

电力生产安全 知识读本

主 编 孙建勋

副主编 原 东 岳雪岭



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电力生产安全 知识读本

主 编 孙建勋

副主编 原 东 岳雪岭



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是为电力系统职工学习电力安全知识与技术而编写的,共分为八章,其主要内容包括现代安全管理理论、电力安全生产与安全管理、电能对人体的伤害、防止人身触电的技术措施、电气作业的安全措施、安全工器具与安全设施、电力消防工作、触电急救等。

本书可供电力行业从事安全相关工作的职工阅读,也可作为电力及相关行业安全培训用书及电力院校教材或教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电力生产安全知识读本 / 孙建勋主编. —北京: 中国电力出版社, 2015.3

ISBN 978-7-5123-7379-2

I. ①电… II. ①孙… III. ①电力安全-基本知识 IV. ①TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 050827 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 3 月第一版 2015 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 25.75 印张 611 千字

印数 0001—3000 册 定价 70.00 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



前 言

进入 21 世纪,我国电网建设成绩斐然,500kV 电压等级主干网架已基本实现全国联网,随着 1000kV 特高压交流输电线路和 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电线路投入运行,特高压电网正在逐步形成。电网的发展趋势是电压等级与智能化程度越来越高,规模越来越大,运行技术越来越复杂,相应地对电力安全技术和电力职工安全素质的要求也越来越高。

随着电源和电网建设的快速发展,在电力安全理论与技术方面,我国逐渐与国际先进水平接轨,并有所创新。特别是近 20 年,我国电力安全方面的国家标准和行业标准不断修改和更新,更多地采用或融合了国际先进标准(主要是国际电工委员会 IEC 标准),摒弃了一些落后或错误的观念,引进了一些先进的安全技术,在生产现场使用的安全工器具也有了很大改进,保证了电网企业的安全生产。

本书在阐述常用电力安全基本原理及应用情况的过程中,着力反映了我国电力安全技术和理论的发展变化,汇集了目前最新的安全知识与技术,并采用现行最新的国家标准和行业标准,力求给读者耳目一新的感觉;同时着重于理论知识的实际应用,力求简明实用。为了使读者对国家电网公司有关规程的理解更透彻,本书对其进行了深入细致的解读。

本书由国网河南省电力公司技能培训中心孙建勋担任主编,国网河南省电力公司原东、国网焦作供电公司岳雪岭担任副主编,参加编写的还有国网濮阳供电公司王晓华、国网郑州供电公司陈昕、国网河南省电力公司检修公司梁向阳,以及国网河南省电力公司技能培训中心赵玉谦、李建明等,全书由国网河南省电力公司技能培训中心惠自洪审阅并提出了宝贵意见。编写过程中还得到了国网河南省电力公司各基层单位安全管理方面的专家和技术人员的大力支持,在此一并表示感谢。

限于编者水平,书中难免存在不足与疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 1 月 23 日



目 录

前言

第一章 现代安全管理理论	1
第一节 安全管理的基本原理	1
第二节 事故致因理论	5
第三节 事故及其预防	13
第二章 电力安全生产与安全管理	21
第一节 电力安全生产基本知识	21
第二节 国家电网公司安全管理概述	26
第三节 电力班组安全管理	36
第四节 电力事故管理	49
第五节 反违章工作	58
第六节 生产作业风险管控	70
第三章 电能对人体的伤害	78
第一节 电流对人体的伤害	78
第二节 电弧对人体的伤害	88
第三节 触电（电击）的方式和规律	93
第四章 防止人身触电的技术措施	104
第一节 绝缘防护	104
第二节 屏护	111
第三节 安全距离	113
第四节 特低电压	123
第五节 高压电气装置的接地保护	126

第六节 低压配电系统的接地保护	134
第七节 剩余电流动作保护装置	141
第八节 等电位连接	156
第九节 接触电压、跨步电压的限制和防护	161
第五章 电气作业的安全措施	164
第一节 保证安全的组织措施（变电部分）	164
第二节 变电工作票制度	168
第三节 保证安全的技术措施（变电部分）	174
第四节 保证安全的组织措施（线路部分）	184
第五节 电力线路工作票制度	190
第六节 保证安全的技术措施（线路部分）	194
第七节 保证安全的组织措施（配电部分）	199
第八节 配电工作票制度	203
第九节 低压电气作业的安全措施	207
第十节 倒闸操作的安全措施和要求	210
第十一节 防止电气误操作管理措施	216
第十二节 现场标准化作业	220
第十三节 电力高处作业安全措施	225
第六章 安全工器具与安全设施	231
第一节 安全工器具分类与管理	231
第二节 基本绝缘安全工器具	235
第三节 常用安全用具	252
第四节 电力安全设施	265
第七章 电力消防工作	276
第一节 消防基本理论	276
第二节 灭火剂和灭火器	284
第三节 变电站消防设计与消防设施	294
第四节 电气火灾的原因与预防	306
第五节 变电站电气火灾的扑救	316
第六节 动火工作的安全措施和要求	320

