



Y3221169

单位代码: 10010

学 号: 2015210339



北京化工大学
专业学位
硕士研究生学位论文

题 目 A电力公司“峰改电”工程
风险管理研究

专 业 工程管理

研 究 生 魏延峰

指导教师 王璇

企业导师 陈海

日 期: 2017年 5月 25日

北京化工大学学位论文原创性声明

本人郑重声明： 所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

作者签名： 魏红强 日期： 2017.5.25

关于论文使用授权的说明

学位论文作者完全了解北京化工大学有关保留和使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属北京化工大学。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许学位论文被查阅和借阅；学校可以公布学位论文的全部或部分内容，可以允许采用影印、缩印或其它复制手段保存、汇编学位论文。

☐ 论文暂不公开（或保密）注释：本学位论文属于暂不公开（或保密）范围，在 X 年解密后适用本授权书。

☒ 非暂不公开（或保密）论文注释：本学位论文不属于暂不公开（或保密）范围，适用本授权书。

作者签名： 魏红强 日期： 2017.5.25

导师签名： 王 强 日期： 2017.5.26

学位论文数据集



中图分类号	C939	学科分类号	630.99	
论文编号	1001020170339	密 级	公开	
学位授予单位代码	10010	学位授予单位名称	北京化工大学	
作者姓名	魏远赫	学 号	2015210339	
获学位专业名称	工程管理	获学位专业代码	125600	
课题来源	自选	研究方向	项目管理	
论文题目	A 电力公司“煤改电”工程风险管理研究			
关 键 词	煤改电，风险管理，评价指标，层次分析法			
论文答辩日期	2017.05.23	*论 文 类 型	应用研究	
学位论文评阅及答辩委员会情况				
	姓名	职称	工作单位	学科专长
指导教师	王璇	副教授	北京化工大学	工程管理
评阅人 1				
评阅人 2				
评阅人 3				
评阅人 4				
评阅人 5				
答辩委员会主席	李健	教授	北京化工大学	工程管理
答辩委员 1	王淑慧	教授	北京化工大学	工程管理
答辩委员 2	李海洪	副教授	北京化工大学	工程管理
答辩委员 3	姚水洪	副教授	北京化工大学	工程管理
答辩委员 4	刘学之	副教授	北京化工大学	工程管理
答辩委员 5				

注：一. 论文类型：1. 基础研究 2. 应用研究 3. 开发研究 4. 其它

二. 中图分类号在《中国图书资料分类法》查询。

三. 学科分类号在中华人民共和国国家标准 (GB/T 13745-9)《学科分类与代码》中查询。

四. 论文编号由单位代码和年份及学号的后四位组成。

A 电力公司“煤改电”工程风险管理研究

摘 要

近年,我国多地持续遭遇了大范围不同程度的雾霾天气,大量的散烧煤和燃油消费是造成雾霾的主要原因。为了治理雾霾改善当前空气环境,需要改变获取燃煤消费的方式,以清洁能源作为替代品。电能属于清洁能源的一种,既没有噪音污染,又不会造成废气污染。京津冀等严重雾霾污染地区正逐步实施“煤改电”工程,即对现有化石燃料供暖采暖设施进行改造,取而代之的是新一代电力供暖设备。“煤改电”工程不同于一般电力技改工程,存在着不同类型的风险,不仅有传统电力工程中常见风险,还包括了政治风险,社会风险等。项目的建设过程中还存在多头建设、管理分散、监管分家等问题,导致了施工流程不规范、验收标准不统一、预期目标难实现等问题,因此,在“煤改电”工程项目中进行积极有效的风险管理就显得十分重要。

本文以国网 A 电力公司北京某区“煤改电”工程实施为例,从项目特点和风险特征的研究背景出发,对“煤改电”工程实施过程中出现的风险进行识别、分类,提出工程风险中所面临的威胁、存在的弱点、造成的影响,构建“煤改电”项目风险评价指标体系。进一步,通过 AHP 方法对“煤改电”工程项目中的风险管理进行评估研究,再以此作为决定如何控制“煤改电”工程风险发生的依据。本文研究重点是对“煤改电”工程过程中可能会出现各类风险因素进行分析,根据相关理论提出相应的控制策略,科学有效的控制风险的发生,希

望能以本文的研究为其他地区“煤改电”工程或其他电力技改项目提供一定的借鉴意义。

关键词：煤改电，风险管理，评价指标，层次分析法

Research on risk management of A power company coal to electricity project

ABSTRACT

In recent years, China has continued to encounter a wide range of different levels of fog and haze, a large number of scattered burning coal and fuel consumption is the main cause of haze. In the process of atmospheric pollution prevention and control, the use of clean energy to replace coal is one of the measures to deal with haze, and electricity without noise, no exhaust gas, is the most environmentally friendly, clean energy. Beijing, Tianjin and other serious haze pollution areas are gradually implementing the "coal to electricity" project, that is, through the existing fossil fuel combustion heating heating facilities, replaced by a new generation of electric heating equipment. "Coal to electricity" project is different from the general electric power project, there are different types of risk, not only the common risk of traditional power engineering, but also includes the political risk, social risk, etc.. The problem of long construction, decentralized management, supervision of separation still exists in the process of project construction, resulting in the construction process is not standardized, acceptance standards are not unified, the expected target is difficult to achieve such problems, therefore, in the "coal to electricity" project risk management actively and effectively is very important.

Based on the network A electric power company of Beijing city "coal to electricity" project as an example, starting from the research background of the project characteristics and risk characteristics of the coal to electricity project implementation process of risk identification, classification, some difficulties in engineering risk threat, the weakness caused by impact the construction risk evaluation index system, and

through empirical method based on the AHP of "risk management of coal to electricity projects in the evaluation study, and so as to decide how to control the coal to electricity project risk basis. The research focuses on "coal to electricity" project possible risk analysis, put forward the risk control strategy according to the theory of risk and risk management, the scientific and effective control of risk, in the hope of this study as an example, extended to other regions of coal to electricity projects or other electric power project implementation go.

KEYWORDS: coal to electricity, risk management, evaluation index, analytic hierarchy process

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 风险管理研究现状	2
1.2.1 国外研究现状	2
1.2.2 国内研究现状	4
1.2.3 电力项目风险管理研究现状	4
1.3 研究内容和方法	7
1.3.1 研究内容	8
1.3.2 研究方法	8
1.4 本章小结	9
第二章 风险管理理论与方法	11
2.1 风险概述	11
2.1.1 风险的定义	11
2.1.2 风险的分类	11
2.1.3 风险的特征	12
2.2 风险管理的提出	13
2.2.1 产生背景	13
2.2.2 产生原因	14
2.3 风险管理概述	14
2.3.1 项目风险	14
2.3.2 风险管理定义	15
2.3.3 风险管理过程	15
2.4 本章小结	16
第三章 “煤改电” 工程项目风险识别及评价	17

3.1 “煤改电”工程项目概述.....	17
3.1.1 “煤改电”工程项目内涵.....	17
3.1.2 “煤改电”工程项目特点.....	17
3.1.3 “煤改电”工程项目的风险特征.....	18
3.2 工程项目风险识别.....	18
3.2.1 风险识别概述.....	18
3.2.2 风险识别的方法.....	19
3.2.3 “煤改电”工程项目风险因素分析.....	20
3.2.4 “煤改电”工程项目风险识别过程.....	21
3.3 工程项目风险评价方法选择.....	24
3.3.1 工程项目风险评价概述.....	24
3.3.2 风险评价的主要方法.....	25
3.3.3 “煤改电”工程项目评价方法的选择.....	26
3.3.4 “煤改电”工程项目风险评价指标体系.....	27
3.4 基于 AHP 方法的“煤改电”工程项目风险评价.....	28
3.5 本章小结.....	29

第四章 A 电力公司“煤改电”项目风险实例分析..... 31

4.1 A 电力公司某“煤改电”项目介绍.....	31
4.1.1 安装内容.....	31
4.1.2 工程规范.....	32
4.2 项目风险因素分析.....	32
4.2.1 政策风险.....	32
4.2.2 环境风险.....	33
4.2.3 属地供电公司风险.....	33
4.2.4 承包方风险.....	33
4.2.5 设计方风险.....	34
4.2.6 供应方风险.....	34
4.2.7 运营维护风险.....	34
4.3 A 电力公司“煤改电”项目风险评价.....	34
4.3.1 因素排序权重计算.....	34
4.3.2 综合抗风险能力计算.....	40
4.4 风险应对与防范.....	44

4.4.1 系统性风险.....	45
4.4.2 非系统性风险.....	45
第五章 结论与展望.....	47
5.1 结论.....	47
5.2 展望.....	47
参考文献.....	49
致谢.....	51
作者及导师简介.....	53

Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Research background and significance	1
1.1.1 Research background.....	1
1.1.2 Research meaning	2
1.2 Research status of risk management	2
1.2.1 Foreign research status	2
1.2.2 Domestic research status	4
1.2.3 Current situation of power project risk management.....	4
1.3 Research contents and methods	7
1.3.1 Research contents	8
1.3.2 Research methods	8
1.4 Summary of this chapter	9
 Chapter 2 Risk management theory and method.....	 11
2.1 Risk overview.....	11
2.1.1 Definition of risk.....	11
2.1.2 Classification of risk.....	11
2.1.3 Characteristics of risk.....	12
2.2 Risk management put forward	13
2.2.1 Background.....	13
2.2.2 Causes.....	14
2.3 Overview of risk management	14
2.3.1 Project risk	14
2.3.2 Risk management definition	15
2.3.3 Risk management process	15
2.4 Summary of this chapter	16
 Chapter 3 "coal to electricity" project risk identification and evaluation	 17

3.1 Coal to electricity project overview.....	17
3.1.1 "Coal to electricity" project content.....	17
3.1.2 "Coal to electricity" project characteristics.....	17
3.1.3 "Coal to electricity" project risk characteristics.....	18
3.2 "Coal to electricity" project risk identification.....	18
3.2.1 Risk identification overview.....	18
3.2.2 Risk identification method.....	19
3.2.3 "Coal to electricity" risk factor analysis.....	20
3.2.4 "Coal to electricity" project risk identification process.....	21
3.3 "Coal to electricity" project risk assessment method selection.....	24
3.3.1 Risk project evaluation management overview.....	24
3.3.2 The main methods of risk assessment.....	25
3.3.3 Selection of evaluation method of "coal to electricity" project.....	26
3.3.4 Construction of risk evaluation index system.....	27
3.4 Risk evaluation of coal to electricity project based on AHP method.....	28
3.5 Summary of this chapter	29

Chapter 4 Case analysis of project risk of "coal to electricity" project of A power company.....31

4.1 "Coal to electricity" project introduction of A company.....	31
4.1.1 Main workload.....	31
4.1.2 Engineering code.....	32
4.2 Project risk factor analysis.....	32
4.2.1 Policy risk.....	32
4.2.2 Environmental risk.....	33
4.2.3 Territorial power company risk.....	33
4.2.4 Contractor risk.....	33
4.2.5 Design risk.....	34
4.2.6 Supply side risk.....	34
4.2.7 Operation and maintenance risk.....	34
4.3 Project risk assessment based on AHP method.....	34
4.3.1 Factor sorting weight calculation.....	34

4.3.2 Comprehensive risk resistance calculation.....	40
4.4 Risk response and prevention.....	44
4.4.1 Systemic risk.....	45
4.4.2 Non systemic risk.....	45
 Chapter 5 Conclusion and prospect.....	47
5.1 Conclusions.....	47
5.2 Outlook.....	47
 References.....	49
 Thank.....	51
 Brief introduction of author and supervisor.....	53

第一章 绪论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

一份北京地区空气 PM2.5 化学组成及来源研究报告显示,北京 PM2.5 产生来源主要有六个方面,包括煤炭燃烧、汽车尾气、土壤尘、生物质燃烧、工业污染以及二次无机气溶胶等。其中燃煤占比约为 18%,因此从这个数据可以看出雾霾天气的出现很大一部分原因来源于煤炭燃烧造成的污染,而煤炭燃烧不只是工业排放,部分居民在冬季的燃煤取暖所产生的污染物含量也是不可小觑的。

在防治大气污染,治理雾霾的严峻形势下,国务院在 2013 年为了改善大气污染现象出台《大气污染防治行动计划》,作为六部委也加强了对于污染现象的惩罚力度,制定了相关的实施细则和计划,坚持以燃煤小锅炉淘汰为治理目标,同时为居民提供正常取暖服务,不影响居民日常生活。国家电网因此积极寻找替代能源,提出以电能能源作为替代品的规划,而其中非常关键的部分则是“煤改电”工程。“煤改电”工程是北京市政府落实十八大精神、节能减排、关注民生、促进城市环境建设的重点工程。“十三五”期间,国网 A 电力公司将完成 67.4 万户的“煤改电”工程,总投资达到 246.3 亿元。预计到“十三五”末,每年可减少燃煤 317.55 万吨,减排二氧化碳 825.63 万吨,基本实现全市平原地区“无煤化”,从而促进空气污染治理与能源消费改革。到 2020 年全市平原地区农村采暖全部改用清洁能源,2017 年本市总计将开展 400 个村庄约 15 万户居民“煤改电”工程。

当前在建设管理以及统筹规划方面,“煤改电”工程过程中出现了多方面问题,主要体现在分散的管理、分离的建管方式、建设的多头管理等方面。政府和社会作为项目的投资主体,缺乏项目投资的规划和整合,造成了不统一的建设标准、无法控制的实施质量以及不规范的施工流程等,影响着工程项目的顺利实施和圆满竣工。电力企业负责管理工程项目的风险一般是兼职人员,在工程项目的综合部任职,并没有专门安排管理电力工程项目风险的人员。一般来说,工程项目综合部是由与电气工程专业相关的人员组成,不太了解关于项目风险管理的相关知识,很多人员都只是为了完成工作任务进行表面知识的简单学习,停留在表面形式上。因此,要搞好“煤改电”工程项目建设并使其发挥有效作用,让它有良好的运行状态,达到降低能耗、减少污染的效果,需要进行研究规划及明确管理责任,对项目进行科学规范化管理。

1.1.2 研究意义

“煤改电”工程不同于一般电力技改工程，首先从项目立项开始，由政府主导，农委根据各行政村所报户数，提供给供电公司“确村确户”函；之后由供电公司负责对需要改造的村落或小区进行可行性研究报告的编制，方案审核通过后开始初步设计工作，一般“煤改电”工程初步设计必须达到施工图设计深度，“初设”代“施工”以加快整个工程的进度；设计工作结束的同时，以“初设”中涉及到的工作量为准开始物料申报工作，通过每年四次的国网招标批次进行物资采购；物资到货后立即开展施工任务；工程竣工验收时，发改委及审计部门会依据设计图对工程进行审查。

在整个“煤改电”工程中，存在着不同类型的风险，不仅是传统电力工程中常见风险，还包括政治风险，社会风险等。因此本选题主要针对其中可能会出现的风险进行识别、分类，通过实施多样化评估风险的方法，综合评估“煤改电”工程项目中可能会出现的问题、具备的弱点以及可能形成的负面效应，并以此作为决定如何控制风险发生的依据，重点在于研究如何对可能出现的风险进行科学有效的控制。

总的来说，在“煤改电”工程项目中实行风险管理是比较困难的。因此，本文通过对一般工程风险管理的研究，合理将现有风险管理理论思想和经验方法应用到“煤改电”工程项目中。对项目风险管理进行探索，在符合现实环境的基础上，针对“煤改电”工程实施科学的风险管理措施，从而将获得的成果作为今后电力企业实现风险全面管理的参考依据。最终目标是促进工程项目中每个环节风险的降低，提高工作效率、节约资金、保障电网安全稳定运行、提高工程经济和环境效益，且通过本工程的相关数据分析得到的结论，也为其他电力行业提供借鉴，具备一定的实用价值。

