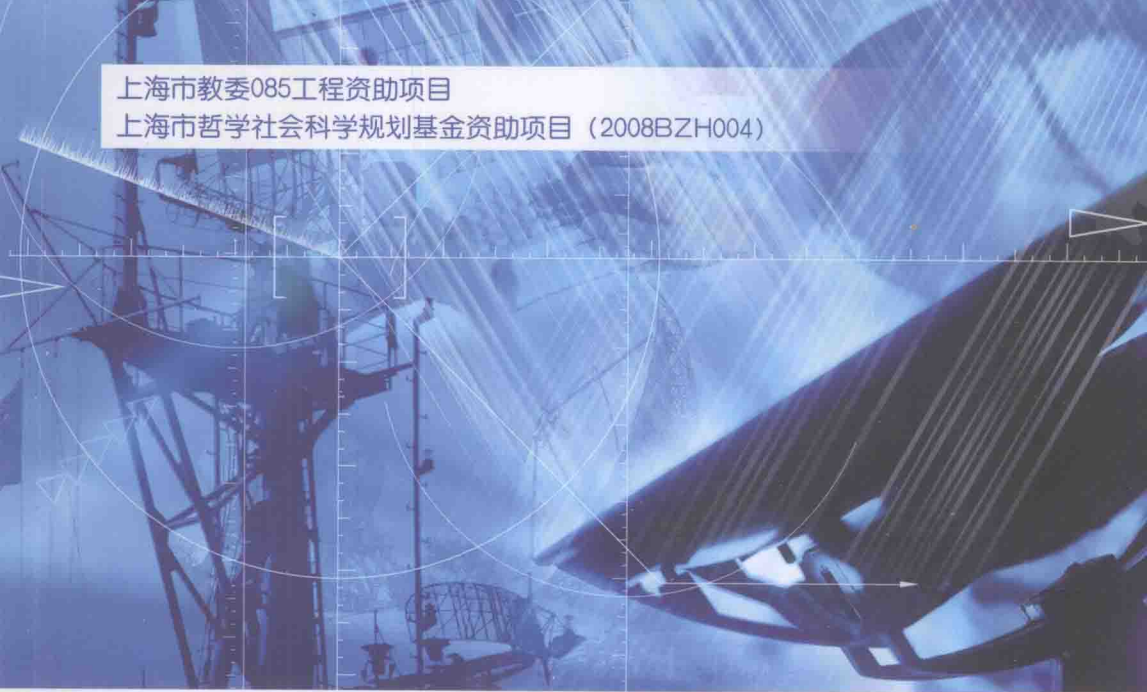




上海市教委085工程资助项目

上海市哲学社会科学规划基金资助项目 (2008BZH004)

区域电网建设安全风险识别及 规避策略研究(以华东电网为例)

杨太华·著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

上海市教委 085 工程资助项目

上海市哲学社会科学规划基金资助项目(2008BZH004)

区域电网建设安全风险识别及规避 策略研究(以华东电网为例)

杨太华 著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

• 南京 •

内容提要

本书以电网工程建设为背景,借助现代系统控制论和复杂性科学,系统地研究了停电事故的发生发展规律,及其对经济和社会的影响。研究工作涉及区域电网的规划、建设、运营和管理,聚焦电网的安全可靠性、风险管理、防灾减灾和应急管理等内容。内容包括:对国内外主要大停电事故的剖析;构建区域电网安全风险评价体系;电网建设安全风险识别技术和评估方法;分层全息技术的运用;越江电力管道建设安全风险的模糊层次分析;电网安全风险神经元模拟的实现路径;电网事故演化机理的自组织和耗散结构分析;电网项目的脆弱性识别和物元模型分析,并通过华东电网工程实例研究,提出了区域电网安全风险的预测预防和控制策略措施。

本书可供电力、能源、矿业、土木、铁道交通、市政等部门从事工程建设和安全管理有关的生产、科研人员参考,亦可作为大专院校电力工程、能源工程、土木工程、安全工程、工程管理等专业高年级及研究生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

区域电网建设安全风险识别及规避策略研究:以华东电网为例/杨太华著. —南京:东南大学出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-5641-4054-0

