

文本复制检测报告单(全文标明引文)

№:ADBD2021R_2021072315351220210723154737311183023880

检测时间:2021-07-23 15:47:37

检测文献: 016

作者: 养方式

检测范围: 中国学术期刊网络出版总库

中国博士学位论文全文数据库/中国优秀硕士学位论文全文数据库

中国重要会议论文全文数据库

中国重要报纸全文数据库

中国专利全文数据库

图书资源

优先出版文献库

学术论文联合比文库

互联网资源(包含贴吧等论坛资源)

英文数据库(涵盖期刊、博硕、会议的英文数据以及德国Springer、英国Taylor&Francis 期刊数据库等)

港澳台学术文献库

互联网文档资源

源代码库

CNKI大成编客-原创作品库

个人比文库

时间范围: 1900-01-01至2021-07-23

检测结果

去除本人文献复制比: 8.3%

跨语言检测结果: 0%

去除引用文献复制比: 8.3%

总文字复制比: 8.3%

单篇最大文字复制比: 4.5% (严重灾害下特高压交直流电网全过程风险评估方法)

重复字数: [3054]

总段落数: [4]

总字数: [36846]

疑似段落数: [4]

单篇最大重复字数: [1657]

前部重合字数: [35]

疑似段落最大重合字数: [1447]

后部重合字数: [3019]

疑似段落最小重合字数: [62]



指 标: ☐ 疑似剽窃观点 ☒ 疑似剽窃文字表述 ☐ 疑似整体剽窃 ☐ 过度引用

表 格: 0

公 式: 没有公式

疑似文字的图片: 0

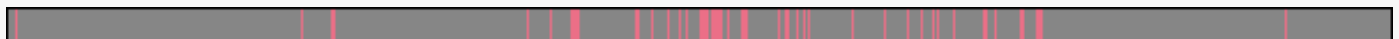
脚注与尾注: 0

1.3%(136) 1.3%(136) 016_第1部分 (总10075字)

15%(1447) 15%(1447) 016_第2部分 (总9661字)

14.3%(1409) 14.3%(1409) 016_第3部分 (总9872字)

0.9%(62) 0.9%(62) 016_第4部分 (总7238字)



(注释: 无问题部分 文字复制部分 引用部分)

1. 016_第1部分

总字数: 10075

相似文献列表

去除本人文献复制比: 1.3%(136)

文字复制比: 1.3%(136)

疑似剽窃观点: (0)

1	基于机器视觉的复杂环境下车道线检测方法研究 胡胜(导师: 黄妙华) - 《武汉理工大学硕士论文》 - 2018-05-01	0.7% (68) 是否引证: 否
2	1049721502325_胡胜_汽车工程学院_全日制学术性硕士_论文检测 胡胜 - 《学术论文联合比文库》 - 2018-03-28	0.7% (68) 是否引证: 否
3	1049721502325_胡胜_汽车工程学院_全日制学术型硕士_201806_最终版 胡胜 - 《学术论文联合比文库》 - 2018-05-25	0.7% (68) 是否引证: 否
4	1049721502325@胡胜@全日制学术硕士@汽车学院	0.7% (68)

	胡胜 - 《学术论文联合比对库》 - 2018-07-16	是否引证: 否
5	15-胡胜-基于机器视觉的复杂环境下车道线检测方法研究 胡胜 - 《学术论文联合比对库》 - 2018-03-14	0.7% (68) 是否引证: 否
6	胡胜_1049721502325 胡胜 - 《学术论文联合比对库》 - 2018-03-23	0.7% (68) 是否引证: 否
7	1049721502325_胡胜_15671629262 胡胜 - 《学术论文联合比对库》 - 2018-03-27	0.7% (68) 是否引证: 否
8	1049721502325_胡胜_汽车工程学院_全日制学术型硕士_完整版 胡胜 - 《学术论文联合比对库》 - 2018-05-23	0.7% (68) 是否引证: 否
9	基于机器视觉的复杂环境下车道线检测方法研究 - 道客巴巴 - 《互联网文档资源 (http://www.doc88.com)》 - 2019	0.7% (68) 是否引证: 否
10	5_张改改_基于深度学习的高效资源 张改改 - 《学术论文联合比对库》 - 2017-04-10	0.3% (34) 是否引证: 否
11	12207080750+李源+中路北方公司JH项目成本管理优化研究 李源 - 《学术论文联合比对库》 - 2014-04-10	0.3% (31) 是否引证: 否
12	aced2097_12207080750(李源)_论文外审._ - 《学术论文联合比对库》 - 2014-04-11	0.3% (31) 是否引证: 否
13	MBA2012秋 李源 论文 - 0517 李源 - 《学术论文联合比对库》 - 2014-05-26	0.3% (31) 是否引证: 否
14	城市洪涝灾害风险评估方法及其应用研究 罗海婉(导师: 黄国如) - 《华南理工大学硕士论文》 - 2020-04-20	0.3% (29) 是否引证: 否

原文内容

专业硕士学位论文油田电网风险评估指标体系及方法应用

Risk Evaluation Index System and Method
Application of Oilfield Power Grid

姓名

2021 年 8 月

国内图书分类号: 学校代码: 10079

国际图书分类号: 密级: 公开

工学硕士学位论文油田电网风险评估指标体系及方法应用

硕士研究生:

导师:

企业导师:

申请学位: 工程硕士

专业领域: 电气工程培养方式: 非全日制

所在学院: 电气与电子工程学院

答辩日期:

授予学位单位: 华北电力大学

Classified Index:

U.D.C:

Thesis for the Master Degree

Risk Evaluation Index System and Method

Application of Oilfield Power Grid

Candidate:

Supervisor: Prof.

School:

Date of Defence:

Degree-Conferring-Institution: North China Electric Power University

华北电力大学硕士学位论文原创性声明

本人郑重声明: 此处所提交的硕士学位论文《某油田电网风险评估指标体系

及方法应用》, 是本人在导师指导下, 在华北电力大学攻读硕士学位期间独立进行研究工作所取得的成果。据本人所知, 论文中除已注明部分外不包含他人已发表或撰写过的研究成果。对本文的研究工作做出重要贡献的个人和集体, 均已在文中以明确方式注明。本声明的法律结果将完全由本人承担。

作者签名: 日期: 年月日

华北电力大学硕士学位论文使用授权书

《某油田电网风险评估指标体系及方法应用》系本人在华北电力大学攻读硕士学位期间在导师指导下完成的硕士学位论文。本论文的研究成果归华北电力大学所有，本论文的研究内容不得以其它单位的名义发表。本人完全了解华北电力大学关于保存、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版本，同意学校将学位论文的全部或部分编入有关数据库进行检索，允许论文被查阅和借阅，学校可以为存在馆际合作关系的兄弟

高校用户提供文献传递服务和交换服务。本人授权华北电力大学，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、可以公布论文的全部或部分内容。

本学位论文属于（请在以上相应方框内打“√”）：

保密□，在年解密后适用本授权书

不保密□

作者签名： 日期： 年月日 导师签名： 日期： 年月日

摘要

某油田电网已经建成 40 年的时间，设备生命周期较长，给电网的安全稳定运行带来了一定的隐患。同时，随着我国电网发展迈向精益化管理的阶段，油田电网也面临着管理体系的改革。本文基于风险评估理论，对某油田电网的运行风险和管理风险进行了评估，并在此基础上提出了电网管理的完善措施，为其进一步电网技术改造和管理能力提升提供真实有效的科学依据。论文的研究工作包括：

首先，介绍了本文的研究背景和意义。针对国内外风险评估和管理方面的理论研究成果进行了梳理和总结，强调目前存在的问题，进而提出本文的研究内容，为全文奠定理论基础。

其次，对某油田电网的发展历史，运行现状和存在的问题进行了简要分析。某油田电网是 110kV 电网系统，包括魏岗地区和双江地区两个供电系统，均形成了环网供电模式，近年来发展速度较为缓慢。

再次，建立了电网风险评估指标体系和计算模型。将指标体系分为系统风险指标和管理风险指标，其中系统风险包括静态风险、故障风险和经济损失风险；管理风险包括技术、监督、人员指标等方面；给出了各个指标计算的方法，并基于模糊层次分析法对各个指标的权重进行计算，得到系统总的风险值。从故障选取、故障概率计算、控制策略以及恢复方法等多个阶段介绍了风险评估的整个流程。

然后，以某油田电网为例，分析了其在 N-1、N-2、N-K 故障下的系统风险，并基于调查问卷对管理风险进行了计算。结果表明，某油田电网在 N-1、N-2 故障下能够稳定的运行，N-K 故障下失负荷较多，抵御灾害的能力较弱。此外，油田电网存在技术风险、人员风险和管理风险。

最后，从设备层面、系统层面和管理层面，提出了优化某油田电网风险管理的措施，为其发展改革提供了一定的参考。

关键词：油田电网；风险评估；风险管理；指标体系

II

Abstract

An Oilfield Power Grid has been built for 40 years, and the equipment life cycle is long, which brings some hidden dangers to the safe and stable operation of the power grid. At the same time, with the development of China's power grid into the stage of lean management, oilfield power grid is also facing the reform of management system. Based on the risk assessment theory, this thesis evaluates the operation risk and management risk of the oilfield power grid, and puts forward the improvement measures of power grid management on this basis, so as to provide a real and effective scientific basis for the further technical transformation and management ability improvement of power grid. The research work includes:

Firstly, it introduces the research background and significance of this thesis. This thesis reviews and summarizes the theoretical research results of risk assessment and management at home and abroad, emphasizes the existing problems, and then puts forward the research content of this paper to lay a theoretical foundation for the full thesis.

Secondly, the development history, operation status and existing problems of the oilfield power grid are briefly analyzed. The oilfield power grid is a 110 kV power grid system, including two power supply systems in Weigang area and Shuangjiang area. Both of them have formed a ring network power supply mode, and the development speed is relatively slow in recent years.

Thirdly, the power grid risk assessment index system and calculation model are established. The index system is divided into system risk index and management risk index, in which system risk includes static risk, failure risk and economic loss risk; management risk includes technology, supervision, personnel index and so on; the calculation method of each index is given, and the weight of each index is calculated based on Fuzzy Analytic Hierarchy process to get the total risk value of the system. The whole process of risk assessment is introduced from the aspects of fault selection, fault probability calculation, control strategy and recovery method.

Then, taking the oilfield power grid as an example, the system risk under N-1, n-2 and n-k faults is analyzed, and the management risk is calculated based on the questionnaire. The results show that the oilfield power grid can operate stably under N-1 and n-2 faults,

III

and the loss of load is more under n-k fault, and the ability to resist disasters is weak. In addition, there are technical risk, personnel risk and management risk in oilfield power grid.

Finally, from the equipment level, system level and management level, the paper puts forward the measures to optimize the risk management of the oilfield power grid, which provides a certain reference for its development and reform.

Keywords: The Oilfield Power Grid; risk assessment; risk management; index system

IV

目录

摘要

.....	
..... I	
Abstract	
.....	
..... II	
目录	
.....	
..... IV	
第 1 章绪论	
.....	
..... 1	
1.1 研究背景与意义	1
.....	
1.2 国内外研究现状	2
.....	
1.2.1 电网风险评估研究现状	2
1.2.2 电网风险管理研究现状	4
1.2.3 研究现状评述	5
.....	
1.3 论文的主要工作和内容安排	6
第 2 章某油田电网基本情况	7
.....	
2.1 某油田电网的发展历史	7
.....	
2.2 某油田电网的运行现状	8
.....	
2.2.1 系统运行现状	8
.....	
2.2.2 设备运行现状	9
.....	
2.3 本章小结	12
第 3 章电网风险评估指标体系及计算模型	13
3.1 油田电网与常规电网的区别及重要特点分析	13
3.2 风险指标体系的总体思路和步骤	14
3.1.1 风险指标影响因素	15
3.1.2 风险指标体系的建立	15
3.1.3 基于模糊层次分析法的风险指标权重的计算方法	17
3.2 风险评估指标的量化方法	19
3.2.1 电网结构指标	19
3.2.2 静态安全水平	
.....	
V	
3.2.3 故障状态指标	20
3.2.4 经济损失指标	23

3.2.5	管理风险评估指标的量化	23
3.2.6	风险评估计算流程	
24		
3.3	风险计算初始故障的选取方法	24
3.4	连锁故障概率计算	
		26
3.4.1	线路故障模型	
		27
3.4.2	保护隐藏故障模型	
28		
3.4.3	连锁故障概率计算	
29		
3.5	故障后的控制策略及故障终止判定条件	30
3.6	本章小结	
		31
	第 4 章风险评估在油田电网的应用分析	32
	4.1 计算初始条件	
		32
	4.2 系统风险计算	
		32
	4.2.1 N-1 故障和 N-2 故障	
32		
	4.2.2 N-K 故障	
		34
	4.2.3 问题分析	
		35
	4.3 管理风险计算	
		38
	4.3.1 风险计算	
		38
	4.3.2 问题分析	
		39
	4.4 本章小结	
		40
	第 5 章河南油田电网完善风险管理的措施	41
	5.1 设备和系统层面	
		41
	5.1.1 规划设计方面	
		41
	5.1.2 调控运行层面	
		42
	5.1.3 配电网方面	
		43
	5.2 油田电网的三道防线建设	
44		
	5.2.1 油田电网的第一道防线	
	VI	
	5.2.2 油田电网的第二道防线	44
	5.2.3 油田电网的第三道防线	44
	5.2 管理层面	
		45
	5.3 本章小结	
		45
	第 6 章结论	
46		
	参考文献	
		47
	攻读硕士学位期间发表的论文及其他成果	51
	致谢	

