

公路工程水泥原材料的质量评估与检测技术

赵冰洋*

(中铁二十三局集团轨道交通工程有限公司, 上海 201314)

摘要: 在公路建设中, 水泥是十分重要的一项施工材料, 其品质的高低直接影响工程质量。为了确保水泥原材料具备优越性能, 必须借助科学的试验与检测手段, 准确评估原材料的质量等级, 进而实现优化组合。鉴于此, 本文深入分析了成绵苍巴高速公路六分部工地试验室水泥原材料的检测技术, 并提出采用先进检测设备、科学选择检测技术及构建严谨检测流程的保障措施, 以期提升公路工程建设质量与耐久性, 为水泥生产和公路建设提供实践指导。

关键词: 公路工程; 水泥原材料; 质量评估; 检测技术

0 引言

水泥混凝土是成绵苍巴高速公路工程中最基础且最关键的建筑材料之一, 其质量直接决定了公路的使用寿命、承载能力及安全性。随着交通量的增加和工程技术的不断发展, 对公路水泥混凝土的质量要求也越来越高。确保水泥混凝土的优质性能, 工地试验室首先需要对其原材料进行严格的质量评估与检测。水泥、细集料、粗集料等原材料的成分和性能会直接影响混凝土的强度、耐久性以及抗冻性等指标。因此, 合理的原材料选择和精准的质量检测成为确保水泥混凝土质量的关键步骤。因此, 本文主要针对公路工程中水泥原材料质量检测技术方法展开研究, 期望可以为公路建设中的水泥质量控制提供理论依据, 从而提升公路工程的整体质量和安全水平。

1 公路工程水泥原材料的质量问题分析

1.1 材料成分不均匀

水泥的品质受到原料成分均匀性的显著影响。理想状态下, 高品质水泥应展现出均一的化学构成与物理属性。但在实际生产中, 受原料采集与处理过程中的诸多不可控因素, 如石灰岩与泥土配比的变动、煅烧温度的波动等, 使得产品中诸如二氧化硅(SiO_2)、三硅酸钙(C_3S)等核心成分的比例出现差异, 这会直接影响到水泥的凝结速度和强度增长。譬如, 某一生产批次的水泥中 SiO_2 含量为 19.58%, 相较于规定的 20.00% 至 23.00% 的标准区间, 这种细微的差距可能在长期使用中对道路的表面完整性造成影响, 产生裂缝。

1.2 杂质含量超标

在水泥生产中, 杂质比例过高是一个普遍存在的问题。理论上, 水泥的原材料需要尽可能地保持纯净, 但现实中, 原材料中不可避免地含有一定量的杂质。这些杂质会对水泥的硬化速度及其最终强度产生一定影响, 尤其是硫元素。它在水泥中以硫酸盐的形态出现, 若含量过高, 则可能引起水泥体积膨胀, 进而影响道路表面的平滑度。依据交通运输部颁布的《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG 3420—2020)的规定^[1], 硫酸盐的含量应限制在 2.5% 以下, 但部分劣质水泥样品的硫酸盐含量达到 3.2%, 明显超出标准限值, 具体数据见表 1。

表 1 某批次水泥杂质含量检测结果

杂质类型	MgO	SO ₃	Na ₂ O
要求上限(%)	5.00	2.50	0.10
检测结果(%)	5.12	2.82	0.11
备注	不合格	不合格	不合格

2 水泥原材料试验检测方法

2.1 搅拌水质检测

搅拌水质检测时, 先取得至少 5 L 的搅拌水样本, 对其 pH 值、不溶质含量、溶解质含量以及碱性成分进行测定, 并对照搅拌水质的性能标准^[2]。为了增强检测的精确性, 可以使用电导率检测技术, 确保所获测量数据的精确性与可信度, 可使用玻璃电极法^[3]。

