

薄层罩面用温拌纤维沥青混合料性能研究

张毅^{1, 2}, 安海超¹, 杨人凤¹, 彭俊威¹, 王庆凯³

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064; 2. 陕西省交通厅质监站, 陕西 西安 710075;

3. 河北交通规划设计院, 河北 石家庄 050000)

摘要: 结合工程所在地气候、交通状况及工程材料特点, 设计了薄层罩面用温拌纤维沥青混合料级配; 通过对比试验研究了级配、矿物纤维种类与掺量、温拌剂掺量及沥青混合料成型温度对薄层罩面用混合料性能的影响规律并降低温度后的沥青混合料对施工工艺的影响进行了分析; 提出了应用温拌纤维沥青混合料解决薄层罩面施工中热量易于散失, 温降过快, 难于压实等实际工程问题的方法. 对于提高薄层罩面质量, 延长道路使用寿命具有重大的工程指导作用.

关键词: 级配; 矿物纤维; 温拌剂; 薄层罩面

中图分类号: U416.1/2

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2014)02-0224-09

随着我国公路建设加快, 每年需养护的公路里程数在不断攀升. 而对路面进行恰当的预防性养护, 可以有效地提高道路服务质量、延长路面使用寿命. 在各种预防性养护中, 薄层罩面的需求量较大, 目前罩面用沥青混合料大多数采用传统的热拌方式生产^[1]. 薄层罩面的厚度通常只有 2~2.5 cm, 在施工中极易因温度的大量散失而影响路面的压实, 给施工带来很大的困难, 本文对温拌技术的应用研究将探索解决这一难题的方法.

温拌技术(WMA)是由美国壳牌公司和挪威公司于 2000 年在国际沥青会议上正式提出的, 随后欧美、南非和日本等国家对其进行了大量推广和应用^[2]. 目前, 国外比较成熟的 WMA 技术主要有以下四种: 矿物添加剂沥青混合料、有机降粘法、WAM-Foam 沥青混合料和基于乳化沥青的温拌沥青混合料. 相比国外来说, 国内对于温拌技术的研究起步较晚, 近年仅在隧道内铺筑沥青路面上有些尝试, 但很少涉及温拌沥青混合料的具体参数研究, 更没有应用于薄层罩面工程的参考案例.

本文结合工程所在地气候、交通状况和薄层罩面用工程材料的特点, 设计了本次薄层罩面所用的级配, 探讨了将温拌技术应用于纤维沥青混合料的可行性, 研究了级配、纤维掺量和温拌剂掺量与薄层罩面用沥青混合料性能的关系, 最后分析了温拌沥青混合料应用于薄层罩面时对施工条件的改善, 对于提高薄层罩面质量, 延长道路使用寿命具有重大的工程指导作用.

1 级配设计

近年来, 随着国民经济的飞速发展, 我国的道路交通量逐年增大, 大型车辆日益增多且普遍超载, 从而使沥青路面出现了如开裂、水损害、坑槽、推移和车辙等多种形式的早期破坏, 其中最为严重且威胁最大的是车辙和水损害. 造成车辙损害的原因主要是在高温及大型车辆的重载荷下, 使得原本就没形成镶嵌作用的骨料发生了推移和变形. 鉴于本工程项目地处暖温带大陆性季风气候区, 历年冬夏季较长, 春秋季较短, 而且早晚气温相对较低. 春季多风少雨, 蒸发量大; 夏季高温多雨; 冬季寒冷, 低温时间长; 该项目是国家高速公路网中的一部分, 交通繁忙, 重载车辆较多. 为此需要对罩面用沥青混合料级配进行合理的设计, 在使沥青混合料骨架尽量密实的同时, 提高罩面低温抗裂和抗脱落的能力, 恢复道路抗滑、抗磨耗及抗水损害的路表功能.

本薄层罩面工程所选级配为 SAC-10. 与以往传统连续 AC 级配的区别在于, 它是目前常见的一种骨架密实型间断级配. 为了强化混合料的骨架结构, 在严格控制关键筛孔 4.75mm 通过率的基础上, 特别设定

收稿日期: 2013-06-23 **修改稿日期:** 2014-04-04

基金项目: 交通运输部联合科技攻关项目《沥青混合料 VTM 设计方法研究与工程应用》(2010-353-361-300);

交通运输部联合攻关项目《沥青路面运营初期关键指标与评价标准研究》(2008-353-361-400)

作者简介: 张毅(1969-), 男, 正高级工程师, 博士生, 主要从事公路工程质量监督、科研工作. E-mail: 519885641@qq.com

了一个 7.2 mm 通过率的控制点,合理的分配各级石料的百分比,采用贝雷法分析^[3]符合要求的各级配曲线,获得表 1 所示的最佳级配和图 1 最佳级配曲线。

表 1 SAC-10 级配
Tab.1 Graduation of SAC-10

筛孔尺寸/mm	13.2	9.5	7.2	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 /%	100	100	64. 8	35. 1	24. 7	20. 1	16. 2	12. 2	10. 7	9. 4
级配范围 /mm	100	100~100	60~70	30~40	20~30	20~24	1~20	12~15	10~12	6~10

2 纤维对混合料性能的影响

纤维在混合料中的空间网状结构可以帮助抵抗车辙,同时由于纤维对沥青具有吸附作用,使得纤维沥青混合料较未加纤维的同级配沥青混合料的油石比增加,这对路面的耐疲劳特性和抗水损害性能均有很大帮助. 所以,选用何种纤维和纤维掺量的多少将对混合料中沥青的用量产生直接影响,也直接影响着薄层罩面用混合料的路用性能。

