

电力事故（事件）

调查及根源分析

Electricity Incident Investigation and Root Cause Analysis

广东电网有限责任公司东莞供电局 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电力事故（事件）

调查 / 根源分析

及

Electricity Incident Investigation and Root Cause Analysis

广东电网有限责任公司东莞供电局 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

电力事故(事件)调查及根源分析是电力安全管理的重要手段。本书从事故基本性质及其影响出发,阐述了事故管理的基本要求及其预防对策,介绍了我国相关事故法律法规和典型电力企业事故管理制度,在经典事故致因理论的基础上构建了电力事故根源分析模型及其指标体系,并开发了基于富客户端技术 Flex 的“事故(事件)管理信息系统”。

全书共六章,主要内容包括:事故(事件)基本概念、电力事故(事件)安全法规及企业制度、事故致因理论、电力事故(事件)根源分析模型及指标体系、电力事故(事件)调查及根源分析流程、电力事故(事件)管理信息系统。

本书可作为电力企业安全管理人员的安全培训教材,也可作为电力安全事故调查人员的工具书、参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电力事故(事件)调查及根源分析/广东电网有限责任公司
东莞供电局编著. —北京:中国电力出版社, 2015.2
ISBN 978-7-5123-7178-1

I. ①电… II. ①广… III. ①电力工业—安全事故—
事故分析 IV. ①TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 022720 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 2 月第一版 2015 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.25 印张 158 千字 1 插图

印数 0001—3000 册 定价 30.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本书编委会

主 编 曾 强

参编人员 邱 野 陈剑锋 彭炽刚 李春华

谢化安 黄伟雄 张汉光 张言权

柳亦钢 陈灌枢 萧镜辉 梁伟民

施炳亮

前言

电力事故（事件）调查及根源分析

电力生产作为保障民众日常生活和工业生产的基础，其在快速发展的同时，也不断受到各种电力事故（事件）的影响。随着城市化的推进，以及电网覆盖率、负荷的增加，电网运行压力逐年增大，人员、设备及电网的不安全行为及状态均可成为导致电力事故（事件）发生的诱因。对电力企业而言，如何有效开展电力事故（事件）调查及根源分析，总结经验教训并制定相关安全措施，预防并减少电力事故（事件）的发生，这些都值得进行深入的研究和学习。

电力事故（事件）通常会导致人身、设备和电力安全三类危害，并带来各种直接和间接经济损失。一起严重电力事故（事件）的发生，往往伴随着多起轻微事故和一般事件。而事故（事件）在偶然发生的同时，也必然是由于某种因素所导致。对于电力事故，我国相关法律法规均做出不同规定，各电力企业通过制度规范管理流程。在理论研究方面，各种致因理论从不同角度揭示事故发生的过程。

本书通过分析大量电力事故（事件），建立了基于传统事故致因模型的电力事故根源分析模型及其指标体系。其中，电力事故根源分析指标体系包含直接原因指标、间接原因指标和管理原因指标三种：直接原因指标依据人的不安全行为、物的不安全状态和环境的不安全因素划分为四级，一级指标 10 项；间接原因依据人的因素、设备因素和作业因素划分为三级，一级指标 12 项；管理原因分二级，一级指标 9 项。利用根源分析模型及其指标体系，通过证据收集、时间事件链调查、识别关键起因、事故树根源分析等，完成系统的电力事故（事件）调查和根源分析，可有效引导事故调查人员进行正确分析处理，为电力企业预防措施制定提供科学依据。

为加强电力企业及其分子公司事故（事件）管理，本书以东莞供电局为例，开发了基于富客户端技术 Flex 的“事故（事件）管理信息系统”。通过该系统，可规范事故（事件）信息填报，汇总各单位事故（事件）信息并进行统计分析，落实报告审批管理，并对典型案例进行共享学习，以便对事故（事件）管理水平进行整体提升。

本书的完成参考了部分参考文献，在此对这些作者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者和专家批评指正。

编者

2014 年 12 月于东莞

目 录

电力事故（事件）调查及根源分析

前言

第一章 事故（事件）基本概念	1
第一节 事故定义	1
第二节 事故法则	2
第三节 电力事故（事件）影响及损失估算	2
第四节 电力事故（事件）分类	6
第五节 事故（事件）报告与管理要求	9
第六节 事故预防原理	9
第二章 电力事故（事件）安全法规及企业制度	13
第一节 安全法律、法规	14
第二节 企业制度	19
第三章 事故致因理论	23
第一节 多米诺骨牌理论	23
第二节 轨迹交叉论	27
第三节 事故多重起因理论	29
第四节 Haddon 矩阵理论	30
第五节 Reason 瑞士奶酪模型	31
第四章 电力事故（事件）根源分析模型及指标体系	33
第一节 关键事件根源分析模型	33
第二节 时间事件链模型	35
第三节 电力事故（事件）原因指标体系	36

