

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.06.017

再生 SBS 改性沥青混合料配合比设计方法

韩 争¹, 祁文洋², 王利俊²

[1.南京城市建设管理集团有限公司,江苏 南京 210000; 2.上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘 要: SBS 改性沥青路面的养护维修将产生大量回收 SBS 改性沥青混合料。与回收普通沥青混合料相比,回收 SBS 改性沥青混合料具有更高的利用价值。在现行规范设计方法的基础上进行补充完善,形成再生 SBS 改性沥青混合料配合比设计方法,设计内容主要包括 RAP 料中老化 SBS 改性沥青老化程度的判别、老化 SBS 改性沥青的再生设计、RAP 掺量的确定、新沥青用量确定等。
关键词: 道路工程;SBS 改性沥青;再生利用;配合比设计
中图分类号: U414 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2023)06-0061-03

0 引 言

SBS 改性沥青已广泛应用于我国高等级道路沥青路面面层中,随着 SBS 改性沥青路面的损坏及养护维修,将会产生大量的回收 SBS 改性沥青混合料(RAP)。回收 SBS 改性沥青中仍存有可发挥改性功效的 SBS。由此,与回收普通沥青混合料相比,RAP 具有更高的利用价值。

目前研究主要集中于再生剂再生效果和调和方法。张宇等^[1]通过试验对比分析了 4 种不同类型再生剂的再生效果。秦欢等^[2]分别以 25℃针入度、135℃旋转黏度与 $G^*/\sin\delta$ 作为目标参数建立了 SBS 改性沥青再生调和方程。侯芸等^[3]研究了新鲜植物油、煎炸植物油、植物柴油 3 种植物油再生剂和 1 种传统矿物油再生剂对老化 SBS 改性沥青混合料路用性能的影响。谢远光等^[4]通过对老化沥青与再生沥青的宏观性能与微观机理进行分析研究,验证了再生剂的再生效果。现行规范^[5]中仍按照回收基质沥青的再生设计方法对 RAP 进行设计。这在一定程度上降低了 RAP 的再生效果。

综上,本文提出了再生 SBS 改性沥青混合料配合比设计思路,在现行规范设计方法的基础上进行补充完善,形成了再生 SBS 改性沥青混合料的材料配合比设计方法,以期能为 SBS 改性沥青混合料再生利用配合比设计提供参考。

1 配合比设计思路

- (1)RAP 性能评价时,应测定旧沥青的韧性,并在此基础上判别旧沥青的老化程度。除此之外,还需测定旧沥青针入度,以确定该 RAP 是否适宜再生。
- (2)依据旧沥青的老化程度进行再生设计。根据配合比设计要求,老化 SBS 改性沥青的再生目标为稠度、延展性及韧性的恢复。旧沥青为轻度老化时,添加再生剂后反而使旧沥青韧性降低,可仅添加 SBS 类改性沥青进行再生。旧沥青为重度老化时,轻质组分缺失严重,需同时添加再生剂与 SBS 类改性沥青。此时可先依据再生剂扩散系数和再生剂对再生 SBS 改性沥青混合料强度的提升效果,选择再生剂品种,然后进行再生剂掺配试验,确定再生剂用量。
- (3)确定再混合料的目标级配,并计算确定 RAP 的最大掺量。在最大掺量范围内,根据旧沥青老化程度、再生设备类型等拟定 RAP 的掺量。
- (4)采用马歇尔试验确定最佳新沥青用量,并进行再生混合料的高温、低温及水稳定检验。如果再生 SBS 改性沥青混合料性能不满足要求,可更换新沥青类型或添加纤维,如再生 SBS 改性沥青混合料性能仍不满足要求,则考虑降低 RAP 的掺量。

2 配合比设计方法

2.1 RAP 老化程度判别

采用抽提回收方法,获取 RAP 中的老化 SBS 改性沥青,同时测定 RAP 的沥青含量及矿料级配等。随后对老化 SBS 改性沥青进行测力延度(10℃)试验,并计算老化 SBS 改性沥青韧性 S_{BC} , 韧性指标 S_{BC} 的

收稿日期: 2022-08-23
作者简介: 韩争(1981—),男,硕士,高级工程师,从事工程管理工作。

计算方法参见文献[6]。依据韧性指标 S_{BC} 判别老化 SBS 改性沥青的老化程度: S_{BC} 大于 0 时,为轻度老化; S_{BC} 为 0 时,为重度老化。