第八章 触电急救	324
第一节 触电急救	324
第二节 心肺复苏	329
附录	337
附录 A 变电站（发电厂）第一种工作票格式	337
附录 B 电力电缆第一种工作票格式	340
附录 C 变电站（发电厂）第二种工作票格式	344
附录 D 电力电缆第二种工作票格式	346
附录 E 变电站（发电厂）带电作业工作票格式	348
附录 F 变电站（发电厂）事故紧急抢修单格式	350
附录 G 现场勘察记录格式	351
附录 H 电力线路第一种工作票格式	352
附录 I 电力线路第二种工作票格式	354
附录 J 电力线路带电作业工作票格式	355
附录 K 电力线路事故紧急抢修单格式	357
附录 L 配电第一种工作票格式	358
附录 M 配电第二种工作票格式	361
附录 N 配电带电作业工作票格式	363
附录 O 低压工作票格式	365
附录 P 配电故障紧急抢修单格式	367
附录 Q 变电站（发电厂）倒闸操作票格式	369
附录 R 电力线路倒闸操作票格式	370
附录 S 二次工作安全措施票格式	371
附录 T 变电检修作业指导书	372
附录 U 国家电网公司常用安全标志及设置规范	378
附录 V 国家电网公司常用设备标志及设置规范	393
附录 W 变电站一级动火工作票格式	398
附录 X 变电站二级动火工作票格式	400

第一章

现代安全管理理论

第一节 安全管理的基本原理

安全生产管理是企业管理范畴的一个分支,也遵循管理的一般规律和基本原理。其基本原理有系统原理、人本原理、弹性原理、预防原理、强制原理。

一、系统原理

1. 系统论基本观点

所谓系统,指由若干相互联系、相互作用、相互依赖的要素组成的具有特定功能和确定目标的有机整体。世界上任何事物都可以看成是一个系统,系统是普遍存在的。系统论的基本思想方法,就是把所研究和处理的对象,当作一个系统。

任何管理对象都可以看作一个系统,系统可以分为若干个子系统,子系统可以分为若干个要素,即系统是由要素组成的。

2. 系统原理

系统原理是人们在从事管理工作时,运用系统的观点、理论和方法对管理活动进行充分的分析,以达到管理的优化目标,即从系统论的角度来认识和处理管理中出现的问题。

3. 系统原理的应用——系统分析

安全生产管理系统是生产管理的一个子系统,它包括各级安全管理人员、安全防护设备与设施、安全管理规章制度、安全生产操作规范和规程以及安全生产管理信息等。

安全贯穿生产活动的方方面面,安全生产管理是全方位、全天候和涉及全体人员的管理。对企业安全管理来说,依据系统原理对企业进行系统分析是一项重要的工作。

系统分析的步骤是:① 界定所分析的系统;② 分析与安全有关的要素;③ 分清安全管理的层次结构,明确各层的管理职责和权利;④ 对企业安全隐患进行定性定量的辨识、分析和评价,确定安全工作的管理重点,制定管理的总目标和各层次、环节的局部目标;⑤ 明确各级安全管理的职能和任务,选择最优的工作方案,以保证安全管理目标的实现。

4. 运用系统原理的原则

(1) 整分合原则。现代高效率的管理必须在整体规划下明确分工,在分工基础上进行有效的综合,这就是整分合原则。

该原则的基本要求是充分发挥各要素的潜力,提高企业的整体功能,即首先要从整体功能和整

体目标出发,对管理对象有一个全面的了解和谋划;其次,要在整体规划下实行明确的必要的分工和分解;最后,在分工或分解的基础上,建立内部横向联系或协作,使系统协调配合、综合平衡地运行。其中,分工或分解是关键,协作或综合是保证。

(2) 动态相关性原则。构成系统的各个要素是运动和发展的,而且是相互关联的,它们之间的相互联系又相互制约,这就是动态相关性原则。

该原则是指任何企业管理系统的正常运转,不仅要受到系统本身条件的限制和制约,还要受到其他有关系统的影响和制约,并随着时间、地点以及人们的不同努力程度而发生变化。企业管理系统内部各部分的动态相关性是管理系统向前发展的根本原因。要提高安全管理的效果,必须掌握各管理对象要素之间的动态相关特征,充分利用相关因素的作用。