第 1 章绪论

1.1 研究背景与意义油田电网,指的是提供给油田生产生活所需电能的各级电压电网。其中,包括配电网、输电网以及其中的各个变电所和发电厂。作为电力系统中十分关键的一个部分,油田电网具有其独特的特点,包括负荷密度较大、电能消耗量较多、对电能质量要求较高、对可靠性和安全性的要求较高等。所以,在电网进行扩建、改造和建设的整个过程中,必须慎重考虑油田在未来的一段时间内规模的变化情况,只有这样才能保障电网能够安全可靠运行,最大限度的提高经济效益。本文以某油田电网作为研究对象,该电网于 1972 年开始建造,并伴随着油田的发展而逐步扩张。

现阶段,该电网中具有 3 座额定电压为 110kV 的变电所,主变容量为 239000kVA,

具有 5 条额定电压为 110kV 的输电线路,线路长度达到了 170.67km,由南阳市电业局的 3 个 220kV 变电站为其供电。对于某油田电网而言,其可以划分为两个部分,

这两个部分是彼此独立的。一部分为双江区域,该部分为井楼、赵安、双河、下二门、古城、江河、王集等油田以及双河基地的居民提供生活及生产用电。另一部分为魏岗区域,该部分为魏岗油田的生产、炼化等提供生产所需电能,并且也为居民提供生活所需电能。随着油田电网的不断改造和发展,现阶段变电所间呈现出环网布局。然而,对于某油田而言,其开发的面积较小,在其不断发展的过程中,油水井经过了较为频繁的加密,生产措施也一直在逐步完善和变化,用电负荷呈现出逐年增长的趋势,并且其变化是没有规律而言的,这种不均衡的变化为电网的发展造成了很大的挑战。在这样的条件下,为了给线路分流,不得不多次增加变电所的主变容量,这种频繁的被动增容,使该地电网始终位于被动发展的状态,不利于电网的稳定经济运行。

随着经济的发展和人们生活质量的提高,生产生活所需的电能也日益上涨,如若电网出现重大事故,将会造成十分巨大的损失。纵观国内外曾经出现的重大电网事故,都给生活和生产带来了极为恶劣的影响。2003 年 8 月 14 日,美国五大湖地区出现了大面积停电,此次停电波及到多个区域和地区,涵盖了美国和加拿大的多

2 个州,此次事故使 5000 万人遭受波及;2005 年 5 月 23 日,俄罗斯的莫斯科及其附

近区域出现了大范围停电,由于用电负荷过大,过载保护动作,线路跳闸并产生了

一系列的连锁跳闸现象,最终导致了此次事故的发生,同时产生了高达 20 亿美元的经济损失;2011 年,智利也发生了一起重大电网事故,事故波及了圣地亚哥等多个地区,停电期间通信也因此中断,抢劫等扰乱治安的行为也在此时出现,严重影响了社会的稳定[

1-3];2008 年,我国南方发生了罕见的冰冻灾害,此次灾害使江苏、

湖北、江西、河南、浙江等多个省份大范围的发生停电,很多地区断电断水,并且对物流、交通等领域都带来了消极的影响,严重影响了人们的正常生产生活和社会经济。

随着电网的发展,电网之间的关联性也日益增强,因此,保障电网的稳定运行就更加重要。社会的发展给电网的安全性和稳定性提出了更高的要求,在电网建设和发展过程中,还需要对经济方面加以考量,使电网在保证稳定的同时所付出的控制代价最少,均衡经济效益和安全水平。基于此,本文以某油田电网作为研究对象,

评估其风险,发现其中的薄弱环节、进一步保障电网的安全和稳定,具有一定的实际意义,另外,相关理论成果也能够作为其他地区电网稳定运行的参考。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 电网风险评估研究现状回顾关于电力系统安全评估的相关研究,可以将其划分为三个不同的时期:确定性评估、概率性评估、风险评估[4-6]

。对于确定性评估而言,是在明确了电网的运行方式及其结构的条件下,通过设置故障来进行的安全评估方式,当发生预想故障时,如若电网依旧能够保持稳定运行状态,表明电网的安全性较高。对于这种评估电网安全的方式来说,其最大的问题在于并没有将一些发生概率较小但是后果较为严重的故障考虑在内,这样一来,评估的结果就不够准确。为了更加全面的评估电网的安全性,诞生了风险评估理论。本节中将阐述风险评估理论的内容,并对相关研究进行归纳。

(1) 风险评估理论简介对于电力系统风险评估而言,全面的对电网可能出现的各种不确定因素加以考

量,并且综合考量了事故发生的后果及几率。将失效时间的严重性乘以其概率,就可以得到风险指标的大小。另外,风险评估与 N-1 准则并不是矛盾的,而是更为科学的考虑风险。本文将风险评估同电网规划的常规方法结合起来,更加全面的保证电网的可靠性。

电力系统的风险评估,包括安全性和充裕性评估两个部分。对于安全性而言,

是指发生大扰动时系统的响应情况,所以要评估系统处于动态或暂态时的扰动及后果情况。而对于充裕性而言,是指约束条件及负荷需要系统能否满足,所以无需考虑动态和暂态情况。因此,相较于安全性评估而言,充裕性评估更简便,其应用范围也更广。但是系统在工作过程中时常会处于动态及暂态状态,所以在评估系统风险时仅仅进行充裕性评估是难以满足需要的。现阶段安全评估的应用仍然较少,将二者结合进行系统风险评估的研究也较少。

(2) 风险评估的研究历程航空航天、灾害预防等领域中最开始对风险评估进行了研究和应用,并于 20

世界末开始应用于电网领域。在评估电网风险时,分析了电网扰动造成后果的几率及严重程度。从评估对象的角度看,可以分为系统级和元件级风险评估两类,文献

[7]从元件级风险评估的角度对设备的风险评估进行了较为深入的研究,为后续研究奠定了基础。对于系统级而言,文献[8-10]从系统级风险评估的角度,探究了电网风险。随着新能源的发展,越来越多的学者开始对新能源并网给系统带来的风险展开研究,文献[11]从风电并网方式及其出力的角度,分析了系统的风险;文献[12]

给出了一种分布式电源并网后,系统出现故障的风险评估方法。另外,天气、灾害等因素也会引起系统故障,很多学者也对这种情况下的风险评估进行了研究,文献

[13]分析了山火给系统造成的影响,并给出了线路山火发生概率以及故障后果模型;

文献[14]分析了正常、恶劣以及特别恶劣天气情况下,系统的风险。还有一些学者对连锁故障情况下电网的风险进行了评估,文献[15]以特高压线路作为研究对象,

在自组织临界理论的基础上,探究了发生连锁故障时的风险;文献[16]将 OPA 模型同风险理论结合,对线路风险进行评估。

(3) 风险评估指标体系的建立

一些专家也针对电网风险评价指标进行了研究。文献[17]从风险指标、拓扑结 4

构脆弱性等五方面建立了风险评估指标体系。文献[18]和文献[19]从智能电网发展和建设的角度出发,给出了包含输电网及配电网结构安全、接入电源等七个角度的安全评价指标体系。文献[20]将技术、设备、结构风险三个角度应用于系统风险评估当中,发现在实际应用过程中,包含的指标过多,不利于推广和应用。

现阶段,在针对风险评价指标的研究中,大都忽略了负荷的社会属性。文献[21]

在选取系统故障时采用了蒙特卡洛法,分析了电压偏移和失负荷造成的后果,却没有对电网结构给系统造成的影响加以考量;文献[22]在分析故障的影响时,运用到了电气介数;文献[23]同样将电气介数运用在分析元件结构对系统影响当中,却没有对潮流变化造成的影响加以考量;文献[24]为了判断线路及节点的重要性,给出了功率介数的概念,却没有对负荷特性加以考量。文献[25]从现场管理、人员素养等角度建立起风险库,通过对系统安全风险的评估,有效提高了人员的安全意识,

完善了安全建设机制,大大提高了系统的安全性和可靠性。文献[26]对比了几种不同的风险评估方案,指出现代电力风险评估体系能够更加系统和全面的对电网风险进行评估,评估结果对有效降低电网风险,提高经济效益具有十分重要的意义。

(4) 风险评估算法现阶段,在进行电网风险评估决策过程中,层次分析法较为常用。文献[27]在进行评价时,用到了反熵权法,这种方法避免了主观的限制,在权重中包括主观和客观两个方面。对于模糊评价法而言,能够建立起评价指标和评价值之间的联系,

进而得到较为合理的评价结果,所以其应用也较多,文献[28]在对智能电网的风险进行评价时,用到了多层次模糊评价的方法;文献[29]为了评估电网的风险,基于模糊集构建起灾害评价的指标体系。

1.2.2 电网风险管理研究现状在风险管理逐步发展的过程中,风险点分析控制理论发挥了重要的作用,该理论指出事故是由于风险源引起的,并且是多重因素共同构成的连锁反应,事故的发生经历了风险因子、风险源、隐患以及事故这几个环节,对这些环节进行识别,能够有效把控系统风险,通过预防和控制有效避免事故的发生。

马一湘(2017)认为,电力企业应当重点关注电力安全管理问题,在日常管理过程中,对一些经常出现的问题进行分析,并总结出应对措施是十分有必要的,接着深入分析了供电企业在安全管理方面存在的问题,并针对上述问题提出了相应的 5

对策和建议[30]。刘海峰(2015)认为在国民经济的发展中,电能起到了不可替代的重要作用,指出电力系统的安全对我国经济、社会的发展具有十分重大的影响

[31]。孙晓翔(2014)认为供电企业具有涵盖专业较多、工作环境复杂的特点,如若不严格进行管控就会引起安全事故的发生,因此供电企业应当对安全管理的问题加以重视,进一步提高企业安全管理的质量和效率[32]。梁春林(2017)强调在电力行业飞速发展的同时,供电企业的安全性和电力系统的可靠性都面临着更加严格的标准,因此,电力企业务必要加强安全管理,进一步提高企业运行的安全性[33]。

徐秀丽(2017)在分析电力企业安全管理的过程中,运用到了层次分析法,通过对比分析风险源指标,从而给出较为科学合理的评价结果[34]。周沾白(2011)认为供电公司在进行安全生产风险管理时,应当从公司的实际情况出发,制定符合公司需求的安全生产 **风险评估体系,并对各类风险进行分类和梳理,建立起系统的风险**防控方案[35]。李荣(2015)指出对于供电公司而言,要想提高其风险管理的质量,

就需要在公司内营造出安全生产的环境和氛围,可以通过开设职工培训、明确划分岗位责任和义务、签订安全责任书等方法来实现[36]。江斌(2016)认为对供电企业而言,存在一些需要带电作业的现场,在这类现场中应当严格规范作业流程,并且加强监督,避免隐患和事故的发生[37]。葛长成(2010)对比了采用及不采用安全管理系统企业的绩效情况,在此基础上提出一种全生命周期管理方法[38]。

1.2.3 研究现状评述从风险评估的角度来看,目前国内外学者主要聚焦的领域是风险评估指标体系的建立,以及风险评估算法的建模。对于风险评估指标体系而言,大部分是针对电网设备和系统的安全性建立的,较少的考虑到电网管理方面的指标;对于风险评估算法,包括针对指标体系的权重计算和风险评估过程计算。对于权重计算,常见的方法包括层次分析法、模糊层次分析法、熵权法等等,各种方法都有各自的优缺点,

需要结合实际情况采用;对于风险评估过程,大多数文献针对的是模拟系统,采用蒙特卡罗法进行故障模拟,然后进行评估;而本文针对的是实际电网,某油田电网已经运行多年,有着丰富的电网运行数据,因此可以省略模拟过程,直接采用历史数据进行后评估。

从风险管理的角度来看,现阶段针对供电企业的安全管理的研究仍不够深入,

大部分为理论研究,实证研究较为薄弱。所以,在上述理论的基础上,切实提高供电企业的安全性,建立起系统而全面的安全生产管理体系是具有实际价值和发展空 6

间的课题。在研究供电企业的安全生产风险管理时,某油田电网存在很多亟待解决的问题,营造安全防范的理念,建立健全安全风险管理体系是十分必要的。

1.3 论文的主要工作和内容安排 **本文共分为六章,内容安排如下:**

第一章,介绍了本文的研究背景和意义。针对国内外风险评估和管理方面的理论研究成果进行了梳理和总结,强调目前存在的问题,进而提出本文的研究内容,为全文奠定理论基础。

第二章,对某油田电网的发展历史,运行现状和存在的问题进行了简要分析。

第三章,建立了电网风险评估指标体系和计算模型。将指标体系分为系统风险

指标和管理风险指标,其中系统风险包括静态风险、故障风险和经济损失风险;管理风险包括技术、监督、人员指标等方面;给出了各个指标计算的方法,并基于模糊层次分析法对各个指标的权重进行计算,得到系统总的风险值。从故障选取、故

