

钢桥面铺装组合结构车辙性能研究

张瑞¹, 杨建萍^{2*}

(1. 重庆交通大学 土木工程学院, 重庆市 400074; 2. 重庆特铺路面工程技术有限公司)

摘要: 该文主要通过4个方面研究钢桥面铺装组合结构的高温性能: 不同厚度、不同上下层性能对组合结构高温性能的影响; 不同层间碎石撒布量、不同温度对组合结构高温车辙性能的影响。通过设计相应试验方案、分析试验规律并结合SPSS软件进行相关性分析, 得到其影响规律, 提出优化设计方案。

关键词: 沥青混凝土; 钢桥面铺装组合结构; 车辙动稳定度; 高温性能; 相关性分析

1 前言

随着钢桥建设的发展, 钢桥面铺装成为研究的热点, 也是一个难点。中国独特的地理气候条件, 导致钢桥面铺装问题尤为突出。目前世界上常用的3种钢桥面铺装类型为: 双层改性SMA, 浇注式沥青混凝土(GA10)+高弹SMA, 双层环氧沥青混凝土。中国钢桥大多在温度较高的长江中下游地区, 因此对桥面铺装的高温性能提出了更高的要求。目前, 中国钢桥面铺装多采用双层结构, 如双层SMA铺装、双层浇注式沥青混凝土、浇注式+SMA结构等。在桥面病害中, 高温车辙、推移、波浪是钢桥面铺装的典型病害。根据“公路钢箱梁桥面铺装设计与施工技术指南”, 对于浇注式沥青混合料的高温性能, 要求贯入度指标小于4 mm, 贯入度增量指标小于0.4 mm, 对于改性沥青SMA沥青混合料的高温性能, 要求60℃车辙试验动稳定度不小于3 000次/mm。现在通常采用组合结构的车辙试验来评价双层铺装结构的高温稳定性, 故该文主要采用组合结构的车辙试验来评价组合结构的高温性能。在实际摊铺过程中, 由于摊铺条件的不足或者施工工艺的不稳定, 导致双层结构厚度不稳定, 这种不稳定是否对高温性能产生显著影响。上、下面层的各自高温性能优劣对组合结构的高温性能影响程度有多大, 在GA10+SMA10中撒布碎石对组合件高温性能是否有显著影响, 都有待进一步研究。

2 前期试验准备

2.1 试件方案

通过组合3种贯入度性能的GA10配方和3种车辙性能SMA10配方, 测试组合结构高温车辙指标变化, 总结试验规律。前期试验方案为:

(1) 制备3种高温稳定性GA层配方, 贯入度建议为0~2、2~4、4~6 mm范围。

(2) 制备3种高温车辙性能的SMA10, 建议动稳定度为0~3 000、3 000~6 000、6 000~9 000次/mm范围。

2.2 原材料选择

采用0~3、3~5、5~10 mm的优质玄武岩作为矿料, 各档质量指标均满足JTGF40—2004《公路沥青路面施工技术规范》中关于沥青面层粗细集料的质量技术要求。填料为石灰岩矿粉, 矿粉粒度约为200目, 矿粉干燥、洁净且无团粒结块, 经试验检测后符合规范中对沥青面层填料的技术要求。集料及填料的水洗筛分结果见表1, 密度试验结果见表2。

研究采用3种优质沥青, 即SK高黏改性沥青、SK高弹改性沥青和壳牌70#基质沥青, SK高黏沥青用于制备不同高温性能的GA10, SK高弹和壳牌70#基质沥青用于制备不同高温性能的SMA10, 沥青的主要指标见表3。

2.3 GA10与SMA10配合比设计

GA10为A级配, SMA10为B级配, A、B级配各

收稿日期: 2019-10-19

作者简介: 张瑞, 男, 大学本科在读, E-mail: 2272337925@qq.com

* 通信作者: 杨建萍, 男, 硕士, 工程师, E-mail: 369255095@qq.com

档料配比见表 4,A、B 合成级配通过率见表 5。GA10 配合比如表 6 所示。

表 1 粗细集料及填料筛分试验结果

矿料规格/ mm	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%								
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
5~10	100	98.4	8.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5
3~5	100	100	85.4	19.7	12.9	9.3	7.0	5.3	4.7
0~3	100	100	99.8	80.2	59.6	39.1	23.5	15.7	13.0
矿粉	100	100	100	100	100	100	99.6	94.8	88.7

