

# 改性沥青 SMA 混合料生产工艺及质量控制

傅立欢, 言明忠

(嘉兴市中路交通设计监理咨询有限公司, 浙江嘉兴 314001)

**摘要:** SMA 是我国近年来引进的一种新型路面结构, 它与普通沥青混凝土路面相比, 具有更完善的路用性能。SMA 混合料生产质量是保证 SMA 路面施工质量的基础。该文结合高速公路路面工程的施工实践, 对改性沥青 SMA 混合料的特点、生产工艺、质量控制、技术要求及施工措施等进行了阐述, 并提出了相关的技术改进建议。

**关键词:** SMA 混合料; 生产工艺; 质量控制

**中图分类号:** U414.75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)06-0096-04

## 1 概述

SMA 路面是我国在 20 世纪 90 年代引进的一项新技术。SMA 即沥青玛蹄脂碎石混合料 (Stone Matrix Asphalt, 简称 SMA), 它是一种由沥青结合料与少量的纤维稳定剂、细集料以及较多量的填料 (矿粉) 组成的沥青玛蹄脂填充于间断级配的粗集料骨架间隙而组成一体的沥青混合料, 是一种新型的沥青混合料路面结构。研究和实践表明, 它与普通沥青混凝土路面相比, 具有更好的抗车辙、抗裂、抗滑、水稳性及耐久性等优点, 使路用性能全面改善和提高, 延长使用寿命, 减少养护维修费用, 因而得到迅速发展和推广应用于公路、城市道路、机场跑道等工程领域。

乍嘉苏高速公路, 全长 54 km, 该路的路面为三层式沥青混凝土面层, 上面层采用 4 cm 厚改性沥青 SMA-13 结构。全线采用 SMA 结构加改性沥青的路面, 在省内高速公路工程中尚属第一条, 本工程于 2002 年 10 月建成通车。

笔者从施工实践中体会到, 影响 SMA 路面施工质量的因素涉及方方面面, 而混合料生产质量的好坏是保证 SMA 路面施工质量的基础, 是至关重要的环节。普通沥青混凝土混合料系密级配结构, SMA 混合料为骨架嵌挤型密实结构, 具有许多不同的特点及特殊性, 只有认真研究、认识、掌握这些特点和规律, 才能制订出合理可行的施工工艺和科学有效的质量控制方法, 生产出符合要求的优质混合料, 确保路面工程质量。本文通过该高速公路路面工程的施工实践, 对改性沥青 SMA 混合料生产工艺及质量控制方法进行研讨。

## 2 SMA 混合料的特点

了解 SMA 混合料的特点是搞好混合料生产的前提条件。SMA 混合料的特点, 归纳起来为: “三多一少” (粗集料多、矿粉多、沥青结合料多、细集料少), 掺纤维稳定剂, 材料要求高, 使用性能全面提高。

(1) SMA 是一种间断级配的沥青混合料, 依靠粗集料石——石接触和紧密嵌挤而形成骨架结构。以 SMA-13 为例, 矿料级配中 4.75 mm 以上颗粒的粗集料比例高达 70%~80%; 小于 4.75 mm 的细集料含量很少, 一般仅为 10%~15%; 矿粉作为沥青混合料的填料, 用量达 8%~12%, 是普通沥青混凝土的 2 倍左右。

(2) SMA 中沥青结合料用量多, 高达 5.7%~6.5%, 比普通沥青混凝土要高 1% 以上。要求选用粘结性高、针入度小、软化点高、温度稳定性好的沥青, 必须符合“重交通道路石油沥青技术要求”的规定。采用改性沥青效果更加显著, 可以改善高、低温变形性能及与矿料的粘附性, 较大地提高 SMA 的性能。本工程采用了 SBS 改性沥青, 由现场改性生产。

(3) 因 SMA 中沥青结合料和矿粉用量多, 所以, 必须使用纤维稳定剂, 纤维具有加筋、分散、吸附及吸收沥青、稳定、增粘的作用, 可以防止沥青析漏。从使用效果看, 目前通常采用木质素纤维, 掺用量为沥青混合料总质量的 0.3%。木质素纤维易受潮、成团, 应控制其含水率 < 5%。本工程采用了絮状木质素纤维。

(4) SMA 对集料要求高, 质量必须符合有关技术规范规定。粗集料必须石质坚硬, 表面粗糙, 形状接近立方体, 针片状颗粒少, 以便嵌挤良好; 细集料应采用机制砂或轧制的石屑, 要求坚硬、洁净、无风化、无杂质, 一般不用天然砂; 矿粉的质量对沥青混合料的稳定性及抗车辙能力有很大的关系, 应采用由石灰石等碱性岩石磨细的石粉, 必须保持干燥、洁净, 能从矿粉仓自由流出, 不宜使用