I. ①区… II. ①杨… III. ①电网—电气工程—安全风险—风险管理—研究—华东地区 IV. ①TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 025977 号

书 名:区域电网建设安全风险识别及规避策略研究(以华东电网为例)

著 者:杨太华

策划编辑:叶 娟

编辑邮箱:yejuan80@sohu.com

出版发行:东南大学出版社

社 址:南京市四牌楼 2 号

邮 编:210096

网 址:<http://www.seupress.com>

出 版 人:江建中

印 刷:江苏兴化印刷有限公司

开 本:700 mm×1000 mm 1/16 印张:17 字数:280 千字

版 次:2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-4054-0

定 价:40.00 元

经 销:全国各地新华书店

发行热线:025-83790519 83791830

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买东大版图书如有印装质量问题,请直接与东南大学出版社营销部联系(电话:025-83791830)

前 言

伴随着人类的生存和发展,人类自身也在不断地追求安宁和幸福。马斯洛把人的需求按其重要性和发生的先后顺序排列成五个层次,而其中安全是仅次于生理的基本需求。随着社会经济的不断发展,电力需求也在不断增加,电网的规模迅速扩大,技术的复杂性相应增加,电网运行故障、人身事故、大停电事故、设备事故时有发生,事故所造成的损失还相当严重。电网建设安全事关国家和人民的生命财产安全和社会的稳定,因此,加强电网建设的安全风险研究,实施安全管理创新,探索并逐步建立与现代电力工业相适应的现代化管理体系,对确保我国电网建设和安全稳定运行具有重要意义。

本书主要研究区域电网的规划投资、设计建造和质量控制的风险识别技术及规避策略。研究工作从风险管理理论和经济学的角度,对电网规划设计、建造和运行管理中的经济合理性和安全可靠进行分析,通过电网建设项目安全风险的测度、辨识、评价,构建了区域安全风险评价体系,并提出区域电网防灾减灾策略,特别是应对突发性特大停电事故的预防预测措施。

本书内容共分 15 章,主要包括:

第 1 章为绪论。根据国内外关于电网建设安全风险研究进展,系统地整理了相关的资料和研究成果。研究主要以电网系统为基础,对电网建设安全风险的概念及其发展进行详细论述。研究电力安全从以定性评价为主,逐步转向定量评价,并以定性与定量相结合,解决安全风险的评价问题。研究工作从电网规划建设安全风险研究进展、电网事故安全风险的复杂性研究、电力系统连锁故障安全风险研究进展、电网系统大停电事故的预防研究等几个方面展开,最后综合国内外电力安全风险的最新进展,指出了未来电网建设安全风险可能的研究方向。

第 2 章为国内外典型大停电事故对我国电网建设安全风险防范的启示。主要探讨了美加“8·14”、莫斯科“5·25”、欧洲“11·4”、2008 年我国南方冰冻灾害和 2011 年日本地震海啸引起的大停电等事故的成因及影响因子,并借鉴安全工程学中的“5M”模型对这些事故的成因进行解读。通过输电网本身的抗灾能力、电网的保护系统建设、安全风险管理等

方面的详细分析,提出了应对大停电事故的策略措施。

第3章为区域电网安全风险评价体系的构建。主要从区域电网安全风险评价体系的总体设计、安全风险评价体系的基本结构、安全风险评价的基本要素、安全风险值的量化与分级、电网性能化安全风险评价、电网系统安全风险评价标准的制定等方面,对区域电网安全风险评价体系进行了系统的研究和初步构建。研究过程中主要以华东电网为依据进行讨论分析。

第4章为电网建设安全风险识别。主要从电网建设安全风险辨识应遵循的原则、安全风险识别过程、安全风险识别方法与技术、安全风险识别成果、电网建设项目安全风险识别、电网建设项目施工安全风险辨识清单等方面展开研究,研究的背景以华东电网建设施工组织设计和输电网的主要安全危险辨识风险源为参考依据。

第5章为电网建设安全风险测度原理与方法。主要从建设项目安全风险测度过程、安全风险发生的统计和概率测度方法、安全风险损失测度方法和应用实例分析来对安全风险测度的统计和概率方法进行实证分析。研究主要以数据的处理和挖掘分析为基础,理论公式参考了相关的概率和数理统计理论。

