

# 建筑工程水泥混凝土原材料试验检测及质量控制

张丽华

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

**摘要：**水泥混凝土作为现代建筑工程中最基础、应用最广泛的建筑材料之一，其性能直接关系到工程结构的安全性、耐久性和使用寿命。而混凝土的性能在很大程度上取决于其原材料的质量。因此，对水泥、骨料、水、外加剂和矿物掺合料等原材料进行科学、系统的试验检测，并在此基础上实施有效的质量控制策略，是保障混凝土工程质量的关键环节。本文首先系统梳理了各类混凝土原材料的主要试验检测方法及其技术标准；其次深入分析了当前原材料检测与质量控制中存在的突出问题，如检测标准滞后、人为操作误差、供应链管理薄弱等；最后，从制度建设、技术升级、全过程管理和人员培训等多个维度，提出了系统化、前瞻性的质量控制策略，旨在为提升我国建筑工程混凝土原材料质量管理水平提供理论支持与实践参考。

**关键词：**水泥混凝土；原材料；试验检测；质量控制；建筑工程

## 引言

随着我国城镇化进程的持续推进和基础设施建设规模的不断扩大，建筑工程对混凝土的需求量持续攀升，对其性能要求也日益提高。高强度、高耐久性、绿色低碳已成为现代混凝土发展的主要方向。然而，无论混凝土技术如何进步，其性能的稳定性和可靠性始终建立在优质原材料的基础之上。水泥、细骨料（砂）、粗骨料（石）、拌合用水、化学外加剂以及矿物掺合料等共同构成了混凝土的“基因”，任一原材料的质量缺陷都可能引发混凝土强度不足、开裂、碳化加速、钢筋锈蚀等一系列工程质量问题，甚至导致严重的安全事故。近年来，因原材料质量失控引发的工程事故屡见不鲜，暴露出当前在原材料检测与质量控制体系中存在的诸多短板。一方面，部分施工单位和供应商为降低成本，使用不合格或劣质原材料；另一方面，检测手段落后、标准执行不严、过程监管缺失等问题也制约了质量控制的有效性。因此，系统研究水泥混凝土原材料的试验检测方法，精准识别质量控制中的关键问题，并构建科学、高效的质量控制体系，具有重要的现实意义和工程价值。

## 1 水泥混凝土原材料主要试验检测方法

混凝土由多种原材料按一定比例混合而成，每种材料均有其特定的性能指标和检测方法。依据国家标准（如GB/T、JGJ系列）及行业规范，主要原材料的试验检测方法构成了质量控制的技术基础，必须严格遵循以确保数据的真实性和可比性。

### 1.1 水泥

作为混凝土的胶凝核心，水泥的质量直接决定了混凝土的强度发展、凝结行为和体积稳定性。在实际检测

中，首先通过负压筛析法或勃氏比表面积法测定其细度，因为颗粒越细，水化反应越快，早期强度发展越迅速，但过细又可能增加需水量和收缩风险。标准稠度用水量与凝结时间的测定则采用维卡仪进行，这一过程不仅关系到施工操作的时间窗口，也间接反映水泥的水化活性。安定性检测尤为关键，通常采用雷氏夹法或试饼法，用以判断水泥硬化后是否存在因游离氧化钙或氧化镁引起的不均匀膨胀，避免结构在使用阶段出现爆裂或变形<sup>[1]</sup>。胶砂强度试验是评定水泥等级的核心手段，依据GB/T17671标准制备胶砂试件，在标准温湿度条件下养护后测定3天和28天的抗压与抗折强度，该数据是配合比设计的重要依据。此外，化学成分分析如烧失量、三氧化硫、氧化镁含量等，虽不直接体现力学性能，却能揭示潜在的耐久性隐患，例如过量的硫酸盐可能引发延迟性膨胀破坏。

### 1.2 细骨料（砂）

细骨料在混凝土中主要起填充作用并影响浆体与粗骨料之间的界面过渡区。其质量控制重点在于颗粒级配、含泥量及有害物质含量。通过标准筛分试验可获得砂的级配曲线和细度模数，从而判断其是否属于工程适用的中砂或粗砂范围，合理的级配有助于降低空隙率、减少胶凝材料用量。含泥量的测定采用淘洗法，若泥分过高，不仅会包裹骨料表面阻碍水泥水化，还会显著增加拌合用水量，导致水胶比失控、强度下降。此外，砂中若含有云母、轻物质、有机物或过量的硫化物，均可能对混凝土的长期性能产生不利影响。特别是氯离子含量，在钢筋混凝土结构中必须严格控制，因其会破坏钢筋钝化膜，诱发锈蚀膨胀，进而导致保护层开裂。对于