(3) 反馈原则。反馈是把控制系统的输出信号反送回来,与输入信号进行比较,差值作为系统新的输入信号,再作用于系统,对系统起到控制的作用。

反馈原则指的是:成功的高效的管理,离不开灵敏、准确、迅速的反馈。实际管理工作是计划、实施、检查、处理,也就是决策、执行、反馈、再决策、再执行、再反馈的过程。

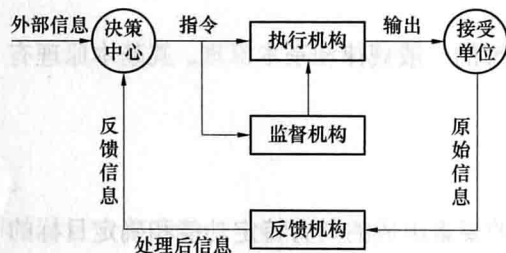


图 1-1 管理系统的基本封闭回路

(4) 封闭原则。在任何一个管理系统内部,管理手段、管理过程等必须构成一个连续封闭的回路,才能形成有效的管理活动,这就是封闭原则。

如图 1-1 所示,一个有效的现代管理系统,必须是一个封闭系统,而且为使系统运转状态优良,可以采用多级闭环反馈系统。

二、人本原理

1. 基本概念

在管理活动中必须把人的因素放在首位,体现以人为本的指导思想,这就是人本原理。搞好企业安全管理,避免工伤事故与职业病的发生,是人本原理的直接体现。

以人为本有两层含义:

(1) 一切管理活动都是以人为本展开的,人既是管理的主体,又是管理的客体,每个人都处在一定的管理层面上。离开人,就无所谓管理。

(2) 管理活动中,作为管理对象的诸要素和管理系统各环节(组织机构、规章制度等),都是需要人去掌管、运作、推动和实施。因此,应该根据人的思想和行为规律,运用各种激励手段,充分发挥人的积极性和创造性,挖掘人的内在潜力。

2. 人本原理的基本原则

(1) 能级原则。现代管理认为组织中的单位和个人都具有一定的能量,并且可按能量大小的顺序排列,形成现代管理中的能级。

能级原则是说管理系统必须是由若干分别具有不同能级的不同层次有规律地组合而成。在实际管理中如决策层、管理层、执行层、操作层就体现能级原则。

(2) 动力原则。推动管理活动的基本力量是人,管理必须有能够激发人的工作能力的动力,这就是动力原则。

物质动力、精神动力和信息动力是三种基本动力。物质动力是以适当的物质利益刺激人的行为

动机；精神动力是运用理想、信念、鼓励等精神力量刺激人的行为动机；信息动力则通过信息的获取与交流产生奋起直追或领先他人的动机。

(3) 激励原则。管理中的激励就是利用某种外部诱因的刺激调动人的积极性和创造性。以科学的手段，激发人的内在潜力，使其充分发挥出积极性、主动性和创造性，这就是激励原则。

三、弹性原理

1. 概念

企业管理必须保持充分的弹性，即必须有很强的适应性和灵活性，以及时适应客观事物各种可能的变化，实行有效的动态管理，这称为企业管理的弹性原理。

2. 弹性原理对于安全管理的意义

安全管理面临的是错综复杂的环境和条件，尤其是事故致因是很难完全预测和掌握的，而系统的情况还在不断发生变化。因此安全管理必须尽可能保持良好的弹性。

3. 弹性原理的要点

(1) 要不断推进安全管理的科学化、现代化，加强系统安全性分析和危险性评价，做到对危险因素的不断识别、消除和控制，以适应系统不断发生的变化。

(2) 要采取全方位、多层次的事故防止对策，实行全面、全员、全过程的安全管理，从人、物、环境等持续改进。

(3) 安全管理人员要有高超的人际交流和沟通的能力，要能适应企业管理的各种变化，及时调整工作方法，协调好各方面的关系，尽可能取得理解和支持，这样遇到意外情况时容易得到各方面的配合和帮助。

四、预防原理

(一) 基本概念

安全管理工作应当以预防为主，即通过有效的管理和技术手段，防止人的不安全行为和物的不安全状态出现，从而使事故发生的概率减到最小，这就是预防原理。

安全管理以预防为主，其基本出发点源自生产过程中的事故是能够预防的观点。除了自然灾害以外，凡是由于人类自身的活动而造成的危害，总有其产生的因果关系，探索事故的原因，采取有效的对策，原则上能够预防事故的发生。

(二) 使预防工作真正发挥作用

由于预防是事前的工作，因此正确性和有效性十分重要。为了使预防工作真正发挥作用，一方面要重视经验的积累，对既成事故和大量的未遂事故进行统计分析，从中发现规律，做到有的放矢；另一方面要采用科学的安全分析、评价技术，对生产中的人和物的不安全因素及其后果作出准确的判断，从而实施有效的对策，预防事故的发生。

