

风险量化模拟在国际工程商务谈判中的探索

董 超 吴 鲲 丛 然 王军平
中国石油工程建设有限公司, 北京 100120

摘 要: 为了探讨在与业主商务谈判中如何通过风险量化模拟来应对业主的降价要求, 从而为投标决策提供支持, 以中东某 LNG 施工投标项目为例, 使用 @ RISK 风险量化软件的模拟功能, 分析了项目的风险项, 以及不同的合同偏离对减少风险费用的具体影响, 为商务谈判提供客观的数据支持。风险量化模拟不仅适用于特定案例, 也可在其他商务谈判中推广应用, 为各类投标决策提供新的思路 and 工具支持。未来研究可进一步探索不同行业、不同类型项目的商务谈判案例, 并结合更多的风险量化工具, 为商务谈判决策提供更多元化的支持。

关键词: 风险量化; 商务谈判; 合同偏离; 投标决策

DOI: 10. 3969 /j. issn. 1006-5539. 2024. 02. 019

Exploring the risk quantification simulation in international project business negotiations

DONG Chao, WU Kun, CONG Ran, WANG Junping
CPECC, Beijing, 100120, China

Abstract: This article is to explore ways of responding to price reduction requests from clients through risk quantification simulation in business negotiations, thus providing support for decision making during bidding. Taking an LNG construction bidding project in the Middle East as a case study, using the simulation function of @ RISK risk quantification software, the risk items of the project are analyzed first, and then the specific impact of different contract deviations on reducing risk costs is analyzed, providing objective support data for business negotiations. This method is not limited to specific cases but can be extended to other business negotiations, offering new perspectives and tool support for various decision making during bidding. Future research could further explore business negotiation cases in different industries and project types, integrating a variety of risk quantification tools to provide diversified support for business negotiation decision making.

Keywords: Risk quantification; Business negotiations; Contract deviations; Decision making during bidding

收稿日期: 2024-02-19

作者简介: 董 超 (1983-), 男, 甘肃玉门人, 高级工程师, 硕士, 主要从事油气田地面工程建设投标工作。E-mail: dongchao. se@cnpc.com.cn

0 前言

相比西方工程公司,中国工程公司在国际项目投标风险评估时很大程度上依赖以往项目的经验积累,主观性较强。而在国际市场竞争日趋激烈的今天,原有偏主观性的决策显得准确性不足,并且在与西方业主商务谈判时不易被接受。针对国际大型项目投资规模大、建设周期长、技术要求严格、执行过程不确定性高等特点,目前国际上许多工程公司积累了丰富的风险数据库,并采用@ RISK、Crystal Ball 等软件开展风险量化分析,为项目的科学决策以及安全执行打下基础。因此,为满足业主对工期、质量、成本的要求以及面临其在商务谈判中提出的降价、合同条件变化等情形,精准识别风险、完善风险评价模型、有效量化复杂风险因素对项目顺利建设和盈利的影响,并体现到商务价格中,是风险量化的推进目标^[1-13]。

1 项目背景

本文以中东某 LNG 施工投标项目为例,对风险分析、风险量化的思路以及和业主商务谈判中对风险二次量化的过程进行介绍。该项目业主为国家石油公司(National Oil Company),招标工作内容为公用工程施工项目,主要范围包括土建、钢结构、设备、工艺管线、电气仪表、通信、防腐和保冷等内容,报价方式为固定单价+临时总价。该类项目既是落实好国家“一带一路”倡议的重要体现,也符合中国石油在海外发展的业务定位和发展方向。中方收到招标文件后从环境及法律、政治和社会、项目管理、采购与运输、施工、税收、投标等方面识别出多项风险,按照风险影响类别和程度深入研判了项目风险因素,逐项制定了风险防控措施。在合理编制本项目施工组织计划,研究合同条款、执行资源,制定好工期进度计划、费用测算等后,中方按期报出商务报价并附上报价条件。收到中方商务标后,业主评估后就报价以及商务条件和中方开展了第二轮商务谈判。

2 风险量化

目前国际上认可的项目风险理论有成本工程促进会(Association for the Advancement of Cost Engineering, AACE)系列标准^[14-20],该风险理论主要涉及成本管理领域中的风险管理。风险量化总体分为两步:一是风险管理流程,包括风险识别、风险控制等环节;二是量化计算。具体过程如下。

