

沥青路面摊铺时温度场时空分布特性

鲁正兰¹, 杨春兰², 董瑞琨², 孙立军¹

(1.同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室,上海 200092;2.重庆大学 土木工程学院,重庆 400045)

摘要:沥青路面摊铺过程中由于受各种环境因素的影响,沥青混合料温度以及周围温度的变化是复杂多变的。以侯运高速公路沥青路面表面层摊铺施工为背景,实测了沥青路面摊铺过程中路面周围不同空间、不同时间的温度情况,揭示了沥青路面摊铺时路面周围温度场的时空分布特性,对于沥青路面摊铺施工质量控制有着重要的借鉴意义。

关键词:沥青路面; 温度场; 分布特性; 摊铺

中图分类号:U416.217 **文献标识:**A **文章编号:**1006-7329(2004)06-0049-04

Space - time Distribution Characteristics of Temperature Field During Asphalt Pavement Paving

LU Zheng-lan¹, YANG Chun-lan², DONG Rui-kun², SUN Li-jun¹

(1. The Key Laboratory of Road and Traffic Engineering at Tongji University, Ministry of Education, Shanghai 200092, P. R. China; 2. College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

Abstract: The temperature of hot asphalt mixture and environment has a significant effect on the quality of asphalt pavement while paving. Influenced by various kinds of factors, the temperature of the hot asphalt mixture and environment are complicate and changeable while paving. The temperature of different space and time around asphalt pavement are measured while paving hot asphalt mixture on Hou - Yun expressway. The space - time distribution characteristics of temperature field while paving through analysis are given.

Keywords: asphalt pavement; temperature field; distribution characteristics; paving

沥青路面表层摊铺时,当高达一百多摄氏度的沥青混合料倾倒入中面层后,根据热学以及传热学理论,热沥青混合料与环境产生物质和能量的交换,它与周围环境一起构成热开放系统。该系统各部分的宏观物理性质如流速和温度处于不均匀的非平衡状态,该系统将不断地从非平衡态向平衡态过渡。这个过程包括两个方面:一个方面,热拌沥青混合料的热量通过空气的流通并作为介质向表层以上空间传播,导致沥青混合料本身和周围环境温度的不断变化;另一方面,热拌沥青混合料的热量通过中面层向表层以下的空间传播,导致沥青混合料本身和中面层及以下温度的变化。以前有人专门研究过沥青路面摊铺时混合料受环境影响的温度变化规律^[1],而对于其周围的温度变化研究是一片空白。若沥青路面在摊铺过程中因混合料温度下降过快导致碾压质量不过关,或者由于新旧层间温度低使附近的混合料温度急剧下降,就会出现层间联结的薄弱层面,容易产生水损害、泛浆等早期路面病害^[2,3]。因此,弄清沥青路面摊铺时路面周围温度场的时空分布特性及其影响因素对控制好沥青路面的施工质量,特别是在沥青路面摊铺时对新旧层间的联结有着重要意义。

1 温度场实测方案与观测仪器

要研究沥青路面摊铺时路面周围温度场的时空分布特性,必须要现场采集沥青路面摊铺时不同时

* 收稿日期:2004-07-20

作者简介:鲁正兰(1975-),男,湖北黄石人,博士生,主要从事现代道路结构与材料研究。

间、不同空间的温度变化情况。为此,本次研究以侯运高速公路沥青路面第七合同段(K82+000-K91+581)表面层沥青混合料摊铺施工为实体,现场测量沥青路面表层摊铺时周围温度场的温度情况。侯马至运城高速公路(简称侯运高速公路)路面结构为:表面层是 4 cm 的 AC16I 型改性沥青混合料,中面层是 5 cm 的 AC20I 沥青混合料,下面层是 7 cm 的 AC25I 沥青混合料。由于表层 AC16I 的沥青混合料是改性的,混合料的初始温度为 165 ℃~175 ℃。

1.1 观测内容

为了研究表层摊铺时周围温度场的分布特性,进行了现场观测路面周围不同空间、不同时间的温度情况:具体为路面表面以上 5 cm、15 cm、30 cm、50 cm、80 cm 五点以及路面表面及其以下 2 cm、4 cm、6.5 cm、12.5 cm 五点(表面层表面、表面层和中间层交接处、中面层中间以及下面层中间),总共 10 个点的温度(如图 1),从摊铺开始每隔 3 min 记录一次各点的温度。

