

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.04.031

国际总承包工程风险数据库和评估管理系统分析与设计

全吉^{1,2}, 黄剑眉², 张水波³

(1. 武汉理工大学 管理学院, 武汉 430070; 2. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663;
3. 天津大学 管理与经济学部, 天津 300072)

摘要: 将前期理论研究形成的风险分类清单、风险量化评估的模型、风险动态跟踪管理的方法和流程开发形成了一套适用于国际工程承包企业的风险数据库和评估管理系统。本文对此系统的设计和分析工作及主要功能模块进行了详细介绍。利用此系统, 企业可以积累风险数据, 作为后续投标或拟建工程风险识别时的核查清单; 可以完成对拟建工程进行风险定性和定量评估的一整套程序, 输出风险分析报告以辅助领导进行投标决策; 可以对在建工程进行风险监控, 根据监控周期输出相应的风险监控报告以辅助项目管理者进行风险管理和监控。

关键词: 风险管理; 风险数据库; 风险评估管理系统; 国际工程

中图分类号: TM756.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)04-0163-07

System Analysis and Design for the Risk Database and Assessment and Management System of the International General Contracting Project

QUAN Ji^{1,2}, HUANG Jianmei², ZHANG Shuibō³

(1. School of Management, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;
2. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China;
3. Department of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In the previous study, we established a risk classification list, the model for quantitative assessment risk, and the methods and processes for dynamic tracking and management risk. Based on these theoretical studies, we develop a risk database and a system suitable for the international engineering contracting company used for assessment and management of the project risk. In this paper, we describe the analysis and design, and the main function modules of the system in details. With this system, companies can accumulate risk data, which can be used as a checklist in the follow-up bid or in the proposed project for risk identification; can complete a set of procedures in the qualitative and quantitative risk assessment on the proposed project, and output risk analysis reports to assist the leader for the bid decision; can carry out risk monitoring in the construction project, and output corresponding risk monitoring reports based on monitoring period to assist the project manager for risk management and monitoring.

Key words: risk management; risk database; risk assessment and management system; international project

目前, 包括设计院、设备制造商和施工企业在内的许多工程公司都在开展设计-采购-施工 (Engineering-Procurement-Construction, 缩写为 EPC) 模式的海外总承包业务。由于与传统的设计-投标-建造 (Design-Bid-Build, 缩写为 DBB) 模式相比, EPC 模式具有可以缩短整个工程项目的建设周期、

减少业主多头管理的负担、有利于业主提前掌握相对确定的工程总造价、且对工程中出现的质量事故责任认定明确等优点, 在国际工程承包市场中, 特别是在电力建设等大型工程项目中被越来越多的业主方所采用。但是, EPC 合同模式所固有的风险分配方式, 使得承包商承担了绝大多数风险。虽然业主愿意为此风险分摊机制做出费用上的补偿, 但此种风险转嫁方式, 无疑对承包商的风险管理水平及抗风险能力提出了更高的挑战。

对于国际 EPC 总承包商, 如何准确的识别和评估风险, 以及采取有效的方法来跟踪和管控风险,

收稿日期: 2015-07-11

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2015VI012);
国家自然科学基金资助项目(71501149)

作者简介: 全吉(1983), 男, 湖北襄阳人, 副教授, 博士, 主要从事工程项目管理和风险管理教学和研究工作(e-mail)quanji123@163.com。

