

# 薄层胶浆封层技术在道路养护中的应用

林勇文,彭馨彦,洪 晶

(广州市市政工程维修处,广东 广州 510100)

**摘要:**结合目前道路预防性养护技术的特点,对薄层胶浆封层技术在道路预防性养护工程中的实践进行了研究,提出了薄层胶浆封层材料的施工工艺和质量检验标准,并分析了材料配合比对路面性能的影响及采用薄层胶浆封层技术后道路使用性能的变化情况。研究结果表明:薄层胶浆封层技术用于路面早期预防性养护,可以有效地防止路面的进一步损坏,恢复道路路面功能,提高道路路面质量和经济效益。

**关键词:**道路;预防性养护;薄层胶浆封层;配合比;施工工艺;应用效果

中图分类号:U 418.6

文献标志码:B

文章编号:1009-7767(2017)02-0023-05

## Application of Thin Asphalt Mucilage Sealing Technology in Road Maintenance

Lin Yongwen, Peng Xinyan, Hong Jing

道路在使用一段时间后,由于受到车辆荷载的反复作用和光照、雨雪等环境的侵蚀,沥青路面将会出现疲劳裂缝、剥落、渗水等轻微早期病害,若不及时处理,路表水会经由路面裂缝或破损处进入到路面下层,加快路面的损坏,导致网裂、碎裂、坑槽等更深层次的路面病害发生<sup>[1-2]</sup>。

目前为避免路面早期病害的发生,常采用微表处、雾封层、稀浆封层等技术进行道路预防性养护,但传统的微表处路面在车辆行驶时噪声大,使用过程中容易产生“脱皮”现象且难以修复;雾封层路面存在一定的抗滑性问题且寿命短;稀浆封层对于高等级路面修复效果不佳<sup>[3-5]</sup>。市政道路的显著特点为车流量大,且存在大量沙井盖和侧平石等道路结构物,以至于采用一般预防性养护技术存在一定困难。采用厚度为0.1~0.3 mm的雾封层、还原剂封层技术,因材料中没有细集料,使过于薄的沥青膜耐久性变差,使用周期不到1年,寿命极短;而采用稀浆封层、薄层罩面等其他养护技术,为使养护层与原有道路结构物平顺连接,通常需要先原路面铣刨一定深度或者将原有道路结构物挖出后重新调整其标高,使养护工作费工、费时。

因此,1种厚度介于雾封层和稀浆封层之间的高性能养护材料(发展自含砂雾封层材料)——薄层胶浆封层材料,成为市政道路预防性养护材料研究的对象。

### 1 薄层胶浆封层材料特性

近年来,从2种不同养护结构的边缘发展出新的材料结构品种成为道路预防性养护新工艺、新结构的发展趋势。通过借鉴稀浆封层技术,在雾封层材料中加入砂以起到改善路面摩擦性能的作用,该种材料被称作含砂雾封层材料<sup>[6]</sup>。最早使用含砂雾封层材料的产品来源于美国的SUPREME。目前我国使用的含砂雾封层材料几乎都来自于国外,如用美国西尔玛公司生产的MS浓缩料和塔夫添加剂掺入玄武岩砂搅拌制备的含砂雾封层混合物;用美国INVIA公司生产的COODONE-AMRT含砂雾封层剂掺入金刚砂搅拌制备的含砂雾封层混合物等。

通过增加养护层厚度来扩展其功能和提高其耐久性,也是道路预防性养护新工艺、新结构的发展趋势,新型的含砂雾封层材料通常可以适应更大的养护层厚度。2012年上海某公司与美国INVIA公司合作开发的沥青玛蹄脂薄浆封层材料,其中添加了一定级配的细骨料,使养护层厚度达到1.0~1.8 mm。美国CPM公司用Steelguard材料掺入石料制备的超表处(Sealcoating)材料,是1种依靠悬浮系统来维持均匀稳定性和悬浮效果的材料,以支持更大的养护层铺设厚度。

