

519124

安全工程学基础

(日) 北川徹三 著

劳动人事部劳动保护科学研究所



安全工程学基础

(日) 北川 彻三著

劳动人事部劳动保护科学研究所

北 京

1984.11

写在书的前头

劳动保护学是含有安全工程学、安全管理学和劳动卫生工程等综合性的应用科学。

目前，国内有关劳动保护学、系统安全等的理论专著为数尚少；为普及劳动安全新知识，为大专毕业的现职安全工程技术人员开展“继续工程”教育，进行知识更新，都急需译著和编著有关劳动保护科学技术的书籍，以飨读者。

本所组织有关工程技术人员翻译了原横浜大学教授北川彻三所著的《安全工程学基础》一书奉献给广大劳动保护工作者做为工作中的学习参考。这本书虽以具体工程技术措施（硬件）为主，但也论及防灾原则、劳动灾害分析以及对系统安全分析方法的评述等“安全软件”的若干原则，后者内容虽然较为单薄，但立论清晰可供继续学习有关系统安全工程和系统安全管理的其他专著的借鉴。

书中“劳动灾害”一词包括工伤事故及由此而造成的人、物两方面的损失；考虑到原著的定义并参考我国习惯，译书时对有关名词术语的处理原则是：凡涉及总的概念，则照原著延用“劳动灾害”一词；凡涉及具体伤害事件，则使用“事故”一词，有不妥之处敬请指正。

本书的译审分工：梁志刚翻译第一、七章及前言、后记；国伟超译第三章；陈世伦译第四、六章；王斌译第五章；余醒尘、陈世伦、梁志刚三同志参与了审校，刘春官同志参与了部分审校工作；刘奇英同志除译第二章外，她是本

书责任编辑。本所情报室负责同志对出版工作热情支持。
在此一并对上述同志在译著上的辛勤劳动表示感谢。

劳动人事部劳动保护科学研究所所长

隋鹏程

84.11.

前 言

距今约30年前，笔者作为横浜大学教授，被任命为文部省战后第一个短期驻外研究员，从1953年10月起，在美国及加拿大作了三个月的旅行。那时，在参观两国各大学及许多研究机构后感到，大学工程学部的大多数毕业生，将要奔赴产业界的危险岗位，为了保护他们不致因灾害而丧生，避免他们不致因过失而发生事故，因此，在校期间，就必须教给他们安全工程学的知识。

在我考察期间，美国及加拿大就对日常生活与工业中的安全问题十分关心。然而在日本，整个社会对安全都不大重视，就连当时的文部省学术局似乎也认为没有必要在工程教育中加进安全工程学。这也许是因为安全工程学本身尚未形成一门完整的科学体系之故。

回国后，笔者与小林义隆教授合作，从1955年起，以工程学部为主，开始对化学系的学生讲授安全工程学，并逐年收集有关资料，以充实讲义的内容。

对当时的工业界来说，不但缺少有关安全问题的情报，而且工厂的事故也不少，因而决定利用大学的会议室，隔月召开一次安全工程学研究会。由于会员人数不断增加，经与会者商议，于1957年5月设立了安全工程学协会，其目的在于确立安全工程学体系并在实际应用中加以普及。办事局虽然设在横浜市，但它是拥有全国性会员组织的学、协会机构。

1962年4月，根据会员的迫切要求，发行了学会的专业杂志《安全工程学》创刊号，现在，该杂志已发行了21卷。在当时，它是被批准的有关安全技术之唯一的学术刊物。就这样，安全工程学逐渐形成一门适应时代要求的新学科体系。

文部省根据当时日本学术会议的建议，及总理府工业公害防止对策审议会的意见，终于在1967年9月同意在横浜国立大学工学部设置我国第一个安全工程学系，于1970年开设了反应安全工程学、燃烧安全工程学、材料安全工程学及环境安全工程学等四个讲座。接着，设置了硕士课程研究生院，又于1973年设置了大学附属研究机构——环境科学研究中心。从设立安全工程学学科以来，已历时15年，毕业生达400人之多，他们的专业知识都得到社会的承认，并正在为社会作出贡献。

根据后来安全工程学协会的调查，1977年在全国的大学中开设有关安全工程学讲座或者科目的共计48所。工业中等专业学校，工业中学对安全工程学教育也很关心。从1975年开始，在文部省中等学校学习指导大纲中，增设了“化学工业安全”这门新课程，并已在编纂教科书及参考书。

为编辑《安全工程学便览》一书，安全工程学协会于1964年12月成立了以笔者为委员长的编辑委员会。关于安全技术综合便览的出版计划，在国外尚无先例。在100名执笔者的协助下，于1973年9月，即委员会成立9年后发行了初版。后又重版，虽获得好评，但可见进行此项工作是何等的艰难。

