

城市轨道交通 风险管控机制优化研究

刘连珂 著

外借

图书在版编目 (C I P) 数据

城市轨道交通风险管控机制优化研究 / 刘连珂著

· 一成都: 西南交通大学出版社, 2019.10

ISBN 978-7-5643-7196-8

I. ①城… II. ①刘… III. ①城市铁路 - 交通运输安全 - 安全管理 - 研究 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 229278 号

Chengshi Guidao Jiaotong Fengxian Guankong Jizhi Youhua Yanjiu

城市轨道交通风险管控机制优化研究

刘连珂 著

责任编辑	杨勇
助理编辑	宋浩田
封面设计	何东琳设计工作室 西南交通大学出版社
出版发行	(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	成都勤德印务有限公司
成品尺寸	170 mm × 230 mm
印 张	13.5
字 数	244 千
版 次	2019 年 10 月第 1 版
印 次	2019 年 10 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-7196-8
定 价	68.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

城市轨道交通是大城市公共交通系统的骨干，是建设现代城市的重要基础设施，是便民惠民的重大民生工程，在引领和支撑城市发展、满足人民群众出行、缓解交通拥堵、减少环境污染等方面发挥着越来越重要的作用，已成为大城市人民群众日常出行重要的交通方式和城市正常运行的重要保障，其运营安全与服务水平对保障人民群众生命财产安全、维护社会稳定以及提升人民群众获得感具有重要意义。

近年来，我国城市轨道交通事业迅速发展，截至 2018 年年底，我国已有 43 个城市建设运营城市轨道交通系统，运营里程达 4 300 km，形成了以地铁、轻轨为主体，其他制式为补充的多元化发展格局。“十三五”期间我国将有 80 个城市具备城市轨道交通建设条件，预计城市轨道交通运营里程达 8 000 km 以上。随着新开通运营的城市增多、运营规模快速增长、客运量不断攀升，城市轨道交通的安全保障难度越来越大，乘客的服务需求和期望也越来越高，对提升行业安全管理水平提出了新的更高的要求。

作为城市一种重要的公共交通运输工具，城市轨道的大部分线路处于地下空间，环境封闭，人员密集，一旦发生意外事故，不但容易造成人员伤亡和导致财产出现重大损失，而且会产生恶劣的社会影响，引发许多复杂的社会问题，如果应急处理不当，还会影响政府的形象和声誉；不仅关系到城市轨道交通对城市经济社会发展的保障能力，而且事关城市平稳较快发展和社会稳定大局；不仅关系到城市轨道交通建设和运营的良性循环，而且事关人民群众生活水平的提升，事关社会公共服务体系的完善和社会文明进步的进程。因此做好城市轨道交通安全管理及应急预案工作，最重要的就是确保运输的安全稳定。城市轨道交通安全风险是更高层次的安全管理，是提升城市轨道安全管理科学化水平的必然要求。

本学术专著是以城市轨道交通企业运营安全运行作为基本依据，按照城市轨道交通运营组织、指挥岗位要求，参照国家职业资格标准和城市轨道交通运营部门安全管理人员职业水平标准，以提高职业技术能力和职业素养为中心，结合国内外安全案例，深入浅出、综合分析，通过对城轨特大、重大事故的分类分析，对城市轨道交通事故的处理、预防及应急救援预案进行优化研究，进一步完善城市轨道交通安全风险管理体系优化机制，使轨道交通安全管理变得更加系统化、信息化、智能化，确保轨道交通运营安全、优质、高效。

本学术专著由南京铁道职业技术学院刘连珂承笔，本书在创作过程中，参考了大量的专业资料和轨道交通企业现场实际及广泛的网络资源，同时也得到全国安全职业教育教学指导委员会一些专家学者的支持和帮助，在此一并表示感谢。由于本人水平有限，书中难免出现差错，敬请广大读者批评指正。

著 者

2019年5月

目 录

第一编 现代安全管理基础

第一章 安全基础理论	002
第一节 安全基本概念	002
第二节 安全生产的基本内涵和本质	007
第二章 安全管理基本原理	013
第一节 安全管理的原理	013
第二节 现代安全管理方法	020

