

安全理论基本假说

于海湧¹, 李芳²

(1. 中国安全生产科学研究院, 北京市 100029; 2. 中钞国鼎, 北京市 100045)

[摘要] 通过大量事故案例及对现有安全理论的分析, 将所有事故分为3类: 自然事故、随机事故和人为事故, 根据这3种事故的特点采用数学方程进行描述、量化, 从数学模型角度论述事故发生的必然性、随机性和可预防性, 以及不安全的绝对性和安全的相对性的辩证关系。同时根据数学模型提出了完整的、科学事故预防基本对策。

[关键词] 安全理论; 事故类型; 数学方程; 事故预防

[中图分类号] X91 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)10-0085-04

1 前言

安全科学是一门综合性自然科学, 其所建立的理论是用来分析解释所有事故发生的内在原因和事故发生的基本规律, 从而为今后制定预防措施、减少损失指明方向^[1,2]。对于安全理论和事故分析国内外有众多学说, 例如, 经典的海因里希(W. H. Heinrich)用多米诺骨牌描述事故因果连锁理论和瑟利(J. Surry)提出人的认知过程事故致因理论及现代的轨迹交叉论^[3]。所有这些学说都在围绕人和物两大方面进行各种可能情况的论述^[4,5], 即事故是人的不安全行为和物的不安全状态。但什么样的行为算是不安全行为? 什么样的状态算是不安全状态? 上述理论并没有给出明确的定义, 无法从理论上解释安全是相对的, 不安全是绝对的辩证关系。

随着我国宏观经济的迅速发展, “以人为本”的基本方针更加深入人心, 安全生产更为人们所重视。然而我国的实际安全生产形势并不乐观。仅在煤炭行业, 煤矿的生产安全形势变得越来越严峻。例如, 从2004年10月20日河南大平矿瓦斯爆炸, 到2005年2月14日阜新海州立井瓦斯爆炸, 仅81天内3起事故夺取了528名矿工生命^[6]。人们不禁

要问事故是否可以避免? 如何防范事故的发生或控制并减少事故发生后的损失?

众所周知, 人类社会时时刻刻都受到不安全事件的威胁, 事故随时随地都在发生^[7,8]。例如, 2004年12月26日发生在东南亚的海啸造成15万人死亡和百亿美元的经济损失。2005年5月31日下午罕见冰雹袭击北京市, 近万辆汽车受损伤, 造成四千余万元经济损失。人类虽然无法阻止和控制这类事故的发生, 但有能力研究和认识这类事故发生的规律, 建立类似事故预警机制, 从而达到在事故发生后最大程度地减少事故给人类带来的损失。相反, 2004年11月24日傍晚, 在北京长安街上闹市口, 由于一行人随意穿越马路, 造成交通警察一死两重伤特大交通事故。对于这类事故, 人类完全可以预防并避免其发生。又如, 2004年11月21日, 由内蒙古包头飞往上海的东航MU5210航班起飞不久后在包头机场附近坠毁, 机上6名机组人员和47名乘客全部罹难。尽管人们不断地提高各部件运行的可靠性, 但这类事故仍时有发生。对于这类事故, 人们只有通过应用各种最先进的技术降低事故发生率。

作者通过大量事故案例及对现有安全理论的分

析^[9]，将事故看作独立发生事件，从诱发事故的原因出发，将所有事故分为三大类，相应论述了事故发生的必然性、随机性和可预防性及事故与安全的辩证关系。通过数学方程对这三类事故的描述，全面阐述量化安全理论基本假说。同时，提出针对所有类型事故的基本预防对策。