收稿日期: 2006-03-15

作者简介: 傅立欢 (1967-), 男, 浙江嘉兴人, 工程师, 副总经理, 从事公路工程设计工作。



回收粉尘。

(5)SMA 的施工与普通沥青混凝土相比,拌和时间要适当延长,施工温度要提高,压实不宜采用轮胎压路机碾压。

3 SMA 混合料生产工艺

SMA 混合料拌制应采用间隙式拌和机,且必须配备有材料配合比、施工温度的自动检测和记录设备,逐盘打印作为施工质量检测的依据;配备有纤维稳定剂投料装置、除尘装置等设备。本工程两个标段分别采用了德国进口的林泰阁 LINTEC-DSD-2500 型拌和楼、边宁霍夫 TBA-4000 型拌和楼,这是目前世界上比较新型、先进的拌和设备,由计算机自动控制整个生产过程,自动监控生产工序及设备运转情况。

SMA 混合料的特点决定了它与普通沥青混凝土的生产有所不同。因为 SMA 是间断级配,粗集料多且粒径单一,矿粉多,细集料用量很少,这些特征给混合料的拌制生产带来很多困难,加上集料规格不够规范,使得热料仓中的材料数量严重分配不均,生产过程中发生亏料、溢料、等待等情况,降低了生产率及影响拌制质量。本工程路面上面层采用了 4 cm 厚改性沥青 SMA-13 结构,根据生产配合比设计(见表 1),经拌和厂拌制并反复调整,使之符合设计要求,然后经过多次铺筑试验段的检验,最后确定标准配合比、生产工艺、质

量控制方法及相关技术措施。现将混合料生产工艺分述如下(见图 1)。

3.1 集料料场

SMA-13 采用的集料由 4 档粒径组成,即 0~2.36 mm(4# 料)、2.36~4.75 mm(3# 料)、4.75~9.5 mm(2# 料)、9.5~16 mm(1# 料)组成。应在拌和厂设置专门的料场堆放集料,按 4 档规格分别隔开,不得混杂和污染,并搭建防雨顶棚保护。对料场地面及进出道路范围须用水泥混凝土进行“硬化”,周围开挖排水沟,使场地内无积水、无污染。运料车辆须在场外将车胎冲洗干净后方可驶进料场,防止污染,以确保集料的使用质量。

3.2 冷料仓初配

冷料仓按 4 档规格设置 4 个料斗,各料斗应设高档板分隔,避免串料。根据目标配合比设计要求,采用装载机依顺序上料。由于各档集料的数量悬殊较大,势必发生各料仓中进料不均衡的情况,可以通过调整料斗斗门开启度及给料带的变频转速,从而使供料达到基本均衡,并在主控计算机上显示。

3.3 烘干加热

冷料仓初配后的集料经过输送带进入烘干筒中烘干加热,使集料基本上完全脱水,并加热到 190~200℃,以便沥青结合料能更好地裹覆在集料的表面,利于提高混合料的质量。在烘干筒的出料口设有红外线测温计测量集料温度,并在主控

