

# 公路工程施工与公路工程材料检测

应平平

浙江良和交通建设有限公司 浙江 宁波 315000

**摘要：**公路工程作为国家基础设施的关键构成部分，其建设质量与交通运输的安全及效率紧密相连。公路工程施工过程复杂且系统，而公路工程材料检测是保障施工质量的核心环节。本文深入剖析公路工程施工各环节以及公路工程材料检测的重要性、检测方法，并结合大量技术性细节与数据，探讨常见问题与解决措施，旨在为提升公路工程施工质量提供有力参考。

**关键词：**公路工程施工；公路工程材料检测；施工质量；检测方法

## 1 引言

随着我国经济的高速腾飞，公路交通建设规模持续扩张，对公路工程的要求也日益严苛。公路工程施工质量不仅取决于施工工艺与技术水准，还与所使用的工程材料质量息息相关。公路工程材料检测作为确保材料质量的关键手段，贯穿于公路工程施工的全流程。通过科学、精准的材料检测，能够及时发现材料存在的问题，杜绝不合格材料进入施工现场，从而为公路工程的整体质量筑牢坚实防线。

## 2 公路工程施工概述

### 2.1 路基工程施工

#### 2.1.1 路基开挖与填筑

路基施工首先涉及开挖，需根据设计要求选择合适的开挖方法。土质路基常用横挖法、纵挖法及混合式开挖法；石质路基则可能使用爆破法，但需严格控制以确保边坡稳定。在开挖过程中，控制深度和坡度至关重要，避免超挖或欠挖现象，超挖部分不得超过10厘米。路基填筑是关键步骤，需采用符合设计标准的材料如砂砾、碎石等，并分层填筑。每层厚度依据压实机械性能而定，振动压路机不超过30厘米，静力压路机应更薄。填筑后需检测压实度，高速公路和一级公路对不同层次有具体压实度要求。

#### 2.1.2 路基排水

路基稳定性依赖于有效的排水系统。施工中需设置边沟、截水沟、排水沟等设施，合理确定位置、尺寸和坡度。边沟和截水沟的标准深度和宽度至少为0.5米，排水沟坡度不小于0.5%。此外，确保路基与桥梁、涵洞等构造物间的排水衔接，防止积水损害路基，例如通过设置泄水孔和排水管来实现。

#### 2.1.3 路基防护

保护路基免受自然侵蚀需要采取适当的防护措施。植物防护适合缓坡且土质良好的边坡，通过种植草皮或

树木固定土壤。草种需适应当地气候条件，树木株距约为2-3米。工程防护适用于陡坡或土质不佳的边坡，包括浆砌片石护坡、混凝土预制块护坡和挡土墙等<sup>[1]</sup>。这些防护结构都有具体的尺寸和强度要求，比如浆砌片石护坡厚度不低于0.3米，砂浆强度等级不低于M7.5，重力式挡土墙高度不宜超过8米。

### 2.2 路面工程施工

#### 2.2.1 路面基层施工

路面基层作为主要承重层，其质量直接关系到路面的使用性能和寿命。常用的基层材料包括水泥稳定碎石、二灰稳定碎石等。施工时需严格控制原材料质量和配合比，如水泥稳定碎石中的水泥剂量为3%-6%，集料最大粒径不超过31.5毫米。采用厂拌法确保混合料均匀性，生产设备产能应满足每小时300-500吨需求。摊铺需用合适的机械保证厚度和平整度，允许偏差±10毫米，平整度用3米直尺测量间隙不大于15毫米。压实是关键工序，通过轻型、重型及轮胎压路机分阶段压实，确保压实度达到设计标准（高速公路和一级公路不小于98%）。