(三) 预防原理的原则

1. 偶然损失原则

事故所产生的后果（人员伤亡、健康损害、物质损失等），以及后果的大小如何，都是随机的，是难以预测，这就是事故损失的偶然性。所以，不管事故是否造成了损失，为了防止事故损失的发生，唯一的办法是防止事故再次发生。

这个原则强调在安全管理实践中，一定要重视各类事故，包括未遂事故，只有将未遂事故都控制住，才能真正防止事故损失的发生。

2. 因果关系原则

事故是许多因素互为因果连续发生的最终结果。从事故的因果关系中认识必然性，发现事故发生的规律性，变不安全条件为安全条件，把事故消灭在早期起因阶段。

事故的必然性中包含着规律性。必然性来自于因果关系，深入调查、了解事故因素的因果关系，就可以发现事故发生的客观规律，从而为防止事故发生提供依据。

3. 3E 原则

造成人的不安全行为和物的不安全状态的主要原因可归结为四个方面：技术的原因、教育的原因、身体和态度的原因、管理的原因。

针对上述四个方面的原因，在安全管理上应该采取三种防止对策，即工程技术（Engineering）对策、教育（Education）对策、法制（Enforcement）对策，就是所谓的 3E 原则。

（1）工程技术对策：运用工程技术手段消除设施设备的不安全因素，改善作业环境条件，完善防护与报警装置，实现生产条件的安全和卫生。

（2）教育对策：提供各种层次、形式和内容的教育和训练，使职工牢固树立“安全第一”的思想，掌握安全生产所必须的知识和技能。

（3）法制对策：利用法律、规程、标准以及规章制度等必要的强制性手段约束人们的行为，达到消除不重视安全、违章作业等现象的目的。

4. 本质安全化原则

该原则的含义是指从一开始和从本质上实现了安全化，就从根本上消除事故发生的可能性，从而达到预防事故发生的目的。

所谓本质安全化指的是：设备、设施或技术工艺含有内在的能够从根本上防止发生事故的功能。

本质安全化是安全管理预防原理的根本体现，也是安全管理的最高境界。实际上目前还很难做到，但是我们应该坚持这一原则。

五、强制原理

1. 基本概念

采取强制管理的手段控制人的意愿和行为，使个人的活动、行为等受到安全生产管理要求的约束，从而实现有效的安全生产管理，这就是强制原理。

一般来说，管理均带有一定的强制性。管理是管理者对被管理者施加作用和影响，并要求被管理者服从其意志，满足其要求，完成其规定的任务。不强制便不能有效地抑制被管理者的无拘个性，将其调动到符合整体管理利益和目的的轨道上来。

安全管理需要强制性是由事故损失的偶然性、人的“冒险”心理、事故损失的不可挽回性和安全管理的目的性所决定的。

2. 强制管理的实现途径

安全强制性管理的实现，离不开严格合理的法律、法规、标准和各级规章制度，这些法规、制度构成了安全行为的规范。同时，还要有强有力的管理和监督体系，以保证被管理者始终按照行为规范进行活动，一旦其行为超出规范的约束，就要有严厉的惩处措施。

3. 强制原理的原则

（1）安全第一原则。在进行生产和其他活动的时候把安全工作放在一切工作的首要位置；当生产和其他工作与安全发生矛盾时，要以安全为主，生产和其他工作要服从安全，这就是安全第

一原则。

安全第一原则可以说是安全管理的基本原则，也是我国安全生产方针的重要内容。

(2) 管生产必须同时管安全的原则。安全是生产的第一属性，是质量、效益等属性的基础，因此企业的管理者在抓生产时必须亲自抓安全工作。这就是管生产必须同时管安全的原则。

坚持这个原则，要求企业的各级管理者，特别是高层管理者要亲自抓安全工作。

(3) 监督原则。为了促使各级生产管理部门严格执行安全法律、法规、标准和规章制度，保护职工的安全与健康，实现安全生产，必须授权专门的部门和人员行使监督、检查和惩罚的职责，以揭露安全工作中的问题，督促问题的解决，追究和惩戒违章失职行为，这就是安全管理的监督原则。

第二节 事故致因理论

事故致因理论是从大量典型事故的本质原因的分析中所提炼出的事故机理和事故模型。这些理论反映了事故发生的规律性，能够为事故原因的定性、定量分析，为事故的预测预防，为改进安全管理工作，从理论上提供科学的、完整的依据。

