

沥青混合料试验检测技术在公路工程中的应用

● 张海艳



[摘要] 本文系统研究了沥青混合料试验检测技术在公路工程中的应用。通过分析沥青混合料的组成特性,详细阐述了混合料配合比设计方法、高温性能检测、水稳定性检测,以及低温性能检测等关键技术。研究表明,合理的试验检测方法对于评价和改善沥青混合料的路用性能具有重要意义。通过马歇尔试验确定最佳油石比,采用车辙试验评价高温稳定性,利用浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验评估水稳定性,运用低温弯曲试验检测抗裂性能,可全面掌握沥青混合料的性能指标。研究结果可为公路工程施工质量控制提供重要参考。

[关键词] 公路工程;沥青混合料;试验检测;性能评价;质量控制

沥青混合料是公路工程中最常用的路面材料之一,其性能直接影响道路使用寿命和行车安全。为确保路面工程质量,需要通过科学的试验检测手段,对沥青混合料的各项性能进行评价。近年来,国内外学者对沥青混合料试验检测技术进行了大量研究,开发了多种检测方法和评价指标。然而,由于缺乏系统性的研究,试验检测技术在实际应用中仍存在一定局限性。本文旨在通过系统研究沥青混合料试验检测技术,为提高公路工程质量提供技术支持。

Q 沥青混合料的组成与特性

(一)原材料组成

沥青混合料的性能和耐久性在很大程度上取决于其原材料的质量和配比。作为路面结构的重要组成部分,沥青混合料主要由沥青、集料和矿粉三种材料组成,每种材料都有其独特的功能和性能要求。沥青作为黏结材料,是混合料中的关键组成部分,其性能直接决定了路面的服务性能。本研究选用70号基质沥青,其技术指标符合公路工程施工要求:针入度保持在63~70(0.1mm)范围内,确保了适中的硬度;软化点不低于46℃,保证了良好的高温稳定性;延度大于等于100cm,提供了必要的变形能力。集料是混合料的骨架,选用玄武岩碎石是基于其优异的物理力学性能,具有较高的强度和耐磨性,其压碎值不超过26%,表明了良好的抗压性能,针片状颗粒含量控制在15%以下,则确保了集料骨架的稳定性。矿粉是混合料中的填充材料,选用石灰岩粉不仅因为其适中的密度(2.70g/cm³),更重要的是其良好的稳定性,含水量控制在1%以下和亲水系数不超过1的

指标要求,可以有效预防水损害,提高混合料的水稳定性。这三种材料的科学配合,为沥青混合料提供了可靠的性能保障。

(二)混合料性能要求

沥青混合料作为公路工程中的关键材料,需要在复杂多变的环境条件和交通荷载作用下保持良好的使用性能。其中,高温稳定性、水稳定性和低温抗裂性,构成了评价沥青混合料性能的三大核心指标。在高温环境下,沥青材料会发生软化,导致路面产生车辙和推移变形。因此,混合料必须具备足够的抗变形能力和剪切强度,以承受重载车辆的反复碾压。在雨雪天气中,水分会破坏沥青与集料间的粘结,引起剥落和坑槽,这就要求混合料具有优异的水稳定性,能够抵抗水分侵蚀和冻融循环的破坏作用。在寒冷地区或冬季,低温会导致沥青变脆,路面容易出现横向和纵向裂缝。因此,混合料需要保持适度的柔韧性和变形能力,以适应温度应力的变化。这些性能指标通过标准化的试验方法进行评价,包括车辙试验、浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验和低温弯曲试验等,为确保沥青混合料质量提供了科学依据。只有同时满足这些性能要求,沥青混合料才能确保路面的长期使用性能和行车安全。

Q 混合料配合比设计

(一)矿料级配设计

矿料级配设计是沥青混合料配合比设计中最为关键的环节,直接影响混合料的空隙率、强度和耐久性。本研究选用密级配型AC-13沥青混合料,这种类型的混合料具有良

好的整体性和较高的抗变形能力。在级配设计过程中,需要通过合理配置不同粒径的集料,使其形成稳定的骨架结构。通过仔细的试验筛分,获得了一组优化的矿料级配:13.2mm 筛孔通过率达到 95.8%,确保了混合料最大粒径的控制;9.5mm 筛孔通过率为 76.2%,为骨架结构提供了主要支撑;4.75mm 筛孔通过率控制在 53.5%,保证了中粒料含量的合理分布;2.36mm 筛孔通过率为 37.8%,提供了良好的嵌挤作用;0.075mm 筛孔通过率维持在 6.2%的水平,既能填充骨料间隙,又不会造成过分填充。这种级配设计不仅满足了规范要求,更重要的是在实际应用中表现出优异的工作性能:较小的空隙率提高了混合料的密实度,合理的骨架结构增强了抗变形能力,适量的细集料则确保了足够的工作性,最终形成了一个性能均衡、结构稳定的沥青混合料体系。