第五章 电力事故（事件）调查及根源分析流程54

第一节 事故（事件）调查步骤54

第二节 证据收集57

第三节 重建时间事件链64

第四节 识别关键起因67

第五节 事故树根源分析68

第六章 电力事故（事件）管理信息系统75

第一节 系统设计背景75

第二节 系统技术支持76

第三节 软件基本功能79

第四节 信息填报80

附录93

附录一 参考释义93

附录二 南方电网电力生产安全事故等级划分标准100

附录三 南方电网电力生产安全事件等级划分标准103

附录四 事故（事件）直接原因及管理原因对照表118

附录五 根源分析挂图（表）123

参考文献124

第一章

事故（事件）基本概念

电力在国民经济和人民生活有着极重要的地位和作用，同时，电力生产也常伴随着一定风险。为了保障电力生产的安全，以及人员免于伤害，需要电力企业加强日常电力安全管理，以控制并避免事故的发生^[1]。

第一节 事 故 定 义

对于事故，不同的人从不同的角度对其有着多种解释，如^[2]：

- （1）事故是可能涉及伤害的、非预谋性的事件；
- （2）事故是造成伤亡、职业病、设备或财产的损坏或损失或环境危害的一个或一系列事件；
- （3）事故是违背人的意志而发生的意外事件；
- （4）事故是人（个人或集体）在为实现某种意图而进行的活动过程中，突然发生的、违反人的意志的、迫使活动暂时或永久停止的事件。

实际生产过程中，事故的定性常参照最后一种定义。

根据行业特点，电力企业根据严重程度将通常的事故分为电力事故和电力事件两种。

电力事故一般指导致人员受伤、设备损坏并造成直接经济损失、影响电力系统安全稳定运行或影响电力正常供应的意外事件。

电力事件是指未构成电力事故的人员受伤、设备损坏造成的直接经济损失、影响电力系统安全稳定运行或影响电力正常供应的事件。

总体来说，电力事故和电力事件均会对人员、设备或政策电力供应产生影响，区别只是严重程度大小。因此，电力企业应加强日常安全生产管理，尽量避免此类事故（事件）的发生。

同时，对已发生的事故（事件）进行充分调查分析，找出安全管理的不足，以保证电力系统安全稳定运行。

第二节 事故法则

事故的预防在一定程度上可以通过科学方法进行指导。

如同一切事物一样，事故也存在发生、发展以及消除的过程，因而它是可以预防的。事故的发展可以归纳为孕育阶段、生长阶段和损失阶段三个阶段。孕育阶段事故处于无形，人们能感知其存在，但却不能指出它的具体形式；生长阶段是由于管理的疏漏导致不安全行为和不安全状态的发生，构成事故隐患，此时，事故处于萌芽状态，人们可以具体指出它的存在；损失阶段是生产中的危险因素被某些偶然事件触发而发生事故，造成人员伤亡和经济损失的阶段^[3]。

安全工作的目的在于控制和减少事故的发生，因此我们需要将其消灭在孕育和生长阶段。为此，需要对事故的发展规律进行研究。

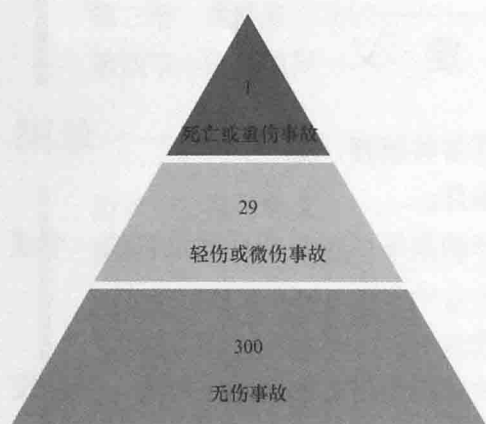


图 1-1 “海因里希事故法则”三角形

美国安全工程师海因里希（H. W. Heinrich）通过对 55 万起事故进行统计，发现每发生 330 次事故，其中 300 件为无伤事故，29 件为轻伤或微伤事故，1 件为重伤或死亡事故，这就是著名的“海因里希事故法则”，又称 1:29:300 法则（见图 1-1）。

