

文章编号:1001-4179(2015)05-0109-04

# 水电工程 EPC 项目采购风险评估

陈 志 鼎, 刘 豪, 肖 芳

(三峡大学 水利与环境学院, 湖北 宜昌 443002)

**摘要:**在水电工程 EPC 项目中,采购对整个工程项目的成本、质量和工期有着重要影响。结合相关学者的研究成果,建立了 EPC 项目采购风险因素评价体系。针对风险发生的影响程度和发生概率,构建风险矩阵模型;利用 AHP 方法计算风险权重,从而得出采购风险的综合等级;引入累计风险贡献率,确定该风险等级下的主要影响因素。通过工程算例验证了该方法的可行性,以期对 EPC 项目采购管理发挥指导和借鉴作用。

**关 键 词:**EPC 采购风险; 风险评估; 风险矩阵; 水电工程

中图法分类号: TV51

文献标志码: A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.05.026

## 1 研究背景

随着 EPC 模式在建设工程中的广泛应用与大力推行,EPC 模式在我国水电行业的发展态势良好。由于水电工程建设周期长、投资大、施工条件复杂等原因,工程在实施过程中会产生众多风险。然而,在 EPC 总承包模式下,业主往往与总承包商签订固定总价合同,这意味着总承包商在项目实施过程中会面临巨大风险<sup>[1]</sup>。而采购作为 EPC 项目的核心环节(见图 1),对实现项目设计意图、保证项目顺利实施具有重要作用。对于大多数工程项目,设备和材料的采购费占合同总费用的比例高达 40%~60%<sup>[2]</sup>,而且采购设备和材料的质量、交货的及时程度都会直接影响项目能否顺利进行。因此,对总承包商而言,进行 EPC 项目采购风险研究具有重要意义。

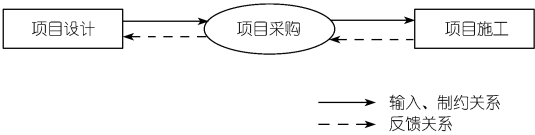


图 1 EPC 模式下设计、采购、施工的逻辑关系

目前,一些学者对工程采购风险做了相关研究。古海林认为采购人员对采购风险的认识不足、采购决策缺乏科学性以及企业内部关系混乱是导致采购风险

的主要原因<sup>[3]</sup>;苏志娟等针对国际 EPC 项目的整个生命周期,对采购的主要风险进行了定性分析<sup>[4]</sup>;赵保强等通过分析总承包项目采购特点,构建了总承包采购风险预警系统<sup>[5]</sup>;姜南等运用模糊层次分析法对制造企业供应链采购风险进行度量<sup>[6]</sup>;袁晓波等采用层次分析法对中亚石油工程 EPC 项目采购风险进行了全面的分析<sup>[7]</sup>;舒欢等针对工程项目采购风险的不确定性和模糊性,提出基于 Vague 集的采购风险评价方法<sup>[8]</sup>。上述学者均对工程采购风险进行了定性和定量的分析,但缺乏针对水电工程 EPC 项目采购风险的研究。在此基础上,本文对水电工程 EPC 项目的风险进行分析,找出影响水电工程 EPC 项目采购的关键因素。由于风险矩阵评估方法具有概念清晰、使用方便以及评估结果简洁易懂等特点<sup>[9]</sup>,在工程项目应用中受到了密切关注。本文在综合考虑风险影响等级和风险发生概率的基础上,构建了风险矩阵的水电工程 EPC 项目采购风险评价模型,对风险进行了定量分析。

## 2 EPC 项目采购风险识别

### 2.1 EPC 项目采购风险概念

水电工程 EPC 项目采购是指在水电工程建设过程中,以施工为目的进行原料、工具、设备等物资的购买活动,以尽可能低的价格,得到完成施工建设任务所

收稿日期:2014-10-29

作者简介:陈志鼎,男,副教授,主要从事工程风险与保险研究方面的工作。E-mail:chen\_zhiding@163.com

需的物资。风险作为一种不确定事件,是实际结果与预期的差距。在水电工程 EPC 项目中,采购存在于工程项目建设各个阶段,贯穿于工程建设的整个生命周期,涉及设计、采购人员、供货商三方的协调问题。由于水电工程规模大、周期长、工程所处环境多变等特点,使采购计划、物资运输安全和时间、物资价格的波动等众多风险因素大大增加,对工程项目的工期、质量、成本等具有深远的影响。

