

杨传箭 著

电力安全学

初步



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

电力安全学

初步

杨传箭 著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书针对电力安全生产的需要,有选择地介绍事故理论、安全系统工程理论,以及有关安全的心理学、行为科学、人机工程知识,还介绍了我国电力安全管理方面的成功经验,许多方面的内容可直接用于实践,并可用于提高电业职工的安全素质。

全书共分七章:事故理论和电力事故剖析;系统安全性分析;安全性评价及其在电力行业的应用;安全管理理论及实践;安全心理学;安全与行为科学;安全人机工程学。

本书可供电力系统各级领导、安全监督人员、工程技术人员、班长和安全员阅读,也可作为普教或成教的大、中专各专业开设电力安全课程的教材和各类电力培训班的安全教材。

图书在版编目(CIP)数据

电力安全学初步/杨传箭著. -北京:中国电力出版社, 1999. 12

ISBN 7-5083-0182-X

I. 电… II. 杨… III. 电力工业-安全技术-基本知识 IV. TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 63748 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京京东印刷厂印刷

各地新华书店经售

2000 年 1 月第一版 2001 年 5 月北京第二次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 9.375 印张 207 千字

印数 3001~6000 册 定价 15.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言

电力安全生产呼唤着安全软科学！

让现代安全理论，特别是安全软科学为电力安全生产服务，祈使电力安全工作在新形势下提高到一个新水平，这是我写本书的目的和愿望。

社会的进步、科技和经济的发展、人民生活的不断提高，使电业安全的重要性、特殊性愈来愈突出。电力安全管理水平，必须日益提高。在电力安全工作中，对我国自己创造并行之有效的宝贵的安全工作经验，一定要坚持、发扬，但对近几十年国外发展起来的新的安全理论和先进方法，我们也应该充分重视，并引来为我所用。应将安全管理从“事后型”变为“预期型”，真正做到对事故以“预防为主”。

纵览有关电力安全方面群书，安全工程技术和手册类的多，真正专门系统地、较全面地将安全理论引入并结合电力系统实际阐述的书，却还未见，希望本书能填补这个空白。作为一名电业老职工，我一直认为，凡电业职工，不论你在什么岗位，都应随时关心电业安全，都应以“为电业安全作贡献”为己任。我就是以此种心情，奉出此书，以抛砖引玉。

在成书过程中，得到杨祝辉高级工程师、宋守信研究员、吴忠副教授的热情支持，也得到亲人好友的关心。钱祥鹏高级工程师为全书进行审阅，并提出宝贵意见。在此，一并表示衷心的感谢。

由于水平所限，书中错误难免，恳请读者指正。

杨传箫

1998.9.17.

目 录

前言

绪 论 1

第一章 事故理论和电力事故剖析 10

第一节 事故理论发展概述 11

第二节 事故机理与事故预防 26

第三节 电业生产事故特点 35

第四节 电业生产事故调查方法 45

第五节 事故分析方法 53

第二章 系统安全性分析 57

第一节 安全检查表 57

第二节 鱼刺图分析 62

第三节 预先危险性分析 67

第四节 故障类型和影响分析 70

第五节 事件树分析 78

第六节 事故树分析 83

第三章 安全性评价及其在电力行业的应用 106

第一节 安全性评价综述 107

第二节 安全性评价的方法 111

第三节 电力企业的安全性评价 126

第四章 安全管理理论及实践 136

第一节 安全管理理论 136

第二节 电力企业安全管理的方针和体系 143

第三节	怎样做好安全监督工作	166
第四节	搞好班组的安全管理	172
第五节	电力安全教育与培训	177
第六节	计算机在安全管理中的应用	182
第五章	安全心理学	188
第一节	心理活动和安全的关系	188
第二节	人在劳动时的心理状态	191
第三节	与安全有关的心理特征	210
第四节	电力事故原因心理分析	218
第五节	利用安全心理学预防事故发生	226
第六章	安全与行为科学	228
第一节	人的行为和行为科学的基本理论	228
第二节	人的行为与安全的关系	236
第三节	不安全行为及其消除对策	239
第四节	行为科学在安全方面的应用	247
第七章	安全人机工程学	251
第一节	人机系统	252
第二节	人的差错及预防对策	256
第三节	生产环境对安全的影响	263
附录	有关数学知识	279
参考文献		292