障概率计算、控制策略以及恢复方法等多个阶段介绍了风险评估的整个流程。

第四章，以某油田电网为例，分析了其在 N-1、N-2、N-K 故障下的系统风险，并基于调查问卷对管理风险进行了计算。

第五章，从设备层面、系统层面和管理层面，提出了优化某油田电网风险管理的措施，为其发展改革提供了一定的参考。

第六章，对全文进行了总结和展望。 7

第 2 章某油田电网基本情况

2.1 某油田电网的发展历史油田电网，指的是提供给油田生产生活所需电能的各级电压电网。其中，包括配电网、输电网以及其中的各个变电所和发电厂。作为电力系统中十分关键的一个部分，油田电网具有其独特的特点，包括负荷密度较大、电能消耗量较多、对电能质量要求较高、对可靠性和安全性的要求较高等。所以，在电网进行扩建、改造和建设的整个过程中，必须慎重考虑油田在未来的一段时间内规模的变化情况，只有这样才能保障电网能够安全可靠运行，最大限度的提高经济效益。

本文以某油田电网作为研究对象，该电网于 1972 年开始建造，并伴随着油田的发展而逐步扩张。现阶段，该电网中具有 3 座额定电压为 110kV 的变电所，主变容量为 239000kVA，具有 5 条额定电压为 110kV 的输电线路，线路长度达到了 170.67km，由该地市电业局的 3 个 220kV 变电站为其供电。其中，包括 4 座 35kV 变电站，主变容量为 80000kVA，2 座 35kV 开关站。变压器数量超过 1400，输配电线路达到 600km。

某油田电网的发展，可以划分为以下几个时期：

(1)第一个时期为 1975-1985 年，在这一时期内，在电网建设先行的指导下，与当时的油田建设相结合，建成了 3 条 110kV 的线路，分别为遮(山)-魏(岗)、青(台)-江(河)以及魏(岗)-江(河)、此时电网的电能由双电源提供，设有 110kV、35kV 的变电站各 2 座，并且有 3 座向地方转供的变电站，构成了后期油田电网发展的基本框架。

(2)第二个时期为 1986—1995 年，在此时期，某油田电网快速发展，陆续开发了 3 个稀油油田和 2 个稠油油田，由于此时的油田规模较小，并且不够集中，所以都采用 35kV 直配进行供电。随着负荷的不断增长，对电网中一些变电站也进行了主变的增容和改造，自 1989 年到 1995 年，不断的扩建变电所和输电线路，油田电网的规模逐步扩张。

(3)第三个时期为 1996—至今，随着电网技术的不断提高，某油田电网也不断 8

优化和升级，其安全性和灵活性也进一步增强。然而，油田电网中的一些设备也出现了很多问题，一些过渡性设备或淘汰的设备削弱了电网的可靠性。另外，负荷的不均衡发展也影响了其可靠性。“九五”期间，某油田电网通过技术的优化，完成了一系列的升级和改造，这些改造让电网的灵活性和可靠性进一步加强。

2. 016_第2部分		总字数：9661
相似文献列表		
去除本人文献复制比：15%(1447)文字复制比：15%(1447)疑似剽窃观点：(0)		
1	266 - 《学术论文联合比对库》- 2018-01-04	12.7% (1231) 是否引证：否
2	龙日尚_严重灾害下特高压交直流电网全过程风险评估方法 龙日尚 - 《学术论文联合比对库》- 2017-11-23	11.7% (1127) 是否引证：否
3	严重灾害下特高压交直流电网全过程风险评估方法 龙日尚(导师：张建华) - 《华北电力大学(北京)硕士论文》- 2018-03-01	7.2% (694) 是否引证：否
4	何平-曹建彤-2014120476-13810138636-基于G公司专线维护业务的风险管理研究(1) 基于G公司专线维护业务的风险管理研究 - 《学术论文联合比对库》- 2019-03-22	0.5% (51) 是否引证：否
5	何平-曹建彤-2014120476-13810138636-基于G公司专线维护项目的风险管理研究(送审稿) 02 基于G公司专线维护项目的风险管理研究 - 《学术论文联合比对库》- 2019-04-08	0.5% (51) 是否引证：否
6	10608986261116268_11111111_基于G公司专线维护业务的风险管理研究 基于G公司专线维护业务的风险管理研究 - 《学术论文联合比对库》- 2019-03-22	0.5% (51) 是否引证：否
7	18650_王剑峰_专线维护业务风险管理 王剑峰 - 《学术论文联合比对库》- 2019-03-24	0.5% (51) 是否引证：否
8	S185452511069_何平_基于G公司专线维护业务的风险管理研究 何平 - 《学术论文联合比对库》- 2019-03-19	0.5% (51) 是否引证：否
9	20140302034t+潘立页+建筑工业化政策绩效水平研究 - 《学术论文联合比对库》- 2017-04-18	0.3% (33) 是否引证：否
10	基于演习大数据的部队作战能力评估框架及方法研究 尹成祥 - 《学术论文联合比对库》- 2018-03-28	0.3% (33) 是否引证：否
原文内容		

2.2.1 系统运行现状某油田电网一次系统图如图 2-1 所示。

图 2-1 某油田电网一次系统接线图系统图 2.1 描述了某油田电网的联络情况。其中包括：

(1) 110kV 变电站：魏岗变电站（魏变）、江河变电站（江变）、五里岗变电站（五变）。

(2) 35kV 变电站：乔庄变电站（乔变）、双河变电站（双变）、下二门变电站

（下变）、北郊变电站（北变）、恒山变电站（恒变）、炼油厂变电站（炼厂变）。

(3) 35kV 开关站：王集开关站、古城开关站、李庄开关站（箱式）。

(4) 10kV 开关站：广场开闭所。 9

其中，魏变带北变、恒变、炼厂变，为一个系统；江变可带乔变，古城，双变，

王集，下二门；五变可带双变、王集、下二门；江变与五变可通过里江线（110kV）

联络，将江变电源与五变电源合环，进而不停电将 35kV 站倒负荷；乔变与古城可由古乔线互带；北变和恒变由北恒线互带；麒麟变、唐河变、青台变、贤能变为上级 220kV 变电站；李庄另一电源为地方电源，由 35kV 文管线 T 接引得。

各站变压器的主要情况如表 2-1 所示：

表 2-1 各站变压器情况厂站主变型号厂站主变型号魏变

1# SSZ11-31500/110

江变

1# SFSZ8-31500/110

2# SFSZ7-25000/110 2# SFSZ7-31500/110

3# SFSZ7-31500/110

五变

1# SFSZ7-31500/110

下变

1# SZ11-16000/35

2# SFSZ7-31500/110 2# SZ11-16000/35

双变

1# SZ11-16000/35

乔变

1# SZ10-6300/35/10.5

2# SZ11-16000/35 2# SZ10-6300/35/10.5

2.2.2 设备运行现状目前，某油田电网的设备运行年限均已超过 10 年，除 2010 年投运了一批最新的设备外，大部分设备的运行年限都超过了 20 年，设备老化现象较为严重。同时，

某油田电网所采购的设备厂家均为国内厂家，设备品质较差，故障率较高。在近几年的计划停电检修中，2018 年遇到 30 处问题（包含一次问题 14 处，二次问题 16

处），2019 年共遇到 51 处问题（包括一次问题 25 处，二次问题 26 处），设备故障率逐年提高。

现将 2019 年设备检修记录列举如下：

表 2-2 2019 年油田电网检修问题记录变电站发现问题

51 处

51 处一次问题二次问题 10

25 处 26 处

五里岗 11 处 8 处 3 处江变 14 处 5 处 9 处双变 4 处 1 处 3 处下二门 8 处 5 处 3 处乔变 7 处 3 处 4 处王集 7 处 3 处 4 处具体问题如下：

(1) 江变：共 14 处问题

1、1#PT 二次引线破损

2、PT331B 绝缘不合格，已经处理中相 PT

3、里江信号（压力低）不会报警

4、整个网络不通，已经处理。

5、江古储能空开损坏

6、35kV 消弧变不能调档齿轮卡死

7、蛇形管更换。

8、里江 II 乙刀气室漏气

9、35kV 站用变直阻超

10、1#主变屏接地

11、350 分闸弹簧三角铁脱落

12、605 控制回路断线

13、604 恒星保护模块黑屏

14、35kV 消弧变控制器更换处理。

(2) 五里岗：共 11 处问题西干线梅花触头弹簧损坏电容 642C 相 8#电容渗油

2#电容 642 串联电抗器缺油

1#电容 641 串联电抗器缺油

1#电容 641 串联电抗器 A 相进线电缆发热 11

南干 684 开关手车推不进去卡涩

6kVII 段 PT632 位置与后台不对应

I 段母容 633 更换电容鼓肚青里 II 电缆室漏气里江 1 乙刀分合不到位

35kV 消弧变控制器更换。

(3) 双变: 共 4 处问题

1、601 甲刀五防闭锁故障

2、王西线甲刀五防闭锁故障

3、6kV 母联 600 甲刀 C 相动触头脱落

4、5#注水电机分闸线圈烧毁

(4) 乔变: 共 7 处问题

1、站用变低压侧 B 相漏油

2、1#主变 301B 相开关绝缘不合格

3、350 开关机构电流端子损坏江乔 2 开关机构电流端子损坏

电容 342 B 相避雷器计数器损坏PT331 中相绝缘不合格, 等供应站备件回来。

球磨机 1015 开关手车驱动单元模块故障。

(5) 下二门: 共 8 处问题。

1、旁路 604 刀闸腐蚀严重,

2、6kV 消弧变进线刀闸腐蚀严重。

3、634 母容 C 相鼓肚渗油。

4、PT632 C 相高压尾接地线断线。

5、6kV 消弧变电机不转动。

6、35kV II 段计量电压欠压继电器损坏。

7、备用 671 分闸指示灯坏。

8、消弧变 662 分闸指示灯坏。 12

(6) 王集共 7 处:

1、江王 2 分闸线圈吸合无力导致无法分闸。

2、电容 342 避雷器中相绝缘不合格。

3、305 跳闸线圈烧毁。

4、王南线机构箱合闸按钮故障

5、王西旁刀机构箱电机烧毁。

6、305 模块故障。

7、电容 342 个别电容不合格。

进一步分析故障类型, 发现故障的设备几乎包括了全站, 主变、开关、PT、CT、

保护设备无一例外。这说明油田电网的设备安全问题亟待解决。

2.3 本章小结本章对某油田电网的发展历史、运行现状和存在的部分问题进行了梳理和总结, 可以发现, 由于油田电网已经发展了近 40 年的时间, 第一批投运的设备和场站已经老化较为严重, 电网面临着一次较大的技术改造和大修调整。由于设备运行周期较长, 电网运行的可靠性也存在一定的隐患, 出现风险的可能性也比较大。因此, 需要针对某油田电网的运行现状, 展开科学有效的风险评估, 为其进一步改造提供真实有效的科学依据。 13

第 3 章电网风险评估指标体系及计算模型

通过电网风险评估, 能够为运行人员提供电网运行方面的指标, 帮助其增强对电网的了解, 因此能够准确、系统的对电网整体状况进行评估的指标是十分重要的。

过去通常采用功角动态稳定、电压静态稳定等单一的指标来衡量电网运行情况, 然而电网在实际运行过程中是十分复杂的, 使用单一的指标无法全面、系统的展示电网整体风险状况, 所以亟需构建起科学、系统的风险评估指标体系。该体系中的各项指标应当是彼此联系, 相互补充的, 从不同的角度对电网的风险加以评估。

3.1 油田电网与常规电网的区别及重要特点分析对于油田电网的特殊性进行深入分析, 从而在建立相关风险评估方法及指标体系时, 也应该给予一定的参考。

(1) I 类负荷相对于普通电网占比更高油田电力系统用电负荷中, 94.56%为炼化、原油生产负荷(I、II 类负荷), 5.44%

为生活负荷(III 类负荷)。通常对电力系统影响较小的瞬时性故障, 也会对炼化、

原油生产带来较大影响。与地方电力系统相比, 炼化工艺、原油生产的特殊性对油田电网的供电可靠性、稳定性提出了很高的要求。

(2) 油田电网的负荷多为感应电机类负荷, 无功负荷大, 启停时间较长油田电网中的工业负荷较多, 且多为感应电机类负荷, 因此在发生故障时, 即便采用了重合闸装置并且重合成功, 油井电机也会停运, 而油井多在偏远野外, 停运后即使线路有电也不能立即启动, 造成较大的负荷损失。因此, 油田电网为了保证供电可靠性, 均采取双电源供电, 且在电网发生单相接地故障时, 在未发现故障点之前, 线路不允许停电, 以免影响到更多正常电机负荷的运行。

从以上两个特点可以发现, 油田电网的供电负荷具有鲜明的特点。在制定风险评估指标时, 需要充分考虑负荷损失这一指标, 同时应该注意其计算方法, 即在瞬时停电到机组启动前, 其负荷损失并不是线性增长的。

