

水利水电工程监理中合同管理与风险评估的协同机制研究

龚久玲 李新民

长委工程建设监理（宜昌）有限公司 湖北 宜昌 430000

【摘要】：当前，我国水利水电工程正迈向高难度、高复杂度的新阶段。水利工程监理的核心职能已从单纯的技术质量控制，转向全过程、全方位的合同与风险综合治理。本文旨在构建一套基于“风险导向-合同约束”的现代监理履职协同机制（CC-RA模型）。研究依托不完全合同理论与项目全生命周期风险管理理论，深入剖析合同管理与风险评估的内在耦合逻辑，并引入模糊综合评价法和蒙特卡洛模拟等定量工具构建动态评估体系。最为关键的是，本文选取了具有世界级技术难度的白鹤滩水电站（代表巨型工程的技术风险治理）和具有典型区域开发特征的固增水电站（代表中型工程的实施与环境风险管控）作为双案例进行实证分析。通过对白鹤滩项目柱状节理玄武岩处理中的精细化变更索赔管理，以及固增项目在征地滞后压力下的履约反制措施的深度复盘，本文揭示了监理单位如何利用风险预警优化合同执行、利用合同条款规避重大风险的互动规律。研究成果不仅丰富了工程监理的理论体系，也为同类复杂水利工程的建设提供了具有高度实操性的管理范式与决策参考。

【关键词】：水利水电工程监理；合同管理；风险管理；履约控制；风险应对

DOI:10.12417/2705-0998.25.21.068

1 引言

1.1 研究背景与意义

水利水电工程是我国重要的战略性基础设施。随着“西电东送”等国家战略的实施，我国水电开发主战场已转移至西南地区高山峡谷，这一区域地质复杂、生态脆弱，工程建设面临极大的不确定性。在此背景下，传统的工程监理模式已显不足。技术性的“旁站、巡视”难以有效应对地质突变引发的巨额索赔和合同纠纷，监理的职能必须向合同与风险的综合治理转型。

白鹤滩水电站作为当今世界在建规模最大、技术难度最高的水电工程，其特高拱坝施工对监理的合同与风险驾驭能力提出了极限挑战。而固增水电站作为区域梯级电站，则面临着征地移民、环保水保等复杂的外部实施风险。探索一套能将这两个不同能级、不同风险特征的项目经验理论化的协同管理体系，是新时代水利监理行业亟待解决的重大课题，对于提升我国水利工程建设质量和投资效益具有重要的现实意义。

2 合同管理与风险评估的理论耦合机制

2.1 不完全合同理论下的监理职能

水利工程项目建设周期长、地质和水文条件具有高度不可预见性，使得工程合同天然具有“不完全性”。合同无法在签订时穷尽所有未来可能发生的自然状态或风险事件。根据不完全合同理论，当合同未约定的状态出现时，如何配置和行使“剩余控制权”成为关键。

我国的工程建设体制中，监理工程师被赋予了合同解释、补充、变更的职能，承担了相当一部分的“剩余控制权”。例如，当白鹤滩工程遭遇合同中未详尽规定的柱状节理玄武岩特殊地质时，监理工程师需要依据合同的“诚实信用”原则，对合同条款进行灵活解释和补充变更，其合同管理过程本质上

就是不断处理由“合同不完全性”所引发的风险事件的过程。

2.2 全生命周期风险与合同的动态映射

风险评估必须贯穿于合同履行的全过程，而非仅仅停留在开工前的策划阶段。本文提出“风险-合同动态映射机制”：

（1）事前（招投标与签约阶段）：风险识别直接影响合同类型和条款设计。针对地质风险高的隧洞工程，监理建议采用单价合同而非总价合同，并通过设置“暂列金额”来涵盖潜在的、不可预见的风险成本。

（2）事中（施工实施阶段）：风险监控数据作为合同履行判定的依据。例如，通过实时监测大坝混凝土的温度梯度（风险指标），判断是否满足“无裂缝大坝”的质量目标（合同指标），从而决定是否签发进度款支付证书。

（3）事后（完工与结算阶段）：风险评价修正合同结算结果。对于因故延误的工期，监理需利用进度分析工具（如关键路径法）剥离不可抗力、业主责任等风险因素的影响，最终界定承包商的违约责任，确定合理的索赔或反索赔额度。

2.3 监理视角下的 CC-RA 协同管理模式

本文构建了合同控制-风险评估（Contract Control-Risk Assessment,简称 CC-RA）协同管理模式，旨在实现风险与合同的闭环联动：

（1）信息共享环：监理现场巡视、旁站监测所获得的“微弱信号”（如岩体渗水速率微增、混凝土温度异常）应第一时间输入合同管理系统，作为预警潜在变更索赔的依据。

（2）决策支撑环：针对重大变更或索赔事件，监理利用风险量化工具（如蒙特卡洛模拟）快速评估不同变更方案对工期和成本的影响概率，为总监理工程师签发变更令、确定索赔处理方案提供客观的数据支撑。

