

# 基于新型分步拌合技术的沥青混合料性能研究

徐钦升<sup>1</sup>, 安平<sup>2</sup>, 袁玉波<sup>2</sup>, 闫翔鹏<sup>1</sup>

<sup>1</sup>山东省交通科学研究院, 山东 济南

<sup>2</sup>日照公路建设有限公司, 山东 日照

Email: 956438206@qq.com

收稿日期: 2020年11月28日; 录用日期: 2020年12月21日; 发布日期: 2020年12月30日

## 摘要

通过对新型分步拌合技术和常规拌合技术生产的沥青混合料性能试验研究, 对比分析不同拌合工艺对混合料路用、力学性能的影响, 并进一步验证分步拌和技术降低混合料沥青用量的可行性, 结果表明: 与常规拌合技术相比, 分步拌合技术在降低0.2%的沥青用量后, 仍能够保证混合料路用和力学性能; 两种拌和技术的混合料性能表现各有优异, 但差别较小, 分步拌合技术生产的沥青混合料其高温性能、劲度模量更好; 常规拌和技术生产的沥青混合料低温性能、疲劳寿命表现更佳; 而两种拌和技术生产的沥青混合料水稳定性相当。

## 关键词

沥青混合料, 拌合技术, 路用性能, 力学性能

# Research on Asphalt Mixture Performance Based on New Step Mixing Technology

Qinsheng Xu<sup>1</sup>, Ping An<sup>2</sup>, Yubo Yuan<sup>2</sup>, Xiangpeng Yan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Shandong Transportation Institution, Jinan Shandong

<sup>2</sup>Rizhao Highway Construction Co., Ltd., Rizhao Shandong

Email: 956438206@qq.com

Received: Nov. 28<sup>th</sup>, 2020; accepted: Dec. 21<sup>st</sup>, 2020; published: Dec. 30<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

Through the experimental research on the performance of the asphalt mixture produced by the new step mixing technology and the conventional mixing technology, compare and analyze the in-

fluence of different mixing processes on the road use and mechanical properties of the mixture, and further verify the feasibility of the step mixing technology to reduce the amount of asphalt mixture. The results show that: compared with conventional mixing, the step mixing technology can still ensure the road use and mechanical properties of the mixture after reducing the asphalt dosage by 0.2%. The performance of the mixture is excellent, but the difference is small. The asphalt mixture produced by the step-mixing technology has better high-temperature performance and stiffness modulus. The asphalt mixture produced by conventional mixing technology has better low temperature performance and fatigue life performance; while the water stability of asphalt mixture produced by the two mixing technologies is equivalent.

## Keywords

Asphalt Mixture, Mixing Technology, Road Performance, Mechanical Performance

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

目前,我国公路沥青路面建设面临着资源紧张和环境保护的双重压力,在道路建设中,沥青混合料作为最主要的路面基础建筑材料,不仅要消耗大量的沥青和石料资源,而且高温拌和过程也会排放大量的有害气体,这与绿色可持续发展的道路理念背道而驰,因而,在保证沥青混合料路用、力学性能前提下,通过一种可控的生产拌合方式来降低沥青含量和拌和温度,并延长混合料使用寿命的技术是十分必要的。

研究发现[1]-[8],基于分步拌和技术生产的沥青混合料其集料与胶结料拌合更均匀,混合料性能更稳定,沥青膜厚度增大,沥青用量可以减少约 10%,燃料油用量可降低 15%,路面使用寿命可延长 30%,投资回报率增加 30%,以 AC-13 类沥青混合料 500 元/吨计,则每吨沥青混合料可节约 78.5 元,为其单价的 15.6%,我国每年生产的沥青混合料大约在 2.4 亿吨,照此计算,可节约 188.4 亿元,因此,无论是从能源经济的角度还是沥青混合料性能的角度分析,分步拌和技术都应得到重视和发展。

沥青混合料的新型分步拌和技术是通过改变拌合过程中各种类型颗粒进入混合料拌合体系的顺序,实现集料与沥青胶结料的靶向结合,最大化的发挥沥青混合料中各组分优势,改善混合料的和易性,提高其均匀性,从而达到减少沥青用量,提升沥青混合料质量和节能环保的目的。