长期以来是其关注的焦点问题。目前,国内外学者对于工程风险管理的理论研究已有很多,提出了许多新的理论和方法。例如,关于国际工程风险的识别和评估管理方法,Zhi^[1]研究了如何有效的识别国际工程中的重要风险,引入了综合风险概率和风险影响分析的风险评估技术,并提出了有效管理海外建设工程风险的一套方法。Hastak和Shaked^[2]建立了国际建设工程中的风险评价模型,该模型能帮助工程管理者有效的评估考虑宏观、市场和项目本身三个层面的潜在风险。Steffey等人^[3]研究了影响国际工程成功的内生风险,提供了一些可以帮助项目管理者在投标阶段减轻跨国经营风险的有效措施,并提出了一种新的放射性风险绘图法(Radial Risk Mapping)来帮助描绘他们所发现的风险。Hassanein和Afify^[4]通过对埃及的两个电站建设承包工程的调研,研究了在埃及的商业和法律环境下,对这种规模大、周期长的建设工程的风险识别方法,得到了可供承包商参考的风险清单。在国际工程中,类似于政治与经济等全局性的风险因素,受到了学者们的最大关注。Baloi和Price^[5]将全局风险因素定义为与工程运作有关的社会文化、经济、技术和政治环境,研究了这些全局风险因素对工程成本的影响,以及这些因素的建模、评价和管理问题。Wang等人^[6]将国际工程的风险分成了国家、市场和项目三个层级,采用问卷调查的方法对识别出的28个主要风险因素进行了评级,针对每一个风险对其应对措施的有效性进行了评估,提出了风险识别和管理的“外星人眼”(Alien Eye)模型。Han和Diekmann^[7]采用交叉影响分析法(cross-impact analysis)研究了海外建设工程项目中的诸多不确定性,建立了基于风险的决策模型,以帮助承包商做出是否进入国际市场的决策。Laryea和Hughes^[8]研究了投标阶段风险水平对于投标价格的影响,以及如何对风险进行定价的问题。Sonmez等^[9]通过大量工程数据采用关联和回归分析的方法分析了投标阶段国际建设工程项目的风险对成本的影响。等等。

关于风险评估管理的辅助工具和系统,Aleshin^[10]对俄罗斯的联合体工程的风险进行了识别、归类 and 评价,提出了适用于俄罗斯工程市场的风险分析技术,并开发了一套辅助风险管理的决策支持系统。Tah和Carr^[11]提出了基于知识的混合风险定量评估方法,此方法构造了风险结构地图

(Risk Structure Maps)来对风险源及其影响因素建模,引起了风险管理决策系统研究者的极大兴趣。Idrus等人^[12]从承包商的角度,提出了一套用于估算风险费用的风险分析与模糊专家系统,并用马来西亚的建筑和基础设施建设工程项目验证了此系统的有效性。Dikmen等人^[13]提出了集成工期和成本的影响网络模型来对风险进行评估,在此模型中加入了情景分析的特征,可用蒙特卡洛实现各种情形,他们开发了一套基于网络的工具用于计算风险对工期和成本的影响。

然而,现有的研究成果对于指导承包商直接进行工程实践还具有很大的局限性。主要表现在:在风险识别上缺乏对风险的统一认识,也没有一个行业内可参考的公共风险数据库;对风险的量化评估和动态跟踪管控还缺乏有效的模型和工具;更没有一个适用于承包商项目管理全周期的风险管理和学习平台,等等。针对目前工程实践中风险识别环节存在的问题,全吉和黄剑眉等^[14]试图统一了一些风险概念,整理出了针对火电厂项目的相应分类清单;并在此基础上提出了基于风险链和风险地图的风险识别和分析方法,此方法可以将所有风险都归结为费用来进行分析。风险概念的统一和相应分类清单的形成成为风险数据库的构建提供了可能。针对工程实践中风险如何量化以及如何动态跟踪方面的难题,朱明和全吉等^[15]则提出了基于费用超支的概率来描述项目总体风险,并通过测算和模拟风险金的动态分布来对项目总体风险进行跟踪的方法,他们给出了相应的操作流程,并采用具体的工程项目说明了风险管理的全过程。

为了使理论研究更好的与工程实践结合起来,使理论成果能够落地,笔者的项目团队已将这两篇文献提出的风险分类清单、风险识别和评估管理方法、流程等开发成了一套承包商可操作的风险管控系统——国际总承包工程风险数据库和评估管理系统(以下简称系统)。此系统可以作为工程企业的风险学习平台,积累风险数据,为后续项目的风险识别和评估提供依据;可以作为决策支持工具,辅助项目团队进行投标决策;可以作为项目管理工具,辅助项目经理进行项目全周期内的风险管理。本文主要对此系统的设计和分析工作及主要功能模块进行介绍。

