

公路工程沥青混合料试验检测技术与质量控制研究

张宝仓

新疆北新科技创新咨询有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 沥青混凝土是道路工程的重要基础材料之一，其质量状况直接影响着整个路基的质量水平以及使用寿命。从原材料检测、配合比设计、使用性能检验以及施工过程中的质量把控四个方面形成了一个完整的质量管理体系。水稳定性是衡量沥青混合料抵抗水分侵蚀能力的一个重要参数。文中采用不同的孔隙率来研究沥青混合料在浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验等不同水稳性的检测方式下，对比分析各种水稳性的试验方法，在评定沥青混合料的水稳性方面的优缺点。采用马歇尔试验、荷载板试验、低温弯曲试验等检测手段分别对应高温稳定性、抗裂性、水稳定性等方面构建起系统的评定框架。沥青混合料试验检测技术能够让工程师技术人员深入掌握沥青混合料原材料性质以及性能状况，并为其配合比的选择和铺筑施工参数的选择提供了重要参考。铺筑过程中的质量管控主要包括拌和温度管理、运输时防止离析、摊铺均匀性的保证还有碾压密实性的达标等几个重要方面。通过研究能量转换原理以及多温态评定法的应用研究，对无损检测技术的应用，也给提高沥青路面工程的质量起到了一定的技术支持作用。

[关键词] 沥青混合料；试验检测；质量控制

DOI: 10.33142/ec.v9i6.19834

中图分类号: U416

文献标识码: A

Research on Testing Technology and Quality Control of Asphalt Mixture in Highway Engineering

ZHANG Baocang

Xinjiang Beixin Science and Technology Innovation Consulting Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Asphalt concrete is one of the important basic materials in road engineering, and its quality directly affects the quality level and service life of the entire roadbed. A complete quality management system has been formed from four aspects: raw material testing, mix design, performance testing, and quality control during the construction process. Water stability is an important parameter used to measure the ability of asphalt mixtures to resist moisture erosion. The article uses different porosity rates to study the water stability of asphalt mixtures under different water stability testing methods such as immersion Marshall test and freeze-thaw splitting test. Various water stability testing methods are compared and analyzed to evaluate the advantages and disadvantages of evaluating the water stability of asphalt mixtures. A systematic evaluation framework is constructed by using Marshall test, load plate test, low-temperature bending test and other testing methods to correspond to high-temperature stability, crack resistance, water stability and other aspects. The testing technology for asphalt mixture can enable engineers and technicians to have a deep understanding of the properties and performance of asphalt mixture raw materials, and provide important references for the selection of mix proportions and paving construction parameters. The quality control during the paving process mainly includes several important aspects such as mixing temperature management, prevention of segregation during transportation, guarantee of paving uniformity, and compliance with compaction standards. By studying the principle of energy conversion and the application of multi temperature evaluation method, the research on the application of non-destructive testing technology has also played a certain technical support role in improving the quality of asphalt pavement engineering.

Keywords: asphalt mixture; experimental testing; quality control

引言

沥青路面是我国高等级公路常用的路面结构形式,公路建设的质量关系到人们安全便捷的出行。而沥青混合料作为路面结构的重要原材料,它的性质好坏决定了路面的高温稳定性和低温抗裂性等特性指标的好坏,但是通车使用的一年多时间内沥青路面依然存在水损坏、车辙、裂缝等问题,这与其使用的沥青混合料的试验检验技术和施工质量管理息息相关。我国现行已经通车一年以上的高速公路均出现了不同程度的水损坏情况,水损坏的表现有坑洞、网裂、唧浆以及严重的辙槽。这一现状表明了对沥青混合料试验检测及质量管理的研究需要进一步加强。沥青混合料的质量管理是一项复杂的系统性工作,在原材料进场时进行物理性能检验,在配合比选取方面进行合理化确定,在施工过程中实施有效的监督等,都要有严谨的试验检测手段来保障。近几十年来,沥青混合料试验检测技术也在与时俱进地发展,由最初的马歇尔试验发展到现在车辙试验、冻融劈裂试验以及室内检测、现场无损检测,检测方式越来越多样化了,检测精度也越来越高了。另外,现在引入了表面能理论、多温度条件下评定法等相关的新理念也使得我们能够更加客观地评估沥青混合料的质量。试验检测技术朝着自动化、准确化以及无损型发展,利用探地雷达、红外热成像等仪器就可以对沥青路面内部结构进行实时观测而不破坏路面结构。上述的技术革新都为提高公路工程质量打下了良好基础。本文就沥青混合料的试验检测技术和质量控制作了系统的探讨,在原材料检测、配合比设计、路用性能评价以及施工过程控制等方面进行了详细论述,以供公路工程建设时参考使用。

