

铁 路 安 全 工 程

上 册

金绍元 主 编

西南交通大学出版社

主 编	金绍元		
副主编	宋传照	师学斌	郎玉林

主 审	王 开		
副主审	马英驹	王瑞昆	刘 俭
	朱朝一	李肇中	曹 琦
	黄宝瀛	谢彩文	

内 容 简 介

本书积建国四十年来铁路各部门安全工作之经验,用安全系统工程、人机工程、安全科学管理的观点,对劳动保护及卫生工程、运输安全技术、工业生产安全技术、基建工程施工安全技术和锅炉压力容器安全技术等诸方面的问题进行了较为深入的探讨和系统的论述。文字浅显易懂,既有理论也有经过现场考验的成功经验。

该书可作为铁路部门、劳动人事部门和大型工矿企业、设计、及技术开发等单位从事安全和劳动卫生工作的高、中级干部和广大工作人员提高安全生产和科学地搞好安全工作的一本工具书,是从事安全与劳动保护工作的指南,还可作为大专院校安全工程专业的教学参考书。

铁 路 安 全 工 程 TIELU ANQUAN GONGCHENG

上 册

金绍元 主编

西南交通大学出版社出版发行

(四川省峨眉山市)

锦州铁路分局印刷总厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 44.625

字数: 1000千字 印数: 1—14000册

1989年11月第1版 1989年11月第1次印刷

ISBN7-81022-119-1/G·009

定价: 11.80元

前 言

我国铁路是国民经济的大动脉，它担负着全国交通运输百分之五十以上的旅客周转量和百分之七十以上的货物周转量。铁路运输生产在国民经济的发展中起着重要的作用。

铁路运输生产安全与否，不仅关系到铁路本身的效率和效益，更重要的是关系到国家和人民生命财产，关系到社会效益，具有广泛的社会影响。

近些年来，铁路在保证运输生产安全方面采取了许多技术措施，进行了大量的技术改造，使得铁路运输生产安全状况有了很大的改善。但是，在这些诸多措施中，从铁路实际出发，对职工进行安全生产知识的系统教育，提高安全生产的技术业务素质，仍是一个十分重要的内容。为此，铁道部有关业务部门组织部分铁路局、工程局、部属工厂，以及大专院校、劳动卫生研究所、设计院等单位六十多位专家和从事铁路安全工作的专职人员，在总结铁路四十多年安全生产经验的基础上，应用现代安全管理理论，经过一年多的努力，编写了《铁路安全工程》这本书。该书比较系统地、科学地阐明了铁路运输、工程施工、铁路工业各方面安全生产的基本理论，技术业务知识和各种安全保护措施，内容丰富，基本体现了理论和实践的统一。《铁路安全工程》的出版，是全局安全生产的需要，是铁路职工、干部及大专学生进行安全培训的需要。值此国庆四十周年之际，把这本书献给铁路运输生产第一线的广大干部、职工，我们相信，对于推动铁路运输生产安全工作是有益的。

全局各单位、各部门都十分重视安全生产教育工作，只要我们兢兢业业，坚持不懈地夯实基础，铁路安全生产就一定能够以新的面貌出现在人们的面前。

本书在编写过程中得到部内有关业务局领导，有关铁路局、工程局、铁路工厂、大专院校、劳研所和西南交通大学出版社的领导和专家的大力支持和协助，一些从事安全专业的同志为编写此书作了大量的组织、编写和校对工作，在此一并表示感谢。

此外，书中引用有关专家学者的一些文献资料，由于篇幅所限不一列出，特此致以歉意。

由于时间短促，水平有限，书中缺点错误和疏漏之处在所难免，尚望广大读者予以批评指正。

编 者

目 录

第一篇 总 论

第一章 安全工程概论····· (1)	第六节 人体疲劳····· (114)
第一节 安全工程学科的形成与发展 (1)	第七节 人体作业分析及人机系统可靠度····· (121)
第二节 安全工程学科的研究内容和任务····· (3)	第八节 控制系统人机工程设计····· (130)
第三节 安全工程学的特点····· (4)	第九节 作业环境····· (141)
第四节 我国安全生产工作的简要回顾及展望····· (5)	第五章 安全管理····· (151)
第二章 事故成因····· (6)	第一节 概 述····· (151)
第一节 事故成因····· (6)	第二节 安全生产方针····· (152)
第二节 事故调查理论····· (11)	第三节 健全法制, 建立健全安全生产规章制度····· (155)
第三节 事故预防和控制理论····· (14)	第四节 安全监察····· (161)
第三章 安全系统工程····· (17)	第五节 安全生产检查····· (165)
第一节 概 述····· (17)	第六节 建立健全安全生产责任制····· (167)
第二节 系统危险性预测····· (27)	第七节 安全教育····· (170)
第三节 系统事故分析····· (40)	第八节 改善劳动条件····· (177)
第四节 安全评价····· (64)	第九节 女职工卫生与保健····· (184)
第四章 安全人机工程学····· (84)	第十节 个体防护原理与防护用品····· (188)
第一节 概 述····· (84)	第十一节 事故统计分析····· (201)
第二节 人体测量与人机学参数····· (89)	第十二节 安全生产与经济效益····· (209)
第三节 人的感觉功能特性····· (93)	第十三节 电子计算机在安全工程中的应用····· (231)
第四节 人的运动系统及作业空间····· (100)	
第五节 安全心理分析····· (109)	

