

# 公路工程材料试验检测数据可靠性与质量控制体系研究

王仲茂

新疆市政轨道交通有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:** 公路工程是国家基础设施建设核心,其质量关乎人民安全、经济发展与国家战略。材料是公路工程实体基础,性能决定工程耐久性、安全性与服役寿命。试验检测是评估材料性能、验证工程质量的关键手段,其数据是工程各阶段决策的核心依据,数据可靠性至关重要。但实际操作中,受人员、设备等多重因素影响,数据失真等问题频发,威胁工程质量。本文旨在系统剖析影响公路工程材料试验检测数据可靠性的关键因素,探讨构建科学、系统、高效的质量控制体系理论框架与实践路径。通过引入全面质量管理理念,从5M1E六大要素出发,结合信息化、智能化技术,提出全过程闭环管理策略,并阐述体系运行与改进机制,为提升行业水平、保障交通基础设施高质量发展提供参考。

**关键词:** 公路工程;材料试验检测;数据可靠性;质量控制体系;全面质量管理;信息化

## 引言

新时代我国交通强国战略加速,对公路基础设施提出更高标准,质量成为工程建设成败首要标尺。试验检测作为工程质量“守门人”,重要性愈发凸显。公路工程材料多样,每种材料性能需严格达标,试验检测通过标准化程序和方法量化测定性能指标,形成客观评价数据。但近年来,路面早期破损等工程质量问题频发,多因材料性能不达标或检测数据失真,暴露出试验检测工作存在矛盾:行业对数据准确性要求严苛,检测机构却在能力建设等方面有短板。数据不可靠,工程整体质量难保。所以,深入研究构建有效质量控制体系,确保试验检测数据真实准确等,不仅是技术需求,更是保障公共安全、维护市场秩序、促进行业健康发展的必然之举。

## 1 公路工程材料试验检测数据可靠性影响因素分析

数据可靠性是指在规定的条件下,检测结果能够真实、准确地反映被测对象特性的程度。影响其可靠性的因素错综复杂,可归纳为“5M1E”六大核心要素。

### 1.1 人的因素 (Man)

检测人员的技术能力是数据可靠性的根本保障,若其对相关标准规范的理解不够深入,或操作技能不够熟练,便难以正确应对复杂的试验现象和异常数据,极易引入人为误差。更为严重的是职业道德缺失问题,在利益驱动下,个别人员可能故意篡改原始数据、选择性使用有利结果,甚至直接伪造检测报告,这种行为是对数据可靠性最致命的打击。此外,责任心不强也是常见问题,表现为工作态度不严谨,导致记录潦草、计算错误、样品混淆等低级失误频发。这些问题的根源往往在于机构内部缺乏系统、持续的岗位培训和有效的监督机制,使得人员能力长期停滞不前,错误得不到及时发现和纠正。

### 1.2 设备的因素 (Machine)

如果设备选型不当,例如量程或精度无法满足特定试验的要求,那么从源头上就注定了数据的不可靠。即便设备选型正确,若日常维护保养缺失,设备性能也会随时间推移而发生漂移甚至出现故障。更为普遍的风险在于计量溯源环节,未按规定周期进行校准或检定,或者在校准证书过期后仍继续使用设备,会使所有在此期间产生的数据失去可信度<sup>[1]</sup>。同时,在两次正式校准之间,若忽视了期间核查这一关键步骤,就无法及时捕捉到设备短期内的性能波动,从而让潜在的系统误差悄然混入检测结果之中。

### 1.3 材料/样品的因素 (Material)

一旦取样环节出现偏差,例如取样方法、部位或数量不符合标准规范,所获得的样品便无法真实反映整批材料的特性,后续所有精密的检测都将变得毫无意义。在样品进入实验室后的流转过程中,若标识不清或管理混乱,极易发生样品混淆、污染或变质,尤其是在运输和存储环节。对于那些具有时效性要求的样品,如水泥净浆或新拌混凝土试件,若未能严格按照规定的温湿度条件进行养护或处置,其内部的物理化学反应进程将被干扰,最终测得的性能指标将严重偏离其真实状态,从而误导工程决策。

### 1.4 方法的因素 (Method)

若检测人员错误地选用了非现行或无效的标准方法,所得结果自然无法与其他依据正确标准得出的结论进行比较。在面对没有标准方法的特殊项目时,若自行开发的非标方法未经充分的技术确认和验证,其科学性和适用性便无从谈起。此外,即使有标准方法,若实验室内部缺乏详细、可操作的作业指导书(SOP),或者现有的

