

高速公路沥青路面试验检测技术研究

徐雷

深圳高速工程检测有限公司

摘要：在我国社会经济快速发展的背景下，高速公路作为交通基础设施的重要组成部分，其建设规模和质量要求也在不断提高。沥青路面是高速公路的主要路面形式，其施工质量直接影响到道路的使用寿命和行车安全。为了确保沥青路面的施工质量，施工前、施工中及施工后的试验检测显得尤为重要。这些检测技术不仅帮助工程师及时发现和解决施工中的问题，还为施工质量验收提供了科学依据。鉴于此，本文针对高速公路沥青路面试验检测技术展开详细研究，为我国高速公路的高质量建设和可持续发展提供坚实的技术支撑。

关键词：高速公路；沥青路面；试验；检测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.049

高速公路沥青路面试验检测技术指的是一系列专门用于评估和确保高速公路沥青路面施工质量、性能的科学方法与技术手段，涵盖了施工前、施工中和施工后的各个阶段，旨在确保沥青路面的耐久性、安全性和舒适性。本研究旨在系统地探讨和总结高速公路沥青路面试验检测技术，从施工前的试验准备，到施工中的实时监测，再到施工后的验收检测。通过对这些技术的深入研究，不仅可以提高沥青路面的施工质量，还能有效延长道路的使用寿命，减少维修成本，提升行车舒适度和安全性。此外，研究和推广先进的检测技术，有助于推动整个公路建设行业的技术进步，为行业标准的制定提供参考依据。

一、高速公路沥青路面施工前试验检测技术

（一）材料性能检测

材料性能检测是高速公路沥青路面施工前试验检测的首要步骤，主要通过对沥青及骨料等基本材料的性能进行系统性评价，确保所使用的原材料符合规范要求并具备优良的施工性能和使用寿命。沥青的基本性质检测包括针入度、软化点、延度等常规指标。针入度检测用于确定沥青的硬度和等级，测试方法是將一定质量的标准针在规定温度下刺入沥青样品，记录针入深度。软化点检测则用于评估沥青的高温稳定性，通过将沥青样品在规定条件下加热，观察其软化到一定程度时的温度变化。延度检测主要衡量沥青在低温环境下的抗裂性

能，通过对加热成型后的沥青样品进行拉伸，测定其断裂前的最大伸长量。老化试验包括薄膜烘箱老化试验（TFOT）和旋转薄膜烘箱老化试验（RTFOT），主要模拟沥青在施工及长期使用中的老化过程，评估其抗老化能力和性能稳定性。TFOT通过将沥青样品在烘箱中加热一定时间，测量其质量变化、残留针入度和残留延度等指标^[1]。RTFOT则采用旋转薄膜烘箱，在更为剧烈的环境下加速沥青的老化过程，检测指标与TFOT类似，但测试结果更具实际意义。骨料是沥青混合料的重要组成部分（图1），其粒径分布、形状、表面特性等直接影响沥青混合料的强度和耐久性。通过筛分试验确定骨料的粒径分布，通过针片状颗粒含量试验评估骨料的形状，借助表面特性试验检测骨料的附着力和耐磨性等，这些检测结果能够有效指导沥青混合料的配合比设计，确保混合料具备良好的施工性能和使用性能。