2.2 EPC 项目采购风险指标

根据 EPC 项目采购风险的形成机理以及项目建设的整个过程,结合相关学者的研究成果,将采购风险主要分为 13 类,分别用  $q_1 \sim q_{13}$  表示,并建立采购风险评价指标体,详见表 1。

表 1 工程采购风险因素评价体系

风险因素	指标描述
质量缺陷风险 $q_1$	物资质量不满足合同或规范要求的风险
监造风险 $q_2$	因总包商没有派专职人员到供应商生产现场从事监造活动或监造人员失职,导致产品不满足设计要求的风险
供应商能力和信誉风险 $q_3$	供应商自身管理水平、服务水平以及业内声誉
检验和试验风险 $q_4$	检查人员的风险意识不够、疏忽大意引发的风险
生产期延期风险 $q_5$	供应商因种种原因未能按时交货带来的风险
采购进度变更风险 $q_6$	工程项目的进度计划发生了变更,导致采购计划调整带来的损失
运输安全风险 $q_7$	货物的运输安全以及运输时间的风险
设计递延风险 $q_8$	因设计部门提供的设计方案未能满足业主的要求,而增加采购工作量和采购时间的风险
资金损失风险 $q_9$	采购资金在采购过程中因汇率变化或意外损失而导致的风险
价格变动风险 $q_{10}$	市场上物料价格上涨
交易成本风险 $q_{11}$	各种交易方式中发生的费用,包括搜集信息、招投标、签订合同等的费用
围标串标风险 $q_{12}$	因投标企业采用围标或串标的投机行为导致的工程项目采购风险
库存成本增加风险 $q_{13}$	物资提前到场引发的风险

3 基于风险矩阵的评估模型

风险矩阵是项目管理中对风险重要性进行识别的一种结构性方法,它最初由美国空军电子系统中心于 1995 年提出。该方法综合考虑风险发生的概率和对工程造成的影响程度两个因素来判定风险的重要性级别。

3.1 确定采购风险影响等级和发生概率

在利用风险矩阵进行采购风险评估时,采用风险影响等级和风险发生概率来量化风险等级。下面根据风险对采购的影响程度将风险影响等级分为关键、严重、一般、微小和可忽略 5 个等级,将风险发生的概率分为 0 ~ 10% , 11% ~ 40% , 41% ~ 60% , 61% ~ 90% 和 91% ~ 100% 。

3.2 确定采购风险等级

风险等级是综合风险影响和风险概率的基础上确定的,在原始的风险矩阵中,风险等级仅划分为低、中、高 3 个等级。为使风险评价结果更为细致,本文在原始风险的基础上,将风险矩阵划分为极低风险、低风险、中级风险、高风险和很高风险 5 个等级,见表 2。

表 2 风险等级

风险影响 等级	风险概率				
	0 ~ 10%	11% ~ 40%	41% ~ 60%	61% ~ 90%	91% ~ 100%
关键	中	高	很高	很高	很高
严重	中	中	高	高	很高
一般	低	中	中	高	高
微小	极低	低	中	中	高
可忽略	极低	极低	低	中	中

为了便于后续计算以及确定 EPC 采购项目的主要风险,将风险等级进一步量化,结果见表 3。

表 3 风险等级量化

风险等级	量化标准	风险等级	量化标准
极低	0 ~ 1	高	5 ~ 7
低	1 ~ 3	很高	7 ~ 9
中	3 ~ 5		

3.3 计算采购综合风险等级和风险贡献率

采购综合风险等级  $R$  由风险等级量化值  $r(q_i)$  和各风险因素的权重  $W(q_i)$  相乘,然后累加所得。 $W(q_i)$  采用 AHP 方法计算,其计算公式为

$$R = \sum_{i=1}^M r(q_i) \times W(q_i) \tag{1}$$

式中,  $M$  为风险因素的总个数;  $W(q_i)$  为各风险因素的权重;  $r(q_i)$  为风险等级量化值。

为了进一步确定采购项目的主要影响因素,在风险矩阵中结合 ABC 分析法引入风险贡献率来确定项目的主要影响因素<sup>[10]</sup>。风险  $q_i$  的风险贡献率  $P(q_i)$  的计算公式(2)所示。然后将各个风险因素的风险贡献率累加,累计频率在 0 ~ 80% 的为主要风险。

$$P(q_i) = \frac{r(q_i) \times W(q_i)}{\sum_{i=1}^M r(q_i) \times W(q_i)} \tag{2}$$