第二篇 劳动卫生与卫生工程

第一章 生产性毒物与职业中毒····· (252)	第四节 职业性接触毒物危害程度分级····· (253)
第一节 一般概念····· (252)	第二章 几种常见的生产性毒物····· (256)
第二节 生产性毒物进入机体的途径····· (252)	第一节 铅····· (256)
第三节 生产性毒物在体内的代谢····· (252)	第二节 苯····· (259)

第三节	汞	(261)	第四节	电离辐射对人体的影响	(304)
第四节	窒息性毒物	(264)	第五节	辐射防护措施	(305)
第五节	刺激性毒物	(277)	第六节	放射性物质运输安全防护	(319)
第六节	腐蚀性物质	(288)	第六章	光辐射的安全防护	(328)
第三章	生产性粉尘与矽肺	(291)	第一节	红外辐射	(328)
第一节	生产性粉尘的一般概念	(291)	第二节	紫外辐射	(329)
第二节	生产性粉尘的理化特性	(291)	第七章	噪声控制	(331)
第三节	生产性粉尘对机体的危害	(291)	第一节	前 言	(331)
第四节	生产性粉尘作业危害程度分 级	(292)	第二节	噪声的特点	(331)
第五节	矽 肺	(293)	第三节	噪声的影响	(337)
第六节	预 防	(294)	第四节	噪声标准	(338)
第四章	高温作业与中暑	(296)	第五节	噪声测量	(342)
第一节	高温作业及类型	(296)	第六节	噪声控制方法	(351)
第二节	高温作业对机体的影响	(296)	第八章	通风工程	(386)
第三节	高温作业分级	(297)	第一节	前 言	(386)
第四节	中 暑	(298)	第二节	卫生标准与排放标准	(386)
第五节	预防措施	(298)	第三节	通风防尘技术	(387)
第五章	电离辐射的安全防护	(300)	第四节	空气平衡和热平衡	(391)
第一节	电离辐射的类型及特性	(300)	第五节	局部排风罩及风量确定	(402)
第二节	辐射量及其单位	(301)	第六节	风道设计及风机的匹配	(417)
第三节	电离辐射的来源	(303)	第七节	排尘系统的设计	(423)

第三篇 铁路运输安全技术

第一章	概 述	(437)	第八节	电气化铁路行车的安全指挥	(476)
第一节	铁路运输在国民经济中的作 用和地位	(437)	第三章	接发列车作业安全	(484)
第二节	铁路运输生产的特点及对产 品质量的要求	(438)	第一节	接发列车工作的基本原则	(484)
第三节	铁路一定要把安全运输放在 第一位	(439)	第二节	行车闭塞法	(485)
第二章	行车调度指挥安全	(441)	第三节	接发列车作业的主要程序	(486)
第一节	行车调度安全指挥的基本要 求	(441)	第四节	特殊情况下的作业安全	(489)
第二节	行车调度事故分析	(441)	第五节	人身安全注意事项	(492)
第三节	安全指挥的基础工作	(450)	第四章	调车作业安全	(493)
第四节	一般情况下的安全指挥	(456)	第一节	排风、摘管作业	(493)
第五节	超限货物运输的安全指挥	(462)	第二节	推送调车及摘挂调车作业	(495)
第六节	施工条件下的安全指挥	(465)	第三节	取送调车作业	(499)
第七节	行车事故的处理和救援	(468)	第四节	平面溜放调车作业	(501)
			第五节	驼峰解体调车作业	(504)
			第六节	手闸制动作业	(506)
			第七节	铁鞋制动作业	(509)
			第八节	转场、越区调车作业	(514)

第九节 冬季调车作业	(518)
第十节 电气化铁路调车作业	(519)
第十一节 调车作业的人身安全	(521)
第五章 中间站作业及运转车长 作业安全	(527)
第一节 中间站作业安全	(527)
第二节 运转车长作业安全	(531)
第六章 铁路装卸安全	(534)
第一节 概 述	(534)
第二节 装卸作业安全管理	(536)
第三节 技术设施和用具的安全规定	(538)
第四节 职业卫生和防护用品	(546)
第五节 装卸整备工作安全	(548)
第六节 机械作业安全	(550)
第七节 人力作业安全	(555)
第八节 主要货物品类装卸安全	(557)
第九节 危险货物装卸、存放、运输 作业安全	(559)
第七章 旅客运输安全	(584)
第一节 客运站安全工作组织	(584)
第二节 旅客运输安全	(585)
第三节 作业安全技术	(590)
第八章 机务作业安全技术	(593)
第一节 机车运用、检修作业安全技术规则一般要求	(593)
第二节 蒸汽机车运用、检修安全技术	(598)
第三节 内燃机车运用、检修安全技术	(603)
第四节 电气化铁路区段防触电安全技术与电力机车运用、检修	