1) 识别风险,建立清单。按照不同性质、不同国别的项目可将风险分成几大类:项目管理风险、设计风险、

采购风险、施工风险、合同风险、工期风险、质量风险等。每个大类下再细分具体的风险项,如业主情况、市场信息、资源调配情况、合同条款、既往经验教训等。通过系统性的方法和框架,识别和分类各种风险,并针对不同的风险做详细的定性描述和应对措施。

风险清单应做到1个项目一议,即列出明确的风险项,包括风险原因、风险结果、风险后果等具体分析内容。清单内容来自经验积累或者已完项目的后评价报告,通过专家评议的方式建立,并逐步将清单丰富成为风险数据库。此数据库的数据也会随着企业项目执行的增多而不断积累,作为企业后续投标或拟建工程风险识别时的核查清单。

2) 风险应对和控制。在清单建立后需要选取影响较大的风险项。一般1个项目分析7~8个重点风险项即可。为不同风险提供相应的应对策略和控制措施,并评估相关控制措施所产生的费用。

采用期望值法来计算风险管理和决策管理中的风险费。期望值是通过将风险发生的可能性乘以发生时的影响程度计算得出。风险事件发生的可能性通常用1个介于0~1之间的概率值表示,而风险事件发生时的影响程度通常是1个评估的数值或者影响的程度。将这2个因素相乘可以得出期望值,能帮助风险管理者更好地理解 and 比较不同决策或风险管理选择之间的影响和可能性。

3) 评估风险项的概率分布及影响程度。通常情况下,工程数据常用概率分布主要包括正态分布(钟形曲线)、对数正态分布、二项分布、三角分布、离散分布等。其中三角分布将预估的影响费用按照最大、最小、最可能进行定量。此外,当所研究的随机变量只能取有限个数时,也可以采用离散分布进行建模,例如硬币正反面朝上的结果、骰子点数的结果等。

4) 建立模型。将各种风险要素的概率分布对项目价格的影响程度进行关联,采用蒙特卡罗模拟建立模型来进行风险分析,根据不确定性的数量和指定的范围开展数万次计算,最终产生可能的结果分布。运用该模拟特性即可模拟风险费的概率分布,并最终体现到最终风险费中。

5) 分析研究。模拟后还需要对最终计算结果进行调整确认,调整置信区间以及可能影响的费用,使之与实际情况更为匹配。

针对此 LNG 施工投标项目,在项目之初首先对常见的设计、采购和施工(Engineering Procurement Construction, EPC)风险进行识别。由于中方主要负责施工工作,技术风险可控,且该项目主要涉及地材及施工耗材采购,当地市场资源丰富,能够满足项目采购需求。

经过专家讨论分析,该项目国别风险、设计、采购、施工质量等风险整体可控,因此该项目在风险分析阶段确定了以下7项主要风险项。

1) 土建完全分包所存在的管理风险。中方在当地缺乏自有土建施工资源,包括各类土方施工设备和车辆(如挖掘机、推土机、压路机、自卸车等),以及足够的人员去管理当地分包商。土建工作是安装工作铺开的前置工作,因此虽然可以在项目授标后立刻开始营地建设和土建分包的招标工作,即先行开始前期准备工作,但是能否通过精益的管理满足施工进度需求,最大程度上避免窝工和执行不畅的风险尚存在不确定性。

2) 质保期风险。根据招标文件,该项目质保期是从工程完工日期起算,并在项目最终被业主验收通过后结束。在质保期内,如果设施出现任何质量问题或故障,中方负责进行维修和解决,而不能收取额外费用。而合理的质保期一般从业主签发验收证书起算,1年为期,部分项目也会延长到2年。由于中方在该项目仅作为施工分包商,如果按照招标文件要求,将产生无法预估的质保期费用风险。因此拟在谈判时将质保期修改为业主签发验收证书后24个月。

3) 资金占用风险。该项目虽然没有构成项目实体的设备材料采购工作,且采用按月进度付款的方式,但是预付款只有5%,且每期进度付款要扣除10%的保留金。为确保现金流为正,除了在执行中不断跟踪业主的设计和采办进度,安排好施工人员进场时间,避免产生窝工;及时对完成的工作量进行确认,安排专人跟踪业主付款进度;根据收入确认支出,严格控制分包付款进度等措施外,拟在商务谈判时和业主沟通将付款周期由60 d调整为30 d,并要求业主提高预付款比例,取消10%保留金等。如果业主不同意,则需要按照中国人民银行公布的基准利率计算资金占用费。

