

中央高校基本科研业务专项资金资助项目（编号：13ZD21）

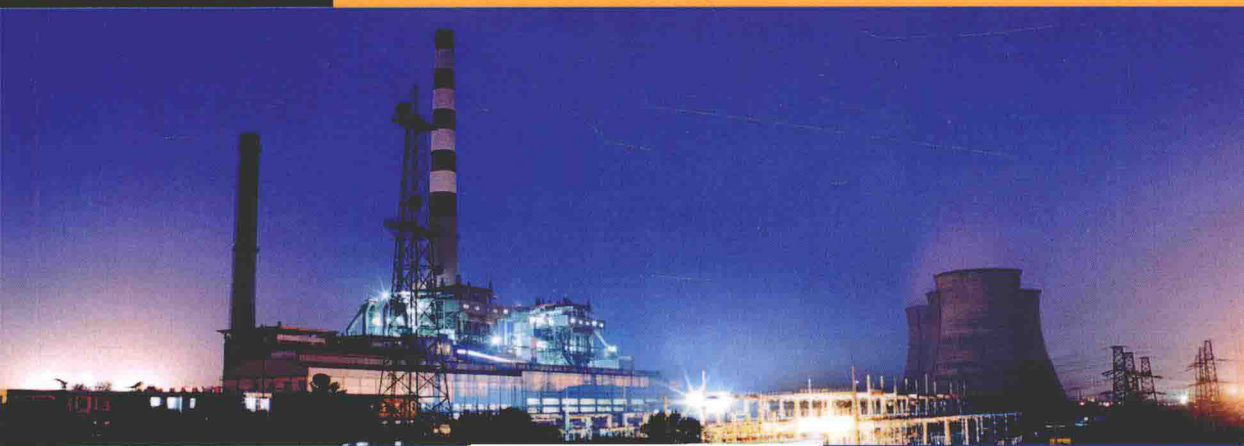
河北省哲学社会科学研究基地资助项目

低碳经济丛书

能效电厂项目风险 管理模型及决策支持系统

基于EPC模式

李艳梅 王敬敏◎著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

中央高校基本科研业务专项资金资助项目（编号：13ZD21）
河北省哲学社会科学基础研究基地资助项目

低碳经济丛书

能效电厂项目风险 管理模型及决策支持系统

基于EPC模式

李艳梅 王敬敏◎著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

能效电厂项目风险管理模型及决策支持系统: 基于 EPC 模式/李艳梅, 王敬敏著. —北京: 知识产权出版社, 2015. 8

ISBN 978 - 7 - 5130 - 3725 - 9

I. ①能… II. ①李…②王… III. ①发电厂—项目风险—风险管理—管理体系—研究—中国②发电厂—决策支持系统—研究—中国 IV. ①F426. 61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 200377 号

内容提要

本书通过构建 EPC - EPP 项目风险管理体系和决策支持系统, 来指导能效电厂项目风险的识别、评价与控制。实施 EPC 模式下的 EPP 项目风险管理, 首先分析能效电厂的运作模式及运作过程, 在此基础上构建风险因素指标体系; 进而通过 ISM 模型分析各风险指标的层级结构关系, 揭示项目风险产生的机理; 通过运用评价模型和控制模型对风险指标的计算和分析, 得出项目总体风险水平, 分析出需要进行风险控制的环节, 并给出风险控制策略和途径, 构建 EPC - EPP 项目风险管理决策支持系统架构。

责任编辑: 蔡 虹

责任校对: 董志英

封面设计: 邵建文

责任出版: 孙婷婷

能效电厂项目风险管理模型及决策支持系统

基于 EPC 模式

李艳梅 王敬敏 著

出版发行: 知识产权出版社有限责任公司

网 址: <http://www.ipph.cn>

社 址: 北京市海淀区马甸南村 1 号 (邮编: 100088)