处于严酷环境中的工程，还需进行坚固性试验，通过硫酸钠溶液反复浸泡与烘干模拟自然风化过程，评估骨料的耐久潜力。

### 1.3 粗骨料（石）

粗骨料构成混凝土的骨架，其物理力学性能对整体结构承载能力具有决定性作用。筛分试验用于确定其级配是否连续，避免因粒径分布不合理造成离析或泵送困难。针片状颗粒含量过高会削弱骨料间的咬合力，降低混凝土的抗压强度和韧性，因此需通过规准仪法加以限制。含泥量与泥块含量的控制要求与细骨料类似，但对高强混凝土而言，粗骨料的压碎指标值更为关键，它反映了骨料在压力作用下的抗破碎能力，间接表征其母岩强度。对于重要工程，尤其是大体积或预应力结构，必须进行碱活性检验，防止骨料中的活性二氧化硅与水泥碱发生反应生成膨胀性凝胶，造成不可逆的结构损伤。此外，粗骨料的氯离子和硫酸盐含量同样不可忽视，尤其是在海洋或化工环境中，这些离子会加速钢筋腐蚀或引发硫酸盐侵蚀。

### 1.4 拌合用水

水不仅是水泥水化的必要介质，还直接影响混凝土的工作性和耐久性。尽管自来水或饮用水通常可直接使用，但当采用地表水、地下水或再生水时，必须进行全面水质检测。 $\text{pH}$ 值应控制在4.5以上，以避免酸性环境抑制水泥水化。水中不溶物和可溶物总量过高会干扰胶凝过程，而氯离子和硫酸根离子的浓度则需严格限定，尤其在预应力混凝土中，氯离子含量不得超过 $500\text{mg/L}$ 。最直接的验证方法是进行水泥凝结时间对比试验：分别用待检水和蒸馏水拌制相同配比的水泥净浆，若两者初凝或终凝时间差值超过30分钟，则该水源不宜使用。这一试验虽简单，却能有效规避因水质异常导致的施工事故。

### 1.5 化学外加剂

现代混凝土几乎离不开化学外加剂，其种类繁多、功能各异，但质量波动较大，必须通过系统检测确保其效能稳定。减水率是衡量高效减水剂性能的核心指标，通常在保持基准混凝土与掺外加剂混凝土坍落度一致的前提下，计算用水量的减少比例。含气量对引气型外加剂至关重要，适量的微小气泡可显著提升混凝土的抗冻融能力，但过量则会削弱强度<sup>[2]</sup>。此外，泌水率比、凝结时间差和抗压强度比等参数共同构成了外加剂综合性能的评价体系。值得注意的是，任何用于钢筋混凝土的外加剂均不得含有氯盐，否则将极大加速钢筋锈蚀。匀质性试验如密度、 $\text{pH}$ 值和固体含量的测定，则用于判断产品批次间的一致性，防止因成分波动影响施工质量。

### 1.6 矿物掺合料

粉煤灰、矿渣粉、硅灰等矿物掺合料不仅可替代部分水泥实现绿色生产，还能通过火山灰效应和微集料填充效应改善混凝土的微观结构。粉煤灰的质量控制重点在于细度、需水量比和烧失量，其中烧失量过高意味着未燃尽碳含量大，会吸附外加剂导致减水效果下降。矿渣粉则强调比表面积和活性指数，高活性矿渣可在后期持续参与水化，提升长期强度。硅灰虽掺量小，但比表面积极大，能显著提高混凝土密实度和抗渗性，其 $\text{SiO}_2$ 含量通常需超过85%。所有掺合料均需进行安定性检验和活性指数测试，确保其不会对体积稳定性造成负面影响，同时具备足够的胶凝活性以支撑结构性能。

## 2 当前原材料试验检测与质量控制中存在的主要问题

尽管我国已建立较完善的混凝土原材料检测标准体系，但在实际应用中仍存在诸多深层次问题。首先，部分检测标准滞后于材料技术发展，如机制砂的石粉含量与MB值缺乏全国统一科学依据，且标准执行流于形式，“阴阳材料”现象频发。其次，大量中小型检测机构设备陈旧、技术落后，对碱-骨料反应、外加剂相容性等关键性能缺乏有效检测能力。同时，供应链管理薄弱，砂石来源分散、质量波动大，施工单位“唯价格论”导致劣质材料流入工地。此外，试验人员素质参差，操作不规范甚至篡改数据，严重损害检测真实性。当前质量控制多停留在“进场抽检”的事后把关模式，缺乏对运输、堆放等环节的全过程动态监管和信息化追溯。更值得警惕的是，对再生骨料、工业固废等新型材料的性能认知不足，相关标准缺失，盲目应用可能带来长期安全隐患。

## 3 水泥混凝土原材料质量控制策略

针对上述问题，必须构建覆盖全链条、融合多维度的系统性质量控制体系，实现从“被动检测”向“主动预防”的根本转变。

### 3.1 完善标准体系，强化标准执行力

应加快标准制修订步伐，特别是针对机制砂、再生骨料、复合掺合料等新兴材料，制定科学、统一的技术规范。同时，必须强化标准的刚性约束。推行“见证取样+飞行抽检”双轨制，由监理或第三方机构在施工现场随机取样、即时封存，杜绝送检样品造假。建立全国联网的原材料质量信用平台，对屡次提供不合格产品的供应商列入黑名单，实施市场禁入，形成“一处失信、处处受限”的惩戒机制。