1.2 风险管理研究现状

1.2.1 国外研究现状

1916年，古典管理理论主要代表人物之一的法国管理学大师亨利·法约尔在他的著作《工业管理与一般管理》中，风险管理的概念被第一次明确的提出，成为最早讨论风险与管理的学者^[1]。

1930年，比较系统的风险管理理论在美国开始萌芽，相关的概念在随后的几年被提出，而此时恰逢世界经济危机爆发，美国许多经济学家开始重视风险管理问题，并对其进行更深入的研究^[2]。

20世纪60年代左右，风险管理研究不断深入，项目风险管理逐渐成为一门独立的学科，这其中以《企业风险与管理》为代表，引起了各国学者的普遍关注，较为全面专业探究了关于风险管理的相关内容，这本关于风险管理的著作也对其产生了较大

影响^[3]。

到了 70 年代初,风险管理成为了美国众多商学院管理学学生普遍学习的一门课程,70 年代后期,随着项目建设规模的扩大,技术应用加深,管理手段的规范化,风险管理逐渐成为项目决策的重要依据,以及决定项目顺利实施的主要因素^[4]。

20 世纪 80 年代,风险管理也逐渐的走向细节化和具体化,主要涵盖如下几个方面:费用支出与责任承担者、技术风险与环境不确定风险、工程保险等,以及以概率统计的为基础的单一风险因素分析也是在这一时期出现。到了 90 年代,专家开始对风险管理进行系统的概括汇总,系统化的概念逐渐被提出来。随着对风险管理逐步的深入研究,其重要性越来越受到大家的关注和认可,大家也开始重视起这种系统性的工程中涉及到的每个细节,这其中就涵盖了对风险的识别、分析以及后期的评估与控制策略或方式方法。1987 年,美国项目管理学会(PMI),首先公开了一个项目管理职业的知识总和(Project Management Body of Knowledge, PMBOK),其中就包含了项目风险管理,将其作为项目策划的一个重要组成部分。90 年代之后,逐渐出现了一系列风险管理方法,比如概率分析法、蒙特卡洛(Montecarlo)模拟法,敏感性分析^[5]等结构化风险识别与风险管理决策方法。经过近百年的发展,风险管理作为工程管理的核心领域,在学者们持续的研究和发展推动下,取得了诸多研究成果。

对于风险管理框架体系研究,Tumala 等(1999)^[6]把风险管理分成了四大板块,包括前期的风险识别,中期的风险分析以及后期的评估与控制。Boehm^[7]的项目风险管理框架有两个部分,第一个是对风险的识别、提取相应形成风险的因素、对其类别进行合理划分等,另外是管理和控制风险,对风险进行监督和补偿。Fairley^[8]的七步骤风险管理方法,分别是因素识别、风险分析、提出策略、风险监控、备用方案、危机监管、风险补偿。类似的还有 Chapman(2001)^[9]提出的风险管理的九个阶段。Tam^[10]对风险因素识别进行了研究,认为可以分别从项目主体、经济市场环境、行业竞争三方面进行风险影响因素的提取;Meulbroek^[11]提出了公司提高风险管理的论点,主要是通过建立相应的价值模型实现的,而对于风险管理的流程而言,主要包括对风险的识别与衡量以及最终决策方案的确定。2009 年,Damak^[12]等人提出了风险控制的相关模型。在施工项目方面,Scholl 等人创新提出计划工期模型。Mohammad(2010)^[13]提出风险识别是通过感知、判断、归类的方法,对现实或潜在的风险性质进行鉴别。Chang(2011)^[14]通过对风险事故进行分析、归纳、推理,找出各种潜在风险的内在规律。Philippe(2001)^[15]通过 Var 对风险进行量化分析识别,较好地处理了风险管理问题。

总之,各国学者们先后对风险管理进行开发和研究,伴随着越来越多评价方法的出现,工程风险的预测和分析的发展趋势也变得更加全面化以及多层次化。在国外,这方面的管理也正在由片面转向全面化、业余转向专业化发展。

1.2.2 国内研究现状

我国在经济发展方面起步相较于其他国家较晚，对于风险管理的意识与研究也相对较晚。市场经济的逐渐发展，使得更多的公司加入到市场发展过程中来，所以，我们国家的企业也面临着越来越多的竞争与复杂的市场环境，企业所面临的风险具有更加复杂的特点，风险研究应运而生^[16]。

风险的概念是什么，关于这个问题目前还没有统一的说法，专家学者对于风险的理解不尽相同。关于风险管理的研究成果大多集中在上世纪 90 年代以后到新世纪的头十年时间，主要研究成果有：

1987 年，在《风险分析与决策》中，清华大学一名对该领域有着深入研究的教授郭仲伟提出了关于风险的理论，通过定量的方法来研究风险的各个方面，包括识别风险、评估以及评价风险^[17]。

1988 年，贝叶斯法和决策树法是西方国家关于风险管理研究方法的起源，由周士富提出的^[18]。

1999 年，企业的预警管理理论被余廉首次提出，他在借鉴国外相关研究分析的基础之上并且结合相关实际案例，强调降低风险和规避风险同样具有重要的意义，这是企业的战略目标所涉及的重要板块^[19]。

2004 年，黄福艺在一篇论文中分析了在施工工艺方面的风险，同时结合事故发生可能存在的概率以及其所产生的不利影响进行综合的评估^[20]。

2006 年，R&D 项目当中的进度费用被李平进行了全方位的研究和分析，达到了风险被分担、费用被优化的目的^[21]。

2007 年，在网络逐渐盛行的时期，张永挣将网络时代的风险传播进行了定义，并且认为该问题是 NP 难题，在此基础之上提出了最小度以及邻近传播的方法，次年，他评估了网络信息可能存在的安全风险，对于网络系统的安全性和确定性具有重要意义^[22]。

2009 年，《风险管理》中对于风险的定义包括如下两个方面，有一般和传统定义，是顾孟迪和雷鹏提出来的。对于传统定义而言，损失以及不确定是其重要的两方面共同点。而对于后者，主要指的是普遍情况下，即是预期结果与实际发生的结果发生一定的偏差^[23]。郭仲伟认为，在纯粹的风险管理决策方面，风险管理可以涵盖一些无法保证的风险。实际来讲，就是从一般的管理理念当中去对一个组织的活动进行适当管理，并且能够通过规范而妥当的成本达到减少灾害以及对环境产生不良影响的目的^[24]。

1.2.3 电力项目风险管理研究现状

虽然自 2001 年开始,“煤改电”工程已经逐步实施,但“煤改电”工程相关的风险控制研究并不多见,因此相关的工作成果少之又少,不过,“煤改电”工程线路改造部分的特点及一般外部工程其实与电力技改工程大同小异,而主要不同点在于需求侧部分,即高压线路改造变台以下部分,此部分不仅存在很大技术风险,同时存在着各类施工、社会、政治等风险因素,但实际上鲜有对这方面的风险管理研究。因此,为了充分把握本文的研究背景需要参阅一般电力项目的风险管控的相关文献,对电力项目风险管理一些主要研究成果进行总结。

Ouellet 等(2008)^[25]从电力系统招标项目的特点出发,总结了风险的类别,并对不同类别的风险提出了控制措施。

Mcclung 等(2005)^[26]认为设计阶段是电力项目风险管理的源头,在设计阶段进行有效的风险管理,能对整个电力项目的风险起到有效控制。Deng 和 Oren(2008)^[27]认为通过风险识别与量化,能有效地控制电力项目的风险。Chou 等(2008)^[28]总结了电力项目的发展趋势,提出目前电力项目中存在的主要风险因素。

孔墨淋(2014)^[29]在“唐山热电公司技改工程项目风险管理实例研究”中,对工程中预计出现的风险进行分析,主要是通过模糊层次模型运用定量分析的方法实现的,并在得出的结果基础上提出了风险应对和风险监控的具体内容。

郭琳玲(2015)^[30]对电力技术改造相关工程需要建立风险监控体制,对于风险的监督和控制明确了每个人的责任分工,对于监督和控制的結果进行跟踪,以此来实现风险降低的结果,避免由于风险造成损失,为项目的顺利开展奠定基础,使其投资效益发挥到最大化。

李善烜(2015)^[31]通过故障分析树法,蒙特卡罗法来评估和判断风险,同时通过外推法及影响图法进行评估和判断,然后对于不同种类的风险采用相应的控制策略,主要包含回避风险,转移风险,损失控制,自留风险,分散风险等措施。

对于电力工程项目而言,杨韬(2010)^[32]结合该项目风险管理的具体特点创建了一套专家系统,即 RMES。该系统涉及到项目的不同层次和阶段,在工程项目的立项阶段、设计阶段、施工阶段以及后期的投入运行阶段都有所涵盖,根据设备所具有不同的特点,在不同的阶段都可以使用,同时也有诸多的评估和判断信息的方法可以选择,在一定程度上能够节省时间、资金以及人力成本。在 RMES 这套系统当中,供客户选择的环境和方法多种多样,风险检测的设备也会减少使用。

贝叶斯网络模型为风险的管理和控制提供了基础的参考,李丹和艾闯(2009)^[33]在这样的前提之下,又结合项目风险本身具有的特殊性,开创了针对于电力工程项目风险的贝叶斯网络图,在这个前提条件之下科学的分析了电力工程项目,也为风险的管理和控制提供更加敏捷和准确的参考,风险管理的不确定性难以把握也在这套系统当中得到了量化的弥补,使得风险管理越来越朝着全面完善的方向发展。

贾耕(2008)^[34]对电力工程风险管理的特点进行具体分析,形成了我国该项目方

面综合管理的模型。在工程项目风险管理和控制的识别阶段，给予了大量深入和细致的研究，将可能存在或者面临的问题进行了综合分析，并且结合自身所具有的不同特点，将较为复杂的风险逐渐的分解，变成简单的风险因素，然后再将这些因素按照一定的方面有层次的分门别类，形成一种阶梯状的结构模型，以上模型的建立是从投资方的角度将电力工程风险的评估体系构建起来。为了能够更多吸取专家的意见，在对项目的风险分析与评价上采取全方位多层次的方式进行。由于电力工程本身有自己的一些特点，在结合这些不同特点的基础上建立一整套完整的评估模型，并且在分析可能发生风险的因素的基础之上进行量化的分析和解决风险问题。

关于电力项目的需求侧管理的评估方案是由王梅霖（2011）^[35]首次系统说明和阐释的；将电力需求的侧管理预计排污权交易方法进行有机的结合这是他第一次明确提出的，并且非常有创意的提出了“节电量交易”定义；关于需求侧管理当中出现的实际操作过程中的障碍，需要借助一定的激励工具进行分析和研究，分析对于环境以及社会，还包括 DSM 经济效益的综合分析的方法论。

在对国内外项目风险进行研究的基础之上，林杰（2013）^[36]对配电设计项目的识别方法和技术做出了一系列的分析研究，建立了配电设计项目方面的分析模板，得到了关于整体关联度是否可靠的分析，对于不同的风险因素进行全面而彻底的分析，得出其对项目整体的一个影响。而且在考虑到每种风险管理技术的特点的前提之下采取相应的应对措施，对其本身具有的优势和劣势进行综合考量，其中关于损失的控制也最快捷也是最高效的一种方法。

随着电力系统的不断完善，电力系统本身也变得越来越复杂，彭建飞和任眠等（2005）^[37]认为单纯的依靠电力系统以及控制箱中目前所具有模型进行考量并不能够达到我们想要达到的目的，所以，为了能够彻底的解决这个问题，有两个方面的因素可以考虑，一种是在总系统之下形成一定的子系统模型，然后进行仿真构建，举例来说，六相同步发电机就是通过这种仿真的途径构建出来的模型，另外一种是将数学模型运用到系统建立的过程当中。

电力系统当中规模较小的系统的仿真分析，谢小荣（2000）^[38]认为 MATLAB 更加的适合，尤其是面临着比较复杂和精细的算法仿真时，电力系统当中规模较大的系统，这种方法就没有太多优势了，因为其运算的速度得不到显著的改善。

曾江华（2006）^[39]认为对于 MATLAB 而言，其电力系统工具箱具有多方面的优势，比如说能够快速方便的建立各种模型，而且能够在这些基础之上建立较为复杂的模型，利用到本软件的编程计算功能可以应用于建立好的繁琐且人工计算较难实现的系统仿真模型，这些都为仿真电力系统提供了非常好的一种方式，能够提高效率，灵活性也会更高。

通过利用 MATLAB 仿真平台来分析高压供电系统，闫洪林和公茂法等（2012）^[40]对其进行分析和建模，并且实现了比较仿真的效果。仿真的结果体现出了以下几点：

一是短路冲击非常大，所以务必要事先对电力系统进行计算和分析，合理的配置相关的自动保护装置，能够实现电力网络的安全有序运行。在实际的操作过程中发现，其具有非常多的优点，包括界面非常友好、建立模型也非常的方便快捷，对于仿真建立的结果也比较的接近实际的电力运行状态，对于传统的比较繁琐的人工建立模型而言，具有算法和程序简单易操作的特点，是目前建立仿真和系统研究分析非常有效的工具。

蒋斌（2003）等^[41]人做了大量的基础的调查研究工作，对于龙滩水电站可能存在的对其周围的灾害影响因素进行了大量的分析和研究，主要强调了我们追求经济快速增长和发展的同时，不能忽视水电项目对于其他因素的影响作用，包括气候以及相关周围的环境。

在元素传播风险领域，李存斌和王恪铖（2007）^[34]进行了大量而且细致的分析研究工作。蒋海峰（2009）^[43]深入的研究了国内电力企业目前的一些基本现状，认为其承包中产生的问题对于企业本身的效益有一定的消极影响，举例来说，缺乏相关的承包方面的管理经验，应对风险的措施处于缺失状态，另外还有一些索赔、政策方面的调整以及材料上涨等因素的综合影响，造成了企业较大负担和损失。在对几个海外的项目各个方面进行分析的基础之上，提出了应对该类承包项目需要注意的风险问题以及相关的解决措施。

从现实环境来看，我国对电力工程项目风险管理处于起步阶段，虽然对风险管理的重视度得到逐步加强，各种风险管理手段得到了应用，但同国际优秀的项目风险规范化管理相比，仍然存在不足之处^[44]。具体表现在以下方面：

1、制度不够完善

受制于长期计划经济影响，大多时候对风险的管理采取抵制、止损方法，在风险发生的同时通过政府财政拨款或企业增加投资来填补风险导致的损失。特别是一些前沿新兴工程项目缺乏参考先例，难以形成科学、规范、有效的风险管理机制。

2、风险管理意识缺失

项目实施前期很少对项目自身或外部环境的风险因素进行分析、把控，监管人员对风险管理重要性的认识缺失，没有将风险管理从经验控制转移到科学层面，使得电力工程项目进度、效果、质量都不尽如人意。

3、风险管理知识匮乏

风险管理需要知识面广，涉及多个专业，需要管理人员进行系统的培训和学习，而各级管理组织没有设置专业化的风险管理部门，难以对风险识别、筛选、分析、评估过程进行规范指导。

1.3 研究内容和方法

1.3.1 研究内容

目前，我国的工程项目风险管理仍然缺少一定的理论知识与相应的解决办法，在“煤改电”工程上，针对大量的文献进行分析和研究，该项目的风险管理评价中引入层次分析模型，建立起“煤改电”评价模型。所以，本文主要是为了突出解决如下两个问题：

（1）评价指标的选取。“煤改电”工程本身具有自身的一些特殊性，各项指标在选择的过程当中一定要结合这些特殊性来进行，指标在选取的过程当中务必遵守一定的特点，即有针对性和代表性，实用性和易操作性相结合，必须与我国的实际情况相符。