一、安全及安全科学

安全，是指没有危险、不受威胁和不出事故。生产过程中的安全，是指在生产过程中人不受到伤害（死伤或职业病），物（设备或财产）不受到损失。本书提到的安全是指生产过程中的安全。

安全是人类生活活动和生产过程中一种自然的基本需求，安全问题是当今世界上普遍关注的重大课题。1993年10月31日《人民日报》社论提出，把安全生产当作突出大事来抓。

工程上研究安全时，常采用一个客观量，即安全性 S 来量度安全程度，它与一个与其相对的概念——危险性 D （是描述系统安全程度的客观量，指来自某种个别危害而造成人的伤害和物的损失的机会）构成如下关系

$$S = 1 - D$$

因此，研究安全性，实际上也就是研究危险性。

出事故就是不安全，就是有了危险，所以，研究安全必须研究事故，但分析事故，逻辑关系较单一，而考虑安全，则着眼点应该全而。

世界上一切事物，无不具有两面性，正所谓“祸兮福所倚，福兮祸所伏”，祸与福是一对矛盾的统一体。在安全时要预察不安全因素。只要有隐患存在，就有发生事故的可能。

人类在对待事故、研究安全时，在认识论和方法论方面有一个从简单到复杂，从感性到理性的发展过程，从表 0-1 可

以看到人类安全管理哲学的发展情况。

表 0-1 人类安全管理哲学的发展

年代	认识论	方法论
17 世纪	宿命论	无能为力
19 世纪	经验论	“亡羊补牢”
20 世纪中叶	系统论	综合对策
近期	本质论	系统工程

人们最初对事故的发生觉得无能为力,只有听天由命。后来凭借经验,总结教训,采取了一些反事故对策,但只是“亡羊补牢”,事后采取措施。只有到了科学技术发达的 20 世纪,人们才逐渐自觉地用“系统”的思想来处理复杂的问题,使用系统论的观点和方法进行安全管理。到了近期,采用了系统工程的科学方法,安全管理才从“事后型”向“预期型”发展;既重视事故的调查处理,又对事故的预防预测进行了探索和研究。

安全科学是研究安全这一客观事物所具有的特殊矛盾的知识体系。它是研究安全的本质及其规律的科学,也是保障人类安全的一门科学。安全科学的研究对象是人类生产和生活中的不安全因素及如何消除、预测、预防这些不安全因素。安全科学体系的主要研究内容包括事故发生的机理;生产过程中人、物、环境的关系及相互作用;如何应用现代科技分析、评价、控制、消除生产领域里的各种危险;预测和预防事故的方法;如何发挥人在整个安全活动中的作用,等等。

近几十年来发展起来的安全软科学则大大丰富和延展了安全科学的内容和范畴。所谓软科学是指探索客观事物的发展与演变规律并指导人们如何利用其规律的理论和方法。它

以系统科学的理论和方法为基础，研究和解决现代科学技术及社会化生产发展所带来的一些复杂的社会性课题和各种与之关联的自然现象，针对这些问题进行预测、规划、管理和评价，从整体上探求优化的解决方案和进行科学决策。它是具有重要实践价值和现实意义的应用科学。软科学是横跨自然科学、人文与社会科学、工程与技术三大学科门类中的有关学科，并且彼此交叉、相互渗透，形成为决策科学化、管理现代化服务的一大类综合性的学科群体。它的特点是，研究问题以系统思想为指导，采取了自然科学与社会科学相结合、定性分析与定量分析相结合、工作经验与科学原理相结合的方法。它开阔了人们的视野，打破了僵化的思维方式，用新的角度和方法去观察和思考问题。安全软科学既属于安全科学，又属于软科学，是研究安全的软科学。它是软科学中的一大类别，又是安全科学体系中同安全管理与决策相关的多种学科技术组合成的一个新的知识体系。在安全科学的学科体系中，如安全经济学、安全心理学、安全人机工程、安全系统工程、安全教育学、安全专家诊断系统等学科，都可归属于安全软科学的范围。可以说，安全软科学是以现代安全管理为中心，对复杂系统进行安全性论证、分析、评价与决策的一种新兴的科学。

二、电力安全学初步的主要内容

电力安全学是研究电力生产的危险性、事故规律以及如何保障电力生产本质安全的一门学科。它是安全科学在电力领域的应用。其中，安全软科学应用于电力生产实际则是电力安全学的主要内容。电力安全学属于应用科学，是安全科学体系中的一枝新葩。它的特点是，既不同于纯属安全基础科学的“安全学”，因为“安全学”前面冠以“电力”说明已

