

绪 论

安全工作的中心任务是防止伤亡事故和财产损失事故发生。

事故是在生产过程中发生的 违背人们意愿的意外事件 是一种失去控制的事件。在工业生产过程中，人类会遇到而且必须克服许多来自自然界的不安全因素。人类一旦忽略了对不安全因素的控制 或者控制不力 则不安全因素将导致事故 事故不仅影响生产，而且会伤害人类自身。

防止伤亡事故 首先必须弄清伤亡事故发生和预防原理 即安全原理。所谓安全原理 主要是阐明伤亡事故是怎样发生的 为什么会发生，以及如何采取措施防止伤亡事故发生的理论体系。它以伤亡事故为研究对象 探讨事故致因因素及其相互关系、事故致因因素控制等方面的问题。

事故致因因素包括物的因素和人的因素两个主要方面。事故致因中物的因素 作为能量载体或能量意外释放的原因 表现为伤害人体的加害物或事故的起因物。一般在控制生产工艺过程的同时 必须控制其中物的不安全因素 生产技术措施本身就包含了预防事故的功能。但是，以安全为目的的安全技术与生产技术又有许多不同之处 遵循特殊的理论、原则 必须专门考虑。

在伤亡事故的发生和预防中，人的因素占有特殊的位置。人是事故中的受伤害者，保护人的生命和健康是安全工作的主要目的。关于受伤害者，产生了人怎样被卷入事故中而不能幸免于难的问题。人又往往是事故的肇事者，在事故致因中人的不安全行为和人的失误占有很大比重。即使是来自物的方面的原因，在物的不安全状态背后也隐藏着人类行为的失误。另一方面，人也是预防事故、搞好安全生产的生力军。因此 关于人的因素的研究是安全工程研究的重要内容。要根据与安全密切相关的人的生理、

心理特征及行为规律,设计适合人员操作的工艺、设备、工具,创造适合人的特点的生产环境。在利用安全技术措施消除、控制不安全因素的同时,运用安全管理手段来规范、控制人的行为,激发广大职工搞好安全生产的积极性,提高企业抵御事故的能力。

美国安全工程师协会(ASSE)规定安全工程师的工作范围是,根据识别、评价安全问题的严重程度所必需的有关学科的基本原理,收集、分析解决安全问题必不可少的资料,判断是否可能发生事故。他们根据收集到的资料,运用专业知识和经验,为作最后决策的领导者提供解决问题的方案。安全工程师的具体工作有如下4个方面:

- (1)识别、评价事故发生的条件,评价事故的严重性;
- (2)研究防止事故、减少伤害或损失的方法、措施;
- (3)向有关人员传达有关事故的信息;
- (4)评价安全措施的效果,并为获得最佳效果做必要的改进。

该协会认为,安全工程师应该掌握社会科学和自然科学两方面的知识,即为了评价不安全行为所需要的评价和分析原理,包括数学、统计学、物理、化学方面的基础知识及工科各领域的知识;关于行为、动机及信息领域的知识,组织管理和经营管理方面的知识。安全工程师的专业知识包括事故致因理论、控制事故致因因素的方法、步骤等方面。

可见,安全原理是安全工程师必须掌握的专业知识之一。它从安全管理的角度来讲述伤亡事故发生与预防原理,并最终归结于安全管理的理论、原则和方法。

防止伤亡事故既是科学也是艺术。一起伤亡事故的发生往往是众多事故致因因素综合作用的结果,特别是由于人的因素的存在,使得问题更复杂了。对于同种伤亡事故,往往可以有若干种防范措施方案可供选择。实际工作中,要根据企业的具体情况,运用广博的科学知识和丰富的工作经验,灵活地采取对策,经济、有效地防止伤亡事故的发生。

1 事故致因理论

1.1 概述

为了防止事故 必须弄清事故为什么会发生 造成事故发生的原因因素 —事故致因因素有哪些。在此基础上, 研究如何通过消除、控制事故致因因素来防止事故发生。

事故是一种可能给人类带来不幸后果的意外事件。千百年来 人类主要是“从事故学习事故”即根据事故发生后残留的关于事故的信息来分析、推论事故发生的原因及其过程。由于事故发生的随机性质 以及人们知识、经验的局限性 使得对事故发生机理的认识变得十分困难。