1.2 观测仪器

对于路面以上采用普通温度计;对于路面表面温度采用红外线枪式温度计;对于路面以下各点采用压力式温度计。压力式温度计的原理是温度变化引起热敏电阻的阻值变化,根据温度与热阻之间的关系式换算温度的变化。其测量范围分等级:表面层以下 2 cm 处(表面层中间)采用测量范围为 -30 ℃~200 ℃ 的温度计,表面层以下 4 cm、6.5 cm、12.5 cm 处采用测量范围为 -30 ℃~120 ℃ 的温度计。

1.3 现场观测方案

现场观测方案如下:

- 1) 对于路面表层及以下各点温度,在中面层开挖两个大小合适的小坑,深度分别为 6.5 cm、12.5 cm,然后将压力式温度计埋入坑内,用常温的混合料覆盖并适当压实。同时在摊铺机行驶到此点时将另外两个压力式温度计一个放在中面层表面,并覆盖适当的混合料,以免碾压机压坏温度计,另一个埋入刚摊铺的混合料中间;
- 2) 对于表面层表面温度采用红外线枪式温度计测得;
- 3) 对于表面层以上空间采用普通温度计绑在一个适当高度的铁架上,测量时将铁架放在测量地点处,分别观测离表层 5 cm、15 cm、30 cm、50 cm、80 cm 五点处的温度。各测点布置示意图如图 1;
- 4) 各点测温在同一地点同一时间进行,并且测温时间间隔为 3 min;
- 5) 表面层以上各测点观测时间为 18 min;表面层以下各测点观测时间为 66 min。

2 温度场实测结果及分析

根据上述方案,在侯运高速公路 K87+082 处表面层摊铺时测得了路面各层及其周围环境温度,绘制成图(如图 2、3)。从图 2 来看,随着时间的推移,表面层以上各点温度不断下降。在表面混合料中间处和表面处,温度下降较快;距离表面 5 cm 以上温度下降缓慢。同时 5 cm、15 cm、30 cm 高度处温度在 0~9 min 内缓慢上升,12 min 后开始下降;而 50 cm、80 cm 高度处摊铺前后变化不大。出现以上现象主要是由于在热的沥青混合料上空附近存在对流和热的传导。

根据热学原理,热拌沥青混合料与周围空气存在较大的温差,那么这两种物质间必存在热的传导,并且热量是从沥青混合料传到空气,使周围空气不同程度的升温,同时,在气流运动的情况下,将其中含有的量带走,而另外的空气物质又补充其位置。因此,在热的沥青混合料与周围空气之间,传导和对流是组成路表热量平衡的两种基本传热方式,其中对流对传热影响最大^[4]。但是,由于这一过程中路表空气的温度场存在一个温度梯度,而且温度梯度向上不断减小,在路表 80 cm 处几乎为零,因此在路表 80

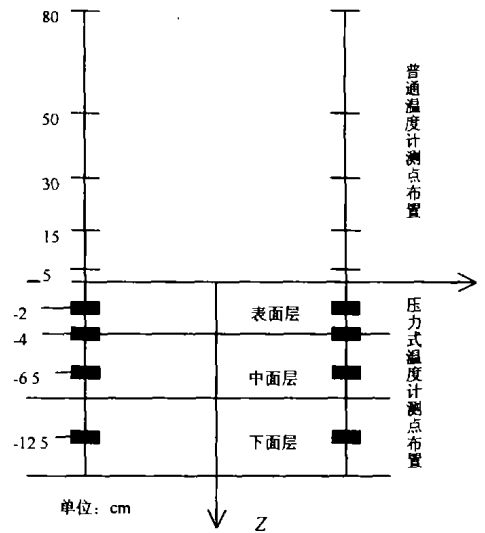


图 1 沥青路面结构及测温点布置图

cm处热的传导和对流对空气温度的影响可以忽略不计。

这一规律有助于混合料因空气的流通和热的传导而避免热的混合料热量快速的散失,其原因是热拌混合料的散失热量使混合料表面附近的空气形成较高温度区域,这一高温区域的形成对抑制热量的过大散失起到屏蔽作用(混合料与附近热空气的温差缩减而热损失减少),热的空气屏蔽区一旦形成,常温区已远离混合料表面,气温的影响暂时减弱,保护了热混合料热量的损失。

