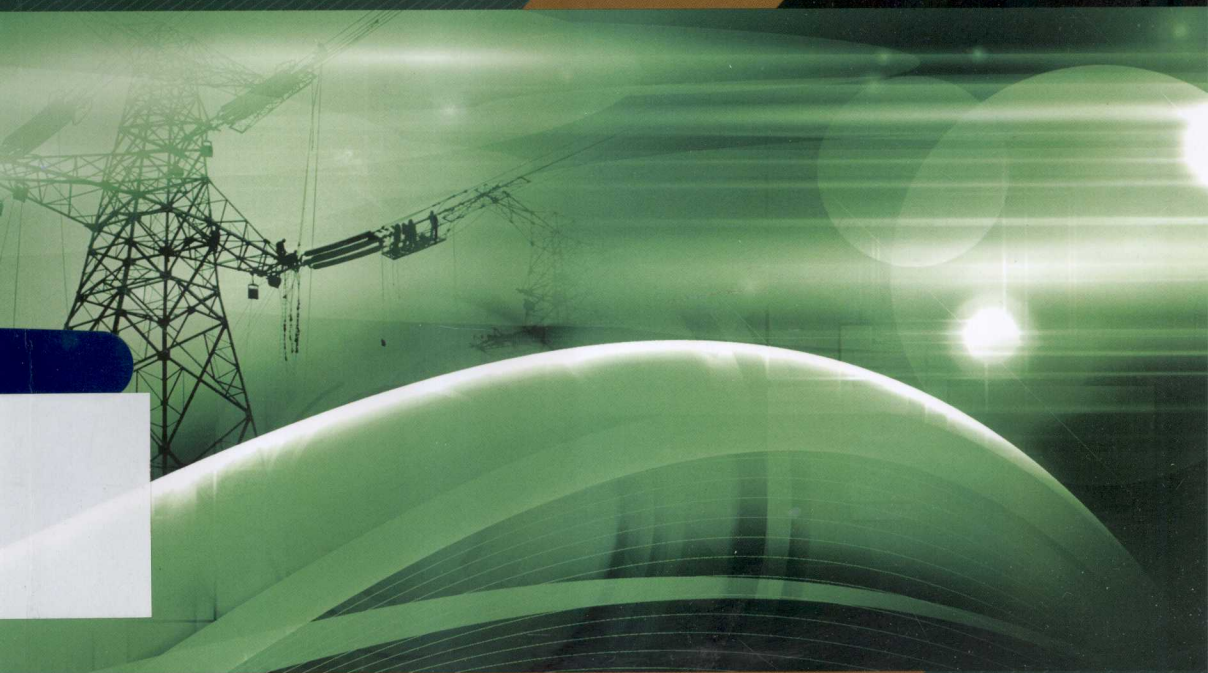


主编 ◎ 柳亦钢 杨开平 廖思哲



电力安全事故分析原理 与案例分析

DIANLI ANQUAN SHIGU FENXI YUANLI
YU ANLI FENXI



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

013027357

TM08
37

主编 ◎ 柳亦钢 杨开平 廖思哲



电力安全事故分析原理 与案例分析

DIANLI ANQUAN SHIGU FENXI YUANLI
YU ANLI FENXI



北航

C1635257



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

中国·广州

TM08/37

图书在版编目 (CIP) 数据

电力安全事故分析原理与案例分析/柳亦钢, 杨开平, 廖思哲主编. —广州: 暨南大学出版社, 2013. 3

ISBN 978 - 7 - 5668 - 0449 - 5

I. ①电… II. ①柳…②杨…③廖… III. ①电力安全—事故分析 IV. ①TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 302617 号

出版发行: 暨南大学出版社

地 址: 中国广州暨南大学

电 话: 总编室 (8620) 85221601

营销部 (8620) 85225284 85228291 85228292 (邮购)

传 真: (8620) 85221583 (办公室) 85223774 (营销部)

邮 编: 510630

网 址: <http://www.jnupress.com> <http://press.jnu.edu.cn>

排 版: 广州市天河星辰文化发展部照排中心

印 刷: 广东省农垦总局印刷厂

开 本: 787mm × 960mm 1/16

印 张: 10

字 数: 114 千

版 次: 2013 年 3 月第 1 版

印 次: 2013 年 3 月第 1 次

定 价: 26.00 元

(暨大版图书如有印装质量问题, 请与出版社总编室联系调换)

前 言

随着我国电力事业的发展，电网规模越来越大，大型电力系统发生故障的几率越来越高，如不能及时有效地控制和处理，将可能造成系统不稳定、电网瓦解、重大设备的损坏和大面积停电以及其他灾难性的后果。因此，长期以来电网经营企业一直把防范电网事故，特别是防止大面积停电和电网瓦解事故，作为确保电网安全、稳定运行工作的重中之重。