天猫旗舰店: <http://zscqcbbs.tmall.com>

责任编辑: 010 - 82000860 转 8324

责任编辑: caihong@cnipr.com

发行电话: 010 - 82000860 转 8101/8102

发 行 传 真: 010 - 82000893/82005070/

82000270

印 刷: 北京中献拓方科技发展有限公司

经 销: 各大网上书店、新华书店及
相关专业书店

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 11.25

版 次: 2015 年 8 月第 1 版

印 次: 2015 年 8 月第 1 次印刷

字 数: 205 千字

定 价: 32.00 元

ISBN 978 - 7 - 5130 - 3725 - 9

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

CONTENTS

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 选题背景及研究意义	1
1.1.1 选题背景	1
1.1.2 研究意义	3
1.2 国内外研究现状综述	5
1.2.1 工程项目风险管理研究现状	5
1.2.2 EPC - EPP 项目风险管理研究现状	8
1.2.3 研究现状总结	10
1.3 本书的研究内容、方法与技术路线	11
1.3.1 研究内容	11
1.3.2 研究方法	12
1.3.3 技术路线	13
1.4 本书的创新点	14
1.5 本章小结	16
第2章 EPC - EPP 项目风险管理的基础理论	17
2.1 项目管理理论	17
2.1.1 项目管理的概念	17
2.1.2 项目管理的生命周期理论	17

2.2	项目群管理理论	19
2.2.1	项目群的概念	19
2.2.2	项目群内项目间的竞争与合作关系	20
2.2.3	项目群内项目间的相互依存关系	20
2.2.4	项目群集成管理	20
2.3	风险管理理论	21
2.3.1	风险的定义	21
2.3.2	风险管理的概念	23
2.3.3	风险管理的相关理论	24
2.4	EPC-EPP项目的风险含义及形成机理	25
2.4.1	EPC-EPP项目风险的含义	25
2.4.2	EPC-EPP项目风险的特点	26
2.4.3	EPC-EPP项目风险的形成机理	27
2.5	本章小结	29
第3章	EPC-EPP项目运作模式及发展趋势研究	30
3.1	EPC的概念、特点及意义	30
3.1.1	EPC的概念	30
3.1.2	EPC模式的几种类型	32
3.1.3	EPC模式的特点	34
3.1.4	实施EPC的意义	35
3.2	EPP的概念、发展现状及运作模式	36
3.2.1	EPP的概念	36
3.2.2	EPP的国外发展现状	38
3.2.3	EPP的国内发展现状	42
3.3	我国能效电厂的未来发展趋势	43
3.4	本章小结	45

第4章 EPC - EPP 项目风险因素识别及指标体系的建立	46
4.1 风险指标因素的识别方法研究	46
4.1.1 从主观信息源出发的方法	46
4.1.2 从客观信息源出发的方法	48
4.1.3 结构分析分解方法	49
4.2 WBS - RBS 风险识别模型	50
4.2.1 WBS - RBS 风险辨识的基本原理	50
4.2.2 WBS - RBS 方法风险辨识的优势	51
4.2.3 WBS - RBS 风险识别的步骤	52
4.3 单个 EPC - EPP 项目风险指标体系的建立	54
4.3.1 单个 EPC - EPP 项目风险指标体系的设计思路	54
4.3.2 基于 WBS - RBS 的单个 EPC - EPP 项目风险因素识别及 指标体系	54
4.4 EPC - EPP 项目群总体风险指标体系的建立	68
4.4.1 EPC - EPP 项目群总体风险指标的设计思路	68
4.4.2 基于 WBS - RBS 的 EPC - EPP 项目群总体风险因素识别 及指标体系	69
4.5 本章小结	70
第5章 EPC - EPP 项目风险层次结构及传递机理分析	71
5.1 风险因素相互作用关系分析	71
5.1.1 风险因素分析方法	72
5.1.2 解释结构模型	72
5.2 EPC - EPP 项目风险因素解释结构模型	74
5.2.1 建立意识模型	74
5.2.2 产生邻接矩阵	76
5.2.3 求可达矩阵	77
5.2.4 风险因素层级结构分析	79

5.2.5	解释结构模型的分析	80
5.2.6	EPC - EPP 项目风险传递路径及机理分析	81
5.3	本章小结	85
第6章	EPC - EPP 项目风险评价模型及实证研究	86
6.1	风险评价基本原理和方法	86
6.1.1	风险评价基本原理	86
6.1.2	风险估计和评价方法	88
6.2	集值统计方法	92
6.2.1	集值统计方法的基本原理	92
6.2.2	集值统计方法的计算过程	92
6.3	基于集值统计方法的 EPC - EPP 项目风险评价模型及 实证研究	94
6.3.1	项目概况	94
6.3.2	建立风险指标体系	96
6.3.3	赋权方法的选择	97
6.3.4	赋权方法的改进	100
6.3.5	权重的计算	105
6.3.6	风险评价集值统计处理结果	106
6.3.7	综合评价值的计算	112
6.3.8	结论及分析	112
6.4	本章小结	112
第7章	EPC - EPP 项目风险控制模型及策略研究	114
7.1	可靠性理论	114
7.1.1	串联响应模型	115
7.1.2	并联响应模型	116
7.1.3	并串联响应模型	117
7.1.4	串并联响应模型	118