2.1 纤维的选用

路面上所使用的纤维主要有三种：木质素纤维、矿物纤维、聚酯纤维。不仅纤维本身的性能很重要，而且纤维在混合料中的存在状态也至关重要，尤其是纤维在高温时的形态直接影响着混合料的性能。本次试验研究采用将精选的玄武岩，在 1 600℃下，通过必要的加工手段熔融提炼抽丝而得的矿物纤维。相对于木质素纤维和聚酯纤维，其材料性能具有以下特点：(1)良好的力学特性：在抗拉强度方面，无机类的矿物纤维明显优于钢纤维，相当于合成类有机类纤维抗拉强度的 6~10 倍。所以，添加矿物纤维后的沥青混合料在抵抗低温裂变能力上明显增强，尤其适用于低温区较长的施工地段。(2)良好的融合性能：矿物纤维易于融合沥青，且在其中分布性良好，加入沥青后具有明显的增强增韧的特点，在有效的吸附沥青的同时，避免了沥青的浪费。(3)工作温度区间广泛：沥青混合料拌合时温度在 170~190℃左右，而矿物纤维的熔点不低于 1 500℃，从而确保了纤维性能不会在高温下发生变化。(4)有效提高路面抗滑性能：工程实践中添加矿物纤维后的路面比添加其他纤维后的表面构造深度增大，因而有着更优异的抗滑性能。(5)稳定性突出：与沥青混合时不发生化学反应，防水性能较好，方便保存与管理。

2.2 纤维对混合料体积指标的影响

依据国内外对纤维的研究的相关资料^[4]，初定纤维的掺量按照混合料 0.2 %、0.2 5%、0.3 %、0.35 % 并在热拌状态下展开试验研究。

纤维掺量与最佳油石比、矿料间隙率、饱和度、稳定度之间的关系曲线见图 2。

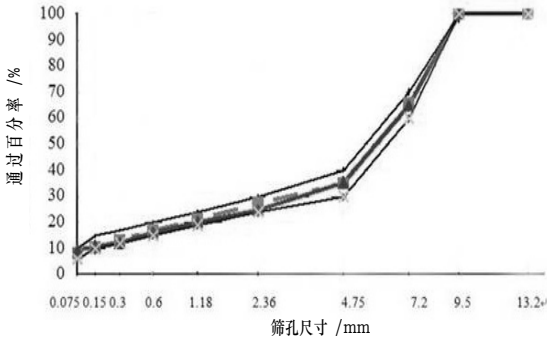
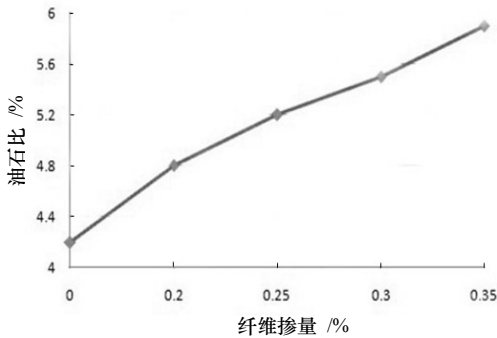
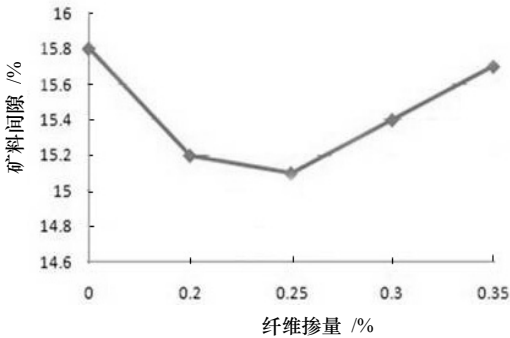


图 1 SAC10 级配曲线图
Fig.1 Graduation curve of SAC10



纤维掺量与油石比曲线图



纤维掺量与矿料间隙率曲线图

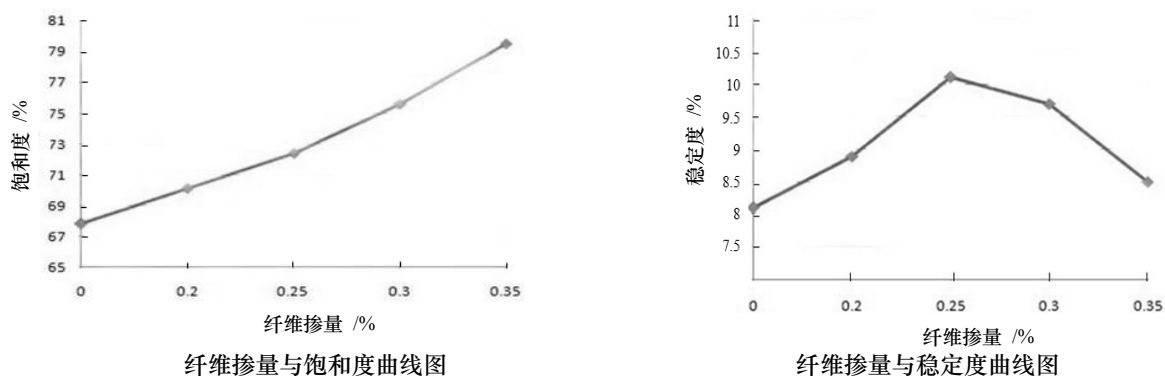


图2 纤维掺量与混合料体积指标关系图

Fig.2 The relation of fiber to Mixture volume index

由图2得知,混合料油石比随着纤维掺量比例的增大而增大,基本呈线性关系,这是因为纤维作为沥青的载体,吸附沥青的同时,增大了沥青用量。混合料的稳定度与矿料间隙率均在0.25%的纤维掺量时发生了变化,因而此掺量下混合料的体积率相对合理,且混合料具有了稳定性的空间网状结构,亦即混合料中0.25%的掺量,各项性能处于最佳状态。据此,本试验研究中纤维掺量确定为0.25%。

