

高速公路沥青路面接缝施工技术研究

张千一

无锡现代交建科技有限公司, 江苏 无锡 214000

[摘要] 沥青路面接缝处是高速公路工程中最薄弱的部分, 在铺筑时接缝处的质量对路面的整体平整度、密实度和防水性能以及后期的使用年限都有很大的影响。接缝处由于压实不好, 气温的变化或者粘结性差等原因容易出现离析、裂缝、剥落、渗水、高低差等情况, 导致了早期损坏的发生, 在此对纵向、横向接缝的特点进行总结归纳, 探讨不同类型的接缝技术特点和病害产生的原因及规律, 在材料方面提出了对沥青结合料的要求, 构建了配合比的设计方法, 工艺上区分了热接缝与冷接缝不同的控制措施并对界面处理方式、碾压频率、温度调控等做了统一规定, 在测试方面构建了平整度、密实度、渗水系数以及粘结强度的检测标准。优质的接缝处胶结质量以及材料弹性模量的一致性可以缓解面层裂缝的发生、保持良好的受力条件。在全过程的质量管理之下, 能有效的保证接缝施工的质量、延长路面使用年限。

[关键词] 高速公路; 沥青路面; 接缝施工

DOI: 10.33142/sca.v9i5.19745

中图分类号: U416.2

文献标识码: A

Research on Joint Construction Technology of Asphalt Pavement on Highways

ZHANG Qianyi

Wuxi Modern Communications Construction Technology Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu, 214000, China

Abstract: The joints of asphalt pavement are the weakest part in highway engineering. The quality of the joints during paving has a significant impact on the overall smoothness, compactness, waterproof performance, and later service life of the pavement. Due to poor compaction, temperature changes, or poor adhesion, the joints are prone to segregation, cracks, peeling, water seepage, and height differences, which can lead to early damage. This article summarizes and summarizes the characteristics of longitudinal and transverse joints, explores the technical features of different types of joints, and discusses the causes and laws of diseases. In terms of materials, requirements for asphalt binders are proposed, and a design method for mix proportions is constructed. Different control measures for hot and cold joints are distinguished in the process, and unified regulations are made for interface treatment, rolling frequency, temperature control, etc. In terms of testing, standards for flatness, compactness, water permeability coefficient, and bonding strength are constructed. High quality bonding quality at joints and consistency in material elastic modulus can alleviate the occurrence of surface cracks and maintain good stress conditions. Under the quality management of the entire process, it can effectively ensure the quality of joint construction and extend the service life of the road surface.

Keywords: highway; asphalt pavement; joint construction

引言

沥青路面已经成为现代公路工程中的主要构造物之一, 但是由于缝合处理一直是工程施工的一个技术难题, 在于纵向缝以及横向缝受摊铺停顿、温度变化的影响以及机械碾压限制等因素而导致路面强度降低的地方, 根据统计调研, 高速公路沥青面层早期病害中有 60% 以上与缝合有关, 缝合处的分层、裂缝、剥离、浸水、错台等问题不但使行车条件变差, 而且加剧了结构损坏程度, 加快了

大中修周期。近几年来新材料如改性沥青、灌缝胶等, 新工艺如梯队热接缝、3D 摊铺等的应用提高了接缝的质量, 同时无核密度仪、激光整平仪等仪器对施工过程进行监控也在一定程度上降低了接缝病害发生率。虽然通过现场环境复杂性、设备不同以及作业人员的经验等影响因素, 导致接缝的质量还是有一定的起伏。所以需要整理接缝形式以及病害特点, 改进材料及配比, 完善工艺控制, 制定检测评估办法等措施来提高接缝施工技术。

1 沥青路面接缝类型与病害特征分析

1.1 按施工方向分类：纵向接缝与横向接缝

纵向接缝即沿行车方向与道路中心线相平行的接缝，在两辆摊铺机梯队作业相邻段落之间以及半幅完成后铺装另一半幅之间的交界位置都会出现这种类型的接缝。纵向接缝的主要特点是剪切和弯拉为主，车辆荷载下接缝两边有竖直反相位移动容易产生纵向裂缝，在混合料温度急剧下降之后，新旧铺装边缘部位会出现弱粘结区，在此会产生横向裂缝。纵向接缝和横向接缝的设计方法与力学性质都有较大的区别。热接缝铺装要先摊铺好的部分混合料留出 10~20cm 宽度暂不进行碾压而作为后面摊铺部分的高度参考面。对于横向接缝必须垂直于道路的中心线，相邻两幅以及上下层间的横向接缝应相互错开至少 1m 的距离。

