

高速公路跨线桥钢板组合梁和组合箱梁的方案比选

戴厚军 陈 建

安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司 安徽合肥 230000

摘要: 随着国家基础设施建设的飞速发展及公路建设的转型升级,公路钢结构桥梁得到进一步推广,为更好的推进钢结构桥梁在工程项目中的运用,本文对钢板组合梁和组合箱梁在公路项目的工程实际中的运用进行方案比选,在全寿命周期下,从经济性、工业化程度、施工周期、架梁速度、耐久性等多角度综合比选论证钢板组合梁的运用前景。

关键词: 钢板组合梁; 组合箱梁; 综合比选

The scheme comparison and selection of composite steel plate girder and composite box girder for expressway bridge

Houjun Dai, Jian Chen

Anhui Provincial Transportation Planning and Design Research Institute Co., LTD., Hefei, Anhui, 230000

Abstract: With the rapid development of national infrastructure construction and the transformation and upgrading of highway construction, steel structure bridges for highways are being further promoted. To better advance the application of steel structure bridges in engineering projects, this paper compares and selects schemes for the application of steel plate composite beams and composite box beams in highway projects. Taking into account the entire lifecycle, the paper comprehensively compares and demonstrates the prospects of using steel plate composite beams from various angles such as economic viability, industrialization level, construction period, beam erection speed, durability, etc. This is carried out to promote the effective utilization of steel plate composite beams in highway projects.

Keywords: Steel composite beam; Composite box girder; Comprehensive comparison

近年来,随着公路建设的转型升级,公路钢结构桥梁得到进一步推广,为响应《国务院关于钢铁行业化解过剩产能实现脱困发展的意见》(国发[2016]6号)的要求,以供给结构性改革加快推进公路钢结构桥梁建设,促进公路建设转型升级。为落实《关于推进公路钢结构桥梁建设的指导意见》(交公路发〔2016〕115号)、《关于开展公路钢结构桥梁典型示范工程建设的通知》(交办公路函〔2017〕708号),我省积极推进钢结构桥梁在工程项目中的运用,安徽省政府也颁布了《关于加快推进建筑产业现代化发展的指导意见》(皖政办〔2014〕36号),意见中也提及发展新型建造方式、大力推广装配式建筑,减少建筑垃圾和扬尘污染,缩短建造工期,提升工程质量。

钢结构桥梁在中小跨径领域运用最广泛的是钢板组合梁,即由钢主梁和混凝土桥面板组合而成,其中钢主梁为主要承重构件,二者通过抗剪连接件连接成整体共

同传导桥面荷载。由于钢板组合梁各部件所在的受力位置比较合理,能最大限度的发挥钢材和混凝土的材料特性,具有较好的经济效益,总结起来有以下几个优点:

(1) 组合梁截面中混凝土主要受压,钢梁受拉,充分发挥材料特性,承载力高。承载力相同时,比非组合梁节约钢材达15%~25%。

(2) 混凝土桥面板与钢主梁一起参与受力,主梁的刚度增大,同时可以改善钢梁受压区的受力状态,有利于结构的安全性和稳定性,增强抗疲劳能力。

(3) 钢梁可以工厂化预制拼装,有利于加快施工进度,也有利于工程质量的管理。

(4) 钢板组合梁整体性能好,抗剪性能优,可以表现出良好的抗震性能。

(5) 桥面板可以采用工厂化预制,也可以采用现场浇筑的施工方式,现场浇筑时,钢主梁可以作为桥面板的模板支撑,加快施工进度。

钢板组合梁桥在我国的应用实践尚处于起步阶段, 主要的发展是在铁路桥领域, 结构形式类似于早期的多主梁形式的钢板梁桥, 设置复杂的横梁、横撑及加劲装置。钢板组合梁桥在我国公路桥的应用不多, 为响应国家政策, 推进工业化, 标准化, 建设绿色公路, 拟对高速公路跨线桥领域中采用钢板组合结构方案和混凝土结构方案进行方案比选。对两种结构形式进行建设期与运营期的全寿命周期进行综合比选。