第6章为电网建设安全风险识别的分层全息建模。主要引进美国学者 Haimes(1981)提出来的分层全息建模思想和方法。目前,在国内还未见这方面报道。该方法将该理论应用于电网建设工程的安全风险识别研究。主要从分层全息建模理论和方法的理解入手,基于可持续发展的电网建设安全风险识别、电网建设分层全息辨识理论框架的构建、电网建设工程施工的安全风险分层全息辨识等方面展开研讨,许多内容和思考具有创新性。

第7章为电网建设安全风险评价及 AHP 方法的应用。主要从电网建设安全风险评价的作用和评价步骤、电网建设安全风险水平、AHP 方法原理、电网建设 AHP 方法应用实例分析等方面探讨了电网建设安全风险评价方法原理,及其应用效果。

第8章为模糊故障树方法及其在华东电网建设安全风险分析中的应用。主要从故障树的含义、电网建设风险与可靠性比较、故障树的构成、故障树的分析程序、模糊故障树模型、电网建设故障树风险分级以及在华东电网上海复兴东路越江隧道工程和江苏电网倒塔事故安全风险分析实证分析等方面展开研究,并探讨了相应的安全风险对策研究。

第9章为区域电网建设安全风险的自组织临界特性分析。主要从区

域电力供应系统与沙堆模型原理、区域电力供应自组织临界特性分析、电力供应系统安全风险分析等方面展开研究。研究的主体思想是以电力系统的复杂性为基础。

第 10 章为电网建设项目安全风险的模糊神经网络模型分析。这一章实际是电网建设安全风险评价的扩展。主要引入人工神经网络方法,从 BP 神经网络基本原理及其典型网络模型、电网建设安全风险控制效果状态集合、电网建设工程指标体系的确定、电网建设安全风险评价神经元网络的实现和工程应用实例等方面展开研究。

第 11 章为区域电网大停电事故的耗散结构特征及演化机理分析。该研究突破了传统的工程技术层面的研究,将系统科学和耗散结构理论(complexityscience)运用于复杂电网大停电事故的发生发展规律分析,在此基础上,应用熵变理论来揭示事故的演化机理,建立了熵流模型,从而为电网停电事故的预测预防奠定了理论基础。

第 12 章为基于脆弱性的电网建设项目安全风险评估。主要从现有脆弱性概念分析入手,提出了电网建设项目脆弱性的概念;根据建设项目各因素之间的相互关联作用,对电网建设项目的脆弱性进行识别,构建电网建设项目脆弱性的度量模型。并运用矩阵方法,通过项目安全事件的可能性、项目脆弱性的等级划分以及损失程度的计算,建立安全风险等级,以反映项目安全风险的严重程度,并运用实例计算进行了分析研究。

第 13 章为地下变电站安全风险的可拓物元模型分析。主要通过地下变电安全风险的影响因素分析,较系统地建立了地下变电站安全风险评价指标体系,提出了 5 大类 12 个影响因子作为地下变电站安全风险的评价指标,并应用可拓学中的物元理论对地下变电站安全风险进行研究,建立了基于物元模型的地下变电站安全风险评价体系。与其他方法相比,物元模型能够直观地反映评价对象的定性与定量的关系,从而比较完整地揭示地下变电站安全状况的综合水平,同时易于用计算机进行编程处理,扩大安全风险评价的范围。通过应用实例分析,对该评价模型进行了论证,这为提高地下变电站的安全管理水平,确保城市电网的正常运行提供了新的安全评估思路。

第 14 章为电网建设安全风险规避策略。主要从电网建设安全风险应对计划的编制、电网建设安全风险对策措施、电网建设安全风险规避、电网建设安全风险转移、电网建设安全风险减缓、电网建设风险自留与利用、电网建设的保险选择以及电网建设安全风险管理的科学决策等方面开展研究,分析各种策略的优越性和局限性。