（2）评价指标权重的设定。对于“煤改电”工程项目而言，其科学性和客观性是需要经过严格的证实，而权重的设定对于风险管理评价的这两个方面有着非常重要的参考意义。本篇文章主要通过调查研究以及相关的专家进行评价的方法，用 AHP 对指标赋予权重，在此基础之上计算出各项指标的权重数值。

1.3.2 研究方法

“煤改电”工程项目通过大量资料的搜集和研究，同时根据多年的经验和技术的积累，运用层次分析方法等进行研究。去粗取精、去伪存真，然后结合本人实践经历，建立了更科学的风险管理模型以及相关的防范措施。

本文的技术路线图如下：

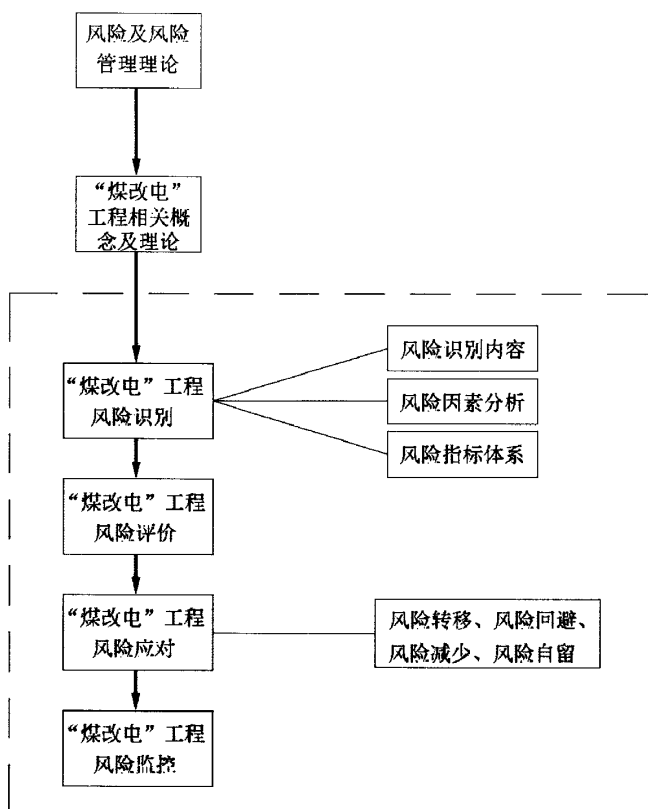


图 1-1 技术路线图

Fig.1-1 The framework of technique

1.4 本章小结

本章介绍了“煤改电”项目的背景知识以及对“煤改电”项目实施风险管理的必要性；介绍了国内外风险管理的研究现状，总结了我国电力项目风险管理的研究现状；在此基础上，提出了本文的研究内容，与研究目标。

第二章 风险管理理论与方法

2.1 风险概述

2.1.1 风险的定义

众所周知，在实际生活当中处处存在，甚至可以说是时刻都存在着风险。然而，每个人关于风险有着不同的理解和认识，国内外专家对于风险也存在诸多的解释，目前尚未形成统一的概念。

风险的定义包括如下几个方面：一是风险是客观存在的，二是存在一定的不确定性，一旦发生这种可能性就有可能阻碍发展。认知学上是这样认为的，人类主观以及客观之间所具有的差异性导致了风险是否能够发生以及发生损害的程度是多少。从这个角度来说，风险的定义可以包括以下几个关键点：一是有一定的条件和时间，二是预期与现实之间存在一定的差异性，在此基础上，那么发生风险的与否是可以通过概率来测量的，也就是说风险发生的程度的大小可以通过损失概率的大小以及损失后果的多少进行测量。公式如下：

$$R = P \cdot C$$

本论文经过研究和分析，并结合我国的实际情况认为，风险包含如下几个方面的含义：一是风险首先是一种可能性的存在，也是一种客观存在，其起源或许来自内部，或许来自于外部的环境；二是由于风险是客观存在的，而客观存在本身具有一定的不确定性，是时刻发生变化的，所以不确定性也是风险的重要特征；三是预期与实际结果不一致或者偏差越大，就说明风险也就越大。所以，对于“煤改电”工程项目而言，其整个过程中都会受到政治、经济以及社会、自然等情况的影响，在实际的运行过程当中，环境是不断发生变化的，也就是说风险形成的原因也是随着环境的变化而变化的，那么就是和之前的预测产生偏差，风险就会产生。

2.1.2 风险的分类

风险管理包括多重要素，不同的视角出发对风险也有不同的分类。

1. 根据形成的原因，分为自然以及人为风险

对于自然风险而言，其主要是由外界的不可抗力造成的，包括大风、雨雪、暴雨、冰雹等自然灾害所造成的财产、经济、人员损失，或者其他自然力的不规则运动造成的损失，比如厄尔尼诺现象的爆发导致中草药的药效降低，给药材市场带来的冲击。自然风险的特点是自然力的不可控性、灾害的周期出现性、风险影响的共沾性等特征。

对于人为风险而言，其主要是由人为原因造成的，涉及到政治、经济以及技术风

险,其中政治风险是指一国政策变化或是与他国之间的政治环境发生变化所导致的风险,比如征收风险、汇兑限制、延迟支付、战争内乱等;经济风险是指经济活动由汇率变动,由于现金流量发生异常造成的风险包括如下几方面:财务、投资、销售、生产风险等;人们生产活动的变化导致技术风险的存在,生产力发展而产生的风险,包括技术开发风险、技术使用风险等,比如生产线技术工人不合理操作,导致产品出现问题。

2. 根据风险的不同性质,可以将风险划分为纯粹以及投机风险

纯粹风险具有无法获利且有几率造成损失的特点,纯粹风险会导致的后果只有两个:造成损失、没有造成损失。比如,对经营管理者的工厂工人罢工风险、厂房失火风险等;

投机风险的特点是风险影响有可能造成损失,但风险不发生时也会带来获利,因此,投机风险的结果有三个:造成损失、没有损失、获利。比如,投资股票的风险、开发新产品的风险等。

3. 风险控制程度的不同也有不同的风险分类,主要有可控以及不可控风险

可控风险的特点是风险承担者可以采用一定方法来避免风险的出现,或者降低风险出现的概率。举例来说,热门旅游景点由于人数众多极易造成人员的踩踏时间,因此,对拥挤的游客采取限流措施。不可控风险的特点是风险的产生不受风险承担者控制,或风险承担者不能由自身力量去控制风险的形成。

4. 风险影响不同的客体也会有人身、财产以及责任风险的区别

人身风险容易造成个人的健康以及安全的损害,比如意外伤害风险。财产风险的产生会造成个人或企业财产的损失、灭失或贬值,比如仓库物资面临的失窃风险、损坏风险。责任风险是由责任主体个人原因导致他人人身财产受损,依据相关法律或契约所要面对责任赔偿的风险。

2.1.3 风险的特征

风险的外在和内涵都通过风险本身的特性展现出来,其具备以下几个方面的特性:

1. 客观性

在现实生活中,风险的客观性处处存在,而且是长期存在,这种客观性不受风险承担者主观意识的影响。

2. 风险的随机性

风险事件具有不确定的特点,对于事件的发生和后果都具有该特点。风险能不能发生、什么时候发生、有什么的后果都需要经过长期的观察才能发现,这就是风险具有的随机性特征。

3. 风险的相对性

项目活动具有不同的主体，主体不同风险产生的后果也不尽相同。因主体不同，即使是同样的风险，所产生的影响也会大相径庭。时间和人都是影响风险的因素，对工程项目有如下的影响：

（1）收益大小

收益和损失是相辅相成的，两者同时伴随着。风险越大，损失的金额也就越大，同时收益也可能越大，因此，人们愿意获得更大的收益，就要承受更大的风险。

（2）投入的大小

一般而言，投入的多少和风险结果之间存在相反的关系，也就是说，投入较少了，一般人们不会过度的关注风险的结果，相反，投入较多时，人们就越希望风险事件不会发生。

（3）项目活动主体的地位和拥有的资源

管理者的级别与对风险的承受能力成正比，即使是同一种风险，承受能力也不同，当个人或者组织拥有更多的资源的时候，承受能力就会变得越来越大。

4. 风险的可变性

风险的可变性包括如下几个方面的内容，一个是性质；一个是后果和新风险的变化。如果一个风险时间可能会给我们带来一定的机会的时候，就应该创造一定的条件，促其实现。

2.2 风险管理的提出

2.2.1 产生背景

18 世纪，工业革命的出现使得社会生产力得到长足发展，新的技术工艺的运用使得生产规模、社会财富、经济贸易不断扩大，同时风险损害也开始增加，随着社会联系的进一步紧密化，促使人们提高安全生产的意识，被誉为“经营管理之父”的法约尔就首次将风险管理列为企业管理的重要职能。二十世纪初，某些公司开始研究企业风险管理，并制定相应的风险管理策略，其中以莱特纳 1915 年所著《企业风险论》为代表。德国经营管理学者提出的风险管理方法是根据企业的具体情况，灵活运用风险限制、补偿、止损、阻断、分散等手段对企业风险进行控制。美国也是较早研究风险管理的国家，一战后美国就尝试在企业中建立相关机构，对风险负担、风险消除、风险转移进行研究交流。1932 年几家大型公司在纽约成立保险经纪人协会，对风险管理理论与实践进行讨论，标志着风险管理的兴起。二战后，工业化生产中新材料、新技术的应用也带来了新的风险，1953 年通用公司汽车变速箱失火事件造成企业 5000 万美元的重大损失，再度引起公司高层及管理人员对风险管理的重视，美国一些大型

企业开始设置专门的风险管理部门，研究企业风险控制，风险经理这一职位也是在这个时候出现的。到了 60 年代，风险管理成为了管理科学中一个新的分支。七十年代中期，风险管理相关论著大量增加，美国一些高校开设了相关课程，以及专门的风险资格考试，通过考试的形式获得相关的 ARM(Associate Risk Management)资格证书。

近年来，许多国际上先进的风险管理理念进入到我们国家来，在实际的工程项目中得到运用。如三峡水利工程、田湾核电站工程、小浪底水利枢纽工程、京沪高铁项目等在建设过程中都成功运用了风险管理，制订了详细的风险管理方案，为项目的顺利实施提供保障。但仅在这些投资大、施工周期长、技术复杂的大型工程中运用风险管理还是不够的，我国对风险管理的研究起步晚，缺乏相关的重视，对风险管理普遍化、系列化、科学化、规范化还有很长的路要走。

2.2.2 产生原因

风险管理的产生并不是一个偶然性结果，而是包含有其深刻的背景原因：

(1) 生产力的提高扩大了风险损害范围；

生产规模的扩大增加了社会联系，各个国家组织之间的经济联系也变得更为紧密。20 世纪早期的世界性经济危机，中期石油危机对西方工业产生冲击，晚期东欧剧变、苏联解体，这些都造成了企业破产，工人失业，增加了人们的恐惧与担忧。随着科学技术的进一步发展，更多的前所未有的风险也在影响着人们，如放射性污染、航天飞船事故、海上钻探平台倾覆等。

(2) 企业对生产利润最大化的追求；

企业是以盈利为目标而从事生产经营活动，生产利润是企业生存基础。商品经济下，追求最大化利润也是企业长期发展的动力。然而追求利益的同时也面临损失的风险，比如，新技术的实施，新产品的研发能为企业带来大量利益的同时，也会造成巨大损失。

(3) 社会福利意识的提高；

根据马斯洛的需求层次理论，满足了人最基本的生存需求后，人们就会产生较高层次的安全需求。社会发展带来物质文明丰富的同时，人们开始重视社会福利和保险，但是风险的存在给人们带来忧虑，风险损害会造成社会福利的下降，影响人们心理上的安全感。所以，人们不得不采取各种措施来预防和消除风险。

2.3 风险管理概述

2.3.1 项目风险

项目风险是近 20 年来引起广泛研究的一个领域，成为了管理学的一个重要组成部分，不断有相关的研究成果和实际应用出现，但是关于项目风险的定义，一直没有一个确切的观点。美国管理学大师怀德曼认为，项目风险的概念包含以下几点，一方面是特定事件的出现，另一方面是对项目造成的可能性损失的大小。根据以上对于风险管理的分析，也可以将项目风险看做所损失产生的不确定性。项目的定义广泛，不同工程项目领域都在运用项目管理，所以在管理学中项目风险管理可能是一个多学科交叉的管理活动。同时项目风险贯穿整个项目过程，从项目的决策阶段到设计、施工、运营维护等，这导致了项目风险的产生因素众多。

所以，项目风险从形式上来说是有多种多样的，涵盖了自然的、人为的、政治以及经济的，另外还有技术等多方面风险，也包括可控风险、不可控风险。从项目风险影响主体来说，包含了业主、承包方、设计方、供应方、运营维护方等多个项目参与主体。由此可见，项目风险受实际环境影响较大，因具体项目而不同，针对不同类型的项目有相应的合适的风险定义，具体问题具体分析。

项目风险是风险的一种形式，所以其本身具有风险本身的特点，同时也有自己的一些特殊性，项目风险的特殊性主要体现在：

1. 项目风险具有较差的可预测性。项目环境复杂。多种风险因素并存。同时持续时间较长，从而使风险预测加大难度。

2. 项目风险造成的损失很大。这主要是由于项目一般都是一定数额的投资，且在社会和经济上属于一次性活动，如果出现风险，除了在经济上会造成严重的损失，还会造成不良的社会影响；

3. 项目风险不一样，会导致项目的不同，不同项目的风险同时存在，各种风险又随机组合。

项目不同，风险也会不同，甚至是同一个项目，由于环境、技术条件的不同，风险也会不一样。为了更好的管理控制项目风险，我们要对项目风险进行区别分类，对不同的项目风险制定相对应的措施。

2.3.2 风险管理定义

在具体的实践中，不同学者对风险管理的定义有着不同的理解，随着风险管理在不同领域的运用，对风险管理的定义也更加全面贴切。风险管理是为了实现既定的目标，在风险分析的基础上，在项目进行中，体现了对参与项目的各类主体所承担的风险进行综合分析处理的过程。维持项目的正常运行，最大程度提高项目收益。

2.3.3 风险管理过程

项目风险管理包括风险的识别、风险的评价、风险的处理三个阶段。

（1）风险的识别

风险的识别是寻找导致项目风险因素的过程，是项目风险管理首先要做的，科学合理且准确的对项目中可能出现的风险进行识别，为后期的各项风险管理工作打下坚实的基础，从而采取合理的风险应对办法。其主要意义在于对项目主体及项目的不同阶段、各个参与方、多个方面的信息进行采取，进而归纳总结项目中可能存在的风险点，并总结成报告，为后续工作提供依据。

（2）风险的评估

根据风险识别的相关信息，监管者需要对风险进行评估，具体的做法就是从现有的数据及历史资料出发，预测导致项目风险的各类因素的出现几率，运用概率统计等方法预估风险损失期望值，最后是根据概率和损失期望值将风险划分为不同级别的定量估计过程。

（3）风险的处理

根据风险评估对风险按类别、概率划分的结果，对主要风险、关键风险进行监管控制，并形成相应的措施方案，如规避、弥补、降低等措施，最终组成风险管理体系。作为风险管理的最重要环节，风险的处理也是体现出综合体现监管者风险把控能力。

2.4 本章小结

本章主要从风险的分类、构成要素以及特点，风险管理相关的路线和定义进行介绍。为了降低风险，需要提前对工程项目的风险进行识别控制，通过风险管理，我们可以对风险的本质及特点进行深入的了解，从而采取相应的措施降低项目风险。

