

文章编号: 1674—8247(2023)04—0040—05

DOI: 10. 12098/j. issn. 1674 - 8247. 2023. 04. 008

基于 BIM 技术的装配式桥面系经济性研究

刘 昕 钱 昊 罗福君 罗 玮 刘 航

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:为研究装配式法与现浇法施工桥面系技术经济指标的差异,依托贵南高速铁路装配式桥面系新工法的定额测定成果,在同口径工程界面情况下,对比分析两种工法的技术经济指标差异。研究结果表明:(1)装配式工法每延米技术经济指标较常规现浇法施工均有不同程度的增加,增加幅度 43%~92%,有声屏障段落增加幅度 43%~47%,无声屏障段落增加幅度 88%~92%;(2)装配式预制块较现浇法施工在实体工程数量上存在一定优化,主要表现为钢筋数量,每延米钢筋用量优化 62.60~159.12 kg;(3)装配式构件预制与现浇法施工桥面系在构件实体工程数量上口径一致,每延米经济指标为现浇法施工的 80%。装配式法中预制块安装工程是该工法费用组成的重要影响因素,而螺栓安装与封堵子目对预制块安装工程的延米经济指标影响较大,占预制块安装工程费用的 78%。

关键词: BIM 技术; 装配式桥面系; 经济性研究

中图分类号: U448.13

文献标志码: A

A Study on Economy of Prefabricated Bridge Deck Systems Based on Building Information Modeling

LIU Xin QIAN Hao LUO Fujun LUO Wei LIU Hang

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: This study aims to analyze the technical and economic differences between the prefabricated construction method and the cast-in-situ construction method for bridge deck systems. Utilizing the established norms of the prefabricated construction method applied in Guiyang-Nanning High-speed Railway, a comparative analysis of the two methods was conducted under similar engineering interface conditions in the paper. The findings indicate that: (1) The technical and economic indicators per linear meter show varying degrees of increase in the prefabricated construction method compared to the conventional cast-in-situ construction method. The increase ranges from 43% to 92%. Specifically, the sections with sound barriers experience an increase of 43% to 47%, while the sections without sound barriers observe an increase of 88% to 92%. (2) When compared to cast-in-situ construction, the prefabricated blocks demonstrate optimization in terms of the number of physical works in the actual project, particularly optimizing the amount of reinforcement used per linear meter, ranging from 62.60 kg to 159.12 kg. (3) The quantity of physical works for prefabricated construction and cast-in-situ construction in bridge deck systems remains consistent. However, the economic indicator per linear meter in the prefabricated construction method is approximately 80% of that in the cast-in-situ construction method. The installation of prefabricated blocks significantly influences the cost composition of the prefabricated construction method, with the sub-

收稿日期: 2022-09-16

作者简介: 刘昕(1975-),男,高级工程师。

引文格式: 刘昕,钱昊,罗福君,等. 基于 BIM 技术的装配式桥面系经济性研究[J]. 高速铁路技术, 2023, 14(4): 40-44.

LIU Xin, QIAN Hao, LUO Fujun, et al. A Study on Economy of Prefabricated Bridge Deck Systems Based on Building Information Modeling [J]. High Speed Railway Technology, 2023, 14(4): 40-44.

items, i. e. installation of bolts and sealing, having a substantial impact on the economic indicators per linear meter of the prefabricated block installation works, accounting for 78% of the cost proportion of the prefabricated block installation works.

Key words: Building Information Modeling; prefabricated bridge deck system; research on economy

我国高速铁路桥梁占线路总长的比例超过 50%，高速铁路桥梁主要采用预应力混凝土简支箱梁，其桥面附属设施包括防护墙、电缆槽及其盖板、遮板、栏杆（立柱和扶手）、声屏障等。目前，高速铁路桥梁桥面附属设施的防护墙和电缆槽竖墙采用现浇钢筋混凝土结构、遮板为预制钢筋混凝土结构、电缆槽盖板为预制 RPC 板或钢筋混凝土板、栏杆立柱和扶手为预制钢筋混凝土结构或钢结构、声屏障为预制钢结构或混凝土结构。根据高速铁路桥梁施工和运营状态的调研结果，现有箱梁桥面附属设施存在施工周期较长、现浇混凝土工作量大、现场施工质量难以控制、运营期间养护维修工作量大等问题。桥面附属设施如做到模块化、标准化和工厂化制作，实现现场装配化施工，不仅能缩短施工周期、保证施工质量，而且能显著减少桥面附属设施的养护维修工作量，从而节省桥梁的全寿命周期成本。