7.2 基于 EPC - EPP 项目生命周期的系统可靠度	118
7.2.1 项目概况	119
7.2.2 基于生命周期理论的 EPC - EPP 项目的系统构成	120
7.2.3 EPC - EPP 项目风险控制模型子系统可靠度	121
7.3 基于重要度的 EPC - EPP 项目风险控制系统可靠度分配	121
7.3.1 基本事件重要度	122
7.3.2 基于重要度的系统可靠性分配模型	123
7.3.3 基于重要度的系统可靠性分配模型的 EPC - EPP 项目 风险控制	125
7.3.4 结论及分析	127
7.4 EPC - EPP 项目风险控制策略	128
7.4.1 风险控制策略	128
7.4.2 基于宏观视角的 EPC - EPP 项目风险控制	129
7.4.3 基于微观视角的 EPC - EPP 项目风险控制	131
7.4.4 按照 EPC - EPP 项目风险指标的类别进行风险控制	133
7.4.5 EPC - EPP 项目特有风险的应对	135
7.5 本章小结	137
第 8 章 EPC - EPP 项目风险管理决策支持系统	138
8.1 引言	138
8.2 系统需求分析	139
8.2.1 业务流程分析	139
8.2.2 功能需求分析	140
8.3 系统设计	141
8.3.1 系统设计原则	141
8.3.2 系统总体结构设计	142
8.3.3 系统功能结构设计	143
8.3.4 数据库设计	144

8.3.5 模型库设计	146
8.3.6 方法库设计	147
8.4 本章小结	148
第9章 结论与展望	149
9.1 本书的主要研究成果	149
9.2 研究工作展望	151
参考文献	154
附 录	164

第1章 绪论

1.1 选题背景及研究意义

1.1.1 选题背景

随着经济的快速增长,我国已成为世界能源消耗大国。《BP 世界能源统计年鉴 2014》显示,中国仍是世界最大的能源消费国,2013 年占全球消费量的 22.4%,以及全球净增长的 49%;2013 年我国能源消费总量为 37.6 亿吨标煤,相比 2012 年增速为 3.9%;全社会用电量 5.34 万亿千瓦时,相比 2012 年增速为 7.5%。

我国不仅能源消耗高,而且能源使用效率非常低。我国单位 GDP 能源消耗是世界平均水平的 2.5 倍,美国的 3.3 倍,日本的 7 倍,与巴西、墨西哥等发展中国家相比也偏高。我国每 1 吨标煤的能源消耗,仅能创造 1.4 万元人民币的 GDP,而全球平均水平是,消耗 1 吨标煤能创造 2.5 万元 GDP。

高能耗和较低的能源使用效率,带来了严重的环境污染,使我国节能减排面临很大的压力。根据联合国的报告显示,全球污染最严重的排名前 20 的城市中,我国占了 16 个。我国颗粒物超过国家标准的城市占到 57%,二氧化硫的浓度超过国家二级排放标准的城市有 48 个,中国人不得不呼吸

着被严重污染的空气，给居民身体健康和生命安全造成了威胁。

为了有效缓解能源资源与环境因素对中国经济发展形成的制约，提高能源利用效率，加强环境保护，构筑科学合理的能源发展体系和模式势在必行。我国在环境治理与能源消费政策上，采取了一系列措施，如提高可再生能源的比重，控制区域能源消费总量，提高能源使用效率，落实节能减排责任制等，这些措施对区域能源消费总量和企业能源使用效率的要求越来越明确。一方面要求区域调整产业结构，关停高耗能企业来降低能源消费总量；另一方面，通过企业节能技术改造实现能源效率的提高。

能效电厂（efficiency power plant，简称EPP），又称虚拟电厂，主要是通过改造终端用电设备和装置，以降低终端用电消耗需求的形式来生产“多余”的电能，即通过提高用电终端的用电效率，从而达到与建设实际电厂一样的效果。通俗地讲就是通过节能改造降低终端用电设备的能耗而节电，节约的电能类似于新建一座发电厂生产的电能。能效电厂的规划和建设，一方面可以对实施技术改造的区域内的重点用能单位进行规划和建设，实现区域内能源效率的协同优化，是实现节能减排的有效途径；另一方面可以降低用能单位的生产成本，有利于提高其竞争力。

