

最新
安全科学

江苏科学技术出版社

88

ZUI XIN
AN QUAN KE XUE

XIN
KE XUE

本书根据日本中央劳动灾害防止协会 1983 年
版《新しい安全の科学》译出

最新安全科学

(日) 井上威恭 著

冯 翼 译

出版、发行：江苏科学技术出版社

经 销：江苏省新华书店

印 刷：江宁县丹阳印刷厂

开本737×1092毫米 1/32 印张5.625 插页2 字数122,000

1988年12月第1版 1988年12月第1次印刷

印 数 1—11,100册

ISBN 7-5345-0496-1

乙. 73 定价：2.35 元

责任编辑：孙广德

前 言

为了在现代化企业中开展安全活动，使企业经营日臻完善，就需要使用系统工程学、可靠性工程学、人机工程学、检修工程学、材料安全工程学等科学方法，做到安全生产。笔者于1976年出版了《科学化的安全》一书，得到了许多人的赞许，1980年印了第二版。

近年来，在一部分企业中实现了自动化、机械人操作和微电子控制，安全管理方式也有了很大的变化。另一方面英国发生了福利克斯波夫爆炸事故，美国发生了三哩岛核电站事故，使安全管理的科学性更进一步增强。

兹借第三次出版的机会，将欧美包括日本在内的最新安全管理方式，作一全面介绍。

希望本书和《科学化的安全》一样，能得到从事安全工作者的青睐，使安全活动得到更大的发展。

最后对中央劳动灾害防止协会情报课诸君协助编写深表感谢。

井上威恭 1983年10月

中文版序

笔者所著《最新安全科学》一书将译成中文出版，深感荣幸。

《最新安全科学》一书与笔者旧著《科学化的安全》，在安全工程方面的观点是完全一致的，只是加入了新的事例。

1983年笔者访问北京市劳动保护科学研究所时，曾带来《科学化的安全》一书，当时曾有译成中文的打算，后因新书即将出版，迟待至今日。

1985年10月，应中国机械工业部生产管理局的邀请，再度来华讲授安全管理系统工程，所用讲义大部分是《最新安全科学》的内容。

世界所有国家的人民都希望能做到安全生产，所用管理方法大都带有共性。《最新安全科学》吸收了世界各国安全管理方法，这些方法已经为日本工业界采用并作为安全工程教学用的参考书，相信书中所提出的理论和方法也适用于中国。

通过此书，如能对中国工业在安全生产上有所裨益，则宿愿以偿。

安全工学协会副会长
埼玉工业大学名誉教授 井上威恭
原横滨国立大学安全工学科教授

1987年12月

译者的话

井上威恭教授是日本安全工程协会副会长，著名的安全工程专家，特别是在研究推广安全系统工程方面。他所著《最新安全科学》一书，介绍了近十几年来在国外考察的世界安全科学的最新发展，并且总结了日本吸收消化的过程。他曾两次来华讲学，均以此书为主要讲义，对我国开展新的安全管理方法和安全系统工程，起了一定的促进作用。

本书在翻译、出版过程中，江苏省机械工业厅葛以忠等同志在修改、校核、发行以及其他方面做了大量的指导性工作，在此深表感谢。

本书1983年由日本中央劳动灾害防止协会出版。适合安全管理和劳动保护工作者以及大专院校师生参考。

冯 翼

1988.5

序

井上威恭教授是日本著名安全工程专家，1935年毕业于东京大学工学院机械工程专业，1950年以来从事安全工作，1968年任横浜国立大学安全工程系讲座教授。多年来他担任日本安全工程协会副会长。

井上教授有丰富的理论和实践经验，基础扎实，知识面极广，对新事物反应敏锐，特别注意吸收国际上的先进技术，为我所用。他在现代安全管理和风险评价方面，颇有建树。

井上教授曾三次访华，热心向中国同行交流经验，给人们留下深刻的印象。他的新著《最新安全科学》系在世界各国进行考察后，结合日本实际情况，进行的一次科学总结。他多次表示希望译成中文，作为对中国人民的奉献。