经对上述新型含砂雾封层材料的研究进而开发出的薄层胶浆封层材料是1种新型喷洒式封层材料,

其能在路面上形成厚 0.5~3.0 mm 的养护层,使养护层与原有道路结构物高差在可平顺连接范围内,原有道路无需进行特殊处理即可完成养护工作。薄层胶浆封层材料通过改变材料结构、改良悬浮稳定剂以满足更厚封层的施工和成型需求。该材料由高性能乳化沥青与悬浮稳定剂组成的混悬液、细砂和矿粉组成,且均匀分布于材料体系中,可采用喷涂工艺进行施工。结构层与层间结合的界面处往往易发生破坏,对于沥青路面来讲,封层与铺装层上面层之间存在着薄弱界面。通过研究发现,在薄层胶浆封层材料中添加水性环氧树脂可以增强其粘结强度<sup>[7]</sup>,提高其与原路面的粘结力和抗剪切力,以至于更好地保护路面,防止路面病害的进一步扩展,延长道路的使用寿命。该做法对于市政道路及其他道路的预防性养护有着重要的意义。

## 2 施工路段病害和原因分析

为了探索薄层胶浆封层材料在道路预防性养护中的应用,笔者分别选取了 2 个施工路段喷洒薄层胶浆封层材料。2 个施工路段分别为位于广东省广州市南洲路西段东行方向第 1 车道与珠江大桥东桥西行方向第 3 车道。南洲路施工路段为双向三车道,沥青混凝土路面;珠江大桥施工路段为单向三车道,沥青混凝土路面。

施工前对施工路段进行常规外观检测,结果表明,南洲路施工路段路面存在少量横向裂缝,裂缝宽为 1~2 mm,长为 1.0~1.5 m,部分区域路面剥落明显,无结构性病害发生;珠江大桥施工路段存在少量网状裂缝,裂缝宽为 1~2 mm,路面无剥落,且无结构性病害发生。南洲路施工路段基层材料为水泥混凝土,基层裂缝的反射导致产生路面横向裂缝。路面层集料的部分离析是造成路面剥落的内部因素,同时广州地区多雨,夏季高温持续时间长是造成路面剥落的外部因素。珠江大桥施工路段的网状裂缝主要是由于桥上车流量大、荷载重所造成的。

## 3 材料和配合比设计

根据施工路段病害路况分析结果,其预防性养护应采用薄层胶浆封层技术,施工时可采用 Pavementsaver II-400 喷洒设备进行薄层胶浆封层材料的喷洒。

1)薄层胶浆封层材料主要由改性乳化沥青、水性环氧树脂、细粒砂、矿料、悬浮稳定剂、水、添加剂等组成。改性乳化沥青技术指标见表 1。在薄层胶浆封层材料中添加水性环氧树脂能增强其附着力、强度及耐久性,并能改变薄层胶浆封层材料的固化时间。细粒砂采

用玄武细砂,一定级配的细粒砂与矿料组成合理的微级配,能够增强成型后路面的摩擦力和耐久性,细粒砂技术指标见表 2。悬浮稳定剂能使细粒砂与矿料均匀稳定地分散于材料体系之中,呈现出稳定的悬浮状态,避免出现集料的离析、沉淀现象。为改善薄层胶浆封层材料的稳定性或其他性能,必要时可在生产过程中加入缓凝剂、促凝剂、储存稳定剂、增黏剂等添加剂。

表 1 改性乳化沥青技术指标

技术指标	技术要求	结果
破乳速度状况	慢裂	慢裂
离子电荷	阳离子(+)	阳离子(+)
筛上剩余量(1.18 mm 筛)/%	≤0.10	0.04
乳液颗粒平均尺寸/μm	<5	4
恩格拉黏度 E25	3~30	5
含量/%	≥55	60
蒸发 针入度(100 g,25 °C,5 s)/0.1 mm	40~100	71
残留物 软化点/°C	≥53.0	53.5
延度(5°C)/cm	≥20	38
储存 1 d/%	≤1.0	0.5
稳定性 5 d/%	≤5.0	2.5