1.2 接缝典型病害特征：离析、开裂、松散、渗水、高差明显

接缝位置存在多种质量问题，主要特点如下五个方面：离析是最普遍发生在接缝附近的材料问题之一，即粗骨料和细骨料分布不均匀，在接缝附近粗骨料堆积而成空洞，细骨料堆积而成薄弱层；离析使接缝区域空隙度增大，降低了其强度。开裂分为纵向裂缝、横向裂缝两类。纵向裂缝通常沿着纵向接缝方向发展，裂缝宽度由细如发丝到几毫米不等；横向裂缝是沿着与道路纵轴相垂直的方向出现，有规则或者无序分布。裂缝是地下水进入路面结构内部的途径，从而加快了路面的老化进程。松散是指接缝位置的集料脱落，骨料外露的现象，严重的会出现坑洞现象。该病害的发生与混合料粘结力低下、压实度小以及沥青的老化紧密相关。渗水是接缝质量问题的汇总体现。接缝的存在使沥青混凝土摊铺上面层的最大拉应力增加，在渗水系数的路段，遇上下雨天会发生水损病害等问题。高低落差大指接缝两边路面标高差异大，有明显的台阶跳跃改变，轻微会造成车辆行驶颠簸感，严重的还会导致跳车，加大了接缝部位的冲击应力作用。

1.3 基于病害类型的成因机理分析

接缝病害形成的原因可以从材料、方法、环境以及荷

载四个方面进行归类。材料因素是导致接缝产生病害的根本原因，沥青结合料含量过低或者老化、集料粒径分布不合理、嵌缝料与基层模量差异较大都会造成接缝处粘结力下降，裂缝扩展等。而当接缝材料弹性模量和预制下层材料弹性模量相近的情况下，接缝与预制下层接触面的最大拉应力值也会相对较小；工艺因素是导致接缝病害的直接因素之一，接缝边缘清洁不到位，残存的松散颗粒或者其他物质阻碍了沥青胶结料之间的粘连；接缝切割不规则，新旧铺装层存在偏移现象；粘贴粘层沥青时涂抹不均匀以及用量不够减少粘接力；接缝碾压过程中的方法不当造成的接缝部位未被充分压实；混合料温度低导致热接缝缺少热黏结性能。环境因素主要是由于温度波动造成的热胀冷缩现象。在低温情况下，接缝材料变脆，容易出现收缩应力产生裂纹；高温下材料蠕变变形叠加产生车辙，接缝变形同步度不高。荷载因素为路用病害发生发展的外因。车辆重载导致接缝部位应力集中更严重，更容易产生疲劳损伤情况，当裂缝宽度大于 3mm 时，水分渗透及二次开裂的概率大大提高。

2 接缝施工关键材料与配合比设计

2.1 沥青结合料性能要求

沥青混合料的性质对搭接接缝的粘结强度以及低温柔韧性还有高温稳定性有影响。进行搭接接缝施工时使用的沥青结合料需符合以下标准：针入度为 60~80(0.1mm)，保证施工环境下的流动性；软化点大于等于 80℃，兼顾高温抗变形和低温施工性；5℃延度不小于 30cm，保证低温抗裂性。低温环境中使用热熔改良沥青粘接力最大，在常温或者高温环境中使用贴缝带搭接结构粘接力最大。要依据施工时间和气温情况选用不同的填缝材料，低温时候采用热熔改良沥青，而常温或者是高温条件下则使用贴缝带结构。

2.2 配合比优化设计方法

配合比设计是接缝施工质量控制的基础。通过对矿料级配的选择以及油石比的最佳选择使得混合料具有比较理想的压实性、防水性与耐久性，在接缝处混合料要有较

表 1 接缝混合料配合比优化试验方案

方案编号	油石比 (%)	空隙率 (%)	稳定度 (kN)	流值 (0.1mm)	矿料间隙率 (%)	是否满足规范
S-1	4.6	4.5	11.2	28.5	14.2	否—空隙率偏高
S-2	4.8	4.2	12.5	32.0	13.8	是
S-3	5.0	3.8	13.8	34.5	13.5	是
S-4	5.2	3.5	13.2	36.0	13.2	否—流值超限
S-5	5.4	3.2	12.0	38.5	12.8	否—稳定度不足

好的工作性和较高的密实度以及良好的防水性。配合比设计中采用了马歇尔试验的方法,选择了3~5种不同的油石比来分别进行试验,检测其毛体积密度、稳定度、流值、空隙率以及矿料间隙等各项参数,综合分析出最佳的油石比。