本书译文流畅，可读性强，不失真意，特别是经过葛以忠工程师校核，更为增色。

愿本书对我国的广大安全工作者有所裨益。

中国工运工院教授

冯肇瑞

1988.10

目 录

第一章 用科学方法研究安全问题	(1)
1. 随着技术进步而发展的安全科学.....	(1)
2. 技术革新和安全工程学的诞生.....	(5)
第二章 安全系统工程学	(11)
1. 什么是系统工程学.....	(11)
2. 系统安全工程的实际应用.....	(18)
第三章 安全的概率观点	(27)
1. 各种安全概念.....	(27)
2. 事故发生概率表示法.....	(37)
第四章 评价的程序	(43)
1. 技术开发增加了潜在危险性.....	(43)
2. 技术评价的方法.....	(47)
3. 安全评价.....	(54)
第五章 风险管理	(65)
1. 用安全管理防止总损失.....	(65)
2. 企业防止风险的方法.....	(69)
第六章 事故原因的分析方法	(85)
1. 针对事故内容的原因分析.....	(85)
2. 事故现场能收集最有用的情报.....	(91)
第七章 提高产品可靠性的措施	(98)
1. 制造高安全性的产品.....	(98)
2. 统计方法是可靠性的基础.....	(105)
第八章 从人的因素考虑	(114)

1.掌握人的特性·····	(114)
2.人为失误的防止对策·····	(120)
第九章 安全贯穿于系统全体 ·····	(133)
1.对系统全体进行安全校核·····	(133)
2.设备维修的基本要求·····	(141)
第十章 防止产品责任事故 ·····	(155)
1.产品缺陷和灾害事故·····	(155)
2.产品可靠性·····	(161)
3.防止产品责任事故的措施·····	(164)
4.产品安全性·····	(170)

第一章 用科学方法研究安全问题

1. 随着技术进步而发展的安全科学

文化生活中潜在的危險性

儿童的智慧随着年龄的增长而增加，人类知识也是随着时代的前进而越来越丰富。

自从人类发明钻木取火以来，逐步更新燃料，使用了煤炭、石油和原子能，但随之也带来了潜在性的危险。

随着技术的开发而带来的潜在性危险如表1-1中所示，从表中可以看出，新技术的开发带来了新型的灾害事故。

表1-1 技术开发和潜在危险性

开 发 的 技 术	潜 在 危 险 性
火	烫伤、火灾
刀	割伤、刺伤
蒸汽机	锅炉爆炸
火药	爆炸
石油化工	爆炸、火灾
防腐剂	致癌
飞机	坠落
高速交通工具	交通事故
核电站	放射性污染

然而，人们从事故中取得经验，使用安全技术预防灾害事

故，逐步地提高了文化生活水平。

图 1-1 把这种趋势模型化了。开发了新的先进技术就会改变社会的面貌，而社会为了提高生活水平也不断要求开发新的技术，所以社会和技术互相影响着，并不断发展，文化生活水平不断提高，安全活动也必然随着不断发展。

