高模量抗车辙剂在国省干线二级公路工程中的应用

王玉波[1]，蔡乾东[2]，吕 亮[3]

（1. 甘肃路桥飞宇交通设施有限公司，甘肃 兰州 730000；2. 陕西东道特种路面科技有限公司，陕西 西咸新区 712000；
3. 甘肃圆陇路桥机械化公路工程有限责任公司，甘肃 兰州 730000）

摘 要： 本文依托 G247 线靖会路改建工程沿线特殊路段沥青路面的车辙防治技术，通过试验与工程实践表明：新一代 DTPE-M 高模量抗车辙剂能够达到改性沥青混合料相关要求，对普通沥青混合料的动态压缩模量及抗车辙性能贡献十分显著，现场使用灵活、经济便捷、工艺简单，对国省干线二级公路沥青路面的抗车辙能力具有重要现实意义。

关键词： 二级公路；高模量抗车辙剂；DTPE-M；路用性能

中图分类号： U414 **文献标识码：** B

沥青混合料是一种粘弹性材料，由于沥青的流变性状，沥青混合料的力学性质同加载时的温度和加载时间（或频率）有关，反映其应力-应变关系的劲度模量值具有温度和加载时间的依赖性。长期以来，我国沥青路面设计规范采用 15℃和 20℃的静态单轴压缩回弹模量作为表征沥青混合料劲度性质的参数，无法反应模量对温度和加载时间的依赖性。2017 版《公路沥青路面设计规范》采用动态压缩模量作为路面结构计算的首要参数，考虑了上述两项因素的影响，其中温度可反映不同地区的气候条件，加载时间可反映行车速度和沥青混合料的结构厚度，可以得到合理的路面结构相应分析和设计结果。国内外大量研究指出，提高沥青混合料模量，不仅能有效抵抗车辙，还能够适当的减少路面铺装厚度，已成为解决车辙难题和延长道路使用寿命的有效手段之一。

纵观国内外，提高沥青混合料模量主要有 3 种途径：一是采用低标号硬质沥青，降低针入度，提高软化点，从而提高沥青混凝土的模量；二是在沥青中添加高熔点天然沥青以及添加聚合物类物质，使得沥青的粘度变大，软化点提高，针入度降低，进而降低沥青混凝土的温度敏感性，提高沥青混凝土的模量；再者是直接在沥青混合料中添加高模量外掺剂，提高沥青混凝土的模量及刚度；三是采用新型半刚半柔性水泥沥青混凝土结构，通过在大空隙母体沥青混合料结构灌注聚合物水泥乳浆材料提高路面模量。

本文结合 G247 线靖会路改建工程，针对二级公路沿线重载大交通、连续坡道、矿区及乡镇过境线、桥面铺装等特殊路段，采用外掺新一代 DTPE-M 高模量抗车辙剂的方式，用于增强普通沥青混合料的动态压缩模量，改善沥青路面的抗车辙能力，达到延长道路使用寿命和提升服务品质的效果。

1 应用方案

1.1 产品参数

DTPE-M 高模量抗车辙剂为黑灰色颗粒状热塑性高分子聚合物，由是热塑性聚乙烯、共聚物弹性体、增粘及纳米助剂等多种聚合物复合造粒而成的新一代沥青混合料改性添加剂，技术参数如表 1。

表 1 DTPE-M 高模量抗车辙剂技术参数

项目	单位	技术参数
外观		黑灰色颗粒状，均匀、饱满
粒径	mm	≤4
密度	g/cm^3	≤1.0
熔点	℃	130~140
熔融指数	g/10min	≥1.0
灰分含量	%	≤5
弹性模量	MPa	≥300

DTPE-M 高模量抗车辙剂与传统抗车辙剂相比，采用的反应型多元共聚物弹性体组分，与沥青的部分活性官能团发生交联反应或直接接枝于沥青分子链上，其化学反应及物理改性作用形成一种稳定的立体网状加筋结构，与不同品种沥青及沥青混合料均具有较好相容性，既有可熔于沥青的组分，又有只溶胀不溶解的组分，在沥青胶浆与集料之间发挥增粘、加筋、填充以及沥青改性、变形恢复等多重作用，增加沥青薄膜厚度和胶浆粘结性能，对沥青混合料劲度性质改善显

作者简介：王玉波（1982-），男，甘肃白银人，高级工程师，主要从事公路建设与管理。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