4) 地下不明物风险。关于分包商对现场情况所承担的责任,招标文件有相关要求:分包商被认为已经对工地及其周围环境进行了检查,并对所有条件有充分了解,包括但不限于土壤和地下情况、环境、气候条件、水文情况、交通和通行条件、为工地设施分配的位置以及水、电和下水道连接等;分包商必须接受由于工地上现有公共或私人系统的正常使用,包括管道、电缆等的存在、维护或搬迁等所带来的任何限制。但是,作为施工分包商,由于中方在投标时未开展过地下勘察,不了解地下情况,如果在工地上有某些公用或私人设施(如管道、电缆等)的存在、维护或搬迁,则可能会对分包商拟开展的工作造成限制或影响。

5) 延期罚款风险。该项目设置了多个罚款里程碑,如果未能实现其中某个里程碑,则产生罚款,延期罚款

额为每天0.1%的合同额。为避免罚款,除了考虑工期罚款的风险外,中方也拟向业主提出,如中方成功实现了最终关键里程碑,那之前设定的中间关键里程碑的违约赔偿将不再适用。如果业主能够接受该条件,不但可以给予分包商一定激励,也可以确保项目实现最终交付,达到双赢的结果。

6) 项目管理能力不足的风险。由于中方首次执行该业主的项目,对业主的管理规范和要求缺乏了解,向上可能存在对业主提出的HSE质量要求执行不到位,向下可能存在对二级分包商的管理水平较低,影响施工效率的问题。因此,除了安排专人与业主进行对接,跟踪图纸的完成和批复进度以及设备材料的到货状态,以便提前安排施工资源;认真审查业主的工作范围、界面,在与分包方签订合同时,充分考虑出现超出主合同范围的变更,做好有关证据的取证工作,并及时向总包方进行索赔等措施外,还需在风险费里考虑中方管理能力不足的风险。

7) 与其他分包商界面不清的风险。该项目施工分包商多,厂区界面多。此外,在施工高峰期存在大量交叉作业。招标文件要求分包商充分认识到其他承包商和分包商同时在现场施工并行作业的情形,并要采取一切必要措施与其他承包商和分包商协调,避免对其造成任何不必要或过度的限制,并接受由其他承包商和分包商造成的任何对工作限制的后果。

除采取安排专人负责界面管理,与业主和其他施工分包商进行界面协调工作;针对交叉作业风险,加强所有人员上岗前培训和现场界面管理,并根据作业人数和作业点位配置足够的管理人员进行现场监督;加强分包商施工作业的风险管控等措施外,在实际项目执行时,依然存在与其他分包商交叉作业或工作界面不清所造成的安全和窝工风险。

经过专家讨论,按照风险项的概率分布及影响程度,列出风险清单,见表1。

风险费用的函数分布通常选用三角分布表示,此函数为连续型函数,并需要通过设定最小值、最可能值、最大值3种参数来定义风险费用区间。此外,在无法给出最小值、最大值区间时,可以直接赋1个最可能值,乘以概率分布得到期望值。其中质保期风险采用离散分布,其他6种风险采用三角分布。三角分布和离散分布两种方式分别对应了拥有离散估值和存在最小、最可能、最大估值的情况。然后借助@ RISK软件,对7个风险项进行模拟计算。

在定义输入、输出后,通过@ RISK软件在计算机中进行了10 000次模拟,得到风险费的分布图和累计曲线,见图1。

表 1 风险清单表

Tab.1 Risk list table

风险项	分布类型	概率	费用最小值 /千美元	费用最可能值 /千美元	费用最大值 /千美元
土建完全分包	三角分布	40%	30 000	50 000	80 000
质保期	离散分布	30%	15 000	20 000	25 000
资金占用	三角分布	50%	—	3 840	—
地下不明物	三角分布	15%	30 000	50 000	80 000
延期罚款	三角分布	30%	50 000	87 500	125 000
项目管理能力不足	三角分布	20%	25 000	50 000	75 000
与其他分包商界面不清	三角分布	30%	11 310	22 620	33 930