1965年前后，为考察一些国家防止工业事故和公害的实

际情况，协会多次向美国、西欧各国及苏联、东欧各国派遣了由学界、政界、工业界的技术人员组成的考察团，从而熟悉了各国的实情。现在，每年都召开有关安全工程学的研究报告会，向优秀论文授奖。此外，还通过预防火灾爆炸等各种讲习会、研究会、专业委员会，推动安全工程学知识的普及，以广泛适应社会各界的要求。

经历了以上的过程，我们可以说，安全工程学作为一门新的学科的地位已经确立，并在我国教育界及工业界中深深扎下了根。

正值《安全工程学讲座》全九卷的发行之际，我归纳了安全工程学特定的研究目标及其观点，写成《安全工程学基础》一书奉献于世。若能被有关人士用作参考资料则不胜荣幸。最后，对过去热心为安全工程学的确立而尽力的有关各位表示衷心感谢。

笔者

1982年3月

目 录

写在书的前头 前 言

第一章 序论

- 1.1 安全工程学的特点..... 1
- 1.2 安全工程学的目的..... 5

第二章 防灾原则

- 2.1 灾害造成的损失.....13
- 2.2 灾害损失的偶然性.....14
- 2.3 1 : 29 : 300法则..... 16
- 2.4 事故种类.....18
- 2.5 预防对策与伤害防止对策.....20
- 2.6 防灾对策的“3E”.....22
 - 2.6.1 技术、教育、管理.....22
 - 2.6.2 安全与法规的关系.....24
- 2.7 灾害级别分类.....27
 - 2.7.1 一级灾害和二级灾害.....27
 - 2.7.2 三级灾害及人为灾害.....31

第三章 劳动灾害分析

- 3.1 灾害因素分析表.....34

3.2 不安全行为分析.....	38
3.2.1 联系不充分.....	38
3.2.2 进入危险场所.....	40
3.2.3 运转中机械设备的维修.....	42
3.2.4 管理整顿不良.....	43
3.3 坠落事故分析.....	44
3.4 劳动灾害统计的目的.....	47

第四章 防止工业中毒 和职业病的措施

4.1 工业中毒发生的途径.....	49
4.2 有害物质的种类.....	51
4.2.1 引起食物中毒的有害物质.....	51
4.2.2 接触中毒的有害物质.....	52
4.2.3 引起吸入中毒的有害物质.....	54
4.3 急性工业中毒.....	57
4.3.1 急性中毒的原因与预防措施.....	57
4.3.2 缺氧窒息.....	60
4.4 预防职业病的措施.....	63
4.4.1 容许浓度.....	63
4.4.2 改善作业环境.....	67
4.5 有害环境的检测.....	71
4.5.1 急性中毒环境的检测.....	73
4.5.2 慢性中毒环境的检测.....	73
4.5.3 个人暴露量的检测.....	74

第五章 火灾爆炸灾害分析

5.1 火灾的一般对策	77
5.2 火灾的紧急对策	79
5.2.1 限制对策	79
5.2.2 灭火对策	80
5.2.3 避灾对策	83
5.3 火灾预防对策	84
5.3.1 预防火灾的意义	84
5.3.2 着火现象	85
5.4 工业火灾的预防	88
5.4.1 预防工业火灾的原则	88
5.4.2 危险物质的种类	90
5.4.3 火源种类	94
5.5 爆炸灾害的预防	107
5.5.1 爆炸和火灾的不同点	107
5.5.2 爆炸灾害的六种类型	108
5.5.3 爆炸灾害的物质分类	110
5.5.4 六种爆炸灾害的预防对策	121

第六章 可靠性工程学和人机工程学

6.1 安全工程学与一般工程学的关系	126
6.2 故障树分析的功用	127
6.3 安全人机工程学与 人机安全工程学	130

6.4 饮酒造成的灾害	135
-------------	-----

第七章 环境污染调查问题

7.1 环境污染物质	142
7.2 流行病学调查的方法	143
7.3 从安全工程学看污染过程	146
7.4 甲基汞污染问题	159
7.4.1 调查前的甲基汞污染过程	159
7.4.2 水俣湾的污染原因	150
7.4.3 阿贺野川的污染原因	154
7.5 硫氧化物污染问题	157
7.5.1 浓硫酸雾的生成	157
7.5.2 二氧化硫与稀硫酸雾	163
7.5.3 大气中硫氧化物的有害性	166
7.6 氮氧化物污染问题	168
7.6.1 相关性与因果性的区别	168
7.6.2 二氧化氮发生源	170
7.6.3 限制二氧化氮	174
7.6.4 柴油机汽车的废气	175
7.7 光化学烟雾调查问题	177