以提高终端能效为目的的能效电厂项目在美国、加拿大、法国、德国、韩国等30多个国家和地区得到了成功实施，并取得了很好的效果，受到中国政府的高度关注，并分别在江苏、北京、广东等地相继开展了试点工作。但从目前情况看，我国的能效电厂的建设主要以政府为主导，而欧美等国家能效电厂运作的成功经验告诉我们，只有充分调动市场的节能服务需求、挖掘和利用市场的资金优势及各方面资源，并整合优化政府与市场的优势互补潜力，才能更好地提高能源利用效率，充分发挥能效电厂运作模式的市场优势，实现节能减排目标。

能效电厂从运营主体的角度，主要包括政府主导的运作模式、电力公司主导的运作模式和节能服务公司主导的运作模式（即合同能源管理模式）。合同能源管理的运作模式是基于市场化运作的节能服务模式。在这种

模式下,节能服务公司可以为用电企业提供专业化的技术指导,充分发挥其在能源管理方面的优势;电网企业也可以组建能源服务公司从中获取利润。

合同能源管理这种市场化的运作模式其本质是用减少的能源费用来抵消节能项目全部投资的节能服务方式,具有较大的发展空间和比较优势,将成为未来国内外主流的运作模式。这种模式从20世纪70年代中期以来在市场经济国家中逐步发展起来,尤其是美国、加拿大等国家。以合同能源管理(EPC)这种节能新机制运作的节能服务公司(国外简称ESCO,国内简称EMCo)已发展成为一种新兴的节能产业。

实施合同能源管理的能效电厂运作模式,可以降低用能企业节能改造的阻力,解决其资金、技术、专业人员等不足的问题,提高其参与节能改造的积极性,推动企业能源使用效率的提高;可以有效整合与发挥市场与政府的双重互补优势,有助于实现节能减排目标。

虽然我国已在一些省市实施了能效电厂项目,但合同能源管理(EPC)这种模式的市场化运作并不理想,在全国范围内并没有广泛应用和推广,其原因在于这种合同能源管理模式下的能效电厂项目在实施过程中面临诸多风险和阻力。本书试图分析合同能源管理模式下的能效电厂项目及项目群的实施过程中面临的风险因素,通过风险识别、评价和控制,建立一套完整的风险管理体系;通过专家打分,采用量化模型进行风险层次结构分析、风险评价和控制,并进行风险管理决策支持系统的架构设计,为节能服务公司(EMCo)的风险决策提供参考依据,以实现项目的顺利实施。

另外,为了后续研究的便利,本书约定,把合同能源管理(EPC)模式下的能效电厂(EPP)项目简称为EPC-EPP项目。

1.1.2 研究意义

EPC-EPP项目风险是指在项目的前期决策、方案设计、项目建设、后

期设备维护及运营等各阶段出现的各种不确定性及其带来的不利影响。因为 EPC - EPP 项目是多个参与方通过能源管理合同集合在一起的商业化的运作项目, 整个运作过程从前期决策到最终移交给节能用户, 每个环节都涉及不同的参与方。项目实施环节包括可行性研究、招投标、谈判、方案设计、融资、施工建设、设备营运、所有权转让等诸多经济和社会活动, 在这些工作环节中需要众多参与方如用电企业、银行、担保公司、保险公司、施工承包单位、节能设备供应商、设计单位等共同协调合作。因此, EPC - EPP 项目实施中产生的风险因素非常广泛: 既包括普通的工程项目实施中出现的各种风险因素, 又包括很多 EPC - EPP 项目所特有的风险, 如节能量的测量风险、节能潜力评估风险等。

综上所述, EPC - EPP 项目风险管理研究具有一定的理论意义和实践意义。

(1) 理论意义

EPC - EPP 项目风险管理的研究旨在建立一套理论与方法体系和思路框架, 为项目的顺利实施打下应用基础。到目前为止, EPC - EPP 项目节能服务风险管理理论与实践都很欠缺, 在国内没有一套完整的适用于 EPC - EPP 项目的风险管理理论与方法体系。本书运用可量化计算的风险管理模型, 并给这些模型赋予新的内涵, 形成一套完整的 EPC - EPP 项目风险管理体系, 为该类项目的风险决策提供理论支持。