(3) 单一线路辐射过长, 供电半径大由于产能建设的不确定性, 造成了线路结构不合理。目标油田油井线路历经 14 年的滚动式发展, 虽经过网络优化, 目前单条油井配电线路平均长度为 9.85 公里, 最长的线路达 60 余公里, 致使线路故障率高, 供电可靠性低。一旦故障停电, 巡线时间很长, 影响原油生产范围大。从油田电网的这一特点可以看出, 对电网的网络结构风险进行分析十分必要。

在后续建立风险指标时, 要对这一类型的指标进行重点关注。

3.2 风险指标体系的总体思路和步骤电网实际运行过程是非常复杂的, 使用单一指标无法全面、系统的展现电网整体风险

状况，所以亟需构建起科学、系统的风险评估指标体系。采用单一指标来对电网风险状况进行评估时，往往不够全面，结果也不够准确，而利用指标体系对电网风险进行评估时，评估的结果可以更好的反映出电网的整体情况。图 3-1 中给出了构建风险指标体系的思路[39-40]：

确定被评估对象 风险因素分析 风险分类 确定风险指标 构建指标体系 图 3-1 风险评估指标体系构建思路

(1) 构建风险评估 指标体系过程中，第一步是明确评估的对象，针对出现故障后对系统造成的影响，评估的对象可以分成系统级和元件级两种。

(2) 接着，应当分析电网中的各风险因素。风险因素随着评估对象的不同而有所差别。在分析风险因素的基础上，对风险的类别加以区分。

(3) 在明确了评估对象以及风险因素以后，就可以得到风险指标。

(4) 最后，将评估的对象及指标同各类风险因素相结合，进而得到评估指标体系。 15

3.1.1 风险指标影响因素根据文献调研结果和实际工作经验，下面列举风险指标建立的主要影响因素 [40-42]：

电网风险因素
外部环境影响电力设备故障
管理存在缺陷

N-K
N-1或N-2
N-1或N-2
图 3-2 电网风险因素分类

(1) 外部环境影响。

环境、天气等外部环境的破坏是导致设备出现故障的一项重要因素。

(2) 电力设备故障。

在电网中设备出现故障往往会引起一系列的问题，设备故障的出现，一部分是自然环境造成的，另一部分是其在运行过程中出现的。设备出现故障后，可能导致其退运行，还有可能引起一系列连锁故障反应，对电网造成极为恶劣的影响。

(3) 管理存在不足。

电网在运行过程中，管理是十分必要的，不恰当的管理方式也会给电网带来一定的风险。

3.1.2 风险指标体系的建立通过分析电网的风险因素，参考油田电网特点、电网公司实际运营情况等，建立起了包含 管理风险指标、电网结构风险指标、经济风险指标、电网运行安全风险指标、 电网设备风险指标的风险评价指标体系[41-44]。

对于管理风险指标而言，是基于企业管理情况而进行评价的一种风险指标。对于结构风险指标而言，其中包含一些关键线路的脆弱性、风险等指标。对于经济风险指标而言，是同经济有关的指标。对于电网安全风险而言，包括静态和动态安全 16 风险两个部分，其中前者包含潮流分布、线路长度等指标；后者包含功角、频率、电压失稳风险指标等。对于设备风险指标而言，是针对设备定义的，例如母线、变压器、线路等风险指标。

通常情况下，大部分论文中只针对运行风险和结构风险进行统计分析，较少的文献也会考虑到经济风险指标（通常是建设期或者待规划的电网），而对于管理方面的指标体系建立较为薄弱[45-50]。这也是本文需要解决的一个关键问题。鉴于某油

田电网已经是运行多年的电网，本文建立的风险评估指标体系包括系统风险和管理风险。

由于油田电网的负荷特性与常规电网差异明显，且网络结构存在一定的问题，

在分析系统的风险时，应当合理的选择用于评估风险的指标，指标需要反映出电网结构上的薄弱，还要使事故的严重性得到呈现。本文中建立的风险评估体系，选取风险指标和静态 指标作为一级指标，并选取事故后果、电网结构、静态安全水平、动态及暂态过程作为二级指标。表 3-1 中给出了各级指标。

表 3-1 风险评估指标体系

一级指标二级指标三级指标静态指标 X

电网结构 X1
线路平均长度 X11
网络平均介数 X12
网络平均度数 X13
静态安全水平 X2 潮流分布 X21

风险指标 Y
暂态过程 Y1
低电压风险 Y11
机组功角差风险 Y12
系统频率风险 Y13
动态过程 Y2 阻尼比风险 Y21
事故后果 Y3 停电损失 Y31

值得注意的是，对于风险指标而言，风险值应当为计算值与其概率之积；对于静态指标而言，则无需考虑概率的问题。从监督、技术、组织和人员四个方面给出了表 3-2 中的管理风险指标体系。

表 3-2 管理风险指标体系

一级指标二级指标 17
管理风险 A 组织情况 A1
管理制度 A2
岗位责任制 A3
事故报告处理 A4

– 12 –

$\frac{ax}{x, m}$
 \ln

x 分别为最大最小值； q_y 是归一化后的指标矩阵中第 q 列元素； Q 是所有指标数。

对于某些指标而言，其数值大小同风险情况呈负相关，因此针对这些指标取倒数后，再采用公式 (3-2) 和 (3-3) 来计算。

将指标的模糊值定义如下：

\ln / \ln

Q

$q \ q \ q$

q

$H \ y \ y \ Q \quad (3-4)$

式中， q_H 代表的是第 q 个指标的模糊值。

可以通过下式求出第 q 个指标的模糊权重：

Q

$q \ q \ q$

q

$H \ Q \ H \quad (3-5)$

式中， q 代表的是第 q 个指标的模糊权重。

将指标值同模糊权重值以及系统故障概率做乘积，就可以得到各类风险的指标

值：

$q \ q \ q$

$S \ xE \quad (3-6)$

式中， q_S 代表的是第 q 个指标的最终风险值。

3.2 风险评估指标的量化方法接下来将对系统风险指标和管理风险指标进行量化分析。

3.2.1 电网结构指标对于油田电网而言，电网结构指标可以更好的评估配电网供电半径过长等问题。选取线路的平均长度、节点度数和介数来表征其拓扑结构特征，这些参数也叫

做网络结构特征量[

56-60]。这些参数能够表征网络的稳定性，并且还能反映出潮流分布的路径。

1) 线路平均长度

任两节点间最短路径长度的平均值是线路的平均长度，即

K

$i \ j$

$i \ j$

$L \ d$

$N \ N \quad (3-7)$

式中： i

j

d 是节点 i 和 j 间最短路径长度； N 为节点数； K 是边数。通常情况下，其大小同线路长度成正比，其值越小，系统越可靠。

2) 平均度数与介数

对于节点 i 而言，与其连接的边数量的总和就是这一节点的度数，而通过这一

节点的最短路径数量称为介数。输电网中，介数就是经过节点 i 的电源和负荷之间最短路径的数量。一个节点的重要性随其度数和介数增大而变大。对全部节点进行计算，再求平均值，就可以得到网络的平均度数和介数，这一数值越大，代表系统越坚强。

3.2.2 静态安全水平如果油田电网的结构不合理，会给线路热稳定性和系统潮流带来重要的影响。

将输电线路热稳定条件下可以通过的极限输电容量

ax

$S \ (MW)$ 求和，再与线路的

总回数 K 做除法，就可以得到这一指标：

$\max \ 1$

K

k

k

S

P

$K \quad (3-8)$

通过对这一指标的改善和调整，有利于系统中潮流更加均匀的分布。在实际电网运行过程中，由于电网结构以及运行方式的改变，使该指标具有不确定的特点。

该指标的值越大，代表系统输送电力热稳定的裕度也越大，电网的稳定性和可靠性就越强。

3.2.3 故障状态指标对于故障指标而言，油田电网和普通电网所采取的指标较为类似，本文从电压、

功角、频率、阻尼比几个角度进行分析。但是需要注意的是,由于油田电网的 I 类负荷占比较高,因此对于供电稳定性和电能质量要求较高,因此本文所采取的指标数值也更加严格。 21

1) 低电压严重度

图 3-4 中分别给出了离散型和连续型的低电压严重度的函数图像。 0 1 0.95

电压值/pu

严重度 0.95 1 0 1

电压值/pu

严重度图 3-4 低电压严重度函数左图是离散型,由图可知,当系统电压小于等于 0.95pu 时,严重度均为 1,而大于该阈值时,严重度是 0。而在右图连续型中,系统电压从某一值开始降低时,

严重度线性上升,在 0.95pu 时,恰为 1。由于电压变化的连续型,采用如下连续型函数:

() 20 20k

k

s U U (3-9)

式中: ()ks U 即为严重度;

k

U 是系统中第 k 条母线的电压, 0 1kU 。

整个系统的电压严重度可由每条线路的严重度经如下 (3-10) 式求得。计算结束后,BPA 稳定程序能够对各条线路的电压自动统计。

1 2 max

() () ()u

u

S U S U S U (3-10)

式中: u1 、 u 2

是严重度系数; S(U) 为电压平均严重度; m

ax

S(U) 为电压最大严重度。

2) 机组功角差严重度

机组功角差的临界点一般取 90。图 3-5 中给出了离散型和连续型机组功角风险函数。 90

功角/(°) 90

严重度1 0 85

功角/(°) 1 0

严重度 22

图 3-5 机组功角差严重度函数本文采用如下连续型函数: 0, 0 85 () 0.20 17, 85 360

p

p

p p

s (3-11)

式中: p 是第 p 个功角差值; ()

p

s 为其严重度 。

基于各系统的功角差,能够得到系统的功角差严重度函数:

1 2 max

S() S() S() (3-12)

式中: 1 , 2

为功角差严重度权重系数; S() 为功角差平均严重度; m

ax

S() 为功角差最大严重度。

3) 频率严重度

一般而言,系统频率是唯一的,所以频率严重度函数值也是唯一的。图 3-3 中同样给出了离散型和连续型函数。当系统的频率等于 50Hz 时,风险大小为 0,偏离 0.5Hz 时一定程度时,风险大小为 1。 0 1 50

频率/Hz

严重度1 49.5049.5 50

频率/Hz

严重度图 3-6 频率严重度函数

本文采用如下连续型函数:

S(f) 2x 100 (3-13)

式中: S(f)为系统频率风险严重度函数, f 是系统频率,且 0Hzf50Hz。

4) 阻尼比严重度

《电力系统安全导则》中指出[

19-20]: 正常运行过程中,发生区域振荡模式或与

主要大电厂、大机组强相关的振荡模式时,阻尼比应该高于 0.03;发生故障时,

系统阻尼比应不低于0.01 ~ 0.02 。
本文认为，当阻尼比 的大小等于 0.03 时，严重度的值是 0；当 等于 0.02 时， 23
严重度的值是 1。
0, 0.03()100 3, 0.03S (3-14)
3.2.4 经济损失指标不同负荷的重要性有所差异，因此可以划分成不可中断负荷以及可中断负荷。
对于油田电网而言，大部分负荷为不可中断负荷，一旦发生停电，即便重合闸投入，
也会导致机组重启时负荷一直处于损失状态。对于可中断负荷，一般是厂内用电，
居民用电等等。
当出现故障后，容易影响对负荷的正常供电，对这种条件下的停电损失求和，
就可以计算出停电损失函数：，，
()1
k s k nd c k nd
nd ND k K
S W d B d C (3-15)
式中：ND 为事故总阶段数；sdk,ndB 是事故阶段 nd 中第 k 条母线在可供电中断负荷损失量（MWh）×其单位停电损失
(元/(MWh))， cdk,ndC 是不可中断供电负荷经济
损失； kW 是负荷重要程度的权重因子（0<
k
W <1）；1S 是总经济损失，单位元。

指 标
疑似剽窃文字表述
1. 二级指标。表 3-1 中给出了各级指标。 表 3-1 风险评估指标体系 一级指标二级指标三级指标静态指标 X 电网结构 X1 线路平均长度 X11 网络平均介数 X12 网络平均度数 X13 静态安全水平 X2 潮流分布 X21 风险指标 Y 暂态过程 Y1 低电压风险 Y11 机组功角差风险 Y12 系统频率风险 Y13 动态过程 Y2 阻尼比风险 Y21 事故后果 Y3 停电损失 2. 指标的值越大，代表系统输送电力热稳定的裕度也越大，电网的稳定性和可靠性就越强。 3.2.3 故障状态指标对于故障指标而言， 3. 电压严重度的函数图像。 0 1 0.95 电压值/pu 严重度 0.95 1 0 1 电压值/pu 严重度图 3-4 低电压严重度函数 4. 本文认为，当阻尼比 的大小等于 0.03 时，严重度的值是 0；当 等于 0.02 时， 23 严重度的值是 1。

3. 016_第3部分			总字数：9872
相似文献列表			
去除本人文献复制比：14.3%(1409)		文字复制比：14.3%(1409)	疑似剽窃观点：(0)
1	严重灾害下特高压交直流电网全过程风险评估方法 龙日尚(导师：张建华) - 《华北电力大学(北京) 硕士论文》 - 2018-03-01	9.8% (963) 是否引证：否	
2	严重灾害下特高压交直流电网风险评估方法 龙日尚;张建华;蒙园;谭涛;胡浩;刘阳; - 《电网技术》 - 2017-01-13 1	4.4% (439) 是否引证：否	
3	徐州供电公司安全生产风险管理研究 陆信楠(导师：尚梅;杨睿) - 《西安科技大学硕士论文》 - 2018-12-01	1.7% (163) 是否引证：否	

