

混凝土原材料性能检测常见问题与质量管控对策

谢昊哲

新疆兵团水科院（有限公司） 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要：混凝土原材料的品质直接决定混凝土工程的质量与耐久性，其性能检测是确保混凝土配合比设计和施工质量的首要环节。然而，由于检测环节涉及取样、运输、环境调节、仪器操作、数据处理及结果判定等多个步骤，任何细微疏漏均可能导致检测结果失真，进而误导工程质量判断。本文系统梳理混凝土原材料（水泥、骨料、水、外加剂及矿物掺合料）性能检测中的常见问题，涵盖取样代表性、环境条件控制、设备校准与操作、试验方法选择及数据处理等方面，并从人员能力、管理制度和技术标准等维度剖析其成因，进而从人员培训、流程标准化、设备管理、环境监控及信息化管理等角度提出系统性的质量管控对策。研究认为，提升检测数据的真实性与可靠性，是保障混凝土工程质量的基础性工作，需构建覆盖“取样—运输—检测—报告”全链条的闭环管控体系。

关键词：混凝土原材料；性能检测；常见问题；质量管控；检测准确性

引言

原材料性能检测是混凝土质量控制的第一道关口，检测数据的真实性与可靠性直接关系到配合比设计的科学性、生产过程的稳定性以及最终工程实体的质量安全。一旦原材料检测环节出现偏差，可能引发连锁反应——不合格材料被误判为合格而投入使用，或合格材料因检测误差被拒用，前者埋下质量隐患，后者造成资源浪费和工期延误。近年来，随着工程建设规模的持续扩大和混凝土技术的快速发展，新型外加剂和掺合料不断涌现，检测标准和方法也在持续更新。然而，部分检测机构及施工企业试验室在实际操作中仍存在诸多问题，检测数据失真、报告不规范、质量控制流于形式等现象时有发生，给工程质量安全带来潜在风险。

1 混凝土原材料性能检测的主要内容与重要性

1.1 各类原材料的检测参数

混凝土原材料性能检测涵盖水泥、骨料、水、外加剂及矿物掺合料五大类，各类材料的检测参数各有侧重。水泥主要检测细度、凝结时间、安定性、胶砂强度（抗折、抗压）及标准稠度用水量等指标；细骨料（砂）检测颗粒级配、细度模数、含泥量、泥块含量、云母含量及氯离子含量等；粗骨料（碎石或卵石）检测颗粒级配、针片状颗粒含量、含泥量、泥块含量、压碎指标值及坚固性等；拌合用水检测 pH 值、氯离子含量、硫酸盐含量及不溶物等；外加剂检测减水率、含气量、泌水率比、凝结时间差及抗压强度比等；矿物掺合料（粉煤灰、矿渣粉、硅灰等）检测细度、需水量比、烧

失量、活性指数及三氧化硫含量等。这些参数是判定原材料是否满足相关标准（如 GB/T14902、JGJ52、JGJ63 等）的直接依据。

1.2 检测工作对工程质量的支撑作用

原材料性能检测处于混凝土工程质量控制链条的最前端。准确可靠的检测数据具有多重功能：一是为混凝土配合比设计提供基础参数，确保设计出的配合比既能满足强度要求，又能兼顾工作性和耐久性；二是为进场原材料的验收提供判定依据，防止不合格材料流入施工环节；三是为施工过程中的质量波动溯源提供参考，当混凝土出现异常时，可通过复检原材料排查原因；四是工程验收和长期性能评估积累原始数据。可以说，检测质量就是混凝土工程质量的第一道保险。

2 混凝土原材料性能检测中的常见问题

2.1 取样与样品制备环节的问题

取样是检测工作的起点，其代表性直接影响检测结论的有效性。常见问题包括：取样数量不足或取样点分布不均，未能代表整批材料的真实质量状况；取样工具不洁净导致样品污染；取样后未及时密封保存，使样品受潮或风化，改变其原有性能；样品在运输过程中受到振动或温度剧烈变化，对某些敏感性指标（如水泥凝结时间）产生干扰；在样品制备环节，缩分不规范造成样品不均匀，或烘干温度过高、时间过长导致材料内部结构发生变化^[1]。这些问题往往在检测报告中被忽略，却可能使最终结果出现显著偏差。