第二编 城市轨道交通安全系统分析

第三章 城市轨道交通安全管理基础	026
第一节 国内外城市轨道交通安全现状及发展	026
第二节 城市轨道交通安全的方针及原则	032
第三节 轨道交通影响因素分析	039
第四章 城市轨道交通相关法规	053
第一节 国家安全法律、法规及标准	053
第二节 铁路安全相关法律法规	058
第三节 城市轨道交通相关法律法规及规章	062

第三编 城市轨道交通运营管理

第五章 城市轨道交通运营企业安全管理	074
第一节 城市轨道交通运营企业安全管理模式	074

第二节	城市轨道交通运营企业安全管理运作	082
第三节	城市轨道交通安全系统管理	090
第六章	城市轨道交通运营安全保障系统	098
第一节	城市轨道交通运营安全保障系统特征	098
第二节	运营人员安全保障子系统	102
第三节	城市轨道交通运营设备安全保障子系统	119
第四节	城市轨道交通运营环境安全保障子系统	126

第四编 城市轨道交通运营风险管控机制优化研究

第七章	城市轨道交通运营事件预防与应对	132
第一节	事件预防理论、方法及应用	132
第二节	城市轨道交通运营事件分级分析	138
第三节	城市轨道交通运营事件预防与控制	149
第八章	城市轨道交通运营突发事件应急救援	155
第一节	运营突发事件类型与等级划分	155
第二节	城市轨道交通运营突发事件应急预案体系	157
第三节	城市轨道交通运营突发事件应急救援体系	168
第四节	城市轨道交通突发事件的应急处理	172
第五节	救援列车的开行	185
第九章	城市轨道交通运营风险管理与安全评估	188
第一节	城市轨道交通运营风险管理发展现状	188
第二节	城市轨道交通运营风险管理内涵	192
第三节	城市轨道交通运营风险管理与安全评估	201
参考文献	210



第一编

现代安全管理基础

第一章 安全基础理论

第一节 安全基本概念

一、安全的基本定义

(一) “安全” 定义

在《现代汉语词典》中“安全”的定义为：没有危险，不受威胁，不出事故。

在生产活动过程中，能将人或物的损失控制在可接受指标的状态。

“安全”是相对的安全，绝对的安全不存在。

绝对安全观认为，安全指没有危险、不受威胁、不出事故，即消除能导致人员伤害，发生病、死亡或造成设备财产破坏、损失，以及危害环境的条件。由于绝对安全观过分强调安全的绝对性，使其应用范围受到了很大的限制，特别是在分析社会-技术系统的安全问题时更是如此。

相对安全观认为，安全是相对的，绝对安全是不存在的。例如，美国哈佛大学的劳伦斯教授将安全定义为“安全就是被判断为不超过允许极限的危险性”，也就是指没有受到损害的危险或损害概率低，《通用安全专业术语词典》中将安全定义为“安全意味着可以容许的风险程度，无受损害之忧和损害概率低的通用术语”。安全的基本定义：人类的整体与生存环境资源的和谐相处，互相不伤害，不存在危险的危害的隐患。

狭义的安全就是人类的个体与周围的环境的相容性；相容性很好的话，表明生存环境非常宽容；人们幸福安康娱乐休闲富足。

广义的安全则是指人类的生存环境——地球的生态安全。包括来自宇宙的多种复杂的天文危险隐患的识别。

(二) 安全的通俗理解

安全可以通俗理解为：“无危为安，无损为全”。

当把人的生命比作是“1”时，生活就是在“1”后面加“0”，后面加的“0”越多，说明事业越成功、家庭越幸福。倘若人的生命不存在了，后面加再多的“0”还有什么意义呢？

（三）安全的高度理解

人们可以理解为国家安全、政治安全、经济安全、文化安全、国际安全、区域安全，还有常见的企业安全等。

国家安全是国家的基本利益，是一个国家处于没有危险的客观状态，也就是国家既没有外部的威胁和侵害，也没有内部的混乱和疾患的客观状态。当代国家安全包括 11 个方面的基本内容，即：国民安全、领土安全、主权安全、政治安全、军事安全、经济安全、文化安全、科技安全、生态安全、信息安全和核安全。

