

城市高架跨越路口组合梁设计与分析

欧阳涛

上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海

收稿日期: 2026年6月29日; 录用日期: 2026年7月21日; 发布日期: 2026年7月31日

摘 要

以国内某快速化改造项目为背景, 详细分析讨论了组合梁上部结构的设计要点。结合实际情况, 对结构体系、断面形式、施工措施等进行了深入研究, 介绍了设计的方法和内容, 总结归纳了跨路口组合梁桥上部结构设计经验。

关键词

组合梁, 结构体系, 断面形式, 临时支墩

Design and Analysis of Composite Beam Bridges for Urban Viaduct Crossing Intersection

Tao Ouyang

Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai

Received: June 29, 2026; accepted: July 21, 2026; published: July 31, 2026

Abstract

Based on an urban expressway project, the design essentials of the superstructure of the composite beam bridges are analyzed and discussed in detail. Combined with practical conditions, in-depth research was conducted on the structural system, cross-section types and construction measures. This paper elaborates on the design methods and contents and summarizes the design experience of the superstructure of composite beam bridges spanning road intersections.

Keywords

Composite Beam, Structural System, Cross-Section Types, Temporary Support Pier



1. 引言

近年来,随着城市的建设与发展,交通快速出行需求日益显现。高架道路因较强的交通功能、断面集约化布置、土地占用较少、横向道路便于沟通等优点成为目前城市道路快速化改造的常用形式。同时,高架道路跨越横向道路时需要设置大跨径桥梁,为减少对地面交通的影响,缩短施工周期,钢混组合梁常常成为首选方案[1]。本文以国内某快速化改造项目实践,对组合梁设计过程中结构体系、断面形式等重点问题进行分析 and 讨论。跨线桥跨径布置 30 m + 45 m + 30 m,主梁采用“槽型钢箱梁 + 预制混凝土桥面板”组合结构,梁高 2 m,桥宽 25.5 m。

2. 结构体系

高架桥梁跨越横向道路时,宜一跨跨越交叉口,避免增设桥墩对横向道路交通流线的干扰。常规路口节点桥梁跨径在 40~60 m 范围内,结构体系可采用“连续”和“简支”两种方案。

连续体系优点:

有效提升结构承载力和刚度,拉长伸缩缝间距,有利于提高行车的舒适性,便于结构的维护和养护。将不同结构形式过渡墩设置于交叉口范围以外,景观效果较好。

连续体系缺点:

负弯矩区段的混凝土板,须采取局部释放组合作用的抗拔不抗剪连接[2]或者施加预应力等措施缓解混凝土开裂,施工复杂程度较高。

简支体系优点:

避免了负弯矩区混凝土开裂问题,大大降低施工难度,同时组合梁规模减少,经济性明显提高。

简支体系缺点:

跨越能力弱于连续体系,钢结构应力水平有所提高,行车舒适性有所降低。

可见两种体系方案各有优劣,因此采用 MIDAS Civil 软件建立空间有限元模型,分析比较两种体系的整体受力情况。

为了详细分析混凝土桥面板与钢主梁结合前后的结构受力,主梁纵梁单元采用组合梁截面梁单元模拟,主梁横梁采用梁单元模拟,平均单元长度约为 1 m。通过弹性连接模拟支座刚度及约束方向。同时根据跨径布置情况设置临时支墩,在桥面附属结构实施前拆除临时支墩。临时支墩以设置强制位移的方式来考虑其对钢主梁的竖向支撑。

混凝土桥面板采用 C50 混凝土,弹性模量 32,500 MPa,容重 25 kN/m³,泊松比 0.2。钢主梁采用 Q345qD,弹性模量 206,000 MPa,容重 78.5 kN/m³,泊松比 0.31。

计算荷载包括结构自重、二期恒载、温度荷载、基础变位、风荷载。计算荷载根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)采用基本组合及标准组合等不同组合。

在相同梁高(2 m)情况下,计算结果均满足设计规范要求[3][4],结构受力差异如表 1 所示。

综上分析,本工程从总体投资规模和经济效益考虑,并综合施工难度等因素,按简支体系设计。简支体系较连续体系,整体上部结构钢结构规模大幅减少,经济效益明显;同时避免了连续体系墩顶负弯