2.3 纤维混合料路用性能对比分析

2.3.1 不同纤维掺量车辙试验

当纤维添加量为0.25%时,在热拌条件下拌合并分析此时混合料的路用性能。为了降低劳动强度,节约时间,分别取纤维的添加量为0.2%、0.25%、0.3%,在最佳沥青用量的基础上开展高温车辙、低温弯曲试验研究,所得结果见图3。

由图3可知,混合料中纤维的掺加,使其高温稳定性明显增强。在添加与未添加纤维的混合料中,其动稳定度发生了突变,前者比后者提高了111%。但随着纤维掺量的增加,动稳定度值的增加趋势减弱,并于0.25%时获得最大值。因而可知,矿物纤维确实增强了高温下混合料抵抗车辙变形的能力。由图中数据计算可得,添加0.25%的纤维,混合料高温稳定性比0.2%时增大13%,比0.3%时增大2%,且此时再增大纤维掺量不仅动稳定度值有下降趋势,还增加了沥青用量。因而取纤维掺量为0.25%,混合料有较好的高温稳定性。

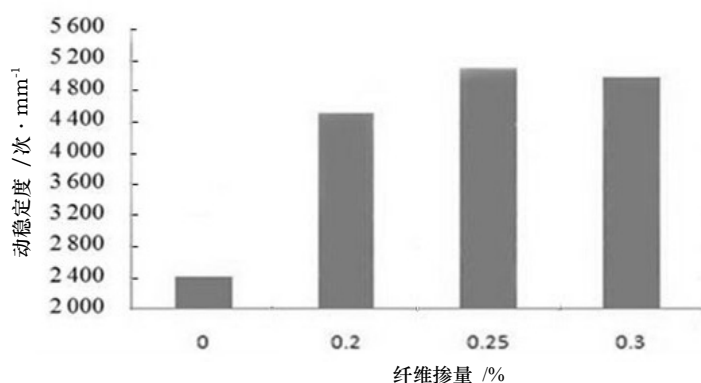


图3 不同纤维掺量与动稳定度关系

Fig.3 Comparison of dynamic stability of different dosage

2.3.2 混合料低温弯曲试验

试验所得混合料低温性能见图4所示:

如图4所示,混合料低温弯曲性能与纤维掺量基本呈线性正比例关系,随着纤维增多,混合料抵抗低温抗裂能力越强。这是由于纤维数目的增多,增强了混合料的韧性,提高了其低温下的承载能力,继而有助于提高路面的服务性能。

2.3.3 不同纤维掺量下水稳定度

对添加纤维的混合料进行水稳定性试验,数据如下:

由图5可知,混合料中纤维的加入明显提高了其劈裂强度比与残留稳定度性能指标,并基本与添加量表现出正相关关系,因此混合料中的纤维在一定程度上提高了其强度与韧性,从而使其低温抗裂性能

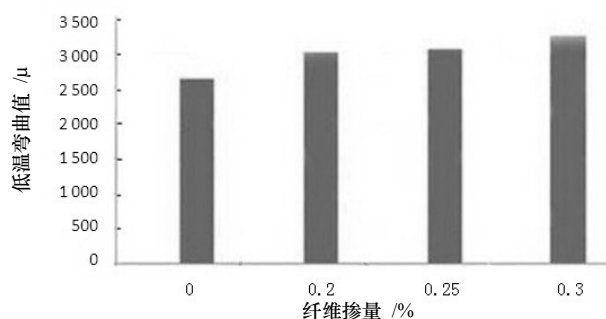


图4 纤维量与混合料低温性能关系

Fig.4 performance comparison chart of different fiber content under low temperature

得到改善. 图中两项指标在 0.25 % 纤维添加量时出现峰值, 随后有下降趋势, 因而纤维的增加不能无限的增强混合料抵抗水损害的性能, 而是存在一界限. 综合两图分析结果可知, 纤维在 0.25 % 添加量下具备了最强最稳定的三维网状结构.

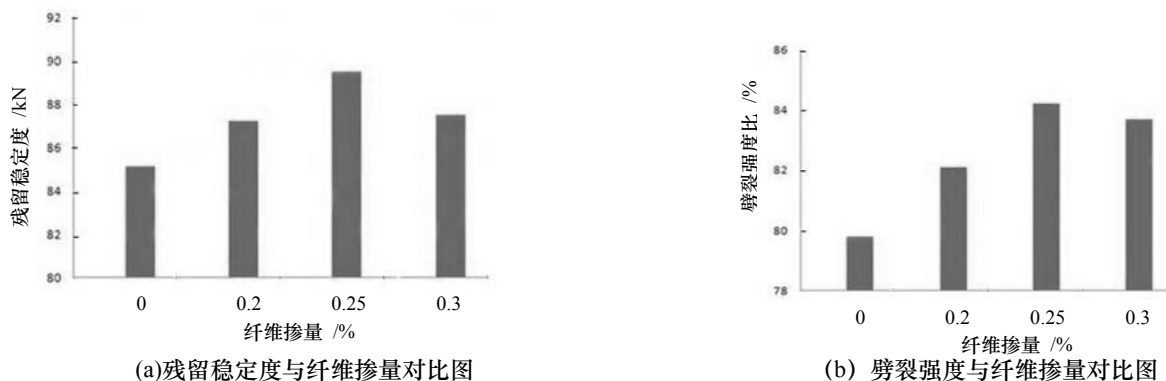


图5 纤维掺量与水稳定度关系

Fig.5 Different fiber content vs water stability comparison chart

通过试验分析研究纤维各添加比例下的混合料各项指标, 易于得知纤维的添加明显提高了混合料的路用性能, 但添加比例不同影响效果也有差别. 总体上, 随着矿物纤维添加量增多, 混合料高温车辙动稳定性和水稳定性性能先增大后减小, 低温弯曲性能则逐渐增强. 考虑到纤维掺量的增加会使公路建设成本升高, 因此, 综合考虑纤维掺量在 0.25%~0.3% 时既能保证混合料的性能, 又能满足经济性要求.