一、建设期成本比选

30m 组合箱梁与 30m 钢板组合梁的建设期工程造价成本比选如下表所示:

30m 组合箱梁与 30m 跨径钢板组合梁建安费对比表

比较内容	① 25m 组合箱梁	② 30m 钢板组合梁	②-①
建安费 (墩高 4m)	3132.5	4019.3	+886.8
建安费 (墩高 6m)	3159.0	4041.4	+882.4
建安费 (墩高 8m)	3209.2	4084.3	+875.1
建安费 (墩高 10m)	3235.7	4106.4	+870.7
建安费 (墩高 12m)	3296.5	4149.2	+852.7
建安费 (墩高 14m)	3323.0	4171.3	+848.3

二、运营期成本比选

结构的优越性除需考虑建设成本外, 还需考虑结构

30m 组合箱梁上部设计寿命周期内养护费用
(设计周期 100 年)

编号	养护项目	养护周期	养护次数	单次费用 (元/m ²)	总费用 (元/m ²)	备注
1	大修	25 年	4	取用 296 (254-338)	1184	预应力损失、混凝土碳化, 单次加固费用为小箱梁建安费的 15%-20%。
2	中修	10 年	8	20	160	支座更换、裂缝修补, 单次小修费用为小箱梁建安费 1-2%
3	日常维修及定检	2 年	50	10	500	通过调研管理处获取
合计					1844	

在运营期及拆除期的费用, 主要表现运营期的大修、中修、日常维护及回收再利用上。

预制组合箱梁为混凝土结构, 经对现有高速公路桥梁在运营期的费用进行调研, 其主要花费有预应力损失加固、混凝土碳化维修、支座更换、裂缝修补以及后期日常维养等方面, 其费用可按小箱梁单位 (每平方) 建设成本的比例进行估算。

经对国内外钢板组合梁的应用及后期维养进行调研, 钢板组合梁运营期内的花费主要有防腐涂装、更换混凝土桥面板、裂缝维养、支座更换、日常维养以及后期的钢材回收再利用, 结合现钢材的价格, 对钢板组合梁运营期的花费列表如下:

30m 钢板组合梁上部设计寿命周期内养护费用
(设计周期 100 年)

编号	养护项目	养护周期	养护次数	单次费用 (元/m ²)	总费用 (元/m ²)	备注
1	防腐 (重新涂刷)	15 年	0	110	0	本项目拟采用耐候钢
2	大修 (更换混凝土板)	25 年	4	100	400	支点负弯矩受拉区
3	中修 (裂缝、支座)	10 年	8	20	160	含局部防腐
4	日常养护及定检	2 年	50	10	500	
5	钢材回收利用				-242	按照钢材价的 30%
合计					818	

由上表可知, 运营期内养护成本比较上, 30m 组合箱梁较 30m 钢板组合梁高 1026 元/m²。

三、综合比选

根据上述全寿命周期内建设成本及养护成本的比选可知, 30m 预制组合箱梁全寿命成本为 5003.0 元/m² (平均墩高 6m, 下同), 30m 钢板组合梁全寿命成本为 4859.4 元/m²。30m 钢板组合梁比 25m 组合箱梁总体全寿命成本略低。

由于钢板组合梁与组合箱梁在结构特性、施工特点上差别较大, 下表对两类结构从结构性能、适用性、施工难易、养护难易等角度进行全面比选。

钢板组合梁与组合箱梁优缺点对比表

比较项目	钢板组合梁	组合箱梁
结构特性	1、 π 型双主梁断面; 2、桥面板与主梁单独受力, 传力明确, 充分发挥了钢材受拉与混凝土受压的特点; 3、结构连续; 4、结构高度较高。	1、箱型断面; 2、A 类预应力混凝土构件, 抗扭能力大、横向抗弯刚度大; 3、先简支后结构连续; 4、结构高度较低。