矩区顶升、张拉桥面板预应力等复杂施工工艺，降低了施工难度。

Table 1. Comparison of structural mechanical behavior for continuous and simply supported structures

表 1. 连续和简支体系结构受力比较

项目	连续体系	简支体系	规范限值
钢主梁基本组合最大应力(MPa)	188	219	270
跨中挠度(mm)	20	25.7	90
支座最大吨位(MN)	3.0	2.0	—
用钢量(kg/m ²)	326	320	—

3. 断面形式

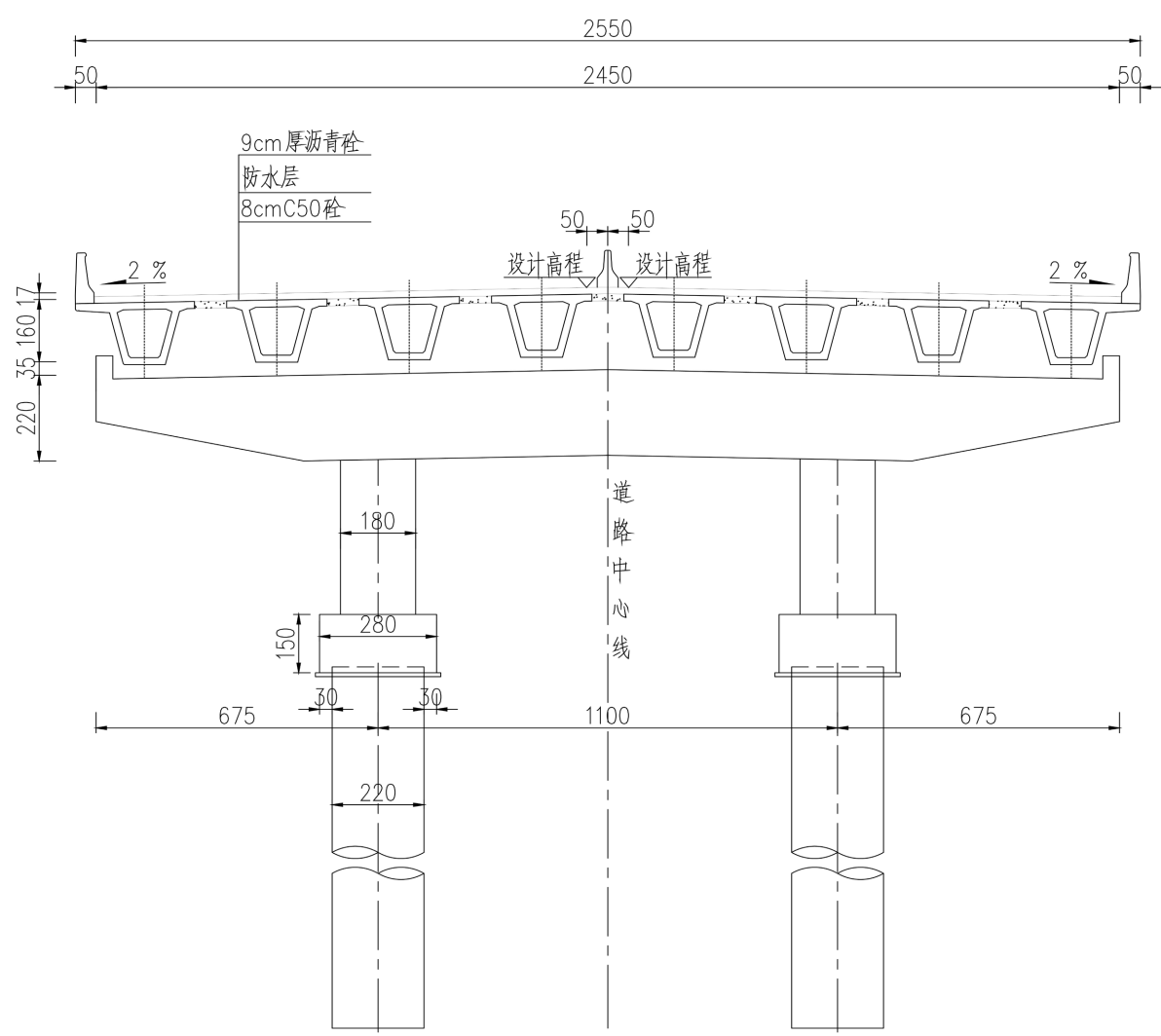


Figure 1. Cross-section arrangement diagram of precast prefabricated small box beam