目前，针对桥梁装配式构件的研究已经取得一定进展。梁峰^[1]和李泽鹏^[2]对装配式桥梁设计、施工工艺及其应用进行了研究与分析；邵旭东^[3]等对桥梁装配式构件混凝土材料进行了力学试验研究；陈文保^[4-8]等学者结合 BIM 技术对桥梁工程的装配式设计及应用进行了相应研究，并对装配式建筑的全寿命周期问题及未来的发展趋势进行了探讨。王学^[9]对高速铁路装配式桥面附属设施的造价进行了测算研究。

综上所述，现有研究成果主要集中在结合 BIM 技术对桥梁实体或预制构件（墩、桥台等）进行建模分析，以便在设计及施工阶段进行相应的优化与调整。但并未有基于 BIM 技术对铁路装配式桥面系进行实体建模并应用于技术经济性分析的相关研究内容。

本文以贵南高速铁路独山制梁场装配式桥面系预制构件为依托，结合 BIM 实体建模技术测定其在一定施组模型下的补充单价分析资料，从而系统阐述其经济性及应用范围。

1 基于 BIM 技术的补充单价分析测定成果

目前铁路桥梁工程相关的现行预算定额标准为 TZJ 2002 - 2017《铁路工程预算定额：第二册 桥涵工程》^[10]，但是其中未有针对装配式桥面系工程的相关

定额，相近相似定额在施工组织模型及工艺工法方面均与装配式工法存在差异。现场在剔除非工艺工法原因所造成的定额消耗后，分析总结最终补充单价分析测定成果，如表 1 所示。

表 1 装配式桥面系施工工法补充单价分析表

补充单价 编号	补充单价 子目	基价/ 元	人工费/ 元	材料费/ 元	机械费/ 元
BCQY-1	预制块模板安拆/(10 m ²)	213. 16	38. 29	159. 53	15. 34
BCQY-2	预制块钢筋/t	3 823. 97	198. 23	3 337. 85	287. 89
BCQY-3	预制块混凝土浇筑/(10 m ³)	1 153. 69	502. 33	0. 37	651. 00
BCQY-4	预制块运输(每运 1km)/块	22. 30	3. 57	0. 52	18. 21
BCQY-5	预制块运输(装卸 1 次)/块	81. 30	13. 35	3. 12	64. 83
BCQY-6	预制块散布、粗放/块	50. 43	10. 55	3. 12	36. 76
BCQY-7	预制块精调/块	72. 14	17. 20	2. 23	52. 70
BCQY-8	预制块螺栓安装/块	990. 48	16. 48	961. 20	12. 8
BCQY-9	预制块螺栓孔封堵及防水层施工/块	61. 82	27. 06	18. 75	16. 01

装配式桥面系预制构件为异型结构，其模板用钢量、每 10 m² 接触面积等均不同于常规预制构件，因此，基于 BIM 实体建模技术针对 BCQY-1 预制块模板安拆补充单价子目组合钢模板摊销量进行研究分析。

预制块模板安拆采用的是组合钢模板翻模法施工工艺，因此模板安拆过程中无需底模。依据基本定额，组合钢模板摊销量计算方法及摊销次数如表 2 所示。

组合钢模板每次摊销量 = 一次性使用量 × (1 + 工地搬运及操作损耗率)/摊销次数 (1)

表 2 组合钢模板(不含隧道)摊销次数表

材料 名称	摊销次数/次		工地搬运及操 作损耗率/%	备注
	现浇	预制		
模板	50	100	1	
支撑	85	120	1	
配件	25	30	2	路基工程损耗按 1%取值