2 三类事故基本特性

事故即是一个或多个违背人的主观愿望而发生的，并给社会带来经济损失、给人类带来伤害的事件。事件每时每刻都在发生，从而构成了人们日常工作和活动的一部分，因此事故也可以理解为某一个事件的突变。导致事件的突变的外部因素可归纳为 3 种，即自然因素、随机因素和人为因素。由此可推，在自然界日常所发生的所有事故可分为自然事故、随机事故和人为事故，如图 1 所示。在人类初始时期，几乎所有事故都是自然事故，如恐龙的灭绝、电闪雷鸣引起的森林火灾。随着人类社会的发展，人与人的交往，人与环境关系越来越密切，随机事故和人为事故发生的比例逐渐提高。根据有限数据统计，人为事故远多于随机事故，而随机事故又大于自然事故（图 1）。仅煤矿而言，2004 年的 3 413 起事故造成 6 027 人死亡中，判定为责任事故的占 95%^[10]。

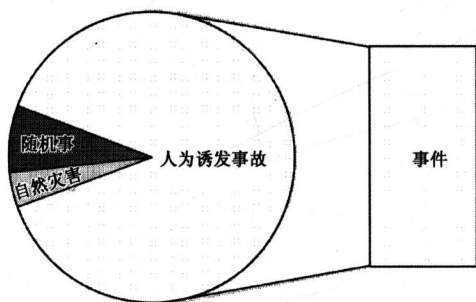


图 1 事故与诱发因素关系

Fig.1 Accidents vs causing

2.1 自然事故

这种事故多为自然现象，是人类无法阻挡和控制的。如，宇宙膨胀、地震灾害、闪电雷鸣及海啸台风。对这类事故人类只能通过更广泛深入的研究去认识、了解和掌握事故发生的内在联系和规律，从而寻找预防事故的对策。如，根据这类事故发生规律，建立相应完善的事故预警机制，尽可能减少在事故发生后所带来的危害和损失。因此，就人类

活动环境而言，不安全是绝对的，而安全是相对的。然而相对的安全程度取决于社会生产力和人们素质水平。在中国历史上张衡地震仪只能告诉人们在地震发生后，地震的大致方位和强度，为当时抢险救灾提供了科学依据。当今随着科学技术的发展，人类虽然仍不能消除和控制地震的发生，但根据不同地区地震发生基本规律和先进的仪器仪表，所建立的地震预警机制可以大大减少地震发生后造成的危害和损失。

尽管每一时段内的自然事故给人类社会带来程度不同的危害，但在一定时间范围内，如 50 年或 100 年内，这类事故发生的频率是个常数（图 2）。从数学上讲自然事故发生率是随着时间的常态分布，即 $f = C$ 。这类事故将永远伴随人类而存在，人类将永远处于不安全状态的环境。这个模型是“安全是相对的、不安全是绝对的”这一理论的基础。在过去 30 年间，从 1974 年到 2003 年全球共发生 6 367 次重大自然灾害，造成 200 余万人死亡^[11]。

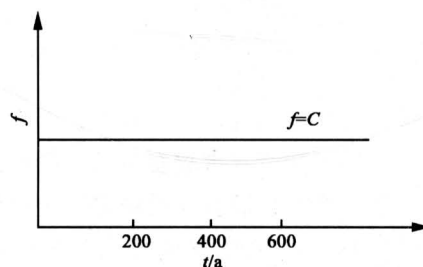


图 2 自然事故分布规律

Fig.2 Distribution of inevitable accident

2.2 随机事故

这种事故往往是由众多事件聚合而引发的，再好的安全措施和技术也无法避免这类事故的发生。例如，一起交通事故，它是由于车辆性能不可能达到 100% 安全，驾驶员不可能没有失误，路面情况和天气变化不可能处于静止状态等等因素聚集在某一时刻、某一地点而引发了事故。随机事故模型概括了著名安全科学家海因里希通过对 5 000 多起伤害事故调查后（在 330 起类似事故中，300 起事故没有造成伤害，29 起引起轻微伤害，只有 1 起是严重伤害事故）提出的事故三角形理论。由于事故是由众多不可控因素所致，因此这种随机事件属于正态分布（图 3）。这从数学上奠定了海因里希事故三角形理论的基础。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