著，有效提高动态压缩模量及抗车辙变形能力，同时对沥青混合料的水稳定性和低温抗裂性也有积极的改善作用。

1.2 技术方案

G247 线靖远至会宁(侯家川)段公路位于白银市靖远县和会宁县境内，主线全长 149.168km，设计速度 60Km/h，采用二级公路建设标准，路面结构为 5cm 沥青碎石 AM-20 下面层+4cm 普通沥青混凝土 AC-13 上面层及 7cm 沥青稳定碎石 ATB-25 下面层+4cm 改性沥青 AC-13 上面层。该项目连接 G309 线、G312 线及 G22 国家高速主干线，是甘肃省中东部地区的经济运输干线公路，肩负着白银、定西、天水及西安等地区物资流通及沿线乡镇村民生产、生活物资运输的重任，也是一条重要红色旅游通道。

根据 G247 沿线重载大交通、连续坡道、矿区及乡镇过境线、桥面铺装等特殊路段的实际情况，结合项目现场普通道路石油沥青、集料质地、气候及沿线重载变化、施工水平及技术经济等因素，通过对不同模量改善技术路径的对比分析，最终选定在骨架密实型矿料级配的基础上，采用外掺 DTPE-M 高模量抗车辙剂的技术路线更为经济便捷，其掺量为普通沥青混合料质量的 0.3%~0.5%，具体方案如下：

(1) 沿线平缓路段(纵坡<3%)平缓路段，普通道路石油沥青 AC-13 上面层外掺 0.3%；

(2) 沿线连续坡道(纵坡 3%~5%)、桥面铺装及乡镇过境段，沥青碎石 AM-20 下面层外掺 0.2%，普通道路石油沥青 AC-13 上面层外掺 0.4%；

(3) 连续坡道(纵坡>5%)且重载大交通路段，沥青稳定碎石 ATB-25 下面层外掺 0.3%，改性沥青 AC-13 上面层外掺 0.2%，特殊路段达到双重改性及增强效果。

1.3 添加工艺

在集料干拌过程中，采用低熔点 PE 包装进行分装，利用沥青拌缸的观察孔(观察孔处设置橡胶活动挡板，防止热气烫伤)，按照设计掺量将产品人工投放至沥青拌合楼的拌缸中。投料顺序：集料→DTPE-M→沥青→矿粉，其中干拌时间不小于 8s，总拌和时间不小于 45s，不改变普通沥青混合料的生产温度，拌和均匀，无花白料、无结团成块或明显的粗细集料离析现象。

2 路用性能

2.1 材料组成

为分析 DTPE-M 高模量抗车辙剂的路用效果，本文在普通沥青混凝土 AC-13 中外掺 0.3%DTPE-M，结合料为 SK-90A 级道路石油沥青，最佳油石比 5.0%；集料由祥跃石料厂生产，AC-13 合成矿料级配如表 2。

表 2 AC-13 合成矿料级配

筛孔/mm	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
合成级配	100	94.9	68.6	35.8	29.6	24.3	17.2	11.2	7.5	4.2
级配上限	100	100	80	45	30	24	20	15	10	6
级配下限	100	85	65	35	25	15	12	8	6	4

2.2 马歇尔物理-力学指标

普通沥青混合料 AC-13 外掺 0.3%DTPE-M，马歇尔物理-力学指标试验结果如表 3。由表 3 可以看出，外掺 0.3%DTPE-M 的高模量沥青混合料动稳定度达到了改性沥青混合料技术要求。

表 3 AC-13 马歇尔物理-力学指标

检测项目	沥青用量(%)	理论最大相对密度	毛体积相对密度	空隙率(%)	矿料间隙率(%)	沥青饱和度(%)	马歇尔稳定度(kN)	流值(mm)
技术要求	4.5~4.9	/	/	3~6	≥14	65~75	≥8	2~4
检测结果	4.78	2.566	2.427	4.5	16.17	71.56	12.71	3.3

2.3 高温稳定性

在高温条件和行车荷载反复作用下，沥青及沥青胶浆便产生流动，沥青混合料网络骨架结构失稳，集料产生位移，此时的沥青路面极易产生高温车辙。按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJE20-2011)中 T0719-2011 进行车辙试验，试验温度为 60℃，轮压为 0.7MPa。由图 1 可知，随着 DTPE-M 掺量的增加，其在矿料中的熔融分布密度也得到相应增加，充分发挥了 DTPE-M 增粘、加筋、填充以及沥青改性、变形恢复等功效，大幅提高了沥青混合料的动稳定度，抗车辙性能十分显著。