基于 BIM 技术对装配式桥面系标准梁图进行实体建模,提取模型参数,进行模板摊销计算。

提取实体模型主要技术参数,依据基本定额计算每 10 m² 组合钢模板摊销量,如表 3 所示。

表 3 BIM 实体模型技术参数表

模块名称	材料名称	摊销次数/次	表面积(除底模)/m ²	10 m ² 接触面积设计用钢量/kg	10 m ² 接触面积摊销量/kg
B1 直	模板	100	12.7-3.5=9.2	94.79	10.30
	支撑	120		49.47	6.45
	配件	30		186.15	6.07
B4 直	模板	100	13.8-3.7=10.1	94.79	9.39
	支撑	120		49.47	5.88
	配件	30		186.15	5.53
B1 曲	模板	100	13.4-3.5=9.9	94.79	9.57
	支撑	120		49.47	6.00
	配件	30		186.15	5.64
B4 曲	模板	100	14.6-3.7=10.9	94.79	8.70
	支撑	120		49.47	5.45
	配件	30		186.15	5.12
C1 直	模板	100	13.7-3.5=10.2	94.79	9.29
	支撑	120		49.47	5.82
	配件	30		186.15	5.47
C4 直	模板	100	15.3-3.8=11.5	94.79	8.24
	支撑	120		49.47	5.16
	配件	30		186.15	4.86
C1 曲	模板	100	14.5-3.5=11.0	94.79	8.62
	支撑	120		49.47	5.40
	配件	30		186.15	5.08
C4 曲	模板	100	16.1-3.8=12.3	94.79	7.71
	支撑	120		49.47	4.83
	配件	30		186.15	4.54

依据装配式桥面系平面布置图,标准块与梁端块数量比例按 1 : 7 考虑,直线与曲线占比按 1 : 1 考虑,栏杆与声屏障占比按 9 : 1 考虑,综合加权折算主要技术参数如表 4 所示。

表 4 BIM 实体模型技术参数汇总表

材料名称	摊销次数/次	表面积(除底模)/m ²	10 m ² 接触面积设计用钢量/kg	10 m ² 接触面积摊销量/kg
模板	100	9.78	94.79	9.69
支撑	120		49.47	5.06
配件	30		186.15	19.03

依据上述分析即可得到 BCQY-1 预制块模板安拆补充单价子目组合钢模板摊销量。

2 装配式桥面系技术经济性研究

2.1 研究范围及工程界面划分

装配式桥面系现场全工序补充单价测定资料依

托贵南高速铁路站前 5 标相关桥梁工程,依据补充单价测定资料确定研究范围为:350 km/h 高速铁路常用跨度直曲双线简支箱梁。依据研究范围,进一步明确桥面系工程界面,装配式法与常规现浇法施工桥面系如图 1 所示。

