

乳化沥青冷再生混合料最佳拌和用水量确定方法

平自要¹, 王清², 刘娜³, 孟小培³

(1.河南省收费还贷高速公路管理中心, 河南 郑州 450000; 2.河南交通职业技术学院, 河南 郑州 450015;
3.河南省交通科学技术研究院有限公司, 河南 郑州 450006)

摘要: 基于旋转压实成型方法, 研究拌和用水量对乳化沥青冷再生混合料密实度、强度等指标的影响, 并与土工重型击实法确定的拌和用水量对比。结果表明, 旋转压实法成型试件的密实度比重型击实法试件大, 最佳拌和用水量比重型击实法确定的小; 冷再生混合料的密度及干、湿劈裂强度随拌和用水量的增多先增大后减小; 推荐采用兼顾乳化沥青冷再生混合料最优和易性与最大干密度的方法确定最佳用水量。

关键词: 公路; 最佳拌和用水量; 乳化沥青冷再生混合料; 旋转压实; 重型击实

中图分类号: U416.217 **文献标志码:** B **文章编号:** 1671-2668(2018)03-0063-04

随着大中修公路的增多, 乳化沥青冷再生技术得到广泛应用。目前对乳化沥青冷再生混合料拌和用水量的确定常采用最佳流体含量的方法, 忽略了乳化沥青与水对集料的润滑作用的大小关系, 而且重型击实确定的含水量较大, 在采用最大干密度确定含水量时难以确定峰值, 故不宜采用最佳流体含量的方法进行乳化沥青冷再生混合料设计。水是乳化沥青冷再生混合料设计必不可少的因素, 拌和用水量的多少影响混合料的性能, 过多的水会造成浆液流淌, 引起离析现象; 较少的水量则会造成和易性不足, 导致乳化沥青过早破乳, 难以压实。科学合理地确定混合料最佳用水量对提高压实度、提升性能具有重要作用。

1 试验原材料

1.1 沥青路面旧料

试验采用高速公路沥青面层铣刨料, 其性能检测结果见表 1。

表 1 沥青路面旧料的性能检测结果

试验项目	试验值
含水率/%	0.42
细集料砂当量/%	89.7
针片状颗粒含量/%	16.7
压碎值/%	3.9
棱角性/s	46.0

1.2 新集料

为了能满足再生规范对乳化沥青冷再生混合料

级配的要求, 试验中加入新集料。新集料选用 15~25 mm 石灰岩, 其级配见表 2。

表 2 新集料筛分结果

筛孔尺寸/mm	通过率/%	筛孔尺寸/mm	通过率/%
26.50	100.0	2.360	0.0
19.00	52.3	1.180	0.0
16.00	12.1	0.600	0.0
13.20	0.3	0.300	0.0
9.50	0.0	0.150	0.0
4.75	0.0	0.075	0.0

1.3 水泥

水泥可促进乳化沥青的破乳, 提高乳化沥青冷再生混合料的早期强度。试验采用 32.5 级普通硅酸盐水泥, 其性能检测结果见表 3。

表 3 水泥的性能指标

试验项目		试验值
细度/%		2.7
安定性		合格
标准稠度用水量/%		26.8
凝结时间/min	初凝	264
	终凝	387
抗折强度/MPa	3 d	5.9
	28 d	11.8
抗压强度/MPa	3 d	29.1
	28 d	40.3

1.4 乳化沥青

试验采用阳离子慢裂乳化沥青, 基质沥青为

70# 道路石油沥青,其技术指标见表 4。

表 4 乳化沥青的技术指标

试验项目		试验值
1.18 mm 筛上剩余量/%		0.04
固含量/%		63.8
粘度		9.8
残留分含量/%		63.8
溶解度(三氯乙烯)/%		99.1
蒸发残留物性质	针入度(25℃,5 s)/(0.1 mm)	67.1
	延度(15℃)/cm	≥100.0
	软化点/℃	50.4
储存稳定性/%	1 d	0.3
	5 d	2.1

2 拌和用水量对混合料性能的影响

2.1 对比试验分析

保持 3.5% 乳化沥青用量不变,改变拌和用水量,分别采用重型击实法与旋转压实法成型冷再生混合料试件,检测试件在不同拌和用水量下的干、湿密度及 15℃ 干、湿劈裂强度,确定 2 种成型方法下冷再生混合料的最佳拌和用水量。重型击实法分 3 层击实,每层击实 98 次,落高 45 cm;旋转压实法压实次数为 50 次。试验结果见表 5、图 1~2。