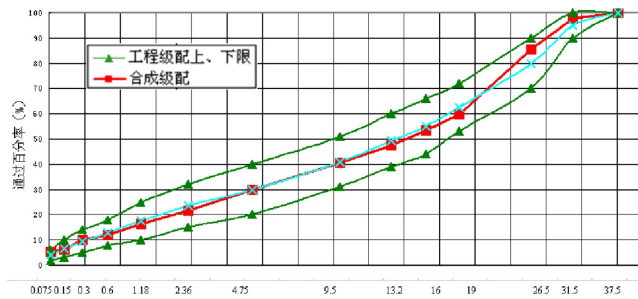


图1 骨料级配范围

（二）混合料设计验证

混合料设计验证是施工前试验检测技术的另一关键环节，主要通过试验室试验和现场试验对沥青混合料的配合比进行优化和验证，确保其满足施工要求和使用性能。试验室试验通过马歇尔试验、车辙试验和冻融劈裂试验等方法，评估沥青混合料的强度、稳定性和耐久性。马歇尔试验是最常用的混合料设计验证方法，通过对不同配合比的沥青混合料进行成型、加热和压实，测定其稳定性和流值，确定最佳沥青用量和骨料级配。车辙试验则通过模拟实际行车荷载，评估沥青混合料的抗车辙性能和高温稳定性，冻融劈裂试验主要检测沥青混合料的低温抗裂性能，通过对成型后的沥青混合料进行劈裂，测定其抗拉强度和断裂能力。现场试验主要通过

小规模试铺和试验段铺设，验证试验室试验结果的实际适用性和可靠性。在试铺过程中，施工单位按照设计配合比和施工工艺进行小范围的试验性施工，检测混合料的实际施工性能和路面效果^[2]。通过检测路面的密实度、平整度和表面构造等指标，评估混合料的施工适应性和质量稳定性。试验段铺设则是在实际施工现场选择一定范围的路段，按照试验室试验和试铺结果进行正式施工，并通过一系列现场检测手段，如核子密度仪检测、钻芯取样检测等，进一步验证混合料的性能和施工工艺的合理性。

二、高速公路沥青路面施工中现场试验检测技术

(一) 温度控制检测

沥青混合料的温度直接影响其粘度、流动性及压实性能，会对最终路面的质量产生重大影响。温度控制主要体现在混合料的出厂温度、运输温度、摊铺温度及碾压温度等环节。沥青混合料的出厂温度必须严格按照设计要求进行控制，一般在160℃至180℃之间，通过温度计实时监测并记录温度变化，确保混合料在出厂时具备最佳的施工温度^[3]。运输过程中，混合料温度同样需要保持在合理范围内，运输车辆应具备良好的保温性能，并且在长时间运输或气温较低时，采取保温覆盖措施，防止混合料温度过快下降。摊铺温度直接关系到沥青混合料的摊铺效果和后续的碾压效果，为了确保摊铺温度在设计范围内（一般为140℃至160℃），施工现场通常采用红外测温仪或接触式温度计进行实时监测。施工人员需根据测得的温度数据，适时调整摊铺速度和加热装置的功率，保证沥青混合料的均匀摊铺。在摊铺过程中，还需利用沥青路面温度控制程序（图2），密切关注环境温度、风速等外部因素对混合料温度的影响，并采取相应的应对措施，如增加加热功率或减少摊铺宽

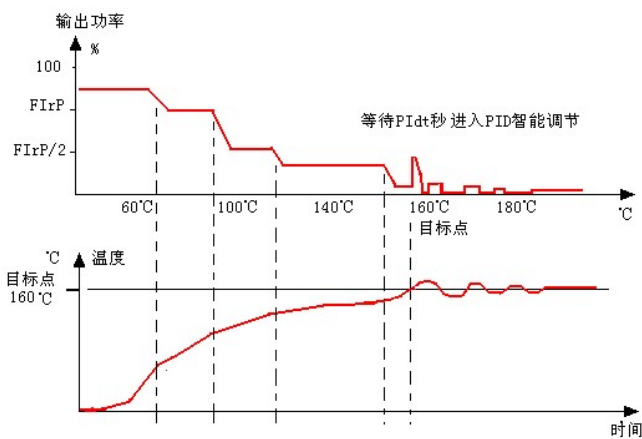


图2 高速公路沥青路面温度控制程序简化示意图

度，确保摊铺温度稳定在设计要求范围内。碾压温度过高或过低都会影响沥青混合料的密实度和表面平整度，缩减路面的使用寿命^[4]。一般情况下，碾压温度应控制在120℃至140℃之间。施工人员需通过温度计实时监测混合料的表面温度，确保每一层的碾压温度符合设计要求。碾压过程中，可采用水冷却法或调整碾压速度等手段，保证混合料在最佳温度范围内被碾压到位。