安全技术	(609)
第五节 行车事故救援列车作业安全技术	(619)
第九章 车辆作业安全	(622)
第一节 概 述	(622)
第二节 车辆部门的故事和危害	(626)
第三节 运用作业安全	(627)
第四节 定检(包括站修)作业安全	(631)
第五节 轴瓦检修作业安全	(637)
第六节 油线室作业安全	(638)
第七节 罐车洗刷和检修作业安全	(639)
第十章 工务系统作业安全	(643)
第一节 概 述	(643)
第二节 工务施工组织	(645)
第三节 施工防护	(649)
第四节 行走与避车安全	(659)
第五节 线路作业安全	(682)
第六节 桥梁、隧道和路基作业安全	(687)
第七节 巡检作业安全	(672)
第八节 工务专用车辆、机械使用和 搬运作业安全	(673)
第九节 道口作业安全	(676)
第十节 采石作业安全	(680)
第十一节 林务作业安全	(687)
第十一章 电务安全技术	(691)
第一节 概 述	(691)
第二节 电务信号设备安全	(693)
第三节 通讯设备检修作业及安全技术	(695)
第四节 电务常见事故类型分析	(698)
第五节 电务作业的人身安全	(701)
第六节 电务部门作业安全纪律	(704)

第一篇 总 论

第一章 安全工程概论

第一节 安全工程学科的形成与发展

自从有人类以来,人类的生命和健康在和自然作斗争的过程中就不断地受到环境条件的威胁,从而本能地要对这些威胁进行预防和斗争。在原始时代,人类只是从自然界获取必要的食物,他们所使用的工具非常简单,因而这时期内,威胁人类生命和健康的主要因素是来自自然界,如雷击、水淹、冻饿以及发生在与野兽间的搏斗等。随着生产力的发展,人类逐渐开始学会使用较复杂的工具,这就使威胁人类生命和健康的因素由单纯的来自自然界而转化为主要地来自从事生产活动时人与工具之间了。因此,可以说,自从人类使用工具来进行生产活动时起,就存在一个在生产活动中不仅要更多地获取人类生存所必须的物质需要外,同时还存在一个在生产活动中必须保护自己不受危险因素损害的问题。这就是被称之为“劳动保护”或“生产安全”以至后来发展为“安全工程”这一学科在历史上产生的根源。所以,生产劳动中的安全问题有着同人类进行生产劳动活动同样远的历史;这也就是说,主要用来研究人类在生产活动中怎样才能保护自身的生命与安全不受各种危险因素危害的“安全工程”这一学科,其历史根源是非常古老的。

从历史上来看,生产中的安全问题是随着生产力的发展(特别是生产工具的发展)而变得复杂起来。这是因为,凡在生产中能够提高生产力水平的那些生产工具,它同时也带来更多更复杂的危险因素。可以想象,人类使用石斧伐木远不及使用摩托锯的生产效率高,可是后者却比前者有着更大的危险性。表 1-1-1 中所列举的各种因素足以说明这一点。

表 1-1-1 不同生产力水平的危险因素

生 产 力 水 平 标 志	危 险 因 素
火	烧伤
刀	割、刺伤
蒸汽	爆炸、烫伤
火药	爆炸
化工	爆炸、毒、致癌
现代交通	各种交通事故
核工业	放射性污染

人类在发展生产的同时，对自身的安全问题一直是关心的。在生产力远不发达的年代里，危及人类生命和健康的危险因素并不复杂，用现在的分类来说，主要是一些机械性伤害，如碰撞、倒塌等。后来，出现了小规模作坊、采矿和冶炼，因而伤害的类别也逐渐增多起来。就是在那一时期，历史上也有过对生产安全问题的各种论述。如1473年苑博格出版了《有毒的恶性蒸汽与金属烟气》；1567年和1745年帕拉塞尔苏斯和亨利二人分别论述了有关矿工职业病的问题；我国隋代巢方也在其《病源诸候论》中谈到了采矿时的毒气问题：“凡进古井深洞，必先放羽毛，如观其旋转，则必有毒气上浮，便不得入内。”以及明代李时珍在《本草纲目》中对铅中毒的描述：“其气毒人，若连月不出，则皮肤萎黄，腹胀不能进食，多致疾而死。”