1 系统总体框架分析及角色设计

系统由风险数据库和评估管理原型系统两部分

组成,总体框架见图1所示。

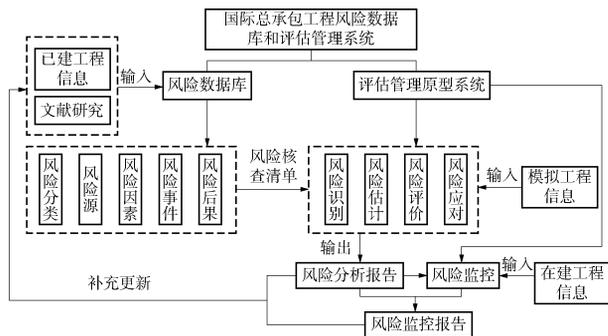


图1 总体框架图

Fig. 1 General Framework

风险数据库包括风险源、风险因素、风险事件、风险后果等风险分类信息和相应清单,清单内容来自大量文献研究和企业的已建工程信息,此数据库的数据会随着企业项目执行的增多而不断积累,且将作为企业后续投标或拟建工程风险识别时的核查清单。评估管理原型系统包括风险识别、风险估计、风险评价、风险应对和风险监控等功能,可以完成对拟建工程进行风险定性和定量评估的一整套程序,输出风险分析报告以辅助领导进行投标决策;可以对在建工程进行风险监控,根据监控周期输出相应的风险监控报告以辅助项目管理者进行风险管理和监控。

系统有工程项目管理员、系统管理员、@risk三个角色。项目经理负责维护具体的工程项目、评估风险(包括识别风险、定性评估风险、选择风险应对方法、定量评估风险等)、监控风险。系统管理员负责管理风险数据库、新建工程项目。@risk负责根据导出的计算文件实现具体的模拟计算过程,由项目经理来调用。每个角色的动作和相应的系统功能可见图2。

2 系统各功能模块介绍

此系统设计了工程信息登记、风险辨识、风险定性评估、风险可能应对、风险应对计划、风险定量评估、风险报告管理、风险监控管理、风险数据库管理、用户账号管理等十多个功能模块,下面对主要的功能模块进行介绍。

2.1 工程信息登记模块

2.1.1 工程基本信息登记

项目经理可以登记的工程基本信息包括:工

程编号、工程名称、工程所在国、地区、项目类型、合同类型、业主、业主代表、业主咨询工程师、联合体合作方、设备供应方、施工分包方、建设规模、项目状态、合同生效日期、开工日、工期、其它信息备注。

2.1.2 合同相关条款登记

项目经理可以登记的合同相关条款信息包括:计价方式、支付币种比例及支付方式、工期及质保期计算方式、保函额度生效日期及其它相关要求、工程保留金比例扣除方式及其它相关要求、误期损害赔偿计算方式、性能要求及其损害赔偿计算方式、适用法律和争议解决方法等。

2.2 风险辨识模块

2.2.1 识别风险源

项目经理可以从风险数据库(所有项目经理都能查看的公共数据库)已有的风险源中勾选出此项目存在的风险源。由于风险源数量较多,项目经理可以选择只显示环境、客体、主体风险源。

2.2.2 构建风险链

项目经理可以分析识别的风险源可能引起的风险因素和导致的风险事件,构建相应的风险链。构建风险链时,项目经理可以先识别项目所有的风险源,再构建全部风险链;也可以根据一条风险描述,先识别一个(或一系列)风险源,构建一条风险链,再识别和构建下一条风险链。

2.2.3 新增风险源和风险因素

如果项目经理识别风险时发现,此项目有公共数据库中没有的风险源或风险因素,项目经理可以新增风险源或风险因素,再转入构建风险链。新增的风险源和风险因素需要系统管理员导入后才会存在于公共数据库中,供其它项目来选择;系统管理员没有导入的风险,为本项目专有,只有本项目经理可以查看。

2.3 风险定性评估模块

2.3.1 风险定性评估标准制定

项目经理可以根据项目的规模,自行定义风险后果严重性的评级标准,包括费用超支、时间拖延、质量(性能)差异、HSE的标准。系统会有一个初始默认标准,项目经理可在此标准的基础上进行修改。