(二) 压实度及结构层厚度的监测与控制

压实度及结构层厚度的监测与控制是施工过程中确保沥青路面质量和耐久性的核心环节，压实度直接影响路面的密实性和强度，而结构层厚度则关系到路面的承载能力和使用寿命，为了保证压实度，施工现场通常采用核子密度仪或钻芯取样法进行实时监测。施工过程中，应选择具有代表性的路段进行钻芯取样，并根据试验室检测结果调整后续施工工艺，确保路面压实度均匀、密实。核子密度仪是一种无损检测设备，通过放射性同位素发射的伽马射线测定沥青混合料的密实度，具有检测快速、精度高的优点^[5]。施工人员在碾压过程中需定时使用核子密度仪测量压实度，根据测量结果及时调整碾压工艺，如增加碾压遍数或调整碾压速度，确保路面密实度达到设计要求。该方法不仅不会对路面造成一定破坏，而且还能提供准确的内部结构信息，为路面质量评估提供可靠依据。通过雷达检测技术和钻芯取样法，可以精确测量各结构层的实际厚度^[6]。雷达检测技术利用电磁波在不同介质中的反射特性，快速、无损地测定结构层厚度，适用于大面积快速检测。钻芯取样法则通过钻取芯样，直接测量各层厚度，并进行试验室分析，提供详细的厚度数据。施工过程中，应根据设计要求和检测结果，及时调整摊铺厚度和碾压工艺，确保每层厚度符合设计标准，避免因厚度不均或不足导致的路面质量问题。

三、高速公路沥青路面施工后的现场试验检测技术

(一) 抗滑性检测

抗滑性检测主要通过摆式摩擦系数仪、宏观构造深度测定以及横向力系数测试车来进行。摆式摩擦系数仪用于评估路面的摩擦系数，简单快捷，通过摆锤在路面上滑动并测量滑动阻力，得出摩擦系数值。为确保结果准确，需要选择车辆行驶频繁的轮迹带进行多点检测，并在不同温度条件下校正摆锤读数^[7]。宏观构造深度测定通过铺砂法进行，检测人员在路面上铺撒一定体积的细砂，通过测量砂摊铺后的平均直径计算出构造深度。此方法简单易行，可有效反映路面的宏观纹理结构，进

而评估其抗滑能力。横向力系数测试车利用轮胎与路面之间的摩擦力测量横向力系数,这种测试车配备有专用测试轮,在不同速度和负荷下进行检测,通过计算获得横向力系数,全面评估路面的抗滑性能。

(二) 渗水系数检测

渗水系数检测主要采用路面渗水仪,通过测量特定水量在单位时间内渗透至路面下层的速度来计算渗水系数^[8]。在具体操作中,渗水仪放置于预定位置,通过注水装置向路面注入一定体积的水,然后测量水位下降到特定刻度所需的时间。这一过程需在多个路段进行重复测量,以确保数据的代表性和准确性。检测人员还可以根据渗水仪在3分钟内的渗水量来评估路面的压实效果和局部连通孔隙状况。这种方法不仅能检测出路面的整体防水性能,还能定位到存在潜在问题的具体区域,为后续的修复工作提供依据。

(三) 路面平整度检测技术

早期的平整度检测主要依靠3米平整度尺,但这种方法精度低、效率低,且受主观因素影响较大,现代化的平整度检测技术主要采用车载式颠簸累积仪和激光平整度仪。车载式颠簸累积仪通过在车辆行驶过程中测量后轴和车厢之间的单位位移累积值,计算出路面的平整度。该方法数据精度高,能够快速、大面积地检测路面平整度,显著提升了检测效率和准确性。激光平整度仪则通过激光束测量路面高度差,得到详细的平整度数据。这种方法精度极高,适用于高要求的路面工程^[9]。在实际应用中,施工单位通常会结合使用这两种方法,确保全面、准确地评估路面的平整度。

