

文章编号:1671-8879(2008)06-0005-06

沥青混合料温度离析特性

彭余华¹, 沙爱民¹, 罗志华², 刘永松²

(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. 安徽新中侨基建投资有限公司, 安徽 合肥 230001)

摘要:借助红外摄像机观察了不同条件下沥青混合料摊铺面的温度分布, 分析了其温度离析的不同表现性状和温度差异的形成原因, 利用无核密度仪(PQI)研究了温度离析对沥青面层压实质量的影响。研究表明:温度离析对沥青面层压实质量的影响与离析区域的形状、面积和温度有关;当较低温度区域面积较大、温度低于不可接受的初压(表面)温度时,温度离析对沥青面层压实质量的影响必须予以足够重视;当温度离析区域面积较小,较低温度区域摊铺面温度高于不可接受的初压(表面)温度时,即使相邻摊铺面温度差异较大,但从压实度的角度看,沥青面层的质量仍符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)的要求。

关键词:道路工程;温度离析;红外摄像机;压实度

中图分类号:U414.1 **文献标志码:**A

Characteristics of temperature segregation in asphalt mixture

PENG Yu-hua¹, SHA Ai-min¹, LUO Zhi-hua², LIU Yong-song²

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Anhui Xinzhongqiao Capital Construction Investment limited Company, Hefei 230001, Anhui, China)

Abstract: Through the observation of the different temperature distributions of asphalt mixture in the mat by aid of the infrared camera instrument, this paper analyzed the different characteristics of the temperature segregated asphalt mixture in the mat, and researched the influence of temperature segregation on the compaction by using PQI(pavement quality indicator). The results show that the influence of temperature segregation on the compaction is correlated with the shape, area and temperature of the segregated zone. The effect of temperature segregation on asphalt pavement compaction should be noticed sufficiently when the area with lower temperature is big enough and the temperature is lower than the unacceptable initial compaction (surface) temperature. Even the temperatures of adjacent pavement areas show a great difference, the quality of the asphalt pavement can meet the needs of the specification *Technical Standard for Highway Asphalt Pavement Construction* (JTGF40—2004) from the view of compactness, while the temperature segregation area is not big, and the lower temperature of the area is still above the unacceptable initial compaction (surface) temperature. 8 tabs, 7 figs, 10 refs.

Key words: road engineering; temperature segregation; infrared scanner; compaction degree

收稿日期:2007-12-20

基金项目:国家西部交通建设科技项目(200331822334)

作者简介:彭余华(1973-),男,安徽池州人,副教授,工学博士,E-mail:pyh@gl.chd.edu.

0 引言

沥青混合料的温度离析是指在储存、运输及摊铺过程中,沥青混合料受天气、施工机械和施工工艺等影响产生热量损失而出现温度差异的状况。沥青混合料的温度离析,会导致路面压实度不均匀,路面的平整度降低。研究表明,由于温度离析的影响,沥青面层的使用寿命大大缩短,严重离析的路面使用寿命可能会减少 50% 以上^[1-3]。

沥青混合料的温度离析是沥青面层施工过程中普遍存在且不易被人们察觉的一种现象,国内外针对其开展系统研究很少,现有研究主要借助点式红外温度计测定摊铺面不同位置的温度来分析沥青混合料的温度差异^[4-6],难以准确判断摊铺面是否产生温度较大差异现象和评价其对沥青面层质量的影响程度。为此,本文借助先进的温度探测设备——红外摄像仪,通过观察摊铺面整体的温度分布状况,研究温度离析不同性状对沥青面层质量的影响,为温度离析的控制提供依据。

1 温度离析的现场试验

1.1 试验路和碾压概况

现场试验选择安徽亳阜高速公路苗集互通式立交 A、B 匝道沥青下面层的摊铺。基层为 35 cm 水泥稳定碎石,下面层为 6 cm 中粒式 AC-20 沥青混凝土,沥青采用 AH-70。施工气温 15 ℃,微风,运距 300 m。沥青下面层混合料的摊铺采用双摊铺机错开并行摊铺工艺。

