

# 水泥标准稠度用水量检测结果对凝结时间判定准确性 的影响分析

周晶晶

新疆兵团城建集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**【摘要】**：水泥标准稠度用水量检测结果对凝结时间判定准确性具有关键影响。检测偏差会直接改变净浆水灰比，导致初凝与终凝时间出现系统性偏离，尤其在临界样品检测中误判风险较高。通过分析环境温湿度失控、仪器设备振动干扰及检验人员操作不一致等主要偏差因素，提出严格控制试验条件、规范设备维护与检定、统一操作手法等解决措施。在此基础上建立以准确测定用水量为前提、制定标准化流程、实施异常波动复核的质量控制要求，可有效保障凝结时间判定的正确性与一致性。

**【关键词】**：水泥标准稠度用水量；凝结时间；检测偏差；用水量异常波动；判定准确性

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.068

## 引言

水泥标准稠度用水量是水泥物理性能检验中的一项基础性指标，其测定结果直接关系到凝结时间与安定性等关键参数的准确判定。在实际检测过程中，用水量的微小偏差往往会被传导至后续凝结时间试验，导致初凝与终凝的测定值系统地偏离真实结果。然而，环境条件波动、仪器设备状态差异以及操作人员手法不一致等因素，均可能干扰用水量的准确测定。厘清用水量检测结果对凝结时间判定的影响机理，识别主要偏差来源，并建立相应的质量控制要求，对于提升水泥检测结果的可靠性与可比性具有重要意义。

## 1 水泥标准稠度用水量检测结果对凝结时间判定准确性的影响分析

### 1.1 标准稠度用水量检测偏差直接导致初凝与终凝时间判定失准

水泥标准稠度用水量检测偏差会改变净浆初始水灰比，影响水化反应进程与凝结时间实测结果。用水量偏大时净浆自由水含量上升，早期水化产物分布稀疏，初凝针入阻力下降放缓，试针下沉深度易超出标准规定范围导致初凝误判。后续多余水分蒸发形成较多孔隙，终凝结构形成呈现突变假象造成记录偏晚；用水量偏小则净浆初始稠度过高，水化热集中释放使浆体快速失塑，初凝前试针即出现明显阻滞造成记录提前<sup>[1]</sup>。终凝针入深度也会过早达标导致判定提前，这类用水量偏差引发的凝结时间误判难以通过后续重复测试彻底消除，造成同一水泥样品凝结时间结果在不同检测条件下出现系统性偏离。

### 1.2 用水量测定偏大或偏小时凝结时间结果呈现系统性偏离规律

标准稠度用水量检测偏差引发的凝结时间变化呈现明确

的单向偏移规律，而非随机波动。当检测值偏大时，净浆实际水灰比高于标准值，水泥颗粒间距扩大，水化产物形成连续网络结构所需时间延长，初凝与终凝时间均相应延展；检测值偏小时，浆体实际水灰比低于标准值，浆体稠密程度提升，局部离子富集加速硅酸三钙等早期矿物反应进程，整体凝结进程缩短。定量分析表明，用水量每增大一个百分点，初凝时间可延长十至二十分钟。这一系统性偏离规律意味着，一旦标准稠度用水量检测失准，后续基于同一净浆测得的凝结时间结果将无法真实反映水泥固有凝结特性，造成不同检测条件下的结果失去可比性。

### 1.3 实际检测中因用水量误差引发的凝结时间误判风险较高

标准稠度用水量检测误差在凝结时间判定中具有放大效应，误判风险显著。当用水量测定出现偏差时，据此制备的净浆将使试针贯入阻力变化速率偏离正常轨迹，导致初凝与终凝的判定时刻产生系统性偏移。这种偏移幅度常超出标准方法允许的重复性限或再现性限，使合格水泥被误判为凝结时间不合格，或相反。临界样品检测中，仅±1mL的用水量差异即可造成试针贯入阻力测量值跳跃式变化，使初凝或终凝判定偏离真实值达数十分钟。环境温湿度波动、仪器震动等干扰因素与用水量误差相互叠加，进一步放大误判风险。由于标准稠度用水量是凝结时间测定的前置条件，其误差会在后续检测全过程中逐级传递且无法消除，致使误判风险处于较高水平。

## 2 导致标准稠度用水量检测结果偏差的主要因素

### 2.1 环境温湿度失控改变浆体水化速率进而干扰用水量测定

实验室温湿度超出规范范围，会直接影响水泥浆体水化速率，造成标准稠度用水量检测出现系统性偏差<sup>[2]</sup>。环境温度偏高时，水泥中硅酸三钙、铝酸三钙水化加速，浆体快速失塑性、

