

工程价款结算智能合约设计与实现路径研究

肖光文

江西协盈建筑工程有限公司，江西吉安，343100；

摘要：工程价款结算贯穿工程项目全流程，是保障各方利益的关键环节。当前该领域普遍存在流程繁琐、权责界定模糊、履约风险突出等问题，传统结算模式已难以适应建筑业数字化发展要求。智能合约作为区块链核心技术应用，其去中心化、不可篡改及自动执行的特性，为解决结算难题提供了有效方案。本文结合工程价款结算业务逻辑，梳理智能合约在建筑业的应用现状，分析二者融合的核心价值。从合约架构、核心模块及安全机制维度完成设计，提出技术适配、流程重构与生态构建的实现路径，为推动结算模式革新、提升行业效率提供理论与实践支持。

关键词：工程价款结算；智能合约；合约设计；实现路径；建筑业数字化

DOI：10.69979/3029-2727.25.11.098

引言

建筑业作为国民经济支柱产业，工程价款结算直接影响项目推进与各方利益。当前我国工程价款结算存在诸多问题，结算依据分散导致核对效率低，审批流程冗长加剧资金周转压力，违约追责困难则易引发合同纠纷。这些问题不仅影响项目效益，更制约行业高质量发展。区块链技术的兴起为结算革新提供可能，智能合约作为其核心应用，可将结算规则代码化，实现结算自动化与透明化。开展相关研究，对解决传统结算痛点、完善建筑业数字化治理体系意义重大，本文将聚焦二者融合，明确合约设计要点与实施路径。

1 工程价款结算与智能合约的理论基础

1.1 工程价款结算内涵与特征

工程价款结算是指工程项目实施过程中及竣工后，依据合同约定、工程量清单等文件，对工程费用进行核算与支付的活动。其核心内涵包含价款确定、支付审核、争议处理等关键环节，直接关联业主、施工企业、监理单位等多方主体的经济利益。从业务特征来看，工程价款结算具有周期长的特点，需伴随项目设计、施工、验收等全阶段推进。同时，结算依据具有多样性，涵盖合同条款、变更签证、定额标准等多重文件。此外，结算过程受政策法规、市场价格波动等因素影响较大，导致其业务复杂度较高，需建立规范的流程保障结算准确性。

1.2 智能合约原理与特性

智能合约是基于区块链技术的自动化协议，通过代码将合约条款固化，当预设条件满足时自动执行相应操

作，无需第三方介入。其技术原理以区块链的分布式账本为基础，合约代码存储于各个节点，确保数据不可篡改与可追溯。智能合约具备三大核心特性，一是去中心化，合约执行不受单一机构控制，降低信任成本；二是自动执行，预设条件达成后无需人工干预即可完成支付、确权等操作，提升效率；三是透明可追溯，合约内容与执行记录对参与节点公开，所有操作均留痕可查，为争议处理提供依据。这些特性使其在需强信任的场景中具有显著优势。

1.3 二者适配性分析

智能合约与工程价款结算的适配性体现在多方面。从业务需求来看，工程价款结算需多方协作，而智能合约的去中心化特性可实现多方数据共享，减少信息不对称。结算过程中大量固定规则的执行，与智能合约自动执行功能高度契合，能避免人工操作中的疏漏与延迟。传统结算中数据易被篡改的问题，可通过智能合约的不可篡改特性解决，保障结算依据的真实性。此外，工程价款结算的阶段性支付需求，可通过智能合约设置多节点触发条件实现，确保支付与工程进度、质量验收等环节精准衔接，提升结算的规范性与可信度。

2 项目参与方的核心诉求拆解

2.1 参与方核心诉求

工程价款结算的参与方诉求存在差异但相互关联。业主方核心诉求在于控制成本，确保支付金额与工程进度、质量匹配，同时希望简化审批流程，缩短结算周期以降低资金占用成本。施工企业则更关注结算效率与资金回笼速度，要求结算依据清晰、支付及时，避免因拖

欠工程款影响企业资金周转与项目施工。监理单位的诉求集中在结算审核的规范性,需依据监理记录客观核实工程量与工程质量,确保结算结果公正。此外,造价咨询机构希望获取完整准确的结算资料,减少重复核对工作,提升造价核算的效率与精度,各方诉求为智能合约设计提供方向。