#### 2.2.2 路面面层施工

路面面层直接承受车辆荷载和自然因素影响，需具备高强度、平整度、抗滑性和耐久性。常见类型有沥青混凝土面层和水泥混凝土面层。对于沥青混凝土面层，需严格控制沥青和集料的质量，如针入度范围为60-80（0.1毫米），软化点不低于45℃。按设计配合比在160-175℃下拌和，摊铺温度不低于150℃，速度宜控制在2-6米/分钟。压实采用初压、复压、终压组合工艺，确保压实度和平整度（高速公路和一级公路上面层压实度不小于98%）。水泥混凝土面层施工注重模板安装牢固、钢筋绑扎符合要求，保护层厚度不少于30毫米。混凝土浇筑要连续进行并振捣密实，养护时间不少于14天以防止表面开裂，可采用洒水或覆盖方式养护。

### 2.3 桥梁涵洞工程施工

#### 2.3.1 桥梁基础施工

桥梁基础对桥梁的安全性和稳定性至关重要。常见形式包括扩大基础和桩基础。扩大基础适用于地质条件良好、地下水位低的情况,使用明挖法进行开挖,并及时浇筑混凝土(强度等级不低于C25),每层厚度不超过30厘米确保密实。桩基础有钻孔灌注桩和人工挖孔桩等类型,需严格控制钻孔垂直度(偏差 $\leq 1\%$ )、孔径( $\pm 50$ 毫米)和孔深。钢筋笼安装要求长度偏差 $\pm 100$ 毫米,主筋间距偏差 $\pm 10$ 毫米。混凝土灌注时,首批混凝土需满足导管初次埋置深度 $\geq 1.0$ 米,过程中保持导管埋深在2-6米。

#### 2.3.2 桥梁上部结构施工

桥梁上部结构施工方法多样,如预制安装法、现浇施工法、悬臂施工法。预制安装法适合快速施工,但需要大型设备支持,预制构件尺寸精度高,安装时轴线偏位不大于10毫米,顶面高程允许偏差 $\pm 10$ 毫米。现浇施工法则适用于复杂结构或大跨度桥梁,要求模板牢固平整(缝隙 $\leq 2$ 毫米),钢筋布置符合设计规范,混凝土分层振捣避免缺陷<sup>[2]</sup>。悬臂施工法用于大跨度连续梁桥和斜拉桥,需严格控制线形和应力,线形偏差控制在 $\pm 20$ 毫米内,定期监测应力并调整参数。

#### 2.3.3 涵洞工程施工

涵洞作为公路排水和通行构造物,类型涵盖圆管涵、盖板涵、拱涵等。施工前需确保基础承载力达标,通过地基承载力试验确认。涵身混凝土强度等级不低于C20,钢筋布置符合设计要求。进出口八字墙、一字墙等需尺寸准确且表面平整。施工中应关注涵洞尺寸精度和防水质量,净空高度和宽度允许偏差均为 $\pm 20$ 毫米。采用防水涂料或卷材按规范施工防水层,保证涵洞正常使用,防止渗漏水损害路基和结构。

### 3 公路工程材料检测的方法

#### 3.1 物理检测方法

##### 3.1.1 外观检查

外观检查通过肉眼或简单工具观察材料的颜色、形状和表面状态,判断是否存在明显缺陷。例如钢材的裂纹深度若超过公称直径的1/10或长度超过1/5,则为不合格;结疤、折叠等缺陷面积超过表面积5%也属不合格。水泥如包装破损、受潮结块超过5%,则不能使用。

##### 3.1.2 尺寸测量

尺寸测量用于确认材料是否符合设计要求。钢筋直径允许偏差为 $\pm 0.3$ 至 $\pm 0.5$ 毫米不等;钢板厚度允许偏差一般在 $\pm 0.3$ - $\pm 0.8$ 毫米之间;无缝钢管外径允许偏差为 $\pm 1\% D$ ,壁厚允许偏差为 $\pm 12.5\% t$ 。测量应依据规范进行,确保准确。

##### 3.1.3 密度检测

密度反映材料致密程度,常见方法有排水法和比重瓶法。排水法适用于不溶于水的固体材料,通过空气中与水中质量差计算体积,再求得密度。比重瓶法则适用于液体或颗粒材料。公式为 $\rho = (m_1 - m_0)\rho_x / (m_2 - m_0)$ ,其中 $\rho_x$ 为水的密度。