很显然，人类对安全问题的重视是从生产中的伤亡事故给人类带来巨大损害中得以认识的。自从进入蒸汽机和电力的时代开始，这种事故变得越来越严重了。如在1816年至1848年间，仅美洲水域中因船舶锅炉爆炸事故就有233起，死亡2563人，伤残2067人。据统计，仅19世纪初，这类事故共发生1万余起，死亡数万人之多。在日本也有这样的例子：1897年小型矿山每年死亡人数不过30人，可1905年上升为13409人，至1913年竟达134782人。安全问题愈来愈受到人们的重视，从而演变成轰动社会舆论并受各阶层愤怒谴责的社会问题了。只有在这种情况下，安全问题才受到各工厂企业、交通运输业等所重视，并开始成为一部分科技人员所关注的研究和开发的课题。随着西方各国工业化进程的加快，生产中的不安全因素也变得愈加增多和复杂起来。特别是在资本主义的初期，各工业主对劳动者所进行的非人道压榨，致使事故危害变得愈加严重。事故的结果不但引起劳动者的反抗，进而会使生产停顿，甚至工厂毁灭并给社会带来危害。这当然也是工厂主和政府所不希望发生的。就是在这种情况下，美国厂长格里第一个提出“安全第一”（Safety first）的口号。在这个时期里，各工业国家先后提出并发布了一系列的安全法规和督察制度。如1833年美国的《蒸汽船舶检验法》、1848年英国的《公共卫生法》以及后来的《企业灾害资方责任法》、《影响职工健康的劳动条件》、《放射性物质法》和日本的《劳动标准法》等等。与此同时，各国政府也相继成立了相应的机构，如1879年法国成立了安全保卫中心、1882年比利时成立了劳动卫生研究所；1887年德国成立了事故研究基金会；1908年美国成立了匹茨堡采矿与安全研究所和1911年英国成立了矿山安全研究所等等。这一切都说明，随着生产力水平的发展，劳动安全问题作为一个特殊的学科领域已经得到人们所承认、所重视。

使劳动安全问题最后形成一门科学并得以迅速发展是从第二次世界大战时期开始的。从这一时期开始，由于电力工业、化学工业、军火工业、汽车船舶工业、冶金工业和飞机制造业以及原子能工业等的迅猛发展，使工业生产向大规模、自动化方向发展；生产设备具有向高压、高速、高温、高精度并伴有易燃易爆易泄漏等特点，这就使生产中的危险因素比过去任何时间大为增加。不仅如此，事故原因及事故类型也远比过去更为复杂，而事故本身所带来的经济损失、政治损失也愈加严重。正是在这种严峻的情况下，才迫使从事安全生产问题研究的人员开始从其他学科中分化出来，开始采用一种专门的方法和手段来研究面临的安全问题，从而逐渐地形成了今天的安全工程学。

第二节 安全工程学科的研究内容和任务

生产中的安全问题虽然有着几乎和人类生存同样长久的历史，但它最后成为一门专业学科，特别是形成一种具有特定内容和对象的工程类型学科，其历史不过三五十年。因而，对这门学科的内容、对象和方法等一系列问题的看法至今仍不一致。非但如此，就连学科的名称，世界各国也不尽相同。在欧美较流行的叫法是“安全与职业卫生”，在日本则为“产业卫生和安全工学”，社会主义国家叫着“劳动保护”，在我国也沿用“劳动保护”的叫法。

名称的不同，很显然，它所研究的内容和工作重点乃至工作方法也就不同。“劳动保护”是研究在劳动过程中对人的保护的，旨在强调劳动者的主人翁地位，并通过对劳动者的保护来达到安全生产的目的。从社会发展的观点和从科学技术进步的观点来看，“安全工程”的内涵要比“劳动保护”广泛和深刻得多。“安全工程”一词一般被解释为：能够查明生产过程中发生事故的原因和经过，并能提出科学的防止事故的工程技术措施的一门综合的科学技术系统。也就是说，安全工程主要是解决这样一些问题：分析和研究事故发生的机理；总结出普遍适用的事故理论；提出事故预防的方法设计。

安全工程的任务是消除在生产过程中发生在设备、环境和劳动者之间的一切不安全因素，从而为劳动者创造一种安全、健康和舒适的劳动条件。

从安全工程的对象和任务来考虑，这门学科至少应该包含以下几方面内容：

一、安全管理方面

它主要是研究国家的安全管理体系、政策、安全立法及各种安全法规的制定和执行、安全教育与培训等等。包含这些内容的学科被称为安全管理学。

二、安全技术方面

安全技术主要研究生产中所发生的安全技术问题，它包括物理方面的事故机理，如声、光、电、热、压力、放射性等；化学方面的如燃烧、爆炸、酸碱、有毒物质等的危害机理以及机械方面的绞伤、割伤、砸伤、碰伤和撞击伤害等。