2.2 试验环境与养护条件控制不力

混凝土原材料检测对环境条件有严格要求。水泥胶砂试件的养护温度应控制在 $20^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不低于 90%；水泥标准稠度用水量和凝结时间测定时的环境温度应为 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不低于 50%；骨料含水率测定需在 $105^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中进行。实际工作中常见的问题为：养护箱温湿度传感器未定期校准，显示值与实际值偏差较大；养护水更换不及时，水质污染影响试件强度；试验室内湿度波动超出允许范围而未采取调控措施；夏季高温时未开启空调，冬季低温时未启动加热，导致试验条件偏离标准要求。环境因素对检测结果的干扰往往是隐性的，容易被忽视，但其影响不可小觑。

2.3 仪器设备校准与操作规范性不足

仪器设备的精度和操作的规范性是保证检测结果准确的关键环节。常见问题涉及：压力试验机、万能试验机等计量设备未按期检定或校准，传感器疲劳导致示值偏差；天平、量筒等计量器具精度不满足检测方法要求；水泥净浆搅拌机、胶砂搅拌机等设备未按要求进行间隙检查和维护，搅拌效果偏离标准；操作人员未严格按照操作规程执行检测步骤，如加荷速率控制不当（过快或过慢）、试件破坏位置判断主观、读数估读误差过大等。设备问题属于“硬件”缺陷，操作问题属于“软件”缺陷，二者叠加会显著增大检测结果的离散性和不可靠性。

2.4 试验方法选择与执行偏差

现行混凝土原材料检测标准体系庞大，同一指标可能有多种检测方法并存，方法的选择和执行直接影响结果的可比性和准确性。常见问题包括：未按设计要求的材料品种和工程部位选择相应的检测标准版本，如仍沿用已作废的旧标准；对标准中的“宜”“可”“应”等规范性用语理解不准确，将可选条件当作强制条件，或将强制条件随意放宽；对特殊原材料（如机制砂、再生骨料）仍套用天然骨料的检测方法，未按相应专项标准执行；平行试验的重复次数不足，未剔除异常值即进行平均计算，导致统计失真^[2]。这些偏差往往不是有意为之，而是源于对标准体系的理解深度不够。

2.5 数据记录与结果判定中的疏漏

数据记录和结果判定是检测工作的最后环节，也往往是问题积累的最终暴露点。常见问题为：原始记录信息不全，缺乏样品编号、检测日期、环境条件、设备编号等必要追溯信息；数据修约不符合标准要求，未按

“四舍六入五留双”规则处理；异常值未采用数理统计方法（如格拉布斯法）进行判断取舍，仅凭主观决定剔除或保留；结果判定时未将实测值与标准值进行全项目对比，仅关注部分合格指标而忽略其他不合格项；检测报告签发前未经二级审核，错误未被及时发现。这些问题使检测链条的最后一环出现漏洞，可能导致整体结论的错误。

3 混凝土原材料性能检测常见问题的成因分析

混凝土原材料性能检测常见问题的成因可从人员、管理、标准和市场四个维度加以分析。在人员层面，部分检测人员缺乏系统的专业教育背景，仅经短期培训便独立上岗，对标准技术原理和关键控制点理解不足，加之质量意识淡薄、队伍流动性大，操作规范性难以保证。在管理层面，一些检测机构的质量管理体系流于形式，样品流转与台账制度不规范，仪器设备缺乏“一档一档”管理，标准查新和内部审核机制缺失，导致个体失误无法在组织层面被有效拦截。在标准层面，混凝土原材料检测涉及大量国家、行业和地方标准，部分标准修订频繁，不同标准对同一参数的规定存在差异，新旧标准过渡期并行更易引发选标混乱。在市场层面，低价竞争迫使部分机构压缩平行试验、养护龄期和原始记录等必要环节，加之施工方工期紧迫要求“优先出报告”，进一步削弱了检测质量保障。

4 混凝土原材料性能检测的质量管控对策

4.1 强化人员培训与能力持续提升

人员能力是质量管控的第一要素。检测机构应建立分层级的培训体系：对新入职人员，实施系统的岗前培训，涵盖标准规范、操作规程、仪器使用和数据记录等基础内容，并通过实操考核方可上岗；对在岗人员，每年组织不少于一定学时的继续教育和技能比对，重点关注标准更新内容、常见操作误区和疑难技术问题；对技术负责人和质量负责人，则应强化管理能力、不确定度评定及仲裁检测方面的培训。同时，定期组织内部比对试验和外部能力验证，将比对结果纳入人员绩效评价，形成“以比促学、以考促改”的良性机制。

4.2 完善检测流程的标准化与可追溯管理

应从取样到报告输出的全流程制定标准化操作细则。取样环节，明确取样频率、取样部位、取样量和封存标识的具体要求，编制取样记录表，由取样人和见证人共同签字确认^[3]。样品流转环节，设计统一的样品流转卡，随样品同步移动，记录样品从接收、制备、分配