在科学技术落后的古代, 人们往往把事故的发生看做是人类无法违抗的“天意”或“命中注定”而祈求神灵保佑。随着社会的发展, 科学技术的进步, 特别是工业革命以后工业事故频繁发生, 人们在与各种工业事故斗争的实践中不断总结经验, 探索事故发生规律, 相继提出了阐明事故为什么会发生, 事故是怎样发生的, 以及如何防止事故发生的理论。由于这些理论着重解释事故发生的原因 以及针对事故致因因素如何采取措施防止事故 所以被称做事故致因理论。事故致因理论是指导事故预防工作的基本理论。

事故致因理论是一定生产力发展水平的产物。在生产力发展的不同阶段 生产过程中出现的安全问题不同 特别是随着生产方式的变化 人在生产过程中所处地位的变化 引起人们安全观念的变化, 产生了反映安全观念变化的不同的事故致因理论。

在这里, 我们讨论工业革命以来三个历史时期出现的事故致因理论。

1.1.1 早期事故致因理论

20 世纪初，资本主义世界工业生产已经初具规模，蒸汽动力和电力驱动的机械取代了手工作坊中的手工工具。这些机械在设计时很少甚至根本不考虑操作的安全和方便，几乎没有什么安全防护装置。工人没有受过培训，操作很不熟练，加上长达 11~13 小时以上的工作日，伤亡事故频繁发生。根据美国一份被称为“匹兹伯格调查”的报告，1909 年美国全国的工业死亡事故高达 3 万起，一些工厂的百万工时死亡率达到 150~200 人。根据美国宾夕法尼亚钢铁公司的资料，在 20 世纪初的 4 年间，该公司的 2200 名职工中竟有 1600 人在事故中受到了伤害。

面对广大工人群众的生命健康受到工业事故严重威胁的严峻情况，企业主的态度是消极的。他们说：“为了安全这类装门面的事，我没有钱”；“我手里的余钱也是做生意用的”。他们认为：“有些人就是容易出事，不管做什么，他们总是自己害自己”。

当时，世界各地的诉讼程序大同小异，只要能证明事故原因中有受伤害工人的过失，法庭总是袒护企业主。法庭判决的原则是，工人理应承受所从事的工作中通常可能方式的一切危险。

1919 年，英国的格林伍德（M. Greenwood）和伍兹（H. H. Woods），对许多工厂里的伤亡事故数据中的事故发生次数按不同的统计分布进行了统计检验。结果发现，工人中的某些人较其他人更容易发生事故。从这种现象出发，后来法默（Farmer）等人提出了事故频发倾向的概念。所谓事故频发倾向（Accident Prone-ness）是指个别人容易发生事故的、稳定的、个人的内在倾向。根据这种理论，工厂中少数工人具有事故频发倾向，是事故频发倾向者，他们的存在是工业事故发生的主要原因。如果企业里减少了事故频发倾向者，就可以减少工业事故。因此，防止企业中有事故频发倾向者是预防事故的基本措施：一方面通过严格的生理、心理检验等，从众多的求职人员中选择身体、智力、性格特征及动作特征等方面优秀的人才就业；另一方面一旦发现事故频发倾向者则

将其解雇。显然，由优秀的人员组成的工厂是比较安全的。

海因里希 (W. H. Heinrich) 的工业安全理论是该时期的代表性理论。美国的安全工程师海因里希在《工业事故预防 (Industrial Accident Prevention)》一书中阐述了根据当时的工业安全实践总结出来的所谓工业安全公理。该工业安全公理又被称做“海因里希十条”其主要内容为：