变为应用于某一特定范畴的实用性安全学，已带有技术科学性质和应用性质；又不同于一般的工程技术或某一种技术科学，因为它有多种学科理论的交叉和综合，有揭示客观事物一般规律的基本理论。因此，电力安全学是一门崭新的学科，是一个待挖掘、开发和丰富的领域。

电力安全学初步作为探索电力安全学这一新领域的先导，其任务是，将安全科学特别是安全软科学引入电力领域，理论联系实际，为电力安全生产服务，同时，又将电力生产的安全实践经验，加以总结、转化、抽象成为理论，再用于指导电力安全生产新的实践。

电力安全学初步的内容分以下几部分：

1. 事故机理分析

安全理论包括事故理论。研究安全，首先应研究事故发生和发展规律，以及事故机理。事故致因理论能从本质上阐明事故发生的机理，奠定安全管理的理论基础，为安全管理实践指明正确的方向。只有从理论上分析事故，探究其产生的原因，才能从本质上、规律性上去把握事故、抑制事故。电力系统已发生了不少事故，对这些事故进行统计、剖析、总结其特点，掌握其规律，对防止或抑制事故，必将起有效的作用。

2. 安全系统工程

系统工程，是指为了更好地达到系统目标，对系统构成要素、组织机构、信息流动和控制机构等进行分析与设计的一种技术。安全系统工程则是指用系统工程的原理和方法，识别、分析和评价系统中的危险性，并根据其结果调整工艺、设备、操作、管理、生产周期和投资费用等因素，使系统所存在的危险因素能得到控制或消除，使事故的发生减少到最低

程度，系统的安全达到最佳状态的一种技术。安全系统工程的主要内容包括：

- (1) 系统安全性分析；
- (2) 安全性评价；
- (3) 安全措施，包括技术措施和管理措施；
- (4) 安全价值分析。

将安全系统工程用于安全管理，要实施以下几方面工作：

(1) 在工程建设和生产运行中，对计划、设计、制造、安装、调试、运行、检修、维护等全过程，建立安全方面的组织、管理、培训、监督的完整体系，实行优化的安全管理。

(2) 应用系统安全分析方法预先对系统的危险性进行科学的分析。

(3) 对生产过程进行定性或定量的安全评价。

3. 安全心理学

事故发生原因之一是人的不安全行为或人为的其他原因，总之是人的因素。现代管理一个重要的思想是将人的因素放在第一位，即：“以人为本”或“人本原理”。人既是管理的主体（管理者），同时又是管理的客体（被管理者），既管理他人，又被人管理。造成不安全的是人，保证安全也靠人。因此，充分调动人的积极性和发挥人的主动性，重视处理好人与人的关系，使人有个健康的心理状态和良好心境，就显得非常重要，而这个任务的完成就涉及心理学问题。人的行为是靠思想、感情支配的，安全心理学就是从心理的角度研究人与环境、工作、安全的关系，分析人失误的原因，提出防止人出现不安全行为的方法。

4. 安全行为科学

动机产生行为。人的行为，与主观意识有关，与经历、经

验有关，也与客观的情况有关。行为科学是一种“人际关系”学说，就是对企业中职工在生产中的行为以及这些行为产生的原因进行分析研究的一门学科。分析人的不安全行为，用行为科学的理论作指导才会更全面、更科学。只有分析人为失误的各种原因，才能有针对性地制订防止人的失误和人的不安全行为的对策。

5. 安全人机工程学

人是在特定的空间环境里进行生产劳动的。从系统工程学的观点出发，可将生产车间作为一个系统。材料和能量、信息一起输入到生产系统中经过加工处理后，其成果再作为系统的输出。研究系统安全时，将人、机、环境综合在一起作为一个系统来研究，人、机器、环境等因素构成了生产系统的子系统。安全人机工程学主要是研究如何在机器、厂房设计和环境布局中充分考虑人的安全问题，如何选择人机界面并使人机功能达到最佳匹配，以及如何减少环境污染对人的安全卫生的影响等。