表 2 细粒砂技术指标

技术指标	技术要求	结果
密度/(g/cm <sup>3</sup> )	≥2.600	2.876
坚固性/%	≤12.0	7.1
砂当量/%	≥60	66

2)根据 Pavementsaver II-400 喷洒设备的特点,为了保障喷洒泵的正常运转,薄层胶浆封层材料在配制后必须进行湿轮磨耗试验,若试验结果未达标则应重新调整材料配合比。2 个施工路段所使用的薄层胶浆封层材料中主要材料配合比见表 3。

表 3 主要材料配合比 %

施工路段	水性环氧树脂 改性乳化沥青	悬浮稳定剂	矿粉	细粒砂
南洲路	38	36	7	19
珠江大桥	31	31	10	28

配制的薄层胶浆封层材料,可渗入到面层中以填补细小裂缝、孔隙,恢复路面的沥青性能,并在原有沥青道路表面形成 1 层保护膜,防止地表水下渗,可有效地解决沥青路面材料的剥落、松散和细微裂缝等问题。同时通过对施工路段所使用的原材料进行配合比

调整,使其成为1种能够适应于不同施工条件、应用于不同范围(正常施工、阴天及晚上施工、斜坡弯道施工等)的系列施工材料。

#### 4 施工工艺

##### 4.1 修复路面病害

实施薄层胶浆封层材料喷洒作业前,必须对路面的裂缝及坑槽等病害进行处理。对于裂缝宜根据其宽度采用灌缝或封缝方式处理;坑槽宜先将其修整为顺路方向的矩形,后填补冷补料;沥青面层局部出现壅包、严重松散、碎裂等非结构性病害时宜先铣刨,后用与原路面结构相同的热拌沥青混合料回填压实。

##### 4.2 封闭交通与设置作业区

按照国家相关规范规定设置占道作业交通安全设施,并设专人指挥交通,以确保施工作业的安全。

##### 4.3 清洁路面

为保证薄层胶浆封层材料与沥青路面的粘结、渗透效果,可用扫地机、扫帚、高压吹风机清除路面的灰尘、砂土及其他杂物,恢复原路面构造深度,必要时,用高压水清洗路面。

##### 4.4 保护路面交通标志

在进行薄层胶浆封层材料喷洒作业前,用特宽型透明胶布对路面原有的标志线、导向箭头以及地面标识字、井盖、喷洒起终点标志、道钉、伸缩缝等设施进行张贴和遮盖保护,避免原路面标志和标线等受到染色污染。待薄层胶浆封层材料固化后,及时清理胶布和其他覆盖物。

##### 4.5 确定最终喷洒量

若在喷洒作业前路面外观粗糙或不平整,可以先用橡胶刮板进行刮涂施工,整平路面,等材料干透后再进行喷洒作业。在施工路段画出3个面积为 $1\text{ m}^2$ 的方格,采用目标喷洒量及各增减20%的3种用量薄层胶浆封层材料,分别涂于3个方格内,以材料在道路表面是否均匀一致为标准,确定最终喷洒量。

##### 4.6 喷洒施工

使用 PavementsaverII-400 喷洒设备作业时,通过增减工作喷嘴数量来调整喷洒宽度,调整工作喷嘴高度距离地面 $500\sim 600\text{ mm}$ 、工作喷嘴的开口缝中心线和工作喷管轴线方向成 $10^\circ\sim 15^\circ$ ,调整工作喷嘴压力确保喷洒轨迹实现二重叠或三重叠,以使薄层胶浆封层材料均匀分布于路面。