表 2 粗细集料及填料相对密度

矿料规格/mm	毛体积相对密度	表观相对密度
5~10	2.857	2.975
3~5	2.825	2.938
0~3	2.723	2.942
矿粉	2.717	2.717

表 4 不同级配各档矿料配比

级配	不同矿料(mm)配比/%			
	5~10	3~5	0~3	矿粉
A	33	16	27	24
B	73	0	18	9

研究采用车辙指标划分 SMA10 配方,在 B 级配下成型不同胶结料试件并进行车辙试验,试验结果见表 7。

根据表 7 最终确定 SMA10 的 3 个配方备用,其胶结料选择为混合沥青(基质 70[#] 沥青:SK 高弹沥青=3:7)、SK 高弹沥青、混合沥青(高弹沥青:高黏沥青=5:5);动稳定度平均值分别为 3 431、5 556、9 086 次/mm。

表 3 沥青三大指标

沥青种类	针入度(25℃)/ (0.1 mm)	延度 (5℃)/cm	软化点/ ℃
SK 高黏改性沥青	34	32	105.0
SK 高弹改性沥青	90	72	82.0
壳牌 70 [#] 基质沥青	68	>150	47.1

表 5 合成级配通过率

级配	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%								
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
A	100	99.6	68.7	50.7	43.4	37.0	32.1	28.4	26.1
B	100	99.2	36.0	27.6	22.6	18.3	14.9	12.8	11.6

表 6 确定的 GA10 配合比

级配	配方	油石比/ %	Sasobit/ %	拌和时 间/min	流动性/ s	贯入度/ mm	贯入度 增量/mm
A	1	7.1	3	40	>40	1.90	0.18
	2	7.5	2	30	15	3.14	0.31
	3	8.1	2	30	4	4.40	0.47

3 双层浇注式(GA10+GA10)结构室内高温车辙性能研究

3.1 不同上、下层性能对组合结构高温性能的影响
双层浇注式方案的试验方案,为 3.5 cmGA10+

3.5 cmGA10 组合结构中,不同底层、面层性能组合后的复合结构车辙指标研究。

3.1.1 不同底层、面层性能对组合结构高温性能的影响(3.5 cmGA10+3.5 cmGA10)

通过前期试验所选定的 3 种浇注式配方,上下面层相互组合,共有 9 种配方,试件成型后进行车辙动稳

表 7 动稳定度试验结果

结合料	油石比/ %	60 ℃动稳定度/ (次·mm ⁻¹)	平均值/ (次· mm ⁻¹)
基质 70# 沥青	5.8	无数据(超过 3 000 μm 最大量程)	—
基质 70# 沥青	6.3	无数据(超过 3 000 μm 最大量程)	—
基质 70# 沥青+ SK 高弹沥青(1:1)	6.3	无数据(超过 3 000 μm 最大量程)	—
基质 70# 沥青+ SK 高弹沥青(3:7)	6.3	3 061 3 510 3 722 5 863	3 431
SK 高弹沥青	6.3	4 929 5 870 8 526	5 556
高弹+高黏(5:5)	6.3	9 859 8 873	9 086
SK 高黏沥青	6.3	63 000 14 190	38 595
SBS 改性沥青	6.5	1 231	—

度试验,试验结果如图 1 所示。

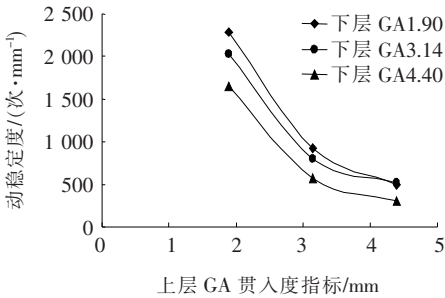


图 1 双层浇注式结构试件车辙指标变化图

从图 1 可看出:同一下层时,随着上层贯入度指标的增大,组合结构车辙指标越小;同一上层时,随着下层贯入度指标的增大,组合结构车辙指标越小。所以不管上层还是下层,随着贯入度的增大,组合结构的车辙指标都会变小。并且同一上层时随着下层贯入度指标增大车辙指标的减小比同一下层时随着上层贯入度指标增大车辙指标的减小要小,由此可得上层对组合结构动稳定度指标的影响更大。