(3) 反馈优化环：将索赔处理的最终结果、变更所采用的实际工法和单价等信息，及时反馈、修正至项目风险数据库和后续合同清单，以优化后续标段的风险发生概率参数和合同条款设计，实现管理经验的迭代升级。

3 监理工作中的风险量化评估方法

为了推动合同管理由“经验型”向“数据型”转变，必须建立科学严谨的风险量化评估体系。

3.1 基于 WBS-RBS 的全面风险识别

风险识别是量化评估的基础。监理应采用工作分解结构（WBS）与风险分解结构（RBS）相交叉的矩阵法，实现对项目风险的全面、精准定位。

(1) WBS 维度：将整个工程项目划分为大坝基坑开挖、坝体混凝土浇筑、金属结构安装、机组调试等关键工作单元。

(2) RBS 维度：将风险系统分解为技术风险、自然风险、经济风险、政治社会风险和合同法律风险等层次。

通过 WBS-RBS 矩阵，监理可以精确地将风险事件定位到特定的工作单元和风险类别，例如识别出白鹤滩工程“左岸地下厂房（WBS）”面临的“高地应力岩爆（RBS-技术）”风险，以及固增工程“引水隧洞（WBS）”可能面临的“涌水突泥（RBS-自然）”风险，为后续的量化评估奠定基础。

3.2 模糊综合评价在履约风险中的应用

水利工程项目中的许多风险因素（如承包商的施工能力、管理水平、资金状况等）往往具有模糊性和非线性特征，难以用精确数值描述。因此，采用模糊综合评价法（FCE）对承包商的履约风险进行定级是一种科学选择。

监理组织专家团队，根据预设的风险因素集（如施工能力、资金状况、设备状况、管理经验等）和评语集（如高风险、中风险、低风险），利用层次分析法（AHP）确定各风险因素的权重，并通过专家打分构建模糊关系矩阵。通过模糊变换运算，最终得出承包商的综合履约风险等级。若评价结果显示为“高风险”，监理则立即启动合同中预设的“履约担保执行预案”或“暂停支付预案”，实现风险的早期干预和合同约束。

4 案例实证分析一：白鹤滩水电站

4.1 工程概况与监理挑战

白鹤滩水电站位于金沙江下游，是全球单机容量最大（100万千瓦）的巨型水电工程。其核心特征是 300 米级特高双曲拱坝和超大规模的地下洞室群。我方监理承担了包括大坝在内的核心土建标段任务。

白鹤滩项目面临的监理挑战具有世界级难度：地质条件极其复杂，尤其是坝基发育的柱状节理玄武岩，对大坝基础稳定构成直接威胁；同时，单个标段合同额巨大，对监理的精细化管理提出了极高要求。

4.2 柱状节理玄武岩地质风险的合同化解

针对柱状节理玄武岩这一核心技术风险，监理部采取了“技术先行、合同落地”的策略。

4.2.1 风险识别与合同条款的预设性审查

在开工初期，监理通过详尽的地质勘探资料分析，预判坝基开挖可能遭遇超出预期的松弛层。在审查施工合同文件时：

(1) 问题发现：原合同清单中“岩石基础保护层开挖”的单价，是基于常规爆破工艺测算的。然而，柱状节理玄武岩需要采用“保留保护层、人工配合机械精细撬挖”的特殊工艺，原单价无法覆盖其高昂成本，是潜在的巨额索赔诱因。

(2) 监理对策：监理主动建议业主在合同中增设“特殊地质处理暂定金额”，并制定了详细的《柱状节理玄武岩开挖工艺及计量补充规定》，明确了不同松弛深度下的计量标准。通过在合同层面预先界定风险和价格，将潜在的索赔争议前置化解。

4.2.2 变更处理中的风险分担与量化评估

在施工过程中，实际揭露的松弛范围远超地质报告预测，承包商提交了巨额变更和工期索赔申请。

(1) 风险定性：监理依据合同中关于“不可预见的物质条件”的条款，判定地质异常属实，属于业主应承担的主要风险后果。同时，要求承包商履行合同义务，采取措施防止损失扩大。

(2) 量化评估：监理利用三维激光扫描技术（LiDAR）对开挖面进行高精度扫描，与 BIM 模型进行比对，精确计算出超挖和回填混凝土的工程量，杜绝了传统的“模糊计量”。

(3) 单价博弈：针对承包商提出的采用“完全成本法”重新组价，监理通过对现场实际“人、材、机”消耗的实测实量，建立了独立的成本测算模型。最终核定的新单价，既公正弥补了承包商的合理增支，又剔除了其因管理不善导致的效率损失，为业主节约了数千万元投资。