沥青下面层的碾压工序为:初压使用 DD-130 双钢轮压路机静压一遍,温度不低于 130 ℃;复压先用重型轮胎压路机 XP260 碾压 2~3 遍,然后用双钢轮压路机 DD-130 高频低幅碾压两遍;终压采用 BW202 双钢轮压路机碾压不少于两遍,直至消除轮

迹为止,碾压终了温度应不低于 70 ℃。

1.2 试验方案

为了满足压实度要求,沥青混合料的压实可以设计不同的压实模式。碾压模式的设计是用来给每个单位面积的摊铺面施以相同的压实力以获得均匀的密度和适当孔隙率。由于沥青混合料的压实性能随温度的不同而变化,所以摊铺面的温度不均匀将引起最终摊铺面的密度不均匀。

试验时利用 ThermoCAM S60 红外热像仪对初压前的沥青混合料摊铺面进行观察,对存在明显温度差异的摊铺面做好标记,待碾压完成后利用 PQI (无核密度仪)测定沥青下面层的密度,来评价温度离析与沥青面层密度之间的关系。

1.3 试验结果

(1)桩号 AK0+630 左右处。利用红外热像仪拍摄摊铺面初压前的温度分布状况,如图 1 所示。图 1 中沥青混合料摊铺面的极端温度为 95 ℃、146 ℃,点 1、点 2 的温度分别为 109 ℃和 135 ℃,两点的温度相差 26 ℃,摊铺面上其他区域之间的温度有显著差别。



图 1 红外图片 1

当压路机对该断面碾压完成后,根据红外图片中的沿横断面方向沥青混合料的温度分布特征,利用 PQI 对不同温度处的路面的 4 个方向(①、②、③、④)进行密度测定,试验结果如表 1 所示。

表 1 温度差别时的面层测试结果

桩号	初压温度/℃		密度/(kg·m ⁻³)					计算理论最大密度/(kg·m ⁻³)	空隙率/%	备注
			①	②	③	④	平均值			
AK0+630	局部低温处	107	2 330	2 326	2 331	2 329	2 329.0	2 561	9.0	图 1
		109	2 327	2 327	2 327	2 327	2 327.0		9.1	
	横断面其他相对高温处	135	2 389	2 391	2 392	2 387	2 389.8		6.7	
		138	2 400	2 391	2 410	2 402	2 400.8		6.3	
		142	2 422	2 420	2 417	2 425	2 421.0		5.5	

表 1 的测试结果表明,在温度存在明显差异的路段,沥青面层的密度随摊铺面温度的升高呈增大的趋势。以计算理论最大密度为标准计算的压实度

在摊铺面低温处(小于 109 ℃)不满足规范^[7]要求。

(2)桩号 AK0+645 左右处。试验结果如表 2、图 2 所示(见下页)。

表 2 温度差别时的面层测试结果

桩号	初压温度/℃	密度/(kg·m ⁻³)					计算理论最大 密度/(kg·m ⁻³)	空隙 率/%	备注
		①	②	③	④	平均值			
AK0+645	131	2 392	2 396	2 392	2 399	2 395	2 561	6.5	图 2
	144	2 401	2 405	2 404	2 405	2 404		5.1	

注:极小部分出现温度离析。

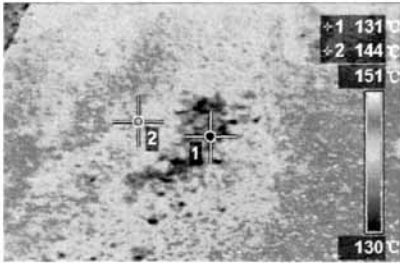


图 2 红外图片 2

从表 2 的测试结果看,温度较低处的面层密度与温度较高处的相差不大,并且都符合规范要求。这说明尽管摊铺面上局部存在 10℃ 以上的温度差异,但在较低温度区域较小、初压温度均较高的条件下,两处沥青面层的空隙率仍比较接近。

(3)桩号 AK0+655 左右处。图 3 显示的两个独立的摊铺面表面温度存在较大差异,左半幅摊铺表面温度约为 141℃,右半幅温度约为 125℃,且有一小块的混合料温度很低。为比较不同碾压温度对路面质量的影响,利用 PQI 测定碾压终了的面层密度,测试结果见表 3。