为了进一步分析不同上下层性能对组合结构高温性能的影响,利用 SPSS 做相关性分析(表 8)。

表 8 双层浇注式不同上下层性能相关性分析

项目	上层			下层			车辙		
	皮尔逊相关性	显著性(双尾)	个案数	皮尔逊相关性	显著性(双尾)	个案数	皮尔逊相关性	显著性(双尾)	个案数
上层	1.000		9	0.000	1.000	9	-0.914	0.001	9
下层	0.000	1.000	9	1.000		9	-0.231	0.549	9
车辙	-0.914	0.001	9	-0.231	0.549	9	1.000		9

由表 8 可知:上层贯入度与车辙的相关系数 $r = -0.914$,存在强负相关,而下层贯入度与车辙的相关系数 $r = -0.231$,有一定的弱负相关;根据显著性检验结果,上层贯入度与车辙存在很强的显著性,而下层贯入度与车辙没有显著性。可得上层贯入度与车辙存在显著强负相关,所以上层贯入度对组合结构动稳定度指标有很大的负影响。

3.1.2 组合方案(3.5 cmGA10+3.5 cmGA10)车辙试验结果环比分析

在这里,双层浇注式方案,下层浇注式混合料和上层浇注式混合料都可用贯入度指标来评价,单位为 mm。因上下层采用同一类型指标,为分析上层混合料对组合件车辙指标的贡献,以下层材料不变,上层指

标变化,进行车辙指标变化与前列指标的环比,并提出单位贯入度车辙指标变化率,如表 9、10 所示。

表 9 车辙指标环比变化

下层贯入度/mm	上层贯入度 1.9 mm 车辙指标/(次·mm ⁻¹)	上层贯入度 3.14 mm 与前列环比/%	上层贯入度 4.40 mm 与前列环比/%
1.90	2 278	40.5	54.1
3.14	2 028	39.6	64.3
4.40	1 651	34.5	54.4

由表 9、10 可得:当下层贯入度固定时,随上层贯入度的增大,环比变化率增大,但 1 mm 单位车辙指标变化为先减小后增大。

表 10 单位贯入度车辙指标变化

下层贯入度/ mm	上层贯入度 1.9~ 3.14 mm 的 1 mm 单位车辙指标变化/ (次·mm ⁻¹)	平均值/ (次· mm ⁻¹)	上层贯入度 3.14~ 4.40 mm 的 1 mm 单位车辙指标变化/ (次·mm ⁻¹)	平均值/ (次· mm ⁻¹)	上层贯入度 1.9~ 4.40 mm 的 1 mm 单位车辙指标变化/ (次·mm ⁻¹)	平均值/ (次· mm ⁻¹)
1.90	1 093		336		712	
3.14	987	894	228	257	604	617
4.40	872		206		536	

3.2 不同厚度组合对组合结构高温性能的影响

选择配方贯入度 3.14 mm 的 GA10 配方,改变不同厚度组合,得到试验结果见表 11。

表 11 双层浇注式试件不同厚度组合动稳定度

组合方案	动稳定度/ (次·mm ⁻¹)	平均值/ (次·mm ⁻¹)
2.5 cmGA+4.5 cmGA	802, 827, 701	872
3.5 cmGA+3.5 cmGA	912, 696, 805	804
4.5 cmGA+2.5 cmGA	756, 682, 692	710

由表 11 可知:在保持总厚度 7 cm 不变的前提下,

下层厚度越厚,动稳定度越大。为了进一步分析不同厚度组合对组合结构高温性能的影响,利用 SPSS 做相关性分析(表 12)。由表 12 可知:上层厚度与车辙的相关系数 $r=-0.996$,存在强负相关,而下层厚度与车辙的相关系数 $r=0.996$,存在强正相关;根据显著性检验的结果,上层厚度、下层厚度与车辙存在边缘显著性。可得上层厚度与车辙存在边缘显著强负相关,下层厚度与车辙存在边缘显著强正相关。所以在双层 GA10 的结构下,上层厚度对组合结构动稳定度指标有很大的负影响,而下层厚度对组合结构动稳定度指标有很大的正影响。

