

# 温拌剂对沥青混合料性能影响及低碳性能研究

蔡春丽

中铁七局集团有限公司勘测设计研究院 河南 郑州 450000

**摘要:**通过对温拌剂Sasobit的作用机理分析,研究不同温拌剂掺量下SBS改性沥青的高温性能、低温性能,在此基础上确定温拌剂的最优掺量;同时对温拌SBS改性沥青混合料开展了路用性能检验;依托项目实际工程,结合工程施工过程中的实际情况,开展温拌SBS改性沥青混合料的低碳性能研究,构建道路建设沥青混合料温室气体排放计算方法,实现温拌沥青混合料温室气体减排效果评价,为温拌沥青混合料的推广应用提供参考价值。

**关键词:**公路工程;温拌SBS改性沥青混合料;温室气体计算方法;低碳性能

随着人类生存环境的不断恶化,极端气候的不断发生,越来越引起人类对温室效应的重视。2023年3月,IPCC发布《第六次评估报告综合报告:气候变化2023》,报告指出:与1850—1900年相比,2011—2020年全球地表平均气温上升1.1℃;按照2021年公布的国家自主贡献(NDCs)数据推算,预计2030年全球温室气体排放量可能会导致21世纪全球温升超过1.5℃,且很难将温升控制在2℃以内<sup>[1]</sup>。

公路工程建设是能源消耗和温室气体排放的一个

来源,也是温室气体排放的重点行业。交通运输部提出推动交通运输“双碳”工作,以建设绿色交通基础设施为保障,以构建绿色出行体系为补充,多种绿色低碳政策措施组合实施,全面推荐交通绿色低碳转型<sup>[2]</sup>。2012年我国沥青混合料消耗24300万吨,2019年沥青混合料消耗38200万吨,2022年沥青混合料消耗43600万吨,沥青混合料是高等级道路建设中不可缺少的建设材料。因此,低碳高性能的沥青混合料逐渐成为人们关注的重点,绿色低碳建设也称为道路基础设施建设的研究重点。



图1 热拌沥青混合料施工

基于此,开展以降低沥青混合料的温度为出发点,研究温拌沥青混合料对沥青及沥青混合料的影响,并在此基础上,对温拌沥青混合料进行低碳性能研究。

## 1 依托工程简介

依托于河南省某一级公路,全长27.3km,设计速度80km/h,路基宽度24.5m,双向4车道,所在地区低吼分区为1-3-2(夏炎热冬冷湿润区)路面结构为:

上面层:4cm厚细粒式SBS改性沥青混凝土(AC-13C,温拌)

下面层:6cm厚中粒式SBS改性沥青混凝土(AC-20C,温拌)

上基层:18cm厚水泥稳定碎石

下基层:18cm厚水泥稳定碎石

底基层:18cm厚水泥稳定碎石

上面层、下面层均采用SBS改性沥青混合料(温拌),本次仅对上面层细粒式SBS改性沥青混凝土(AC-13C)进行研究,沥青混合料温室气体排放按照混合料质量进行换算。

## 2 温拌剂掺量的确定

依据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》对施工所用SBS改性沥青指标进行检测<sup>[3]</sup>,具体结果如表1所示。

表1 SBS改性沥青检测结果

试验项目	单位	检验结果	技术要求
针入度 (25°C, 5s, 100g)	0.1mm	58.7	40~60
软化点	°C	73.4	≥ 60
5°C延度	cm	36.3	≥ 20

由于采用的沥青产地不同, 指标及性能存在差异, 故需对不同温拌剂掺量的沥青进行试验, 确定最优温拌剂掺量, 以达到沥青混合料最优的性能效果。本次采用德国研发的Sasobit温拌剂, 在沥青加热过程中添加到沥青中, 形成温拌沥青, 根据相关经验, 温拌剂掺量分别占沥青质量的1%、2%、3%、4%、5%, 对SBS改性沥青的高温性能、低温性能等进行研究。