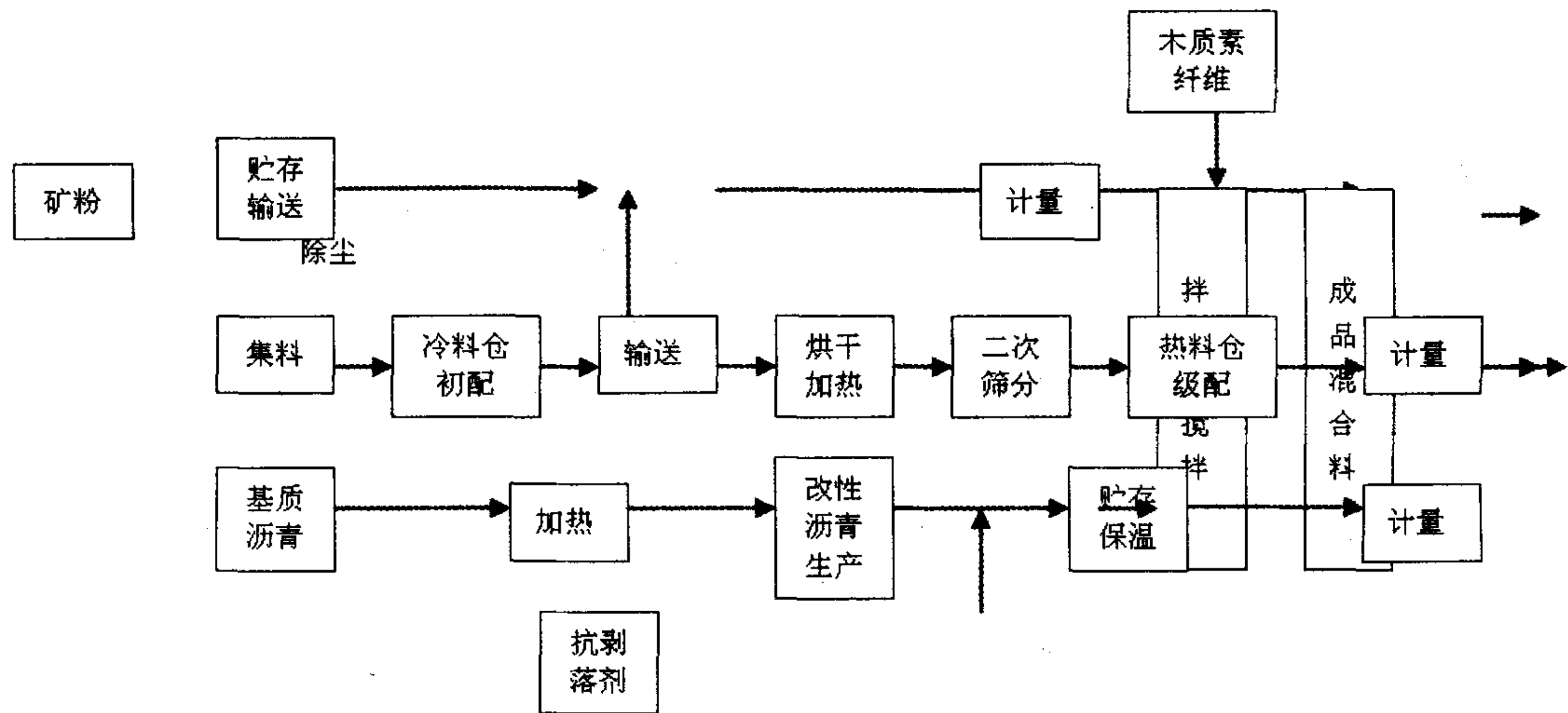


图 1 混合料生产工艺流程图

表 1 改性沥青 SMA-13 配合比

项 目	各种矿料所占比例(%)				矿粉	油石比 (%)	木质素 纤维 (混合料%)	抗剥落剂 (沥青用量%)
	1# 料仓 (9.5~16mm)	2# 料仓 (4.75~9.5mm)	3# 料仓 (2.35~4.75mm)	4# 料仓 (0~2.35mm)				
目标配合比	40	35	0	14	11	6	0.3	0.4
生产配合比(一标段)	45.1	27.1	4.0	11.9	11.9	6.0	0.3	0.4
生产配合比(二标段)	22.5	49.0	5.5	11.0	12.0	6.0	0.3	0.4



计算机上显示。

### 3.4 二次筛分

热集料提升至振动筛进行二次筛分,重新分配成 4 档不同粒径的集料分别进入 4 个热料仓中。

在加热、二次筛分后对回收粉尘必须废弃,较好的办法是将回收粉尘通过管道连接出去,直接排放到水塘里清除,防止污染环境。回收粉尘被废弃时,应测试并保证矿粉的 0.075 mm 通过率在 8%~12% 范围内,否则,须调整配合比和矿粉数量。

### 3.5 热料仓级配

热料仓级配是混合料生产中很重要的一项工序,它与普通沥青混凝土不同,而且操作难度更大。

经二次筛分后,各热料仓中的集料颗粒组成已不同于冷料仓初配的集料颗粒组成,热料仓中的材料数量已严重分配不均,各料仓中数量悬殊较大,致使发生粗集料亏料、细集料溢料、施工等待等问题。为此,必须从各热料仓中取样筛分,重新计算确定各热料仓的材料比例,供拌和机控制室使用,同时,反复调整冷料仓进料比例,使冷、热料仓匹配衔接,以达到供料均衡,并以此为基础确定生产配合比设计。

为了保证持续生产,使热集料在各个热料仓的料位基本平衡,在每个热料仓内设有连续式料位计,将检查信号送到主控计算机上,以柱体图显示,操作人员可根据料位调整冷料的上料量,以维持热料仓的均衡供料。