3 温拌沥青混合料体积参数研究

温拌沥青混合料就是通过一定的技术措施降低沥青的粘度, 从而使沥青能在相对较低的温度下进行拌和 (比热拌混合料温度降低约 30~40℃) 施工, 并保证该沥青混合料的性能不低于热拌沥青混合料的性能^[5]. 温拌技术的应用可以延长有效施工期、减少环境污染、降低能耗、改善老化.

温拌技术应用中温拌剂的掺量对沥青混合料的性能有着重要影响. 通常以沥青含量的 5%~15% 作为温拌剂的添加比例, 为了便于对比分析, 此次添加比例确定为 7%、10%、13%, 而试验的成型温度分别取 120℃、130℃、140℃. 同时研究温拌剂添加比例与试件成型温度如何制约沥青混合料性能, 经上一节分析可知, 此时矿物纤维添加比例为 0.25%, 计算油石比为 5.2.

温拌剂自身并不会明显改变混合料的性能, 主要是增强了低温时沥青裹覆石料的性能, 通过增强沥青与石料在低温时的粘结力实现混合料热拌条件下等同的效果^[6]. 故而, 通过试验研究添加温拌剂后混合料中沥青与石料之间的相互作用关系, 并主要采用密度指标分析. 通常来说, 混合料的密度越小, 石料之间的空隙内浸入的沥青总量就越少, 亦即孔隙率大, 沥青对石没有起到很好的裹覆作用. 添加温拌剂后分别观察温拌与热拌条件下其对混合料密度的影响, 可以研究温拌剂的作用效果. 通过正交试验, 同时观察温拌剂添加量与试件成型温度对混合料密度的影响, 所得结果见下图:

3.1 温拌剂掺量对密度的影响

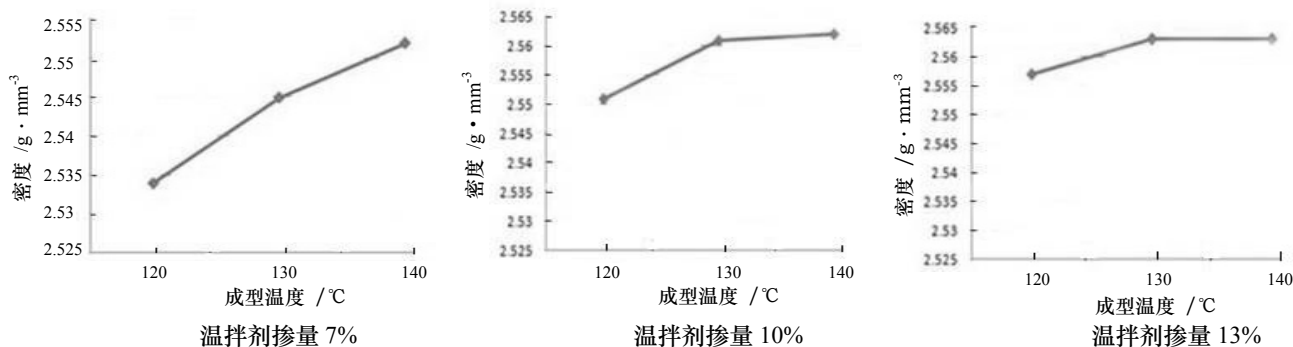


图6 密度随温度的变化曲线

Fig.6 The density curves with changing temperature

由图 6 可以看出:混合料中加入等量的温拌剂后,试件成型温度越高,混合料密则越大.当添加 7% 的温拌剂时,混合料的密度与温度基本保持正比例线性关系,即温度越高,密度越大.然而继续增大温拌剂添加比例至 10% 和 13% 时,在 130℃ 之前基本成线性关系,而后增大趋势趋于平缓.总体而言,提高成型温度对增大混合料密度是有益的.

相同温度时密度随温拌剂掺量变化见下图:

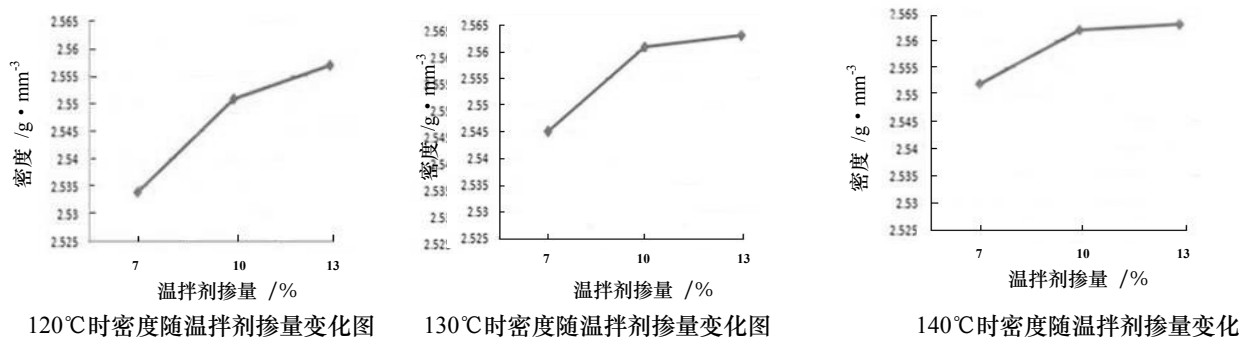


图 7 同一温度下密度随温拌剂掺量的变化曲线

Fig.7 Variation curves of the density with warm mix agent dosage under the same temperature

由上图可见,总体上,在同一温度下,添加温拌剂的比例越大,混合料密度也越大.但当混合料处于 130℃ 和 140℃ 时,添加 10% 与 13% 的温拌剂,混合料的密度值基本相同,因而在 130℃ 和 140℃ 的试件成型温度下再增大温拌剂的添加比例并不会明显增大混合料的密度;然而从经济角度着想,温拌剂的添加量越大,混合料的综合投资越高,施工成本也增加,这是任何施工单位不愿见到的.考虑成型温度的选择,由图 6 能够得知,130℃ 与 140℃ 下添加 10% 的温拌剂,混合料密度值基本相同,但却比 120℃ 的密度值大许多,因而混合料温度选择 130℃ 比较适宜.