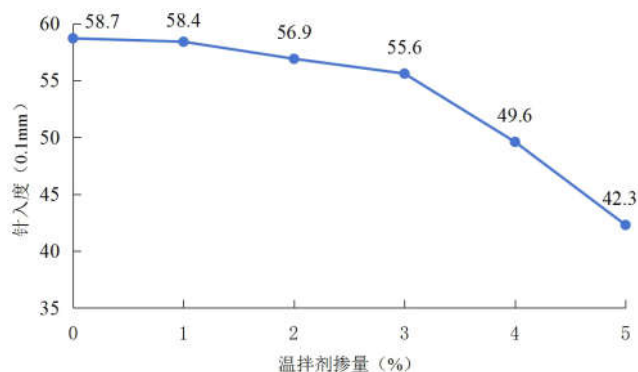


图2 不同温拌剂掺量下的沥青针入度

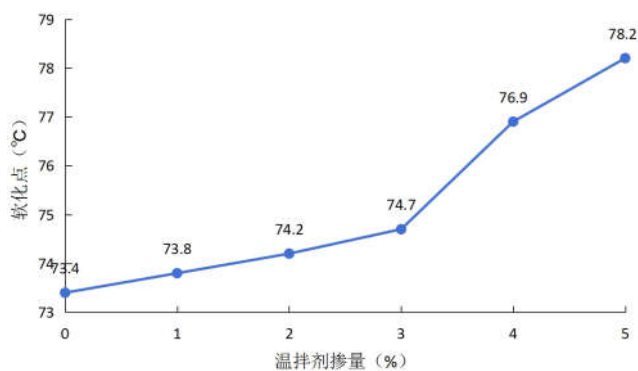


图3 不同温拌剂掺量下的沥青软化点

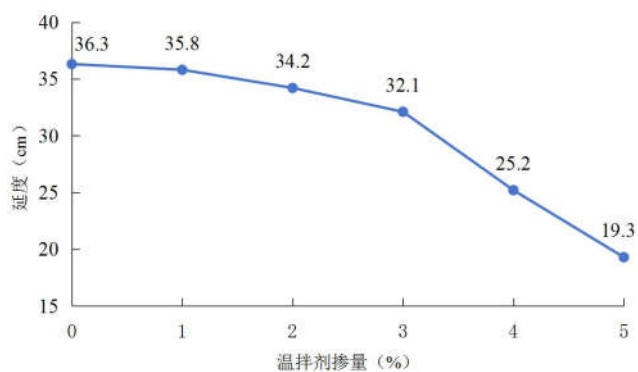


图4 不同温拌剂掺量下的沥青延度

通过不同温拌剂掺量下SBS改性沥青的三大指标等试验可知, 随着温拌剂掺量的增加, 沥青的针入度、延度不断减小, 当温拌剂掺量达到3%时, 针入度、延度下降幅度增大, 当掺量达到5%时, 沥青的延度已突破《公路沥青路面施工技术规范》对聚合物改性沥青延度 $\leq 20\text{cm}$ 的指标要求<sup>[4]</sup>; 随着温拌剂掺量的增加, 沥青软化点逐渐增大, 当温拌剂掺量达到3%时, 软化点增加幅度变大。通过试验结果可知, Sasobit温拌剂的添加, 沥青的硬度增加, 粘度降低, 但沥青低温性能变差, 在温拌剂掺量为3%时, 沥青的各项指标相对较好。故在温拌剂掺量为3%时, 开展沥青混合料性能检测及低碳性能效果评价。

### 3 温拌剂对沥青混合料性能的影响

本次采用细粒式SBS改性沥青混合料 (AC-13C) 为试验对象, 开展温拌沥青混合料高温稳定性、低温稳定性、水稳定性等性能检测<sup>[3]</sup>, 矿料级配如图5所示, 温拌沥青混合料性能如表2所示。

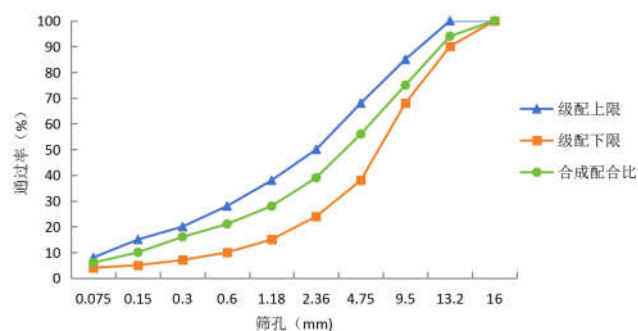


图5 SBS沥青混合料矿料级配

通过对SBS改性沥青混合料的车辙试验、低温弯曲试验及水稳定性检测可知, 温拌剂的添加能够有效提高沥青混合料的高温性能, 但沥青混合料的低温性能、水稳定性均有所降低。结合沥青的针入度、软化点、延度试验, 温拌剂的加入, 能够有效提高沥青混合料的高温性能, 但对低温性能有一定影响, 试验结果一致。

