DOI:10.14048/j.issn.1671－2579.2019.03.012

不同易密实超薄罩面处治方案应用效果分析

刘武，邓俊双

（江西省交通工程集团有限公司，江西 南昌 330038）

摘要：为了验证易密实超薄罩面作为一种预防性养护技术对改善路表功能、减少车辙、提高耐磨、抗滑的效果，该文结合江西省某高速公路沥青路面技术状况的平整度、车辙、抗滑等性能指标，采用了铣刨回补后易密实超薄罩面、精铣刨后易密实超薄罩面以及直接易密实超薄罩面3种处治方案，对不同处治方案路段的应用效果进行跟踪观测，结果表明：3种处治方案对路面平整度改善效果均不明显，但对路面车辙和抗滑性能处治效果较好，其中车辙改善效果铣刨回补方案最好，其次为精铣刨后罩面，最后为直接易密实超薄罩面。

关键词：道路工程；易密实超薄罩面；预防养护；车辙；检测评价

目前，中国的高速公路绝大多数都采用半刚性基层沥青路面的结构形式。其预防性养护措施主要有微表处、就地热再生、铣刨重铺以及易密实超薄罩面等方式。据中国高速公路管理部门养护资料的分析，微表处处理车辙病害只是暂时缓解，行车1～2年后，又会出现新的车辙；传统铣刨重铺处治，效果较好，但工作量大、造价高，同时容易引起旧路面损伤及产生铣刨废料污染环境，不符合道路可持续发展的宗旨；就地热再生进行车辙以及路表病害处治，只在中国局部地区有较少的实际应用，设备昂贵及施工过程不易控制，导致该技术未能大规模推广应用；易密实超薄罩面作为热拌沥青混合料结构形式，资源消耗少，路面性能改善效果显著，具有良好应用前景。法国、英国、美国等国家对超薄沥青混凝土的研究应用已经有较长时间，其应用主要集中在养护修复工程中提高其抗滑性能，此外，也有研究表明其修补车辙具有很好的效果。中国对超薄沥青混凝土的研究起步较晚，1988年沙庆林研发了多碎石沥青混凝土（SAC），具有空隙小、抗滑性能好、抗变形能力强的特点，其摊铺厚度为15～25 mm，大大降低了罩面层厚度，节约了路面养护费用，同时具有较好的路表性能，成为一种较好的预防性养护措施；倪富健针对超薄罩面摊铺温度下降相对较快，有效摊铺操作时间很短，难以保证碾压充分和路用性能的特点，通过改变混合料级配和添加温拌剂等措施研发了易密实沥青混合料。

此次预防性养护高速试验段选取截至2016年已建成通车运营8年的路段，随着交通量的增加以及部分车辆超载等重交通行车作用，路面出现不同程度车辙、沥青老化、集料剥落、抗滑性能下降以及路面破损等病害，为改善路面使用性能，采用易密实超薄沥青混凝土进行预防性养护。该路段路面结构从上至下分别为4 cm SBS改性沥青AC－13＋6 cm SBS改性沥青AC－20＋8 cm普通沥青AC－25＋8 cm ATB－25＋42 cm水稳基层＋15 cm级配碎石垫层。

1 原路面检测及处治方案制定

为便于详细制定路面预防性养护方案，对路面前期进行了详细的路表病害调查以及技术状况（*PCI*、*IRI*和*RD*）检测，根据检测结果，按照现行沥青路面技术状况评定标准以及养护技术规范，在满足路面结构强度的前提下，以平整度*IRI*＜3.4 m/km；车辙深度*RD*≥8 mm；抗滑性能*SFC*＜42分别作为处治方案制定的阈值。其中车辙根据深度不同，*RD*＜8 mm、8 mm≤*RD*≤15 mm、15 mm≤*RD*≤25 mm以及重度车辙*RD*＞25 mm分类处治。当重度车辙（*RD*＞25 mm）时，车辙变形主要是由于中下面层变形为主导致，须处治到中下面层，进行路面结构层重建，不列入易密实超薄罩面预防性养护处治范围。因此，沥青路面预防性养护可对车辙深度*RD*≤25 mm范围按不同程度分别采用直接易密实超薄罩面、精铣刨后易密实超薄罩面以及铣刨回补易密实超薄罩面分别处治。根