(1) 工业生产过程中人员伤亡的发生，往往是处于一系列因果连锁之末端的结果；而事故常常起因于人的不安全行为或（和机械、物质统称物）的不安全状态。

(2) 人的不安全行为是大多数工业事故的原因。

(3) 由于不安全行为而受到了伤害的人，几乎重复了 300 次以上没有造成伤害的同样事故。换言之，人员在受到伤害之前，已经数百次面临来自物的方面的危险。

(4) 在工业事故中，人员受到伤害的严重程度具有随机性质。大多数情况下，人员在事故发生时可以免遭伤害。

(5) 人员产生不安全行为的主要原因有：

- 1) 不正确的态度；
- 2) 缺乏知识或操作不熟练；
- 3) 身体状况不佳；
- 4) 物的不安全状态及物理的不良环境。

这些原因因素是采取预防不安全行为产生措施的依据。

(6) 防止工业事故的 4 种有效的方法是：

- 1) 工程技术方面的改进；
- 2) 对人员进行说服教育；
- 3) 人员调整；
- 4) 惩戒。

(7) 防止事故的方法与企业生产管理、成本管理及质量管理的方法类似。

(8) 企业领导者有进行安全工作的能力，并且能把握进行安全工作的时机，因而应该承担预防事故工作的责任。

(9) 专业安全人员及车间干部、班组长是预防事故的关键，他们工作的好坏对能否做好预防事故工作有重要影响。

(10) 除了人道主义动机之外，下面两种强有力的经济因素也是促进企业安全工作的动力：

- 1) 安全的企业生产效率也高，不安全的企业生产效率也低；
- 2) 事故后用于赔偿及医疗费用的直接经济损失，只不过占事故总经济损失的 $1/5$ 。

海因里希在他的‘工业安全公理’中阐述了事故发生的因果连锁论，作为事故发生原因的人的因素与物的因素之间的关系问题，事故发生频率与伤害严重度之间的关系问题，不安全行为的产生原因及预防措施，事故预防工作与企业其他管理机能之间的关系，进行事故预防工作的基本责任，以及安全与生产之间的关系等工业安全中最重要、最基本的问题。数十年来，该理论得到世界上许多国家广大事故预防工作者的赞同，作为他们从事事故预防工作的理论基础。尽管随着时代的进步，人们认识的深化，该‘公理’中的一些观点已经不再是‘自明之理’了，许多新观点、新理论相继问世，但是该理论中的许多内容仍然具有强大的生命力，在现今的事故预防工作中仍然产生重大影响。

根据海因里希的观点，大多数工业伤害事故都是由于工人的不安全行为引起的。即使一些工业伤害事故是由于物的不安全状态引起的，而物的不安全状态的产生也是由于工人的缺点、错误造成的。因而，海因里希理论也和事故频发倾向论一样，把工业事故的责任归因于工人，表现出时代的局限性。

1.1.2 二次世界大战后的事故致因理论

到第二次世界大战时期，已经出现了高速飞机、雷达和各种自动化机械等。为防止和减少飞机飞行事故而兴起的事故判定技术及人机工程等，对后来的工业事故预防产生了深刻的影响。

事故判定技术 (Critical Incident Technique) 最初被用于确定军用飞机飞行事故原因的研究。研究人员用这种技术调查了飞行

员在飞行操作中的心理学和人机工程方面的问题，然后针对这些问题采取改进措施防止发生操作失误。战后这项技术被广泛应用于国外的工业事故预防工作中，作为一种调查研究不安全行为和不安全状态的方法，使得不安全行为和不安全状态在引起事故之前被识别和被改正。

第二次世界大战期间使用的军用飞机速度快 战斗力强 但是它们的操纵装置和仪表非常复杂。飞机操纵装置和仪表的设计往往超出人的能力范围，或者容易引起驾驶员误操作而导致严重事故。为了防止飞行事故，飞行员要求改变那些看不清楚的仪表的位置，改变与人的能力不适合的操纵装置和操纵方法。这些要求推动了人机工程学的研究。

人机工程学 Ergonomics 是研究如何使机械设备、工作环境适应人的生理、心理特征 使人员操作简便、准确、失误少、工作效率高的学问。人机工程学的兴起标志着工业生产中人与机械关系的重大变化：以前是按机械的特性训练工人，让工人满足机械的要求，工人是机械的奴隶和附庸；现在是在设计机械时要考虑人的特性，使机械适合人的操作。从事故致因的角度，机械设备、工作环境不符合人机工程学要求可能是引起人失误、导致事故的原因。