1 沥青混合料工程特性与技术标准

沥青混合料是由沥青结合料、矿质集料、矿粉以及外加剂按照一定的比例拌合得到的一种混合物。依据矿质集料级配的不同可以分为连续级配以及间断级配两类;依据空隙率的高低则有密实级配、开级配以及半开级配之分;依据生产方式不同则分为热拌沥青混合料与温拌沥青混合料两大类。沥青混合料的使用性能主要有:高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性和抗疲劳性能以及抗滑性能等几方面。高温稳定性是指混合料在温度升高时抵抗产生永久性变形的能力。低温抗裂性是用来衡量混合料抵抗由于降温造成的温度应力而产生裂缝的程度。水稳定性用来检测沥青混合料之间相互粘附力的情况以及其抵抗因水渗入所导致破坏的能力。而这些指标之间又互相联系制约,在进行配合比设计时,就需要在这几方面寻找最优解,我国目

前的《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40)、《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20)中对沥青混合料的技术性能、检测方法,以及质量评估等方面进行了规定。这一系列的标准规范规定了统一检测方式,也为各区域之间以及不同类型工程项目之间的比较提供了参照。这是我国高速公路沥青混合料质量控制的重要指导方针。

2 沥青混合料原材料试验检测技术

2.1 沥青材料性能检测

沥青是粘结剂,决定了混合料的质量好坏;针入度试样用来观察沥青的稠度,体现沥青的标准状态下的硬度大小,针入度数值越低代表沥青质地相对较硬,在高温情况下抗车辙效果较好,但在低温时容易开裂;延度试样用来测试沥青的塑性变形性能,与低温抗裂情况有密切关系,10℃或者 15℃延度数值越大,沥青在低温下防止开裂的效果就越好;软化点实验用来判断沥青的耐热性,也就是抗高温的能力,软化点数值越高说明沥青的高温性能越好,但是施工时的可操作性就会下降。另外,旋转薄膜烘箱试验(RTFOT)及压力老化罐试验(PAV)来模拟沥青短期老化、长期老化的过程,在一定程度上能够检测出沥青的抗老化程度。检测沥青老化后针入度比与质量变化则是评定沥青抗老化的标准之一。

2.2 粗细集料性能检测

矿粉是沥青路面的主体材料,它的好坏直接影响着整个沥青混合料的质量情况,粗集料应做压碎值、洛杉矶磨耗损失、针片状颗粒含量、黏附性的检验,压碎值用来检验集料抗压能力大小,针片状颗粒含量过高则会使混合物空隙大、施工和易性差;细集料应该进行砂当量、棱角性、亚甲蓝值的检测,砂当量反映细集料中含有的泥质含量高低程度,棱角性是影响混合料的内摩擦角、抗剪强度的重要因素之一。集料筛分设备可以检验出集料级配,从而使混合料组成满足设计要求。集料及沥青粘附试验分别采用水煮法(粒径>13.2mm)、水浸法(粒径≤13.2mm),水煮法根据沥青膜脱落情况来判断粘结强度的级别,粘结强度级别要达到4级以上才能符合高等级公路的标准。

2.3 矿粉与外加剂检测

矿粉用作填充材料充塞集料间隙从而增强沥青混合料的和易性和密实度,对矿粉进行表观密度、含水率、大小、亲水指数等指标的检测,亲水系数>1表示矿粉憎水性过低会导致沥青面层粘结不良。外加剂如抗剥离剂、纤维稳定剂、温拌剂等,应对各项性能指标和对其混合料的影响加以检查。抗剥离剂应证明其改进粘附性的能力,加

入后黏附等级至少增加 1~2 级。纤维稳定剂针对沥青玛蹄脂碎石混合料,要对其进行纤维长度、耐热性能、分散性的检测。温拌剂可使拌合温度下降但不得显著恶化混合料路用性能。