(2) 实践意义

第一, 有利于 EPC - EPP 项目的成功运营。

以合同能源管理方式投资建设的能效电厂项目, 由于其周期相对较长, 项目所处的政治经济环境变化较大, 涉及的利益相关方较多, 结构复杂。本书拟建立一套完善的 EPC - EPP 项目的风险管理体系, 立足于节能服务公司角度, 为 EPC - EPP 项目的顺利实施提供可借鉴的依据, 也为节能服务公司应对风险提供参考。

第二, 有利于 EPC - EPP 项目在全国范围内的应用和推广。

本书的研究从 EPC - EPP 项目的实际运作过程出发, 吸取合同能源管理模式在西方国家成功运营的经验, 找出我国在实施 EPC - EPP 项目过程中的不足和障碍以及面临的主要风险, 制定合理的风险治理机制和应对措施, 使合同能源管理模式下的能效电厂项目能够在全国范围内成功运营和推广。

1.2 国内外研究现状综述

1.2.1 工程项目风险管理研究现状

风险管理是最近二十年发展起来的综合性交叉学科, 它最早起源于企业的经营管理实践。项目管理技术的不断发展使得管理者对项目的要求越来越高, 风险管理被逐渐引入到项目管理的实践中, 形成了项目风险管理这个新的研究领域。

早在第一次世界大战期间, 德国科学家开始对风险管理 (Risk Management) 展开研究。其后的十几年时间, 全球性的经济危机爆发, 风险管理问题又被美国许多经济学家作为研究对象。在 20 世纪 50 年代早、中期, 美国许多大公司的高层管理者逐渐从风险给公司带来的重大损失中认识到风险管理的重要性, 来自社会、法律、经济和技术等各方面的压力使美国的风险管理运动迅速开展起来。在美国学者于 1963 年发表《企业的风险管理》一文后, 风险管理迅速引起了欧美、日本等各国学者的高度重视。在 20 世纪 70 年代, 风险管理的概念、理论和实践已逐渐从它的起源地美国传遍加拿大和欧洲、亚洲及拉丁美洲的一些国家。同美国相比, 英国的风险管理研究的理论和成果较为成熟, 而且很多学者都愿意把其风险管理相关的研究成果应用于大型工程项目的管理实践。英美两国在风险管理研究方面各有所长, 优势互补, 代表了当时风险管理学科的两个主流模式。法国的风险管理属于经营管理模式; 而德国对风险管理的研究是基于政策的视

角展开的；风险管理研究在日本虽然起步较晚，但是其发展过程非常迅速，很快形成了一套适合本国特色的风险管理理论体系。

在过去的计划经济体制下，我国政府部门作为大多数重大建设项目的投资主体承担了主要风险，这种客观实际在一定程度上导致了项目管理者风险意识的缺乏和淡薄。随着近年来市场经济体制的逐步完善和项目实施经验的积累，无论是国家、企业还是个人，都对风险管理有了全新的认识和体会；项目实施“自负盈亏、自担风险”的政策，标志着我国项目风险管理理念逐步被重视起来，风险管理研究在我国已成为学术界重点关注的研究领域之一。

在国外，风险管理理论的研究起步较早，经过长期的发展逐步形成了一门独立的学科体系，成为现代管理学的重要分支，广泛应用于金融、国防、工程、制造等领域。文献[1]综合考虑了项目管理过程中的成本、进度和质量等要素，建立了风险管理模型，其研究成果表明：利用挣值分析法可以对成本、进度和质量进行管理和控制。文献[2]对风险管理的概念进行了界定，并重点针对风险的不确定性给出应对措施；文献[3]以风险效率为重点进行了分析和论证，并引用相应的案例进行了实证分析和诠释；文献[4]主要研究对象是费用受限的项目风险，采用粒子群算法进行了研究；文献[5]利用计算机模拟和整数约束规划方法，对项目决策模型进行优化。文献[6~9]运用不同的理论及方法，例如粒子群优化算法等，对项目费用分配问题进行了深入研究；文献[10]主要采用极大值算法、极小值算法、后悔值优化等不确定理论及模型对组合优化问题展开了探讨；文献[11]通过构建新的架构体系来分析和研究项目成功实施的标准。文献[12]主要研究对象是风险元优化问题，引入遗传算法对该问题进行了深入研究。综合上述研究文献，关于风险管理，国外的理论研究相对比较成熟，而且其应用范围和领域较广，方法也比较先进，其中的很多研究方法和应用实践值得我们学习和借鉴。

