

# 公路工程中沥青混合料密度检测方法及优化

王 亚

南京西部路桥集团有限公司 江苏南京 210000

**摘 要:** 原材料在工程建设中占据着重要地位,决定着工程最终建设成效。就公路工程而言,沥青混合料是否发挥其性能作用,给予公路良好的耐久性与抗滑性支持,则需要通过相应的试验检测获取相关数据,以此来判断沥青混合料的实际应用质量。以沥青混合料的组成与性能特点为出发点,文章主要介绍了表干法、水中重法以及蜡封法等几种常见的沥青混合料密度检测方法,并从设备与仪器、操作流程、检测人员准备等方面提出相应的优化策略,旨在提升沥青混合料密度检测方法的有效性,增强沥青混合料的使用性能。

**关键词:** 公路工程; 沥青混合料; 密度检测; 检测方法

## 前言

作为交通基础设施建设,公路工程建设既要考虑其便捷性与安全性,还要从使用价值层面出发,关注公路的耐久性与可靠性。这就对材料的选择与使用提出了极高要求,尤其是沥青混合料的应用方面,要想保证其质量与性能满足工程建设实际要求,在合理配置沥青混合料的同时,还应做好相应的密度检测工作,通过获取其压实程度与空隙率特性,确保其切实具备承载力、抗裂性以及防滑能力等,以更好地提升公路建设质量。

## 一、沥青混合料的组成与性能特点

沥青混合料由沥青、骨料、填料及矿粉等多种材料混合而成。其中,沥青的高粘结性和可塑性能够将骨料颗粒有效粘结成一体,对增强沥青混合料的稳定性具有重要作用;骨料通常由碎石、砂、矿渣等材料组成,其形状、表面粗糙度以及粒径等因素对沥青混合料的力学性能具有重要影响,对增强路面的强度和耐磨性具有积极作用;填料和矿粉属于辅料,主要用于填补骨料之间的空隙,增强混合料的密实性。与其他建筑材料相比,沥青混合料具有较高的抗压性和稳定性,且能够很好地抵抗车辙痕迹,防止因高温或重载导致路面变形<sup>[1]</sup>。

## 二、公路工程中常见的沥青混合料密度检测方法

沥青混合料的体积特性较为复杂,在密度测试时,需要充分考虑试件的孔隙率、吸水率等因素。目前常见的几种密度测试方法主要有表干法、水中重法和蜡封法几种,在实际应用中需针对不同工程场景与材料特性,合理选择不同的检测方法。

### (一) 表干法

表干法检测主要是通过测定试件在空气中、表干状态及水中的质量计算毛体积密度。该检测方法适用于吸水率不大于2%的各种沥青混合料试件,如I型或较密实的II型沥青混凝土、抗滑表层混合料等,是公路工程中应用较为广泛的密度检测方法之一。表干法能够相对准确地反映出沥青混合料试件的实际密度情况,其检测结果具备较高的参考价值,但检测过程具有一定的复杂性,且检测时间较长,不适用于对检测时效性要求较高的场景。在实操过程中,尤其需要注意材料的取样条件和环境状况。若材料在水中浸入时间过短或只是在检测前进行简单的湿毛巾擦拭处理,则会影响最终的检测结果<sup>[2]</sup>。

### (二) 水中重法

水中重法属于较为简单的试验方法,多用于测定几乎不吸水的沥青混合料,即混合料的吸水率小于0.5%。该检测方法主要是利用阿基米德原理,将沥青混合料试件完全浸没在水中,根据试件在空气中的质量和水中的质量差计算试件的体积,以此获取试件密度值。水中重法可用于对检测速度需求较高的场景,其优点在于检测速度快、操作简单且设备成本低。需注意的是,若沥青混合料试件的吸水性较强、孔隙率较大,则会因试件内部水分过多而影响检测结果的准确性。

### (三) 蜡封法

蜡封法普遍用于具有高吸水率沥青混合料的检测,如半开或级配沥青碎石等。与其他几种检测方法相比,蜡封法的检测过程较为繁琐,对操作过程及其规范性具有极高要求。尤其需注意几个问题:一是需掌握好蜡封

层的厚度，避免因蜡层过厚无法消除其产生的气泡，导致蜡封密度受影响；二是需注意蜡封手法，即在蜡封期间预留缝隙时，需避免石蜡通过缝隙进入试件内部；三是石蜡皮可能会增加检测体积，导致最终检测结果偏小。