图 1. 装配式预制小箱梁横断面布置图

钢主梁断面主要考虑与两侧接线桥梁上下部结构形式相匹配。目前城市高架常以梁桥为基本结构形式，装配式预制小箱梁及预应力混凝土现浇箱梁应用较多。

装配式预制小箱梁常用的结构体系包括简支小箱梁 + 倒 T 盖梁、连续小箱梁 + 明盖梁、连续小箱梁 + 隐盖梁，其中明盖梁方案，如图 1 所示，小箱梁架设较为方便，结构整体受力及耐久性好，是经典的小箱梁结构体系。组合梁钢主梁可采用多箱室槽型钢箱梁方案，如图 2 所示。多箱室方案在景观上与两侧接线相协调，同时有效降低了节段运输及吊装难度。组合梁钢主梁也可以通过设置整体横梁或调整梁端构造等措施来适应隐盖梁、倒 T 盖梁等不同小箱梁结构体系方案。

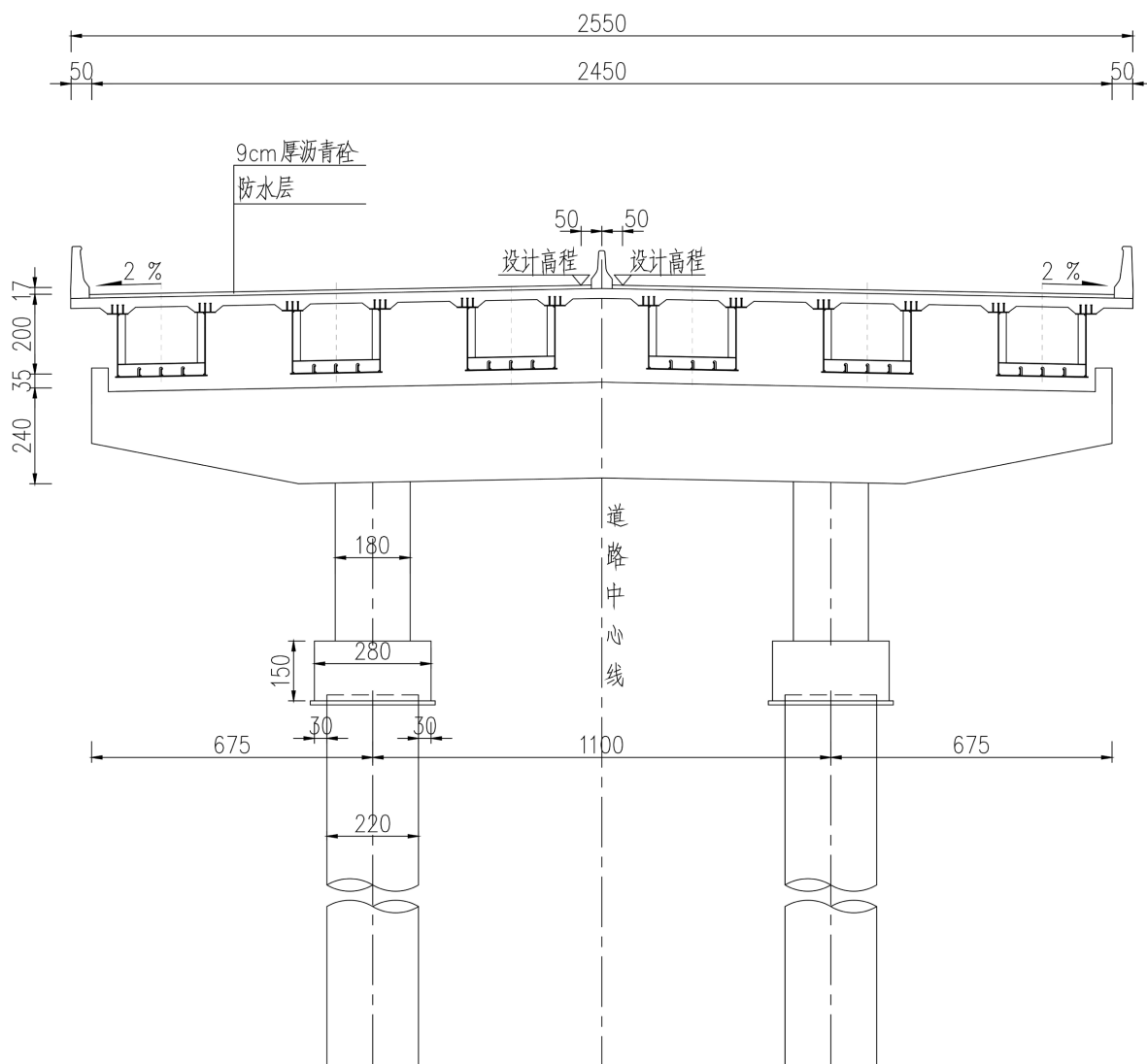


Figure 2. Layout drawing for one-half cross-section of composite beam

图 2. 组合梁 1/2 横断面布置图

预应力混凝土现浇箱梁下部结构常采用双柱墩，如图 3 所示。组合梁钢主梁可采用单箱或者双箱槽型钢箱梁方案，如图 4 所示。少箱室方案下部结构无需设置盖梁，桥下净空及视野条件较优，同时箱室数量较小，横向连接系现场工作量少，景观效果较好。