2.2 关键业务场景

工程价款结算涵盖多个关键业务场景,各场景具有不同的结算需求。进度款结算场景是核心场景之一,需依据工程实际完成量与合同约定比例进行支付,通常按月或按节点开展。变更价款结算场景因工程变更频繁出现,需快速核实变更工程量与费用,明确责任方并及时调整结算金额。竣工结算场景是项目收尾关键环节,需整合全阶段结算资料,完成工程量最终核算与总价款确定。此外,索赔与反索赔结算场景也较为常见,需依据合同条款与事实依据,准确界定索赔金额与责任,这些场景的需求为智能合约功能设计提供具体依据。

2.3 合约需求界定

智能合约的功能需求需围绕结算业务核心环节设计。首要功能为数据接入与验证,需支持工程量清单、变更签证等资料的数字化上传与真实性核验。其次是自动核算功能,能依据预设规则完成工程量与价款的计算,包括进度款比例核算、变更费用叠加等。支付触发功能也不可或缺,当满足支付条件(如验收通过)时自动生成支付指令。非功能需求方面,安全性是核心,需保障合约代码不被攻击、数据不泄露。同时,合约需具备可扩展性,以适应不同项目类型的结算需求,还需保证交互便捷性,满足非技术人员的操作需求。

3 智能合约的整体架构设计

3.1 合约整体架构

工程价款结算智能合约采用分层架构设计,确保功能清晰与可维护性。底层为数据层,基于区块链分布式账本存储结算相关数据,包括合同文件、工程量记录、验收报告等,实现数据的安全存储与可追溯。中间层为逻辑层,是合约核心部分,包含结算规则引擎、条件判断模块等,负责解析合约条款并转化为可执行代码,处理工程量核算、支付触发等核心逻辑。上层为交互层,提供与外部系统的接口,实现与工程管理系统、财务系统的数据对接,同时为用户提供操作界面,支持结算申请、结果查询等操作。各层相互衔接,形成完整的合约运行体系。

3.2 核心模块逻辑

智能合约核心业务模块按结算流程划分。工程量核验模块通过对接监理系统与施工日志,自动提取工程量数据,与清单对比核验,生成核验报告。价款核算模块依据核验后的工程量、合同单价及调价条款,计算当期应支付金额,若涉及变更则自动叠加变更费用。支付执行模块在收到验收合格信号后,触发支付指令,将款项转入施工企业账户,并同步生成支付记录。争议处理模块则存储结算过程中的异议信息,依据预设规则推送调解建议,为争议解决提供数据支持。各模块逻辑独立又相互关联,确保结算流程顺畅。

3.3 安全防控机制

智能合约的安全与风险防控需构建多重机制。首先采用代码审计机制,在合约部署前由专业团队对代码进行全面审查,排查逻辑漏洞与安全隐患。其次引入权限管理模块,为不同参与方分配分级权限,限制数据修改与操作范围,防止越权操作。针对外部数据真实性问题,建立数据溯源与验证机制,对接权威数据源,确保接入合约的数据真实可靠。同时设置应急处理模块,当出现异常情况(如代码漏洞)时,可启动暂停机制,避免损失扩大。此外,利用区块链的加密技术对合约数据进行加密处理,保障数据传输与存储安全。

4 底层技术平台的选型与适配

4.1 技术平台选型

底层技术平台的选型需结合工程价款结算的业务特性。区块链平台方面,联盟链因兼顾去中心化与管理效率,成为优先选择。可采用 Hyperledger Fabric 平台,其支持权限管理与智能合约灵活开发的特性,能满足多方参与的结算场景需求。数据存储方面,采用“区块链+传统数据库”的混合存储模式,将核心结算数据存储在区块链,确保不可篡改;将非核心的海量施工数据存储在传统数据库,提升访问效率。此外,需适配云计算平台以保障系统算力,选择稳定性强、扩展性好的云服务,满足不同规模项目的结算需求。

4.2 开发测试管理

合约开发与测试需遵循标准化流程,这是保障智能合约在工程结算中精准执行的关键环节。开发阶段采用敏捷开发模式,这种模式能快速响应结算业务中的需求变更,组建由区块链技术人员、造价工程师、法务人员组成的跨领域团队,明确各角色职责——技术人员负责代码实现,造价工程师把控业务逻辑,法务人员规避法