3.2.5 管理风险评估指标的量化针对管理风险（即对象为人员）的模糊综合评估步骤如下：

（1）管理风险模糊综合评价模型：

对于一级评价指标层而言，其集合为： $U=\{A, B, C, D, E\}$

其中 A、B、C、D 分别代表组织、技术、人员以及监督风险。各自的评价指标

集分别为 $U_A=\{A_1, A_2, A_3, A_4\}$ 、 $U_B=\{B_1, B_2, B_3, B_4\}$ 、 $U_C=\{C_1, C_2, C_3, C_4\}$ 、

$U_D=\{D_1, D_2, D_3, D_4\}$ 。

（2）确定评语等级论域 V ， $v=\{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ ：

评语等级 V 为评价主体对评价目标的总体评估结果的集合，

本文将供电公司安全生产风险评语等级 V 定义为： $V=\{\text{很大, 较大, 一般, 较小, 无风险}\}$ ；设计调查问卷，选取供电公司的 300 名干部职工作为调研对象，其中技术及管理人员、一线职工各占比 50%，问卷发放数量为 300，有效问卷回收数量为 290，有效率为 96.7%，问卷中 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 分分别代表很大、较大、一般、较小、无风险，并对对问卷结果进行统计和分析。 24

（3）计算模糊层次权重同元件和系统计算方法。

（4）计算综合风险。

同元件和系统计算方法。

3.2.6 风险评估计算流程

（1）确定元件停运概率模型在整个电网当中，存在各种类型的元件，不同的元件在出现故障后，其特点也有所差异。系统的故障通常是由元件故障引发的，所以在评估系统风险的过程中，

明确元件故障模型是十分必要的，该模型也对系统故障发生的概率起到至关重要的作用。

（2）选择系统状态并计算概率接着，要对系统故障集进行筛选，并求出其概率。现阶段，一般是由蒙特卡洛模拟法和状态枚举法来求出系统失效的状态概率。前者通常用于系统规模大、严重故障多、运行复杂的系统。后者往往用在系统工况简单、规模小的系统中。

（3）故障后控制策略和故障判定终止条件通过仿真，来明确当故障发生以后，保护装置的控制策略，并对故障终止条件进行设置，保证将事故限制在最小范围内。

（4）故障恢复方法在故障恢复的过程中，要对系统的安全约束情况加以分析，避免该阶段又出现其他故障。另外，还要统计该阶段系统负荷的损失情况，以便于求出灾害后风险损失。

（5）计算风险指标科学的选取风险指标，能够对系统风险进行更加合理的评估，并据此给出相应的控制策略。

3.3 风险计算初始故障的选取方法在建立系统故障分析评估模型的过程中，首先要对初始故障进行选择。针对自然灾害频发的部分，要结合该地区历史数据进行分析；对于系统中十分重要的线路、

中枢点等部分，这些区域出现故障往往会造成大规模系统事故；此外，容易出现故障的部分也要重点考虑在内。本文中，选取这一类重要程度高、容易发生故障的元件作为关键元件，在初始故障选择时，要对这些关键元件和容易出现灾害的部分重点加以考量。 25

接下来，阐述判断系统关键线路的方法。

（1）线路正常情况下的故障概率线路故障概率 $10P$ 与其所处的环境、使用时间等有关。当具有可供参考的数据库时，可以通过数据库来判断 $10P$ 值的大小；反之，在忽略环境带来的影响时，则可以通过以下方式，来确定 $10P$ 的值： 0 0 0 0 0

$$\begin{aligned} & 1 \quad 1 \\ & 1 \\ & 1 \quad 1 \\ & L \quad t \\ & P \\ & T \quad L \quad (3-16) \end{aligned}$$

式中， $10t$ 为线路投运的年限， $1 \quad 0$

L 是线路长度， $10T$ 代表线路最大投运年限， $10L$ 是系统中所有线路长度之和。

（2）线路潮流与所有线路潮流和的比值定义其为 $10W$ ： 0 0 0

$$\begin{aligned} & 1 \\ & 1 \\ & 1 \\ & P \\ & W \\ & P \quad (3-17) \end{aligned}$$

式中， $10P$ 是线路正常情况下的功率值， 1

$0P$ 为系统功率值的和。

（3）线路结构传输重要度对于系统中的线路而言，其所能承载的功率潮流，一方面和线路本身传输能力有关，另一方面和相邻线路的传输能力也有关。将系统中支路的传输重要度 $10I$ 定义如下：

$$\begin{aligned} & 0 \quad \min, \quad 1 \\ & L \\ & 1 \quad i \\ & i \end{aligned}$$

I P (3-18)

式中, i 为通过支路 10 路径, L 是路径总和, m

$i_{in, i}$

P 为支路的最小传输能力。

对于支路 10 来说, 可以通过叠加的方法, 来求出其结构传输重要度

10_{10}

$G P$

I I (3-19)

式中, G 和 P 分别是发电节点、负荷节点的集合。

对于线路综合重要程度 IOR 而言, 可以通过下式求得:

$10_{10} 10_{10} 10_{10}$

R P W I (3-20)

在选取关键线路时, 一种方法是按照故障规模进行排序, 将故障概率最大的线路视为初始故障线路集; 另一种方法是设定一个阈值, 当线路固有风险值比该值大时, 可将其视为初始故障集。 26

3.4 连锁故障概率计算将输电系统划分成 n 个子系统串联的形式, 各个子系统又可以表示为多个元件并联形成的, 那么可以将系统简化为以下形式: $1 2 1 2 1 2$

S

q

S2S1S 1

k2kqk

图 3-7 电网串并联系统结构其中, S 是系统可靠性模型, qS 代表并联子系统, 和 分别表示故障率和故障停运时间。

系统故障停运率 S 由子系统故障停运率 $iikS$ 求和得出: 1

i

i

q

k

S S

i (3-21)

对于各个子系统而言, 其故障停运率 i

i

k

S

可以通过下式来进行计算: $11 []$

j j

i

i

k k

k

S ij ij

jj (3-22)

对系统而言, 其故障停运时间 S 计算方法如下: 1

/i i

i i

q

k k

S S S S

i (3-23)

对于子系统而言, 其故障停运时间计算方法如下: $1 1$

i

i ii

i i

i i

k

kS k

S k

S k (3-24)

对以上的模型而言, 采用传统方法来评估其可靠性时, 一般利用序贯蒙特卡罗法等, 并考虑潮流的分布情况, 来分析系统可能出现的连锁故障。这一方法往往较为复杂, 所需时间也较长。对此, 基于上述模型假设当子系统 S_m 发生故障时, 由于整个系统是串联的形式, 那么后面的 $n-m$ 子系统都会出现故障, 要求出这一条件概率, 可以采用仿真来进行。 27

3.4.1 线路故障模型某些线路在运行的过程中, 可能处于一些非常恶劣的环境当中。这是元件发生故障的机会就会大大提高, 一旦出现故障, 很容易引起与其相连的多条线路无法正常运行, 造成连锁故障。通常情况下, 和元件彼此间的关联程度相

自然灾害发生的概率很低，灾害所波及的范围也无法十分准确的进行衡量，所以要想针对自然灾害所产生的影响建立起准概率模型是难以实现的。因此，假设当灾害发生时，灾害所波及的范围之内，全部的元件同时失效。

它的大小在 0 到 1 范围内。引入参数与正常气候相比恶劣气候修复时间倍数 M , 该参数不小于 1。以上两个参数可以根据式(3-25)和式(3-26)导出以下关系式。

e ad no
R R (3-30) (1) (1) (1)

ad ad no no ad no ad no
le
ad no
r R r R r r R R
r
R R (3-31)

le ad no ad no
U U U U U (3-32)

其中:

ad
ad
ad ad
R
U
R (3-33) (1) (1)

no
no
no no
R
U
R (3-34)

式中, l

e
为失效率, n

o
U 为修复率, l

e
r 为修复时间, a

d
U 为不可用率, 下标 no

和 ad 分别表示正常和恶劣气候。R 指的是位于灾害条件下的故障线路长度百分比。

3.4.2 保护隐藏故障模型

在发生连锁故障时, 故障的严重程度一方面与灾害、线路过载等因素有关, 另

一方面也与保护的隐性故障密切相关。当一次设备出现故障时, 一旦保护由于损坏或其他因素存在缺陷, 容易引起保护误动或拒动, 从而使故障的范围进一步扩大。

由此可见, 保护隐性故障会造成非常严重的后果。本文重点针对保护装置误动展开研究, 对线路和发电机保护装置进行隐性故障分析。

对于线路保护而言, 其隐性故障特性如下。

Pl
ine
Pw
0 3Z/Ω

图 3-8 线路保护故障特性

保护装置安装处的测量阻抗 Z 与线路保护装置误动概率 1

ine

P 具有紧密的联系,

当 Z 小于等于距离保护 III 段的 3Z 时, lineP 的大小为 wP ; 当 Z > 3 Z 时, l

ine

P 的值

逐渐减小, 并呈现出指数规律, 式 (3-35)给出了 l

ine

P 的计算方式: 29 3 3 3 3

exp() 3

w

line

w

P Z Z

P Z

P Z Z

Z (3-35)

对于发电机保护而言，其隐性故障特性如下。

P_{line}
 P_{Phigh}
 $0 \sim U/k \sim V$
 P_{low}
 U_m
 $in \sim U_m$
 ax

图 3-9 发电机保护故障特性

可以发现，发电机的机端电压 U 和保护装置误动的概率 g

en
 P 具有紧密的联系，

当 U 在 U_m 附近时，此时发电机电压在正常工作范围内， g

en
 P 的值很小，等于 1

ow
 P ;

当 U 在 U_m 附近时，此时发电机电压不再正常工作范围内， g

en
 P 的值快速增长

为 h
 igh
 P 。式 (3-35) 给出了 g

en
 P 的计算方式：

$min \sim max$
 $min \sim max$
 low
 gen
 $high$
 $P \sim U \sim U$
 P
 $P \sim U \sim U \sim U$
或 (3-36)

3.4.3 连锁故障概率计算接下来，针对非序贯蒙特卡罗法求解连锁故障概率进行介绍。

假设当发生严重灾害时，元件处于完全失效的状态；正常情况下，元件正常工作。元件的工作状态均匀分布于 $[0, 1]$ ，内。认为元件处于工作或失效两种状态下，并

且二者是彼此独立的。对于元件 u 而言，其工作状态用 ur 来表示，停运的概率用

u
表示，用 uA 来表示元件的工作状态，

u
 A 的值在 $[0, 1]$ ，区间均匀分布，则有 $0 < uA < 1$

$u \sim u$
 u
 $u \sim u$

A
 r
 A
工作状态失效状态) (3-37)

当系统中元件的数量为 U 时，系统状态 为： 1

(r_1, \dots, r_U)

U
 r_1, r_2, \dots, r_U (3-38)

采用抽样的方式可以掌握系统当前的状态，进而分析其是否停运，模拟系统中的各个元件，可以得到全部元件都发生故障

的情况。在这种情况下，通过模拟接下 30

来的故障，可以求出风险指标。

当抽样数量很多时，基于数理统计原理，可以得到（）（）

$$\frac{h}{H} \approx \frac{P}{H} \quad (3-39)$$

式中， $h()$ 是抽样过程中出现的次数； H 是抽样数。

在选择收敛判据时，一般利用置信范围或方差系数来判定收敛。考虑到在仿真过程中，样本数量增多，收敛的置信范围会越来越窄。本文采用置信度 95%作为收敛判据。

3.5 故障后的控制策略及故障终止判定条件在 BPA 程序中通过以下三道防线，来维护系统的稳定。

(1)第一道防线：继电保护当系统中各种元件出现故障时，继电保护装置应迅速的判断，选择性切除故障部位，防止其扩散和蔓延。

(2)第二道防线：安全稳定控制系统当系统发生较为严重但发生几率较小的故障时，通过切负荷、稳定控制装置等方法让系统依旧能够平稳运行。第二道防线中，主要包括以下内容：

- 事故减出力、各自投、自动切负荷等；
- 紧急控制装置、连锁切机、切负荷装置等暂态稳定控制装置；
- 自动重合闸装置；
- 切机、切负荷等过负荷控制装置。

(3)第三道防线：解列、低频低压减载当故障影响进一步扩大，第二道防线已经无法维持系统稳定时，此时系统的第三道防线就起着至关重要的作用，失步解列、低压切负荷、低频切负荷等能够起到缩小停电范围，避免系统遭受更严重破坏的作用。

为了避免事故范围的进一步扩大，需要采取失步解列的方法，在分层分区的前提下，通过分析系统中可能出现的失步振荡情况，设计出相应的失步振荡解列方式，

并通过自动装置的设置，达到自动解列的目的。

当系统中功率出现突然缺失时，容易造成电压或频率的崩溃，为了避免这种现象的发生，低压、低频减负荷装置就可以在这种情况下发挥其作用。在此类装置配置过程中，应考虑系统中可能出现事故的最恶劣影响，参考解列方案，得出适宜的切负荷措施，以及科学的切负荷量。