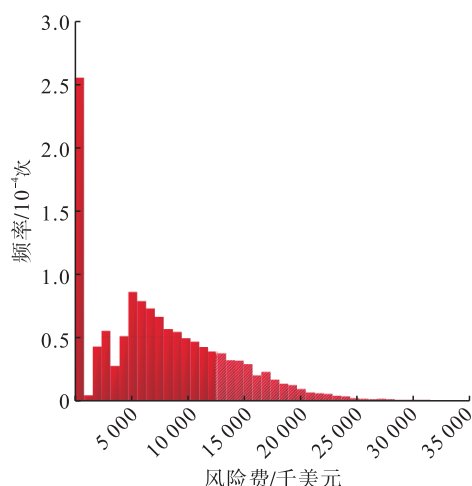


图 1 谈判前风险费的分布和累计图

Fig.1 Distribution and cumulative diagram of risk fee before negotiations

从图 1 可以看出,风险费有 80% 的概率在 12 463 千美元波动,即可根据此置信区间考虑风险费用的具体数额。设置的模拟次数为 10 000 次,即该项目在电脑中模拟发生了 10 000 次,每个红柱的横轴代表发生风险费的金额,纵轴代表在该金额上发生频率。

3 风险二次量化

在第一次报价后,由于价格未达到业主预期,在商务谈判阶段,向业主提出如果可以接受部分条款,如关于预付款比例、质保期、地下不明物等,中方通过风险量化评估可以降低相应费用。基于此,中方对相关风险进行了分析,如若干风险可被免除或者降低,则费用也可以相应减少或者不予考虑。

对项目的风险二次量化是建立在之前风险量化的基础上,再次调整风险列表中风险项的数量、参数。满足风险消除条件的风险项可以删除,满足风险降低条件的风险项可以调整参数。两次模拟结果在同一处取值

的差额就是不同条件下风险的变化。

进行与初始模拟一样的操作和取值,风险费的分布和累计曲线图见图 2。

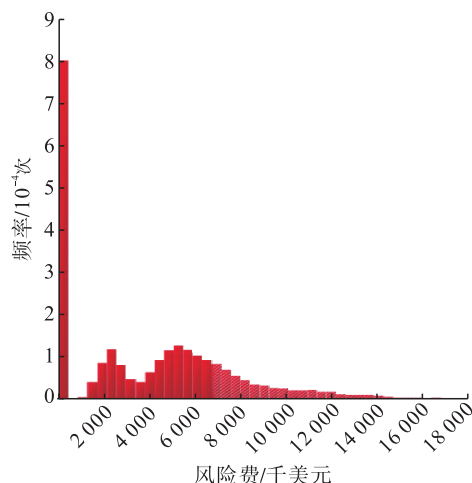


图 2 谈判后风险费的分布和累计图

Fig.2 Distribution and cumulative diagram of risk fee after negotiations

从图 2 可以看出,风险费有 80% 的概率在 6 765 千美元波动。第二次模拟统计了 50 000 次。模拟次数的变化在于业主接受条件后,条件相关风险项目将从模拟列表中删除,不再参与模拟。模拟 10 000 次与 50 000 次的差别在于模拟结果图的分辨率不同,50 000 次模拟的结果分辨率更高,在图上取值更精确。

经过模拟,如果业主接受相关条款,如关于预付款比例、质保期、地下不明物等,则中方风险费可以降低约 5 695 千美元(即 12 460 千美元减 6 765 千美元)。经过以上模拟结果,最终确定可将差值作为谈判让步的参考,以回应商务谈判。

4 敏感性分析

同样以本项目为例,费用定量分析龙卷风图见图 3。

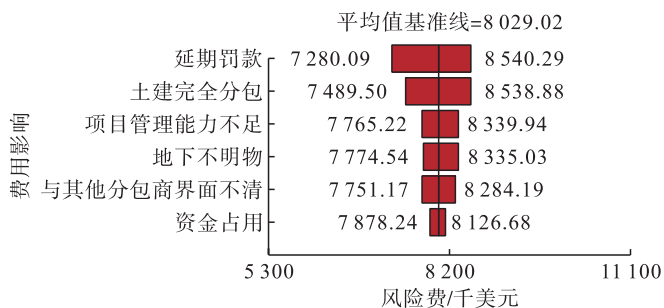


图3 费用定量分析龙卷风图

Fig. 3 Tornado chart of quantitative cost analysis

图3中 x 轴为风险模拟的金额, y 轴为此数学模型的输入变量,即费用影响。但在费用影响中,第三条资金占用风险(质保期)定义为离散型,即费用影响为定值,因此软件不考虑此项为变量,费用影响共6项,即延期罚款>土建完全分包>项目管理能力不足>地下不明物>与其他分包商界面不清>资金占用。