(二)最佳油石比确定

本研究采用马歇尔试验法进行油石比设计,这种方法通过模拟实际路面荷载条件,可以全面评价混合料的各项性能指标。试验在 60℃的标准温度下进行,这一温度设定模拟了我国夏季路面的典型工作环境。每个试件在成型过程中进行两面各 75 次的击实,这种击实度能够较好地反映实际路面施工的压实效果。

为了准确确定最佳油石比,本研究选取了一组递增的油石比序列:4.3%、4.6%、4.9%、5.2%、5.5%,间隔设置为 0.3%,这种梯度设计可以清晰地反映各项性能指标随油石比变化的趋势。通过对试件进行系统的性能测试,重点考察了空隙率、饱和度、稳定度三个关键指标。经过综合分析,确定 4.9%为最佳油石比,在该比例下混合料展现出最佳的综合性能:空隙率为 4.2%,处于规范推荐的 4%~6%范围内,既能保证足够的压实度,又能为沥青提供必要的存储空间;饱和度达到 72%,表明沥青对集料的包裹程度适中;稳定度值为 8.5kN,显示出良好的承载能力和变形抵抗性。这些指标的有机统一,为混合料的实际应用提供了可靠保障。如表 1 所示。

表 1 不同油石比下的马歇尔试验结果

油石比 (%)	密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	饱和度 (%)	稳定度 (kN)	流值 (mm)
4.3	2.412	5.8	65.2	7.8	2.8
4.6	2.425	4.9	68.5	8.2	3.1
4.9	2.438	4.2	72.0	8.5	3.3
5.2	2.432	3.8	45.6	8.1	3.6
5.5	2.425	3.5	78.9	7.6	3.9

Q 性能检测方法 with 评价

(一)高温性能检测

高温稳定性是评价沥青混合料路用性能的重要指标,尤其在我国夏季气温较高的地区显得尤为关键。本研究采用车辙试验作为评价方法,该方法能够模拟实际道路上车辆荷载对路面的反复作用。试验在标准温度 60℃下进行,这一温度设定反映了沥青路面在炎热天气下的极端工作环境。试验采用 0.7MPa 的车轮压力,这一压力值模拟了重载车辆对路面的实际作用效果。在 60 分钟的试验过程中,通过精密的位移传感器实时记录试件的变形过程。试验结果显示,混合料的动稳定度达到 2850 次/mm,远高于规范要求的 2400 次/mm,表明混合料具有优异的抗变形能力。值得注意的是,试验过程中观察到变形发展呈现出典型的三阶段特征:初期快速变形阶段、中期稳定变形阶段和后期趋于平稳阶段。这种变形特征表明,在最佳油石比条件下,混合料的内部结构稳定,骨料嵌挤作用良好,沥青材料的黏结性能充分发挥,共同构建了一个具有较强抗变形能力的整体结构。

(二)水稳定性检测

沥青混合料的水稳定性直接关系到路面的使用寿命和耐久性。本研究采用浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验两种互补的方法进行评价,以全面反映混合料的抗水损害能力。浸水马歇尔试验模拟了雨季环境下混合料的性能变化,试验过程包括标准温度(60℃)下的短期浸水(48 小时)和长期浸水(96 小时)两个阶段。试验结果表明,混合料的残留稳定度达到 89.5%,显著高于规范要求的 80%的限值,说明混合料在长期水浸条件下仍能保持较好的结构完整性。冻融劈裂试验则进一步模拟了寒冷地区冬季冻融循环对混合料的破坏作用,试验经过-18℃到 25℃的温度循环,更好地反映了实际服役环境。测得的抗拉强度比(TSR)为 83.6%,表明混合料具有良好的抗冻融循环能力。通过扫描电镜技术对试件界面进行微观分析,发现沥青与集料之间形成了致密的结合层,没有出现明显的剥离现象,这种稳定的界面结构是混合料具有优异水稳定性的微观机理解释。

(三)低温性能检测

在寒冷地区或冬季条件下,低温开裂是沥青路面最常见的病害之一。本研究采用低温弯曲试验评价混合料的低温抗裂性能,这种方法可以很好地模拟路面在低温环境下的应力状态。试验温度设定为-10℃,这一温度点是通过分析当地历史气温数据确定的;加载速率控制在 50mm/min,既考虑了实际交通荷载作用速度,又确保了试验数据的准确性。试验测得的最大弯拉应变达到 3850μ ϵ ,远超规范要求的 2800μ ϵ 下限,表明混合料具有良好的变形适应能力;弯曲应力为 8.9MPa,高于 6.0MPa 的规范要求,说明混合料具备足够的抗弯强度。通过对试件断口进行详细观察和分析,发现断裂表面呈现出典型的韧性断裂特征,既有集料的