## 3.6 材料计量

### 3.6.1 热集料

热集料通过热料仓下面的计量装置按配合比规定计量后,进入拌和机搅拌。与此同时,应同步完成矿粉、沥青结合料及木质素纤维的各道工序,以便进入拌和机拌和。

### 3.6.2 矿粉

由于矿粉用量较多,须增大矿粉投入能力,可增加投加矿粉的设备,或将普通的矿粉投料口扩大,以减少矿粉的投入时间,适应配合比的需要。通过计量装置按配合比规定计量后,进入拌和机搅拌。

### 3.6.3 沥青结合料

本工程采用 SBS 改性沥青,基质沥青选用镇海炼化产东海牌 AH-90 重交通道路石油沥青,改性剂选用韩国产 LG501SBS,由现场加工生产,符合设计和技术规范要求后,通过计量装置按配合比规定计量进入拌和机搅拌。因改性沥青另由专用设备加工生产,故不赘述,本文仅研讨混合料的拌制生产。

### 3.6.4 木质素纤维

絮状木质素纤维采用 MSX-13 型投料机投放,按规定比例自动计量后投入拌和机拌和。为使纤维充分分散、拌和均匀,防止成团粘结,不宜采用人工投放。

材料计量完成后,按照设定的次序投入拌和机拌和。在拌制生产中,整个计量过程由计算机自动控制,以确保配合比的准确及稳定。

## 3.7 拌和机搅拌

拌和机搅拌是将按一定配合比称量好的热集料、矿粉、改性沥青、木质素纤维均匀搅拌成符合标准的成品混合料。关键是确定合理可行的投料顺序及拌和时间。普通沥青混凝土混合料的拌和时间技术规范规定为 30~50s,而改性沥青 SMA 混合料的拌和与它截然不同,须延长拌和时间,应根据不同拌和设备通过具体试验来确定。本工程采用了新型、先进的德国产林泰阁 L1NTEC-DSD-2500 型拌和楼和边宁霍夫 TBA-4000 型拌和楼,经多次铺筑试验段实践,最后设定的投料顺序及拌和时间如图 2 所示。