2.3.2 对识别出的风险链进行定性评估

项目经理可以根据制定的风险定性评估标

准,对识别出的风险链进行定性评估,包括评估风险链发生的可能性和发生后的后果严重性,并可以指定此风险的负责岗位,系统根据评级规则自动算出此风险的风险评级。

2.4 风险可能应对模块

2.4.1 对识别出的风险链添加可能的应对方法

项目管理员可以对识别出的每条风险链添加多个可能应对方法,包括具体的应对方法和此方法所属的应对策略。

2.4.2 对应对方法需要的费用高低、有效性、可行性进行定性评估。

针对每条风险链,项目管理员可以对添加进的每个应对方法进行定性的评价,包括此方法需要的费用(高、中、低)、有效性(有效、一般、无效)和可行性(高、一般、低)。

2.5 风险应对计划模块

2.5.1 选择各风险链的应对措施

项目管理员可以根据对每条风险链的可能应对方法的评估结果,包括此方法的有效性、可行性及所需费用的定性评估,综合评价后选择一个或多个方法作为此风险的应对措施。

2.5.2 编制风险应对计划

项目管理员可以编制每条风险链的风险应对计划,包括针对此风险选择的具体应对措施、责任人、应对需要的措施费估计、需达成的目标、执行时间、监控和报告的周期、残留风险描述、残留风险可能性和后果评级、残留风险需要的风险预备费估计等。系统要求高风险必须编制此计划,中低风险可选择编制此计划。

2.6 风险定量评估模块

2.6.1 获取已制定风险应对计划的高风险的定量评估数据

系统可以自动获取已制定风险应对计划(高风险必须,中低风险可选)的风险的风险措施费估计和残留风险的风险预备费估计数据,项目管理员也可以修改此评估数据,可以选择对费用进行模拟的分布类型。

2.6.2 补充未制定风险应对计划的中低风险的风险定量评估数据

对于未制定风险应对计划的其它风险(都是中低风险),项目管理员可以补充其需要的措施费和预备费估计,并指定费用服从的分布类型。

2.6.3 生成@risk的计算文件,并进行计算模拟

所有风险(包括高风险和其它中低风险)的定量评估数据和分布都获取以后,项目管理员可以让系统生成@risk的计算文件,用于对风险金进行模拟,模拟时项目管理员可以指定模拟抽样次数和结果显示方式。

2.7 风险报告管理模块

2.7.1 生成和打印风险分析报告

风险辨识、定性评估、应对计划制定和定量评估都完成以后,项目管理员可以按照系统预设的模板生成和打印风险分析报告。风险分析报告是项目投标阶段对风险进行评估的最终成果,报告内容包括:项目整体风险金分布及其说明、风险重要性排序及其说明、项目单项重大风险及应对情况等信息。

2.7.2 生成和打印风险监控报告

在每一个监控节点,对此周期内风险的状态、定性定量评估数据更新以后,项目管理员可以按照系统预设的模板生成和打印此时段的风险监控报告。风险监控报告是项目执行阶段(此监控周期内)对风险进行监控的最终成果,报告内容包括:项目整体风险金分布及其说明、风险重要性排序及其说明、上一时期的重大风险的最新情况(风险是否发生;如风险还未发生,应对措施的执行情况、措施费的使用情况;如风险已发生,事后应对措施情况、预备费耗费情况)、此时段的重大风险及其应对计划等信息。

2.8 风险监控模块

2.8.1 关闭本次监控

风险监控报告生成并打印以后,项目管理员可以关闭本次监控。关闭以后,本次评估的数据不能再修改,这些数据都将永久的记录进数据库,供此项目的的项目管理员在以后进行查看。

2.8.2 开始新一轮监控

项目管理员关闭前一次监控以后,可以开始新一轮的风险监控。在新一轮的监控中,项目管理员需要完成如下步骤:

1) Step1: 对上一轮的风险状态进行更新,对于每一条风险链,更新风险是否发生(No、Yes)及风险状态(Open、Closed)。后续过程有四种情况,根据不同情况进行处理:

(1) No, Closed: 风险没有发生,且关闭(经过评估,不会发生了)。此时添加执行此风险应对计

划使用的措施费(项目管理员输入),即为此风险产生的风险费,为一个确定的数字。

(2) **Yes, Closed**: 风险发生了,且关闭(损失已经完全产生,且后续影响已经完全消除)。此时添加执行此风险应对计划使用的措施费和风险发生后的损失费(项目管理员输入),两项加起来即为此风险产生的风险费,为一个确定的数字。

(3) **No, Open**: 风险没有发生,且开放(后续可能会发生)。此时项目管理员可以选择此风险是否需要重新评估。

(4) **Yes, Open**: 风险发生了,且开放(影响在持续,未消除)。此时需要项目管理员重新评估。

情况(1)和(2),风险关闭了,处理起来相对简单,在后续评估中就无此项风险了(但风险金曲线需要加上已经产生的确定风险费)。此处系统可以记录本监控时点关闭的所有风险(状态由 **Open** 改为 **Closed**)及其产生的费用信息,并统计所有已关闭的风险产生的风险费的总和,每期可以累计起来。