第三章 “煤改电”工程项目风险识别及评价

3.1 “煤改电”工程项目概述

3.1.1 “煤改电”工程项目内涵

“煤改电”工程项目是北京市政府为响应十八大精神，进行关爱市民、节能减排、美化城市环境的重点工程。在防治大气污染，整治雾霾的严峻情况下，为了在农村地区改善环境污染。北京市基本实现在海淀、朝阳、石景山、丰台四个地区的无煤燃烧，农村地区为平原的区域在 2020 年全部改变传统煤炭取暖，将清洁能源作为替代取暖能源，2017 年起本市将开展 400 个村庄约 15 万户村民“煤改电”工程。

在北京市政府的正确领导及政府各委办局大力支持下，A 电力公司配合市政府“煤改电”工程总体工作安排。为满足用户用电需求的不断增长，对电力设施进行改造，提高用户的用电容量，由每户 2KW 提高至每户 9KW，促进煤炭资源减少使用，防止出现燃煤所造成的中毒以及火灾现象。

“煤改电”工程关乎民生大计的重点工程，不仅肩负着提高居民生活质量，改善居住环境的责任，还肩负降低空气污染，自然环境保护，可持续发展的重任，是城市现代化发展的重要工程。

3.1.2 “煤改电”工程项目特点

与传统电力工程特点相比“煤改电”工程既有共通又有区别，首先，“煤改电”工程有着电力工程的特殊性：具有工程建设规模大、建设周期长、工程技术复杂等特点；除去变电站、开关站、配电室的安装等相关室内工程外，大部分工程安装集中于室外，技术设备改造过程及设备运行维护要经受酷暑、暴雨、霜冻，大风等自然因素的影响；工程关乎整个电网的安全运行、居民用电可靠性、企业生产与运营，一旦产生风险造成较大危害，比如，投资成本增加、工程延期、工程无法达到预期经济效益等。由此，“煤改电”工程包含了传统电力改造工程项目的风险。

其次，“煤改电”工程项目的实施与城市规划部门、发展改革部门、交通部门、行政执法部门等多个部门，及设备制造企业、设备安装与检修企业、发电企业、公共服务企业等多个行业，都存在密切联系，为了处理好项目进行过程中的各种关系，需要和相关的行业及管理部门进行充分的沟通联系；第二，电力部门内部的各工作环节相对独立却又紧密关联，任何一个环节没有进行有效控制，或者环节之间出现断层，对整个工程建设实施就会造成影响；最后，“煤改电”工程旨在降低二氧化碳排放量，减少大气污染，促进清洁能源发展，所以“煤改电”工程不仅要面对一般电力工程所

要承担的风险外，还会面临着是否能够真正的改善大气质量等相关风险。由此，“煤改电”工程项目风险还涉及一些传统电力工程不包含的项目风险，必须给予风险管理的高度重视。

3.1.3 “煤改电”工程项目的风险特征

根据“煤改电”工程的特点，项目实施过程可能面临的各种风险，而且大多风险都是难以确定的，这主要是由于不确定成分较多，而且，一部分风险因素还或多或少的与其他风险因素有着一定制约关系。所以，风险管理在工程项目进行过程中就显得极为重要，科学合理的风险管理方案，不仅可以减少或者降低风险造成的损失，而且还有利于完善风险的控制和管理机制，它的作用会显得极为重要。总体来说，“煤改电”工程项目包含以下几个特征：

（1）复杂性

“煤改电”工程项目和老百姓生活紧密相连，涉及到的施工对象包括各村镇、街道办事处的主变压器升级，原有供电线路改造，改造范围内的居民住户设备安装等方面，工作内容复杂，经济、政治及自然环境等方面复杂的关系，从而对项目产生一定的风险，同时又表现出对目标的影响的复杂性。

（2）长期性

“煤改电”工程的总体目标是实现 2020 年的全市无煤化供暖，在这一总目标下，包括了一些施工过程中的短期目标，中长期目标。同时伴随初步施工的完成，风险管理又伴随电力供暖系统的使用而长期存在。而且，从“煤改电”工程项目肩负的环境保护目标来看，这也是一个长期的过程。此外，项目的社会影响、外部效益等因素也说明“煤改电”工程项目的风险管理有很长的生命周期。

（3）经济效益的模糊性

“煤改电”工程项目经济效益没有具体的经济评价指标，后期面临电价上涨，维护成本提高等因素影响，具有模糊经济效益的特点。

（4）重要性

“煤改电”工程项目是对城市可持续发展的综合考量，同时也代表着城市的形象和文化，对于居民生活方式的影响也是很重要的。

3.2 工程项目风险识别

3.2.1 风险识别概述

项目风险管理工作是建立在对项目存在的风险进行准确预测基础上的，风险的识

别首先要弄清楚这几个问题：

- (1) 项目进行过程中，有哪些可能存在的风险源；
- (2) 这些风险源会造成风险因素的有哪些；
- (3) 在建设项目过程中，这些风险因素会造成什么样的影响。

本节主要从四个方面识别配电网建设过程中会出现的风险源，同时结合这个项目本身的特点对识别的风险源进行分类，依照风险评价指标体系的原则，建立“煤改电”项目风险评价指标体系。

3.2.2 风险识别的方法

风险的识别需要借助科学的工具和技术进行，既不是天马行空想象出来的，也不是管理者主观决定的，这样能避免风险识别过程中风险因素的遗漏，而且能高效规范的进行风险识别。在进行某一确定项目的风险识别时，可以采用单一工具或者几种工具组合使用，工具的使用需要研究者根据项目本身的特点进行选择。

(1) 检查表

检查表是用来记录资料，便于数据整理，用来统计的一种工具。当项目小组成员通过检查表对风险进行识别时，会将项目进行过程中可能存在的各种风险全部统计此表中，统计完成后交给风险识别人员，识别人员对其进行筛选和核查，从而明确项目中潜在存在的风险。通常在进行检查表制定时，会借鉴之前工程中出现的风险。所以管理经验不断的积累，可以启发项目管理者更好的识别风险，打开眼界。

(2) 流程图

制作流程图是风别识别中比较常用方法，通过流程图的制作，项目识别人员可以对过程中的每一个环节或者各环节之间可能存在的风险进行分析记录，并更好的确定产生风险的原因，以及分析这些风险会造成影响。

(3) 头脑风暴法

头脑风暴是把项目各职能人员和风险研究专家聚集在一起，每一个人发表自己的看法，或者各参与者对其他人员发表的建议进行讨论，大家将自己的观点毫无保留的表达出来，集思广益，同时各参与者互相交流，不断激发参与者提出新的建议或者见解，但是在交流过程中，所有参与者不能脱离目标，必须针对同一目标进行讨论，参与者的看法可以互相借鉴、参考。头脑风暴的优点就是充分发挥展示集体的力量和智慧，保证风险识别的高效准确。

(4) 情景分析法

情景分析法主要基于图表、数字及曲线等的应用，对工程项目进行过程中的某一情况进行详细的分析和描述，从而识别工程项目风险中的主要因素，同时确认这些因素对项目影响的严重程度。

(5) SWOT 分析法

SWOT 分析方法是指针对于工程项目中确定存在的风险，识别其内部环境的优势和劣势，且在内部环境识别的基础上，预测和识别工程项目将面临的外部风险，这样不仅能判断环境，而且有利于制定工程项目的决策。

3.2.3 “煤改电”工程项目风险因素分析

“煤改电”工程项目由政府主导项目立项，农委根据各行政村所报户数，提供给供电公司“确村确户”函；之后由供电公司负责对需要改造的村落或小区进行可行性研究报告的编制，方案审核通过后开始初步设计工作，一般“煤改电”工程初步设计必须达到施工图设计深度，“初设”代“施工”以加快整个工程的进度；设计工作结束的同时，以“初设”中涉及到的工作量为准开始物料申报工作，通过每年四次的国网招标批次进行物资采购；物资到货后立即开展施工任务，有时甚至会利用之前的剩余物资直接开展施工任务；工程竣工验收时，发改委及审计部门会依据设计图对工程进行审查。从整个“煤改电”项目的建设流程，来对项目风险进行分析，可以将该项目的风险分为内部风险和外部风险，如下图：

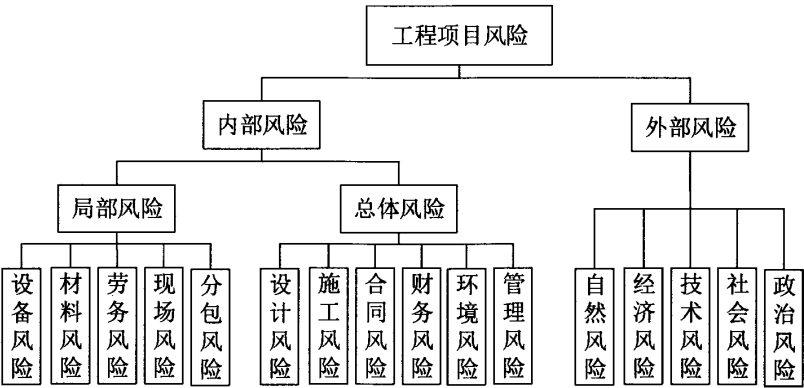


图 3-1 工程风险类别

Fig.3-1 Engineering risk category

为了对风险产生的因素更深刻的理解，更科学的分类现实存在的风险，对发生风险的条件以及所形成的负面效应进一步把握，因此，根据“煤改电”项目开展的生命周期，结合风险要素以及分阶段方式，对“煤改电”工程项目风险进行二级分类。具体的操作方法是，根据不同的时间顺序，针对“煤改电”工程中的风险管理进行划分，主要包括决策、设计、施工以及运行环节。为了正确的认识风险的来源及对风险进行合理分类，将“煤改电”项目的四个阶段与每个阶段的风险因素进行结合，二级分类结果如下图：

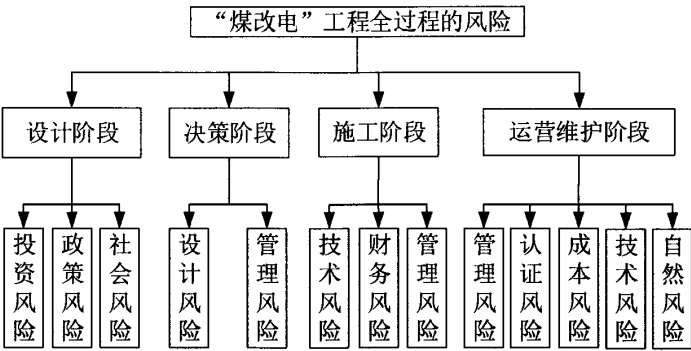


图 3-2 工程项目风险二级分类结果

Fig. 3-2 Risk classification results of two levels

和普通工程项目风险的结构分解图相同，“煤改电”工程项目中所涉及的利益方包括投资方、设计方、施工方、供货方、监理方以及政府部门等，而不同的则是这其中还包含属地供电公司。

作为项目的总主办者，投资方（“煤改电”工程中一般为政府）应该在项目的风险管理中扮演总领导角色。投资方行为会产生一系列风险因素，包括业主问题、资金不足、超支的预期成本、低效率的管理、不科学的工程计划、不准确的项目定位、经常变更的设计、不全面的申报项目资料等。

一般来说，分包方和施工方行为会产生的风险因素大部分属于微观风险。主要体现在以下方面：管理能力、缺乏正确认识“煤改电”工程的观念、技术能力、施工经验以及施工方资质等。

监理方以及设计方在参与项目过程中所产生的风险因素包括不足的设计经验、不科学的设计、不成熟的创新设计、粗略的设计图纸、操作性较差的设计规划；不称职的监理负责人、监理经验知识相对缺乏、不合适的监理行为、监管项目的能力欠缺等方面。

参与项目的其他利益方在参与过程中所产生的风险主要体现在以下方面：不及时的设备材料供应、落后的交通运输方式、较差的设备材料质量、周边环境以及政府干预等。

3.2.4 “煤改电” 工程项目风险识别过程

根据以上风险因素分析，可以对“煤改电”工程的各类风险逐个进行风险因素判别，“煤改电”工程项目的利益方有相关政府机构、属地供电公司、承包方、设计方、供应方。参与项目的主体由于受自身利益影响会从不同角度出看待项目，具有不同的项目开展需要以及目标。他们一般考虑更多的是自身利益，对于项目整体性关注较少，这样他们在开展项目过程中实施不同的行为，从而会催生不同的风险。

(1) 政府机构是“煤改电”工程项目的主导者，主导项目立项，参与政策制定与项目投资。“煤改电”工程在政策方面存在的风险受政府变化的政策影响而产生，涉及了使用土地政策、国家产业政策以及政府相关部门对“煤改电”工程的审批政策等都对“煤改电”工程有着极大的影响。

(2) 作为项目总集成以及总办者，属地供电公司在项目风险管理中扮演总领导者角色。投资方行为会产生一系列风险因素，包括业主问题、资金不足、超支的预期成本、低效率的管理、不科学的工程计划、不准确的项目定位、经常变更的设计、不全面的申报项目资料等。

(3) 作为分包方和施工方，在参与项目中产生的风险因素大部分属于微观风险。在环境以及社会目标方面影响较大，尤其表现在项目的长期表现以及示范作用方面。主要体现在以下方面：管理能力、缺乏正确认识“煤改电”工程的概念、技术能力、施工经验以及施工方资质等。

(4) 作为设计方和监理方，在参与项目过程中所产生的风险因素包括不足的设计经验、不科学的设计、不成熟的创新设计、粗略的设计图纸、操作性较差的设计规划；不称职的监理负责人、监理经验知识相对缺乏、不合适的监理行为、监管项目的的能力欠缺等方面。

(5) 电价上升风险。虽然“煤改电”工程已对居民电采暖用户采取峰谷电价措施，对于大用户来说，在进行直接购买电量时，作为终端购电主体和发电厂会借助直接交易进行购电合约的签订。一般来说，大用户会通过多方比价，进行不同发电厂商价格的比较，从而选择物美价廉的厂商，扣除直供的购电量之后，发电厂商则会以更高的电量价格售给电网企业，这样提高了电网企业的成本。

(6) 电价销售过程中产生的交叉补贴风险。在大用户购电模式下，缩减了交叉补贴所获得的利润，不过作为电网部门需要供给居民用户可持续的电力服务，从而会损失财物成本，形成了不合理的电网电量销售结构。

(7) 电网运行过程中存在的安全风险。有效管理控制电网安全有利于大用户直购的实施。作为大用户直购模式，约束了大用户与发电厂商的交流，调度电网压力也相应的加大，从而降低了电网运行的安全性。

(8) 融资风险。建设完善电网要有巨额资金作为支持。当前建设电网所筹集的资金主要涉及三方面，包括负债、利润以及折旧资金。在不断扩大建设电网投资规模的同时，也会增加相应的管理费用，包括财务以及运行和维修费用等，加大了企业管理经营的压力。当分开厂网之后，消除了一些电源交叉补贴，这样便会出现资金不足的问题，收入和支出无法达到平衡。当前通过折旧资金以及企业利润不能为建设电网提供充足的资金，需要积极开拓多样化的市场融资方式等。

(9) 作为参与项目的其他利益方，在参与过程中所产生的风险主要体现在以下方面：不及时的设备材料供应、落后的交通运输方式、较差的设备材料质量、周边环境

境以及政府干预等。

在分析“煤改电”工程项目施工的不同环节或者多个涉及利益方产生的风险因素基础上，我们得出分析项目实施的各个环节风险，主要在于管理目标以及实现风险方式具有一致性。分析不同利益方参与项目过程中产生的风险因素，主要在于平衡风险以及利益的分配，对各个参与项目的主体风险管理目标进行整合，在总体管理目标一致的情况下，使各参与方降低各自的风险，并使自身利益最大化。因此，本文在对“煤改电”工程项目风险进行识别的过程中，对管理目标实施统一标准，从而根据不同的维度来识别风险。综合本节分析，可以得出“煤改电”项目风险的分解图，如下：

