工程与管理科学
Engineering and Management Science
第 8 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

基于组合赋权法的中小型水利 EPC 项目风险评价

毕梅美[1,2]
1.昆明理工大学建筑工程学院　云南昆明　650500；2.广东中灏勘察设计咨询有限公司云南分公司　云南蒙自　661100
DOI：10.32629/ems.v8i10.22570

［摘　要］中小型水利 EPC 项目具有设计、采购、施工一体化的特点，风险来源多、互相影响。本文从风险特征、指标层级、赋权机理三个方面来阐述组合赋权评价的逻辑基础，分析风险因素交叉耦合、指标权重主观偏移、客观数据支撑不足、风险等级界定不清等识别难点，建立包含前期决策、设计管理、采购供应、施工实施的风险指标体系，用层次分析法和熵权法组合赋权进行综合评价，根据评价结果实施分级风险管控，为中小型水利 EPC 项目风险管理提供方法参考。

［关键词］水利工程；EPC 模式；风险评价；组合赋权；层次分析法；熵权法

引言

近年来，设计－采购－施工总承包（EPC）模式在中小型水利工程中被广泛使用，灌溉排涝、中小河流治理、小型水库除险加固、农村饮水安全等项目大多采用该模式来组织实施。EPC 模式把设计、采购、施工的责任都集中到总承包方，缩短了管理链条，提高了建设效率，也把分散在各个阶段的风险集中到一个主体上。《建设项目工程总承包管理规范》（GB/T 50358-2017）对工程总承包的项目管理提出了系统的要求，风险管控是其中的重要内容；水利行业标准《水利水电工程施工安全管理导则》（SL 721-2015）对水利水电工程施工中危险源的辨识和风险评价做了具体的规定。中小型水利项目单体规模小、管理资源少、抗风险能力弱，参建各方风险意识和风险应对技术手段存在差异，急需建立结构清晰、计算可行的风险评价方法来支撑分级管控决策。组合赋权法把主观经验判断和客观数据信息结合起来，计算过程透明、结果可复核，是适合中小型项目管理的路线。

1 项目风险的评价逻辑

1.1EPC 风险的主要特征

中小型水利 EPC 项目风险来源多、链条传导。来源多方面，项目前期包含立项审批、征地移民、资金筹措等环节，任何一个环节出现延误都会导致整个建设周期被拖延；设计阶段受水文地质勘察深度影响，中小型项目勘察投入较少，设计依据不足的风险更加明显；采购阶段存在设备供货周期和价格波动问题，部分通用设备的供货周期会直接影响施工组织；施工阶段则处于汛期洪水、地质情况及作业安全等自然及管理风险之中[1]。链条传导上，EPC 模式把三类责任集中到总承包方身上，上游环节的风险就顺势下移，勘察深度不够造成设计变更，设计变更引起采购计划调整，采购延误又压缩施工窗口期，最终造成工期、造价和质量失控。风险的传导性要求评价体系要覆盖整个生命周期，不能只看施工阶段。就中小型项目来说，风险的又一特征就是缓冲资源不足，大型项目可以依靠备用资金、替代货源、专业分包来承受局部风险，而中小型项目资金和资源的余量较小，同样的风险事件会造成更大的冲击。这也就放大了事前评价的价值，用有限的评价成本换取风险处置的主动权，是中小型项目风险管理中性价比最高的投入之一。

1.2 风险指标的层级构成

风险评价的前提就是建立层次分明、不重复的指标体系。根据项目生命周期阶段，指标体系应设置四个准则层，前期决策风险包括立项论证是否充分、征地移民协调是否到位、资金到位情况等；设计管理风险包括勘察资料是否齐全、设计变更次数多少、设计供图是否及时等；采购供应风险包括主要设备供货是否及时、材料价格波动是否较大、到场验收质量是否合格等；施工实施风险包括地质和水文条件是否变化、汛期防洪是否受到影响、施工质量安全是否达标、分包单位是否能履约等[2]。各准则层下设可观测的分项指标，同一个风险因素只属于一个层次，防止指标交叉造成权重重复计算。层级构成要和总承包方的管理职责相匹配，前期决策类指标大多由项目法人来决定，总承包方只是参与论证；设计、采购、施工三类指标直接对应总承包方的管控责任，权重设置要体现责任边界，使评价结果与责任考核相衔接。