3 沥青混合料配合比设计与检测技术

3.1 配合比设计原则与流程

配合比设计是为了解决符合所有路面使用性能的技术指标所需要的矿料配合与最佳沥青用量问题。设计过程分三步走,即目标配合比选定,生产配合比选定以及生产配合比验证。设计的基本方针是在兼顾高温稳定性和低温抗裂性,沥青混合料水稳定性、抗疲劳能力和抗滑能力中找到最佳组合方案,在相互制约的关系下优先保证主要病害治理的要求。目标配合比在马歇尔设计法的基础上借助公式推导和实验获得矿料级配以及最优沥青用量。在配合比试验过程中,通过 Marshall 试验以及车辙试验等对不同的沥青用量及不同集料级配条件下的沥青混合料稳定度、流值、动稳定度等进行综合考量,使各个指标同时达到规范规定值。

3.2 目标配合比设计与验证

目标配合比设计首先选取矿质混合料级配,在规范推荐的级配范围内绘制合成级配曲线,合成级配尽可能接近级配范围中点,同时严格把控关键筛孔(4.75mm、2.36mm、0.075mm)通过率偏差不得超过 $\pm 3\%$;然后通过马歇尔试验,考察不同沥青用量下试件毛体积密度、稳定度、流值、空隙率、矿料间隙率及沥青饱和度的大小,在此基础上根据各项指标与沥青用量关系曲线找到最佳沥青用量,一般选择稳定度峰值、密度峰值对应的沥青用量,取空隙率中值对应的沥青用量两者的算术平均数。在选定合理沥青用量之后还需要做高温稳定性以及水稳定性等相关检测,在上述任何一个检测结果未达到要求的情况下都需要对矿料级配或者更换原材料再设计。

3.3 生产配合比调试与检测

生产配合比设计在现场拌和站开展,在二次筛分之后各个热料仓筛分成果的基础上确定热料仓供料百分比,各类热料仓的掺配百分比应该使其合成级配符合目标配合

比设计级配的要求。在拌合过程中必须随时监控沥青及集料的加热温度,保证混合料的均质性和稳定性和避免产生花白料、沥青老化等现象。生产配合比的试验也要多次取样分析才能保证级配及油石比达到目标要求,如果偏差超出规范限度的时候,就需要改变冷料仓进料速率或者是热料仓配比比例,直到合格后再投产使用。

4 沥青混合料路用性能试验检测技术

4.1 高温稳定性检测技术

耐热度是衡量沥青混合料防潮胀性能的重要标志。车辙试验是我国规范中规定的检测方式,在 60℃的条件下,对于尺寸为 300mm×300mm×50mm 的平板试样做往复式碾压,以动稳定度(次/mm)衡量其大小。车辙试验模仿的是车辆荷载在高温下对路面产生的效应,用动稳定度指标来反映沥青混合料抵抗车辙的能力大小。高速路、一级公路上面层动稳定度一般应不低于 2400 次/mm(改性沥青)或者 1000 次/mm(普通沥青)。

4.2 低温抗裂性检测技术

低温抗裂性反映沥青混合料抵抗低温收缩开裂的能力。小梁弯曲试验通过将 250mm×30mm×35mm 小梁试件置于-10℃环境并以中点加载的方式测得破坏弯拉应变及弯曲劲度模量,破坏弯拉应变越大,则说明低温抗裂性越差;而约束试件温度应力试验(TSRST)更贴近于实际沥青路面因降温产生的温度应力累加情况。

4.3 水稳定性检测技术

水稳定性评估沥青混合料抵抗因水分造成的破坏的能力是防止坑槽、松散等病害类病害发生的重要措施。正确全面地对某种沥青混合料进行水稳性的评定应该做到以下两个方面的工作:一方面是对沥青同矿料之间粘附性的考察,另一方面是对沥青混凝土混合料的水稳性的考察。水稳定性测试的两种主要方式如下表 1 对比。

测定沥青与矿料之间粘附性的方法主要有:水煮法、水浸法、光电比色法及搅动水净吸附法等几种,其中水煮法可用于粒径>13.2mm 的粗集料,观察所剩沥青膜面积大小确定粘附性级别(1~5 级),5 级最好。水浸法适用于细集料或者细粒式混合料,经 80℃水浴浸泡之后再观