最近以来，工厂向大型化、复杂化方面发展，所用的能量日趋巨大，如果能量失控的话，就会发生能量外泄的重大事故。

所以用过去的老办法来确定安全性就有困难了。发生了事故再学习就会损失巨大，所以要先对事故有所了解，也就是说，预知预测风险就非常必要了。

安全活动的历史

中世纪的时候，人类生活从畜牧农林业向使用机械工具的矿业转移，开始发生人为的事故。

1765年，从瓦特发明蒸汽机开始，引起了工业革命，从家

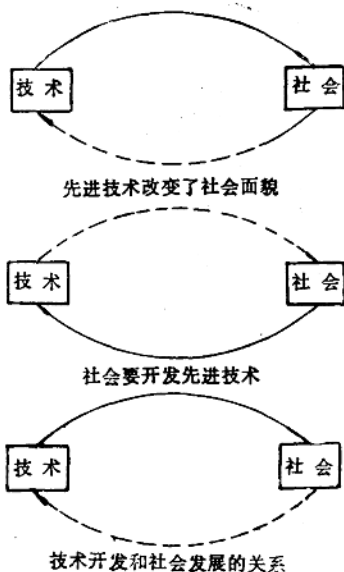


图1-1 技术开发和社会发展的对应关系

庭工业向工厂化转变。

当时，常常发生的锅炉爆炸事故，成了很大的难题，1815年伦敦发生了爆炸事故，从那时起英国议会进行了原因调查，开始制订了法规，並创建了检查检验公司。

1866年美国成立了美国机械工程学会（ASME），受政府委托进行锅炉爆炸的原因调查。现在的压力容器结构标准的最早版本就是1915年初由该会编制的。

工业革命是从纺织工厂的改革运动发起的，当时英国政府实行不干涉主义，对工业的立法措施，差不多没有什么，只是根据早先的所谓温情主义传统，于1802年制订了最初的工厂法“学徒的健康和道德法”，其中限制了工厂中学徒的劳动时间，规定了室温、照明、通风换气等标准。后来，工厂所用的动力由水力逐渐为蒸汽机所代替，工厂所在的地区也向城市迁移，工厂法也就不断加以改善，1844年制定了对机械上的飞轮和传动轴进行防护的安全法。

日本安全运动的开始

日本明治时代是生产第一主义的时代。例如从《章鱼的小屋》一书得知，在明治30年前后（1897年）小型矿山每年死亡不过30来人，到了明治38年（1905年）就死亡了13409人，在大正二年（1913年）死亡了134782人。

还有，从《女工哀史》一书得知，明治30年（1897年）时，纺织厂工人死伤和得病人数占工人总数的84%。大正初年，在工厂劳动的妇女由于得了肺病，使整个部落变成了肺病部落。

由于上述的一些背景，工厂法的规定就成为人们很关心的事了。明治44年帝国议会上制定了工厂法。但是正式施行已在大正四年（1915年），比英国晚了80年。

大正元年(1911年)足尾矿山发起了安全专心致志运动,大正六年(1917年)创立了安全第一协会並发行了《安全第一》杂志。大正八年举办了防止灾害展览会並开始了安全周活动。

1942年建立了产业安全研究所,1947年单独成立了劳动省,日本工业中的安全活动便正规化起来了。这个时期的安全活动主要以提高安全思想的精神运动为主体。40年代发表的安全管理书籍中就是这样说的:“企业责无旁贷的责任和义务是保证人和物不受损伤,提高生产”。

“如果消极地怕发生事故,则不能维持正常的生产,但只顾生产则工作定然不会顺利,由于步子失调会增多事故,这是人所共知的事,急于提高生产虽然能够提高产量,但次品和残品也会增多,而且事故也会增加。从这些事故的原因看,和出次品和残品的原因有很多是相同的。也就是说由于操作上的失误,有时会造成人员受伤,有时会造成次品残品,有时则会造成工具或机械的损坏”。

然而,用上述的安全管理方法,很难预防日益增长的灾害事故。表1-2的事故是根据世界上有关事故列出的,除了高速化所造成的交通事故之外,大事故多发生在二次世界大战以前,当时的防护措施是很差的。

表1-2 世界上有记录的灾害事故 (F.P.Lee)

灾害事故	发生地点	发生年代	死亡人数
洪水	中国黄河	1931	3,700,000
地震	中国陕西	1556	800,000
滑坡	中国甘肃	1920	200,000
雪崩	秘魯, 法拉斯	1941	5,000
堤坝破坏	宾夕法尼亚, 南诺福坝	1889	2,209

(续)

灾害事故	发生地点	发生年代	死亡人数
爆炸	加拿大, 哈利法克斯	1917	1,963
火灾	中国广东剧场	1845	1,670
矿山	中国本溪湖矿山	1942	1,572
飞机	KLM和泛美航空公司747飞机	1977	579
铁道	法国, 毛德特	1917	543
有毒气体	罗马尼亚, 萨尔奈斯基	1939	60