一、能量转移论

能量转移理论是美国的安全专家哈登(Haddon)于1966年提出的一种事故致因和控制理论，其理论的立论依据是对事故的本质定义。哈登把事故的本质定义为“能量的不正常转移”。从这个本质定义出发，预防事故的本质就是控制能量，而研究事故控制的主要任务就是研究能量作用的类型、能量转移作用的规律和能量的控制技术。

1. 基本观点

人类在利用能量的时候必须采取措施控制能量的产生、转换和做功。能量一旦失去控制，就会发生能量违背人的意愿的意外释放或逸出，使进行中的活动中止而发生事故。如果事故时意外释放的能量作用于人体，并且能量的作用超过人体的承受能力，则将造成人体伤害；如果意外释放的能量作用于物体等，并且能量的作用超过其抵抗能力，则将造成物体的损坏。

2. 造成事故的原因

根据这个观点，造成事故的原因可以概括为：具有能量的物质（物体）和受害对象在同一空间范围内，由于能量未按照人们希望的途径转移，而是与受害对象发生接触，就造成事故。

3. 能量造成伤害的原因

能量的种类有许多，如动能、势能、电能、热能、化学能、原子能、辐射能、声能和生物能等。人受到伤害都可以归结为上述一种或若干种能量的异常或意外转移。

在解释事故造成的人身伤害或财物损坏的机理时，能量转移论认为所有的伤害事故（或损坏事故）都是因为：

(1) 接触了超过机体组织（或结构）抵抗力的某种形式的过量能量；

(2) 有机体与周围环境的正常能量交换受到了干扰（如窒息、淹溺等）。

人体自身也是个能量系统，当人体与外界的能量交换受到干扰时，即人体不能进行正常的新陈代谢时，人员将受到伤害，甚至死亡。

根据此观点，可以将能量引起的伤害分为两大类：

第一类伤害是由于转移到人体的能量超过了局部或全身性损伤阈值而产生的。人体各部分对每

一种能量的作用都有一定的抵抗能力,即有一定的伤害阈值。当人体某部位与某种能量接触时,能否受到伤害及伤害的严重程度如何,主要取决于作用于人体的能量大小。作用于人体的能量超过伤害阈值越多,造成伤害的可能性越大。例如,球形弹丸以 4.9N 的冲击力打击人体时,最多轻微地擦伤皮肤,而重物以 68.9N 的冲击力打击人的头部时,会造成头骨骨折。

第二类伤害则是由于影响局部或全身性能量交换引起的。例如,因物理因素或化学因素引起的窒息(如溺水、一氧化碳中毒等),因体温调节障碍引起的生理损害、局部组织损坏或死亡(如冻伤、冻死等)。

4. 能量转移论对预防事故的作用

(1) 提醒人们,事故隐患实际上就是接近于失控状态的能量;一切有足够质和量的能量和能够引起人体内部能量交换紊乱的因素,都是危险源。

(2) 在生产中可以根据此理论制订预防事故的技术措施。

5. 根据此理论制订的预防措施

(1) 限制能量的大小。方法有二:① 限制能量在安全的范围内,如采用熔断器限制线路流过的能量过大;② 在生产工艺中尽量采用低能量的工艺或设备,这样即使发生了意外的能量释放,也不致发生严重伤害,例如利用特低电压设备防止电击,限制设备运转速度以防止机械伤害等。

(2) 用较安全能源代替危险能源。例如,在容易发生触电的作业场所,用压缩空气动力代替电力,可以防止发生触电事故。

(3) 防止能量蓄积,开辟能量释放的安全途径。能量的大量蓄积会导致能量突然释放而造成破坏。因此要开辟能量释放的安全途径,及时泄放多余的能量防止能量蓄积。例如,通过接地装置消除静电蓄积,利用避雷针泄放雷电保护重要设施,在压力容器上设置安全阀等。

(4) 延缓或减弱能量的释放(缓慢地转移能量)。缓慢地释放能量可以降低单位时间内转移的能量,减轻能量对人体的作用。例如,各种减振装置可以吸收冲击能量,防止人员受到伤害;高处作业使用防坠落安全网;采用通风系统控制易燃易爆气体的浓度等。

(5) 防止能量违背人的意愿流动或逸散。如电气设备或导线加上绝缘,建筑物设置防火墙等。

(6) 在能量的途径上设置屏护装置,保护能量转移可能加害的对象。屏护装置是一些防止人员与能量接触的物理实体。例如在机械转动部分外面安装防护罩、带电设备周围装设防护网或安全围栏等。人员佩戴的个体防护用品可被看作是设置在人员身上的屏护装置,如带电作业中穿屏蔽服、戴绝缘手套、穿绝缘靴等。这是在空间上把能量与人隔离的一种方法。