作业前必须先对喷洒设备的喷洒量及其行走速度进行标定。通过调整适当的工作喷嘴压力,在喷洒设备

装好材料后用多个容器接收工作喷嘴所喷出的材料,称量30s内喷出的材料量。根据喷洒宽度,按照公式(1)测算出喷洒设备的行走速度(通常为 $40\sim 80\text{ m/min}$ )。

$$V = \frac{Q}{L \times \theta \times \frac{t}{60}} \quad (1)$$

式中: $V$ 为喷洒设备行走速度, $\text{m/min}$ ; $Q$ 为一定时间内工作喷嘴所喷出的材料量, $\text{kg}$ ; $L$ 为工作喷嘴喷洒宽度,以调整后的二重叠或三重叠长度为准, $\text{m}$ ; $\theta$ 为每平方米喷洒量(已确定), $\text{kg/m}^2$ ; $t$ 为接收喷出材料的时间, $\text{s}$ 。

在喷洒路段上选择3~5个测量点,通过测量平铺于路面上预先准备好的 $1\text{ m}^2$ 无纺布或其他材质块板在喷洒前后的质量差值来计算喷洒量,及时调整喷洒设备的行走速度。喷洒过程中,应当采用挡板遮挡控制边线和避免侧面构筑物受到污染。喷洒完毕后要对喷洒设备进行清洗,工作喷管、喷嘴应保持清洁畅通,清洗时应注意避免污染路面及周边设施。

##### 4.7 开放交通

喷洒完毕后施工路段应处于封闭状态,待薄层胶浆封层材料在路面固化后,清理现场,开放交通。在南洲路施工路段中,由于是白天施工,温度较高,材料固化较快,喷洒2h后即可开放交通;而在珠江大桥施工路段中,由于是夜间施工,温度较低,且湿度达到80%左右,须添加促凝剂,所以喷洒4h后便可开放交通。

#### 5 施工质量检验和应用效果分析

薄层胶浆封层材料喷洒作业完成后,对2个施工路段进行了质量检验,结果均符合要求。具体施工质量检验标准见表4。

表4 施工质量检验标准

技术指标	质量要求	检验频率	检验方法
外观	表面黝黑、均匀、美观	全检	目测
喷洒量	设计值的 $\pm 5\%$	1次/车	总量法
抗滑性能 $\text{BPN}_{20}$	$\geq 42$	5个点/km	T0964
渗水系数 $(\text{mL/min})$	0	5个点/km	T0971
构造深度/mm	与施工前相差不超过20%	5个点/km	T0961

施工路段采用薄层胶浆封层技术后路面黝黑、均匀、美观,剥落情况得到控制。为了评价薄层胶浆封层技术的应用效果,对施工路段路面性能进行了持续检验,将数据汇总制表,并分析检验结果。鉴于施工路段长度较短,因此加大了路面检验频率。喷洒该施工路

段后无渗水现象发生,表明薄层胶浆封层有良好的抗渗效果。通过摆式摩擦系数表征值法对 2 个施工路段不同通车时间的抗滑性能进行了分析,施工路段 BPN<sub>20</sub> 和构造深度检验结果见表 5~8。

表 5 南洲路施工路段抗滑性能 BPN<sub>20</sub>

时间	位置			平均值
	K0+030	K0+060	K0+090	
施工前	63	65	60	63
1 周后	55	54	53	54
1 个月后	54	54	52	53
2 个月后	51	53	51	52
3 个月后	69	59	64	64
6 个月后	68	64	65	66

注: BPN<sub>20</sub> 为 20 °C 条件下摆式摩擦系数的表征值,是摩擦系数的 100 倍。

表 6 南洲路施工路段构造深度 mm

时间	位置			平均值
	K0+030	K0+060	K0+090	
施工前	0.67	0.57	0.65	0.63
1 周后	0.65	0.52	0.53	0.57
1 个月后	0.60	0.53	0.53	0.55
2 个月后	0.58	0.53	0.53	0.55
3 个月后	0.55	0.52	0.52	0.53
6 个月后	0.56	0.53	0.53	0.54

表 7 珠江大桥施工路段抗滑性能 BPN<sub>20</sub>

时间	位置			平均值
	K0+030	K0+060	K0+090	
施工前	60	58	65	61
1 周后	63	64	63	63
1 个月后	63	62	63	63
2 个月后	63	63	61	62
3 个月后	72	74	58	68
6 个月后	70	72	63	68