(四) 路面弯沉值检测

路面弯沉值检测包括贝克曼梁法和落锤式弯沉仪检测,贝克曼梁法通过杠杆原理,测量路面的弯沉值。检测时,在路面上布置一个贝克曼梁,梁的一端放置一个百分表,随着车辆缓慢通过,百分表读数逐步增大,直到车辆停止,通过读数变化计算出路面的弯沉值。这种方法操作简单,但需要较长的检测时间和较高的操作精度。落锤式弯沉仪检测则通过向路面施加一个瞬时荷载,测量路面的瞬时变形来计算弯沉值^[10]。该方法快速、精确,适用于大面积的快速检测。检测时,仪器通过落锤施加一个标准荷载,通过高精度传感器测量路面的变形量,并通过计算机系统分析数据,得到弯沉值和弯沉盆参数。通过结合这两种检测方法,可以全面评估路面的承载能力和结构性能,及时发现并处理结构性问题,确保高速公路的长期使用安全和耐久性。

结束语

通过上述研究可知,施工前的试验检测主要包括原材料的性能测试和配合比设计,确保所用材料符合设计要求,并通过实验确定最佳配合比,为施工提供可靠的技术参数;在施工过程中,实时监测技术如温度监测、厚度检测、压实度检测等,能够有效控制施工质量,借助先进的传感技术和数据处理手段,使实时监测更加准确和高效。施工后的检测主要包括抗滑性、渗水系数、厚度及压实度、路面平整度和弯沉值的检测,这些检测技术全面评估了路面的综合性能,确保其达到设计标准和使用要求。其中,摆式摩擦仪、路面渗水仪、核子密度仪、车载式颠簸累积仪和贝克曼梁弯沉仪等设备在实际应用中表现出色,提供了可靠的检测数据。未来,高速公路沥青路面检测技术不仅要继续提高检测精度和效率,还需注重与信息技术的深度融合,推动检测结果的实时分析和反馈,形成一个智能化、全方位的质量控制体系。

参考文献

- [1] 黄忠诚. 高速公路运用砂岩碎石铺筑SMA沥青路面试验检测技术[J]. 建材与装饰, 2024, 20(9): 157-159.
- [2] 刘玉红. 高速公路沥青混凝土路面试验检测技术与质量控制分析[J]. 建筑·建材·装饰, 2023(24): 31-33.
- [3] 武小红. 高速公路沥青混凝土路面试验检测技术与质量控制[J]. 工程研究与实用, 2023, 4(21): 57-59.
- [4] 王坤. 高速公路沥青路面裂缝检测方法以及处治措施研究[J]. 工程建设与设计, 2023(13): 93-95.
- [5] 杨思远, 陈桂良. 高速公路集料散失路面沥青混凝土抗飞散性能研究[J]. 中外公路, 2023, 43(1): 227-230.
- [6] 任荟学. 高速公路沥青混凝土路面裂缝灌缝施工技术[J]. 工程机械与维修, 2023(1): 230-232.
- [7] 袁毅, 李凯, 张义. 加铺再生在亳阜高速公路沥青路面养护中的应用[J]. 公路与汽运, 2023(3): 87-90.
- [8] 冯艳. 温拌沥青施工技术在高速公路路面施工中的应用[J]. 工程建设与设计, 2024(2): 133-135.
- [9] 柴晓晶. 太佳高速公路沥青路面就地热再生适用性及效益分析[J]. 黑龙江交通科技, 2024, 47(5): 6-9.
- [10] 肖礼东, 谢成喜, 王毅, 等. 高速公路长大纵坡路段沥青路面施工及效益分析[J]. 交通世界, 2024(1): 43-45.