第二次世界大战后 科学技术飞跃进步。新技术、新工艺、新能源、新材料和新产品不断出现 与日俱增。这些新技术、新工艺、新能源、新材料和新产品给工业生产和人们的生活面貌带来巨大变化的同时，也给人类带来了更多的危险。据说，世界上每 20min 就有一种新的化学物质问世，其中每一种都可能具有危险性。科技的发展也把作为现代物质文明的各种工业产品送到各类人们的面前。这些产品中有些会威胁人员安全。美国 1972 年涉及产品安全的投诉案件超过 50 万起。工业部门要保证消费者利用其产品的安全。在公众的强烈要求下，美国于 1972 年通过了消费品安全法，日本等国也相继通过了相似的法律。这些法律的共同特征是，制造厂家必须对其产品引起的事故完全负责。

随着战后工业迅速发展带来的广泛就业，使得企业不能像战

前那样进行“拔尖”的人员选择。除了极少数身心有问题的人之外，广大群众都有机会进入工业部门；工人运动的蓬勃发展，企业主不能随意地开除工人。这就使职工队伍素质发生了重大变化。

战后，人们对所谓事故频发倾向的概念提出了新的见解。一些研究表明，认为大多数工业事故是由事故频发倾向者引起的观念是错误的，有些人较另一些人容易发生事故，是与他们从事的作业有较高的危险性有关。越来越多的人认为，不能把事故的责任简单地说成是工人的不注意，应该同时注重机械的、物质的危险性质在事故致因中的重要地位。于是，出现了所谓的“轨迹交叉论”，认为人的因素和物的因素运动轨迹的交叉导致事故发生。在事故预防工作中比较强调实现生产条件、机械设备的安全，先进的科学技术和经济条件为此提供了物质基础和技术手段。

能量意外释放论的出现是人们对伤亡事故发生的物理实质认识方面的一大飞跃。1961年和1966年，吉布森(Gibson)和哈登(Hadden)提出了一种新概念：事故是一种不正常的，或不希望的能量释放，各种形式的能量是构成伤害的直接原因。于是，应该通过控制能量，或控制作为能量达及人体媒介的能量载体来预防伤害事故。根据能量意外释放论，可以利用各种屏蔽来防止意外的能量释放。

与早期的事故频发倾向理论、海因里希因果连锁论等强调人的性格特征、遗传特征等不同，战后人们逐渐地认识了管理因素作为背后原因在事故致因中的重要作用。人的不安全行为或物的不安全状态是工业事故的直接原因，必须加以追究。但是，它们只不过是其背后的深层原因的征兆，管理上缺陷的反映，只有找出深层的、背后的原因 改进企业管理 才能有效地防止事故。

1.1.3 系统安全

20世纪50年代以后，科学技术进步的一个显著特征是设备、工艺和产品的越来越复杂。战略武器的研制、宇宙开发和核电站建设等使得作为现代先进科学技术标志的复杂巨系统相继问世。

这些复杂巨系统往往由数以千、万计的元件、部件组成，元件、部件之间以非常复杂的关系相连接；在它们被研制和被利用的过程中常常涉及到高能量。系统中微小的差错就可能引起大量的能量意外释放，导致灾难性的事故。“蝼蚁之穴”可毁千里长堤。这些复杂巨系统的安全性问题受到了人们的关注。

人们在开发研制、使用和维护这些复杂巨系统的过程中，逐渐萌发了系统安全的基本思想。作为现代事故预防理论和方法体系核心的系统安全 (System Safety) 概念产生于美国研制民兵式洲际导弹的过程中。

当时，负责该研究项目的美国空军官员们并没有认识到他们着手建造的导弹系统潜藏着巨大的危险性。在洲际导弹试验的头一年半里就发生了 4 次爆炸，造成了惨重的损失。在此以前，美国空军曾发生过许多飞行事故。一般地，空军官员们都把事故的原因归因于飞行员的操作失误。由于导弹上没有飞行员，爆炸完全是由导弹自身的问题造成的，不能再把导弹爆炸的责任推到飞行员身上。很明显，分析导弹爆炸原因应该追究导弹投入试验之前的构思、设计、建造和维护等方面的问题。空军官员的安全观念发生了巨大的变化。