除此之外，还开发用于安全工程学研究的各种新理论、新学科和新方法等。如将海因里希多米诺骨牌理论、功能稳定理论和能量平衡理论结合起来用于事故成因的分析；将事故成因与系统工程理论用于研究预防事故的安全系统工程理论；将劳动生理学和劳动心理学理论与机械设计理论结合起来形成了安全工程中的安全人机工程理论等。这些基础性的理论研究把安全工程学推向了一个新的高度。

属于安全技术方面的学科很多，如机械安全技术、电气安全技术、受压容器安全技术、航天器安全技术、起重运输安全技术等等。

三、劳动卫生方面

它主要是研究劳动场所的环境对人体健康的影响机理。如尘毒问题、噪声问题等，

重点研究职业病的发生与控制。属于这一学科的是劳动卫生学。近年在噪声控制、通风除尘、通风降温以及在个体防护用具方面的研究和发展已逐渐形成属于劳动卫生工程学的理论基础。

第三节 安全工程学的特点

从现有的各工程类学科来看（如机械工程、化工工程、建筑工程等等），它们的最终目的无非是研究如何提高生产效率，为人们创造出更多更好的产品，来满足人们不断提高的物质需要。安全工程学与其他学科相比，有着许多不同的特点。

一、安全工程学的目的和任务是解决社会普遍存在的安全需要问题

安全工程学所讨论的对象和内容，不是指某种特定的产品，而是全社会在产品生产过程中普遍存在并为全社会所关心的安全问题。众所周知，人类的安全需要是区别于生理需要的另一更高层次的需要。从这一点来讲，安全工程学是一种普遍性的、社会性的、解决更高层次需要问题的一门学科。

二、安全工程学是一门崭新的跨学科的综合性学科

安全工程学是经济和科学技术高度发展的产物，这不仅表现为在经济和科学技术发展中安全问题成为头等重要的因素，反过来，前者的发展也推动了安全工程学的发展。安全工程学要求用各其他学科中的先进成果来补充自己。除这一点外，安全工程学本身就是一门多科性的综合学科。它除了要了解生产过程外，还必须了解各种因素的物理、化学以及力学等方面的特性；在事故的分析和预测中还必须具有数学统计方面的知识。随着科学技术的进步，一些新兴的学科，诸如信息论、控制论和系统论等也已被安全工程学所采纳。其他的如心理学、生理学、管理学等学科已成为安全工程学中一个必不可少的支柱，并逐渐形成了安全工程中许多新的分支学科，如安全系统工程学、安全管理学、安全心理学、安全人机工程学和安全管理学等，为安全工程学增添了新的内容，拓宽了安全工程学的发展道路。

除此之外，安全工程学不但包含了许多基础科学和许多技术科学的知识 and 原理外，还必须采用软科学的一些成果（如管理、决策、信息……）来完善自己。由此可见，安全工程学的内容是十分丰富的。

三、安全工程学研究中的部分成果最终要形成对社会有约束力的安全法规

前面已提到，安全工程学所讨论和研究对象主要的不是某种特定的产品（如汽车、机床、船舶等等），而是一种能指导社会生产行为的通用规则。这些规则将会告诫人们怎样做才是安全的以及违反了这些规则将会产生什么样的后果等。这些规则一经采纳，便会形成法规性文件，便会对生产中某些行为具有约束力。

第四节 我国安全生产工作的简要回顾及展望

我国在党的安全生产方针的指导下,从建国一开始就重视劳动安全工作,在各级政府和各产业部门都成立了劳动安全和劳动保护管理机构,并制定了一些法规。

1949年9月29日通过的共同纲领中第三十二条规定:“公私企业目前应实行八小时到十小时工作制”,“保护青工、女工的特殊利益”,“实行矿工检查,以致改进工矿安全卫生设备”。1954年和1982年两次全国人民代表大会通过的宪法中都规定了要加强安全生产,加强劳动保护,改善劳动条件的要求。在国民经济恢复时期,中央产业部门和地方政府所颁发的有关安全生产法规就有119种;在国民经济的各个建设时期,国务院颁布的安全卫生法规有15种,诸如《工厂安全卫生规程》、《建筑安装工程安全技术规程》、《工人、职员伤亡事故统计报告规程》。此期间中央各部委和地方政府制定的安全条例,也有300多种。三中全会以后,党中央1978年10月发布了《关于认真加强劳动保护工作的通知》并制定了一系列的安全法规,如《矿山安全监察条例》、《锅炉压力容器安全监察条例》,此外,有关安全卫生方面的标准已达70多种。所有这些工作都是在多年积累的经验基础上建立起来的,也为加强法制工作奠定了基础。

上述事实表明,我国政府历来对安全工作是十分重视的。除颁布了一些法规性文件外,政府对安全方面的教育和科学研究工作也极为关注并做了大量的工作。

我国从50年代起,相继成立了劳动保护、劳动卫生、冶金安全技术、煤矿安全技术等方面的科学研究机构,开展了安全工程方面的研究工作,为后来的劳动安全工作和安全工程学的发展奠定了基础。