表 12 双层浇注式不同厚度相关性分析

项目	上层			下层			车辙		
	皮尔逊相关性	显著性(双尾)	个案数	皮尔逊相关性	显著性(双尾)	个案数	皮尔逊相关性	显著性(双尾)	个案数
上层	1.000		3	-1.000	0.000	3	-0.996	0.059	3
下层	-1.000	0.000	3	1.000		3	0.996	0.059	3
车辙	-0.996	0.059	3	0.996	0.059	3	1.000		3

4 GA10+SMA10 结构室内高温车辙性能研究

4.1 不同上、下层性能对组合结构高温性能的影响

浇注式铺装组合结构(3.5 cmGA10+3.5 cmSMA10)性能方案共分为 9 个组合,其中 SMA(3 431)表示 SMA10 面层,动稳定度为 3 431 次/mm 的配方,GA(1.90)表示 GA10 贯入度为 1.90 mm 的配方,组合方案(3.5 cmGA10+3.5 cmSMA10)车辙试验结果如图 2 所示。

由图 2 可知,当下层 GA 一定时,组合方案的动稳定度随上层 SMA 的动稳定次数增加而增加,且上层 SMA 的动稳定度越大,组合方案的动稳定度增加越

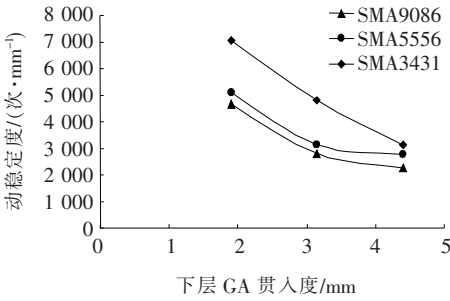


图 2 GA10+SMA10 车辙指标变化图

多;当上层 SMA 一定时,随着下层 GA 贯入度指标的增大组合方案的动稳定度减小,且下层 GA 的贯入度越大组合方案动稳定度降低得越慢。利用 SPSS 做相关性分析进一步分析不同上下层性能对组合结构的高温性能的影响(表 13)。由表 13 可知:上层 SMA 与车

辙的相关系数 $r=0.511$,存在较强的正相关,而下层 GA 与车辙的相关系数 $r=-0.805$,存在强负相关;根据显著性检验结果,下层 GA 与车辙存在较强的显著性,而上层 SMA 与车辙没有显著性。可得下层 GA

与车辙存在较强显著强负相关,所以下层 GA 对组合结构动稳定度有很大负影响,而上层 SMA 对组合结构动稳定度有一定的正影响。

表 13 GA10+SMA10 不同上下层性能相关性分析

项目	上层 SMA			下层 GA			车辙		
	皮尔逊相关性	显著性(双尾)	个案数	皮尔逊相关性	显著性(双尾)	个案数	皮尔逊相关性	显著性(双尾)	个案数
上层 SMA	1.000		9	0.000	1.000	9	0.511	0.160	9
下层 GA	0.000	1.000	9	1.000		9	-0.805	0.009	9
车辙	0.511	0.160	9	-0.805	0.009	9	1.000		9

4.2 层间碎石撒布量对高温车辙性能的影响

选择 GA 配方(贯入度 3.14 mm)和 SMA10 配方(动稳定度 5 556 次/mm),碎石撒布方案为 0、270、540 g,进行高温车辙试验,得到结果如表 14 所示。

表 14 碎石撒布方案动稳定度

方案	碎石撒布量/g	动稳定度/(次·mm ⁻¹)	均值/(次·mm ⁻¹)
1	0	3 080, 3 201, 2 624	2 968
2	270	3 027, 3 130, 3 191	3 116
3	540	3 061, 2 934, 2 679	2 891