第 15 章为结论。主要总结本书的研究结论和研究成果、存在的问题以及进一步研究的设想。

本书作者自 1992 年师从同济大学土木学院、中科院院士孙钧教授, 1995 年取得博士学位, 主要从事土木工程防灾减灾、施工技术和工程管理的教学和科研工作, 在岩土工程、隧道及地下建筑工程, 建设安全管理方面有较为深入的研究, 现为上海电力学院教师。本书的主要内容和研究思路得益于导师中科院院士孙钧教授及其教学团队的师兄弟和同事的关心和指教。尽管离开母校已有多年, 但作者在工作和学习中, 仍然得到导师和学长的关心和指导, 这些都为本书的选题、调查和试验研究、理论分析以及论文的撰写和定稿起到了“定海神针”的作用, 在此, 谨向恩师致以崇高的敬意和衷心的感谢。作者的研究和论文工作还得到了上海电力学院李国荣教授、施泉生教授等多位老师的支持和帮助, 在此深表谢意。书中的部分内容参考了河海大学工程管理专家王卓甫教授等人的文献和著作(书中均有标注)。本书的后期研究工作还得到了上海电力学院工程管理教研室汪洋、王素芳、刘樱、孙建梅、谢婷等多位老师的帮助, 在此深表感谢。

本书有关研究工作得到上海市哲学社会科学规划基金的资助(批准号: 2008BZH004)、上海市教委 085 工程以及上海电力学院科研启动基金的资助, 工作过程中得到了国家电网上海电力公司、华东电网公司的大力协助, 上海电力学院各级领导高度重视, 并给予大力支持。最后, 上海电力学院出版基金为本书的出版提供资助, 在此深表谢意。

作者还要感谢东南大学出版社对本书进行了认真细致的编辑加工, 使本书质量大大提高。

本书希望能对从事电力工程规划和建设、输电线路工程施工和维护、能源工程管理、土木工程防灾减灾、安全工程、工程管理领域教学科研的有关人员起到一点抛砖引玉的作用。由于作者水平及经验有限, 书中难免存在这样那样的错误, 恳请前辈及同仁不吝赐教。

作者

2013 年 10 月于上海

目录

前言

第1章 绪论 /1

- 1.1 研究的提出 /1
- 1.2 研究现状及文献综述 /4
 - 1.2.1 安全风险概念及其发展 /4
 - 1.2.2 电网规划建设安全风险研究现状及进展 /5
 - 1.2.3 电网系统安全事故的复杂性研究 /10
 - 1.2.4 电力系统连锁故障安全风险研究进展 /16
- 1.3 电网系统大停电事故的预防研究 /19
- 1.4 电网建设安全风险研究发展趋势 /21

第2章 国内外典型大停电事故对我国电网建设安全风险防范的启示 /23

- 2.1 前言 /23
- 2.2 国内外典型大停电事故分析 /23
 - 2.2.1 美加“8·14”大停电事故分析 /23
 - 2.2.2 莫斯科“5·25”停电事故分析 /26
 - 2.2.3 欧洲“11·4”停电事故分析 /27
 - 2.2.4 2008年中国南方部分地区雨雪冰冻灾害停电事故分析 /29
 - 2.2.5 2011年日本东京停电事故分析 /31
- 2.3 国内外大停电事故对电网建设安全风险防范的启示 /32
- 2.4 分析与讨论 /35

第3章 区域电网安全风险评价体系的构建 /37

- 3.1 前言 /37
- 3.2 区域电网安全风险评价体系的总体设计 /38
- 3.3 安全风险评价体系的基本结构 /39
- 3.4 区域电网安全风险评估的基本要素 /39

- 3.4.1 安全风险评价系统的划分 /39
- 3.4.2 电网安全风险评估的基本要素 /40
- 3.5 安全风险值的量化及分级 /43
 - 3.5.1 量化分析法 /43
 - 3.5.2 电网“性能化”的评价方法 /46
 - 3.5.3 安全风险评价应用程序的编制及推广 /47
- 3.6 电网系统安全风险评价标准的制定 /47
- 3.7 分析与讨论 /48

第4章 电网建设安全风险识别 /49

- 4.1 前言 /49
- 4.2 电网建设安全风险识别应遵循的原则 /49
- 4.3 安全风险识别过程 /50
- 4.4 安全风险识别方法与技术 /53
- 4.5 安全风险识别成果 /59
- 4.6 电网建设项目目标风险识别 /59
- 4.7 电网建设项目施工安全风险辨识清单 /63
- 4.8 分析与讨论 /67