我国的风险管理的理论及应用的相关研究，是从20世纪80年代后期开

始的,起步相对较晚。90年代初期,风险管理理论开始被一些国外投资者应用到我国工程项目管理实践中,其后国内逐渐出现了风险管理顾问公司,一些国内学者也开始关注工程项目的风险管理。我国最开始的研究工作主要是结合工程实际,在引进、消化、翻译、吸收国外研究成果的基础上,对工程项目风险管理进行探索性研究。90年代后期,随着对风险的研究进一步深入,很多学者结合工程项目的实际,在理论和实践运用方面取得了初步成果。文献[13]以项目风险管理的必要性为立足点,将风险管理研究上升到系统理论层次,对风险元的概念进行了界定,着重分析了风险元之间的传递特性,并研究了风险元在关键风险因素之间是如何相互作用和影响的,开辟了风险管理研究的新领域和新思路,属于创新性研究成果,系列研究成果详见参考文献[14、15]和参考文献[16~19]。在文献[20~28]中,为了提高项目管理管理者的风险管理能力和决策水平,主要采用遗传算法、模糊效益函数及理论等,对项目风险管理过程中涉及的成本、质量等关键风险元进行了优化组合和综合研究;文献[29]采用定量模型对项目管理中三个重要因素:进度、质量和成本进行了优化,但论文的研究并不深入,还有进一步深化的空间;文献[30]主要以工期的风险管理为研究对象和目标,通过模拟法的运用得到工期的概率分布;文献[31~33]针对项目资源进行风险管理或优化的研究。文献[34]运用网络图分析法,研究风险元之间的相互影响和传递关系,为决策者提供参考依据和理论支持;文献[35~37]分析了不确定规划的现状、发展趋势和前景及其在工程实践中的应用,在理论研究和实证分析上都取得了重要研究成果,为相关领域的研究提供了新思路;文献[38]研究了工程项目风险管理领域对不确定性理论的应用;文献[39]指出在工程项目实施过程中,风险是在不断发展变化的。随着工程的进展,有些风险可能自动消失,同时又会有新的风险产生,因此,工程项目的风险管理是一个动态的过程,要用系统的理论和视角来研究风险管理的动态过程;文献[40~41]利用网络计划图等项目管理工具,基于不同的视角并采用不同的方法研究了优

化问题。文献[42~43]对风险管理进行了定性的分析和研究,没有采用量化模型进行数学上的分析和实证研究。

从上述研究现状的概述可以看出,我国在项目风险管理理论研究和实际应用上还不够成熟和完善,应用领域具有一定的局限性。并且相关研究成果过分强调技术方法的复杂性和深度,忽略了风险管理理论研究成果是否能适用于实际的工程领域。因此,我国的工程项目风险管理研究还有很大的提升空间。

1.2.2 EPC-EPP 项目风险管理研究现状

我国关于能效电厂项目风险管理的研究,从目前可得的研究成果来看,数量非常少而且不够系统和完善。因为能效电厂这个概念是从国外引进的,相对于其他运作成熟的工程项目来说,这是一个新生事物,再加上各国的管理体制有所差异,各国能效电厂在运作过程中产生的风险也就不同,国外的研究成果不一定适用于我国的能源经济及社会环境。我国目前已在广东、河北、山东、江苏、上海、北京等一些省市开展了能效电厂项目的试点工作,也有部分学者对EPC-EPP项目的风险管理进行了初步的研究。下面就国内外学者对能效电厂及合同能源管理模式的风险管理研究进行梳理。

风险因素辨识是风险管理的基础环节。文献[52]主要内容是工程项目的风险辨识和风险因素分类的研究,分别从自然、技术、管理、经营等方面,辨识EPC模式下工程建设总承包商的风险因素,并研究了国际EPC工程项目的关键风险因素。文献[53]首先分析了合同能源管理在LED路灯项目中的应用情况,然后建立了一套合同能源管理模式的风险评估体系,并提出利用层次分析法等数学方法对项目进行风险分析,确定各风险因素的风险系数,最后以东莞市为例验证了此方法的有效性。文献[54]提出节能量不确定度的数学模型,分析了影响节能量的各种因素,运用不确定度表征节能量的测量结果,即被测量真值在某范围内的可能性,分析了某