政治安全就是政治主体在政治意识、政治需要、政治内容、政治活动等方面免于内外各种因素侵害和威胁而没有危险的客观状态。

经济安全，是指经济全球化时代一国保持其经济存在和发展所需资源有效供给、经济体系独立稳定运行、整体经济福利不受恶意侵害和非可抗力损害的状态和能力。是指一国的国民经济发展和经济实力处于不受根本威胁的状态。

（四）前沿的安全理解

生态安全、核安全等。

生态安全是指生态系统的健康和完整情况。是人类在生产、生活和健康等方面不受生态破坏与环境污染等影响的保障程度，包括饮用水与食物安全、空气质量与绿色环境等基本要素。

核安全是指对核设施、核活动、核材料和放射性物质采取的必要和充分的监控、保护、预防和缓解等安全措施，防止由于任何技术原因、人为原因或自然灾害导致事故发生，并最大限度减轻事故情况下的放射性后果，从而保护工作人员、公众和环境，使它们免受不当辐射的危害。

二、安全相关概念

（一）危险

不安全（危险）：在生产活动过程中，人或物遭受损失的可能性超出了可接受指标的状态。

设危险状态为 W ，则有： $W = f(\Delta X, \Delta L)$ ，是一个多因素的状态函数，

是危险因素偏差导致的结果。危险因素变化, ΔX 变化, 引起人、物、环境、管、信息偏差导致后果 ΔL 变化。该状态是客观存在的, 具有潜在性、隐蔽性。危险程度是可转化的。

(二) 风险 (危险性)

风险是某一有害事故发生的可能性与事故后果的组合。一般把安全生产的风险定义为: 安全生产不期望事件的发生或存在概率与可能发生事故后果的组合。

$$\text{危险性} + \text{安全性} = 1$$

一般意义上的风险具有概率和后果的双重性, 即可用损失程度 C 和发生概率 P 的函数来表示风险尺

$$R = f(P, C)$$

式中, C 代表损失程度即结果; P 代表发生的概率。

损失结果与风险成正比, 损失程度越大, 风险就越高, 为简单起见, 大多数文献中将风险表达为概率与后果的乘积为 $R = P \times C$ 。

(三) 安全性

从系统的安全性能讲, 安全性为衡量系统安全程度的客观量。与安全性的对立的概念是描述系统危险程度的指标——风险 (又称危险性)。假定系统的安全性为 S , 危险性为 R , 则有 $S = 1 - R$ 。显然, R 越小, S 越大; 反之亦然。若在一定程度上消减了危险因素, 就等于创造了安全条件。

(四) 事故

事故: 任何计划之外的事件, 可能引起或不会引起损失或伤害。

事故是指在生产活动过程中, 由于人们受到科学知识和技术力量的限制, 或者由于认知上的局限, 当前还不能防止或能防止而未有效控制所发生的违背人们意愿的事件序列。它的发生, 可能迫使系统暂时或较长期地中断运行, 也可能造成人员伤亡、财产损失或者环境破坏, 或者其中二者或三者同时出现。