第5章 电网建设安全风险测度原理与方法 /69

- 5.1 前言 /69
- 5.2 建设项目安全风险度量过程 /69
- 5.3 安全风险发生的概率测度方法 /70
 - 5.3.1 数据加工处理 /70
 - 5.3.2 建设项目风险管理常用的概率分布 /74
 - 5.3.3 分布类型的选择 /84
 - 5.3.4 参数估计 /86
 - 5.3.5 分布函数的检验 /87
- 5.4 安全风险损失度量方法 /88
 - 5.4.1 电网建设项目风险损失的标的 /89
 - 5.4.2 进度(工期)损失的度量 /89
 - 5.4.3 费用损失的度量 /90
- 5.5 应用实例分析 /92
- 5.6 本章小节 /94

第 6 章 电网建设安全风险识别的分层全息建模	/95
6.1 引言	/95
6.2 分层全息建模理论和方法	/96
6.2.1 风险的定义	/96
6.2.2 HHM 和情景构建理论	/97
6.2.3 风险定义的精炼	/98
6.2.4 精炼风险定义的拓展	/99
6.2.5 分解 S_0 的 HHM 方法	/99
6.3 电网建设项目安全风险识别	/100
6.3.1 基于可持续发展的电网建设安全风险识别	/100
6.3.2 电网建设安全风险分层全息建模	/103
6.3.3 基于电网施工的安全风险识别	/107
6.4 分析与讨论	/113
第 7 章 电网建设安全风险评价及 AHP 方法的应用	/115
7.1 引言	/115
7.2 电网建设安全风险评价	/116
7.2.1 安全风险评价的作用和步骤	/116
7.2.2 电网建设安全风险评价标准和整体风险水平	/117
7.2.3 电网建设安全风险水平的比较	/118
7.3 AHP 方法原理	/119
7.3.1 层次分析法安全风险评价模型	/120
7.3.2 因素两两比较评分和判断矩阵	/120
7.3.3 计算各判断矩阵权重、排序,并作一致性检验	/121
7.3.4 计算综合总评分	/122
7.4 应用实例	/122
7.4.1 A—B 层次的判断矩阵计算	/124
7.4.2 B—C 层次的判断矩阵计算	/125
7.4.3 C—D 层次的判断矩阵	/127
7.4.4 方案层的安全风险排序	/128
7.5 分析与讨论	/129

第 8 章	模糊故障树方法及其在华东电网建设安全风险分析中的应用	/130
8.1	引言	/130
8.2	故障树分析的含义	/131
8.3	风险与可靠性的比较	/132
8.4	故障树的构成	/134
8.4.1	事件符号	/134
8.4.2	串联系统	/134
8.4.3	并联系统	/137
8.4.4	运算集合的 Venn 图表示法	/138
8.4.5	布尔代数	/138
8.4.6	最小割集	/140
8.5	故障树的分析程序	/142
8.6	模糊故障树模型	/143
8.7	电网建设工程安全风险分级	/146
8.8	应用实例一:上海越江电力管道工程安全风险分析	/147
8.9	应用实例二:江苏电网倒塔事故安全风险分析	/151
8.10	结论与分析	/154
第 9 章	区域电网建设安全风险的自组织临界特性分析	/156
9.1	引言	/156
9.2	区域电力供应系统与沙堆模型原理	/156
9.3	区域电力供应系统的自组织临界特性分析	/158
9.3.1	电力系统运行状态下的自组织临界特性	/158
9.3.2	电力供应系统发展演化过程中的自组织临界特性	/159
9.4	电力供应系统安全风险分析	/160
9.4.1	模型函数	/160
9.4.2	系统连锁反应故障风险系数	/160
9.4.3	支路连锁反应故障的风险系数	/161
9.4.4	安全风险自组织临界分析	/161
9.5	本章小结	/162