撕裂痕迹,也有沥青膜的延展特征,这种复合型断裂模式表明混合料在低温条件下保持了良好的韧性,不会发生脆性断裂。同时,试验过程中记录的荷载一位移曲线呈现出先缓慢上升后快速下降的特征,这种变形特征也印证了混合料具有良好的低温变形能力。

Q 工程应用与质量控制

(一) 施工质量控制

沥青混合料的施工质量控制需要建立全过程、多层次的质量监控体系。在生产阶段,首要任务是确保原材料质量满足规范要求,包括对沥青的针入度、软化点、延度等指标进行严格检验,确保集料的级配、压碎值、针片状含量等性能指标符合标准。矿料级配的控制尤为重要,需要通过冷料仓的精确计量和热料仓的温度监控,确保各档集料的比例准确,避免级配离析现象的发生。

沥青用量的控制直接关系到混合料的路用性能,必须通过高精度计量设备严格控制沥青的添加量,确保其与设计配合比的偏差控制在 $\pm 0.2\%$ 以内。拌和温度的控制同样至关重要,温度过高会导致沥青老化加剧,温度过低则会影响混合料的均匀性和工作性。因此,要求沥青的加热温度控制在 $160^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内,矿料的加热温度不得超过 200°C 。

在施工环节,摊铺温度的控制是保证施工质量的重要因素。根据气温、运距等因素,合理确定混合料出厂温度,通常要求摊铺温度不低于 135°C 。压实度是路面使用性能的重要保证,需要通过科学的压实工艺,确保压实度达到规范要求的98%以上。现场质量控制还包括对摊铺厚度、平整度、横坡等几何指标的控制,以及对成品路面的取芯检测。通过建立完善的检测制度,对每个施工环节进行抽检,及时发现和解决施工过程中的质量问题,从而确保工程质量满足设计要求。

(二) 性能检测频率

合理的检测频率既要确保能够及时发现和处理质量问题,又要考虑检测成本和工程进度的平衡。检测计划的制定需要充分考虑工程规模、施工环境、气候条件等多重因素的影响。

马歇尔试验作为最基础的检测手段,其频率设定为每生产500t混合料进行一次检测。这一频率是建立在大量工程实践基础上的经验值,能够很好地监控混合料的基本性能指标。通过检测混合料的稳定度、流值、空隙率等关键参数,可以及时发现生产过程中的质量波动。当发现指标异常时,需要立即分析原因并进行必要的工艺调整。

车辙试验是评价混合料高温稳定性的关键手段,每

1000t进行一次检测的频率设定充分考虑了试验的复杂性和时间成本。这种检测密度在常规施工条件下能够满足质量控制需求。但在特殊气候条件下,如炎热天气,可能需要适当加密检测频率,以预防高温导致的质量问题。

水稳定性和低温性能检测由于其试验过程复杂、周期较长的特点,通常采用每2000t检测一次的频率。这两项指标在原材料和生产工艺稳定的情况下,不会出现剧烈波动。但在雨季施工或者寒冷地区,同样需要根据实际情况适当调整检测频率,确保路面性能满足使用要求。除了常规检测外,在特殊情况下还需要增加检测频率。例如,当原材料来源发生变化、生产配方需要调整,或者气候条件出现显著变化时,都需要加密检测频率。同时,建立检测数据的动态分析机制,通过统计分析方法,及时掌握质量变化趋势,为生产过程的调控提供科学依据。这种基于数据的质量控制方式,能够实现对混合料性能的全面监控,最终确保工程质量的稳定性和可靠性。

Q 结束语

沥青混合料试验检测技术是保证公路工程质量的重要手段。通过系统的材料选择、科学的配合比设计和全面的性能评价,可以确保沥青混合料满足工程使用要求。本研究深入探讨了高温稳定性、水稳定性和低温性能三个关键指标的检测方法,建立了完善的质量控制体系。研究表明,只有在生产和施工全过程中严格执行各项检测标准,才能确保工程质量。未来,随着检测技术的不断进步和评价指标体系的持续完善,沥青混合料的性能将得到进一步提升,为我国公路建设事业的发展提供更可靠的技术支撑。在工程实践中,应继续加强检测技术的创新和应用,不断提高路面工程的整体质量和使用寿命。

Q 参考文献

- [1] 王晓剑. 路用沥青混合料试验检测技术分析探究[J]. 科技资讯, 2022, 20(21): 83-86.
- [2] 覃立锋. 高速公路工程中沥青混合料的试验检测技术[J]. 大众科技, 2022, 24(09): 35-37.
- [3] 李树生. 公路工程中沥青混合料的试验检测技术[J]. 四川建材, 2022, 48(08): 35-36, 53.
- [4] 李欣峰. 路桥施工中沥青混合料试验检测技术[J]. 四川建材, 2022, 48(03): 96-97.

作者简介:

张海艳(1989—),女,汉族,山东菏泽人,本科,助理工程师,山东菏泽通达交通工程监理有限公司,研究方向:道路桥梁检测与施工。