由事故法则可以看出，为消除 1 起死亡或重伤事故，以及 29 起轻伤或微伤事故，首先得减少 300 无伤事故的数量，也就是说：防止灾害的关键，不在于防止伤害，而是要从根本上防止事故^[3]。

值得注意的是，该事故法则是从一般事故的统计中得出，其绝对数字不一定适用于每一个行业事故。因此，为了进行行业事故的预测和评价工作，有必要对行业事故的事故法则进行进一步的统计研究。

第三节 电力事故（事件）影响及损失估算

一、事故影响及损失分类

对于电力企业而言，事故（事件）产生的影响主要表现为人员伤亡、财产损失、环境破坏等经济损失，以及声誉受损等非价值影响。

对于一般事故而言，事故经济损失通常可进行如下分类^[4]：

（1）按损失与事故事件的关系划分，主要分为直接损失和间接损失两类。

事故的直接损失指事故当时发生的、直接联系的、能用货币或间接估价的损失（即在企业的账簿上可以查询的损失）。其余与事故无直接联系，能以货币价值衡量的部分或损失为间接损失。直接和间接的区分目的在于：只有直接经济损失是企业主可以从账面上看到的，它表明了事故多大程度上被反映出来。国外事故直间损失倍比系数见表 1-1。

表 1-1 国内外事故直间损失倍比系数

研究者	基准年	事故直间损失倍比系数	说明
美国 Heinrich	1941	4	保险公司 5000 个案例
法国 Boureur	1949	4	1948 年法国数据
法国 Jacques	20 世纪 60 年代	4	法国化学工业
法国 Legras	1962	2.5	从产品售价、成本研究得出
Bird 和 Loftus	1976	50	
法国 Letoublon	1979	1.6	针对伤害事故
Sheiff	20 世纪 80 年代	10	
挪威 Elka	1980	5.7	起重机械事故
Leopold 和 Leonard	1987	间接损失 微不足道	将很多间接损失重新 定义为直接损失
法国 Bernard	1988	3	保险费用按赔偿额
		2	保险费用按分摊额
Hinze 和 Appelgate	1991	2.06	建筑行业过百家公司，考虑法 律诉讼引起的损失
英国 HSE（OU）	1993	8~36	因行业而异

（2）按损失的经济特征划分，分为经济损失（或价值损失）和非经济损失（非价值损失）。前者指可直接用货币测算的损失，后者指不可直接用货币进行计量，只能通过间接的转换技术对其进行测算。

（3）按损失与事故的关系和经济的特征进行综合分类，分为直接经济损失、间接经济损失、直接非经济损失、间接非经济损失四种。

（4）按损失的承担者划分，分为个人、企业（集团）和国家损失三类，也可分为企业内部损失和企业外部损失。

（5）按损失的事件特性划分，分为当时损失、事后损失和未来损失三类。当时损失是指事件当时造成的损失；事后损失是指事件发生后随即伴随的损失，如事故处理、赔偿、停工和停产等损失；未来损失是指事故发生后相隔一段时间才会显现出来的损失，如污染造成的危害，恢复生产和原有的技术功能所需的设备（施）改

造及人员培训费用等。

（6）按损失的状态划分，分为固定损失与变动损失。在经济损失中，有部分为固定损失，即不随事故水平的变化而变化。另一部分为变动损失，如相应提高事故风险工厂的保险率等方能促使决策者改善安全状况。

以上所提及的各类事故损失分类特点见表 1-2。

表 1-2 事故损失分类对照

对照概念	标 准	意 义
经济/非经济	事故损失是否有或应当有价格	用于测定事故损失的经济特征
直接/间接	损失是否可以以货币形式计量，并有账可循	用于测定决策者可以察觉到的现实存在的经济激励
固定/可变	损失是否随事故的发生和严重性而变化	用于测量单个决策者采取措施以减轻事故水平的经济动力
内部/外部	费用是否由造成损失的经济单位支付	用于对比单个决策者和社会改善工作环境的经济动力

二、事故损失估算

计算事故损失时，通常先计算事故的直接经济损失以及间接经济损失，然后再根据各类事故的非经济损失估价技术（系数比例法），估算出事故非经济损失，两者之和即是事故的总损失。

事故经济损失=∑(L_{1i} + L_{2i}) (1-1)