在仿真基础上，本文终止故障可以遵循以下两个条件：一是某次故障发生后，计算的潮流无法收敛，并且通过一系列控制措施的干预仍不收敛，则认为系统崩溃。 31

二是某次仿真之后，系统中不再出现新故障，并且没有出现过载，频率电压均稳定，则认为系统进入平衡。

3.6 本章小结本章从系统风险和管理风险两个角度，建立了适应某油田电网的风险指标体系，并给出了指标体系的量化方法、风险指标权重的计算方法以及整个风险评估的计算流程。下面将应用该指标体系和方法对某油田电网进行具体的计算分析。 32

第 4 章风险评估在油田电网的应用分析

4.1 计算初始条件

- (1)计算水平年及方式选取 2020 年作为水平年，采用图 3.1 中的方案进行仿真。
- (2)计算工具Matlab r2016a。
- (3)稳定判据从功角、电压以及频率三个角度，来进行系统稳定性的判断。

1) 功角方面

通常情况下，将 90 度作为判定的界限，系统中所有功角差都在范围内时，可以判定其处于稳定状态，一旦超出了 90 度这个界限，则系统容易出现失步的问题。

2) 电压方面

从电压角度来看，一旦发生连锁故障，重要的枢纽变电站母线电压应能达到 0.80pu 才能够达到运行允许范围，而电压达到 0.95pu 系统能够恢复正常运行。

3) 频率方面

为了保证系统能够正常运行，频率通常应处于额定频率 0.5Hz 的偏差以内，也就是 49.5Hz。

4.2 系统风险计算系统风险计算采用常规的 N-1 和 N-2 计算外，对可能发生的严重灾害下 N-K 故障进行分析（即环境相依失效）。之所以进行 N-K 的故障评估，是由于我国近年来自然灾害频发，电网抵御自然灾害的能力也成为评估的一个项目。

4.2.1 N-1 故障和 N-2 故障首先，给出风险评估前某油田电网的初始风险数值。风险指标的区间设定为 [0, 1]，1 代表风险最大，0 代表没有风险。

表 4-1 N-1 和 N-2 故障前系统风险值指标 N-1

线路平均长度/km	58.13
网络平均度数	3.08
网络平均介数	1.51
潮流分布/MW	1594.22
静态综合指标值	0.245
低电压严重度	0
机组功角差严重度	0
系统频率严重度	0
阻尼比严重度	0
故障综合风险	0

停电损失/万元 0

停电损失风险 0

然后，对系统进行 N-1 和 N-2 故障扫描，得出故障后的风险计算统计结果：

表 4-2 N-1 和 N-2 故障后系统风险值指标 N-1 N-2

线路平均长度/km 58.78 58.39

网络平均度数 3.05 3.02

网络平均介数 1.47 1.46

潮流分布/MW 1500.53 1487.53

静态综合指标值 0.261 0.270

低电压严重度 0.02 0.06

机组功角差严重度 0 0.01

系统频率严重度 0 0.09

阻尼比严重度 0 1.0

故障综合风险 0.02 0.19

停电损失/万元 0 94.96

停电损失风险 0 0.25

从 N-1 故障和 N-2 故障风险计算结果来看，可以得到如下结论：

（1）从静态指标来看，N-1 和 N-2 故障仅仅对潮流分布有一定的影响，对于其

他网络指标几乎没有影响，说明没有对电网结构产生显著恶性影响；

（2）从动态指标来看，N-1 故障下，仅仅存在轻微电压波动，系统不存在失去负荷的风险，不会产生停电损失；而 N-2 故障下，电网动态风险值有一定的上升，

系统在失去双回重要线路的情况下会产生失负荷现象，存在一定的风险损失。

（3）整体来看，某油田电网在运行过程中完全满足 N-1 风险标准，N-2 风险较低，符合一般运行要求。 34

4.2.2 N-K 故障下面以地震灾害为例，研究某油田电网在经受地震灾害下发生大面积失电情形下的风险结果。通过对历史资料的统计和分析，可以发现某由于特殊的地理位置以及地质环境，其地震发生的频率较高。数据记载，从公元前 519 年到 2010 年之间，

某地区发生了近 50 次 4.7 级以上的地震，其中有 28 次 5 级以上，7 次 6 级以上，最大达到了 6.5 级。从地震分布来看，某地区的地震主要分布在南部地区。

由此假定：

油田电网南部地区因灾害，导致 35kV 乔庄变电站（乔变）、35kV 双河变电站

（双变）、35kV 下二门变电站（下变）全部故障失效，仿真该情况下电网连锁故障情况，并统计风险结果。如下表所示：

表 4-3 连锁故障后系统风险值指标方案 P1

线路平均长度/km 56.87

网络平均度数 2.54

网络平均介数 1.33

潮流分布/MW 1014.36

静态综合指标值 0.67

低电压严重度 1.57

机组功角差严重度 29.20

系统频率严重度 1.80

阻尼比严重度 4.20

故障综合风险 0.73

停电损失/万元 759.56

停电损失风险 0.89

分析如下：

1）可以看出，当发生故障时，交流电网无法提供足够的电压和电能，在此期

间，虽然无功补偿装置起到了提供无功支撑电压的作用，但是依旧不能让油田电网正常运行，进一步扰乱了系统中的功率平衡，造成了电压崩溃，导致大规模停电风险的出现。电压和频率均下降，进一步导致低压低频减载动作，切除众多负荷。在系统失稳期间，系统内机组出现较大频率差，出现电压、电流等振荡的问题。

2）还可以看出，发生重大灾害时，电网不再安全和稳定，导致大面积停电的

出现。在油田电网中，大规模的故障会导致受端系统功率变化，功率的不平衡将造成功率的重新分配，进而导致电网内潮流的大规模流动。

在恢复的过程中，用天来衡量其风险指标。并且认为在这一过程中，不会有新 35

故障的出现，也就是说发生新故障的概率为 0，当前状态概率为 1，所以可以不考虑风险值，只关注其严重程度。计算风险指标和静态指标的平均值作为判定结果，

对停电损失做累加。表 4-4 中给出了恢复过程中系统的风险值。

表 4-4 恢复阶段系统风险值指标方案 P1

线路平均长度/km 57.21

网络平均度数 2.58

网络平均介数 1.48

潮流分布/MW 1536.52

低电压严重度 1.36
机组功角差严重度 10.96
系统频率严重度 0.51
阻尼比严重度 0.50
停电损失/万元 862.15

观察上表发现，系统处于故障恢复过程中时，其各类风险依然较高。另外，对恢复过程而言，其时间较长，停电造成的影响也较大，停电损失累加后更为严重。

所以，为了进一步降低恢复过程中的风险，应当对各个风险因素加以考量，制定出更为科学的恢复方案。

4.2.3 问题分析从风险评估的结果来看，目前油田电网的运行风险还比较高。下面进一步分析油田电网的故障跳闸情况。

(1) 配电线路方面表 4-5 2020 年油田电网线路故障跳闸统计序号跳闸原因跳闸次数所占比例

- 1 雷击 43 条次 53.7%
- 2 线路及设备故障 13 条次 16.3%
- 3 外力破坏 13 条次 16.3%
- 4 鸟害 8 条次 10%
- 5 其它 3 条次 3.7%
- 合计 80 条次 100%

通过以上统计可以发现，在线路方面，近年来影响电网运行的主要原因雷击、36

污闪及避雷器爆炸、35kV 令克及以下故障、鸟害等。某年油井线路跳闸 155 条次，

其中雷击、污闪及避雷器爆炸 47 条次，35kV 令克及以下（包括变压器烧坏、引线断线、低压短路、接地极破坏等）故障 46 条次，鸟害 23 条次，分别占跳闸总次数的 30%、30%、15%。

由此可知，影响油田电网故障率的主要问题来自于其特殊的配电网。

6~35kV 油井配电线路目前存在的主要问题：

1) 由于油田的滚动式开发造成 6~35kV 油井配电线路供电半径大、分支多，结构不合理，配电网网络复杂。35kV 配电线路 19 条，共 386.19 千米，691 台配电变压器。其中最长的魏北郭线达到 64.66 千米，配变 34 台，总容量 10120kVA，杆塔共 608 基，主线 246 基杆，分支众多。6kV 配电线路 42 条，共 316.70 千米，1070

台配电变压器。

2) 6~35kV 线路按照目前国内设计标准，仅在配电变压器上安装有避雷器，线路无避雷线、避雷器等防护设施，防雷保护以“疏”为主，即雷击时线路跳闸，变电站开关重合闸保护动作，1s 内重合，重合成功后线路恢复供电。此种方式对于一般用户可满足供电要求，但对于原油生产即使停电一秒也需逐井恢复送电，全部线路送电需 2~3 个小时，不能满足原油生产对电网供电可靠性的较高要求。

3) 35kV SC-280 (Z) 型瓷横担绝缘子，其泄漏距离为 700mm；而目前油田 35kV

配电线路所处区域污秽等级为 2~3 级，其绝缘子泄漏距离应在 840~1330mm，即绝缘子泄漏距离不合要求。

4) 35kV 配电变压器阀型避雷器运行时间长、性能劣化、绝缘降低，易发生爆炸事故，故障率高。

指 标	
疑似剽窃文字表述	
1.	26
3.4	连锁故障概率计算将输电系统划分成 n 个子系统串联的形式，各个子系统
2.	系统可靠性模型，qS 代表并联子系统，和 分别表示故障率和故障停运时间。
3.	元件出现故障时，继电保护装置应迅速的判断，选择性切除故障部位，防止其扩散和蔓延。
(2)	第二道防线：安全稳定控制系统
4.	连锁故障后系统风险值指标方案 P1
线路平均长度/km	56.87
网络平均度数	2.54
网络平均介数	1.33
5.	电压严重度 1.57
机组功角差严重度	29.20
系统频率严重度	1.80
阻尼比严重度	4.20
故障综合风险	0.73
停电损失/万元	
6.	发生新故障的概率为 0，当前状态概率为 1，所以可以不考虑风险值，只关注其严重程度。计算风险指标
7.	表 4-4 恢复阶段系统风险值指标方案 P1
线路平均长度/km	57.21
网络平均度数	2.58

网络平均介数	1.48
潮流分布/MW	1536.52
低电压严重度	1.36
机组功角差严重度	10.96
系统频率严重度	0.51
阻尼比严重度	0.50
停电损失/万元	862.

4. 016_第4部分			总字数：7238
相似文献列表			
去除本人文献复制比：0.9%(62)		文字复制比：0.9%(62)	疑似剽窃观点：(0)
1	论电抗器并接开关的利与弊	0.9%（62）	
	桑金英；- 《科技信息》- 2012-07-25	是否引证：否	
原文内容			

5) 线路走廊不够畅通。虽然已对部分线路走廊树木进行了砍伐，但由于老乡无理阻拦，要求苛刻，砍伐难度增大，供电成本增加。另外违章建筑逐年增加，对电力线路的安全运行构成威胁。

6) 变压器、导线、接地装置等电力设施被盗、破坏严重，缺乏有效的打击手段，给电网的运行维护带来困难。

7) 随着环境保护意识的增强，近年来鸟类数量剧增，各种鸟类在线路上筑巢严重，鸟巢多由长树枝、金属丝构成，遇到雨、雪、雾等潮湿天气，极易引起线路相间短路跳闸。某年，鸟巢引起的线路跳闸高达 23 次，占该年油井线路跳闸总次数的 15%。

8) 35kV 线路令克以下部分故障造成变电站开关保护动作跳闸。35kV 线路令克保险丝熔断后，令克管跌落速度慢，不能快速、有效切除其保护范围内故障。经在北郭线 201T15T5#杆（1703 井）、201T15T4TT4#杆（1402 井）变压器高压侧进行人为短路试验，得出结论：由于 35kV 线路令克设计上存在缺陷，令克熔丝和下鸭嘴将同时受力。在安装时熔丝若调得过紧，熔丝容易拉断，令克送不上；故熔丝 37 只能稍松一些，但过松则在故障跌落时弹簧不起作用无法快速弹出熔丝，不能形成有效断口，致使熔丝在令克管内部燃弧，令克跌落过程中由于令克管内部电弧的存在使令克上鸭嘴处扯弧，形成相间弧光短路，造成变电站开关保护动作跳闸。

（2）变电站方面由于变电站站内设备问题导致的故障跳闸问题较少，近几年的统计情况如下表所示：

表 4-6 2018 年～2020 年变电站故障停电次数统计表序号 2018 2019 2020

保护 1 9 5

谐振 2 0 1

断路器和隔离开关 1 5 1

其他 0 1 0

合计 4 15 7

1、设备老化严重王集开关站 35kV ZN3 5 及 6kV 的 ZN5型真空断路器存在设计缺陷，是当时不定型产品，运行至今经常出现拒合拒跳、误跳等现象，并且属于建议淘汰产品，厂家不再生产，备品备件难于购买，运行维护比较困难。

双河变电站 6kV 配电装置均采用 GG-1A 型固定式开关柜，1999 年生产，至今已使用 19 年，开关柜机构老化、破损严重，已出现变形、卡涩、三相不同期、误动、拒动现象。GG-1A 型开关柜为过时装置，存在着各种设计缺陷，且无“五防”功能，安全系数低，不满足《35kV 及以下电力用户变电所建设规范》（DL/T 5725-2015）中第 7.3.3 条款“高压开关柜应具有“五防”功能”的要求。该变电站 6kV 开关柜运行存在安全隐患。