## 2. 试验

### 2.1. 原材料

#### 2.1.1. 集料

粗、细集料均选用优质的石灰岩矿料(0~3 mm, 3~5 mm, 5~10 mm, 10~15 mm, 15~20 mm),矿粉由优质石灰岩集料加工而成,集料各项指标均满足《公路沥青路面施工技术规范》要求。

#### 2.1.2. 沥青

沥青选用 SBS(I-D)改性沥青,其主要技术指标见表 1,从表 1 来看,沥青的各项技术指标均满足规范要求。

**Table 1.** Performance indicators of SBS modified asphalt  
**表 1.** SBS 改性沥青性能指标

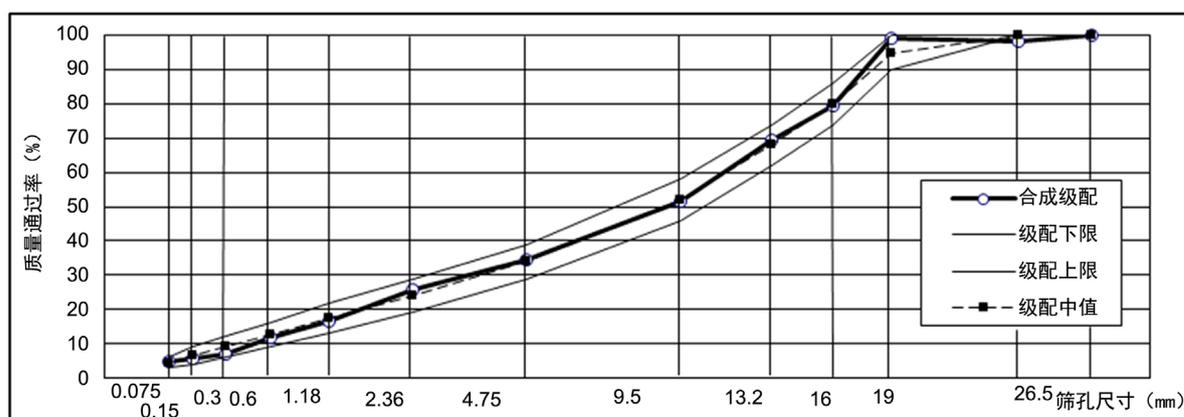
试验项目	单位	试验结果	技术要求
针入度	0.1 mm	57.9	40~60
软化点	°C	88	≥45
延度	cm	33.5	≥20
溶解度	%	99.6	≥99
闪点	°C	336	≥230
弹性恢复	°C	86	≥75
离析	°C	1.1	≦2.5
<b>RTFOT</b>	质量变化	%	0.02
	残留针入度比	%	82.1
	残留延度	cm	24.75

## 2.2. 配合比设计

本文级配采用 AC-20 型沥青混合料, 根据各档筛集料筛分结果和混合料级配范围, 确定混合料级配组成如表 2 所示, 级配曲线如图 1 所示。其中, 分步拌合技术沥青混合料采用沥青用量为 4.2%, 常规拌合技术沥青混合料沥青用量为 4.4%。

**Table 2.** AC-20 gradation composition  
**表 2.** AC-20 级配组成

级配	筛孔通过率(%)											
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
规范上限	100	100	86	74	58	39	29	22	16	12	9	6
规范下限	100	90	74	62	46	29	19	13	9	6	4	3
合成级配	100	99.3	79.5	69.4	51.7	34.5	25.6	16.6	11.9	6.9	5.5	4.6



**Figure 1.** AC-20 grading curve

**图 1.** AC-20 级配曲线图

## 2.3. 试验方案

在相同的试验条件下,按照试验规程[9]对常规拌合(即沥青和集料一次投入拌合设备中进行混合料拌合)与分步拌合技术(首先将沥青与粗集料先行拌和,然后加入填充料,最后将细集料加入)生产的沥青混合料进行车辙试验、冻融劈裂试验、低温弯曲试验、四点弯曲疲劳及单轴压缩动态模量试验,对分步拌合与常规拌合技术生产的混合料的路用、力学性能进行对比分析。