由表 5 和图 1~2 可知:1) 在 2 种成型方法下,冷再生混合料的干、湿密度都是随着拌和用水量的增多先增大后减小。相同用水量时,旋转压实法下乳化沥青冷再生混合料的干密度比重型击实法下的大,说明采用旋转压实法成型混合料试件的密实性较好,旋转压实功大于重型击实功。2) 重型击实法

表 5 2 种压实方式下拌和用水量对混合料性能的影响

试验方法	拌和用水量/%	密度/(g·cm ⁻³)		劈裂强度/MPa	
		湿密度	干密度	湿劈裂强度	干劈裂强度
重型击实	1.3	2.015	1.959	0.42	0.47
	2.3	2.077	2.013	0.49	0.54
	3.3	2.116	2.038	0.58	0.63
	4.3	2.112	2.018	0.51	0.57
	5.3	2.083	1.976	0.44	0.50
旋转压实	1.8	2.133	2.083	0.62	0.70
	2.3	2.152	2.095	0.66	0.72
	2.8	2.182	2.113	0.71	0.78
	3.3	2.167	2.096	0.64	0.68
	3.8	2.160	2.079	0.58	0.65

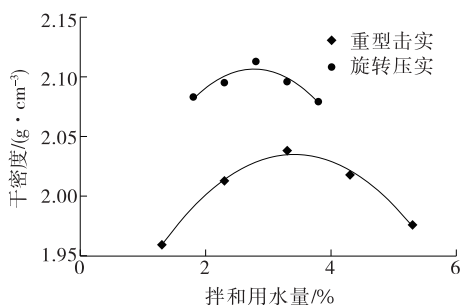


图 1 拌和用水量与干密度的关系

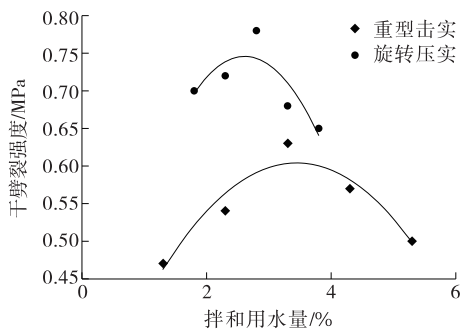


图 2 拌和用水量与干劈裂强度的关系

确定的最佳拌和用水量为 3.4%，对应最大干密度为 2.035 g/cm³；旋转压实法确定的最佳拌和用水量为 2.8%，最大干密度为 2.106 g/cm³。采用旋转压实法确定的最佳拌和用水量较小，对应最大干密度较大。3) 重型击实法下乳化沥青冷再生混合料的最大干劈裂强度为 0.604 MPa，对应最佳拌和用水量为 3.4%；旋转压实法下乳化沥青冷再生混合料的最大干劈裂强度为 0.751 MPa，对应最佳用水量约 2.8%。拌和用水量对混合料干劈裂强度的影响规律与对混合料干密度的影响规律一致，说明密实度与强度呈正相关关系。旋转压实法下冷再生混合料的劈裂强度大于重型击实法下的劈裂强度，这是由于旋转压实法下混合料的密实度较大，能使混合料获得较大强度。

2.2 用水量确定方法分析

为了分析拌和用水量对混合料压实性能的影响,对比在加 3.5% 乳化沥青与不加乳化沥青情况下混合料试件的密度,结果见表 6~7 和图 3。

从表 6~7 和图 3 可看出:1) 在不加乳化沥青的情况下,混合料的干、湿密度随着拌和用水量的增多先增大后减小。2) 在重型击实法下,用水量为 6.1% 时,在不加乳化沥青时混合料的干密度最大,说明在不加乳化沥青的情况下混合料的最佳拌和用水量为 6.1%;加 3.5% 乳化沥青时混合料的最佳拌

表 6 重型击实下拌和用水量试验结果

试验条件	拌和用水量/ 量/%	湿密度/ (g·cm ⁻³)	干密度/ (g·cm ⁻³)
加乳化沥青	1.3	2.015	1.959
	2.3	2.077	2.013
	3.3	2.116	2.038
	4.3	2.112	2.018
	5.3	2.083	1.976
不加乳化沥青	4.1	1.971	1.896
	5.1	2.019	2.007
	6.1	2.117	2.025
	7.1	2.088	2.010
	8.1	2.010	1.931