近年来,我国还建立了很多有关安全工程方面的科学研究机构,其中包括劳动人事部劳动保护科学研究所和几十个省市地方劳动保护研究所;卫生部成立了120多个劳动卫生职业病防治研究所;各产业部门也成立了30多个专业安全研究机构,研究人员已达四五千人。这些研究部门在机械安全、电气安全、防尘毒、防火防爆和防止物理、化学性危害方面都取得一些成果。1982年底在北京召开了全国第一次劳动保护学术讨论会,会上就该学科的体系问题、伤亡理论问题和安全管理等问题作了学术交流。

在安全工程学教育方面,这几年也取得了很大进展。1984年教育部已正式将《安全工程》列入《高等学校本科专业目录》。迄今为止,我国已有20多所大专院校设置了安全工程专业,并在相当多的学校里开设了有关安全工程方面的必修课和选修课。在这一时期内标志着安全工程学科得到重视与发展的又一事实是这一专业的研究生教育和相应的学位制度已经确立。国务院批准了《安全技术与工程学》、《环境卫生学(含卫生工程学)》、《劳动卫生与职业病学》、《卫生化学》以及《核武器损伤防护学》、《航天器环境生理学》等为二级学科并予以学位授予权。无疑,这将进一步促进我国的安全生产工作和安全工程学在我国的发展。铁道部批准大连铁道学院设立“安全工程”专业,并于1988年起对社会招生,这对铁路安全工程专业的发展将起到很大推动作用。

第二章 事故成因

第一节 事故成因

事故的发生是一个非常复杂的过程，它不但牵涉到主体(人)、客体(物)及环境之间的相互关系，而且还与他们本身的情绪、状态及变化有着十分微妙的关系。在安全工程研究中首先要弄清生产中事故到底是怎样发生的，即事故成因问题。为粗浅地说明这一问题，先举一个实例。这个例子说明工厂锻工在生产过程中发生事故的过程(图 1-2-1 是这一事故的事故树，关于事故树详见《安全系统工程》一章)。从这一事故中我们可以看出下述几个问题。

第一，在这个生产现场中有以下一些因素存在：

(1) 人 这里的工人在操纵锻锤，有的人用钳子夹着锤打的工件，有人在掌握模具，有人指挥作业等。

(2) 机械 锻锤是这个作业的主要机械，当然作为工具还有铁钳、钢模等。

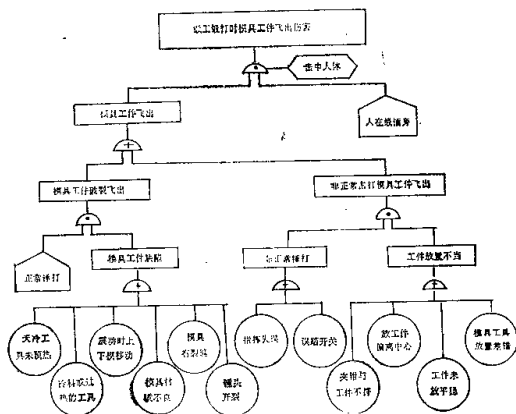


图 1-2-1 锻工作业事故树

(3) 材料 这里被锤打的加工件是钢块，这个加工件在被锻烧后才能加工。

(4) 作业工艺 加工件要经过锻烧后达到一定的温度，才进行锤打，而锤打时又是在一个模具里进行，使之成型；在锤打时需要有人用铁钳夹住固定，或者转换位置；待成型后才能完成这一工件的加工。这就是我们所说的方法。

(5) 此外还有作业环境 在这个作业环境中红外线辐射、高温、噪声、振动可能还有CO, 这些东西构成了作业的环境。

这五种因素简单说, 即是人、机、料、法、环。在人、机、料、法、环中形成了人—机, 人—环关系, 这是我们研究事故成因的出发点。

第二, 我们可以看到飞出的加工件是在锤打时飞出去的, 因此这个加工件具有一定的动能。

第三, 飞出的加工件打在了站在锻锤旁边的人, 而且很凑巧, 飞出的加工件所走的轨迹正好和站在锤旁边的人相遇, 在这种情况下也只有在这种情况下人才被打着。

第四, 飞出的加工件, 如果能量很大, 被打的人可能轻伤, 可能重伤, 也可能死亡, 这要看飞出色件所带的能量大小, 同时也要看打在人体什么部位, 被打的部位有没有防护装置。

第五, 这次事故的基本事件有12个, 归纳起来有两种。一是人的因素, 二是物的因素, 而物的材质、大小等不符合要求也是人在检查中疏漏所造成的。由于人的不安全行为导致物的不安全状态, 导致加工过程中一系列的不正常状态才最后导致这次事故的发生。所以我们说从事故发生的一瞬间来看, 似乎很突然, 但这个事故是经过一系列的反复过程。我们研究事故就是研究这一系列的反复过程, 找出事故发生的原因而加以预防。