第 10 章 电网建设项目安全风险的模糊神经网络模型分析	/163
10.1 前言	/163
10.2 BP 神经网络基本原理及其典型网络模型	/164
10.2.1 BP 神经网络基本原理	/164
10.2.2 BP 神经网络基本模型	/165
10.3 电网建设安全风险控制效果状态集合	/165
10.3.1 识别指标集的确定	/165
10.3.2 安全事故控制效果状态集	/166
10.3.3 神经元网络评价方法	/167
10.4 电网建设安全风险评价指标体系的确定	/168
10.5 电网建设工程安全评价神经元网络的实现	/169
10.5.1 网络结构设计	/169
10.5.2 网络训练	/170
10.6 工程应用实例	/171
10.7 本章小结	/171
第 11 章 区域电网大停电事故的耗散结构特征及演化机理分析	/173
11.1 前言	/173
11.2 电网大停电事故的系统观和耗散结构特征	/173
11.3 区域电网系统耗散结构形成的条件	/175
11.3.1 区域电网系统是一个开放的系统	/175
11.3.2 区域电网系统是一个远离平衡的系统	/176
11.3.3 区域电网系统是一个非线性系统	/176
11.3.4 区域电网系统运行机制具有涨落特征	/177
11.4 电网系统耗散结构的演化机理及大停电事故分析	/178
11.4.1 区域电网系统耗散结构演化的熵流模型	/178
11.4.2 区域电网系统耗散结构的演化机理分析	/179
11.5 电网系统熵变控制及大停电事故预防	/181
11.5.1 减少电网系统中熵的产生	/181
11.5.2 在区域电网系统中引进负熵流	/182
11.6 结论与讨论	/183
第 12 章 基于脆弱性的电网建设项目安全风险评估	/184
12.1 前言	/184
12.2 脆弱性	/184

12.3	电网建设项目脆弱性的识别	/185
12.3.1	脆弱性识别内容	/185
12.3.2	脆弱性赋值	/186
12.3.3	对安全措施的确证	/186
12.4	电网建设项目脆弱性的度量	/187
12.4.1	模型假设	/187
12.4.2	项目脆弱性模型	/187
12.4.3	项目脆弱性度量模型	/187
12.5	安全风险分析	/188
12.5.1	安全风险计算方法	/188
12.5.2	风险结果判定	/190
12.6	实例分析	/191
12.7	结论与讨论	/193
第13章	地下变电站安全风险的可拓物元模型分析	/194
13.1	引言	/194
13.2	地下变电站安全风险评价指标体系的构建	/194
13.2.1	地下变电站安全风险的特点	/194
13.2.2	地下变电站安全风险评价指标体系	/195
13.2.3	地下变电站安全风险等级的划分	/195
13.3	地下变电站安全风险物元模型的构建	/197
13.3.1	确定风险水平的经典域	/197
13.3.2	确定安全风险等级的节域	/198
13.3.3	确定待评物元	/198
13.3.4	确定评价指标关于各风险等级的关联度	/199
13.3.5	计算待评价地下变电站安全风险等级的关联度	/199
13.4	实例分析	/199
13.4.1	工程背景	/199
13.4.2	计算过程与计算结果	/200
13.5	结论与讨论	/201
第14章	电网建设安全风险规避策略	/203
14.1	前言	/203
14.1.1	电网建设安全风险应对计划	/203
14.1.2	电网建设安全风险应对策略	/204

14.2	电网建设安全风险规避	/206
14.2.1	安全风险规避的内涵	/206
14.2.2	安全风险规避方法	/207
14.2.3	安全风险回避的局限性分析	/209
14.3	电网建设安全风险转移	/210
14.3.1	风险转移的内涵	/210
14.3.2	电网建设项目非保险风险转移的方式和分类	/210
14.3.3	电网建设工程非保险风险转移的特点	/211
14.3.4	电网建设工程非保险风险转移的局限性	/212
14.4	电网建设安全风险减缓	/212
14.4.1	风险缓解的内涵	/212
14.4.2	安全风险缓解的途径	/213
14.5	电网建设风险自留与利用	/215
14.5.1	电网建设风险自留	/215
14.5.2	电网建设安全风险的利用	/219
14.6	电网建设安全风险保险的选择	/221
14.6.1	电网建设项目保险的特点	/222
14.6.2	电网建设工程保险的种类	/222
14.6.3	电网建设安全风险保险类型的选择	/227
14.6.4	电网建设工程选择保险的优缺点	/229
14.7	电网建设安全风险管理的科学决策	/230
14.7.1	建设项目风险决策的含义	/230
14.7.2	安全风险决策的分类	/231
14.7.3	电网建设安全风险决策基本准则	/231
14.7.4	电网建设安全风险对策决策过程	/232
14.8	本章小结	/234
第15章	结论	/236
15.1	主要结论及研究成果	/236
15.2	存在的问题与可能解决的途径	/243
参考文献		/245