指导书未能及时更新以反映最新的技术要求,一线人员在执行时便容易产生理解偏差。有时,出于客观条件限制,需要对标准方法进行合理偏离,但若此偏离未经充分的技术论证和管理层授权,同样会损害数据的权威性和可比性。

### 1.5 环境的因素 (Environment)

许多公路工程材料,如沥青的针入度、延度,以及水泥的凝结时间等,其性能对实验室的温湿度极为敏感。一旦环境参数超出标准允许的范围,便会引入难以察觉的系统误差。除了温湿度,外界的振动和电磁干扰也是不可忽视的威胁,尤其是对于精密天平、电子万能试验机等高灵敏度设备,微小的干扰都可能导致读数不稳定,影响数据的重复性和再现性。此外,若不同性质的试验区域(如有害化学试剂区与洁净样品制备区)未进行有效隔离,交叉污染的风险将大大增加,进而影响检测结果的纯净度。

### 1.6 测量/数据处理的因素 (Measurement)

原始记录作为检测活动的第一手证据,若未能做到及时、完整、清晰和可追溯,甚至出现事后凭记忆补记的“回忆录”现象,其法律效力和科学价值将大打折扣。在数据处理阶段,若未按照规范进行数值修约,看似微小的舍入误差也可能在累积后对最终判定产生决定性影响。如今,检测工作高度依赖计算表格或专用软件,一旦其中内置的计算公式存在逻辑错误,或者软件本身未经严格验证,所有依赖该工具得出的结果都将建立在错误的基础之上。最后,对于一些需要依靠目视或经验进行主观判断的项目,如集料中针片状颗粒含量的测定,不同检测人员之间可能存在较大的个体差异,这种主观性也构成了数据不确定性的一个来源。

## 2 公路工程材料试验检测质量控制体系构建

针对上述风险因素,必须构建一个系统化、结构化的质量控制体系。该体系应以ISO/IEC17025《检测和校准实验室能力的通用要求》为基础,融入全面质量管理(TQM)理念,形成一个动态、闭环的管理模型。

### 2.1 体系构建原则

构建一个高效的质量控制体系,首先需要遵循若干基本原则。系统性原则要求我们将人、机、料、法、环、测视为一个有机整体,深刻认识到各要素之间相互关联、相互制约的关系,避免头痛医头、脚痛医脚的碎片化管理。预防为主原则强调将管理重心前移,通过健全的制度和流程设计,在问题发生之前就将其消除或降低到最低限度,而非将资源浪费在事后的补救和追责上。全员参与原则指出,数据质量并非仅仅是质量管理部门的责任,而

是从最高管理者到一线检测员,每一位员工都必须承担起相应的质量职责<sup>[2]</sup>。最后,持续改进原则是体系保持生命力的关键,它要求我们通过内部审核、管理评审、客户反馈等多种渠道,不断发现问题、分析问题、解决问题,推动体系向着更高水平演进。

### 2.2 体系核心框架:全过程闭环管理

该体系可分为三个紧密衔接的阶段:事前预防、事中控制、事后追溯与改进,共同构成一个完整的PDCA循环。

#### 2.2.1 事前预防阶段

在人员能力建设方面,机构应建立严格的招聘与准入机制,确保新入职人员具备基本的专业素养;同时,制定系统化、常态化的年度培训计划,内容需涵盖最新标准规范、实操技能、职业道德教育以及前沿技术动态,并通过考核确保培训效果。更重要的是,要实施岗位授权制度,只有经过严格能力确认的人员,才能被授权签发特定项目的检测报告。在设备管理上,应推行全生命周期管理模式,为每台设备建立详尽的档案,记录其从采购、验收到报废的全过程信息,并制定详细的维护保养计划和操作规程。必须严格执行周期性校准/检定,并根据设备的历史稳定性、使用频率等因素,科学制定期间核查方案,以确保设备始终处于受控状态。此外,建立一套完整、现行、有效的标准化文件体系是预防风险的根本。这包括顶层的《质量手册》、承上启下的《程序文件》以及面向一线操作的《作业指导书》(SOP)。同时,必须建立标准查新机制,确保所有检测活动都依据最新有效版本的标准进行,并对任何非标方法进行严格的确认和文件化。