1.3 组合赋权的适用机理

风险指标权重确定有主观和客观两条途径。主观赋权以层次分析法为代表，根据专家对指标相对重要性的两两比较

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

构造判断矩阵，优点是充分吸收水利工程管理经验，缺点是结果受专家偏好影响；客观赋权以熵权法为代表，根据各指标评分数据的离散程度确定权重，数据差异越大，信息量越大，其优点是不受人为干扰，缺点是可能会偏离指标的实际重要性。组合赋权就是将两种权重按照一定的比例相加，从而得到最终权重，它既考虑到了管理经验的先验判断，也考虑到了样本数据的客观差异，可以有效地避免单一方法的片面性[3]。

2 项目风险的识别难点

2.1 风险因素交叉耦合

中小型水利 EPC 项目的风险因素之间存在着复杂的交叉耦合关系。设计变更既可以是由于勘察不到位，也可以是由于政策的变动所；材料价格的波动会对采购预算和施工成本造成影响；汛期来水情况会改变施工组织，也会反过来影响设备的运输安排。耦合关系还具有放大效应，勘察缺陷导致的设计变更如果正好在主汛期来临之前发生，施工窗口会变小，防汛投入也会增加，单项风险的后果会被放大[4]。单因素视角下的“低风险”，在多因素叠加之后就有可能变成连锁风险。如果不能梳理出因素之间的传导路径，那么指标体系就很难真实地刻画出风险的结构。

2.2 指标权重主观偏移

只依靠专家判断来确定权重的时候，由于专家的专业背景和项目经历的不同，会造成结果出现系统性的偏差，偏重施工管理的专家会加大施工风险的权重，偏重前期工作的专家会高估决策类风险，参与过重大损失项目的专家会整体提高风险评分，经历顺利的专家会反向降低风险评分。轮次不同的专家咨询结果分散度大时，权重结论的稳定性就会受到影响，有些指标会被系统性地抬高或者压低。权重是评价体系的“指挥棒”，权重失真会使后面的全部计算失去意义，主观偏移因此成为单一主观赋权路径的固有缺陷[5]。

2.3 客观数据支撑有限

客观赋权要依靠大量历史数据，中小型水利项目缺少数据积累。同类项目数量少，风险事件样本量小；各个指标的量纲不同，评分数据要标准化处理；部分指标（征地协调难度）不能量化，只能用等级评分来表示。数据规模小的时候，熵权法的权重输出对于个别样本的异常值非常敏感，纯客观赋权的稳定性很难保证。因此可行的缓解途径有两个，一是建立区域性的项目风险档案，由属地水行政主管部门汇总同类项目的风险事件及处置结果，逐年增加样本量；二是对不能量化的指标使用统一的参照等级评分制，给出各个等级的行为化描述，减少评分的随意性。数据基础的改善虽然需要时间，但是它直接影响到客观赋权的可利用范围，应该成为常态化的规划工作来提前安排。

2.4 风险等级界定模糊

风险评价的落脚点就是管理决策，评价结果要转化为具体的等级划分和管控优先级。如果没有统一的分级标准，综合得分和风险等级之间的对应关系是由评价者临时决定的，不同的项目评价结果不能互相比较，高、中、低风险的界限也会因人而异。等级界定不清还会造成管控资源错配，本该重点盯防的项目因为等级判定偏低而放松管理，风险可控的项目却因为判定偏高而过度投入，评价结论不能直接指导管控资源的配置，评价工作本身的价值也随之降低。

3 组合赋权的评价应用

3.1 风险指标体系构建

根据中小型水利 EPC 项目全生命周期特点，建立目标层、准则层、指标层三级指标体系，目标层为项目综合风险，准则层分为前期决策、设计管理、采购供应、施工实施四类风险，指标层在各准则下设置五项左右可评分指标，前期决策下设立项论证、征地移民、资金筹措等指标，设计管理下设勘察资料完备度、设计变更频率、供图及时性等指标，采购供应下设设备供货及时性、材料价格波动、到场验收质量等指标，施工实施下设地质条件变化、汛期影响、质量安全、分包履约等指标。指标筛选有三个原则，一是代表性，指标能反映该环节的主要风险敞口，宁缺毋滥；二是可评性，专家可以根据项目资料和经验给出等级评分，不能设置没有评分依据的悬空指标；三是独立性，同一个风险因素不能重复计入多个指标中，防止权重变相叠加。体系构建之后组织专家对指标释义逐条进行修订，统一评分标准和等级参照，使不同的专家评分建立在相同的理解基础上。指标数量的确定也要克制，中小型项目管理资源有限，指标过多会分散评分注意力、加重专家负担，指标层总数不宜超过二十项，既能覆盖主要风险敞口，又能保证评分质量，为后续的动态修订留下余地。

