水利工程检测机构质量控制体系建设研究

段文梁
珠江水利委员会珠江水利科学研究院　广东　广州　510000

摘　要：水利工程质量检测机构是保障工程建设质量的核心技术支撑单位，其质量控制体系的完善程度直接决定检测数据的准确性与公信力。本文系统梳理水利工程检测机构质量控制的理论基础，从组织管理、仪器设备、检测方法、环境安全及样品管理五个维度进行要素分析，进而设计涵盖事前预防、事中控制、事后验证及持续改进的全过程运行机制，形成闭环质量控制体系。研究表明，构建系统化、规范化的质量控制体系，可有效提升检测数据的可靠性，为水利工程质量安全提供坚实保障。

关键词：水利工程；检测机构；质量控制体系；全过程管理

引言：水利工程关乎国计民生，其质量安全是工程发挥长期效益的根本前提。检测机构作为工程质量的“裁判员”，通过科学的检测数据为设计、施工及验收提供决策依据。然而，水利工程具有投资大、周期长、隐蔽工程多、环境复杂等特点，对检测工作的规范性提出了更高要求。在此背景下，构建覆盖“人、机、料、法、环、测”全要素、贯穿检测全过程的质量控制体系，成为提升检测公信力、保障水利工程耐久性的迫切需要。

1 水利工程检测机构质量控制的理论基础

1.1 质量控制体系的核心概念

质量控制体系是指为实施质量管理所需的组织结构、职责、程序、过程及资源的有机整体。对于检测机构而言，质量体系通常以四层文件架构呈现：第一层为质量手册，阐述机构的质量方针与目标；第二层为程序文件，规定各项质量活动的流程与职责；第三层为作业指导书，细化具体检测项目的操作规范；第四层为质量记录，为检测活动的可追溯性提供证据。全面质量管理（TQM）理论强调全员参与、全过程控制及持续改进，对检测机构具有重要指导意义。质量控制体系的有效运行，不仅依赖文件的完备性，更依赖人员的执行力与组织的质量文化。

1.2 水利检测的特殊性分析

水利工程检测相较于建筑、交通等行业具有显著特殊性。首先是检测对象的特殊性，大体积混凝土、土石坝、地下防渗墙等水利特有结构，对检测技术提出专门要求。其次是检测环境的复杂性，水利工程多位于野外、水下、高边坡等恶劣环境，检测人员需克服交通不便、气候多变、作业面狭窄等困难。再者是检测过程的动态性，如混凝土浇筑过程中的坍落度检测、含气量测试等，必须在现场即时完成，无法返回实验室补测。此外，水利工程隐蔽工程多，如基础处理、帷幕灌浆等，检测结果一旦缺失无法追溯。这些特殊性要求质量控制体系必须具备针对性的适应能力[1]。

1.3 质量控制的基本原则

水利工程检测机构质量控制应遵循四项基本原则。第一是公正性原则，检测机构必须独立于建设、施工、监理各方，不受任何利益干扰，确保检测结果的客观真实。第二是全过程控制原则，质量不应仅靠最终报告把关，而应贯穿于取样、流转、检测、计算、审核、出具报告的每一个环节。第三是量值溯源原则，所有检测设备均需通过检定或校准溯源至国家基准，确保检测结果的准确性与可比性。第四是“人机料法环”全要素控制原则，人员能力、设备状态、标准物质、检测方法及环境条件任一环节失控，均可能导致检测结果失效。这些原则是体系构建的基本遵循。

2 水利工程检测机构质量控制体系的要素分析

2.1 组织管理与人员控制

组织管理是质量控制体系运行的基石。检测机构应建立清晰的组织架构，明确技术负责人、质量负责人、授权签字人、内审员等关键岗位的职责与权限，形成权责对等、相互制衡的管理格局。人员控制方面，需建立完善的人员资质档案，所有检测人员必须持证上岗，且证书在有效期内。新入职人员须经过岗前培训与实操考核，考核合格方可独立开展检测工作。应建立年度培训计划，涵盖检测标准更新、新设备操作、质量控制要求等内容。同时，定期实施人员能力监督，通过盲样考核、人员比对、留样再测等方式验证人员技能水平。对于多次考核不合格者，应暂停其检测资格并安排再培训，确保检测队伍的专业素养。