2、过电压防护不完善部分变电站（开关站）谐振频繁，油田电网 6～35kV 系统目前的结构及运行方式，在雷雨天气、线路发生单相接地及系统波动出现过电压时，易诱发 PT 与系统对地电容回路（L-C）的铁磁谐振，致使 PT 爆炸、保险熔断及避雷器爆炸等，造成变电站大面积事故多次发生。如古城开关站，恒山变电站、双河变电站。

（3）输电线路方面部分线路走廊不畅通，线路下面违章建筑较多，多次发生人为触电跳闸事故。

如麒魏线 213～219#杆、唐魏线 1～4#杆线下与两侧线下均有违章建筑，导线对屋 38 顶的垂直距离一般在 3m 左右，严重的地方不足 2m，远远低于规程规定的 5m，运行记录中魏岗变电站由此引起全站失电 5 次。

（4）其他方面电网检测仪器陈旧、不足，无试验、检测仪器专业车辆，电网运行维护存在结构性缺员。

4.3 管理风险计算

4.3.1 风险计算本次调查对象选择了 300 位供电公司的职员，技术及管理人员和一线员工分别占比 50%，发放问卷 300 份，无效问卷 10 份，回收有效率达到了 96.7%。被调查者可以从 0.1 到 0.5 进行打分。0.5、0.4、0.3、0.2、0.1 分别表示无风险、较小、一般、较大以及很大。表 4-5 给出了调查结果。

表 4-5 问卷调查评估结果

一级指标二级指标很大，

占比较大，
占比
一般，
占比较小，
占比无风险， 占比
管理风险 A1 0.25 0.41 0.20 0.12 0.02
A2 0.11 0.28 0.40 0.09 0.12
A3 0.09 0.18 0.33 0.32 0.08
A4 0.15 0.14 0.28 0.12 0.31
技术风险 B1 0.35 0.21 0.31 0.04 0.09
B2 0.23 0.44 0.30 0.02 0.01
B3 0.04 0.51 0.22 0.10 0.13
B4 0.09 0.18 0.25 0.25 0.23
人员风险 C1 0.18 0.26 0.28 0.17 0.11
C2 0.25 0.34 0.27 0.04 0.10
C3 0.31 0.35 0.27 0.03 0.04
C4 0.18 0.50 0.13 0.15 0.04
监督风险 D1 0.12 0.13 0.16 0.40 0.19
D2 0.09 0.08 0.28 0.50 0.05
D3 0.05 0.05 0.04 0.47 0.39
D4 0.01 0.02 0.39 0.08 0.50

采用模糊层次分析法，对各一级指标的风险进行计算，和对管理总风险进行计 39
算，得到结果如下表所示：

表 4-6 管理风险计算结果
风险指标 风险值
管理风险 0.182
技术风险 0.173
人员风险 0.209
监督风险 0.398
总风险 0.217

从管理风险计算结果来看，管理、技术风险处于较大状态，而人员风险为一般，
监督风险较小，总体风险为一般。

4.3.2 问题分析可以得到如下几点结论：

（1）没有遵守安全生产风险管理制度目前油田电网的安全风险管理制度虽然较为全面，但却无法在实际中降低风险及事故的概率，究其根本是很多制度并没有得到切实的遵守和执行。一些人员难以在安全与生产间寻求平衡。剖析以往事故的原因可以发现，工作人员不按照相关制度操作的问题频发。很多作业人员缺乏安全意识，思想上存在懈怠，不按流程操作导致了人身事故的发生。还有一些现场使用的安全工器具和设备并不满足规程的规定，存在很大的安全漏洞。另外，很多工作现场注重效率忽略质量的问题十分严重，

存在忽视安全措施而加快项目进程的情况。还有一些工作现场缺乏防范和监督，未能对分包单位的相关资质进行严格的评估，以包代管问题严重，不利于管理制度的落实。

（2）安全技术创新不足在提高电网稳定性及安全性方面，安全技术创新起到了至关重要的作用。雷击引发的停电事故逐年增长，这是由于主辅分离制度执行后，检修和运行分离开来，

对于检修公司而言，为了追求利益，缺乏专注的工作态度，而巡视人员素质不高，

无法及时发现安全隐患。并且针对设备运行和维护的相关政策并未得到贯彻和执行，安全技术工作缺少创新，这些因素都加大了安全生产的风险。

（3）职工素质较低职工专业技能差，素质低也会造成事故和隐患的发生。例如，不熟悉相关标准及工作流程，导致在实际操作中出现漏洞造成事故的发生。另外徐州供电公司对培训工作不够重视，特别是针对外来工作人员缺少相应的安全教育和培训，导致现场工作人员对安全不够重视，员工对新设备、新技术的了解不够，专业水平较低，影 40

响了公司的安全生产。

4.4 本章小结本章针对某油田电网的系统风险和管理风险进行了评估，得到了一些有益的结论。根据这些结论，可以开展油田电网的风险管理工作。下一章将进行详细的论述。 41

第 5 章河南油田电网完善风险管理的措施

5.1 设备和系统层面

5.1.1 规划设计方面

（1）优化网络结构通常情况下，负载过重的电力系统容易出现电压失稳的问题。通过分析可以看出，负载过重不代表大多数线路都处于重载情况下，一般在出现电压失稳前系统整体的负载不高，只有数量较少的线路带有较重的负载，而大多数的线路负载较轻。

为了避免类似故障的出现，在对电网进行规划的过程中就需要充分考虑到系统的传输能力问题，通过结构的优化，让系统的稳定性得到提高。

由于油田的滚动式开发造成 6~35kV 油井配电线路供电半径大、分支多，结构不合理，事故停电范围大，故障线路和故障点查找困难，处理及恢复送电时间长，

影响配电网的供电可靠性。对较长的线路按区域进行组合及合理分割，必要时新建开关站，缩短线路长度，减轻所带负荷；在大分支处安装柱上开关对线路进行合理分段；在油井密集区域实行集中控制等。如北郊变电站的张店线、张北线，可新建

变电站为其供电，将其与生活线路分开，减少因生活线故障对其的影响。

(2) 加强无功规划无功规划是通过分析电网的无功特性，并采取一系列电压调节方法或通过无功设备的安装，来优化系统中的无功功率，在发生事故时起到提高系统稳定性的作用。

在进行规划的过程中，按照分层分区的方法，保证当系统出现故障时系统依旧可以保持稳定运行，并且满足系统对动态无功的需要。

油田电网中江河变电站、双河变电站电容器组已投运 30 年，王集开关站电容器已投运 15 年，电容装置。电容装置损坏率较高，部分电容器出现不同程度的渗漏鼓包现象。按照《国网 XX 省电力公司运检部关于印发国网 XX 省电力公司生产技术战改造和设备大修原则的通知》运维（2015）21 号第 2.3.3.16 条规定最近几年电容的损坏率达到了 5%，且运行 10 年以上可以进行更换。该三个站无功补偿装置 42

可采用 SVG 补偿。

(3) 在负荷中心配备足够的无功补偿设备通过对以往事故经验的总结，可以发现电网中无功不足是导致电压崩溃的主要因素之一。所以在进行系统的设计时，就需要保证足够的无功补偿容量，当故障出现时能够提供足够的无功补偿，并且还要考虑到负荷增长情况，为其保留一定的增长空间。

(4) 寻找新的 110kV 电源油田电网 110kV 输电线路共 6 条，共 186.9 千米，其中最长的 46.1 千米，最短 19.1 千米，且最早一条投运于 1992 年，现魏岗变电站约 5 千米处有新投运国家电网 220kV 郊南变电站，可从该变电站 110kV 系统新建 1~2 条输电线路作为魏岗变电站的主电源，提高供电可靠性及经济性。

(5) 变电站开关设备更新针对王集开关站和双河变电站 35kV、6kV 开关设备存在的问题，应对其及时更新。王集开关站更新站内现有的 35kV 断路器选用 ZW30B-40.5 真空断路器，双河变电站 6kV 开关设备更换为全封闭金属铠装移开式高压开关柜。

5.1.2 调控运行层面

(1) 运行方式优化对于电网而言，当其处于一种负荷状态下，可能存在多种能够满足运行需求的状态。系统在不同的运行状态下，具有不同的运行稳定性，合理的对运行方式进行优化，可以尽可能的保证系统的安全和稳定。

(2) 无功补偿优化通过优化无功的补偿，可以避免无功大范围的传输，通过分层分区的方式进行补偿，进一步提高了系统的稳定性，并且可以降低有功损耗，保证系统的经济性。

(3) 加强用户侧功率因数管理油田电网主要用户是采油厂，其负荷主要为油井电机、注水电机，功率因数低，应在用户侧控制其功率因数，可以有效降低用户从系统中获取的无功，从另一个角度看，等同于提高了电网的无功补偿容量。 43

(4) 留有足够的旋转备用容量对于发电机而言，充足的旋转备用容量是极其必要的，可以采取并联电容的方式增加其备用容量，保证其为电网提供稳定的电压供应。

5.1.3 配电网方面由于影响油田电网故障率的主要问题来自于其特殊的配电网，针对其存在的问题，除上文提到的优化网络结构外，还应有以下措施。

(1) 提高配电线路绝缘水平将 35kV 配电线路 SC-280 绝缘子更换为 S2-35 型绝缘子或 FS4-35/5 型复合绝缘子，爬电距离由 700mm 增加到 1120mm，防污等级提高到 III 级，避免污闪事故。

将 6kV 线路杆头型式由“一棒两针”改为“一针两棒”（有仿真计算表明：临界闪络电流可由原来的 12.8kA 提高到 36.78kA），降低线路相间建弧率，减少线路雷击跳闸次数。

(2) 提高配电线路防雷水平将 35kV 配电线路 FZ-35 型阀型避雷器更换为氧化锌避雷器，有效减少由于避雷器原因引起的线路故障，便于线路的运行维护。

在变电站出口安装线路型氧化锌避雷器，防止雷电入侵变电站造成变电设施损坏，避免类似古城南干线因线路落雷，雷电过电压窜入站内导致断路器本体爆炸故障的再次出现。

在 6~35kV 配电线路加密安装适量的线路型氧化锌避雷器，确保在线路落雷时，由避雷器将雷电流尽快泄放，避免雷电过电压沿线路传播时在线路绝缘薄弱点击穿放电，导致线路跳闸。

(3) 优化网络配置在 35kV 配电线路变电站出口处加装（串联）电抗器，在线路发生短路故障时，
维持 35kV 系统母线电压水平，使母线上的电压波动较小，保证非故障线路上用户电气设备运行的稳定性。

(4) 改善配电网运行环境在变压器上加装无线防盗装置，对偷盗变压器、导线、变压器油等电力设施严重区域实现监控。

44

在鸟类活动频繁区域线路上加装驱鸟器，同时在相应线路杆塔采取如下措施避免鸟巢引起的线路跳闸：①T 接杆、转角杆、耐张杆横担及柱上开关引线上加装导线绝缘护套；②将耐张杆、T 接杆的跳线和变压器引线、跳线更换成绝缘跳线；③在横担上安装 PVC 管，增加光滑度，使鸟窝不易搭；④在令克鸭嘴、变压器高压瓷柱加装绝缘护套。

(5) 改造 35kV 领克可在令克保险丝下挂铅坠及采用新型下鸭嘴带弹簧令克，解决令克脱落时间较长，其过程中扯弧引起的弧光短路问题，从而减少了 35kV 线路跳闸次数。

5.2 油田电网的三道防线建设

5.2.1 油田电网的第一道防线对油田电网而言，其第一道防线由继电器和保护设备的微机化组成。为了进一步稳固第一道防线，需要从优化继电保护装置、引入微机保护装置入手，提高油田电网的信息化水平。

江河变电站和王集开关站微机保护系统采用南京恒星产品，历经 17 年的运行，

存在新旧产品不兼容、可靠性差、维护困难等问题，应更新站内现有的综合自动化保护系统。

5.2.2 油田电网的第二道防线对第二道防线来说，是由部分试点中的稳定控装置和电厂中的掉闸联切装置组成的。对于联切装置而言，当电网发生故障时，可以切断直配负荷，避免了过载问题的出现。现阶段，稳定控制可以通过光纤通讯来实现，通过对各个重要节点实时功率、电压以及负荷的采集，分析油田电网的运行状态。当出现异常时，可以第一

时间做出判断并采取相应的措施。

5.2.3 油田电网的第三道防线

(1) 低周减载装置配置现阶段, 低周减载装置安装于各个油田电网的各个变电站当中, 大大提高了系统的稳定性。低周减载方案是根据油田实际情况在河南电力集团公司下发文件的指 45

导下制定的。在制定方案的过程中, 按照负荷的重要性进行分类, 科学的选择需要切除的负荷, 使油田能够正常运转。

(2) 低压减载装置配置油田电网中微机型低压减载装置已得到了普及。在省公司下发文件的指导下制订了低压减载方案。并统一配置了两轮低压切负荷装置, 第一和第二轮的整定值分别是: 0.78U, 0.5s 和 0.75U, 0.5s。