3.4 确定风险可接受性评价

风险可接受性评价是管理者针对不同等级风险应采取相应风险防范措施的依据。在风险矩阵中,风险的可接受性主要分为 5 个层次,即:可忽略的、接受的、可接受的、不希望的和不可接受的。

为了便于管理者决策,将采购风险的可接受性与采购综合风险等级对应,即相应的风险等级对应相应的风险可接受等级(表 4)。

表 4 风险可接受性评价			
风险等级	风险可接受性	风险等级	风险可接受性
极低	可以忽略的	高	不希望的
低	接受的	很高	不可接受的
中	可接受的		

4 算例分析

本文在完善水电工程 EPC 项目采购风险评价指标的基础上,以 A 公司水电工程 EPC 项目为例,运用风险矩阵的方法对 EPC 项目采购风险进行定量分析,具体计算步骤如下。

(1) 邀请从事水电 EPC 项目管理研究的相关专家、项目采购部门以及项目采购管理高校的相关专家对 EPC 项目采购风险进行集体讨论,并结合项目的实际情况,利用 AHP 方法计算每个风险(质量缺陷风险、监造风险、供应商能力和信誉、检验和试验风险、生产期延期风险、采购进度变更风险、运输安全风险、设计递延风险、资金损失风险、价格变动风险、交易成本、围标串标风险、库存成本增加风险)的权重值,判断矩阵见表 5。

表 5 判断矩阵 Q													
风险因素	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	q <sub>2</sub>	q <sub>4</sub>	q <sub>5</sub>	q <sub>6</sub>	q <sub>7</sub>	q <sub>8</sub>	q <sub>9</sub>	q <sub>10</sub>	q <sub>11</sub>	q <sub>12</sub>	q <sub>13</sub>
q <sub>1</sub>	1	5	1/3	6	1	1	1/2	3	7	2	7	5	4
q <sub>2</sub>	1/5	1	1/5	2	1/5	1/5	1/6	1/3	3	1/4	3	1	1/2
q <sub>3</sub>	3	7	1	8	3	3	2	5	9	4	9	7	6
q <sub>4</sub>	1/6	1/2	1/8	1	1/6	1/6	1/7	1/4	2	1/5	2	1/2	1/3
q <sub>5</sub>	1	5	1/3	6	1	1	1/2	3	7	2	7	5	4
q <sub>6</sub>	1	5	1/3	6	1	1	1/2	3	7	2	7	5	4
q <sub>7</sub>	2	6	1/2	7	2	2	1	4	8	3	8	6	5
q <sub>8</sub>	1/3	3	1/5	4	1/3	1/3	1/4	1	5	1/2	5	3	2
q <sub>9</sub>	1/7	1/3	1/9	1/2	1/7	1/7	1/8	1/5	1	1/6	1	1/3	1/4
q <sub>10</sub>	1/2	4	1/4	5	1/2	1/2	1/3	2	6	1	6	4	3
q <sub>11</sub>	1/7	1/3	1/9	1/2	1/7	1/7	1/8	1/5	1	1/6	1	1/3	1/4
q <sub>12</sub>	1/5	1	1/7	2	1/5	1/5	1/6	1/3	2	1/4	2	1	1/2
q <sub>13</sub>	1/4	2	1/6	3	1/4	1/4	1/5	1/2	4	1/3	4	2	1

(2) 根据 13 个风险因素的具体情况确定风险的影响程度和发生概率,然后依据表 2 和表 3 得出每个风险的等级以及风险等级量化值。

(3) 根据风险等级量化值和风险权重值计算出各风险因素的风险贡献率以及采购综合风险等级 R。

(4) 在表 6 的基础上计算各风险指标的风险贡献率和累计风险贡献率,最后得出本 EPC 项目采购的主要风险因素。

以上 13 个风险因素的权重  $W_i$  采用层次分析法确定。首先基于层次分析法的判断矩阵标度定义构造两两比较的判断矩阵 Q (如表 5 所示),然后利用方根法得出各风险因素的权重  $W_i$ ,计算结果为 0.114 3,