表1 不同沥青混合料密度检测方法比较

检测方法	适用条件	特点
表干法	吸水率 < 2% 的密实型沥青混凝土（如 SMA 改性沥青混合料）	精度高，兼顾内部水分影响与表面干燥需求，适用于标准试件
水中重法	吸水率极低、无吸水性集料的 I 型密实混合料	操作简便，需试件完全不吸水，不适用吸水性集料或孔隙率大的混合料
蜡封法	吸水率 > 2% 的混合料（如沥青碎石）	避免水分深入，适合粗糙试件，可有效解决高吸水率试件体积测量难题

表2 常用沥青混合料密度检测方法步骤

检测方法	检测步骤
表干法	试件烘干→质量称量→计算毛体积密度
水中重法	试件制备→浸水操作→计算密度
蜡封法	试件制备→蜡封处理→质量称量→计算毛体积密度

表3 不同沥青混合料密度计算方法

检测方法	密度计算方法
表干法	试件的毛体积 $V_m = (m_a - m_w) / P_w$ 试件的毛体积密度 $P_m = m_a / V_m$ 试件的吸水率 $W = (m_s - m_a) / m_a \times 100\%$
水中重法	试件的体积 $V = (m_a - m_w) / P_w$ 水的密度 $P_w = 1 \text{g/cm}^3$ 试件的密度 $P = m_a / V$
蜡封法	蜡的质量 $m_w = m_{aw} - m_a$ 石蜡的密度 $P_w = 0.92 \text{g/cm}^3$ 蜡的体积 $V_w = m_w / P_w$ 蜡封后试件的总体积 $V_{total} = (m_{aw} - m_{ww}) / P_w$ 试件的毛体积 $V_m = V_{total} - V_w$ 试件的毛体积密度 $P_m = m_a / V_m$

### 三、公路工程中沥青混合料密度检测方法的优化策略

#### (一) 完善检测设备与仪器

检测设备与仪器在很大程度上决定了沥青混合料密度的检测精度<sup>[3]</sup>。因此，在优化密度检测方法时，应注重硬件配备所提供的基础支持，避免因设备滞后而影响最终检测效果。首先，工程单位应全面统计并检测现有设备与仪器，包括型号、数量、精度、运行效率等，进而结合沥青混合料密度检测方法对设备与仪器的实际需

求，明确当前可使用的设备与仪器，同时做好老旧落后设备的淘汰与处理。为保障现有设备切实满足沥青混合料密度检测需求，工程单位还需聚焦设备性能，对现有的设备与仪器进行必要的维护与升级，防止在运行期间突发故障。其次，在选择检测设备与仪器时，可选择精度在 0.01g 及以上的高精度电子天平，并做好日常维护与定期校准，以此来提高密度检测精度。除精度之外，温度与湿度也是影响沥青混合料密度检测准确性的重要因素，以表干法为例，其检测之前则需要对试件进行烘干和冷却，若环境条件不达标，则会影响后续的检测结果。故此，在检测沥青混合料密度时，还应配备相应的恒温恒湿机、干燥器等，为检测试件提供恒温恒湿的环境，降低环境给检测结果带来的影响。最后，在新兴技术支持下，还可进一步选择自动化检测设备，如可使用自动化表干法检测设备，自动完成试件的烘干、称量和数据计算。通过将过去以人工操作为主的检测方法转变为自动化检测模式，减少因人为操作误差而导致检测结果不准确的情况。此外，基于成本效益与设备使用寿命等方面的考量，工程单位在完善密度检测设备与仪器的同时，还应注意做好后续设备管理，如针对不同设备与仪器拟定不同的检修保养方案，依据方案标准定期检查维护仪器设备，以便及时排除故障问题，提高设备的稳定性和运行效率。

#### (二) 规范检测操作流程

依据标准化的规范实施检测操作可以最大程度地保障检测结果。一般情况下，沥青混合料密度检测流程可分为三个步骤，即前期试件的制备与处理环节、中期检测过程的具体操作以及后期检测数据的记录与处理。首先，在试件制备方面，应重点关注试件的质量是否满足沥青混合料密度检测方法的规范要求。以表干法为例，在制备试件的过程中，则需要做好前期的烘干处理。通常情况下，需将沥青混合料试件放入温度为  $105 \pm 5 \text{℃}$  的烘箱中烘制 4 ~ 6 小时，待其达到恒重后，将试件取出，放入干燥器中冷却。经严格处理后的试件更具代表性，可有效保障密度检测结果的准确性。其次，在检测过程操作方面，检测人员需要重点关注三点，一是合理选择密度检测方法。不同的检测方法的检测步骤及具体要求、适用范围各不相同。在实际操作中，应注意结合具体的检测方法，严格按照相应的操作要求和操作步骤进行检测。例如，在使用水中重法检测时，应避免试件在浸入水中时产生气泡；在使用蜡封法检测时，需控制好