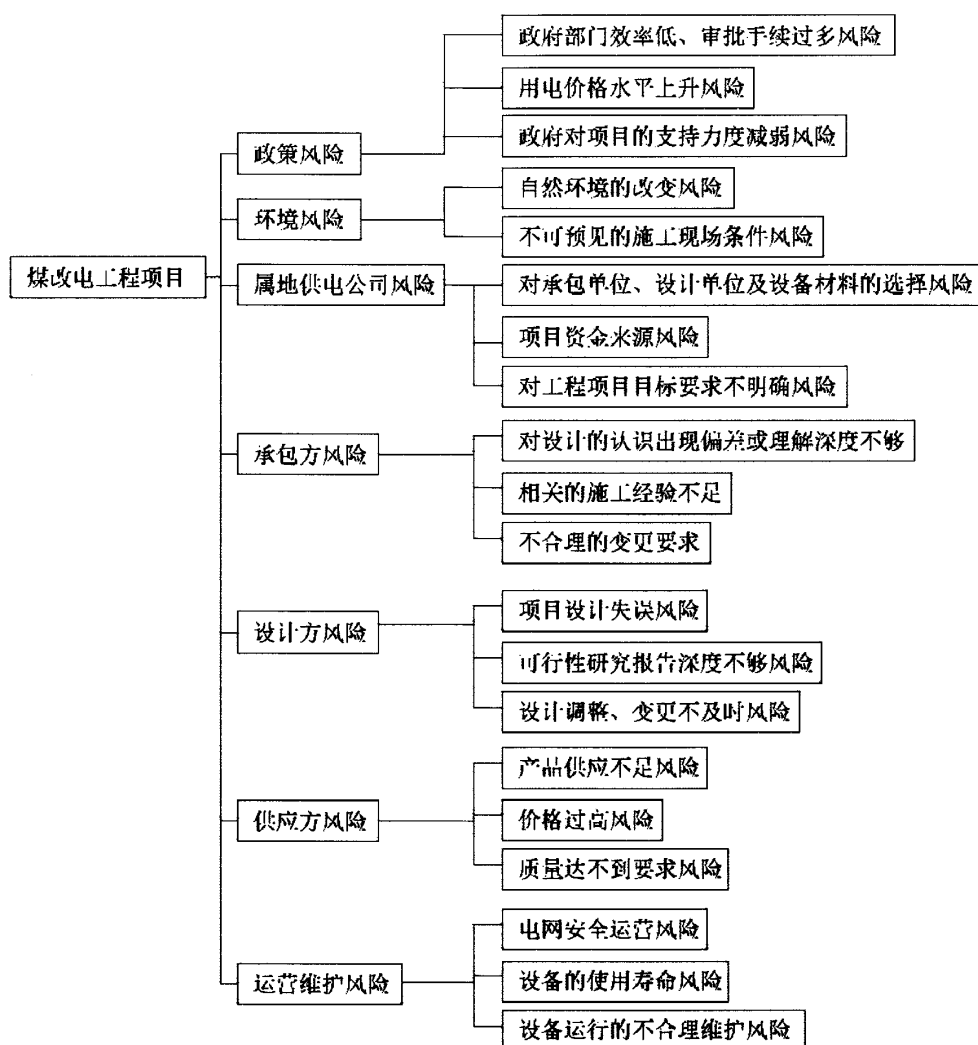


图 3-3 项目风险的分解图

Fig.3-3 decomposition structure of the engineering project

3.3 工程项目风险评价方法选择

3.3.1 工程项目风险评价概述

风险识别的目的是找到对项目建设有影响的风险点，是对项目风险大小以及可能导致的后果的一个粗略估计。但是风险识别不能衡量风险事件的综合后果或后续影响，以及项目主体对风险的接受程度。因此，需要以风险因素为基础，采用适当的方法对项目风险做出评价。

表 3-1 “煤改电”工程项目的风险因素
Table 3-1 Risk factors for Coal to electricity engineering

政策风险	政府部门效率低、审批手续过多风险
	用电价格水平上升风险
	政府对项目的支持力度减弱风险
环境风险	自然环境改变情况
	不可预见的施工现场条件风险
属地供电 公司风险	对承包单位、设计单位及设备材料的选择风险
	项目资金来源风险
	对工程项目目标要求不明确
承包方风 险	对设计的认识出现偏差或理解深度不够
	相关的施工经验不足
	不合理的变更要求
设计方风 险	项目设计失误风险
	可行性研究报告深度不够风险
	设计调整、变更不及时风险
供应方风 险	产品供应不足风险
	价格过高风险
	质量达不到要求风险
运营维护 风险	电网安全运行风险
	设备使用寿命风险
	设备运行的不合理维护风险

风险评价是对项目工程实施的风险进行定量分析项目工程中存在的风险，具有以下几方面作用：

- ①从整体上评估风险：作为主体负责项目者，对项目工程中所存在的多种风险因素综合分析，研究风险发生的可能性以及形成的负面效应，同时为了有效应对和抵抗风险，实施多方面针对性措施，从而以一定的顺序和步骤来进行处理。
- ②明确不同风险具有的关联性。
- ③在一定条件下不同风险因素以及事件之间是可以实现转化的，从而转化风险为可能性的机会。
- ④从整体上评估存在的风险，有效控制风险发展的趋势。控制风险要消耗一定的成本。付出越高的成本，那么控制风险效果越明显。不过在花费了很多人力、物力以及精力的情况下，最后控制风险的目的不一定能实现。为了真正管理控制其中的风险，

那么要选择适合科学的方法以及手段，在最低成本消耗基础上有效防范风险。

3.3.2 风险评价的主要方法

风险评价主要是指在实施项目中尽可能的去评价出现的风险因素，对发生风险的可能性、相关事件和所造成的负面效应进行预测。如果没有明确的风险评价方法，那么风险事件一旦发生，就会导致严重的后果。在评价风险方面普遍应有的方法包括定量方法、定性方法以及两者结合的方法，具体的方法主要体现在以下方面：层次分析法、故障树分析法、人工神经网络评价法、蒙特卡洛模拟法、以及模糊综合评价法等。

（1）故障树分析法

主要作用原理是从上到下挖掘顶事件的直接或者间接原因，从而发现基本原因事件，借助树状结构形成一定逻辑图，有逻辑的整理事件发生的先后，又被简称为 FTA。这种方法主要针对项目分为多阶段，具有较少的直接经验。此外，所分析的结果系统性、预测性以及准确性相对较高^[39]。

（2）人工神经网络评价法

作为一种新兴的计算和评价方法，主要基于多学科理论形成的，简称为 ANN。它实际上体现了简单人脑的模拟，表现为具体的抽象，具有广泛交叉的多学科应用发展趋势。上世纪 40 年代截止到当今时代，研究人工神经网络领域的成就颇多，在实践中应用也非常普遍。此方法具有独特的优势，主要体现在分析数据方面，不需要进行预先假设，可以实现多样化数据的分析。通过对历史数据进行分析，从而剖析出不同变量间关系，体现了非参数类型技术。此外，它还能促进评估风险准确度的提高。

不过，此种方法在应用过程也出现了一些问题，和传统方法相比依然存在缺陷。主要是由于在制定此种方法时要对各个参数值进行设置，这样在对结构复杂的网络处理或者进行多次实验样本训练时降低了运算效率^{[39][40]}。

（3）蒙特卡罗模拟法

基于风险具有多样性以及全面性特点，因此需要动态进行风险管理。在初期管理工程风险过程中，存在多个风险因素，不同风险因素具有复杂的关系，同时风险因素也相对模糊。此种方法有效模拟了形成风险评估的过程，明确了风险因素所处的状态。其本身所具备的特征试验和模拟了所有存在的风险事件，以工程项目情况为基础，设置相应的模拟参数，借助先进的信息技术以及统计方法有效模拟不同的风险发生的情况。

此种方法主要适用于评估工程项目过程中可能会存在的风险，其实属于随机抽样法或者试验统计法。在对相关数据分析的基础上，通过概率分布表现出不确定性的风险因素在投资项目方面的具体影响。同时，此法还可以通过抽样数据进行风险评估，

数据代表性较高，这样在分析项目投资风险方面应用此种方法相对普遍^[41]。

（4）模糊综合评价法

此法主要借助模糊或者不清楚的信息来科学评价总体。根据实施项目中发生风险的属性和特点对风险因素有效划分，从而系统评价项目风险。在评价每个属性的风险因素基础上，实施更高层次的评价。此法借助的信息比较模糊，不过得出的确是相对清晰的结果，对于那些不明确、量化较难而且不清晰的问题进行处理，从而促进评价准确度的提高。

（5）层次分析法

此方法一方面可以进行定性分析，另一方面还可以实现定量分析复杂问题，简称为 AHP。主要针对一些相对复杂的问题及决策进行处理。首先分解不同因素形成联系紧密及有一定顺序的层次，建立具有层次的结构模型，然后根据模型所属的第二层，结合上一层所属因素，促进判别矩阵的建立。其次，对比不同的两个因素，借助数理统计以及矩阵的方法，计算相应的绝对以及相对权重，然后根据一定顺序进行排列。主要是建立在专家意见以及人员评价的基础上，在各行各业得到了广泛应用。从本质上说，属于对问题处理的思维方式，在定性及定量综合分析的特点基础上，综合了人们综合能力、判断能力以及分析能力，这说明此方法适用性以及可靠性相对较强^[42]。

3.3.3 “煤改电”工程项目评价方法的选择

每个评价风险方法都具有自身的特点，因此在应用范围方面区别很大，因此针对不同的问题进行处理采用的方法也有差异。作为“煤改电”工程项目，存在的风险具有特殊的特点，一方面多种风险因素同在；另一方面具有鲜明的层次结构。本论文运用层次分析法对项目风险管理构建相应的模型，既可以实现量化定性问题，又可以综合分析定性以及定量方法。

AHP 法在实践中严谨检验建立的判断矩阵，从而形成一致性矩阵。当比较以上三个指标时，层次分析法在实施一致性检验基础上，促进了专家判断不同两个风险因素所形成的结果与比较因素形成的结果趋向于一致，从而不存在结果冲突的情况。此方法逐层分解了相对繁琐且复杂的工作，对每个层次所占的权重进行计算，对比不同层次所属要素的关系，从而在汇总整理下形成了最终的风险评价指标体系。总之，此种方法在实践中得到了非常广泛的应用，具有便捷化。

实施“煤改电”项目工程时，由于牵扯的领域众多，比如科学管理、政治、经济以及社会各方面，出现复杂的多学科问题。而这些复杂因素之间联系密切，属于相辅相成的关系，在对这些问题处理时缺乏定量数据。而作为层次分析法，有利于对复杂问题的有效解决。其方法既有效又实用。当我们依靠此方法研究问题时，需要涉及以下几方面过程：

由于项目工程存在的风险特点不同，那么我们需要明确风险产生的影响因素，从而形成有效合理的评价风险的指标体系。

以分析的影响因素为基础，通过不同领域的专家评估这些因素，从而在指标体系中的不同层次促进判断矩阵的建立。

通过以上所形成的判断矩阵，运用多种方法对其所具有的特征向量进行计算，进而对每个判断矩阵进行一致性检验。

根据所计算出的不同 CI 值，在不同的层次按照相应的顺序进行排列操作。

3.3.4 “煤改电”工程项目风险评价指标体系

在建立工程项目的层次之前，根据“煤改电”工程项目的特征，以目标层、准则层、指标层作为划分形式分出以上三层。根据“煤改电”工程项目的实际情况，首先确定各层次的评价准则，建立评价指标体系。本论文以“煤改电”项目工程实际情况为基础，综合所有可能存在的风险，形成了层次架构图，工程项目的风险评价指标层次结果如下图：

表 3-2 “煤改电”工程项目风险评价层次架构图

Table 3-2 Hierarchical architecture diagram for Coal to electricity engineering

目标层	准则层		指标层
煤改电工程项目的风险 R	系统性风险 R ₁	政策风险 F ₁	政府部门效率低、审批手续过多风险 F ₁₁
			用电价格水平上升风险 F ₁₂
			政府对项目的支持力度减弱风险 F ₁₃
		环境风险 F ₂	自然环境改变情况 F ₂₁
			不可预见的施工现场条件风险 F ₂₂
	非系统性风险 R ₂	属地供电公司风险 F ₃	对承包单位、设计单位及设备材料的选择风险 F ₃₁
			项目资金来源风险 F ₃₂
			对工程项目目标要求不明确 F ₃₃
		承包方风险 F ₄	对设计的认识出现偏差或理解深度不够 F ₄₁
			相关的施工经验不足 F ₄₂
			不合理的变更要求 F ₄₃
		设计方风险 F ₅	项目设计失误风险 F ₅₁
			可行性研究报告深度不够风险 F ₅₂
			设计调整、变更不及时风险 F ₅₃

		供应方风险 F ₆	产品供应不足风险 F ₆₁
			价格过高风险 F ₆₂
			质量达不到要求风险 F ₆₃
		运营维护风险 F ₇	电网安全运行风险 F ₇₁
			设备使用寿命风险 F ₇₂
			设备运行的不合理维护风险 F ₇₃

3.4 基于 AHP 方法的“煤改电”工程项目风险评价

(1) 构建主因素层七个因素两两比较判断矩阵

一般来说，两两风险因素之间所具有的重要性借助具体数字来表示，数字越大，重要性越高，如果对于判断矩阵实施的检验可以一致性通过，那么这种量化方式在实践中是可以发挥作用的。

以工程施工过程中不同风险指标影响情况作为基础，结合相关专家的对该具体项目建议建议，分析和对比了不同的风险指标，最终建立判断矩阵。

(2) 计算判断矩阵的特征向量

一般会运用特征根方法对不同风险因素特征向量进行计算，步骤如下：

①利用公式 $M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}(i, j = 1, 2, \dots, n)$ 判断矩阵中的各行元素分别相乘：

②计算各行 M_i 的 n 次方根值： $\overline{W}_i = \sqrt[n]{M_i}$

③将 \overline{W} 进行归一化，即 $W_i = \frac{\overline{W}_i}{\sum_{i=1}^n \overline{W}_i}$ ，其中 W_i 表示各行的特征向量。明确了元素所

占的权重和矩阵相应层特征向量是否具有一致性，因此需要在一致性标准的要求下建立判断矩阵。

(3) 单准则判断矩阵的一致性检验

通过层次分析法同步操作不同的判断矩阵，若在判断矩阵建立时借助一定观察法那么这并不符合一致性标准，因此专家需要给予不同风险因素打分，判定其风险因素之间的重要性。这也说明我们在对工程各风险因素间重要性进行评估时无法达到完全准确性，主要是由于人为判断具有一定主观性，不同风险因素所计算出的权重并不能实现完全准确。

在一致性检验判断矩阵时一般会借助 CI 作为指标，主要公式如下： $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$

其中， λ_{\max} 表示通过判断矩阵所得出的最大特征值，而 n 表示不同矩阵一定的维数。

当 CI 值计算出来后，然后预估出随机一致性比率，即 $CR = \frac{CI}{RI}$

当 $CR < 0.1$ ，可以将此判断矩阵作为计算依据，而不同风险因素所占权重通过特征向量表示，当 $CR > 0.1$ ，则不可以应用此判断矩阵，这时候就需要对不同风险因素进行两两比较，从而使判断矩阵可以得到低于 0.1 的 CR 值。

