

文章编号: 0451-0712(2006)06-0065-05

中图分类号:U415.521;U214.75

文献标识码:B

沥青混凝土路面大功率摊铺机 施工离析控制

舒翔¹, 姚怀新², 孙圣杰³, 邱子敬⁴, 李国维⁵

(1. 广东粤赣高速公路有限公司 河源市 517000; 2. 长安大学 西安市 710064; 3. 中铁十二局集团 临汾市 041000;

4. 广东冠粤路桥有限公司 广州市 510000; 5. 河海大学岩土所 南京市 210098)

摘 要: 通过分析沥青混凝土路面的施工过程,提出了不规则离析和规则离析的概念,指出不规则离析是施工工艺造成的,规则离析是由摊铺机的性能决定的。通过分析摊铺机的机械原理,指出了常规摊铺机在抗离析方面的缺陷,说明了大型摊铺机为控制离析在原理上进行的改进。根据粤赣高速公路应用大型摊铺机施工的沥青混凝土路面的检测资料,说明了应用大型改进型摊铺机进行沥青混凝土路面摊铺时控制离析的可行性,同时进行了单、双机摊铺工艺的经济性比较。

关键词: 沥青混凝土路面; 离析; 控制

沥青混凝土路面施工离析,使沥青混合料偏离最佳设计配合比,其力学性能和使用性能发生很大变化,以至于使路面薄弱点产生早期破坏,从而诱发路面大面积损坏。路面早期破坏很多时候是因为路

面材料离析而造成的,例如:路槽、车辙、结构松散、泛油。而离析是施工中最难控制的现象,它与材料、施工工艺,尤其是施工设备密切相关。解决路面离析问题,是很多路面工程师、机械工程师共同的希望,

收稿日期:2006-02-21

Finite Element Simulation of Temperature Field of Station Roadbed in Permafrost Regions of Qinghai-Xizang Plateau

ZOU Ze-xiong¹, LOU Yu²

(1. China Highway Planning and Design Institute (HPDI) Consultants, INC., Beijing 100010, China;

2. College of Water Conservancy & Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Railway embankment construction in permafrost regions will substantially disturb the heat and mass transfer balance between the ground surface and the atmosphere and cause redistribution of temperature field underneath. Trend of permafrost evolution can be deduced and stability of railway embankment can be evaluated according to distribution of temperature field underneath. On the basis of monitoring data, ANSYS is used to simulate temperature fields underneath. The computation results indicate that permafrost can be protected under the condition of adoption of enough height of roadbed and insulation protection. Whereas, the curve of artificial permafrost table in the roadbed and natural permafrost table in the ground that is not disturbed declines year by year. At the same time, difference of temperature field distribution between the sun-slope and the shade-slope will cause non-uniform deformation of roadbed and cracking on the surface.

Key words: Qinghai-Xizang Plateau; permafrost; station roadbed; temperature field

有必要全方位、系统地进行研究和分析。

理论上大功率摊铺机在原理和性能上具备控制离析的条件,但是在国内还缺乏实际应用的经验,更没有被相关规范^[1]和质量监督部门认可。目前的《公路工程质量检验评定标准》中,对离析又恰恰缺乏量化指标,路面施工质量关键的评定指标,往往是靠肉眼来判断,难免存在不精确问题。

进一步改进大功率摊铺机,从性能方面进行优化和实用化是解决离析问题的努力方向,同时,需要通过现场应用建立完善的配套控制工艺。另外,建立路面离析程度的量化标准和相应的简单适用的检测方法,也是控制路面离析需要做的工作。

1 沥青混凝土面层离析的分类和成因

沥青混凝土离析按外观形式分为条状离析和块状离析,有横向离析、纵向离析和竖向离析,有规则离析和不规则离析。产生离析的原因很多,例如地产材料控制不严,变异大,受石场加工能力不稳定影响;外购材料的变化,受场地堆料方式、堆料过高影响等。施工工艺和操作方式不当将产生严重的离析,停机待料、梯形摊铺速度差,搭接宽度控制不当,过快收斗和不及时碾压等均属于不合理工艺。不规则离析,往往是施工工艺造成的,而规则离析,大多是由于摊铺机的性能所决定的。