从表一可以看出,S-2、S-3几种方案均符合标准规定,其中S-3方案用5.0%油石比取得最大的稳定度13.8kN,空隙率为3.8%在合理范围内。建议选用S-3方案做缝施工配合比,在考虑具体施工环境的同时可以对油石比作一定的调整。夏季施工时油石比可减少0.1%~0.2%,冬季施工油石比可增加。

3 接缝施工关键工艺控制技术

3.1 纵向接缝施工工艺:热接缝与冷接缝差异化控制

纵向接缝按施工方法分为热接缝与冷接缝两种,二者的工艺要求和质量标准有很大不同。热接缝适合两台摊铺机梯队式的施工方法。施工过程中两台摊铺机前后相距4~6m,首先铺设摊铺带留出10~20cm宽度暂不碾压,作为后铺摊铺带的高程基准面;后铺混合料摊铺完之后马上开始碾压工作。纵缝要在后铺的部分摊铺完毕之后马上进行碾压,压路机会有大部分都压在已经先铺并且碾压过的路面上,只有10~15cm宽度在新铺设的道路表面上,然后继续向前慢慢推进跨越缝碾压来消除接缝的现象。上下层纵缝要错开15cm以上,表层纵缝要顺直并位于车道标线处。冷接缝适合于半幅施工或者旧路拓宽改建路段,在铺筑另一半幅之前需要把已经铺好的路面接缝处边沿切齐、清除松动的小石子等杂物、洒布粘结剂。摊铺时新拌料宜重叠已在下层上的5~10cm,用人工铲除多余部分刮平。压实过程中压路机首先在已成型路段上前进,以10~15cm的宽度进行新层的碾压然后再逐渐过渡到完全覆盖旧缝处进行碾压,直到密实为止。

3.2 横向接缝施工流程与成形方法

横缝工序为摊铺机停止作业时的临时横缝及次日复工时的对茬横缝两部分组成,在摊铺机停止作业后,摊铺机停止在预定位置停车,提起熨平板,工人用铁锹将末端混合料整理平整;待混合料冷却到可以进行裁边的程度时,沿预设的横缝切割线进行切割,并将混合料末端的不规则部分削掉,喷洒隔离剂避免粘轮。次日开始工作时,则需要对缝进行清理、裁剪面保持垂直水平,均匀喷洒粘层沥青后就位摊铺机进行摊铺,熨平板前端与接缝面平齐,人工耙平后的新旧沥青路面衔接处要平顺密实紧密。缝处要扫干净并整齐,边缘刷粘料沥青,在其压实后以烫平铁烫平,然后再于缝口刷一层粘料沥青,撒石粉封闭,防止漏水。

3.3 接缝界面切割、清理与涂刷工艺

面层处治是缝处理的重要步骤,它的质量直接决定了新老铺层间的黏结情况,在凿槽过程中要求切缝平整光滑无锯齿形及倾斜现象,横向缝的切缝线同路面中心线成直角,误差不超过 $\pm 2\text{mm}$,切缝达到穿透整个铺层面的程度,切缝完毕之后去除残留松散混料。清扫工作用吹风机加钢丝刷的方法进行作业,保证切缝表面干净无浮灰、无污渍、无碎屑等杂物。冷缝还需除去旧铺层边缘沥青膜,使新鲜裸露碎石暴露在外,以便粘接力更好。涂刷工作选用改性乳化沥青或者热沥青做粘结剂,在每平米上下0.5~1.0kg左右即可。涂布要一致不间断不能有遗漏或者堆积的现象,在涂布之后必须让其破乳或者冷却之后才可以进行新混合料的铺设。灌缝料和热熔改性沥青是新式的接缝材料,有着良好的力学强度,而最好的就是高弹性改性沥青,使用量为4~5kg/m²。

3.4 碾压组合方式与温度控制策略

接缝处碾压采取初压、复压、终压三阶段分段碾压的方式,即初压紧跟摊铺机后进行,在摊铺机后面用双钢轮压路机静压两遍,速度要控制在1.5~2.0km/h;复压采用胶轮压路机碾压四到六遍,速度为2.0~3.0km/h,终压再采用双钢轮压路机收迹一遍或者两遍,消除轮迹^[1]。纵向接缝碾压采取跨越接缝碾压法,压路机先沿着接缝的方向压新铺的一边约10~15cm,逐步向旧铺的一边推开,每次重叠20cm,最后跨缝碾压完成。横向接缝碾压是从下层向上面一层进行,压路机沿接缝横向走动,每次碾压重叠接缝线10cm。温度控制是取得好的压实效果的一个重要因素。在摊铺平整度标准偏差小于1.5mm的情况下使用梯形摊铺,两台摊铺机之间的距离为4~6m联合作业。初压温度至少达到145℃以上,复压温度至少为120℃以上,终压温度不少于80℃,冬季低温条件下施工时,应适当提升混合料生产出库温度10~15℃,加快运料速度并做好覆盖保温工作等。