从表 3 的测试结果看,两个较大区域的沥青混

合料在相同的碾压功的作用下,由于温度的显著差别(相差 16℃),其成型路面的密度和空隙率也有较大差异,说明温度离析对沥青面层密度的形成有非常明显的影响。温度很低处(69.4℃)的沥青面层的密度也不是很小,与右半幅的沥青面层密度接近。经过对红外图片的分析和现场碾压方式的观察,造成这种现象的原因是:温度离析区域较小,而且与横断面其他温度较高区域处于同一个碾压带上,在压路机相同压实功的作用下,无论温度较高或较低区域,面层的松铺压缩比是相同的。

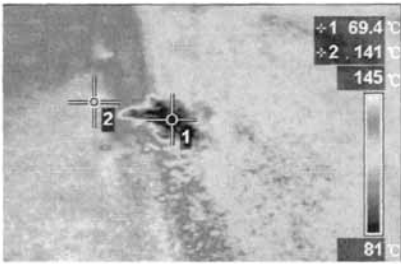


图 3 红外图片 3

(4)桩号 AK0+670 左右处。试验结果如表 4、图 4(见下页)所示。

表 3 温度差别时的面层测试结果

桩号	初压温度/℃	密度/(kg·m ⁻³)					计算理论最大 密度/(kg·m ⁻³)	空隙 率/%	备注
		①	②	③	④	平均值			
AK0+655	69.4	2 378	2 369	2 375	2 381	2 376.0	2 561	7.2	图 3
	125.0	2 376	2 382	2 381	2 380	2 380.0		7.1	
	141.0	2 438	2 421	2 421	2 423	2 425.8		5.3	

表 4 温度差别时的面层测试结果

桩号	初压温度/℃	密度/(kg·m ⁻³)					计算理论最大 密度/(kg·m ⁻³)	空隙 率/%	备注
		①	②	③	④	平均值			
AK0+670	117	2 359	2 350	2 364	2 352	2 356.3	2 561	8.0	图 4
	126	2 380	2 380	2 378	2 387	2 381.3		7.0	
	134	2 386	2 382	2 386	2 385	2 385.0		6.9	

从图 4 可以看出,摊铺面的极端最低温度为 111℃,低温区域的平均最低温度约为 117℃。从表 4 的测试结果看,对于 AH-70 沥青的混合料,初压温度在 117℃ 以上时,从压实度的角度看,尽管摊铺面存在温度差异,但沥青面层的压实质量是合格的。

(5)桩号 AK0+590~610 处。表 5(见下页)为

在施工过程中,由于施工机械的原因,造成路段南半幅摊铺停顿,使得摊铺面散热时间较长,从而碾压时初压温度较北半幅温度低。为了保证南半幅面层的压实质量,施工单位在正常碾压方式的基础上,在复压阶段增加 1 遍双钢轮振动碾压和 2 遍轮胎压路机碾压,试验结果表明,此工艺方式达到了预期效果。

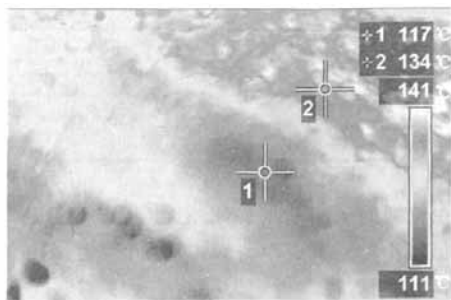


图4 红外图片4

这说明,在沥青面层摊铺面温度出现较大差异路段,可通过增加压实功的措施来提高面层密实度。

(6)桩号 BK0+175 左右处。图 5 为典型的温度离析的沥青混合料。图 5 左边为先摊铺的半幅下面层,右边为并行的另一台摊铺机随后铺筑的沥青混合料;由于施工时气温较低,两幅摊铺面出现明显的温度差别(左边为 102℃,右边为 137℃)。图 5 中的圆圈为现场做的用作标识温度离析的位置。待施工碾压完成后,利用 PQI 检测下面层的密度结果如表 6 所示。