0.026 9,0.225 8,0.018 3,0.114 3,0.114 3,0.166 3,0.053 9,0.013 2,0.077 2,0.013 2,0.024 6,0.037 8。由计算得出  $C.I. = 0.030\ 8 < C.R. = 1.56$ ,可知矩阵 Q 满足一致性要求。

将各风险因素的权重值带入表 6,计算出采购综合风险等级 R 为 6.2091。

表 6 A 公司 EPC 项目采购风险分析							
风险因素	风险影响程度	风险概率/%	风险等级	风险等级量化值	风险权重 $W(q_i)$	加权风险等级量化值	风险贡献率/%
q <sub>1</sub>	严重	41~60	高	6.2	0.1143	0.7085	11.41
q <sub>2</sub>	一般	11~40	中	4.2	0.0269	0.1130	1.82
q <sub>3</sub>	关键	61~90	很高	8.5	0.2258	1.9192	30.91
q <sub>4</sub>	一般	0~10	低	2.2	0.0183	0.0403	0.65
q <sub>5</sub>	严重	41~60	高	6.3	0.1143	0.7199	11.59
q <sub>6</sub>	一般	61~90	高	6.2	0.1143	0.7085	11.41
q <sub>7</sub>	严重	61~90	高	6.1	0.1663	1.0146	16.34
q <sub>8</sub>	关键	0~10	中	4.2	0.0539	0.2262	3.64
q <sub>9</sub>	微小	0~10	极低	0.6	0.0132	0.0079	0.13
q <sub>10</sub>	微小	90~100	高	6.1	0.0772	0.4710	7.59
q <sub>11</sub>	可忽略	11~40	极低	0.6	0.0132	0.0079	0.13
q <sub>12</sub>	微小	41~60	中	4.3	0.0246	0.1059	1.71
q <sub>13</sub>	可忽略	90~100	中	4.4	0.0378	0.1663	2.68

从表 6 中可以看出,A 公司 EPC 项目的采购综合风险量化值为 6.209 1,风险等级为高风险,风险可接受性为“不希望的”,此时风险管理者需要对项目采购采取全方位的措施。为进一步确定采购项目的主要风险,将 13 个风险因素的风险贡献率按照从大到小的顺序进行排列并计算累计风险贡献率(见表 7)。

表 7 累计风险贡献率计算							
风险因素	加权风险等级量化值	风险贡献率/%	累计风险贡献率/%	风险因素	加权风险等级量化值	风险贡献率/%	累计风险贡献率/%
q <sub>3</sub>	1.9192	30.91	30.91	q <sub>13</sub>	0.1663	2.68	95.57
q <sub>7</sub>	1.0146	16.34	47.25	q <sub>12</sub>	0.1059	1.71	97.28
q <sub>5</sub>	0.7199	11.59	58.84	q <sub>2</sub>	0.113	1.82	99.10
q <sub>6</sub>	0.7085	11.41	70.25	q <sub>4</sub>	0.0403	0.65	99.75
q <sub>1</sub>	0.7085	11.41	81.66	q <sub>9</sub>	0.0079	0.13	99.87
q <sub>10</sub>	0.471	7.59	89.25	q <sub>11</sub>	0.0079	0.13	100.00
q <sub>8</sub>	0.2262	3.64	92.89				

从表 7 可以看出 q<sub>3</sub>、q<sub>7</sub>、q<sub>5</sub>、q<sub>6</sub>、q<sub>1</sub> 这 5 个风险的累计风险贡献率大于 80%,因此 A 公司 EPC 项目采购主要风险为供应商能力和信誉风险、运输风险、生产延期风险、进度计划变更风险、质量缺陷风险。在项目采购实施过程中,项目管理者应该重点关注这 5 类风险,并有针对性地采取相应的措施。