### 3. 基于不同拌合工艺的沥青混合料性能评价

#### 3.1. 高温性能

按我国标准车辙试验对不同拌合工艺生产的沥青混合料进行车辙试验,试验结果如图2所示。

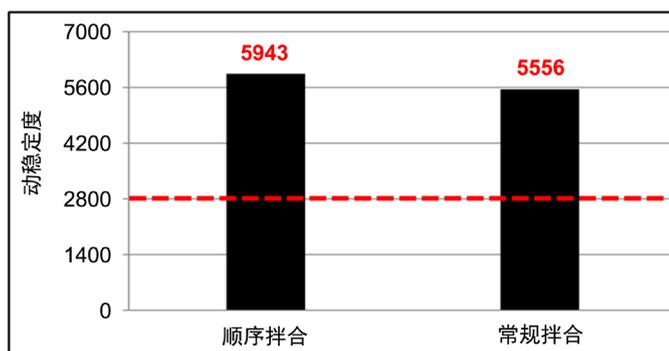


Figure 2. Dynamic stability of asphalt mixtures with different mixing technologies  
图2. 不同拌和技术沥青混合料动稳定度

由图2分析可知,两种拌合工艺生产的沥青混合料动稳定度均  $> 2800$  Mpa,均满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTC F40-2004)要求的对于改性沥青混合料动稳定度不小于 2800 Mpa 的技术指标要求;分步拌合技术生产的混合料动稳定度为 5943 Mpa 是常规拌和技术生产的 5556 Mpa 的 1.07 倍,分步拌和技术生产的沥青混合料表现出的高温性能略高于常规拌合技术生产,表明分步拌和技术在降低 0.2% 沥青含量后,使得沥青混合料的高温稳定性升高。

#### 3.2. 水稳定性

对不同拌合工艺生产的沥青混合料进行冻融劈裂试验,对混合料的水稳定性进行分析,试验结果如图3所示。

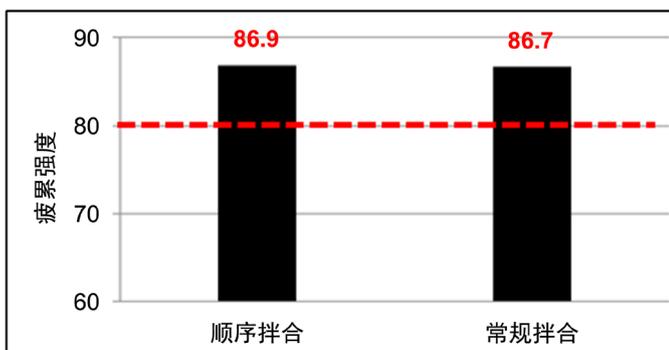


Figure 3. Freeze-thaw splitting residual strength ratio of asphalt mixtures with different mixing technologies  
图3. 不同拌和技术沥青混合料冻融劈裂残留强度比

规范[10]中对于改性沥青混合料要求其冻融劈裂强度比不小于 80%，对以上试验数据分析可知，分步拌合与常规拌合技术生产的沥青混合料冻融劈裂强度比均  $> 80\%$ ，满足性能指标要求；常规拌合的 AC-20 沥青混合料冻融劈裂强度比为 86.7%，分步拌合技术生产的沥青混合料冻融劈裂强度比为 86.9%，两者比值为 1，表明混合料的水稳定性相当，分步拌合拌合技术在降低沥青含量后，与常规拌合方法相比仍不失优势。