(五) 隐患

隐患: 在生产过程中, 由于人们受到科学技术的限制, 或者认识上的局限, 未能有效控制的可能引起事故的行为和状态。

事故是隐患发展的结果, 隐患是事故发生的必要条件。隐患一旦被识别,

就要予以消除。对于受客观条件所限不能立即消除的隐患，要采取措施降低其危险性或延缓危险性增长的速度，降低其被触发的“概率”。

（六）基本概念之间的相互关系

（1）安全与危险是一对此消彼长、动态发展变化的矛盾双方，它们都是与生产过程共存的连续型过程。

（2）描述安全与危险的指标分别是安全性与危险性（风险），二者存在如下关系

$$\text{安全性} = 1 - \text{危险性}$$

（3）事故与安全是对立的，但事故并不是不安全的全部内容，而只是在安全与不安全这一对矛盾的斗争过程中，某些瞬间突变结果的外在表现。

（4）系统处于安全状态，并不一定不发生事故；系统处于不安全状态，也未必完全是由事故引起。

（5）事故发生，系统不一定处于危险状态；事故不发生，也不能否认系统不处于危险状态，事故不能作为判别系统危险与安全状态的唯一标准。

（6）事故总是发生在操作的现场，总是伴随隐患的发展而发生在生产过程之中，事故是隐患发展的结果，而隐患则是事故发生的必要条件。事故发生流程如图 1-1 所示。

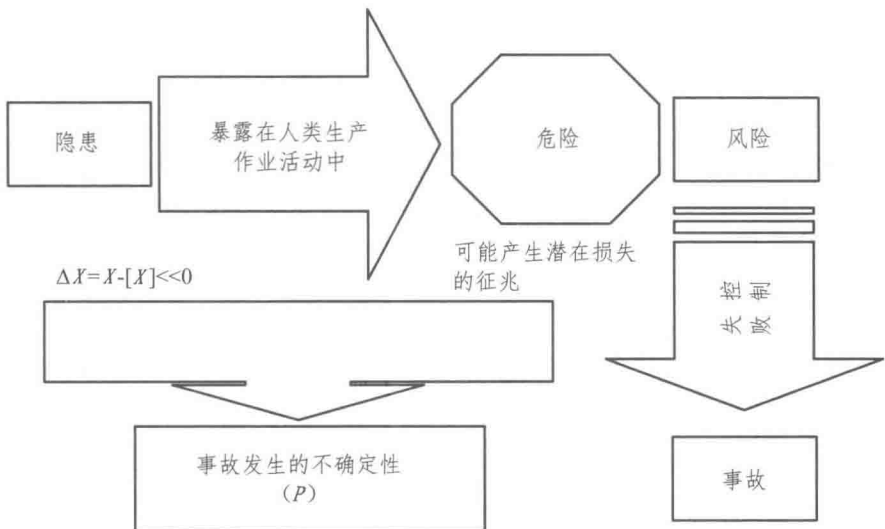


图 1-1 事故发生流程

三、安全的普遍性与特殊性

(一) 安全的普遍性

作为伴随生产而存在的安全问题，对于所有的技术系统都具有普遍的意义，城市轨道运营系统也不例外。

(二) 安全的系统性

安全涉及技术系统的各个方面，包括人员、设备、环境等因素，而这些因素又涉及经济、政治、科技、教育和管理等许多方面。特别对于像城市轨道交通运营系统这样的开放系统，安全既受系统内部因素的制约，也受系统外部环境的干扰。而安全的恶化状态，即事故，不仅可能造成系统内部的损害，而且可能造成系统外部环境的损害。因此，研究和解决安全问题应从系统观点出发，运用系统工程的方法，进行综合治理。

(三) 安全的相对性

凡是人类从事的生产活动，都有安全问题，所不同的只是发生事故的可能性有大有小，危害程度有轻有重而已。安全是相对的，不安全是绝对的，系统发生事故的可能性始终存在。但是，事故是可以预防的，可以利用安全工程学的原理和技术，预先发现、鉴别、判明各隐患，并采取安全对策，从而防患于未然。

(四) 安全的依附性

安全是依附于生产而存在的，它不可能脱离具体的生产过程而独立存在，只要存在生产活动，就会出现安全问题。另外，安全是生产的前提和保障，安全工作搞得不好，生产便无法顺利进行。因此，需要经常、持久地抓好安全工作。

(五) 安全的间接效益性

要保证生产安全必须在人员、设备、环境和管理方面有相应且适时的安全投入，但安全投入所产生的经济和社会效益却是间接的、无形的，难以定量计算。因此，安全投入的重要性往往被忽视，只有发生了事故造成了损失之后才会意识到安全投入的必要性和重要性。事实上，安全的效益除了减少事故的直接和间接经济损失外，更重要的是在提高人员素质、改进设备性能、改善环境质量和加强生产管理等方面所创造的积极的经济和社会效益。

（六）安全的长期性

人对安全的认识在时间上往往是滞后的，不可能预先完全认识到系统存在和面临的各种危险，而且，即使认识到了，有时也会由于受到当时技术条件的限制而无法予以控制，随着技术进步和社会发展，旧的安全问题解决了，新的安全问题又会产生。所以，安全工作是一个长期的过程，必须坚持不懈、始终如一地努力才行。

（七）安全的艰巨性

随着现代科学技术的发展，各种技术系统的复杂化程度增加了。以轨道交通运营系统为例，无论是规模、速度、设备还是管理，都发生了极大的飞跃，一旦发生事故，其影响之大、伤亡之多、损失之重、补救之难，都是传统运输方式不可比拟的。此外，事故是一种小概率的随机偶发事件，仅仅利用已有的事故资料不足以及及时、深入地对系统的危险性进行分析，而现代社会的文明进步又不容许通过事故重演来深化对安全的认识。因此，认识事故机理，不断揭示系统安全的各种隐患，确实是一项艰巨的任务。