事故非经济损失=比例系数×事故经济损失 (1-2)

事故总损失=事故经济损失+事故非经济损失 (1-3)

式中 L_{1i}——i 类事故的直接经济损失；

L_{2i}——i 类事故的间接经济损失。

事故损失估算技术较多，现在主要介绍针对人员伤亡事故的“伤害分类比例系数法”，以及针对事故损失的“直间倍比系数估算法”。

1. 伤害分类比例系数法^[4]

该方法主要在已知伤害类型的基础上进行计算，且主要经过两步来完成。

第一步，根据表 1-3 的比例系数，按式（1-4）计算伤亡的直接损失。

伤亡直接损失（万元）=V_L∑⁵_{i=1}K_iN_i (1-4)

式中 K_i——第 i 类伤亡类型的系数值；

N_i——第 i 类伤亡类型的人数；

V_L——伤而未住院的伤害的基本经济消费，在中国目前的经济水平情况下，据统计，可提取 150 元。

表 1-3 各类伤害情况损失比例系数

伤害	类型	系数	伤害	类型	系数
1	死亡	40~45	4	轻伤住院	3~5
2	重伤已残	20~25	5	轻伤未住院	1
3	重伤未残	10~15			

第二步，根据直接损失与间接损失的比例系数求出间接损失。即根据表 1-4 的比例关系，按式（1-5）求伤亡间接损失。

$$\text{伤亡间接损失（万元）} = V_L \sum_{i=1} n_i K_i N_i$$

(1-5)

式中 n_i ——第 i 类伤亡类型的系数值直间比系数；

其余同式（1-4）。

表 1-4 各类伤害直接损失与间接损失比例系数

伤害	类型	系数	伤害	类型	系数
1	死亡	1:10	4	轻伤住院	1:4
2	重伤已残	1:8	5	轻伤未住院	1:2
3	重伤未残	1:6			

2. 直间倍比系数估算法

根据事故直接损失和间接损失的倍比系统的概念和理论，可以得到下面的损失估算公式：

$$C_{\text{总}} = (1 + K) \times C_{\text{直}}$$

(1-6)

式中 $C_{\text{总}}$ ——事故总损失；

$C_{\text{直}}$ ——直接损失；

K ——事故损失比系数，一般取 4。但实际上不同行业发生的事故 K 值会有所不同，如在电力行业中，发生的事故 K 值往往会很大，甚至高达 100。

由于电力系统为复杂系统，因此其事故损失受多种因素影响。特别是间接损失的测算影响因素很多。影响间接损失的因素有：行业危险性、工作程序的合理性和预防措施的完善程度、失业率的大小、经济状况、发生物质损失的可能性。

总之，由于事故的多样性、企业结构和企业文化的差异性以及社会因素的复杂性，单一的直间比系数不可能适用于所有企业，甚至在统一企业中，单一倍乘法也很少会得到具有代表性的结果。因此，今后还需对电力行业事故损失的共性规律进行研究，建立并完善电力直间损失倍比系数体系，以提供电力事故事件总损失的科学参考依据，从而使发生事故后的经济评估工作简单、适

用并具操作性。

三、事故减损

电力安全事故事件常伴随损失，因此，电力企业一般以安全投入的形式改善安全管理现状，以达到控制事故发生的目的。

在企业实施整改措施及预防事故的过程中，必然要涉及计费与预算。从企业投资回报的角度，来分析安全投资对企业经营的回报率，有另外一个计算公式可供参考^[5]：

$$ROI = \frac{\$P - \$I}{\$I} \times 100\%$$

ROI: Return on Investment 投资回报率
\$P = Total Potential Coasts Avoided 潜在损失费用减少额
\$I = Invested to Avoid Accident 安全投入金额

在英国的一次研讨会上，有位学者从企业利润率的角度展示了另外一种算法，对于企业管理人员可能更具说服力。

假如：

事故总损失=10 万元 企业毛利润率= 10%

则此时，弥补损失需要增加额外的销售额= $\frac{10\text{万元}}{10\%} = 100 \text{ 万元}$

由此可见，预防事故的发生在一定程度上可以减少其伴生的损失，从而达到减损的效果，该现象在安全经济学上称为“拾遗补缺”。

第四节 电力事故（事件）分类

一、通用事故分类

根据事故发生后所产生的后果，常见的事故分类标准主要有以下几种：

1. 按照事故致伤类型

根据国家标准《企业职工伤亡事故分类》（GB 6441—1986）按致伤类型将事故类型分为 20 类，详见表 1-5。

表 1-5 事 故 致 伤 类 型

序号	事故类型	序号	事故类型
1	物体打击	4	起重伤害
2	车辆伤害	5	触电
3	机械伤害	6	淹溺

续表

序号	事故类型	序号	事故类型
7	灼烫	14	火药爆炸
8	火灾	15	瓦斯爆炸
9	高处坠落	16	锅炉爆炸
10	坍塌	17	容器爆炸
11	冒顶片帮	18	其他爆炸
12	透水	19	中毒和窒息
13	放炮	20	其他伤害