从近几年沥青混凝土路面施工的过程看,拌和楼和摊铺机质量的好坏为沥青混凝土路面离析的主要原因。摊铺离析目前在路面施工中是最难控制的,为此国内外均试图从摊铺机的改造入手,目前国外机型主要有 Super 2100-C (Vogle),ingersoll-rand ABG 525,国内也有同类产品,陕西中大公司研制了 DT1400 型大功率摊铺机,这些改进型设备为解决路面摊铺离析和提高平整度提供了可能。

2 摊铺机械控制离析原理

2.1 摊铺机械的缺陷

目前的摊铺机原理,对物料的输送和分布由通过刮板输送和螺旋分料器两个环节组成。刮板是一种平移式分层输料装置,对物料不会产生新的搅拌混合作用,因而对前几道工序产生的物料物理和温度离析不能改善。为此,近几年来兴起在摊铺机前加置物料转运车的工艺进行尝试,通过其保温、加热、搅拌等作用使混合料温度和物理离析得到有效改善。对摊铺机自身而言,改善离析和提高摊铺平整度

的作用,主要通过螺旋分料器的结构以及运动学参数设计来实现。

级配混合料(包括基础和面层)中的内摩擦力作用以及物料与输料螺旋之间的外摩擦力作用影响着螺旋的输料和二次搅拌(拌和机为一次搅拌)的效果,合理的摊铺机螺旋分料器应具有良好的搅拌物料的能力,使前期工序产生的物料离析得到有效改善,同时满足摊铺宽度上不同部位所需物料量,使平整度得到保证的综合功能。这就是螺旋分料器设计的最终要求,也是摊铺机提高性能的合理途径。

目前,多数小功率摊铺机的实际情况是,物料的内、外摩擦力作用造成大粒料容易被送往螺旋分料器两侧,摊铺宽度增大则离析加重。主要原因在于,其螺旋分料器工作参数设定存在缺陷,强调物料输料高度位于螺旋分料器中心上方叶片直径 2/3 处为宜,由于螺旋分料器内料位较低,需要较高的工作转速才能满足输料量(高达 100 r/min 左右,甚至更高)要求,在调整抛撒、快速推移运动中,不同粒径物料再次离析。这种思想的实质是沿用了传统的螺旋设计理论,即螺旋分料器的主要功能是均匀输料和布料,而未能赋予螺旋分料器二次搅拌功能以改善前期工序产生的物理和温度离析。

2.2 大功率摊铺机离析控制机理

大功率摊铺机(功率 160 kW 以上,最大摊铺宽度 16 m,最大摊铺厚度 500 mm)的设计理论就是,通过具有二次搅拌以改善离析与均匀输料和布料综合功能的抗离析、大生产率螺旋装置设计,辅以整机与螺旋驱动大功率配置,实现单机大宽幅、大厚度、抗离析一次成型摊铺作业,改善离析,改善双机并幅摊铺接缝离析。其主要特点为:增大螺旋输料能力,降低螺旋驱动转速,增加螺旋二次搅拌功能,减小螺旋起动工作的冲击和加速度使之平稳缓慢起动。

(1) 物料满埋螺旋工作。

这是增大输料能力,降低螺旋转速,增加二次搅拌作用,避免横向离析的关键,也是一种新理念。提高刮板和螺旋料位传感器料位控制点,是实现这一理念的外部形式,其内在实质是:加大螺旋的驱动转矩,并改变驱动器方案。改变常规摊铺机采用高速轴向柱塞马达加减速机的传动方案,直接采用低速径向柱塞大扭矩马达驱动,并且将常规摊铺机 700 ml/r 左右的马达等效排量增加到 1 300 ml/r,转矩和功率与 ABG-423 相比增加了一倍。物料满埋螺旋将转速降低到 80~90 r/min 或以下,有效防止

大颗粒物料随输送距离增大而运动加剧的横向离析,同时由于螺旋埋于物料底部而增加二次搅拌效果,改善前期工序产生的温度与物理离析。

低速大扭矩马达除可满足物料满埋螺旋需要更大驱动转矩的要求外,还由于这种马达具有起动效率高,带载起动能力强,起动平稳的优点,可以避免高速马达加减速机由于起动效率低,在频繁间断工况下产生的冲击起动现象,减小了物料的冲击推扬离析。物料满埋螺旋,增大输料量并增加螺旋驱动能力还为大厚度一次成型摊铺基础材料提供了可能性。