4 接缝施工质量检测与病害防治技术

4.1 接缝平整度与高差检测

平整度为主要的衡量接缝施工质量的标准,用3m直尺进行检验,在接缝上面跨越直尺,测量直尺底部至路面的最大高差^[2]。规范规定纵缝平整度的最大高差不超过3mm,横缝最大不超过2mm。每300m至少检查三次,每次检测三个横截面取最大值。高差检测使用精密水准仪或者电子水平仪来测量接缝两边各50cm处的高程差,允许误差为 $\pm 2\text{mm}$,抽验频次为每500m不少于五处。通过现场质量检查发现铣刨重铺之后接缝部位的最大高差可

控制在 0.5~3mm 之间,使用 3D 摊铺控制系统可以达到 5mm 级别铺设精度。

4.2 接缝密实度与渗水性能评价

密实度检查使用钻芯取样法或者无损检测法。在进行钻芯取样时,芯样直径不得小于 100mm,在取样点跨缝布置,在每 1000m 不少于 2 个芯样^[3],密度不得低于理论密度的最大值的 92%,亦或是马歇尔密度值的 98%。而压实度检测可选用的方法有核子密度仪法、砂锥法、取芯法等,其中取芯法测得最准确。渗水性能检验用的是路面渗水仪,在接缝的位置放置好渗水仪后用密封材料密封边缘,然后注入一定量的水,在三分钟内测量出渗出的数量,高速公路沥青路面的渗水系数不超过 120mL/min (面层)、150mL/min (中下面层)。对于渗水量过大的缝隙要打孔查明渗漏水方向并对其进行注浆封闭或者热再生修复。

4.3 接缝粘结强度与界面完整性检测

接缝内沥青混凝土的粘结性关系到整个路基的完整性和持久性。随着温度的升高,接缝组合结构粘结强度迅速降低,不同接缝材料间的粘结强度变化不大,在高温条件下粘结性能上的差异不再突出,所以在夏季高温时段进行接缝施工时要注意粘接的质量问题。接缝粘结程度可以通过测试来确定,主要有现场剪切试验以及拉拔试验,剪切试验用来检查的是接缝表面抵抗横向剪切的能力,而拉拔试验是用来测量其抵抗垂直方向拉扯能力的。剪切试验是在室温条件下的 20℃±2℃下进行并以 50mm/min 的速度加载;拉拔试验同样是在 20℃±2℃条件下进行,但是加载速度为 200mm/min;粘结强度不应小于 0.15MPa,界面完整度检查利用了超声波的方法或者冲击回波的方式。从波速的变化以及反射特性来判定接缝处是否存在脱空、松散或者不连续的情况,记录好裂缝的宽度大小、深度、

走向等信息作为档案储存起来形成病害库。在检测过程中如果遇到问题应该增加监测点并钻孔取样证实,确认缺陷大小之后进行修复处理。

5 结语

高速公路沥青面层接缝施工技术是决定路面质量和使用寿命的重要因素,通过对接缝形式的研究得到了纵、横接缝受力情况以及离析、开裂、松散、渗水、高差等病害产生机理的认识,在材料上提出沥青结合料性能指标及混合料设计方法,在施工过程中制定了热冷接缝区分性措施、界面处理及压实温度措施,在质量检验方面建立了平整度、密实度、渗水及粘结强度的综合评定标准。提高接缝处的粘附能力,采用与基层相同或相近弹性模量的塞料,可有效减少表面出现裂缝的概率,在具体项目的实施当中,要根据当地天气状态和车辆荷载大小的变化而适时调节各项施工参数。对于接缝施工的质量管理应建立从原材料到检验的全方位管理闭环,推行开槽、清缝、灌封标准化操作。而未来在智能化摊铺、无损检测以及新材料等方面的运用将会提高接缝施工技术的水平,给交通运输基础设施的高质量发展打下基础。

[参考文献]

- [1]曾渝.高速公路沥青路面病害检测及铣刨重铺养护处理分析[J].工程技术研究,2024,9(9):40-42.
- [2]刘刚,钱振东,陈磊磊,等.装配式桥面沥青混凝土铺装结构体系及其接缝构造优化[J].中国公路学报,2025,38(9):124-133.
- [3]何晓丽.公路沥青路面接缝施工处理技术分析[J].运输经理世界,2023(12):53-55.

作者简介:张千一(1999—),男,毕业于扬州大学土木工程专业,现就职于无锡现代交建科技有限公司,技术员,助理工程师。