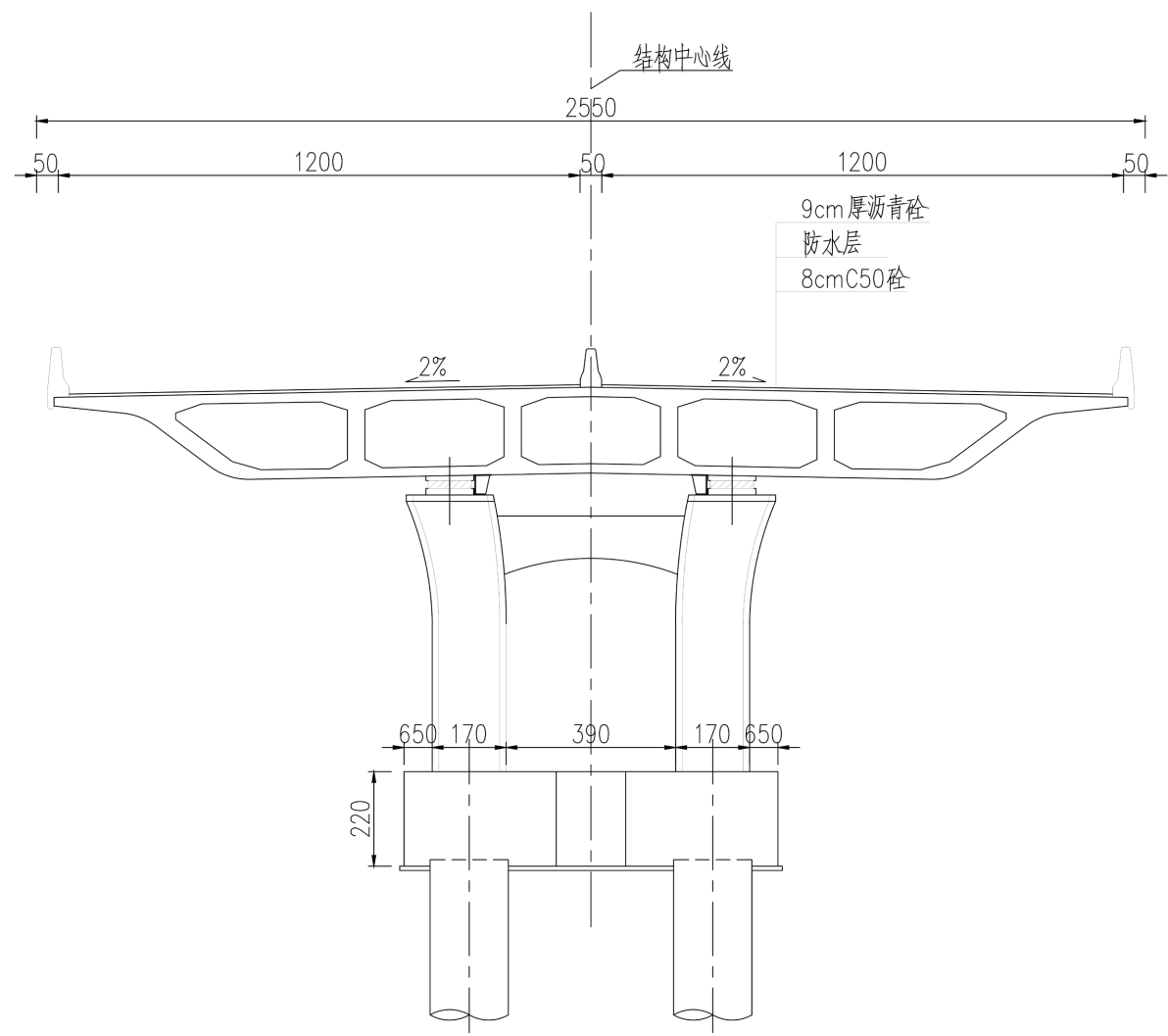


Figure 3. Standard cross-section diagram of cast-in-place box beam
图 3. 现浇箱梁标准横断面图

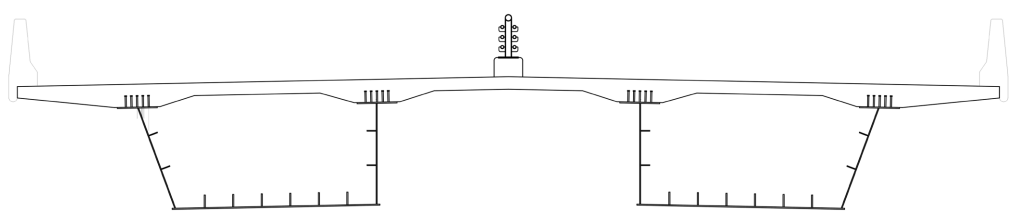


Figure 4. Standard cross-section diagram of double-cell composite beam
图 4. 双箱室组合梁标准横断面图

综上所述，组合梁可采用多种断面形式，可根据现场运输条件、安装重量、对周围交通影响等限制条件进行多因素比选，择优选用。

同时根据路口两侧桥梁上下部结构型式不同，组合梁结构可兼顾跨越性及景观性要求，提供合理解决方案。

4. 施工措施