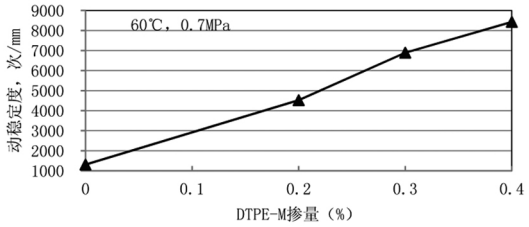

图 1 DTPE-M 不同掺量下 AC-13 沥青混合料动稳定度变化

2.4 动态压缩模量

法国沥青混合料设计规范体系提出，只有沥青混凝土的动态模量(15℃，10Hz)大于 14000MPa 时，才被称为“高模量沥青混凝土”。国内关于高模量沥青混凝土的定义也存不同争议，提的较多的是沥青混凝土

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的动态模量(15℃,10Hz)大于14000MPa,动态模量(45℃,0.1Hz)大于500MPa,才被称为“高模量沥青混凝土”。2017版《公路沥青路面设计规范》给出了常用沥青混合料类型动态压缩模量(20℃,0.1Hz)取值参考范围。按照现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20)T0738的有关规定,试验温度为20℃,加载频率为10Hz,不同掺量下动态压缩模量试验结果平均值如图2所示。

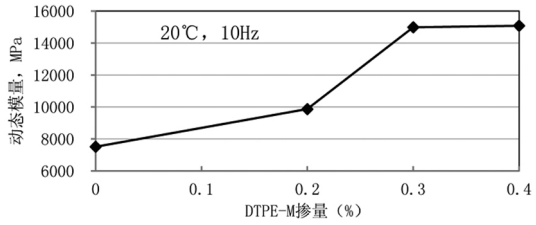

图2 DTPE-M不同掺量下AC-13沥青混合料动态压缩模量变化

随着DTPE-M掺量的增加,沥青混合料动态模量增加明显;0.2%DTPE-M高模量混合料动态压缩模量值,与SBS改性沥青混合料(8500~12500MPa)取值范围相当;0.3%掺量下动态压缩模量增幅最大,是普通沥青混合料的约2.0倍,沥青混合料动态模量远高于15℃、10Hz条件下大于14000MPa的要求。试验结果表明:外掺加DTPE-M后,可以减少沥青路面高温环境下劲度模量的降低幅度,增强了沥青混合料抗剪切变形能力,反映出高模量沥青混合料的技术特征及抗车辙效果。

2.5 水稳定性

采用浸水残留稳定度和冻融劈裂强度比检验高模量沥青混合料的水稳定性,试验结果如图3。可以看出,0.3%DTPE-M掺量下,AC-13沥青混合料的浸水残留稳定度和冻融劈裂强度比也得到明显改善。

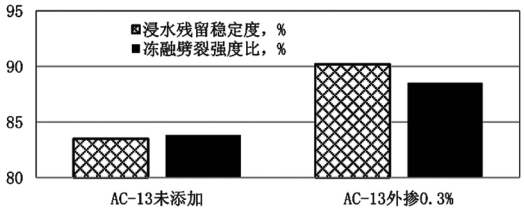

图3 0.3%DTPE-M掺量下AC-13沥青混合料水稳定性

3 结语

众所周知,国省干线二级公路是我国公路路网结构的重要组成部分,是连接地方、城市与高速公路出入口的主要通道,通过支线连接形成连续路网,为促进地方经济建设发挥了不可替代的作用。随着我国取消政府还贷二级公路收费政策的实施,各地方高速公路大型货运车辆分流至国省干线二级公路免费通行的现象十分突出,近年来二级公路沥青路面过早的出现车辙病害,已引起了业界及社会的高度关注。

综上试验及工程实践表明,新一代DTPE-M高模量抗车辙剂能够达到改性沥青混合料相关要求,对普通沥青混合料的动态压缩模量及抗车辙性能贡献十分显著,现场使用灵活、经济便捷、工艺简单,是国省干线二级公路新建及改扩建工程解决车辙难题和延长道路使用寿命的有效手段之一,应用前景广阔。

参考文献:

[1] JTG E20-2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规程.
[2] JTG D50-2017,公路沥青路面设计规范.
[3] 蔡乾东,等.公路沥青路面抗车辙技术解决方案.西咸新区:陕西东道特种路面科技有限公司,2017.
[4] 寇晓明,徐培华,蔡乾东,等.高寒地区二级公路重载交通沥青路面车辙防治技术与应用研究.兰州:甘肃省公路管理局,2017.

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net