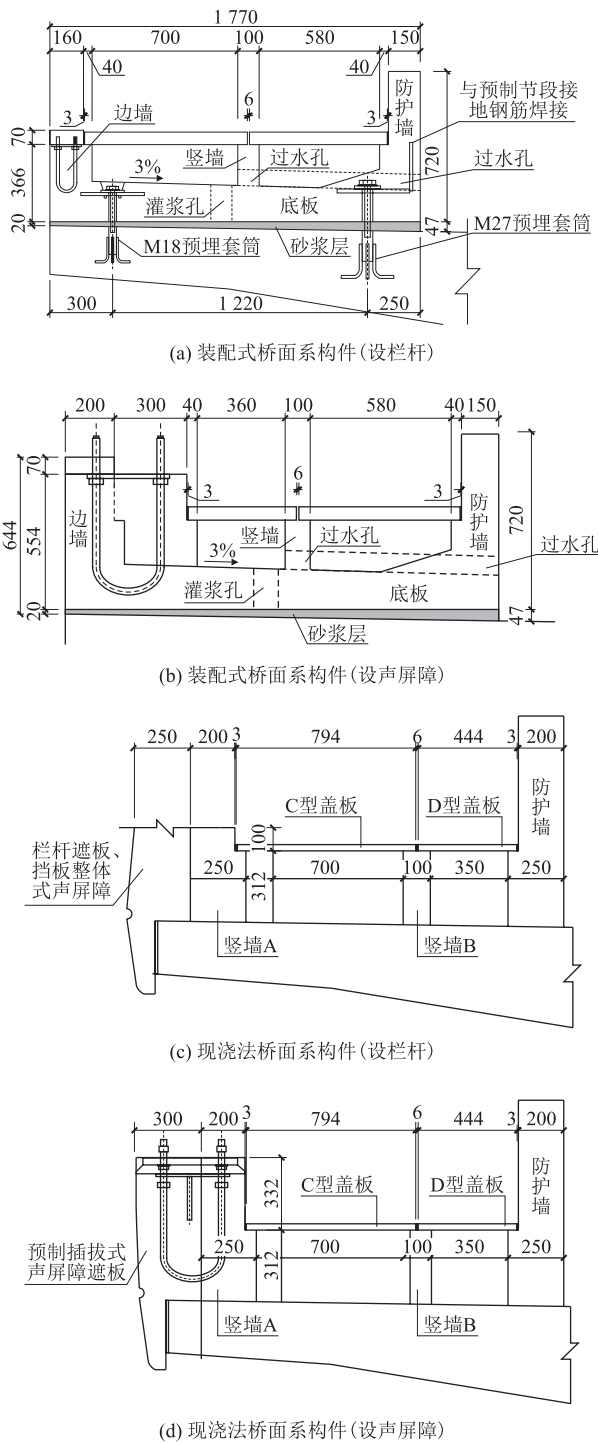


图 1 装配式法及现浇法桥面系示意图(mm)

由图 1 可知,界定装配式桥面系装配式工法较常

规现浇法的同口径工程界面为:防护墙、竖墙、边墙、电缆槽底板、灌浆孔、梁体预埋套筒、砂浆垫层、电缆槽底板、连接螺栓及螺栓孔封堵、构件预埋垫板及电缆槽盖板。

声屏障、栏杆、桥面防水层、基础网支柱基础及下拉锚线基础点不存在由于装配式桥面系新工艺工法

差异造成的投资差异,因此研究对比工程界面不包含相关工程内容。

2.2 工程数量对比分析

依据装配式及现浇法施工桥面系构件平面布置示意图及工程界面划分,计算两种工法不同工况组合下数量差异,如表5所示。

表5 装配式预制块工程数量表

项目名称			直线				曲线			
			无声屏障		有声屏障		无声屏障		有声屏障	
			24 m	32 m	24 m	32 m	24 m	32 m	24 m	32 m
数量 合计	现浇	钢筋/kg	6 009.17	7 870.36	9 282.59	12 126.87	6 222.97	8 149.16	9 496.39	12 405.67
		混凝土/m ³	25.12	33.30	30.76	40.79	26.00	34.46	31.64	41.95
	装配式	钢筋/kg	4 024.59	5 342.62	5 463.63	7 176.21	4 625.53	6 145.97	6 101.57	8 040.26
		混凝土/m ³	28.81	38.27	32.68	43.18	30.12	40.00	33.89	44.91
	差额	钢筋/kg	-1 984.58	-2 527.74	-3 818.97	-4 950.66	-1 597.45	-2 003.19	-3 394.82	-4 365.40
		混凝土/m ³	3.69	4.97	1.92	2.38	4.12	5.54	2.24	2.96
指标 合计	现浇	钢筋/kg	250.38	245.95	386.77	378.96	259.29	254.66	395.68	387.68
		混凝土/m ³	1.05	1.04	1.28	1.27	1.08	1.08	1.32	1.31
	装配式	钢筋/kg	167.69	166.96	227.65	224.26	192.73	192.06	254.23	251.26
		混凝土/m ³	1.20	1.20	1.36	1.35	1.25	1.25	1.41	1.40
	差额	钢筋/kg	-82.69	-78.99	-159.12	-154.71	-66.56	-62.60	-141.45	-136.42
		混凝土/m ³	0.15	0.16	0.08	0.07	0.17	0.17	0.09	0.09

2.3 技术经济指标差异性分析

依据补充单价分析及工程数量的相关数据,分别编制装配式法与现浇法不同工况组合下的延米经济指标,同时为便于投资对照与分析,将装配式工法区分为3部分工程内容(装配式构件预制、运输、现场安装),其中装配式构件预制与现浇法施工桥面系在构件实体工程数量上口径一致。不同工况组合下两种工法每延米投资指标对照如表6所示。