#### 3.2 力学性能检测方法

##### 3.2.1 拉伸试验

拉伸试验用于测定材料的抗拉强度、屈服强度和伸长率等。将标准试件置于拉伸试验机上,施加逐渐增大的拉力直至断裂,并记录数据计算力学性能指标。试验机的力值测量误差需 $\leq \pm 1\%$ ,位移测量误差 $\leq \pm 0.5\%$ 。圆形试件直径通常为10毫米,标距长度为50毫米。通过应力-应变曲线确定屈服点和断裂时的数据,分别计算屈服强度 $\sigma_y = F_y / A_0$ 和抗拉强度 $\sigma_m = F_m / A_0$ ( $A_0$ 为原始横截面积)。伸长率 $\delta = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\%$ 。该试验提供了材料选择和结构设计的重要依据。

##### 3.2.2 压缩试验

压缩试验旨在评估材料在受压状态下的力学性能如抗压强度。对于混凝土或岩石,试件置于压缩试验机中加载压力至破坏,记录最大压力值以计算抗压强度 $f_{cu} = F / A$ ( $F$ 为最大压力, $A$ 为承压面积)<sup>[3]</sup>。混凝土立方体试件尺寸一般为150mm<sup>3</sup>,加载速度每秒0.3-0.8MPa。此试验有助于了解材料承受压力的能力及其变形特性。

##### 3.2.3 弯曲试验

弯曲试验测试材料在弯曲载荷下的抗弯强度及变形能力。试件放在弯曲装置上施加载荷,直到破坏或达到规定的变形程度,计算抗弯强度 $R_B = 3FL / (2bh^2)$ ( $F$ 为最大荷载, $L$ 为跨径, $b$ 为宽度, $h$ 为高度)。例如,沥青混合料小梁弯曲试验的试件尺寸为250mm $\times$ 30mm $\times$ 35mm,跨径200mm,加载速度50mm/min。这提供了材料抵抗弯曲破坏能力的信息。

#### 3.3 化学检测方法

##### 3.3.1 化学成分分析

化学成分分析用于确定材料中各化学元素的含量,如钢材中的碳、硅、锰等和水泥中的氧化物。碳素结构钢的碳含量在0.06%-0.38%间,影响焊接性和韧性。采用光谱分析法能快速准确测定多种元素,误差不超过 $\pm 0.01\%$ ;化学滴定法则适用于精度要求不高的场合。

##### 3.3.2 有害物质检测

公路工程材料可能含有有害物质如沥青中的多环芳烃或混凝土中的氯离子,需通过化学检测确保安全环保。气相色谱-质谱联用仪可检测沥青中的多环芳烃,灵敏度高且选择性好,检测限达纳克级。离子选择电极法用于

检测混凝土中的氯离子,操作简便、快速,误差不超过 $\pm 0.001\%$ ,满足工程需求。

### 3.4 无损检测方法

#### 3.4.1 超声波检测

超声波检测利用超声波在材料中的传播特性来识别内部缺陷和性能。它常用于检测混凝土结构内的空洞、裂缝及钢材焊缝质量。通过分析反射或透射波的传播时间、幅度等参数变化,判断材料内部状况。频率范围20kHz-500kHz,混凝土检测常用50kHz-250kHz。缺陷如空洞会导致传播时间延长和反射波幅度增大;裂缝引起波频率变化。

#### 3.4.2 射线检测

射线检测使用X射线或 $\gamma$ 射线穿透材料,并根据材料内部不同区域对射线吸收与散射的差异,在底片上形成影像来识别缺陷。适用于金属和焊接接头内部裂纹、气孔等检测,结果直观准确但需严格防护措施。X射线适合较薄材料, $\gamma$ 射线适用于厚材料。曝光时间依据多种因素而定,从几秒到几十分钟不等。底片上的不同灰度可帮助确定缺陷的位置、大小和形状。