### 3.3. 低温抗裂性

对不同拌合工艺生产的沥青混合料进行小梁低温弯曲试验，对混合料的低温性能分析评价，试验结果如图 4 所示。

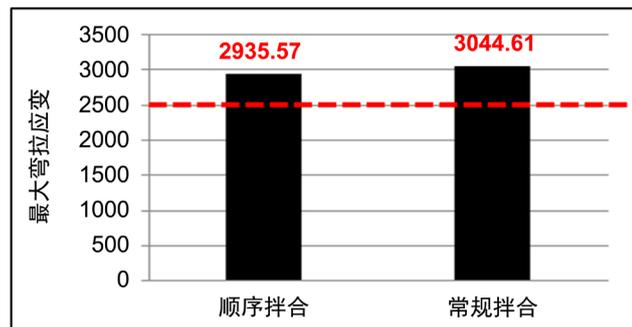
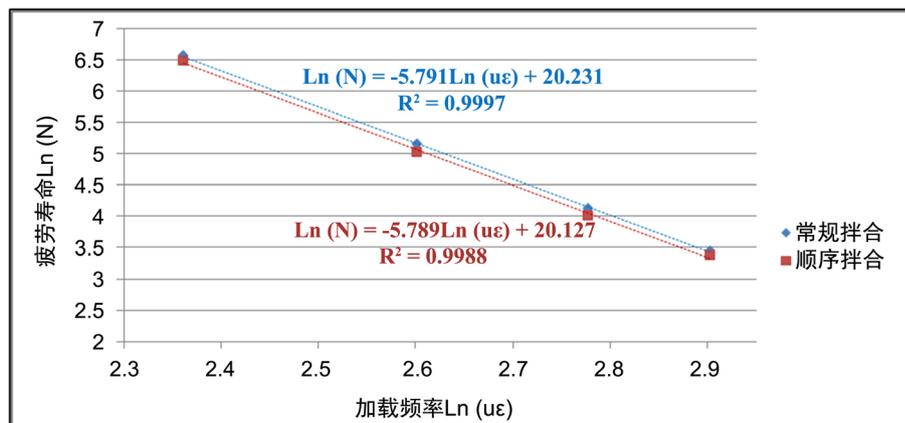


Figure 4. Maximum flexural strain of asphalt mixtures with different mixing technologies  
图 4. 不同拌和技术沥青混合料最大弯拉应变

在我国设计规范中，常以混合料低温时的最大弯拉应变来表征其低温性能，最大弯拉应变越大，则混合料抗低温开裂的能力越好，由图 4 可知，常规拌合技术生产的沥青混合料最大弯拉应变为  $3044.61 \mu\epsilon$ ，而分步拌合技术生产的沥青混合料最大弯拉应变为  $2935.57 \mu\epsilon$ ，不同拌合工艺生产的沥青混合料最大弯拉应变均  $\geq 2500 \mu\epsilon$ ，混合料低温性能均满足规范要求；常规拌合与分步拌合技术生产的沥青混合料最大弯拉应变比为 1.04:1，比值接近 1，表明分步拌合工艺在降低 0.2% 的沥青用量后，其混合料低温时仍能保持较好的变形能力。

### 3.4. 疲劳性能

按照四点弯曲疲劳试验要求对不同拌合工艺生产的沥青混合料疲劳寿命分析，试验结果如图 5 所示。



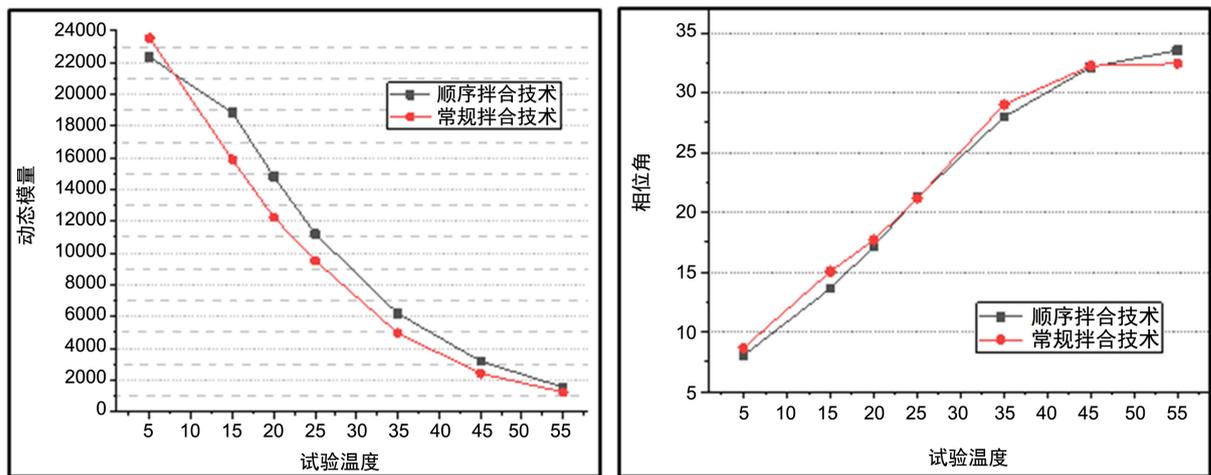
**Figure 5.** Fatigue curves of asphalt mixtures with different mixing technologies  
**图 5.** 不同拌合技术沥青混合料疲劳曲线

