



现代电力服务业丛书

电力企业安全评价方法与应用

DIANLI QIYE ANQUAN PINGJIA FANGFA YU YINGYONG

>>>> 施泉生 编著



上海财经大学出版社

现代电力服务业丛书

本书得到上海市高等学校本科教育高地
—— 电力经济与管理项目上海市教委
重点项目 (06ZS70) 基金的资助

电力企业安全评价方法与应用

施泉生 编著



上海财经大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电力企业安全评价方法与应用/施泉生编著. —上海:上海财经大学出版社,2007.9

(现代电力服务业丛书)

ISBN 978-7-81098-939-8/F·893

I. 电… II. 施… III. 电力工业-工业企业-安全-评价
IV. F407.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 093437 号

☐ 责任编辑 周 河

☐ 封面设计 周卫民

DIANLI QIYE ANQUAN PINGJIA FANGFA YU YINGYONG
电 力 企 业 安 全 评 价 方 法 与 应 用

施泉生 编著

上海财经大学出版社出版发行
(上海市武东路 321 号乙 邮编 200434)

网 址: <http://www.sufep.com>

电子邮箱: webmaster@sufep.com

全国新华书店经销

上海市印刷七厂一分厂印刷装订

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

890mm×1240mm 1/32 12.125 印张(插页:2) 349 千字

印数:0 001—4 000 定价:22.00 元

总 序

现代服务业是依托现代化新技术、新业态和新的服务方式,创造需求,引导消费,向社会提供高附加值、高层次、知识型的生产服务和生活服务。在全球经济化竞争中,现代服务业已成为一个国家或地区经济增长的重要动力和现代化的重要标志。我国已把现代服务业作为经济发展的一项重要战略,优先发展现代服务业是上海新一轮发展的重中之重。现代服务业是否能持续健康发展主要取决于人力资本的投入。高人力资本含量的投入,是提高现代服务业生产率水平的基本途径,这就需要普遍提高劳动力的教育程度和科技素质。

上海市教委在深入研究分析上海高等教育各层次、各学科的教育资源现状的基础上,依据国家对上海近、中期人才培养的要求,依据上海建设“四个中心”的国家战略以及上海对先进制造业、现代服务业人才的需求,于2005年启动了“上海高等学校本科教育高地建设”项目,确定了金融保险、海关物流、外贸经济等十大高地,采用“项目申报制”,每年投入专项资金重点建设。目标是将上海高校的一批专业建设成为上海乃至全国现代服务业人才培养重要基地,形成全国高校现代服务业教学研究与师资培训中心,使上海的一批高校本科专业成为在国内外有一定知名度和影响力的本科教育高地,为上海现代服务业发展提供人力资本保障。上海电力学院的电力经济管理作为一个专业群进入本科教育高地建设。

电力行业传统上被视为第二产业。随着电力技术、产业结构的升

级,随着电力行业内集聚和分化的加剧,电力服务、电力供应、电力工程咨询等成为现代服务业不可或缺的部分,由此现代电力服务业应运而生。上海电力学院作为一所办学历史悠久、电力行业背景突出的高校,怎样在属地后更好地为上海地方经济服务,为发展上海的现代服务业战略服务,一直是我们思考和期望的问题。在服务上海经济的同时又能提升我院的本科教育水平,使我们的电力经济管理专业成为国内具有特色的管理专业,成为全国电力经济管理人才培养重要基地和电力经济管理教学研究与师资培训中心,这是我们努力的方向。

我院正在承担的上海市电力经济与管理本科高地建设项目,明确了要与上海优先发展现代服务业的战略要求相适应。本丛书反映了本院本科教育高地建设的要求,是本科教育高地建设的成果之一。本丛书的作者长期从事电力经济管理的教育工作,熟悉电力行业,他们的专业背景和勤奋努力,相信能给本丛书增添不少光彩。本丛书计划编撰、出版 10 本,它们分别是:《电力企业绩效考核》、《电力金融》、《电力技术经济学》、《电力国际贸易》、《电力工程造价管理》、《电力市场》、《电力服务营销》、《电力企业信息化与决策支持》、《电力交易与风险控制》、《电力企业安全评价》等。

本丛书适合现代电力服务业和其他电力企业的中、高层管理者阅读,也适合电力经济管理专业的大学生和研究生。因此,它们既可以作为电力行业中、高层管理人员的培训教材,也可以作为电力经济管理专业的本科和研究生教学用书。