利用 SPSS 做相关性分析,分析层间碎石撒布量对组合结构高温性能的影响(表 15)。由表 15 可得:碎石撒布量与车辙的相关系数 $r=0.461$,存在中度正相关;根据显著性检验结果,撒布量与车辙没有显著性。由表 14 可得:随着层间碎石撒布量的增加,组合方案的动稳定度先增加后降低。所以层间碎石撒布量对组合结构动稳定度的影响为先正后负,建议层间碎石撒布量要适中,过小过大都不好。

表 15 GA10+SMA10 层间撒布量相关性分析

项目	层间撒布量			车辙		
	皮尔逊相关性	显著性(双尾)	个案数	皮尔逊相关性	显著性(双尾)	个案数
层间撒布量	1		3	0.461	0.695	3
车辙	0.461	0.695	3	1		3

4.3 不同温度下组合结构高温车辙指标变化

GA10+SMA10 组合结构,其温度-车辙指标变

化规律一直是中国研究的空白领域。其特点是,总厚度为 7 cm 的车辙指标与总厚度为 5 cm 的车辙指标对应受力体系有所不同,结构层厚度不同,其受力分布情况不同,对于混合料的高温蠕变变化效果也不一样,GA+SMA 结构是由两层不同的混合料类型组成,受力情况更加复杂。

试验选择 GA10 贯入度为 3.14 mm 的浇注式配方,SMA10 选择动稳定度为 5 556 次/mm 的配方,中层撒布粒径 5~10 mm 预拌碎石,用量为 3 kg/m²。

在 45、50、55、60、65 ℃ 共 5 个温度条件下进行车辙试验,试验结果如图 3 所示。

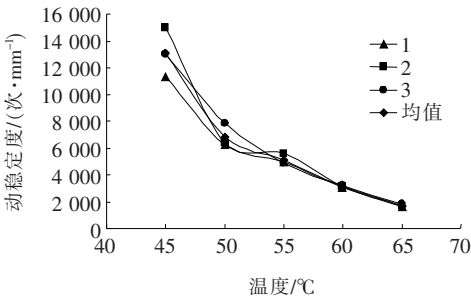


图 3 温度-车辙动稳定度指标变化

由图 3 可知:随着温度的升高,车辙指标越来越小,车辙指标变化率越来越小。当温度越来越低、车辙指标越大时,数据离散性越来越大。利用 SPSS 做相关性分析,得到不同温度对组合结构高温性能的影响如表 16 所示。

由表 16 可得:温度与车辙的相关系数 $r=-0.945$,说明温度与车辙存在较强负相关;根据显著性检验结果,温度与车辙具有较强显著性。所以温度对组合结构的高温性能有很强的负影响。

表 16 GA10+SMA10 不同温度相关性分析

项目	温度			车辙		
	皮尔逊相关性	显著性 (双尾)	个案数	皮尔逊相关性	显著性 (双尾)	个案数
温度	1.000		5	-0.945	0.015	5
车辙	-0.945	0.015	5	1.000		5

4.4 不同厚度组合对组合结构高温性能的影响

选择 GA 配方(贯入度 3.14 mm)和 SMA10 配方(动稳定度 5 556 次/mm),改变上下面层组合厚度,其方案和试验结果如表 17 所示。

表 17 GA10+SMA10 组合不同厚度组合动稳定度

试验方案	动稳定度/(次·mm ⁻¹)			
	1	2	3	平均值
2.5 cmGA+4.5 cmSMA	5 311	5 480	4 700	5 164
3.0 cmGA+4.0 cmSMA	4 620	4 053	4 438	4 370
3.5 cmGA+3.5 cmSMA	2 969	3 211	2 998	3 059
4.0 cmGA+3.0 cmSMA	2 890	2 644	2 780	2 771
4.5 cmGA+2.5 cmSMA	2 496	2 364	2 515	2 458

为了分析不同厚度组合对组合结构高温性能的影响,利用 SPSS 做相关性分析(表 18)。

表 18 GA10+SMA10 不同厚度相关性分析

项目	上层 SMA 厚度			下层 GA 厚度			车辙		
	皮尔逊相关性	显著性 (双尾)	个案数	皮尔逊相关性	显著性 (双尾)	个案数	皮尔逊相关性	显著性 (双尾)	个案数
上层 SMA 厚度	1.000		5	-1.000	0.000	5	0.962	0.009	5
下层 GA 厚度	-1.000	0.000	5	1.000		5	-0.962	0.009	5
车辙	0.962	0.009	5	-0.962	0.009	5	1.000		5