表5 温度差别时的面层测试结果

桩号	初压温度/℃	密度/(kg·m ⁻³)					计算理论最大密度/(kg·m ⁻³)	空隙率/%	备注
		①	②	③	④	平均值			
AK0+590~610	138	2 399	2 389	2 388	2 406	2 398.0	2 561	6.4	北半幅
	143	2 413	2 415	2 399	2 418	2 409.0		5.9	
	115	2 392	2 392	2 401	2 389	2 393.5		6.5	南半幅
	119	2 401	2 413	2 406	2 408	2 407.0		6.0	

表6 温度差别时的面层测试结果

桩号	初压温度/℃	密度/(kg·m ⁻³)					计算理论最大密度/(kg·m ⁻³)	空隙率/%	备注
		①	②	③	④	平均值			
BK0+175	102	2 324	2 313	2 319	2 322	2 319.5	2 561	9.4	图 5
	120	2 365	2 366	2 354	2 360	2 361.3		7.8	
	137	2 390	2 392	2 389	2 387	2 389.5		6.7	

检测结果表明,初压温度为 102℃ 的沥青下面层在正常的碾压方式下,其压实度满足不了规范^[7]要求;初压温度为 120℃ 以上的沥青混合料经合理的碾压后,其空隙率符合工程质量要求。

(7)桩号 BK0+195 左右处。图 6 显示运输车辆故障而导致碾压时间滞后的一段摊铺面,摊铺面最高温度 116℃,局部最低温度只有 70.1℃。在正常碾压工艺下,该沥青面层的压实度均不能满足技术要求,检测结果如表 7 所示(见下页)。

1.4 试验结果分析

初压表面温度与沥青面层空隙率的关系数据如表 8 和图 7 所示(见下页)。

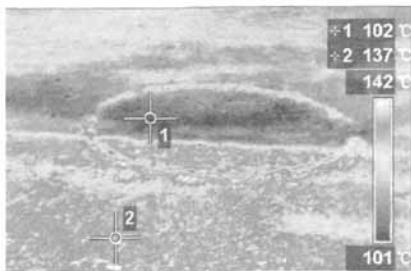


图5 红外图片5

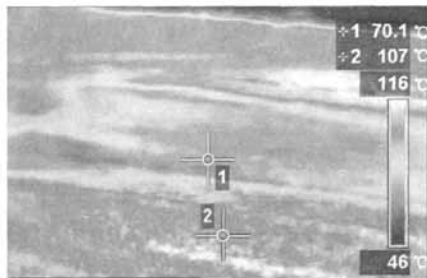


图6 红外图片6

(1)在相应的碾压工艺下,对于 AC-20 沥青混合料(AH-70),在施工温度为 15℃ 和微风条件下,将初压温度控制在 119℃ 以上时,沥青面层的压实度能满足规范要求^[7];若沥青面层的初压温度低于 119℃ 时,其压实度很难达到规范要求;并且随着碾压温度(小于 145℃)的提高,沥青面层的密度有不断增加的趋势。

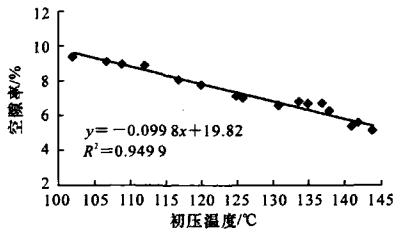
(2)在初压温度均较高(大于 119℃)的条件下,尽管沥青混合料摊铺面上局部存在 10℃ 以上的温度差异,但沥青面层的空隙率满足质量要求;从压实度角度出发,这种沥青混合料的温度离析对沥青面层质量无影响。

表 7 温度差别时的面层测试结果

桩号	初压温度/℃	密度/(kg·m ⁻³)					计算理论最大 密度/(kg·m ⁻³)	空隙 率/%	备注
		①	②	③	④	平均值			
BK0+195	70	2 280	2 295	2 288	2 300	2 290.8	2 561	10.6	图 6
	107	2 330	2 323	2 333	2 325	2 327.8		9.1	
	112	2 326	2 323	2 340	2 335	2 331.0		9.0	