(2) 采用变径螺旋设计。

摊铺机的螺旋分料器是一种半开放式的结构,与通常的封闭式螺旋输料器将物料全部输送情况不同的是,它在分输料过程中一边卸料一边输料,最终将物料均匀地布送于熨平板的整个幅宽上。因此,不同位置的螺旋应有不同的输料能力,这要求螺旋分料器应有适应这一性能要求的不同升角或直径。变升角设计有制造困难、互换性差、且搅拌不均的缺陷,DT1400采用变径螺旋设计,螺旋自内向外直径逐渐减小,整体断面包络线呈梯形,考虑到制造的方便,可以近似为几种间断的直径结构。这样在分料工作中,可以达到全部螺旋满埋物料工作且搅拌强度一致的效果,除了有效防止横向离析外,还可保证不同宽度位置上摊铺物料的密实度一致、平整度一致。

(3) 增加整机功率匹配。

摊铺机在摊铺作业中,主要的功率消耗于螺旋驱动,特别当物料满埋螺旋,大宽度摊铺基础材料时,物料摩擦阻力矩增加,驱动螺旋会消耗整机功率的50%~60%,加之刮板、熨平板由于增加宽度而相应增加了功率消耗。发动机功率裕量配置,避免发动机因各种超载产生掉速现象,这种超载频繁地发生于螺旋起动、刮板发卡、料车倒撞等工况下,是摊铺机的特有工况。发动机掉速会影响摊铺机的正常工作,是产生离析、影响平整度的不良因素,也是普通摊铺机的通病。电喷柴油机符合严格的污染排放和噪声标准,也具有好的动力性能和控制特性,易于实现整机自动化。

(4) 防止竖向离析。

竖向离析指摊铺横向断面上,下部大粒料多而上部大粒料少的上下离析现象。竖向离析的原因是螺旋料槽上部大粒料沿开口处向下滚落,这一现象发生在螺旋前挡板离地间隙调节偏大且料槽中缺料的工况下,以及螺旋外端料槽前方的卸荷口处,由于

大粒料沿着螺旋前挡板的间隙和卸荷口处向下滚落,结果造成大粒料沉落于摊铺下层。

大功率摊铺机采用物料满埋螺旋设计,避免了料槽因缺料在螺旋与前挡板之间产生的粒料滚落斜坡;在前挡板下方加装了上下高度可调的前导板,根据摊铺厚度和材料不同适当调节离地间隙,同时前导板下部采用弹性橡胶板结构,可以将离地间隙调为最小且利用弹性板的外张效果减小螺旋的输料阻力;对螺旋外端处的卸荷口,同样采用弹性橡胶板的悬臂式结构,既防止大粒料向下滚落,又起到防止螺旋卡死而卸荷的作用,也避免了因螺旋卸料不畅顶起熨平板影响平整度的现象。

(5) 防止纵向离析。

纵向离析指摊铺层上出现的沿行车方向的条形离析带,主要产生于左右螺旋的中缝处,各自螺旋的过渡支撑处和双机并幅摊铺的接缝处^[3]。采用单机大宽幅摊铺,不存在双机并机摊铺时产生的300~600 mm的接缝。

由于螺旋驱动链轮箱的空间干涉,使左右螺旋在中缝处断开一定距离,这一断裂处的物料得不到螺旋强制挤压和搅拌,而仅依靠物料的自然流动来充填,摊铺后密实度很低且级配不均,形成一条明显的条形离析带。

改进型摊铺机在该断开处的左右螺旋上各加装一组角度可调的反向螺旋叶片,根据摊铺厚度和材料的变化来调节叶片数量和角度,使中缝处物料充填密实且均匀。

螺旋支撑处的离板带,主要由于支撑处螺旋输料不畅,破坏了物料沿螺旋在宽度方向上输送的均匀连续性,影响了该处的密实度和级配。

改进型摊铺机采用加大螺旋料槽前后方向的宽度,减小支撑处的结构尺寸,并使支撑结构呈圆弧过渡面,在支撑处的螺旋上加装圆角100°以上的过渡叶片等措施,有效解决了物料在支撑处的阻滞状况。