2.2 仪器设备与计量溯源

仪器设备是检测活动的基本工具，其性能状态直接

影响检测结果的准确性。检测机构应建立设备全生命周期管理制度，覆盖采购、验收、建档、使用、维护、检定/校准、期间核查及报废等各个环节。每台设备均需建立独立的设备档案，记录设备编号、规格参数、购置日期、检定/校准证书、维护记录等信息。对于国家规定强制检定的设备，必须按期送检，取得检定证书后方可使用；对于非强制检定设备，应制定校准计划，确保量值溯源连续有效[2]。在两次检定/校准之间，应对使用频繁或易漂移的设备实施期间核查，采用标准物质或比对方式验证设备状态。设备状态标识（合格、准用、停用）应清晰可见，防止误用不合格设备。

2.3 检测方法与标准物质

检测方法是检测活动的技术依据，其正确应用是保证结果可靠的前提。检测机构应建立检测标准受控管理机制，指定专人负责标准的查新、采购、发放及作废回收，确保所有在用标准均为现行有效版本。当标准更新时，应及时组织技术人员学习差异，评估对检测能力的影响，必要时开展新方法确认。对于国家标准、行业标准未覆盖的检测项目，需编制非标准方法，并经技术论证、客户同意及审批后方可使用。标准物质是量值传递的重要载体，应优先选用有证标准物质，并按规定条件储存，记录领用、配制及处置信息。标准溶液、试剂的配制与标定应有详细记录，确保可追溯。

2.4 检测环境与安全控制

检测环境条件对检测结果的影响不容忽视，根据检测项目要求配置恒温恒湿设施，温度、湿度记录仪应连续监测并定期校准。对于精密仪器，还需控制振动、电磁干扰、洁净度等影响因素。不同功能区域应有效隔离，避免交叉污染。现场检测环境控制更具挑战性，检测人员应在检测记录中如实记载环境条件（温度、湿度、风速等），当环境条件超出标准要求范围时，应暂停检测或采取补偿措施。安全控制方面，应制定覆盖实验室与现场的安全管理制度，配备必要的防护用品（安全帽、救生衣、防护眼镜等）与应急器材。对于高处作业、水上作业、有毒有害物质检测等高风险活动，必须编制专项安全方案并实施旁站监督。

2.5 样品管理与检测流程

样品管理是连接现场取样与实验室检测的桥梁，其规范性直接影响检测结果的代表性与有效性。样品管理应遵循“唯一标识、全程追溯”原则，从取样开始即为每份样品赋予唯一编号，伴随样品在流转、制备、检测、留存、处置全过程的身份识别。取样环节应确保样品的代表性，取样人员需按标准规定的数量、位置、方法进行操作，并现场填写取样记录。样品流转过程中，交接双方须签字确认，防止样品丢失或混淆。对于有龄期要求的样品（如混凝土试块），应设置专门养护设施并严格控制养护条件，确保按时检测。检测完成后，样品应按规定期限留存备查，以便争议时复检。样品处置应记录处置方式、时间及执行人。

3 质量控制体系的运行机制设计

3.1 事前预防机制

事前预防机制旨在将质量问题消灭在萌芽状态。其首要环节是合同评审，在接受委托前应对客户要求、检测能力、标准适用性进行全面评估，确保机构具备完成该检测项目的能力与资源。对于大型水利工程，应编制专项检测方案，明确检测批次、频率、点位、方法及判定标准，方案须经技术负责人审核后方可实施。现场检测前，应进行技术交底，向检测人员告知工程概况、检测要点、安全风险及应急措施。建立风险识别与评估机制，定期梳理检测活动中的潜在风险点（如设备故障、人员失误、环境干扰等），并制定针对性的预防措施。事前预防的核心是将质量控制关口前移，变事后补救为事前主动防范[3]。

3.2 事中控制机制

事中控制机制是质量控制体系运行的核心环节，其目标是确保检测活动按预定程序规范执行。检测实施过程中，应严格执行“双人操作”或“一人操作、一人监督”制度，关键步骤须有监督人员在旁见证。原始记录是事中控制的重要载体，必须遵循“即时记录、禁止誊抄、修改留痕”的原则，所有数据应在检测现场直接填写，不得事后凭记忆补记；如需修改，应在原数据上划横线并加盖更改章，保留原始痕迹。平行检测与比对试验是验证检测结果可靠性的有效手段，包括人员比对、设备比对及机构间比对。对于异常数据或临界值数据，应立即启动复检程序，查找原因并确认结果。事中控制要求检测人员具备高度的质量意识与严谨的工作作风。