不同工法及工况组合延米技术经济指标差异对比如图2所示。

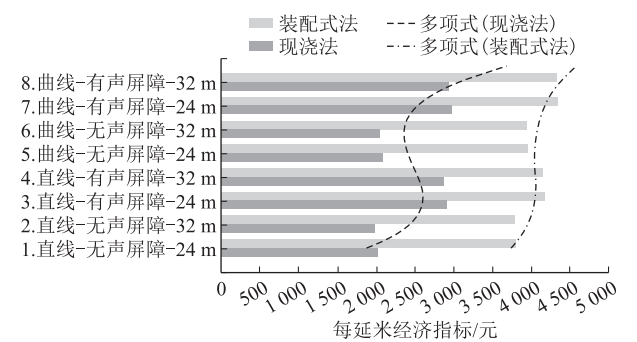


图2 不同工法每延米经济指标对比图

由图2可知,在相同的工程界面上,装配式工法每延米技术经济指标较常规现浇法施工均有不同程度的增加,增加幅度43%~92%,其中有声屏障段

落增加幅度43%~47%;无声屏障段落增加幅度88%~92%。这与两种工法工程数量的差异变化规律相符,装配式法无声屏障段落预制块钢筋较有声屏障段落优化较少,而混凝土量增加较多。同时,装配式工法较常规现浇法施工并未改变不同工况组合下的延米经济指标变化规律,仍呈现与现浇法施工相似的变化规律,但通过经济指标差异的多项式拟合可知,装配式工法虽然没有改变不同工况组合下的经济指标变化规律,但进一步缩减了各工况组合下的经济指标差异系数,各工况组合下的经济指标差异变化缩小。

针对装配式法延米经济指标占比较大的预制块安装分项工程进行费用组成分劈,将预制块安装分项工程划分为(预制块粗放、精调;螺栓安装与封堵;自密实混凝土灌注),测算不同工况组合下预制块安装工程的投资费用组成,如表7所示。

由表7可知,不同工况组合下,预制块安装工程的预制块粗放、精调;螺栓安装与封堵及自密实混凝土灌注延米经济指标占比较为固定,各分项工程占预制块安装工程的比例分别为15%、78%和7%。由此可知,螺栓安装与封堵子目对预制块安装工程的延米经济指标影响较大,原因主要为装配式桥面系需特殊螺栓连接构件,每套螺栓(含预埋套筒)为240元,基

表 6 两种工法施工桥面系每延米指标对比表

现浇法施工桥面系			装配式法施工桥面系			
工况组合	数量/延米	指标/(元/延米)	分项工程	指标/(元/延米)	小计	占比/%
1. 直线-无声屏障-24 m	24	2 016. 33	a. 预制混凝土	1 668. 83	3 791. 50	44
			b. 预制块运输	573. 08		15
			c. 预制块安装	1 549. 58		41
2. 直线-无声屏障-32 m	32	1 990. 09	a. 预制混凝土	1 661. 38	3 785. 13	44
			b. 预制块运输	573. 09		15
			c. 预制块安装	1 550. 66		41
3. 直线-有声屏障-24 m	24	2 915. 21	a. 预制混凝土	2 049. 96	4 178. 29	49
			b. 预制块运输	573. 08		14
			c. 预制块安装	1 555. 25		37
4. 直线-有声屏障-32 m	32	2 869. 13	a. 预制混凝土	2 026. 47	4 150. 22	49
			b. 预制块运输	573. 09		14
			c. 预制块安装	1 550. 66		37
5. 曲线-无声屏障-24 m	24	2 079. 38	a. 预制混凝土	1 828. 83	3 951. 50	46
			b. 预制块运输	573. 08		15
			c. 预制块安装	1 549. 58		39
6. 曲线-无声屏障-32 m	32	2 051. 97	a. 预制混凝土	1 822. 50	3 946. 25	46
			b. 预制块运输	573. 09		15
			c. 预制块安装	1 550. 66		39
7. 曲线-有声屏障-24 m	24	2 978. 25	a. 预制混凝土	2 219. 88	4 342. 54	51
			b. 预制块运输	573. 08		13
			c. 预制块安装	1 549. 58		36
8. 曲线-有声屏障-32 m	32	2 930. 97	a. 预制混凝土	2 198. 63	4 322. 38	51
			b. 预制块运输	573. 09		13
			c. 预制块安装	1 550. 66		36