感谢上海财经大学出版社的同志们,他们怀着发展我国电力经济管理科学的热情和提高电力经济管理本科教育水平的愿望,经过反复论证,使这套丛书得以出版。愿这套丛书的出版能够真正起到提升电力经济管理本科教育水平的目的,为培养现代电力服务业新型人才作出我们应有的努力。

李国荣

2006 年 2 月

前 言

“安全第一,预防为主,综合治理”是电力系统一贯坚持的正确方针,“十一五”电力工业的发展,要以科学发展观和构建和谐社会两大战略思想为指导,基本方针是提高能源效率,保护生态环境,加强电网建设,有序发展水电,优化发展煤电,积极推进核电建设,适度发展天然气发电,鼓励新能源发电,带动装备工业的技术进步,加强国际合作,深化体制改革^①。

随着电力工业的不断发展、电力体制改革的不断深入和电力供需形势的变化,影响电力安全生产的诸多不利因素和一些问题将逐步显现出来,必须引起高度重视,如:电力工业发展已进入大电网、高电压、长距离、大容量阶段,网架结构日益复杂,电网安全特别是大电网安全面临新的挑战,必须高度重视影响系统安全稳定运行的重大问题;电力体制改革以来,政府对电力标准化管理的职能弱化,电力技术标准修订滞后,已远远不能满足电力工业快速发展的需要,电力安全生产技术保障在一定程度上受到削弱;电力建设施工现场安全生产存在不少问题,电力基建施工力量不能完全满足建设需求;在煤矿等重要用户供用电安全问题上,部分供电企业基础管理工作薄弱,部分煤矿、非煤矿山等重要用户自备应急电源配置比例不高^②。

① 国家发展改革委员会赵小平同志在三北片会上的讲话摘要,2007年1月30日。

② 国家电监会主席尤权在全国电力安全生产工作电视电话会议上讲话,2007年1月30日。

电力安全生产指的是:为使电力生产过程在符合安全的物质条件和秩序下进行,以防止人身伤亡、设备损坏和电网事故以及各种灾害的发生,保障职工的安全健康和设备、电网的安全以及“发、送、变、配、用”电各个环节的正常进行而采取的各项措施和活动。

电力安全生产的主要目标是:杜绝重大以上电力生产人身伤亡、杜绝电网大面积停电、杜绝电厂垮坝事故的发生;防止重大以上环境污染、防止主设备严重损坏、防止对社会造成重大影响事故的发生,维护电力系统安全稳定运行。

安全性评价是综合运用安全系统工程的方法对系统的安全性进行度量和预测,它通过对系统存在的危险性定性和定量分析,确认系统发生危险的可能性及其严重程度,提出必要的措施,以寻求最低的事故率、最小的事故损失和最优的安全投资效益。

电力企业安全性评价的着眼点是安全基础,反过来说就是危险因素。它不是围绕已经发生的事故进行分析和评价,而是对“系统”现存的有可能导致特大、重大事故和恶性频发事故的危险因素及其严重程度进行辨识和评价,因此它可以具体、全面地反映基层企业安全生产的薄弱环节,从而提高企业对事故的预见性和超前控制事故的能力。安全性评价是企业安全生产上改善微观管理的一个重要手段。

本书着重于电力系统安全性评价的理论与方法,体系结构比较完整。在写作过程中兼顾理论与实际的结合、实用和最新学术成果的结合,注意评价理论和方法的应用及其取得的成果。编撰过程中参阅和引用了不少前辈和同行的工作成果,是他们的一些工作成果使得本书能够比较系统、全面地反映有关电力系统安全性评价方面的最新研究成果。书中所引用部分作者的研究成果已经在参考文献中列出,在此表示衷心的感谢。

本书介绍了电力企业安全评价的常用方法,以及层次分析法、灰色系统理论、模糊数学、人工神经网络等现代管理方法在发电企业、供电企业、输配电企业、电力建设等单位的安全性评价中的应用。本书共分电力安全管理概论、系统安全评价、系统安全评价方法、电力企业安全