水化产物增多,试杆下沉阻力变大、下沉深度减小,检测用水量偏高;温度偏低则水化受抑制,浆体流动性保持较久,试杆下沉更深,测得用水量偏低。环境湿度同样存在干扰,湿度过低会加快浆体表面水分蒸发,表层净浆失水变稠阻碍试杆下沉;湿度过高易造成表层吸水、凝结水稀释水泥颗粒,改变局部水灰比。同时养护箱湿度不足会影响试模内净浆保湿效果,改变试杆与浆体界面摩擦状态。温湿度多因素共同作用,致使同批次水泥检测用水量数据不稳定,后续以此确定的凝结时间、初凝及终凝判定结果缺乏可比性(见图1)。



图1 温湿度失控对标准稠度用水量检测的干扰机制示意图

## 2.2 仪器设备状态不良及外部振动影响试杆下沉距离

维卡仪滑动杆与试杆、试针的连接部件若存在磨损或松动,将导致滑动杆下落时摩擦阻力不均,无法完全依靠重力自由垂落,使得试杆下沉距离偏离真实值。净浆搅拌机叶片与锅壁、锅底间隙超出1mm~3mm范围时,搅拌过程无法均匀混合水泥与水,浆体密度出现局部差异,装模后试杆在不同测试点位下沉距离波动明显。水泥胶砂振实台、流动度测定仪等设备与维卡仪同室放置且同时运行时,高频震波通过地面和操作台传递至试杆,造成试杆在浆体中额外下沉或上升,单次测试数据重复性差。试验室周边环境的车辆通行、机械作业等固定振源也会使维卡仪支架发生微小位移,试杆初始对中位置发生改变,每次测试时下沉轴线不重合,标准稠度对应的下沉距离难以稳定捕捉。

## 2.3 检验人员操作不一致造成装模密度和水量控制出现差异

装模过程中用直边刀拍打试模外侧以排出浆体孔隙的操作,不同检验人员施加的力度与次数难以完全统一。拍打力度过大会使水泥净浆过度密实,浆体内部颗粒排列紧密,导致标准稠度检测时试杆下沉距离偏小,从而得出偏低的用水量结果;拍打力度不足则无法有效排出气泡,浆体孔隙率较高,试杆下沉距离偏大,使用水量测定值偏高。向试模内一次性装入水泥浆体时,因试模上窄下宽的几何形状,若装入手法不当易造成试模底部出现空洞或试模壁附着气泡,浆体未能充分填满

整个试模空间,改变了实际浆体密度分布。量水操作中,不同检验人员读取弯月面刻度及控制加水速度的习惯存在差异,加水过快或过慢均会影响初始水灰比的精确性,进而直接干扰标准稠度用水量的测定结果。

## 3 提升用水量检测准确性以保障凝结时间正确判定的解决措施

### 3.1 严格控制试验室温湿度并建立定期记录与核查制度

试验室温湿度明显影响水泥标准稠度用水量检测,进而干扰凝结时间判定。环境温度偏高会加快水泥水化,使用水量检测值偏大,测得凝结时间偏短;温度偏低则水化速率减缓,用水量偏小,凝结时间偏长<sup>[3]</sup>。环境湿度不足时,净浆表面水分快速蒸发,改变试杆下沉深度,造成用水量检测误差。为保证检测准确,试验室温度需严格控制在 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不低於50%,养护箱温度控制在 $20^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不低於90%。同时建立每日温湿度常态化监测制度,安排专人分上、下午定时核查,一旦出现环境参数超标及时调控。此外需定期对温湿度设备开展计量检定,保证监测数据精准有效,从源头规避环境波动带来的用水量偏差,保障水泥凝结时间检测结果稳定、具备可比性。

### 3.2 规范仪器设备维护与检定避免振动源对测定过程的干扰

水泥标准稠度用水量检测易受仪器状态、环境振动影响,需做好设备维护与定期计量检定以排除干扰。净浆搅拌机需每月校核搅拌叶与锅壁、锅底间隙,需控制在1mm~3mm;间隙过大易造成浆体搅拌不均、水泥颗粒水化不充分,致使检测用水量偏低,间隙过小则摩擦产热提升浆体温度、加速水化,最终使测定用水量偏大。维卡仪整体总质量需严格把控在 $300\text{g}\pm 1\text{g}$ ,滑动杆需保持光滑无锈蚀,保证试杆依靠重力自由下落,无卡滞、松动问题,一旦运行异常会造成下沉深度偏差,直接引发用水量检测失误。检测时维卡仪需安置于稳固无振动台面,与胶砂振实台等振动设备间隔2米以上,或分室独立检测,外界振波会造成试杆额外下沉1mm~3mm,用水量检测结果偏低2%~4%,进一步造成凝结时间判定严重失真。试验前需用湿布擦拭试杆、试模,防止表面干湿产生吸附影响检测过程,同时定期送检仪器设备,保证各项参数精度满足规范检测要求。

### 3.3 强化检验人员操作培训和统一装模拍打及水量加入手法

检验人员操作手法的差异直接影响水泥标准稠度用水量的检测结果,进而干扰凝结时间的准确判定。应建立系统化的操作培训机制,重点规范装模过程中直边刀拍打浆体的力度与次数,明确拍打次数为5次,且每次拍打应保持力度均匀、垂直下落,避免因拍打过重导致浆体过度密实或过轻造成孔隙残