第一章 序论

1.1 安全工程学的特点

安全工程学与其他学科相比，有很多不同点。

第一，企业里一定会出现事故和灾害这种不顺利的事情。然而，过去的各种工程专业所进行的教育和研究，可以说全都是针对顺利的生产过程的。在一般人看来，似乎学工程学的就必然懂得安全。安全被认为是常识，而不是学问，不能作为研究对象。

按照过去的观点，事故是因为疏忽引起的，只要加以注意，安全就有了保障，这被认为是一般的常识。而没有人想到要把安全问题作为工程学加以系统化。

当然，在大学给学生讲授的安全课程，其内容决不会只是些常识性的注意事项，或者不成系统的片断的知识。必须承认它既是具有普遍合理性的知识体系，也是系统化的学科领域。因而必须从根本上健全安全工程学，以建立一门过去不曾有过的新学科。

第二，有关安全的问题，涉及的对象范围极为广泛。

以迄今发生的灾害、公害的具体实例来分析，即可发现，仅依靠现在的各科专业工程学中的一门学科，来阐明其原因和制定对策是不够的，如果不运用有关的理工学科知识，系统地、综合地进行分析，就很难找到灾害和公害的真正的、复杂的原因和防止措施。例如，只用机械工程学或者工业化学、

分析化学的知识，要彻底弄清灾害和公害的原因是困难的。

由此看来，安全工程学必须真正地进行跨学科的研究。已经掌握了某一门学科的专家，如果仅局限于自己熟悉的一门学科领域，而不去广泛吸收其他学科领域的知识，不努力开展跨学科的研究，就很难真正了解安全工程学，并推动这门学科向前发展。

根据笔者多年的经验来看，过去那些只盯住一门学科领域不放的所谓专家，分析问题的能力自然就有局限性，因此即便是一些正确的东西，也往往会因固执偏见而最终陷入错误的判断之中。这是因为他们自恃有丰富的本专业知识，而忽视了在其他专业上的无知。

因此，研究安全工程学的人，必须坚持不懈地学习，尽可能地努力扩大自己的知识面。这应当看成是安全工程学研究者的天职。因而可以说安全工程学的特点是跨门类跨学科的综合性工程学。

有人会说要通晓所有的理学、工学是不可能的，除非他是超人。然而安全工程学并不要求有那种超人，而是要求既发挥自己的专业，又不要局限于这一专业，可以在自由地理解其他专业的基础上，充分掌握必要的、有限的知识和判断力，去分析所面临的灾害和公害的各种现象。

此外，根据需要，安全工程学往往还要吸收把人作为研究对象的人机工程学、劳动卫生学、病理学、流行病学、毒物学等的成果。另一方面，安全工程学有时还需要了解经营管理学、法学等社会科学的知识。安全工程学虽称为工程学，但它并不是指在现有的工程学中所看到的那种研究范围狭窄的学科，而是把人类社会都包括在研究对象之中的综合性工

程学。这是它的一大特点。

安全工程学中的综合一词的含意，如上所述，是指现有学科知识的综合。如果把安全工程学所说的综合理解成包括工厂测试设备和管理组织在内的系统工程学中的安全含意，那就不大确切了。安全工程学当然需要系统工程学的理论，但这里所说的综合不是指这个意思。

第三，在创立安全工程学的根基中渗透着人道主义的思想，过去所有工程学都追求经济效益，而安全工程学则可看作是在工程学中引进了人道主义。安全工程学既包含经济效率主义，竭力消除企业中的浪费，又希望保护人类自身宝贵的生命与健康，保障社会的安定。以此为目标的工程学是没有先例的。

第四，过去的工程学都是积极追求经济效率，而安全工程学虽然考虑的是消极方面，但是通过阻止灾害和公害带来的无效率，从而引导企业正常发展。

即使是测试设备完备的自动化工厂，也杜绝不了事故。倘若发生火灾爆炸事故，生产系统就会停止或烧毁，甚至夷为废墟（图1.1）。因此，如果不预防事故，任何高效率的工厂也会因事故而降低生产效率。

如果事先未察觉将要发生的事故，如果不断绝产生事故的根源，就不能维持工业效率。而要事先知道事故的发生源，就必须应用安全工程学。广义地说，有了安全工程学这个基础，工业才会发展。安全工程学虽然说是消极的，但它毕竟是工业发展不可缺少的基本命题。