2. 按事故严重程度分类

《生产安全事故报告和调查处理条例》规定，根据生产安全事故（以下简称事故）造成的人员伤亡或者直接经济损失，事故一般分为四级，详见表 1-6。

表 1-6 事故严重程度

事故等级	人员伤亡或直接经济损失
特别重大事故	造成 30 人以上死亡，或者 100 人以上重伤（包括急性工业中毒，下同），或者 1 亿元以上直接经济损失
重大事故	造成 10 人以上 30 人以下死亡，或者 50 人以上 100 人以下重伤，或者 5000 万元以上 1 亿元以下直接经济损失
较大事故	造成 3 人以上 10 人以下死亡，或者 10 人以上 50 人以下重伤，或者 1000 万元以上 5000 万元以下直接经济损失
一般事故	造成 3 人以下死亡，或者 10 人以下重伤，或者 1000 万元以下直接经济损失

3. 按损失工作日分类

（1）轻伤：指损失工作日低于 105 日的失能伤害。

（2）重伤：指相当于表定损失工作日等于和超过 105 日的失能伤害。

（3）死亡：发生事故后当即死亡，包括急性中毒死亡，或受伤后再 30 天内死亡的事故。死亡损失工作日为 6000 日。

二、电力事故（事件）分类

与通常事故相比，电力事故（事件）类型中多出一类电力安全事故（事件），且人身及设备事故在电力事故中所占比例相对较小。

根据事故产生的后果类型，电力事故（事件）通常可分为人身事故、设备事故（事件）和电力安全事故（事件）三类。以东莞供电局 2014 年版分级标准为例，根据事故（事件）后果，可对其按表 1-7 进行划分。

表 1-7 电力事故（事件）后果

事故类型	事故（事件）描述		
1. 人身事故	一次事故造成人员死亡、重伤或轻伤（包括急性工业中毒）		
2. 设备事故（事件）	一次事故造成直接经济损失		
3. 电力安全事故（事件）	(1) 造成电网减供负荷的比例和供电用户停电的比例	未设区的地级市电网	电网负荷 10000MW 以上
			电网负荷 600MW 以上 10000MW 以下
		供电分局	电网负荷 300MW 以上
			电网负荷 150MW 以上 300MW 以下
	电网负荷 150MW 以下		
	(2) 220kV 以上变电站因安全故障造成全厂（站）对外停电的影响和持续时间	导致周边电压监控点电压低于规定的电压曲线值的 20%	
		导致周边电压监控点电压低于规定的电压曲线值的 10%	
		导致周边电压监控点电压低于规定的电压曲线值的 5%以上 10%以下	
	(4) 开关、保护、安全自动装置不正确动作或非计划停运		
	(5) 变电站全站对外停电		
	(6) 自动化系统失灵		
	(7) 生产实时控制业务通信通道中断		
	(8) 主设备非计划停运、设施损毁		
	(9) 主设备缺陷处理		
	(10) 恶性误操作		
(11) 一般误操作和其他行为失误			
(12) 重要用户供电中断			

依据事故后果严重程度，可划分不同等级。从整体来看，可划分为电力事故和电力事件两大类。其中：

- (1) 电力事故可细分为特别重大事故、重大事故、较大事故和一般事故四类。
- (2) 电力事件可细分为一级事件、二级事件、三级事件、四级事件、五级事件等（具体划分层级根据企业不同稍有不同）。

值得注意的是，电力企业越大，其事故（事件）类型也就越多，而对于小型电力企业而言，应根据自身安全管理现状，筛选适用类型，以便制定的标准及类型与实际相符。

以南方电网为例，其 2014 年新规程中事故（事件）类型划分详见附录二。

第五节 事故（事件）报告与管理要求

一、必须报告一切事故

所有事故，包括死亡事故、伤害、环境污染、财产损失、险情等，都应该及时报告。如果不报告，就不可能进行事故调查。对于企业而言，必须制定相关的安全政策与制度，在员工培训中应详细说明如何正确和系统地报告事故、事件或小的险情类事件。