3.2 加入温拌剂对混合料稳定度的影响

混合料稳定度的强弱取决于沥青和石料的粘结吸附性能.然而添加温拌剂的比例、成型温度的高低均影响着沥青和石料的粘结性^[7],混合料稳定度随试件成型温度与温拌剂添加量之间的变化关系见图 8:

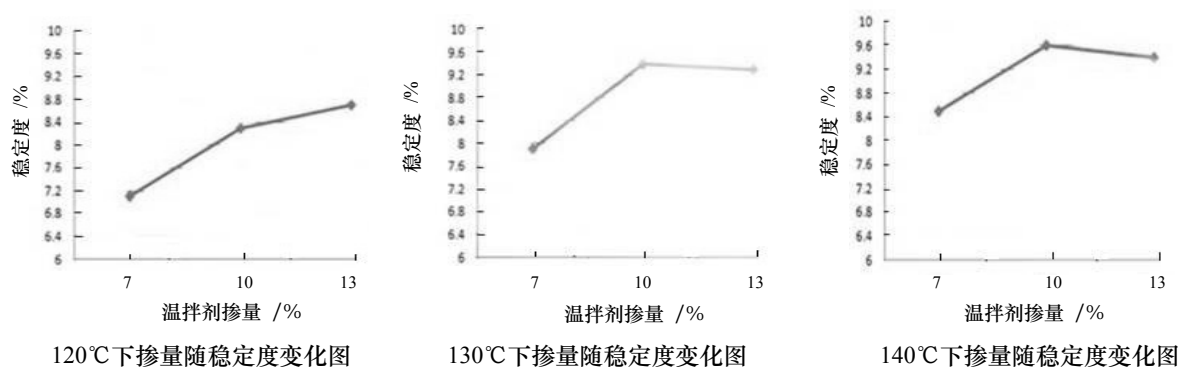


图 8 相同温度下稳定度值随温拌剂掺量变化图

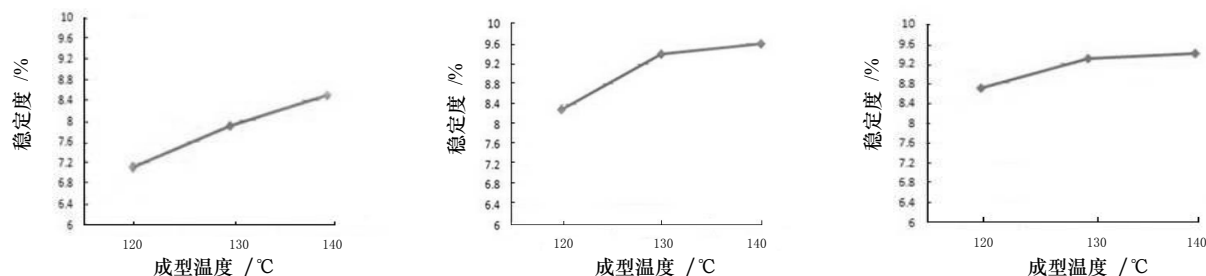
Fig.8 Stability value with the warm mixing additive quantity under the same temperature

从图 8 能够看出,120℃ 下,混合料稳定度基本与温拌剂添加量成正比例线性关系,亦即温拌剂越多,稳定度越高.因而此时,温拌剂确实提高了沥青对石料的粘结能力,增强了混合料性能,但此时沥青并未完成对石料间隙的进入与对石料的包裹和粘附,因为随着试件成型温度上升至 130℃ 和 140℃ 时,混合料的稳定度到达了顶峰,因而此时沥青混合料结构稳定性最强;然而由后两幅图看出,相同温度时,随着温拌剂添加比例增大,反而稳定度出现下降趋势,究其原因或许是温拌剂的制作过程引入了水分.而且温拌剂添加比例增大,进入沥青混合料的水也增多.因为沥青混合料对水比较敏感,所以使其稳定度值出现下降趋势.总之,从原材料成本上与其对混合料的影响来看,应取 10% 的温拌剂掺量比较适宜.

温拌剂添加比例不同时,混合料稳定度与成型温度的关系见图 9:

由图 9 可以得出,相同的温拌剂添加比例时,混合料的成型温度越高,其稳定度也越大.而且当添加比例为 7% 时,稳定度值和混合料温度基本保持正比例线性状态,但当增大温拌剂添加比例至 10% 和 13%

时,其稳定度值随成型温度上升的趋势趋于平缓,因而此时再增大温拌剂用量已无法显著影响混合料性能.鉴于上述混合料各指标分析,应取10%温拌剂掺加比例,130℃混合料成型温度比较适宜.



掺量 7 % 时稳定度随成型温度变化图 掺量 10 % 时稳定度随成型温度变化图 掺量 13 % 时稳定度随成型温度变化图

图9 不同添加比例下稳定度随成型温度变化曲线图

Fig.9 The same content stability with the molding temperature

4 温拌沥青混合料路用性能研究

沥青混合料的实际路用性能与试验室中马歇尔体积指标无法形成有效的对接.当混合料中加入温拌剂时,其实际性能如何仍然需要试验研究^[8],因此试验研究有温拌剂的沥青混合料实际路用性能将非常有主有施工的顺利进行.