一、事故的定义及事故结果

所谓事故就是“人们在进行有目的的行动过程中突然发生了违反人们意志的情况, 致使该行动暂时地或永久地停止的事件”。

发生了这种情况关系着物质、环境和人, 其结果可能有以下几种情形:

1. 人受到伤害, 机器也受到毁损;
2. 机器没有受到毁损, 而人受到伤害;
3. 机器毁损而人没有受到伤害;
4. 机器和人几乎都没有受到损伤。

从统计学观点, 出现第四种情况机率最高, 约占90%。

致于说事故的发生是以人的不安全行为为主引起的还是以物不安全状态为主引起的哪种情况多? 据统计以人的不安全行为为主引起事故约占75%。

另外需要说明的是, 并不是所有事故都能造成伤亡。据海因里希的统计, 事故与致伤、死亡的比例大致为300:30:1。

二、事故的成因

1. 能量逸散理论

近代工业发展中能量是具有做功本领的物理量或称为体系的能量。输送到生产现场的能量有各种各样的形式。根据生产的目的和手段, 它们是可以互相转变的。能量的形式有: 势能、动能、热能、电能、化学能和原子能等。

在生产现场, 当考虑把能量局限在一定的空间时, 能量便同流体一样, 从高能区向低能区流动。为实现生产的目的, 在生产现场中, 能量推动着机械设备达到所要求的目的

的，而能量也随着生产的过程而逐渐消耗掉。

能量按一定方式输入生产设备，以满足某种意图而达到正常的作业。但是偶尔也有未能达到预想的目的，或者发生异常情况则发生能量逸散。倘若发生能量逸散，生产则不能正常进行。当然能量的逸散是通过物体（或一定物质）传递出来，而这种能量会破坏生产机械，如果能量传递到人身上，就可能造成人身伤害。出现能量的逸散现象，可能是由于机械本身存在质量问题，或者超限负荷、设备破损，或者由于人的行为所致。人在从事为达到某种目的的行动中，违反了规定，即所谓违章操作，或者由于误动作，造成机器毁损或者人受伤，或两者同时出现，造成暂时性或永久性的停工，这就是事故。

人体本身就是一个能量体系，当人从事生产活动时不断消耗自身的能量。通常情况下，机械能体系和人体这一能量体系，以协调的方式在某个局部点上接触，只有形成这种协调的体系才能达到预定的目的，如果正常的协调体系被破坏，局部上人—机接触的一瞬间，强大的机械能通过接触点传递到人体上，在人体难以抵抗的情况下，人体将会受到伤害，这时生产活动也被迫停止下来。

任何事故如机械设备的损坏、房屋、隧道、建筑结构的倒塌，强酸、强碱的沾染，触电、放射性物质的照射都可致人伤害，而这一切都是特有能量的作用。在人—机系统中，能量在事故发生的瞬间从机器一方传递到人的—方，使人体组成部分突然受到伤害，这也因为逆流于人体的能量比身体抗拒的力量要大得多，而逆流的能量越大，伤害也越严重。

在人—机系统中还有两种能量：一种是静止物体所具有的势能，人是动的，物是静的，人撞物上，物具有潜能，也致人伤害，当然发生这类事故的概率是比较小的。

环境中还有一种流动性质的能量的危害，这就是所说的有毒气体、粉尘、噪声、振动等。这种流动性的能量危害，其特点是不仅在作业点上，而危害会涉及整个作业区。

强调能量观点，这是我们研究、分析、控制和预防事故的最基本的观点。

比如一个被电能驱动的旋转机械，如旋转的速度很快，人体任何一部分都不能直接接触，即使象加工零件的车床，其速度必须通过控制器加以控制，装卸加工件必须停车才能动手，否则通过旋转的机械把动能传到人体，瞬间就会有伤亡事故发生。所以为防止事故就规定车工不准带手套作业，女工作业时要带帽子防止长发卷进去等等。

还有这样一个例子，一个轨道车以每小时三十公里的速度在轨道上行驶，车上没有护栏且坐着三个人，在一特殊情况下，司机急刹车有两人在惯性力的作用下向前方冲出而受伤害，车子受某种力的作用而颠覆轨道下。当分析这起事故时，有人认为是轨道上有石碴，把车颠复后，车上人才受伤致死，但用能量的观点完全可以断定是司机操纵失误，加上没有护栏，人在惯性力作用下被冲出车外而受伤致死。从这个例子可以看出，用能量的观点去分析事故，能找出事故的真正原因，只有如此才能采取有力的措施去防止事故。

由于能量逸散所造成的事故当中，可能性最大的是机械能，它的特点是飞逸出的物体本身带有动能，因而撞击类型的事故多出于此。其次是电能、热能，而化学能和原子能造成的伤害则比较少见。按能量逸散理论，它对人体的伤害程度决定于：①这种能