另外,对于重度老化 SBS 改性沥青,还需测试其针入度。如果针入度小于 10,不宜进行再生,此时可以将 RAP 作为矿质集料使用。

2.2 老化 SBS 改性沥青的再生设计

2.2.1 轻度老化 SBS 改性沥青

添加新 SBS 改性沥青或 SBS 类高黏度沥青进行再生。现行规范^[7]规定 SBS 改性沥青包括 4 种类型:I-A、I-B、I-C、I-D。由此,如果选择 SBS 改性沥青作为新沥青,则需确定其所属类型。具体确定方法如下:

(1)选取与当地同等道路 SBS 改性沥青路面相同的 SBS 改性沥青类型作为新 SBS 改性沥青的类型。

(2)根据工程需要,已确定再生沥青的针入度时,可先按照式(1)计算新 SBS 改性沥青的针入度 P_{new} ,然后根据 P_{new} 和各类 SBS 改性沥青针入度指标要求,确定新 SBS 改性沥青的类型。

$$\lg \lg P_{mix} = (1-\alpha) \lg \lg P_{old} + \alpha \lg \lg P_{new} \quad (1)$$

式中: P_{mix} 为再生 SBS 沥青的 25℃ 针入度,0.1 mm; P_{old} 为老化 SBS 改性沥青的 25℃ 针入度,0.1 mm; P_{new} 为新 SBS 改性沥青的 25℃ 针入度,0.1 mm; α 为新 SBS 改性沥青占再生 SBS 沥青的质量比例,可取估算值。

2.2.2 重度老化 SBS 改性沥青

添加再生剂与 SBS 改性沥青或 SBS 类高黏度沥青进行再生。在再生剂质量满足规范要求的前提下,还应满足芳香分含量不小于 30%的要求。在此基础上,初选 2~3 种再生剂,进行再生剂扩散模拟试验,并测试添加再生剂后再生 SBS 改性沥青混合料的强度,对比分析不同品种再生剂的扩散系数及对再生 SBS 改性沥青混合料强度的提高作用。宜选择扩散系数较大,且对再生 SBS 改性沥青混合料强度的提高效果较好的再生剂品种。

再生剂用量确定的具体步骤如下:

(1)确定添加再生剂后再生沥青的针入度、软化点指标范围。该指标范围可通过以下方式选定:选取与当地同等道路 SBS 改性沥青路面相同的 SBS 改性沥青类型的针入度、软化点指标范围;或者根据工程需要,并依据规范规定的各类 SBS 改性沥青指标范围,选定再生沥青的针入度、软化点指标范围。

(2)在老化 SBS 改性沥青中掺加不同用量(与老

化 SBS 改性沥青的质量比例)的再生剂,并测试不同再生剂用量时再生沥青的针入度、软化点。根据再生沥青的针入度、软化点指标范围,明确再生剂的用量范围。取再生剂用量范围的上限作为最终确定的再生剂用量。另外,综合考虑再生沥青的性能与经济因素,再生剂用量宜在 3%~15% 范围内。

在确定再生剂用量的基础上,可选择与再生剂再生沥青针入度、软化点指标范围一致或包含该指标范围的 SBS 改性沥青类型作为新 SBS 改性沥青,或选择高黏度沥青作为新沥青。此外,也可先拟定一种新沥青的类型,直接进行再生混合料的设计与性能检验。若再生混合料性能不满足要求,则更换新沥青类型。

2.3 RAP 掺量的确定

再生 SBS 改性沥青混合料的目标级配、RAP 中旧集料级配、再生 SBS 改性沥青混合料的性能等均限制了 RAP 的掺量。首先根据公路等级、气候条件、交通特点等确定再生 SBS 改性沥青混合料目标级配,然后通过计算再生 SBS 改性沥青混合料目标级配与 RAP 中旧集料级配所对应的各筛孔分计筛余百分率的比值最小值确定 RAP 的最大掺量^[8]。计算公式如下:

$$n_{max} = \min(S_{di}/S_{ri}) \cdot 100\% \quad (2)$$

式中: n_{max} 为再生混合料中 RAP 的最大掺量,%; S_{di} 为再生混合料中集料在第 i 级筛孔的目标筛余百分率,%; S_{ri} 为 RAP 中旧集料在第 i 级筛孔的筛余百分率,%。

在 RAP 的最大掺量范围内,首先根据工程需求、再生工艺水平,并考虑 RAP 的含水率、老化程度、各原材料性质等初步拟定 RAP 的掺量。对于双滚筒厂拌热再生拌合设备,若 RAP 为轻度老化,其掺量可拟定为 45%及以上;若 RAP 为重度老化,其掺量可拟定为 30%~45%。此外,RAP 的含水率较高时,可适当降低上述 RAP 的掺量范围,否则会导致再生混合料拌合温度降低,不利于再生混合料品质。