由表 18 可知:SMA 厚度与车辙的相关系数 $r=0.962$,存在强正相关,而 GA 厚度与车辙的相关系数 $r=-0.962$,存在强负相关;根据显著性检验结果,SAM 厚度、GA 厚度与车辙存在很强的显著性。由此可得 GA 厚度与车辙存在显著强负相关,SMA 厚度与车辙存在显著强正相关。在保证总厚度 7 cm 的前提下,上层 SMA 的厚度越大,组合方案的动稳定度次数越大,高温性能越好。所以 GA 厚度对组合结构动稳定度有负影响,而 SMA 厚度对组合结构动稳定度有正影响。

5 双层 SMA10 结构室内高温车辙性能研究

试验主要研究双层 SMA10 的不同厚度组合对组

合结构高温性能的影响,SMA10 配方为动稳定度 5 556 次/mm,改变上下面层组合厚度,其方案和试验结果如表 19 所示。

由表 19 可得:在保证总厚度 7 cm 的前提下,上层 SMA 厚度越大,组合方案的动稳定度动态变化,且双层 SMA 结构上下层厚度变化对车辙动稳定度的影响较小。为了进一步分析不同厚度组合对组合结构高温性能的影响,利用 SPSS 做相关性分析(表 20)。

表 19 SMA10+SMA10 组合不同厚度组合动稳定度

组合方案	动稳定度/(次·mm ⁻¹)			
	1	2	3	平均值
2.5 cmSMA+4.5 cmSMA	6 142	5 781	6 108	6 010
3.5 cmSMA+3.5 cmSMA	5 620	6 301	6 279	6 067
4.5 cmSMA+2.5 cmSMA	5 990	5 167	6 537	5 898

表 20 GA10+SMA10 不同厚度相关性分析

项目	上层 SMA 厚度			下层 SMA 厚度			车辙		
	皮尔逊相关性	显著性 (双尾)	个案数	皮尔逊相关性	显著性 (双尾)	个案数	皮尔逊相关性	显著性 (双尾)	个案数
上层 SMA 厚度	1.000		3	-1.000	0.000	3	-0.651	0.548	3
下层 SMA 厚度	-1.000	0.000	3	1.000		3	0.651	0.548	3
车辙	-0.651	0.548	3	0.651	0.548	3	1.000		3

由表 20 可知:上层厚度与车辙的相关系数 $r = -0.651$,存在强负相关,而下层厚度与车辙的相关系数 $r = 0.651$,存在强正相关;根据显著性检验的结果,上层厚度、下层厚度与车辙没有显著性。可得上层厚度与车辙存在强负相关,下层厚度与车辙存在强正相关。

6 结论与建议

(1) 通过研究双层 SMA10 铺装结构、GA10 + SMA10 铺装结构、双层浇注式 GA10 + GA10 结构 3 种铺装方案不同厚度对组合结构高温性能的影响,双层 SMA10 铺装结构下,上层厚度与车辙存在强负相关,下层厚度与车辙存在强正相关;GA10 + SMA10 铺装结构下,下层 GA 厚度对组合结构动稳定度有负影响,而上层 SMA 厚度对组合结构动稳定度有正影响;在双层 GA10 的结构下,上层厚度对组合结构动稳定度指标有很大的负影响,而下层厚度对组合结构动稳定度指标有很大的正影响。

(2) 通过研究不同上下层性能对组合结构高温性能的影响:① 双层浇注式 GA10 + GA10,上层贯入度与车辙存在显著强负相关,所以上层贯入度对组合结构动稳定度指标有很大的负影响;② GA10 + SMA10,下层 GA 与车辙存在显著强负相关,所以下层 GA 对组合结构动稳定度有很大负影响,而上层 SMA 对组合结构动稳定度存在一定的正影响。

