

黄河下游河道整治工程施工质量管理体系的构建与优化研究

张海玉¹ 刘 辉²

1. 郑州黄河河务局中牟黄河河务局 河南 郑州 451450

2. 郑州黄河河务局供水局中牟供水处 河南 郑州 451450

摘 要：黄河下游河道整治工程是保障防洪安全、维持河势稳定的关键基础设施，其施工质量直接关乎工程长期运行效果与沿河人民生命财产安全。本文立足于黄河下游“地上悬河”、游荡性河道及多泥沙淤积等特殊工况，系统分析了河道整治工程施工质量管理核心特征与现实困境，揭示了当前质量管理体系在标准适用性、过程控制精细度、信息传递效率及动态适应性等方面存在的结构性不足。在此基础上，以全生命周期质量控制理念和PDCA循环理论为支撑，构建了涵盖目标层、制度层、执行层与保障层的四维施工质量管理体系框架。进而从质量标准的河段差异化细化、隐蔽工程与关键工序的旁站式管控、质量追溯信息的数字化集成、以及适应性质量巡检机制的建立等方面提出体系优化的具体路径，为黄河下游河道整治工程质量管理水平的系统提升提供理论参考。

关键词：黄河下游；河道整治工程；施工质量管理；体系构建；过程控制；数字化管理

引言

黄河下游河道以其独特的“地上悬河”形态和游荡性演变特征，成为中国乃至世界河流治理中难度最为突出的区域之一。为控导主流、稳定河势、保障防洪安全，国家持续投入大量资源建设包括险工、控导、护岸、堤防加固及河道疏浚在内的系统性河道整治工程。这些工程长期承受高含沙水流冲刷、河床剧烈冲淤交替及特殊水力条件的作用，其施工质量要求远高于一般水利工程。然而，长期以来黄河下游河道整治工程的施工质量管理较多沿用常规水利工程的模式，对黄河特有的“冲淤变化快、河势摆动大、施工窗口期短、水下隐蔽工程比例高”等特殊工况响应不足。部分已建工程出现砌石松动、根石走失、坝体沉陷等质量缺陷，不仅影响工程效益发挥，更埋下安全隐患。随着黄河流域生态保护和高质量发展上升为国家战略，对河道整治工程质量提出了更高要求。在此背景下，亟需构建一套适应黄河下游特殊性的施工质量管理体系，并基于工程实践持续优化完善。本文从黄河下游特殊条件出发，分析当前质量管理中存在的问题，系统构建质量管理体系框架，并提出针对性优化策略，以期提升工程质量管控水平提供理论支撑。

1 黄河下游河道整治工程施工质量管理的特殊性与现实问题

1.1 黄河下游特殊工况对施工质量的影响

黄河下游河道具有三个显著特征，深刻影响着施工

质量的形成过程与控制难度。其一，游荡性河势导致主流摆动频繁，施工期间水位流量变化剧烈，水下抛石、砌筑等作业常面临水深突变和流速剧增的扰动，定位精度和结构稳定性难以保证。其二，高含沙水流与剧烈冲淤使得已完工程的基础埋深和护脚工况在施工期间乃至竣工后持续变化，根石走失、基础淘刷等质量风险长期存在，质量评价的时间尺度需从“完工验收”延伸至“运行初期”。其三，施工窗口期极为有限，黄河下游非汛期（一般为10月至次年5月）是主要施工时段，工期集中、强度大，加之冬季低温对混凝土和砌筑砂浆质量的不利影响，质量管控面临时间与环境的双重约束。这些特殊工况决定了通用质量管理标准难以直接套用，必须有针对性地调整质量控制参数和检验方法。

1.2 现有施工质量管理体系的结构性不足

当前，黄河下游河道整治工程主要参照水利工程施工质量管理规范体系执行，在长期实践中暴露出一系列结构性不足。在标准层面，现行质量评定标准对砂性土筑堤、散抛石坝体等典型黄河工种的施工偏差容许范围规定过宽或缺失，导致质量合格判定存在模糊地带^[1]。在执行层面，分包队伍流动性大、技术水平参差不齐，质量责任逐级衰减现象突出；隐蔽工程（如基础开挖、抛石棱体、土工织物铺设）覆盖后难以复检，旁站监理力量不足，过程控制存在盲区。在信息层面，施工质量记录仍以纸质表格为主，数据孤岛严重，质量问题的溯源分析困难，难以形成有效的质量反馈与预防机制。在适

