

Survey on the Recycle Asphalt Pavement

Jianfeng ZHENG

School of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: In this paper ,based on the aging of asphalt pavement, tries to find out how to improve the aging condition of asphalt pavement by analyzing the causes of aging of asphalt pavement, the mechanism of asphalt pavement regeneration agent and the technology of recycled asphalt. The aging problem of asphalt pavement was analyzed by softening point, needle penetration, ductility and asphalt four components (gum, bitumen, aromatic, saturated) from three indexes of asphalt pavement. The optimum utilization rate of regenerated agent and the improvement of regeneration function of asphalt pavement were given by experiment. At the same time, the road regeneration technique is proposed for the old asphalt pavement. The future design and construction of asphalt pavement regeneration are prospected.

Keywords: Aging of Asphalt Pavement; Regeneration agent; Regeneration pathway; Four components of asphalt

沥青路面再生问题研究

郑剑锋

重庆交通大学土木工程学院 重庆市 400074

摘 要: 本文从沥青路面老化问题着手,通过对沥青路面老化的原因,沥青路面再生剂的机理以及再生沥青技术分析找出如何改善沥青路面老化情况。从沥青路面三大指标软化点、针入度、延度和沥青四组分(胶质、沥青质、芳香分、饱和分)分析沥青路面老化问题。并通过实验给出再生剂最佳使用率以及沥青路面改善再生作用。同时针对旧沥青路面提出了路面再生技术途径。并对未来沥青路面再生提出设计与施工方面的展望。

关键词: 沥青路面老化;再生剂;沥青四组分;再生途径

1 引言

沥青路面在我国公路中占据非常重要的地位,其外形上造型优美服务大众,路面构造无缝、平整,驾驶员行车舒适、噪声低、施工上适于分期修建,养护上维修简便[1],它极大的满足了人们日常出行。但与高速扩展的公路里程并肩而来的还有其设计使用寿命。所以沥青路面的科学养护与管理将显得十分重要[2]。本文从沥青路面的三大指标、沥青四组分分析、再生剂等内部方面,以及氧气、紫外线辐射、温度等外部方面对沥青路面的老化问题进行探究,同时对解决沥青路面老化问题给出了建议。

2 沥青路面再生的目的及意义

2.1 沥青路面再生目的

公路在使用后期必会由于交通量不断增加而带来一条条裂缝,车辙等一系列损坏,如果按照沥青路面

设计寿命,早期的沥青公路已经进入大修期,若需要大修的沥青路面全部采用先铣刨后铺装新沥青的方法,不仅给国家财政造成巨大的压力,同时,大量旧沥青材料将定位为垃圾进行处理。不仅危害生态环境同时对沥青资源也是一种巨大的浪费。

2.2 国内外沥青路面再生状况

1915年,美国率先在沥青路面再生技术方面开始应用研究,由于当时美国国内在进行大规模的新建道路,美国当局对沥青路面老化再生技术并没有给予重视;1973年石油危机爆发后,该技术才趋于重视,21世纪初,美国在该领域研究已经达到了很深的造诣如全厚式沥青路面再生技术等[3]。

日本与欧洲一些发达国家也陆续启动了对沥青路面再生研究。其研究成果迅速在日本国内进行推广与应用,法国也开展了对旧沥青材料的回收利用。

中国在旧沥青路面再生方面同美国日本等发达国家相比起步较晚。到了80年代后期,重建轻养的思想

再一次令沥青路面再生技术研究停滞了一段时间，直到原有旧沥青路面出现严重老化破坏，沥青路面再生技术才又一次被我国科研人员所聚焦，相信在不久的将来中国将拥有全球最大的旧沥青路面再生的市场。

2.3 旧沥青路面再生的意义：

针对路面出现病害及时修整，延长路面使用寿命；

降低能源消耗，并减少旧沥青材料对生态环境的危害；

充分利用废旧资源，降低工程造价。

充分利用旧沥青路面的材料，保护环境，减少资源消耗；

3 沥青路面老化的原因及机理

沥青路面材料在铺筑前若运输、铺筑温度过高都会加速沥青老化，导致沥青路面使用年限受损。而使用一段时间的沥青路面结合大气中的氧气与沥青路面进行自上而下氧化反应促使路面逐渐发生老化，沥青路面出现网裂现象、车辙、破损、渗水等各种病害的扩展[4]。而沥青结合料的老化才是沥青路面老化的根本原因。沥青在自然、物理因素作用下加剧了路用性能的破坏，这种现象称之为“老化”[5]沥青老化在时间上分类又分长短期，“短期老化”主要是铺筑和拌合时的老化其降低路面适用性能较小，而“长期老化”则大幅度降低了沥青路面使用性能起到决定性作用。

3.1 沥青混合料的老化试验与评价

3.1.1 对于短期老化的试验方法

一般采用薄膜烘箱老化试验（TFOT）或按照“沥青旋转薄膜加热试验”（T0610-1993）的试验方法进行老化试验[6]。当采用旋转薄膜烘箱，在 163℃ 通入热空气条件下充分反应 120min，沥青在实际使用过程中的老化过程得以复现^[7]。