2.2 集料检测

(1)进行密度测量。将骨料进行干燥处理并记录其重量。接着, 将骨料置入一个密度较高的容器中, 注入沸水对容器进

* 通信作者: 赵冰洋, 工程师, 研究方向为工程技术工程试验。E-mail: 825612181@qq.com

行加热,进而细致记录水在逐步升温时对容器壁的浸润情况,推算出骨料单位体积与重量的比例关系^[4-6]。(2)孔隙率测试。选取一定数量的骨料样本放入量杯内,置于100~110℃的环境下实施干燥处理,持续时间为3~6 h,直到样本重量不再发生变化。将量杯放置于震动平台上,使用铁棒对内部骨料进行敲打振动,以确定骨料堆积状态下的间隙率。(3)含泥量的测定。取适量骨料样本置于量筒内,加水,使水面微微高出骨料层,接着进行彻底搅拌后放置一整天。经过冲洗和滤除过程,利用0.075 mm筛网去除较粗骨料,多次清洗后在浅盘中摊开骨料,确保其完全干燥并降至室温,随后进行称重以计算泥沙含量。(4)骨料细度模数的测量。将完全干燥的骨料样本放入筛分机中进行持续筛分,随后计算筛余物的比例及其累积百分比,进而通过特定公式计算出骨料的细度模数。下表2展示了C30等级混凝土的细度模数变化与其抗压强度之间的关联。

表2 C30混凝土细度模数变化时配合比优化试验

机制砂细度模数	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8
细骨料砂率(%)	42	43	44	45	46
坍落度(mm)	180	185	180	170	175
7d抗压强度(MPa)	25.7	25.3	25.9	25.1	24.8

2.3 水泥检测

(1)检测密度。操作人员需先将无水煤油注入特设的小容器内,随后将该容器置入温度控制的恒温水箱中,并记录下容器表面的温度数据。接着,移除容量瓶并对水泥进行脱水处理及干燥,使用孔径为0.9 mm的筛网进行筛选,筛后的水泥再装入瓶内并充分摇匀,最后在恒温环境下静置一段时间,读取数据,并将所得数值与标准密度进行精确对比分析^[7-9]。(2)细度。将水泥样本置于80 μm方孔筛网上进行筛选,接着在洗净的水筛上放置水泥样本,利用水将较细的粉末冲走,静置等待水泥颗粒下沉,排空水分后,对筛上残留的干燥物质进行精确地称重。(3)凝结时间。向水泥内拌入适量的拌和水,确保与水泥彻底融合后,将混合料倒入模型中,随后在规定的养护环境中对其进行培养处理。(4)标准稠度检测。依次将水泥与拌和水送入搅拌设备中实施混合作业,混合均匀后,将所得的浆料注入预先准备好的模型内,通过振动使其密实,并将多余浆料从模型上表面移除。随后,将装有试样的模型放置在维卡测试仪上,调整试杆使其与浆料表面接触,释放锁定装置,让试杆自然坠下。待试杆静止后,测量其与模型底部的距离,介于5~7 mm之间,则说明浆料的稠度符合标准^[10-11]。

2.4 外加剂检测

在高速公路道路建设中,必须依照具体的施工标准状况来选取恰当的添加剂。检测减水剂时,试验者需先将样品加入水中搅拌均匀,随后滴入甲基红试剂,利用酸碱滴定器开展滴定试验,记录液体色泽的转变过程。操作人员应遵循预定的配比

要求执行试验,以制备水泥混凝土样本,并对样本的硬度、外观形态、固化时间等特性进行综合检测,以确认其性能是否符合道路建设的标准。若发现添加剂使用不妥,导致混凝土制品出现明显瑕疵或性能退化,应立刻中断生产,重新配比^[12]。

2.5 掺合料检测

(1)维卡试验法:常用于评估火山灰的活性指数。操作过程中,需将火山灰浸泡于氢氧化钠溶液中一定时间,随后依据石灰的吸收率来推算火山灰的活性值。(2)强度检测法:通过将水泥混凝土与矿物添加剂均匀拌和,制作出具备特定强度的测试样本,进而对这些样本的强度进行测试,以确定最适宜的添加剂用量^[13]。(3)酸碱溶解度法:通过将添加剂投入到酸性或碱性溶液中,测定其溶解组分的含量,以此来判断添加剂的活性级别。