2. 技术革新和安全工程学的诞生

起步已晚的日本安全

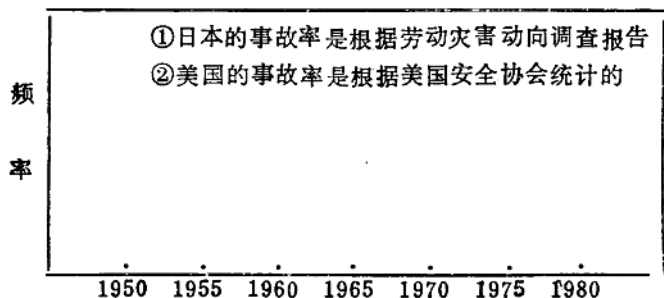
1945年第二次世界大战结束以来, 日本在各个方面学习美国。1947年劳动省成立后, 才正式指导产业安全活动。

此时设在日内瓦的国际劳工局(ILO)用了6年的时间编写了样板式的工业安全规程, 并于1949年发表, 现在日本的劳动标准法就是根据该规程编制的。日本曾于1951年翻译了国际劳工局的规程, 在译本序言里说, “日本现行的安全标准如劳动标准法、劳动安全卫生规则中的规定要求, 和劳工局的规程比较是相当低的, 这也是没有开展安全活动的原因。”

笔者当时曾在占领军工厂里担任安全工程师, 工厂设备在新建时, 所有图纸必须经安全工程师审查, 得到批准后才能进行施工, 而且要求完全按照国际劳工局工业安全规程所规定的内容办理。当时笔者就认识到安全虽然要花一些钱, 但比发生事故损失的费用要少得多。

从当时领导部门得到的日本伤亡事故率和美国比较相差很

大。图1-2所示为当时和现在的变化情况。



注：频率 = $\frac{\text{需休工的劳动灾害事故件数}}{\text{劳动时间数（小时）}} \times 1,000,000$

图1-2 历年来日美伤亡事故率比较

从1955年开始，日本的装备工业开始了技术革新，迅速发展了起来。

技术引进和不断发生灾害事故

第二次世界大战到战后，日本和先进国家在技术方面的差距很大，几乎是在废墟的基础上起步，除了引进技术进行技术革新别无他法。石油化工部门几乎是百分之百的进行技术引进的。由于技术基础薄弱，因而在1955年前后，化工厂多次发生了大爆炸事故（见表1-3），其死伤的严重是今天难以想象的，并且成为国会上讨论的社会问题。由于成了社会问题，用工程的方法解决安全问题的运动开始了，在1957年成立了安全工程学会。

另外，1964年由于内阁总理过问，召开了产业灾害防止对

表1-3 1955年左右大型爆炸事故

年代	公司名称 (地点)	死	伤	爆炸简况
1949	A(川崎)	17	63	合成氨原料气喷出爆炸
1952	B(名古屋)	22	303	硝酸铵在蒸发罐中爆炸
1954	C(四日市)	1	61	重油贮罐自燃, 火灾蔓延
1954	D(神奈川)	4	8	过氧化苯在搅拌器中发生爆炸
1957	E(千叶)	14	16	高氯酸氨炸药爆炸
1959	F(宇部)	11	73	液氮洗涤装置的保冷材料中氧气聚集爆炸
1961	G(水俣)	4	12	由于阀门的误操作, 氯乙烯单体喷出爆炸
1964	A(川崎)	18	117	氧化丙烯异常升温造成爆炸
1964	H(胜岛)	19	114	乙醇湿润硝化棉, 在贮藏中自然发火