整个拌制生产过程由计算机自动控制,并且逐盘自动打印出矿料、沥青结合料等材料的用量及拌和温度,以供质量检验。

## 4 质量控制

### 4.1 外观质量

改性沥青 SMA 混合料出厂时,必须认真进行质量检验,采用目测法是直观的第一关,这是许多工程实践总结的行之有效的方法。

正常的沥青混合料外观黑亮,色泽均匀一致,

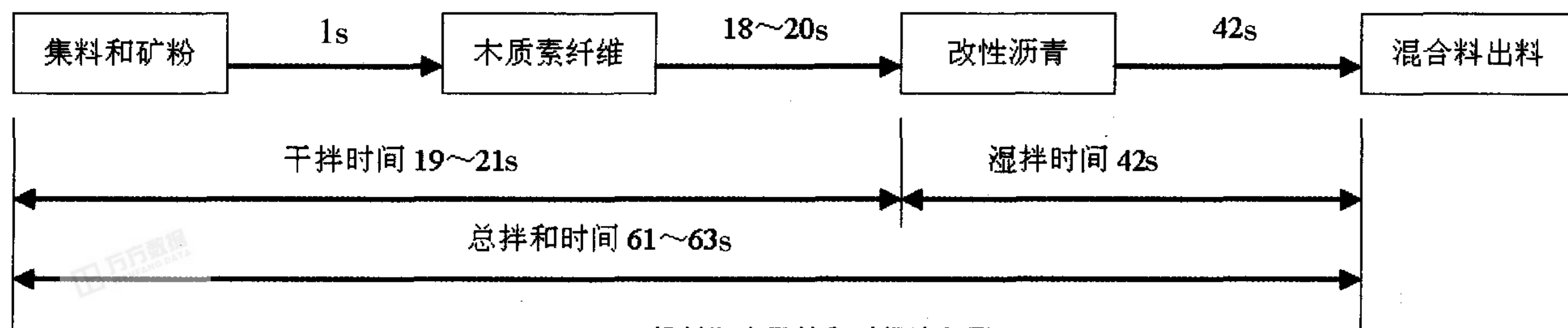


图 2 投料顺序及拌和时间流程图



无结团成块或粗细料分离现象，运料车上混合料呈圆锥状。混合料出料时冒白烟属正常情况。如果出现以下情况，则表明混合料质量存在某些问题。

(1)混合料出料时冒黄烟或浓浓的青烟，表明混合料温度过高。

(2)混合料出现“花料”现象，表明混合料温度过低，导致沥青裹覆不均。

(3)混合料在运料车中很容易坍平，呈平坦状，或沥青结合料有从矿料中分离出来的现象，表明沥青含量过高，或集料没有充分烘干致使残余含水量过大。

(4)混合料在运料车中很容易堆积成堆，有严重离析现象，并且呈褐黄色，色泽发涩，没有光泽，表明沥青含量过少，或拌和温度过高，或拌和不充分。

4.2 试验检测

4.2.1 温度控制

SMA 混合料施工温度的控制是混合料质量检测的重要环节。由于 SMA 混合料中需要使用改性沥青、较多数量的冷矿粉及木质素纤维，故施工温度比普通沥青混凝土一般要提高 10~20℃ 以上，否则，难以保证混合料拌制质量。为此，必须对集料烘干加热、改性沥青生产、混合料拌和及混合料出厂等各道施工工序的温度严格控制，并随时进行检验。要求对每一车混合料出厂做到专人测试，详细记录，认真把关。施工温度控制标准见表 2。

表 2 改性沥青 SMA 混合料施工温度(℃)

项 目	控制标准	测量部位
沥青加热温度	160 ~ 165	沥青加热罐
改性沥青现场制作温度	165 ~ 175	改性沥青车
集料加热温度	190 ~ 200	热料提升斗
SMA 混合料出厂温度	175 ~ 185	运料车
混合料最高温度(废弃温度)	不高于 195	运料车

从本工程的实践结果来看，基质沥青加热温度以 170~180℃ 为宜，利于提高后续其它施工工序的质量。

4.2.2 马歇尔试验

每天应从 SMA 混合料取样进行马歇尔试验，这是混合料质量检测的重点项目，用以验证成品混合料是否合格。通过马歇尔试验，检测混合料的试件密度和 VV、VMA、VCA、VFA 等四大体积指标，检验其是否符合设计要求，同时，检测稳定度和流值，以检验混合料质量的稳定性。马歇尔试验技术指标控制标准见表 3。

4.2.3 混合料抽提试验

每天应从 SMA 混合料取样进行抽提试验，用

表 3 改性沥青 SMA 马歇尔试验技术指标

试验项目	单 位	控制标准
试件密度	g/cm <sup>3</sup>	
空隙率 VV	%	3.0~4.5
矿料间隙率 VMA	%	≥ 16.5
粗集料骨架间隙率 VCA <sub>mix</sub>	%	< VCA <sub>ARC</sub>
沥青饱和度 VFA	%	75~85
稳定度	kN	≥ 6.0
流 值	mm	2.0~5.0

以检验矿料级配和油石比是否符合设计要求。

4.3 质量管理

要求施工单位建立三级质量保证体系，驻地监理要加强现场旁站及抽检试验，保证 SMA 混合料生产工艺及质量控制措施得以准确实施。要求对生产全过程实行动态质量管理，每天必须随时检验拌和楼控制室对材料数量、配合比、施工温度的自动检测记录，与设计标准对照，看其是否符合要求。每个台班结束时，计算机应自动计算并及时打印出各项数据的统计结果，进行混合料生产质量的总量检验。同时，将每天的试验检测结果反馈给拌和厂，用以指导混合料的拌制生产，确保混合料的生产质量。

5 结语

(1)改性沥青 SMA 混合料与普通沥青混凝土混合料不同，有着许多特点和技术要求，所以，在改性沥青 SMA 混合料生产过程中必须结合这些特点和技术要求制定合理的施工工艺来组织施工。本文介绍的混合料生产工艺行之有效，可供参考。

(2)质量控制必须从原材料抓起，这是从源头把关。质量控制必须贯穿于混合料生产的全过程、全方位，重点是严格掌握施工温度、投料顺序及拌和时间，才能生产出符合要求的优质混合料。

(3)乍嘉苏高速公路建成后，经过省质量监督部门的质量鉴定及验收评定，被评为优良工程，尤其是路面工程获得了专家及社会各界的好评，目前已运营使用 3 年，路面质量状况良好。这也说明本工程改性沥青 SMA 混合料的生产质量是好的，混合料的生产工艺及质量控制方法是合理可行和科学有效的。

参考文献

[1]沈金安. 改性沥青与 SMA 路面[M]. 北京:人民交通出版社, 1999.  
[2]交通部公路科学研究所. 沥青玛蹄脂碎石混合料设计施工指南(送审稿).1999.  
[3]JTJ 032-94,公路沥青路面施工技术规范[S].