情况(3),项目人员可以选择哪些需要重新评估。情况(3)和(4),重新评估时(先定性,如果为 **H** 以上,还需要定量),流程与前面一样,系统默认将前面的数据带出(作为缺省值),在此基础上进行修改。

2) **Step2**: 增加本期新识别的风险链。点击后,进入新的风险识别阶段,并完成一整套识别、应对信息添加和定性、定量评估流程。

3) **Step3**: 需要重新评估的风险链以及新识别的风险链评估结束后,调用 @ risk 重新模拟计算(系统会自动加上之前累计的所有已关闭风险产生的确定风险费),得到监控阶段的结果。

3) 查看历史监控信息

项目管理员可以查看所有监控时段的风险监控记录,对于每一次监控记录,可查看的具体内容包括:

(1) 此监控时点,经过更新后的状态为 **Open** 的风险链清单列表。

(2) 此监控时点,所关闭(状态从 **Open** 修改为 **Closed**)的风险链清单。

(3) 截止到此监控时点,所有已关闭的风险链所产生的风险费累计结果。

(4) 此监控时点,系统所生成的 @ risk 的计算文件和监控报告。

2.9 风险数据库管理模块

2.9.1 导入项目新增的风险源和风险因素

系统管理员可以选择性导入项目管理员在识别风险时新增的风险源和风险因素,只有被系统管理员导入进公共数据库的风险信息才能被其它项目管理员所查看和选择。

2.9.2 对风险的分类设置进行修改

系统管理员可以对公共数据库中风险源、风险因素、风险事件和风险后果的分类体系进行修改,包括增加新的类别,修改已有类别。

2.9.3 新增或修改风险源、风险因素、风险事件、风险后果等数据

系统管理员可以对公共数据库中的风险源、风险因素、风险事件和风险后果的具体内容进行新增和修改。

2.10 其他系统管理模块

2.10.1 新增工程项目及对应的项目管理员账号

系统管理员可以新增工程项目及此项目对应的项目管理员账号。新增的项目管理员只能对所属工程进行管理。

2.10.2 重置项目管理员的密码

系统管理员可以对项目管理员的账号进行重置。

3 系统开发与运行环境

系统采用 Java 和 JavaScript 语言编写,在 JDK1.7, Eclipse3.7, Tomcat7.0, Mysql5.5 软件环境和 PC 机硬件环境下运行。系统登陆页面及风险信息登记页面可参见图 3 和图 4 所示。



图3 系统登陆页面

Fig. 3 System Interface Login

识别风险源		操作	序号	风险链编号	风险链 (风险源-风险因素-风险事件-风险后果)	识别阶段	是否发生	是否关闭
查看	A-1	RS-O1.5-RF-O16-RE-2.1-RC-1			要求的设计标准可能高于目前招标方案所采用的标准-设计标准的不利变化-质量标准提高-工作量增加-工期延长-费用增加	2014年10月评估	No	Open
查看	A-2	RS-O1.10-RF-O19-RE-3.1-RC-2			设计深度要求很高-图纸文件审批时间的不利变化-工作效率降低(导致资源耗数量增加、工期加长)-赶工或延期罚款引起费用增加	2014年10月评估	No	Open
查看	A-3	RS-O4.4-RF-O18-RE-2.1-RC-1			合同中有重要条款模糊、规定不明确-标准的不利变化-质量标准提高-工作量增加-工期延长-费用增加	2014年10月评估	No	Open
查看	A-4	RS-O1.9/O1.15/O2.8/O3.25-RF-O6-RE-2.2-RC-1			设计难度大、复杂度高/设计输入参数(水质、气温、材料、煤种等)不确定, 容易引起设计变更/由设计人员提出的订货要求不明确/系统整体调试难度大-设备性能的不利变化-质量下降-工期延长-费用增加	2014年10月评估	No	Open
查看	A-5	RS-O3.7-RF-O2-RE-2.2-RC-1			当地材料与国内有很大差异-可获取原材料质量的不利变化-质量下降(导致性能罚款、返工)-工作量增加-工期延长-费用增加	2014年10月评估	No	Open
查看	A-6	RS-O2.1/S5.2/S5.3-RF-O5-RE-5.1-RC-3			可供选择的设备供应商不多/供应商的资质差, 提供材料与实际不符/供应商不诚实, 采用先低报价、后再升价"策略-可购买设备价格的不利变化-资源价格上涨-费用上涨引起费用增加	2014年10月评估	No	Open
查看	A-7	RS-O4.13-RF-S3-RE-5.1-RC-3			采购合同纠纷, 有漏洞-供应商行为的不利变化-资源价格上涨-费用上涨引起费用增加	2014年10月评估	No	Open