安全管理在生产过程中有着不可动摇的地位，提高安全意识、预防事故发生是企业生产过程中不懈的追求。电力安全管理不仅具有安全管理的基本特性，还具有专业性强的特殊性。目前，市面上安全管理方面的书籍多以纯粹的理论叙述或者以纯粹的电力事故案例为编制思路，没有将理论知识与事故分析相结合，理论叙述比较空洞，事故分析无据可依。

针对以上问题，我们突破传统，编写了本书。本书以电力安全基本原理为起点，囊括事故应急预案、事故致因理论、事故分析方法，并着重突出事故案例分析，将事故基本原理与分析方法相结合，形成了一套理论与实际相结合的体系。

本书立足于电力安全工作实际，总结了电力安全管理、事故



分析经验，并进行开拓创新，反映了电力安全事故管理与事故分析的最新发展，对安全意识的提高、事故致因理论的学习、事故分析方法的掌握及其它们的运用具有重要指导意义。

目 录

前言	1
第一章 事故基本知识	1
一、事故的定义	1
二、事故的基本特性	1
三、事故预防的基本常识	4
四、危险、危害因素的产生	4
五、危险、危害因素的类别	7
六、危害因素的主要辨识内容	13
七、危害因素的辨识和分析方法	14
第二章 应急预案	16
一、应急预案的编制	17
二、应急预案的分类	18
三、应急预案的类型	19
四、综合应急预案的主要内容	21
五、专项应急预案的主要内容	25
六、现场处置方案的主要内容	28

七、应急培训与演习	29
第三章 事故致因理论	34
一、事故频发倾向理论	34
二、事故因果连锁理论	36
三、能量意外释放理论	42
四、基于人体信息处理的人失误事故模型	49
五、动态变化理论	55
六、轨迹交叉理论	60
七、事故遭遇倾向理论	62
八、危险源系统理论	66
第四章 事故分析常用方法	76
一、事故树分析方法	76
二、故障类型和影响分析方法	77
三、因果分析法	101
四、层次分析法	111
第五章 事故树分析法	118
一、什么是事故树分析法	118
二、事故树分析法的基本符号	120
三、事故树分析法的程序	127
第六章 电力安全事故处理程序	133
一、事故处理程序	133



二、事故调查应遵循的原则	135
 第七章 1994 年广东电网“5·25”事故分析	143
一、事故发生的经过	143
二、轨迹交叉事故模型在此事故分析中的应用	146
三、事故分析结论	148
四、事故暴露的问题	149
五、事故防范措施	150

第一章 事故基本知识

一、事故的定义

事故是指人们在进行有目的的活动时，突然发生的违反人们意愿，并可能使有目的的活动发生暂时性或永久性中止，造成人员伤亡或（和）财产损失的意外事件。简单来说，即凡是引起人身伤害、导致生产中断或国家财产损失的所有事件统称为事故。

电力安全事故是指电力生产、电网运行过程中发生的影响电力系统安全稳定运行或者影响电力（或热力）正常供应的事故（包括热电厂发生的影响热力正常供应的事故）。

二、事故的基本特性

大量的事故调查、统计、分析表明，事故有其自身特有的属性。掌握和研究这些特性，对于指导人们认识事故、了解事故和预防事故具有重要意义。



(一) 普遍性

自然界中充满着各种各样的危险，人类的生产、生活过程中也总是伴随着危险，所以发生事故的可能性普遍存在。危险是客观存在的，在不同的生产、生活过程中，危险性各不相同，事故发生的可能性也就存在着差异。

(二) 随机性

事故发生的时间、地点、形式、规模和事故后果的严重程度都是不确定的。何时、何地、发生何种事故，其后果如何，这些都很难预测，从而给事故的预防带来一定困难。但是，在一定的范围内，事故的随机性遵循数理统计规律，亦即在大量事故统计资料的基础上，可以找出事故发生的规律，预测事故发生概率的大小。因此，事故统计分析对于制定正确的预防措施具有重要作用。

(三) 必然性

危险不但是客观存在的，而且是绝对的。因此，人们在生产、生活过程中必然存在发生事故的可能性，只不过事故发生的概率、人员伤亡的数量和财产损失的严重程度不同而已。人们采取措施预防事故，只能延长事故发生的时间间隔，降低事故发生的概率，但并不能完全杜绝事故的发生。

(四) 因果相关性

事故是由系统中相互联系、相互制约的多种因素共同作用的



结果。导致事故的原因多种多样。从总体上来看，事故原因可分为人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不良以及管理缺陷等因素。从逻辑上来看，又可分为直接原因、间接原因等。这些原因在系统中相互作用、相互影响，在一定条件下发生突变，即酿成事故。通过事故调查分析，探求事故发生的因果关系，查清事故发生的直接原因、间接原因和主要原因，对于预防事故发生具有积极作用。

