

论工程材料检测在建筑质量控制中的应用与实践

余丽芸

广东省有色工业建筑质量检测站有限公司惠州分公司 广东 惠州 516005

【摘要】：随着我国新型城镇化持续推进，市政道路、房建、地下管廊等基建规模持续扩大，工程材料质量直接决定建筑结构安全与使用寿命。建筑材料成本占工程总造价 50%~70%，劣质材料极易引发构件开裂、渗漏、承载力不足等质量问题，严重时诱发安全事故。工程材料检测依托国家规范与设计文件，覆盖原材料进场、施工过程、竣工验收全阶段，是质量管控核心技术手段。本文结合惠州金山分区横一路东段市政道路工程实例，梳理材料检测标准化流程，剖析水泥、钢筋、混凝土等主材检测方法 with 判定标准，总结行业检测现存问题并深挖成因，从制度、人员、设备、数字化管理等维度提出完整优化对策，为同类工程质量管控提供理论与实操参考。

【关键词】：工程材料检测；建筑质量控制；见证取样；水泥；钢筋；混凝土；检测信息化

DOI:10.12417/2811-0722.26.08.067

1 引言

1.1 研究背景

近二十年国内基建行业快速扩张，高性能混凝土、防水卷材、再生骨料等新型建材广泛投入施工现场。建材市场供货渠道繁杂，部分厂商为压缩成本生产劣质建材，叠加部分施工单位简化检测流程、偷工减料，原材料质量风险持续升高。住建部质量督查数据显示，超 40% 工程质量隐患根源为进场材料性能不达标。

《建设工程质量管理条例》明确规定，涉及结构安全的主材必须经具备 CMA 资质第三方机构检测合格后方可投入施工，见证取样送检成为法定强制要求，材料检测的前置管控作用愈发关键。

1.2 行业现存突出矛盾

第一，见证取样流于形式。监理见证人员不到场旁站，仅事后补签记录，施工方刻意挑选优质小样送检，检测数据无法代表整批材料真实性能；第二，中小型检测机构标准化程度偏低。检测人员对新版国标掌握不足，养护环境、仪器操作不规范，设备长期未校准，检测数据存在系统偏差；第三，检测与施工时序倒置。部分项目先完成钢筋绑扎、混凝土浇筑，后补检测报告，一旦材料不合格，实体结构整改成本极高；第四，传统纸质记录管理落后，手写原始记录易篡改、丢失，监管部门无法实现全过程动态追溯。

1.3 研究意义与思路

理论层面，现有研究多聚焦单一材料检测技术，本文整合取样、试验、判定、归档全流程体系，结合现行最新国标完善主材判定细则，丰富工程材料检测与质量控制交叉领域研究；实践层面，依托惠州本地市政真实案例形成可落地管控方案，帮助施工、监理、检测单位建立闭环质量管控体系，从源头减少质量通病。本文按照“流程梳理—主材检测标准分析—问题成因剖析—管控对策—工程实例验证—总结展望”逻辑逐层展

开论述。

2 工程材料检测的基本流程与主要内容

2.1 标准化检测完整流程

委托与受理施工单位整理材料合格证、质保书，向持有对应 CMA 资质的试验室提交委托单，标注工程部位、材料批次、执行标准等信息。检测机构核验资质与标准有效性，资料缺失、超资质项目不予受理。

见证取样封样结构主材取样必须监理见证旁站，严格遵循随机抽样规则，按规范控制每批次取样数量。样品粘贴唯一二维码标识与一次性防伪封条，封条破损试验室可直接拒收，从源头杜绝换样造假。

试验室检测实施样品录入系统分配专属编号，检测人员严格控制试验温湿度、加载速率等条件，水泥安定性、钢筋强度等关键项目设置平行试验，消除偶然误差。试验全程实时记录仪器读数与环境参数，原始记录禁止事后涂改。

数据处理与合格判定按照规范公式计算指标并统一修约，水泥安定性、钢筋强度、混凝土抗压强度等主控项目必须全部达标。样品初次不合格立即下发预警通知，执行双倍复检，复检仍不合格则整批材料强制报废退场。

报告出具与归档追溯检测报告加盖 CMA 资质章、试验室公章后方具备法律效力。委托单、见证照片、原始记录、仪器校准证书统一归档，纸质档案留存至工程设计使用年限，电子档案云端备份，满足竣工验收与事故溯源调取需求。