量的大小；②接触的时间长短；③能量的集中程度。

2. 轨迹交叉论

事故发生的过程是复杂的，如仔细研究的话可以发现整个生产过程中主要是人和机械这两个系统共处在一个统一体中。人的能量系统支配着人的活动，机械的能量系统支配着机器的运转，在正常情况下它们按一定的程序和方位进行活动，但当出现异常情况时，能量发生逆转，而此时人的运动轨迹和机械的运动轨迹交在一点，也就是出现两者的运动轨迹交叉，则机械能量逆流于人体，这就造成事故见图 1-2-2。

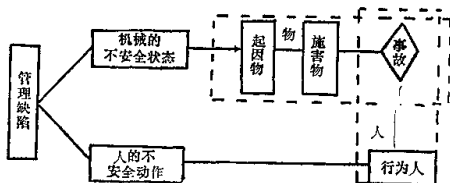


图 1-2-2 事故模型

在多数情况下，由于企业管理不善，致使工人缺乏教育和训练或者机械缺乏维修、检查以及安全装置不完备，导致了人的不安全行为和物的不安全状态，如事故模型图所表明的那样，人与物运动的轨迹交在一点上即造成事故。马路的十字路口有红绿灯信号控制就是防止车辆交叉运行，当给出绿色信号时有两个相反方向的车辆运行，但它们是在平行线上，既是平行线则永远不会交叉。懂得这个道理在制定作业程序时就要考虑物—物运动和人—物运动的轨迹一定不能出现交叉，否则将造成生产中的事故隐患。例如在一高塔作业，上部电焊作业，下部机械作业，两人在一条线上，电火花下落烧伤下部作业人员衣服，又不能马上移开，致使严重烧伤死亡。

3. 因果关系和事件链——海因里希多米诺骨牌理论

一旦发生了事故，在这一瞬间，常常使人处于茫然状态，很多人对眼前的事件感到突然，有人死了，还不相信这是事实，有的人自己受了伤，但对事故的发生还不理解，这是常有的事。但清醒过来以后，痛定思痛，经过回忆，慢慢发现在事故发生之前有许多现象是不正常的，甚至感到当时对某个现象，如能说上一句话，动一下手，或者稍加重视某人的意见，这事故就不会发生了。这些现象是常见的事。任何事故的发生都是在转瞬即逝的突然中发生，但任何事故都有它的发展过程，伤亡事故是属于一定条件下可能发生，也可能不发生的随机事件，但是作为随机事件其相互依存和相互制约的一系列关系中，因果关系是其中的一个重要关系。也就是说必然引起后一现象的现象叫做原

因而被原因引起的现象叫做结果。因果关系又有继承性，即是第一阶段的结果又往往是第二阶段的原因。海因里希 (H. Heinrich) 对人身伤害事故发生的前后过程进行分析，他提出：下列五个因素是顺序发生的：

- M——人体本身；
- P——按人的意志进行的动作；
- H——潜在的危險和事故；
- D——发生事故；
- A——人体受到伤害。

所谓人体本身M是指人的思想情绪受家庭、社会和生产管理的影响；P是指在人的思想情绪的变化中出现一些过失，如情绪低落、高度兴奋、精神不振、注意力不集中，或者由于情绪波动而饮酒、失眠、激动等等行为的改变；H是指潜在的危險，由于人的思想、情绪和行为的变化，在接触生产、接触机器设备时就产生一些可能出现的问题，如作业前未按规定进行设备检查，未按规定程序操作，忘记某个环节的调整或接错电源、按错电钮、违章作业、冒险蛮干，由于本岗位作业的疏忽为下一作业程序埋下事故的潜在危險等；D是H阶段的延续，由于人的不安全行为和机械的不安全状态使危險因素转化为事故，意外事故瞬间发生了；由于事故发生，机械能量逆向传递到人体造成人身伤亡。

海因里希把上述五种因素编成A₁、A₂、A₃、A₄、A₅，看成是五颗骨牌，如图1-2-3。

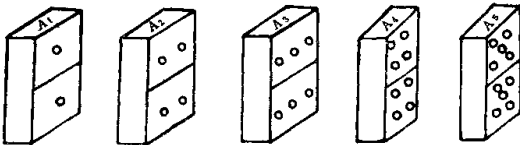


图 1-2-3 因果关系骨牌图

海因里希认为人的思想情绪受着社会环境影响，导致了人行为的过失，第一颗骨牌倒了，一定导致第二颗骨牌的倾倒，A₁是原因，A₂则是A₁的结果，A₂倒了又会影响A₃，则A₂又是A₃的原因，A₃成了A₂的结果，如此顺序下去，事故的发生是必然的结果。如果把防止事故的着眼点集中于第三颗骨牌A₃，把A₃抽掉，使系列中断，虽有A₁，A₂发生，则不会有A₄，A₅的发生，也就是使系列中某一因素出现的概率为零，这样随机事故变为不可能事件，伤亡事故就可以避免发生，见图1-2-4所示。