应性层面,管理体系缺少针对河势突变、异常凌情等突发条件的应急质量调控机制,面对非正常工况时往往被动应对。

1.3 施工质量问题的类型化诱因分析

综合来看,黄河下游河道整治工程施工质量问题可归纳为四类诱因:一是设计变更频繁,受河势变化影响,实际施工条件常与原设计不符,而变更流程冗长导致施工质量控制参数调整滞后;二是材料适应性差,部分石料抗风化能力不足、土料含水率控制不当,在黄河特殊的干湿交替环境中加速劣化;三是工序衔接失当,河道工程多工序交叉作业,如抛石与削坡、护脚与护坡之间缺少严格的质量交接控制,整体性削弱;四是检验手段落后,水下工程缺乏高效检测技术,多以经验判断替代实测验证,质量评价主观性强。上述诱因的叠加效应进一步放大了质量风险。

2 施工质量管理体系构建的理论基础与框架设计

2.1 理论基础:全生命周期质量控制与PDCA循环

本文所构建管理体系的理论根基包括两方面:其一,全生命周期质量控制理论强调质量控制不应局限于施工阶段,而应向前延伸至材料采购与施工准备阶段,向后延伸至工程验收与初期运行阶段。对于黄河下游河道整治工程而言,尤其需要关注工程交付后首个汛期的质量表现,建立质量回访与缺陷责任期跟踪机制^[2]。其二,PDCA循环(计划-执行-检查-改进)为质量管理的动态优化提供了基本范式。在河道整治工程中,每个施工单元(如一个坝垛、一段护岸)均可视作一个PDCA循环单元,通过持续循环实现质量螺旋上升。两大理论的融合,要求管理体系既具备横向的全过程覆盖能力,又具备纵向的持续改进动力。

2.2 体系构建的目标、原则与设计思路

构建本体系的根本目标是:实现黄河下游河道整治工程施工质量的“主动可控、过程可溯、持续改进”。具体包括四个方面:确保工程质量符合设计与运行要求,减少质量缺陷与返工损失,提升质量管理的效率与规范性,增强对特殊工况的质量适应能力。体系设计遵循四项原则:适用性原则——管理要求与黄河下游实际施工条件相匹配;系统性原则——各管理要素协调联动、形成合力;预防为主原则——将质量控制关口前移,以事前预控和事中管控为主、事后检验为辅;可操作性原则——流程简明、标准明确、责任清晰,适应一线管理能力。

2.3 四维体系框架的构建

基于上述思路,构建“目标层-制度层-执行层-保障

层”四维质量管理体系框架:(1)目标层:确定工程质量总目标和分项目标(如坝体稳定年限、砌筑密实度指标、沉降控制标准等),将其分解至各施工阶段和作业面,形成质量目标责任矩阵。(2)制度层:制定涵盖质量责任制度、质量检验评定制度、隐蔽工程验收制度、质量事故报告处理制度及质量奖惩制度在内的制度体系,为质量管理提供规则依据。(3)执行层:明确建设方、监理方、施工方、检测方四方质量职责,规范“三检制”(班组自检、施工队复检、项目部终检)的流程与记录要求,建立工序质量交接验收节点。(4)保障层:构建人员培训、设备校准、材料检验、技术交底、资金保障等支撑系统,确保质量管理活动具备充分的资源条件。四层之间通过信息流和指令流纵向贯通,形成从目标设定到资源支撑的完整管理链条。

3 黄河下游河道整治工程施工质量管理体系的优化策略

3.1 质量标准的河段差异化与精细化适配

黄河下游各河段河道特征差异显著——高村以上河段来水来沙集中、主流摆动剧烈,利津以下受潮汐影响、水位变幅复杂。统一的质量标准无法有效覆盖所有工况。优化策略是:依据河势稳定程度、地质条件和施工难易,将下游河道划分为不同质控区段,分别制定差异化的质量控制指标。例如,对游荡性强烈河段的坝垛工程,应将抛石粒径和埋深标准提高一档;对地质条件较差的濮阳-济南段,堤身填筑压实度指标须严于规范下限值^[3]。同时,针对各工种(散抛石、干砌石、浆砌石、混凝土、土方填筑、土工织物铺设等)编制精细化作业指导书,明确每一工序的质量控制点、检测方法及偏差允许范围,消除质量判定的模糊空间。

3.2 隐蔽工程与关键工序的穿透式过程管控

隐蔽工程(基础清理、抛石棱体、土工膜铺设、锚固安装等)是质量控制的重点和难点。优化方向是建立“穿透式”管控机制:在时间维度上,实行“一工序一验收”制度,未经验收合格不得覆盖或进入下道工序;在空间维度上,对水下隐蔽部位采用多波束测深、水下摄影等辅助手段留存影像资料,实现质量可追溯。对于关键工序(如坝体合龙、截流裹头、防汛道路基层填筑等),实施监理旁站和项目技术负责人双签制度,并设置质量控制“叫停权”——当施工条件偏离预定参数时,质量负责人有权暂停施工直至条件恢复。穿透式管控的本质是以高频率、近距离的监督消解隐蔽工程的质量不确定性。