4.1 应用温拌剂后对混合料高温稳定性的影响

由马歇尔体积分析,计算出来添加温拌剂后沥青混合料的最佳油石比.在此基础上,对有无添加温拌剂的温拌混合料与热拌混合料进行高温车辙试验,试验结果如下:

由图10可以得出,沥青混合料成型温度越高,其动稳定度也越大.130℃比120℃的动稳定度增长45.1%,140℃比120℃的动稳定度增长53.4%;但140℃只比130℃增长4.8%;热拌条件下,170℃比130℃的动稳定度增长15.7%.因而当混合料成型温度高于130℃时,升高温度将不能明显改善沥青混合料的动稳定度性能.且比较120℃和130℃的动稳定度,二者的差距较大,因而拌和混合料时宜超过130℃能够获得较好的稳定性能.

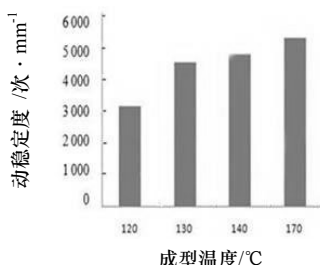


图10 不同温度下动稳定度曲线对比
Fig.10 Dynamic contrast curve under the different temperature

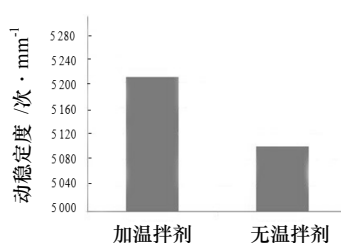


图11 热拌下有无添加剂车辙实验对比
Fig.11 Track diagram of hot mix with and without additives experiment

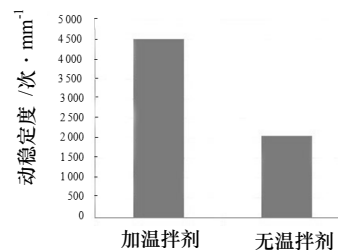


图12 温拌下有无添加剂车辙实验对比
Fig.12 Warm mix and without additive experiment

当热拌时,将有无添加温拌剂的动稳定度车辙试验结果进行对比如图11,可知,二者的数值仅差106,变化不大.因而,在拌和温度160℃以上时,温拌剂的加入对提高混合料高温抗车辙性能的作用效果并不明显.

同时本次试验还在130℃时进行了有无温拌剂的车辙试验如图12.观察发现,当混合料拌和温度降低后再加入温拌剂显著改善了其动稳定度性能.添加温拌剂后比未加温拌剂的动稳定数值高出了2423,相当于增长了118%.故温拌剂能够在混合料拌和温度降低后有效提高沥青与石料间的粘结吸附性能.

4.2 拌和温度降低并加入温拌剂时的混合料性能试验

当拌和温度降低并加入温拌剂后进行混合料低温弯曲试验见图13.

易于看出,低温弯曲值与混合料成型温度基本呈线性正比例关系.亦即温度越高,低温弯曲值越大.但超过140℃时低温弯曲值随温度上升而增大的趋势趋于平缓.图上可见,低温弯曲值130℃比120℃增长18.6%,140℃比130℃增长5.8%,170℃比140℃增长2.9%.总体上说,超过130℃后,混合料其低温性能对温度的变化不敏感.所以,当温拌条件下,考虑施工成本,取拌和温度为130~140℃.

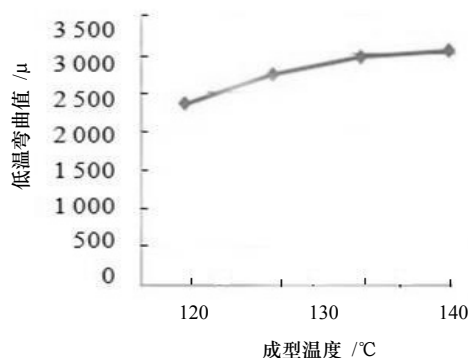


图13 添加温拌剂弯曲试验对比

Fig.13 Addition of the warm mix in contrast bending test chart

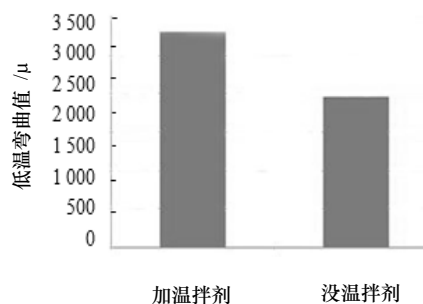


图14 有无温拌剂弯曲试验对比图

Fig.14 Contrast bending test chart with and without the warm mix

此外,为了研究温拌剂对混合料性能的影响,在130℃条件下开展有无温拌剂的低温弯曲对比试验,实验结果见图14。易知,未掺入温拌剂的沥青混合料低温弯曲值不到2000,此温度下其混合料性能仅相当于添加温拌剂的温拌混合料的70%,而标准规定改性沥青的沥青混合料低温弯曲值应不小于2800,因而没有添加温拌剂的温拌混合料达不到路面使用性能指标。故而可以看出当拌和温度降低时使用温拌剂能够显著提高沥青与石料间的裹覆性和粘附性。

4.3 掺入温拌剂后对混合料的水稳定性的影响

由于温拌剂中含有水,而在掺入温拌剂的同时势必会向混合料中加入水分,故必须做掺入温拌剂后的沥青混合料水稳定性试验^[9]。即保持纤维添加量不变,分析成型温度与沥青混合料残留稳定度的关系见图15。由图15得知,不论是否添加温拌剂,只要成型温度上升,其残留稳定度变大。但未掺入温拌剂的混合料水稳定性能整体较低,根本达不到实际路用规范;添加温拌剂后低温下的残留稳定度比没有添加温拌剂低温下的残留稳定度高出很多;在170℃左右时,温拌剂对残留稳定度几乎没有任何影响。依据规范要求的85%计算,掺入温拌剂且拌和温度超过130℃才达到使用要求,图中蓝色线条在超过130℃时上升趋势已经很平缓,且残留稳定度值140℃只比130℃增长1.6%,170℃比140℃仅增多2%,所以在满足使用要求的情况下,温拌沥青混合料应取拌和温度为130℃。