图 1. 薄膜烘箱老化试验（TFOT）

3.2 沥青路面老化原因及其影响因素

3.2.1 外部原因

沥青路面氧化是自上而下逐步实现的过程，沥青路面长期与空气接触发生氧化反应。在过热、紫外线、干燥以及交通荷载的外部因素交叉作用下，发生一系列的反应使沥青内部结构发生变化。沥青路面的老化取决于沥青混合料的老化，沥青混合料的老化程度取决于热、氧气、水的作用，故沥青路面的老化会因为以下因素的不同而不同。

- ① 路面使用年限。
- ② 沥青路面不同深度。
- ③ 沥青路面位置不同。
- ④ 混合料级配类型。

3.2.2 内部原因（沥青四组分分析）

微观角度沥青四组分分析实验是微观角度即大分子方向得出饱和分、芳香分、沥青质和胶质组是组成沥青的主要物质组成^[8]。芳香分（Ar）与空气中的氧气通过氧化作用生成胶质（R），胶质在老化过程中通过聚合以及缩合反应极易转化为延性较差的相对分子量大沥青质（A）组分^[9]，软化点的升高主要是由于低分子向高分子的转变。并且胶质以及沥青质均可以通过分解作用转化为饱和分（S）。下图所示为四种组分转化关系图

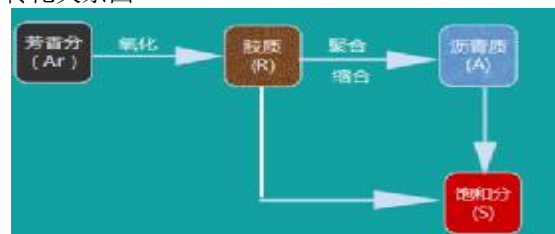


图 2. 沥青老化四组分示意图

4 再生剂作用及其机理分析

4.1 再生剂的作用

- ① 减小老化沥青的黏度，达到新沥青的黏度标准。
- ② 再生剂具有很强渗透能力，可充分与老沥青进行反应，老化后沥青四组分中沥青质含量较高再生剂具有溶解和分散沥青质的能力。

废旧沥青材料的再生技术主要是向旧沥青中添加某种组分的低粘度油料，也可以通过增加新沥青含量来改善老化。也可以既添加新沥青又添加沥青再生剂

其效果基本相同^[10]。

薄膜烘箱试验 (163℃, 5h)	粘度比 (后、前)质量损失 率 (%)	1.78 1.64	<3
----------------------	------------------------	--------------	----

4.2 再生剂作用及机理分析:

再生剂的作用为使老化沥青恢复其路用性能, 使处理过后的沥青达到铺筑路面标准。沥青老化主要是四组分比例失调, 性能高的沥青其各组分含量分别为饱和分 13%~3%, 芳香分 32%~60%, 胶质 19%~39%, 沥青质 6%~15%。当沥青中沥青质含量增加超过一定限度沥青变会呈现明显的老化状态, 而再生剂中存在大量轻质成份如芳香分, 会对老化沥青中存在的沥青质进行溶解。再生剂的作用机理就是改变沥青中四组分之间比例含量, 且老化后沥青黏度较高, 再生剂可以降低沥青黏度, 从而起到一种逆反应, 使老化沥青重新恢复其路用性能。

5 再生沥青技术分析

针对再生剂恢复老化沥青的能力, 可以用正交设计进行组合设计, 通过实验测得添加再生剂后的老化沥青的三大指标, 选取最合适的添加再生剂剂量。

选用沥青热再生剂进行室内试验, 再生剂技术指标见表 1。

表 1. 再生剂对老化沥青作用后的三大指标值

指标	再生剂掺量				
	数值	0%	4%	6%	8%
针入度 (0.1mm)	30	75	86	118	132
软化点 (°C)	67.1	54.8	47.2	44.7	42.5
15℃延度 (cm)	10	73.9	104.5	128.4	149.1

三大指标中软化点与针入度进行回归分析, 可分别得到再生剂用量与针入度和软化点的关系, 如表 2 所示。

表 2. 再生剂与针入度、软化点关系数学模型

数学模型	相关系数	置信度
$P=30.464+10.31X$	0.9944	0.05
$SP=65.478-2.539X$	0.9770	0.05

注: sP- 软化点 (°C); P- 针入度 (25 °C, 5s, 100g)(0.1mm); X-再生剂用量(%), 如表 3 所示。

表 3. 再生剂指标

技术指标	ZS-1	建议值
闪点 (°C)	>170	
25℃粘度 (Pa.s)	0.52	0.01-20
25℃流动指数	0.22	>0.09
芳香分含量 (%)	32.6	≥30
密度 (g/cm3)	0.95	