收稿日期：2019－03－01

作者简介：刘武，男，高级工程师.E－mail:372067190@qq.com

据所选试验路段路表病害以及车辙、平整度、抗滑性能的检测结果，选取代表性的 3 个路段作为典型病害路段，分别采用不同的处治方案进行易密实超薄罩面处治，具体检测结果和处治方案如表 1 所示。

表 1　典型病害路段检测结果及对应处治方案

行车道	桩号	长度/m	平整度/(m·km^{-1})	车辙/mm	横向力系数	处治方案	备注
下行行车道	K2 832+500～K2 833	500	1.4	17.1	39.62	A	铣刨回补 2.5 cm 易密实超薄罩面
下行超车道	K2 835～K2 837	2 000	1.3	10.2	40.61	B	精铣刨后 2.5 cm 易密实超薄罩面
下行单幅	K2 861～K2 863	2 000	1.4	6.0	42.03	C	直接 2.5 cm 易密实超薄罩面

2　原材料及生产配合比

2.1　原材料

(1) 集料。粗、细集料技术性能指标均须满足现行设计和施工技术规范要求，粗集料采用玄武岩。

(2) 沥青。采用 SBS 改性沥青，对路面现场送样的沥青样品性能指标进行检测，结果见表 2。

表 2　SBS 改性沥青性能指标试验结果

检测项目		单位	实测结果	技术要求
针入度(25 ℃，100 g，5 s)		0.1 mm	59.8	50～70
针入度指数 *PI*			−0.8	≥−0.2
软化点(环球法)		℃	72.5	≥70
延度(5 cm/min，15 ℃)		cm	48	≥30
密度(15 ℃)		g/cm^3	1.029	≥1.0
旋转薄膜加热试验(163 ℃，85 min)	质量损失	%	0.2	≤0.8
	针入度比	%	69.1	≥65
	延度(10 ℃)	cm	24	≥15

(3) 易密实剂。采用美国 Evotherm 生产的易密实剂，其添加量为沥青质量的 10%(样品为稀释液)。检测结果和技术要求如表 3 所示。

表 3　密实剂性能指标试验结果

检测项目	单位	实测结果	技术要求
pH 值		9.0	8.5～10.5
胺值	mg/g	—	400～560
固含量	%	—	≥9.5

注：密实剂添加量的质量为沥青质量的 10%。

(4) 聚酯纤维。检测结果和技术要求见表 4。

(5) 填料。填料检测结果及技术要求见表 5。

表 4　聚酯纤维性能指标试验结果

检测项目	单位	实测结果	技术要求
抗拉强度	MPa	—	≥500
断裂伸长率	%	—	≥15
耐热性	210 ℃	无变化	体积无变化
直径	nm	19	10～25

注：聚酯纤维的添加量为沥青混合料质量的 2.5‰。

表 5　填料性能指标试验结果

指标		单位	试验值	技术要求
表观相对密度			2.818	≥2.500
含水量		%	0.10	≤1.0
粒度范围	<0.6 mm	%	100	100
	<0.15 mm	%	99.1	90～100
	<0.075 mm	%	88.8	75～100
外观			无团粒结块	无团粒结块
亲水系数			0.64	<1

2.2　生产配合比

根据易密实超薄沥青混合料级配类型以及当地拌和楼的应用经验，设置拌和楼热料仓筛网为 4、8、12 mm，碎石分档为 1# 仓 0～4 mm，2# 仓 4～8 mm，3# 仓 8～12 mm。采用以下生产配合比：1# 仓(0～4 mm)∶2# 仓(4～8 mm)∶3# 仓(8～12 mm)∶矿粉＝26∶9∶59∶6，易密实剂添加量为沥青质量的 10%、聚酯纤维添加量为沥青混合料质量的 2.5‰，油石比为 5.4%。