表 1 沥青混合料水稳定性试验检测方法对比

检测方法	试件条件	检测指标	关键设备	技术标准要求	方法特点
浸水马歇尔试验	60℃水浴浸水 48h	残留稳定度(%)	马歇尔稳定度仪	≥80%(改性沥青: ≥85%)	操作简便,但试件空隙率偏小,条件不够严
冻融劈裂试验	冻融循环后(-18℃冷冻 16h+60℃水浴 24h)	冻融劈裂强度比 TSR(%)	劈裂试验夹具+万能试验机	≥75%(改性沥青: ≥80%)	条件严苛,更能反映实际水损害过程

察沥青膜的剥离程度。冻融劈裂试验要求更加严格,更能模拟实际水损害的过程,所以在研究沥青混合料水稳定性方面有重要的工程价值。冻融劈裂试验是在-18℃下冷冻16h、60℃水中浸泡24h之后再作劈裂试验,通过冻融前后的试件劈裂强度比TSR来评判粘附性的好坏。

4.4 疲劳性能与耐久性检测

疲劳特性研究沥青混合料承受重复性应力的作用而防止出现疲劳破坏的能力。四点弯曲疲劳试验为一般采用的方式,在不同的应变等级测试其疲劳寿命^[1]。加速度加载试验可以全面考察沥青路面在服役期间老化变化趋势。

5 公路工程施工阶段沥青混合料质量控制

5.1 拌和生产质量控制

拌和质量控制是保证沥青混合料均匀性、一致性的主要措施,沥青加热温度、集料加热温度、拌和时间等均应严格控制在规定的范围内^[2]。抽检混合料的油石比及级配情况并与设计值比较,如有偏离应及时修正拌和参数,在拌和站应安装电脑控制系统,随时记录每一车产品的拌和温度、各热料仓重量等指标。

5.2 运输与摊铺过程控制

运输过程中要防止混合料的离析以及温度降低。自卸汽车车厢表面要喷洒隔离剂,加盖保温篷布等^[3]。运输时间应结合运输距离和天气因素进行考虑。摊铺过程中检查摊铺温度、铺层厚度和平整度,控制摊铺质量满足规范标准,尽量避免出现温度离析或者层次混乱的情况。摊铺速度要与拌和站产量相协调并且匀速前进摊铺。

5.3 碾压压实度质量控制

碾压是在沥青路面施工中最后一项工作,直接影响着沥青面层的密实程度以及平整度。碾压分为初压、复压、终压三个环节,依次通过钢轮压路机、胶轮压路机、钢轮压路机进行碾压,而碾压温度对于压实的效果至关重要,在进行碾压时需要结合沥青标号、气温高低、风力大小等

条件来制定相应的碾压温度范围,在压实过程中要利用无核密度仪、落锤式弯沉仪等仪器设备随时对压实度与弯沉值进行监测检查是否符合要求。压实度检查可以使用钻芯取样法或者核子密度仪法两种方法来进行,高速公路、一级公路的压实度一般不应低于96%。

6 结语

沥青混合料试验检测技术和质量管理是保证公路路面工程质量的重要措施。从原材料检测到配合比设计校验再到路用性能测试以及施工过程中的控制等方面环环相扣、相互联系,构成了一个系统的质量监控网络;而水稳定性则是沥青混合料的重要技术参数,水稳定性测试的方法也在逐渐成熟起来。浸水马歇尔试验法和冻融劈裂试验各有各的特点和适用场合,而冻融劈裂试验相比而言苛刻的条件则使它的应用更有实际意义。选用不同的试验方法并加以适当的结合可以更好地对沥青混合料的水稳定性做出科学合理的评估。基于新技术如智能化、无损检查等技术的发展下,沥青混合料试验检测正向快速化、精确化、无损化的方向发展。利用探地雷达、红外热成像仪器等对施工过程进行实时监控,使得施工质量管理更加便捷高效。今后,加强试验检测标准化管理建设,推广信息化技术应用于工程质量监控环节将会更好地助力公路建设工程质量不断提升。

[参考文献]

- [1]武小红.高速公路工程中沥青混合料的试验检测分析[J].运输经理世界,2024(26):31-33.
- [2]全丽娜.沥青混合料级配离析现场快速检测方法优化研究[J].城市建设理论研究(电子版),2026(6):79-81.
- [3]高雪敏.公路沥青路面试验检测技术研究[J].工程建设与设计,2026(4):190-192.

作者简介:张宝仓(1993—),毕业于东北农业大学土木工程专业,中级工程师,现就职于新疆北新科技创新咨询有限公司。