加大料槽前后尺寸,增加了料槽中物料的搅拌体积和空间,也是提高二次搅拌作用,改善温度和横向离析的措施。物料满埋螺旋工作也相对减小了支撑处的阻滞影响。

3 粤赣高速公路沥青混凝土路面摊铺离析控制试验

粤赣高速公路沥青混凝土路面摊铺使用的机械及其技术参数列入表1,25标、26标、29标,于2005年9月~10月间进行了摊铺试验^[1,2],大功率摊

铺机单幅宽11.5 m,分别进行了沥青混凝土下面层、中面层、上面层摊铺试验,通过用无核密度仪、激光构造纹理仪、砂铺法和渗水系数方法检测离析情况。

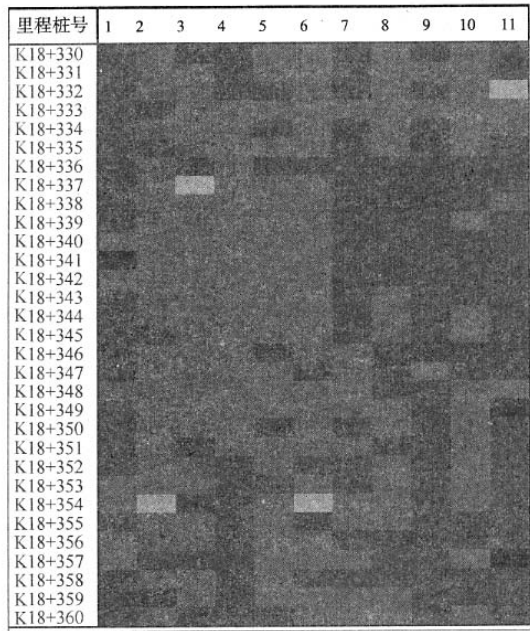
表1 粤赣高速公路主要大功率摊铺机参数

机 型	29 标, 德国 Super 2100-C	26 标, ingersoll-rand ABG525 型	25 标、29 标、 30 标,陕西中大 DT1400
功 率	160 kW	211 kW	220 kW
最大摊铺宽度	13 m	16 m	14 m
最大摊铺厚度	30 cm	50 cm	50 cm
最大摊铺速度	25 m/min	60 m/min	13.7 m/min
输料系统	无级调速和高度,可反向转动,低转速,大叶片, Φ480 mm		
接料斗	14 t	17.5 t	18 t
熨平板加热方式	电加热	丙烷气加热	电加热
机 重	28 t	31.5 t	35 t
造 价	400 万元	500 万元 (含关税)	360 万元

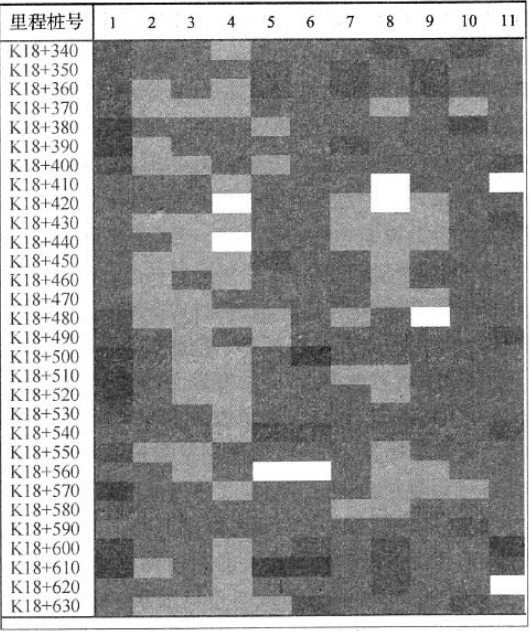
粤赣高速公路路面 25 标使用的设备是陕西中大公司生产的DT1400 型摊铺机,图1 为K18+330~630 段中面层试验段的检测结果,(a)为无核密度仪的检测结果,(b)为激光构造纹理仪的检测结果。示意图表明,大功率宽幅摊铺机的离析控制取得了理想的效果。

表2、3 为粤赣高速公路路面施工过程的检测数据,中面层完成后分别采用无核密度仪检测面层密度,用激光构造纹理仪检测表面构造深度,分别反映深层和表面的离析情况。

表 2 为离析无核密度检测结果表,检测长度 30 m,宽度11 m,划分单元341 个,属于轻微、无离析单元占 99.12%,严重离析单元不到1%。表3 为中面层离析激光构造纹理检测成果,检测长度290 m,宽度 11 m,划分单元 330 个,属于轻微、无离析单元占 93.33%,严重离析单元不到7%。