3.3 施工质量追溯信息的数字化集成路径

质量管理体系的优化离不开信息支撑能力的提升。

针对当前纸质记录零散、信息孤岛严重的状况,建议构建基于移动终端的施工质量数字化采集系统,实现“当日施工、当日记录、当日上传”。系统应包括材料进场检验台账、工序验收记录、隐蔽工程影像档案、质量检验评定表等模块,并具备按工程部位、时间、责任人等多维度检索功能^[4]。进一步地,可将数字化质量档案与BIM(建筑信息模型)或GIS平台关联,在三维空间模型中可视化呈现每个工程部位的质量状态,为质量趋势分析和问题追溯提供数据基础。数字化集成的价值不仅在于效率提升,更在于形成质量大数据,为后续工程质量标准的修订和管理决策提供实证依据。

3.4 质量巡检与动态反馈的适应性优化机制

黄河下游河道整治工程施工条件的不确定性要求质量巡检不能固守固定频率和路径。建立“例行巡检+专项巡检+随机抽查”相结合的适应性巡检机制:例行巡检按固定频次覆盖所有作业面;专项巡检针对恶劣天气后、河势突变后及关键节点施工前后等特殊工况启动;随机抽查则由上级质量管理部门不定期实施,以验证基层质量管控的真实性。巡检发现的质量问题按严重程度分级处理——一般问题现场纠偏,较严重问题下发整改通知并限期回复,重大问题停工整改并追溯责任。更重要的是,建立质量巡检结果的周汇总与月分析制度,识别高频次质量缺陷类型及其分布规律,及时调整质量控制要点,形成“发现问题-分析原因-优化标准-预防复发”的闭环。

3.5 多元主体协同的质量责任落实路径

质量管理体系的落地最终取决于责任落实。优化路径是构建“建设单位主导、监理单位监控、施工单位主责、政府部门监督”的多元共治格局。建设单位应将质量要求写入合同条款并配备足够的质量管理人员;监理单位须配齐具有水利工程执业资格的人员,并严格执行独立平行检测;施工单位应设立专职质量管理部门,落实各级质量责任制到班组和个人。在此基础上,引入第

三方质量检测机构进行独立抽检,避免自检与监理检测的重叠盲区^[5]。同时,政府部门(如黄河水利委员会下属管理机构)应建立质量飞检制度和信用评价档案,将各参建单位质量行为纳入水利建设市场信用体系,通过“守信激励、失信惩戒”引导市场主体自觉提升质量管理水平。

4 结语

黄河下游河道整治工程的施工质量管理因工程环境的特殊性和施工条件的复杂性,具有显著的行业独特性。本文从黄河下游游荡性河势、多泥沙冲淤、施工窗口期短等特殊工况出发,剖析了当前质量管理体系在标准适用性、过程控制、信息管理和动态适应性方面的结构性不足。在此基础上,以全生命周期质量控制和PDCA循环为理论支撑,构建了涵盖目标层、制度层、执行层与保障层的四维体系框架,并从标准差异化适配、隐蔽工程穿透式管控、质量信息数字化集成、巡检机制适应性优化及多元主体协同责任等维度提出了系统化的优化策略。这些路径为破解黄河下游河道整治工程质量管理难题提供了系统性思路。未来研究可进一步关注质量管理体系运行效果的定量评价方法,以及智能化质量监控技术在黄河特殊工况下的适用性验证,为构建更加科学高效的河道整治工程质量治理体系提供持续支撑。

参考文献

- [1]张金良,刘继祥,赵连军.黄河下游河道演变与治理方略研究[J].水利学报,2021,52(6):645-656.
- [2]胡春宏.黄河水沙变化与下游河道治理[J].中国水利水电科学研究院学报,2022,20(3):185-196.
- [3]陈维江,刘斌,马晓兵.水利工程施工质量管理体系评价与优化研究[J].水利经济,2021,39(4):53-59.
- [4]田林钢,靳记平,孙利.基于PDCA循环的水利工程施工质量控制模型[J].人民长江,2022,53(8):167-173.
- [5]孙东坡,张羽,李延卓.黄河下游堤防工程质量评价与风险分析[J].水利水电技术,2020,51(11):118-126.