通过拟合的疲劳曲线及疲劳方程可以看出,在试验条件相同的情况下,两种拌合工艺生产的沥青混合料疲劳寿命相差较小,且混合料的疲劳曲线变化趋势相同,混合料疲劳寿命均随着应变水平的提高而降低;

在应变水平一定的条件下,混合料疲劳寿命常规拌合的要优于分步拌合工艺的,表明常规拌合工艺的混合料抗疲劳性能更佳,虽然疲劳寿命存在一定差别,但差别较小,表明分步拌合技术在降低混合料沥青含量后,与常规拌合方法相比,混合料的疲劳性能仍不失优势。

### 3.5. 劲度模量

对不同拌合技术的 AC-20 型沥青混合料在不同的加载频率和温度下进行 SPT 单轴压缩动态模量试验,为了更好地模拟实际路面状况,对不同温度、20 Hz 条件下的沥青混合料动态模量及相位角分析,结果如图 6 所示。



**Figure 6.** Relationship diagram of dynamic modulus and phase angle of asphalt mixtures with different mixing technologies  
**图 6.** 不同拌合技术沥青混合料动态模量、相位角关系图

由图 6 分析可知,在不同试验温度、20 Hz 条件下,不同拌合工艺(常规拌合/推荐分步拌合工艺)生产的沥青混合料动态模量及相位角有差别,但差别较小;分步拌合工艺在降低 0.2% 的沥青用量后,其混合料动态模量略高于常规拌合沥青混合料,且相位角还偏小,表明分步拌合工艺在降低混合料沥青用料后,提高了混合料的动态模量,对混合料的模量指标有一定的促进作用。

## 4. 结论

通过对分步拌合技术与传统常规拌合技术生产的沥青混合料路用、力学性能对比分析研究,得出以下结论:

- 1) 分步拌合工艺在降低 0.2% 的沥青含量后,混合料的高温性能、低温性能、水稳定性、疲劳寿命及劲度模量仍能满足性能评价指标要求;
- 2) 两种拌合工艺的沥青混合料路用、力学性能随各有优异,但差别较小,分步拌合技术生产的沥青混合料其高温性能、劲度模量更好;常规拌和技术生产的沥青混合料其低温性能、疲劳寿命表现更佳;而两种拌和技术生产的沥青混合料水稳定性相当。

---

## 参考文献

- [1] Olhson, K.G. (2002) Method and Device for Producing Asphalt Mix. Europe Patent No. 20050008075.
- [2] Ball, G.F.A. (2010) Environmental and Financial Costs and Benefits of Warm Asphalts. NZ Transport Agency Research Report 404. NZ Transport Agency, New Zealand.
- [3] Olhson, K.G. (1986) Method and Apparatus for the Production of Asphalt Concrete. US Patent No. 19830486290.
- [4] Olhson, K.G. (1975) Methods in the Production of Plant-Mixed Asphalt Concrete. US Patent No. 19730381130.
- [5] Olhson, K.G. (2009) Creating Swedish Quality by Homogeneous Suspension in Industrial Mixing Processes Based on Particle Technology. NZ Transport Agency Research Report, 376.
- [6] Olhson, K.G. (1988) Method and Means Used in Production of Asphalt Mix. Theory of Suspension, Mixing Method, Method of Testing, Method of Analysis. Bulletin Lund Institute of Technology Department, Lund.
- [7] Olhson, K.G. (1995) Method and Means Used in Production of Asphalt Mix. Theory of Suspension, Mixing Method, Method of Testing, Method of Analysis. Lund University, Lund.
- [8] 户桂灵. 基于颗粒分步理论的沥青混合料新型拌和方法与工艺研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东建筑大学, 2012.
- [9] 交通运输部公路科学研究院. JTGE20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [10] 交通运输部公路科学研究院. JTGF40-2004 公路沥青路面施工技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2005.