系统安全是人们为预防复杂巨系统事故而开发、研究出来的安全理论、方法体系。所谓系统安全，是在系统寿命期间内应用系统安全工程和管理方法，辨识系统中的危险源，并采取控制措施使其危险性最小，从而使系统在规定的性能、时间和成本范围内达到最佳的安全程度。

系统安全在许多方面发展了事故致因理论。按照系统安全的观点，系统中存在的危险源是事故发生的原因。所谓危险源 (Hazard) 是可能导致事故、造成人员伤害、财物损坏或环境污染的潜在的不安全因素。系统中不可避免地会存在或出现某些种类的危险源，不可能彻底消除系统中所有的危险源。不同的危险源可能有不同的危险性。危险性 (Risk) 是指某种危险源导致事故、造成人员伤害、财物损坏或环境污染的可能性。由于不能彻底地消除所

有的危险源，也就不存在绝对的安全。所谓的安全，只不过是超过允许限度的危险。因此，系统安全的目标不是事故为零，而是最佳的安全程度。

系统安全理论认为，可能意外释放的能量是事故发生的根本原因，而对能量控制的失效是事故发生的直接原因。这涉及能量控制措施的可靠性问题。在系统安全研究中，不可靠被认为是不安全的原因；可靠性工程是系统安全工程的基础之一。研究可靠性时涉及物的因素时使用故障或失效 (Failure, Fault) 这一术语；涉及人的因素时，使用人失误 (Human Error) 这一术语。这些术语的含义较以往的人的不安全行为、物的不安全状态深刻得多。一般地，一起事故的发生是许多人失误和物的故障相互复杂关联、共同作用的结果，即许多事故致因因素复杂作用的结果。因此，在预防事故时必须在弄清事故致因因素相互关系的基础上采取恰当的措施，而不是相互孤立地控制各个因素。

系统安全注重整个系统寿命期间的事故预防，尤其强调在新系统的开发、设计阶段采取措施消除、控制危险源。对于正在运行的系统，如工业生产系统，管理方面的疏忽和失误是事故的主要原因。约翰逊 (W. G. Johnson) 等人很早就注意了这个问题，创立了系统安全管理的管理疏忽与危险树 (Management Oversight and Risk Tree, MORT)。近年来世界各国努力建立和推行的现代职业安全健康管理体系 (Occupational Health and Safety Management System)，则集中地体现了系统安全的管理思想和方法。

1.2 事故频发倾向论

1.2.1 事故频发倾向

事故频发倾向 (Accident Proneness) 是指个别人容易发生事故的、稳定的、个人的内在倾向。1919年格林伍德和伍兹对许多工厂里伤害事故发生次数资料按如下 3 种统计分布进行了统计检验。

(1) 泊松分布 (Poisson Distribution)。当人员发生事故的概率不存在个体差异时,即不存在事故频发倾向者时,一定时间内事故发生次数服从泊松分布。在这种情况下,事故的发生是由于工厂里的生产条件、机械设备方面的问题,以及一些其他偶然因素引起的。

(2) 偏倚分布 (Biased Distribution)。一些工人由于存在着精神或心理方面的毛病,如果在生产操作过程中发生过一次事故,则会造成胆怯或神经过敏,当再继续操作时,就有重复发生第二次、第三次事故的倾向。造成这种统计分布的是人员中存在少数有精神或心理缺陷的人。

(3) 非均等分布 (Distribution of Unequal Liability)。当工厂中存在许多特别容易发生事故的人时,发生不同次数事故的人数服从非均等分布,即每个人发生事故的概率不相同。在这种情况下,事故的发生主要是由于人的因素引起的。