组合梁拟采用少支架施工工艺：现场布设临时支墩，采用汽车吊或者其他可靠吊装设备架设钢梁节段，节段间采用现场焊接，箱间横向联系采用高强螺栓现场连接；钢梁形成整体后再进行桥面板施工，拆除临时支墩，完成桥面系施工。

上部结构采用简支体系避免了连续体系负弯矩区的设计难点，但同时受限于简支体系的跨越能力，组合梁用钢量可能会有所增加。这时临时支墩的设置及拆除时机就成为了关键因素。

临时支墩的布设主要考虑钢主梁分段及横向道路保通需求等因素。临时支墩需要匹配钢主梁分段以保障钢主梁节段间的现场焊接。同时结合施工期间临时交通组织，在结构设计中适当处理，进一步提高施工措施的可行性。

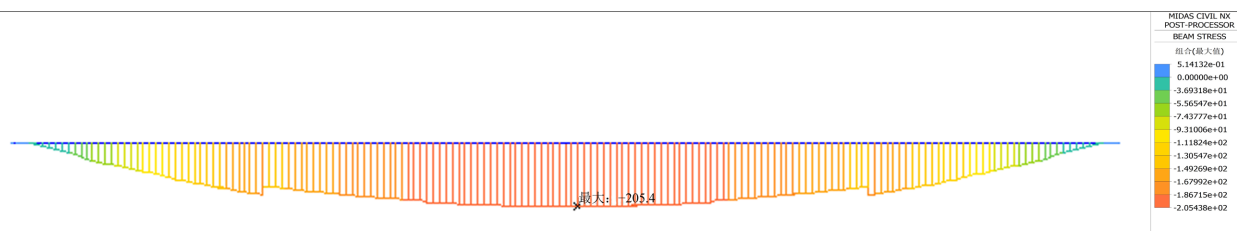
临时支墩的拆除时机有两种处理方案：方案一是在钢主梁形成整体后即拆除，混凝土桥面板荷载由钢主梁自身承担；方案二是在组合截面形成后再拆除，存在连续体系与简支体系的转换。