石蜡厚度与温度等。二是科学制定密度检测流程方案。即除密度检测方法的基本步骤之外，检测人员还应结合工程项目实际，有针对性地拟定密度检测流程方案，确保密度检测流程规范合理。以沥青路面的密度试验检测为例，检测时需先选定测点并利用专业的钻芯设备完成样本采集工作，进而根据样本特性挑选合适的浸水秤进行称量，并做好干燥处理，确保称量结果精确可靠。在此基础上，再利用专业的架吊篮和溢液槽装置完成浸水和清洁处理，并进行二次称量，以获取样本在水中的重量数据。三是强化过程控制关键点，包括环境因素、精度控制等。就前者而言，除温度控制外，还应关注检测环境中是否存在风速、振动等因素的影响，避免在大风或振动较大的环境下进行检测。对于后者，在设备精度有保障的前提下，检测人员还可建立“密度—温度—湿度”修正模型，进一步消除环境波动对现场检测结果的影响。与此同时，还应定期做好数据校准与比对工作，如负压容器应精确至0.1g；天平感量根据具体量程校准至0.1g或0.05g等。最后，在数据记录与处理方面，应做到及时记录、完整记录、准确记录。如检测人员可采取多次测量取平均值的方式，降低随机误差。对于数据的处理，则需依据规范规定的计算公式进行计算。若计算数据存在异常，应及时查找原因并予以解决，确保检测结果可靠、合理。

### （三）注重检测人员准备

公路工程沥青混合料密度检测属于专业性极强的技术，对检测人员的专业能力提出较高要求。若检测人员能力不满足检测技术要求，必然会影响密度检测质量。因此，在优化沥青混合料密度检测方法的同时，工程单位还应加强对人员培训与专业度提升的重视，给予其相应的学习支持，使其能够熟练地掌握相关标准作业程序，切实具备沥青混合料密度检测技能和标准水平。一方面，工程单位需结合沥青混合料密度检测技术，对现有的检测人员进行能力素养评估。在充分了解其综合能力水平的基础上，科学制定培训方案。例如，理论层面应关注检测人员是否了解当前常见的集中密度检测方法；不同

密度检测方法的适用条件、原理、优势以及操作步骤具体是什么等。实践层面应关注检测人员能否将理论转化为具体操作；能否根据不同场景需求灵活选用不同的检测方法；检测结果是否科学准确等。另一方面，根据沥青混合料密度检测技术要点，工程单位可适当调整引才方案，确保引才条件科学合理、引才流程便捷高效。例如，人力资源部门可从多个角度（如检测能力、现代化技术水平、思政观念等）进行选聘分析，并积极了解检测人才对绩效考核、激励机制等方面的要求，以吸引更多优秀检测人才，持续激发检测人才的工作积极性。此外，在检测人员准备期间，工程单位还应从长远角度考虑，定期对检测人员进行能力考核，以鞭策检测人员持续提升其检测技能，积极学习先进的沥青混合料试验检测技术，使其能够始终走在技术前沿，有效应对沥青混合料试验检测技术的应用要求。

### 结束语

公路工程建设中，沥青混合料的试验检测至关重要，是有效衡量沥青混合料使用性能的关键举措。作为核心检测指标之一，密度检测结果直接关系公路的强度、稳定性和耐久性。目前常见的沥青混合料密度检测方法以表干法、水中重法、蜡封法、体积法等为主，在使用时需根据其适用范围合理选择，并注意设备与仪器、操作流程以及关键点的有效控制，以提高沥青混合料密度检测的精准度，为公路工程质量控制提供可靠的评估依据。

### 参考文献

- [1] 孔庆男. 沥青混合料试验检测技术在公路工程中的应用解析[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2025(8): 072-075.
- [2] 王宇东. 公路工程中沥青混合料的试验检测分析[J]. 江苏建材, 2025(3): 32-3337.
- [3] 曹慧, 边苗苗. 沥青混合料试验检测技术在公路工程中的应用[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2025(6): 113-116.