留,从而改变标准稠度测定值。同时,应统一水量加入方式,要求一次性将拌合水全部倒入搅拌锅中,杜绝分次加水带来的水量误差和拌合不均现象。量水时需以弯月面下缘为准,精确至0.1mL。培训中应采用标准操作视频教学与现场实操考核相结合的方式,定期组织比对试验,检验不同人员之间检测结果的一致性。通过统一手法、强化训练,减少人为操作变异,保证标准稠度用水量测定结果稳定可靠,从而为凝结时间的正确判定提供准确前提。

#### 4 基于用水量与凝结时间关联性的检测质量控制要求

##### 4.1 以准确测定标准稠度用水量作为凝结时间检测的前提条件

标准稠度用水量的准确测定是获得可靠凝结时间检测结果的根本前提。实际检测中,由于环境温湿度波动、维卡仪受震干扰或试杆擦拭干湿不一等因素,均可能导致标准稠度用水量出现系统偏差,进而使后续凝结时间的判定失去准确基准。当用水量测定值偏离真实值时,净浆的实际水灰比将偏离标准稠度对应的理论水灰比,这一偏差会贯穿整个凝结时间测定过程,导致试针贯入阻力的变化速率发生改变,初凝与终凝的判定时刻随之偏移<sup>[4]</sup>。偏差方向与用水量变化呈正相关:测定值偏高则凝结时间延长,偏低则缩短。这种因前置条件失准导致的系统性误差,无法通过凝结时间测定过程中的操作调整来补偿。因此,凝结时间的测定必须在标准稠度用水量准确确定的基础上进行,唯有保证这一前置条件的可靠性,才能确保凝结时间检测结果真实反映水泥的物理性能。

##### 4.2 制定标准化操作流程并定期开展能力比对与内部考核

结合用水量与凝结时间的强关联性,规范标准化操作流程是保障检测质量的关键。需细化水泥称量、加水方式、搅拌时长、装模拍打力度与次数等全流程操作要求,重点规范标准稠度用水量检测环节,明确试杆下沉读数时机与精度标准,减少人为操作误差引发的用水量偏差,避免造成凝结时间误判<sup>[5]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 刘公羽,陈龙,张静.P·O 42.5 水泥标准稠度用水量偏高原因及解决措施[J].中国水泥,2022,(S1):156-158.
- [2] 刘新明.浅谈降低水泥标准稠度用水量的经验[J].水泥,2021,(10):35-36.
- [3] 吴赟,刘蔚,王恒.水泥标准稠度用水量和凝结时间的准确度影响因素及解决措施[J].居业,2020,(03):91-92.
- [4] 杨旸,李雪琼,赵鹏清.实验室水泥物理性能检测能力验证结果分析[J].建材发展导向,2022,20(08):10-12.
- [5] 贾兆义.水泥标准稠度用水量偏高的原因分析解决措施[J].水泥工程,2020,(01):31-33.

在固化操作流程后,常态化开展实验室内部及跨机构检测能力比对,排查不同检测人员在用水量测试、凝结时间判定上的系统性偏差并溯源分析原因。内部质量考核需综合考量用水量检测数据重现性、初凝与终凝判定准确度,考核范围覆盖环境管控、仪器使用、试验操作全部环节。依托能力比对梳理共性问题,结合专项考核提升人员操作规范性,构建完整闭环质量管控与改进体系,保障用水量检测数据精准可靠,真实反映水泥凝结时间性能。

##### 4.3 建立用水量异常波动时的凝结时间复核与验证机制

依据标准稠度用水量与凝结时间的正相关关系,若同批次水泥用水量检测值超出正常波动、与历史数据差异明显,需立即启动凝结时间复检验证。复核时需重新制备净浆,同步检测初凝、终凝时间,并与常规用水量检测结果对比。整个复核试验需使用同一维卡仪、同款试针,且保持环境温湿度一致,剔除设备与环境因素带来的干扰。若复核数据与原始结果偏差超出国标限值,需增加试验次数,连续复测不少于三次,以稳定可靠数值作为最终判定结果。同时完整留存试验全过程记录,包含搅拌操作、水量称量、试杆下沉深度等原始数据,方便后续溯源排查。该复核机制可有效甄别用水量异常引发的凝结时间误判问题,完善数据纠错流程,提高水泥物理性能检测结果的准确性与可比性。

#### 5 结语

水泥标准稠度用水量的检测准确性直接决定了凝结时间判定的可靠性。用水量偏差会系统性改变初凝与终凝的测定结果,使合格水泥被误判或相反。环境温湿度失控、仪器振动干扰及人员操作不一致是导致用水量失准的主要因素。通过严格控制试验条件、规范设备维护与检定、统一操作手法,能够有效提升用水量检测精度。建立用水量异常波动时的复检验证机制,可进一步保障凝结时间判定的正确性与一致性,为水泥物理性能检验提供可靠的技术支撑。