价材料费每延米指标为 960 元,约占螺栓安装与封堵工程的 80%,为该项工程内容的主要投资影响因素。

表 7 预制块安装工程每延米指标影响因素占比表(元/延米)

工况组合	预制块粗放、精调	螺栓安装与封堵	自密实混凝土灌注	安装合计
1. 直线-无声屏障-24 m-预制块安装	229. 46	1 206. 92	113. 21	1 549. 59
2. 直线-无声屏障-32 m-预制块安装	229. 44	1 206. 94	114. 25	1 550. 63
3. 直线-有声屏障-24 m-预制块安装	229. 46	1 206. 92	118. 92	1 555. 3
4. 直线-有声屏障-32 m-预制块安装	229. 44	1 206. 94	114. 25	1 550. 63
5. 曲线-无声屏障-24 m-预制块安装	229. 46	1 206. 92	113. 21	1 549. 59
6. 曲线-无声屏障-32 m-预制块安装	229. 44	1 206. 94	114. 25	1 550. 63
7. 曲线-有声屏障-24 m-预制块安装	229. 46	1 206. 92	113. 21	1 549. 59
8. 曲线-有声屏障-32 m-预制块安装	229. 44	1 206. 94	114. 25	1 550. 63

3 结论

本文通过研究装配式法与现浇法施工桥面系的技术经济指标的差异性,得出结论如下:

(1)在相同工程界面上,装配式工法每延米技术经济指标较常规现浇法施工均有不同程度的增加,增加幅度 43%~92%,其中,有声屏障段落增加幅度 43%~47%;无声屏障段落增加幅度 88%~92%。

(2)装配式预制块较现浇法施工在实体工程数量上存在一定优化,主要表现为钢筋数量上的优化,不同工况组合下每延米钢筋用量优化 62. 60~159. 12 kg。

(3)装配式构件预制与现浇法施工桥面系在构件实体工程数量上口径一致,在构件实体工程内容一致的对比口径上,装配式法每延米经济指标为现浇法施工的 80%,存在实体工程指标上的优化。其中,20%差异主要由预制与现浇定额及实体工程数量差异影响造成,实体工程数量影响占比 75%,预制与现浇定额影响占比 25%。

建议结合预制块供应区段范围与现场安装工期进一步研究建厂规模与经济运输半径的关系,计算预制块不同运输半径下每延米经济指标与临时场站土建费用的关系,从而找到经济指标最优的运输半径与临时场站规模,进一步优化装配式法施工桥面系的技术经济指标,做到更大范围的推广及应用。

(下转第 55 页)

运列车应急供电、应急自走行研发提出了参考意见,得到主要结论如下:

(1)高原山区高速铁路热备动车组救援时,可实现动车组 30‰坡道上明线区段 118 km/h、隧道区段 114 km/h 速度及以下的牵引上坡,明线区段 176 km/h、隧道区段 210 km/h 速度及以下的电制动下坡,救援性能满足需求。

(2)高原山区高速铁路热备动车组布点按救援半径 200 km 设置,设于有始发终到客流的车站。热备动车组、应急热备机车、救援列车及机辆段所布点一致,充分考虑资源贡献,尽量减少机辆设备设施布点,减轻人员分布及劳动强度。

(3)高原山区高速铁路客运列车研发需提高应急通风及辅助供电时间,提高救援等待时间;此外,客运列车至少需具备 180 min 应急供电条件或增加应急自走行系统,以确保司乘及旅客的生命安全。

参考文献:

- [1] 铁总科技[2014]172号,铁路技术管理规程(高速铁路部分)[S].
Tie Zong Ke Ji [2014] No. 172, Regulations of Railway Technical

Operation (Part of High-speed Railway) [S].