注: BPN<sub>20</sub> 为 20 °C 条件下摆式摩擦系数的表征值,是摩擦系数的 100 倍。

由表 5 可以看出,南洲路施工路段在施工前 BPN<sub>20</sub> 平均值为 63;通车 1 周~2 个月后路段 BPN<sub>20</sub> 较施工前有所下降,变化趋势较为平缓;3~6 个月后 BPN<sub>20</sub> 升高并高于施工前水平。观察期内所有检验位置 BPN<sub>20</sub> 均在沥青路面设计和验收标准(BPN<sub>20</sub>≥45)范围内<sup>[8]</sup>。

表 8 珠江大桥施工路段构造深度 mm

时间	位置			平均值
	K0+030	K0+060	K0+090	
施工前	0.58	0.56	0.62	0.59
1 周后	0.55	0.53	0.60	0.56
1 个月后	0.58	0.51	0.58	0.56
2 个月后	0.54	0.50	0.53	0.52
3 个月后	0.53	0.51	0.53	0.52
6 个月后	0.53	0.50	0.52	0.52

由表 6 可以看出,南洲路施工路段在施工前构造深度平均值为 0.63 mm;通车 1 周后路段构造深度平均值为 0.57 mm,后续呈总体轻微下降趋势,其中部分试验位置数值保持不变甚至有所提升。观察期内施工路段构造深度接近沥青路面设计规范要求极值(构造深度≥0.55 mm)<sup>[9]</sup>。

由表 7 可以看出,珠江大桥施工路段在施工前 BPN<sub>20</sub> 平均值为 61;通车 1 周后路段 BPN<sub>20</sub> 平均值为 63,较施工前有所提升;3~6 个月后 BPN<sub>20</sub> 变化趋势逐渐平缓。观察期内所有检验位置 BPN<sub>20</sub> 均在沥青路面设计和验收标准(BPN<sub>20</sub>≥45)范围内。

由表 8 可以看出,珠江大桥施工路段在施工前构造深度平均值为 0.59 mm;通车 1 周后路段构造深度平均值为 0.56 mm,后续呈总体轻微下降趋势。观察期后期施工路段构造深度稍微低于沥青路面设计规范要求极值(构造深度≥0.55 mm)。

## 6 结论

1)薄层胶浆封层技术采用合理的施工工艺和质量检验标准,对于出现早期病害的路面经施工后均拥有良好的使用性能和外观效果,并且由于在薄层胶浆封层材料中添加了水性环氧树脂等特殊添加剂,增强了道路耐久性,提高了道路使用寿命与经济效益。

2)薄层胶浆封层材料在潮湿季节施工将大大增长其固化时间,所以需着重关注其局限性,并制订相应应对措施。由于观测时间跨度有限,对于 1 年以上的检验数据变化趋势仍有待观察和补充完善。

3)采用合理的薄层胶浆封层材料配合比设计有利于提高成型道路的路面性能。薄层胶浆封层材料的摆式摩擦系数的表征值受材料配合比影响较大,采用级配较粗的材料,其成型后的路面抗滑性能 BPN<sub>20</sub> 较大,在通车 2 个月后 BPN<sub>20</sub> 小幅度提升,随后继续增大至超过施工前水平,后趋于稳定。采用级配较细的材料,

(下转第 192 页)

2:10 摊铺机最晚开始摊铺时间。此时一体式摊铺机熨平板加热完毕,乳化沥青达到喷洒要求,温度保持在75~80℃。技术负责人确定松铺系数,摊铺时摊铺负责人及时与清扫负责人及材料负责人沟通,控制摊铺速度,尽量做到摊铺机不停车,以保证路面的平整度。