策审议会, 安全工程学也有了发展。在1965年日本学术会议上, 提出了加强安全卫生问题研究的建议, 其结果之一就是设立了横滨国立大学安全工程系。

安全工程学的定义

1967年日本学术会议安全工程学研究联络委员会对安全工程学提出了定义:“安全工程学的主要内容就是为了查明生产过程中发生事故的原因和经过, 以及必要的防止事故的科学的和技术的系统知识”。换成通俗的话来说, 安全工程学就是要分析灾害事故的原因, 提出防止再次或重复发生同类事故的措施, 总结出带普遍适用性的理论, 研究类似事故的防止办法等。

日本的工业从1965年以后迅速发展起来了, 石油化工、钢铁、汽车、电子工业等从头到尾都发生了变化, 进入世界先进的行列, 工厂设备使用计算机进行自动化操作, 其规模变得大型化和复杂化, 使用了新建筑材料、高强度钢、强化塑料、半

导体等材料。另外还使用了机器人，利用黑盒子式的计算机程序进行装置设计多起来了，由于在这些方面还没有积累出足够的经验，所以新的灾害事故不断发生。

从社会环境方面来看，安全工程学的概念如图1-3所示。人总会有疏忽的时候，由于发生事故引起人们的注意，首先是收集事故情报进行分析，查明其原因。安全工程学的第一步就是要消除事故的原因，也就是就事论事地解决问题。如果要从根本上解决这个问题，就必须变更发生事故的工艺，也就是说要用代替技术的解决方式。

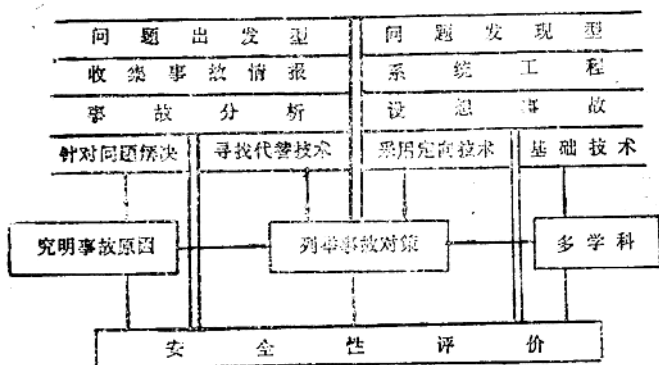


图1-3 系统方法解决安全问题

从问题出发采取安全措施，常常只是追查事故原因，但对新型的事故由于缺乏经验，预防起来就有困难。因此就需要事先设想事故，考虑出安全措施，这就是问题发现型的解决方法，它是安全工程学先进的方法，已经受到应有的注意。

从事故分析得到的知识，进行系统工程的分析，对将来可能发生的新事故加以设想。然后对设想的事进行风险分析，

寻求解决办法，这就是问题发现型，采用定向技术的解决方法。例如，石油联合企业中的防灾法中，规定了对事故的设想，根据这个法规实施的防灾评价就是这种解决方法。

但也有用现在通用的技术难以解决的问题，这就需要开发本身的基础技术。也就是假设出会发生事故的问题点，再用基础技术的方法解决未知的情况，这就是问题发现型的基础技术型的解决方法。例如，对于核电站的核融熔安全措施，就是需要用基础技术型的解决方法。

安全工程学是综合性的学科

最近报纸上常常使用边缘学科和综合学科的说法，翻译成日本话就是前者从学科边界领域着手，后者是从多学科领域着手。

由于技术的进步，技术人员的专门领域既深且窄，研究和工作的都变成了很专业化了，在边界领域进行研究对漏洞部分考虑不周就会发生事故，所以对边界领域存在的问题要特别注意研究，这已构成一个专门的学问。

图1-4举出了由于材料的缺陷发生灾害事故的例子。对于此类灾害事故的预防措施，把人与现有的学科体系的关系模型化就得出了图1-4，从该图得知，为了预防事故就必须明了学科的知识与人的关系。图中指出，现有的工程学是人的因素和全体关系没有联系的纵向学问。而安全工程学是人机工程学、可靠性工程学和管理工程学等同样新的横向学科。从人和物两个方面进行分析的系统工程学，是在危险性预知预测方面使用边界学科和多学科的例子。