表 7 旋转压实下拌和用水量试验结果

试验条件	拌和用水量/ 量/%	湿密度/ (g·cm ⁻³)	干密度/ (g·cm ⁻³)
加乳化沥青	1.8	2.133	2.083
	2.3	2.152	2.095
	2.8	2.182	2.113
	3.3	2.167	2.096
	3.8	2.160	2.079
不加乳化沥青	4.0	2.148	2.076
	5.0	2.163	2.082
	6.0	2.172	2.077
	7.0	2.165	2.063
	8.0	2.151	2.045

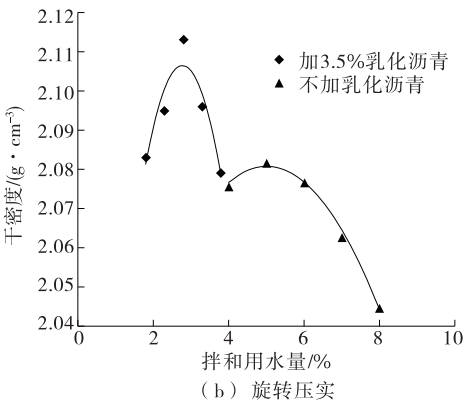
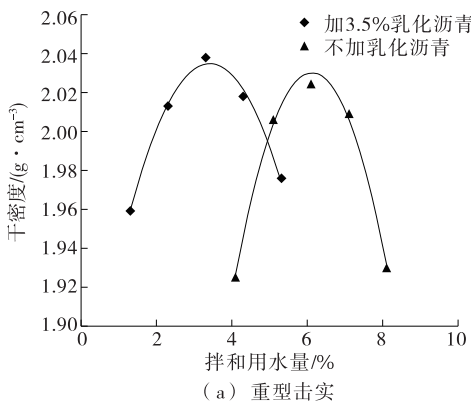


图 3 拌和用水量与干密度的关系

和用水量为 3.4%。按照总液体含量算,不加乳化沥青情况下混合料干密度达到最大时对应的液体总含量为 6.1%,加乳化沥青情况下混合料干密度达到最大时对应的液体含量为 6.9%,说明乳化沥青的润滑作用没有水的润滑作用大。3) 旋转压实法下,不加乳化沥青时混合料的最佳拌和用水量为 5.0%,而加 3.5% 乳化沥青时混合料的最佳拌和用水量为 2.8%。按照总液体含量,不加乳化沥青时混合料最大干密度对应的液体含量为 5.0%,加乳化沥青时混合料最大干密度对应的液体含量为 6.3%,进一步说明乳化沥青的润滑作用不如水的润滑作用大。

根据以上分析,乳化沥青对集料的润滑作用小于水的润滑作用,在进行乳化沥青冷再生混合料配合比设计时,宜采用最佳含水量法确定拌和用水量,而不宜采用最佳液体流量法。

2.3 用水量对和易性的影响

通过和易性指标确定乳化沥青冷再生混合料的最佳用水量。采用自主研发的和易性检测设备,以扭矩值为试验指标表征冷再生混合料的和易性,研

究不同拌和用水量对冷再生混合料和易性的影响。和易性试验检测设备由扭力扳手、搅拌叶、拌和桶、踏板等组成,利用扭力扳手测定混合料拌和过程中搅拌叶所受扭矩值,扭矩值越大,刀片受到的搅拌阻力越大,混合料的和易性越差。试验结果见表 8,拌和用水量与扭矩值的关系见图 4。

由表 8 和图 4 可知:冷再生混合料的扭矩值随着拌和用水量的增多先减小后增大,说明和易性先变好后变差,拌和用水量对混合料和易性的影响规律与对混合料密度的影响规律一致。这是由于加入水量太少时,集料之间的润滑效果差,摩阻力较大,造成冷再生混合料的和易性较差;加入水量太多时,混合料中有较多自由水,会使混合料中细集料集聚,

表 8 拌和用水量对乳化沥青冷再生混合料和易性的影响

拌和用水量/%	扭矩值/(N·m)	拌和用水量/%	扭矩值/(N·m)
2.1	20.9	3.6	20.1
2.6	20.3	4.1	20.6
3.1	19.9		

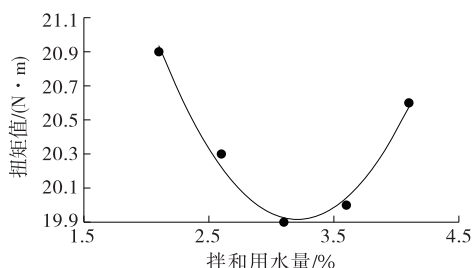


图4 拌和用水量与扭矩值的关系

产生离析现象,导致混合料和易性变差。用水量为3.2%时,扭矩值最小,冷再生混合料的和易性最好,此时用水量为最佳拌和用水量。由和易性最优确定的拌和用水量大于最大干密度对应的用水量。