### 3.2 提升检测技术水平，推动智能化检测

鼓励检测机构淘汰落后设备，引进自动化、智能化

检测系统。例如，采用自动筛分仪可确保筛分时间与振幅恒定，提高级配数据重现性；智能压力试验机可自动采集强度数据并上传云端，避免人为读数误差。同时，应推广快速无损检测技术，如利用X射线荧光光谱仪现场分析骨料化学成分，或通过近红外光谱识别外加剂真伪<sup>[3]</sup>。在区域层面，可建设高水平公共检测中心，为中小项目提供技术支持，弥补其技术短板。

### 3.3 构建全流程供应链质量管理体系

施工单位应建立供应商准入与动态评价机制，优先选择通过ISO9001认证、具备稳定质量保障能力的合作伙伴。对水泥、外加剂等关键材料，可试行驻厂监造制度，从源头把控质量。材料进场时，应建立“一材一档”电子台账，详细记录供应商信息、出厂检验报告、进场验收数据、使用部位等，实现全生命周期可追溯。对于大宗骨料，建议设立专用料仓并分区堆放，防止混料和二次污染。

### 3.4 加强人员培训与资质管理

必须严格执行试验检测人员持证上岗制度，并定期组织继续教育与技能比武，提升其专业素养。编制标准化操作视频与图文手册，将抽象标准转化为具体动作，降低操作随意性。同时，建立三级审核机制——操作人自校、技术负责人复核、授权签字人批准，确保每一份检测报告真实、准确、可溯源。对弄虚作假行为实行“零容忍”，一经查实即吊销资质并追究法律责任。

### 3.5 推进全过程质量信息化管理

借助BIM与物联网技术，构建混凝土原材料智慧管理平台。在搅拌站料仓安装含水率传感器、温度探头等设备，实时采集骨料状态数据，系统自动修正配合比参数，确保水胶比精准。每批材料粘贴二维码或RFID电子标签，扫码即可调取其“质量身份证”，包括检测报告、供应商资质、历史使用记录等<sup>[4]</sup>。该平台还可设置预警阈值，当某项指标临近限值时自动报警，实现风险前置管控。

### 3.6 加强新型材料的研究与规范应用

科研机构应联合企业开展再生骨料、固废基胶凝材料的长期性能跟踪研究，重点评估其收缩、徐变、碳化、氯离子扩散等耐久性指标。在此基础上，制定《再

生骨料混凝土应用技术规程》等专项标准，明确适用工程类型、最大掺量、配合比设计方法及质量验收要求。新型材料的应用应坚持“试点先行、逐步推广”原则，在保障安全的前提下稳步推进绿色转型。

### 3.7 强化责任主体意识与监管力度

明确建设单位首要责任、施工单位主体责任、监理单位监督责任和检测机构数据责任，全面推行工程质量终身责任制。住建部门应加大“双随机、一公开”抽查力度，对使用不合格材料、伪造检测报告等违法行为依法顶格处罚，并公开曝光。同时，发挥行业协会桥梁作用，组织质量标杆项目观摩、技术论坛等活动，营造“重质量、守诚信”的行业生态。

## 4 结语

水泥混凝土原材料的质量是决定建筑工程安全与耐久的基石。科学、规范的试验检测是识别材料性能、预防质量风险的前提；而系统、高效的全过程质量控制则是保障工程实体质量的根本。当前，我国在原材料检测与质量控制方面虽已取得长足进步，但仍面临标准滞后、执行不力、技术落后、管理粗放等挑战。未来，应以标准化、智能化、信息化为方向，构建覆盖“采购—运输—储存—检测—使用”全链条的质量控制体系。通过完善法规标准、升级检测技术、强化人员培训、创新管理模式，推动混凝土原材料质量管理从“被动应对”向“主动预防”转变，从“经验驱动”向“数据驱动”升级。唯有如此，才能真正夯实建筑工程的质量根基，助力我国建筑业高质量、可持续发展。

## 参考文献

- [1] 谢惟肖.建筑水泥混凝土原材料试验检测与质量控制[C]//广西网络安全和信息化联合会.第十届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集.江苏省建筑工程质量检测中心有限公司;,2025:125-127.
- [2] 周瑜春.建筑工程混凝土原材料试验检测方法及质量控制分析[J].水泥,2025,(10):134-136.
- [3] 高尚君.建筑工程水泥混凝土原材料试验检测及安全质量控制[J].中国水泥,2025,(08):101-103.
- [4] 黄寅毅.建筑水泥混凝土原材料试验检测与质量控制[J].佛山陶瓷,2025,35(05):74-76.