### 4 温拌沥青混合料低碳性能研究

沥青混合料的生产所产生的温室气体主要由消耗燃料所产生的温室气体和沥青加热自身所释放的温室气体两部分组成, 通过对施工现场拌合场站的调研可知, 沥青混合料从生产到施工主要包括集料加热、沥青加热、沥青混合料的拌合、运输、摊铺、碾压等过程<sup>[5]</sup>, 集料加热、沥青加热主要以天然气为燃料进行加热, 沥青混合料的拌合依靠电能来实现, 沥青混合料的运输主要利用新能源运输车, 沥青混合料的摊铺、碾压主要消耗柴油, 沥青产生的温室气体主要是沥青高温情况下产生, 故从沥青加热阶段已产生, 即从沥青加热、沥青混合料

的拌合、混合料的运输、摊铺、碾压过程均产生温室气体。沥青混合料从拌合站开始生产至道路碾压成型，机械消耗的燃料受外界影响较小，而沥青混合料自身产生

的温室气体受材料自身的温度影响较大，基于此开展温拌沥青混合料低碳性能研究。

表2 沥青混合料路用性能

项目	动稳定度 (次/mm)		禁水马歇尔残留稳定度 (%)		破坏应变 (με)	
	检测结果	规范要求	检测结果	规范要求	检测结果	规范要求
热拌沥青混合料	3984	≥ 2800	96.7	≥ 85	3362	≥ 2500
温拌沥青混合料	4267	≥ 2800	87.2	≥ 85	2936	≥ 2500

通过对多个项目得实际调研，结合项目实际情况，对热拌沥青混合料和温拌沥青混合料施工温度进行对比，具体结果详见表3所示。

表3 热拌沥青混合料与温拌沥青混合料施工温度 (°C)

成型工序	热拌SBS改性沥青混合料	温拌SBS改性沥青混合料
沥青加热阶段	165~170	160~170
集料加热阶段	190~220	150~160
混合料拌合阶段	160~170	145~150
混合料成型阶段	150~160	140~150

通过现场实际调研发现，在沥青加热、集料加热、混合料拌合、混合料成型等工序中，温拌SBS改性沥青混合料温度较热拌沥青混合料温度有所降低，其中，集料加热、混合料的拌合、混合料成型温度均有较大幅度的降低，集料加热阶段温度降低幅度最大，降幅约21%；混合料拌合阶段温度降低10~20°C；混合料成型阶段温度降低10~20°C，温拌剂的掺入，能够有效降低沥青混合料的施工温度，从而降低材料加热时的能源消耗，进而降低温室气体的排放。

在沥青加热过程中，沥青的高温排放也是路面施工过程中温室气体排放的重要来源。沥青的高温排放主要从沥青加热阶段开始，直至沥青混合料温度降低至常温过程中所排放的温室气体。考虑到沥青加热时温室气体检测较为复杂，且存在高温危险性，故本次研究仅对拌合后沥青混合料温室气体排放进行检测。检测以生产1t沥青混合料为研究对象，检测仪器采用ZR-3100型气体检测仪，对温室气体进行检测。

仪器采用自动记录式气体检测芯片，前50min每5分钟检测一次，50min后采取每10min检测一次，对检测数据进行核对，拟合沥青混合料高温下温室气体的排放趋

势，检测结果如图5所示。



图6 ZR-3100型气体检测仪

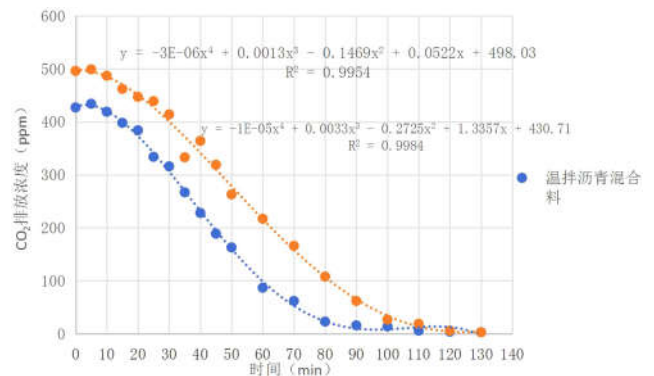


图7 沥青混合料温室气体排放

由沥青混合料温室气体检测结果可知，热拌SBS改性沥青混合料温室气体排放浓度高于温拌SBS改性沥青混合料；对于温拌SBS改性沥青混合料，当时间为80min时，温室气体排放逐渐趋于稳定，温室气体检测数值趋于0；对于热拌SBS改性沥青混合料，当温度达到110min时，温室气体浓度接近大气温室气体含量。