为了检验事故频发倾向的稳定性,他们还计算了被调查工厂中同一个人在前 3 个月里和后 3 个月里发生事故次数的相关系数。结果发现,工厂中存在着事故频发倾向者,并且前、后 3 个月事故次数的相关系数变化在 0.37 ± 0.12 到 0.72 ± 0.07 之间,皆为正相关。

1926 年 纽鲍尔德 (E. M. Newbold) 研究大量工厂中事故发生次数分布,证明事故发生次数服从发生概率极小,且每个人发生事故概率不等的统计分布。他计算了一些工厂中前 5 个月和后 5 个月里事故次数的相关系数,其结果为 $0.04 \pm 0.09 \sim 0.71 \pm 0.06$ 。之后 马敦 (Marbe) 跟踪调查了一个有 3000 人的工厂,结果发现,第一年里没有发生事故的工人在以后几年里平均发生 $0.30 \sim 0.60$ 次事故;第一年里发生过一次事故的工人在以后平均发生 $0.86 \sim 1.17$ 次事故;第一年里出过两次事故的工人在以后平均发生 $1.04 \sim 1.42$ 次事故。这些都充分证明了存在着事故频发倾向。

1939 年 法默 (Farmer) 和查姆勃 (Chamber) 明确提出了事故

频发倾向的概念。认为事故频发倾向者的存在是工业事故发生的主要原因。

据国外文献介绍，事故频发倾向者往往有如下的性格特征：

- (1) 感情冲动，容易兴奋；
- (2) 脾气暴躁；
- (3) 厌倦工作、没有耐心；
- (4) 慌慌张张、不沉着；
- (5) 动作生硬而工作效率低；
- (6) 喜怒无常、感情多变；
- (7) 理解能力低、判断和思维能力差；
- (8) 极度喜悦和悲伤；
- (9) 缺乏自制力；
- (10) 处理问题轻率、冒失；
- (11) 运动神经迟钝 动作不灵活。

日本的丰原恒男发现 容易冲动的人、不协调的人、不守规矩的人、缺乏同情心和心理不平衡的人发生事故次数较多（见表 1-1）。

表 1-1 事故频发者的特征

性格特征	事故频发者	其他人
容易冲动	38.9%	21.9%
不协调	42.0%	26.0%
不守规矩	34.6%	26.8%
缺乏同情心	30.7%	0%
心理不平衡	52.5%	25.7%

根据事故发生次数是否符合非均等分布，可以判断企业中是否存在事故频发倾向者。根据非均等分布，对于一个人数为 N 的工厂发生 x 次事故的人数分布 $P(x)$ 为

$$P(x) = N \left(\frac{C}{C+1} \right)^r \left[1 + \frac{r}{C+1} + \frac{r(r+1)}{2!(C+1)^2} + \frac{r(r+1)(r+2)}{3!(C+1)^3} + \dots \right]$$

式中 C ——发生事故的人数；

r ——发生事故的次数 $r = C \cdot m$ ；

m ——每人平均的事故次数。

该式是一种理论分布公式，实际应用时计算很复杂。青岛贤司给出如下的近似计算公式，用于判断工厂里是否存在事故频发倾向者。

设工厂里一年中发生过一次事故的人数为 N_0 则发生事故的总人数 N_s 为

$$N_s = N_0 \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \cdots + \frac{1}{2^{n-1}} \right)$$

由此公式可以导出 发生事故总人数已知时 发生事故次数最多的人数。一年中发生 n 次事故的人数 X_n 为

$$X_n = N_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{n-1}$$

注意，上述公式中的事故次数没有包括没休工的事故。

对于发生事故次数较多、可能是事故频发倾向者的人 可以通过一系列的心理测试来判别。例如，日本曾采用内田 - 克雷贝林测验 (Uchida Krapelin Test) 测试人员大脑工作状态曲线，采用 YG 测验 (Yatabe-Guilford Test) 测试工人的性格来判别事故频发倾向者。另外，也可以通过日常工人行为的观察来发现事故频发倾向者。一般来说，具有事故频发倾向的人在进行生产操作时往往精神动摇，注意力不能经常集中在操作上，因而不能适应迅速变化的外界条件。