#### 2.2.2 事中控制阶段

对于样品管理,应采用唯一性标识(如条形码或二维码)对其进行全程追踪,从接收、登记、制备、流转到存储、处置,每个环节的操作都需规范记录,以确保样品的完整性、代表性和可追溯性。在环境控制方面,应在关键功能区域(如力学室、沥青室、水泥室)部署温湿度、洁净度等传感器,构建智能监控网络,实现环境参数的实时在线监测和超限自动报警,必要时可联动空调或净化系统进行自动调控。在具体的检测过程中,应综合运用多种质量控制手段<sup>[3]</sup>。例如,对关键项目或处于临界值的结果进行平行样测试或由第二人复测;对有留存价值的样品进行不定期的再测试,以验证结果的长期稳定性;通过空白试验和对照试验来监控背景干扰和试剂的有效性。对于重复性高的常规项目,绘制并分析均值-极差(X-R)等控制图,可以直观地监控检测过程的稳定性和受控状态。尤为关键的是,应大力推广检

测数据的自动化采集,通过为智能化设备配置数据接口,实现检测数据从仪器到信息系统的自动、实时、无干预传输,从源头上杜绝人为录入错误和恶意篡改的可能性。

### 2.2.3 事后追溯与改进阶段

定期开展覆盖所有要素和部门的内部审核,是检查体系运行符合性和有效性的核心手段,而由最高管理者亲自主持的管理评审,则是对内审结果、客户投诉、质量目标达成情况等综合研判,并做出战略性改进决策的关键会议。积极参加由权威机构组织的能力验证(PT)和实验室间比对(ILC),能够以外部视角客观评价自身的技术水平,及时发现可能存在的系统性偏差。当体系运行中出现不符合项或数据异常时,必须启动一套清晰、高效的处理流程,不仅要立即采取纠正措施以控制影响,更要深入分析其根本原因,并制定针对性的预防措施,防止同类问题再次发生。最后,建立畅通的客户反馈与投诉处理渠道,认真倾听并分析每一条意见,将其视为改进服务质量和提升数据可靠性的宝贵输入。

## 3 质量控制体系的有效运行与持续改进

### 3.1 领导作用与质量文化建设

管理者不仅要在资源上给予充分支持,更要身体力行,将“质量第一、数据真实”的核心价值观融入企业文化。通过制度激励、宣传教育、领导垂范等多种方式,在机构内部营造一种人人敬畏数据、人人重视质量的良好氛围<sup>[4]</sup>。建立与个人及团队质量表现紧密挂钩的绩效考核和奖惩机制,让那些坚守质量底线、追求卓越的员工得到应有的尊重和回报,从而激发全员参与质量管理的内在动力。

### 3.2 外部监督与行业自律

政府相关监管部门应持续加强对检测市场的“双随机、一公开”抽查力度,对出具虚假报告、数据造假等违法行为保持高压态势,提高违法成本,净化市场环境。与此同时,行业协会应充分发挥其自律和桥梁纽带作用,牵头制定并推广行业公约和最佳实践指南,组织技术交流与能力比对活动,引导会员单位共同维护行业声誉,提

升整体公信力,形成内外合力、共治共享的良好格局。

### 3.3 PDCA循环驱动持续改进

在策划(Plan)阶段,依据内外部环境变化设定明确的质量目标和实施方案;在实施(Do)阶段,严格执行各项控制措施和标准化流程;在检查(Check)阶段,通过内部审核、数据分析、客户反馈等多种手段,系统评估体系运行的效果和目标达成度;在改进(Act)阶段,针对检查中发现的问题和不足,采取有效的纠正和预防措施,并将成功的经验标准化,从而完成一个循环。这个循环不是简单的重复,而是在每一次迭代中都实现一次螺旋式的上升,最终推动质量控制体系向着更加成熟、高效、智能的方向持续演进。

## 4 结语

公路工程材料试验检测数据的可靠性是保障工程质量的生命线。面对复杂多变的风险挑战,必须摒弃零敲碎打的局部优化思维,转向构建一个以全面质量管理为指导、以“5M1E”为核心、覆盖全过程的系统化质量控制体系。该体系不仅包含严谨的管理制度和标准化的操作流程,更应积极拥抱信息化、智能化浪潮,通过LIMS、IoT、大数据乃至区块链等技术,为传统质量管理注入新动能,实现从“人防”到“技防”再到“智防”的跨越。未来,随着交通基础设施向更高质量、更长寿命、更智能化的方向发展,对材料性能的认知将更加精细,对检测数据的要求也将更加严苛。

### 参考文献

- [1]王心怡.公路工程现场试验检测数据采集与处理技术研究[J].中国科技论文在线精品论文,2025,18(03):175-177.
- [2]刘会.公路工程建设中的试验检测与数据管理分析技术研究[J].工程与建设,2025,39(02):447-448+457.
- [3]代丽丽.关于公路工程试验检测数据处理的探索[J].汽车周刊,2025,(07):11-12.
- [4]杨璐嘉.公路工程试验检测数据的处理方法研究[J].运输经理世界,2024,(23):25-27.