式中： f —事故事件发生频率； x —事故事件； μ —在某时间发生事故的平均值； σ^2 —事故事件方差值。

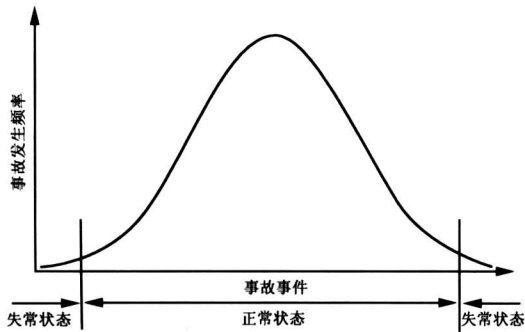


图 3 随机事故分布状态

Fig.3 Distribution of random accident

由图 3 可见，在理论上失常状态永远不可能为零，也就是说这类事故永远不可根除，但是可以通过不断地完善技术，提高社会经济发展来缩小非正常状态面积。如，就我国煤矿百万吨死亡率而言，

从 2001 的 5.07 人降低到 2004 年的 2.96 人。降幅达 41.6%^[1]。

美国 2004 年只用 103 022 人，生产 11.04×10^8 t 煤炭，万工人死亡 2.7 人。而我国用 6×10^6 多万矿工，生产 19.5×10^8 t 煤炭，万工人死亡则为 9.9 人，是美国的 3.6 倍（表 1），而工人总数却是美国的 59 倍，工效也仅为美国的 3%。由此可见，我国煤炭行业死亡总数和百万吨死亡率远远高于美国，其主要因素之一在于我国煤炭行业生产是属密集劳动型。同时也说明我国煤炭行业在现有较低生产力水平条件下，安全生产在近十几年内得了很大的成绩。但是人们对安全的追求是无止境的。因此，对于不同生产力水平下的安全状况，应保持相适应的安全要求。

这个数学模型告诉我们，虽然当今最发达的美国在采煤行业里总死亡人数比我国少 2 个数量级，但是也不可能彻底消除这种随机事故。

表 1 2004 年中美煤矿安全生产状况对照

Table 1 Comparison on safety in coal production between China and United States

国家	年份	产量/ 10^8 t	总死亡人数	每百万吨煤死亡人数	工效/ $t \cdot 人^{-1}$	工人总数/人	每万人死亡人数
美国	2004	11.04	27	0.024	10 405	103 022	2.7
中国	2004	19.5	6 027	3.08 (0.97)	321	6 074 766	9.9
中/美		1.76	223	128	3%	59	3.6

人类决不能因为随机事故的发生而终止活动。人类不可能由于汽车的应用造成交通事故而放弃使用汽车，也不会因 1986 年和 2003 年美国航天飞机挑战者和哥伦比亚号相继失事而终止人类对太空的探索。

2.3 人为事故

这类事故多发生在某一个活动范围和特定领域内。由于人的失误和过错而引发事故。例如，煤矿瓦斯的爆炸，如果没有人类开采活动尽管瓦斯的存在。它也仍然象没开采一样，沉睡千年而不会爆炸。如果坚持执行食品卫生条例，也不会发生食物集体中毒事故。因此这类事故的发生与人们规范活动有着密切相关。它属于双曲线函数规律。

$$f = \frac{n}{R}$$

式中： f —事故频率； R —人类规范活动(包括：制度、教育和人的素质等等)； n —工作环境因子。

由上式可见，在一个特定工作环境中，事故发

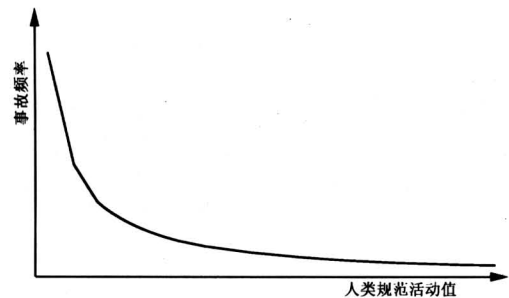


图 4 事故与人们规范活动关系

Fig.4 Relationship between accident and human behavior

生的频率与人类的规范活动成反比。规范活动包括：人类特定活动的规章制度，技术要求，人员培训等等。这是控制事故发生的最基本保障。

3 事故预防基本对策

根据以上事故类型的数学模型分析，人类无法避免自然事故的发生，但人们可以将重点放在事故发生后，通过对事故的深入研究，掌握这类事故发

生的规律,建立这类事故的完善预警机制,从而达到把这类事故的发生对社会和人类的影响控制在最低限度。例如,人类无法控制宇宙及地球的演变,但是人类通过对太空的探索,试图在灾难来临之前,寻找到适合人类生存的其它天体。这也是人类探索太空的最根本的目的。