比较项目	钢板组合梁	组合箱梁
耐久性	1、主梁纵向后浇连接, 耐久性较好; 2、混凝土桥面板可克服钢材疲劳问题, 钢构件作为主要受力构件可提高使用寿命; 3、钢材材料特性稳定, 受力性能强且均衡, 使用寿命长; 4、连续墩墩顶易出现裂缝病害, 其他构件维修养护次数较少。	1、主梁横向湿接缝连接, 耐久性较好; 2、结构纵向连续, 桥面铺装耐久性较好; 3、横向主线间距较大, 横向刚度较弱, 湿接缝易出现纵向裂缝; 4、A类构件, 耐久性稍差, 后期维养次数较多。
施工难易	1、钢主梁和桥面板集中预制标准化程度高; 2、主梁拼装工艺及设备受桥梁环境影响大, 有顶推、架桥机、履带吊装等工艺, 均较为成熟, 但对施工精度要求较高; 3、运梁重量较小, 节段长度较小, 对运梁便道及吊装设备要求较低; 4、桥面板集中预制, 尺寸小, 对临时场地要求较低。	1、单梁纵向整体预制, 湿接缝后浇, 集中预制标准化程度一般; 2、箱型闭口截面, 预制脱模难度较大; 3、纵向、横向后浇段较多, 现浇工程量较大; 4、单梁重量较大, 整梁长度较长, 对运梁便道、吊装设备要求更高; 5、主梁集中预制, 预制台座数量随主梁规模增加而增多, 对临时场地要求较高。
施工周期	3个月	5个月
保通需求	无需现场进行负弯矩区预应力张拉, 交通倒改次数和保通难度较组合箱梁小;	组合箱梁需现场张拉负弯矩区预应力钢束, 交通倒改次数和保通难度较钢板组合梁大;
养护难易	1、结构连续, 主梁钢材根据环境条件可采用防腐涂装或耐候钢, 养护常规; 2、钢结构加固时, 其抗弯和抗剪承载能力均可以同步提高, 且可靠性优于混凝土结构; 3、单孔支座数量少, 后期更换难度较低。	1、混凝土结构, 开裂病害较为常见, 加固时, 其抗剪承载能力提高有限; 2、结构连续, 单孔支座数较多, 后期养护更换难度较大; 3、横向主线间距较大, 横向刚度较弱, 湿接缝易出现纵向裂缝。
景观效果	1、结构高度稍高, 景观性随桥下净空增加而提高; 2、桥下梁肋较少, 景观性较好。	1、结构高度稍低, 景观性随桥下净空增加而提高; 2、桥下梁肋较多, 景观性不如钢混组合梁。
综合评价	1、施工周期短, 施工期交通倒改次数少、保通难度较低; 2、施工难易及后期养护均优于混凝土组合箱梁, 工业化程度高, 施工速度快; 3、全寿命周期经济性略优于混凝土组合箱梁。	1、施工周期长, 需现场张拉负弯矩区预应力钢束, 施工期交通倒改次数多、保通难度较高; 2、施工难易及后期养护均不及钢混组合箱梁, 工业化程度一般, 施工周期较长; 4、全寿命周期经济性不及钢混组合梁结构。
比选意见	推荐	

结合高速公路保通需求, 从工业化程度、施工周期、架梁速度、耐久性、全寿命周期经济性等综合比选, 高速公路跨线桥推荐采用钢板组合梁。

四、总结

综上所述, 随着钢结构桥梁的不断发展和广泛运用, 我们在高速公路跨线桥领域可以推广使用钢板组合梁, 可以有利于高速公路工业化建造, 加快施工速度, 节约

工期, 同时在全寿命周期下节省工程造价, 对施工期高速运营的干扰小, 有利于施工期保通, 尤其是对于高速公路改扩建项目有更好的运用前景。

参考文献:

- [1] 《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64-2015.
- [2] 邵长宇. 梁式组合结构桥梁[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.