3 最佳拌和用水量确定方法

为对比旋转压实成型法确定的含水量与和易性最优对应的含水量下乳化沥青对旧料裹附状态的影响,进行室内拌和试验,加入3.5%乳化沥青。在冷再生混合料加水拌和过程中观察混合料裹附状态,采用旋转压实成型法确定的含水量拌和的混合料呈棕褐色,表面发涩、偏干;采用和易性最优对应的含水量拌和的混合料呈棕褐色,表面较湿(见图5)。



(a) 旋转压实法含水量下拌和料 (b) 和易性最优含水量下拌和料

图5 乳化沥青冷再生混合料裹附状况

根据拌和用水量对冷再生混合料和易性及干密度的影响及旋转压实法最大干密度对应的含水量与和易性最优对应的含水量下乳化沥青对旧料裹附状态的对比试验结果,可采用和易性最优与旋转压实法最大干密度对应含水量的算术平均值确定乳化沥青冷再生混合料拌和用水量。

4 结论

(1) 旋转压实法确定的混合料最佳拌和用水量较小;在相同拌和用水量下,旋转压实法成型的试件密实性较好,旋转压实功大于重型击实压实功。

(2) 乳化沥青的润滑作用不如水的润滑作用

大,进行乳化沥青冷再生混合料设计时宜采用最佳含水量的方法。

(3) 随着拌和用水量的增多,冷再生混合料的密度和强度先增大后减小,和易性先变好后变差。可综合考虑干密度最大与和易性最优时的含水量,推荐采用兼顾和易性最优与最大干密度的方法确定乳化沥青冷再生混合料拌和用水量。

参考文献:

- [1] 王宏,郝培文,张航,等.乳化沥青冷再生拌和用水量和水泥掺加方式研究[J].公路,2013(9).
- [2] 封晨辉,李江,郝培文,等.对规范(JTG F41—2008)中乳化沥青混合料冷再生配合比设计方法的讨论[J].公路交通科技:应用技术版,2010(6).
- [3] 李秀君,拾方志,张永平,等.拌和用水量对泡沫沥青混合料性能的影响[J].建筑材料学报,2008,11(1).
- [4] 聂聃.乳化沥青厂拌冷再生最佳用水量的确定及其路用性能研究[J].北方交通,2016(3).
- [5] Hazem A Sakr, Phillip G Manke. Innovations in oklahoma foamix design procedures[R]. National Research Council, 1985.
- [6] Castedo F, Wood L H, Wood L E. Stabilization with foamed asphalt of aggregates commonly used in low-volume roads [R]. National Research Council, 1983.
- [7] 吴超凡,曾梦澜,赵明华,等.乳化沥青冷再生混合料路用性能试验研究[J].公路交通科技,2009,26(7).
- [8] 汪德才,郝培文,刘娜,等.乳化沥青冷再生混合料和易性指标及影响因素[J].北京工业大学学报,2016,42(6).
- [9] 徐剑,黄颂昌,秦永春,等.乳化沥青和泡沫沥青冷再生混合料性能研究[J].公路交通科技,2010,27(6).
- [10] 王海林,李江,陈忠达,等.乳化沥青混合料技术性能评价方法研究[J].公路交通科技,2004,21(6).
- [11] 胡艳,焦建华,梁乃兴.不同成型方法乳化沥青冷再生混合料马歇尔试验比较[J].公路与汽运,2011(4).
- [12] 莫译毅,应荣华.泡沫(乳化)沥青就地冷再生混合料路用性能研究[J].公路与汽运,2012(5).
- [13] 阎晋华,张名成.水泥-乳化沥青混合料配合比设计与施工技术[J].公路与汽运,2010(1).
- [14] 潘学政,拾方治.泡沫沥青冷再生混合料疲劳性能的探讨[J].公路交通科技,2007,24(8).
- [15] 于浩,胡霞光,汪德才.高性能乳化沥青冷再生混合料设计方法研究[J].中外公路,2012,32(6).