5.2 管理层面对管理风险计算得出的结果, 应加强安全生产风险管理制度的落实, 不断提高员工素质。

还应提高电网检修质量, 在线路停电检修的同时安排站内开关刀闸检修, 缩短油井线路停电时间。加大电网运行维护力度, 加密设备巡视和接点测温及设备的清扫、防腐工作, 发现问题及时安排处理, 避免污闪、雾闪、冰闪及大面积停电事故的发生。提高线路的巡视频次, 及时发现和处理影响线路运行的缺陷、隐患, 及时恢复被盗电力设施、捣毁鸟巢。加大线路清障力度, 确保油井线路走廊的畅通。加强带电作业, 减少线路停电次数。

5.3 本章小结本章以运行及管理这两个角度作为切入点, 探究了某油田电网的风险管理对策。针对某油田近几年中并未规划设计新的变电站以及线路的实际情况, 所以应重点关注设备改造以及电网管理。 46

第 6 章结论

本文以某油田电网为研究对象, 对其进行了全面的风险评估工作。通过计算和分析, 得到了如下结论:

1. 目前的电网风险评估, 主要针对运行风险进行评估, 忽视了管理方面可能存在的风险。由于管理方面的指标不好量化计算, 因此成为了风险评估体系中薄弱的地方。本文基于调查问卷的形式, 结合打分方法, 较为客观的评估了电网管理方面存在的风险。

2. 某油田电网运行方面存在的风险主要体现在其抵御自然灾害的能力较差。从仿真计算的结果来看, 某油田电网能够较好的处理 N-1 故障和 N-2 故障, 维持电网运行的可靠性。但当南部三个 35kV 场站全部故障时, 系统失负荷较多, 无法通过潮流转移实现供电。当未来发生南部地震导致类似故障发生时, 可能无法维持供电的可靠性。

3. 某油田电网在管理方面存在没有遵守安全生产风险管理制度、安全技术创新不足、职工素质较低的问题, 未来仍需要在管理方面实现较大的创新和改革, 以跟上电网精益化管理的时代步伐。

受到本人专业水平和能力所限, 所建立的风险评估指标体系还有进一步完善的空间, 针对系统故障的设置, 还可以更加全面。此外, 针对风险评估计算的结果,

可以为某油田电网未来的规划改造提供更多的方案, 这是未来值得研究的工作。 47

参考文献

- [1] Dobson I, Chen J, Thorp J S, et al. Examining criticality of blackouts in power system models with cascading events[C]//Proceedings of 35th IEEE Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, HI, USA, 2002.
- [2] Kirschen D S, Jayaweera D, Nedic D P, et al. A probabilistic indicator of system stress[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2004, 19(3): 1650-1657.
- [3] Chassin D P, Posse C. Evaluating north American electric grid reliability using the Barabasi-Albert network model[J]. Physica A, 2005, 355(2-4): 667-677.
- [4] Qi J, Dobson I, Mei S. Towards estimating the statistics of simulated cascades of outages with branching processes[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2013, 28(3): 3410-3419.
- [5] Wang B, You D, Yin X, et al. A Security Risk Assessment System of Complicated Power Grid Based on Multiple Factor Analysis[J]. Power System Technology, 2011, 35(1):40-45.
- [6] 肖盛, 张建华. 基于小世界拓扑模型的电网脆弱性评估[J]. 电网技术, 2010, 34(8): 64-68.
- [7] LI Wenyuan. Risk assessment of electric power systems-models, methods, and applications[M]. IEEE Press and Wiley & Sons, USA and Canada, 2005.
- [8] NI Ming, MCCALLEY J D, VITTAL V et al. Online risk-based security assessment[J]. IEEE Trans. Power Systems, 2003, 18(1): 258-265.
- [9] D. S. Kirschen, D. Jayaweera. Comparison of risk-based and deterministic security assessment[J]. IET Generation, Transmission and Distribution, 2004, 12(1): 527-533.
- [10] H Li, R Liu, Li L, et al. A Framework for Occupational Risk Assessment in Power Grid Using AHP Method[M]. 2020.
- [11] 吴旭, 张建华, 吴林伟, 等. 考虑风电场接入的电网连锁故障运行风险评估[J]. 华东电力, 2013, 41(2): 0394-0400.
- [12] 周淙, 廖婧舒, 廖瑞金, 等. 含分布式电源的配电网停电风险快速评估[J]. 电网技术, 2014, 38(4): 882-887.
- [13] 刘明军, 邵周策, 上官帖, 等. 输电线路山火故障风险评估模型及评估方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(6): 82-89. 48
- [14] 李海南, 张建华, 朱星阳, 等. 计及天气影响的含风电场电力系统风险评估[J]. 华东电力, 2014, 42(6): 1084-1091.
- [15] 叶冠豪, 张焰, 张志强. 计及特高压输电线路影响的自组织临界电网风险评估方法[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(13): 44-50, 157.
- [16] 丁雪阳, 刘新东. 基于最优风险指标的连锁故障模型和薄弱线路辨识[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(18): 7-10, 86.
- [17] 张国华, 张建华, 彭谦, 等. 电网安全评价的指标体系与方法 [J]. 电网技术, 2009, 33(8): 30-34.
- [18] 侯丽丽, 徐志凡. 基于 AHP-熵权法的智能电网安全性评价 [J]. 现代电力, 2011, 28(5): 85-89.
- [19] Xie Chuansheng, Dong dapeng, Hua shengping, etc. Safety Evaluation of Smart Grid based on AHP-Entropy Method[J]. Systems Engineering Procedia, 2012, 13(4): 203-209.
- [20] 王博, 游大海, 尹项根. 基于多因素分析的复杂电力系统安全风险评估体系[J]. 电网技术, 2011, 35(1): 40-45.
- [21] 张忠会, 李玉婷, 何乐彰, 等. 蒙特卡洛方法在电力系统静态安全风险评估中的应用

- [J]. 电测与仪表, 2015, 52(19):106-111.
- [22] 赵阳, 李华强, 王伊渺, 等. 基于复杂网络理论和条件概率的灾难性事故风险评估方法[J]. 电网技术, 2013, 37(11):3190-3196.
- [23] 刘沛清, 李华强, 赵阳, 等. 考虑元件综合重要度的电网安全性风险评估方法[J]. 电力自动化设备, 2015, 35(4):132-138.
- [24] 王涛, 高成彬, 顾雪平, 等. 基于功率介数的电网关键环节辨识[J]. 电网技术, 2014, 38(7):1907-1913.
- [25] 曹宇鹏, 张建国, 王松柳. 安全风险库在哈尔滨电业局的建设及应用[J]. 电力安全技术, 2011(13):22-23.
- [26] 喇元, 王红斌等. 风险评估在电力系统中的应用[J]. 广东电力, 2011(6):56-60.
- [27] 张海瑞, 韩冬, 刘玉娇, 等. 基于反熵权法的智能电网评价[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(11):24-29.
- [28] 曾鸣, 陈英杰, 胡献忠, 等. 基于多层次模糊综合评价法的我国智能电网风险评价[J]. 华东电力, 2011, 39(4):0535-0539.
- [29] 刘鑫蕊, 付倩, 孙秋野, 等. 直觉模糊粗糙集理论在电网灾害评估中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(22):5692-5702.
- [30] 马一湘. 新形势下供电公司电力安全管理常见问题及应对策略[J]. 中国管理信息化, 2017(8):88-90. 49
- [31] 刘海峰. 供电企业安全管理中存在的问题及解决措施[J]. 技术与市场, 2015(12):294-295.
- [32] 孙晓翔. 供电企业安全管理探究[J]. 中国电力教育, 2014(6):226-227.
- [33] 梁春林. 电力企业供电安全管理措施分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2017(09):146.
- [34] 徐秀丽. 做好安全管理提升供电企业经济效益的思考[J]. 科技经济市场, 2017(04):133-135.
- [35] 周沾白. 电力企业安全生产风险管理[J]. 沿海企业与科技, 2011(10):97-98.
- [36] 李荣. 供电企业构建全面风险管理体系探讨[J]. 中国高新技术企业, 2015(36):153-156.
- [37] 江斌. 供电企业生产作业过程中的安全风险控制管理[J]. 科技与创新, 2016(10):61.
- [38] 葛长成. 供电企业面向作业的风险管理方法研究[M]. 北京:中国地质大学, 2010.
- [39] 王健, 卢仁军, 汪洋. 计及风险评估的含分布式发电并网的主动配电网规划方法[J]. 可再生能源, 2020, 38(09):1239-1245.
- [40] 郭昊, 何小芸, 孙学洁, 陈红松, 刘周斌, 顾靖. 国家电网边缘计算应用安全风险评估研究[J]. 计算机工程与科学, 2020, 42(09):1563-1571.
- [41] 白东平, 纪秀, 孟祥萍, 王佳宁, 李殿文. 基于态势感知的主动配电网风险评估研究[J]. 机电信息, 2020(24):24-25.
- [42] 王仁杰. 考评方法在电网企业生产人员安全风险管控中的应用[J]. 决策探索(中), 2020(08):10-11.
- [43] 智勇, 祁莹, 郝如海, 拜润卿, 梁志远, 龚庆武, 王誉博. 基于 MC-LSSVM 的电网风险评估方法[J]. 武汉大学学报(工学版), 2020, 53(05):435-441.
- [44] 杨鹏云, 高翔, 陈钊, 马之力. 电网企业安全风险量化研究[J]. 管理观察, 2020(11):17-18.
- [45] 罗艳, 肖辅盛, 王庭刚, 周智海. 基于随机森林的电网实时运行风险评估方法[J]. 信息技术, 2020, 44(04):23-26+31.
- [46] 陶苏朦, 汤奕, 朱红勤, 潘小辉. 融合多元信息的含光伏电网风险量化评估方法[J]. 电气应用, 2020, 39(04):57-66.
- [47] 应雨龙, 何家振, 徐思雨, 胡伟晨. 基于故障树分析与突变级数法的电网公司综合能源服务风险管理[J]. 上海电力大学学报, 2020, 36(02):99-104+130.
- [48] 祝宇翔, 张俊芳, 程维杰, 阮思洁, 陈择栖, 李龙龙, 王健. 基于需求侧管理的城市电网风险评估[J]. 现代电力, 2020, 37(02):133-138. 50
- [49] 李莉华, 李永. 电动汽车充换电设备造成的电网企业风险评估与应对[J]. 中国高新科技, 2020(06):37-39.
- [50] 卢东旭, 徐大勇, 廖惠琴, 郭佳才, 郭旭东. 电网调度操作风险评估及风险管控策略[J]. 能源工程, 2020(01):1-5.
- [51] 邹泉, 宋立忠, 王征. 舰船电力系统风险评估指标体系研究[J]. 舰船电子工程, 2020, 40(02):97-100.
- [52] 汤智帅, 李小敏. 电网调控操作的量化风险评估指标体系的构建与应用[J]. 粘接, 2019, 40(11):136-139.
- [53] 王俊锴, 李立, 李昊, 鲁宗相, 乔颖. 面向运行与规划的负荷承载力指标体系[J]. 智慧电力, 2018, 46(06):7-11+18.
- [54] 栗梦迪, 闫思卿, 高梦雅, 张静, 翟晨曦. 基于矩估计理论的电网风险等级评价体系[J]. 科技风, 2017(13):176+178.
- [55] 莫菲, 陈星莺, 余昆, 葛思敏. 计及风险的城市电网运行安全评价指标体系[J]. 电力系统及其自动化学报, 2016, 28(02):1-7+14.
- [56] 叶剑华, 林济铿, 胡世骏, 刘辉, 袁启海, 于建成. 计及气象因素的电网静态安全指标体系[J]. 电力系统及其自动化学报, 2014, 26(09):59-64.
- [57] 李碧君, 徐泰山, 刘强. 用于在线评估与控制决策的电网运行安全风险指标体系研究[J]. 华东电力, 2014, 42(01):71-76.
- [58] 韩玉海. 电网建设项目风险评价指标体系的构建[J]. 山东工业技术, 2013(08):55-56.
- [59] 崔建磊, 文云峰, 郭创新, 王越, 盛鸥, 黄良刚. 面向调度运行的电网安全风险管控系统(二) 风险指标体系、评估方法与应用策略[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(10):92-97.
- [60] 姚武. 电网建设项目风险识别及评价指标体系的构建[J]. 科技视界, 2012(15):241-242. 51

攻读硕士学位期间发表的论文及其他成果 52

致谢

53

作者简介

说明：1. 总文字复制比：被检测论文总重合字数在总字数中所占的比例

2. 去除引用文献复制比：去除系统识别为引用的文献后，计算出来的重合字数在总字数中所占的比例

3. 去除本人文献复制比：去除作者本人文献后，计算出来的重合字数在总字数中所占的比例

4. 单篇最大文字复制比：被检测文献与所有相似文献比对后，重合字数占总字数的比例最大的那一篇文献的文字复制比

5. 指标是由系统根据《学术论文不端行为的界定标准》自动生成的

6. 红色文字表示文字复制部分；绿色文字表示引用部分；棕灰色文字表示作者本人文献部分

7. 本报告单仅对您所选择比对资源范围内检测结果负责



 amlc@cnki.net

 <http://check.cnki.net/>

 <http://e.weibo.com/u/3194559873/>

研究生学位论文 (TMLC)