1.2.2 事故遭遇倾向

事故遭遇倾向 (Accident Liability) 是指某些人员在某些生产作业条件下容易发生事故的倾向。

许多研究结果表明，前后不同时期里事故发生次数的相关系数与作业条件有关。例如，罗奇 (Roche) 发现 工厂规模不同 生产作业条件也不同，大工厂的场合相关系数在 0.6 左右 小工厂则或

高或低，表现出劳动条件的影响。高勃（P. W. Gobb）考察了 6 年和 12 年间两个时期事故频发倾向的稳定性，结果发现前后两段时间内事故发生次数的相关系数与职业有关，变化在 $-0.08 \sim 0.72$ 的范围之内。当从事规则的、重复性作业时，事故频发倾向较为明显。

明兹（A. mintz）和布卢姆（M. L. B）建议用事故遭遇倾向取代事故频发倾向的概念，认为事故的发生不仅与个人因素有关，而且与生产条件有关。根据这一见解，克尔（W. A. Kerr）调查了 53 个电子工厂中 40 项个人因素及生产作业条件因素与事故发生频度和伤害严重度之间的关系，发现影响事故发生频度的主要因素有运搬距离短、噪声严重、临时工多、工人自觉性差等；与事故后果严重度有关的主要因素是工人的“男子汉”作风，其次是缺乏自觉性、缺乏指导、老年职工多、不连续出勤等，证明事故发生情况与生产作业条件有这密切关系。

一些研究表明，事故的发生与工人的年龄有关。青年人和老年人容易发生事故。此外，与工人的工作经验、熟练程度有关。米勒等人的研究表明，对于一些危险性高的职业，工人要有一个适应期间，在此期间内新工人容易发生事故。内田和大内田对东京都出租汽车司机的年平均事故件数进行了统计，发现平均事故数与参加工作后一年内的事故数无关，而与进入公司后工作时间的长短有关。司机们在刚参加工作的头 3 个月里事故数相当于每年 5 次，之后的 3 年里事故数急剧减少，在第五年里则稳定在每年一次左右。这符合经过练习而减少失误的心理学规律，表明熟练可以大大减少事故。

1.2.3 关于事故频发倾向理论

自格林伍德的研究起，迄今有无数的研究者对事故频发倾向理论的科学性进行了专门的研究探讨，关于事故频发倾向者存在与否的问题一直有争议。实际上，事故遭遇倾向就是事故频发倾向理论的修正。

许多研究结果证明，事故频向倾向者并不存在：

(1) 当每个人发生事故的概率相等且概率极小时，一定时期内发生事故次数服从泊松分布。根据泊松分布，大部分工人不发生事故，少数工人只出一次，只有极少数工人发生二次以上事故。大量的事故统计资料是服从泊松分布的。例如，莫尔（D. L. Morh）等人研究了海上石油钻井工人连续两年时间内伤害事故情况，得到了受伤次数多的工人数没有超出泊松分布范围的结论。

(2) 许多研究结果表明，某一段时间里发生事故次数多的人，在以后的时间里往往发生事故次数不再多了，并非永远是事故频发倾向者。通过数十年的实验及临床研究，很难找出事故频发者的稳定的个人特征。换言之，许多人发生事故是由于他们行为的某种瞬时特征引起的。

(3) 根据事故频发倾向理论，防止事故的重要措施是人员选择（Screen）但是许多研究表明，把事故发生次数多的工人调离后，企业的事故发生率并没有降低。例如，韦勒（Waller）对司机的调查，伯纳基（Bernacki）对铁路调车员的调查，都证实了调离或解雇发生事故多的工人，并没有减少伤亡事故发生率。

在我国，企业职工队伍中存在少数容易发生事故的人这一现象并不罕见。在实际安全工作中，也有通过调整这些人员工作来预防事故的例子。例如，某钢铁公司把容易出事故的人称做“危险人物”，把这些“危险人物”调离原工作岗位后，企业的伤亡事故明显减少。某运输公司把出事多的司机定为“危险人物”，规定这些司机不能担负长途运输任务，也取得了较好的预防事故效果。