2.2 核心检测内容

(1) 胶凝材料：水泥细度、标准稠度、凝结时间、安定性、3d/28d 强度；粉煤灰、矿粉活性指数、需水量比。(2) 钢筋及连接接头：屈服/抗拉强度、伸长率、冷弯性能、重量偏差；焊接、机械套筒拉伸与弯曲试验。(3) 混凝土与砂石集料：坍落度、抗压强度、抗渗等级；砂细度模数、含泥量；碎石压碎指标、针片状含量。(4) 围护、防水材料：砌块抗压

强度、干密度；防水卷材拉伸强度、不透水性、低温弯折性能。

(5) 市政道路专用材料：沥青针入度、混合料马歇尔稳定性；路基土最佳含水率、CBR 承载比。

3 关键材料检测方法 with 质量判定标准

3.1 水泥检测 (执行 GB 175-2023、GB 1346-2024)

水泥是混凝土核心胶凝材料，安定性、强度不达标会直接造成梁板、路面基层开裂，属于必检主控项目。

(1) 标准稠度用水量：采用维卡仪测定，是混凝土配合比设计基础参数，用水量波动会直接改变拌合物施工流动性。

(2) 凝结时间：初凝过短会造成混凝土浇筑中途凝固，终凝过长延误拆模工期，两项指标均需满足国标强制下限。(3) 体积安定性 (雷氏夹法)：两组试件煮沸后指针增量均值 $\leq 5.0\text{mm}$ 、试件差值 $< 3.0\text{mm}$ 为合格。不合格水泥内部游离氧化钙缓慢膨胀，成型构件数月后持续开裂，无修复办法。(4) 胶砂强度：标准养护 3d、28d 开展抗折、抗压试验，实测强度不得低于水泥标注等级限值，直接决定混凝土整体承载力。(5) 细度：负压筛、勃氏透气法双方式检测。水泥过粗水化缓慢、早期强度不足；过细则收缩变大，易产生表面细微裂缝。

3.2 热轧钢筋及接头检测 (执行 GB 1499.2-2024)

钢筋承担建筑全部拉压荷载，性能不达标会形成重大结构安全隐患。

(1) 拉伸试验：测定屈服强度、抗拉强度、最大力总延伸率；HRB400E 抗震钢筋屈服比、屈强实测比需满足抗震专项要求，保障地震下构件变形耗能能力。(2) 冷弯试验：匹配标准弯心直径弯曲后，外侧无裂纹、起皮、断裂为合格，直观反映钢筋塑性变形能力。(3) 重量偏差：截取标准长度钢筋称重计算偏差，16~25mm 钢筋负偏差限值为 -5%。劣质钢筋缩小截面降低成本，负偏差超标会大幅削减构件配筋承载力。

(4) 焊接、直螺纹套筒接头：按批次做拉伸试验，接头抗拉强度不得低于母材标准值，焊缝、套筒处无滑移、断裂缺陷。

3.3 混凝土检测 (执行 GB/T 50081-2019)

混凝土为工程用量最大复合材料，分为现场拌合物检测与试验室试块检测。

(1) 坍落度试验：本项目泵送混凝土控制 $120 \pm 20\text{mm}$ ，坍落度过小易堵管振捣不实，过大则骨料离析泌水。进场商品混凝土逐车检测，不合格直接退回搅拌站。(2) 立方体抗压强度：150mm 标准试块恒温恒湿养护 28d，强度结果作为竣工验收核心依据；同条件试块用于判断模板拆除、施工张拉时机。同批次试块强度离散性过大，说明拌合、养护流程存在缺陷。

(3) 抗渗性能：箱涵、水池等防水结构制作抗渗试件逐级加压，根据渗水水压划分 P6、P8、P10 抗渗等级，防止地下水渗透锈蚀内部钢筋。

3.4 路基土工材料检测 (JTG 3430—2020《公路土工试验规程》)