(a) 无核密度仪检测结果



(b) 激光纹理仪检测结果



图1 中面层摊铺离析控制试验成果示意

4 成本比较

成本比较以完成 1 km 路面面层(上、中、下)摊铺为标准,机械班组的基本参数列入表4,成本组成

情况如表5。施工过程的机械效率由拌和楼的效率控制,无论是双机作业还是单机作业,摊铺速度按照相同的标准计算。上、中、下3 层分3 次施工,双机工作

表 2 无核密度仪离析检测成果

离析类别	粗集料 严 重	粗集料 轻 微	无离析	细集料 轻 微	细集料 严 重
单元数量/个	3	156	177	5	0
百分比/%	0.88	45.75	51.91	1.47	0.00
		99.12			

施工成本是单机作业的 3 倍。成本比较结果,单机全幅摊铺的成本只为双机拼幅摊铺成本的 55.7%。可见,由于上述摊铺机均具有全幅摊铺的潜力,使用单

表 3 激光构造纹理仪离析检测成果

离析类别	粗集料 严 重	粗集料 轻 微	无离析	细集料 轻 微	细集料 严 重
单元数量/个	13	38	195	75	9
百分比/%	3.94	11.52	59.09	22.73	2.73
		93.33			

机全幅摊铺方式可以充分发挥机械的效率,在不降低施工质量的前提下大大节约了造价。

表 4 摊铺机械班组的基本参数

摊铺机型号	功率/kW	油耗/(升/h)	油料单价/(元/升)	租赁费/(元/月)	操作人员工资/(元/月)
TITAN423	133	20	3.96	160 000	3 000
TITAN525	211	25	3.96	220 000	3 000

表 5 摊铺机械完成 1 km 面层摊铺消耗的直接成本

摊铺方式	摊铺速度 m/min	上、中、下 3 层累计 摊铺长度/m	工作时间 h	人工时 个	油耗成本 元	租赁成本 元	人力成本 元	成本合计 元
TITAN423 双机	2.5	6 000	40	520	3 168	8 888	6 500	18 556
TITAN525 单机	2.5	3 000	20	180	1 980	6 111	2 250	10 341

5 结论

(1)粤赣高速公路路面摊铺试验成果表明,采用大功率宽幅摊铺机一次性完成单幅路面摊铺,可以达到很高的抗离析水平,较传统摊铺方法有明显改进,大功率摊铺机采取的一系列离析防治措施是有效的,结构是简单可靠的,为现代摊铺机设计提供了一种方法和思路。

(2)由于大功率摊铺机自重大、行驶平稳,单机宽幅摊铺面层可以提高路面整体平整度,通过中铁十二局和广东冠粤公司 2 家单位的施工路段比较,在惠河高速公路使用双机摊铺,在粤赣高速公路使用单机摊铺,材料级配相同,路面平整度检测结果均方差分别为,惠河高速公路 0.43、0.47,粤赣高速公路 0.57。

(3)减少双机并机接缝离析和螺旋支撑处离析,提高生产效率,大大降低施工成本,直接成本减少约 40%。

(4)规则离析大多是由于摊铺机的性能所决定

的,必须通过改进施工机具性能来解决。竖向离析过去未受重视或无解决方案,本试验对摊铺机的挡板进行了改进,增加弹性挡板后,表面的细集料明显减少,构造深度变大,检测得到的摩擦系数变大,较好地解决了竖向离析。

(5)摊铺机局部片状离析是由摊铺机前道工序的混合料供给不均等多种原因造成的,不是摊铺机本身能够控制的,相关配套工艺的控制水平也是至关重要的。

(6)无核密度仪、激光构造纹理仪检测方法,操作简单快捷,为离析控制水平提供了量化指标,为评价路面的施工质量建立了数字概念,具备可操作性。

参考文献:

[1] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
[2] JTJ 034—2000,公路路面基层施工技术规范[S].
[3] 姚怀新,等. 高等级公路摊铺工艺与摊铺机技术发展方向讨论[J]. 建设机械技术与管理,2005,(8)