3.5 本章小结

本部分以“煤改电”项目工程现实情况为基础，结合工程项目特点对工程项目中风险因素分析进行分析以及风险识别进行了综合考虑，做出科学的选择。在“煤改电”工程项目的风险评价方法中，选择借助层次分析法来进行风险管理模型的构建，给出了层次分析法的指标体系，并列出了计算方法。

第四章 A 电力公司“煤改电”项目风险实例分析

上一章中我们结合“煤改电”项目的特点，对“煤改电”项目中可能出现的风险因素进行了识别分析，并得到了该项目的风险评价指标体系，比较了项目风险评价的几种方法，选择将层次分析法作为“煤改电”项目的风险评价方法。本章将继续以此为基础，结合上一章的 AHP 分析法，对 A 电力公司的具体项目进行风险评价研究。

4.1 A 电力公司某“煤改电”项目介绍

2017 年按照某 A 区政府的总体工作安排，将开展共计 10 个村 6499 户农村居民“煤改电”工程。针对 2017 年农村煤改电工程平房居民户较为分散，难以形成有规模的集中煤改电区域，同时结合改造范围内现状 10kV 线路运行及负载情况，制定出对现状 10kV 柱上变压器进行分换装的改造方案。改造内容主要包括 10kV 线路、1kV 线路以及相应的计量和通信工程。工程施工总工期 180 天。

4.1.1 安装内容

（1）设备部分

本工程主要解决的是用户侧负荷增加的问题，同时还需要满足户均使用容量，因此需合理增加行政村内部的变压器数量。本工程选用非晶合金 SH15-400kVA 柱上变压器、非晶合金 SH15-200kVA 柱上变压器以满足冬季电采暖的用电需求。

（2）10kV 线路部分

由于设备部分需要新装变压器以满足用电负荷，因此，相应的 10kV 输电线路的配套设施也需要进行整体考虑更换，其中 10kV 架空线路主干线需采用 JKLYJ/QN-240mm² 型号绝缘导线，大支线采用 JKLYJ/QN-150mm² 型号绝缘导线，小支线采用 JKLYJ/QN-95mm² 型号绝缘导线，线路中的电杆根据实际情况选取，一般选用普通 I 型内嵌 JKTRYJ-35mm² 接地线 Φ 190/15 米电杆，或普通 I 型内嵌 JKTRYJ-35mm² 接地线 Φ 190/12 米电杆，柱上变压器的副杆与主杆同高度，但应选用 JKTRYJ-95mm² 接地线。改造后线路负荷的增加会导致线路负载率增高，而负载率则是供电公司的硬性考核指标，因此还需对负载率超标的线路考虑新出 10kV 线路来解决负载率过高的问题，新出 10kV 线路一般从就近变电站出线，新敷设 ZC-YJY22-8.7/15kV-3 \times 300mm²10kV 电缆至上电杆位置，电缆线路需配套采用直埋敷设或利用现状电力隧道、电力管井敷设。同时，根据不同地区的要求以及自然环境影响，还需对线路进行防雷

措施的完善。

（3）1kV 线路部分

“煤改电”工程实施过后，用户侧的负荷会急剧增加，所以低压架空线路的导线载流量不再满足需求，因此需对低压架空线路中的导线线径进行适度调整放大，一般情况 1kV 低压架空线路主干线选用 JKLYJ-150mm² 低压绝缘导线，支线选用 JKLYJ-70mm² 低压绝缘导线。由于导线型号的增加，现状电杆的应力不能适用，因此相应的电杆也需同时更换，一般选取普通 G 型 Φ 190/12 米砼电杆以及普通 G 型 Φ 190/10 米砼电杆。

在现场踏勘阶段，许多农村已经不再是简单的平房，二三层的楼房到处可见，因此架空线路无法到达用户侧，所以这种情况均需采用低压电缆敷设至负荷点，一般选用 ZC-YJV22-0.6/1kV-4*240mm² 或 ZC-YJV22-0.6/1kV-4*120mm² 低压电缆，配套安装电缆分支箱。

（4）低压台区计量部分

“煤改电”工程的其中一个亮点在于电采暖设备的“峰谷电价”计费模式，即用电高峰和用电低谷是采用两种计费方式的，因此需在现有的计费电能表基础上加装单独计费的装置。本工程则需在用户侧安装单相本地费控智能电能表，在台区侧安装三相远程费控智能电能表来满足要求。

（5）通信部分

本工程 10kV 线路及 1kV 线路均采用无线通信方式，10kV 部分需对关键节点或设备加装无线终端设备及 SIM 卡，通过公网传输设备信息及故障信息。1kV 部分主要通过计量表将各用户信息上传至台区计量装置，并通过台区计量装置集中上传至营销主站。

4.1.2 工程规范

本工程的设计及施工都需遵循以下规程规范：《北京电网规划设计技术原则》、《国网北京市电力公司配电自动化建设改造指导意见》、《配电网工程典型设计》、《配电网架空导线选型技术原则和检测技术规范》、《北京电网通信技术原则》、《终端通信接入网工程典型设计规范》、《电力用户用电信息采集系统功能规范》、《北京电网通信技术原则》等。

4.2 项目风险因素分析

4.2.1 政策风险

此方面风险涉及通货膨胀、行业政策、变化的汇率、政府宏观调控、地方保护以

及货币财政政策等，影响建设和运行项目的过程。此外，当地方经济环境以及条件发生一定变化，对于预期和实际效益来说也无法达到平衡。

4.2.2 环境风险

“煤改电”工程属于配套性项目，因此施工周期滞后性相对明显，当完成工程主体项目以及实现交付使用之后才可以施工。很多在建设工程完成之后，在维护阶段会受多方面因素影响。特别是来自于外部环境的风险因素众多，比如洪水、地震、地下管线、气象、风沙、地质灾害、水文和市政管网方面所产生的风险无处不在。

4.2.3 属地供电公司风险

此方面风险主要是由多方面因素造成，当越大规模的项目，那么所牵扯的利益方越多，项目实施过程也会存在越大的风险。作为“煤改电”工程，所消耗的成本大部分是工程材料购买部分，而人工所占的费用并不多。由于外部环境会影响工程材料的价格，可能会忽高或者忽低，这样作为工程的成本费用也会处于变化中。属地供电公司作为“煤改电”工程的业主方，由于自身技术欠缺、图纸设计不合理、模糊的地质结构、不完善的工艺以及管理人员不专业等，都会对施工工程形成负面作用^[51]。

4.2.4 承包方风险

由于“煤改电”工程具有多个交叉作业以及系统点，所涉及的面也比较广泛，同时具有较长的项目线，不同作业联系密切，相互影响和支持，作为施工人员需要的技术能力要高，一旦某个环节出问题，那么将会影响整个项目整体。这要求在项目施工时要求不同部门保持有效沟通，形成密切的合作和配合，尽量预防工程项目中出现失误行为，防止工程安排进度不合理，从而避免出现另一方工期被延误的情况。此外，负责排水、通讯以及外延装修的不同部门要注意有效的合作和交流，在协调沟通的基础上完成工程施工。由于一些工程施工工作具有较强的专业性，比如带电或者高空作业非常多，因此作为第三者或者施工者在这种施工方式和环境下人身安全受到了很大的威胁。一般工程在施工完成之后可能基本不存在风险，但是“煤改电”工程一直到验收工程完成后，一些风险可能还会发生。变更合同、支付工程款、变化的物价、不及时的供应材料、工程进度、工程质量和安全以及工程结算等方面随时都可能会产生风险。同时，电力工程的施工单位很多都是供电公司自己衍生出来的“三产”，所以可能会导致双方过于熟悉而疏于监督管理，最终影响施工安全及进度。

4.2.5 设计方风险

设计“煤改电”工程项目的阶段分为以下部分：一是工程招投标；二是设计方案；三是实施初步设计；四是设计施工图；五是指导配合施工。有的项目为了早日完成施工，可能会出现设计和施工同时进行的情况，但是这样由于设计的不确定会影响设计的质量，工程进度也比较模糊；同时这样也会促使工程成本增加，产生费用风险。而如果设计方案不合理，内容比较粗略，在施工时也会付出更高的施工成本，所完成的工程质量无法保证，而最终会导致费用损失甚至人身伤亡。

4.2.6 供应方风险

作为供应方，产生的风险主要是基于两方面原因。一是，从客观上来说，不利的外部环境、设备出现问题、内部人员可能性失误等方面都是其风险因素，这些并不是人们主观上故意导致的，像经济危机、自然灾害、市场变化等都属于外部环境因素，而内部因素主要包括不合理的管理、操作疏忽以及失误的决策等。二是，从主观上来说，供应方主动故意所作出的一系列负面行为来获得更多的利益，比如对合同义务不按时履行，影响合作伙伴的利益，从而造成下游合作方损失利益或者供应链运行受影响。

4.2.7 运营维护风险

作为政府公益性工程，“煤改电”工程社会性相对显著，受到广大公民的热议。作为维护管理工程人员需要有一定的社会责任感，同时对本职工作要踏实敬业，高效及时的维护好照明工程。首先照明设施相对容易损失，而且需要巨大的工程费用，因此一旦遭到破坏那么可能会造成较大的损失；其次，一些不法分子可能会盗窃一些电缆设施，牟取不合法利益，在维护照明工程方面风险加大，主要体现在制度、管理、操作以及系统和服务响应等方面。

4.3 A 电力公司“煤改电”项目风险评价

4.3.1 因素排序权重计算

4.3.1.1 单准则排序权重计算以及一致性检验

(1) 构建 A 电力公司“煤改电”项目评价体系主因素层的七个因素两两比较判

断矩阵

以 A 电力公司“煤改电”项目施工过程中不同风险指标影响情况作为基础，结合“煤改电”工程涉及到的各行业专家对该具体项目建议建议，分析和对比了不同的风险指标，最终建立判断矩阵。具体如下表所示：

表 4-1 A 电力公司“煤改电”项目的判断矩阵

Table 4-1 Judgment matrix of A power company coal to electricity project

R	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
F ₁	1	3	3	4	3	2	2
F ₂	1/3	1	2	1	1/2	2	1/2
F ₃	1/3	1/2	1	2	2	2	1/2
F ₄	1/4	1	1/2	1	1	1/2	1/3
F ₅	1/3	2	1/2	1	1	1	1/3
F ₆	1/2	1/2	1/2	2	1	1	1
F ₇	1/2	2	2	3	3	1	1

下面以计算主因素层政策风险、环境风险、属地供电公司风险、承包方风险、设计方风险、供应方风险、运营维护风险这七个因素的排序权重为例，解说运用层次分析法求解各层因素权重的计算步骤。首先对七个因素的对项目风险评价影响的重要性进行比较，构造主因素层对目标层的 7 阶判断矩阵如下：

$$R-F=\begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 4 & 3 & 2 & 2 \\ 1/3 & 1 & 2 & 1 & 1/2 & 2 & 1/2 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1/2 \\ 1/4 & 1 & 1/2 & 1 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 1/3 & 2 & 1/2 & 1 & 1 & 1 & 1/3 \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 & 2 & 1 & 1 & 1 \\ 1/2 & 2 & 2 & 3 & 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

(2) 计算 A 电力公司“煤改电”项目判断矩阵的特征向量

根据公式 $M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij} (i, j = 1, 2, \dots, n)$ ，计算得到：

$$M=(M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7)=(0.0023, 4.15, 48.12, 3.0, 0.0417)$$

根据公式 $\overline{W}_i = \sqrt[n]{M_i}$ ，计算得到：

$$\overline{W} = \sqrt[n]{M_i} = (0.4196, 1.2190, 1.0596, 1.7385, 1.4262, 1.1699, 0.6352)$$

根据 $w_i = \frac{\overline{W}_i}{\sum_{i=1}^n \overline{W}_i}$ 将判断矩阵 R-F 每一行所有的数值相乘的积开 7 次方并且归一化，

所得到的列向量就是我们所要的权重向量，结果如下：

$$W = (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7)$$
$$= (0.2905, 0.1101, 0.1248, 0.0713, 0.0968, 0.1097, 0.1888)$$

(3) A 电力公司“煤改电”项目单准则判断矩阵的一致性检验

表 4-2 随机一致性指标

Table 4-2 Random consistency index

阶数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49

$$\lambda_{\max} = 7.5286$$
$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{7.5286 - 7}{7 - 1} = 0.0881 < 0.1$$
$$C.R. = \frac{C.I.}{RI} = \frac{0.0881}{1.36} = 0.0648 < 0.1$$

由此可以说明所构建的七阶判断矩阵符合一致性检验要求。

两两比较判断矩阵 R-F 求解权重以及一致性检验的结果见表 4-3，因为判断矩阵满足一致性要求，因此上述所得到的权重向量可以 W 作为 7 个指标因素的权重系数。

表 4-3 主因素层因素排序权重以及一致性检验数据结果

Table 4-3 Main factors layers sorting weight and consistency check data results

R-F	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	W _i	λ_{\max}	C.I.	C.R.
F ₁	1	3	3	4	3	2	2	0.2905	7.5286	0.0881	0.0648
F ₂	1/3	1	2	1	1/2	2	1/2	0.1101			
F ₃	1/3	1/2	1	2	2	2	1/2	0.1248			
F ₄	1/4	1	1/2	1	1	1/2	1/3	0.0713			
F ₅	1/3	2	1/2	1	1	1	1/3	0.0968			
F ₆	1/2	1/2	1/2	2	1	1	1	0.1097			
F ₇	1/2	2	2	3	3	1	1	0.1888			

(4) 因素层因素排序权重以及一致性检验

计算子因素层 20 个因素的判断矩阵，排序权重以及一致性检验，由于计算的思路与上面完全一样不再详述，结果如下：

表 4-4 子因素层因素 F₁ 的判断矩阵、权重系数、一致性检验

Table 4-4 Sub factor layer ,Weight coefficient,Consistency test for judgment matrix of F₁

F ₁	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	W _i	λ_{\max}	C.I.	C.R.
F ₁₁	1	1/3	1/5	0.1062	3.0387	0.0194	0.0372
F ₁₂	3	1	1/3	0.2605			
F ₁₃	5	3	1	0.6333			

表 4-5 子因素层因素 F₂ 的判断矩阵、权重系数、一致性检验

Table4-5 Sub factor layer ,Weight coefficient,Consistency test for judgment matrix of F₂

F ₂	F ₂₁	F ₂₂	W _i	λ_{\max}	C.I.	C.R.
F ₂₁	1	3	0.7500	2	0	0
F ₂₂	1/3	1	0.2500			

表 4-6 因素 F₃ 的判断矩阵和权重系数

Table 4-6 Sub factor layer ,Weight coefficient,Consistency test for judgment matrix of F₃

F ₃	F ₃₁	F ₃₂	F ₃₃	W _i	λ_{\max}	C.I.	C.R.
F ₃₁	1	1/3	1/6	0.1000	3	0	0
F ₃₂	3	1	1/2	0.3000			
F ₃₃	6	2	1	0.6000			

表 4-7 因素 F₄ 的判断矩阵和权重系数

Table 4-7 Sub factor layer ,Weight coefficient,Consistency test for judgment matrix of F₄

F ₄	F ₄₁	F ₄₂	F ₄₃	W _i	λ_{\max}	C.I.	C.R.
F ₄₁	1	1/2	1/3	0.1638	3.0092	0.0046	0.0089
F ₄₂	2	1	1/2	0.2973			
F ₄₃	3	2	1	0.5390			

表 4-8 因素 F₅ 的判断矩阵和权重系数

Table 4-8 Sub factor layer ,Weight coefficient,Consistency test for judgment matrix of F₅

F ₅	F ₅₁	F ₅₂	F ₅₃	W _i	λ_{\max}	C.I.	C.R.
F ₅₁	1	1/4	1/5	0.1007	3.0055	0.0028	0.0053
F ₅₂	4	1	1	0.4330			
F ₅₃	5	1	1	0.4663			