表 8 初压表面温度与沥青面层密度的关系

温度/℃	PQI 密度/ (kg·m ⁻³)	空隙率/ %	温度/℃	PQI 密度/ (kg·m ⁻³)	空隙率/ %
102	2 319.5	9.4	131	2 395.0	6.5
107	2 327.8	9.1	134	2 385.0	6.9
109	2 327.0	9.1	135	2 389.8	6.7
112	2 331.0	9.0	137	2 389.5	6.7
117	2 356.3	8.0	138	2 400.8	6.3
120	2 361.3	7.8	141	2 425.8	5.3
125	2 380.0	7.1	142	2 421.0	5.5
126	2 381.3	7.0	144	2 404.0	5.1



注: x 为初压温度; y 为空隙率; R 为相关系数。

图 7 初压温度与路面空隙率的关系曲线

(3)摊铺面局部较小区域(宽度小于碾压轮宽的 1/4)的温度离析,尽管与横断面上其他温度较高区域相比温差很大,但由于处于同一个碾压带上,在压路机相同压实功作用下,其松铺压缩比相同,压实度仍符合技术要求。

(4)在沥青面层摊铺面温度出现较大差异路段,可对较低温度区域通过增加压实功的措施来增加面层密实度,减小温度离析对沥青面层质量的影响。

2 温度离析的研究方法

在正常的施工工艺条件下,沥青混合料的温度离析主要是由于运料卡车车厢周边的混合料与内部混合料存在温度差异。室内和现场试验研究表明,温度在沥青面层成型过程中起非常重要的作用^[8-10]。如何在施工过程中有效鉴别各种摊铺面的温度差别类型,并采取相应的工程措施是保证沥青路面施工质量均匀性的关键之一。

2.1 温度离析的观测设备

用于测定沥青混合料摊铺面的温度的主要仪器有温度计、红外测温仪和红外摄像仪等。使用温度

计或红外测温仪监测摊铺面的温度状况,既费时费力,而且也只能点点测定,无法快速、有效地反映摊铺面的温度状况;红外摄像仪尽管成本较高,但能对整个摊铺面进行摄像,能及时了解摊铺面的温度分布,直观显示沥青混合料温度离析的程度。

2.2 确定不可接受的初压(表面)温度

在不同的施工条件下,各种类型的沥青混合料应具有不同的碾压最低温度。利用红外摄像仪跟踪检测摊铺层的施工温度,并与施工质量建立相应的关联,在不改变施工工艺的前提下,确定不同类型沥青混合料施工温度的控制指标。在本试验中,对于 AH-70 沥青混合料而言,在施工温度为 15℃ 和微风条件下,将初压(表面)温度控制在 119℃ 以上时,沥青面层的压实度能满足规范要求。

2.3 温度差别对路面质量的影响

从现场测试结果看,不同温度范围的摊铺面在温度差异相同时,沥青面层表现出不同的压实质量:两个独立的摊铺面之间存在明显温度差别时,在相同的碾压功的作用下,路面的成型密度(质量)之间的差别是显著的。有些摊铺面中即使有些局部区域的平均温度比周围区域低 21℃ 以上,但成型面层的密度仍满足规范要求。这些区域主要包括:①面积较小,其宽度小于碾压轮宽的 1/4;②摊铺面的最低温度高于不可接受的初压(表面)温度。

因此,从压实度的角度出发,注重沥青混合料的温度差别主要是控制摊铺面的最低温度以及鉴别低温区域的面积大小、形状;制定统一的温度离析控制标准在有些情况下是不适宜的。例如,在摊铺面上,100℃ 与 120℃ 和 120℃ 与 140℃ 的沥青混合料,在初压(表面)温度都差异 20℃ 的情况下,经过相同的碾压过程,其路面的技术特性应有所差别。此外,从压路机的碾压过程看,低温区域的沥青混合料不仅影响邻近较高温度区域的沥青混合料的压实,改变较高温度区域的沥青混合料的压实效果,表现在较高温度下的沥青混合料在压实功的作用下也呈现较低的密度,而且低温区域面积的大小也影响压路机作用在碾压带(沥青混合料)上的受力分布,对碾压带(沥青混合料)的密度形成起着不同的效果。