第 1 章 绪 论

1.1 研究的提出

随着我国国民经济的不断发展,跨区域电网大规模互联的形成和发展是电网发展的必然趋势。我国地域辽阔,各地区能源分布、电源结构和经济发展很不平衡。可开发和建设的电源呈北煤西水分布,而用电负荷中心主要集中在东部和南部。区域电网间有很大的互补性,对跨地区送电的需求很大。为充分利用我国丰富但分布极不平衡的动力资源,积极推进和实施“西电东送、南北互供、全国联网”的发展战略,加快区域电网间和区域电网与省电网间联网工程建设,是我国电力建设事业发展的重点^[1-3]。跨区域电网的形成,一方面提高了电力系统的运行效率,另一方面却也增加了系统运行的不确定性,任何局部安全事故都可能使系统受到扰动而波及范围更广的相邻电网,且电网事故的后果更加严重。总体上看,我国还是一个发展中国家,电网的总体规划设计水平与发达国家相比,还有很大的差距,电网结构薄弱,电气主设备和线路故障率较高,部分电网电源供应紧张,应对电网突发事件的运行风险备用不足;此外,由于我国电网东西、南北地域跨距大,特性差异大,系统运行方式变化大,电网结构复杂(图 1.1),已成为世界上最复杂的网络之一^[4-5],该复杂网络存在不少薄弱环节,如何保证系统安全稳定运行将是各区域电网以及全国电网互联建设所面临的重大研究和艰巨任务。

近年来,国内外区域电网事故造成灾难性的后果和不良影响是众所周知的(表 1-1)。2003 年 8 月 14 日,美国中西部和东北部的大部分地区、加拿大的安大略地区经历了一次大停电事故^[6-8]。该停电事故影响到估计有 5 000 万人口的地区,包括俄亥俄、密执安、宾夕法尼亚、纽约、佛蒙特、马萨诸塞、康涅狄格和新泽西以及加拿大安大略省的约 61 800 MW 的电力负荷。估计在美国的总损失范围为 40 亿~100 亿美元之间。在加拿大,8 月份的国内生产总值下降了 0.7%,损失了 1 890 万个净工作小时,安大略制造业运输量下降了 23 亿加元。2003 年 8 月 28 日伦敦南部发生一起停电事故^[9],起因是由于某变压器瓦斯继电器动作,需要进

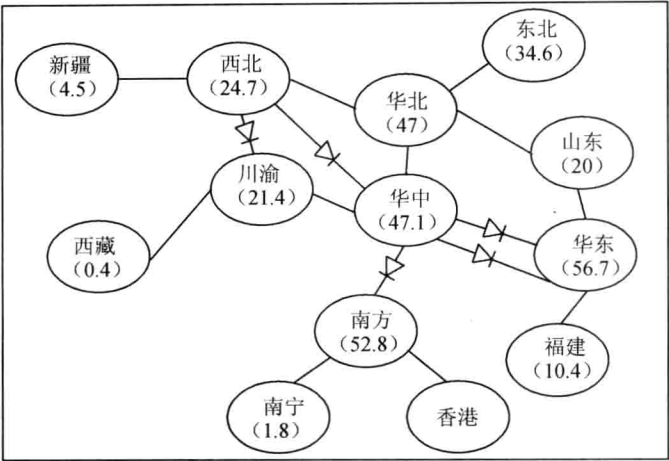


图 1.1 全国联网示意图

表 1-1 近年来大停电事故^[6-11]