5 结语

在 EPC 总承包模式中,采购作为项目的核心环节,对整个项目成败起着很大的作用。本文将风险矩阵方法运用到 EPC 项目采购风险评价中,在确定采购

项目风险大小的情况下,结合 AHP 以及 ABC 分析法,分析确定采购项目的主要风险。通过算例分析验证了该方法的可行性,为项目采购风险管理提供了依据。

参考文献:

[1] 刘东海,宋洪兰.水电工程 EPC 项目总承包商风险分析与综合评价[J].水科学与工程技术,2010,(1):74-76.  
[2] 张苗苗,张水波,王越.国际 EPC/交钥匙工程项目的采购管理[J].国际经济合作,2008,(12):54-59.  
[3] 古海林.采购风险成因及其防范险[J].中国物流与采购,2002,(22):40-41.  
[4] 苏志娟,杨正,时舰.国际 EPC 工程物资采购风险分析及应对[J].国际经济合作,2010,(5):48-52.  
[5] 赵保强,郭晨,叶卫群.我国工程总承包项目的采购风险预警研究

[J].项目管理技术,2010,(4):85-88.  
[6] 姜南,吴群.制造企业供应链采购风险的度量方法[J].统计与决策,2012,(11):175-177.  
[7] 袁晓波,吴文峰.基于层次分析法的中亚石油工程 EPC 项目采购风险管理[J].国际石油经济,2012,(12):49-52,104.  
[8] 舒欢,马玉国.基于 Vague 集的工程项目采购风险评价[J].项目管理技术,2013,11(1):57-62.  
[9] 阮欣,尹志逸,陈艾荣.风险矩阵评估方法研究与工程应用综述[J].同济大学学报:自然科学版,2013,41(3):381-385.  
[10] 陈健,李忠民,汤淑春,等.基于改进风险矩阵方法的武器装备采购风险评估[J].系统工程与电子技术,2008,30(10):1918-1923.

(编辑:邓玲)

Risk assessment for EPC procurement of hydropower projects

CHEN Zhiding, LIU Hao, XIAO Fang

(College of Hydraulic & Environmental Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

**Abstract:** In EPC hydropower projects, the procurement has significant influence on the cost, construction quality and duration of the whole project. Combined with some relevant researches of EPC project procurement risk, the risk factors evaluation system of EPC procurement is established, and in the light of the impact degree and occurrence probability of the risks, the risk matrix is built. Then, for deriving the comprehensive level of procurement risk, the risk weights are calculated by using AHP method. The main influential factors of the procurement risk corresponding to different risk degree are determined by introducing the cumulative contribution rate of the risk. The feasibility of the method is verified by an engineering example to offer the guidance and reference for the risk management of EPC projects.

**Key words:** EPC procurement risk; risk assessment; risk matrix; hydropower projects

(上接第 80 页)

[5] 金伟良,赵羽习.混凝土结构耐久性[M].北京:科学技术出版社,2002.  
[6] 刘思峰,党耀国.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学技术出版社,2010.  
[7] 邓聚龙.灰色理论教程[M].武汉:华中理工大学出版社,1990.

[8] 赵根田,解建喜.钢筋混凝土构件碳化规律研究[M].包头钢铁学院学报,2002,21(1):69-72.  
[9] 华建兵.一般大气环境下钢筋混凝土构件耐久性灰色评估[D].泉州:华侨大学,2005.

(编辑:胡旭东)

Prediction of concrete carbonation life based on GM (1,1) model

YE Yong<sup>1,2</sup>, SONG Hang<sup>1</sup>, LU Qiang<sup>1</sup>

(1. College of Hydraulic and Environmental Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, China; 2. Collaborative Innovation Center for Geo-Hazards and Eco-Environment in Three Gorges Area, Hubei Province, Yichang 443002, China)

**Abstract:** Concrete carbonation is one of the important factors that affect the durability of concrete structures. According to the theory of grey GM (1,1) model, taking the carbonation depth as the feature sequence, three different models of old information, new information and metabolism information were analyzed and simulated. And then the metabolism model with the minimum relative mean error was selected to predict the concrete carbonation life. The analysis result shows that the model theory is simple and practical, and can reflect the law of concrete carbonation development under the general atmospheric environment with high prediction accuracy, which can provide an effective method for analyzing the durability of concrete structure in practical engineering.

**Key words:** carbonation; GM (1,1) model; feature sequence; concrete