2.4 调整碾压工艺

如果摊铺面较低温度区域的面积较大,且较低温度区域的平均温度小于不可接受的碾压温度时,可及时增加碾压遍数,通过增加碾压功的方法来提提高面层的密度,减小面层的实际空隙率。因此,配备足够的碾压设备,对在较低温度下的施工是非常重要的。

3 结 语

(1)在一定的施工条件下,如果摊铺面的初压温度控制在某一温度(可压实温度)以上时,尽管不同区域摊铺面之间的温度存在较大差异,但从压实度的角度出发,沥青面层的质量满足规范要求,即沥青混合料的温度离析对沥青面层质量无影响。

(2)摊铺面局部区域的表面温度低于碾压最低温度时,路面的碾压质量与较低温度区域面积大小、形状和温度有关。

(3)摊铺面较低温度区域的温度相同时,如果其形状和大小各异,在相同的碾压条件下,路面将表现出不同的质量,因此,制定统一的温度离析分类标准来控制面层质量是不适宜的。

(4)较低温度区域的沥青混合料不仅影响邻近正常温度区域沥青混合料的压实效果,使正常温度的沥青混合料在相同压实功的作用下也呈现较低的密度;而且低温区域面积的大小也影响压路机作用在碾压带(沥青混合料)上的应力分布,进而影响碾压带(沥青混合料)的密实度。只有在摊铺面的较低温度区域面积较大、温度低于不可接受初压(表面)温度时,温度离析现象的存在对沥青面层的压实质量才构成实质性影响。

参考文献:

References:

- [1] 彭余华. 沥青混合料离析特征判别与控制方法的研究[D]. 西安:长安大学,2006.
- [2] 沙庆林. 高速公路沥青路面早期破坏现象及预防[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [3] Transportation Research Board National Research Council. Segregation in hot-mix asphalt pavements (NCHRP Report 441)[R]. Washington D C: National Academy Press,2000.
- [4] 陈华鑫,李宁利,张争奇,等. 沥青材料的感温性分析[J]. 长安大学学报:自然科学版,2006,26(1):8-11.
CHEN Hua-xin, LI Ning-li, ZHANG Zheng-qi, et al. Temperature susceptibility analysis of asphalt binders[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition,2006,26(1):8-11.
- [5] 王 鹏,曾凡奇,黄晓明. 沥青高温性能指标的灰色关联度分析[J]. 交通运输工程学报,2006,6(3):32-36.
WANG Peng, ZENG Fan-qi, HUANG Xiao-ming. Grey relation degree analysis of high-temperature performance indexes of asphalt[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering,2006,6(3):32-36.
- [6] 曾凡奇,黄晓明,李海军. 沥青性能的 DSC 评价方法[J]. 交通运输工程学报,2005,5(4):37-42.
ZENG Fan-qi, HUANG Xiao-ming, LI Hai-jun. Evaluation method of differential scanning calorimetry for asphalt performance[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering,2005,5(4):37-42.
- [7] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
- [8] 李艳春,孟 岩,周骊巍,等. 沥青混合料空隙率影响因素的灰关联分析[J]. 中国公路学报,2007,20(1):30-34.
LI Yan-chun, MENG Yan, ZHOU Li-wei, et al. Grey relation degree analysis of influence factors on asphalt mixtures voids[J]. China Journal of Highway and Transport,2007,20(1):30-34.
- [9] 邓习树,李自光,李 冰. 基于转运车的沥青混凝土路面机械化施工工艺应用研究[J]. 中国公路学报,2005,18(2):116-119.
DENG Xi-shu, LI Zi-guang, LI Bing. Research on technology of asphalt concrete pavement mechanization construction based on MTV[J]. China Journal of Highway and Transport,2005,18(2):116-119.
- [10] 彭 勇,孙立军,董瑞琨. 沥青混合料均匀性评价新方法的探讨[J]. 同济大学学报:自然科学版,2005,33(2):166-168.
PENG Yong, SUN Li-jun, DONG Rui-kun. Discussion about new method for evaluating homogeneity of hot-mix asphalt[J]. Journal of Tongji University: Natural Science,2005,33(2):166-168.