#### 3.4.3 红外热成像检测

红外热成像检测通过检测物体表面温度分布并分析异常区域,以识别内部缺陷。在公路工程中,可用于桥梁、路面结构脱空、裂缝等病害检测。内部缺陷导致局部热传导变化,造成表面温度异常,红外热像仪能将其显示为图像。此方法精度高,温度分辨率可达 $0.1^{\circ}\text{C}$ ,空间分辨率因设备而异,通常在毫弧度级别。该技术能快速发现结构病害部位及其严重程度。

## 4 公路工程施工材料检测中常见的问题与解决措施

### 4.1 常见问题

公路工程施工材料检测中常见的问题包括:检测设备老化、精度不足且未及时校准维护,导致数据不准确,特别是对于新型材料无法有效检测;样品管理不当,如采集缺乏代表性、运输保存时受损污染、标识不清等问题影响检测结果;实验室环境条件如温度、湿度控制不佳也会影响检测准确性,例如沥青针入度和混凝土强度检测结果可能出现偏差。这些问题共同作用,可能导致材料质量评估失准。

### 4.2 解决措施

#### 4.2.1 加强检测设备管理

检测机构应定期对检测设备进行校准和维护,确保设备的精度和性能符合要求。建立设备档案,记录设备的购置、使用、维修、校准等情况。一般来说,检测设备应每年至少进行一次校准,对于一些高精度设备,校准周期可能更短。同时,要关注行业动态,及时更新检

测设备,以满足新型材料检测的需求。例如,随着3D打印技术在公路工程材料领域的应用,检测机构应及时配备相应的3D打印材料检测设备,如3D打印金属材料的微观结构分析设备、力学性能测试设备等。

#### 4.2.2 规范样品管理

制定严格的样品采集、运输、保存和处置制度,确保样品的代表性和完整性。在样品采集过程中,要按照相关标准规范的要求进行操作,选择合适的采样点和采样方法。例如,在采集砂石样品时,应采用分层取样法,从不同深度和部位采集样品,然后将样品混合均匀,缩分至规定的数量。样品运输和保存过程中要采取必要的防护措施,避免样品受到损坏或污染。水泥样品应采用密封容器保存,防止受潮;沥青样品应放在阴凉通风处,避免阳光直射。对样品进行清晰、准确的标识,建立样品台账,便于样品的追溯和管理。样品标识应包括样品名称、编号、来源、采集日期、检测项目等信息。

#### 4.2.3 改善检测环境

检测机构应按照相关标准规范的要求,建设符合检测工作需要的实验室环境。配备必要的环境控制设备,如空调、除湿机、空气净化器等,对实验室的温度、湿度、洁净度等环境条件进行实时监测和控制。例如,在化学分析实验室中,温度应控制在 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度应控制在50%-70%;在沥青检测实验室中,温度应严格按照标准要求进行控制。定期对实验室环境进行检查和评估,确保检测环境始终处于良好状态。可以采用环境监测仪器对实验室环境进行定期检测,如温湿度计、尘埃粒子计数器等,对于不符合要求的环境条件,要及时采取措施进行调整。

结语:公路工程施工与材料检测密切相关,施工需严格把控各环节以确保质量,而材料检测贯穿全过程,是保障工程质量的关键。科学检测不仅能控制成本、确保安全,还能推动技术进步。实际工作中应重视检测质量,采用合理方法解决问题,并将检测与施工技术结合,提升整体建设水平。随着新材料新技术的发展,检测工作面临新挑战,检测机构需提升技术和创新能力。政府部门也应加强监管,规范市场,营造良好环境,为公路交通发展提供有力支撑。

## 参考文献

- [1]王亮.公路工程施工质量控制措施研究[J].时代汽车,2025,(08):196-198.
- [2]张家林.公路工程施工管理的重要性及管理要点研究[J].汽车周刊,2025,(06):199-201.
- [3]周红午.材料检测技术在公路工程中的应用[J].工程技术研究,2023,8(04):202-204.