉作业不断发生时保证所跨道路的交通畅通及安全。

本施工方案的设计与施工充分发挥了各种支架的特点，如门式架轻便灵活，贝雷梁的多用途使用。工程自2004年8月开始动工，历时3个月完成全部砼浇注，提前1个月完成了施工目标，没有发生任何安全事故，施工质量优良，被评为常虎高速公路优质工程。

本项工程位于经济发达、人口稠密、拆迁困难的地区。随着城镇化的广泛深入，跨线立体交叉施工越来越普遍。本项工程的施工特点有一定的代表性，为同类工程的施工提供了参考。

参考文献：

- [1] 交通部第一公路工程总公司. 公路施工手册: 桥涵[M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
- [2] 田克平, 张志新, 张铁成. 桥梁施工组织设计与实例[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [3] 周永兴, 何兆益, 邹毅松. 路桥施工计算手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [4] JTJ041-2000, 公路桥涵施工技术规范[S].
- [5] 黄绍金, 刘陌生. 装配式公路钢桥多用途使用手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.