表 4-9 因素 F6 的判断矩阵和权重系数

Table 4-9 Sub factor layer ,Weight coefficient,Consistency test for judgment matrix of F₆

F ₆	F ₆₁	F ₆₂	F ₆₃	W _i	λ_{\max}	C.I.	C.R.
F ₆₁	1	5	5	0.7028	3.0542	0.0271	0.0521
F ₆₂	1/5	1	1/2	0.1149			
F ₆₃	1/5	2	1	0.1822			

表 4-10 因素 F7 的判断矩阵和权重系数

Table 4-10 Sub factor layer ,Weight coefficient,Consistency test for judgment matrix of F₇

F ₇	F ₇₁	F ₇₂	F ₇₃	W _i	λ_{\max}	C.I.	C.R.
F ₇₁	1	1	3	0.4429	3.0183	0.0092	0.0176
F ₇₂	1	1	2	0.3873			
F ₇₃	1/3	1/2	1	0.1698			

4.3.1.2 层次总排序和一致性检验

子因素层对目标的合成排序权重计算结果如下表：

表 4-11 因素层对目标的合成排序权重计算数据

Table 4-11 Factors of target layer of synthetic data sorting weight calculation

层次	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	权重
	0.2905	0.1101	0.1248	0.0713	0.0968	0.1097	0.1888	
F ₁₁	0.1062	0	0	0	0	0	0	0.0309
F ₁₂	0.2605	0	0	0	0	0	0	0.0757

F ₁₃	0.6333	0	0	0	0	0	0	0.1840
F ₂₁	0	0.7500	0	0	0	0	0	0.0826
F ₂₂	0	0.2500	0	0	0	0	0	0.0275
F ₃₁	0	0	0.1000	0	0	0	0	0.0125
F ₃₂	0	0	0.3000	0	0	0	0	0.0374
F ₃₃	0	0	0.6000	0	0	0	0	0.0749
F ₄₁	0	0	0	0.1638	0	0	0	0.0117
F ₄₂	0	0	0	0.2973	0	0	0	0.0212
F ₄₃	0	0	0	0.5390	0	0	0	0.0384
F ₅₁	0	0	0	0	0.1007	0	0	0.0097
F ₅₂	0	0	0	0	0.4330	0	0	0.0419
F ₅₃	0	0	0	0	0.4663	0	0	0.0451
F ₆₁	0	0	0	0	0	0.7028	0	0.0771
F ₆₂	0	0	0	0	0	0.1149	0	0.0126
F ₆₃	0	0	0	0	0	0.1822	0	0.0200
F ₇₁	0	0	0	0	0	0	0.4429	0.0836
F ₇₂	0	0	0	0	0	0	0.3873	0.0731
F ₇₃	0	0	0	0	0	0	0.1698	0.0321
总计	1.0							

计算子因素层对目标层的合成一致性检验结果如下表：

表 4-12 主因素权重以及合成一致性检验

Table 4-12 Wish factor weight and synthesis of consistency check

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
W _i	0.2905	0.1101	0.1248	0.0713	0.0968	0.1097	0.1888
C.I.	0.0194	0	0	0.0046	0.0028	0.0271	0.0092
R.I.	0.58	0	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58

利用合成一致性比例计算公式 $C.R. = \sum_{k=1}^7 \frac{W_k C.I._k}{W_k R.I._k}$ ，可以计算出合成排序随机一致性

比例为： $C.R. = \sum_{k=1}^7 \frac{W_k C.I._k}{W_k R.I._k} = \frac{0.0109}{0.5115} = 0.0214 < 0.1$ 。说明这个层次分析模型整体满足一

致性要求，从而计算出来的排序权重也是合理的。

4.3.2 综合抗风险能力计算

(1) 构建风险评价标准

针对“煤改电”工程项目，本论文建立了专门的风险管理模型,同时还对不同领域的专家发出邀请，对项目发生风险的因素以及相关指标进行分析讨论，进行相应的打分，然后形成最终的工程项目总风险预估报告。根据项目风险所具有的特征，然后形成六个方面的层次。而所得出越大的分值，那么项目中存在更小的风险；而所得出越小的分值，那么项目中则可能会存在越大的风险。主要体现在以下方面：

表 4-13 “煤改电”工程风险等级划分标准表

Table 4-13 Risk level division of coal to electrical engineering

等级	综合评价分值 P	风险等级
1	$P \geq 90$	低风险
2	$90 > P \geq 80$	较低风险
3	$80 > P \geq 70$	一般风险
4	$70 > P \geq 60$	较高风险
5	$P < 60$	高风险

(2) 对风险因素进行打分

本文通过分析得出的一系列评价标准和原则以及风险指标相关因素，然后各专业的行业专家对风险指标有着自己的判断，他们会根据自己的行业经验给不同指标给予打分， \overline{M}_j 代表着专家们针对不同风险指标打分后汇总并计算出的平均值，具体打分情况如下图表。其中风险因素所显示越高的分数，那么风险因素具有越小的潜在风险；而所显示越低的分数，那么风险因素具有越大的潜在风险。

表 4-14 专家对风险评价打分汇总表

Table 4-14 Summary table of experts' rating of risk assessment

目标	主因素层	子因素层	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5	平均分
	政策风险 F ₁	政府部门效率低、审批手续过多风险 F ₁₁	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{11}
		用电价格水平上升风险 F ₁₂	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{12}
		政府对项目的支持力度减弱风险 F ₁₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{13}
	环境风险 F ₂	自然环境的改变风险 F ₂₁	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{21}
		不可预见的施工现场条件风险 F ₂₂	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{22}
	属地供	对承包单位、设计单位及设备材料的选择	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{31}

工程 项目 实施 风险 R	电公司	风险 F ₃₁						
	风险 F ₃	项目资金来源风险 F ₃₂	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{31}
		对工程项目目标要求不明确风险 F ₃₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{33}
	承包方 风险 F ₄	对设计的认识出现偏差或理解深度不够 F ₄₁	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{41}
		相关的施工经验不足 F ₄₂	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{42}
		不合理的变更要求 F ₄₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{43}
	设计方 风险 F ₅	项目设计失误风险 F ₅₁	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{51}
		可行性研究报告深度不够风险 F ₅₂	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{52}
		设计调整、变更不及时风险 F ₅₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{53}
	供应方 风险 F ₆	产品供应不足风险 F ₆₁	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{61}
		价格过高风险 F ₆₂	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{62}
		质量达不到要求风险 F ₆₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{63}
	运营维 护风险 F ₇	电网安全运营风险 F ₇₁	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{71}
		设备的使用寿命风险 F ₇₂	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{72}
		设备运行的不合理维护风险 F ₇₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	\overline{Z}_{73}

通过上表数据，权重值 W_i 对应的每个主因素，而其风险评价值 R_i 数据显示出在相应的目标层的评价值，汇总这些目标层的风险评价值，形成整体上的风险评价值 R ，即 $R_{ij} = \sum (R_i * W_i) (i = 1, 2, \dots, 7)$ 。通过以上数据我们得出工程项目中所存在不同程度的风险。

(2) 对风险因素打分结果

为了从整体上更好的评估本工程项目中存在的风险，选择了其中 5 名专家针对本工程中存在的风险给予打分，以百分制的形式体现出来。其中越低的分值，那么可能存在的风险则显示越大。相反，越高的分值，那么显示存在越大的风险。以下体现了专家打分情况以及汇总的平均分。

表 4-15 组织专家打分的分值以及平均分汇总情况

Table 4-15 Score of organizational experts and average score summary

目标层	主因素层	子因素层	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5	平均分
	政策风险 F ₁	政府部门效率低、审批手续过多风险 F ₁₁	69	76	57	72	63	67
		用电价格水平上升风险 F ₁₂	67	68	64	76	65	68

“煤改电”工程项目的风险R		政府对项目的支持力度减弱风险 F ₁₃	72	73	67	69	59	68
	环境风险 F ₂	自然环境的改变风险 F ₂₁	71	68	61	64	62	65
		不可预见的施工现场条件风险 F ₂₂	75	60	75	69	71	70
	属地供电公司风险 F ₃	对承包单位、设计单位及设备材料的选择风险 F ₃₁	81	65	67	68	63	69
		项目资金来源风险 F ₃₂	61	64	71	66	59	64
		对工程项目目标要求不明确风险 F ₃₃	73	77	68	71	74	72
	承包方风险 F ₄	对设计的认识出现偏差或理解深度不够 F ₄₁	71	68	70	71	78	71
		相关的施工经验不足 F ₄₂	68	66	72	64	73	69
		不合理的变更要求 F ₄₃	76	70	59	71	67	69
	设计方风险 F ₅	项目设计失误风险 F ₅₁	65	76	82	60	72	71
		可行性研究报告深度不够风险 F ₅₂	82	72	63	59	61	67
		设计调整、变更不及时风险 F ₅₃	73	76	60	80	64	71
	供应方风险 F ₆	产品供应不足风险 F ₆₁	63	60	67	62	68	64
		价格过高风险 F ₆₂	68	62	65	60	60	63
		质量达不到要求风险 F ₆₃	55	62	52	63	59	58
	运营维护风险	电网安全运营风险 F ₇₁	64	76	77	62	61	68
		设备的使用寿命风	69	73	72	66	67	69

	F ₇	险 F ₇₂						
		设备运行的不合理 维护风险 F ₇₃	68	72	74	62	63	68

将专家打分的平均值乘上层次分析所得到的各层因素排序权重，获得整个工程项目风险的综合评价以及主因素层的几个主要风险因素的评价值，计算结果见下表：

表 4-16 “煤改电”工程项目综合风险评价结果

Table 4-16 Comprehensive evaluation analysis table

目标层	总分	主因素层	权重	得分	子因素层	权重	平均分
“煤改电”工程项目的风险综合评价	67.2	政策风险 F ₁	0.2905	68	政府部门效率低、审批手续过多风险 F ₁₁	0.1062	67
					用电价格水平上升风险 F ₁₂	0.2605	68
					政府对项目的支持力度减弱风险 F ₁₃	0.6333	68
		环境风险 F ₂	0.1101	66	自然环境的改变风险 F ₂₁	0.7500	65
					不可预见的施工现场条件风险 F ₂₂	0.2500	70
		属地供电公司风险 F ₃	0.1248	70	对承包单位、设计单位及设备材料的选择风险 F ₃₁	0.1000	69
					项目资金来源风险 F ₃₂	0.3000	64
					对工程项目目标要求不明确风险 F ₃₃	0.6000	72
		承包方风险 F ₄	0.0713	69	对设计的认识出现偏差或理解深度不够 F ₄₁	0.1638	72
					相关的施工经验不足 F ₄₂	0.2973	69
					不合理的变更要求 F ₄₃	0.5390	69
		设计方风险 F ₅	0.0968	69	项目设计失误风险 F ₅₁	0.1007	71
					可行性研究报告深度不够风险 F ₅₂	0.4330	67

					设计调整、变更不及时 风险 F ₅₃	0.4663	70
		供 应 方 风 险 F ₆	0.1097	62	产品供应不足风险 F ₆₁	0.7028	64
					价格过高风险 F ₆₂	0.1149	63
					质量达 不到要求 风险 F ₆₃	0.1822	58
		运 营 维 护 风 险 F ₇	0.1888	68	电网安全运营风险 F ₇₁	0.4429	68
					设备的 使用寿命 风险 F ₇₂	0.3873	69
					设备运行的不合理维护 风险 F ₇₃	0.1698	68

从数据分析的结果可以得出以下结论:

(1)“煤改电”工程项目风险评价综合得分计算结果为 67.2，显然 70>67.2>60，根据工程项目风险评价标准得知，“煤改电”工程的综合风险等级处于“较高”风险等级。所以，“煤改电”工程的在整个工程进行中应当加大力度对工程中各环节进行风险控制管理工作，并对风险权重值较高的部分及时采取有效的防范措施，对风险权重值较低的部分不一定非要采取措施单也要时刻关注。

(2)从风险评价的子因素层来看，风险较大的几项因素是：自然环境的改变风险（0.7500），政府对项目的支持力度减弱风险（0.6333）、对工程项目目标要求不明确风险（0.6000）、产品供应不足风险（0.7028）、不合理的变更要求（0.5390）、可行性研究报告深度不够风险（0.4330）、设计调整、变更不及时风险（0.4663）、电网安全运营风险（0.4429）。在对风险进行控制的过程中，要抓紧这几个风险比较高的因素，进行有的放矢的采取措施，有效降低风险。

4.4 风险应对与防范

当前为了促进“煤改电”工程中可能存在的风险降低，需要依托合理方法有效控制及防范此工程项目风险，通过实践证明，这是效果最好的措施。通过规范建设和管理工程相关制度基础，可以促进资源节约，实现“煤改电”工程的最终目的，即更加环保的供暖形式，实现这个的同时也不会增加用户的用电消费支出，相应的服务也会更加便捷方便。本论文依托相关理论的计算，针对结果进行的研究分析，认为“煤改电”工程可针对风险的发生运用以下办法进行有效控制。

4.4.1 系统性风险

主要是针对本工程的外部组织或条件，可以通过相关手段或措施进行控制的风险。在本文研究基础上，对环境以及政策性风险进行重点分析。

（1）政策性风险：“煤改电”工程的政策风险主要是指由于国家或地方政策的变化而引起的风险，其中包括国家产业政策、土地使用政策以及政府部门对“煤改电”工程的审批政策等都对“煤改电”工程有着极大的影响。

在分析政策性风险基础上，我们得出在调研前期项目中需要和土地部门和市政部门等政府组织形成友好关系，以更低的成本缩小风险导致的负面效应。

（2）环境风险：一方面，施工现场的具体环境，比如地下管线是否安置、一些大型吊车是否能够通过、安装设备是否会受电缆影响；此外，先天自然条件对于施工产生影响，一些极热极冷天气不适合施工，充分保障高质量的施工。

通过分析环境风险，我们得出在施工之前务必要详细勘察现场，注意加强和市政部门以及交管部门的交流，根据一定的施工方案和流程，及时对施工自然天气进行查询，防止恶劣自然条件下影响施工质量。

4.4.2 非系统性风险

这主要针对本工程内部组织，指那些存在的并可以控制的风险。在本文研究成果基础上，对“煤改电”工程所涉及的不同利益方进行了重点研究，主要包括设计方、承包方、业主方以及维护运营方，而一般的电力工程，供电公司同时作为业主方和维护运营方。

（1）属地供电公司风险：主要体现在选择总承包方方案的风险。属地供电公司作为本工程中的业主方，在项目立项起至工程竣工整个过程中都协调各单位间的合理有效的沟通。同时还要考察业务是否具有充足的资金，银行贷款是否需要，是否根据计划按时发放贷款，这些都需要财务部门调查清楚，这样才可以开始开展项目。此外，属地供电公司在审批项目过程中存在的风险，主要是指和政府机构的协调关系。只有政府通过项目审批才能真正开始实施项目。

（2）承包方风险：首先，作为承包方，在工程施工以及竣工过程中都贯穿着其工作，也决定了工程项目是否可以成功竣工。选择承包方影响了施工安全以及质量，这要求所选择的公司不仅要具有一定资质，而且还要有成功工程案例。其次变更设计过程中存在的风险，当出现特殊情况对施工图进行修改时，那么施工方进度则会被影响，这样可能会导致一定费用损失。这需要提前制定科学的应急方案，针对每个计划工期保证充分的空间。最后属地供电公司不及时资金可能会存在一定风险，施工进度以及质量都会受影响。因此，需要及时和设计方、物资供应部门以及业主方进行有效