四、安全科学的研究目标

将技术应用过程中所发生损害的可能性或者损害的后果控制在绝对最低限度内，或者至少使其保持在可容许的限度内。

第二节 安全生产的基本内涵和本质

一、安全生产的基本内涵

安全生产是指采取一系列措施使生产过程在符合规定的物质条件下和工作秩序下进行，有效消除或控制危险和有害因素，无人身伤亡和财产损失等生产事故发生，从而保障人员安全与健康、使设备和设施免受损坏、使环境免遭破坏、使生产经营活动得以顺利进行的一种状态。

安全生产是安全与生产的统一，其宗旨是安全促进生产，生产必须安全。搞好安全工作，改善劳动条件，可以调动职工的生产积极性；减少职工伤亡，可以减少劳动力的损失；减少财产损失，可以增加企业效益，这些无疑会促

进生产的发展。而生产必须安全，则是因为安全是生产的前提条件，没有安全就无法生产。

二、安全生产的本质

第一，保护劳动者的生命安全和职业健康是安全生产最根本、最深刻的内涵，是安全生产本质的核心。它充分揭示了安全生产以人为本的导向性和目的性，是以人为本的执政本质、以人为本的科学发展观的本质、以人为本构建和谐社会的本质在安全生产领域的鲜明体现。

第二，突出强调了最大限度的保护。所谓最大限度的保护，是指在现实经济社会所能提供的客观条件的基础上，尽最大的努力，采取加强安全生产的一切措施，保护劳动者的生命安全和职业健康。

根据目前我国安全生产的现状，需要从三个层面上对劳动者的生命安全和职业健康实施最大限度的保护：一是在安全生产监管主体，即政府层面，把加强安全生产、实现安全发展，保护劳动者的生命安全和职业健康，纳入经济社会管理的重要内容，纳入社会主义现代化建设的总体战略，最大限度地给予法律保障、体制保障和政策支持；二是在安全生产责任主体，即企业层面，把安全生产、保护劳动者的生命安全和职业健康作为企业生存和发展的根本，最大限度地做到责任到位、培训到位、管理到位、技术到位、投入到位；三是在劳动者自身层面，把安全生产和保护自身的生命安全和职业健康，作为自我发展、价值实现的基础，最大程度地实现自主保安。

第三，突出了在生产过程中的保护。生产过程是劳动者进行劳动生产的主要时空，因而也是保护其生命安全和职业健康的主要时空，安全生产的以人为本，具体体现在生产过程中的以人为本。同时，它还从深层次揭示了安全与生产的关系。在劳动者的生命和职业健康面前，生产过程应该是安全地进行生产的过程，安全是生产的前提，安全又贯穿于生产过程的始终。二者发生矛盾时，生产必须服从于安全，安全第一。这种服从，是一种铁律，是对劳动者生命和健康的尊重，是对生产力最主要、最活跃因素的尊重。

第四，突出了一定历史条件下的保护。强调一定历史条件的现实意义在于：一是有助于加强安全生产工作的现实紧迫性。二是有助于明确安全生产的重点行业取向。三是有助于处理好一定历史条件下的保护与最大限度保护之间的关系。因此，立足现实条件，充分利用和发挥现实条件，加强安全生产工作，是我们的当务之急。

三、安全生产的管理体制和基本原则

《中华人民共和国安全生产法》确定了“安全第一、预防为主、综合治理”的安全生产管理基本方针，在此方针的规约下形成了一定的管理体制和基本原则。

所有生产经营单位在组织生产过程中，必须把保护人的生命安全放在第一位。

（一）管理体制

目前我国安全生产监督管理的体制是：综合监管与行业监管相结合、国家监察与地方监管相结合、政府监督与其他监督相结合的格局。

监督管理的基本特征：权威性、强制性、普遍约束性。

监督管理的基本原则：坚持“有法必依、执法必严、违法必究”的原则；坚持以事实为依据，以法律为准绳的原则；坚持预防为主的原则；坚持行为监察与技术监察相结合的原则；坚持监察与服务相结合的原则；坚持教育与惩罚相结合的原则。