3.3 事后验证机制

事后验证机制是对检测活动最终成果的质量把关。检测报告的编制、审核与签发应严格执行三级审核制度：第一级为检测人员自核，确认原始数据录入无误、计算方法正确；第二级为审核人员复核，检查标准引用、单位换算、有效数字处理等细节；第三级为授权签字人终审，从技术层面评估检测结果的合理性、完整性及结论的正确性。对于不合格检测项目或异常结果，应建立追溯分析流程，复查原始记录、设备状态、环境条件及样品信息，排除人为错误或系统偏差后方可出具报告。定

期对已出具报告进行抽查，统计报告差错率，分析差错类型与分布规律，为针对性改进提供依据。事后验证是检测质量控制的最后防线。

3.4 持续改进机制（PDCA循环）

持续改进是质量管理体系保持活力的根本保障，其运行遵循PDCA循环原理。策划阶段（Plan），根据上一年度质量目标完成情况、客户反馈及内外部审核结果，制定年度质量改进计划，明确改进项目、责任人与完成时限。实施阶段（Do），按照计划逐项推进改进措施，如修订程序文件、更新设备、开展专项培训等。检查阶段（Check），通过内部审核与管理评审验证改进效果。内部审核应覆盖体系全要素、全部门，由具备资格的内审员独立实施；管理评审由最高管理者主持，对体系适宜性、充分性与有效性进行战略评估。处置阶段（Act），对审核发现的不符合项实施纠正措施，分析根本原因并防止复发。PDCA循环的每一次转动，都推动质量体系向更高水平迈进。

4 智能化与信息化手段在质量控制体系中的应用

4.1 实验室信息管理系统（LIMS）的构建

实验室信息管理系统（LIMS）是实现检测过程数字化管控的核心工具。LIMS系统架构通常涵盖样品登记、任务分配、数据采集、审核计算及报告生成等全流程模块。样品到达实验室后，通过扫码录入系统，自动生成唯一标识码，杜绝样品混淆风险。检测过程中，系统支持与电子天平、压力机等设备直接对接，自动采集原始数据，避免人工录入产生的转录错误。当检测结果超出标准限值时，系统自动触发预警，提示审核人员重点关注[4]。报告生成环节，系统按预设模板自动合成检测报告，减少人工干预。LIMS系统的应用可将报告出具周期缩短30%以上，同时显著提升检测数据的规范性与可追溯性。

4.2 物联网技术在现场检测中的应用

物联网技术为解决现场检测失控难题提供了有效途径。现场检测人员可配备智能终端设备，实时将压实度、地基承载力、桩基完整性等检测数据通过无线网络上传至管理平台，数据一旦上传不可修改，确保原始记录的防篡改性。GPS定位与时间戳功能可精确记录检测点位坐标与作业时间，防止检测人员擅自变更测点位置或补记造假。关键检测过程（如混凝土取芯、回弹检测）可辅以智能安全帽或便携摄像头进行视频留证，实现远程旁站监督。管理人员通过后台可实时查看各检测组的工作进度与数据质量，及时发现异常并远程干预，显著提升现场检测的受控水平。

4.3 大数据分析与质量预警

大数据分析技术为质量控制从事后追溯转向事前预警提供了支撑。检测机构可建立历史检测数据仓库，汇聚历年各工程、各类别检测结果。通过统计分析工具，识别数据分布特征——如混凝土强度数据是否呈现不正常的集中趋势、某一检测人员的合格率是否显著偏离机构平均水平等，这些异常可能暗示数据造假或系统性偏差。进一步可构建质量预警模型，基于实时上传的检测数据，动态评估工程整体质量状况，当某项指标连续多个批次出现劣化趋势时，系统自动发出预警信号，提示检测机构与项目法人加强关注。大数据分析使质量控制从被动响应转向主动预防。

结束语

水利工程检测机构质量控制体系建设是保障工程质量安全的重要抓手。本文从理论基础出发，系统分析了组织与人员、仪器设备、检测方法、环境安全及样品管理等核心要素，进而设计了事前预防、事中控制、事后验证与持续改进的全过程运行机制，构建了闭环质量控制体系框架。未来，应进一步融合信息化、智能化技术手段，推动质量控制体系向数字化、精准化方向发展，为水利工程高质量发展提供更加坚实的技术支撑。

参考文献

[1]苏浩极.水利工程第三方检测在质量管理中的作用分析[J].河南水利与南水北调,2025,54(10):63-65.

[2]李良川.遵义市水利工程质量监督检测实践探究及实例分析[J].水上安全,2025(7):31-33.

[3]韩文斌.水利工程质量检测计划编制探讨与研究[J].工程建设与设计,2022(7):95-97.

[4]夏杰.水利工程质量监督检测实践探讨[J].水利技术监督,2023(8):1-3,39.