2:50 大铣刨机停止工作,但不要抬刀,测量负责人根据最终沥青混合料用量和铣刨深度,再次计算出摊铺面积,将摊铺面积与铣刨面积进行对比,尽量做到不浪费沥青混合料。

3:00 根据第2次计算出的摊铺面积,大铣刨机进行修正面积铣刨后停止工作,装机撤场。

4:10 摊铺机最晚停止工作时间,装机撤场后到停车点进行清理保养工作。

4:30 碾压终止时间,组织所有施工设备撤场。

4:50 洒水降温。

5:00 作业人员全部撤场,交通组撤除交通拦护,开放交通。

6:00 确定第2天的施工范围及材料、设备用量,并通知所有人员到场时间。

### 3 时间节点控制的意义

1)时间节点控制是实现计划工期的基础;

2)时间节点控制是实现目标成本的基础;

3)时间节点控制是提高人工、机械效率,保证盈亏平衡点的基础。

### 4 结语

施工时间节点的的控制不是一成不变的,需要施工现场负责人根据施工现场实际情况合理调配;时间节点的的控制也不是一两个人所能掌控的,需要现场每个人都具有责任心,相互配合才能共同完成。MET

收稿日期:2016-12-15

作者简介:杨燕东,男,工程师,主要从事市政工程施工管理工作。

(上接第26页)

其成型后的路面在通车2个月后抗滑性能 $BPN_{20}$ 小幅度下降,随后上升至超过施工前水平,后趋于稳定。观察期内 $BPN_{20}$ 总体大于沥青路面设计和验收标准,因此薄层胶浆封层材料的摩擦性能指标是有保障的。

4)采用薄层胶浆封层技术后的施工路段构造深度相对施工前略有下降,通车后施工路段构造深度变化较为平缓。如果原路面构造深度比较小,施工后施工路段构造深度可能会超出沥青路面设计规范要求要求的极值,因此应继续研究薄层胶浆封层材料性能并对其做出级配调整。MET

### 参考文献:

- [1] 王双喜. 沥青混凝土路面病害分析及应对措施[J]. 黑龙江交通科技, 2011(11):29-36.
- [2] 方伟俊. 公路沥青路面预防性养护措施决策研究[D]. 大连:大连理工大学, 2008.

(上接第169页)

- [3] 陈俊,彭彬,黄晓明. 微表处路面使用状况调查与分析[J]. 公路交通科技, 2007, 24(12):34-37.
- [4] 范斌卫. 沥青路面雾封层应用技术研究[D]. 西安:长安大学, 2012.
- [5] 张惠安. 稀浆封层和微表处施工技术[J]. 公路与汽运, 2007(5):68-70.
- [6] 梁仲昌,康佳. 含砂雾封层与传统雾封层的区别浅析[J]. 科技创新与应用, 2012(28):106.
- [7] 盛飞,彭馨彦,洪晶,等. 水性环氧树脂对不同含砂雾封层材料的影响分析[J]. 建材世界, 2016, 37(4):5-9.
- [8] 上海市公路管理处. 公路沥青混凝土路面养护技术规范:JTJ 073.2-2001[S]. 北京:人民交通出版社, 2001.
- [9] 中交公路规划设计院. 公路沥青路面设计规范:JTG D50-2006[S]. 北京:人民交通出版社, 2006.

收稿日期:2016-09-30

基金项目:新型含砂水性环氧雾封层材料的研究与应用(2015-6)

作者简介:林勇文,男,高级工程师,学士,主要从事道路材料检测与研究。

- [8] 段文峰,廖华雄,金菊顺,等. 桩-土界面的数值模拟与单桩Q-S曲线的数值分析[J]. 哈尔滨建筑大学学报, 2001, 34(5):34-38.
- [9] 甘立刚,李碧雄,吴体,等. 桩土接触模型试验[J]. 四川建筑科学研究, 2009, 35(2):131-134.
- [10] 郑军杰,彭小荣. 桩土共同作用设计理论研究[J]. 岩土力学, 2003, 24(2):242-245.

收稿日期:2016-10-28

作者简介:张虎伟,男,讲师,硕士,主要从事建筑经济的教学工作。