国家	事故发生时间	事故后果
美国	1996 年 7 月 2 日	系统解列成 5 个孤岛,事故影响 14 个州 200 万用户
美国	1996 年 8 月 10 日	系统解列成 4 个孤岛,事故影响 9 个州 150 万用户
美国、加拿大	2003 年 8 月 14 日	共损失 61 800 MW 负荷,停电范围超过 24 000 平方公里,受影响人口达 5 000 万
马来西亚	2003 年 9 月 1 日	事故影响 5 个州,停电时间持续 4 个多小时
意大利	2003 年 9 月 28 日	6 400 MW 的功率缺额导致了系统的频率崩溃
莫斯科	2005 年 5 月 25 日	电网过负荷导致系统崩溃,受影响人口达 200 万,停电时间持续 41 个小时
印尼	2005 年 8 月 18 日	输电网故障导致 3 大发电厂连锁停机,最终引发电网崩溃,受影响人口达 1 亿,停电时间持续半个多小时
中国	1995 年 9 月 9 日	宁夏电网发生大面积停电事故
中国	1997 年 2 月 27 日	西北电网发生大面积停电事故,造成西安东部、咸阳、渭南地区大面积停电,商洛地区全部停电
中国	2006 年 7 月 1 日	河南省大面积停电
中国	2008 年 1 月	冰雪灾害致贵州、河南、湖南、湖北、江西等省大面积停电

行一系列的倒闸操作调度,倒闸操作期间,NewCross 和 Hurst 变电站暂时由一条线路供电,而这条线路却在倒闸操作期间被线路保护误动作切除。2003 年 9 月 5 日东伯明翰的 Ham's Hall 变电站由于一起非常罕见的故障组合(三台主变中,一台由于过热被调度切除退出运行,另外一台由于保护的误动作而跳闸^[9],导致剩下的一台变压器由于过负荷跳闸)引起整个变电站停电,失去全部负荷。2003 年 9 月 28 日,意大利发生大面积停电^[9],停电故障的起因是 Oskashamm 电厂故障停机,损失 1 200 MW。2006 年 7 月 1 日我国发生的华中电网停电事故^[9],再次为我们敲响了警钟,这次事故发生在华中电网的河南省电网部分,500 kV 嵩郑两回线路突然发生故障先后跳闸引起大规模潮流转移,造成豫西、豫中部分 220 kV 线路连锁过载跳闸,导致了大面积停电事故。2008 年 1 月中旬以后,我国贵州、湖南、湖北、安徽、江西、浙江等南方省份出现罕见的低温雨雪冰冻极端灾害天气^[10-11]。这次灾害天气持续时间长、影响范围广、危害程度深,给人民群众生命财产和工农业生产造成重大损失。

国内外的历次大停电事故说明电网建设从一开始就应该有风险的认识,但事实是我们并没有足够的考虑,特别是 2008 年我国南方罕见的覆冰灾害,电网故障的地点主要分布在山区,抢修起来比较困难,这次冻害既是一个世界性技术问题,也是中国电力建设制度的风险管理问题。这一风险到底是技术性的,还是制度性的? 到底存在哪些技术风险,哪些制度性风险? 它们怎样分布? 应该采取怎样的对策措施才能减少损失和预防这些风险? 这些是目前电网建设迫切需要解决的问题。

区域电网建设风险管理是对区域电网建设实施过程中各个环节、各个阶段可能出现的风险事件进行系统管理,旨在辨识出区域电网投资项目中现实的潜在的风险事件,并加以分析评价,控制这些风险事件对项目的实施产生的负面影响,降低损失发生的可能性,减弱风险发生的强度,减小波及面,达到电网建设的目标。同时,也可为企业决策者提供有利的决策依据。区域电网建设项目由于具有连续性、复杂性、少参照性等特点,其风险程度较高。各种灾难性事故的发生凸显了区域电网安全的重要性,使人们认识到电网建设规划在考虑投资费用的同时,还应考虑系统的稳定性。评估电网系统所面临的安全风险,这也是目前国内许多研究工作者关注较多的一个问题。因此,对区域电网建设安全风险的影响因素进行分析,提出较合理的识别方法和应对策略措施,建立有效的风险综合评价指标体系和数学预测模型,对于以特高压电力网络为主干的坚强智能电网建设,建立电网建设风险的防控预控体系,保障电力系统健