(7) 人员脱离能量转移的范围。例如,使用绝缘棒进行带电操作;人员远离发生火灾、有毒有害物质泄漏事故的场合。这是在空间上把能量与人隔离的另一种方法。

(8) 在时间上把能量与人隔离。例如,道路交通的信号灯控制;在生产过程中使用危险能量时工作人员远离工作现场,危险的工艺过程结束后,工作人员重新进入工作现场。

(9) 设置警告信息和使用报警装置。各种警告信息和报警装置可以阻止人员的不安全行为或避免发生行为失误,防止人员接触危险能量。例如电力生产中,在有触电危险的场合设置各种标志牌,工作人员使用近电报警器等。

二、轨迹交叉论

轨迹交叉论是一种从事故的直接和间接原因出发研究事故致因的理论,其基本思想是:伤害事

故是许多相互关联的事件顺序发展的结果, 这些事件可分为人和物(包括环境)两个发展系列, 当人的不安全行为和物的不安全状态在各自的发展过程中, 在一定时间、空间发生了接触, 使能量逆流于人体时, 伤害事故就会发生。

(一) 基本观点

轨迹交叉理论认为, 在事故发展进程中, 人的因素和物的因素在事故归因中占有同样重要的地位。人的因素运动轨迹与物的因素运动轨迹的交点就是事故发生的时空, 即人的不安全行为和物的不安全状态发生于同一时空或者说人的不安全行为与物的不安全状态相遇时, 将在此时空点发生事故。

简单说就是: 在一个系统中, 人的不安全行为和物的不安全状态的形成过程中, 一旦发生时间和空间的轨迹交叉, 就会造成事故。

图 1-2 所示为轨迹交叉论的事故模型。

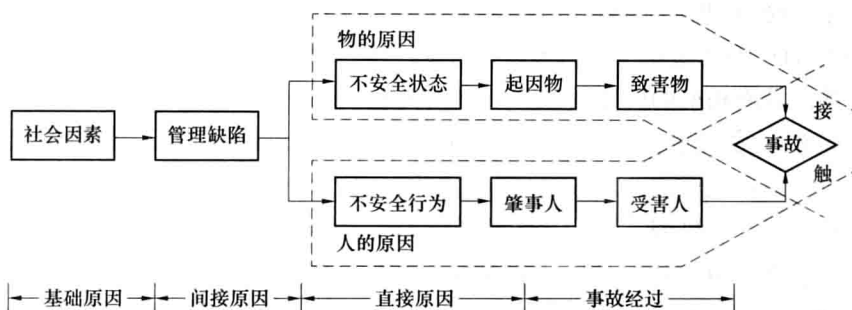


图 1-2 轨迹交叉理论事故模型

用能量转移论解释就是: 具有危害能量的物体的运动轨迹与人的运动轨迹在某一时刻交叉, 就会造成事故。

轨迹交叉理论反映了绝大多数事故的情况。在实际生产过程中, 只有少量的事故仅仅由人的不安全行为或物的不安全状态引起, 绝大多数的事故是与二者同时相关的。例如: 日本劳动省通过对 50 万起工伤事故调查发现, 只有约 4% 的事故与人的不安全行为无关, 而只有约 9% 的事故与物的不安全状态无关。

在人和物两大系列的运动中, 二者往往是相互关联, 互为因果, 相互转化的。有时人的不安全行为促进了物的不安全状态的发展, 或导致新的不安全状态的出现; 而物的不安全状态可以诱发人的不安全行为。因此, 事故的发生可能并不是图示的那样简单地按照人、物两条轨迹独立地运行, 而是呈现较为复杂的因果关系。

(二) 基于轨迹交叉论的事故预防措施

在实际工作中, 应用轨迹交叉论预防事故, 可以从三个方面考虑:

1. 防止人、物发生时空交叉

照轨迹交叉论的观点, 防止和避免人和物的运动轨迹的交叉是避免事故发生的根本出路。

防止交叉第一层意思, 就是防止空间交叉。例如, 防止能量逸散、屏护、开辟能量释放的安全途径、脱离能量转移范围等防止能量转移的措施, 也都是防止空间交叉的措施。

防止交叉还有另一层意思, 就是防止时间交叉, 也就是人和物都在同一空间范围内, 但占用空间的时间不同。例如, 电气设备防止误操作采用联锁装置, 电气作业中切断电源、挂标志牌, 十字

路口的车辆、行人指挥灯系统等，都是防止时间交叉的措施。

2. 控制人的不安全行为

控制人的不安全行为的目的是切断轨迹交叉中行为的形成系列。人的不安全行为在事故形成的过程中占有主导位置，因为人是机械、设备、环境的设计者、创造者、使用者、维护者。人的行为受多方面影响，如作业时间紧迫程度、作业条件的优劣、个人生理心理素质、安全文化素质、家庭社会影响因素等。