从表 2 可以看出, 沥青再生剂用量同沥青的针入度成正相关关系, 与软化点呈负相关关系。在未添加沥青再生剂时老化沥青的针入度为 30, 当加入 4%的沥青再生剂后, 针入度增加为 75, 增加了 1.5 倍; 当加入 6%的沥青再生剂时, 针入度增加为 86, 增加了 2 倍多, 而软化点则由 67.1°C 降至 47.2°C。其结果与表格三中 90 号沥青标准基本相符。同时在表格 2 中可以看出沥青再生剂对针入度的变化速率大约是软化点变化速率的 4 倍。并且从表格 1 可以看出, 随着沥青再生剂添加量的增加, 其对沥青针入度以及软化点的作用也在逐渐变缓。即可以找到一个临界值既可以减小沥青再生剂的使用量, 也可以明显改善老化沥青的技术与功能, 如表 4 所示。

表 4. "90"号沥青标准

针入度 (0.1mm)	软化点 (°C)	延度 (15°C) (cm)
80-100	>43	≥100

从上述数据看出, 随着再生剂添加老化沥青的三大指标数值逐渐达到合适的区间。针入度和延度明显升高, 软化点明显降低。当再生剂的掺量达到 6% 时, 恢复后的老化沥青与 90 号基质沥青的三大指标贴近。

6 旧沥青路面再生未来展望

未来社会将是信息化以及智能化所主导的时代, 道路不仅将极大满足人们基本需要, 并且将继续发挥其独一无二的价值。所以作者思考未来道路的发展将会如何, 作者认为道路的发展将朝三个方向发展, 分别是美学、材料以及高科技, 下面将分别介绍这三个方向发展。

首先, 随着社会经济的发展人们对美学的要求越来越高, 从狭义上对道路美学进行分析是人对道路直观感受, 人们不仅仅只会将道路作为简单的满足通行的工具而且会将道路作为艺术品来看待。从广义上对道路美学进行分析是人们行驶在路上会更加舒适、更加安全并且行驶质量大大提高。

其次, 对于未来道路来说, 新材料才是决定道路的上层建筑, 材料同时作为道路的底线也决定了道路下限, 即材料才是决定未来道路基本功能的主要元素。从道路基本性能上来讲: 新材料不仅可以满足高

温抗裂性、低温抗缩性、耐疲劳性、自愈性、具有更高强度、刚度、抗老化特性，而且还要满足“海绵城市”的基本要求。从道路施工及造价方面：新材料铺筑的道路施工更加简单、造价更加合理、性价比也将更高更符合未来道路的发展。

最后，从科技的角度来看未来道路的发展，科技将决定未来道路的上限，即材料决定未来道路的基本功能而科技将会决定道路其他更符合人性化的设计以及施工的便捷性。随着科技的进步诸如 BIM 软件的普及应用以及 3D 打印机的结合。通过 BIM 技术可以更快更好的得到设计与施工的完美结合，而 3D 打印将在改造旧路面方面发挥其巨大的优势，其原理及过程为旧路面的面层材料经过道路机械的耙松/铣刨至一定深度，将材料添加进入 3D 打印机后打印机对材料进行分类并添加缺少的材料以及再生剂，3D 打印机输出结果即为新沥青路面。现在人们正在发挥自己的聪明才智，制作可以吸收汽车尾气、可以发电、可以播放音乐、可以储存雨水等一系列高性能道路。

7 结论

沥青路面的破坏不仅是与温度、光、氧气以及车辆荷载等外部环境因素有关，而且也与沥青四组分的含量有关。

在保证沥青混合料拌合、摊铺、碾压以及满足施工和易性的前提下。尽量缩短高温保存沥青混合料时间，缩短运输的时间，避免造成短期老化。

增强压实、减小孔隙率，减少沥青与空气接触，采用耐久性好的沥青材料等，保证沥青混合料有足够密实性可以根本上减轻老化。

道路老化后可以采用添加再生剂或添加新沥青的措施改善以及恢复提高旧沥青路面的基本性能。

References (参考文献)

- [1] 邓学钧.《路基路面工程》[M].北京:人民交通出版社, 2003:310-311.
- [2] 美国沥青再生协会.《美国沥青再生指南》[M].北京:人民交通出版社, 2006:1-5.
- [3] 郭忠印, 李立寒.沥青路面施工与养护技术[M].北京:人民交通出版社, 2003:15-18.
- [4] 李纪德, 许开成, 龚琼波.半刚性基层沥青路面低温收缩开裂性能研究[J].石油沥青, 2006: 104-105.
- [5] 徐剑, 黄颂昌, 邹桂莲.《高等级公路沥青路面再生技术》[M].人民交通出版社.2011:7-12.
- [6] JIANG Chen, HUANG Xiao - ming.The research of production of high - grade road asphalt surface regenerating reagent[J].Jiangsu traffic science and technology, 2001, (5): 8-10.
- [7] 周谦, 杨彦海.《北方地区沥青路面再生技术及应用实例》[M].人民交通出版.2015:20-25.