5 案例实证分析二：固增水电站

5.1 工程概况与监理环境

固增水电站位于四川省木里县，是木里河干流梯级开发的关键电站。工程采用引水式开发，规模为中型。与白鹤滩相比，固增项目面临的社会环境与建设条件更为恶劣：征地移民受阻严重，导致工作面移交滞后；生态环保压力巨大，弃渣场变更频繁；多标段在狭窄场地内交叉作业，干扰风险高。

5.2 征地滞后风险下的索赔与反索赔管理

征地滞后是固增项目面临的“外部风险”，直接导致承包商窝工和工期延长，并提出了全面索赔。

5.2.1 窝工索赔的精细化审查

监理工程师在审查承包商提出的包含人员窝工费、设备闲置费的全面索赔时，采取了精细化的“风险剥离”策略。

(1) 风险剥离原则：监理严格区分了“因征地导致的停工”（业主风险）与“因设备故障或自身管理导致的停工”（承包商风险）。通过查阅监理日志与施工记录，剔除了承包商在停工期间自行安排设备检修的时段，核减了不合理的闲置费用。

(2) 关键路径分析：监理利用进度计划软件对工期计划进行回溯分析，发现虽然征地导致了进水口开挖延误，但由于承包商自身在其他关键路径上的效率低下，即便进水口按时移交，后续工序仍会受阻。监理依据合同“并发延误”原则，仅批准了工期延长，驳回了部分费用索赔，有力维护了业主权益。

5.2.2 赶工协议的谈判与签订

为确保项目发电目标，业主提出赶工要求，监理主导了赶工协议的谈判。

(1) 风险对价测算：监理通过测算，确定了赶工所需的合理资源投入。在协议中，明确规定“赶工费”的支付方式采用“里程碑节点考核制”，即只有在规定时间内贯通隧洞，才支付相应奖金。

(2) 机制实质：这实际上是将赶工失败的风险部分转移回了承包商，促使承包商以更高的效率和责任心投入赶工，实现了风险的再分配和激励。

6 进阶策略与结论

6.1 合同管理与风险评估融合的进阶策略

基于白鹤滩与固增项目的成功经验，本文提出以下进阶策略，以适应未来水利工程的高质量发展需求：

(1) 构建数字化监理“神经中枢”

随着 BIM+GIS、物联网等技术的发展，监理应构建数字化的合同风险管理平台。该平台应具备数据集成和自动预警能力。

①数据集成与预警：将白鹤滩式的地质三维模型、温控监测数据，与固增式的征地红线图、进度计划图统一集成。设定

合同条款的数字化规则，例如，当 BIM 模型中的实际开挖线超出设计线（超挖风险）时，系统自动关联计价规则，计算扣减工程量，并生成风险报告，实现风险的自动监测和合同规则的自动执行。

(2) 推行“风险单价”与“动态定额”

在招标文件和合同编制阶段，应引入“风险单价”机制。

①机制应用：对于地质风险极大的隧洞段，允许承包商报价包含合理风险溢价的单价，避免因单价不足导致后期恶意索赔。同时，监理行业应建立基于大数据的“动态定额”，根据区域风险水平（如高海拔、高地应力地区的人工降效系数）动态调整造价审核标准，使合同对价更趋公平、合理。

(3) 强化监理工程师的“法商+技商”融合能力

①能力要求：建议行业协会加强在风险建模、合同法务、大数据应用等方面的实战培训，全面提升监理队伍在复杂合同博弈和风险量化决策中的胜任力。

6.2 结论

水利工程监理的高质量发展，必然依赖于合同管理与风险评估的深度融合。本文研究表明：

(1) 理论上，合同是分配风险的契约载体，风险是驱动合同演变的核心动因，二者在项目全生命周期内存在相互影响、动态映射的耦合关系。

(2) 方法上，WBS-RBS 识别、模糊综合评价以及蒙特卡洛模拟等定量工具，能够有效提升监理决策的科学性、客观性和说服力。

(3) 实践上，白鹤滩水电站的案例证明，面对极致的技术风险，应依靠精细化的计量、严谨的变更处理和创新的正向激励机制来化解；固增水电站的案例则表明，面对复杂的外部实施风险，灵活运用索赔/反索赔手段、刚性的环保支付约束及合理的赶工协议，是保障履约的关键。

将“白鹤滩经验”中的高标准精细化管理理念应用于固增这类中型项目，同时将“固增经验”中的灵活协调机制反哺于大型项目，是提升我国水利水电监理整体水平的有效路径。未来，基于数字化技术的合同风险智慧管控将成为行业的新常态。

参考文献：

- [1] 王守清,柯永建.特许经营项目融资（BOT、PFI 和 PPP）[M].北京:清华大学出版社,2008.
- [2] 刘俊颖,李志永.工程风险管理[M].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [3] 张水波,陈勇强.国际工程合同管理[M].北京:中国建筑工业出版社,2011.