（二）基本原则

1. “以人为本”的原则

要求在生产过程中，必须坚持“以人为本”的原则。在生产与安全的关系中，一切以安全为重，安全必须排在第一位。必须预先分析危险源，预测和评价危险、有害因素，掌握危险出现的规律和变化，采取相应的预防措施，将危险和安全隐患消灭在萌芽状态，

2. “谁主管、谁负责”的原则

安全生产的重要性要求主管者必须是责任人，要全面履行安全生产责任。

3. “管生产必须管安全”的原则

指工程项目各级领导和全体员工在生产过程中必须坚持在抓生产的同时抓好安全工作。他实现了安全与生产的统一，生产和安全是一个有机的整体，两者不能分割，更不能对立起来，应将安全寓于生产之中。

4. “安全具有否决权”的原则

指安全生产工作为衡量工程项目管理的一项基本内容，它要求对各项指标考核，评优创先时首先必须考虑安全指标的完成情况。安全指标没有实现，

即使其他指标顺利完成，仍无法实现项目的最优化，安全具有一票否决的作用。

5. “三同时”原则

基本建设项目中的职业安全、卫生技术和环境保护等措施和设施，必须与主体工程“同时设计、同时施工、同时投产使用”的法律制度的简称。

6. “五同时”原则

企业的生产组织及领导者在计划、布置、检查、总结、评比生产工作的同时，“同时计划、布置、检查、总结、评比安全工作”。

7. “四不放过”原则

事故原因未查清不放过，当事人和群众没有受到教育不放过，事故责任人未受到处理不放过，没有制订切实可行的预防措施不放过。

四、安全生产方针及安全系统原理

（一）安全生产方针

“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，是我国对安全生产工作提出的一个总的要求和指导原则。

首先，“安全第一”体现了人们对安全生产的一种理性认识。它包含两个层面的内容。第一层面，生命观。“安全第一”就是要人们懂得一定要珍惜生命、爱护生命、尊重生命和保护生命，而事故就意味着对生命的摧残与毁灭。因此应把保护生命的安全放在第一位。第二层面，协调观，即生产与安全的协调观。从生产系统来说保证系统正常就是保证系统安全。这是保证生产系统有效运转的基础和前提条件。因此，应把安全放在第一位。

其次，“预防为主”体现了人们在安全生产活动中的方法论。

（二）安全系统原理

安全系统论原理主要研究两个系统对象：一是事故系统，二是安全系统，这就是安全生产原理。

1. 事故要素论

包含四个要素：人——人的不安全行为；机——机的不安全状态；环——环境状况不良；管——管理欠缺。

2. 安全系统论

人——人的安全素质（心理与生理、安全能力、文化素质）；物——设备与环境的安全可靠性（设计安全性、制造安全性、使用安全性）；能量——生产过程能的安全作用（能的有效控制）；信息——充分可靠的安全信息流（管理效能的充分发挥）是安全的基础保障。

五、事故致因理论

（一）事故类型

常见的几类事故：一次事故、二次事故、未遂事故、伤亡事故、一般事故。

海因里希法则认为：死亡、重伤、轻伤和无伤害的事故件数之比为 1: 29: 300。

（二）事故的基本特征

事故的基本特征：因果性；潜伏性、再现性和可预测性；偶然性、必然性和规律性。

（三）事故致因理论

事故致因的 8 种理论包括：事故频发倾向理论、事故因果连锁理论、能量意外释放理论、奶酪模型理论、系统安全理论、基于人体信息处理的失误-瑟利事故模型、动态变化理论、轨迹交叉理论。其中影响较大的是海因里希因果连锁理论。

1931 年，美国安全工程师海因里希首先提出了事故因果连锁论，用以阐明导致伤亡事故的各种原因及与事故间的关系。该理论认为，伤亡事故的发生不是一个孤立的事件，尽管伤害可能在某个瞬间突然发生，却是一系列事件相继发生的结果。

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）事故的发生是由于一人的不安全行为和物的不安全状态。（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。

海因里希“直观化”的事故因果连锁理论关注了事故形成中的人与物，开创了事故系统观的先河，促进了事故致因理论的发展，成为事故研究科学