从图3来看,热拌沥青混合料在碾压过程中温度急剧下降,热量一方面向空气中传递形成一个次高温屏蔽区域;另一方面,热量也向下传递到中面层和下面层,使中面层和下面层温度升高。总的趋势是表面层温度、表面层和中间层交接处温度、中面层温度以及下面层温度在1h左右后趋于相等。同时,对热拌沥青混合料本身来说,在最初的1~2min之内,混合料表面和里面差不多,随着时间的推移,表面温度下降比里面温度更快,一直持续30min左右,路面表面温度和路面里面又差不多(并定义这五点30min时的平均温度为等量温度)。这主要是由于混合料表面热量的传递受到周围环境因素的加速(如风力、空气的流动等)使得表面层表面温度下降比表面层里面快^[5]。中面层和表面层交接处开始摊铺1~3min内,温度没有什么变化,随后温度呈指数形式急剧上升,大约15min后温度趋于平缓,并到达110℃左右,中面层和表面层交接处温度在短时间内的升高有助于表面层碾压时与中面层的联结,形成密实的过渡层,既防水又增强层间的粘结作用。对于中面层和下面层,从图3中也可以看出,中面层和下面层在表面层摊铺碾压过程中温度也有升高,并且中面层比下面层上升快,15min后趋于平缓,这主要是由于下面层比中面层距离上面层(热源)远,同时热量的传递是从由上向下的,并且有一个温度梯度的存在。正是由于这个温度梯度的存在,保护了表面层与中面层接触处混合料热量的彻底散失,使此处的混合料在碾压过程中保持在一定温度范围内,避免了表面层在摊铺时下面形成松散层。另外,热量向下的传递,给中面层进行了一定程度的加温,使沥青路面表层摊铺时能够与中面层进行很好的联结。

3 路面温度场分布的环境影响因素

为了探讨环境因素对路面温度场分布的影响,本次研究在侯运高速公路上测量了不同摊铺温度、不同风速、不同天气情况下表面层以上5cm处的温度和各点的等量温度,数据如表1。

从表1可以看出,沥青路面摊铺时温度场的分布与沥青混合料的初始温度、天气、风力等因素有关,其中沥青混合料的初始温度对温度场的分布影响最大,其次是风力。这主要是沥青路面摊铺时沥青混合料的热量是温度场的主要热源,其热量的多少就决定了温度场各点的温度高低,如当初始温度为180℃比168℃高12℃时,等量温度和路面以上+5cm处的温度分别高后者8.4℃和12℃;另外,风力能