安全行为科学、安全人机工程学等对控制人的不安全行为都有较深入的研究。概括起来，主要有如下控制措施：

(1) 职业适应性选择。选择合格的职工以满足职业的要求，对预防不安全行为发生有重要作用。工作的类型不同，对职工的要求亦不同。因此，在招工和职业聘用时应根据工作的特点、要求，选择适合该工作的人员，并认真考虑其各方面的素质，特别是对从事特种作业的职工的选择，以及有职业禁忌症的工作。避免因职工生理、心理素质欠缺而造成工作失误。

(2) 创造良好的行为环境和工作环境。创造良好的行为环境，首先是良好的人际关系、积极向上的团队合作精神。融洽和谐的同事关系、上下级关系，能使工作集体具有凝聚力，职工工作心情舒畅，积极主动配合；实行民主管理，职工参与管理，能调动其积极性、创造性；关心职工生活，解决实际困难，做好家属工作，可以营造良好的氛围。创造良好的工作环境，就是尽一切努力消除工作环境中的有害因素，使机械、设备、环境适合人的工作，也使人容易适应工作环境，使工作环境真正达到安全、舒适、卫生的要求，从而减少人失误的可能性。

(3) 加强培训、教育，提高职工的安全素质。职工的安全素质应包括三方面内容：文化素质、专业知识和技能、安全知识和技能。事故的发生与这三方面密切相关。因此，企业安全管理除了应注意提高职工的安全知识和技能以外，还应密切注视文化层次低、专业技能差的人群，坚持一切行之有效的安全教育制度、形式和方法，注重他们文化知识、专业知识和技能的提高。

(4) 加强安全管理。加强安全管理的主要措施有：建立健全安全管理组织、机构，按国家要求配备安全人员；完善管理制度；贯彻执行国家安全生产方针和各项法规、标准；制订、落实企业安全生产长期规划和年度计划；坚持第一把手负责，实行全面、全员、全过程的安全管理等。

只有严格管理，才能有效防止“三违”现象的发生。

3. 控制物的不安全状态

控制物的不安全状态的目的是切断轨迹交叉中致害物的形成轨迹（见图 1-2）。最根本的解决办法是创造本质安全条件，采用可靠性高、结构完整性强的系统和设备，大力推广保险系统、防护系统和信号系统及高度自动化和遥控装置，使系统在人发生失误的情况下，也能控制住物不安全状态的发展，不会发生事故。

但是，受实际的技术、经济等客观条件的限制，完全地杜绝或消除生产过程中的不安全因素几乎是不可能的，我们只能尽量控制不安全因素，或采取防护措施，以削弱不安全状态的影响程度，使事故不容易发生。这就要求，在系统的设计、制造、使用等阶段，采取严格的措施，使危险被控制在允许的范围之内。

三、海因里希因果连锁论（骨牌理论）

海因里希因果连锁论又称海因里希模型或多米诺骨牌理论，该理论由美国的海因里希首先提出，用以阐明导致伤亡事故的各种原因及与事故间的关系。

1. 基本观点

一种可防止的人身伤害事故的发生是一系列不安全事件顺序发生的结果。事故发生的各个环节就像一个个的骨牌，如果一个骨牌被碰倒后，其他骨牌连锁式反应，则事故将会发生。

2. 事故模型

海因里希把工业伤害事故的发生、发展过程描述为具有一定因果关系的事件的连锁发生过程，即：

- (1) 人员伤亡的发生是事故的结果。
- (2) 事故的发生是由于人的不安全行为和物的不安全状态所造成的。
- (3) 人的不安全行为或物的不安全状态是由于人的缺点造成的。
- (4) 人的缺点是由于不良环境诱发的，或者是由先天的遗传因素造成的。

在该理论中，海因里希借助于多米诺骨牌形象地描述了事故的因果连锁关系，即事故的发生是一连串事件按一定顺序互为因果依次发生的结果。

如一块骨牌先倒下，则将发生连锁反应，使后面的骨牌依次倒下。

如图 1-3 所示，海因里希提出的事故因果连锁过程包括如下五种因素：

(1) 遗传及社会环境 (M)：遗传及社会环境是造成人的缺点的原因。遗传因素可能使人具有鲁莽、固执、粗心等对于安全来说属于不良的性格；社会环境可能妨碍人的安全素质培养，助长其不良性格的发展。这种因素是因果链上最基本的因素。

(2) 人的缺点 (P)：即由于遗传和社会环境因素所造成的人的缺点。人的缺点是使人产生不安全行为或造成物的不安全状态的原因。这些缺点既包括诸如鲁莽、固执、易过激、神经质、轻率等性格上的先天缺陷，也包括诸如缺乏安全生产知识和技能等后天不足。