在具体项目执行过程中,根据敏感性分析排序有针对性地做好风险响应。如果项目对某些变量敏感,这些敏感元往往是项目执行过程中关注的重点。运用敏感性分析方法确定哪些风险事件对项目费用具有较大潜在影响,对费用影响程度从高到低的风险事件依次排序,便于制定有效的风险管控措施。

5 通过置信区间的选择进行方案决策

在图1~2中,横轴代表累计概率分布(置信度)及相应累计概率分布下的费用。置信水平越高,区间越宽,置信区间包含总体统计量的概率也越大。该项目选择了80%的置信区间,在其他项目实例中,也可以灵活选择区间。但是需要注意,置信区间越宽则需要考虑的风险费就越高,需要根据项目情况以及风险评估经验选择合适的置信区间。

通过以上数据的整理、科学模型建立、风险量化评估分析,并采取模拟计算、调整参数、再模拟的方式,中方更新了更为可靠的报价方案。通过与业主深入的交流,解释了中方报价方案背后的科学分析过程,并回答了其提出的疑问和担忧。中方的专业知识和透明度使得业主对报价方案更有信心,最终认可报价方案。

6 结论

通过以上商务谈判—风险量化模拟计算—商务谈判的过程,可以看到风险量化模拟计算和数据分析发挥了关键作用,这种数据驱动的决策方法给商务谈判带来更多机遇和成功。

首先,风险量化模拟计算允许在假设条件下进行多次模拟,可以更好地理解各种条件变动对风险费用的影

响。通过模拟统计,可以获取大量数据并进行深入分析,从而更准确地评估风险费用的变化情况。这种数据驱动的方法能够帮助中方做出基于事实和证据的决策,而不是依靠直觉或主观判断。

其次,模拟计算能够在谈判中提供更具说服力的数据支持。在与业主的谈判中,可以将模拟结果作为客观证据,向对方展示中方基于条件变动而开展的深入分析和评估。这有助于增大中方的谈判空间场,也更有信心地表达自己的要求,并为条件变动所带来的风险费用变化提供合理的解释和依据。

另外,模拟计算也为中方的谈判策略提供了有力支持。通过对模拟结果的分析,可以更好地把握条件变动对风险费用的影响,内部先达成一致,找到一个既能满足业主一定要求,又能最大程度地降低中方的风险费用的平衡点。这有助于制定更具针对性和灵活性的谈判策略,以应对不同的情况和对方的变化要求。

此外,模拟计算还可以评估不同变动条件下的风险情况。通过模拟计算,可以更好地理解每项条件变动对风险管理和成本控制产生的影响,能够更加全面地评估谈判方案的可行性和风险程度。这种全面的风险评估可以更好地把握谈判的全面局势,做出更明智的决策。

综上所述,模拟计算在与业主的谈判中发挥了重要作用。通过模拟计算和数据分析,可以更深入地理解条件变动对风险费用的影响,为投标人的谈判策略提供有效的支持和依据。这种基于数据的决策方法使能够更加理性地回应商务谈判的合同条件变化,并寻求双方都满意的解决方案。

同时,也需要认识到科学开展风险量化分析是需要长期积累的工作,需要继续拓展使用模拟计算和数据分析来支持不同情形下的风险量化模型和取值。只有通过不断积累经验和改进模拟方法,才能更好地评估各种条件变动对风险费用的影响,并更加灵活地应对各种谈判情况,从而在商务谈判中以及复杂的商业环境中保持竞争优势。

参考文献:

- [1] 孙鹏伟,张校强,陈伟良.蒙特卡洛定量风险分析在水运工程EPC项目投标中的应用[J].珠江水运,2023(16):59-62.
SUN Pengwei, ZHANG Xiaoqiang, CHEN Weiliang. The application of Monte-Carlo risk analysis in Water Transport EPC bidding [J]. Pearl River Water Transport, 2023 (16): 59-62.
- [2] 吴立寰.工程项目风险分析中的蒙特卡洛模拟[J].广东工业大学学报,2004(2):68-72.