到检测、留样的完整轨迹,确保每一份样品在任何时刻均可追溯。检测环节,编制图文并茂的作业指导书,将复杂步骤拆解为易操作的动作单元,并在关键控制点设置“红绿灯”提示(如必须等待的养护时间、必须达到的环境条件),减少操作随意性。报告环节,实行“编制—复核—批准”三级签字制度,复核人须重点审查数据逻辑性和修约规范性,批准人须关注结论的合理性和标准依据的有效性。

4.3 建立仪器设备的全生命周期管理

设备管理应从“使用”延伸至全生命周期。建立设备台账,记录每台设备从购置验收、初次检定、使用维护到报废退役的全过程信息。每年年初制定年度检定/校准计划,提前一个月通知送检,避免出现超期使用的情况。在使用前,操作人员应进行每日检查(如天平水平状态、压力机油压、养护箱温湿度显示),并填写使用日志。对关键设备,在两次检定之间实施期间核查,采用标准物质或留样复测等方式确认设备状态的持续可靠性。所有设备的操作维护手册、说明书和合格证集中存档,确保任何操作人员都能快速获取设备信息。

4.4 严格试验环境条件的监控与记录

环境条件是检测准确性的隐性变量,须将其提升至与仪器设备同等重要的管控层级。在每个检测区域设置经校准的温湿度计,每天定时记录至少两次(上、下午各一次),发现偏差超出范围时立即启动调控措施并记录纠偏过程。养护箱和养护水槽的温度应使用留点温度计或连续记录仪进行监控,确保试件在养护期间始终处于标准条件。对于对温湿度敏感的特殊检测项目(如水泥凝结时间),应在试验过程记录表中专门标注当时的温湿度实测值,便于后续审查时评估环境因素对结果的潜在影响。

4.5 推进信息化管理手段的应用

信息化技术可显著提升检测质量管控的效率和可靠性。引入实验室信息管理系统(LIMS),实现从委托登记、样品流转、任务分配、数据采集到报告生成的全流程线上管理,将标准要求的步骤、时限和条件以系统流程固化,任何偏离均自动提醒或阻止推进。采用电子原始记录代替纸质手写记录,通过下拉菜单选择标准选项、系统自动计算和修约,减少人为抄写和计算错误^[4]。将仪器设备检定周期、标准有效性验证、人员上

岗资质等信息纳入系统自动预警,到期前即推送通知,防止“无意识违规”。信息化不仅提升了效率,更将质量要求内化为系统的“强约束”,减少了个人随意性的空间。

4.6 建立检测质量的内外双重监控机制

内部监控方面,质量监督员应对关键检测项目进行不定期现场观察,每季度覆盖所有检测岗位,对发现的偏差及时纠正并记录,必要时发布质量通报。内部审核应突破“办公室审核”模式,深入试验现场进行“过程审核”——对照标准步骤逐项核查操作是否符合要求。外部监控方面,积极参与行业主管部门组织的能力验证和比对试验,将比对结果作为衡量检测水平的重要参照,对不满意的结果项目应启动原因分析和整改程序。将内外部监控数据汇总分析,识别薄弱环节和高风险项目,针对性地实施专项改进措施。

结束语

混凝土原材料性能检测是工程质量的源头防线,检测数据的真实性与准确性容不得丝毫妥协。本文对检测全流程中取样、环境、设备、操作、数据及判定等环节的常见问题进行了系统梳理,揭示了人员素养、管理机制、标准复杂性及市场压力等多方面成因,并提出了涵盖人员培训、流程标准化、设备管理、环境监控、信息化及双重监控等六个方面的质量管控对策。这些对策相互补充、协同作用,旨在推动检测工作从“经验型”向“规范型”、从“被动补救”向“主动控制”转变。必须清醒地认识到,检测质量的提升是一项持续性工作,需要检测机构、施工企业及监管部门各司其职、合力推进,以制度约束和技术赋能双轮驱动,方能筑牢混凝土工程质量的第一道防线。

参考文献

- [1] 闻宝联,张伟,李勇.混凝土原材料检测中影响数据准确性的关键因素分析[J].混凝土,2022(6):145-149.
- [2] 王玉田,刘洋,陈思.检测机构质量管理体系运行中的人员因素与控制策略[J].中国检验检测,2023,31(3):45-49.
- [3] 赵岩,张华,李明.实验室环境条件对水泥检测结果的影响及控制措施[J].水泥工程,2024(2):78-82.
- [4] 杨帆,周涛,孙丽.信息化管理在建材检测实验室质量控制中的应用研究[J].中国建材科技,2023,32(5):62-67.