（五）突变性

系统由安全状态转化为事故状态，这实际上是一种突变现象。事故一旦发生，往往十分突然，令人措手不及。因此，制订事故预案，加强应急救援训练，提高作业人员的应激反应能力和应急救援水平，对于减少人员伤亡和财产损失尤为重要。

（六）潜伏性

事故的发生具有突变性，但在事故发生之前存在一个量变过程，即系统内部相关参数的渐变过程，所以事故具有潜伏性。一个系统在很长一段时间内没有发生事故，并非就意味着该系统是安全的。因为它可能存在事故隐患。这种系统在事故发生之前所处的状态不稳定，而为了达到系统的稳定状态，系统要素在不断地发生变化。当某一触发因素出现时，即可导致事故。事故的潜伏性往往会导致人们的麻痹大意，从而酿成重大恶性事故。

（七）危害性

事故往往造成一定的财产损失或人员伤亡，严重的会制约企



业的发展，给社会稳定带来不良影响。因此，人们面对危险，应全力抗争并追求安全。

（八）可预防性

尽管事故的发生是必然的，但我们可以通过采取控制措施来预防事故的发生或延长事故发生的时间间隔。充分认识事故的这一特性，对于防止事故发生有积极作用。通过事故调查，探求事故发生的原因和规律，采取预防事故的措施，可降低事故发生的概率。

三、事故预防的基本常识

危害是指可能造成人员伤害、职业病、财产损失、作业环境破坏的根源或状态。危险是指特定危险事件发生的可能性与后果的结合。

通常为了区别客体对人体不利作用的特点和效果，我们将其分为危险因素（强调突发性和瞬间作用）和危害因素（强调在一定时间范围内的积累作用）。客观存在的危险、有害物质或能量超过临界值的设备、设施和场所，都可能成为危险因素。

事故隐患泛指现存系统中可导致事故发生的物的危险状态、人的不安全行为及管理上的缺陷。

四、危险、危害因素的产生

尽管所有危险、危害因素的表现形式不同，但从本质上讲，



其之所以能造成危险、危害后果（伤亡事故、人身健康的损害和物的损坏等）均可归结为存在能量、危害物质和能量、危害物质失去控制两方面因素的综合作用，并导致能量意外释放或危害物质泄漏、散发的结果。故存在能量、危害物质和失控是危险、危害产生的根本原因，都是危险、危害因素。

（一）能量、危害物质

能量、危害物质是危险、危害产生的根源，也是最根本的危险、危害因素。一般地说，系统具有的能量越大，存在的危害物质的数量越多，系统的潜在危险性和危害性也就越大。另外，只要进行生产活动，就需要相应的能量和物质（包括危害物质），因此而产生的危险、危害因素是客观存在的，是不能完全消除的。

（1）能量就是做功的能力，它既可以造福人类，也可以造成人员伤亡和财产损失；一切产生、供给能量的能源及能量的载体在一定条件下，都可能是危险、危害因素。

（2）危害物质在一定条件下能损伤人体的生理机能和正常代谢功能，破坏设备和物品的效能，是最根本的危害因素。

（二）失控

在生产中，人们通过工艺和工艺装备使能量、物质（包括危害物质）按人们的意愿在系统中流动、转换，进行生产；同时又必须约束和控制这些能量及危害物质，消除、减弱产生不良后果的条件，使之不能产生危险、危害后果。如果失控（没有控制、屏蔽措施或控制、屏蔽措施失效），就会发生能量、危害物质的



意外释放和泄漏，从而造成人员伤害和财产损失。所以失控也是一类危险、危害因素，主要体现在设备故障（或缺陷）、人员失误和管理缺陷三个方面，并且三者之间是相互影响的；大部分是一些随机出现的现象或状态，很难预测它们在何时、何地、以何种方式出现，是决定危险、危害发生的条件及可能性的主要因素。

1. 故障（包括生产、控制、安全装置和辅助设施等）

故障（含缺陷）是指系统、设备、元件等在运行过程中由于性能（含安全性能）低下而不能实现预定功能（包括安全功能）的现象。故障的发生具有随机性、渐进性或突发性，是一种随机事件。造成故障发生的原因很复杂（认识程度、设计、制造、磨损、疲劳、老化、检查和维修保养、人员操作失误、环境、其他系统的影响等），但故障发生的规律是可知的，通过定期检查、维修保养和分析总结可使多数故障在预定期间内得到控制（避免或减少）。