三、学习电力安全学的意义

电业是个具有高度危险性的行业。由于电力系统能量高密度地集中，能量交换和转换的过程和形式较多，电磁能的瞬变和暂态，既无形又快速，所以，电业在造福人类的同时，也潜伏着致祸的高度危险。电力事故频发。就拿每年因触电死亡的人数来说，约占全国各类事故造成的总死亡人数的10%，仅次于交通事故。由于设计、制造、操作、检修等环节造成质量不佳、维护不善、操作不当使设备发生事故，常酿成重大的经济损失。电力系统既有高温、高压（包括汽压和电压）、大机组、大电网、自动化的特点，又涉及油、氢、核能、水坝等物类，就有发生特大事故的可能。

电业关系到国际民生，它的不安全不仅对电力企业自身有严重影响，还影响国民经济的发展、人民的正常生活和社会的安定。电网崩溃、大面积停电，有可能造成交通中断，矿井下人员窒息死亡或瓦斯爆炸，高炉铁水凝固，医院手术事故，人民生活极为不便，有时甚至对我国的国际活动也造成不良的影响。一系列的次生灾害，将变成一次社会的灾难，造成电业本身和社会的人身伤亡和重大的经济损失，甚至政治损失。因此，保证电力安全生产永远是个严峻的课题。

新中国成立以来，电业的安全工作一直受到国家的重视，20世纪50年代就提出了“安全第一”的口号，并设立了技术安全监察机构，制订了《事故处理暂行规程》等规章制度。多年来，电业职工积极贯彻“安全第一、预防为主”这个我国安全工作的指导方针，做了大量有效的安全工作，创造和积累了许多宝贵的安全工作经验。我国的劳动安全生产工作体制是：企业负责，国家监察，行业管理，群众监督，劳动者遵章守纪。根据国家制订的安全方面的方针和体制，电业特别强调明确安全目标，坚持原则，落实责任，执行制度。电业的安全目标是：不发生特别重大事故，不发生电网瓦解事故和大面积停电事故，不发生有人员责任的重大设备损坏事故，努力做到不发生人身死亡事故，水电施工企业不发生人身群亡事故。要坚持“保人身、保电网、保设备”的三个基本原则。根据工作体制的分工，电力企业高度重视落实安全生产责任制，健全两个体系（安全保证体系和安全监督体系），提高人员素质，完善各项制度，切实执行安全措施。我们相信，所有事故都应当可以预防，任何隐患都应当可以控制。

在任何时候，抓安全工作都要树立忧患意识。要看到，电

网还比较薄弱，管理比较粗放，保障安全的手段还不健全，新投机组存在一些先天性缺陷，老机组有的只是勉强维持运行，多种经营企业的安全管理还没走上正规，设计、施工、调试全过程的安全管理还较薄弱，管理人员、生产人员总体素质还不高，违章作业现象相当普遍，各项工作中不规范的作法还很多，有的单位有的干部还存在三重三轻现象（即重生产效益，轻安全生产；重经验估计，轻科学分析；重事后补救，轻超前预防）等等。因此，必须在保持电力安全工作好传统，发挥宝贵经验作用的同时，要学习新知识、新理论，掌握先进的方法，以不断提高安全管理水平。

电力安全学既包容了安全的基本理论和先进的软科学，又含有由我国自己的安全生产经验转化而成的科学理论，是一门目的性、科学性、实践性都很强的学科。学习电力安全学，至少有如下几方面的意义和作用：

1. 深刻理解安全涵义，强化电力工作者安全意识

只有理解了的东西，才能深刻地感觉它。人们天天谈安全，不见得安全意识就浓。如果没有深刻地了解危险性，也不可能真正懂得安全。生产中不发生事故时，往往看不到安全的重要性，“安全第一、预防为主”只是挂在口头上。学习了电力安全学，对电力生产系统里的危险点有了全面的认识，对事故致因有了透彻的了解，对电力生产系统安全状况知道如何评价，必使人们对安全加深认识，并建立起强化了的安全观念。深刻地理解安全的涵义，就能强化安全意识。

2. 掌握安全理论，有利于做到以“预防为主”