评价、火力发电企业安全评价、水力发电企业安全评价、供电企业安全评价、层次分析法与发电企业安全评价指标体系、灰色系统理论与发电企业安全评价方法、模糊评价及在电力企业安全评价中的应用、人工神经网络及在电力工程安全评价中的应用、安全生产健康环境质量管理体系、电力系统动态安全评价等十三章,系统地介绍了目前电力安全管理中常用的评价理论与方法,也介绍了如安全生产健康环境质量管理体系、动态安全性评价等内容,其体系和内容符合电力系统安全评价这一学科的发展要求和发展方向,内容简明直观,容易理解与应用。

本书适合在校相关专业的本科生和硕士研究生、高校教师与科研工作者使用,也可作为各级管理人员特别是从事安全管理的工程技术人员及高级技术管理人员的培训教材和自学参考书。

由于笔者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请各方面专家、学者及广大读者批评指正。

作者的电子邮箱: shiqs@126.com 或 shiqs0921@126.com。

施泉生
2007年5月

DIANLI QIYE ANQUAN PINGJIA

FANGFA YU YINGYONG

现代电力服务业丛书

主 编	李国荣		
副 主 编	刘贵生	彭文兵	
编委会成员	施泉生	解 群	程 创
	顾群音	杨俊保	李安波
	孔艳杰	王志龙	
丛 书 策 划	王永长		

目 录

总序/1

前言/1

第一章 电力安全管理概论/1

第一节 安全管理基本概念/1

第二节 电力安全管理/8

第二章 系统安全评价/20

第一节 安全评价现状/20

第二节 系统安全分析方法/34

第三节 安全评价方法概述/38

第四节 安全评价报告/46

第三章 系统安全评价方法/54

第一节 常用的安全评价方法/54

第二节 定性安全性评价方法/61

第三节 定量安全性评价方法/64

第四节 作业条件危险性评价法/70

第五节 安全评价方法的选择/72

第四章 电力企业安全评价/79

- 第一节 电力企业安全评价现状/79
- 第二节 电力企业安全性评价的必要性/81
- 第三节 电力企业安全性评价的特点/86
- 第四节 电力企业安全性评价的内容/90
- 第五节 电力企业安全性评价的程序/93

第五章 火力发电企业安全评价/105

- 第一节 火力发电企业安全性评价方法/105
- 第二节 火力发电企业安全性评价内容/114
- 第三节 火力发电企业安全性评价案例/122
- 第四节 火力发电厂汽轮机安全性评价/131

第六章 水力发电企业安全评价/136

- 第一节 水力发电企业安全性评价方法/136
- 第二节 水力发电企业安全性评价内容/142
- 第三节 水力发电企业安全性评价案例/152

第七章 供电企业安全评价/158

- 第一节 供电企业安全性评价概述/158
- 第二节 供电企业安全性评价内容/161
- 第三节 供电企业安全性评价案例/175

第八章 层次分析法与发电企业安全评价指标体系/180

- 第一节 层次分析法/180
- 第二节 基于 AHP 的发电企业安全评价指标体系/184

第九章 灰色系统理论与发电企业安全评价方法/194

- 第一节 灰色系统理论/194

第二节 发电企业安全评价方法/198

第三节 发电企业安全评价案例/201

第四节 灰色层次分析法/203

第十章 模糊评价及在电力企业安全评价中的应用/219

第一节 模糊评价方法/219

第二节 模糊评价方法在发电企业安全评价中的应用/224

第三节 模糊评价方法在供电企业安全评价中的应用/229

第四节 模糊评价方法在电网企业安全评价中的应用/231

第十一章 人工神经网络及在电力工程安全评价中的应用/236

第一节 人工神经网络/236

第二节 人工神经网络的安全评价方法/242

第三节 优化 BP 神经网络在系统安全评价中的应用/245

第四节 基于人工神经网络的电力工程安全评价方法/248

第十二章 安全生产健康环境质量管理体系/255

第一节 安全性评价动态管理体系/255

第二节 安全生产健康环境质量管理体系/260

第十三章 电力系统动态安全评价/268

第一节 动态安全性评价/268

第二节 电力系统动态安全评价方法/272

附录:

一、火力发电企业安全性评价内容/289

二、供电企业安全性评价内容/317

三、水力发电企业安全性评价内容/338

四、输电企业安全性评价内容/353

第一章 电力安全管理概论

第一节 安全管理基本概念

一、安全科学理论的发展

人类对于防范意外事故的探索与认识已经历了漫长的岁月。从宿命论到经验论,从经验论到系统论,从系统论到本质论;从无意识地被动承受到主动对策,从事后型的“亡羊补牢”到预防型的本质安全;从单因素的就事论事到安全系统工程;从事故致因理论到安全科学原理;等等,工业安全科学的理论体系在不断发展和完善。追溯安全科学理论体系的发展轨迹,探讨其发展的规律和趋势,对于系统、完整和前瞻性地认识安全科学理论,以指导现代安全管理科学实践和事故预防工程具有现实的意义。