(3) 通过研究层间碎石撒布量对组合结构高温车辙性能的影响,对于 GA10 + SMA10 结构,可得层间碎石撒布量与车辙存在中度正相关但没有显著性,且随着层间碎石撒布量的增加,组合方案的动稳定度次

数先增加后降低。所以层间碎石撒布量对组合结构动稳定度存在先正后负的影响,建议层间碎石撒布量要适中,过小过大都不好。

(4) 通过研究不同温度下组合结构高温车辙性能的影响,对于 GA10 + SMA10 结构,随着温度的升高,车辙指标值越来越小,车辙指标变化率越来越小;当温度越来越低、车辙指标越大时,数据离散性越来越大;且温度对组合结构高温性能有很强的负影响。

参考文献:

- [1] 张力,陈仕周. 钢桥面铺装技术的研究与发展[J]. 公路, 2001(1).
- [2] 黄卫. 大跨径桥梁钢桥面铺装设计[J]. 土木工程学报, 2007(9).
- [3] 李瑶. 浇注式沥青混凝土钢桥面铺装结构的研究[D]. 重庆交通大学硕士学位论文, 2012.
- [4] 付修竹. 旧水泥混凝土路面沥青加铺层设计方法研究[D]. 重庆交通大学硕士学位论文, 2008.
- [5] 重庆交通科研设计院. 公路钢箱梁桥面铺装设计与施工技术指南[M]. 北京:人民交通出版社, 2006.
- [6] 杨旭东. 湿热地区水泥混凝土路面沥青加铺层结构与材料研究[D]. 长安大学博士学位论文, 2012.
- [7] 徐玮. 旧水泥混凝土路面沥青加铺层工作状态及力学分析研究[D]. 长安大学硕士学位论文, 2007.
- [8] 马融,陈飞. ERS 钢桥面铺装病害调研及原因分析[J]. 中外公路, 2019(3).
- [9] 朱定,李书亮. 港珠澳大桥钢桥面铺装方案比选及浇注式沥青混合料(GMA)标准化施工工艺控制[J]. 中外公路, 2019(2).
- [10] 欧阳男,杨群,程志强. 辉绿岩用于钢桥面铺装 SMA 适用性分析[J]. 中外公路, 2019(4).

投稿须知

1. 征稿范围:国内外公路概况;国外公路考察见闻;公路路线设计;路基路面工程;桥梁与隧道工程;材料试验与应用;交通工程与管理;公路景观与环保等。

2. 稿件要求:① 请提供 word 文档。文稿以 6 000 字左右为佳;② 投寄本刊的稿件,直接发至 E-mail: zhong-waigonglu@vip.163.com (本刊唯一投稿邮箱),本刊审稿周期 1~2 个月。若被采用,本刊将 E-mail 通知作者。3 个月未收到通知,作者可另行处理。请勿一稿多投,否则后果自负;③ 题目应简洁明晰,字数不能多于 20 个中文字;④ 作者单位必须注明邮政编码。第一作者须注明出生年、性别、学历、职称、研究方向、电子信箱和联系电话;⑤ 摘要、关键词。摘要请务必按“研究目的、方法、结果、结论”四要素写。关键词:3~8 个;⑥ 基金项目必须写明基金项目名称和编号;⑦ 图表。图表要与文中相对应,(示例:*** 如表 1 所示)。图表要有图名和表名。除照片外,其余图均需提供 excel 或 origin 或 cad 源文件。表格采用三线表。所有图、表中的字体为小 5 号或 6 号;⑧ 文后必须要有参考文献。参考文献参考格式如下:[1]期刊:作者姓名(列三位,等(姓在前,名在后)). 文章题目[J]. 刊名,出版年份(期);[2]专著:作者姓名(列三位,等). 专著名称[M]. 版本(第一版不标注). 出版地:出版单位,出版年;[3]论文集:作者姓名(列三位,等). 题名[C]. 论文集名,出版年;[4]学位论文:作者姓名. 题名[D]. 单位[硕士(博士)学位论文],年份;[5]专利:专利申请者姓名(列三位,等). 题名:国别,专利号[P]. 公告日期或公开日期[引用日期];[6]技术标准:标准代号 标准名称[S]. 《中外公路》编辑部