(3) 人的不安全行为或物的不安全状态 (H)：这二者是造成事故的直接原因。海因里希认为，人的不安全行为是由于人的缺点而产生的，是造成事故的主要原因。

(4) 事故 (D)：事故是一种由于物体、物质或放射线等对人体发生作用，使人员受到或可能受到伤害的、出乎意料的、失去控制的事件。

(5) 伤害 (A)：即直接由事故产生的人身伤害。

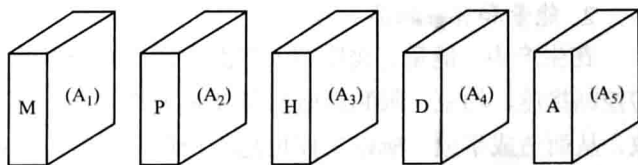


图 1-3 海因里希模型

3. 因果连锁论在企业安全工作中的应用

该理论的积极意义在于，如果移去因果连锁中的任一块骨牌，则连锁被破坏，事故过程即被中止，可以达到控制事故的目的。

海因里希还强调指出，企业安全工作的中心就是要移去中间的骨牌，即防止人的不安全行为和物的不安全状态，从而中断事故的进程，避免伤害的发生。

通过改善社会环境使人具有更为良好的安全意识，加强培训使人具有较好的安全技能，或者加强应急抢救措施，也都能移去事故连锁中的某一骨牌，使事故得到预防和控制。

4. 不足之处

海因里希理论也有明显的不足，就是它对事故致因连锁关系描述过于简单化、绝对化，也过多地考虑了人的因素。但尽管如此，由于其的形象化和其在事故致因研究中的先导作用，使其有着重

要的历史地位。后人都在此基础上进行了进一步的修改和完善,使因果连锁的思想得以进一步发扬光大,收到了较好的效果。

四、系统安全理论

系统安全理论认为,按照系统安全的观点,世界上不存在绝对安全的事物,任何人类活动中都潜伏着危险因素。系统中存在的危险源是事故发生的根本原因,防止事故就是消除、控制系统中的危险源。

该理论把系统中存在的、可能发生意外释放的能量或危险物质称为第一类危险源;导致约束、限制能量措施失效或破坏的各种不安全因素称为第二类危险源。第二类危险源主要包括人、物、环境三个方面的问题。

(一) 危险源的本质及产生原因

危险源是指“可能造成人员伤亡、疾病、财产损失、工作环境破坏的根源或状态”;风险是指“特定危害性事件发生的可能性与后果的结合”。危险源是引发风险的原因,风险是危险源引发的结果,正是由于危险源和风险的存在,才有可能造成人员伤亡的事故或损害人体健康导致职业病产生。

1. 存在能量及有害物质

企业的生产活动就是将能量及相关物质(包括有害物质)转化为产品的过程,因而存在能量及有害物质是不可避免的。这类危险源一般称为第一类危险源,它是危险产生的物质基础和内在原因,一般决定了事故后果的严重程度。

(1) 能量: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。因而,一切产生、供给能量的能源和能量的载体在一定条件下,都可能是危险源。

(2) 有害物质:有害物质包括工业粉尘、有毒物质、腐蚀性物质、窒息性气体等。当它们直接与人体或物体发生接触,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,导致人员的死亡、职业病产生、健康损害,财产损失或环境的破坏等。

2. 能量和有害物质失控

在生产中,能量、物质按人们的意愿在系统中流动、转换来生产产品;但同时也必须采取必要的控制措施,约束、限制这些能量及有害物质。一旦发生失控,就会发生能量、有害物质的意外释放,从而造成事故。所以失控也是一种危险。造成约束、限制能量和危险物质措施失控的各种不安全因素,被称为第二类危险源。

事故的发生是两类危险源共同作用的结果,第一类危险源是事故发生的前提,第二类危险源的出现是第一类危险源导致事故的必要条件。第一类危险源是事故的主体,决定事故的严重程度;第二类危险源出现的难易,决定事故发生的可能性大小。

造成失控的原因主要有以下三个方面:设备故障、人员失误、管理缺陷。

3. 危险源产生的根源分析

危险源产生的根源在于以下三个方面:

(1) 物的不安全状态。物的不安全状态包括:能量及有害物质的存在;设备故障。

(2) 人的不安全行为。人的生理、心理状态容易受到环境的干扰和影响,从而出现因一些偶然因素而产生事先难以预防的错误行为的现象。所以在职业活动过程中,职工产生违反劳动纪律、操作程序和方法等不安全行为,有时候是事先难以预防的。