安全科学理论体系的发展经历了具有代表性的三个阶段:从工业社会到 20 世纪 50 年代主要发展了事故学理论;从 20 世纪 50 年代到 80 年代发展了危险分析与风险控制理论;从 20 世纪 90 年代以来,现代的安全科学原理初见端倪,目前在不断的发展和完善之中。从基本的认识论、理论系统以及方法与特征三个方面可以总结出阶段理论体

系的发展内涵。

1. 事故学理论

认识论:事故学理论的基本出发点是事故,以事故为研究的对象和认识的目标,在认识论上主要是经验论与事后型的安全哲学,是建立在事故与灾难的经历上来认识安全,是一种逆式思路(从事故后果到原因事件)。事故学理论的主要特征在于被动与滞后,是“亡羊补牢”的模式,突出表现为一种头痛医头、脚痛医脚、就事论事的对策方式。

理论系统:基于以事故为研究对象的认识,形成和发展了事故学的理论体系。

事故分类学——按管理要求的分类法,如加害物分类法、事故程度分类法、损失工日分类法、伤害程度与部位分类法等;按预防需要的分类法,如致因物分类法、原因体系分类法、时间规律分类法、空间特征分类法等。

事故模型论——因果连锁模型(多米诺骨牌模型)、综合模型、轨迹交叉模型、人为失误模型、生物节律模型、事故突变模型等。

事故致因理论——事故频发倾向论、能量意外释放论、能量转移理论、两类危险源理论等。

事故预测理论——线性回归理论、趋势外推理论、规范反馈理论、灾变预测法、灰色预测法等。

事故预防理论——三E对策理论、事后型对策等。

方法与特征:在上述思想认识的基础上,事故学理论的主要导出方法是事故分析(调查、处理、报告等)、事故规律的研究、事后型管理模式、三不放过(即发生事故后原因不明、当事人未受到教育、措施不落实三不放过)的原则;建立在事故统计学上致因理论研究;事后整改对策;事故赔偿机制与事故保险制度等。

事故学理论对于研究事故规律,认识事故的本质,从而对指导、预防事故有重要的意义,在长期的事故预防与保障人类安全生产和生活过程中发挥了重要的作用,是人类的安全活动实践的重要理论依据。但是,仅停留在事故学的研究层面上是不够的,一方面由于现代工业固

有的安全性在不断提高,事故频率逐步降低,建立在统计学上的事故理论随着样本的局限使理论本身的发展受到限制;另一方面,由于现代工业对系统安全性要求不断提高,直接从事事故本身出发的研究思路和对策,其理论效果不能满足新的要求。

2. 危险分析与风险控制理论

认识论:以危险和隐患作为研究对象,其理论的基础是对事故因果性的认识,以及对危险和隐患事件链过程的确认;建立了事件链的概念,有了事故系统的超前意识流和动态认识论;确认了人、机、环境、管理事故等综合要素,主张工程技术硬手段与教育、管理软手段相结合的综合措施,提出超前防范和预先评价的概念和思路。

理论系统:由于研究对象和目标体系的转变,危险分析与风险控制理论发展了如下理论体系:

系统分析理论——FTA 故障树分析理论、ETA 事件枝分析理论、SCL 安全检查表技术、FMFA 故障及类型影响分析理论等。

安全评价理论——安全系统综合评价、安全模糊综合评价、安全灰色系统评价理论等。

风险分析理论——风险辨识理论、风险评价理论、风险控制理论等。

系统可靠性理论——人机可靠性理论、系统可靠性理论等。

隐患控制理论——重大危险源理论、重大隐患控制理论、无隐患管理理论等。

方法与特征:由于有了对事故的超前认识,这一理论体系导致了比早期事故学理论更为有效的方法和对策,如:预期型管理模式;危险分析、危险评价、危险控制的基本方法过程;推行安全预评价的系统安全工程;“四负责”的综合责任体制;管理中的“五同时”原则;企业安全生产的动态“四查工程”等科学检查制度。危险分析与风险控制理论指导下的方法,体现了超前预防、系统综合、主动对策等特征。