系统发生故障并导致事故发生的危险、危害因素主要表现在发生故障、误操作时的防护、保险、信号等装置缺乏或存在缺陷和设备在强度、刚度、稳定性、人机关系上有缺陷两方面。

2. 人员失误

人员失误泛指不安全行为中产生不良后果的行为，即职工在劳动过程中，违反劳动纪律、操作程序和方法等具有危险性的做法。人员失误在一定经济、技术条件下，是引发危险、危害因素的重要因素，但在生产过程中是不可避免的。

态度不正确、技能或知识不足、健康或生理状态不佳和劳动条件（设施条件、工作环境、劳动强度和工作时间）的不良影响



都能造成不安全行为。各国根据以往的事故分析、统计资料将某些类型的行为归纳为各自定义的不安全行为。我国 GB6441 - 86 附录中将不安全行为归纳为操作失误（忽视安全、忽视警告）、造成安全装置失效、使用不安全设备、手代替工具操作、物体存放不当、冒险进入危险场所、攀坐不安全位置、在吊物下作业（停留）、机器运转时加油（修理、检查、调整、清扫等）、有分散注意力的行为、忽视使用必须使用的个人防护用品或用具、不安全装束、对易燃易爆等危险品处理错误等 13 类。

3. 管理缺陷

职业安全卫生管理是为保证及时、有效地实现目标，在预测、分析的基础上进行的计划、组织、协调、检查等工作，是预防事故发生、人员失误的有效手段。管理缺陷是失控发生的重要因素。

4. 间接因素

温度、湿度、风雨雪、照明、视野、噪声、振动、通风换气、色彩等环境因素都会引起设备故障或人员失误，也是发生失控的间接因素。

五、危险、危害因素的类别

对危险、危害因素进行分类，是为了便于进行危险、危害因素分析。危险、危害因素的分类方法有许多种。这里简单介绍两种：按导致事故和职业危害的直接原因进行分类的方法、参照事故类别和职业病类别进行分类的方法。



（一）按导致事故和职业危害的直接原因进行分类

根据 GB/T13816 - 92 《生产过程危险和有害因素分类与代码》的规定，将生产过程中的危险、危害因素分为 6 类。

1. 物理性危险、危害因素

（1）设备、设施缺陷（强度不够、刚度不够、稳定性差、密封不良、应力集中、外形缺陷、外露运动件、制动器缺陷、控制器缺陷、设备设施其他缺陷）。

（2）防护缺陷（无防护、防护装置和设施缺陷、防护不当、支撑不当、防护距离不够、其他防护缺陷）。

（3）电危害（带电部位裸露、漏电、雷电、静电、电火花、其他电危害）。

（4）噪声危害（机械性噪声、电磁性噪声、流体动力性噪声、其他噪声）。

（5）振动危害（机械性振动、电磁性振动、流体动力性振动、其他振动）。

（6）电磁辐射（电离辐射：X 射线、 γ 射线、 α 粒子、 β 粒子、质子、中子、高能电子束等；非电离辐射：紫外线、激光、射频辐射、超高压电场）。

（7）运动物危害（固体抛射物、液体飞溅物、反弹物、岩土滑动、料堆垛滑动、气流卷动、冲击地压、其他运动物危害）。

（8）明火。

（9）能造成灼伤的高温物质（高温气体、高温固体、高温液体、其他高温物质）。

（10）能造成冻伤的低温物质（低温气体、低温固体、低温



液体、其他低温物质)。

(11) 粉尘与气溶胶 (不包括爆炸性、有毒性粉尘与气溶胶)。

(12) 作业环境不良 (地基下沉、安全过道缺陷、采光照明显不良、有害光照、通风不良、缺氧、空气质量不良、给排水不良、涌水、强迫体位、气温过高、气温过低、气压过高、气压过低、高温高湿、自然灾害、其他作业环境不良)。

(13) 信号缺陷 (无信号设施、信号选用不当、信号位置不当、信号不清、信号显示不准、其他信号缺陷)。

(14) 标志缺陷 (无标志、标志不清楚、标志不规范、标志选用不当、标志位置缺陷、其他标志缺陷)。

(15) 其他物理性危险、危害因素。

2. 化学性危险、危害因素

(1) 易燃易爆性物质 (易燃易爆性气体、易燃易爆性液体、易燃易爆性固体、易燃易爆性粉尘与气溶胶、其他易燃易爆性物质)。

(2) 自燃性物质。

(3) 有毒物质 (有毒气体、有毒液体、有毒固体、有毒粉尘与气溶胶、其他有毒物质)。

(4) 腐蚀性物质 (腐蚀性气体、腐蚀性液体、腐蚀性固体、其他腐蚀性物质)。

(5) 其他化学性危险、危害因素。

3. 生物性危险、危害因素

(1) 致病微生物 (细菌、病毒、其他致病微生物)。

(2) 传染病媒介物。