其实，工业生产中的许多操作对操作者的素质都有一定的要求，或者说，人员有一定的职业适合性。当人员的素质不符合生产操作要求时，人在生产操作中就会发生失误或不安全行为，从而导致事故发生。危险性较高的、重要的操作，特别要求人的素质较高。例如，特种作业的场合，操作者要经过专门的培训、严格的考核，获得特种作业资格后才能从事。因此，尽管事故频发倾向论把工业事故的原因归因于少数事故频发倾向者的观点是错误的，然

而从职业适合性的角度来看，关于事故频发倾向的认识也有一定可取之处。

1.3 事故因果连锁论

1.3.1 海因里希事故因果连锁论

海因里希首先提出了事故因果连锁论，用以阐明导致事故的各种原因因素之间及与事故、伤害之间的关系。该理论认为，伤害事故的发生不是一个孤立的事件，尽管伤害的发生可能在某个瞬间，却是一系列互为因果的原因事件相继发生的结果。

在事故因果连锁中以事故为中心，事故的结果是伤害、伤亡事故（场合），事故的原因包括 3 个层次的原因：直接原因、间接原因、基本原因。由于对事故各层次的原因认识不同，形成了不同的事故致因理论。因此，后来的人们也经常用事故因果连锁的形式来表达某种事故致因理论。

最初，海因里希把工业伤害事故的发生、发展过程描述为具有如下因果关系的事件的连锁：

- (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或物的不安全状态；
- (3) 人的不安全行为、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。于是，海因里希的事故因果连锁过程包括如下 5 个因素：

(1) 遗传及社会环境。遗传因素及社会环境是造成人的性格上缺点的原因。遗传因素可能造成鲁莽、固执等不良性格；社会环境可能妨碍教育、助长性格上的缺点发展。

(2) 人的缺点。人的缺点是使人产生不安全行为或造成机械、物质不安全状态的原因，它包括鲁莽、固执、过激、神经质、轻率等

性格上的先天的缺点，以及缺乏安全生产知识和技能等后天的缺点。

(3) 人的不安全行为或物的不安全状态。所谓人的不安全行为或物的不安全状态，是指那些曾经引起过事故，或可能引起事故的人的行为，或机械、物质的状态，它们是造成事故的直接原因。例如，在起重机的吊荷下停留，不发信号就启动机器，工作时间打闹，或拆除安全防护装置等，都属于人的不安全行为；没有防护的传动齿轮 裸露的带电体 或照明不良等 属于物的不安全状态。

(4) 事故。事故是由于物体、物质、人或放射线的作用或反作用，使人员受到伤害或可能受到伤害的、出乎意料之外的、失去控制的事件。

坠落、物体打击等能使人员受到伤害的事件是典型的事故。

(5) 伤害。直接由于事故产生的人身伤害。

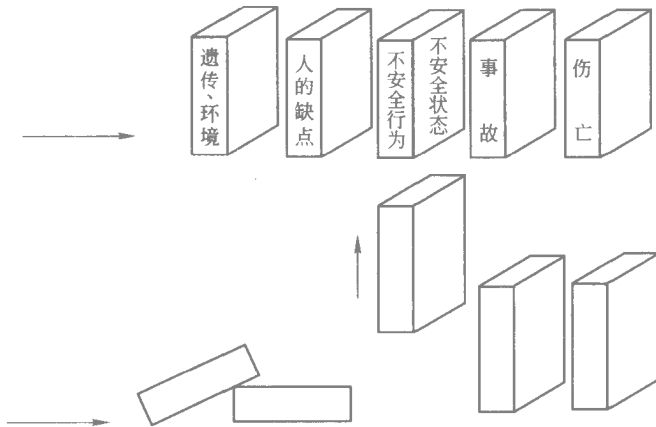


图 1-1 海因里希因果事故连锁论

人们用多米诺骨牌来形象地描述这种事故因果连锁关系，得到图 1-1 所示的多米诺骨牌系列。在多米诺骨牌系列中，一颗骨牌被碰倒了，则将发生连锁反应，其余的几颗骨牌相继被碰倒。如