危险分析及隐患控制理论从事故的因果性出发,着眼于事故的前期事件的控制,对实现超前和预期型的安全对策,提高事故预防的效果有着显著的意义和作用。但是,这一层次的理论在安全科学理论体系

上,还缺乏系统性、完整性和综合性。

3. 安全科学原理

认识论:以安全系统作为研究对象,建立了“人—物—能量—信息”的安全系统要素体系,提出系统自组织的思路,确立了系统本质安全的目标。通过安全系统论、安全控制论、安全信息论、安全协同学、安全行为科学、安全环境学、安全文化建设等科学理论研究,提出在本质安全化认识论基础上全面、系统、综合地发展安全科学理论。

理论系统:安全科学原理的理论系统还在发展和完善之中,目前已有的初步体系有安全哲学原理、安全系统论原理、安全控制论原理、安全信息论原理、安全法学原理、安全经济学原理、安全组织学原理、安全教育学原理、安全工程技术原理等,目前还在发展中的安全理论还有安全仿真实论、安全专家系统、系统灾变理论、本质安全化理论、安全文化理论等。

方法与特征:自组织思想和本质安全化的认识,要求从系统的本质入手,要求主动、协调、综合、全面的方法论。具体表现为:从人与机器和环境的本质安全入手,人的本质安全不但要解决人的知识、技能、意识素质等方面问题,还要从人的观念、伦理、情感、态度、认知、品德等人文素质入手,从而提出安全文化建设的思路;物和环境的本质安全化就是要采用先进的安全科学技术,推广自组织、自适应、自动控制与闭锁的安全技术;研究人、物、能量、信息的安全系统论、安全控制论和安全信息论等现代工业安全原理;技术项目中要遵循安全措施与技术设施的“三同时”(同时设计、施工、投产)原则;企业在考虑经济发展、进行机制转换和技术改造时,安全生产方面要同步规划、同步发展、同步实施,即所谓“三同步”的原则;另外,还有“三点控制工程”、“定置管理”、“四全管理”、“三治工程”等超前预防型安全活动;推行安全目标管理、无隐患管理、安全经济分析、危险预知活动、事故判定技术等安全系统科学方法。

二、安全管理科学的发展

(一)安全科学与安全管理学

安全管理学是安全科学技术体系中重要和实用的二级学科,它包

括安全信息系统、劳动保护管理、风险分析、事故管理、工业灾害控制等分支学科。安全管理工程是企业安全生产的最基本的安全手段,其理论和方法得到了职业安全卫生和减灾防灾领域及有关专业的普遍重视。

通过人类长期的安全生产活动实践,以及安全科学与事故理论的研究和发展,人们已清楚地认识到,要有效地预防生产与生活中的事故、保障人类的安全生产和安全生活,人类有三大安全对策:第一,安全工程技术对策,这是技术系统本质安全化的重要手段;第二,安全教育对策,这是人的安全素质的重要保障措施;第三,安全管理对策,这一对策既涉及物的因素,即对生产过程设备、设施、工具和生产环境的标准化、规范化管理,也涉及人的因素,即作业人员的行为科学管理等。因此,安全管理科学是安全科学技术体系中重要的分支学科,是人类预防事故的“三大对策”的重要方面。

2. 安全管理技术的发展

管理也是一种技术。安全管理的方法得当,是保证安全管理效能的重要因素。

从管理对象的角度:安全管理由近代事故管理,发展到现代的隐患管理。早期,人们把安全管理等同于事故管理,显然仅仅围绕事故本身做文章,安全管理的效果是有限的。只有强化了隐患的控制,消除危险,事故的预防才高效。因此,20世纪60年代发展起来的安全系统工程强调了系统的危险控制,揭示了隐患管理的机理。21世纪,隐患管理将得到推行和普及。

从管理过程的角度:早期是事故后管理,进展到20世纪60年代强化超前和预防型管理(以安全系统工程为标志)。随着安全管理科学的发展,人们逐步认识到,安全管理是人类预防事故三大对策之一,科学的管理要协调安全系统中的人—机—环境因素,管理不仅是技术的一种补充,更是对生产人员、生产技术和生产过程的控制与协调。

从管理理论的角度:从建立在事故致因理论基础上的管理,发展到现代的科学管理。20世纪30年代美国著名的安全工程师海因里希提