律风险。依据详细的需求分析文档编写代码,优先开发工程量核算、价款计算等核心模块,并定期开展内部评审,及时发现业务与技术衔接的问题。测试阶段分为单元测试、集成测试与系统测试,形成完整的测试闭环。单元测试针对单个模块验证逻辑正确性,比如检验单价乘以工程量的计算精度;集成测试检验模块间接口衔接是否顺畅,确保数据在结算各环节无缝流转;系统测试模拟真实结算场景,如多方签字确认、异常数据处理等,验证合约整体功能与性能。测试过程中建立缺陷跟踪机制,详细记录问题类型、出现场景及修复方案,及时修复问题,确保合约上线前达到预期效果。

4.3 部署运维保障

合约部署与运维需建立完善的保障措施,为智能合约在工程结算全周期的稳定运行提供支撑。部署阶段采用分阶段部署策略,先在小型试点项目中上线,这类项目业务场景简单、参与方少,便于快速收集使用反馈并针对性优化,待系统成熟后,再逐步推广至大型复杂项目。部署过程中做好数据迁移工作,采用加密传输与双重校验机制,确保历史结算数据完整、准确导入新系统,避免数据丢失或错乱影响后续结算。运维阶段建立实时监控机制,通过专业监控平台跟踪合约运行状态,对交易延迟、数据异常等情况设置预警阈值,及时发现并处理异常情况。

5 政策法规与行业标准保障

5.1 政策法规保障

政策法规与行业标准是智能合约落地的重要支撑。当前智能合约在工程领域的应用尚处于探索阶段,相关法律法规存在空白。需推动政府部门出台针对性政策,明确智能合约的法律地位,将其作为结算依据的合法性予以确认。同时,行业协会应牵头制定统一标准,包括合约代码编写规范、数据交互标准、安全评估指标等,避免因标准不统一导致的应用混乱。此外,需完善争议解决机制,明确智能合约执行过程中纠纷的处理流程与法律责任,为合约应用提供清晰的法律指引。

5.2 人才技术支撑

人才培养与技术支撑体系构建需兼顾复合型人才培育与技术创新。高校与职业院校应开设区块链与工程造价交叉专业课程,培养既懂工程结算业务,又掌握区块链技术的复合型人才。企业内部开展定期培训,组织现有员工学习智能合约相关知识,提升操作与管理能力。

技术支撑方面,鼓励企业与科研机构合作,建立联合实验室,针对工程结算中的技术难题开展攻关,推动智能合约技术与工程业务的深度融合。同时,搭建技术交流平台,促进行业内技术经验共享,提升整体技术水平。

5.3 多方协同机制

多方协同的生态合作机制是智能合约落地的保障。需建立由政府部门、行业协会、业主单位、施工企业、技术服务商等组成的协同联盟,明确各方在智能合约应用中的职责与权益。政府部门负责政策引导,行业协会制定标准,业主与施工企业作为应用主体参与需求提出与试点应用,技术服务商提供技术支持。通过定期召开协调会议,解决应用过程中出现的问题。同时搭建共享信息平台,实现各方数据互通,打破信息壁垒,形成“政府引导、市场主导、多方参与”的良好生态,推动智能合约在工程价款结算领域的广泛应用。

6 结论

工程价款结算智能合约的设计与落地,是回应建筑业数字化转型需求、破解传统结算困境的重要探索。本文通过系统研究发现,智能合约的去中心化、自动执行等特性与工程价款结算的业务需求高度适配,能够有效解决传统结算中效率低下、信任缺失等核心问题。基于多方诉求与关键场景构建的分层合约架构,以及工程量核验、价款核算等核心模块设计,为合约功能实现提供了坚实支撑,而技术平台选型、开发测试管理等实现路径与政策、人才保障体系,则形成了合约落地的完整支撑链条。当前智能合约在工程领域的应用仍处于起步阶段,未来需在政策完善、技术迭代与人才培养方面持续发力。本文的研究成果可为工程价款结算模式革新提供理论参考,助力建筑业构建更高效、可信的结算体系,推动行业高质量发展。

参考文献

- [1] 杨国平,黄紫倩. 政府投资项目工程决算审计常见问题及其对策研究[J]. 会计师,2025,(11):65-67.
- [2] 山东全面推行建设工程招标投标“评定分离”[J]. 中国招标,2024,(07):4.
- [3] 黄海涛,黄文巧. 关于政府部门审计结论作为工程造价结算依据的探究[J]. 工程造价管理,2024,35(02):32-37.
- [4] 刘亚男. 施工单位如何健全工程价款结算管理[J]. 中国招标,2024,(04):132-134.