路基填料、水泥稳定碎石基层是市政道路受力基础，填料指标不达标极易引发路面沉降、车辙、基层开裂等病害，属于道路工程必检主控项目。

(1) 重型击实试验：通过重型击实仪测定填料最佳含水率与最大干密度，路基碾压含水率偏离最优区间会直接降低路基压实度，削弱整体承载能力；

(2) CBR 承载比试验：反映路基土体抗变形能力，市政主干道下路床填料 CBR 值不得低于 80%，填料承载性能不足通车后易出现不均匀沉降；

(3) 颗粒级配检测：按每 2000 m² 路基为一批见证取样筛分，严控粗细骨料搭配，避免填料级配失衡造成压实空隙过大、路基渗水软化。

4 检测工作常见问题及深层成因

4.1 取样样品代表性缺失

施工方选择性挑取优质材料送检，监理见证流于形式；砂石仅取料堆表层、水泥合并多批次混合取样，取样批量、数量不满足规范要求。根源为施工单位重工期、轻质量，监理履职缺乏考核约束，造假违规处罚力度偏低。

4.2 试验室操作不规范

中小型检测机构人员培训不足，对新版规范掌握滞后；压力机、万能试验机超期未检定，设备老化产生固定误差；养护室温湿度失控，试块水化异常，强度数据失去参考价值。主要原因是检测机构压缩培训、设备校准运营成本，行业技术人员流动性大。

4.3 数据判定管控不严

检测人员刻意剔除偏低异常数据，新旧标准混用导致判定结论错误；纸质原始记录涂改无签字，三级复核制度形同虚设，检测、审核、批准岗位一人兼任，缺少交叉监督。

4.4 检测与现场施工脱节

存在先施工后补报告违规流程，不合格材料通知仅下发资料员，施工班组持续使用同批次材料；不合格材料退场无影像台账，存在二次流入现场风险。项目未搭建材料闭环管控流程，采购、取样、施工岗位信息割裂。除此之外，现场管理人员对检测规范学习不足也是一大隐性问题。部分施工员、材料员分不清不同材料的代表批量、取样数量与送检时限，经常出现取样批次混淆、送检滞后的情况。例如钢筋进场多批次混堆后统一取样，无法区分每一批次钢筋的真实质量；水泥进场存放超过三个月未复检，水泥受潮水化导致强度下降却未重新检测。同时，部分项目未建立材料分区存放制度，合格材料与待检、不合格材料混合堆放，极易出现误用风险。很多项目部仅把检测工作交给资料员单独负责，现场施工班组不参与材料质量管

控,缺乏全员质量意识,从管理层到一线作业人员未形成统一的材料质量管控思维,进一步放大检测与施工脱节带来的质量风险。

5 强化工程材料检测管理的优化措施

5.1 压实各方质量责任,规范见证取样制度

明确建设、施工、监理、检测四方主体责任,材料检测合规性作为竣工验收硬性条件。取样全程拍照上传监管平台,一次性防伪封样,质监部门不定期留样比对。不合格材料划定隔离区,全程录像退场;弄虚作假单位上报住建部门记入信用黑名单。

5.2 落实人员培训与持证上岗考核

定期组织国标规范实操培训,新员工考核合格后方可独立试验;每季度开展盲样比对试验,数据偏差超标人员暂停上岗复训;见证员、检测操作人员必须持有效资格证书,杜绝无证操作。

5.3 建立仪器设备全周期校准运维体系

压力试验机、维卡仪、电子天平每年送计量机构检定,过期设备立即停用;建设备使用、保养台账,每日试验前后检查运行状态;关键仪器配备备用机组,避免设备故障延误检测工期。

5.4 搭建数字化检测管理平台

线上电子委托替代纸质单据,样品绑定唯一二维码实现全流程溯源;试验设备自动采集数据,杜绝人工篡改;系统识别不合格指标后自动向四方责任人推送预警;原始记录、报告云端永久存储,监管人员线上随时调阅核查。

5.5 推动检测结果落地指导现场施工

严格执行“无合格检测报告不得下料施工”制度,检测合格单作为材料进场放行凭证;根据砂石含泥量、水泥稠度实时调整混凝土配合比;检测发现质量缺陷后制定专项整改方案,监理全程监督复检,整改完成闭环销项,未销项不得开展下道工序。

6 工程实例分析——金山分区横一路东段市政道路工程

6.1 工程概况

本项目位于惠州市惠城区金山湖片区,双向四车道市政主干道,全长1180m,配套雨水箱涵、水泥稳定碎石基层,总造价1.36亿元,材料成本占总造价62%。项目使用P.O42.5/52.5水泥、HRB400E抗震钢筋、C25/C30抗渗混凝土、SBS防水卷材,建设周期18个月,全程由属地质监站监督材料检测工作。