- [2] 李琦,于丽,王明年,等. 长大铁路隧道及隧道群救援设施的规划探讨[J]. 地下空间与工程学报, 2017, 13(2): 567-572.
LI Qi, YU Li, WANG Mingnian, et al. Discussion on Rescue Facilities Planning in Long Railway Tunnels and Tunnel Groups [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2017, 13(2): 567-572.
- [3] 王英杰,周慧娟,卢文龙. 青藏铁路救援指挥系统的研究[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(4): 81-85, 146.
WANG Yingjie, ZHOU Huijuan, LU Wenlong. Study on Rescue Command System for Qinghai-Tibet Railway [J]. China Safety Science Journal (CSSJ), 2006, 16(4): 81-85, 146.
- [4] 李小平. 铁路突发事件应急救援智能决策关键技术研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2013.
LI Xiaoping. Study of Key Technologies on the Railway Emergency Rescue Intelligent Decision [D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2013.
- [5] 陈绍华. 高海拔特长隧道防灾疏散、救援技术研究[J]. 铁道工程学报, 2016, 33(4): 76-81, 86.
CHEN Shaohua. Research on the Evacuation and Rescue Technology for Disaster Prevention of High Altitude Extra-long Tunnel [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2016, 33(4): 76-81, 86.

(上接第44页)

参考文献:

- [1] 梁峰,陈栋宇. 斜交转正交梯形装配式桥梁设计[J]. 现代交通技术, 2011, 8(4): 26-28.
LIANG Feng, CHEN Dongyu. Trapezoidal Fabricated Bridge Design by Changing Oblique Crossing to Vertical Crossing [J]. Modern Transportation Technology, 2011, 8(4): 26-28.
- [2] 李泽鹏,赵洪学,唐宏亮,等. 装配式桥墩施工工艺及其应用[J]. 北方交通, 2019(4): 1-4.
LI Zepeng, ZHAO Hongxue, TANG Hongliang, et al. Construction Technology and Application of Assembled Pier [J]. Northern Communications, 2019(4): 1-4.
- [3] 邵旭东,王文前,辜杰凯,等. 装配式纤维混凝土组合桥面体系试验[J]. 公路交通科技, 2013, 30(6): 60-66.
SHAO Xudong, WANG Wenqian, GU Jiekai, et al. Experiment on Assembled Composite Bridge Deck System Composed of Fiber Concrete [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2013, 30(6): 60-66.
- [4] 陈文宝,魏志松,张航,等. BIM技术在装配式桥梁工程中的应用[J]. 北京交通大学学报, 2019, 43(4): 65-70.
CHEN Wenbao, WEI Zhisong, ZHANG Hang, et al. Application of BIM Technology in Assembly Bridge Project [J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2019, 43(4): 65-70.
- [5] 郭红,刘君峰. 关于BIM技术对装配式建筑未来发展趋势价值研究[J]. 山西建筑, 2017, 43(19): 212-213.

GUO Hong, LIU Junfeng. Research on the Future Trend Value of BIM Technology for Prefabricated Buildings [J]. Shanxi Architecture, 2017, 43(19): 212-213.

- [6] 齐宝库,李长福. 基于BIM的装配式建筑全生命周期管理问题研究[J]. 施工技术, 2014, 43(15): 25-29.
QI Baoku, LI Changfu. Research on the Whole Lifecycle of Prefabricated Construction Management Based on BIM Technology [J]. Construction Technology, 2014, 43(15): 25-29.
- [7] 刘智敏,王英,孙静,等. BIM技术在桥梁工程设计阶段的应用研究[J]. 北京交通大学学报, 2015, 39(6): 80-84.
LIU Zhimin, WANG Ying, SUN Jing, et al. Application Study on BIM Technology in Bridge Design Stage [J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2015, 39(6): 80-84.
- [8] 刘俊娥,高思,郭章林. BIM技术在装配式建筑中的应用探究[J]. 价值工程, 2017, 36(23): 161-163.
LIU June, GAO Si, GUO Zhanglin. Application of BIM Technology in Assembly Building [J]. Value Engineering, 2017, 36(23): 161-163.
- [9] 王学. 高速铁路装配式桥面附属设施造价测算研究[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(4): 43-48, 99.
WANG Xue. Study on Cost Calculation of Ancillary Facilities of Prefabricated Bridge Deck of High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(4): 43-48, 99.
- [10] TZJ 2002-2017 铁路工程预算定额(第二册 桥涵工程)[S].
TZJ 2002-2017 Railway Engineering Budget Quota (Volume 2 Bridge Engineering) [S].