3 公路工程水泥原材料试验检测要点

3.1 原材料取样

执行任务时需严格遵循取样规范。取样未能达标将造成检测结果的偏差。在品质审核时,必须严格遵循规章,防止因操作疏漏或专业技能缺失等因素造成取样结果的失真。

3.2 范性操作

各项检测步骤须严格依照既定标准执行,确保处理过程标准化,明晰检测步骤和技术规范,推进管理的规范化。但由于施工现场环境、作业人员技能及操作过程等多重因素的干扰,实际操作过程中依旧面临不少难题。操作过程中误差的出现,极大影响了检测结果的精确度^[14-16]。

3.3 设备性能

在检测工作开始之前,必须严格依照技术规范执行器械和功能特性的全面审查,确保其性能指标与技术标准相吻合。在道路建设的实际操作中,由于资金预算、地理位置等多重因素的交织作用,常导致检测设备不能完全满足检验的实际需求,如设备维护不充分、设备搬运不恰当等问题,这些问题严重妨碍了材料质量检验的正常进行。必须重视水泥混凝土工程所用原材料的质量审核,深入分析水泥及骨料的质量标准,明确混凝土的整体性能指标。在检测过程中,要严格按照规范进行标准化操作,以确保检测结果满足规定要求。

4 公路工程水泥原材料检测质量保障措施

4.1 采用先进检测设备

为提升水泥质量检验的精确度和作业效率,公路建设过程中必须引入尖端检测设备。譬如自动化的维卡测试仪,其测量水泥浆流动性的准确度可达0.1 mm,大幅领先于人工测量的±5 mm误差限制^[17-18];电子化的抗压强度试验装置,其测量误差控制在±0.5%以内,并能自动调节加荷速度,严格遵循GB/

T 17671—1999 标准, 保证试验的加荷速率稳定在 (2.4 ± 0.2) kN/s 范围内, 进而确保结果的稳定性和可信度; X 射线衍射 (XRD) 分析设备, 可细致分析水泥内部矿物结构 (图 1), 如准确测定 C3S 与 C2S 含量, 这对预测水泥强度发展极为重要。这些先进仪器不仅显著提升检测精度, 而且极大地加快了检测流程^[19]。

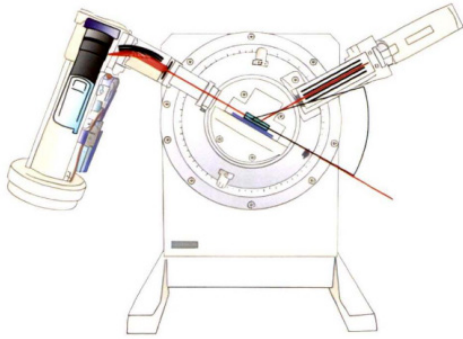


图 1 射线衍射仪示意图

4.2 采用新型检测技术

光学粒度分析仪能获取水泥颗粒度分布的详尽信息, 精确度可达 $0.1 \mu\text{m}$, 这对于判断水泥的细腻程度及其水化反应的活跃性至关重要, 进而影响混凝土的坚固度和使用寿命^[20]。差示扫描量热法的运用, 可以准确评估水泥水化过程中热量的释放特性, 通过监测各阶段的热量变化 (精确至 $\pm 0.1^\circ\text{C}$), 预见混凝土的硬化周期及其强度增长情况。借助这些先进技术, 我们能够更加全面和深入地掌握水泥材料特性, 为公路建设提供更加坚实的水泥质量监控。