图 4 风险信息登记页面
Fig. 4 Logging of Risk Information

4 结论

本文主要介绍了依据全吉等人在文献^[14-15]中提出的风险管理理论方法、模型和工具, 而设计开发的国际工程风险数据库和风险评估管理系统。此系统目前已开发完成, 并开始在某些国际 EPC 项目中推广使用, 利用此系统, 一方面可以辅助项目人员更好的进行以费用为中心的风险管理, 另一方面, 企业也可以积累项目在不同时期存在的风险、应对及费用数据, 以便为后续其他项目提供更准确的评估和更有效的应对。

但系统也存在着一些局限性和不足, 主要表现在, 目前的系统并没有对项目中的角色进行分解, 以便让不同岗位人员来分析和其岗位范围内的风险, 此功能的实现需要和项目的组织架构和岗位分工对应起来, 并需要企业风险管控的程序文件作为实施基础, 在不同企业会有所不同, 不便统一规定。另外, 由于在工程实践中对风险量化中的参数估计(如费用和概率)是一个比较困难的问题, 在缺乏大量统计数据时只能靠专家来判断, 如有重要参数估计不准确, 结果会出现较大偏差; 系统也不能解决不可预测的风险问题, 如有重大风险遗漏, 结果也会出现较大偏差。但笔者认为, 此系统仍然可以作为工程企业的一个风险学习平台, 因为风险管理水平的提升不可能一蹴而就, 而需要不断的积累经验, 是一个逐步提高的过程。

参考文献:

[1] ZHI H. Risk Management for Overseas Construction Projects [J]. International Journal of Project Management, 1995, 13(4): 231-237.
[2] HASTAK M, SHAKED A. ICRAM-1: Model for International

Construction Risk Assessment [J]. Journal of Management in Engineering, 2000, 16(1): 59-69.
[3] STEFFEY R W, ANANTATMULA V S. International Projects Proposal Analysis; Risk Assessment Using Radial Maps [J]. Project Management Journal, 2011, 42(3): 62-74.
[4] HASSANEIN A A G, AFIFY H M F. A Risk Identification Procedure for Construction Contracts - A Case Study of Power Station Projects in Egypt [J]. Civil Engineering and Environmental Systems, 2007, 24(1): 3-14.
[5] BALOI D, PRICE A D F. Modelling Global Risk Factors Affecting Construction Cost Performance [J]. International Journal of Project Management, 2003, 21(4): 261-269.
[6] WANG S Q, DULAIMI M F, AGURIA M Y. Risk Management Framework for Construction Projects in Developing Countries [J]. Construction Management and Economics, 2004, 22(3): 237-252.
[7] HAN S H, DIEKMANN J E. Making a Risk-based Bid Decision for Overseas Construction Projects [J]. Construction Management and Economics, 2001, 19(8): 765-776.
[8] LARYEA S, HUGHES W. How Contractors Price Risk in Bids: Theory and Practice [J]. Construction Management and Economics, 2008, 26(9): 911-924.
[9] SONMEZ R, ERGIN A, BIRGONUL M T. Quantitative Methodology for Determination of Cost Contingency in International Projects [J]. Journal of Management in Engineering, 2007, 23(1): 35-39.
[10] ALESHIN A. Risk Management of International Projects in Russia [J]. International Journal of Project Management, 2001, 19(4): 207-222.
[11] TAH J, CARR V. Knowledge-based Approach to Construction Project Risk Management [J]. Journal of Computing in Civil Engineering, 2001, 15(3): 170-177.
[12] IDRUS A, FADHIL N M, ROHMAN M A. Development of Project Cost Contingency Estimation Model Using Risk Analysis and Fuzzy Expert System [J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(3): 1501-1508.