采用 MIDAS Civil 软件建立空间有限元模型，分析比较不同的临时支墩拆除时机对上部结构整体受力的影响。主梁纵梁单元采用组合梁截面梁单元模拟，主梁横梁采用梁单元模拟。临时支墩设置于 1/4 跨处，方案一临时支墩仅承担钢主梁自重，在钢主梁节段焊接完成后即拆除；方案二临时支墩承担钢主梁及桥面板混凝土自重，在钢主梁与混凝土板有效连接成整体后再拆除。

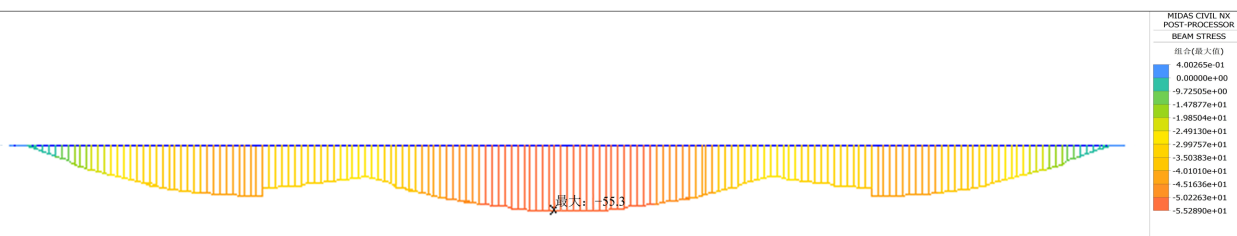
从受力机理上考虑，方案二在组合截面形成之前均以连续体系承担上部结构恒载(见图 5)，连续体系属超静定受力结构，临时支墩墩顶主梁受负弯矩，跨中受正弯矩，由于支点负弯矩的存在，使得其跨中正弯矩减小，同时临时支墩的设置也减小了钢主梁计算跨径。因此，相对于简支体系(方案一)，在相同材料用量指标情况下，可更充分发挥不同部位材料性能，有效降低钢主梁应力水平，尤其是钢主梁顶板(见表 2)。但方案二也存在临时支墩承载较大且使用周期较长的问题，须在施工临时措施设计中详细考虑。

在施工图设计阶段充分考虑永久结构及施工临时措施的综合经济性，合理选择拆除时机，可以进一步提高工程全过程的经济性并降低实施过程中的风险。

方案一



方案二



注：方案二考虑临时支墩有弹性压缩等基础变位。

Figure 5. Comparison of normal stress (MPa) of standard combined steel main beam in casting deck slab construction stage
图 5. 现浇桥面板阶段钢主梁标准组合正应力对比(MPa)

Table 2. Stress comparison of composite beam under fundamental combination
表 2. 基本组合下组合梁应力对比

项目	方案一	方案二	规范限值
钢主梁顶板最大应力(MPa)	357	219	270
钢主梁底板最大应力(MPa)	236	215	270
混凝土桥面板最大压应力(MPa)	10.5	12.5	22.4

注：两个方案，钢主梁梁高及钢板板厚一致。

5. 结论

通过对组合梁结构体系、断面形式及施工措施的讨论和分析，为今后类似城市高架跨路口组合设计总结了如下经验：

- 1) 常规路口节点桥梁跨径在 40~60 m 范围内，连续与简支体系各有优势，当优先考虑工程总体经济性 & 降低施工难度时，简支体系可以作为较优选项。
- 2) 针对两侧接线不同的上下部结构形式，组合梁可采用多种断面形式，可根据路口两侧桥梁上下部结构型式灵活选用，兼顾跨越性及景观性要求。
- 3) 简支体系的跨越能力弱于连续体系，但合理的临时支墩布设位置及拆除时机的选择，可通过不同阶段的体系转换，集合两种体系的特有优势，进一步提高工程全过程的经济性并降低实施过程中的风险。

参考文献

- [1] 聂建国. 钢-混凝土组合结构桥梁[M]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [2] 李聪, 聂建国, 周心怡, 刘学武. 钢-混凝土连续组合梁桥负弯矩区抗裂设计[J]. 建筑结构学报, 2022, 43(3): 172-178.
- [3] 中华人民共和国交通运输部. 公路钢混组合桥梁设计与施工规范: JTG/T D64-01-2015 [S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.
- [4] 中华人民共和国交通运输部. 公路钢结构桥梁设计规范: JTG D64-2015 [S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.