劈裂强度比的数值大小、变化规律基本与残留稳定度相同,见图16。依据规范,劈裂强度比应不小于80%,并且混合料的拌和温度高于130℃。故而,在达到使用要求的情况下,混合料的拌和温度也应取为130℃。

5 温拌沥青混合料对施工工艺的影响

由于薄层罩面的厚度通常只有2~2.5 cm,在施工中极易因温度的大量散失而影响路面的压实,给施工带来很大的困难^[10]。而本研究将温拌技术应用于纤维沥青混合料,使混合料能在相对较低的温度下进行拌和、摊铺与压实,从而实现良好的施工性能,降低了对设备的损耗。为此,本研究对影响路面施工环节的因素如混合料的运输、摊铺和压实进行了分析。

5.1 降低温度后对运输摊铺的影响分析

传统的沥青混合料的摊铺压实往往在热拌条件下进行,也就要求沥青混合料从沥青拌和站运输到施工现场的距离不能太长,否则温降过大,沥青混合料摊铺后难以压实。因此,沥青拌和站的选址受到了施工

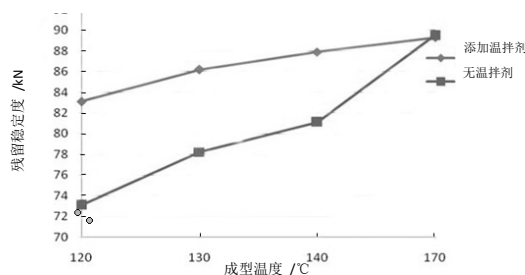


图15 不同温度下残留稳定度试验对比图

Fig.15 Comparison chart residue stability test under different temperature

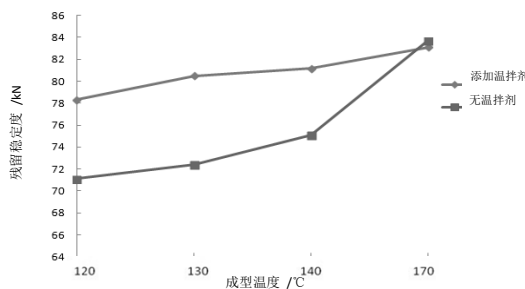


图16 不同温度下劈裂强度比试验对比图

Fig.16 The splitting strength test comparison chart under different temperature

地点的制约,由图 17 可得知传统热拌沥青混合料温度随时间的变化曲线(环境温度为 20℃)。

如图所示,随着时间的推移,混合料的温度逐渐下降,且在温度最高时段下降的速率最快,当降至 120℃左右时,温度降低的速率开始变慢。因此,如果我们降低混合料的初始温度,在外界环境等同的情况下,与热拌混合料达到相同的温降,温拌混合料要经过更长的时间,也就意味着沥青拌和站的选址可以相对施工现场更远一些,从而间接减少了投资,降低了成本。从图中可以看出,混合料由 160℃降至 130℃需要 4 min,然而从 130℃降至 90℃需要 12 min,前者为热拌碾压适宜温度,后者为温拌碾压适宜温度,显而易见后者的有效压实时间明显延长。当摊铺机摊铺完混合料以后,尤其单位时间内的温降对压路机施工的影响明显。制约压实的另一因素为摊铺层的层厚,层厚越厚,热量越不易散失。通过现场测试不同厚度的单位时间温降与周边环境温度的数据分析发现,路面表层单位时间温降最大,而且与周围环境相差越多,温降越快。因而对于薄层压实来说,混合料温度下降过快是一个工程难题。因此,温拌沥青混合料性能的研究与应用有效地改善了摊铺运输条件。

5.2 温度对压实度的影响

从图 17 可以看出,混合料由 160℃降至 130℃需要 4 min,然而从 130℃降至 90℃需要 12 min,因此,温拌混合料的有效压实时间得到大幅延长。尤其是在温度降低很快的地区或季节,压实时间的延长不仅能够提高压实度,而且延长了施工时效,间接降低了施工成本。

沥青混合料受外界温度变化的影响较大,当施工温度较低时,路面就难于压实,从而无法达到既定的压实度。过去的工程实践也显示,在施工温度过低的条件下碾压混合料,不管使用何种压实设备,都无法提高沥青混合料的压实度。这也表明沥青混合料的压实度与碾压温度的变化息息相关。因而,在借鉴国内外相关研究成果的基础上,探索碾压温度与沥青混合料压实度二者的对应关系具有重要意义,其中热拌与温拌沥青混合料压实度的关系见图 18。

由图 18 可以看出,在碾压温度区间上,温拌沥青混合料比热拌沥青混合料要宽广的多,因而更有利于压路机的碾压作业。当沥青混合料的温度较高和较低时,压实度与沥青的粘度关系不大,于是,曲线所在的中间部位就决定了沥青混合料的压实度。对于热拌沥青混合料温度曲线,孔隙率与温度基本成线性关系,对温度的变化较为敏感。然而温拌混合料压实度曲线中间部分不存在温度敏感区,也就是说,温拌在低温下的压实效果比较理想。

6 结语

(1) 论文研究的级配所用的实体工程已通车 3 年多,至今状况良好,无任何路面病害,所以可见该级配适合于工程所在地的气候及交通荷载,级配设计合理。

(2) 论文从沥青混合料矿料间隙、油石比、沥青饱和度、稳定度等体积参数入手,确定了适合该级配的矿物纤维最佳掺量为 0.25%;并通过大量的路用性能验证了矿物纤维掺量为 0.25%的合理性;最终得出了矿物纤维沥青混合料可以有效地提高沥青混合料整体性能的结论。