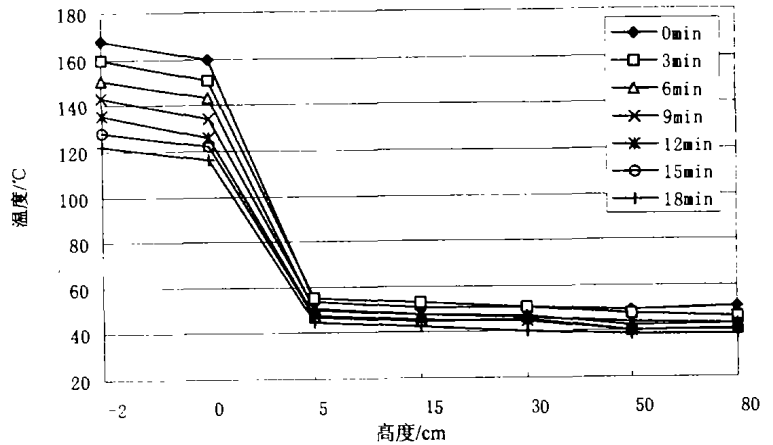


图2 表层空间温度变化曲线

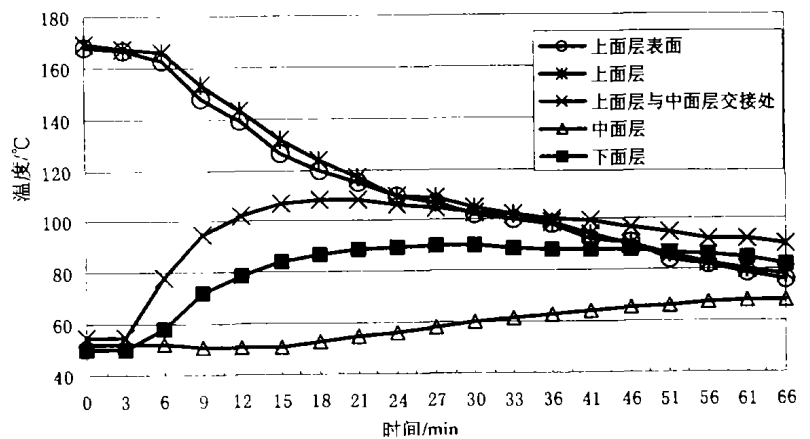


图3 路面各层温度随时间变化曲线

够促使空气的流动,加快热量的传递,因此风力对温度场的影响很大^[6]。如当其他条件相同,风力不同时,1~2级风比微风时等量温度低3.5℃等。这是因为在热散失过程中,空气流动吸收的热量 Q 由式(1)确定:

$$Q = GC_p(T_i - T_0) \quad (1)$$

其中: G 为通风量,kg/h; C_p 为空气的比热,J/kg·℃; T_i 、 T_0 为空气的前后温度。

表1 不同摊铺条件下两类温度情况

测 点	初始温度 168℃		初始温度 180℃	
	晴天	微风	晴天	微风
+5 cm 温度/℃	44.5	56.5	42.5	41
等量温度/℃	92	100.4	71.5	88.5

注: +5 cm 温度代表表面层以上5 cm处混合料摊铺18 min后的温度。

由式(1)可知,当空气的前后温度差一定时,风力越大, G 就越大,空气对流吸收的热量也就越大,沥青混合料散失的热量也就越多,等量温度自然就低。

与此同时,从表1可以看出天气情况也影响温度场的分布。当天气晴朗时,路表周围空气温度和路表以下层面的温度比较高,与摊铺热的沥青混合料的温度差比阴天时的温度差小,而且晴天太阳辐射也能给沥青混合料和空气增加部分热量^[7],所以晴天时温度场+5 cm处的温度和等量温度比阴天时高。

由此可见,我们在沥青路面摊铺施工时要注意沥青混合料的初始温度是否达到设计要求。对于初始温度低于设计要求的混合料要作废料处理掉,同时摊铺施工最好选在天气较好的时候进行,如晴天、无风或微风等,在工程进度安排时,沥青路面的摊铺最好安排在夏秋两季,避免冬天施工。

4 结论

通过在侯运高速公路表面层摊铺时现场测量沥青路面周围温度场不同时间、不同空间的温度情况,可以得出了如下结论:

- 1) 沥青路面表面层摊铺时热拌沥青混合料的热量既向空中传递又向路面以下传递,给下层的路面进行了一定的加热,有助于碾压时上下层的联结;
- 2) 在表层沥青混合料刚开始摊铺的前15 min,沥青混合料的温度急剧下降,而下面层的温度急剧上升,15 min完毕后各层温度趋于平缓,并有达到相同温度的趋势;
- 3) 在表层沥青混合料摊铺时,温度场以表层为中心,距离中心越远,温度变化幅度越小;
- 4) 热拌混合料的散失热量在混合料表面附近的空气中形成较高温屏蔽区域,保护了热混合料热量的损失;
- 5) 在表层沥青混合料摊铺时,温度场的时空分布与沥青混合料的初始温度、施工时的天气以及风力有关,并且沥青混合料的初始温度影响最大。

参考文献:

- [1] 尹如军. 沥青混合料有效压实时间的实测与分析[J]. 公路, 2001, (2): 37-40.
- [2] 戴国清. SBS路面施工的温度控制[J]. 东北公路, 2001, (1): 21-22.
- [3] James A. Luoma. An Asphalt Paving Tool for Adverse Conditions[R]. Department of Civil Engineering, University of Minnesota, 1998.
- [4] 吴赣昌. 半刚性路面温度应力分析[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [5] 冯雅, 程启高. 通风水果冷库的热工计算温度的确定[J]. 重庆建筑大学学报, 1994, (2): 61-65.
- [6] 唐鸣放, 陈启高. 冷库阁楼层中柱子的包柱高度对传热量的影响[J]. 重庆建筑大学学报, 1997, (1): 1-7.
- [7] J. A. 杜费, W. A. 贝克曼. 太阳能—热能转换过程[M]. 北京: 科学出版社, 1980.