（1）死亡事故、伤害、环境污染、财产损失类事故必须在规定的时间内上报。

（2）对于险情和隐患类小事件，鼓励员工报告，建立激励机制，让员工个人对报告事故事件没有任何畏惧或其他的担心。

在企业内部，如果员工担心受到惩罚或责备，他们就不大可能报告事故的真相。颁布相关的安全方针和管理承诺，确保事故事件报告与调查分析的目的是找出安全管理上存在的问题和系统缺陷，对事不对人。处罚某一位员工，并不是因为发生事故，而可能是因为其个人原因违反某项程序、制度或规程等。

二、鼓励员工报告事故

鼓励员工报告事故应该是安全奖励机制的一个主要组成部分。每个公司都应建立鼓励员工安全行为的奖励机制，但是，并不是所有的机制都真正能起到激励作用。有时，不当的激励机制反而会导致员工瞒报事故，因为每个员工都希望争取获得某种鼓励，而担心影响奖金或其他物质奖励。比如说：某公司的年度目标是“事故为零”，并以此确定年度安全奖。这样的目标只会导致谎报和瞒报。如果某公司鼓励员工上报险情或隐患，并给予奖励，这样可以引导员工上报险情和隐患，推广根源分析，形成良好的安全文化氛围。

第六节 事故预防原理

一、事故可预防性

通过对事故的特性进行分析，可认识到事故有如下性质：

（1）因果性。工业事故的因果性是指事故由相互联系的多种因素共同作用的结果。掌握事故的因果关系，砍断事故因素的因果连锁，就消除了事故发生的必然性，防止了事故的发生。

(2) 随机性。从本质上来讲,事故属于在一定条件下可能发生,也可能不发生的随机事件。就一特定事故而言,其发生的时间、地点、事故后果的严重性等无法准确预测。但是,事故的随机性在一定范畴内遵循统计规律。从随机性中找出必然性,认识事故发生的规律性,将不安全条件转换为安全条件,把事故消除在萌芽状态中,从而做到防患于未然。

(3) 潜伏性。事故发生之前都有一段潜伏期。在事故发生前,人、机、环境所处的状态是最不稳定的,即存在隐患。此时,如有一触发因素出现,就会导致事故的发生。掌握事故的潜伏性对有效预防事故将起到关键作用。

(4) 可预防性。现代工业生产系统是人造系统,这客观地为事故的预防提供了基本前提。从这点来看,任何事故理论上都是可预防的。因而,应通过各种合理的对策和努力,从根本上消除事故发生的隐患,把工业事故的发生降低到最小限度。

二、事故预防对策

事故预防的目的是采用技术和管理的手段,使事故不发生,或使事故发生后不造成严重后果或使损失尽可能减小。

事故预防常遵循“3E”原则,即工程技术(Engineering)、安全教育(Education)、安全管理(Enforcement)。为了防止事故的发生,必须在上述三个方面实施事故预防对策,而且还应保持三者平衡,合理采用相应措施,才有可能搞好事事故预防工作。

工程技术对策主要侧重于解决物的不安全状态;安全教育对策和安全管理对策则着眼于人的不安全行为问题,其中,安全教育对策主要引导人知道怎样做,而安全管理对策则是要求人必须怎么做。

1. 工程技术对策

工程技术对策是以工程技术为手段解决安全问题,预防事故的发生及减少事故造成的伤害和损失,是预防和控制事故的最佳安全措施。在具体的工程技术对策中,可采用如下技术原则^[6]:

(1) 消除潜在危险原则。即在本质上消除事故隐患,是积极且超前事故预防措施。其基本的做法是以新的系统、技术和工艺代替旧的不安全系统和工艺,从根本上消除发生事故的基础。

(2) 降低潜在危险因素数值原则。即在系统危险不能根除的情况下,尽量地降低系统的危险程度,系统一旦发生事故,使所造成的后果严重程度最小。

(3) 冗余性原则。即通过多种保险、后援系统等措施,提高系统的安全系数,增加安全余量。

(4) 闭锁原则。在系统中通过一些元器件的连锁或电气互锁,作为保证安全的条件。

(5) 能量屏障原则。在人、物与危险之间设置屏障,防止意外能量作用到人体