传统的安全工作方法，虽然为防止事故起了很大作用，但它的按专业分析、单项安全技术、事后处理等特点很难对事故做到防患于未然，从而导致安全工作落后于生产的发展。不

懂或少懂安全理论，容易出现这种情况：凭经验直觉地处理电力生产中出现的安全问题，很难发现事故隐患；定性概念多，定量概念少，如对电力生产的安全性如何，不能作实质性回答；解决安全问题缺乏系统性，只是头痛医头，脚痛医脚，堵塞漏洞，被动应付，仅做“亡羊补牢”的工作；管理上只重视出事故通报，侧重追究人员的操作责任，忽视创造本质的安全、根本的安全；不重视事故的预测预防，没有明确的目标值，对怎样控制事故，心中无数。总之，盲目性大。没有理论指导，就会视野短、思路窄、工作上易走弯路，管理水平的提高受到限制。安全理论则指导我们从系统的内部联系出发，研究各构成要素之间安全方面的关系，探索可能导致事故的危险因素，通过全过程的安全管理和各种技术措施，来减少或消除危险性，防止事故的发生。有理论的指导，才能减少安全工作中的盲目性、片面性、才能有量的概念，有预测和控制事故的可能，才能真正做到以“预防为主”。

3. 应用安全系统工程，提高安全管理水平

安全系统工程启示我们，思考问题、处理工作应有整体性、目的性、科学性，打破单一的、凭经验处理工作的框框，做到全面地系统地合理地解决安全问题。将它用于安全管理，可分析生产中的不安全因素，预测这些因素可能产生的危险，设计安全措施，组织实施安全措施，并对措施的效果进行评价。学习和实践安全系统工程，还可提高安全工作人员的全面技术水平，因为真正要搞好安全系统工程，必须熟悉生产、掌握设备，学会各种分析方法和评价方法。应用安全系统工程，可使安全管理工作上一个新台阶。

第一章 事故理论 和电力事故预防

安全的反面是不安全。事故是不安全现象，事故问题是安全的核心问题。所谓事故，是指人类的正常生产活动（或生活活动）发生与人的意志相违背的意外损害事件。

事故给人类造成极大的损失，造成人身伤亡、设备破坏、生产停顿，不仅造成巨大的经济损失，有时还造成政治损失，所以，事故也是灾祸。

虽然每个具体事故的发生有其特殊原因，但综合分析大量的各类事故，还是可以找到一些共同规律的。我们研究事故，其目的是探究事故发生的原因（致因）、机理、特点和发展规律，从而找到预测、预防事故的方法，以利采取有效措施，防止事故的发生或减少事故造成的损失。只有了解事故的本质，掌握事故发生和发展的规律，即掌握事故理论，才能作到防患于未然，才能真正落实“安全第一，预防为主”的指导方针。

事故理论是研究事故发生规律和如何预防事故的理论。它是事故教训的积累、分析、概括、抽象的结果。事故理论是安全理论的一部分，包括两方面内容：一是事故致因理论；一是预防和抑制事故的理论。本章着重叙述前者。后者融入后面章节的安全理论中一起阐述。

电力事故时有发生，且电力系统的事故种类繁多，造成影响很大，因此，联系电力系统的实际，应用事故理论研究一些深层次的实质性问题，找到预防和预测事故的方向，制

订预防事故的对策，实属非常必要。

第一节 事故理论发展概述

事故理论的核心是事故致因理论，它是从大量的典型事故中概括出来的对事故发生原因的规律性的抽象阐述。这种阐述，不是停留在对事故表面原因的分析上，而是追踪到深层次的、直到本质的原因，藉此，找出事故的共同规律，并建立事故模型（模型是工程逻辑的一种抽象，事故模型是用来阐明事故的成因、始末过程和后果的），为事故原因的定性、定量分析，为事故的预测预防，提供科学的依据。

一、事故致因理论综述

对事故致因理论进行研究始于1919年。由于事故本身比较复杂，因果关系是多元的，多层次的，且带有偶然性和必然性、潜在性，因此，至今也没有一种完全适用于任何事故，且被事故理论的工作者和生产一线的管理者和实践者所公认的完整理论。事故有人身伤亡事故、设备损坏事故和系统综合性事故，以往的理论偏重于人身伤亡事故的分析，这里也就侧重介绍这方面的理论。尽管因经验和当时生产力发展情况所限，一些结论还带有片面性，但每种理论针对某一方而都有独到的见解，对今天我们研究和分析事故仍有参考价值。

事故致因理论和模型按演变顺序，在不同阶段可分为三类，即单因素理论、多因素理论和现代系统理论。

1. 单因素理论

最早的单因素理论是“具有事故倾向素质论”，该理论认为有些人本身就有事故倾向，生来就爱出事故，与他们所从事的工作和环境无关。这种理论将事故致因完全归咎于人的