根据能源排放因子<sup>[6]</sup>、现场温室气体浓度检测及拟合出来的浓度时间曲线，建立沥青混合料高温下温室气体排放计算模型，计算模型公式如下。

$$E_c = \int_0^{t_i} \frac{M}{22.4} \cdot ppm \cdot \left( \frac{273}{273+T} \cdot \frac{Ba}{1010325} \right) \cdot v \cdot S \cdot GWPd, \quad \text{公式 (1)}$$

其中： $E_c$ ——温室气体排放量 (mg)； $M$ ——气体相对分子量； $ppm$ ——气体的体积浓度； $T$ ——温度

(°C)； $Ba$ ——压强 (Pa)； $v$ ——气体速度 (0.2m/s)； $S$ ——检测面积 (m<sup>2</sup>)； $GWP$ ——能源排放因子。

根据沥青混合料温室气体排放计算模型可知, 1t热拌SBS改性沥青混合料温室气体排放量为581755mg, 1t温拌SBS改性沥青混合料温室气体排放量为483418mg, 1t温拌SBS改性沥青混合料较热拌SBS改性沥青混合料温室气体排放量减少98336mg, 降幅16.9%。依托工程全长27.3km, 路基宽度24.5m, 上面层及下面层采用温拌SBS改性沥青混凝土混合料, 约消耗SBS改性沥青混合料150696t, 采用温拌SBS改性沥青混合料约减少温室气体14819kg, 减排效果非常明显, 温拌沥青混合料低碳性能较好。

## 5 结论

1) 通过对不同温拌剂Sasobit掺量下SBS改性沥青进

$$E_c = \int_0^{t_i} \frac{M}{22.4} \cdot ppm \cdot \left( \frac{273}{273+T} \cdot \frac{Ba}{1010325} \right) \cdot v \cdot S \cdot GWPd_i$$

5) 根据沥青混合料温室气体排放计算模型, 计算出1t温拌SBS改性沥青混合料温室气体排放较1t热拌沥青混合料温室气体排放减少98336mg, 降幅16.9%; 依托工程全线施工减少温室气体约14819kg, 温室气体减排效果明显, 温拌沥青混合料低碳效果较好。

## 参考文献

- [1] IPCC. 第六次评估报告综合报告: 气候变化2023[R]. 全球战略研究所, 2023.
- [2] 交通运输部. 第四届中国交通运输科技创新与技术转移高峰论坛[R]. 2023.

行针入度、软化点、延度试验, 确定温拌剂Sasobit的最优掺量为3%, 在此掺量下, SBS改性沥青的高温抗变形能力增加, 但低温性能有所降低。

2) 通过对细粒式SBS改性沥青混合料进行路用性能检测, 发现温拌剂的掺入能够提高沥青混合料的动稳定度及低温弯曲破坏应变均较热拌沥青混合料增加, 水稳定性较热拌沥青混合料有所降低, 但均满足相关指标要求。

3) 通过对现场实际情况调研, 温拌剂的掺入, 集料加热阶段温度明显降低, 降低幅度约21%; 沥青混合料的拌合、成型温度有所降低, 降低幅度约10~20℃。

4) 通过对现场沥青混合料高温下温室气体排放检测, 构建沥青混合料高温下温室气体排放计算模型:

[3] 交通部公路科学研究院. 公路工程沥青及沥青混合料试验规程 (JTGE20-2011) [S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.

[4] 彭波, 蔡春丽, 胡如安. 高速公路沥青路面能耗与碳排放评价[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2016, 36(05): 8-15.

[5] 交通部公路科学研究院. 公路沥青路面施工技术规范 (JTG F40-2004) [S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

[6] 蔺瑞玉. 沥青路面建设过程温室气体评价体系研究[D]. 西安: 长安大学, 2014.