4.3 构建严谨的检测流程

为确保材料检测工作的精确性与标准化, 检测人员需对试验样本进行前期标识工作, 同时依据具体条件拟定详细的审核计划及执行步骤, 保障试验审核流程的顺畅执行。接着, 在材料品质审核完成后, 审核人员需细致地进行材料分类, 以判定其是否达标、是否满足工程标准。对于那些未达标的材料, 必须予以淘汰, 并根据实际情况对材料类别及数量进行相应调整, 防止对后续施工造成不利影响。最终, 在测试审核过程中, 一旦检测出材料品质存在问题, 应立即进行返修, 以免对工程建设的品质造成安全隐患。

5 结束语

结合实际工程案例对公路工程水泥原材料的质量评估与检测技术展开研究, 结果表明, 通过科学的质量控制和精准的检测手段, 可以有效确保水泥混凝土的性能达到设计要求, 从而提高公路工程的整体质量与安全性。随着新技术的不断发展, 应进一步结合现代化检测技术, 采取智能化管理手段, 持续提升水泥原材料质量检测水平。希望本文的研究能够为公路建设领域提供一定的参考, 推动高品质道路工程的实现, 助力交通

基础设施的可持续发展。

参考文献

- [1] 邱秋明. 水泥混凝土配合比设计要点及其性能试验检测方法探析[J]. 中国水泥, 2024, (12): 75-77.
- [2] 李怀金. 公路工程水泥混凝土原材料试验检测及质量控制[J]. 全面腐蚀控制, 2024, 38(11): 111-113, 118.
- [3] 秦福. 公路工程混凝土配合比设计和抗折强度试验[J]. 工程机械与维修, 2024, (09): 41-43.
- [4] 陈正. 公路工程水泥混凝土原材料试验检测方法与质量保障措施[J]. 散装水泥, 2024, (04): 205-207.
- [5] 李梅芳. 公路工程中水泥混凝土原材料试验检测技术[J]. 运输经理世界, 2024, (22): 153-155.
- [6] 宋鑫. 公路工程水泥混凝土原材料的试验检测方法[J]. 江苏建材, 2023, (05): 30-31.
- [7] 黄光祥. 公路工程水泥混凝土原材料的试验检测及质量控制[J]. 低碳世界, 2023, 13(07): 163-165.
- [8] 李冠强. 建筑混凝土原材料检测技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (26): 79-81.
- [9] 罗宽. 水泥及混凝土在房屋建筑中的质量检测与管控策略分析[J]. 中国水泥, 2024, (09): 83-85.
- [10] 李瑞涛. 公路工程水泥混凝土原材料试验检测技术研究[J]. 世界家苑, 2024, (05): 111-113.
- [11] 来建新. 水泥稳定大粒径砂砾基层材料的设计及施工技术研究[J]. 交通世界, 2024, (23): 86-88.
- [12] 张慧娟. 公路工程水泥混凝土原材料的试验检测及质量控制[J]. 实验室检测, 2024, 2(08): 82-85.
- [13] 王峥. 公路工程水泥混凝土原材料的试验检测及质量控制[J]. 交通世界, 2024, (19): 98-100.
- [14] 周桂越. 高速公路原材料及道路路基试验检测方法分析[J]. 运输经理世界, 2024, (19): 25-27.
- [15] 宋宝林. 公路工程水泥质量检测中的常见问题及解决方案[J]. 中国水泥, 2024, (05): 95-97.
- [16] 罗婷婷. 公路桥梁工程原材料检测及质量控制研究[J]. 运输经理世界, 2024, (12): 124-126.
- [17] 王丹丹. 公路工程中水泥混凝土原材料的试验检测分析[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(07): 148-150.
- [18] 高山. 建筑工程质量检测中的混凝土检测技术探究[J]. 大众标准化, 2024, (03): 163-165.
- [19] 江莉. 建筑工程质量检测中混凝土检测技术分析[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(21): 185-188.
- [20] 宋彩娜. 公路工程水泥混凝土原材料的试验检测及质量控制[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(07): 216, 218.