- WU Lihuan. Monte Carlo simulation in project risk analysis [J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2004 (2): 68-72.
- [3] 程才, 王晓斌. 我国工程项目风险管理浅议[J]. 合作经济与科技, 2014(13): 105-106.
- CHENG Cai, WANG Xiaobin. A brief discussion on risk management in engineering projects in China [J]. Co-operative Economy & Science, 2014 (13): 105-106.
- [4] 张再良, 周旭荣, 郭胜军, 等. 国际EPC项目的风险识别与风险防范策略[J]. 石油工程建设, 2010(5): 75-78.
- ZHANG Zailiang, ZHOU Xurong, GUO Shengjun, et al. Risk identification and prevention strategy in international EPC projects [J]. Petroleum Engineering Construction, 2010 (5): 75-78.
- [5] 卢焯烽, 袁大祥, 刘纳兵. 蒙特卡洛模拟在工程项目风险决策中的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2007(35): 164-166.
- LU Zhifeng, YUAN Daxiang, LIU Nabing. The application of Monte Carlo simulation in risk decision of construction project [J]. Sci-Tech Information Development & Economy, 2007 (35): 164-166.
- [6] 刘芳, 王轶君, 曾凡迪, 等. 我国油气工程服务行业在中东面临的机遇与挑战[J]. 石油科技论坛, 2019, 38(6): 56-63.
- LIU Fang, WANG Yijun, ZENG Fandi, et al. China's oil and gas engineering service industry faces opportunities and challenges in the Middle East [J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2019, 38 (6): 56-63.
- [7] 李小宁. 抢抓“一带一路”合作机遇 高质量推进国际业务[N]. 中国石油报, 2019-9-10(6).
- LI Xiaoning. Seize the opportunity of “One Belt and One Road” cooperation and promote international business with high quality [N]. China Petroleum Daily, 2019-9-10 (6).
- [8] 高飞, 肖程释, 蔡正茂. 阿拉伯联合酋长国油气市场开发形势分析[J]. 油气田地面工程, 2019, 38(4): 1-5.
- GAO Fei, XIAO Chengshi, CAI Zhengmao. Analysis of the oil & gas market development situation in the United Arab Emirates [J]. Oil-gas Field Surface Engineering, 2019, 38 (4): 1-5.
- [9] 曹英伟, 孟醒. “一带一路”视域下中国与中东合作的机遇、挑战及对策[J]. 宁夏党校学报, 2017(6): 93-96.
- CAO Yingwei, MENG Xing. The opportunities, challenges and countermeasures brought by the cooperation between China and the Middle East in the view of “One Belt and One Road” [J]. Journal of the Party School of the CPC Ningxia Hui Autonomous Region Committee, 2017 (6): 93-96.
- [10] 王金岩. 中国与阿联酋共建“一带一路”的条件、问题与前景[J]. 当代世界, 2017(6): 66-69.
- WANG Jinyan. The conditions, problems and prospects of building “One Belt and One Road” between China and the United Arab Emirates [J]. Contemporary World, 2017 (6): 66-69.
- [11] 张剑, 尚艳丽, 定明明, 等. 中国石油与阿联酋油气合作分析[J]. 国际石油经济, 2018(8): 18-25.
- ZHANG Jian, SHANG Yanli, DING Mingming, et al. Analysis of oil and gas cooperation between CNPC and UAE [J]. International Petroleum Economics, 2018 (8): 18-25.
- [12] 侯进才, 刘洁. 阿联酋ICV政策解读及其对国际工程公司影响的应对[J]. 国际工程与劳务, 2020(11): 28-32.
- HOU Jincai, LIU Jie. Interpretation of UAE ICV policy and response to its impact on international engineering companies [J]. International Project Contracting & Labour Service, 2020 (11): 28-32.
- [13] JABER S. ADNOC signs framework agreement with CNPC to expand partnership [EB/OL]. [2017-06-14]. <https://www.adnoc.ae/en/news-and-media/pressreleases/2017/adnoc-cnpc>.
- [14] AACE International. Contingency estimating-General principles: No. 40R-08 [S]. US: AACE International, 2028.
- [15] AACE International. Understanding Estimate Ranging: No. 41R-08 [S]. US: AACE International, 2022.
- [16] AACE International. Risk analysis and contingency determination using parametric estimating: No. 42R-08 [S]. US: AACE International, 2021.
- [17] AACE International. Risk analysis and contingency determination using parametric estimating-example models as applied for the process industries: No. 43R-08 [S]. US: AACE International, 2011.
- [18] AACE International. Risk analysis and contingency determination using expected value: No. 44R-08 [S]. US: AACE International, 2021.
- [19] AACE International. Integrated cost and schedule risk analysis and contingency determination using expected value: No. 65R-11 [S]. US: AACE International, 2021.
- [20] AACE International. Selecting probability distribution functions for use in cost and schedule risk simulation models: No. 66R-11 [S]. US: AACE International, 2012.