3.2 主客观权重融合

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

主观权重用层次分析法来计算，邀请水利工程管理、设计、施工和造价领域专家对同层级指标进行两两比较，用一到九标度构造判断矩阵，计算出各指标的权重，并做一致性检验，一致性比率小于零点一为通过，不满足要求时反馈专家调整判断矩阵，直到通过检验为止；多位专家的判断矩阵分别计算后，用几何平均法汇总为主观权重。客观权重用熵权法来计算，将多位专家对同一个项目各个指标的评分组成评价矩阵，经过极差标准化处理之后计算出各个指标的信息熵和差异系数，指标评分差异越大、信息熵越小，携带的区分信息就越多，熵权就越高。两类权重采用线性组合的方式进行融合，组合系数根据数据的充分程度来确定，专家评分样本充足时适当提高熵权的比例，样本较少时以层次分析法的权重为主，使融合的结果既具有经验的可信度又具有数据的敏感性。

3.3 综合风险等级判定

在指标权重确定之后，用各个指标的风险评分乘以组合权重，再求和得到项目的综合风险得分。为了使评价结果直接用于管理决策，事先约定统一的五级分级规则，综合得分处于低位区间判定为低风险，项目按常规程序管理；随得分升高依次判定为较低、中等、较高和高风险，各等级对应不同的管控强度要求,等级边界在评价工作开始前就公布出来，杜绝事后调整的随意性。在综合得分之外，同步输出各个指标的加权得分排序,找出对综合风险影响最大的重点指标项，使评价结论既有总体判断又有结构诊断的功能。以某中小型灌溉排涝工程总承包项目为例进行演示，该项目前期征地协调难度大、施工跨越汛期，经组合赋权计算，施工实施和前期决策两类风险的权重合计超过一半，指标加权得分排序中“征地移民协调”和“汛期防洪影响”排在前列，评价结论将该项目综合风险判定为中等偏上等级，重点风险项集中在征迁和度汛两个方面，管控优先序一目了然。

3.4 分级风险管控配置

根据评价结果采取差异化的管控配置，高权重、高等级的重点风险项实行专项管控，对征地移民风险建立与属地政府的联合协调机制，明确交地节点和补偿兑付的责任清单，对汛期风险编制度汛方案并组织专项审查，将关键工序安排避开主汛期，配备应急抢险物资和值守安排。对中等风险项实施例行监控，纳入月度风险例会跟踪，指标状态发生改变时立刻升级管控措施；对低风险项实行台账管理，定期复核即可。将管控措施同步反馈到设计、采购、施工各个环节的责任矩阵上，确定每一个重点风险的管控责任人、触发条件和应对预案，形成评价、配置、责任的闭环，把风险评价的结果变成可以执行的管理配置，而不是停留在报告层面的结论。管控配置还要建立动态复核机制，重点风险项管控措施执行情况每月复盘，当汛期临近、资金到位迟缓等预设触发条件出现的时候，风险等级立刻提升、管控资源往前挪动，防止评价结果随着项目推进而静态化失效，保证分级管控一直同项目的实际风险状况保持一致。

结语

组合赋权法给中小型水利 EPC 项目赋予了经验加数据的评价手段。指标体系包括全生命周期的风险敞口、组合权重将专家判断与数据差异相结合、等级判定给管控资源配置赋予统一标尺、四类准则层指标同责任矩阵的衔接使评价结果直接到达管理动作。随着同类项目风险数据越来越多，客观赋权的数据基础也得以改善，组合赋权评价的精度与稳定性也会随之提高，进而更好地支持中小型水利工程总承包模式下精细化管理。

[参考文献]

[1]李伟,董红科,张旭,等. 抽水蓄能电站 EPC 模式设计风险管理[J].人民黄河,2025,47(S2):90-92.

[2]董源,罗俊,罗文品. EPC 模式下隧洞开挖支护的风险分析及对策[J].水利技术监督,2024,(9):311-317.

[3]蔡黎明,孙琰,管胤翔,等. 基于改进 FAHP 的水利工程 EPC 总承包项目风险管理研究[J].科技创新与应用,2024,14(2):109-112.

[4]田虹. 浅析水电工程“EPC”总承包模式下的风险管理[J].河南水利与南水北调,2014,(16):88-89.

[5]李超娟,罗福周. EPC 承包模式下水电工程风险管理研究[J].人民黄河,2013,35(5):115-117.

作者简介：毕梅美（1993.2-），女，彝族，中国云南昆明，本科，工程师，从事中小型水利工程 EPC 总承包项目风险评价研究。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.