不仅如此，过去有些生产过程，因存在着火灾爆炸危险而一直未被采用。如果引进安全工程学知识，查明危险的本

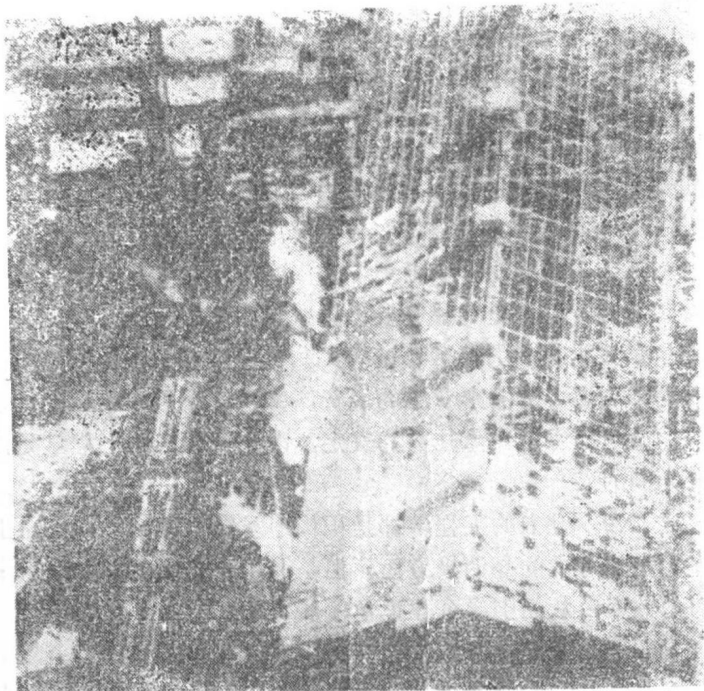


图1.1 石油化工厂因高压乙烯泄漏引起混合气体爆炸（1965）

质，找出消除危险的技术方法，以前被视为不可能的新工艺就能够得到应用。这便是积极应用安全工程学的一例。

综上所述，安全工程学的特点可举如下几点：（1）安全工程学是门包含新技术领域的工程学；（2）安全工程学是门跨学科的综合性工程学；（3）安全工程学的基础是人道主义；（4）安全工程学虽说是消极的，但它奠定了工业高效率发展不可缺少的基础。安全工程学所追求的社会目标又可归

纳为以下三项：

- (1) 保障从事生产活动的人们的安全与卫生；
- (2) 保护企业周围地区居民的安全与卫生；
- (3) 防止事故造成生产设备或原材料、产品的损失。

如上所述，安全工程学的基本主张是使人道主义和经济主义一体化，建设一个理想的工业社会。也就是说，研究安全工程学，并使之付诸实践，是对社会的义务，因而必须完成这一义务，满足社会的要求。

1.2 安全工程学的目的

什么是安全？安全就是没有危险。什么是危险？危险就是不安全。这样的答案还是没讲清它的含义。要想给安全下一个确切的定义，不是那么容易的。

要想给安全下定义，不管怎样，都容易抽象化。其实，实施具体的安全措施，比起那种热中于“什么是安全”一类的抽象争论要重要得多。

总而言之，怎样才能消灭灾害和公害这种有害无益的事情呢？对这一重大命题提供具体的方法，就是安全工程学的目的所在。

安全工程学的研究对象是灾害，而灾害的发生是和人的行为有关的，只有消除灾害的原因，才能防止灾害的发生。

例如，讨论地震、海啸一类自然灾害或者天灾的发生原因，原本不是安全工程学的范围，但地震的结果使得建筑物倒塌，发生火灾，这些却是安全工程学研究的对象，又是防灾工程学讨论的问题，因而是跨部门的。

本来，安全工程学的研究对象是人为灾害或者人祸。人为灾害，只要消除其发生原因，是可以预防的。而天灾却是不可能用人的力量去预防的。如果发生天灾，那就不可避免地要遭受一定程度的损失。

地震、台风的发生，其本身是不能用人的力量控制的，所以对它的发生是无可奈何的，我们所能做的充其量不过是减少它造成的损失。然而人为灾害的发生是与人的行为有关，倘若没有这种行为，人为灾害最初就不会发生。这就是天灾和人为灾害的根本区别。

原则上说，预防天灾是不可能的，但预防人为灾害却是可能的。换句话说，对付天灾的措施是尽力减轻其发生后的损害，而对付人为灾害的措施之最佳方法，是从一开始就努力杜绝灾害的发生。

实际上，即使是人为灾害，要杜绝它也是极端困难的。但我们要坚信原则上灾害是可以预防的，并为杜绝这种灾害而竭尽全力，这应该说是正确的态度。

再则，人为灾害类型繁多，如果以发生灾害的场所分类，则有日常生活中发生的灾害和工作现场发生的灾害两类。此外，以灾害发生的后果来分类，有物质和财产上的损失与对人的生命和健康的影响两类。

我们在日常生活中，有时也会遇到各种各样的事故而遭受损失。例如，家庭里老人小孩遇到灾难；百货商店、旅馆发生火灾；汽车、飞机发生交通事故；人群聚集的地方发生拥挤事故等等。在日常生活中，危险无处不有。

笔者作为东京目黑扶轮社的会员，和志田正二会员一起担任社会服务委员时曾编写了题为《安全生活》的小册子，