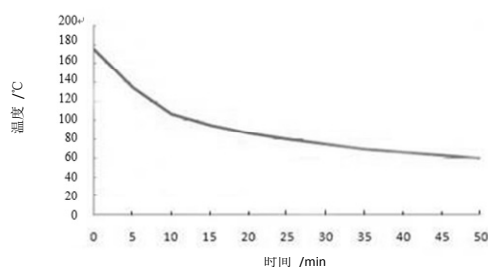


图 17 混合料温度随时间的变化曲线
Fig.17 Mixture temperature change curve over time

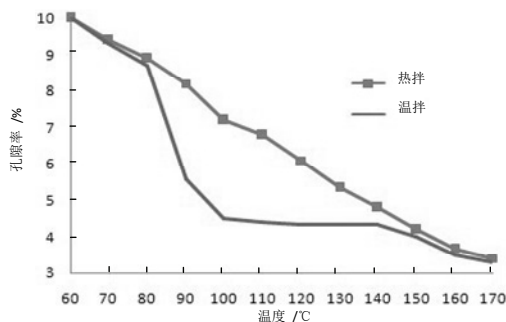


图 18 温度与压实度之间关系
Fig.18 Relationship between temperature and the degree of compaction

(3) 通过大量室内实验,从沥青混合料体积参数和路用性能参数等方面考虑,确定了适合上述级配罩面用温拌纤维沥青混合料中温拌剂的最佳掺量为10%~13%;结合经济的原因,最终提出10%为最佳掺量,应用于实际工程。

(4) 从温拌沥青混合料的综合性能出发,结合节能减排,提出罩面用温拌纤维沥青混合料的拌和温度为130℃,并通过实验验证了130℃时温拌纤维沥青混合料的各项性能与同样热拌沥青混合料的性能相当。

(5) 论文通过实验证明了温拌沥青混合料可以有效地改善沥青混合料的运输、摊铺、压实等环节的施工条件,提高了罩面施工质量。

参考文献 References

- [1] 姜涛. 罩面类预防性养护方法[J]. 交通世界, 2008(1):90-91.
JIANG Tao. The preventive maintenance method of the overlay[J]. Transpo World, 2008, (1):90-91.
- [2] 黄文元, 秦永春. 沥青温拌技术在国内外应用现状[J]. 上海公路, 2008(3):1-4.
HUANG Wenyuan, QIN Yongchun. Review on application of warm mix asphalt technologies[J]. Shanghai Highways, 2008(3):1-4.
- [3] Brain DProwell, Graham CHurley. Evaluation of warm asphalt technologies[R]. Alabama: Auburn University, 2004.
- [4] Graham C. Hurley, Brain D. Prowell. Evaluation of potential processes for use in warm mix[J]. Asphalt National Centre for Asphalt Technology, 2006, (2):1-46.
- [5] 陶卓辉, 黄文元. 沥青温拌技术改善碾压原理及其在低温季节应用[J]. 公路交通科技, 2008, 25(9): 106-109.
TAO Zhuohui, HUANG Wenyuan. The research on the temperature range of evotherm warm asphalt technology and application at low temperature[J]. Journal of highway and transportation research and development, 2008, 25(9):106-109.
- [6] 张智强, 严世祥. 温拌沥青混合料技术探讨[J]. 重庆建筑大学学报, 2007, 29(12):113-116.
ZHANG Zhiqiang, YAN Shixiang. The study on the technology of warm mix asphalt[J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2007, 29(12):113-116.
- [7] 秦永春, 黄颂昌. 温拌沥青混合料技术发展与应用[R]. 北京: 交通部公路科学研究院, 2010.
QING Yongchun, HUANG Songchang. The technological development of warm mix asphalt and its application[R]. Beijing: Research institute of highway ministry of transport, 2010.
- [8] 廉向东, 陈栓发. 温拌沥青混合料路用性能研究[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2010, 30(6):11-15.
LIANG Xiangdong, CHEN Shuanfa. Research on pavement performance of warm mix asphalt[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2010, 30(6):11-15.
- [9] 吕艺. 温拌剂对沥青性能的影响分析[J]. 交通标准化, 2012(9):45-47.
LV Yi. Analysis of Influence of warm-mixed additives on asphalt performance[J]. Transportation Standardization, 2012, (9):45-47.
- [10] 杨东来, 孙祖望. 薄层路面与桥面铺装压实新技术[J]. 建筑机械, 2007(11):12-15.
YANG Donglai, SUN Zuwang. New paving and compacting technology of Lamina[J]. Construction Machinery, 2007, (11):12-15.

Performance study of warm mix asphalt fiber mixture in the thin overlay

ZHANG Yi^{1, 2}, AN Haichao¹, YANG Renfeng¹, PENG Junwei¹, WANG Qingkai³

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China;

2. Quality Supervision Station of Shaanxi Provincial Transport Department, Xi'an 710075, China;

3. Hebei Provincial Communications Planning and Design Institute, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: Based on the local climate characteristics, traffic conditions and engineering material characteristics, the influence of the grading, the type and the dosage of the mineral fiber, warm mixing agent and forming temperature on the mixture performance used in the thin overlay is studied. The construction technology of the asphalt mixture in low temperature is analyzed. The method solving the practical engineering problems arising from thin overlay such as heat loss easily, temperature decrease excessively fast and compaction difficultly is put forward by applying the warm mix asphalt fiber mixture, which provides an important engineering guidance for improving the quality of the thin overlay and prolonging the service life of the road.

Key words: graduation; mineral fiber; warm mix agent; thin overlay

(本文编辑 沈波)