由于第二类事故是众多事件的偶然巧合所致,它遵循正态随机分布规律,因此减少这类事故的发生,只有将重点放在事故发生过程中,通过提高每一个可能发生事故的事件性能可靠性,利用高新技术消除安全隐患。例如,人们无法杜绝交通事故,但是人们可以利用高新技术不断提高汽车、火车和飞机的可靠性,降低事故发生机率。

对于第三类事故,由于人的失误导致事故发生。因此预防重点应放在事故发生前,通过加强完善人的基本建设、加强职业培训、加强管理制度建设、加强监督监察、改善工作环境、畅通反馈系等等,从而达到尽可能避免事故发生。

由此可见,完整的事故预防对策应是在事故发生后如何减少事故造成的损失、在事故发生过程中如何控制事故发生的可能性和在事故发生前如何避免事故发生。

4 结论

根据事故发生的普遍性,事故可分为自然事故或称自然灾害、随机事故和人为事故三大类,通过数学方程描述,概述了事故发生的必然性、随机性和可预防性。提出了量化安全理论假说基本概念,量化安全理论完全证明和概括了传统的安全理论学说。量化安全理论既能客观地接受事故发生不可避免的事实,同时也为主观防止事故发生确立了奋斗

目标。同时,针对所有事故的发生,提出了完整科学的事故预防基本对策和途径。

参考文献

- [1] 傅贵,张江石,许素睿.论安全科学技术体系的结构和内涵[J].中国工程科学,2004,6(8):12~16
- [2] Wigglesworth E. Strategies for Reducing Injury, Injury Research and Prevention [M]. Melbourne: Monash University, 1995. 78~85
- [3] 卓光俊,等.安全事故的非线性自组织特征初探[J].矿山安全与环境,2002,(4):39~41
- [4] 申利明.劳动安全理论与职工事故防治途径[J].南京林业大学学报(自然科学版),2001,(4):45~48
- [5] 吴穹,许开立.安全管理学[M].北京:煤炭工业出版社,2003.29~38
- [6] 国家安全生产监督管理局,国家煤矿安全监察局调度中心.全国伤亡事故统计资料(2004年报)[A].北京:国家安全生产监督管理局,国家煤矿安全监察局调度中心
- [7] Hammer W. Occupational Safety Management and Engineering[M]. Prentice Hall, 2001. 205~240
- [8] Williams L. Organisations and Information Systems[M]. Irwin, 1999. 68~78
- [9] 国家安全生产监督管理局.中国安全生产年鉴(2000—2001)[M].北京:煤炭工业出版社,2002.118~201
- [10] 王显政.国务院安委会副主任王显政在全国安全生产电视电话会议上的全国安全生产情况通报[EB/OL]. www.chinasafety.gov.cn/zhengwuxinxi/2004-12/14/content_59815.htm
- [11] 全球自然灾害[EB/OL]. http://news.sina.com.cn/w/2005-01-26/01194945532s.shtml.

The Hypothesis of Safety Theory

Yu Haiyong¹, Li Fang²

(1. Heilongjiang Science & Technology Institute, Harbin 150027, China;

2. China Golddeal, Beijing 100045, China)

[Abstract] Three basic types of accidents are proposed in this paper, that is, inevitable, random and man-fault accident types, which are described by mathematical equations, so a quantificational concept of safety theory is defined. From this point, traditional safety theories are supported by mathematical equations. At the same time, the general approaches to prevent accidents are outlined.

[Key words] safety theory; accident type; mathematical equation; accident prevention