根据 JTG F40－2017《沥青路面施工技术规范》及易密实超薄沥青混合料技术应用指南中易密实超薄罩面沥青混合料设计要求以及当地施工经验，得到易密实超薄罩面沥青混合料(ECA－10)的矿料级配组成如表 6 所示。

表 6 易密实超薄罩面沥青混合料(ECA－10)矿料级配组成

级配	通过下列筛孔(方孔筛:mm)的质量百分率/%									
	13.2	9.5	6.7	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
合成级配	100	96.5	51.0	36.9	30.5	22.6	15.2	10.1	7.9	6.9
级配上限	100	100	55.0	40.0	36.0	30.0	25.0	20.0	12.0	8.0
级配下限	100	80.0	35.0	20.0	18.0	14.0	10.0	7.0	6.0	4.0

根据上述配合比对易密实超薄罩面沥青混合料除进行高、低温性能以及抗水损害性能检测外,还进行了析漏试验和飞散损失试验,主要避免路表出现松散和泛油,试验结果(表 7)均能满足高速公路面层性能的要求。

表 7 配合比性能试验结果

项目	动稳定度/(次·mm^{-1})	浸水马歇尔残留稳定度/%	冻融劈裂残留强度比/%	析漏损失/%	飞散损失/%	渗水系数/(mL·min^{-1})
试验结果	6 461	95.1	91.6	0.07	5	不渗水
技术要求	≥3 000	≥85	≥80	≤0.2	≤15	≤20

3 后期检测评价分析

为评估处治方案的有效性,路面施工结束后分别于 2017 年 1 月和 2018 年 1 月对 3 个试验路段的平整度、车辙以及抗滑性能等技术状况指标进行跟踪检测。

3.1 不同处治方案对平整度的改善效果分析

结合不同易密实超薄罩面处治方案典型路段平整度检测结果(表 8)可知:3 种处治方案的平整度在处治前后变化不明显,通车 1 年后变化趋势也不明显,说明易密实超薄罩面处治方案作为预防性养护措施对路面平整度的改善不明显。究其原因主要是:2.5 cm 厚易密实超薄罩面不改变原有路面的下承层和路面线形,在路面表层病害较少的情况下,基本不改变原路面平整度,因此对路面的平整度改善不明显。

表 8 平整度检测情况

处治方案	路段桩号	平整度/(m·km^{-1})			标准要求/(m·km^{-1})
		2016 年	2017 年	2018 年	
A	下行 K2 832+500～K2 833	1.4	1.5	1.4	≤2.0
B	下行 K2 835～K2 837	1.3	1.2	1.1	≤2.0
C	下行 K2 861～K2 863	1.4	1.1	1.0	≤2.0

3.2 不同处治方案对车辙的改善效果分析

结合不同处治方案典型路段的车辙检测结果(表 9)可知:下行 K2 832+500～K2 833 路段采用方案 A(铣刨回补 2.5 cm 厚易密实超薄罩面)处治前后车辙深度由 17.1 mm 降到 2.7 mm,降低 84.2%,车辙改善效果显著;施工 1 年后车辙深度增加 1.8 mm。下行 K2 835～K2 837 路段采用方案 B(精铣刨后 2.5 cm 厚易密实超薄罩面)处治前后车辙深度由 10.2 mm 降到 4.5 mm,降低 55.9%,车辙改善效果明显;施工 1 年后车辙深度增加 1.0 mm。下行 K2 861～K2 863 路段采用方案 C(直接 2.5 cm 厚易密实超薄罩面)处治前后车辙深度由 6 mm 降到 3.8 mm,降低 57.9%,改善效果明显;施工 1 年后车辙深度增加 1.4 mm。分析其原因主要是铣刨回补后基本消除了原有路面车辙;精铣刨拉毛处治一般深度在 1 cm 左右,消除车辙范围也局限于 1 cm 左右;直接罩面未对原路面车辙进行充值,仅易密实超薄罩面混合料的填充作用进行车辙矫正。