到国家和地方一级排放标准。两台机组处理设备联合布置在汽机房外,减少汽机房跨度约12 m,避免汽轮机基座土建和地下设施交叉施工,缩短负挖回填工期。设备地上式布置,解决了进口波纹斜板设备长期浸泡问题,提高了耐久性,达到先进核电厂60年寿期的要求,设备国产化率提高到80%,工程节省投资约240万元。本系统已推广应用于山东海阳、广东阳江、广西防城港、福建宁德在建核电机组,经济与社会效益显著。

4 结论

本文分析了核电厂常规岛潜在放射性含油废水产生的原因和特点,并结合1 000 MWe级核电厂工程应用实例,探讨了适用于常规岛含油废水处理系统优化。研究认为:

- 1) 常规岛含油废水处理系统工艺流程选择应根据纵深防御原则降低潜在放射性污染的风险。
- 2) 含油废水处理系统容量应根据收集常规岛工艺系统疏放水和冲洗水量、消防灭火系统排水量确定。处理系统应设置地下废水调节池,其有效容积应根据常规岛汽机运转层下自动喷水和室内消火栓

消防排水量、集水面积经计算确定,并留有一定裕量。系统处理规模宜按 $4 \times 12.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

3) 两台机组处理系统宜布置在独立厂房内,设备地上式安装,调节池和管道系统应设置实体分隔,并联运行,互为备用,设计使用寿命为60年。

4) 处理系统宜采用非能动部件的重力式油水分离器,和能动部件少的气动隔膜式提升泵设备,无污泥副产物,运行安全可靠,出水水质达到国家和地方一级排放标准。

参考文献:

- [1] GB 14587—2011, 核电厂放射性液态流出物排放技术要求[S].
- [2] 张强, 任世军, 胡昌贤, 等. 岭澳核电站非放射性油水分离系统改造[J]. 中国给水排水, 2006, (12): 30-33. ZHANG Qiang, REN Shijun, HU Changxian, et al. Modification of the Separation System for Wasted Nonradioactive Oil and Water of Ling'ao Nuclear Power Plant [J]. China Water & Wastewater, 2006, (12): 30-33.
- [3] 阎维平, 周月桂, 刘洪宪, 等. 洁净煤发电技术[M]. 第2版, 北京: 中国电力出版社, 2008: 24-25.
- [4] HAF 102—2004, 核动力厂设计安全规定[S]. 2004.

(责任编辑 黄肇和)

(下接第154页 Continued from Page 154)

- [10] IAEA. IAEA TRS 422: Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in The Marine Environment [M]. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2004.
- [11] ERICA. Environmental Risk from Ionising Contaminants: Assessment and Management (EC 6th Frame-work Programme) [EB/OL]. <http://www.facilia.se/projects/erica.asp>.
- [12] IAEA. IAEA TRS 472: Handbook of Parameter Values for The Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments [M]. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2010.

- [13] Canadian Standard Association. Guidelines for Calculating Derived Release Limits for Radioactive Material in Airborne and Liquid Effluents for Normal Operation of Nuclear Facilities [R]. CAN/CSA-N288. 1-M87. 1987.
- [14] IAEA. IAEA TRS 479: Handbook of Parameter Values for The Prediction of Radionuclide Transfer to Wildlife [M]. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2014.

(责任编辑 高春萌)

(下接第169页 Continued from Page 169)

- [13] DIKMEN I, BIRGONUL M T, TAH J H M, et al. Web-based Risk Assessment Tool Using Integrated Duration-cost Influence Network Model [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2012, 138(9): 1023-1034.
- [14] 全吉, 黄剑眉, 张水波, 等. 基于风险链和风险地图的风险识别和分析方法[J]. 南方能源建设, 2014, 1(1): 92-96. QUAN Ji, HUANG Jianmei, ZHANG Shuibao, et al. Method of Risk Identification and Analysis Based on Risk Chain and Maps [J]. Energy Construction, 2014, 1(1): 92-96.

- [15] 朱明, 全吉, 黄剑眉, 等. 国际工程项目费用风险量化评估与动态管控[J]. 国际经济合作, 2014, 29(5): 81-86. ZHU Ming, QUAN Ji, HUANG Jianmei, et al. Quantitative Risk Assessment and Dynamic Control of International Engineering Project Cost [J]. Journal of International Economic Cooperation, 2014, 29(5): 81-86.

(责任编辑 郑文棠)