6.2 材料检测管控实践

(1)水泥与集料:水泥按500t一批见证取样,安定性、

强度全部达标;一批进场碎石压碎指标超标,系统自动预警后全部清退出场,更换合格集料重新送检。(2)钢筋及接头: $\Phi 12 \sim \Phi 32$ 钢筋每60t为一批同步检测重量偏差,一批 $\Phi 25$ 钢筋负偏差-5.8%超出限值,当即停工并全部退场;所有焊接、套筒接头拉伸试验全部合格。(3)商品混凝土:进场坍落度统一控制 $120 \pm 20\text{mm}$,离析、超标车辆直接退回搅拌站;28d标准试块抗压强度均高于设计值10%以上,箱涵抗渗试件全部达到P8等级。(4)防水材料:SBS改性沥青卷材不透水性、低温弯折等指标全部满足规范要求。

6.3 项目实施成效

项目采用数字化封样、全程影像留存,施工周期未出现换样、虚假见证问题;项目在材料进场环节增设双人复核机制,材料员与监理共同核对出厂合格证、质保书、生产厂家信息,核对无误后方可进场堆放,从源头杜绝无资质、无质保材料流入现场。针对水泥、钢筋这类关键主材,现场单独划分专用存储区,水泥做好防雨防潮覆盖,钢筋垫高防锈蚀,不同规格、不同批次材料悬挂标识牌分区堆放,有效避免混料错用。项目部每周组织材料检测专项交底会,向施工班组、材料员讲解各类材料检测指标不合格带来的结构危害,强化全员质量责任意识,从思想层面减少人为简化检测流程、规避取样规范等违规行为。2批不合格材料及时隔离退场,未投入实体结构。工程竣工后实体回弹、钻芯抽检全部达标,通车一年无路基沉降、墙体渗漏、结构开裂等质量通病。本项目形成的见证取样、不合格材料闭环处置流程,已作为金山湖片区同类市政道路参考模板。

7 结论与展望

7.1 研究结论

工程材料检测是建筑质量前置管控核心手段,水泥、钢筋、混凝土等主材检测指标直接决定建筑结构安全与长期耐久性。当前检测行业普遍存在样品失真、操作不规范、数据管控不严、检施脱节四大问题,核心诱因是各方质量责任意识薄弱、人员设备管理缺位、数字化监管覆盖率不足。通过健全责任制度、常态化人员考核、规范设备周期校准、搭建数字化监管平台、落实检测结果闭环整改,可全面提升检测数据真实性,从源头消除质量安全隐患。惠州横一路工程实例充分证明,标准化数字化材料检测体系能够有效拦截劣质建材,降低工程质量事故概率,具备广泛推广价值。

7.2 行业展望

未来工程材料检测将向智能化、数字化、绿色化方向发展:全自动智能试验设备逐步普及,依托AI识别试件缺陷,减少人工操作误差;跨机构线上实时监管、不合格自动预警体系全面落地;再生骨料、低碳胶凝材料配套检测标准持续完善;检测行业信用体系全面落地,对数据造假、虚假见证主体实施联

合惩戒。参建各方需要转变“重施工、轻检测”的传统思维，充分发挥材料检测的技术支撑作用，以标准化检测体系筑牢工程质量底线，全面提升国内基础设施建设整体耐久与安全水平。

参考文献:

- [1] GB 175-2023 通用硅酸盐水泥[S].北京:中国标准出版社,2023.
- [2] GB 1499.2-2024 钢筋混凝土用钢第2部分:热轧带肋钢筋[S].北京:中国标准出版社,2024.
- [3] GB/T 50081-2019 混凝土物理力学性能试验方法标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [4] JGJ 52-2006 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [5] GB 1346-2024 水泥标准稠度用水量、凝结时间与安定性检验方法[S].北京:中国标准出版社,2024.
- [6] GB 17671-2021 水泥胶砂强度检验方法[S].北京:中国标准出版社,2021.
- [7] 李建峰.建筑工程材料检测质量管控存在问题及对策研究[J].工程质量,2022,40(06):78-81.
- [8] 王海涛.市政道路工程原材料检测技术与质量控制实践[J].城市道桥与防洪,2023(09):345-348.