3.3 不同处治方案对抗滑性能的改善效果分析

结合不同处治方案典型路段的抗滑性能检测结果(表 10)可知:处治后 3 种方案抗滑性能横向力系数 *SFC* 均大于 60,说明易密实超薄罩面对抗滑性能改善显著,分析其原因主要是矿料配合比中粗集料占 60%

以上，且粗集料采用玄武岩，具有较好的抗滑耐磨性能；同时施工 1 年后 A、B、C 共 3 种方案抗滑性能衰减率分别为3.4%、14.6%、9.4%，但是 *SFC* 均处于 58 左右，说明抗滑性能总体稳定性较好。

表 9　车辙检测情况

处治方案	路段桩号	车辙/mm			标准要求/mm
		2016 年	2017 年	2018 年	
A	下行 K2 832+500～K2 833	17.1	2.7	4.5	≤10
B	下行 K2 835～K2 837	10.2	4.5	5.5	≤10
C	下行 K2 861～K2 863	6.0	3.8	5.2	≤10

表 10　抗滑性能检测情况

处治方案	路段桩号	横向力系数 *SFC*			标准要求
		2016 年	2017 年	2018 年	
A	下行 K2 832+500～K2 833	39.62	60.96	58.89	≥54
B	下行 K2 835～K2 837	40.61	67.94	57.98	≥54
C	下行 K2 861～K2 863	42.03	63.01	57.08	≥54

4　结论

综合不同易密实超薄罩面处治方案在高速公路沥青路面预防性养护效果跟踪检测结果，得出以下结论：

（1）易密实超薄罩面处治方案作为一种薄层罩面预防性养护措施对原路面的平整度改善效果不明显。

（2）铣刨回补 2.5 cm 厚易密实超薄罩面方案对原路面的车辙改善效果最为显著，其次为精铣刨超薄罩面和直接进行易密实超薄罩面方案，说明易密实超薄罩面方案适宜改善沥青路面车辙。

（3）易密实超薄罩面具有较好的抗滑性能，且施工通车后抗滑性能较为稳定。

参考文献：

[1] 沙庆林.高速公路沥青路面早期破坏现象及预防[M].北京：人民交通出版社，2001.

[2] 孙凌，杨扬.沥青路面车辙产生的原因及防治措施[J].交通科技与经济，2003(1).

[3] 张文浩.微表处技术在高速公路养护中的应用研究[D].东南大学硕士学位论文，2003.

[4] 蒋双全，杨博，董刚，等.旧沥青路面热再生技术的应用现状[J].西部交通科技，2009(16).

[5] 沙庆林.多碎石沥青混凝土 SAC 系列的设计与施工[M].北京：人民交通出版社，2005.

[6] JTG H20－2007　公路技术状况评定标准[S].

[7] 潘磊，陈昌.超薄罩面的寿命预估模型研究[J].公路交通科技：应用技术版，2014.

[8] 徐来.江苏省高速公路沥青路面典型预防性养护技术研究[D].东南大学硕士学位论文，2016.

[9] 方凯.沥青路面预防性养护决策和后评价研究[D].长安大学硕士学位论文，2017.

[10] Myungook Kang，Minkwan Kim，JooHyoung Lee.Analysis of Rigid Pavement Distresses on Interstate Highway Using Decision Tree Algorithms[J].KSCE Journal of Civil Engineering，2010，14(2)：123－130.

[11] 何志敏.复合改性 UTAC 薄层罩面在北京高速公路中的应用[J].中外公路，2018(2).