然后采用拟定的 RAP 掺量,进行再生 SBS 改性沥青混合料的配合比设计与检验。如果再生 SBS 改性沥青混合料性能不满足设计要求,应更改新沥青类型或添加纤维再进行配合比设计与检验。若再生 SBS 改性沥青混合料的性能仍不满足要求,则降低 RAP 的掺量。

2.4 级配设计

调整格挡新集料掺量,使 RAP 中旧集料与各档

新集料的合成级配达到目标级配的要求。

2.5 新沥青用量的确定

按式(3)估算再生SBS改性沥青混合料中的总沥青含量 q_b ;按式(4)计算再生SBS改性沥青混合料中新沥青用量 q_{nb} (与再生混合料的质量比)。

$$q_b = 0.035A + 0.045B + mC + 0.7 \quad (3)$$

式中: A 为再生SBS改性沥青混合料中粒径大于2.36 mm矿料的质量百分率,%; B 为再生SBS改性沥青混合料中粒径为0.075~2.36 mm矿料的质量百分率,%; C 为再生SBS改性沥青混合料中粒径小于0.075 mm矿料的质量百分率,%; m 为与 C 有关的系数, C 为11%~15%时取0.15, C 为6%~10%时取0.18, C 不大于5%时取0.2。

$$q_{nb} = q_b - q_{ob} \cdot n/100 \quad (4)$$

式中: q_{ob} 为RAP中的旧沥青含量,%; n 为RAP的掺量,%。

以估算新沥青用量 q_{nb} 为中值,在 $q_{nb} \pm 1.0$ 范围内,取4或5个新沥青用量,按照马歇尔方法确定最佳新沥青用量。

2.6 性能检验

测试再生SBS改性沥青混合料的动稳定度、低温弯曲破坏应变、冻融循环劈裂强度比(TSR)。再生SBS改性沥青混合料各项性能指标应满足性能要求。再生SBS改性沥青混合料的配合比设计流程见图1。

3 结 语

本文提出了再生SBS改性沥青混合料配合比设计的思路。在现行设计方法的基础上,形成了再生SBS改性沥青混合料配合比设计方法,其关键设计内容包括RAP老化程度判别、RAP掺量的确定、再

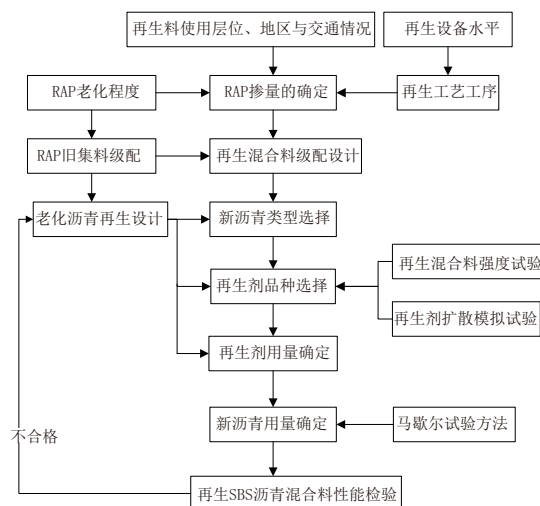


图1 再生SBS改性沥青混合料配合比设计流程图

生剂品种的选定、再生剂用量的确定等,并给出了设计流程,以期能够提升RAP的再生利用效率,实现再生SBS改性沥青混合料配合比设计流程化、标准化,可供再生料配合比设计时参考。

参考文献:

- [1] 张宇,李宁,詹贺,等.不同类型再生剂对老化沥青再生效果对比研究[J].合成材料老化与应用,2022,223(1):18-21.
- [2] 秦欢,吴欣,邹桂莲,等.新-旧SBS改性沥青混合再生规律[J].广东公路交通,2021,176(5):1-4,10.
- [3] 侯芸,董元帅,李志豪,等.植物油再生SBS改性沥青混合料路用性能研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2021,235(8):120-125.
- [4] 谢远光,殷鹏.基于新型再生剂的SBS改性沥青的流变特性及微观机制[J].新型建筑材料,2021,486(6):95-100.
- [5] JTG/T 5521—2019,公路沥青路面再生技术规范[S].
- [6] 祁文洋,李立寒,汪于凯.基于测力延度试验的SBS改性沥青老化特征评价指标[J].建筑材料学报,2014,17(3):543-547.
- [7] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
- [8] 李海军.沥青路面热再生机理及应用技术研究[D].南京:东南大学,2005.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com