沟通，指定有针对性的应急方案来防止其中将会产生的风险。

(3) 设计方风险：由于“煤改电”工程是以“确村确户”为设计依据的，在施工单位开始施工以前，需要对现场进行排查，但排查之后，很多时候会出现需要改造户数增多，这就使设计方案出现或多或少的调整，相应的设计图纸也要进行修改，施工进度则就会被影响。因此，作为业主方，也就是属地供电公司在设计阶段不仅需要安排专业的设计单位承接该设计任务，同时还要在整个工程进行阶段与设计单位或指定设计人保持有效的联络沟通，出现问题及时解决，保证设计满足“煤改电”用户的用电需求，并能满足合理的施工条件。另外，实施设计方案过程中可能存在一定风险，作为施工方可能会用特殊的工艺来达到设计要求，这样就会增加施工成本。因此，作为设计方，施工中要及时和施工者进行有效沟通，在质量保证的基础上，通过便捷操作性强的施工工艺，促进工期缩短以及成本减少的目标实现。

(4) 运营维护方的风险：由于每一种设备都具有自身独特的特性，那么在维护和使用时也会有不同的方法。一方面，具有较大的维护数量，维修专业性要高。要积极促进维修维护队的组织，在厂家统一安排下，促进技术人员接受相应的培训。此外，如果出现电路突发故障，需要提前进行替换应急设备储备，促进正常修复和使用供暖设备。

第五章 结论与展望

5.1 结论

本论文研究了“煤改电”工程项目的风险管理。其结论主要体现在以下方面：

(1) 通过对“煤改电”工程项目风险管理的研究，利用风险和风险管理的相关理论，总结出“煤改电”工程项目的风险与管理方法。根据“煤改电”工程项目的特点和风险特征，实施风险评估和识别，促进风险评价体系的建立。

(2) 本文运用风险评价指标体系来探究“煤改电”工程所存在的风险。借助层次分析法，设置相应层次所属因素指标的权重，从而得出评估风险管理的结果。此外，建立在研究结果基础上，通过提出一系列风险防范措施来预防可能会发生的风险。

(3) 针对“煤改电”工程项目，其中在风险管理中需要着重研究计算并采取控制措施的风险因素系统性风险和非系统性风险各包含两部分，其中系统性风险涉及了环境风险（主要为自然环境的改变风险）以及政策性风险（主要为政府对项目的支持力度减弱风险）；而非系统性风险则涉及了属地供电公司风险（主要为对工程项目目标要求不明确风险）、供应方风险（主要为产品供应不足风险）、承包方风险（主要为不合理的变更要求）、设计方风险（主要为可行性研究报告深度不够风险以及设计调整、变更不及时风险）、运营维护方（主要为电网安全运营风险）。

5.2 展望

针对“煤改电”工程项目实施风险管理，作为一项复杂活动，体现出较强的综合性，因为工程涉及到的环节越多，可能出现的风险因素越多，而“煤改电”工程则恰恰是这种类型，多方面的投资来源，繁多的参与本工程的部门，工程管理的组织协调难度，工程中涉及到的技术复杂性，每一个环节都存在这样那样的风险点。因此，需要结合电力系统的相关专业知识，进行一定的预警以及监控系统的建立，评估风险事件所造成的负面效应，这是需要深入研究的主题，同时也是亟待解决的问题。

而风险管理研究在我国的发展时间并不是很长，各类工程项目中也很少专门的针对各类风险因素进行分析控制，风险管理的匮乏不仅使对工程项目的效率大大降低，同时也对各组织机构的收益产生影响。因此不仅仅是对风险管理研究需要加强，更要合理的把这些研究成果拿到实际工程中，而不是让它们只存在于纸面上。很多地区如若进行“煤改电”工程都要加强对风险管理的研究和完善，并且不能千篇一律的照搬理论，要针对实际情况对症下药。

本论文只是对“煤改电”工程的风险管理进行一些有益的研究和计算，希望以此为起点，在今后的研究中，利用专业的电力系统仿真软件将工程各环节紧密串联，得

出更为精确的数据应用到风险管理的研究中，也希望得到有更多的专家学者的支持和帮助，共同在风险管理研究领域得到新的成果。

参考文献

- [1] 黄秀华. 西方企业风险管理的历史演变及启示[J]. 中国集体经济, 2011, 3: 195-197.
- [2] Hart O D, Jaffee D M. On the Application of Portfolio Theory to Depository Financial Intermediaries[J]. Review of Economic Studies, 1974, 41: 129-147.
- [3] 谢喜丽,项目风险管理发展历程及趋势[J]. 合作经济与科技, 2010, 14: 68-69
- [4] 王家远, 刘春乐. 建设项目风险管理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004, 11-15.
- [5] 王卓甫. 工程项目风险管理: 理论、方法与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002, 23-24.
- [6] Tummala V M R, Burchett J F. Applying a risk management process (RMP) to manage cost risk for an EHV transmission line project[J]. International Journal of Project Management, 1999, 17(4): 223-235.
- [7] Raftery J. Risk Analysis in Project Management[J]. Nature, 1993, 239(5370):274-6.
- [8] Nicholas J M. 面向商务和技术的项目管理: 原理与实践[M]. 清华大学出版社有限公司, 2003.
- [9] Chapman R J.The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management[J]. International Journal of Project Management, 2001, 19(3): 147-160.
- [10] Tam C M, Tong T K, Chiu G C, et al. Non-structural fuzzy decision support system for evaluation of construction safety management system[J]. International Journal of Project Management, 2002, 20(4): 303-313.
- [11] Meulbroek L K. An Empirical Analysis of legal Insider Trading[J]. International Financial Services Research Center, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, 1994, 275-294.
- [12] Damak N, Jarboui B, Siarry R, Loukil T. Differential evolution for solving multi-mode resource-constrained project scheduling problems[J]. Computers & Operations Research, 2009.
- [13] Mohammad S, Mojtahedi H, Meysam Si. Project risk identification and assessment simultaneously using multi-attribute group decision making technique [J]. Safety Science, 2010, 48(4): 499-507
- [14] Chang C S. A matrix-based VaR model for risk identification in power supply networks[J]. Applied Mathematical Modelling, 2011, 35(9): 4567-4574
- [15] Philippe J. Value at risk: the new benchmark for managing financial risk[M]. Second Edition. New York: McGraw-hill, 2001, 15-22.
- [16] 雷鸿飞. 国际电力工程项目风险管理研究[D]. 华北电力大学, 2013.
- [17] 郭仲伟. 风险分析与决策[M]. 机械工业出版社, 1987.
- [18] 周士富, 陈炳权. 现代工业管理导论[M]. 同济大学出版社, 1988.
- [19] 余廉. 企业预警管理丛书[M]. 河北科技出版社, 1999.
- [20] 黄福艺. 水利水电基建工程施工的危险源辨识和风险评价[J]. 水利水电技术, 2004, 5: 127-128.
- [21] 李平, 顾新. R&D 项目进度费用风险优化的研究[J]. 管理工程学报, 2006, (2).
- [22] 张永铮, 方滨兴, 迟悦, 云晓春. 用于评估网络信息系统的风险传播模型[J]. 软件学报, 2007, (1).
- [23] 许瑾良. 风险管理[M]. 上海财经大学出版社(上海), 2007.

- [24] 郭仲伟. 风险分析与决策[M]. 机械工业出版社, 1987.
- [25] Ouellet G, Lapen D R, Topp E, et al. A heuristic model to predict earthworm biomass in agroecosystems based on selected management and soil properties[J]. *Applied Soil Ecology*, 2008, 39(1): 35-45.
- [26] Mcclung B, Mcclung B, Mohla D. Electrical design - refined for safety[C]// *Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference*. IEEE, 2005:89-98.
- [27] Deng S J, Oren S S. Electricity derivatives and risk management[J]. *Energy*, 2006, 31(6):940-953.
- [28] Chou S Y, Chang Y H. A decision support system for supplier selection based on a strategy-aligned fuzzy SMART approach[J]. *Expert Systems with Applications*, 2008, 34 (4): 2241-2253.
- [29] 孔墨淋. 电力技改工程项目风险管理研究[D]. 华北电力大学, 2013.
- [30] 郭琳玲. 电力技术改造项目的全过程控制管理[J]. *现代经济信息*, 2015, 13: 101.
- [31] 李善烜. 电力基建工程项目风险管理[J]. *福建质量管理*, 2015, 12:74.
- [32] 杨韬. 电力工程项目风险管理的新设想[J]. *中国新技术新产品*, 2010, 1:216-217.
- [33] 李丹, 艾闯. 基于贝叶斯网络方法的电力工程风险管理[J]. *中国电力教育*, 2009, S1: 61-63.
- [34] 贾耕. 电力工程项目风险管理研究[D]. 华北电力大学, 2008.
- [35] 王梅霖. 电力需求侧管理研究[D]. 北京交通大学, 2011.
- [36] 林杰. 配电设计项目风险管理分析[D]. 华北电力大学, 2013.
- [37] 彭建飞, 任岷, 王树锦. MATLAB 在电力系统仿真研究中的应用[J]. *计算机仿真*, 2005, 06: 193-196.
- [38] 谢小荣, 唐义良, 崔文进. MATLAB 在电力系统仿真中的应用[J]. *电工技术*, 2000, 09: 4-5.
- [39] 曾江华, 陈晓明, 金伟, 江万里, 李远青. MATLAB在电力系统仿真中的运用[J]. *人民长江*, 2006, 11: 41-42.
- [40] 闫洪林, 公茂法, 闫晓丽, 曹媛莉. 基于 MATLAB 的高压供电系统故障分析[J]. *电子质量*, 2012, 11: 25-28.
- [41] 蒋斌. 龙滩电站水库黔西南淹没区及其周围农业气候资源及灾害风险评价[J]. *贵州气象*, 2003, 27:34-40.
- [42] 李存斌, 王恪铖. 网络计划项目风险元传递解析模型研究[J]. *中国管理科学*, 2007, 15(3): 108-113.
- [43] 蒋海峰. 海外电站项目风险分析及其对策研究[J]. *项目管理技术*, 2009: 163-166.
- [44] 许万山, 李会敏. 浅谈工程项目的风险管理[J]*煤炭工程*, 2007, 8: 112-114.
- [45] 李中斌. 风险管理解读[M]. 石油工业出版社, 2000.
- [46] 李乐. 济宁高新区热力工程项目风险管理研究[D]. 山东大学, 2008.
- [47] 严军. 工程建设项目风险管理研究和实例分析[D]. 上海交通大学, 2008.
- [48] 潘丽萍. 工程项目风险管理应用研究[D]. 西安建筑科技大学, 2009.
- [49] 胡珍国, 郑绍羽, 程志. 工程项目风险管理[J]. *建筑技术开发*, 2005, 32(4):105-107.

致谢

犹如白驹过隙，两年的研究生生活转瞬即逝，两年间的学习和生活历历在目。在各位老师和同学的帮助下，使我在工程管理专业相关知识的学习和研究有了很大的提高。在此我由衷地感谢所有给过我关心及帮助的人。

首先，我要感谢我的导师王璇副教授，王老师有着渊博的管理科学专业知识，严谨的治学态度，诲人不倦的高尚师德，严以律己、宽以待人的崇高风尚，深深影响着我，使我树立了远大的学术目标。在论文的选题、框架确定、写作技巧等相关方面，王老师都提出了许多宝贵的意见，在她的悉心指导下我完成了毕业论文。在此，向我敬爱的导师致以深深的谢意。

其次，我要感谢北京化工大学经济管理学院各位老师，感谢老师们给我们带来的每一节精彩的课程，感谢辛春林教授，刘斌副教授，沈凤武副教授几位老师在论文开题和中期报告中给我提出的中肯意见，对我今后的论文创作和研究工作都有着重要的指导作用。

再次，我要感谢两年来一起面对困难、互相鼓励的同学们，特别感谢采俊玲和赏东东两位同学在论文方面给予我无私的帮助。

此外，感谢我的父母和妻子两年来对于我的理解和支持。

最后，衷心地感谢在百忙之中评阅论文的几位专家以及参加答辩的李健教授、王淑慧教授、姚水洪副教授、李海洪副教授以及刘学之副教授！

作者及导师简介

作者简介：

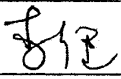
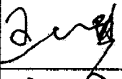
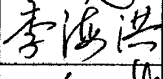
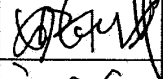
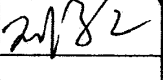
魏远赫（1988.08-），男，汉族，辽宁省沈阳市人，助理工程师。2011年毕业于沈阳农业大学信息与电气工程学院农业电气化与自动化专业，获得工学学士学位。2015年9月考入北京化工大学经济管理学院工程管理专业攻读专业硕士研究生。研究方向：项目管理。就职于北京京电电力工程设计有限公司。

导师简介：

王璇（1968-），女，副教授，现任北京化工大学经济管理学院运营管理系的系主任，研究方向为管理科学与工程、物流与供应链管理，一直从事科研与教学工作，在国内重要期刊发表了60余篇学术论文，具有丰富的工作经验。

北京化工大学

专业学位硕士研究生学位论文答辩委员会决议书

研究生姓名: <u>魏远赫</u> 学科名称: <u>工程管理</u>				
论文题目: <u>A 电力公司“煤改电”工程风险管理研究</u>				
学校导师姓名: <u>王璇</u> 职称: <u>副教授</u>				
企业导师姓名: <u>陈尚</u> 职称: <u>高级工程师</u>				
论文答辩日期: <u>2017.05.23</u> 地点: <u>化纤楼 511</u>				
论文答辩委员会成员				
姓名	职称	工作单位	本人签名	是否来自企业或工程部门
李键	教授	北京化工大学		否
王淑慧	教授	北京化工大学		否
李海洪	副教授	北京化工大学		否
姚水洪	副教授	北京化工大学		否
刘学之	副教授	北京化工大学		否

注: 此表用于存档, 除本人签名务必用钢笔填写外, 其余处必须用计算机打印。

答辩委员会对论文的评语（选题是否来源生产实际且具有明确的生产背景和应用价值、论文工作的技术难度和工作量；是否具备了解决工程实际问题的新思想、新方法；是否创造了经济效益和社会效益；是否具备了综合运用科学理论、研究方法和技术手段解决工程实践问题的能力，论文的不足之处）：

魏远赫同学的硕士毕业论文《A 电力公司“煤改电”工程风险管理研究》以国网 A 电力公司北京某区“煤改电”工程实施为例，从项目特点和风险特征的研究背景出发，对施工过程中出现的风险进行识别、分类，提出工程风险、存在的弱点、造成的影响，构建“煤改电”项目风险评价指标体系。通过 AHP 犯法对“煤改电”工程项目中的风险管理进行评估研究，提出控制策略，为其他地区“煤改电”工程或其他店里项目提供一些借鉴意义。

论文观点比较鲜明，论证层次比较清晰，论据比较充分，数据准确，资料比较详实，文献综述较为丰富。论文结构比较严谨，逻辑性较强，表达较为清晰。

为进一步完善论文，建议作者在一些论文格式规范方面出现的问题进行改进完善，使其更符合学术论文的规范性要求。

魏远赫同学做了一定的答辩准备工作，并在答辩过程中较好的回答了评委提出的问题。符合专业学位硕士毕业论文的要求。

同意授予魏远赫同学硕士学位。报院学位委员会讨论。

对学位论文水	优秀	良好	一般	较差
平的总体评价		√		

答辩委员会表决结果：

同意授予专业硕士学位 5 票，不同意授予专业硕士学位 0 票，

弃权 0 票。根据投票结果，答辩委员会做出建议授予该同学专业

硕士学位的决议。

答辩委员会主席签字：李健

2017 年 5 月 23 日